塑料成型技术

周殿明◎主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

塑 料 成 型 技 术

主编　周殿明

机 械 工 业 出 版 社

本书以塑料挤出成型、注射成型和压延成型塑料薄膜、片、板、人造革、管材、管件、异型材、丝、网、棒、瓶和电缆料，生活日用品等70多种生产工艺实例为主要内容，详细介绍了塑料制品成型生产用材料、设备、工艺和生产操作要点等工作中必备知识。

本书适合塑料加工企业的生产车间工艺技术人员和生产操作人员参考、使用。

图书在版编目（CIP）数据

塑料成型技术/周殿明主编. —北京：机械工业出版社，2014.7
ISBN 978-7-111-47142-4

Ⅰ.①塑… Ⅱ.①周… Ⅲ.①塑料成型 Ⅳ.①TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字（2014）第136952号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：孔 劲 责任编辑：孔 劲 陈建平 版式设计：霍永明
责任校对：刘志文 封面设计：陈 沛 责任印制：李 洋
北京宝昌彩色印刷有限公司印刷
2014年10月第1版 ▪第1次印刷
184mm×260mm · 38.25印张 · 939千字
0001—2000册
标准书号：ISBN 978-7-111-47142-4
定价：88.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务		网络服务	
社服务中心：	（010）88361066	教材网：	http://www.cmpedu.com
销售一部：	（010）68326294	机工官网：	http://www.cmpbook.com
销售二部：	（010）88379649	机工官博：	http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：	（010）88379203		

封面无防伪标均为盗版

现划编辑电话：（010）88379772

前　言

塑料作为一种常用材料，近年来发展迅速。塑料制品的应用已经遍布到国民经济中的各个部门。改革开放以来，我国的塑料制品加工行业有了飞速的发展。

本书以塑料挤出、压延、注射成型的薄膜、片、板、人造革、管材、管件、异型材、丝、网、棒、瓶、电缆料和生活日用品等多种塑料制品生产实例为主要内容，用通俗易懂的语言向读者介绍塑料制品成型生产用材料、设备、工艺和生产操作工艺要点等必备知识。这些技术资料和工艺参数等数据，都是来自生产车间的各个岗位，实用性和可操作性强，对不同岗位的塑料制品加工生产者和车间工艺技术人员都有提示作用和参考价值。本书可供从事塑料加工行业的技术人员和操作工学习参考。

参加本书编写的人员有周殿明、李洪喜、张丽珍、周殿阁、季丽芳、张力男、周恩会、张艳萍、廖伟伟、王丽、王立岩、王相华、吴鹏和康广乐。

本书内容涉及面较宽，由于编者水平有限，可能存在一些不足之处，恳请读者阅后批评指正。

编　者

目　录

前言

第1篇　原　材　料

第1章　常用塑料的性能和用途 …… 1
1.1　聚乙烯 …… 1
1.1.1　低密度聚乙烯 …… 2
1.1.2　高密度聚乙烯 …… 14
1.1.3　线型低密度聚乙烯 …… 20
1.1.4　超高相对分子质量聚乙烯 …… 22
1.1.5　氯化聚乙烯 …… 34
1.1.6　交联聚乙烯 …… 36
1.1.7　乙烯-醋酸乙烯共聚物 …… 37
1.2　聚丙烯 …… 38
1.2.1　等规聚丙烯 …… 39
1.2.2　丙烯-乙烯无规共聚物 …… 45
1.2.3　丙烯-乙烯嵌段共聚物 …… 54
1.3　聚氯乙烯 …… 55
1.3.1　悬浮法聚氯乙烯 …… 55
1.3.2　乳液法聚氯乙烯 …… 59
1.3.3　氯化聚氯乙烯 …… 62
1.3.4　氯乙烯-乙烯-醋酸乙烯共聚物 …… 63
1.3.5　氯乙烯-乙丙橡胶接枝共聚物 …… 64
1.3.6　聚氯乙烯/乙烯-醋酸乙烯共聚物共混物 …… 64
1.3.7　聚氯乙烯/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物共混物 …… 65
1.3.8　电镀级聚氯乙烯 …… 66
1.4　聚苯乙烯 …… 67
1.4.1　高抗冲聚苯乙烯 …… 69
1.4.2　丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 …… 72
1.4.3　甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物 …… 75
1.5　聚酰胺 …… 76
1.6　聚碳酸酯（双酚A型） …… 78
1.7　聚甲醛 …… 80
1.8　聚对苯二甲酸乙二醇酯 …… 84
1.9　聚对苯二甲酸丁二醇酯 …… 86
1.10　聚砜 …… 89
1.11　聚苯醚 …… 91
1.12　聚苯硫醚 …… 94
1.13　聚甲基丙烯酸甲酯 …… 95
1.14　丙烯腈-苯乙烯共聚物 …… 97
第2章　助剂 …… 99
2.1　助剂的功能与分类 …… 99
2.2　助剂的选用 …… 99
2.2.1　增塑剂 …… 100
2.2.2　稳定剂 …… 104
2.2.3　抗冲改性助剂 …… 107
2.2.4　润滑剂 …… 107
2.2.5　发泡剂 …… 108
2.2.6　阻燃剂 …… 108
2.2.7　抗静电剂 …… 109
2.2.8　防雾剂 …… 109
2.2.9　填充剂 …… 109
2.2.10　着色剂 …… 110
2.2.11　交联剂 …… 111
2.2.12　偶联剂 …… 111
2.2.13　食品包装用塑料制品中助剂含量 …… 112
第3章　主、辅料应用组合（配方） … 113
3.1　配方设计 …… 113
3.1.1　配方设计注意事项 …… 113
3.1.2　原料选择 …… 113
3.1.3　压延成型薄膜用料配方设计 …… 114
3.1.4　压延成型硬质聚氯乙烯片配方设计 …… 116
3.1.5　挤出成型聚氯乙烯制品用料配方设计 …… 117
3.2　聚乙烯、聚丙烯制品成型用料组合 … 122
3.3　树脂的掺混组合使用 …… 123
3.4　组合料的应用 …… 124

第 4 章　塑料成型产前准备 …… 125
4.1　原料验收 …… 125
4.2　原料着色 …… 125
4.3　原料干燥处理 …… 127
4.4　原料的配混 …… 129
4.4.1　原料配混前的准备 …… 129
4.4.2　原料配混造粒用设备 …… 130
4.4.3　原料配混工艺操作要点 …… 143
4.4.4　混合料造粒 …… 144
4.5　玻璃纤维增强塑料的配制 …… 146

第 2 篇　挤 出 成 型

第 5 章　挤出机与辅助设备 …… 150
5.1　挤出机分类 …… 150
5.1.1　单螺杆式挤出机 …… 150
5.1.2　双螺杆式挤出机 …… 157
5.1.3　排气式挤出机 …… 162
5.1.4　多螺杆式挤出机 …… 165
5.1.5　混合、喂料及过滤式挤出机 …… 166
5.1.6　阶式挤出机 …… 167
5.2　新型挤出技术 …… 168
5.2.1　反应式挤出机生产技术 …… 168
5.2.2　共挤出技术 …… 169
5.3　挤出机结构 …… 178
5.3.1　单螺杆挤出机结构 …… 178
5.3.2　双螺杆挤出机结构 …… 185
5.4　挤出机的使用 …… 186
5.4.1　挤出机的选择 …… 187
5.4.2　挤出机操作 …… 188
5.5　辅机 …… 189
第 6 章　管材挤出成型 …… 191
6.1　管材挤出成型生产线 …… 191
6.2　成型模具 …… 193
6.2.1　模具结构参数 …… 195
6.2.2　模具对制品质量的影响 …… 197
6.2.3　模具使用与维护注意事项 …… 198
6.3　管材挤出成型用辅机 …… 199
6.3.1　冷却定径套 …… 199
6.3.2　冷却水槽 …… 201
6.3.3　牵引机 …… 203
6.3.4　切割机 …… 203
6.3.5　辅机工作与产品质量 …… 205
6.4　成型工艺 …… 206
6.4.1　硬质聚氯乙烯管成型工艺 …… 209
6.4.2　软质聚氯乙烯管成型工艺 …… 223
6.4.3　聚乙烯管成型工艺 …… 229
6.4.4　聚丙烯管成型工艺 …… 248
6.4.5　其他几种热塑性塑料管成型工艺 …… 255
第 7 章　薄膜挤出成型 …… 262
7.1　概述 …… 262
7.1.1　塑料薄膜的用途 …… 262
7.1.2　塑料薄膜成型材料 …… 263
7.1.3　塑料薄膜的品种分类 …… 263
7.1.4　塑料薄膜成型的方法 …… 263
7.2　成型模具 …… 267
7.2.1　挤出吹塑法成型薄膜用模具 …… 267
7.2.2　挤出平膜法成型模具 …… 274
7.3　薄膜挤出吹塑成型 …… 278
7.3.1　薄膜挤出吹塑成型用辅机 …… 278
7.3.2　聚乙烯薄膜挤出吹塑成型 …… 285
7.3.3　聚丙烯薄膜挤出吹塑成型 …… 317
7.3.4　聚氯乙烯薄膜挤出吹塑成型 …… 319
7.3.5　其他塑料薄膜挤出吹塑成型 …… 325
7.3.6　常用塑料薄膜挤出吹塑成型工艺要点 …… 327
7.3.7　挤出吹塑成型薄膜质量分析 …… 328
7.4　薄膜挤出流延成型 …… 329
7.4.1　设备 …… 330
7.4.2　原料选择 …… 331
7.4.3　挤出流延法成型薄膜工艺 …… 331
7.4.4　挤出流延法成型薄膜应用例 …… 333
7.5　薄膜挤出牵引成型 …… 336
7.5.1　设备 …… 337
7.5.2　聚丙烯膜片挤出牵引成型 …… 338
7.5.3　聚乙烯膜片挤出牵引成型 …… 338
7.6　塑料薄膜挤出单向拉伸成型 …… 339
7.6.1　高密度聚乙烯平膜挤出单向拉伸成型 …… 339
7.6.2　聚丙烯平膜挤出单向拉伸成型 … 340
7.7　塑料薄膜挤出双向拉伸成型 …… 340
7.7.1　聚丙烯薄膜挤出双向拉伸成型 … 341

7.7.2 聚苯乙烯薄膜（片）挤出拉伸成型 …… 348
7.7.3 聚对苯二甲酸乙二醇酯薄膜挤出拉伸成型 …… 350
第 8 章 异型材挤出成型 …… 352
8.1 设备 …… 353
8.1.1 挤出机 …… 353
8.1.2 成型模具 …… 353
8.1.3 辅机 …… 357
8.2 原料 …… 358
8.3 工艺 …… 358
8.4 异型材挤出成型故障排除 …… 359
第 9 章 塑料丝挤出成型 …… 362
9.1 设备 …… 362
9.2 原料 …… 365
9.3 工艺 …… 366
9.4 丝挤出成型故障排除 …… 367
第 10 章 塑料包覆层电线的挤出成型 …… 369
10.1 设备 …… 369
10.2 原料 …… 370
10.3 工艺 …… 371
第 11 章 塑料板（片）挤出成型 …… 373
11.1 设备 …… 373
11.2 原料 …… 375
11.3 工艺 …… 377
第 12 章 塑料丝网、塑料带等挤出成型 …… 381
12.1 聚乙烯网挤出成型 …… 381
12.2 聚乙烯发泡网挤出成型 …… 384
12.3 聚丙烯打包带挤出成型 …… 385
12.4 聚丙烯捆扎绳挤出成型 …… 388
12.5 聚丙烯密封条挤出成型 …… 389
12.6 聚丙烯扁丝挤出成型 …… 390
12.7 聚氯乙烯密封条挤出成型 …… 393
12.8 聚氯乙烯焊条挤出成型 …… 394
12.9 塑料棒材挤出成型 …… 396
第 13 章 塑料中空制品挤出吹塑成型 …… 399
13.1 聚乙烯桶 …… 401
13.2 聚乙烯瓶 …… 405
13.3 聚丙烯瓶 …… 405
13.4 聚氯乙烯瓶 …… 408
13.5 成型生产故障分析 …… 408

第 3 篇 注 射 成 型

第 14 章 注射机与辅机 …… 414
14.1 注射机类型 …… 414
14.1.1 按对原料塑化和注射方式分类 …… 414
14.1.2 按注射机外形结构的不同分类 …… 415
14.1.3 按注射机的加工能力分类 …… 416
14.1.4 按注射机的特殊用途分类 …… 417
14.2 注射机标准与型号 …… 420
14.2.1 注射机标准 …… 420
14.2.2 注射机标准机型型号标注 …… 421
14.3 注射机的主要参数 …… 425
14.3.1 注射部分主要参数 …… 425
14.3.2 合模部分主要参数 …… 428
14.3.3 注射机的综合性能参数 …… 430
14.4 注射机生产用辅机 …… 430
14.4.1 粉碎机 …… 430
14.4.2 干燥机 …… 432
14.4.3 原料混合机 …… 433
14.4.4 上料装置 …… 433
14.4.5 温度控制器 …… 433
14.4.6 机械手 …… 435
14.5 注射机结构 …… 435
14.5.1 注射机的塑化注射部分结构分类 …… 436
14.5.2 往复螺杆式注射装置 …… 440
14.6 注射机应用选择 …… 453
14.6.1 按注射制品质量选择注射机理论注射量 …… 453
14.6.2 按制品成型用合模力选择注射机 …… 453
14.6.3 注塑用螺杆直径选择 …… 454
14.6.4 选择注射机其他参数条件 …… 454
14.7 注射机操作要点 …… 455

14.7.1　注射成型制品动作程序 …… 455
14.7.2　几种操作方式应用 …… 456
14.8　注塑模具 …… 457
14.8.1　模具结构类型 …… 457
14.8.2　模具结构尺寸与注射机规格型号的匹配 …… 458
14.8.3　模具结构 …… 459
14.8.4　模具温度的调节控制 …… 459
14.8.5　模具的安装调试 …… 461
14.8.6　模具设计 …… 462
14.8.7　模具的使用与维护 …… 465
第15章　注射成型工艺 …… 467
15.1　注塑前准备工作工艺 …… 467
15.1.1　验收制品用原料 …… 467
15.1.2　原料造粒和着色 …… 467
15.1.3　原料干燥 …… 467
15.1.4　金属嵌件的热处理 …… 467
15.1.5　模具的安装调试 …… 468
15.1.6　螺杆的选择 …… 468
15.1.7　机筒的清理 …… 468
15.1.8　脱模剂的选择和应用 …… 469
15.2　注塑工艺参数选择 …… 469
15.2.1　计量加料与预塑化工艺参数 …… 469
15.2.2　注射充模工艺参数 …… 471
15.2.3　成型周期 …… 474
15.3　注塑制品的后处理 …… 474
15.3.1　退火处理 …… 474
15.3.2　调湿处理 …… 475
15.4　常用塑料注射成型工艺 …… 476
15.4.1　聚乙烯注射成型 …… 476
15.4.2　聚丙烯注射成型 …… 480
15.4.3　聚苯乙烯注射成型 …… 487
15.4.4　ABS 注射成型 …… 489
15.4.5　聚氯乙烯注射成型 …… 492
15.4.6　聚酰胺注射成型 …… 497
15.4.7　聚甲醛注射成型 …… 499
15.4.8　聚碳酸酯注射成型 …… 501
15.4.9　聚甲基丙烯酸甲酯注射成型 …… 503
15.4.10　聚对苯二甲酸乙二醇酯注射成型 …… 504
15.4.11　聚对苯二甲酸丁二醇酯注射成型 …… 510
15.4.12　聚砜注射成型 …… 511
15.4.13　聚苯醚注射成型 …… 513
15.4.14　聚苯硫醚注射成型 …… 515
15.4.15　双色塑料制品注射成型 …… 515
15.4.16　热固性塑料注射成型 …… 516
15.4.17　气体辅助注射成型塑料制品 … 518
15.4.18　反应注射成型塑料制品 …… 519
15.4.19　注射成型制品质量问题分析 … 520

第4篇　压延成型

第16章　压延机与辅机 …… 535
16.1　压延机分类及结构特点 …… 535
16.1.1　按辊筒数量分类 …… 535
16.1.2　按辊筒排列形式分类 …… 535
16.2　压延机的规格型号及主要参数 …… 537
16.2.1　规格型号 …… 537
16.2.2　主要参数 …… 541
16.3　压延机成型塑料制品生产线 …… 544
16.3.1　原料供应系统生产线 …… 544
16.3.2　压延成型系统生产线 …… 546
16.4　压延机生产线中的设备 …… 549
16.4.1　压延机 …… 549
16.4.2　辅机 …… 555
16.4.3　压延机生产操作要点 …… 560
第17章　压延成型 …… 561
17.1　聚氯乙烯薄膜（片）压延成型 …… 561
17.1.1　聚氯乙烯薄膜压延成型工艺 …… 562
17.1.2　聚氯乙烯硬片压延成型工艺 …… 563
17.1.3　薄膜（片）压延成型工艺参数的调整 …… 565
17.1.4　薄膜（片）质量故障原因与排除 …… 567
17.1.5　PVC 硬片质量故障原因与排除 …… 570
17.2　聚氯乙烯人造革压延成型 …… 572
17.2.1　人造革压延成型生产方式 …… 572
17.2.2　人造革压延成型生产线 …… 573
17.2.3　辅机 …… 573
17.2.4　原料 …… 575
17.2.5　压延成型工艺 …… 575

17.2.6 压延革质量故障原因及排除方法 …… 580
17.3 聚氯乙烯地板革压延成型 …… 581
17.3.1 生产工艺顺序与设备 …… 581
17.3.2 原料与配方 …… 582
17.3.3 工艺参数 …… 582
17.4 聚氯乙烯人造革挤出压延成型 …… 583
17.4.1 设备 …… 584
17.4.2 原料 …… 584
17.4.3 工艺 …… 584
17.5 聚乙烯人造革压延成型 …… 585
17.5.1 设备 …… 585
17.5.2 原料 …… 585
17.5.3 工艺 …… 585
17.6 聚乙烯钙塑片压延成型 …… 585
17.6.1 设备 …… 586
17.6.2 原料 …… 586
17.6.3 工艺 …… 586
17.6.4 钙塑瓦楞板的复合成型 …… 587
17.7 聚氯乙烯壁纸的压延成型 …… 587
17.7.1 设备 …… 587
17.7.2 原料 …… 588
17.7.3 工艺 …… 589
17.7.4 质量 …… 590
17.8 塑料人造革其他成型方法 …… 591
17.8.1 聚氯乙烯人造革的涂刮法与辊涂法成型 …… 591
17.8.2 塑料地板砖成型 …… 599
参考文献 …… 602

第1篇　原　材　料

塑料是一种高分子聚合物。按照力学性能和热性能的不同，塑料可分为通用塑料和工程塑料。通用塑料一般是指产量大、用途广、生产成型容易、价格又较便宜的塑料品种，如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯，聚苯乙烯和 ABS 等。工程塑料与通用塑料相比，有较高的应用强度和耐热性能，包括聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯和聚对苯二甲酸丁二醇酯，以及一些高性能的工程塑料，如聚砜、聚醚砜、聚苯硫醚、聚酰亚胺、聚芳脂和聚四氟乙烯等。

塑料按成型性能又可分为热塑性塑料和热固性塑料。热塑性塑料在一定温度条件下，能软化熔融成任意形状，冷却后形状不变，这种状态可多次反复，而材料始终具有可塑性，且这种反复只是一种物理变化。应用较多的热塑性塑料有：聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS、聚酰胺和聚碳酸酯等。热固性塑料在一定温度条件下能软化成熔融态，降温后形状固定、变硬，但是再次加热升温后，则不能再次熔融软化。说明这种塑料在第一次加热熔融时，已经发生了化学变化。常用的热固性塑料有酚醛塑料、环氧塑料和不饱和聚酯塑料等。

为了使成型塑料制品所用的高分子聚合物适应生产工艺的需要或改善某些性能方面的不足，生产前还需加入些辅助原料。常用的辅助原料有增塑剂、稳定剂、润滑剂、着色剂和填充料及一些加工助剂。另外，还可根据制品工作条件的需要，在以树脂为主要原料的混合料中加入一些抗氧剂、光稳定剂、发泡剂、阻燃剂和抗静电剂等具有特殊功能的助剂。

第1章　常用塑料的性能和用途

1.1　聚乙烯

聚乙烯（PE）是由乙烯单体聚合而成的。以聚乙烯树脂为基材，添加少量抗氧剂、爽滑剂等塑料助剂后造粒制成的塑料称为聚乙烯塑料。PE 是聚乙烯（polyethylene）的缩写代号。

1. 聚乙烯品种

聚乙烯是一个可用多种工艺方法生产，具有多种结构和特性的系列品种，品种多达几百个。目前，应用较多的品种有：低密度聚乙烯（LDPE）、高密度聚乙烯（HDPE）、线型低密度聚乙烯（LLDPE）及一些具有特殊性能的品种，如超高分子量聚乙烯（UHMWPE）、低

分子量聚乙烯（LMWPE）、高分子量高密度聚乙烯（HMWHDPE）、极低密度聚乙烯（VLDPE）、交联聚乙烯（VPE）、氯化聚乙烯（CPE）和多种乙烯共聚物等。

2. 聚乙烯合成方法及特点

聚乙烯的合成，按聚合压力的不同，可分为高压聚合法、低压聚合法和中压聚合法。在聚乙烯聚合生产中三种方法都有应用，但采用三种方法聚合的聚乙烯，其结构、密度和性能又各有特点。

高压法聚合的聚乙烯也称高压聚乙烯，是在 100～300MPa 的高压下，用有机过氧化物为引发剂聚合而成的。其密度在 0.910～0.935g/cm^3 范围内。若按密度分类，称其为低密度聚乙烯。

低压法聚合的聚乙烯也称低压聚乙烯，是用齐格勒催化剂（有机金属）或用金属氧化物作为催化剂，在低压条件下聚合而成的。其密度为 0.955～0.965g/cm^3，与高压法聚合的聚乙烯相比，低压法聚合的聚乙烯不只是密度值高，其拉伸强度和撕裂强度也都高于高压法聚合的聚乙烯。由于其密度值较高，所以又称其为高密度聚乙烯。

中压法聚合的聚乙烯，采用了改进型的齐格勒催化剂，其聚合温度和压力都高于低压法聚乙烯的聚合条件。中压法聚乙烯的大分子结构为线型，其纯度和很多性能都介于高压法聚乙烯和低压法聚乙烯之间。所以，此法生产的聚乙烯被称为中密度聚乙烯，MDPE 是中密度聚乙烯的缩写代号。

3. 聚乙烯用途

聚乙烯树脂在全部树脂中的应用量最大。目前，国内聚乙烯制品的年产量约在 500 万 t 左右。用聚乙烯树脂成型塑料制品，主要有薄膜、各种形状的中空容器、管材、编织袋、周转箱、单丝、瓦楞板、电缆料、板材和鞋等。由于聚乙烯制品具有力学性能、电性能良好，化学性能稳定和成型加工性能好等特点，所以其制品广泛地应用在工业、农业、医药卫生和日常生活用品中。

1.1.1　低密度聚乙烯

1. 性能特征

低密度聚乙烯（LDPE）为乳白色蜡质半透明固体颗粒，无毒，无味，密度在 0.910～0.925g/cm^3 范围内。在聚乙烯树脂中，除超低密度聚乙烯树脂外，低密度聚乙烯是最轻的品种。与高密度聚乙烯相比，其结晶度（55%～65%）和软化点（90～100℃）较低；有良好的柔软性、延伸性、透明性、耐寒性和加工性；化学稳定性较好，可耐酸、碱和盐类水溶液；有良好的电绝缘性能和透气性；吸水性低；易燃烧，可产生石蜡气味的气体。不足之处是机械强度低于高密度聚乙烯；透湿性、耐热性、耐氧化性和抗日光老化性能差，在日光或高温作用下易老化分解而变色，性能下降，所以低密度聚乙烯应用时要添加抗氧剂和紫外线吸收剂来改善其不足之处。另外，低密度聚乙烯制品的粘合性和印刷性很差，为了改善这方面的不足，制品表面需经电晕处理或化学腐蚀后方可应用。不同密度聚乙烯的性能参数见表 1-1。不同用途的 PE 树脂的技术要求（GB/T 11115—2009）见表 1-2。

表 1-1　不同密度聚乙烯的性能参数

项　　目	测试方法 ASTM	低密度	中密度	高　密　度	
				熔体流动速率 /(g/10min) ≥0.1	熔体流动速率 /(g/10min) <0.1
密度/(g/cm^3)	D792	0.910～0.925	0.926～0.940	0.941～0.965	0.945
相对平均分子质量		约 3×10^5	约 2×10^5	约 1.25×10^5	约(1.5～2.5)$\times10^6$
折射率		1.51	1.52	1.54	
透气速度(相对值)		1	$1\frac{1}{3}$	1/3	
断裂伸长率(%)	D638	90～800	50～600	15～100	
邵氏硬度(D)	A785	41～50	50～60	60～70	55(洛氏 R)
冲击强度(缺口)/(J/m)	D256	>853.4	>853.4	80～1067	>1067
拉伸强度/MPa	D638	6.9～15.9	8.3～24.1	21.4～37.9	37.2
拉伸弹性模量/MPa	D638	117.2～241.3	172.3～379.2	413.7～1034	689.5
连续耐热温度/℃		82～100	104～121	121	
热变形温度(0.46MPa)/℃	D648	38～49	49～74	60～82	73
比热容/[J/(kg·K)]		2302.7		2302.7	
结晶熔点/℃		108～126	126～135	126～136	135
脆化温度/℃	D746	−80～−55		−140～−100	<−137
熔体流动速率/(g/10min)	D1238	0.2～3.0	0.1～4.0	0.1～4.0	<0.1
线膨胀系数/($\times10^{-5}$/K)		16～18	14～16	11～13	7.2
热导率/[W/(m·K)]		0.35		0.46～0.52	
耐电弧性/s	D495	135～160	200～235		
介电常数					
60～100Hz	D150	2.25～2.35	2.25～2.35	2.30～2.35	2.34
1MHz		2.25～2.35	2.25～2.35	2.30～2.35	2.30
介电损耗角正切	D150				
60～100Hz		$<5\times10^{-4}$	$<5\times10^{-4}$	$<5\times10^{-4}$	$<3\times10^{-4}$
1MHz		$<5\times10^{-4}$	$<5\times10^{-4}$	$<5\times10^{-4}$	$<2\times10^{-4}$
体积电阻率(RH50%,23℃)/Ω·cm	D257	$>10^{16}$	$>10^{16}$	$>10^{16}$	$>10^{16}$
介电强度/(kV/mm)					
短时	D149	18.4～28.0	20～28	18～20	28.4
步级		16.8～28.0	20～28	17.6～24	27.2

表 **1-2a** 吹塑类聚乙烯（PE）树脂的技术要求（GB/T 11115—2009）

序号	项目		单位	PE,BA,48G100			PE,BA,52G150			PE,BA,62D003		
				优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
1	颗粒外观	色粒	个/kg	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40
2	密度(D 法)	标称值	g/cm^3	0.948			0.952			0.960		
		偏差		±0.003		±0.004	±0.002		±0.003	±0.002	±0.004	±0.005
3	熔体质量流动速率 MFR	标称值	g/10min	10			15			0.35		
		偏差		±3.0	±4.0	±5.0	±3.0	±5.0	±6.0	±0.11	±0.13	±0.15
4	拉伸屈服应力		MPa	≥20.0		≥18.0	≥20.0		≥18.0	≥25.0		≥24.0
	拉伸断裂标称应变		%	≥150			≥150			≥350		
5	简支梁缺口冲击强度 23℃		kJ/m^2	≥8			≥8			≥18		
6	环境应力开裂时间(F_{50})		h	由供方提供数据			由供方提供数据			≥25		
试样制备				Q			Q			Q		

注：Q 表示压塑。

表 **1-2b** 挤出管材类聚乙烯（PE）树脂的技术要求（GB/T 11115—2009）

序号	项目		单位	PE,BA,43G100			PE,BA,45G120			PE,BA,49D001		
				优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
1	颗粒外观	色粒	个/kg	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40
2	密度(D 法)	标称值	g/cm^3	0.942			0.945			0.949		
		偏差		±0.002		±0.003	±0.002		±0.003	±0.002		±0.003
3	熔体质量流动速率 MFR	标称值	g/10min	10			12			0.11		
		偏差		±2.0		±2.5	±3.0		±5.0	±0.02		±0.03
4	拉伸屈服应力		MPa	≥16		≥15	≥17		≥16	≥19.0		≥17.0
	拉伸断裂标称应变		%	≥150			≥150			≥350		
5	简支梁缺口冲击强度 23℃		kJ/m^2	≥6.0			≥6.0			≥10		
6	弯曲模量		MPa	由供方提供数据			由供方提供数据			由供方提供数据		
7	氧化诱导时间 OIT(210℃,Al)		min	由供方提供数据			由供方提供数据			由供方提供数据		
试样制备				Q			Q			Q		

（续）

序号	项目		单位	PE,EA,50T002			PE,EA,52D001		
				优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
1	颗粒外观	色粒	个/kg	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40
2	密度(D法)	标称值	g/cm³	0.950			0.952		
		偏差		±0.002		±0.003	±0.003		±0.004
3	熔体质量流动速率 MFR	标称值	g/10min	0.24			0.14		
		偏差		±0.04		±0.06	±0.04	±0.05	±0.06
4	拉伸屈服应力		MPa	≥20.0		≥18.0	≥22.0	≥20.0	≥18.0
	拉伸断裂标称应变		%	≥350			≥50		
5	简支梁缺口冲击强度 23℃		kJ/m²	≥12			≥6		
6	弯曲模量		MPa	由供方提供数据			由供方提供数据		
7	氧化诱导时间 OIT(210℃,Al)		min	由供方提供数据			由供方提供数据		
试样制备				Q			Q		

注：Q 表示压塑。

表 **1-2c** 挤出薄膜类聚乙烯（PE）树脂的技术要求（GB/T 11115—2009）

序号	项目			单位	PE-L,FB,18D010			PE,FAS,18D075			PE-L,FB,20D020		
					优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
1	颗粒外观		色粒	个/kg	≤5	≤10	≤20	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40
			蛇皮和拖尾粒	个/kg	≤20		≤40	≤20		≤40	≤20		≤40
			大粒和小粒	g/kg	≤10			≤10			≤10		
2	密度(D法)		标称值	g/cm³	0.918			0.919			0.920		
			偏差		±0.003		±0.004	±0.002		±0.003	±0.002		±0.003
3	熔体质量流动速率 MFR		标称值	g/10min	1.0			7.0			2.0		
			偏差		±0.3		±0.5	±1.3		±1.5	±0.3		±0.5
4	拉伸屈服应力			MPa	—			—			≥7.0		
	拉伸断裂应力			MPa	≥12.0			≥8.0			—		
	拉伸断裂标称应变			%	≥250			≥90			≥200		
5	鱼眼	方法一	0.8mm	个/1520cm²	≤8			—			≤8		
			0.4mm		≤40			—			≤40		
		方法二	0.3mm~2.0mm	个/1200cm²	—			≤30			—		
	条纹		≥1.0cm	cm/20m²	—			≤20			—		
6	雾度			%	由供方提供数据			—			由供方提供数据		
试样制备					Q			M			Q		

（续）

序号	项目			单位	PE,F,21D003			PE,FB,21D025			PE,F,21D024		
					优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
1	颗粒外观		色粒	个/kg	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40
			蛇皮和拖尾粒	个/kg	≤20		≤40	≤20		≤40	≤20		≤40
			大粒和小粒	g/kg	≤10			≤10			≤10		
2	密度(D 法)		标称值	g/cm^3	0.920			0.920			0.920		
			偏差		±0.002		±0.003	±0.002		±0.003	±0.002		±0.003
3	熔体质量流动速率 MFR		标称值	g/10min	0.30			2.4			2.4		
			偏差		±0.05		±0.1	±0.4		±0.6	±0.4		±0.6
4	拉伸屈服应力			MPa	—			—			—		
	拉伸断裂应力			MPa	≥10.0		≥9.0	≥7.0		≥6.0	≥7.0		≥6.0
	拉伸断裂标称应变			%	≥150			≥150			≥150		
5	鱼眼	方法一	0.8mm	个/1520cm^2	—			≤8			≤8		
			0.4mm		—			≤40			≤40		
		方法二	0.3mm ~ 2.0mm	个/1200cm^2	—			—			—		
	条纹		≥1.0cm	$cm/20m^2$	—			—			—		
6	雾度			%	—			≤15			≤15		
试样制备					Q			Q			Q		

序号	项目			单位	PE,FA,50G110		
					优等品	一等品	合格品
1	颗粒外观		色粒	个/kg	≤10	≤20	≤40
			蛇皮和拖尾粒	个/kg	≤20		≤40
			大粒和小粒	g/kg	≤10		
2	密度(D 法)		标称值	g/cm^3	0.950		
			偏差		±0.002		±0.003
3	熔体质量流动速率 MFR		标称值	g/10min	11		
			偏差		±2.0		±4.0
4	拉伸屈服应力			MPa	≥20		≥18
	拉伸断裂应力			MPa	—		
	拉伸断裂标称应变			%	≥150		
5	鱼眼	方法一	0.8mm	个/1520cm^2	≤8		
			0.4mm		≤40		
		方法二	0.3mm ~ 2.0mm	个/1200cm^2	—		
	条纹		≥1.0cm	$cm/20m^2$	—		
6	雾度			%	—		
试样制备					Q		

注：Q 表示压塑，M 表示注塑。

表 1-2d　涂层类聚乙烯（PE）树脂技术要求（GB/T 11115—2009）

序号	项　　目		单位	PE,H,18D075		
				优等品	一等品	合格品
1	颗粒外观	色粒	个/kg	≤10	≤20	≤40
2	密度(D 法)	标称值	g/cm^3	0.918		
		偏差		±0.002		±0.003
3	熔体质量流动速率 MFR	标称值	g/10min	7.0		
		偏差		±0.8		±1.0
4	熔胀比	标称值		1.70		
		偏差		±0.20		±0.30
试样制备				M		

注：M 表示注塑。

表 1-2e　电线电缆绝缘类聚乙烯（PE）树脂的技术要求（GB/T 11115—2009）

序号	项目		单位	PE,JA,23D021			PE,JA,45D007		
				优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
1	颗粒外观	色粒	个/kg	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40
2	密度(D 法)	标称值	g/cm^3	0.923			0.945		
		偏差		±0.003		±0.004	±0.003		±0.004
3	熔体质量流动速率 MFR	标称值	g/10min	2.1			0.7		
		偏差		±0.20		±0.30	±0.20		±0.30
4	拉伸屈服应力		MPa	—			≥15		
	拉伸断裂应力		MPa	≥10			—		
	拉伸断裂标称应变		%	≥80			≥50		
5	相对电容率			由供方提供数据			≤2.40		
试样制备				M			Q		

注：Q 表示压塑，M 表示注塑。

表 1-2f　挤出单丝类聚乙烯（PE）树脂的技术要求（GB/T 11115—2009）

序号	项　　目		单位	PE,LA,50D012		
				优等品	一等品	合格品
1	颗粒外观	色粒	个/kg	≤10	≤20	≤40
2	密度(D 法)	标称值	g/cm^3	0.951		
		偏差		±0.002		±0.003
3	熔体质量流动速率 MFR	标称值	g/10min	1.0		
		偏差		±0.2		±0.3
4	拉伸屈服应力		MPa	≥22.0	≥21.0	≥20.0
	抗伸断裂标称应变		%	≥350		
试样制备				Q		

注：Q 表示压塑。

表 **1-2g** 注塑类聚乙烯（PE）树脂的技术要求（GB/T 11115—2009）

序号	项目		单位	PE,M,18D500			PE,M,18D022		
				优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
1	颗粒外观	色粒	个/kg	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40
2	密度(D 法)	标称值	g/cm^3	0.917			0.918		
		偏差		±0.002		±0.003	±0.002		±0.003
3	熔体质量流动速率 MFR	标称值	g/10min	50			2.0		
		偏差		±6.0		±7.0	±0.2	±0.3	±0.4
4	拉伸屈服应力		MPa	—			—		
	拉伸断裂应力		MPa	≥6.0			≥10.0		≥8.0
	拉伸断裂应变		%	—			—		
	拉伸断裂标称应变		%	≥90			≥80		
5	简支梁缺口冲击强度 23℃		kJ/m^2	≥50			≥50		
试样制备				M			M		

序号	项目		单位	PE,M,53D060			PE,M,56D180			PE,ML,57D075		
				优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
1	颗粒外观	色粒	个/kg	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40
2	密度(D 法)	标称值	g/cm^3	0.953			0.956			0.958		
		偏差		±0.002		±0.003	±0.003		±0.004	±0.002	±0.003	
3	熔体质量流动速率 MFR	标称值	g/10min	6.0			18			7.5		
		偏差		±0.5	±1.0	±1.5	±2.0		±3.0	±1.5		±2.5
4	拉伸屈服应力		MPa	≥22.0	≥20.0	≥18.0	≥20.0	≥18.0	≥16.0	≥24.0	≥22.0	≥20.0
	拉伸断裂应力		MPa	—			—			—		
	拉伸断裂应变		%	≥150			—			≥80		
	拉伸断裂标称应变		%	—			≥80			—		
5	简支梁缺口冲击强度 23℃		kJ/m^2	由供方提供数据			≥2.0			≥2.5		
试样制备				M			M			M		

注：M 表示注塑。

2. 用途

1）LDPE 薄膜的用途可分为农业用和包装用。农业用薄膜用于育苗和各种大棚；包装薄膜用途广泛，如用于各种机械零件、化工和医药制品、各种服装及生活日用品的包装，各种食品的包装，以及防潮和防氧化真空包装等，另外，还可用做手提袋等。

2）挤出成型的管材和注塑成型的管件主要用于各种液体的输送管路。

3）挤出覆合薄膜与纸、板、纤维板和铝箔，以及其他多种塑料的复合制品多用于食品和医药的防潮、防氧化包装等。

4）挤出成型的电缆护套、塑料包覆电线，主要用于通信、电流的输送、动力电缆、信号及高压线路等。

5）挤出的丝用于绳索、渔网，复合薄膜还有防电磁辐射的作用。

6）注塑成型的瓶、桶、盖、盘、玩具等塑料制品是人们日常生活中不可缺少的用品。注塑工业用配件，既减轻了设备质量，又节省了大量的金属材料。

用低密度聚乙烯挤出成型塑料制品工艺条件参见表 1-3。国内部分低密度聚乙烯制品挤出成型用 LDPE 树脂的牌号、用途及生产厂见表 1-4 ~ 表 1-7。注塑成型塑料制品 LDPE 的牌号、用途及生产厂见表 1-8。

表 1-3　用 LDPE 树脂挤出成型参考工艺条件

工艺条件	制　品						
	管棒	吹塑薄膜	片材	电线包覆层	扁平薄膜	丝	涂层
原料塑化温度/℃	150	165	180	220	245	260	316
螺杆长径比(L/D)	16	20	20	20	24	24	28
螺杆压缩比	3	4	4	4	4	4	4
均化段长度	2D	4D	4D	4D	6D	6D	14D
均化段槽深/mm	3.8	3.2	3.2	2.3	—	1.9	—

注：D 为螺杆直径。

表 1-4　中国石油大庆石油化工总厂 LDPE 牌号及用途

项目	18A	21A	24B	18D	24E	18G	18VA	18VB	18VD	19E
熔化流动速率/(g/10min)	0.3	0.3	0.7	1.5	2	6	0.5	0.7	1.5	2.3
密度/(g/cm^3)	0.919	0.921	0.922	0.919	0.924	0.919	0.926	0.929	0.926	0.919
拉伸强度/MPa	9	10	10	9	10	9	9	6	8	—
断裂伸长率(%)	600	600	600	600	600	500	650	700	650	400
断裂强度/MPa	16	16	14	12	11	9.5	15	17	12	13
落锤冲击强度/g	900	900	140	120	90	—	550	140	120	—
耐环境应力开裂性(F_{50})/h	500	300	6	3	—	—	15	—	—	—
脆化温度/℃	-70	-70	-70	-70	-70	-60	-80	-90	-80	—
浊度(%)	16	15	12	14	6	—	14	—	11	—
表观密度/(g/cm^3)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	—
介电损耗角正切	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	5	—	—	0.5
相对介电常数	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	—	—	2.35
介电强度/(kV/mm)	40	40	40	40	40	40	34	—	—	—
用途	重包装袋	电缆及护套	管道、型材、食品袋、收缩薄膜	农膜、电缆	高透明薄膜	涂层、农用棚膜、轻包装膜	重包装袋	农膜		3.5kV 交联电缆

表 1-5　中国石化集团上海石油化工股份有限公司 LDPE 牌号及用途

项目	测试方法	YK30	AH40	YF30	EF30	WC30
熔体流动速率/(g/10min)	JIS K 6760	4	2.2	1.1	1.1	0.15
密度/(g/cm^3)	三菱油化	0.920	0.922	0.920	0.920	0.920
拉伸强度/MPa	JIS Z 1702					
纵		16	17	18	12	15
横		14	15	16	—	—
浊度(%)	JIS K 7105	18	16	23	—	—
开口剂含量/(g/10cm^3)	三菱油化	—	—	—	—	—
介电损耗角正切	JIS K 6760	—	—	—	4×10^{-4}	4×10^{-4}
落锤冲击强度/g	ASTM D 1709	—	—	—	—	—
色相　<	三菱油化	-16	-16	-16	-16	-16
用途		农用地膜	农膜	农膜	电缆	电缆
项目	测试方法	ZE33	NH50	ZK60	YK31	NH51
熔化流动速率/(g/10min)	JIS K 6760	0.25	2.8	4	4	2.8
密度/(g/cm^3)	三菱油化	0.920	0.925	0.926	0.920	0.925
拉伸强度/MPa	JIS Z 1702					
纵		20	—	—	145	—
横		19	—	—	125	—
浊度(%)	JIS K 7105	—	10	9	22	13
开口剂含量/(g/10cm^3)	三菱油化	—	230	180	—	220
介电损耗角正切	JIS K 6760	—	—	—	—	—
落锤冲击强度/g	ASTM D 1709	620	—	—	—	—
色相　<	三菱油化	-16	-16	-16	-16	-16
用途		重包装	高透明膜	流延膜	农用地膜	高透明膜

表 1-6　中国石化集团北京燕山石油化工有限公司 LDPE 牌号及用途

牌号 / 项目	测试方法	1I2A-1	1I20A	1C10A	1C5A	1C7A	2J0.25A	2K1.5A
熔化流动速率/(g/10min)	JISK 6760	2	20	10	5.3	7	0.25	1.3
密度/(g/cm^3)	JISK 6760	0.921	0.920	0.917	0.917	0.920	0.924	0.923
拉伸强度/MPa	JISK 6760	15.0	10.0	11.8	11.9	12.0	18.0	15.0
断裂伸长率(%)	JISK 6760	500	400	623	657	450	550	500
脆化温度/℃	ASTMD746	-70	25	—	—	-50	-70	-70
加工方法		注射		涂层			挤出	
用途		相对分子质量分布范围宽,适于注射和中空成型制品,耐低温性好,机械强度要求不高的各种制品		适于轻包装复合材料,黏结性、热封性好	适于重包装重合制品,刚性好,黏结性好	适于各类涂层	适于电绝缘及电缆护套	

牌号 / 项目	PE-F-23D006			PE-FL-23D012		
	优等	一等	合格	优等	一等	合格
熔化流动速率/(g/10min)	0.8	0.8	0.8	0.7~0.9	0.7~1.0	0.7~1.1
密度/(g/cm^3)	0.921	0.92	0.921	0.921	0.921	0.921
拉伸强度/MPa	15.5	15.0	14.5	15.0	14.5	14.0
断裂伸长率(%)	550	500	450	550	500	450
清洁度/(分/kg)	20	30	40	20	30	40
用途	农用棚膜			耐气候农用棚膜		

（续）

项目 \ 牌号	测试方法	2F0.3 A	2F0.3 A-1	2F0.4 A	2F1.5 B	2F1.5 B-1	2F3B	2F5B	1F7B
熔体流动速率/(g/10min)	JISK6760	0.3	0.3	0.4	1.5	1.5	2.5	5	7
密度/(g/cm³)	JISK6760	0.923	0.923	0.924	0.924	0.924	0.924	0.925	0.923
拉伸强度/MPa	JISK6760	19	19	17	15	14	14	13	12
断裂伸长率(%)	JISK6760	600	600	550	550	500	500	450	450
冲击强度/(kJ/m²)	住友法	35	34	32	23	25	23	19	20
撕裂强度/(N/m)									
纵	JISP8116	5.0	4.5	4.5	7.5	4.0	4.0	6.0	5.0
横		5.5	4.0	2.5	5.0	3.0	3.0	3.0	3.0
成膜性/μm	住友法	25	25	25	12	13	12	11	11
脆化温度/℃	ASTM D746	−70	−70	−70	−70	−70	−70	−70	−50
浊度(%)	ASTM D1003	8	13	24	7	8	7	7	9
光泽度(%)	ASTM D2457	85	70	55	95	80	95	90	70
用途		重包装膜，具有优良的力学性能和耐低温性、耐撕裂、耐冲击，适用于化肥、树脂等包装膜			农用、通用、轻包装膜，成膜性好，能做 15μm 以下的薄膜，光学性和透明度好，适用于农膜、地膜和轻包装膜				

表 1-7　低密度聚乙烯挤出制品用料生产厂及产品牌号和用途

生产厂家	LDPE 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm³)	特点和用途
北京燕化①	2F0.4A-1	0.4	0.9212	重包装膜
	1150A	50	0.9162	管材、板材
	LD100-AC	2.0	0.9225	农膜、收缩膜、透明膜、医用膜、多层膜共剂与 LLDPE 掺混料、吹膜、各种包装膜
	LD113	2.3	0.9205	
	LD150	0.75	0.9225	大棚膜、农膜、收缩膜、重包装膜、动力电缆绝缘硅烷交联、电缆外套、管材、吹塑
	LD165	0.33	0.9220	
	SD330	2.0	0.9220	农膜、收缩膜、衬里、超薄膜、冷冻膜、多层共挤膜与 LLDPE 掺混料、医用包装膜、透明膜
	LD104	2.0	0.925	高透明膜、收缩膜、共挤多层膜、动力电缆绝缘硅烷交联
	LD117	1.6	0.93	收缩膜、医用包装膜、共挤多层膜、电缆绝缘硅烷交联
	LD358	0.28	0.925	棚膜、管材、瓶
	LD188	1.9	0.923	农膜、透明膜、冷冻膜、共挤多层膜、管材
广州石化②	DEX821、DEX8218	0.7	0.926	地膜、农膜、重包装膜
	DEX8219	1.0	0.926	大棚膜、商品包装膜
	DEX8301	3.0	0.934	吹塑中空小瓶、罐等
	DFDA6080BK-3	0.8	0.920	挤塑滴灌管和管材
	DFDA 7001	3.2	0.917	薄膜级、流延膜、拉伸膜、高级包装膜
	DFDA 7026	3.2	0.917	流延膜、拉伸膜、粘贴膜、商品袋膜
	DFDA 7027	5.8	0.934	流延膜、食品袋、高档包装、编织袋
	DFDA 7029	2.6	0.916	流延膜、冷冻包装膜
	DFDA 7042	2.0	0.918	内衬和包装膜、掺混料
	DFDA 7051	2.0	0.924	超薄膜用
	DFDA 7081	1.0	0.918	透明膜

（续）

生产厂家	LDPE 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm³)	特点和用途
广州石化②	DFDA 7087	1.0	0.918	地膜、购物袋
	DFDC 7050	2.0	0.925	超薄膜、内衬用、服装袋
	DFDC 7085	1.0	0.918	地膜、大棚膜、物品包装
	DFH 2076	0.8	0.920	电缆级、电缆护套料
	DGDA 2401	0.2	0.940	管材、管件
	DHDA 2483BK-3	0.6	0.939	小直径水管等管件
	HS7001	3.2	0.917	流延膜、拉伸膜、冰袋等
	HS 7026	3.2	0.917	流延膜、拉伸膜、粘贴膜
	HS 7028	1.0	0.918	拉伸膜、干草储存袋、垃圾袋
	HS 7029	2.6	0.916	流延膜、优质拉伸包装膜、冰袋
	HS 7064	0.8	0.925	重包装膜、沸水袋
	HS 7066	0.8	0.925	大包装、重包装、育秧棚膜,内衬膜
	HS 7094	0.8	0.925	垃圾袋、复合、多层膜、内衬膜
	DNDB 7049	4.0	0.934	中空容器、马桶、玩具、户内用罐
	DNDC 7148(2)	5.0	0.934	工业桶、化学品用罐、户外容器
	DNDC 7149	5.0	0.934	抗化学品包装、农用容器
	DNDC 7152	3.5	0.939	中空罐、日用容器
	DNDD 7148(3)	5.0	0.934	中空罐、户外容器
	DNDD 7149	5.0	0.934	食品容器、日用瓶等
	DNDD 7152	3.5	0.939	吹塑中空级、容器、小罐、玩具
扬子石化③	HS-7001	3.2	0.918	吹塑薄膜
	DFDA-7047	1.0	0.918	适合薄膜、内衬、混合料
	DFH-2076	0.76	0.920	适合挤塑制品和电缆基料
	DFDA-7042	2.0	0.918	适合内衬、混合料、吹塑薄膜
齐鲁石化④	2100TN00	0.3	0.921	适合重包装、收缩膜、土工膜、大棚膜、电缆料
	2101TN00	0.85	0.921	适合大棚膜、工业膜
	2102TN00	2.5	0.921	轻包装膜,发泡片材,电线电缆
	2102TN26	2.5	0.921	适合农膜、地膜、轻包装膜
	2102TN37	2.5	0.921	适合板材、农膜、包装膜
	2100TU60	0.2～0.4	0.918～0.924	适合棚膜
茂名石化⑤	951-050	2.17	0.919	地膜、包装膜、电缆护套、电缆绝缘料
	510-000	2.1	0.918	介电性能优越,用作电缆绝缘基料
	156-050	2.2	0.921	透明膜
	951-000	2.17	0.918	农地膜、包装膜、电缆护套料、电缆绝缘料
中国台湾省	C7100	7.8	0.918	适合涂覆制品、电线绝缘用制品、拉伸性好、黏着性强
	C1200	12.0	0.918	适合挤出涂覆。拉伸强度、黏性、热封性较好
	F211	2.0	0.923	一般用薄膜料、抗黏性好
	F811	8.0	0.923	拉伸强度好、抗黏性好,适合超薄薄膜
	F1107	1.1	0.922	适合一般包装膜和收缩膜
	F2201	2.0	0.923	一般包装膜
	F6102、F6104	6.0	0.923	适合超薄薄膜、拉伸强度好
	H0100	0.5	0.922	挤出发泡级、电线绝缘级
	H0105	0.5	0.923	重包装膜、农用膜、建筑用膜、抗黏性好
	H6105	0.5	0.923	适合重包装膜

① 北京燕化全称：中国石油化工北京燕化石油化工股份有限公司。
② 广州石化全称：中国石油化工广州石油化工分公司。
③ 扬子石化全称：中国石油化工扬子石油化工分公司。
④ 齐鲁石化全称：中国石油化工齐鲁石油化工股份有限公司。
⑤ 茂名石化全称：中国石油化工股份有限公司茂名石油化工公司。

表 1-8　低密度聚乙烯注塑制品用料生产厂及产品牌号

生产厂家	LDPE 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm³)	特点和用途
北京燕化	1150A	50	0.9162	管件等注塑制品
	1140A	40	0.9165	人造花、盆景
	LD100	2	0.9225	多种注塑件
	LD600	2	0.9225	同上
	LD662	2	0.9275	同上
	LD617	3	0.923	同上
广州石油化工	DMDA7144	20	0.924	注塑生活用品
	DMDA8320	20	0.924	注塑大型容器盆、桶等
	DMDA8350	50	0.926	生活用品及瓶盖等
	DNDA1077	100	0.931	用于食品容器、杯、盖等
	DNDA1081	125	0.931	用于各种薄壁容器
	DNDA7147	50	0.926	生活用品等
	DNDB1077	100	0.931	同上
扬子石化	1810H	1.3～1.8	0.919	医药包装等注塑件
	1816H	1.3～1.8	0.919	内衬等注塑件
	2220H	1.8～2.2	0.923	适用注塑电缆料
	1810S	1.7～2.2	0.917	多种注塑件
	2410T	3.3～3.9	0.923	同上
	3026K	3.4～4.6	0.928	同上
	3020H	1.7～2.2	0.927	同上
	DNDA-8350	50	0.926	生活用品等高速注塑件
兰州石化	PE-M-13D022	2	0.917	通用注塑级,无添加剂
	PE-M-18D500	50	0.914	注塑级,高流动,高光泽度,优良的柔软性
上海石化①	Q200/Q280	2/2.8	0.922/0.925	适合小型注塑件
	ZH015	0.15	0.920	均聚物注塑级
	ZH080	0.8	0.917	同上
	ZH120	1.2	0.920	同上
	ZH200	2	0.922	同上
	ZH280	2.8	0.925	同上
	ZH400	4	0.920	同上
	ZH700	7	0.920	同上
	ZH1200	12	0.920	同上
中国台湾省②	M202	26	0.917	注塑小型日用品,流动性好、光泽、韧性、耐开裂性好
	M2100	26	0.924	同上
	M2200	50	0.917	高流动性、易染色,适合各种塑料花
	M5100	50	0.917	同上

① 上海石化全称：中国石化上海石油化工股份有限公司。

② 中国台湾省：是指其亚洲聚合股份有限公司。

1.1.2 高密度聚乙烯

1. 性能特征

高密度聚乙烯（HDPE）为白色粉末或颗粒状产品，无毒，无味，结晶度为 80% ~ 90%，软化点为 125 ~ 135℃，使用温度可达 100℃；硬度、拉伸强度和蠕变性优于低密度聚乙烯；耐磨性、电绝缘性、韧性及耐寒性较好，但与低密度聚乙烯相比略差些；化学稳定性好，在室温条件下，不溶于任何有机溶剂，耐酸、碱和各种盐类的腐蚀；薄膜对水蒸气和空气的渗透性小，吸水性低；耐老化性能差，耐环境应力开裂性不如低密度聚乙烯，特别是热氧化作用会使其性能下降，所以树脂中须加入抗氧剂和紫外线吸收剂等来改善这方面的不足。高密度聚乙烯薄膜在受力情况下热变形温度较低，应用时要注意。高密度聚乙烯的性能参数见表 1-1。

2. 用途

高密度聚乙烯树脂可采用注射、挤出、吹塑和旋转成型等方法成型塑料制品。

采用注射成型可成型出各种类型的容器、工业配件、医用品、玩具、壳体、瓶塞和护罩等制品。采用吹塑成型可成型各种中空容器、超薄型薄膜等。采用挤出成型可成型管材、拉伸条带、捆扎带、单丝、电线和电缆护套等。

另外，还可成型建筑用装饰板、百叶窗、合成木材、合成纸、合成膜和成型钙塑制品等。

不同熔体流动速率的 HDPE 较适宜成型的制品见表 1-9。

表 1-9 不同熔体流动速率的 HDPE 较适宜成型的制品

熔体流动速率/(g/10min)	应 用 范 围	熔体流动速率/(g/10min)	应 用 范 围
0.2 ~ 1.0	电线、电缆绝缘层	0.3 ~ 6.0	薄膜
0.01 ~ 0.5	管材	0.5 ~ 8.0	注射成型制品
0.2 ~ 2.0	板、片、延伸带	3.0 ~ 8.0	旋转成型制品
0.5 ~ 1.0	单丝	4.0 ~ 7.0	涂层
0.2 ~ 1.5	吹塑中空制品	—	—

用于挤出成型绝缘电缆的高密度聚乙烯树脂，应选用 PE-JA-50D012 牌号或符合 GB/T 13849—1993 的规定，各项指标要求见表 1-10。

用 HDPE 树脂挤出成型不同制品的参考工艺条件见表 1-11。HDPE 的密度对性能的影响见表 1-12。

表 1-10 电缆用 HDPE 性能（GB/T 13849—1993）

项 目	REAPE-200	GB/T 13849—1993	美国 UCC DGDJ-3364	日本三井 5305E	PE-JA-50D-012(5300E)
MFR/(g/10min)	0.9 ~ 1.1	0.2 ~ 1.0	0.75	0.8	0.5 ~ 1.0
密度/(g/cm^3)	0.941 ~ 0.951	0.921 ~ 0.951	0.948	0.952	0.948 ~ 0.954
拉伸强度/MPa	≥19.3	≥19.2	22.1	24	≥29
断裂伸长率(%)	≥400	≥400	500	>500	≥500
氧化诱导期/min	≥40	≥40	—	—	—
耐环境应力开裂(F_{50})/h	24h < 2/10	24h < 2/10	>96	>500	≥500
介电常数(1MHz)	2.300 ~ 2.400	2.300 ~ 2.400	2.32	—	2.4(10Hz)
介电损耗角正切(1MHz)	$\leq 5\times10^{-4}$	$\leq 5\times10^{-4}$	0.6×10^{-4}	2×10^{-4}	$\leq 3\times10^{-4}$
体积电阻率/Ω·m	$>1\times10^{14}$	$>1\times10^{14}$	1×10^{15}	2×10^{16}	—

表 1-11　用 HDPE 树脂挤出成型制品的参考工艺条件

工艺条件	管材	吹塑薄膜	片材	单丝	中空制品
机筒温度/℃ (从加料段至均化段)	160 ~ 240	130 ~ 200	160 ~ 240	160 ~ 270	130 ~ 220
模具温度/℃	170 ~ 220	170 ~ 190	200 ~ 230	220 ~ 270	170 ~ 210
制品降温条件	水冷 15 ~ 20℃	空气冷却降温	辊筒冷却 70 ~ 110℃	水冷 40 ~ 80℃	模内降温
牵引速度/(m/min)	0.5 ~ 5	2 ~ 30	30 ~ 100	70 ~ 200	熔体自重下流

表 1-12　HDPE 的密度对性能的影响

指 标 名 称	注　射　级	吹　塑　级	挤　出　级
MFR/(g/10min)	14	0.35	1.2
密度/(g/cm^3)	0.965	0.964	0.954
相对分子质量分布	窄	中等	窄
灰分(质量)/(%)	0.03	0.03	0.02
屈服强度/MPa	28.42	27.44	23.52
拉伸强度/MPa	19.6	34.3	29.4
断裂伸长率/(%)	200	500	500
弯曲模量/GPa	0.98	1.08	0.88
冲击强度(缺口)/(J/m)	29.4	343	1.47
耐应力开裂(F_{50})/h	3	40	30

国内部分和进口 HDPE 树脂生产厂牌号、性能及用途见表 1-13 ~ 表 1-20。

表 1-13　中国石化集团北京燕山石油化工公司化工一厂 HDPE

牌号 / 项目	5000 H	5000 SR	6000 M	7000 M	7000 F	8000 F	8500 F	1600 J
熔体流动速率/(g/10min)	0.11	0.4	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	18
密度/(g/cm^3)	0.960	0.958	0.961	0.961	0.956	0.950	0.941	0.958
屈服应力/MPa	26	24	23	29	25	23	20	27
断裂拉伸强度/MPa	29	32	39	34	38	38	45	—
断裂伸长率(%)	500	500	500	500	500	500	500	40
刚性(Olsen)/MPa	980	980	980	980	980	785	716	980
悬壁梁冲击强度/(J/m)	147	196	294	245	294	—	—	19.6
邵氏硬度(D)	64	62	66	66	64	62	60	65
耐应力开裂(F_{50})/h	500	30	1000	1000	400	600	600	2
熔融温度/℃	132	132	131	131	131	130	130	131
维卡软化点/℃	125	124	126	126	124	123	123	122
相对分子质量分布	非常宽	中等	非常宽					窄
加工方法	挤出							注射
用途	板材、浴盆内衬;收缩性和展性较小	厚单丝伸展带、包装物、膜、网、渔网、昆虫筛、绳子、布纱、磁带、包装袋	土建工程的大型管道和下水管;7000M 是加宽了 6000M 的 MWD,改进了 6000M 的加工性能		薄膜高透度加工;包装用织物膜、商品袋、废品袋	改进 7000F 机械强度;高载荷膨胀管状膜;重载荷袋、废品袋	农业薄膜和园圃膜	改进 1300J;可做玩具、家用器皿、杂品

（续）

项目 \ 牌号	50200	50300	45200	3000B	5300B	6500B	8200B	8300B	9200B
熔体流动速率/(g/10min)	18.5	30	20	0.7	0.35	0.35	0.025	0.1	0.06
密度/(g/cm³)	0.948	0.948	0.945	0.964	0.952	0.965	0.956	0.950	0.959
屈服应力/MPa	22	22	20	32	24	29	26	24	29
断裂拉伸强度/MPa	12	12	12	29	29	37	42	37	44
断裂伸长率(%)	200	50	140	500	500	500	500	500	500
刚性(Olsen)/MPa	883	686	765	980	785	1020	980	785	980
悬臂梁冲击强度/(J/m)	58.8	49	58.8	58.8	78.4	98	NB	NB	NB
邵氏硬度(D)	60	60	60	65	61	65	62	62	65
耐应力开裂(F_{50})/h	2	2	30	100	600	50	600	600	100
熔融温度/℃	126	128	127	132	130	133	131	136	134
维卡软化点/℃	120	115	112	130	118	128	124	123	130
相对分子质量分布	非常窄	窄		宽				窄	
加工方法	注射			吹塑					
用途	做PET瓶的底托;50300是改进的50200加工性能	高流动性能的薄壁件		改进6200B			大型容器、化工产品和水容器、车用燃料容器	车用燃料容器	大型容器、化工产品和水容器
				小型瓶子、玩具	洗涤剂瓶、香波瓶、化妆品瓶	薄壁制品			

表 1-14　扬子石化公司·大庆石化公司 HDPE

牌号		项目										特点和用途
		熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm³)	相对分子质量分布	屈服强度/MPa	拉伸强度/MPa	断裂伸长率(%)	弯曲强度/MPa	冲击强度(缺口)/(kJ/m²)	耐应力开裂(F_{50})/h	螺旋流动/cm	
注射级	1300J	14	0.965	窄	29.0	20	200	1000	3	3	65	刚性好、变形小;适合做精密尺寸的小型件
	2100J	6.5	0.965	窄	25.0	20	500	900	4	8	65	适合大型容器和高冲击强度的汽车零件
	2200J	5.8	0.968	窄	30	20	500	1100	5	4	48	适合工业用包装箱,如瓶、水果箱、鱼筐等
	2208J	5.8	0.968	窄	30	20	500	1100	5	4	48	室外用瓶、水果箱、鱼筐等
吹塑级	5200B	0.35	0.964	中等	28	35	500	1100	35	40	—	耐冲击强度高的容器和鱼业用浮子等
	6200B	0.40	0.950	宽	27	35	500	1000	10	>400	—	化妆品、洗涤剂容器
挤出级	3300F	1.2	0.954	窄	24	30	500	900	15	30	—	透明度好;用做通用包装膜
	5000S	0.9	0.954	窄	24	30	500	900	15	300		机械强度高;用于绳索、渔网单丝、包装带
	5200S	0.35	0.964	中等	23	35	500	1100	34	40		机械强度好、用于绳索、渔网单丝、包装带
	6100M	0.14	0.954	很宽	23	25	500	900	15	>400		适合做化学液体管材和供水灌溉管

表 1-15　中国石化齐鲁股份有限公司 HDPE

牌号	项目								
	熔体流动速率/(g/10min)	流动指数	密度/(g/cm³)	拉伸强度/MPa	屈服强度/MPa	断裂伸长率(%)	定伸模量/MPa	脆化温度/℃	用途
DMD7030	25～35	—	0.957～0.961	26	24.7	10	930	-50	注塑
DMD7008	7～8.5	—	0.955～0.959	27.5	26	300	950	-50	注塑
DMD7904	3.2～4.8	—	0.949～0.953	33.2	21.8	300	690	-70	注塑
DMD5140	0.6～0.8	—	0.956	26.5	25	250	880	-50	吹塑
DMD6130	—	15～25	0.954～0.958	25.5	24.7	250	760	-60	吹塑
DMD1155	—	8～11	0.951～0.955	25.0	23.5	250	700	-60	吹塑
DEMA6158	0.7～1.1	—	0.957	28	26.5	250	860	-50	挤塑
DGD6093	—	14～18	0.951～0.955	25	23.5	250	700	-60	薄膜挤塑
DGD3190	0.07～0.13	—	0.951～0.955	24.5	23.0	330	630	-70	吹塑挤塑
DGD6084	0.3～0.4	—	0.956	26.5	25	250	880	-50	抽丝
DMD3479	0.1～0.2	16～23	0.947～0.951	22.5	22.5	250	600	-50	电线、电缆挤塑

表 1-16　HDPE 挤出制品用料生产厂及产品牌号和用途

生产厂家	HDPE 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm³)	特点和用途
上海石化	YGH031	0.12～0.28	0.952	管材、管件
	YGH041	0.16～0.34	0.952	管材、管件
	YGM091	0.49～0.92	0.946	管材、管件
	GH121	0.8～1.6	0.963	管材、管件
	GH201	1.3～2	0.945	管材、管件
	DH050T	0.3～0.7	0.956	电缆电线护套
	DH170T	1.3～2.1	0.956	电缆电线护套
	DH110T	0.7～1.5	0.956	电缆电线护套
	ML1502	1.5±3.2	0.923	吹塑薄膜
	ML2202	22.0±5.0	0.925	吹塑薄膜
	MH502	5.0±2.0	0.956	吹塑薄膜
	MH1002	10.0±3.5	0.947	吹塑薄膜
	CH252	2.5±0.8	0.955	中空吹塑制品
	CH1402	14.0±3.5	0.957	中空吹塑制品
	CH2202	20.0±4.5	0.959	中空吹塑制品
	MH602	6.0	0.946	提物袋、垃圾袋、重包装、纸袋衬里
	CH2802	28.0	0.958	吹塑薄壁容器(1～10L)化妆品、食品等容器
	CH702	7.0	0.953	吹塑(10～30L)容器,如化工品、油罐、危险品
	CH202	2～3	0.953	吹塑(30～220L)容器,如油罐、危险品
	YGH051T	0.5	0.956	各种压力管、PE80 气管、排污管、大直径波纹管
	YGH041T	0.4	0.959	黑色压力管 PE100、水管、PE60 气管、薄壁管
	GH051T	0.5	0.960	黑色非承压管、埋地管、排污管、导线管、灌溉管
	YGM091T	0.85	0.952	黑色压力管、PE880 水管、PE80 气管、大直径管
	DH170T	1.7	0.954	黑色光缆通信、电力电缆护套料
兰州石化	3300F	1.2	0.954	适合用于各种包装的透明薄膜
	5000S	0.8～1.2	0.949～0.953	机械强度高;挤出管材、中空制品和单丝
	5200B	0.35	0.964	用于耐冲击强度高的容器和渔业用浮子等
	5200S	0.35	0.964	挤出机械强度好的单丝、渔网、绳索等
	60550AG	6.0～9.0	0.955～0.959	机械强度好;用于单丝、渔网、绳索、包装带等
	6100M	0.14	0.954	用于进行供水、灌溉及运装化学液体的管材
	6200B	0.4	0.95	吹塑漂白剂、化妆品、洗涤剂瓶

（续）

生产厂家	HDPE 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm³)	特点和用途
天津石化①	TJDL-9475	0.7	0.954	力学性能、电性能、耐候性能良好；可做电缆绝缘料
	DMDA-6400	0.9	0.961	强度好，卫生、易加工；主要用于饮料、果汁、水瓶及容器
	DGDH-1059	0.9	0.961	力学性能优，具有良好的抗湿氧性；用于食品、重负荷、袋包装膜
齐鲁石化	DGDA6098	8～15	0.946～0.953	挤出 6～7μm 微薄膜
	DGDB 2480	8～17	0.942～0.948	挤出管材
	QHB07	—	—	挤出工业用品
	DMDY1158	1.4～2.8	0.949～0.956	吹塑 10～100L 容器
	DMD6145	12～21	0.949～0.952	吹塑 10～100L 容器
	DMD6147	7～14	0.945～0.952	吹塑 20～200L 容器
辽阳石化②	PE-GA-50D006	0.36～0.54	0.944～0.953	挤出单丝、渔网丝
	PE-LA-57D006	0.52～0.78	0.951～0.956	单丝、渔网丝
	PE-JA-57T022	1.3～1.9	0.949～0.954	单丝、渔网丝
	L0555P	0.4～0.6	0.950～0.955	氯化聚乙烯专用料
	L2053P	1.8～2.5	0.951～0.955	氯化聚乙烯专用料
	L0555P	0.4～0.6	0.950～0.955	氯化聚乙烯专用料
	L2053P	1.8～2.5	0.951～0.955	氯化聚乙烯专用料
吉林石化③	DGDB2481BK	0.1	0.946	水管、大直径管
	DGDS6097	0.4	0.948	板材
	DGDA6093	0.15	0.951	薄膜
	DGDA6094	1.0	0.95	单丝、编织袋
抚顺石化④	51-35B	0.33	0.941	丁烯共聚；用于生产输气管
	43-44B	0.75	0.935	丁烯共聚；用于生产 MDPE 电缆护套
上海赛科⑤	HD5301AA	10.0	0.953	挤出高强度薄膜，制作各种购物袋
	HD5502AA	0.35	0.955	吹塑小于 5L 的食品、油和化学品容器

① 天津石化全称为天津石油化工公司。
② 辽阳石化全称为中国石油辽阳石化分公司。
③ 吉林石化全称为中国石油吉林石化公司。
④ 抚顺石化全称为中国石油抚顺石油化工公司。
⑤ 上海赛科全称为上海赛科石油化工有限责任公司。

表 1-17 HDPE 注塑制品用料生产厂及产品牌号

生产厂家	HDPE 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm³)	特点和用途
上海石化	SH021	0.20	0.951	通用级注塑件原料
	SH061	0.60	0.952	
	SH151	1.50	0.952	
	SH280	2.80	0.955	
	SH361	3.60	0.954	
	SH400	4.00	0.955	
	SH600	6.00	0.960	
	SH502	5.00	0.954	
	SH702	7.00	0.956	
	SH800	8.00	0.965	
	BL1100	12.00	0.931	

（续）

生产厂家	HDPE 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm³)	特点和用途
上海石化	SH1400	14.00	0.963	通用级注塑件原料
	SH1502	15.00	0.957	
	SH200	20.00	0.959	
	SH2902	29.00	0.960	
	SH4502	45.00	0.962	
	SH1200	12.00	0.960	注塑箱、桶、软管、玩具、日用品、汽车配件、密封圈等
	SH400	4.00	0.960	颜料桶
	SH400U	4.00	0.960	颜料桶、盖
	SH800U	8.00	0.964	注塑周转箱、室外用品、料箱等防紫外线件
	SH2000U	20.00	0.958	同上
大庆扬子兰州石化	1300J	14.00	0.965	刚性好、变形小;用于制作日用品和精密小型机械零件
	2100J	6.500	0.985	多种注塑件,尤其适合大型容器和高抗冲汽车零件
	2200J	5.800	0.968	用于工业各种包装箱、瓶、水果筐、鱼筐等
	2208J	5.800	0.968	多种注塑件,如瓶、水果箱、鱼筐等
	5122A	21.50	0.959	适宜薄壁容器,如一次性民航杯
	519.9AC	9.50	0.961	共聚、性能优良;用于制作日用品、电器零件、工业件、儿童玩具
北京燕化	2200J	5.50	0.964	注塑瓶、箱及一般工业用件
	2100J	6.50	0.953	用于封闭材料
	1600J	18.00	0.956	用于生活日用品
天津石油化工	DGDA-6094	1.00	0.95	化学稳定性好、耐腐蚀;用于小型中空容器
	DMDA-8007	9.00	0.961	制品的强度、硬度均较好;用于周转箱、容器、盘等
	DMDA-8920	20.00	0.954	用薄壁、形状复杂注塑件,如容器盘等
辽阳石化	PE-ML-57D075	6.00～9.00	0.955～0.960	周转箱
	PE-MA-50D045	3.20～4.80	0.949～0.955	适宜厚壁容器、运输箱
	PE-MA-57D100	25.00～31.00	0.955～0.960	用于形状复杂的制品
	PE-MA-57D045	13.00	0.955～0.960	周转箱
抚顺石化	2709	14.50	0.950	用于桶、盖、家具
	2916	8.50	0.959	用于薄壁容器
上海赛科石化	HD6070AA	8.40	0.960	周转箱、汽车部件、托盘、椅子等

表 1-18　美国联碳公司 HDPE

项目 \ 牌号	DMD6158	DGD3479	DMD7904	DMD6130
熔体流动速率/(g/10min)	0.7～1.1	0.1～0.2	3.2～4.8	—
密度/(g/cm³)	0.957	0.947～0.957	0.949～0.953	0.954～0.958
粉料密度/(g/cm³)	0.432	0.432	0.432	0.432
灰分(质量)(%)	0.03	0.05	0.04	0.05
挥发分(质量)(%)	0.01	0.01	0.01	0.01

（续）

项目 \ 牌号	DMD6158	DGD3479	DMD7904	DMD6130
铬含量(质量)/10^{-6}	3.5	1	6	1
拉伸强度/MPa	26.5	22.5	23.2	24.7
屈服拉伸强度/MPa	28	22.5	21.8	25.5
断裂伸长率(%)	250	250	300	250
脆化温度/℃	-50	-50	-70	-60

表 1-19　比利时索尔维公司 HDPE

项目	A1050（均聚物）	A4090（共聚物）	A4009（共聚物）	B2008（均聚物）	B4002（共聚物）
熔体流动速率/(g/10min)	4.5～6.0	8.0～10.0	0.8～1.1	0.7～0.9	0.25～0.4
密度/(g/cm^3)	>0.965	0.953～0.956	0.950～0.953	0.961	0.950～0.953
相对分子质量分布	窄	窄	窄	中	宽
$\overline{M}_w/\overline{M}_n$	≤3	≤3	≤3	6～9	≥9
灰分(质量)(%)	0.018	0.022	0.052	0.024	0.144
钛含量(质量)/10^{-6}	2.4	6.3	7.26	21.2	20.21
铝含量(质量)/10^{-6}	16.84	34.69	21.42	19.18	>35.17
屈服拉伸强度/MPa	30.8	28.5	28.1	27	27.1
屈服断裂伸长率(%)	11	14	14	12	11
拉伸强度/MPa	20	18.8	40.9	19.4	27.5
断裂伸长率(%)	760	580	1084	780	793
腐蚀性	无	无	无	轻微腐蚀	无
用途	注射	注射大制件	单丝	吹塑	吹塑

表 1-20　日本三井石油化学公司 HDPE

项目	注射成型	吹塑成型	挤出成型
	1300J	5200B	3300F
熔体流动速率/(g/10min)	14	0.35	1.2
密度/(g/cm^3)	0.965	0.964	0.954
相对分子质量分布	窄	中等	窄
灰分(质量)(%)	0.03	0.03	0.02
屈服强度/MPa	29	28	24
拉伸强度/MPa	20	35	30
断裂伸长率(%) >	200	500	500
弯曲强度/MPa	1000	1100	900
冲击强度（缺口)/(kJ/m^2)	3	35	15
耐应力开裂(F_{50})/h	3	40	30
螺旋流动/cm	65	—	—

1.1.3　线型低密度聚乙烯

线型低密度聚乙烯（LLDPE）是乙烯与少量 α-烯烃（如 1-丁烯、1-己烯、1-辛烯等）在催化剂的作用下，在高压或低压条件下聚合而成的共聚物。

1. 性能特征

线型低密度聚乙烯的外观与普通低密度聚乙烯相似。密度、结晶度和熔点均比高密度聚乙烯低，结晶度为 50% ~55%，略高于低密度聚乙烯，但比高密度聚乙烯低很多；熔点比低密度聚乙烯的熔点略高些（一般要高出 10 ~15℃），但温度范围很小；力学性能优于普通低密度聚乙烯，如撕裂强度、拉伸强度、冲击强度、耐环境开裂性和耐蠕变性能均比低密度聚乙烯好；电绝缘性能也优于低密度聚乙烯。用线型低密度聚乙烯成型的薄膜，既柔软又耐热，且有较高的撕裂强度和热合强度，但膜的透明度和光泽性较差。不同密度的线型低密度聚乙烯（LLDPE）性能见表 1-21。线型低密度聚乙烯（LLDPE）的密度和结晶度与 LDPE 和 HDPE 的比较见表 1-22。线型低密度聚乙烯（LLDPE）的性能与 LDPE 和 HDPE 的比较见表 1-23。线型低密度聚乙烯（LLDPE）的加工特性与 LDPE 和 HDPE 的比较见表 1-24。

表 1-21　不同密度的 LLDPE 性能

项　　目	LDPE EC-51A	LLDPE				
密度/(g/cm^3)	0.924	0.930	0.928	0.925	0.918	0.913
熔体流动速率/(g/10min)	0.25	0.12	0.10	0.33	1.15	—
屈服强度/MPa	9.6	15.5	13.7	11.0	10.9	10.0
拉伸强度/MPa	16.1	—	18.8	10.0	9.8	11.2
弯曲模量/MPa	210	321	270	241	250	227
断裂伸长率(%)	—	425	788	—	—	—
体积电阻率/Ω·cm	$>10^{15}$	3.08×10^{16}	—	8.6×10^{16}	2.74×10^{16}	3.18×10^{16}
介电损耗角正切	2.9×10^{-4}	1.66×10^{-4}	—	4.4×10^{-4}	—	2.6×10^{-4}
相对介电常数	2.30	—	—	2.22	2.16	2.21
介电强度/(kV/mm)	—	51.7	—	47.0	57.0	69.0
维卡软化点/℃	97.3	108	108	97.0	99.0	94.0

表 1-22　LDPE、LLDPE、HDPE 三种树脂密度和结晶度比较

项　　目	密度/(g/cm^3)	结晶度(%)
LDPE	0.910 ~0.940	45 ~65
LLDPE	0.915 ~0.935	55 ~65
HDPE	0.940 ~0.970	85 ~95

表 1-23　LLDPE 与 LDPE 和 HDPE 性能比较

性　　能	与 LDPE 比较	与 HDPE 比较	性　　能	与 LDPE 比较	与 HDPE 比较
拉伸强度	高	低	加工性	较困难	较容易
伸长率	高	高	浊度	较差	较好
冲击强度	较好	相近	光泽性	较差	较好
耐环境应力开裂性	较好	相同	透明度	较差	—
耐热性	高 15℃	较低	熔体强度	较低	较低
韧性	较高	较低	熔点范围	小	小
挠曲性	较小	相近	—	—	—

表 1-24　LLDPE、LDPE 和 HDPE 加工特性比较

项　　目	LDPE	LLDPE	HDPE
薄膜吹塑	最容易	一般	最难
注射成型	软质	有刚性,翘曲小	刚性好
管材挤出	软质	耐圆周应力好	刚性好
线缆挤出	挤出速度快	耐热耐环境应力开裂性好	耐热性很好,可交联
中空成型	型坯强度好	型坯强度较差	刚性好
旋转成型	流动性好	流动性最高	难以流动
粉体涂覆	低温软化	需较高温度	适宜条件窄
挤出被覆	缩颈现象小	缩颈现象大	适宜条件窄
交联发泡	性能易控制	难以控制	性能易控制

线型低密度聚乙烯树脂的质量标准 GB/T 15182 规定见表 1-25。

2. 用途

线型低密度聚乙烯树脂一般多用于注射机注射成型塑料制品，经改性的线型低密度聚乙烯可采用吹塑、注射、滚塑和挤出等方法成型塑料制品。

采用挤出机可挤出成型管材、电线电缆包覆护套，挤出吹塑各种厚度薄膜及成型中空制品等。

采用注射机可注射成型各种工业配件、气密性容器盖、汽车用零部件和工业容器等。

旋转成型法加工成农药和化学品容器及槽车罐等大型容器等。也可采用流延法成型流延膜，用于复合、印刷和建筑用薄膜。

国内部分和引进的 LLDPE 树脂生产厂牌号、性能及用途见表 1-26 ~ 表 1-32。

1.1.4　超高相对分子质量聚乙烯

超高相对分子质量聚乙烯（UHMWPE）是一种线型结构的热塑性工程塑料，其分子结构和生产方法与高密度聚乙烯基本相同，可采用低压聚合法、淤浆法和气相法合成，相对分子质量是依靠改变催化剂成分比例、添加改性剂和工艺参数的调整来控制。

超高相对分子质量聚乙烯为粉末状，密度为 0.936 ~ 0.964g/cm^3，无毒，不易吸水，不易黏附，无表面吸引力；力学性能和化学性能独特，它几乎集中了各种塑料的优点，具有普通聚乙烯和其他工程塑料无法比拟的耐磨性、自润滑性和噪声衰减性；抗冲击、耐低温、抗低温冲击；耐高温蠕变、热稳定性好，熔点温度为 190 ~ 210℃，热变形温度为 85℃（在 0.46MPa 下），熔体流动速率接近零；耐寒性好，脆化温度低于 140℃；拉伸强度高达 39.2MPa；耐蚀性和耐环境开裂性能很好。

北京助剂二厂生产的 UHMWPE 产品牌号及性能见表 1-33。UHMWPE 与普通 HDPE 的性能比较见表 1-34。

表 **1-25** 线型低密度聚乙烯（GB/T 15182—1994）

性能	测试项目		吹塑薄膜											
			LLDPE-FB-18D012			LLDPE-FB-18D022			LLDPE-FB-18D022-1			LLDPE-FB-23D012		
			优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品
树脂性能	颗粒外观	污染粒子/(个/kg) ≤	10	20	40	10	20	40	10	20	40	10	20	40
		蛇皮和丝发/(个/kg) ≤	20		40	20		40	20		40	20		40
		大粒和小粒/(g/kg) ≤	10			10			10			10		
	熔体流动速率/(g/10min)	标称值	1.0		1.0	2.0		2.0	2.0		2.0	1.0		1.0
		偏差	±0.2		±0.3	±0.3		±0.5	±0.3		±0.5	±0.2		±0.3
	密度/(g/cm^3)	标称值	0.920		0.920	0.920		0.920	0.918		0.918	0.925		0.925
		偏差	±0.002		±0.003	±0.002		±0.003	±0.002		±0.003	±0.002		±0.003
	拉伸屈服强度/MPa ≥		8.3			8.3			8.3			9.2		
	拉伸断裂强度/MPa ≥		17.0			12.0			12.0			12.0		
	断裂伸长率(%) ≥		500			500			500			500		
薄膜性能	鱼眼/(个/1520cm^2)	0.8mm ≤	2	4	8	2	4	8	2	4	8	2	4	8
		0.4mm ≤	15	25	40	15	25	40	15	25	40	15	25	40
	雾度(%)		13	—		14	—		14	—		14	—	
	开口性		易于揭开			易于揭开			易于揭开			易于揭开		
	落镖冲击破损质量/g ≥		80	—		55	—		60	—		70	—	

注：用于薄膜性能检验的吹塑薄膜厚度为 30μm ± 3μm。

表 **1-26**　中国石油大庆石油化工总厂 **LLDPE**

项　　目		DFDA-7047	DFDA-7068	DFDA-7075	DFDA-7064	DFDA-7042	DXND-1222	DXND-1223	DXND-1224	DNDA-7144	DNDA-7147	DNDA-7145	DNDA-7146	DNDB-7148	DNDC-7148	DXND-1218
		DGM-1810	DGM-1810H	DGH-1850	DGH-2865H	DGH-1820	DTH-2080H	DTH-2080H	DTH-2080H	DGL-2420	DGL-2650	DGL-2612	DGL-2612	DGM-3440	DGM-3450	DTH-1880
熔体流动速率/(g/10min)		1.0	1.0	0.5	0.8	2.0	0.8	0.8	0.8	0.76	0.76	12	12	4.0	5.0	0.8
范围		0.8 ~ 1.2	0.8 ~ 1.2	0.4 ~ 0.6	0.7 ~ 1.1	1.6 ~ 2.4	0.64 ~ 0.96	0.64 ~ 0.96	0.64 ~ 0.96	0.66 ~ 0.86	0.66 ~ 0.86	10 ~ 14	10 ~ 14	3.3 ~ 4.7	4.0 ~ 6.0	0.64 ~ 0.96
密度/(g/cm^3)		0.918	0.918	0.918	0.926	0.918	0.920	0.920	0.920	0.924	0.926	0.926	0.926	0.934	0.934	0.918
范围		±0.002	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002
熔流比	≤	30	30	30	30	30	65 ~ 90	65 ~ 90	65 ~ 90	30	30	30	30	30	30	65 ~ 90
颗粒堆积密度/(kg/m^3)	≥	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
己烷抽出率(质量)(%)	≤	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
金属含量(质量)/10^{-6}	≤	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
拉伸强度/MPa	≥	8.3	8.3	8.3	11.0	8.3	9.0	9.0	9.0	11.0	10.3	11.0	11.0	14.5	14.5	8.3
弯曲弹性模量/MPa	≥	200	200	200	270	270	220	220	220	260	270	220	220	340	340	220
极限断裂伸长率(%)	≥	500	500	500	500	500	500	500	500	80	100	100	100	450	450	500
耐环境应力开裂(F_{50})/h	≥	—	—	—	—	—	200	200	200	2.5	—	10	10	200	250	250
脆化温度/℃		—	—	—	—	—	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60
浊度(%)	≤	13	17	12	17	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
相对介电常数		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.3
产品用途		农膜包装膜	农膜包装膜	农膜包装膜	重包装膜	机械包装膜	挤压制瓶	挤压制瓶	屋面板	屋面板	罐注塑制品	罐挤塑中空制品	罐挤塑中空制品	罐挤塑大型中空制品	罐	电线电缆

表 **1-27**　中国石化齐鲁股份有限公司 **LLDPE**

项目 \ 牌号 / 基础树脂	DFDA-7042	DFDA-7043	DFDA-7047	DFDA-7064	DFDA-7068	DFDA-7055	DFDA-7081	DEX-8218	DEX-8220	DFDA-7087	DFDA-7085	DFDA-7057	DFDA-7066	DFDA-7096	DFDA-7062
	DGM-1820	DGM-2230	DGM-1810	DGH-2685H	DGM-1810H	DGH-1850	DGM-1810	DGH-2670H	DGM-2610H	DGM-1810	DGM-1810	DGM-1820	DGH-2685H	DGH-2685H	DGM-2219H
熔体流动速率/(g/10min)	1.9	3	0.9	0.9	1	0.5	1	0.7	1	0.9	0.9	2	0.9	0.9	1.9
密度/(g/cm^3)	0.920	0.925	0.920	0.927	0.920	0.920	0.915	0.927	0.927	0.921	0.920	0.923	0.926	0.927	0.922
熔流比	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
表观密度/(kg/m^3)	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
己烷抽出率(质量)(%)	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
金属含量(质量)/10^{-6}	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
屈服强度/MPa	8	8	8	11	8	8	8	11	11	8	8	8	11	11	9.5
拉伸强度/MPa	12	9	17	25	26	20	17	26	24	17	17	12	25	25	17
正割模量/MPa	200	200	200	270	200	200	200	270	270	200	200	200	270	270	240
冲击强度/(MJ/m^2)	20	15	35	80	105	60	35	83	75	35	35	20	80	80	35
相对介电常数										NA	NA	NA	NA	NA	NA
特性撕裂强度/(kN/m)	40	28	52	140	160	60	52	150	140	52	52	40	140	140	52
薄膜外观等级	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
浊度(%)	14	16	13	17	17	12	7	17	18	13	13	16	17	18	18
光泽(45°)	45	40	49	40	40	55	65	42	38	48	49	40	40	39	39
色度	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
脆化温度/℃										NA	NA	NA	NA	NA	NA
耐环境应力开裂(F_{50})/h										NA	NA	NA	NA	NA	NA
加工方法	吹　膜　级														
用　　途	日用包装、地膜、涂层、内衬袋、食品包装	日用包装、地膜	棚膜、液体、食品、日用包装、冰袋、垃圾袋、重包装袋	重包装袋、冰袋、杂物袋、棚膜、蒸煮袋、大包装袋	棚膜、拉伸薄膜、掺混料、重包装袋	棚膜、重包装袋、掺混料、收缩薄膜	透明膜、食品袋、陈列包装袋	棚膜、重包装袋	棚模、重包装袋	地膜、涂层、微薄膜	重包装膜、复合膜	延伸膜	重包装膜、货运袋、水池衬里、床垫包装膜	超薄薄膜、杂物袋	易加工高强度薄膜

（续）

牌号 / 基础树脂 / 项目	DFDA-7042UM	DFDA-7047UM	DFDA-7068UM	DFDA-7075UM	DFD-8445	DXFD-1219	DXDF-1220	DFD-8446	DNDA-1077	DNDA-7144	DNDA-7145	DNDA-7147	DNDA-1081	DFDA-7051	DFDA-7059
	DGM-1820	DGM-1810	DGM-1810H	DGH-1850	DTH-1880	DTH-2230H	DTH-2630H	DTH-1860H	DGC-3100	DGL-2420	DGL-2612	DGL-2650	DGL-3130H	DGM-1820	DGM-1820
熔体流动速率/(g/10min)	2	0.9	1	0.5	0.8	0.3	0.3	0.6	100	20	12	50	130	2	2
密度/(g/cm^3)	0.918	0.918	0.918	0.918	0.920	0.923	0.927	0.920	0.931	0.924	0.926	0.926	0.931	0.918	0.918
熔流比	30	30	30	30	68	73	73	73	30	30	30	30	30	30	30
表观密度/(kg/m^3)	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
己烷抽出率(质量)(%)	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
金属含量(质量)/10^{-6}	7	7	7	7	9	9	9	9	7	7	7	7	7	7	7
屈服强度/MPa	8	8	8	8	8	9.5	11	8	9	10	11	10	9	9	8
拉伸强度/MPa	12	17	26	20	8	20	22	18	9	8	12	9	9	12	12
正割模量/MPa	200	200	200	200	200	240	270	200	300	260	270	270	300	200	200
冲击强度/(MJ/m^2)	20	35	105	50	15	35	37	34	3	5	7	5	3	20	20
相对介电常数	NA	NA	NA	NA										NA	NA
特性撕裂强度/(kN/m)	40	52	160	60	28	79	79	79	NA	NA				40	40
薄膜外观等级	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	NA	NA				-10	-10
浊度(%)	13	12	16	11	18	39	40	39	NA	NA				4	4
光泽(45°)	47	50	42	57	38	17	16	17	NA	NA				80	80
色度	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
脆化温度/℃	NA	NA	NA	NA					-20	-60	-60	-60	-60	NA	NA
耐环境应力开裂(F_{50})/h	NA	NA	NA	NA					0.5	12	10	2	0.5	NA	NA
加工方法	吹膜级								注射级					流延膜级	
用途	掺混料	掺混料	掺混料	掺混料	地膜、食品包装、衬里	棚膜、收缩薄膜、重包装	收缩薄膜、重包装	日用、包装、衬里、重包装	日用、家用器皿、薄盖	特殊家用器皿、易拉罐头、汽车零部件、玩具、汽车零件	易拉罐头、汽车零部件、大工业容器	家用器皿、盖、容器	日用、家用器皿、薄盖	单层流延膜(缠绕食品袋)	共挤流延膜

（续）

牌号 / 基础树脂 / 项目	DFDA-7029	DFDA-7027	DFDA-7093	DFDA-7020	DFDA-7026	DFDA-7146	DNDB-7148	DNDC-7148	DNDC-7150	DNDB-7149	DNDC-7149
	DGM-1626H	DGM-3458H	DGM 2219H	DGM-3430H	DGM-1732H	DGL-2612	DGM-3440	DGM-3450H	DGM-3935H	DGM-3440	DGM-3450H
熔体流动速率/(g/10min)	2.6	5.8	1.9	3	3.2	12	4	5	3.5	4	5
密度/(g/cm^3)	0.915	0.934	0.922	0.934	0.917	0.926	0.934	0.935	0.939	0.934	0.935
熔流比	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
表观密度/(kg/m^3)	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
已烷抽出率(质量)(%)	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
金属含量(质量)/10^{-6}	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
屈服强度/MPa	8	14.5	9.5	14	8	11	14	14	15	14	14
拉伸强度/MPa	12	12	17	16	12	12	12	12	13	12	12
正割模量/MPa	180	340	240	360	190	270	340	340	390	340	340
冲击强度/(MJ/m^2)	65	14	35	25	50	7	10	15	12	10	15
相对介电常数	NA	NA	NA							NA	NA
特性撕裂强度/(kN/m)		20	52	25	80	NA				NA	NA
薄膜外观等级		-10	-10	-10	-10					NA	NA
浊度(%)		10	6	5	4					NA	NA
光泽(45°)		70	75	76	80					NA	NA
色度	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
脆化温度/℃	NA	NA	NA	NA	NA	-60	-60	-60	-60	-60	-60
耐环境应力开裂(F_{50})/h	NA	NA	NA	NA	NA	10	200	500	500	200	500
加工方法	流延膜级					旋转成型					
用途	拉伸缠绕包扎膜、流延膜	大包装流延膜、尿布膜	底端拉伸流延膜	大包装流延膜、面包袋、尿布膜	拉伸缠绕流延膜、贴附缠绕膜	罐容器、玩具(不抗紫外线)	罐、容器(抗紫外线)	罐(抗紫外线)		罐、容器(不抗紫外线)	罐(不抗紫外线)

（续）

牌号 / 基础树脂 / 项目	DNDC-7152	DEX-8302	DND-3040	DXND-1222	DND-7342	DXND-1223	DFD-4427	DXDN-1224	DXND-1218	DXND-1494	DXND-1495
	DGM-3935	DGM-3430H	DTH-2060	DTH-2080H	DGM-1820	DTH-2080H	DTH-2060	DTH-2080H	DTH-1880	DTH-1880	DTM-1880
熔体流动速率/(g/10min)	3.5	3	0.5	0.8	2	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8
密度/(g/cm^3)	0.939	0.935	0.920	0.920	0.918	0.920	0.920	0.920	0.918	0.918	0.918
熔流比	30	30	68	73	30	73	68	73	68	68	68
表观密度/(kg/m^3)	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
已烷抽出率(质量)(%)	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
金属含量(质量)/10^{-6}	7	7	9	9	7	9	9	9	9	9	9
屈服强度/MPa	15	14	9	9	8	9	9	9	8	8	8
拉伸强度/MPa	13	16	12	15	12	15	12	15	8		
正割模量/MPa	390	360	220	220	200	220	220	220	200	200	200
冲击强度/(MJ/m^2)	12	25	20	30	20	30	20	30	15	15	15
相对介电常数	NA								2.35	2.35	2.35
特性撕裂强度/(kN/m)	NA				40					NA	NA
薄膜外观等级	NA				NA					NA	NA
浊度(%)	NA				NA					NA	NA
光泽(45°)	NA				NA					NA	NA
色度	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
脆化温度/℃	-60	-60	-60	-60	-60	-60					
耐环境应力开裂(F_{50})/h	500	500	500	500	500	500					
加工方法	旋转成型		中空吹塑				挤管		电线电缆		
用途	罐(不抗紫外线)		挤出瓶、罐衬里、异型材		小瓶、罩子	挤瓶、罐衬里、异型材	水管、管子		电话线	同轴绝缘动力电缆绝缘(35kV)	电缆护套

表 1-28　线型低密度聚乙烯挤出制品用料生产厂及产品牌号和用途

生产厂家	LLDPE 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm³)	特点和用途
广州石化	DFDA-7042	2.0	0.918	挤出吹塑农膜、地膜、棚膜、轻包装膜、衬里、电缆护套等
	DFDA-7042(粉料)	2.0	0.918	挤出吹塑农膜、地膜、棚膜、轻包装膜、衬里
	DGDA-6094	1.0	0.950	挤出扁丝、渔网丝、绳索
	DFH-2076	0.8	0.920	电缆护套料、电缆绝缘料
	DFDA-7047	1.0	0.918	挤出吹塑农膜、地膜、棚膜、轻包装膜、衬里
	DFDA-7020	3.0	0.934	挤出吹塑农膜、地膜、棚膜、日用膜、流延膜、衬里
	DFDA-7066	0.8	0.925	重包装膜、高强薄膜、衬里、包装袋
	DHDA-6093	0.15	0.952	挤出吹塑高透明膜、用于轻包装膜
	DGDS-6097	0.4	0.948	挤出板、片材、挤出吹塑包装膜
天津石化	DFDA-7042	2.0±0.3	0.920	成膜良好、高透明、力学性能好。可与 LDPE、HDPE 掺混,挤出小直径管
	DFDA-1820	2.0±0.5	0.920	挤出吹塑农、地膜、棚膜、衬里、农用管
	DFDA-7085	1.0±2.0	0.920	力学性能优良,透明度、耐候性良好;强度高,可与 LDPE EVA 掺混
	TJDL-9270	0.7±0.1	0.920	力学性能、耐候性、电性能良好;广泛用于电缆绝缘料和电缆改性基料
	DFDA-6080	0.8	0.920	拉伸强度、冲击强度优,耐环境应力开裂性好,绕性好;用于小直径管
	TJDL-9475	0.7±0.1	0.945	性能和用途与 TJDL-9270 相同
	TJHS-7002	—	—	适合挤出吹塑制品
	TJHS-7028	—	—	适合挤出吹塑制品
	DNDB-7149	4.0	0.934	耐环境应力开裂性好、抗冲击性和刚性优良、适合化学品储罐
中原乙烯①	DEDA-7042	2.0	0.920	适合成型薄膜和小直径排水管
	DFDC-7050	2.0	0.920	热变形温度高、成型薄膜抗刺性强;适合小直径排水管、电缆料
	DFDC-7085	1.95	0.920	适合农膜、购物袋膜
	DGDA6091	0.9~1.1	0.950	强度高、耐腐蚀性好、低温条件下柔性好;适合渔网、绳索、滤网
	DGDS6097	0.38~0.42	0.948	强度高、抗外界渗透性强;适合做购物袋、衬里,复合农膜
	DMDA6149	0.01	0.953	机械强度较好,使用温度较高,耐环境应力开裂性好,适合制作运输罐、大型储罐
	DNDD7152	3.0~4.0	0.939	滚塑性能较好、抗冲击性能高、耐环境应力开裂性好;适合做小型玩具、垃圾箱、储罐、掺混料
茂名石化	DFDA-7042	2.0	0.918	高透明度、强度好。用于农膜、棚膜、衬里膜或管材、电缆护套
	DGDA-6094	1.0	0.950	适合渔网丝、编织布,也可作小件中空制品
	DFH-2076	0.8	0.920	适合电缆护套、电缆料,也可加工软管和薄膜
	DFDA-7066	0.8	0.925	适合重包装膜、液体包装膜、热收缩膜及小直径管材
	DFDA-9806	1.8~2.2	0.918	铝塑复合板材专用料,也可成型管材和吹膜
	DGDA-2401	0.18~0.22	0.940	加工性能好、强度高;适合水管、农用管、燃气管或电缆料

（续）

生产厂家	LLDPE 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm³)	特点和用途
茂名石化	DFDA-9907	2.0	0.918	高档薄膜料、开口性好。轻、重包装膜，与 DFDA7042 用途相同
	DFH-3460	—	0.934	电缆护套、电缆料，也可成型软管和薄膜
	DMDB-2481	—	—	适合成型大直径管、水管、电缆套管
	DMDA-6231	0.33	0.950	适合成型 4～40L 容器、水桶、油桶
吉林石化	DFDA7047	1.0	0.918	农膜、衬里
	DFDA7068	1.0	0.918	适合成型薄膜、混合料
	DFDA7059	2.0	0.918	流延膜、共挤料
	DGDS6097	0.4	0.948	板材或薄膜
盘锦乙烯公司②	BD20100BA	1.0	0.92	抗冲击，耐应力开裂性好。用于吹塑制品，也可用成型管材
	BD24250AA	25	0.926	适合薄壁容器，如盒子及日用品等
	LL0209CA	0.9	0.919	拉伸强度好，耐穿刺能力高。用于缠绕包装膜
	LL0200CA	2.5	0.919	用途同 LL0209CA
	LL0640AA	4.1	0.929	用于成型高透明度、高强度薄膜
独山子石化③	LL0401KJ	1.0	0.926	挤塑、吹塑刚性高薄膜
	LL00220AA	2.0	0.920	挤塑、流延膜、拉伸膜
	BD20100BA	1.0	0.920	挤塑、管材、电线电缆料
	HD2840UA	4.0	0.928	旋转成型、槽、容器
赛科石化	LL0220AA	2.0	0.920	丁烯共聚，中等强度包装膜、拉伸膜
	LL0220KJ	2.0	0.921	丁烯共聚、吹塑膜
	LL0209AA	1.0	0.920	丁烯共聚、掺混、重负荷膜、农膜、缠绕膜
	LL0209KJ	1.0	0.921	丁烯共聚、吹塑农膜、内衬
	LL6209AA	0.9	0.920	己烯共聚、重负荷膜、多层膜、高强度包装袋

① 中原乙烯全称中原石油化工有限责任公司。

② 盘锦乙烯全称中国石油盘锦乙烯有限责任公司。

③ 独山子石化全称中国石油新疆独山子石化公公司。

表 1-29　线型低密度聚乙烯注塑制品用料生产厂及产品牌号和用途

生产厂家	LLDPE 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm³)	特点和用途
天津石化	TJZS-2433	33～40	0.924	可塑性强，流动性好，适合色母粒、桶、玩具、塑料花等
	DGDA-6094	1.0±0.2	0.950	耐腐蚀、化学稳定性好，适合单丝、渔网、滤网、编织袋
	DMDA-8007	8.2±1.5	0.961	强度好、硬度高，适合做周转箱、食品盘、饮料容器
	DMDA-6400	0.9	0.961	强度好、易加工、卫生。适合做吹塑果汁瓶、食品容器、玩具
	THZS-2640	50±5	0.926	适合做色母料载体，注塑桶、玩具、室内容器，塑料花

（续）

生产厂家	LLDPE 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm³)	特点和用途
广州石化	DMDB-8920	20.0	0.954	中空容器、日用品、食品包装
	DNDA-7144	20.0	0.924	玩具、日用品、周转箱
天津化学公司	DMDA-8007	8.0	0.955	耐溶剂性、耐蒸汽渗透好。适合做周转箱、托盘、食品盘
	DMDA-8920	—	—	注塑工业、农业、民用件
	TJZS-2433	—	—	色母料载体及其他制品
茂名石化	DMDB-8920	20.0	0.954	注塑形状复杂制件和大型件，与 LDPE 混用适合编织布
	DNDA-7144	20.0	0.924	注塑网篮、器皿、玩具、塑料花，柔韧性很好
	DMDB-8910	10.0	0.954	周转箱、桶、日用品等，与 LDPE 混用、可制编织带涂覆
吉林石化	DFDA7149	4.0	0.934	旋转膜塑、桶、玩具
	DMDB8940	40.0	0.951	注塑膜塑、食品容器、杯座
抚顺石化	2709	14.5	0.950	丁烯共聚、适合桶、盖子
	2916	8.5	0.959	丁烯共聚，薄壁容器
	2908	7.0	0.958	均聚；适合一般注塑制品
独山子石化	BDS24250AA	25.0	0.924	注塑制品、盖
	HD5218EA	18.0	0.952	注塑薄壁制件
	HD5211EA	11.0	0.952	注塑家用器皿
	HD5070EA	7.0	0.958	均聚；注塑制品、家用器皿
	HD6070EA	7.0	0.960	注塑制品、家用器皿

超高相对分子质量聚乙烯，由于其相对分子质量很高，熔体流动速率极低，熔体黏度极大，流动性极差，对热剪切又极为敏感，所以，不宜用一般热塑性塑料成型设备和工艺来成型制品，一般多用热模压法、冷压烧结法成型。近年来，由于对 UHMWPE 进行了改性，达到了不降低相对分子质量而改善熔融性的目的，使熔体的流动性得到改善。另一点是对设备进行改造，采用压缩比小、螺旋槽深度大、双螺杆挤出机的两螺杆同向旋转；在进料处机筒要开槽，采用强制供料方法，以达到原料初入机筒时的顺利输送；挤塑工艺温度控制在 180～200℃范围内，螺杆工作转速控制在 10～15r/min，以防止高剪切速率下的原料降解。现在用这种挤出工艺可生产 UHMWPE 板材、棒材、中空制品和薄膜等。

表 1-30　兰州化学工业公司石油化工厂 LLDPE

项目 \ 牌号 / 基础树脂	测试方法(ISO)	LL101 AA	LL101 GA	LL101 CB	LL102 AA	LL102 GA	LL103 AA	LL103 GA	LL104 AA	LL105 CB	20100 BA	20170 AA	24250 AA	28411 UA	20030 BA
		LL101			LL102		LL103		LL104	LL105	20100	20170	24250	LL104	20030
熔体流动速率/(g/10min)	1133	0.9			0.9		1		4	2.5	1	17	25	4	0.35
密度/(g/cm^3)	R1872	0.920			0.925		0.925		0.930	0.920	0.920	0.920	0.924	0.930	0.920
拉伸强度/MPa															
纵		41			11		13		12	9	10	11.5	13	14	
横		11			35		42		33	46	26				
断裂拉伸强度/MPa															
纵		41			35		42		33	46	26				
横		32			28		33		25	24	22				
落锤冲击强度/g		150			130		90		65	75	95				
断裂伸长率(%)															
纵		620			630		650		785	500	625	1000	1000	1000	
横		840			800		850		925	875	740				
撕裂强度/(kN/m)															
纵		145			65		70		40	40	45				
横		370			380		325		98	540	290				
维卡软化点/℃		100			97		105		115	99	94				
浊度(%)		10			6		14		2	0.5	19				
光泽(45°)		56			70		47		87	92	32				
黏合										0.8					
用途		吹膜	共挤薄膜	吹塑复合膜	高透明度吹塑膜	吹塑、复合、共挤膜	高强度吹塑膜	较高刚性吹塑膜	流延膜	复合流延膜	挤压成型	注射成型		旋转成型	电线电缆

表 1-31　美国联合碳化物公司 LLDPE

项目	牌　号					
	1	2	3	4	5	6
熔体流动速率/(g/10min)	0.8	2.0	3.0	12	20	29
密度/(g/cm^3)	0.919	0.920	0.920	0.925	0.928	0.925
熔流比	60～75	25～30	25～30	—	—	—
数均相对分子质量($\overline{M}_n$)/($\times10^4$)	10.3	30	28	16	15.5	13.5
重均相对分子质量($\overline{M}_w$)/($\times10^4$)	112	90	84	67	57	43
拉伸强度/MPa	16.9	19.3	12.7	9.3	11.7	14.4
断裂伸长率(%)	700	750	720	300	360	80
屈服强度/MPa	12.3	11.6	11.6	16.0	—	—
冲击强度/(kJ/m^2)	25	25	20	7	—	—
灰分含量(质量)/10^{-6}	100～200	200～500	200～500	200～500	200～500	200～500
己烷可萃取量(质量)(%)	3～5	1～2	1～2	1～2	1～2	1～2

表 1-32　日本三井石油化学有限公司 Ulztex LLDPE

牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm^3)	特点和用途
2020L	2.1	0.920	薄膜级,冲击强度、热合性及透明度好,涂覆薄膜用
2080C	8	0.920	挤出级
3010F	1.3	0.930	薄膜级,强度、韧性适宜,加工性好,适合一般包装及自动包装
3021F	2.0	0.930	薄膜级,强度、韧性适宜,透明度好,适合一般包装及自动包装
3550R	4.5	0.935	旋转成型级,适合滚塑制品,如容器、贮槽、罐等
3520L	2.1	0.935	薄膜级,耐热性,韧性和透明度好,可进行煮沸,适合耐热复合用薄膜
4030	3	0.94	旋转成型级
4060J	6.5	0.945	注射级,适合箱体等制品
4060R	6.5	0.945	旋转成型级
4330R	3.5	0.945	旋转成型级
4570	7	0.945	旋转成型级
20100J	8	0.920	注射级,适合冲击强度和耐 SC 性的制品
25100J	10	0.925	注射级,适合韧性好、耐 SC 性用的盖子和中间塞子制品
20200J	18	0.920	注射级,适合流动性好、耐 SC 性用的密封容器等制品
30100J	10	0.930	注射级,适合韧性、耐 SC 性的制品
30200J	18	0.930	注射级,适合韧性、流动性好的制品
45150	13.5	0.945	注射级,适合工业用容器,如桶等
45350	31.5	0.925	注射级,适合薄壁注塑制品
Neo-zex			用于喷涂的粉料,用于模塑料的粒料
Ult-zex			用作模塑料

表 1-33　北京助剂二厂 UHMWPE 性能

项　目	指　标	项　目	指　标
相对分子质量/$\times10^4$	180～230;300 以上	介电强度/(kV/mm)	≥35
密度/(g/cm^3)	0.935～0.945	相对介电常数	≤2.35
粉末表观密度/(g/cm^3)	0.33～0.40	介电损耗角正切	≤5×10^{-4}
灰分(质量)(%)	≤0.15	摩擦因数(ASTM D1894)	0.07～0.11
水分(质量)(%)	≤0.15	吸水率(%)	<0.01
拉伸强度/MPa	30～40	磨损率(%)	0.62(优于 PA6、PTFE、45 碳钢、不锈钢)
断裂伸长率(%)	300～400		

（续）

项　目	指　标	项　目	指　标
冲击强度（缺口）/（kJ/m²）	>150	耐化学药品性	在一定温度、浓度范围内，能耐各种腐蚀性介质（酸、碱、盐，但氧化性酸除外）及有机溶剂
熔融温度/℃	137		
维卡软化点/℃	132		
脆化温度/℃	≤ -70	耐寒性	可在液氦温度（ -269℃）使用
体积电阻率/Ω · cm	$\geqslant 10^{17}$		

表 1-34　UHMWPE 和普通 HDPE 的性能比较

项　目	超高相对分子质量聚乙烯	普通高密度聚乙烯
平均相对分子质量	2×10^6	5×10^5
密度/（g/cm³）	0.939	0.045
熔体流动速率/（g/10min）	0	0.05
熔融温度/℃	130 ~ 131	129 ~ 130
洛氏硬度（HRC）	38	35
负荷下变形率（50℃，14MPa，6h）（%）	6.0	9.0
热变形温度（0.45MPa）/℃	79 ~ 83	63 ~ 71
维卡软化点/℃	133	122
冲击强度（缺口）/（kJ/m²）		
23℃	81.6	27.2
-40℃	100	5.4
环境应力开裂（F_{50}）/h	>4000	2000

用注射机注射成型 UHMWPE 制品时，选用的单螺杆注射机的螺杆和成型模具的结构应适当改进，塑化原料的工艺条件也要进行调整，如在高压条件下喷射熔料，使其流动，有利于充模，保证制品成型尺寸的稳定性好，故注射压力要控制在 12MPa 以上；螺杆塑化原料转速控制在 40 ~ 60r/min 范围内，转速过高、料温易升高，这样的原料也易降解，使相对分子质量下降，则会影响制品的性能。由于 UHMWPE 具有其他热塑性塑料无法比拟的独特性能，且价格适中，所以，广泛应用在纺织、包装、运输、机械、化工、采矿、石油、农业、建筑、电气、食品、医疗、体育等各领域中。如耐腐蚀的罐衬里、容器、冷却塔体；耐磨的轴、轴套、偏心轮、齿轮、搅拌桨叶、造纸行业中的刮刀片、导流板水翼；耐磨又耐寒的冰上运动器材，如旱冰滑轮、滑雪具衬板、履带式冰雪专用汽车零部件等；电器绝缘用电镀槽、辊子、高频和超高频区间工作的绝缘子、绝缘托架、电缆导管、电缆端子、断路器等。

1.1.5　氯化聚乙烯

氯化聚乙烯（CPE 或 PEC）是由聚乙烯经氯气氯化而成，在其分子结构中含有乙烯；氯乙烯；1,2-二氯乙烯的共聚物。氯化聚乙烯一般含氯量在 25% ~45%（质量）。

氯化聚乙烯随聚合物相对分子质量、含氯量、分子结构和氯化工艺条件的不同，玻璃化温度和熔点可能会比原来的聚乙烯高或低，可呈现硬质塑料到橡胶状的不同性能。氯化聚乙烯是一种具有优良的耐候性、耐寒性、耐燃性、抗冲性、耐油性、耐化学药品性和耐电气性能的材料；具有极性，只能作为低压绝缘材料用；同时还具有耐臭氧、耐热老化和耐磨耗等性能。

氯化聚乙烯可与多种塑料有良好的混合性。如与 PVC 共混生产管材、导型材和板材，可增强制品的冲击强度；与聚乙烯或 ABC 共混，可改善这两种塑料的加工性和耐阻燃性。

不同 CPE 的性能见表 1-35。氯化聚乙烯中含氯量对其性能影响见表 1-36。含氯量较低的 CPE 与 LDPE 薄膜的性能比较见表 1-37。

表 1-35　不同 CPE 的性能

性　能	无规 CPE	嵌段 CPE	基体 CPE	性　能	无规 CPE	嵌段 CPE	基体 CPE
弯曲温度/℃	-32	太脆	—	断裂伸长率(%)	1600	约 1	—
密度/(g/cm^3)	1.23	1.17	0.95	拉伸强度/MPa	0.1	7.28	13.8
软化温度/℃	室温下太软	115	120	苯中溶解性	溶解	不溶	不溶

表 1-36　氯含量对 CPE 性能的影响

氯含量(质量)(%)	T_g/℃	性　状	氯含量(质量)(%)	T_g/℃	性　状
0	-70	硬塑料	55	35	刚性
30	-20	橡胶状	60	75	脆性
40	10	软、黏滞状	70	150	脆性
50	20	皮革状	—	—	—

表 1-37　氯含量低的 CPE 与 LDPE 薄膜的性能比较

项　目	低氯量 CPE	LDPE	项　目	低氯量 CPE	LDPE
薄膜厚度/μm	50.8	254	断裂伸长率(%)	500～650	520～530
拉伸强度/MPa	350～420	230～240	撕裂强度/(N/mm)	67.5～115.8	38.6～57.9

吉林化学工业公司生产的氯化聚乙烯技术指标见表 1-38。

表 1-38　吉林化学公司生产的 CPE 性能

项　目	指　标	项　目	指　标
外观	无色、半透明无臭	邵氏硬度(D)	65～70
密度/(g/cm^3)	1.14～1.18	耐热性	120℃,72h
黏度[ML①(100℃,1+4)]	40～70	脆化温度/℃	-50～-60
拉伸强度/MPa	16(硫化后)	电导率/(S/m)	3×10^{-3}
定伸模量(200%)/MPa	3.8	耐磨性能	好
收缩率(%)	1.5	耐环境性能	好

① ML 为门尼黏度（大转子）。

氯化聚乙烯可用注射成型和挤出成型法加工。但是，由于 CPE 中含有大量的氯原子，其成型加工前应在 CPE 中加入一定比例的热稳定剂、抗氧化剂和光稳定剂，以保护其组成及性能的稳定。含氯量低的 CPE 也可用旋转模塑和吹塑成型。

目前，氯化聚乙烯在塑料制品行业中主要是用来做 PVC、HDPE 和 MBS 的改性剂。在聚氯乙烯树脂中掺混一定比例的 CPE 后，可用一般 PVC 加工设备挤出成型管、板、电线绝缘包覆层、异型材、薄膜、收缩薄膜等制品；也可用来涂覆、压缩模塑、层合、黏合等；用做 PVC、PE 的改性剂，可使产品性能得到改善，使 PVC 的弹性、韧性及低温性能都得到改善，脆化温度可降至 -40℃；耐候性、耐热性和化学稳定性也优于其他改性剂；作为 PE 的改性剂，可使其制品的印刷性、阻燃性和柔韧性得到改善，使 PE 泡沫塑料的密度增大等。

目前，国内有多家工厂生产氯化聚乙烯，表 1-39 列出山东潍坊亚星化工集团总公司和

佛山电化厂生产的 CPE 牌号和产品特点及用途，供应用时选择参考。

表 1-39 CPE 生产厂产品牌号及特点和用途

生产厂家	CPE 牌号	氯含量/(%)	密度/(g/cm³)	特点和用途
山东潍坊亚星化工集团总公司	135A	30		耐寒,适合冰箱磁性密封条、低温电缆
	135A-1	35	0.48	适合 PVC 抗冲改性剂、制板、异型材、电缆、密封条
	135B	35	0.58	比 135A 抗拉强度高、硬度低,用途相同
	135B-1	35	0.58	比 135B 硬度稍高,其他相似
	135B-2	35	0.48	比 135A 硬度稍高,其他相似
	137A	37	0.55	比 135A 抗拉强度稍低,硬度稍低,其他相似
	140B	40	0.52	比 135 硬度高、拉伸强度稍高,用途相似,还可以与 PVC 共混增韧
	141B	41	0.60	比 140B 硬度稍软、其他用途相似
	135A	35	0.48	适合 PVC 抗冲改性剂、制板,异型材,密封条,电线电缆
	239A	39	0.42	与 PVC 共混、制抗冲、刚性好的制品,如橡胶密封条
	239C	39	0.45	与 PVC 共混制硬制品,如无增塑剂薄膜,鞋底
	240B	40	0.45	抗冲改性剂、适合透明、半透明制品
佛山电化厂	CPE032A			高强度、高韧性、高填充性、软、硬适中、耐寒,为热塑性弹性体、用于非硫化型橡胶制品
	CPE036A、CPE040A			柔软、高弹性、高填充性、高伸长率、耐油、阻燃。做 PVC 改性剂、或用做防水卷材与其他橡胶并用
	CPE036A、CPE040A、CPE032B、CPE040B			塑料改性剂、具有高韧性、高强度、耐候、耐冲击。用于 PVC 型材、板材、管材

1.1.6 交联聚乙烯

交联聚乙烯（PEX）是聚乙烯改性的一种方法，工业上常用的交联聚乙烯有辐射交联聚乙烯、过氧化物交联聚乙烯和硅烷交联聚乙烯。聚乙烯（LDPE、HDPE、LLDPE 和 MDPE 均可）通过交联可使其大分子链之间发生部分交联反应而改变其物理力学性能。

交联聚乙烯是一种具有网状结构的热固性塑料，交联聚乙烯制品成型后就无法再模塑成型，此时，还可用于机械加工。

交联聚乙烯无毒、无味、不吸水；耐磨性、耐溶剂性、耐应力开裂性、耐候性、防老化性和尺寸稳定性都非常好；低温柔软性、耐热性能好，可在 140℃以下长期使用，软化点可达 200℃；冲击强度、拉伸强度、耐蠕变性和刚性都比 HDPE 好；有很好的电绝缘性、耐低温性、化学稳定性和耐辐照性能；交联聚乙烯成型的膜薄、透明，也有较好的水蒸气透过性；交联聚乙烯经加热、吹胀（拉伸）、冷却定形后，当重新加热到结晶温度以上时，能自然恢复到原来的形状和尺寸。

硅烷交联聚乙烯的性能见表 1-40。辐射交联聚乙烯薄膜性能见表 1-41。过氧化物交联聚乙烯的性能见表 1-42。

表 1-40　硅烷交联聚乙烯的性能

项　　目	普通制品用	吸塑用	项　　目	普通制品用	吸塑用
密度/(g/cm^3)	0.93	0.95	维卡软化点/℃	95	—
凝胶含量(%)	80	80	介电常数(1MHz)	2.3	—
拉伸强度/MPa	16	25	体积电阻率/Ω·cm	8×10^{16}	—
断裂伸长率(%)	300	330	熔体流动速率/(g/10min)	1.3	0.2
弯曲弹性模量/MPa	260	1000	—	—	—

表 1-41　辐射交联聚乙烯薄膜性能

性　　能	交联聚乙烯	低密度聚乙烯	高密度聚乙烯
拉伸强度/MPa	50 ~ 100	10 ~ 20	20 ~ 70
断裂伸长率(%)	60 ~ 90	50 ~ 600	5 ~ 400
横向撕裂强度/(N/cm)	39 ~ 59	590 ~ 1380	60 ~ 1180
热封合温度范围/℃	150 ~ 250	125 ~ 175	140 ~ 175
收缩温度范围/℃	75 ~ 125	—	—
95℃时的收缩率(%)	35 ~ 50	—	—

表 1-42　过氧化物交联聚乙烯的性能

性　　能	交联高密度聚乙烯 (无填充剂)	交联低密度聚乙烯 (炭黑含量 37.5%)	交联低密度聚乙烯 (炭黑含量 70%)
密度/(g/cm^3)	0.956	1.13	1.42
拉伸强度/MPa	22.8	21.4	22.4
断裂伸长率(%)	460	290	70
拉伸强度(100℃)/MPa	—	56	77
邵氏硬度(D)	59	58	67
脆折温度/℃	< −65	< −70	−15
冲击强度(缺口)/(J/cm)	12.16	6.72	2.67
环境应力开裂时间/h	—	超过 1000	超过 1000

交联聚乙烯可用挤出法成型制品，也可用注射、模压等方法成型制品。用挤出机可挤出成型耐热管材、软管、热收缩薄膜、套管、电线、电缆包覆层等；用注射机注射成型耐高压、高频的耐热绝缘材料、化工装置中的耐蚀性件、容器及泡沫塑料等。如上海石油化学公司产的三人牌 XLPE、DJ200、DJ210 是挤出机成型交联电缆专用料。

1.1.7　乙烯-醋酸乙烯共聚物

乙烯-醋酸乙烯共聚物（EVA 或 E/EVA）也称为乙烯-乙酸乙烯共聚物，它是由乙烯（E）和醋酸乙烯（VA）共聚而制得的。

1. 性能特征

EVA 树脂成型的制品柔软性和弹性好，在 −50℃环境中仍有较好的可挠性，有很好的透明性和表面光泽性，无毒，化学稳定性良好，有较强的抗老化和耐臭氧性；与其他填料掺混好，着色性和成型加工性好。EVA 的性能与醋酸乙烯的含量、相对分子质量和熔体流动速率值（MFR）关系很大。当 MFR 一定时，随着醋酸乙烯含量的增加，其弹性、柔韧性、相容性和透明性等均有所提高，但结晶度下降；若醋酸乙烯含量降低，其性能接近聚乙烯，

但其刚性、耐磨性和电绝缘性能提高。若醋酸乙烯含量固定不变，当 MFR 值增加时，则软化点下降，加工性和表面光泽得到改善，但机械强度有些下降；若 MFR 值下降，则相对分子质量增大，冲击性能和耐应力开裂性能有所提高。

上海石化公司塑料厂产 EVA 树脂的技术指标见表 1-43。

2. 用途

EBA 树脂可采用注射、挤塑、吹塑、压延、滚塑真空热成型、发泡、涂覆、热封和焊接等方法成型制品。薄膜制品有包装薄膜、热收缩薄膜、农用薄膜、食品包装薄膜、层合薄膜等。工业用有家电配件、窗用密封材料，电线绝缘包皮等。日用杂品有玩具、坐垫、容器盖等。汽车配件有避震器、挡泥板及装配配件等。将 EVA 树脂按一定比例掺混到 LDPE、HDPE 中可使其改性。

表 1-43　上海石化公司塑料厂 EVA 树脂技术指标

企业牌号 / 国标牌号① / 项目	EVA/4.5/5.5	EVA11/3.5	EVA14/15	EVA15/2	EVA12/0.5
	E/VAc03-F-D006	E/VAc13-F-D045	E/VAc13-E-D200	E/VAc13-G-022	E/VAc13-G-D06
熔体流动速度/(g/10min)	0.5	3.5	15	2.0	0.5
醋酸乙烯含量(%)	4.5	11	14	15	12
拉伸强度(纵/横)/MPa	18.17/17.7	—	—	—	—
冲击强度/N	3.7	—	—	—	—
拉伸强度(片)/MPa	—	11.8	8.3	8	8
弯曲强度/MPa	—	58.8	—	—	—
断裂伸长率(%)	—	—	—	600	600
色相	—	—	—	-16	-16
企业牌号 / 国标牌号① / 项目	EVA/7.5/1.5	EVA7.5/3.5	EVA7.5/5.5	EVA12.5/3.5	EVA12.5/5.0
	E/VAc08-G-D012	E/VAc08-G-D022	E/VAc08-G-D045	E/VAc13-G-D022	E/VAc13-G-D45
熔体流动速度/(g/10min)	1.5	2.2	4.5	2.2	4.5
醋酸乙烯含量(%)	7.5	7.5	7.5	12.5	12.5
拉伸强度(片)/MPa	≥8	≥8	≥8	8	8
弯曲强度/MPa	—	—	—	—	—
断裂伸长率(%)	600	600	600	600	60
色相	-16	-16	-16	-20	-20

① 国标牌号命名按 GB/T 1845.1—1999。

1.2 聚丙烯

聚丙烯（PP）是由丙烯单体聚合而成。以聚丙烯树脂为基材的塑料为聚丙烯塑料。

聚丙烯树脂是当今五大塑料品种中发展最快的一种。由于其原料来源方便，价格比较便宜，性能优良，用途广泛。

丙烯聚合时由于使用催化剂的品种不同，则生产出的聚丙烯分子结构也就有所差异。按 CH_3 排列方式的不同（分为无序排列分布和有序排列分布），聚丙烯形成了三种不同的立体结构：等规聚丙烯（IPP）、间规聚丙烯（SPP）和无规聚丙烯（APP）。三种聚丙烯中，目前以等规聚丙烯应用量最大。

1.2.1　等规聚丙烯

1. 性能特征

聚丙烯树脂中的等规聚丙烯是构型规整的高结晶性的（结晶度高达 95%）热塑性树脂。在常用的塑料中，它是密度最小的品种之一。人们常说的聚丙烯树脂指的即是等规聚丙烯。这里介绍的也是等规聚丙烯树脂的性能。

1）聚丙烯为乳白色蜡状物，无毒、无味、无臭，密度为 0.90 ~ 0.91g/cm^3。

2）聚丙烯的机械强度、刚性和耐应力开裂性均优于高密度聚乙烯；耐磨性好、硬度高、高温冲击性好（但 -5℃以下则急剧下降）、耐反复折叠性好。

3）耐热性能好，热变形温度为 114℃，维卡软化点大于 140℃，熔点为 164 ~ 167℃，使用温度在无负荷情况下可达 150℃，可在 130℃中消毒应用，连续使用温度最高为 110 ~ 120℃。

4）化学稳定性能较好，除强氧化性酸（如发烟硫酸、硝酸）对其有腐蚀作用外，与大多数化学药品不发生化学反应；不溶于水，几乎不吸水，在水中 24h 吸水性仅为 0.01%。但相对分子质量低的脂肪烃、芳香烃和氯化烃对它有软化或溶胀作用。

5）电绝缘性能优良，耐电压和耐电弧性好。

6）制品在使用中易受光、热和氧的作用而老化；在大气中 12d 就老化变脆，室内放置 4 个月就会变质。制品用料需添加紫外线吸收剂和抗氧剂来提高制品的耐候性。

7）聚内烯制品的透明性比高密度聚乙烯制品的好。

8）制品耐寒性能差，低温冲击强度低，韧性不好，静电度高，染色性、印刷性和黏合性差。应用时可在原料中添加助剂或采用共混、共聚方法来改善这方面的性能。

等规聚丙烯主要性能见表 1-44。

表 1-44　等规聚丙烯主要性能

项　　目	性能参数	项　　目	性能参数
密度/(g/cm^3)	0.90 ~ 0.91	连续耐热温度/℃	120
吸水性(%)	0.02 ~ 0.03	脆化温度/℃	-10
成型收缩率(%)	1.0 ~ 2.5	线膨胀系数/($\times 10^{-5}$/℃)	6 ~ 10
拉伸强度/MPa	30 ~ 40	热导率/[W/(m·K)]	8.8×10^{-2}
拉伸模量/GPa	1.1 ~ 1.6	比热容/[J/(g·K)]	1.92
伸长率(%)	>200	体积电阻率/Ω·cm	$\geqslant 10^{16}$
冲击强度(缺口)/(kJ/m^2)	2.2 ~ 6.4	介电强度/(kV/mm)	32
洛氏硬度(R)	95 ~ 105	相对介电常数(10^6Hz)	2.25
熔融温度/℃	165 ~ 170	介电损耗角正切(10^6Hz)	0.0005 ~ 0.00181
热变形温度(1.82MPa)/℃	56 ~ 67	耐电弧性/s	125 ~ 185

标准 GB/T 12670—2008 规定的聚丙烯质量见表 1-45。标准中规定的聚丙烯牌号与企业商品牌号对照见表 1-46。

2. 用途

聚丙烯树脂可采用挤出机和注射机进行挤出成型、注射成型塑料制品；也可采用挤出、注射后对型坯进行中空吹塑来成型制品；另外，还可采用熔接、热成型、电镀和发泡及纺丝等方法进行成型加工，必要时还可以进行二次加工。成型的聚丙烯塑料制品有：管材、板材、薄膜、扁丝、纤维，各种瓶类及中空容器和注射成型盒、杯、盘、各种工业配件等制品。

表 **1-45** 等规聚丙烯的质量标准（GB/T 12670—2008）

项目		注塑类														
		PPH-M-012			PPH-M-022			PPH-M-022-A			PPH-M-045			PPH-M-075		
		优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品
清洁度(色粒)/(个/kg)		0～5	6～10	11～20	0～5	6～10	11～20	0～5	6～10	11～20	0～5	6～10	11～20	0～5	6～10	11～20
熔体流动速率/(g/10min)		1.1～1.9		0.9～2.1	2.2～3.8		1.8～4.2	1.9～3.1		1.5～3.5	3.8～6.2		3.7～7.0	5.2～8.8		4.2～9.8
等规指数(%)	≥	96.0			96.0			96.0			96.0			96.0		
粉末灰分(%)	≤	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05
拉伸屈服强度/MPa	≥	31.0	30.0	28.0	31.0	30.0	28.0	31.0	30.0	28.0	31.5	30.0	28.5	31.5	30.5	28.5
悬臂梁冲击强度/(J/m) ≥	23℃	19			17			17			17			15		
	-20℃	—			—			—			—			—		
维卡软化点/℃	≥	150			150			150			150			150		
洛氏硬度(R)	≥	95			95			95			95			95		
雾度(%)		—			—			—			—			—		
鱼眼/(个/1520cm^2)	0.8mm	—			—			—			—			—		
	0.4mm	—			—			—			—			—		

（续）

项目		注塑类						挤出扁丝类								
		PPH-M-015			PPH-M-012			PPH-T-022			PPH-T-045			PPH-T-045-A		
		优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品
清洁度（色粒）/（个/kg）		0～5	6～10	11～20	0～5	6～10	11～20	0～5	6～10	11～20	0～5	6～10	11～20	0～5	6～10	11～20
熔体流动速率/（g/10min）		8.2～14		6.6～15	0.98～2.0		0.82～2.2	1.7～2.9		1.4～3.2	2.6～4.4		4.5～7.5	4.5～7.5		3.6～8.4
等规指数（%）	≥	96.0						96.0			96.0			96.0		
粉末灰分（%）	≤	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04
拉伸屈服强度/MPa	≥	32.0	31.0	29.0	22.5	21.0	20.0	31.0	30.0	28.0	31.5	30.5	28.5	31.5	30.5	28.5
悬臂梁冲击强度/（J/m） ≥	23℃	15			—			—			—			—		
	-20℃	—			30	25	23	—			—			—		
维卡软化点/℃	≥	150			135			—			—			—		
洛氏硬度（R）	≥	95			75			—			—			—		
雾度（%）		—			—			—			—			—		
鱼眼/（个/1520cm^2）	0.8mm	—			—			—			—			—		
	0.4mm	—			—			—			—			—		

（续）

项　　目		挤出扁丝类			挤出平膜类			绳索丝类			吹塑薄膜类		
		PPH-TL-045			PPH-F-012			PPH-L-022			PPH-I-015		
		优级品	**一级品**	**合格品**	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品
清洁度（色粒）/（个/kg）		0～5	6～10	11～20	0～5	6～10	11～20	0～5	6～10	11～20	0～5	6～10	11～20
熔体流动速率/（g/10min）		2.6～4.4		2.1～4.9	1.1～1.9		0.90～2.1	1.9～3.1		1.5～3.5	7.1～12		5.7～13
等规指数（%）	≥	96.0			96.0			96.0			96.0		
粉末灰分（%）	≤	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04
拉伸屈服强度/MPa	≥	30.5	29.5	27.5	29.0			30.0	29.0	27.0	30.0		
悬臂梁冲击强度/（J/m） ≥	23℃	—			—			—			—		
	-20℃	—			—			—			—		
维卡软化点/℃	≥	—			150			—			—		
洛氏硬度（R）	≥	—			—			—			—		
雾度（%）		—			—			—			6.0		
鱼眼/（个/1520cm^2）	0.8mm	—			—			0～8			0～1.0	1.1～3.0	3.1～5.0
	0.4mm	—			—			0～40			0～10	11～20	21～30

（续）

项目		涂覆类			纺丝类								
		PPH-H-300			PPH-YL-022			PPH-YL-045			PPH-YL-075		
		优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品
清洁度(色粒)/(个/kg)		0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20
熔体流动速率/(g/10min)		20~32		16~36	1.7~2.9		1.4~3.2	2.6~4.4		2.1~4.9	6.8~11		5.4~13
等规指数(%) ≥		96.0			96.0			96.0			96.0		
粉末灰分(%) ≤		0.02	0.03	0.04	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03
拉伸屈服强度/MPa ≥		29.0			31.0	30.0	28.0	31.5	30.5	28.5	31.5	30.5	28.5
悬臂梁冲击强度/(J/m) ≥	23℃	—			—			—			—		
	-20℃	—			—			—			—		
维卡软化点/℃ ≥		—			—			—			—		
洛氏硬度(R) ≥		—			—			—			—		
雾度(%)		—			—			—			—		
鱼眼/(个/1520cm^2)	0.8mm	—			0~3.0	3.1~5.0	5.1~8.0	0~3.0	3.1~5.0	5.1~8.0	0~3.0	3.1~5.0	5.1~8.0
	0.4mm	—			0~15	16~25	26~40	0~15	16~25	26~40	0~15	16~25	26~40

表 1-46　聚丙烯树脂国标①牌号与企业商品名对照表（参考件）

类　别	序　号	国 标 牌 号	企业商品名
注塑类	1	PPH-M-012	1300
	2	PPH-M-022	1400
	3	PPH-M-022-A	S_2
	4	PPH-M-045	1500,4016
	5	PPH-M-075	1600
	6	PPH-M-105	1700
	7	PPB-MP-012	1330
挤出扁丝类	8	PPH-T-022	2401,F401
	9	PPH-T-045	2501,F501,5004
	10	PPH-T-045-A	D_4
	11	PPH-TL-045	50404
挤出平膜类	12	PPH-F-012	2400
绳索丝类	13	PPH-L-022	5203
吹塑薄膜类	14	PPH-I-105	2600
涂覆类	15	PPH-H-300	70126
纺丝类	16	PPH-YL-022	3402
	17	PPH-YL-045	3502
	18	PPH-YL-075	3602
	19	PPH-YL-140	3702,5028S_2
	20	PPH-YL-180	70218
	21	PPH-YL-300	70226
	22	PPH-YL-300-A	70835

① 国家标准 GB/T 12670—2008。

聚丙烯树脂的成型方法见表 1-47。

表 1-47　聚丙烯树脂的成型方法

熔体流动速率/(g/10min)	成 型 方 法	制　品
0.15～0.4	挤出	管、板、棒、片
1～5		牵伸带
3～6		单丝、扁丝
8～12	挤出-吹塑	薄膜
0.4～1.5		中空容器
1～9	注塑	工业零件、日用品
1～2	双向拉伸	BOPP 薄膜
10～20	熔融纺丝	纤维

聚丙烯制品是一种质轻、无毒、价格便宜、性能优良、成型较容易和用途广泛的塑料。不同聚丙烯制品的应用如下。

1）聚丙烯挤出吹塑薄膜，是一种生产设备简单、生产效率较高、价格便宜的制品，在食品包装和纺织品及民用生活杂品包装方面应用广泛。

2）挤出流延成型薄膜，是一种透明度高、阻湿性好、耐热和耐寒性优良、易于热封合的薄膜，主要用于食品、纺织品及文具杂品等物品的包装，性能好于聚乙烯吹塑薄膜。

3）聚丙烯流延薄膜能与其他种类塑料薄膜，如纸和铝箔等为基材，复合成两层或两层以上的复合膜。用于外层时，聚丙膜是一种强度好、尺寸稳定，阻隔性、耐热与耐寒性和可印刷性好的薄膜；用于内层时，是一种热封合性、耐油性和卫生性好的薄膜；用于中间层时，是一种气体阻隔性好、能替代玻璃纸的薄膜。这种复合薄膜可替代马口铁罐和玻璃罐包

装食品，用于食品包装时可在 130℃温度中蒸煮杀菌。

4）挤出片后进行拉伸的薄膜，强度高，各种性能优良，广泛在食品包装及各种工业用品包装中应用；另外，还可作为电气绝缘膜，取代纸介质、涤纶和聚碳酸酯电容器、并占领大部分 PS 电容器市场；双向拉伸薄膜可用于各种纺织品的包装。

5）聚丙烯编织袋柔软、手感好、强度大、耐水、耐磨、抗化学腐蚀、抗虫害及微生物侵蚀、无毒无味、无环境污染，早已替代麻袋，大量用于豆、高粱、玉米等各种谷物的包装及各种建筑材料的包装。

6）注射成型的周转箱，质轻、耐水、外形尺寸稳定，有一定的刚性和强度，在商品周转和销售包装方面应用广泛。

7）注射成型各种工业零件，如轻负荷用小齿轮、轴套、风扇；汽车配件用仪表盘、保险杠和车厢内装饰件等；另外，还有日常生活用品盒、盆、盘和座椅等。

8）挤出成型管材可用于各种液体的输送管路中。目前，国内生产的均聚聚丙烯（PP-H）管、嵌段共聚聚丙烯（PP-B）管和无规共聚聚丙烯（PP-R）管，用于饮用水管或其他输液管，安装简单，耐化学腐蚀，符合卫生要求，应用时间长。

国内部分挤出成型塑料制品用和注射成型塑料制品用聚丙烯树脂型号及性能和用途见表 1-48 ~ 表 1-54。

1.2.2　丙烯-乙烯无规共聚物

丙烯聚合时在釜中加入少量的乙烯单体，在聚合釜中进行共聚，则制得聚合物主链中无规则地分布着丙烯和乙烯链段的共聚物，即为丙烯-乙烯无规共聚物，或称为无规共聚聚丙烯（PP-R）。

由于丙烯-乙烯无规共聚物中有 1% ~4%（质量分数）乙烯含量，则分子链中无规则地分布丙烯和乙烯链段，使产品的立体规整度（等规度）遭到破坏，而得到不同结晶度的共聚物，聚丙烯的结晶性随着乙烯含量的增加而逐渐降低，当乙烯含量超过 30%（质量分数）时，丙烯-乙烯无规共聚物几乎成为无定形聚合物。

1. 性能特征

丙烯-乙烯无规共聚物的性能特点：乙烯含量低时透明度明显提高，随着乙烯含量的提高，其刚度和冲击强度也有所提高，加工时熔融温度范围宽，成型加工性较好。其制品冲击强度高，具有韧性、耐寒性和透明度较好等特点，但其熔点、脆化点、刚性和结晶度较低。丙烯-乙烯无规共聚物性能见表 1-55。

目前又开发出新的无规共聚聚丙烯，是在聚丙烯中加入少量的 α-烯烃共聚［α-烯烃一般为乙烯，也有丁烯、戊烯和辛烯，含量为 1% ~4%（质量分数）］。由于茂金属催化剂的应用，而使丙烯的无规共聚变得可能和更为容易。PP-R 性能见表 1-56。

2. 用途

丙烯-乙烯无规共聚物成型方法与一般热塑性塑料成型制品方法一样，可用挤出机、注塑机成型制品，也可用吹塑、热成型、粉末成型及二次加工方法成型。目前，国内用这种原料主要生产薄膜和管材。

丙烯-乙烯无规共聚丙烯（PP-R）成型的管材，生产成型制品比较容易，原料的可回收性好，耐热性也较好，改善了均聚聚丙烯（PP-H）管的低温脆性，可在较高温度下（如 60℃）

表 **1-48** 中国石化扬子石油化工股价有限公司塑料厂生产的 **PP** 性能参数

项　　目	F300	F600	F605	F705	F630	F635	F301	F401	F601	S400	S600	S700	S800	B200	J240
熔体流动速率(g/10min)	1.5	1	7	11	8.5	8.5	1.5	2.5	6.5	2.5	6.5	13	14	0.55	0.55
密度/(g/cm^3)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
拉伸屈服强度/MPa	38	38	38	38	31	31	38	38	38	38	38	38	32	38	28
拉伸强度/MPa	35	20	20	20	35	35	35	35	20	35	20	20	25	30	23
断裂伸长率(%)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
弯曲模量/MPa	1700	1700	1700	1700	1000	1000	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1200	1700	1150
洛氏硬度(R)	100	105	100	105	85	85	100	100	100	100	100	105	95	95	75
维卡软化点/℃	160	160	160	160	135	135	160	160	160	160	160	160	160	160	150
热变形温度(0.46MPa)/℃	110	110	110	110	100	100	110	110	110	110	110	110	100	100	105
加工方法或产品	薄膜带				薄膜带		扁平带			纤维				吹塑	
聚合物类别	均聚物				共聚		均聚			均聚				均聚	共聚
用途	双轴拉伸薄膜，用于食品、衣服、杂物等包装	管膜，用于食品和衣服、杂物等包装	铸膜，用于食品、衣服、杂物等包装		F630管膜、F635铸膜，低温冲击强度好，用于食品、衣服、杂货等包装		力学强度很高，用于重包装编织袋、捆包带等	力学强度高，用于编织袋、编织膜、捆包带等	捆扎绳等	单丝、力学强度高，用于绳、网等	复丝和短纤维，力学强度高，用于地毯等	复丝和短纤维，用于纺织品等		刚性高，用于吹塑瓶管、板等	刚性高，适于中等和大尺寸吹塑制品、管、板材等

（续）

项　　目	测试方法	J300	J400	J600	J700	J900	J900G	J401	J402	J403	J340	J540	J640	J740
熔体流动速率/(g/10min)	ASTM D 1238	1.5	3	7	11	40	40	3	3	3	1.5	5	10	25
密度/(g/cm^3)	ASTM D 1505	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
拉伸屈服强度/MPa	ASTM D 638	38	38	38	38	38	43	38	38	38	28	28	28	28
拉伸强度/MPa	ASTM D 638	35	35	20	20	—	—	35	35	35	23	23	20	20
断裂伸长率(%)	ASTM D 638	500	500	500	500	20	20	500	500	500	500	500	300	100
弯曲模量/MPa	ASTM D 790	1700	1700	1700	1700	1700	2000	1700	1700	1700	1150	1250	1250	1350
螺旋流动长度/cm	MPC PP-A-301	45	55	70	80	110	110	—	—	—	55	70	85	105
洛氏硬度(R)	ASTM D 785	100	100	100	105	110	115	—	—	—	75	80	80	80
维卡软化点/℃	ASTM D 1525	160	160	160	160	160	160	160	160	150	150	150	150	150
热变形温度(0.46MPa)/℃	ASTM D 648	110	110	110	110	120	130	110	110	110	105	105	105	105
聚合物类别		均聚物									共聚物			
用途		一般用途，机械、汽车零件	一般用途，汽车零件、家庭用品	一般用途，厨房用具、玩具、器械零件	一般用途，厨房用具、盘、挤压涂层	一般用途，杯子、盘	透明型J900	电气和电子零件	电气和电子零件（室外用）	防尘	啤酒、软饮料瓶箱，工具箱，吹塑制品	透明度好，水果、蔬菜运输箱、面包筐，各种容器	蓄电池箱、各种容器	汽车零件、家用电器零件、大尺寸杂货箱

表 1-49　盘锦天然气化工厂 PP 树脂的应用

牌号			熔体流动速率/(g/10min)	屈服强度/MPa	用途
薄膜	共聚物	F650	6	28.0	管膜,低温冲击强度高,用于食品、衣服、杂货包装
		F651	6	30.0	铸膜,低温冲击强度高,用于食品、衣服、杂货包装
窄带	均聚物	F301	1.4	38.0	力学强度极好,用于重包装纺织袋、捆包带等
		F401	2.4	38.0	力学强度好,加工性好,用于编织袋、编织布、捆包带等
		F601	6.5	38.0	加工性极好,用于绳等
吹塑	均聚	B200	0.5	38.0	刚性好,用于吹塑瓶、挤出管、膜、板
	共聚物	B230	0.5	27.0	膜、板、瓶
		B240	0.5	27.0	强度高,刚性好,用于大、中制品、瓶、管、板

表 1-50　中国石化上海石油化工股份有限公司 PP 性能参数

项目 \ 国标型号 / 引进牌号		挤出类						挤出类		
		PPH-E-003			PPH-E-006			PPB-Q-006		
		D60P			Q30P			EPQ30M		
		优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格
熔体流动速率/(g/10min)		0.25~0.35	0.22~0.38	0.18~0.42	0.6~0.8	0.6~0.8	0.5~0.9	0.6~1.0	0.6~1.0	0.5~1.1
屈服强度/MPa	≥	30.9	28.4	27.5	32.3	29.4	28.4	24.5	24.5	23.5
弯曲模量/MPa	≥	1372	—	—	1372	—	—	1127	—	—
悬臂梁冲击强度(23℃)/(J/m)	≥	117.6	—	—	68.6	—	—	68.6	—	—
灰分(质量分数)/$\times10^{-6}$	≤	150	300	400	150	300	400	200	300	500
含氯质量分数/$\times10^{-6}$	≤	50	—	—	50	—	—	55	—	—
鱼眼/(个/m^2)										
>2.5mm		0	—	—	0	—	—	—	—	—
1.5~2.5mm		3	—	—	3	—	—	—	—	—
0.7~1.5mm		50	—	—	50	—	—	—	—	—
0.2~0.7mm		500	—	—	500	—	—	—	—	—
等规指数(%)	≥	94.5			94.5			—		
黄色指数	≤	4			4			4		
低温脆化温度/℃	≤	—			—			-15		
聚合物类别		均聚物						抗冲型多相共聚物		
用途		压力管、管件			型材			重型波纹板、吹塑瓶		

表 1-51　中国石化上海石油化工股份有限公司薄膜类 PP 性能参数

项目		薄膜类								
		PPH-F-022			PPH-IS-075			PPH-I-075		
		S38F			X37F			X30S		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
熔体流动速率/(g/10min)		1.5~2.0	1.4~2.2	1.2~2.4	8.5~10.5	7.5~11.5	6~13	6.0~10.0	6.0~10.0	5.0~11.0
屈服强度/MPa	≥	32.8	29.4	28.5	32.3	30.4	29.4	34.3	30.4	29.4
弯曲模量/MPa	≥	1372	—	—	1323	—	—	1470	—	—
悬臂梁冲击强度(23℃)/(J/m)	≥	44.1	—	—	28.4	—	—	29.4	—	—
灰分(质量分数)/$\times10^{-6}$	≤	130	300	400	130	300	400	130	300	400
氯含量(质量分数)/$\times10^{-6}$	≤	50	—	—	45	—	—	45	—	—
鱼眼/(个/m^2)										
>2.5mm		0	—	—	0	0	5	0	0	5
1.5~2.5mm		0	—	—	0	0	10	0	0	10
0.7~1.5mm		25	—	—	5	5	30	10	10	30
0.2~0.7mm		500	—	—	300	300	500	500	500	500

（续）

项　　目		薄　膜　类								
		PPH-F-022			PPH-IS-075			PPH-I-075		
		S38F			X37F			X30S		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
等规指数(%)	≥	94.5			94.5			94.5		
黄色指数	≤	4			8			4		
低温脆化温度/℃	≤	—			—			—		
聚合物类别		均聚物								
用途		双向拉伸薄膜(BOPP)、层压板、黏胶带			吹塑优质包装膜			日用包装、玩具		

表 1-52　聚丙烯挤出制品用料生产厂及产品牌号和用途

生产厂家	PP 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm^3)	特点和用途
上海石化	I180E	1.8	—	透光、强度、耐磨损、抗冲击性能均较好，化学性能稳定，绝缘性很好，耐热，适合做热收缩膜
	F200A	2.0	—	抗静电，透光性能较高，力学、印刷、耐应力开裂性能良好，耐热性能较好、化学性能稳定。适合双向拉伸薄膜成型
	F320	3.2	—	透光性能较高，力学性能良好，热封温度较低，F500EP 印刷性能良好。适合双向拉伸薄膜
	F500EP	5.0	—	
	F800E	8.0	—	透光性能高，化学稳定性、绝缘性优异，热封温度低，封口性和印刷性能好，耐热性较好。适合流延膜
	F850EA	8.5	—	透光性、抗静电性较高，化学稳定性优异，力学性能，印刷性能，耐应力开裂性能良好。适合各种流延膜
	F850EBA	8.5	—	有抗黏连性，其他性能与用途和 F850EA 相同
	Y200L	2.0	—	抗紫外线能力较高，化学稳定性好。适合编织或绳索用撕裂膜
	Y2600T	26.0	—	耐磨损、强度好，耐热性较好、化学稳定性良好。适合各种双向拉伸膜
	F280S	28.0	—	高速双向拉伸膜专用料，机械加工性好，物理性能良好
	F350	1.5	—	均聚物。适合挤出、拉伸、双向拉伸薄膜
	F280S0	2.6	—	均聚物。适合超高速挤出、拉伸薄膜
	F800E(DF)	8.0	—	无规共聚物。适合挤出流延薄膜(电晕处理层)
	FC801	8.0	—	均聚物。适合挤出流延膜(芯层)
	FC801M	8.0	—	均聚物。适合挤出流延膜(镀铝层)
齐鲁石化	T30S	2.0～4.0	0.9～0.91	均聚物。适合挤出单丝、拉伸膜、流延膜和吹膜
	T36F	2.0～3.5	0.9～0.91	均聚物。挤出双向拉伸膜专用料
	EPS30R	1.0～2.5	0.9～0.91	无规共聚物。挤出中抗冲击片材、中空板材、板条箱
	T36FE	—	—	挤出双向拉伸膜，高速双向拉伸膜专用料
天津石化	T38F	3.0～3.8	—	质量稳定、高透明。适合高速双向拉伸食品膜、工业包装膜及收缩膜，多层膜和胶粘带基材，X37F 还可挤出流延、吹塑膜
	X37F	7.5～10.5	—	
	EP2C37F	6.0	—	透明、抗静电，易热封，强度高。用于流延或多层共挤复合膜
北京燕化	F1002	2.8	0.905	双向拉伸膜，用于食品、杂品及香烟包装膜
	F3003	2.8	0.90	双向拉伸膜，用于柔性包装
	C1608	7.5	0.905	挤出流延膜，用于面包、奶酪的柔性包装
	S1003	3.2	0.905	挤出扁带、扁丝
	2501	2.5	0.91	编织带
	B8101	0.45	0.90	管材、冰箱部件
	B4902	2.0	0.90	医用输液瓶
	4220	0.30	0.90	冷、热管材、饮料瓶

（续）

生产厂家	PP 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm^3)	特点和用途
北京燕化	4240	0.45	0.90	管材、冰箱部件
	B205	1.0	0.91	医用输液瓶
	B200	0.55	0.91	片材及中空制品
抚顺石化	C30S	5.6	—	均聚物。单丝料
	D50G	0.3	—	均聚物。片材料、板材料
	D50S	0.3	—	均聚物。打包带料
	D60P	0.3	—	均聚物。压力管材、管件、板材料
	EP 1X35F	8.0	—	无规共聚物。适合流延膜、吹膜，为优质透明膜
	EP 2C37F	5.0	—	挤塑、流延、透明、高强度膜、复合膜及包装容器
	EP 2S30B	1.8	—	无规共聚物。挤塑一般用热收缩膜，或吹塑容器
	EP 2S34F	1.8	—	无规共聚物。适合双向拉伸膜、片材和热收缩膜
独山子石化	PPB-Q-006	0.5～1.1	—	抗冲性嵌段共聚物。挤塑波纹板、吹塑瓶子
	PPH-E-003	0.18～0.42	—	均聚物。挤出压力管、注塑管件料
	PPH-E-006	0.5～0.9	—	均聚物。异型材、管材及一般容器料
	PPH-F-022	1.2～2.4	—	均聚物。双向拉伸膜、层合板、胶粘带料
	PPH-IS-075	6.0～13.0	—	均聚物。适合吹塑优质薄膜
	PPH-F-075	5.5-12.5	—	无规共聚物。流延膜、用于一般包装
	PPH-I-022	1.2～2.4	—	无规共聚物。挤出吹塑热收缩膜、双向拉伸膜
广州石化	F401	1.7～3.0	—	均聚物。挤出、吹塑编织袋、食品包装膜、扁丝、板片材，中空制品、带材
	F401(粉料)	1.7～3.0	—	挤出板、片材、扁丝、带材、包装膜、编织袋等
	F501	3.1～5.0	—	挤出制品与 F401 相同
	B200	0.5	—	均聚物。挤出、吹塑中空容器、管材、板材、片材、异型材
	B230	0.5	—	无规共聚物。挤出、吹塑制品与 B200 相同
	B240	0.5	—	嵌段共聚物。挤出、吹塑大型容器、管材、板片材、异型材
	F300R	1.1～1.7	—	均聚物。挤出流延双向拉伸膜、扁带
	F301	1.4	—	均聚物。挤出各种重包装编织带、渔网丝、绳索等
	F601	6.5	—	均聚物。挤出、吹塑重包装膜、用于购物袋、食品袋
	CF401G	1.7～3.1	—	极易成型，挤出吹塑，医疗仪器、饮料瓶、熟食容器，板、片材
兰州石化	F301	1.5	—	均聚物。适合做重包装用编织袋，打包带、强度好、加工性好
	F401	2.5	—	用途与 F301 相同
	F601	6.5	—	加工性好。可做打包带、捆扎绳
	F600	10.0	—	均聚物。适合挤出吹塑薄膜，做食品袋、杂品袋
大连石化①	PPH-B-006	0.4～0.7	—	刚性好。适合挤出管、板、吹塑膜、瓶
	PPH-F-012	1.1～1.9	—	挤出平膜、双向拉伸食品包装袋、服装袋
	PPH-L-022	1.9～3.1	—	挤出绳索丝
长岭化工②	T30S	2.1～3.9	—	挤出编织袋、食品、医药包装制品，日常生活和工业用品
	T38F	2.6～3.5	—	适合生产双向拉伸薄膜，加入些助剂可生产流延膜和吹膜
	X37F	8.5～10.5	—	适合食品包装用优质膜
	X30S	8～12	—	适合流延膜、涂覆料，也可注塑制品
	D50S	0.3	—	流延成型片材和包扎带
	D60P	0.3	—	挤出耐压管、流延片材、注塑管接头
	Q30P	0.7	—	挤出小直径薄壁管、型材和捆扎带
	S30S	1.8	—	吹塑瓶
	V30S	16	—	挤出单丝、撕裂膜

① 大连石化全称中国石油大连石油化工公司。

② 长岭化工全称中国石化长岭炼油化工有限责任公司。

表 1-53　盘锦天然气化工厂产聚丙烯性能与用途

牌号 \ 项目		熔体流动速率/(g/10min)	拉伸屈服强度/MPa	用　途
均聚物	J300	1.4	38.0	一般用途,机械零件、汽车部件等
	J400	3	38.0	一般用途,汽车部件、日用品等
	J600	7	38.0	一般用途,厨房用具、玩具、设备零件等
	J700	11	38.0	一般用途,厨房用具、盘子、涂层等
	J900	40	37.0	一般用途,杯子、盘子等
	J900G	40	42.0	J900 的透明型
	J401	3	37.0	电气和电子零件
	J402	3	38.0	室外用
	J403	3	37.0	防尘用
共聚物	J340	1.8	26.0	冲击强度很高,啤酒、软饮料瓶箱,工具箱,吹塑制品等
	J440	5	29.0	冲击强度高,外观好,水果、蔬菜周转箱,面包箱,各种容器等
	J640	10	29.0	冲击强度高,电池外壳、各种容器等
	J740	25	29.0	冲击强度高,汽车部件、电气设备零件、大尺寸杂货箱等
	J840	45	29.0	冲击强度高,汽车部件、电气设备零件等

表 1-54　聚丙烯注塑制品用料生产厂及产品牌号

生产厂家	PP 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	特点和用途
上海石化	M30	0.3	均聚物,适合管件
	M70	0.7	均聚物,适合型材
	M180	1.8	均聚物,适合多种注塑件
	M1600	16.0	均聚物,适合日用品、玩具、包装
	M300	3.0	均聚物,适合多种注塑件
	MT00	7.0	同上
	M1100	11.0	同上
	M2600	26.0	同上
	M300HS	3.0	均聚物、注塑高光泽、耐热、高刚性容器
	M800HS	8.0	同上
	M500HS	5.0	同上
	M1200HS	12.0	同上
	M1600HS	16.0	同上
	M2600HS	26.0	同上
	M450E	4.5	无规共聚物、注、拉、吹或注塑饮料包装瓶等
	M800E	8.0	同上
	M1200E	12.0	无规共聚物。适合生活日用品
	M1600E	16.0	无规共聚物。适合注塑形状复杂件和薄壁容器
	M12000E	20.0	无规共聚物。适合注、拉、吹和形状复杂件及薄壁容器
	M3000	30.0	无规共聚物。适合大型容器
	M1300R	13.0	嵌段共聚物,强度好、耐磨损、抗冲击、耐应力开裂,化学稳定性好。用于家用电器和汽车零件等
	M2101R	21.0	—
	M150U	1.5	嵌段共聚物。适合注塑周转箱、重包装
	M3000R	30.0	嵌段共聚物。适合洗衣机内桶
	M180R	1.8	嵌段共聚物。周转箱,重包装
	MS00R	5.0	嵌段共聚物。汽车配件、家具
	M900R	9.0	嵌段共聚物。汽车配件、蓄电池壳

（续）

生产厂家	PP 牌号	熔体流动速率/（g/10min）	特点和用途
扬子石化	J540	2.8～8.0	注塑级
	J740	15～30.0	注塑级
	F401H	—	粉料，注塑级
	K9935	12～36.0	汽车内饰件、仪表盘、空气导管等
	K8003	2.7～2.8	汽车挤压件
中国石化福建炼油化工有限公司	C30G	6.0	玩具、日用品、密封件
	T30G	3.0	玩具、日用品、机械零件
	T50G	3.0	汽车电器、家用制品部件、工业零部件
	V30G	16.0	玩具、日用品、密封件
	Z11G	25.0	家具、抗γ射线注射器
	Z30G	25.0	玩具、日用品、包装
兰州石化	J400	3.0	均聚物。日用品、汽车配件等
	J600	7.0	均聚物。玩具、厨具等
天津石油化工公司	T30S	3.5	适合注塑周转箱、玩具、家用生活品
	T30S(粉料)	2.1～4.9	同上
	Z30S	18～22	成型薄壁型制品
	EPC40R	6～8	熔料流动性好，抗冲击性好。用于汽车蓄电池壳、汽车零件和家庭用品
	V30S	14～18	熔料流动性好。可注塑玩具、家庭用品、包装盒等
	H30S	35	注塑薄壁型制品
中国石油盘锦乙烯有限责任公司	J300	1.0～1.8	低流率。用于制造机械零件、汽车零件
	J340	1.3～2.3	高抗冲强度，中流率。用于生产周转箱、工具箱及吸塑制品
	J400	2.2～3.8	中流率。汽车零件、日用品
	J402	2.2～3.8	耐候性好、用于室外电气和电子零件
	J440	3.6～6.5	高抗冲强度、中等流率。用于面包箱、水果箱、各种容器，洗衣机波轮
	J441	3.5～6.5	高抗冲强度、中等流率。用于蓄电池槽
	J600	5.0～9.0	高流率。用于厨房用具、玩具、设备零件
	J640	8.0～12.0	高抗冲强度、高流率。用于洗衣机附件、底座、甩干桶、各种容器
	J740	18.0～32.0	高抗冲强度、非常高流率。用于汽车、电气等设备上的大型复杂零件
	J746B	25.0～32.0	高抗冲强度、非常高的流率。用于洗衣机内筒、大容积箱体
	J840	35.0～55.0	高抗冲强度、超高流率。用于汽车、电气设备零件
	J900G	30.0～50.0	超高流率、(J900 为透明型)
	P340	0.7～1.3	管件、食品箱

生产厂家	PP 牌号	熔体流动速率/（g/10min）	密度/（g/cm³）	特点和用途	
北京燕化	K1005	5.5	0.905	均聚物	通用级
	K1008	10.0	0.905		同上
	K1015	14.0	0.905		同上
	K1020	20.0	0.905		同上
	1400	3.0	0.91		汽车零件及家具
	1700	11.0	0.91		篮子、盘子等一般用途
	K7735	40.0	0.905	中抗冲型共聚物	洗衣机桶及部件、汽车零部件等
	1947	28.0	0.91		同上
	1240	0.7	0.91		饮料瓶周转箱、吹塑制品
	1340	1.5	0.91		啤酒瓶箱、汽车零部件等
	1740	12.0	0.91		抗冲制品、汽车、摩托车配件等

（续）

生产厂家	PP 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	密度/(g/cm^3)	特点和用途	
北京燕化	K8303	2.0	0.90	高抗冲共聚物	汽车零部件、器具
	K8003	2.5	0.90		负重零件、汽车零件
	K9920	20.0	0.90	超高抗冲共聚物	汽车、摩托车配件等
	K9935	35.0	0.90		同上
	K4812	12.0	0.90	无规共聚物	医用注射器、透明制品
中国石油化工股份广州分公司	CJS700	8.0～15.0		均聚物	大型容器,电器部件、玩具、日用品,塑料花、周转箱
	CJS700G	8.0～15.0			医疗仪器、药瓶、饮料杯、熟食容器、卫生用品透明容器
	J300	1.4			流动性较低。适合一般用途、主要用于汽车零件
	J400	3.0			中等流动性、良好的加工性。用于日用品及汽车零件
	J600	7.0			流动性及加工性好。厨房用具、玩具、日用品及工业零件
	J340	1.8		共聚物	极高的冲击强度。工具箱、大型容器、周转箱、吹塑制品
	J440	5.0			水果周转箱、面包箱、各种大型容器
	J740	25.0			极高的冲击强度。用于大型复杂工业零件,汽车、洗衣机件
中国石油新疆独山子石化公司	PPB-M-012	0.9～3.1		嵌段共聚物	冲击强度高、热稳定性好。用于各种周转箱、重包装箱、漆桶
	PPB-M-045	2.0～5.0			抗冲型。适合家具、玩具、鞋楦、汽车方向盘
	PPB-M-075	4.2～9.8			抗冲型。适合蓄电池瓶壳、家用器皿、玩具等
	PPB-M-140	8.1～17.9			抗冲型。适合快速成型、薄壁包装品、日用品
	PPB-MP-012	0.82～2.2			冲击强度高、热稳定性好。适合重型周转箱、滑轮
	PPB-MP-105	4.8～11.2			聚烯烃合金。适合汽车保险杠、阻流板
	PPB-MP-225	15.0～25.0			流动性好、易成型、尺寸稳定、抗冲击。可用于生产洗衣机内桶

表 1-55　丙烯-乙烯无规共聚物性能

项　　目	性能指标	项　　目	性能指标
熔体流动速率/(g/10min)	4.5	悬臂梁缺口冲击强度/(J/m)	
密度/(g/cm^3)	0.901	室温	74.7
拉伸弹性模量/MPa	1012.3	－16.6℃	23.5
断裂伸长率(%)	320	热变形温度/℃	44.4
弯曲弹性模量/MPa	850.6	脆化温度/℃	－15
洛氏硬度(R)	78	维卡软化点/℃	131
		吸水性(%)	0.002

表 1-56　PP-R 性能

项　　目	性能指标	项　　目	性能指标
熔体流动速率/(g/10min)	0.17～0.25	冲击强度/(kJ/m^2)	
拉伸屈服强度/MPa	24	10℃	3.8
拉伸断裂强度/MPa	19	－30℃	破坏
断裂伸长率(%)	>500	维卡软化点(1000g)/℃	138
弯曲模量/MPa	810	洛氏硬度(R)	72
悬臂梁冲击强度(23℃)/(kJ/m)	0.66		

使用，有较好的长期耐水压能力。这种丙烯-乙烯无规共聚丙烯（PP-R）管材多用在建筑工程中的冷热水管，安装方便快捷，采用热熔承插连接，性能可靠，维修方便。

丙烯-乙烯无规共聚物成型的薄膜，可采用流延成型、挤出吹塑成型。薄膜可是普通包装薄膜、热收缩包装薄膜和复合膜。这种薄膜具有透明度高、滑爽性及热封性好、韧性好和冲击强度高等特点。主要用途是用来做各种物品的包装。

1.2.3 丙烯-乙烯嵌段共聚物

丙烯-乙烯嵌段共聚物（PP-B）与丙烯-乙烯无规共聚物一样同是丙烯共聚物，但由于共聚方法与工艺条件的不同，使丙烯与乙烯的共聚物分为无规共聚物和嵌段共聚物。

1. 性能特征

丙烯-乙烯嵌段共聚物的结晶度高，性能特点与等规聚丙烯相似，主要取决于乙烯含量、共聚物嵌段结构、分子量及分布的变化。PP-B 一般具有较高的刚性和较好的低温韧性。与丙烯-乙烯无规共聚物相比，冲击强度提高较大，脆化温度降低很多。丙烯-乙烯嵌段共聚物中乙烯含量一般在 5% ~20% （质量分数）范围内。当乙烯含量为 2% ~3% 时，其脆化温度为 -35 ~22℃。嵌段共聚物与高密度聚乙烯比较，耐热性高，抗应力开裂性好，表面硬度高，收缩率低，耐蠕变性好。

丙烯-乙烯嵌段共聚物的物理力学性能见表 1-57。嵌段共聚物与无规共聚物的性能比较见表 1-58。燕山石化公司生产的丙烯-乙烯嵌段共聚物性能见表 1-59。

表 1-57 丙烯-乙烯嵌段共聚物的物理力学性能

熔体流动速率/(g/10min)	脆化温度/℃	简支梁冲击强度①/(kJ/m²)	弯曲强度②/GPa	浊度(%)	软化点/℃
0.3	-40 ~ -10	9.8 ~58.9	0.45 ~0.51	50 ~90	140 ~142
0.5	-40 ~ -10	9.8 ~58.9	0.47 ~0.52	50 ~90	140 ~142
1.0	-30 ~ -10	9.8 ~58.9	0.47 ~0.54	50 ~90	140 ~142
4.0	-15 ~0	4.9 ~14.7	0.54 ~0.62	60 ~95	140 ~142
8.0	-10 ~5	4.9 ~9.8	0.55 ~0.64	70 ~95	140 ~142

① 3mmV 形缺口。
② 弯曲角度 30°。

表 1-58 嵌段共聚物与无规共聚物的性能比较

熔体流动速率/(g/10min)	脆化温度/℃		软化温度/℃①	
	嵌段	无规③	嵌段	无规
0.3	-40 ~ -10	-5		
0.5	-40 ~ -10	-2		
1.0	-30 ~ -10	0	140 ~142	140
4	-15 ~0	3		
8	-10 ~5	10		

冲击强度①/(kJ/m²)		弯曲强度/MPa②		浊度(%)	
嵌段	无规	嵌段	无规	嵌段	无规
10 ~60	6	460 ~520	480	50 ~90	40
10 ~60	5	480 ~530	510	50 ~90	42
10 ~30	4	480 ~550	550	50 ~90	45
5 ~15	3	550 ~630	600	60 ~95	55
5 ~10	3	560 ~650	640	70 ~95	65

① 系指简支梁 V 形缺口冲击强度。
② 弯曲角度 30°条件下测得。
③ 表中无规共聚物系指乙烯含量（质量分数）为 2% 的结果。

表 1-59　燕山石化公司丙烯-乙烯嵌段共聚物性能

项　　目	测 试 方 法	牌　　号		
		1330	1332	1430
熔体流动速率/(g/10min)	ASTM D 1233—65T	1.5～2.5	1.5～2.5	2～3
拉伸强度/MPa	ASTM D 638—64T	23	23	25
断裂伸长率(%)	ASTM D 638—64T	200	200	400
弯曲弹性模量/MPa	ASTM D 790—66	850	800	1050
洛氏硬度(R)	ASTM D 785—65T	60	60	70
悬臂梁冲击强度(缺口)/(J/m)	ASTM D 256—56	100	100	50
落锤冲击强度/J	MPC PP-A-305	15.7	15.7	13.7
热变形温度(0.46MPa)/℃	ASTM D 648—56	90	90	100
脆化温度/℃	ASTM D 746—64T	-25	-25	—

2. 用途

丙烯-乙烯嵌段共聚物成型塑料制品方法与等规聚丙烯成型塑料制品方法相同，可采用挤出机、注射机成型制品，也可采用吹塑和纺丝等方法进行成型加工，另外，制品还可进行熔接、电镀，必要时还可进行二次加工。成型的塑料制品种类也与等规聚丙烯相同，但由于丙烯-乙烯嵌段共聚物的韧性和低温性能优于均聚聚丙烯，所以，对于那些在低温环境中应用、要求韧性好的聚丙烯制品，应优先考虑选用丙烯-乙烯嵌段共聚物原料加工制品。主要制品有：工业配件、大型容器、运输箱、吹塑瓶等中空容器、挤塑电缆、管材和板材，也可做薄膜和复合膜及粗纤维等。具体的应用场合可参照等规聚丙烯制品用途。

国内丙烯-乙烯嵌段共聚物生产厂家比较多，如北京燕山石化公司、扬子石油化工公司、辽阳石油化纤公司和上海石油化工股份有限公司、齐鲁石油化工公司等，一般凡是能生产等规聚丙烯树脂的厂家都能生产嵌段共聚聚丙烯。

1.3　聚氯乙烯

聚氯乙烯（PVC）树脂是由氯乙烯单体经均聚或与其他单体共聚而成的高聚物。聚氯乙烯塑料制品是以聚氯乙烯树脂为主要原料，再按制品的性能和应用条件要求，加入适量的辅助材料，如稳定剂、增塑剂、润滑剂、填充料、着色剂等及其他一些加工助剂，在一定的工艺温度、压力等条件作用下而成型的制品。

聚氯乙烯树脂按其生产聚合方法的不同，可分为悬浮法聚氯乙烯、乳液法聚氯乙烯、本体法聚氯乙烯、微悬浮法聚氯乙烯。另外，聚氯乙烯改性品种中应用较多的还有氯化聚氯乙烯、交联聚氯乙烯、高分子量聚氯乙烯及一些特殊性能的专用聚氯乙烯等，其中，悬浮法聚氯乙烯应用量最大，其产量约占聚氯乙烯树脂总产量的 85%。

1.3.1　悬浮法聚氯乙烯

悬浮法聚氯乙烯树脂分紧密型和疏松型两种，目前，应用的聚氯乙烯树脂都是疏松型，即通用型。GB/T 5761—2006 规定的通用型聚氯乙烯的物理性能要求见表 1-60。

国内引进氯碱装置生产的聚氯乙烯树脂是按聚合度大小来命名树脂的牌号，其技术指标见表 1-61。

表 **1-60**　国产悬浮法通用型聚氯乙烯的物理性能要求（摘自 GB/T 5761—2006）

型号与级别 / 指标		SG1			SG2			SG3			SG4			SG5			SG6			SG7			SG8		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
黏度/(mL/g)		156～144			143～136			135～127			126～119			118～107			106～96			95～87			86～73		
K 值		77～75			74～73			72～71			70～69			68～66			65～63			62～60			59～55		
平均聚合度		1785～1536			1535～1371			1370～1251			1250～1136			1135～981			980～846			845～741			740～650		
杂质粒子数/个 ≤		16	30	90	16	30	90	16	30	90	16	30	90	16	30	90	16	30	90	20	40	100	20	40	100
挥发物(包括水)含量(%) ≤		0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50
表观密度/(g/mL) ≥		0.45	0.42	0.40	0.45	0.42	0.40	0.45	0.42	0.40	0.45	0.42	0.40	0.45	0.42	0.40	0.48	0.45	0.40	0.48	0.45	0.40	0.48	0.45	0.40
筛余物(%)	0.25μm 筛孔 ≤	2.0	2.0	8.0	2.0	2.0	8.0	2.0	2.0	8.0	2.0	2.0	8.0	2.0	2.0	8.0	2.0	2.0	8.0	2.0	2.0	8.0	2.0	2.0	8.0
	0.063μm 筛孔 ≥	95	90	85	95	90	85	95	90	85	95	90	85	95	90	85	95	90	85	95	90	85	95	90	85
鱼眼数/(个/400cm²) ≤		20	40	90	20	40	90	20	40	90	20	40	90	20	40	90	20	40	90	30	50	90	30	50	90
100g 树脂增塑剂吸收量/g ≥		27	25	23	27	25	23	26	25	23	23	22	20	19	17	—	15	15	—	12	14	—	12	14	—
白度(160℃,10min 后)(%) ≥		78	75	70	78	75	70	78	75	70	78	75	70	78	75	70	78	75	70	75	70	70	75	70	70
水萃取物电导率/[μS/(cm·g)] ≤		5	5	—	5	5	—	5	5	—	—			—			—			—			—		
残留氯乙烯含量/(mg/kg) ≤		5	10	30	5	10	30	5	10	30	5	10	30	5	10	30	5	10	30	5	10	30	5	10	30

注：1. 黏度、*K* 值和平均聚合度指标可任选其一。

2. 使用者若对热稳定性还有其他指标要求，可与生产厂协商确定，并根据指标选用 GB 2917—1982（1989）（或 GB 9349—2002、HG 2-1278）进行测定。

3. 标准中的 SG0 和 SG9 因目前很少应用，故表中未列出。

表 1-61　聚氯乙烯牌号及技术指标

上海氯碱化工股份有限公司牌号			WS-700	WS-800	WS-900
相应日本信越牌号			TK-700	TK-800	TK-900
指标名称	比黏度		0.262 ~ 0.293	0.291 ~ 0.319	0.318 ~ 0.345
	K 值(DIN 55726)		57 ~ 59	60 ~ 62	63 ~ 65
	表观密度/(g/mL)		0.52 ~ 0.62	0.51 ~ 0.61	0.50 ~ 0.60
	挥发物含量(最大)(%)		0.4	0.4	0.3
	增塑剂吸收量(最大)(%)		14	16	19
	VCM 残留量(最大)/ $\times 10^{-6}$		10	10	10
	粒度分布	大于 35μm 筛孔(最大)(%)	0.1	0.1	0.1
		通过 149μm 筛孔(%)	25 ~ 93	25 ~ 95	25 ~ 95
	热稳定性(与标准片比)		合格	合格	合格
	鱼眼数/(个/100cm^2)		约 50	约 50	约 100
	体积电阻率/(Ω · cm)		—	—	—
	干完时间(布拉本德仪)/min		约 17	约 18	约 20
	杂质/(个/100g)		约 50	约 50	约 50
	平均聚合度		655 ~ 750	750 ~ 850	850 ~ 950
上海氯碱化工股份有限公司牌号			WS-100	WS-1200	WS-1300
相应日本信越牌号			TK-1000	TK-1200	TK-1300
指标名称	比黏度		0.356 ~ 0.380	0.389 ~ 0.412	0.411 ~ 0.433
	K 值(DIN 55726)		66 ~ 68	69 ~ 71	71 ~ 73
	表观密度/(g/mL)		0.47 ~ 0.57	0.44 ~ 0.54	0.42 ~ 0.52
	挥发物含量(最大)(%)		0.3	0.3	0.3
	增塑剂吸收量(最大)(%)		22	25	27
	VCM 残留量(最大)/ $\times 10^{-6}$		7	5	5
	粒度分布	大于 35μm 筛孔(最大)(%)	0.1	0.1	0.1
		通过 149μm 筛孔(%)	30 ~ 70	30 ~ 70	30 ~ 70
	热稳定性(与标准片比)		合格	合格	合格
	鱼眼数/(个/100cm^2)		约 100	约 50	约 50
	体积电阻率/Ω · cm		71×10^{12}	71×10^{12}	71×10^{12}
	干完时间(布拉本德仪)/min		约 20	约 22	约 23
	杂质/(个/100g)		约 50	约 50	约 50
	平均聚合度		1000 ~ 1100	1150 ~ 1250	1250 ~ 1350

注：表中列出的聚氯乙烯牌号及技术指标是上海氯碱化工股份有限公司生产的产品，是引进日本信越化学公司悬浮法生产技术。

1. 性能特征

1）外观为白色无定形粉末，粒径在 60 ~ 250μm 范围内，表观密度为 400 ~ 600kg/m^3。制品密度硬质为 1.4 ~ 1.6g/cm^3，软质为 1.2 ~ 1.4g/cm^3。

2）聚氯乙烯热性能：没有明显的熔点，在 80 ~ 85℃开始软化，130℃左右变为黏弹态，160 ~ 180℃变为黏流态，分解温度为 200 ~ 210℃，脆化温度为 -60 ~ -50℃。热稳定性较差。

3）对光和热的稳定性差，在 100℃以上或长时间阳光暴晒，会分解产生氯化氢。

4）与其他类热塑性塑料相比，有较高的机械强度，耐磨性能超过硫化橡胶，硬度和刚性优于聚乙烯。

5）难燃烧，离开火源能自熄。

6）介电性能很好，对直流、交流电的绝缘能力与硬质橡胶相似，是一种介电损耗较小的绝缘材料。

7）不溶于水、酒精、汽油，在醚、酮、氯化脂肪烃和芳香烃中能膨胀和溶解；在常温下耐不同浓度的盐酸、体积分数为90%以下的硫酸、体积分数为50% ~60%的硝酸及体积分数为20%以下的烧碱溶液，对盐类相当稳定。

8）聚氯乙烯塑料有硬质和软质类型。成型制品的树脂中，增塑剂的加入量小于10%为硬质塑料，增塑剂的加入量大于30%为软质塑料，增塑剂的加入量在10% ~30%之间为半硬质塑料。

聚氯乙烯的性能指标见表1-62。

表1-62 聚氯乙烯的性能指标

项 目	硬质	软质	项 目	硬质	软质
密度/(g/cm^3)	1.4 ~1.6	1.2 ~1.4	热导率/[W/(m·K)]	0.12 ~0.29	0.12 ~0.16
制品收缩率/(cm/cm)	0.001 ~0.005	0.010 ~0.050	比热容/[J/(kg·K)]	1046.6 ~1465.3	1256 ~2093.3
吸水性(浸24h)(%)	0.1 ~0.4	0.25	线膨胀系数/($\times10^{-5}$/℃)	5 ~18.5	7 ~25
拉伸强度/MPa	35 ~55	10 ~21	连续耐热温度/℃	65 ~80	65 ~80
断裂伸长率(%)	2 ~40	100 ~450	体积电阻率/Ω·cm	10^{12} ~10^{16}	10^{11} ~10^{13}
拉伸模量/GPa	2.5 ~4.2	—	相对介电常数		
压缩强度/MPa	55 ~90	6.2 ~11.7	60Hz	3.2 ~3.6	5.0 ~9.0
弹性模量/GPa	1.5 ~3.0	0.015	10^3Hz	3.0 ~3.3	4.0 ~8.0
弯曲强度/MPa	80 ~110	—	60Hz	0.007 ~0.02	0.08 ~0.15
弯曲模量/GPa	2.1 ~3.5	—	介电损耗角正切(10^3Hz)	0.009 ~0.017	0.07 ~0.16
冲击强度(缺口)(kJ/m^2)	22 ~108	—	介电强度/(kV/mm)	9.85	14.7 ~29.5
邵尔硬度	D65 ~85	A50 ~100	耐电弧/s	60 ~80	—
动摩擦因数(棉布)	0.23	0.45			

2. 用途

聚氯乙烯树脂与辅助料按配方要求混配后，可采用挤出、注射、吹塑、压延、模塑、滚塑、涂刮和发泡等工艺方法加工成型塑料制品，包括管、片、板、薄膜、人造革、电缆料、电线护套、异型材、丝、管件、瓶、唱片、鞋等。广泛应用于建筑、包装、电子电气、农业、汽车、化工和人们日常生活等各个领域。不同型号聚氯乙烯树脂的主要用途见表1-63。表1-63中PVC型号及技术指标见表1-65。PVC成型工艺条件与制品的力学性能见表1-64。挤出或压延法生产PVC制品用料生产厂的产品牌号及用途见表1-66。

表1-63 悬浮法聚氯乙烯的型号和主要用途

型 号	级 别	主 要 用 途
PVC-SG1	一级A	高级电绝缘材料
PVC-SG2	一级A	电绝缘材料、薄膜
	一级B、二级	一般软质制品
PVC-SG3	一级A	电绝缘材料、农用薄膜、人造革表面膜
	一级B、二级	全塑凉鞋
PVC-SG4	一级A	工业和民用薄膜
	一级B、二级	软管、人造革、高强度管材
PVC-SG5	一级A	透明制品
	一级B、二级	硬管、硬片、单丝、套管、型材
PVC-SG6	一级A	唱片、透明片
	一级B、二级	硬板、焊条、纤维
PVC-SG7	一级A	瓶子、透明片
	一级B、二级	硬质塑料管材、聚氯乙烯树脂

表 1-64　PVC 的加工与力学性能

指标名称		硬制品	软制品	
			非填充	填充
加工性能	压塑成型温度/℃	140 ~ 205	140 ~ 176	140 ~ 176
	压塑成型压力/MPa	5. 19 ~ 13. 72	3. 43 ~ 13. 72	3. 43 ~ 13. 72
	注射成型温度/℃	149 ~ 213	160 ~ 196	160 ~ 196
	注射成型压力/MPa	68. 6 ~ 275. 67	55. 17 ~ 173. 26	55. 17 ~ 173. 26
	压缩比	2. 0 ~ 2. 3	2. 0 ~ 2. 3	2. 0 ~ 2. 3
	相对密度	1. 35 ~ 1. 45	1. 16 ~ 1. 35	1. 3 ~ 1. 7
力学性能	拉伸强度/MPa	34. 79 ~ 62. 23	10. 29 ~ 24. 11	6. 86 ~ 24. 11
	伸长率(%)	2. 0 ~ 40	200 ~ 450	200 ~ 400
	压缩强度/MPa	55. 37 ~ 90. 16	6. 17 ~ 11. 76	6. 86 ~ 12. 45
	弯曲强度/MPa	68. 89 ~ 123. 97	—	—
	邵氏硬度	D65 ~ 85	A50 ~ 100	A50 ~ 100
	冲击强度/(J/m^2)	21. 56 ~ 107. 8	随增塑剂种类和含量而变化	随增塑剂种类和含量而变化

1. 3. 2　乳液法聚氯乙烯

乳液法聚氯乙烯（PVC）也可称为聚氯乙烯或聚氯乙烯糊用树脂。国家标准 GB 15592—2008 规定的聚氯乙烯糊用物化性能要求见表 1-67。

1. 性能特征

乳液法聚氯乙烯为白色、粒径为 0. 1 ~ 1μm、粉末状疏松型糊用树脂。无味，无毒，在常温条件下对酸、碱和盐类稳定。可与增塑剂及其他助剂配混成糊料，塑化性能较好。在常温环境下，配混好的糊料放置 24h 增稠黏度不超过 20%，无沉析现象；在高切变速率下糊料黏度较低，涂装性能较好，适合用于高速涂布。

2. 用途

乳液法聚氯乙烯树脂中加入质量分数为 30% ~ 50% 增塑剂及其他一些助剂（根据制品性能的需要），经均匀混合后调配成黏流状增塑糊，经脱除夹杂的空气后，即可用涂刮、蘸涂、搪塑、滚塑和浇注等方法成型塑料制品。

1）采用涂刮法生产人造革和壁纸等。

2）蘸涂法生产是用阳模浸入到有一定温度的增塑糊内，经一定时间后提出，多余的糊料滴落后加热，使附在阳模上的糊层凝胶并塑化，经脱模后成制品。这种采用蘸涂法生产塑料制品可分为间歇法和连续法两种，采用间歇法可生产工业用手套、柔性管、电缆头及工具手柄等；采用连续生产法可用于纸张、织物等涂层生产。

3）搪塑法生产是将糊料浇入模子内，倾倒模子并熔融塑化模内壁所留薄层糊，冷却降温后开模即得制品。采用这种方法生产时，如在糊料中掺入一定比例的发泡剂，则还可制成发泡制品。

另外，也可在乳液法聚氯乙烯树脂中加入一定比例的其他材料，制成烧结板和硬泡沫塑料等，也可直接用乳液为纸上光、做涂料和胶粘剂等。

乳液法聚氯乙烯树脂在塑料制品行业主要是用来制糊用树脂。如用于制作透气泡沫人造革、普通人造革、地板革、泡沫塑料、搪塑制品、玩具、手套外膜、金属面防酸外膜、工业用布、绝缘材料、喷涂乳胶、包装用材料、各种饮料瓶及各种瓶盖用垫圈；也可用来制作一些挤出制品等。

表 **1-65** 悬浮法聚氯乙烯技术要求[①]（GB/T 5761—1986）

指标 \ 型号与级别		PVC-SG1	PVC-SG2			PVC-SG3			PVC-SG4			PVC-SG5			PVC-SG6			PVC-SG7		
		一级 A	一级		二级	一级		二级	一级		二级	一级		二级	一级		二级	一级		二级
			A	B		A	B		A	B		A	B		A	B		A	B	
黏度/(mL/g)		154～144	143～136			135～127			126～118			117～107			106～96			95～85		
表观密度/(g/mL)	≥	0.42	0.42	0.42	0.40	0.42	0.42	0.40	0.42	0.42	0.40	0.45	0.45	0.40	0.45	0.45	0.40	0.45	0.45	0.40
100g 树脂的增塑剂吸收量/g	≥	25	25	25	16	25	25	16	22	22	16	19	19	13	16	16	13	14	14	13
挥发物(包括水)含量(质量分数)(%)	≤	0.40	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50
过筛率(%)	0.25mm 筛孔 ≥	98.0	98.0	98.0	92.0	98.0	98.0	92.0	98.0	98.0	92.0	98.0	98.0	92.0	98.0	98.0	92.0	98.0	98.0	92.0
	0.063mm 筛孔 ≤	10.0	10.0	10.0	20.0	10.0	10.0	20.0	10.0	10.0	20.0	10.0	10.0	20.0	10.0	10.0	20.0	10.0	10.0	20.0
100g 树脂中的黑黄点总数与黑点数/颗 ≤	总数	30	30	30	130	30	30	130	30	30	130	30	30	130	30	30	130	30	30	130
	黑点数	10	10	10	30	10	10	30	10	10	30	10	10	30	10	10	30	10	10	30
白度(%)	≥	90	90	90	85	90	90	85	90	90	85	90	90	85	90	90	85	90	90	85
鱼眼数(个/1000cm^2)	≤	10	10			10			10			10			10			10		
10%树脂水萃取液电导率/$\Omega^{-1}\cdot cm^{-1}$[②]	≤	5×10^{-5}	5×10^{-5}			5×10^{-5}														

① 技术要求中除上述九项指标外，尚有树脂热稳定性和残留氯乙烯单体含量两项协商指标：树脂热稳定性按 GB/T 2917.1—2002《聚氯乙烯热稳定性测试方法——刚果红法和 pH 法》进行测定；残余氯乙烯单体含量按（GB/T 4615—2008）《聚氯乙烯树脂　残留氯乙烯单体含量的测定　气相色谱法》进行测定，其中一级品残留氯乙烯单体含量≤10×10^{-6}。对协商指标的具体要求以及对其他性能指标有特殊要求均由供需双方商定。

② $1\Omega^{-1}\cdot m^{-1}=1S/m$。

表 1-66　聚氯乙烯挤出制品用料生产厂产品牌号及用途

生产厂家	PVC 牌号	特点和用途
上海氯碱集团化工	EB102-1(PVCRB)	挤出吹塑食油瓶、矿泉水瓶等
	EB106	热收缩薄膜料
	13-1、13-2	用于挤出输血液袋、输血导管及其他医用导管、配件
沧州化工实业集团公司	CR2000	挤出电缆绝缘层、吸塑
	CM2900	用途与 CR2000 相同
	ML1100	挤出软管、型材,压延革、地板,注塑凉鞋、靴等
	SM1300、SD700	挤出电缆料、绝缘层、型材;压延膜片;吹型容器瓶;注塑鞋、靴等
	H12L	高抗冲料。挤出软管、管、型材、板;压延革;吹塑容器瓶;真空成型大型容器等
天津化工厂	P440	人造革料
	P1069	地板革料
	P450	耐磨性好。壁纸、不发泡人造革料
	P510	发泡性好。适合人造革玩具
齐鲁石化	5700	用于挤出、压延、注射、吹塑透明片、硬或半硬板材、地板、糖纸、香烟包装膜及注射件
	S1300	适合软质薄膜,人造革、薄板、电缆护套、软质型材等
北京化工二厂	交联 PVC 树脂 SC	适合消光片材、消光膜、人造革、优质电缆护套等
	氯醋共聚树脂 LC	用于密纹唱片、玩具、涂料、磁带黏结剂等
	LC-1 优级品	用于密纹唱片
葫芦岛化工集团有限责任公司	TL-700、TL-800	加工流动性、成型性均较好。挤出硬管、压延透明片、注射吹塑瓶
	TL-1000	有一定的耐热性、电绝缘性和力学性能。挤出管、异型材及片材
	TL-1300	耐热性、电绝缘性和力学性能均较高。适合电缆、电线、软管、农膜等软制品
福州二化集团	K65、K67	适合挤出硬管、异型材、大直径耐压管、硬板,压延透明片、硬片、唱片等
	K69	适合挤出工业、民用膜、软管、高强度管及人造革等
	K72	挤出吹塑薄膜、电绝缘护套及一般软制品
	K74	适合优质电绝缘材料制品

表 1-67　聚氯乙烯糊用物化性能要求（GB 15592—2008）

项　　目		型　　号						
		PVC—□,P,a-A(或 B)-b						
黏数代码(a)		170	155	140	125	110	095	080
黏数/(mL/g)		>160	165～145	150～130	135～115	120～100	105～85	<90
(或 K 值)		(>78.0)	(79.0～75.0)	(76.0～71.5)	(72.5～67.5)	(69.0～63.5)	(65.0～59.0)	(<60.5)
[或平均聚合度]		[>1880]	[1950～1570]	[1650～1300]	[1350～1100]	[1150～900]	[950～720]	[<790]
标准糊黏度代码(b)		1	2		3	4		5
标准糊黏度(B 式)/Pa·s		<4.0	3.0～7.0		6.0～10.0	9.0～13.0		>13.0
		等　　级						
		优等品			一等品		合格品	
杂质粒子数/个	≤	12			20		40	
挥发物(包括水)的质量分数(%)	≤	0.40			0.50		0.50	
筛余物(%)	250μm 筛孔　≤	0			0.1		0.2	
	63μm 筛孔　≤	0.1			1.0		3.0	
糊增稠率①(24h)(%)	≤	100			100		—	

（续）

	等　级		
	优等品	一等品	合格品
白度(160℃,10min)(%)　≥	80	76	—
水萃取液 pH 值　≤	8.0	9.0	—
醇萃取物的质量分数(%)　≤	3.0	4.0	—
刮板细度/μm　≤	100	—	—
残留氯乙烯单体含量②/(μg/g)　≤	5	10	10

① 标准糊配比 B 的产品糊增稠率项目不要求，若用户对此有要求，由供需双方协商。

② 残留氯乙烯单体含量指标强制。

国产乳液法聚氯乙烯三种型号的用途见表 1-68。

表 1-68　乳液法聚氯乙烯的用途

型号	用　途	型号	用　途
RH-1Ⅰ RH-2Ⅱ	制作糊料;加工人造革、泡沫塑料、手套 用树脂;加工硬泡沫塑料、烧结板	RH-3Ⅲ	用乳液;抽丝、纸上光、涂料

1.3.3　氯化聚氯乙烯

氯化聚氯乙烯树脂也可称为过氯乙烯，是用悬浮法聚氯乙烯经氯化改性而制得。悬浮法聚氯乙烯树脂是生产氯化聚氯乙烯树脂的主要原料。目前，多用溶液氯化法或悬浮氯化法生产氯化聚氯乙烯树脂。

氯化聚氯乙烯树脂目前还没有国家规定的质量标准。表 1-69 列出的是葫芦岛化工集团有限责任公司生产氯化聚氯乙烯树脂时的企业标准。

表 1-69　葫芦岛化工集团有限责任公司氯化聚氯乙烯企业标准

指标名称	涂料用		纤维用
	一级	二级	
溶解时间/min　≤	60	120	28% 树脂丙酮溶液 24h 全溶
黏度/s	14.0～20.0 20.1～28.0	14.0～20.0 20.1～28.0 28.1～40.0	落球黏度为 50～130s,质量分数为 0.2% 树脂环己酮溶液的比黏度为 0.195～0.23
透明度/cm　≥	15	9	8
灰分(%)　≤	0.10	0.30	0.15
铁含量(%)　≤	0.01	0.03	0.02
水分(%)　≤	0.5	0.5	0.5
颜色度号　≤	150	300	
热分解温度/℃　≥	90	80	
低分子物含量(%)　≤			15
有机挥发分(%)　≤			0.8
氯含量(%)	61.0～65.0	61.0～65.0	61.0～65.0
外观	白色或微带浅色的疏松细粒或粉末(可有少许疏松块状物,其直径不大于 50mm),无可见杂质		白色或微黄色,是直径小于 8mm 的疏松颗粒,无可见杂质

注：表中的百分数均为质量百分数。

1. 性能特征

氯化聚氯乙烯为白色粉末状树脂。相对密度为 1.48～1.58，氯的质量分数一般为

61% ~68%；具有良好的黏结性、难燃性、耐化学腐蚀性和电绝缘性；制品在沸水中不变形，最高使用温度可达 105℃，熔融温度为 110℃，收缩率为（3 ~7）×10^{-3}cm/cm；洛氏硬度（R）为 117 ~122；随着氯含量的增加，制品拉伸强度、弯曲强度提高，但脆性增大；一般氯化聚氯乙烯制品的拉伸强度为 52 ~62MPa，断裂伸长率为 4% ~65%，压缩强度为 62 ~152MPa，弯曲强度为 100 ~117MPa，拉伸模量为 2482 ~3280MPa，悬臂梁冲击强度 53 ~298J/m，线胀系数（68 ~76）×10^{-6}/℃；氯化聚氯乙烯易溶于酯类、酮类、芳香烃等多种有机溶剂。

2. 用途

氯化聚氯乙烯树脂成型塑料制品，主要是用悬浮法氯化聚氯乙烯。和普通聚氯乙烯树脂成型塑料制品方法相同，但成型过程中的原料塑化温度较高。可用挤出机挤出成型耐热、耐酸、耐碱管材和板材；电气工业阻燃性和耐热性片材、薄膜和电缆绝缘料等。注射成型管件、过滤材料、脱水机、电线槽、导体的防护壳、电开关等。溶液法氯化聚氯乙烯主要用于配制涂料、清漆和胶粘剂。也可用做聚氯乙烯的共混改性剂。

1.3.4　氯乙烯-乙烯-醋酸乙烯共聚物

氯乙烯-乙烯-醋酸乙烯共聚物是内增塑聚氯乙烯新品种，有几种名称：氯乙烯-乙烯-乙酸乙烯酯共聚物、氯乙烯-接枝乙烯-醋酸乙烯酯、乙烯-醋酸乙烯-氯乙烯接枝共聚物，分别缩写为：VC-EVA、VC-g-EVA 和 EVA-g-PVC。

按用途的不同，VC-EVA 可分为两类：一类是硬质耐冲击型聚氯乙烯，含有乙烯-醋酸乙烯共聚物（EVA）树脂为 6% ~10%（质量分数）；另一类是软质增塑型聚氯乙烯，含有乙烯-醋酸乙烯共聚物（EVA）30% ~60%（质量分数）。

1. 性能特征

氯乙烯-乙烯-醋酸乙烯共聚物成型的制品，冲击强度高，耐候性和加工性能优良，另外，塑化熔融的温度范围宽。树脂中随着乙烯-醋酸乙烯共聚物含量的增加，原料中不加增塑剂就可加工成型硬质、半硬质或软质制品；原料中 EVA 可以任意比例与 PVC 共混。共聚物中 EVA 的含量、性质、PVC 组分的聚合度及接枝率，对共聚物的力学性能、耐候性、加工性能和热稳定性都有影响。当共聚物中含乙烯-醋酸乙烯共聚物（EVA）为 50%时，氯含量约占 28%，相对分子质量约为 100000，相对密度为 1.16，灰分小于 0.1%，水分小于 0.1%，拉伸强度为 13.3MPa，伸长率为 325%，脆化温度为 -50℃。

2. 用途

氯乙烯-乙烯-醋酸乙烯共聚物成型塑料制品与普通聚氯乙烯树脂成型塑料制品所用设备、工艺等条件完全相同。可用挤出、注射和压延等工艺，成型要求冲击强度高、耐候性好的硬质、半硬质和软质塑料制品。如管材、板（片）材、异型材、电器外壳、机器零件、薄膜、各种容器、电线电缆包覆材料等。

氯乙烯-乙烯-醋酸乙烯共聚物是一种加工性能好、生产效率高的树脂。在 PVC 树脂中还可做抗冲击改性剂使用。用这种树脂成型制品时，注意其塑化温度应取低值（不高于 180℃），混炼塑化时间不宜过长（约 5min 左右），否则制品的抗冲击强度会下降。

氯乙烯-乙烯-醋酸乙烯共聚物国内生产单位有江苏北方氯碱集团有限公司、宜宾天原集团有限公司、萧山联发电化有限公司、浙江省化工研究所等。

1.3.5　氯乙烯-乙丙橡胶接枝共聚物

氯乙烯-乙丙橡胶接枝共聚物（VC-g-EPR）也可称为氯乙烯-乙烯-丙烯接枝共聚物或氯乙丙树脂。

1. 性能特征

氯乙烯-乙丙橡胶接枝共聚物是一种耐冲击改性的聚氯乙烯树脂，成型的塑料制品冲击强度高，耐气候老化和耐蚀性与普通聚氯乙烯制品相当，但优于 ABS 制品。制品的热变形温度和弯曲弹性模量略低，但与高耐冲击性聚苯乙烯制品相当。

2. 用途

氯乙烯-乙丙橡胶接枝共聚物成型塑料制品主要是用注射法成型。主要成型注射制品有：收音机、显像管及一些电器元件的外壳、窗框、耐腐蚀管路、容器和球阀等；软质制品是电线电缆用的绝缘层等。氯乙烯-乙丙橡胶接枝共聚物也可做 PVO 树脂的改性剂。

江苏北方氯碱集团有限公司生产的氯乙烯-乙丙橡胶接枝共聚物的技术指标见表 1-70。VC-g-EPR 硬质制品性能见表 1-71。

表 1-70　江苏北方氯碱集团有限公司氯乙烯-乙丙橡胶接枝共聚物技术指标

性　能		指　标
树脂中乙丙橡胶质量分数(%)		8～10
40 目①筛余物(%)	≤	0.2
水分及挥发分质量分数(%)	≤	0.5
100g 树脂中黑黄点/颗	≤	40(其中黑点≤15)
热分解温度/℃	≥	135
表观密度/(g/mL)	≥	0.55

① 40 目 =0.63mm。

表 1-71　江苏北方氯碱集团有限公司氯乙烯-乙丙橡胶接枝共聚物硬质制品性能

性　能	指　标
冲击强度(缺口)/(kJ/m²)	24～51
弯曲强度/MPa	47.2～70.0
弯曲弹性模量/MPa	1500～1610
拉伸强度/MPa	28.8～42.5
布氏硬度/MPa	1.60±0.05
热变形温度/℃	69～82

1.3.6　聚氯乙烯/乙烯-醋酸乙烯共聚物共混物

聚氯乙烯/乙烯-醋酸乙烯共聚物共混物（PVC/EVA）也可称为 EVA 改性聚氯乙烯，它是聚氯乙烯和乙烯-醋酸乙烯共聚物及其他一些辅助料，按一定的配比，经混合均匀造粒而制得的高分子材料。

1. PVC/EVA 共混物性能

PVC 与 EVA 的相容性取决于 EVA 中 VA 的含量，当 VA 含量为 65%～70% 时，EVA 与 PVC 完全相容。当 EVA 中有 45% VA，与 PVC 相混后形成网状多相结构，可提高 PVC 的耐冲击性，改善加工性能和热稳定性。共混后树脂制品有较好的低温耐冲击性、耐寒性、加工性、耐化学性和手感。

PVC/EVA 共混物性能指标见表 1-72 和表 1-73。

表 1-72　硬质型 PVC/EVA 共混物性能指标

指标名称	指标	备　注	指标名称	指标	备　注
相对黏度	1.34		熔融温度/℃	140	比 PVC 低 40℃
拉伸强度/MPa	50	与 PVC 基本相同	缺口冲击强度/(kJ/m²)		
伸长率(%)			20℃ >	75	加有机锡稳定剂
常温	160	PVC 仅为 130	0℃	12	
120℃	210	PVC 在 150% 时拉断	-20℃	4.5	
软化温度/℃	65～70				

表 1-73　软质型 PVC/EVA 共混物性能指标　　（单位：份）

指标名称	软质 PVC/EVA	50 份 DOP 增塑的 PVC	指标名称	软质 PVC/EVA	50 份 DOP 增塑的 PVC
PVC/EVA	100		软化温度/℃	-23	-18
PVC		100	脆化温度/℃	< -75	-33
DOP(邻苯二甲酸二辛酯)		50	热失重(105℃,120h)(%)	0.96	8.23
稳定剂	约 3	约 3	耐油性(70℃,4h 质量变化)(%)	4.6	-0.23
硬脂酸	0.5	0.5	伸长率保持率(%)	94.4	86.7
拉伸强度/MPa	21.6	20	耐候性(大气试验 800h)		
伸长率(%)	360	300	拉伸强度保持率(%)	67	72
邵氏硬度	42	42	伸长率保持率(%)	82	66

2. PVC/EVA 共混物制法

1）把 PVC 和 EVA（要求 EVA 中醋酸乙烯含量为 50% 左右，相对分子质量为 10 万，粉料）及其他一些材料（稳定剂、填料、润滑剂等）按混合配方要求计量。注意 EVA 的添加量不应大于 15%。

2）把计量准确的各种材料加入混合机中，搅拌混合均匀。

3）在双辊开炼机上把原料混炼、塑化均匀，然后切片收卷。

4）用切粒机把片料切成均匀粒料，即为 PVC/EVA 共混物。

3. PVC/EVA 共混物制品与成型方法

PVC/EVA 共混料成型塑料制品，可采用挤出、注射和压延方法。生产制品有耐冲击管材、管件、板材、片材、异型材及工业设备中的零件等，软质制品有耐寒薄膜、软片、电线电缆用绝缘保护层、人造革及泡沫鞋底等。

PVC/EVA 共混物，国内有上海化工厂、天津近代化工厂、北京有机化工厂等单位生产。

1.3.7　聚氯乙烯/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物共混物

聚氯乙烯/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物共混物也可称为 ABS 改性聚氯乙烯。实际上这种共混物主要是 PVC 和 ABS 树脂通过共混加工而制得的一种塑料合金，可缩写为 PVC/ABS 塑料合金。

1. PVC/ABS 塑料合金性能

PVC/ABS 塑料合金是一种兼有 PVC 和 ABS 两种树脂优点的共混材料。其制品难燃，离开火源自熄，耐化学药品，常温下有较优良的力学性能，耐热、耐冲击、易于加工。制品的表面光泽性、染色性和外观装饰性都优于 PVC 制品，不过 PVC/ABS 制品不宜在户外使用，因为这种料的耐候性不如 PVC 制品。

PVC/ABS 塑料合金有多种颜色，有瓷白色、浅黄色、象牙色、黑色及其他颜色，是不含机械杂质、表面均匀的颗粒。

PVC/ABS 共混物性能指标见表 1-74。

表 1-74　PVC/ABS 共混物性能指标

指标名称	指标	测试方法	指标名称	指标	测试方法
密度/(g/cm^3)	1.13 ~ 1.30	GB 1636—2008	洛氏硬度(R)	95 ~ 110	GB 3854—2005
热变形温度/℃	56 ~ 72	GB/T 1634—2004	弯曲强度/MPa	56 ~ 78	
熔体流动速率/(g/10min)	1.0 ~ 3.4	GB/T 3682—2000	悬臂梁冲击强度/(J/m^2)	176.4 ~ 411.6	GB/T 1043.1—2008
阻燃性(UL 94)	V-0	GB/T 2408—2008	体积电阻率/Ω·cm	$>10^{15}$	GB/T 1410—2006
拉伸强度/MPa	38 ~ 46	GB/T 1040.2—2006			

2. PVC/ABS 塑料合金制法

1）按 PVC/ABS 塑料合金成型制品应用条件的需要，设计 PVC/ABS 共混物用料组合配方。

2）按共混物用料配方中材料配比要求把各种原料（PVC、5% ~15% 的 ABS、稳定剂、改性剂及其他一些助剂）计量。

3）用高速混合机把各种计量后混在一起的材料搅拌、混合均匀。

4）用开炼机或挤出机混炼、塑化均匀，然后切出均匀颗粒状粒料。

3. PVC/ABS 塑料合金制品与成型方法

PVC/ABS 塑料合金制品可用挤出、压延和注射法成型。此种共混物多用来成型具有阻燃性和较好耐冲击性的硬质塑料制品。如挤出成型管材、片材及电线电缆用绝缘套管；注射成型电视机外壳、电话机壳、电子计算机壳和各种仪器仪表外壳、汽车构件、线路中的接插件和纺织机械中的经、纬管等。

选择挤出成型设备应参考 ABS 树脂的挤出成型工艺条件：螺杆长径比为 18 ~20，压缩比为 2.5 ~3，机筒加热温度为 160 ~185℃，模具温度为 165 ~195℃。

注射成型设备中的机筒均化段部位工艺温度为 165 ~185℃，料筒前端温度为 170 ~180℃，喷嘴温度为 175 ~190℃，注射压力约为 50MPa。

用 PVC/ABS 塑料合金挤出或注射成型制品生产完工后，要用 ABS 和 HDPE、HIPS 料顶净机筒内残料，以防止机筒内共混料长时间受热分解。

PVC/ABS 塑料合成树脂生产单位有上海高桥化工厂、兰州化学工业公司合成橡胶厂、上海胜德塑料厂等。

1.3.8　电镀级聚氯乙烯

电镀级聚氯乙烯是指成型的 PVC 塑料制品，其表面能镀金属层的聚氯乙烯树脂。用电镀级聚氯乙烯成型的制品有较好的韧性和综合性能；表面镀的金属层剥离强度可达 20 ~30N/25mm。

1. 电镀级聚氯乙烯制法

（1）配方

1）注塑制品用料配方（质量份）。聚氯乙烯（SG5 型）为 100，增塑剂为 5.5，稳定剂为 7.5，润滑剂为 1，增韧剂为 15，无机填料为 12，加工助剂（ACR-201）为 6.5。

2）挤出制品用料配方（质量份）。聚氯乙烯（SG5 型）为 100，稳定剂为 6.5，润滑剂为 1，增韧剂为 15，无机填料为 17，丙烯酸酯加工助剂（ACR-201）为 6.5。

（2）各种原料共混生产操作方法

1）把填料加入高速热混合机内，在 90℃温度下混合 5min。

2）分别按顺序向高速热混合机内加入 PVC、稳定剂、润滑剂，在 100℃温度下混炼 6min 左右。

3）把加工助剂丙烯酸酯（ACR-201）加入到高速热混合机内，在 100℃混炼 5min。

4）把增塑剂加入到高速热混合机内，在 100℃下混炼 5min。

5）把增韧剂加入到混合机内，在 115℃下混炼 10min。

6）把混炼后的原料加入到冷混机中冷却降温至 45℃以下。

7）把冷却降温料加入到挤出机中混炼塑化，挤出造粒。

8）把粒料在 80℃烘箱中干燥处理 1 ~ 1. 5h。

9）成品检验包装。

2. 电镀级聚氯乙烯成型制品工艺条件

（1）注射成型制品工艺条件　采用通用型往复螺杆式注射机，原料塑化料筒温度：进料段为 125 ~ 135℃，中间段为 150 ~ 170℃，前段为 140 ~ 150℃，喷嘴温度为 170 ~ 180℃，注射熔料温度为 200 ~ 210℃，注射压力在 6. 5MPa 左右。

（2）挤出成型制品工艺条件　采用通用型单螺杆挤出机，螺杆结构为等距不等深渐变型，压缩比为 2. 5，长径比为 $L/D = 20$。

机筒各段工艺温度：加料段为 120 ~ 130℃，塑化段为 160 ~ 170℃，均化段为 170 ~ 180℃。

3. 电镀级聚氯乙烯制品的电镀工艺

（1）塑料制品表面电镀生产工艺顺序　制件表面清理去掉飞边、毛刺→去油污→粗化处理→碱洗→敏化→活化→化学沉铜→光亮镀铜→光亮镀镍→镀铬。

（2）电镀生产注意事项

1）用于制件粗化处理的粗化液配比是：Cr_2O_3 的质量分数为 20% ~ 35%，H_2SO_4 的质量分数为 35%，H_2O 的质量分数为 30% ~ 50%。

2）注塑件粗化处理时，粗化液温度为 60 ~ 65℃，处理时间为 35min 左右；挤出件粗化处理用粗化液，温度为 70 ~ 75℃。

3）碱洗用的碱洗液应采用中等浓度，同时要添加一种增强制品表面润滑和界面萃取作用的有机溶剂清洗，较适合的碱洗液温度为 40 ~ 45℃，碱洗时间为 35min 左右。

1. 4　聚苯乙烯

聚苯乙烯（PS）树脂是苯乙烯系列中产量最大的品种，它以苯和乙烯为原料，用本体聚合法或悬浮聚合法制成。

1. 性能特征

聚苯乙烯是一种无色透明、无味、无臭而光泽的粒状固体。其制品酷似玻璃，质坚性脆，敲击时有清脆的金属声、易裂；熔融温度为 150 ~ 180℃，热变形温度为 70 ~ 100℃，长时间使用温度为 60 ~ 80℃，热分解温度为 300℃；易燃烧，燃烧时冒黑烟，同时散发出特殊臭味；制品刚度和表面硬度大、吸水率低，在潮湿环境中应能保持其力学性能和尺寸稳定性；光学性仅次于丙烯酸类树脂；电性能优良，体积电阻率和表面电阻率都很高；耐辐射性能也好；有良好的加工性和着色性，价格也比较便宜；可溶于芳香烃、氯代烃、脂肪族酮和酯等，可耐某些矿物油、有机酸、碱、盐、低级醇及水溶液的作用。不足之处：制品质脆易裂，冲击强度较低，耐磨性差，易燃，不耐沸水。

为了改善聚苯乙烯树脂的不足之处，通过共聚、掺混、复合及填充等方法，又开发出以苯乙烯为单体的高性能的树脂及塑料。如高冲击聚苯乙烯（HIPS）、苯乙烯-丙烯腈共聚物（SAN）、甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物（MBS）、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）等，使聚苯乙烯树脂的冲击强度、耐热性、耐候性和耐应力开裂性均有所提高。

通用级聚苯乙烯的性能参数见表1-75。聚苯乙烯的国家标准GB 12671—2008见表1-76。树脂及制品的卫生标准规定见表1-77和表1-78。

表1-75　通用级聚苯乙烯性能参数

项　目	性能参数	项　目	性能参数
密度/(g/cm^3)	1.04～1.09	脆化温度/℃	-30
拉伸强度/MPa	≥58.8	洛氏硬度	65～80
断裂伸长率(%)	1～2.5	体积电阻率/Ω·cm	10^{17}～10^{19}
弯曲强度/MPa	68.6～78.4	相对介电常数(50～10^6Hz)	2.15～2.65
冲击强度/(kJ/m^2)	11.8～15.7	介电损耗角正切(50～10^{16}Hz)	(1～2)×10^{-4}
维卡软化点/℃	80～82	介电强度(20℃)/(MV/m)	≥20
长期使用温度/℃	60～80	吸水性(24h)/%	0.03～0.1

表1-76　聚苯乙烯树脂的技术要求（GB/T 12671—2008）

项　目		PS,MLN,085-08			PS,MLN,090-04		
		优级	一级	合格	优级	一级	合格
颗粒外观	色粒/(个/kg)	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40
熔体质量流动速率(MFR)/(g/10min)		6～10	5.5～10.5	5.0～11.0	2.5～4.5	2.0～4.5	2.0～5.0
拉伸断裂应力(σ_B)/MPa		≥40	≥37	≥34	≥45		≥40
简支梁冲击强度(a_{cU})/(kJ/m^2)		≥7.5		≥6.5	≥8.0		≥7.0
维卡软化温度(T_V50/50)/℃		≥90	≥85	≥80	95	90	85
负荷变形温度(T_f0.45)/℃		≥80		≥75	≥80		≥75
残留苯乙烯单体含量 c_i/(mg/kg)		≤500	≤700	≤800	≤500	≤700	≤800
透光率(%)		≥85			≥85		
模塑收缩率(S_M)(%)		由供方提供的数据			由供方提供的数据		
项　目		PS,ELN,095-02			PS,MLN,100-02		
		优级	一级	合格	优级	一级	合格
颗粒外观	色粒/(个/kg)	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40
熔体质量流动速率(MFR)/(g/10min)		1.3～2.5		1.0～3.0	2.0～3.0		1.5～3.5
拉伸断裂应力(σ_B)/MPa		≥45		≥40	≥50	≥47	≥43
简支梁冲击强度(a_{cU})/(kJ/m^2)		≥9.0		≥8.5	≥8.0		≥7.0
维卡软化温度(T_V50/50)/℃		≥100	≥95	≥90	≥100	≥95	≥90
负荷变形温度(T_f0.45)/℃		≥85		≥80	≥80		≥75
残留苯乙烯单体含量 c_i/(mg/kg)		≤500			≤500	≤700	≤800
透光率(%)		≥85			≥85		
模塑收缩率(S_M)(%)		由供方提供的数据			由供方提供的数据		

表1-77　聚苯乙烯树脂卫生标准

指标名称		指　标	指标名称		指　标
干燥失重(100℃,3h)(%)	≤	0.2	乙苯(%)	≤	0.3
挥发分(%)	≤	1.0	正己烷提取物(%)	≤	1.5
苯乙烯(%)	≤	0.5			

表1-78　聚苯乙烯制品卫生标准

指标名称			指　标	指标名称		指　标
蒸发残渣	4%乙酸	≤	30	脱色试验	冷餐油或用无色油脂	阴性
	65%乙醇	≤	30		乙醇	阴性
高锰酸钾消耗量(水)		≤	10		浸泡液	阴性
重金属(4%乙酸)		≤	1			

2. 用途

聚苯乙烯熔体流动性好，成型加工性能好，易着色，尺寸稳定性好。可采用注射、挤

塑、吹塑、发泡、热成型、焊接、粘接、涂覆和机加工等方法成型。用于仪表、仪器、电器、电视、玩具、日用品、家电、文具、包装和泡沫缓冲材料等。

1.4.1　高抗冲聚苯乙烯

高抗冲聚苯乙烯（HIPS）也可称为高冲击聚苯乙烯、橡胶接枝共聚型聚苯乙烯。

1. 性能特征

高抗冲聚苯乙烯为白色不透明珠状或粒状树脂，其制品有较高的韧性和抗冲击性，冲击强度为通用级聚苯乙烯的 7 倍以上；着色性、化学性能、电性能和加工性与通用级聚苯乙烯相同，但其拉伸强度、硬度、透光性及热稳定性与通用级聚苯乙烯相比略有下降；通过控制树脂的相对分子质量和添加剂的用量，可得到不同品级的 HIPS，熔体流动速率也得到调节，能够得到流动性较好的树脂品级；树脂中加入橡胶，使 HIPS 的冲击强度得到提高，以橡胶含量多少和树脂性能的差别，将其分为中抗冲级、高抗冲级和超高抗冲级三种级别增韧聚苯乙烯。

2. 用途

高抗冲聚苯乙烯树脂有良好的加工性能，可采用注射和挤出法加工成型多种塑料制品，还可用机械进行二次加工。如采用注射机注射成型电视机、收录机的外壳和零件；冰箱内衬材料和家用电器中的配套用零部件；仪表、汽车、医疗设备和电器等设备中应用零部件；也可用做家具、玩具和生活日用品及包装材料等。

聚苯乙烯树脂国内有多家化工厂生产，表 1-79 ~ 表 1-83 列出国内部分聚苯乙烯生产厂的产品牌号、性能及用途，可供应用时选择参考。

表 1-79　北京燕山石油化工公司化工一厂生产高抗冲和通用聚苯乙烯性能

项目 \ 牌号	测试方法	412B	479	486	492J	666D	685	XP6065.01
聚苯乙烯含量(%)								100
高顺式聚丁二烯含量(%)		4.5	7	6	7			
矿物油含量(%)			4	1.5	0.4	2.4		
硬脂酸锌含量(%)		0.23			0.2	0.15	0.12	
抗氧剂 1076 含量(%)		0.08	0.14	0.14	0.15			
熔体流动速率/(g/10min)	ASTM D 1238	15	7.5	2.6	2.8	8	2.4	7
维卡软化点/℃	ASTM D 1525	91	94.5	102	103	99	105	106
屈服拉伸强度/MPa	ASTM D 638	15.9	18.6	17.9	24.2	35.9	42.7	
断裂拉伸强度/MPa	ASTM D 638	13.1	13.8	18.6	20.7			
断裂伸长率(%)	ASTM D 638	25	30	35	25			
悬臂梁冲击强度/(J/m)	ASTM D 256	56.1	88.1	74.8	93.5			
凝胶含量(%)	SP8	16	20.5	21	24			
溶胀指数	SP8	14	12.5	12.5	12.5			
类别		中抗冲型	高抗冲型	高抗冲型	高抗冲型	普通型	普通型	普通型
用途		注射:玩具、结构泡沫塑料	注射:玩具、结构泡沫塑料、器具	注射:玩具、结构泡沫塑料、收音机、家庭用具 挤出和热成型:热、冷饮料杯，冰箱衬里	优异的攻丝强度。注射:电视机、收音机、汽车、家用器具等部件	注射:容器、器具部件、玩具、家庭用具，常与高抗冲聚苯乙烯掺混，以改进光泽和刚性	注射、挤塑:食品包装用发泡板材，如鸡蛋托盘、饮食盘、午餐盒；中、大型材，如计算机卷盘、注吹瓶	优异的透明度和热性能良好的注射成型性

表 1-80　抚顺石油化工公司化工塑料厂生产通用和高抗冲聚苯乙烯性能与用途

项目 \ 牌号	测试方法 ASTM	普通型			中抗冲型			高抗冲型		超高抗冲型
		500	525	535	625	680	740	725	825E	945
熔体流动速率/(g/10min)	D1238	13	8	2.8	14	2.8	4	6	2.8	6.5
密度/(g/cm^3)	D1505	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
拉伸强度/MPa	D638	33	35	40	18.5	35	24	15	20	14.5
断裂伸长率(%)	D638				25		30	35	35	35
弯曲强度/MPa	D790	50	60	65	35	70	40	30	40	27.5
悬臂梁冲击强度/(J/m)	D256	9.8	9.8	9.8	54	35	60	70	70	80
维卡软化点/℃	D1525	85	88	94	84	97	94	87	94	84
单体含量(质量分数)/$\times10^{-6}$		850	850	850	850	850	850	850	850	850
加工方法		注射		挤塑、吹塑	注射	注射、挤塑	注射、挤塑	注射	注射、挤塑	注射
用途		容器、玩具等一般用途	录音带盒、饮料杯、家用器具、试验室设施、汽车部件	灯具罩、饮料杯	大型薄壁件、容器、玩具、家用器具	片材，百叶窗片，磁带盒，磁带骨架，白色的盖、罩、套	耐热壳体、容器、成型品	家电、计算机壳体容器、玩具	家电壳体、片材、管件、工业部件	家电机壳

表 1-81　吉林化学工业公司有机合成厂生产高抗冲聚苯乙烯（HIPS）性能与用途

项目 \ 牌号	测试方法 ASTM	SB141 (Ⅰ)1 标准级	SB213 (Ⅰ)2 板材级	SB214 (Ⅰ)2 高冲板材级	SB322 (Ⅰ)3 耐高热级	SB314 (Ⅰ)4 耐热高冲级
熔体流动速率/(g/10min)	D1238	13	2.8	2.8	4.5	2.8
拉伸强度/MPa	D638	20	24	24	26.5	28
断裂伸长率(%)	D638	45	45	35	35	35
热变形温度(1.8MPa)/℃	D648	65	71	71	75	75
冲击强度/(J/m)	D256	50	60	70	55	70
单体含量(质量分数)/$\times10^{-6}$		500	500	750	500	500
加工方法和用途		注射：日用杂品、各种容器、玩具等	注射、挤塑：各种板、异型材、冰箱内部件、冰激凌杯、盘等		注射：弱电壳体	注射、挤塑：电视机、收录机、吸尘器、洗衣机外部件

表 1-82　聚苯乙烯挤出制品用料生产厂的产品牌号及用途

生产厂家	PS 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	特点和用途
兰州石化	SB、EN、088-03-040	1.5～4.0	挤出板材、异型材，吹塑容器
北京燕化	685	2.5	挤出发泡片材
	688C	1.5	拉伸片材
盘锦乙烯	535	3～5	挤出吹塑瓶和包装材料
	825E	2～4	挤出薄板和吹塑日用容器
海洋集团	GP-535	3～4.5	挤出发泡片材
	GP-558	1.8～2.2	挤出拉伸片材
	HI-680	1.3～3	挤出发泡材料、层压板
齐鲁石化	QG7555		挤出片、膜，还可发泡用于食品包装
赛科石化	GPPS-350	1.4	挤出双向拉伸片材

（续）

生产厂家	PS 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	特点和用途
扬子石化	143E		为 GPPS 通用级,与 HIPS 共混挤出高透明制品
	158K		挤出片、板和发泡片、板,也可与 HIPS 共混
	165H		可与 HIPS 共混挤出透明片材
	476L		挤出片和板材
湛江新中美化工有限公司	740、740M		有较好的选择性、适合挤出板材、容器
	825E		挤出片材及吹塑容器

表 1-83　聚苯乙烯注塑制品用料生产厂及产品牌号

生产厂家	PS 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	特点和用途
广州石化	525		通用级、流动性中等。适合医疗用品、家用器皿,雷达绝缘材料,日用品
	825		高抗冲级。设备零件、玩具、家电外壳
兰州石化	PS-GN,085-06	4.0～7.0	用于注射或吹塑,光学仪器零件,日用品
	PS-GN,085-03	1.5～4.0	用于注射或吹塑。光学仪器零件,无线电、电视、雷达绝缘材料
	SB、GN、078-12-040	90～17.0	日杂品、玩具、各种容器
	SB,GN,093-06-040	3.6～6.0	注射低压电器零件、仪表零件
	SB,EN,088-03-040	1.5～4.0	注射冰箱和食品容器等
盘锦乙烯有限责任公司	525	7.0～9.0	性能优良。注射成型容器、家具、医用和实验仪器零件
	535	3.0～5.0	高温注射成型、录音带盒、瓶子和包装材料
	625	10.0～14.0	易流动、中等抗冲强度。适合做薄壁型容器、玩具和家具等
	680	1.3～3.0	有较高的热变形温度和刚性。适合做磁带盒
	825	6.0～9.0	高抗冲型。适合做机械零件、玩具等
齐鲁石化	QG7555		有良好的透光性、刚性、电绝缘性,易加工,可做各种用于食品、医药、日用品容器等
	QG7535A		高强度。适合成型各种薄壁容器、日用品等
	QH7860		抗冲型、高光泽。可注射成型电话机、吸尘器、录像带外壳等
广州石化公司	525		流动性中等,适合医疗用品、家用器皿,杯子,日用品等
	825		高抗冲型。适合设备部件、玩具、家用电器外壳
大庆石化	730	3.0	抗弯曲性好、易成型。适合奶酪盒、盖、线轴、家具冰箱零件
	731	4.0	高抗冲性、高光泽、耐热。适合设备零件、空调机箱、食品包装、电视机外壳
	760	8.5	高抗冲性。用于办公用品、玩具、家具、成型泡沫
	840	3.0	很高的抗冲击性,易成型。可成型大型容器、电冰箱衬、衣挂、冰激凌盒
	850	3.0	超高抗击性易成型。可成型小型日用品、活塞、玩具、插座
	GPPS-210		通用级：熔体易流动、固化快、透明度高、耐热、易成型。VCD 光盘、磁带盒、食品筐等
	GPPS-203		通用级：耐热、透明、脆性小、易成型。磁带盒、音箱外壳、水杯、冰激凌盒
	GPPS-200D		通用级：性能与 203 相同。用于医药和食品包装、办公用品及玩具等
	GPPS-207		通用级：熔体易流动,固化快,耐热透明性好,易成型,磁带盒、VCD 光盘、食品筐
	GPPS-206		通用级：透明度高,脆性小易成型。用于医药器具,小瓶、盘子、办公用品、玩具等

（续）

生产厂家	PS 牌号	熔体流动速率/（g/10min）	特点和用途	
上海赛科石油化工有限责任公司	GPPS-116	23.0	医药包装、培养皿、展示牌	
	GPPS-123	10.0	杯子、培养皿、展示牌、容器、音像包装材料	
	GPPS-153D	7.4	电子元件绝缘材料、发泡隔热板	
	GPPS-232	3.8	医用品、冰箱内衬附件、航空杯	
	GPPS-251	2.5	广告板、化妆品包装	
	GPPS-321	3.1	CD 盒、医用品、冰箱蔬菜盒、杯	
	HIPS-416	22.0	家具部件、浴室厨柜、日用	
	HIPS-424	16.0	家具部件、浴室厨柜、CD 盒、日用品	
	HIPS-433	9.3	磁带盒、CD 盒、日用包装材料	
	HIPS-514	10.0	电器外壳、家用物品、剃刀架	
	HIPS-622	4.8	吹塑制品、日用包装、玩具,像框	
	HIPS-632E	3.6	冰箱内胆、脂肪食品包装	
	HIPS-641	2.5	电视机外壳、电器外壳、咖啡杯	
镇江奇美化工有限公司	PG33		适合一般通用的耐热级制品	
	PH55L		高抗冲型注塑件	
	PH88		高抗冲型注塑件	
	PH88E		高抗冲型。注塑阻燃制件	
	PH88G		高抗冲型。注塑光泽性制件	
	PH88H		高抗冲型。注塑耐热性制件	
	PH99		抗冲击型。注射高流动性、高光泽制件	
广东高明高聚化学工业有限公司	110		注射大、中型材,吹塑成型瓶、盒、电器部件、玩具、饰灯	
	190		高流动性、高透明度。注射或吹塑薄壁器件、容器、生活用品	
	210		注射冰箱部件、托盘、电器、汽车部件、家电外壳等	
	220		注射家电外壳及杯盘、盒盖等有较高的冲击强度	
	230		耐热性、光泽性较好。注射电器设备部件、壳、灯饰、容器等	
	250		玩具、器具、电器设备外壳等	
	290		注射各种容器、玩具、器具和发泡塑料等	
湛江新中美化工有限公司	500		通用注塑级	高透明、易流动。适合日用品、薄壁和多腔部件
	525			良好抗冲性。适合日用品
	535			适合包装品
	585			透明、流动性好。适合大型工业配件
	625		中抗冲	流动性良好。适合日用品、容器、玩具、家用器皿
	680			高刚性、耐热性良。适合工业配件、日用品
	740		高抗冲	高光泽。适合容器和包装制品
	825			适合日用品和家具
	835			耐磨。电子电器、磁带盒等
	835S			耐磨性很好。适合录音带、录像带盒等
	945		超高抗冲	高流动性,高刚性。适合工业配件及 ABS 塑料代用品
	945E			同上

1.4.2 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物

丙烯腈-丁二烯-苯乙烯（ABS）共聚物，通常称之为 ABS 树脂。这种树脂上实际是上述三种聚合物的掺混物，即在共聚反应过程中形成的聚丁二烯（PB）、苯乙烯-丙烯腈二元共聚物（AS），以及在聚丁二烯骨架上接枝苯乙烯-丙烯腈支链的接枝共聚物（B-AS）的掺混物。

1. 性能特征

ABS 树脂为浅黄色粒状或珠状树脂，其制品具有坚韧、质硬、刚性好、无毒、无味、吸水率低、极好的低温抗冲击性能；尺寸稳定性、电性能、耐磨性、抗化学药品性、染色性和成型加工及机械加工性都较好。树脂的熔融温度为 217 ~ 237℃，热分解温度为 250℃以上；树脂耐水、无机盐、碱和酸类，不溶于大部分醇类和烃类溶剂，但容易溶于醛、酮、酯和某些氯代烃；热变形温度较低，不透明，可燃，耐候性差。

ABS 树脂的主要性能见表 1-84。注塑级 ABS 树脂的技术要求见表 1-85。

表 1-84　ABS 树脂的主要性能

项　　目	数　　值			
	超高冲击型	高强度中冲击型	低温冲击型	耐热型
密度/(g/cm^3)	1.05	1.07	1.02	1.06 ~ 1.08
吸水率(24h)(%)	0.3	0.3	0.2	0.2
热变形温度/℃				
460kPa 压力下	96	98	98	104 ~ 116
1.86MPa 压力下	87	89	78 ~ 85	96 ~ 110
线膨胀系数/(×10^{-5}/℃)	10.0	7.0	8.6 ~ 9.9	6.8 ~ 8.2
燃烧性(>12.7mm 厚)/(mm/s)	—	—	0.55	0.55
拉伸强度极限/MPa	35	63	21 ~ 28	53 ~ 56
屈服拉伸强度/MPa			21 ~ 28	53 ~ 56
拉伸弹性模量/GPa	1.8	2.9	0.7 ~ 1.8	2.5
弯曲强度/MPa	62	97	25 ~ 46	84
弯曲弹性模量/GPa	1.8	3.0	1.2 ~ 2.0	2.5 ~ 2.6
压缩强度/MPa	—	—	18 ~ 39	70
洛氏硬度(R)	100	121	62 ~ 86	108 ~ 116
冲击强度带缺口/(kJ/m^2)				
23℃	53	6.0	27 ~ 49	16 ~ 32
0℃	—	—	21 ~ 32	11 ~ 13
-40℃	—	—	8.1 ~ 18.9	1.6 ~ 5.4
负载变形(50℃,14.1MPa)(%)	—	—	—	0.4
介电强度(短时)/(kV/mm)	—	—	15.1 ~ 15.7	14.2 ~ 15.7
体积电阻率/Ω·cm	10^{16}	10^{16}	10^{13}	10^{13}
介电常数(60Hz)	2.4 ~ 5.0	2.4 ~ 5.0	3.7	2.7 ~ 3.5
介电损耗角正切(60Hz)	0.003 ~ 0.008	0.003 ~ 0.008	0.11 ~ 0.073	0.034
耐电弧性/s	50 ~ 85	50 ~ 85	70 ~ 80	70 ~ 80

表 1-85　注塑级 ABS 树脂的技术要求（GB/T 12672—2009）

项　　目		ABS,MN, 095-15-25-15	ABS,MN, 095-15-16-15	ABS,MN, 095-30-16-20	ABS,MN, 095-30-16-15
颗粒外观	色粒/(个/g)	由供方提供的数据			
	大粒和小粒(g/kg)				
熔体质量流动速率(MFR)/(g/10min)		17 ±4	19 ±4	21 ±4	23 ±4
拉伸屈服应力(σ_y)/MPa		≥39.0	≥37.0	≥48.0	≥37.0
弯曲模量(E_f)/MPa		≥2100	≥2100	≥2400	≥2200
弯曲强度(σ_M)/MPa		≥62.0	≥62.0	≥75.0	≥62.0
简支梁缺口冲击强度(a_{cA})/(kJ/m^2)		≥20.0	≥18.0	≥14.5	≥15.0
维卡软化温度(T_V50/50)/℃		≥94.0	≥92.0	≥94.0	≥92.0
洛氏硬度(R 标尺)		≥103	≥103	≥107	≥103

2. 成型方法

ABS 树脂具有较好的成型加工性能，可采用注射、挤塑、压延、吹塑、真空和发泡等多种方法成型加工。由于树脂吸湿性小，一般情况下原料不需进行干燥处理。注射成型时，熔料温度为 200～240℃，注射压力 50～100MPa，成型模具温度为 40～80℃。挤射成型时机筒温度由进料口至模具端分别为 170～180℃、180～220℃、180～220℃，口模处为 180～210℃；螺杆长径比为 20∶1，压缩比为 2.5～3。制品可焊接，也可粘接，还可进行切削加工。

ABS 树脂应用最多的是注射成型塑料制品。国内部分 ABS 树脂生产厂的产品牌号及用途见表 1-86。中国石油兰州石油化工公司产的 E-3 型和镇江奇美实业股份有限公司产的 PA747S 型 ABS 树脂，可挤出成型板材、片材和管材，以及挤出真空成型大规格壳体。

表 1-86　ABS 注塑制品用料生产厂及产品牌号

生产厂家	ABS 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	特点和用途
兰州石化	N-Ⅰ	1.0	耐热树脂。注射高档家电、电子仪表件、汽车部件
	N-Ⅱ	1.5	同上
	V-Ⅰ	11.0	ABS 粉添加 PVC 共混料，易成型电子配件、电视机外壳、磁带盒等
中国石油大庆石化公司	711		电镀级，易流动，高耐热。成型汽车部件
	722		高刚性级，耐化学品。蓄电池外壳、化妆盒
	740		高耐热级，低温下冲击强度高。安全帽、鞋跟、滑轮、散热栅
	745		高抗冲级。安全帽、鞋跟、滑雪板、旱冰鞋
	780		高流动性、易成型。生产周期短。家电，计算器，打字机、玩具、空调机
	H-2938		耐热性好，机械强度高。汽车部件、仪表盘、控制台，仪表壳
	HFA-450		阻燃性好，抗冲级，易加工成型。电脑显示器，打字机、录像机
	HFA-4600		耐气候级。微型电脑显示器及零件
	HFA-700		通用阻燃级，冲击强度高、寿命长。家电壳，电风扇、录像机
	HGX-4440		耐热性、化学稳定性、模塑加工性均好。汽车部件、家用电器、壳体
	HU-630		高耐热性，冲击强度高。汽车部件、仪表盘、外壳，电子部件、控制台
	HU-670		与 HU-630 性能相同。仪表壳、烘干箱罩、内部镜壳、电吹风、微波炉
	HZ-340		低光泽、耐热，冲击强度高。仪表壳、表头盒、开关盒、烘干箱、汽车件
	SG-728		高光泽，冲击强度中等。用于电话、真空吸尘器等
	ABS-750A		易成型。广泛用于家电、汽车部件、办公设备、室内装潢材料等
	ABS-710		电镀级、易成型。用于电镀件、汽车部件，电子部件等
	ABSHFA-75		阻燃性，耐候性，耐用性好。用于监视器壳，电视机壳，电子机械等
中国石油盘锦乙烯有限责任公司	AF650	14.0	用于各种对阻燃性要求较高产品
	CH510	6.7	用于电视机部件、空调、收录机、电话及生活用品
	AS570	9.0	用于电视机、汽车部件、电话和各种家用电器等
	CH530	4.4	用于冲击强度要求较高零部件，如安全帽、卷轴
	HG560	10.0	用处与 AS570 相同
	RH330	6.0	用于冰箱内胆、浴池、汽车内饰件、行李箱、手提箱

（续）

生产厂家	ABS 牌号	熔体流动速率/(g/10min)	特点和用途	
上海康柏特工程塑料有限公司	1101A		适合高耐热制品	适合汽车内装饰件、出风口百叶窗空气导流板、散热器隔栅、杂物箱、仪表盘、后视镜盖、车灯灯体、微波炉、电饭锅、家电外壳、暖风机、照明器具、煤气炉旋钮、熨斗外壳等
	1102A		适合超高耐热制品	
	1103A		适合高抗冲、高耐热件	
	1103B		适合超高抗冲、高耐热件	
	1200		高抗冲、高流动性制品	
	1200-3		高刚性、高流动性件	
镇江奇美实业股份有限公司	PA707K		高光泽、高刚性	
	PN-128H		通用级、高耐化学性	
	PA757		通用标准级、高刚性、高光泽。用于电话机、复印机外壳、化妆品盒	
	PA768		热稳定性好，冲击强度、力学强度高。用于电视机、计算机、复印机外壳	
	PA777A		耐热、高抗冲、高光泽、尺寸稳定。适合发热家电外壳和汽车零件	
	PA777C		高耐热、抗冲，刚性、热稳定性好。适合家电外壳、录像机、文教品	

3. 用途

ABS 制品具有综合性能好、价格较低和易成型加工等优点，已成为目前应用量较大的塑料品种。广泛应用在电子电器、家用电器、办公用设备、仪器仪表、机械和汽车等工业设备配件中，如电视机、收录机、洗衣机、电冰箱、电话机、计算机、吸尘器、电风扇和空调器的外壳及一些零部件；在仪器仪表和轻纺工业中，用来制作仪表盘、仪表箱、纱锭、照相机、钟表、乐器等；建筑工业中用于排水、排气管道、管件、门窗框架、百叶窗和安全帽等；汽车工业中用于车内外的一些组合件、散热器格栅、灯罩、仪表面板和控制板等。

1.4.3　甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物

甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯（MBS）共聚物是一种聚苯乙烯和 ABS 树脂的改性产品。为浅黄色透明粒料。与聚苯乙烯树脂比较，其强度和耐热性有些提高；有较好的耐寒性。在 -40℃下还有优良的韧性；使用温度可达 80℃。与 ABS 树脂相比，透明度很好，透光率可达 85%；耐无机酸、碱、去污液和油脂等性能良好；但不耐酮类、芳烃、脂肪烃和氯代烃等。相对密度为 1.07 ~ 1.11。热变形温度为 84℃。

甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物可用注射、挤塑、吹塑和压塑等方法成型板、管、膜和片材塑料制品；注射温度 210 ~ 240℃、模具温度低于 80℃；挤塑温度 140 ~ 180℃、模具温度 210℃左右。MBS 与 PVC 相容性好，常用来做 PVC 硬质制品的改性剂，可改善制品的冲击强度，使制品的耐冲击的性能提高 6 倍以上；改善耐老化性和加工性。通常，透明的 PVC 制品都采用 MBS 做改性剂，如制作玩具、矿灯罩、仪表零件等，又由于它符合 FDA 标准，所以可用做食品、医药包装材料。

1.5 聚酰胺

聚酰胺（PA）是一种主链上有酰胺基团（—HNCO—）重复结构单元的热塑性高分子化合物，通常被称为尼龙。

聚酰胺是一种应用量较大，用途广泛的工程塑料。聚酰胺的品种比较多，主要是根据合成单体的碳原子数来分类命名，品种有 PA6、PA9、PA11、PA12、PA13、PA66、PA610、PA612、PA1010 等。其中 PA6、PA66、PA610 和 PAl010 等牌号应用较多。

1. 性能与特征

聚酰胺为淡黄色至琥珀色透明固体，无毒，无味。多数聚酰胺能在火源中缓慢燃烧，离开火源后能自熄，燃烧时起泡，发出一种羊毛焦味；有较高的吸水率，使制品强度降低，尺寸的稳定性受到影响；有优良的力学性能，良好的冲击强度和拉伸强度，耐摩擦性好，耐磨耗；由于制品的热稳定性比较差，一般只能在 80 ~ 100℃ 范围使用；耐多种化学药品，不受弱酸、弱碱、醇、酯、烃、润滑油、汽油和油脂影响；在常温下能溶于乙二醇、冰醋酸和氯乙醇等；电性能比较差，只适合做工频绝缘材料。

常用的几种国产聚酰胺的性能参数见表 1-87。

表 1-87 聚酰胺的性能

性能	聚酰胺 6	聚酰胺 66	聚酰胺 610	聚酰胺 9	聚酰胺 1010	聚酰胺 11
相对密度	1.13	1.15	1.09 ~ 1.13	1.05	1.05 ~ 1.06	1.05
熔融温度/℃	215	250 ~ 260	215 ~ 225	210 ~ 215	200 ~ 210	—
脆化温度/℃	-30	-30	—	—	-60	—
马丁耐热度/℃	40 ~ 50	55 ~ 60	50 ~ 60	46 ~ 50	42 ~ 48	38
维卡耐热度/℃	160 ~ 180	220 ~ 230	195 ~ 205	—	140 ~ 160	—
拉伸强度/MPa	>68.64	68.46 ~ 73.54	58.83 ~ 68.64	56.87 ~ 63.74	49.03 ~ 58.83	60.80
静态弯曲强度/MPa	68.64 ~ 98.06	98.06 ~ 117.67	68.64 ~ 88.25	78.45 ~ 81.39	76.49 ~ 80.41	60.80
压缩强度/MPa	58.3 ~ 88.25	89.24 ~ 96.10	68.64 ~ 88.25	71.09	61.78 ~ 65.70	59.82
冲击强度/(kJ/m^2)	>15	>20	>10	>14.70	4.90	>9.80
布氏硬度/MPa	>1.24	>1.27	>1.21	>1.22	>1.09	>1.17
线膨胀系数/$\times 10^{-4}$℃$^{-1}$	1.0 ~ 1.4	1.1 ~ 1.5	0.95 ~ 1.2	0.87	0.85 ~ 1.6	0.94
体积电阻率/Ω·cm	1.7×10^{16}	$>4.2\times10^{12}$	4.8×10^{16}	$>4.5\times10^{12}$	2×12^{14}	1.6×10^{14}
表面电阻率/Ω	6.1×10^{13}	$>3.1\times10^{13}$	5.4×10^{14}	$>4.6\times10^{12}$	2×10^{14}	1.3×10^{14}
介电强度/(kV/mm)	>25	>20	>20	>19	>21	>22
介电损耗角正切						
50Hz	0.1246	>0.0208	0.0532	0.0872	0.08 ~ 0.10	0.063
10^6Hz	0.070	0.044	0.038	0.0418	0.04	0.04
相对介电常数						
50Hz	6.4	4.0	3.9	4.4	3.5 ~ 1.4	4.37
10^6Hz	3.3	2.67	2.3	2.46	2.5 ~ 3.0	2.37
用途	齿轮、滑轮、轴承、螺帽、高压油管、垫片、储油容器等	用途与 PA6 相同。另外还可制作手柄、壳体支撑架等	用于机械汽车配件中的齿轮、轴承、垫及较精密部件，输油管、储油容器、仪表壳体、传动带、纺织机械零件	齿轮、机械零件、电缆护套、医疗特种消毒包	机械零件油箱衬里，轴承架、轴套、电线电缆护套、工业滤布筛网、毛刷等	硬管、软管用于输送汽油，电缆护套、食品包装膜，发泡建材，静电喷涂

2. 用途

聚酰胺可用注射、挤塑、挤出吹塑、浇注、模压、旋转成型、发泡、涂覆及焊接、粘接等方法成型制品。主要制品有机械、仪器仪表、汽车、纺织机械等设备上的配件，如轴承、齿轮、油管、油箱、化工工程制品、电子电器制品、凸轮、涡轮、泵和阀门用零件、垫圈、电缆包覆、汽车用零件、风扇叶片、医用品及食品包装用薄膜等。

表 1-88 列出国内部分聚酰胺生产厂的产品牌号及用途，可供应用时选择参考。用上海赛璐珞化工股份有限公司生产的 PESN、PESNP20 和 PESNP40 树脂，挤出成型透明管，既有高抗冲性能，又耐热、耐寒。可用于燃油、煤气输送管。

聚酰胺类树脂生产前一定要进行干燥处理。一般多用真空法干燥，温度为 95 ~ 105℃，真空度应大于 95kPa，料层厚度为 40 ~ 50mm，干燥时间为 12 ~ 16h，含水分应小于 0. 06% 。

如果用热风循环法干燥，温度应控制在 80 ~ 90℃间，这样的处理干燥法时间应更长些。干燥后的原料应立即投入生产。

表 1-88　聚酰胺注塑制品用料生产厂及产品牌号

生产厂家	PA 牌号		特点和用途	
上海赛璐珞化工股份有限公司	PMFC		高流动性、抗冲、硬质	注塑成型薄壁制品、油箱、齿轮、轴承、罩子、电子元件、纺织和农用机械部件、音响器材用消音齿轮。厚壁和低模塑应力的巨大部件
	PMNC		抗冲、硬质	
	PMNC P20		高抗冲、耐热、耐寒、半软	
	PMNC P40		高抗冲、耐热、耐寒、半软	
	PMNY		耐磨、抗冲、硬质	
上海塑料制品十八厂	PA6	Ⅰ型	相对黏度 2. 4 ~ 3	耐磨性、自润滑性、耐低温性、耐候性、耐热性优良、力学性能好、适合机电、纺织、轻工等设备配件
		Ⅱ型	相对黏度 > 3. 0	
		增强型	注射级，含 30% 玻璃纤维	
上海塑料制品十八厂	PA66	M17、M20	分子量 15500 ~ 18400、耐磨性强、力学强度好、耐油性、耐化学性同 PA6（M20 分子量 18500 ~ 21500）	
		PA66	符合 HG 2350—1992。用途与 PA6 相同。也可做把手、壳体、支撑架等	
	PA610		产品性能符合 HG 2350—1992。用于机械、汽车工业的齿轮、衬垫、轴承、滑轮等，精密部件、输油管、传动带储油容器、仪表壳、纺织机械配件	
天津中和化工厂	PA1010		产品性能符合 HG 2349—1992 和 HG/T 2350—1992。主要用于机械、汽车、纺织工业配件。如轴承架、轴套、油箱衬里及电缆护套等	
北京化工研究院	玻璃纤维增强聚酰胺 6 粒料		用于机械、汽车、纺织工业用高强度、耐磨的零部件	
吉林石井沟联合化工 合肥化工厂 武汉有机合成厂	PA1010		产品性能符合 HG 2349—1992。主要用于机械、汽车、纺织用设备配件。如轴承架、轴承、油符衬里等	
淮阳大从塑料厂	PA9		适合机械、医疗、纺织工业设备配件。如齿轮、工具架、线圈架等	
	PA12		适合机械、纺织设备配件、如油管、软管等	
南京立汉化学有限公司	PA6	B100	通用级、易流动。用于机器零部件、铁路部件和线圈骨架	
		B103S	高热稳定型、易成型。电器元件及一般用途	
		B240	增强级、含 20% 矿物质增强改性、高刚性，耐热。用于发动机零件、仪器壳体	
		B601	增韧级、高抗冲击、润滑。用于轴承保持架、轮罩、接插件	
		B706	增强级、含 30% 玻璃纤维、用于机器零件、电动工具壳体、汽车配件、电气元件	
		B9000	阻燃级、通用，UL94 V-0。用于电子元件、电器端子	
		B9706	增强阻燃级 UL94 V-0。30% 玻璃纤维增强。用于电子元件、电器端子	

（续）

生产厂家	PA 牌号		特点和用途
南京立汉化学有限公司	PA66	A100	通用级、易流动、易脱模。用于机器设备配件及接插件
		A103S	高热稳定性、快速成型。用于机器设备配件及电器端子
		A601	增韧级，高冲击强度，润滑。用于纺织器材，运输器材、管件
		A706	增强级、含 30% 玻璃纤维。用于机器设备配件、汽车零部件、电器元件、渔具，轴承保持架
		A801	特点和用途与 A601 相同
		A9700	阻燃增强级、含 30% 玻璃纤维、UL94 V-0。用于电器元件、如线圈骨架、断路器、接触器壳体

1.6　聚碳酸酯（双酚 A 型）

聚碳酸酯（PC）是在大分子主链中含有碳酸酯链节的高分子化合物的总称。聚碳酸酯的生产方法有酯交换法和光气化法。目前应用量最大、用途较广的是双酚 A 型芳香族聚碳酸酯和工程塑料玻璃纤维增强聚碳酸酯。

1. 性能与特征

聚碳酸酯为透明、白色或微黄色聚合物，无定形，无味，无毒；制品刚硬，耐冲击，有良好的韧性，吸水率较低；力学性能优良。但耐疲劳强度低，容易开裂；耐热性和耐寒性较好，应用温度范围为 -60 ~ 120℃，热变形温度为 135℃左右，在 220 ~ 230℃时呈熔融态，分解温度高于 310℃；熔融黏度大，流动性差，成型加工难度较大，但着色性好；有较好的电绝缘性、不易燃，有自熄性；耐酸、盐类和油、脂肪烃及醇，不耐氯烃、碱、胺、酮等介质，易溶于二氯甲烷、二氯乙烷等氯代烃类溶剂中。

2. 质量

聚碳酸酯（酯交换法树脂）　性能（HG/T 2503—1993）见表 1-89。

表 1-89　聚碳酸酯性能（HG/T 2503—1993）

项目	指标		
	一级品	二级品	三级品
含有杂质的颗粒(%)	≤3	3 ~ 5	5 ~ 10
溶液色差	≤4	4 ~ 8	8 ~ 12
热降解率(%)	≤10	10 ~ 15	15 ~ 20
冲击强度(缺口)/(kJ/m^2)		≥45	
拉伸强度/MPa		≥60	
断裂伸长率(%)		≥70	
屈服弯曲强度/MPa		≥95	
热变形温度/℃		126	
体积电阻率/Ω·cm		5.0×10^{15}	
相对介电常数(1MHz)		2.7 ~ 3.0	
介电损耗角正切(1MHz)		$\leq1.0\times10^{-2}$	
介电强度/(kV/mm)		16	

3. 成型方法与用途

聚碳酸酯是一种综合性能优良的工程塑料，其原料干燥后可采用挤出、注射、吹塑和真空成型等方法制作制品。其制品广泛应用在机械、电子电器工业、交通运输和纺织工业、医

疗和生活日用品中。

1）机械方面，各种工作负荷不大的齿轮、齿条、凸轮、蜗杆、螺钉、螺母、管件、叶轮、阀门用零件、照相器材用零件及钟表用零件等。

2）电子电器工业中，作电子计算机、电视机、收音机、音响设备和家用电器等的绝缘接插件、线圈框架、垫片、仪表外壳、手电钻外壳、吹风机、灯具和控制器等。

3）生活日用品，太阳眼镜、打火机、烟具、洗澡盆、头盔、灯片、餐具、信号灯体及啤酒瓶等。

4）军工方面，飞机、汽车和船用风挡玻璃，反坦克地雷、枪械握把、潜望境等。

5）其他方面，如纺织工业用各种纬纱管、纱管、毛纺管等，建筑业和农业中用做高冲击强度的玻璃窗和玻璃暖房具，具有很高的安全性和装饰性。

聚碳酸酯吸湿性差，但在高温下对水很敏感，即使在原料中有微量水存在，也会使聚碳酸酯剧烈分解。黏度下降、放出二氧化碳等气体，各种性能严重劣化，塑料变色。成型的制品带银丝、气泡、强度下降或出现破裂等现象。含水量越高，则对制品质量影响越厉害。所以，原料投产前必须进行干燥处理。处理方法可参照表 1-90。

表 1-90　聚碳酸酯的干燥处理条件

干燥方法		热风循环	真空干燥 （真空度 95kPa 以上）	料斗式干燥
干燥处理条件	温度/℃	120 ~ 130	110 ~ 115	110 ~ 120
	时间/h	6	10 ~ 20	—
	料层厚/mm	< 30	< 40	—

原料干燥处理后的含水量应小于 0. 02%，同时注意应立即把干燥后的原料投入料斗中生产。如果存放时间超过 30min，则要把干燥后的原料存放在高温（100℃以上）防吸潮的储槽中。

表 1-91 列出注射聚碳酸酯制品用料，是国内部分 PC 生产厂的产品牌号及应用特点，可供应用时选择参考。

表 1-91　PC 注射制品用料生产厂及产品牌号

生产厂家	PC 牌号	特点和用途
上海中联化工厂	T—1230	低黏度、相对分子质量 23000 ± 1000，微黄至透明，流动性好。适合成型工程制品
	T—1260B	黑色。适合可着色的制品
	T—1260W	耐磨型，摩擦因数和磨耗小。成型各种耐磨注塑件
	T—1290	注射及吹塑型，高黏度相对分子质量 29000 ± 1000，外观微黄至透明；适合力学性能好的工程件
	TE260. X	注射型，含 PE2% ~ 6%，为 PE 改性型制品
	TE260. 7—H1	抗冲性好，草绿色。适合抗冲性制品
	TE—1005	聚乙烯改性、耐沸水、外观乳白不透明。适合工程制件
	TG—2620S_1	增强脱模型，20% 玻璃纤维增强改性，力学性能好，易脱模
	TG—2620S_2、TG—2620S_3	增强脱模型、20% 玻璃纤维增强改性、熔体流动性好、力学性能好、易脱模
天津有机化工二厂	JTG—1	低黏度，相对分子质量 26000 ± 2000，熔体流动性好。适合电子工程制品，仪器仪表和生活日用品等
	JTG—2	中黏度，相对分子质量 30000 ± 2000，熔体流动性好。适合电讯器材及纺织器材等工程制品

（续）

生产厂家	PC 牌号	特点和用途
天津有机化工二厂	JTG—3	高黏度、相对分子质量 35000 ± 3000。适合机械工业、各种型材要求高强度的工程制品
	JTG—4	超高黏度，相对分子质量大于 38000。适合高强度大型制品和带有金属嵌件的工程制品
大连第七塑料厂	GL20	含 20% 长玻璃纤维增强改性，适合工程制品
	GL30	含 30% 长玻璃纤维增强改性，适合工程制品
	GS15	含 15% 短切玻璃纤维增强改性，适合工程制品
	GS20	含 20% 短切玻璃纤维增强改性，适合工程制品
	GS20E	聚乙烯改性含 20% 短切玻璃纤维增强改性，适合工程制品
	GS25	含 25% 短切玻璃纤维增强改性，适合工程制品
山东东聚化工有限公司	HE-100/TK、HP—100/F	PC/ABS，HE—100/TK 低密度，高流动性，HP—100/F 高抗冲、高耐热。适合手提电话、车载电话
	NH—1000M、NH—1000A、NH—1014B	阻燃合金、非卤素磷系。适合笔记本电脑外壳、监视器外壳及其他要求非卤素阻燃制品
	HM—1101S	加入高流动性玻璃纤维 10% 改性。适合锅炉部件、传直机外壳、照像机外壳及部件
	HM—1201S	加入玻璃纤维 20% 改性、高抗冲。用途与 HM—1101S 相同
	HM—1301S	加入玻璃纤维 30% 改性，耐热。用途与 HM—1101S 相同
	HM—1302V	高流动、低收缩、GF/MF。用途与 HM—1101S 相同

常州有机化工厂生产的 PG-3、PG-4 型聚碳酸酯，可用挤出机挤出高强度板材，薄膜及各种型材。

1.7 聚甲醛

聚甲醛（POM）是一种没有侧链、主链上含有许多重复醛基（—CH_2—O—）、高密度、高结晶型聚合物。按其原料和合成方法及分子结构的不同，可分为均聚甲醛和共聚甲醛。均聚甲醛是三聚甲醛或甲醛的均聚物，共聚甲醛是三聚甲醛、少量二氧五环和水的共聚物。

1. 性能与特征

聚甲醛树脂为浮白色，不透明，易着色，其制品表面光滑，有光泽；有良好的综合性能，其强度、刚性、耐冲击性能和耐蠕变性等都很好，耐疲劳性在热塑性塑料中最佳，耐磨性和电性能优良，吸水性低；制品形状尺寸稳定，但成型时收缩较大；有良好的耐农药性和耐油性，但耐强酸、强碱、酚类和有机卤化物性差；使用温度为 -40 ~ 100℃，可在 85℃水中、105℃空气中、有机溶剂、无机盐溶液和润滑剂中长期使用。聚甲醛的性能参数见表 1-92。

均聚甲醛除有上述性能外，其密度、结晶度、机械强度高。共聚甲醛短期强度、模量、伸长率、热变形温度、抗蠕变性、耐热老化、耐热水性都优于均聚甲醛，成型温度范围也较宽。

共聚甲醛性能参数见表 1-93。

表 1-92　聚甲醛性能参数

项目	均聚甲醛	共聚甲醛	项目	均聚甲醛	共聚甲醛
密度/(g/cm³)	1.43	1.41	线膨胀系数/×10⁻⁵/℃	7.45～10.8	7.6～11
结晶度(%)	75～85	70～75	长期使用温度/℃	90	100
熔融温度/℃	175	165	洛氏硬度(R)	90	78
吸水率(24h)(%)	0.25	0.25	成型收缩率(%)	1.5～3.0	1.5～3.5
脆化温度/℃		−40	比热容/[J/(g·℃)]	1.2	1.5
拉伸强度/MPa	68.6	59.78	热导率/[W/(m·K)]	0.02	0.03
拉伸模量/GPa	3.04	2.81	介电常数(60Hz,10⁶Hz)	3.7	3.7
压缩强度/MPa	123.48	109.76	体积电阻率/Ω·cm	1.3×10^{16}	8×10^{13}
弯曲强度/MPa	96.04	89.18	介电损耗角正切(60Hz,10⁶Hz)	0.005	0.006
冲击强度(缺口)/(kJ/m²)	7.35	6.37			
热变形温度/℃	124	110～157	介电强度/(MV/m)	20	—

表 1-93　共聚甲醛树脂性能参数

型号		密度/(g/cm³)	熔体流动速率/(g/10min)>	熔点/℃ ≥	热变形温度(1.82MPa)/℃ ≥	拉伸屈服强度/MPa ≥	断裂伸长率(%) ≥	冲击强度		弯曲弹性模量/GPa ≥
								简支梁(无缺口)/(kJ/m²) ≥	悬臂梁(缺口)/(J/m²) ≥	
M10	优等品	1.37～1.41	0.5～2.0	162	105	59	40	100	48	2.0
	一等品					55	30	80		
	合格品					53	20	60		
M25	优等品	1.37～1.41	2.0～4.0	162	105	57	40	100	48	2.0
	一等品					55	30	80		
	合格品					53	20	60		
M60	优等品	1.37～1.41	4.0～7.5	162	105	57	40	100	48	2.0
	一等品					55	30	80		
	合格品					53	20	60		
M90	优等品	1.37～1.41	7.5～10.5	162	105	57	40	90	48	2.0
	一等品					55	30	70		
	合格品					53	20	50		
M120	优等品	1.37～1.41	10.5～14.0	162	105	57	35	80	48	2.0
	一等品					55	30	70		
	合格品					53	20	50		
M160	优等品	1.37～1.41	14.0～18.0	162	105	57	35	80	48	2.0
	一等品					55	30	70		
	合格品					53	20	50		
M200	优等品	1.37～1.41	18.0～23.0	162	105	57	25	70	48	2.0
	一等品					55	20	60		
	合格品					53	10	50		
M270	优等品	1.37～1.41	23.0～32.0	162	105	57	25	60	48	2.0
	一等品					55	20	50		
	合格品					53	10	40		

2. 成型方法与用途

聚甲醛树脂可用一般热塑性塑料成型方法加工，如注射、挤出、吹塑和喷涂等，但应用较多的还是注射法成型制品。树脂成型制品前应在 90～100℃的烘箱中干燥处理 3～4h，处理后的树脂含水量应不大于 0.1%。先把树脂挤出造粒，然后粒料中加入一定比例的填充

料、稳定剂及甲醛吸收剂，混合搅拌均匀后再挤出造粒，则此料即可注射成型制品。

聚甲醛制品是较理想的工程塑料，注射成型的制品可代替铜、铝、铸锌和钢等金属，广泛应用在农业机械、汽车、电子电器、仪表和建筑、轻工各行业中。如在汽车方面，可制作排水阀门、散热器箱盖、水泵中叶轮、加热器风扇、轴承架、制动器和方向盘上用零件等；在机械设备中，用来制作轻负荷齿轮、联轴节、泵体外壳和泵用零件、机床导轨及机床用零件等；在电器方面，用来制作电话、无线电、录音机、录像机、电视机、电子计算机和传真机中零件等；在日常生活中，用于制作水箱、水龙头、窗框、水管接头、水表壳体和燃气表中零件等；由于聚甲醛无毒性、不污染环境，还可大量应用在食品机械设备中，如传动齿轮、轴承及支架等。

国内部分聚甲醛生产厂的产品牌号及特点与用途见表 1-94，聚甲醛性能见表 1-95，上海溶剂厂产聚甲醛树脂性能见表 1-96。

表 1-94　聚甲醛注塑制品用料生产厂及产品牌号、特点和用途

生产厂家	POM 牌号	特点和用途
上海太平洋化工（集团）公司溶剂厂	M60	韧性好。注射一般工程制品和吹塑容器
	M90、M120	熔体流动性好，加工性能稳定，可塑性优良。注射一般工程制品
	M160、M200	熔体流动性好，易成型。可注射各种结构件
	M270、M400	熔体流动性好，制品内应力小。适合注射结构复杂小型制件及多模腔薄壁工程制品
东聚化工股份有限公司	K—2025	含 20% 玻璃纤维改性增强。注射汽车泵、动力阀、万向节轴承、马达齿轮；轴承、叶轮、家电、电子部件
	K—2021	耐摩擦、高润滑。用途与 K—2025 相同
	K—1001	高耐候性。用途与 K—2025 相同
	KV—188	阻燃。用途与 K—2025 相同
杜邦中国有限公司（产品性能参数见表 1-99）	100[1,2]，100P	高黏树脂，易于填充模具，100P 加工性能好，有较高韧性。适合高应力件
	500[1,2]，500P	一般用途、易成型。适合一般机械零件、齿轮、拉链、凸轮
	900[1,2]，900P	高流动性、低黏度。适合成型多模腔及较不易填充的薄壁制件
	1700、1700P	超低熔体黏度、易成型。适合形状复杂，薄壁、长流道或多模腔制品成型
	100ST	高黏性、超强韧性。适合高负载、有超强韧性制件
	500AF′	加入 20% TEFLON[3] 纤维、表面润滑，低摩擦因数，高耐磨耗率。可做齿轮、衬套，凸轮等耐磨件
	500CL′	加入化学润滑剂、低摩擦、低磨耗率。适合耐抗磨耗的机械零件
	570	加入 20% 玻璃纤维、高刚性、低翘曲，高温环境性能稳定。要求较高刚性一般机械零件
	577	加入 20% 玻璃纤维并添加 UV 安定剂，适合有较好耐候性与刚性的一般机械零件
上海溶剂厂（产品性能参数见表 4-100）	M250 熔体流动速率小于 4g/10min	适合于对冲击强度或韧性有要求的机械零件、轴套、小模数齿轮等
	M900 熔体流动速率在（4～14）g/10min	适合一般注塑件、轴套、齿轮线圈骨架、喷雾器零件，水暖零件等
	M170 MFR = 14～23g/10min	适合于塑料拉链和小型薄壁零件
	M170 MFR = 2～14g/10min	适合于力学性能要求一般的注塑件
	M170 MFR > 4g/10min	适合于冲击强度要求不高的零件

表 1-95　聚甲醛性能

性　能	最强聚甲醛 100P	一般用途 500P	高流动性能 900P	极高流动性 1700P	冲击改良		低摩擦、低磨耗		高钢性
					100ST	500T	500AF	500CL	570,577
拉伸强度/MPa									
23℃	69	69	69	70	64	58	48	66	59
破裂点拉伸变形量(%)									
23℃	65	35	25	15	521	91	15	50	12
弹性系数/MPa									
23℃	3220	3360	3640		1280	2330	2890	3100	6200
挠曲系数/MPa									
23℃	2840	3090	3220	3230	1280	2420	2410	2940	5030
挠曲变形强度/MPa									
23℃	98	97	97	103	40	70	72	90	74
Izod 冲击试验/(J/m)									
无缺口 23℃	>5300	2160	1620	—	不破裂	不破裂	—	—	—
热畸变温度/℃									
1.8MPa	136	136	136	—	65	85	118	124	158
0.5MPa	172	172	172	—	168	174	168	170	174
熔点/℃	175	175	175	—	175	175	175	175	—
导热系数/[W/(m·K)]	0.37	0.37	0.37	—	—	—	—	—	—
线胀系数/[10^{-5}m/(m·℃)]									
29~60℃	12.2	12.2	12.2	—	10.6	12.0	12.2	12.2	—
介电常数									
50% RH,23℃,10^2~10^6 Hz	3.7	3.7	3.7	—	4.1	3.6	3.1	3.5	3.9
相对密度	1.42	1.42	1.42	—	1.34	1.39	1.54	1.42	1.56
洛氏硬度 M	94	94	94	89	58	79	78	90	90
洛氏硬度 R	120	120	120	107	105	117	118	120	118

表 1-96　上海溶剂厂产聚甲醛树脂性能

性　能	试验方法/T	M250	M900	M1700
相对密度	GB/T 1033.1—2008	1.40	1.40	1.40
熔体流动速率(190℃×2.16kg)/(g/10min)	GB/T 3682—2000	≥4	4~14	14~23
拉伸强度/MPa	GB/T 1040.5—2008	55	55	55
断后伸长率(%)	GB/T 1040.5—2008	50	50	50
压缩强度/MPa	GB/T 1041—2008	81	81	81
冲击强度/(J/cm^2)	GB/T 1043.1—2008	10	10	10
悬臂梁冲击强度(缺口)/(J/cm^2)	GB/T 1043.1—2008	1.5	1.5	1.5
白度/度	GB/T 2913—1982	≥75	>75	≥50
线膨胀系数/K^{-1}	GB/T 1036—2008	10.7×10^{-5}	10.7×10^{-6}	10.7×10^{-5}
相对介电常数(10^6 Hz)		3.8	3.8	3.8
热碱(222℃×10min)(%)		≥99.0	≥99.20	
热分解常数(K222℃)/(%/min)		≤0.040	≤0.030	
外观	乳白色至淡黄色颗粒,颗粒均匀、光亮、无黑粒杂质			

1.8 聚对苯二甲酸乙二醇酯

聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）是饱和二元醇通过缩聚反应而成的线型高分子聚合物。聚对苯二甲酸乙二醇酯和聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）通称为热塑性聚酯。

1. 性能与特征

聚对苯二甲酸乙二醇酯未干燥前呈透明状态，干燥后为乳白色，密度为 1.30 ~ 1.38g/cm^3，无定形玻璃态，温度为 69℃，熔点为 250 ~ 265℃，制品长期使用温度为 120℃，吸水率低（约为 0.13%），制品成型收缩率大（约为 0.7% ~ 1%），燃点高（着火点为 480℃）；制品在热塑性制品中最强韧，而且在较宽的温度范围内有较好的物理力学性能，其薄膜的拉伸强度与铝膜相当，是 PE 膜的 9 倍，但撕裂强度不如 PE 膜；透明率 90%；电绝缘性能优良，在高温高频下，电性能仍然较好；耐化学性良好，在较高温度下也能耐高浓度的氢氟酸、磷酸和醋酸等，不耐碱，在热水中煮沸易水解。

PET 树脂的性能参数见表 1-97。

表 1-97 PET 树脂的性能参数

项　目	结　晶　型	无　定　形　型
密度(ρ)/(g/cm^3)	1.33 ~ 1.38	1.2
拉伸强度(σ_b)/MPa	75	50
冲击强度(缺口)/(kJ/m^2)	4	5
断裂伸长率(ε)(%)	50	200
硬度	M83	R108
熔融温度(T)/℃	250 ~ 255	—
吸水率(%)	0.08	0.2
成型收缩率(%)	1.5 ~ 2.0	0.2

2. 成型方法与用途

PET 树脂的结晶化温度高，成型加工难度较大。一般可用挤出成片，然后经纵横向拉伸成型薄膜，也可用挤出或注射后成型吹塑容器类制品，薄膜还可真空镀铝、铜或银金属层。

PET 树脂主要用途是用作纤维，其次用做薄膜和工程塑料。纤维主要用于纺织工业。

薄膜用做电气绝缘材料，如电容器、电缆间绝缘，电动机、变压器、印刷电路和电线电缆的包扎材料；用做片基和基带，如电影片基，X 射线片基、录音录像带基；各种复合膜是工业、食品和医疗器械、电器零件的包装材料；另外，薄膜还可用于真空镀铝、铜或银，制成金属化薄膜，用做金银线、微型电容器薄膜及各种装饰品等。

挤出-吹塑和注射-吹塑成型包装容器，聚酸瓶具有透明、质轻、强度高，耐化学药品腐蚀、气密性好等优点。用于装含有二氧化碳气体的各种饮料瓶，也可用于装各种酒、醋和食用油及化妆用品等。

国产 PET 树脂牌号见表 1-98 和表 1-99。

表 1-98 北京燕山石油化工公司聚酯厂产 PET 树脂牌号及产品性能

项　目	A 型片基		B 型片基					
	PETF-63-BR	PETF-65-BR	PETF-59-BR	PETF-61-BR	PETF-63-BR	PETF-65-BR	PETF-67-BR	PETF-69-BR
特性黏数 η/(dL/g)	0.63	0.65	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69
端羧基含量/($\times 10^{-6}$mol/g)	30	30	30	30	30	30	30	30
二甘醇质量分数(%)	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
熔融温度/℃	262	262	260	260	260	260	260	260

（续）

项　　目	A 型片基		B 型片基					
	PETF-63-BR	PETF-65-BR	PETF-59-BR	PETF-61-BR	PETF-63-BR	PETF-65-BR	PETF-67-BR	PETF-69-BR
色度(黄色)指数	9	9	14	14	14	14	14	14
灰分质量分数(%)	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
铁质量分数/$\times10^{-6}$	2	2	3	3	3	3	3	3
水分(%)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
醛质量分数/$\times10^{-6}$								
外观杂粒质量分数(%)	0.02	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
用途	录音、录像、电影胶片、X 射线照片等		装饰用薄膜或包装用薄膜					

表 1-99　PET 注塑制品用料生产厂产品牌号及原料特点和用途

生产厂家	PET 牌号	特点和用途
上海涤纶厂	SD—102 SD—103	力学性能好、耐热性好、电器性好、化学性能好、尺寸稳定性好、且价格低廉。可广泛用于电器、电器工业、仪表、汽车、机械工业等,如接插件、线圈骨架、电解槽、开关、电磁阀封装件等
中国石化仪征化纤股份有限公司	BG—85 BG—82	用于带气饮料瓶和食用油瓶
	BG—78	矿泉水饮料瓶
华南树脂厂	低黏级 中黏级 高黏级	适合吹塑瓶用

生产厂家	PET 牌号	特性黏度	特点和用途
燕山石化	BG—77	0.77	高黏度。适合挤-拉-吹或注-拉-吹瓶子
	BG—81	0.81	
	BG—93	0.93	

生产厂家	PET 牌号	特点	用途
杜邦中国集团有限公司	PYNITE 530	一般用途级。30% 玻纤增强聚酯,具有杰出的综合强度、刚性、韧性、优异的电性能、良好的外观	点火元件、线圈盖、继电器座、齿轮、各种泵壳、真空清洁器部件、储藏设备部件
	RYNITE 545	一般用途级。45% 玻纤增强聚酯,更高强度和刚性;优异的尺寸稳定性和耐蠕变性	压缩机罩、燃料空气和温度传感器罩、骨架、阳极线轴、点火线圈传递元件、医疗器械
	RYNITE 555	一般用途级。55% 玻纤增强聚酯,最高的刚性、尺寸稳定性、耐热性和杰出的耐蠕变性	结构支撑座、夹具、结构罩壳和盖,传递元件、螺旋桨
	RYNITE 935	低翘曲级。30% 云母/玻纤增强聚酯,低翘曲,优异的电性能、高刚性、耐热温度高	外壳部件、结构罩壳、骨架、水利灌溉部件,电器元件
	RYNITE 430	韧性级。30% 玻纤增强聚酯,改善了耐冲击性能、杰出的综合强度、刚性、耐热性	水泵壳、结构罩壳、支架、压缩空气挡板

（续）

生产厂家	PET 牌号	特点	用途
杜邦中国集团有限公司	RYNITE SST35	韧性级。35% 玻纤增强聚酯，具有优异的韧性、伸长率、刚性、耐热性、良好的成型性和外观	汽车元件、轮子、罩、运动器械、工场围墙、工具罩壳、家具、皮箱部件
	RYNITE FR530	阻燃级。30% 玻纤增强聚酯，阻燃级，UL94V-0 级，温度指数 150℃ 认可，杰出的综合性能和优异的流动特性	电器、电子联接器及要求阻燃特性元件、应用于蒸汽状态和波形软焊、也使用于高温条件下点火线圈

BET 是一种吸湿性聚合物，水分过高（应小于 50μg/g）时会发生水解反应，使 PET 黏度下降，导致制品力学性能和透明度下降。原料投产前要在 120 ~ 130℃ 温度下干燥处理。干燥时间 5 ~ 8h。干燥后的原料要存放在 120℃ 保温箱或料斗内。注意存放时间不得超过 2h，否则要重新对原料进行干燥处理。

1.9　聚对苯二甲酸丁二醇酯

聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）是一种结晶型热塑性塑料。相对密度为 1.31 ~ 1.55，熔点为 225℃ 左右，吸水率在热塑性塑料中是最低者之一，仅为 0.07%；强韧性和抗疲劳性优良，冲击强度高，摩擦因数小，有自润滑性；耐热、耐气候性好，不易燃烧，但能慢燃；电性能优良，体积电阻率为 $10^{16}\Omega \cdot cm$，高于一般工程塑料。耐电弧性为 190s，在塑料中也为最高；耐化学性能好，除强氧化性酸如浓硝酸、浓硫酸及碱性物质对其产生分解作用外，对有机溶剂、汽油、机油、一般清洁剂等稳定；尺寸稳定，但对缺口冲击敏感。

国产 PBT 性能见表 1-100。增强 PBT 性能见表 1-101。成型方法与用途和 PET 相似，但主要用增强 PBT 树脂注射成型制品。由于它的熔体流动性好（仅次于尼龙）、结晶速度快，所以适合快速注射成型形状复杂制品。但生产时要注意：原料投产前要在 120℃ 热风烘箱中干燥 4h 以上，使其含水量小于 0.03%，机筒塑化温度为 230 ~ 260℃、注射压力为 60 ~ 120MPa，模具温度为 50 ~ 80℃，生产成型周期为 60 ~ 90s。

制品多是电子、电气、汽车和机械等设备中的零部件，是一种阻燃、增强级件。如用在电子电气方面，要求阻燃、耐热、绝缘、耐电弧、耐化学药品，应用中结构尺寸稳定的零部件：如线圈骨架，各种开关、接插件、继电器、电容器外壳。汽车配件中的齿轮、凸轮、电刷杆、发动机外壳等及其他工业中的仪器外壳、电动工具外壳、照像机外壳和农业、纺织机械用零件等。

表 1-100　国产 PBT 性能

项　　目	北京市化工研究院	上海涤纶厂	
	PBTP301	SD2000	SD2100
相对密度	1.45 ~ 1.55	1.32	1.48
吸水性(%)	0.01 ~ 0.06		
模塑收缩率(%)	1.5 ~ 2.2	1.2 ~ 2.2	1.2 ~ 2.0
布氏硬度/MPa		151	132
拉伸强度/MPa	51 ~ 63	55	51

（续）

项　　目	北京市化工研究院	上海涤纶厂	
	PBTP301	SD2000	SD2100
弯曲强度/MPa	83 ~ 100	110	99
压缩强度/MPa		11.9	95
冲击强度/(kJ/m^2)			
缺口	≥6	6.4	5.5
无缺口	≥20	31.8	17.6
摩擦因数		0.326	0.302
马丁耐热/℃		49	52
热变形温度(1.86MPa)/℃	55 ~ 70	64	63
阻燃性 UL-94	V-0 级		V-0 级
介电常数(1MHz)	3 ~ 4	2.84	2.4 ~ 3.3
体积电阻率/Ω · cm	$5\times10^{15\sim16}$	2.6×10^{16}	3×10^{16}
介电损耗角正切(1MHz)	$\leqslant2\times10^{-2}$	2.4×10^{-2}	2×10^{-2}
介电强度/(kV/mm)	18 ~ 24		
含水量(%)	≤0.3		
外观	乳白色($\phi2\sim\phi4$)mm × (2 ~ 7)mm 颗粒		

表 1-101　国产增强 PBT 性能

项　　目	北京市化工研究院			上海涤纶厂		
	301-G10	301-G20	301-G30	201-G30	FR-PBT-1	FR-PBT-2
外观	乳白色粒状，($\phi2\sim\phi4$)mm × (2 ~ 7)mm	乳白色粒状	乳白色粒状	乳白色粒状		
玻璃纤维含量(%)	10 ± 2	20 ± 3	30 ± 3	30 ± 3	20 ± 2;30 ± 3	20 ± 2;30 ± 3
相对密度	1.45 ~ 1.60	1.50 ~ 1.60	1.58 ~ 1.69	1.50 ~ 1.60		
吸水性(%)	0.05 ~ 0.09	0.04 ~ 0.09	0.03 ~ 0.08	0.03 ~ 0.09		
收缩率(%)	0.7 ~ 1.5	0.3 ~ 1.0	0.2 ~ 0.8	0.2 ~ 1.0		
拉伸强度/MPa	70 ~ 90	90 ~ 110	110 ~ 130	110 ~ 130	80 ~ 120	60 ~ 80
伸长率(%)					4	4
弯曲强度/MPa	110 ~ 130	150 ~ 170	170 ~ 200	170 ~ 200	150 ~ 200	160 ~ 180
冲击强度/(kJ/m^2)						
缺口	≥6	≥7	≥10	≥10	6 ~ 15	4 ~ 10
无缺口	≥20	≥25	≥35	≥35	35 ~ 60	25 ~ 40
热变形温度/℃	180 ~ 200	200 ~ 210	205 ~ 218	205 ~ 218	210	210
马丁耐热/℃					160 ~ 190	160 ~ 190
体积电阻率/Ω · cm	$5\times10^{15}\sim5\times10^{16}$	$5\times10^{15}\sim5\times10^{16}$	$5\times10^{15}\sim5\times10^{16}$	$5\times10^{15}\sim5\times10^{16}$	10^{15}	10^{15}
介电损耗角正切(1MHz)	$\leqslant2\times10^{-2}$	$\leqslant2\times10^{-2}$	$\leqslant2\times10^{-2}$	$\leqslant2\times10^{-2}$		
介电强度/(kV/mm)	19 ~ 25	19 ~ 27	20 ~ 30	20 ~ 30	20	20
介电常数(1MHz)	3.2 ~ 4	3.4 ~ 4	≤4.2	≤4.2	3.2	3.2
阻燃性 UL-94	V-0 级	V-0 级	V-0 级	V-0 级		
湿含量(%)	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3		

聚对苯二甲酸丁二醇酯的吸水率很低（仅为 0.07%），但投产前也一定要对其进行干燥处理。处理方法是：把 PBT 料在 120℃热风循环烘箱中干燥处理 7 ~ 8h，使料中的含水量低于 0.03% 才能投产。为防止干燥处理后原料再吸湿，存放料箱或加料斗要有 90℃左右的保

温装置。如果干燥后的原料在普通料箱中存放，时间不能超过 2h，否则，应用时一定要再进行干燥处理。

表 1-102 列出国内部分 PBT 生产牌号及产品特点及用途，供应用时选择参考。

表 1-102 PBT 注射制品用料生产厂牌号及产品特点与用途

生产厂家	PBT 牌号	特点和用途
上海涤纶厂	SD200	纯 PBT 树脂[η]:(1.0±0.1)×10^{-4}Pa·s,熔点≥228℃。具有很好的抗冲击性,电性能、抗化学性和力学性能好,生产周期快,工艺条件要求低、易成型。广泛用于电器、机械、仪表轻工、汽车工业配件中
	SD202,20% 玻璃纤维增强	强度高、刚性好,尺寸稳定性良好,生产周期短,易成型。广泛用于电器、仪表、轻工照像、纺织、机械、汽车、航空,造船等行业,如外壳、开关、电子零件、电器开关等工程制品
	SD2015,15% 玻璃纤维增强	
	SD203,30% 玻璃纤维增强	
	SD210(阻燃级)	燃烧性等级为 UL94V—0,但不影响其原有的特性和成型性,生产周期短,易成型。适合成型电器、仪表、照像、纺织机械、汽车、航空、造船、矿山等行业的阻燃工程制品
	SD211,10% 玻璃纤维增强	阻燃级,燃烧等级 UL94V—0,强度高、刚性好,蠕变性低,尺寸稳定性良好,加工周期短、易成型。适合电器、仪表、纺织、轻工、照像、机械、汽车、航空、造船、矿山等行业阻燃型工程制品
	SD212,20% 玻璃纤维增强	
	SD213,30% 玻璃纤维增强	
北京市化工研究院 北京泛威工程塑料有限公司	210G30、205GM30 30% 玻璃纤维增强,非阻燃型	刚性和冲击强度高;电性能、抗化学药品性、力学性能等良好,蠕变性低、尺寸稳定性好、易成型,加工周期短。适合小型电容器、录音带、包装材料的复合膜,电器部件、机械零件、外壳等工程制品。205GM30 还有低翘曲性
	301G0,纯 PBT 树脂、未增强	抗冲击性、电性能、抗化学性和力学性能等良好,加工周期短、易成型。广泛适用于小型电容器、录音带、包装用复合膜,电器部件、机械零件等工程制品
	301—G10,10% 玻璃纤维增强	抗冲击性、电性能、抗化学性、力学性能等良好,刚性好、蠕变性低、尺寸稳定性好、加工成型周期短、易成型。适合电器部件、机械零件、仪表外壳等工程制品
	301—G20,20% 玻璃纤维增强	
	301—G30,30% 玻璃纤维增强	
	305G30E,30% 玻璃纤维增强,阻燃型	燃烧等级 UL94V—0,冲击强度高、刚性好,蠕变性低,尺寸稳定性好,电性能、抗化学药品性、力学性能等良好,加工周期短、易成型。适合电器部件、机械零件、设备仪表外壳等工程制品。305GM30 制品还有低翘曲性
	305GM30,玻璃纤维加填料填充增强,阻燃型	
	201—G10、201—G15、201—G20 201—G30、301—G15	为非阻燃型,几个品牌均具有优良的力学、电、热性能及加工性能
	305G30E	含 30% 玻璃纤维增强,阻燃韧性好
	431GM30S	含 30% 玻璃纤维加矿物填充。低翘曲、阻燃、耐电压性好
	551GT20S	矿物质、玻璃纤维填充,高电性能、阻燃级、表面光洁、防翘曲
	551GT30S	矿物质、玻璃纤维填充,高电性能、阻燃级、防翘曲
南京立汉化学有限公司	T602	注塑通用型、增韧型、适合线圈骨架、接插件高压包等
	T703,含 15% 玻璃纤维增强	适合继电器、电容器、电机、电位器、带焊片嵌件、各类电器开关的外壳
	T704,含 20% 玻璃纤维增强	
	T706,含 30% 玻璃纤维增强	
	T9703,含 15% 玻璃纤维增强阻燃型	UL94V—0 适合阻燃的高强度的电子电器制品
	T9704,含 20% 玻璃纤维增强阻燃型	
	T9706,含 30% 玻璃纤维增强阻燃型	

1.10　聚砜

聚砜（PSU）也叫双酚-A 聚砜，它是由双酚 A 和二氯二苯基亚砜在二甲基亚砜中缩聚制成，是一种高性能热塑性工程塑料。

1. 性能与特点

聚砜为略带琥珀色透明的非结晶型聚合物。有优异的力学性能，强度高，抗冲击性好，耐磨，尺寸稳定，抗蠕变性能好，成型收缩率小，可作精密零件，但容易发生应力开裂；热稳定性好，可在 -100 ~ 150℃温度范围内使用，短期使用温度可达 190℃；制品无毒、耐辐射、耐燃、有自熄性；介电性能好，即使在水和潮湿空气中，也会保持很高的介电性能；化学稳定性好，除浓硫酸和浓硝酸外，对其他酸、碱、醇、脂族烃等化学药品稳定，但在酯和酮类中会发生溶胀，且有部分溶解，易溶于二氯甲烷和二氯乙烷。耐候性和耐紫外线性能差。PSU 性能参数见表 1-103。

表 1-103　PSU 性能参数

性　　能	参数	性　　能	参数
密度/(g/cm^3)	1.24	弹性模量/MPa	2700
吸潮率(23℃,50RH)(%)	0.40	Charpy 无缺口冲击强度/(kJ/m^2)	不破裂
玻璃化温度/℃	190	Charpy 缺口冲击强度/(kJ/m^2)	4
热导率(23℃)/[W/(K·m)]	0.26	球压硬度/MPa	155
线膨胀系数(23 ~ 150℃)/$\times 10^{-6}$/K	56	洛氏硬度(R)	M91
线膨胀系数(>150℃)/$\times 10^{-6}$/K	60	介电强度/(kV/mm)	30
热变形温度(1.8MPa)/℃	170	体积电阻率/Ω·cm	10^{17}
最高短期工作温度(2h)/℃	180	介电常数	3.1
最高持续工作温度/℃	150	电导率(100Hz)/(S/m)	3.0
氧指数(%)	30	电导率(1MHz)/(S/m)	3.0
UL 等级(1.5/3.0mm)	HB	介电损耗角正切(100Hz)	0.001
屈服强度/MPa	80	介电损耗角正切(1MHz)	0.003
断裂伸长率(%)	10	相对电痕指数(CTI)/V	150

2. 成型方法与用途

聚砜可采用注射、挤塑、模压、吹塑、涂覆、热成型及电焊、焊接等方法加工成型。原料需先经 135℃干燥处理。

制品主要有机械工业配件，如齿轮、叶轮、泵体、洗衣机配件等；电器、电子工业中的继电器、线圈骨架、仪表盘、接触器、变压器中绝缘件、电视机零配件等；汽车工业中的分速盖、电池盖、点火零件、感应器等；化工工业中的耐酸喷嘴、阀门、管道、容器等；家用电器和医疗器械配件等。

聚砜料投产前要在 120 ~ 140℃热风循环烘箱内干燥处理 4h 以上，要求聚砜含水率小于 0.05%。表 1-104 列出国内部分 PSU 生产厂的产品牌号及树脂特点与用途，可供应用时选择参考。表 1-105 是大连塑料一厂产 PSU 性能。

表 1-104 PSU 注塑制品用料生产厂牌号和产品特点与用途

生产厂家	PSU 牌号	特点和用途
上海曙光化工厂	S100(冲击强度≥370kJ/m²)	力学强度高、耐热、耐寒、尺寸稳定。S100 还有化学稳定、电绝缘好和自熄性。S101 和 S110 还有低翘曲和优异的介电强度。适合成型汽车、机械、电子绝缘件
	S101	
	S110(冲击强度≥200kJ/m²)	
	S140(冲击强度≥200kJ/m²)	力学强度高、耐氧化、耐化学药品、耐热、耐寒、尺寸稳定、低翘曲、优异的介电强度。适合成型汽车、机械和电子绝缘件
	S170(冲击强度≥200kJ/m²)	
	S215(密度 1.45g/cm³、冲击强度为 70kJ/m²)	含 15% 玻璃纤维。优异的高强度、高刚性、耐热、耐寒、耐氧老化、耐化学药品、尺寸稳定、低翘曲、抗蠕变、极好的介电性能和绝缘性。用于工程零部件
	S310(冲击强度为 160kJ/m²)	阻燃、低毒、无挥发物、低发烟、力学强度高、电性能好。S315 为增强阻燃型、力学强度和尺寸稳定性比 S310 更高。适合成型电子、航天航空领域制品。还有 S340、S370、S380 的性能特点和用途与 S310 相同
	S340(冲击强度为 160kJ/m²)	
	S315(冲击强度为 55kJ/m²)	
	S410(冲击强度为 80kJ/m²)	原料中含聚四氟乙烯、耐磨性好、还具有耐热、润滑、强度高、抗蠕变、尺寸稳定、耐化学品等性能。适合要求润滑好、耐磨的工程件
	S510(瓷白色粒料)	原料中含碳酸钙,与纯 PSU 相比,热变形温度从 150℃ 提高到 165℃,刚度提高到 4GPa 以上,但抗冲强度有所下降。适合制作多种工程件
	S540(海蓝色粒料)	
	S580(黑色粒料)	
	SF415	原料中含聚四氟乙烯,具有耐热、耐磨、高强度、低翘曲、抗蠕变,优异的介电性能。适合成型工程上要求耐磨、润滑好的结构件
大连塑料一厂	P7301(纯 PSF)	耐高温、耐电弧性强、耐化学腐蚀及自熄性优良,强度高、刚性好、尺寸稳定和抗蠕变性优良。适合于电子、电器、仪器、仪表和宇宙航空工业中的高强度、耐热的工程零部件及绝缘制品
	P7302(改性、着色粒料)	
	P7303(着色粒料)	耐高温、耐电弧性强、耐化学腐蚀及自熄性优良,强度高、刚性好,尺寸稳定性和抗蠕变性优良。适合电子、电器、仪器、仪表和宇宙航空工业等高强度、耐热的工程零部件及绝缘制品等
天津合成材料厂	PSU	强度高、刚性好、尺寸稳定性好、抗蠕变性优良,可在 -100 ~ 150℃ 温度范围内长期使用,耐电弧性强,耐化学腐蚀性及自熄性优良,加工性能好,可加玻璃纤维、石英粉 MoS_2 等填料改性。适合成型电器、仪器、仪表零部件、骨架、仪器外罩、电池盒、耐热纱管、型材等工程制品

表 1-105 大连塑料一厂 PSU 性能

性 能	P7301	P7302	P7303
颜色	浅棕色	着色颗粒	着色颗粒
吸水性(%)	≤0.1	≤0.1	≤0.1
热变形温度/℃	174	174	174
使用温度/℃	-100 ~ 150	-100 ~ 150	-100 ~ 150
成型收缩率(%)	0.55 ~ 0.65	0.55 ~ 0.65	0.55 ~ 0.65
无缺口冲击强度/kJ/m²	≥300	≥300	≥300
电性能	优良	优良	优良

1.11　聚苯醚

聚苯醚（PPO）也叫聚亚苯基氧化物，是一种耐高温的热塑性塑料。

聚苯醚无毒、透明、密度小；综合性能好，有较高的强度，耐应力松弛、耐蠕变性好，尺寸稳定、耐热性好，热变形温度最高可达 190℃，可在 -90 ~ 150℃温度范围内长期使用，玻璃化温度为 211℃，熔点为 268℃，在 330℃时出现分解现象；质轻，阻燃性良好，能自熄，耐光差；熔体流动性差，成型困难（一般多用 PPO 共混物或合金，即改性 MPPO）；耐稀酸、稀碱及盐溶液，不耐强氧化性酸，链烃、酮、酯类使制品在应力下开裂；溶于芳烃或氯化链烃中。

聚苯醚可采用注射、挤塑和模压成型，也可发泡、吹塑、熔接成型。主要制品有电子、电器、汽车、机械、家电、化工及医疗器械配件。如插座、绕线架、仪器仪表外壳、配件、弱电机器配件、连接器、无声齿轮、钟表测量仪、井泵、热水表、复印机、打字机、叶片、喷水器、阀件、外科手术器具和消毒器械等。

由于聚苯醚熔体流动性差、加工成型困难，所以应用较多的还是改性聚苯醚（一种是 PPO 与聚苯乙烯和弹性体改性剂的共混物；另一种是 PPO 的苯乙烯接枝共聚改性物）。改性聚苯醚的理化性能见表 1-106。

表 1-106　改性聚苯醚理化性能参数（HG/T 2232—1991）

项　　目		M-106			M-109-G20		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
密度/(g/cm^3)	≤	1.08			1.25		
吸水率(23℃,24h)(%)	≤	0.16	0.18		0.16	0.18	
成型收缩率(%)		0.7 ~ 0.8			0.5 ~ 0.6		
拉伸强度/MPa	≥	60	58	56	85	83	80
弯曲强度/MPa	≥	104	98		113	105	100
冲击强度(简支梁,缺口)/(kJ/m^2)	≥	14	12	10	11	10	9
体积电阻率/(Ω·m)	≥	1.0×10^{14}	1.0×10^{13}		1.0×10^{14}	1.0×10^{13}	
相对介电常数(1MHz)	≤	2.60	2.70		2.80	2.90	3.0
介质损耗角正切值(1MHz)/$\times10^{-3}$	≤	8	10		8	9	10
介电强度/(MV/m)	≥	22		21	22		21
热变形温度(1.82MPa)/℃	≥	123	115	110	128	120	115
燃烧性		FV-0			FV-0	FV-1	

表 1-107 列出国产 MPPO 的性能、特点和用途，可供应用时选择参考。如果原料中含水分过高时，可在 110 ~ 130℃热风循环烘箱中干燥处理 2 ~ 3h，使原料含水率低于 0.06%。

表 1-107 MPPO 的性能、

性 能	方法	条件	牌				
	ASTM		M104	M104N	M105	M105N	M106
相对密度	D792	23℃	1.07	1.07	1.08	1.08	1.06
吸水率(%)	D570	23℃24hs	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
玻纤含量(%)							
热变形温度/℃	D648	1.82MPa	90	90	100	102	120
线膨胀系数/[mm/(mm·℃)]	D696	−30 ~ +30℃	7×10^{-5}	7×10^{-5}	7×10^{-5}	7×10^{-5}	7×10^{-5}
模塑收缩率/(mm/mm)	D955		0.005 ~ 0.007	0.005 ~ 0.007	0.005 ~ 0.007	0.005 ~ 0.007	0.005 ~ 0.007
阻燃性	UL94	3.2mm	V-1	V-0	V-1	V-0	V-1
拉伸强度/MPa	D638	23℃	41.2	41.2	49.0	49.0	59.9
断后伸长率(%)	D638	23℃	40	30	30	30	30
弯曲强度/MPa	D790	23℃	63.7	63.7	78.4	78.4	88.2
弯曲模量/MPa	D790	23℃	2.16×10^{3}	2.16×10^{3}	2.35×10^{3}	2.35×10^{3}	2.35×10^{3}
冲击强度(缺口)/(kJ/m²)	D256	23℃/6.2mm	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
洛氏硬度	D785	R	R110	R110	R113	R115	R116
介电强度/(kV/mm)	D149	50% RH23℃	22	20	22	20	20
体积电阻/Ω·cm	D257	50% RH23℃	10^{16}	10^{16}	10^{16}	10^{16}	10^{16}
介质损耗角正切	D150	50% RH23℃ 10^{6}CPS	0.005	0.007	0.003	0.007	0.003
介电常数	D150	50% RH23℃ 10^{16}CPS	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
特点 用途			流动性好、阻燃一般，壳体、仪表盘	流动性好、高阻燃	耐热、阻燃。大型壳体、底座等	耐热、高阻燃	高耐热、阻燃。壳体底座、插件

特点和用途

号											
M107	M109-G20N	M109-G30	M109-G30N	MM 106H	S01	S02	DF01	NP201	NP202	NP220	NP221
1. 07	1. 25	1. 25	1. 30	1. 06	1. 07	1. 07	1. 06	1. 12	1. 12	1. 25	1. 25
0. 1	0. 08	0. 08	0. 08	0. 1	0. 1	0. 1	0. 1	0. 9	0. 9	0. 9	0. 9
	20	30	30							20	20
125	135	140	140	110	110	130	80	120	130	170	170
7×10^{-5}	4×10^{-5}	3×10^{-5}	4×10^{-5}	8×10^{-5}	7×10^{-5}	7×10^{-5}					
0. 005 ~ 0. 007	0. 002 ~ 0. 004	0. 002 ~ 0. 003	0. 002 ~ 0. 003	0. 005 ~ 0. 007	0. 005 ~ 0. 007	0. 005 ~ 0. 007	0. 005 ~ 0. 007	0. 01 ~ 0. 02	0. 01 ~ 0. 012	0. 005 ~ 0. 012	0. 005 ~ 0. 012
V-0	V-1	HB	V-1	V-1	HB	HB	V-0	HB	HB	HB	HB
59. 9	98. 0	112. 7	112. 7	53. 9	49. 0	59. 9	29. 4	49. 0	53. 9	107. 8	107. 8
30	4 ~ 6	4 ~ 6	4 ~ 6	30	30	30					5. 5
88. 2	122. 5	137. 2	137. 2	78. 4	83. 3	98. 0	58. 8	78. 4	100	147. 0	166. 5
2.35×10^3	3.92×10^3	4.9×10^3	4.9×10^3	2.35×10^3	2.35×10^3	2.55×10^3				4.9×10^3	
14. 7	9. 8	9. 8	9. 8	19. 6	34. 3	34. 3	9. 8	13. 7	19. 6	9. 8	13. 7
R115	R120	R120	R125	R110	R110	R115	R110				
20	22	22	22	22			22	22	22	22	22
10^{16}	10^{16}	10^{16}	10^{16}	10^{16}			22	10^{16}	10^{16}	10^{16}	10^{16}
0. 007	0. 003	0. 003	0. 003	0. 003			0. 003	0. 003	0. 003	0. 003	0. 003
2. 8	3. 0	2. 9	3	2. 7			2. 7	2. 7	2. 7	2. 7	2. 7
高耐热高阻燃	20%玻纤增强阻燃壳体机械零件	30%玻纤增强	30%玻纤增强阻燃	耐热、高抗冲	超高抗冲、耐高温。纺织织管、工程件	超高抗冲，耐热	低发泡	PPO/PA 合金	PPO/PA 合金	PPO/PA 合金增强	PPO/PA 合金增强

1.12　聚苯硫醚

聚苯硫醚（PPS）也叫聚亚苯基硫醚或叫聚亚苯基硫。

1. 性能特征

聚苯硫醚是一种综合性能优异的热塑性结晶树脂。热性能非常好，熔点为 280 ~ 290℃，分解温度大于 600℃，可在 240℃温度以下长期使用，热稳定性优于目前所有的工程塑料；力学性能好，刚性极强，表面硬度高，耐蠕变和耐疲劳性优异，且耐磨性突出；耐腐蚀性、耐化学药品性优良，仅次于聚四氟乙烯；制品尺寸稳定性好，成型收缩率低，吸水性小；阻燃性好；电性能优异，即使在高温、高湿和高频条件下变化也不大。不足之处：脆性较大，延伸率低、韧性差，熔接强度不好，着色性不理想，比通用工程塑料价格高出约 2 倍。

PPS 的性能参数见表 1-108。国内生产厂 PPS 塑料技术指标及用途见表 1-109 ~ 表 1-111。

2. 成型方法与用途

低分子量的 PPS 树脂，由于无法直接塑化，所以只能用于喷涂。高分子质量的 PPS 树脂，可用注射、挤出和模压法成型制品 PPS 树脂应用范围广泛，可制造成各种耐高温、耐腐蚀制品；电气工业零件，也可用于制造防静电和电磁屏蔽等产品，如化工和机械设备中的耐酸、碱用管件、阀、泵体和叶轮等；运输机械中的轴承、配电盘、电刷支架和排气装置等；电器设备中的发动机电刷、叶片、高电压外壳及插座和变压器中的一些零配件等。

表 1-108　PPS 的典型性能

项　　目	指标	项　　目	指标
密度/(g/cm^3)	1.35	屈服强度/断裂强度/MPa	75
颜色	棕色	断裂伸长率(%)	4
吸潮率(23℃,50RH)(%)	0.01	弹性模量/MPa	3700
熔化温度/℃	280	Charpy 无缺口冲击强度/(kJ/m^2)	25
玻璃转变温度/℃	90	Charpy 缺口冲击强度/(kJ/m^2)	3.5
热导率(23℃)/[W/(K·m)]	0.3	球压硬度/MPa	190
线膨胀系数(23 ~ 150℃)/($\times10^{-6}$/K)	50	洛氏硬度	M
线膨胀系数(>150℃)/($\times10^{-6}$/K)	50	介电强度/(kV/mm)	17
热变形温度(1.8MPa)/℃	110	体积电阻/Ω·cm	10^{13}
最高短期工作温度(2h)/℃	260	体表电阻/Ω	10^{15}
最高持续工作温度/℃	230	介电损耗角正切(100Hz)	0.01
UL 等级(1.6/3.2mm)	V-0	介电损耗角正切(1MHz)	0.01

表 1-109　广州番禺汇塑工程塑料厂 PPS 技术指标

项　　目	纯树脂	项　　目	纯树脂
相对密度	1.34	吸水性(%)	0.05
拉伸强度/MPa	56	马丁耐热/℃	102
弯曲强度/MPa	82	体积电阻率/Ω·cm	2.8×10
压缩强度/MPa	183	介电强度/(kV/mm)	26.6
冲击强度/(kJ/m^2)		摩擦因数(AMS/E 机)	0.34
缺口	4.70		
无缺口	7.30		

表 1-110　余姚市高科塑化有限公司 PPS 技术指标

项　　目	测试标准	PR-0	PR-3	PR-4	PR-5	PR-7
密度(g/cm^3)	GB/T 1033.1—2008	1.35	1.56	1.65	1.70	1.90
吸水率(%)	GB/T 1034—2008	0.05	0.06	0.06	0.05	0.04
拉伸强度/MPa	GB/T 1040.2—2006	55	130	145	150	130
伸长率(%)	GB/T 1040.2—2006	6	1.2	1.0	1.0	0.5
弯曲强度/MPa	GB/T 9341—2008	106	145	200	210	150
冲击强度/(kJ/m^2)	GB/T 1043.1—2008	2	8	8	10	6
热变形温度/℃	GB/T 1634—2004	100	255	260	260	260
阻燃性	GB/T 2408—2008	FV-0	FV-0	FV-0	FV-0	FV-0
体积电阻/Ω·m	GB/T 1410—2006	10^{13}	10^{13}	10^{13}	10^{13}	10^{13}
介电常数	GB/T 1409—2006		3.8	3.8	3.8	4.5
介电损耗角正切	GB/T 1409—2006		0.002	0.002	0.003	0.008
介电强度/(kV/mm)	GB/T 1408—2007		15	15	14	14

表 1-111　PPS 注塑制品用料生产厂牌号及产品特点与用途

生产厂家	PPS 牌号	特点和用途
成都乐天塑料有限公司	PPS—PⅠ	白色颗粒、无填充料。适合改性增强注塑制品
	PPS—PⅡ	白色颗粒,线型高分子质量,无填充料。适合改性增强、注塑制品
	PPS—PⅢ	白色颗粒,线型高分子质量,无填充料。适合改性增强高强度结构件,如轴承、齿轮活塞套
	PPS—ZⅠ	灰白色颗粒、填充玻璃纤维增强、注塑制品
	PPS—ZⅡ	同上
	PPS—ZⅢ	灰白色颗粒、填充玻璃纤维增强,氟塑料合金,适合注射成型高强度结构工程制品
宝丽塑料(上海)有限公司	0220A9	非填充料等级、注塑级、一般用途
	1140A1	同上
	1140A62	玻璃纤维增强、不易产生溢边
	1140T1I	玻璃纤维增强、高抗冲
	6165A4	玻璃纤维/无机物增强、注塑级、一般用途
	6465A62	玻璃纤维/无机物增强、超高流动、低变形、低翘曲
	2130A1	碳纤维增强、高强度、高刚性、耐磨损、抗静电

1.13　聚甲基丙烯酸甲酯

聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）是聚丙烯酸类聚合物中的一种，相对分子质量在 50 万～100 万之间，俗称有机玻璃。

聚甲基丙烯酸甲酯的光学性能优良，透光率可达 92%，无色，几乎不吸收可见光，着色性好，在热作用下几乎不褪色，不变色；耐腐蚀，耐候性好，电性能好，耐酸、碱、无机盐、有机盐和油脂类，在室外长期暴露时其透明度和色泽变化很小，有良好的耐电弧性及不漏电、表面电阻大。不足之处是制品表面硬度小，易划伤，热膨胀系数大，吸水性高，因温度和湿度引起的尺寸伸缩量大；缺口冲击强度低，易产生应力开裂；电绝缘性高，易带电；制品可燃，无火焰，无毒。

可模塑和挤塑 PMMA 材料见表 1-112 和表 1-113。

表 1-112 PMMA 模型和挤塑材料性能（GB/T 15597.2—2010）

性能	单位	试验方法	试样尺寸/mm	试验条件和补充说明
流变性能				
熔体质量流动速率(MFR)①	g/10min	GB/T 3682—2000	模塑料	负荷 3.8kg,温度 230℃②
熔体体积流动速率(MVR)①	cm^3/10min	GB/T 3682—2000	模塑料	负荷 3.8kg,温度 230℃②
力学性能				
拉伸模量	MPa	GB/T 1040.2—2006	1A 型	试验速度 1mm/min
拉伸断裂强度	MPa	GB/T 1040.2—2006	1A 型	试验速度 5mm/min
拉伸断裂应变	%	GB/T 1040.2—2006	1A 型	试验速度 5mm/min
简支梁无缺口冲击强度	kJ/m^2	GB/T 1043.1—2008	80×10×4③	侧向冲击
简支梁缺口冲击强度	kJ/m^2	GB/T 1043.1—2008	80×10×4③	V-缺口 r=0.25mm
热性能				
负荷变形温度	℃	GB/T 1634.2—2004	120×10×4	120℃/h 1.8MPa③
维卡软化温度①	℃	GB/T 1633—2000	>10×>10×4	50℃/h,50N④
其他性能				
在 23℃时吸水率	%	GB/T 1034—2008	50×50×3	24h④后
密度	kg/dm^3	GB/T 1033.1—2008	>10×>10×4	见脚注④

① 用于材料命名的性能符合 GB/T 15597.1—2009 中规定。
② 模塑料预先在烘箱中 80℃干燥至少 24h。
③ 通过切取 GB/T 11997—2008A 型多用途试验试样中部获得试样。
④ 试样在烘箱中调节后，应放入（23±2）℃的干燥器中至少冷却 1h。

表 1-113 附加性能和对 PMMA 列举有用试验条件（GB/T 15597.2—2010）

性能	单位	试验方法	试样尺寸/mm	试验条件和补充说明
流变性能				
黏数①	mL/g	ISO 1628-6:1990	模塑料	—
力学性能				
剪切模量	MPa	ISO 6721-2:1994	60×10×1	频率 0.1~10Hz
力学损耗因子	—	ISO 6721-2:1994	60×10×1	频率 0.1~10Hz
弯曲模量	MPa	GB/T 9341—2008	80×10×4②	试验速度 2mm/min
弯曲破坏应力	MPa	GB/T 9341—2008	80×10×4②	试验速度 2mm/min
弯曲破坏挠度	mm	GB/T 9341—2008	80×10×4②	试验速度 2mm/min
悬臂梁缺口冲击强度	kJ/m^2	GB/T 1843—2008	80×10×4②	V-缺口 r=0.25mm
压缩强度	MPa	GB/T 1041—2008	10×10×4	试验温度 1mm/mim
球压痕硬度	N/mm^2	GB/T 3398.1—2008	10×10×4	负荷 358N 时间 30s
洛氏硬度	—	GB/T 3398.2—2008	10×10×4	M 标尺
其他性能				
折光指数	—	ISO 489:1999	—	—
透光率	%	ISO 13468-1:1996	厚度 3	—
液体化学试剂的影响	—	GB/T 11547—2008	—	浸泡时间 7 天③

① 用于材料命名的性能符合 GB/T 15597.1—2009 中规定。
② 通过切取 GB/T 11997—2008A 型多用途试验试样中部获得试样。
③ 试样在烘箱中调节后，允许放入（23±2）℃的干燥器中至少冷却 1h。

由于聚甲基丙烯酸甲酯制品有一定的强度，并且透明度好，所以多用在要求透明、防震和防爆方面。如汽车、船舰上的玻璃窗、挡风玻璃、仪表盘、仪器罩及灯罩等；军工上用于光学透镜、防爆、消声玻璃、防弹玻璃、防毒面具视镜、激光防护镜等；飞机用的透明舱盖、高速飞机用挡风玻璃等；电器方面用磁带盒、光学显像盘和电绝缘零件等。

聚甲基丙烯酸甲酯易吸湿，原料投产前要进行干燥处理。处理方法是把原料置于 80℃左右的温度中，料层厚 30mm、烘干 2h 以上，最终使料中含水量要小于 0.05%。

上海制笔化工厂产 613 牌丙烯酸酯共聚物，可成型笔、军工和仪表等。上海珊瑚化工和苏州安利化工生产的 PMMA 牌料，可注射成型仪表、建筑、工艺美术、日用品、交通运输工具等零部件，如透镜、防护罩、安全窗、控制板、设备外罩和医用部件等。另外，黑龙江龙新化工有限公司生产的 LX-040、LX-060 牌号的 PMMA，熔体流动速率较高，可注射成型力学性能要求较高的制品。

1.14　丙烯腈-苯乙烯共聚物

丙烯腈-苯乙烯共聚又称 SAN 或 AS 树脂。它是一种非结晶态无色透明的颗粒状热塑性树脂，相对密度 1.07，成品收缩率为 0.2% ~0.5%，无毒。是一种坚固而有刚性的材料，具有良好的尺寸稳定性、耐候性、耐热性、耐油性、抗振动和化学稳定性；力学性能好于聚苯乙烯，透明度和聚苯乙烯相同；能耐汽油、煤油和芳香烃等非极性物质的侵蚀，耐水、酸、碱、洗涤剂和卤代烃类溶剂等，但能为有机溶剂所溶胀，且溶于酮类。兰州石化公司合成橡胶厂 SAN 的物理力学性能参数见表 1-114。

表 1-114　兰州石化公司合成橡胶厂 SAN（AS）物理力学性能

项目 \ 牌号	测试方法 ASTM	正常流动级(NF)	高流动级(HF)	高耐热级(HH)	高流动、高耐化学、高耐热级(HC)
熔体流动速率/(g/10min)	D1238	1.4	2.2	1.4	3.3
拉伸强度/MPa	D638	74.0	72.0	78.0	78.0
伸长率(%)	D638	3.2	3.2	3.4	3.4
拉伸弹性模量/10^4MPa	D638	0.26	0.26	0.27	0.27
悬臂梁冲击强度/(kJ/m)	D256	0.024	0.024	0.025	0.026
洛氏硬度(R)	D785	76	76	77	80
热变形温度(1.8MPa)/℃	D648	93	93	95	95
总含腈(质量分数)(%)	D1013	21.5	24.5	28	31
透光度(%)	D1003	90	90	90	90

SAN 树脂多用于掺混生产 ABS、ASA 和 AES 树脂等。用于注塑制品，主要应用于仪表和汽车工业，成型机械零部件、油箱、车灯罩，仪表罩、仪表透镜、各种开关按钮等；蓄电池外壳、电视机、收录机旋钮和标尺；电池盒、接线盒、电话及其他家用电器零部件；空调机、照相机零件、电扇叶片等；笔杆、文教用品、渔具、玩具等；盘、杯、餐具、化妆品和其他物的包装材料及卫生用品、一次性打火机等生活日用品。

SAN 注射成型制品用料，投产前须在 70 ~80℃热风循环烘箱中干燥处理 2h 左右。表 1-115列出国内部分 SAN 生产厂产品牌号及其特点与用途，可供生产时选择参考。

表 1-115　SAN 注塑制品用料生产厂产品牌号及其特点与用途

生产厂家	SAN 牌号	特点和用途
中国石油兰州石化公司合成橡胶厂	HF	高流动性透明度、尺寸稳定性好、强度高。适合耐酸碱油的风叶、电池瓶壳、磁带盒等
	HH	高耐热、高抗冲、耐酸碱油、尺寸稳定性好。适合蓄电池瓶壳、打火机壳，壁灯、洗衣机计时器座

（续）

生产厂家	SAN 牌号	特点和用途
中国石油兰州石化公司合成橡胶厂	NF	透明度好。适合灯具、打火机壳、家电透明制品、仪表元件、食品容器等
	HH—C100	蓄电池壳专用料
	HH—C200	打火机壳专用料
中国石油大庆石化分公司	300	高流动性。适合电扇风叶、蓄电池瓶壳、磁带盒、打火机壳等
	325	高透明度。适合电扇风叶、录像带盒、冰箱保鲜盒、混合器等
	350	耐热性好。汽车用蓄电池壳、录像带盒、医疗用品等
	SNA—GF HSG—5110	易流动。适合计算机、磁盘、录音机磁带盒
	SNA—GF HSG—5120	高冲击强度。适合干燥箱箱盖、仪表外壳等
	SNA—GF HSG—5130	高刚性和耐热性。适合高刚性制件，如电风扇配件
宁波 LG 甬兴公司	82TR	力学性能好，成型加工性、耐化学品性、高透明度均好。适合透明度高的制品
	80HF 高耐热型	易成型，透明度、耐化学品性好，适合食品容器、电子琴键盘、自行车反射镜、磁带盒等透明度产品
	81HF 高流动性	
	90HR	高耐热型，成型加工性、透明度、耐化学品性良好。适合汽车蓄电池瓶外壳、电子和汽车配件
	92HR	
	95HC	抗化合物侵蚀性、成型加工性、透明度、耐化学品性均好。适合一次性打火机、化妆箱（盒）等需抗化合物侵蚀性制品
	95HC—TC	

第 2 章　助　　剂

塑料加工行业用助剂是指某些聚合物（树脂）在加工成型制品过程中所添加的各种辅助材料（化学品）。这些辅助材料是按塑料加工的需要而配制的，并按一定的比例掺混在聚合物中，为塑料制品的成型加工服务。如某些助剂的加入可以改善聚合物的加工性能，而另一种助剂的加入可以改进聚合物制品的性能或扩大它们的应用范围，延长制品的工作寿命及降低制品的生产成本等。这样看来，助剂是聚合物成型塑料制品生产中不可缺少的一种材料。更准确一点讲，聚合物成型塑料制品，如果没有各种助剂的加入配合，就无法进行塑料制品的生产。

2.1　助剂的功能与分类

塑料在成型加工时应用的助剂种类比较多，一般是按助剂的功能作用分类，如有稳定剂、加工助剂和能够改变或改善塑料各种性能的功能性助剂等。具体的分类方式如下。

（1）稳定剂　是一种能够保持塑料性能稳定的助剂。制品原料中加入稳定剂，能够防止或延缓树脂在储存、加工及其制品在使用中的老化降解。稳定剂按其功能作用的不同，又可分为抗氧剂、光稳定剂、热稳定剂和防霉剂等类型。

（2）加工助剂　是一种能够改变或改善树脂加工性能的助剂。如能促进树脂加快熔融塑化、改善熔料的流动性、防止或减少熔料粘在设备工作面上和降低熔料间的摩擦等。加工助剂按其作用的不同，可分为润滑剂、脱模剂和加工改性剂等。

（3）功能性助剂　是指能够改善或改变塑料制品原有性能的助剂。按其功能作用的不同可分为：改善制品物理性能用助剂，如能够提高制品拉伸强度、硬度、刚度及使制品尺寸稳定、热变形小或改善冲击强度的交联剂、填充剂、增强剂、偶联剂、抗冲击改性剂和成模剂等。

能够使制品柔软或体轻的助剂，如增塑剂能使制品柔软，发泡剂能使制品成泡沫结构。另外，还有能使制品消除静电的抗静电剂，使制品不易燃烧的阻燃剂及使制品有一定色泽的着色剂，不易粘连的防粘连剂等。

2.2　助剂的选用

由于助剂的种类和品牌型号较多，每种助剂都各有应用特点和最佳性能范围，还有些助剂具有双重或多重作用，与其他助剂配合使用，会有协同或对抗作用等各种效果。助剂的选择应用是否合理对制品要求的性能改变程度及生产制品成本的高低影响很大，因此选择助剂时应注意下列几点：

1）选择的助剂一定要与主原料（塑料树脂）有较好的相容性。

2）助剂要能适应主原料熔融塑化及成型制品工艺条件的要求。

3）助剂所具有的特殊性能在应用时要有一定的持久性。

4）多种助剂配合使用时，要注意助剂间的协同作用和对抗作用对制品性能的影响。

5）按制品工作中需要的特殊性能，选择最能改变原料使其达到最佳性能的助剂。

6）选择的助剂应注意其对制品生产成本的影响，应是料源丰富、售价最低。

2.2.1 增塑剂

增塑剂多数是高沸点的液态酯类。聚氯乙烯树脂的原料配方中加入一定比例的增塑剂，可以改变它的基本性质，使聚氯乙烯制品增加柔软性，降低熔融黏度，改善熔态料的流动性，降低玻璃化温度等。聚氯乙烯性质的变化程度与增塑剂的性能、加入量的大小和聚氯乙烯树脂的性质有关。如果只从增塑剂加入量的多少来看塑料制品性质的变化，则增塑剂加入树脂中的组分越多，塑料制品越柔软。如果增塑剂加入量低于 10%（质量分数，如无特殊说明，后文均指质量分数。），则 PVC 树脂成型的制品为硬质；如果增塑剂加入量比例大于 30%，则 PVC 树脂成型的制品为软质；如果增塑剂加入量占 PVC 树脂量的 10% ~30%，则成型的制品为半硬质塑料。另外，还有能够改变聚氯乙烯树脂性质中专项功能的增塑剂，如能够改善 PVC 树脂耐热功能的增塑剂、耐寒功能增塑剂、耐油增塑剂、阻燃增塑剂和无毒增塑剂等。

1. 增塑剂的应用选择条件

1）增塑剂应与树脂相容性能好，在生产成型塑料制品的过程中挥发性低、不迁移、不渗出，能够延长塑料制品的使用寿命。

2）加入增塑剂的 PVC 树脂熔点温度降低，使树脂加工成型比较容易。

3）选用原料来源广、价格低、增塑效率高的增塑剂。常用增塑剂的增塑效率值见表 2-1。

表 2-1 常用增塑剂的增塑效率值

增塑剂名称	DOP	DIOP	DAP	DNP	DOS	DOA	DNOP	DBP	TTP	TXP	DBS	ED3	氯化石蜡
增塑效率值	1.00	1.03	0.97	1.17	0.93	0.94	1.17	0.85	1.25	1.31	0.78	0.91	1.53

4）注意增塑剂对 PVC 树脂绝缘性的影响，当用于导线和电缆护套等塑料制品时，原料中不采用能使制品绝缘性下降的增塑剂。

2. 常用增塑剂的性能

1）邻苯二甲酸二丁酯（DBP）。为无色透明液体，有毒，能溶于多数有机溶剂，着火点为 202℃。在聚氯乙烯制品中应用，可使制品有较好的柔软性。

2）邻苯二甲酸二辛酯（DOP）。为无色油状液体，有一种特殊气味，着火点为 241℃，能溶于大多数有机溶剂。它是聚氯乙烯制品的主增塑剂，具有良好的综合性能：混合性能、低温柔软性、电绝缘性能、耐热性、耐候性均较好，而且增塑效率高，可用于食品包装树脂。

3）邻苯二甲酸二异辛酯（DIOP）。为无色而黏稠的液体，能溶于大多数有机溶剂和烃类，着火点为 249℃。性能与 DOP 接近，可替代 DOP，毒性低，价廉，但电性能、增塑效率和低温性能比 DOP 略差。

4）己二酸二辛酯（DOA）。为无色、无味液体，无毒，沸点为 210℃（655Pa），着火点为 235℃，不溶于水，溶于多数有机溶剂。它是聚氯乙烯制品中的一种耐寒增塑剂，制品

在低温环境中仍具有良好的柔软性，同时，还具有光稳定性和耐水性，可用于食品包装材料，但挥发性和电绝缘性不足。

5）癸二酸二正丁酯（DBS）。为无色液体，无毒，着火点为218℃，空气中爆炸极限为0.44%（体积分数，243℃时的下限），水中溶解度为0.40g/L（20℃）。能与多数树脂相容，有很好的溶剂效果，可做耐寒主增塑剂。应用时常与邻苯二甲酸酯类并用，以降低其挥发性及容易被水、肥皂水和洗涤溶液抽出的可能性。

6）癸二酸二辛酯（DOS）。为无色油状液体，着火点为263℃，能溶于醇、苯、醚等有机溶剂，但不溶于水。它是电缆料常用的一种低温性能好、挥发性小的耐寒增塑剂，也可在高温环境中应用，耐候性和电绝缘性很好，但易被烃类溶剂抽出，容易迁移。

7）磷酸三甲苯酯（TCP）。为无色，略有酚气味，有毒，在420℃时分解，闪点为230℃，溶于苯、醚和醇类。与聚氯乙烯相容性优良，可做PVC的主增塑剂，有很好的阻燃性、耐磨性、耐候性和电性能，挥发性小，耐水和油的抽出，但低温性能差。

8）磷酸三苯酯（TPP）。为白色针状晶体，熔点为49.2℃，有毒，难溶于水。它是一种阻燃性辅助增塑剂，有较好的力学性能，柔性和强韧性好，挥发性低，但耐光性差，不适合浅色制品应用。

9）环氧硬脂酸丁酯（BES或BEO）。为淡黄色透明液体，温度低于10℃时，有少量凝聚物析出，闪点高于190℃，溶于氯仿等有机溶剂。与聚氯乙烯相容性好，既是增塑剂又是稳定剂，耐热性、耐候性很好，耐寒性也好，但挥发性大，用量在5%左右。

10）石油磺酸苯酯（M-50）。为淡黄色油状透明液体，闪点为200～220℃（开皿）。在聚氯乙烯制品中应用，具有介电性能、力学性能和耐候性能好，挥发性能低等特性。但耐寒性能差，相容性中等，用时多与邻苯二甲酸酯并用，一般为15份左右。

11）氯化石蜡（43%）。为金黄色或琥珀色黏稠液体，无毒、无味、不燃、不爆、挥发性极微，能溶于大多数有机溶剂，不溶于水和乙醇，温度高于120℃时能分解出氯化氢气体，铁、锌等金属氢化物能促进其分解。可做聚氯乙烯辅助增塑剂，取代部分主增塑剂，降低制品成本，降低燃烧性。

3. 常用增塑剂应用比较

常用增塑剂的特点与应用见表2-2。

表2-2 常用增塑剂的特点与应用

增塑剂名称	简称	优点	缺点	主要用途
邻苯二甲酸二丁酯	DBP	塑化效率高，可加工性及相容性良好，柔软性好，价格低	挥发性高，加热损耗大，影响制品使用寿命	通用型增塑剂，可用做主增塑剂
邻苯二甲酸二庚酯	DHP	可加工性良好，价格便宜	挥发性高	通用型增塑剂，可用做主增塑剂
邻苯二甲酸二辛酯	DOP	相容性好，挥发性和吸水性小，电绝缘性好，毒性小	耐寒性差	通用型可做主增塑剂
邻苯二甲酸二正辛酯	DNOP	对光、热的稳定性及耐寒性良好，增塑糊黏度稳定	—	可做主增塑剂，用于农膜、电线、增塑糊原料中
邻苯二甲酸二壬酯	DNP	低挥发性、电绝缘性良	耐寒性、增塑效率较差，制品发硬	可做主增塑剂，用于电线、板材原料

（续）

增塑剂名称	简称	优点	缺点	主要用途
邻苯二甲酸二异癸酯	DIDP	低挥发性、电绝缘性良	—	可做主增塑剂，用于高级人造革、电线
邻苯二甲酸二（十三酯）	DTDP	低挥发性、耐久性良	相容性、加工性较差	可做主增剂，用于耐热电线
邻苯二甲酸丁苄酯	DBP	耐久性、可加工性良好，耐污染	耐寒性较差	用于板、人造革、电线原料
邻苯二甲酸二环己酯	DCHP	耐久性、光热稳定性良好	柔软性、耐寒性差	用于包装制品成型原料
对苯二甲酸二辛酯	DOTP	低挥发性、低温性及良好的增塑糊黏度稳定性	—	可做主增塑剂
癸二酸二丁酯	DBS	性能与 DOS、DBP 接近，塑化效率比 DOS 好，挥发性大于 DOS，耐寒性良好、无毒	相容性、耐油性差	用于食品包装制品的原料，为辅助增塑剂
癸二酸二辛酯	DOS	耐寒性良好、挥发性低	相容性、耐油性差	辅助增塑剂
己二酸二辛酯	DOA	耐寒性良好	相容性、耐油性差	用于耐寒辅助增塑剂
己二酸丙二醇聚酯		保护性好、电性能好、挥发性低	相容性差、塑化效率差	耐久性制品
癸二酸丙二醇聚酯			塑化效率高	
柠檬酸三丁酯	TBC	无毒、耐光性及耐寒性良好、有耐菌性	售价高	食品包装用增塑剂
乙酰柠檬酸三丁酯	ATBC	无毒、低吸湿性、耐水性良	售价高	食品包装用增塑剂
硬脂酸丁脂	BS	有润滑性	相容性差	辅助增塑剂
油酸丁酯	BO	耐寒性、耐水性良好	相容性、耐候性、耐油性差	耐寒性辅助增塑剂
油酸四氢糠醇酯	THFO	可增强塑化效果	相容性差	增塑糊、纤维素类增塑剂
乙酰蓖麻酸甲酯	MAR	无毒、耐寒性良好	相容性较差	辅助增塑剂、丙烯酸树脂
偏苯三酸三（2-乙基己酯）	TOTM	耐热性良好、迁移性小、电绝缘性良好	耐寒性差	耐热电线
烷基磺酸苯酯	T-50（M-50）	性能较全面、价廉	相容性、耐寒性较差	通用型辅助增塑剂
磷酸三甲酚酯	TCP	阻燃性好、相容性良好、抗菌性强、耐磨性良好、吸水性小、电绝缘性好	耐寒性差、有毒、价格高	电线清漆、纤维素
磷酸三苯酯	TPP	阻燃性及相容性良好	耐寒性较差、有毒	电线、合成橡胶纤维素
磷酸三辛酯	TOP	阻燃性、挥发性、耐菌性及耐寒性良好	有毒	
磷酸二苯一辛酯	DPOP	阻燃性、耐候性及相容性良好	耐寒性较差、有毒	
氯化石蜡		阻燃性、电绝缘性及耐油性良好，价廉	塑化效率低、耐寒性差、相容性差	做辅助增塑剂
环氧大豆油（ESO）、环氧油酸丁酯（EBSt）、环氧硬脂酸辛酯（EOSt）、环氧化四氢苯二甲酸二辛酯（EP-S）		可吸收 PVC 分解放出的 HCl，光、热稳定性良好	相容性较差	做耐寒、而候性辅助增塑剂

4. 改善聚氯乙烯性能的增塑剂

1）耐寒性增塑剂。是指能够使 PVC 制品在低温环境下有较好柔软性的增塑剂。有癸二酸二辛酯、己二酸二辛酯、磷酸三辛酯等。

2）耐热性增塑剂。是能提高 PVC 制品的使用温度，在成型生产加工过程中和高温条件下不易分解的增塑剂。有苯二甲酸双十三醇酯、偏苯三酸酯等。

3）耐热耐光性增塑剂。是能够抑制 PVC 制品在高温、光照下分解、变色老化用的增塑剂，有环氧十八酸丁酯、环氧十八酸辛酯和环氧大豆油等。

4）阻燃性增塑剂。加入增塑剂的软质 PVC 制品多数易燃，能阻止易燃的增塑剂有磷酸三甲酚酯和含氯量为 52% 的氯化石蜡等。

5）无毒性增塑剂。食品包装和医用 PVC 制品应注意增塑剂或其他助剂的毒性影响。这种制品用聚氯乙烯树脂应采用无毒性增塑剂，如苯二甲酸酯、环氧大豆油、环氧四氢苯二甲酸酯等。

6）耐菌性增塑剂。增塑剂或其他助剂会影响 PVC 制品的耐菌性，在 PVC 树脂中加入磷酸酯较好，氯化石蜡、苯二甲酸酯也可用。

5. 增塑剂用量对聚氯乙烯制品性能的影响

1）加入增塑剂的 PVC 树脂在塑化过程中所需温度较低，制品成型比较容易。

2）PVC 树脂与增塑剂的相互混溶，使原料膨胀润湿。

3）在一定限度内，树脂中增塑剂用量增加，则其制品强度下降、伸长率增加。

4）增塑剂影响塑料制品的绝缘性：加入量越大，制品的电绝缘性越差。

5）温度会影响增塑剂的增塑作用：温度升高，熔体流动性大，塑化效率提高。

6）树脂中增塑剂量增加，制品原料的密度下降，耐寒性提高，吸水性增加。

7）树脂中的增塑剂在成型制品加工过程中有损耗，热损耗大的增塑剂在塑化成型过程中损耗也大。

6. 增塑剂的作用比较

1）加热损耗量（小→大）：

DIDP→TCP→氯化石蜡→DOS→DOP→M-50→DOA→DBP

2）耐寒性（好→差）：

DOS→ED3→DOP→DBP→M-50→TCP

3）电绝缘性（好→差）：

TCP→氯化石蜡→DOP→M-50→DOS→DBP

4）吸水性（小→大）：

TCP→M-50→DOP→DBP→DOS

5）相容性（好→差）：

DBP→ED3→DOP→DOS→氯化石蜡

6）硬度（由软→硬）：

DBP→DOP→TCP

7）热老化（好→差）：

DOP→氯化石蜡→DBP

2.2.2 稳定剂

在聚氯乙烯（PVC）树脂中加入稳定剂主要是为了防止或缓解该树脂在高温塑化加工过程中分解，以及其制品在使用过程中，环境中的光和氧对其作用，使其产生化学变化，从而改变制品的性能，降低制品的使用寿命。另外，树脂在加工前加入这种稳定剂，也会减少PVC 树脂加工成型制品的难度。

稳定剂按功能分类，可分为热稳定剂、抗氧剂和光稳定剂。

（1）热稳定剂　热稳定剂是聚氯乙烯这种热敏性树脂成型加工中不可缺少的一种助剂。在塑化成塑前的 PVC 树脂中加入一定比例的热稳定剂，主要是为了防止 PVC 树脂在高温成型制品的加工过程中分解。

常用热稳定剂的性能与应用如下。

1）三盐基硫酸铅（3PbO）。耐热性、电绝缘性优良，对光稳定不变色，但相容性、分散性差，有毒。适合于聚氯乙烯不透明制品，如管、板和人造革等软制品，用量为0.5% ~5%。

2）二盐基亚磷酸铅（2PbO）。有优良的热稳定性及耐候性，但相容性、分散性差，有毒。适合于聚氯乙烯不透明制品，如电缆线、管和板的成型。与三盐基硫酸铅和二盐基硬脂酸铅并用有协同作用，用量为 1% ~5%。

3）二盐基硬脂酸铅。不溶于水，有毒。适合于聚氯乙烯的电缆、薄膜、人造革和管材制品用助剂，有热稳定和光稳定性。一般用量不大于 3%。

4）硬脂酸铅（PbSt）。熔点为 95 ~ 120℃，易受硫化物污染，有毒。适合于不透明的软、硬聚氯乙烯制品，用量不大于 2%。

5）硬脂酸钡（BaSt）。熔点为 205℃左右，不溶于水，有毒。适合于软质透明聚氯乙烯板、人造革和硬质板、管等制品用助剂，用量为 0.5% ~2%。

6）硬脂酸镉（CdSt）。熔点为 100℃左右，不溶于水，有毒。适合于软质透明聚氯乙烯制品用，是制品的热和光稳定助剂。一般用量为 0.2% ~1.5%。

7）硬脂酸钙（CaSt）。熔点为 125 ~ 150℃，不溶于水，有毒。适合做聚氯乙烯制品的热稳定剂及加工润滑剂，用量一般不超过 2.5%。

8）硬脂酸锌（ZnSt）。熔点为 120 ~ 130℃，不溶于水，无毒，粉尘的空气混合物有爆炸危险。不宜单独使用，多与其他皂盐配合，用于软质聚氯乙烯制品助剂，一般用量不大于 1%，有热稳定和光稳定助剂作用。

9）二月桂酸二丁基锡（DBTL）。凝固点为 16 ~23℃，有毒。与钡、镉盐并用，适合于软质、透明聚氯乙烯制品用助剂，也可与马来酸系和硫醇系有机锡并用，做硬质聚氯乙烯制品助剂。用量一般在 0.3% ~1% 之间。

10）钙锌液体稳定剂。低毒，适合做聚氯乙烯制品用热稳定剂。

（2）抗氧剂

塑料树脂中加入抗氧剂，是为了防止树脂在加工高温塑化或成型制品后，受空气中氧的影响（氧化降解），而使塑料制品的强度、外观和性能发生变化，从而缩短塑料制品的使用寿命。

常用抗氧剂的性能与用途如下。

1）四［β-(3,5－二叔丁基-4-羟基苯基）丙酸］季戊四醇酯，也称为抗氧剂1010。为白色流动性粉末，熔点为120～125℃，毒性较低，是一种较好的抗氧剂。它在聚丙烯树脂中应用较多，是一种热稳定性高、非常适合于高温条件下使用的助剂，能延长制品使用寿命，另外，也可用于其他大多数树脂中。一般用量不大于0.5%。

2）β-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基）丙酸十八酯，也称为抗氧剂1076。为白色或微黄色结晶粉末，溶点为50～55℃，无毒，不溶于水，可溶于苯、丙酮、乙烷和酯类等溶剂。可作为聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚酰胺、ABS和丙烯酸等树脂的抗氧剂。具有抗氧性好、挥发性小、耐洗涤等特性。一般用量不大于0.5%，可做食品包装材料成型用助剂。

3）1,1,3-三（2-甲基-4-羟基-5-叔丁基苯基）丁烷，也称为抗氧剂CA。为白色结晶粉末，熔点为180～188℃，毒性低，溶于丙酮、乙醇、甲苯和醋酸乙酯。适合于聚丙烯、聚乙烯、聚氯乙烯、ABS和聚酰胺树脂中的抗氧助剂，并可用于与铜接触的电线、电缆。一般用量不超过0.5%。

4）2,6-二叔丁基-4 甲基苯酚，也称为抗氧剂264。为白色或浅黄色结晶粉末或片状物，熔点为70℃左右，沸点为260℃左右，无毒。用于多种树脂中，不溶于水，能较好地抑制氧化、热分解和铜的影响，所以用途广泛。更适用于食品包装成型用树脂（聚氯乙烯、聚丙烯、聚乙烯、聚酯、聚苯乙烯和ABS）中。一般用量为0.01%～0.5%。

5）*N*，*N*-二-β-苯基-对苯二胺，也称为抗氧剂DNP。为浅灰色粉末，熔点为230℃左右，易溶于苯胺及硝基苯中，不溶于水。适用于聚乙烯、聚丙烯、抗冲击聚苯乙烯和ABS树脂，除具有抗氧效能外，还有较好的热稳定作用和抑制铜、锰金属的影响。一般用量应不超过2%。

6）硫代二丙酸二月桂酯，也称为抗氧剂DLTP。为白色结晶粉末，熔点为40℃左右，毒性低，不溶于水，能溶于苯、四氯化碳、丙酮。用于聚乙烯、聚丙烯、ABS和聚氯乙烯树脂的辅助抗氧剂，可改善制品的耐热性和抗氧性。一般用量为0.05%～1.5%。

7）亚磷酸三壬基苯酯，也称抗氧剂TNP。为浅黄色黏稠液体，凝固点低于－5℃，沸点大于105℃，无味，无毒，不溶于水，溶于丙酮、乙醇、苯和四氯化碳。适合于聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、抗冲击聚苯乙烯和ABS、聚酯等树脂，高温中抗氧化性能高。使用量不应超过1.5%。

8）亚磷酸三苯酯，也称为抗氧剂（TPP）。为浅黄色透明液体，凝固点为19～24℃，沸点为220℃，溶于醇、苯、丙酮。适合于聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯和ABS树脂的辅助抗氧剂，使用量应不超过3%。

9）2-硫醇基苯并咪唑，也称为抗氧剂MB。为淡黄色粉末，熔点高于285℃，溶于乙醇、丙酮、醋酸乙酯，不溶于水和苯。适合于聚乙烯、聚酰胺和聚丙烯树脂的抗氧剂。本品不污染，不着色，可用于白色或艳色制品。用量不应超过0.5%。

（3）光稳定剂

能够使塑料制品延缓在光作用下改变性能的助剂，称为光稳定剂。

常用光稳定剂的性能与用途如下。

1）2-羟基-4-正辛氧基二苯甲酮，也称为UV-531。为浅黄色粉末，熔点约为48℃，溶于丙酮、苯和乙醇，不溶于水，毒性很小。与树脂相容性好、挥发性小，可做各种塑料的光

稳定剂，用量应不超过 1%。

2）2-(3′,5′-二特丁基-2′-羟基苯基）5 氯苯并三唑，也称为 UV-327。为淡黄色粉末，熔点为 155℃左右，毒性较低，耐高温，化学稳定性好，耐洗涤性好。适合于烯烃类树脂和环氧树脂。用量为 1% ~3%。

3）双（3,5-二特丁基-4 羟基苄基）磷酸单乙酯镍，也称为 UV-2002。为淡黄色粉末，熔点约为 190℃，属于有机镍铬合物中含磷的镍螯合型光稳定剂。适合于常用塑料树脂成型薄膜，同时还有一定的抗氧和阻燃效果，用量不大于 1%。

4）双［2,2′-硫代双-4（11,3,3-四甲基丁基苯酚）镍］，也称为 AM101。为猝灭型光稳定剂，绿色粉末，有毒。适合应用于聚烯烃树脂中，成型薄膜，能改善加工性能，但不能用于白色和透明制品中。

5）4-苯甲酸基-2,2,6,6-四甲基哌啶，也称为 UV-744。为粉末状，熔点约为 93%，低毒，耐水解，不着色。适合用于聚烯烃树脂中，能阻断氧化反应的继续，发挥光稳定作用。

（4）稳定剂的选择

1）应不受热、光、辐射、氧和紫外线等条件影响。

2）与聚氯乙烯树脂容易混合，在加工和成型中无渗出现象。

3）与 HCl 作用后不影响塑料制品性能。

4）稳定性能好，保持耐久，不与其他化学助剂发生化学反应。

5）不影响聚氯乙烯制品的质量，制品的透明度、绝缘性能和防水性能不受影响。

6）稳定剂应是无色、无毒，有较好的透明度、价格低和需用量较小。

7）最好选用液体稳定剂。如果采用固体稳定剂，要首先制成浆料，在研磨机上研磨细化颗粒，要求颗粒细度越小越好，以使其分散均匀，从而得到较好的应用效果。

常用稳定剂品种、代号及特性见表 2-3。

表 2-3 常用稳定剂品种、代号及特性

品　种	代号	特　性
三盐基硫酸铅	3PbO	热稳定性好，电绝缘性优良，耐候性良好，可做发泡剂的活化剂，价廉；有毒，不能用于接触食品的制品，一般不能制得透明制品，易被硫化物污染生成黑色硫化铅；应防止粉尘飞扬；无润滑性
二盐基亚磷酸铅	2PbO	
二盐基邻苯二甲酸铅		
三盐基马来酸铅		
硅酸铅、硅胶共沉淀物	$PbSiO_3$	
硬脂酸铅	PbSt	起中和作用，加工性能好，兼有润滑性；相容性差，用量多时会喷霜；铅、镉、皂有硫化污染
硬脂酸镉	CdSt	
硬脂酸钡	BaSt	
硬脂酸锌	ZnSt	
硬脂酸钙	CaSt	
二月桂酸二正丁基锡	DBTL	良好的耐热性和透明度，有防变色作用；价格昂贵，有臭味；耐热性马来酸有机锡比羧酸有机锡好，硫醇锡更胜一筹，硫醇锡不能和铅、镉稳定剂并用
马来酸二丁基锡		
马来酸单丁酯二丁基锡		
马来酸二正辛基锡		
S,*S*′-二巯基乙酸异辛酯二正辛基锡		
巯基羧酸酯锑类		热稳定性、透明度均好，初期着色性好，无毒，气味较有机锡小，价廉；不能与铅、镉稳定剂并用
硫醇锑类		

（续）

品 种	代号	特 性
以金属皂类或盐类为基础的液体复合物		分散性好，使用方便，起协同作用，稳定效果佳；液体复合稳定剂润滑性较差，使制品软化点降低，长期储存会变差，主要用于软质制品
以金属皂类或盐类为基础的固体复合物		
以有机锡为基础的液体复合物		
二苯基硫脲、α-苯基吲哚、β-氨基巴豆酸酯类等含氮化合物		无毒，必须与 Cs/Zn、Bs/Zn 稳定剂并用，有协同作用；难以忍受长周期或较高温度的热加工，耐光性较差
原甲酸酯、原苯甲酸酯等原酸酯类		
环氧大豆油、环氧硬脂酸等环氧化合物	ESO	单独使用耐热性、耐候性差，与金属皂类并用，有协同作用
环氧树脂	EP	

2.2.3 抗冲改性助剂

塑料树脂中加入抗冲改性助剂是为了提高塑料制品的抗冲击性能。常用抗冲改性助剂有氯化聚乙烯（CPE）、ACR 抗冲改性剂和 MBS、EVA 抗冲加工助剂。

1）丙烯酸酯类共聚物（ACR）是一种能够促进硬质 PVC 原料塑化和提高其制品抗冲击性能的助剂。ACR 加入 PVC 树脂中，是一种很好的传热介质，由此促进了 PVC 的凝胶塑化，提高了树脂塑化质量；ACR 是由 MMA（甲基丙烯酸甲酯）与多种丙烯酸酯及其他活性单体接枝共聚而成，具有核—壳结构，ACR 的核是弹性体，它吸收冲击能量，从而提高了制品的抗冲击性能。如目前常用的 ACR-201，是由甲基丙烯酸甲酯（MMA）与丙烯酸乙酯（EA）共聚制成，对原料促进塑化效果显著；ACR-30 是由 MMA、EA 和丙烯酸丁酯（BA）共聚制成，它除了能促进原料塑化外，还有一定的抗冲改性性能；ACR-401 由 MMA、BA、甲基丙烯酸丁酯（BMA）和甲基丙烯酸乙酯（EMA）组成，是一种具有综合性能的抗冲改性剂和加工助剂。

2）氯化聚乙烯（CPE）是聚乙烯氯化的产物（含氯量质量分数为 34% ~38%），与 PVC 树脂相容性好，加入树脂中共混后，不仅具有较好的耐低温冲击韧性，而且还能保持 PVC 的物理化学性能，也提高了制品的耐候性及耐油性。一般按 4% ~12% CPE 与 PVC 共混。

3）甲基丙烯酯甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物（MBS），也是一种抗冲改性助剂。它的结构及抗冲机理与 ACR 的核—壳机理类似，其性能是由三种组合料的含量大小来决定，在透明聚氯乙烯制品的生产中，是一种比较好的改性加工助剂。

4）乙烯—醋酸乙烯酯共聚物（EVA）是弹性体，它的性能与醋酸乙烯酯（VA）的含量及熔体流动速率（MFR）指数有关。与 PVC 有较好相容性，是一种具有橡胶类弹性体的共聚物，所以它也是一种抗冲击性加工助剂。注意：应用时，在 MFR 一定条件下，VA 含量越高，弹性效果越好，与 PVC 的相容性增加，应用 EVA 中的 VA 含量应大于 40%。

2.2.4 润滑剂

润滑剂是一种能够改善原料塑化后呈熔态时的流动性，防止熔料发黏、成型后顺利脱模、使熔料不黏设备、制品成型后外表光洁的助剂。这种助剂的作用，主要是降低或减少熔料与设备及熔料分子间的摩擦（起润滑作用），从而改善了原料的加工性，节省动力消耗，也防止因摩擦过热而使熔料分解。

（1）润滑剂的选择

1）能在树脂中均匀分散，与树脂和其他助剂有较好的粗容性。

2）能降低树脂熔态时的黏度，降低熔体与成型模具（或其他金属零件）及熔料间的摩擦力，改善熔料的流动性，成型容易，制品表面光滑，质量较好。

3）对树脂的塑化性能、耐热性和耐候性无影响。

4）对塑料制品成型后的质量和性能无影响。

（2）常用润滑剂的性能与用途

1）硬脂酸钙：白色细粉末，熔点在150℃左右，无毒，不溶于水，在空气中有吸水性。多在聚氯乙烯树脂中做润滑剂用也具有稳定剂效能。

2）硬脂酸锌：白色细粉末，熔点120℃左右，无毒，不溶于水，遇强酸分解为硬脂酸和相应的锌盐。是聚苯乙烯、ABS树脂用润滑剂和脱模剂。

3）硬脂酸：白色片状物，熔点为70℃，在90～100℃环境中慢慢挥发，无毒，能溶于乙醇、丙酮、丁苯和甲苯。主要用于聚氯乙烯树脂，用量为0.3%～0.5%，用量大会喷霜。

4）硬脂酸酰胺：无色片状结晶物，溶点100℃左右，沸点250℃。主要用于PVC、PS树脂，也可做聚烯烃的爽滑剂和薄膜的抗黏连剂。在PVC压延薄膜制品中应用，用量为0.3%～0.8%。

5）石蜡：白色固体，熔点在60℃左右，不溶于水和甲醇。在聚氯乙烯树脂的加工成型中应用普遍，起外部润滑和脱模剂作用。

6）聚乙烯蜡：白色粉末或片状物，软化温度为107℃，无毒。适用于聚氯乙烯树脂的压延和挤塑成型制品的加工，用量不超过1%。能改善聚乙烯、聚丙烯、ABS和PVC树脂熔料的流动性。

2.2.5 发泡剂

发泡剂是一种能够使塑料制品具有泡孔结构而在树脂中加入的助剂。

常用发泡剂的性能与应用如下。

1）偶氮二甲酰胺：也称发泡剂AC，橘黄色结晶粉末，分解温度约200℃，发气量为200～300mL/g，超过120℃会放出大量气体，在密闭容器中有可能会爆炸，无毒。应用较广，价格便宜，适用于聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯的压延制品、人造革和模型发泡的制品。

2）*N*，*N*′-二亚硝基五亚乙基四胺：也称发泡剂H，浅黄色结晶粉末，分解温度为200℃左右，发气量为260～270mL/g；在树脂中或加入分解助剂时，高于130℃即能分解；易燃，严禁与酸或明火接触。多用于聚氯乙烯制品发泡。在PVC树脂中应用，一般不超过15%。

3）对甲苯磺酰肼：也称发泡剂TSH，白色粉末，超过100℃分解，发气量为120mL/g，可燃，无毒。能适合多种树脂发泡，泡孔结构细密均匀；使用此种发泡剂不需加发泡助剂，不能与发泡剂H并用；注意混炼时温度不许超过80℃。

2.2.6 阻燃剂

在塑料树脂中添加一种能够阻止聚合物燃烧或能够抑制火焰传播速度的助剂，这种助剂被称为阻燃剂。

常用阻燃剂的性能与用途如下。

1）三氧化二锑：也称氧化锑，白色粉末，应用广泛；对五官有刺激作用，与皮肤接触能引起皮炎。它适用于聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯和热固性塑料。与磷酸酯、含氮、含溴化合物并用，有较好的协同作用，阻燃效果会更好。

2）氢氧化铝［$Al(OH)_3$ 或 $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$］：白色粉末，脱水反应时能吸收大量热，降低温度，这样可以防止塑料起火和阻止火焰的蔓延。适用于多种塑料树树脂。

3）十溴二苯醚：白色粉末，为添加型阻燃剂。适合于多种塑料，阻燃效果好，热稳定性也好。

4）四溴邻苯二甲酸酐：淡黄色粉末，适合于聚酯、聚苯乙烯、聚烯烃和 ABS 树脂，既是添加型阻燃剂，还兼具抗静电效果。

5）四溴双酚 A：是一种淡黄色或白色粉末，低毒。适用于环氧树脂和聚碳酸酯，阻燃效果很好，也可用于聚苯乙烯、ABS 和酚醛等塑料中，可作为添加型阻燃剂。

2.2.7 抗静电剂

抗静电剂的作用，就是在塑料成型用树脂中加入这种助剂后，其制品的表面能够防止或消除产生的静电。

常用抗静电剂性能与用途如下。

1）抗静电剂 TM（化学名称三羟乙基甲基季铵甲基硫酸盐）：浅黄色黏稠油状物，易溶于水，适用于聚酯、聚酰胺树脂制品，用量不超过 2%。

2）抗静电剂 SN（化学名称十八烷基二甲基羟乙基季铵硝酸盐）：棕红色油状黏稠物，180℃以上分解，溶于水、丙酮、乙酸等溶剂。多用于聚氯乙烯、聚酯和聚乙烯制品用树脂内，成型制品后能增加制品表面的导电性，消除静电的积累。用量不超过 2%。

3）ECH 抗静电剂：烷基酰胺类非离子型表面活性剂，为淡黄色蜡状固体，熔点为 40 ~ 44℃。主要用于软质、半硬质聚氯乙烯薄膜或片材用树脂，为内加型抗静电剂，用量为 3.5% 左右。

2.2.8 防雾剂

防雾剂是一种能够阻止薄膜在潮湿的环境中表面凝结一层细微水珠的助剂。

常用防雾剂如下。

1）甘油单油酸酯：内加型白色蜡状防雾剂。用于聚氯乙烯和聚烯烃薄膜中，用量为 0.5% ~1.5%。

2）山梨糖醇酐单硬脂酸酯：内加型防雾剂，为黄色粒状，熔点 60℃。用于聚氯乙烯薄膜，用量为 1.5% ~1.8%。

3）聚环氧乙烷（20）甘油单硬脂酸酯：浅黄色液体，适用于聚氯乙烯和聚烯烃树脂中，也有抗静电效能，较适用于食品包装膜，用量为 0.5% ~1.5%。

2.2.9 填充剂

在成型塑料制品的树脂中加入一定比例的填充料是为了降低塑料制品的生产成本或改善塑料制品的一些性能，这种填充料即称之为填充剂。它可改善制品的性能，如提高刚性，降

低收缩率，改善着色效果，改善耐热性、耐磨性、耐蚀性和电绝缘性及自熄性等。但也会给制品带来一些不足，如降低了熔料的流动性，给熔料成型增加难度；降低了制品的韧性，影响了制品的透明度等。

常用填充料性能与用途如下。

1）碳酸钙（$CaCO_3$）：白色粉末，粒径为 1.0 ~ 1.61μm（轻质碳酸钙为 320 ~ 400 目，重质碳酸钙为 600 ~ 800 目，白度不小于 90 度），不溶于水，遇酸分解放出 CO_2，无毒。主要应用于聚氯乙烯树脂中，成型板、管、人造革和电线绝缘保护层。碳酸钙可分为轻质（粒度直径小）和重质两种，是 PVC 树脂成型塑料制品应用最多的一种填充料。

2）白炭黑（SiO_2）：白色粉末，粒径为 0.7 ~ 1.0μm。用于聚乙烯树脂中，可防止制品粘连，提高透明度；在 PVC 树脂中加入一些白炭黑，可改善熔融料的流动性和耐热性，提高制品的抗张强度和硬度。

3）二氧化钛（TiO_2）：在聚烯烃和聚酯制品中应用，可改善制品的耐热性、刚性和耐候性。

2.2.10 着色剂

着色剂分为染料和颜料两大类。在塑料制品中主要用颜料来做树脂的着色剂。颜料又可分为有机颜料和无机颜料两种。

无机颜料在塑料制品中应用量最大；有机颜料是染料中派生出的一个分支，与无机颜料比较，有着色力强、色调鲜艳、透明度和粒度细小等优点，在塑料制品中的应用逐渐增加。

（1）常用无机颜料的性能与用途

1）二氧化钛（或叫钛白）（TiO_2）：白色粉末，着色力和遮盖力最佳，耐热、耐水，不易变色，可用于所有塑料制品的树脂中，不透明。锐钛型钛白粉用于室内制品，金红石型钛白粉用于室外制品。由于钛白价格较高，多与其他白色颜料（氧化锌、锌钡白）混合应用。

2）锌钡白：白色粉末，价廉，遮盖力和着色力比氧化锌强，但不如钛白粉，日晒会泛黄。适合应用在聚烯烃、ABS、聚苯乙烯、聚碳酸酯和尼龙树脂制品中。

3）氧化锌（ZnO）：白色粉末，无毒，价廉，耐光性、耐热性、耐水性、耐碱性和耐溶剂性好，但耐酸性差，着色力低。适用于聚苯乙烯、ABS、酚醛和 PVC 树脂制品中。

4）镉黄（CdS）：淡黄色至橘黄色粉末，化学性能好，色泽艳丽，着色力和遮盖力比铬黄差。多用于户外使用的塑料制品中。

5）铬黄（$PbCrO_4$）：是一种色泽艳丽，着色力和遮盖力都较好的产品，有毒；可分为柠檬黄、淡铬黄、中铬黄、深铬黄和橘铬黄五种。适用于 PVC、聚苯乙烯、丙烯酸及热固性塑料制品。

6）铁红（Fe_2O_3）、镉红（$CdSe \cdot mCdS$）：多种塑料应用红色着色剂，这两种颜料的着色力、耐光性、耐热性、耐碱性都较好。铁红无毒，不鲜艳，不适合在电缆料中应用，但价廉。镉红的色泽鲜艳，有毒，价高，不适合透明制品。

（2）常用有机颜料的性能与应用

1）立索尔宝红（罗滨红）BK：紫红色粉末，溶于热水，耐热 150℃，着色力和透明度都较好。是多种塑料制品的红色着色剂，不宜做浅色或拼色应用，透明塑料制品应用时，用量为树脂的 0.08%。

2）酞菁绿 G：深绿色粉末，耐热温度为 200℃，耐热性、耐光性、耐酸碱性和耐溶剂性好，适合用于各种塑料制品，用量为 0.005%，但透明度较差。

3）酞菁蓝：深蓝色粉末，耐热温度为 200℃，着色力强，遮盖力高，耐热性、耐光性、耐酸碱性、耐溶剂性都较好。用于大多数塑料制品中，也可用于蓝色透明制品，能单独使用，也可拼色。用量为 0.02%。

4）联苯胺黄 G：淡黄色粉末，熔点 317℃，不溶于水，可着色为鲜艳的黄色，耐热性、耐光性和耐溶剂性好。适合于多种塑料，但不适合用于硬聚氯乙烯、聚丙烯、尼龙、聚甲醛和聚碳酸酯等树脂中。

5）永固黄 HR：红光黄色粉末，耐溶剂、耐热性好，透明度较好，可耐热 200℃，无迁移性，遮盖力强，色泽艳丽。可用于各种塑料制品，用量为 0.06%。

6）永固黄 GR：黄色粉末，多用于塑料薄膜制品。

7）永固橙 G：橙色粉末，耐热 140～150℃，着色力强，耐光性、耐热性、耐酸碱性较好，透明度差，迁移大。

8）还原艳橙 GR：橙红色粉末，色泽艳丽。用于聚乙烯、聚丙烯制品。耐晒、耐溶剂、耐迁移、耐酸碱性能好。

9）喹吖啶酮紫和塑料紫 RL：紫红色粉末，是塑料制品用紫色着色剂，可应用于各种塑料，具有耐热、耐光和耐溶剂等性能。

2.2.11 交联剂

交联剂是一种能够使聚合物产生交联的塑料添加剂。在热塑性塑料中，交联也是使某种聚合物改性的一种手段，控制适当的交联度，在聚氯乙烯、聚乙烯和聚丙烯中应用，可以提高此种聚合物的耐热性、耐油性、耐磨性及某些力学性能，达到扩大塑料制品使用范围的目的。

常用交联剂性能与用途如下。

1）2,5-二甲基-2,5-双（叔丁过氧基）己烷（AD）：淡黄色液体或白色粉末，凝固点为 4℃，闪点 55℃，热分解温度为 179℃，低毒。用于聚乙烯、氯化聚乙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物。制品的抗张强度和硬度高。

2）过氧化二异丙苯（DCP）：白色粉末或糊状物，熔点 39℃，热分解温度 171℃。用于聚乙烯、聚丙烯和不饱和聚酯中，优点是交联效率高，挥发性低，制品的透明度和耐热性好，但有残存臭味。

3）过氧化苯甲酰（BPO）：白色晶体或糊状物，熔点 103℃，不溶于水，热分解温度为 133℃。主要用于不饱和聚酯的薄壁形制品中。

2.2.12 偶联剂

偶联剂是一种能够增强聚合物与各种填充剂及增强材料之间的结合力，并改变这种复合材料的某些性能的有机化合物。它是一种具有两性结构的物质。其分子中的一部分基团可与无机物表面的化学基团反应，形成强固的化学键合；另一部分基团则有亲和有机物的性质，可与有机物分子反应或物理缠绕，把两种性质不相同的材料牢固结合在一起。

常用偶联剂性能与用途如下。

1）γ-(甲基丙烯酰氧基）丙基三甲氧基硅烷：无色透明液体，沸点 255℃，闪点 138℃，不溶于水，溶于多数有机溶剂。用于聚酯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、ABS 和聚甲基丙烯酸甲酯等树脂中。

2）γ-胺基丙基三乙氧基硅烷：无色或微黄色液体，沸点 217℃，闪点 104℃，不溶于水。在聚氯乙烯树脂中广泛应用，也适用于聚酰胺、聚丙烯、聚碳酸酯和三聚氰胺等树脂。

3）γ-(缩水甘油醚）丙基三甲氧基硅烷：无色或微黄色液体，沸点 290℃，闪点 135℃，不溶于水。适用于聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯、聚酰胺和聚酯等树脂，能改善黏合性，提高制品的力学性能。

4）三异硬脂酰基钛酸异丙酯：比较适用于聚丙烯、聚乙烯、聚氯乙烯、聚氨酯和环氧树脂等塑料的填充体系，对碳酸钙、水合氧化铝等不含游离水的干燥填充剂特别有效。

2.2.13 食品包装用塑料制品中助剂含量

用于食品包装的塑料薄膜、容器在成型前的树脂中加入各种助剂的用量，卫生标准 GB 9685—2008 规定了允许的最大量如下（没有提到的助剂可按正常生产用量需要）。

（1）增塑剂　增塑剂的最大使用量（%）如下：己二酸二辛酯（DOA）为 35；邻苯二甲酸二正丁酯（DBP）为 10；邻苯二甲酸（2-乙基己酯，DOP）为 40；邻苯二甲酸二异辛酯（D10P）为 40；癸二酸二辛酯（DOS）为 5；丁基邻苯二甲酰基乙醇酸丁酯（BPPG）为 40；磷酸二苯异辛酯（DPOP）为 40；硬脂酸丁酯（BS）为 5。

（2）稳定剂　稳定剂的最大使用量（%）如下：硬脂酸钙（CaSt）为 5；硬脂酸镁（MgSt）为 1；硬脂酸锌（ZnSt）为 3；亚磷酸-苯二异辛酯为 2；双硬脂酸铝为 3。

（3）抗氧剂　抗氧化剂的最大使用量（%）如下：2,6-二特丁基-4-甲基苯酚（264）为 0.1；1,1,3-三（2-甲基-4-羟基-5-特丁基苯基）丁烷（抗氧剂 GA）为 0.25；四［β-(3,5-二特丁基-4-羟基苯基）丙酸］季戊四醇酯（抗氧剂 1010）为 0.5；特丁基羟基茴香醚（BHA）为 0.1。

（4）着色剂　着色剂的最大使用量（%）如下：二氧化钛（TiO_2）为 10；颜料黄（157）为 0.25；颜料蓝（15）为 0.25。

（5）发泡剂　发泡剂的最大使用量（%）如下：偶氮二甲酰胺（发泡剂 AC）为 2。

（6）抗冲击剂　丙烯酸酯类共聚物（ACR）的最大使用量为 5%。

（7）光敏催化剂　二茂铁类衍生物（PC-2）的最大使用量为 0.25%。

第 3 章　主、辅料应用组合（配方）

为什么同样以某一种树脂为主要原料却能成型出具有不同性能的产品，如透明度较好的薄膜、电绝缘性能优良的电缆、坚硬如金属的构件和柔软如橡胶的软管等。这是由于这种主要原料树脂中加入了具有不同性能的辅助材料的结果。这种以某一种树脂为主要原料、加入不同比例的其他辅助材料，而改变了主要原料树脂性能的原料组合，就是这种制品的用料配方。

3.1　配方设计

塑料制品（特别是聚氯乙烯制品）是一种多组分塑料。对制品用料配方的设计是一项复杂的技术工作，它涉及主要原料和辅助材料的应用性能、产品规格和质量、生产设备、模具及多种生产辅助设备的使用性能、主要原料、生产工艺及工艺参数的控制等。所以，要求塑料制品用料配方设计人员对原料、生产设备和成型工艺等有较全面、系统的了解。既要有理论知识，又要有生产实际工作经验，能从原料、设备及工艺等多方面因素考虑，才能设计出较合理的制品配方。

3.1.1　配方设计注意事项

1）配方设计前，要了解塑料制品的应用条件，分清制品质量要求中的主次项目。在满足产品质量要求的情况下，要尽量选用原料来源方便、料源充足、价廉、性能比较稳定的原料组成配方。

2）拟选用的原料要注意到各材料间的相互影响和工艺操作的可行性，比如，为了保证制品有较好的力学强度，准备选用相对分子质量较高的 PVC 树脂，可是，这种原料生产时要有较高的工艺温度，会给生产操作带来一定的难度，同时又增加生产成本，而且，制品的质量还难以保证，所以，像这样的原料选择就不可取。设计配方时一定要注意：配方中的用料选择要全面衡量，千万不能片面强调某一点，而忽略了原料间相互影响造成的后果。

3）应注意配方中用料对工艺操作条件要求是否苛刻，那些对工艺温度变化敏感、不容易与其他材料配合、容易分解、析出的材料，一定要尽量少用或不用。

3.1.2　原料选择

1. 硬质聚氯乙烯制品用原料

1）主原料聚氯乙烯应选用悬浮法疏松型 SG4～SG6 型树脂。

2）硬质 PVC 制品一般不在配方中加增塑剂，以避免降低制品的耐热性和耐腐蚀性；注塑制品用料配方中，可少量加入些增塑剂，以改善熔料的流动性，利于制品成型。

3）为了抑制 PVC 树脂在塑化过程中和使用时受热、因光作用而引起降解和变色，配方中必须加稳定剂：透明制品用料配方中应加入耐热性能好的盐基铅盐类助剂为主稳定剂；用

于室外 PVC 制品、用料配方中应加入耐光稳定性优良的二盐基亚磷酸铅稳定剂；生产耐高温或泡沫 PVC 制品用料配方中应加二盐基邻苯二甲酸铅；接触食品用料配方中应加有机锡类稳定剂。

4）为防止 PVC 树脂熔体与设备工作表面黏附，方便熔体加工，提高加工速率，配方中必须加入硬脂酸或石蜡润滑剂。挤出 PVC 时配方中加入稳定剂量应小于 1%。（质量分数）；注塑用料中树脂与稳定剂的质量分数应在 0.5% ~1% 范围内。

5）PVC 制品用料中加入填充料，既能降低制品生产成本，又可改善某些性能和加工性能。如挤出成型制品中加入填充料能提高硬度，方便工艺控制，使熔料容易成型。硬管成型用料配方中一般加入硫酸钡和碳酸钙；钛白粉多用于白色制品或要求韧性较好的制品中。注塑制品用料配方中加入填充料，可降低制品收缩率；要求流动性好、抗冲击韧性较高的注塑制品成型用料配方中，一般常加入钛白粉填充料。

6）对于一些有特殊要求的硬质制品，在用料配方中还要加入一些专用改性剂：如为提高制品的抗冲击韧性，应加入抗冲击改性剂，如 ABS、MBS 等改性剂；为提高制品的耐热性，可用氯化聚氯乙烯（PVC-C）和玻璃纤维增强；为提高制品刚性，可加入相对分子质量 400 ~500 的二甲苯甲醛树脂做反应性增塑剂；为改善硬质 PVC 的加工性能，应加入 EVA、ACR 等材料。

2. 软质聚氯乙烯制品用原料

1）软质聚氯乙烯制品用料配方与硬质聚氯乙烯制品用料配方不同之处是配方中需加入较大比例的增塑剂（增塑剂占 PVC 树脂的质量分数大于 30%），其他辅助料的加入量应视增塑剂加入量的多少而进行适当调整。

2）主料聚氯乙烯应选用悬浮法疏松型聚氯乙烯 SG2 ~SC4 型树脂。

3）由于配方中增塑剂的加入量较大，注意增塑剂对 PVC 成型制品工艺条件的影响和制品性能的影响。

4）增塑剂的加入使 PVC 熔料温度略有下降，成型加工性能得到改善，所以配方中所用稳定剂的量可比硬质 PVC 制品用料配方中稳定剂的量少些，也不用要求那么严格。

5）为了抑制树脂和增塑剂在加工及使用中受氧化和紫外线的作用老化变质，必要时要在配方中加入一些抗氧剂和紫外线吸收剂。

6）为了降低制品生产成本，软质 PVC 制品用料配方中也要加入一定比例的填充料，但要注意填充料对增塑剂的吸收量，应选用价廉且分散性、热稳定性和耐候性均较好的材料。

7）要求制品阻燃性较高时，原料配方中应加入一定比例的阻燃剂。

8）食品包装用制品原料应选用符合卫生指标规定的 PVC 树脂和无毒助剂（参照 GB 4803—1994 和 GB 9685—2008 标准规定）。

3.1.3 压延成型薄膜用料配方设计

压延成型薄膜用料配方设计应注意下列事项。

1）原料配方中的各种辅助材料要有较好的热稳定性，与其他成型（挤出吹塑法成型）薄膜生产方式相比，要求材料的耐热稳定性能更好些。

2）塑料制品、特别是塑料薄膜，使用过程中受温度影响，在阳光和氧的作用下，其性能下降、发黄、变脆的时间会加快。注意用料配方中要选用有较好耐老化性能的稳定剂。

3）选料要注意薄膜制品的柔软性，特别是在低温环境中使用时应具备的柔软性，以防止薄膜发脆、强度下降而破裂。

4）薄膜使用时应有防尘和防雾滴性。使用中由于增塑剂的析出及薄膜的静电效应影响，空气中的灰尘极易吸附在膜的表面，用于农业棚膜时会影响透光，使透光率下降，则大棚内的温度也会随之下降，影响农作物的生长。为改善农膜的防尘性，用料配方中应加木糖醇甘油酯等辅助料。

5）压延薄膜成型应选用悬浮法 SG2 或 SG3 型聚氯乙烯树脂。

6）增塑剂的加入量（质量份）应为 45% ~50%。常用增塑剂为邻苯二甲酸二辛酯（DOP）。所以用其为主增塑剂，是因为这种增塑剂有较好的综合性能。也可用部分二异辛酯、二仲辛酯等来代替。可用邻苯二甲酸二丁酯与 DOP 并用，因为它与 PVC 相容性好、易成型，而且价格便宜。要求耐低温性能好的薄膜用料配方中应加入癸二酸二辛酯。

7）热稳定剂推荐用金属皂类助剂，如钡/镉皂和钡/镉/锌皂并用。钡、镉应用比例为（3 ~5）：1 时效果良好。用量为 2 ~3 份。

8）软质制品为延长其使用寿命和提高耐候性、原料配方中可少量加些螯合剂、紫外线吸收剂和抗氧剂。为防止吸尘，配方中要加入些季铵类化合物（是一种外用抗静电剂）。为防止薄膜表面形成雾滴，原料配方中要加入防雾滴剂。

压延 PVC 软质薄膜配方和 PVC 人造革配方（仅供参考）见表 3-1 和表 3-2。

表 3-1　压延 PVC 软质薄膜配方（质量份）

原料名称	工业膜		农业膜		民用膜	雨衣膜	透明膜	硬片
	1	2	1	2				
聚氯乙烯（PVC）SG3	100	100	100	100	100	100	100	SG6 100
邻苯二甲酸二辛酯（DOP）	10	20	33	24	20	32	45	
邻苯二甲酸二丁酯（DBP）	20	16		6	15	8		
癸二酸二辛酯（DOS）		4		5	8	10		
石油脂（T-50）	12		10	10				
氯化石蜡（P-Cl）	8	10	10	12				
硬脂酸铅（PbSt）	1	1		0.8	1.3	1.2		0.3
硬脂酸钡（BaSt）	1	0.5	1		1	1.2		1.5
硬脂酸镉（CdSt）			0.7	0.3				
硬脂酸（HSt）	0.3	0.2	0.3			0.2		
环氧硬脂酸辛酯（ED3）			3		5			
环氧大豆油（ESO）							2.5	
钡/镉液体稳定剂（Ba/Cd）							1.5	
亚磷酸三苯酯（TPP）							0.3	
硬脂酸酰胺							0.4	
三盐基硫酸铅（3PbO）								7
二盐基亚磷酸铅（2PbO）								1
色料								0.23
石蜡								0.2

表 3-2 PVC 人造革配方（质量份）

原料名称	压延革	涂刮革		挤出压延革	压延泡沫革		涂刮地板革	
		面层	底层		底层	面膜层	面层	底层
聚氯乙烯(PVC)SG4	100	100	100	100	100	100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)	48		15	40	30	25	30	40
邻苯二甲酸二丁酯(DBP)	18		25		45	10		
三盐基硫酸铅(3PbO)			3	4			3	3
硬脂酸钡(BaSt)	1.4	0.75	0.6		O.6	1		1.5
硬脂酸镉(CdSt)	0.5	0.25			0.4	0.4		
硬脂酸锌(ZnSt)	0.5							
硬脂酸(HSt)	0.1			1			0.2	
碳酸钙($CaCO_3$)	15	20	25	8	15	10	45	45
癸二酸二辛酯(DOS)		7.5				8		
石油酯(T-50)			25					
氯化石蜡			12					
二月桂酸二丁基锡		1			1			
颜料		适量	适量	适量	适量	适量	适量	
环氧硬脂酸辛酯(ED3)		0.5				8		
偶氮二甲酰胺(AC)					2.75			5
二盐基亚磷酸铅(2PbO)							1	1
磷酸三甲酚酯(TCP)							50	60

注：涂刮法人造革面层料中的主要原料是采用乳液法生产的 PVC 树脂。

3.1.4 压延成型硬质聚氯乙烯片配方设计

压延成型硬质聚氯乙烯（PVC）片配方设计应注意事项如下。

1）PVC 硬片成型材料应选用粒度均匀、杂质少、含水分低的疏松型聚氯乙烯 SG5 ~ SG7 型树脂。成型无毒硬片树脂中氯乙烯残留量要小于 1ms/kg。

2）树脂中不加或少加增塑剂，为改进材料的塑化质量和熔体流动性，必要时可加不超过 10%（质量分数）的增塑剂。

3）为使 PVC 树脂塑化料成型容易，防止熔体变色和延长制品使用寿命，树脂中必须加稳定剂。透明硬片用树脂中应加钡、镉组合型稳定剂；无毒硬片树脂中应加钙、锌和硫醇锡（TVS8831）稳定剂。

4）无色透明硬片用原料中还需加些消色剂。

压延成型硬质 PVC 片配方（仅供参考）见表 3-3。

表 3-3 压延成型硬质 PVC 片配方（质量份）

原料名称	普通片	普通片	普通片	透明	半透明	无毒硬片
聚氯乙烯(PVC SG7、SG6)	100	100	100	100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)				3	3	5
三盐基硫酸铅(3PbO)	7	5	1.5			
二盐基亚磷酸铅(2PbO)	0.5	1	1.0			
硬脂酸钡(BaSt)	1.0	1.5				
硬脂酸铅	0.3	0.5	0.8			
硬脂酸钙($CaCO_3$)		1.5				0.2
硬脂酸锌(Z_mSt)						0.1
环氧脂						3

（续）

原料名称	普通片	普通片	普通片	透明	半透明	无毒硬片
硫醇锡稳定剂(TVS8831)						2
硬脂酸(HSt)			0.4			0.3
有机马来酸锡				0 ~ 0.5		
环氧螯合剂				0.5 ~ 1	0.5 ~ 1	
钡/镉/复合稳定剂					1.2	
钡/镉/铅复合稳定剂				1.2	3	
BTA 共聚树脂						10
磷酸三苯酯(TPP)						1
16 ~ 18 碳酸						1.5
着色剂	0.28					适量

3.1.5　挤出成型聚氯乙烯制品用料配方设计

挤出成型聚氯乙烯制品用料配方设计注意事项如下。

1）以聚氯乙烯树脂为主要原料的 PVC 制品，原料配方中必须加入一定比例的稳定剂，以保证 PVC 树脂在塑化成型生产过程中熔体性能的稳定。

2）为了减小物料在挤出机筒内分子间的摩擦，减少因塑化熔体与机筒和模具间的摩擦而产生过多的热量，配方中既要加内润滑剂，又要加外润滑剂。但要注意加入量的合理性：内润滑剂加入量过大，会使物料的塑化质量变差；外润滑剂加入过量，不仅会影响制品品质和产量，还会造成外润滑剂在模具出口处析出。

3）在配方中加入高聚物加工助剂也是必要的，它能促进或改善塑化物料条件、降低物料塑化温度，加大工艺温度调整范围。

4）为了使 PVC 制品具有一定韧性，提高耐热性、抗静电性、透明度、阻燃性及耐磨、导热性等一些特殊要求的性能，配方中还应适量加入可改变上述性能的添加剂、这些添加剂即可称为改性剂。

5）为了降低 PVC 制品的生产成本，提高制品加工时的尺寸稳定性，配方中还应适量加入填充剂。

6）为了得到制品需要的颜色，配方中还应加入少量着色剂。

挤出成型 PVC 制品成型用料配方（仅供参考）见表 3-4 ~ 表 3-11。

表 3-4　挤出 PVC 薄膜配方（质量份）

原料名称	农业膜	工业膜	透明膜	热收缩膜	包装膜
聚氯乙烯(PVC)SG3	100	100	100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)	22	22	14	5	10
邻苯二甲酸二丁酯(DBP)	10	10	9	2	10
癸二酸二辛酯(DOS)	6	3			8
石油酯(T-50)		4			9
三盐基硫酸铅(3PbO)		1.5			
二盐基亚磷酸铅(2PbO)		1			
硬脂酸钡(BaSt)	1.8	1.5	0.8		1.7
硬脂酸镉(CdSt)	0.6		0.4		0.5
硬脂酸(HSt)				0.2	
环氧大豆油(ESO)	4				

（续）

原料名称	农业膜	工业膜	透明膜	热收缩膜	包装膜
石蜡	0.2	0.5		0.3	0.3
环氧硬脂酸辛酯(ED3)			7		3
二月桂酸二丁基锡	0.5		1.5	2	
硬脂酸单甘油酯					0.5
碳酸钙($CaCO_3$)	0.5	1			
抗冲击改性剂(MBS)				5	
亚磷酸三苯酯(TPP)				0.5	
环氧硬脂酸丁酯(EBS)				2	
滑石粉					1.5

注：PVC 热收缩膜用 SG6 型树脂。SG2 成型普通薄膜，SG3 成型农用薄膜，SG4 成型工业和民用薄膜。

表 3-5　PVC 硬管配方（质量份）

原料名称	深水管	饮用水管	耐热管	排水管	钙塑管	导线管	高冲击管	普通管
聚氯乙烯(PVC)SG5	100	100	100	100	100	100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)			5					
邻苯二甲酸二丁酯(DBP)			5					
三盐基硫酸铅(3PbO)	4		4.5	0.8	5	2.5	4.5	1.1
二盐基亚磷酸铅(2PbO)	1			0.6		1.5		0.9
硬脂酸铅(PbSt)	0.5		2	0.3	1		0.7	0.5
硬脂酸钡(BaSt)	0.2		1.5		1.5	1.5	0.7	
硬脂酸钙(CaSt)	0.8	2		0.2				0.5
硬脂酸(HSt)	0.5	0.5	1	0.2				0.25
石蜡	1	0.8		0.2	0.8	0.8	0.7	0.15
丙烯酸酯类(ACR)	适量							
轻质碳酸钙($CaCO_3$)	适量			1	50	10		3
钛白粉(TiO_2)	适量							1.3
炭黑(小颗粒)	适量			适量	0.2		0.01	
氯化聚乙烯(CPE)		4			8	13	6	
钙/锌复合稳定剂(Ca/Zn)		4						
填充料			适量					
加工助剂(ACR-201)						1.5		

表 3-6　PVC 软管配方（质量份）

原料名称	普通管	耐油管	透明管	医用管	耐寒管	耐酸管	绝缘套管	耐热管
聚氯乙烯(PVC)SG3	100	100	100	100	100	100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)	15	24	28	50	22	35	42	10
邻苯二甲酸二丁酯(DBP)	15	24	22					
三盐基亚磷酸铅(3PbO)					4	4	3.5	
硬脂酸铅(PbSt)					1.5			2
硬脂酸钡(BaSt)	1.5	1	0.8		1	1.8	1.5	
硬脂酸钙(CaSt)		0.8			0.8	0.6		
石蜡		0.8	0.3				0.3	
二盐基亚磷酸铅(2PbO)	1							
烷基磺酸苯酯(M-50)	15							
环氧硬脂酸辛酯(ED3)	7		2					

（续）

原料名称	普通管	耐油管	透明管	医用管	耐寒管	耐酸管	绝缘套管	耐热管
亚磷酸三苯酯(TPP)	0.3							
硬脂酸镉(CdSt)	0.6		0.6					
二月桂酸二丁基锡			1					
环氧大豆油(ESO)				5				
硬脂酸锌(ZnSt)				0.3				
硬脂酸铝(AlSt)				0.1				
硬脂酸(HSt)				0.5				0.3
磷酸二苯异辛酯(DPOP)				0.5				
氯化聚乙烯(CPE)					16			
癸二酸二辛酯(DOS)					38	25		
钛白粉(TiO_2)						0.6		
丁腈胶								40
邻酸三甲酚酯(TCP)								40

表3-7　聚氯乙烯异型材挤出成型配方（质量份）

原料名称	普通型	抗冲击型	窗框	异型管	家具	电线槽	钙塑窗框	楼梯扶手
聚氯乙烯(PVC)SG4或SG5	100	100	100	100	100	100	100	100
三盐基硫酸铅(3PbO)	3	3.5	2	7	4	1.6	3	4
二盐基亚磷酸铅(2PbO)	1	1	—	—	2	0.5	2	1
硬脂酸铅(PbSt)	1	—	—	1		2.1	2	0.5
硬脂酸钙(CaSt)	1	—	—	2.5	—	—	—	—
硬脂酸钡(BaSt)	—	—	—	—	1.3	0.3	1	0.5
硬脂酸(HSt)	0.8	0.2	—	—	0.8	—	—	0.2
钡/镉复合稳定剂(Ba/Cd)	—	—	2	—	—	—	—	—
氯化聚乙烯(CPE)	—	6	—	—	—	—	—	—
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)	—	1	—	—	—	—	—	—
乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)	—	—	8	—	—	—	—	—
光稳定剂(UV-531)	—	—	0.01	—	—	—	—	—
轻质碳酸钙($CaCO_3$)	10	4	—	5	50	—	—	—
钛白粉(TiO_2)	2	4	—	—	—	—	—	—
环氧大豆油(ESO)	—	—	0.8	—	—	—	—	—
褐煤酯蜡(E蜡)	—	1	—	—	—	—	—	—
石蜡	—	—	—	0.5	2	0.4	1	0.2
木粉	—	—	—	—	—	—	40	—
烷基磺酸苯酯(T50)	—	—	—	3	—	—	—	—
硫酸钡	—	—	—	—	—	12	—	—
磷苯二甲酸二丁酯(DBP)	—	—	—	—	—	—	10	—

表 3-8 PVC 硬板配方（质量份）

原料名称	挤出板	层压板	挤出透明板	发泡板
聚氯乙烯(PVC)SG5	100	100	100	100
三盐基硫酸铅(3PbO)	4	5		2.5
二盐基亚磷酸铅(2PbO)	2			0.4
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)	2		1	1.8
硬脂酸铅(PbSt)	1			0.2
硬脂酸钡(BaSt)	2	1.5		
硬脂酸(HSt)		0.5		0.5
石蜡	0.2	0.5	0.4	0.3
碳酸钙($CaCO_3$)	8	6		2.5
炭黑		0.01		
二月桂酸二丁基锡			3.5	
丙烯酸酯类(ACR)			4	
抗冲击改性剂(MBS)			2	
偶氮二甲酰胺(AC)				0.68
二盐基硬脂酸铅				0.5
氯化聚乙烯(CPE)				7
硬脂酸钙(CaSt)				0.4
聚乙烯蜡				0.2
钛白粉(TiO_2)				1.8

表 3-9 PVC 电缆料配方（质量份）

原料名称	普通绝缘	低温绝缘	耐热绝缘	耐寒绝缘	耐热护套	普通护套
聚氯乙烯(PVC)SG2	100	100	100	100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)				10		34
邻苯二甲酸二异癸酯(DIDP)	25	38				
三盐基硫酸铅(3PbO)	4	3	3	3	1	3
二盐基亚磷酸铅(2PbO)	4	2.5	3	4		3
硬脂酸铅(PbSt)	0.5	0.2	1		0.6	
硬脂酸钡(BaSt)	0.8	1			0.6	2
碳酸钙($CaCO_3$)				5		3
氯化石蜡				8		
烷基磺酸苯酯(M-50)	17			18		
环氧硬脂酸辛酯(ED3)	5					
抗氧剂双酚 A	5		0.5	0.5	0.4	
磷酸三甲酚酯(TCP)		5				10
煅烧陶土		3	5			
偏苯三酸三辛酯(TOTM)			45		60	
癸二酸二辛酯(DOS)				28		10
硬脂酸钙(CaSt)				1		
二盐基硬脂酸铅				1		
二盐基邻苯二甲酸铅					6	

表 3-10　PVC 全塑凉鞋配方（质量份）

原料名称	不透明	透明	珠光	水晶	凉鞋	发泡凉鞋	鞋底
聚氯乙烯(PVC)SG3 型	100	100	100	100	100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)	28	30	28	40	32	12	30
邻苯二甲酸二丁酯(DBP)	30	25	26	30	1	46	30
三盐基硫酸铅(3PbO)	1.5				3	3.5	1.5
二盐基亚磷酸铅(2PbO)	1				2	1	1
石油脂(M-50)					24	25	
环氧大豆油(ESO)		3.5	10				
硬脂酸铅(PbSt)						1	
硬脂酸镉(CdSt)		0.6	0.8			1	
碳酸钙($CaCO_3$)	5				4		3
硬脂酸钡(BaSt)	1.5	1.5	0.9	0.5	1.8	1	
二月桂酸二丁基锡		1	2.2	2			
珠光剂			1.5				
硬脂酸				0.5			
酞菁蓝				0.02			
色料	适量	适量					
邻苯二甲酸二庚酯(DHP)					1		
邻苯二甲酸二仲辛酯(DCP)					1		
邻苯二甲酸十三酯(DTDP)					1		
氯化石蜡					6	1	
偶氮二甲酰胺(AC)						1	
石蜡							适量

表 3-11　PVC 瓶配方（质量份）

原料名称	瓶	透明瓶	无毒瓶	矿泉水瓶
聚氯乙烯(PVC)SG7 或 SG8	100	100	100	100
甲基丙烯酸酯-丁二烯-苯乙烯共聚物(MBS)	—	8.0	5.0	10.0
ABS	8.0	—	—	—
环氧大豆油(ESO)	—	—	1.5	3.0
硬脂酸丁酯	1.0	—	1.0	—
硬脂酰苯甲酰甲烷(Rhodiastab 50)	—	—	—	0.15
聚乙烯蜡	—	—	—	1.0
亚磷酸三壬基苯酯(NTP)	—	—	—	0.3
硬脂酸钙(CaSt)	—	0.5	—	1.0
硬脂酸(HSt)	—	0.8	0.5	—
二月桂酸二丁基锡	4.0	—	—	—
马来酸二正辛基锡	3.0	—	—	—
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)	—	3.0	4.0	—
双二正辛基锡	—	3.0	3.0	—
色料(蓝色)	适量	适量	适量	适量

3.2 聚乙烯、聚丙烯制品成型用料组合

通常聚乙烯、聚丙烯制品成型用原料，多选用某种制品专用料，不需加任何辅助料即可投产成型制品。由于这两种树脂的塑化熔体流动性好，无论是挤出成型，还是注射成型都比较容易，生产时只要把工艺条件（温度、压力、速度等）控制合理、即可顺利生产。为了防止树脂在生产成型过程中易氧化降解，树脂在出厂前已经加入抗氧剂。所以，没有特殊使用要求的制品，生产时不需在树脂中添加任何助剂。对于制品工作环境有特殊要求时应注意下列几种助剂的加入。

1）用于经常受阳光（紫外线）照射的工作环境中的 PE 与 PP 制品。为延长使用时间、防止过快的降解老化，生产前树脂中应加入少量紫外线吸收剂。常用紫外线吸收剂是 2-羟基-4-正辛氧基二苯甲酮（UV531），加入量为 0.1% ~1.0%（质量分数）。

2）用于输送易燃、易爆化工用物品的 PP 或 PE 管，生产前树脂中应加入抗静电剂导电炭黑或 SN、HZ14 等；成品 PE、PP 管的体积电阻应小于 $10^9\Omega \cdot cm$，才能消除因静电引燃、引爆的隐患。

3）易燃 PE、PP 制品。如果制品在特殊环境应用时，树脂生产前还需加入阻燃剂，以保证使用安全。常用阻燃剂有三氧化二锑（锑白）与等量氯的质量分数大于 70% 的氯化石蜡并用。

聚乙烯、聚丙烯制品成型用料组合（配方）例见表 3-12 和表 3-13。

表 3-12 聚乙烯制品成型用料组合例（质量份）

①防滴地膜	
低密度聚乙烯	20 ~30
线型低密度聚乙烯	70 ~80
山梨糖醇单油酸酯	0.5 ~0.8
聚乙烯醇类化合物	0.5

②抗静电、阻燃聚乙烯	
低密度聚乙烯	100
十溴联苯醚	4
三氧化二锑	3
乙炔炭黑	25
亚磷酸酯	1
三(十二烷基苯磺酰基)钛酸异丙酯(KR-95)	0.5 ~1
润滑剂	适量

③护层用黑色聚乙烯	
低密度聚乙烯(MFR0.25)	100
槽法炭黑	2.6
抗氧剂 1010	0.1
肋抗氧剂 DSTP	0.3

④阻燃聚乙烯	
聚乙烯	100
氯化石蜡	10 ~15
三氧化二锑	10 ~15
白油	适量

⑤抗静电聚乙烯	
低密度聚乙烯	100
乙二醇椰子酰胺	0.05 ~0.25
抗静电剂(HZ-1)	1
白油	适量

⑥板材	
低密度聚乙烯	45
高密度聚乙烯	45
乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)	10
硬脂酸	0.2
二氧化钛(TiO_2)	5

⑦管材	
低密度聚乙烯	100
氯化聚乙烯	7
石蜡	0.5
碳酸钙	60
硬脂酸	0.5

⑧注塑 PE 制品(电器安装座)	
碳酸钙	100
低密度聚乙烯	33.4
高密度聚乙烯	33.4
聚丙烯	33.2
偶氮二甲酰胺	0.1

（续）

⑨挤出低发泡泡沫塑料	
高密度聚乙烯	100
碳酸氢钙	5
凡士林油	0.1

⑩LDPE 色母料	
聚乙烯蜡（相对分子质量2000）	40
LDPE（MFR7.0）	10
色料	50～200
三种料充分混合、在120～160℃挤出、切粒得到色母料	
注：用色母料4（～1）份与PE（MFR7.0）96（～99）份混合、可吹塑彩色薄膜	

表3-13　聚丙烯制品成型用料组合例（质量份）

①粉状聚丙烯造粒	
聚丙烯（粉状M11～2）	100
亚磷酸三苯酯	0.2～0.4
硬脂酸钙	0.2～0.4
抗氧剂1010	0.1

②阻燃聚丙烯	
聚丙烯	100
双（2,3-二溴丙基）反丁烯二酸酯	7
三氧化二锑	4
亚磷酸酯	0.2

③阻燃增强聚丙烯	
聚丙烯	100
玻璃纤维	20
八溴醚	16
三氧化二锑	6
亚磷酸酯	4
硬脂酸钙（0.5～2）	适量
润滑剂（白油0.5～1.5）	适量

④阻燃级聚丙烯电缆	
聚丙烯	100
十溴联苯醚	3
六溴环十二烷	7
三氧化二锑	4
白油	适量

⑤聚丙烯交联发泡（以过氧化物为交联剂）	
聚丙烯	80
聚乙烯	20
过氧化二异丙苯（交联剂）	0.25
二乙烯基苯（助交联剂）	1
偶氮二甲酰胺	2
注：此方为低发泡配方	

⑥聚丙烯管材	
聚丙烯	100
低密度聚乙烯	15
主抗氧剂	0.5
辅助抗氧剂	0.5
碳酸钙	25

⑦抗静电聚丙烯	
聚丙烯	100
抗静电剂HZ-14	1
白油	0.2

3.3　树脂的掺混组合使用

由几种树脂掺混在一起、混合均匀做塑料制品原料，也是可行的。如将低密度聚乙烯与线型低密度聚乙烯按一定比例掺混在一起，就有较好的效果。这两种树脂结构相似，掺混在一起后，有部分链彼此间相互贯穿、形成相容体系。混合均匀的两组分材料挤出吹塑成型薄膜，可使薄膜的强度提高、加工性能和透光率得到改善。几种料按不同比例混合成型的薄膜性能比较见表3-14。为了防止薄膜的粘连，薄膜原料中还应加质量分数为3%的轻质碳酸钙。

表 3-14 混合料成型薄膜性能比较

原料组合例	拉伸强度/MPa 纵/横	断裂伸长率 (%) 纵/横	直角撕裂强度 /(N/cm) 纵/横
HDPE 薄膜	17.4/12.3	125/575	1176/794
70% LLDPE 与 30% LDPE 料组合薄膜	25.5/16.2	325/700	1862/931
LDPE 与 LLDPE 各占 50% 料组合薄膜	27.2/19.0	400/700	1176/676
60% LLDPE 与 40% LDPE 料组合薄膜	37.7/13.7	200/650	1764/936
30% LLDPE,20% HDPE、40% LDPE 组合料薄膜	40.8/15.2	300/800	2254/1068

注：1. 薄膜厚度为（0.007 ± 0.002）mm。
LDPE MFR = 2g/10min、LLDPE MFR = 2.5g/10min、HDPE MFR = 1.2g/10min。
2. 表中原料组合的百分数均为质量分数。

3.4 组合料的应用

设计完成的聚氯乙烯制品成型用料配方，虽然工艺技术设计人员考虑到多方面因素，理论上讲是按最佳方案条件而确定的配方，但配方的操作生产可行性、制品是否能达到质量要求，这些还要通过生产实践去验证考核。对配方的应用，通常按下列程序进行。

（1）试验生产样品验证配方　为了节省原材料，首先在试验室试生产小样制品是必要的。在试验设备上，按原料成型制品的生产工艺条件，试生产出制品小样，对其进行检测，找出样品质量与设计要求的产品质量间的差距，按不足之处重新调整修改配方（反复几次试小样、检测）直到完全达到产品质量要求。

（2）批量生产制品验证配方　通过试生产制品小样验证修改后的配方，可批量生产制品投入市场。通过一段时间对制品的使用，可验证制品质量的稳定性，再结合用户对产品的反馈意见，再一次适当调整配方，最后这个配方才是该制品成型用料较成熟的配方。

对于采用上述方法确定配方，配方设计时应注意：这个配方并不一定是唯一理想的配方。配方设计者要经常注意对新产品原料和代用品原料的应用。对于一个年产几千吨甚至几万吨的塑料制品厂来说，每一项小的工艺调整变化，每一个配方用料调整都可能为企业节省几万元甚至几百万元，为企业带来可观的经济效益。

对于制品配方的应用，不要死搬硬套，把别人的配方拿来照抄。因为同是一个配方，由于生产设备等条件不同，工艺参数的变化和操作生产方法的差异，都会影响制品质量。希望每个配方设计者要灵活结合本企业的实际生产条件，设计出具有本厂特点的产品配方。

第 4 章　塑料成型产前准备

将塑料树脂成型为塑料制品生产前的准备工作应视原料品种的不同而区别对待。如挤出聚乙烯和聚丙烯树脂成型制品，就不需要原料处理准备工作，只要核实一下材料的牌号及生产厂，检查是否符合生产工艺要求，打开包装完好的包装袋，即可直接投入挤出机中进行生产。但如果为了克服这类原料某些性能上的缺陷或使其具有某些特殊性能，有时也要在主原料中加入些紫外光吸收剂、抗静电剂等一些辅助材料。如挤出成型聚氯乙烯制品，因其热稳定性差，塑化熔融加工温度范围很窄，所以成型加工时在主原料中必须加入一定比例的稳定剂、润滑剂、增塑剂等辅助材料，否则将无法成型制品。还有一些吸湿性较强的原料，如聚酰胺、聚碳酸酯等，生产前必须先对其进行加热干燥去湿处理，否则也无法进行正常生产。另外，有的原料须经过筛清除杂质，有的要加入着色剂；多组分组合料要混合搅拌均匀；粉状料需要造粒等工作，都是原料在投产成型制品前要做的准备工作。

具体来说，原料成型制品前，需要处理的项目按其工艺顺序有：原料验收检查、筛选、干燥、组合配方、色浆及一些辅助料细化研磨，以及组合料混合搅拌、造料等工作。

4.1　原料验收

生产前对原料的检查验收工作如下。

1）根据注射成型塑料制品用原料的工艺要求，核实进厂原料的名称、牌号及数量，验证是否与塑料制品要求的工艺参数条件相符。

2）抽检原料的外观质量，如原料的色泽，颗粒形状、粒度及其均匀性，有无杂质等。

3）检查原料的包装是否完好。

4）抽样检验原料的熔体流动速率、含水量等与工艺条件有关的原料性能参数。

5）抽样验证原料的密度、熔点及制品成型后的收缩率，看是否与原料的性能相符。

4.2　原料着色

当塑料制品需要有一定的颜色时，则在投产前就需做好原料的配色工作。原料的配色方法有浮染着色法、色母料着色法和液态色料着色法三种。

1. 浮染着色法

浮染着色法比较简单。首先将主要原料树脂、颜料和分散剂按一定的比例计量，然后将原料树脂和分散剂混合搅拌均匀，再将颜料和搅拌均匀的树脂料加入到混合机中，搅拌混合均匀后即可投入到成型机中生产。

注意，主原料树脂中加入颜料量不应超过树脂质量的 2% ~3%，分散剂（白油或松节油）的加入量占树脂质量的 1% 左右。

如果树脂是粉料，则必须先将配好颜料的树脂搅拌混合均匀，然后投入到挤出机中预塑

化混合造粒，再将粒料投入到成型机中生产。

2. 色母料着色法

色母料是指此种颜色的浓色颜料。色母料着色法是将主原料与色母料按一定比例配比，经计量后混合，搅拌均匀后即可投入生产。这种既方便、清洁，又经济的染色操作，目前已得到广泛应用。

为了保证带色塑料制品的质量和得到较好的染色效果，采用色母料染色配料生产时，应注意如下。

1）为了使颜料进入机筒内能尽快地熔化扩散，与原料较好地掺混，应使机筒的加料段温度比塑化不带颜色的此种树脂所用的温度略高些。

2）为了改善原料塑化混炼质量，应适当提高螺杆混炼塑化原料时的背压力。

3）对几种色母料的混合、配比和计量，应认真审核。

4）注意提高和保持注射成型制品用模具型腔内的表面光洁程度，以达到成型制品表观色泽的最佳效果。

3. 液态色料着色法

液态色料着色法与浮染着色法比较，其主原料与颜料的配比虽然相同，但前者的生产操作环境较好，既没有颜料的飞扬，又减少了对环境的污染，染色制品的质量又可得到较好的保证。

液态色料着色法的配色操作顺序为：将颜料和分散剂（PE 蜡）按配比要求计量→混合→加热搅拌均匀→在三辊研磨机上把混合均匀的色浆颗粒磨细→把研磨细化的色浆与树脂按配比计量，然后加入混合机中，混合搅拌均匀→投入注射机中生产。

树脂与颜料的混合，可使用混合机。混合机的选择按照成型机的生产用料量，可参照表 4-1 中规格型号选用，其中设备由上海文皓塑料机械厂生产。

表 4-1 混合机的规格型号

混合机型号	WH 直立式		WH 回转式	
	WH—50VM	WH—100VM	WH—50TM	WH—100TM
混合量/kg	50	100	50	100
电机功率/kW	1.5	4.0	0.55	0.75
混合时间/min	0～30	0～30	0～30	0～30
混合桶直径/mm	650	820	600	800
设备重/kg	180	320	65	90
设备外形尺寸/mm	110×780×780	1250×850×850	920×860×1300	1100×1020×1400

注：混合时间可在 0～30min 时间内设定自动停机。

研磨色浆料用三辊研磨机，其结构如图 4-1 所示。它主要由 3 根辊筒、齿轮减速器、铜挡料板、三辊调距机构和刮料刀片等主要零部件组成。

研磨浆料的配制。着色剂（指粉状颜料）与增塑剂配比为 1:(2～3)，稳定剂与增塑剂配比为 1:2。将其计量后混合、搅拌均匀，成为稳定剂浆料和着色剂浆料；然后分别用研磨机研磨，把粉状颗粒细化。研磨工作时，三辊速比为 1:3:9，三个辊间的间隙要逐渐缩小，经几次反复研磨后，颗粒细度在 30～40μm 范围内。由于助剂在原料配方中的应用量很小，所以对各种助剂的计量过秤要求应特别精确。

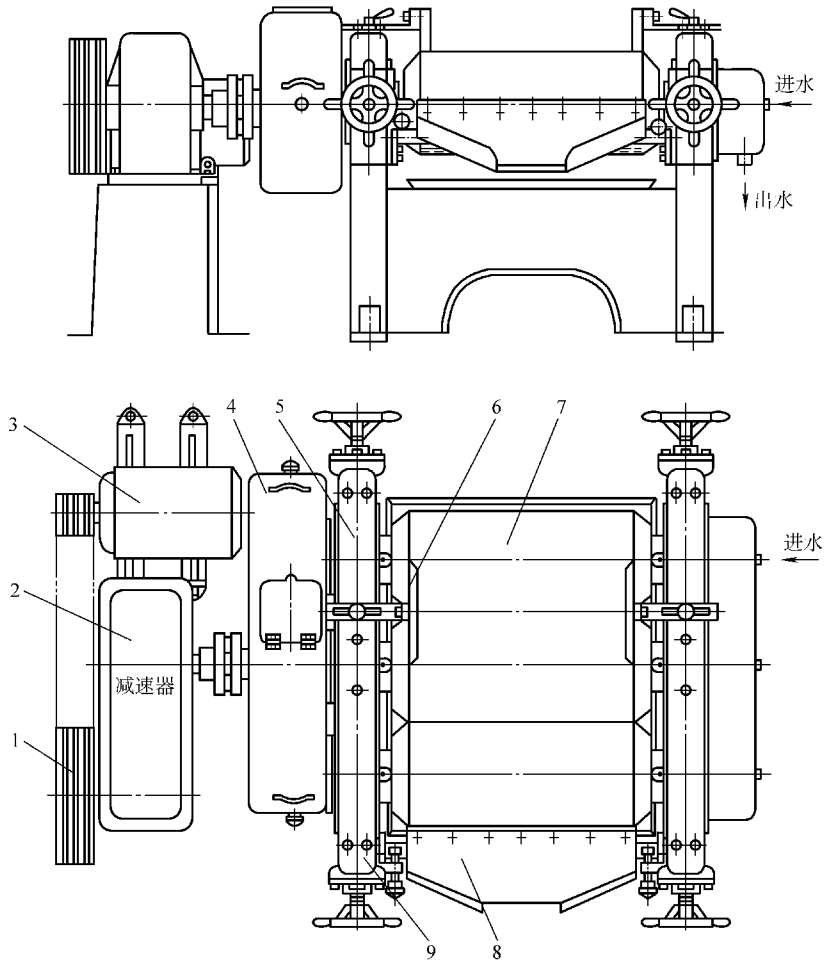


图 4-1　三辊研磨机结构

1—V 带　2—齿轮减速器　3—电动机　4—齿轮罩　5—机架
6—铜挡料板　7—辊筒　8—刮料刀片　9—辊筒调距装置

4.3　原料干燥处理

原料的干燥处理是将含水量超标的塑料进行去湿处理，以保证注塑制品的质量，避免生产的注塑制品出现银纹、收缩孔及气泡等质量问题。

原料干燥机的功能主要是清除原料中的水分。干燥原料用设备类型有多种，如图 4-2 所示干燥机是专为挤出机生产配套用的料斗式干燥机。该设备已有专业标准，表 4-2 所列是 JB/T 6494—2002 标准规定的干燥机基本参数。应用时可根据挤出机生产用料量大小，在表中选取相匹配的规格。

料斗式干燥机的工作方法是：开动风机，风机把经过电阻加热的空气由料斗下部送入干燥室，热风在干燥室内由下往上吹，当热风在原料中通过时，把原料中的水分加热蒸发带出，则潮湿的热气流由干燥室顶部排出。热风连续地进出，达到干燥原料目的。挤出成型塑

料制品用料为聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯和 ABS 时，可用 70～80℃热风对原料进行干燥。

上海文皓塑料机械厂产的热风干燥机基本参数见表 4-3。

表 4-2 料斗式干燥机基本参数

容量/L	装料量/kg ≥	干燥能力/(kg/h) ≥	电热功率/kW ≤	风机		
				风量/(m^3/min)	风压/Pa ≥	电动机功率/kW ≤
16	10	4	1.5	1.6	—	—
40	25	10	2.7	2.2	370	0.06
80	50	20	3.9	3.5	630	0.18
125	75	30	4.8	4	—	0.25
160	100	40	5.4	4	—	0.25
250	150	60	9	10	1200	0.55
315	200	80	12.6	10	1200	0.55
400	250	100	15	10	1200	0.55
500	300	120	18	15	1200	0.75
800	500	200	24	20	1200	1.10

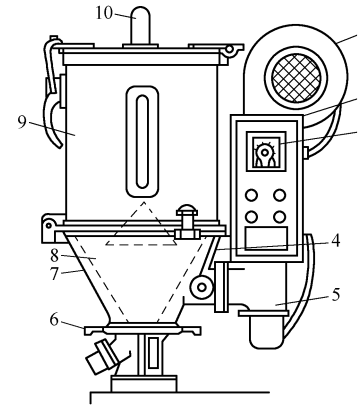


图 4-2 料斗式干燥机结构

1—风机 2—电控箱 3—温度控制器 4—热电偶 5—电热器 6—放料闸板 7—集尘器 8—网状分离器 9—干燥室 10—排气管

表 4-3 上海文皓塑料机械厂生产的热风干燥机基本参数

型号	桶径/mm	高度/mm	装料量/kg	电热/kW	风机功率/W
WH-12E	300	800	12	2.1	90
WH-25E	390	980	25	2.7	90
WH-50E	480	1150	50	3.9	200
WH-100E	600	1400	100	6	250
WH-200E	770	1670	200	10	400
WH-400E	950	2140	400	20	400
WH-600	1060	2150	600	30	400

常用几种塑料成型制品允许含水量及干燥处理条件见表 4-4 和表 4-5。

表 4-4 树脂成型制品允许含水量及干燥处理条件

原料名称	允许含水量(%)	热风循环条件		备注
		温度/℃	时间/h	
聚乙烯(PE)	<0.05	70～80	1～2	一般不必干燥处理
聚丙烯(PP)	<0.05	80～100	1～1.5	一般不必干燥处理
聚苯乙烯(PS)	<0.1	70～80	1.5～2	一般不必干燥处理
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)	<0.2	80～90	2～4	干燥处理
聚氯乙烯(PVC)	<0.3	90～100	1～1.5	不需干燥
聚酰胺(PA)	<0.05	90～105	15～20	必须干燥处理
聚甲醛(POM)	<0.25	75～80	3～5	一般不必干燥
聚碳酸酯(PC)	<0.02	120～130	6～8	必须干燥处理
聚砜(PSU)	<0.05	120～140	4～6	必须干燥处理
聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)	<0.1	70～80	5	不需干燥
聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)	<0.02	130	5	必须干燥处理

表 4-5　常用塑料吸水率及成型制品料允许含水量

塑料名称	吸水率(%)	允许含水量(%)	
		注　塑	挤　出
PA	1.30 ~ 1.90	0.04 ~ 0.08	0.02 ~ 0.06
ABS	0.20 ~ 0.45	0.05 ~ 0.10	0.03 ~ 0.05
POM	0.22 ~ 0.35	0.05 ~ 0.10	0.03 ~ 0.10
PP	< 0.03	0.05 ~ 0.20	0.03 ~ 0.15
LDPE、LLDPE		0.05 ~ 0.20	0.03 ~ 0.15
HDPE	< 0.01	0.05 ~ 0.20	0.03 ~ 0.15
PS	0.03 ~ 0.10	0.05 ~ 0.10	0.04 ~ 0.08
PVC		0.08 ~ 0.20	0.08 ~ 0.10
PMMA	0.30 ~ 0.40	0.02 ~ 0.06	0.02 ~ 0.04
PET		0.02	0.02
PBT		0.02	0.02
PC	0.24	0.02	0.02
PSU		0.02 ~ 0.06	0.02 ~ 0.04
改性聚苯醚(MPPO)	0.07 ~ 0.20	0.02 ~ 0.05	0.02 ~ 0.04
PI		0.02	0.02
PPS	0.02 ~ 0.08	0.02 ~ 0.05	0.02 ~ 0.04
聚醚醚酮(PEEK)		0.02 ~ 0.05	0.02 ~ 0.04
聚芳砜(PAS)		0.02 ~ 0.05	0.02 ~ 0.04
聚苯醚砜(PES)		0.02 ~ 0.05	0.02 ~ 0.04

对于在高温条件下干燥处理容易氧化变化的材料（如聚酰胺），应采用真空干燥方法对其进行干燥。干燥后的材料不宜长时间存放，以免第 2 次吸湿。比较好的办法是把干燥处理后的原料按照图 4-3 所示方式（此图为注塑机生产用连续化生产工艺流程图），直接把干燥处理后的材料输送到成型机中，立即投产。

4.4　原料的配混

原料配混是塑料制品成型材料处理中的一道重要工艺程序。原料配混是把以树脂为主的原料和其他一些辅助材料（制品成型用料配方中的各种助剂），按配方要求计量后掺混在一起，在混合机中搅拌混合均匀，然后再按原料成型制品的工艺条件要求、把混合料造粒或直接把粉料投产。[按成型机结构的不同，有的成型机（如双螺杆挤出机或粉料挤出用专用单螺杆挤出机），就是用混合均匀的粉料直接进行制品成型生产]。此项工艺操作即为原料配混。

4.4.1　原料配混前的准备

原料配混工作，由于制品成型用料（以 PVC 制品为例）中的主、辅料品种较多，所以，不同品种料的准备处理工作项目也就较繁杂。通常，不同料的准备处理工作可按下列几种方式进行。

原料准备
- a. 树脂 PVC 筛选→风送料（正压管路输送）上楼→旋风分离器→储罐→计量
- b. 增塑剂→齿轮泵管路输送上楼→储罐→计量→
- c. 稳定剂→计量，混合搅拌→研磨机（S405）研磨→计量
- d. 填充料→筛选→储罐→计量
- e. 染料→计量，混合搅拌→研磨机（S405）研磨→计量
- f. 发泡剂→计量、混合搅拌→计量

→高速混合机→
- →挤出造粒
- →直接投入成型机生产制品
- →密炼机→开炼机→开炼机成片→切粒机。

4.4.2　原料配混造粒用设备

以聚氯乙烯树脂为主要原料，成型制品前与其他助剂配混生产用设备，主要有用于筛选树脂和填充料的振动筛；输送液体增塑剂用的齿轮泵；固体辅助料（稳定剂、颜料等）与液体增塑剂混合后用于搅拌的搅拌机；用于细化浆料中固体颗粒的三辊研磨机；研磨细化后的浆料输送计量用的柱塞式计量泵和把配方中要求的掺混在一起的各种原料搅拌混合均匀用的混合机等。

1. 原料筛选设备

聚氯乙烯树脂中有时会混有颗粒大小不均匀的料或杂质，如不清除会对原料塑化和成型制品质量有影响，所以 PVC 树脂生产前必须经过筛选处理，清除原料中的杂质。原料筛选设备结构类型有几种，目前，应用较多的是振动筛和平动筛。

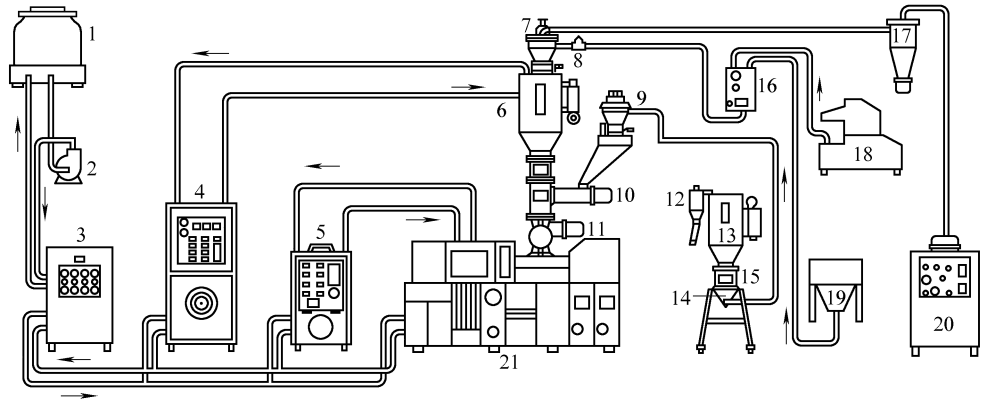


图 4-3　注塑机自动化生产用辅助设备

1—冷却水塔　2—水泵　3—冷冻机　4—除湿干燥机　5—模具控温机　6—保温式料斗干燥机　7、8—截料阀　9—加料机　10—色料自动计量器　11—混合机　12—集压机　13—料斗干燥机　14—吸料盒　15—磁铁座　16—混合比例阀　17—旋风集压筒　18—粉碎机　19—储料筒　20—分离式填料机　21—注塑机

（1）振动筛　振动筛的结构比较简单，分两种振动方式。一种是把筛网装在用弹簧定位的框架上，工作时电动机通过 V 带传动使筛框上的偏心轮转动，则偏心轮带动筛框振动，把筛网中的树脂过筛。另一种振动筛结构是借助电磁振动器的电磁振动，带动筛框振动，完成树脂过筛工作。

（2）平动筛　平动筛的结构也很简单，最大的特点是没有振动筛工作时的噪声。平动筛是由两组筛框组成的，边框四周用钢丝绳悬挂着，工作时两筛框间的偏心轴由转动的偏心轮带动，使筛框作惯性平面圆周运动，使原料从筛网间通过，清除原料中的杂物。平动筛结

构工作示意图如图 4-4 所示。

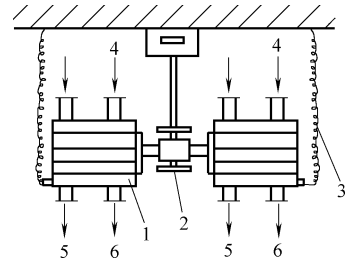


图 4-4　平动筛结构工作示意图
1—筛框　2—传动装置　3—钢丝绳
4—入料口　5—PVC 树脂出口
6—杂物出口

2. 树脂输送设备

树脂筛选后要输送到储罐中，由于这两个装置的距离较远，而且还有一定的高度，所以这段距离的原料输送一般多采用风压通过管路输送或用脉冲气力输送。

（1）风力输送　用风力通过管路输送 PVC 树脂是目前压延机生产线中采用较多的一种输送料方式，其工作示意图如图 4-5 所示。用风力输送树脂所用设备主要有高压风机、加料器、旋风分离器和树脂储罐，通过管路把这些装置连接成一个封闭式的原料输送线。

风力输送 PVC 树脂时的工作条件没有特殊要求，工作中应注意的事项如下。

1）输送树脂应采用高压风机，输送料风压一般控制在 0.5MPa 左右。管路直径为 50mm 左右。

2）要注意整个管路系统的密闭性能。

3）加料器的结构合理与否会影响加料输送效率，降低气流阻力，甚至有时会出现加料反冲现象。如图 4-6 所示，加料器结构尺寸确定如下：

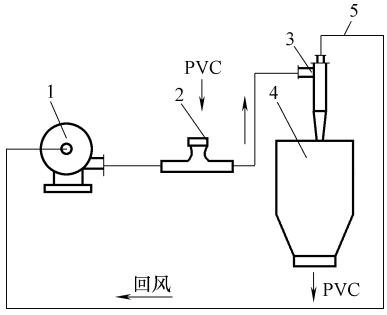


图 4-5　风力输送 PVC 树脂用设备
1—高压风机　2—加料器　3—旋风分离器
4—树脂储罐　5—管路

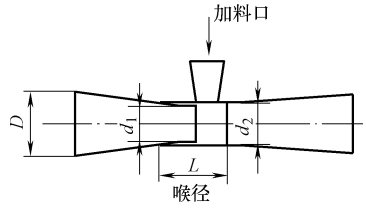


图 4-6　加料器结构示意图

① 喷射口（图示方向 D 端）端锥度为 20°左右，扩散口端（d_2 端）锥度为 7°左右。

② 入料口部位的喉腔处长度应比管直径略小些。

③ 喷射口与扩散口组合后应在同一个水平中心线上。

（2）脉冲气力输送　脉冲气力输送树脂是利用信号控制气流，有规律地把进入输送管路内的树脂分割成间距相等的料栓段，使输送管路中形成树脂栓与气流相间隔的气固流动体系。推动料栓的动力为料栓前后的静压差。

脉冲气力输送树脂用设备如图 4-7 所示。主要设备有脉冲气流发生装置、发送罐、高位料储罐及连接这几个设备和装置用的管路。

1）脉冲气流发生装置。脉冲气流发生装置是由空气压缩机、储气罐、脉冲信号发生器和电磁阀等主要零部件组成。作用是按规定的时间电磁阀完成启闭动作、进行脉冲式送气，

则把进入管路内的 PVC 树脂切割成长度相等的料栓。气流速度为 1 ~ 9m/s，脉冲频率为 20 ~ 40 次/s。

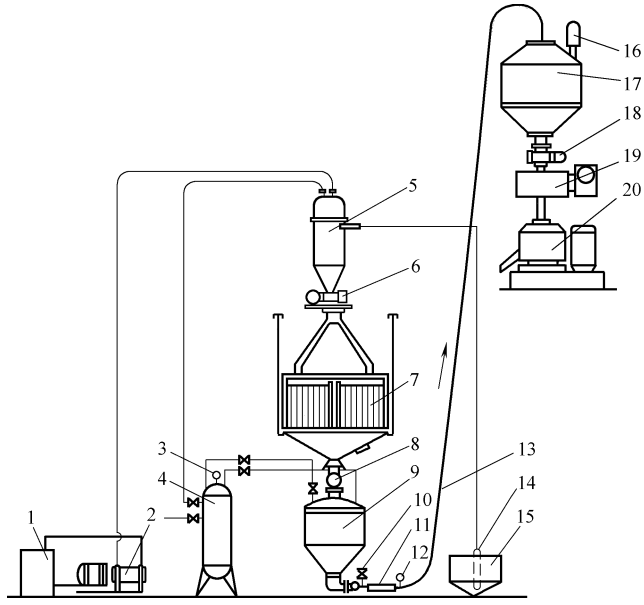


图 4-7　脉冲气力输送装置

1—真空泵　2—气水分离器　3、12—压力表　4—储气罐　5—负压储料罐
6、18—加料器　7—平动筛　8—导阀　9—发送罐　10—电动阀
11—玻璃观察器　13—输料管　14—吸料器　15—料槽
16—排气布袋过滤器　17—储料罐　19—计量秤　20—混合机

2）发送罐。是用通入罐内的压缩空气［压力为（1.5 ~ 2.0）× 10^4Pa］把树脂推送至管路内。在发生罐下面的输送料管路旁接脉冲喷射气流［喷射气流压力为 2 ~ 2.5）× 10^4Pa］。由于喷射气流压力比压缩空气压力大而产生压力差，使输送料管路内的分割料栓前后形成压力差。输送料量的多少，在脉冲频率不变时，可通过发送罐的脉冲压强来控制。

3）输送料管路应注意接头处平滑过渡，拐弯处要选取较大的曲率半径，以避免发生料堵塞管路的现象。出现堵塞情况时应及时通入压缩空气，吹通料堵塞栓。

4）通过发送罐采用脉冲气力输送料至高位储罐内，具体采用的是低速、低压力管路输送。由于气力较小所以不会发生粉尘飞扬现象，但为防止进入储罐内的树脂逸出，在排气口处可装一个大约为 1m^3 的布袋即可。

3. 增塑剂的过滤与混合装置

软质聚氯乙烯制品成型用原料中，按其性能的需要，生产前要加入不同品种和不同比例的增塑剂。为了保证制品的成型质量，这些增塑剂要经过过滤、清除液体原料中的杂质后，再按配方要求比例分别计量过秤，然后才能加入混合罐内。在混合罐内用压缩空气将其搅拌、混合均匀，并加热恒温，保持在 70 ~ 80℃温度范围内备用。

增塑剂过滤、混合生产工艺流程用设备示意图如图 4-8 所示。

4. 混合机

混合机是原料的混合设备。它把主原料树脂和辅助料增塑剂、稳定剂、润滑剂、填充剂

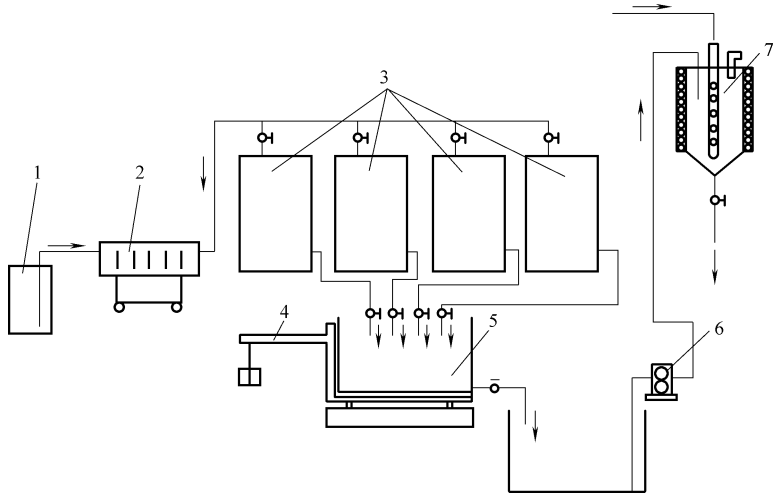


图 4-8　增塑剂过滤、混合工艺流程用设备示意图

1—增塑剂桶　2—框式过滤装置　3—多品种增塑剂储槽　4—计量秤

5—混合槽　6—齿轮泵　7—高位增塑剂混合储罐

和着色剂等各种材料，按制品配方要求比例，经计量后分别加入混合机中，在一定温度条件下，通过混合机中搅拌桨的转动，使物料得到翻转、推压和搅动，把混合机中的各种掺混料相互换位，使成分混合分布（密度和浓度）得比较均匀，得到一种以某种树脂为主且具有特定性能的混合料。

混合机除了用于 PVC 料的混合、着色外，还可用于 PP、PE 粒料的干燥、着色和聚苯乙烯（PS）、ABS、聚碳酸酯（PC）等料挤出前的干燥处理等。

（1）混合机的种类及规格　混合机的种类按传动方式可分为螺带式混合机、Z 形混合机和高速混合机，按外形结构又可分为立式和卧式，按混料温度又可分为热混合机和冷却混合机。

混合机的规格按锅体的容积划分，种类较多，最小容积为 3L，最大容积可达 2000 ~ 3000L。

国家标准 JB/T 7669—2004 规定的混合机基本参数见表 4-6 和表 4-7。国内混合机生产厂有大连橡胶塑料机械厂（表 4-8）、阜新红旗塑料机械厂、北京英特塑料机械厂等。

表 4-6　部分热机混合机基本参数（摘自 JB/T 7669—2004）

总容积/L ±4%	一次投料量/kg	产量/(kg/h)	搅拌桨转速/(r/min)	混合时间/min	主电动机功率/kW	加热功率/kW	油加热功率/kW	蒸汽压力/MPa
3	≤1.2	≥8.5	≤3000	≤8	≤1.1	≤0.75	≤3	
200	≤65	≥325	≤500	≤10	≤22	≤9	≤18	0.3 ~ 0.4
			≤475/950					
			≤650/1300		≤30/42	—		—
300	≤100	≥500	≤500		≤37	12		0.3 ~ 0.4
			≤475/950		≤40/50			
			≤550/110		≤47/67	—		—

（续）

总容积/L ±4%	一次投料量/kg	产量/(kg/h)	搅拌桨转速/(r/min)	混合时间/min	主电动机功率/kW	加热功率/kW	油加热功率/kW	蒸汽压力/MPa
500	≤160	≥800	≤500	≤10	≤55	16	≤18	0.3～0.4
			≤350/700		≤47/67			
			≤400/800		≤83/110	—		—
800	≤260	≥1040	≤450	≤12	≤110	≤22	≤36	0.3～0.4
			≤350/700		≤110/160	—		—
1000	≤325	≥1300	≤400		≤132	≤28		0.3～0.4
			≤300/600		≤132/164	—		—

表 4-7　部分冷混合机基本参数（摘自 JB/T 7669—2004）

总容积/L ±4%	一次投料量/kg	产量/(kg/h)	搅拌桨转速/(r/min)	排料温度/℃	批混合时间/min	主电动机功率/kW
10	≤2	≥12	≤300	≤60	≤8	≤0.75
200	≤30	≥180	≤200			≤7.5
400	≤60	≥325	≤130		≤10	≤11
500	≤100	≥500				
1000	≤160	≥800				≤18.5
2000	≤260	≥1040	≤90		≤12	≤30

表 4-8　大连橡胶塑料机械厂产混合机规格与技术参数

产品型号		主要技术参数			
		总容积/L	产量/(kg/h)	搅拌桨转速/(r/min)	电动机功率/kW
塑料热炼混合机	SHR—100×740×1470	100	≥130	747/300	14/22
	SHR—200×650×1470	200	≥325	350/1300	30/42
	SHR—300×550×1100	300	≥500	550/1100	47/67
	SHR—500×535×800	500	≥800	535/800	55/72
	SHR—800×500×1000	800	≥1040	500/1000	110/160
塑料冷却混合机	SHL—350×100	350	≥275	100	3
	SHL—500×70	500	≥400	70	5.5
	SHL—1000×50	1000	≥500	50	7.5
	SHL—1500×60	1500	≥800	60	11
	SHL—2000×50	2000	≥1040	50	11

（2）螺带式混合机和 Z 形混合机　螺带式混合机结构示意图如图 4-9 所示。Z 形混合机结构如图 4-10 所示。这两种混合机的结构形式基本相似，一个是由于搅拌桨的形状像螺旋带而得名，另一个是由于搅拌桨的形状为 Z 形而得名。通常人们也都称这两种混合机为捏合机。

这两种混合机主要由电动机、V 带、齿轮减速器、混合室和搅拌桨等主要零件组成。

混合机的搅拌室内壁是由不锈钢板焊接组合成夹套式圆弧形结构，夹套内可通蒸汽为混合料加热升温，也可通冷却水为混合料降温。搅拌桨由不锈钢板制造或用铸钢铸造成 Z 形，然后表面镀硬铬层，以防止黏料和提高其工作面的耐磨性。这两种混合机工作时，搅拌桨的转速一般在 15～50r/min 范围内。

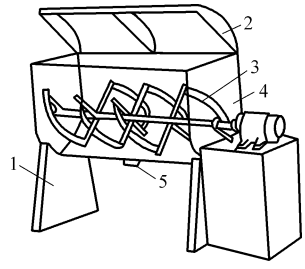


图 4-9　螺带式混合机结构示意图

1—机架　2—上盖　3—搅拌桨
4—混合室　5—卸料装置

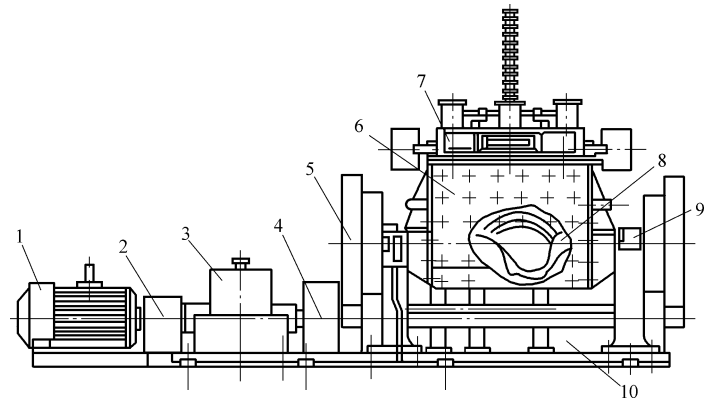


图 4-10　Z 形混合机结构

1—电动机　2、4—联轴器　3—减速齿轮器　5—传动齿轮
6—混合室　7—上盖　8—搅拌桨　9—轴承座　10—机座

（3）高速混合机　高速混合机不同于前两种混合机的地方就是搅拌桨的工作转速比较高。所以，人们通常都称其为高搅机。

高速混合机结构如图 4-11 所示。这种混合机的结构和其他类型的混合机结构基本相同，也是由混合室、搅拌桨和传动装置等主要零部件组成。

高速混合机的规格也是按混合室的容积大小来表示的，以升为单位，用 L 表示。高速混合机常用参数见表 4-6。

（4）冷混合机　冷混合机按生产工艺顺序排列是在高速混合机之后的，作用是把高速混合机混合后的高温料降温，以防止原料结块、热降解及排除原料中残余的水蒸气和各种挥发性气体。这样既可保证制品的透明度，又为下道生产工序挤出混炼原料作准备。

冷混合机结构如图 4-12 所示（图示结构是高速混合机与冷混合机为一体型结构，图中的下部为冷混合机）。与高速混合机结构不同之处：搅拌桨为 Z 形，混合室和搅拌桨内均可

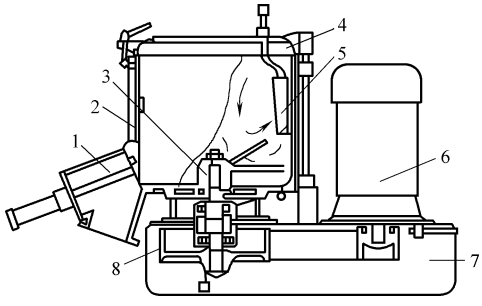


图 4-11　高速混合机结构

1—排料装置　2—混合室　3—搅拌桨　4—盖
5—折流板　6—电动机　7—机座　8—V 带轮

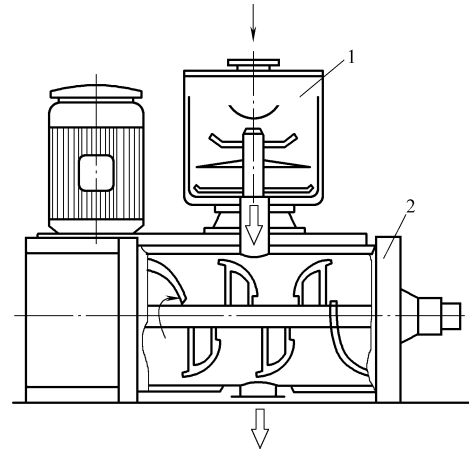


图 4-12　高速混合机与冷混合机结构示意图

1—高速混合机　2—冷混合机

通水冷却，搅拌桨转速比高速混合机的搅拌桨转速慢。

（5）混合机工作原理　当混合机内加入原料，混合室内搅拌桨高速旋转时，搅拌桨附近的原料由于受桨叶面摩擦力和叶片端面推力作用而随搅拌桨旋转。在高速旋转离心力作用下，这些料被抛向混合室内壁，成为连续碰壁的原料，在后来料的推力下，沿内壁上升到一定高度时，原料的重力又使它落回原混合室的中心部位，然后再被旋转的桨叶抛出，重复原来的运动。由于混合室中还设有一个折流板，它能破坏原料旋流比较规则的运动方式，搅乱物料的运动方向，这几个料流的混合运动，使原料间产生摩擦、碰撞和推挤，这些交叉的动作变化使原料间产生一定的摩擦热。另外，还有混合室外部的供热，使原料升温，这些条件的综合作用使混合室内各种原料得到均匀混合。

（6）混合机生产操作注意事项

1）确保混合室内无任何异物，清除混合机上一切工具后准备开车。

2）试运转，无异常声响，正式起动电动机工作。

3）查看电流表，主电动机功率应不超过额定值的15%，如出现电流过大或轴承部位发热流出润滑油现象，应停车检查，排除故障后再正式生产。

4）混合机正常开车后，空运转一段时间，检查加热混合室的温度是否符合工艺要求；稳定输送蒸汽压力，温度恒定。

5）一切正常后向混合室内加料。用不同型混合机混合不同聚氯乙烯制品时的原料混合工艺条件如下。

① 软质聚氯乙烯制品用原料的混合工艺的加料顺序是：聚氯乙烯树脂→增塑剂→稳定剂→色浆→填充料。

以用GRH—500型高速混合机工作为例，其生产工艺条件为：一次加料量160kg，加热蒸汽压力0.2MPa，原料混合时间不超过10min，混合后料温不超过120℃。

② 硬质聚氯乙烯制品用原料的混合工艺的加料顺序是：聚氯乙烯树脂→稳定剂→色浆料→填充料→润滑剂。

以GRH—500型高速混合机工作为例，其生产工艺条件为：一次加料量200kg，加热蒸汽压力0.2MPa，原料混合时间不超过10min，混合后料温不超过100℃。

如果用GRH—200型高速混合机工作，则其加料量为90kg，混合室加热蒸汽压力可略小些，混合时间为10～15min，出料温度在90℃左右。

③ 半硬质聚氯乙烯制品用原料的混合工艺。以GRH—500型高速混合机工作为例，加料量为150kg，混合室稍微加热，混合原料时间为6min，混合后料温在100～110℃之间。

原料混合时应注意：如果混合料中有氯化聚乙烯（CPE）或乙烯-醋酸乙烯酯共聚物（EVA）和高抗冲甲基丙烯酸酯-丁二烯-苯乙烯共聚物（MBS）时，混合料温不宜超过110℃，混合搅拌时间也不宜过长，以避免混合料中的CPE等增韧剂发黏结成团块；如果混合料中有钛白粉，钛白粉一定要在结束混合料前1～2min内放入混合，以避免降低钛白粉的白色；多组分原料的混合，不允许同时一次性地把各种原料全部倒入混合室内，这样会影响增塑剂的使用效果，影响制品质量。

5. 开炼机

开炼机是开放式炼塑机的简称，在塑料制品厂，人们又都习惯称它为两辊机。开炼机是

应用比较早的一种混炼塑料设备。在压延机生产线上，开炼机设置在压延机之前，混合机之后，作用是把混合均匀的原料进行混炼、塑化，为压延机压延成型塑料制品提供混合炼塑较均匀的熔融料。混合料造粒时，开炼机能直接把按配方混合好的粉状料炼塑成熔融料，再压塑成片状带，用切粒机切成粒状。在地板革生产线上，可直接为布基革提供混炼塑化均匀的底层涂料。也可把回收的废旧塑料薄膜（片）在开炼机上重新炼塑回制。

开炼机结构简单，制造比较容易，操作也容易掌握，维修拆卸方便，所以在塑料制品企业广泛应用。不足之处是工人操作体力消耗很大，在较高温度环境中需要手工翻动混炼料，而手工翻转混炼塑料片的次数多少对原料混炼的质量影响较大。

（1）开炼机的结构及规格型号　开炼机结构如图 4-13 所示，组成设备的主要零部件有：两根炼塑辊筒、辊筒轴承、传动装置、调距装置、机架、紧急停车装置和为辊筒加热用的输汽管路。图 4-14 所示为一种新型结构开炼机，两辊分别由两台电动机单独驱动，两套传动机构由万向联轴器直接带动辊筒工作。这种传动机构取消了两辊速度差用传动齿轮，结构比前种开炼机简单，传动噪声也小些，但设备的造价比较高。

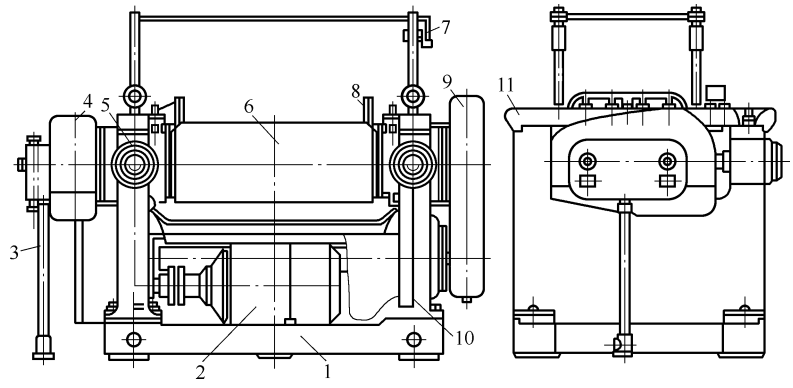


图 4-13　开炼机结构

1—机座　2—电动机　3—输汽管　4—速比齿轮　5—调距装置　6—辊筒
7—挡料板　8—紧急停车装置　9—齿轮罩　10—机架　11—横梁

从图 4-14 中可以看到两根辊筒的两端由轴承支撑，平行排列，固定在机架的水平轴承框内。右侧（图示方向）是带动辊筒旋转的传动系统。输汽管路为辊筒的加热升温向辊筒内输入蒸汽。调距装置是为辊筒炼塑不同塑料时经常改变两辊筒间的工作面间隙而设置的。紧急停车装置是在开炼机生产中出现异常事故时，为保证人身和设备安全而设置的，拉动设备上方的操作杆，旋转的辊筒即可紧急停车。

开炼机的规格型号是按其设备上的辊筒直径大小和辊筒工作面长度来表示的，单位为 mm。

国家标准 GB/T 13577—2006 规定的开炼机基本参数见表 4-9。表中 160mm × 320mm 规格开炼机是实验室中的应用设备，其他规格为生产车间应用。在标注开炼机的规格型号时，规格数字前加“SK”。如 SK550 开炼机型号中，S 代表塑料，K 表示开炼机，550 表示开炼机辊筒的工作面直径。

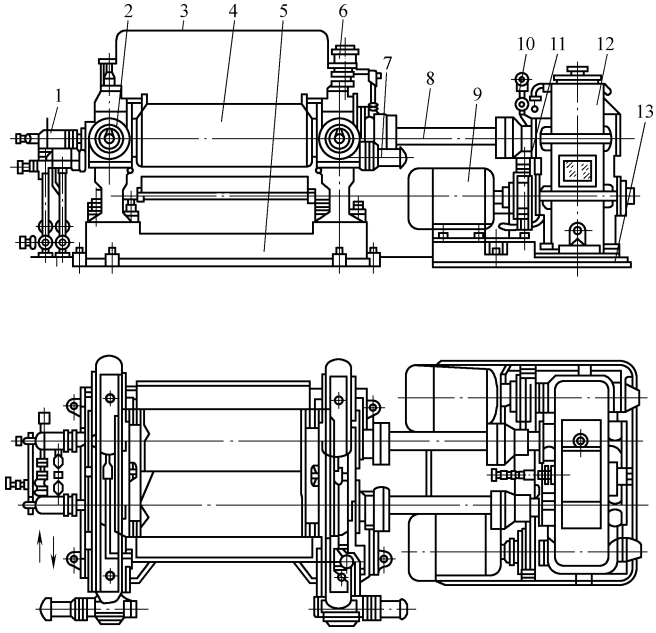


图 4-14　双电动机传动开炼机结构

1—输汽管路　2—机架　3、11—紧急停车装置　4—辊筒　5—机座
6—润滑油杯　7—调距装置　8—万向联轴器　9—驱动电动机
10—减速器润滑装置　12—齿轮减速器　13—传动齿轮减速器底座

表 4-9　部分开炼机基本参数（GB/T 13577—2006）

辊筒尺寸 （前辊直径×后辊直径×辊面宽度）/mm	前后辊速比	前辊面线速度 /（m/min）	主电动机功率 /kW	一次投料量 /kg
160×160×320	1:（1.20～1.35）	8	7.5	2～4
250×250×620	1:（1.10～1.30）	13	32	10～15
360×360×900		15	37	15～20
400×400×1000		17	55	18～25
450×450×1200		22	75	25～35
550×550×1500	1:（1.05～1.30）	24	132	50～60
660×660×2130		28	280	75～95

表 4-10 和表 4-11 列出了大连橡胶塑料机械厂和上海橡胶机械厂生产的开炼机型号及主要技术参数。

表 4-10　上海橡胶机械厂生产开炼机型号及主要技术参数

型号	辊筒直径 /mm	辊筒工作长度 /mm	辊筒速比	最大辊距 /mm	一次加料量 /kg	外形尺寸 （长×宽×高） /mm	总功率 /kW
SK—160$^{A}_{B}$	160	320	1:1.35	4.5	1～2	1120×920×1295	5.5 9.7
SK—400A	400	1000	1:1.2727	10	18	4600×1950×2340	40.25
SK—400B	400	1000	1:1.2727	10	18	4350×1830×1880	66.65
SK—450B	450	1200	1:1.20	10	25～50	4550×1830×1743	55
SK—550	550	1500	1:1.20	15	56	6200×2150×2050	111.5

表 4-11　大连橡胶塑料机械厂产开炼机型号及主要技术参数

型号	辊筒工作直径/mm	辊筒工作长度/mm	前辊线速度/(m/min)	前后辊速比	一次加料量/kg	外形尺十(长×宽×高)/mm	总功率/kW
SK—400	400	1000	18.46	1:1.27	18	4300×1280×1910	45
SK—450	450	1200	24	1:1.27	30~50	5300×2150×1860	55
SK—550E	550	1500	27.5	1:1.28	35	5240×2400×2050	75
SK—550E_1	550	1500	27.5	1:1.28	35	5560×2400×2045	75
SK—550F	550	1500	36	1:1.167	35	5740×2400×2050	110
SK—550F_1	550	1500	38.15	1:1.95	35	5780×2473×2130	75
SK—660	660	2130	28.4	1:1.24	85~100	7505×3290×2620	155
SK—660A_1	660	2130	32	1:1.22	85~100	6410×2550×2670	110
SK—660A_2	660	2130	39	1.22:1	85~100	6700×2680×2210	110
SK—660A_3	660	2130	32	1:1.22	85~100	6375×2560×2099	110
SK—660W	660	2130	8~32	1:1.22	85~100	6720×2550×2670	132
SK—660W_1	660	2130	8~32	1:1.22	85~100	8790×2550×2670	132
SK—660A_4	660	2130	39	1.22:1	85~100	6470×2550×2030	110

（2）开炼机工作原理　开炼机对塑料制品用原料的混合炼塑，主要是用载有一定热量，能够相对旋转运动的两根辊筒。工作时原料在两根辊筒的工作面上，由于两根辊筒旋转的速度不同，工作面温度也略有差别，辊面上的原料受到辊筒热传导和摩擦的作用，渐渐地也随着温度升高而变软，并黏在辊面上随辊筒转动。当这些原料进入两辊筒的工作面间缝隙时，由于辊面间的间隙很小，再加上两辊面的旋转速度不同，使这部分料受到强烈的挤压、剪切和捏合作用，这种原料间的复杂运动使原料本身产生一定的摩擦热。另外，还有辊筒表面的传导热量，这些内在因素和外界条件的综合作用，使辊筒上的原料软化，混合塑化，呈熔融状态。再加上操作者把原料在辊筒间不断地翻动，使料得到均匀的混合、塑化。这时即可提供给压延机压延成型制品了。

（3）开炼机操作注意事项

1）开炼机正常生产的开车前，应先起动润滑油泵，工作 2~3min 后再起动辊筒工作电动机。辊筒开始运转，也要空车旋转 3~5min。此时，操作工应检查机器运转声音有无异常。

2）仔细检查和清除设备上一切工具，机架上不许存放任何物品。

3）不许辊筒在静止状态送汽加热升温，开车后要首先检查一下辊筒轴颈的润滑状况，一切正常后再缓慢起动送汽阀。辊筒要慢慢加热升温，一般控制升温速度在 2℃/min 左右。辊筒加热升温至 170℃左右时开始投料生产。

4）调整辊筒工作面间距时，要两端同时进行，调整后的辊距间隙要均匀。同时，要经常校正，使实际辊距与调距显示刻度盘值相符。如果出现较大误差，说明调距安全片出现问题，要及时检查、更换。

5）开始投料时要先少量投料至两辊筒间。检查投料后的主电动机电流变化是否正常；检查两辊间隙是否符合工艺要求、前后两辊温度是否符合前辊略高于后辊（约差 3~5℃）；安全片与轴承座有无间隙，一切正常后再正式投料至料包满辊筒。

6）投料至两辊筒间，开始手工操作混炼原料。注意投料量的控制，一般是根据经验控制不同混料的一次炼塑加料量的。加料量过大，混炼时间长，塑化混炼不够均匀；加料量过

少，混炼塑化时间短，塑化质量好，但质量的稳定性不易控制。

为了达到用比较短的操作时间，得到塑化较好的熔融料，操作工应及时、经常地翻动炼塑料片。翻动方法如下：

① 在辊面上横切一刀，用双手托料片在辊面上打卷，卷到一定量时再把料卷推入两辊间。

② 切开料片，左右翻动折叠，打成三角形包，到一定量时再推入两辊间。

③ 用刀划开料层，掀起来，折叠到未切料层上。达到塑化质量后，按切粒机需要的片厚和宽度切片卷取。

7）投料生产后要经常观察主电动机的电流变化，应不大于额定值（允许瞬间超载）。

8）检查轴承部位温度应不超过 100℃，减速器轴承温度应不超过 45℃。

9）如发现有异物随料投入辊筒上，不允许用手去取，应立即拉动紧急停车拉杆，操作手柄转至“反向”位置，起动开车，取出异物。无特殊情况，不允许随意拉动紧急停车拉杆，避免急制动摩擦片加快磨损。

10）注意辊筒反向转动时间不宜过长。

11）正常生产中，要经常注意检查辊筒轴承的温度变化。此处发热升温不允许超过 100℃。出现问题不允许紧急停车，应先排净辊筒上料，空车运转，在轴承处加注润滑油降温，然后再进行检修处理。

12）辊筒轴承用润滑油为用二硫化钼油脂（锥入度为 180 ~ 220），加入 20% 过热气缸油，调均后黏度降为 260mm^2/s 时再加入油泵内。万向联轴器处的润滑用二硫化钼润滑脂。

13）停产时，辊筒温度降低到 60℃再停止辊筒转动。

6. 密炼机

密炼机与开炼机的功能相同，也是塑料的混炼塑化设备。密炼机是在开炼机的基础上改进变化的结果。密炼机是一种封闭式混炼设备，它克服了开炼机那种粉尘飞扬、混炼塑化时间长、需要工人手工操作、劳动强度大的缺点。由于密炼机是用一种结构比较特殊的混炼转子，被混炼的原料是在一个密闭、具有一定的温度环境中。所以，用密炼机混炼塑化塑料，与用开炼机相比，有混炼塑化时间短、工作效率高、多种原料混合均匀、塑化质量好等优点。在压延机生产线上，密炼机用在混合机的下一道生产工序中，直接把高速混合后的热混合料投入密炼机的密炼室内，进行混炼塑化。

（1）密炼机的种类及规格　密炼机的结构类型，可按混炼室的结构形式的不同进行分类，也可按转子的工作转速高与低的不同进行分类。一般最常用的分类方式是第一种，可分为椭圆形、三棱形和圆筒形等密炼机。

不管哪种类型的密炼机，它们的结构形式基本相同。常见到的密炼机结构如图 4-15 所示。密炼机的主要结构组成零部件有转子、密炼室、密封装置、进料和压料装置、卸料装置、传动系统及液压、气压、润滑和电控系统。

由密炼机的结构图中可以看到：两根相对旋转运动的转子装在密炼室内，上部由气动活塞杆控制，有能开闭的翻板门和能上下滑动对物料施加一定压力的上顶栓。底部由液压系统控制，能对下顶栓进行开关和锁紧。密炼室壁腔和上下顶栓腔均可通入蒸汽或冷却水，进行加热和冷却。按工艺条件要求由温度控制装置对其自动控温。转子的两端与安装在密炼室两侧的轴承座转动配合。端面加密封装置，防止粉状料泄漏。混合机排出的混合料直接由上部

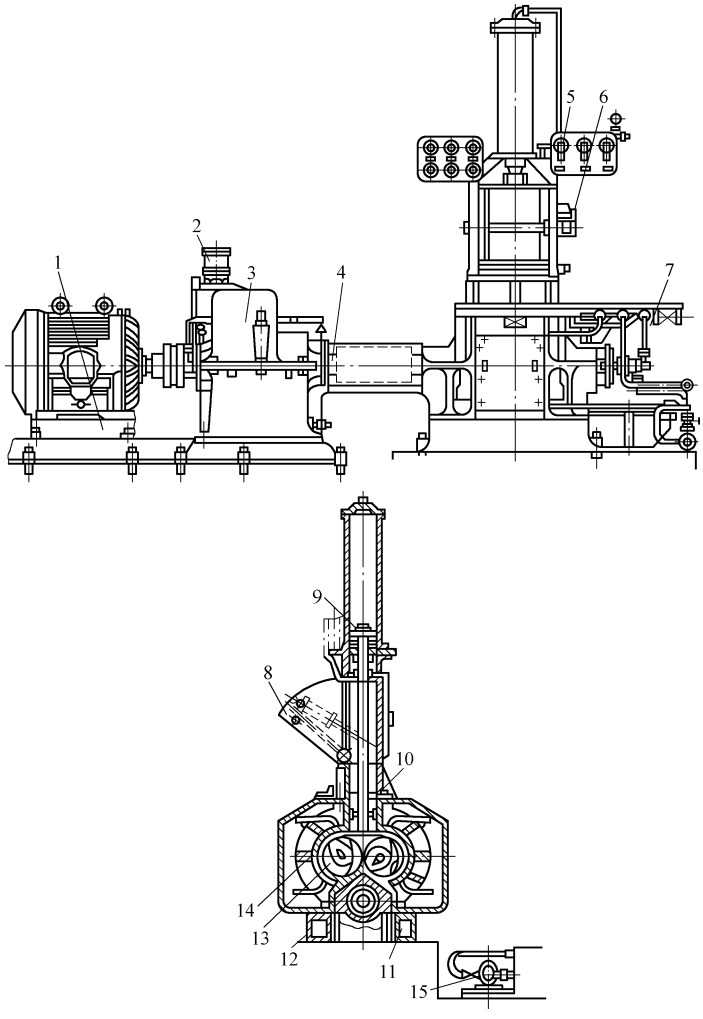


图 4-15　密炼机结构组成

1—电动机　2—密封润滑系统　3—减速器　4—联轴器　5—操作盘
6—加料操作系统　7—加热输汽管路　8—气缸　9—进料装置
10—上顶栓　11—底座　12—下顶栓　13—转子　14—密炼室　15—齿轮泵

的加料斗进入密炼室。在密炼室内混炼塑化后，由底部的卸料装置排出。

密炼机的规格是以密炼机中的密炼室总容积（L）和转子的转速（r/min）来表示的。在数字规格前加代号 SM：代号 S 代表塑料，M 代表密炼机。例如 SM50/35 型密炼机：S 塑料、M 密炼机，总容积为 50L，转子转速为 35r/min。

部分国产密炼机的基本参数、不同生产厂家产密炼机型号及技术参数见表 4-12 ~ 表 4-13。

（2）密炼机操作注意事项

1）开车前检查密炼机各部位轴承、密封处、轴向调整装置和减速箱内齿轮的润滑情况，各部位润滑油量应视工作需要调整适量；气缸活塞杆和万向节润滑部位，每班要加注一次润滑油。

表 4-12 部分国产密炼机的基本参数

项目		型号			
		MLX-25	SHM-50	SM-50/35×70	SM-50/48
总容积/L		46	75	75	75
工作容积/L		25	50	50	50
转子转速/(r/min)	前转子	30.31	61/31	30.5/60.9	48.2
	后转子	35.16	70/35	35/70	40.7
电动机功率/kW		55	220/110	220/110	160
蒸汽压力/MPa		0.8~1.0	0.4~1.0	0.8~1.0	0.8~1.0
气体压力/MPa		0.6~0.8	0.6~0.8	0.6~0.8	0.6~0.8
卸料形式		滑动	滑动	滑动	滑动
外形尺寸(长×宽×高)/mm		3535×1210×2973	6600×3800×4000	6500×3500×4000	8000×3000×4800
质量/kg		7.5	23	18	17

表 4-13 大连橡胶塑料机械厂产密炼机型号及技术参数

型号		密炼室总容积/L	工作容积/L	后转子转速(r/min)	转子速比	蒸汽耗量/(m^3/h)	总功率/kW
X(S)M-50/40		50	30	40	1:1.72	200	95
X(S)M-80/40		80	60	40	1:1.15	300	210
X(S)M-110/40		110	82.5	40	1:1.15	720	240
X(S)M-110/6~60		110	82.5	6~60	1:1.15	720	450
SM-75/40E		75	50	40	1:1.15	300	155
SM-75/35/70E		75	50	35/70	1:1.15	300	110/220
塑料加压式捏炼机	SN-55/30	125	55	30/24.5	140	0.5~0.8	77.2
	SN-75/30	175	75	30/24.5	140	0.4~0.8	114
	SN-110/30	250	110	30/24.5	140	0.4~0,8	189

2）检查清理上、下顶栓，混炼室内和翻板各滑动部位，不许有异物和残料。注意：提起上顶栓后要插上安全销。

3）按操作说明书要求顺序开车，一切正常后即可向各加热部位输送蒸汽加热升温。加热蒸汽压力为 0.7~1MPa，缓慢送汽升温，直至达到 160~180℃后恒温 15min 投料。

4）加热升温空运转一段时间，如无漏汽、转子轴承温度不超过 90℃，其他各部位轴承温度不超过 65℃和无异常现象，即可按设备规定的塑化物料量向混炼室内投料；按混合料配方的工艺条件，一般混炼 4min 左右时间（料温在 160℃左右、呈松散团状），然后把混炼料输送到开炼机炼片。

5）生产过程中，转子轴端密封处允许有少量糊状料挤出，此种现象属正常；如此处挤出料量较多，应拆开密封装置清洗，把各密封摩擦件平面修磨平整光滑，重新装配时应注意螺钉的紧固力要均匀。

6）遇有异常事故或突然停电时，要立即切断电源开关，提升上顶栓，插入安全销。然后转动电动机部位联轴器，让转子反方向转动，排除混炼室中原料。否则，故障排除后电动

机将无法起动。

7）如果更换不同颜色原料，混炼室应该先用废料清理，直至无原颜色干扰。

8）如果停产时间较长，除了混炼室及各部位做好清理工作外，还应涂好防锈油。用压缩空气吹净各管路中积水，各阀门、开关都应在关闭位置。切断总电源。

7. 切粒机

切粒机是一种能够把一定宽度和厚度的片材切成粒料的专用设备，主要用在电缆料和配混料的切粒工序中，厚片用切粒机的结构示意图如图 4-16 所示。

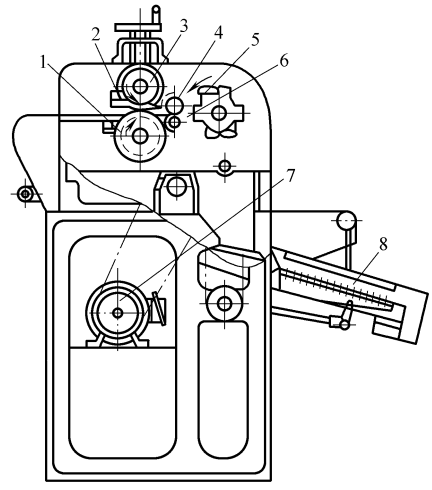


图 4-16　厚片用切粒机的结构示意

1—下梳板　2—上梳板　3—切条用圆辊刀　4—压辊　5—旋转切刀　6—固定底刀　7—电动机　8—筛斗

切粒机开始切粒工作时，已经切成固定宽度的厚片，从切粒机的两圆辊刀间的间隙进入（图示方向的左侧进入两圆辊刀间），先被圆辊刀切成纵向连续不断的条形，然后由压辊夹紧条状料，牵引送入高速旋转切刀处，切成有固定长度的粒料。切好的粒料落入筛斗内，把未切断的长条和连体粒筛除。

塑料切粒机基本参数见表 4-14。

表 4-14　塑料切粒机（SCQ-200B）基本参数

项　　目	指　　标	项　　目	指　　标
切粒片最大宽度/mm	200	切条速度/(m/min)	18
切片宽度/mm	1 ~ 3	粒料尺寸/mm	4 × 4
切条宽度/mm	4	切刀转速/(r/min)	1137
圆盘刀转速/(r/min)	50	外形尺寸(长 × 宽 × 高)/mm	690 × 910 × 1685
主电动机功率/kW	15		
刀片材料	9SiCrW18Cr4V	重量/kg	1270

4.4.3　原料配混工艺操作要点

1. 原料配混工艺方案

经混合机搅拌混合均匀的掺混料，需要经过混炼塑化后切成粒状料。混合料的生产造粒，根据混合料中掺混料的不同，可采用以下两种工艺流程方式。

1）高速混合机混合均匀料→冷混料降温至 45℃ 以下→挤出机（单螺杆或双螺杆挤出机）把混合料混炼塑化→挤出切粒。

2）高速混合机混合均匀料→密炼机混炼塑化→开炼机混炼塑化→第二台开炼机把原料塑化均匀切片→引出片冷却→收卷，然后用切粒机切成粒状料。

聚氯乙烯树脂中掺混料的造粒，可选用任一种工艺流程。对于聚烯烃料，如树脂与碳酸钙或滑石粉掺混料造粒，应选用第一种工艺流程；如树脂与乙丙橡胶（添加量为 10% ~

15%）共混的掺混料造粒，就应选择第二种工艺流程。

2. 原料配混工艺操作要点

塑料制品成型生产工艺过程中的原料配混、操作时的配混料加入顺序、工艺参数的控制及选用的设备和操作方式是否符合工艺要求等，都会对制品的性能和产品质量产生较大影响。所以，对原料配混工艺操作提出下列几点注意事项。

1）主原料（以 PVC 树脂为例）在配混前一定要用 40 目筛网过筛，以清除原料中杂质。

2）原料中含水量超过表 4-5 规定时要进行干燥处理，含水量应不超过允许值。如果混合料需用开炼机塑化混炼时，含水量较高的原料可不必进行干燥，因为原料在高温（大于 100℃）的开炼机上炼塑时，原料中的水分会自然挥发掉。

3）为了得到较均匀的混合料，要求配方中的各种材料的密度和细度要尽量接近一致。

4）原料向混合机内加料量应不大于混合室容积的 75%，高速混合料时间一般不超过 10min。

5）树脂和填充料的计量以采用电子秤计量方式为多。

6）聚氯乙烯制品用料配方中，可能同时使用几种增塑剂。生产时，几种增塑剂过滤后可分别计量加入到混合机内；也可按配方要求的配比，分别计量后加入到一个混合罐中，在 80℃左右温度条件下用 5 ~ 6Pa 气压搅动罐内增塑剂掺混液，使其混合均匀后用计量泵将其输入到混合机内。

7）粉状颜料和稳定剂等助剂应用时，先按一定的配比［颜料与增塑剂配比为 1∶(2 ~ 3)，稳定剂与增塑剂配比为 1∶2］与增塑剂混合成浆料，经搅拌机搅拌，使混合料掺混均匀；然后用研磨机研磨，把粉状料颗粒细化。研磨工作时，三辊速比为 1∶3∶9，辊间间隙要逐渐缩小，经几次反复研磨后，颗粒细度在 30 ~ 40μm 内，以利于颜料的均匀扩散。

8）由于助剂在配方中的应用量非常小，所以各种助剂的计量应特别准确，误差不应大于 0.5%，主原料计量误差不应大于 2%。

9）原料的混合应先向混合室的外壁空腔内输入 0.2MPa 左右的蒸汽，把混合机的混合室预热；原料混合时，应先把 PVC 树脂与液体增塑剂混合，开动混合机，两种原料混合 1 ~ 2min，把两种原料混合、分散均匀后再加入稳定剂、色浆等其他助剂。注意：各种原料混合时，不允许同时一次性地全部倒入混合室内，以避免影响增塑剂的使用效果。

4.4.4 混合料造粒

混合料造粒一般多采用挤出切粒机机组进行切粒。机组中的挤出机可是单螺杆挤出机，也可是双螺杆挤出机。挤出机结构与普通常用的挤出机结构完全相同。挤出切粒机中特殊部位，只是在普通挤出机前多了一套挤出的塑料条切粒装置和粒料的冷却、干燥处理装置。风冷热切挤出造粒机机组结构如图 4-17 所示。

风冷热切挤出造粒机的工作方法是：把按生产粒料用原料配方中各种料先经计量配混，加入高速混合机中搅拌混合均匀后，投入挤出造粒机的机筒内，经熔融塑化成黏流态，从机筒前的多孔板挤出呈条状，然后被旋转的刀片切成长度均匀一致的粒料，由风压管路输送，经冷却、过筛后装袋。

国内部分塑料挤出造粒机组生产厂及产品主要技术参数见表 4-15 ~ 表 4-17。

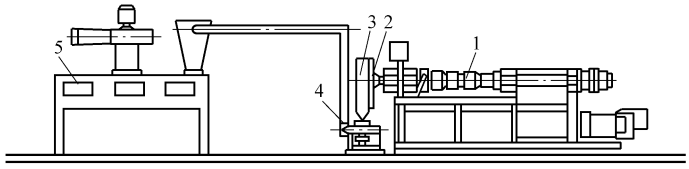


图 4-17　风冷热切挤出造粒机机组结构

1—挤出机　2—切粒前成型条状料模具　3—切粒装置　4—粒料风送系统　5—粒料冷却过筛装置

表 4-15　大连橡胶塑料机械厂塑料挤出造粒辅机主要技术参数

型号	机头孔径/mm	切刀转速/(r/min)	粒子箱冷却能力/(kg/h)	外形尺寸(长×宽×高)/mm	总功率/kW
SJS-FL110(双螺杆)	3	100～1000	1000	6190×6430×3940	13.1
SJ-FL120		114～1140	250	4750×3000×3030	7.4

型号	模孔直径×数量/mm×个	冷却水槽容积	切粒机最大生产能力/(kg/h)	切刀外径/mm	粒子规格(直径×长度)/mm	外形尺寸(长×宽×高)/mm	总功率/kW
SJSL-F92(双螺杆)	4×52	720	2000	200	(2.3～3)×3	12805×1890×1720	
SJL-F180(单、双螺杆交联 PE)	2.1×469		550～600			10034×5860×5280	68

表 4-16　上海轻工机械股份有限公司上海挤出机械厂挤出造粒机机组技术参数

型号	切刀数/把	造粒尺寸/mm	生产能力/(kg/h)	转速/(r/min)	总功率/kW
SJBZ-ZL-65-F0.3A	3	3×3	50～140	2.96～695	49.55
SJZ-ZL-65B-JF0.3A	3	3×3	6.7～80	2.96～695	38.8
SJZ-ZL-45C-F0.3B	12	3×3	6～60	80～800	32.5

表 4-17　山东塑料橡胶机械总厂双螺杆挤出造粒机机组技术参数

平行双螺杆造粒机机组	型号	螺杆直径/mm	切刀转速/(r/min)	切刀数/把	造粒规格/m	生产能力/(kg/h)	总功率/kW
	SJSP-80×21	80	1000	3	3×3	250	

锥形双螺杆粉料造粒机机组	型号	螺杆小端直径/mm	螺杆转速/(r/min)	切刀数/把	造粒规格/mm×mm	总功率/kW
	SJL-55	55	3～30	3	3×3	42.6

1. 挤出造粒工艺操作要点

1）挤出造粒 PVC 树脂要用 40 目筛网过筛，辅助料用 60 目筛网过筛，以清除原料中杂物。

2）开车前应仔细查看挤出机的上料斗和机筒内有无异物，不允许有任何杂物存在。

3）用手扳动 V 带，螺杆运转应比较轻松，各传动零件运转无异常后方可试开车。

4）挤出机螺杆空运转时间不允许超过 3min，以免划伤机筒和螺杆的工作面。

5）挤出机造粒原料塑化温度，机筒加料段为 80 ~ 120℃，塑化段为 130 ~ 160℃，均化段为 165 ~ 170℃。模具温度 170 ~ 180℃。

6）遇停电或异常事故停车时，应立即切断电源，退出螺杆，清除机筒和模具内存料。

7）原料塑化温度不允许超过 200℃，以避免 PVC 料分解。

目前原料配混后的造料多采用挤出机塑化原料后挤出条料切粒。因为这种生产方式所用设备少，工艺操作简单，还可连续生产。聚乙烯、聚丙烯树脂造粒，如果树脂中有乙丙橡胶加入时，就应选用把混合料经密炼机和开炼机混炼后，压延成片再用切粒机切粒。

2. 切粒料质量

配混切粒料的质量要求没有具体的规定。为了保证粒料成型塑料制品质量，对配混粒料的质量提出下列几点要求。

1）配混料切粒后的形状，可以是直径为 3 ~ 4mm，长度为 2 ~ 4mm 的圆柱形或体积相当的方形颗粒。

2）切粒料的颗粒形状一致、均匀、表面光滑、色泽一致、无明显杂质，不允许有 3 颗及以上连体粒。

3）粒料含水分应不大于 0. 5%，必要时要在 70 ~ 80℃温度烘箱中干燥处理 4h。

4. 5 玻璃纤维增强塑料的配制

塑料制品增强的方法有多种，较常用的是树脂内混有玻璃纤维后挤出造粒。因增强后的树脂成型制品，除具有树脂原有的优良性能和相对密度增加之外，其强度，刚度和硬度均有较大程度的提高。如拉伸强度，弯曲强度和冲击强度提高 1 倍以上、热变形温度和尺寸稳定性及低温冲击性能和耐电弧性能也得到较大的提高；同时，制品成型后的收缩率也有较大幅度的降低。用玻璃纤维增强塑料，树脂内混入的玻璃纤维规格、含量及混合方法的不同对树脂性能影响关系见表 4-18。

表 4-18 制法不同玻璃纤维增强聚丙烯性能

项目名称	增强方式					
	单螺杆挤出机	连续混合器	双螺杆挤出机(1)	双螺杆挤出机(2)	双螺杆挤出机(3)	双螺杆挤出机(4)
玻璃纤维含量(%)	25(3mm 短切纤维)	25(3mm 短切纤维)	25[纤维束(粗纱)]	25[纤维束(粗纱)]	25[纤维束(粗纱)]	25(3mm 短切纤维)
拉伸强度/MPa	42. 7	32. 9	40. 6	34. 3	56	56
弯曲弹性模量/GPa	4. 8	3. 2	4. 2	3. 85	3. 85	3. 85
悬臂梁缺口冲击强度/(J/m)	31	15	19. 2	23. 5	25. 65	27. 8
热变形温度/℃	128	60	95	84	131	130
供给方式		玻璃纤维于挤出机输送段前供料	强力螺杆供给玻璃纤维	中等程度螺杆供给玻璃纤维	缓和螺杆供给玻璃纤维	

以聚丙烯内混入玻璃纤维增强材料为例，制造玻璃纤维增强聚丙烯料方法如下。

1）玻璃纤维一般多用无碱或中性纤维，纤维直径为 8 ~ 15μm，丝的长度可切成 3 ~ 12mm 短纤维，也可用多股无捻粗纱。

2）与聚丙烯混合前，须把玻璃纤维进行预处理，或在聚丙烯中加入马来酰亚胺等改性剂对其进行改性。

3）聚丙烯树脂中加入玻璃纤维的量为 10% ~40% （质量分数），挤出混合后的玻璃纤维长度为 0. 3 ~5mm。

玻璃纤维增强聚丙烯料生产方法分混合法和包覆法两种。

1. 混合法

混合法又分为间隙法和连续法两种。

1）间隙法是把切成一定长度的短玻璃纤维与聚丙烯树脂按一定比例计量后，放入高速混合机（或捏合机）中热混合，然后排出。经降温后（低于 45℃）再投入挤出机中混炼塑化，然后挤出切粒。

2）连续法是把切短的玻璃纤维按一定混合比例加入到聚丙烯树脂内混合后，再加入到挤出机内（单、双螺杆挤出机均可），经混炼塑化后挤出条状料，经冷却后切粒。如果是用双螺杆挤出机，也可用多股无捻长玻璃纤维与 PP 树脂混合炼塑，生产方法是在双螺杆挤出机的机筒中段加入玻璃纤维，与预塑化树脂混合，然后在螺杆的高剪切作用下，长玻璃纤维边与树脂混合边被切断。

2. 包覆法

包覆法生产玻璃纤维增强聚丙烯，也是采用挤出机生产。工作时挤出机把树脂塑化成熔态状，挤入机筒前端的模具内（此种机头模具结构类似于电线电缆生产用模具结构），把无捻玻璃纤维长丝送入模具，被塑化的熔态料包覆（模具温度控制在 200 ~ 230℃）连续挤出模具成条状，经冷却后切粒，得到长纤维型的增强聚丙烯粒料。如果想得到短纤维型聚丙烯增强粒料，可把生产出的长纤维型增强粒料，再投入到挤出机内重新塑化混炼，经挤出造粒即可。这种包覆法生产玻璃增强聚丙烯粒料的工艺流程如图 4-18 所示。

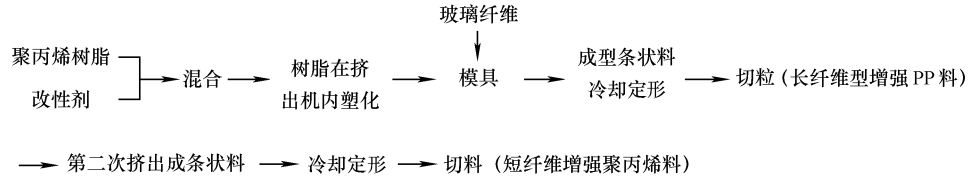


图 4-18　包覆法生产玻璃增强聚丙烯粒料的工艺流程

玻璃纤维增强塑料的生产，目前国内大多采用双螺杆挤出，用经过处理的玻璃纤维束，加入一定比例量的改性剂后，再经挤出机塑化混合挤出条状料，冷却定形后切粒。国内生产的玻璃纤维增强聚丙烯性能指标见表 4-19。

表 4-19　国内生产的玻璃纤维增强聚丙烯性能

项　　目	特　殊　型		自　熄　型
	$FRPP\text{-}T_{20}$	$FRPP\text{-}T_{30}$	
PP 质量分数(%) 玻璃纤维质量分数(%)	79. 5 20. 5	68. 4 31. 6	62 ~ 78 22 ~ 27

（续）

项　　目	特　殊　型		自　熄　型
	FRPP-T_{20}	FRPP-T_{30}	
拉伸强度/MPa	80 ~ 95	85 ~ 100	55 ~ 65
弯曲强度/MPa	100 ~ 115	110 ~ 130	60 ~ 75
冲击强度/(kJ/m)			
缺口	9 ~ 11	10 ~ 25	7 ~ 8
无缺口	25 ~ 30	25 ~ 32	—
布氏硬度/MPa	166. 7 ~ 196. 1	186. 3 ~ 215. 7	—
	100 ~ 105	100 ~ 110	
马丁耐热度/℃			130 ~ 145
体积电阻率/Ω · cm	$10^{15} \sim 10^{16}$	$10^{15} \sim 10^{16}$	(热变形温度,0. 46MPa)
表面电阻率/Ω	$10^{12} \sim 10^{13}$	$10^{12} \sim 10^{13}$	$(1.5 \sim 2.4) \times 10^{14}$
介电损耗角正切(60Hz)	$(3 \sim 5) \times 10^{-3}$	$(3 \sim 5) \times 10^{-3}$	$7 \times 3.6 \times 10^{14}$
介电常数(60Hz)	2. 5 ~ 2. 7	2. 5 ~ 2. 7	$(1.7 \sim 3.35) \times 10^{-2}$
介电强度/(kV/mm)	—	—	3. 85 ~ 3. 96
燃烧等级(UL94 法)	—	—	7. 5 ~ 15. 8
			V-0 至 V-1

第 2 篇　挤 出 成 型

在塑料制品加工行业中，用挤出机成型塑料制品是一种产量最大（约占塑料制品总产量的 1/3）、生产费用较低、生产操作也较容易掌握的加工生产方式。挤出机挤出成型的塑料制品，如塑料薄膜、管材、板、片、异型材、丝、电缆、包装带、棒、网、复合膜等，广泛应用在国防工业、交通运输业、机电产品、建筑材料、农业、科教卫生和日常生活用品中，已成为人们日常生活和国民经济发展中不可缺少的一部分。

（1）塑料制品挤出成型的生产特点

1）挤出机设备结构比较简单、造价低，挤出成型制品所用生产线的投资比较少。

2）可连续化生产，生产效率高。

3）挤出成型塑料制品的长度可按需要无限延长。

4）挤出成型制品的生产操作比较简单，产品质量比较容易保证，生产制品的成本比较低。

5）挤出机生产线占地面积较小，生产环境比较清洁。

6）挤出成型生产设备中的主机是挤出机，这种设备应用范围较大，可挤出多种热塑性塑料成型制品，可用于塑料树脂的混合、塑化、造粒等。

7）挤出机的维护保养和修理也比较简单容易。

（2）塑料制品挤出成型生产过程　按塑料制品挤出成型用料配方的要求，把各种符合要求的主料、辅料计量后，按工艺要求，顺序加入混合机内搅拌混合，直至多种掺混料混合均匀。混合均匀的原料经冷搅拌降温（低于 45℃）后，投入到挤出机料斗内，料斗内的原料经由机筒的进料口进入挤出机的机筒内（对 PVC 粉料，应先经混炼挤出造粒后，再投入到挤出机内）。

随着螺杆的旋转，原料被强制推向机筒前方。由于机筒前面有过滤网、多孔板和成型模具的阻力，再加上螺杆螺纹容积的逐渐缩小，使机筒内的原料向前移动的阻力随着前方料量的增加而越来越大，即原料的受压力越来越大；同时原料受机筒外加热的影响和机筒内挤压、剪切、搅拌的作用，再加上原料与机筒和螺纹工作面间的摩擦以及原料分子间的相互运动、摩擦等条件，使原料在机筒内温度逐渐升高，其物理状态也随之逐渐由玻璃态转变为熔融高弹态，最后成为黏流态，达到完全塑化。螺杆一直不停地匀速旋转，则把塑化均匀的熔融料等压、等量地从成型模具口挤出，成型出制品形状，再经冷却定形，按一定的长度卷取或切断，即完成挤出成型塑料制品的生产。

1）单螺杆式挤出机挤出成型 PVC 制品的生产工艺过程。按制品用料配方要求，将各种原料计量→混合机混合原料（热混合）→混合均匀料降温→造粒→粒料投入挤出机，把原料塑化，呈熔融态→模具成型出制品形状→冷却定形→牵引→卷取或按一定长度切断→质量检查→合格品包装。

2）双螺杆式挤出机挤出成型 PVC 制品的生产工艺过程。按制品用料配方要求，将各种原料计量→混合机混合原料（热混合）→混合均匀料降温→降温粉料直接投入双螺杆式挤出机，塑化原料呈熔融态→模具成型出制品形状（异型材、管、板）→冷却定形→牵引→切割→质量检查→合格品包装。

3）聚烯烃料采用单螺杆式挤出机挤出成型制品的生产工艺过程。原料开袋检查质量→

投入挤出机，把原料塑化呈熔融态→模具成型出制品形状→冷却定形→牵引→收卷或按一定长度切断→质量检查→合格品包装。

第 5 章　挤出机与辅助设备

5.1　挤出机分类

挤出机的分类方法没有统一规定，可按螺杆的数量分，也可按挤出机的功能分。按螺杆的数量分，挤出机可分为单螺杆式挤出机、双螺杆式挤出机和多螺杆式挤出机；按挤出机的功能分，可分为通用型单螺杆挤出机、排气式挤出机、发泡式挤出机、喂料式挤出机等。

5.1.1　单螺杆式挤出机

单螺杆式挤出机是一种应用最多的通用型挤出机。它的特点是：挤出系统由一根螺杆和机筒配合组成，其结构如图 5-1 所示。这种挤出机只要更换不同结构形式的螺杆，就可以完成各种热塑性塑料的挤出成型工作。

单螺杆塑料挤出机标准 JB/T 8061—2011 规定的基本参数见表 5-1 ~ 表 5-3。

上海挤出机厂和大连橡胶塑料机械等厂生产的部分挤出机的基本参数见表 5-4 和表 5-5。

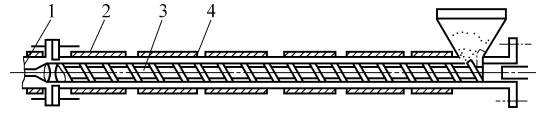


图 5-1　单螺杆式挤出机的螺杆机筒组合图

1—机头模具　2—电加热器　3—螺杆　4—机筒

表 5-1　加工聚乙烯单螺杆塑料挤出机基本参数

加工低密度聚乙烯(LDPE)挤出机基本参数

螺杆直径 D/mm	长径比 L/D	螺杆最高转速 n_{max}/(r/min)	最高产量 Q_{max}/(kg/h) MI2 ~ 7	电动机功率 P/kW	名义比功率 P' ≤kW/(kg/h)	比流量 q ≥(kg/h)/(r/min)	机筒加热段数(推荐)≥	机筒加热功率(推荐)≤kW	中心高 H/mm
20	20　25	160	4. 4	1. 5	0. 34	0. 028	3	3	1000 500 350 300
	28　30	210	6. 5	2. 2		0. 031		4	
25	20　25	147	8. 8	3		0. 060		3	
	28　30	177	11. 7	4		0. 066		4	
30	20　25	160	16	5. 5		0. 100		5	
	28　30	200	22	7. 5		0. 110		6	
35	20　25	120	16. 7	5. 5	0. 33	0. 139	3	5. 5	
	28　30	134	22. 7	7. 5		0. 169		6. 5	
40	20　25	120				0. 189			
	28　30	150	33	11		0. 220		7. 5	
45	20　25	130				0. 254		8	
	28　30	155	45	15		0. 290		9	
50	20　25	132				0. 341			1000 500
	28　30	148	56	18. 5		0. 378		11	
55	20　25	127				0. 441		10	
	28　30	136	66. 7	22		0. 490		13	
60	20　25	116				0. 575		12	
	28　30	143	90	30		0. 629		15	
65	20　25	120				0. 750		14	

（续）

加工低密度聚乙烯(LDPE)挤出机基本参数

螺杆直径 D/mm	长径比 L/D	螺杆最高转速 n_{max}/(r/min)	最高产量 Q_{max}/(kg/h) MI 2～7	电动机功率 P/kW	名义比功率 P' ≤kW/(kg/h)	比流量 q ≥(kg/h)/(r/min)	机筒加热段数(推荐)≥	机筒加热功率(推荐) ≤kW	中心高 H/mm
65	28　30	160	140	45	0.33	0.828	3	18	1000 500
70	20　25	120	112	37		0.933	4	17	
	28　30	130	136	45		1.046		21	
80	20　25	115	140		0.32	1.217		19	
	28　30	120	156	50		1.300		23	
90	20　25	100				1.560		25	
	28	120	190	60		1.583	5	30	
	30	150	240	75		1.600		30	
100	20　25	86	172	55		2.000		31	1100 1000 600
	28　30	106	234	75		2.207		38	
120	20　25	90	235			2.610		40	
	28	100	315	100		3.150	6	50	
	30	135	450	132		3.333		50	
150	20　25	65	410	132		6.300		65	
	28　30	75	500	160		6.600	7	80	
200	20　25	50	625	200		12.500		120	
	28　30	60	780	250		13.000	8	140	
220	28	80	1200	520	0.43	15.000	7	125	1200

注：根据需要，螺杆规格可适当增加优选系列：75、100、170 等。其中名义比功率及比流量按表中数值进行插入法计算

加工线型低密度聚乙烯(LLDPE)挤出机基本参数

螺杆直径 D/mm	长径比 L/D	螺杆最高转速 n_{max}/(r/min)	最高产量 Q_{max}/(kg/h) MI 2～7	电动机功率 P/kW	名义比功率 P' ≤kW/(kg/h)	比流量 q ≥(kg/h)/(r/min)	机筒加热段数(推荐)≥	机筒加热功率(推荐) ≤kW	中心高 H/mm
20	20　25	130	3.4	1.5	0.44	0.026	3	4	1000 500 350
	28　30	175	5.0	2.2		0.029		5	
25	20　25	120	6.8	3		0.057		4	
	28　30	140	9.1	4		0.065		5	
30	20　25	125	12.5	5.5		0.100			
	28　30	160	17.0	7.5		0.106		6	
35	20　25	125	17.4		0.43	0.139		5.5	
	28　30	160	25.6	11		0.160		7	
40	20　25	122				0.210		6.5	
	28　30	137	35	15		0.255		8	
45	20　25	113				0.310			
	28　30	135	43	18.5		0.319		10	

（续）

加工线型低密度聚乙烯（LLDPE）挤出机基本参数

螺杆直径 D/mm	长径比 L/D	螺杆最高转速 n_{max}/(r/min)	最高产量 Q_{max}/(kg/h) MI 2～7	电动机功率 P/kW	名义比功率 P' ≤kW/(kg/h)	比流量 q ≥(kg/h)/(r/min)	机筒加热段数（推荐）≥	机筒加热功率（推荐）≤kW	中心高 H/mm
50	20 25	103	35	15	0.43	0.340	3	9	1000 500
	28 30	113	43	18.5		0.381		11	
55	20 25	98				0.439		10	
	28 30	104	51	22		0.490		13	
60	20 25	90				0.567		12	
	28 30	110	70	30		0.636		15	
65	20 25	95				0.737		14	
	28 30	115	93	40		0.809		18	
70	20 25	95	86	37		0.905	4	17	
	28 30	105	105	45		1.000		21	
80	20 25	95	107		0.42	1.126		20	
	28 30	100	119	50		1.190		25	
90	20 25	85				1.400			
	28	95	143	60		1.505	5	30	1100 1000 600
	30	105	220	75		2.095			
100	20 25	65	130	55		2.000		31	
	28 30	80	178	75		2.225		38	
120	20 25	65				2.738		40	
	28	77	238	100		3.091	6	50	
	30	100	330	132		3.300			
150	20 25	50	314	132		6.280		65	
	28 30	56	380	160		6.786	7	80	

注：根据需要，螺杆规格可适当增加优选系列：75、100、170 等。其中名义比功率及比流量按表中数值进行插入法计算

加工高密度聚乙烯（HDPE）挤出机基本参数

螺杆直径 D/mm	长径比 L/D	螺杆最高转速 n_{max}/(r/min)	最高产量 Q_{max}/(kg/h) MI 0.04～1.2	电动机功率 P/kW	名义比功率 P' ≤kW/(kg/h)	比流量 q ≥(kg/h)/(r/min)	机筒加热段数（推荐）≥	机筒加热功率（推荐）≤kW	中心高 H/mm
20	20 25	115	3.0	1.5	0.49	0.027	3	4	1000 500 350
	28 30	155	4.5	2.2		0.029		5	
25	20 25	105	6.1	3		0.058		4	
	28 30	125	8.2	4		0.065		5	
30	20 25	115	11.2	5.5		0.98			
	28 30	140	15.3	7.5		0.109		6	

（续）

加工高密度聚乙烯(HDPE)挤出机基本参数									
螺杆直径 D/mm	长径比 L/D	螺杆最高转速 n_{max}/(r/min)	最高产量 Q_{max}/(kg/h) MI 0.04～1.2	电动机功率 P/kW	名义比功率 P' ≤kW/(kg/h)	比流量 q ≥(kg/h)/(r/min)	机筒加热段数(推荐) ≥	机筒加热功率(推荐) ≤kW	中心高 H/mm
35	20　25	110	15.6	7.5	0.48	0.142	3	5.5	1000 500 350
	28　30	145	23.0	11		0.159		7	
40	20　25	110				0.209		6.5	
	28　30	122	31.3	15		0.256		8	
45	20　25	100				0.313			
	28　30	120	38.5	18.5		0.321		10	
50	20　25	90	31.3	15		0.348		9	1000 500
	28　30	100	38.5	18.5		0.385		11	
55	20　25	88				0.438		10	
	28　30	94	46.0	22		0.489		13	
60	20　25	80	46			0.575		12	
	28　30	97	62	30		0.639		15	
65	20　25	85				0.729		14	
	28 30 33	105	84	40		0.800		18	
70	20　25	85	77	37		0.906	4	17	
	28　30	94	94	45		1.000		21	
80	20　25	87	96		0.47	1.103		20	
	28　30	90	106	50		1.178		25	
90	20　25	80				1.325			
	28　30	90	128	60		1.422	5	30	
100	20　25	60	117	55		1.950		31	1100 1000 600
	28　30	75	160	75		2.133	6	38	
120	20　25	64				2.500	5	40	
	28　30	72	215	100		2.986	6	50	
150	20　25	45	280	132		6.222		65	
	28　30	50	340	160		6.800	7	80	

注：根据需要，螺杆规格可适当增加优选系列：75、100、170 等。其中名义比功率及比流量按表中数值进行插入法计算

表 5-2　加工聚丙烯（PP）挤出机基本参数

螺杆直径 D/mm	长径比 L/D	螺杆最高转速 n_{max}/(r/min)	最高产量 Q_{max}/(kg/h) MI 0.4～4	电动机功率 P/kW	名义比功率 P' ≤kW/(kg/h)	比流量 q ≥(kg/h)/(r/min)	机筒加热段数(推荐) ≥	机筒加热功率(推荐) ≤kW	中心高 H/mm
20	20　25	140	3.6	1.5	0.41	0.026	3	3	1000 500 350
	28　30	190	5.4	2.2		0.028		4	
25	20　25	125	7.3	3		0.058		3	
	28　30	150	9.8	4		0.065		4	
30	20　25	140	13.4	5.5		0.96		5	
	28　30	170	18.3	7.5		0.108		6	

（续）

螺杆直径 D/mm	长径比 L/D	螺杆最高转速 n_{max}/(r/min)	最高产量 Q_{max}/(kg/h) MI 0.4～4	电动机功率 P/kW	名义比功率 P' ≤kW/(kg/h)	比流量 q ≥(kg/h)/(r/min)	机筒加热段数（推荐）≥	机筒加热功率（推荐）≤kW	中心高 H/mm
35	20 25	135	18.8	7.5	0.40	0.139	3	5.5	1000 500 350
	28 30	172	27.5	11		0.160		6.5	
40	20 25	145				0.190			
	28 30	170	37.5	15		0.221		7.5	
45	20 25	130				0.288		8	
	28 30	150	46	18.5		0.307		10	
50	20 25	110	37.5	15		0.341		9	1000 500
	28 30	120	46.3	18.5		0.386		11	
55	20 25	105				0.441		10	
	28 30	112	55	22		0.491		13	
60	20 25	95				0.579		12	
	28 30	118	75	30		0.636		15	
65	20 25	100				0.750		14	
	28 30	125	100	40		0.800		18	
70	20 25	100	93	37		0.930	4	17	
	28 30 33	120	125	45		1.046		21	
80	20 25	104	115		0.39	1.106		19	
	28 30	107	128	50		1.196		23	
90	20 25	98				1.306		25	
	28 30 33	120	154	60		1.426	5	30	
100	20 25	70	140	55		2.000		31	1100 1000 600
	28 30	87	192	75		2.207		38	
120	20 25	74				2.595		40	
	28 30	85	255	100		3.000	6	50	
150	20 25	60	320	132		5.633		65	
	28 30	70	320	160		5.857	7	80	

注：根据需要，螺杆规格可适当增加优选系列：75、100、170 等。其中名义比功率及比流量按表中数值进行插入法计算

表 5-3 加工聚氯乙烯（HPVC、SPVC）挤出机基本参数

螺杆直径 D/mm	长径比 L/D	螺杆转速 $(n_{min}\sim n_{max})$/(r/min) HPVC	螺杆转速 SPVC	产量 Q/(kg/h) HPVC	产量 SPVC	电动机功率 P/kW	名义比功率 P' ≤kW/(kg/h) HPVC	名义比功率 SPVC	比流量 q ≤(kg/h)/(r/min) HPVC	比流量 SPVC	机筒加热段数（推荐）≥	机筒加热功率（推荐）≤kW	中心高 H/mm
20	20	20～60	20～120	0.8～2	1.14～2.86	0.8	0.40	0.28	0.040	0.030	3	3	1000 500 350
	22 25											4	
25	20	18.5～55.5	18.5～111	1.5～3.7	2.1～5.4	1.5			0.081	0.060			
	22 25												
30	20	18～54	18～108	2.2～5.5	3.2～8	2.2			0.122	0.090		5	
	22 25												

（续）

螺杆直径 D/mm	长径比 L/D	螺杆转速 n_{min} ~ n_{max}/(r/min)		产量 Q/(kg/h)		电动机功率 P/kW	名义比功率 P' ≤kW/(kg/h)		比流量 q ≤(kg/h)/(r/min)		机筒加热段数（推荐）≥	机筒加热功率（推荐）≤kW	中心高 H/mm
		HPVC	SPVC	HPVC	SPVC		HPVC	SPVC	HPVC	SPVC			
35	20 22 25	17 ~ 51	17 ~ 102	3.1 ~ 7.7	4.4 ~ 11	3	0.39	0.27	0.151	0.129	3	4 5	1000 500 350
40	20 22 25	16 ~ 48	16 ~ 96	4.1 ~ 10.2	5.9 ~ 14.8	4			0.213	0.185		6	
45	20 22 25	15 ~ 45	15 ~ 90	5.64 ~ 14.1	8.16 ~ 20.4	5.5			0.375	0.272		8	
50	20 22 25			7.7 ~ 19.2	11.1 ~ 27.8	7.5			0.513	0.371		7 9	1000 500
55	20 22 25	14 ~ 42	14 ~ 84	11.3 ~ 28.2	16.3 ~ 40.7	11			0.807	0.582	3	8 11	
60	20 22 25	13 ~ 39	13 ~ 78	13.3 ~ 33.3	19.2 ~ 48	13			1.023	0.738		10 13	
65	20 22 25			15.4 ~ 38.5	22.2 ~ 55.6	15			1.185	0.854		12 16	
70	20 22 25	12 ~ 36	12 ~ 72	19 ~ 47.4	27.4 ~ 68.5	18.5			1.583	1.142		14 18	
80	20 22 25			29 ~ 58	34 ~ 85	22	0.38	0.26	1.933	1.417		23	
90	20 22 25	11 ~ 33	11 ~ 66	31.5 ~ 63	37 ~ 92.3	24			2.291	1.678	3 4	24 30	
100	20 22 25	10 ~ 30	10 ~ 60	39.5 ~ 70	46 ~ 115	30			3.900	2.300		28 34	1100 1000 600
120	20 22 25	9 ~ 27	9 ~ 54	72 ~ 145	84 ~ 210	55			8.000	4.667		40 45	
150	20 22 25	7 ~ 21	7 ~ 42	98 ~ 197	120 ~ 288	75			14.000	8.600	5 6	60 72	
200	20 22 25	5 ~ 15	5 ~ 30	140 ~ 280	180 ~ 420	100	0.36	0.24	28.000	18.000		100 125	

注：根据需要，螺杆规格可适当增加优选系列：75、100、170 等。其中名义比功率及比流量按表中数值进行插入法计算

表 5-4 上海挤出机厂产品基本参数

型 号	螺杆直径 D/mm	螺杆工作长度/mm	螺杆长径比 (L/D)	生产能力/(kg/h)	螺杆转速/(r/min)	电动机型号和功率/kW	机筒加热段	机筒加热功率/kW	机头加热功率/kW	螺杆中心高 H/mm	外形尺寸(长×宽×高)/mm 或重量/kg
SJ-45×30	45	—	30	6~55	14~180	变频 18.5	4	2.2×4	0.8×2		1800
SJ-45G	45	—	20	2.5~33	10~90	5.5	3	5	0.8		800
SJ-65×30	65	1950	30	18~110 10~80	13~190 9~90	Z4-180-21/40.5	5	20	2	1000	2000
SJ-90×30B	90	2700	30	50~180	9~90	Z4-200-31/90	5	5×5	1.5	1000	3865×1428×1557
SJ-120×30	120	3600	30	40~400	8~80	Z4-225-31/32	7	6.4×7		1000	7000

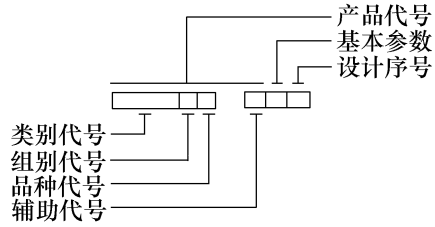
表 5-5 大连橡胶塑料机械厂产品基本参数

型 号	螺杆直径 D/mm	长径比 (L/D)	螺杆转速/(r/min)	产量/(kg/h)	电动机功率/kW	加热功率/kW	加热段数	中心高 h/mm
SJ-30×28①	30	28	13~130	15	5~7.5	10	—	—
SJ-45×25B②	45	25	12~120	30~36	10~15	13.6	—	—
SJ-45×25L③	45	25	9~90 11~110	34 40	10~15	13.6	—	—
SJ-45×25C④	45	25	15~150	50	4~24	15.6	—	—
SJ-45⑤	45	20	25~250	70~80	2.4~24	16.3	—	—
SJ-90-A	90	20	12~72	20~90	7.3~22	16	4	1000
SJ-90×25	90	25	33.3~100	50~100	18.3~55	20	5	1000
SJZ-F120	120	18	10~30	70~150	13.3~40	24	4	1000
SJ-150-A	150	20	7~42	—	25~75	48	5	1100
SJ-200-A	200	20	5~15	—	33.3~100	60	6	1100

① 加工 HDPE、LDPE、LLDPE。
② 加工 HDPE、LDPE。
③ 加工 HDPE、LDPE、LLDPE。
④ 加工 HDPE、LDPE、LLDPE。
⑤ 加工 HDPE、LDPE。

1. 挤出机型号

国家标准 GB/T 12783—2000 规定，标牌上的型号标注说明如下。



从左向右顺序：第一格是塑料机械，代号为 S；第二格是挤出机，代号为 J；第三格是指挤出机不同的结构形式代号。三个格组合在一起就是：塑料挤出机为 SJ；塑料排气式挤出机为 SJP；塑料发泡挤出机为 SJF；塑料喂料挤出机为 SJW；塑料鞋用挤出机为 SJE；阶式塑料挤出机为 SJJ；双螺杆式塑料挤出机为 SJS；锥形双螺杆塑料挤出机为 SJSF；多螺杆式塑料挤出机为 SJD。第四格表示辅机，代号为 F；如果是挤出机组，则代号为 E。第五格参数是螺杆直径×长径比（螺杆长径比为20∶1时不标注）。第六格是指产品的设计顺序，按字母 A、B、C 等顺序排列，第一次设计不标注设计号。

示例：SJ-45 ×25。表示塑料挤出机的螺杆直径为 45mm，螺杆的长径比为25∶1。

2. 基本参数

（1）螺杆直径　指螺杆的螺纹外圆直径，用 D 表示，单位为 mm。

（2）螺杆的长径比　指螺杆的螺纹部分长度与螺杆直径的比值，用 L/D 表示。

（3）螺杆的转速范围　指螺杆工作时的最高转速和最低转速值，用 $n_{max} \sim n_{min}$表示。

（4）电动机功率　指驱动螺杆转动的电动机的功率，用 P 表示，单位为 kW。

（5）机筒加热功率　指机筒用电阻加热时的电功率，单位为 kW。

（6）机筒加热段数　指机筒加热分几段温度区控制。

（7）挤出机产量　指挤出机在单位时间内的生产能力，用 q 表示，单位为 kg/h。

（8）名义比功率　指挤出机每小时生产塑料制品的质量 V 所需电动机功率的综合指标，用 P'表示，即 $P' = P/q_{max}$，单位为 kW/(kg/h)。

（9）比流量　指螺杆每转动一圈所生产的塑料制品质量。它可体现出挤出机的生产效率，用 $q' = q_{实测}/n_{实测}$表示，单位为(kg/h)/(r/min)。

（10）中心高　指挤出机的机筒内螺杆中心线距地面的高度，用 h 表示，单位为 mm。

5.1.2　双螺杆式挤出机

双螺杆式挤出机是指挤出机的机筒内有两根螺杆啮合工作，共同完成对塑料的强制向前推进输送和塑化工作。在双螺杆式挤出机与单螺杆式挤出机中，对原料塑化工作的比较如下：

1）原料被挤出塑化呈熔融态，在生产过程中产生的摩擦热量少。

2）原料在机筒内受双螺杆啮合剪切作用力稳定均匀，多种原料的混合和塑化质量比较好。

3）原料塑化在机筒内停留时间较短，挤出成型制品产量高。

4）粉状料能直接投入机筒内进行塑化，混合塑化质量稳定。

5）双螺杆啮合，完成旋转工作，机筒内的残料可自动清理。

1. 双螺杆式挤出机类型

（1）按双螺杆的旋转方向分类　可把挤出机分为同向旋转和异向旋转两种挤出机。同向旋转双螺杆式挤出机是指两根螺杆啮合工作时，旋转方向一致，如图 5-2a 所示。

同向旋转双螺杆式挤出机中，两根螺杆的外形结构、各段螺纹几何形状及螺纹旋向都相同。两根螺杆上的螺纹啮合状态又可分为全啮合型、部分啮合型和非啮合型，如图 5-3 所示。

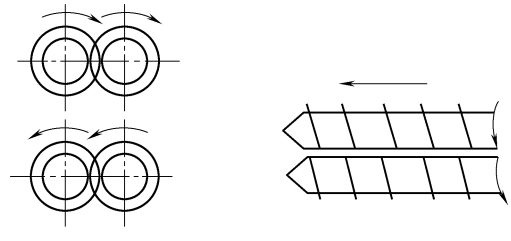


图 5-2　双螺杆同向旋转示意图

a）旋转方向　b）螺纹旋向

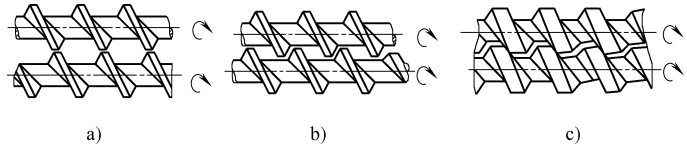


图 5-3　同向旋转双螺杆的啮合状态

a）非啮合型　b）部分啮合型　c）全啮合型

JB/T 5420—2001 中规定的同向旋转双螺杆式挤出机的基本参数见表 5-6。

表 5-6　同向旋转双螺杆式挤出机基本参数（JB/T 5420—2001）

螺杆直径 D/mm	中心距 a/mm	长径比 (L/D)	螺杆最高转速 n_{max}/(r/min)	电动机功率/kW	最高产量 q_{max}/(kg/h)
30	26	23～33	300	5.5	≥20
34	28	14～28		5.5	≥25
53	48	21～30		30	≥100
57					
60	52	22～28		40	≥150
68	60	26～32		55	≥200
72	60	28～32	260	55	≥200
83	76	21～27	300	125	

异向旋转双螺杆式挤出机中，两根螺杆工作时的旋转方向相反，如图 5-4a 所示。螺纹旋向一根是右旋，另一根必须是左旋，如图 5-4b 所示。

两根螺杆的螺纹啮合状态，可分为全啮合型和非啮合型，如图 5-5 所示。

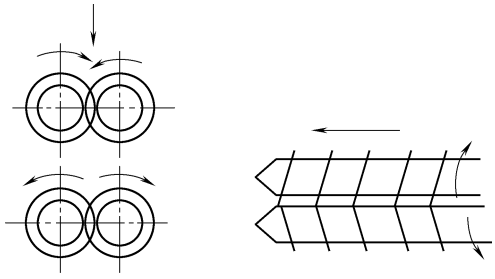


图 5-4　双螺杆异向旋转示意图

a）旋转方向　b）螺纹旋向

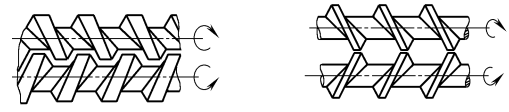


图 5-5　异向旋转双螺杆啮合形式示意图

a）全啮合型　b）非啮合型

JB/T 6491—2001 中规定的异向旋转双螺杆式挤出机的基本参数见表 5-7。

表 5-7　异向旋转双螺杆式挤出机基本参数（JB/T 6491—2001）

挤出机系列			65		80		85			110				140			
中心距/mm			52		64		70			90				118			
螺杆直径 D/mm			60	65	80	80	81	85		105	110			142			
长径比(L/D)			—	16、18、27										—			
产量/(kg/h)	管材		—	110	160	—	—	200	—	—	—	280	—	—	—	460	—	—	—
	异型材		80	—	—	—	120	—	—	—	260	—	—	—	—	—	—	—	—
	板材		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	—	—	—	360	—	—
	造粒	PVC-U	—	—	—	170	—	—	200	—	—	—	—	300	—	—	—	520	—
		PVC-P	—	—	—	—	—	—	—	300	—	—	—	—	350	—	—	—	800
比流量 q'/[(kg/h)/(r/min)]			1.6	1.89	5.71	6.07	3.78	5.8	6.12	6.25	10.4	7.36	5.26	6.25	6.4	11.5	9	13	13.33
比功率 P'/[kW/(kg/h)]			0.15	0.14	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.14	0.15	0.14	0.16	0.14	0.14	0.16	0.14	0.14	0.14
中心高 h/mm			1000								1150								
螺杆与机筒间隙/mm			0.2～0.35		0.2～0.38						0.3～0.48					0.4～0.6			

（2）按双螺杆的轴心线平行与否分类　可分为轴心线平行的啮合异向旋转双螺杆式挤出机（图 5-6a）和轴心线相交的啮合异向旋转锥形双螺杆式挤出机（图 5-6b）。

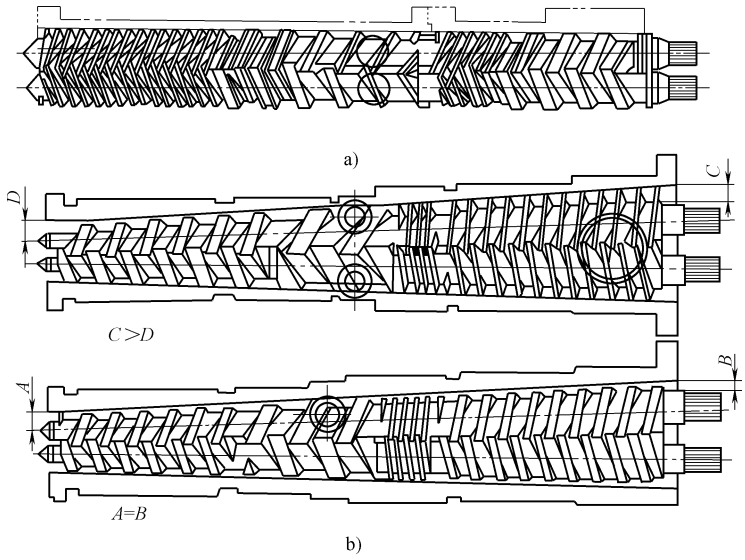


图 5-6　轴心线平行及相交的异向旋转双螺杆

a）轴心线平行的啮合异向旋转双螺杆　b）轴心线相交的啮合异向旋转双螺杆

JB/T 6492—2001 中规定的锥形双螺杆式挤出机的基本参数见表 5-8。

表 5-8　锥形双螺杆式挤出机基本参数（JB/T 6492—2001）

螺杆直径 D/mm	螺杆的最大与最小转速调速比（n_{max}/n_{min}）	产量 q（PVC-U）/(kg/h)	实际比功率 P'/[kW/(kg/h)]	比流量 q'/[(kg/h)/(r/min)]	中心高 h/mm
25	≥6	≥24	≤0.14	0.3	1000 1100
35		≥55		1.22	
45		≥70		1.55	
50		≥120		3.75	
65		≥225		6.62	
80		≥360		9.73	
90		≥675		19.3	

注：此锥形双螺杆式挤出机以加工硬聚氯乙烯管材、板材、异型材造粒为主。

2. 基本参数

（1）螺杆直径　指螺杆上螺纹的外径，用 D 表示，单位为 mm。锥形双螺杆的外径分大端和小端直径，一般用小端直径来表示螺杆直径的规格。

（2）螺杆长径比　用 L/D 表示，L 为螺杆的长度，D 为螺杆的直径。

（3）螺杆转速范围　指螺杆工作时的最高转速和最低转速，用 $n_{max}\sim n_{min}$ 表示，单位为 r/min。

（4）电动机功率　指驱动双螺杆转动的电动机功率，用 P 表示，单位为 kW。

（5）生产能力　生产能力与挤出物料的性质和成型模具的结构有关，是按塑料制品的种类标明的单位产量，用 q 表示，单位为 kg/h。

（6）机筒的加热功率和加热段　指用电阻加热机筒时所用的总功率，用 P 表示，单位为 kW。加热段是指机筒被加热的分段或温度控制段。

（7）螺杆的旋向　指两根螺杆的工作旋向，有同向和异向旋转之分。同向旋转双螺杆式挤出机多用于混合物料，异向旋转双螺杆式挤出机多用于成型制品。

（8）螺杆中心距　指两根螺杆装配后的中心距离，用 a 表示，单位为 mm。

（9）螺杆承受转矩　表明螺杆所能承受的最大转矩，单位为 N·m。为了设备的安全，设备工作时不允许超过其最大转矩值。

（10）螺杆用轴承的承受能力　指支撑螺杆传动轴所用轴承能承受的最大轴向力，单位为 N。

国内部分双螺杆式挤出机生产厂产品型号及基本参数，见表 5-9～表 5-14。

表 5-9　兰州兰泰塑机公司产同向双螺杆配混式挤出机基本参数

项目 \ 型号	SHJ-38	SHJ-48	SHJ-58	SHJ-68A	SHJ-78	SHJ-92	SHJ-132	SHJ-168
螺杆直径/mm	32	48	58	68	78	92	132	168
螺杆转速/(r/min)	300/600/900	300/500	300/500	300/500	400/500	300/500	300	300
长径比(L/D)	28～48	28～48	28～48	28～48	28～48	28～48	28～48	28～48
主电动机功率/kW	15/22/30	30/37/45	45/55/75	55/75/90	90/110/160	160/280/315	450/550	850/1000
生产能力/(kg/h)	30～120	60～180	100～250	150～450	300～850	600～1200	900～2000	1800～3600

注：该机可为填充料、着色料、塑料合金、玻璃纤维增强等多种料混合挤出造粒。配置特殊双螺杆，可为聚合物的缩聚、聚合、交联、接枝反应挤出造粒。

表 5-10　大连冰山橡塑股份有限公司产双螺杆式挤出基本参数

项目 \ 型号		SJSH-90×20①	SJSH-90×40②	SJSH-92×32③
螺杆直径/mm		89	2×90	2×92
螺杆长径比(L/D)		20∶1	40∶1	32∶1
螺杆转速/(r/min)		30～300	—	50～500
螺杆转向		同向	同向	同向
主电动机功率/kW		180	355	450
加料斗容量/L		46	46	300
加料螺杆	直径/mm	140	140	20～200
	转速/(r/min)	60	60	
机筒冷却水泵	流量/(m^3/h)	6	6.3	冷却水
	扬程/m	76	75	
最大产量/(kg/h)		400～500	500	1500(ABS 料)
抽气系统	真空泵型号	—	25～185A	—
	抽气速率/(L/s)		35	
	极限真空/Pa		3500	-0.08(MPa)
机筒加热方式		—	—	铸铝加热器
外形尺寸(长×宽×高)/mm		5760×3340×3130	7975×3400×3130	6800×2400×3100
重量/t		8.4	11	11.8

① 该机与 SJ-180×6 单螺杆式挤出机组成二阶挤出机，用于生产热敏性及剪切敏性料造粒。

② 该机与相应的 SJL-F90 型塑料挤出造粒辅机配套，组成交联 PE 料挤出造料生产线。

③ 该机配合相应辅机用于 ABS 粉料造粒，也可用于其他料改性造粒。

表 5-11　大连冰山橡塑股份有限公司产锥形双螺杆（SJSZ-60）式挤出机基本参数

项　　目	参　　数	项　　目	参　　数
螺杆直径/mm	60/125	机筒加热功率/kW	17.5(4 区)
螺杆有效长度/mm	1320	螺杆加热功率/kW	油热 10.8
螺杆转速/(r/min)	3.8 ~ 38	中心高/mm	1100
生产能力/(kg/h)	200	外形尺寸(长 × 宽 × 高)/mm	4146 × 1250 × 2240
主电动机　功率/kW	37		
电压/V	440	机器重量/t	3.5

注：此机可为 PVC 粉料挤出造粒，也可与相应辅机配套生产 PVC 硬管、板、异型材等制品。

表 5-12　上海挤出机厂产锥形双螺杆式挤出机基本参数

项　　目 \ 型　　号		SJSZ-65A	SJSZ-80
螺杆直径/mm		65 ~ 132	80 ~ 156
螺杆转速/(r/min)		3.5 ~ 34.4	3.8 ~ 38
螺杆旋向		异向向外	异向向外
螺杆总转矩/kN · m		10460	
主电动机功率/kW		37(直流)(D.C)	67(直流)(D.C)
生产能力/(kg/h)		80 ~ 300	100 ~ 360
加热功率/kW	机筒	26.4(4 段)	36(4 段)
	连接部位	3	—
	机头	220V 16A(共 7 段)	—
真空泵	极限真空度/Pa	4000	4000
	电动机功率/kW	1.5	1.5
重量/kg		4500	6000

注：用于挤出硬质 PVC 粉料造粒或配置相应辅机挤出成型管、板和异型材。

表 5-13　大连冰山橡塑股份有限公司产异向平行双螺杆式挤出机基本参数

项　　目 \ 型　　号	SJS-80 × 21	SJS-110 × 21	SJS-130 × 21
螺杆直径/mm	85	110	130
螺杆长径比(*L*/*D*)	21∶1	21∶1	21∶1
螺杆转速/(r/min)	4.1 ~ 41	5 ~ 48	3.2 ~ 32
机筒加热功率/kW	37.3	44.5	49.4
机筒加热区数/段	7	7	6
驱动电动机功率/kW	37	75	90
生产能力/(kg/h)	240 ~ 280	300 ~ 500	650
外形尺寸(电控柜除外)(长 × 宽 × 高)/mm	4650 × 860 × 2210	5400 × 2100 × 3427	5500 × 1300 × 2500
重量(电控柜除外)/t	4.5	9.5	7.3
备注	进口 PC 控制,可联动、单动,保护功能齐全		

注：该机主要是用 PVC 粉料生产硬管、板和异型材，也可用于造粒。

表 5-14　上海挤出机械厂产 SJSZ 系列锥形双螺杆式挤出机基本参数

型　　号	SJSZ-35	CE7	SJSZ-65A	SJSZ-80	SJSZ-92
设备结构特点	采用模拟量直流控制装置 采用国产温控仪表 采用硬齿面减速器和分配箱 螺杆呈双锥形状(即外径锥度 > 底径锥度)	引进德国 WEBER 公司技术 采用进口全数字式直流调速装置 采用进口温控仪表 采用高效率蜗轮蜗杆减速器	螺杆呈双锥形状(即外径锥度 > 底径锥度) 采用进口全数字式直流调速装置 采用进口温控仪表	螺杆呈双锥形状(即外径锥度 > 底径锥度) 采用进口全数字式直流调速装置 采用进口温控仪表	螺杆呈双锥形状(即外径锥度 > 底径锥度) 采用硬齿面减速器和分配箱 采用进口全数字式直流调速装置 采用进口温控仪表

（续）

型　　号		SJSZ-35	CE7	SJSZ-65A	SJSZ-80	SJSZ-92
螺杆直径/mm		35～76.6	51～105	65～132	80～156	92～188
螺杆转速/(r/min)		4.5～45	2～32	3.5～34.4	3.8～38	3.5～35
螺杆旋转方向		异向向外				
主电动机功率/kW		11(D.C)	30(D.C)	37(D.C)	67(D.C)	119(D.C)
生产能力/(kg/h)		12～60	50～150（PVC 硬管） 40～120（PVC 型材）	90～300	200～420	150～750
加热功率/kW	机筒	10.26	9.8(共4段)	26.4(共4段)	36(共4段)	77.4(共4段)
	法兰		2.3	3	3.4	2.8
	机头	(共3段)	(共8段)	(共7段)	(共7段)	(共8段)
挤出高度/mm		1000				1100
真空泵	极限真空度/Pa	4000	5300	4000		
	电动机功率/kW	1.5			2.2	
外形尺寸(长×宽×高)/mm		1860×1135×1535	2300×1400×1700	4300×1540×2456	4800×1630×2500	4730×2050×2390
重量/kg		1200	2200	4500	6000	8000

注：主要用于 PVC 粉料挤出造粒，或配置相应辅机挤出管、板和异型材。配置特殊螺杆，可为聚合物缩聚、聚合、交联、接枝反应挤出。

5.1.3　排气式挤出机

排气式挤出机是因其工作的特殊性能而得名。这个特殊性能是指在挤出过程中，挤出机能够排出原料中的气体（包括空气、水蒸气和挥发性气体），从而达到保证塑料制品质量的目的。与其他挤出机比较，它突出的优点就是在挤出含有水分、溶剂的树脂时，不用对原料进行干燥处理，直接投入机筒就能挤出生产。

1. 结构及工作方式

排气式挤出机与其他挤出机的结构不同之处，是机筒的中部上方有一个排气孔，螺杆是由两段常规螺杆串联组成。两段螺杆的交接处与机筒的排气口对应；排气口前端螺杆段叫一阶螺杆，它和普通螺杆一样，分加料段、塑化段和均化段；排气口后端螺杆段叫二阶螺杆，它由排气段、第二塑化段和第二均化段组成。其结构形式如图 5-7 所示。

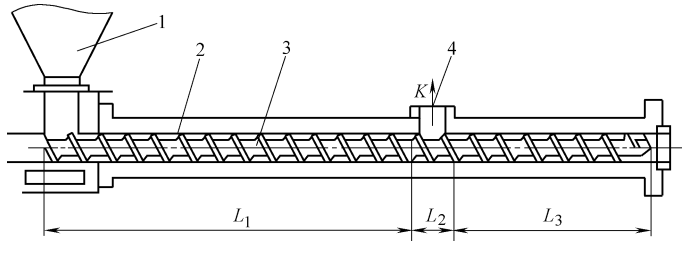


图 5-7　排气式挤出机的挤出机筒和螺杆

1—料斗　2—机筒　3—螺杆　4—排气口

排气式挤出机的工作方式：原料在进入一阶螺杆后，经过加料段、塑化段和均化段后，基本达到塑化。在挤出过程中，原料中的水分、空气、挥发物等混合气体在挤出混炼中溢出。由于排气口与真空泵用管路相通，熔料被挤压至排气口处，所受压力骤降，因此熔料中的混合气体至排气口后被抽出。熔料被转动的螺杆推向二阶螺杆，得到进一步塑化，然后在等压、等量和比较稳定的温度条件下被挤出成型模具，成型为塑料制品。

2. 基本参数

排气式挤出机的基本参数与其他类型挤出机的基本参数基本相同。表 5-15 中列出了以挤出聚烯烃为主的排气式挤出机的基本参数，是专业标准 JB/T 5417—2007 规定的。在 JB/T 5417—2007 中，还列出了以挤出硬聚氯乙烯（PVC-U）、软聚氯乙烯（PVC-P）制品用排气式挤出机的基本参数，见表 5-16。

另外，排气式挤出机还有些特殊专用的参数，具体内容如下。

1）第一阶螺杆与第二阶螺杆的长度比值。指长度比值 L_3/L_1，如图 5-7 所示。这个比值的大小由挤出成型的制品决定，一般在(0.8 ~ 1.8)∶1 的范围内。用于造粒时，比值取小些；用于成型制品时，比值取大于 1。

2）泵比。指第二阶螺杆的均化段螺纹槽深与第一阶螺杆的均化段螺纹槽深的比值，一般在(1.5 ~ 2)∶1 之间。此值越大，排气口溢料的可能性越小；此值过大，则容易造成挤出料流不稳定，对制品质量稳定性有较大影响。

3）扩张比。指第一阶螺杆上均化段螺纹槽深与排气口段螺纹槽深的比值，一般在(2.5 ~ 6)∶1 之间。此值越小，气体溢出的可能性越大。

表 5-15　排气式挤出机基本参数（JB/T 5417—2007）

螺杆直径 D/mm	长径比（L/D）	最高转速 n_{max}/（r/min）	产量/（kg/h）	电动机功率 P_N/kW	名义比功率 P'_N/［kW/（kg/h）］	比流量 q'/［（kg/h）/（r/min）］	排气口真空度/MPa	中心高 h/mm
20	25 28	225	6.3	2.2	0.35	0.028	≥0.08	1000 500
	30 32	285	8.6	3		0.03		
30	25 28	210	21	7.5	0.36	0.1		
	30 32	255	28	10		0.11		
45	25 28	165	48	17	0.35	0.291		
	30 32	195	63	22		0.323		
65	25 28	145	108	37	0.34 0.35	0.745		
	30 32	160	130	45		0.813		
90	25 28	110	162	55	0.34 0.31	1.472		
	30 32	145	242	75		1.669		

（续）

螺杆直径 D/mm	长径比（L/D）	最高转速 n_{max}/（r/min）	产量/（kg/h）	电动机功率 P_N/kW	名义比功率 P'_N/[kW/（kg/h）]	比流量 q'/[（kg/h）/（r/min）]	排气口真空度/MPa	中心高 h/mm
120	25 28	105	290	90	0.31 0.32	2.762	≥0.08	1100 600
	30 32	120	390	125		3.2		
150	25 28	80	500	160	0.32 0.33	6.25		
	30 32	90	605	200		6.672		
200	25 28	60	735	250	0.34 0.33	12.25		
	30 32	75	955	315		12.733		

注：此标准参数以挤出聚烯烃为主。

表 5-16　排气式挤出机用于 PVC 制品时的基本参数（JB/T 5417—2007）

螺杆直径 D/mm		20	30	45	65	90	120	150	200
长径比（L/D）		25　28	25　28	25　28	25　28	25　28	25　28	25　28	25　28
最高转速 n_{max}/（r/min）	PVC-U	25～75	23～69	20～60	15～45	13～39	12～36	8～24	6～18
	PVC-P	25～150	23～188	20～120	15～90	13～78	12～72	8～48	6～36
产量/（kg/h）	PVC-U	1～2.5	2.6～6.5	8～20	18～44	38～76	86～172	102～205	169～338
	PVC-P	1.5～4	4～10	12～29	26～66	47～118	112～253	138～320	216～500
电动机功率 P/kW		1.1	3	7.5	18.5	30	75	90	125
名义比功率 P'_N/[kW/（kg/h）]	PVC-U	0.44	0.46	0.38	0.42	0.4	0.44	0.44	0.37
	PVC-P	0.28	0.3	0.26	0.28	0.25	0.3	0.28	0.25
比流量 q'/[（kg/h）/（r/min）]	PVC-U	0.4	0.11	0.4	1.2	2.92	7.17	12.75	28.17
	PVC-P	0.03	0.09	0.3	0.87	1.81	4.67	8.63	18
排气口真空度/MPa		≥0.08							
中心高 h/mm		1000　500					1000　600		

注：此标准参数以加工软、硬 PVC 制品为主，也可生产聚烯烃制品。

国内排气式挤出机生产厂产品基本参数见表 5-17 和表 5-18。

表 5-17　南京橡塑机械厂产单螺杆排气式挤出机基本参数

设备规格	螺杆直径/mm	长径比（L/D）	螺杆最高转速/（r/min）	参考产量/（kg/h）
SJP30	30	30/32/36	115	20～30
SJP45	45	30/32/36	115	30～60
SJP65	65	30/32/36	100	80～150
SJP90	90	30/32/36	100	150～300
SJP120	120	30/32/36	90	250～400
SJP150	150	30/32/36	60	350～500
SJP180	180	30/32/36	60	500～900
SJP200	200	30/32/36	35	800～1200

表 5-18　上海挤出机械厂产单螺杆排气式挤出机基本参数

螺杆直径/mm	120	直流调速电动机型号	Z4-250-21
螺杆工作长度/mm	4560	电动机功率/kW	185
螺杆长径比(L/D)	38∶1	机筒加热段数/段	11
螺杆转速/(r/min)	10 ~ 106	加热功率/kW	6.4 × 11 = 70.4
生产能力/(kg/h)	37 ~ 395	外形尺寸(长 × 宽 × 高)/mm	6120 × 2580 × 2015(挤出机) 2000 × 800 × 2000(电控箱)
螺杆中心高/mm	1000	重量/kg	8000

5.1.4　多螺杆式挤出机

多螺杆式挤出机是指挤出机的机筒内有多根螺杆组合在一起工作，结构如图 5-8 所示。图 5-8b 所示是行星螺杆式挤出机，它在压延机生产线中的应用比较多。在压延机前的生产工序中，用行星螺杆式挤出机混炼、塑化原料的质量要比用单螺杆式挤出机的好，而且产量也高。

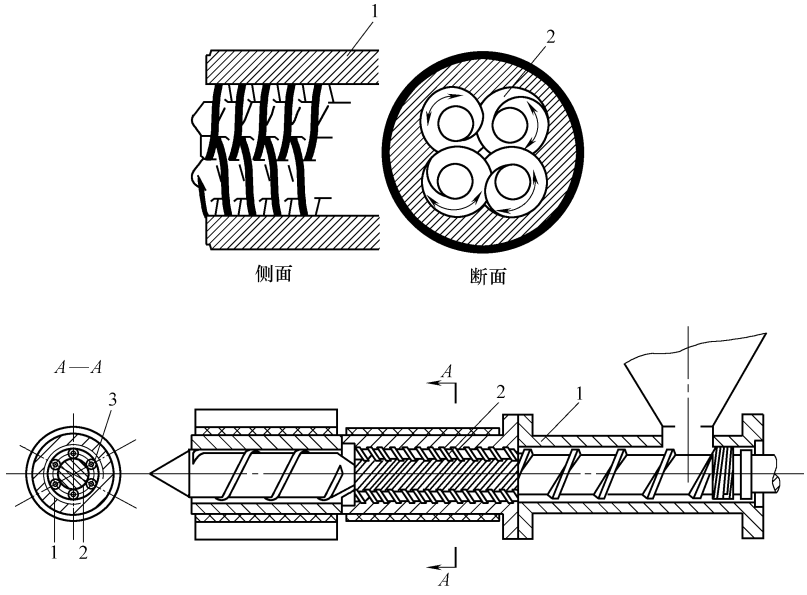


图 5-8　多螺杆式挤出机的螺杆布置示意图

a）多螺杆式　b）行星螺杆式

1—机筒　2—多螺杆（b 中是主螺杆）　3—行星螺杆

行星螺杆式挤出机的结构特点及工作方式，不同于其他挤出机之处是在挤出机中螺杆的螺旋中段（即塑化段），或是整个螺杆（只有进料部分加料段不是行星螺杆）为行星螺杆式结构。行星螺杆式挤出机工作时，以中心螺杆为主动螺杆，其外圆有多根小直径螺杆与其啮合转动。这些小直径螺杆既能自转，又能围绕中心螺杆公转，这是由于小螺杆的外围还有内带螺旋齿的外套与其啮合的缘故。这个外套也是机筒，与前后机筒用螺栓连接固定。螺杆的螺纹断面为渐开线齿形，螺旋为多头螺纹。图 5-8 中的中心螺杆、行星小直径螺杆和内有螺纹齿的外套机筒这三种零件组合，成为行星螺杆的混炼塑化机构。它们的螺距、螺纹深和垂直断面的齿形啮合角都相等；距外套螺旋齿的分度圆距离也相等；各个行星螺杆间的中心距相等，而且大于行星螺杆直径，以避免啮合传动时出现干涉现象。这些数据是保证这组行星螺杆正常啮合转动的工作参数。

行星螺杆混炼塑化原料的方式是：被加料段螺纹推到行星段的原料，在其后部螺杆进料的连续强力推动下，向螺杆前方机头挤出处移动，从中心螺杆和机筒间的内螺纹齿间和与其啮合的行星小直径螺杆齿间通过；由于行星螺杆中各螺杆不断转动，原料在相互啮合转动的螺纹齿间隙中受到强烈的挤压、辗伸和剪切等多种力的作用，在此段不断地被翻动、混合，最后成熔融状态，被均匀塑化，逐渐被推向螺杆前段，从机头挤出。

这种挤出机的特点是：原料塑化质量好，工作效率高，既节省塑化时间，又减少能源消耗。可直接用粉料树脂挤出塑化。此种挤出机可用于聚氯乙烯片材生产时预塑化供料，也可用于软聚氯乙烯薄膜生产时预塑化供料。

国内产行星螺杆式挤出机的基本参数见表 5-19。

表 5-19　行星螺杆式挤出机的基本参数

型　　号	WE140	WE170	WE190	WE240	WE250
电动机功率/kW	90	160	180	200	220
螺杆转速/(r/min)	3 ~ 60	3 ~ 60	3 ~ 60	3 ~ 60	3 ~ 60
导热油流量	400	400	600	600	600
透明片最大挤出量/(kg/h)	500	900	1100	1400	1800
有色硬片最大挤出量/(kg/h)	700	1100	1300	1700	2000
软片最大挤出量/(kg/h)	800	1200	1500	2100	2400

5.1.5　混合、喂料及过滤式挤出机

混合、喂料及过滤式挤出机是因其功能作用而得名。按其功能的不同，在生产线上的工作位置也不同。混合式挤出机一般多在高速混合机之后，进一步混合、塑化经高速混合机混合过的材料。喂料及过滤式挤出机的工作位置一般多在塑料成型机（如压延机）之前，为成型机提供保温过滤料。

混合、喂料及过滤式挤出机的结构与塑料成型制品用挤出机结构形式基本相同，不同之处只是螺杆结构中的长径比和压塑比有些变化。

目前，国内生产的专用混炼式挤出机主要参数见表 5-20。喂料及过滤式挤出机基本参数见表 5-21。

表 5-20　混炼式挤出机基本参数

规格型号	螺杆直径/mm	长径比(L/D)	螺杆转速/(r/min)	电动机功率/kW	产量/(kg/h)
JW250	250	10	12 ~ 36	33.3 ~ 100	900 ~ 2200

表 5-21　喂料及过滤式挤出机基本参数

项目 \ 型号		SJW250-6①	SJW-200②	SJW-250②
螺杆直径/mm		250	200	250
螺杆长径比(L/D)		6∶1	5.5∶1	6∶1
螺杆转速/(r/min)		5.2 ~ 52	75	75
最高产量(用 SPVC 料)/(kg/h)		1500	800 ~ 1200	1100 ~ 1600
驱动电动机	型号	Z4-250-11	75	75
	功率/kW	110		
	转速/(r/min)	100 ~ 1000		
加热方式(机筒、螺杆、机头、加料部位)		蒸汽或油(0.4 ~ 0.8MPa)	—	—
冷却方式(机筒、螺杆、机头、加料部位)		水冷(0.3 ~ 0.4MPa)		
机头结构形式		双机头		
机头加热功率/kW		2		
机头口模规格/mm		100 × 12		
机头液压缸直径/mm		80		
机头液压最大压力/MPa		14		
设备中心高/mm		1000		

① 为大连冰山橡塑股份有限公司产。

② 为常州橡胶塑料机械厂产。

5.1.6　阶式挤出机

阶式挤出机实际是由两台挤出机串联在一起，配合协调工作，用来完成挤出原料的排气、发泡和废品回收造粒工作。阶式挤出机的结构如图 5-9 所示。

阶式挤出机的组成形式有多种。目前，应用较多的阶式挤出机是由双螺杆式挤出机和单螺杆式挤出机配套组成，主要用于原料的混合、原料的改性和色母料等挤出造粒或直接挤出成型制品。

国内阶式挤出机生产厂产设备基本参数见表 5-22 和表 5-23。

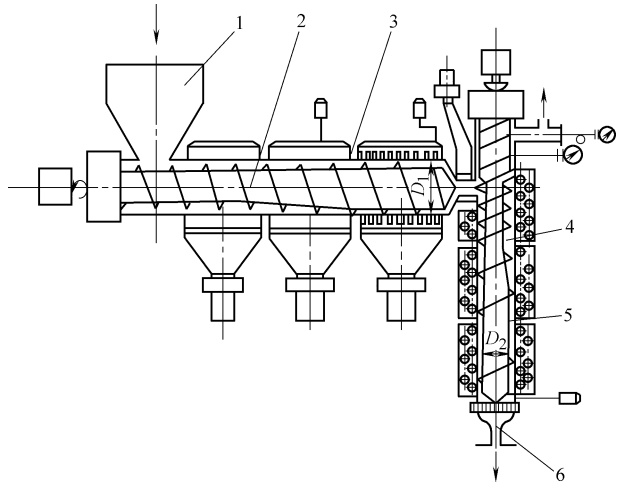


图 5-9　阶式挤出机结构

1—料斗　2—螺杆　3、5—机筒　4—螺杆　6—成型模具

表 5-22 南京橡塑机械厂产同向双螺杆式挤出机/单螺杆式挤出机双阶挤出机参数

设备规格	螺杆直径/mm	长径比(L/D)	螺杆最高转速/(r/min)	驱动电动机/kW	参考产量/(kg/h)
双螺杆/单螺杆①	双螺杆/单螺杆	双螺杆/单螺杆	双螺杆/单螺杆	双螺杆/单螺杆	
SJSH57/SJ120	57/120	20~28/6~15	300/80	37~55/22~37	150~250
SJSH72/SJ180	72/180	20~28/6~15	300/60	75~90/45~75	300~500
SJSH97/SJ200	95/200	20~28/6~15	300/60	160~220/75~115	400~800
混炼机/单螺杆②	混炼机/单螺杆	混炼机/单螺杆	混炼机/单螺杆	混炼机/单螺杆	混炼机/单螺杆
LCM60/SJ150	57/150	20~28/6~15	300/80	37~55/22~37	150~250
LCM80/SJ180	72/180	20~28/6~15	300/60	75~90/45~75	300~500
LCM100/SJ220	96/200	20~28/6~15	300/60	160~220/75~115	400~800

① 为同向双螺杆式挤出机与单螺杆式挤出机组成的双阶式挤出机，主要用于热敏性塑料的挤出造粒或直接挤出制品，如用于 PVC 和 PEX 料加工。

② 为用混炼机与单螺杆式挤出机组成的双阶式挤出机，可代替啮合同向双螺杆式挤出机，用于聚合物改性、色母料挤出造粒或直接挤出制品。

表 5-23 南京航空航天大学信立塑料机械厂产二阶式挤出机组基本参数

型号(KP)		KP25/60		KP40/100		KP58/150		KP72/180		KP92/200		KP133/300	
		双	单	双	单	双	单	双	单	双	单	双	单
主电动机功率/kW		5.5	3.7	22	15	45	37	75	45	200	75	450	180
螺杆最高转速/(r/min)		300	60	300	60	300	60	300	60	300	60	300	60
螺杆直径/mm		25	60	40	100	58	150	72	180	92	200	133	300
产量/(kg/h)	PVC	20~40		100~200		250~550		400~1000		1000~2000		3000~6000	
	XLPE	10~20		50~100		100~300		200~600		500~1000		1500~2500	

注：此机适合用于 PVC、XLPE 硬质料的挤出造粒，配置相应辅机，可直接挤出管、板、片和异型材。型号中 KP 为二阶式，25/60 中分子为双螺杆直径，分母为单螺杆直径。

5.2 新型挤出技术

挤出成型塑料制品生产技术从开始就在不断进步发展。这里介绍几种国内目前已经开始应用的新型挤出机生产成型制品技术，供读者参考。

5.2.1 反应式挤出机生产技术

反应式挤出机与普通型单螺杆式挤出机的不同之处，是采用了特殊结构的螺杆。它的螺杆具有较大的螺杆长径比和设有特殊的螺杆反应段（见图 5-10），另外机筒设有多个加料口。工作时，反应挤出用的基础原料由加料斗从机筒的进料端加入，其他反应助剂则根据工艺条件要求，从不同的机筒加料口用精密齿轮泵定量加入。机筒内相对应的各段，有不同的螺杆结构和适宜的工艺温度，使物料得到反应。完成反应后，又可在指定位置排气；然后经均化，即可进行造粒或经模具成型出制品。这就是反应挤出机的优异之处，既起到反应器作用，又可完成成型制品的工作。

目前，国内生产的交联聚乙烯管用挤出机，就是引进的反应式挤出机。这种挤出机用的

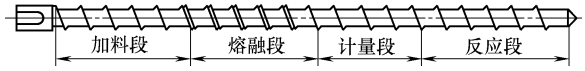


图 5-10 反应式挤出机用螺杆结构

特殊结构螺杆，既可完成对原料的输送、分散、塑化过程，又可同时完成硅烷的接枝过程，挤出成型后再进行水交联。兰州兰泰塑机公司产的 SHJ 系列同向双螺杆式挤出机中的特殊双螺杆（基本参数见表 5-9），即可对塑料进行交联、接枝反应挤出造粒。南京航空航天大学信立塑料机械厂产 SHJ-SC 系列同向双螺杆式挤出机（基本参数见表 5-24），除了对塑料进行混炼、塑化，着色、填充、改性增强、塑料合金、回收挤出造粒外，也可用于各种反应挤出。

表 5-24　南京航天航空大学信立塑料机械厂产 SHJ-SC 同向双螺杆式挤出机基本参数

型号 SHJ-SC	25		40		58		72		92		133
转矩/N · m	164		650		1750		3500		7700		22900
螺杆直径/mm	25		40		58		72		92		133
槽深/mm	4.1		7.0		10.3		12.0		16.3		23.5
最大长径比(L/D)	48		48		48		48		48		48
最高转速/(r/min)	300	600	300	600	300	600	300	600	300	600	300
电动机功率/kW	5.5	10	22	45	55	110	110	220	240	480	720
产量/(kg/h)	5 ~ 20	10 ~ 30	40 ~ 100	60 ~ 180	100 ~ 250	180 ~ 450	250 ~ 500	400 ~ 800	500 ~ 1000	800 ~ 1700	1500 ~ 3000

5.2.2　共挤出技术

塑料制品的共挤出成型技术，是指用不同性能的树脂，分别投入到多台挤出机内，每台挤出机塑化一种塑料树脂成熔融态，然后把各自塑化好的熔态料共同挤入到一个成型模具内，从模具挤出经冷却定型，则成为一种由多种塑料复合成型的制品。

（1）聚乙烯三层复合薄膜共挤出吹塑成型　用聚乙烯薄膜包装袋自动灌装牛奶、豆奶、酱油、豆浆和各种饮料等液体食品，应用薄膜量较大。要求这种薄膜要有一定的厚度（约 0.08mm），有较好的强度，耐压性和耐冲击性要较好；膜表面光滑，摩擦系数小；热封性好；膜面无针孔，适合印刷图案；符合卫生性能要求等。为适应不同盛装物的要求，薄膜可吹制成单层薄膜或多层复合膜，颜色有乳白色，三层复合薄膜为白/黑/白三色。

1）原料选择。三层复合薄膜挤出吹塑成型与单层液体包装薄膜挤出吹塑成型用料配方相同（LDPE 料，MFR = 0.1 ~ 0.3g/min、60 份；LLDPE 料，MFR = 0.1 ~ 0.3g/min、40 份；色母料 4 份；润滑剂 0.12 份）。薄膜的外层为乳白色，中间层为黑色。中间层用料可采用 HDPE50 份，LLDPE 40 份，色母料 10 份组合配方。

2）设备条件。选用三层料，分别由三台挤出机塑化熔融后，共挤入复合薄膜成型模具内。这种专用设备生产厂家有湖北轻工机械厂和大连理工大学机械厂。内外层料用 ϕ45mm 螺杆直径，螺杆长径比为（27 ~ 30）∶1。成型复合薄膜用模具结构如图 5-11 所示。

3）工艺条件要求。三层薄膜挤出成型用原料的机筒温度控制与单层液体包装薄膜挤出成型工艺温度控制，如果用料配方相同，则工艺温度也基本相同。若原料中 LLDPE 的比例增加，则机筒的加料段温度也要适当提高，其他部位温度不变。复合薄膜厚度为 0.08mm 时，则三层薄膜厚度分别是：内外层为 0.03mm，中间层为 0.02mm。

4）液体包装薄膜挤出吹塑成型应注意事项。

① 原料中 LDPE 与 LLDPE 的混合比例，可以是各占 50%，也可以是 LDPE∶LLDPE = 6∶4。两种料的熔体流动速率选择应相同或接近，选用 MFR 为 0.2g/min 较适宜。

② 原料中 LLDPE 的比例如果超过 50%，超过值越大，其成型液体包装薄膜的难度也随

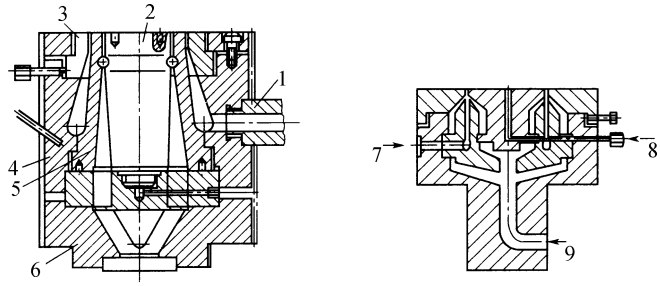


图 5-11　成型复合薄膜用模具结构

a）双层薄膜外复合模具结构　b）三层薄膜内复合模具结构

1—连接颈　2—芯棒　3—口模　4—模具体　5—内模套　6—模具座

7—中间层熔料进口　8—气体入口　9—内外层熔料入口

之增大。

③ 原料混合计量要按配方要求精确称量，混合均匀后再投入挤出机中生产。

④ 液体包装薄膜成型厚度误差要严格控制，以避免影响膜的热封质量。成型液体包装薄膜选用旋转式模具结构较适宜。

⑤ 为保证原料塑化质量好，必要时要适当增加过滤网目数或过滤网层数。

国内部分多层共挤出吹塑薄膜机组生产厂的产品型号及基本参数见表 5-25 ~ 表 5-30。

表 5-25　大连政华洋塑料机械有限公司产二层塑料共挤出吹塑复合膜机基本参数

项　目 \ 型　号	SJGM-Z45 ×30-1300 ×2
螺杆直径/mm	ϕ45
螺杆长径比(L/D)	30∶1
螺杆转速/(r/min)	15 ~ 150
电动机功率/kW	22
单台挤出机产量/(kg/h)	50
模口规格尺寸/mm	250/300
电器总容量/kW	99.7
外形尺寸(长 ×宽 ×高)/mm	7000 ×4800 ×6000
机组重量/kg	4000

注：此机适合 LDPE、HDPE、LLDPE、MLLDPE 料，挤膜厚为 0.08mm，折幅宽为 1200mm。

表 5-26　大连塑料机械厂产多层共挤吹膜机组基本参数

项　目	参　数	
二层共挤吹膜机组		
型号	2GSJ40 ×28/FM1100	2GSJ45 ×28/FM1600
螺杆直径/mm	ϕ40	ϕ45
长径比(L/D)	28∶1	28∶1
螺杆转速/(r/min)	15 ~ 150	15 ~ 150
机头口径/mm	ϕ200	ϕ300
风环直径/mm	800	1000
薄膜折径/mm	1000	1500
膜厚度范围/mm	0.06 ~ 0.12	0.02 ~ 0.12
牵引速度/(m/min)	2 ~ 40	2 ~ 40
卷取速度/(m/min)	2 ~ 40	2 ~ 40

（续）

项　　目	参　　数	
最高产量/(kg/h)	80	100
主电动机二台功率/kW	2×1	2×185
加热电动机功率/kW	(主机)2×9.6(机头):1.2	(主机)2×9.6(机头):1.5
牵引电动机功率/kW	1.1	1.5
副牵引电动机容量/N·m	6	6
卷曲电动机容量/N·m	2×5.0	2×5.0
电器总容量/mm	68	78
整机外形尺寸(长×宽×高)/mm	5300×4000×7000	5000×3600×4900
总重量/kg	4800	5200
三层共挤吹膜机组		
型号	3GSJ40×28-MF1500	3GSJ45×23-FM2200
主机三台	SJ40×28×3	SJ45×28×3
螺杆直径/mm	ϕ40	ϕ45
长径比(L/D)	28:1	28:1
螺杆转数/min	15~150	15~150
机头口径/mm	ϕ300	ϕ500
风环直径/mm	ϕ1000	ϕ1200
薄膜有效折径/mm	1400	2000
牵引速度/(m/min)	2~20	2~20
卷取速度/(m/min)	2~20	2~20
最高产量/(kg/h)	100	150
膜厚度范围/mm	0.06~0.12	0.06~0.12
主电动机三台功率/kW	3×11	3×18.5
加热器功率/kW	①机筒:24.4;②机头:12.4	①机筒:25;②机头:22
牵引电动机功率/kW	2.2	2.2
副牵引电动机容量/N·m	6.0	6.0
卷取电动机容量/N·m	2×5.0	2×5.0
回转盘电动机功率/kW	2.2	2.2
电器最大总容量/kW	100	130
机组外形尺寸(长×宽×高)/mm	8000×4840×11870	9010×4840×11870
总重量/t	20	28.5
五层共挤吹膜机组		
主机三台	①SJ45×25　1 台;②SJ45×28　2 台	
螺杆直径/mm	3×ϕ45	
长径比(L/D)	①2 台 28:1;②1 台 25:1	
螺杆转速/(r/min)	SJ45:15~150	
机头口径/mm	ϕ350	
风环直径/mm	1200	
薄膜有效折径/mm	1000	
牵引速度/(m/min)	2~20	
最高产量/(kg/h)	100	
膜厚度范围/mm	0.06~0.20	
主电动机功率/kW	①1 台 22;②2 台 18.5	
加热器功率/kW	①机筒:5;②机头:22	
牵引电动机功率/kW	1.1	
副牵引电动机容量/N·m	5.0	
卷取电动机容量/N·m	2×5.0	
转盘电动机功率/kW	2.2	
电器总容量/kW	111.5	
机组外形尺寸(长×宽×高)/mm	9019×4840×6500	
总重量/t	20.5	

注：此机适合 LDPE、HDPE、LLDPE、EVA、EVOR、PP、PA 料，2 层、3 层、5 层膜共挤吹塑膜复合。

表 5-27 大连冰山橡塑股份有限公司产塑料共挤吹塑复合膜机组参数

机组 \ 项目 / 型号		膜最大展开宽度/m	膜厚度/mm	机头口模直径/m
塑料共挤三层吹塑复合膜机组	SJ-90×30A(2台) SJ-120×30(1台) SJGM-F3500×3(1台)	10	0.07~0.14	1.4
	SJ-120×3(3台) SJGM-F3500(1台)	12	0.07~0.14	1.4
塑料共挤三层吹塑复合膜机组	SJ-120×2(2台) SJ-150×30(1台) SJGM-F4200×3(1台)	14	0.08~0.14	1.7
	SJ-90×30(2台) SJ-120×30(1台) SJGM-F2800×3(1台)	9	0.07~0.14	1.25
塑料共挤二层吹塑复合膜机组	SJ-150×25(2台) SJGM-F3850×2(1台)	12	0.07~0.14	1.8
	SJ-150×30(2台) SJGM-F3500×2(1台)	12	0.08~0.14	1.6

主机性能参数表

项目 \ 型号		SJ-90×30A	SJ-120×30	SJ-150×30	SJ-150×25A
螺杆直径/mm		90	120	150	
螺杆长径比		30			25
螺杆转速/(r/min)	LDPE	15~150	13.5~135	13~130	8~80
	LLDPE	10.5~105	10~100		6~60
驱动电动机	型号	Z4-225-11	Z4-225-31	Z4-280-22	Z4-250-42
	功率/kW	75	132	280	160
	转速/(r/min)	100~1000	150~1500		100~1000
	电压/V	440			
机筒加热功率/kW		25(5段)	42(6段)	74(8段)	60(6段)
机筒冷却风机	型号	D06	D06	DF-7	DF-7
	总功率/kW	2.5	3	3.3	3
	风量/(m^3/min)	22			
自动加料机	型号	ZJ-400	ZJ-400	ZJ-600	ZJ-600
	功率/kW	1.5	2.2		
	输送能力/(kg/h)	400	600		
	输送高度/m	≤5			
生产能力/(kg/h)	LDPE	250~280	400~450	700	500
	LLDPE	170~200	300~320	600	400

（续）

主机性能参数表

项目 \ 型号	SJ-90×30A	SJ-120×30	SJ-150×30	SJ-150×25A
机器中心高/mm	500	600		
机器外形尺寸(长×宽×高)/mm	3709×2183×2240	4756×2446×2395	7273×1835×1945	5080×2802×2546
机器重量/kg	4410	6425	8412	8890

辅机性能参数表

项目 \ 型号	SJGM-F3500×3	SJGM-F2800×3	SJGM-F3850×3	SJGM-F3850×2	SJGM-F3500×2
快速换网形式	液压				
换网装置加热段数	4 区/组(共 12 区)			4 区/组(共 8 区)	
换网装置加热总功率/kW	23.7	30.9	23.7	23.4	
机头口模直径/mm	1400	1700	1250	1800	1600
机头加热区数	28	29	23	28	
机头加热总功率/kW	215	219.5	152.5	184.3	180.7
风环直径/mm	1650	2040	1430	2090	1940
插板调整速度/(m/s)	0.015				
导向装置导板张角/(°)	0~30				
牵引辊规格尺寸/mm	ϕ308×3500	ϕ308×4200	ϕ210×2800	ϕ308×3850	ϕ308×3500
牵引辊中心距地面高度/m	20	24	19.3	16.7	20
卷取辊规格尺寸/mm	ϕ310×3500	ϕ310×4200	中心卷取	ϕ310×3850	ϕ310×3500
牵引和卷取线速度/(m/min)	2.2~22		2.5~25	2.2~22	
切割线速度/(m/min)	74.53			74.53	
机器外形尺寸(长×宽×高)/mm	16720×9840×20300	18610×12851×24300	14330×6650×20170	13200×12300×17040	14600×13000×20400
机器重量/kg	70380	95000	54467	72480	74220
备注	以上辅机可配备膜泡内冷却系统				

注：此机组适合 HDPE（M1=0.3~2）及 HDPE（M1=0.3~2)/LLDPE（M1=1）等混合料的 2~3 层挤出吹塑复合膜生产。

表 5-28　湖北省轻工机械厂产共挤下吹复合膜机组参数

项　目	参　数
制品规格	SGXM-900×2 型机组
最大折径/mm	850
薄膜厚度/mm	0.01~0.10
复合形式	2 层 A/B　3 层 A/B/C
最大产量/(kg/h)	2 层复合 80 3 层复合 100
机组配套	
2 层共挤下吹	2 台 SJ45×28 高中心挤出机
3 层共挤下吹	2 台 SJ45×28 高中心挤出机 1 台 SJ30×25 挤出机
螺杆直径/mm	
长径比 28	45
长径比 25	30
模头直径/mm	

（续）

项　　目	参　　数
2 层共挤系列	ϕ250 ~ ϕ300
3 层共挤系列	ϕ250 ~ ϕ300
旋转方式	连续旋转
水套	
内径/mm	ϕ410、ϕ540
对应薄膜折径/mm	600、800
牵引辅机	BQ900
收卷辅机	BJ900
牵引收卷辊规格/mm	ϕ200 ×900
牵引收卷速度/(m/min)	6 ~ 60
第二牵引辊规格/mm	ϕ120 ×900
牵引速度/(m/min)	6 ~ 60
机组外形尺寸(长 × 宽 × 高)/m	9 ×4 ×4

注：此机主要适合 PP、LDPE 料的 2 ~ 3 层共挤吹塑复合膜。

表 5-29　湖北省轻工机械厂产共挤复合膜生产线参数

项　　目	SGM-1300/1600 三层共挤机组参数
挤出机	3 台 SJ45 ×28 挤出机(1 台 SJ65 ×25 挤出机供选用)
螺杆直径/mm	ϕ45
长径比(L/D)	28∶1
驱动电动机功率/kW	22 交流/进口调频器控制
螺杆转速/(r/min)	15 ~ 200
单台挤出机生产能力/(kg/h)	70(LDPE)(根据各层物料不同配置相应螺杆)
模头	
口模直径/mm	ϕ200/ϕ250/ϕ300 任选两种
旋转方式	连续旋转
冷却风环	双风口冷却风环
风机功率/kW	5.5
辅机	BJ1300/1600
最大卷径/mm	ϕ800
卷取速度/(m/min)	5 ~ 100
纵切热封刀数/把	4
纵向分切(冷切)刀/把	4(根据用户要求可配置电晕处理和薄膜烘干装置)
电气控制	中心控制台

注：复合膜结构：LDPE/HDPE/LLDPE，LDPE/EVA/LLDPE，EVA/EVA/LDPE。

表 5-30　大连冰山橡塑股份有限公司产共挤吹塑机组基本参数

项　　目 ＼ 型　　号		SJ-120 ×30	SJ-150 ×25A	SJ-150 ×30
螺杆直径/mm		120	150	150
螺杆长径比(L/D)		30	25	30
螺杆转速/(r/min)	LDPE	13.5 ~ 135	8 ~ 80	8 ~ 88
	LLDPE	10 ~ 100	6 ~ 60	8 ~ 88
电动机功率/kW		132	160	280
机筒加热功率/kW		42(6 段)	60(6 段)	74(8 段)
机筒冷却风机风量/(m^3/min)		22		
自动加料能力/(kg/h)		600		
输送料高度/m		≤5		

（续）

项目 \ 型号	SJ-120×30	SJ-150×25A	SJ-150×30
机器中心高度/mm	800		
生产能力/(kg/h)	400～450	500	700
机器外形尺寸(长×宽×高)/mm	4756×2446×2395	5080×2802×2546	7273×1835×1945
机器重量/kg	6425	8890	8412
备注	机组可根据用户不同需求匹配选择		

注：该机适合 LDPE、LLDPE、EVA、HDPE 料及共混料共挤，2～3 层复合膜厚度为 0.5～2mm，也可生产厚为 0.08～0.14mm，宽为 9～18m 大棚膜。

（2）塑料管共挤出成型　塑料管材的共挤出成型，目前国内发展很快，已有多家在大批量生产。产品还有共挤型材，塑料和金属的共挤型材等。

塑料管材共挤出成型的品种比较多，如超高分子量聚乙烯和高密度聚乙烯的共挤管材、给水用钢骨架聚乙烯塑料复合管、搭接焊铝塑复合管和芯层发泡聚氯乙烯室内排水管等的挤出成型等，它们都是用两台或多台挤出机共挤出成型产品。

以聚氯乙烯芯层发泡管共挤出成型为例，它的生产方式如下。

聚氯乙烯芯层发泡管与聚氯乙烯结皮低发泡管的结构不同之处是这种管的发泡层在管壁的中间。它的内外表面有一层硬质聚氯乙烯塑料层，结构如图 5-12 所示。

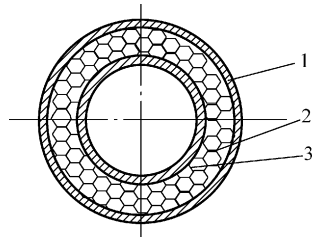


图 5-12　聚氯乙烯芯层发泡管的断面结构示意图

1—外层 PVC 硬层　2—PVC 芯层发泡层　3—内层 PVC 硬层

组成聚氯乙烯芯层发泡管的内外表皮，有硬质聚氯乙烯管的强度和良好的综合物理性能；发泡芯层由独立的用料配方、独立的挤出机挤塑发泡，密度约为 0.8g/cm^3，呈团孔状结构。这种发泡管既有硬质聚氯乙烯管的耐腐蚀、质轻、价格低廉的优点，又有隔热、保温、防振及节省原料等优点。

聚氯乙烯芯层发泡管一般多应用在排水和输送需要保温的液体管路中。

1）原料选择。聚氯乙烯芯层发泡管的成型用料中，主要原料是悬浮法聚氯乙烯树脂，但由于芯层发泡管的内外表皮层和发泡芯层在成型时的流动性及成型性各有不同，所以选用 PVC 树脂的牌号也就有些区别。一般地，内外表皮层用料配方中选用 SG5 型 PVC 树脂，发泡芯层选用 SG7 或 SG8 型 PVC 树脂。同样，为了挤出成型工艺的需要，在配方中还要加一定比例的稳定剂、润滑剂和其他一些辅助料，而在发泡芯层用料配方中还需要加发泡剂。

聚氯乙烯芯层发泡管的内外表皮层（白色）成型用料参考配方如下（质量份）：

聚氯乙烯（PVC SG5）	100	氯化聚乙烯（OPE）	0.15
苯乙烯-α-甲基苯乙烯共聚物（SMS）	2.8	硬脂酸（HSt）	0.10
		轻质碳酸钙（$CaCO_3$）	16
苯酐（PA-21）	2.0	钛白（TiO_2）	适量
甲基丙烯酸酯-丁二烯-苯乙烯共聚物（MBS）	8.0	群青	适量

聚氯乙烯芯层发泡管的发泡芯层成型用料参考配方如下（质量份）：

聚氯乙烯 PVC（SG7）	100	偶氮二甲酰胺（AC 发泡剂）	0.6

三盐基硫酸铅（3PbO）	2.0	丙烯酸酯类树脂（ACR201）	4.0
二盐基亚磷酸铅（2PbO）	0.7	轻质碳酸钙（$CaCO_3$）	5.0
硬脂酸钙（CaSt）	0.4	氧化聚乙烯蜡（OPE）	0.3

2）设备条件。聚氯乙烯芯层发泡管的挤出成型可用单螺杆式挤出机，也可用双螺杆式挤出机。成型生产时，可用两台挤出机供料，也可用三台挤出机供料，一般以用两台挤出机挤塑供应成型料较多。两台挤出机的中心线在成型模具处交叉成45°角布置。一台挤出机挤出料供芯层发泡管的内外皮成型用，另一台挤出料供发泡芯层成型用。由于发泡芯层成型用料大于内外皮层的成型用料，所以选用的两台挤出机规格不相同。例如选用发泡芯层用挤出机规格为 ϕ65mm，则选用内外皮层用挤出机规格就应该为 ϕ45mm。

聚氯乙烯芯层发泡管的复合成型模具结构比较复杂，图5-13所示是用两台挤出机生产成型芯层发泡管用模具结构。图中进口“Ⅰ”是挤出机为挤出成型管的内外皮层成型用料进口；进口“Ⅱ”是另一台挤出机为挤出成型管的发泡芯层成型用料进口。两台挤出机挤出的熔料流分别从两个进料口进入，在模具内分别成型内外皮层和芯层，然后汇合、复合成芯层发泡管。向前运行的同时，芯层内原料在口模和定径套之间较适合的温度条件下发泡，成型聚氯乙烯芯层发泡管。

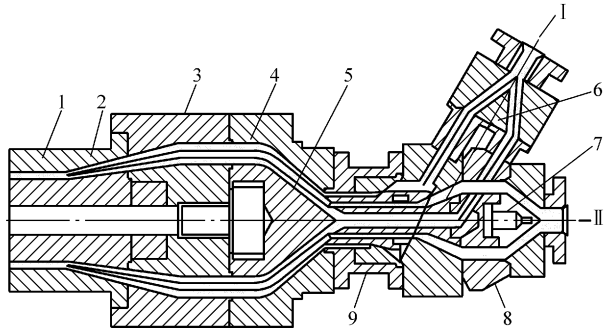


图5-13　两台挤出机供料挤出成型芯层发泡管用复合模具结构

1—口模　2—芯棒　3—中套　4—模具体　5—管料复合分流锥　6—内外皮层用料分流锥
7—芯层料分流锥　8—芯层联结器　9—内外层联结器
Ⅰ—内外皮层熔料进料口　Ⅱ—发泡芯层用熔料进料口

3）成型工艺。

① 聚氯乙烯芯层发泡管生产成型工艺顺序。由于聚氯乙烯芯层发泡管成型时皮层和芯层是采用不同的用料配方，所以聚氯乙烯芯层发泡管的生产成型工艺顺序也就不同于一般聚氯乙烯管的成型生产工艺顺序。用两台挤出机供料生产成型聚氯乙烯芯层发泡管生产成型工艺顺序如下：以内外皮层配方用料计量原料→高速混合原料→原料降温→挤出塑化发泡芯层用料按配方计量→高速混合原料→原料降温→挤出塑化→熔料复合成型→真空冷却定形→真空喷淋冷却水箱→牵引→切割→检验入库。

② 原料准备处理工艺。聚氯乙烯芯层发泡管的原料准备处理工艺主要是把按配方计量的各种原料在高速混合机中混合，使各种原料间在一定的温度条件下能均匀渗透、分散，使混配好的原料能满足下道生产工序，满足挤出机的生产工艺要求。

由于这种PVC芯层发泡管成型用料配方中有发泡剂的加入，所以原料混配时，应按聚

氯乙烯→稳定剂→改性剂→成核剂→润滑剂→发泡剂→着色剂的排列顺序加入混合机的混合室内，以使原料分散得较为均匀。原料在高速混合机中热混合，料温应达到 110℃，然后转入冷混合机中降温搅拌，直至料温降至 40℃左右后才能为挤出机供料。原料的热混合降温搅拌时间应不超过 30min。

③ 挤出机成型芯层发泡管工艺温度。聚氯乙烯芯层发泡管的挤出成型工艺温度的控制与其他成型聚氯乙烯管的挤出成型工艺温度控制基本相同。挤出机的机筒温度控制在 140 ~ 200℃范围内，成型模具温度控制在 170 ~ 195℃范围内。但是，由于聚氯乙烯芯层发泡管的成型用原料中两内外皮层用聚氯乙烯树脂的黏度高于发泡芯层用聚氯乙烯树脂的黏度，所以挤塑内外皮层料挤出机的温度控制要比挤塑发泡芯层料挤出机的温度高出 10℃左右，以满足原料塑化用工艺温度的需要。

国内部分塑料管共挤出设备生产厂的产品型号及基本参数见表 5-31 ~ 表 5-35。

表 5-31　张家港华明机械有限公司产 PVC 发泡机组参数

主 机 规 格	65/132 锥形双螺杆式挤出机 1 台 55/110 锥形双螺杆式挤出机 1 台
生产管子规格尺寸/mm	ϕ50 ~ ϕ200
生产能力/(kg/h)	200 ~ 250
牵引速度/(m/min)	0.3 ~ 5
设备总功率/kW	144
外形尺寸(长 × 宽 × 高)/mm	24000 × 6000 × 2500
重量/kg	10000

表 5-32　青岛顺德塑料机械有限公司产三层共挤芯层发泡内螺旋管机组参数

项　　目	SJFG-Z-60 × 22 ~ 160 型参数
配套主机	SJSZ60 × 22 锥形双螺杆式挤出机 2 台
挤出管材直径/mm	ϕ50 ~ ϕ75 ϕ110 ~ ϕ160
加热功率/kW	21.5 × 2
机组总功率/kW	155
喷淋水槽长度/m	6
牵引速度/(m/min)	0.7 ~ 6
最大切割直径/mm	ϕ160
机组总重量/kg	9500
机组外形尺寸(长 × 宽 × 高)/m	26 × 5.5 × 2.9

注：该机挤塑 PVC 料。

表 5-33　无锡市江南塑料机械有限公司产 SIG-200 型三复静音管生产线参数

挤出机			机头	
螺杆直径/mm	90	65	机头规格尺寸/mm	5 ~ 200
螺杆长径比(*L*/*D*)	33	30	机头加热功率/kW	24
螺杆转速/(r/min)	90	110	真空定形箱	
主电动机功率/kW	132	45	真空定形箱长度/mm	6000
加热功率/kW	34	18	定形直径范围/mm	50 ~ 200
产量/(kg/h)	300	150	真空泵电动机功率/kW	4
水泵电动机功率/kW	4		牵引长度/mm	1500
冷却水箱			牵引管材直径/mm	50 ~ 200
冷却水箱长度/mm	6000		切割机	
水泵电动机功率/kW	4		切割管径范围/mm	50 ~ 200
牵引机			最大切割厚度/mm	20
最大牵引力/N	10000		切割电动机功率/kW	2.2
牵引速度/(m/min)	10		转动电动机功率/kW	1.5
驱动电动机功率/kW	3		吸尘电动机功率/kW	2.2

注：该机适合 PP 料三层复合管挤出。

表 5-34 上海挤出机械厂产 HDPE 硅芯管生产线参数

主机型号	三台共挤	SJ-30×25	SJ-45×25F	SJ-90×30D
螺杆直径/mm		ϕ30	ϕ45	ϕ90
长径比(L/D)		25∶1	25∶1	30∶1
螺杆转速/(r/min)		5~50	9~120	10~100
电动机功率/kW		5.5(变频)	7.5(变频)	90(直流)
加热功率/kW		5.4	8.3	31.6
挤出量/(kg/h)		5	38	200
辅机型号		SJG-F75		
真空定形箱/台		1		
长度/mm		6000		
工作台行程/mm		500		
制管最大尺寸/mm		ϕ75		
真空泵/台		SZ-2 4kW×1		
水泵/台		3kW×1		
浸浴冷却水槽/台		4		
长度/mm		6000		
牵引机/台		1		
牵引力/kN		10		
牵引速度/(m/min)		1.2~12		
牵引接触长度/mm		1500		
电动机功率/kW		4(变频)		
履带有效宽度/mm		150		
收卷机/台		1		

表 5-35 青岛德亿利机械有限公司产 SGXG-75 型三层复合硅芯管生产线参数

型号	产品规格/mm	挤出量/(kg/h)	年生产能力/km	挤出线速度/(m/min)	装机容量/kW
SGXG-75	ϕ32、ϕ40 ϕ50、ϕ60	220	360	2~10	160

注：此机主要用来生产 HDPE 硅芯管。

5.3 挤出机结构

5.3.1 单螺杆挤出机结构

单螺杆挤出机结构如图 5-14 所示。

(1) 螺杆

1) 螺杆的结构。螺杆是挤出机的重要零件，它的直径尺寸代表挤出机的规格，对其结构形式的选择应用是保证塑料树脂塑化质量的主要条件之一。常用螺杆的结构形式有渐变型螺杆和突变型螺杆。这两种螺杆结构示意图如图 5-15 所示。

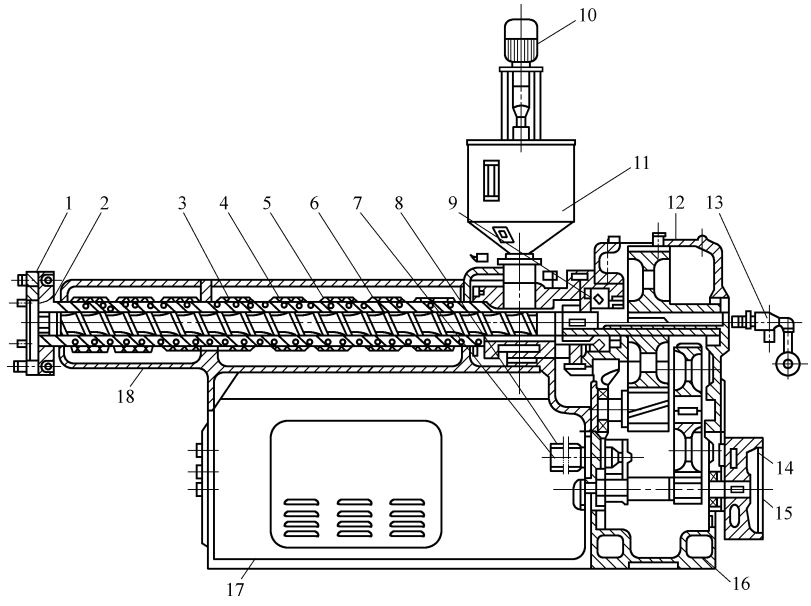


图 5-14　单螺杆挤出机的结构

1—连接模具法兰　2—分流板　3—螺杆　4—冷却水管　5—加热器　6—机筒　7—齿轮泵
8、10—电动机　9—滚柱轴承　11—进料斗　12—齿轮减速器　13—旋转接头
14—V 带轮　15—主电动机　16—减速器箱体　17—机体　18—安全防护罩

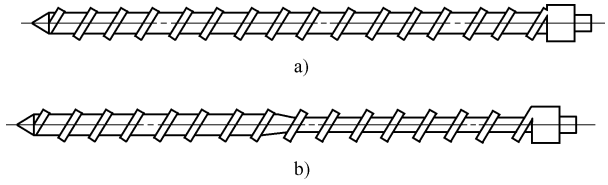


图 5-15　常用螺杆结构示意图

a）渐变型螺杆　b）突变型螺杆

渐变型螺杆的结构特点是螺杆的螺纹部分螺距相等，螺纹槽的深度从加料段向均化段由深逐渐变浅。还有一种渐变型螺杆，加料段和均化段的螺纹槽深度不变，而塑化段的螺纹槽深度由深逐渐变浅。这种螺杆结构适合聚氯乙烯等非结晶型塑料的挤出塑化。

突变型螺杆的加料段和均化段螺纹槽深度不变，而螺杆的塑化段（也叫压塑段）长度很短，这段的螺纹槽深是突然由深变浅。这种结构螺杆适合于聚烯烃等结晶型塑料的挤出成型。

① 螺杆直径。是指螺杆的螺纹部分的外圆直径，用 D 表示，单位为 mm。螺杆直径既能表示挤出机的规格大小，也与挤出机生产塑料制品的规格尺寸大小有关。表 5-36 中列出了螺杆直径与塑料制品成型规格尺寸的关系。

表 5-36　螺杆直径与制品规格尺寸的关系　　（单位：mm）

螺杆直径	30	45	65	90	120	150	200
管直径	3 ~ 30	10 ~ 45	20 ~ 80	30 ~ 120	50 ~ 180	80 ~ 300	120 ~ 400
吹膜折径	50 ~ 300	100 ~ 500	400 ~ 900	700 ~ 1200	约 2000	约 3000	约 4000
板材宽度	—	—	400 ~ 800	700 ~ 1200	1000 ~ 1400	1200 ~ 2500	—

② 长径比。是指螺杆的螺纹部分长度与直径的比值，即 L/D。JB/T 8061—2011 标准中规定，螺杆的长径比值在（20～30）∶1 范围内。一般情况下，聚氯乙烯等非结晶型塑料的挤出塑化用螺杆，其长径比取在（20～25）∶1 范围内；聚烯烃类塑料的挤出塑化，其长径比取在（25～30）∶1 范围内。

挤出塑化原料时，长径比取大值时，有利于原料的塑化，可提高螺杆的工作转速，提高挤出机的产量；但是，过大的长径比值会使螺杆长度增加，这给螺杆的切削加工和热处理带来较大的难度。

③ 螺纹部分的分段。按螺杆工作转动时的功能作用，把螺纹部分分为加料段 L_1，塑化段 L_2 和均化段 L_3，如图 5-16 所示。

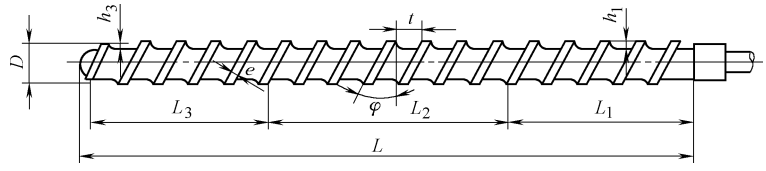


图 5-16　常用螺杆的各部尺寸代号

加料段接受料斗供料，随着螺杆的转动把原料输送给塑化段。

塑化段的温度逐渐升高，从加料段输送来的原料经挤压、搅拌，逐渐变成熔融态，并随着螺杆的转动被推入均化段。塑化段也可叫压塑段。

均化段把塑化段输送来的熔融料进一步塑化均匀，然后随着螺杆的转动，熔融塑化料被等量、等压、均匀地推入成型模具内。

④ 螺距。两个螺纹间同一位置的距离为此螺杆的螺纹距，用 t 表示，单位为 mm。一般取螺距长度等于螺杆直径尺寸。

⑤ 螺纹断面形状。螺纹断面形状有矩形和锯齿形两种，如图 5-17 所示。进料段用 h_1 表示；均化段用 h_3 表示；棱宽约等于直径的 1/10，用 e 表示。

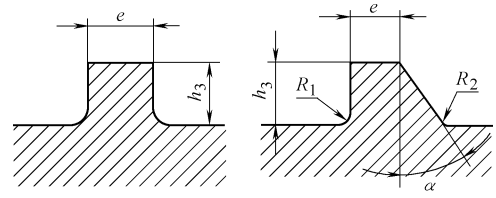


图 5-17　螺纹的断面形状
a）矩形断面　b）锯齿形断面

⑥ 螺杆头部形状。是指螺杆的螺纹前端结构形状。这里的结构形状对熔料的停留时间有影响，对于不同原料的挤出，应注意选择不同的结构形式。图 5-18 中螺杆头部呈圆弧形状，用于流动性较好的聚烯烃类和尼龙料的挤出；一般前端要加过滤网和分流板；螺杆头部锥角较小，适合聚氯乙烯原料的挤出。此种形状可减少熔料在机筒内的停留时间，从而避免原料分解。

2）螺杆的压缩比。螺杆的压缩比是指螺杆的进料段第一螺纹槽容积与均化段最后一个螺纹槽容积的比值。在等距渐变型螺杆中，也可理解为进料段第一个螺纹槽深 h_1 与均化段最后一个螺纹槽深 h_3 的比值，即压缩比 $=h_1/h_3$。

螺杆的压缩比大小，对挤出塑化原料的工艺控制条件有较大影响。挤出不同树脂时，应根据不同塑料的物理性能来选用螺杆的压缩比。表 5-37 中列出了不同塑料挤出时常用的螺杆压缩比，可供选择螺杆结构时参考。

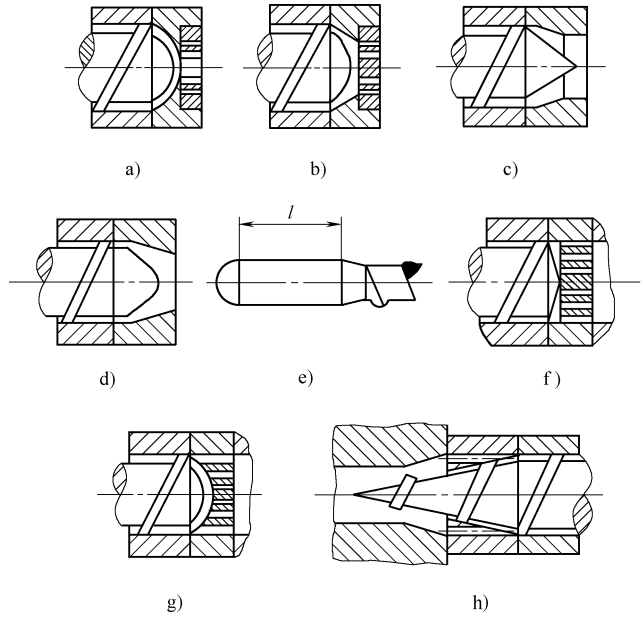


图 5-18　螺杆头部结构形状

a）应用广泛　b）应用广泛　c）PVC 料应用　d）PVC 料应用　e）用于 PS 料
f）熔料流动性较好者应用　g）熔料流动性较好者应用　h）用于挤出电缆料

表 5-37　挤出不同塑料的常用螺杆压缩比

名　称	压缩比	名　称	压缩比
硬质聚氯乙烯（粒）	2.5（2～3）	ABS	1.8（1.6～2.5）
硬质聚氯乙烯（粉）	3～4（2～5）	聚甲醛	4（2.8～4）
软质聚氯乙烯（粒）	3.2～3.5（3～4）	聚碳酸酯	2.5～3
软质聚氯乙烯（粉）	3～5	聚苯醚（PPO）	2（2～3.5）
聚乙烯	3～4	聚砜（片）	2.8～3
聚苯乙烯	2～2.5（2～4）	聚砜（膜）	3.7～4
聚丙烯	3.7～4（2.5～4）	聚砜（管型材）	3.3～3.6

3）新型螺杆结构与作用。新型螺杆结构的应用是为了改进和提高螺杆对塑料的混炼能力和塑化质量，加快原料的混炼和熔融塑化速度，从而达到提高生产效率的目的。

目前，应用较多的新型螺杆结构是在螺杆的均化段前设置屏障段，如图 5-19 所示；另一种结构是在螺杆的前端设置一些不规则的销钉，或在均化段末端安装 DIS 混炼元件，如图 5-20 所示。这种螺杆结构打乱了熔融料的流动方式，使料流的方向和位置失去原规律性，分成了多股乱流，然后再重新组合；从机筒前推出进入成型模具，成型制品。

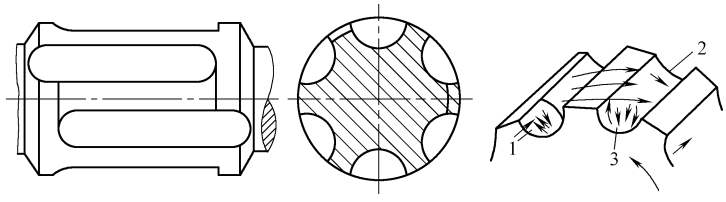
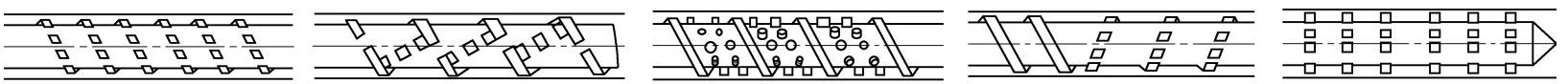
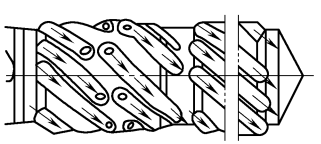


图 5-19　直槽型屏障螺纹头及熔料在槽内流动方式

1—料入口槽　2—料出口槽　3—环流



a)



b)

图 5-20　分流型螺杆销钉的分布和 DIS 混炼元件结构

a）分流型螺杆的销钉或菱形块布置示意图

b）DIS 混炼元件销钉螺杆工作原理

近几年，国内引进了一些挤出 HDPE 和 PP-R 管材生产线，挤出机采用一种分离型螺杆结构（如图 5-21 所示，也叫 BM 型螺杆）。这种螺杆结构实际就是在单螺纹螺杆上增加一条辅助螺纹，从而进一步提高原料的塑化质量，但这种螺杆螺纹的加工有一定的难度。

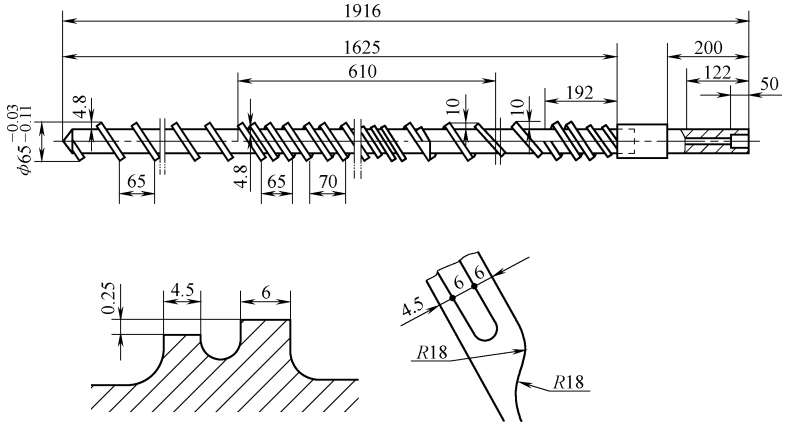


图 5-21　BM 型螺杆结构

4）螺杆的质量要求。

① 挤出机用螺杆要用受热变形小、耐磨、抗腐蚀的合金钢制造。常用材料是 38CrMoAlA 合金钢或 40Cr 钢，维修配件也可用 45 钢制造。

② 螺杆用料毛坯应采用锻造法成形。

③ 螺杆经机械加工后，外圆标准公差等级应达到 IT8（GB 1800.1—2009）。

④ 螺杆和传动轴连接部位的工作轴面与螺杆的螺纹外圆同轴度误差应不大于 0.01mm。

⑤ 螺杆的螺纹部分工作面表面粗糙度 Ra，对于螺纹两侧面应不大于 1.6μm，螺纹底和外圆应不大于 0.8μm。

⑥ 如果采用低碳合金钢材料制造螺杆，为了提高螺纹工作面的硬度和抗腐蚀、耐磨性，螺纹表面要进行氮化处理，氮化层深为 0.3 ~ 0.6mm，表面硬度为 700 ~ 840HV，脆性不大于 2 级。

⑦ 螺杆内孔连接处要做 0.3MPa 水压试验，持续 5min 不许有渗漏水现象。

（2）机筒

1）机筒的结构与作用。机筒在挤出压塑系统中和螺杆一样，是挤出机的重要零件。机筒与螺杆配合工作，机筒包容螺杆，螺杆在机筒内转动。当螺杆旋转推动塑料在机筒内向前移动时，由于机筒外部加热传导热量给筒内塑料，再加上螺杆上螺纹容积逐渐缩小，使螺纹槽内的塑料受到挤压、翻转及剪切等多种力的作用后被均匀混合塑炼，在向机筒前部移动的同时，逐渐熔融呈黏流态，完成对塑料的塑化。机筒与螺杆的正常配合工作，保证了挤出机的连续挤塑原料成型生产。

机筒的结构比较简单，图 5-22 所示为整体式机筒结构，在中小型挤出机中多用此种结构机筒。在大型挤出机中，机筒的结构可由几段组成，如图 5-23 所示。由于机筒分几段组成，则每段机筒的长度缩小了，这给机械加工机筒带来了方便。但是，这种由几段组成的机筒，机械加工后的内径尺寸和几段机筒的内孔同心度精度达到一致比较困难；此外，分段机筒用法兰连接，给机筒的加热和冷却设备的布置也会带来些难度，温度控制也不会太均匀。为了节省较贵重的合金钢材，有些大型挤出机的机筒采用内孔加衬套或浇铸耐磨合金层的方

法，这样的机筒外套体可由普通钢铸造，降低了机筒的制造费用。

为了提高塑化原料的生产速度和产量，机筒的进料段内孔表面开出与轴线平行的沟槽或装配开有沟槽的衬套，如图 5-24 所示，以增加原料进入机筒内被螺杆旋转推动前移时与机筒内孔表面的摩擦力。

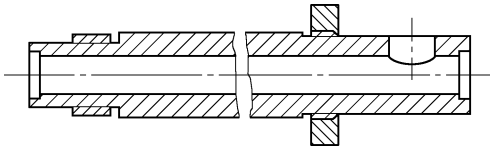


图 5-22　整体式机筒结构

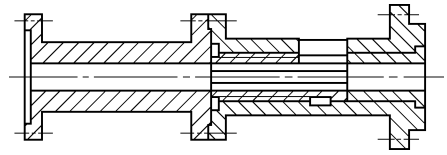
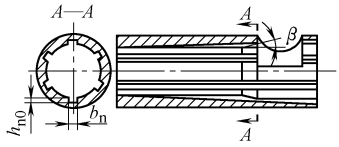
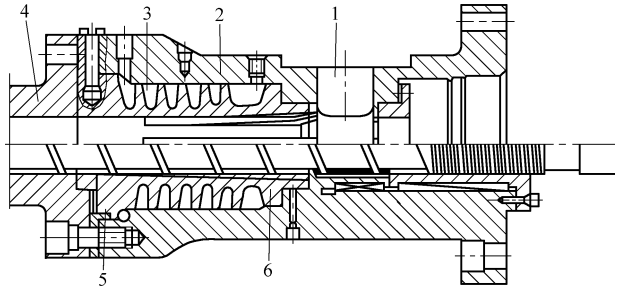


图 5-23　分段式机筒结构



a)



b)

图 5-24　进料段开有矩形锥槽的挤出机

a）开有矩形槽的机筒衬套　b）有矩形锥槽的挤出机

1—入料口　2—机筒冷却段　3—冷却槽　4—机筒加热段　5—隔热层　6—开槽衬套

有些通用型挤出机的机筒上（在均化段末端），为了调节成型模具（也称其为机头）压力或做测试用，还装有调压阀（调压阀的工作原理就是改变流道断面积，即改变流道的阻尼）。

① 机筒入料口。通用型挤出机上机筒的入料口（或称加料口）一般多为矩形，其长边与轴线平行，长度约为（1.5～2）D。如果采用机械搅拌或强制加料器为机筒加料时，应选用圆形加料口。加料口的具体断面形状如图 5-25 所示。

② 机筒与成型模具连接。机筒与成型模具的连接方式（见图 5-26）以活节螺栓方式较多。这种连接（见图 5-26a）方式对成型模具的安装和维修拆卸都比较方便。

2）机筒的质量要求。

① 机筒应采用耐磨、耐腐蚀的合金钢材料制造。机筒毛坯用锻造法成形，然后用机械加工至图样要求尺寸。目前，国内制造挤出机机筒多用 38CrMoAlA 合金钢，也可采用 40Cr 或 45 钢制造。

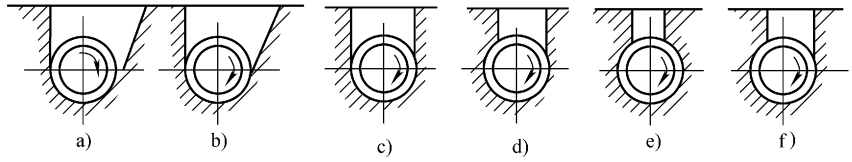


图 5-25　加料口断面形状

a）形状一　b）形状二　c）形状三

d）形状四　e）形状五　f）形状六

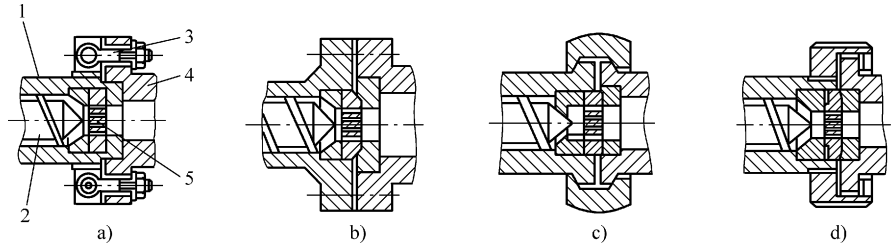


图 5-26　机筒与成型模具的连接方式

a）连接方式一　b）连接方式二　c）连接方式三　d）连接方式四

1—机筒　2—螺杆　3—螺栓　4—模具体　5—多孔板

② 机筒毛坯经机械粗加工后要进行调质处理，硬度为 260 ~ 290HBW。

③ 机筒半精加工后内孔表面要进行氮化处理，氮化层深度为 0.4 ~ 0.7mm，硬度为 940HV 以上。

④ 机筒与螺杆装配后的配合间隙由标准 JB/T 8061—2011 规定，见表 5-38。

表 5-38　螺杆与机筒直径间隙　　（单位：mm）

螺杆直径		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100	120	150	200
直径	最大	+0.18	+0.20	+0.22	+0.24	+0.27	+0.30	+0.30	+0.32	+0.32	+0.35	+0.35	+0.38	+0.40	+0.40	+0.43	+0.46	+0.54
间隙	最小	+0.08	+0.09	+0.10	+0.11	+0.13	+0.15	+0.15	+0.16	+0.16	+0.18	+0.18	+0.20	+0.22	+0.22	+0.25	+0.26	+0.29

5.3.2　双螺杆挤出机结构

双螺杆式挤出机结构组成与单螺杆式挤出机的基本相似。两种挤出机的不同之处是双螺杆式挤出机的机筒内有两根螺杆，机筒的加料部分是采用螺旋强制向机筒内供料，两根螺杆用轴承的规格和布置方式比较复杂。双螺杆式挤出机主要零部件组装位置如图 5-27 所示。

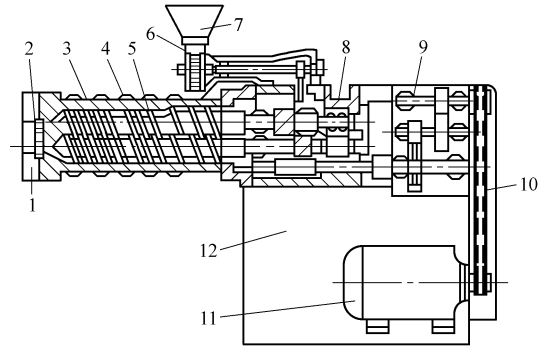


图 5-27　双螺杆式挤出机主要零部件组装位置

1—连接法兰　2—分流板　3—机筒　4—电阻加热　5—双螺杆　6—螺旋加料装置　7—料斗　8—螺杆轴承　9—齿轮减速器　10—传送带　11—电动机　12—机架

1. 双螺杆结构

双螺杆中的螺杆结构类型有多种，在双螺杆式挤出机的分类中，有旋转方向不同的螺杆及一组螺杆组合中有啮合与否型

螺杆；按螺杆的螺旋部分，可分为组合式和整体式螺杆；按螺杆的外圆形状分，可分为圆柱形双螺杆和圆锥形双螺杆等。

（1）按螺杆的螺纹部分组成分　可分为整体式螺杆和组合式螺杆。

1）整体式螺杆。整体式螺杆可分为螺纹部分外圆直径完全相同的圆柱形螺杆和外圆直径逐渐缩小的圆锥形螺杆。圆柱形螺杆又分为螺杆的螺距从加料段至均化段逐渐变小型螺杆和螺纹距不变、而螺纹棱宽度由加料段至均化段逐渐加大变宽型螺杆。

2）组合式螺杆。组合式螺杆是指螺杆的螺纹部分由几个不同形式的螺纹单元组合而成。这些螺纹单元装在一根带有长键的轴上或组装在六角形芯轴上，成为一根挤塑某种塑料的专用螺杆。啮合型同向旋转双螺杆结构多采用组合式螺杆，结构如图 5-28 所示。



图 5-28　组合式螺杆

（2）按两根螺杆的轴心线平行与否分　双螺杆又分为两根螺杆直径相同、组装后两根螺杆的轴心线平行的圆柱形螺杆和两根螺杆直径由大到小逐渐变化、组装后两根螺杆轴心线不平行的圆锥形螺杆。这两种螺杆的外形结构如图 5-6 所示。

2. 机筒结构

双螺杆式挤出机的机筒结构和单螺杆式挤出机的机筒结构形式一样，也分整体式机筒和分段组合式机筒。机筒结构如图 5-29 所示。

在双螺杆式挤出机中，啮合异向旋转双螺杆式和锥形双螺杆式挤出机一般多采用整体式机筒；只有少数大型挤出机采用分段组合式机筒，目的是为了方便机械加工和节省一些较贵重的合金钢材。

啮合同向旋转双螺杆式挤出机多数采用分段式机筒。分段式机筒分成长度相等的几段，有的机筒上开有加料口，有的机筒上开有排气口，有的机筒上开有添加剂口，然后用螺钉把各段连接成双螺杆的组合机筒。

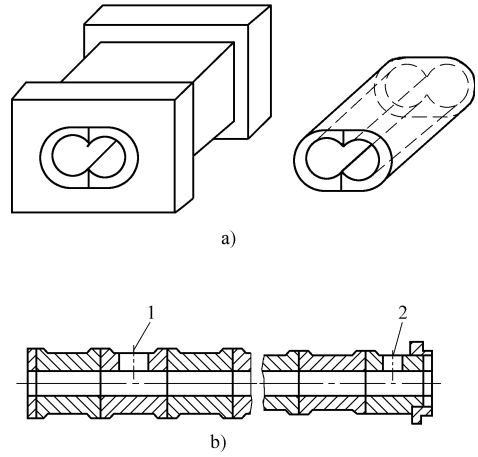


图 5-29　双螺杆式挤出机的机筒结构

a）配有衬套的整体式机筒　b）组合式机筒

1—排气口　2—进料口

5.4　挤出机的使用

挤出机是塑料制品厂用于生产塑料制品的主要机械设备，挤出机的规格、设备制造质量的选择应用是否合理，将会直接影响挤出机工作使用寿命的长短、生产效率的高低和该设备生产出制品质量的好坏，相应的也会影响到塑料制品的生产成本。

5.4.1　挤出机的选择

对挤出机使用类型和规格型号的选择，应考虑到下列几个条件。

（1）按挤出成型制品规格选择　挤出机挤出成型制品规格不同时，则用料量也不一样。一般选择挤出机规格型号时可参照表 5-36，按螺杆的直径与制品规格关系参考选择。然后参照表 5-1 ~ 表 5-3 的基本参数中螺杆直径选挤出机型号。用大规格挤出机生产成型较小规格产品，则动力消耗增加，加快设备零件的磨损，提高塑料制品的生产成本，是一种不讲经济核算、浪费较大的不合理选择。

如果按表 5-1 ~ 表 5-3 中参数，选取螺杆的长径比大于 25∶1 时，则这种挤出机挤出的产品规格相应的可增大些。如挤出 0.025 ~ 0.15mm 厚 PE 料薄膜，产品折径为 550mm 时，螺杆直径 45mm；折径为 750mm 时，螺杆直径 55mm；折径为 1000mm 时，螺杆直径 65mm，即可满足产品生产需要。

（2）按挤出制品成型用原料选择

1）聚氯乙烯挤出成型用设备。

① 单螺杆式挤出机。二十多年前，PVC 混合料挤出成型多采用渐变型单螺杆式挤出机。但由于 PVC 是一种热敏性塑料，挤出时螺杆转速不能过高，则产量受到限制。生产时，应先把 PVC 混合料挤出造粒，然后再把粒料挤出成型。后来，由于有了 PVC 粉料专用挤出机，则由此种挤出机可一次把混合好的 PVC 粉料直接挤出成型。

对于 PVC 料中需加入增塑剂的软质聚氯乙烯制品，挤出成型前还必须先经挤出造粒后才可在挤出机中挤出成型。

② 锥形异向双螺杆式挤出机。这种类型的挤出机价格适当；它对 PVC 粉料的挤出不会引起过高的摩擦热，这样也就避免了 PVC 料由于有过高的摩擦热而引起的分解；推动熔料前移时与机头模具压力无关，则挤出料量比较稳定。挤出制品产量较高，而且制品质量性能又可得到保证。目前，用 PVC 混合粉料生产硬质聚氯乙烯制品时，应首先考虑选用这种挤出机。

③平行异向双螺杆式挤出机。用这种挤出机可直接把 PVC 粉料挤出成型管材、异型材，也适合 HDPE 料挤出管材。此种挤出机的产量要比上述两种挤出机高，但这种挤出机造价过高，而且维修也较复杂。所以，目前应用还较少。

2）其他塑料挤出成型用设备。对于聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯和 ABS 塑料的挤出成型，目前，还多选用单螺杆式挤出机。这主要是因为这种挤出机价格便宜、操作和维修都比较方便，而且现在也有了高效的单螺杆式挤出机。这种挤出机的螺杆长径比为 30∶1，螺杆转速可达 100 ~ 300r/min。

（3）设备生产厂的选择　挤出机的类型和规格型号确定后，如何找设备生产厂也是一项应引起注意的问题。买国内设备应找国内知名度高的生产厂；如果准备进口，应选用国际名牌。在国内，塑料机械设备制造厂家多分布在上海、山东青岛、大连、广东顺德和江苏的张家港一带，如上海挤出机械厂、大连橡胶塑料机械厂、大连冰山橡塑股份有限公司，青岛东豪塑料机械有限公司、上海金纬机械制造有限公司等。这些厂家建厂时间长、实力比较强、生产这类产品有多年的实践经验，产品质量可靠，使用寿命比较长，售后服务也会好些。

如果筹建一个较大型的塑料制品生产厂，计划购买多台塑料机械设备，可采用招投标的方法。注意各厂家同样设备的能耗、产量、产品技术指标等的比较；设备价格是一个主要问题，但应注意设备售价最低的产品并不一定可取；一定要注意设备使用期的各项技术指标综合性能的比较。选购的设备应质量可以保证、使用寿命长、设备中的配套零部件档次高、使用操作和维修方便、保质保修期长和产品质量档次高。

5.4.2 挤出机操作

（1）单螺杆挤出机操作要点

1）每次挤出机开车生产前，都要仔细检查机筒内和料斗上下有无异物，及时清除这些部位上的一切杂物；生产期间料斗上不允许存放任何工器具。

2）生产中发现设备工作运转异常声响或运转不平稳，操作者不清楚故障产生原因时，要及时停车，找有关人员处理。设备运转工作中，不许对设备进行维修，不许用手触摸传动零件，不许打开电气控制箱内防护罩。

3）拆卸螺杆和成型模具中的零件时，不许用重锤直接敲击零件，必要时应先垫硬木，再敲击拆卸或安装零件。

4）机筒内无生产用料，不允许螺杆在机筒内长时间空运转，空运转试车时间不允许超过 2min。

5）挤出机生产运转时，不允许操作工正面对着机筒或模具出料口，防止熔料喷出伤人。

6）生产中要经常观察主电动机电流表指针的摆动变化，出现长时间超负荷运转时要及时停车，查出故障原因并排除后，再继续开车生产。

7）检查轴承部位、电动机外壳工作温度时，要用手背轻轻接触检测部位。

8）清理机筒、螺杆和模具零件上的黏料时，必须用竹或铜质刀具清理，不许用钢质刀刮料或用火烧烤零件上的残料。

9）挤出机生产工作中，操作工不许离岗做其他工作；必须离岗时，应停车或找人代替看管。

10）不允许让未经培训者代替正式操作工独立操作生产。

11）清理干净的螺杆暂时不使用时，应涂一层防锈油，包扎好，垂直吊挂在干燥通风处。

12）长时间停产不用的设备和模具，各部位工作面要涂防锈油，进、出料口用油纸封严，各设备上不许存放重物，防止长时间受压变形。

13）新设备第一次投产 500h 后，要全部更换各油箱及油杯中润滑油（脂）。轴承、油杯、油箱和输油管路要清洗干净，然后再加入新润滑油（脂）。

（2）双螺杆挤出机操作要点

1）为了保证双螺杆式挤出机能稳定、正常生产，双螺杆与机筒的装配工作间隙应符合表 5-39 中的规定。

表 5-39 双螺杆与机筒的装配间隙 （单位：mm）

螺杆直径	25～35	45～50	65	80～85	90	110	140
异向旋转双螺杆	—	—	0.20～0.35	0.20～0.38	—	0.30～0.48	0.40～0.60
锥形双螺杆	0.08～0.20	0.10～0.30	0.14～0.40	0.16～0.50	0.18～0.60	—	—

注：锥形螺杆直径是指小端螺杆直径。

2）检查核实双螺杆和喂料用螺杆的旋向，使之符合生产要求。

3）机筒的各段加热恒温时间一般不应少于 2h。

4）每次开车前，都要用手扳动联轴器转动，让双螺杆在机筒内转动几圈，这种试转要求扳动灵活、无传动旋转阻滞现象。

5）双螺杆开车工作前，要先起动润滑油泵，调整润滑系统油压至工作压力的 1.5 倍，检查各输油工作系统是否有渗漏现象。一切工作正常后，调节溢流阀，使润滑油系统的工作油压符合设备使用说明书要求。

6）机筒内无生产用原料时，螺杆低速空运转的试车时间不应超过 2min，防止螺杆间和螺杆与机筒间产生摩擦划伤机筒或螺杆。

7）生产初期，螺杆式喂料机要少而均匀地向机筒内供料，此时要注意驱动双螺杆旋转工作电动机的电流变化：如果电流表指针摆动平稳，可逐渐增加向机筒内的供料量；如果电动机长时间超负荷工作，应停车检查故障原因。

8）双螺杆式挤出机的螺杆转动、喂料螺杆的转动和润滑油泵电动机起动，三者为连锁控制。润滑油泵电动机没有起动工作，驱动双螺杆旋转电动机就无法工作；双螺杆电动机不起动，则喂料用驱动螺杆电动机也就无法起动。当出现设备故障紧急停车时，按紧急停车按钮，则三个部位传动用电动机同时停止工作。此时，要注意把喂料螺杆用电动机、塑化用双螺杆驱动电动机和润滑油循环用油泵电动机的调速控制旋钮调回零位。

9）润滑油温度应控制在 15 ~ 50℃范围内，发现温度过高时，要打开油冷却器的进、出水阀门，冷却润滑油使其温度降下来。

5.5　辅机

挤出机生产用辅机，主要是指辅助挤出机上料的设备。为挤出机料斗供料的方式有几种，小型挤出机一般多用人工直接上料；大型挤出机或多台挤出机并列同时生产时，料斗的供料方式可采用弹簧法供料、真空上料和压缩空气管道法输送上料等。

（1）弹簧上料装置　弹簧上料装置结构如图 5-30 所示。它是把一根螺旋弹簧装在橡胶管内，弹簧直接由电动机驱动，在橡胶管内高速旋转。

当料斗需要上料时，起动电动机带动弹簧旋转，原料被弹簧螺旋带动上升，橡胶管上端对准料斗处开有一排料口，上升至排料口处的原料被弹簧旋转的离心力抛出料口，进入料斗。此种上料装置结构简单，操作和维修都

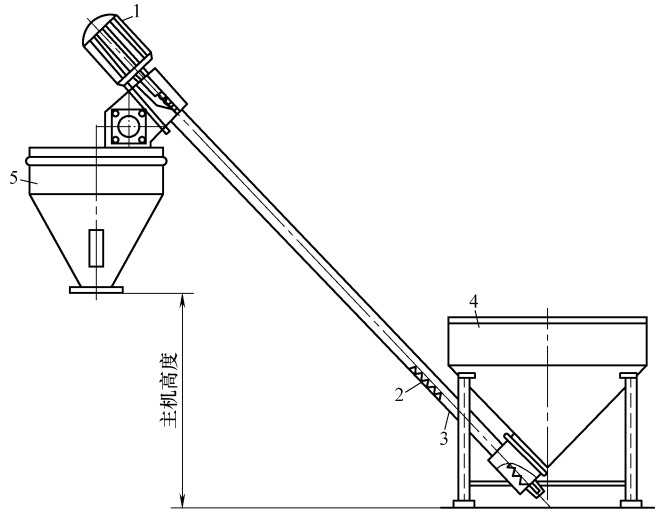


图 5-30　弹簧上料装置结构示意图

1—电动机　2—弹簧　3—橡胶输料管　4—原料箱　5—料斗

很方便，适合粒料和粉料的输送。

弹簧上料装置技术参数见表 5-40。

表 5-40　弹簧上料装置技术参数

额定输送能力/（kg/h）	100	300	700
料斗容量/kg	—	120	150
弹簧直径/mm	30	36	59
最大输送能力/（kg/h）	200	600	1000
送料管长度/m	3	3～5	3～5
储料箱容量/kg	—	150	200
电动机功率/kW	0.55	0.75	2.2

（2）真空上料装置　主要由风机、吸气管、储料仓、吸料管、过滤网、电控箱等组成，如图 5-31 所示。

当料斗需要上料时，风机 2 起动，通过吸气管 4 和过滤网 3，使中间储料仓内形成负压；与此同时，与中间储料仓及原料储箱相连接的吸料管 8 把原料储箱中的原料吸入中间储料仓内，当吸入一定量时，上料继电器动作，风机停止工作，吸料工作停止；这时排料活门打开，为挤出机料斗供料。

（3）压缩空气管道输送上料　压缩空气管道输送上料的方式，多应用于几台挤出机并列同时生产供料。在这样比较大规模生产的挤出制品车间内，输送料系统由一根总送料管道，再分出数个支管道，分别给各个挤出机料斗送料。这种依靠压缩空气、采用风管输送料的方式，占地小，用人少，环境也比较清洁，可以用来输送粒料和粉料。

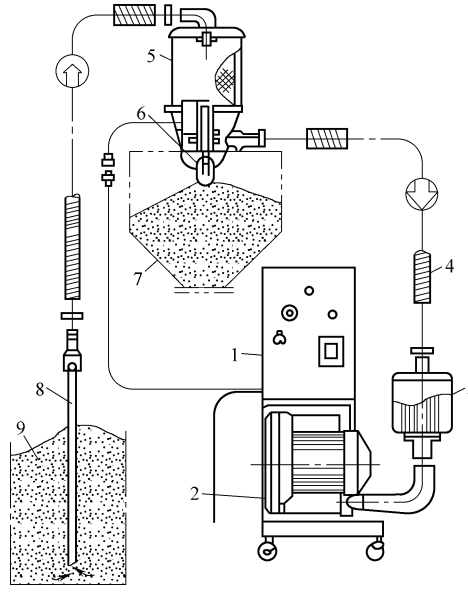


图 5-31　真空上料装置结构示意图

1—电控箱　2—风机　3—过滤网　4—吸气管
5—中间储料仓　6—排料活门　7—料斗
8—吸料管　9—原料储箱

第 6 章　管材挤出成型

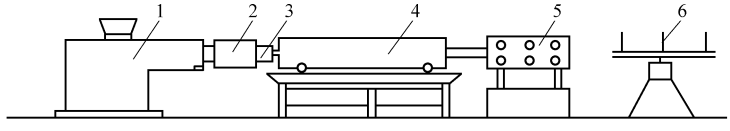
塑料管是塑料制品中生产量大、应用范围广的一个品种。塑料管的品种也较多，按管的成型用原料分，有聚乙烯管、聚丙烯管、聚氯乙烯管、ABS 管、聚酰胺管及用改性聚丙烯成型的 PP—R 管等；按管的性能分，又可分为硬质塑料管和软质塑料管；按管的用途分，可分为供水管、排污管、农田灌溉管及输电线路保护管等多种。

塑料管与金属管比较，突出的优点是：体轻（仅为铸铁管的 1/8）；耐化学腐蚀性好；电绝缘性能优良；不生锈；耐磨性好；价格便宜；长度可按需要截取，这给安装施工带来一定的方便。塑料管的不足之处是：工作强度比较差，使用时对温度的要求也有限制；而且，其受热后的膨胀系数要比金属管大许多（比金属管的膨胀系数大 7 ~ 18 倍）。

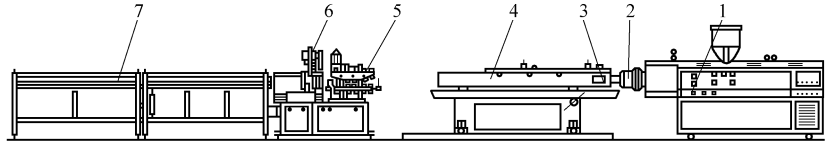
塑料管广泛用在各种液体、气体的输送管路中，如生活中用的上、下水管，煤气管；化工生产中的各种液体输送管；农业用各种排灌管，石油输送管，电路用绝缘保护管等。

6.1　管材挤出成型生产线

塑料管挤出成型，以挤出机为主机所组成的各种管材生产线如图 6-1 ~ 图 6-4 所示。这些生产线上的成型模具，定径（定形）装置、冷却装置、牵引装置和切割机等设备，就是塑料管挤出成型用辅机。它们的作用是把从挤出机挤出、经成型模具成型的熔态料冷却定形，牵引运行，然后按工艺要求的长度切断，成为符合工艺要求的管材制品。



a)



b)

图 6-1　塑料硬管挤出机生产线

a）普通聚乙烯管成型用挤出机生产线

1—挤出机　2—成型模具　3—真空定径套　4—冷却降温水槽

5—牵引机　6—成品管卷取装置

b）硬质聚氯乙烯管挤出机生产线

1—挤出机　2—成型模具　3—冷却定形套　4—水槽　5—牵引机

6—切割机　7—管材储存输送装置

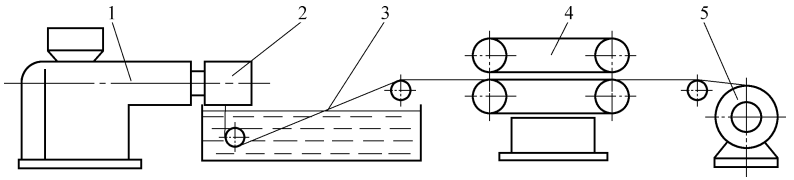


图 6-2　软质塑料管挤出生产线

1—挤出机　2—成型模具　3—冷却水槽　4—牵引机　5—收卷机

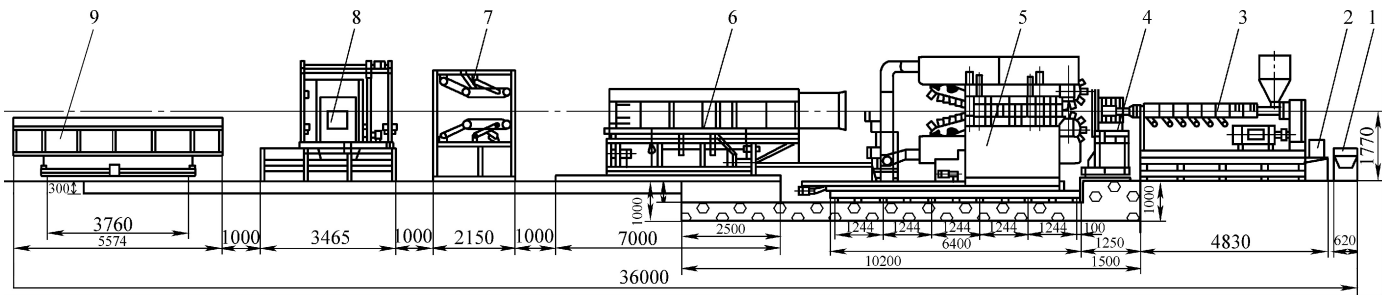


图 6-3　HDPE 双壁波纹管挤出成型生产线

1—料箱　2—油箱　3—单螺杆式挤出机　4—成型模具　5—波纹成型机　6—喷淋冷却　7—牵引机　8—切割机　9—卸料架

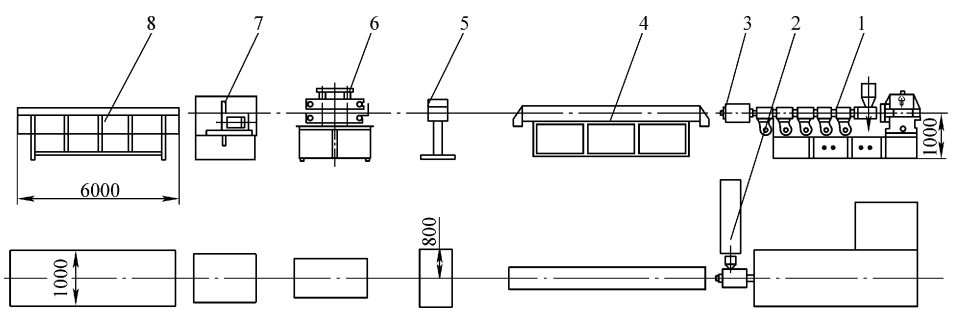


图 6-4　PP-R 管挤出生产线

1、3—挤出机　2—成型模具　4—真空定形冷却水槽　5—油墨移印机　6—牵引机　7—切割机　8—成品堆放架

6.2　成型模具

塑料挤出成型管材常用模具结构如图 6-5 ~ 图 6-10 所示。

图 6-5 ~ 图 6-9 所示的模具，结构比较简单，机械加工制造也较容易，制造费用较低，生产操作也较方便；不足之处是分流锥支架肋使熔料成型时有合流痕迹，对管的质量稍有影

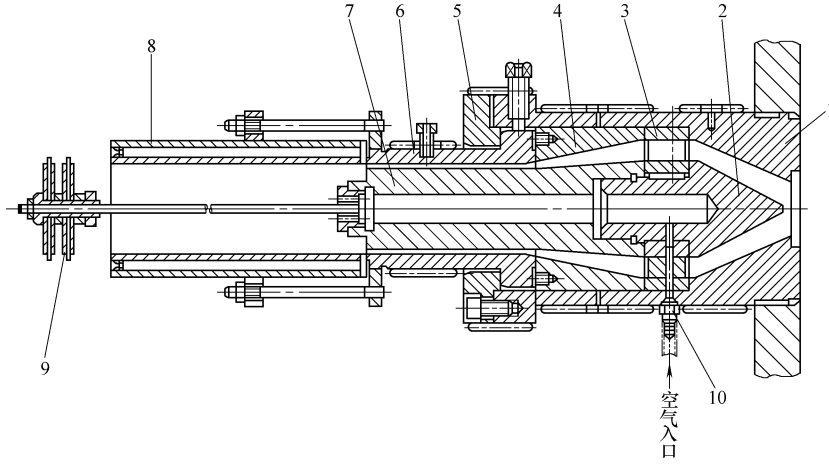


图 6-5　聚氯乙烯硬管用成型模具结构

1—模具体　2—分流锥　3—分流锥支架　4—中套　5—压盖　6—口模　7—芯棒
8—定径套　9—气堵　10—进气管

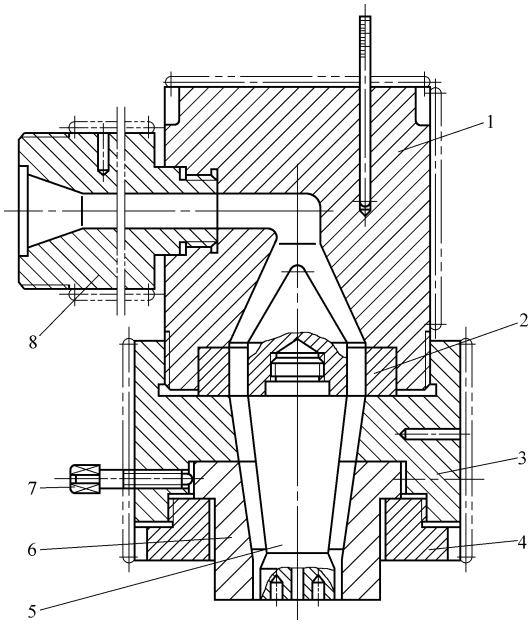


图 6-6　聚氯乙烯软管用成型模具结构

1—模具体　2—分流锥　3—中套　4—螺纹压环
5—芯棒　6—口模　7—调节螺钉　8—连接颈

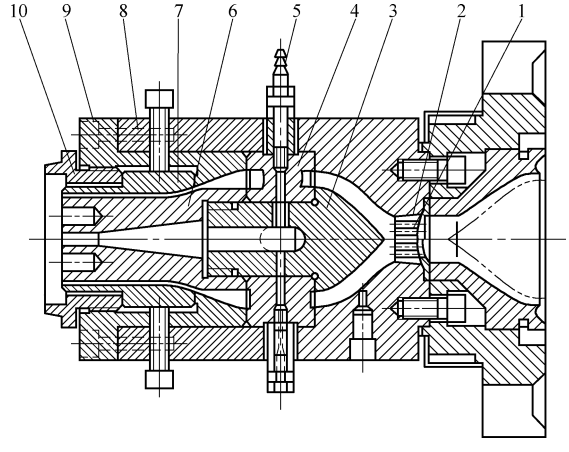


图 6-7　聚烯烃管材成型用模具结构

1—过滤网　2—分流板　3—分流锥　4—分流锥支架
5—进气管　6—芯棒　7—口模　8—模体
9—中套　10—压环

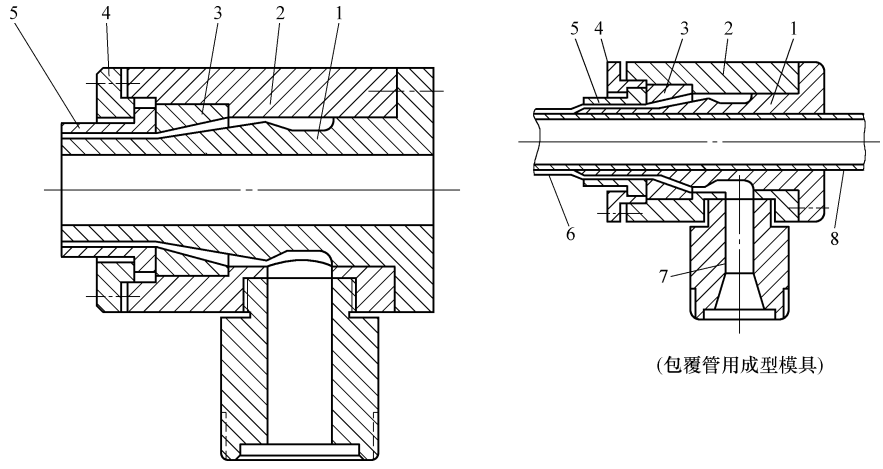


图 6-8　直角形管成型模具结构

1—芯棒　2—模具体　3—中套　4—压紧螺母　5—口模　6—塑料包覆层　7—连接颈　8—钢管

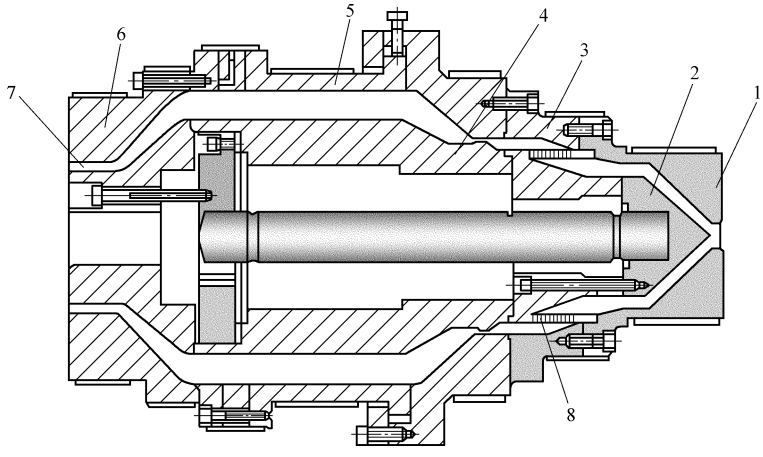


图 6-9　高密度聚乙烯燃气管用成型模具结构

1—连接颈　2—分流锥　3—中套　4—模芯　5—外套　6—口模

7—芯棒　8—微孔分流芯模

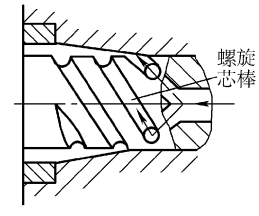


图 6-10　螺旋芯棒模具结构示意图

响。这种模具结构适合聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯、聚酰胺管的挤出成型。其中，图 6-5 是生产硬质聚氯乙烯管，采用内压法定形用模具结构；图 6-6 是生产软质聚氯乙烯管用成型模具结构；图 6-7 是成型聚烯烃管用成型模具结构。

图 6-8 所示为直角形管成型模具结构，所成型的管材的运动方向与挤出机螺杆挤出熔料流动方向成直角。这种模具结构中没有分流锥支架肋，成型的管材没有熔料合流痕迹，产品质量有保证；但制造时给机械加工增加了一定的难度。图 6-9 所示为高密度聚乙烯燃气管用成型模具结构。这是一种筛孔板式模具结构，挤入模具内的熔料通过筛孔板进入管坯成型中的定形段。模具结构比较紧凑、体积小、料流稳定，成型管没有熔料合流线，制品质量好，适合聚乙烯大口径管挤出成型。目前，高密度聚乙烯燃气管挤出成型大多采用此种结构模具。

图 6-8 所示为管成型模具结构，也可用于钢管表面复合一层塑料层进行生产成型。芯棒

结构中设有熔料阻流凸台，使进入模具内的熔料沿整个圆周环流速度接近一致。钢管复合塑料层生产时，分别经除锈处理→加热→表面涂一层粘结剂→钢管从图示方向右端进入模具内→挤出熔料成管形，包覆在钢管外表面→冷却定形即为成品。

图 6-10 是一种芯棒表面为螺旋式管成型模具结构示意图。塑化的熔料从这种模具中流过，阻力较大，这样成型的制品较密实、表面也较光滑，所以，也开始有厂家应用。但这种模具加工难度较大，需要有数控仿型铣对其进行加工。

6.2.1　模具结构参数

（1）压缩比 ε　成型模具的压缩比，是指模具体内熔料流道空腔中，进料端最大截面积与口模处环形空腔截面积之比。压缩比一般取 4 ~ 10，如果熔料黏度较高，取压缩比在 2.5 ~ 6。

（2）分流锥角 α 及尖角弧 r　分流锥结构如图 6-11 所示。锥角一般取 $\alpha \leqslant 60°$；如果熔料黏度较低时，可取 α 角度大些，但一般不超过 80°。α 角取小值，锥体长度增加，则模具体积增大；α 角度取大值，则熔料流动阻力增加、物料在模具体内停留时间长。

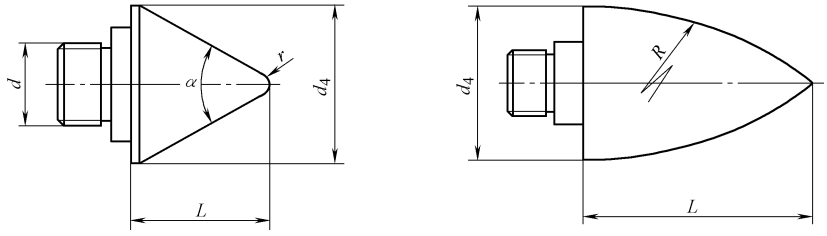


图 6-11　分流锥结构

锥顶部位的 r 值应尽量取小值，以避免在此处产生滞料区，一般取 $r \leqslant 2.5$mm；$L = (1 \sim 1.5)d_4$。

分流锥与多孔板间的距离（见图 6-12），一般取 H 为 10 ~ 25mm。间距过大，则熔料停留时间长；间距过小，易使分流锥面上的料流量不均匀。

分流锥是成型模具中首先与熔融料接触的零件。熔料从机筒内挤入模具后，分流锥把熔融料分成环状筒管，经过分流锥支架后流向模具出口、同时筒管的壁厚逐渐变薄、接近管坯壁厚尺寸。

（3）分流锥支架　分流锥支架（见图 6-13）是连接固定分流锥与芯轴的一个定位支架，其外圆与模具体内圆采用 H7/h6 精度配合，以保证模具各零件装配后在同一中心线上。

进入模具空腔内的熔料、经分流锥和支架肋流向口模，产生几条熔料结合线，对管制品质量有些影响。所以，支架肋数在保证支架支撑强度的条件下应尽量减少。小规格管材成型用模具中的支架肋数取 3 ~ 4 根；大规格管材成型用模具中的支架肋数最多也不能超过 8 根。支架肋截面形状应是进料端角 α_1，大于出料端角 α_2；大规格管材用模具中的支

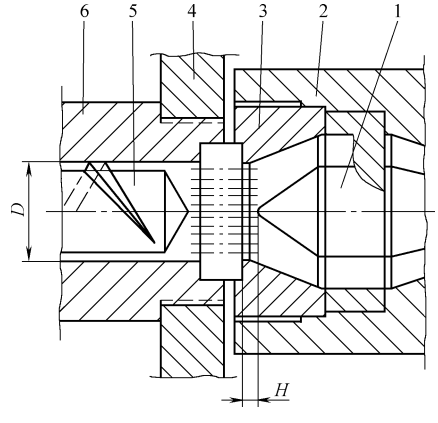


图 6-12　分流锥与多孔板间距离

1—分流锥　2—模具体　3—中套　4—机筒法兰　5—螺杆　6—机筒

架肋还应设有通气孔和导线引进通孔。在生产时，通气孔能向挤出口模的管坯输入压缩空气，以防止管坯在没有冷却定形前变形；导线孔是为了芯轴加热升温时，为电热棒输入电流。小规格管材成型用模具中的分流锥、支架和芯轴，也可制成如图 6-14 所示的一体式结构，不用设进气孔和导线穿入孔。

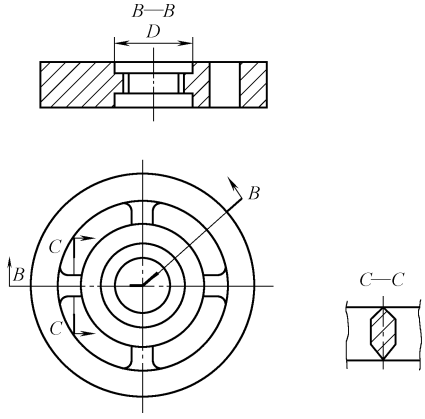


图 6-13　分流锥支架结构

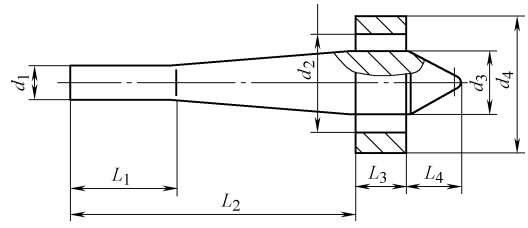
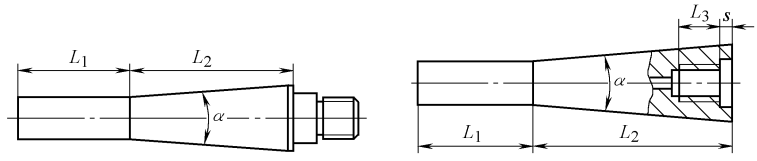


图 6-14　分流锥、分流锥支架和芯轴为一体式结构

（4）芯轴　芯轴结构如图 6-15 所示。这种芯轴结构是在挤塑较小规格管材时应用；大规格管材成型用芯轴，应是中空型，内设有电阻加热装置，用于生产初期为芯轴体加热，以加速芯轴的加热升温。



a）　　b）

图 6-15　芯轴结构

a）带外螺纹芯轴　b）带内螺纹芯轴

L_1—芯轴平直段长　L_2—芯轴锥体部分长　L_3—凹槽深　α—收缩角

芯轴结构中的主要尺寸是平直段直径、长度及收缩角。一般规律是芯轴平直段长度与口模平直段长度相等或略长些，可在 $L_1 = (1 \sim 2.5)D$ 范围内选择；也可按表 6-1 中的经验数据选择。

表 6-1　芯轴平直段长度与管制品壁厚 t 关系

原料	HPVC	SPVC	PA	PE	PP
L_1	$(18 \sim 33)t$	$(15 \sim 25)t$	$(13 \sim 23)t$	$(14 \sim 22)t$	$(14 \sim 22)t$

收缩角 α 应小于分流锥的扩张角，以利于分流锥支架肋造成的熔料结合线，在此处能尽快消除。这个收缩角的选择要注意熔料黏度的大小，黏度大时应取较小的收缩角，如 PVC 料取 $\alpha = 10° \sim 30°$，黏度较小的 PE 料取 $\alpha = 25° \sim 40°$。芯轴平直段部分的直径应略小于管制品内圆直径。

芯轴与口模组合后形成挤塑管材用熔料流道空腔，熔料在此段平直部位成型管的型坯。

芯轴是成型管制品内直径表面尺寸用零件。

（5）口模　口模与芯轴配合组装后形成熔料流道空腔，熔料从这里经过时，由于空腔容积的逐渐缩小而受到压力，从此空腔内挤出时成型管坯。口模内径是成型管外径表面尺寸零件。

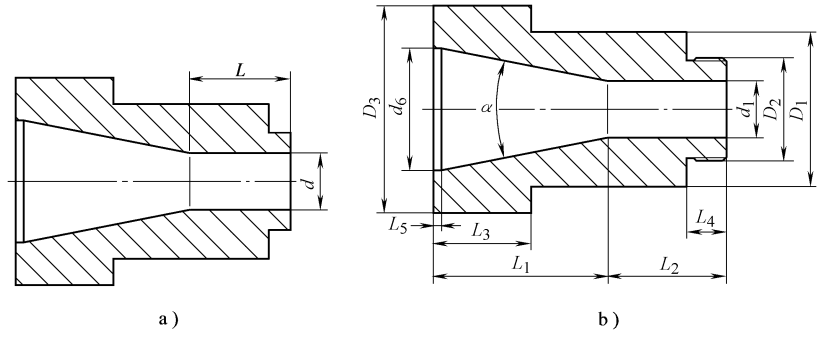


图 6-16　口模结构

a）不带螺纹口模　b）带螺纹口模

口模结构尺寸从图 6-16 中可以看到，主要是平直段长度、内径和压缩角。平直段（也叫定形段）长度 $L_2 = (0.5 \sim 3)D$

内径　　$d_1 = D/k$

式中　D——管材外径（mm）；

k——系数，$k = 1.01 \sim 1.06$。

压缩角 α 取 14° ~ 50°之间。

口模与芯轴结构尺寸的选择，要注意原料性能、模具的压缩比和对管材牵伸比大小的影响。从理论上讲，口模平直段内径应与管材外径尺寸相同；芯轴的平直段外径应与管材的内径尺寸相等。但由于挤出模具后的管坯压力降低了，而出现壁厚膨胀的现象；另外，由于管坯受牵伸比和冷却收缩的关系，管坯壁厚还有些收缩现象，所以，口模平直段内径应进行适当修正。

6.2.2　模具对制品质量的影响

模具的结构和制造精度及其工艺条件变化，将对成型的塑料制品质量有直接的影响。常见的制品质量问题与模具结构、精度和工艺有关的项目见表 6-2。

表 6-2　制品质量与模具

故障现象	产 生 原 因	排 除 方 法
制品表面粗糙，无光泽	①定形段（平直段）长度偏小 ②口模内表面粗糙度值大 ③冷却定径套内表面粗糙度不够 ④模具工艺温度偏低	①适当增加平直段长度 ②降低口模定形段内表面粗糙度值 ③修磨定径套内圆，降低粗糙度值 ④适当提高工艺温度
制品表面有焦斑或焦纹线	①模具空腔压缩比过大，熔料流动阻力过大、熔料在模具腔内停留时间长、分解 ②模具工艺温度偏高 ③模具熔料流道有滞料部位 ④有异物在模具空腔内堵塞	①重新设计，适当降低压缩比或分流锥角度 ②降低模具温度 ③对模具中零件检修，找出滞料段修磨、降低表面粗糙度值 ④维修、清除异物

（续）

故障现象	产生原因	排除方法
管壁厚度误差大	①口模与芯棒间的间隙不均 ②口模或芯棒加工精度低，装配后两零件轴线不同心 ③模具温度各部位不均匀，温度差过大 ④从模具口挤出熔料流量不稳定	①重新调节口模与芯棒间隙 ②检查口模、芯棒制造质量，找出问题重新制造 ③检查找出加热元件损坏部位，更换 ④主要是受螺杆转速不稳定或机筒工艺温度波动大影响，也有可能受模具温度不均匀影响，找出故障原因，排除故障
管强度低，易脆裂	①原料选择不当 ②压缩比偏小 ③定形段长度不够	①选择合适的原料 ②适当增加模具空腔熔料流通压缩比，模具应重新设计 ③加大定形段长度
管易弯变形，有水纹线	主要是模具温度控制不稳定，温差波动大	检查加热器将损坏件更换，检查加热控温元件，排除故障
管表面有熔料结合线	模具内熔料空腔压缩比小	重新设计模具，加大压缩比

6.2.3 模具使用与维护注意事项

① 成型模具中各零件装配前要清洗干净，去掉毛刺；装配时要防止相互撞击，轻拿轻放；不许用手锤敲击各零件工作配合面。

② 管制品成型模具装配顺序：先安装与机筒连接的法兰，然后是模具体，其次是分流锥、芯棒和口模等型体内模具，最后是定径套和压盖等零件。装配后的模具，其内腔熔料流道表面应光滑，无熔料流动阻滞死角。

③ 各部位连接螺钉在安装使用前，应先在螺纹部位涂一层二硫化钼或硅油，以方便高温条件下模具零件的拆卸；紧固时对角线两螺钉要同时用力拧紧，用力均匀，保证各零件的连接面全面接触、靠严。

④ 出现管坯壁厚不均时，调节口模和芯棒间的间隙，要先松开壁薄侧调节螺钉，然后再紧壁厚侧调节螺钉，避免损坏零件或拧断螺钉。

⑤ 生产初期清理口模端残料时，要用竹刀或铜质刀，不许用钢刀刮口模端，以防止划伤零件。

⑥ 清理后的模具，如果暂不使用，各零件要涂防锈油后组装在一起；进、出料口要封严，存放在干燥通风木架上；模具体上不许放重物。

⑦ 模具零件出现伤痕或毛刺，不许用锉刀修复，只能用细油石或细砂布修磨棱角或毛刺；最后修光时，要顺着熔料流动方向用细砂布修光。

模具在生产使用中常会出现一些故障，产生故障原因有多方面条件影响，如制造材料的选择是否合理，制造加工精度是否符合工艺要求，平时使用维护是否不当等，任何一种条件变化都会造成模具工作出现故障。模具工作常见故障与排除方法见表 6-3。

表 6-3　模具工作常见故障与排除方法

故障现象	产 生 原 因	排 除 方 法
模具与机筒连接处漏料	①两零件的连接配合处加工精度低。a. 配合面粗糙。b. 配合面与模具体中心线垂直精度低 ②连接处两接触面不清洁,有异物	①重新修配模具体结合面。a. 提高配合面光洁程度。b. 保证配合面与模具体中心线的垂直度 ②检修、清除两接触面污物及异物
拆卸困难	①模具体内组合零件间有溢料现象 ②装配前各配合零件没有清除毛刺 ③连接紧固螺栓装配前没有涂硅油 ④零件变形	①重新制造,提高配合零件的精度 ②装配前将零件清洗干净 ③螺栓装配前涂耐高温硅油 ④更换零件,用耐高温、变形小的钢材制造
调节螺钉易断	①使用方法不当 ②制造材料选用不合理	①口模间隙调节螺钉调节口模间隙时,要先松开间隙小侧螺钉,然后再调节拧紧口模间隙大侧螺钉 ②必要时用 45 钢制造,进行热处理硬度达 40 ~ 45HRC
模具中零件变形	①拆卸方法不当 ②存放时受重物挤压 ③制造材料选择不合理	①拆卸安装不许用重锤击打 ②存放时模具体上不许放重物 ③采用耐高温、变形小的钢材制造
产品质量不稳定、调节操作难度大	模具中各零件制造精度低,相互配合精度选择不当,配合面粗糙	模具重新制造。零件间的配合应为 H7/h6;配合面表面粗糙度值 Ra 应不大于 1.25μm;熔料流道表面粗糙度值 Ra 应不大于 0.25μm;保证配合面与零件中心线的垂直精度
口模挤出料流速不稳	①模具体各部位温度不均匀、误差大 ②口模与芯棒间的间隙不均匀 ③模具内有异物堵塞 ④塑化系统问题(如料斗中原料架桥、塑化温度不稳定温差波动大、螺杆与机筒配合间隙过大、螺杆转速不稳定等)	①检查加热器,更换损坏件,使加热套与模具接触良好 ②调整口模与芯棒间的间隙 ③拆卸模具,清除异物 ④检修塑化系统,排除故障

6.3　管材挤出成型用辅机

从管材挤出成型生产线中可见，常用辅机有冷却定径套、冷却水槽、牵引机和切割机。

6.3.1　冷却定径套

从成型模具的口模挤出的融态料，是一种有较高温度的管坯。冷却定径套就是一种为管坯降温和限制、修正管坯几何形状的装置，用以保证管材制品的直径尺寸和几何形状精度，保证制品表面粗糙度符合制品质量要求。

管坯的冷却定径方法，常应用有内压法定径和真空法定径。

(1) 内压法定径　内压法定径是指从挤出成型模具的芯棒中心孔通入压缩空气，使管坯在压缩空气胀力作用下，外圆紧贴在定径套的内表面；另外，定径套外圆还有冷却水循环腔，则使管坯同时被降温定形。图 6-5 所示模具结构就是内压法定径。为防止压缩空气外泄，管坯内圆需加有气堵（见图 6-5 中的件 9，钢板间可夹橡胶片或泡沫塑料圆片），定径

套长为 3 ~ 6 倍管坯直径；空气压力保持在 0. 03 ~ 0. 30MPa 之间。

定径套的内表面一般多进行镀铬处理，铬层经抛光后，光洁的内表面可使制品的外圆表面光泽。

（2）真空法定径　真空法定径是指定径套采用抽真空的方法定径，结构如图 6-17c 所示。定径套的夹套内有抽真空段，内圆表面钻出小孔，当管坯通过此处时，小孔吸引管坯外圆紧贴在定径套内表面；还有通循环水冷却段，使管坯降温，则使管坯在此处得到降温，冷却定形。另外，这种定径套内孔还有一些锥度，可避免空气从管坯进口处进入定径套，影响制品在定径套内冷却时的收缩。定径套距模具口模端约为 20 ~ 25mm；抽真空度为 127 ~ 381mmHg(1mmHg = 133. 322Pa)；小孔直径为 0. 5 ~ 0. 7mm，在定径套的内孔壁上交错排列。有些聚烯烃管材的冷却定径套前还设有预冷装置，目的是使管坯进入定径套前表层冷却。这样管坯表层与定径套之间有了一层水膜，可减小管坯表面与定径套的摩擦力，也可防止管坯表面与定径套黏连。

对于小直径的聚氯乙烯管挤出成型，一般可采用浸水式管坯定径法，定径套结构如图 6-17a 所示。它既不用压缩空气，也不用抽真空，挤出模具的管坯定径套与水槽接近，从定径套挤出管坯立即引入冷却水槽内，冷却定形。

定径套内径和长度尺寸的确定，可参照表 6-4 酌情选取。

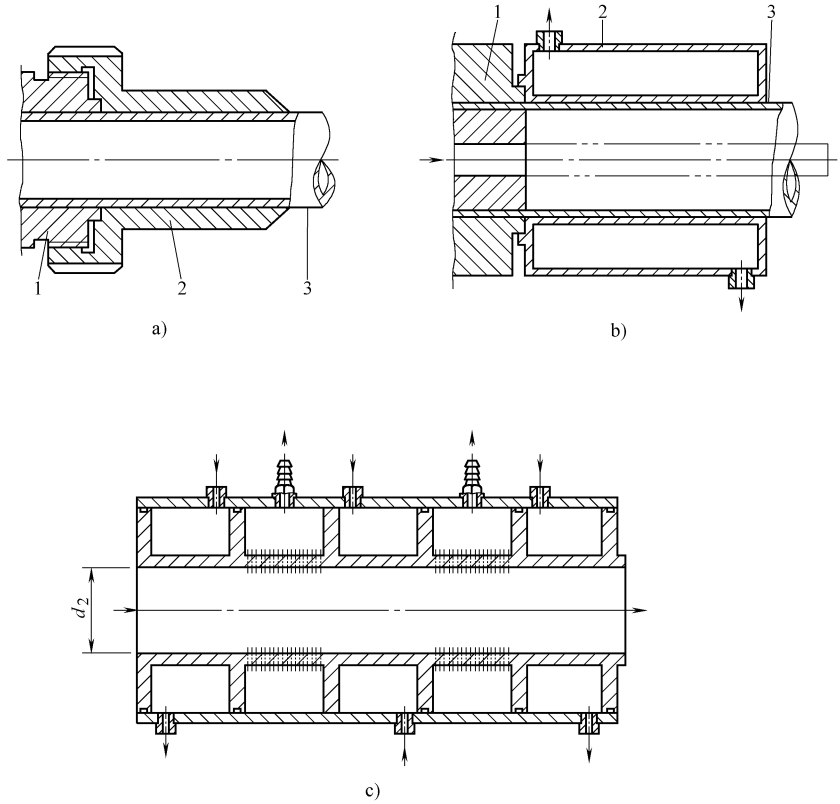


图 6-17　定径套结构

a）浸水式定径套　b）水套式定径套　c）真空冷却定径套

1—口模　2—定径套　3—管制品

表 6-4　定径套内径和长度尺寸

管材外径 D/mm	定径套内径 d/mm	定径套长度 L/mm
$D<40$	聚烯烃(1.00～1.04)D 聚氯乙烯(1.00～1.02)D	$L\approx10D$
$D>40$	(1.008～1.012)D	$L<10D$
$D>100$		$L=(3\sim5)D$

注：1. 对于真空定径套，$d=kD$，L 值可略大些，PVC 料取 $k=1.007\sim1.01$，PE 料取 $k=1.02\sim1.04$，PP 料取 $k=1.02\sim1.05$。

2. 真空度在 0.02～0.08MPa 范围内，小直径管取 0.02～0.04MPa，大直径管取 0.06～0.08MPa。

3. 抽真空孔直径为 0.6～1.1mm（壁厚取大值）。

定径套使用与维护注意事项如下：

① 保证定径套与成型模具连接后的同心度精度，两者连接方法要方便安装和拆卸。

② 定径套与成型模具连接的接触面间，要加一层 3～4mm 厚的聚四氟乙烯或布基酚醛隔热垫。

③ 注意真空腔及接管头处的密封性维护，防止泄漏而降低真空度；发现泄漏时，不能采用焊接方法修补，这样会造成定径套变形而影响制品尺寸精度。对泄漏点，应采用粘接剂材料进行修补。

④ 注意保持定径套内圆表面粗糙度，其表面粗糙度值 Ra 应不大于 0.4μm；发现表面镀铬层脱落时，要及时维修，重新镀铬。

⑤ 采用水环式真空泵时，注意泵的进水管不得有缺口，以避免损坏真空泵。

⑥ 定径套的内径尺寸确定，除了要参照表 6-4 规定外，还应注意不同品种塑料的收缩率（例如 HDPE 为 3%～4%，PP-R 为 3%）、管直径、壁厚、挤出压力、冷却条件和牵伸比（牵伸比是指成型模具中出口端口模与芯棒间的环形面积和管材成品断面积之比）等条件变化的影响。

PP-R 管挤出成型时，不同管直径、壁厚的定径套内圆直径见表 6-5 常用塑料牵伸比见表 6-6。

表 6-5　PP-R 管材定径套不同的尺寸

管材规格	定径套通孔/mm		管材规格	定径套通孔/mm	
/mm	S4-S5	S2～S3.2	/mm	S4-S5	S2～S3.2
ϕ20	21	21.12	ϕ63	65	65.6～65.8
ϕ25	26	26.36	ϕ75	77.5	78.1
ϕ32	33	33.3	ϕ90	93.5	93.66
ϕ40	41	41.7	ϕ110	114.3	114.5
ϕ50	52	52.18			

表 6-6　常用塑料的牵伸比

塑料品种	牵伸比	塑料品种	牵伸比
U-PVC	1.0～1.1	PP	1.1～1.3
S-PVC	1.1～1.35	ABS	1.0～1.1
LDPE	1.2～1.5	PA	1.4～3.0
HDPE	1.1～1.2		

6.3.2　冷却水槽

冷却水槽的结构形式如图 6-18 所示，这是挤出成型较小塑料管常应用的一种冷却水槽

结构。水槽用钢板焊接组合制造，用钢管连接组成上水和下水，槽内通入冷却水，整个冷却水槽可沿管运行中心线前后移动。这样方便成型模具的安装和拆卸，也方便生产初期对管坯壁厚的操作调整。

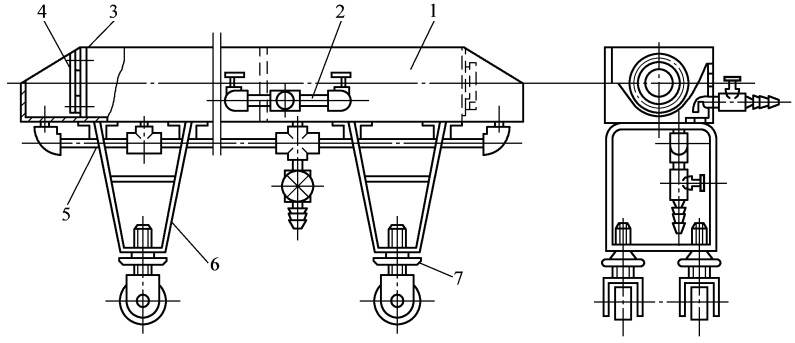


图 6-18　管坯冷却降温用水槽结构

1—水槽体　2—上水管　3—隔板　4—密封胶圈　5—出水管　6—水槽支架　7—滚轮

目前，生产 PP-R 管生产线中的管坯冷却，是真空定径套与管坯冷却水箱组合在一起，成为真空水箱。此种水箱长约 4 ~ 6m，结构如图 6-19 所示。箱体内分为有较高真空度的定径套段，长约 1m；另外还有长约 3 ~ 5m 的较低真空段。生产较大直径管材时，如果挤出生产速度又较快，还可再多配置一个真空水箱。从真空水箱定形的管材挤出后进入喷淋水箱，这种水箱长约 4 ~ 6m。这些水箱多采用不锈钢板制造，冷却循环水温度约 20℃ 左右。经水箱冷却后的管材温度，一般在 40℃ 左右。

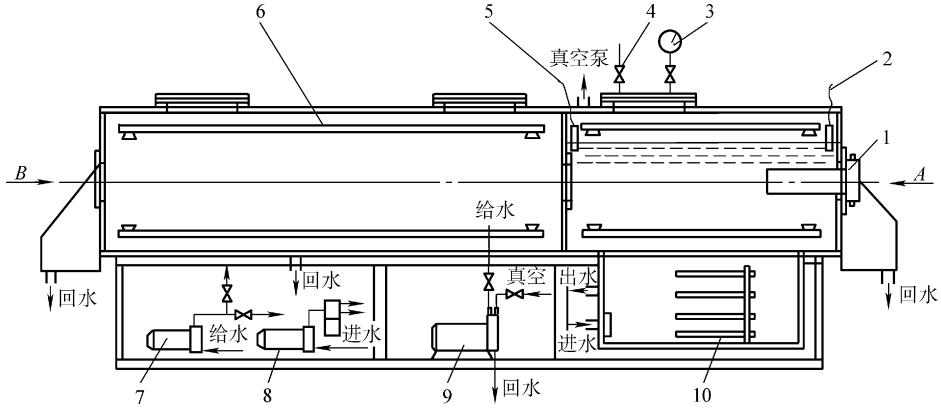


图 6-19　真空水箱结构示意图

1—定径套　2—水温检测　3—真空表　4—放气阀　5—水位检测　6—喷淋管

7—给水泵　8—热水循环泵　9—真空泵　10—加热装置

冷却水槽的使用与维护注意事项：

① 冷却水槽要安装在有导轨的水平地面上，工作时可沿着机筒轴心线在导轨上前后滑动。

② 水槽可与真空定径套组合成一体，也可是分开的独立两个部分。生产初期，两者间距应调大些；正常生产后，两者间距应尽量小。

③ 注意保持水槽及管路不泄漏、喷淋头不堵塞，采用循环水冷却。

④ 水槽高低移动调节螺母，滚轮要保持有良好润滑。

6.3.3　牵引机

从成型模具挤出的管坯，是依靠牵引机将其夹牢牵引运行。这既可保证挤出管材生产的连续性，又使管坯在未冷却定形前受到一定的拉伸。这个适宜的拉伸比，使高分子的分子链定向排列，提高了塑料管材的强度。

常用牵引机结构有橡胶带式、滚轮式和履带式。目前，绝大多数牵引机结构为履带式。图 6-20 是滚轮式牵引机结构示意图，图 6-21 是履带式牵引机结构示意图。

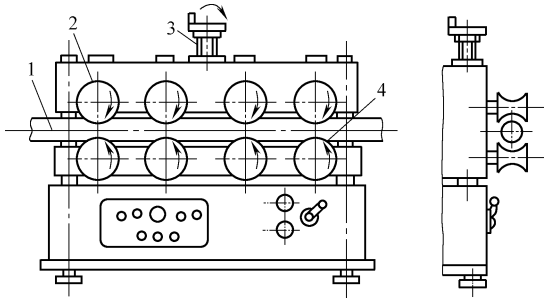


图 6-20　滚轮式牵引机结构示意图

1—管材　2—上辊　3—调距丝杆　4—下辊

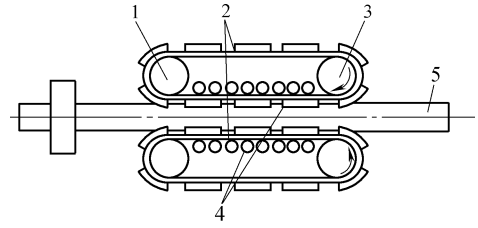


图 6-21　履带式牵引机结构示意图

1—履带被动辊　2—橡胶带　3—主动辊

4—托辊　5—管材

履带式牵引机可有多个履带组合工作，数量的多少是按管材直径大小来决定：管材直径小时，履带数量少，小于 150mm 的管材牵引，可用 2 根履带；管材直径在 1000mm 时，应选用履带数量大于 8 根。履带运行可用一台电动机，通过链条传动，分别带动各带同步运行；也可用变频技术，各履带分别用一台电动机拖动。对牵引机的工作要求：

① 各履带对管材夹持的牵引力，应大于管材通过真空定径套和真空箱时与各装置的摩擦阻力。

② 各履带能同步运行，牵引速度平稳。

③ 牵引速度可变化调整，能满足管材挤出成型生产中的最低和最高速度变化要求。

④ 要经常给各传动零件和轴、丝杠加注润滑油（脂）；注意防止传送带被硬物划伤，带面不许有油污。

⑤ 当出现牵引运行不平稳时，应检查传动系统是否出现故障；也可能是胶带磨损拉长，应及时调整传送带的主、从动轮中心距，保持带运转工作有一定张力。

6.3.4　切割机

挤出成型的各种硬管或硬质型材都有标准规定固定长度。切割机在挤出机生产线上的作用，主要是用来按要求长度切断塑料制品。

硬质管材的切断方式有几种方法。直径较小的管材（小于 ϕ50mm）可用手工切割；较大直径管材用锯片切割，锯片由电动机通过 V 带驱动。当管制品达到要求长度时，切割机上的夹紧机构把管制品夹紧，锯片即启动并切断管材。夹紧切割时，整个切割机被管材的前

进移动力推动，与管材同步在其运行轨道上向前移动。当管材被切断后，夹紧装置张开，切割装置沿原轨道退回，准备下次切割动作。

生产较大直径管材时，管材的切割采用行星式自动切割机。切割锯片是由多个小直径锯片组成圆形，围绕在管制品圆周外。这些小锯片切割管材时，既能高速自转，又能围绕管制品外圆公转；切割大直径管材时，切割速度快，管材切口又整齐。

国内部分辅机生产厂产挤出成型硬管用辅机的主要技术参数见表 6-7 ~ 表 6-9。

表 6-7　山东塑料橡胶机械总厂产管用辅机主要参数

产品名称	主要技术参数						
塑料空壁管材挤出机组	型号	螺杆直径/mm	生产能力/(kg/h)	牵引速度/(m/min)	真空定径槽长/mm		
	KBG110	55/110	140	0.3 ~ 35	6000		
塑料软管机组	型号	生产能力/(kg/h)	牵引速度/(m/min)	螺杆直径/mm	长径比(L/D)	总功率/kW	
	SRG315	500	0.3 ~ 1.8	150	30∶1	220	
大口径塑料管材机组	型号	生产能力/(kg/h)	牵引速度/(m/min)	生产管径规格/mm	牵引力/kN	总功率/kW	
	SJG-Z630	1100	0.1 ~ 1	25 ~ 630	294	412	
塑料缠绕管机组	型号	螺杆直径/mm	长径比(L/D)	生产能力/(kg/h)	牵引速度/(m/min)	口模速度/(m/min)	卷曲速度/(m/min)
	CRG40-1	45	25∶1	35	40 ~ 60	0 ~ 3	0 ~ 1.5
PVC 管材挤出机组	型号	螺杆直径/mm	长径比(L/D)	牵引速度/(m/min)	管材长度/mm	机头规格/mm	
	SGQ(75)	65	25∶1	0.3 ~ 3	4000	40×2、50×2 63×2.5、76×2.5	

表 6-8　大连橡胶塑料机械厂产管用辅机主要参数

产品名称	主要技术参数								
塑料波纹管挤出成型机组	型号	螺杆直径/mm	生产能力/(kg/h)	管成型模具速度/(m/min)	模具通径/mm	外形尺寸(长×宽×高)/mm	总功率/kW		
	SJ-45×25A SJ-FGB50	45	28	0 ~ 8	10、15、20、25、32、40、50	7200×1600×1800	26		
	SJ-65×28 SJ-FGB50	65	40	0 ~ 8	30、25、32、40	7200×1600×1800	35		
塑料挤出硬管机组	SJ-45×25A	65	90	0.15 ~ 1.5	50、63、75、90	15000×2500×2550	55		
	SJG-F170	45	40	0.20 ~ 2.0	10、12、16、20、25、32、40	1500×2500×1500	50		
双螺杆塑料硬管辅机	SJSG-F250	250	6000×2	6000	1600	0.25 ~ 3.6 0.5 ~ 7.2	12000	25940×1530×1750	54
	SJSG-F450	450	6000	6000		0.05 ~ 0.5 0.15 ~ 1.5	30000	26230×1800×3100	45
	SJSG-F630	630	6000×2		1200	0.05 ~ 0.5 0.15 ~ 1.5	30000	31961×3364×3100	59 (机头)
	SJSHG-F60×60(双机头)	60×2	6400	6000		1.5 ~ 15 0.5 ~ 5		4650×860×2210(机组)	12.6
	SJSBG-F110 (波纹管)	110				0.94 ~ 9.4		14070×1700×2360	21.2

表 6-9　新型管材挤出成型设备参数

管品种	型　　号	螺杆直径及长径比		管材规格/mm	产量/(kg/h)	牵引速度/(m/min)	总功率/kW	生　产　厂
		D/mm	*L*/*D*					
无规共聚聚丙烯管(PP-R)	SJGZ-63	—	—	ϕ20 ~ ϕ63	120	15	78	青岛德亿利机械有限公司
	SJGZ-160	—	—	ϕ40 ~ ϕ160	220	4	115	
	PPRG-32	—	—	ϕ20 ~ ϕ32	—	3 ~ 10	72	张家港华明机械有限公司
	PPRG-63	—	—	ϕ40 ~ ϕ63	—	2 ~ 6	115	
	PPRG-110	—	—	ϕ75 ~ ϕ110	—	1. 2 ~ 4	150	
	SJG-Z65 × 30-63	65	30∶1	ϕ12 ~ ϕ63	30 ~ 120	0 ~ 18	48. 15 ~ 75	青岛顺德塑料机械有限公司
	SJG-Z90 × 30-110	90	30∶1	ϕ50 ~ ϕ110	50 ~ 120	0 ~ 6	75	
	SJ-65 × 30	65	30∶1	最大尺寸 ϕ75	80	1. 2 ~ 12	66	上海挤出机械厂
	SJ-90 × 30A	90	30∶1	最大尺寸 ϕ110	230	1. 2 ~ 12	120. 5	
交联聚乙烯管(PE-X)	SJ65	65	30∶1	ϕ10 ~ ϕ32	80 ~ 120	2 ~ 12	—	南京橡塑机械厂
	SJ90	90	30∶1	ϕ25 ~ ϕ60	140 ~ 200	0. 8 ~ 10	—	
	SJPEX-110	—	—	ϕ16 ~ ϕ110	120	—	100	青岛德亿利机械有限公司

6. 3. 5　辅机工作与产品质量

辅机工作故障对产品质量影响及工作故障排除方法见表 6-10。

表 6-10　辅机工作故障对制品质量影响

设备名称	故障现象	产生原因及排除方法	故障对制品质量影响
冷却定形装置	①冷却水温偏高 ②压缩空气压力不足 ③采用真空法定径,用真空度不够 ④定径套漏水	①水流不通畅。检修水管路后加大水流量 ②供气系统故障。检修输气管路漏气部位,或检修空气压缩机 ③真空系统故障。检修管路漏气部位或检修真空泵 ④焊接组合件焊接质量差;定径套锈蚀穿孔、管接头密封不好。应检修或更换密封垫	管材有明显的变形或管外表面粗糙、无光泽
冷却水槽	冷却管材降温效果差	①冷却水温高。应加大水流量 ②冷却水管路堵塞。检修清除管内异物 ③冷却水槽长度尺寸不足。应加大水槽长度	管成品变形弯曲
牵引装置	①牵引管运行速度不稳定 ②夹持力过大	①管的牵引机构中,传动系统故障影响。检修查找故障部位(有可能是带传动打滑、轴承损坏、对管的夹持力不足或调速仪表失灵),排除 ②应调控对管的夹持力,以牵引不打滑为准	①管材的纵向壁厚误差大;牵引速度过快时,管被冷拉伸易变形 ②管的圆度变形
切割机	圆锯片旋转抖动	①锁紧锯片用螺母松动。应紧牢 ②锯片轴弯曲或轴承损坏。应检修 ③锯片变形,应校正	管端面切割不整齐

6.4 成型工艺

1. 聚氯乙烯管挤出成型工艺

聚氯乙烯管的挤出成型生产工艺，有两个主要工艺程序：一是原料的配混、造粒工艺；另一个是把配混后造粒料用挤出机挤出成型制品。原料的配混与造粒工艺见 4.4.4 节的内容。

2. 聚烯烃料挤出成型工艺

聚乙烯、聚丙烯料的挤出成型，无特殊要求时，通常仅直接把验收合格的粒料投入生产，即可挤出成型制品。

几种不同原料挤出成型管材生产工艺参数见表 6-11。

6-11 几种型料管挤出成型工艺温度

材料 / 工艺条件		LDPE	HDPE	PP	RPVC	SPVC	ABS	PA1010	PC
机筒温度/℃	后	90 ~ 100	120 ~ 140	150 ~ 160	80 ~ 100	80 ~ 110	160 ~ 165	250 ~ 260	200 ~ 240
	中	110 ~ 120	140 ~ 160	170 ~ 180	130 ~ 150	120 ~ 140	170 ~ 175	260 ~ 270	240 ~ 250
	前	130 ~ 145	160 ~ 180	190 ~ 220	160 ~ 170	150 ~ 170	175 ~ 180	260 ~ 280	230 ~ 255
模具温度/℃		135 ~ 145	160 ~ 180	190 ~ 220	160 ~ 170	170 ~ 190	180 ~ 185	220 ~ 240	200 ~ 220
口模温度/℃		130 ~ 140	170 ~ 175	190 ~ 210	160 ~ 180	170 ~ 180	190 ~ 195	200 ~ 210	200 ~ 210
牵伸比(%)		1.1	1.03	1 ~ 5	1.04	1.2	1 ~ 1.2	1.2 ~ 1.5	0.9 ~ 1.05
内压法生产用空气压力/MPa		0.02 ~ 0.04	0.02 ~ 0.04	0.02 ~ 0.05	0.02 ~ 0.05	0.02 ~ 0.05	—	—	—
采用真空定径时，真空度/MPa		−0.08 ~ −0.06	−0.08 ~ −0.06	−0.09 ~ −0.06	—	—	—	—	—
冷却水温度/℃		15 ~ 22	15 ~ 22	15 ~ 22	15 ~ 22	15 ~ 22	15 ~ 22	15 ~ 22	—

3. 塑料管挤出成型工艺操作要点

1）PE、PP 料挤出成型塑料管、通常树脂中不需加任何助剂即可生产。如果管材用在受阳光照射的环境中，为防止其降解老化速度加快，生产前树脂中应加入少量的紫外线吸收剂 UV531；特殊环境使用的塑料管原料中应加入少量的阻燃剂（可用三氧化二锑与等量的含氯量大于 20% 的氯化石蜡并用）和抗静电剂（如炭黑、SN 及烷基酸胺类助剂）。防止其使用时易燃、易爆。

对于吸湿性塑料投产前一定要进行干燥处理（参照 4.3 节内容）

2）不同塑料成型管材参照本章中 6.1 节选择挤出生产线。

3）生产投料前要首先检查挤出机料斗内及送料系统中有无异物，清除原料输送系统中的一切异物。

4）挤出机机筒和模具加热升温至工艺要求温度（参照表 6-11）时要保温 1h、以使塑化原料系统（机筒）和成型模具各部温度均匀。注意：挤出 PVC 料时、机颈温度略低于模具温度；塑化粉状料温度比塑化粒状料温度低 10℃左右。

5）不许在试运转时让螺杆长时间空运转，螺杆空运转时间不允许超过 2 ~ 3min。

6）开首班车生产时，挤出机应低速起动运转，加料要少而均匀，直至机筒前出料为

止。此时要注意主机电流变化及设备运转是否正常，不允许主电动机在长时间超负荷情况下工作。

7）检查挤出熔融塑化料，达到柔软、表面光亮的要求，说明原料已达到良好塑化，可正式调整模具口模间隙。

8）调整口模间隙，应达到挤出管坯在口模处出料均匀，没有向一侧倾斜弯曲的现象，说明口模间隙调整接近一致，管坯壁厚已经比较均匀。

9）PVC 管挤出，此时要停车安装定径套和气堵（直径小于 ϕ80mm 管材挤出可不用吹入压缩空气，不加气堵），输入压缩空气把进入定径套的管坯吹胀，使其外圆紧贴在定径套内壁，以保证在此处冷却定形的管坯外圆几何形状（圆度）。PE、PP 管挤出成型，此时要安装真空定径套，引入定径套内的管坯依靠真空通孔的吸力，使管坯外圆紧贴吸附在定径套内圆表面，以达到冷却降温和保证定形管坯外圆的几何精度。冷却定形 PVC 管吹入压缩空气压力为 0.02 ~0.05MPa。注入压缩空气的压力要稳定，压力过小管材不圆，压力过大，管材内壁不光滑，内部易出现裂口。采用真空定径时，要求真空度为 0.4 ~0.07MPa。

10）牵引速度。挤出管材的牵引速度要比管坯从模具口挤出的速度略快些（约为 1% ~ 10%）。注意保持平稳的牵引速度，过大管壁厚变薄，残余应力大、易弯曲；牵引速度过小，则管材壁厚尺寸增大。

（1）拉伸比。拉伸比是指口模处、口模与芯棒之间的环形间隙面积与管材截面积之比。不同塑料挤出成型管材时的拉伸比见表 6-12。

表 6-12　不同塑料成型管材拉伸比

塑料	硬聚氯乙烯	软聚氯乙烯	聚乙烯	ABS	聚碳酸酯	聚酰胺	聚丙烯	聚甲醛	聚醚砜	氯化聚醚	聚苯醚
拉伸比	1.00 ~ 1.08	1.10 ~ 1.35	1.10 ~ 1.50	1.02 ~ 1.20	0.90 ~ 1.05	1.50 ~ 1.20	1.20 ~ 1.80	4.00 ~ 8.00	1.70	1.64	1.70

（2）水槽中的冷却水流向要与管坯的运动方向相反，以使管坯缓慢冷却，减小管材内应力；注意管材要完全浸入水中，冷却水温度要控制在 30℃ 左右。选择喷淋冷却效果会更好些。

4. 塑料管挤出成型质量故障诊断

塑料管挤出成型常见质量故障原因及排除方法见表 6-13。

表 6-13　塑料管挤出成型常见质量故障诊断及排除方法

故障现象	产生原因	排除方法
管横截面壁厚尺寸不均	①口模与芯棒不同心 ②辅机与螺杆中心线不在同一水平面上重合、牵引管运行不走直线，使管壁厚度一侧厚，另一侧偏薄	①调节口模使其与芯棒中心线同心，口模与芯棒间的间隙均匀 ②检修、校正牵引装置中心线与螺杆中心线在同一水平面上重合
管纵向截面壁厚尺寸误差大	①管坯被牵引运行速度不平稳 ②塑化原料螺杆转速不平稳，挤出料量不稳定 ③工艺温度波动大	①检修牵引装置，是否传动带打滑，也许压紧装置工作不到位，使管被牵引打滑 ②检修挤出机传动系统，可能传动带不能正常工作，或轴承损坏 ③检修电加热系统，是否有电热元件损坏不工作，或接触不到位

（续）

故障现象	产生原因	排除方法
管的内圆表面粗糙	①芯棒定形部位平直段长度不够 ②芯棒温度低 ③模具熔料空腔压缩比小，使管内表面有纵向熔料结合线 ④螺杆温度高 ⑤原料含水分或挥发物量过高	①修改模具结构，加长芯棒定形段长度 ②提高芯棒温度 ③修改模具结构，加大压缩比 ④螺杆应降温，控制循环导热油在90℃左右。 ⑤生产前对原料进行干燥处理
管表面有黑点或白点及鱼眼现象	①原料中杂质多，应加过滤网，如有过滤网可能破裂 ②原料不合格，混有少量低分子量化合物或不易塑化的鱼眼料	①更换过滤网 ②应更换原料
制品表面有划痕或条纹	①模具中口模处有划伤或掛残料 ②真空定径套上的真空通孔分布不合理或孔径尺寸不一致，使制品表面出现条纹 ③模具腔内有残料分解	①修磨口模清除残料或划伤 ②更换真空定径套，修改真空通孔的布置 ③检修模具，抛光滞料部位
制品不圆	①定形套长度不够 ②内压法定径时压缩空气的压力偏低 ③真空定径法生产时，真空度不够 ④冷却水温度高	①加长定形套 ②提高压缩空气压力 ③提高真空度 ④加大冷却水流量
软PVC管直径粗细不均	①螺杆转速不稳定，挤出料量波动 ②牵引速度不稳定，忽快忽慢 ③压缩空气输入气量不稳定	①检修，找出影响螺杆转速变化部位，可能是传动带打滑或轴承损坏 ②牵引装置工作速度不稳原因与螺杆转速不稳定因素相同，按①方法处理，也可能是牵引管力不足打滑 ③检查供气及稳压系统
管发脆	①原料塑化质量差、工艺温度低 ②螺杆结构不合理 ③原料不适合管成型质量要求 ④成型模具结构不合理、压缩比小 ⑤模具中的口模定形段长度不够，有熔料结合线 ⑥填充料加入比例过大	①提高工艺温度 ②更换新螺杆、注意螺杆长径比及压缩比的选择 ③原料中挥发物或水分过多，应进行干燥处理 ④重新设计模具结构，提高压缩比 ⑤增加定形段平直部位长度 ⑥减少填充料加入量比例
制品表面粗糙，无光泽	①口模部位温度控制不当 ②口模内表面粗糙或有异物	①适当调控口模处温度变化，温度过高或偏低都会影响制品表观质量 ②修磨口模内圆表面，提高光洁程度

6.4.1　硬质聚氯乙烯管成型工艺

以聚氯乙烯树脂为主要原料，加入一定比例的稳定剂、润滑剂及其他一些辅助料，经混合均匀后挤出造粒，再把粒料投入到挤出机内熔融塑化、然后由模具中挤出、经冷却定形成为 PVC 管。

1. 聚氯乙烯管种类、特性及用途

（1）聚氯乙烯管的种类　聚氯乙烯管的种类比较多，按挤出管材用原料中有无增塑剂分，有硬质塑料管和软质塑料管；按管材的外形结构分，有平直的实壁管、波纹管、夹芯管和发泡管等；按聚氯乙烯管的用途分，有承受一定压力的给水管、排水管、农田用排灌管、电线用护套管等。

（2）聚氯乙烯管的应用特性　聚氯乙烯管是一种耐化学腐蚀、电绝缘性能好，可在 80℃以下的温度环境中长期应用的一种塑料管材。它的热变形温度为 80℃，脆化温度为 -50℃；不易燃烧，离开火源后自熄。

（3）聚氯乙烯管的用途　聚氯乙烯塑料管的主要用途是用来做各种液体的输送管，用以替代传统的水泥管、铸铁管、镀锌管和陶瓷管等。如用做给水管、排污管、农田用排灌输水管、各种化工用液体输送管和电线、电缆穿线用护套塑料管等。

2. 聚氯乙烯管成型用原料

聚氯乙烯管挤出成型主要用原料是悬浮法聚氯乙烯树脂。硬质管用 SG4 或 SG5 型、软质管用 SG2 或 SG3、SG4 型，再加入一定比例的稳定剂、润滑剂等辅助料组成，应用配方例见表 3-5 和表 3-6。

3. 聚氯乙烯挤出成型用设备

（1）聚氯乙烯管挤出成型生产工艺路线　聚氯乙烯管的挤出成型生产工艺路线，可分为原料供应系统和挤塑成型管材生产系统。

1）原料供应系统。挤塑成型聚氯乙烯管用原料的供应系统（包括主要原料 PVC 树脂及辅助原料）的生产工艺顺序（指用双螺杆挤出机生产）：

PVC 树脂和各种辅助原料按管材成型用料配方计量→在高速热混合机中混合搅拌均匀→原料冷却搅拌降温→储料仓

2）挤塑成型 PVC 管系统。储料仓供料加入挤出机→挤出机将原料挤塑熔融态→经成型模具成型 PVC 管坯→冷却定形→牵引→切断→质量检查→检斤入库

（2）挤出成型聚氯乙烯管材用主要设备　挤出成型聚氯乙烯管材成型用主要设备有挤出机、成型模具、冷却定形装置、牵引机和切断机等，具体选用方法及生产条件见本章 6.1 节。

1）挤出机的选择。聚氯乙烯管的挤出成型可用单螺杆通用型挤出机，如果树脂为粉料时，多采用双螺杆挤出机。螺杆的结构为等距不等深渐变型，长径比为（20 ~ 25）∶1，压缩比为 2.5 ~ 4。双螺杆挤出机可用圆锥形双螺杆挤出机，也可用异向旋转啮合型双螺杆挤出机。

挤出聚氯乙烯管的成型模具结构如图 6-5 所示。

2）辅助设备的选择。聚氯乙烯管挤出成型生产用辅助设备选择参照本章 6.3 内容。

4. 硬质聚氯乙烯管挤出成型工艺

（1）原料选择与用料配混　原料选择及用料配方组合可参照表 3-5 和表 3-6，根据本企业的设备和工艺条件，酌情调配用料比例。原料的配混可参照第 4 章中的 4.4.1 内容，具体操作如下。

硬质聚氯乙烯管成型用原料的混配顺序及条件要求如下：①首先将管成型用料按配方要求把各种料准确计量。②将 PVC 和液体类辅助料按顺序加入混合机的混合锅内，热混合搅拌时间不超过 2min，料温达到 65℃左右。③将固体状稳定剂、内润滑剂加入混合锅内，混合搅拌，直至料温达到 95℃左右。④将外润滑剂（如石蜡等辅助料）加入混合锅内，混合搅拌料温达到 115℃左右时停机。将混合均匀的混配料输入冷搅拌机内，将混合料冷却降温至 45℃以下，输入到储料罐内为挤出机造粒供料。

（2）设备选择　硬质聚氯乙烯管挤出成型用设备参见本节的聚氯乙烯挤出成型用设备相关内容。

（3）成型工艺

1）单螺杆挤出成型工艺温度：从机筒加料段至均化段分别是 100 ~ 130℃、140 ~ 160℃、160 ~ 175℃。成型模具温度：模具体 175 ~ 180℃、口模部位 175 ~ 185℃。采用粉料直接挤出成型时、机筒各段温度应略低些（约低 10℃左右）。

2）圆锥型双螺杆挤出机挤出工艺温度，从进料端开始，分别是：165 ~ 170℃、165 ~ 170℃、170 ~ 175℃、175 ~ 180℃；合流部位温度为 175 ~ 180℃。模具温度 170 ~ 190℃（由进料端至口模，温度逐渐升高）。

3）异向旋转啮合型双螺杆挤出机挤出成型工艺温度、从进料段至均化段分别是：130 ~ 160℃、150 ~ 155℃、160 ~ 170℃。成型模具温度为 170 ~ 180℃。

（4）工艺操作要点

1）计量后的各种原料用高速混合机混合时，一定要按工艺要求的加料顺序混合搅拌，以保证 PVC 树脂与其他辅助料的混合质量。

2）成型白色 PVC 管时，配方中的钛白粉（TiO_2）应在高速混合工序结束前 2min 内投入，以避免降低钛白粉的效果。

3）注意配混料时高速混合机的加热温度应不高于 45℃；降温冷搅拌后的混合料应是无结团块松散状态，料温应低于 40℃。

4）发生停电或生产出现故障需要较长时间停产时，应立即清除机筒和模具中的 PVC 熔融料。将机筒内和模具零件上残存料清理干净后再装配螺杆和模具，准备生产。

5）进行模具调整和清理时，操作工不允许面对出料口方向操作，以防止被熔料分解烫伤。

6）挤出机生产投料后，注意观察从模具口挤出的熔融料。柔软、表面光亮而有弹性说明原料塑化达到质量，否则应适当提高机筒加热温度。

7）如果单螺杆挤出机用粉料挤塑成型管时，注意螺杆的螺纹槽深和长径比都应比挤塑粒料时螺纹槽深些，长径比应取大值。

8）塑料管成型用料配方中，润滑剂和石蜡用量不宜过大，否则会因料在机筒内易打滑而使挤出成型制品产量下降。如果配方中填加料比例过大，则相应地提高润滑剂的比例是有必要的。

9）注意挤出工艺温度、速度、压力之间的匹配，三者间合理的调控对提高产品质量有

较大帮助；料温塑化不可超过 200℃。

10）双螺杆挤出机设有排气装置，排气孔处料温控制在 150 ~ 160℃范围；真空度应大于 66. 7kPa。

11）真空定形套中的真空腔内真空度为 20 ~ 53. 3kPa，冷却循环水腔的水温为 15 ~ 25℃。此处真空度偏低，则管材外圆尺寸误差大；真空度偏高，牵引力增加。水温过低易使管材脆性增大；水温偏高管坯降温不完全、则管易变形。

12）牵引速度要与管坯从口模处挤出速度匹配，牵引速度过快，管壁厚尺寸变小，甚至拉断；牵引速度偏慢，管壁厚尺寸加大。

13）PVC 树脂挤出成型制品生产完成后，或连续生产需更换原料时，可用清洗料投入机筒内，把机筒内剩余的残料清理净，然后再停机或进行换料生产。机筒清洗料配方如下（质量份）：PVC100、3PbO6、2PbO2、PbSt2、HSt1，$CaCO_3$15、Wax1. 5。

5. 硬质聚氯乙烯管挤出成型例

（1）饮用水管　聚氯乙烯供水（食用水）管用专用卫生级 PVC 树脂挤出成型，具有下列特性。

① 无毒、耐化学腐蚀、不受水中氯气或漂白粉的影响。

② 输水能力强，应用时摩擦因数小，对水的流动阻力小。

③ 与其他几种塑料管比较，耐老化、耐候性较好，长期在 50℃以下水温中应用不结垢、无锈蚀现象。

④ 不易燃，离火源能自熄。

⑤ 管材安装方便，价格比较便宜。

1）原料选择。饮用水管成型用聚氯乙烯树脂，应是悬浮法 PVC SG5 型树脂（K 值为 68 ~ 70，平均聚合度为 1000），树脂中氯乙烯单体含量应小于或等于 3mg/kg。辅助料稳定剂、润滑剂中的铅、镉和汞等含量最大允许值为 0. 005mg/L。

单螺杆挤出机挤出成型管参考配方（质量份）见表 3-5。

2）原料配混、造粒生产工艺见 4. 4. 1 节内容。

3）挤出成型工艺温度见表 6-11。

（2）排水管　聚氯乙烯排水（污）管可代替传统的铸铁排水管，广泛应用在城市建筑物中的排水（排污）管路上。由于它质量轻、耐腐蚀、不易结垢、不易堵塞、无卫生指标要求，而受到建筑行业的普遍欢迎。

1）原料选择。排水用硬质聚氯乙烯管的挤出成型主要用料是悬浮法聚氯乙烯 SG5 型树脂（平均聚合度 1000），再加入少量的稳定剂、润滑剂和填充料等助剂组成用料配方。

单螺杆挤出机成型排水管（白色）用料参考配方。

配方一（质量份）：

聚氯乙烯（PVC SG5）型	100	邻苯二甲酸二辛酯	3. 0
三盐基硫酸铅	4. 0	氯化聚乙烯	5. 0
二盐基亚磷酸铅	2. 0	氧化聚乙烯蜡	0. 3
硬脂酸铅	2. 0	轻质 $CaCO_3$	适量
硬脂酸钙	1. 0	钛白粉	适量
硬脂酸	2. 0	群青	适量
石蜡	1. 5		

单螺杆挤出成型排水管，为降低成本，在保证质量要求的前提下，可增加填充料碳酸钙的比例。

配方二（质量份）：

聚氯乙烯（PVC SG5）型	100	邻苯二甲酸二辛酯	4.0
三盐基硫酸铅	5.0	氯化聚乙烯	5.0
二盐基亚磷酸铅	2.5	氧化聚乙烯蜡	0.5
硬脂酸铅	2.0	碳酸钙	4.0
硬脂酸钙	1.2	钛白粉	适量
硬脂酸	1.2	群青	适量
石蜡	1.0		

圆锥形双螺杆挤出成型灰色排水管用料参考配方见表 3-5。

2）成型工艺。PVC 排水管挤出成型生产工艺顺序、设备选择及挤出成型管的塑化工艺温度，与普通聚氯乙烯硬管的生产方式完全相同，可参照 PVC 管成型工艺。

3）质量要求。聚氯乙烯排水管的质量应符合 GB/T 5836.1—2006 标准规定。

4）工艺操作要点。聚氯乙烯排水管的挤出成型，除了要参照普通硬质聚氯乙烯管的挤出成型工艺操作要点之外，还应注意下列几点：

① 聚氯乙烯排水管的应用。如无特殊要求时，为了降低管材的生产成本，原料中可适当多加些碳酸钙填充料，但要注意碳酸钙的细度控制（轻质碳酸钙细度应不小于 320 目，重质碳酸钙应不小于 500 目），白度应大于 90%。最好对碳酸钙进行活化处理。

② 配方中填充料比例的增大。为了降低原料的挤塑难度，可适当在原料中加些增塑剂。

③ 原料中填充料量的增加。使熔料的流动性变差，注意成型这种熔料的模具压缩比约为 5；分流锥角在 60°～90°之间选取；成型管坯芯轴的平直段应取长些，长度约是管直径的 2 倍左右；真空定径套的长度约为 400mm 左右。

④ 用双螺杆挤出机挤出成型 PVC 管时，由于物料在机筒内塑化时间比单螺杆挤塑时间短，而且塑化质量又好，所以用料配方中的稳定剂加入量可少于单螺杆挤出管材用量。

5）埋入地下聚氯乙烯排水管的挤出成型。用于城市排放生活及工业废水而埋入地下的硬质聚氯乙烯排水管，与建筑物中排水管不同之处是管材的直径比较大。国家标准中规定，埋入地下排水管的最小直径是 ϕ110mm。

① 埋地排水管的成型用原料与设备。埋地聚氯乙烯排水管成型用原料和生产用设备与聚氯乙烯给水管的成型基本相同。但由于管材直径较大，一般多采用双螺杆挤出机挤出成型。生产工序中需要有扩口机，对塑料管的端部进行扩口加工。

埋地排水管成型主要原料是悬浮法 PVC 树脂 SG5 型，辅助料有稳定剂、润滑剂等及其他一些助剂。其组成配方（深灰色）参考实例如下（质量份）：

聚氯乙烯（PVC SG5、S1000）			
稳定剂 OGP-101（日本进口复合稳定剂）			2.8
硬脂酸铅（PbSt）	0.5	硬脂酸钙（CaSt）	0.3
硬脂酸（HSt）	0.18	氯化聚乙烯（CPE）	2.0
氧化聚乙烯蜡（OPE）	0.3	轻质碳酸钙（$CaCO_3$）	适量
炭黑	适量		

② 成型工艺。埋入地下聚氯乙烯排水管的挤出成型生产工艺条件与排水管挤出生产工艺条件完全相同。

（3）电线护套管　聚氯乙烯电线套管主要用在建筑物中，做电线、电缆和电话线的护套管。与普通聚氯乙烯管不同之处是这种管有一定的韧性，在常温下可弯曲穿线，阻燃性应符合 JG 3050—1998 标准规定；而且在建筑施工中能承受灌浆料的压力而不会被压扁，具体要求是：①可冷弯、不断裂；②管材冷弯后不出现回弹现象；③阻燃性能好；④电绝缘性能好；⑤低温性能好，适于常年应用。

1）原料选择。挤出成型聚氯乙烯电线套管用主要原料是悬浮法 PVC SG4 或 SG5 型树脂，另外再加入一定比例的稳定剂、润滑剂及其他一些辅助料，组成 PVC 电线套管成型用料配方（质量份）。

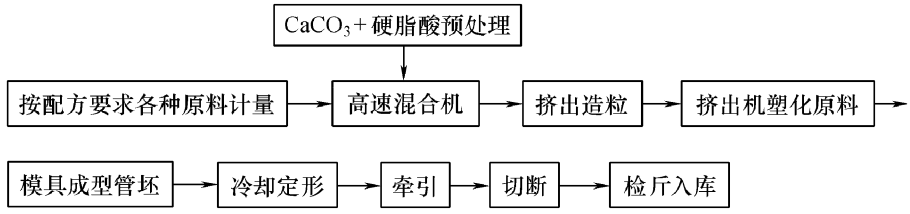
配方一：（此配方为冷弯管采用单螺杆挤出机生产用）

聚氯乙烯（PVC S-1000 型）	100 份	三盐基硫酸铅（3PbO）	5 份
二盐基亚磷酸铅（2PbO）	2 份	硬脂酸铅（PbSt）	0.6 份
硬脂酸钡（BaSt）	0.6 份	氯化聚乙烯（CPE）135 型	10 份
轻质碳酸钙（$CaCO_3$）	10 份	氯化石蜡	0.2 份
二氧化钛（TiO_2）	2 份	三氧化二锑	3 份

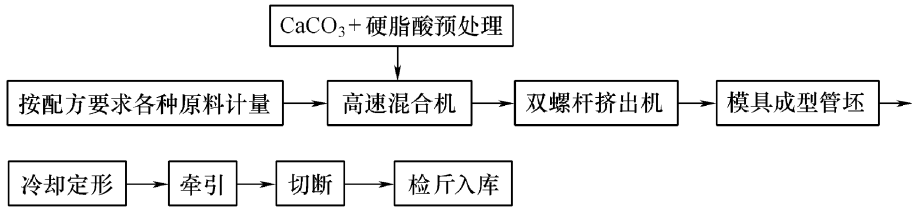
配方二：无特殊要求电线护套管挤出成型用料配方见表 3-5。

2）成型工艺。PVC 电线套管的挤出成型，可用单螺杆挤出机，也可用双螺杆挤出机。两种挤出机的生产管材工艺路线分别如下：

① 单螺杆挤出机。



② 双螺杆挤出机。



3）工艺温度。

① 单螺杆挤出机机筒温度，从进料段开始至均化段分别是：145 ~ 160℃、170 ~ 175℃、175 ~ 180℃。成型模具温度为 175 ~ 185℃。螺杆转速为 15 ~ 20r/min。

② 双螺杆挤出机（异向锥形）直接用粉料挤出成型电线套管，机筒进料段至均化段温度分别是：175 ~ 185℃、170 ~ 180℃、170 ~ 175℃。成型模具温度：180 ~ 190℃。

（4）抗静电管

例 1　单螺杆挤出机生产

聚氯乙烯防静电硬管是一种煤矿用抗静电塑料管，这种硬质聚氯乙烯塑料管除了具有普通塑料管的性能外，最大特点是它具有抗静电性能，而且还具有阻燃性。

1）原料与配方。聚氯乙烯防静电硬管挤出成型主原料是悬浮法聚氯乙烯，采用 PVC SG5 型树脂，然后加入一定比例的稳定剂、改性剂、润滑剂和导电炭黑等辅助料，组成用料配方。

聚氯乙烯防静电硬管挤出成型用料参考配方如下（质量份）：

聚氯乙烯（PVC SG5）	100	石蜡	0.5
三盐基硫酸铅（3PbO）	4	氯化聚乙烯（CPE）	6
硬脂酸钡（BaSt）	1	丙烯酸酯类（ACR-401）	2.5
硬脂酸铅（PbSt）	1	炭黑	30

2）聚氯乙烯防静电硬管挤出成型工艺顺序。成型聚氯乙烯防静电硬管挤出成型用料按配方计量→原料在混合机中配混→在开炼机上混炼压片→切粒机切粒→挤出机塑化原料成熔融态→模具成型管坯→冷却定形→牵引→切割→检验→检斤→包装入库。

3）成型设备。聚氯乙烯防静电硬管成型用设备、原料的配混可用卧式捏合机或高速混合机；原料的混炼用两辊开炼机；用切粒机把开炼机混炼的料片切粒；挤出机选用单螺杆挤出机，螺杆的结构和挤塑其他 PVC 管成型用螺杆结构相同，长径比为(20～25)∶1,压缩比可取(2～3)∶1，是一种等螺距、螺纹槽深度逐渐变浅的渐变型螺杆。

成型管材用模具结构与成型普通硬质聚氯乙烯管用模具结构相同。

4）成型工艺。

① 成型管材用原料按配方计量后在混合机内配混均匀，料温约为 115℃。

② 混合均匀的粉料在两辊开炼机上混炼，蒸汽加热辊温约 160℃，手工操作成卷 3～4 次，然后切片成卷。

③ 用切粒机切粒应颗粒均匀。

④ 投入挤出机塑化原料成熔融态。挤出机机筒各段工艺温度为加料段 130～160℃，塑化段 165～180℃，均化段 170～180℃。

⑤ 模具温度为 170～185℃。

聚氯乙烯防静电硬管生产目前还没有质量标准，可参照普通硬质聚氯乙烯管标准进行质量检测。此种管的抗静电性能要求表面电阻小于 $10^8\Omega$。

例 2 双螺杆挤出机生产

1）原料与配方。主原料采用中国石化齐鲁石油化有限公司产 S1000 型聚氯乙烯树脂。组成配方如下：

聚氯乙烯（PVC S1000）	100 份	氯化聚乙烯（CPE 含氯量 35%）	12 份
丙烯酸酯类（ACR）	2 份	钙、锌复合稳定剂	5.5 份
硬脂酸铅（PbSt）	1 份	硬脂酸钡（BaSt）	1 份
特导电炭黑	15 份	加工助剂	视生产情况酌情加量

2）生产工艺顺序。按用料配方要求比例，各种材料计量→混合搅拌掺混均匀→双螺杆挤出机熔融塑化→成型模具挤出管坯→冷却降温定形→切断→质量检测→检斤包装→入库。

3）成型工艺。

① 原料配混工艺条件参考 4.4 节内容，最后混合料温达 115～125℃，冷混搅拌混合料降温至 40℃以下。

② 双螺杆塑化原料机筒温度，从加料段至成型模具分别是：155℃、160℃、170℃、175℃、180℃。

③ 进料螺杆转速为 40r/min，主机螺杆转速为 20r/min。

④ 真空度≥0.06MPa。

（5）内螺旋消音管　硬质聚氯乙烯内螺旋消音管是一种管的内壁具有螺旋肋结构的硬质聚氯乙烯新型结构排水管，用作房屋建筑中的排水管，优点是这种管在排出污水时，可减小水流动时对管内壁的冲击，同时还可夹杂流体中的空气顺畅排出，降低排水在管内产生的噪声对人们日常生活的干扰。与普通硬质聚氯乙烯排水管比较，硬质聚氯乙烯内螺旋消音管的排水流动噪声可降低 8～10dB。

硬质聚氯乙烯内螺旋消音管的结构与普通硬质聚氯乙烯排水管的结构不同之处只是在管的内壁有截面为三角形的螺旋肋，如图 6-22 所示。

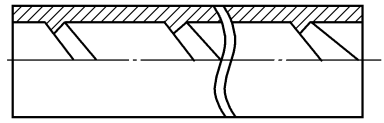


图 6-22　实壁 PVC 螺旋消音管的管内壁结构

硬质聚氯乙烯内螺旋消音管的内螺旋截面三角形高度为 2～3mm，螺旋距为 50mm，管壁结构可以是等厚实心的，也可以是芯层发泡夹层状结构。

硬质聚氯乙烯内螺旋消音管输水时能减少水流的噪声，是由于管内的螺旋突出三角肋能迫使水流沿着管内壁旋转流下，规范了流体流动的方向，从而减少了水流与管内空气的碰撞，达到减少因水流产生噪声的目的。

1）原料与配方。硬质聚氯乙烯内螺旋消音管的挤出成型用料与聚氯乙烯硬管的挤出成型用料完全相同，可参照表 3-5 的配方生产。

2）成型设备。硬质聚氯乙烯内螺旋消音管的挤出成型用设备和成型生产工艺路线与聚氯乙烯排水管的成型生产用设备及生产工艺路线相同，不同之处只是管材的成型模具的结构略有区别。

图 6-23 是硬质聚氯乙烯内螺旋消音管成型用模具结构。模具中心线与原料用挤出机中心线成 90°直角形。生产时模具体内有一段芯轴在传动链轮的带动下旋转，而这段能够旋转的芯轴外圆表面上开有六条均匀分布的、深度相等的三角形沟槽，当模具内的熔料从这里挤出成型管坯时，连续旋转的芯轴使在此处成型的管坯内圆壁上形成断面呈三角形连续凸起的螺旋肋。

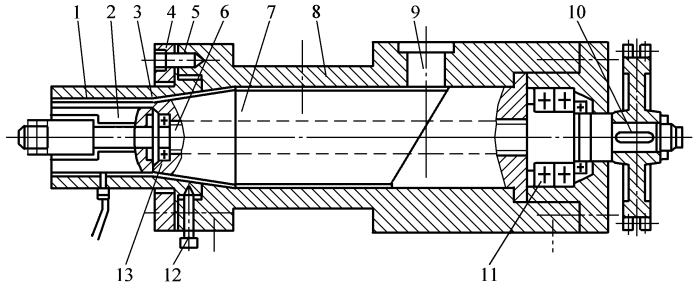


图 6-23　硬质聚氯乙烯内螺旋消音管成型模具结构

1—口模　2—旋转芯轴　3—密封环　4—口模压盖　5—压紧螺钉
6—传动轴　7—固定芯轴　8—模具体　9—熔料进口
10—链轮　11,13—滚珠轴承　12—调节螺钉

成型模具体上的链轮由整流子电动机（或直流电动机）通过减速器减速后，通过链条传动。

3）硬质聚氯乙烯内螺旋消音管挤出成型注意事项。

① 硬质聚氯乙烯内螺旋消音管的挤出成型工艺条件（用料配方、原料配混方法和挤出工艺温度）可完全按照硬质聚氯乙烯排污管的挤出成型工艺生产。

② 设计模具结构时，注意带有三角沟槽段长度应比普通硬质聚氯乙烯管用模具芯轴长度略长些，但最长不应超过 10mm，三角形沟槽深 2.5～3mm；芯轴的转速 n 由挤出管坯的线速度 v、螺旋肋的螺旋角 α 和芯轴成型的管材内径 d 计算求得，$n = v\tan\alpha/(\pi d)$。

③ 开有三角形沟槽的芯棒工作面表面粗糙度 Ra 应不大于 0.32μm，棱角应全部加工成圆弧形。

④ 注意旋转芯轴与固定芯轴间的间隙密封，可用耐磨性好、耐高温的石墨或聚四氟乙烯密封圈，同时还应注意这两个相对旋转运动零件间的间隙，应能够随时调整。

（6）普通 PVC 管锥形双螺杆挤出成型

1）原料与配方。主原料选用 PVC SG5 型树脂，与稳定剂、润滑剂和填充料等组成普通 PVC 硬质管成型用料配方见表 3-5 表中的普通管。

2）生产工艺顺序。主原料和辅助料按配方要求比例分别计量→在高速混合机内混合均匀→低速搅拌混合料降温至 40℃以下→双螺杆挤出机塑化原料→从成型模具挤出成型管坯→冷却降温定形→切断→扩口→质量检查→检斤→包装入库。

3）成型工艺。

① 原料配混工艺参照 4.4 节内容。

② 锥形双螺杆挤出机塑化原料机筒温度，从加料段至均化段分别是：185℃、182℃、170℃、165℃、160℃。

③ 成型模具温度为 170～205℃，从进料端至口模温度逐渐升高。

④ 进料螺杆转速 27.5r/min，塑化螺杆转速 33/r/min；牵引速度为 1.4m/min；喷淋水温度为 32℃。

（7）波纹管　聚氯乙烯波纹管与普通 PVC 管不同之处是把普通塑料管的光滑平整外圆变成波纹形，这样可以用较少的原料成型波纹管，而达到提高塑料管的刚度和抗压性。

波纹管的结构，从纵向截面形状看又可分为单壁波纹管和双壁波纹管，结构形状如图 6-24 和图 6-25 所示。

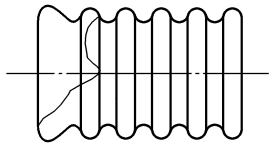


图 6-24　单壁波纹管结构

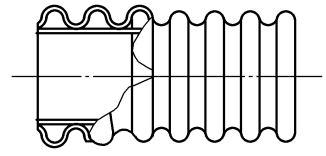


图 6-25　双壁波纹管结构

1）聚氯乙烯单壁波纹管成型工艺。单壁波纹管的结构，从图 6-24 中可以看到，它是一种内外壁表面均为波纹形状的塑料管。这种波纹管的管壁厚度较薄，主要用于要求管材能自由弯曲而不需要有较高的工作强度的排气管、排出清水管和穿线用管。

① 原料与配方。聚氯乙烯单壁波纹管的成型用原料与普通聚氯乙烯硬管挤出成型用料

基本相同，用悬浮法聚氯乙烯 SG4 或 SG5 型树脂，然后加入一定比例的稳定剂、润滑剂及其他一些辅助料，组成用料配方。

聚氯乙烯单壁波纹管用料配方参考实例。

聚氯乙烯树脂（PVC SG5）	100	硬脂酸钡（BaSt）	1
三盐基硫酸铅（3PbO）	2	丙烯酸酯类（ACR201）	2
二盐基亚磷酸铅（2PbO）	1.5	碳酸钙（$CaCO_3$）	3
硬脂酸铅（PbSt）	1.5	硬脂酸（HSt）	1.5

② 成型设备。聚氯乙烯单壁波纹管的挤出成型用设备与普通聚氯乙烯管的挤出成型用设备条件基本相似。不同之处是在成型波纹管坯用模具前加入一套成型波纹模具。成型波纹模具组成及工作运行示意如图 6-26 所示。

从图 6-26 中可以看出，这套吹塑管成型波纹模具结构，如同自行车链条一样工作运行。链节处装有成型波纹模具，模具有数十对，上下（或左右）对开，由链条带动运行，完成两半开模的闭合和打开动作（图 6-27）。当两半模闭合时，成吹塑波纹管用型腔；当两半模打开时，则管的表面波纹成型，波纹管脱模。这个成型波纹模具的运行动作，也起到牵引波纹管向前运行的作用。

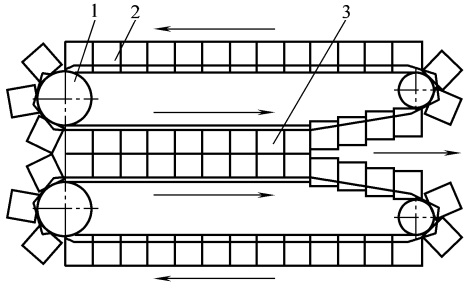


图 6-26　成型波纹模具组成及工作运行示意

1—传动链轮　2—传动链条　3—成型波纹模具

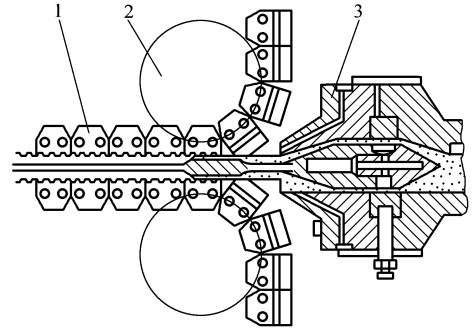


图 6-27　成型波纹模具的闭开工作运行示意

1—成型波纹模具　2—传动链轮　3—波纹管坯成型用模具

③ 成型工艺。

a. 波纹管挤出成型生产工艺路线。聚氯乙烯树脂用 40 目筛网过筛→按波纹管成型用料配方把各种原料计量→高速混合搅拌原料→原料降温搅拌→（如果采用单螺杆挤出机塑化原料时应先把混合料造粒）挤出机挤出塑化原料→成型波纹管用管坯→吹塑管成型波纹，降温定形→切断→扩口→检验入库。

b. 原料准备处理工艺温度。高速混合机把各种原料配混均匀，料温达 115℃左右；混合后的高温料需在冷搅拌机中降温冷却，料温应不高于 45℃。

c. 单螺杆挤出机挤塑工艺温度。机筒加料段 130 ~ 150℃，塑化段 150 ~ 170℃，均化段 170 ~ 185℃。成型管坯用模具温度 170 ~ 180℃。

d. 成型管波纹模具工作条件。吹塑管坯成型波纹用模具的运行速度，一般在 10m/min 以内，吹胀管坯用空气压力在 0.15MPa 左右，模具体温度在 50℃左右，采用水喷淋或吹冷风法为模具降温。

2）聚氯乙烯双壁波纹管成型工艺。聚氯乙烯双壁波纹管的结构，从图 6-25 中可以看

出，这种波纹管是一种外圆为波纹形、内圆为普通直管形的光滑平整面，由两层管壁熔合成双壁波纹管。

双壁波纹管与单壁波纹管比较，它的工作强度和刚性要高于单壁波纹管，又由于它的内管壁是光滑平整面，所以输送液体阻力小，输送污水也不会出现杂质或悬浮物沉积现象。但由于有了一层内壁管，这种管已不像单壁波纹管那样容易弯曲。

双壁波纹管的用途和单壁波纹管的用途相似，由于这种管为大直径规格，多用在输送液体要求强度高的井管、农田水利灌溉管、建筑工程用管和电缆套管等。

① 原料与配方。聚氯乙烯双壁波纹管成型用原料与聚氯乙烯单壁波纹管或硬质聚氯乙烯管成型用原料完全相同。配方的原料组成可采用 PVC 管用料配方（质量份）如下。

配方例一：

PVC SG5 型树脂	100	抗冲击改性剂（丙烯酸酯类 ACR）	7 ~ 12
稳定剂（三盐和二盐）	5 ~ 7	填充料（碳酸钙，$CaCO_3$）	8 ~ 12
润滑剂（CPE）	2 ~ 3	加工助剂	适量

配方例二：

PVC 100、3PbO 6、2PbO 1、PbSt1、CaSt1、MBS8、CPE（135A）12、$CaCO_3$4、HSt0. 6、OPE0. 5，Wax1、$TiO_2$1。

② 成型设备。聚氯乙烯双壁波纹管的挤出成型用设备与单壁波纹管挤出成型用设备基本相似，不同之处只是管坯用成型模具。但是，由于双壁波纹管多是大口径型，挤出成型用原料较多，所以建议应采用双螺杆挤出机（平行或锥形双螺杆挤出机均可应用）。

双壁波纹管的管坯成型模具结构如图 6-28 所示。

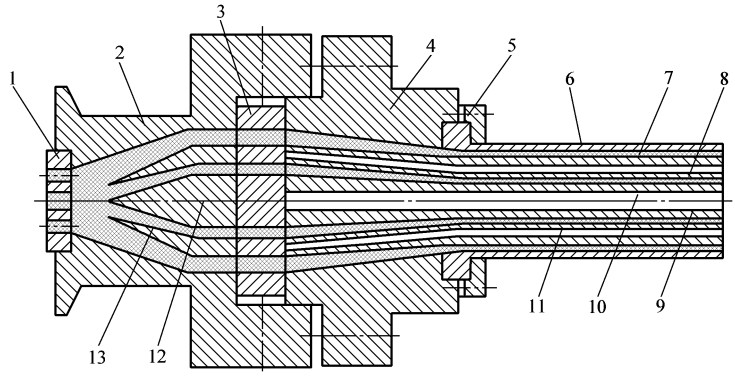


图 6-28　双壁波纹管的管坯成型模具结构

1—多孔板　2—模具体　3—分流锥体支架　4—中套　5—压盖　6—外层管壁成型口模　7—外层管壁成型芯轴　8—内层管壁成型口模　9—内层管壁成型芯轴　10—加热器孔　11—压缩空气进入通孔　12—内壁熔料进入分流锥　13—外壁熔料进入分流锥

双壁波纹管的管坯成型模具结构与单壁波纹管的管坯成型模具结构（图 6-29）不同之处：模具成型管坯的平直段较长；有两个熔料分流锥和两层熔料流道腔，这两个熔料流道腔内的熔料分别成型双壁波纹管的内外层管壁；内外熔料流道腔中间还有一个压缩空气进入通道，这里进入的压缩空气吹胀外层管壁，使其贴紧波纹形模具而成型管的波纹形；内层芯轴的中心孔能放置加热器，还有可通入压缩空气和冷却水的通孔。

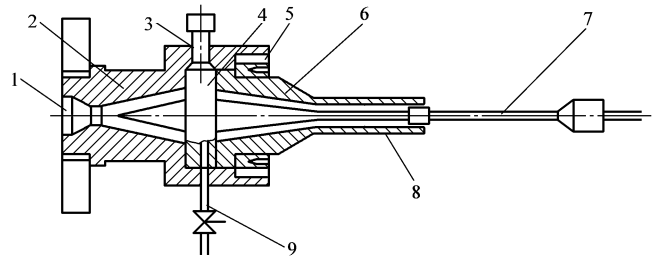


图 6-29　单壁波纹管的管坯成型模具结构

1—多孔板　2—模具体　3—调节螺钉　4—分流锥体　5—锁紧螺母
6—口模　7—气堵拉杆　8—芯轴　9—进气管路

从两模具的结构图中可以看到，两模具结构相同之处是熔料分流锥的前面都应有多孔板，管坯壁厚的调整是通过调节分流锥和芯轴的移动来调节芯轴与口模间的间隙大小，而口模由于伸入两半波纹模之间则不能移动。

③ 成型工艺。聚氯乙烯双壁波纹管的挤出成型工艺与聚氯乙烯单壁波纹管的挤出成型工艺条件基本相同，可参照生产。如果聚氯乙烯双壁波纹管成型选用平行双螺杆挤出机生产时，挤出机成型双壁波纹管的工艺温度参考值见表 6-14。

表 6-14　聚氯乙烯双壁波纹管挤出塑化温度

加热部位	机筒各段温度						成型模具温度					螺杆冷却
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	油温
温度/℃	180	185	190	190	185	180	170	175	180	185	190	100 ~ 120

采用锥形双螺杆挤出机时，机筒温度从加料段至均化段分别是：200℃、195℃、185℃、180℃、170℃。模具体温度 190℃，口模部位 210℃，芯轴温度 190℃；螺杆加热油温度为 100℃；主机螺杆转速 25 ~ 28r/min；模具内熔体压力 25 ~ 30MPa，内外气压为 0.06MPa。

3）改性硬质 PVC 波纹管成型工艺。为了提高 PVC 波纹管的生产效率，提高制品的强度和耐候性，改善制品表面质量，在原料中加入 ACR 改性剂，组合配方如下：

聚氯乙烯（PVC K = 65 ~ 68）	100 份	丙烯酸酯类共聚物（ACR）	2 份
三盐基硫酸铅（3PbO）	2 份	硬脂酸钡（BaSt）	0.6 份
硬脂酸铅（PbSt）	0.6 份	硬脂酸（HSt）	0.8 份
轻质碳酸钙（$CaCO_3$）	2.5 份	白石蜡	0.3 份
7 号白油	0.2 份	颜料适量	

改性硬质 PVC 波纹管挤出成型生产工艺顺序：

配方中各种材料按配方要求比例计量→高速加热混合→混合均匀料降温至 40℃以下→过筛→双螺杆挤出机塑化原料→成型模具成型管坯→吹胀成型波纹→冷却→牵引→计量→收卷成品。

成型工艺

a. 原料配混按本书中 4.4 节工艺操作。

b. 双螺杆挤出机塑化原料机筒温度，从加料段至均化段分别是：180 ~ 185℃、190 ~ 200℃、190 ~ 200℃、190 ~ 200℃、190 ~ 200℃。

c. 成型模具温度：进料端 190 ~ 195℃、口模部位 185 ~ 190℃。

d. 主机螺杆转速 15 ~ 20r/min，螺杆控温用循环油温度 175℃；加料螺杆转速 8 ~ 10r/min（主机螺杆直径 ϕ71mm，有效工作长度 16D）。

e. 牵引速度 14 ~ 16m/min；管降温用冷却水温度 35℃左右）。

4）PVC 波纹管挤出成型注意事项

① 双壁波纹管挤出成型推荐采用锥形双螺杆挤出机。波纹管直径小于 200mm，采用 SJSZ65 型锥形双螺杆挤出机；波纹管直径大于 200mm，采用 SJSZ80 型锥形双螺杆挤出机。

② 生产前或停产后应用清洗料挤出清洗机筒和模具内残存料，待把机筒或模具内残余料清理干净、无变色料时再投料生产或停机。

清洗料配方如下：

PVC	100 份	3PbO	8 份
2PbO	2 份	PbSt	1 份
CaSt	1 份	$CaCO_3$	8 份
HSt	1 份	石蜡	2 份
OPE	2 份	炭黑	0.2 份

③ 主原料聚氯乙烯选用悬浮法 SG5 型（特性黏数在 60 ~ 68mL/g）。

④ 原料配混工艺参照本书 4.4 节内容，向混合机内加料顺序是：PVC 树脂、稳定剂、抗冲改性剂、加工改性剂、填充料、润滑剂。高速混合后的料温在 120℃左右；低速冷混后料温低于 40℃。

⑤ 开车生产前，要调整波纹成型机合模后的中心线和挤出模具口模的中心线在同一中心线上，在同一水平面上成一条直线。

⑥ 起动波纹成型机运行，调整两半模的传动链条同步运行，达到两半模在运行中的闭、合完全对正，以使塑料管的波纹形完整、表面光滑。

⑦ 开机前的加热升温，应先把模具和机颈（模具与机筒的连接过渡部位）加热升温，过半小时后再给机筒加热升温。加热升温达到 165℃左右时，开机。向机筒内加入清洗料，螺杆低速起动，待见清洗料挤出再提高螺杆转速；清洗料从模具口挤出完全塑化，无变色残料时，停机。根据口模挤出管坯壁厚质量，再适当调整口模间隙，达到内、外壁厚均匀的要求。

⑧ 投入生产料，注意观察挤出熔料质量，以熔融料表面光亮、柔软无硬疖和团料块为合格。

⑨ 检查管坯模具口中挤出的两层熔料流速是否一致。当内层料挤出速度偏慢、外层料挤出速度偏快时，应适当提高内层芯模的加热温度，使内、外层料从口模挤出速度一致；若内层料挤出速度比外层料挤出速度快，应停止内层芯模的加热，并向内芯模内通冷却水降温，达到内、外模挤出料同速时，应立即停机，安装内定径塞和冷却水套。然后把波纹成型机移向模具口，向管坯内输入压缩空气和通冷却水，同时起动波纹成型机运转工作，调整其运行速度与从模具口挤出的管坯速度匹配。

⑩ 调整吹胀波纹用空气压力，使管外层的波纹成型完整。

⑪ 检查波纹管质量，调整芯模对正螺钉、适当提高管壁厚的均匀性。

⑫ 注意冷却水温度控制应不超过 10℃，偏高的冷却水温度，要给波纹管成型增加难度。

⑬　准备停机时，停止向机筒内供应生产料，然后换清洗料投入机筒，此时的机筒和模具体应降温 5 ~ 10℃（口模部位不降温，仍保持在 160℃左右），待把清洗料全部挤出（口模处的内、外层已不出料）、卸下口模加热套，机筒和模具全部停止加热、停机。

5）波纹管生产成型质量故障分析。

① 管的外表面波纹形状不规则。

a. 两半开模的波纹成型模合模时有错位，应重新调整两半开模的运行速度同步或调整两半开模合模后准确对正。

b. 两半开模用传动链条磨损严重，同步运行时有累积误差，造成两半开模运行一段时间后产生错位，应维修更换传动链条。

c. 挤出机螺杆工作转速不稳定，使挤出熔料量不一致，则成型管坯外形出现误差较大，应检修螺杆传动系统中的故障。

d. 压缩空气的压力不稳定，使吹胀成型波纹形状有较大的形状误差，应调整供气压力，使其稳定。

e. 塑化熔料温度不稳定、忽高忽低。注意检查机筒和成型模具的控温装置，保持工艺温度稳定。

f. 原料选择有误，配方组合不合理。应调整原料，重新组合配方。

② 管的表面无光泽。

a. 熔料温度偏低，原料塑化不全面，应适当提高机筒和模具的工艺温度。

b. 冷却水温度偏高，应降低冷却水温度。

c. 管坯定形平直段长度不足，定径压力小，应改进模具结构尺寸。

③ 管材发脆。

a. 成型管材用原料配方中碳酸钙加入比例过高或润滑剂的加入比例不合理，应改进配方。在原料中适当加入一些丙烯酸酯类加工助剂，以提高熔料的凝胶率。

b. 原料中水分或杂质含量超标，应对原料进行干燥处理或更换。

c. 成型管坯模具内压力不足，使管壁成型质量差，应改进模具结构。

d. 成型管的熔料温度控制不稳定，偏高或偏低的熔料温度都易使管定形后发脆，要注意塑化熔料的温度不要忽高忽低导致温差过大。

④ 双壁波纹管的内外壁间黏附力差。

a. 成型模具内熔料温度偏低，应适当提高成型模具温度。

b. 原料中润滑剂比例过大，应适当降低润滑剂的加入量。

c. 管坯冷却过快，两层料熔接不牢，注意适当调慢管坯冷却速度。

⑤ 管的内壁有纵向划痕。

a. 成型管内壁面的芯轴上有划痕或有残料黏附在工作面上，应修光划痕或除净芯轴工作面上残料。

b. 有润滑剂粘在冷却定型套上，应及时调整原料配方中润滑剂的加入量，清除冷却定形套上的残料。

⑥ 管内壁有裂纹或波纹。

a. 管的内壁成型用空气压力过高或外层用成型空气压力不足，造成管壁出现裂纹或波浪纹。应适当调整管壁成型用空气的压力。

b. 成型模具内的压缩比偏小，造成分流锥支架肋处的熔料汇合接缝熔合强度低，易出现裂纹。应适当提高模具内腔结构对熔料的压缩比。

（8）多孔管　聚氯乙烯多孔管是由多个管孔组成的一个完整的管体。这种管主要是为通信光缆、电缆在埋入地下时做敷设护套管用，具有绝缘隔离、防电磁干扰的功能。多孔管有 3 孔、4 孔、6 孔和 7 孔等多个管型，结构如图 6-30 所示。

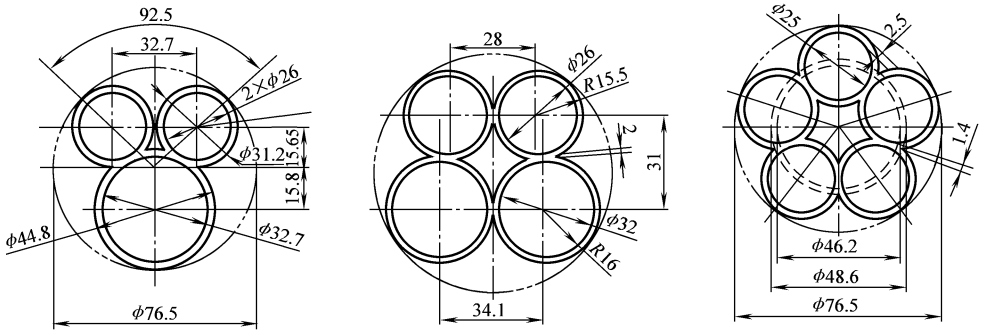


图 6-30　多孔管结构参考例

1）原料。聚氯乙烯多孔管挤出成型，主要原料是用悬浮法聚氯乙烯树脂，再加入一定比例的稳定剂、润滑剂、改性剂和填充料等辅助料组合成用料配方。具体应用配方例（仅供参考）如下：

聚氯乙烯（PVC SG7）	100 份	复合稳定剂（SMS305、德国产）	2. 5 份
加工助剂（丙烯酸酯类 PA-21）	1. 5 份	氧化聚乙烯蜡（OPE）	0. 15 份
改性剂（MBS、甲基丙烯酸酯-丁二烯-苯乙烯）	8 份	硬脂酸（HSt）	0. 05 份
轻质碳酸钙（$CaCO_3$）	24 份	二氧化钛（TiO_2）	适量

2）设备。由于多孔管成型用料量较大，所以挤出成型多选用双螺杆挤出机（可用平行或锥形双螺杆挤出机）。螺杆可采用通用型螺杆结构，最好选用挤塑门窗异型材专用螺杆。6 孔管直通式模具结构示意如图 6-31 所示，其结构中的零件组成和普通管成型模具用零件相似，也是由芯棒、口模和分流锥等主要零件组成。但由于多孔管是由多个孔组成，所以，成型模具中的分流锥、芯轴和口模，也应和管孔的数量相同。熔料流经的空腔压缩比在 4 ~ 6 之间。芯轴平直部分应比口模的平直段长出 15mm 左右，通常取芯轴平直段长为管外直径的 8 ~ 10 倍，为加快管坯中心部位的冷却定形，保证多孔管中心部位的管壁光滑平整。伸出口模部分的芯轴，最好采用通循环水为芯轴降温。注意：多个芯轴、分流锥和口模等零件与模具体组装后形成的熔料空腔，表面应光滑、平整，各凸凹过渡面应是圆弧形过渡。

挤出模具的管坯采用真空定径套为其降温定形。为加快管坯降温，定形的管坯用真空喷淋水箱冷却。定形后的多孔管用履带式牵引机牵引，用行星式锯片对其切割。

3）工艺。多孔管的挤出成型工艺和生产工艺顺序与普通聚氯乙烯管挤出成型工艺完全相同。具体操作时，生产工艺顺序参照本节“3. 聚氯乙烯挤出成型用设备”的内容，原料的配混工艺参照 4. 4 节内容，挤出工艺参照本节“4. 硬质聚氯乙烯管挤出成型工艺”的内容。

生产操作时应注意下列几点：①成型模具中的口模内径形状和尺寸要与成品的外径尺寸相符，同时还应考虑到管坯从模具挤出后的膨胀率。②真空定径套的内径形状和尺寸要与多

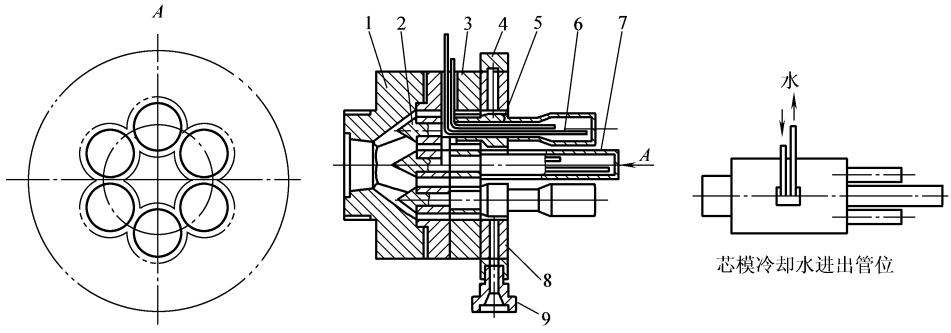


图 6-31　6 孔管直通式模具结构示意

1—模具体　2—分流锥　3—连接板　4—连接环　5—芯模　6—芯模冷却水管
7—6 孔中心芯模　8—口模　9—标线进料孔

孔管的外径形状和尺寸相符，同时要注意其真空度的负压值应小于 0.04MPa。③用于管坯冷却的循环水温度不宜超过 8℃。

6.4.2　软质聚氯乙烯管成型工艺

聚氯乙烯塑料软管是以悬浮法聚氯乙烯树脂为主要原料，加入一定比例的增塑剂、稳定剂、润滑剂及其他一些辅助原料，经混合均匀后造粒，然后用挤出机熔融塑化而挤出成型的一种塑料制品。

1. 聚氯乙烯软管的特性与应用

（1）聚氯乙烯软管的特性　由于聚氯乙烯软管是由多组分原料经混合后挤出成型，所以它的特性是可变的，这取决于用原料配方中各种原料的组分比例大小。通用型 PVC 软管的特性与普通硬质 PVC 管的特性相同，也具有化学稳定性好、耐各种化学液体的腐蚀、电绝缘性能优良、可制成各种颜色等特点，但由于成型用料配方中有增塑剂，所以这种塑料管柔软，可以任意弯曲。这是它不同于聚氯乙烯硬管之处。

（2）聚氯乙烯软管的应用　主要是用来代替橡胶管输送各种液体，作电缆套管及电线用绝缘护套管等。

2. 聚氯乙烯软管挤出成型生产线及工艺顺序

聚氯乙烯软管用挤出机成型生产线设备组成如图 6-2 所示。生产线上主要组成设备有挤出机，成型管材用模具，管坯冷却定形用水槽，牵引机和管材制品的卷取装置。

聚氯乙烯软管的挤出成型工艺顺序是：

PVC 树脂和配方中各种辅助料按配方要求比例计量→用混合机搅拌，将料混合均匀→挤出机混炼造粒→挤出机将原料熔融塑化→模具成型管坯→冷却定形→牵引→盘卷→检验→检斤→包装入库。

3. 原料选择与用料配方

聚氯乙烯软管成型主要用悬浮法 PVC 中的 SG2、SG3 和 SG4 型树脂，然后再按聚氯乙烯软管的应用条件需要，适当加入不同比份的增塑剂、稳定剂、润滑剂和其他一些辅助料，组成用料配方。

不同用途与特性的聚氯乙烯软管用料参考配方见表 3-6。

4. 设备选择

聚氯乙烯软管的挤出成型用设备与聚氯乙烯硬管挤出成型用设备基本相似。原料的混合搅拌常用卧式捏合机和高速混合机，挤出成型可用单螺杆挤出机，也可用双螺杆挤出机，但目前以单螺杆挤出机挤出成型软质聚氯乙烯管应用较多。螺杆结构为等距不等深渐变型，长径比在 18 ~25 范围内，压缩比在 2. 5 ~3. 5 之间。

PVC 软管成型用模具结构和 PVC 硬管成型用模具结构相同，分流锥角 60°左右，压缩比在 5 ~10 范围内，芯轴的平直部分长约是管壁厚的 15 倍；口模内径和芯轴外径应比管材的外径和内径尺寸大 15% 左右。图 6-6 是 PVC 软管挤出成型应用较多的一种模具结构。

5. 成型工艺

生产聚氯乙烯软管原料的配制与生产聚氯乙烯硬管用原料的配制有些不同。由于树脂中需加入增塑剂，所以在各种原料混配捏合时，注意要先把树脂和增塑剂掺在一起捏合。工作顺序：先将捏合机通入蒸汽加热升温，然后把树脂和增塑剂倒入 Z 形捏合机的混合室内，搅拌混合，使 PVC 树脂均匀吸入增塑剂后充分溶胀，再加入稳定剂、润滑剂和填充料等其他助剂，搅拌捏合均匀。捏合机加热用蒸汽压力为 0. 2 ~0. 4MPa，原料混配捏合时间约 40 ~50min。

挤出成型 PVC 软管工艺温度为机筒的加料段 80 ~110℃，塑化段 120 ~145℃，均化段 150 ~170℃。成型模具温度 160 ~190℃。用粉料挤出取较低温度，用粒料挤出取较高温度。

6. 聚氯乙烯软管成型注意事项

① 聚氯乙烯软管挤出成型，可直接用粉料挤出，不用造粒工序。但应注意：直接用粉料挤出塑化原料挤出成型软管时，工艺温度应比粒料挤出成型管时温度略低一些，一般可低 5℃左右。

② 第一次用新配方挤出成型管时，应首先验证设定的工艺温度是否合理，从机筒挤出的熔融态料应黏稠，表面光亮，没有未塑化好的块状料，说明工艺温度设定得较合理。注意机筒上各段温度，应是从加料段至均化段，一直到成型模具口处逐渐升高。

③ 聚氯乙烯软管挤出成型时，螺杆工作转速应比聚氯乙烯硬管的挤出成型转速高些。这是因为原料中有增塑剂的作用，熔料的流动性较好。

④ 聚氯乙烯软管成型后的冷却定形，除了直径较小（ϕ60mm 以下）的管坯冷却定形时不需吹入压缩空气，较大直径的管坯冷却定形时一定向管内吹入压缩空气，以保证管直径尺寸的准确。注意：压缩空气的压力要稳定，生产薄壁 PVC 软管时，应在压缩空气的进口处安装微调装置；不需要通入压缩空气的小直径管坯冷却定形，也需要有从模具体进入管坯内的空气通孔，方便空气的进入，防止熔态管坯的粘连。

⑤ 注意管坯牵引速度的平稳性，运行速度不平稳的管材牵引时，管材的直径尺寸误差波动一定会很大，质量很难保证。

⑥ 生产中出现故障需要较长时间排除时，应把机筒和模具内残料清除干净；如停时间较短，开车前需把机筒和模具内存料加热软化后再开车。此时，注意机筒加热温度不宜过高，以防止 PVC 树脂分解。

⑦ 挤出 PVC 树脂用螺杆的头部结构要选用较钝的平滑圆锥形。

⑧ 如果原料经筛选后较干净，挤出 PVC 塑料管可不用在机筒前加过滤网和多孔板。

⑨ 为了保证挤出 PVC 软管的成型质量，注意螺杆的工作转速应平稳，机筒和模具的温度控制要波动小。

⑩ 挤出 PVC 软管用挤出机规格的参考选择方法：生产软管的直径尺寸应在螺杆直径的 15% ~18% 范围内较适宜。

7. 软质聚氯乙烯管挤出成型例

（1）纤维增强聚氯乙烯软管　纤维增强聚氯乙烯软管和普通聚氯乙烯软管成型用料基本相同，也是以聚氯乙烯树脂为主原料，再加入一定比例的增塑剂、稳定剂、润滑剂和其他一些辅助料组成配方后挤出成型。纤维增强聚氯乙烯软管不同于普通聚氯乙烯软管之处是管壁内在挤出成型时夹有一层由化学纤维编织成的网格，结构如图 6-32 所示。

从图 6-32 中可以看出，这种纤维增强聚氯乙烯软管，由于它是由以聚氯乙烯为主的多种原料组合成型，又有格状化学纤维在其中间起到增强的作用，所以这种塑料管除有 PVC 软管的耐腐蚀、体轻和柔软可弯曲的性能外，还可以在工作时承受一定的压力。目前，在工业设备和运输机械中的气体或液体的输送管路中得到广泛应用。

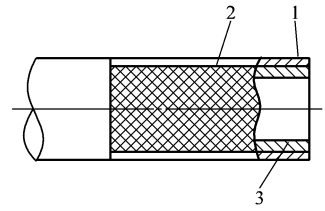


图 6-32　纤维增强聚氯乙烯管结构
1—PVC 塑料外层　2—纤维层
3—PVC 塑料内层

1）原料与配方。纤维增强聚氯乙烯管成型主要用悬浮法 PVC 中的 SG2、SG3 或 SG4 型树脂，加入一定比例的增塑剂、稳定剂和润滑剂等辅助料组成配方。

纤维增强聚氯乙烯管成型用料配方参考实例（质量份）。

聚氯乙烯树脂（PVC SG3）100	硬脂酸钡（BaSt）1.0
邻苯二甲酸二辛酯（DOP）28.0	硬脂酸镉（CdSt）0.7
邻苯二甲酸二丁酯（DBP）22.0	石蜡（P－C1）0.2

2）成型工艺。

① 纤维增强聚氯乙烯管成型生产工艺顺序。PVC 树脂及各种辅助料按配方比例计量→原料在混合机中热混合→原料降温搅拌→挤出成型内层管→冷却定形→纤维缠绕→牵引→加热→挤出复合管外层→冷却定形→牵引→卷取→检验→检斤→包装入库。

② 设备选择。

a. 混合机，用于混合原料，可用卧式捏合机，也可选用高速混合机。

b. 单螺杆挤出机两台，一台挤出成型管内层，另一台挤出成型管外层，螺杆为等距不等深渐变型，长径比为（18 ~25）：1，压缩比为（2.5 ~3.5）：1。挤出机的规格由挤出管的直径大小来决定。

c. 纤维缠绕机的选择由生产管的规格来决定，按管材的直径大小选择线盘的线锭数。管直径不大时，可用 16 支纱，两线盘的线锭数相等，缠绕网格的线夹角可以是 60°或 90°，工作转速在 2m/min 左右，用直流电动机驱动，速度可调。

d. 加热装置可用电阴加热或热风循环加热。作用是让缠绕在内层管表面的化学纤维受热收缩，紧贴在管外表面；另外，塑料内层管表面受热熔融，有利于管外层熔料与内层管外表面的复合，牢固结合成一体。

③ 成型工艺及挤塑温度。

a. 原料按配方要求计量后，各种原料中先把 PVC 树脂和增塑剂加入高速混合机内混合搅拌。具体要求和 PVC 软管的原料配混方法相同。当料温达到 110 ~120℃时，排入冷搅拌机内，搅拌打碎结块料，让混合均匀的料温降至 40℃以下。

b. 对于挤出成型纤维增强管的内层，挤出机机筒加料段温度 90 ~ 120℃，塑化段温度 130 ~ 150℃，均化段温度 160 ~ 170℃，成型模具温度 170 ~ 180℃。

c. 纤维增强 PVC 管的内层冷却定形后，表面缠绕网格，化学纤维线规格为 210D1 ×3，线格夹角为 60℃，锭芯为 16 支。

d. 管加热，化学纤维线收缩紧包在内层管外圆上，管的外表面略成熔融态。

e. 对于挤出复合纤维增强管外层，挤出机机筒加料段温度 110 ~ 130℃，塑化段温度 140 ~ 160℃，均化段温度 160 ~ 170℃，成型模具温度 170 ~ 180℃。

3）纤维增强聚氯乙烯管的质量。纤维增强聚氯乙烯管的质量，目前国内还没有标准规定。参照有关资料，提供几点纤维增强聚氯乙烯管的质量条件，供府用或生产时检测参考。

① 外观质量要求。纤维增强聚氯乙烯管的内外圆表面应光滑、平整，不允许有气泡、未塑化硬疖及杂质；管壁厚应均匀一致；颜色均匀，一般外层应呈透明层。

② 纤维增强聚氯乙烯管的性能。拉伸强度≥11.50MPa，剥离强度≥9.5N/cm，断裂伸长率≥200%。

水压试验：1.2MPa 以下保持 5min 不破裂。

耐寒试验：(－10 ±2)℃保持 5min 撞击不破裂。

（2）硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管　硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管是一种用硬质 PVC 圆条缠绕成螺旋状，复合在软质 PVC 管内成型的增强管，其结构如图 6-33 所示。由于 PVC 软管内有了硬质 PVC 圆条螺旋作骨架，从而提高了软质 PVC 管的刚度和工作强度。这样，螺旋增强 PVC 管就可以输送有一定压力的液体，另外这种管还具有耐腐蚀、易弯曲等优点。在某些领域它可以代替橡胶管或钢管输送液体、气体和粒状固体；也可以替代金属软管作机电设备中的电缆护套等。

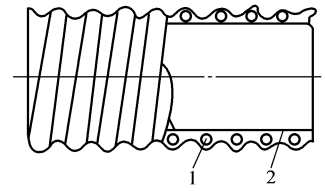


图 6-33　硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管结构

1—硬质 PVC 螺旋条　2—软质 PVC 管壁

1）原料与配方。硬质聚氯乙烯螺旋增强软质 PVC 管中的硬质聚氯乙烯螺旋条成型用料配方和软质 PVC 管成型用料配方，可参照硬质聚氯乙烯制品的用料配方和软质 PVC 管成型用料配方设计。

管中的两种制品成型参考配方如下。

软质 PVC 透明管成型用料配方（质量份）：

聚氯乙烯（PVC SG4）	100	二月桂酸二丁基锡（C102）	1.5
邻苯二甲酸二辛酯（DOP）	60	环氧大豆油（ESO）	3.5
己二酸二辛酯（DOA）	6.5	石蜡	0.25
钡/镉/锌液体稳定剂	0.8		

硬质 PVC 螺旋条用料配方（质量份）：

聚氯乙烯（PVC SG6）	100	丙烯酸酯类（ACR-401）	1.2
三盐基硫酸铅（3PbO）	1.5	石蜡	0.5
二盐基亚磷酸铅（2PbO）	1.5	硬脂酸（HSt）	0.5
硬脂酸钡（BaSt）	1.5	轻质碳酸钙（$CaCO_3$）	10
硬脂酸铅（PbSt）	0.7	钛白粉（TiO_2）	1.5
氯化聚乙烯（CPE）	5.0		

2）成型设备。硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管的挤出成型，由于制品是用两种性能不同的 PVC 制品复合成型，生产时，两种制品的不同配方原料分别在两台混合机中配混，然后又分别在两台挤出机中熔融塑化。挤出的熔融态料分别从成型模具的两个入口挤入成型硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管的模具中，复合成型管坯。两台挤出机的规格选择，由于成型复合管时软质 PVC 料比硬质 PVC 料用料量大，所以选取挤塑软质 PVC 料用挤出机规格应大于挤塑硬质 PVC 料用挤出机规格。挤出机中螺杆的结构形式与挤塑普通聚氯乙烯制品用螺杆的结构形式完全相同。

硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管成型用模具结构如图 6-34 所示。

从增强软质 PVC 管的成型模具结构图中可以看出，这种复合模具结构和普通硬质 PVC 管成型用模具结构基本相同，不同之处只是多了一段旋转的口模。挤出的软质 PVC 管用熔料，在复合模具中成型管坯时，由另一台成型硬质 PVC 螺旋条的挤出机挤出硬质 PVC 熔料条，从转动的口模侧进入软质 PVC 管坯内，由于口模的旋转，使硬质 PVC 条缠绕在软质 PVC 管坯圆周上，同时随向前移动的管坯移动，由于有较大流量的软质 PVC 熔料受成型模具内压力作用，则在向前移动时，没有出口模前软质 PVC 熔料把硬质 PVC 螺旋条完全包容，成型完整的硬质聚氯乙烯螺旋软质 PVC 管的管坯，被挤出口模，成型螺旋管。

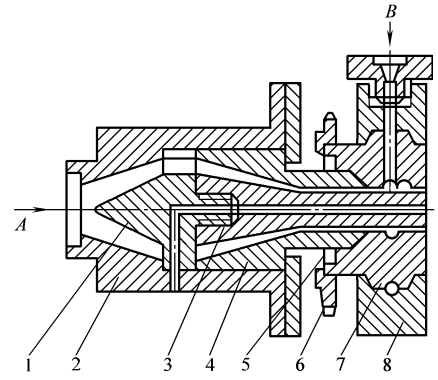


图 6-34　硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管成型用模具结构

1—分流锥　2—模具体　3—芯轴　4—口模　5—链轮轴瓦　6—链轮　7—旋转口模　8—口模旋转定位套　*A*—软质 PVC 熔料进口　*B*—硬质 PVC 熔料进口

3）成型工艺。硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管中的两种制品用原料的配混要分别在两台高速混合机中进行，生产操作方法和原料配混工艺温度与普通硬质、软质 PVC 制品的原料配混工艺温度和操作方法完全相同。

两台挤出机分别挤塑两种制品用原料成熔融态的塑化温度和在模具中的成型温度也和挤出机挤塑普通硬质、软质 PVC 制品用料的挤塑工艺温度相同。生产时可参照普通 PVC 硬、软管成型工艺温度条件进行调试。

4）硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管挤出成型注意事项。

① 硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管复合成型用硬、软两种 PVC 制品用料的挤出熔料要与成型用料量匹配。挤出硬质 PVC 条用挤出机螺杆的转速，应视挤出软质 PVC 熔料成型管坯的流速，挤出相应的硬质 PVC 条成型用料量，和软质 PVC 管坯成型流速协调。

② 口模旋转用整流子电动机（或直流电动机），通过减速器减速后由链条传动带动，口模的旋转速度可调。调整口模转速时，应按硬质 PVC 条的缠绕螺距尺寸来调整。工作时，口模的旋转速度应平稳。

③ 转动口模的内圆表面开有半圆形螺旋沟槽，是用来成型增强管的外圆螺旋形的。这个半圆形螺旋槽的深度应由管材的壁厚和硬质 PVC 螺旋条的直径尺寸来决定。要保证软质 PVC 熔料能全面包容硬质 PVC 条和成型管的外螺旋用料。

④ 注意旋转口模内圆各工作面的光洁程度和与芯轴的同心度精度要求，两零件成型制

品用工作面的表面粗糙度值 *Ra* 应不大于 0.25μm。

⑤ 口模工作时长时间旋转，要注意此处两零件相互运动的密封，应用耐磨、耐高温密封垫圈（如石墨或聚四氟乙烯密封垫），以防止此处有熔料挤出，影响生产。

（3）医用聚氯乙烯软管　医用聚氯乙烯软管与普通 PVC 软管不同之处，是要求医用 PVC 软管不仅要透明，而且要符合卫生安全级别要求。成型管用的材料一定要无毒、符合卫生标准规定。

1）原料与配方。

① 主原料聚氯乙烯。应选用悬浮法 PVC 中的 SG3 型树脂，其氯乙烯含量必须不大于 5mg/kg。配方中的增塑剂、稳定剂、润滑剂等辅助料，均应无毒、符合卫生标准规定。

② 配方参考例（质量份）

聚氯乙烯（PVC SG3 型）	100	邻苯二甲酸二锌酯（DOP）	10
钙/锌复合稳定剂	1.8	环氧大豆油（ESO）	2
高相对分子质量聚酯（Reoplex430，是 Ciba-Geigy 公司产品）	37	单油酸甘油酯（LoxiolG10）	0.4

2）设备选择。参照 6.1 内容。

3）成型工艺。参照 6.4.1 节内容。

4）质量。医用 PVC 管规格尺寸要求见表 6-15。物理、力学性能见表 6-16。化学性能见表 6-17。生物性能见表 6-18。外观质量要求：管应透明，内外壁光滑、无机械杂质和异物，正常使用时不扭结，在 40℃以下环境存放或消毒处理时不应该发黏。

表 6-15　医用 PVC 管规格尺寸及极限偏差　　（单位：mm）

内径	极限偏差	壁厚	极限偏差	内径	极限偏差	壁厚	极限偏差
1.00	±0.10	0.50	±0.05	6.00	±0.40	1.40	±0.14
2.00	±0.20	0.60	±0.06	7.00	±0.40	1.60	±0.16
2.50	±0.25	0.60	±0.06	8.00	±0.40	1.70	±0.17
3.00	±0.25	0.60	±0.06	9.00	±0.40	1.80	±0.18
3.50	±0.25	0.60	±0.06	10.00	±0.45	1.80	±0.18
4.00	±0.30	1.20	±0.12	11.00	±0.45	1.80	±0.18
4.50	±0.40	1.20	±0.12	12.00	±0.45	1.80	±0.18
5.00	±0.40	1.20	±0.12				

表 6-16　医用 PVC 塑料管物理、力学性能

项　　目	输血(液)导管	输血(液)滴管	项　　目	输血(液)导管	输血(液)滴管
吸水率(%)	—	—	断裂伸长率(%)	≥250	≥200
硬度(邵氏 A)	≤80	>80	180℃热定时间/min	≥40	≥40
拉伸强度/MPa	≥13.0	≥18.0			

表 6-17　输血（液）器具用软 PVC 塑料化学性能

试 验 项 目	指　　标		
	吹塑薄膜	导管	滴管
水溶出物化学性能			
还原物质(0.02mol/L 的 $KMnO_4$ 消耗量含量/(mL/20mL)	≤0.3	≤0.3	≤0.3
酸碱度(与空白对照液 pH 值之差)	≤1.0	≤1.0	≤1.0
不挥发物含量/(mg/100mL)	≤2.0	≤2.0	≤2.0
色泽	澄明无色	澄明无色	澄明无色
重金属含量/(μg/mL)	≤0.3	≤0.3	≤0.3

（续）

试 验 项 目	指　标		
	吹塑薄膜	导管	滴管
锌含量/(μg/mL)	≤0.4	≤0.4	≤0.4
紫外光吸收(230～360mm)	≤0.3	≤0.3	≤0.3
醇溶出物(DEHP)含量/(mg/100mL)	≤10	—	—
粒料化学性能			
灰分/(mg/g)	≤1	≤1	≤1
氯乙烯单体含量/(μg/g)	≤1	≤1	≤1

表 6-18　输血（液）用软 PVC 塑料生物性能

试验项目	指　标		
	吹塑薄膜	导　管	滴　管
热原	无致热原	无致热原	无致热原
急性全身毒性	不产生急性全身毒性	不产生急性全身毒性	不产生急性全身毒性
细胞毒性	在含量提液的培养基内培养 7d,1-929 细胞株增殖度不大于 2 级	在含量提液的培养基内培养 7d,1-929 细胞株增殖度不大于 2 级	在含量提液的培养基内培养 7d,1-929 细胞株增殖度不大于 2 级
皮内刺激	家兔经皮内注射浸提液后,72h 内无明显的红斑或水肿	家兔经皮内注射浸提液后,72h 内无明显的红斑或水肿	家兔经皮内注射浸提液后,72h 内无明显的红斑或水肿
过敏	过敏反应小于 2 级,过敏率不大于 28%	过敏反应小于 2 级,过敏率不大于 28%	过敏反应小于 2 级,过敏率不大于 28%
血液保存	塑料制成输血袋在(4 ± 2)℃下保存血液 21d 不应溶血,红细胞酵解率不小于 70%	—	—

6.4.3　聚乙烯管成型工艺

聚乙烯管一般多为乳白色，是一种柔韧而无毒的塑料管，应用在食用水、化工液体、农业排灌和城市排污等管路中；在电气工业中用来做各种线路的绝缘护套管等。

由于所用原料密度的不同，可生产出多种性能不同的聚乙烯管，如低密度聚乙烯管、高密度聚乙烯管和线型低密度聚乙烯管等；另外还有一些特殊性能聚乙烯管，如钙塑聚乙烯管、两种以上原料挤出成型的复合聚乙烯管及能承受一定压力的输气聚乙烯管等。

1. 聚乙烯管性能与用途

聚乙烯塑料管具有质轻、无毒、表面光滑、韧性好、耐磨、耐腐蚀和可以卷绕等优点。另外，这种管可以生产出任意长度，安装施工较方便，价格又比较便宜。所以，在城市供水、排水、农业排灌、建筑、矿山、油田和电信等领域得到广泛应用。

聚乙烯塑料管中，以高密度聚乙烯（HDPE）管应用最多，应用如下：

1）城市供水。由于 HDPE 塑料管具有无毒、低温性能好、可卷绕任意长度、接头少、施工安装方便、对水锤击有较好的适应性等优点，很受用户欢迎。

2）HDPE 管可以挤出成型大直径管，用于城市、工厂和矿山排水管。

3）交联高密度聚乙烯管耐高温、耐老化、耐环境应力开裂性能优良。用于热水输送管及在地板采暖工程中应用。

4）HDPE 管和玻璃纤维增强塑料管耐高压，用于油田输油、集气和注水管等。

5）由于聚乙烯管具有耐磨、耐腐蚀和液体压力损失小等优点，可用 HDPE 管代替金属

管，用于钻探工程供水管和滤水管等。

6）1-丁烯共聚的高密度聚乙烯管，具有质轻、耐腐蚀、可取任意长度、韧性好可以卷绕、运输和安装施工方便、气密性优良。所以，做煤气输送管比较理想。与金属管比较，工程投资少、成本低、施工安装方便、接头少，维修也方便，煤气的漏失量极小。

2. 原料

用挤出机挤出成型聚乙烯管材，应用较多的材料是低密度聚乙烯（LDPE）、高密度聚乙烯（HDPE）和线型低密度聚乙烯（LLDPE）树脂。通常这三种树脂的熔体流动速率 MFR 值要求：LDPE 为 0.3 ~ 3.0g/10min，HDPE 为 0.1 ~ 0.5g/10min、LLDPE 为 0.3 ~ 2.0g/10min。挤出聚乙烯管材也有选用超出这个熔体流动速率值的树脂，但挤出成型管材的难度会增加。聚乙烯管材挤出成型用原料，国内部分生产厂及产品牌号见表 1-16 和表 1-28，可供应用时选择参考。

3. 设备

聚乙烯管挤出成型生产采用如图 6-1 所示的设备布置生产线。主机为单螺杆挤出机，辅机有成型模具、冷却定形套、冷却水箱、牵引机、切割机和成品卷取存放装置。成型模具多采用图 6-7 所示的结构型式。

4. 工艺

聚乙烯树脂挤出成型管材，一般都是用粒料直接投入挤出机的机筒内，塑化原料呈熔融态，从成型模具中挤出成型管坯，经冷却定形成为制品。

高密度聚乙烯挤出成型管材时，机筒温度从加料段至均化段分别是 100 ~ 130℃、140 ~ 160℃、－170 ~ 190℃；成型模具温度为 170 ~ 200℃（从进料口至口模温度逐渐升高）。

低密度聚乙烯和线型低密度聚乙烯挤出成型管材时，机筒温度从加料段至均化段分别是 90 ~ 120℃、130 ~ 150℃、160 ~ 185℃；成型模具温度为 160 ~ 190℃（温度从模具的进料口至口模处逐渐升高）。

牵伸比为 1.1 ~ 1.5。

5. 聚乙烯管挤出成型注意事项

1）挤出成型 PE 饮水用管时，原料选择应符合标准 GB 9687—1988 的规定。

2）高密度聚乙烯（HDPE）管挤出成型时，工艺温度控制要高于低密度聚乙烯（LDPE）管挤出成型时的工艺温度，这种方法成型的 HDPE 管表面比较光滑；但注意温度也不能过高，过高的机筒温度使熔料温度偏高，这会使制品成型困难，成型制品表面易出现麻纹。

3）螺杆工作转速应控制在最高转速的 2/3 左右较适宜；螺杆工作时不需要冷却降温。

4）聚乙烯管成型时，管坯的定径方式应以真空定径方式为主，这样成型的管材操作方便、废料少、内应力也较小。但大直径 PE 管生产定径应采用压缩空气内压法定径较好。压缩空气压力控制在 0.02 ~ 0.05MPa 范围内。

5）牵引机的牵引管材速度要能无级调速，要与管坯从模具口挤出速度匹配；运行速度平稳；调速要能较精确控制，平稳升降速。一般牵引速度比管坯从模具口挤出速度快些，控制在 1% ~ 10% 速比范围内。

6）为了提高管制品的表观质量和工作强度，注意：低密度聚乙烯管坯应采用缓慢降温方法，冷却水温控制不应过低；高密度聚乙烯管坯应采用迅速冷却降温的方法，冷却定形后

要充分冷却降温；冷却水槽比聚氯乙烯管坯降温用水槽长。

7）管制品盘绕直径值最小应大于管直径的 18 倍，盘绕速度略快于牵引速度。

6. 聚乙烯管挤出成型应用举例

（1）聚乙烯给水管　聚乙烯给水管是以聚乙烯树脂为主要原料，经挤出机挤出成型的管材。标准 GB/T 13663—2000 规定，聚乙烯给水管应选用 PE63、PE80 和 PE100 材料制造，材料的命名和分级数见表 6-19，对材料的基本性能要求见表 6-20（材料是以高密度聚乙烯为基础材料，加入一定比例的抗氧剂、紫外线稳定剂和颜料制造而成的粒料）。国内上海石油化学分公司产三人牌双峰聚乙烯，牌号 YGH051T（MFR = 0.5g/10min、密度为 0.956g/cm^3）即为 PE80 黑色给水压力管挤出成型用料，YGH041T（MFR = 0.4g/10min、密度 0.959g/cm^3）为 PE100 黑色给水压力管挤出成型用料。这两种材料也可用挤出成型输气管。

表 6-19　材料的命名

静液压强度 σ_{LPL}/MPa	最小要求强度 MRS/MPa	材料分级数（MRS×10）	材料的命名
6.30～7.99	6.3	63	PE63
8.00～9.99	8.0	80	PE80
10.00～11.19	10.0	100	PE100

表 6-20　材料的基本性能要求

项　　目	要　　求
炭黑含量①（质量分数,%）	2.5±0.5
炭黑分散①	≤等级 3
颜料分散②	≤等级 3
氧化诱导时间（200℃）/min	≥20
熔体流动速率③（5kg、190℃）/g/10min	与产品标称值的偏差不应超过 ±25%

① 仅适用于黑色管材料。

② 仅适用于蓝色管材料。

③ 仅适用于混配料。

1）设备。聚乙烯给水管挤出成型，一般多采用通用型单螺杆挤出机。挤出机的规格选择和其他塑料管挤出成一样，也是按制品管的直径参照表 5-36 选择螺杆直径。螺杆结构为渐变型或突变型，长径比为（25～30）:1，压缩比为 3～4。

管坯成型模具结构如图 6-7 所示。大直径管挤出成型采用图 6-9 所示的微孔篮式模具结构。模具体内熔料腔压缩比取 2～5，芯轴收缩角取 45°～60°之间，口模处芯轴的平直段长度按管材直径大小决定，一般取 30～300mm 之间（管直径小取小值，管直径大取大值）。模具熔料流经的空腔内表面的表面粗糙度 *Ra* 应不大于 0.32μm。

从成型模具口模处挤出的管坯，采用图 6-17 所示结构型真空外径定形套为管坯降温定形。由于 PE 管壁厚尺寸较大，则其冷却定形降温时间较长。需要为管降温的水箱就比较长，一般在 18m 左右，可采用 3 个 6m 长的短水箱组合而成。第一节水箱为真空喷淋式水箱，后两节为普通喷淋水箱。

2）工艺。挤出机机筒温度（从加料段至均化段）分别是 100～120℃、120～140℃、140～160℃、160～180℃、180～190℃。挤出机筒熔态料温度为 200～205℃。

成型模具温度（从进料端至口模处）分别是 170～180℃、175～185℃、180～190℃、190～205℃。

3）质量。

① 用 PE63、PE80 和 PE100 等级材料成型的管材，公称压力 $p_N = 2\sigma_s/(SDR-1)$（注：式中 $\sigma_s = MRS/C$、当水温为 20℃时 C 值为 1.25；SDR = 管公称外径 d_n/管公称壁厚 e_n），采用表 6-21 中设计应力而确定的公称外径与壁厚应分别符合表 6-22 ~ 表 6-24 的规定。

② 当 PE 管输水温度为 30℃时，最大工作压力应是 $p_N \times 0.87$（MPa）；温度为 40℃时，最大工作压力应是 $p_N \times 0.74$（MPa）。

③ 供水管应为蓝色或黑色、黑色管表面应有至少三条纵向蓝色色条；地上管道必须是黑色。

④ 管外表面应清洁、光滑，不允许有气泡、明显划痕、凹陷、杂质、颜色不均等缺陷。管端平面切割平整，并与管轴线垂直。

⑤ 管长度为 6m、9m、12m，也可供需双方商定。长度偏差 +0.4% ~ -0.2%。

表 6-21　不同等级材料设计应力的最大允许值

材 料 等 级	设计应力的最大允许值 σ_s/MPa
PE63	5
PE80	6.3
PE100	8

（2）聚乙烯燃气管　聚乙烯燃气管是指用于煤气和天然气输送的 PE 管。这种管具有优良的耐环境应力性，其耐应力开裂值（F_{50}）不低于 5000h；有良好的焊接性，耐化学腐蚀，有一定的抗芳烃侵蚀能力，刚柔适度，还有特别好的抗蠕变性能。所以，用聚乙烯燃气管代替钢管，在燃气输送管路中应用，开始受到广大用户重视。PE 燃气管与钢管比较，有使用寿命长（在 -60 ~60℃范围内使用，时间可达 50 年以上）、质地轻、施工方便快捷等优点。但应用时要注意，尽量不与汽油、苯等接触，它对这些有机溶剂的侵蚀耐受能力较差。

表 6-22　PE63 级聚乙烯管材公称压力和规格尺寸

公称外径 d_n/mm	公称壁厚 e_n/mm				
	标准尺寸比（d_n/e_n）				
	SDR33	SDR26	SDR17.6	SDR13.6	SDR11
	公称压力/MPa				
	0.32	0.4	0.6	0.8	1.0
16	—	—	—	—	2.3
20	—	—	—	2.3	2.3
25	—	—	2.3	2.3	2.3
32	—	—	2.3	2.4	2.9
40	—	2.3	2.3	3.0	3.7
50	—	2.3	2.9	3.7	4.6
63	2.3	2.5	3.6	4.7	5.8
75	2.3	2.9	4.3	5.6	6.8
90	2.8	3.5	5.1	6.7	8.2
110	3.4	4.2	6.3	8.1	10.0
125	3.9	4.8	7.1	9.2	11.4
140	4.3	5.4	8.0	10.3	12.7
160	4.9	6.2	9.1	11.8	14.6
180	5.5	6.9	10.2	13.3	16.4
200	6.2	7.7	11.4	14.7	18.2
225	6.9	8.6	12.8	16.6	20.5

（续）

公称外径 d_n/mm	公称壁厚 e_n/mm				
	标准尺寸比（d_n/e_n）				
	SDR33	SDR26	SDR17.6	SDR13.6	SDR11
	公称压力/MPa				
	0.32	0.4	0.6	0.8	1.0
250	7.7	9.6	14.2	18.4	22.7
280	8.6	10.7	15.9	20.6	25.4
315	9.7	12.1	17.9	23.2	28.6
355	10.9	13.6	20.1	26.1	32.2
400	12.3	15.3	22.7	29.4	36.3
450	13.8	17.2	25.5	33.1	40.9
500	15.3	19.1	28.3	36.8	45.4
560	17.2	21.4	31.7	41.2	50.8
630	19.3	24.1	35.7	46.3	57.2
710	21.8	27.2	40.2	52.2	
800	24.5	30.6	45.3	58.8	
900	27.6	34.4	51.0		
1 000	30.6	38.2	56.6		

表 6-23　PE80 级聚乙烯管材公称压力和规格尺寸

公称外径 d_n/mm	公称壁厚 e_n/mm				
	标准尺寸比（d_n/e_n）				
	SDR33	SDR21	SDR17	SDR13.6	SDR11
	公称压力/MPa				
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.25
16	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	2.3
32	—	—	—	—	3.0
40	—	—	—	—	3.7
50	—	—	—	—	4.6
63	—	—	—	4.7	5.8
75	—	—	4.5	5.6	6.8
90	—	4.3	5.4	6.7	8.2
110	—	5.3	6.6	8.1	10.0
125	—	6.0	7.4	9.2	11.4
140	4.3	6.7	8.3	10.3	12.7
160	4.9	7.7	9.5	11.8	14.6
180	5.5	8.6	10.7	13.3	16.4
200	6.2	9.6	11.9	14.7	18.2
225	6.9	10.8	13.4	16.6	20.5
250	7.7	11.9	14.8	18.4	22.7
280	8.6	13.4	16.6	20.6	25.4
315	9.7	15.0	18.7	23.2	28.6
355	10.9	16.9	21.1	26.1	32.2
400	12.3	19.1	23.7	29.4	36.3
450	13.8	21.5	26.7	33.1	40.9
500	15.3	23.9	29.7	36.8	45.4
560	17.2	26.7	33.2	41.2	50.8
630	19.3	30.0	37.4	46.3	57.2
710	21.8	33.9	42.1	52.2	
800	24.5	38.1	47.4	58.8	
900	27.6	42.9	53.3		
1000	30.6	47.7	59.3		

表 6-24 PE100 级聚乙烯管材公称压力和规格尺寸

公称外径 d_n/mm	公称壁厚 e_n/mm				
	标准尺寸比(d_n/e_n)				
	SDR26	SDR21	SDR17	SDR13.6	SDR11
	公称压力/MPa				
	0.6	0.8	1.0	1.25	1.6
32	—	—	—	—	3.0
40	—	—	—	—	3.7
50	—	—	—	—	4.6
63	—	—	—	4.7	5.8
75	—	—	4.5	5.6	6.8
90	—	4.3	5.4	6.7	8.2
110	4.2	5.3	6.6	8.1	10.0
125	4.8	6.0	7.4	9.2	11.4
140	5.4	6.7	8.3	10.3	12.7
160	6.2	7.7	9.5	11.8	14.6
180	6.9	8.6	10.7	13.3	16.4
200	7.7	9.6	11.9	14.7	18.2
225	8.6	10.8	13.4	16.6	20.5
250	9.6	11.9	14.8	18.4	22.7
280	10.7	13.4	16.6	20.6	25.4
315	12.1	15.0	18.7	23.2	28.6
355	13.6	16.9	21.1	26.1	32.2
400	15.3	19.1	23.7	29.4	36.3
450	17.2	21.5	26.7	33.1	40.9
500	19.1	23.9	29.7	36.8	45.4
560	21.4	26.7	33.2	41.2	50.8
630	24.1	30.0	37.4	46.3	57.2
710	27.2	33.9	42.1	52.2	
800	30.6	38.1	47.4	58.8	
900	34.4	42.9	53.3		
1000	38.2	47.7	59.3		

1）原料选择。聚乙烯燃气管挤出成型用原料主要是中密度聚乙烯（MDPE）和高密度聚乙烯（HDPE）。标准 GB 15558.1—2003 规定，用于挤出成型燃气管 PE 树脂的性能见表 6-25。上海石化乙烯厂生产的 PE 燃气管成型专用料性能见表 6-26。

表 6-25 PE 燃气管专用树脂的性能

项　目	性能要求	试　验　方　法
密度/(kg/m^3)	≥930	GB 1033
水分含量/(mg/kg)	<300	GB 6083,试样不进行状态调节
挥发分含量/(mg/kg)	<350	—
炭黑含量(质量分数,%)	2.0～2.6	GB 13021
热稳定性(200℃)/min	>20	—
耐环境应力开裂(100℃,100%)F_0/h	≥1000	GB 1842,100℃ ±2℃试验结果以试样破损概率为 0 的时间 F_0 表示
耐气体组分(80℃,2MPa)/h	≥30	试验介质；50%（质量）的正癸烷（99%）和 50%（质量）的三甲基苯混合流试验介质。温度为 80℃；试验前将混合流注入自由长度不小于 250mm、尺寸为 ϕ32 × 3.0mm 的管状试样中，在 23℃ ±2℃环境中放置 1500h 后按 GB 611—2006 规定试验
长期静压强度（20℃，50 年，95%）/MPa	≥80	GB 15558.1—2003

表 6-26　上海石化乙烯厂生产的 PE 燃气管成型专用料 YG055 树脂性能

项　　目	数值	测试方式
密度(基本树脂)/(kg/m^3)	946	ISO 1183/ISO 1873—B
熔体流动速率(190℃,2.16kg)/(g/10min)	0.1	ISO 1133
拉伸屈服应力/MPa	23	ISO/DIS 6259
断裂伸长率(%)	>600	ISO/DIS 6259
低温脆化温度/℃	< -70	ASTM D746
耐环境应力开裂(F_{50})/h	>10000	ASTM D1693—A
热稳定性(210℃)/min	15	EN 728

聚乙烯树脂出厂前都加入抗氧剂和光稳定剂等辅助料。在特殊环境中工作的燃气管还应注意，必要时应在树脂内加入比例不超过 1% 的抗静电剂和紫外线吸收剂，以满足聚乙烯燃气管对特殊工作环境的适应性。为了降低燃气管的生产成本和改进管材的一些性能，在成型管材的树脂中也可加入比例不超过 1% 的轻质碳酸钙和炭黑，细度要求在 3μm（400 目）左右。表 1-16 中的上海石化公司产三人牌双峰高密度聚乙烯 YGH051T、YGM091T 树脂为燃气管用树脂，可供应用参考。

2）设备。聚乙烯燃气管用 PE 专用树脂挤出成型，所需要的设备和生产工艺顺序与普通聚乙烯管挤出成型用生产工艺顺序完全相似，不同之处只是设备中的一些零部件结构和尺寸有些变化。

挤出机的螺杆为等距不等深渐变型，长径比较大［长径比在（30～33）∶1］。为了提高原料的塑化质量，在螺杆的加料段和塑化段及塑化段和均化段之间过渡处，有一段（约 2～3 个螺纹）为不等距螺纹，结构如图 5-21 所示。

机筒的加料段应开有纵向沟槽，这是为了使进入机筒的原料能被转动的螺杆顺利的推进前移。为了能使料斗中原料连续不断地供给机筒，要求此处还应有循环冷却水降温。

聚乙烯燃气管成型用模具结构最好选用筛孔式结构。支架式分流锥工作时，熔料汇合处易产生接缝痕和应力。

聚乙烯燃气管挤塑从模具口挤出的管坯，应采用真空内压定径方法冷却定径。降温定径的管坯采用真空喷淋方式为管体降温，然后再进入另一个水槽中，为管体用循环水继续降温。生产较小直径 PE 燃气管时，用 2 个各长 6m 的水槽即能满足管体冷却降温的要求；如果生产较大直径（大于 100mm 的管材）管时，为了使管体得到充分冷却降温，固化定形，冷却水槽的总长度应不少于 18m。

管材的牵引设备、切割设备及制品处理方式与 PE 管生产时选用设备方法相同。

3）工艺。由于聚乙烯燃气管的原料在挤出机中的塑化熔融，是采用大长径比的螺杆，所以，这种挤出机的挤塑部分机筒比较长。这样，机筒的加热段也就比普通 PE 管挤塑用机筒的加热段多。机筒的各段工艺温度范围参考值如下。

从机筒的进料口开始向机筒的出料端温度逐渐升高，具体温度范围分布：1 区 120～160℃，2 区 160～180℃，3 区 185～195℃，4 区 190～200℃，5 区 200～210℃，6 区 210～215℃。模具温度为 210～220℃。

4）质量。聚乙烯燃气管的质量要求应符合 GB 15558.1—2003 燃气用埋地聚乙烯管材所规定的性能指标。

（3）聚乙烯硅芯管　聚乙烯硅芯管是一种复合管，它是用高密度聚乙烯挤出成型聚乙

烯硅芯管的外层；用高密度聚乙烯粉料掺混一定比例摩擦因数小的硅烷类润滑剂，挤出成型聚乙烯硅芯管的内层。这种复合管的内壁摩擦因数很小（仅为0.08～0.15），由于这种管的内表面润滑性能非常好，目前多用这种复合管做通信光缆套管。

聚乙烯硅芯管的力学性能像高密度聚乙烯管一样，具有韧性好、可以任意弯曲、耐水性好、防锈蚀、寿命长、内管壁光滑、摩擦因数很小等优点，用于光缆套管时，施工安装既方便又快捷。

1）原料选择。聚乙烯硅芯复合管分内外层，表面还有一条色标线。外层成型用高密度聚乙烯，选用密度为0.954g/cm^3，熔体流动速率为0.1～0.5g/10min HDPE料（可选用扬子石化公司产6100M HDPE、MFR=0.14g/10min）。聚乙烯硅芯管的内层料，可用HDPE粉料，掺入一定比例硅烷类润滑，或用硅胶混合物及固体润滑剂等挤出成型。色标线用料，可用一般挤塑级高密度聚乙烯和色母料。

大庆石化公司生产的硅芯管挤出成型专用料物理性能指标见表6-27。

表6-27 硅芯管用料物理性能

检测项目	设计值	实测值	测试标准
密度/(g/cm^3)	0.947～0.951	0.940	GB/T 1033.1—2008
MFR/(g/10min)	0.18～0.22	0.20	GB/T 3682—2000
拉抻强度/MPa	≥24	34	GB/T 1040—2006
屈服强度/MPa	≥21	26	GB/T 1040—2006
断裂伸长率(%)	实测	800	GB/T 1040—2006
耐环境应力(开裂F_{50})/h	实测	1000	GB/T 1843—2008
非牛顿指数NN1	80～100	85	日本三井方法
灰份(质量分数,%)	≤0.04	0.03	GB/T 9345.1—2008
色粒/(粒/kg)	≤20	0	GB/T 11115—2009
杂质/(粒/kg)	≤60	0	

2）设备。聚乙烯硅芯管的挤出成型工艺顺序与聚乙烯管的挤出成型工艺顺序基本相似，不同之处：由于这种管需要有三种料熔融复合成型，则三种料的塑化需要由三台挤出机来完成，然后把三种性能不同的熔融塑化料挤入一个复合管的成型模具中成型管。具体工艺顺序排列如下。

聚乙烯硅芯管外层料挤出塑化
聚乙烯硅芯管内层料挤出塑化 →复合管成型模具→真空定径
聚乙烯硅芯管色标线料挤出塑化

套冷却降温定径→复合管冷却降温固化→牵引→切割→盘卷→质量检查→包装入库

聚乙烯硅芯管挤出成型用设备与聚乙烯管挤出成型用设备相同。只是三种料挤出塑化用三台挤出机的规格和螺杆结构各有特点。

聚乙烯硅芯管的外层用料多，要选用较大规格的挤出机；内层用料少，应选用较小规格的挤出机；而色标线用料极少，所以，就应选用挤出机系列中最小规格的挤出机。

假如聚乙烯硅芯管的外层用料采用螺杆直径为ϕ90mm，长径比为33∶1的渐变型螺杆(最好选用分离型BM螺杆)，则硅芯管的内层用料塑化就应选用螺杆直径为ϕ45mm，长径比为28∶1的螺杆；而色标线用料塑化可选用螺杆直径为ϕ20mm挤塑HDPE料通用型螺杆。常用内、外层料塑化用挤出机机组组合规格有ϕ50/ϕ42、ϕ40/ϕ33、ϕ32/ϕ26等。

3）工艺。聚乙烯硅芯管挤出成型时，由于复合管用料的不同，则三台挤出机对挤出原

料的塑化工艺温度也就各有不同。硅芯管外层和色标线用料是高密度聚乙烯，挤塑这两种原料的挤出机机筒各段温度控制与普通高密度聚乙烯管的挤出工艺温度控制相同。聚乙烯硅芯管的内衬管由于 HDPE 树脂掺有硅烷类润滑剂，则其挤出机机筒各段工艺温度的控制略有差别。

机筒的加料段温度为 100 ~ 125℃，塑化段为 135 ~ 160℃，均化段温度为 170 ~ 185℃。成型硅芯复合管用模具温度为 175 ~ 190℃。

4）聚乙烯硅芯管挤出成型注意事项。

① 聚乙烯硅芯管的内外层和色标线用 HDPE 树脂成型时，选用料的熔体流动速率应相接近或相同。三台挤出机挤出熔料的流速应相同，这样，有利于三台挤出机同时挤出进入复合管模具中的三种熔融料接触界面的混熔。

② 复合管成型模具中熔料流道腔工作面应光滑平整，无零件间的装配凸台或平面结合缝隙；各零件的制造和装配精度要求高。

③ 为了保证复合管内壁的光滑，保证制品内表面的最低摩擦因数，注意模具中的芯轴外圆工作面加工精度和光滑程度要严格控制，表面粗糙度值 *Ra* 应不大于 0. 32μm。

④ 成型后的复合管应缓慢降温，水槽中冷却水的温度控制在 12 ~ 16℃范围内。

⑤ 牵引速度和管坯的挤出速度相匹配，把挤出成型复合管的牵引速度控制在 10m/min 以内。

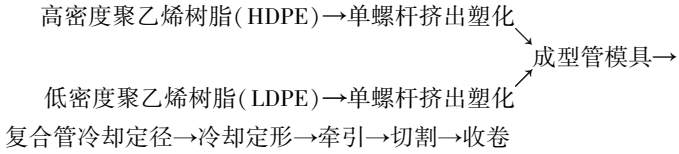
（4）聚乙烯复合管　聚乙烯复合管是指用两种不同密度的聚乙烯树脂，分别同时用两台挤出机熔融塑化，然后同时把熔融料挤入一个能成型复合管的模具内，成型的管材即为聚乙烯复合管。这种复合管可用多种塑料挤出复合。这里只介绍用高密度聚乙烯和低密度聚乙烯料复合成型的管材。

这种由高密度聚乙烯和低密度聚乙烯熔料复合成型的管材，兼有两种原料的特性，它的耐压性和抗腐蚀能力都比普通聚乙烯管好。在工矿企业中，可用这种复合管代替钢管，用于油、煤气等有腐蚀性介质的输送管或矿井通风用管路等。

1）原料。聚乙烯复合管的成型，一般是管的内层用低密度聚乙烯料成型，管的外层用高密度聚乙烯料成型。两种不同密度聚乙烯树脂的选择要注意：为使两种熔融料在复合管成型模具内流速接近一致，促使两种熔料的结合面能较好的混溶，要求选择两种树脂的熔体流动速率（MFR）接近些。一般选取低密度聚乙烯树脂的熔体流动速率为 2 ~ 7g/10min，高密度聚乙烯树脂的熔体流动速率为 3 ~ 8g/10min。用这样的原料成型的复合管，两种熔融料能较牢固地结合接触面，管材成型后不容易脱皮、分层，管材的质量较有保证。

2）设备。聚乙烯复合管挤出成型时的生产工艺顺序及其使用设备与普通聚乙烯管挤出成型时的生产工艺顺序及其使用设备很相似。不同之处只是多了一台单螺杆挤出机和复合管成型用模具。

聚乙烯复合管挤出成型生产工艺顺序：



聚乙烯复合管用料挤出机为两台，分别用来挤塑熔融 LDPE 料和 HDPE 料。这两台挤出

机中螺杆的结构都是采用挤塑普通聚乙烯料常用型螺杆结构。螺杆直径由复合管中两层管用料量的大小来决定，一般是挤塑低密度聚乙烯用螺杆直径比挤塑高密度聚乙烯用螺杆直径略大些。

复合管成型用模具结构示意图，如图 6-35 所示。这种模具的结构型式是按挤塑两种原料用单螺杆挤出机的垂直布置所设计的。

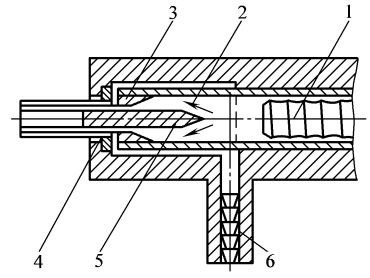


图 6-35　两种不同原料复合成型管用模具结构

1—低密度聚乙烯料挤塑用挤出机
2—LDPE 熔融料流动空腔
3—HDPE 熔料流动空腔
4—复合管成型口模　5—分流锥
6—高密度聚乙烯料挤塑用挤出机

3）工艺。聚乙烯复合管挤塑成型时的挤出机工艺温度条件没什么特殊要求，基本和低密度聚乙烯、高密度聚乙烯挤塑成型管材工艺条件相同。低密度聚乙烯挤塑用挤出机上机筒各段温度：加料段为 100 ~ 140℃，塑化段为 140 ~ 160℃，均化段为 140 ~ 160℃。

高密度聚乙烯挤塑用挤出机上机筒各段温度：加料段为 100 ~ 140℃，塑化段为 150 ~ 170℃，均化段为160 ~ 180℃。

复合管成型用模具温度：180 ~ 200℃。

管坯定径冷却采用内压法，压缩空气的压力控制在 0. 05 ~ 0. 07MPa 范围内。

（5）农业用聚乙烯滴灌管　农业用聚乙烯滴灌管，按其应用场合工作条件的不同，可分为两种类型。一种聚乙烯滴灌管应用时埋在地表面下，而另一种聚乙烯滴灌管应用时铺在地表面上。埋在地下的滴灌管，为了提高其抗压强度，外表成波纹形。两种滴灌管的管体壁上，都布有无数渗水孔。

聚乙烯滴灌管在农业生产中应用，具有防旱、延缓水分蒸发、保护土壤湿度的作用。埋在地表面下的滴灌管，当雨水过多时，还可使水渗入管内，起到雨天防涝的作用。

1）原料。农业用聚乙烯滴灌管挤出成型用原料，要按滴灌管应用的场合条件来决定。用于地表面上的滴灌管成型，可用任何一种聚乙烯挤出成型，一般用低密度聚乙烯挤出成型应用较多；也可用线型低密度聚乙烯和高密度聚乙烯混合（混合比例 4∶1）应用。但这种管材成型用料中，要加入一定比例的抗氧剂、光稳定剂和炭黑。以延缓这种在地面大气环境中工作管材的使用时间，增强其抗老化能力。

埋于地下的聚乙烯滴灌管挤出成型多用熔体流动速率 MFR = 0. 5 ~ 3g/10min、低密度聚乙烯树脂。也可用低密度聚乙烯与线型低密度聚乙烯，两种原料共混（混合比例为 LDPE/LLDP = 80/20）后挤出成型。

2）设备。农业用聚乙烯滴灌管挤出成型生产工艺顺序及使用设备与普通聚乙烯管挤出成型生产的工艺顺序和使用设备完全相同，可参照 6. 4. 3 节相关内容选择。对于埋入地下的波纹形滴灌管的生产成型，只是把原挤出聚乙烯管坯的定径冷却部分，改用专用的波纹形定径冷却模具，结构如图 6-27 所示。

图 6-27 中的波纹形定形模具兼有牵引冷却定形波纹管的功能。它是由 80 个塑料（聚酰胺注射成型制品）上下模具组合成波纹空腔，当管坯从成型模具口挤出后，即进入波纹形腔模具内，被牵引向前运行；由于管内通有压缩空气，而把管坯吹胀、紧贴在波纹形腔壁上成型波纹管。不断平稳运行的波纹模具被冷风降温、使波纹管降温定形。

低密度聚乙烯滴灌管成型用设备结构参数如下所示（仅供参考）：

① 采用等距不等深渐变型螺杆结构，直径为 ϕ65mm，螺杆长径比为 20∶1，压缩比为 2.5。

② 管坯成型用模具结构与挤塑成型普通 PE 管用模具结构相同，压缩比为 5.6，芯轴平直段长度与直径比为 3.57，口模内径 ϕ42mm，芯轴平直部分外径 ϕ34mm。

③ 牵引速比为 5.5，拉伸比为 2.5，管坯吹胀比为 1.84。成型管外径为 62mm、内径为 60mm。

3）低密度聚乙烯滴灌管挤出成型工艺。单螺杆挤出机上机筒各段加热温度：加料段为 90～100℃，塑化段为 110～130℃，均化段为 140～150℃。

管坯成型模具温度：100～130℃。

波纹形模具夹的牵引速比为 5～6，拉伸比为 2～3，压缩空气压力 0.015MPa 左右，管坯吹胀比为 1.5～2。

挤出操作注意事项如下：

① 注意挤塑成型用工艺温度的平稳，不允许有较大的温度波动差。

② 吹胀管坯用气堵不允许漏气。

③ 熔料挤出速度要平稳，吹胀管坯用气压要稳定，牵引运行速度应平稳，保证有较固定的牵伸比。

（6）聚乙烯双壁波纹管　聚乙烯双壁波纹管的结构型式和聚氯乙烯双壁波纹管的结构形式完全相同，如图 6-25 所示。6.4.1 节的“5. 硬质聚氯乙烯管挤出成型实例”中的“（7）波纹管”实例介绍的是用一种 PVC 料、采用一台单螺杆挤出机挤塑成型 PVC 双壁波纹管；而本例所介绍的聚乙烯双壁波纹管是用两种牌号高密度聚乙烯料，采用两台单螺杆挤出机，分别塑化两种料，成型波纹管的内外层。螺杆结构和其他 PE 料挤塑成型用螺杆结构相同；成型模具结构示意图如图 6-36 所示。吹胀成型波纹管外形用设备结构如图 6-27 所示。

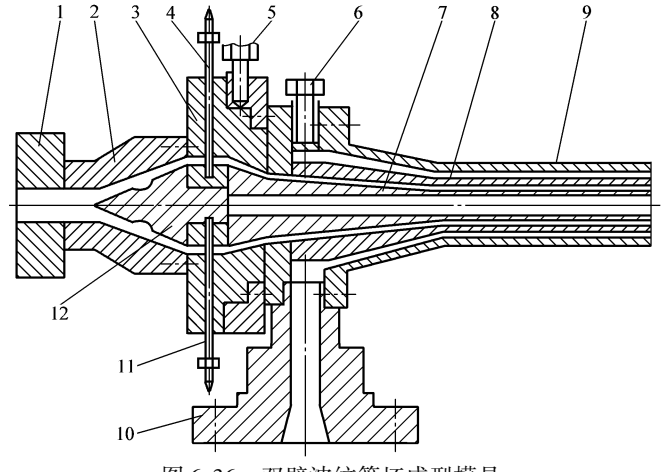


图 6-36　双壁波纹管坯成型模具

1—连接法兰　2—模具体　3—分流锥固定板　4—进气管　5—调节螺钉　6—调节螺钉
7—芯模　8—外层芯模　9—口模　10—连接颈　11—进水管　12—分流锥

1）原料。波纹管内层料选取 5000S（MFR = 0.9g/10min，密度为 0.954g/cm^3，扬子石化公司产），波纹外层用料选 PH150（MFR = 0.13g/10min、密度为 0.943g/cm^3、韩国现代

石油化学公司产）。

2）工艺。内层料挤塑工艺温度，由进料段开始，至出料端分别是 175 ~ 185℃、200 ~ 210℃、195 ~ 205℃、180 ~ 190℃、180 ~ 190℃。

外层成型波纹形料挤塑工艺温度，由进料段开始、至出料端分别是 155 ~ 165℃、170 ~ 180℃、175 ~ 185℃、155 ~ 165℃、155 ~ 165℃。

（7）交联聚乙烯管　交联聚乙烯管（英文缩写代号 PE-X）是以聚乙烯为主要原料，在高能射线或化学引发剂的作用下，使聚乙烯大分子之间产生交联键。把聚乙烯的线型结构经交联转变为网状结构，改变了聚乙烯的性能后成型的管材。交联聚乙烯的热强度、耐热性、热老化性、耐环境应力开裂能力、电绝缘性、耐油性及抗蠕变性等，均优于聚乙烯管材。

交联聚乙烯管的软化点高达 200℃，可在 －75 ~ 140℃条件下长期使用；用于热水输送管路中，既清洁又无毒，不腐蚀，承压能力最高可达 2MPa。

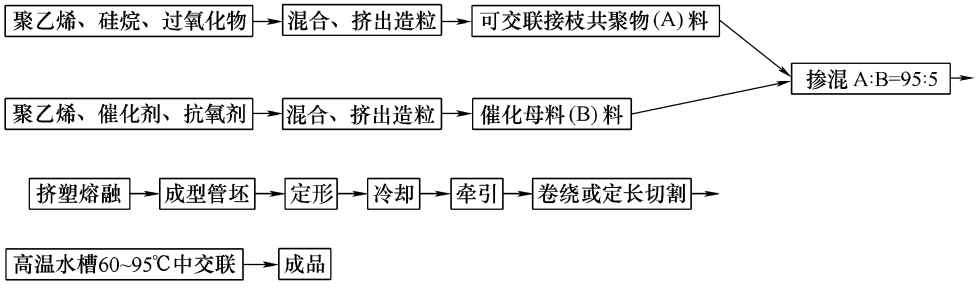
1）交联聚乙烯生产方式。工业上常用的交联聚乙烯方法，有辐射交联聚乙烯、过氧化物交联聚乙烯和硅烷交联聚乙烯。目前，交联聚乙烯管成型应用较多的方法是硅烷交联成型聚乙烯管。因为硅烷交联与前两种方法比较，具有设备投资少、生产效率高、成本低、工艺简单、不受产品形状、尺寸限制等优点。

2）硅烷交联聚乙烯管成型特点。硅烷交联方法成型交联聚乙烯管，成型工艺中主要有聚乙烯-硅烷熔融接枝反应和硅烷接枝聚乙烯的水解缩合反应。聚乙烯-硅烷接枝反应是在挤出机中挤塑原料呈熔融态过程中得到；硅烷接枝聚乙烯的水解缩合反应是在交联罐中完成。

硅烷接枝和管子成型工艺可分为一步法和两步法。一步法成型工艺需要专用反应型挤出机，对挤出反应中的工艺条件和操作控制要求比较严格。这种生产交联聚乙烯管方法适合于大型企业生产应用。两步法成型硅烷交联聚乙烯管，是在专业厂把原料组合、反应接枝后挤出造粒，然后由普通塑料制品厂用挤塑聚烯烃料通用型挤出机挤塑成型管材。这种方法成型硅烷交联聚乙烯管，成本要高些。

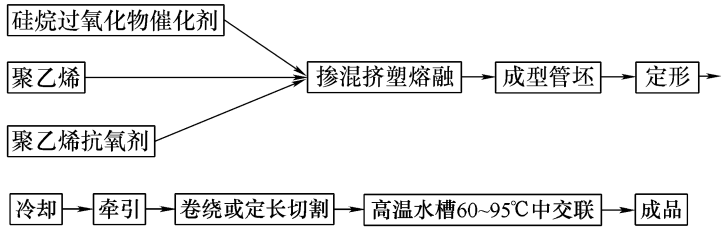
3）硅烷交联聚乙烯管生产工艺顺序。硅烷交联聚乙烯管成型生产工艺顺序安排分两步法和一步法工艺流程。

① 两步法。



硅烷交联聚乙烯管成型采用两步法，是先用两台挤出机分别生产出聚乙烯硅烷接枝料（A）和催化母料（B）。然后按质量份数 A 料用 95 份、B 料用 5 份的比例掺混均匀（注意这两种料必须干燥，不宜长时间存放），料混合温度约 80℃。把混合均匀料直接投入挤出机中熔融、成型。

② 一步法。



硅烷交联聚乙烯管成型采用一步法，是把聚乙烯、硅烷交联剂、过氧化物、催化剂和抗氧剂等一起混合，加入到同一台挤出机中，将接枝聚合、成型、交联各工序一次完成生产。一步法生产的交联聚乙烯管制品的交联度比两步法有所提高。

4）硅烷交联聚乙烯管成型用料选择。硅烷交联聚乙烯管成型用料配方方案有多种。下面分别举出一步法和两步法生产硅烷交联聚乙烯管用料配方例，供应用时参考。

① 一步法成型硅烷交联聚乙烯管用料配方。主料聚乙烯用高密度聚乙烯 HDPE（密度为 0.95g/cm^3 左右，熔体流动速率 MFR = 7g/10min）100 份（质量份，后同），接枝单体乙烯基三乙氧基硅烷（VTES）1.8 份，引发剂过氧化二异丙苯（DCP）1.5 份，催化剂二月桂酸二丁基锡 0.1 份，抗氧剂（1010）0.2 份，抗氧剂硫代二丙酸二月桂酯（DLTP）0.3 份，为提高熔融料的流动性，适当加入些流动改性剂。

② 两步法成型硅烷交联聚乙烯管用料配方。

a. 接枝料（A）配方。主料聚乙烯采用低密度聚乙烯 LDPE（密度为 0.919g/cm^3，熔体流动速率 MFR = 0.3g/10min）100 份，接枝单体乙烯基三乙氧基硅烷（VTES）2 份，引发剂过氧化二异丙苯（DCP）0.15 份。

b. 催化母料（B）配方。主料聚乙烯采用低密度聚乙烯 LDPE（密度为 0.919g/cm^3，熔体流动速率 MFR = 0.3g/10min）100 份，引发剂过氧化二异丙苯（DCP）0.25 份，催化剂二月桂酸二丁基锡 2.5 份。

5）设备条件。两步法成型硅烷交联聚乙烯管工序中的造粒用挤出机，可选用同向旋转双螺杆挤出机（规格：螺杆直径 ϕ57mm，中心距 48mm，工作转速 30 ~ 40r/min）。

原料的挤塑熔融、成型管坯可用挤塑聚烯烃料通用型单螺杆挤出机，工作难度比挤塑低密度聚乙烯管工艺控制要大些。

一步法成型硅烷交联聚乙烯管，需要用专用反应型挤出机。反应型挤出机挤塑成型硅烷交联聚乙烯管，工作时它既要把原料熔融塑化，还要把聚乙烯接枝硅烷。反应型挤出机中螺杆的结构要求：螺杆的长径比较大，一般在 30 左右；加料段适当加长，均化段螺纹不能太深，螺纹的工作面要尽量光滑，使熔料运行通畅、阻力小，不能对原料运行产生阻滞现象；均化段要求不宜过深是为防止对接枝物有过大剪切而提高交联。

生产实践中证明，专用反应型挤出机的螺杆的螺纹部分，应分出四段功能段，即加料段、塑化段、均化段和反应段（也可叫接枝段）。这四段螺纹的特点：加料段比普通型螺杆的加料段长，压缩比相对比普通螺杆略大些，均化段的螺纹槽比普通螺杆的均化段螺纹槽深些，而最后的反应段螺纹槽要更深些。这样的螺杆结构是为了让熔融反应略减压挤出。螺杆的塑化段应采用分离螺纹，还可设混炼元件，以加速原料在机筒内的熔融。机筒的加料段内壁应开有纵向沟槽，来增加原料的运行摩擦力，方便固体原料在此段的输送，向前运行。

反应段在均化段后面，既要把螺纹槽稍作加深，还要有足够的长度。螺纹槽加深，既能

使熔料减压，又能使反应更均匀；减压的熔料又降低了剪切速率，而使熔料由于剪切速率的降低而不易升温，避免了熔料的热分解；反应段的加长是为了反应完全，也增加了熔料在反应段的停留时间。

管成型用模具采用直通式模具结构。成型的管坯采用真空冷却定径方式。定形后的管材采用水喷淋方式为管材继续降温。

交联反应罐结构与交联反应采取的方法有关。结构形式可分为管内热水循环交联、蒸汽交联、浸热水交联和蒸汽-热水组合式交联。蒸汽交联是用电阻加热水箱内的水，产生蒸汽交联。蒸汽-热水组合式交联是管的内、外壁都能与水充分接触，并处于蒸汽包围中，这种交联效果较好，效率也高，能耗最低。交联罐内温度由控温系统自动控制，水箱内水能够自动补充。

南京橡塑机械厂现在能生产 PE-X 管专用挤出机，规格有 SJ65 型和 SJ90 型，螺杆的长径比 $L/D=30$。

6）硅烷交联聚乙烯管成型工艺。

a. 硅烷交联聚乙烯管成型两步法工艺温度。造粒用挤出机工艺温度控制，是指同向旋转双螺杆挤出机，当工作转速为 35r/min，螺杆直径为 57mm 时，机筒的温度控制（由进料口至出料口）大致可分为 5 段温度区，即 160 ~ 180℃，180 ~ 195℃，190 ~ 195℃，190 ~ 200℃，180 ~ 190℃。

原料由挤塑聚烯烃类料用普通型单螺杆挤出机时，机筒的工艺温度控制，可参照低密度聚乙烯管挤出成型工艺温度。

b. 硅烷交联聚乙烯管成型一步法工艺温度。硅烷交联聚乙烯管成型，采用一步法生产时，需要用专用反应型挤出机，机筒的加热工艺温度（由进料口至出料口）段，大致可分为三段：即加料段为 150 ~ 170℃，塑化段为 180 ~ 200℃，均化和交联段为 210 ~ 220℃。

c. 交联反应罐工艺温度。交联反应罐内温度控制范围为 65 ~ 95℃，交联聚乙烯管在罐内水解缩合交联过程中，需要适当的温度和湿度；交联反应时间由管材的壁厚决定，一般每毫米需时间不少于 2h。

7）硅烷交联聚乙烯管挤出成型注意事项。

① 一步法成型交联聚乙烯管时，用原料的含水量不允许超过 0.0002%，所以，树脂在投入挤出机前要进行干燥处理。

② 两步法成型交联聚乙烯管用接枝料和催化母料，不许长时间贮存；两种料在 80℃左右温度中混合后应立即投入挤出机中生产。

③ 生产用各种原料的用料量，按配方规定比例、精确计量。

④ 一步法成型硅烷交联聚乙烯管时，原料在专用反应型挤出机内挤塑熔融，停留时间要严格控制在 1.5 ~ 3min 范围内。停留时间过长，会造成聚乙烯在挤出机中产生预交联，而使熔料挤出困难，无法成型管坯。时间过短，熔料在挤出机中反应不充分，使交联聚乙烯管的交联度不够，管材的工作寿命降低，性能也有所改变。

（8）交联聚乙烯热收缩管　交联聚乙烯热收缩管是把聚乙烯经过交联改性后，再将其扩张定形的一种制品。应用时，把这种管再加热在一定的温度条件下，它具有加热收缩的特性。

利用交联聚乙烯热收缩管的加热收缩特点，把这种管用来做电线电缆的接头保护套，电

气仪表的绝缘保护套，石油化工管道的接头保护套管。另外，还可做球杆、鱼竿手柄的包覆套管等。应用时，把这种塑料管套在需要的保护处，经加热后，这种管就紧密包覆在应用处，非常方便，而且还安全可靠。

1）原料。交联聚乙烯热收缩管是采用硅烷交联聚乙烯生产成型，主要原料是用低密度聚乙烯（一般密度≥0.918g/cm^3、熔体流动速率 MFR = 1.5 ~ 3g/10min）。硅烷可以用乙烯基三甲氧基硅烷（VTMS）、乙烯基三乙氧基硅烷（VTES）、乙烯基三（2-甲氧基乙氧基）硅烷（VTMES）以及 3-甲基丙烯酰氧基丙基三甲氧基硅烷（VMMS）等，其中以 VTMS 水解速度最快。硅烷在配方中的用量，一般控制在 1% ~3%。用量过多，制品表面起霜、强度下降；用量偏少、接枝不均匀，需要增大 DCP 的用量或提高反应温度，即增加原料在机筒中的交联度。

硅烷交联聚乙烯热缩管成型用料配方举例如下，可供应用时参考。

① 通用型硅烷交联聚乙烯热收缩管用料配方。低密度聚乙烯 LDPE（密度 0.922g/cm^3，熔体流动速率 MFR = 2g/10min）100 份，过氧化二异丙苯（DCP）0.03 份，乙烯基三乙氧基硅烷（VTES）2 份，二月桂酸二丁基锡（DBTL）0.125 份，抗氧剂 1010 0.13 份，抗氧剂硫代二丙酸（DSTP）0.25 份，润滑剂和紫外线吸收剂适量。

② 硅烷交联聚乙烯热收缩电缆护套管用料配方。低密度聚乙烯 LDPE（密度 0.922g/cm^3，熔体流动速率 MFR = 2g/10min）100 份，过氧化二异丙苯（DCP）0.05 份，乙烯基三乙氧基硅烷（VTES）2 份，二月桂酸二丁基锡（DBTL）0.13 份，抗氧剂 1010 0.1 份，抗氧剂硫代二丙酸（DSTP）0.35 份，炭黑 2.6 份，润滑剂和紫外线吸收剂适量，三氧化二锑（Sb_2O_3）适量。

③ 硅烷交联聚乙烯阻燃型热收缩管用料配方。低密度聚乙烯 LDPE（密度 0.922g/cm^3，熔体流动速率 MFR = 2g/10min）100 份，乙烯基三乙氧基硅烷（VTES）2 份，过氧化二异丙苯（DCP）0.04 份，二月桂酸二丁基锡（DBTL）0.13 份，抗氧剂 1010 0.13 份，抗氧剂硫代二丙酸（DSTP）0.25 份，十溴二苯醚（FR-10）3 份，六溴环十二烷（HBCD）7 份，三氧化二锑（Sb_2O_3）4 份，润滑剂和紫外线吸收剂适量。

2）工艺。硅烷交联聚乙烯热收缩管的成型生产工艺条件与硅烷交联聚乙烯管的成型生产工艺条件完全相同。不同之处只是在硅烷交联聚乙烯管挤出成型交联工序之后，再续加一道扩管工序，即可完成此种管的生产。

硅烷交联聚乙烯热收缩管的生产工艺顺序及挤出成型中各种工艺参数条件可完全按照硅烷交联聚乙烯管成型时各工艺参数条件生产。

硅烷交联聚乙烯热收缩管的扩管定型工序，是在聚乙烯挤出成型，再经交联成为交联聚乙烯管后进行。这种管的扩管定形生产工艺比较简单。如果是采用间断式扩管定形方式，只要把管加热至软化点温度，然后把扩张杆用钢丝牵引进入管内（一般扩张杆直径是被扩管直径的两倍左右），则管被比自己内径大的扩张杆胀大。此时，把管冷却定形。然后把扩张杆从被扩塑料管内拉出，完成了管的扩张定形。间断式扩管装置如图 6-37 所示。

如果扩管生产工艺需要连续进行，可按图 6-38 所示的方式扩管。生产时，被扩管在密闭器内被加热软化（这里要注意控制被扩管的内外压力平衡）后进入定径套内，而定径套内径比被扩管外径尺寸大（一般大一倍左右），则管内压缩空气把管吹胀（定径套开有排气口），紧贴在定径套内壁面上；定径套内通有循环冷却水，把吹胀的塑料管冷却定形，完成

硅烷交联聚乙烯热收缩管的扩管生产。

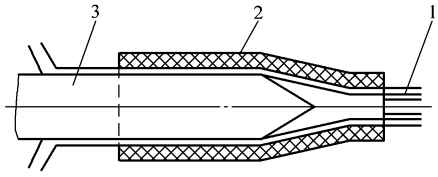


图 6-37　间断式扩管装置

1—牵引加热钢丝束　2—塑料管　3—扩张杆

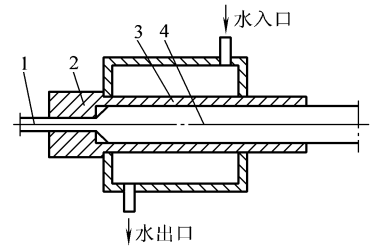


图 6-38　连续式扩管装置

1—塑料管　2—定径套入口部位

3—定径套　4—扩径后塑料管

目前，国内还没有硅烷交联聚乙烯热收缩管的质量标准。表 6-28 中是部分企业生产交联聚乙烯热收缩管的规格尺寸，可供生产参考。表 6-29 列出日本产聚乙烯热收缩管性能。

表 6-28　交联聚乙烯热收缩管规格

规　格	产品内径(最小)/mm	加热收缩后内径(最大)/mm	壁厚/mm
3/64	1.2	0.61	0.40 ±0.08
1/16	1.6	0.8	0.43 ±0.08
3/32	2.4	1.2	0.51 ±0.08
1/8	3.2	1.6	0.51 ±0.08
3/16	4.8	2.4	0.51 ±0.08
1/4	6.4	3.2	0.64 ±0.08
3/8	9.5	4.8	0.64 ±0.08
1/2	12.7	6.4	0.64 ±0.08
3/4	19.1	9.5	0.76 ±0.08
1	25.4	12.7	0.89 ±0.12
1½	38.1	19.1	1.02 ±0.15
2	50.8	25.4	1.14 ±0.16

表 6-29　交联聚乙烯热收缩管的一般性能

项　目	测试方法	数　值
颜色		5 ~7 种
密度/(g/cm^3)	ASTM D792	1.24
拉伸强度/MPa	ASTM D638	15
断裂伸长率(%)	ASTM D638	400
断裂伸长率(175℃,168h)(%)		360
介电强度/(kV/in)		900
体积电阻率/Ω·cm	ASTM D876	5×10^{16}
介电常数		2.8
吸水率(%)		0.10
耐腐蚀性(铜片试验)		无腐蚀
耐燃性	UL-224	自熄

(9) 低密度聚乙烯管　低密度聚乙烯管的刚性、耐压性与高密度聚乙烯管比较，都比较差，所以不宜作为承压管使用，一般多用于农业排灌管、电器绝缘护套管或小直径饮用水管等。

1) 原料选择。原料密度为 0.920 ~0.922g/cm^3，熔体流动速率为 0.2 ~2g/10min。如中

国石化广州石油化工公司的 DG-DB2463BK-3 和中国石油大庆石化公司的 21A（D2022）。

2）工艺温度。机筒温度（从加料段至均化段）为 90 ~ 100℃、100 ~ 140℃、140 ~ 160℃。成型模具温度为 140 ~ 160℃。

3）低密度聚乙烯管成型及使用注意事项。

① 输液管的工作温度不宜超过 45℃。

② 管的质量应符合标准 QB/T 1930—2006 的规定。饮用水管的卫生指标应符合标准 GB 9687—1988 的规定。

③ 挤塑低密度聚乙烯时螺杆可不用降温冷却。

④ 成型后的管坯要缓慢冷却降温，以避免管材表面无光泽，产生应力集中及管内壁出现竹节状等质量问题。

（10）聚乙烯铝塑复合管　在国内，聚乙烯铝塑复合管是近几年才开始用于采暖和供水的。它是一种由塑料经挤出机塑化挤出后，与铝管（或铝合金管）复合成为一体的新型管材。由于这种复合管是用铝片与塑料复合成型（结构如图 6-39 所示），所以它具有两种材料的综合性能，耐腐蚀、无毒、刚柔适中、质轻、可弯可直，但圆周几何形状不变，耐高压、耐高温，而且保温性好，可在 -50 ~ 110℃介质环境中长期工作而不变质、不变形。

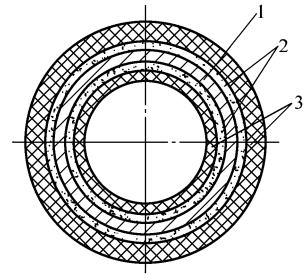


图 6-39　铝塑复合管的结构组成

1—铝管　2—粘接料层

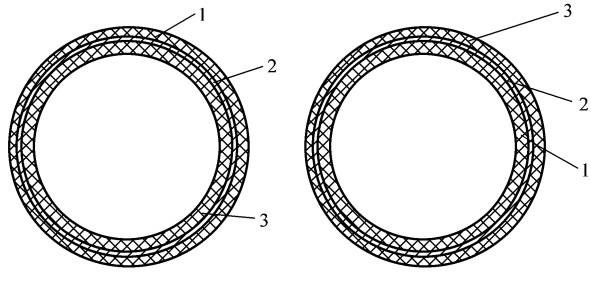
3—聚乙烯塑料层

复合管中的聚乙烯塑料层是高密度聚乙烯或交联高密度聚乙烯（交联高密度聚乙烯树脂成型复合管适用于高温、高压场合）。复合管中的铝管用铝片或锰铝合金片，经缠绕成管形后焊接成型。铝管的缠绕焊接成型方法有两种：一种是由铝片缠绕成搭接焊缝，用超声波焊机焊接；另一种是由铝片缠绕成对接焊缝，用惰性气体或激光焊接。目前，铝片焊接管规格见表 6-30。

表 6-30　铝片焊接管规格

管外径/mm	14	16	18	25	32
管内径/mm	10	12	14	20	26
壁厚/mm	2.0	2.0	2.0	2.5	3.0
管长(卷)/m	100				

1）搭接式焊接铝管的复合成型工艺顺序。铝片搭接成管形式如图 6-40 所示。



a）　　b）

图 6-40　铝片卷管后的焊接形式

a）搭接式　b）对接式

1,3—聚乙烯层　2—铝管

搭接焊铝管复合铝塑管工艺顺序如图 6-41 所示。

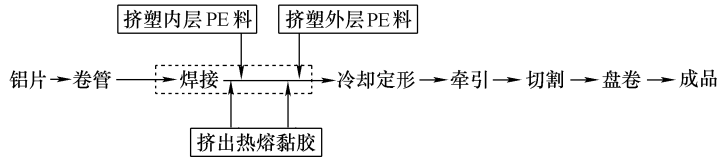


图 6-41　搭接焊缝铝塑复合管成型工艺顺序

工艺顺序中的虚线框为复合铝塑管用成型模具内完成组合管的顺序。铝塑管复合成型模具结构示意如图 6-42 所示。

搭接式铝塑复合管成型工艺顺序方法主要依靠成型模具。从图 6-42 中可以看出，模具体有 4 个进料孔，分别与两台挤塑 PE 熔料的挤出机和一台挤出热熔黏胶料的挤出机相通。铝塑管在模具内的成型工作顺序如下。先把进入模具内的铝带管搭缝用超声焊机焊牢，成型铝管，然后把热熔黏胶涂覆在铝管的内壁上，再把 PE 熔料涂覆在铝管内壁的黏胶层外，成型铝管内壁 PE 塑料层。随着涂覆好铝管的内壁塑料层管向模具口方向的移动，又将铝管外层黏胶和 PE 熔料顺次分别涂覆在铝管的外壁表面，然后移动推出模具口，经冷却定形成为铝塑复合管。

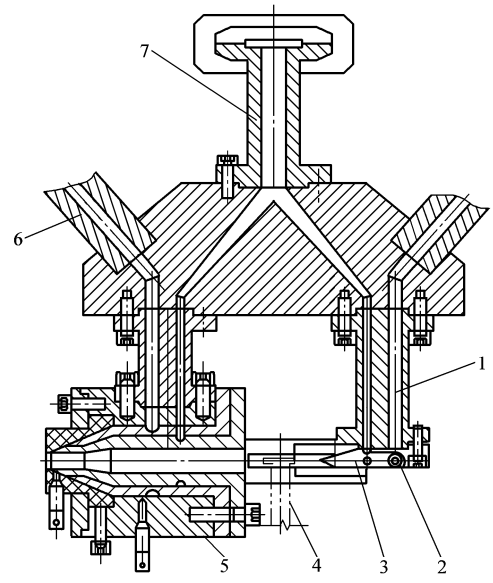


图 6-42　铝塑管复合成型模具结构示意

1—管内层 PE 熔料输入孔　2—复合管内层 PE 熔料用模具　3—铝片成型管装置　4—焊机　5—复合管外层 PE 熔料用模具　6—管外层 PE 熔料输入孔　7—热熔黏胶输入孔

2）对接焊缝铝塑复合管成型工艺顺序。铝片对接焊缝成管形式如图 6-43 所示。

对接铝管的加工与搭接铝管焊缝成型铝塑管的不同之处：先把 PE 料用挤出机挤塑成型铝塑复合管的内管，经冷却定形后，外圆涂覆黏胶剂，然后把铝片卷绕在 PE 塑料管的外圆上，再用激光焊焊牢铝片对接缝（注意，铝片管缠绕在内层 PE 塑料管外圆时，尺寸要比 PE 塑料管外圆略大些），铝缝焊完后再缩管，使其与 PE 内管接触牢固。按此方法在铝管外圆上涂覆黏胶层和 PE 熔料层，则成型铝塑复合管。

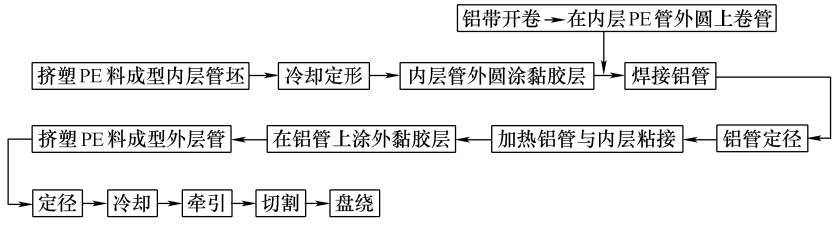


图 6-43　对接焊缝铝塑复合管成型工艺顺序

3）铝塑复合管质量。铝塑复合管的质量要求应符合国家城镇建设行业标准《铝塑复合

压力管（搭接管）》（CJ/T 108—1999）的具体规定。铝塑复合管的规格尺寸规定见表 6-31。铝塑复合管的工作温度及工作压力规定见表 6-32。

表 6-31　铝塑复合管基本结构尺寸　（单位：mm）

尺寸规格①	外径		推荐内径	壁厚		外层 PE 最小壁厚	内层 PE 最小壁厚	铝材最小厚度
	最小值	偏差		最小值	偏差			
0912	12	+0.30	9	1.60	+0.40	0.7	0.40	0.18
1014	14	+0.30	10	1.60	+0.40	0.8	0.40	0.18
1216	16	+0.30	12	1.65	+0.40	0.9	0.40	0.18
1620	20	+0.30	16	1.90	+0.40	1.00	0.40	0.23
2025	25	+0.30	20	2.25	+0.50	1.10	0.40	0.23
2632	32	+0.30	26	2.90	+0.50	1.20	0.40	0.28
3240	40	+0.40	32	4.00	+0.60	1.80	0.70	0.35
4150	50	+0.50	41	4.50	+0.70	2.00	0.80	0.45
5163	63	+0.60	51	6.00	+0.80	3.00	1.00	0.55
6075	75	+0.70	60	7.50	+1.00	3.00	1.00	0.65

① 可根据用户需要，由供需双方商定其他系列规格。

表 6-32　铝塑复合管的环境温度、工作温度及工作压力

用途	环境温度/℃	工作温度/℃	工作压力/MPa
冷水用铝塑复合管	-40～60	≤60	≤1.0
热水用铝塑复合管	-40～95	≤95	≤1.0
燃气用铝塑复合管	-20～40	≤40	≤0.4
特种流体用铝塑复合管	-40～60	≤60	≤0.5

（11）矿用聚乙烯管

1）原料。聚乙烯管代替钢管用在煤矿井下，作排水、风管和瓦斯抽放管等，耐腐蚀、质量轻、方便安装。为了使其具有阻燃和抗静电等安全性能，在聚乙烯树脂中还需加入阻燃剂和抗静电剂等辅助料。矿用聚乙烯管成型用料配方组合实例（仅供参考）如下：

低密度聚乙烯（LDPE，MFR = 2g/10min，密度 0.912g/cm^3）40 份，线型低密度聚乙烯（LLDPE、MFR = 1g/10min、密度 0.92g/cm^3）60 份，抗静电剂（HZ—1）0.6 份，阻燃剂（Sb_2O_3）适量，2—稳定剂（UV—531）1 份，轻质碳酸钙（$CaCO_3$ 细度 3μm）5 份，炭黑适量。

2）设备。聚乙烯矿用管挤出成型和普通聚乙烯管挤出成型用挤出机相同，只需用通用型单螺杆挤出机挤出成型管材。由于矿用聚乙烯管成型用料是由主、辅料多个品种组成，这些材料需先经混合，挤出造料后才能挤出成型管材。具体生产工艺顺序：把矿用 PE 管配方中各种主、辅料按比例要求计量→掺混加入混合机内→挤出造粒→挤出成型管坯→冷却定形→牵引→成品卷盘。

主要设备：高速混合机一台，单螺杆挤出机一台，挤出造粒机一台。

3）工艺。挤出成型管材机筒工艺温度，从加料段至均化段分别是 115～125℃、130～155℃、150～170℃。

成型模具温度：165～175℃。

低密度聚乙烯和线型低密度聚乙烯共混改性矿用管性能技术指标要求见表 6-33。

表 6-33 LDPE/LLDPE 共混改性矿用管性能指标

项　目	技术指标	项　目	技术指标
拉伸强度/MPa	≥8.34	落锤冲击试验	无裂缝,不破坏
断裂伸长率(%)	≥200	表面电阻/Ω	$\leqslant 10^9$
扁　平	不破坏	酒精喷灯燃烧试验	
液压试验(二倍使用压力)	不破坏	有焰燃烧时间总和/s	≤18
		无焰燃烧时间总和/s	≤120

6.4.4 聚丙烯管成型工艺

聚丙烯管是以聚丙烯树脂为主要原料，采用单螺杆挤出机挤出成型。聚丙烯塑料管具有质轻、无毒、耐酸、耐化学物质腐蚀等特点，与聚乙烯管比较，其坚韧性、耐热性能和耐环境应力开裂性能比聚乙烯管好，一般可在不大于 110℃低负荷条件下长时间应用。

聚丙烯管主要应用在给水、排水、农田灌溉和各种化工液体、气体的输送管及热交换管、太阳能加热器管等。

1. 聚丙烯管挤出成型工艺

① 原料选择。挤塑聚丙烯管用树脂，要求其熔体流动速率在 0.2 ~ 3g/10min 范围内。生产时可参照表 1-52 按管材用途选择 PP 管挤出成型用料牌号。

② 聚丙烯管挤出成型生产工艺顺序：PP 料开袋检查质量→挤出机把原料熔融塑化→模具成型管坯→真空定径套为管坯降温定径→真空喷淋为管材降温→管材继续冷却降温→牵引管材运行→切割或盘卷→检查管材质量→管材包装入库。

③ 设备选择。用普通型单螺杆挤出机。螺杆结构为等螺纹距不等深渐变型，长径为(20 ~ 30)∶1，压缩比为（2.5 ~ 4)∶1。

成型模具结构多为直通式，芯轴定形平直部分长 $L=(2\sim5)D$（D 为管材的直径，直径小时取大值，管材直径大时取小值)。定径套的内径 $d=D/(1-\delta)$（D 为管材直径，δ 为管材收缩率，一般 $\delta=2.7\%\sim4.7\%$)。

④ PP 料挤出成型管用工艺温度。机筒加料段 150 ~ 165℃，塑化段 170 ~ 180℃，均化段 190 ~ 220℃。成型管用模具温度 190 ~ 220℃。

2. 聚丙烯管挤出成型注意事项

聚丙烯管的挤出成型生产质量与下列条件影响有关，生产要注意适当地控制。

① 为改进聚丙烯管的耐老化性能，要求聚丙烯树脂在聚合过程中要添加抗氧剂，在室外应用的聚丙烯管用树脂中还应添加紫外线吸收剂。

② 注意 PP 树脂熔融温度（170℃左右）控制，应平稳、波动小。

③ 管坯成型采用内压法定径时，压缩空气的压力控制在 0.02 ~ 0.05MPa 范围内；采用真空定径时，一般取真空度在 -0.09 ~ -0.06MPa 范围内。

④ 注意管坯挤出成型模具口时的速度和牵引速度的关系，一般牵引机牵引冷却定形后的管材速度比管坯挤出模具口时的速度快 1% ~5%。

⑤ PP 管的挤出成型应尽量采用真空定径方法。采用这种生产定径方式管材成型质量较有保证。定径套长约是管材直径的 4 倍（小直径管取值大些，大直径管材取值小些)。

3. 聚丙烯管挤出成型实例

（1）聚丙烯给水管　聚丙烯给水管是指人们日常生活中使用的饮用水管，它的挤出成型工艺如下：

1）原料。挤塑聚丙烯水管应选用熔体流动速率 MFR = 0.2 ~ 0.4g/min 的原料。如中国石油盘锦乙烯有限公司生产的 R240、抚顺石油化工公司生产的 D60P 等 PP 树脂牌号，均可挤出成型 PP 供水管。

2）设备。与 6.4.4 节“1. 聚丙烯管挤出成型工艺”设备条件相同。

3）工艺。与 6.4.4 节“1. 聚丙烯管挤出成型工艺”工艺条件相同。

4）质量。聚丙烯给水管的质量要求应符合标准 GB 1929—2006 的规定。

（2）改性聚丙烯给水管　改性聚丙烯是指将聚丙烯树脂通过物理或化学的方法，使其性能发生预期的变化，或赋予材料新的功能而得到的树脂。用改性聚丙烯为主要原料所生产的管材为改性聚丙烯管。这种改性聚丙烯管材除了具有聚丙烯管材的耐酸、耐碱、耐化学腐蚀、耐热性能较好外，还具有耐低温冲击性、耐老化性和耐光性能。

改性聚丙烯管材的用途和普通聚丙烯管材用途相同，用于给水、化工液体和气体的输送，农业用排灌、热交换管和太阳能热交换器管等，但其各项性能指标优于普通聚丙烯管。

1）原料。改性聚丙烯管应选用熔体流动速率为 0.2 ~ 0.5g/10min 的 PP 树脂为主要原料，改性高聚物辅助料应与聚丙烯树脂相容性好，并能弥补聚丙烯树脂的某些不足，一般多用低密度聚乙烯树脂、乙丙橡胶和聚丁二烯橡胶及热塑性弹性体等。参考应用配方如下：

配方一（质量份）：

聚丙烯树脂（PP）	100	四季戊四醇酯（抗氧剂 1010）	0.5
低密度聚乙烯树脂（LDPE）	15	硫代二丙酸二月桂酯（DLTP）	0.5
碳酸钙（$CaCO_3$）	30		

配方二（质量份）：

聚丙烯树脂（PP）	100	四季戊四醇酯（抗氧剂 1010）	0.5
聚丁二烯橡胶（BR）	15	硫代二丙酸二月桂酯（DLTP）	0.5
碳酸钙（$CaCO_3$）	25	炭黑	0.5

2）原料配混造粒。从改性聚丙烯用料组合配方中知道，由于配方中辅助料聚丁二烯橡胶与其他种辅助料（LDPE、$CaCO_3$ 等）的性能有较大差别，所以，原料的配混造粒工作应分两次分别进行，具体生产工艺顺序如下：

聚丙烯树脂 +LDPE+$CaCO_3$+ 其他助剂 → 高速混合 →
聚丁二烯橡胶在开炼机上混炼成片 → 切粒 → 混合 → 挤出造粒

改性聚丙烯管成型用料的准备。首先把聚丙烯树脂、低密度聚乙烯和其他助剂按用料配方条件计量，在混合机中均匀混合。将聚丁二烯橡胶在开炼机上塑炼成片，然后切粒，按配方要求，把聚丁二烯均匀粒料计量后加入聚丙烯混合料中再混合均匀。把混合料投入挤出机混炼造粒。这种混合粒料即可挤塑成型改性聚丙烯管。

改性聚丙烯管用于输送饮用水时，其成型用料性能要求见表 6-34。

表 6-34 给水管专用料的性能

项 目	测试结果	测 试 方 法
密度/(g/cm³)	0.924	ISO 1183
熔体流动速率/(g/10min)	0.412	ISO 1133
拉伸屈服强度/MPa	26.5	ISO 527
断裂伸长率(%)	476	ISO 527
缺口冲击强度/(kJ/m²)		
常温	21.9	ISO 178
-20℃	2.1	ISO 179
洛氏硬度(HRR)	57	ISO 2039.2
硬度(邵氏 D)	70	ISO 808
热变形温度/℃	127.4	ISO 75
维卡软化点/℃	139.8	ISO 306
熔点/℃	143.3	ASTM D 3418
线膨胀系数(30~90℃)/K⁻¹	1.6×10^{-4}	GB/T 1036
热导率/[W/(m·K)]	0.23	GB/T 10297

3）设备与工艺。采用单螺杆挤出机挤塑成型改性聚丙烯管时，对螺杆的结构无特殊要求，可用挤塑普通聚丙烯树脂用螺杆。机筒各段工艺温度：加料段为 140~160℃，塑化段为 170~190℃，均化段为 190~210℃。成型模具温度为 210~230℃。

4）应用参考实例

① 原料组合配方。聚丙烯粒料（C4220，北京燕山石化有限公司产，熔体流动速率 0.3~0.4g/10min）100 份，乙烯-醋酸乙烯粒料（E/VAC 法国阿托公司产，熔体流动速率 1g/10min）3 份，EPDM 粒料（兰州石化公司产，熔体流动速率 0.14g/10min）3 份，接枝共聚物粒料（熔体流动速率 0.9~1.5g/10min）4.5 份，碳酸钙（$CaCO_3$）5 份，另外还有抗氧剂、光稳定剂、硬脂酸钙等辅助料可酌情适量加入。

② 改性聚丙烯给水管挤出成型工艺及操作注意事项。

a. 把主料聚丙烯和辅助料按配方要求计量后掺混在一起，用混合机搅拌均匀。

b. 原料混合均匀后用挤出机混炼塑化（熔料温度在 200~215℃之间）熔融后挤出造粒。

c. 改性聚丙烯给水管的挤出成型应选用螺杆长径比大于 30:1 的分离型（BM）螺杆结构，挤出成型 PP 管时的熔料温度在 190~220℃范围内。

5）改性聚丙烯管质量。改性聚丙烯管的质量要求与普通聚丙烯管的质量要求相同，各项性能指标和规格尺寸应符合标准 GB 1929—2006 的规定。

聚丙烯管用于饮用水输水管时，其制品应符合标准 GB 9688—1988 规定的卫生性能指标要求，见表 6-35。输送水温度应不超过 95℃。

管材的外观质量要求，内外壁应光滑、平整，不允许有气泡、裂纹、分解变色线及较明显的沟槽、凹陷坑和杂质等现象。管材标准长为 4m。

表 6-35　给水（饮用水）用聚丙烯管的卫生理化指标（GB 9688—1988）

项　　目		指标	项　　目	指标
蒸发残渣/(mg/L)			重金属(以 Pb 计)/(mg/L)	—
4% 乙酸,60℃ ×2h	≤	30	4% 乙酸,60% ×2h≤	
正己烷,20℃ ×2h	≤	30	脱色试验	
			冷餐油或无色油脂	阴性
高锰酸钾消耗量/(mg/L)			乙醇	阴性
水,60℃ ×2h	≤	10	浸泡液	阴性

（3）无规共聚聚丙烯管　聚丙烯按照其分子中—CH_3 基团在空间排列情况，可分为等规聚丙烯和无规聚丙烯。无规共聚聚丙烯是以共聚聚丙烯为基体，经乙烯改性而成的一种树脂，是继均聚聚丙烯（PP-H）和嵌段共聚聚丙烯（PP-B）之后开发的一种新型树脂，简称 PP-R。

1）无规共聚聚丙烯树脂性能。无规共聚聚丙烯树脂，国内已经能够生产，但性能指标和生产条件还需加强完善。生产 PP-R 管材用原料性能，应达到表 6-36 性能指标要求。不同牌号的聚丙烯树脂性能比较见表 6-37。

表 6-36　无规共聚聚丙烯树脂性能

性　　能	测 试 方 法	指　　标
密度/(g/cm³)	ISO 1183 规定	0.9
熔体流动速率(230℃,21.2N)/(g/10min)	ISO 1133 规定	0.3
拉伸强度/MPa	ISO 527—2 规定	26
拉伸弹性模量/MPa	ISO 527—2 规定	806
邵氏硬度	ISO 868 规定	60
熔点/℃	ISO 3146—19 规定	131.3
比热容/[J/(kg·K)]	DSC 规定	2.0
热导率/[W/(m·K)]	DIN 52612 规定	0.21
缺口冲击强度/(kJ/m)		
23℃	ISO 179/1A 规定	22.9
-20℃		1.86

表 6-37　不同牌号的聚丙烯树脂性能比较

性　　能	1300 (PP-H)	8101 (PP-B)	M910 (PP-B)	RA130E (PP-R)	4220 (PP-R)	测试标准 (ASTM)
密度/(g/cm³)	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	D 1505
熔体流动速率/(g/10min)	1.50	0.37	0.33	0.25	0.36	D 1238
屈服强度/MPa	30.0	24.8	24.6	20.9	26.0	D 638
断裂强度/MPa	35.0	42.2	35.5	33.6	33.2	D 638
断裂伸长率(%)	500	620	630	713	707	D 638
弯曲强度/MPa	—	28.3	27.3	18.9	—	D 790
弯曲模量/MPa	1350	1081	1041	633	824	D 790
洛氏硬度(HRR)	90	79.6	71.2	64.8	79.4	D 785
维卡软化点/℃	—	155	148	—	—	D 1525
热变形温度/℃	105	90	—	70.9	84	D 648

用无规共聚聚丙烯树脂挤出成型的管材，除了具有聚丙烯管材的质量轻、无毒、耐腐蚀和较高的强度外，还有耐低温抗冲击性好、在高温条件的环向应力比其他种聚丙烯管材有更好的稳定性。在60℃、1.25MPa工作条件下，使用寿命可达50年以上。具有用于热水输送时保温效果好、管内壁光滑、液体流动阻力小等特点。但是，由于树脂的熔体流动速率低，熔料的黏性较大，这给树脂熔融后成型管材加工带来一定的难度。

2）无规共聚聚丙烯管成型用树脂条件。无规共聚聚丙烯树脂挤出成型管材用料，应选用乙烯含量为3%左右（质量）的无规共聚聚丙烯树脂，为颗粒状，密度在0.89～0.91g/cm^3范围内，相对分子质量较大，熔体流动速率（MFR）小于0.5g/10min。树脂的性能参数值应符合表6-36中的条件。

3）无规共聚聚丙烯管挤出成型用设备条件。无规共聚聚丙烯管的挤塑成型工艺路线与普通聚丙烯管的挤塑成型工艺路线相同。都是采用单螺杆通用型挤出机。原料经挤塑熔融后从成型模具中挤出成型，然后用真空定径方法降温定形，经过充分喷淋水对管材降温后，按规定长度切割。由此完成无规共聚聚丙烯管的挤塑成型生产工作。

由于无规共聚聚丙烯树脂的导热性较低，相对分子质量大，熔体流动速率低，即其树脂熔融态黏度较高，则其在挤塑过程中从晶体到高弹态，再到熔融黏流态，需要的热量会较多，即用电功率消耗较大；原料形态的转化过程对设备的结构要求也就有些特殊之处。

① 螺杆结构。螺杆结构为等螺距不等深渐变型，长径比大于30∶1，一般取长径比为33∶1。螺杆的均化段处设有屏障型混炼段；螺杆体内钻有中心孔，能通冷却水，以方便对螺杆的工作温度控制，保证进料段原料能顺利被螺杆螺旋推进前移。

② 机筒结构。机筒内孔工作面与普通机筒内孔工作面不同之处是进料段处开有均匀分布在圆周上的纵向沟槽，用以增加厚料与机筒内表面的摩擦力，提高原料进入机筒后向前输送的能力。纵向沟槽深度范围为1～3mm，长度值约是机筒内径的3～4倍。

③ 成型管用模具结构。无规共聚聚丙烯管成型应采用篮式或螺旋式结构成型模具（篮式结构模具如图6-9所示），熔料流道空腔不宜过大，压缩比在2.5∶1左右，定形段平直部分长度比普通聚丙烯管成型用定形段平直部分长度值大些，口模内径要比定径套内径略大些。注意芯轴的收缩角也不可过大。

④ 真空定径套和冷却水箱结构。无规共聚聚丙烯管坯用真空定径套长度比普通聚丙烯管坯的真空定径套的长度值大，具体长度应按管材直径大小来决定；比如，生产管的直径为30mm时，真空定径套的长度应不小于350mm。真空定径套内的真空度控制在－0.09～－0.06MPa范围内。真空套内的冷却循环水，温度应可调控，水温一般控制在35℃左右。喷淋水箱的长度比普通聚丙烯管冷却降温定形用水箱长；生产管直径为30mm时，喷淋水箱的长度应不小于6m；生产管直径为50mm时，喷淋水箱长度应不小于12m。喷淋水箱可分几段，这样对冷却水的温度控制也较方便。无规共聚聚丙烯管挤出成型生产线上，喷淋水箱长度最长可达30m。

喷淋水箱中的循环水温度，一般控制在17℃左右。各段水箱中的水温控制，从管坯定径后进入喷淋水箱开始，逐渐降低。

真空定径套的内径应比成型管材的外径尺寸略大些，但比成型模具中的口模内径略小些。

目前，国内生产无规共聚聚丙烯管挤出机生产线多数为引进设备，自动化程度高，用计

算机设定、记录及控制；加料口处装有电子秤计量，定径套后部设有远红外测量装置，测量管材的直径和壁厚尺寸，并可通过计算机设定、记录和修正管材尺寸的误差。

4）无规共聚聚丙烯管挤出成型工艺及操作条件。

① 挤出机的机筒温度控制各区段分别是：一区 185 ~ 200℃，二区 200 ~ 220℃，三区 220 ~ 240℃，四区 225 ~ 250℃，五区 230 ~ 250℃。

成型管用模具温度控制在 210 ~ 240℃范围内（此温度控制时，螺杆的工作转速在 30 ~ 45r/min 范围内）。

② 挤出成型模具的管坯温度还很高，如果出现管坯外径表面料与定径套进口处黏附现象时，定径套前应设置冷却水环套，循环水的温度可调。此处水温控制应以管坯降温至不粘模具为准。

③ 操作时注意管材的牵引速度与管坯挤出成型模具口的速度匹配；牵引速度偏快，管坯在真空定径套内降温定型不充分，会出现拉伸定向的现象，影响环应力，导致管材工作时耐压能力下降。

④ 冷却水槽中喷淋水温控制在 15 ~ 18℃范围内。水温过高，制品形成结晶颗粒大，则抗冲击性能下降；水温过低，管材定形后会产生较高的内应力，影响管材质量。

⑤ 生产中产生的废品料经粉碎、干燥和清洁处理后可直接在生产中掺入原料中应用。但掺混料量不应过大，以不超过 7% 为适宜，避免影响管材质量。

5）无规共聚聚丙烯管应用特点。无规共聚聚丙烯管应用在各种建筑工业中，用于输送冷热水时的最高使用温度可达 95℃，长期使用温度为 70℃；在工业生产中，可用于输送油和各种腐蚀性液体；在人们日常生活中，用做饮用水和农业灌溉中管路，无毒、不污染环境。使用寿命可达 50 年以上。

无规共聚聚丙烯管应用特点如下。

① PP-R 管体轻、无毒、耐腐蚀、强度好、不污染环境、使用时间长。

② PP-R 管与普通金属管比较，不锈蚀、耐磨损、不结垢、耐酸碱。

③ PP-R 管输送液体阻力小，输送热水保温性能好，可节省能源。

④ PP-R 管生产工艺与 PE 交联聚乙烯管生产工艺比较，生产设备比较简单，对生产环境无污染，操作也较容易，螺杆长期使用不用清洗。

⑤ PP-R 管路安装方法简单，采用同一种材料进行热熔接，安全可靠，方便快捷，应用工作可靠，密封性好。

6）冷、热水用聚丙烯管质量应符合标准 GB/T 18742.2—2002 的规定。

（4）高抗冲聚丙烯农田灌溉管　高抗冲聚丙烯农田灌溉管是一种质量轻、无毒、无锈蚀、耐高温而且又价廉的塑料管。在农田灌溉应用输水时，既可以承受较高的送水压力（承受压力最高可达 0.5MPa），又可承受一定的冲击载荷，是一种耐低温、耐老化性能较好，同时还具有一定的韧性和刚性，适合于农田灌溉用的管材。

1）高抗冲聚丙烯管挤出成型用料配方与混配造粒。

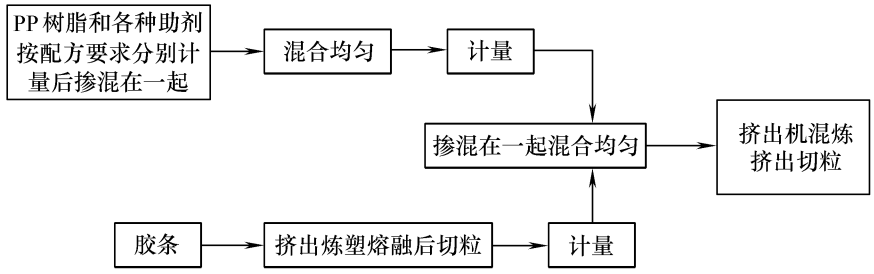
① 原料配方（质量份）。

例 1　聚丙烯粉料（熔体流动速率 0.5 ~ 1g/10min）100 份，高密度聚乙烯（HDPE，熔体流动速率 1g/10min，挤出级）15 份，顺丁橡胶 15 份，2-（2′-羟基-3′，5′-二叔丁基苯基）-5-氯代苯并三唑（UV-327）0.3 份，抗氧剂（124）0.3 份，炭黑 0.4 份，苯甲酸钠

0.5 份。

例 2　聚丙烯粉料（熔体流动速率 0.2 ~ 0.5g/10min）100 份，苯乙烯-丁二烯-苯乙烯共聚物（SBS）20 份，碳酸钙（$CaCO_3$，800 目）15 份，抗氧剂（124）0.5 份，光稳定剂（UV-327）0.3 份，炭黑及其他助剂适量。

② 原料配混造粒。原料配混造粒生产工艺顺序如下。



原料的配混造粒生产方法如下。

a. 把 PP 树脂和其他助剂按配方要求分别计量后加入捏合机中，捏合搅拌 30min 以上，原料混合均匀。

b. 选用等距不等深渐变型螺杆，长径比为 18∶1，压缩比为 3∶1 的单螺杆挤出机，机筒加热升温至（55 ±5）℃，用以挤塑胶条熔融、挤出后切粒（进入正常切粒后，机筒停止加热）。

c. 把 a 和 b 中处理过后的原料计量，掺混在一起，混合搅拌均匀后投入挤出机混炼塑化，挤出条状料入水冷却，再除水、风干、切粒。

如果按配方例 2 原料配混造粒，应先把碳酸钙在混合机中预热搅拌至 80℃，然后加入表面处理剂再搅拌 5min，达到表面处理剂熔融与 $CaCO_3$ 均匀混合，再加入 PP、SBS，使其在（55 ±5）℃条件下混合搅拌 3 ~ 4min，最后加入其他辅助料，并混合搅拌均匀。待混合料降温至 40℃后投入挤出机内混炼熔融、挤出切粒。

高抗冲聚丙烯挤出成型管材用料中不同 SBS 掺入量对聚丙烯共混物的性能影响见表 6-38。

表 6-38　PP 树脂中不同 SBS 掺入量对聚丙烯共混物的性能影响

配比（质量比）	PP/SBS	100	95/5	90/10	80/20	50/50
性能	落球冲击强度/(kJ/m²)					
	22℃	259	389	583	7842	7842
	-28℃	81	81	108	648	7842
	弯曲模量/10^3MPa	13.3	12.9	11.3	9.03	4.2
	洛氏硬度(R)	98	95	87	71	24

2）高抗冲聚丙烯管挤出成型。

① 设备选择。采用单螺杆通用型挤出机。螺杆结构为等距不等深渐变型，长径比 $L/D \geqslant 20:1$，压缩比为 3∶1；辅机牵引速度在 0.3 ~ 2m/min 范围内。

② 机筒工艺温度。加料段 140 ~ 160℃，塑化段 170 ~ 190℃，均化段 190 ~ 210℃。

成型模具温度 190 ~ 210℃。

6.4.5　其他几种热塑性塑料管成型工艺

1. 氯化聚氯乙烯管

氯化聚氯乙烯（CPVC）是由聚氯乙烯树脂经氯化改性而制成，聚氯乙烯树脂是生产氯化聚氯乙烯树脂的主要原料。氯化聚氯乙烯与聚氯乙烯不同之处是，前者氯的含量比后者氯的含量高，聚氯乙烯树脂中氯的质量分数为 57% 左右，氯化聚氯乙烯树脂中氯的质量分数为 60% ~75%。目前，国产氯化聚氯乙烯树脂中氯的质量分数标准规定为 61% ~65%。

氯化聚氯乙烯管挤出成型配方是以氯化聚氯乙烯为主要原料，再加入一定比例的稳定剂、润滑剂和其他一些辅助料。

（1）氯化聚氯乙烯管的特性与用途

1）氯化聚氯乙烯管特性。

① 氯化聚氯乙烯管的拉伸强度、弯曲强度、弯曲模量和承压能力都高于聚乙烯管、聚氯乙烯管和聚丙烯管。

② 耐化学腐蚀性、耐热性和耐候性高于聚氯乙烯管。

③ 输送饮用水时，不受水中氯气影响，保证饮用水质量。

④ 阻燃性优良，燃烧时不产生滴落，燃烧扩散慢，不产生有毒性气体。

⑤ 柔韧性好，方便安装，用溶剂即可连接。

2）氯化聚氯乙烯管用途。氯化聚氯乙烯管适合用于贮存和输送热水、热化学溶液及各种废液。如果成型 CPVC 管的原料中有较大比例的石墨填料时，还可用来做导热管。CPVC 管在国内应用只是近几年才开始，多应用在冷、热水的输送管路中；长期使用输液时，温度最高为 120℃，寿命可达 40 年。

（2）原料选择　氯化聚氯乙烯管的挤出成型主要用原料是含氯量大于 61%、黏数为 110mL/g 左右的水相悬浮法氯化聚氯乙烯树脂，再混配一些辅助料。

对辅助原料稳定剂、润滑剂、抗冲改性剂、填充料和其他一些辅助料的选择应注意下列几点要求。

① 选择的辅助料要与 CPVC 树脂有较好的相容性。

② 尽量少用能够降低 CPVC 树脂耐热性、耐化学腐蚀性、耐候性及难燃性的助剂。

③ 选用能提高 CPVC 树脂热稳定性、抗冲性的辅助料，防止 CPVC 熔料在高温条件下出现分解现象。

④ 助剂应能改善 CPVC 熔料的流动性，降低凝胶时间和温度，以减少熔融料对设备零件和模具表面的黏着。

⑤ 能促进 CPVC 料塑化、降低熔体压力，有利于熔料成型，降低冷却定形中产生的应力。

⑥ 助剂性能比较稳定，不易迁移。

⑦ 输送饮用水 CPVC 管成型用料，应在配方中加入无毒性助剂，原料卫生指标应符合标准 GB/T 17219—1998 的规定。

⑧ CPVC 管成型用料配方中，主要原料 CPVC 树脂的质量份可以是 100，也可加入一定质量份的 PVC SG5 型树脂，两种原料质量份之和为 100。例如，成型管用料的配方中 CPVC 树脂质量份为 90，则 PVC 树脂的质量份为 10；如配方中 PVC 树脂的质量份为 40，则 CPVC

树脂的质量份为60。随着配方中PVC树脂质量份的增加，则其维卡软化温度也会随着PVC树脂质量份的增加而下降。

氯化聚氯乙烯挤出成型用原料组合配方参考实例。

氯化聚氯乙烯（CPVC含氯量大于60%，黏数110mL/g左右）	100	硬脂酸钡（BaSt）	1
		石蜡	1
三盐基硫酸铅（3PbO）	4	碳酸钙（$CaCO_3$）	5
硬脂酸铅（PbSt）	1.5	炭黑	适量

（3）成型工艺　氯化聚氯乙烯管的挤出成型工艺条件与普通聚氯乙烯管的挤出成型工艺条件比较相似，略有区别之处是挤出成型用设备零件的质量要求高些；工艺温度的波动范围控制要求比较严些。

1）氯化聚氯乙烯管挤出成型工艺顺序。

按CPVC管成型用料配方分别把各种原料计量→把原料投入混合机中搅拌混合均匀→混合均匀料降温冷搅拌→挤出机塑化原料使其呈熔融态→模具成型管坯→真空定径冷却定形→冷却水箱把管材降温→牵引→商标打印→切割→管端扩口→检验→包装入库

2）设备选择。原料混合用高速混合机，要求转速为800～1000r/min，上盖有排气装置，转速可调。原料混合均匀后用于降温用搅拌机，转速低，可通循环冷却水降温。塑化原料可用单螺杆挤出机或双螺杆挤出机。粒料成型如用单螺杆挤出机，螺杆结构应是螺纹深度逐渐加深型（即等距不等深渐变型螺杆），长径比$L/D=22～25$；如用双螺杆挤出机，应选用同向旋转型、工作转速低于20r/min、成型模具温度为200℃左右；如用粉料挤出成型，应选用异向旋转双螺杆挤出机挤出成型。单螺杆挤出机挤出塑化原料时，螺杆可通循环油调温，设备应有较好的排气装置；机筒采用循环水或循环油降温较适宜，注意工艺温度波动控制在±5℃左右。采用普通平行双螺杆挤出机挤塑CPVC粉料较适合。挤出机的机筒与成型模具间不加多孔板；螺杆工作处应设有过载保护装置。

模具结构中要求芯轴的收缩角要小于60°；平直段长应是挤出管材直径的2倍左右，同时此段要有能控制芯轴温度的加热和冷却降温装置，以保持此段温度控制平稳，使管材内壁光滑。为提高芯轴的抗腐蚀能力，芯轴及模具中各熔料通道工作面应镀铬层。

3）成型工艺操作及温度控制。

① CPVC树脂投产前应在80℃烘箱中干燥处理2～4h，以去掉原料中水分。

② 计量后的原料投入高速混合机中（转速约900r/min）混合搅拌，料温达115℃左右。

③ 高速配混后的高温料在低速搅拌机内降温，直至料温达40℃左右。

④ 挤出机挤塑原料呈熔融态用工艺温度如下。

单螺杆挤出机挤塑温度：机筒的加料段为160℃，塑化段为170℃，均化段为180℃；成型模具温度为185～190℃。

双螺杆挤出机挤塑温度：机筒加料段为188～195℃，塑化段为180～188℃，均化段为175～180℃；成型模具为175～190℃。

芯轴工作温度为160～170℃。

螺杆循环油温度为100～120℃。

（4）工艺操作要点　氯化聚氯乙烯管的挤出成型与聚氯乙烯管挤出成型比较，难度较大，由于氯化聚氯乙烯熔体黏度高（比PVC树脂黏度大2倍左右），流动性差，成型较困

难，而且生产过程中熔体又很容易分解，所以对氯化聚氯乙烯树脂的挤出成型生产应注意下列几个问题。

① 氯化聚氯乙烯树脂投产前一定要进行干燥处理，在 80℃的烘箱中干燥处理 2 ~ 4h，必要时高速混合后的原料还应用 40 目筛网过筛一次，然后即投入挤出机料斗内生产（注意：高速混合机混合料时不宜加热升温）。

② 成型管材的原料配方中要注意稳定剂及其他加工助剂的选择，应以能加强改善熔体流动性和提高原料热稳定性为主。必要时可先把配方料混合好，取小样试验，放在 230℃烘箱中 2h，如无明显变色分解现象，则说明辅助料选择较合理（高速混合后的料温度在 115 ~ 120℃范围）。

③ 氯化聚氯乙烯管的挤出成型用工艺温度略高于 PVC 管的挤出工艺温度。但要注意温度控制波动不能大于 ±5℃。

④ 在生产 CPVC 管过程中，如发现有停电、设备故障、熔料有可能分解迹象或模具口冒出烟气时，应立即停止向机筒内供料，用 PVC 树脂清除机筒和模具内的 CPVC 熔料，然后再停机排除故障。

⑤ CPVC 熔料分解时放出的 HCl 气体对人体有害，要注意生产车间的通风。

⑥ 用于生产 CPVC 树脂的挤出机机筒，螺杆和成型模具内的熔料流经面要进行防腐处理，以延长设备零件的使用寿命。

⑦ 原料混合搅拌用捏合机上盖应有排气口（用 400 目铜网或布袋封住排气口），以方便水蒸气的排出。

⑧ 选用 CPVC 管挤出成型用挤出机，要注意挤出机机筒工作时的排气和工艺温度控制稳定性等性能条件，如果这两个条件达不到生产要求，CPVC 管的挤出成型的难度将会大大增加，甚至无法生产。

⑨ 生产 CPVC 管时，螺杆要通循环油降温；模具内芯轴要有加热和降温装置，工作中要合理地调节控制这两个零件工艺温度的稳定性，以改善熔融料的流动性，保证制品的成型质量（芯轴温度的控制对管材内壁成型质量影响较大）。

⑩ 成型管材内壁出现凸凹不平现象时，应在原料配方中加入或适当增加丙烯酸酯类加工助剂（也可用甲基丙烯酸甲酯类共聚物），以改善使得 CPVC 与 PVC 两种树脂混合的熔融温度接近；同时，要注意芯轴温度的稳定性控制。

⑪　CPVC 管挤出成型用料配方中，可用 CPVC 与 PVC 两种树脂混合使用。但是，要注意混合树脂的维卡软化温度会随着 PVC 树脂加入量的增加而下降。如配方中 PVC 为 10 份而 CPVC 为 90 份时，维卡软化温度为 110℃左右；PVC 为 20 份、CPVC 为 80 份时，维卡软化温度为 105℃左右；PVC 树脂与 CPVC 树脂各为 50 份时，维卡软化温度为 90℃左右。

2. 工业用氯化聚氯乙烯管

氯化聚氯乙烯管在工业中的应用，一般多用在化工、造纸和矿业生产中，主要用来输送有一定温度、一定压力和腐蚀性的液体。

（1）原料选择与用料配方　CPVC 管材用于化工厂，要求维卡软化点温度≥110℃，选用 CPVC 树脂含氯量≥61%。少量加入 SG5 型 PVC 树脂，则挤出成型 CPVC 管用料配方可参考下列方案配制（质量份）。

氯化聚氯乙烯（CPVC）	95	类复合稳定剂	
聚氯乙烯（PVC SG5）	5	钛白粉（TiO_2）	0. 15

稳定剂（可用有机锡类或铅）	5 ~ 9	炭黑	16g

其他辅助剂，如抗冲改性剂（CPE）、润滑剂（HSt、OPE）和填充剂（$CaCO_3$）等，可按 CPVC 管应用条件需要酌情加入配比量。

（2）成型工艺　工业用 CPVC 管挤出成型用工艺温度，由于主要原料中有部分 PVC 树脂加入，可略低于没有 PVC 树脂加入配方料的挤出温度（一般可低 5℃左右），成型模具温度控制和其他各方面操作方法可完全参照本节“1. 氯化聚氯乙烯管”的内容生产。

（3）质量要求　工业用 CPVC 管的质量要求应符合标准 GB/T 18998. 2—2003 的规定。

3. 冷、热水输送用氯化聚氯乙烯管

冷热水用氯化聚氯乙烯管主要用于建筑物中的生活用水管路。由于 CPVC 管耐热性好，也可用于供暖管路中及太阳能供水用管。

氯化聚氯乙烯管比其他塑料管的强度高，用于输送饮用水无毒、无污染，不影响水质；长期使用不氧化，耐腐蚀、导热性低，比普通金属管使用寿命长。

（1）原料选择　冷热氯化聚氯乙烯管挤出成型主要原料是含氯量大于或等于61% 的 CPVC 树脂，还包括一定比例的稳定剂、挤冲剂、润滑剂、填充料和其他一些辅助料。由于这种管材多用于输送生活饮用水，所以用料配方中各种原料应无毒，和 PVC 供水管一样，符合卫生指标标准规定要求条件。

冷热水用 CPVC 管（维卡软化温度≥110℃，颜色为中灰）挤出成型用料配方制定参考方案如下（质量份）：

氯化聚氯乙烯（CPVC 卫生级、含氯量≥60%）	90	加工助剂（ACR）	1 ~ 3
聚氯乙烯（PVC SG5）	10	润滑剂（HSt、OPE）	0. 5 ~ 1. 2
抗冲剂（CPE）	6 ~ 15	钛白粉（TiO_2）	0. 15
		炭黑	16g

其他辅助料如稳定剂（铅类复合稳定剂、钙/锌稳定剂）、填充料（$CaCO_3$）等助剂，可根据管材使用条件的需要，在配方中加入适当量。

（2）成型工艺　冷热水用 CPVC 管的挤出成型生产工艺顺序、原料的混配方法和挤出塑化原料用工艺温度，与普通 CPVC 管挤出成型工艺基本相同，生产时可参照本节“1. 氯化聚氯乙烯管”内容操作生产。但要注意原料的挤塑工艺温度控制应比普通 CPVC 管挤塑工艺温度略低一点（约 5℃）。

4. 埋地电缆用氯化聚氯乙烯套管

高压埋地电缆用氯化聚氯乙烯护套管，在国内只是近几年才开始应用，由于这种 CPVC 管材的性能能够达到高压电力电缆护套管的使用工作性能要求，所以国内开始用 CPVC 管代替水泥石棉管使用。把这种管材直接埋入地下，用做高压电力电缆护套管。这种管材的应用，可以缩短电力施工作业时间、降低电缆安装施工成本，是一种比较受欢迎的新型管材。

（1）原料选择　埋地电缆用氯化聚氯乙烯护套管，在使用时要求其维卡软化温度为 93℃，所以挤出成型 CPVC 护套管用主要原料可用氯化聚氯乙烯树脂和聚氯乙烯树脂混合使用，两种原料的混合比例可采用 CPVC 树脂占 60%（质量分数，下同）左右，PVC 树脂占 40% 左右（CPVC 树脂的含氯量应大于 60%，PVC 树脂选用 SG5 型）。目前，国内已经对 CPVC 管材做出标准规定（见 QB/T 2479—2005），要求埋地电缆用 CPVC 护套管为橘红色。所以，用料配方中应加入统一金光红 55g、中铬黄 15g，其他辅助料如稳定剂、抗冲改性剂

和润滑剂等一些辅助剂，可参照前面讲述的 CPVC 管材用料配方，按管材的工作性能需要和挤出机等设备的工作条件要求，酌情按一定比例加入。

（2）成型工艺　埋地电缆用氯化聚氯乙烯护套管的挤出成型生产工艺顺序、原料混配操作方法和成型用设备及各工艺参数条件，与普通 CPVC 管挤出成型生产工艺条件基本相同，只是原料高速混合后料温略高些（约 125℃）。可参照前面讲过的 CPVC 管生产工艺参数进行生产。

（3）质量要求　埋地电缆用氯化聚氯乙烯护套管的质量要求应符合国家标准 QB/T 2479—2005 的规定。

5. ABS 管

ABS 管是以 ABS 树脂为原料经挤出机熔融塑化后，通过成型模具而成型的一种塑料管材。

（1）ABS 管的特性与应用　ABS 树脂在第 1 章已经介绍过，它是丙烯腈、丁二烯、苯乙烯的共聚物。用 ABS 树脂成型的管材就具有三种单体的协同效应与特性。ABS 管材具有坚韧、质硬、刚性好、尺寸稳定、无毒、耐化学腐蚀、耐磨、耐热、耐寒和电性能良好等特点，而且表面易镀铬；但 ABS 管不耐酮、醛和氯化烃。

由于 ABS 管材有较优良的性能，所以应用广泛，在某些领域可替代金属管应用；ABS 管还可以用做热空气导管和船舶行业的给水和排水管及用来输送有一定温度和压力的化学腐蚀性液体，可在 -20 ~ 70℃的温度范围内使用。但注意此种管材不宜在室外应用。

（2）ABS 管挤出成型生产工艺路线

ABS 树脂干燥处理→挤出机塑化原料使其呈熔融态→模具成型管坯→冷却定形→牵引→切割→检验→检斤入库

（3）设备条件　ABS 管材挤出成型主要采用单螺杆挤出机、螺杆的结构一般应选用等螺纹距，螺纹深度为渐变型；也可选用突变型螺杆结构，长径比比较小，一般在（12 ~ 18）∶1范围内选取，压缩比为（3 ~ 4）∶1。成型管材用模具为直通式通用型结构。

（4）成型工艺

① 原料选择。ABS 树脂种类比较多，应选择适合挤出成型管用树脂，如选择兰州石油化学工业公司合成橡胶厂生产的 E-7、E-3 或 E-1 型 ABS 树脂。

② 原料投产前应在 70 ~ 80℃的烘箱中进行干燥去湿处理 4h。控制含水量在 0. 1% 以下。

③ 塑化原料呈熔融态，挤出机机筒温度为加料段 150 ~ 165℃，塑化段 165 ~ 180℃，均化段 170 ~ 180℃。

④ 成型管坯用成型模具温度为 175 ~ 190℃。

⑤ 牵伸比为 1 ~ 1. 2。

⑥ 冷却定型用循环水温度为 15 ~ 22℃。

（5）工艺操作要点

① 挤塑 ABS 树脂用工艺温度控制应尽量偏低些，注意熔料在机筒内停留时间不宜过长，避免熔料分解。熔料分解温度为 250℃。

② 生产 ABS 管材时，要经常注意观察熔料颜色，熔料呈淡黄色时说明塑化温度控制合理。当熔料呈淡青灰时，说明机筒温度偏高，要立即降低机筒温度。

③ 定径套距口模距离应控制在 15 ~ 35mm 范围内。

④ 如果机筒工艺温度控制合理，但仍出现熔料分解现象（熔料颜色淡青灰色），应考虑

选用长径比略小的螺杆。

⑤ 螺杆的工作转速不宜过高，一般不超过 20r/min。

（6）质量要求　ABS 管材的质量要求应符合标准 HG/T 21561—1994 的规定。

6. 聚酰胺（尼龙）管

聚酰胺（尼龙）管是以聚酰胺中的 PA6、PA66 和 PA1010 型树脂为原料，经挤出机塑化呈熔融态，通过成型模具成型管坯，冷却定形而成。

（1）聚酰胺（尼龙）管的特性与用途　聚酰胺（尼龙）管，目前多用来挤出成型较小直径规格。管制品无毒、半透明、表面光滑而坚韧、质轻、自润性和耐磨性好，但电性能差，化学性能稳定，不受弱酸、弱碱和油脂类影响，能溶于酚和浓无机酸。

聚酰胺（尼龙）管主要用在各种机械设备中，做液压油输送管，可在 80 ~ 100℃以下油温中长期使用。

（2）聚酰胺（尼龙）管的挤出成型生产工艺路线　聚酰胺管的挤出成型生产工艺路线与 ABS 管挤出成型生产工艺路线完全相同。

（3）设备条件　聚酰胺管挤出成型用设备主要是挤出机。由于管材规格较小，一般采用较小规格的单螺杆挤出机，螺杆结构为等螺距、螺纹深度为突变型，长径比应≥25，压缩比在 2.8 ~ 3.5 范围内（挤出 PA6 时压缩比为 3.5，挤出 PA66 时压缩比为 3.7，挤出 PA1010 时压缩比为 3）。

管材成型用模具结构与普通 PE 管成型用模具结构相同，可采用直通形或直角形。

（4）成型工艺

① 挤出成型聚酰胺管材应选用 PA6、PA66 和 PA1010 型树脂。

② 原料投产前应在 80 ~ 90℃烘箱中干燥处理 8 ~ 12h 或采用沸腾干燥方式，温度 110℃，时间为 1h。树脂的含水量（质量分数）干燥后应达到 0.3% 以下。

③ 挤出机塑化原料（以 PA1010 为例）温度。机筒加料段为 250 ~ 260℃、塑化段为 260 ~ 270℃、均化段为 260 ~ 280℃。模具与机筒连接颈温度为 220 ~ 240℃，成型模具温度为 200 ~ 210℃。

④ 管坯被牵伸比为 1.2 ~ 1.5。

⑤ 管坯冷却定型用冷却循环水温度为 15 ~ 22℃。

（5）工艺操作要点

① 聚酰胺树脂挤出成型生产前必须进行干燥处理，干燥处理后的树脂应立即投入生产，加料斗结构应是干燥防潮式料斗。

② 原料的挤出塑化工艺温度与其他塑料塑化工艺温度要求条件不同。聚酰胺树脂挤出塑化时，机筒的加料段温度应接近树脂的熔点；机筒的塑化段温度应高于树脂熔点 10 ~ 30℃；均化段温度与塑化段温度接近，而模具成型管坯温度要低于机筒的均化段温度。

③ 用 PA1010 树脂挤出成型管材时，要选用黏度较大的Ⅱ型或Ⅲ型树脂，以防止管坯从模具口挤出时有较大的变形。

④ 聚酰胺树脂塑化熔融温度范围比较窄，熔料容易分解，挤出塑化原料生产时注意控制工艺温度不允许有较大的波动。

⑤ 管坯成型无论是采用下垂方式或水平方式进入冷却水槽，都要注意口模距冷却水槽的距离应尽量近些，以保证管坯的迅速冷却降温与定形。

7. 聚甲醛管

聚甲醛管是以聚甲醛树脂为原料，经挤出机塑化呈熔融态，通过成型模具成型管坯，然后经冷却定形成管材。

（1）聚甲醛管的特性与用途　聚甲醛塑料管无毒，强度高，硬度大，韧性好，耐疲劳和抗蠕变性能强，耐磨性和电绝缘性能好，化学稳定性好，耐水性、耐溶剂均优，但不耐强酸和强碱。管制品呈淡黄色或白色。

聚甲醛管材主要用在油田管路中，另外也可在医药和化工管路中应用。应用温度范围为 -40 ~ 110℃。

（2）聚甲醛管挤出成型生产工艺路线　聚甲醛管的挤出成型生产工艺路线与 ABS 管挤出成型生产工艺路线完全相同。

（3）设备条件　聚甲醛管的挤出成型可用普通型单螺杆挤出机。螺杆结构应采用等距突变型，螺杆的长径比为（20 ~ 24）∶1，压缩比为 3 ~ 4。

管材用成型模具结构与 PE 管成型用模具结构相同，一般多采用直通式；管坯采用真空定套方式冷却定形。

（4）成型工艺

① 原料选择。用于挤塑成型塑料管的聚甲醛树脂有均聚甲醛树脂和共聚甲醛树脂，一般多选用共聚甲醛成型塑料管。

② 原料干燥处理。用于挤塑成型的聚甲醛树脂，投产前是否应进行干燥处理，应酌情而定。如果树脂袋包装严密，树脂含水量小于 0.2%（质量分数，后同），则树脂可不用进行干燥处理，直接投产使用。树脂含水量超过 0.25%，则必须在 110 ~ 120℃烘箱中干燥处理 3 ~ 5h。投产前的树脂含水量最好小于 0.1%。

③ 挤出机塑化原料使其呈熔融态时的工艺温度和模具成型聚甲醛管时的工艺温度应控制在 195 ~ 205℃之间。

④ 管坯采用真空定径套法冷却定形，口模与定径套距离在 20 ~ 80mm 范围内；定形用循环冷却水温控制在 20℃左右。

（5）工艺操作要点

① 聚甲醛树脂挤出塑化和成型管坯用工艺温度的控制应以树脂的熔融温度为准，实际生产中可控制挤出塑化原料温度高于原料熔融温度 20 ~ 30℃。

② 为避免聚甲醛熔融态料的分解，注意生产时温度控制尽量取低值，熔融料在机筒内停留时间不宜过长。

③ 为了避免原料分解，注意原料中不允许混入酸、碱性物质；熔融料应避免与铜类金属接触。

④ 熔料分解时制品变色，产生气泡，分解出的甲醛气体刺激眼膜，此时应加强生产车间的通风。

⑤ 挤塑原料过程中，工艺温度对熔融料的流动性影响不大，主要靠增加对熔体的压力来控制熔料的流动性。

⑥ 注意管坯冷却定型用冷却循环水温的控制，不宜过低（一般在 20℃左右），以防止管表面开裂变形。

⑦ 清理机筒内残料时应选用聚乙烯树脂顶出清理机筒。

第 7 章　薄膜挤出成型

7.1　概述

塑料薄膜是指以高分子合成材料为主要原料，与其他辅助材料按一定比例均匀混合后，在塑料成型机械设备上成型为有一定厚度（一般为 0.01 ~ 0.25mm）、宽度和无限长的，表面平整、光滑而柔软的塑料制品。

7.1.1　塑料薄膜的用途

塑料薄膜的应用到处可见：农业生产中用来作地膜、大棚膜和各种农产品的包装；工业生产中用来作各种工业制品（机械零件、仪器仪表、家用电器等）的包装，人们日常生活中服装和食品的包装及防雨用具、玩具和装饰品等，各种材料表面（木材、钢材、纸等）用复合薄膜及具有特殊功能用途的透气薄膜、水溶薄膜、绝缘薄膜、压电薄膜和防辐射薄膜等，用途非常广泛。塑料薄膜在国民经济发展和人们日常生活中占有重要地位。常用塑料薄膜性能见表 7-1。

表 7-1　常用塑料薄膜性能

薄膜种类	阻隔性			耐低温/℃	耐高温/℃	透明性	力学性能	热变形	热封性	印刷性
	阻湿	阻气	耐油							
LDPE	○	×	×	○(-50)	×(80)	○	×	◎	◎	○
MDPE	○	×	○	○	○	○	×	◎	◎	○
HDPE	○	×	○	○(-50)	◎(120)	○	×	◎	◎	○
CPP	○	×	○	×	◎(120)	◎	×	◎	◎	○
OPP	○	×	○	○	○	◎	○	×	×	○
乙丙共聚物	○	×	○	○	○	◎	×	○	○	○
EVA	○	×	○	◎	×	○	×	◎	○	○
硬质 PVC	○	○	○	×	○	◎	○	○	○	◎
软质 PVC	×	×	○	○	×	◎	×	○	○	◎
拉伸 PS	×	×	○	○(-50)	○(80)	◎	○	○	×	○
氯化 PVC	◎	◎	◎	○	◎	○	×	○	○	○
PET	○	○	◎	◎(-62)	◎(200)	◎	○	○	×	◎
尼龙 6	×	○	◎	○(-60)	◎(180)	○	○	◎	○	◎
玻璃纸	◎	◎	◎	×	○	◎	◎	×	○	○
定向尼龙 6	×	○	◎	◎	◎	◎	○	○	×	◎

注：1. ◎为最好，○为好，×为不好。

2. 括号内的数值为薄膜的最低或最高使用温度值（°C）。

7.1.2　塑料薄膜成型材料

可用来成型塑料薄膜的高分子材料有：聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚酯、聚苯乙烯、聚偏氯乙烯、聚酰胺、聚偏氟乙烯、聚碳酸酯和聚氨酯等树脂。其中，以聚乙烯、聚丙烯和聚氯乙烯树脂的应用量最大，这三种原料生产的塑料薄膜制品占塑料薄膜总产量的 4/5 以上。

7.1.3　塑料薄膜的品种分类

塑料薄膜的品种分类没有统一的规定。通常，人们习惯的分类方式有以下三种。

（1）按塑料薄膜成型用原料分类　有聚乙烯薄膜、聚丙烯薄膜、聚氯乙烯薄膜和聚酯薄膜等。

（2）按塑料薄膜用途分类　有农用薄膜（这里根据农用薄膜的具体用途，又可分为地膜和大棚模）、包装薄膜（包装薄膜按其具体用途，又可分为食品包装膜和各种工业制品用包装膜等）、用于特殊环境且具有特殊用途的透气薄膜、水溶薄膜及具有压电性能的薄膜等。

（3）按塑料薄膜的成型方法分类　经挤出塑化，然后吹塑成型的薄膜，称为吹塑薄膜；经挤出塑化，然后熔料从模具口流延成型的薄膜，称为流延薄膜；在压延机上由几根辊筒碾压塑化原料制成的薄膜，称为压延薄膜；把厚片拉伸成型的薄膜，称为拉伸薄膜。

另外，还有一种分类方法是按薄膜的层次结构分类，可分为单层薄膜和多层复合薄膜等。

7.1.4　塑料薄膜成型的方法

塑料薄膜成型加工方法有：用挤出机挤出成型薄膜、用压延机压延成型薄膜或把上述两种成型薄膜制品再经拉伸成型薄膜。挤出成型薄膜生产方式中，又分为挤出吹塑成型薄膜、挤出流延成型薄膜和挤出牵引成型薄膜三种生产成型方法。目前，以挤出吹塑成型薄膜生产方式应用最多、产量最高。

1. 挤出吹塑成型

塑料薄膜挤出吹塑成型是把成型塑料薄膜用的原料按配方要求的比例分别计量，然后掺混在一起，搅拌混合均匀后，投入到挤出机内；原料在挤出机的机筒内，在螺杆旋转的挤压、搅拌和机筒外部供热等多种条件作用下，塑化呈熔融态，被螺杆推入模具内；从成型模具内挤出成型筒状膜坯，然后再向筒状膜坯内吹入有一定压力的空气，把膜坯吹胀，达到工艺要求的筒状膜直径和厚度，经冷却定形后收卷，即为挤出吹塑薄膜制品。这种挤出吹塑成型薄膜一般多用聚乙烯、聚丙烯和聚氯乙烯树脂为主要原料成型。

塑料薄膜挤出吹塑成型生产分上吹法、下吹法和平吹法三种方式。塑料薄膜挤出吹塑成型设备布置示意图如图 7-1 所示。

（1）上吹法挤出吹塑成型薄膜　采用上吹法挤出吹塑成型薄膜时，膜坯的泡管是从成型模具的上方挤出，然后被牵引装置引向与挤出机螺杆工作方向垂直，在成型模具的上方被压缩空气吹胀成型薄膜需要的尺寸，经冷却定形后卷取，完成塑料薄膜的挤出吹塑成型生产。这种生产方式成型的塑料薄膜，多采用聚乙烯树脂和聚氯乙烯树脂生产较大规格的塑料

薄膜。目前，国内已经能生产折径为12m以上的农用聚乙烯大棚膜。

上吹法挤出吹塑成型薄膜工艺的特点如下：

1）生产时，泡管的运动速度可以随时调整，泡管形状比较稳定，薄膜成型厚度偏差比较小。

2）采用上吹法可以生产较大宽度的薄膜，产量较高。

3）上吹法所用设备占地面积小，但要求厂房有一定的高度。

4）上吹法生产的挤出吹塑薄膜，要求用熔融料黏度较高的树脂。

5）上吹法挤出吹塑膜管的冷却定形效果略差些，对于要求透明度高的薄膜生产有些不利。

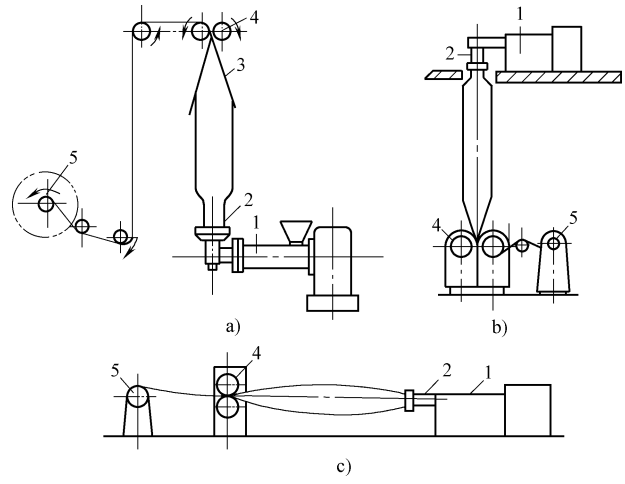


图7-1　塑料薄膜挤出吹塑成型设备布置示意图

a）上吹法　b）下吹法　c）平吹法

1—挤出机　2—成型模具　3—人字形导板

4—牵引装置　5—卷取装置

（2）下吹法挤出吹塑成型薄膜　下吹法挤出吹塑成型薄膜时的膜管运行方向与上吹法的正好相反。

这种膜坯从成型模具下方挤出吹塑成型薄膜，比较适合塑化熔融料黏度小、制品要求透明度较高的树脂。下吹法多采用聚丙烯、聚酰胺和聚偏二氯乙烯树脂为原料。

下吹法挤出吹塑成型薄膜工艺的特点如下：

1）下吹法挤出吹塑的泡管冷却效果较好，吹胀的膜管也可直接用水冷却，这样成型的薄膜透明度好，能够有较高的生产效率。

2）引膜操作较方便，可采用较高的挤出成型薄膜速度。

3）下吹法成型薄膜可采用熔融料黏度较小的树脂，但不适合生产较薄的塑料薄膜。

4）由于挤出机工作位置较高，生产时上料和操作不太方便。

（3）平吹法挤出吹塑成型薄膜　平吹法挤出吹塑成型薄膜中，膜坯泡管是从成型模具的水平方向挤出，膜坯泡管中心与挤出机的螺杆中心在同一条水平中心线上。这种水平挤出吹塑薄膜的生产方式只适合于生产成型膜坯泡管直径小于500mm的薄膜。平吹法多采用聚乙烯和聚氯乙烯树脂为原料。

平吹法挤出吹塑成型薄膜的工艺特点如下：

1）平吹法挤出吹塑成型薄膜用设备布置较低，挤出机的生产操作比较方便。

2）平吹法挤出吹塑成型薄膜生产线设备占地面积较大，但厂房高度没有特殊要求。

3）平吹法应采用熔融料黏度较高的树脂作原料，成型薄膜的壁厚偏差较大，产品质量较难控制。

挤出吹塑成型薄膜生产的工艺顺序：按成型薄膜用料配方要求，将各种原料分别计量→掺混在一起搅拌均匀（必要时，有的混合料需预塑混炼造粒）→挤出机把混合料熔融塑化→成型模具挤出吹塑薄膜用管状膜坯→管状膜坯被牵引，同时被吹胀至工艺要求直径的膜泡（运行过程中被冷风降温定形）→牵引→收卷。

塑料薄膜成型采用挤出吹塑生产方式所需的设备有：原料的配混或造粒用设备、单螺杆挤出机、成型膜坯用模具、冷却风环、人字形导板、牵引装置和成型膜卷取装置等。

2. 挤出流延成型

塑料薄膜采用挤出流延法生产成型，主要用聚丙烯和聚乙烯、聚酰胺和聚酯等树脂。树脂挤出流延成型薄膜生产时，原料进入挤出机的机筒后，在转动螺杆的搅拌、挤压和机筒加热温度等多种条件的作用下，被熔融塑化；然后被螺杆推入成型模具，则熔融料在模具内逐渐被分流，经缓冲槽均匀地从模具口挤出，成型薄片状熔融料流延至平稳转动的辊筒上，刀形喷气口把压缩空气吹向膜面，使膜紧贴在辊面上，被冷却辊筒降温定形；剥离辊面上的薄膜经测厚、电晕处理和消除静电后，即收卷，完成薄膜的挤出流延生产成型。

流延薄膜挤出机生产线设备组成如图 7-2 所示。生产线上的主要设备有挤出机、成型模具、过滤装置、冷却定形辊筒、测厚装置、电晕处理装置和收卷装置等。

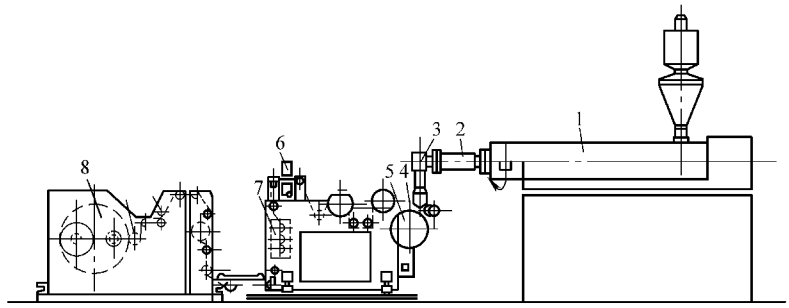


图 7-2　流延薄膜挤出机生产线设备组成

1—挤出机　2—过滤装置　3—成型模具　4—气嘴

5—冷却定形辊筒　6—测厚装置　7—电晕处理装置　8—收卷装置

生产工艺顺序：原料配混→挤出机把原料熔融塑化→成型模具挤出膜片→冷却定形辊筒为膜降温定形→电晕处理→牵引→消除静电→收卷。

流延法薄膜与吹塑法薄膜比较，膜的厚度均匀性好、透明度高，膜的热封性比吹塑法薄膜好，制袋性差，设备费用较高。

3. 挤出牵引成型

塑料薄膜挤出牵引成型的生产方法与塑料薄膜挤出流延成型相似。塑料薄膜挤出牵引成型也是采用衣架形成型模具，但挤出模具口的片形熔融料不是流延至冷却辊筒上，而是由冷却定形辊筒把片形熔融料从模具口牵引出。这种辊筒工作时，既能牵引从模具口挤出的膜片平稳运行，又能使膜片在辊筒上冷却定形。挤出牵引成型薄膜或片的生产设备如图 7-3 所示。组成挤出牵引薄膜生产线的设备有：单螺杆挤出机、成型模具、三辊压光机牵引、冷却辊组、切边装置、牵引装置、切断装置和收卷装置等。这种生产方法可用聚氯乙烯和聚偏氟乙烯树脂成型薄膜或片材。用于生产薄膜时，图 7-3 中的三辊压光机可由两辊组成，切边装置后可直接对薄膜进行收卷。

挤出牵引法成型薄膜的生产工艺顺序：原料配混→挤出机塑化原料呈熔融态→成型模具挤出膜片→牵引、冷却定形和压光膜片→切边→冷却→收卷。

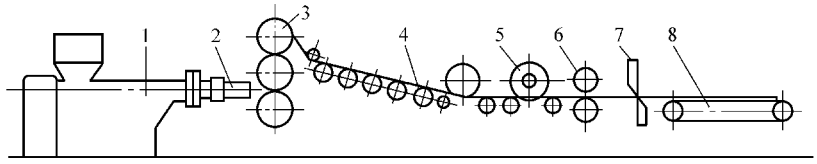


图 7-3　挤出牵引成型薄膜或片的生产设备

1—单螺杆挤出机　2—成型模具　3—三辊压光机　4—冷却辊组

5—切边装置　6—牵引装置　7—切断装置　8—收卷装置

4. 挤出拉伸成型

塑料薄膜的拉伸成型用膜坯可用挤出机挤出成型的膜片，也可用压延机压延成型的膜片，然后用专用拉伸机把膜片拉伸成薄膜成品。对膜坯的拉伸方式有单向拉伸（即纵向拉伸或横向拉伸）和双向拉伸（即纵向、横向都进行拉伸）。

（1）膜片单向拉伸　膜片的单向拉伸是指将塑料膜片在受热后黏弹状态下向一个方向拉伸，使其在这个拉伸方向上伸长、变薄，让高分子链或部分高分子链按拉伸方向平行排列。单向拉伸后薄膜中分子的较理想取向示意图如图 7-4 所示。挤出平膜单向拉伸成型薄膜生产线设备布置示意图如图 7-5 所示。单向拉伸薄膜可用聚乙烯、聚丙烯和聚氯乙烯树脂。应用较多的还是高密度聚乙烯，用以挤出膜片后进行单向拉伸。

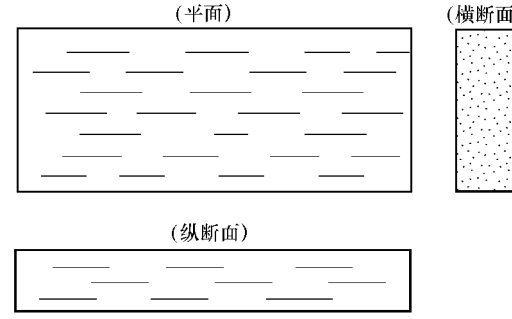


图 7-4　单向拉伸后薄膜中分子的较理想取向示意图

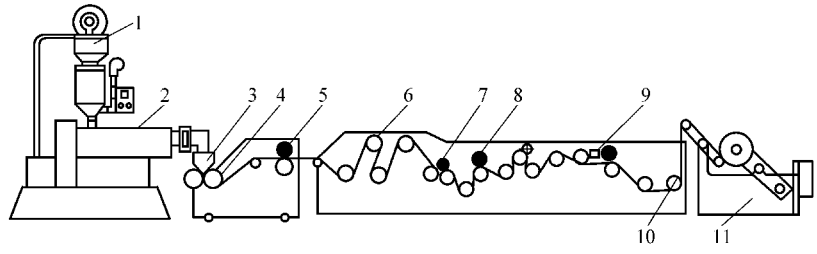


图 7-5　挤出平膜单向拉伸成型薄膜生产线设备布置示意图

1—上料装置　2—单螺杆挤出机　3—成型模具　4—冷却定形辊　5、7—牵引辊

6—冷却降温辊组　8—拉伸辊　9—静电处理装置　10—切边装置　11—收卷装置

（2）膜片双向拉伸　膜片的双向拉伸是指将塑料膜片在受热后黏弹状态下，对其既进行纵向拉伸又进行横向拉伸，使塑料膜片向互相垂直的两个方向伸长，结果使膜片的面积扩大，厚度变薄，拉伸后的分子链与膜片面平行，而面内的分子链仍呈无规则状态。图 7-6 所示为双向拉伸后薄膜中分子的理想取向示意图。挤出平膜双向拉伸成型薄膜生产线设备示意图如图 7-7 所示。双向拉伸薄膜可用聚丙烯、聚酯、聚苯乙烯、聚酰胺、聚乙烯、聚氯乙烯和丙烯酸类等树脂。另外，有些工程塑料和特种工程塑料也可进行双向拉伸。双向拉伸薄膜使用较多的材料是聚丙烯、聚酯、聚苯乙烯和聚酰胺等。

双向拉伸薄膜一般都在专用拉伸机上进行。被拉伸的膜坯先引入多辊组成的纵向拉伸辊筒上，辊体内通蒸汽加热，膜被辊筒牵引向前运行。由于每根辊筒的速度是逐渐递增，则利用辊筒之间的速度差把膜坯纵向拉伸。膜通过纵向拉伸辊组后，进入横向拉伸烘箱，脱离纵向拉伸的膜两端被夹子夹紧，由夹子牵引向前运行。随着被拉伸膜两端夹紧夹子的运行轨道距离的逐渐扩大而横向拉伸膜坯，进入高温定形段，然后离开烘箱，在室温条件下运行一段距离被卷取。

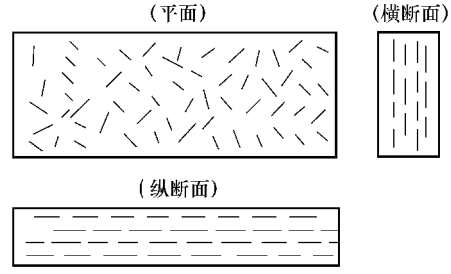


图 7-6　双向拉伸后薄膜中分子的理想取向示意图

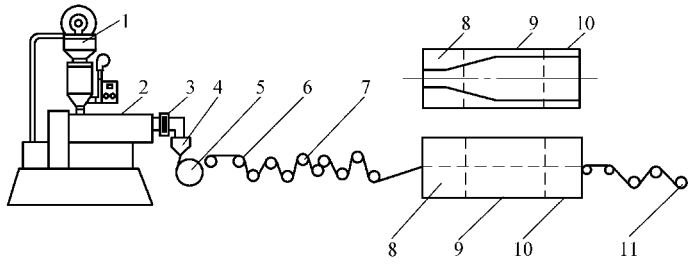


图 7-7　挤出平膜双向拉伸成型薄膜生产线设备示意图

1—加料斗　2—挤出机　3—快速换网装置　4—成型模具　5—冷却定形辊筒　6—预热辊　7—纵向拉伸辊　8—预热段　9—横向拉伸段　10—热定形段　11—卷取装置

7.2　成型模具

塑料薄膜挤出成型用模具结构按生产成型塑料薄膜的方式不同，可分为挤出吹塑法成型薄膜用模具、挤出平膜法成型模具和挤出流延法成型薄膜用模具。下面主要介绍前两种模具。

7.2.1　挤出吹塑法成型薄膜用模具

1. 常用的吹塑薄膜成型模具结构形式及特点

塑料薄膜挤出成型以挤出吹塑法成型薄膜的生产方式应用最多。常用的吹塑薄膜成型模具结构有芯棒式、水平式、直角式、螺旋式和旋转式。这几种不同结构形式的模具的共同特点是：都有一个能成型管状膜的环形缝隙出料口；进入模具内的熔融料要能均匀地分布在空腔内，能够从模具口的环形缝隙中被等压力、等流速、厚度均匀地挤出，成型为圆周厚度一致的吹膜用型坯。这就要求模具口出料间隙可调，而且要间隙均匀，以保证吹塑薄膜成型的质量。

（1）芯棒式模具　芯棒式模具结构如图 7-8 所示。其主要组成零件有模具体、芯棒、口模座、芯模、压板环、调节螺钉、口模、连接颈和进气管等。

1）模具成型管状膜坯过程。挤出机把塑化均匀的熔融料通过模具连接颈挤入模具体与芯棒组合形成的空腔内，在螺杆的推动挤压下，熔融料沿心轴分流线向上流动，然后在分流线末端尖角处汇合，形成圆管状沿芯棒向上流入缓冲槽内。充满缓冲槽后，沿缓冲槽圆周，熔融料同时向上流，被后续熔融料的压力推动，同时被等压力、等流量和等速度地挤出口模，成型吹塑管状膜坯。此时，由模具底部进气管吹入的压缩空气把膜管吹胀，形成更薄的筒状膜泡，经冷却定形，成为吹塑薄膜制品。

2）芯棒式模具的工作特点。要求芯棒有足够的工作强度，以防止芯棒工作时受熔融料的冲击力作用而变形，产生“偏中”现象，造成口模处圆周间隙不均匀，使制品出现厚度误差过大；芯棒与模具体组合形成的熔融料流道空腔较小，则模具体内熔融料存留少，停留的时间短，熔融料不易分解。所以，此种结构成型模具比较适合于热敏性原料聚氯乙烯树脂的挤塑成型。由于芯棒有分流斜角，熔融料汇合接缝产生一条纹线，对吹塑薄膜的外观质量和强度有些影响。

（2）水平式模具　水平式模具结构如图 7-9 所示。这种模具结构用在平吹法挤出薄膜设备上。

水平式模具的结构特点是：模具内熔融料流过的空腔比较小，膜坯的定形段也较短，料流的流速均匀，成型膜坯的厚度均匀，模具结构较简单，加工较容易，造价低，生产初期对模具的调整也较方便，膜坯的厚度调整控制方便，不会出现工作中芯棒倾斜的现象。不足之处是：由于分流锥支架肋较多，而增加了熔融料的接线缝，影响膜的强度。

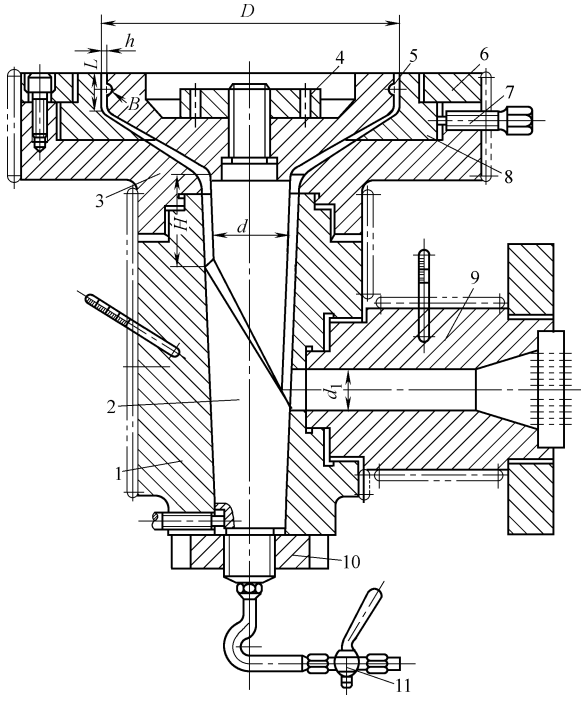


图 7-8　芯棒式模具结构

1—模具体　2—芯棒　3—口模座　4—螺母
5—芯模　6—压板环　7—调节螺钉　8—口模
9—连接颈　10—螺母　11—进气管

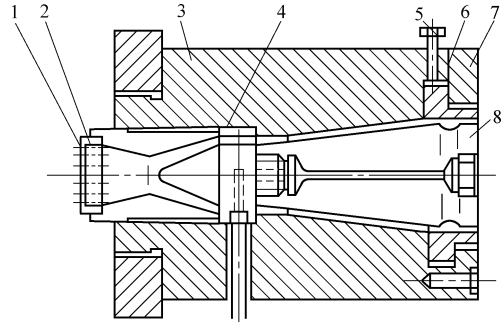


图 7-9　水平式模具结构

1—过滤网　2—分流板　3—模具体　4—分流锥
5—调节螺钉　6—口模　7—压盖　8—芯棒

水平式模具比较适合于聚乙烯和聚丙烯原料挤出吹塑成型薄膜。

（3）直角式模具　直角式模具结构如图 7-10 所示。其主要组成零件有分流锥、芯棒、口模、模具体、中套、多孔板、模具外套、调节螺钉、连接颈和进气管等。

1）模具成型管状膜坯过程。在挤出机的螺杆旋转推力的作用下，塑化均匀的熔融料经模具连接颈进入模具体空腔内，通过多孔板由分流锥把熔融料分流成圆筒状，经芯棒和口模间的缝隙，被挤出模具口，成为吹膜用管状膜坯。管状膜坯由牵引机牵引向上或向下移动，同时，从芯棒中间向膜坯内吹入压缩空气，把膜坯吹胀成圆筒状膜泡，经冷却定形后成为吹塑薄膜制品。

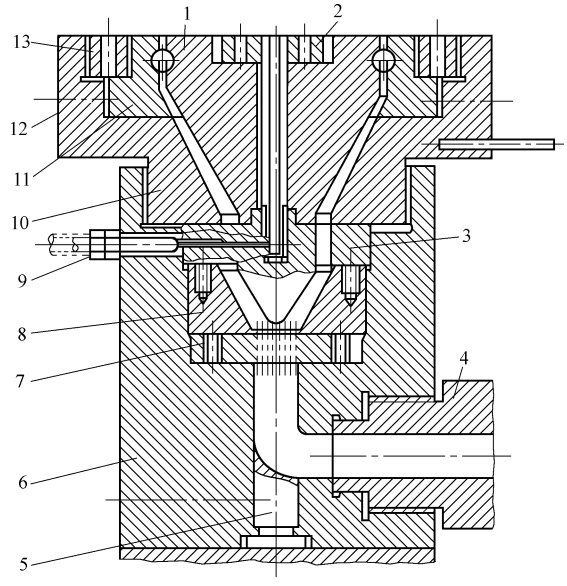


图 7-10　直角式模具结构

1—芯棒　2—压紧板　3—分流锥　4—连接颈
5—堵头　6—模具体　7—多孔板　8—中套
9—进气管　10—模具外套　11—口模
12—调节螺钉　13—锁紧螺母

2）直角式吹塑成型模具特点。当塑化均匀的熔融料进入模具空腔后，由分流锥把熔融料分流成圆筒状，这样的分流方式使熔融料在成型模具内分布均匀；熔融料是从模具体下端侧进入模腔内的，熔融料不能像芯棒式模具那样冲击芯棒，这样使模具的调整控制就比较容易，膜坯管挤出口模时的壁厚较均匀，则吹塑成型后薄膜制品厚度质量好。

不足之处是：直角式模具体空腔比芯棒式模具体空腔的容积大些，这样，直角式模具体内熔融料存量较多，则熔融料在模具内停留时间长，料易分解，所以此种结构形式的模具对成型热敏性原料（如聚氯乙烯料）不利，易分解变黄。另外，分流锥上的十字形支肋，使熔体管状筒形成有多股熔融料接线纹，对吹塑膜的强度略有影响。

（4）螺旋式模具　螺旋式模具是指模具中的芯模外表有呈螺旋形沟槽的模具，具体结构如图 7-11 所示。螺旋式模具的主要组成零件有：螺旋芯模、口模、芯模、模具外套、调节螺钉、模具座和进料连接颈等。

1）模具成型管状膜坯的过程。挤出机的螺杆旋转，推动熔融塑化料经进料连接颈进入模具体内主流道孔，然后再分别进入多个呈对称分布的分流道孔中，分成多股料流。这些料流在后续熔融料的推动下，沿着各自的螺旋槽向模口方向流动。由于螺旋芯模是上小下大的锥形体，熔融料移动的断面也逐渐随着空腔的加大而增加，在这个位置上，大

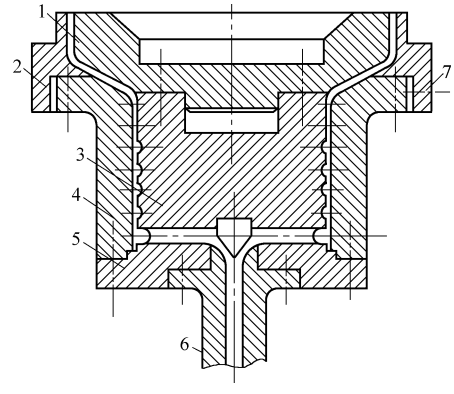


图 7-11　螺旋式模具结构

1—芯模　2—口模　3—螺旋芯模　4—模具外套
5—模具座　6—进料连接颈　7—调节螺钉

多数熔融料变成轴向移动。通过缓冲槽后，口模处的熔融料被等压力、等流量和等流速地挤出口模，成为吹塑薄膜的管状坯，经牵引机牵动向前运行；与此同时，压缩空气经芯模孔吹入膜坯内，把膜坯吹胀，成为筒状膜泡，经冷却定形成为吹塑薄膜制品。

2）螺旋式模具的工作特点。从模具成型管状膜坯的过程中可以知道：熔融料进入模具体内后又分成多股料流，使熔融料得到进一步的混合塑化，再加上料流的分股与汇合过程不会形成熔融料接缝线，这使熔融料吹塑薄膜的质量和强度得到提高。由于此种模具结构使熔融料流的压力和流速均较平稳，则使成型的管状膜坯厚度较均匀，保证了吹膜制品的质量。此种结构形式的模具，熔融料在模具体内的停留时间较长，因此，只能适合于加工流动性较好的原料。聚氯乙烯挤塑成型吹塑薄膜时不能使用螺旋式模具。

（5）旋转式模具　旋转式吹塑薄膜成型用模具的结构形式可以是芯棒式、直角式和螺旋式。旋转式模具结构与芯棒式、直角式和螺旋式模具结构基本相同，不同之处是：旋转式模具在成型膜坯时，芯棒或模体旋转，旋转方式可以是其中一件旋转，也可两件同时旋转；可同向旋转，也可逆向旋转。两零件旋转成型膜坯的目的是：借助两零件的相互旋转成型膜坯来弥补、修正膜坯在管状圆周上的厚度误差，使各误差点均匀地分布在管状膜坯的圆周上，从而保证吹胀膜制品圆周厚度误差值接近一致。

图 7-12 所示为芯棒式旋转模具结构。其主要组成零件有旋转模体、旋转套、芯棒、口模、传动齿轮、空心传动轴、滚动轴承和模具连接颈等。

芯棒式旋转模具成型管状膜坯的过程与芯棒式吹塑成型模具成型管状膜坯的过程完全相同。旋转式模具的工作特点是：零件的旋转速度在 0.2 ~ 4r/min 范围内；成型膜制品质量较好，无熔融料接缝线，薄膜厚度的偏差在 ±5μm 范围内；模具中的各零件要用高温下变形小的钢材制造，加工精度要求高，相互运动件配合要严密，防止产生渗漏料；注意轴承部件的润滑和电加热元件的绝缘性能；只适合于流动性好、不易分解的塑料成型。螺旋式旋转模具可成型膜泡直径 200 ~ 6000mm 的薄膜，直角式旋转模具适合于成型折径为 1000mm 以下的薄膜。

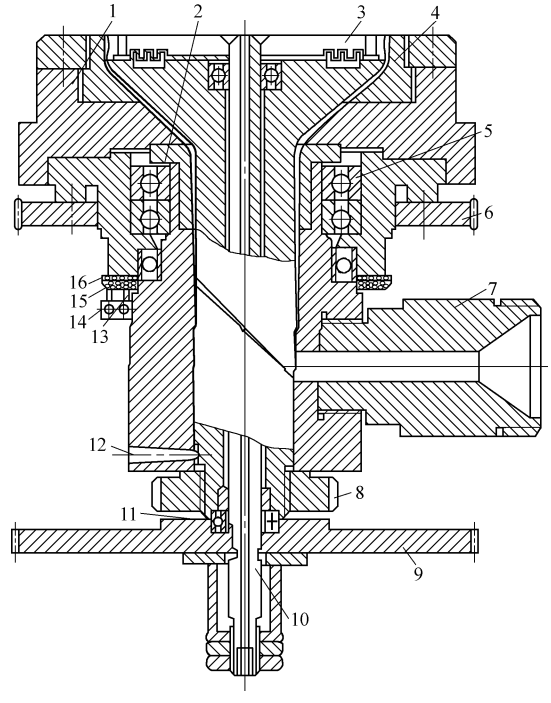


图 7-12　芯棒式旋转模具结构

1—旋转模体　2—旋转套　3—芯棒　4—口模
5、11—滚动轴承　6—传动齿轮　7—模具连接颈
8—定位锁紧螺母　9—传动齿轮　10—空心传动轴
12—定位销　13、15—铜环
14—碳刷　16—绝缘环

（6）复合式模具　挤出吹塑成型复合薄膜用成型模具，是指能把几层不同原料或不同颜色的熔融料，在模具内或在模具外复合成复合薄膜。这种挤出吹塑成型复合薄膜的生产方法，可用两台或两台以上挤出机工作，分别由它们挤塑出不同原料或不同颜色的熔融塑化料，然后同时挤入吹塑薄膜

用的成型模具中。成型吹塑薄膜用管状膜坯，经吹胀成膜泡，冷却定形后即成为复合薄膜。图 7-13 所示是两层膜复合模具结构。图 7-14 所示是三层膜复合模具结构。

不同结构形式模具的应用特点见表 7-2。

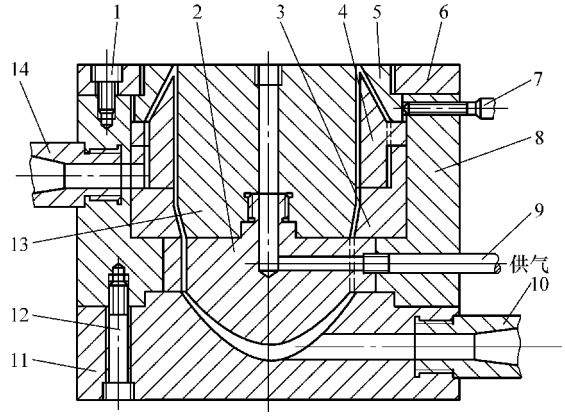


图 7-13　两层膜复合模具结构

1—内六角圆柱头螺钉　2—分流锥　3—口模过渡中套　4—口模定形环　5—口模　6—压环　7—调节螺钉　8—模具体　9—进气管　10—进料连接颈　11—端板　12—六角螺钉　13—芯模　14—进料连接颈

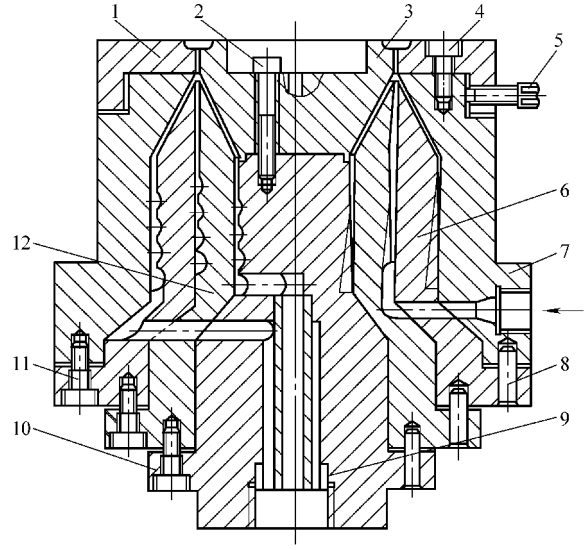


图 7-14　三层膜复合模具结构

1—口模　2、4、11—内六角圆柱头螺钉　3、6—芯模　5—调节螺钉　7—模具体　8—销　9—进料管　10—内芯模　12—中层芯模

2. 模具结构参数

（1）口模　口模在挤出吹塑薄膜制品成型用模具中的位置如图 7-8 的 8 所示，结构如图 7-15 所示。口模直径的确定应注意其与挤出机螺杆直径的匹配。两者的关系要从薄膜制品厚度、吹胀比和产量等条件考虑选择。螺杆直径与口模直径、薄膜幅宽的关系见表 7-3，可供应用时参考。

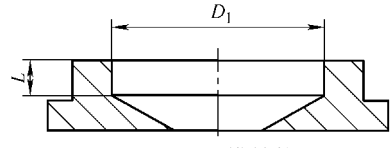


图 7-15　口模结构

表 7-2 不同结构形式模具的应用特点

模具的结构形式	优 点	缺 点
芯棒式	①模具体内空腔小,存料少,适合 PVC 料成型 ②结构比较简单,制造维护都较方便,价格也较便宜 ③成型膜坯只有一条熔融料结合线,膜强度较好	①熔融料在模具内拐了个直弯,挤出口模的熔融料在圆周各部位容易流速不均 ②在熔融料进入模具内时,对芯棒产生一种侧向力,易使芯棒“偏中”,影响膜坯厚度的均匀性
水平式	①熔融料在模具体内流速、流量都较均匀,则成型膜坯厚度较均匀 ②模具结构比较简单,加工容易、造价低 ③适合成型折径较小的多种塑料应用 ④不会出现“偏中”现象	①模具空腔较大、熔融料存留量大,不适合 PVC 类热敏料成型 ②熔融料结合线较多,膜的强度略差些,口模的平直部分尺寸要长些
直角式	①用于上吹法和下吹法成型 ②适合 PE、PP、PS 等多种树脂成型膜坯 ③成型膜坯厚度较均匀 ④芯棒不会出现“偏中”现象,使用寿命较长	①模具体内空腔较大、存料较多,不适宜 PVC 料成型 ②模具结构比前两种略复杂些,加工难度也大些
旋转式	①成型膜坯的厚度均匀性好,膜的质量较好 ②适宜上吹法和下吹法成型膜坯 ③可用于多种树脂成型	①模具结构复杂,造价高 ②模具维护、维修较麻烦
螺旋式	①适合成型宽幅的膜坯,厚度较均匀 ②模具结构对熔体压力较高,制品质量好 ③适合 PE、PP、PA、PS 树脂成型膜坯 ④适合用于上吹法和下吹法成型膜坯 ⑤芯棒强度好、受力均匀,不产生“偏中”现象	①模具结构略复杂些,加工难度大,造价高 ②熔融料在模具腔内停留时间较长,不适合 PVC 料成型 ③模具口挤出熔融料易出现纵向波动,注意模具的口模平直段应尽量长些

表 7-3 螺杆直径与口模直径、薄膜幅宽的关系 (单位：mm)

螺杆直径	45	65	90	120	150
口模直径	<100	100 ~ 150	150 ~ 300	250 ~ 400	300 ~ 600
薄膜幅宽(折径)	200 ~ 600	300 ~ 1000	500 ~ 2000	600 ~ 2500	800 ~ 3500
薄膜厚度	0.015 ~ 0.08	0.04 ~ 0.12	0.06 ~ 0.15	0.06 ~ 0.22	0.06 ~ 0.24

(2) 芯棒 芯棒模结构见图 7-16。这是当口模直径小于 150mm 时，常用的一种整体式芯棒模。如果芯棒模与口模配合部位的直径大于 200mm，为了机械加工的方便，可把芯棒模分为两部分，即芯模（见图 7-17）和芯棒（见图 7-18）。

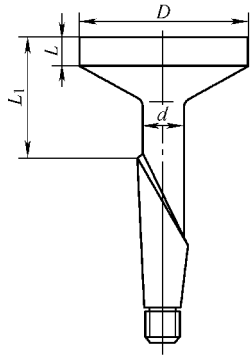


图 7-16 芯棒模结构

$L \geqslant 15s$（s 为口模间隙），$L_1 > 2d + L$

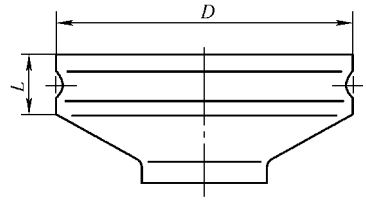


图 7-17 芯模结构

1）模具中芯棒上的扩张角值，常用角度在 90°左右，最大值不应超过 120°。过大的角度给工艺控制，膜厚度调节和模具强度设计等带来一定的难度。

2）芯棒上、口模处的缓冲槽为弓形，宽为 $(15\sim30)h$，高为 $(4\sim8)h$ 较为适合。

3）芯棒斜角结构（见图 7-19）。这个角度值由熔融料的黏度和流动性来决定，一般取 $\alpha = 40°\sim60°$。角度过小，容易造成芯棒中 α 角两边汇合处流料缓慢，因受热时间过长而分解。

4）芯棒上加阻流块（见图 7-18b），目的是为了控制熔融料沿芯棒流动上升，在整个芯棒圆周上料量分布合理些，使熔融料挤出口模时的流量、压力在口模圆周趋于均匀。

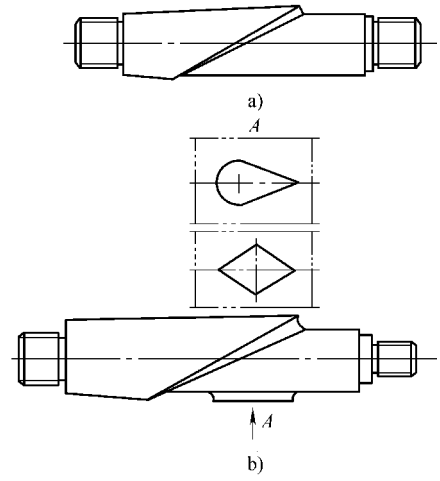


图 7-18　芯棒结构

a）通用型　b）有阻流块式芯棒

（3）型体　吹塑膜坯成型模具中的型体分整体式（见图 7-9 中的件 3）和组合式（见图 7-8 中的件 1、3），图 7-20 所示为组合式模具型体的下半部。规格较小的模具型体一般都设计成整体式；为加工方便，较大规格的模具型体一般都设计成组合式。

芯棒、型体和口模组合后，在吹塑膜坯成型模具中形成一个熔融料流动空腔。塑化均匀的熔融料被挤入模具后，在芯棒处被分为环状，沿空腔向模具口移动，逐渐地在空腔间变成壁厚均匀的管形膜坯，沿口模圆周被等压、等量和等流速挤出模具。

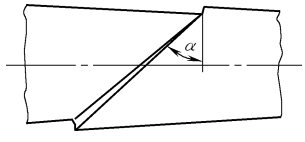


图 7-19　芯棒合流尖角结构

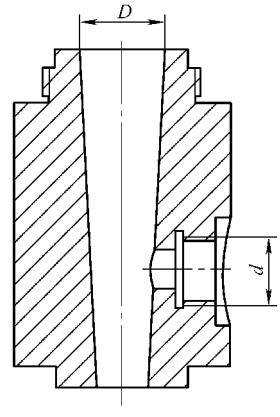


图 7-20　组合式模具型体的下半部

1）口模定形段长度 L 与口模间隙 h（见图 7-8）的比值应参照表 7-4 中的比值范围。比值过大，模具体质量增加；比值过小，影响膜管的成型质量。

表 7-4　模具中口膜定形段长度与口模间隙的比值

膜成型用料	PE	PP	PVC	PA
L/h	25 ~ 40	25 ~ 40	16 ~ 30	15 ~ 20

2）成型模具的口模间隙应在 0.50 ~ 2.00mm 内可调。生产中常用的口模间隙在 1mm 左右。挤出吹塑薄膜用不同原料时的口模间隙见表 7-5。

表 7-5 挤出吹塑薄膜用不同原料时的口模间隙

原料名称	PVC	LDPE	HDPE	PP	PA	LLDPE
口模间隙/mm	0.80 ~ 1.20	0.50 ~ 1.00	1.00 ~ 1.50	0.70 ~ 1.00	0.50 ~ 0.75	1.20 ~ 2.50

通常，口模与芯棒间的间隙也可按 $h = (18 \sim 30)t$ 来确定（式中，t 为膜泡厚度，单位为 mm）。

3. 模具对制品质量的影响

挤出吹塑法成型薄膜用模具结构、制造精度及工艺条件的调整变化，对挤出吹塑成型薄膜的质量有直接影响。吹塑薄膜成型质量受模具的影响分析见表 7-6。

表 7-6 吹塑薄膜成型质量受模具的影响分析

故障现象	产生原因	排除方法
薄膜厚度误差大	①口模与芯棒间的间隙不均匀 ②模具体(特别是口模部位)圆周温度波动大 ③芯棒变形弯曲	①调整口模与芯棒间的间隙 ②检查、找出造成模具温度误差大的原因,调整加热元件,更换损坏元件 ③芯棒强度差,应修改设计结构或用较好的合金钢制造
膜面有皱褶	①口模与芯棒间的间隙不均匀,从模口挤出的膜坯厚度不均匀,则吹塑成型的薄膜厚度误差大,出现膜面皱褶 ②模具唇口安装位置不水平,则模唇口平面与牵引辊轴线不平行,使膜泡圆周的膜牵引运行速度不等而产生皱褶	①调整口模与芯棒间的间隙,使挤出口模的管状膜坯厚度均匀 ②调整口模位置,使口模中心线与牵引辊的夹膜线在同一个垂直平面上
膜面有黑点或污物	①模具清洗不干净、有油污 ②模具内有滞料异物或残余料	检修模具,清理模具空腔,不许有异物和残余料
膜面无光泽、有条纹	①芯棒尖角设计不合理,熔融料合流处有滞料现象,产生焦黄条纹 ②模具温度偏低 ③口模处有划伤痕	①修改芯棒尖角,使其适合熔融料流动特性,消除滞料现象 ②适当提高模具温度 ③修磨消除划痕

7.2.2 挤出平膜法成型模具

塑料平膜、片、板之间的厚度界线，没有统一的规定。人们通常把制品厚度小于 0.25mm 的称为薄膜，厚度大于 0.25mm、小于 1mm 的称为片，厚度大于 1mm 的称为板。这一类制品的挤出成型，首先是经过模具，成型略大于制品宽度和厚度的尺寸型坯，然后经三辊压光、冷却定形（流延法成型是经过冷却辊降温定形），再经牵引、冷却、切边等工序，完成制品的挤出成型生产工作。

（1）挤出成型平模、片、板制品常用的模具结构　常用的模具结构有歧管型（见图 7-21）、鱼尾型（见图 7-22）、衣架型（见图 7-23）和螺杆分配型（见图 7-24）等。成型这类制品用模具结构有很多相似之处，它们的结构特点如下：

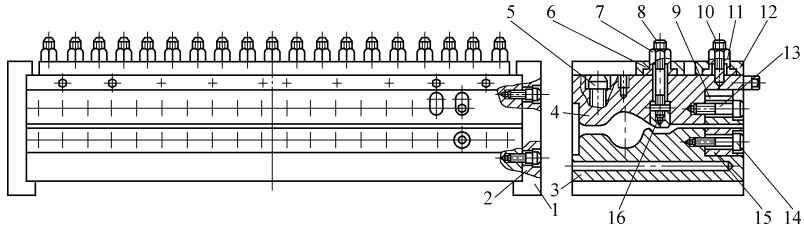


图 7-21　歧管型成型模具

1—端板　2、5、13、14—螺钉　3—下模体　4—上模体　6、12—压板　7—调节螺母　8、10—调节螺钉　9—上模唇　11—螺母　15—下模唇　16—阻流调节条

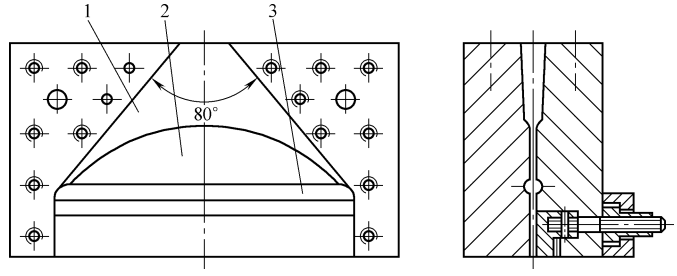


图 7-22　鱼尾型模具

1—熔融料扩展段　2—阻流分配段　3—阻流槽

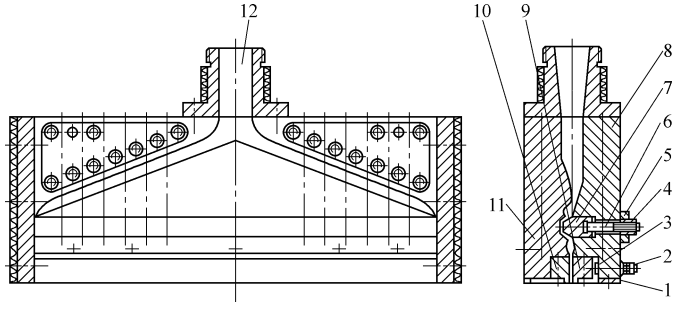


图 7-23　衣架型模具

1—挡板　2、4—螺母　3—调节螺栓　5—压板　6—螺栓　7—阻流调节条　8—上模体　9—上模唇　10—下模唇　11—下模体　12—连接颈

1）模具中的熔融料流动空腔主要由上、下模板组成，由多个螺栓紧固两零件的位置。

2）模具中熔融料出口的模唇位置，整个幅宽都设置有均匀分布的调节螺钉，生产初期用以调整上、下模唇间的间隙，使其接近相等，以保证挤出唇口的薄片制品厚度尺寸符合质量要求。

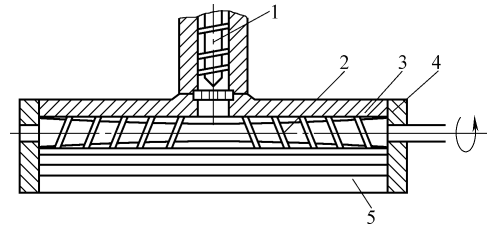


图 7-24　螺杆分配型模具

1—挤出机螺杆　2—分配螺杆　3—模具体　4—端板　5—模唇

3）为使进入模具空腔内的熔融料在挤出模唇口前，在整个模唇宽度上的流量、压力及流速接近相等，空腔中还设置一个横向贯穿模具

的凹槽，以满足上述挤出熔融料对流量、压力及流速接近一致的需要。

4）模具体内外设置有加热器，以满足成型制品对工艺温度的要求。

（2）模具结构基本参数的确定

1）歧管型模具结构参数的确定。歧管型模具结构中的歧管半径一般在 15 ~ 45mm 范围内选择。取大值时，由于模具内贮料较多，而使挤出口模的料流量稳定，从而保证了制品成型尺寸的均匀性。这种较大的歧管半径比较适合于热稳定性好的 PE、PP 料。热敏性差、流动性又不太好的 PVC 料挤出成型，模具中的歧管半径就应选小些，一般在 15mm 左右。当然，如果制品的宽度和厚度尺寸较大、成型用料量较大，则这个半径值也应随之增大些，才适合生产的需要。

模具模唇部位结构断面尺寸如图 7-25 所示，由制品的宽度和厚度尺寸来决定，但也要注意熔融料特性的影响。经验数据是 $L = (10 \sim 40)h$，最大不超过 80mm。

2）鱼尾型模具结构参数的确定。主要是熔融料空腔中的鱼尾形展开角，一般控制在 80°以下。其平直部分（定形部分）可比歧管型模具的平直部分尺寸略大些，一般取 $L = (15 \sim 50)h$。

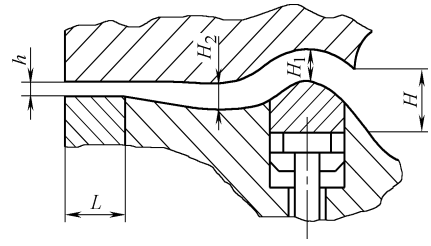


图 7-25　模具模唇部位结构断面尺寸

3）衣架型模具结构参数的确定。衣架型模具可生产幅宽为 2000mm 左右的片材，经横向拉伸可成型幅宽为 4000mm 的薄膜。

衣架型模具体内的歧管半径比较小（一般不大于 15mm）。表 7-7 中列出幅度为 700mm 和 1000mm 时，由模具中间进料，向两端歧管半径逐渐缩小型，不同距离的歧管半径尺寸的实例，可供应用时参考。

4）螺杆分配型模具结构参数的确定。应注意下列几点：

① 模具中螺杆的直径应小于挤出机塑化原料用螺杆直径，而且分配螺杆的螺纹线数不是单线螺纹，最好选用 4 ~ 6 个螺纹线数。这是为了缩短塑化的熔融料在模具中的停留时间，避免原料分解，以保证挤出生产成型制品能长时间顺利进行。

②螺杆分配型模具中模唇部位结构尺寸的确定如图 7-25 所示，参考表 7-8 中的经验数据应用。

表 7-7　衣架型模具中歧管半径不同位置的变化　（单位：mm）

幅宽为 700 时的 PVC 板(片)成型用模具结构										
中间进料歧管半径位置	0	50	100	150	200	250	300	310	320	330
歧管半径	10	9.72	9.42	9.06	8.62	8.02	7.10	6.82	6.49	6.04

幅宽为 1000 时的 PVC 板(片)成型用模具结构							
中间进料歧管半径位置	R_0	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
歧管半径	15.0	13.5	12.0	10.5	9.0	7.5	6.0
过渡圆弧位置	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7
过渡圆弧半径	3.25	3.00	2.75	2.50	2.25	2.00	1.75

（续）

幅宽为 1000 时的 PVC 板(片)成型用模具结构	
歧管展开角 α	165°
H	≈2.5
L	≈6.8
L_1	在(10～40)h 范围内,最大不超过 80

注:h 为制品厚度,表中数值参照下图位置。

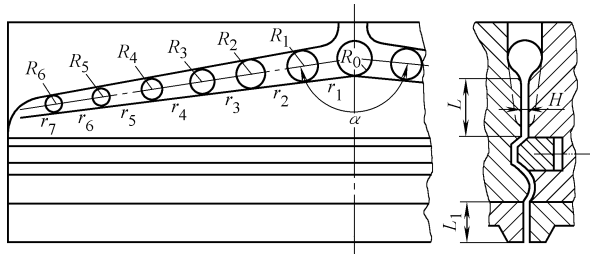


表 7-8　模唇部位的结构尺寸　　（单位：mm）

制品厚度	H	H_1	H_2	h	L
1.5～3	24	13	10.5	2.5	50
3～5				5.5	60
5～6				8.0	80
7～8				10.5	105

（3）模具对制品质量影响　平膜、片、板挤出成型质量的好坏与原料选择、设备工作质量和工艺温度控制等条件都有直接关系。同样，成型模具结构、加工精度及工艺温度控制是否符合工艺要求，也会给制品质量带来较大影响。制品质量受模具影响的常见条件见表 7-9。

表 7-9　制品质量受模具影响的常见条件

故障现象	产生原因	排除方法
制品厚度误差大	①模唇开口间隙调节不当 ②阻流条与模体间隙调节有误 ③模具体工艺温度控制不合理	①重新调节模唇口间隙 ②注意阻流条与模具体间隙的控制,应中部间隙比两端间隙逐渐缩小 ③重新调控温度,模具两端比模具中间部位的温度略高些
纵向有条纹	①模具唇口部位有划伤痕 ②模具空腔内有异物或滞料现象	①检修,修磨掉划伤痕 ②检修、清除模具内异物,修磨滞料部位工作表面
制品易断裂	模具温度偏低,熔融料塑化不均匀	适当提高模具温度
表面有色条线或斑点	①模具温度过高,出现料分解现象 ②模具内有异物堵塞 ③模具熔融料流道有滞料区料分解	①适当降低模具温度 ②检修、拆开模具,清除异物 ③检修,滞料部位进行修磨抛光

（续）

故障现象	产生原因	排除方法
表面粗糙，有横纹	①模具唇口的表面粗糙度值大 ②模唇口间隙过小	①修磨模唇表面 ②适当调大口模间隙
表面无光泽，不平整	①模具温度偏低 ②模唇工作面粗糙	①适当提高模具温度 ②修磨模唇口工作表面
制品中间部位薄，两端部位厚	①模唇间隙调节不合理 ②阻流条与模具体间隙调控不当 ③模具两端温度过高	①重新调节模唇间隙 ②适当放大阻流条中间部位与模具间的间隙 ③降低些模具两端温度

7.3 薄膜挤出吹塑成型

7.3.1 薄膜挤出吹塑成型用辅机

如图 7-1 所示，塑料薄膜挤出吹塑成型用辅助设备主要有膜坯成型用模具（第 7.2 节介绍）、牵引装置、冷却装置、人字形导板和卷取装置等。

1. 牵引装置

挤出吹塑薄膜生产设备中的牵引装置主要是用来把从模具口挤出的管状膜坯牵引向前运行，在牵引膜管的过程中，既完成了膜管被吹胀和吹胀膜泡的冷却工作，又能为薄膜的卷取装置输送冷却定形的吹塑薄膜制品。牵引装置的位置如图 7-1 中的 4 所示，它主要由一根主动钢辊和一根被动橡胶辊组成。主动钢辊一般多用直流电动机，通过蜗杆减速箱驱动旋转。主动钢辊的转速可调，调速时应根据被牵引膜的冷却定型需要，进行无级调速。被动橡胶辊工作时，把通过两辊面间的塑料薄膜紧压在主动钢辊工作面上，与钢辊配合，完成经冷却定形的吹塑薄膜的牵引工作。

牵引辊的工作使用注意事项如下：

1）牵引辊距成型模具出口端的距离不能小于膜泡筒直径的 3 ~ 5 倍，以保证吹胀膜泡的充分冷却定形，避免卷取后两层膜粘在一起。

2）装配后的两个牵引辊工作面接触线应与成型模具、风环和人字形导板的中心线垂直并相交在一个平面上，以保证挤出模具口的膜泡管始终沿着一条中心线平稳运行。

3）橡胶辊面与钢辊面的接触压紧力要均匀，对膜的牵引拉力在整个辊面上要接近一致，对膜的压紧力要能够阻止膜泡管内压缩空气泄漏。

4）牵引膜的运动速度平稳可调，在进行无级调整时，速度的变化应是平衡、平滑地过渡。

5）牵引的冷却膜要平整、无皱褶、无结团状通过两个牵引辊之间，以避免损坏牵引辊。

6）在牵引辊和卷取装置之间要加几根导辊和展平辊，必要时也可加张力辊，以保证卷取膜捆平整、膜布卷取松紧一致。

2. 冷却装置

挤出吹塑薄膜成型设备中的冷却装置是把挤出模具后的管状膜坯经吹胀成膜泡后，为使

膜泡尽快冷却定形，加快吹塑成型薄膜的生产速度而设置的。冷却装置中一般多采用风或水作为冷却介质，带走膜泡表面的热量。按冷却方法的不同，冷却装置又可分为膜泡表面冷却和膜泡管内表面冷却。

图 7-26 所示为一种采用风冷却筒状膜泡外表面用风环结构。它是吹塑薄膜时应用较多的一种风冷却方式，对膜的外表面冷却效果较好，可适应各种塑料吹塑膜泡的冷却。

图 7-27 所示为双风口负压风环工作示意图。这种双风口冷却膜表面的降温效果好于图 7-26 所示的风冷却方式，挤塑生产吹塑薄膜速度比较高，适合多种塑料成型膜的冷却。

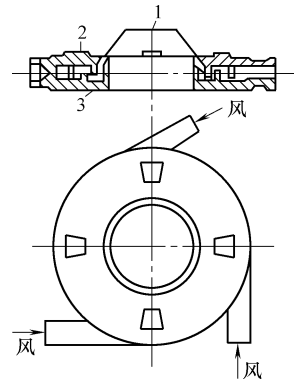


图 7-26　一种采用风冷却筒状膜泡外表面用风环结构

1—吹风口　2—风环上盖　3—风环体

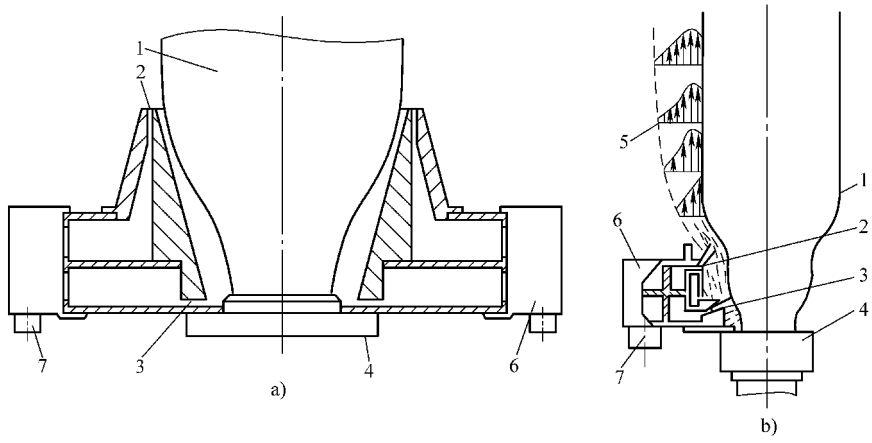


图 7-27　双风口负压风环工作示意图

a）双风口风环结构示意图　b）风环工作气流分布示意图

1—膜泡　2—上出风口　3—下出风口　4—成型模具

5—气流分布示意　6—风环体　7—进风口

图 7-28 所示为一种采用水冷却膜泡外表面用水环冷却结构。这种方式冷却的膜泡一般多用于透明度较高要求的聚丙烯薄膜。

图 7-29 所示为一种膜泡风内冷却工作示意图。冷空气由模具内芯棒中的风环进入膜泡内，在吹胀膜泡的同时，又可把膜泡内的热空气及热的低分子挥发物气体抽出。这种冷却方式可使膜泡的内壁同时均匀降温，提高膜泡运行稳定性，减小膜厚误差，提高透明度；由于冷却效果好，生产速度也可提高。这种冷却方式适合于各种塑料吹塑宽幅厚膜的冷却。

风环的工作位置是在成型膜具口的上方，距模具口 30 ~ 100mm 处。风环的直径一般应是模具口直径的 1. 5 ~ 3 倍（模具口直径小时取大值）。从风环口吹出的气流，应以 45° ~ 60°的斜角，呈伞状吹向膜泡管，气流托住膜泡，向上流动，带走膜泡表面热量，使膜泡管降温，平稳运行。

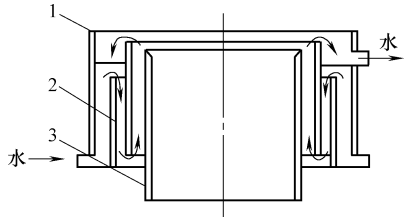


图 7-28　一种采用水冷却膜泡外表面用水环冷却结构
1—水环外套　2—隔板　3—定形套

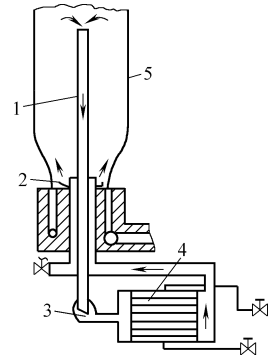


图 7-29　一种膜泡风内冷却工作示意图
1—热风输出管　2—进风口　3—排风机
4—热风冷却装置　5—膜泡管

冷却水环工作时，吹胀膜泡管的外径与冷却水环的内径吻合，水环内冷却水从冷却套内溢出。膜泡管通过水环时，表面带走一层冷却水，沿着膜泡管面下流，带走膜面热量，使膜泡表面得到较好的降温。膜面上附着的水珠经牵引辊时，被挤压流回水环。

3. 人字形导板

辅机中的人字形导板结构很简单，一般可用铝板或木板制作。导板夹角的大小由支承螺钉调整，由吹膜生产方式来决定：一般平吹时取夹角为 30°左右；上下吹时取夹角为 50°左右 。夹角板也可用导辊组排列组成，导辊内通冷却水，这样对膜的冷却效果更好些。人字形导板的结构布置示意图如图 7-30 所示。

人字形导板的主要作用是：为吹胀的膜泡管运行导向，使其稳定运行；同时，把进入人字形导板内的圆形膜泡管压扁成一定的角度后，将冷却定形的膜制品引入牵引辊。

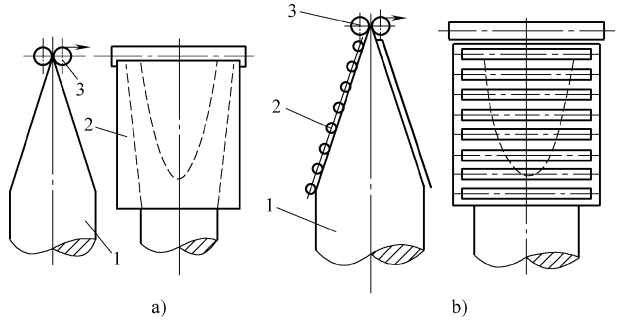


图 7-30　人字形导板的结构布置示意图
a）平板式　b）导辊式
1—膜泡管　2—人字形导板或导辊组　3—牵引辊

4. 卷取装置

辅机中的卷取装置是挤出吹塑薄膜生产中的最后一道工序。卷取装置的工作状况将直接影响薄膜制品的卷取质量。目前，在挤出机吹塑成型薄膜生产设备中，常用的卷取装置有表面摩擦卷取装置和中心轴卷取装置。

（1）表面摩擦卷取装置　表面摩擦卷取薄膜制品在挤出机生产薄膜制品设备中应用得较多。表面摩擦卷取薄膜装置结构示意图如图 7-31 所示。它的工作方法是：摩擦卷取用主动辊 1 是由电动机通过减速箱减速后直接驱动旋转，与其并列的辊 3 也与主动辊一样，同步、同向旋转。薄膜卷取轴 2 在两个并列辊面中间，靠与两辊面的摩擦力带动也跟着旋转，把薄膜卷在轴上。这种卷取装置结构简单，被卷取的膜捆也较平整，不易产生皱褶。另外，卷取膜捆的直径大小也不会受卷取主动辊速度的影响。

（2）中心轴卷取装置　采用中心轴卷取薄膜制品的方法应用也较多。由于中心轴旋转传动中有一个摩擦传动装置，在卷取时，随着膜捆直径的增大，可使卷取轴的转速逐渐减慢，使薄膜的卷取捆既整齐，又松紧较均匀一致。中心轴卷取的摩擦传动结构如图7-32所示。它的传动方式是：电动机经减速箱减速后，带动摩擦传动中的主动链轮 12 转动，与其通过销钉连接固定的摩擦主动轮 11 也同步旋转；手轮 7 内孔有螺纹能在滑动轴承座 4 的右侧（图示方向）转动；转动手轮能推动挡环 8、推力球轴承 10 和摩擦轮 9 沿传动轴右移，使摩擦轮 9 与摩擦主动轮 11 通过摩擦毛毡 13 靠紧；则主动链轮的转动通过两摩擦轮和传动轴间的键连接，带动传动轴 2 旋转，卷取轴端为方形，在传动轴端的方槽内，则卷取轴也随其转动。卷取轴的转速快慢由摩擦轮间的摩擦力大小决定，摩擦力大小由手轮来调整控制。

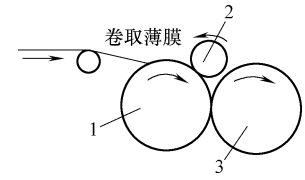


图 7-31　表面摩擦卷取薄膜装置结构示意图

1—摩擦卷取用主动辊　2—薄膜卷取轴　3—摩擦卷取托辊

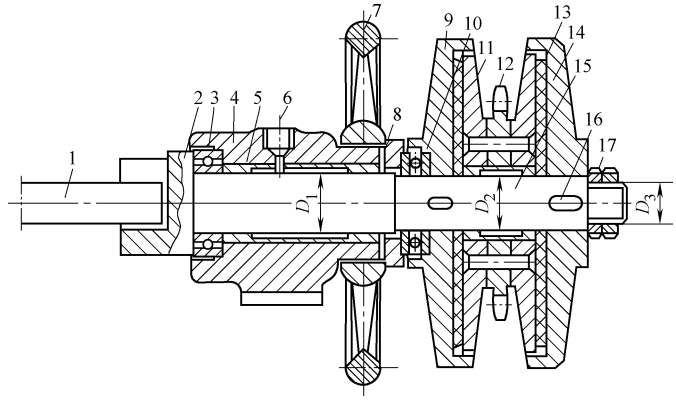


图 7-32　中心轴卷取的摩擦传动机构

1—卷取轴芯　2—传动轴　3—滚动轴承　4—滑动轴承座　5、15—铜瓦　6—油杯孔　7—手轮　8—挡环　9—摩擦轮　10—推力球轴承　11—摩擦主动轮　12—链轮　13—摩擦毛毡　14—销钉　16—键　17—锁紧螺母

5. 辅机的应用选择

塑料薄膜挤出吹塑成型用辅机的应用选择应注意以下几点：

1）成型模具中口模直径的确定，既要注意与螺杆直径的匹配，也要考虑吹塑薄膜制品的幅宽（幅宽是指薄膜的折幅宽，即实际膜宽度的 1/2），同时还要注意吹塑薄膜用原料性能影响。口模直径与不同原料吹膜折径的关系见表 7-10，在设计成型模具过程中，可供确定口模直径尺寸时参考。

表 7-10　口模直径与不同原料吹膜折径的关系　（单位：mm）

原料	HDPE	LLDPE	LDPE	PP
口模直径	吹　膜　折　径			
	吹胀比 1.5 ~ 3	吹胀比 1.4 ~ 2.2	吹胀比 3 ~ 5	吹胀比 1 ~ 2.2
30	70 ~ 140	65 ~ 100	140 ~ 240	50 ~ 110
50	110 ~ 230	100 ~ 170	240 ~ 400	70 ~ 170
75	170 ~ 350	165 ~ 260	350 ~ 600	110 ~ 250

（续）

原料	HDPE	LLDPE	LDPE	PP
口模直径	吹 膜 折 径			
	吹胀比 1.5 ~ 3	吹胀比 1.4 ~ 2.2	吹胀比 3 ~ 5	吹胀比 1 ~ 2.2
100	230 ~ 470	220 ~ 350	480 ~ 780	160 ~ 350
150	350 ~ 700	330 ~ 520	700 ~ 1200	240 ~ 500
200	470 ~ 950	430 ~ 700	950 ~ 1600	310 ~ 700
300	700 ~ 1400	650 ~ 1000	1400 ~ 2400	470 ~ 1000
400	950 ~ 1900	900 ~ 1400	1800 ~ 3100	630 ~ 1400
500	1200 ~ 2400	1100 ~ 1700	2400 ~ 4000	800 ~ 1700
800	1800 ~ 3800	1700 ~ 2700	3700 ~ 6000	1200 ~ 2700
1000	2400 ~ 4800	2200 ~ 3500	—	—

2）按吹塑薄膜用原料的不同，选择较适合吹膜成型的模具结构：聚氯乙烯树脂吹塑薄膜，应优先选择芯棒式模具，也可应用十字形模具；聚乙烯和聚丙烯树脂吹塑薄膜，由于其性能稳定，熔融料流动性好，可应用任何结构形式的模具成型；聚苯乙烯、聚酰胺和聚碳酸酯吹塑薄膜，应优先选用芯棒式模具，其他类型的模具结构也可应用。

3）吹塑模具安装时，要找正模口面呈水平状态，连接螺栓应涂二硫化钼，以方便模具的拆卸。

4）风环、人字形导板和牵引辊装配时，注意应以模具口的水平面为基准，找正此三种部件的中心，使它们都在模具口的中心线上。

5）挤出吹塑薄膜的吹胀比是指被吹胀膜泡直径与口模直径的比值。两者间的关系选择应考虑原料的性能及对膜泡运动稳定性的影响，同时更应注意吹胀比对制品强度及质量的作用。挤塑薄膜吹胀比的选择：PP 和 PA 料生产吹塑膜时，吹胀比为 1 ~ 1.5；PE 料生产吹塑膜时，吹胀比为 1 ~ 2.5；LLDPE 料的吹胀比为 1.5 ~ 2；PVC 和 LDPE 料的吹胀比为 2 ~ 3；HDPE 料的吹胀比为 3 ~ 5。实际生产中，注意吹胀比值尽量取中间值。这样既方便操作，又能使膜的纵、横向强度值接近。特殊需要的小直径膜泡吹胀比最大约为 6。

6）牵伸比是指牵引辊牵引膜泡的速度与熔融料挤出口模时的速度之比。选择牵引比时，应注意膜制品厚度和吹胀比间的影响关系。

7）膜泡冷却降温方式的选择，要注意吹膜用原料性能和膜制品的质量要求：一般料的吹塑薄膜冷却多采用风冷；对于透明度要求高的聚丙烯料吹膜，应采用水冷却；较大直径膜泡为加快生产速度，应考虑膜泡管内外同时用风冷却。

国内有多家生产厂生产挤出吹塑薄膜成型用挤出机生产线的辅机，表 7-11 ~ 表 7-13 列出部分生产厂产品型号及设备的主要技术参数，供选择时参考。

表 7-11　上海挤出机厂吹膜辅机技术参数

型　　号	生产能力 /(kg/h)	薄膜折径 /mm	薄膜厚度 /mm	牵引卷取速度 /(m/min)	卷膜直径 /mm	总功率 /kW
SJZ-M-45B-BF500	2.5 ~ 33	100 ~ 450	0.02 ~ 0.06	4 ~ 35	—	14
SJZ-M-45D_1-600	3.5 ~ 35	600	0.01 ~ 0.05	6 ~ 60	400	23
SJZ-M-45D_1-700	3.5 ~ 35	60 ~ 650	0.02 ~ 0.12	8 ~ 25	—	18
SJZ-M-65E-1200	9 ~ 90	1000	0.01 ~ 0.06	8 ~ 45	350	49

表 7-12　大连橡胶塑料机械厂吹膜辅机技术参数

型　　号	主要技术参数							
	口模直径/mm	风环直径/mm	牵引辊规格（直径×长度）/mm	牵引速度/(m/min)	薄膜最大卷径/mm	卷取调速范围/(r/min)	外形尺寸（长×宽×高）/mm	总功率/kW
SJ-FMB1600L	300	1000	160×1600	0～80	200	120～1200	5450×3250×6896	18.9
SJM-F1900	300	100	160×1800	0～80	200	120～1200	5450×3550×6896	18.9
SJM-F2200C	500	1200	160×2200	1.5～15 3～30	350	1.5～15 3～30	9188×5050×10225（机组）	22.55
SJM-F2200E	400 500	1500	160×2200	3～45	200	3～45 6～90	5586×4410×7670	25.05
SJ-FM2800	1000	2000	210×2800	2.5～25	240	—	14330×6650×5870 14330×6650×20170（机组）	84
SJGM-F3500×3（三层复合）	1400	1570	308×3500	2.2～22	—	2.2～22	16720×9840×20300	238.7
SJGM-F3500×3A（三层复合）	1400	—	310×3500	2.2～22	—	—	17500×11500×17680	—
SJDM-F5360	—	1250	310×5360	2.2～22	—	—	17500×11500×17680	—

型　　号	主要技术参数					
	制品厚度/mm	制品最大折幅宽度/mm	折边规格/mm	机头规格/mm	外形尺寸（长×宽×高）/mm	总功率/kW
SJ-FM400	LDPE0.01～0.20 HDPE0.03～0.06	350	75	20,30,40,50	4000×1900×2700	4.5
SJ-FM400×2（双机头）	LDPE0.01～0.20 HDPE0.03～0.06	350	75	30,50,70	4520×2790×2445	18
SJ-FM650	LDPE0.006～0.10 LLDPE0.005～0.05 HDPE0.006～0.03	600	75	40,60,80	5000×3100×3500	6
SJ-FM1100	LDPE0.006～0.10 LLDPE0.005～0.05 HDPE0.008～0.03	1000	—	100,120,150,220	5500×2500×5100	12
SJ-FM1400（65 螺杆）	LDPE0.01～0.15 LLDPE0.008～0.03	1300	—	250	6400×2800×5600	15
SJ-FM500	LDPE0.006～0.10 HDPE0.006～0.015	450	75	30,50,70,80	2150×1850×2700	4
SJ-FM1600	—	1500	—	250,300,400	7000×3300×6900	20
SJ-FM2100	—	2000	—	250,300,400	7000×3800×6800	20

型　　号	主要技术参数							
	机头有效宽度/mm	制品宽度/mm	制品厚度/mm	卷取速度/(m/min)	最大卷径/mm	生产能力/(kg/h)	外形尺寸（长×宽×高）/mm	总功率/kW
SJFM-F1600X3（三层复合）①	1525	1400	0.02～0.2	11～110	800	360	9175×4800×3115	54.02

① 为流延膜用辅机。

表 7-13 挤出吹塑薄膜生产线型号及主要技术参数

型号 / 技术参数		SJ50/28-BL1400①	SJ65×28-BL1400①	SJ45/28-BL1400①	SJ65/25-BL1400①	SJ65×25/SJM-F1400②	SJ65×30L/SJM-F2200E②
螺杆直径/mm		50	65	45	65	65	65
螺杆长径比		28:1	28:1	28:1	25:1	25:1	30:1
螺杆转速/(r/min)		25~250	15~150	25~150	15~95	LDPE:16~160 LLDPE:12~120	LDPE:16~160 LLDPE:12~120
最大产量(LDPE)/(kg/h)		120	160	70	75	LDPE 100 LLDPE 80	LDPE 145 LLDPE 125
驱动功率/kW		45	45	22	22	37	45
机筒加热功率/kW		17.2	14.6	7	12.6	11.4	14.4
中心高/mm		460	500	440	600	500	500
外形尺寸(长×宽×高)/mm		—	—	—	—	2451×2025×1477	2760×2025×1477
主机质量/kg		—	—	—	—	2700	2715
模具	口模直径/mm	ϕ150/ϕ250	ϕ150/ϕ250	ϕ150/ϕ250	ϕ150/ϕ250	ϕ200/ϕ250	ϕ400/ϕ550
	加热功率/kW	—	—	—	—	14	15.25/18.5
风冷装置	风环直径/mm	—	—	—	—	1500	1500
	风机功率/kW	—	—	—	—	4	4
牵引装置	牵引速度/(m/min)	—	—	—	—	4~40/8~80	3~45/6~90
	牵引电动机功率/kW	—	—	—	—	1.5	2.2
	牵引辊高度/mm	—	—	—	—	7160	7500
卷取装置	卷取速度/(m/min)	8~80	8~80	8~80	8~80	4~40/8~80	3~45/6~90
	卷取电动机功率/kW	—	—	—	—	2	1.1
辅机外形尺寸(长×宽×高)/mm		—	—	—	—	5643×4250×7270	6700×4410×7670
辅机重/kg		—	—	—	—	6816	5345
备注		膜厚(0.015~0.10)mm 最大折径1300mm	膜厚(0.015~0.10)mm 最大折径1300mm	膜厚(0.015~0.10)mm 最大折径1300mm	膜厚(0.015~0.10)mm 最大折径1300mm	生产折径1300mm以下地膜、包装膜	挤出吹塑LDPE(MFR=2~7g/10min)料、也可吹LLDPE(MFR=2g/10min)料及两者混合料,生产厚度大于0.008mm地膜,厚0.08mm大棚膜和包装膜

（续）

型号 / 技术参数		SJ90×30/ SJM-F2200C②	SJ90×30B1/ SJM-F2700②	SJ150×25 SJM-F2800B②	SJ150×25A SJM-F2800B②	SJ50×25- FRSM300③	2 台 SJ45×28 SGM2×1400A①
螺杆直径/mm		90	90	150	150	50	45
螺杆长径比		30∶1	30∶1	25∶1	25∶1	25∶1	28∶1
螺杆转速/(r/min)		12～120/ 8～80	12.5～125/ 9.5～95	LDPE 6.5～65	LDPE8～80 LDPE+ LLDPE6～60	6～60	15～200
最大产量(LDPE)/(kg/h)		>200	>280～300	>450	LDPE500 LDPE+ LLDPE400	—	单台生产量 (LDPE70)
驱动功率/kW		60/6	90	132	160	7.5	22
中心高/mm		500	500	600	660	—	—
机筒加热功率/kW		88.1	—	60	60	—	—
外形尺寸(长×宽×高)/mm		3721×2191×1511	3742×2180×2225	5020×2715×2555	5080×2802×2546	—	—
主机质量/kg		4055	4520	7615	8890	—	—
模具	口模直径/mm	ϕ500	ϕ600	ϕ1000	ϕ1000	ϕ50	ϕ200/ϕ250/ ϕ300
	加热功率/kW	19.2	54.38	79	79	—	—
风冷装置	风环直径/mm	1200	750	1240	1240	135	—
	风机功率/kW	1.5	4	1.5	1.5	—	5.5

① 为湖北省轻工机械股份有限公司生产。

② 为大连冰山橡塑股份有限公司生产。

③ 为江苏省宜兴市塑料机械二厂生产。

7.3.2　聚乙烯薄膜挤出吹塑成型

在塑料薄膜这一类产品中，聚乙烯塑料薄膜是产量最高、应用范围比较广的一种塑料制品。聚乙烯薄膜多采用挤出吹塑成型，也可采用流延法成型和压延法成型。

聚乙烯薄膜挤出吹塑成型生产工艺顺序：PE 料→挤出机熔融塑化→模具成型管状膜坯向前运行（同时，膜坯被压缩空气吹胀和纵向拉伸变薄，呈筒状，还有冷风使筒状膜泡降温，将其固化）→牵引→卷取（生产工艺顺序如图 7-1 所示）。

聚乙烯薄膜的品种比较多。目前，应用较多的聚乙烯薄膜有低密度聚乙烯薄膜、高密度聚乙烯薄膜、线型低密度聚乙烯薄膜和由以上三种原料或两种原料混合后挤出吹塑成型的聚乙烯薄膜等。

聚乙烯薄膜主要用于农业地膜、大棚膜和各种物品的包装用膜。应用聚乙烯薄膜的厚度范围在 0.008～0.150mm 之间，厚度大于 0.15mm 的聚乙烯薄膜也有应用，但应用量比较少。低密度聚乙烯（LDPE）薄膜和高密度聚乙烯（HDPE）薄膜两种薄膜的性能比较见表 7-1。

1. 低密度聚乙烯薄膜挤出吹塑成型

低密度聚乙烯（LDPE）薄膜是聚乙烯类薄膜中应用量较大的一种薄膜，厚度一般在

0.02～0.15mm，有较好的透明度和柔软性，常在－30～70℃的环境中使用，有良好的电绝缘性、防潮性和防辐射性。它一般多用于农业生产中的地膜、大棚膜、工业品和食品包装，作木板、纸及铝箔的复合膜和军工物品的防潮及防电磁辐射用膜等。

（1）原料选择　选择熔体流动速率（MFR）为0.3～4g/10min聚乙烯树脂，原料密度为0.92g/cm^{3}左右。LDPE薄膜挤出吹塑成型专用树脂有多种牌号，生产时要根据薄膜用途选择专用料（可参照表1-7选择）。

成型不同厚度的LDPE薄膜时，树脂的熔体流动速率（MFR）选择参考值如下：当膜厚δ=0.02～0.03mm时，MFR=1～4g/10min；δ=0.03～0.08mm时，MFR=1～2g/10min；δ=0.08～0.15mm时，MFR=0.5～1.5g/10min。

（2）设备条件　采用通用型单螺杆挤出机，螺杆结构为等距渐变型或突变型；尽量选用螺杆头部（均化段处）设有屏障的高速新型结构螺杆，长径比大于20∶1，压缩比为3～4；机筒前加多孔板，过滤网不少于3层，为80/100/80目。成型模具为芯棒式或螺旋式结构，口模间隙在1mm左右，风环冷却。可参照表7-11～表7-13选择挤出吹塑膜用机组。

（3）工艺温度

1）薄膜厚度小于0.02mm。机筒的工艺温度分别为（从加料段至均化段）105～130℃、110～140℃、130～150℃，成型模具温度为130～155℃。

2）薄膜厚度为0.04～0.08mm。机筒的工艺温度分别为（从加料段至均化段）115～135℃、120～150℃、130～160℃，成型模具温度为160～170℃。

3）薄膜厚度为0.08～0.15mm。机筒的工艺温度分别为（从加料段至均化段）120～140℃、150～160℃、170～180℃，成型模具温度为160～170℃，熔融料温度为160℃左右。

（4）生产操作工艺要点

1）LDPE薄膜挤出吹塑成型时，可根据薄膜的应用需要，在原料中适当添加一些抗黏连剂和润滑剂（如硅藻土抗黏连剂和芥酸酰胺润滑剂），以降低制品的表面摩擦因数，减少黏连。

2）选择的LDPE树脂应是颗粒均匀、无杂质、无水分。

3）透明度要求较高的LDPE薄膜应选用密度在0.921～0.925g/cm^{3}之间的树脂。

4）通用LDPE薄膜成型用原料的熔体流动速率（MFR）可选用2.0g/10min；高强度LDPE薄膜的MFR可选用0.3～1.0g/10min；极薄的LDPE薄膜的MFR可选用6.0g/10min；大棚膜的MFR为0.2～0.8g/10min；热收缩膜的MFR为0.2～1.5g/10min。

5）吹胀膜泡的牵引速度应与膜坯从模具口挤出的速度匹配，牵引速度应视膜厚尺寸的需要进行平稳升降。

6）为了使挤出吹塑薄膜的纵、横向强度接近一致，生产时要注意：膜管的吹胀比（膜管吹胀后的直径与口模直径之比）与纵向牵伸比（牵引膜泡的速度与膜管坯从模具口的挤出速度之比）值相接近。

7）注意吹胀比要控制在1.5～3的范围内。若吹胀比较小，膜成型后的横向强度低；若吹胀比过大，膜泡运行不平衡，薄膜的厚度误差大。几种塑料的最佳吹胀比见表7-14。

表7-14　几种塑料的最佳吹胀比

塑料名称	PVC	LDPE	LLDPE	HDPE	PP	PA	PA/黏合层/PE
吹胀比	2.0～3.0	1.3～3.5	1.5～3.0	3.0～6.0	0.9～1.5	1.0～1.5	1.0～2.5

8）牵引装置对膜泡管的牵引速度，要求牵伸比控制在 2 ~ 8 的范围内。牵伸比值过大，膜泡管易拉断；牵伸比值过小，成型薄膜的力学性能差。

9）挤出吹塑薄膜生产时，机筒前要加多孔板和过滤网，以保证原料塑化质量均匀和避免原料中的杂质影响成型膜质量。吹塑薄膜成型用原料为 PVC 时，过滤网用 60/80 目；原料为 PE 时，用 60/80/100 目；原料为 PP 时，用 80/100/120 目。安装时，注意目数小的过滤网靠在多孔板上和进料端；目数大的过滤网放在中间，以提高其工作强度。

10）生产前，应按挤塑原料的不同，参照表 7-5 把成型模具上口模间隙调整均匀。

11）熔融料从模具口挤出时，注意用铜质工具清除模具口处的残料，防止划伤模唇。熔融料从口模间隙挤出速度不均匀时，把料流速度快的部位口模间隙调小些，或把料流速度慢的部位口模间隙调大些。如果是由于模具温度不均匀而影响熔融料流速，则应把熔融料流速慢的部位温度调高些。

12）注意冷却风环的风量为 5 ~ 10m^3/min，风压为 0.3 ~ 0.4MPa；风量应扩散均匀柔和，以保证膜泡不变形，运动不抖动为准。

13）膜管坯内吹入压缩空气压力为 0.02 ~ 0.03MPa，吹入空气量以保证膜管胀圆为准。当膜泡被牵引正常运行后，膜泡管可加大送气量，直至达到工艺要求膜泡折径为止。

14）注意观察膜泡管形状。图 7-33a 所示为缓慢冷却膜泡管形状，此形状说明风环位置偏低，风量较小，而冷却空气温度偏高；图 7-33b所示为快速冷却膜泡管形状；图 7-33c 所示为膜管离开模具一段距离后再快速冷却的膜泡管形状，此膜泡管形状说明风环的位置较高，吹出的风量较大，而且风的温度较低。膜泡管的冷凝线高度应控制在 250 ~ 300mm 范围内。

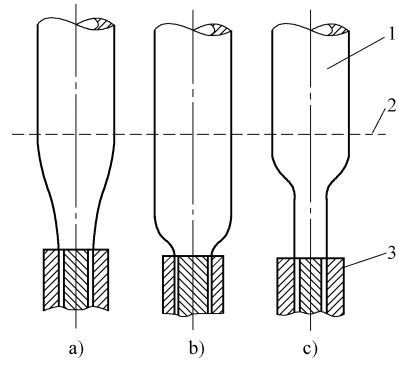


图 7-33　风环工作对膜泡管形状的影响

a）缓慢冷却膜泡管形状　b）快速冷却膜泡管形状

c）膜管离开模具一段距离后再快速冷却的膜泡管形状

1—膜泡管　2—冷凝线　3—模具

15）不同用途的 LDPE 薄膜挤出吹塑成型参考工艺参数如下：

① 要求强度较高的重包装薄膜成型时。吹胀比 2 ~ 3，牵引速度 10 ~ 20m/min，口模间隙 1 ~ 1.2mm，成型熔融料温度 150 ~ 200℃，熔体流动速率（MFR）为 0.3 ~ 1g/10min。

② 一般用途薄膜成型时。吹胀比 1.5 ~ 2，牵引速度 10 ~ 20m/min，口模间隙 0.8 ~ 1mm，成型熔融料温度 140 ~ 180℃，熔体流动速率（MFR）为 2 ~ 4g/10min。

③ 农膜成型时。吹胀比 1.5 ~ 3.5，牵引速度 10 ~ 20m/min，口模间隙 0.8 ~ 1mm，成型熔融料温度 150 ~ 180℃，熔体流动速率（MFR）为 1 ~ 2g/10min。

④ 地膜成型时。吹胀比 2 ~ 3，牵引速度 20 ~ 40m/min，口模间隙 1.5 ~ 2mm，成型熔融料温度 140 ~ 200℃，熔体流动速率（MFR）为 0.5 ~ 1g/10min。

（5）质量　挤出吹塑 LDPE 薄膜的质量，以地面覆盖薄膜（简称地膜）质量要求为例，地膜质量应符合 GB 13735—1992 标准的规定。这个标准适合于以 LDPE（MFR = 1 ~ 3g/10min）、LLDPE（MFR = 1 ~ 2g/10min）或 LDPE、LLDPE、HDPE 中的两种或三种树脂混合料（树脂中也可加入些助剂）为主要原料的挤出吹塑成型薄膜的质量。

（6）低密度聚乙烯薄膜挤出吹塑成型举例

例 1：普通 LDPE 包装薄膜

普通 LDPE 包装薄膜一般都是指用 LDPE、LLDPE 或两种材料的混合料为原料挤出吹塑成型的薄膜。一般多用通用型单螺杆挤出机，采用上吹法生产成型薄膜。薄膜厚度在0.02～0.20mm 之间或大于 0.20mm。这种薄膜不仅可用于各种物品的包装，也可用于农业作育秧薄膜。生产时，原料只要干净、含水量很低（一般可认为无水分）、无任何杂质、熔体流动速率 MFR 在 2～7g/10min 即可应用。

1）原料选择。参照表 1-7 选择 LDPE 树脂牌号。

2）设备要求。可用通用型单螺杆挤出机，也可选用新型螺杆式挤出机。挤出机螺杆直径为 ϕ65mm，长径比为 20∶1，压缩比为 3∶1。

成型模具采用螺旋式芯棒结构，口模直径为 ϕ200mm，口模间隙为 0.8mm，冷却风环直径为 ϕ400mm。

3）工艺条件。机筒温度（从进料段至机筒出料端）分别是 130～150℃、130～160℃、140～170℃，口模温度为 150～170℃，熔融料温度为 150～170℃，吹胀比为 1.5～3，牵伸比为 3～7。

4）质量。普通 LDPE 包装薄膜的质量应符合 GB/T 4456—2008 标准规定。薄膜分 A（用 LDPE 树脂）、B（用 LDPE 与 LLDPE 混合料）和 C（用 LLDPE 树脂）三类。

例 2：LDPE 透明薄膜

LDPE 薄膜的成型多采用上吹法风冷方式成型。这种生产方式成型的薄膜透明度比较差。如果把 LDPE 薄膜成型改为下吹法，膜泡为水冷式生产，即可提高 LDPE 吹塑薄膜的透明度，而且它的光泽性和柔软性也都比较好。

低密度聚乙烯透明薄膜生产应注意事项如下。

1）原料选择。透明薄膜成型用原料选用密度为 0.921～0.925g/cm^3 的 LDPE 树脂，熔体流动速率（MFR）为 2～4g/10min。也可参照表 1-7 选择 LDPE 牌号。

2）设备条件。单螺杆挤出机的螺杆结构为等螺距螺纹深度渐变型，长径比为 20∶1，压缩比为 3∶1。成型模具为螺旋式芯棒结构。最好选择 LDPE 料专用挤出机（见表 5-2～表 5-5）。

3）成型模具的膜坯出口距冷却水平面距离在 100mm 左右。注意生产时要保持冷却水平面不产生抖动。水环冷却结构如图 7-28 所示。

4）膜泡的吹胀比为 2。

5）生产薄膜厚度小于 0.04mm 时，机筒的进料温度为 120～140℃、塑化段温度为 130～150℃、均化段温度为 140～165℃，成型模具温度为 150～165℃，熔融料温度在 155℃左右。

例 3：重包装 LDPE 薄膜

重包装 LDPE 薄膜与普通聚乙烯包装薄膜的不同之处是膜的厚度。重包装 LDPE 薄膜的厚度一般为 0.20～0.35mm，可用于 20～30kg 重物的包装，如化工原料、化肥、合成树脂及饲料等方面的包装。

重包装 LDPE 薄膜挤出吹塑时的注意事项如下：

1）原料选择。重包装 LDPE 薄膜成型用原料选择熔体流动速率（MFR）为 0.3～0.5g/

10min 的 LDPE 树脂，如中国石化集团北京燕山石油化工有限公司生产的牌号为 2F0.3A 或 2F0.4A 的 LDPE 树脂等。也可参照表 1-7 选择 LDPE 牌号。

重包装 LDPE 薄膜也可用 LDPE 与 LLDPE 混合料挤出吹塑成型。原料中的线型低密度聚乙烯（LLDPE）树脂的比例占 1/3 左右。

2）设备条件。重包装 LDPE 薄膜挤出吹塑成型最好选用专用设备，如选用大连橡胶塑料机械股份有限公司生产的 SJ-FMZ800 型重包装 LDPE 薄膜吹塑辅机，与 SJ-90×25 型塑料挤出机配套使用。也可参照表 7-11～表 7-13 选择主、辅机。

塑料制品厂也可用厂内现有生产设备，要求螺杆为挤塑 PE 料通用型螺杆，长径比为 20∶1，压缩比为 4∶1 或 3∶1。为保证原料的塑化质量，机筒工艺温度的控制要求是螺杆应通水控温。

成型模具应采用螺旋式芯棒结构。当挤出机螺杆直径为 90mm 时，成型模具的口模直径为 200mm，口模间隙在 1mm 左右，吹胀比为 2～3。

如不选用专用辅机，注意成型模具距牵引辊的距离应不小于 8m，以保证厚薄膜的充分冷却降温。

3）工艺温度。机筒各段工艺温度：加料段 130～150℃、塑化段 160～190℃、均化段 190～210℃，成型模具温度为 190～200℃。

4）重包装 LDPE 薄膜的膜泡采用风冷降温，必要时也可把人字形导板改为水冷式人字形导板，用以配合风环对膜泡的降温定形。人字形导板的张开角度在 15°～30°范围内。

例 4：LDPE 大棚薄膜

LDPE 大棚薄膜一般折径幅宽都在 2m 以上，常用的薄膜厚度在 0.08～0.14mm 范围内。其主要用途是用作蔬菜大棚，为蔬菜生长时保温和保湿。按 LDPE 大棚薄膜用途的需要，选用不同原料组成配方，可挤出吹塑成型普通 LDPE 大棚薄膜、增强 LDPE 大棚薄膜、无滴 LDPE 大棚薄膜和长寿 LDPE 大棚薄膜等不同制品。

普通 LDPE 大棚薄膜的性能与聚乙烯薄膜的性能相同；增强 LDPE 大棚薄膜比普通 LDPE 大棚薄膜的强度高、韧性好；长寿 LDPE 大棚薄膜的耐老化性能好，使用时间比普通 LDPE 大棚薄膜长；无滴 LDPE 大棚薄膜的使用特点是在膜面上水雾少、透光性好，水滴可顺着膜面流入地面。

1）原料选择。普通 LDPE 大棚薄膜成型可选用中国石化集团北京燕山石油化工有限公司生产的 LDPE 树脂，牌号是 PE-F-23D006 或 PE-FL-23D012。密度为 0.919～0.922g/cm^3、MFR 为 0.5～1.0g/10min 的 LDPE 树脂都可用来生产 LDPE 大棚薄膜。也可参照表 1-7 选择 LDPE 牌号。

增强 LDPE 大棚薄膜挤出吹塑成型可选用 LDPE 和 LLDPE 混合料。两种原料的掺混比例为：LDPE 占 60% 左右，LLDPE 占 40% 左右。

长寿 LDPE 大棚薄膜成型用原料可在增强 LDPE 大棚薄膜用料配方中加入 0.4% 的防老剂（如用二叔丁基羟基甲苯 BHT）和 0.15% 的抗氧剂，必要时还应加入适量的液体石蜡。

2）设备条件。由于 LDPE 大棚薄膜成品幅宽大、成型用熔融料量大，所以要选用大规格挤出机。通常，生产折径为 2m 的薄膜应选用螺杆直径为 90mm 的挤出机；生产折径为 4m 的薄膜要选用螺杆直径为 150mm 的挤出机。为了提高生产率，保证原料塑化质量，最好选用有屏障段的分离型螺杆挤塑原料。也可参照表 7-11～表 7-13 选择挤出吹塑薄膜生产线。

成型模具可选用螺旋式芯棒结构。为减轻模具质量，最好选用莲花瓣式模具结构，但成型膜表面会有多条熔融料接线纹。

3）LDPE 大棚薄膜挤出吹塑工艺参数。机筒各段工艺温度：加料段 140～160℃、塑化段 160～180℃、均化段 190～200℃，成型模具温度为 180～190℃，吹胀比为 2～3，口模间隙为 1～1.2mm，牵引速度为 2～20m/min。

吹胀膜泡用风冷降温。折径为 2m 的膜泡用直径为 700mm 风环，机架高 8m；折径为 4m 的膜泡用直径为 1400mm 风环，机架高 15m，经降温固化后将膜幅宽折叠成 2m 卷取。

4）质量。LDPE 大棚薄膜的质量应符合标准 GB 4455—2006 的规定。其力学性能、宽度及偏差、厚度及偏差分别见表 7-15～表 7-17，外观质量可参照例 1 中的 LDPE 薄膜的外观质量。

表 7-15　LDPE 大棚薄膜的力学性能

项　目		优等品	一等品、合格品
拉伸强度(纵、横向)/MPa		≥14	≥12
断裂伸长率(纵、横向)(%)	<0.050mm	≥300	≥250
	≥0.050mm	≥350	≥300
直角撕裂强度(纵、横向)/(kN/m)		≥60	≥50

表 7-16　LDPE、LLDPE 大棚薄膜的宽度及偏差　（单位：mm）

膜幅宽(折径)	极限偏差		
	优等品	一等品	合格品
<1000	±10	±15	±20
1000～1500	±15	±20	±30
1500～2500	±40	±60	±80
2500～3500	±60	±80	±120
3500～5000	±100	±120	±150
>5000	±100	±125	±150

表 7-17　LDPE、LLDPE 大棚薄膜的厚度及偏差　（单位：mm）

膜幅宽(折径)	膜厚	极限偏差		
		优等品	一等品	合格品
<2500	0.030	±0.006	±0.008	±0.010
	0.040	±0.008	±0.010	±0.012
	0.050 0.060	±0.010	±0.014	±0.018
	0.070 0.080	±0.015	±0.018	±0.022
	0.090 0.100	±0.018	±0.020	±0.025
	0.110 0.120	±0.020	±0.025	±0.030
	0.130 0.140	±0.025	±0.030	±0.035

（续）

膜幅宽(折径)	膜厚	极限偏差		
		优等品	一等品	合格品
>2500	0.070 0.080	±0.016	±0.020	±0.024
	0.090 0.100	±0.020	±0.024	±0.028
	0.110 0.120	±0.025	±0.030	±0.035
	0.130 0.140	±0.030	±0.035	±0.040

例 5：LDPE 地面覆盖薄膜（简称 LDPE 地膜）

LDPE 地膜是一种覆盖农作物生长的地面用薄膜，其作用是保温、保水和防止肥料流失，保证农作物的增产。为了适应不同农作物生长的需要，地膜可制成黑、红、白、蓝等颜色，如土豆用黑色膜覆盖，既可增产，又能抑制杂草生长；蓝色膜覆盖农作物生长的地面，既能增产，又能增温；红色膜适合棉花生长的地面覆盖；苹果园地面用银灰反光膜覆盖，果实的颜色好、早熟，还有除蚜虫的效果。

地膜中还有一种在低密度聚乙烯内加入光降解剂成型的光降解地膜。地膜在使用中光的作用下降解成碎片，减少膜对环境的污染。

1）地膜挤出吹塑成型用原料。

① 普通地膜用聚乙烯树脂的密度为 0.92g/cm^3，熔体流动速率（MFR）在 2g/10min 左右。可参照表 1-7 选择 LDPE 牌号。

② 有色地膜是在 LDPE 树脂中加入 3% ~5% 的色母料或少量的着色剂。

③ 光降解地膜是在 LDPE 树脂中加入一定比例的光降解剂及其他一些助剂。

2）设备与工艺参数的选择。挤出吹塑成型 LDPE 薄膜的设备和工艺参数的选择应用与普通聚乙烯吹塑成型薄膜的完全相同。

LDPE 地膜挤出吹塑成型工艺中与普通聚乙烯薄膜挤出吹塑成型工艺的不同之处是：膜泡的吹胀比可略大些（常用吹胀比为 2.5 ~3）；牵引膜泡速度可略快些（最高速度可达 40m/min）；口模间隙比较小（一般在 0.8mm 左右）；成品在折叠处要剖开，然后分别卷取成捆。

LDPE 地膜产品质量要求及性能应符合标准 GB 13735—1992 的规定。

例 6：LDPE 微薄薄膜

LDPE 微薄薄膜采用挤出平吹法成型方式，工艺流程见图 7-1c。挤出平吹法成型 LDPE 薄膜用设备结构比较简单，不需要高大厂房，设备生产操作和维修都比较方便。一般多用此种设备生产厚度在 0.02mm 左右、折径不大于 300mm 的薄膜。

由于 LDPE 微薄薄膜具有无毒、无味、透明度较高、开口性和热封性好、能印刷各种图案等特性，所以多用来作各种食品的包装薄膜。

1）原料选择。选用熔体流动速率（MFR）在 2 ~5g/10min 范围内的 LDPE 树脂。由于薄膜是用来作食品包装，要求 LDPE 制品的卫生指标应符合标准 GB 9687—1988 的规定（见表 7-18）。应用时，参照表 1-7 选择 LDPE 树脂牌号。

2）设备条件。用螺杆直径为 ϕ30mm 的挤塑 PE 料通用型挤出机。其螺杆长径比为 20∶1，压缩比为 3∶1，螺纹为等距渐变型螺杆结构，成型模具结构类似于塑料管成型用模具结构（见图 7-9），口模直径为 ϕ75mm。

3）挤出平吹成型薄膜工艺参数。

① 机筒各段工艺温度：加料段 120 ~ 135℃，塑化段 140 ~ 165℃，均化段 170 ~ 180℃。

② 成型模具温度为 165 ~ 175℃。

③ 膜泡吹胀比在 2 ~ 3 之间，牵伸比在 3 ~ 5 之间。

表 7-18　聚乙烯食品包装用薄膜的卫生标准理化指标

项　　目		指　　标
蒸发残渣/(mg/L)		
4% 乙酸,60℃,2h	≤	30
65% 乙醇,20℃,2h	≤	30
正己烷,20℃,2h	≤	60
高锰酸钾消耗量/(mg/L)		
60℃,2h	≤	10
重金属(以 Pb 计)/(mg/L)		
4% 乙酸,60℃,2h	≤	1
脱色试验		
乙醇		阴性
冷餐油或无色油脂		阴性
浸泡液		阴性

例 7：LDPE 热收缩薄膜

LDPE 热收缩薄膜中的高聚物分子，具有在高于玻璃化温度时可拉伸定形，再受热时可收缩的特性。应用这种薄膜时，先将被包装物品用膜包好，然后送入烘箱中加热（温度为 90 ~ 150℃），则遇热后薄膜收缩，把物品包紧，使这种物品在密封状态下保存，也起到防潮的作用。

LDPE 热收缩薄膜的挤出吹塑成型可采用单向拉伸法成型，也可用双向拉伸法成型。单向拉伸法成型薄膜时，由于只在一个方向上受到拉伸，所以它的热收缩率很低（仅为 10% 左右）。双向拉伸法成型薄膜时，纵、横方向上都受到拉伸，膜受热时，纵横方向收缩率较高，而且两个方向的收缩率接近相等，热收缩率在 40% 左右。

PE 热收缩薄膜可用于各种食品、农副产品及建筑材料和各种轻工用品的包装。PE 热收缩薄膜的厚度可按被包装物的需要来决定。一般用途的 PE 热收缩薄膜厚度通常在 0.02 ~ 0.04mm 范围内，以厚度在 0.025 ~ 0.05mm 范围内应用得最多。

1）PE 热收缩薄膜应具备条件。

① 薄膜热收缩率高。

② 薄膜的韧性和低温性好。

③ 长期储藏时性能稳定。

④ 用于食品包装薄膜应无毒、无异味，封口时不产生腐蚀性气体。

⑤ 在 PVC、PP 和 PE 三种热收缩薄膜中，PE 热收缩薄膜成型工艺最简单、生产成本最低。

2）原料选择。LDPE 热收缩薄膜成型应选用 LDPE 树脂，密度为 0.920 ~ 0.925g/cm^3，熔体流动速率（MFR）为 0.3 ~ 2g/10min。可参照表 1-7 选择 LDPE 树脂牌号。

3）设备条件。国内已有大连东方橡胶塑料机械开发有限公司和湖北轻工机械股份有限公司等厂家生产 PE 热收缩薄膜机组，生产时尽量选择专用机组生产。也可用挤塑 PE 树脂通用型挤出机，螺杆直径按挤出薄膜折径大小选取，螺杆可以是等螺距，螺纹深度为渐变型，长径比为（25 ~ 30）∶1，压缩比在 3∶1 左右。

成型膜坯用模具结构最好是螺旋式芯棒结构，口模间隙在 1mm 左右。

膜坯的吹胀冷却方式可采用平挤出上吹胀、双风口急冷却方法，也可选用平挤出下吹胀、水环冷却拉伸方法。

4）低密度聚乙烯热收缩薄膜生产工艺流程。

① 采用平挤出上吹法成型生产工艺流程为：LDPE 树脂→挤塑原料成熔融态→模具成型膜坯→拉伸吹胀膜坯（同时风环急速为膜降温）→牵引→剖幅→收卷。

② 采用平挤出下吹法成型生产工艺流程为：LDPE 树脂→挤塑原料成熔融态→模具成型膜坯→膜坯管稍微吹胀、拉伸后立即用水环急速冷却降温→在烘箱内把膜管加热至高弹态，进行二次吹胀拉伸膜泡至要求规格，再进行水环冷却定形→成品收卷。

LDPE 热收缩薄膜平挤出下吹法成型工艺流程如图 7-34 所示。

5）工艺条件。挤塑 LDPE 料机筒各段温度：加料段 140 ~ 160℃，塑化段 170 ~ 185℃，均化段 190 ~ 210℃。

成型模具温度为 185 ~ 190℃，口模间隙控制在 0.8 ~ 1.0mm。

吹胀比为 2.5 左右，牵引比为 2 ~ 5。

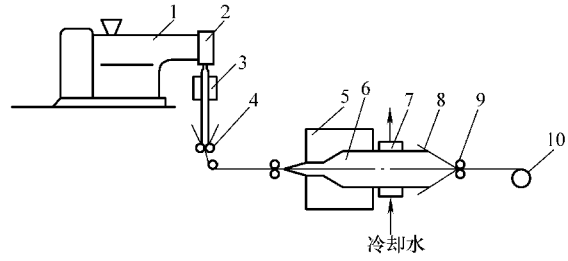


图 7-34　LDPE 热收缩薄膜平挤出下吹法成型工艺流程

1—挤出机　2—膜坯成型模具　3、7—冷却水环
4—牵引夹紧辊　5—加热烘箱　6—吹胀膜泡
8—人字形导板　9—牵引辊　10—成品收卷装置

6）挤出吹塑 LDPE 薄膜推荐的工艺参数。

① 熔体流动速率的选择：一般包装用 LDPE 热收缩薄膜为 1.5 ~ 2.5g/10min；要求强度较好包装用 LDPE 热收缩薄膜为 0.8 ~ 2g/10min。

② 要选用较低密度值的 LDPE 树脂，成型薄膜的热收缩性较均匀。

③ 挤塑原料时，在保证塑化质量的情况下尽量采用较低的塑化温度，这对制品质量的稳定和热收缩性能的提高有益。

④ 热收缩薄膜的厚度在 0.025 ~ 0.06mm 范围内较适宜，同时要求膜厚的误差要尽量小，这个条件对膜的热收缩均匀性较有保证。

⑤ 薄膜的吹胀比应控制在 3 ~ 5 范围内，纵向拉伸比应控制在 2 ~ 6 范围内。过小的吹胀比和拉伸比会导致薄膜没有热收缩性能；过大的吹胀比和拉伸比会导致生产不稳定。

⑥ 膜坯管应在比 LDPE 熔点低些温度的条件下拉伸，冷凝线高度应比普通 LDPE 薄膜的冷凝线高度值大些，控制范围在 200 ~ 500mm 之间。这个条件的控制也是为了保证膜坯在适

宜的温度条件下拉伸与吹胀。

⑦ 用于室外包装的 LDPE 热收缩薄膜成型原料中，可适量加入光稳定剂（HALS）。

7）LDPE 热收缩薄膜的质量。应符合标准 GB/T 13519—1992 规定：LDPE 热收缩薄膜的厚度和极限偏差见表 7-19。热收缩薄膜分 A、B 两种类型：A 类为单向拉伸薄膜，当收缩比大于 2 时，收缩率在 20% ~40% 之间；B 类为双向拉伸薄膜，收缩比小于 2 时，收缩率在 20% ~40% 之间；A_2、B_2 类的收缩率大于 40%。

表 7-19 LDPE 热收缩薄膜的厚度和极限偏差

厚度/mm	极限偏差(%)		
	优等品	一等品	合格品
<0.060	±20	±20	±25
0.060 ~0.080	±18		
>0.080	±16		

薄膜宽度偏差为 ±2%。LDPE 热收缩薄膜的力学性能见表 7-20。其外观应不允许有影响使用的洞孔、色斑、气泡、鱼眼、皱褶和杂质等缺陷。

表 7-20 LDPE 热收缩薄膜的力学性能

项 目	指标要求	
	厚度≤0.06mm	厚度>0.06mm
拉伸强度(纵、横向)/MPa	≥12	≥12
断裂伸长率(纵、横向)(%)	≥200	≥250
撕裂强度(纵、横向)/(kN/m)	≥40	≥40

例 8：聚乙烯自封薄膜

聚乙烯自封薄膜是挤出吹塑薄膜中一种具有特殊结构的薄膜。这种薄膜结构特殊的地方就是在成品膜上有一个断面呈锚形的凸棱和凹槽，而薄膜的性能和普通聚乙烯薄膜完全相同。用聚乙烯自封薄膜制成的薄膜包装袋，在开口两侧有如拉链一样的凹棱和凸槽，稍一用力即可将包装袋启闭，而且能反复使用，但靠袋内被包装物的胀力或外部压力却不能轻易把包装袋打开。

用这种自封薄膜制成的自封式包装塑料薄膜袋，外观新颖别致，封闭包装物品可靠，无毒、无味、防污染，而且既轻又方便，很受应用者欢迎。这种包装袋可用来包装各种制品，如书本、服装、工业零配件、玩具等，特别是用于需经常启闭的糖果、熟食和各种小食品的包装，既清洁卫生又方便存放。

1）原料选择。挤塑聚乙烯自封薄膜生产成型应选用包装级吹塑 PE 树脂。一般可用 HDPE 和 LDPE 树脂，要求树脂的熔体流动速率（MFR）为 2 ~7g/10min。目前，应用较多的还是 LDPE 树脂，如中国石化集团北京燕山石油化工有限公司生产的 ZF7B 型树脂可生产自封薄膜。

2）挤出吹塑自封薄膜生产方式。聚乙烯自封薄膜的挤出吹塑成型生产方式可用挤出平吹法和挤出上吹法生产成型，生产工艺顺序与普通聚乙烯的挤出吹塑生产工艺顺序完全相同。

3）设备选择。原料熔融塑化用挤出机可选用挤塑 PE 料通用型单螺杆挤出机，螺杆直

径的选择按挤出吹塑自封薄膜的折径大小确定，一般多用 ϕ45mm 和 ϕ65mm；长径比 $L/D \geqslant 20:1$，压缩比为 3∶1；机筒前加多孔板和三层过滤网，过滤网目数为 80/100/80 目。

成型模具选用螺旋式芯棒结构，出料口平直段除设有缓冲槽外，还设有能够成型自封薄膜锚形断面的凸棱和凹槽式限料结构（见图 7-35）。

图 7-35 所示的模具结构与普通聚乙烯挤出吹塑薄膜成型用模具结构有不同之处，这种结构形状的准确与否，对自封薄膜应用时的启闭工作效果有很大影响。对这个部位结构的设计与加工应注意凸棱和凹槽截面形状的非对称性，以适应这种自封包装袋封闭后的外力打开，内胀力或压力不易打开的要求；注意凸棱和凹槽结构间隙与口模和芯棒间隙的协调性，应能达到熔融料在此处流过时的熔融料流量及流速与口模圆周上各点的熔融料流量及流速一致，这样才能顺利成型出较理想的凸棱和凹槽。注意这种理论设想对模具结构的要求，由于受原料性能和挤出等多种因素的影响，很难一次设计加工出较合适的模具结构，应在实际生产中反复试验修改，才能达到较理想的效果。

挤塑成型聚乙烯自封薄膜用辅机的选择要求比挤塑成型普通聚乙烯薄膜用辅机的选择要求高。特别是冷却风环的工作方式对自封薄膜中的凸棱和凹槽成型质量有较大影响，一般要 2～3 个风环工作对膜泡进行冷却；牵引前通过人字形导板后的第一牵引辊只是一个导辊；牵引冷却定形薄膜运行的夹紧牵引辊上应开有凸棱、凹槽通过的凹槽，以防止夹紧辊的夹紧力使薄膜上的凸棱、凹槽变形。

挤出吹塑成型自封薄膜用辅机的生产厂家有大连东方橡胶塑料机械开发有限公司、江苏昆山信中机械有限公司等。

4）挤出吹塑工艺操作要点。

① 原料挤塑时的挤出机机筒各段工艺温度：加料段 110～130℃、塑化段 140～160℃、均化段 150～170℃，成型模具温度在 160℃左右。

② 挤塑聚乙烯自封薄膜的主要工艺参数选择：螺杆工作转速在 50～100r/min 范围内；牵伸比控制在 2～4 范围内；口模间隙调整应以薄膜的成品厚度和牵伸比的大小来确定，一般控制在 1mm 左右。

膜泡的吹胀比不同于普通聚乙烯薄膜的挤出吹塑生产吹胀比，为了使挤出成型模具的凸棱和凹槽不变形，一般膜泡直径可略大于口模直径或近似相等。薄

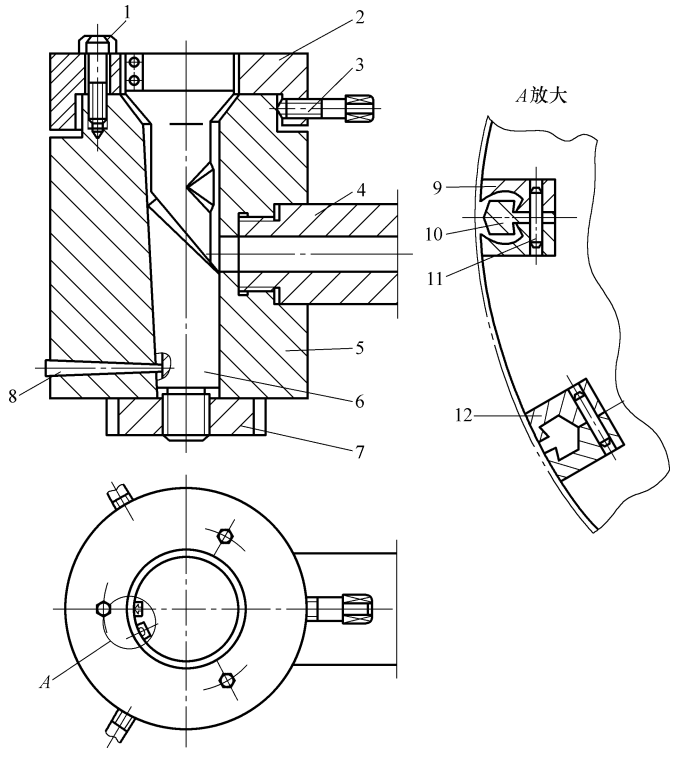


图 7-35　自封口吹塑膜成型模具

1—螺钉　2—口模　3—调节螺钉　4—连接颈　5—模具体
6—芯棒　7—螺母　8—定位锁　9—凹槽模
10—凹槽模芯　11—销　12—凸棱模

膜的厚度主要是依靠膜泡的牵伸比来控制。

③ 成型模具上口模直径的选择主要是根据薄膜制品的折径大小来确定，一般口模直径在吹膜折径的 0.7 ~ 1 倍尺寸范围内。

④ 风环的工作位置及风口直径的选择对薄膜中的凸棱和凹槽冷却定形质量影响也较明显。一般自封薄膜的风冷定形需要 2 ~ 3 个风环；风环中风口的直径约是口模直径的 1.7 ~ 4 倍（口模直径小，风口直径取大值；口模直径大，风口直径取小值）；第一风环距口模距离为 200 ~ 250mm；第二风环距第一风环距离为 150 ~ 200mm（口模直径大，距离取大值，口模直径小，距离取小值）。

⑤ 自封薄膜的质量要求及性能指标目前还没有标准规定。自封薄膜的力学性能可参照普通聚乙烯吹塑薄膜的物理指标检测，封口塑料袋的力学性能可参照下列条件检测：

a. 凸棱和凹槽配合松紧适宜。

b. 内启拉力明显大于外启拉力。

c. 有效开合次数应大于 20 次。

d. 热封强度≥7N/15mm（按 QB/T 2358—1998 标准测试）。

e. 封口袋应跌落不破裂，密封不渗漏，悬吊试验时封口不开裂（按 BB/T 0014—2011 标准测试）。

例 9：气垫薄膜

所谓气垫薄膜，实际就是在薄膜的中间含有气泡夹层的一种膜状物。这种薄膜是将 LDPE 树脂经挤出机熔融塑化后，在成型模具内成型两层膜片挤出。其中一层膜片在真空辊上被吸塑成膜泡形后，与另一层膜片复合成一体，后者紧贴在带有膜泡的开口面上，这种复合膜就是一种气垫薄膜。如果再把凸起的膜泡面上也复合一层薄膜，则即成为三层复合气垫薄膜。

由于三层复合气垫薄膜中间含有气泡层，则这种复合膜质量比较轻而具有弹性；另外，还有防潮、防振和隔声及美观、防虫、防霉烂、价廉等特点。根据复合气垫薄膜的特点，人们多将这种膜用作仪表、仪器、陶瓷和玻璃器皿的包装材料。

1）原料选择。气垫薄膜的挤出成型的主要原料是 LDPE 树脂，要求树脂的熔体流动速率（MFR）在 5 ~ 8g/10min 范围内。另外，按气垫薄膜的工作环境需要，还可在主树脂中加入一定比例的 HDPE 树脂和乙烯—醋酸乙烯共聚物（EVA）改性。如果气垫薄膜要求有颜色，应在树脂中加入适量的着色剂。

2）设备选择。由于气垫薄膜挤出成型用原料主要是 LDPE 树脂，所以挤出成型只用 PE 料挤塑用通用型挤出机即可。

成型模具结构应根据挤塑成型薄膜的生产方式确定。气垫薄膜成型可采用吹塑成型，也可选用平膜成型法。挤出成型平膜法的生产工艺比较简单，这种薄膜成型用衣架型模具结构如图 7-36 所示。从图中可以看到：这种衣架式 T 形模具结构比较特殊，熔融料从机筒挤出进入模具腔后，由于中间有一个分流锥把料流分成两股，分别从模具体的两个口模缝隙中挤出，成型两个膜片。

模具中模具口的宽度尺寸应根据挤出机螺杆的直径大小和挤出膜片的宽度来确定：如选用螺杆直径为 ϕ45mm 挤出机时，成型模具口的宽度应在 100 ~ 500mm 范围内。两片膜的厚度可分别用调节螺钉调整。

气垫薄膜挤出平膜成型用辅机结构比较简单，比较特殊的零件是气垫薄膜膜泡成型辊。

它的结构与普通挤出平膜冷却辊结构不同：这个辊的外表壳体为转动件，辊面上有等距均匀分布的膜泡成型用圆孔（按气垫薄膜应用条件的不同，膜泡成型用圆孔的直径范围是 3 ~ 25mm，圆孔的深度范围是 2 ~ 10mm）；辊的内腔有一个与膜泡孔相通的抽真空气槽，固定不动，由管路与抽真空泵连通。

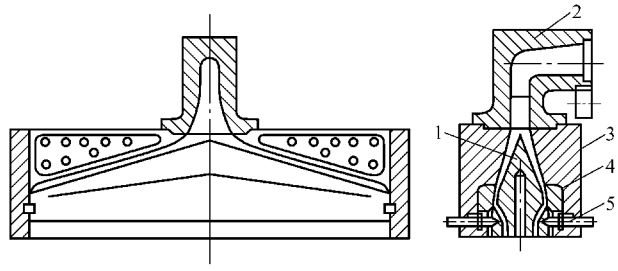


图 7-36　衣架型模具结构

1—口模分流锥　2—连接件　3—模具体　4—模唇　5—调节螺钉

成型气垫薄膜挤出成型用辅机的生产厂商有大连东方橡胶塑料机械开发有限公司、广东佛山塑料机械化厂等。

3）气垫薄膜挤出平膜成型工艺。

① 气垫薄膜挤出平膜成型生产工艺顺序（见图 7-37）：主要原料 LDPE 与其他辅助材料计量混合→挤塑原料呈熔融态→模具成型二层薄膜片→吸塑成型气泡→牵引导辊复合→收卷。

② 挤塑原料机筒各段工艺温度：加料段130 ~ 150℃、塑化段 170 ~ 190℃、均化段 200 ~ 220℃，成型模具与机筒连接段 160 ~ 180℃，成型模具温度为 160 ~ 170℃。

气泡吸塑成型辊真空度在 0.04MPa 左右。

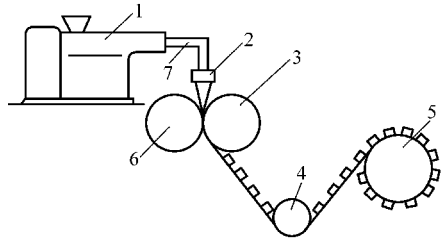


图 7-37　气垫薄膜挤出平膜成型生产工艺顺序

1—单螺杆挤出机　2—成型平膜模具　3—气泡吸塑成型辊　4—导辊　5—卷取装置　6—牵引冷却复合辊　7—连接件

4）LDPE 气垫薄膜的质量标准。LDPE 气垫薄膜的质量要求应符合标准 QB/T 1259—1991 的规定。

2. 高密度聚乙烯薄膜挤出吹塑成型

HDPE 微薄薄膜是指以高密度聚乙烯（HDPE）为主要原料成型薄膜厚度在 0.01mm 左右的薄膜。这种薄膜的外观手感与薄绢纸相似，它的强度高、韧性和防潮性均较好，应用量占 HDPE 薄膜总产量的 90% 以上，比同厚度的 LDPE 薄膜物美价廉。HDPE 微薄薄膜主要用作各种购物袋、垃圾袋及各种食品袋。

（1）HDPE 微薄薄膜的特点

1）HDPE 薄膜由于强度高、韧性好而得到广泛应用。薄膜的厚度最薄可吹塑至 7 ~ 25μm；薄膜的强度比 LDPE 薄膜强度高许多，在同样条件下应用时，可比 LDPE 薄膜厚度尺寸小 40% 左右。HDPE 薄膜与 LDPE 薄膜的物理性能比较见表 7-21。

表 7-21　HDPE 薄膜与 LDPE 薄膜的物理性能比较

指 标 项 目	HDPE	LDPE
密度/(g/cm³)	0.955	0.910 ~ 0.925
熔体流动速率/(g/10min)	0.05	1.6 ~ 2.4
膜厚度/mm	0.03	0.04
拉伸强度(纵/横)/MPa	44.3 ~ 34.7	17.7 ~ 13
断裂伸长率(纵/横)(%)	355.63 ~ 577.5	293.75 ~ 545
直角撕裂强度(纵/横)/(N/cm)	21.2 ~ 12.5	8.7 ~ 8.6
滑爽性(开口性)	很好	一般
耐油性	很好	容易泛黄

2）HDPE 薄膜无色、无味，透明度不如 LDPE 薄膜。

3）薄膜的耐水性、耐潮湿、耐化学物品及耐药品的腐蚀性能均较好。

4）制品的密度略高于 LDPE、LLDPE 制品。

5）低温条件下刚性好。

6）膜的耐热性及热稳定性都比 LDPE 膜好。

7）挤出吹塑成型较容易。

8）膜与氧接触易氧化变脆。

（2）HDPE 挤出吹塑成型工艺

1）原料选择。用于挤出吹塑薄膜的树脂密度为 0.947 ~ 0.952g/cm^3，熔体流动速率（MFR）为 0.08 ~ 2g/10min。熔体流动速率（MFR）常用值一般不大于 0.1g/10min。

为了提高薄膜的韧性，主要原料中还可加入 20% 的 LLDPE；为降低生产成本和增强手感，也可在主原料中加入少量轻质碳酸钙。应用时，也可参照表 1-16 选择 HDPE 树脂牌号。

2）设备条件。为了提高生产率，用于挤出吹塑 HDPE 薄膜的设备应尽量选用带屏障结构的新型螺杆；机筒的加料段要能充分冷却，内圆表面应带有纵向沟槽；成型模具内的芯棒为螺旋式结构，模唇口间隙应在 1.2 ~ 1.5mm 间可调。可参照表 7-11 ~ 表 7-13 选择挤出吹塑薄膜机组。

3）工艺温度。挤出机机筒各段温度为：加料段 140 ~ 160℃、塑化段 170 ~ 190℃、均化段 190 ~ 210℃，成型模具温度为 200 ~ 210℃。

（3）工艺操作要点

1）挤出吹塑 HDPE 薄膜应选用相对分子质量高、熔体流动速率低的树脂作原料。这种原料的熔融料强度好、吹胀膜泡生产稳定。一般多用熔体流动速率在 0.03 ~ 0.08g/10min 范围内的树脂。

2）HDPE 薄膜生产厚度多在 8 ~ 30μm 的范围内，膜泡吹胀比在 4 左右，拉伸比在 5 左右；生产超薄膜时，必要时可加内稳泡器。

3）HDPE 树脂的挤出塑化温度比 LDPE 树脂的挤出塑化温度高。注意温度控制不宜太高，避免原料降解、熔融料炭化、制品出现小针点。

4）挤出吹塑 HDPE 树脂时，螺杆长径比应不小于 25，压缩比在 3 ~ 4 之间，机筒前加 80/100/80 目三层过滤网。

5）HDPE 熔融料吹胀膜泡的冷凝线比 LDPE 熔融料吹胀膜泡的高（见图 7-38）。这种薄膜吹胀成型时的纵、横取向同时作用，这是成型 HDPE 超薄薄膜工艺中一个重要的成型条件。

由于 HDPE 膜泡的冷凝线要求高，膜坯吹胀前是一个与口模直径接近的细颈状泡形。为防止颈状膜泡在吹胀前出现蛇形摆动，要求成型模具上端要设有稳泡装置。这个装置垂直立在模具的中心线位置处，并与模具固定连接。吹胀膜的压缩空气由稳泡装置中的金属管口吹入膜泡，吹胀膜泡呈筒状。由此可见，稳泡装置是在膜泡内，其结构示意图如图 7-38 所示。它以一个棒状金属管为主体，在管外套上装有锥形金属筒，外面由一层羊毛毡包覆。图 7-38b所示的稳泡装置是一个用于较大 HDPE 膜泡中带有冷却装置的稳泡装置结构。

（4）质量标准　HDPE 薄膜挤出吹塑成型质量应符合标准 GB/T 4456—2008 的规定。

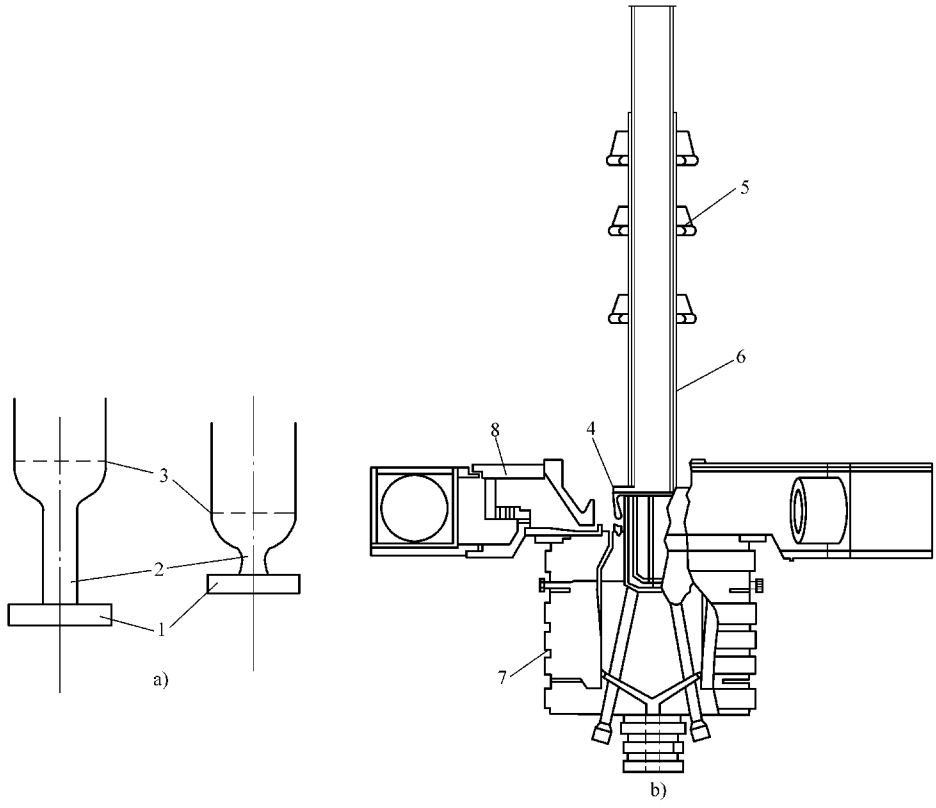


图 7-38　HDPE 膜泡形状与稳泡装置结构示意图

a）HDPE 膜泡（左侧）与 LDPE 膜泡（右侧）比较　b）稳泡装置结构示意图

1—风环　2—膜泡管颈　3—冷凝线　4—进风口　5—稳泡装置　6—回气管

7—成型模具　8—风环体

3. 线型低密度聚乙烯薄膜挤出吹塑成型

线型低密度聚乙烯（LLDPE）薄膜和 LDPE 薄膜的用途相同，挤出吹塑成型工艺条件也接近。

LLDPE 薄膜有以下特点：

1）LLDPE 薄膜多采用挤出吹塑法成型，也可选用挤出流延法、挤出涂覆法、压延法和双向拉伸法成型。

2）LLDPE 薄膜成型用原料可以是只用 LLDPE 树脂，也可采用 LLDPE、LDPE 或 LLDPE、LDPE、HDPE 几种原料混合挤出吹塑聚乙烯薄膜。

3）LLDPE 薄膜与 LDPE 薄膜比较，它的拉伸强度、冲击强度、撕裂强度和抗击穿强度及刚性都高于 LDPE 薄膜；LLDPE 薄膜的热封性好，使用温度范围大，但透明度略低于 LDPE 薄膜。

4）LLDPE 与 LDPE 薄膜的应用选择：如果对薄膜的透明度要求高，应选用 LDPE 薄膜；如果要求薄膜的强度好，则应选择 LLDPE 薄膜。应用时，如果要求两种薄膜的强度接近一致，则 LLDPE 薄膜的厚度可比 LDPE 薄膜的厚度小 1/4。

5）由于聚乙烯树脂中的 LDPE、LLDPE 和 HDPE 三种材料各有应用特点，所以在聚乙

烯制品中常把这三种树脂或其中的两种树脂按比例掺混在一起使用，以使制品的性能得到改善。如把 LDPE 与 LLDPE 混合，按制品用途的不同可有多种混合比例，常用混合比例为 m(LLDPE)∶m(LDPE) =7∶3 或 5∶5。挤出吹塑成型薄膜的特点：共混料成型的薄膜与 LDPE 薄膜比较，由于其熔融料的强度提高，膜泡运行稳定；成型薄膜的拉伸强度和断裂强度均有增强；在同样条件下使用时，薄膜的厚度可薄些；其制品的透明度、表面光泽度及雾度均得到改进；熔融料的黏度降低些，易于成型加工；同时，制品薄膜的粘连性也降低许多。

（1）挤出吹塑成型薄膜工艺

1）原料选择。选择熔体流动速率（MFR）为 0.5 ~4g/10min 的树脂，应用较多值为 1 ~2g/10min。LLDPE 与 LDPE 树脂共混挤出吹塑薄膜时，应添加比例不大于 3% 的 $CaCO_3$（要求 $CaCO_3$ 应经 300 目筛网过筛后使用），以防止制品膜的粘连。可参照表 1-28 选择 LLDPE 薄膜专用树脂。

2）设备条件。LLDPE 树脂挤出吹塑成型薄膜所使用的挤出机和螺杆的结构条件要求与 LDPE 树脂挤出吹塑成型薄膜用设备的相同，完全可以参照 LDPE 树脂挤出吹塑成型薄膜用设备的条件进行选择（可参照表 7-11 ~ 表 7-13 选择挤出机生产线）。

3）工艺温度。机筒工艺温度（从加料段至均化段）分别为 120 ~ 140℃、150 ~ 180℃、170 ~ 210℃，成型模具温度为 200 ~ 215℃。

4）实际生产 LLDPE 薄膜例（薄膜厚度 0.02mm、采用上吹法生产）。

① 原料。LLDPE 树脂的熔体流动速率（MFR）为 1g/10min，可用天津石油化工公司的 DFDA-1820 或中国石化广州分公司的 DFDA-7042 牌 LLDPE 树脂。

② 设备。选用挤出机的螺杆结构应有屏障段和混炼段的新型结构形式，长径比为 25∶1，成型模具的口模间隙取 2mm。

5）工艺温度。机筒工艺温度（从加料段至均化段）分别为 160 ~ 180℃、180 ~ 195℃、200 ~ 210℃，连接颈部温度为 210℃左右，成型模具温度约 230℃。

6）用风量。膜泡冷却用风量比 LDPE 膜泡冷却用风量大，应采用双风口冷却环，要求吹向膜泡的气流要平稳。

（2）工艺操作要点

1）LLDPE 树脂挤出吹塑成型薄膜的生产工艺顺序与 LDPE 树脂挤出吹塑成型薄膜的生产工艺顺序完全相同。

2）LLDPE 树脂挤出吹塑薄膜的吹胀比应控制在 1.5 ~2 范围内，模唇口间隙应在 1 ~ 2mm 间进行调整。

3）挤出吹塑地膜或大棚膜采用 LLDPE 树脂时，选用 LLDPE 与 LDPE 树脂的混合料（按应用条件要求选用掺混比例）比较适合。混合后的熔融塑化料黏度降低，挤出塑化温度比 LLDPE 料的塑化温度低 10 ~20℃，薄膜吹胀后运行稳定，成型薄膜表观质量也得到提高。

4）为了防止或减少 LLDPE 熔融料吹胀膜泡的破裂，树脂中应掺入少量有机氟助剂（用量为 250mg/kg）。

5）挤出吹塑薄膜厚度小于 0.02mm，应选用熔体流动速率（MFR）为 1g/10min 左右的 LLDPE 树脂；用于挤出流延成型薄膜的树脂，熔体流动速率（MFR）应取高些，在 2 ~5g/10min 范围内选取较适宜。

（3）LLDPE 薄膜的质量　LLDPE 包装薄膜的质量应符合标准 GB/T 4456—2008 的规定。由 LDPE、LLDPE 和 HDPE 三种树脂或其中的两种树脂混合料挤出吹塑成型的地膜质量应符

合标准 GB 13735—1992 的规定。由 LLDPE 与 LDPE 树脂混合料挤出吹塑成型的农业用薄膜质量应符合标准 GB 4455—2006 的规定（见表 7-15 ~ 表 7-17）。

（4）应用实例　改性 LLDPE 聚乙烯压花、印花薄膜的挤出吹塑成型。

人们日常生活中常用到的塑料压花、印花薄膜，目前应用较多的还是聚氯乙烯薄膜。这种印花薄膜的气味难闻、有毒、而且易粘连。改性 LLDPE 聚乙烯印花薄膜是一种与聚氯乙烯薄膜不同的新型薄膜，所以很受人们欢迎。这里以 LLDPE 为主要原料，生产膜厚为 0. 06mm 的改性 LLDPE 薄膜为例，提出生产方案供参考。

1）原料选择。

① 主体原料选择 LLDPE，是由于这种材料制品的柔性和软度好于 LDPE 和 HDPE 树脂，而且价格也较适宜。

② 柔软剂选择乙烯—醋酸乙烯（EVA）。因为这种由乙烯与醋酸乙烯共聚而得到的柔软剂与 PE 树脂相容性好，适宜吹塑加工，弹性好，冲击强度高，耐低温，韧性好，印刷性好，价格适中及货源充足。应选用 VA 质量分数为 20% 的 EVA 作为柔性改性剂。

③ 填充剂选择。为降低薄膜的生产成本，主体树脂 LLDPE 中加入薄膜级的碳酸钙填充母料，作为印花薄膜的填充剂。

改性 LLDPE 印花薄膜挤出吹塑成型用料配方（质量份）：LLDPE（密度 0. 92g/cm^3，MFR = 2g/10min，型号 DEDA—7042）100 份，EVA（VA 质量分数≤20%）45 份，碳酸钙填充母料 30 份，按薄膜应用条件的需要，还可适当加入些其他助剂。

主、辅料组成的改性 LLDPE 薄膜用料配方应满足下列要求条件：

a. 应具有拉伸强度高，抗穿刺、抗冲击和抗撕裂等性能。

b. 无毒或毒性很小。

c. 成品薄膜应低温性能好，印刷性能好，与印刷用油墨牢固度达到标准要求。

d. 制造生产成本低。

2）生产改性 LLDPE 薄膜工艺顺序。配方中各主、辅料准确计量→在混合机中搅拌混合均匀→挤出机塑化原料呈熔融态挤出管状膜坯→牵引膜坯运行，同时吹胀膜坯，由风环吹冷风为圆形膜泡降温→成品卷取。

3）设备。采用通用型单螺杆挤出机，本例选用 SJ65 型挤出机。也可参照表 7-11 ~ 表 7-13选用挤出吹塑薄膜用生产线。

4）工艺参数。塑化原料挤出机机筒温度为 165 ~ 180℃（机筒温度控制是从加料段开始至出料端温度逐渐升高）。螺杆转速控制在 80 ~ 100r/min 范围内，对膜泡的牵引速度控制在 10 ~ 14m/min 范围内。

5）生产操作注意事项。

① 改性聚乙烯薄膜表面的压花处理，应先将薄膜预热，温度接近膜的黏流态温度，这样压出的花纹清晰，花纹保持时间长。薄膜压花纹前的预热可采用预热导辊或加一套红外辐射加热器，以使薄膜变软，增加弹性，降低其压花纹后的弹性回复。

② 为了适应生产工艺和使用条件要求，改性聚乙烯薄膜树脂中要加一些助剂。挤出吹塑成型薄膜后，有些助剂要迁移至薄膜表面，形成肉眼看不见的油层，以提高薄膜的透明度、抗老化性和表面的光泽及柔软性。薄膜表面有了这些助剂，会使其在印刷时与油墨的贴合牢度降低。所以，为了使用和印刷的需要，膜面应进行改性处理，以增加膜面与印刷油墨的贴合牢度。

③ 配方中 EVA 柔软剂的加入，使薄膜的柔软性增加。树脂中随着 EVA 用量的增加，则制品的弹性、柔软性和黏合性也增加，但从生产工艺和薄膜生产成本的控制要求出发，EVA 的加入量不应超过 35%。

4. 聚乙烯共混料薄膜挤出吹塑成型

（1）聚乙烯共混料的特点　聚乙烯共混料是指为了改进制品的性能和加工成型方便，把 LDPE、LLDPE 和 HDPE 几种树脂中的两种或三种按一定的比例掺混在一起，搅拌混合均匀后挤塑成型的制品用料。这几种材料之所以能共混成型制品，是由于其结构相似，彼此部分链间可以相互贯穿，形成相容体系。以 LLDPE 与 LDPE 料共混为例，共混后的吹塑薄膜有下列特点：

1）能提高 LLDPE 熔体强度，使吹胀膜泡运行稳定。

2）提高制品的透光率和光泽度，也可降低薄膜的雾度。

3）能提高 LDPE 薄膜的拉伸强度和断裂伸长率。

4）能使 LDPE 薄膜的力学性能提高，则在同样力的作用下，加入 LLDPE 树脂的 LDPE 薄膜厚度可减少一些。

5）加入 LDPE 树脂的 LLDPE 树脂，共混后改善了 LLDPE 的加工性和开口性。

（2）聚乙烯共混料挤出吹塑薄膜应用例

例 1：LLDPE 超薄薄膜（膜厚 0.008mm、幅宽 1200mm）

1）原料配方（质量份）。LLDPE（密度 0.92g/cm^3、MFR = 2g/10min）50 份，LDPE（密度 0.922g/cm^3、MFR = 2.4g/10min）50 份，HMP（六甲基磷酸酰胺填充剂，是无规聚丙烯混入一定比例的 $CaCO_3$ 制成）0.5 份。也可参照表 1-28 选用专用料。

三种材料经混合机搅拌混合均匀，即可投入单螺杆挤出机的机筒内，塑化均匀后挤出吹塑薄膜。

2）设备条件。选用大连冰山橡塑股份有限公司生产的 SJ65 ×30 型单螺杆挤出机，螺杆长径比（L/D）为 30∶1。参照表 7-11 ~ 表 7-13 选择吹塑薄膜用挤出机生产线。

3）工艺参数。机筒工艺温度：加料段 175 ~ 185℃、塑化段 185 ~ 195℃、均化段 195 ~ 205℃，法兰连接处 185 ~ 195℃，成型模具为 165 ~ 175℃。螺杆转速为 50 ~ 90r/min，牵引速度为 40 ~ 80m/min。

例 2：LLDPE 超薄薄膜（膜厚 0.007mm）

1）原料配方（质量份）。LLDPE（MFR = 2g/10min）38 份，LDPE（MFR = 2.5g/10min）40 份，HDPE（MFR = 1.2g/10min）20 份，碳酸钙 $CaCO_3$（轻质碳酸钙、纯度≥98%，用 300 目筛网过筛）3 份。几种料计量后，在混合机内搅拌混合均匀。

还可用下列配比组成混合料配方：LDPE 30 份，LLDPE 70 份；LDPE 40 份，LLDPE 60 份；LDPE 70 份，LLDPE 30 份。为防止共混料薄膜粘连，可在混合料中加入不超过 3% 的轻质碳酸钙（纯度≥98%，细度≤3μm，经 300 目筛网过筛）。主原料中 LDPE 的密度 0.9195g/cm^3、MFR = 2g/10min；LLDPE 的 MFR = 2.5g/min；HDPE 的密度 0.954g/cm^3、MFR = 1.2g/10min。

2）设备条件和工艺参数。挤出吹塑成型 LLDPE 超薄薄膜用设备条件和工艺参数可参照例 1。

例 3：单层聚乙烯液体包装薄膜

通常，液体包装用的聚乙烯薄膜应用厚度为 0.08mm。要求这种薄膜要有较高的强度；

耐压性、耐冲击性和热封性要好；薄膜表面要光滑无针孔，适合印刷图案；聚乙烯薄膜的卫生要求应符合标准 GB 9687—1988 的规定。

1）原料与配方。为了适应液体包装时的阻隔性能和夹杂封口性能要求，最好用液体包装薄膜成型专用 LDPE 树脂，熔体流动速率（MFR）在 0.75 ~ 2g/10min 范围内。

国内目前挤出吹塑聚乙烯液体包装薄膜用料主要是以 LDPE 树脂为主，再适量添加 LLDPE、EVA 或 HDPE 等进行改性。

单层聚乙烯液体包装薄膜成型用料参考配方如下：LDPE（MFR = 1 ~ 3g/10min）60 份，LLDPE（MFR = 1 ~ 3g/10min）40 份，色母料 4 份，润滑剂 0.12 份。

2）设备条件。应选用 PE 料液体包装薄膜生产专用挤出机吹膜机组，生产厂家有大连凌海塑料机械厂和湖北轻工机械厂等。

挤出机螺杆直径为 45mm，长径比为（25 ~ 30）∶1。成型模具采用旋转式结构，口模直径为 70mm。

印刷机为立式柔性版印刷机，最大印刷宽度为 510mm，印刷长度为 190 ~ 1020mm。另外，还有光电控制分切机，料筒最大宽度为 1100mm。

3）单层薄膜生产成型工艺顺序（按配方要求）。各种原料计量→原料在混合机内均匀混合→挤出机把原料熔融塑化→成型膜坯管→吹胀膜管冷却定型→牵引→电晕处理→膜冷却降温→剖幅→检验→包装。

4）工艺条件要求。挤塑原料机筒各段温度：加料段 150 ~ 170℃，塑化段 175 ~ 185℃，均化段 185 ~ 195℃。成型模具温度为 180 ~ 190℃。吹胀胚管采用风冷降温。

5）液体包装薄膜挤出吹塑成型的注意事项。

① 原料中 LDPE 与 LLDPE 的混合比例可以是各占 50%，也可以是 6∶4；两种料的熔体流动速率选择应相同或接近，选用熔体流动速率为 2g/10min 较适宜。

② 原料中 LLDPE 的比例如果超过 50%，超过值越大，其成型液体包装薄膜的难度也随之增大。

③ 原料混合计量要按配方要求精确称量，混合均匀后再投入挤出机中生产。

④ 液体包装薄膜成型厚度误差要严格控制，以避免影响薄膜的热封质量。成型液体包装薄膜选用旋转式模具结构较适宜。

⑤ 为保证原料的塑化质量，必要时要适当增加过滤网目数或过滤网层数。

⑥ 聚乙烯液体包装薄膜成型质量按标准 QB 1231—1991 的规定执行。薄膜的幅宽只有 240^{+2}_{-1}mm、320^{+2}_{-1}mm 两种规格。

例 4：聚乙烯转光保温棚膜

聚乙烯转光保温棚膜实际就是在 LDPE 普通棚膜成型用料内添加一定比例的光转换剂和其他一些辅料（防老剂和防雾滴剂），经挤出吹塑成型。这种大棚膜内由于有了光转换剂而能使太阳光中的紫外线转换成具有特定波长的红光。这种红外线对植物的生长发育有益，可促进农作物的光合作用和新陈代谢过程；同时，还可提高棚内温度，增加保温效果，促使农作物早熟。

1）原料与配方（参考方）。LDPE（熔体流动速率 MFR = 1.5g/10min，密度为 0.919g/cm^3）70 份，LLDPE（熔体流动速率 MFR = 2g/10min，密度为 0.912g/cm^3）30 份，光转换剂（熔点≥280℃，200 ~ 400nm 紫外线吸收率 > 85%，580 ~ 750nm 红光透光率为 80% ~ 82%，在 590 ~ 750nm 波长范围内的发射峰为 580nm、619nm、690nm）0.1 份，无滴耐老化剂（防雾

滴剂的质量分数为 12% ±1%，防老剂的质量分数为 5% ±0.5%）0.35 份。

2）设备选择。原料准备用研磨机、混合机、挤出造粒机，聚乙烯挤出吹塑成型薄膜用通用型挤出机组，模具为螺旋式芯棒结构。

3）生产工艺顺序。

① 助剂研磨后计量、LDPE 计量→混合→烘干→挤出造粒（母料）。

② LDPE、LLDPE、母料按配方要求比例计量→混合机混合→挤塑熔融→成型模具内挤出成型膜坯→吹胀膜管（同时风冷却定形）→牵引→卷取。

4）挤出吹塑工艺参数。挤出吹塑转光保温 PE 膜机筒工艺温度：加料段 120 ~ 150℃，塑化段 160 ~ 180℃，均化段 180 ~ 200℃。成型模具温度为 190 ~ 200℃。膜泡吹胀比为2.5 ~ 3。采用风环冷却。

5）挤出吹塑 PE 转光保温棚膜的注意事项。

① 为了延长棚膜的使用时间，必要时，应在转光棚膜成型用原料中加入些光—氧稳定剂。

② 为了提高棚膜的保温效果，转光棚膜成型用原料中可适当加入些防红外线阻隔剂。

③ 光转换有效使用期为 4 ~ 6 个月。为避免影响棚膜的光转换效果，生产厂应将成品用不透光物包装。

例 5：除草地膜

除草地膜是在聚乙烯树脂投产前加入一定比例的除草剂，经混合搅拌均匀后挤出吹塑成型薄膜，即为除草地膜。由于融合在聚乙烯树脂中的除草剂小分子和树脂大分子相容性较差，则这种薄膜在使用过程中除草剂会逐渐析出，和土壤中蒸发出的水分混合，在地膜表面形成水滴落入土壤内，除草剂被作物的根和茎叶吸收，在植物体内抑制蛋白酶而杀死草，达到除草的效果。

1）原料与配方。除草地膜挤出吹塑成型用原料是由 LDPE、LLDPE 和母料共混组成。

① 母料的选择配制。除草地膜中用的母料主要用 LLDPE 作载体，与成核剂、分散剂和除草剂共混，挤出机塑化造粒。

a. 作载体树脂的条件。应不与除草剂和其他助剂发生化学反应，除草剂在载体中分散均匀而且加工性好。本例选用 LLDPE 为载体。

b. 除草剂的选择。应选择不易燃、不爆炸、无毒或低毒、无刺激性气味、对农作物无药害和杀草面较广的高效除草剂；同时，除草剂应能迁移到膜面上来；在树脂中易分散均匀；加工中化学稳定性好，并对环境和人体无害。

c. 分散剂。选用低相对分子质量的 PE 作分散剂加入母料中。母料配方（质量份）：LLDPE 72 份，除草剂（选择性内传导型粉剂，国产）20 份，分散剂（低聚物、国产）5 份，成核剂（无机类粉末、600 目）3 份。

载体树脂、成核剂、分散剂和除草剂按配方要求分别计量，加入混合机内搅拌混合均匀，然后投入双螺杆挤出机内熔融塑化、挤出、切粒，即为母料。双螺杆挤出机的机筒温度为 165 ~ 175℃，螺杆转速为 80 ~ 90r/min。

② 除草地膜用料配方（质量份）。LLDPE 65 份，LDPE 30 份，母料（ML）5 份。

2）设备。应选用挤塑 PE 料专用挤出机（参照表 5-1 选用）。螺杆直径选用 ϕ45mm，长径比为 25∶1。

3）工艺参数（生产薄膜厚度为 0.015mm）。机筒温度：从进料段开始至模具端，机筒温度分别是 180℃、200℃、210℃、200℃、190℃。

螺杆转速为 85r/min，牵引速度为 70r/min，卷取辊转速 650r/min，吹胀比为2∶1，冷霜线高为 200mm。

例 6：厚度为 0.006 ~ 0.010mm 地膜

1）原料配方（质量份）。LDPE（MFR = 2.5g/10min）75 份，LLDPE（MFR = 2.2g/10min）25 份。

2）设备。选用 SJ65 型挤塑聚乙烯料单螺杆挤出机（见表 7-11 ~ 表 7-13），螺杆直径 ϕ65mm，长径比为 30∶1。

成型模具为螺旋式芯棒结构，口模直径为 ϕ300mm、口模间隙为 0.85mm。

3）生产工艺顺序。LDPE 与 LLDPE 料分别按配比要求准确计量→掺混在一起搅拌混合均匀→在挤出机内熔融塑化→在成型模具内挤出管状膜坯→牵引管状膜坯（采用平挤上吹法），吹胀管状膜坯至薄膜厚度及膜幅宽度要求的膜泡直径→冷却定形→牵引→剖幅→成品卷取。

4）工艺参数。挤出机机筒温度：加料段 150 ~ 170℃，塑化段 160 ~ 180℃，均化段 185 ~ 205℃。模具与机筒连接部位：180 ~ 200℃。成型模具温度：190 ~ 210℃。螺杆转速为 30 ~ 50r/min。牵引速度为 30 ~ 50m/min。

例 7：黑色地膜

农田中覆盖黑色地膜，不仅可为土壤保温、保湿和保肥，防止土地板结；还能有效地防止紫外线照射而导致薄膜老化；由于这种薄膜几乎不透光，则被其覆盖的杂草因光照不足而不能生长，逐渐枯死。由此可见，这种黑色地膜与无色透明地膜比较，它既可延长薄膜的使用时间，又可清除土地中的杂草。

1）原料配方。LLDPE（MFR = 1.5g/10min）、LDPE（MFR = 2g/10min）和 HDPE（MFR = 0.1g/10min）三种材料组合用料量比例为 LLDPE∶LDPE∶HDPE = 30%∶40%∶15%。聚烯烃黑色母料量为 15%。

2）设备。选用挤塑聚乙烯料专用挤出机见表 5-1。

3）工艺温度。机筒工艺温度：加料段 165 ~ 175℃，塑化段 155 ~ 165℃，均化段165 ~ 175℃。成型模具温度 165 ~ 185℃。

例 8：棚膜（薄膜厚 0.08 ~ 0.12mm、折径 3m）

1）原料配方（质量份）。LDPE（MFR = 1.5g/10min，密度 0.919g/cm^3）75 份，LLDPE（MFR = 2g/10min，密度 0.918g/cm^3）25 份，复合型光稳定剂 0.4 份。

2）设备。选用 SJ150 × 25 型单螺杆挤出机，螺杆直径为 ϕ150mm，长径比为 25∶1，口模直径为 1000mm，模口间隙为 1.5mm。也可参照表 7-13 选 SJ150 × 25、SJM—F 2800B 机组。

3）工艺参数。机筒温度：145 ~ 220℃（由机筒的进料段至机筒的出料端，温度逐渐升高）。成型模具温度：190 ~ 195℃。螺杆转速为 40 ~ 80r/min。

例 9：聚乙烯牧草青储包装薄膜（膜厚 0.09 ~ 0.20mm）

聚乙烯牧草青储包装薄膜（袋）主要是用来储存刚收割的新鲜牧草。用这种薄膜袋包装青牧草存放，经半年后，仍然保持青草的原有营养成分和水分。这种袋装储存青草的方法

是利用储存期间进行厌氧发酵，使部分青草中的淀粉成分转化为乳酸，使牲畜更喜欢食用。

袋内青草包装初期，细胞通过呼吸作用对糖分氧化，消耗密封袋内的氧，形成了一个厌氧环境（这时好氧菌逐渐停止活动，厌氧菌继续繁殖）。乳酸菌发酵是在厌氧条件下产生，所以要求青草储存袋保持厌氧环境，是制袋用薄膜的质量关键。

聚乙烯牧草青储包装薄膜（袋）应具备的性能如下：

① 薄膜的强度要求比较高，应保证在青草储存过程中不破损，有很好的阻氧性，使包装青草袋内形成厌氧环境。

② 薄膜袋要密封性好，在低温（冬季）环境下能保持不破裂。

③ 适当的保温性，膜应透光率低，避免袋内热积累，应保持袋内温度适宜。

1）原料与配方。单层聚乙烯牧草青储薄膜成型用料的主要原料是 LLDPE，与其他辅助材料组成参考配方（白色）如下（质量份）：

① LLDPE（MFR = 1.2g/10min）75 份，LDPE（MFR = 1.2g/10min）25 份，白母料（占 40% ~60%）4 份，防老化母料 4 份。

② LDPE（MFR = 0.5 ~ 1.5g/10min）94 份，母料（TiO_2）4 份，稳定剂母料（UV）3 份。

2）生产工艺顺序。单层聚乙烯牧草青储薄膜成型生产工艺顺序如下：

① 母料的配制工艺顺序如下：颜料或其他助剂经研磨后计量，聚乙烯（LLDPE）料计量→混合均匀→挤出机混炼后造粒。

② 单层聚乙烯牧草青储薄膜成型生产工艺顺序如下：LLDPE、LDPE、母料按配方分别计量→混合均匀挤出机熔融塑化→模具成型管状膜坯→吹胀模坯、风冷降温定形→牵引→卷取。

3）工艺参数。牧草青储包装薄膜挤出吹塑成型的工艺参数及条件要求与聚乙烯薄膜挤出吹塑成型的条件相同，可参照本章中 7.3.2 节内容。

4）质量。牧草青储包装薄膜目前还没有国家标准，其性能指标可参照表 7-22（此指标为德国某公司产品指标）。

表 7-22 牧草青储薄膜的性能指标

项　目	测 试 值	项　目	测 试 值
厚度/mm	0.15	撕裂强度(纵/横)/N	77.7/79.9
拉伸强度(纵/横)/MPa	18.6/20.9	落锤冲击能/J	1.42
伸长率(纵/横)(%)	500/550	透光率(%)	26.9

5. 聚乙烯复合薄膜挤出吹塑成型

（1）聚乙烯复合薄膜的特点　聚乙烯复合薄膜是一种多层共挤复合薄膜，是指由两种或两种以上的塑料分别在挤出机内熔融塑化后，同时把熔融料挤入一个膜坯成型模具内（一般多用螺旋式芯棒），几层料流至口模处复合成一体，挤出口模后成型管状膜坯，经吹胀至工艺要求的直径和厚度尺寸后冷却定形，即为复合薄膜。复合薄膜的特点是能综合多种塑料各自的优点，弥补不足，以达到不同的使用要求。

目前，复合薄膜的层数以两层或三层应用较多，大于三层的（最多可达 7 层）也有应用。以三层复合薄膜为例，其每层的应用特点如下：

1）对外层薄膜的要求是：强度、尺寸稳定性、可印刷性、气体阻隔性、耐热性、耐寒

性及透明性等性能要好。一般常用的塑料是聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯和聚酰胺等。

2）对中间层薄膜的要求是：应能有较好的气体阻隔性和坚挺性等。常用的塑料有聚乙烯醇（PVA）、乙烯—乙烯醇共聚物（EVOH）和聚酰胺（PA）等。

3）对内层薄膜的要求是：热封性和耐油性要好等。常用塑料有聚乙烯和聚丙烯等。

复合薄膜的挤出生产方式有多种。以塑料薄膜为主要材料生产复合薄膜，这里只介绍挤出吹塑复合法和共挤流延复合法生产的复合薄膜。

（2）聚乙烯复合薄膜挤出吹塑成型应用例

例 1：液体包装用复合薄膜

用聚乙烯薄膜包装袋自动灌装牛奶、豆奶、酱油、豆浆和各种饮料等液体食品，薄膜应用量较大。要求这种薄膜要有一定的厚度（约 0.08mm），有较好的强度、耐压性和耐冲击性；膜表面光滑，摩擦因数小；热封性好；膜面无针孔，适合印刷图案；符合卫生性能要求等。为适应不同盛装物的要求，薄膜可吹制成单层薄膜或多层复合薄膜。单层薄膜的颜色有乳白色，三层复合薄膜为白/黑/白三色。

1）原料与配方。三层复合薄膜挤出成型与单层液体包装薄膜挤出成型用料配方相同。薄膜的内、外层为乳白色，中间层为黑色。中间层也可采用 HDPE 50 份，LLDPE 40 份，色母料 10 份组合配方。外层薄膜用料配方参照本章 7.3.2 节“4. 聚乙烯共混料薄膜挤出吹塑成型”中的例 3。

三层复合薄膜成型用料配方也可按下列组合方式（质量份）：内层 LDPE 30 份，LLDPE 60 份，按应用需要加入 10 份其他助剂；外层 LDPE 40 份，LLDPE 60 份，酌情可加入 0.05 份相容剂；中间层 HDPE 50 份，LLDPE 40 份，白色母料 9.95 份，相容剂 0.05 份。

2）生产工艺顺序。三台同规格单螺杆挤出机分别塑化复合薄膜的内、外层和中间层用料呈熔融态→挤出熔融料入复合模具，成型管状复合薄膜膜坯→牵引膜坯运行（同时吹胀膜坯成筒状膜泡，冷却定形）→电晕处理→分切→成品卷取。

3）设备条件。选用三层料分别由三台挤出机熔融塑化后，共同挤入复合薄膜成型模具内。这种专用设备生产厂家有湖北轻工机械厂和大连理工大学机械厂等。内、外层料用 ϕ45mm 螺杆直径；螺杆长径比为（27 ~ 30）∶1。成型复合薄膜用模具结构如图 7-14 所示。

4）工艺条件要求。如果用料配方相同，三层薄膜挤出成型用原料的机筒温度控制与单层液体包装薄膜挤出成型工艺温度控制也基本相同。若原料中 LLDPE 的比例增加，则机筒的加料段温度也要适当提高些，其他部位温度不变。复合薄膜厚度为 0.08mm 时，则三层薄膜厚度分别是：内、外层为 0.03mm，中间层为 0.02mm（也可按 4∶3∶3 的厚度比例）。

例 2：聚乙烯牧草青储包装用复合薄膜

聚乙烯牧草青储包装用复合薄膜的作用与单层聚乙烯牧草青储包装膜相同，制成袋后，包装储存刚收割的新鲜牧草。

1）原料与配方。聚乙烯牧草青储复合（二层）薄膜外层为白色，其成型用料主要是以 LLDPE 树脂为主，加入一些辅助材料，组成参考配方（质量份）如下：LLDPE（MFR = 1.2g/10min）100 份，白母料（占 40% ~60%）4 份，防老化母料 4 份，加工助剂适量。

复合薄膜内层为黑色薄膜，主要原料是 LLDPE 与 LDPE 混合料，辅助材料中主要是加入些黑母料，组成参考配方（质量份）如下：LDPE（MFR = 1.2g/10min）60 份，LLDPE（MFR = 1.2g/10min）40 份，黑母料（占 40% ~60%）4 份。

2）生产工艺。双层聚乙烯牧草青储薄膜成型生产工艺顺序如下：

LLDPE、母料按配方分别计量 → 混合均匀 → 挤出机熔融塑化 ⟩→成型模具

LDPE、LLDPE、母料按配方分别计量 → 混合均匀 → 挤出机熔融塑化 ⟩

→成型复合膜管状膜坯→吹胀膜坯，风冷降温定形→牵引→卷取。

3）聚乙烯牧草青储包装用复合膜挤出吹塑成型工艺。无论是设备还是挤出塑化原料用工艺温度，聚乙烯牧草青储包装用复合薄膜挤出吹塑成型工艺条件都与普通聚乙烯复合薄膜相同，这里不再重复介绍。图 7-39 所示为两层复合薄膜共挤出成型用模具结构，可供选用复合薄膜成型模具时参考。

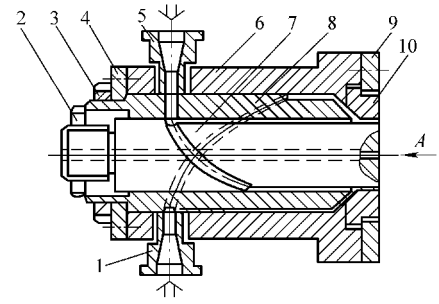


图 7-39 两层复合薄膜共挤出成型用模具结构

1—外层薄膜成型用料进口 2、3—螺母 4—垫圈 5—内层薄膜成型用料进口 6—模具体 7—内芯棒 8—外芯棒 9—压盖 10—口模

例 3：PE/EVA 复合薄膜（薄膜厚 0.04mm、折径为 400mm）

PE/EVA 复合薄膜是一种比较适合包装香料、香味浓郁的食品和易吸湿的薄膜。EVA 共聚物有良好的可挠曲性、较大的柔韧性、冲击强度、耐环境应力开裂、耐低温性和耐大气老化性等。EVA 薄膜与 PE 薄膜复合，可弥补 PE 薄膜的气体透过率大的缺点。

1）原料配方。内层为 LDPE（密度 0.918g/cm^3、MFR = 1.5g/10min），外层为 EVA（密度 0.94g/cm^3、MFR = 1.3g/10min）。

2）设备。选用 2 台 SJ-45 型挤出机，参照表 7-11 ~ 表 7-13 挤出机吹塑薄膜生产线中的设备选择复合薄膜机组。成型模具结构为螺旋流道，夹层设有通气孔，以使夹层热量排除。PE/EVA 复合薄膜成型模具结构如图 7-40 所示。

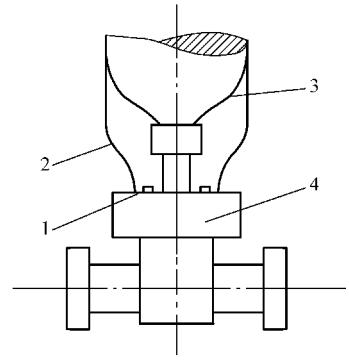


图 7-40 PE/EVA 复合薄膜成型模具结构

1—排气孔 2—外层薄膜 3—内层薄膜 4—成型模具

3）工艺参数。两台挤出机分别挤塑 LDPE 和 EVA 料，两台挤出机的机筒各段温度接近：加料段为 100 ~ 110℃、塑化段为 160 ~ 180℃（塑化 LDPE 料温度略高些）、均化段为 180 ~ 190℃，模具温度为 170 ~ 180℃，口模温度为 160 ~ 170℃。

例 4：HDPE/EVA 复合薄膜

用 HDPE 薄膜与 EVA 薄膜复合，是由于 EVA（当 VA 的质量分数小于 15% 时）与 LDPE 的分子结构相似，两者相容性好、易于结合，可成型透明度较好的复合薄膜。选用 HDPE 作复合薄膜内层，是由于这种薄膜易成型，无毒无味，耐高温，低温性好，但其热封性和可印刷性差；选用 EVA 薄膜作复合薄膜的外层，是由于其柔韧性好，黏合性高，热封性和可印刷性好。两种薄膜的性能互为补充，又由于加工条件要求接近，这对加工这种复合薄膜用设备的选择、复合成型模具结构的设计会带来许多方便。

两种薄膜的复合薄膜用于冷冻食品的包装性能稳定，卫生安全，其热封性、可加工性、印刷性及透明度均较适宜。所以，对其大批量应用是可取的。

1）原料配方。HDPE（密度 0.961g/cm^3、MFR = 0.9g/10min），EVA（VA 质量分数小于 10%）。

2）设备。HDPE 和 EVA 分别用挤出机塑化，采用聚乙烯塑化用单螺杆挤出机。由于复合薄膜中的 HDPE 薄膜的厚度比 EVA 薄膜的大些，所以选用 HDPE 塑化用挤出机规格可略大于 EVA 塑化用挤出机规格。

复合薄膜用模具中，两层熔融塑化料在口模处黏合在一起，熔流受口模间隙的限制，在一定压力下复合在一起，黏合牢度得到保证。两个套管式芯棒与模具体是依靠各接触部位内外圆柱面紧密配合定位，组成各自的熔融料流动空腔。则模具结构紧凑，但两层熔融料流通温度和流量无法调整控制。所以，这种模具结构也只能适合 HDPE/EVA 这两种相容性好、加工性能及温度又接近的塑料薄膜复合成型。

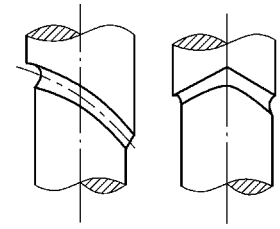


图 7-41　芯棒分流结构示意图

两台挤出机塑化好的熔融料，从复合模具的两侧进入模具，沿着内、外层芯棒流道向口模方向流动。芯棒上流动槽从侧面看为衣架式，呈流线形向口模方向延伸，流通断面为半圆形，从进料端开始至汇合点，断面半径逐渐缩小（见图 7-41）。汇流后的两层熔融料等量分布在芯棒圆周空腔内，同步流向口模，在口模处复合成一体。复合薄膜的膜坯厚度由口模侧面上的调节螺钉调控。

3）生产工艺顺序。复合薄膜生产工艺顺序如下：

塑化 HDPE 料挤出机
塑化 EVA 料挤出机　→模具成型复合膜坯 → 牵引膜坯运行[同时吹胀膜坯呈圆筒状、(复合膜筒状直径达到制品折径要求、复合薄膜厚度达到制品要求厚度)，吹风使薄膜降温定形] →电晕处理→印刷→卷取。

4）工艺参数。

① 塑化 HDPE 工艺温度：机筒加料段 160 ~ 170℃，塑化段 180 ~ 190℃，均化段 200 ~ 210℃。

② 塑化 EVA 工艺温度：机筒加料段 130 ~ 150℃，塑化段 160 ~ 170℃，均化段 180 ~ 190℃。

③ 复合模具温度：175 ~ 185℃。

例 5：聚乙烯多功能棚膜（折径 4000mm、厚度 0.10mm）

聚乙烯多功能棚膜主要是指防老化（使用寿命较长）棚膜、长寿无滴膜等。这种棚膜主要用作温室棚和禽类养殖棚等的覆盖薄膜。这种棚膜多用挤出吹塑成型，有单层共挤复合吹膜和多层共挤复合吹膜两种。

1）多功能棚膜生产成型工艺顺序。

① 母料生产工艺顺序。把母料生产用料按配方要求分别计量→在高速混合机内混合、搅拌掺混均匀→双螺杆挤出机混炼塑化成熔融料→挤出条料切粒→过筛→装袋（成品母料）。

② 棚膜生产工艺顺序。把棚膜挤出吹塑成型用原料（LDPE、LLDPE、EVA 和经干燥处理的母料）按配方要求比例分别准确计量→投入高速混合机内搅拌混合均匀→挤出机塑化原料成熔融态，从模具唇口挤出管形膜坯→牵引膜坯运行（同时吹胀膜坯至工艺要求膜泡直径和膜厚度，风环吹冷风使膜泡平稳运行，为膜泡降温冷却定形）→卷取。

2）原料配方　以三层共挤复合膜为例，棚膜挤出吹塑成型用料配方（仅供参考）如下。

① 外层膜用料配方。LDPE（MFR = 1.05g/10min）25kg，LLDPE（MFR = 0.9g/10min）50kg，防老化母料 1.5kg。

② 中间层膜用料配方。LLDPE 25kg，EVA（VA 质量分数为 6% ~14%，MFR = 1 ~2g/10min）50kg，长寿无滴保温母料 7.5kg。

③ 内层膜用料配方。LDPE 25kg，LLDPE 50kg，长寿无滴保温母料 7.5kg。

④ 母料。配方中的防老化母料配方：聚乙烯 74kg，光稳定剂（HALS）10kg，抗氧剂 3kg，硬脂酸钙 8kg，聚乙烯蜡 5kg。

长寿无滴保温母料的配制是多功能棚膜生产技术的核心，它主要由载体、光稳定剂、防雾滴剂和光调节剂等材料组成。

a. 载体。载体是母料中的主要材料，它是母料中各种材料的承载体和黏合剂。用作载体的聚合物应与基础树脂（制品成型用主要树脂）相容性好。多功能棚膜中应用的长寿无滴保温母料载体是 LDPE（MFR = 2g/10min 左右）。注意选择载体树脂的 MFR 值应略大于或等于基础树脂的 MFR 值，最好采用粉状树脂。

b. 光稳定剂。光稳定剂是用来防止或缓解高分子材料在热、氧、光等因素的作用下降解的一种化合物。长寿棚膜母料中多用受阻胺类光稳定剂（HALS）。生产厂家有北京助剂研究所、北京化工工业研究院、瑞士汽巴（CIBA）精化公司等。光稳定剂的应用量为 0.1% ~1.0%。

c. 防雾滴剂。多功能棚膜用母料中的防雾滴剂是多种非离子型表面活性剂的复配物，如高碳脂肪酸混合酯、多元醇脂肪酸酯、多聚氧化乙醚和含胺基聚氧乙烯化合物等。这些防雾滴剂的分子结构是由亲水基团和疏水基团组成，能在较高（30℃）和较低（-5℃）的温度环境中，使附在薄膜上的水蒸气吸附在亲水基团上。由于表面活性剂均匀分布在膜上，疏水基团使水珠向周围扩散，增大了水珠的曲率半径，使其流入地下而消除了水雾的存在。

常用的防雾滴剂有：北京化工院精细化工所的 FY-2 型，上海安益化工公司产 FWD-1 型，北京助剂研究所产 PE-1 型，瑞士汽巴（C1BA）产 Atmer103、Atmer114、Atmer184 型等，使用量为 0.5% ~3%。

d. 光调节剂。光调节剂实际上是一种辅助加工助剂，在母料中的用量较少。如加入聚乙烯蜡、油酸酰胺、硬脂酸锌等，可使母料中的主要助剂在薄膜中分散均匀；母料中加入些无机填料（如高岭土、滑石粉、云母粉、碳酸钙、白炭黑、硅灰石、玻璃微珠等，要求粒径在 7 ~12μm），可降低母料的生产成本。

长寿无滴保温母料用材料组合参考例见表 7-23。

表 7-23　长寿无滴保温母料用材料组合参考例　（单位：kg）

材 料 名 称	外层膜用母料	中层膜用母料	内层膜用母料
LDPE(MFR = 2g/10min)	81	73.5	72
受阻胺类光稳定剂	15	2	2.5
复合型抗氧剂	2	0.5	0.5
防雾滴剂	—	13	15
无机填料	—	10	10
聚乙烯蜡	0.5	—	—
硬脂酸钙(锌)	1.5	—	—

e. 母料生产注意事项如下：

载体应选用 MFR = 2g/10min 左右的 LDPE 树脂，最好用粉状料，这有利于母料中各种助剂的均匀扩散。

母料中的一些助剂极易吸水受潮，投产前要充分干燥和粉碎过筛，以防止助剂结块，影响母料质量。

母料中需加入无机矿物质时，应在加入前对其进行表面处理：经干燥后的粉状无机矿物质，需加入硬脂酸、硬脂酸锌和偶联剂进行表面活化偶联处理，以使无机矿物质粉不易凝聚结块，增强与高聚物的表面结合力。

母料用的各种材料需在高速混合机中混合搅拌时，向高速混合机中加料的顺序是：载体树脂→粉末状助剂→液态助剂→分散剂→防雾滴剂。液态助剂应先用粉状无机矿物质吸收，搅拌均匀后再投料。

高速混合机工作时，应低速混合搅拌 2 ~ 5min，混合机温度控制在 40 ~ 50℃范围内，以防止助剂因受高温而黏结成团。

最好选用双螺杆挤出机混炼预塑化母料，挤出造粒。挤出机机筒的温度（从加料段至机筒出料端）分别是加料段 70 ~ 80℃、塑化段 100 ~ 110℃、均化段 140 ~ 160℃、出料端 110 ~ 130℃，模具为 70 ~ 90℃，螺杆转速为 160 ~ 220r/min，冷却水温度为 30 ~ 50℃。

注意母料生产制造中的工艺温度控制应尽量低（防雾滴剂在高于 140℃时易挥发），是保证助剂在薄膜制品中不迁移、不析出、分散均匀的重要条件。

母料存放期不宜过长（一般为 3 ~ 5 个月），注意包装的密闭，在存放和运输过程中不能受潮，置于干燥通风处。

3）设备。多层共挤多功能棚膜用挤出吹塑薄膜生产线设备与普通薄膜挤出吹塑成型用生产线设备相同，但由于多功能棚膜的折径尺寸较大，所以挤出吹塑成型用料量大，则所用设备规格较大。为了薄膜能有较好的冷却降温效果，牵引辊距地面高度大。本例选择大连冰山橡塑股份有限公司生产的三层共挤吹塑复合薄膜机组，主要技术参数见表 7-24 和表 7-25。

表 7-24　大连冰山橡塑股份有限公司产挤出机主要技术参数

项目 \ 型号		SJ-90 × 30A	SJ-120 × 30
螺杆直径/mm		90	120
螺杆转速/(r/min)	LDPE	15 ~ 150	13.5 ~ 135
	LLDPE	10.5 ~ 105	10 ~ 100
螺杆长径比 L/D		30	30
驱动电动机功率/kW		75	132
机筒加热功率/kW		25(5 段)	42(6 段)
机筒冷却风机功率/kW		2.5	3
自动上料机功率/kW		1.5	2.2
生产能力/(kg/h)	LDPE	250 ~ 280	400 ~ 450
	LLDPE	170 ~ 200	300 ~ 320
中心高/mm		500	600
外形尺寸(长 × 宽 × 高)/mm		3709 × 2183 × 2240	4756 × 2446 × 2395
机器质量/kg		4410	6425

表 7-25 大连冰山橡塑股份有限公司产辅机主要技术参数

项目 \ 型号	SJGM-F3500×3	项目 \ 型号	SJGM-F3500×3
模具结构	分层螺旋式芯棒	牵引辊规格尺寸/mm	φ308×3500
快速换网形式	液压	牵引辊距地面高/m	20
换网装置加热功率/kW	23.7	卷取辊规格尺寸/mm	φ310×3500
模具口模直径/mm	1400	牵引速度/(m/min)	2.2~22
模具加热区数	28	外形尺寸(长×宽×高)/mm	16720×20300×9840
模具加热功率/kW	215	机器质量/kg	70380
风环直径/mm	1650		

设备的结构特点如下：

① 螺杆长径比大，螺杆带有特殊的混炼段，原料混炼效果好。

② 三台挤出机呈 45°角布置，结构紧凑。

③ 有自动加料装置。

④ 三层共挤模具结构为螺旋式芯棒结构。

⑤ 液压传动快速换网，三层过滤网目数为 60/80/60 目。

⑥ 辅机设有机械手装置，可实现自动计长、切割和卷取。

由于生产棚膜厚度为 0.10mm、外层膜厚为 0.025mm、中间层膜厚为 0.05mm、内层膜厚为 0.025mm，所以选择内、外层料塑化用 SJ-90×30A 挤出机 2 台，中间层料塑化用 SJ-120×30 挤出机 1 台。

4）工艺参数。

① 母料投产前，应在 70~80℃温度条件下进行干燥处理。

② 每层薄膜成型用料按配方要求准确计量后，在混合机内混合搅拌均匀，混合时间为 5~10min。

③ 挤出机塑化原料时，机筒温度（从加料段开始至均化段）分别是：内、外层料塑化时，机筒温度分别为加料段 160~170℃、塑化段 180~190℃、均化段 190~200℃，连接颈为 190~200℃；中间层料塑化时，机筒温度分别为加料段 150~160℃、塑化段 160~170℃、均化段 170~180℃，连接颈为 180~190℃。

④ 成型模具温度为 190~200℃。

⑤ 螺杆转速：内、外层料塑化时，螺杆转速为 45~55r/min，中间层料塑化时，螺杆转速为 50~60r/min。

⑥ 膜泡吹胀比为 1:1.8。

⑦ 膜泡牵引速度为 18~25m/min。

5）工艺操作要点。

① 为使各种功能性助剂在薄膜中分布均匀，保证薄膜质量，各种助剂应在制成母料后应用，投产前应进行干燥处理（温度 70~80℃、干燥时间为 0.5~1h）。

② 各层薄膜成型用料应按配方准确计量，混合均匀后分别加入各自塑化用挤出机内。

③ 为保证挤出机塑化原料工作正常顺利进行，注意机筒加料段温度控制在树脂的熔点温度以下，以防止进料温度过高而提前熔融塑化、抱住螺杆，影响粒料连续进入机筒，使生

产无法正常运行。注意进料口处的冷却水流量控制。

④ 注意熔融塑化料进入模具前的熔体压力调整控制，为模具提供充分塑化、压力均匀的熔融料。

⑤ 对挤出机塑化系统加热升温时，应先为模具加热升温，后为挤出机机筒和连接颈加热升温。EVA 料塑化机筒的温度应低于 PE 料塑化机筒的温度。

⑥ 机筒前应加过滤网。PE 料塑化机筒加 60/80/60 目过滤网，EVA 料塑化机筒加 60/60/60 目过滤网。

⑦ 对每层膜厚度的监测控制，除安装厚度控制系统外，还可采用下列简易方法控制每层膜厚：

a. 生产前，应先预测出每层膜用料塑化挤出时，在工艺温度控制较正常平稳的条件下，单位时间内螺杆不同转速时的挤出料量（kg/h）。

b. 画出各层挤出机的挤出料量与螺杆转速关系图（也可列出单位时间内不同螺杆转速挤出料量表）。

c. 按生产棚膜每层膜的厚度和膜幅宽，计算棚膜各层膜成型正常生产时挤出机应挤到模具内的料量（kg/h）。

d. 按用料量从图或表中查出此时螺杆应达到的工作转速（r/min）。

当更改原料型号或配方变动时，还应重新修正挤出机螺杆转速与挤出料量的关系。

⑧ 膜泡不正常现象的调整。膜泡出现运行不平稳、下垂、断裂或抖动及蛇形膜泡等现象时，将会直接影响棚膜的质量或使生产无法正常运行。发现上述现象时，应立即进行调整，具体处理方法如下。

a. 膜泡下垂。引起膜泡下垂的原因有膜坯直径大、料量多自重大、熔体温度偏高、风环冷却风量过大和冷凝线低等，有时还因膜泡下垂与风环接触而造成膜泡破裂。此时，在降低机筒和模具温度，适当减小冷却风环的吹风量或提高膜泡的冷凝线；如下垂现象还无法消除，则应考虑更换熔体流动速率低些、熔体强度高些的树脂。

b. 膜泡破裂。是由于冷却风量过大、膜泡降温过快或牵引膜泡运行速度过快所引起。应适当降低膜泡冷却的速度（即降低风环吹向膜泡的风量）或适当提高模具和熔融料温度；仔细检查膜泡的薄膜中是否杂质过多，如果过多，则应更换过滤网或更换掉杂质过多的树脂；必要时还可增加原料中 LLDPE 树脂的用量。

c. 膜泡抖动。由于生产车间内有较强的气流吹向膜泡、风环吹向膜泡圆周的风量不均匀或流速不一致、牵引速度不平稳等条件的影响，都会引起膜泡运行不稳定或出现抖动现象。此时，应检查引起车间内出现气流的原因，进行排除；调整风环吹向膜泡圆周的风量和流速，应使风量分布均匀，使吹向膜泡的风流速相等；调整牵引辊的转速使其平稳；必要时可略降低熔融料温度，适当加快膜泡的冷却、降温定形速度。

d. 出现蛇形膜泡（即膜泡直径尺寸大小不一致）。此现象多出现在生产初期，从模具中引出膜坯刚开始吹胀膜坯呈筒状膜泡时。这是由于挤出机挤出的熔融料量还不够稳定，塑化料质量欠佳，吹入膜坯内的压缩空气压力和空气量还不稳定以及风环吹向膜泡的风量调整不当所致。应首先调整好挤出机螺杆转速，使其达到平稳，有较合理的、稳定的工艺温度，保证膜坯管挤出模具时的成型质量；然后使吹胀膜泡直径尺寸和膜厚符合工艺要求，保持吹入膜泡内的空气压力和风量稳定；再调整风环吹向膜泡周围的风量，使其分布均匀、流速

平稳。

⑨ 棚膜的生产质量检查。棚膜生产速度快、产品折径尺寸大、每卷膜的质量大，所以，卷取后就不能再对其进行全面的质量检查。一般在棚膜冷却定形后、卷取前的工位处设有质量检查员，对膜的折径宽度、厚度、外观质量（如杂质、黑点、膜皱褶、条纹等）、印刷标准的清晰度、棚膜表面润湿张力等进行检查。

⑩ 生产操作分工明确。由于棚膜生产线中组成设备多、占地面积大、牵引部位机架高、生产线较长，则每个岗位上都应有责任操作者（如生产用原、辅材料的准备及输送，棚膜挤出吹塑生产中的工艺参数控制调整，成品薄膜的卷取、计量、包装、入库等），生产时各负其责，由一人统一指挥。

在挤出吹塑薄膜生产线上、原料准备区，各种材料应分品种严格分区堆放；在物料混合区，对拆封的材料按配方要求准确计量后加入混合机（注意：拆袋下来的棉线、胶带纸及工具等杂质，要统一堆放到固定地点，不许乱扔，以防这些杂物混入料中）。

⑪ 安全生产。挤出吹塑生产薄膜进入正常生产后，要有专人负责对设备生产进行安全检查巡视工作：如检查各运转零部件是否有异常声响，润滑油是否充足，轴承部位是否温度过高，挤出机内熔体压力是否在规定值内（如超过规定压力值，应及时更换过滤网）等，发现异常要及时检查维护；出现报警信号要立即停机，找出故障原因后检修排除。

6. 聚乙烯降解薄膜挤出吹塑成型

（1）聚乙烯降解薄膜的特点　降解薄膜是指在自然环境中，在一定的时间内，其性能和化学结构出现明显变化，能自行碎裂、降解或在自然环境中消失的塑料薄膜。

塑料降解条件可分为生物降解（在细菌、霉菌和藻类等自然界微生物作用下所引起的塑料降解）、光降解（在太阳光作用下所引起的塑料降解）和使用环境降解（在自然环境中，在光、热、水、氧、污染物、微生物、昆虫及风、砂和机械等综合作用下引起的塑料降解）。

降解塑料按其制造用材料分，可分为添加型（共混型）降解塑料和聚合型降解塑料。添加型降解塑料是指成型制品的树脂中添加降解性物质而制成的塑料，如聚乙烯淀粉生物降解塑料、光/淀粉降解塑料、光/碳酸钙降解塑料等；聚合型降解塑料是指塑料制品用的树脂内带有可降解基团的一种塑料，如聚合物本身带有极易被光降解基团的乙烯/一氧化碳共聚物（E/CO），具有水溶性塑料聚乙烯醇等。

降解薄膜挤出吹塑成型时的工艺条件和使用设备与普通聚乙烯薄膜成型时完全一样，两种薄膜的不同之处只是所用原料的配方有些差别。聚乙烯降解薄膜成型用原料主要是LDPE，熔体流动速率 MFR 值在 4 ~ 7g/10min 范围内，也可在 LDPE 树脂中掺混一定比例的线型低密度聚乙烯（LLDPE）。这种混合料成型的薄膜强度可提高，而厚度能减小些。为了能使薄膜在有效使用期后降解破碎，原料中还要加入一定比例的能促进制品降解的辅助料，这就是降解膜不同于普通聚乙烯薄膜之处。

目前，用 HDPE 为主原料挤出吹塑购货袋用降解薄膜也开始大量应用。

降解聚乙烯薄膜成型用原料配方如下。

1）在主原料中加入一些光降解剂制成可控光降解薄膜，如在 LDPE 中加入一些含酮基化合物的共聚物（如乙烯与一氧化碳、甲基乙烯酮、甲基丙烯酮等）。由于酮基具有生色团的作用，吸收阳光中的紫外线后，会引起光降解的效果。另外，还应加入一些能够促进光降

解的添加剂（如二茂铁类、二苯甲酮等），以提高光降解速度。

2）在主原料中加入一些淀粉类物质制成生物降解地膜。这种地膜使用时覆盖在土壤上，则薄膜中的淀粉受土壤中的微生物作用而使膜破坏，导致地膜的破碎。

3）在地膜成型用主原料（LDPE）中同时加入光降解剂和淀粉类物质制成薄膜。在光降解剂和微生物同时作用下，这种薄膜会有更好的降解效果。

4）用于遮光性地膜成型原料中，可增大碳酸钙的比例吹塑成型薄膜，膜中 $CaCO_3$ 内的羰基对周围树脂有一定的加速老化作用，可作为光降解薄膜使用。

用上述辅助料（淀粉、碳酸钙及其他一些助剂）加入 PE 树脂中应注意，如果加入比例过大，会给 LDPE 地膜的吹塑成型带来一定的难度。

（2）聚乙烯淀粉可生物降解薄膜生产例　聚乙烯淀粉可生物降解塑料薄膜的生产成型分两个工艺程序：第一工序是把高浓度生物降解剂与载体 PE 树脂、相容剂、增塑剂、加工助剂等材料经处理后，按一定比例混合均匀，经挤出混炼造粒，制成具有可生物降解功能的母料；第二工序是将可生物降解的母料按一定比例与聚乙烯（LDPE、HDPE）配混，搅拌混合均匀后用挤出机挤出吹塑成型（也可挤出流延成型）可生物降解塑料薄膜。

1）聚乙烯淀粉可生物降解母料的配混造粒。

① 生产工艺顺序如下：

载体 PE 树脂、相容剂
淀粉 → 改性处理 → 高速混合 → 挤出混炼造粒 → 降解母料。
自氧化剂、加工助剂

② 生产工艺。可生物降解母料的生产有两种方式：一种是乙烯—丙烯酸共聚物（EAA）增容剂法；另一种方式是预细化淀粉法。

a. EAA 增容剂法。原料配方：EAA（AA% ≈8% ~10%）10kg，玉米淀粉（含水量 < 14%）50kg，LDPE（MFR = 7g/10min）5kg，聚乙烯蜡 3kg，硬脂酸 3kg，甘油 8kg，植物油（玉米油）2kg。

生产过程如下：

首先，把约占配混母料总质量 60% ~65% 的淀粉在 110℃左右的温度条件下进行干燥处理，使其含水量小于 3%。

然后，用白油把有机硅氧烷偶联剂（或铝酸酯偶联剂）在 70 ~80℃温度范围内稀释成表面处理剂。

接着把干燥处理后的淀粉和偶联剂处理液按配方要求比例加入到混合机内，在 80℃左右温度条件下混合搅拌约 10min，对淀粉进行表面处理。

其次把母料配方中的增容剂、PE 树脂和表面处理后的淀粉及其他一些辅助材料按配方要求比例计量，加入到高速混合机内掺混，搅拌配混均匀。工艺温度约 80℃，混合时间约 5min，达到淀粉与聚合物的理想界面结合。

再将混合料降温至 45℃以下。

最后，混合料用挤出机混炼塑化、造粒。塑化造粒挤出机机筒工艺温度：加料段 100 ~120℃、塑化段 130 ~140℃、均化段 150 ~160℃，模具温度为 130 ~140℃。如果用开炼机混炼切片时，辊筒温度在 120℃左右，两辊面间隙为 1.5mm。

b. 预细化淀粉法。预细化淀粉法与 EAA 增容剂法生产工艺基本相同，只是对淀粉的处

理方法有些不同。预细化淀粉是把淀粉在液态下真空脱水，使淀粉中含水量不大于3%，然后用矿物油作载体，采用特殊工艺研磨糊状淀粉浆料，细化淀粉粒径在10μm以下，以使淀粉在PE树脂中能有较好的分散性。

2）聚乙烯淀粉可生物降解塑料薄膜生产工艺。

① 生产工艺顺序如下：

LDPE树脂
可生物降解母料 →按一定比例配混 → 挤出塑化成型膜坯 →

膜坯吹胀→冷却定形膜泡，牵引运行→卷取成品降解薄膜。

② 生产工艺。

a. PE树脂与可生物降解母料按工艺要求比例配混，在高速混合机内，常温下混合3min。注意：母料投产前需进行干燥处理，含水量应不大于1%。

b. 采用挤塑PE料单螺杆挤出机挤出吹塑制品。挤出机机筒加热工艺温度（从加料段到挤出端）依次是：100～120℃，150～160℃，140～150℃，130～140℃。成型模具温度为135℃。

3）生产工艺操作要点。

① 聚乙烯淀粉可生物降解塑料薄膜生产成型主要原料可用LDPE，也可用HDPE，选用熔体流动速率在4～7g/10min范围内的树脂。

② 生物降解母料生产用料也可参照下列配方（质量份）用料：淀粉60～65份，偶联剂1～1.5份，载体树脂（含淀粉接枝共聚物）25～35份，分散剂3～5份，促降解剂0.5～1.5份。

③ 淀粉常用材料是从玉米、薯类（木薯、马铃薯、红薯等）、大米及小麦植物中提取的淀粉。玉米淀粉可使降解塑料有较好的力学性能和加工性，薯类淀粉可使降解塑料有较好的降解性能。

④ 用于降解塑料中的淀粉必须是经过干燥处理的改性淀粉；储存期较长的母料，应用前要干燥去湿，使其含水量小于1%，以防止膜泡吹胀时爆裂或影响膜面表观质量。

⑤ 注意淀粉在制品用料量中的控制：淀粉在制品用料量中占10%时，其诱导期在7个月左右；淀粉在制品用料量中的质量分数大于20%时，其诱导期在3个月左右。即随着薄膜制品用料中淀粉用量的增加，其制品的诱导期会逐渐缩短。

⑥ 降解薄膜的挤出吹塑成型设备可用挤出吹塑PE料成型薄膜设备，成型模具应采用螺旋式芯棒结构，进料口直径应略大于纯PE料模具进料口直径。

⑦ 降解薄膜用料的挤出塑化温度控制要低于160℃；以HDPE料为主要原料时，挤塑温度可略高些，但不应超过170℃。这主要是考虑原料中的淀粉塑化能力差，在高温时易“烧焦”的缘故。

⑧ 降解膜坯管的吹胀比控制在1.5～3之间。注意膜坯纵、横拉伸倍数应接近，防止膜泡破裂。

⑨ 降解薄膜挤出生产初期，要用纯聚乙烯树脂试生产，正常后再投入降解薄膜成型用料；生产结束前，用纯PE料清洗机筒和模具，设备中不许有降解料残留。

4）聚乙烯可生物降解薄膜的性能特点。

① 可生物降解塑料薄膜的成型用原料中，淀粉的加入量应不少于总用料量的8%。聚乙

烯淀粉可生物降解薄膜的性能指标见表 7-26。

表 7-26　聚乙烯淀粉可生物降解薄膜的性能指标

项　　目		性能指标	项　　目	性能指标
拉伸强度/MPa	纵向	18.3	热封强度/(N/15mm)	6.8
	横向	16.3		
断裂伸长率(%)	纵向	485.0	落镖冲击破损质量/g	81.0
	横向	495.0		
直角撕裂强度/(kN/m)	纵向	84.4	透光率(%)	90.3
	横向	109.5	雾度(%)	86.0

② 降解塑料制品的力学性能与树脂中淀粉的质量分数有关：淀粉的质量分数加大，其力学性能下降；当淀粉在树脂中的质量分数超过 20% 时，其撕裂强度明显下降。

③ 由于树脂中有淀粉的加入，使薄膜的雾度提高，成为乳白色半透明薄膜，但对透光率影响不大。

④ 淀粉在制品中与树脂是不相容的，它只是均匀地分散在树脂中。聚乙烯树脂熔融料在纵、横向拉伸时，淀粉颗粒不被拉伸，使淀粉颗粒周边与树脂形成空隙，这样的薄膜有一定的透气功能。

⑤ 相同质量的薄膜（当厚度也相同时），降解塑料薄膜的面积比普通 PE 薄膜的面积大，即每平方米的降解薄膜比普通 PE 薄膜质量轻。

⑥ 由于淀粉的亲水性，使降解薄膜也具有一定的吸湿性和静电分散性，适合用于需抗静电包装的场合。

⑦ 聚乙烯淀粉降解薄膜中的淀粉使塑料薄膜的燃烧热值降低，这样对废弃的薄膜可采用焚化处理，由于其燃烧热值低，不会损坏焚化设备，不产生有毒气体和有害的飞尘。

7.3.3　聚丙烯薄膜挤出吹塑成型

聚丙烯挤出吹塑成型薄膜和聚乙烯吹塑薄膜一样，是一种通用型、用途广泛的薄膜。聚丙烯挤出吹塑成型薄膜是一种密度小、无毒和力学性能、透明度、耐热性均较好的一种薄膜，可在 100℃高温中蒸煮不变形。聚丙烯薄膜的主要用途是用来包装各种物品，特别适合应用于各种服装和食品的包装。

聚丙烯薄膜的挤出吹塑成型一般多采用图 7-42 所示的下吹法生产成型，生产工艺顺序如下：聚丙烯树脂→单螺杆挤出机把原料熔融塑化→成型模具挤出管状膜坯→牵引机牵引膜坯运行（同时膜筒被吹胀成膜泡，冷风吹膜或水冷降温定形）→牵引装置→干燥→电晕处理（根据用途）→成品薄膜收卷。

聚丙烯薄膜挤出吹塑成型生产线除了采用图 7-42所示的下吹法外，也可采用上吹法和平吹法生产。下吹法成型膜坯用模具结构见图 7-10，其他设

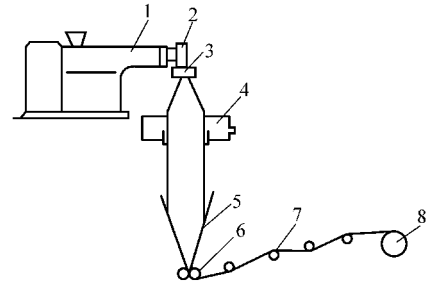


图 7-42　聚丙烯薄膜下吹法生产成型设备组成

1—单螺杆挤出机　2—膜坯成型模具　3—风环　4—水槽及水冷却定形套　5—人字形导板　6—牵引辊　7—速度控制装置　8—卷取装置

备（主机、辅机）与挤出吹塑聚乙烯薄膜成型用设备完全相同。

（1）原料与配方　聚丙烯薄膜挤出吹塑成型用料按标准规定，应选用 PP-H-I-015 牌号塑料薄膜类树脂，树脂密度为 0.89～0.91g/cm^3。可参照表 1-52 选择 PP 薄膜挤出吹塑成型用料生产厂及牌号。

（2）设备条件　聚丙烯薄膜挤出吹塑成型用单螺杆通用型挤出机，螺杆结构为等距不等深渐变型或突变型，长径比大于 20∶1，一般在（20～25）∶1 范围内应用较多，压缩比在（3～4）∶1 之间。成型膜坯用模具结构多为直角下吹型（见图 7-10）。如果采用螺杆直径为 ϕ45mm 挤出机时，可使用直角式螺旋进料成型模具结构，如图 7-43 所示。图中，模具的口模直径为 60mm，口模间隙为 0.6mm，定形段长 60mm，设置 3 个缓冲槽。

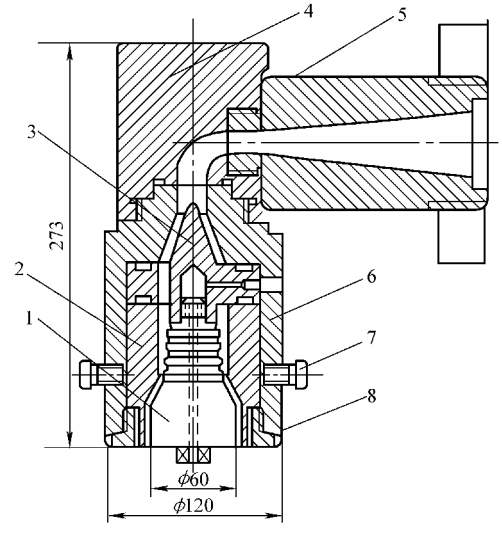


图 7-43　直角式螺旋进料成型模具

1—芯棒　2—中套　3—分流锥　4—模具体　5—接头
6—外套　7—调节螺钉　8—压盖

（3）工艺温度　机筒工艺温度：加料段 140～170℃，塑化段 170～200℃、均化段 180～215℃，成型模具温度 210～225℃。

（4）工艺操作要点

1）PP 薄膜挤出吹塑成型生产工艺流程中的电晕处理工序可按薄膜的用途决定是否采用。

2）PP 薄膜挤出吹塑成型时，挤出机的机筒前一般都要加过滤网和多孔板。过滤网为 80/100/100/80 目四层，挤出成型微薄薄膜时中间过滤网目数为 120 目。

3）采用下吹法成型 PP 薄膜时的口模间隙应控制在 0.8～1.2mm 范围内，注意口模唇圆周间隙要均匀。

4）吹胀膜坯用气压力控制应稳定，膜坯吹胀成膜泡的吹胀比应不超过 2，牵伸比（牵引膜泡的速度和膜坯从模具口挤出的速度之比）控制在 2～3 之间。

5）注意膜泡冷却定形用水环中的冷却水流量控制要均衡，水温控制要稳定，一般水温控制在 15～20℃范围内。水温偏高，会影响薄膜的透明度；水温偏低，薄膜发黏。

6）选择成品薄膜卷取方式时，要注意制品在 24h 内的尺寸收缩变化对制品外观质量的影响。

7）PP 吹塑薄膜折径与口模直径和吹胀比的关系见表 7-27，可供应用时参考。

表 7-27　PP 吹塑薄膜折径与口模直径和吹胀比的关系

膜折径/mm	120～200	200～320	240～400	300～500	600～800
口模直径/mm	80	100	150	200	350
吹胀比	1.0～1.6	1.3～2.0	1.0～1.7	1.0～1.6	1.0～1.4

PP 吹塑薄膜用树脂应符合标准 GB/T 12670—2008 的规定（见表 1-45）。PP 吹塑薄膜挤出成型质量应符合标准 QB/T 1956—1994 的规定。

（5）PP 薄膜挤出吹塑成型质量分析

1）薄膜的透明度略差些。

① 吹胀后的膜坯冷却水温度偏高。应适当降低冷却水温度至 30℃左右。

② 对吹胀后膜坯冷却用冷却水流量小，膜泡体降温速度慢。应加大冷却水流量。

③ 吹向膜泡的冷却风量过大。应适当降低风环出风量，直至膜的透明度提高。

④ 成型模具温度偏低，从模口挤出膜坯表面有些粗糙。应适当提高模具温度。

⑤ 挤出吹塑宽幅薄膜时，生产速度过慢。应酌情提高螺杆工作转速。

2）成品薄膜卷取后开口性差。

① 挤出吹塑薄膜熔融料温度偏高。应适当降低机筒和成型模具温度。

② 牵引辊夹紧力过大。应减少推动胶辊移动气缸的工作压力。

③ 湿膜干燥时温度高。应降低冷却定形后薄膜的烘干温度。

④ 冷却水温度偏低。应提高冷却水温至 30℃左右。

⑤ 冷却水流量过大。应适当减少冷却水流量。

⑥ 风环吹向膜泡的风量太小。应适当加大吹风量。

3）膜面局部模糊、透明度差。

① 膜泡通过冷却定形套时，局部与套管面不接触，冷却水环套管对中性差。应找正其工作位置。

② 冷却水环内表面局部黏附杂质或油。应对冷却水环表面用中性洗涤剂清洗，去除油污。

③ 膜泡内充气量不足，使膜泡局部与冷却水环不能接触。应慢开充气阀向膜泡内充气，直至膜泡面与冷却水环内表面全部接触。

④ 膜泡厚度不均，使膜体降温速度不一致。应把模具的口模间隙调均匀。

⑤ 吹膜的表面与人字形导板面接触摩擦损伤。应加大冷却水环中的冷却水流量，使膜面形成一层水膜，消除膜面与人字形导板面的接触摩擦。

4）膜面出现纵向线痕。

① 膜泡吹胀直径尺寸过大。应适当减少吹胀膜泡的进气量。

② 膜泡冷却水环用冷却水量不足。应加大冷却水流量，保持膜泡体有一层水膜保护膜面。

③ 定形套或人字形导板面不光滑。应把这两个装置中与膜面接触的部位修光洁。

5）膜面有皱纹。

① 薄膜的横向厚度误差大，是由于口模间隙不均匀所致。应把口模间隙调整均匀。

② 辅机中的模具、人字形导板和牵引辊中线不同在一条以口模中心线为中线的垂直线上，造成膜泡运行偏斜，使膜泡在卷取时有皱纹。应重新找正。

③ 冷却水环位置有误。应调节水环对中，保持膜泡筒圆周同时浸水冷却降温。

7.3.4　聚氯乙烯薄膜挤出吹塑成型

1. 聚氯乙烯薄膜挤出吹塑成型的特点

聚氯乙烯薄膜挤出吹塑成型与聚乙烯、聚丙烯薄膜挤出吹塑成型相比，有许多不同之处：由于 PVC 树脂在高温塑化时易分解，则树脂中必须加稳定剂；又由于 PVC 制品有软、硬之分，软质 PVC 制品中必须加入较大分量的增塑剂（一般要加入大于 30% 的增塑剂）。

挤出吹塑成型的 PVC 薄膜用量要比挤出吹塑成型的 PE、PP 薄膜用量少很多。

聚氯乙烯薄膜的性能特点如下：

1）聚氯乙烯薄膜可以制成透明度较高的薄膜，也可制成半透明薄膜、乳白色薄膜和带有各种颜色的薄膜。

2）聚氯乙烯薄膜柔软、有光泽。

3）应用时，撕裂强度较高，伸长率大 ，韧性好，不滑。

4）耐寒性较好，防水，防潮。

5）薄膜不能热封，可高频焊接。

6）薄膜在火源中能燃烧，离开火源自熄。

聚氯乙烯薄膜主要用于农业中的育苗保温、保湿和防虫害及农作物大棚，也可作雨衣膜、雨伞膜及包装各种食品和工业制品等。

（1）原料与配方　PVC 薄膜挤出吹塑成型用主要原料是悬浮法聚氯乙烯中的 SG3 型树脂（按制品的应用需要，也可用 SG2 或 SG4 型树脂），辅助材料有增塑剂、稳定剂、润滑剂、填充料和着色剂等。这些辅助材料按薄膜应用条件的需要，用不同的比例与主要原料配混，组成用料配方（见表 3-4）。一般用 PVC 薄膜挤出吹塑成型用料配方（质量份）如下：聚氯乙烯（PVC）SG4 100 份，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）18 份，邻苯二甲酸二丁酯（DBP）10 份，癸二酸二辛酯（DOS）8 份，烷基磺酸甲酚酯（M-50）8 份，石蜡（P-CI）2 份，有机锡（DBTL）0.8 份，螯合剂 0.5 份，硬脂酸锌（ZnSt）0.15 份，硬脂酸钙 0.06 份，铅/钡液体稳定剂 2 份。

（2）设备条件　PVC 薄膜成型用原料的配混与造粒设备有研磨机、混合机和造粒用挤出机等。对这些设备的应用与配混原料要求见本书中第 4 章内容。

挤出吹塑薄膜成型用挤出机，一般多用通用型单螺杆挤出机。螺杆结构为等距不等深渐变型，长径比为 20∶1，压缩比为 3.5∶1 左右；如果直接采用粉料挤出，应选用混合塑化能力较强的新型结构螺杆（头部带有屏障型螺杆）。可参照表 5-3、表 7-11 ~ 表 7-13 选择挤出机和挤出吹塑 PVC 薄膜机组。

成型膜坯用模具结构大多采用芯棒式（见图 7-8）或十字形吹膜用模具。挤出吹型 PVC 薄膜一般多用上吹法。

（3）成型工艺

1）生产工艺顺序。主原料 PVC 与配方中各种助剂分别计量→混合（在高速混合机中，把各种原料掺混在一起，搅拌混合均匀）→混合料预塑化挤出造粒→挤出机塑化原料→模具成型膜坯→吹胀管状膜坯为泡筒状→冷风吹向筒状膜泡为其降温定形→牵引→成品收卷。

2）原料配混。挤出吹塑成型 PVC 薄膜用原料的配混工序中的工艺条件及要求，按第 4 章内容操作。

3）工艺温度（从机筒加料段至均化段）。

① 软质 PVC 薄膜：加料段 140 ~ 160℃、塑化段 170 ~ 180℃、均化段 170 ~ 180℃，模具温度：175 ~ 185℃。

② 硬质 PVC 薄膜：加料段 140 ~ 160℃、塑化段 160 ~ 170℃、均化段 170 ~ 180℃，模具温度：190 ~ 200℃。

4）膜坯吹胀用空气压力为 0.02 ~ 0.03MPa，吹胀比取 2 ~ 3，拉伸比与吹胀比值接近。

（4）工艺操作要点

1）原料在机筒内的塑化温度，由加料段开始至模具口应逐渐升高，温度控制应平稳、波动小。

2）如果熔融料温度控制正常，还会出现熔融料分解现象，此时应检查机筒内圆与螺杆外径的配合间隙。机筒和螺杆两零件的配合间隙过大，熔融料在机筒内停留时间过长，导致 PVC 熔融料极易分解，放出氯化氢气体，对人体有害。应及时进行室内通风。

3）PVC 树脂进行挤出吹塑薄膜，选用芯棒式成型模具最适宜。熔融料在模具内停留时间短，避免熔融料在模具体内因温度过高而出现分解现象。

4）熔融料挤出吹塑薄膜应采用 60 目不锈钢过滤网过滤。

5）熔融料成型膜坯用模具的唇口间隙在 0.5 ~ 1.2mm 范围内，调节间隙时，要注意先松开间隙小侧的调节螺钉，再拧紧调节间隙大侧的调节螺钉，以避免模具零件和调节螺钉的损坏。在整个模具圆周上，模具唇口间隙应均匀。

6）风环距模具口距离在 100mm 左右，上下可调。如果膜坯管直径较大时，应取距离尺寸值小些，反之取大值。风环吹出的风压和风量应稳定，以保证吹胀膜泡管的稳定运行和有较好的冷却效果。膜泡上的冷凝线高度应控制在 300mm 左右。

7）膜泡冷却运行工作环境中不允许有气流产生。

8）PVC 熔融料吹胀比应在 2 左右，偏小的吹胀比使膜制品的工作强度降低；膜泡的牵引比应在 5 左右。注意吹胀比值与牵引比值之差不要过大，以免膜制品的纵横向强度差过大。

9）注意 PVC 塑化熔融料温度不允许超过 200℃，以避免熔融料分解。

（5）质量　软质 PVC 薄膜挤出吹塑成型质量应符合标准 QB 1257—1991 的规定。

2. 聚氯乙烯薄膜挤出吹塑成型生产例

例 1：挤出吹塑农业用薄膜（采用上吹法）

（1）原料与配方　选用悬浮法 PVC 树脂（SG3 型），参考配方见表 3-4。

（2）工艺流程

树脂 PVC 过筛（40 目）→计量
增塑剂过滤（100 目）→计量　}→高速混合机混合均匀→挤出造粒→挤出吹塑→冷却定形→牵引→卷取。
其他助剂配混→研磨机→计量

（3）设备　三辊研磨机（ϕ400mm），通水冷却；高速混合机（200L）；挤出造粒机，螺杆直径 ϕ65mm，长径比 10∶1，为等距不等深渐变型螺杆；挤出吹塑用挤出机，螺杆直径 ϕ65mm，长径比 20∶1，压缩比 3∶1，为等距不等深渐变型螺杆；成型模具为芯棒式结构。

（4）工艺温度　高速混合温度为 100 ~ 110℃。挤出造粒温度为 150 ~ 170℃。挤出吹塑机筒温度：加料段 130 ~ 140℃，塑化段 150 ~ 160℃，均化段 170 ~ 180℃。成型模具温度为 165 ~ 170℃。

（5）注意事项　高速混合后的料温较高，应进行冷却降温至 45℃左右，才适宜投入挤出造粒机内。挤出膜坯的吹胀比取 2 左右，拉伸比取 2 ~ 3 较理想。注意：成型模具工作中芯棒产生的偏中现象对膜厚度偏差的影响。

例 2：挤出吹塑食品包装用聚氯乙烯薄膜

采用上吹法挤出吹塑食品包装用聚氯乙烯薄膜。

（1）原料与配方　选用悬浮法 PVC（SG6 型），要求 PVC 树脂中氯乙烯单体残留量不大于 5mg/kg。硬质透明食品包装薄膜挤出吹塑成型用原料配方可参考表 3-4。

（2）工艺流程

PVC 树脂过筛（40 目）→计量
其他助剂（稳定剂、颜料）混配研磨→计量 }→高速混合→降温搅拌→挤出吹塑→冷却定形→抗静电、热封涂覆处理→分切→检验→包装入库

（3）设备　三辊研磨机（ϕ400mm），通水冷却；高速混合机（300L）；挤出吹塑机，螺杆直径 ϕ100mm，长径比 25∶1，压缩比 3∶1，螺杆头部设有屏障型结构；成型模具的口模直径 ϕ250mm，口模间隙 1.3mm，抗静电低温热封处理槽。

（4）工艺温度　高速混合机温度在 100℃左右，混合料搅拌 5～8min；混合料搅拌后需经降温冷搅拌处理，料温降至低于 45℃时投入挤出吹塑机中。挤出吹塑时机筒温度：加料段 130～140℃，塑化段 150～160℃，均化段 170～180℃。模具连接颈温度为 180～190℃。成型模具温度为 190～210℃。

（5）注意事项　膜泡的吹胀比在 2.5 左右，拉伸比可比吹胀比略大些。用于手工包装食品，此膜可不经抗静电和热封涂覆处理；用于自动化热封包装时（如香烟类物品），此膜必须经抗静电和热封涂覆处理，以免薄膜表面摩擦产生静电吸尘和引起火灾。

（6）质量要求　食品包装用聚氯乙烯薄膜的质量要求应符合标准 GB/T 15267—1994 的规定。

例 3：采用平吹法挤出吹塑 PVC 热收缩薄膜

采用平吹法生产 0.04mm 厚 PVC 收缩薄膜，用于包装时加热温度为 90～130℃，收缩应力约为 1～2MPa。

（1）工艺流程

PVC 树脂用 40 目筛网过筛→计量
增塑剂过滤（100 目）→计量
其他助剂混配→计量 }→高速混合→混合均匀→粉料冷却降温至 40～50℃→挤出塑化→成型模具挤出膜管→膜管内吹入空气（膜泡略吹胀、防止粘连）→在空气中降温、慢速牵引→加热膜管→厚膜吹胀→降温冷却定形→卷取。

（2）原料选择　选用悬浮法 PVC（SG5 型），参考配方见表 3-4。

（3）设备　单螺杆挤出机，螺杆为等距不等深渐变型，直径为 ϕ30mm，长径比为25∶1，压缩比为 3∶1。模具为十字形平吹式，口模间隙在 0.4～0.7mm 之间可调。加热拉伸定形套直径应与膜泡吹胀的直径相符，拉伸定形套用不锈钢管制作，表面钻有多个 ϕ2mm 直径孔，均匀分布在管面上，以方便从孔径喷出热水加热膜泡，定形套与膜接触面一定要光滑平整。冷却降温定形套应能通冷水为薄膜降温定形。

（4）工艺参数　挤出机机筒各段温度：挤出段 140～150℃，塑化段 160～170℃，均化段 180～190℃。成型模具温度：170～190℃。加热拉伸定形套喷水温度：85～95℃。冷却定形通冷水温度：15～25℃。

（5）工艺操作要点　挤出吹塑 PVC 热收缩薄膜用吹胀比为 4 左右较好；注意膜厚的均

匀性，以保证膜受热收缩率的均衡，用于食品包装膜成型用 PVC 树脂应符合卫生标准 GB 4803—1994 的规定，各种助剂的用量应符合卫生标准 GB/T 9685—2008 的规定；热收缩膜成型用配方中，可适量加些亚磷酸三苯酯（TPP）和环氧大豆油辅助剂，以提高原料的热稳定性。

聚氯乙烯热收缩薄膜的性能指标如下：拉伸强度（纵/横）为 45MPa/50MPa，伸长率（纵/横）为 30%/25%，热收缩率（100℃）（纵/横）为 30%/40%，透光率为 85%。

例 4：采用上吹法挤出吹塑 PVC 热收缩薄膜（0.04mm 厚）

（1）工艺流程

PVC 树脂用 40 目筛网过筛→计量
液体辅助材料用 100 目筛网过滤→计量
其他辅助材料配混研磨→计量

→高速混合→混合料降温→混炼挤出造粒或把混合料直接挤出塑化→模具成型膜坯→膜坯吹胀→厚膜风冷却→牵引→热水浴加热→厚膜吹胀→冷水套降温→牵引→卷取。

上吹法挤出吹塑 PVC 热收缩薄膜工艺流程示意图如图 7-44 所示。

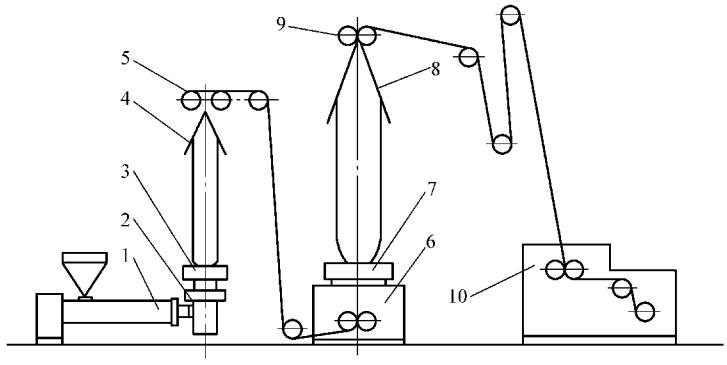


图 7-44　上吹法挤出吹塑 PVC 热收缩薄膜工艺流程示意图

1—单螺杆挤出机　2—芯棒式成型模具　3—冷却风环　4、8—人字形导板　5—第一牵引装置　6—热水槽　7—冷却水套　9—第二牵引装置　10—卷取装置

（2）原料与配方　聚氯乙烯热收缩薄膜成型用主要原料是 SG5 型悬浮法聚氯乙烯树脂，硬质 PVC 热收缩薄膜成型用主要原料是 SG6 型悬浮法聚氯乙烯树脂。

半硬质 PVC 热收缩薄膜成型用料配方如下（质量份）：PVC SG5　100 份，甲基丙烯酸甲酯—丁二烯—苯乙烯共聚物（MBS）5 份，氯化聚乙烯（CPE）4 份，丙烯酸酯类共聚物（ACR）1.5 份，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）7 份，钙/锌复合稳定剂 1.5 份，二月桂酸二丁基锡 2 份，硬脂酸 1 份，着色剂适量。

（3）设备　原料的处理和配混用设备有研磨机和高速混合机。挤出吹塑成型热收缩薄膜用单螺杆挤出机，螺杆结构为等距不等深渐变型，长径比 26∶1，压缩比 3∶1，螺杆头部为锥形。如果成品膜折径是 300mm，用螺杆直径为 ϕ45mm 的挤出机挤塑，膜厚是 0.04mm 时，采用模具的口模直径为 38mm；如果成品膜折径是 500mm，采用螺杆直径为 ϕ50mm 的挤出机挤塑，口模直径为 70mm。成型模具结构为芯棒式。PVC 热收缩薄膜挤出吹塑成型设备技术参数见表 7-28。

表 7-28 PVC 热收缩薄膜挤出吹塑成型设备技术参数

项目 \ 型号	SJ50×25-FRSM300①	SJ45×26-PGM300	SJ50×26-PGM500
螺杆直径/mm	50	45	50
螺杆长径比	25	26	26
螺杆转速/(r/min)	6~60	80(max)	80(max)
挤出电动机率/kW	7.5	11	15
模具中的口模直径/mm	50	38	70
冷却风环直径/mm	135	—	—
牵引速度/(m/min)	1.85~18.5	—	—
后牵引速度/(m/min)	2~20	6~80	6~80
最大折径/mm	—	300	500
最大生产能力/(kg/h)	—	33	45
总功率/kW	—	42	48
卷取速度/(m/min)	2~20	6~80	6~80
外形尺寸(长×宽×高)/mm	5500×1100×2660	—	—
机重/kg	3000	—	—

① 为江苏省宜兴市塑料机械二厂生产，可生产膜厚 0.02~0.15mm、折径为 50~350mm 的热收缩薄膜。

(4) 工艺

1) 原料配混用高速混合机，混合料温度在 120℃左右；冷搅拌料温降至 45℃时，投入挤出机内生产。

2) 原料挤出塑化温度不超过 190℃，成型膜坯管熔融料温度在 180℃左右。

3) 口模间隙在 0.8mm 左右；膜坯管第一次吹胀比不大于 1.5，牵伸比约为 3.5；厚膜加热浴水温度约 95℃；厚膜第二次牵伸比在 1.5 左右，吹胀比在 2 左右。

例 5：挤出吹塑医用 PVC 薄膜

医用 PVC 薄膜不同于一般 PVC 薄膜，是因为这种薄膜多用来做血浆、葡萄糖溶液、生理盐水和一些液体药品的包装等。医用 PVC 薄膜应该有较好的透明度，其卫生性指标应符合标准 GB 15593—1995 的规定。

(1) 原料与配方　选用悬浮法聚氯乙烯树脂中的 SG2、SG3 或 SG4 型。目前，国内上海氯碱化工有限公司生产医用薄膜挤出吹塑成型用 PVC 粒料，如牌号 13-1、13-2 和 18，均可用来作挤出吹塑医用 PVC 薄膜主原料。对于增塑剂、稳定剂、润滑剂等辅助料，也应无毒，符合卫生标准规定。

挤出吹塑医用 PVC 薄膜用原料参考配方如下（质量份)：悬浮法 PVC（SG3 型）100 份，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）45 份，环氧酯（ESBO）5 份，硬脂酸锌（ZnSt）0.2 份，硬脂酸铝（AlSt）0.1 份，硬脂酸（HSt）0.5 份，亚磷酸苯二异辛酸（PDDP）0.5 份。

(2) 挤出吹塑医用 PVC 薄膜工艺　挤出吹塑医用 PVC 薄膜用设备及工艺条件与挤出吹塑普通 PVC 薄膜用设备及工艺条件完全相同。

医用 PVC 薄膜用于输血包装袋时，其力学性指标如下：吸水率≤0.3%，邵氏硬度≤8.0HA，拉伸强度≥13MPa，断裂伸长率≥250%，180℃热定时间≥40min。

例 6：PVC 透明食品保鲜软薄膜

PVC 透明食品保鲜软薄膜除具有柔软、防结露和自黏性外，包装果蔬时还应有适度的气体透过率和较好的水蒸气透过率。在包装储存果蔬期间，薄膜还能适宜释放出二氧化碳、

乙烯、乙醇、乙醛等气体，可减缓果蔬的呼吸强度，使果蔬不易过快催熟、腐烂变质，起到较好的保鲜作用。

（1）原料与配方　选用 SG2 或 SG3 型悬浮法 PVC 树脂；也可往主原料中加入一定比例的聚偏氯乙烯（PVDC）树脂后共混改性，挤出吹塑成薄膜，更有利于保鲜膜阻隔性和气体透过率的控制。但应注意：用于食品保鲜软薄膜的成型树脂和辅助材料应达到食品卫生级要求。PVC 透明食品保鲜用软薄膜挤出吹塑成型用料参考配方（质量份）如下：PVC（SG2）100 份，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）40 份，环氧大豆油（ESO）10 份，二月桂酸二丁基锡 2 份，钙/锌复合液体稳定剂 2.2 份，硬脂酸钡（BaSt）0.8 份，防雾剂 2 份。

（2）设备条件　与普通 PVC 薄膜挤出吹塑成型用设备相同。

（3）工艺参数

1）配方中的主、辅料计量，参考第 4 章中的内容把各种料在高速混合机内掺混、搅拌混合均匀。

2）混合料在冷混机内搅拌降温至 45℃以下。

3）投入 PVC 料专用挤出机内，机筒温度（从加料段至均化段）分别是：加料段 150 ~ 160℃、塑化段 160 ~ 170℃、均化段 170 ~ 180℃。成型模具温度为 175 ~ 185℃。

4）膜坯吹胀比为 2.5 ~ 3.5。

5）牵引膜泡速度为 30 ~ 50m/min。

6）螺杆转速为 60 ~ 70r/min。

7.3.5　其他塑料薄膜挤出吹塑成型

1. 乙烯—醋酸乙烯共聚物（EVA）薄膜

乙烯—醋酸乙烯共聚物（EVA）挤出吹塑薄膜是一种无毒、透明度高、耐寒性好、自黏性好，而且有较大弹性和适宜的透气性、柔软性及强韧性等优点的塑料薄膜。所以，该薄膜广泛用于液体、重包装、集装袋、柔性包装及拉伸包装等。

（1）原料选择　挤出吹塑 EVA 薄膜用原料的典型配方是每 100 份（质量份）EVA 中加少量的防黏剂和防雾剂，也可参照表 1-43 选择。为了改善薄膜的黏闭性、防雾性和透明度及满足不同用途包装薄膜的需要，在主原料中加入少量的（每 100 份中）防黏剂和防雾剂（两者合计用量为 0.1% ~3%）。防黏剂是一种至少含有两个羟基的聚烷基醚多元醇；防雾剂是一种多元醇酯的脂肪酸衍生物，是一种非离子型表面活性剂。

（2）设备　能挤出吹塑 LDPE 薄膜的挤出机和辅机组均可挤出吹塑 EVA 薄膜，如选用长径比为 25∶1、压缩比为 3 的螺杆型挤出机。具体可参照表 7-11 ~ 表 7-13 选用设备。

（3）工艺

1）挤出吹塑 EVA 薄膜的生产工艺顺序与挤出吹塑聚乙烯薄膜的生产工艺顺序完全相同。

2）工艺温度。挤出机机筒温度：加料段 120 ~ 140℃，塑化段 170 ~ 180℃，均化段 180 ~ 190℃。成型模具温度为 190 ~ 210℃。

3）管状膜坯的吹胀比为 3 ~ 5，筒状膜泡的牵伸比为 7 ~ 15。生产中注意吹胀比和牵伸比的选择，过大或过小的吹胀比和牵伸比对薄膜的性能均有不良影响。

4）质量。EVA 薄膜的质量，目前还没有国家标准。EVA 薄膜的力学性能可参考表 7-29。

表 7-29 EVA 薄膜的力学性能

项 目	指 标
拉伸强度(纵/横)/MPa	25/20
断裂伸长率(纵/横)(%)	300/400
撕裂强度/(N/cm)	700

2. 聚酰胺（尼龙）薄膜

聚酰胺薄膜的拉伸强度、伸长率和撕裂强度均较高，耐寒性和耐热性（可在 -60 ~ 200℃环境中使用）好，而且无毒，耐油和保香性优良，对氧气有阻隔作用，所以多用来作各种食品的包装；又由于这种薄膜可在 120℃左右的高温下进行蒸汽消毒，故可制作食品袋及医疗器具容器，还可作电气绝缘材料。

聚酰胺薄膜既可和 LDPE、PP 薄膜复合，又可和铝箔复合，主要是用来作包装材料。

（1）原料选择 聚酰胺薄膜的挤出吹塑成型一般多用 PA6 型树脂，黏度在 2500Pa·s 左右。目前，国内还无厂家生产薄膜级树脂。日本三菱工程塑料公司生产的 1020A2、1020CA2、1020CA、1030CA、1030CA2、1030CA3 牌号均可挤出吹塑薄膜（1020A2 应采用水冷却），一般采用空气冷却；1020CA2、2030、2030CA 树脂也可用挤出流延法（采用 T 型模具）生产平膜。这些牌号的树脂也可共挤生产复合膜。

（2）设备 聚酰胺薄膜挤出吹塑成型用设备与聚乙烯薄膜挤出吹塑成型用设备完全相同。一般要求所用设备的螺杆结构应是对材料混炼效果较好，压缩比大于 3.5 的突变型螺杆；螺杆与机筒配合间隙应不大于 0.1mm（最好选用按表 1-87 参数制造的 PA6 料塑化专用型螺杆结构）；机筒前应加 5 层过滤网，网的目数排列为 40/300/200/100/40，这对提高过滤网的使用寿命有利。

表 7-30 聚酰胺薄膜挤出机螺杆结构的基本参数

螺杆直径 D/mm	螺纹部分长度 L	加料段螺槽深 h_1/mm	均化段螺纹槽深 h_2/mm
30	$L=(20\sim25)D$ 加料段$(0.3\sim0.4)L$ 塑化段$(0.15\sim0.2)L$ 均化段$(0.33\sim0.5)L$	5 ~ 6.5	1.5 ~ 2.0
45		6 ~ 7.2	1.8 ~ 2.5
60		8.5 ~ 9.2	2.3 ~ 3.0
90		10 ~ 14	3.0 ~ 4.0

膜坯成型应选用螺旋式芯棒模具结构，口模间隙应在 0.5 ~ 0.75mm 范围内可调。

（3）工艺

1）聚酰胺薄膜挤出吹塑成型生产工艺顺序与聚乙烯薄膜挤出吹塑成型生产工艺顺序完全相同。

2）原料干燥。PA 料吸水性高，一般情况下原料投产前必须经干燥处理。多用高于 100℃的温度，采用真空干燥，使树脂中的含水量小于 0.1%（较高的含水量易使薄膜产生气泡）。干燥处理后的树脂应在密闭的容器内存放，或立即投入生产。

3）挤出机的机筒温度：加料段为 245℃、塑化段为 245℃、均化段为 240℃，成型模具温度为 240℃。

4）膜泡牵引速度为 10 ~ 20m/min，吹胀比为 1.5 ~ 2。

5）注意事项。

① 聚酰胺是一种易分解的结晶型聚合物，塑化加工温度范围小，所以要严格控制温度

范围。如料温偏低，黏度高，易加大主机工作负荷；如料温过高，又易分解。

② 膜泡吹胀比大于 2 时，膜泡运行不稳定，薄膜易产生皱纹。

③ 采用风冷却膜泡时，牵引辊与模具出口距离控制在 1.5 ~ 2.5m 范围内。

④ 膜泡用水冷却时，模具出料口与水环间的距离要尽量小；水冷却薄膜后，要用 60℃ 的温度干燥为宜。

7.3.6　常用塑料薄膜挤出吹塑成型工艺要点

（1）原料选择

1）LDPE（密度为 0.916 ~ 0.925g/cm^3）薄膜原料。一般包装用 LDPE 薄膜成型用 MFR 为 1 ~ 4g/10min；要求膜的强度高、用于重包装的 LDPE 薄膜用 MFR 为 0.3 ~ 1g/10min；大棚用 LDPE 薄膜用 MFR 为 0.2 ~ 0.8g/10min；LDPE 热收缩薄膜用 MFR 为 1.2 ~ 1.5g/10min。不同类型的 LDPE 薄膜成型用料可参照表 1-7 选择。

2）LLDPE（密度为 0.918 ~ 0.930g/cm^3）薄膜原料。地膜、极薄薄膜用 MFR 为 0.5 ~ 2g/10min，大棚膜用 MFR 为 0.5 ~ 1g/10min，一般包装薄膜用 MFR 为 1 ~ 2g/10min，强度要求高的重包装薄膜用 MFR 为 0.5 ~ 1g/10min。LLDPE 薄膜挤出吹塑成型用料参照表 1-28 选择。

3）HDPE（密度为 0.941 ~ 0.965g/cm^3）薄膜原料。常用熔体流动速率 MFR 为 0.3 ~ 6.0g/10min 的 HDPE 树脂，厚度小于 0.01mm 的薄膜用 MFR 为 0.1g/10min 的树脂，一般包装薄膜用 MFR 为 1 ~ 2g/10min 的树脂。HDPE 薄膜挤出吹塑成型用料参照表 1-16 选择。

4）PP 薄膜。挤出吹塑薄膜用熔体流动速率 MFR 为 8 ~ 12g/10min 的树脂，如一般包装用 PP 吹塑薄膜用燕山牌 2600 型（MFR = 11g/10min）树脂；要求有较好耐油、耐热性能的 PP 薄膜用辽阳石化公司产 1088 型（MFR = 6 ~ 10g/10min）树脂；流延薄膜用燕山牌 2655 型（MFR = 10g/10min）和辽阳石化公司产 1278 型（MFR = 6 ~ 9.5g/10min）树脂。PP 薄膜挤出吹塑成型用料参照表 1-52 选择。

5）PVC 薄膜。一般包装用 PVC 薄膜用 SG2 型，农业用薄膜用 SG3 型，民用和工业用薄膜选 SG4 型，热收缩 PVC 薄膜选 SG5 型，透明硬片用 SG6 或 SG7 型树脂。

（2）设备选择

1）挤出机螺杆直径与制品的关系。螺杆直径 ϕ45mm 时，成型模具的口模直径应小于 100mm，薄膜折径宽度为 200 ~ 600mm，厚度为 0.015 ~ 0.08mm。螺杆直径为 ϕ65mm 时，口模直径为 100 ~ 150mm，薄膜折径宽度为 300 ~ 1000mm，厚度为 0.04 ~ 0.12mm。螺杆直径为 90mm 时，口模直径为 150 ~ 300mm，薄膜折径宽度为 500 ~ 2000mm，厚度为 0.06 ~ 0.15mm。螺杆直径为 120mm 时，口模直径为 250 ~ 400mm，薄膜折径宽度为 600 ~ 2500mm，厚度为 0.06 ~ 0.22mm。螺杆直径为 150mm 时，口模直径为 300 ~ 600mm，薄膜折径宽度为 800 ~ 3500mm，厚度为 0.06 ~ 0.24mm。

可参照表 7-11 ~ 表 7-13 选择挤出吹塑薄膜用机组。

2）螺杆结构。PE 薄膜原料塑化用等距不等深渐变型或突变型螺杆，长径比 L/D 为（20 ~ 30）∶1 或更大些，压缩比为（3 ~ 3.5）∶1。

PP 薄膜原料塑化用突变型或渐变型螺杆，最好前端有混炼头型，长径比 L/D 为（25 ~ 28）∶1，压缩比为 4∶1。

PVC 薄膜原料塑化用等距不等深渐变型螺杆，长径比 L/D 为(20 ~ 25)∶1,压缩比为(3 ~ 3.5)∶1。

可参照表 5-1 ~ 表 5-5，按塑化原料的不同选择挤出机型号。

（3）工艺参数

1）塑化温度。不同原料在挤出机机筒内的塑化温度见表 7-31。

表 7-31 不同原料在挤出机机筒内的塑化温度

原料名称	机筒温度/℃			机筒、模具过渡段温度/℃	成型模具温度/℃
	加料段	塑化段	均化段		
LDPE	90 ~ 100	120 ~ 140	140 ~ 160	140 ~ 160	140 ~ 150
HDPE	130 ~ 150	150 ~ 170	170 ~ 180	170 ~ 180	170 ~ 180
LLDPE	160 ~ 180	180 ~ 190	190 ~ 210	200 ~ 210	200 ~ 210
PP	180 ~ 190	220 ~ 230	230 ~ 240	225 ~ 235	210 ~ 220
PVC	150 ~ 160	160 ~ 170	170 ~ 180	175 ~ 185	170 ~ 180

2）口模间隙。LDPE 为 0.6 ~ 1.0mm，HDPE 为 1.0 ~ 1.5mm，LLDPE 为 1.2 ~ 2.5mm，PP 为 0.8 ~ 1.2mm，PVC 为 0.6 ~ 1.5mm。

3）参数。风环与模具口的距离在 30 ~ 100mm 范围内，风环直径比模具的口模直径大 150 ~ 300mm，风压在 0.3 ~ 0.4MPa 范围内，吹风量在 5 ~ 20m^3/min 范围内。

4）吹胀比。LDPE 料为 1.3 ~ 3.5，HDPE 料为 3 ~ 6，LLDPE 料为 1.5 ~ 3，PVC 料为 1.5 ~ 2.5，PP 料为 1 ~ 2。

5）牵伸比。HDPE 料为 4 ~ 6，LDPE 料为 2 ~ 8，PP 料为 2 ~ 3，PVC 料为 2 ~ 5。

7.3.7 挤出吹塑成型薄膜质量分析

在挤出吹塑成型塑料薄膜的生产过程中，有时会出现一些产品质量问题，如薄膜的折径宽度或厚度尺寸误差超出规定要求、薄膜表面出现晶点过多，有黄色条纹或黑色焦点及表面无光泽等现象。问题出现后，操作者应及时根据现象分析，查找原因，然后逐项进行调整、观察，直至把质量故障排除。

（1）薄膜表面晶点或僵块数量超标

1）过滤网细度不够，适当改换细度高些的过滤网。

2）原料中的粒料不均匀，有锅巴料混入。

3）两种掺混原料的熔体流动速率（MFR）值相差太大。应选用 MFR 相接近的两种树脂混合使用。

（2）薄膜的厚度误差值过大

1）成型模具的模唇处间隙调整不均匀、间隙误差大。

2）模唇的圆周口温度误差大，温度高的部位挤出料量大，温度偏低处的熔融料流速慢。检查局部加热电阻丝是否有不工作现象。

3）吹胀膜泡运行不平稳，受冷却风量在膜泡圆周分布不均匀或工作环境有流动气流影响。应注意消除这两种影响。

4）挤出模具口的熔融料量不稳定或是牵引速度不稳定，造成薄膜厚度纵向误差大。检查螺杆与机筒的配合间隙是否过大，造成熔融料（返流量大）挤出量不均匀；检测牵引辊

转速是否平稳，维修排除故障。

（3）膜面有皱褶

1）模具唇口间隙不均匀，造成吹胀薄膜厚度不均匀。

2）成型模具唇口平面不水平，造成吹胀膜泡运行偏离中心线。

3）人字形导板张开角度平分线与膜泡运行中心线不重合。应调整使模具中心线与人字形导板张开角平分线在一条重合线上。

4）牵引辊工作面不平整，牵引薄膜力在牵引辊的工作面上不均匀。

5）生产车间有气流吹动，膜泡运行不平稳。

（4）薄膜表面无光泽、有条纹

1）熔融塑化料温度低，塑化不均匀。

2）成型模具内有滞料部位，滞料分解有焦黄条纹。

3）模具唇口工作面有划痕。

4）人字形导板面或牵引辊工作面不光洁、粗糙或有粘料。

5）原料不清洁，混有灰土或杂质。

6）熔融料过滤网破损。

（5）薄膜表面有黑斑、污点

1）原料内杂质多。

2）熔融料过滤网破裂。

3）机筒和成型模具内有异物、不清洁。

4）生产前，机筒、螺杆上的残料没有清理干净。

（6）收卷捆不平整

1）牵引辊夹膜的压紧力在整个辊面上不均匀，使被牵引膜运行跑偏。应对牵引辊进行维修，磨光辊面，保证两辊的中心线平行。

2）膜厚误差大。

（7）吹胀膜泡运行不平稳

1）膜泡运行速度与冷却风流动速度不协调。

2）冷却风环圆周吹出的风量不均匀。

3）熔融料温度偏高、螺杆运转不平稳或机筒内返流熔融料量大，使挤出熔融料量不均匀。

（8）膜筒折痕开裂

1）牵引辊中的橡胶辊工作面弹性小，压紧力过大。

2）吹胀膜泡比和膜坯的牵伸速度比之间的比例选择不当。

7.4　薄膜挤出流延成型

塑料薄膜采用挤出流延法成型，常用材料有聚丙烯、聚乙烯、聚酰胺、乙烯—醋酸乙烯共聚物和聚酯等。这种方式生产的薄膜有以下特点：

1）流延成型用辅机设备要求加工精度高，结构也比较复杂，所以流延成型用辅机比吹塑成型用辅机造价高。

2）流延成型的塑料薄膜幅宽受辅机规格的限制，要比吹塑薄膜的幅宽尺寸小，一般幅宽小于4m。

3）流延薄膜的厚度比吹塑薄膜的厚度误差小，较均匀的流延薄膜厚度适合于印刷、干式复合、自动包装等加工应用。

4）流延薄膜的透明度高（雾度低）、光泽度好，手感好、柔软。

5）流延法成型薄膜用辅机对膜坯冷却效果好，可以提高生产速度，不产生吹塑筒状膜折径粘连现象。

6）流延法成型的薄膜如不采用双向拉伸工艺，其纵、横向力学性能不如吹塑薄膜均衡。

7.4.1　设备

从流延薄膜挤出机生产线设备布置（见图7-2）中可知，流延薄膜挤出成型用设备主要有单螺杆挤出机、成型模具、喷气（气刀）装置、冷却定形辊筒、牵引装置、切边装置和其他辅助装置等。

（1）挤出机　采用通用型单螺杆挤出机，螺杆结构是按挤塑材料的不同而变化：当挤塑聚丙烯时，取长径比(25～33)∶1，压缩比为4∶1，结构形式为带混炼头的计量型螺杆；挤塑材料是聚乙烯时，取长径比(25～30)∶1，压缩比为3∶1，结构形式为计量型突变螺杆；挤塑材料是聚酰胺时，取长径比为(28～35)∶1，压缩比为(3.5～4)∶1，结构形式为带混炼头的突变型螺杆。

（2）成型模具　常用的流延薄膜挤出成型用模具结构形式有歧管型（T形）、螺杆分配型、衣架型和鱼尾型，其中应用较多的成型模具是歧管型和衣架型结构（见第7章中7.2.1节内容）。

（3）喷气（气刀）装置　喷气装置中的主要零件是气刀，安装在流延膜与冷却辊筒接触的部位（见图7-45）。气刀体是一个筒形、一侧开有窄缝，能吹出压缩空气的喷嘴，喷嘴的长度与模具上的模唇长度相同，喷嘴缝隙宽在0.4～2mm范围内；工作时从喷嘴喷出气压稳定、气流速度均衡的压缩空气，垂直吹向冷却辊筒上的薄膜。气刀的作用是能把从模唇口流延出的薄膜紧贴在冷却辊筒面上，使薄膜快速降温，减少膜面幅宽的收缩，使流延薄膜的宽度和厚度尺寸稳定。气刀与冷却辊筒的距离可在3～40mm范围内视膜的成型状况调整。

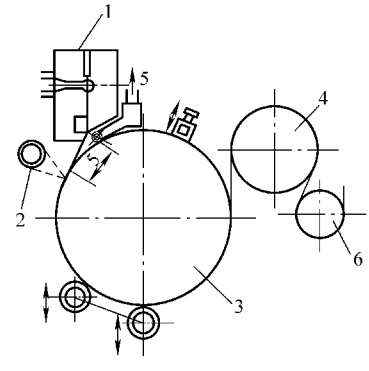


图7-45　流延薄膜用冷却辊筒工作示意图

1—成型模具　2—气刀　3、4—冷却辊　5—排风管　6—导辊

（4）冷却定形辊筒　冷却定形辊筒是为流延薄膜降温，使其定形的一种大直径辊，一般由两个辊筒组成(见图7-45)。第一辊筒直径在600～800mm范围内，第二辊筒直径在300mm左右，两个辊筒内均通冷却循环水。为了得到较好的降温效果，最好使冷却水强制加快循环，这样可以提高薄膜成品的透明度和减少流延薄膜幅宽收缩。对于辊筒工作面的加工，其表面粗糙度值 Ra 应不大于0.05μm，然后镀硬铬层抛光至镜面。

（5）牵引装置　流延成型设备中的牵引装置由一对

直径约为 250mm 的辊筒组成，一个是辊面挂有橡胶层的被动辊，另一个是表面镀有硬铬层的主动辊。牵引辊工作时，主动辊在下，橡胶辊压在钢辊上，冷却定形的流延薄膜从两辊间通过时被两辊夹紧，被牵引向卷取方向运行。

（6）切边装置　切边装置安装在卷取装置前，作用是切除冷却定形薄膜两端较厚部分的薄膜。膜两端的切刀片距离可按产品宽度要求进行调整，切下的膜边经过卷取后，再经切粒后可直接投入原料中再生产。

（7）其他辅助装置　流延法成型用的挤出机生产线上还有一些生产流延薄膜不可缺少的辅助装置，如为了清除熔融料中的杂质而用的过滤网和能够快速换网用的换网装置；测量流延薄膜厚度用的 β 射线测厚仪和型号为 KR100D、能够满足生产速度为 100m/min、保证薄膜表面的润湿张力达到 38mN/m 以上的膜面电晕处理装置等。

7.4.2　原料选择

塑料薄膜采用挤出流延法成型用原料，要求树脂塑化熔体要有较好的流动性，所以应选择树脂熔体流动速率较高的材料。如挤出流延成型聚丙烯薄膜时，应选择熔体流动速率在 10 ~ 12g/10min 范围内的树脂；挤出流延成型聚乙烯薄膜时，应选择熔体流动速率在 3 ~ 10g/10min 范围内的 LDPE 树脂；聚酰胺薄膜挤出流延成型要选择熔体流动速率在 1.8 ~ 2g/10min 范围内的树脂。

另外，挤出流延薄膜成型用料选择还应注意薄膜应用条件的要求。如应用于需高温（大于 140℃）蒸煮杀菌用的 PP 薄膜用料，就应选用嵌段共聚蒸煮型聚丙烯；要求透明度高的 PP 挤出流延薄膜成型，就应选择晶点少、透明度高的薄膜级的 PP 均聚物；使用时需要拉伸的 PE 流延膜（如缠绕膜和自粘性食品保鲜膜）成型用料，就应选择无添加剂（润滑剂、开口剂）的薄膜级聚乙烯树脂；医用级 PE 薄膜（医用手套、胶布底基）挤出流延成型用原料，使用时应有较好的回弹性和柔软性，则需要选用可共混 EVA 料。

聚乙烯挤出流延成型薄膜用料可参照表 1-7 选择。聚丙烯挤出流延成型薄膜用料可参照表 1-52 选择。

7.4.3　挤出流延法成型薄膜工艺

（1）原料塑化挤出工艺温度

1）挤出流延聚丙烯薄膜工艺温度。挤出机各段机筒温度从加料段开始到挤出端分别是：180 ~ 200℃，200 ~ 220℃，220 ~ 230℃，230 ~ 240℃，240 ~ 260℃。

模具温度：中间部位 230 ~ 240℃，两端部位 250 ~ 260℃。

模具与机筒连接过渡段温度：240 ~ 260℃。

2）挤出流延聚乙烯薄膜工艺温度。挤出机各段机筒温度从加料段开始到挤出端分别是：180 ~ 190℃，190 ~ 200℃，200 ~ 210℃，210 ~ 220℃，220 ~ 230℃。

模具温度：中间部位 210 ~ 215℃，两端部位 220 ~ 225℃。

模具与机筒连接过渡段温度：210 ~ 220℃。

3）挤出流延聚酰胺薄膜工艺温度。挤出机各段机筒温度从加料段开始到挤出端分别是：240 ~ 250℃，250 ~ 260℃，260 ~ 270℃，270 ~ 280℃，280 ~ 285℃。

模具温度：中间部位 260 ~ 265℃，两端部位 270 ~ 275℃。

模具与机筒连接过渡段温度：260～270℃。

（2）流延薄膜冷却定形温度　聚丙烯流延薄膜冷却定形时，冷却温度控制在 18～25℃；聚乙烯流延薄膜冷却定形时，冷却辊温度控制在 20～30℃。聚酰胺流延薄膜的冷却定形需分两步进行冷却：第一步为膜降温的辊筒温度应控制在 90～100℃；第二步为膜降温的辊筒温度应控制在 20～40℃。这是由于聚酰胺（PA6）是高结晶型聚合物，原料熔融温度范围窄，熔融料黏度对温度变化非常敏感，为了得到平整、无皱褶的膜面，则必须对 PA6 流延薄膜进行缓慢降温。

（3）工艺操作要点

1）对 PP、PE 和 PA6 树脂挤出流延成型薄膜时的塑化工艺温度控制，应是从机筒的加料段开始逐渐升高。成型模具体上的温度应是两端部位高于中间部位，但要注意熔融料温度对制品质量的影响。较高的熔融料温度，成型薄膜表面粗糙度值小，透明度高；但熔融料温度超过 290℃时（指 PP 料），制品的冲击强度有下降趋势，而且熔融料易分解。

2）冷却定形辊筒的温度控制应尽量取低值，这对制品的表面粗糙度和透明度有利。

3）流延薄膜降温定形辊筒距模具唇口的距离，当流延薄膜流延片挤出成型正常后就应及时调整。这个距离尺寸的大小对薄膜定形质量和薄膜幅度变化的影响较大，最大距离应不超过 10mm。

4）喷气口间隙一般不超过 2.5mm，此间隙过大，也会增加薄膜的浊度。喷气口的压缩空气压力控制在 0.4～0.6MPa 范围内。

5）用于印刷的流延薄膜，在生产过程中应进行电晕处理，以保证印刷质量。

6）用于自动快速包装的流延薄膜成型用料中，要加入一定比例的抗静电剂或薄膜表面涂覆抗静电剂。

7）流延薄膜熔融料流至冷却辊面上，要与辊面全部接触，膜面与辊面间不许有空隙和空气存在，否则会影响薄膜的外观质量。

8）冷却辊筒的工作面必须保持光亮清洁，不许存在任何污物和挥发物，否则会影响成品薄膜的表观质量和流延薄膜的降温效果。

9）冷却辊筒的运转速度要平稳可调，工作时与熔体从模具口流延的速度匹配，这样才能保证生产运行中膜厚和薄膜幅宽尺寸的稳定。

10）冷却速度对流延薄膜质量影响较大，如流延薄膜在冷却辊上骤冷（指 PP、PE 薄膜），能加快其结晶速度。结晶度小，则制品柔软，透明度好，拉伸强度也会提高。

（4）挤出流延薄膜的质量　不同原料成型不同用处的流延薄膜，质量标准也不一样。如聚丙烯和聚乙烯流延薄膜的质量要求应符合标准 QB/T 1125—2000 的规定，薄膜的力学性能见表 7-32，食品包装聚丙烯流延薄膜的卫生指标应符合标准 GB 9688—1988 的规定。

表 7-32　聚丙烯和聚乙烯流延薄膜的力学性能

项　目		指　标			
		聚丙烯薄膜		聚乙烯薄膜	
		厚度＞40μm	厚度≤40μm	厚度＞40μm	厚度≤40μm
拉伸强度/MPa	纵向　≥	40	35	14	12
	横向　≥	30	25	12	10
断裂伸长率(%)	纵向　≥	500	350	300	200
	横向　≥	600	450	400	300

（续）

项　　目		指　　标			
		聚丙烯薄膜		聚乙烯薄膜	
		厚度 > 40μm	厚度≤40μm	厚度 > 40μm	厚度≤40μm
摩擦因数	动 μ_d	≤0.35		≤0.25	
	静 μ_s	≤0.35		≤0.25	
润湿张力/(mN/m)		38			
雾度(%)　≤		8	5	—	

注：1. 润湿张力指标可由供需双方商定。

2. 金属化型、蒸煮型特殊薄膜不考虑摩擦因数，如用户有要求，由供需双方商定。

3. 润湿张力检验是指自生产之日起 3 个月内的测定值。

其他种类流延薄膜的适用标准如下：聚乙烯自粘薄膜适用标准 GB/T 10457—2009，普通用途双向拉伸聚丙烯薄膜和热封型双向拉伸聚丙烯薄膜适用标准 GB/T 10003—2008，单向拉伸高密度聚乙烯薄膜适用标准 QB/T 1128—1991。

7.4.4　挤出流延法成型薄膜应用例

1. 聚乙烯薄膜挤出流延成型

（1）特点与用途　聚乙烯流延薄膜表面平整、透明度高、力学强度好，主要用作干复合材料的热封层基材、建筑、各种防水和要求透明度好的食品包装薄膜及印刷薄膜。

（2）聚乙烯流延薄膜挤出出产成型

1）工艺顺序如下：LDPE 树脂→单螺杆挤出机塑化→熔融料流延成型→冷却成型→电晕处理→牵引→消除静电→收卷。

2）原料选择。选择熔体流动速率为 3 ~ 8g/10min 的 LDPE 树脂。本例为生产 0.04mm 厚、用于食品包装的流延薄膜，选取中国石化集团北京燕山石油化工有限公司生产的 1C7A 型 LDPE 树脂（MFR = 7g/10min，密度 0.917g/cm^3），也可参照表 1-7 选择 LDPE 树脂牌号。

3）设备。用 SJ90C 型单螺杆挤出机，螺杆长径比 L/D 为 30∶1。模具为歧管型（T 形）结构，模唇长度为 1200mm，模唇间隙为 0.6mm。

4）工艺参数。挤出机机筒工艺温度：加料段 170 ~ 190℃，塑化段 200 ~ 210℃，均化段 220 ~ 230℃。

成型模具温度：中间部位 210 ~ 215℃，两端部位 220 ~ 225℃。模具前加三层 100 目过滤网。

冷却辊筒表面温度为(25 ± 5)℃。

例 1：茶叶内包装用薄膜（幅宽 900mm、厚 0.04mm）

茶叶内包装用薄膜应是无异味、不透明和具有阻涩性。采用普通聚乙烯树脂挤出流延成型，多数是透明和表面无阻涩性薄膜，用于茶叶内包装时，其薄膜本身的油脂性异味会让茶叶吸附而变味、变质。

（1）原料选择　选择北京燕山石油化工股份有限公司生产涂层级 1C7A（MFR = 7g/10min、密度为 0.9182g/cm^3）、重包装薄膜级 1F7B（MFR = 7g/10min、密度为 0.9195g/cm^3）树脂，可生产符合茶叶内包装用薄膜要求。

（2）设备条件　选用 LDPE 树脂塑化用专用挤出机，螺杆长径比 L/D = 30∶1。采用 T 形结构成型模具；图 7-2 所示挤出流延生产线，冷却定形辊筒直径为 600mm，辊面宽

为 1400mm。

（3）工艺参数

1）挤出机机筒工艺温度（从加料段至均化段，机筒温度逐渐升高）分别是：210℃、230℃、250℃、260℃、260℃、270℃、270℃、270℃。

2）T 形模具温度：中间部位 271℃、两端为 275℃，模唇开口间隙为 0.05mm。

3）螺杆转速为 50r/min，挤出螺杆的背压为 0.12MPa。

4）机筒前加三层 100 目过滤网。

5）冷却定形辊面温度为 19℃。

2. 聚丙烯薄膜挤出流延成型

（1）特点与用途　目前，聚丙烯单层流延薄膜是生产量最大的品种，与聚乙烯流延薄膜比较，防潮性好，透明度高，耐热、耐油性好，硬度高，有一定的热封强度。它一般多用于各种食品、服装、药品及各种日用品包装，还可作复合膜和真空镀铝膜基材等。

（2）聚丙烯流延薄膜挤出生产成型

1）工艺顺序。与聚乙烯流延薄膜挤出生产成型工艺顺序相同。

2）原料选择。聚丙烯流延薄膜挤出成型用原料，国内有多家厂生产。要求选用树脂熔体流动性好的专用树脂，熔体流动速率要求在 3～12g/10min 范围内，如燕山牌 705、2635，辽阳石化分公司生产的 1178、1278 和 31308，上海石化分公司生产的 PPH-IS-075 等聚丙烯树脂，均可用来生产 PP 流延薄膜。也可参照表 1-52 选择树脂牌号。

3）设备。用 SJ90C 型单螺杆挤出机，螺杆长径比 L/D 为 30∶1。模具为歧管型（T 形）结构，模唇长 1500mm，模唇间隙为 0.8mm。生产 PP 流延薄膜幅宽 1200mm，膜厚 0.04mm。

4）工艺参数。挤出机机筒塑化原料工艺温度：加料段 180～210℃，塑化段 220～240℃，均化段 250～265℃。

成型模具温度：中间部位 230～240℃，两端部位 250～260℃。

冷却辊筒温度：15～25℃。

3. 聚酰胺薄膜挤出流延成型

（1）特点与用途　聚酰胺（PA6）流延薄膜与其他种类的塑料薄膜相比，具有耐磨、耐热、耐低温和耐药性好等特点。聚酰胺（PA6）流延薄膜与几种通用薄膜的性能比较见表 7-33。

表 7-33　聚酰胺（PA6）流延薄膜与几种通用薄膜的性能比较

项　目	CPA	BOPA	CPP	BOPP	BOPET	LDPE
厚度/μm	50	15	50	10	12	50
密度/(g/cm^3)	1.1～1.2	1.14～1.16	0.89～0.90	0.89～0.90	1.34～1.40	0.91～0.825
熔点/℃	215～225	215～225	160～170	160～170	225～265	100～110
拉伸强度/MPa	0.6～1.0	2.0～2.5	0.3～0.5	1.8～2.3	1.6～2.0	0.1～0.2
伸长率(%)	350～600	90～120	500～700	80～120	100～200	150～600
冲击强度/(kJ/m^2)	400～600	600～1000	50～180	450～700	700～1000	100～200
氧气透过率(0.1mm)/[$cm^3/(m^2 \cdot 24h \cdot 0.1MPa)$]	15	5	500～800	350～400	19～20	1000～1600
水蒸气透过率(0.1mm)/[$cm^3/(m^2 \cdot 24h \cdot 0.1MPa)$]	89～100	20～30	5～8	1～2	5～6	6～10

聚酰胺（PA6）流延薄膜的主要用途是作食品包装薄膜，其最突出的性能特点是氧气透过率低，所以在包装领域已经引起人们的重视。

（2）聚酰胺（PA6）流延薄膜挤出生产成型

1）工艺顺序。树脂经干燥处理→挤出机塑化→模具流延熔融料成型薄膜→第一冷却辊筒降温→第二冷却辊筒降温→牵引→卷取。

2）原料选择。一般多用聚酰胺（PA6）树脂，要求其熔体流动速率在 1.8 ~ 2g/10min 左右。原料在投产前，要在 90℃左右、500Pa 真空条件下，干燥处理 4h，使其含水量低于 0.08%。

3）设备。采用直径为 ϕ90mm 单螺杆挤出机，螺杆的长径比 L/D 为 32∶1，压缩比为 3.5∶1，结构为螺杆头部带混炼头的突变型螺杆。

成型模具为 T 形歧管式结构，模唇长 1300mm，模唇间隙在 0.7mm 左右。生产 PA6 流延薄膜幅宽 1000mm，膜厚 0.05mm。

4）工艺参数。挤出机机筒塑化原料工艺温度：加料段 210 ~ 240℃，塑化段 240 ~ 260℃，均化段 270 ~ 285℃。

成型模具温度：中间部位 260 ~ 265℃，两端部位 270 ~ 275℃。

冷却辊筒温度：第一冷却辊筒 90 ~ 100℃，第二冷却辊筒 20 ~ 40℃。

例 2：引进设备生产 PA6 流延薄膜例

（1）设备条件

1）螺杆长径比为 33∶1、压缩比为 3.5∶1，是一种特殊混炼型（LTM）螺杆结构。

2）设有快速换网装置。

3）机筒和模具间设有熔体计量泵，保证塑化料进入模具时有稳定的料量和压力，不受工艺温度和电压波动的影响，保证了流延膜成型质量。

4）模具为衣架型结构，口模间隙在 0.25 ~ 1mm 之间可调，模具口模宽为 1320mm。

5）流延装置处有流延辊，直径为 ϕ610mm、温度为 30 ~ 130℃、最大牵引速度为 100m/min，辊与模具间距离可调。喷气刀吹向流延薄膜膜面上的风量可调，气流压力使膜贴在流延辊面上。吸气刀用来吸走膜与辊间的空气，并带走一部分热量，阻止挥发物凝结在辊面，加速膜面降温。冷却辊直径为 ϕ460mm，温度在 30 ~ 130℃范围内可调。

6）牵引装置。牵引装置包括切边装置、牵引辊和卷取装置。切边装置是用来切除冷却定形薄膜两侧的厚边。牵引辊的直径和冷却辊的直径相同，也是 ϕ460mm，内通冷却循环水，使膜能充分冷却降温。卷取装置为双轴中心驱动卷取方式，卷取张力依靠张力检测器控制，可平整、高速地卷取薄膜。

7）测厚装置。在薄膜冷却定形后的运行部位，设有 β 射线测厚仪（扫描式）。测厚仪可沿薄膜幅宽横向移动，检查薄膜任一位置的膜厚，测量头检查薄膜的每个位置都与模具上模唇口位置对应。当检测出薄膜厚度超差时，可调节模唇上相对应的调节螺钉，使模唇口间隙变化，直至薄膜厚度符合工艺要求。

8）电晕处理装置。型号为 KR100D，输入电压为 380V，50Hz，输出功率为 4500W。该装置可满足薄膜运行速度为 100m/min 时，表面润湿张力达到 3.8×10^{-2} N/m 以上的工艺技术要求。

（2）工艺参数（生产薄膜厚 0.05mm，幅宽 1000mm）

1）螺杆直径为 ϕ90mm。

2）机筒温度（从加料段至均化段）：201℃、270℃、270℃、270℃、265℃。

3）计量泵温度为 260℃，连接颈温度为 260℃，法兰温度为 260℃，过滤网温度为 260℃。

4）塑化熔融料温度为 260℃，黏度为 0.37～0.45Pa·s，水分为 0.03%。

5）流延辊筒温度为 90℃，冷却辊温度为 60℃，牵引辊温度为 20℃。

（3）工艺操作要点

1）机筒加热升温达到 PA6 塑化工艺温度时，也不应立即开机，因为 PA6 料在达到熔点温度之前不流动，即使超过熔点、在结晶不完全熔化时，其熔体黏度也非常高，易加大螺杆负载。

2）PA6 料应采取防潮包装，如含水量过高，应在 70～100℃、400～665Pa 真空条件下干燥处理 4h。

3）当 PA6 料黏度为 0.35～0.45Pa·s、含水量在 0.08% 以下，应调节口模间隙在0.6～0.7mm 范围内。

4）口模至流延辊间的距离应尽量小，过大的间距会增加薄膜的浊度，使其光泽度下降。

5）牵引辊速度应适宜，如果过快，则薄膜冷却不充分，薄膜的雾度、光泽度低，断裂伸长率降低，但力学强度可提高。一般地，流延辊与牵引辊的速比为1∶100，冷却辊与牵引辊的速比为 0.99∶100。

6）辊筒温度。流延法成型 PA6 薄膜时，流延辊、冷却辊和牵引辊的温度是依次逐渐下降。通常，流延辊温度控制在 80～120℃；冷却辊温度控制在 90～100℃；薄膜经过牵引辊后，应降温至 15℃左右。注意：牵引辊温度不可过高，否则会导致粘辊，使膜面出现横向条纹；但牵引辊温度也不可过低，否则会使膜因收缩不均而产生皱纹。

7）熔体压力。在挤出机塑化原料设备系统中，有过滤网部位的熔体压力 p_1、泵进口处压力 p_2 和模具内压力 p_3。

过滤网部位的熔体压力 p_1 与原料熔体黏度、螺杆转速和过滤网上的杂质多少有关。当原料和螺杆转速不变时，压力增加，说明过滤网上的杂质过多、熔融料通过网时的阻力增加。此时应及时更换过滤网。

泵进口压力 p_2 与泵转速和模具压力有关。一般 p_2 可按 p_3 来设定，p_2 应略小于 p_3。通常，p_3 控制在 8～15MPa，p_2 控制在 7～9MPa，而 p_1 应小于 25MPa。

模具内压力 p_3 与模具结构、熔体黏度、温度和口模间隙有关。

8）卷取张力。应视膜的厚度决定，一般控制在 300～950N。卷取张力随着薄膜捆直径的增大而渐小，以保证薄膜 24h 内分子收缩定形。

7.5 薄膜挤出牵引成型

塑料薄膜挤出牵引成型生产方式和塑料板（片）的挤出成型生产方式相同，挤出机生产线如图 7-3 所示。塑料薄膜挤出牵引成型的生产过程如 7.1.4 节“3. 挤出牵引成型”所述，实际上这种生产方法就是塑料板（片）的生产成型方法。当制品的厚度小于 0.25mm

时，即塑料薄膜的挤出牵引生产。

挤出牵引成型塑料薄膜用原料有聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、ABS 等塑料。

挤出牵引成型塑料薄膜多采用图 7-46 所示的生产方式。挤出机塑化的熔融料从 T 形模具中垂直向下挤出，进入水槽中冷却定形生产。

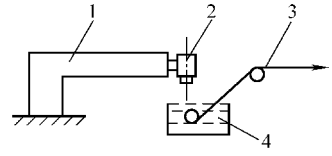


图 7-46　挤出牵引下垂法成型薄膜示意图

1—挤出机　2—模具　3—膜制品　4—水槽

7.5.1　设备

塑料薄膜采用挤出牵引法成型用设备主要有单螺杆挤出机、T 形模具、三辊压光机、冷却辊组和收卷装置等。辅机中的各设备（三辊压光机除外）结构与流延薄膜成型用辅机结构相同。

在塑料薄膜挤出牵引成型的生产设备中（见图 7-3）可以看出，在成型模具的前边。这个装置主要由三根能通入加热循环水的辊筒组成，作用是把从成型模具唇口挤出的熔融料片牵引向前运行，同时为其降温定形，使其成为薄膜片，并对其表面进行修整压光。三辊压光机的型号及主要技术参数见表 7-34。

表 7-34　三辊压光机的型号及主要技术参数

型　号 / 项　目	SJ-B(W)-F1.2A	SJB-1.2F	SJ-2.0A
板厚/mm	0.8～5	0.5～5	0.8～5
板宽/mm	≤1200	≤1200	≤2000
牵引速度/(m/min)	0.4～3	0.4～0.6	0.4～2.5
辊直径/mm	260	315	315
辊面宽/mm	1400	1400	2200
辊升降距离/mm	40	50	40
辊横向压力/kN	44～58	90～110	90～110
辊体加热方式	蒸汽、导热油、热水	蒸汽、导热油、热水	蒸汽、导热油、热水
进板高度/mm	1100	1098	110
出板高度/mm	800	1570	1740
电动机功率/kW	2.2	4	4
水加热功率/kW	3×3	3×6	3×7
压缩空气压力/MPa	0.3～0.4	0.6～1	0.8～1

三辊压光机应具备下列质量要求：

1）三根辊筒的工作面应进行精加工，表面粗糙度值 *Ra* 应不大于 0.1μm。

2）三根辊筒工作运转速度应同步（一般都是由同一根螺杆带动三根辊筒上蜗轮转动，速度可调）。

3）辊筒与成型模具唇口的距离可调。

4）辊筒工作运转速度平稳。

5）辊筒内腔通入热水或油进行加热，要求辊面温度一致、各点温差小，同时温度在一定范围内可调。

膜片挤出成型用辅机生产厂有张家港市橡塑机械厂，型号有 SJPE-1200、SJPF-1400 和 SJPF-2000。其具体技术参数见表 7-35。

表 7-35　膜片挤出成型用辅机具体技术参数

型　　号	辊筒直径/mm	辊筒数量	牵引速度/(m/min)	制品宽度/mm	制品厚度/mm
SJPF-1200	300	3	0.4～4	1200	0.5～5
SJPF-1400	335	3	0.4～4	1400	0.5～5
SJPF-2000	335	3	0.4～4	2000	0.5～5

7.5.2　聚丙烯膜片挤出牵引成型

（1）原料选择　聚丙烯膜片（平膜）挤出牵引成型应选用专用 PP 膜片料（见表 1-52），也可用 PP 树脂与 HDPE 树脂混合料，条件是：PP 树脂的熔体流动速率为 0.5～4g/10min，HDPE 树脂的熔体流动速率为 0.1～2g/10min，两种树脂的掺混比例在(3～8)∶2 之间（选用掺混比例应视 HDPE 的相对分子质量的大小确定，相对分子质量大，改性效果明显，掺入量应小些；反之，掺入量应大些）。注意选用两种树脂的熔体流动速率值要尽量接近。

（2）设备　采用单螺杆挤出机塑化原料，螺杆结构为带有混炼头的突变型螺杆，长径比 $L/D \geqslant 25:1$，成型模具结构为歧管型（T 形）结构或衣架型结构。

（3）工艺参数　挤出机机筒工艺温度：加料段 140～160℃，塑化段 170～180℃，均化段 190～215℃。

成型模具温度：中间部位 195～200℃，两端部位 200～210℃。

三辊压光机辊筒温度：中辊(90±5)℃，下辊(70±5)℃，上辊(80±5)℃。

7.5.3　聚乙烯膜片挤出牵引成型

（1）原料选择　聚乙烯膜片（平膜）挤出牵引成型应尽量选用专用树脂（见表 7-36）。若没有专用树脂，LDPE 膜片成型可选用熔体流动速率 MFR = 0.4～0.6g/10min 的树脂；HDPE 膜片成型可选用熔体流动速率 MFR = 0.1～0.4g/10min 的树脂。

（2）设备　挤塑成型聚乙烯膜片用设备与聚丙烯膜片成型用设备相同。

（3）工艺参数　挤出机机筒工艺温度：加料段 160～180℃，塑化段 190～210℃，均化段 200～220℃。

成型模具温度：中间部位 210～215℃，两端部位 220～225℃。

表 7-36　聚乙烯膜片（平膜）挤出牵引成型用料牌号

LDPE 薄膜料牌号	LLDPE 薄膜料牌号	
DFDA7001(3.2) HS7001(3.2) HS7026(3.2) HS7028(1.0) HS7029(2.6) HS7008(1.0)	DGDS-6097(0.4) DFDC-7050(2.0)	LL0209CA(0.9) LL0209AA(0.9) LL0209KJ(0.9) LL0220AA(2.3) LL0220CA(2.5) LL0410AA(1.0) LL0410KJ(1.0)
中国石化广州石油化工分公司产	中国石化广州石油化工分公司产	中国石油盘锦乙烯有限责任公司产

注：括号内的数值为熔体流动速率 MFR(g/10min)。

7.6　塑料薄膜挤出单向拉伸成型

塑料薄膜挤出成型时，为了提高成品的强度和改善透明性，一般都要对从成型模具中挤出的膜坯进行拉伸。前面介绍的挤出吹塑成型薄膜，实际也是一种对膜坯的双向拉伸成型。本章讲的薄膜挤出拉伸成型，是指对挤出流延法和牵伸法成型的膜片进行拉伸成型。

7.6.1　高密度聚乙烯平膜挤出单向拉伸成型

高密度聚乙烯平膜除了具有高密度聚乙烯薄膜的性能特点之外，较突出的性能是拉伸强度高、断裂强度高、透明度好。这种膜广泛用在食品包装中，特别是在对糖果类进行扭捻包装时的应用量比较大。

（1）原料选择　应选择单向拉伸用高密度聚乙烯专用树脂，如扬子石化和大庆石化公司生产的 3300F 型树脂，其密度为 0.954g/cm^3，熔体流动速率 MFR 为 1.2g/10min；也可用丝成型用树脂 5000S 型，但树脂中需加入 1.5% 左右的聚氧化乙烯十八烷基胺作润滑剂。

（2）设备　高密度聚乙烯平膜挤出成型后的单向拉伸薄膜生产成型，采用生产线如图 7-5 所示。这条生产线中的主要组成设备有：单螺杆挤出机、衣架形（T 形）成型模具、冷却定形辊、牵引装置、拉伸辊、静电处理装置、切边装置和收卷装置等。

图 7-5 中的拉伸辊组部位（具体辊组布置示意如图 7-47 所示）的纵向拉伸辊组，分为两个部分：前一部分辊组为慢速辊组，引导被拉伸膜片向前运行，同时被有一定温度的辊面加热；后一部分辊组为快速辊组，被拉伸的膜片在快、慢速辊间被拉伸（见图 7-48 中辊 3）。两辊的转速差就是被拉伸膜片的纵向拉伸倍数。这种拉伸膜片的方式也可称为点拉伸。

（3）工艺参数

1）适合单向拉伸的膜片厚度为 0.1 ~ 0.5mm。

2）拉伸辊间的距离（见图 7-48）一般控制在被拉伸膜片厚度的 10 ~ 340 倍之间。

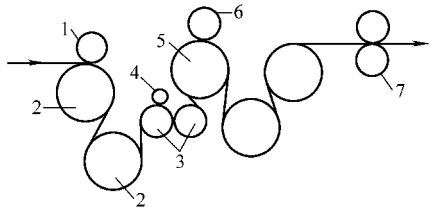


图 7-47　纵向（单向）拉伸辊组的布置示意图
1、4、6—橡胶压辊　2—预热拉伸慢速辊
3—拉伸辊　5—牵引导辊　7—牵引辊

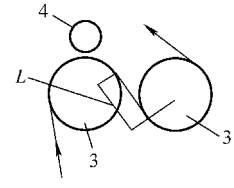


图 7-48　图 7-47 中拉伸辊距离示意图
3—拉伸辊　4—橡胶压辊

两辊距 L 小于膜片厚度的 10 倍时，膜的拉伸性差，高倍数拉伸易断裂；当 L 值过大时，膜片拉伸时幅宽收缩大，易纵向撕裂。辊距 L 的最佳值为膜片厚度的 15 ~ 240 倍。

3）膜片的单向拉伸倍数应控制在 4 ~ 10 倍之间，此倍数范围外的拉伸薄膜强度都比较低。高密度聚乙烯膜片的拉伸倍数在 6 ~ 8 倍范围内最适宜。

4）膜片的拉伸温度为（120 ± 10）℃，辊面温度控制在 90 ~ 140℃。温度偏低时，膜片拉伸易断裂；温度偏高时，膜易粘辊。

5）拉伸辊直径应不大于250mm。

6）图7-47中的橡胶压辊4，既能防止拉伸膜片在拉伸辊面上滑动，又能压紧膜片贴在拉伸辊面上，防止空气进入膜片与辊面间，影响膜片拉伸质量。

7）拉伸后薄膜的热处理温度，即热处理辊温度要比拉伸辊面的温度高10～30℃。

（4）HDPE薄膜单向拉伸成型示例

1）原料。高密度聚乙烯（密度为0.945g/cm^3，熔体流动速率MFR为0.9g/10min），大庆石化公司产5000S拉丝级树脂。

2）设备。采用挤出平膜单向拉伸成型薄膜生产线（见图7-5）。螺杆直径为ϕ65mm，长径比L/D为25∶1，成型模具为衣架形（T形）结构。

3）工艺参数。挤出机塑化原料工艺温度：加料段170～180℃，塑化段180～200℃，均化段210～225℃。

成型模具温度：中间部位210～220℃，两端部位215～225℃。

拉伸辊组温度130～150℃，冷却辊温度30℃。

7.6.2 聚丙烯平膜挤出单向拉伸成型

聚丙烯平膜挤出单向拉伸成型和高密度聚乙烯平膜挤出单向拉伸成型薄膜的生产工艺方式相同，也是采用如图7-5所示的挤出拉伸成型薄膜生产工艺。所以，生产成型的聚丙烯单向拉伸薄膜，同样也具有膜的幅宽收缩少、横向不易撕裂和纵向拉伸强度高等优点，和高密度聚乙烯单向拉伸薄膜一样，有很好的扭捻（结）性能，所以被广泛应用在扭捻包装领域。另外，此种聚丙烯薄膜经切割而成的扁丝，可编织成袋，有较好的强度，也不易出现织布破裂现象。

（1）原料选择　聚丙烯单向拉伸薄膜成型应选用专用树脂，如中国石化齐鲁股份有限公司生产的TGS聚丙烯树脂，这种树脂的熔体流动速率MFR为3g/10min。

（2）设备　聚丙烯单向拉伸薄膜成型用挤出机生产线及使用设备与聚乙烯单向拉伸薄膜成型用设备相同。

（3）工艺参数　挤出机塑化聚丙烯原料工艺温度：加料段180～190℃，塑化段190～215℃，均化段220～240℃。

成型模具温度：中间部位210～225℃，两端部位220～230℃。

较适宜单向拉伸的聚丙烯膜片厚度为0.14～0.50mm。

拉伸和预热辊温度为140～150℃。膜片单向拉伸倍数为6～10。快、慢速拉伸辊距值为膜片厚度的60～1000倍，较适合的拉伸辊距值为膜片厚度的100～800倍。

热处理辊面温度比拉伸辊温度高10℃左右，膜片被拉伸时的温度应在110～140℃范围内。

7.7 塑料薄膜挤出双向拉伸成型

塑料薄膜的挤出双向拉伸成型一般都采用专用设备，把挤出机塑化熔融料成型的膜片先纵向拉伸，然后再横向拉伸，使膜坯被拉长和拉宽，达到工艺要求的薄膜厚度，即为双向拉伸塑料薄膜。塑料薄膜挤出双向拉伸成型所用原料包括聚氯乙烯、聚丙烯、聚酯、聚苯乙

烯、聚乙烯和聚酰胺等树脂挤出成型。

7.7.1　聚丙烯薄膜挤出双向拉伸成型

聚丙烯薄膜挤出双向拉伸成型是挤出成型具有一定厚度的聚丙烯片（平膜）或管状膜，在软化温度和熔融温度之间，沿其纵、横两个方向（分别或同时）进行拉伸后，再经定形而制得。由于聚丙烯树脂是一种结晶型高聚物，将其在适宜的温度下拉伸，则其分子重新进行定向排列，从而改善或提高了聚丙烯薄膜的力学性能。如与普通聚丙烯薄膜比较，双向拉伸聚丙烯薄膜的结晶度、拉伸强度、冲击强度、撕裂强度、耐油脂性和曲折寿命等均有显著提高；另外，双向拉伸薄膜的耐寒性、耐热性、透明度、气密性、防潮性、光泽度和电绝缘性比普通聚丙烯薄膜（CPP）也有所改善。双向拉伸聚丙烯薄膜的性能指标见表 7-37。

表 7-37　双向拉伸聚丙烯薄膜的性能指标

项　　目	指标	项　　目	指标
拉伸强度/MPa	1.3 ~ 2.5	热收缩率(100℃,1min)(%)	1 ~ 8
伸长率(%)	15 ~ 40	使用温度范围/℃	-50 ~ 120
弹性模量/MPa	20 ~ 25	水蒸气透过率(0.1mm)/[g/(m^2 · 24h)]	1.1 ~ 1.3
撕裂强度/(N/mm)	2.7 ~ 5.8		
冲击强度/(kJ/m)	59	氧气透过率(0.1mm)/[mL/(m^2 · 24h)]	240
曲折寿命/次	>10000		
摩擦因数	0.4 ~ 0.5	介电强度/(kV/mm)	130 ~ 200
浊度(0.0254mm)(%)	1 ~ 2	体积电阻率/Ω · cm	10^{16}

双向拉伸聚丙烯薄膜除了具有普通吹塑薄膜的用途外（各种食品、服装、纺织品和各种杂品的包装），还可广泛用来作复合薄膜基材、粘胶带基材、透明胶纸基材和电容器薄膜等。

1. 双向拉伸聚丙烯薄膜的种类

双向拉伸聚丙烯薄膜按用途分类，目前常用的类型有普通型、热封型、珠光型和电容型。另外，还有收缩薄膜、消光薄膜、防雾滴薄膜、标贴薄膜、合成纸及 BOPP/PE 薄膜、BOPP/CPP 复合薄膜、真空镀铝薄膜、蒸煮袋用复合薄膜及阻隔薄膜等品种。

（1）普通型双向拉伸聚丙烯薄膜　普通型双向拉伸聚丙烯薄膜是一种以聚丙烯树脂为主要原料，适量加些辅助材料而制成的拉伸薄膜。这种薄膜具有强度好、透明度高、热收缩小、透湿度低和电晕处理适度等特点。由于其印刷性能好，可作粘胶带基材和可真空电镀金属箔层，所以多用于食品、衣物、茶叶及奶粉等的包装。常用薄膜的厚度有 20μm（印刷复合薄膜）、30μm（粘胶带薄膜）和 40μm（挂历用薄膜）。

对于普通用途双向拉伸聚丙烯薄膜，标准 GB/T 10003—2008 中规定：按表层是否有热封层，分为普通型（A 类）和热封型（B 类）。普通用途双向拉伸聚丙烯薄膜的几何性能见表 7-38。

表 7-38　普通型双向拉伸聚丙烯薄膜的几何性能

项　　目		指　　标	
		A 类	B 类
拉伸强度/MPa	纵向	≥120	
	横向	≥200	
断裂标称应变(%)	纵向	≤180	≤200
	横向	≤65	≤80

（续）

项　　目		指　　标	
		A 类	B 类
热收缩率(%)	纵向	≤4.5	≤5.0
	横向	≤3.0	≤4.0
热封强度/(N/15mm)		—	≥2.0
雾度(%)		≤2.0	≤4.0
光泽度(%)		≥85	≥80
润湿张力/(mN/m)	处理面①	≥38	≥38
透湿量/[g/(m^2·24h·0.1mm)]		≤2.0	

① 处理面指经过电晕、火焰或等离子体处理的表面。

（2）热封型双向拉伸薄膜　热封型双向拉伸薄膜是一种以双向拉伸聚丙烯薄膜为基材涂覆一薄层氯化聚丙烯而制成的［也可用 PP 和 COPP（乙烯—丙烯共聚物）为原料，适当加入些辅助材料，共挤出三层膜制成］。这种薄膜除了具有 BOPP 薄膜的性能外，还具有低温热封性能和较低的摩擦因数及水蒸气透过率等特点。它多用于糖果、食品和饼干的包装，可直接热封口而又保持表面平挺。

热封型双向拉伸薄膜的几何性能见表 7-38。

（3）电容型双向拉伸聚丙烯薄膜　要求成型此种薄膜用树脂的纯度高，灰分小于 0.1×10^{-3}。这种薄膜除了具有普通 PP 薄膜的性能外，还应有良好的介电强度、体积电阻率、介电常数、介质损耗角正切等电性能；薄膜厚度一般小于 20μm，多用于制造浸油型电力电容器和金属化薄膜电容器等。

电容型双向拉伸聚丙烯薄膜的性能指标见表 7-39。

表 7-39　电容型双向拉伸聚丙烯薄膜的性能指标

项　　目		指标	项　　目		指标
拉伸强度/MPa	纵向	≥130	断裂伸长率(%)	纵向	≤250
	横向	≥230		横向	≤120
热收缩率(%)	纵向	≤5.0	相对介电常数		2.2±0.2
	横向	≤3.0	介质损耗角正切		4.0×10^{-4}
平均厚度偏差(%)		≤±6.0	体积电阻率/Ω·cm		1.0×10^{16}
厚度偏差(%)		≤±8.0	介电强度/(kV/mm)	DC	≥400
润湿张力/(mN/m)		≥38		AC	≥300

2. 双向拉伸聚丙烯薄膜成型工艺

（1）原料选择　双向拉伸聚丙烯薄膜成型是以等规聚丙烯树脂为主要原料，有根据制品的用途不同，适当地配一些辅助材料（一般加 4% 左右的添加剂母料）而制成。要求薄膜类型的聚丙烯树脂的熔体流动速率为 2～4g/10min，等规度为 95%～98%，水的质量分数小于 0.03%，灰分小于 0.2×10^{-3}。双向拉伸薄膜用 PP 树脂牌号及生产厂见表 1-52。

常用辅助材料有芥酸酰胺型润滑剂、抗静电剂和防结冻剂等。

（2）生产工艺过程　双向拉伸聚丙烯薄膜挤出成型生产线设备示意图参照图 7-7。其生产工艺流程是：聚丙烯树脂和辅助材料按配方要求计量后混合均匀→单螺杆挤出机把原料混炼塑化成熔融态→经多孔板和过滤网挤出→成型模具挤出成型膜片→在辊面上降温定形→用测厚仪测量厚度→纵向拉伸→横向拉伸→热定形→切边→测厚→电晕处理→收卷。

（3）设备

1）挤出机。单螺杆挤出机的螺杆直径应按挤出成型薄膜的宽度和厚度，参照 7.3.6 节选择。螺杆结构为等距不等深渐变型（一般多用分离型或带混炼段高效螺杆结构），长径比≥30∶1，压缩比大于 3∶1。

机筒前加多孔板和过滤网，过滤网目数应按制品质量要求条件确定，一般为 80 ~ 120 目。挤出机生产时，要求螺杆工作时转速平稳、挤出熔融塑化料量均匀、压力稳定、原料塑化混炼均匀、排气性好、料中无气泡及杂质等，以保证下道工序对膜片拉伸生产时拉伸工作顺利，产品质量稳定。

2）成型模具。双向拉伸薄膜用片基的挤出成型，一般都采用歧管形和衣架形结构模具，应用较多的是衣架形模具。要求模具体内的熔融料流道空腔工作面平滑、无滞料区，模具熔融料出口处的模唇间隙可调。

3）冷却定形辊筒。是把从模具唇口流延出来的片状熔融料流用辊面托住，同时在气刀吹出的压缩空气压力作用下，使其紧贴在低温的冷却定形辊面上，使熔融料降温定形，成为膜片。要求冷却定形辊筒的工作面平整光洁，工作运转平稳，辊面温度均匀，各点温差允许值为 ±1℃。

4）测厚仪。测厚仪在冷却定形辊筒之后，用来检测流延膜片冷却定形后脱离冷却辊时的厚度。此处膜片的厚度对拉伸后成型薄膜成品时的厚度尺寸影响非常大，通过此处对膜片厚度的检测，及时发现膜片厚度尺寸的控制误差，再根据工艺要求随时调整膜片成型用模具中出料口模唇的间隙，以保证后期工序拉伸薄膜厚度公差的质量要求。

例如生产 30μm 厚的拉伸薄膜，要求其厚度公差为 ±6%。假如设定膜片纵向拉伸为 5 倍、横向拉伸为 7 倍，则要求挤出流延的膜片厚度为

$$\text{拉伸薄膜厚度} \approx \frac{\text{膜片厚度}}{\text{纵向拉伸比} \times \text{横向拉伸比}}$$

则

$$\text{厚片厚度} \approx \text{拉伸膜厚} \times \text{纵向拉伸比} \times \text{横向拉伸比} = (30 \times 5 \times 7)\,\mu\text{m}$$
$$= 1050\,\mu\text{m}\ （近似值）$$

拉伸薄膜厚度公差≈2 × 厚片厚度公差，则厚片偏差≈ ±6%/2 = ±3%。按厚片厚度为 1050μm、偏差 ±3% 控制，则厚片成型厚度应控制在 1018 ~ 1080μm。

5）纵向拉伸辊。纵向拉伸辊是在冷却定形辊和测厚仪之后（见图 7-7 中 7）。它主要由预热辊、拉伸辊、热处理辊和夹紧牵引辊等多个较小直径的辊筒组成。冷却定形的片基经预热辊的加热，然后依靠拉伸辊中多个辊筒的转速差，而把膜片纵向拉伸。要求辊筒间的间距尽量小、辊面平整光洁、温度均匀、辊面温差允许值为 ±1℃。为防止膜面粘辊，必要时辊面还应涂一层聚四氟乙烯树脂。

热处理辊是把经纵向拉伸的薄膜进行退火处理，以减少经纵向拉伸膜片拉伸后产生的内应力。

夹紧牵引辊由一根钢辊和一根橡胶辊组成。拉伸后的膜从两辊间被压紧牵引向前运行，以防止膜片被纵向拉伸时打滑。

加热辊筒用导热介质，可用油、蒸汽或过热水，由电阻或油锅炉加热。

6）横向拉伸装置。横向拉伸装置在纵向拉伸辊之后。纵向拉伸过的膜片经预热进入横向拉伸烘箱，由拉幅机夹子把膜片两端夹紧，沿着轨道运行逐渐把膜片扩展，同时有热风吹

向膜面，直至把膜片拉成工艺要求的宽度。烘箱内的拉幅机按温度区域的不同，可分为进片段、预热段、拉伸段、热处理定形段等。

横向拉伸装置的生产工作条件要求如下：

①拉幅机夹子工作牢靠（夹膜不脱夹、不破裂），运行速度平稳。

②各段温度控制准确，温度段内各点位置温度误差小。

③吹向膜面的热风气流分布均匀，温差小。

④注意夹子运行轨道中应注入耐高温润滑油，在高速运行时保持夹子与轨道平面间的良好润滑。

7）切边装置。经横向拉伸的 BOPP 薄膜，接近夹子口部分和夹口内侧的膜片，其厚度不符合几何公差要求，应切除。切除的边条经收卷、粉碎后，可直接掺混在新料中回制。

8）成品测厚仪。切边后的 BOPP 薄膜，需要经过 β 射线测厚仪进行测厚检查。通过自动记录仪将薄膜的纵、横向综合厚度扫描，操作者按扫描曲线来判断生产薄膜的厚度是否在工艺要求的厚度公差范围内，必要时酌情对模具的出料唇口间隙进行适当的调整。

9）电晕处理。电晕处理是双向拉伸聚丙烯薄膜用于印刷、涂胶或电镀金属层时必不可少的一道工序。电晕处理的作用是提高双向拉伸聚丙烯薄膜的表面润湿张力。要求这种双向拉伸聚丙烯薄膜的表面润湿张力要大于 38mN/m，以保证薄膜在印刷或涂胶时对油墨等加工材料的吸附力。电晕处理是采用高频高压发生器，使电极和处理辊之间均匀放电，从而使薄膜的表面受到电晕作用而形成羰基等极性基团，提高薄膜表面的润湿张力。

薄膜电晕处理的操作要点如下：

① 为提高电晕处理能量，在发生器工作电压、电流额定允许值内尽量选用较大的电压、电流。

② 为保证处理效果，电晕处理时把电极和辊筒间的距离尽可能调小。

③ 注意电晕处理环境相对湿度不大于 60%。

④ 如果电晕处理效果欠佳，可适当降低薄膜的生产速度。

⑤ 注意工作现场排风，以排除放电、冷凝及电极管内产生的气体。

⑥ 为尽量减小收卷薄膜的粘连，电晕处理 BOPP 薄膜表面润湿张力应不超过 44mN/m。

10）薄膜收卷装置。生产双向拉伸聚丙烯薄膜的收卷，一般多采用双轴转位式卷取机构。为了保证收卷成品薄膜的卷取平整和松紧度适宜，在收卷装置前还设置有对薄膜的收卷张力自动检测器，随时把收卷薄膜的收卷张力大小反馈给控制卷取装置用驱动电动机，使其输出功率的大小也随之调整。

（4）双向拉伸聚丙烯薄膜成型工艺参数（参考值）

1）原料塑化机筒工艺温度（从机筒加料口开始）：一段 190 ~ 200℃，二段 200 ~ 220℃，三段 230 ~ 240℃，四段 240 ~ 250℃，五段 255 ~ 270℃。

2）模具温度为 250 ~ 260℃。

3）冷却定形辊筒工作面温度为 15 ~ 20℃。

4）参数。气刀口间隙在 3mm 左右，吹气风压在 0.5MPa 左右。

5）纵向拉伸膜片工艺参数。预热辊筒工作面温度为 130 ~ 150℃，拉伸辊筒工作面温度为 145 ~ 155℃；纵向拉伸膜片倍数（根据膜片厚度和成品薄膜的厚度决定）一般为 5 ~ 6 倍；纵向拉伸低速辊筒转速为 3 ~ 30m/min，高速辊筒转速为 15 ~ 150m/min。

6）横向拉伸膜片工艺参数。膜片预热温度为 165 ~ 170℃，拉伸温度为 160 ~ 170℃，拉伸后薄膜定形温度为 165 ~ 175℃；横向拉伸膜片倍数一般为 5 ~ 7 倍。

（5）双向拉伸聚丙烯薄膜的质量　聚丙烯双向拉伸薄膜的质量应符合标准 GB/T 10003—2008 规定。这个标准适合于用聚丙烯树脂为主要原料，采用平膜法或管膜法经双向拉伸成型的普通用途薄膜。

工艺操作要点如下：

1）主要原料（聚丙烯树脂）一般包装完好，可不用干燥处理；对于一些易吸潮的辅助材料，投产前应先经干燥处理后再投入生产。

2）主要原料和辅助材料按配方要求计量准确，混合均匀，回制料应清洁无杂物。

3）主要原料塑化螺杆长径比 $L/D \geqslant 30:1$，尽量选用螺杆均化段处带有屏障型的螺杆结构。原料混炼塑化均匀，熔融料挤出量稳定，尽量用较低温度挤出。

4）过滤网的目数选择应视制品的质量要求来确定，常用目数为 80、100 和 120。要用闸板型快速换网装置，结构如图 7-49 所示。此种装置用于换网，速度快，不需要停机，滑动面靠熔融料密封。

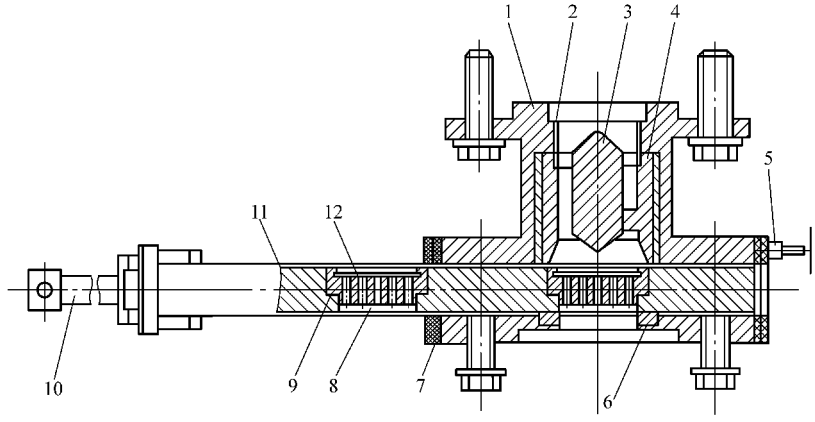


图 7-49　闸板型快速换网装置

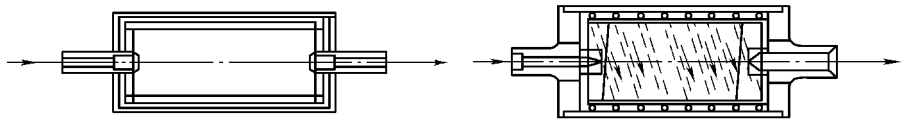
1—换网机构壳体　2—密封环　3—分流锥　4—分流锥支架　5—热电偶　6—限位板　7—电阻加热　8—多孔板　9—支承环　10—滑动拉杆　11—滑动平板　12—过滤网

5）成型模具结构应尽量选用衣架形，用耐高温变形小的合金钢制造；模具温度应分段控制，根据熔融料在模唇各部位的流速来确定，一般要求模具两端部位的温度比模具中间部位的温度略高些，模唇间隙应便于调整。

6）冷却定形辊筒工作面距模具唇口的距离应尽量小，以减小流延薄膜幅宽的收缩，辊筒转速与熔融料从模具口流延速度匹配（一般辊筒转速比熔融料流延速度略快些）。为了提高辊筒降温工作的效果和使辊面温度保持均匀，推荐选用辊筒内带有夹套层或夹套层内带有螺纹导流型结构的辊筒（见图 7-50）。

7）纵向拉伸温度控制要适宜。在温度偏低时拉伸，膜片横向幅宽收缩率高，膜面浊度大；在温度偏高时拉伸，膜面易粘辊，成品薄膜的纵向强度下降。

8）拉幅机中各处（段）温度应视作用的不同分别控制。温度分布合理，各区段内温差小，热稳定性好，拉伸膜片时膜片上下热风吹力均衡。



a)　　b)

图 7-50　冷却定形辊筒结构示意图

a）夹套型　b）螺纹导流型

9）注意纵、横向拉伸比的相互影响。纵向拉伸比过大，纵向分子定向过分，则横向拉伸时也易破裂。

10）横向拉伸膜片的加热是依靠载热气流进行。注意主要原料及辅助材料中受热时产生的挥发性气体对薄膜质量的影响，应及时进行排污。

11）切边料和废品料的回制，应先把干净的废料粉碎，在挤出机中熔融挤出造粒，经烘干后可按一定比例掺混在新料中使用。但应注意每批产品中加入回制料的比例要固定不变。

12）成品双向拉伸聚丙烯薄膜收卷后，要在 30℃环境内存放 2 天，以使薄膜受拉伸时产生的应力释放。注意薄膜存放环境温度过高会使电晕处理效果下降。

3. 产品质量问题分析

（1）冷却膜片质量问题分析

1）膜片边缘厚。

① 冷却定形辊筒工作面与成型模具唇口距离过大。

② 冷却定形辊筒温度偏低。

③ 气刀安装位置不适当。

2）膜片表面有横纹，纵向厚度误差大。

① 气刀位置不合理，风压不稳定。

② 挤出机螺杆工作转速不平稳，挤出料量不稳定。

③ 冷却定形辊筒转动速度频繁变化。

④ 膜片如果是横向厚度误差大，是由于模具中的模唇间隙不均匀影响或模具温度不均匀。

3）膜片有气泡、鱼眼。

① 原料中含水分过多。

② 挤出机塑化原料温度偏低。

③ 原料质量差。

4）膜片中有黑斑、污点。

① 过滤网目数小或过滤网破裂。

② 原料质量差、不清洁。

③ 成型模具内有滞料现象。

（2）膜片纵向拉伸后质量问题分析

1）拉伸后膜片幅宽尺寸误差大。

① 膜片在拉伸辊上有打滑现象，纵向拉伸力不稳定。

② 膜片预热温度不均匀。

③ 纵向拉伸辊后的夹紧牵引橡胶辊的夹紧力偏小。

2）拉伸后膜片的边缘厚。

① 横向拉伸部位的运行速度与纵向拉伸后的运行速度不匹配，横向拉伸膜片的速度比纵向拉伸膜片出口处速度略慢些。

② 纵、横向拉伸装置间的过渡段间距偏大或温度过低。

3）拉伸后膜片纵向厚度误差大。

① 膜片纵向拉伸时，在辊面上有打滑现象。

② 膜片拉伸前，预热温度不均匀。

③ 拉伸辊的传动速比不稳定。

4）纵向拉伸时膜片断裂。

① 拉伸预热辊温度低。

② 拉伸比过大。

③ 膜片纵向厚度误差大。

④ 膜片两端有裂纹或膜片上有杂质或鱼眼。

（3）膜片横向拉伸后质量问题分析

1）膜片拉伸破裂发出较大噪声。

① 拉伸烘箱内温度偏低。

② 夹膜片夹子刀口不平或有膜残片。

③ 膜片有气泡或杂质颗粒。

④ 吹风供热系统出现故障或热风分布不均匀。

⑤ 拉伸膜面上有油滴影响。

2）膜片拉伸破裂无声响。

① 烘箱内加热温度过高。

② 膜片横、纵向断面厚度误差大。

③ 膜片面上有气泡或杂质颗粒。

3）成品薄膜透明度差。

① 纵向拉伸比偏小。

② 纵向拉伸辊筒工作面不清洁或有残料。

③ 横向拉伸温度偏高。

④ 辅助材料选配不当。

4）膜片拉伸后厚度误差大。

① 原被拉伸的膜片厚度误差过大。

② 预热或拉伸烘箱内温度偏低或各部位温度误差大。

③ 原料选择不适宜或再生料加入比例过大。

5）拉伸时膜片脱离夹子。

① 夹子刀口处有添加剂沉淀或有油。

② 入烘箱膜片走偏，一侧端面未深入夹子刀口内。

③ 夹子刀口处有残留膜片。

6）成品薄膜有鱼眼和硬斑。

① 原料选择不当。

② 辅助材料选配欠合理。

③ 加入的回制粒料有杂质、污染严重。

7）成品薄膜强度差。

① 拉伸比值偏小或纵、横向拉伸比值差大。

② 膜片拉伸温度偏高。

7.7.2 聚苯乙烯薄膜（片）挤出拉伸成型

聚苯乙烯薄膜（片）的应用量仅次于 PE、PP 和 PVC 薄膜（片）的应用量。应用较多的聚苯乙烯树脂有通用级聚苯乙烯（GPPS）和高抗冲击级聚苯乙烯（HIPS）树脂。一般多采用挤出法把聚苯乙烯挤塑成型薄膜（片）。如果在树脂中再加入一些韧性树脂，经挤出成型薄片后，再进行纵、横向拉伸成薄膜（BOPS），这种薄膜的性能（脆性）将会得到较好的改进。

1. 聚苯乙烯薄膜（片）的性能与用途

聚苯乙烯薄膜（片）是一种无色、透明、质硬、无毒、无味和强度比较好的包装材料，薄膜（片）耐水、耐酸、耐碱，可在 -50 ~ 80℃温度范围内使用，比较容易挤塑成型薄膜（片）制品，一般成型厚度在 0.10 ~ 0.25mm 范围内，薄膜（片）能够缓慢燃烧。

聚苯乙烯薄膜（片）具有优异的电性能（介电常数为 2.4 ~ 2.7，且基本上与频率无关；介质损耗角正切为 5×10^{-4}，是现有薄膜中最小的一种；介电强度为 50kV/mm），非常适合作高频绝缘材料，如国防尖端技术工业中的可变电容器、高频电缆绝缘等。聚苯乙烯薄膜（片）还可预热后吸塑成型各种形状容器，作各种物品（食品、工业制品和农作物）的包装。食品包装用聚苯乙烯薄膜（片）的卫生标准应符合标准 GB 9689—1988 的规定，见表 7-40。

表 7-40 食品包装用聚苯乙烯薄膜（片）的卫生标准

项　　目		标准	项　　目		标准
蒸发残渣含量/(mg/L)			乙酸,60℃,2h	≤	1
40% 乙酸,60℃,2h	≤	30	脱色试验		
65% 乙醇,20℃,2h	≤	30	冷餐油或用无色油脂		阴性
高锰酸钾消耗量/(mg/L)			乙醇		阴性
60℃,2h	≤	10	浸泡液		阴性
重金属(以 4% Pb 计)含量/(mg/L)					

2. 聚苯乙烯薄膜（片）挤出拉伸成型工艺

（1）原料选择　用于挤出拉伸成型聚苯乙烯薄膜（片）树脂，目前国内生产牌号种类还不多，可参照本书中 1.4.1 节内容选择。也可用国产通用级聚苯乙烯树脂与美国菲利浦公司产的改性聚苯乙烯（牌号 KR04）树脂掺混使用，挤出拉伸成型聚苯乙烯薄膜（片）。

（2）设备条件　聚苯乙烯树脂挤出成型薄膜（片）用设备一般用通用型单螺杆挤出机即可。螺杆的长径比 L/D 在(20 ~ 25)∶1 之间，压缩比为(2 ~ 2.5)∶1。挤出成型膜片时，可用衣架形成型模具，采用图 7-3 所示工艺路线中的三辊对膜片冷却定形；如果挤出吹塑成型薄膜，应采用风冷式为膜泡降温定形。

（3）原料挤出塑化温度

1）机筒工艺温度。加料段 130 ~ 160℃，塑化段 160 ~ 180℃，均化段 180 ~ 200℃。

2）成型模具温度（用衣架型或歧管型结构）。中间部位 200℃，两端部位 210℃。

3）冷却定形三辊温度。按图 7-3 所示的方式进片时，要求下辊 90℃，中辊 85℃，上辊 80℃。

（4）工艺操作要点

1）挤出聚苯乙烯薄膜（片）应选用通用级聚苯乙烯（GPPS）树脂和高抗冲击级聚苯乙烯（HIPS）树脂。为了得到较好的制品表观质量，树脂最好先在 70℃左右加热 1h，然后投产使用。

2）挤出塑化聚苯乙烯树脂时，螺杆结构无特殊要求，用渐变型螺杆结构，长径比为(20～25)∶1，压缩比为 2.5∶1。

3）注意树脂塑化时的机筒温度控制。由于 PS 料是热敏性树脂，熔融料温度偏高或在机筒内停留时间过长，都容易造成熔融料分解。

4）挤出吹塑 PS 树脂成型薄膜时，应采用风环冷却吹胀膜泡。吹风口间隙应小些，风速平稳，吹向膜泡周围的风量要均匀，以保持膜泡的平稳运行；吹胀比应小于 2.5，冷凝线高度应控制在 100～150mm 范围内。

5）为了保证吹塑膜的充分冷却，注意牵引辊距成型模具出口的距离应不小于口模直径的 15 倍。

6）对聚苯乙烯片的拉伸，控制拉伸倍数在 2.0～2.5 倍范围内较适宜；对膜片的纵、横向拉伸倍数应接近（最好 1∶1），从而有利于薄膜性能的改进。

纵拉伸辊的预热温度为 100～110℃，预热辊的转速比流延冷却辊的速度略快些，纵拉伸辊的温度在 110℃左右；横拉伸辊的预热温度在 120℃左右，拉伸段温度在 125℃左右，定形段温度在 110℃左右。

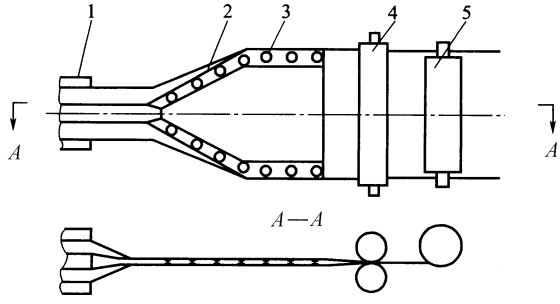


图 7-51　聚苯乙烯挤出平管式拉伸薄膜示意图

1—成型模　2—拉伸导辊架　3—导辊

4—牵引辊　5—卷取辊

7）也可采用挤出平管式拉伸法生产厚度不大于 0.025mm 的聚苯乙烯薄膜，如图 7-51 所示。挤出机机筒加热温度为 130～160℃，160～180℃，180～200℃。从成型模具中挤出膜管泡，引入由多个小孔组成的导辊上，膜管在 100～130℃温度条件下被导辊引向拉伸，同时用冷风冷却定形。此法生产膜的纵、横向拉伸倍数均为三倍。

3. 双向拉伸聚苯乙烯（BOPS）片材的质量

标准 GB/T 16719—2008 中规定，双向拉伸聚苯乙烯（BOPS）片材的厚度偏差见表 7-41。双向拉伸聚苯乙烯（BOPS）片材的力学性能指标见表 7-42。

表 7-41　双向拉伸聚苯乙烯（BOPS）片材的厚度偏差

公称厚度/mm	偏差(%)
0.100～0.250	±7
0.251～0.400	±6
0.401～0.700	±5

表 7-42 双向拉伸聚苯乙烯（BOPS）片材的力学性能

项　目	要求	项　目	要求
拉伸强度(纵、横向)/MPa	≥55.0	透光率②(%)	≥90.0
断裂伸长率(纵、横向)(%)	≥3.0	雾度②(%)	≤2.0
防雾性①/级	≥3	润湿张力③/(mN/m)	≥40.0

① 适用于透明防雾片材。

② 适用于透明片材。

③ 适用于经电晕处理未涂膜的片材。

7.7.3 聚对苯二甲酸乙二醇酯薄膜挤出拉伸成型

聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）是聚酯系中应用最多的一种高分子聚合物。由 PET 生产的薄膜，一般多采用挤出流延成型，然后再经双向拉伸成型 PET 薄膜，即简称 BOPET 薄膜。

1. BOPET 薄膜的性能与用途

1）BOPET 薄膜无异味、无臭和透明度较高，常应用薄膜厚度在 0.01 ~ 0.10mm 范围内。

2）BOPET 薄膜的使用温度范围较广，可在 150℃温度条件下使用，在 120℃以下温度中能长期使用，耐低温至 -70℃。

3）有优良的力学性能，拉伸强度能达到 200MPa 以上。

4）能防潮、防水和有较低的透气性。

5）电绝缘性能优异。

6）除能在强酸、强碱和水蒸气作用下降解外，耐化学性能很好。

7）制品不易燃烧（着火点 480℃），420℃以上开始降解。

由于 BOPET 薄膜具有强度高、耐溶剂和耐弱酸（碱）性能优异和电绝缘性能好等特点，目前在各种电气设备及仪表中广泛应用。如用作高温电容器介质；感光材料中用作电影胶片、X 射线软片等；用作录音带、录像带的基材和各种食品及物品的包装薄膜；用作真空镀铝膜，这种膜像金箔、银箔，可作金银线及其他装饰品等。

2. BOPET 薄膜挤出拉伸成型工艺

（1）原料选择　挤出拉伸成型 BOPET 薄膜，应选用特性黏数 0.59 ~ 0.69dl/g 的 PET 为原料，生产时可参照表 1-98 ~ 表 1-99 中的材料牌号选用。投产前，原料应在 140 ~ 160℃烘箱中干燥处理 4h，使原料中的含水量小于 0.02%。

（2）设备条件　双向拉伸 BOPET 薄膜生产设备组成与 BOPP 薄膜生产设备组成相同。生产工艺流程如下：原料干燥处理→挤塑原料呈熔融态→熔融料过滤后进入成型模具→流延至冷却辊筒上降温定形成膜片→纵向拉伸→横向拉伸→牵引→测厚→切边→收卷。

（3）挤出拉伸工艺温度

1）挤出熔融料温度为 260 ~ 280℃。

2）流延冷却定形辊筒温度为 60 ~ 70℃。

3）膜片拉伸温度：纵向拉伸预热 90℃左右，拉伸 100℃左右；横向拉伸预热 95 ~ 100℃，拉伸 100 ~ 105℃。

4）BOPET 薄膜热定形温度为 220 ~ 240℃。

5）拉伸倍数为 2.5 ~ 4 倍，纵向和横向拉伸倍数值接近。

3. 挤出双向拉伸 BOPET 薄膜的注意事项

1）原料干燥处理后的含水量不大于 0.02%。

2）选用与原料黏度要求相适应的螺杆结构。

3）熔融料挤出应采用计量泵控制，保证成片熔融料的流速、流量均匀，以得到厚度误差较小的膜片。膜片厚度是拉伸薄膜厚度的 12 ~ 15 倍。

4）成型膜片的冷却辊筒温度控制恒定，转速平稳，辊面平整、光洁，表面粗糙度值 *Ra* 应不大于 0.2μm。

5）成型模具结构应是歧管型或衣架型，温度应中间低、两端略高些。

6）拉伸预热温度稳定，拉伸辊和横拉伸烘箱加热温度的波动应不大于 ±2℃。

7）BOPET 薄膜的牵引和收卷张力要控制均衡。

8）注意各加热工艺温度不能超过 304℃，避免原料分解。

4. BOPET 薄膜的质量要求

（1）挤出双向拉伸 BOPET 薄膜的力学性能　挤出双向拉伸 BOPET 薄膜的力学性能见表 7-43。

表 7-43　挤出双向拉伸 BOPET 薄膜的力学性能（GB/T 16958—2008）

项　　目		要　　求	
		公称厚度/μm	
		<75	≥75
拉伸强度/MPa	纵向①	≥170	≥150
	横向②	≥170	≥150
断裂伸长率(%)	纵向	≤200	
	横向	≤200	
热收缩率(%)	纵向	≤3.0	
	横向	≤3.0	
雾度(%)		≤8.0	
光泽度(%)		≥100	
摩擦因数	静	≤0.65	
	动	≤0.55	
润湿张力③/(mN/m)		≥48	
氧气透过系数④(23℃,相对湿度 0%)/[cm^3 · cm/(cm^2 · S · Pa)]		$\leqslant 2.25\times10^{-15}$	
水蒸气透过系数④(38℃,相对湿度 90%)/[g · 0.1mm/(m^2 · 24h)]		≤6.6	

① 纵向同挤出方向，即机向。

② 横向垂直于挤出方向。

③ 润湿张力项目仅适用于电晕薄膜。

④ 氧气透过系数、水蒸气透过系数试验适用有阻隔性聚酯薄膜。

（2）BOPET 薄膜的厚度偏差　挤出双向拉伸 BOPET 薄膜的厚度偏差（GB/T 16958—2008）见表 7-44。

表 7-44　挤出双向拉伸 BOPET 薄膜的厚度偏差

公称厚度/μm	平均厚度偏差(%)		厚度偏差(%)	
	优等品	合格品	优等品	合格品
≤9	±3	±4	±6	±10
>9	±2	±3	±5	±10

第 8 章　异型材挤出成型

塑料异型材是指塑料制品的截面形状不同于圆管、圆棒和板材的薄壁或实心结构，是一种断面形状无规则的塑料制品。图 8-1 所示为几种截面形状是空腔或敞开口的异型材。

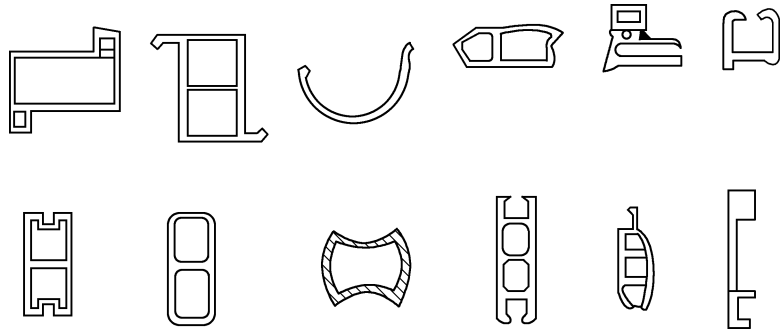


图 8-1　几种异型材的截面形状

异型材的种类比较多，有制品全部用塑料成型的异型材，还有塑料异型材和非塑料成型的异型材复合成一体的异型材。塑料异型材中还有不发泡和低发泡制品之分。按异型材的截面形状分，又可分为中空异型材、敞开异型材和实心异型材等。

塑料异型材挤出成型生产工艺和使用设备与塑料管挤出成型生产工艺及使用设备相似。图 8-2 所示是塑料异型材挤出成型生产时，以挤出机为主机的生产线。

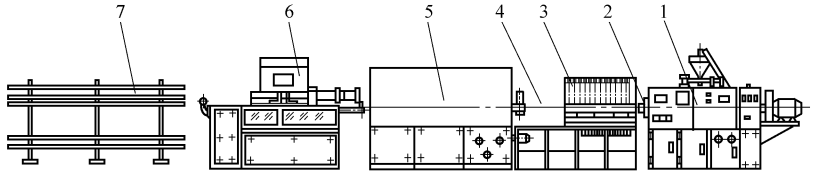


图 8-2　塑料异型材挤出机生产线

1—挤出机　2—成型模具　3—冷却定形装置　4—冷却水槽　5—牵引机　6—切割机

7—制品检查堆放平台（中空型异型材用辅机中没有冷却水槽装置）

（1）异型材生产工艺顺序

1）采用单螺杆挤出机生产工艺顺序如下：各种原料按配方要求计量→原料混合→挤出塑化混炼原料后造粒→挤出塑化粒料，成型制品型坯→冷却定形→牵引→切割→质量检查→包装入库。

2）采用双螺杆挤出机生产工艺顺序如下：各种原料按配方要求计量→原料混合→挤出

机塑化粉料，成型制品型坯→冷却定形→牵引→切割→质量检查→包装入库。

（2）异型材用途　塑料异型材用途广泛，在建筑、家具、交通运输、机械电子等工程结构材料中，已部分代替木材或钢材应用。如塑料门框、门板、窗框、护墙板、地板条、扶手、集成电路板和各种家具配件及机械零件等都在广泛应用塑料异型材。

8.1　设备

从异型材挤出成型生产线中可以看到，异型材挤出成型用设备有：挤出机、成型模具、定形冷却装置、牵引机和切割机等。

8.1.1　挤出机

塑料异型材挤出成型可用单螺杆挤出机或双螺杆挤出机。目前，对于塑料门窗的挤出成型，多用双螺杆挤出机。双螺杆挤出机中的啮合异向旋转平行双螺杆挤出机和锥形双螺杆挤出机都可应用。单螺杆挤出机一般只用于挤出成型截面较小的异型材，如果是粉料，需先经混合塑化挤出造粒，然后再挤出成型。单螺杆挤出机的螺杆应是等距不等深渐变型，长径比为（20～25）∶1，压缩比为 3∶1。双螺杆挤出机挤出成型异型材可直接用混合均匀的粉料投入生产，这既节省造粒工序，节省工时和能源，又可提高产量。所以，异型材的挤出成型多选用双螺杆挤出机。生产异型材最大宽度与锥形双螺杆挤出机型号的关系见表 8-1。

表 8-1　异型材最大宽度与锥形双螺杆挤出机型号的关系

挤出机型号	SJSZ-55	SJSZ-65	SJSZ-80
异型材最大宽度/mm	180	300	1200

8.1.2　成型模具

（1）结构要求

1）成型模具内腔截面不能突然扩大或缩小，应为流线型，以保证熔料流动的稳定。

2）成型模具用耐高温、变形小、耐腐蚀的合金钢制造，而且，要有足够的强度。

3）模具结构设计要尽量做到零件少、结构简单、形状对称，模具组装、拆卸和清理应比较方便。

4）模具内腔熔料流道表面应光洁，表面粗糙度值 Ra 应不大于 0.32μm。

5）对于模具中成型模口形状的设计要考虑到熔料成型脱模后膨胀变形的影响。如果制品的截面为正方形、长方形或等边三角形，则成型模具中的模口形状必须是图 8-3b 所示的截面形状；如果模口形也是正方形、长方形或等边三角形，则制品截面将是不成形状的废品。

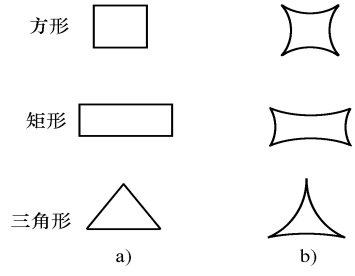


图 8-3　模口形状与制品截面形状关系
a）制品截面形状　b）模口形状

6）为了保证熔料在成型模具中的形状变化过渡的修整，模具设计时一定要注意定形

段长度与模唇口间隙及模唇口间隙与制品厚度尺寸之间的关系。另外，还要注意制品用原料的熔体流动速率 MFR（g/10min）值的影响。

成型模具中定型段长度 L、模唇口间隙 δ_1 和制品厚度 δ 及制品宽 H、高 A 与模唇口宽 H_1、高 A_1 尺寸关系见表 8-2。

表 8-2　异型材制品厚 δ 与口模间隙 δ_1、定型段长 L 及制品宽 H、高 A 与口模宽 H_1、高 A_1 的关系

项目 \ 原料	RPVC	SPVC	PE	PS
L/δ_1	20～50	5～11	14～20	20
δ/δ_1	1～1.1	0.85～0.9	0.85～0.9	1～1.1
H/H_1	0.80～0.93	0.80～0.90	—	—
A/A_1	0.90～0.97	0.70～0.85	—	—

（2）模具结构类型及特点　若塑料异型材的截面形状比较复杂，则用于异型材的成型模具的结构及内腔熔料流道的截面形状也就很复杂。结果给成型模具结构设计和制造都带来较大的困难。

异型材成型模具从结构的组成形式分，可分为板式成型模具和流线型成型模具。

1）板式模具结构特点及应用　板式成型模具的结构是指异型材成型内腔形状由几块钢板拼成。这种由多块钢板拼成连接成型的异型材内腔形状，如图 8-4 所示。

板式异型材成型模具，从图 8-4 中可以看到：结构组成比较简单、机械加工制造也比较容易。生产时只要更换模口，就可以成型不同截面形状的异型材，而其他部分均属成型模通用件。所以，组装、调整和拆卸都很方便。但是，板式连接组成异型材内腔中的熔料流道变化比较突然、急剧，这样料流的稳定性差、阻力大、熔料易滞留分解。因此，这种板式异型材成型模具不适合成型热稳定性较差的聚氯乙烯树脂。这种模具比较适用于挤出聚烯烃类树脂成型异型材。

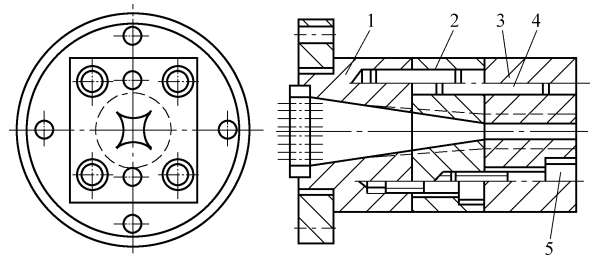


图 8-4　板式成型模具结构

1—模具体板　2—收缩口板　3—口模板

4—定位销钉　5—连接螺钉

2）流线型模具结构特点及应用　异型材用流线型成型模具内腔熔料流道与管材成型模具内腔熔料流道相似，熔料流经过的内表面呈流线型。模具腔内的熔料截面形状由圆柱形逐渐变成异型材的截面形状（见图 8-5）。熔料流道通畅，也不易产生滞留熔料部位。

流线型成型模具的结构组成可分为分段组合流线型模具和整体式流线型成型模具。

分段式组合流线型成型模具的结构与板式成型模具结构相似。它的模具腔组成也是由多块板型腔拼接连成，板与板之间的型腔连接曲线、圆滑过渡连接基本上接近流线型，无滞留熔料部位。这种结构的应用主要是从模具较容易制造这方面考虑的。

分段式流线型异型材模具可用于聚氯乙烯树脂的挤出成型，也适合聚烯烃类树脂的异型材挤出成型。

如图 8-5 所示，整体式流线型异型材模具，模具体是由一块合金钢材制造，异型熔料流腔截面几何形状复杂，在模具体上是由同一块金属板形成的。这种整体式流线形模具结构比较复杂，在一块金属板内有多个熔料流曲线断面，这就给模具制造时的机械加工带来很大难度。最后整形修光时，需要由技术熟练的钳工按样板手工修磨加工。各段曲线过渡要圆滑光洁，不许存在死角滞料区；各曲线的表面粗糙度值 *Ra* 应不大于 0.32μm。所以，这种模具的制造费用较高。

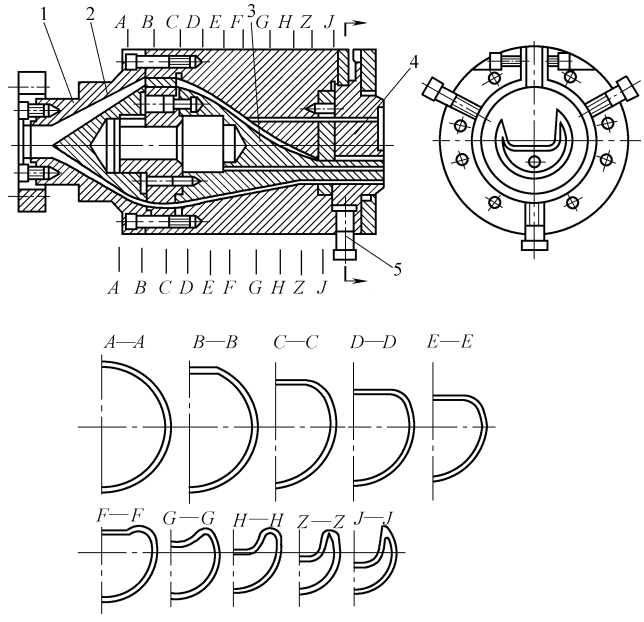


图 8-5　整体式流线型异型材用模具结构

1—模具体　2—分流锥　3—芯棒　4—口模　5—调节螺钉

整体式流线型异型材模具可以适合硬聚氯乙烯、软聚氯乙烯、ABS 和聚烯烃类树脂的异型材挤出成型。

流线型模具结构参数选择提示如下：

1）模具入料口部位的扩张角，是熔料进入模具的一个过渡零件。为使熔料缓慢舒展和流速均匀，要求制品高度小于机筒直径，宽度大于机筒直径中空制品成型模具中的扩展角，应在 70°以下，硬聚氯乙烯成型制品用模具的扩展角一般取 60°左右。

2）生产中空异型材时，进入模具中的熔料首先要通过分流锥和分流锥支架（这部分和管成型模具结构相似），这对制品质量有一定的影响。为了尽快消除支架筋给制品造成的熔料结合线，除了把筋的截面尽量设计的小一些外，还应使从此处到模具口的定形段间的熔料存在一个压缩比，这既可使熔料结合线消除，也可提高制品的成型质量。压缩比在 3 ~ 13 范围内选取。

3）口模部位的压缩角度选择，对制品的质量影响也较大。压缩角取大些，对尽快消除熔料结合线有利，但会使制品产生较大的内应力，造成挤出模具的料流不稳定，会使制品的表面粗糙，降低表观质量。所以，这个压缩角度的选择，要视原料的性能和工艺温度控制情况来确定。一般这个压缩角度控制在 25° ~ 50°范围内。

（3）冷却定形模具　从成型模具唇口挤出已初步具有异型材坯形的制品，在被引进冷却定形模具后，使异型材坯的几何形状和外部各尺寸进一步得到修整，同时降温定形，进一步完成异型坯的冷却定形工作。

冷却定形模的结构形式组成有多种类型，图 8-6 所示的冷却定形模的结构只是其中的一种。

图 8-6 所示的冷却定形模具是由钢板拼合组装而成的。在这段长 400 ~ 500mm 的冷却定形模具中，内有真空定形腔段和通水冷却定形腔段，型腔组合件分上下两部分。

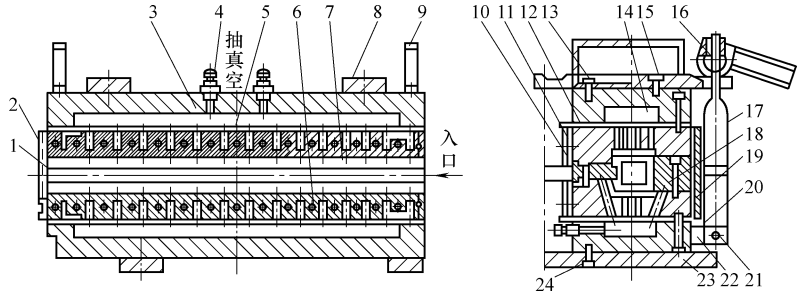


图 8-6　异型材冷却定形模结构

1、11、13、15、18、24—内六角螺钉　2—端板　3—盖板　4—气嘴
5、6、7—型板　8、19—压板　9—吊环　10、14—侧型板　12—垫片
16—锁紧装置　17—拉杆　20—铰链　21—下转档
22—滑块　23—底板

这种冷却定形模具的工作方式与管材挤出成型后的真空冷却定形方式相同：异型材坯从成型模具的唇口挤出后立即进入真空腔冷却定形。异型坯在真空腔定形模段通过时，有许多小孔或沟槽与真空腔相通，由于负压作用，异型坯外形面紧贴在冷却定形模具的内表面，使异型坯的外形几何形状及尺寸得到进一步的修整，再由于降温的作用，使异型坯固化定形。然后，再被牵引进入通水冷却段，进一步降温定形。

对冷却定形模设计提出下列几点要求：

1）结构要有良好的散热性能，多用铝合金制作，表面应设有散热片结构。

2）结构要适宜操作、加工容易，型坯引入方便和便于清理。

3）冷却定形模结构为螺栓紧固，多个零件组合型，要注意零件结合处的密封性（推荐用尼龙密封垫料涂层密封），以保证真空度及循环水不渗漏，同时，也应尽量减少空气吸入定形模。

4）模膛内表面（与制品接触面）应有较高的光洁程度，耐腐蚀、有较高的硬度、耐磨损。

5）注意冷却水板布置，在定形模的上下、左右要分布均匀，以使型坯受冷收缩时各部位变化均匀，以减少制品内应力的产生，这样也就减少了型坯离模后的变形。还应注意生产线上的几个冷却定形段的进、出循环水通路温差要保持相同。

6）要使真空孔在型腔壁上的布置对型坯吸附力接近均匀，以达到型坯各部位在型腔内壁吸附程度趋于一致（即定形模上的真空面积上下、左右保持对称），这样才能使型坯各点散热均匀。但应注意：模膛内真空孔对型坯的吸附力，应是从进料端至出料端逐渐变小。

7）定形模的长度通常都是按制品的壁厚大小来确定。为了加工方便，还把较长的定形模分成几段，具体定形模长度尺寸可按表 8-3 选择。分几段制造的定形模在异型材辅机中安装时，注意要严格控制，调整好各段模工作时的同心度。

表 8-3　定形模长度与异型材断面尺寸关系

异型材断面尺寸/mm		定形模总长/mm	可分段数
高×宽	壁厚		
40×200	1.5 以下	500～1300	1～2
80×300	1.5～3	1200～2200	2～3
80×300	3 以上	2000 以上	3 以上

8）定形模型腔尺寸确定与制品的结构形状和壁厚大小有关，但主要还是从异型材冷却定形收缩率变化及冷却定形过程中受牵引拉伸力作用，进而对制品截面尺寸的影响方面进行考虑。异型材成型用不同材料时的收缩率见表 8-4。

表 8-4　异型材用不同塑料成型时的收缩率

材　料	硬质 PVC	RA66	软质 PVC	PE	PP	CA	PA610	ABS
收缩率/%	0.8～1.3	1.5～2.5	3.5～5.5	4～6	3～5	1.5～2	1.5～2.5	1～2

8.1.3　辅机

异型材挤出成型生产线上的辅机，即牵引机和切割机的结构和工作方式与硬管挤出成型生产线上的辅机完全相同。一般中空异型材生产多采用履带式牵引机；敞开型异型材用辊式牵引机。

异型材挤出成型生产线上用辅机技术参数及生产厂商见表 8-5。

表 8-5　异型材辅机技术参数

产品名称	型　号	主要技术规格	电动机功率/kW	质量/t	外形尺寸(长×宽×高)/m	用　途
塑料挤出异型材辅机	SJY-F100×70（SJYE100×70）	制品规格(长×宽)：100mm×70mm 生产速度：0.5～5m/min	0.5	0.7	9.0×1.3×1.6	与 SJSZ-45 配套使用生产异型材及管材
	SJY-F130×20（FY130）	制品规格(长×宽)：130mm×20mm 生产速度：0.15～3m/min 牵引功率：1.5kW	16.5	2.38	4.975×0.91×1.77	与 SJSZ-45 或 SJSZ-55 配套使用
	SYJ-F150×60（SJSZ-60,SJS-FY80）	制品规格(长×宽)：150mm×60mm 生产速度：0～3m/min		7	23.0×2.08×1.82	与 SJSZ-60 配套使用生产异型材
	SJY-250×100（FY250）	制品规格(长×宽)：250mm×100mm 生产速度：0.14～2.8m/min 牵引功率：2.2kW	20	4.5	14.5×2.4×2.05	与 SJSZ-55 或 SJSZ-65 配套使用
	SJY-F340×150	制品规格(长×宽)：340mm×150mm 生产速度：0.3～3m/min 牵引功率：2×1.5kW(直流)	25.1(交) 3(直)	4.5	16.8×1.2×1.8	与 SJSZ-60×22 配套生产 PVC 异型材
	SJY-F240×120（SJYF-240×120）	制品规格(长×宽)：2400mm×120mm 生产速度：0.4～4m/min	76.5	7.39	21.0×1.2×2.24	与 SJSZ-60 配套生产 PVC 门窗、槽板、装饰条

（续）

产品名称	型　　号	螺杆直径/mm	机头规格/mm	定形方式	定形模长度/mm	牵引速度/(m/min)	总功率/kW
塑料百叶窗型材挤出机组①		45	30×0.65	真空	495	1～6	9.75

产品名称	型　　号	螺杆直径/mm	用水量/(L/min)	牵引速度/(m/min)	牵引长度/mm	生产能力/(kg/h)	总功率/kW
塑料异型材挤出生产线①	SJY180×80	55/110	80～100	0.3～3	3000	130	68

产品名称	型　　号	螺杆直径/mm	冷却长度/mm	牵引速度/(m/min)	牵引长度/mm	生产能力/(kg/h)	总功率/kW
塑料发泡异型材挤出生产线①	SJY(B)×80.0	55/110或60/130	4000	0～2.67	2500	130或220	22～27

产品名称	型　　号	螺杆直径/mm	用水量/(L/min)	牵引长度/mm	牵引速度/(m/min)	生产能力/(kg/h)	总功率/kW
塑料复合异型材挤出机组①		55/110	80～100	2500	0.3～3	130	90

产品名称	型　　号	最大型材宽度/mm	最大型材高度/mm	真空定形套长度/mm	空气冷却槽长度/mm	牵引速度/(m/min)	外形尺寸(长×宽×高)/mm	总功率(切割电动机)/kW
双螺杆异型材辅机②	SJS-FY80	60	150	1400	4000	0.3～3	23000×2030×1820	2.2

产品名称	型　　号	生产能力/(kg/h)	制品规格/mm	牵引力/kN	牵引速度/(m/min)	切割行程/mm	总功率/kW
塑料异型材机组③	CE7Y-Z51 Ⅰ型	40～120	180×80	40	0.4～4	350	31.5
	CE7Y-Z51 Ⅱ型	40～120	200×100	40	0.2～6	0～130	31.5

① 山东塑料橡胶机械总厂生产。
② 大连冰山橡塑股份有限公司生产。
③ 上海轻工机械股份有限公司挤出机厂生产。

8.2 原料

聚氯乙烯异型材挤出成型用料，是以悬浮法聚氯乙烯树脂中的 SG4、SG5 或 SG6 型料为主，然后根据挤出工艺和型材的使用条件要求，在主原料中适当加入一定比例的稳定剂、改性剂、填充料和其他辅助料，组成用料配方。异型材挤出成型用料配方见表 3-7。

主原料应尽量选用异型材成型专用料，如沧州化工实业集团有限公司产 SD700、SD1000 或福州二化集团产 K65、K67 型 PVC 悬浮法树脂。

8.3 工艺

1）原料的配混、造粒工艺及用设备等条件见本书中 4.4 节内容。

2）用双螺杆挤出机挤出成型异型材工艺参数。

① 工艺温度控制见表 8-6。

表 8-6　异型材挤出（双螺杆挤出机）成型工艺温度

加热部位 / 温度 / ℃ / 材料	机筒各段			连接颈	成型模具			口模
	1	2	3		1	2	3	
PVC SG4 或 SG5	170 ~ 180	170	165 ~ 170	170 ~ 175	170 ~ 175	175	180 ~ 185	185 ~ 188
PVC SG6	170 ~ 175	165	160 ~ 165	165 ~ 170	165 ~ 170	170	175 ~ 180	180 ~ 185

如果采用单螺杆挤出机挤出成型异型材时，挤出机机筒和成型模具的温度控制应略高于双螺杆挤出机挤出成型异型材的温度控制；但单螺杆挤出机塑化原料的工艺温度是加料段温度低，随着向均化段过渡温度逐渐升高。

② 真空定型时用真空度为 -0.08 ~ -0.06MPa 之间。

③ 型坯冷却用冷却水温度应控制在 15℃以下，以 4 ~ 8℃应用较多。

④ 牵引速度和硬管材生产时的牵引速度相似，一般情况下也是牵引速度略快于型坯从模具口挤出速度，一般控制在 1.05 ~ 1.10 倍范围内。

3）异型材挤出成型工艺操作要求。

原料配混降温后(配混工艺参见 4.4 节内容)，用 80 目筛网过筛。如果用双螺杆挤出机挤出成型，可直接投入挤出机料斗内生产。如果用单螺杆挤出机挤出成型，原料要先经造粒工序后，才可投入生产。

挤出机的选择应用，通常是：异型材截面积较大，要求产量高，应采用双螺杆挤出机；异型材截面积小，应选用单螺杆挤出机。

挤出机的机筒加热温度控制，双螺杆挤出机是加料段温度高于中间段，均化段温度最低(指机筒中的三段温度控制)；单螺杆挤出机的温度控制，是从机筒的加料段开始，温度逐渐升高。注意：机筒和成型模具温度控制，要按工艺温度要求严格操作。温度偏高，成型制品难度增加，熔料易分解、制品出现气泡或发黄；温度偏低，原料塑化质量差，成型质量无法保证，制品表面粗糙，有可能无法正常生产。

加料螺杆转速要与挤出机螺杆转速匹配，一般加料螺杆转速应是挤出机螺杆转速的 2 倍左右。

牵引制品的速度要与制品型坯从模具口挤出的速度匹配，正常生产情况下，是牵引速度略快于型坯从模具口挤出速度。

挤出机螺杆工作转速控制在 15 ~ 25r/min 较适宜，制品壁厚小于 1mm，取高转速；壁厚大于 2mm，取较低的螺杆转速。

制品冷却要完全浸入冷却水内，冷却循环水应是从出料端进，从入料端出。

异型材生产质量应符合标准 GB/T 8814—2004 的规定。

8.4　异型材挤出成型故障排除

塑料异型材挤出成型故障原因及排除方法见表 8-7。

表 8-7 异型材质量故障原因及排除方法

故障现象	产生原因	排除方法
异型材纵向结构形状波动壁厚时大时小	①螺杆转动速度不平稳 ②供料螺杆转动速度不平稳 ③机筒塑化原料温度波动 ④牵引速度不平稳	①检修螺杆工作传动系统 ②检修供料螺杆传动系统 ③检修电加热系统,更换损坏元件或调整接触不良部位 ④检修牵引辊工作用传动系统
型材弯曲变形	①挤出机生产线上各设备中心线不在同一条水平直线上 ②型坯冷却降温速度不一致 ③真空定形套及冷却水温控制不当 ④螺杆转速过快,型坯冷却降温时间短	①重新找正各设备位置达到各设备中心线在同一条水平直线上 ②调整冷却水降温效果,使壁厚不同处的降温速度一致 ③检查调整真空冷却定形部位,使其适合工艺要求 ④降低螺杆转速,降低型坯从模具口挤出的速度
制品有纵向条纹	①成型模具结构不合理,熔料成型压力不足,定形段长度偏短 ②用料配方中的原料选配不当 ③口模部位有划伤痕	①重新设计模具结构,增加模具进料端熔体压力,增加定形段长度 ②调整配方中用料比例,适当降低外润剂、调整口模温度 ③修磨口模处划痕
制品结构形状收缩量比较大	①牵引速度过快 ②冷却定形水温过高 ③成型模具温度偏高	①调节牵引速度适当慢些 ②降低冷却水温 ③成型模具温度适当调低些
制品端部有裂纹	①原料塑化不均匀 ②成型模具温度低 ③配方中用料比例不当	①提高机筒温度 ②提高模具口模处温度 ③调整配方中用料比例
制品筋部收缩量大	①口模部位成型筋处熔料流速慢,筋槽受拉伸 ②真空定形套中真空度控制不当,或操作有误 ③冷却水温度偏高	①适当修改模具结构,使筋部熔体流速提高 ②调整真空度适合制品冷却定形工艺要求 ③加大水流量,降低冷却温度
制品表面有斑点、鱼眼或气泡	①原料中杂质多,过滤网破裂 ②原料中水分含量过高或有挥发物 ③挤塑过程中熔体料排气不充分 ④螺杆体温度过高	①更换过滤网,必要时换原料 ②原料干燥处理,使其含水量小于 0.01% ~0.05% ③调整工艺参数 ④适当降低螺杆温度
制品表面有黄线	①塑化熔料温度高,有部分原料分解 ②成型模具腔内有滞料现象,残料分解 ③配方中原料选择不当,有的原料热稳定性差	①适当调整挤出工艺温度 ②检修模具,修磨滞料面 ③检查配方中原料,进行调整,更换热稳定性较好的原料
制品表面有条纹或云雾纹	①原料配方选择不当,润滑剂加入量大 ②原料混合搅拌工艺条件不合理 ③原料中主原料不纯,混有不同牌号料	①重新调整配方中的用料组合,减少润滑剂加入量 ②调整配混料工艺参数,使原料混合均匀 ③检查原料纯度,必要时更换新料

（续）

故障现象	产生原因	排除方法
制品表面有熔料接痕	①成型模具结构欠合理	①适当加大模具熔料腔对熔料的成型压力和定形段长度
	②原料配方中原料组合欠佳，工艺条件不当	②原料配方中适当减少外润滑剂加入量，提高熔料温度，降低口模温度和熔料挤出量
制品强度降低	①原料配混工艺有不当之处	①修改工艺参数，严格按工艺要求顺序向混合机内加料
	②挤出成型制品工艺参数不合理	②注意熔料温度控制，加大熔料成型压力，牵引速度与挤出速度匹配合理
	③成型模具结构和定形冷却工艺不合理	③型坯要缓慢降温，减小型坯运行的阻力

第 9 章　塑料丝挤出成型

塑料丝可用聚乙烯、聚丙烯、聚酰胺和聚氯乙烯树脂挤出成型。丝的细度（直径）在 0.15 ~ 0.30mm 范围内；按用途分有渔业用丝、工业用丝和民用丝等种类。塑料具有强度高、质量轻、耐磨性及耐化学腐蚀性好、弹性好，在低温环境中柔韧性好，在水中强度不受影响和介电性能优良等特点。以聚乙烯丝为例，这种丝可用在渔业中制作拉网、围网、定置网；工业中用过滤网制作各种绳索等；民用主要用于制作窗纱等。

9.1　设备

塑料丝的挤出成型，分湿法和干法生产单丝工艺流程，不同生产工艺用设备生产线如图 9-1 ~ 图 9-3 所示。主要设备有：单螺杆挤出机、成型模具、分丝板、热水槽、牵伸辊、热烘道和卷取装置。

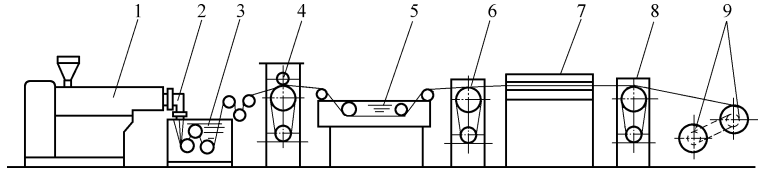


图 9-1　聚乙烯单丝挤出成型生产线（湿法）

1—挤出机　2—成型模具　3—水槽　4—牵伸装置　5—热水槽

6—第二牵伸装置　7—烘箱　8—牵引机　9—收卷装置

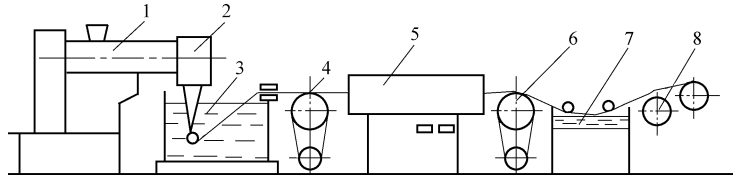


图 9-2　聚丙烯单丝挤出成型生产线（干法）

1—挤出机　2—成型模具　3—水槽　4—牵伸装置　5—烘箱

6—第二牵伸装置　7—热水槽　8—收卷装置

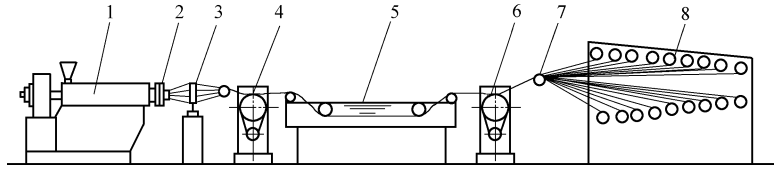


图 9-3　聚氯乙烯单丝挤出成型生产线（湿法）

1—挤出机　2—成型模具　3—分丝板　4—牵伸装置　5—热水槽

6—第二牵伸装置　7—分丝导辊　8—收卷装置

（1）挤出机　塑料单丝挤出成型一般都用单螺杆挤出机。螺杆的结构：聚氯乙烯单丝挤出成型用渐变型螺杆，长径比为(20～25)∶1；聚丙烯和聚酰胺(尼龙)单丝挤出成型用突变型螺杆，长径比为(25～30)∶1；聚乙烯和聚丙烯原料用螺杆的压缩段为(3～5)D，聚酰胺(尼龙)原料用螺杆的压缩段为(1～2)D，D 为螺杆直径。

（2）成型模具　单丝挤出成型用模具结构，有水平式（见图 9-4）和垂直式（见图 9-5），一般用过滤网目数为 40/80/40 三层。入料口的收缩角在 30°左右；分流锥扩张角在 30°～60°。模具中喷丝板是关键零件（结构如图 9-6 所示）。喷丝板的加工精度对挤出成型单丝质量有较大影响：要求喷丝板用耐热变形小的合金工具钢制造；成型单丝孔内径表面要光滑、无划伤、无毛刺、无滞料现象，而且长时间工作表面应耐磨不变形。丝板孔加工时，要注意喷丝板孔径与单丝制品直径的关系（见表 9-1）。丝孔的数量一般在 12～60 个范围。孔数过多，分丝机构庞大。喷丝孔的长径比 L/D 为（4～10）∶1。丝孔要求直径尺寸一致，各孔中心距相等，平直部分长度相等；熔料引入导角应无滞料平台。

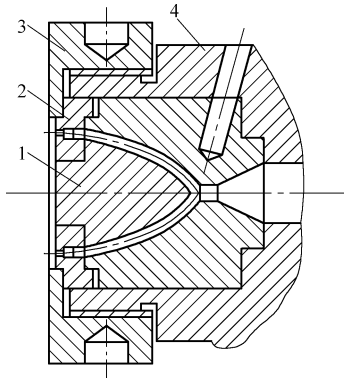


图 9-4　水平挤出成型单丝模具结构

1—分流锥　2—喷丝板　3—锁紧螺母　4—模具

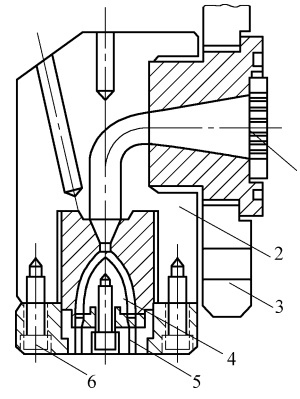


图 9-5　垂直挤出成型单丝模具结构

1—多孔板　2—模具　3—锁紧法兰　4—分流锥　5—喷丝板　6—紧固螺钉

单丝挤出成型生产中出现故障与模具有关的现象，主要是丝容易断头。产生原因：一是模具控制温度不稳定，温度过高或过低，在丝被拉伸倍数固定时，都容易出现断丝现象；另一点是喷丝板的设计不合理，应修改喷丝板结构。

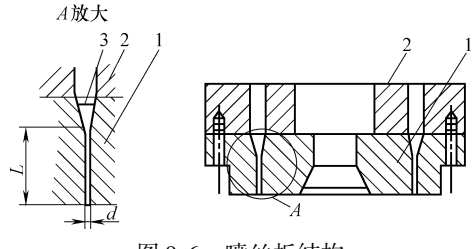


图 9-6　喷丝板结构

1—喷丝模板　2—引入导板　3—孔径导角

（3）冷却水槽　冷却水槽的作用是把从模具中挤出的已经成型的丝状熔料冷却定形。冷却水槽的结构很简单，如图 9-7 所示，长约 1～2m、高约 1m，水槽内冷却水温度控制在 20～30℃范围，液面距喷丝板高度在 30～50mm 范围内。

（4）牵引拉伸装置　单丝成型后拉伸的目的是使其分子重新排列成与长度方向一致的有序结构，以提高丝的工作强度。

表 9-1　单丝直径与喷丝板孔径关系　　（单位：mm）

单丝直径	喷丝板孔径			
	LDPE	HDPE	PVC	
	拉伸倍数			
	6	8～10	2.5	6
0.2	0.5	0.8	0.3	0.5
0.3	0.8	1.1	0.5	0.8
0.4	1.1	1.2	0.6	1.1
0.5	1.2	1.7	0.8	1.2
0.6	1.5	2.0	1.0	1.5
0.7	1.7	2.3	1.1	1.7

拉伸装置主要由拉伸辊和丝的加热装置组成，工作方法是依靠几组拉伸辊的转速差，把直径较粗的丝加热后拉成制品要求规格。

拉伸单丝时的加热方法，可用烘箱热风循环加热，也可用热水加热。通常，聚丙烯丝拉伸用150℃、热风循环加热。聚乙烯、聚酰胺（尼龙）和聚氯乙烯丝拉伸用100℃沸水加热拉伸成一定规格的制品。

（5）收卷装置　挤出成型的单丝卷取，可采用中心卷取方式，把成型的一组单丝合股卷在卷筒上成一大捆，也可把每根单丝分别卷成一捆。为了使卷取丝的张力恒定，卷取装置最好用力矩电动机驱动。

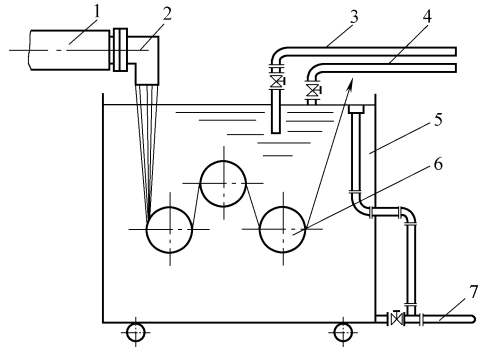


图 9-7　冷却水槽结构

1—挤出机　2—成型模具　3—加热蒸汽管　4—冷水管　5—水槽　6—导辊　7—排水管

塑料单丝生产用辅机技术参数及生产厂家见表 9-2。

表 9-2　塑料单丝挤出成型辅机技术参数及生产厂

型　号	技术参数					生产厂家
	螺杆直径/mm	长径比	收卷锭数	生产能力/(kg/h)	总功率/kW	
SJ-65×25-7	65	25∶1	162	43	125	连云港市家用电器总厂
SJ-75×28-7	75	28∶1	186	90	165	
SJ-90×30-7	90	30∶1	108	179	180	
SJ-65×28-9	65	28∶1	162	86	155	

型　号	技术参数					生产厂家
	生产能力/(kg/h)	拉丝直径/mm	拉丝数量	卷丝速度/(m/min)	总功率/kW	
SJZ-S-4513-0.3	2.5～33	0.15～0.3	40	195～225	34	上海轻工机械股份有限公司挤出机厂

（续）

型　号	技术参数						生产厂家
	螺杆直径/mm	牵引辊直径/mm	卷取速度/(m/min)	第一牵伸速度/(m/min)	第二牵伸速度/(m/min)	第三牵伸速度/(m/min)	
SJ-LSF	45.65	210	39～194	1.6～16	9.6～96	19.2～192	山东塑料橡胶机械总厂
LS60/240-1	65	350	50～150	5～20	50～150		

聚丙烯丝用烘箱热风循环加热，温度在150℃以上，能提高拉伸倍数，但设备较复杂、生产成本高。

目前，采用100℃沸水加热(湿法)拉丝的生产方式较多。这种生产工艺设备简单，丝坯加热均匀，生产操作也很方便。湿法牵伸生产设备有：几组牵伸辊、加热牵伸水槽和压丝杠，排气装置及排丝机等。

1）牵伸水槽。长度在2～3m之间，槽中水可用蒸汽加热，也可用电加热。蒸汽加热需要有专用锅炉，加热升温快，操作安全；电加热升温慢且不安全。

2）牵伸辊。牵伸辊有多组，每组牵伸辊又由几个牵伸辊组成。数量由牵伸次数确定。常见牵伸辊组有：二辊牵伸、三辊牵伸和七辊牵伸。两辊牵伸装置中的辊排列方式为上下排列，上辊表面镀铬，为主动辊；下辊安装与上辊成10°左右的倾斜角，目的是为便于排丝，为被动辊。两辊牵伸分初牵伸和第二次牵伸，为防止丝打滑，丝在两次牵伸中的被动辊上多绕几圈。这种牵伸丝生产方式操作较麻烦，丝的性能也不太稳定，但设备结构简单、操作安全。

三辊牵伸或七辊牵伸装置中，引入丝的第一主动辊上都设有橡胶辊压紧丝，这增加了丝与辊面的摩擦力，防止了丝拉伸时的打滑现象，则拉伸倍数准确、稳定，丝的性能也得到提高。

3）压丝杠。用不锈钢制作，它的作用是把进入水槽中的丝压住，使其浸没在水中。

4）热处理装置。干法生产时为电热烘箱，湿法生产时为热水槽。拉伸后的丝通过这个热处理装置，主要是为了消除拉伸丝产生的内应力，以减少成品收缩率。

9.2　原料

（1）聚乙烯丝挤出成型用原料　聚乙烯丝挤出成型用料，主要是用密度为0.955～0.965g/cm^{2}的高密度聚乙烯。国内产PE丝专用料有：中国石油大庆石化公司、中国石化扬子石油化学分公司产5000S和5200S，中国石化北京燕化石油化工股份有限公司产DGDA-6094等树脂。

（2）聚丙烯丝挤出成型用原料　聚丙烯丝挤出成型用料，应选熔体流动速率(MFR)为0.1～1g/10min的树脂。专用挤丝料有：中国石化齐鲁石油化工股份有限公司产T30S，天津石油化工公司产T30S、Z30S和抚顺石油化工公司产C30S、V30S等树脂。

（3）聚氯乙烯丝挤出成型用原料　聚氯乙烯丝挤出成型，是以悬浮法PVC树脂中的SG5型料为主原料。再按丝应用条件需要，加入一定比例的稳定剂、增塑剂、润滑剂及其他

辅助料，组成用料配方。PVC 丝挤出成型用料参考配方见表 9-3。

表 9-3 PVC 单丝挤出成型原料配方（质量份）

原 料	硬通用丝	窗纱	绳索	软丝
聚氯乙烯(PVC SG5)	100	100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯	3	6	1	10
邻苯二甲酸二丁酯	3	—	4	30
环氧油酸丁酯	—	—	1	—
烷基磺酸苯酯	—	1.5	—	—
钡/镉稳定剂	—	2	—	—
月桂酸二丁基锡	—	2	—	—
三碱式硫酸铅	2.8	—	2.5	1.5
二碱式亚磷酸铅	—	—	—	1
硬脂酸	0.6	0.5	0.6	0.2
硬脂酸钡	0.8	—	1.2	1.5
硬脂酸铅	0.6	—	0.6	—
酞菁蓝	13g	10g	10g	—
酞菁绿	66g	60g	60g	—

（4）聚酰胺丝挤出成型用原料　聚酰胺(尼龙)丝挤出成型用原料，主要是用 PA1010 树脂，是一种白色或微黄色半透明颗粒。

9.3 工艺

1）聚氯乙烯丝挤出成型，应先按本书第 4 章中的内容，把配方中各种原料配混后造粒，然后再挤出拉伸成丝。

其他种原料可直接用挤出机塑化原料，挤出成型丝制品。

2）几种塑料丝挤出成型工艺参数见表 9-4。

3）塑料丝挤出成型工艺操作要点。

① 成型单丝用原料挤出塑化时，机筒前端要加多孔板和过滤网，网目数应根据不同原料确定，一般选 80 ~ 120 目之间，2 ~ 4 层。

② 工作中注意维护喷丝板的精度，喷丝孔熔料流经面要保持光滑、无残料、无划伤；拆卸时不许敲击，要轻拿轻放，以防其变形。

③ 冷却槽内水温控制在 20 ~ 30℃之间，液面距喷丝板高 30 ~ 50mm，丝在水中运行长度应大于 1m。聚氯乙烯单丝采用空气冷却温度为 40 ~ 60℃。

4）丝拉伸时的加热温度应控制在该原料的熔点温度以下，温度可尽量高一些。聚氯乙烯单丝的拉伸温度为 95 ~ 100℃。

5）丝的拉伸倍数应按其工作要求强度决定，不同塑料的拉伸倍数：聚乙烯为 8 ~ 11，聚丙烯为 5 ~ 8，聚酰胺(尼龙)为 3 ~ 5，聚氯乙烯为 3 ~ 6。

表9-4　几种塑料丝挤出成型工艺参数

品种		挤出机机筒温度℃			喷丝板温度/℃	冷却水温度/℃	牵伸倍数	牵伸温度/℃
		加料段	塑化段	均化段				
PVC	窗纱丝	80～100	110～140	140～160	160～180	空气冷却 40～60	2.5～3.5	95～100
	绳子丝				160～180	空气冷却 40～60	3.5～4.5	95～100
HDPE 渔网丝		150～200	220～260	270～310	290～310	30～50	9～10	90～100
PP	渔网丝	150～200	210～240	240～280	280～300	20～40	8～10	120～150
	绳子丝				280～300	20～40	6～7	95～130
PA1010	渔网丝	180～200	210～240	250～260	230～240	20～40	4～45	70～85
	刷丝				230～240	20～40	3.5～4	70～85

6）拉伸后的成品丝要进行退火热处理，目的是消除内应力，以减少丝的收缩率。热处理时的加热温度控制在丝拉伸时加热温度以下。对于无特殊要求的丝也可不进行热处理。

9.4　丝挤出成型故障排除

塑料丝挤出成型生产中，常见质量故障产生原因及排除方法见表9-5。

表9-5　塑料丝挤出成型质量故障原因及排除方法

故障现象	产生原因	排除方法
单丝直径粗细不均匀	①螺杆转速不平稳 ②机筒加热控温不稳定，温度波动大 ③模具温度控制不当 ④牵引辊转速波动 ⑤机筒、螺杆磨损严重，挤出料量不稳定	①检修螺杆旋转用传动系统 ②检修加热控温系统 ③适当调整模具各部位温度，加热应均匀，温度要稳定 ④检修牵引辊传动，传动带可能存在打滑现象 ⑤检测机筒与螺杆配合间隙，超出标准规定应进行维修
断丝现象较多	①过滤网破裂熔料中杂质多 ②原料塑化不均匀 ③模具温度控制不稳定 ④喷丝板料孔有残料 ⑤牵伸辊转速偏快	①更换过滤网，必要时换原料 ②适当提高原料塑化温度 ③检查加热控温系统 ④清理喷丝板孔中残料 ⑤适当降低牵伸辊转速
丝色泽不一致	①原料不纯，混入其他色料 ②配色混合搅拌不均匀 ③换原料时机筒未清理干净 ④水槽中热水温度不稳定	①检查原料，如混入其他色料应更换生产料 ②调整配混原料工艺 ③用聚乙烯无色料清理机筒，直至无色料为止 ④注意温控，保持恒温

（续）

故障现象	产生原因	排除方法
丝无光泽或色泽深暗	①喷丝孔结构不合理或孔面不光洁 ②塑化熔料温度偏高	①修磨喷丝孔面 ②适当降低机筒温度
牵伸时水槽中断头多	①丝牵伸倍数过高 ②水槽温度偏低 ③压丝杠不光滑 ④原料选择有误 ⑤料中杂质多或过滤网破裂 ⑥传导辊阻力过大	①适当降低丝牵伸倍数 ②提高加热水温度或降低牵伸速度 ③修磨压丝杠，改善表面粗糙度 ④核实用料应选专用料 ⑤更换过滤网 ⑥检修导辊应转动灵活
喷丝孔出料量不稳定	①机筒进料口处温度偏高 ②加料斗中原料出现“架桥”现象 ③机筒与螺杆配合间隙过大，返流料量大	①降低进料口温度，加大冷却水流量 ②在料斗中加搅拌器 ③检修，必要时更换螺杆

第 10 章　塑料包覆层电线的挤出成型

塑料包覆层电线的挤出成型，主要是以聚乙烯或聚氯乙烯树脂为主要原料，再根据塑料包覆层工作环境及使用条件的需要，加入一定比例的辅助料(聚氯乙烯树脂中需加入增塑剂、稳定剂、润滑剂、填充料等。聚乙烯树脂中需加入一定比例的炭黑和抗氧剂等)，用以作电线电缆的绝缘保护层。

用铜、铝线等金属线作电线芯，外面用挤塑方法包上一层塑料，作绝缘保护用的电线电缆，具有较好的电绝缘性，难燃、耐热、耐老化、耐油、耐电晕、耐化学腐蚀和良好的耐水性能，也有一定的力学性能。所以，被广泛地应用在电力传输、通信、分配电能照明、动力机械及控制信号等各个方面。

10.1　设备

塑料包覆层电线的挤出成型生产工艺，也分两大工艺程序。第一工艺程序是塑料包覆用电缆料的用料配混生产工艺，这一工艺程序按本书 4.4 节所述进行操作。第二工艺程序的生产工艺路线如图 10-1 所示，主要设备有单螺杆挤出机、成型塑料包覆层用模具、冷却水槽、测试仪及卷绕等装置。

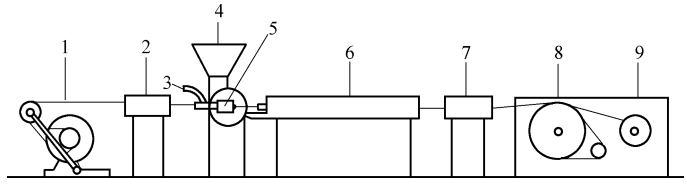


图 10-1　电线电缆挤出成型生产线示意

1—芯线　2—芯线预热处理　3—抽真空管　4—单螺杆挤出机　5—成型模具
6—冷却水槽　7—测试仪　8—绞盘　9—卷绕

成型电线塑料包覆层用挤出机，一般多用规格比较小(ϕ45mm 或 ϕ65mm 螺杆直径)的单螺杆挤出机，螺杆结构为等距渐变型，长径比为 20∶1 左右，压缩比为 3∶1。金属线芯塑料包覆机组技术参数见表 10-1。

塑料包覆线缆成型模具结构见图 10-2 所示，此种模具结构与塑料管成型用模具结构不同。从模具结构图中可以看到，挤出电线电缆包覆成型用挤出机生产线与电缆料塑化熔融用挤出机是成垂直方向布置，挤出机中塑化的熔料是成 90°方向进入模具内。

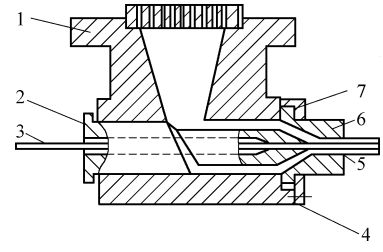


图 10-2　电线电缆挤出成型模具结构

1—模具体　2—芯棒　3—芯线　4—螺钉
5—线缆　6—口模　7—压紧圈

包覆电线电线成型模具结构，可分为压力型模具结构（见图 10-3）和管状型模具结构（见图10-4)。压力型模具结构把从挤出机进入模具腔内的熔料挤出模具时

紧紧黏附在芯线体上，成为导体芯线的绝缘塑料层。这是一种以绝缘为主的芯线包覆。管状型模具，熔料进入模具体内是呈管状形从模具口挤出，管内芯线与塑料管同心，但由于管内空腔又与真空系统管路相通，则挤出模具的管状塑料层收缩在芯线的圆周上，成为芯线导体的护套。

表 10-1　电缆包覆机组的主要技术参数

型号	主要技术规格			电动机功率/kW	质量/t	外形尺寸（长×宽×高）/m	用途
	线芯直径/mm	绝缘后外径/mm	出线速度/(m/min)				
SJN-F5	0.5～2.73	1.3～5	0～150	4	1.5	20×5	与塑料挤出机配套使用，加工 PE、PVC 电线电缆
SJN-F5	0.5～2.73	1.1～5	6～120	4	3.1	14.4×1.3×1.8	
SJN-F6（DF-6）	0.4～2.75	6	600	2.2×6	3.67	25.5×2.4×2	
SJN-F6A（DF-6A）	0.4～2.76	6	550	2.2	2.75	16.2×1.7×1.35	
SJN-F10A（DF-10A）	0.5～2.73	10	6～140	2.2 或 4	1.7	10.63×1.65×1.2	与 ϕ45mm 挤出机配套使用，加工电线电缆
SJN-F10B（DF-10B）	0.25～2.73	10	26～428	4	1.58	13.7×1.7×1.2	
SJN-F13	2.6～11	5～13	16～100	3			与塑料挤出机配套加工电线电缆
SJN-F25（SJ-FD-25）	2.73～27	5～25	3～65	4		26.35×4.70×1.5	
SJN-F25A（DF-25A）	3.89～10.3	25	6～60	4	3	19×35×1.8	与 ϕ65mm 挤出机配套加工电线电缆
SJN-F30A（DF-30A）	7.5～25	30	5～70	4	13	36×65×1.9	与塑料挤出机配套加工电线电缆
SJN-F35（SJ-FD-35）	7.5～25	10～35	2～40	4		34.75×5×1.8	
SJN-F65（SJ-FD-65）	16～57	18～65	0.5～20	7.5		52.5×3.5×2.5	

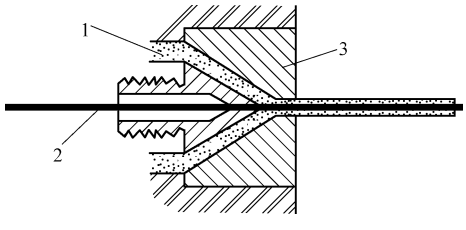


图 10-3　压力型模具

1—熔料　2—芯线　3—口模

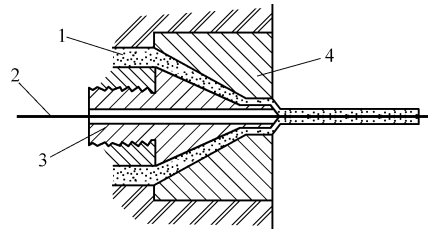


图 10-4　管状型模具

1—熔料　2—芯线　3—真空间隙　4—口模

10.2　原料

1）聚乙烯塑料包覆层用电缆料的原料，可用低密度聚乙烯、线型低密度聚乙烯、高密

度聚乙烯和交联聚乙烯。表 10-2 列出了聚乙烯电缆料的配方。配方 1 为防护层用黑色聚乙烯电缆料；配方 2 为辐照交联聚乙烯电缆料；配方 3 为线芯屏蔽用半导电聚乙烯电缆料；配方 4 为泡沫聚乙烯电缆料。表中用料配方仅供参考，应用时可按导线实际工作需要，酌情修改各种辅料用量比例。

表 10-2　聚乙烯电缆料配方（质量份）

原 料 名 称	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
低密度聚乙烯(LDPE)	100	100	100	100
抗氧剂(1010)	0.4			滑石粉 1.0
二碱式亚磷酸铅(2PbO)		4.0		
三氧化二锑(Sb_2O_3)		1.5		
氯化石蜡(含氯 70%)		1.5		
防老剂(DNP)		1.0	0.5	
交联剂(AD)			1.5	
硬脂酸(HSt)			2.0	
聚异丁烯(PIB)			30	
炭黑	2.0	2.0	45	
发泡剂				1.5

目前，国内生产电缆料专用 PE 树脂厂家很多。例如：

① 低密度聚乙烯电缆料用树脂生产厂有：中国石化集团茂名石油化工公司（产 951-050、951-000 等树脂）和中国石油兰州石油化工公司（产 2K1.5A、1K2.0B 等树脂）等。

② 高密度聚乙烯电缆料用树脂生产厂有：上海石化公司（产 DH050T、DH170T 等树脂）和中国石化北京燕化石油化工股份有限公司（产 TJDL-9475 树脂）等。

③ 线型低密度聚乙烯电缆料用树脂生产厂有：中国石油兰州石油化工公司（产 DFDA754 等树脂）等。

2）聚氯乙烯电缆料用悬浮法树脂生产厂有：福州二化集团（产 K74、K70 等树脂）和沧州化工实业集团有限公司（产 CK1800、CR2000、CM2900 等树脂）等。悬浮法 PVC 树脂 SG2 型与辅助料组合配方例见表 3-9。

10.3　工艺

塑料包覆层电线挤出成型工艺分两部分主要工序，第一工序是电线电缆料的成型；第二工序是塑料包覆层电线的挤出成型。

1. 电线电缆料的挤出成型

（1）电线电缆料的成型方法及用设备　它们实际和原料的配混，造粒工艺相同。具体的生产工艺内容参照本书 4.4 节内容。

（2）电线电缆料挤出成型工艺操作要点

1）聚乙烯电缆料用原料，也可选用熔体流动速率(MFR)为 2g/10min 的低密度聚乙烯与聚异丁烯(PIB)或丁基橡胶掺混，两种材料的掺混比例为 LDPE/PIB = 90/10。

2）聚乙烯电缆料中的炭黑应选用天然气槽法炭黑。注意炭黑要与 PE 料混合均匀；最

好是先用含 30% 左右的炭黑母料，然后再与其他料混合。混合均匀的原料应是棕色，在放大 200 倍显微镜下观察，应见不到较大的黑色颗粒。

3）PVC 电缆料挤出切粒时的塑化温度不应超过 160℃；PE 电缆料挤出切粒用单螺杆挤出机时的塑化温度不应超过 220℃，用双螺杆挤出机切粒时，熔料温度不应超过 240℃，挤出成型的条料在 50℃左右温度水中冷却、切粒。

（3）电线电缆料质量　黑色聚乙烯电线电缆料质量应符合标准 GB 15065—1994 的规定。软质聚氯乙烯电线电缆料质量应符合标准 GB/T 8815—2002 的规定。

2. 塑料包覆层电线挤出成型

（1）生产工艺顺序

电缆料→挤出机塑化→复合成型模具→金属线芯拉直→成型塑料包覆层电线→冷却定形→热处理→冷却→成品卷绕。

（2）工艺温度及有关参数。

1）聚乙烯包覆层电线。挤出机机筒温度(从加料段至均化段)为 130 ~ 150℃、150 ~ 170℃、160 ~ 180℃。复合成型模具温度为 175 ~ 185℃。

热处理烘道长度在 40 ~ 50m 范围内，用压力为 1. 5MPa 蒸汽排管加热，以促进聚乙烯交联。蒸汽加热烘道要向下有一定的倾斜，以方便冷凝水的排出。

2）聚氯乙烯包覆层电线。挤出机塑化原料机筒温度(从加料段至均化段)为 80 ~ 110℃、120 ~ 140℃、150 ~ 170℃。复合成型模具温度为 170 ~ 180℃。

包覆成型的聚氯乙烯层电线，采用水槽冷却，水槽长应由挤出包覆线的生产速度确定，一般水槽长约为 30m，冷却水温度为 15 ~ 25℃之间。

3. 塑料包覆层电线挤出成型工艺操作要点

1）生产前要检测电缆料的含水量，如超过允许值(见表 4-5)要用 80℃左右热风循环烘箱干燥处理。

2）塑料原料挤出机机筒前应加三层过滤网，分别为 80/100/80 目。

3）金属线芯在进入复合成型模具前，要经拉伸和预热处理，以保证其与熔融料有较好的黏附和较小的变形。金属线的预热温度在 100℃左右。

4）金属线芯(铜或铝线)直径常用规格有 1. 76mm、2. 24mm、2. 73mm。这三种线芯包覆 PVC 塑料层后，直径变为 3mm、3. 6mm、4. 3mm。

5）塑料包覆层电线用于通信时，多采用共混改性 HDPE 树脂，原料中除掺有抗氧剂外，还需加入抗铜剂(如常用抗铜剂有胺、肼或唑类物质)，用以阻止线芯(铜质)的催化氧化作用。

6）电缆料用塑料，除聚乙烯和聚氯乙烯树脂应用较多外，也可用聚丙烯、氟塑料和聚酰胺。

聚丙烯作绝缘材料，具有体轻、机械强度和耐热性较高、可在 110℃环境中应用等特点，所以，多用来作高温电绝缘材料。聚丙烯电缆料参考配方(质量份)：PP100、抗氧剂 0. 5、紫外线吸收剂 0. 35、抗铜氧化剂 0. 3。

聚酰胺作电线护套，有较高的机械强度，耐油性、耐磨性极好。但这种材料吸水性大，对电绝缘性有影响。

氟塑料耐热、绝缘、耐化学品等综合性能较好，多用作高热、高磁等场合的专用电缆料。

第 11 章　塑料板（片）挤出成型

塑料制品中的板、片和薄膜的区别和分类没有什么具体的规定。通常，人们把厚度小于 0.25mm 的薄片制品称为塑料薄膜；厚度大于 1mm 的制品称为塑料板；厚度在 0.25 ~ 1mm 之间的制品称为塑料片。

塑料板（片）挤出成型生产工艺路线与塑料平膜的挤出成型生产工艺路线基本相同。应用较多的挤出机挤出成型板（片）生产用设备布置见图 11-1 所示。

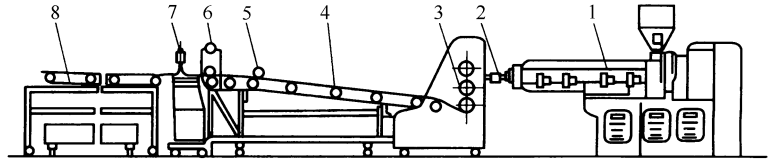


图 11-1　塑料板（片）挤出生产线

1—挤出机　2—成型模具　3—三辊压光机　4—冷却输送辊组　5—切边装置

6—牵引装置　7—切断机　8—制品检查堆放平台

塑料板（片）用挤出机挤出成型生产工艺过程是：把板（片）成型用原料按配方要求计量，用混合机混合均匀（如果用单螺杆挤出机挤出成型 PVC 板、片制品，要先把混合均匀的原料挤出造粒）后，投入到挤出机内塑化熔融，转动的螺杆再把熔体料推入成型模具内，成型板、片型坯则从模具口挤出，然后经三辊压光机牵引，把型坯压光、降温，固化定型，再经冷却辊组继续为制品降温，经切边和按要求长度切断，即为成品。

塑料板（片）的成型，除了挤出法外，还有用压延法、层压法、浇铸法和流延法等生产成型方法。目前，生产成型的板（片）材规格、宽可达 2m，厚度最大可达 30mm。

11.1　设备

从图 11-1 板(片)挤出成型生产线中看到，板(片)挤出成型用设备有：挤出机、三辊压光机、冷却输送辊组、切边装置、牵引装置和切断装置等，如果制品是薄片，还需有卷取装置等。

（1）挤出机　塑料板(片)挤出成型可用单螺杆挤出机，也可用双螺杆挤出机。目前，国内生产塑料板(片)多采用单螺杆挤出机生产。不同原料、不同规格的板(片)生产时，可参照表 5-36 和表 5-37 中的数值选择挤出机。

（2）成型模具　塑料板(片)挤出成型用模具结构，应用时参照第 7 章 7.2.2 节的内容，多采用图 7-21、图 7-23 和图 7-24 所示的模具结构。

（3）三辊压光机　三辊压光机的主要零件是由三根辊筒组成。三根辊筒的转动工作由直流电动机驱动，经过两级蜗杆传动减速后带动旋转。

三辊压光机在板(片)材成型模具前面，在距模唇口大约 50 ~ 100mm 位置。三辊压光机的作用是把从成型模具中挤出的板(片)坯形经过三辊压光机的牵引，修整压光和降温，把板(片)材冷却定形，然后输送给冷却传导辊，再进一步降温。

三根辊的布置方式如图 11-2 所示。三辊压光机的技术参数见表 7-34。

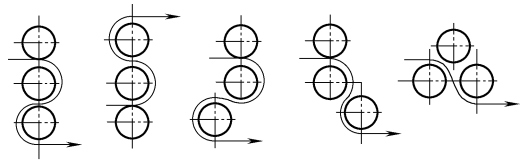


图 11-2　三辊压光机辊筒的布置方式

(4) 冷却辊组　辅机中的冷却辊组由几个或十几个直径（约 ϕ50mm 左右）较小的辊筒排列成一个平面而组成。它安装在三辊压光机后边，在牵引装置的前边。它的作用是把从三辊压光机输送过来的板（片）进一步降温冷却定形，托动板（片）在牵引装置牵引下向前运行。

(5) 切边装置　经过冷却降温的板（片）材，其幅宽略有些收缩、板（片）两端的厚度也有些增加，而且，通过三辊压光机后两端面也不整齐。切边机在牵引机前边，它由电动机直接带动圆锯片转动工作。板（片）两端面上的圆锯片距离，调整到板（片）材要求的幅宽距离尺寸，切去板（片）两端面略厚及不整齐部分。

(6) 牵引装置　牵引装置使经三辊压光机冷却定形，再经冷却辊组后被切边的板（片）材，在两根辊的压紧牵引下向前移动，输送给切割机。

(7) 切割装置　塑料板（片）材生产用切割机的结构形式与塑料硬管生产用切割机结构相同。在板（片）材生产达到要求长度时，用电动机直接驱动的圆锯片切断。如果塑料板为软质或片材，一般多采用剪床式设备，用可上下移动的切刀一次性切断制品。

(8) 板（片）挤出成型生产线上的其他装置。

1) 把切断后的板材输送到堆放场地时用的输送装置。

2) 如果生产制品为软质板或片，要有像薄膜卷取一样用的中心轴式收卷装置。

3) 塑料板（片）材厚度检测仪。操作工要经常根据检测的制品厚度尺寸、调整成型模具的模唇间隙和三辊压光机上三辊间距离，以保证板（片）制品的厚度尺寸符合质量要求。

4) 在板（片）切断前应有能够消除静电的装置，以保证生产工人的安全操作。

辅机工作故障对制品质量影响及排除方法见表 11-1。

表 11-1　辅机工作故障对制品质量影响

设备名称	故 障 现 象	产生原因及排除方法	故障对制品质量影响
三辊压光机	① 三 辊 转 速 不 平稳	①传动系统工作故障影响，检修查找故障源，予以排除	①板（片）纵向厚度误差大，容易出现横向隆纹
	② 三 辊 辊 面 不 光洁	②由熔料中挥发物造成的，应对辊面进行清洗，去掉污物，必要时换原料	②板（片）表面无光泽；凹凸不平 ③制品表面有纵向纹
	③辊面有划伤痕	③原料中杂质多、过滤网破裂或由错误操作造成，应更换新过滤网或修磨辊面	④辊面温度偏高，制品表面易出现横向纹。辊面温度偏低，熔料降温快、制品易翘曲变形
	④辊面温度控制不稳定，忽高忽低	④辊体加热循环水或油的温度不稳定，应检修控温或介质加热系统，找出故障原因，予以排除	

（续）

设备名称	故 障 现 象	产生原因及排除方法	故障对制品质量影响
牵引装置	①牵引辊转速不平稳	①牵引辊传动系统故障影响，应检修找出传动系统故障部位，进行维修排除	①制品厚度误差大（纵向）。牵引辊速度偏慢；制品易翘曲变形；牵引速度过快，制品产生内应力进而降低制品强度
	②两牵引辊面间的间隙不均匀	②两辊间隙的调整控制不当或辊面有污物影响。应检修，重新调整两辊间隙或清除辊面污物	②制品厚度误差大、表面不光泽；板（片）牵引运行时有跑偏现象

塑料板（片）材挤出成型生产用辅机规格型号及性能参数见表 11-2。

11.2　原料

塑料板(片)挤出成型用原料有：聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、ABS 和聚碳酸酯等塑料树脂。应用量最大的还是软、硬聚氯乙烯板(片)材。

（1）聚氯乙烯板(片)挤出成型用原料　硬质聚氯乙烯板(片)挤出成型用原料，是以聚氯乙烯树脂中的悬浮法树脂 SG4 或 SG5 为主原料，再按 PVC 板(片)的使用条件要求，加入一定比例的稳定剂、润滑剂、填充料等辅助料，组合成用原料配方，见表 11-3。目前，国内有些 PVC 树脂生产厂家生产硬质 PVC 制品专用树脂，如沧州化工实业集团有限公司产 SG600、SR800。

软质聚氯乙烯板(片)挤出成型用原料，是以悬浮法 PVC 树脂 SG2 或 SG3 为主原料，再按 PVC 板(片)的使用条件要求，加入一定比例的增塑剂、稳定剂、润滑剂、填充料等辅助料，组合成用料配方。软质 PVC 板(片)专用料，可用沧州化工实业集团有限公司产 SLP1000、SLK1000 树脂，中国石化齐鲁石油化工股份有限公司产 S-1300 树脂。软质 PVC 片用料配方参考例如下(质量份)：

聚氯乙烯(PVC　SG2)100、三碱式硫酸铅(3PbO)3、二碱式亚磷酸铅(2PbO)1、邻苯二甲酸二锌酯(DOP)30、邻苯二甲酸二丁酯(DBP)25，着色剂适量。

（2）聚乙烯板(片)挤出成型用原料　聚乙烯板(片)挤出成型用原料，低密度聚乙烯板(片)用熔体流动速率为 0.4 ~ 0.6g/10min 的树脂，高密度聚乙烯用熔体流动速率为 0.1 ~ 0.4g/10min 的树脂。最好选择板(片)成型专用树脂生产，如中国石化集团北京燕化石油化工股份有限公司产的 5000H 树脂，中国石油吉林石化公司产的 DGDS6097 树脂，都是生产高密度聚乙烯板(片)的专用树脂。

（3）聚丙烯板(片)挤出成型用原料　聚丙烯板(片)挤出成型用原料，一般选择熔体流动速率(MFR)为 0.3 ~ 5g/10min 的树脂。聚丙烯板(片)挤出成型专用料，如中国石油锦西石化分公司产 PPH-ED-012、PPH-XD-045 树脂，中国石油化工股份有限公司广州分公司产 F401、F501、B230、B240 等树脂。

（4）ABS 板(片)挤出成型用原料　ABS 板(片)材挤出成型、多选用专用料生产。如镇江奇美实业股份有限公司产 PA747S 树脂，中国石油大庆石化公司产大庆牌 ABS767、ABS-770 等树脂。

表 11-2　片（板）材挤出辅机的主要技术参数

产品名称	型　　号	主要技术参数											用　　途
		螺杆直径/mm	长径比	产量/（kg/h）	模口宽度/mm	牵引辊规格（直径×长度/mm）	牵引速度/（m/min）	压光辊规格（直径×长度/mm）	最大板宽/mm	电动机功率/kW	质量/t	外形尺寸（长×宽×高）/m	
PP片材成型机组	SJP-Z90×30-800（PP-SJBPZ-90×30）	90	30∶1	70	950	ϕ200×1100	0.8～8	ϕ200×1100	800	60	10	1.85×3.5×3.5	生产成型吸塑包装材料
PP/PS塑料发泡片材机组	SJFP-Z65×30/90×30-1100（FDJ65/90RS1040）	65，90	30∶1 30∶1	60～70	片材厚度2～5		3～30		1040	155	15	18.5×5.0×3.5	生产成型装饰食品包装用发泡片材
塑料挤出地板机组	SJB-600	150	25∶1	150～400	360	ϕ400×600	7～12	ϕ400×600		100	10	5.5×2.4×2.95	生产塑料板（片）
PP片材挤出成型机组	SJB-600（SJY-610）				片材厚度0.3～1			ϕ450×610	600	4.5			
塑料挤出板材机组	SJB-1200	150	25∶1	50～300	制品厚度0.8～5	ϕ500×1200	0.12～2.4	ϕ250×1200	1200	157	15.15	13.34×2.4×1.82	

表 11-3　挤出聚氯乙烯板(片)材配方（质量份）

组　　成	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6	配方 7
PVC 树脂	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
硫醇锡		2.0 ~ 3.0					
三碱式硬脂酸铅	2.0 ~ 3.0			4.0 ~ 5.0	2.0 ~ 3.0	2.5 ~ 3.5	3.0 ~ 5.0
钡/镉复合稳定剂			2.5		0.5 ~ 1.0		
二碱式硬脂酸铅	0.25					0 ~ 0.5	
二碱式亚磷酸铅				1.5 ~ 2.0	0.5 ~ 1.0	0 ~ 0.2	1.0 ~ 3.0
冲击改性剂	5.0	5.0 ~ 6.0				0 ~ 7.0	
环氧大豆油		1.0 ~ 2.0	1.5		0.2 ~ 0.6	1.0 ~ 2.0	
丙烯酸酯加工助剂	2.0	1.8 ~ 2.5	1.5	0 ~ 1.5	1.0 ~ 3.0	0 ~ 11.0	
甘油偏脂肪酸		1.2					
碳酸钙	10.0		4.0	5.0		2.0 ~ 10.0	10.0 ~ 30.0
CPE 冲击改性剂			8.0				
钛白粉	2.0		4.0		1.0 ~ 2.0	1.4 ~ 3.0	
二元羧酸酯			1.0				
内润滑剂	2.0	1.0 ~ 1.3					1.0 ~ 2.0
羧基硬脂酸酯			0.3				
硬脂酸钙	0.5			0.7 ~ 1.0	0.5 ~ 0.8	0.3 ~ 0.5	
脂肪酸酯			0.8				
石蜡	0.5			0.4 ~ 0.7	0.6 ~ 1.0	0.2 ~ 0.6	
螯合剂			0.5				
氧化聚乙烯蜡	0.25						
聚乙烯蜡					0.1 ~ 0.15	0 ~ 0.15	
邻苯二甲酸二辛酯				0 ~ 5.0	0 ~ 1.0		
炭黑母料				0.5			
硬脂酸铅					0.5 ~ 0.8	0.2 ~ 0.5	0.6 ~ 1.0
硬脂酸						0 ~ 0.5	
偶氮甲酰胺						0.4 ~ 0.7	0.6 ~ 1.2
硬脂酸钡							1.0 ~ 2.0
调节剂							3.0 ~ 6.0

注：配方 1 为双螺杆挤出不透明片材；配方 2 为双螺杆挤出透明、无毒片材；配方 3 为双螺杆挤出不透明、耐候、耐冲击板材；配方 4 为单螺杆挤出工业板用料；配方 5 为双螺杆挤出工业板材；配方 6 为发泡板材用料；配方 7 为单螺杆挤出硬发泡窗饰片材用料。

（5）聚苯乙烯板(片)挤出成型用原料　聚苯乙烯板(片)挤出成用原料，有湛江新中美化工有限公司产 GPPS-740、740M，扬子巴斯夫苯乙烯系列有限公司产 GPPS-158K、HIPS-476L、2710 等树脂。

11.3　工艺

（1）聚氯乙烯板(片)挤出成型工艺　聚氯乙烯板(片)挤出成型工艺和聚氯乙烯管挤出成型生产工艺程序相同，原料的配混、造粒工艺条件参照聚氯乙烯管的配混、造粒工艺条件。

（2）聚乙烯、聚丙烯及 ABS、PC 料，只要质量符合工艺要求，可直接投入到挤出机内生产。

不同原料挤出成型板(片)的工艺温度参考数据见表 11-4 和表 11-5。

表 11-4　几种塑料板(片)材的成型温度　　（单位：℃）

项目 \ 原料			硬聚氯乙烯	聚丙烯	ABS	聚碳酸酯	低密度聚乙烯	聚偏氟乙烯
机筒温度	后部		120～130	140～170	160～170	255～260	120～130	175～185
	中部		130～160	180～200	180～195	265～270	130～145	190～215
	前部		160～180	200～205	185～200	275～285	140～150	220～230
成型模具温度	端部	1	175～180	200～210	205～215	280～290	145～155	215～220
		2	170～175	200～210	200～210	270～280	140～150	210～215
	中部	3	155～165	190～200	190～200	270～280	140～150	205～210
		4	170～175	200～210	200～210	270～280	140～150	210～215
	端部	5	175～180	200～210	205～215	280～290	145～155	215～220
三辊温度	上辊		70～80	45～60	90～95	140～150	50～60	70～80
	中辊		80～90	65～80	80～85	120～140	65～75	80～90
	下辊		60～70	35～50	65～75	110～120	45～50	55～60

注：三辊温度是指采用图 11-2a 所示方式入片时的温度。

表 11-5　聚酰胺(PA6)、聚偏氟乙烯(PVDF)片材挤出成型温度　　（单位：℃）

塑料名称	机筒温度			模具温度		三辊温度		
	后部	中部	前部	中部	两端	上辊	中辊	下辊
PA6	240	245	245	230～235	240～245	45～50	55～60	15～20
PVDF	175～185	185～210	210～220	205～215	215～220	85～90	90～100	70～80

（3）塑料板(片)挤出成型工艺操作要点

1）ABS 和 PA6、PA66 及 PA1010 塑料挤出成型板(片)材，投产前原料必须进行干燥除湿处理，使原料含水量应小于 0.1%，以保证产品质量。

2）如果采用排气型挤出机挤出成型 ABS、PA 板(片)，原料不需进行干燥处理即可投入生产。

3）挤出成型板(片)时，机筒前应加多孔板和过滤网，过滤网目数应视挤出原料的不同，选取 80～100 目过滤网。

4）由于挤出板(片)成型多采用 T 形模具结构，机筒与成型模具的过渡连接采用图 11-3 所示的结构式连接颈。这种连接颈的内孔进料端呈圆锥形，出料端由圆锥形逐渐过渡变成矩形；两端用法兰与机筒和成型模具体连接，从机筒经过分流板、过滤网的熔料经过这里由圆锥形压缩成厚片状进入成型模具腔内。

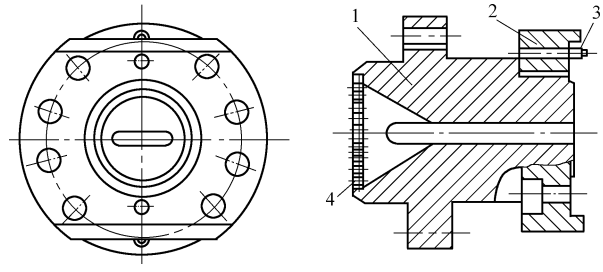


图 11-3　连接颈

1—连接颈体　2—法兰　3—定位销　4—多孔板

5）成型模具的最大口宽应比板(片)幅度大 10～20mm，这样可把冷

却定形的制品两端厚度超差及不整齐的端边切除，保证制品的幅宽尺寸。

6）成型模具中的模唇间隙调整尺寸应与制品厚度匹配，正常情况下应略小于制品厚度尺寸(从制品挤出模唇后略有些膨胀方面考虑)；当生产前把模具唇口间隙调均匀后，制品板(片)厚度误差可由三辊压光机的速度变化来调整。如果挤出唇口的熔态料流速或流量不一致，还可通过调整模具体内阻流条与模腔壁间的间隙来控制。

7）成型模具温度控制应是中间部位略低于两端部位，注意温度过渡的合理布置，温度波动不应超过 5℃，否则对板(片)的厚度误差影响较大。

8）PE、PP 和 PVC 板(片)挤出成型中的模具温度，一般是略高于塑化原料的机筒温度，通常高出 5 ~ 10℃。如果温度过高，PVC 熔料易在模具中分解；如果温度偏低，则制品无光泽、易裂、强度下降。

9）三辊压光机辊面距模唇出口距离应控制在 50 ~ 100mm 内。距离过大，从模具唇口挤出的熔融料易下垂，出现皱褶；制品光泽及光洁程度也会受到影响。

10）三根辊筒间的辊面距离，可等于或略大于制品厚度，这主要是考虑到制品冷却收缩的影响；同时，也应注意幅宽方向的辊面间距要相等，这个间隙误差既能影响制品厚度误差，又影响制品的运行方向，导致制品跑偏；生产时，进料的两辊间应有些存料，这有利于板坯厚度尺寸偏差的调整。

11）三根压光辊的辊面温度控制，要按进料入辊的位置不同，适当调整(进料辊温度要略高于出料辊温度)。

12）三辊压光机中的辊筒线速度可调，生产时，控制辊的线速度等于或略大于板坯从模具唇口挤出的速度。但最大速度差不应超过 20% 。

13）正常生产中，若出现板(片)坯脱辊，说明三辊温度过高，应适当降温，以熔态未定形板(片)坯与三辊辊面能完全贴紧时的温度为适宜；辊面温度过低，板(片)坯表面急速降温硬化，也无法使板坯紧贴辊面，这会使制品表面无光泽，透明度下降。生产实践中的一般规律是：生产 PVC、ABS 板(片)时，辊的温度不宜大于 100℃；对于 PE、PP 板(片)成型，辊的温度应高于 100℃。

14）冷却定形板(片)的牵引速度控制，应以冷却定形板(片)运行时有一定的张力为准。如果牵引速度略慢于三辊压光机输送制品的速度，则板(片)由于没有张力控制会产生变形；如果牵引速度相比于三辊压光机输送制品的速度过快，则板(片)制品受拉伸张力也会过大，会使制品产生内应力。

15）塑料板（片）挤出成型生产时常见质量故障、原因及排除方法见表 11-6。

表 11-6　塑料板(片)挤出成型质量故障诊断及排除方法

故障现象	产生原因	排除方法
纵向厚度尺寸误差大	①原料塑化温度波动大	①检修机筒加热元件及控温系统,更换损坏元件及维修接触不良处
	②螺杆转速不平稳	②检修传动系统,可能轴承损坏或带传动打滑
	③三辊压光机中的三辊转速不平稳	③检修三辊传动系统
	④牵引装置中的牵引辊转速不平稳	④检修牵引辊传动系统

（续）

故障现象	产生原因	排除方法
横向厚度尺寸误差大	①成型模具温度控制分布不合理 ②模唇口间隙不均 ③阻流条与模具腔面间隙调控不合理 ④三辊压光机中的三根辊面间隙不均匀	①重新调控模具温度，从中间部位向两侧端的温度逐渐提高 ②调整模唇口间隙 ③调整阻流条与模腔面的间隙，应从中部向两侧端的间隙逐渐放大些 ④重新调整三辊面间隙，使其分布均匀
板面有凹坑、丝纹及气泡	①原料含水量超标 ②塑化熔料温度过高	①原料先干燥处理，使其含水量小于允许值 ②降低原料塑化温度
板面不平整、无光泽	①模唇面太粗糙或有残料 ②三辊表面不光洁、有污物 ③模唇部位温度偏低 ④模具温度低 ⑤模唇结构中的定形段长度太短	①修磨模唇面，除净残料 ②清洗三辊辊面，修磨至光亮 ③适当提高模唇温度 ④适当提高模具温度 ⑤修改模具结构，加大定形段长度
板面有横纹	①螺杆转速不稳定 ②塑化原料温度波动，温差大 ③三辊压光机中的辊压力不稳定 ④牵引辊牵引板运行速度不平稳	①检修传动系统 ②检修、调整电阻加热系统 ③提高熔料塑化质量，减少三辊间存料 ④检修牵引辊装置中的传动系统
板材出现横向断裂纹	①塑化原料温度偏低 ②模唇口缝隙开度过小 ③牵引辊速度过快	①适当提高机筒和成型模温度，改善原料塑化质量 ②酌情把模唇口开大些 ③牵引辊速度放慢些，注意与板坯从模唇口挤出速度匹配
板坯运行跑偏，板一边厚一边偏薄	①三辊压光机中的三辊间隙一边大，另一边小些 ②牵引辊的两辊面间隙一边大，一边小 ③模具中的模唇口间隙不均匀	①用标准垫块找正并调整使三辊间隙均匀 ②调整牵引辊间隙均匀，保证牵引辊对板面压紧力均匀 ③用塞尺检测，调整使模唇口间隙均匀
板材中间薄，两端偏厚	①成型模具温度分布不合理，两侧端部温度偏高，与中间部位温度差过大 ②模唇口间隙调整不当	①重新调整模具温度，模具两侧温度比中间部温度略高些，一般不超过5℃ ②重新调整模唇口间隙
板面翘曲不平整	①螺杆转速过高，挤出熔料量大，制品冷却不充分 ②牵引速度偏低 ③三辊压光机中的三辊温度偏低	①降低螺杆转速或在加大制品冷却速度方面改进设备 ②提高牵引速度，使之与板（片）坯从模具中挤出的速度匹配 ③适当提高辊面温度，避免板（片）坯降温过快
板面有纵向条纹	①模具唇口有划伤痕 ②过滤网破裂，熔料中杂质多 ③模具体熔料腔内有滞料或异物	①修磨划伤部位 ②更换新过滤网 ③拆卸模具，清除空腔中的异物，修磨滞料面

第 12 章　塑料丝网、塑料带等挤出成型

12.1　聚乙烯网挤出成型

塑料丝网的挤出成型与塑料丝挤出成型的不同之处，主要是前者依靠其成型模具的特殊结构。丝网的成型方法是：当挤出机机筒内塑化好的熔融料被转动的螺杆推入成型模具后，由于在模具内的一对能够相对旋转运动的内外模的模面上，分别开有数量和截面形状完全相同的沟槽（沟槽的间距相等，截面形状可以是半圆形、三角形或梯形等），则熔料被分成多个熔料流丝；当旋转的内外模转至两模熔料流道汇合处时，两根丝黏合到一起，即形成一个网结，分开时即成为网丝；内外模连续不断地旋转，则形成圆形网筒。如图 12-1a 所示即是圆筒网模成型丝网的原理。另外，还有一种成型模具的两半模为平板形结构，如图 12-1b 所示，这种结构模具同样也是依靠开有沟槽的上、下槽板的平行左右移动来形成丝网，不过这种网是平网。用第一种模具成型的筒状丝网，剖开后也是平网。

这种塑料网无毒、体轻、省料，强度又较好，可以做成各种颜色，成型较容易，而且价格也很便宜。所以广泛用在各种食品、玩具、瓶酒和机械零件等的包装，也可用作购物提袋，用于养鱼、养蚕等。

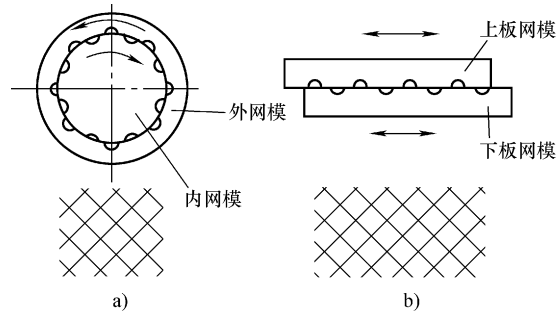


图 12-1　塑料丝网的成型原理

a）圆筒网模　b）平板网模

（1）原料选择　丝网挤出成型用原料主要是低密度聚乙烯树脂。如中国石化上海石油化工股份有限公司生产的 D025（MFR = 0.25g/10min）、Z045（MFR = 0.45g/10min）和 Q200（MFR = 2.0g/10min）树脂；也可用 LDPE、HDPE 树脂混合（各占 50%）型原料；引进设备工艺要求使用高密度聚乙烯树脂，如中国石油大庆石油化工总厂产 5000S（MFR = 0.9g/10min）树脂，中国石化齐鲁股份有限公司生产的 DEMA6158（MFR = 0.7 ~ 1.1g/10min）树脂。

（2）挤出成型丝网生产工艺顺序

聚乙烯树脂
颜料及一些辅助料
→混合均匀→挤塑原料成熔融态→模具成型丝网坯→网坯在水中拉伸定形→牵引→剖开筒状网成平网（也可不剖）→卷取

如果丝网需要拉伸，则在牵引工序后还需要加牵伸热水槽，经定形热处理后再剖开、卷取。

塑料圆丝网挤出成型生产用设备如图 12-2 所示。塑料平网挤出成型生产用设备如图 12-3所示。

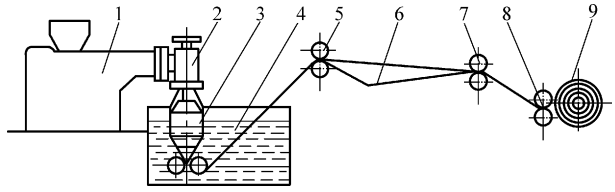


图 12-2　塑料圆丝网挤出成型生产用设备

1—挤出机　2—成型模具　3—拉伸筒　4—水槽　5、7—牵引辊

6—剖幅展开装置　8—导辊　9—卷取装置

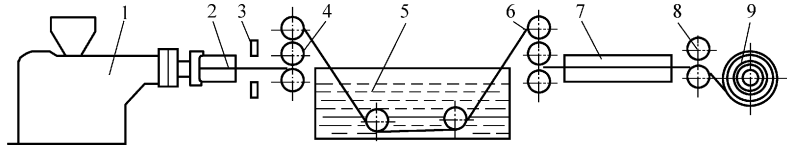


图 12-3　塑料平网挤出成型生产用设备

1—挤出机　2—成型模具　3—冷风降温装置　4,6,8—牵引辊

5—水槽　7—烘箱　9—卷取装置

（3）设备条件

1）挤出机。可选用挤塑聚乙烯树脂用通用型单螺杆挤出机，长径比 $L/D \geqslant 20:1$。

2）成型模具。成型圆筒状丝网用模具结构如图 12-4 所示。成型平网用模具结构如图 12-5 所示。

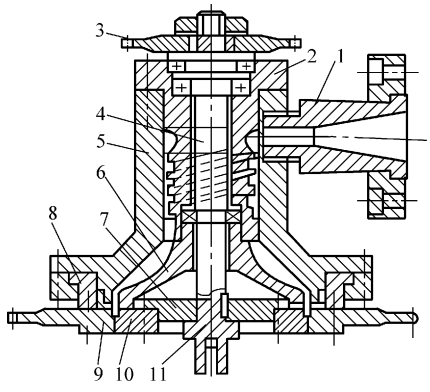


图 12-4　圆丝网成型模具结构

1—连接颈　2—模芯　3—链轮　4—转轴

5—模体　6—内芯　7—内口模传动板

8—外口模转动圈　9—外口模

10—内口模　11—接头

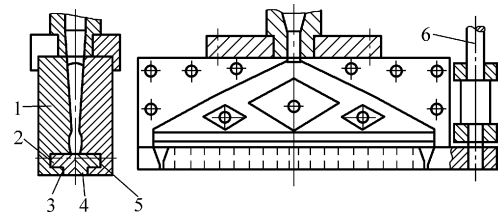


图 12-5　平网丝成型模具结构

1—上模板　2—滑条　3—上口模　4—下口模

5—下模板　6—转动偏心轴

圆筒状丝网成型用模具工作时，由内口模 10 和外口模 9 相互逆转成型网丝，然后在出料口处重合成丝网坯。内口模通过转轴 4 和链轮 3 带动旋转；外口模与链轮成一体与外口模转动圈 8 固定在一起，在滑槽内转动；模芯 2 的外圆上有锥形螺旋槽，它能够使进入模具内的熔料均匀扩散。

平网成型模具中的上、下模板内是衣架式熔料流道，上、下口模由偏心轮轴带动，能在齿条上左右移动，完成平网丝的成型及粘接成型工作。

模具结构与工作要求如下。

① 模具中各组成零件用高温下变形小的合金钢制造；工作面应耐腐蚀、耐磨，还要有足够的强度和硬度。

② 模具体内的熔料流道空腔应光滑无滞料现象，模唇工作面和凹槽面粗糙度值 Ra 应不大于 0.2μm，模唇面应进行淬火处理，表面硬度 HRC = 50 ~ 55。

③ 组成模具的各零件装配后应严密配合，不允许有渗漏料现象。

④ 内、外模唇部位的相对应面上各开有一定数目（可以是 23、46、72 或 144 个）的凹槽，各凹槽的截面形状、尺寸以及凹槽间的距离必须形状相同，尺寸一致，均匀相等，误差不能超过 0.1mm。

⑤ 内、外模唇间采用精密的滑动配合，配合间隙在 0.02mm 左右。间隙过小，相互转动时易研住，不能连续工作；间隙过大，容易出现网线连片现象，影响制品质量。

3）辅机。塑料网挤出成型用辅机与单丝和扁带生产用辅机组成基本相似，也有制品用冷却水槽、拉伸加热装置和制品的卷取装置。塑料网生产与塑料单丝和扁带生产用辅机的不同之处是：当采用圆网成型模具时，在距成型模具 60 ~ 120mm 范围内，有一个与模具通过丝杠连接的拉伸筒（见图 12-2）。这个拉伸筒的作用是把从模具挤出的丝网坯进行拉伸和冷却定形。如果想得到与模具不同的距离尺寸，可通过连接丝杠进行调节；如果想生产不同直径的丝网，得到不同大小的幅宽网制品，可更换相应规格的拉伸筒。

如果采用平丝网成型模具（见图 12-5）生产，辅机中应有类似三辊压光结构形式的牵引辊，从模具中挤出的丝网坯要先经过风冷降温，然后进入牵伸辊。

塑料丝网挤出成型用辅机技术参数见表 12-1。此辅机由山东塑料橡胶机械总厂生产。

表 12-1　塑料丝网生产用辅机技术参数

型号	螺杆直径/mm	挤出圆筒直径/mm	口模直径/mm	总拉伸比	牵引速度/(m/min)	总功率/kW
YW(D)	45	106	0.8	74	120	55

型号	螺杆直径/mm	发泡倍率	网肋数/条	牵引速度/(m/min)	总功率/kW
SFW-55	55	20 ~ 30	16 ~ 20	20	72

型号	螺杆直径/mm	长径比	最大幅宽/mm	生产能力/(kg/h)
SPW-20000	65	28:1	2000	80 ~ 100

（4）成型工艺

1）塑料丝网挤出成型工艺条件。用国产 HDPE 5000S 型树脂时，挤出机机筒各段工艺温度控制是：加料段 140 ~ 170℃，塑化段 180 ~ 200℃，均化段 200 ~ 210℃。

2）用国产 HDPE 与 LDPE 树脂混合料（各占 50%）时，机筒各段工艺温度是：加料段 120 ~ 160℃，塑化段 170 ~ 190℃，均化段 200 ~ 220℃。

3）成型模具温度 230 ~ 250℃。

4）冷却水槽中水温度为 40℃左右。要求拉伸筒直径控制在口模直径的 1 ~ 3 倍。

5）如果丝网需要拉伸，拉伸热水槽中水温为 100℃左右，丝网拉伸倍数控制在 4 ~ 6 倍范围内。

（5）工艺操作要点

1）当模具旋转速度与牵引丝网速度相等时，内、外模同时旋转，则丝网成菱形网；内模或外模单独旋转，则丝网成方形网。

2）当牵引速度大于模具旋转速度时，内、外模同时旋转，则丝网成斜菱形；若内模或外模单独旋转，则丝网成斜格网。

3）螺杆转速在一定范围内提高，其他条件不变，则网丝变粗、网结增大。

4）模具旋转速度变慢，其他条件不变，则网结增大、网丝变粗、网丝夹角变小。

5）牵引丝网速度变快，则网丝变细、网格形状改变。

6）模唇上凹槽断面形状改变，则网丝的断面形状也随着改变（丝的截面形状与凹槽截面形状相同），凹槽数量的多少决定网格的大小，凹槽多时网格变小，反之网格变大。

7）拉伸筒直径大于模口直径时，则网格的径向网结间距增大。

8）不同的丝网拉伸倍数会影响网格的大小和网丝的粗细。

（6）质量要求　塑料丝网的质量要求应符合标准 QB/T 1434—1992 的规定。丝网的标准及性能见表 12-2。

表 12-2　丝网的标准及性能

丝网用途	原料	网丝直径/mm	网孔/个	纵向拉力	横向拉力	伸长率/%
提包网	HDPE/LDPE	1.2	8×17	64N/2 格	37N/2 格	4.18
养蚕网	PP	0.4	3×6	39N/5cm	19.6N/5cm	2.17
包装网	HDPE	0.24	7×15			≥50

12.2　聚乙烯发泡网挤出成型

聚乙烯发泡网的挤出成型与聚乙烯丝网的挤出成型用设备、生产工艺顺序及工艺参数的选择基本相同，它的生产开发是在挤出成型聚乙烯丝网的基础上发展起来的。与聚乙烯丝网挤出成型不同之处仅原料中的辅助料应用有变化，如在应用主料低密度聚乙烯树脂中加入了 AC 类化学发泡剂偶氮二甲酰胺等或在树脂中加入碳酸氢钠等物理发泡剂。同时，为了使发泡孔均匀、细密，在组成原料的配方中还加入了交联剂聚丁二烯或聚丁二烯苯乙烯胶乳等辅助料。这些辅助料加入低密度聚乙烯主料中，经均匀混合后即可挤出成型发泡网。

聚乙烯发泡网是一种质轻而富有弹性的塑料制品。这种发泡网用于苹果、梨、桃和瓜类水果的包装，以及用于陶瓷、玻璃制品和精密仪器的包装，可以起到防震或减震的作用。所以，目前被广泛应用在这些易损易碎的物品包装中。

（1）原料选择　成型发泡网用原料应选用熔体流动速率（MFR）在 0.3～1.0g/10min 范围内的低密度聚乙烯树脂为主要原料。发泡网挤出成型用原料组合参考配方如下（质量份）：低密度聚乙烯 100 份、碳酸氢钠发泡剂 8 份、聚丁二烯交联剂 10 份。

（2）设备条件　发泡网挤出成型用设备选用挤塑 PE 料通用型单螺杆挤出机，螺杆直径 ϕ45mm 或 ϕ65mm，长径比 $L/D \geqslant 20:1$；最好选用螺杆前端带有屏障型混炼头结构，这样可以提高原料在较低工艺温度条件的挤塑质量。

成型模具结构与挤出成型丝网用模具结构完全相同，采用旋转式模具。拉伸筒直径为 ϕ60～300mm。

牵引发泡网运行的牵引速度应与发泡网从成型模具口挤出的速度匹配，在生产工艺要求的运行速度范围内，牵引装置的工作速度应能无级变速，以适应生产工作的需要。

（3）工艺温度

1）挤塑原料机筒各段温度（从加料段至均化段）为 90 ~ 110℃、120 ~ 140℃、140 ~ 160℃。

2）成型模具温度为 150 ~ 160℃。

（4）工艺操作要点

1）原料塑化工艺温度的控制对制品成型质量影响较大：温度偏低时，原料塑化不充分，各种辅料混合不均匀，使制品发泡不均；温度过高时，塑化熔融料的黏弹性下降，易出现大气泡或气泡破裂，影响制品质量。

2）挤塑熔融料的压力增大，则熔融料对气体的溶解度增加，成核数增多，则所得发泡体的比例和平均孔径都较小。

3）注意原料中发泡剂的用量，发泡剂用量的多少会改变制品密度的大小，不同种类发泡剂的应用量可参照下式计算选择。

$$\text{发气量} = \frac{\text{塑料密度}/\text{泡沫塑料容量} - 1}{\text{塑料密度} \times \text{发泡剂质量百分率}} \times 100$$

4）聚乙烯发泡网的物理性能指标见表 12-3。

表 12-3　聚乙烯发泡网物理性能

物理性能	指　标	物理性能	指　标
密度/(g/cm³)	0.128	回弹性(单结)/(mm/g)	0.15/50,0.35/100, 0.88/200,1.54/400
发泡孔径/mm	大孔 $a=0.5, b=0.47$ 大孔 $a=0.35, b=0.31$	压缩机	0.015
泡孔分布/(个/10mm²)	49,大小及分布均匀, 隔膜均为蜂窝状	拉力/N	单根 25,全 902
		结点粘接力/N	25

12.3　聚丙烯打包带挤出成型

塑料打包带可用聚丙烯、高密度聚乙烯和聚氯乙烯树脂成型。由于聚丙烯打包带具有拉力大、耐腐蚀、耐高温、防潮湿、质量轻和容易成型加工等特点，所以在多种塑料打包带中，聚丙烯打包带的应用量最大。目前，聚丙烯打包带已广泛用于医药、棉纺、建材、电器等各种工业产品的包装箱及包类的外打包。取代了过去的铁板和纸制打包带，是物品包装用主要材料之一。

塑料打包带分手工用和机用两种。手工用打包是用人工打包，采用手工打包机，用金属卡扣锁紧；机用打包是在自动输送流水作业线上，采用机械自动打包、热压，使打包带黏合。

聚丙烯打包带的挤出成型生产工艺比较简单。生产时只要把聚丙烯树脂和需要的辅助料，按配方要求分别计量，混合均匀后加入到挤出机中塑化熔融，然后从成型模具唇口挤出

有一定厚度和宽度的带状熔体，在水中冷却定形，再经预热拉伸，表面压纹后即成聚丙烯打包带。其生产工艺流程如图 12-6 所示。

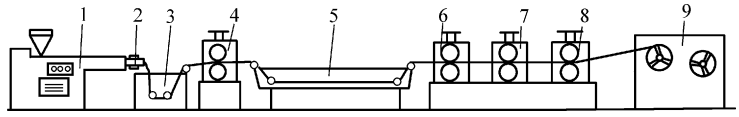


图 12-6　聚丙烯打包带挤出成型生产工艺流程示意

1—单螺杆挤出机　2—成型模具　3—冷却降温水箱　4—牵伸辊组　5—热拉伸水箱
6—第二牵伸辊组　7—压花辊　8—第三牵伸辊组　9—卷取

（1）设备条件

1）挤出机。挤出机为单螺杆挤塑聚丙烯树脂专用挤出机。要求螺杆的长径比 $L/D \geqslant 20:1$，为了提高原料的塑化质量和产量，最好用加料段有纵向沟槽型结构的机筒，螺杆的均化段处带有屏障型混炼头。螺杆直径比较小，这主要是受后面拉伸、冷却定形等工艺条件的限制。

2）成型模具。打包带的成型模具结构是一种与螺杆成 90°角安装的扁形狭缝，熔料流道为鱼尾形，有一个鱼尾式分流体，使熔料在模具体内中间部位阻力大些，向两端延展阻力逐渐小些，使挤出唇口的熔料流压力接近一致。模具内的熔料流道空腔内壁应光滑、无滞阻料现象，成型带体的模唇口间隙均匀，表面粗糙度值 Ra 应不大于 0.3μm。

3）冷却水箱。冷却水箱由钢板焊接成型，箱内有冷却循环水和导辊。其作用是把从模具口挤出的带形熔体冷却定形。箱内冷却水液面距模具唇口 15 ~ 200mm，生产时按带体降温定形效果来调整该距离。冷却水温控制在（35 ± 5）℃范围内。水温偏低时，带体结晶定形快，但过快时制品易出现横纹；水温偏高时，带体结晶定形慢，但会影响二次拉伸质量。

4）牵伸辊组。牵伸辊组是由一根钢辊（在下面）和一根表面涂有橡胶层的钢辊组成。前、后牵伸辊组的转速差使带体得到拉伸。拉伸是在热水槽中进行的，水槽长为 2m，水温为 100℃，拉伸倍数为 6 ~ 9 倍，带经拉伸后提高了打包带的纵向强度，因此打包带在应用时可减少其伸长率。

5）压花纹装置。压花纹装置由上下两个表面有花纹的钢辊组成。拉伸后的打包带经过花纹辊压花纹后，打包带两平面上的花纹在应用时可增加两带平面接触的摩擦力，使带的横向强度得到提高，外表面也更加美观。

另外，按生产工作的需要，还可配备高速混合机、真空上料机、电晕处理装置、印刷装置和打包带热水退火等设备。

（2）原料选择　PP 打包带挤出成型主要用料是聚丙烯树脂（要求树脂的熔体流动速率为 2 ~ 3.5g/10min，密度为 0.91g/cm^3），另外，按应用条件的需要，可加入一定比例的抗氧剂、偶联剂和轻质碳酸钙等辅助料。

1）参考配方例一（质量份）：聚丙烯 100 份，聚丙烯母料 30 份。

2）参考配方例二（质量份）：聚丙烯 100 份，主抗氧剂（KY-7910）0.1 份，硫代二丙酸二月桂酯（DLTP）0.15 份，碳酸钙 5 份，色粉料适量。

PP 打包带挤出成型专用原料有：抚顺石油化工公司产 D50S 树脂，中国石油盘锦乙烯有

限责任公司产 F301、F401 等树脂。

（3）工艺温度

1）塑化原料机筒各段温度（从加料段至均化段）为 120 ~ 150℃、160 ~ 180℃、190 ~ 220℃。

2）成型模具温度为 200 ~ 220℃。

3）冷却定形水温度为 30 ~ 40℃。

4）带坯预热水温度应大于 100℃。

（4）工艺操作要点

1）聚丙烯打包带挤出成型如果采用本体法聚丙烯粉料时，原料中必须加入 0.5% 左右的抗氧剂和根据用途需要加入一些其他辅助料。

2）辅助料中的聚丙烯母料是以无规聚丙烯为载体，加入一定比例的碳酸钙和其他一些辅助料制成。

3）挤出机的料斗和机筒进料口部位的温度不应过高，要采用循环冷却水降温，以防止料斗内原料架桥，影响进料的连续性。

4）为保证加料段原料顺利地推进，此处的机筒内圆表面应开有纵向沟槽。

5）检查从成型模具口挤出的带状熔料塑化均匀，符合成型带要求后，此时可开辅机。把带坯引入冷却水槽和拉伸牵引辊，直至压花纹和卷取。这时再根据制品的质量情况对工艺温度、牵引速度及带的厚度和宽度进行调整。

6）打包带成型模具的结构也可选用图 12-7 所示的结构。

7）生产中要经常注意带坯冷却定形用水温，牵引速度的变化和模具唇口距冷却水液面的距离尺寸的调节，这三项工艺条件对带成型质量的影响较大。

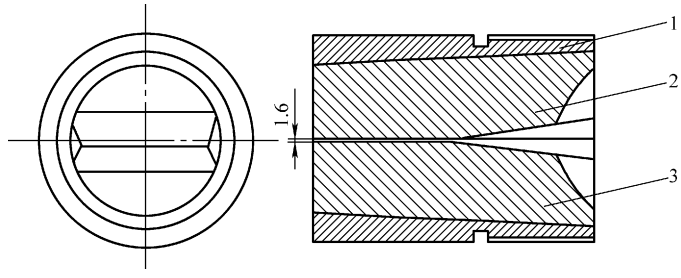


图 12-7　打包带成型用模具结构

1—外套　2—上模唇　3—下模唇

8）成型模具的模唇宽度和间隙尺寸的确定，是由带坯的拉伸倍数和成品打包带的宽度和厚度尺寸决定。通常规律是模唇口宽是打包带成品宽度的 4 ~ 4.5 倍，模唇口间隙是打包带成品厚度的 3 倍左右。

9）快速和慢速牵伸辊组的转速都可单独进行调速，两组牵伸辊组的转速差即是带坯的牵伸倍数。

10）为了能提高印刷油墨的浸润性和附着牢度，拉伸后的打包带表面应进行电晕处理。

11）为了消除打包带拉伸和压花工序中产生的内应力，生产中成型的打包带还需在张紧状态下用沸水进行退火热处理，以保证成型制品质量的稳定。

12）聚丙烯打包带的质量应符合标准规定。具体要求如下：

① 外观质量应色泽均匀，花纹整齐清晰，无明显污染、杂质，不应有开裂纹、损伤和穿孔等缺陷。

② 打包带的规格和质量指标见表 12-4。

表 12-4　几种打包带的规格和质量指标

品种 / 性能	PE	PP	PVC
宽度/mm	15.5 ±0.5	15.5 ±0.5	12.5 ±0.5
厚度/mm	0.4 ±0.1	0.4 ±0.1	0.7 ±0.1
每条拉力/N　>	1700	1700	1500
伸长率/%　<	25	25	25
每条长度/m	14×10^4	16×10^4	7×10^4

（5）质量问题分析

1）拉伸前的带坯宽度尺寸误差大。

① 冷却水箱中的水温和液面高度波动。

② 螺杆工作运转速度不稳定，使挤出成型模具的熔料量不稳定。螺杆转速不平稳可能是传动带工作打滑造成的。

③ 过滤网处杂质过多，堵塞熔料挤出量不均匀。

2）拉伸后打包带宽度尺寸误差大。

① 拉伸水箱内的水温波动大。

② 前、后拉伸牵引辊筒的转速不稳定或有一组牵引辊的转速不稳定。

③ 牵引拉伸辊对带的压力不足，造成带在辊面上出现打滑现象。

3）成品打包带有裂纹。

① 过滤网破裂或过滤网目数偏小。

② 成型模具内有分解料焦粒。

③ 传动辊筒工作面不清洁或不光滑平整。

4）成品打包带弯曲度大。

① 生产线上各工作传动轴筒安装位置不正确，辊筒间中心线不平行或不水平。

② 牵引拉伸辊对带的压力不均衡（指一组牵引拉伸辊中的上辊对下辊的横向压力不均匀）。

③ 带在辅机中运行不走直线，运行方向左右摆动。

5）打包带成品花纹不清晰。

① 压花辊面有异物或粘有残料。

② 上、下花纹辊对带的横向（幅宽）压力不均匀。

③ 上、下花纹辊压纹工作时，其中心线不在一个垂直面上。

④ 带体温度在压纹处不一致。

12.4　聚丙烯捆扎绳挤出成型

聚丙烯捆扎绳是目前商品市场上到处可见的一种制品，用它代替传统的纸绳或麻绳，捆扎包装各种物品。它是一种强度高、卫生、柔软、质量轻，既耐酸碱，又不怕潮湿，应用方便而又美观的扎绳。

聚丙烯捆扎绳的挤出成型生产和扁丝的挤出成型生产工艺顺序有些相似。PP 捆扎绳成

型生产工艺是：把 PP 树脂和一些辅助料按工艺配方要求计量后，掺混在一起搅拌均匀投入到挤出机内，经熔融塑化由螺杆推入到成型模具内，从模具唇口挤出成型筒状膜管；把膜管吹胀后冷却定形；再分切、加热、拉伸后卷取，即为捆扎绳制品。生产工艺示意如图 12-8 所示。

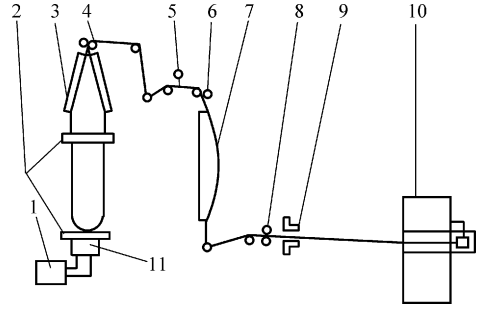


图 12-8　PP 捆扎绳挤出成型生产工艺示意

1—单螺杆挤出机　2—冷却风环　3—人字形导板
4,6,8—牵引辊　5—分切刀　7—加热板
9—吹飞装置　10—卷取装置　11—成型模具

（1）原料选择　聚丙烯捆扎绳挤出成型应选用熔体流动速率（MFR）在 1.2 ~ 8.5g/10min 范围内的窄带级 PP 树脂，如北京燕山石油化工公司生产的 2301、2302、2601 等树脂均可用。然后再加入 8 份 PP 母料和必要的颜料即可；如果 PP 树脂为粉料，树脂中还需加入 0.4 份的抗氧剂（此配方指 PP 树脂为 100 份时）。

（2）设备条件

1）挤出机。选 SJ65 型挤塑聚丙烯树脂通用型挤出机，螺杆长径比≥20∶1。

2）成型模具。选用吹塑薄膜式芯棒为螺旋形模具结构（见图 7-11）。成型聚丙烯捆扎绳模具与通用型吹塑薄膜用模具结构不同之处，是在口模的圆周上均匀分布有深度为 0.6mm 左右的凹槽，则使成品捆扎绳薄膜经纵向拉伸后还有纵向加强肋，以加强捆扎绳的拉伸强度。

3）辅机。辅机包括：为膜泡降温定型用两套风环；用不锈钢板制作的人字形导板，夹角在 15° ~ 20°范围内；按捆扎绳要求的膜宽，用于分切薄膜的刀片；薄膜拉伸前为薄膜加热用弓形电阻丝加热板；由一根钢辊和一根橡胶辊组合工作的三套牵引辊组；吹风装置是为防止拉伸膜条卷绕在牵引辊上而设置，吹向膜条的风力也起到推到膜条向收卷轴方向运动的作用，吹风装置由相距 20mm 的上、下吹风口组成，吹风口唇缝为 5mm，宽度略大于薄膜幅宽，由鼓风机供风。另外，还有成品的收卷装置。

（3）成型工艺

1）原料在挤出机的机筒内塑化温度：加料段 170 ~ 190℃、塑化段 200 ~ 210℃、均化段 220 ~ 230℃、成型模具温度 240 ~ 250℃。

2）采用上吹法，对膜管的吹胀比约在（1.1 ~ 1.3）∶1 范围内。

3）冷却定形后的薄膜分切，按捆扎绳要求膜条宽度分切。

4）弓形加热板表面覆盖一层聚四氟乙烯膜，以保证拉伸膜受热均匀，减少弓形板与拉伸薄膜的摩擦和弓形钢板的磨损。拉伸加热弓形板表面温度为（110 ± 5）℃。薄膜加热后的拉伸倍数为 5 ~ 7 倍，薄膜运行速度约在 80 ~ 100m/min 范围内。

12.5　聚丙烯密封条挤出成型

聚丙烯密封条是塑料密封条中应用量最多的一种。聚丙烯密封条具有强度好，电性能和化学性能稳定，耐磨、耐振动和防湿性好，重量轻等性能特点。改性的聚丙烯密封条还具有耐寒、耐高温及外形尺寸稳定性好等特点。主要性能参数见表 12-5。

表 12-5 PP 密封条性能

性 能	指 标	性 能	指 标
密度/(g/cm³)	0.90 ~ 0.91	拉伸强度/MPa	29 ~ 38
吸水性(%)	0.03 ~ 0.04	弯曲强度/MPa	41 ~ 55
伸长率(%)	>200	耐热温度/℃	121
洛氏硬度	95 ~ 105	脆化温度/℃	-35

聚丙烯密封条主要是用于两个零件间结合处的静止密封。如管道、机械零件和建筑构件等各种构件间的结合部位密封。可阻止内、外部的介质（如液体、气体或尘埃等）泄漏或浸入，防止机械振动或绝热、绝缘等，达到密封效果。

（1）原料选择 聚丙烯密封条成型用原料，主要是聚丙烯树脂，根据密封条的应用环境条件，还可在树脂中加入一定比例的抗氧剂、稳定剂及填料等辅助材料。聚丙烯密封条成型用原料参考配方如下。

1）配方一（质量份）：聚丙烯树脂（PP）100 份，滑石粉 40 份，氯化石蜡 5 份，二月桂酸二正丁基锡 1 份。

2）配方二（质量份）：聚丙烯树脂（PP）100 份，聚异丁烯（PIB）5 份，氧化锌 15 份，防老剂 MB1.5 份，抗氧剂（264）0.3 份，抗氧剂（1010）0.5 份，蜜胺 0.3 份，硬脂酸锌（ZnSt）0.5 份。

（2）成型方法 聚丙烯密封条挤出成型方法比较简单，把密封条成型用原料按配方要求分别计量后，掺混在一起混合均匀，由挤出机混炼造粒；再由挤出机塑化熔融后由成型模具挤出，经水冷却定形后收卷，即完成 PP 密封条的挤出成型生产工作。PP 密封条生产工艺顺序如下：

按配方要求把各种原料分别计量→掺混在一起混合均匀→挤出机混炼造粒→挤出机把原料熔融塑化→成型模具成型→冷却定形→牵引→收卷

（3）设备条件

1）混合机。可用任何结构形式的混合搅拌机，把计量后的各种原料混合搅拌均匀。

2）造粒用挤出机。螺杆长径比为 20∶1，压缩比为 30∶1。

3）单螺杆挤出机。可选用 PP 树脂塑化专用塑料型材挤出机，螺杆直径为 ϕ45mm，长径比≥20∶1。

4）成型模具。结构与打包带成型模具结构相似（见图 12-7）。不同之处只是熔料出口的模唇口断面形状要与密封条的断面形状尺寸相符。

冷却水槽和牵引装置结构也与打包带中的辅机相同。

（4）工艺温度 PP 密封条成型用原料挤出机塑化原料工艺温度：机筒加料段 150 ~ 170℃，塑化段 170 ~ 200℃，均化段 200 ~ 210℃。

成型模具温度为 200 ~ 210℃。

冷却定形水槽中水的温度为 20 ~ 40℃。

12.6 聚丙烯扁丝挤出成型

聚丙烯扁丝的挤出成型，是用聚丙烯树脂经挤出机熔融塑化后挤出成型薄膜，经分切成

相同的宽度，再经纵向拉伸和热处理后而制成。这种聚丙烯扁丝和其他聚丙烯制品一样，具有耐酸碱、密度小、拉伸强度好及耐热温度高等特点。

聚丙烯扁丝的用途主要是织成袋或布类。聚丙烯编织袋可用来包装各种粮食、水泥、化肥及各种蔬菜等；编织成布类后，用于汽车和火车输运物资篷布和帐篷等。

聚丙烯扁丝挤出成型工艺有两种方法：一种是聚丙烯树脂经挤出机熔融塑化后，采用 T 形结构模具挤出成型薄膜片，经分切后拉伸成型，其工艺顺序示意见图 12-9 所示；另一种挤出成型工艺是把聚丙烯树脂在挤出机内熔融塑化后，采用吹塑法（上吹或下吹）成型管状薄膜，把膜泡剖开展平，经分切、预热、拉伸和热处理后而制成，工艺顺序示意如图 12-10所示。

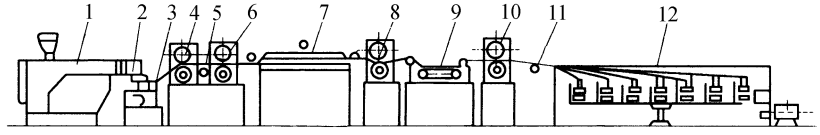


图 12-9　扁丝带薄膜生产线

1—挤出机　2—成型模具　3—水槽　4、10—牵引辊　5—薄膜分切
6—牵伸慢速辊　7—加热装置　8—牵伸快速辊
9—热水槽　11—分丝导辊　12—卷取装置

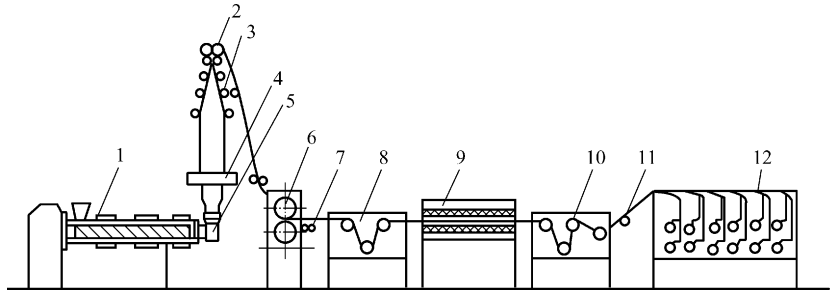


图 12-10　挤出吹塑扁丝带薄膜生产线

1—挤出机　2—导辊　3—人字形导辊　4—风环　5—成型模具
6—牵引装置　7—薄膜分切　8,10—牵伸辊　9—加热烘箱
11—分丝导辊　12—卷取装置

扁丝挤出成型生产工艺顺序：

聚丙烯树脂 → 挤出机熔融塑化 → ┌用 T 形结构模具成型薄膜片→水冷定形┐ →
　　└吹塑成型膜管→风冷定形──────┘

分切→加热拉伸→热处理→分丝导辊→收卷

（1）原料选择　聚丙烯扁丝挤出成型用原料，主要是选用等规指数≥96%、拉伸屈服强度≥30MPa 的扁丝类聚丙烯树脂。要求树脂的熔体流动速率（MFR）在 1.5～6g/10min 范围内；树脂内不许有杂质和晶点，生产时应用 150 目过滤网过滤后再进行造粒。

生产扁丝专用料可选用中国石化上海石油化学分公司的 Y180L、Y200L 树脂，中国石化扬子石油化工分公司的 F401、FS01 和 F401H 树脂。

（2）设备条件　聚丙烯扁丝挤出成型用单螺杆挤出机。螺杆直径常用规格是 ϕ65mm 和 ϕ90mm；螺杆的长径比 $L/D \geqslant 25:1$，螺杆的前端设有能够提高原料混炼塑化能力的屏障型结

构。熔料进入模具前还应用 80 目过滤网过滤，清除原料中的杂质。

成型模具结构与吹塑成型 PP 薄膜和挤出成型平膜用模具结构相同（见图 7-8 和图 7-23 所示的模具结构）。

PP 扁丝挤出成型生产线中的辅机，如图 12-9 和图 12-10 所示，主要有薄膜的冷却定形装置、牵伸辊组、分切、热处理和卷取等装置。扁丝挤出成型用辅机的技术参数见表 12-6。

表 12-6　扁丝挤出成型用辅机的技术参数

型号①	主要技术参数					
	模头宽度 /mm	牵伸速度 /(m/min)	引膜速度 /(m/min)	生产能力 /(kg/h)	外形尺寸 (长×宽×高)/mm	总功率 /kW
SPL-90-1100	1100	100～200	8～30	200	40355×2600×2575	314

型号②	主要技术参数				
	螺杆直径 /mm	机头宽度 /mm	拉伸速度 /(m/min)	生产能力 /(kg/h)	总功率 /kW
PL-1100	90	1100	50～150	100～120	55
PL-600	55	600	8～80	45	30
PL-800	65	800	6～140	85	45.5

型号③	主要技术参数				
	螺杆直径 /mm	长径比	收卷锭数	生产能力 /(kg/h)	总功率 /kW
SJ-65×25-5	65	25∶1	66	43	90
SJ-65×28-5	65	28∶1	108	86	90

① 甘肃省轻工机械总厂生产。
② 山东塑料橡胶机械总厂生产。
③ 连云港市家用电器总厂生产。

（3）工艺操作要点

1）料斗和机筒进料口部位，生产时应用冷却循环水降温，以保证原料的顺利供应和加料段原料的连续向前输送。

2）原料在挤出机内的塑化温度控制，采用挤出平膜法生产时，机筒塑化原料温度控制在 180～250℃范围内；采用吹塑法生产时，机筒塑化原料温度控制在 180～220℃范围内。挤出机机筒各段塑化原料参考工艺温度是：加料段 170～190℃，塑化段 190～220℃，均化段 210～250℃。温度偏高时原料易降解氧化，扁丝强度下降；温度偏低时原料塑化不充分，膜拉伸时易出现断头现象。

成型模具温度为 210～230℃。成型膜片时的料温可接近挤出机中原料塑化时的最高温度，但一般都选用略低于熔料的最高温度。

3）挤出成型模具唇口的膜坯冷却降温定形，采用水冷或风冷两种方法，为了提高扁丝的拉伸强度和容易顺利拉伸，降温介质温度要控制在 20～40℃范围内。采用水槽冷却水为膜坯降温时，冷却水液面距模具唇口距离应在 20～50mm 范围内可调。要求从模具唇口挤出的熔料流速一致；冷却水平面平稳无波纹。

4）拉伸前的膜片分切宽度按需要而定，以膜宽 1.5～8mm 应用较多。膜片分切宽度粗

略的计算方法是：

$$b = b_1 \sqrt{\lambda}$$

式中　b——分切膜片宽，mm；

b_1——扁丝宽，mm；

λ——拉伸倍数。

5）膜片拉伸时用烘箱加热，加热温度为 140℃左右；用弧形板加热，温度为 110 ~ 120℃。温度偏低时拉伸膜片易断裂，温度偏高时拉伸膜片易出现粘辊现象。拉伸倍数以6 ~ 7 倍较适宜，拉伸快速辊的转速由膜片厚度和拉伸倍数决定。

6）拉伸后扁丝的热处理是为了消除膜片拉伸后变成扁丝时产生的内应力，以减少成品扁丝应用中的收缩率。扁丝的热处理温度略高于拉伸温度，可控制在 130 ~ 150℃范围内。由于扁丝在热处理时略有收缩，所以，热处理后的扁丝牵伸辊速度要比扁丝拉伸时的快速辊速度低些、可控制在比拉伸快速辊低 2% ~3% 的速度。

7）扁丝的卷绕，主要是要求各卷锭扁丝的卷取张力均匀，张力过大或偏小都会影响扁丝的编织生产。一般多采用力矩电动机驱动，也可用卷轴为电磁的结构，转速和张力全部自动控制。

糖块扭捻包装薄膜生产成型中原片的挤出成型生产可采用流延法成型，也可采用挤出吹塑牵引拉伸法成型。拉伸成型的薄膜，有较好的扭捻性，所以这种单向拉伸聚丙烯薄膜在糖块、点心等包装中得到广泛应用。

经流延或牵引挤出成型聚丙烯薄片，单向拉伸生产采用图 7-47 所示的单向拉伸方式。

12.7　聚氯乙烯密封条挤出成型

塑料密封条是一种截面有多种形状的条状制品，它是利用密封条的弹性与接合部位产生的接触压力来实现接触部位的密封。这里只介绍耐油聚氯乙烯密封条的成型方法。

耐油聚氯乙烯密封条多用在汽车和机械零件接合部位的密封，属于静止密封场合。

（1）原料选择　耐油密封条挤出成型是以悬浮法 PVC 中的 SG2 型树脂和丁腈橡胶共混料为主原料，再加入一定比例的增塑剂、稳定剂及其他一些辅助料组成 PVC 密封条挤出成型用料配方。参考配方例如（质量份）：聚氯乙烯（PVC SG2）70，丁腈橡胶（NBR-26）30，炭黑 15，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）45，硬脂酸钙（CaSt）0.55，防老剂 264（BHT）0.5。

（2）成型工艺

1）丁腈橡胶块要先切成片，然后在开炼机上炼塑，塑化均匀后加入炭黑，再进行混炼，直至掺混炼塑均匀，才可切片下辊收卷。

2）把聚氯乙烯树脂及稳定剂等辅助料按配方要求计量，加入高速混合机内，把原料混合均匀，掺混搅拌后料温控制在 125℃左右。

3）把混合均匀的 PVC 树脂料投入到开炼机上，在辊筒温度为 170℃左右条件下，把 PVC 树脂料混炼成片；然后加入混炼后的黑橡胶片上辊，与 PVC 树脂料掺混，再继续炼塑，直至两种材料混炼塑化均匀，切成有一定宽度的长片，下辊冷却收卷。

4）把混合料片用切粒机切粒。

5）粒料投入至挤塑 PVC 料通用型单螺杆挤出机内塑化，用密封条要求的截面形状异型材成型模具挤出成型制品，冷却定形后即得 PVC 密封条。

聚氯乙烯树脂与丁腈橡胶共混料挤出成型密封条，原料在挤出机的机筒内塑化温度比挤塑 PVC 料塑化用温度略低些。成型料温一般控制在 120 ~ 130℃范围内。温度的控制要根据用料配方、螺杆结构和工作转速等生产时的实际情况来确定。

12.8　聚氯乙烯焊条挤出成型

聚氯乙烯焊条是以悬浮法 PVC 树脂为主原料，用单螺杆挤出机把原料熔融塑化后，从成型模具口挤出成型的一种圆柱形制品。塑料焊条挤出成型生产线如图 12-11 所示。

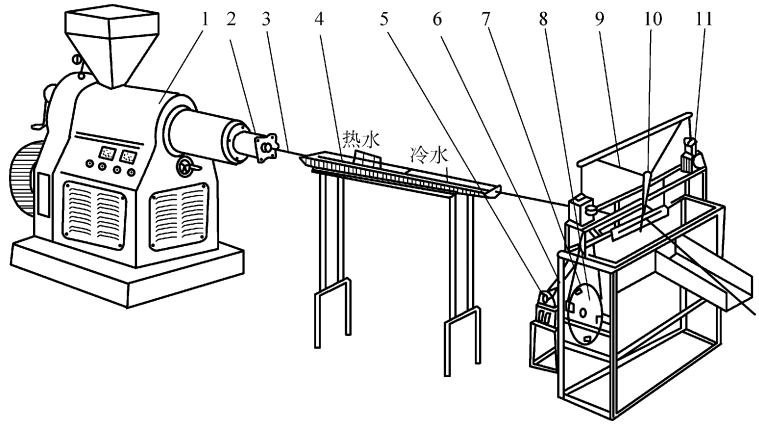


图 12-11　塑料焊条挤出成型生产线

1—单螺杆挤出机　2—成型模具　3—焊条　4—水槽　5—电动机
6—继电器　7—凸块　8—转盘　9—连接链　10—切刀　11—磁铁

聚氯乙烯焊条的直径规格为 2 ~ 4mm。另外还有一种截面形状如图 12-12 所示的双焊条，具体尺寸见表 12-7。

聚氯乙烯焊条主要是用作把 PVC 板等制品焊接组合成槽、罐等容器时的焊接材料。

（1）设备条件　聚氯乙烯焊条的挤出成型生产方式和 PVC 硬管的挤出成型生产方式相同。经挤出机把原料塑化成熔融态后，从模具口挤出圆柱形条状，再经冷却定形、切断，即为制品。从图 12-11 中可以看到，挤出成型聚氯乙烯焊条主要用设备有挤出机、成型模具、冷却水槽和切断装置等设备。

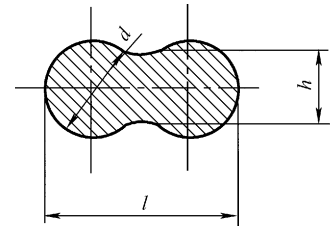


图 12-12　双焊条的截面形状

1）挤出机。塑料焊条挤出成型一般多采用小规格的挤出机，对螺杆结构没什么特殊要求，挤塑 PVC 料通用型挤出机均可应用。

2）成型模具。塑料焊条成型模具结构很简单，如图 12-13 所示。

焊条成型模具结构特点，即熔料空腔为逐渐缩小、不允许有料流扩大的断面；由于焊条成型用料量较少，模具内料流阻力较大，注意成型段不宜过长。

（2）原料选择　聚氯乙烯焊条成型主要用悬浮法 PVC SG4 型树脂，再加入一定比例的增塑剂、稳定剂和润滑剂组成原料配方。

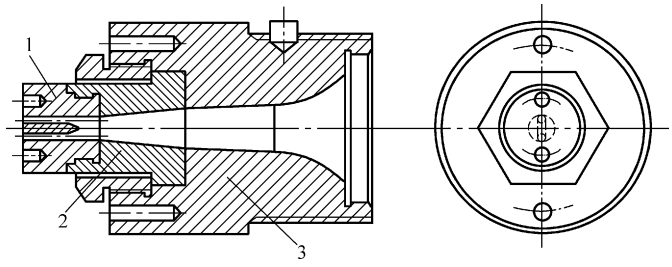


图 12-13　焊条成型模具

1—口模　2—中套　3—模具体

表 12-7　双焊条尺寸　　（单位：mm）

规　格	*d*	*l*	长度
2.0	2.0 ±0.2	4.0 ±0.3	1.0 ±0.1
2.5	2.5 ±0.2	5.0 ±0.4	1.0 ±0.1
3.0	3.0 ±0.3	6.0 ±0.5	1.0 ±0.1

聚氯乙烯焊条挤出成型参考配方如下（质量份）：聚氯乙烯（PVC SG4）100 份，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）7 份，三碱式硫酸铅（3PbO）5 份，硬脂酸钡（BaSt）2 份，石蜡 0.5 份。

（3）成型工艺

1）塑料焊条挤出成型应采用粒料投入挤出机生产。成型粒料用原料的配混和挤出造粒工艺条件参照第 4 章内容。

2）挤出成型焊条机筒各段温度：加料段 90 ~ 120℃，塑化段 130 ~ 160℃，均化段160 ~ 180℃。

3）成型模具温度：170 ~ 190℃。

如果采用螺杆直径为 ϕ45mm 的挤出机时，螺杆工作转速在 20r/min 左右。

（4）质量要求　塑料焊条的质量应符合标准 HGB 2161—1962 的规定。

1）焊条直径分 2mm、2.5mm、3mm、3.5mm、4mm 等几种规格。直径允许误差为 ±0.3mm，长度不小于 500mm。

2）颜色一般为灰色或本色。

3）焊条在 15℃环境时弯曲 180°不折断。

4）焊条断面应紧密、结构均匀、不允许有气孔与杂质。

5）焊条表面光洁、无凸瘤、气泡和杂质。

（5）工艺操作要点

1）挤出成型焊条时机筒前应加 80 目过滤网，以保证塑料焊条质量。

2）塑料焊条表面粗糙或有拉皮现象，主要是熔料温度过高影响，应适当降低机筒加热温度或降低螺杆转速。

3）如果塑料焊条表面发暗无光泽或有白色颗粒，说明原料塑化不均匀，应适当提高机筒加热温度。

4）制品出现空心现象，一般是由于熔料温度过高影响的，应适当降低成型模具温度。

5）制品不圆，主要是成型模具中的口模温度过高影响的，要降低口模温度。

6）冷却水槽内应分两段：进口段应采用热水喷淋方式为制品降温，水温在 40 ~ 60℃之

间；第二段用冷却水降温，制品从冷却水中通过。注意：降温时的水温度过高或过低，都容易使制品出现空心现象。

12.9 塑料棒材挤出成型

塑料棒材是一种结构简单的塑料制品。之所以称其为棒，是因为这种制品是一种截面为圆形、方形、矩形、菱形或三角形的实心体。生产这种棒材的目的，是为了采用机械加工（车、铣、刨、钻、锉等）方法制造一些机械配件，如齿轮、轴套、螺栓、垫、壳和盖等。用这种生产方式成型的塑料零件，要比注射成型制品经济和简单。

用挤出机挤出成型塑料棒材，常用原料有：聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、ABS 等工程塑料，也可用聚氯乙烯、聚丙烯、聚乙烯和聚苯乙烯等通用塑料。

棒材挤出成型用设备及挤出机生产线中主要设备的结构与布置方式与挤出机挤出成型管材用设备相似（见图 6-1）。不同之处只是成型模具结构。

（1）设备条件

1）挤出机。选用通用型单螺杆挤出机。螺杆的结构要根据挤塑原料的不同而配置。如挤塑 PA1010、PA66 和 POM 时，要选用等距突变型螺杆结构，压缩比取 3 ~ 4 之间；挤塑 ABS、PC、PPO 和 PSU 料时，要选用等距渐变型螺杆结构，压缩比在 3 ~ 3.5 之间。螺杆长径比在（20 ~ 30）：1 的范围内。注意：螺杆直径要略小于制品直径（截面积）。

2）成型模具。棒材成型模具常用结构如图 12-14 所示。各部位尺寸确定要求如下。

① 模具中各零件组装后形成的熔料流道空腔表面，要光滑呈流线型；如图 12-14 所示，流道内分压缩角、平直段和出料口的扩张角几部分。

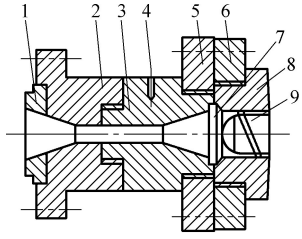


图 12-14 棒材成型模具结构

1—口模 2—口模平直段 3—模具体 4—温度计孔 5、6—法兰 7—过滤多孔板 8—机筒 9—螺杆

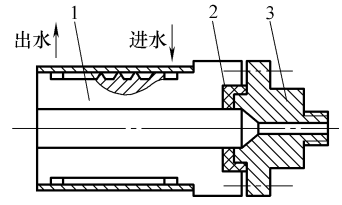


图 12-15 定形套

1—定形套体 2—聚四氟乙烯隔热垫 3—成型模具

② 进料端的熔料压缩角锥度在 30° ~ 60°的范围内，圆锥压缩角段长度在 50 ~ 100mm 的范围内。

③ 定形部位口模平直段长度取（6 ~ 10）d，d 为口模直径（d 小时取大值），一般这个尺寸和制品的外径相等（当牵引制品的速度与熔料从模具口挤出速度相等时）。出口处有一个锥形角度，约为 45°，以使成型的棒中心熔料区快速补料。

④ 定形套。结构如图 12-15 所示。其结构与管材成型用定形套相似。夹套内通循环冷却水，为提高冷却降温效果，夹套内冷却水流道应呈螺旋形。内径尺寸要比制品外径略大些，具体尺寸应视制品用料的收缩率决定。如挤出 PA1010 棒材时，定径套的内径应比制品

外径大 3.5% 左右。

3）牵引装置。棒材挤出成型的牵引装置结构和管材挤出成型用牵引装置的结构完全相同。一般多采用履带式，可无级变速；也可不设传动系统，两条上下履带夹住棒材，由棒材从模具口挤出的推动力带动履带运转。实际这个牵引速度是棒材从模具口挤出的速度，一般为 0.01 ~ 0.5m/min。

（2）成型工艺

1）生产工艺顺序。

挤出生产用料干燥处理→原料在挤出机内熔融塑化→模具成型棒坯→冷却定形→牵引→切割→成品

2）工艺条件。常用工程塑料挤塑棒材工艺条件见表 12-8。

表 12-8　常用工程塑料棒材挤出成型工艺条件

原料名称		PA1010	PA66	ABS	PC	POM	PPO	PSU
制品规格/mm		ϕ60	ϕ60	ϕ90	ϕ60	ϕ60	ϕ30	ϕ30
螺杆直径/mm		ϕ65	ϕ65	ϕ65	ϕ65	ϕ65	ϕ30	ϕ30
机筒温度/℃	加料段	260 ~ 270	290 ~ 300	160 ~ 170	250 ~ 260	150 ~ 160	245 ~ 255	270 ~ 285
	塑化段	275 ~ 285	300 ~ 315	180 ~ 200	260 ~ 280	160 ~ 180	270 ~ 280	285 ~ 290
	均化段	270 ~ 280	295 ~ 305	180 ~ 190	260 ~ 270	165 ~ 175	270 ~ 280	295 ~ 300
模具温度/℃	入料端	250	295	170 ~ 190	250 ~ 270	160 ~ 170	250 ~ 270	285
	中部	220	285	160 ~ 180	240 ~ 250	160 ~ 170	230 ~ 250	250
	出料端	210	280	170 ~ 180	220 ~ 230	175 ~ 180	200 ~ 200	230
定形套内径/mm		ϕ64	ϕ64.5	ϕ95.5	ϕ61	ϕ63	ϕ31.5	ϕ30.4
定形套温度/℃		70 ~ 80	85 ~ 95	55 ~ 60	90 ~ 100	100 ~ 115	70 ~ 85	80 ~ 90
原料干燥处理	加热温度/℃	90 ~ 100	90 ~ 100	70 ~ 90	100 ~ 120	110 ~ 120	—	130 ~ 150
	干燥时间/h	2	2	1.5	2	1	—	1.5

（3）工艺操作要点

1）原料干燥处理后允许含水量：聚酰胺为 0.03%，ABS 为 0.03 ~ 0.05%、PC 料为 0.02%、POM 为 0.03% ~ 0.10%、PSU 为 0.02% ~ 0.04%。

2）注意模具与定形套间的隔热，推荐采用聚四氟乙烯垫圈。目前，最好的隔热垫板是由金属与聚四氟乙烯复合而成的。

3）采用如图 12-14 所示的模具成型的棒坯，可不用定形套冷却定形。可在冷却水槽内加几块厚度为 5mm 黄铜定形板（结构见图 12-16）。定形板的孔径由大到小依次排列，但最后

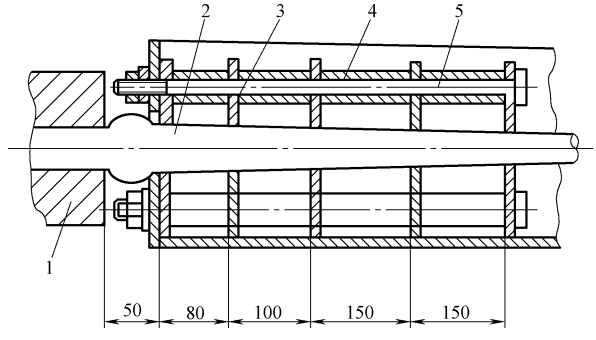


图 12-16　冷却水槽中的定形板

1—口模　2—棒坯　3—定形板　4—定位套　5—连接螺栓

一块定形板孔径比制品外径还要大些，具体尺寸应根据成型制品材料的收缩率确定；板孔还需有一些锥度（进端大、出端小），进料端孔径要倒 1 ~ 2mm 圆弧角。

4）工艺温度控制。成型制品的熔料温度，一般控制在比树脂的熔融温度高 20 ~ 30℃。温度过度时制品易产生气泡；温度过低时制品强度差。

5）模具温度要比原料塑化温度低 15℃左右。温度过低，制品表面粗糙。

6）制品冷却成型后要进行消除内应力处理。聚酰胺（尼龙）制品应在 100℃沸水中，逐渐升温后处理 3h 左右；聚碳酸酯制品要在热风（130 ~ 140℃）烘箱处理 2h 左右；聚砜制品在热风（150 ~ 160℃）烘箱处理 2h 左右。

第 13 章　塑料中空制品挤出吹塑成型

塑料中空制品（也叫塑料容器）是塑料制品中的一大类型，主要制品有瓶、桶、罐及箱等。这些制品可用挤出机进行挤出吹塑成型生产、注塑机注射吹塑成型生产，也可用薄板进行焊接组合成型，还可用旋转或热挤冷压法成型。

挤出吹塑成型中空制品常用塑料有：聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等树脂。成型的中空制品无毒、无味、质轻、耐腐蚀、可密封、美观卫生，广泛应用于食品、调料、化工产品及燃料等物品的包装。

塑料中空制品挤出吹塑成型生产工序比较简单：

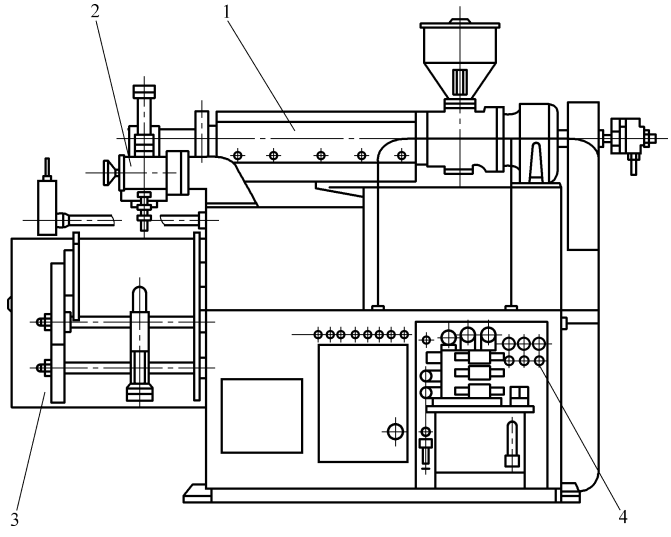


图 13-1　挤出成型中空塑料制品用设备结构示意

1—挤出机　2—型坯用模具　3—制品成型模具组合件　4—成型制品动作控制系统

按制品用料配方要求把主辅料计量混合→掺混搅拌均匀即可投入挤出机中→塑化成熔融态，从型坯模具口挤出→进入成型模具内，切断管状熔料→合模→用压缩空气把型坯吹胀，成型制品→经冷却定形后开模→取出制品。

完成这几个动作的零部件组成了中空塑料制品挤出吹塑成型机，其结构如图 13-1 所示。

另外还有一种生产方式，就是挤出成型型坯的成型部分和型坯吹胀成型制品部分，分别是两台独立的设备。吹塑成型制品装置结构如图 13-2 所示。它主要由吹塑成型制品形状的成型模具，模具移动

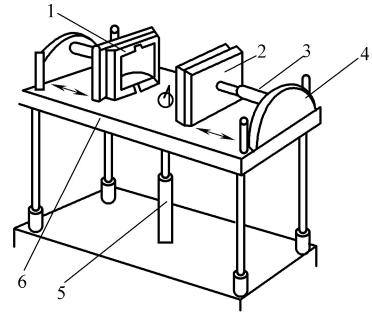


图 13-2　吹塑成型装置结构示意

1—固定或移动模板　2—移动模板　3—传动轴　4—传动减速箱　5—压缩空气输入管　6—机架

开合模动作用传动装置、固定模具和传动零件用机架等零部件组成。

国内部分塑料中空制品挤出吹塑成型机生产厂制造的设备技术参数见表13-1和表13-2。

表13-1 塑料中空制品挤出吹塑设备技术参数

非对称中空成型机①	螺杆直径/mm	口模直径/mm	模板尺寸/mm	合模力/kN	模板开距/mm	总功率/kW
CP-66/50	外66 内50	100	700×550	160	300~1000	100

全自动中空吹瓶机	螺杆直径/mm	口模直径/mm	模具尺寸/mm	模板开距/mm	塑化能力/(kg/h)	总功率/kW
CP-50	50	21	300×200	250	25	7.5

塑料中空成型机①	螺杆直径/mm	模头直径/mm	成型板尺寸/mm	成型板行程/mm	塑化能力/(kg/h)	总功率/kW	制品容积/L
SB-65	65	150	680×450	250~640	60	89.07	10
DA-75	75	80~200	1250×700	400~1200		118	30
DA-90	90					(主电动机) 55	60
DA-100	100	140~400	1500×1800	700~2300		216	150
DA-120	120	180~450	1500×1800	500~2000		232	220

吹塑中空成型机②	塑化能力/(kg/h)	锁模力/kN	最大开模行程/mm	最大移模行程/mm	制品容积/L	总功率/kW
KEB2-S50/20	HDPE:48 PVC:35	60	200	240	4	70.5
KEB2-S60/20	HDPE:80 PVS:50	60	200	240	4	102.5
KCCI-S60/20	HDPE:80 PVC:50	30	200	280	2.5	91
KCCI-S50/20	HDPE:48 PVC:35	30	200	280	2.5	72

挤出吹塑中空成型机③	最大制品容积/L	生产能力(PC)/(个/h)	塑化能力/(kg/h)	锁模力/kN	模板间距/mm	总功率/kW
HFB45	1.8	1050	35	24	80~330	23.63
HFB45J	1.8	1000	35	24	80~330	23.63
HFB55	3.5	900	50	38	410	31.7
HFB55Ⅲ	1	450×2	50	30	130~280	26.28
HB65	7.5	650	65	30	100~150	36.58
HFB65Ⅲ	3.5	350×2	65	40	200~420	31.08
HFB75	20	180	100	160	250~700	69.08
HFB75Y	20	400	100	170	200~800	41.38
HFB90	50	150	100	200	400~900	85.86
HFB100	120	120	180	360	320~1200	112.64

半自动两步法吹塑中空成型机	最大制品容积/L	日产数/个	模板行程/mm	模具厚度/mm	总功率/kW
HFBⅡ2H	2	1600	150	70~200	3.65

全自动两步法吹塑中空成型机	最大制品容积/L	日产数	模板行程/mm	模具厚度/mm	总功率/kW
HFBⅡ4A	2	40300	150	200	14.6

① 山东塑料橡胶机械总厂生产。

② 克虏伯震雄塑料科技有限公司（广东省顺德市）生产。

③ 张家港市华丰机械有限公司生产。

表 13-2　北京英特塑料机械厂生产挤出中空制品设备参数

型号	CP-45A		S-65NPVC		2K-80
生产原料	PVC、PE		PVC、PE		PVC、PE
产中容量/mL	单机头 500 ~ 1250	双机头 100 ~ 500	单机头 1000 ~ 2500	双机头 300 ~ 1000	贮料式 25 ~ 50L
制品最大尺寸(宽 × 高)/mm	80 × 210	65 × 210	100 × 320	80 ~ 240	50L
产量/(个/h)	500mL 250 个瓶	200mL 500 个瓶	100mL 250 个瓶	500mL 500 个瓶	20 ~ 30
挤出量/(kg/h)	15		65		120
螺杆直径/mm	45		65		80
长径比	22∶1		22∶1		25∶1
螺杆转速(r/min)	5 ~ 45		5 ~ 50		11 ~ 110
设备功率/kW	7. 5		22		37
合模力/kN	20		54		250
模板开模行程/mm	110 ~ 260		140 ~ 330		320 ~ 1200
设备外形尺寸(长 × 宽 × 高)/mm	3. 35 × 1. 665 × 2. 27		3. 153 × 2. 03 × 2. 153		6. 7 × 3. 5 × 4. 7

注：此设备适宜 PVC、PE 和 PP 料挤出中空乳液容器、药品包装及工具箱制品。

13. 1　聚乙烯桶

聚乙烯桶挤出吹塑成型生产工艺比较简单：生产过程（见图 13-3）是把 PE 树脂经挤出机熔融塑化，从模具中挤出成管状型坯，然后将其置于吹塑模具内，用压缩空气将其吹胀，经冷却定形后得到与模具内腔形状完全相同的制品。

（1）原料选择　挤出吹塑聚乙烯桶成型应按制品的规格容积大小来选择原料：一般规律是较小容积的塑料桶选用熔体流动速率（MFR）为 0. 3 ~ 4g/10min 的低密度聚乙烯；较大容积（25L 以下）塑料桶应选用熔体流动速率（MFR）为 0. 05 ~ 1. 2g/10min 的高密度聚乙烯；大容积塑料桶（指大于 25L 中空制品）应选用高分子量高密度聚乙烯（HMWHDPE）。

挤出吹塑中空制品专用 PE 树脂有：中国石油大庆石化分公司产的 DFDA-7143、DNDA-7145、DNDA-7146、DNDC-7148、DNDC-7150 和 DFDA-7340、DEX-8302 等树脂，根据制品使用条件要求，选出一种适合的树脂牌号。

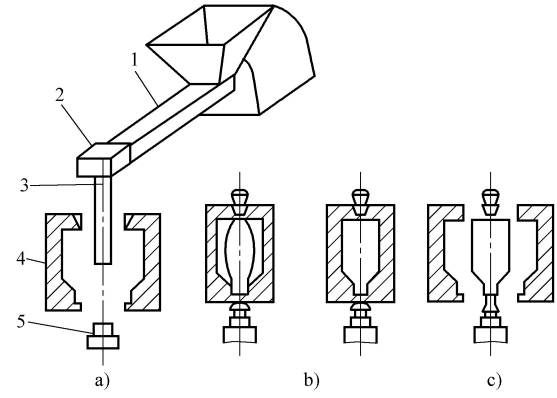


图 13-3　挤出吹塑中空制品过程示意

a）合模、切断型坯　b）吹胀　c）脱模

1—挤出机　2—管坯成型模具　3—管状熔粒坯

4—中空制品成型模具　5—吹气嘴

（2）设备条件

1）挤出机。挤出吹塑聚乙烯桶成型用挤出机结构无特殊要求，凡是挤塑 PE 料通用型单螺杆挤出机即可应用。螺杆的长径比在（20 ~ 25）∶ 1 的范围内，压缩比为 2 ~ 4，螺杆直径应根据挤出吹塑桶一次成型用料量大小来确定。

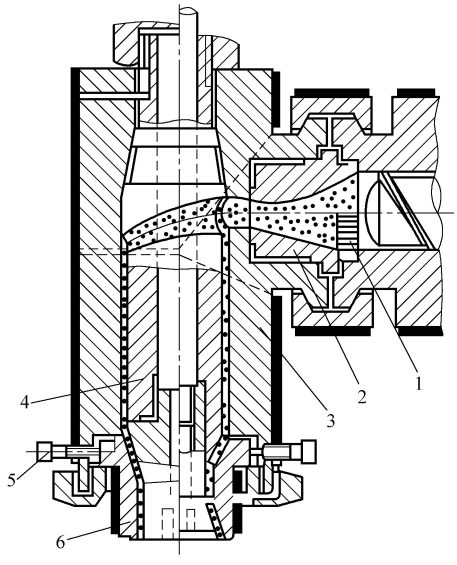


图 13-4　芯棒式模具结构

1—多孔板　2—连接颈　3—模具体
4—芯棒　5—调节螺钉　6—口模

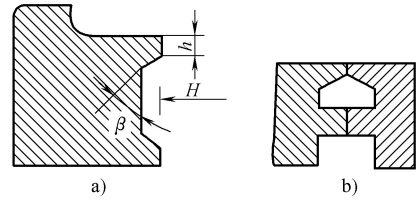


图 13-5　模具夹持口形状尺寸

a）单层刀　b）双层刀
h—刀口宽　H—刀口深　β—斜率

2）挤出管状桶坯用模具。挤出管状桶坯成型用模具结构如图 13-4 和图 13-5 所示。

从图 13-4 中可以看到，管状桶坯成型用模具结构与塑料管成型用模具结构相似；这种模具的零件组成、制造用材料及技术条件要求也和管材成型模具要求条件相同。设计时可参照管材成型用模具的技术条件要求。以下提供几个模具设计要求技术数据，供设计时参考选用。

① 压缩比为（2.5～4）∶ 1。

② 定径段平直部分长度 $L=8\delta$ 左右（δ 为口模间隙，mm）。

③ 口模内径粗略估算：$D=\dfrac{D_{制品}}{a}$（a 为吹胀比）。

3）吹胀中空制品成型模具。吹胀中空制品成型用模具结构，一般是由两个半模片组成，模具的开闭运动有水平式移动或垂直移动；也可以是以铰链轴为支点，两半模以支点为轴沿圆弧线运动开闭。另外，对于制品底部有下凹或在平面间留出空间的中空制品，成型模具要设计成三开或四开结构，以方便制品的顺利脱模。

吹胀成型中空制品模具结构及应用还需注意下列几点。

① 模具型腔面交接处应是圆弧过渡，不应有直角过渡线。

② 在成型模具端部要设有夹持坯管口，由此处切除制品多余料和夹持吹胀前的坯管。这个夹持口的形状尺寸如图 13-5 所示。几个尺寸的确定要考虑到它对制品成型和强度的影响。经验数据一般取 $h=1\sim2.5$mm，$H=3\sim5$mm，$\beta=15°\sim45°$。

③ 为使吹胀后的型坯贴紧模具内腔壁，得到较好的制品表面，应在型坯和模具间留出排气孔，在适当位置钻 0.2～0.5mm 的排气孔或在型腔结合面留出 0.1～0.2mm 的排气沟槽。

④ 模具要用导热性能好、能够承受合模强度和吹胀压力的材料制造。常用材料有铝、铝合金、钢和不锈钢等。

⑤ 为了加快吹胀后制品的降温，必要时制品成型模具要采用循环冷却水降温，聚乙烯吹胀制品用模具温度，工作时应不大于 40℃。

⑥ 模具内腔表面粗糙度要求不高，必要时内表面还需要喷砂（40 目）处理，以方便吹胀制品时空气从模具与制品表面间逸出。

（3）成型工艺　挤出机塑化原料时机筒温度：LDPE 料为 140 ~ 180℃、HDPE 料为 150 ~ 210℃（从机筒加料段至均化段逐渐提高温度）。

吹胀成型中空制品模具温度为 20 ~ 40℃。

吹胀空气压力为 0. 3 ~ 0. 5MPa。

吹胀比为 1. 5 ~ 3。吹胀比是指吹胀后制品横向最大直径与桶坯管直径之比（一般小型中空制品取大些吹胀比，而大型中空制品取较小吹胀比）。

（4）质量要求　聚乙烯吹塑容器质量要求应符合标准 GB/T 13508—2011 的规定，主要内容摘录如下：

1）本标准适用于以聚乙烯为主要原料，用吹塑成型容积为 250L 以下（含 250L）的塑料瓶、罐、桶（以下简称容器）。250L 以上的吹塑容器可参照本标准。容器使用温度 50℃以下，贮存温度 40℃以下。

2）本标准不适用于危险品、食品包装容器。

3）产品结构。

① 口径。分为开口式和闭口式两种，口径大于 70mm 为开口式，口径小于 70mm 为闭口式。装液体的容器应为闭口式。

② 提手。分整体式，安装式和端手式。整体式一次性吹塑成型；安装式是吹塑成型后在固定部位装配；端手式是吹塑成型用于搬动的凹凸部位。

③ 口、盖。可采用螺纹或其他结构。

④ 液位线。可供、需双方协商是否有液位线及位置。

⑤ 透气性容器。口、盖结构具有液体密封性能、且具有透气性能的容器。

4）规格。5L 以下不予规定，5、10、15、20、25、30、40、50、60、100、120、125、150、160、180、200、220、230、250L 为优先采用规格。

5）要求。

① 满口容量应不小于公称容量 1. 05 倍。

② 质量偏差。容器体（不含盖）实际质量与核定质量的允许偏差应符合表 13-3 的要求。

表 13-3　质量偏差

规格/L	≤5	10 ~ 30	40 ~ 100	>100
质量偏差(%)	±4. 0	±3. 5	±3. 0	±2. 5

③ 尺寸偏差。容器实际尺寸与设计尺寸的允许偏差应符合表 13-4 的规定；方型和偏方型容器的外径以对角线长度计算。

表 13-4　尺寸偏差

规格/L	≤5			10 ~ 30			40 ~ 250		
项目	外径	高度	口径	外径	高度	口径	外径	高度	口径
尺寸偏差/mm	±3		±1	±5		±2	±8		±2

④ 外观。外观应符合表 13-5 的要求。

表 13-5 外观要求

项目		规格/L			
		≤2.5	3~5	10~50	60~250
气泡	个数	≤2		≤3	≤5
	泡径/mm	≤1	≤2	≤3	≤4
		螺纹处和容器底部不得有间距小于30mm的气泡			
黑点杂质	个数	≤5	≤8	第100cm² 表面中≤5	
	最大长度 l /mm	0.5 < l ≤2		0.5 < l ≤4 4 < l ≤6 的不多于3个	
		分散分布,不影响使用;l ≤0.5mm 不计;不允许有穿透状杂质			
塑化不良		不允许容器内壁成絮状或颗粒状			
裂缝孔洞		不允许			
变形		不应有影响使用的变形			
油污		允许轻度油污			
色差		允许轻度色差,多层容器的内层颜色不得外露			
粘把		中空把手内部不得粘连、不积液			
擦痕		轻微,约小于表面积的5%		轻微,约小于表面积的10%	
		不允许影响容器外观整体美观性			
液位线清晰度		可看到内装物的液位		—	
口盖配套		配合适宜;采用螺纹结构时,扣旋紧应1圈以上			

⑤ 壁厚。容器对称部位壁厚比及最小壁厚应符合表13-6的要求。

表 13-6 对称部位壁厚比及最小壁厚

规格/L	≤0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	10	15	20	25	30	40	50
最小壁厚/mm	0.3	0.4		0.5		0.6		0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.5	
对称部位壁厚比	≤1.3:1														

规格/L	60	100	120	125	150	160	180	200	220	230	250
最小壁厚/mm	1.8	2.0	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	3.0		
对称部位壁厚比	≤1.5:1										

6）聚乙烯吹型容器的物理力学性能见表13-7。

表 13-7 聚乙烯吹塑容器物理力学性能

序号	项目	规定				
1	密封试验	不泄漏,对透气口,盖应透气				
2	跌落试验	拟装物液体(水)	无破损、不蹦盖、撞击时允许容器口部有少量漏液,之后不得再渗漏			
		拟装物固体(沙)	无破损、不蹦盖,如果全部内装物仍留在样品之中,即使封闭装置不再防筛漏,试样即通过试验			
3	悬挂试验①	公称容量/L	≤5	10~25	30~50	60~250
		残留变形量/mm	≤2	≤3.5	≤5	不裂
4	堆码试验②	不倒塌				
5	应力开裂试验③	开裂的试样数(容器体、盖)小于投入试验试样数50%				
6	耐内装液试验④	符合本表第1、2、4项的规定				

① 仅有端手结构的容器不进行本试验。
② 造型结构不能堆高的容器，由供需双方协商是否进行该项试验。
③ 通过耐内装液试验的容器可不进行本试验。
④ 耐内装液试验若供需双方认为不影响使用，可不进行本试验。

13.2　聚乙烯瓶

聚乙烯瓶是指容积只有几十毫升至几升的各种塑料中空制品。这种塑料瓶采用挤出吹塑成型时，使用的设备和生产工艺条件与聚乙烯桶的挤出吹塑生产成型用设备和工艺条件相似，不同之处只是吹胀成型制品的模具内腔形状不同。挤出吹塑成型瓶可用熔体流动速率（MFR）为 0.5 ~ 2g/10min 的线型低密度聚乙烯，也可用熔体流动速率（MFR）为 0.35 ~ 1.2g/10min 的高密度聚乙烯。如中国石化齐鲁公司塑料厂生产的 DND-3040、DND-7342、DXND-1223 型 LLDPE 树脂，中国石化集团北京燕山石油化工有限公司生产的 6200B 型 HDPE 树脂等均可用来挤出吹塑瓶。

聚乙烯塑料瓶的质量要求与其他种塑料瓶的质量要求基本相同。具体质量要求内容如下：瓶的外观质量规定见表 13-8；瓶的高度偏差见表 13-9；瓶的力学性能应符合表 13-10 中内容要求；瓶的垂直度（即瓶体中心线对瓶底平面的垂直度）偏差应符合表 13-11 的规定。如果瓶用来装食用品时，制瓶原料中乙醛含量平均值应小于或等于 3.0，最高不应超过 4.0，卫生指标要求应符合标准 GB 9687—1988 标准的规定。

表 13-8　瓶的外观质量要求

项目	指标
瓶口	瓶口端面应平整，螺纹应圆滑、无崩缺，溢料毛边不超过 0.3mm
瓶体	成型饱满，色泽均匀，无气泡、生料冷斑、污点及雾状发白
瓶底	注塑口不超过底平面

表 13-9　瓶的高度偏差　（单位：mm）

高度 H	极限偏差
$H<150$	±0.5
$150\leqslant H\leqslant 220$	±1.0
$H>220$	±1.5

注：瓶的容量应大于公称容量 1.0% 以上。

表 13-10　瓶的力学性能

项目	指标
密封性	无渗漏
垂直截面压力/N	≥100
跌落性能	无破裂
耐寒性（-20℃）	无变化

表 13-11　瓶的垂直度偏差

（单位：mm）

高度 H	极限偏差
$H<150$	≤3.0
$150\leqslant H\leqslant 220$	≤4.5
$H>220$	≤6.4

13.3　聚丙烯瓶

（1）原料选择　聚丙烯瓶挤出吹塑成型多选择熔体流动速率在 0.5 ~ 2g/10min 的 PP 树脂。如中国石化北京燕山石油化工股份有限公司产的 B4901、B4220、B205、B200 和抚顺石油化公司产的 EP-Q30R、Q30P、S30Q 等 PP 树脂，可挤出吹塑医用输液瓶或一般用途的塑料瓶等。

（2）设备条件

1）挤出机。选用挤塑 PP 料专用普通型单螺杆挤出机。螺杆直径选择应考虑成型瓶用

料量的大小，一般多选用 ϕ45mm 或 ϕ65mm 直径，长径比 >20:1，压缩比为（3 ~ 4）:1。

2）成型瓶用坯管模具。挤出吹塑成型瓶用坯管成型模具结构，多采用图 13-6 所示的直角式侧向进料模具结构；如果一次成型中空容器用料量较大，可采用图 13-7 所示的带有贮料缸式坯管成型模具结构。

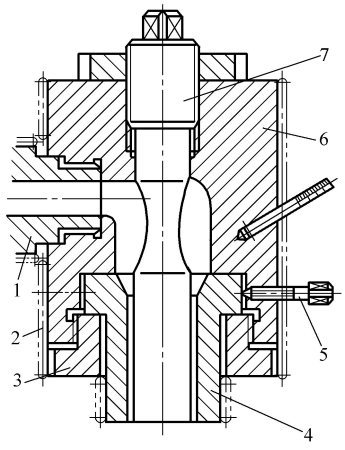


图 13-6　直角式侧向进料坯管成型模具
1—连接颈　2—电热装置　3—锁紧螺母　4—口模
5—调节螺钉　6—模具体　7—芯棒

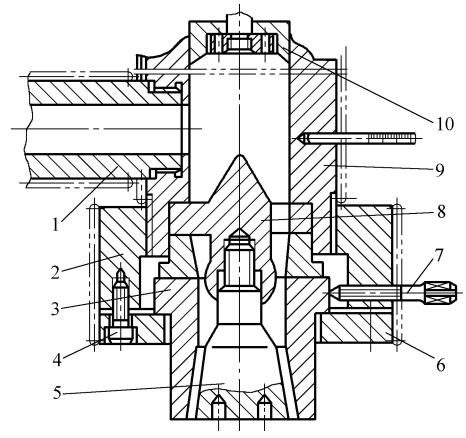


图 13-7　带有贮料缸式坯管成型模具结构
1—连接颈　2—模具体　3—口模　4—螺钉
5—芯棒　6—压板　7—调节螺钉　8—分
流锥　9—贮料缸体　10—推料活塞

（3）成型工艺

1）原料熔融塑化时工艺温度应控制在 170 ~ 230℃范围内。

2）坯管吹塑成型瓶制品用吹胀比控制在（1.5 ~ 3）:1 范围内。

3）吹胀坯管成型瓶制品用压缩空气压力为 0.3 ~ 0.6MPa。

4）成型瓶用模具温度为 20 ~ 50℃，冷却定型时间约占制品成型生产周期总时间的 50% ~ 60%。

（4）质量要求　瓶制品的质量要求是：制品表面光洁，在阳光下检查，无色差、变色和色不均匀等缺陷；瓶内装满水后旋紧盖，从 1.2m 高处坠落 3 次无破损、不裂底；卫生指标应符合标准 GB 9688—1988 规定。

聚丙烯塑料瓶的挤出、拉伸、吹塑成型生产工艺顺序与聚丙烯塑料瓶的挤出吹塑成型生产工艺不同之处是：由挤出机前部模具挤出的坯管先进行底部熔合，然后将其加热至适合拉伸吹塑温度，移至成型制品的模具内，在内部（拉伸芯棒）或外部（拉伸夹具）机械力的作用下进行纵向拉伸，同时或拉伸后吹入压缩空气把坯管吹胀（即径向拉伸）而成型瓶制品。图 13-8 所示是挤出、拉伸、吹塑成型塑料瓶生产工艺示意。

图 13-9 所示是聚丙烯瓶挤出、拉伸、吹塑成型生产工艺与设备示意。

塑料瓶的挤出、拉伸、吹塑法生产成型，分一步成型法和两步成型法。一步法成型制品是挤出、拉伸、吹塑等工序在一台设备上连续进行。两步法成型制品是挤出机塑化原料成型坯管后，再移至另一台设备上（或异地）进行坯管加热、拉伸和吹塑成型制品。

塑料瓶经挤出、拉伸、吹塑成型生产工艺过程，受双轴向拉伸后的分子重新排列定向

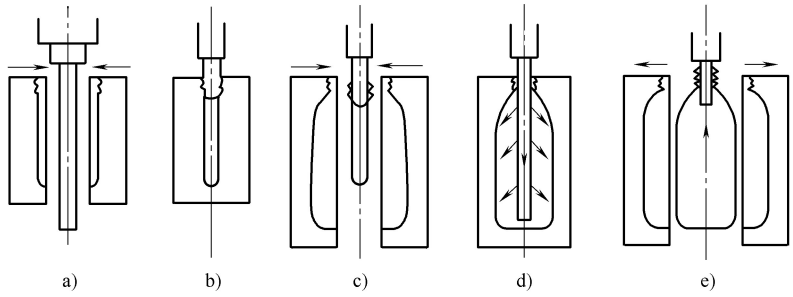


图 13-8　挤出、拉伸、吹塑成型塑料瓶生产工艺示意
a）模具挤出坯管，合模动作　b）坯管封底，定型　c）坯管移至成型瓶模具内　d）拉伸、吹胀坯管至成型瓶形　e）冷却定型后脱模

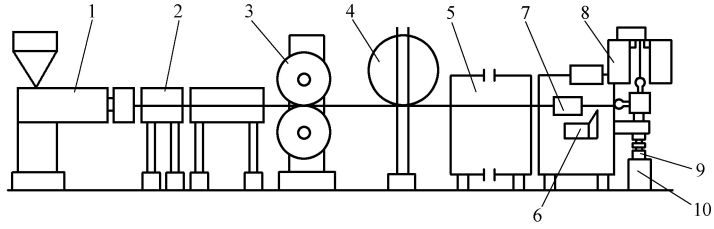


图 13-9　聚丙烯瓶挤出、拉伸、吹塑成型生产工艺与设备示意
1—挤出机　2—坯管成型定形与冷却　3—牵引坯管　4—平衡环
5—坯管加热烘道　6—切割　7—缓冲器　8—带瓶颈定位
的合模装置　9—夹具　10—自动拉伸吹塑成型机

后，制品的冲击韧性、低温强度、刚性、阻隔性都有了明显的提高，透明度和表面光泽度也得到改善，而且制品的壁厚也减小许多，既节省了原料，又降低了制品生产成本。

聚丙烯小型塑料瓶多为薄壁型。主要用于食品、饮料、化妆品和日化产品等的包装。

工艺操作要点如下：

1）所用原料与聚丙烯瓶采用挤出吹塑成型用料相同。

2）聚丙烯瓶成型前用坯管的挤出成型设备与聚丙烯瓶挤出吹塑成型设备相同，但成型坯管后，要有坯管的制颈和封底工序。

3）原料熔融塑化温度应控制在 210 ~ 230℃范围内；成型坯管时要把熔料温度迅速冷却降至 90 ~ 105℃的结晶温度范围内，以抑制大体积球晶的形成。

4）坯管加热、成型瓶颈、封底和切断，是瓶制品成型拉伸前的瓶坯加工工序；然后进行拉伸和吹塑成型制品。

5）瓶坯拉伸前加热至原料的玻璃化温度和熔点温度之间，聚丙烯树脂为 145 ~ 155℃；要达到瓶坯体各部位温度一致、受热均匀后方可进行拉伸工作。

6）拉伸吹塑时，拉伸芯棒从瓶口端插入直至瓶底，即可进行拉伸和吹入压缩空气吹胀瓶坯，完成瓶坯的拉伸和吹塑工作。

7）拉伸吹塑瓶坯的倍率是决定制品提高性能的一个重要工艺条件，这个倍率是拉伸比与吹胀比两个比值的乘积。一般 PP 制品的拉伸倍数控制在 6 ~ 10 范围内。拉伸比是指制品

长度与瓶坯长度之比；吹胀比是指制品的最大直径与瓶坯直径之比。PP 制品的拉伸比为（1.5～2.5）∶ 1；吹胀比为（3～5）∶ 1。

8）拉伸夹具用于坯管两端的夹持工作，是制品拉伸吹胀前必备的辅助工具。

13.4 聚氯乙烯瓶

（1）原料选择　选用悬浮法聚氯乙烯树脂中的 SG5 或 SG6 型。目前，挤出吹塑 PVC 瓶专用 PVC 树脂有多个厂家生产。如上海氯碱集团化工厂生产的 EB101-1、EB101-3、EB102-1、EB105-3 和福州二化集团产的 K61、K63 等树脂。用料配方见表 3-11。

（2）设备条件　选用通用型单螺杆挤出机，螺杆结构为等距渐变型，长径比为 $L/D \geqslant 20:1$，压缩比为 4；机筒前加多孔板和过滤网；料斗座和螺杆应通水降温。型坯模具选用如图 13-6 所示的结构。按瓶的容量大小参照表 13-1 选择挤出中空制品专用设备。

（3）成型工艺

1）生产工艺顺序如下：

原料按配方要求分别计量→高速混合机混合原料、掺混均匀→造粒→挤出机塑化原料成型坯管→坯管在成型模具内吹胀→冷却定形后开模→制品脱模修边→成品

2）原料配混、造粒，参见第 4 章内容。

3）挤出机塑化原料、成型坯管工艺温度（从机筒加料段至均化段）：145～150℃、150～160℃、165～170℃。

坯管成型模具温度：165～170℃。

坯管吹胀成型制品用空气压力：0.3～0.45MPa。

13.5 成型生产故障分析

（1）螺杆旋转不平稳

1）机筒温度波动大。

2）V 带传动中传动带在带轮上打滑，带轮或 V 带磨损严重。

3）机筒加热温度控制失灵。

4）机筒内原料中有异物。

（2）螺杆驱动电动机工作而螺杆不转动

1）机筒内原料温度低。

2）机筒内有金属异物。

3）传动零件损坏、齿轮断齿。

4）V 带传动中被动轮不工作、V 带打滑。

（3）坯管成型模具零件易损坏

1）模具温度低。

2）熔料温度低。

3）分流锥角度大，阻力大。

4）模具内腔设计不合理，压缩比偏大。

（4）吹胀成型模具工作时经常出现故障

1）模具中固定零件的螺钉松动。

2）模具移动导套、导柱严重磨损。

3）气压管工作移动与模具动作不协调，工作位置不正确。

（5）坯管从模具中挤出速度过快

1）熔料温度过高。

2）模具温度高。

3）螺杆转速偏快。

（6）坯管下垂伸长过快

1）模具温度高。

2）原料熔体流动速率选择不当、偏高。

3）吹胀成型模移动速度偏慢。

（7）坯管挤出口模后有翻边现象

1）坯管边向外翻，说明芯棒温度偏高。

2）坯管边向内卷，说明口模温度偏高。

（8）坯管挤出模具口不走直线

1）口模与芯棒之间的间隙不均匀，坯管向间隙小侧弯曲。

2）坯管成型模具温度不均匀。

（9）坯管从模具中挤出速度不稳定

1）机筒供料有间断现象，料斗中原料可能有“架桥”现象。

2）螺杆工作转速不稳定。

3）机筒加热温度波动大。

4）机筒与螺杆之间的间隙过大。

（10）坯管内有气泡

1）原料中水分偏高。

2）原料配方中有挥发性较大的助剂。

3）机筒中原料滞留时间长，有分解现象。

（11）坯管有条纹

1）原料中有杂质。

2）模具内有滞料。

3）过滤网破裂。

4）模具内腔压缩比偏小。

5）口模部位有划痕。

（12）坯管表面粗糙

1）原料塑化不均。

2）口模内表面不光滑。

3）熔料温度过高或温度偏低。

（13）吹胀制品成型误差大

1）吹胀气压不足。

2）吹胀时模具排出空气不通畅。
3）模具散热降温效果差。
4）吹胀供气时间短。
（14）坯管吹胀破裂
1）夹坯口宽度尺寸选择不合理。
2）提高吹胀成型模具的合模力。
3）吹胀气压过高。
4）坯管的吹胀比偏大。
5）坯管长度尺寸不足。
6）原料中含水分高。
7）熔料温度偏低。
（15）制品变形
1）吹胀成型制品降温冷却时间不够。
2）熔料坯管温度偏高。
3）吹胀成型制品生产周期短。
（16）制品表面粗糙不光亮
1）坯管熔料温度偏低。
2）吹胀空气压力不足。
3）吹胀成型过程中排气不顺畅。
4）成型模具内腔表面不光亮。
5）脱模剂喷涂量过多。
（17）制品表面有条纹和麻坑
1）坯管成型模具内有异物。
2）熔料温度不均匀。
3）吹胀空气压力不足。
4）吹胀空气中有水珠。
（18）制品强度差
1）制品结构形状设计不合理。
2）原料塑化不均匀。
3）原料配方选择不合理。

第3篇　注 射 成 型

以高聚物（树脂）为主要成分的塑料，采用注射机注射成型塑料制品，是塑料制品多种成型生产方法中的一种重要成型方法。几乎所有热塑性塑料和部分热固性塑料（酚醛塑料、氨基塑料等）都可采用注射机注射成型塑料制品。用注射机注射成型的塑料制品产量约占塑料制品生产总量的30%。制品生产用注射机台数约占塑料制品成型设备总台数的25%。

塑料制品采用注射机注射成型生产的特点是：制品能在较短的时间内在注塑模具中一次成型，生产工艺比较简单，效率也比较高；可以一次成型外形比较复杂的塑料零件，而且尺寸比较精确；塑料注射件还可同时与金属嵌件结合成一体；注射机注射成型塑料制品是一种单机生产操作方式，更换新品种时，原料的更换、模具的更换安装都要方便些。由此可见，注射机注射成型生产塑料制品对各种原料的适应性强，比较容易进行自动化生产。

改革开放30多年来，为了满足人们对注塑制品大的需求量，满足市场供应，塑料行业的工程技术人员通过不断努力，改进注射机的组成结构、操作方式来提高生产效率。同时，逐步向注塑制品生产的高速化、自动化方向努力。具体实施方案措施如下：

1）提高物料塑化用螺杆转速，加快熔料的注射速度，以缩短单件制品注塑生产周期，增加单位时间内的注射循环次数。

2）一台注射机上配备两个注射料筒。预塑螺杆可依次向两个注射料筒供料，达到连续注射。

3）采用双套模具注塑。工作时两套模具转动换位，使注射熔料与冷却、开模工序在两个工位上同时进行，缩短了预塑停机等待时间，使注射机的生产能力提高近一倍。

4）在注塑制品成型生产过程中，采用计算机对原料的输送、机筒供料、工艺温度控制及开模、制件取出等工序实行全自动程序控制，实现自动化生产。

5）为了使注塑制品能在多种特殊环境中工作，要求用不同性能的塑料生产出能适应各种工作环境的塑料制品。不同性能的塑料制品，其注塑生产工艺条件不同，这就促使注射机向专用型发展。如具有较好的电性能、物理性能和耐热性能、不易变形的制品生产用热固性塑料注射机；多种色彩、多种原料复合成型用多色注射机；为改进产品质量而设计的排气式注射机、纤维增强塑料注射机、低发泡注射机和注射吹塑成型机等。

6）注射成型生产工艺方面，有的已采用流动注射成型、注射压缩成型、夹层注射成型、反应注射成型及气体辅助注射成型等。

1. 注塑制品及用途

注塑制品的品种比较多，应用范围也比较广，包括各种机械设备中的轻负荷齿轮、轴衬、垫、外壳等，特别是纺织设备和汽车的一些配件电器中的各种零件、仪表外壳、灯具等；液体输送管路中的各种阀门、不同形状规格的管件、泵和电动机上的风扇等；人们日常生活中使用的各种家用电器的内衬、壳，以及到处可见的瓶、碗、盆、杯、桶、周转箱、鞋底、拉链、灯罩、眼镜等；另外，还有医疗器械和文教用品等。注塑制品在国防工业、交通

运输业、机电产品、建筑材料、农业、科教、卫生和日常生活中到处都有应用，已成为人们日常生活和国民经济发展中不可缺少的重要物品。

2. 注塑制品用原料

注塑制品常用塑料材料有：聚乙烯（PE）、聚氯乙烯（PVC）、聚丙烯（PP）、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）、丙烯腈-苯乙烯共聚物（AS）、聚苯乙烯（PS）、醋酸纤维素（CA）、聚酰胺（PA）、聚碳酸酯（PC）、聚甲醛（POM）、聚氨酯（PUR）、聚苯醚（PPO）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚酰亚胺（PI）、聚三氟氯乙烯（PCTFE）、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、聚酚氧、酚醛树脂（PF）、聚砜（PSU）、聚芳砜（PASU）、聚醚砜（PES）、聚苯硫醚（PPS）、聚苯酯（POB）、氯化聚乙烯（CPE）等。

3. 塑料制品注射成型生产过程

塑料制品的注射成型生产工艺过程是一个循环的工作程序。各种结构类型不同的注射机的注射成型制品生产动作程序基本相同，其工作程序如下：

1）合模注射（高压低速锁紧模具→注射台前移→注射）程序，如图 1 所示。

2）保压、降温冷却定型程序，设备动作如图 2 所示。

3）成型模具开模、制品顶出模具、制品落下程序，设备动作如图 3 所示。

塑料制品的注射成型生产工艺循环程序路线如图 4 所示，注塑制品其生产工艺循环程序中的具体工作内容如下。

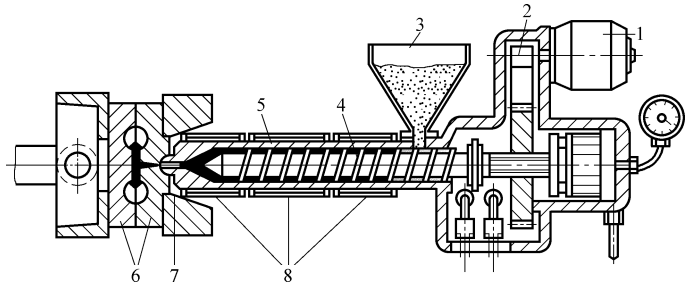


图 1　注塑制品中的合模、注射程序

1—电动机　2—减速器　3—料斗　4—螺杆

5—机筒　6—模具　7—喷嘴　8—加热装置

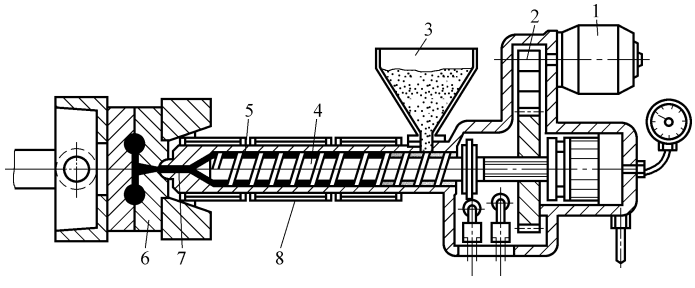


图 2　注塑制品中的保压、降温程序

1—电动机　2—减速器　3—料斗　4—螺杆

5—机筒　6—模具　7—喷嘴　8—加热装置

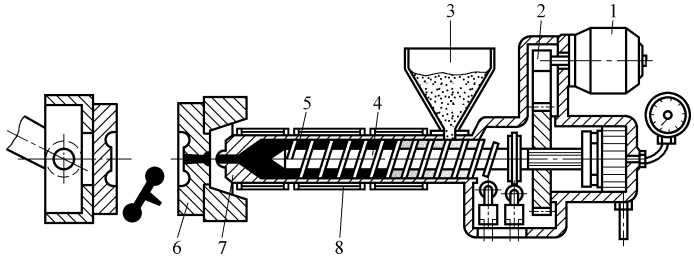


图3　注塑制品中的开模、制品顶出程序

1—电动机　2—减速器　3—料斗　4—螺杆

5—机筒　6—模具　7—喷嘴　8—加热装置

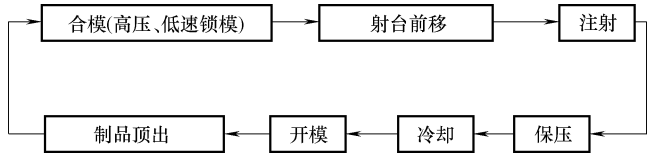


图4　注射成型生产工艺循环程序路线

制品用原料按一次成型塑料制品的用料量，由料斗加入到注射机的机筒内，转动的螺杆推动原料前移，与此同时，原料接收机筒外部的加热。由于原料在机筒内既要受热升温，又要因螺杆上螺纹容积的逐渐缩小而受压缩，再加上不停转动螺杆的螺纹使翻动前移的物料间及物料与机筒间的摩擦等多种条件作用，使原料在被推动前移的同时逐渐被塑化成熔融态。至螺杆前端的熔料，由于受喷嘴的阻力而产生反螺杆螺纹推压力，随着螺杆推动熔料前移量的增加，则产生的这个熔料反推压力也逐渐增加，当这个反推压力大于液压缸活塞对螺杆的推力和摩擦阻力（该阻力即是螺杆的背压力）时，螺杆开始后退，同时开始料斗的加料计量。螺杆后退的距离大小由一次成型注塑制品的注射料量来决定，并由生产前调整好的行程限位开关控制。后退的螺杆碰到行程开关后，则停止转动和后退，完成一次预塑化原料程序。

合模部分完成锁模动作后，注射座被液压缸活塞推动前移，直至喷嘴紧靠浇口；然后注射液压缸活塞推动螺杆迅速前移，按熔料进入成型模具中所需要的压力和流动速度，把熔料注入成型模具型腔内。为防止注满成型模具型腔内的熔料回料和及时补充熔料冷却固化前的熔料收缩量，完成注射的喷嘴仍然紧靠在浇口上，而且保持着一定的压力。这个过程称其为保压、降温定形。

保压、降温定形达到预先设定的时间后，制品固化成型即完成。注射座被液压缸活塞拉动后退，开始螺杆的第二次预塑化，成型模具打开，制品被顶出模膛，完成注塑制品的全过程。

由此可见，用注射机注射成型制品的生产是一个周期性循环往复的过程，这个生产周期中，以熔料注射时间和熔料注射入模后的保压及冷却定形时间为主，它们对制品成型质量有较大影响。一般注射时间约为3～5s，保压时间约为20～120s、冷却时间约为30～120s。保压时间长短与制品的壁厚有关，壁厚尺寸较小时，保压时间短；壁厚尺寸较大，则保压时间要长些；特别厚的大型制件，有的保压时间要大于3～5min。通常，应以浇口处熔料凝固为准，停止保压。冷却时间应以制品脱模后不变形为准，冷却时间的长短与制品壁厚、模具温度、材料的热性能和结晶性能有关。

第 14 章　注射机与辅机

14.1　注射机类型

由于注塑制品的结构类型和种类比较多，所以用来成型注塑制品的注射机类型也较多。目前，对注射机的分类没有统一规定。通常，可按下列几种方法分类：

1）按对原料的塑化和注射方式分类。

2）按注射机外形结构不同分类。

3）按注射机的加工能力分类。

4）按注射机的特殊用途分类。

14.1.1　按对原料塑化和注射方式分类

按对原料的塑化和注射方式分，可以将注射机分为柱塞式、往复螺杆式和螺杆塑化柱塞注射式三种。

（1）柱塞式注射机　用柱塞依次把落入料筒中的塑料推向料筒前端的塑化空腔内，塑料在空腔内依靠料筒外围的加热器提供热量，塑化成为熔融状态。然后，通过柱塞快速前移，把熔融料注射到模具型腔内冷却成型。图 14-1 为柱塞式注射机示意图。

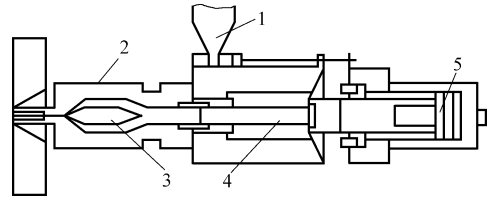


图 14-1　柱塞式注射机结构示意图

1—料斗　2—机筒　3—分流梭　4—柱塞　5—液压缸

（2）往复螺杆式注射机　注射机中塑料的塑化，是由于螺杆旋转时把塑料挤压、剪切和机筒外围供热的结果。然后，经过螺杆轴向往复运动，像柱塞一样把塑化料注射到模具成型空腔内冷却成型。往复螺杆式注射机结构示意图如图 14-2 所示。目前这种结构形式注射机应用得最多。

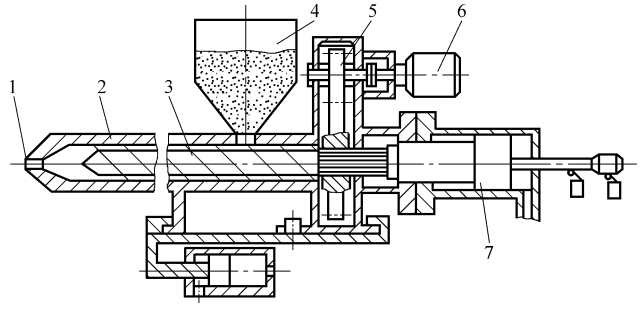


图 14-2　往复螺杆式注射机结构示意图

1—喷嘴　2—机筒　3—螺杆　4—料斗　5—齿轮箱　6—电动机　7—液压缸

（3）螺杆塑化柱塞注射式注射机　这种注射机的注射装置由两部分组成：物料塑化部

分和注射部分。首先，塑料在塑化部分的挤出机中均匀塑化，经由单向阀挤入注射料筒空腔中；然后，注射部分柱塞快速前移，把物料注射到模具型腔内冷却成型。其工作结构示意图如图 14-3 所示。

14.1.2　按注射机外形结构的不同分类

注射机按外形结构不同，可分为立式注射机、卧式注射机、角式注射机、多模注射机和组合式注射机。

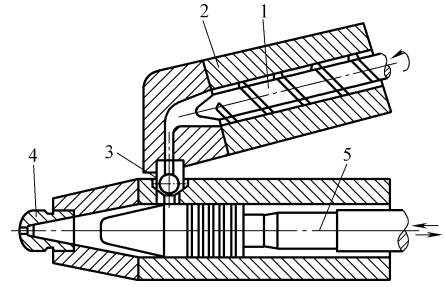


图 14-3　螺杆塑化柱塞注射式注射机的工作结构示意图
1—螺杆　2—机筒　3—单向阀
4—喷嘴　5—柱塞

（1）立式注射机　立式注射机的外形结构特点是：设备的高度尺寸大于设备的长度和宽度尺寸，它的注射部分和合模部分装置轴线，是上下垂直成一直线排列，如图 14-4 所示。这种机型占地面积小、模具装配方便；不足之处是加料比较困难，工作时稳定性比较差。这种注射机多数是注射量小于 $60cm^3$ 的小型注射机。

（2）卧式注射机　卧式注射机外形结构特点是：机身长度尺寸大于宽度和高度尺寸，它的注射部分和合模部分装置轴线，在一条直线上呈水平排列。图 14-5 所示为卧式注射机外形结构示意图。这种注射机的机身低，工作时平稳性好，操作和维修都比较方便，也容易实现自动化操作。目前，卧式注射机在塑料注射中应用得最多。

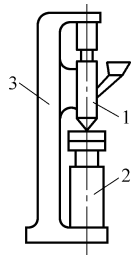


图 14-4　立式注射机外形结构示意图
1—合模部分　2—注射部分　3—机身

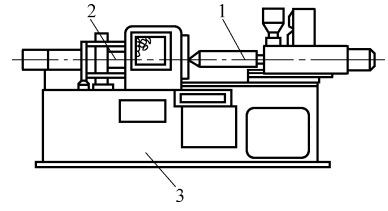


图 14-5　卧式注射机外形结构示意图
1—注射部分　2—合模部分　3—机身

（3）角式注射机　角式注射机的注射部分和合模部分的轴心线在一个与机身垂直的平面上，两部分的轴心线互相垂直。这种注射机的优缺点介于立式和卧式注射机之间，外形结构形式也比较常见。如果制品中心不允许留有浇口痕迹，用这种角式注射机非常适合。图 14-6 所示为角式注射机外形结构示意图。

（4）多模注射机　多模注射机有多个成型模具，工作时转动模具位置依次顺序工作，冷却成型脱模不受生产辅助时间限制，这样缩短了制品的生产周期，可提高生产效率。图 14-7 所示为多模注射机结构示意图。

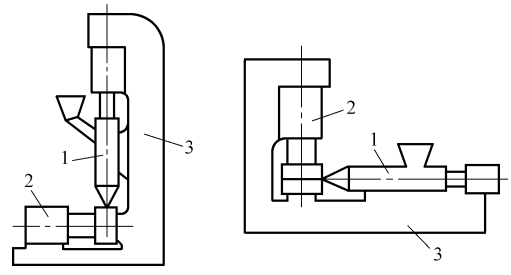


图 14-6　角式注射机外形结构示意图
1—注射部分　2—合模部分　3—机身

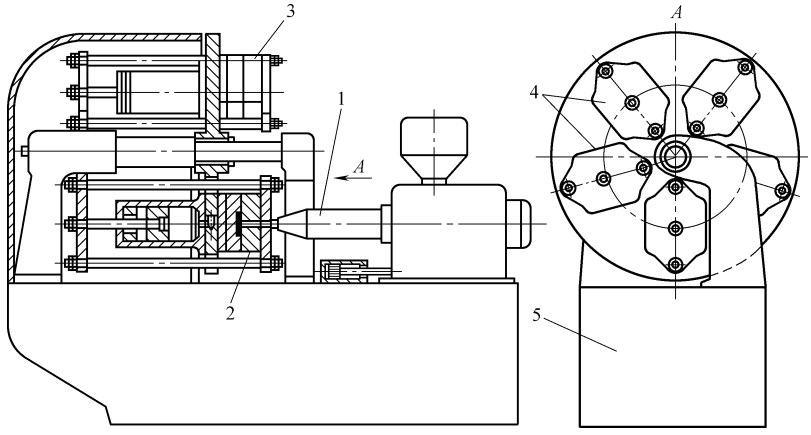


图 14-7　多模注射机结构示意图

1—注射部分　2—合模部分　3—另一组合模部分　4—五组合模部分位置分配　5—机身

为了满足不同塑料注塑制品的生产工艺需要，还有许多特殊结构外形的注射机。图14-8所示为几种组合式注射机外形结构示意图。

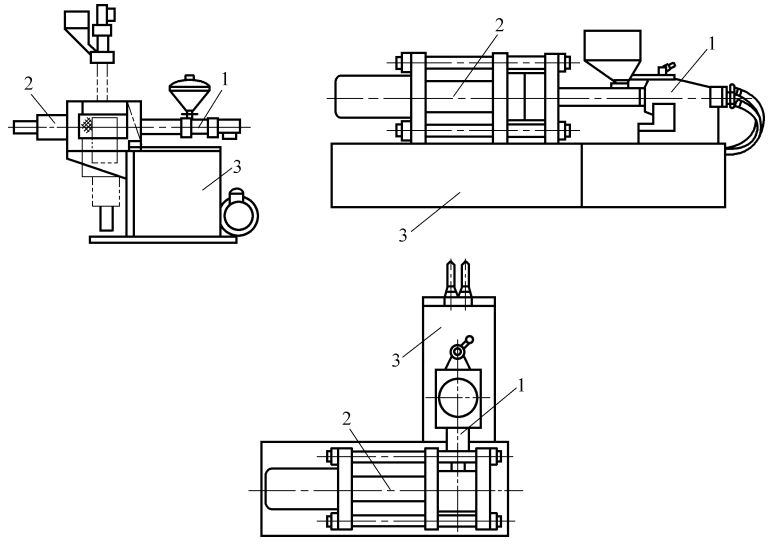


图 14-8　几种组合式注射机外形结构示意图

1—注射部分　2—合模部分　3—机身

14.1.3　按注射机的加工能力分类

按加工能力大小给注射机分类是注射机分类最常用的一种方法。注射机的加工能力大小，是指注射机的合模力和一次注射原料量的大小。按加工能力大小分类，注射机可分为下列几种类型：

1）超小型注射机。合模力小于 160kN，一次理论注射熔料容积小于 16cm^3。

2）小型注射机。合模力在 160 ~ 2000kN 之间，一次理论注射熔料容积在 16 ~ 630cm^3 之间。

3）中型注射机。合模力在 2500 ~ 4000kN 之间，一次理论注射熔料容积在 800 ~ 3150cm^3 之间。

4）大型注射机。合模力在 5000 ~ 12500kN 之间，一次理论注射熔料容积在 4000 ~ 10000cm^3 之间。

5）超大型注射机。合模力大于 16000kN，一次理论注射熔料容积大于 16000cm^3。

14.1.4　按注射机的特殊用途分类

注射机按用途分类，可分为通用型注射机和专用型注射机。专用型注射机中比较常用的有热固性塑料注射机、注射吹塑成型机、排气式注射机、精密高速注射机、塑料鞋用注射机、三注射头单模位注射机和双注射头两模位注射机等。

（1）通用型注射机　通用型注射机为卧式注射机，是目前国内应用最多的一种机型，主要用来注射成型热塑性塑料成型制品。其注射成型塑料制品的数量，在各类型注射机成型的制品数量中占比例最大。卧式注射机的外观结构如图 14-9 所示。

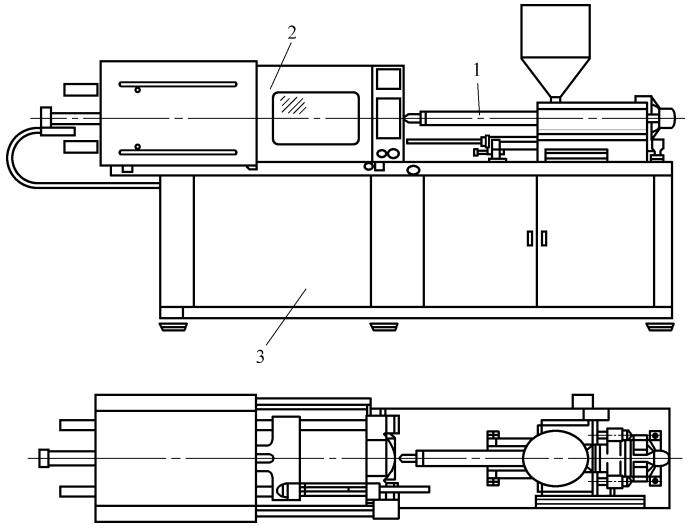


图 14-9　卧式注射机外观结构

1—原料塑化注射部分　2—合模制品成型部分　3—注射机机身

（2）排气式注射机　排气式注射机的工作特点是原料在注射机的机筒内挤压塑化过程中，原料产生的挥发气体或原料中的水蒸气，能在熔料注射成型前从机筒内排出，这种注射机被称为排气式注射机。如果熔料中混有的气体不能被排除，则会影响制品强度和外观质量。有些含水分较高的原料，使用排气式注射机生产注塑制品，在生产前不用进行干燥处理，可缩短注塑制品的生产周期。用排气式注射机生产注塑制品，产品合格率也能得到提高。

排气式注射机的螺杆结构从排气部位分开（见图 14-10），分为第一阶区和第二阶区。第一阶区螺杆为渐变型结构，和标准渐变型螺杆结构相同，分为加料段、塑化段和均化段；第二阶区螺杆只有塑化段和均化段。

排气式注射机工作方式为：进入机筒内的原料在机筒内被转动的螺杆挤压、加热，随螺

杆的转动被推动前移，在螺杆第一阶区内基本达到塑化；当熔料进入到排气部位时，由于熔料受压解除，熔料中的气体从排气口排除；继续转动螺杆，把熔料推入第二阶区，熔料进一步塑化，经均化段进入储存注射腔；螺杆迅速前移，熔料被推动经喷嘴进入成型模具内，经冷却定形后成型制品。

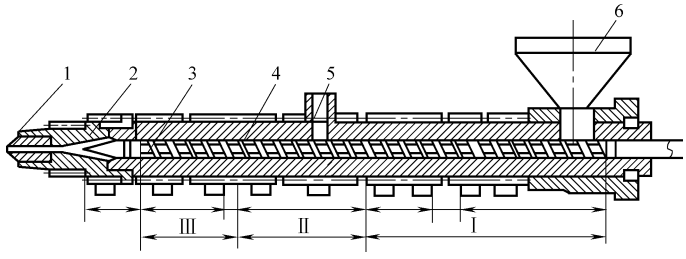


图 14-10　排气式注射机筒和螺杆结构

1—喷嘴　2—前段机筒　3—螺杆　4—主机筒　5—排气孔　6—料斗

Ⅰ—螺杆第一阶区　Ⅱ—螺杆排气区　Ⅲ—螺杆第二阶区

（3）精密型注射机　精密型注射机是指能够注射成型塑料制品的结构和各部尺寸精度要求较高的注射机。例如一些仪表和特殊要求的机械零件，它们的结构尺寸精度要求在 0.01 ~ 0.005mm 范围内。一般通用型注射机难以达到成型制品精度，所以，必须在专用精密注射机上注射熔料，再配以相应精度的成型模具，才能完成精度要求较高塑料制品的注射成型工作。

精密注射机结构特点如下：

1）塑化注塑用机筒和螺杆的工作表面应作特殊硬化处理，以提高其工作面硬度和耐磨性。

2）螺杆的结构应对原料有较强的塑化能力，驱动转矩比较大，而且能无级调速。

3）为适应较高的注射压力（注射压力在 220 ~ 250MPa），注射合模装置各零件应有较高的工作强度和刚度。

成型模具型腔尺寸精度要求较高，合模装置应配备低压保护调整装置和锁模力调整装置。

（4）鞋用注射机　塑料鞋注射成型用注射机是成型塑料鞋的专用设备。这种注射机有多种类型，只用来注射成型鞋底的注射机称为结帮鞋用注射机。这种鞋的鞋帮面料，一般都是布、人造革或真皮。注射成型的鞋为全塑料原料的，称为全塑鞋注射机。按鞋底的颜色和用料层的不同，又可分为单色注射机、双色注射机或多色注射机。

结帮鞋有旅游鞋和运动鞋，全塑鞋有拖鞋、凉鞋和旅游鞋。这些鞋中塑料用料主要有 PVC、改性 PVC、SBS 和 TPR 树脂等。

（5）注射吹塑成型机　注射吹塑成型机是一种用来注射成型中空制品用注射机。这种注射机中的原料塑化和注射部分的结构与通用型注射机的完全相同。合模成型中空制品部分的成型模具一般都是多个工位结构。常用模具换位方式有往复式换位和旋转式换位。往复式换位方式有两个模具工位；旋转式换位方式有多个模具工位，其中以三工位旋转式结构形式较多，其注射吹塑成型机结构如图 14-11 所示。

图 14-11 所示的模具成型中空制品的工序如下：制品用原料首先在注射机的机筒内塑化成熔融态，然后迅速前移的螺杆把熔料经喷嘴注入成型中空制品型坯的模具内，成型为有封

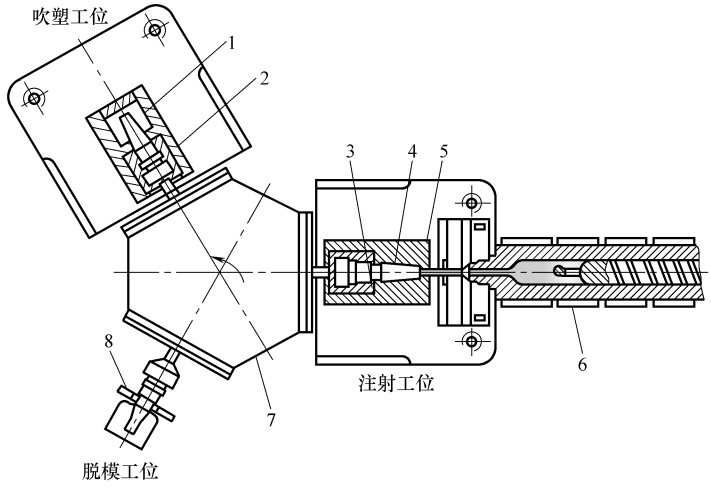


图 14-11　三工位旋转式注射吹塑成型机结构

1—中空制品　2—成型模具　3—芯棒　4—制品型坯　5—型坯模具
6—原料塑化注射装置　7—模具转位固定架　8—脱模板

底的管状型坯。此动作即是图中的注射工位。然后开模，管状型坯在芯棒上随同转位固定架旋转 120°至吹塑工位。此时芯棒和管状型坯同时置入下半吹塑成型模具型腔内，合模，然后把压缩空气经芯棒内孔吹入型坯内，把型坯吹胀，则被吹胀的型坯紧贴在成型模具的内壁，成型中空制品形状。制品经降温冷却定形后开模。模具转位固定架再旋转 120°，芯棒与制品转至脱模工位，把制品从芯棒上拔出，完成注射吹塑中空制品成型的三工位动作。当连续生产时，芯棒随转位架再次转至注射工位，重复第二件中空制品的成型生产过程。

国内部分注射吹塑成型机生产厂及主要技术参数见表 14-1 和表 14-2。

表 14-1　国内塑料注射吹塑成型机型号及主要技术参数

型　　号	螺杆直径 /mm	注射容积 /cm^3	塑化能力 /(kg/h)	螺杆转速 /(r/min)	制品最大容量 /L	总功率 /kW
SZL-200/250①	50	250	40	0 ~ 100	4	57
SCZ0.8 × 3②	205	145	160	≤200	≤100	33.2

① 上海轻工机械技术研究所生产。

② 江苏维达机械集团公司生产。

表 14-2　PET 系列瓶坯专用注射机型号及主要技术参数

型　　号	90PET			160PET			260PET			380PET		
螺杆直径/mm	35	40	45	45	50	55	55	60	65	70	80	90
理论注射容积/cm^3	177	231	293	366	452	546	656	780	916	1416	1850	2341
注射量/g	189	247	313	391	483	585	702	835	980	1515	1979	2505
注射压力/MPa	222.0	170.0	134.3	210.2	170.2	140.7	199.9	168.0	143.1	208.2	159.4	125.9
螺杆长径比(L/D)	25.1∶1	22.0∶1	19.6∶1	24.4∶1	22.0∶1	20.0∶1	24.0∶1	22.0∶1	20.3∶1	25.1∶1	22.0∶1	19.6∶1
注射速率/(cm^3/s)	64	84	106	106	131	158	192	229	269	259	339	429
螺杆最高转速/(r/min)	177			162			173			140		
螺杆行程/mm	184			230			276			368		
合模力/kN	900			1600			2600			3800		
合模行程/mm	320			446			525			710		

（续）

型　　号	90PET	160PET	260PET	380PET
拉杆间距(长×宽)/mm	360×360	460×460	740×740	660×660
最大模厚/mm	360	460	580	740
最小模厚/mm	150	150	200	250
模板最大间距/mm	680	906	1105	1450
顶出力/kN	25	37	60	100
顶出行程/mm	85	130	160	200
顶杆数	1	5	9	13
电动机功率/kW	7.5	15	22	37
液压泵输出量/(L/min)	54	84	145	203
加热功率/kW	10.6	15.3	18.3	25
加热段数目	4+1	5+1	5+1	5+1
机器质量/t	3	4.8	11	15.5

注：1. 注射量是指用 PET 料时的质量。
2. 此表是大连华大机械有限公司生产瓶坯用注射机参数。

（6）热固性塑料注射机　用于注射成型热固性塑料（如酚醛、聚氨酯等）制品的注射机称为热固性塑料注射机。由于热固性原料成型制品工艺过程中的特殊条件要求各不相同，成型热固性塑料制品用注射机结构也就略有不同。图 14-12 所示是热固性塑料成型用注射机的塑化注射部位结构。

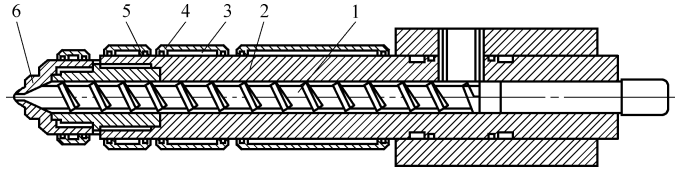


图 14-12　热固性塑料成型用注射机的塑化注射部位结构
1—螺杆　2—主机筒　3、5—加热装置　4—前机筒　6—喷嘴

热固性塑料成型用注射机结构特点如下：

1）螺杆的长径比 L/D 为 12～16，压缩比为 1.05～1.15，螺纹深为渐变型，螺杆头部为锥形。

2）机筒分两段，为组合式。机筒加热介质为油或水，两段机筒各自独立控温，这样使机筒的加热升温平稳缓慢，防止了原料过热而提早固化在机筒内。机筒分两段，也方便拆装清理。

3）热固性塑料黏度比较大，喷嘴孔直径应在 4～8mm 之间，为直通式喷嘴。

4）机筒和螺杆的装配间隙应控制在 0.10～0.20mm 之间，以防止机筒内滞留残料固化。

5）成型模具温度控制应平稳、恒定，不允许有较大温度波动，模具和定模板间要加隔热板，以方便模具温度的稳定控制。

6）成型模具要有排气通道，以方便热固性塑料固化反应中的气体溢出。

14.2　注射机标准与型号

14.2.1　注射机标准

注射机成型设备产品标准是说明注射机质量评定的主要依据。世界各工业国都有自己国

家的注射机生产制造标准。我国注射机标准有轻工业行业标准、机械工业行业标准和国家标准。世界主要工业国注射机标准见表 14-3。

14.2.2　注射机标准机型型号标注

注射机机型的标注有下列几种方法：

1）欧洲塑料橡胶机械制造者委员会建议标准标注方法（1983）：合模力-当量注射容积。

2）一些主要注射机生产厂家样本介绍标注方法：生产厂家代号-合模力。

表 14-3　世界主要工业国注射机标准代号

国别和单位	标准代号	国别和单位	标准代号
欧洲塑料橡胶机械制造者委员会	EUROMAP2/3,4,5,6,7,8,10	前苏联国家标准	ГОСТ 10767—1971 ГОСТ 10768—1973
美国国家标准	ANSI B 15.1—1976	中国轻工业行业标准	QB 318—1983
日本国家标准	JIS B 6701—1977 JIS B 8650—1979	中国机械工业行业标准	JB/T 7267—2004
德国国家标准	DIN 16754	中国国家标准	GB/T 12783—2000

3）国际常用注射机标注方法：合模力-当量注射容积。

4）国内轻工业行业标准标注（QB 318—1983）：SZ-理论注射容积/合模力。

5）国内机械行业塑料注射成型机机型标准（JB/T 7267—2004）标注方法：SZ-合模力-当量注射容积。

6）国家标准注射机机型（GB/T 12783—2000）标注方法：SZ-合模力（kN）-当量注射容量（cm^3）。

表 14-4 是我国国家标准（GB/T 12783—2000）规定的塑料注射机型号编制标注方法。

表 14-4　塑料注射机型号编制标注方法（GB/T 12783—2000）

型　　号	名　　称
SZ－250/A □ □ □→□ △/△ □ □	注射机 注射机

□ □ □→□ △/△ □ □

- □ 模数和色数。用数字表示，单模单色的普通机无此项
- □ 设计序号。用英文字母 A，B，C…表示。原设计无此项
- △ 主参数。分子代表一次最大注射量（单位：g 或 cm^3），分母表示合模力（单位：kN）
- △ 型别代号。用汉语拼音字头表示

—	螺杆式省去
Z	柱塞式

- □ 品种代号
- □ 注射机
- □ 塑料

表 14-5 介绍国产热塑性通用塑料注射机型号及主要技术性能参数。

表 14-6 列出 SZ 系列注射机型号及主要技术性能参数。标准 JB/T 7267—2004 指出：理论注射容积、塑化能力、注射速率、注射压力四项参数值按销售合同（协议书）或产品使用说明书中的规定。制造厂应向用户提供拉杆有效间距（水平、垂直）、模具定位孔直径、动模板行程、最大模厚（或最大模板开距）、最小模厚、电动机功率和加热功率。

表 **14-5** 国产热塑性通用塑料注射机型号及主要技术性能参数

型　　号	XS-Z30	XS-Z60	SZA-YY60	XS-ZY125	XS-ZY125(A)	XS-ZY250	XS-ZY250(A)	XS-ZY350 (G54-S200/400)
理论注射量(最大)/cm^3	30	60	62	125	192	250	450	200～400
螺杆(柱塞)直径/mm	(28)	(38)	35	42	42	50	50	55
注射压力/MPa	119.0	122.0	138.5	119.0	150.0	130.0	130.0	109.0
注射行程/mm	130	170	80	115	160	160	160	160
注射时间/s	0.7		0.85	1.6	1.8	2	1.7	
螺杆转数/(r/min)			25～160	29,43,56,69, 83,101	10～140	25,31,39,58, 32,89	13～304	16,28,48
注射方式	柱塞式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
锁模力/kN	250	500	440	900	900	1800	1650	2540
最大成型面积/cm^2	90	130	160	320	360	500		645
模板行程/mm	160	180	270	300	300	500	350	260
模具高度最大/mm	180	200	250	300	300	350	400	406
最小/mm	60	70	150	200	200	200	200	165
横板尺寸(长×宽)/mm	250×280	330×440				598×520		532×634
拉杆间距(长×宽)/mm	235	190×300	330×300	260×290	360×360	295×373	370×370	290×368
合模方式	肘杆	肘杆	液压	肘杆	肘杆	液压	肘杆	肘杆
液压泵流量/(L/min)	50	70、12	48	100、12		180、12	129、74、26	170、12
压力/MPa	6.5	6.5	14.0	6.5		6.5	7.0、14.0	6.5
电动机功率/kW	5.5	11	15	11		18.5	30	18.5
螺杆驱动功率/kW			(40)	4		5.5	9	5.5
加热功率/kW		2.7		5	6	9.83		10
外形尺寸(长×宽×高)/m	2.34×0.80× 1.46	3.61×0.85× 1.55	3.30×0.83× 1.6	3.34×0.75× 1.55		4.70×1.00× 1.82	5.00×1.30× 1.90	4.70×1.40× 1.80
电源电压/V	380	380	380	380	380	380	380	380
电源频率/Hz	50	50	50	50	50	50	50	50
机器质量/t	0.9	2	3	3.5		4.5	6	7

（续）

型　　号	XS-ZY500	ZS-ZY500(B)	XS-ZY1000	XS-ZY1000(A)	SZY-2000	XS-ZY3000	XS-ZY4000	XS-ZY32000
理论注射量(最大)/cm^3	500	538	1000	2000	2000	3000	4000	32000
螺杆(柱塞)直径/mm	65	65	85	100	110	120	130	250
注射压力/MPa	104.0	135.0	121.0	121.0	90.0	90.0,115.0	127.5	130.0
注射行程/mm	200	190	260		280	340	380	
注射时间/s	2.7	2.7	3		4	3.8	约4	约10
螺杆转数/(r/min)	20,25,32,38,42,50,63,80	19～152	21,27,35,40,45,50,65,83	21,27,35,40,45,50,65,83	0～47	20～100	0～60	0～45
注射方式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
锁模力/kN	3500	2000	4500	5500	6000	6300	10000	35000
最大成型面积/cm^2	1000	1000	1800	2000	2600	2520	3800	14000
模板行程/mm	500	560	700	700	750	1120	1100	3000
模具最大高度/mm	450		700	700	800	960、680	1000	2000
模具最小高度/mm	300	240(440)	300	300	500	400	250	1000
横板尺寸(长×宽)/mm	700×850			1180×1180		1350×1250		2650×2460
拉杆间距(长×宽)/mm	540×440	540×440	650×550	650×550	760×700	900×800	1050×950	2260×2000
合模方式	肘杆	液压	特殊液压	特殊液压	肘杆	液压	特殊液压	特殊液压
液压泵流量/(L/min)	200,25	148,26	200,18,1.8	200,25	17.5×2,14.2	194×2.0,48,63		
压力/MPa	6.5	14.0	14.0	14.0,15.0	14.0	14.0,21.0		
电动机功率/kW	22	30	40,5.5,5.5	40,7.5	40,40	45,55	142	3×155,30,0.75
螺杆驱动功率/kW	7.5	11	13	15	23.5	37	40	170
加热功率/kW	14	17	16.5	18,25	21	40	45.2	
外形尺寸(长×宽×高)/m	6.50×1.30×2.00	6.0×1.5×2.0	7.67×1.74×2.38	7.4×1.7×2.4	10.908×1.9×3.43	11×2.9×3.2	14×2.4×2.85	20×3.24×3.85
电源电压/V	380	380	380	380	380	380	380	380
电源频率/Hz	50	50	50	50	50	50	50	50
机器质量/t	12	9	20	25	37	50	65	240

注：1. 表中注射机规格型号，只是国内部分厂家生产，收集资料不全面。

2. 表中参数仅供参考。

表 **14-6** **SZ** 系列注射机型号及主要技术性能参数

型　　号	SZ-100/60	SZ-160/60	SZ-250/100	SZ-630/200	SZ-800/2500	SZ-1250/4000	SZ-2500/500	SZ-4000/630	SZ-4000/800	SZ-6300/1000	SZ-10000/1600
螺杆直径/mm	35	40	45	60	65(60)	80	90	110	110	130	150
注射行程/mm	110	130	160	230	242	250	395	425	425	480	570
塑化能力/(g/s)	11.1	11.7	13.9	36	35	57.2	66.7	88.9	88.9	116.7	148.7
注射压力/MPa	150	145	150	147	141(166)	150.4	141	130	130	150	140
理论注射量/cm^3	100	160	250	630	800(700)	1250	2500	4000	4000	6300	10000
注射速率/(g/s)	≥85	≥100	135	245	258	355	560	760	760	1060	1130
螺杆转速/(r/min)	20～200	20～200	16～170	0～150	0～150	20～180	20～120	20～120	20～120	0～80	0～80
锁模力/kN	600	600	1000	2200	2500	4000	5000	6300	8000	10000	16000
模板最大开距/mm	600	600	740	1000	1160	1400	1600	2040	2150	2600	3000
模具最小厚度/mm	170	170	220	200	240	400	400	400	500	600	750
模具最大厚度/mm	300	300	380							1250	
拉杆内间距(长×宽)/mm	320×320	320×320	400×400	540×440	560×560	735×735	850×850	900×800	1050×1000	1200×1100	1300×1300
模具定位孔直径/mm	125	125	110	160	160	200	250	225	250	315	250
喷嘴球半径/mm	35	35	35	15	15	35	35	35	35	35	35
机筒加热功率/kW	6	6.22	6.72	15	17.7	24	35	40	40	50	80
液压泵电动机功率/kW	11	18.5	18.5	30	37.5	52	85	122	122	132	151
外形尺寸(长×宽×高)/m	3.9×1.29×1.81	3.95×1.27×1.8	5.07×1.84×1.66	6×1.5×2.2	6.5×3.2×1.4	7.86×1.45×2.05	10×3.75×2.95	11×2.9×3.2	11×3.21×3.43	12×2.5×3.1	12.6×4.25×3.9
电源电压/V	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
电源频率/Hz	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
机器质量(约)/t	2.8	3	5	9	9.5	17.5	30	41	50	42	78

表 14-7 所列是用 PVC 粉料注射成型各种管件、阀门类产品用注射机型号及主要技术性能参数。

表 14-7　PVC 粉料注射成型各种管件、阀门类产品用注射机型号及主要技术性能参数

型　　号	90PVC			190PVC			380PVC			600PVC		
螺杆直径/mm	35	40	45	50	55	60	70	80	90	90	100	110
理论注射容积/cm^3	177	231	293	497	601	715	1416	1850	2341	2863	3534	4277
注射量/g	212	277	351	596	721	858	1699	2220	2809	3435	4241	5132
注射压力/MPa	222.0	170.0	134.3	204.8	169.3	142.2	208.2	159.4	125.9	199.1	161.3	133.3
螺杆长径比(L/D)	26.3	23.0	20.4	25.3	23.0	21.1	26.3	23.0	20.4	25.6	23.0	20.9
注射速率/(cm^3/s)	64	84	106	132	160	190	259	339	429	397	490	593
螺杆最高转速/(r/min)	177			162			140			80		
螺杆行程/mm	184			253			368			450		
合模力/kN	900			1900			3800			6000		
移动模板行程/mm	320			490			710			910		
拉杆间距(长×宽)/mm	360×360			510×510			740×740			900×900		
最大模厚/mm	360			510			740			910		
最小模厚/mm	150			175			250			350		
模板最大间距/mm	680			1000			1450			1820		
顶杆顶出力/kN	25			44			100			246		
顶杆行程/mm	85			140			200			280		
顶杆数	1			5			13			17		
电动机功率/kW	7.5			18.5			37			55		
液压泵输出量/(L/min)	54			102			203			297		
电热功率/kW	10.6			15.3			25			34		
加热段数目	4+1			5+1			5+1			5+1		
机器质量/t	3			6			15.5			26		

注：1. 注射量是指用 PVC 料时的质量。

2. 此表型号系大连华大机械有限公司产品。

14.3　注射机的主要参数

注射机的性能特征，在产品说明书中通过性能参数来表示。表 14-5 列出的国产注射机的性能技术参数，就是选择注射机型号的依据。下面按注射机的几个组成部分，分别介绍如何合理地选择注射机的参数。

14.3.1　注射部分主要参数

1. 理论注射量

理论注射量是指在一次最大行程中，注射机中的螺杆（柱塞）所能推出的最大物料量（cm^3）。理论注射量是注射机的主要性能参数。从这个参数中可以知道注射机的加工能力，从而可知道一次成型塑料制品的最大质量。

我国标准 GB/T 12783—2000 中规定，理论注射量的大小用物料熔融状态时质量（g）或容积（cm^3）表示。目前，我国和世界各国用容积（cm^3）标注方式较多，因为物料容积

与物料熔融状态的密度无关，这种表示方法适用于任何塑料。

理论注射量计算公式：

$$Q_L = \frac{\pi}{4} D^2 s$$

式中 Q_L——理论注射量（cm^3）；

D——螺杆（柱塞）直径（cm）；

s——螺杆（柱塞）的最大行程（cm）。

由于螺杆外径与机筒内径间有一定的间隙，当螺杆推动熔融料前移时，受喷嘴口直径缩小和物料与机筒内壁摩擦等阻力影响，会有一部分料从间隙中回流。另外，熔融料冷却时会有一定的收缩量需要补充。所以，注射机的实际注射量要小于理论注射量，需用射出系数 α 修正。α 值的大小与螺杆的结构及参数、螺杆外径与机筒内径间的间隙、注射力的大小、料流速、背压大小、模具结构、制品形状和塑料性质等因素有关。当螺杆头部有逆止环时，取 $\alpha = 0.9$；如只考虑物料的回流时，$\alpha = 0.97$。

即实际注射量：

$$Q_S = \alpha Q_L = \frac{\pi}{4} D^2 S \alpha$$

如果按照塑料制品的质量选择注射机时，则熔融状态下物料的容积换算为质量，即

$$Q_S = Q_L \alpha \rho_r$$

式中 Q_S——注射机实际注射量（g）；

ρ_r——塑料熔融状态下的密度（g/cm^3）。

塑料在不同温度条件下的密度见表 14-8。

表 14-8 塑料在不同温度条件下的密度

塑料名称	英文缩写	室温下密度/(g/cm^3)	加工温度/℃	熔融态时密度/(g/cm^3)
聚苯乙烯	PS	1.05	180～280	0.98～0.93
低密度聚乙烯	LDPE	0.92	160～260	0.78～0.73
高密度聚乙烯	HDPE	0.954	260～300	0.73～0.71
聚甲醛	POM	1.42	200～210	1.17～1.16
尼龙 6、尼龙 10	PA6,PA10	1.08	260～290	1.01～1.008
聚丙烯	PP	0.915	250～270	0.75～0.72

塑料制品件的质量，应是注射机的理论注射量的 40%～70%，此为最佳方案。如果塑料制件的质量在注射机理论注射量的 40% 以下，这既降低了设备的利用率，又提高制件的生产成本。

2. 注射压力

在注射过程中，对熔融料施以足够的压力，目的是为了克服熔融料流经喷嘴、浇道和模具型腔内的阻力。这种对熔融料施加的压力称为注射力（$p_{注}$）。注射压力的计算：

$$p_{注} = \frac{\frac{\pi}{4} D_o^2 p_o}{\frac{\pi}{4} D^2} = \left(\frac{D_o}{D}\right)^2 p_o$$

式中 p_o——油压（MPa）；

D_o——注射液压缸内径（cm）；

D——螺杆（柱塞）外径（cm）。

注塑制品生产时，选择注射力的大小要考虑熔融料的黏度、制品形状、塑化和模具温度及制品的形状尺寸精度要求等因素。注射力过大，制品成型易产生毛边，制品内应力较大，而且脱模也比较困难；注射力较小，会造成熔融料不能充满模具腔、不能成型或制品成型尺寸精度误差大。所以，合理地选择塑料制品的注射压力，是保证制品尺寸精度质量的重要条件。一般情况下，注射机的注射压力要大于塑料制品需要压力的 20% 以上。

表 14-9 列出了由塑料制品的尺寸精度和用料黏度要求而给出的注射压力，供选择注射压力时参考。

对一台注射机的注射压力调整，可用调换螺杆直径的方法来得到注射压力的变动。这是由于液压系统的额定压力和注射液压缸的压力值不变，而螺杆得到的最大推力也是恒定不变值。

不同螺杆直径和注射压力的关系：

表 14-9　注射压力与制品尺寸精度和用料贴度

注射压力/MPa	制品尺寸精度和用料黏度
70 ~ 100	制品尺寸精度一般，物料黏度低
100 ~ 140	有一定的精度要求，物料黏度中等以上
140 ~ 170	精度要求较高，物料黏度高
230 ~ 250	制品外形较复杂，精度要求较高

$$D_n^2 p_n = D_1^2 p_1$$

式中　D_1——第一根螺杆（指原标准螺杆）直径（mm）；

p_1——第一根螺杆的注射压力（MPa）；

p_n——调换后螺杆的注射压力（MPa）；

D_n——调换螺杆直径（mm）。

3. 注射速度

塑化均匀的熔融料在被螺杆（或柱塞）推进时，为了能尽快把物料充满成型模具空腔，除了要有足够的注射压力外，还需要有一定的流动速度，在尽量短的时间内充满空腔，冷却固化成型。

注射速度的计算：

$$v = \frac{s}{t_z}$$

式中　s——螺杆（柱塞）行程（mm）；

t_z——注射时间（s）。

由公式可以看出，注射速度就是螺杆（柱塞）单位时间移动的距离。

注射速度的大小直接影响塑料制品的质量和生产效率。速度过小，注塑时间会增加，熔融料受降温的影响，充满模具型腔就会困难些，制品会出现冷合料缝痕；速度过大，由于物料的摩擦热过高，会使物料降解或变色，模膛内空气被急剧压缩而升温，在料流汇合处会因有降解现象而焦黄。

注射速度的快慢与塑料的性能、制品形状及模具冷却环境有关，由注射机的注射量而决定的注射时间可参照表 14-10。

表 14-10　注射量与注射时间的关系

注射量/g	125	250	500	1000	2000	4000	6000	10000
注射时间/s	1.0	1.25	1.5	1.75	2.25	3.0	3.75	5.0

4. 注射部分的其他参数

注射机注射部分的性能参数还有：螺杆直径、螺旋长度、长径比、压缩比及螺杆的转速、转矩和驱动螺杆用功率、驱动方式。另外，还有机筒的加热功率和加热段等，在第 14 章将做详细说明。

14.3.2　合模部分主要参数

1. 合模力（也可称锁模力）

合模力是指注射机的合模机构对模具所能施加的最大夹紧力。当熔融料以一定的注射力和流速进入模具型腔时，这个合模力的作用使模具不至于被熔融料胀开。

合模力与注射机的理论注射量一样，是注射机中一个主要性能参数。从这个参数中可知道注射机的规格大小。在注射机的标准规格型号（GB/T 12783—2000）标注中：分子数值是注射机的理论注射量（g 或 cm^3），分母数值就是合模力（kN）。

塑料注塑制品所需合模力（即不被熔融料胀开的合模力）：

$$F \geqslant \alpha p A$$

式中　F——合模力（kN）；

α——安全系数，一般取 $\alpha = 1 \sim 1.2$；

p——模膛压力（MPa）；

A——制品在分型面上的投影面积（cm^2）。

膜膛压力 p 值的计算比较困难，它与注射压力、熔融料的黏度、塑化工艺条件、制品形状、模具结构和冷却温度有关。取模膛的平均压力（这个平均压力是个实验数据，即模具腔内的总作用力与制品投影面积的比值）来计算注射机的合模力：

$$F \geqslant \alpha p_{平均} A$$

不同塑料注塑时，模膛内平均压力见表 14-11。

表 14-11　不同塑料注塑时模膛内平均压力

塑料名称	平均压力/MPa	塑料名称	平均压力/MPa
LDPE	10 ~ 15	AS	30
MDPE	20	ABS	30
HDPE	35	有机玻璃 PMMA	30
PP	15	乙酸纤维树脂类塑料（CA）	35
PS	15 ~ 20		

塑料注射制品的成型条件与模膛内平均压力见表 14-12。

表 14-12　制品成型条件与模膛内平均压力

成型条件	模膛平均压力/MPa	制品结构
易于成型制品	25	PE、PP、PS 成型壁厚均匀日用品、容器等
普通制品	30	薄壁容器类原料为 PE、PP、PS

（续）

成型条件	模膛平均压力/MPa	制品结构
物料黏度高 制品精度高	35	ABS、聚甲醛（POM）等精度高的工业用零件
物料黏度特高 制品精度高	40	高精度机械零件

合模力 F、注射压力 $p_{注}$ 和制品投影面积 A 及模膛内平均压力的分布示意图如图 14-13 所示。

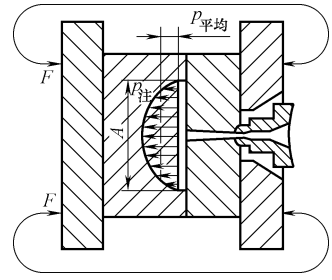


图 14-13　合模力、注射压力和制品投影面积及模腔内平均压力分布示意图

2. 模具装配部分主要参数

模具装配部分主要参数，有固定模具用模板尺寸、模具外形尺寸、模具移动速度和模具行程的最大开距。

（1）模板尺寸　模板是注射机设备上合模部分的一个零件。是用来固定塑料制品成型用模具的。所以，在设计制品模具时，其外形尺寸要与模板尺寸配合适应。模板零件图，包括定模板和动模板，如图 14-14a、b 所示，模板上有固定模具用螺纹孔、拉杆孔和模具定位孔。

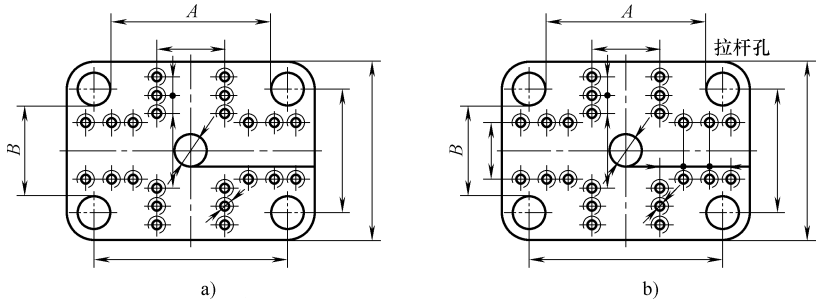


图 14-14　模板零件工作面示意图

a）定模板　b）动模板

（2）模板行程　模板移动行程距离大小由塑料制品用模具厚度尺寸决定。一般以开模后能取出塑料制件为准，即模板的行程大于模具厚度的 2 倍。注射机模板的开距如图 14-15 所示的 s 值。为了缩短一次制品的循环时间、提高生产率，应尽量调整模板行程短一些。

（3）塑料制品用模具厚度　模具的厚度既要考虑制品的高度，也要注意模板的开距尺寸。由图 14-15 可以看出：如果固定阴模厚度小于 δ_{min} 值时，装配这个模具时要加垫板，否则注射机工作时会损坏零件；如果固定阴模厚度尺寸大于 δ_{max} 值，这台注射机将无法工作。在液压机械式合模机上一定要注意控制定模厚度最小值和最大值。模具的最大厚度尺寸与模具最小厚度尺寸之差值，就是合模机构模具装置调整的最大尺寸。

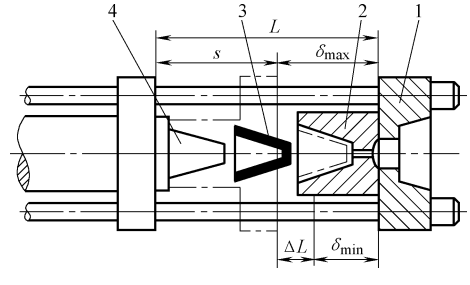


图 14-15　注射机模板开距与制件关系位置示意图

1—定模板　2—固定阴模　3—制件　4—动模板和阳模

（4）模板间最大移动距离　动模板移动与定

模板间的最大距离，也是模板的最大开距，如图 14-15 所示的 L 值。在液压机械式合模机构中，模板间最大移动距离 L 等于动模板行程 s 与固定模具最大厚度 δ_{max} 之和，即

$$L = s + \delta_{max}$$

（5）模板移动速度　模板的移动速度是变化的：在合模时速度是从小到大，在开模时速度是由小到大再变小。快速时移动速度一般在 20 ~ 35m/min，慢速时移动速度一般在 0.3 ~ 3m/min。快速是为了缩短制品成型生产周期，开模时的慢速是为了使制品不至于损坏，闭模时的慢速是为了保护模具平稳闭合，避免损坏模具。

14.3.3　注射机的综合性能参数

设计制造注射机比较合理的经济指标，是考核它的一些综合性能参数，是在满足生产合格注塑制品之外的参数，即注射时空循环次数、用电总功率、设备总质量和设备外形尺寸等。

空循环时间是由合模、注射座前后移动、开模和塑化、注射、保压、冷却及取出制件等生产动作时间之外的切换时间组成，是完成制品的一次循环中的无用功时间。

空循环时间也是衡量注射机生产能力的指标，它反映了注射机机械结构质量、动作灵敏度、液压系统以及电器性能参数的工作质量。

近年来，由于注射、合模和塑化速度的提高和先进的液压、电气系统的应用，注射机的空循环时间已缩短很多，提高了生产能力。

14.4　注射机生产用辅机

注射机注射成型塑料制品生产用辅机，小型企业配备的台数很少，一般只需配备一台粉碎机，用以回收边角料和废品回制用料的粉碎工作；不用人工上料时，还需配备向料斗内供料的上料装置。如果注塑制品用原料的吸水性较大，还需配备原料去湿干燥处理装置，为了保证注射成型制品质量，这种原料投产前必须经干燥去湿后才能投入生产。大型企业注射机注射成型生产，单一品种的注塑制品生产批量大，注射成型生产过程中，要求自动化程度较高时，应在注射机生产线上备有多台辅机协助工作。图 14-16 所示是一种由多台辅机组合的、连续化、自动化程序较高的封闭式注射机生产线例。应用辅机有粉碎机、原料去湿干燥机、冷却水循环系统、上料装置、控温系统和多种原料混合装置等。如果用聚氯乙烯树脂生产注射制品，还需配备色浆的研磨细化用研磨机，原料的混合用高速混合机等辅机。另外，近年来机械手和喷码设备在塑料制件生产中也都在逐步扩大应用。

14.4.1　粉碎机

粉碎机也叫破碎机，用于破碎塑料制品生产中产生的边角余料和废旧塑料制品。为适应形状尺寸及软硬程度不同的各种塑料制品，破碎塑料制品的粉碎机有多种结构形式，如有剪切式破碎机、冲击式破碎机和压碎式破碎机等。另外，有些废旧塑料制品（如丝、片和薄膜等）还可直接投入到挤出机内，进行塑化、挤出造粒。然后把这些切成粒度较均匀的破碎料，按一定比例与新原料掺混，搅拌均匀后投入生产。

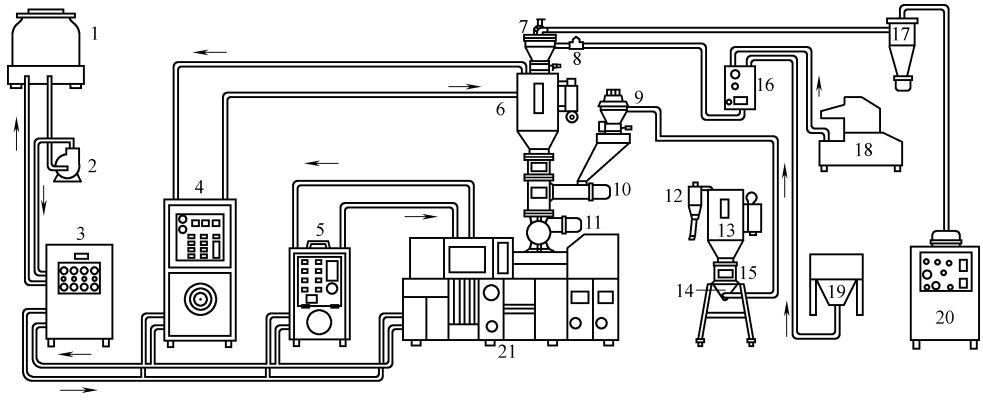


图 14-16　注射机自动化生产用辅助设备

1—冷却水塔　2—水泵　3—冷冻机　4—除湿干燥机　5—模具控温机　6—保温式料斗干燥机
7、8—截料阀　9—加料机　10—色料自动计量器　11—混合机　12—集压机　13—料斗干燥机
14—吸料盒　15—磁铁座　16—混合比例阀　17—旋风集压筒　18—粉碎机　19—储料筒
20—分离式填料机　21—注射机

废旧塑料粉碎应用较多的剪切式破碎机结构如图 14-17 所示，它由机座、破碎室、加料斗、筛板、传动机构、旋转刀和固定刀等主要零部件组成。

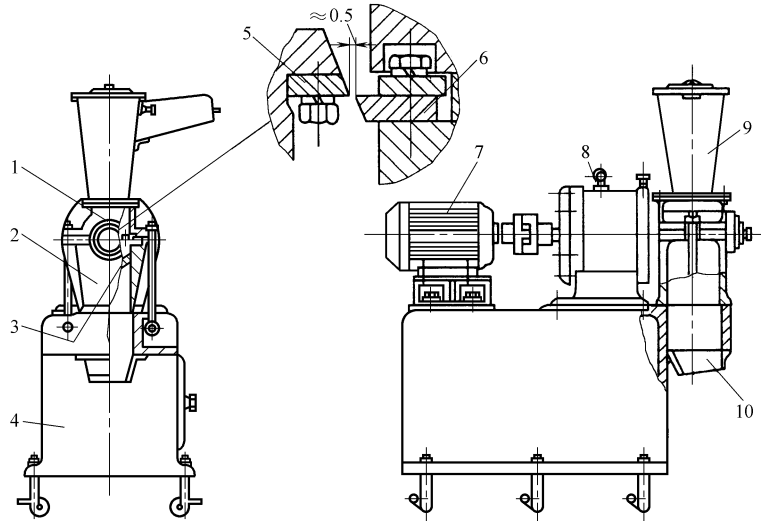


图 14-17　剪切式塑料破碎机结构

1—旋转刀轴　2—破碎室　3—筛板　4—机座　5—旋转刀　6—固定刀　7—电动机
8—轴承　9—加料斗　10—出料口

剪切式破碎机适用于聚苯乙烯、聚丙烯、聚酰胺、工程塑料及聚氯泡沫软料的废、次制品或注射喷头料等破碎。如果更换相应的筛孔板，并调整刀片间隙，还可破碎薄膜和片材等。

剪切式破碎机技术参数见表 14-13。塑料薄膜剂出回收造料机技术参数见表 14-14。

剪切式破碎机的工作方式很简单：剪切刀具部分由旋转刀片和固定刀片组成，旋转刀是由电动机驱动；把要破碎的废旧塑料由加料斗送入破碎室，经过高速旋转的切刀时被切碎，通过筛板上孔的大小不同，得到各种规格的被破碎料，然后经出料口装袋。

表 14-13 塑料破碎机技术参数

型 号①	主要技术参数					
	回转直径/mm	喂料斗径(长×宽)/mm	筛板孔径/mm	破碎率/(kg/h)	破碎粒度/mm	总功率/kW
SWP—100	100	100×100	6	40	3～5	2.2
SWP—160	160	240×170	8	100	3～6	3
SWP—250	250	300×250	10	250	3～10	5.5
SWP—260	260	370×150	12	300	3～12	5.5
SWP—360	360	520×250	12	400	3～12	11
SWP—400	400	375×320	10	450	3～10	15
SWP—630	630	500×420	10	800	3～10	30
SWP—800	800	1000×770	10	1000	3～10	55

型 号②	主要技术参数		
	粉碎量/(kg/h)	旋转刀直径/mm	筛孔直径/mm
SP160	40～80	160	8
SP210	50～100	210	8
SP320	80～300	320	8
SP640	100～500	640	8

① 山东塑料橡胶机械总厂生产。

② 无锡市万庆塑料机械有限公司生产。

表 14-14 废旧塑料薄膜回收挤出造粒机组技术参数

产品型号①	主要技术参数				
	螺杆直径/mm	机头规格/mm	切刀转速/(r/min)	生产能力/(kg/h)	总功率/kW
MHZ—55/110	55/110	ϕ91/ϕ107	230～760	45	28.65

产品型号②	主要技术参数					
	螺杆直径/mm	长径比	螺杆转速/(r/min)	生产能力/(kg/h)	中心高/mm	总功率/kW
STY—55/110×13(锥形双螺杆)	55/100	13∶1	130	50	1000	24

产品型号③	主要技术参数			
	螺杆直径/mm	螺杆转速/(r/min)	生产能力/(kg/h)	总功率/kW
MZ—55	55	121	40	20.7

① 山东塑料橡胶机械总厂生产。

② 大连冰山橡塑股份有限公司生产。

③ 哈尔滨第一轻工机械厂生产。

14.4.2 干燥机

见本书 4.3 节。

14.4.3　原料混合机

见本书 4.4 节。

14.4.4　上料装置

见本书 5.5 节。

14.4.5　温度控制器

注射机生产时需要控制工艺温度部位，主要有注射机的机筒、喷嘴、成型模具和油箱。对于上述部位的温度控制，分加热和冷却两个系统。加热系统主要是采用导热油或电阻加热方式；冷却系统主要是采用循环水或风冷却，冷却部位主要是机筒、模具和油箱。采用风冷却用设备比较简单，但这种方式换热能力低，降温速度缓慢；采用循环水冷却方式，降温速度快，应用较多。

成型模具注射生产时采用模具温度控制机，操作方便，温度控制稳定，生产初期只需设定温度，便可自动进行恒温控制。温度控制机工作时，由液压泵把恒温的导热油（或水）定流量输入到模具热交换通道内，把模具温度控制在工艺要求的温度范围内。如果循环导热介质温度降低了，则用电阻加热升温；温度偏高了，则用冷却水降温。模具温度控制对注射成型制品质量（包括制品的内在质量和表观质量）影响非常大。模具温度高低控制，取决于制品用原料的性能、结构、制品尺寸及工艺等多方面条件。生产中正确地进行模具温度控制，可调整制品的降温冷却速度，使之冷却均匀一致，制品尺寸稳定、密度均匀、表面光泽、透明度好；避免制品产生缩孔、凹痕、折纹、暗斑和飞边等质量缺陷。模具温度调整控制得合理，也可减少制品内应力的产生。这样，成型的制品不易出现应力开裂和扭曲变形等现象。

模具温度控制机性能参数见表 14-15，冷水机性能参数见表 14-16。

表 14-15　张家港华明机械有限公司产模具温度控制器性能参数

型　　号	MKR-1	MKR-2	MKR-3	MKR-4	MKR-5	MKR-6
控温范围/℃	45 ~ 160℃(45 ~ 250℃)					
控温方式	日本 RKC P. I. D. 调节					
电源/V	380V　50Hz					
冷却方式	间接冷却					
传热介质	油					
加热功率/kW	3	6	9	12	20	32
泵流量/(L/min)	30	30	60	100	140	200
电动机功率/kW	0.75	0.75	0.75	1.5	1.5	2
泵压力/kPa	2	2	2.5	3	3	40
冷却水配管/in	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
循环水配管/in	1/2	3/4	3/4	1	1	11/4
外形尺寸(长×宽×高)/mm	700×310×640	700×310×640	770×350×700	800×350×800	1100×600×1300	1300×600×1300
质量/kg	45	60	70	90	110	120

表 **14-16**　张家港市二轻机械有限公司产冷水机性能参数

型　　号		SML-2S	SML-3S	SML-4S	SML-5S	SML-6S	SML-7S	SML-8S	SML-9S	SML-10S	SML-11S	SML-12S	SML-13S
使用电源		380V　50Hz											
制冷量/kW		7	10.5	17.5	21	26	29	35	54	70	108	139	174
Kcal/h		6048	9073	15120	18000	22682	24940	30100	46623	60483	93000	120000	150000
压缩机	配用功率/Hp	2	3	5	7	7.5	10	12	15	20	15×2	20×2	25×2
	形式	法国泰康全封闭				美国 BRISTOL							
制冷剂		R22											
运行方式		日本 RKC				电脑 PLC-全自动							
冷媒水	蒸发器形式	瑞典原装进口板式换热器											
	出水温度/℃	5(5~30℃)											
	冻水流量/(m^3/h)	3.2	3.2	6.3	6.3	6.3	8	13	16	16	18	22	28
	进出水接管/in	3/4	1	1¼	1¼	1¼	1½	1½	2	2	2½	3	3
冷却水	冷凝器形式	瑞典原装进口板式换热器											
	出水温度/℃	≤36											
	冷却水流量/(m^3/h)	3	4	5	6	7	8	13	15	17.5	30	35	40
	进出水接管/in	1½	3/4	1	1	1	1	1	1½	1½	法兰 DN50		法兰 DN65
安全保护装置		高压、低压、断水、防冻、过载、缺相、压缩机内埋温度保护											
外形尺寸(长×宽×高)/mm		500×780×1300、1105×600×1400、1300×650×1450、1700×800×1200、2000×800×1700											
质量/kg		150	200	250	300	350	400	450	550	600	700	750	800

型　　号	SML-2F	SML-3F	SML-4F	SML-5F	SML-6F	SML-7F	SML-8F	SML-9F	SML-10F
控温范围/℃	5~30								
电源/V	380V　50Hz								
制冷剂	R22								
制冷量/(kcal/h)	6000	9000	15000	21000	23000	30000	40000	60000	
压缩机马力/Hp	2	3	5	7	7.5	10	12	15	20
额定电流/A	9	13	20	27	30	38	45	55	75
泵流量/(m^3/h)	3.2	3.2	6.3	6.3	6.3	6.3	8	11	11
泵功率/kW	0.37	0.37	1.1	1.1	1.5	1.5	1.5	4	4
风机功率/kW	0.18	0.18×2	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75×2	1×2	1×2
冷凝器配管/in	3/4	3/4	1	1¼	1¼	1½	1½	2	2
机械尺寸(长×宽×高)/mm	680×600×1100	680×600×1500	750×750×1500	1500×800×1600	1500×800×1600	1700×800×1700	1700×800×1700	1900×900×1700	2000×900×1700
质量/kg	150	180	250	350	350	420	420	500	550
保护装置	压缩机过载保护器　超电流保护器　高低压开关　断水保护　温度开关　防冻开关								

14.4.6　机械手

注射成型制品取出用机械手，在现代注射机生产中已有很多设备配备，以实现对注射制品的快速取出输送。机械手工作时的动作传动方式有两种类型：一种是采用交流伺服电动机驱动，应用数控机械传动方式；另一种是采用气动驱动方式。两种类型机械手比较，伺服电动机驱动的机械手横行时，可停留在不同位置，把制品排放到箱内；气动机械手能停留到指定位置，或在输送带上进行输送，有较高的横向移动速度。伺服电动机驱动的机械手，动作准确性高，但机构较复杂，造价高。

对机械手的使用应注意下列几点：

1）机械手的动作要与主机的合模、预塑原料、注射和冷却动作协调好。

2）机械手工作中的制件从模具中取出，输送完毕至复位动作总时间，一般要求在 5 ~ 7s 时间内完成。

3）机械手取出制件的动作时间应满足制品最短成型周期的要求（一般应是机械手取出制件的动作时间比主机预塑、合模、注射、冷却动作用总时间短）。

4）使用中应考虑机械手运行中产生的惯性振动能否被注射机合模机构所吸收。

5）如果制品的注射成型周期较长，则机械手的运行动作也应慢些。机械手的动作程序见表 14-17。东华机械有限公司生产的摇臂式机械手技术参数见表 14-18。

表 14-17　注射机机械手动作程序

程序号	机械手动作	注射机程序	备　注
1	原　位	开　模	
2	伸入模中		
3	取出制品	顶　出	顶出信号由机械手发出
4	离开模具		
5	移动位置	闭　模	机械手离模发出闭模信号
6	放下制品	注射冷却	
7	回复原位	预　塑	
8	原　位	开　模	

表 14-18　摇臂式机械手技术参数

型　号	TTR-05A/F	TTR-06A/F	TTR-07A/F
垂直最大行程/mm	500	600	700
水平最大行程/mm	75	100	100
摇摆最大角度/(°)	90(顺时针或逆时针)		
驱动装置	气缸以及旋转传动装置		
控制装置	程序控制		
工作气压/MPa	0.5 ~ 0.6		
最大气压/MPa	0.7		
电源	AC 220V(±10%),50 ~ 60Hz		

14.5　注射机结构

注射机全称为塑料注射成型机，其结构组成形式有多种，但是，不管是哪种组成形式的

注射机，要在这台设备上完成塑料制品的成型工作，它就必须具备有塑料的塑化、注射、成型模具合模、制品冷却固化和制件的取出等功能动作方式。由于注射机的结构组成形式不同，其动作方式也就有所不同。

图 14-18 所示是一台注射机的外形立体图。图 14-19 所示是注射机的外观正面侧视图。这种结构组成形式的注射机，是目前应用最多的一种普通型注射机。

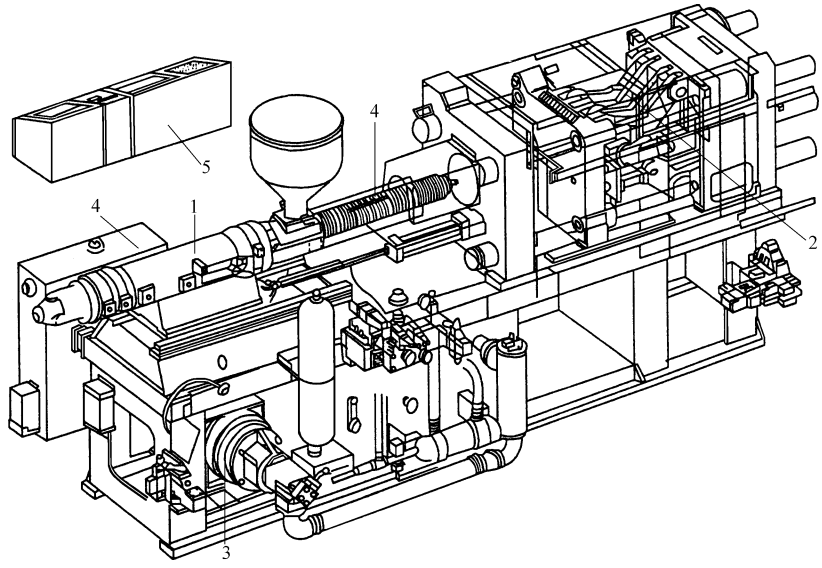


图 14-18　注射机的外形立体示意图

1—塑化注射部分　2—合模成型部分　3—液压传动工作部分

4—加热部分　5—加热控制部分　6—操作控制箱

注射机结构由塑化注射、合模成型、液压传动系统、电控、加热冷却、润滑和安全保护及监控测试等部分组成。

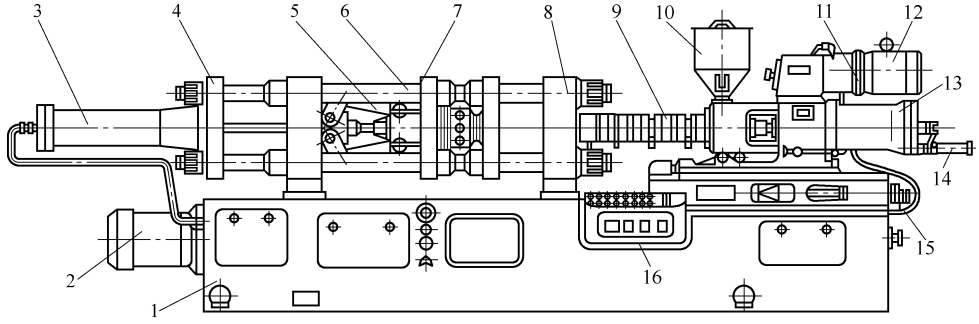


图 14-19　注射机的外观正面侧视图

1—机身　2—液压泵用电动机　3—合模液压缸　4—固定板　5—合模机构　6—拉杆

7—活动模板　8—固定板　9—塑化机筒　10—料斗　11—减速箱　12—电动机

13—注射液压缸　14—计量装置　15—注射座移动液压缸　16—操作台

14.5.1　注射机的塑化注射部分结构分类

近些年来，由于塑料注塑制品的应用量在逐年扩大，制品的种类和外观结构形式也

在不断地变化。为适应这些制品的生产需要，注塑机的结构形式和成型方法也在不断地改进。

注射机设备中的塑化注射部分有多种结构形式，如柱塞式、单螺杆预塑式、螺杆复合式、斜角螺杆式、平角螺杆式、直角螺杆式、连续式和三阶螺杆式及多级螺杆式等。这些不同结构形式的塑化注射装置其工作特点如下。

（1）柱塞式注射机结构工作特点　柱塞式塑化注射装置的工作方法是：塑料的粒料先落入柱塞的头部，在工艺温度和柱塞的推力下，前移至分流梭部位的物料塑化成熔融状态；熔融状态物料经单向阀流入注射活塞的待注射的空腔中。当注射程序开始工作时，注射液压缸活塞推动注射活塞前移，把熔融料经由喷嘴注入成型模具空腔内，冷却固化成型。柱塞复合式结构组成如图 14-20 所示。

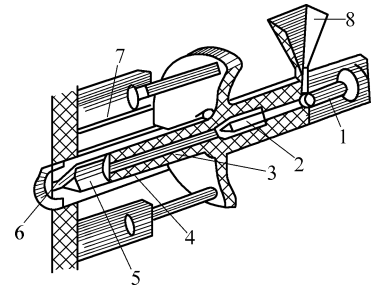


图 14-20　柱塞复合式结构组成示意图

1—预塑活塞　2—分流梭　3—注射活塞　4—单向阀　5—注射室　6—喷嘴　7—注射液压缸　8—料斗

（2）单螺杆预塑化式注射机结构工作特点　单螺杆预塑式注射机的工作特点是：由一根螺杆在机筒中工作，既能转动把物料均匀塑化，又能前后移动把塑化的物料推入模具腔内。这种塑化注射结构形式，是目前注射机中应用最多的一种结构。其工作方法是：粒料进入机筒中，在转动螺杆的推动、挤压和机筒外部供热的工艺条件作用下，开始前移并逐渐塑化成熔融状态，在物料前移反阻力作用下，螺杆转动工作的同时后移，则螺杆前形成一定容积的空腔，存留熔融料。当注射程序开始时，螺杆被注射液压缸中的活塞推动前移，把熔融料经喷嘴注入模具空腔内，冷却固化成型。螺杆预塑式结构组成如图 14-21 所示。

（3）螺杆复合式注射机结构工作特点　螺杆复合式注射机是将螺杆塑化和柱塞注射两种结构组合在一起，联合完成塑化注射工作。工作时：当粒料落入机筒中，第一步像单螺杆预塑式一样，物料被塑化成熔融状，被转动的螺杆推向机筒前部，经由单向阀流入注射空腔内。注射开始时，整个塑化机筒部件在注射液压缸活塞推动下前移，这时与机筒成一体的前端圆柱体即成为柱塞，把注射空腔内的塑化好的熔融料，经由喷嘴注入模具成型腔中，经冷却固化成型。螺杆复合式结构组成图如图 14-22 所示。

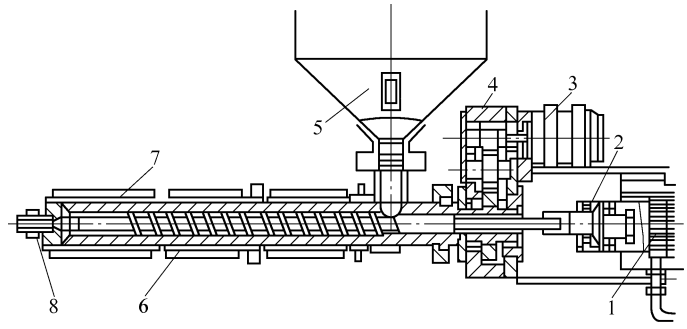


图 14-21　螺杆预塑式结构组成

1—注射液压缸　2—轴承　3—液压电动机　4—减速箱　5—料斗　6—螺杆　7—机筒　8—喷嘴

（4）斜角螺杆式注射机结构工作特点　这种斜角螺杆式塑化注射装置由两个工作料筒组成。它们之间的工作位置，形成一个倾斜角度，倾斜的料筒为螺杆挤出式，用来塑化物料，塑化工作方法与单螺杆预塑式对物料的塑化相同。塑化好的熔融料经单向阀进入注射筒

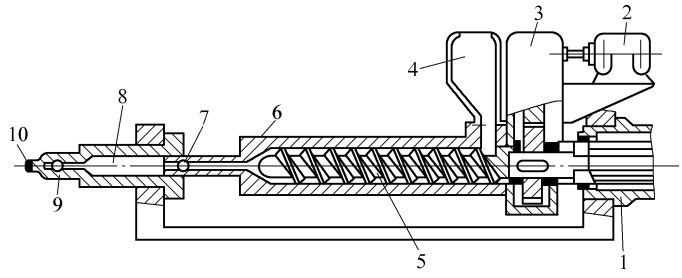


图 14-22　螺杆复合式结构组成图

1—注射液压缸　2—电动机　3—减速箱　4—料斗　5—螺杆　6—机筒
7、9—单向阀　8—注射料腔　10—喷嘴

的空腔内。注射工作开始时，注射活塞在注射液压缸作用下，把熔融料经喷嘴注入成型模具腔内。

这种结构的塑化注射工作计量比较准确，熔融料回流量少，工作效率较高。斜角螺杆式塑化注射部件结构如图 14-23 所示。

（5）平角螺杆式注射机结构工作特点　图 14-24 所示是平角螺杆式塑化注射装置的结构组成。从工作方法上比较，基本上与斜角螺杆式塑化注射工作方法相同，不同之处只是塑化部分的料筒位置有变化，与注射料筒不是倾斜一个角度，而是与其平行。

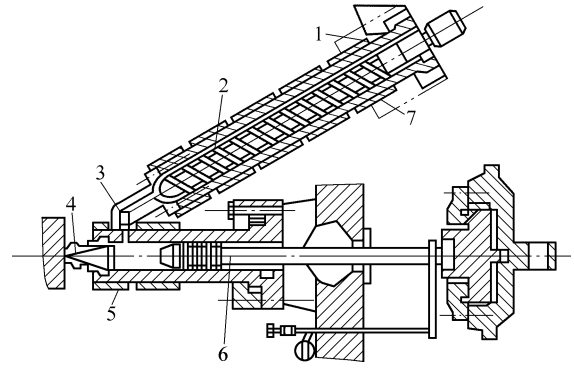


图 14-23　斜角螺杆式塑化注射部件结构

1—料斗口　2—机筒　3—单向阀　4—喷嘴　5—注射料筒
6—注射用柱塞　7—螺杆

（6）直角螺杆式注射机结构工作特点　直角螺杆式塑化注射部件的安装形式是塑化料筒与注射料筒呈相互垂直的直角形。工作方法也有些特殊，即螺杆的功能不只是塑化物料，而且还可以前后移动推动塑化均匀的物料。这种结构形式（见图 14-25）的工作程序是：阀 6 关闭，螺杆开始转动，把物料推动前移，使物料在工艺温度和螺杆的挤压、剪切和物料间摩擦力作用下，塑化成熔融状态。螺杆由于受推动物料前移的反作用力，在螺杆转动时同时后移，则螺杆头部形成一个存放熔融料的空腔，直至把熔融料充满。然后阀 6 开通、阀 7 关闭，螺杆在液压缸活塞作用下前移，把熔融料推进注射缸空腔内，直至充满，同时熔融料又把柱塞推动上移。注射工作开始时，阀 6 关闭，阀 7 开通，柱塞在注射液压缸推动下下移，推动熔融料经喷嘴进入模具空腔内，完成一次塑化注射工序。直角螺杆式结构组成如图 14-25 所示。

把直角螺杆式塑化注射部件转换一个角度布置，即变成图 14-26 所示的形式，可称其为立角螺杆式塑化注射装置。其工作方式与直角螺杆式相同，不作重复介绍。它的优点是可减少占地面积。

（7）连续式注射机结构工作特点　连续式塑化注射装置，实际是由两个独立的挤出塑化部件和柱塞式注射部件所组成（见图 14-27），开始工作时，中间由传动带输送物料。二

者间工作顺序：挤出塑化部分，先把塑料混合塑化均匀、造粒，然后由传动带把粒料送入柱塞式料筒内，像柱塞复合式注射机那样工作，完成注射工序，把熔融料注入模具空腔内。

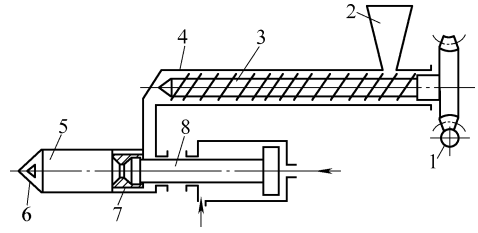


图 14-24　平角螺杆式塑化注射装置结构组成

1—蜗杆传动　2—料斗　3—螺杆　4—机筒
5—注射料筒　6—喷嘴　7—单向阀　8—柱塞

（8）三阶螺杆式注射机结构工作特点　三阶螺杆式塑化注射装置，与前面介绍的斜角螺杆式塑化注射装置的不同之处是这种装置中增加 3 个蓄料筒。工作时，先由螺杆部分把塑料混合塑化成熔融状，经单向阀被螺杆转动力推入蓄料筒内，然后蓄料筒柱塞把熔融料由液压控制阀控制，推入注射液压缸内。开始注射时，液压控制阀关闭，注射柱塞在注射液压缸活塞推动下前移，把熔融料经喷嘴高速注入模具空腔内，完成一次塑化注射工序。这种有蓄料筒的塑化注射结构形式，由于熔融料蓄量较大，可一次成型较大注射件，注射量准确，工作效率较高。三阶螺杆式注射机的结构组成如图 14-28 所示。

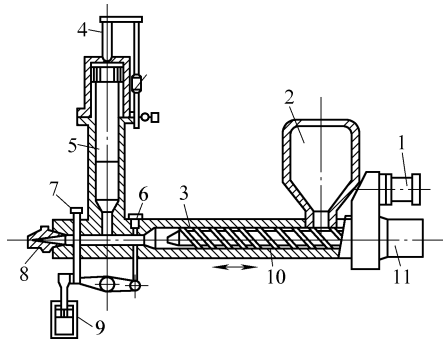


图 14-25　直角螺杆式结构组成

1—电动机　2—料斗　3—螺杆　4—注射液压缸
5—柱塞　6、7—阀　8—喷嘴　9—阀杆控制
液压缸　10—料筒　11—螺杆推动液压缸

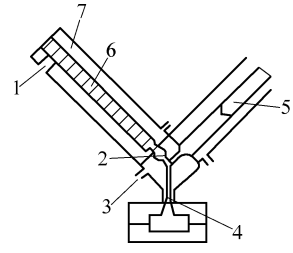


图 14-26　立角螺杆式塑化注射装置

1—加料口　2—单向阀　3—加热介质
4—喷嘴　5—柱塞　6—螺杆
7—料筒

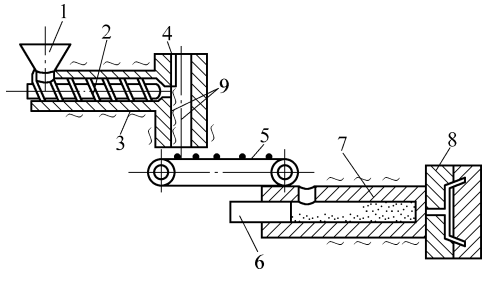


图 14-27　连续式塑化注射装置

1—料斗　2—螺杆　3—机筒　4—切粒刀
5—输送带　6—柱塞　7—注射料筒
8—模具　9—预塑化粒料

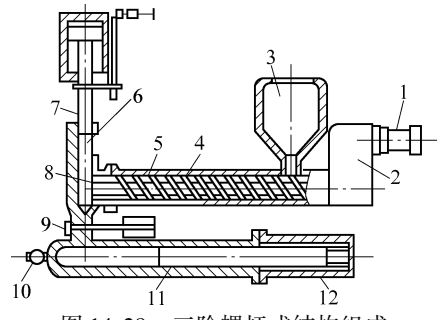


图 14-28　三阶螺杆式结构组成

1—电动机　2—减速箱　3—料斗　4—螺杆
5—机筒　6—蓄料筒　7、11—柱塞　8—单向阀
9—液控阀　10—喷嘴　12—注射液压缸

（9）多级柱塞式注射机结构工作特点　多级柱塞式注射机用于塑化注射时，物料的塑化工作是由一个结构特殊的流道完成的，物料通过此流道，被塑化成熔融态，由柱塞推入中间蓄料筒中，然后再由蓄料筒中柱塞把物料推入注射液压缸内，再由注射液压缸内柱塞把熔融料经喷嘴注入模具内。几个熔融料流道中间均有液压控制阀控制动作，控制顺序完成一次塑化注射工作。多级柱塞式塑化注射装置结构如图 14-29 所示。

塑化注射部分的功能动作是塑料注塑制品工作循环中的第一步，这个部分需完成以下几项工作：

1）把塑料制品用原料混合均匀，塑化成熔融状态，同时，还应有一定的工艺温度条件。

2）熔融料被推动注射时，必须有一定的压力和流动速度，进入模具成型空腔。

3）注入模具空腔内的熔融料，要能充满模具各空腔，同时要在一段时间内保持压力恒定，以补充物料冷却固化收缩和防止熔融料回流。这种工艺条件目的是为保证制品质量密实、制品外形尺寸准确和表面光滑平整。

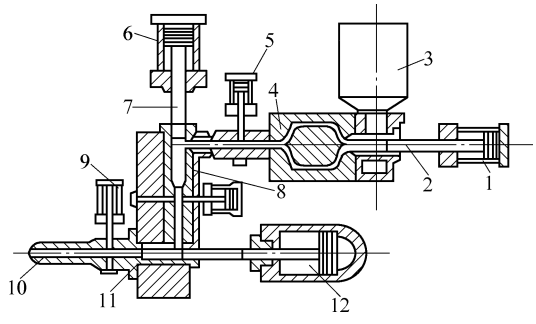


图 14-29　多级柱塞式塑化注射装置结构

1、5、6、9、12—液压缸　2、7—柱塞　3—料斗　4—塑化料筒　8—蓄料筒　10—喷嘴　11—注射料筒

注塑机的塑化注射装置虽然有多种类型的结构，但基本上可分为三种：柱塞式、柱塞预塑化式和往复螺杆预塑化式。

14.5.2　往复螺杆式注射装置

原料的塑化、注射工作是由往复螺杆来完成的注射机，称为往复螺杆式注射机。这种结构形式的注射机是目前国内生产量最大、应用最多的一种注射机。

往复螺杆式塑化注射装置部件结构如图 14-30 所示，主要由螺杆、机筒、螺杆转动的传

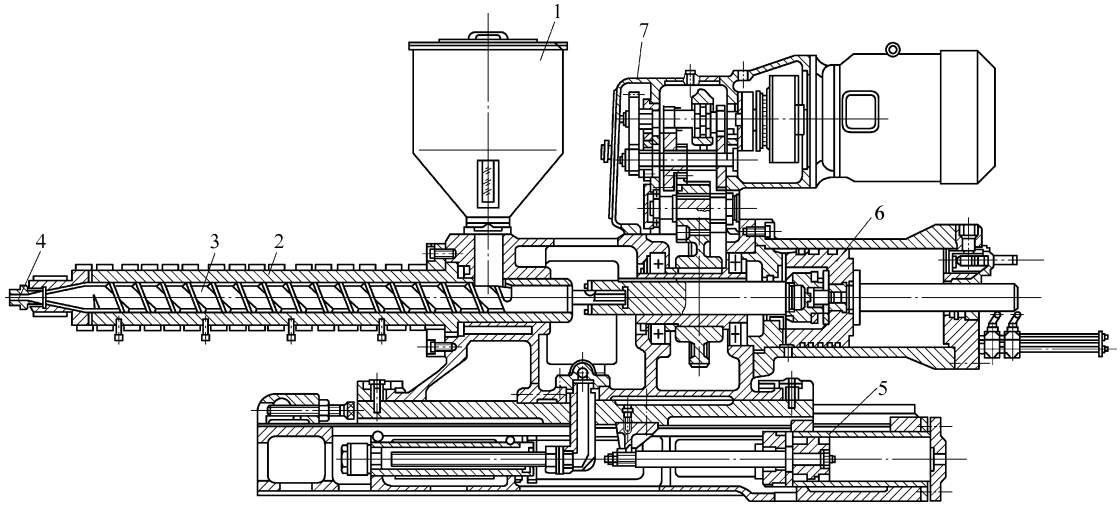


图 14-30　往复螺杆式注射装置结构

1—料斗　2—机筒　3—螺杆　4—喷嘴　5—移动液压缸　6—注射液压缸　7—减速箱

动减速机构和料斗等零部件组成。这些零部件组装在一个能在导轨上滑动的注射座上，注射座由液压缸活塞推动，在导轨上前后移动。为了维修时方便螺杆从机筒内退出，在滑动注射座中部下方设有回转支点装置，维修拆卸螺杆时可让注射座绕支点旋转一个角度（见图 14-31），然后抽出螺杆。

（1）往复螺杆式注射装置的工作顺序　往复螺杆式注射机在塑料制品厂中，是应用最多的一种注塑设备。它的工作程序是：制品原料装在料斗中，料斗下方开口与机筒相通。随着螺杆的不断旋转，粒状料连续不断地落入机筒，落入螺杆的螺纹槽中的粒料被转动的螺杆推向机筒前方，粒料在前移的同时，既要接收机筒外围的热量升温，又要因螺纹容积的逐渐缩小而受到挤压，再加上粒料移动时与机筒内壁和螺纹面的摩擦、料与料之间的翻动剪切摩擦等几种条件作用下，而逐渐把原料塑化成熔融粘流态。同时，被推进前移的物料，由于受到的阻力逐渐加大，其反阻力也逐渐加大，直到这个阻力超过注射液压缸活塞退回的阻力，使螺杆一点点后退，螺杆前面形成一个存放塑化料的空腔，空腔存料达到制件需要的质量时，计量控制装置工作，螺杆停止转动后后退。这时模具合模，注射滑座前移，喷嘴紧靠模具浇口套。注射液压缸内油加压，注射活塞推动螺杆，以一定的速度和压力前移，把塑化好的熔融料注入模具型腔内，再保压一段时间，用以补充制品成型的冷却收缩用料。至此，完成塑料制品成型中的预塑、注射、保压这三个程序，再经开模，取出制品，完成一次塑料制品注塑循环。

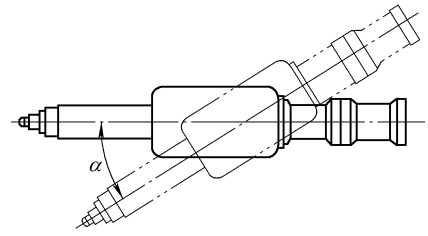


图 14-31　注射座的旋转调整

（2）往复螺杆式注射装置工作特点

1）由一根螺杆的旋转塑化和前移注射往复运动，完成塑料制品的注射成型工作。

2）这种螺杆的旋转塑化和往复注射运动，适应多种塑料的成型制品。

3）塑化能力强，各种配料混合均匀，塑化均匀质量好，可注射成型大型塑料制品。

4）能注射成型质量要求较高的工程塑料制品，可改善热敏性塑料的成型。

5）注射压力均匀，速度快，功率消耗小。

6）结构组成比较紧凑，设备维护、维修和清理比较方便。

该种设备结构比柱塞式注射机复杂，增加了减速机构。其油压、电气的控制系统比柱塞式注射机的液压、电气系统多了许多程序控制零部件。

（3）往复螺杆式注射装置的传动结构　在往复螺杆式注射装置中，螺杆的转动有几种驱动方式：由电动机驱动，经齿轮减速箱减速，带动螺杆转动的多级调速类型；由液压电动机和调速电动机驱动的无级调速类型。最常用的是电动机和液压电动机驱动螺杆转动类型。

1）叶片液压电动机驱动型。由叶片液压电动机驱动，经齿轮减速箱减速带动螺杆转动。螺杆的转速变化，可以用无级调速得到。液压电动机驱动，起动惯性小，体积小，质量轻，结构也比较简单。如果螺杆工作过载，还可以起到保护作用。目前来看，液压电动机驱动是比较理想的一种传动类型。

图 14-32 所示是液压电动机驱动传动结构。从图中可以看到，螺杆由推力轴承支撑，承受轴向力。推力轴承安装在液压缸外面，这对此部位的维修、安装、拆卸都比较方便。喷嘴和模具对中调节，可由支撑部位螺母和转动注射座得到解决。

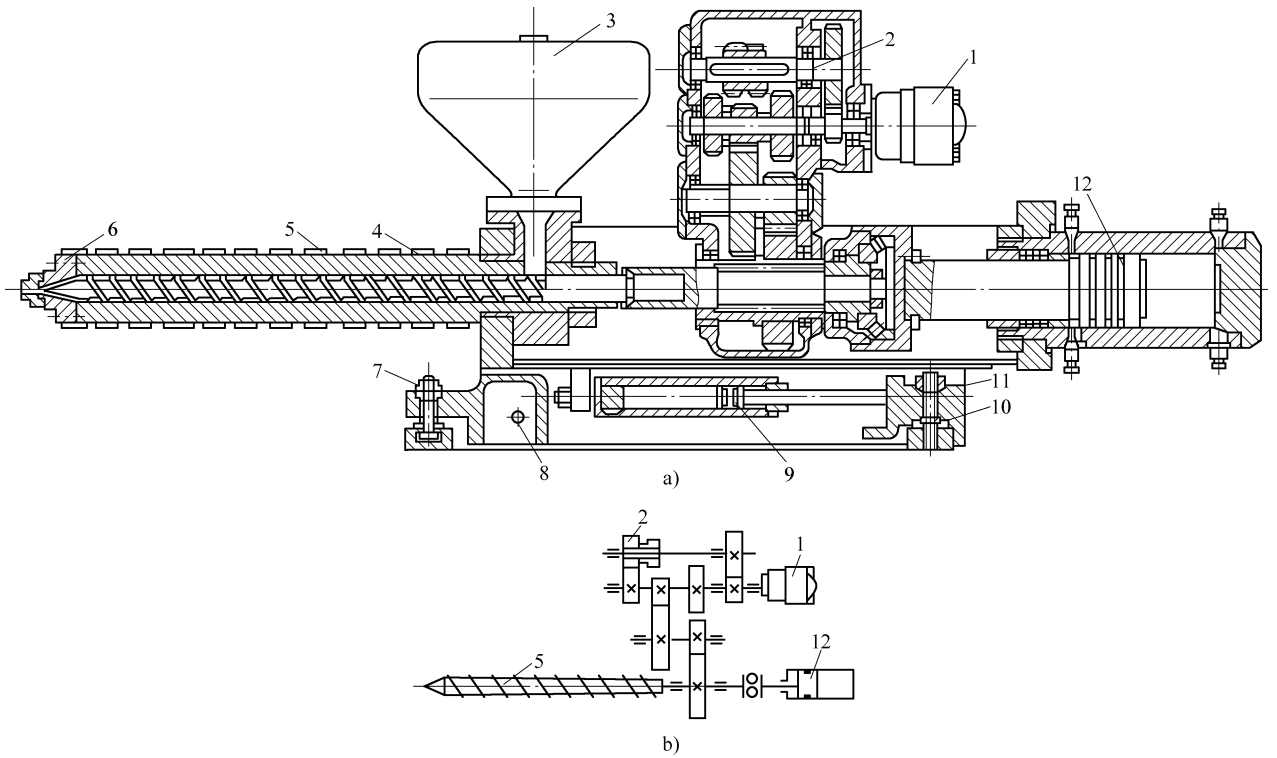


图 14-32　液压电动机驱动传动结构

a）装配图　b）传动系统示意图

1—液压电动机　2—减速箱　3—料斗　4—机筒　5—螺杆　6—喷嘴　7—调节螺母

8—注射座移动部件　9—移动液压缸　10—球形支撑　11—调节螺母　12—注射液压缸

2）电动机驱动型。由电动机驱动、液压离合器连接，经齿轮减速箱减速，带动螺杆转动。这种传动结构形式目前应用得最多，工作寿命长，维修方便。液压离合器连接形式的应用，对频繁起动的电动机和螺杆工作过载能起到保护作用。螺杆用推力轴承，安装在注射液压缸中的活塞内。螺杆计量时的背压力，由背压阀调节：不同塑料的塑化，采用不同的螺杆背压力，以保证物料塑化质量。当螺杆后退计量达到制件质量要求时，计量装置压合行程开关，液压离合器分离，螺杆停止工作。注射工作开始时，液压油经拉油管和滑座转动支点进入注射液压缸，推动螺杆前移，完成注射工作。电动机驱动传动机构如图 14-33 所示。

3）液压电动机摆线减速驱动型。这种类型传动，螺杆传动是由 3 台摆线减速液压电动机驱动，齿轮液压缸传动，无需齿轮减速箱传动，螺杆直接由液压缸带动工作。这种传动形式结构比较简单、紧凑，螺杆工作产生的轴向力直接作用在注射活塞上，工作时活塞与螺杆一样，既要转动又要做往复运动。为了保证螺杆的工作稳定，要求活塞的密封质量要好。图 14-34 所示是液压电动机摆线减速驱动型结构。

4）液压电动机直接驱动型。直接用液压电动机驱动螺杆转动，是应用一种低速高转矩液压电动机，螺杆的转速范围变化大，进行无级调速。图 14-35 所示是液压电动机直接驱动螺杆转动的结构图。

这种传动方式的注射部分，由两根导轴柱支撑。从整体外形看，无论是传动部分，还是整个注射机的各部位组成零件都比较少，结构组成简单，设备的整体质量也轻了许多。

由液压电动机直接驱动螺杆工作的注射机，一般多用在中小型注射机中。

（4）往复螺杆式注射装置中的主要零部件　往复螺杆式注射装置中的零部件如图 14-36 所示，主要包括螺杆、机筒、螺杆头部、喷嘴和加热器等。

1）螺杆。螺杆是往复螺杆式注射装置中的主要零件，对螺杆的结构形式和几何形状的选择设计合理与否，将会直接影响塑料制品的注射成型质量。

注射机用螺杆，从外观看与挤出机用螺杆外形很相似，也是一根圆柱形、细而长的、带有螺纹槽的螺纹杆。螺纹型也有等距不等深的渐变型螺杆和塑化段（3D ~ 4D 长）螺纹深度突然由深变浅的突变型螺杆。

注射机的螺杆结构组成零件如图 14-37 所示。螺杆外形结构如图 14-38 所示。

注射机螺杆与挤出机螺杆不同之处有以下几点：

① 螺杆的螺纹部分长度 L 与螺杆直径 D 之比和压缩比都略小些。

② 螺杆的计量段螺纹槽略深些。

③ 螺杆的加料段较长，塑化段相应的短些。

④ 螺杆的头部结构特殊（有单向阀），多数为尖头圆锥形。

在注塑聚氯乙烯类非结晶型塑料时，一般多用渐变型螺杆；在注塑聚酰胺、聚烯烃类结晶型塑料时，多用突变型螺杆。

图 14-39 所示为常用的注射机用螺杆的各部位几何形状及尺寸代号。

① 螺杆的直径和行程关系。螺杆的直径和注射往复行程距离大小，是决定注塑塑料制品的形状和质量保证的关键。从保证注射料量、塑化能力和注射压力等条件考虑，螺杆直径与注射行程距离有一定的比例关系，一般比值取 3 ~ 5。如果这个比值过大，说明螺杆行程大，则螺杆的工作部分长度就会缩小，这要影响物料的塑化质量；如果这个比例值小，螺杆行程小，为了保证注射量就要加大螺杆直径，这样注射功率消耗增加，也难以保证加料量的准确。

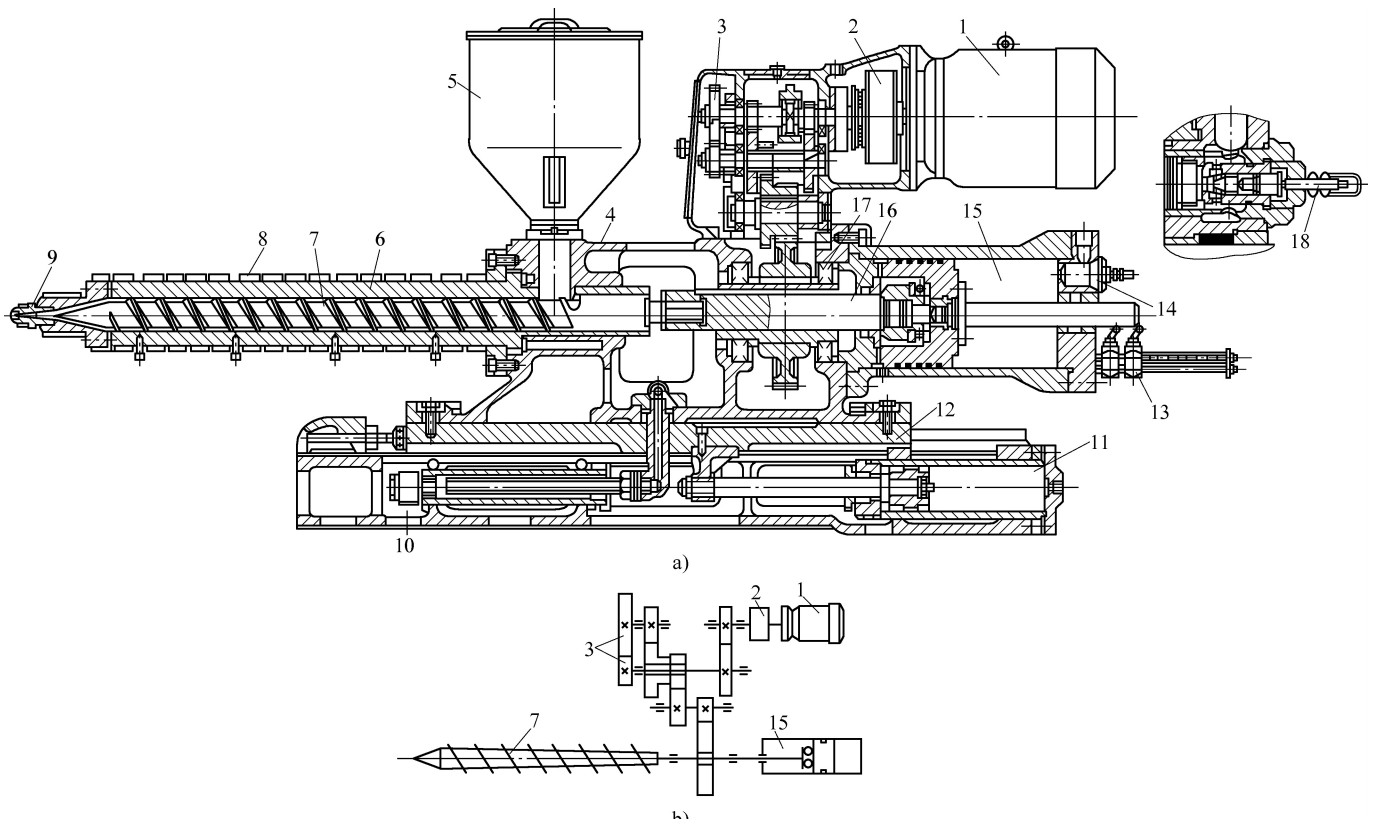


图 14-33　电动机驱动传动结构

a）装配图　b）传动系统示意图

1—电动机　2—液压离合器　3—减速箱　4—注射座体　5—料斗　6—机筒　7—螺杆　8—加热器　9—喷嘴　10—通注射液压缸　11—移动液压缸　12—导板　13—计量装置　14—背压调节阀　15—注射液压缸　16—顶轴（传动轴）　17—花键套　18—背压调节螺钉

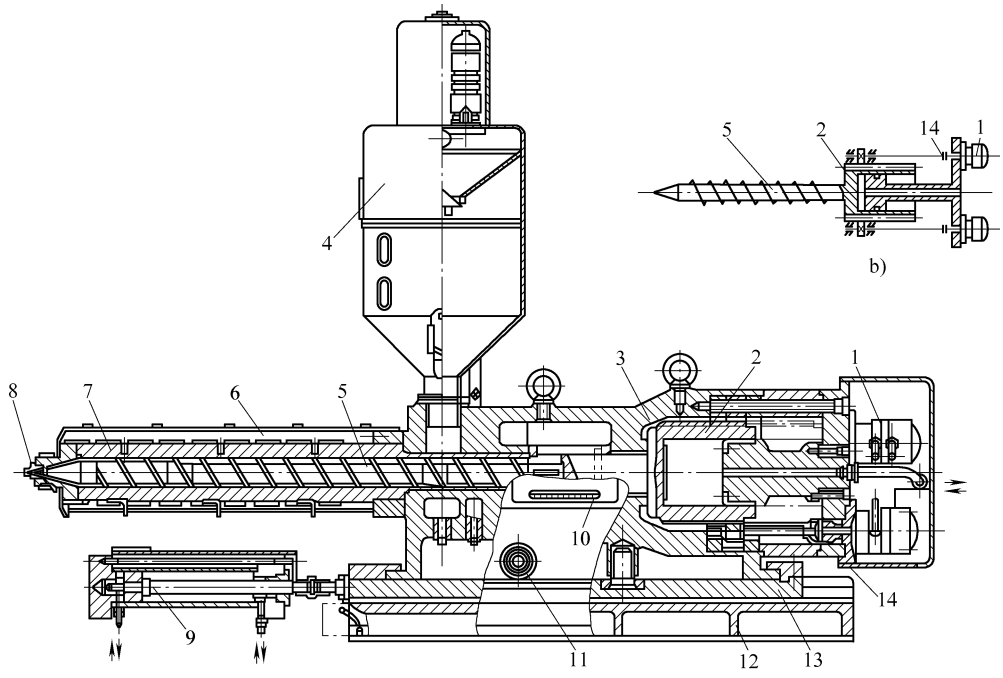


图 14-34　液压电动机摆线减速驱动型结构

a）装配图　b）传动系统示意图

1—液压电动机　2—齿轮液压缸　3—注射座　4—料斗　5—螺杆　6—加热器　7—机筒

8—喷嘴　9—移动液压缸　10—计量装置　11—注射座转动装置

12—底座　13—滑板　14—联轴节

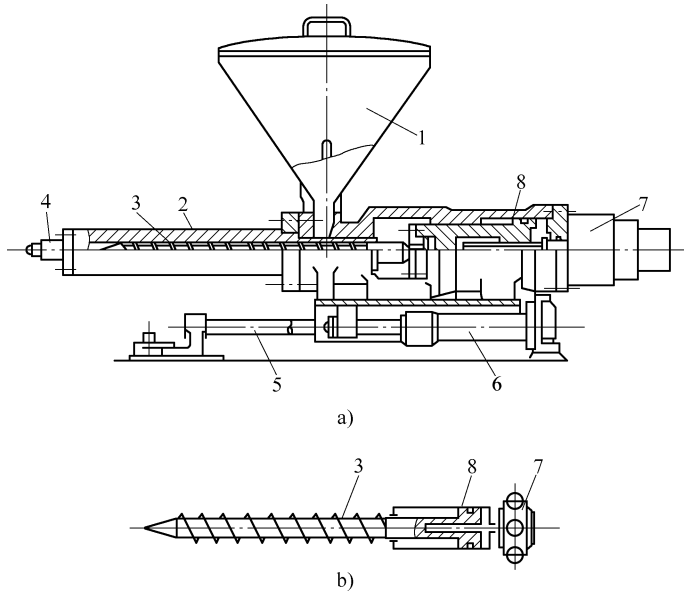


图 14-35　液压电动机直接驱动螺杆转动的结构图

a）装配图　b）传动系统示意图

1—料斗　2—机筒　3—螺杆　4—喷嘴　5—导柱　6—移动液压缸　7—液压电动机　8—注射液压缸

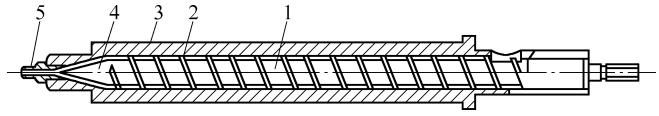


图 14-36　往复螺杆式注射装置中的主要零部件位置

1—螺杆　2—机筒　3—电加热部位　4—螺杆头部　5—喷嘴

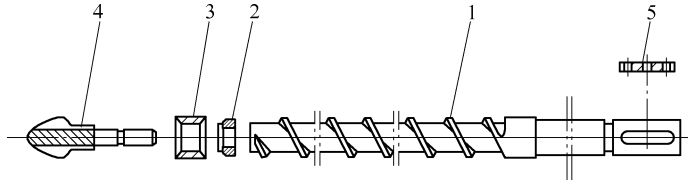
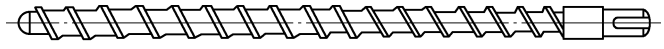
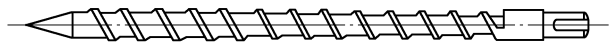


图 14-37　注射机用螺杆结构组成零件

1—螺杆体　2—止逆环　3—垫圈　4—锥形螺杆头　5—键



a)



b)

图 14-38　注射机用螺杆与挤出机螺杆外形结构比较

a）渐变型螺杆(挤出机用)　b）突变型螺杆(注射机用)

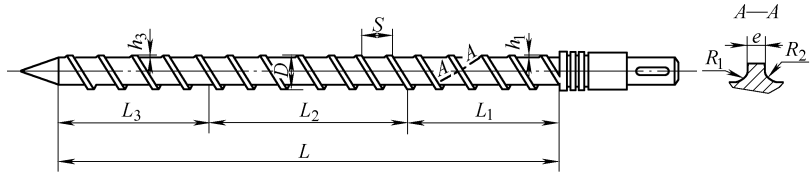


图 14-39　螺杆的几何形状及各部位尺寸代号

L—螺纹长　L_1—加料段长　L_2—塑化段长　L_3—计量段长　S—螺距

D—螺杆直径　h_1—加料段螺纹深　h_3—计量段螺纹深　e—螺棱宽

R_1、R_2—螺棱根部圆角半径

② 螺距 S、螺棱宽 e 和径向间隙。注射机用螺杆，一般是全螺纹长的螺距相等，螺距与螺杆直径相等。这样螺杆的螺旋升角为 17.8°，螺棱宽 $e=0.1D$。

螺杆与机筒的装配间隙，即螺杆外径与机筒内径间距离，称为径向间隙。如果这个值较大，则原料的塑化质量和塑化能力下降，注射时熔料的回流量增加，影响注射料量的准确性。如果径向间隙要求小些，这要给螺杆和机筒的机械加工带来较大难度，通常这个间隙值取 $0.002D \sim 0.005D$（D 为螺杆直径）。

在维修中，重新修复的螺杆与机筒装配间隙可参照表 14-19。

③ 螺杆的长径比及分段。螺杆的长径比是螺杆的螺纹部分长与螺杆直径之比值，即 L/D，一般常用值为 21 ~ 25。比值大，对塑料的混炼塑化质量好，温度也比较均匀。为了提高塑化能力，螺杆转速也可提高些。但是长径比值过大，给螺杆和机筒的机械加工带来很大困难。

表 14-19　螺杆与机筒的装配间隙　　（单位：mm）

螺杆直径	30 ~ 50	55 ~ 80	100 ~ 115	130 ~ 170	200 ~ 250	280 ~ 350
最大径向间隙	0. 30	0. 40	0. 45	0. 55	0. 65	0. 80
最小径向间隙	0. 18	0. 25	0. 30	0. 35	0. 40	0. 50

螺杆的分段，指注射机用螺杆的加料段、塑化段和计量段长度占螺纹总长的百分比，可参照表 14-20 选取。

表 14-20　螺杆的各段长度　　（单位：%）

螺杆类型	加料段	塑化段	计量段
渐变型螺杆	30 ~ 50	50	20 ~ 35
突变型螺杆	65 ~ 70	（3 ~ 4）D	20 ~ 25
通用型螺杆	45 ~ 50	20 ~ 30	20 ~ 30

④ 螺槽深和压缩比。螺杆的螺槽深是指计量段的螺纹槽深 h_3 值，它对注射机的生产能力和功率消耗影响很大。对螺槽深 h_3 值的选择，要考虑被塑化原料的比热容、导热性、热稳定性、黏度及塑化时压力等因素影响。一般取 $0.04D \sim 0.07D$，小直径取大值。相同原料塑化，在注射机中的 h_3 值要比挤出机的大些，一般要深 15% ~ 20% 。

注射机螺杆的压缩比要比挤出机的压缩比小，这指同一种原料在两设备上（即注射机和挤出机）塑化时的压缩比。注射机物料的塑化质量还可通过调整螺杆的背压来得到改善。表 14-21 为国产注射机螺杆各部位尺寸参数。

表 14-21　国产注射机螺杆各部尺寸　　（单位：mm）

螺杆直径 D	螺纹长 L	L/D	L_1	L_2	L_3	h_3	h_1	h_1/h_3	S	R_1	R_2	e	螺杆类型	注射机型号
42	717	17	480	40	197	2. 7	7. 5	2. 8	40	2	7	4	A	XS-ZY125
42	745	17. 5	220	400	125	3	7. 5	2. 5	40	3	7	4	B	XS-ZY125
50	770	15. 5	458	50	262	3	8	2. 6	50	3	6	5	A	XS-ZY250
50	803	16	233	350	220	3. 3	8	2. 4	50	3	6	5	A	XS-ZY250
65	1056	16. 5	746	70	240	3	9. 5	3. 2	65	3	11	7	A	XS-ZY500
65	1056	16. 5	330	560	249	3. 5	8	2. 3	65	3	11	7	B	XS-ZY500
85	1280	15	850	100	330	4. 5	14	3. 1	80	6	12	8	A	XS-ZY1000
85	1310	15. 5	450	600	260	5. 5	13. 5	2. 5	80	6	12	8	B	XS-ZY1000
110	1875	17	1405	110	360	5	14	2. 8	110	4	12	11	A	SZY-2000
120	1875	15. 5	1395	120	360	4	15	3. 7	120	4	12	12	A	SZY-2000
130	1925	15	1315	130	480	5. 5	19	3. 5	120	5. 5	16. 5	12	A	XS-ZY4000
130	2020	15. 5	1550	1065	405	7	16. 5	2. 4	180	5. 5	14. 5	12	B	XS-ZY4000

注：1. 代号尺寸参照图 14-39。

2. 螺杆类型 A 为突变，B 为渐变。

⑤ 螺杆的头部结构形式。注射机用螺杆的头部，一般都是尖形，这主要是为了减小熔融料注射阻力，防止在螺杆前面熔融料滞留，特别是对熔体黏度较高的塑料注射会有较好的效果。尖形锥角的角度为 15° ~ 30°。常用尖角形有两种，如图 14-40 所示。图 14-40a 所示的结构用于聚氯乙烯的注射用螺杆，对于高黏度、热敏性原料的注射，可消除原料滞留，避

免分解。图 14-40b 所示的结构与图 14-40a 所示的功能相同，但由于有锥形螺纹，对物料的清洗、净化效果会更好些。

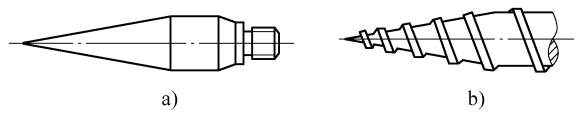


图 14-40　螺杆的尖形头部结构形式

a）一种尖形螺杆　b）另一种尖形螺杆

螺杆的头部装有单向阀（止逆阀），这种结构一般多用在中低等黏度塑料的成型注射。有了止逆阀这一结构，注射时能防止或减少熔融料的回流，从而提高注射工作效率。止逆阀种类比较多，比较常见到的有环形止逆阀和球形止逆阀。

环形止逆阀结构如图 14-41 所示，它由螺杆头主体、环座和止逆环组成。这种止逆环的工作方式是：塑化成熔融状态的原料，被螺杆推动继续前进时，经止逆环与螺杆头之间间隙进入螺杆头前部，当注射工作开始时，由于螺杆头部原料所受的压力增加，则向后推止逆环直到与环座紧密接触贴合，阻止熔融料的回流。止逆环阻止熔融料回流效果的好坏，由止逆环与机筒的工作间隙决定；这个间隙不能过小，过小的间隙阻止回流效果好，但会造成与机筒内壁的摩擦；间隙过大，料的回流量增加，影响注射量的准确性。比较合理的工作间隙一般为 0.01 ~0.02mm，止逆环宽度为止逆环直径的 2/3。

球形止逆阀结构如图 14-42 所示，它由密封钢球、球座和球头组成。球形止逆阀的工作方式是：被螺杆推动塑化好的熔融料，在前进移动时推开钢球，经钢球与球座间的间隙流入螺杆前部。注射开始时，螺杆头部熔融料压力增加，钢球被熔融的压力推回原位球座上，封住了熔融料的回流口，阻止了料的回流。

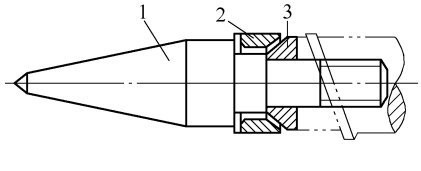


图 14-41　环形止逆阀结构

1—螺杆头主体　2—止逆环　3—止逆环座

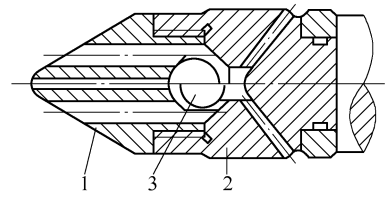


图 14-42　球形止逆阀结构

1—球阀体　2—钢球　3—钢球座

⑥ 注塑硬聚氯乙烯用螺杆。图 14-43 所示是用未增塑的硬聚氯乙烯(U-PVC)作原料成型时的注射螺杆结构示意图。为防止物料分解，物料在塑化中应无死角和不受高的剪切作用，让物料缓慢塑化，所以取螺杆的压缩比要小，一般在 2 左右；螺纹槽深一些，一般为 0.05D ~0.08D；塑化段取长一些，多数不用止逆环。

2）机筒。机筒也叫料筒。它和螺杆一样，是塑化注射装置中的重要零件。机筒在螺杆的外围包容螺杆，螺杆在机筒内转动工作，由两者的配合工作及在其他辅助工艺条件的协助下，完成对塑料的混炼塑化。机筒的外形及与螺杆的相

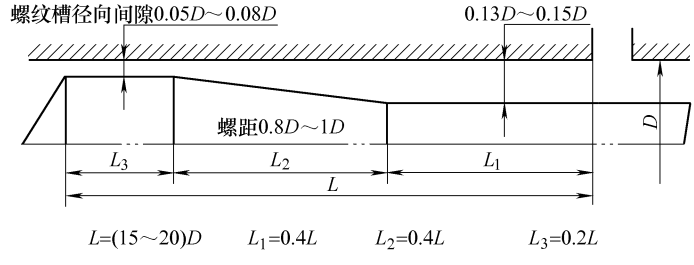


图 14-43　注塑 UPVC 螺杆结构示意图

互配合位置如图 14-44 所示。

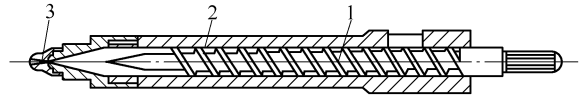


图 14-44　机筒的外形及与螺杆的相互配合位置

1—螺杆　2—机筒　3—喷嘴

机筒的工作环境和螺杆一样，它们都是在高温、高压、有腐蚀性和承受较大摩擦力的条件环境中工作，所以，机筒的结构一般是整体式，材料一般用合金钢如 38CrMoAl 渗氮钢。为了节省贵重的合金钢材，还可用碳素钢制作机筒体，然后机筒内孔浇铸高硬度耐磨合金，经加工后应用。内孔表面粗糙度值 Ra 不大于 1.6μm，硬度≥940HV。

注射机的机筒结构组成如图 14-45 所示。

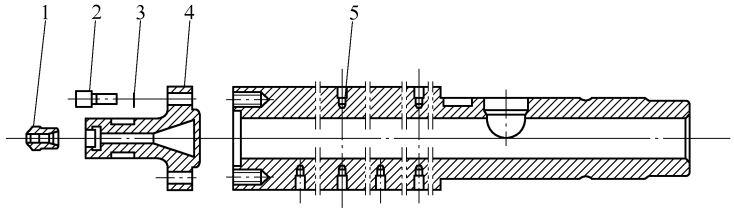


图 14-45　注射机机筒结构组成零件

1—喷嘴　2—螺钉　3—弹簧垫圈　4—机筒连接法兰　5—机筒

① 机筒的加料口。注射机成型制品用料一般都是粒料，工作时加料方式是靠料斗中的粒料自重自由落入机筒内，机筒料口形状应适合粒料的自重落入。机筒加料口形状可采用图 14-46 所示的几种截面形式。图 14-46b、c所示的形状是根据螺杆的转动方向，开成有一定偏斜角形，以方便粒料随螺杆转动顺利落入；图 14-46a 所示的是没有偏斜角的进料口。

② 机筒壁厚。机筒的壁厚设计尺寸选择，首先要从机筒的工作强度考虑；另外是从工艺温度控制需要选择。机筒壁厚过小，机筒加热升温快，机筒节省材料、体轻，但是工艺温度稳定性差；机筒壁厚过大，加热升温慢，机筒笨重，对温度调节变化缓慢。一般经验壁厚数据查表 14-22。

③ 机筒的加热和冷却。原料在机筒内塑化，与螺杆和机筒的配合工作有关，但是塑化条件也绝不能没有使机筒升温的热源。机筒的加热主要是靠电阻加热，由热电偶和毫伏计，对机筒各段温度进行控制。近几年来，用计算机控制机筒温度方式也在逐渐应用。机筒的用电加热功率，可参照表 14-23 的经验数据。

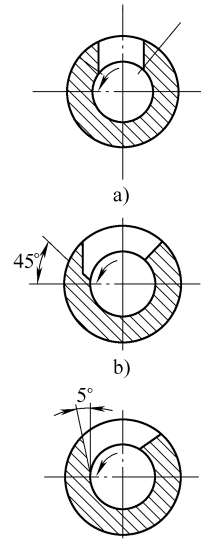


图 14-46　机筒加料口的断面形状

a）没有偏斜角的进料口

b）45°偏斜角的进料口

c）5°偏斜角的进料口

表 14-22　注射机用注射压力和机筒经验壁厚数据

螺杆直径 D/mm	34	42	50	65	85	110	130	150
注射压力/MPa	120	120	130	100	120	90	100	85
壁厚 δ/mm	25	29	35	48	48	75	75	60

表 14-23　注射机用机筒加热功率和螺杆驱动功率的经验数据

螺杆直径 D/mm	30	35	42	50	55	65	80	100	115	130	150	160	185	200	225	250
加热功率/kW	2.5	4	5.5	8.5	10	12	18	28	38	42	55	68	86	100	145	165
螺杆驱动功率/kW	2.2	3	4	5.5	6.5	7.5	13.5	20	25	38	43	50	65	70	80	105

电阻加热器的结构形式有多种。图 14-47 所示是一种常用的铸铝套形加热器，电阻丝放在金属管内，然后用氧化镁类绝缘材料填充管内，再把金属管铸入铝合金套内。

机筒的冷却只用在机筒进料口处，最简便的方法是用夹套，通冷却水降温，目的是为了防止此段温升过高，粒料容易产生“架桥”现象，影响粒料的自由落入供料。

常用塑料注射成型时，原料预塑化机筒温度和喷嘴温度参考见表 14-24。

表 14-24　原料预塑化机筒温度和喷嘴温度

塑料名称	机筒温度/℃			喷嘴温度/℃
	加料段	塑化段	计量段	
聚乙烯(PE)	160～170	180～190	200～220	220～240
高密度聚乙烯(HDPE)	200～220	220～240	240～280	240～280
聚丙烯(PP)	150～210	170～230	190～250	240～250
聚苯乙烯(PS)	150～180	180～230	210～240	220～240
ABS	150～180	180～230	210～240	220～240
聚氯乙烯(PVC)	125～150	140～170	160～180	150～180
苯乙烯-丙烯腈共聚物(SAN)	150～180	180～230	210～240	220～240
增强聚氯乙烯(RPVC)	140～160	160～180	180～200	180～200
聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)	150～180	170～200	190～220	200～220
聚甲醛(POM)	150～180	180～205	195～215	190～215
聚碳酸酯(PC)	220～230	240～250	260～270	260～270
聚酰胺 6(PA6)	220	220	230	230
聚酰胺 66(PA66)	220	240	250	240
聚氨酯(PUR)	170～200	180～210	205～240	205～240
聚三氟氯乙烯(PCTFE)	250～280	270～300	290～330	340～370
乙酸-丁酸纤维素(CAB)	130～140	150～175	160～190	165～200
乙酸纤维素(CA)	130～140	150～160	165～175	165～180
丙酸纤维素(CP)	160～190	180～210	190～220	190～220
聚苯醚(PPO)	260～280	300～310	320～340	320～340
聚砜(PSU)	250～270	270～290	290～320	300～340

3）喷嘴。喷嘴在机筒的前端，用螺纹连接固定在机筒上，注射时喷嘴与模具浇口套紧密接触，完成塑化熔融料进入模具型腔的输送工作。熔融料被螺杆或柱塞用高压、高速通过喷嘴注入模具型腔时，由于喷嘴直径的缩小，使物料通过时受到挤压摩擦而使料温升高。当熔融料在模具中固化成型收缩时，还需要有一些熔融料补充，这两项都与喷嘴的结构有关。所以在选取喷嘴结构时，一定要注意考虑物料流经喷嘴时的压力损失、熔融料的温度变化、射程距离的大小及注射后熔融料是否流延等因素影响。

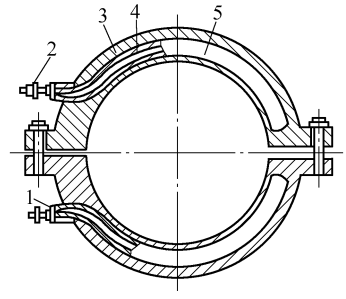


图 14-47　铸铝套形加热器

1—钢管　2—接线柱　3—电阻丝　4—氧化镁粉　5—铸铝

为了适应多种塑料性能在注射条件下顺利成型，喷嘴

也相应地设计成多种结构形式，最常用的结构类型有直通式、关闭式和专用式喷嘴。

① 直通式喷嘴。直通式喷嘴也可叫开式喷嘴。这种喷嘴是一种常用型结构，图 14-48 所示是三种不同形式的直通式喷嘴。

这种结构形式的喷嘴结构简单，机加工制造方便，工作时压力损失小，熔融料成型固化收缩时补缩量大，流经过的料不易滞留分解。一般常用的几种塑料都可用此种喷嘴，但对于硬聚氯乙烯不宜用直径较小的喷嘴。图 14-48a 所示的喷嘴由于其体形短，不能用加热装置。当喷嘴与模具浇口套接触时有降温现象，容易使喷嘴前部料冷硬，常会有阻塞喷嘴情况发生。

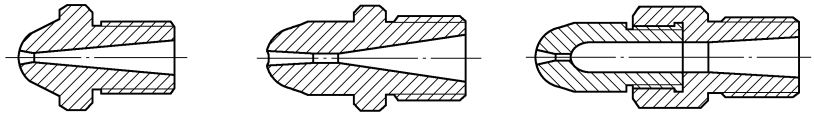


图 14-48　直通式喷嘴

a）喷嘴体较短　b）喷嘴体较长　c）喷嘴直径较小

对于图 14-48b 所示的喷嘴，它的主体部分已经加长，所以有加热装置，克服了图 14-48a 所示喷嘴的不足，喷嘴前部不会有冷硬现象产生，对制品收缩时的补缩功能也好于图 14-48a 的。比较适合于高黏度、壁厚较大尺寸的注射工作。

图 14-48c 所示的喷嘴的直径比图 14-48a、b 所示的喷嘴直径小，喷嘴部位储料也较多，再加上体外有加热器，所以不易发生冷硬料现象。这种直径小的喷嘴射程远，注射后的流延现象也比较小，主要用于低黏度料、成型形状较复杂、壁较薄的注塑制品。

这 3 种结构形式的喷嘴，工作时不足之处是当注射工作完成、机座退回时，熔融料有流延现象，容易在浇道中留下冷料，影响下次注射工作正常进行。

② 关闭式喷嘴。采用关闭式喷嘴，主要是为了消除直通式喷嘴的熔融料流延现象。图 14-49 所示是一种弹簧式关闭喷嘴。

弹簧式关闭喷嘴工作时，是靠弹簧的压力推动挡圈及导杆带动顶针关闭喷嘴口。注射工作开始时，由于螺杆或柱塞的推动作用，熔融料受压力高于弹簧对顶针的压力，则熔融料把顶针推开，从喷嘴口射入成型模具中。当注射工作完成，螺杆或柱塞又退回时，前部喷嘴口部位的压力减小，则弹簧力又把顶针推到喷嘴口位置，封闭料流，阻止了注射工作完成后熔融料的流延。这种依靠弹簧的压力能自动关闭的喷嘴，工作灵巧方便，准确可靠，但结构比较复杂，熔融料的注射压力损失较大，对熔融料固化成型时收缩量的补充量较小。要注意弹簧的材料选择和热处理方式，避免在高温环境下工作的弹簧受压缩而弹力降低。

把弹簧的压力控制改变成由液压缸控制、推动顶针的关闭开启工作，这又是一种喷嘴结构，如图 14-49 所示。

如图 14-50 所示，液压缸控制式喷嘴的结构与弹簧式关闭喷嘴结构基本相同，不同之处是弹簧推动顶针，改变为液压缸代替弹簧对顶针的开启和关闭。这种喷嘴顶针在注射开始时，由液压缸控制自动开启，减小了压力损失，控制灵活，方便可靠。但是，其结构中增加了控制液压缸、液压管线和电控电路，比较复杂。

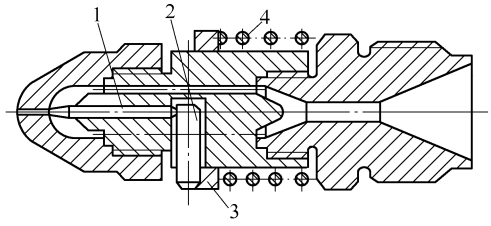


图 14-49　弹簧式关闭喷嘴

1—顶针　2—导杆　3—挡圈　4—弹簧

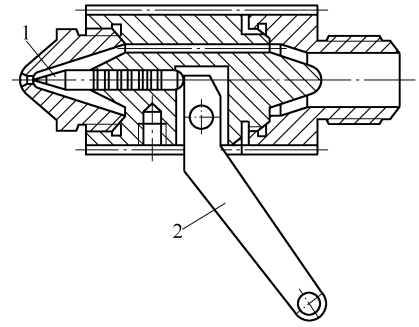


图 14-50　液压缸控制式喷嘴结构

1—顶针　2—控制杆

③ 专用型喷嘴。专用型喷嘴是指喷嘴的结构形式，是专为注塑某一种用料而设计，针对这种料的熔体性能来设计喷嘴的结构。图 14-51 所示的喷嘴只适合对聚乙烯和聚丙烯料的注射，其结构简单，压力损失小，喷嘴与模具型腔很近，熔融料经喷嘴流道很短，几乎没有料道把。这对于稳定性好、物料熔融温度范围较宽的聚乙烯、聚丙烯注塑薄壁形制品较有利。

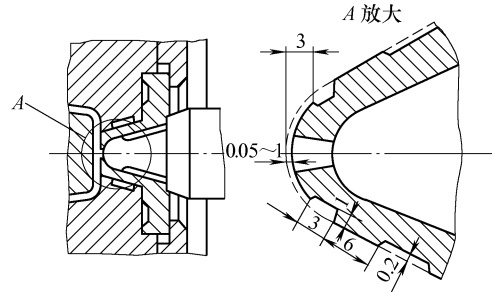


图 14-51　专用无流道式喷嘴

④ 对喷嘴的结构及工作条件要求。

a. 喷嘴口直径应比模具衬套口直径略小，一般小 0.5 ~ 1mm 即可。

b. 当喷嘴与模具浇口套紧密贴合时，两口直径中心线应在同一轴线上，保证流道通畅，既无熔融料的滞留现象，又无死角，以保证开模时流道内料柱与制件同时取出，避免影响下次注射工作。

c. 喷嘴头部应是圆弧形，圆弧半径应等于或略小于模具浇口套圆弧半径，防止两者紧密贴合时有缝隙产生，发生熔融料流淌外溢现象。

d. 流道口直径较大的喷嘴，这里指阻力小的直通式喷嘴，用料的黏度较高，热稳定性较差的聚氯乙烯料较适宜。用料量较大，制品壁厚件注射时也应用此类喷嘴。

e. 喷嘴的直径较小，带有加热装置的关闭式喷嘴，用于料黏度较低，形状复杂的薄壁制品的注射。

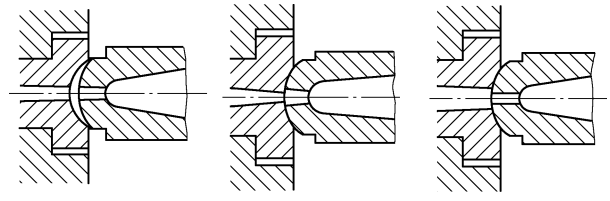


图 14-52　喷嘴与模具浇口套接触位置示意图

a）不正确　b）不正确　c）正确

图 14-52 所示是喷嘴与模具浇口套接触位置示意图。图 14-52a 所示的喷嘴圆弧半径大于模具浇口套半径，这样的接触熔融料容易发生外溢现象。图 14-52b 所示的喷嘴口的直径大于模具浇口套直径，这样会有熔融料滞留。图 14-52c 所示的接触位置是正确的，达到喷嘴的接触工作条件要求。

14.6　注射机应用选择

在选择注射机的规格型号之前，首先应查看注射机生产厂家提供的产品说明书中的注射机性能参数值。这些参数说明了该注射机的主要性能特征，根据将要生产的塑料制品的一些技术要求［如制品用原料种类、牌号，制品的质（重）量及外形尺寸等］去查找说明书中与其相接近的参数值，这些参数值所对应的注射机型号就是需选购的注射机型号。

规格型号中重点要对照的数据，是制品的质量（或容积）和外形尺寸与参数值的比例关系，即塑料制品的质（重）量与注射机理论注射量（或容积）之间的比例要求，制品长度（高度）尺寸及与成型模具厚度（移动模板上模具厚度）尺寸之和，与注射机移动模板行程距离之间的尺寸要求条件。

14.6.1　按注射制品质量选择注射机理论注射量

制品的质量是指注射成型制品时所需要的熔料量，计算方法如下。

1）计算制品用熔料总质量公式为

$$Q_{PS} = K \times (\text{制品质量} + \text{浇口系统用料质量})$$

式中　K——系数，为 1.1 ~ 1.3。

此公式是用于计算注塑聚苯乙烯料（PS）制品所需的塑化熔料量。系数 K 值的选择应视制品质量要求而定。当品质要求高时，取系数中的大值，反之可取小值。

2）当注塑制品为其他塑料时，计算其成型用熔料量，方法如下。

计算出该制品成型所需的理论注射熔料量：

$$Q_x = (1.1 \sim 1.3) \times (\text{制品质量} + \text{浇口系统质量})$$

然后根据此制品的密度换算成用 PS 料时的实际用料量，换算方法为

$$Q_{PS} = 1.05 Q_x / \rho$$

式中　ρ——某种塑料密度（g/cm^3），1.05 为 PS 料密度。

应用例：用 PE 料注塑制品，其制件质量（重量）为 200g、浇口系统用料为 22g，换算用 PS 料注射成型用料量。

用以上公式先计算出 PE 料成型用料量：

$$Q_x = 1.2 \times (200 + 22)\,g = 266.4g$$

换算用 PS 料注射成型用料量：

$$Q_{PS} = 266.4 \times (1.05/0.92)\,g = 304.04g$$

式中，1.05g/cm^3 为 PS 料密度；0.92g/cm^3 为 PE 料密度。则按此熔料量即可选择注射机的理论注射用料量（一般要大于此熔料量的 1.2 ~ 1.3 倍）。

14.6.2　按制品成型用合模力选择注射机

注射机的合模力(也可称锁模力)是指合模装置中，对两片(或多片)模具结合成一制品型腔体的最大夹紧力。当熔料以一定的注射力和流速进入模具型腔时，有这个合模力作用，使成型模具在熔料的注射力作用下而不胀开。

注射机的合模力和注射机的注射量一样，是注射机的一个重要性能参数。从这个参数中

就可知道注射机规模的大小。在注射机的规格型号标准 GB/T 12783—2000 标注中，分子数值是注射机的理论注射量(g 或 cm^3)，分母数值就是合模力(kN)。

注射制品成型用合模力的计算比较复杂，它与熔料的注射压力、熔料的黏度、原料塑化条件、制品形状、模具结构和制品在模具中的冷却定型温度等因素有关。所以，很难计算出一个比较准确的合模力。这里只介绍一个粗略的计算制品注射成型用合模力的方法。

合模力 = 合模力计算用常数 × 制品在模板上垂直投影面积

即 $$F = KS$$

式中 F——合模力(锁模力)(kN)；

S——制品在模板上的垂直投影面积（cm^2)；

K——不同原料用常数（kN/cm^2)。

不同原料的 K 值见表 14-25。

表 14-25 不同原料的 K 值

原料名称	PE	PP	PS	ABS	PA	其他工程塑料
K/(kN/cm^2)	0.32	0.32	0.32	0.32 ~ 0.48	0.64 ~ 0.72	0.64 ~ 0.8

应用例：注塑 PE 料制品，假如制品在动模板或定模板的垂直方向上投影面积为 $400cm^2$，计算 PE 制品注射成型所需要的合模力为

$$F = KS = (0.32 \times 400)\ kN = 128kN$$

14.6.3 注塑用螺杆直径选择

注塑用螺杆直径可根据注射量的定义，由注射量计算公式得出：

$$Q_{PS} = \frac{\pi}{4} D^2 S$$

式中 Q_{PS}——聚苯乙烯注射熔料量（cm^3)；

D——螺杆直径（cm)；

S——螺杆注射行程（cm)。

14.6.4 选择注射机其他参数条件

当按照注射制品成型用料量和合模力条件要求选择好注射机规格型号后，还应与该型号注射机的具体结构参数与制品注射时需要的生产工艺条件对比，查看是否符合要求。如果全部适合制品注射成型工艺条件，则此注射机的选择比较合理。

(1) 注射机类型选择　注射机的类型、结构有多种，如螺杆式注射机，柱塞式注射机。螺杆式注射机中又分为通用型注射和专用型注射机（瓶坯专用注射机，PVC 粉料专用注射机，小型、薄壁、精密型注射机，热固型、排气型、多色、高速及发泡等类型注射机）等。注射机类型的选择，应从注塑制品的结构形式、使用原料及制品的成型质量要求条件等因素考虑。

(2) 成型模具结构尺寸要求　结构尺寸应与选用的注射机相关尺寸匹配，具体要求如下：

1) 模具的外形（高或宽）尺寸应小于拉杆间距尺寸，否则模具无法装配和工作。

2）模具的宽或高应在模板的最大尺寸范围内。

3）模具的宽、高和厚度应与注射机要求的尺寸相符。

4）由模具厚度和制品高度的实际尺寸，验证注射机开模行程是否符合制品的脱模尺寸要求（见图 14-15）。

（3）由制品成型用原料的不同选择其塑化用螺杆结构　热塑性塑料注射成型塑化原料可用渐变型、突变型和通用型螺杆结构。其中，突变型螺杆（压缩比为 3 ~ 3.5）适合塑化结晶型料（PE、PP 等）；渐变型螺杆（压缩比为 1.4 ~ 2.5）适合塑化高黏度非结晶型料（HPVC、PMMA、PC 等）；通用型螺杆结构（压缩比为 2 ~ 3、压缩段长度介于突变型和渐变型螺杆的压缩长度之间）适合于结晶型和非结晶型塑料的塑化；还有些塑料，因其加工性能的特殊，应选用专用螺杆结构，如 PET、PA、PC 和 PVC 粉料等塑化时，应选用为其分别特殊设计的专用料螺杆结构。

14.7　注射机操作要点

14.7.1　注射成型制品动作程序

注射机注射成型制品的生产循环过程，其动作程序是从合模动作开始，至制品冷却定型后开模推出制品为止，为一个注射成型制品生产循环周期。工作程序主要有：闭模→高压低速锁模→注射座前移→塑化熔料注射入模→保压→冷却定型（此程序时间内包括螺杆退回和原料塑化程序）→开模→制品推出模具。

如果按模具的闭模、高压锁模和开模三个动作程序分，熔料注射成型制品过程是：闭模→高压锁模［锁模时间内包括注射成型工序中的锁模→注射座前移→注射熔料充模→保压（压紧熔料收缩、补充熔料）→冷却定型（螺杆退回、塑化原料熔融）］→开模、制品推出。

注射成型制品各工艺程序操作如下：

（1）锁模（也叫合模）和高压锁模　锁模是注射成型制品生产工艺循环程序的开始。模板合模时的移动速度为慢-快-慢三种速度，开始和终止时的模板为慢速动作。这是为了防止模板出现惯性冲击，对模具的安全使用、防止其变形或损坏有一定的保护作用。慢速起动后的模板快速动作，是为了缩短制品注射成型生产周期。合模接近终止时的低压慢速动作（当确认动、定模间无异物时）碰到限位开关时，切换低压程序，开始高压锁模至所调整的锁模力。

（2）注射塑化熔料　高压锁模力达到工艺要求后，注射座前移，使喷嘴与模具浇口紧密贴合；此时，注射液压缸输入高压油，推动活塞、带动螺杆，推动其前端塑化熔料以高压、高速注入模具型腔内，即为注射。螺杆头部（前端）作用在熔体上的压力即称为注射压力。

（3）保压　注入模具型腔内的熔料，因受到模具型腔面温度低的影响而使其降温收缩，但由于此时螺杆对注入模具型腔内熔料仍保持有一定的压力，则使熔料收缩部分能及时得到补充，从而保证了制品成型质量。能够及时补充模具内熔料收缩用的熔料压力为保压压力。由此可见，保压压力的大小和保压时间的选择，对注塑制品成型质量起着关键作用。

（4）制品冷却与原料预塑化　在注入成型模具内的熔料降温固化定形这段时间内，保压的螺杆起动旋转，将自料斗进入机筒的原料推向机筒前部。由于受到机筒外部热传导作用和螺杆旋转对原料的挤压、剪切和原料间的摩擦作用，使原料在前移的同时逐渐塑化成熔融态，并被推向螺杆头部型腔内。连续进入型腔内的熔料，受型腔容积的限制而产生反压力，且逐渐增加，迫使螺杆在熔料的反压力作用下后退，至计量限定位置时（此时型腔内塑化熔料量已能满足下一次注射成型制品的用料需要），螺杆停止旋转并后退，准备下一次注射。由于熔料入模成型制品的冷却降温时间与螺杆旋转塑化原料时间是重叠的，要求螺杆对原料预塑化用时间应小于入模熔料冷却固化定形时间，以缩短注射成型制品生产周期。

为防止注射时因喷嘴与低温的模具浇口长时间接触而降温，一般当浇口开始凝固、模具内熔料无法返回时，注射座开始后退而使喷嘴与模具浇口分离。必要时喷嘴应设有独立控温装置，使喷嘴温度保持稳定。

（5）开模、制件脱模　注入模具型腔内的熔料降温至固化定形时即可开模，成型的制品被推出模具。至此，完成注射成型塑料制品生产的一个循环周期。

14.7.2　几种操作方式应用

（1）调整操作

1）工作特点。各部位的工作运动是在按住相应按钮时才能缓慢动作，动作时间由按钮按下的时间长短决定。手离开按钮，动作即停止。此动作方式也可称为点动。

2）应用原则。主要是在模具安装、拆卸和螺杆安装或检修设备时应用，调整装配后零件间的配合及动作间隙是否适合要求，也用于开机初期的对空注射。这种操作方式不可用于正常生产，调整操作时各保护装置均不介入工作，此时的模板开、合模动作，安全门可不用关闭，所以，应注意操作安全。

（2）手动操作

1）工作特点。操作时手指按某一个按钮，其控制的某一相应零件（或部件）开始运动，直至全部完成程序动作才停止。若不再按动此按钮，也就不再有重复动作。

2）应用原则。用在试生产时，检查模具装配质量，以及对模具锁模力大小的调试。针对某些制品在注射生产时的特殊情况，也可采用手动操作。

（3）半自动操作

1）工作特点。关闭安全门后，注塑制品的各个生产动作由时间继电器和限位开关连通控制，按事先调好的动作顺序进行，直至制品成型、打开安全门、取出制件为止。每个生产周期完成后，只有拉开安全门取出制件，再关上安全门，设备才能继续下一个周期的生产。

2）应用原则。注射机的各部位工作零部件质量完好，能够准确完成各自的工作动作。批量生产某一制品时，采用半自动操作。半自动操作可减轻操作者的体力劳动和减少工作失误，是注射机生产应用较多的操作方式。

（4）全自动操作

1）工作特点。注射机完成注射成型制品生产周期后，可自动进入下一个注射成型生产周期。注射生产的全部动作过程，全部由控制系统按编好的程序控制其循环工作，整个生产过程不需要操作工人进行操作。正常工作中无需停机进行任何调整。

2）应用原则，全自动生产操作方式适合于大批量注射成型。当成型某一种制品时，采

用全自动生产设备应具备的条件：产品能自动从模具型腔内脱落；注射机应设有模板闭合保护和警示装置。

注射机采用全自动操作生产时，注意：生产中不打开安全门，否则会造成全自动生产中断停机；要经常检查料斗内的料量，及时向机筒内进料；若选用电眼感应，应注意不要遮蔽电眼。对于制品生产需喷射脱模剂的注射成型，全自动操作的生产中也必须临时停机。

14.8　注塑模具

在注射成型中，成型模具是为了保证塑料熔融料在注塑制品时能够达到生产注塑件的各部分形状、尺寸精度及塑料制品的内在质量要求。成型模具是注射成型生产中的关键部件，其形状设计、各部位尺寸的确定，相互位置的分布安排及制造精度、材料选择的正确与否，对注塑制品成型质量及模具的工作寿命都有较大影响。

14.8.1　模具结构类型

塑料注射成型用模具的结构形式有多种，分类方法也很多。按塑料制品用原料品种分，有热塑性塑料模具和热固性塑料成型模具。按塑料制品的制造精度分，有普通型模具和精密型模具。按塑料制品的质量大小分，有微型注塑模具（制件小于 5kg）、小型注塑模具（制件为 5 ~ 10kg）、中型注塑模具（制件为 100 ~ 200kg）和大型注塑模具（制件为 2 ~ 20t）。按成型模具的分型结构分，有两开模、三开模、四开模及侧开模型等。

注塑模具应用较多的是两开模具（见图 14-53）、三开模具（见图 14-54）和四开模具（见图 14-55）。

1. 两开式模具

两开式模具主要由动、定两部分模板组成，结构如图 14-53 所示。动定模板也可叫凸模板和凹模板。一般凸模板固定在动模板上，凹模板安装固定在定模板上。两模板开启后，制件被顶杆顶出模腔。这种模具结构简单，工作比较可靠，制造容易，比较适合箱、盒、盆类制品的生产。

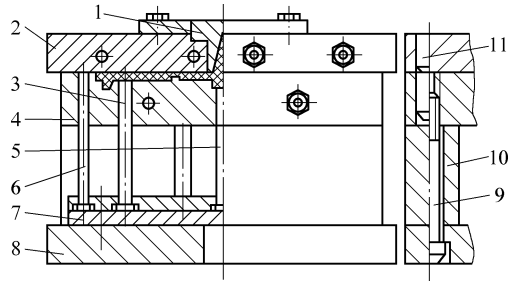


图 14-53　两开式模具结构组成

1—浇口套　2—定模板　3—顶出杆　4—动模板
5—钩料杆　6—回程杆　7—顶板　8—动模底板
9—螺钉　10—支板　11—导柱

2. 三开式模具

三开式模具是由三块模板组成：一块模板固定在注射机的定模板上，模板上有注射熔料流通；中间模板可移动，上面开有熔料流道或型腔；第三块模板是型芯。三块模板在开启模具时分开，从中间模板上取出注塑制件和流道中料柱。

三开式模具结构组成如图 14-54 所示。这种结构形式模具适合于中心进料，开流道、设冷料槽也较方便，在单型腔和多型腔模具中都有应用。制品和流道中料柱的取出都比较方便。

3. 四开式模具

四开式模具在应用时，模具中的动、定模板分开后，还需把模具型腔的左、右侧分开，

这样才能把注塑成品取出。图 14-55 所示是四开式模具结构。这种结构形式是为了适应注塑制品侧面有肋板或有槽形结构形状的需要。只有把模具的侧面左右分开，才能顶出制品脱模。这种模具通常称为侧向抽芯型模具。

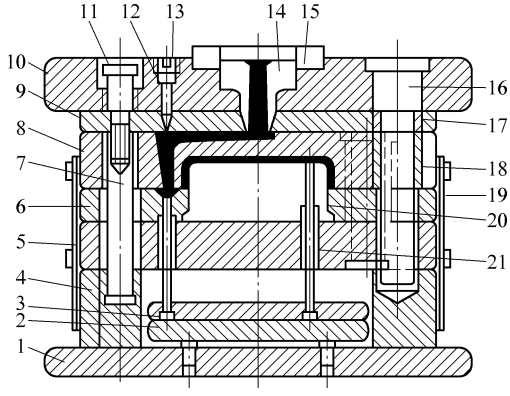


图 14-54　三开式模具结构

1—动模底板　2—推板　3—顶出杆固定板　4—垫块
5—支承板　6—动模板　7—导柱　8—定模板
9—垫板　10—定模底板　11—限位螺钉
12—拉料杆　13—螺塞　14—浇口套
15—定位圈　16—导柱　17、18—导套
19—拉板　20—型芯（凸模）　21—顶出杆

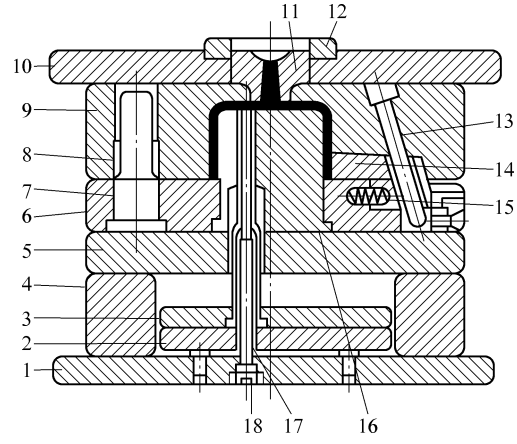


图 14-55　四开式模具结构

1—动模底板　2—推板　3—顶出杆固定板　4—垫块
5—支承板　6—动模板　7—导柱　8—导套
9—定模板　10—定模板座　11—衬套（浇口套）
12—定位圈　13—斜导柱　14—侧型芯
15—弹簧　16—型芯　17—内型芯
18—定位螺塞

14.8.2　模具结构尺寸与注射机规格型号的匹配

选择注射机用成型制品模具时，要注意模具结构尺寸的各部位要与注射机的规格型号相匹配。具体条件要求如下。

（1）注射量与成型制品质量　注射机的一次最大注射量，一定要大于该模具成型塑料制品的质量。这个质量包括一次成型几个制件的质量和浇道内料柱的质量。如果注射量小于制品的质量和，生产的塑料制品就会由于熔融料量不足、注射压力达不到要求，导致制品外形尺寸误差大、内部组织疏松、表面不光滑，造成制品质量不合格。但是，注射机的注射量与制品质量的比值也不能过大。多余的注射料在注射机的预塑机筒中停留时间过长，会分解变黄，利用率降低，增加功率消耗，相应的制品的制造成本也提高。一般经验数据是：成型制品的质量是注射机最大注射量的 3/4 左右较好。

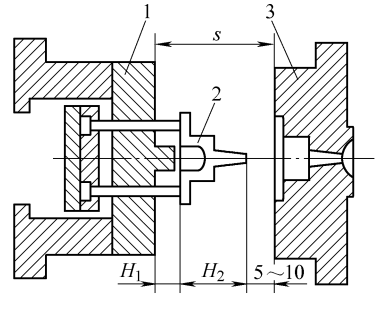


图 14-56　模板行程与制品高度的选择尺寸

1—动模板　2—制件　3—定模板

（2）注射部分合模板的行程与模具外形厚度尺寸　合模板的行程与模具的外形厚度尺寸关系，在第 14.3.2 节合模部分的主要参数中已经介绍。需强调的是：合模板的行程必须大于或等于制品的高度与脱模距离之和再加上 5 ~ 10mm，

即 $s \geqslant H_1 + H_2 + (5 \sim 10)\,\text{mm}$，如图14-56 所示。

选择设计模具时，注意模具的外形厚度尺寸应在注射机规定的模具最大厚度尺寸和最小厚度尺寸之间。

（3）拉杆间距与模具外形尺寸　在合模部分中，四根圆柱形拉杆固定两块定模板。注塑用模具又分静模和动模，分别固定在定模板和动模板上。因为模具多数是组装后用起重设备吊装，所以，应注意模具组装后的最大外形尺寸不能超出拉杆间距离尺寸，否则将无法在此注射机上安装应用。

14.8.3　模具结构

注射机用成型模具结构主要由下列几部分组成：塑料制品成型部分、合模导向部分、制品的推出部分、型芯抽出部分、模具体的加热冷却部分、成型模具体的支撑部分和浇注、排气通道等。

1）制品成型部分。即模具组装后，直接形成塑料制品的型腔部分组成零件，如凸模、凹模、型芯、杆和镶块等。

2）合模导向部分。是为了使动、定模具合模时能正确对准中心轴线而设置的零部件，如导柱、导套和斜面锥形件等。

3）制品推出部分。是把注塑制品从模具型腔中推出用的零部件，如推杆、固定板、推板和垫块等。

4）型芯抽出部分。注射成型带有凹坑或侧孔的塑料制品，成型脱模时，先抽出凹坑、侧孔成型用的型芯机构零件，如经常应用的斜导柱、斜滑块和弯销等抽芯机构。在大型塑料制品注射成型时，一般要采用液压型抽芯装置。

5）模具体的加热和冷却部分。加热部分是指为了适应塑料制品注射成型用工艺温度的控制系统，如电阻加热板、棒及其控制元件等；冷却部分用冷却水循环水管等。

6）成型模具体支撑部分。指为了保证模具体能正确工作的辅助零件，如动、定模垫板，定位圈，支撑柱，吊环和各种固定紧固螺钉等。

7）浇注流道。是指把从注射机喷嘴注入的熔融料引向成型模具空腔的流道，通常可分为主流道、分流道、浇口和冷料穴等几部分。

8）排气孔。是指能使成型模具腔内空气排出的部分。一般小型制品可不用专设排气孔，型腔内空气可从各配合件的间隙中排出。对于大型注塑制品用模具，则一定要有排气孔设置。

14.8.4　模具温度的调节控制

注射到成型模具内的熔料，在冷却定型时要释放出大量热量。为了缩短注射成型制品的生产周期及各种塑料冷却定形对不同降温环境的需要，必须对成型模具体的温度进行调节控制。模具温度的控制，对制品的质量影响如下：

1）对不同塑料注射时，适宜的温度控制有利于熔料流动、充模和缩短制品生产成型周期，有利于提高生产效率。

2）模具各部位的温度均匀，则熔料在模膛内的冷却降温速度也趋于一致，使制品各部位降温固化收缩较均匀，减少了制品的局部应力集中现象，从而减少了制品的变形。

3）改善制品断面变化大的部位的熔料充模效果，使制品有较好的成型质量，保证制品的各部位外形尺寸精度。

4）模具温度的调节变化以适应不同塑料黏度的成型温度需要，适应不同塑料降温固化、冷却速率的变化。

5）模具温度过高，制品脱模困难，外形尺寸精度难以保证，而且会产生翘曲变形现象。

6）模具温度偏低，对某些塑料的注射成型，容易造成熔料流动性差、熔料充模困难，容易使制品出现表面有波纹、有熔料接痕，甚至会降低制品的强度。

7）合理的模具温度控制对塑料制品成型后的工作强度会有所改善。

模具的加热和冷却调节温度方法有多种：加热方法可用蒸汽、热油或热水传导加热和电阻加热；冷却方法可用循环水冷却或空气冷却。现在应用较多的加热方法是电阻加热，冷却方法是通冷水降温。

电阻加热模具时，平面部位用电热板，圆形部位用电热圈，模具体内用电热棒对模具各部分进行加热升温。模具的冷却部位布置循环水管，通冷却水降温。冷却水管在模具体内的布置如图 14-57 所示，冷却水管在凹模中的布置如图 14-58 所示。

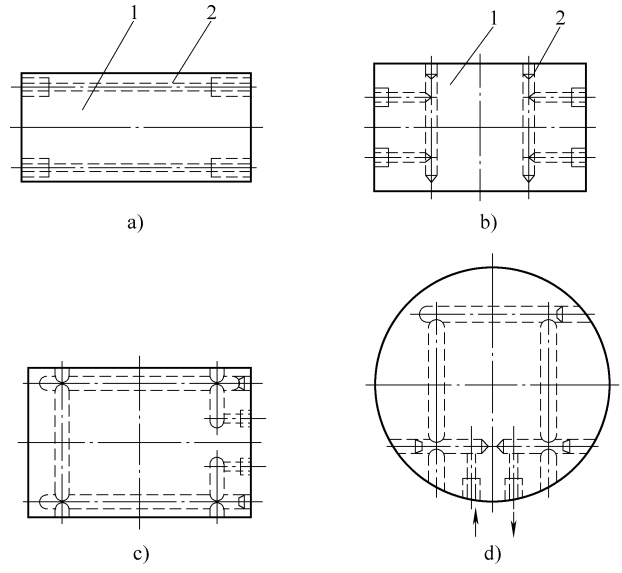


图 14-57　模具体内冷却水管的布置

a）布置形式一　b）布置形式二　c）布置形式三　d）布置形式四

1—模具体　2—冷却水管

模具控温注意事项如下：

1）成型模具加热后的各部位温度应均匀一致，这样才能保证注射成型制品的外形和尺寸精度，提高塑料制品的合格率。

2）对于熔料黏度较高原料的注射成型，模具的温度也应适当提高。生产前，模具必须加热升温至工艺要求的温度。

3）大型注塑制品用成型模具，熔料流道要加热保温，以防止因熔料流道温度偏低而增加熔料黏度、降低熔料流速，甚至造成熔料提前凝固、阻塞料流。

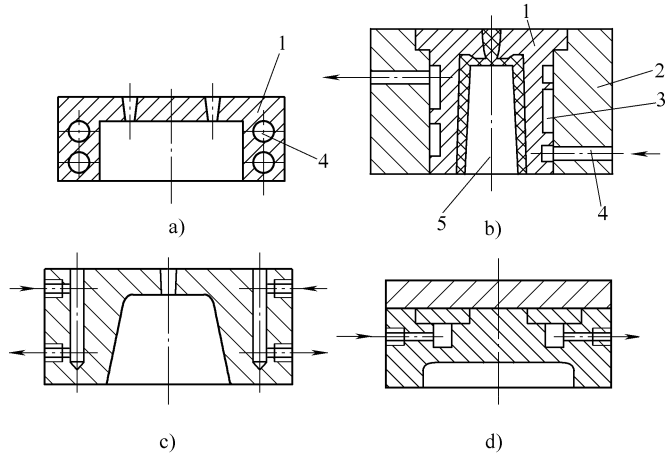


图 14-58　凹模中冷却水管的布置

a）布置形式一　b）布置形式二　c）布置形式三　d）布置形式四

1—凹模　2—外套　3—冷却水腔　4—水管　5—型芯

4）为节省热能损耗，型腔低温度部位和熔料流道高温度部位之间应加隔热保温层。

14.8.5　模具的安装调试

1. 模具安装前的准备

成型模具进厂后，在往注射机模板上安装之前，应对成型模具做以下检查验证工作。

1）验证模具的成型制品用料容积（体积）是否与注射机的一次注射量（容积）相匹配。模具成型一次需用熔料容积计算公式为

$$V = nV_i + V_j$$

式中　V——制品成型一次需用熔料容积；

V_i——一个成型模膛容积；

V_j——浇注系统及飞边所需熔料容积；

n——型腔数量。

成型模具用熔料量（容积）与注射机一次注射熔料量（容积）的关系为

$$V \leqslant 0.8V_{max}$$

式中　V_{max}——注射机的理论一次注射容积。

2）验证成型模具工艺要求合模力与注射机的最大合模力的关系。模具工艺要求合模力应小于注射机的最大合模力，通常 $F_1 \leqslant 0.9F_{max}$

模具在不同分型面条件下所能达到的合模力计算式（粗略值）F_1 可用下式计算：

$$F_1 = \alpha pA \times 10^{-3}$$

式中　F_1——制品需要（工艺）的合模力（t）；

α——安全系数，一般取 $\alpha = 1 \sim 1.2$；

p——模膛平均压力（MPa）；

A——模具分型面上投影面积（cm^2）。

3）检测成型模具的总厚度（高度）是否在模板行程长度范围内。

4）检查核对成型模具中的脱模装置与注射机合模系统中的制品推出板位置、尺寸是否配套，能否协调工作。

5）检测注射机上拉杆的间距是否大于成型模具体外形尺寸，模板上螺纹孔布置与成型模具体的紧固安装是否适合。

6）检查注射机上喷嘴的圆弧半径是否略小于成型模具浇口套孔处圆弧半径。

7）检测模板上定位套与成型模具定位装置是否有间隙配合，两者装配后是否能保证喷嘴孔与浇口套孔中心线的重合。

2. 模具安装

1）把模板和模具的装配固定平面清洗干净。

2）把注射机的操作按钮调至“调整”位置。

3）切断注射机操作用电电源。

4）检查成型模具合模状态用锁紧板是否紧固牢靠。

5）检查、试验模具体外围附件（阀门、开关、油嘴）是否齐全，动作是否灵活。

6）模具吊运安装。如果吊运装置吨位不够，也可把模具分开吊运安装。两部位安装固定时，以导柱和导套的滑动配合为基准找正。

7）模具的固定视模板螺纹孔与模具间的相互位置而定，可用螺钉也可用压板紧固。各紧固点的分配要布置合理，各螺母的紧固力要均匀。对于大型模具的紧固，注意紧固成型模具体时，要与模具体的支撑装置的支承力调节协调进行。

3. 模具安装固定后的调试

成型模具在动、定模板上安装固定后，要进行空运转试机检查，以验证两半成型模的开、合模动作与合模机构的动作是否协调灵活，保证注塑生产工作的顺利进行，避免成型模具的损坏。

空运转试机、调整顺序如下：

1）检查导柱与导套的配合在开合模动作时是否准确工作，相互间的滑动配合状态应良好，无卡紧干涉现象。

2）低压、慢速合模。观察动、定两半模合模过程中的工作位置是否正确。

3）合模动作中检查模具工作一切正常后，再重新紧固一次各螺母。注意各螺母的拧紧力要均匀。

4）慢速开模。调整推杆的工作位置，推杆的位置调整到使模具的推板与动模板间有不小于 5mm 的间隙，使推杆既能准确工作又可防止损坏模具。

5）依靠推出力和开模力实现抽芯动作的模具，应注意推杆的动作距离要和抽芯动作协调，以保证两机构工作的准确性，避免工作时有相互干涉的现象出现。

6）按计算好的动模行程距离尺寸，调整固定行程滑块控制开关。

7）调整、试验锁模力。锁模力的调整先从低值开始，以合模动作时，看上去曲肘连杆的伸展运动比较轻松为准。如果模具工作需有一定的温度，则锁模力的调试应该在模具加热升温后进行。

8）合模系统的各部位及模具合模试验一切调整合理后，各相互运动滑合部位适当加注润滑油。

9）安装成型模具的辅助配件，如电热元件及控制仪表的安装，液压、气动和冷却循环水管路的安装。然后进行调试，检查电阻加热和仪表控制的准确性，液压、气动用工作压力的调试及动作的灵活可靠性，管路的连接是否出现渗漏现象等。

10）一切正常后，开始投料试验，以成型制品不出现飞边的最小锁模力为合理。过大的锁模力容易加快合模系统中传动零件的磨损，也容易使模板长期工作加快变形。较适宜的合模力也可减少能源的消耗。

14.8.6 模具设计

成型模具设计前首先要确定的条件如下：

1）注塑制品用原料。

2）注塑制品的收缩率。

3）制品的颜色，对透明度的要求。

4）制品单件质量。

5）制品投影面积。

6）注射机的规格型号［注射机的结构形式、一次注射量（g/次）、锁模力（kN）］。

7）拉杆间距［包括纵向（cm）和横向（cm）］。

8）动、定模板尺寸［长（cm）×宽（cm）、固定模具架孔位置及孔直径（mm）］。

9）成型模具厚度的最大和最小尺寸（mm）。

10）模具定位圈孔径 ϕ（mm）。

11）注射用喷嘴孔径 ϕ（mm）。

12）喷嘴端圆弧半径 R（mm）。

13）注塑制品实样。

设计成型模具时，模具结构初步确定的内容（技术要求）如下：

1）按注塑制品的图样或实样，确定成型模具结构形式（标准型、两开或三开及其他类型）。

2）选择模具型腔数量。

3）确定分型平面结构（平面、允许穿透或半合模）。

4）制件顶出装置形式。包括顶出杆、顶板的形状，顶出传动方式（油压或气动），动作类型等。

5）熔料流道的断面形式、尺寸及加热方式。

6）喷嘴的结构形式。

7）模具的加热冷却方式。

8）模具制造加工中的特殊要求。

9）模具制造用材料。

10）成型面是否电镀铬层。

11）成型面硬度要求。

12）其他注意事项。

注塑成型模具结构设计注意事项及主要尺寸参考见表 14-26。

表 14-26　注塑模具结构设计注意事项及主要尺寸参考

塑料名称	制品厚/mm				脱模斜度		流道直径/mm	流程比（L/t）	排气槽深/mm	注　意　事　项
	最小制品	小制品	中制品	大制品	型芯	型腔				
聚乙烯	0.60	1.25	1.60	2.40 ~ 3.20	20′ ~ 45′	25′ ~ 45′	1.5 ~ 9.5	300	0.01 ~ 0.03	① 熔料流动性好、成品易变形、收缩率高，为 1.5% ~3.5% ② 模具温度要均匀，冷却降温效果要好 ③ 注意浇口位置选择，流道尺寸应大些，浇口要小些 ④ 制品弹性好、小凸凹，可强行脱模 ⑤ 模内定型稳定性差
聚丙烯	0.85	1.45	1.75	2.40 ~ 3.20	25′ ~ 50′	30′ ~ 1°	4.7 ~ 9.5	350	0.01 ~ 0.02	① 铜能加速其氧化降解，嵌件及模具禁用铜质材料 ② 易发生分子取向，沿流道成纵横方向机械强度差异明显。设计浇口应避免熔料向一个方向直行，干扰分子过分取向以及引起的变形 ③ 成形好、易变形，对缺口敏感，制品结构应避免有负锐角 ④ 制品收缩率为 1% ~3%，玻璃纤维增强，制品为 0.4% ~0.8%

（续）

塑料名称	制品厚/mm				脱模斜度		流道直径/mm	流程比（L/t）	排气槽深/mm	注意事项
	最小制品	小制品	中制品	大制品	型芯	型腔				
聚苯乙烯	0.75	1.25	1.60	3.20 ~ 5.40	30′ ~ 1°	35′ ~ 1°30′	3.1 ~ 9.5	200 ~ 250	0.02	① 熔体流动性好，流道和浇口应略大些，以避免剪切作用过大 ② 制品因内应力作用易出现裂纹，应适当提高模具温度。成品应在70℃左右热水中处理1 ~3h ③ 制品脆性大，脱模斜度应大些 ④ 有凸凹的制品不许强行脱模，注意顶出杆的分布对制品顶出力要均匀一致 ⑤ 制品收缩率为0.2% ~0.8%
ABS	0.80	1.30	1.60	3.20 ~ 5.40	35′ ~ 1°	40′ ~ 1°20′	4.7 ~ 9.5	160	0.03	① 熔体流动性、温度较低，易成型模具流道和浇口尺寸可大些，但应注意浇口表面的加工质量和位置选择的合理性 ② 脱模斜度应取大些 ③ 成型收缩率：抗冲型为0.5% ~0.7%；耐热型为0.4% ~0.5%；纤维增强型为0.1% ~0.15%
硬聚氯乙烯	1.20	1.60	1.80	3.20 ~ 5.80	50′ ~ 1°30′	50′ ~ 2°	3.1 ~ 9.5	100	0.04	① 熔体流动性差，模具流道和浇口的布置及尺寸选择应尽力减少流动阻力 ② 熔体对金属有一定的腐蚀作用，型腔要选用耐腐蚀的不锈钢制作，如用普通钢材时，型腔表面要镀铬层，以提高其防腐能力 ③ 熔体热稳定性差，注意合理使用稳定剂、润滑剂等辅助料，以改善其工艺性能和使用性能；成型收缩率为0.2% ~0.4%
聚甲醛	0.80	1.40	1.60	3.20 ~ 5.40	30′ ~ 1°	35′ ~ 1°30′	3.1 ~ 9.5	250	0.01 ~ 0.03	① 熔体成型差、易分解，为方便补料，流道尺寸应大些，浇口设在不易出现流动纹的部位 ② 为防止制品出现缩孔或变形，模具的冷却水流道布置要合理，以保证模具体温度均匀一致 ③ 熔体对压力变化敏感，模腔内避免有死角出现 ④ 成型收缩率为2% ~3.5%
聚酰（尼龙）	0.45	0.76	1.5	2.40 ~ 3.20	20′ ~ 40′	25′ ~ 40′	1.5 ~ 9.5	300	0.01	① 熔体黏度低、流动性好，要求模具加工精度高，应设置冷料槽 ② 熔体成型冷却硬化快、易产生内应力，收缩率大，一般为0.5% ~2.5%，玻璃纤维增强料为0.35% ~0.45% ③ 模具低温时，适合成型透明柔韧、薄壁制品；如要求制品硬度好、拉伸强度高，应把模具温度提高 ④ 为防止流延，应采用自锁式喷嘴；成型制品要进行消除内应力处理

（续）

塑料名称	制品厚/mm				脱模斜度		流道直径/mm	流程比（L/t）	排气槽深/mm	注　意　事　项
	最小制品	小制品	中制品	大制品	型芯	型腔				
聚甲基丙烯酸甲酯（有机玻璃）	0.80	1.50	2.20	4.00 ~ 6.55	30′ ~ 1°	35′ ~ 1°30′	7.5 ~ 9.5	100	0.04	① 熔体流动性差，制品易出现凹陷缩孔，所以应采用高压注射 ② 熔体入模冷却快，要选用阻力小（表面粗糙度高）的流道和浇口 ③ 脱模斜度应选大些，成品收缩率0.5% ~0.7% ④ 成品应在 70 ~ 80℃ 烘箱中处理 2 ~ 4h，以消除内应力
聚碳酸酯	0.95	1.80	2.30	3.00 ~ 4.50	30′ ~ 50′	35′ ~ 1°	4.7 ~ 9.5	110	0.01 ~ 0.03	① 熔体黏度高、流动性差、加工成型难度大应采用大流道和浇口 ② 成品易产生裂纹，制品壁厚尺寸应大些、脱模斜度也要大些 ③ 制品硬度高，要求模具应选用硬度高、刚性好的材料制造，加工精度也要高 ④ 避免用金属嵌件 ⑤ 成品成型收缩率为0.5% ~0.7% ⑥ 原料投产前，必须进行干燥处理

注：1. 表中的脱模斜度为开模后制品滞留在型芯上的斜度，如果要求制品留在型腔内，则型腔的脱模斜度应略小于型芯的脱模斜度。

2. L/t 为从主流道至制品最末端各长度之和与厚度的比值，这个值与熔体温度、模具温度和注射压力有关。

3. 制品质量（重量）与流道直径的关系见表 14-27。如果流道非圆形时，流道的断面积要略大于圆形流道断面积。

表 14-27　成型制品质量与主流道直径的关系

制品质量/g	流道直径/mm	制品质量/g	流道直径/mm
<10	2.5 ~ 3.5	150 ~ 300	4.5 ~ 7.5
10 ~ 20	3.5 ~ 4.5	300 ~ 500	5.0 ~ 8.0
20 ~ 40	4.0 ~ 5.0	500 ~ 1000	5.5 ~ 8.5
40 ~ 150	4.5 ~ 6.0	1000 ~ 5000	6.0 ~ 10.0

14.8.7　模具的使用与维护

1）选用合适的注射机。一般情况下，都是按注射机的各参数选择设计成型模具。比较特殊的情况是已有成型模具，然后选择一台各参数能满足成型模具工作需要的注射机。这时，就应对注射机的理论注射量（容积）、锁模力、注射压力、拉杆的间距尺寸、模具的厚度是否在模板最大与最小行程要求范围内、制件推出方式、喷嘴与模具浇口圆弧半径尺寸等各条件核实，只有符合模具条件要求时方可采用。

2）按第 14.8.5 节要求正确安装模具。

3）在能够保证制品成型质量的条件下，对模具的应用，应选用最小合模及锁模力、最小注射压力、最低模具温度和较小的熔料流速。

4）成型模具的开合动作速度一定要按照慢-快-慢三段速度运行，以防止模具间出现撞击现象，损坏模具。注意合模过程中的接触前动作，系统压力应是最低值，同时设备要有低压保护功能。

5）注塑件的脱模推出动作的行程、速度和推出力的调整，应从低到高调节试运行，以能使制品顺利脱模、不损伤制品为原则，各值要尽量取小些。

6）经常检查调整模具的工艺温度，保证温度波动在工艺要求范围内。

7）每次制件取出后，要保证模膛干净，无油污、无残料。

8）清理模具时，要用铜质刀具或竹具清理，防止刮伤模具表面。

9）模具内型腔面不许有油污、残料、汗渍，用棉布擦净污物，不许用手摸型腔表面。

10）交接班时，要检查、试验开合模动作，查看各零件动作是否协调，磨损是否严重，相互滑动配合部位润滑是否良好。每班在各润滑点加注润滑油应不少于两次。

11）暂时停止工作时，要清除模具中的污物，并涂一层防锈油，把模具调至闭合状态。

12）成型模具的存放。

① 暂不使用的成型模具，从模板上拆卸后，要进行一次清理检查。各部位不许有油污、残料，各主要部位要进行尺寸检测，发现有严重磨损、划伤和撞击痕处，要及时向有关人员报告，以便维修。

② 锈蚀部位要清除修整，然后涂防锈油。

③ 排除模具加热、冷却管中的油和水，把两半模组合，用锁紧板连接固定。

④ 模具吊运存放在干燥、通风、无腐蚀性气体和液体的货架上，模具上不允许存放重物。

⑤ 存放室温度为（25 ± 2）℃，相对湿度≤68%。

第 15 章　注射成型工艺

塑料的注射成型制品工艺，包括塑料注射成型生产前的原料准备工作工艺、注射成型制品工作工艺和注射成型制品的后处理工作工艺。

15.1　注塑前准备工作工艺

塑料注射前，为了保证其注射成型工作的正常运行和成型制品的质量要求，应首先做好如下的准备工作。

1）验收制品用原料。
2）对粉状原料造粒和着色。
3）原料干燥。
4）嵌件的预热处理。
5）选择适合工艺条件要求的螺杆。
6）清理机筒。
7）模具安装调试。
8）脱模剂的选择应用。

15.1.1　验收制品用原料

见本书 4.1 节。

15.1.2　原料造粒和着色

见本书 4.2 节和 4.4 节。

15.1.3　原料干燥

见本书 4.3 节。

15.1.4　金属嵌件的热处理

注射成型的制品中镶有金属嵌件是为了提高塑料制品的工作强度及增加制品的使用功能（如改善制品的导电性或方便制品与其他件的连接等）。由于金属嵌件与塑料的热性能和收缩率差别很大，所以，注射进入模具型腔中的熔料在金属镶嵌件周围的温度比其他部位降低得快，使嵌件周边塑料产生应力集中现象，严重时还会出现裂纹，降低了塑料与嵌件连接的牢固性。金属镶嵌件在与熔料连接成型前要对其进行加热升温处理，是为了使金属嵌件的温度与注射时熔料温度趋于接近。缩小两种不同原料制件的熔接温度差，使与金属接触部位熔料降温不会过快，从而减少嵌件周围塑料成型时的应力集中现象，增强两件的连接强度。

金属镶嵌件的加热升温温度应大于 110℃，以不破坏金属件表面的镀层为准。对于嵌件是铜或铝制品时，可预热升温至 150℃。

15.1.5 模具的安装调试

成型用模具，将型腔安装在固定模板上，型芯安装在动模板上，安装时应注意如下要点。

1）注意模具上定位圈外径与定模板上定位孔直径的间隙配合调整，保证注射喷嘴口直径中心线与模具进料浇口中心线的重合。

2）将型芯和型腔配合安装好。导套和导柱配合滑动合理时，固定两部位模具。一般用螺钉将模具固定在模板上，如果丝孔位置不对应，也可用压板固定模具。

3）调节动模板的行程。参照第 14.8.2 节中介绍的方法进行模板行程的计算调试。

15.1.6 螺杆的选择

对于不同塑料的注塑工作，按其原料的性能不同，应选择适合其塑化工艺条件要求的螺杆。

结晶型塑料（聚乙烯、聚丙烯和聚酰胺）用螺杆条件——应选用较大压缩比螺杆，一般在 3～3.5；螺杆的锥形头部应配有止逆环；喷嘴是防流延型。

硬聚氯乙烯原料用螺杆条件——螺杆的螺槽（均化段也叫计量段）比较深，压缩比较小，一般在 2 左右；不用止逆环；喷嘴是直通式。具体螺杆结构，参照第 14.5.2 节中注射装置中的零件螺杆部分。

对于没有特殊要求的常用塑料的注塑生产，可用注射机设备中配置的有较强通用性的标准螺杆，这样就可以不用经常调换螺杆。

15.1.7 机筒的清理

在注塑生产中，有时会调换制品用原料、调换制品的颜色，有时因机筒的升温设置失控，使温度升高，造成原料分解，这些情况变动，都应对机筒进行清理。机筒的清理方法如下。

1）更换螺杆对机筒的清理，比较简单。可参照第 14.5.2 节中图 14-31 介绍的方法，将预注塑装置旋转一个角度，卸出螺杆，机筒的清理能方便进行。

2）当不需更换螺杆，只是调换原料时，如果新换原料的塑化温度比原用料塑化温度高，应先将机筒升温至新原料的最低塑化温度，然后用新原料（或其回收料）进行预塑化注射（对空注射）工作，直至将机筒内原用料排净为止；如果新用原料的塑化温度低于原机筒内用料的塑化温度，应先切断机筒加热电源，然后用新原料（或其回收料）进行预塑化注射（对空注射）工作，直至将机筒内原料排净为止。

3）对于聚氯乙烯和聚甲醛等原料生产后机筒的清洗，可先用低密度聚乙烯塑料做过渡性换料清理工作。

4）柱塞式预塑化机筒的换料清理工作，由于料筒内有分流梭，清理机筒应将组装件拆卸后再清理。

15.1.8　脱模剂的选择和应用

如果模具的脱模斜度设计合理、制造精度能保证，再加上工作时有顶出杆作用，脱模工作就会比较顺利，有时也在合模注射前在模具型腔表面涂一层脱模剂，便于顺利快捷脱模。

常用的脱模剂有硬脂酸锌、液体石蜡或硅油。注意，在用聚酰胺塑料注射时，脱模剂不宜用硬脂酸锌。

如果脱模剂涂层过厚或涂层不均匀，注塑后的制件表观质量会受到影响，所以，应用时应少涂或涂在脱模困难的部位。采用液体雾化喷涂方法，涂层既薄又均匀，比较理想。

15.2　注塑工艺参数选择

塑料的注塑生产工艺过程，可分为计量加料、预塑化、合模、注射充模、保压、冷却定型、开模和制件脱模等动作程序。

15.2.1　计量加料与预塑化工艺参数

（1）加料量　一次注射成型制品的原料预塑化加料量，应等于制品的质量与浇道内料柱质量之和。但要注意：生产中的注射机实际加料量应小于其理论注射量的 70%。如果制品质量和浇道内料柱质量之和大于上述值、应重新选择较大规格的注射机。注射机规格型号确定后，其注射成型制品较适宜的生产加料量，应控制在：理论注射量 ×30% < 制品及浇道质量之和 < 理论注射量 ×70%。

注射量是由螺杆的注射行程来控制。当螺杆完成注射程序后，其后退的距离也是注射机的加料过程，所以，也称为加料计量行程。制品的成型用料注射量是由螺杆的计量行程调整来控制的。计算方法为

$$L = S = \frac{V_1}{0.785D^2}$$

式中　S——注射行程（mm）；

V_1——注射熔料容积（mm^3）；

D——螺杆直径（mm）。

螺杆注射行程的距离由行程开关和位移传感器来控制及检测。必须注意控制螺杆注射行程距离的稳定性：如果行程距离过大，则注射后机筒内熔料存量过多，使熔料温度不均或过热分解；如果行程距离过小，则造成熔料注入模具内料量不足，使注塑制品质量出现缺陷。

（2）机筒温度　预塑化是指加入机筒内的粒料，在一定的温度范围内，被转动的螺杆推向机筒前端，在温度作用下及螺杆转动中的挤压、剪切和摩擦力等综合条件影响，原料塑化成熔融状态。原料塑化质量取决于螺杆的结构、转速和加热温度。

机筒的加热温度由加料部位开始至机筒前端逐渐提高。喷嘴部位的温度略低于机筒的最高温度。对于原料塑化工艺温度的选择，应依据不同塑料的性能确定，控制在原料既能均匀塑化并适合注射流动又不分解的条件内。而喷嘴的略低温度，是为防止注射时温度升高原料分解和减少流延。

机筒温度的调节控制具体方法如下：

1）按塑料性质不同控温。对非结晶型塑料预塑化机筒温度控制，最高温度应高于其熔料流动温度；对结晶型塑料预塑化机筒温度控制，最高温度应高于其熔点温度，但要低于其分解温度。如果原料的流动温度至分解温度间的温差较小，应将其预塑化温度控制在略高于流动温度即可；如果温差较大，则预塑化温度可略高些。如果是预塑化带有玻璃纤维增强塑料，由于其熔料流动性差，其预塑化温度可取高些。

2）用柱塞式注射机时，原料的预塑化温度应高于螺杆式注射机对原料的预塑化温度，一般要高出 20℃左右。

3）注塑薄壁形制品时，由于其熔料注入阻力较大，冷却快，则原料预塑化温度应略高些；对于壁厚制品的原料预塑化温度应略低些；形状复杂，带有金属嵌件制品的原料预塑化温度也应适当高些。

机筒对原料预塑化温度的选择，将直接影响注塑制品的性能，预塑化原料的温度取高些，有益于制品质量和产量。塑化温度对制品性能的影响关系如图 15-1 所示。常用塑料预塑化机筒和喷嘴温度参考见表 14-24。

（3）螺杆转速　对于螺杆转速的控制和对机筒温度的控制，有着同等重要的作用，它对原料的塑化能力、质量和注塑制品生产周期等都有较大的影响。螺杆转速提高，则原料的塑化能力增加（两者关系见图 15-2），但这时的工艺温度应适当调低些。螺杆转速提高、原料塑化熔体温度提高，熔融料温度的均匀性得到改善。如果某些原料塑化需要较高温度时，则螺杆转速应适当降低些。在调整螺杆转速时应注意由低速向高速逐渐调试，同时还要观察某些原料对螺杆剪切速率变化的影响。

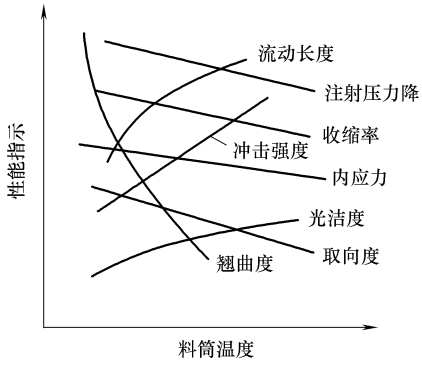


图 15-1　料筒温度与制品性能的关系

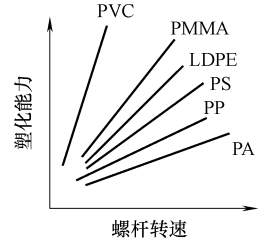


图 15-2　螺杆转速-塑化能力关系

（4）背压力　螺杆预塑物料时的背压力是指螺杆转动塑化物料被推入计量腔中熔融料的压力强度。这个压力强度的大小与注射液压缸活塞退回阻力（即回油阻力）及机筒与螺杆间原料的摩擦阻力之和有关。后者的阻力大，熔融料的压强大，则螺杆的背压力也相应增大。背压力大小的调整，主要是通过对注射机液压系统中的溢流阀进行调整。

背压力对塑化原料的影响，主要是改变原料的塑化质量和塑化效率。背压力提高、熔体压力增加，则熔融料中的气泡易排出，熔体的致密程度提高，使原料塑化质量提高，注塑制品质量好；但背压力提高会使功率消耗增加，使传动零件磨损加快，熔料的逆流量也会增加。所以，对于螺杆背压力的选择，应是在保证制件质量的前提下越小越好；还应注意，塑化热稳定性差的塑料和熔融料黏度高的塑料，不宜用较高的螺杆背压力；前者熔料易分解，后者易加大螺杆的工作载荷。对于喷嘴结构为直通式的原料塑化，也不宜采用较高的螺杆背

压力，以避免产生过多的熔料流延。塑化原料时螺杆背压力，通常在 2 ~ 30MPa 之间。常用塑料的预塑化螺杆背压力和转速参考值见表 15-1。

表 15-1　常用塑料的预塑化螺杆背压力与螺杆转速

塑料名称	塑化压力/MPa	螺杆转速/(r/min)	喷嘴结构
高密度聚乙烯	3.5 ~ 10	40 ~ 120	通用型
聚丙烯	3.5 ~ 7	50 ~ 150	通用型
聚苯乙烯	3.5 ~ 10	50 ~ 200	通用型
硬聚氯乙烯	尽量小	15 ~ 25	通用型
聚酰胺 66	3.4	30 ~ 50	PA 型
ABS(通用级)	3.5 ~ 7	75 ~ 120	ABS 型
聚碳酸酯	3.4	30 ~ 50	通用型
聚砜	0.34	30 ~ 50	通用型
聚甲醛	0.34	40 ~ 50	通用型
聚丙烯酸酯	10 ~ 20	25 ~ 75	通用型
改性聚苯醚	3.4	60 ~ 100	通用型
聚酯	1.7	20 ~ 60	通用型

15.2.2　注射充模工艺参数

熔体注射充模程序中分两个步骤：注射过程和保压过程。注射过程是螺杆（或柱塞）在液压缸活塞推动下克服熔体在整个注射成型系统中的流动阻力，推动计量腔熔料经喷嘴进入模具型腔，充满型腔的过程；熔料注塑入模后的保压过程，是指模膛被熔料充满时至流道浇口凝固封口开始，这段时间为保压过程。为了保证熔料的充模质量，注射时熔融料必须有足够的注射压力和流动速度。注射压力和熔体注射流动速度是注射充模生产工艺的主要参数，对注塑制品质量起着决定性作用。

（1）注射压力　注射压力大小的选择与注射原料的性能、模具结构和注塑件的形状有关，一般控制在 40 ~ 140MPa 之间。注射压力过大，成型制品脱模困难，会造成胀模使制品出现飞边，制品成型内应力较大；而较小的注射压力，熔融料不易充满型腔，使制品质量易出现缺陷，制件不密实，冷却定形后收缩变形大。不同塑料制品的生产注射压力参考值见表 15-2。

表 15-2　常用塑料注塑制品用注射压力参考值　（单位：MPa）

塑料	壁厚制品	壁薄制品	塑料	壁厚制品	壁薄制品
PE	70 ~ 100	120 ~ 150	POM	85 ~ 100	120 ~ 150
PVC	100 ~ 120	> 150	PA	90 ~ 100	> 140
PS	80 ~ 100	120 ~ 150	PC	100 ~ 120	> 150
ABS	80 ~ 110	130 ~ 150	PMMA	100 ~ 120	> 150

注：壁厚制品是指熔体流动性好的制品，壁薄制品是指熔体流动性差的制品。

注射压力的选择提示如下。

1）注射成型生产时，注射压力大小的选择，一定要在注射机工作允许注射压力范围内选取。

2）对于制品形状复杂、壁薄和熔体黏度大的熔料注射成型，宜选用较高的注射压力。

3）制品形体面积大、注射熔料流道长时，熔料注射也应选择较高的注射压力。

4）壁厚制品宜采用低速高压注射。

5）注射压力的选择应考虑熔体温度的影响。在保证制品质量的条件下，采用高温低压注射工艺较合理，对保护模具，延长设备使用寿命有益。

（2）注射速度　注射速度是指熔料在注射时液压缸活塞推动熔料移动的速度，也可理解为是熔料注射入模时的流动速度。注射速度和注射压力同样影响注塑制品的成型质量。

高速注射时，熔料易快速充满型腔，熔料温度和黏度变化不大，注射压力可选低些。此种注射成型方式下熔料成型质量较好，得到的制品外形尺寸误差小，表面光滑平整，制品密实，很少有分层及熔料接缝现象出现，色泽好、颜色均匀。如果注射速度过快，注射熔料易出现“喷射”现象，使制品因熔料中混入空气而出现气泡，有时也会出现熔料因过热而降解，导致制品质量下降。

采用低速注射时，注射压力应适当提高。以较慢速度注射时，熔料流动阻力增加，流动速度变慢，延长了熔料入型腔的时间。低速注射充模，制品成型外形结构尺寸稳定，内应力较小；但易出现熔料结合痕，既影响制品质量，又会降低制品强度。采用此种工艺注射，如果提高熔料和模具的温度，能改善熔体的流动性和充模条件，则制品的强度和外观质量均能得到提高。一般情况下，如果熔体黏度高，精密型制品、壁薄型制品、模具中浇道流程长和热敏性塑料，冷却速度快的塑料及混入玻璃纤维增强塑料的熔体注射，应尽量选用高速注射。其他类塑料熔体应选用低速注射。注塑制品成型的注射速度控制在15～20cm/s。

（3）保压压力　所谓保压，即将注射压力（或略低此注射压力）保持一定时间的恒定。目的是防止注入模膛内的熔料外溢；另一方面是为补充模膛内制品成型收缩量。

保压压力一般取等于或略低于注射压力。较高的保压压力下，成型制品密度高，收缩率小，力学性能也较好。但过高的保压压力会使制品脱模困难，溢料出现飞边，制品残余应力较大，易变形或强度下降。保压压力过低，成型制品不够密实，收缩率大或出现制品表面凹陷、结构尺寸误差大等缺陷。

保压时间长短应按制品壁厚和浇口截面尺寸大小来确定。薄壁、浇口截面尺寸小，应把保压时间缩短些；反之，厚壁、浇口截面尺寸大时，保压时间则应适当延长。保压时间，通常控制在20～90s范围内。

（4）合模力　合模力是注塑机为熔料注射成型时提供给成型模具的锁模力。为保证注射成型制品的质量，合模力必须大于熔料注射入模膛时所产生的胀模力。合模力的选择，应保证注射入模的熔料不会将模具胀开，是保证制品质量的最小合模力值。这对节省能耗、延长注射机和成型模具的使用寿命有利。合模力的应用计算及选取条件，可参照本书第14.3.2节内容。

（5）模具温度　模具温度是指成型注射制品形状用模具的型腔壁温度。一般选用模具温度的规律是：熔体的黏度高时选用较高的模具温度；反之，当熔体黏度较低时，则模具温度也可低些。模具温度的控制与熔体注射时的温度有关，可在应用时参照表15-3酌情确定。具体模具温度应用条件，可参照本书中第14.8.4节内容。几种常用塑料注塑制品的成型模具温度参见表15-4。

表 15-3　常用塑料注射熔体温度与成型模具温度

塑料名称	熔体温度/℃	模具温度/℃	塑料名称	熔体温度/℃	模具温度/℃
高压聚乙烯	190～240	20～60	硬聚氯乙烯	190～215	20～60
低压聚乙烯	170～260	15～75	高抗冲聚苯乙烯	170～260	15～75
聚丙烯	250～270	20～60	聚酰胺 6	230～260	40～60
聚苯乙烯(通用级)	180～280	10～70	玻璃纤维增强聚酰胺	270～290	70～120
ABS	200～270	50～90	聚酰胺 66	260～290	40～80
软聚氯乙烯	170～190	15～50	玻璃纤维增强聚酰胺 66	280～310	70～120
聚酰胺 610	230～290	30～60	玻璃纤维增强聚苯醚	250～345	80～110
玻璃纤维增强聚丙烯	260～280	50～80	聚碳酸酯	280～320	80～100
苯乙烯-丙烯腈共聚物	220～280	40～80	玻璃纤维增强聚碳酸酯	300～330	100～120
丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯共聚物	230～260	40～90	聚对苯二甲酸丁二醇酯	245～270	65～110
乙酸纤维素	170～250	40～70	聚对苯二甲酸乙二醇酯	260～310	95～140
聚甲基丙烯酸甲酯	170～270	20～90	玻璃纤维增强 PBT	330～360	70～140
聚甲醛	180～220	60～120	玻璃纤维增强 PET	340～425	65～175
聚苯醚	220～300	80～110	聚苯硫醚	300～360	120～150

表 15-4　常用塑料注射成型模具温度

塑料名称	温度/℃	塑料名称	温度/℃
高压聚乙烯	20～40	聚酰胺 6	40～60
低压聚乙烯	30～70	聚酰胺 66	40～80
聚丙烯	20～40	聚酰胺 1010	<110
聚苯乙烯	30～50	聚甲醛	90～120
ABS	60～80	聚砜	130～150
软聚氯乙烯	15～50	聚苯醚	110～130
硬聚氯乙烯	20～60	聚碳酸酯	80～110
聚酰胺	55～75	聚甲基丙烯酸甲酯	40～65

（6）液压油温度　注射机工作时，对液压系统中油温的控制，在塑料注射成型生产过程中也很重要。工作中，如果液压油温度升高，则油的黏度下降，易在油中产生气泡，增加油路系统中油的渗漏量，结果造成液压油压力和流量波动，直接导致注射生产时注射压力和注射速度不稳定，影响产品质量。所以，注塑生产时必须控制液压油温在 35～55℃范围内。油温控制，主要是依靠系统中冷却器内冷却水流量的大小来调节。

（7）推出力　注塑制品生产中的推出力，是指开模时制品从模具型腔中被推出的脱模力。推出力由注射机的开模系统（或液压缸的推力）提供，力的大小应以能克服制品在模具中的附着力为准。生产中制品的推出力、推出速度及推杆的推出行程是根据制品的结构形状尺寸、制品的强度及工艺条件来进行调整的。推出力过大，制品容易出现变形或损坏；推

出力过小，又使制品无法脱模。

15.2.3 成型周期

注塑制品的成型周期，即完成一个注塑件所用的时间，也是一次注射过程所需要的时间。成型周期是考核生产效率及制品质量的一项指标。在保证制品质量的条件下，成型周期越短越好，说明生产效率越高。

注塑周期是注射保压、降温固化和辅助生产时间的总和。其中注射保压时间中，包括注射时间（一般为 3 ~ 10s）和保压时间（在 20 ~ 90s 内，最长时间也有几分钟）。降温固化时间中，包括预塑化时间和制件的降温成型时间（原料的塑化和制件降温成型是同时间内进行，时间在 20 ~ 90s 范围内）。辅助生产时间包括开模、取件、喷涂脱模剂、装金属嵌件和闭模等各动作程序所用时间总和。

整个注射成型生产周期中，注射充模和保压固化时间最长。这两部分时间长短的确定，主要是根据制品用原料熔体的流动性能、制品的几何结构形状尺寸的大小、模具结构、注射方式及熔料和模具的温度等各项工艺条件来确定。

各工艺程序时间的确定，可通过试验注射成型来验证，以保证制品质量合格。一般先以低压慢速注射，再根据制品质量的变化，逐步升压或提速，直至制品质量合格，以用最短工序时间为准，定为此工艺程序时间。常用塑料熔体注射时间参考见表 15-5。制品壁厚与成型周期参见表 15-6。

表 15-5 常用塑料熔体注射时间参考

塑料名称	注射时间/s	塑料名称	注射时间/s
LDPE	15 ~ 60	ABS	20 ~ 90
PP	20 ~ 60	PMMA	20 ~ 60
PS	15 ~ 45	PC	30 ~ 90
SPVC	15 ~ 60	PSU	30 ~ 90
PA1010	20 ~ 90	PPO	30 ~ 90
PA66（纤维增强）	20 ~ 60	PCTFE	20 ~ 60

表 15-6 注塑制品壁厚与成型周期参考

壁厚/mm	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
成型周期/s	10	15	22	28	35	45	65	85

15.3 注塑制品的后处理

塑料注塑制件脱模后还需对其进行外形处理和内在质量处理。外形处理包括手工清除制品各部位的飞边，没有成型的丝孔与槽，要进行机械加工。内在质量处理，是指为减少制件变形、提高制件强度的内应力消除处理，包括退火处理和调湿处理。

15.3.1 退火处理

制件退火的目的，是为了消除制件在降温固化时由于降温速度不同所产生的局部应力集

中现象。比如在制件薄厚的交接部位，厚的部位降温慢，薄的部位降温快些，则连接处会发生不均匀结晶收缩，出现应力集中现象。在金属嵌件的四周，这种现象更明显，如不进行退火处理，经过一段时间，在应力集中部位会产生裂纹，甚至开裂或者变形。

退火方法，一般是将制件浸在热油或热水中，也可放在循环热风中，按塑料品种的不同，调节温度，进行退火处理。退火温度应低于制品热变形温度 10 ~ 20℃，不能过高。温度过高时，制品会变形；但温度也不能过低，温度过低时，不能达到退火效果。几种常用塑料的退火条件，参见表 15-7。

表 15-7　几种常用塑料的退火条件

塑料名称	处理介质	温度/℃	制品厚度/mm	处理时间/min
聚酰胺 6	油	130	12	15
ABS	空气或水	80 ~ 100		16 ~ 20
聚碳酸酯	空气或油	125 ~ 130	1	30 ~ 40
聚乙烯	水	100	>6	60
聚丙烯	空气	150	≤6	60
聚苯乙烯	空气或水	60 ~ 70	≤6	30 ~ 60
聚甲基丙烯酸甲酯	空气	75		240 ~ 360
聚对苯二甲酸乙二醇酯	空气	120		60 ~ 120
聚甲醛	油或空气	160	2.5	油中 30、空气中 60
聚酰胺 66	油	150	3	15

注塑制品的退火处理，多用在制品壁厚尺寸较大、带有金属嵌件、结构尺寸精度要求高、内应力较大且不易自行消失、使用温度范围宽、玻璃化温度较高的制品。常用的使用温度不高的日用品，一般不进行退火处理。有些性能特殊的材料，如聚甲醛、氯化聚醚等塑料，其注塑制品产生的内应力可自行缓慢消失，所以，此种塑料注塑件也不需进行退火处理。

15.3.2　调湿处理

注塑制品的调湿处理，是将成型脱模的制品浸在热水中的一种处理方法。调湿处理的目的，是为了防止制品在应用时因吸收空气中的水分而变形、膨胀，尺寸发生变化。在进行调湿处理时，将制品浸入热水中会加快其吸湿平衡，使制品在应用时结构尺寸比较稳定。

调湿处理方法是将脱模的注塑件浸入 100 ~ 120℃热水中，使制品与空气隔绝。水温的高低与处理件的性能、热变形温度有关。热变形温度高的制品，用较高温度的热水处理；热变形温度低的制品，用较低温度的热水处理。制品在热水中的浸泡时间，通常取 2 ~ 9h，壁厚制品处理时间长些，壁薄制品处理时间短些。

聚酰胺（PA）类塑料制品是一种吸湿性强、易氧化的制品，在高温环境中应用时，易氧化变色；在空气中极易吸收水分膨胀变形。所以，注射成型脱模后的 PA 制品必须进行调湿处理。将其在醋酸钾溶液或 80 ~ 100℃的热水中浸泡处理，适量的水分对 PA 制品起着类似增塑剂的作用，使制品的柔软性、冲击强度等物理性能均有不同程度的提高。

注意：注塑制品的调湿处理和退火处理一样，处理中达到所需温度和时间后，必须缓慢地冷却至室温，以避免处理后再产生内应力。

15.4 常用塑料注射成型工艺

15.4.1 聚乙烯注射成型

（1）注塑件结构条件

1）制件的壁厚应在 1 ~ 3.5mm 范围内，壁厚最薄不应小于 0.8mm。对于大型制件的加强肋厚度，最大可达 5mm。

2）制件的厚度应尽量均匀，薄厚尺寸的交接过渡处应有较大的过渡圆弧。

3）设计制件结构时，注意各面应有脱模斜度，型芯斜度在 25′ ~ 45′（即 0.417° ~ 0.75°）。型腔脱模斜度在 20′ ~ 45′（0.333° ~ 0.750°）间。

（2）注射机类型选择　注射机可用柱塞式或螺杆式，均可注射成型聚乙烯原料制件。

当用螺杆式注射机注塑时，最好应用突变型螺杆，也可用注射机购进时设备上带的通用型螺杆，但均化段（计量段）螺槽应浅些。

（3）原料选择　低密度聚乙烯制品选用熔体流动速率 MFR 为 0.15 ~ 50g/10min 的原料。高密度聚乙烯制品选用熔体流动速率为 0.5 ~ 8g/10min 的原料。PE 注塑制品专用原料见表 15-8 和表 15-9。

表 15-8　低密度聚乙烯制品用料选择参考

制　品	不同树脂厂的 LDPE 料牌号			
	广州石化	扬子石化	北京燕化	兰州石化
生活用品、盆、桶 食品容器	DMDA7144 DMDA8320 DMDA8350 DNDA1077 DNDA1081	DNDA-8350	用于人造花、盆景料 1130A、1140A、1170A	1I50A 用作塑料花 1I2A 作通用注件
瓶、玩具、小罐	DEX8301 DNDA7146 DNDD7149	—	LD358 LD617 LD651	—
大型器皿、工业桶、大罐	DNDB7148，DVDC7150 DNDC7149	—	—	—
瓶盖、盖	DNDB1077，DMDA8350	—	—	—

注：广州石化全称：中国石化广州石油化工分公司。扬子石化全称：中国石化扬子石油化工分公司。
北京燕化全称：中国石化北京燕化石油化工股份有限公司。兰州石化全称：中国石油兰州石油化工公司。

表 15-9　高密度聚乙烯制品用料选择参考

制品	不同树脂厂的 HDPE 料牌号			
	兰州石化	大庆石化	上海石化	北京燕化
箱、桶、玩具、瓶 日用品、盖等	2200J	—	SH1200	2200J 1600J
周转箱、材料箱、 户外用品、瓶	—	2208J 2200J	SH800U	DMDA-8007
大型容器、汽车零件	2100J	2100J	—	—

（续）

制品	不同树脂厂的 HDPE 料牌号			
	兰州石化	大庆石化	上海石化	北京燕化
精密小型零件	1300J	1300J	—	—
薄壁容器、玩具	HD5218EA HD5211EA	5122A	—	DMDA-8920
电器零件、玩具	—	519.9AC	—	—

注：上海石化全称：中国石化上海石油化学分公司。大庆石化全称：中国石油大庆石化公司。

（4）注射成型工艺参数　注射成型聚乙烯制品生产工艺参数见表 15-10。

表 15-10　聚乙烯注射成型工艺参数

树脂名称		LDPE	LDPE	HDPE	UHMWPE
干燥处理	温度/℃	>0～80	70～80	70～80	—
	时间/h	0.5～2	0.5～2	0.5～2	—
注射机类型		柱塞式	螺杆式	螺杆式	—
螺杆转速/(r/min)		—	<80	30～60	40～60
塑化机筒温度/℃	前(计量段)	170～200	170～200	180～190	—
	中(塑化段)	—	160～170	180～220	180～220
	后(加料段)	140～160	140～160	140～160	—
喷嘴结构		直通式	直通式	直通式	直通式
喷嘴温度/℃		150～170	170～180	150～180	—
模具温度/℃		30～50	35～55	40～70	85～110
注射	压力/MPa	60～100	60～100	70～100	>120
	时间/s	1～5	1～5	1～5	—
保压	压力/MPa	40～50	40～50	40～50	20～30
	时间/s	15～60	15～60	15～60	—
降温固化时间/s		15～60	15～60	15～60	—
成型制品周期/s		40～140	40～140	40～120	—
分解温度/℃		>300	>300	350	—
熔点/℃		105～125	105～125	130～140	—
制品收缩率(%)		1.5～5	1.5～5	2～5	—

（5）工艺操作要点

1）注意原料中是否加有抗氧剂，因为聚乙烯树脂耐热抗氧化性差。

2）制品壁厚应不小于 0.8mm。

3）成型模具的脱模斜度应在 20′～45′范围内。

4）一般正常情况下原料不用干燥处理即可直接投产注射成型。

含水量超过 0.1% 时，应在 70～80℃烘箱中干燥处理 1～2h。

5）生产中产生的干净边角回收料可直接混入新料中使用。

6）原料塑化温度，低密度聚乙烯为 160～220℃，高密度聚乙烯为 180～240℃。取较高

的塑化温度，制品的收缩率和伸长率有增大趋势，而拉伸强度趋于下降。

7）熔料的注射压力，一般控制在 100MPa 以下。薄形制品或有较长熔料流道时，最高注射压力可达 120MPa；形状比较简单、厚壁制品，成型注射压力为 60 ~ 80MPa。从提高制品表观质量、减少制品收缩率方面考虑，注射压力应取高压注射，但制品的内应力会增加。

8）保压压力可以等于或低于注射压力。

9）注射料流速度不宜过高，取中等注射速度或偏慢些。

10）模具温度，成型低密度聚乙烯时为 35 ~ 55℃，成型高密度聚乙烯时为 60 ~ 70℃。较高的模具温度，则制品结晶度高、强度和刚性好，但收缩率高；模具温度偏低，则制品结晶度低、透明度好、强度增加，但内应力也增大，制品易变形。

11）成型模具中的流道长度与制品厚度之比，低密度聚乙烯为280∶1，高密度聚乙烯为230∶1。

12）保压时间由制品的厚度和流道的截面积大小确定，一般在 10 ~ 40s 间。

13）聚乙烯注塑制品，一般不进行退火处理。对特殊要求制件退火处理时，应将制件浸在 80℃的溶液介质中，处理 1 ~ 2h，然后缓慢冷却至室温。这样可消除制品的内应力，避免制品出现变形和开裂现象。

14）聚乙烯制品注射成型后，成品收缩率一般为 1% ~ 2. 5%，制品壁厚尺寸越大，收缩率也越大。制品的收缩量在成型后 6h 内最大，约占总收缩率的 90%，在 24h 内基本定形。为减少制品的收缩，可适当提高注射压力和保压压力，延长保压时间及提高熔料温度和模具温度。对制品的尺寸精度及稳定性要求较高的制品，应考虑对制品进行热处理。

15）聚乙烯制品的注射成型生产周期与制品的形体大小有关。形体的大小决定了制品注射和冷却时间；保压时间与制品的壁厚大小有关；另外，熔料流道形状也是影响保压时间的一个因素。不同形体制品的注射成型周期，只能在生产初期通过生产实践正式确定。在保证注射成型制品质量的条件下，应尽量压缩每个生产程序的工作时间，从而提高生产效率、降低制品生产费用。

1. 聚乙烯燃气管件的注射成型

聚乙烯燃气管件是一种以 1-丁烯共聚的高密度聚乙烯为原料注射成型的制品。这种塑料管件用于燃气管路中，与钢管相比，它具有质轻、耐腐蚀、使用寿命长、造价低、气密性好和接头少、安装和维修都比较方便等优点。

（1）原料　选用 1-丁烯共聚的高密度聚乙烯，熔体流动速率为 2. 5 ~ 8g/10min。

（2）设备　可用普通型注射机，按管件的规格大小及成型用料量选用注射机型号。

（3）工艺　原料在注射机内塑化用工艺温度：料筒后部为 170 ~ 190℃、中部为 190 ~ 210℃、前部为 220 ~ 240℃。

喷嘴温度：215 ~ 230℃。

注射压力：80 ~ 105MPa。

模具温度：55 ~ 65℃。

（4）注射成型生产注意事项

1）聚乙烯燃气管件注射成型用原料性能应符合表 15-11 要求。还应注意管件用原料要与管材挤出成型用原料性能相同或接近。

表 15-11　PE 燃气管件成型用原料性能

项目	性能	项目	性能
密度/(kg/m^3)	>930	挥发分含量/(mg/kg)	<350
热稳定性(200℃)/min	>20	炭黑含量①(%)	2.0~2.6
水分含量/(mg/kg)	<300	耐气体组分(80℃,2MPa)/h	≥30
长期静液压强度(20℃,50 年,95%)/MPa	≥8	耐环境应力开裂(100℃,100%浓度)/h	F_0≥1000

① 炭黑含量仅适用于黑色管。

2）注射喷嘴可用直通式结构，也可用图 14-49 所示的弹簧自锁式喷嘴结构，可防止熔料的流延。

3）成型模具的主、分流道截面尺寸应尽量小，浇口套不宜厚，尺寸也应取小值。

4）管件质量应符合国家标准 GB 15558.2—2005 的规定。

2. 聚乙烯周转箱注射成型

塑料周转箱是以聚烯烃料为主要原料注射成型的，是一种质轻、无毒、强度好、易清洗、使用寿命长，而且防虫、防潮和防霉的塑料容器。目前，广泛用在各种食品、饮料、果品、仪表、零部件和化工物品等周转箱，搬运和贮存都非常方便。

（1）原料　周转箱注塑制品主要用高密度聚乙烯（HDPE）或共聚聚丙烯。对这两种材料的性能要求是：熔体流动速率（MFR）为 3.6~5.4g/10min、拉伸强度大于 25MPa、断裂伸长率大于或等于 60%、压缩强度大于 40MPa。聚乙烯周转箱用高密度聚乙烯料可参照表 15-11 选用。

（2）设备　选用注塑聚烯烃料通用型注射机。根据周转箱的规格尺寸和成型用料量选择注射机的规格型号。由于周转箱的形体尺寸较大，一般多选用注射能力大于 1000cm^3 规格型号的注射机。

（3）工艺　原料塑化机筒温度：后部为 170~190℃、中部为 180~225℃、前部为170~215℃。

喷嘴温度为 200~210℃、注射压力为 40~70MPa，保压压力为 50MPa，注射时间为 8~10s、保压时间为 10s 左右，冷却时间为 20~40s。

（4）工艺操作注意事项

1）以高密度聚乙烯为主要原料注射成型的周转箱，为降低生产成本，可适量加入一些辅助料。参考配方如下（质量份）：HDPE 为 100、轻质碳酸钙（偶联剂处理）20、硬脂酸锌 0.3、硬脂酸钡 0.3、硬脂酸 0.4、钛白粉 0.06、耐晒黄 0.03、立索尔红 0.5。

除 HDPE 和轻质碳酸钙外，其他料应首先用混合机配混，然后用挤出机混炼造粒制成母料。

2）周转箱成型模具结构应设计成多向开模型。

3）模具应采用循环水冷却降温，模具温度控制在 40~70℃范围内。

（5）质量　聚乙烯、聚丙烯周转箱分食品塑料周转箱和瓶装酒、饮料塑料周转箱等多种类型。食品塑料周转箱质量应符合标准 GB/T 5737—1995 的规定，瓶装酒、饮料塑料周转箱质量应符合标准 GB/T 5738—1995 的规定。

15.4.2 聚丙烯注射成型

（1）注塑件结构条件

1）制件壁厚应在 1 ~4mm 范围内。

2）对于平直较长的板型制件，为防止变形，应考虑设置加强肋措施。

3）制件的脱模斜度在 30′(0.5°) ~1.5°之间，形状较复杂的制件取大值。

4）制件成型收缩率对制品形状有影响，壁厚为 1 ~4mm 时，收缩率为 1% ~2%；大于 5mm 时，收缩率为 2% ~3%。

5）设计制件形状结构时，注意不应有尖角部位出现，因为尖角部位易产生裂纹。

（2）注射机类型选择　聚丙烯注塑可用螺杆式或柱塞式注射机。一般螺杆式注射机应用较多。螺杆结构以突变型较好。螺杆的加料段应长些，一般大于螺杆直径的 10 倍。注意注射机的额定注射量，必须大于制品质量的 1.8 ~2 倍，以保证熔体降温固化时的成型用量。

（3）原料准备　聚丙烯注塑制品用原料，树脂的熔体流动速率（MFR）多数要求在 0.5 ~5g/10min 范围内，一些大型或薄壁型注塑件用原料，其熔体流动速率可高达 18 ~30g/10min。注塑 PP 制品专用料，国内有多个厂家生产。应用时可参照表 15-12 选择。

表 15-12　聚丙烯树脂的应用选择

树脂性能特点与用途	不同树脂厂的 PP 料牌号			
	上海石化	北京燕化	抚顺石化	盘锦乙烯
均聚聚丙烯(PPH)。制品有良好的力学强度、耐热性好、光泽。用于制造生活日用品、玩具、管件和包装等制品	M030,M070,M150 M180,M300,M700 M1100,M2600	K1003,K1005 K1008,K1015 K1020	C30G,F30G, V30G,X30G T50G	P340
嵌段共聚聚丙烯。工艺性能与等规聚丙烯相同,韧性、低温性能好于等规聚丙烯,有较高的抗冲击强度、耐磨损、耐热、绝缘性好、化学稳定性好。用于汽车工业中的一些零件制造、家用电器零件、蓄电池壳等	M700R,M1300R M2101R,M900R	1540,1740 1940,1940H K8303,K9020 K9920,K9935	EP-C30M EP-C30R EP-C40R EP-F30R EP-T30U EP-T60R	J300,J400 J401,J402 J441,J840
嵌段共聚聚丙烯。用于洗衣机内桶及零件和汽车零部件	M2600R,M3000R	K7708,K7726、 K7735	S60D	J640,J746-1 J746B
嵌段共聚聚丙烯。用于周转箱、重包装、家具、汽车零件	M150R,M180R M350R,M500R	1240,1340 1540,1940	EP-S30R EP-S30U	J340,J440 J746B,J746A
无规共聚聚丙烯,制品有较高的冲击强度和透明度,韧性好。用于注塑管件、瓶医用注射器和食品盒等塑料制品	M450R,M800E M160E,M300E	1240,1340 K4812,K4818	EP2S12B EP2X32GA	J900G

注：上海石化全称：中国石化上海石油化学分公司。北京燕化全称：中国石化北京燕化石油化工股份有限公司。抚顺石化全称：抚顺石油化工公司。盘锦乙烯全称：中国石油盘锦乙烯有限责任公司。

（4）注射成型工艺参数　聚丙烯树脂注射成型制品生产工艺参数参见表 15-13。

表 15-13　聚丙烯树脂注射成型工艺参数

树脂名称		聚丙烯	均聚物	共聚物	玻璃纤维增强 PP
干燥处理	温度/℃	80 ~100	—	—	—
	时间/h	3 ~4	—	—	—
注射机类型		螺杆式	—	柱塞式	螺杆式

（续）

树脂名称		聚丙烯	均聚物	共聚物	玻璃纤维增强 PP
螺杆转速/(r/min)		40 ~ 60	—	—	40 ~ 60
塑化机筒温度/℃	前(计量段)	180 ~ 200	—	180 ~ 200	210 ~ 220
	中(塑化段)	200 ~ 220	205 ~ 290	—	210 ~ 220
	后(加料段)	160 ~ 170	—	150 ~ 170	160 ~ 170
喷嘴结构		直通式	—	直通式	直通式
喷嘴温度/℃		170 ~ 190	—	170 ~ 190	180 ~ 190
模具温度/℃		40 ~ 80	—	50 ~ 70	70 ~ 90
注射	压力/MPa	40 ~ 70	70 ~ 140	70 ~ 100	90 ~ 130
	时间/s	1 ~ 5	—	1 ~ 5	2 ~ 5
保压	压力/MPa	50 ~ 60	—	40 ~ 50	40 ~ 50
	时间/s	20 ~ 50	—	15 ~ 60	60 ~ 90
降温固化时间/s		20 ~ 50	—	15 ~ 60	15 ~ 40
成型制品周期/s		40 ~ 120	—	40 ~ 140	80 ~ 140
分解温度/℃		315	—	—	>300
熔点/℃		164 ~ 167	—	—	—
制品收缩率(%)		1 ~ 1.25	0.01 ~ 0.025	—	0.3 ~ 0.5

（5）工艺操作要点

1）聚丙烯注射成型制品最小壁厚不应小于 0.9mm。

2）一般正常条件下树脂投产前不需进行干燥；如果树脂含水量超过 0.05% 应进行干燥处理（在 80 ~ 100℃烘箱内处理 3 ~ 4h）。

3）成型模具的脱模斜度应控制在 30′ ~ 1°30′范围内。

4）注射熔料温度控制在 200 ~ 250℃，最高可达 280 ~ 300℃。壁厚、形状简单的熔料注射温度可取低些，但温度过低时大分子的取向程度增加，制件容易变形；薄壁、形状复杂的制品要采用较高的熔料温度注射成型。

5）注射压力控制在 70 ~ 120MPa 之间。形状复杂、薄壁制品要采用较高的注射压力；较高的注射压力，熔体黏度降低，流动性好，成型容易，则成型制品的收缩率也应会低些。

6）应保证保压时间，以补充熔体固化收缩用料。在此基础上，尽量缩短注射保压时间，以减小成型后制件的收缩。

7）模具温度在 70 ~ 90℃之间。较高的成型温度，有利于制品结晶度的提高，减少内应力，制品的强度和外观质量得到改善；模具温度偏低，熔体降温固化快，制品结晶度低，制件密度小，内应力较大，由于收缩率较大，造成制件外观质量较差；模具温度过低（小于 50℃）、制件表面不光滑，出现熔料熔接痕；模具温度过高（大于 90℃）时，制件易变形。

8）注意聚丙烯制品脱模后的收缩现象。脱模后的制件应在定型装置上存放 1 天定形（最少应不少于 8h）。形状复杂或制件的尺寸稳定性要求较高的制件，应在 150℃热风循环烘箱中处理 0.5 ~ 1h。

9）生产中应注意工艺条件的调整。不适宜的注射压力、模具温度和注射速度，常会使

制品出现溢料、形体尺寸误差大、熔接痕及纹线和黄线条纹等质量问题；由于原料问题或注射压力不足，还会出现气泡、变形或凹痕等缺陷。

1. 聚丙烯周转箱注射成型

聚丙烯周转箱是用共聚聚丙烯为主要原料注射成型的一种塑料制品。和其他聚丙烯塑料制品一样，聚丙烯周转箱是一种色泽鲜艳美观、强度高、质量轻、使用寿命长、防虫、防潮、防霉、无毒、清洁卫生、易清洗和方便搬运的较大型容器。周转箱的结构形式分固定式和折叠式两种：固定式周转箱是在较大型的注射机（注射能力在 1000cm^3 以上）上一次注射成型的；折叠式周转箱是由多个零部件组装成型，各个零件在不同规格的注射机上分别注射成型，然后组装在一起。

周转箱的用途，主要是作为各种食品、饮料、农业产品、工业零部件、化工产品及药品等的周转、运输用传递包装箱，方便各种物品的装箱、贮存、搬运和存放。

（1）工艺操作要点

1）原料选择。聚丙烯周转箱注射成型用原料，主要是共聚聚丙烯树脂。要求树脂的熔体流动速率（MFR）在 1.5 ~ 5g/10min 范围内，缺口冲击强度大于 10J/m，拉伸强度大于 23MPa，洛氏硬度（HR）大于 75。为了降低制品的生产成本，可在主原料中加 10% 左右的无规聚丙烯填充母料。如果制品需要有颜色，在树脂中还需加入一定比例的着色剂。

周转箱注射成型专用料国内有多家生产，如中国石化上海石油化学分公司生产的 M150R、M180R，天津石油化工公司生产的 T30S，抚顺石油化工公司生产的 EP-S30R、EP-S30U 牌等树脂，都是周转箱注射成型专用料。

2）由于周转箱外形尺寸较大，成型用料较多，注射成型固定式周转箱应选用注射能力大于 1000cm^3 的注射机。

3）注射成型周转箱的生产工艺程序比较简单，只要按成型周转箱用料配方要求，将各种主辅原料计量、掺混在一起搅拌均匀，即可投入到注射机中熔融塑化后注射成型，脱模后的制品经过表面去毛刺修整、印刷后即是成品。

4）聚丙烯周转箱注射成型工艺条件（仅供参考）如下。

塑化原料机筒分段温度：前部为 190 ~ 220℃，中部为 220 ~ 240℃，后部为 180 ~ 200℃。喷嘴温度为 170 ~ 200℃。

注射压力为 70 ~ 100MPa。保压压力为 60MPa。注射成型制品周期为 60 ~ 180s，其中注射时间为 5 ~ 10s，保压时间 5 ~ 15s，冷却定形时间为 20 ~ 60s。

5）由于周转箱结构大且复杂，成型模具应设计成多向开模结构。

（2）周转箱质量标准　聚丙烯周转箱的质量要求，应符合标准 GB/T 5737—1995 的规定。

2. 聚丙烯瓶注射-吹塑成型

聚丙烯塑料瓶采用注射-吹塑法成型，一般多用于形状简单的小型瓶的生产。采用注射-吹塑成型的中空容器，外形结构尺寸比较稳定，瓶口和螺纹成型质量较好，制品的外表光洁无飞边，比较节省原料。

采用注射-吹塑成型生产塑料瓶，首先把配制好的原料投入到注射机中熔融塑化，然后注射成型吹塑瓶用有底的型坯，再把这型坯转入到成型瓶的模具中吹塑，成型瓶制品。这种生产方法需要两套成型模具，与挤出-吹塑成型塑料瓶比较，生产费用要高些。

聚丙烯注射-吹塑瓶，多用于医药、食品和化妆品的包装。

（1）瓶用型坯结构　聚丙烯瓶成型用型坯结构尺寸，是在已确定了制品瓶的几何形状尺寸、质量要求和所用原料的前提下，才能设计确定。图 15-3 中瓶吹塑成型用型坯结构的具体要求如下。

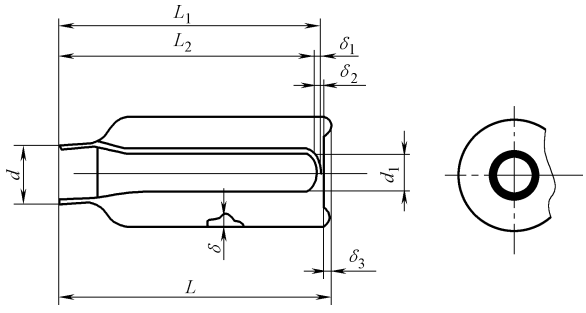


图 15-3　瓶吹塑成型用型坯结构

L_1—型坯长度　L_2—芯棒长度　δ_1—底部厚度　δ_2—行程　d_1—芯棒直径　δ_3—瓶底凹进深度　L—瓶总高度　δ—瓶厚度　d—瓶颈部直径（瓶总长 L – 瓶底凹进深度 δ_3 – 行程 δ_2 = 型坯长度 L_1；型坯长度 L_1 – 瓶底部厚度 δ_1 = 芯棒长度 L_2）

1）型坯的厚度应在 2mm 左右。壁厚值小于 2mm，吹塑成型的瓶制品壁厚均匀性难以保证；壁厚尺寸过大（超过 4.5mm 时）又难吹塑成型腔形状。应注意型坯横截面的最大厚度与最小壁厚之比应小于 2∶1。

2）芯棒直径应小于成品瓶的最小内径，以方便型坯吹塑成型瓶制品后芯棒的抽出。

3）型坯直径与制品直径的比值为吹胀比。这个吹胀比应小于 3.5，常用吹胀比为 2 ~ 3，过大的型坯吹胀比易使制品产生壁薄部位。

4）型坯的长径比 L_1/d 应小于 10。L_1/d 比值大，芯棒细长，则刚性差，熔料注入时易变形，造成型坯壁厚不均匀。注意型坯径向厚度的均匀性控制。

（2）型坯注射成型

1）瓶用型坯成型模具结构如图 15-4 所示。

2）瓶用型坯注射成型工艺条件如下。

① 注射机塑化原料机筒温度：前部为 190 ~ 220℃，中部为 220 ~ 240℃，后部为 180 ~ 200℃。

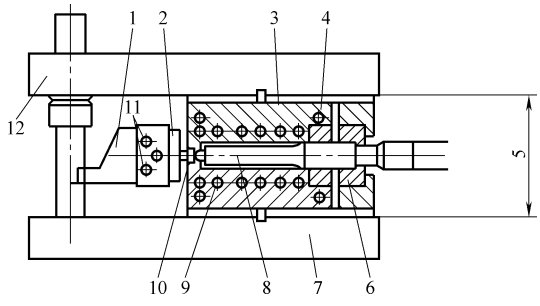


图 15-4　瓶用型坯成型模具结构

1—熔料道座　2—喷嘴加热圈　3—型坯模膛　4—螺钉孔　5—模具厚　6—型坯颈部　7—定模板　8—芯棒　9—模具温度控制冷却水孔　10—喷嘴　11—加热器　12—动模板

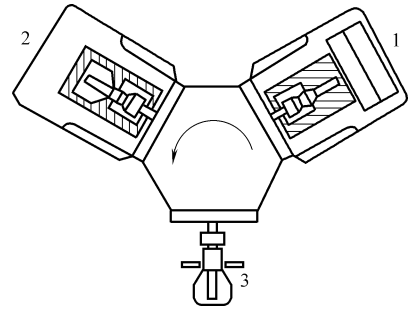


图 15-5　注射-吹塑瓶生产工艺程序

1—注射成型瓶坯　2—吹胀成型瓶　3—瓶制品脱模

② 喷嘴温度为 170 ~ 200℃。

③ 注射压力为 70 ~ 100MPa。

④ 型坯成型模具温度为 40 ~ 80℃。

（3）型坯吹塑成型瓶　聚丙烯瓶成型用型坯注射成型后的吹塑成型生产工艺，有两种方式。一种方式是：在注射机设备上，当注射成型型坯后，立即将型坯放入成型瓶的模具内，将型坯吹胀，成型制品。这种生产工艺，成型的型坯不需加热，型坯成型后立刻输入压缩空气，将坯体吹胀成制品形状。注射-吹塑瓶生产工艺程序如图 15-5 所示。

另一种生产工艺方式是：将注射成型的瓶用型坯冷却定形，然后移至另一台吹塑瓶用设备上，瓶坯需要重新加热升温至吹塑温度后，再对瓶坯进行吹胀，成型制品。聚丙烯瓶注塑-吹塑成型生产工艺程序如图 15-6 所示。吹胀成型瓶制品用模具结构如图 15-7 所示。

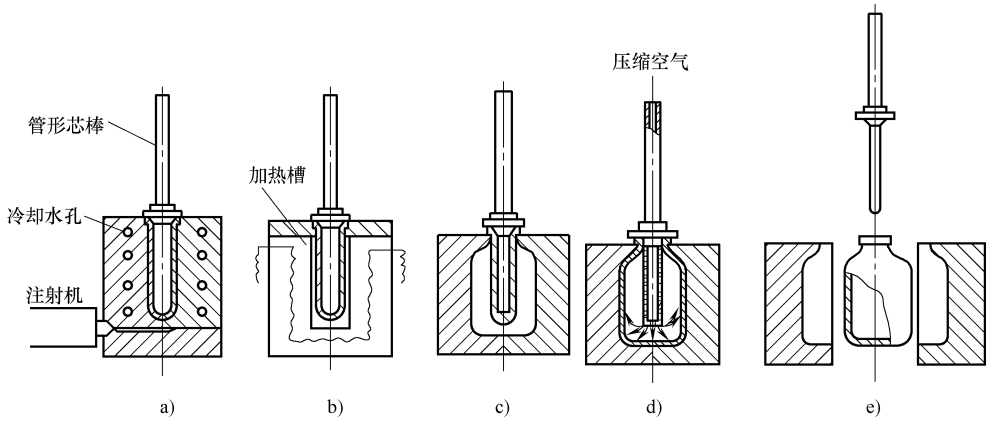


图 15-6　聚丙烯瓶注射-吹塑成型生产工艺程序

a）熔料注射成型瓶用型坯　b）把型坯加热至吹塑用温度

c）加热型坯移入瓶成型用模具内　d）型坯吹胀成型瓶

e）成型瓶冷却定形后脱模

1）模具结构。吹塑成型瓶用模具结构条件如下。

① 模具由两半模组成，一个半模固定或两个半模能同时水平与垂直移动。

② 按时完成移动模的开闭动作，能有锁紧压缩空气吹胀坯管为制品形状时的吹胀力。

③ 能输入吹胀坯管的压缩空气，使熔融态坯管被吹胀至紧贴模具内腔壁，成型中空制品形状。

④ 能完成吹塑成型制品的冷却定形和开模工作，制品能顺利脱模。

⑤ 合模后模具夹持口形状尺寸应如图 15-8 所示，此处能切除制品多余料和支持吹胀前的坯管。图中几个尺寸为（经验数据）：$h = 1 \sim 2.5\text{mm}$，$H = 3 \sim 5\text{mm}$，$\beta = 15° \sim 45°$。

⑥ 如果制品底部有下凹或在平面间留出空间，则成型模具要设计成三开或四开，以方便制品脱模。

2）坯管吹塑成型瓶制品用吹胀比控制在 1.5 ~ 3 范围内。

3）型坯吹胀温度。对于热坯，吹胀温度一是靠其自身的热，二是靠模具供热提供。当型坯内外及各部位的加热温度趋于一致时即可吹胀成型制品。对于冷坯，应先将型坯加热至适合吹胀要求的温度后，再进行吹胀。要注意型坯各部位加热温度的均匀，温差不宜过大，这一点比较难控制。

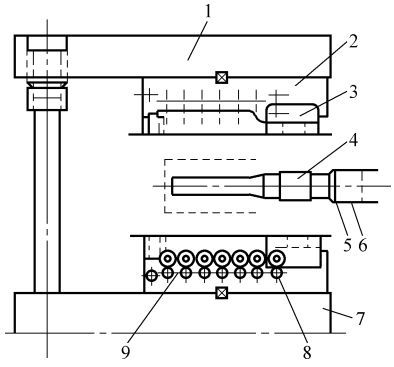


图 15-7　吹胀成型瓶制品用模具结构

1—动模板　2—成型制品模具上半部
3—模具颈部　4—芯棒　5—芯棒支架
6—芯棒座　7—定模板
8—冷却水孔　9—下模体

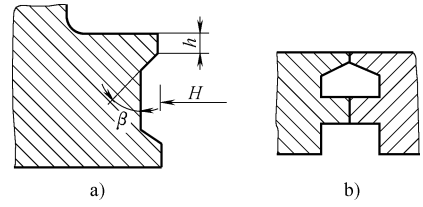


图 15-8　模具夹持口形状尺寸

a）单层刀　b）双层刀
h—刀口宽　*H*—刀口深
β—斜率

4）型坯吹胀用空气压力。型坯吹胀需用压缩空气，压缩空气的压力大小取决于制品用原料的性能和型坯温度。一般压缩空气的压力控制在 0.2 ~ 0.7MPa。原料的黏度低，则取较低的空气压力；原料黏度高，则取较高的空气压力。制品壁厚时取较低的空气压力；制品壁薄时取较高的空气压力。也可从制品的外观质量来判断，如果能使制品的外观表面图案及文字清晰，这个吹胀型坯的空气压力就比较适宜生产。

吹胀制品的充气速率（空气容积流率）应视成型制品的质量而定。要尽量取大些，以利于缩短吹胀制品的生产周期。

5）成型中空制品的模具温度。成型中空制品的模具温度控制也是由制品用原料性能决定的，一般控制在 20 ~ 50℃。模具温度偏低，则吹胀型坯比较困难，制品的外观质量也不会太理想，这时，要通过加大充气速率和吹胀空气压力来改善；模具温度偏高，则制品吹胀后的冷却时间延长，制品脱模要困难些，也会延长生产周期。为了加快吹胀制品的冷却速度，模具温度多采用循环冷却水来调节，水温控制在 5 ~ 15℃之间。模具要求用导热性能好的铝合金材料制造。

6）瓶制品的质量要求是：制品表面光洁，在阳光下检查，无色差、变色和颜色不均等缺陷；瓶内装满水后旋紧盖，从 1.2m 高处坠落 3 次无破损、不裂底；卫生指标应符合标准 GB 9688—1988 的规定。

（4）瓶吹塑成型质量缺陷与排除

1）型坯结构尺寸不完整。

① 注射熔料量不足，需要增加注射料量。

② 注射压力低，熔料充模力不足，应提高注射压力。

③ 原料在注射机机筒内塑化温度偏低，熔料流动速度慢，应提高注射机的机筒加热温度。

④ 芯棒位置不正确，应修配调整模具零件的装配质量。

⑤ 型坯成型用模具温度偏低或各部位温度不均匀，温差大，应适当提高成型模具温度，使模具体的各部位温度趋于一致。

2）型坯成型后有飞边。

① 熔料注射量过大，应适当减少注射用料量。

② 注射压力高，应调整降低注射压力。

③ 成型模具合模质量差，应维修调整。

④ 熔料温度过高，应适当降低机筒加热温度。

3）型坯厚度不均匀。

① 芯棒安装位置不正确，应进行调整。

② 熔料温度不均或温度偏低，应提高螺杆背压或机筒加热温度。

③ 芯棒变形，应维修或更换芯棒。

④ 注射压力过大，应适当降低熔料注射压力。

4）型坯外观质量欠佳。

① 原料内杂货多，型坯外观条纹多、不光泽，应更换原料，选用纯净原料。

② 注射熔料温度低、型坯外观不光亮，应提高塑化机筒的加热温度。

5）吹胀制品质量不稳定。

① 型坯薄厚不均匀，造成吹胀制品薄厚不均、易吹破，按第 3）点中解决办法进行调整。

② 吹胀压力过大，应适当降低吹胀空气压力。

③ 吹胀模具温度过高，应调整降低芯棒和模具温度。

④ 吹胀空气进气口位置不合理，应进行修正。

6）制品无光泽或脱模困难。

① 成型模具温度不均匀、各部位温差大，应调整或修改模具的加热温控系统。

② 成型模的成型工作面有异物或不光洁，应进行清洁处理或研磨修光。

7）制品底部发白。

① 吹胀成型模具温度偏低，应调整模具各部位温度，达到均匀一致。

② 浇口温度低，应适当提高浇口温度或提高熔料温度。

8）瓶口颈部变形。

① 熔料吹胀后冷却降温时间短，应适当延长。

② 成型模具的颈口部位温度偏高，应适当降低温度。

③ 芯棒温度偏高，应适当降低温度。

④ 模具的冷却循环水温度偏高，应降低水温。

3. PP-R 管件注射成型

PP-R 管件是用聚丙烯无规共聚物注射成型的。这种热塑性塑料管件除了具有聚丙烯管件的无毒、无味、质轻、耐磨性好、刚性好和有较高的硬度特点外，还具有易成型加工、耐热性能好（在 60℃条件下有较好的长期耐水压能力）等特点。采用热熔法进行管件连接、安装维修也都较方便。所以，目前广泛应用在建筑内的冷热水管路中。

（1）原料　PP-R 管件注射成型用原料是聚丙烯无规共聚物（或称无规共聚聚丙烯）。注射 PP-R 管件用料应符合表 15-14 中的性能要求，同时，还应注意管件成型用料的性能要和与其连接的 PP-R 管材的挤出成型用料性能相同或接近（最好选用同一厂家生产的同一批原料牌号），这样才能保证管件与管材热熔接质量，以防止 PP-R 管路连接处的泄漏，保证

管路安装质量。

国内丙烯-乙烯无规共聚物（PP-R）生产厂家有：大庆石油化工总厂烯烃厂、扬子石化总厂塑料厂、兰州石化公司石油化工厂和燕山石油化工总厂化工二厂等。

表 15-14　聚丙烯无规共聚物（PP-R）性能

性　能	指　标	性　能	指　标
熔体流动速率/(g/10min)	0.17 ~ 0.25	Gardener 冲击强度/(kJ/m^2)	
拉伸屈服强度/MPa	24	10℃	3.8
拉伸断裂强度/MPa	19	-30℃	破坏
断裂伸长率/%	>500	维卡软化点(1000g)/℃	138
弯曲模量/MPa	810	硬度(R)	72
悬臂梁冲击强度(23℃)/(kJ/m)	0.66		

（2）设备　可用普通型注射机。但要求塑化螺杆的长径比在 20 ~ 25 之间，压缩比为 3 ~ 4，螺杆的塑化段螺纹深度为渐变型。

（3）工艺　注射机塑化原料用工艺温度：料筒后部为 185 ~ 190℃、中部为 195 ~ 200℃、前部为 205 ~ 215℃。

喷嘴温度：210 ~ 215℃。

模具温度：50 ~ 60℃。

（4）工艺操作注意事项

1）为克服熔料黏度，改善熔料的流动性，注射熔料的注射压力应尽量取较高值。

2）应适当延长熔料注射入模后的保压时间（比 PP 熔料保压时间长），以改善制品的收缩现象。

3）注射成型制品的收缩率大小与制品的壁厚变化有关，壁厚尺寸越大，成品的收缩率越高。

4）适当合理地设置排气槽。

（5）质量　管件注射成型质量应符合标准 GB/T 18742.3—2002 的规定。

15.4.3　聚苯乙烯注射成型

（1）注塑制件结构条件

1）制品壁厚应在 1 ~ 4mm 范围内。

2）制品的壁厚要均匀，不同壁厚的交接处应圆滑过渡连接，制品中不允许有缺口或尖角，避免应力集中而开裂。

3）制品的脱模斜度，型芯为 30′(0.5°) ~ 1°，型腔为 35′(0.583°) ~ 1.5°，对于形状复杂制品，脱模斜度可放大到 2°。

4）注意成型模具中流道长度与制品壁厚之比为200∶1左右。

（2）注射机类型选择　聚苯乙烯原料注塑制品，可用柱塞式或螺杆式注射机。用螺杆式注射机时，螺杆的结构形式选用渐变型螺杆较好，当然，注射机设备上的通用型螺杆也可使用。聚苯乙烯注射喷嘴，可采用直通式喷嘴。

（3）原料准备　聚苯乙烯注塑制品用原料，可按制品应用条件需要，参照表 15-15 选用。

表 15-15 聚苯乙烯制品用料选择参考

树脂性能与用途	不同树脂厂的 PS 牌号			
	抚顺石化	大庆石化	北京燕化	镇江奇美
普通型 PS。注塑级，透明度高，录音带盒、杯、家用器具、玩具等	500，525	GPPS-210，GPPS-203 GPPS-200D，GPPS-206	666D，685	PG33
中抗冲型。大型薄壁件、容器、玩具、家用器具、罩、套等	625，680，740，825	—	492L	PH60，PH55
高抗冲型。电冰箱衬里、大型容器、办公用品、家具部件、电视机壳等	—	731，760，840	492J	PH55L，PH88 PH66，PH88H
超高抗冲型。家电壳体、管件、机械配套零件、日用品、活塞等	945，825E	850	—	—

注：镇江奇美全称：镇江奇美化工有限公司。

1）原料吸湿性差，含水分低于 0.05%，可直接拆开包装投入生产。特殊情况，原料含水分超过 0.1% 时，应在 70～80℃ 的热风循环中干燥处理 2～3h。

2）原料的着色方法，用浮染法或加入色母料，按比例加入粒料中，均匀混合搅拌。如用柱塞式注射机注塑，为避免色差，应先把混合均匀的配色料挤出造粒后再注塑生产。

（4）注射成型工艺参数　聚苯乙烯注射成型塑料制品生产工艺参数参考值见表 15-16。

表 15-16 聚苯乙烯注射成型工艺参数

树脂名称		普通型 PS	抗冲型 HIPS	PS 制品壁厚 <3mm	PS 制品壁厚 3～6mm	PS 制品壁厚 >6mm
干燥处理	温度/℃	70～80	70～80	70～80	70～80	70～80
	时间/h	2～3	2～4	2～3	2～3	2～3
注射机类型		柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速/(r/min)		—	30～60	30～60	30～60	30～60
塑化机筒温度/℃	前	170～190	180～220	180～290	190～290	180～270
	中	—	160～180	190～300	180～270	160～260
	后	140～160	140～160	200～315	165～260	150～250
喷嘴结构		直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
喷嘴温度/℃		160～170	170～180	190～300	180～270	165～260
模具温度/℃		40～70	50～80	40～70	40～70	40～70
注射	压力/MPa	60～100	70～130	70～140	70～140	70～140
	时间/s	1～3	1～3	1～3	—	—
保压	压力/MPa	30～40	30～40	—	—	—
	时间/s	15～40	15～40	—	—	—
降温固化时间/s		15～30	10～40	—	—	—
成型制品周期/s		40～80	40～90	40～60	40～90	40～150
分解温度/℃		>300	>300	>300	>300	>300
熔点/℃		100	100	100	100	100
制品收缩率(%)		0.4	0.4	0.2～0.6	0.2～0.6	0.2～0.6

（5）工艺操作要点

1）聚苯乙烯注射成型，一般不需对树脂进行干燥处理，可直接投入注塑机内生产。为了提高制品质量，原料可在 70℃左右的热风干燥烘箱内干燥处理 1 ~ 2h。

2）注塑生产中的原料塑化温度，通常控制在 160 ~ 260℃温度范围内。塑化温度取高值，制品的透明度好，但制品强度会下降。如果塑化温度偏低，则制品透明度差，内应力也较大。所以，注射成型聚苯乙烯制品，多采用较高的塑化温度，这样也可提高注射成型的生产效率。

3）喷嘴温度应低于原料塑化温度，一般控制在 160 ~ 250℃范围内。

4）模具温度控制在 30 ~ 80℃范围内。模体温度分布应均匀，多采用循环水为模具降温。注意模具体各部位温度差不超过 3 ~ 5℃。

5）注射压力控制在 60 ~ 150MPa。注射压力选择应视制品结构形状的复杂程度及模具条件决定：形状较复杂、流道又较长时，注射压力应取高些。但要注意，采用较高注射压力成型的制品，它的收缩率能降低些，但内应力增大，强度下降，易产生裂纹。

6）注射速度应尽量慢些（以制品固化后不出现成型熔接线为准），这样成型的制品透明度好，强度能得到改善，内应力也相应小些。

7）制品成型降温固化速度较快，所以注射后的保压时间较短。

8）由于注射成型制品的保压降温时间较短，脱模后制品内部温度没有降至室温，所以应将制品浸在 65 ~ 80℃热水中（也可在 65 ~ 80℃热空气中）处理 1 ~ 3h，缓慢降温至室温，消除内应力。

9）成型制品表面有时会出现花纹、银丝、白烟和气泡等质量问题。生产时应注意选用料的颗粒均匀、干净；保持设备及模具型腔面的清洁，不用或少用脱模剂。

抗冲型聚苯乙烯（HIPS）制品的强度比普通聚苯乙烯制品的强度好，不易破碎。多用来成型不透明制品，其生产工艺操作要点如下。

1）注射成型用熔料温度和注射压力都应比普通型聚苯乙烯熔料的温度、注射压力高。这是因为（HIPS）熔料流动性比较差，为使熔料能顺利充模和避免制品产生熔料接痕。

2）模具体各部位温度分布应适合制品冷却定形工艺要求，冷却效果好、制品表面光亮。

3）熔料充模后的降温冷却速度比较慢，所以 HIPS 制品充模后应有足够的保压压力和保压时间。型坯得到充分的冷却、降温固化定形，制品脱模后，可减少变形量。

4）采用 HIPS20% ~ 70% 料与普通 PS 料 30% ~ 80% 量掺混，搅拌混合均匀后用螺杆式注射机注塑制品。混合料塑化后流动性得到改善，可得到刚性好、表面光泽、色泽鲜艳的注射制品。但要保证生产前把两种料混合均匀，着色剂也要与两种树脂混合均匀。

5）HIPS 料注射成型。制品常会出现白边现象（即在成型制品的边缘平行部位有模糊不清的白色条纹）。生产时应注意：应有足够的合模力；提高成型模具温度（特别是出现白边处的模具温度的提高），适当调整熔料注射压力和控制注射料量。

15.4.4　ABS 注射成型

（1）注塑制件结构条件

1）制品壁厚应在 1.5 ~ 5mm 范围内，形体表面平整光滑。

2）制品的收缩率在0.3%～0.6%范围内，注意成品收缩对表观形状的影响。

3）模具流道截面直径应大于5mm，流道长度与制品壁厚之比为190∶1，浇口厚应大于制品壁厚的1/3。注意浇口位置不能在电镀表面处。

（2）选择注射机类型　应选用螺杆式注射机。螺杆的结构形式应该是渐变型螺杆，对原料塑化比较有利。注射机设备上的通用型螺杆也可应用。

（3）原料的准备

1）原料应干燥处理，可在70～80℃热风循环中干燥处理，烘干时间为2～4h，控制原料含水量小于0.1%。

2）原料中应加入紫外线吸收剂和抗氧剂，以提高耐老化能力。

3）ABS制品用料选择见表15-17。

表15-17　ABS制品用料选择参考

性能与用途	不同生产厂家ABS牌号		
	大庆石化	盘锦乙烯	镇江奇美
电镀级，有良好的成型性，易于表面处理、高耐热，用于制作汽车配件、冰箱把手、散热栅等	711，713		
高耐热级，有卓越的冲击强度。用于制作安全帽、滑轮、管、鞋跟干燥箱、仪表外壳、电风扇等	730，740，745	CH530 CH555	PN-138H
超耐热级，耐化学性、耐侵蚀性优异、易成型。用于制作汽车配件、仪表盘、家用电器、电瓶壳、咖啡壶等	HGX-4300 HGX-4440 HGX-4500 HGX-4440	CP520 HG560	PA777D，PA-777E
高刚性级，具有良好的光泽、耐磨、耐化学性。用于制作电话、吸尘器、化妆盒、蓄电池外壳等	720V，722		PA757KD，PA707K PA757K，PA757
阻燃级，抗冲击、使用寿命长。用于制作电视机壳、电脑显示器录像机、电风扇等	HFA-450 HFA-700	AF-600 AF-650	PA764，PA765， PA766，PA768， PA769

注：大庆石化全称：中国石油大庆石化公司。盘锦乙烯全称：中国石油盘锦乙烯有限责任公司。镇江奇美全称：镇江奇美实业股份有限公司。

（4）注射成型工艺参数　注射成型ABS制品生产工艺参数参考值见表15-18。

表15-18　ABS注射成型工艺参数

树脂名称		普通级	抗冲级	耐热级	电镀级	阻燃级	透明级
干燥处理	温度/℃	75～80	—	80～85	75～80	—	—
	时间/h	2～4	—	2～4	2～4	—	—
注射机类型		螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速/(r/min)		30～60	30～60	30～60	20～60	20～50	30～60
塑化机筒温度/℃	前	200～210	200～210	200～220	210～230	190～200	200～220
	中	210～230	210～230	220～240	230～250	200～220	220～240
	后	180～200	180～200	190～200	200～210	170～190	190～200
喷嘴结构		直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
喷嘴温度/℃		180～190	190～200	190～200	190～210	180～190	190～200
模具温度/℃		50～70	50～80	60～80	40～80	50～70	50～70

（续）

树脂名称		普通级	抗冲级	耐热级	电镀级	阻燃级	透明级
注射	压力/MPa	70～90	70～120	85～120	70～120	60～100	70～100
	时间/s	3～5	3～5	3～5	1～4	3～5	1～4
保压	压力/MPa	50～70	50～70	50～80	50～70	30～60	50～60
	时间/s	15～30	15～30	15～30	20～50	15～30	15～40
降温固化时间/s		15～30	15～30	15～30	15～30	10～30	10～30
成型制品周期/s		40～70	40～70	40～70	40～90	30～70	30～80
分解温度/℃		270	—	—	—	—	—
熔点/℃		160	—	—	—	—	—
制品收缩率(%)		0.6	0.1～0.3	—	—	—	—

（5）工艺操作要点

1）ABS 树脂吸湿性较强，原料投产前必须在 70～80℃烘箱中进行干燥处理 3～4h，控制含水量小于 0.1%，以避免制品出现气泡、银丝等质量问题；原料的预热也有利于保证塑化质量。

2）ABS 树脂在注射机的机筒内塑化注射温度一般应控制在 180～250℃范围内。根据注塑制品用原料的类型不同，具体应用时适当调整温度。比如使用耐热型 ABS 树脂，则塑化注射温度应适当调高些；应用通用型 ABS 树脂，塑化注射温度应调低些。

3）ABS 塑化后熔融料的注射压力一般应控制在 70～150MPa 之间。注塑制品的壁厚尺寸小，熔料入模流道较长时，注射压力应取高些，可在 120～150MPa 范围内；而注塑件壁厚尺寸较大、熔料流道口尺寸较大且流道较短时，注射压力应取小些，可在 70～100MPa 范围内。

4）用于 ABS 熔料成型的保压压力多采用 70MPa 左右。这样的保压压力是为了使制品成型后不会产生较大的内应力。

5）注射速度的选择应视原料类型而定。对于耐热型树脂，为了降低其剪切力，注射速度应慢些；对于阻燃型树脂，为防止其升温降解，注射速度也应低些；如果为使制品表面有较好的光泽质量，注射速度就可适当提高些，取中等注射速度；如果有些熔料充模较困难，应取较高的注射速度。

6）ABS 熔料成型用模具温度一般控制在 40～80℃范围内。采用较高温度的成型模具注射时，熔料充模质量好，成型后制品外观好，内应力也小些；但是，过高的模具温度易使成型制品的收缩率增加，制品容易变形，同时由于降温固化时间延长，增加了产品的生产周期。如果制品的性能和外观质量要求较高，模具温度可高些，取 60～70℃；而一般制品成型用模具温度可略低些。

7）阻燃型 ABS 树脂注射成型制品时，为防止原料分解，生产前后应采用通用型 ABS 树脂对塑化机筒进行清理。

8）对注塑制品的性能和结构尺寸要求较高的 ABS 制品（仪表外壳、机器零件），脱模后要进行热处理。方法是把制品放在 70～80℃的恒温箱中 2～4h，然后随烘箱温度缓慢降温至室温。

9）阻燃型 ABS 树脂在塑化机筒内停留时间不宜过长，当超过 250℃时熔料易降解；在

低于250℃时停留时间过长，制品易变色发黄。

10）对于ABS料的塑化应采用较低的螺杆转速；螺杆的背压在保证制品质量的条件下，尽量取低值；为改进带色颜料的分散，可把螺杆背压适当提高些。

11）再制料（回头料）掺混量不宜超过20%。过高的掺混比例容易使制品性能降低，成型质量也不好控制，制品会脆化。

15.4.5 聚氯乙烯注射成型

（1）注塑制件结构条件

1）注塑制品的壁厚应在1.5～5mm之间，特殊情况时，最薄壁厚不应小于1.2mm。

2）流道长度与制品壁厚之比为100∶1左右。

3）脱模斜度为1°～1.5°。

4）为提高模具防腐蚀能力，型芯与型腔表面应镀铬。

5）为保证制品表观质量，流道末端冷料穴容积应大些。

（2）注射机类型的选择　硬聚氯乙烯的注塑，应选用螺杆式注射机。螺杆选用图14-43所示的结构形式，也可用渐变型螺杆。压缩比为2～2.5，长径比为12～20，螺杆头部为锥形。最好选用PVC粉料专用型注射机。

（3）原料准备

1）一般情况下，如果原料含水分不超过0.1%，可直接投产使用。

2）如果原料受潮，含水分超过0.1%时，应干燥处理。在90～110℃的恒温箱中，烘烤1～1.5h，降温后即可用于生产。

3）注塑聚氯乙烯制品常用专用料牌号如中国石化齐鲁石油化工股份有限公司产S-700、S-1000树脂，可用来成型硬质、半硬质管件、阀、电气和汽车配件及容器。福州二化集团产K57、K59、K61 PVC树脂，适合注塑高透明硬质中空瓶、管件等制品，其K70树脂适合注射成型全塑凉鞋、拖鞋等。天津乐金大沽化学有限公司产TL-700型树脂，适合注射成型硬质管件和吹塑瓶子等PVC制品。

主原料中还需加入一定比例的稳定剂、润滑剂、着色剂和填充料等辅助料组成注塑制品用原料配方。聚氯乙烯管件注射成型用原料配方见表15-19。

表15-19　聚氯乙烯管件注射成型用料配方　（单位：质量份）

材料名称	普通	阀门	难燃	给水	排水
聚氯乙烯(PVC SG7)	100	100	100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)	3	—	—	—	3
三盐基硫酸铅(3PbO)	2.5	5	5	—	4.2
二盐基亚磷酸铅(2PbO)	—	—	2	—	3
二碱式硬脂酸铅	0.6	—	—	—	—
钙/锌液态稳定剂	—	—		3	—
亚磷酸三苯酯(TPP)	—	—	—	0.5	—
硬脂酸钡(BaSt)	—	1.5	—	—	—
硬脂酸钙(CaSt)	0.5	1	—	1.5	0.4
硬脂酸铅(PbSt)	0.15	—	—	—	0.8
环氧大豆油(ESO)	—	3	适量	0.5	适量

（续）

材 料 名 称	普通	阀门	难燃	给水	排水
丙烯酸酯类（ACR-201）	—	—	4	6	4
氯化聚乙烯（CPE 含氯 35%）	—	—	2	—	4
钛白粉（TiO_2）	—	10	适量	1	适量
轻质碳酸钙（$CaCO_3$）	—	—	12	—	20
石蜡	—	0.7	—	—	0.3
氧化聚乙烯蜡（OPE）	—	—	0.2	0.5	—
硬脂酸（HSt）	0.5	—	0.2	—	0.5
褐煤酸乙二醇酯	0.5	—	—	—	—

4）原料准备。用聚氯乙烯树脂注射成型制品，在投入注塑生产前，对主原料及辅助料应按本书中 4.4 节内容处理。

（4）注射成型工艺参数　注射成型聚氯乙烯制品生产工艺参数参考值见表 15-20。

表 15-20　聚氯乙烯注射成型工艺参数

树脂名称		硬聚氯乙烯	软聚氯乙烯	壁厚 <3mm	壁厚为 3 ~ 6mm	壁厚 >6mm
干燥处理	温度/℃	65 ~ 75	65 ~ 75	65 ~ 75	65 ~ 75	65 ~ 75
	时间/h	1 ~ 1.5	1 ~ 1.5	1 ~ 1.5	1 ~ 1.5	1 ~ 1.5
注射机类型		螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速/（r/min）		20 ~ 30	—	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30
塑化机筒温度/℃	前	170 ~ 190	160 ~ 190	170 ~ 190	170 ~ 180	170 ~ 190
	中	165 ~ 175	—	160 ~ 175	160 ~ 175	160 ~ 175
	后	150 ~ 165	140 ~ 150	140 ~ 165	150 ~ 165	150 ~ 165
喷嘴结构		直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
喷嘴温度/℃		175 ~ 180	140 ~ 150	165 ~ 185	165 ~ 185	175 ~ 185
模具温度/℃		30 ~ 60	30 ~ 40	40 ~ 60	40 ~ 60	40 ~ 60
注射	压力/MPa	70 ~ 140	40 ~ 80	70 ~ 140	70 ~ 140	>100
	时间/s	2 ~ 5	2 ~ 5	2 ~ 5	2 ~ 5	2 ~ 5
保压	压力/MPa	40 ~ 60	20 ~ 30	40 ~ 60	40 ~ 60	40 ~ 60
	时间/s	15 ~ 40	15 ~ 40	15 ~ 40	—	—
降温固化时间/s		15 ~ 40	15 ~ 40	15 ~ 40	—	—
成型制品周期/s		40 ~ 90	40 ~ 80	30 ~ 60	30 ~ 120	60 ~ 240
分解温度/℃		200 ~ 210	200 ~ 210	200 ~ 210	200 ~ 210	200 ~ 210
熔点/℃		80 ~ 85	80 ~ 85	80 ~ 85	80 ~ 85	80 ~ 85
制品收缩率（%）		0.1 ~ 1	0.1 ~ 1	0.1 ~ 1	0.1 ~ 1	0.1 ~ 1

（5）工艺操作要点

1）聚氯乙烯注塑制品生产多采用螺杆式注射机。

2）聚氯乙烯树脂注塑用螺杆结构为渐变型，长径比为 $L/D = 12 \sim 20$，压缩比为 2 ~ 2.5，螺杆头部为锥形；螺旋部分长度分配为进料段占 40%，塑化段占 40%，均化段占 20%。

3）尽量缩短各工作程序时间，以注塑件能顺利脱模、制品不变形为准，正常注射成型周期控制在 40 ~ 130s（注射、保压控制在 15 ~ 60s，冷却定型控制在 15 ~ 60s）之间。

4）生产中发现制品出现变色条纹应及时降低塑化温度和熔料注射速度，过一段时间不能排除的要清理机筒。

5）需要更换原料生产新制品时，如果塑化机筒内是聚苯乙烯或 ABS 树脂，应先将塑化机筒温度调至聚氯乙烯树脂的塑化温度，然后在机筒内加入聚氯乙烯树脂，对空注射，直至机筒内原残料清理干净后正常生产；如果塑化机筒内残料塑化温度高于聚氯乙烯树脂塑化温度，可先用聚乙烯或聚苯乙烯树脂清洗机筒，熔料对空注射，直至机筒内残料清洗干净后再加入聚氯乙烯料清洗，然后再对空注射，直至熔料呈光洁明亮为塑化合格，即可注射成型生产。

6）正常贮存料不用干燥处理，如果原料含水量超过 0.4% 时应对原料进行干燥处理。

7）原料塑化注射温度。聚氯乙烯树脂的塑化注射温度一般控制在 160 ~ 190℃ 范围内。由于这种树脂的塑化温度与其分解温度很接近，在生产时要特别注意原料不宜在塑化机筒内停留时间过长、螺杆的工作转速不应过高，以避免因工艺温度控制不当而造成原料分解。机筒各段温度，由加料段到均化段应逐渐提高，在保证原料能均匀塑化的条件下，塑化机筒各段温度要尽量取低值。

喷嘴部位的温度应比塑化机筒温度中的最高值低 10℃ 左右。喷嘴采用直通式结构，喷嘴孔径在 4 ~ 10mm 范围内。

8）塑料熔料注射压力。聚氯乙烯树脂塑化后的熔料注射压力的选择对制品的成型质量影响较大，常用注射压力控制在 70 ~ 140MPa 之间。保压压力比较低，常用压力值在 30 ~ 60MPa 之间。

为了防止熔料在高速注射中因摩擦热而使料温升高分解，一般多采用低速注射成型。

9）成型模具温度。聚氯乙烯熔料成型模具温度一般控制在 30 ~ 60℃ 范围内。结构形状简单的注塑件成型用较低的模具温度；注塑件结构形状比较复杂或制件壁厚尺寸较小及大型注塑件制品，模具温度值要求较高些。

10）螺杆转速。注塑 PVC 料用螺杆转速一般控制在 20 ~ 50r/min。

11）生产中的回制料可随时经粉碎加入新料中混合均匀后再应用。

12）聚氯乙烯树脂注射成型制品停产时，必须及时清洗机筒内残料，最后再用聚乙烯料或聚苯乙烯料清洗一次。

1. PVC 管件注射成型

塑料管件是塑料管材组成管路中不可缺少的连接件。塑料管件品种类型比较多，按应用连接方式分有：套管、90°弯头、45°弯头、22.5°弯头、异径管、三通、异径三通、管帽等；按成型材料分有：聚氯乙烯管件、聚乙烯管件、聚丙烯管件和尼龙、聚苯乙烯、ABS、聚四氟乙烯管件等。

塑料管件和塑料管材一样，有较好的耐化学腐蚀、绝缘性好、体轻、无锈蚀、安装维修比较方便等特点，所以，广泛地应用在化学工业、农业灌溉、医药工业、建筑、矿山、电信等各行业中，用于输送各种液体、气体或用于供电线路的绝缘保护管路中，在人们日常生活中的供、排水管路中广泛应用。

（1）原料　聚氯乙烯管件注射成型用原料配方见表 15-19。

1）主要原料。用 PVC 树脂中的 SG7 或 SG8 型。最好选用管件成型专用料。

2）辅助料。有稳定剂、润滑剂、填充剂及改性剂和加工助剂。

原料配混　造粒参照本书 4.4 节内容。

（2）注塑机类型选择　如混合料不造粒，用粉料注射成型时应选用通用型注射机。螺杆为等螺距渐变型，长径比为 12 ~ 20，压缩比为 2 ~ 2.5，螺杆头部为锥形，螺杆的加料段和塑化段各占螺纹长度的 40%。螺杆最好是排气式结构。喷嘴结构为直通式。

（3）工艺参数

注射机塑化原料工艺温度：料筒后部为 170 ~ 180℃，中部为 180 ~ 190℃，前部为 185 ~ 195℃。

喷嘴温度为 190 ~ 195℃。

注射压力为 30 ~ 60MPa，注射时间为 10 ~ 12s。

保压压力为 30 ~ 50MPa，保压时间为 3s。

（4）生产工艺操作注意事项

1）注射机内的螺杆结构最好采用能通入循环油、可调温控制型螺杆。生产时循环油温控制在 90℃左右。

2）输送饮用水管路中的管件成型树脂应符合标准 GB/T 17219—1998 规定的卫生指标，辅助料稳定剂应选用有机锡类材料。

3）注意原料配混车间内硫醇有机锡稳定剂与铅盐类稳定剂的隔离，防止两种稳定剂相互污染，使白色制品发黑。

4）原料在高速混合机中配混时，注意应先将 PVC 树脂和液体稳定剂混合 3min 左右后再加入其他辅助料，以利于稳定剂在 PVC 树脂中分散均匀。

5）由于饮用水管件在供水管路中要承受一定的工作压力，管壁厚度要大于排水管件壁厚，产品质量要求也高于排水管件。注意供水管件的注射成型温度、注射压力都应略高于排水管件的注射成型温度和压力。

6）注射成型制品生产前应先检查注射机塑化原料的质量。对空注射，熔料塑化均匀，流动性好，表面发亮，说明原料塑化质量合格，可以进行注射生产。

7）生产初期，参照注塑件质量问题适当修改成型模具的不合理部位：如主流道的圆锥形截面应尽量大些，锥度在 9°左右；分流道的截面宜采用 U 形；浇口的圆形截面直径应大些；在主流道末端设置的冷料穴直径要大于主流道直径；必要时还应开有排气槽等。

（5）管件质量　建筑排水用硬质聚氯乙烯管件质量应符合标准 GB/T 5836.2—2006 的规定。给水用硬质聚氯乙烯管件质量应符合标准 GB/T 10002.2—2003 的规定。

2. 氯化聚氯乙烯管件的注射成型

氯化聚氯乙烯（CPVC）管件是一种黏结性好、难燃、耐化学腐蚀、耐老化、电绝缘性好、应用温度高的塑料制品。一般多用于冷热水的输送，输送各种液体时，最高使用温度可达 110℃。

（1）原料　氯化聚氯乙烯注射成型管件用主要原料是氯化聚氯乙烯树脂。要求氯化聚氯乙烯树脂的含氯量为 63% ~ 69%。

国内有北京化二股份有限公司、上海电化厂、宜宾天原化工厂生产氯化聚氯乙烯。

主原料与辅助料组合配方（质量份）参考例子：

氯化聚氯乙烯（CPVC）为 100、稳定剂 E2305SP（德国熊牌）为 8、三盐基硫酸铅（3PbO）为 2、氯化聚乙烯（CPE）为 1.5、丙烯酸酯类聚合物（PA-21 日本钟渊）为 4、环氧大豆油（ESO）适量、邻苯二甲酸二锌酯（DOP）为 3、硬脂酸铅（PbSt）为 1、硬脂酸钙（CaSt）为 0.8、硬脂酸（HSt）为 0.6、石蜡为 0.25、氯化聚乙烯蜡（OPE）为 0.5、颜料适量。

（2）设备　氯化聚氯乙烯管件注射成型用设备与聚氯乙烯管件注射成型用设备完全相同。

（3）工艺

1）管件注射成型生产工艺顺序。氯化聚氯乙烯管件的注射成型生产工艺顺序和聚氯乙烯管件的注射成型生产工艺顺序基本相似，不同之处只是原料经高速混合机混合和降温后，应先进行挤出造粒，然后才能把粒料投入到注射机中注射成型生产。工艺顺序是：主辅原料按配方要求计量→高速混合机混合→冷混机中降温→挤出造粒→注射机塑化原料→注射熔料入成型模具成型→脱模→制品修边去毛刺→质检→包装入库。

2）管件注塑生产用工艺参数。原料在高速混合机混合料温控制在 110℃左右。高速混合后原料要在冷混合机中降温，混合料温降至 40℃后方可向挤出机内投料，挤出造粒。

注射机塑化原料工艺温度：料筒后部为 180～190℃、中部为 190～200℃、前部为 190～205℃。

喷嘴温度：190～195℃。

注射压力：40～65MPa。

保压压力：50～65MPa。

成型模具温度：90～100℃。

（4）管件质量　氯化聚氯乙烯管件的质量要求，目前还没有国家标准，但它的物理力学性能及耐化学腐蚀性能，由于用途的特殊性，都要比聚氯乙烯管件要求高。表 15-21 列出 CPVC 管件的物理力学性能指标，是参照国际标准 ISO 15493—2003 的规定，可供应用时参考。管件的结构尺寸可参照标准 GB/T 5836.2—2006 的规定，但壁厚要与 CPVC 管材壁厚相同或略大些。

表 15-21　氯化聚氯乙烯管件物理力学性能

项　目	指　标	试验方法
密度/(kg/m³)	1500～1650	按 GB/T 24452—2009 规定测试
维卡软化温度/℃	≥103	按 GB/T 8802—2001 规定测试
烘箱试验	无任何破裂、分层、起泡或熔痕裂开现象	按 GB/T 8803—2001 规定测试
氯含量(%)	≥60(质量分数)	按 GB/T 7139—2002 规定测试

项目	指标	试验参数			计算公式
		温度/℃	静液压应力/MPa	时间/h	
静液压试验	无破裂、无渗漏	20	28.5	≥1000	试验介质为水，取三个试验，按下式计算：$p=p_o\sigma_{TF}/\sigma_s$ 式中　σ_{TF}——对应环应力； σ_s——设计应力； p_o——设计压力
		60	21.1	≥1	
		80	6.9	≥1000	
静液压状态下热稳定试验	无破裂、无渗漏	90	2.85	≥17520	

15.4.6　聚酰胺注射成型

（1）注塑制件结构条件

1）制品壁厚应在 1 ~ 4mm 范围内，最薄壁厚不应小于 0.8mm。

2）外形及内腔的脱模斜度为 40′ ~ 1°30′，内腔脱模斜度应取较大值。

3）熔体流道斜度为 4° ~ 6°，分流道截面直径应等于或大于制品壁厚。以采用梯形截面流道为佳，截面尺寸：梯形高为上底长度的 2/3，下底长为上底的 2/3。浇口截面直径为制品壁厚的 2/3 ~ 3/4，最小也不能小于 1mm。

（2）注射机类型的选择　聚酰胺类注塑，可用柱塞式或螺杆式注射机，但一般多用螺杆式注射机。螺杆结构形式应为突变型螺杆，压缩比应大些，在 2 ~ 3 范围内。螺杆前部应有止逆环，而且止逆环外径与机筒间隙应尽量小（最好在 0.05mm 以内），以减少漏料、降低注射压力。喷嘴采用自锁式，以防止熔体料的流延现象出现。

（3）原料的准备　聚酰胺类树脂生产前一定要进行干燥处理。一般多用真空法干燥，温度为 95 ~ 105℃，真空度应大于 95kPa，料层厚度为 40 ~ 50mm，干燥时间为 12 ~ 16h，处理后含水分应小于 0.2% 。

如果用热风循环法干燥，温度应控制在 80 ~ 90℃之间，干燥时间应比真空干燥更长些。注意：干燥后的原料应立即投入生产。

聚酰胺品种选择

1）PA6 的耐冲击性和抗溶解性比 PA66 好。PA6 加入玻璃纤维后的制品，其耐冲击性能得到提高，力学性能提高 1 倍以上，成型后收缩率降低 0.3% ，耐热性和耐磨性及尺寸稳定性与 PA6 制品比都得到改善。

2）PA66。在聚酰胺塑料中耐磨性最好，自润滑性优，有较高的力学强度，耐应力开裂性好，也较耐热，属自熄性材料。加入玻璃纤维后的制品，其力学性能、热性能、尺寸稳定性与 PA66 制品比，都有明显提高。

3）PA610。性能介于 PA6 和 PA66 之间。加入玻璃纤维后的制品，其热稳定性、力学性能和尺寸稳定性与 PA610 制品比都得到提高。

4）PA1010。力学强度高，冲击韧性、耐磨性和自润滑性好，耐寒性比 PA6 好。熔体流动性好，易成型，但熔体温度范围窄。电绝缘性和化学稳定性好、无毒。树脂中加入玻璃纤维后，其强度和耐磨性都高于 PA1010，耐热性和尺寸稳定性也得到改善。

不同聚酰胺注塑制品应用例见表 15-22。

表 15-22　不同聚酰胺注塑制品

	PA6	PA66	PA610	PA1010
注塑制品	精密机械齿轮、轴承、仪表壳、风扇叶片、凸轮滑轮、泵用叶轮、螺帽垫、密封圈、阀门座、储油容器、螺钉等	齿轮、滑轮、轴承、轴承架、泵用叶轮、风扇叶片、高压密封圈、阀座、衬套、垫、壳体、电器配件、医疗器械、体育用品、化工设备衬里、日用品等	用于精密机械零件，如齿轮、衬垫、轴承、滑轮、仪表壳、纺织机械配件等	用于电器、纺织、汽车和机械中配套零件，如轴承、齿轮、轴套、蜗轮、蜗杆、化工设备中配件等

（4）注射成型工艺参数　注射成型聚酰胺制品生产工艺参数参考值见表 15-23。

表 15-23　聚酰胺注射成型工艺参数

树脂名称		PA6	玻璃纤维增强 PA6	PA66	玻璃纤维增强 PA66	PA610	PA1010	玻璃纤维增强 PA1010
干燥处理	温度/℃	90～110	—	80～100	—	80～100	80～100	—
	时间/h	12～16	—	12～16	—	12～16	12～16	—
注射机类型		螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速/(r/min)		20～50	20～40	20～50	20～40	20～40	20～50	20～40
塑化机筒温度/℃	前	220～230	220～240	255～265	250～260	220～230	200～210	210～230
	中	230～240	230～250	260～280	270～280	230～250	220～240	230～260
	后	200～210	200～210	240～250	230～240	200～210	190～200	190～200
喷嘴温度/℃		200～210	200～210	250～260	250～260	200～210	190～200	180～190
模具温度/℃		60～100	80～120	60～120	110～120	60～90	40～80	40～80
注射	压力/MPa	80～110	90～130	80～130	80～130	70～140	70～100	90～130
	时间/s	1～4	2～5	1～5	3～5	1～5	1～5	2～5
保压	压力/MPa	30～50	30～50	40～50	40～50	20～40	20～40	40～50
	时间/s	15～50	15～40	20～50	20～60	20～50	20～50	20～40
降温固化时间/s		20～40	20～40	20～40	20～60	20～40	20～40	20～40
成型制品周期/s		40～100	40～90	50～100	50～130	50～110	50～110	50～90
分解温度/℃		>300	—	350	—	—	—	—
熔点/℃		216	225	252	260	220	200	204
制品收缩率(%)		0.8～1.5	约 0.3	0.4～0.8	0.1～0.3	1～1.5	1～2.5	—

（5）工艺操作要点

1）原料投产前必须进行干燥去湿处理。宜选用真空法干燥：在 100～110℃温度、真空度大于 95000Pa 的条件下干燥处理 12～16h。这样可避免原料与空气中的氧接触氧化变色，甚至降解。原料干燥处理后的含水量应小于 0.1%。

也可采用热风循环法对原料进行干燥：温度为 80～90℃、干燥时间为 20～24h。注意：干燥后的原料应立即投入生产，以避免存放时间长再吸湿（水分子会与 PA 发生水解或裂解反应），影响制品质量。

2）PA 的注塑工艺温度应高于它的结晶熔点。螺杆注射机的机筒温度比熔点高 10～30℃；柱塞式注射机的机筒温度比熔点高 40℃左右。熔料温度偏高，制品成型收缩率大；反之，收缩率小。PA 熔料热稳定性差，注意熔料不宜长时间在机筒内停留（料温不应超过 300℃，停留时间不超过 30min）。

3）注意喷嘴温度的控制。应有独立的加热调整控温装置，避免因喷嘴温度过低而影响正常生产。

4）注射压力为 60～100MPa。对于制品形状复杂、熔料流道长的制品，其注射压力可高些，一般最高不应超过 140MPa。

5）PA 熔料降温固化快，在制品不出现飞边、排气通畅的情况下，尽量使注射速度快

些，特别是对薄壁制品注射速度快会更有利。

6）成型模具的温度应视制品的厚薄和对性能的要求确定。一般当制品要求有较好透明度、柔韧性和伸长率高时，模具温度应低些。而要求硬度高、耐磨性好，使用过程中变形小的厚制品，模具温度应高些，使结晶度增加。形状复杂的薄壁制品成型，模具温度也应高些，以避免制品出现凹陷、气泡和产生较大内应力。但应注意：较高的温度条件下成型制品的收缩率也会增加。

从制品的壁厚方面考虑，壁厚小于 6mm 时，模具温度为 40 ~ 60℃；大于 6mm 时，模具温度为 60 ~ 100℃。

7）制品热处理。目的是为了消除内应力，稳定制品外形尺寸，提高制品强度。热处理方法是将制品浸在 100 ~ 120℃ 的甘油或液体石蜡中，处理时间视制品厚度而定，一般约 10 ~ 30min（壁厚制品取大值），然后取出，缓慢降温至室温。

8）调湿处理。制品存放一段时间后，会因其吸收空气中的水分而产生变形膨胀，使外形尺寸出现变化。调湿目的即是为使制品达到要求的平衡吸湿量，以保持制品尺寸稳定。方法：将制品浸入 80 ~ 100℃ 的醋酸钾与水的混合液（两者混合比例为1∶1. 25，沸点为 121℃）中，时间：制品厚 1. 5mm 则为 2h，3mm 则约为 8h，6mm 则约为 16h。也可将制品在相对湿度为 65% 的空气中存放一段时间，使其含水量接近 4% 为止，基本达到其所要求的平衡吸湿量，以保持制品外形尺寸的稳定。

15. 4. 7　聚甲醛注射成型

（1）工艺特性

1）聚甲醛是结晶性塑料，熔点明显，熔体流动性为中等，凝固快，料温低于熔融温度即发生结晶，熔体黏度受剪切速率影响大于受温度影响，成型性差。

2）原料极易分解，热稳定性差，注意熔料在机筒内停留时间不宜过长。铜是熔融料的降解催化剂，熔料流经过程应避免与铜或铜合金接触。

（2）注射机类型选择　聚甲醛注射成型一般多采用螺杆式注射机。螺杆结构为突变形。用直通式喷嘴结构。

（3）原料准备

1）原料应在 80 ~ 90℃ 热风循环烘箱中干燥处理 4h，含水量不应超过 0. 1% 。

2）带有嵌件的注塑制品，嵌件应进行预热处理。在 100 ~ 150℃ 烘箱中预热，以保证注塑制品质量，避免嵌件处出现裂纹或开裂。

3）注塑级聚甲醛国内有多个厂家生产。上海太平洋化工（集团）公司溶剂厂产 M90、M120、M160、M270 和 M400 等树脂，吉林市石井沟联合化工厂产 M90、M120、M160、M200、M270 等树脂均可注塑工程塑料制品。

（4）注射成型工艺参数　注射成型聚甲醛制品生产工艺参数参考值见表 15-24。

（5）工艺操作要点

1）聚甲醛吸湿性比较小，普通聚甲醛注塑件用原料可不必进行干燥处理。如果为了提高制品强度和外观质量，原料可在 80 ~ 90℃ 热风循环烘箱内干燥处理 4h。

2）注射成型带有嵌件的制品时，嵌件应在投产前在 100 ~ 150℃ 温度烘箱中预热，以防止注塑时嵌件周围产生裂纹及有较大内应力。

表 15-24　聚甲醛注射成型工艺参数

树脂名称		共聚甲醛	均聚甲醛
干燥处理	温度/℃	80～90	—
	时间/h	4	—
注射机类型		螺杆式	螺杆式
螺杆转速/(r/min)		20～40	20～40
塑化机筒温度/℃	前	170～185	170～190
	中	160～175	170～190
	后	155～165	170～180
喷嘴结构		直通式	直通式
喷嘴温度/℃		170～180	170～180
模具温度/℃		80～120	80～120
注射	压力/MPa	80～120	80～130
	时间/s	2～5	2～5
保压	压力/MPa	30～50	30～50
	时间/s	20～90	20～80
降温固化时间/s		20～60	20～60
成型制品周期/s		50～160	50～150
分解温度/℃		230～240	—
熔点/℃		157～165	175
制品收缩率(%)		1.5～3.5	—

3）注意原料塑化用温度的控制，最高塑化温度不应超过 210℃。料温过高，由于聚甲醛树脂热稳定性差，则熔料易分解或变色；熔料温度偏低，原料塑化质量差，流动性不理想，则成型表面易产生波纹。还应注意，熔料在机筒内停留时间不宜过长（最长停留时间不超过 30min），较短的停留时间有利于改善制品的力学性能。

4）聚甲醛分解出的气体腐蚀性较强，成型模具应采用耐腐蚀的合金钢制造。

5）熔料流经处各机械零件不允许用铜（或铜合金）质材料制造。因为铜是聚甲醛熔料降解的催化剂。

6）成型模具温度应控制在 80～120℃之间，模具温度高，成型制品表观质量好（可减少制品表面皱折和凹痕的出现）。

7）注射压力应视制品的结构条件而定。薄壁制品成型，应取较大的注射压力；壁厚制品的成型，应取较低的注射压力。一般注射压力控制在 60～130MPa 之间。取较高的注射压力，则熔料充模快，但熔料内易混入空气，使制品产生气泡或表面出现雾斑，同时会产生较大的内应力。

8）注射速度通常控制在 20～80cm^3/s。薄壁制品的注射速度应快些，以防止熔料过早冷凝而影响注射充模质量；壁厚制品熔料注射速度可慢些，避免熔料注射出现喷射现象，影响成型制品外观质量。一般注射速度控制在 20～40cm^3/s。

9）通常，聚甲醛注射成型制品应进行热处理。目的是为了消除制品成型过程中产生的

内应力或在高温环境中使用时出现收缩而产生的应力，防止制品外形尺寸变形或出现开裂现象。处理方法：将制品浸在 120 ~ 140℃油温中 20 ~ 40min，也可放在 140 ~ 150℃烘箱中30 ~ 60min 进行热处理。检查制品热处理效果：可将热处理后的制品浸入 30% 盐酸溶液中 30min，如果没有裂纹出现，说明制品热处理合格。

15.4.8　聚碳酸酯注射成型

（1）工艺特性

1）聚碳酸酯的结晶倾向较小，无精确熔点，成型后易产生应力集中现象而使制品出现局部开裂；熔料流动性差，所以，注射成型工艺控制要严些；脱模后的制品要进行消除内应力的退火处理。

2）熔料黏度大，流动性差，应采用较高的熔料温度注射成型；注射压力对熔料流动影响较小，由于熔料黏度大，应选用较高的注射压力。应注意：料温过高易出现飞边、制件起泡的现象。

3）保压时间应尽量短，以防止成型制品产生较大的内应力。

4）为保证制品外形结构尺寸稳定，减少制品开裂，除了提高熔料温度外，还应提高模具温度、改善模具结构和对制品进行热处理，以减少制品成型中内应力的产生。

5）模具中的熔料流道应尽量短，流道截面和浇口要大些，应设冷料槽。

6）从熔料冷凝速度快的角度考虑模具温度也应高些。模具温度偏低时，制品收缩率、伸长率、抗冲击强度高，但其弯曲、压缩、拉伸强度低；模具温度过高（超过 120℃）则注塑件降温慢，容易变形黏模。

（2）注射机类型选择　聚碳酸酯制品注塑件多采用螺杆式注射机成型，有些小型制件也可用柱塞式注射机生产成型。螺杆式注射机的螺杆结构为等距不等深渐变型，长径比为 15 ~ 20，压缩比为 2 ~ 3。喷嘴结构为敞口延伸式（见图 14-48b）

（3）原料准备

原料投产前必须进行干燥处理，可选用真空或烘箱加热干燥方法中任一种处理：真空干燥温度为 110℃，时间为 10 ~ 25h，真空度为 0.96MPa；烘箱干燥温度为 110 ~ 120℃、时间为 24 ~ 48h。注意干燥时间不宜过长，否则树脂颜色加深，性能容易下降。

干燥处理后的树脂含水量应低于 0.03%。可采用在注射机上对空注射方式验证。如果从喷嘴缓慢流出的熔料均匀无色、光亮、无气泡，则说明树脂内含水量很低，符合生产要求，干燥处理合格。如果喷射出的熔料气泡多，不连续流出，说明树脂内含水量高，干燥处理原料不合格。注意干燥处理合格料应在高温（约 120℃）密封容器中保存，同时要立即投入生产。

（4）注射成型工艺参数　注射成型聚碳酸酯制品生产工艺参数参考值见表 15-25。

（5）工艺操作要点

1）干燥去湿处理后的原料含水量应低于 0.03%，干燥料应立即投入注射机内生产。加入料斗内的料，要有不低于 100℃的加热保温装置。

2）在注射机内塑化的熔料，应先对空注射，检查原料塑化质量和含水量。如果流出的料不是均匀无色，光亮无银丝、无气泡细条料，而是喷出珠状形或细条料中带有气泡料，说明原料中含水量过高，不符合生产要求，应对原料重新干燥，检查控制料中水分含量一定要小于工艺要求量。

表 15-25 聚碳酸酯注射成型工艺参数

树脂名称		普通料	普通料	难燃料	玻璃纤维增强料
干燥处理	温度/℃	110～120	110～120	—	—
	时间/h	20～25	20～25	—	—
注射机类型		柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速/(r/min)		—	20～50	40～100	60
塑化机筒温度/℃	前	270～300	240～290	270～310	300～310
	中	—	230～270	270～310	280～290
	后	260～290	220～250	250～290	260～280
喷嘴结构		直通式	直通式	—	—
喷嘴温度/℃		240～250	230～250	260～310	290～300
模具温度/℃		80～120	80～120	80～110	90～100
注射	压力/MPa	100～150	80～130	50～150	60～140
	时间/s	1～5	1～5	1～25	15
保压	压力/MPa	40～50	40～50	—	—
	时间/s	20～80	20～80	—	—
降温固化时间/s		20～50	20～50	5～40	20
成型制品周期/s		50～130	50～130	—	—
分解温度/℃		>310	>310	—	—
熔点/℃		220～230	220～230	—	—
制品收缩率(%)		0.5～0.8	0.5～0.8	—	—

3）注射熔料温度控制在 250～310℃范围内。当制品外形尺寸出现收缩或不完整、不光泽、银丝紊乱的现象，说明料温偏低；如果制品表面出现暗褐色，有飞边或有银丝暗条、斑点、气泡现象，说明料温度偏高。一般的温度控制规律是：薄壁（2mm 以下）制品成型熔料温度略高些；厚壁（大于 10mm）制品成型熔料温度略低些。柱塞式注射机的机筒温度比螺杆式注射机的机筒温度控制略高些。

4）喷嘴部位应单独进行温度控制，温度可比机筒温度略低些，也可与机筒温度相同。

5）机筒后部（加料段）温度应大于 230℃，一般应控制在 PC 料软化温度以上，以减少推料向前移动的阻力和注射压力的损失。

6）成型模具温度比较高，一般控制在 80～120℃范围内。薄壁制品温度略低些（约 80～100℃），厚壁制温度略高些（一般在 100～120℃）。模具温度过高（大于 120℃），制品不能很快冷却定形，使生产周期延长，而且易使制品因脱模困难而变形；模具温度偏低，制品易产生较大应力而使外形开裂，也容易造成熔料充模困难，使制品外形尺寸有缺陷或出现收缩率大、波纹和暗条等质量问题。

7）塑化原料用螺杆背压力约为 10MPa。背压力大，延长原料塑化时间，熔料容易分解；背压力小，熔料塑化质量难保证，料中气体不易排出，成型制品质量难保证。

8）注射压力。螺杆式注射机注射压力控制在 80～130MPa 范围内，柱塞式注射机则控制在 100～160MPa 范围内。由于熔料黏度较大，对于制品形状复杂、薄壁、模具熔料流道

较长的制品，应采用高压快速注射方式。这对熔料充模有利，但容易混入空气，产生应力大，制品易出现裂纹。一般结构制件的熔料成型注射，多选用低压慢速注射，以减少制品应力的产生，但这个低压慢速值的选择，还应以熔料入模顺利和制品质量合格为准。

9）注射速度的选择。应注意其对制品质量的影响。如果制品表面出现银丝、旋纹和变色条纹，这说明注射速度过快，应适当减小注射速度。

10）保压压力和保压时间的确定。为了减少制品内应力的产生，得到性能良好的注塑制件，应采用低保压压力和较短的保压时间。但保压时间过短，制品又易出现收缩或出现收缩空洞。对于面积大、壁厚的制品，应使保压时间延长些，这样可增加制品密度，消除真空泡，使制品结构尺寸较稳定。

11）注塑带有嵌件的制品。嵌件放入模具前应在 110 ~ 130℃烘箱中进行预热处理，以避免因嵌件与塑料在高温与低温时热胀冷缩系数变化相差太大，引起注射成型时嵌件周围形成较大内应力而造成的开裂现象。

12）成型脱模后的注塑件应进行热处理。目的是为了消除或降低制品成型过程中所产生的内应力。热处理方法：将制品放入 120 ~ 140℃的油、水、液体石蜡或热风循环烘箱等任一种加热环境中，加热 8 ~ 24h［壁厚制品（20mm 以上）取长时间；薄壁制品（5mm 以上）取 8h］，然后缓慢降至室温（注意：不可降温过快，否则会重新产生内应力）。热处理后的注塑件，既可避免了因有内应力而产生开裂现象，又可使制品的拉伸强度、弯曲强度、硬度和热变形温度都得到不同程度的提高。

15.4.9　聚甲基丙烯酸甲酯注射成型

（1）工艺特性

1）聚甲基丙烯酸甲酯（也可称为有机玻璃，缩写代号为 PMMA）吸湿性大，由于含水量高，树脂投产前必须进行去湿干燥处理。

2）树脂熔点为 160℃，熔体不易分解，分解温度为 270℃。

3）熔体流动性能为中等，注入模腔易发生填充不良、黏模、收缩和有熔接痕等现象。

4）成品耐磨性能差、易脆裂。

（2）注射机类型选择　PMMA 树脂成型，可用螺杆式，也可用柱塞式注射机。喷嘴为直通式结构，要求喷嘴孔直径较大（常用值为 5 ~ 7mm）。

（3）原料准备　原料吸湿性大，生产前在 85 ~ 90℃烘箱内干燥处理 2 ~ 6h，要求树脂含水量小于 0.03%。

（4）注射成型工艺参数　注射成型聚甲基丙烯酸甲酯制品生产工艺参数参考值见表 15-26。

表 15-26　聚甲基丙烯酸甲酯注射成型工艺参数

干燥处理	温度/℃	80 ~ 90	80 ~ 90
	时间/h	2 ~ 6	2 ~ 6
注射机类型		螺杆式	柱塞式
螺杆转速/(r/min)		20 ~ 40	—
塑化机筒温度/℃	前	180 ~ 210	210 ~ 240
	中	190 ~ 230	—
	后	180 ~ 200	180 ~ 200

（续）

喷嘴结构		直通式	
喷嘴温度/℃		180 ~ 200	180 ~ 200
模具温度/℃		40 ~ 80	40 ~ 80
注射	压力/MPa	80 ~ 120	80 ~ 130
	时间/s	1 ~ 5	1 ~ 5
保压	压力/MPa	40 ~ 60	40 ~ 60
	时间/s	20 ~ 40	20 ~ 40
降温固化时间/s		20 ~ 40	20 ~ 40
成型制品周期/s		50 ~ 90	50 ~ 90
分解温度/℃		>270	>270
熔点/℃		160	160
制品收缩率(%)		0.5 ~ 0.7	0.5 ~ 0.7

（5）工艺操作要点

1）原料吸湿性强，生产前必须对原料进行干燥去湿处理后才能投产。

2）原料塑化温度可控制在 160 ~ 230℃范围内。用较高的熔体温度注射，改善流动性，注射入模顺利。

3）注射压力控制在 80 ~ 150MPa 范围内。注射压力高些有利于改善制品的收缩率。

4）采用高温、高压方式注射熔料成型 PMMA 制品，对保证注塑制品成型质量有利。

5）模具温度控制在 40 ~ 90℃范围内。采取较高的模具温度对改善制品耐冲击值、耐磨性，减少制品脆裂现象有利。因为模具温度高、熔料充模速度快，可减少熔料接痕出现，改善制品透明度，使制品成型时产生的内应力减小。

6）为保证制品成型质量，成型模具内浇注流道表面应光洁，脱模斜度应适当加大，并应设置排气孔，防止制品脱模困难和出现起泡现象。

7）为减少和消除制品成型时产生的内应力，脱模后的制品应在 70 ~ 80℃热风循环烘箱中处理 4h，然后缓慢冷却降温至室温。

检测制品热处理后的内应力大小，可采用下列两种方法：

① 偏振光检验法。利用塑料制品的透明度，检测时把被检测制品置于偏振光镜片之间，然后从镜上观察制品表面彩色光带面积大小来确定制品内应力发生的范围大小。光带面积越大，说明内应力范围越大。这种检验方法可用于各种透明塑料制品的检验。

② 溶剂浸渍法检验。将被检验制品浸在苯（或四氯化碳、甲醇、乙醇等）溶剂内，然后按制品产生龟裂所需的时间来判断应力大小。时间越长说明应力越小。5 ~ 15s 内开裂的说明该制品内应力很大，如果 1 ~ 2min 还未见开裂，说明内应力较小。

15.4.10 聚对苯二甲酸乙二醇酯注射成型

（1）工艺特性　聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）是一种典型的结晶聚合物，熔点明显，为 255 ~ 265℃。易吸水水解，生产前必须进行去湿干燥处理；树脂熔融塑化温度范围窄（260 ~ 300℃），熔体流动性好，喷嘴需加防流延装置，成型工艺性差；模具温度控制要准确、波动小，否则制品易出现翘曲、变形等质量问题；成型制品尺寸稳定性差，收缩率比较大、性脆、脱模后的制品应进行热处理以消除内应力。

（2）注塑制件结构条件

1）制品壁厚要大于 2mm，过薄的 PET 制品成型困难；过厚时制品易出现翘曲、缩孔现象，这既浪费材料，又会延长注射成型周期。为减少内应力的产生，要求制品的壁厚尽量均匀。

2）为防止制品变形，较大平面处应设置加强肋。

3）制品的结构尽量简单些，平面应平整光滑；为了避免出现应力集中现象，结构中要避免有尖角，两平面交接处应有圆弧过渡，圆弧 R 应是制品厚度的 70% ~80% 。

4）脱模斜度应大于 1°，以方便制品脱模。

（3）注射机类型选择　PET 制品注射成型，可用螺杆式注射机，也可用柱塞式注射机。目前，以选用螺杆式注射机最多。而用玻璃纤维增强的 PET 料注塑制品，必须用螺杆式注射机。螺杆结构，一般采用突变型螺杆，头部设有止逆环，长径比为 15 ~20，压缩比为 2 ~ 2. 5。注塑玻璃纤维增强 PET 料，要求螺杆工作面硬度高，同时还应耐磨损，以防止因螺杆磨损快而缩短使用时间。

注射机喷嘴结构，可采用直通式小孔径喷嘴，也可用自锁式喷嘴。喷嘴部位要有独立的控温装置。

（4）原料准备　PET 料易吸湿，易吸水水解。生产时原料要先在 120 ~150℃烘箱中干燥处理 5h 以上，使原料含水量低于 0. 03% 。

PET 料国内有多家生产。上海涤纶厂产 SD-102、SD-103 牌树脂，力学性能、电绝缘性、化学性能、尺寸稳定性均较好。可用于仪表、汽车、电器和机械工业中的接插件、线圈骨架、电解槽、开关、电磁阀封装件等多种零件注射成型。中国石化燕山石油化工分公司产 BG-77、BG-81、BG-89、BG-95 等牌号料，可用于瓶类制件的生产，采用注射-拉伸-吹塑方式成型。

（5）注射成型工艺参数　注射成型 PET 制品生产工艺参数参考值见表 15-27。

表 15-27　PET 注射成型工艺参数

树 脂 名 称		普通 PET	玻璃纤维增强 PET
干燥处理	温度/℃	120 ~130	120 ~130
	时间/h	5 ~8	5 ~8
注射机类型		螺杆式	螺杆式
螺杆转速/(r/min)		20 ~40	20 ~40
塑化机筒温度/℃	前	260 ~280	270 ~290
	中	260 ~270	260 ~270
	后	240 ~260	240 ~260
喷嘴结构		直通式	直通式
喷嘴温度/℃		250 ~260	260 ~280
模具温度/℃		100 ~140	50 ~70 或 130 ~140
注射	压力/MPa	80 ~120	60 ~100
	时间/s	1 ~5	—
保压	压力/MPa	30 ~50	—
	时间/s	20 ~50	—
降温固化时间/s		20 ~30	—
成型制品周期/s		50 ~90	—
分解温度/℃		290	—
熔点/℃		250 ~265	—
制品收缩率(%)		—	0. 2 ~1. 00

（6）工艺操作要点

1）原料干燥处理达到工艺要求的含水量指标（0.03%）以下即可，不宜采用过高的加热温度和过长的加热时间，否则原料会变黄，降低熔体流动性，甚至使原料变质。

2）干燥处理后的原料不宜长时间（2h 以上）存放，宜立即投入到带有加热装置（温度 120℃）的料斗内，立即生产。

3）原料塑化温度最高不超过 300℃。熔料温度过高，熔料在喷嘴处流延严重，制品有飞边，颜色变深，强度下降，甚至会引起分解；原料塑化温度也不能过低，过低的塑化温度使原料塑化不均匀，喷嘴容易堵塞，成型制品容易出现外形凹陷、收缩不均和表面无光泽等质量问题。

4）PET 料塑化，采用螺杆式注射机时，塑化螺杆的背压力应低于 3.5MPa。

5）熔料的注射压力控制在 40 ~ 100MPa。增强 PET 熔料注射压力应随玻璃纤维用量的增加和制品壁厚的加大而增加。这时选用的最大注射压力，应以注射熔料入模顺利、成品脱模方便和不出现飞边为准。

6）增强 PET 的注塑模具温度分两种工艺温度控制方案：

① 模具温度为 50 ~ 70℃低模温成型，多为一般常用、无特殊要求、壁厚小于 2mm 制品成型用。

② 模具温度为 130 ~ 140℃高模温成型，多用于制品壁厚大于 2mm，要求制品外观好、力学性能高、耐腐蚀、硬度要求高的制品。

成型模具温度不宜在 70 ~ 130℃范围，否则成型的 PET 制品脱模困难，易出现表面粗糙、有麻点等质量问题。

7）PET 制品脱模后要在 130 ~ 140℃热风循环烘箱中处理 15 ~ 30min，既可消除制品产生的内应力，又可改善或提高制品的透明度。

1. 透明塑料制品注射成型注意事项

透明塑料制品成型常用树脂有聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、聚碳酸酯（PC）和聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）。它们是目前市场上使用比较多的成型透明塑料制品原料。由于这几种塑料工艺性能较特殊（如熔点高、熔体流动性能差），所以，对其注射成型用设备（如注射机，喷嘴和模具）、原料（含水量、纯度及混入杂质多少等）和工艺参数（如机筒塑化原料用温度、模具温度、注射压力和注射速度等）等都要求严格控制。需经多次试验，调整各成型工艺参数，直到生产出合格制品，最后确定最佳工艺方案。透明塑料制品的表面质量应达到不能有斑纹、黑点、变色、雾晕、气孔、泛白及光泽、透明率不高等质量问题。故注射成型透明塑料制品注意事项如下。

1）尽量选取专用注射成型透明塑料制品用注射机，如大连华大机械有限公司生产的 PET 系列瓶坯专用注射机 90PET、260PET 等设备型号。

2）原料的质量应严格控制：不允许混入任何杂质；含水量应小于 0.03%；对于干燥原料时用的循环热风，宜经过滤处理。

3）设备生产前必须对机筒、螺杆、喷嘴和成型模具作清洁处理，塑化熔料流经处不许有任何一点污物或残料。

4）生产中出现故障需停机时，生产线上各设备应立即降温（PC、PMMA 料降温至 160℃以下，PET 料降温至 240℃以下，料斗内 PC 料料温降至 100℃以下），以避免原料在高

温设备中停留时间过长而引起降解。

5）模具结构及使用要求

① 制品壁厚应尽量均匀一致，脱模斜度应方便成品脱模。

② 两平面交接处应成圆弧形过渡。

③ 熔料流道、浇口截面应尽量大些，流程尽量短，必要时应设置冷料槽。

④ 型腔及熔料流道表面粗糙度值 Ra 应不大于 0.8μm。

⑤ 排气孔、穴布置合理，能顺利排出注射熔料时模具中的气体。

⑥ 透明制品壁厚设计应不小于 1mm（PET 制品瓶除外）。

6）生产工艺要求

① 生产用注射机如没有专用设备时，注意必须选用特殊结构专用型螺杆，喷嘴处温度应单独控制。

② 原料塑化温度尽量选高些。

③ 为改善熔料黏度高、注射入模难度增加的不利条件，应对熔料采用较高的注射压力。压力的选择以不影响制品脱模、不产生变形现象为准。

④ 注射速度的选择。在保证成型制品质量的前题下，可尽量慢些。

⑤ 为提高生产率，应避免塑化熔料在机筒内停留时间过长；在成型制品质量得到保证的情况下，注射保压时间和成型周期要尽量缩短。

⑥ 为防止塑化的熔料降解，螺杆转速和背压力应尽量低些。

⑦ 成型模具温度宜采用高模温度。注意温度控制应精确。

2. 透明制品质量分析

影响透明制品透光率的质量问题分析及排除方法见表 15-28。

表 15-28　影响透光率质量问题分析

质量问题现象	产生原因	排除方法
银纹	1）原料中混有较多杂质 2）原料含水分过高 3）塑化熔料温度偏高 4）熔料注射压力低	1）原料过筛清除杂物，必要时换新料 2）干燥原料，使其含水量小于 0.03% 3）适当降低机筒温度 4）酌情增大注射压力
气泡	1）原料含水分高 2）塑化熔料温度过高 3）熔料注射压力低 4）注射保压时间短 5）注射速度偏低 6）模具温度偏低 7）降温固化时间短 8）模具结构不合理	1）原料干燥处理，含水量小于 0.03% 2）降低机筒温度 3）增大注射压力 4）延长注射保压时间 5）适当增加注射速度 6）酌情提高模具温度 7）延长冷却定型时间 8）模具重新设计，注意排气孔安排、加大流通截面、缩短流道长度
表面光泽度差	1）塑化熔料温度低 2）熔料注射压力低，注射速度慢 3）降温固化时间短 4）模具温度偏低，型腔表面粗糙 5）熔料注射系统不通畅	1）提高机筒工艺温度 2）适当增加注射压力，提高注射速度 3）延长模膛内熔料保压降温时间 4）型腔表面重新修磨，降低表面粗糙度值，提高温度 5）修改熔料入模流程（缩短、加宽）
泛白、雾晕	1）原料污染、工作环境粉尘大 2）原料中水分含量高 3）塑化熔料温度高 4）塑化螺杆背压小 5）熔料注射压力低 6）模具温度低	1）清洁工作环境注意原料密封保存 2）原料干燥处理 3）降低机筒温度 4）适当增加螺杆背压 5）增加注射压力 6）提高模具温度

（续）

质量问题现象	产生原因	排除方法
黑点、云状纹	1）原料中有杂质 2）塑化熔料温度高 3）机筒内有残留料或熔料在机筒内停留时间过长	1）过筛清除原料中杂物，必要时换新料 2）降低机筒温度 3）停机，认真清理机筒，喷嘴内残料及污物
浇口处圆周有波纹	1）熔料温度低 2）注射压力不足，熔料流速慢 3）注射、保压时间短 4）模具温度低	1）提高机筒温度 2）提高注射压力和注射速度 3）延长保压冷却定型时间 4）适当提高模具温度

3. 聚酯瓶注射-拉伸-吹塑成型

聚酯是聚对苯二甲酸乙二酯的简称，缩写为 PET。聚酯瓶用于包装容器，有较好的刚性和强度，阻隔性好，对一些有机溶剂及油类有较好的稳定性；最高使用温度可达 120℃，但不耐碱；另外，加工成型容易，制造成本也较低。所以，目前在饮料、食品、化妆品和化学药品中得到广泛的应用。

（1）原料选择　注射-拉伸-吹塑成型瓶用聚酯，在加工生产前必须在 160℃ 温度条件下，采用热风循环方式，干燥处理 4h 左右。要求树脂含水量在 0.01% 以下，原料干燥后应立即投入注射机内生产，不宜长时间存放。中国石化仪征化纤股份有限公司产的瓶成型料有 BG-85、BG-82、BG-78 等牌号。

（2）设备条件　聚酯瓶采用注射-拉伸-吹塑方式成型，应采用往复螺杆式注射机。螺杆的压缩为 2∶1，加料段应略长些，而过渡段和计量段要略短些。

多腔模具应设计成对称分布，热流道与浇口的截面尺寸从中间至两边依次适度增大，以方便熔料流在等量、等压和相同时间内同时充满各型腔。

（3）工艺参数　原料塑化机筒工艺温度：后部为 250 ~ 270℃、中部为 280 ~ 290℃、前部为 270 ~ 290℃。

喷嘴温度：290℃。

注射压力：40 ~ 80MPa；保压压力：30 ~ 40MPa。

（4）工艺操作注意事项

1）注射-拉伸-吹塑成型聚酯瓶应选用 PET 树脂黏度在 0.65 ~ 0.80dL/g 范围，瓶容量小于 1.5L 时取黏度高的树脂，瓶容量大于 1.5L 时取黏度较低些的树脂。

2）原料投产前必须进行干燥处理，干燥处理后树脂中水含量低于 0.01%；干燥后的原料应立即投入注射机中生产，宜选用干燥料斗，以防止树脂与空气接触时间过长时吸收空气中的水蒸气。

3）聚酯瓶的注射-拉伸-吹塑成型生产，可用一步法（热坯法）成型工艺，也可采用二步法（冷坯法）成型工艺。图 15-9 所示是一步法生产 PET 瓶的工艺顺序。从图中可以看出聚酯瓶的生产工艺顺序是：原料在注射机中熔融塑化后注射成型瓶用型坯→型坯加热调温至拉伸吹塑温度→瓶坯拉伸吹胀→瓶制品脱模。

4）树脂在注射机内熔融塑化后的温度不应大于 290℃。用较高的熔料温度注射成型瓶坯，瓶坯的透明度好，但应注意防止熔融料在过高的温度（超过 290℃）中分解。

5）为了改善注射成型瓶坯的透明度，熔料的注射压力应高些，注射后的保压压力应

低些。

6）一步法注射-拉伸-吹塑聚酯瓶坯的温度调控。可先将瓶坯温度降至其拉伸-吹塑工艺温度（约 95℃）后即进行拉伸吹塑成型；也可将瓶坯温度降至低于其拉塑-吹塑工艺温度，间隔一段时间，然后再加热至拉伸-吹塑工艺温度进行拉伸-吹塑成型。第一种生产方式可节省加热能源，第二种生产方式使瓶坯达到热平衡。

7）二步法（冷坯法）注射-拉伸-吹塑聚酯瓶，是将注射成型瓶坯冷却至室温，然后移到另一台设备上（或在异地），瓶坯拉伸-吹塑时采用射频加热或用远红外加热恒温箱加热（不需要加热的瓶颈部分用隔热屏加以保护），加热时瓶坯应缓慢转动，使其均匀受热，达到拉伸-吹塑工艺温度时再进行拉伸吹胀工作。

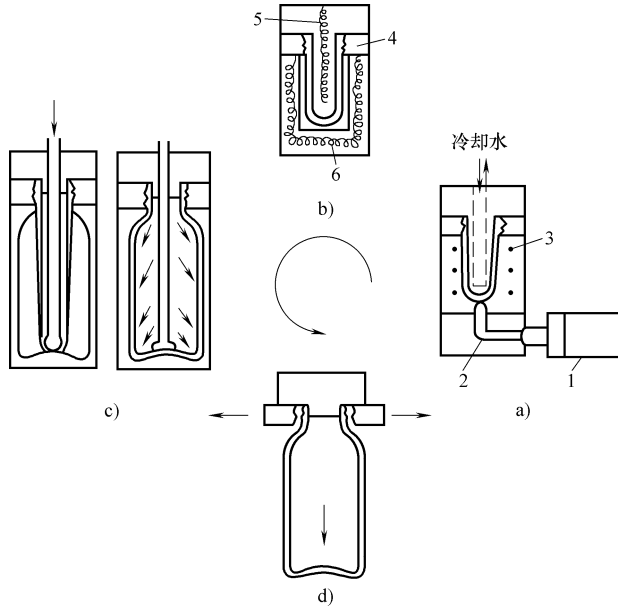


图 15-9　热坯注射-拉伸-吹塑过程

a）注射成型瓶坯工序　b）瓶坯加热控温工序　c）瓶坯拉伸-吹塑工序　d）制品脱模

1—注射用注射机　2—熔料流道　3—冷却水孔道

4—模颈圈　5—加热棒　6—加热筒工序

8）注射机上的喷嘴与模具进料口接触部位要加一层隔热垫，以防止喷嘴降温影响瓶坯底部的透明度。

9）瓶坯的纵向拉伸是液动控制的加热芯棒（拉伸杆）将瓶坯拉长至瓶坯底部与模膛接触（瓶坯的纵向拉伸倍数约为 2 左右），然后吹入压缩空气（空气压力在 2MPa 左右）把瓶坯横向吹胀（为横向拉伸），横向吹胀比约为 4。

10）吹胀后的瓶坯应在吹胀时的压缩空气压力下降温定型，以保证瓶制品成型质量。

11）注意吹胀瓶坯用压缩空气应先进行油水分离处理，以防止成品内壁产生微粒水珠，降低制品质量和卫生标准。

12）成型瓶用模具应采用 0.4MPa 循环冷却水降温。冷却循环水温控制在 2 ~ 15℃范围内，以使制品快速降温，缩短成型生产周期，提高制品透明度。注意冷却水温度控制：壁厚

（4mm 以上）瓶制品采用较低温度；壁薄瓶制品用较高循环水温。

13）注射-拉伸-吹塑成型后的瓶制品，开模前应先将吹胀用的压缩空气排除，以保证开模时的安全。

15.4.11 聚对苯二甲酸丁二醇酯注射成型

（1）工艺特性　聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）是一种有较明显结晶性的聚合物。吸水性差，但高温下对水分比较敏感，所以生产前原料必须进行干燥处理，使其含水量小于0.03%；原料熔融塑化温度范围窄，熔体流动性好，结晶速度快，适合快速注射成型，适宜形状复杂制品成型；其黏度对剪切速率敏感性比对温度的敏感性强；熔料冷却、结晶速度很快，成型周期短；脱模容易；成品收缩率较大，在1.5%～2.3%，制品易出现扭曲变形。

（2）注射机类型选择　PBT 塑料注射成型，可用螺杆式或柱塞式注射机，目前，多采用螺杆式注射机。螺杆结构为等螺距渐变型，长径比为 15～25，压缩比为 2～2.5；喷嘴用自锁式结构，温度独立控制。

（3）原料准备　生产前原料在 120℃热风循环烘箱中干燥处理 7～8h，使原料的含水量低于 0.02%。用于注射成型聚对苯二甲酸丁二醇酯制品用原料，国内有多个厂家生产。如上海涤纶厂产蝶牌 PBTP 中的 SD200（纯 PET 树脂）、SD202、SD2015（增强级）、SD-210（阻燃级）、SD-211（增强阻燃级）、SD-213（增强阻燃级，30% 玻璃纤维）等。

干燥后的原料应及时投产，暂不用时应存放在 100℃左右的保温箱内；投入注射机料斗内也应有加热（100℃左右）保温装置。

（4）注射成型工艺参数　注射成型 PBT 制品生产工艺参数参考值见表 15-29。

表 15-29　PBT 注射成型工艺参数

树脂名称		纯 PBT	玻璃纤维增强 PBT
干燥处理	温度/℃	120	120
	时间/h	4～8	4～8
注射机类型		螺杆式	螺杆式
螺杆转速/(r/min)		20～40	20～40
塑化机筒温度/℃	前	230～240	230～240
	中	230～250	240～260
	后	200～220	210～220
喷嘴结构		自锁式	自锁式
喷嘴温度/℃		200～220	210～230
模具温度/℃		50～80	70～140
注射	压力/MPa	60～90	80～120
	时间/s	1～3	2～5
保压	压力/MPa	30～40	40～50
	时间/s	10～30	10～20
降温固化时间/s		15～30	15～30
成型制品周期/s		30～70	30～60
分解温度/℃		280	280
熔点/℃		224～227	224～227
制品收缩率(%)		1.5～2.3	1.5～2.3

（5）工艺操作要点

1）原料投产前必须进行干燥处理，使其含水量小于 0.02%。干燥方法：可在 120℃热

风循环烘箱中干燥处理，也可在 150℃的吸湿干燥器中干燥处理 2.5h。干燥后的原料应立即投入生产。料斗宜设加热装置（温度不小于 80℃）。

2）为防止制品变形，制品壁厚应尽量均匀，在工作强度保证的条件下壁厚应尽量薄些。平面交接处应有圆弧过渡，圆弧半径应大于 1mm。

3）模具中的熔料流通截面（通常直径为 1.5mm）要大且流程应短，以减少注射压力的损失。

4）生产前应把机筒、喷嘴清理干净，不允许有污物或残料。

5）注意注射机规格的选择。其注射成型制品的用料量应是注射机最大注射料量的 60% ~80% 。既可避免塑化熔料在机筒内停留时间过长而造成分解，也可防止造成过多的能源浪费。

6）原料塑化温度控制在 240 ~260℃范围内，喷嘴温度应比熔料温度略低些。熔料温度过低，原料塑化不均匀；塑化温度过高，熔料易流延，制品出现飞边，有时颜色会变深。

7）熔料注射压力控制在 40 ~120MPa 范围内。由于熔料黏度低，流动性好，所以多采用中等注射压力。过高的注射压力，制品易出现飞边，模具也易损坏，而且制品脱模也较困难。

8）由于 PBT 熔料结晶速度非常大，所以要求熔料注射速度应快些，以避免成型制品出现熔接线或开裂。

9）模具温度控制在 40 ~100℃范围内，一般多采用较低的模具温度。但过低的模具温度易使制品引起收缩变形，一般控制在 80℃左右为宜。过高的模具温度使制品成型周期延长，还会加大制品的成型收缩率。

10）生产中可加入 25% 边角料与新料混合使用，但边角料必须干净并经过干燥处理后再投产。

11）由于制品的脱模性好，为保持制品的表观质量，一般不用脱模剂。对于制品形状复杂、脱模困难的制件，可在成型型腔面上喷涂少量有机硅类脱模剂。

12）因出现故障需要停机时，应先将机筒降温至 200℃后才能停机。如果停机时间超过 30min，除应把机筒内熔料降温排空外，还需用 PE 或 PP 料清洗机筒，以避免 PBT 料因过热而分解。

13）注射成型 PBT 制品，一般不需进行后处理。要求制品结构尺寸稳定性较高时，可将制品在 120 ~150℃温度下处理 1 ~2h。

15.4.12　聚砜注射成型

（1）工艺特性

1）树脂吸湿性小，但易水解，原料投产前需进行干燥去湿处理，处理后的原料含水量应小于 0.05% 。

2）塑化熔体料黏度高、流动性差，控制熔料黏度是成型制品的关键。用提高熔料温度来改善其流动性。

3）熔料热稳定性好，360℃时，才开始分解。

4）熔料冷却降温快，宜采用高温、高压注射成型。要求成型模具要有足够的强度和刚性。

5）成型模具流道应尽量短，应设有冷料槽，浇口尺寸取制件壁厚的 1/2 ~ 1/3。

6）脱模后的制品应进行热处理，以消除内应力，减少制品变形。

（2）注射机类型选择　聚砜制品注射成型，可采用螺杆式或柱塞式注射机，目前多采用螺杆式注射机。螺杆结构为等距渐变型。喷嘴结构为延伸式（见图 14-48b），温度要单独控制。

（3）原料准备　聚砜虽然吸湿性很小，但树脂中的微量水分在高温下也会对制品性能和外观质量（产生银丝、斑纹、气泡及开裂）产生影响。所以，生产前原料必须在 120 ~ 140℃热风循环烘箱中干燥处理 5h 左右，使其含水量小于 0.05%。干燥后的原料应立即投入生产，并做好保温工作，防止其再吸湿。

带有颜色的聚砜制品，采用螺杆式注射机成型时，可将颜料与粒料混合搅拌均匀后进行干燥处理，然后直接投产。

带有嵌件的聚砜制品，嵌件放入模具前应在 150℃左右温度中预热，以减少注射成型后嵌件周围内应力的产生。注意嵌件与塑料结合部位应呈圆弧面接触，避免有尖角。

国内聚砜生产厂家有：上海曙光化工厂、大连塑料一厂和天津合成材料厂等。

（4）注射成型工艺参数　注射成型聚砜制品生产工艺参数参考值见表 15-30。

表 15-30　双酚 A 型聚砜（PSU）注射成型工艺参数

树脂名称		PSU		PSU	玻璃纤维增强 PSU
干燥处理	温度/℃	120	160	165	—
	时间/h	5	2 ~ 3	1 ~ 4	—
注射机类型		螺杆式		螺杆式	螺杆式
螺杆转速/(r/min)		50 ~ 100		28	20 ~ 30
塑化机筒温度/℃	前	340 ~ 360		310 ~ 330	300 ~ 320
	中	350 ~ 360		280 ~ 300	310 ~ 330
	后	320 ~ 340		260 ~ 270	290 ~ 300
喷嘴结构		直通式		直通式	直通式
喷嘴温度/℃		320 ~ 340		290 ~ 310	280 ~ 300
模具温度/℃		80 ~ 150		130 ~ 150	130 ~ 150
注射	压力/MPa	100 ~ 200		80 ~ 200	100 ~ 140
	时间/s	1 ~ 5		1 ~ 5	1 ~ 5
保压	压力/MPa	30 ~ 100		30 ~ 100	40 ~ 50
	时间/s	30 ~ 90		30 ~ 90	20 ~ 50
降温固化时间/s		30 ~ 60		30 ~ 60	20 ~ 50
成型制品周期/s		50 ~ 160		65 ~ 160	50 ~ 110
分解温度/℃		360		360	360
熔点/℃		—		—	—
制品收缩率(%)		0.6 ~ 1		0.6 ~ 1	—

（5）工艺操作要点

1）由于原料中的微量水分在高温条件下也会对制品性能和外观质量产生影响，所以原

料投产前必须进行干燥处理。处理后的原料立即投入生产。

2）原料塑化温度控制在 250～360℃范围内。温度偏低时原料塑化不均匀，注射充模困难，制品容易出现熔流痕、凹陷、发脆和强度下降等质量问题；塑化原料温度过高，对降低熔料黏度有利，但会使制品的冲击强度下降，使制品的外观出现气泡、黑色条纹和色泽变深等缺陷。

3）模具温度应控制在 80～150℃范围内。薄壁（5mm 以下）制品成型用模具温度为 80～120℃；壁厚（5mm 以上）制品成型用模具温度为 130～150℃。模具温度过高，制品成型周期延长，制品脱模易变形，但可减少制品内应力。

4）成型模具应有足够的强度和刚度，熔料流道应短些，应设冷料槽。

5）注射压力在 80～200MPa 范围内。由于聚砜塑化熔料黏度高、流动性差，所以注射压力要比较高。如果注射压力较低，则熔料充模不好，制品表面会出现波纹、凹痕、气孔等质量问题；但注射压力也不能太高，过高的注射压力会使制品出现飞边，脱模困难，内应力增大，这样也会增加能源消耗，甚至使模具损坏。一般选择注射压力的规律是：薄壁、形状复杂、熔料流程长、进料口直径小时选用较高的注射压力，反之可低些。

6）成型制品脱模后应进行退火热处理。目的是为消除制品成型时产生的内应力，以避免使用时出现翘曲变形或开裂现象。热处理方法：把脱模的制品浸入 160℃甘油中 0.5～1h；也可放在 160℃热风循环烘箱中 1～4h。热处理时间，一般是壁厚、大型制品处理时间较长，而壁薄小型制品处理时间较短。

7）设备清洗，分生产前清洗和生产中清洗。生产前清洗是为清除前期生产黏附在机筒和螺杆上的残料和污物；生产中对设备清洗是为清除分解料黏附在设备上的残料，以避免生产过程中由于这些残料分解而使制品表面出现黑纹和黑点等质量问题。

清洗机筒时应按机筒内存料的品种来决定清洗方法：如果为聚氯乙烯热敏性树脂，清洗时先用清洗剂或其他树脂（如 PE 料）将机筒内 PVC 料清洗干净，然后将机筒升温至 240℃左右，再用对温度不敏感的聚碳酸酯树脂清洗；当机筒温度升高至 270℃左右时，加入聚砜，将机筒内的聚碳酸酯残料清洗干净。如果注射机前期生产用的是聚碳酸酯料，由于其塑化与聚砜塑化温度接近，两者又都是热稳定性比较好的材料，这时可直接向机筒内加聚砜树脂，升温至聚砜塑化用工艺温度，直至将聚碳酸酯料清洗干净。

15.4.13　聚苯醚注射成型

（1）工艺特性

1）聚苯醚为白色颗粒，密度为 1.07g/cm^3，熔点为 268℃。其熔体黏度高、流动性差、冷却速度快、加工成型困难。

2）熔料温度达到 330℃时开始分解。

3）原料对水分敏感，微量水分在原料中会导致制品表面出现银纹等不光滑现象。所以生产前原料应进行干燥处理。

4）塑化熔料抗氧化性能差，在空气中 200℃就开始氧化降解，分解时产生腐蚀性气体。

5）实际生产中多采用 PPO 的混合料（MPPO）。如用 PS 改性 PPO，这既可改善加工性能，又可使制品的应力开裂性和冲击性能得到改善。

（2）注射机类型选择　聚苯醚注射成型多选用螺杆式注射机，螺杆结构为等距渐变型，

长径比为 15，压缩比为 2.5 ~ 3.5。喷嘴部分要独立控温，结构为通用延长型（见图 14-48b）。

（3）原料准备

1）聚苯醚的吸水率很低，在 0.06% 左右，可不用进行干燥处理而直接投产；但树脂中的微量水分也会导致制品表面出现银丝等不光滑现象。所以为保证制品外观质量，树脂投产前需在 110℃左右热风循环烘箱中处理 2h。

2）注塑级聚苯醚与苯乙烯系聚合物组成的塑料合金，牌号有 M104、M105、M106；还有在合金内加入 20% 玻璃纤维增强型 PPO，牌号有 M109-G20。国内生产单位有北京化工研究院、广东金发工程塑料公司、上海瑞邦工程塑料有限公司等。

（4）注射成型工艺参数　注射成型 PPO 制品生产工艺参数参考值见表 15-31。

表 15-31　PPO 注射成型工艺参数

树脂名称		普通 PPO	改性增强 PPO	改性 MPPO
干燥处理	温度/℃	100 ~ 120	120 ~ 140	120 ~ 140
	时间/h	2	2 ~ 4	2 ~ 4
注射机类型		螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速/(r/min)		25 ~ 40	—	60 ~ 70
塑化机筒温度/℃	前	280 ~ 300	285 ~ 295	275 ~ 285
	中	280 ~ 300	285 ~ 295	275 ~ 285
	后	240 ~ 280	270 ~ 280	255 ~ 265
喷嘴结构		延长型	延长型	延长型
喷嘴温度/℃		280 ~ 300	285 ~ 295	275 ~ 285
模具温度/℃		80 ~ 120	80 ~ 120	90 ~ 110
注射	压力/MPa	100 ~ 140	100 ~ 140	120 ~ 135
	时间/s	1 ~ 5	—	—
保压	压力/MPa	40 ~ 80	—	—
	时间/s	15 ~ 60	—	—
降温固化时间/s		15 ~ 60	—	—
成型制品周期/s		40 ~ 140	—	—
分解温度/℃		330	—	—
熔点/℃		268	—	—
制品收缩率(%)		0.65 ~ 1	0.3	0.6

（5）工艺操作要点

1）制品外观质量要求严的注塑件，原料投产前应进行干燥处理，但注意干燥温度不能过高（不大于 150℃），以避免原料颜色发生改变。

2）PPO 是非结晶料，熔体流动性差，对温度敏感，成型较困难，要求制品厚度应大于 0.8mm，形体结构应尽量避免有缺口和锐角。

3）注射喷嘴孔直径应大些。

4）加入玻璃纤维改性增强 PPO 料，塑化熔体流动性下降，注射时的熔料温度和压力应适当提高些。

5）模具各部位加热温度应分布均匀，以减少制品成型内应力的产生。

6）模具中熔料流道和浇口直径（或截面尺寸）应尽量大些，流程应短些，以方便熔料顺利充模。

15.4.14　聚苯硫醚注射成型

（1）工艺特性

1）聚苯硫醚是一种综合性能优异的热塑性结晶树脂，塑化熔体流动性好，成型加工性好，可用各种加工方法成型。

2）纯聚苯硫醚树脂难以注射成型，多加入填充料或加入玻璃纤维增强后，注射成型各种设备用零配件及形状复杂的薄壁精密制件。

3）树脂熔点高达 280～290℃，分解温度高于 600℃。

4）注塑制品结构尺寸稳定性好，成型制品收缩率低，吸水性小。

5）注塑制件脆性大，延伸率低、韧性差，熔接强度不好。

6）树脂熔点高，熔融塑化料易与空气中氧发生热氧化交联反应而使黏度不稳定。

（2）注射成型工艺参数　注射成型聚苯硫醚制品生产工艺参数参考值见表 15-32。

表 15-32　聚苯硫醚注射成型工艺参数

干燥处理	温度/℃	120～150	注射	压力/MPa	80～130
	时间/h	3～5		时间/s	1～5
注射机类型		螺杆式通用型注射机	保压	压力/MPa	40～50
螺杆转速/(r/min)		20～30		时间/s	10～30
塑化机筒温度/℃	前	300～310	降温固化时间/s		20～50
	中	320～340	成型制品周期/s		40～90
	后	260～280	分解温度/℃		>600
喷嘴结构		直通式	熔点/℃		280～290
喷嘴温度/℃		280～300	制品收缩率(%)		0.08～0.20
模具温度/℃		120～150			

（3）工艺操作要点

1）注射成型聚苯硫醚制品应选用螺杆式通用型注射机。

2）PPS 料虽然吸湿性很小，但改性用的填充料或玻璃纤维会含有少量水分，所以原料投产前必须在 120～140℃热风循环烘箱中干燥处理 3～5h。

3）由于塑化熔料降温固化较快，所以注射应选用较高的注射压力和较快的注射速度。

4）为使熔料能顺利充模，注意模具中应设有排气孔。

5）为方便制品脱模，注意模膛内的脱模斜度应略大些。浇口应采用边部型、针尖型或扇形。这是因为 PPS 制品硬度高、成型收缩率小，不能选用潜伏型浇口。

15.4.15　双色塑料制品注射成型

注射成型双色或混色塑料制品是将同一种原料分别混合配制成两种不同的颜色，并由两台相同结构、相同规格的注射机分别塑化注射两种颜色的熔料，然后 经由一个喷嘴注入成型模具内。成型的塑料制品有分色的、混色的或者是无规则花纹的，其外观效果是普通注射成型及表面修饰所无法得到的。

两台相同规格注射机中塑化熔料的交替经喷嘴注射完成，由塑化机筒和喷嘴间的程序控

制阀动作控制。这种双色注射机结构如图 15-10 所示。

如果在图 15-10 所示注射机的喷嘴内加入一个能够旋转的芯棒，塑化注射时，两个塑化注射装置能够同时间、同料量、同压力、同注射速度将两种不同颜色的熔料经由同一个旋转芯棒喷嘴注入到成型模具内，这样，可以制得不同花纹图案的注塑制品。

图 15-11 所示是一种成型模具可以绕中心轴旋转换位的注射机结构示意图。它由两套规格相同、结构形式也相同的塑化注射装置和模具装置组成。这种结构注射机的工作方法如下。两台塑化注射装置同时完成第一次注射后，两套相同结构的成型模具绕中心轴旋转 180℃换位，然后再第二次分别由两套注射装置注入不同颜色的熔料于成型模具内。通过这种分两次完成不同颜色熔料注入同一成型模具内的动作，可得到双色注塑制品。

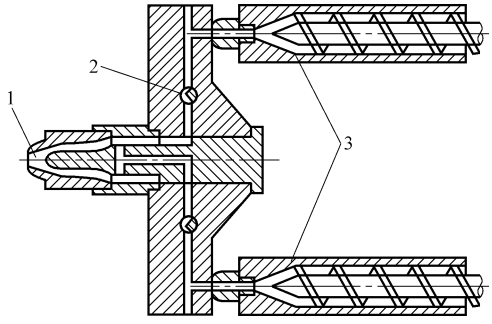


图 15-10　双色注射装置结构示意
1—喷嘴　2—控制阀　3—塑化注射装置

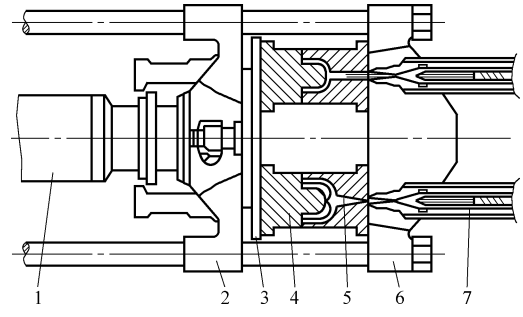


图 15-11　成型模具旋转换位双色注射机
1—锁模液压缸　2—动模板　3—旋转盘　4—型芯
5—型腔　6—定模板　7—塑化注射装置

注射成型双色制品生产工艺特点如下。

1）双色注射机由两套结构、规格完全相同的塑化注射装置组成。喷嘴按生产方式需要应具有特殊结构，或配有能旋转换位的结构完全相同的两组成型模具。塑化注射时，要求两套塑化注射装置中的熔料温度、注射压力、注射溶料量等工艺参数相同，要尽量缩小两套装置中的工艺参数波动差。

2）双色注射成型塑料制品与普通注射成型塑料制品比较，其注射时的熔料温度和注射压力都要采用较高的参数值。主要原因是双色注射成型中的模具流道比较长，结构比较复杂，注射熔料流动阻力较大。

3）双色注射成型塑料制品要选用热稳定性好、熔体黏度低的原料，以避免因熔料温度高，在流道内停留时间长而分解。应用较多的塑料是聚烯烃类树脂、聚苯乙烯和 ABS 料等。

4）双色塑料制品在注射成型时，为了使两种不同颜色的熔料在成型时能很好地在模具中熔接，保证注塑制品的成型质量，应采用较高的熔料温度，较高的模具温度，较高的注射压力和注射速率。

15.4.16　热固性塑料注射成型

热固性塑料在一定的温度条件下，能软化成熔融态，降温后形状固定、变硬；但是，如果把这种变硬的固体再加热升温，则再不能熔融软化（这是与热塑性塑料不同之处）。这说

明这种塑料在第一次升温加热时，内部已经发生化学变化。常见的热固性塑料有酚醛、氨基塑料（脲甲醛、三聚氰胺甲醛和三聚氰胺酚醛）和环氧树脂等。

（1）热固性塑料成型方法　热固性塑料的注射成型工艺程序与热塑性塑料注射成型的工艺程序相同，但工艺参数条件不同。常用成型注射机可用柱塞式注射机，也可用螺杆式注射机。注射成型方法（以螺杆式注射机为例）如下。把热固性塑料加入塑化机筒内，加热的塑化机筒和转动的螺杆使原料熔融塑化呈熔融态，这时在原料中产生的是一种物理反应。然后被转动的螺杆推动前移至螺杆头部，熔料达到注射量时，螺杆前移以较高的注射压力及注射速度把熔料注入成型模内。此时，模具内的熔料在高压、高温条件下与同时加入的固化剂作用发生交联反应，此种化学反应同时释放出水、氨等低分子物质。待熔料降温硬化后，即可从成型模具中取出，成为热固性塑料的注射成型制品。

（2）热固性塑料注射成型制品工艺特点

1）热固性塑料在机筒内的塑化温度应严格控制。一般多用恒温控制的热水循环加热塑化机筒，机筒温度控制在 90℃左右。温度偏低时原料塑化不均匀，熔料流动性差；温度偏高时又会使熔料流动性变小，甚至发生硬化。注射时熔料与喷嘴间的摩擦产生热量，这时的料温应在 100 ~ 130℃之间。注入成型模具内的熔料温度应控制在 160 ~ 170℃。

2）热固性熔料在成型模具内，在高压、高温作用下交联反应时有低分子物析出，要求模具的锁模机构能满足排气动作，也就是让锁模机构既要保证熔料高压注入的锁模力，又要因原料化学反应工艺需要，能及时开模排放气体。

3）热固性塑料在机筒内塑化停留时间不能过长，加热塑化温度也不能有较大的温度波动差，以防止熔料提前固化。对螺杆的结构要求为压缩比为 0. 8 ~ 1. 2，长径比为 12 ~ 16，螺旋槽深度比热塑性塑料塑化用螺旋槽深些，螺杆头部为 60°锥形，一般常设有逆止环。

4）热固性塑料注射成型时，熔料的注射压力比热塑性塑料的注射压力高，这是由于热固性塑料熔融后黏度比较大，而且这种黏度在高温下会随时间的延长而急剧增加。所以，为了保证熔料能够完全充模，必须采用高压快速充模。这种高压注射和高压保压对成型热固性塑料制品结构尺寸稳定和有一定的密实度也有益处。但是，这种高压注射会使制品产生较大的内应力，制品易产生裂纹、气孔和飞边等缺陷。所以，注射压力大小的选择应以满足黏流熔料完整充模即可，不应选取过高的压力值。

5）热固性塑料制品多数是以树脂和填料为基础，再加入其他一些添加剂注射成型的。这种由多组分组成的原料，其熔料有较好的流动性和有较宽的塑化温度范围，并能在较低温度条件下塑化。另外，要求原料的热稳定性好，在塑化机筒内停留时间较长时不能发生固化反应；进入成型模具后，要能迅速固化，以缩短注塑制品的成型周期。

（3）热固性塑料注射成型制品工艺

表 15-33 中列出几种热固性塑料注射成型塑料制品用工艺参数，可供生产时参考。

PF 是酚醛塑料，它是热固性塑料中应用最多的一种注射成型塑料制品用材料。这种塑料成型时多用木粉或纤维素作填充料。成型用酚醛熔料流动性好，加热时间范围也较宽。

氨基塑料中的脲甲醛 UF、三聚氰胺甲醛 MF 及三聚氰胺酚醛都可以用来注射成型制品。这种原料塑化时要求加热时间短，所以应采用较高的注射速度。但要注意高速注射成型会引起制品产生应力，容易使制品产生裂纹。这种原料的熔体固化条件要求较高，注射成型过程中对塑化机筒的加热温度和成型模具温度的波动应严格控制。

表 15-33 常用热固性塑料的注射成型工艺参数

项目		PF	UF	MF	UP	EP	DAP
机筒温度/℃	加料段	60 ~ 70	50 ~ 60	50 ~ 60	20 ~ 40	20 ~ 40	40 ~ 60
	计量段	70 ~ 95	80 ~ 90	80 ~ 90	70 ~ 90	70 ~ 90	80 ~ 90
模具温度/℃		100 ~ 150	120 ~ 150	135 ~ 160	170 ~ 180	170 ~ 190	160 ~ 170
树脂熔体温度/℃		110 ~ 125	—	—	100 ~ 110	—	100 ~ 110
喷嘴温度/℃		90 ~ 100	75 ~ 100	85 ~ 100	—	—	—
螺杆转速/(r/min)		40 ~ 75	45 ~ 55	45 ~ 55	30 ~ 55	—	20 ~ 50
螺杆背压/MPa		0 ~ 0.69	0 ~ 0.49	0.20 ~ 0.49	—	—	—
注射压力/MPa		100 ~ 140	60 ~ 80	60 ~ 80	90 ~ 150	—	50 ~ 150
注射时间/s		2 ~ 10	3 ~ 8	3 ~ 12	5 ~ 10	—	5 ~ 10
保压时间/s		5 ~ 25	5 ~ 15	5 ~ 20	5 ~ 30	—	—
固化时间/s		15 ~ 90	15 ~ 40	20 ~ 70	15 ~ 60	—	15 ~ 60

UP 是不饱和聚酯，这种塑料用于注射成型的品种有 SMC 和 UP。它们注射成型塑料制品的成型性和工艺性均较好。

EP 是环氧树脂，这种塑料熔体注入成型模具后，可在很宽的温度范围内迅速或缓慢固化，这与选用的固化剂和环氧体系有关。制品的壁厚对固化时间影响小，制品成型后收缩小，约为 0.1%，但流动方向与垂直方向相差约 3%。

DAP 是苯二甲酸二丙烯酯塑料（可分为邻苯二甲酸二丙烯酯和间苯二甲酸二丙烯酯），用于注射成型时，在树脂中常加入玻璃纤维或无机填料增强。

（4）热固性塑料注射成型注意事项

1）注射成型制品的热固性塑料应是相对分子质量不大的线型结构粒料或粉料。

2）热固性塑料塑化后的熔料应热稳定性好、流动性好，在机筒内停留时间较长时（10min 以内）应有较好的流动性；熔体低温时稳定，高温时交联反应迅速。

3）机筒加热介质为水，成型模具加热介质为油，用恒温控制，温度波动差要尽量小。

4）熔体应采用较高的注射压力和最快的注射速度充模。调整时应以保证制品充模成型质量为准，取最低值。

5）注意螺杆头部和喷嘴的结构设计，注射后不许存留残料。喷嘴为敞开式，孔径为 2 ~ 2.5mm，熔料流通通道光滑洁净。

6）注意模具中排气通道截面尺寸选取的合理性，过大或偏小都会对制品成型质量有一定的影响。

15.4.17 气体辅助注射成型塑料制品

气体辅助注射成型（GAM）塑料制品，是在注射成型制品过程中，首先把部分塑化好的熔料注入成型模具型腔中，然后由设定的输气管孔，输入有一定压力的空气（一般都用氮气）到模具型腔中的熔料体内。由于靠近模膛壁的熔料温度降低，黏度增加，而中间没靠近型腔壁的熔料温度还较高，黏度低，则这部分熔料被有一定压力的气体吹胀，使熔料充满模具型腔壁面上，而中间部位形成气体空腔。这时熔体内气压保持不变或略升高，进行保压补缩。当熔料降温冷却后，把腔内的气体经原输入管路排出，即制品成型，可开模取出。采用这种成型方法，几乎所有的热塑性塑料和部分热固性塑料都可用于成型。例如，各种电器设备的外壳、大型家具、汽车仪表板和各种空心把手等，均可用气体辅助注射成型制品。

气体辅助注塑是一种发展较快的新型塑料加工技术。

气体辅助注塑与普通注塑用设备比较，只是增加一套供气装置，其生产成型过程与普通注射成型过程也相似。工作程序如下。

把塑化好的部分熔料注射入成型模具型腔内→输入有一定压力的气体，进入型腔内熔料体内，吹胀熔料紧贴在型腔壁上→保持气体压力、保压、补缩、熔料降温、冷却定型→排出气体，经由原输入气孔回流贮气缸（瓶）中→开模取出制品。

气体辅助注射与普通注射成型比较有如下特点。

1）生产成型周期缩短。由于制品成型用注塑熔料量少，则注射时间和制品冷却时间都要少。

2）锁模力小。气体辅助注射成型主要是用气体压力吹胀熔料，所以锁模力可小许多。这样，成型模具可用铝合金制造，降低了模具制造费用。

3）调节气体吹胀熔料的压力，可以得到不同壁厚制品。熔料被吹胀，气体压力分布均匀，能较好地成型形状复杂的制品，保证了制品质量，减少了应力集中现象的出现。

4）应根据制品成型用料的性能、型腔结构的复杂程度和熔体及模具的温度条件，严格控制气体注入的时间和气体压力。气体注入过早，熔体外层未冷却，气体压力容易把吹胀熔料穿透；气体注入过晚，熔体已经冷却固化，则不易吹胀熔料。压力气体的吹入应先高后低。较高的气体压力能迫使吹胀熔料紧贴型腔内壁。完成这个动作后，气压即可降低些，以避免产生内应力。模具的温度控制应以熔料冷却速度利于气体吹胀成型为准。

5）气体辅助注射成型，增加了一套供气装置和充气喷嘴。对气体的注入条件要求比较严格。

6）气体辅助注射制品表面应采用花纹修饰，用于遮盖制品表面光泽的不足。

15.4.18　反应注射成型塑料制品

反应注射（RIM）成型，是将两种或两种以上具有反应性的低黏度液体，按一定的比例，在一定的压力和温度条件下均匀混合后，立即注入密闭的成型模具内，在模具中经进一步反应后形成塑料制品，这种反应过程成型塑料制品的方法称为反应注塑。

反应注射成型制品应用范围，包括汽车、电工、电子技术、家具和建筑业等领域。反应注射成型制品用料主要是聚氨酯，另外还有聚脲、环氧树脂、不饱和聚酯及尼龙 6 等。

（1）反应注塑的特点

1）反应注塑的成型模具内压力较低（一般为 0.2 ~ 7MPa），所以锁模力不大，这样模具可用铝合金制造，能够成型大面积制件。

2）可注射成型各种结构形状复杂（包括有肋、凸台、缺口及吊耳）制件，不产生内应力。

3）液态反应组分黏度比较低，充模容易，非常适合成型薄壁制件或大型厚壁制品，也可成型带有金属嵌件的制品。

4）由于成型过程中伴有化学反应，模具应设有良好的排气通道，以避免制品产生气孔。

5）反应成型制品收缩率较大，应有保压补缩装置。

6）反应注射成型制品用原料条件要求较高，常用几种原料的 RIM 成型工艺条件要求见表 15-34。

表 15-34 常用原料的 RIM 成型工艺条件

项　　目	聚氨酯	聚脲	尼龙 6	不饱和聚酯	环氧树脂
反应热能/(kJ/mol)	37.0	37.0	18.6	30.0	55.8
活化能/(kJ/mol)	26.0	5.6	39.0	50.8	20.0
物料温度/℃	40	40	100	25	60
固化时间/s	45	30	150	60	150
成型收缩率(%)	5	5	10	20	5
模具温度/℃	70	70	130	150	130

(2) 反应注射成型制品过程　反应注射成型制品的加工过程可分 3 部分。第一部分为模具准备；第二部分为反应注射制品成型过程；第三部分为制品的后处理。

1) 模具的准备工作。可按成型模具的制造精度质量检查验收→成型模具安装→清理成型模具→安置嵌件→用压缩空气吹净模膛内的灰尘→均匀涂布脱模剂等步骤进行。

2) 反应注射制品成型过程 (以聚氨酯原料为例)

① 原料准备。分别计量配制以多元醇和二异氰酸酯为基料，再按制品成型条件要求，除树脂单体外，加入一定比例的填料和添加剂，组成两组分原料浆。

将计量后混合的原料浆分贮存、计量和混合 3 个工作程序。

a. 贮存。将两种原料浆分别加入两个温度为 20 ~ 40℃ 的恒温缸中。同时用搅拌浆不停地转动搅拌，此即为原料浆的贮存。

b. 计量。将两个贮缸中的原料浆，分别通过管路、加压计量泵，按比例计量注入到混合头内。注意：浆料的计量误差要小于 1.5% 。

c. 混合。将两种精确计量的浆料，用高压 (14 ~ 20MPa) 注入混合头，通过各组分单元的高速相互撞击，实现原料浆中各种物料的均匀混合。

② 充模成型过程。混合后的浆料，经过喷嘴，以较高的流速充模。所以应注意浆料黏度不能过高，否则将很难高速流动。但黏度又不能过低，黏度过低的浆料容易夹带空气进入模膛，或沿分型面泄漏，堵塞排气孔。聚氨酯混合浆料较适合的喷塑黏度应不小于 0.1Pa · s。

③ 固化定形过程。聚氨酯混合浆料注射充模后，固化定形时间较短。由于原料的导热性很差，反应过程中会产生大量热，使制品内部温度高于表层温度。所以制品的固化是从内向外进行。这就要求模具应有很好的散热能力。应注意控制模具内最高温度低于原料的分解温度。制品的固化时间由制品用原料配方及制品结构尺寸大小来决定。

3) 制品的后处理。可按去掉制品飞边和浇口料→清除脱模剂→检测制品外观质量及结构尺寸精度→必要的表面修饰→包装入库的步骤进行。

聚氨酯的反应注射过程如图 15-12 所示。

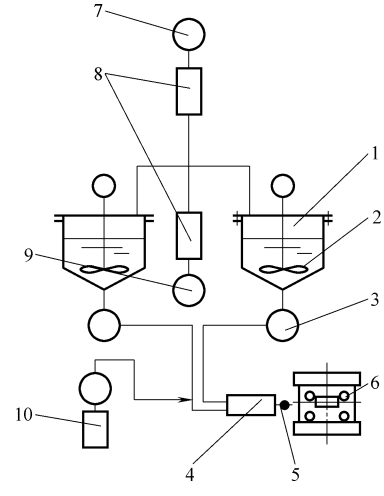


图 15-12　聚氨酯反应注射成型过程示意

1—贮料缸　2—搅拌器　3—加压计量泵　4—混合头　5—喷嘴　6—成型模具　7—空压机　8—控制阀　9—真空泵　10—清洗液

15.4.19　注射成型制品质量问题分析

用注射机把原料熔融塑化、注射成型塑料制品

生产过程中，常会出现一些设备和模具工作故障及生产工艺参数波动等方面问题，再加上原料品种选择及其质量和性能不同等因素的影响，使制品生产有时会出现各种各样成型质量缺陷。生产中遇到制品质量缺陷，如何及时查找到引起这些故障的根源并及时排除，是生产车间工艺员主要工作之一。问题解决的好坏，则体现了这个人的工作水平高低。

注射制品质量缺陷产生的原因，应主要从制品成型用原料、设备和工艺参数等三个方面查找。产品缺陷从外观上看有：凹痕、熔接痕、分层、龟裂、气泡、银纹、变色、黑斑、料流痕、黄色焦纹、泛白、外观无光泽发暗、外形结构尺寸不完整和有飞边等；从制品性能上表现为：变脆、应力集中、翘曲和密度分布不均匀等现象；有时还会出现熔料黏模和制品脱模困难等现象。

1. 注塑条件与制品缺陷

（1）原料问题引起的制品质量缺陷

1）原料牌号、熔体流动速率选择不当，容易使制品质量不稳定，性能不符合使用要求。熔体流动速率值低时，制品易出现气泡、流痕、熔接痕和龟裂等质量缺陷；熔体流动速率值高时，制品易出现飞边。

2）制品用原料组合配方应用不当时，成型制品性能差，熔料热稳定性差，易分解，制品表面易出现变色条纹、斑点、黑点或开裂等质量缺陷。

3）原料中含水分高时，制品表面易出现气泡、凹坑、银纹、变色或表面无光泽等质量缺陷。

4）杂质多会使制品表面出现黑点，不光滑，制品强度差。

5）挥发物多时，制品表面会有气孔、无光泽或出现焦痕。

6）原料混合不均匀会使制品质量不稳定，强度差，表面出现流痕。

（2）注射机的塑化注射系统引起的制品质量缺陷

1）料斗向机筒内供料量不稳定，则塑化熔料注射入模量不稳定。制品易出现外形结构尺寸不稳定、误差大、凹坑，制品不密实易变形，以及制品结构形状不完整等缺陷。

2）机筒与螺杆磨损严重，两零件工作配合间隙过大，使塑化熔料返流量大，注射熔料量不足，则制品易出现分解料焦纹、外形结构尺寸误差大、易变形及结构形状不完整等缺陷。

3）塑化螺杆结构（长径比、压缩比）选择不当。原料塑化质量差，则制品强度下降、发脆，出现黑斑或条纹等缺陷。

4）注射机规格选择不当。塑化熔料量过大（制品一次成型用料量小于注射机塑化熔料的 30%）时，熔料在机筒内停留时间过长，易分解，则制品易出现飞边、黏模、变形及银纹、斑纹；塑化熔料量过小或接近制品成型用料量时，则制品易出现气孔、表面不光泽、收缩率高、变形及融合线等缺陷。

5）喷嘴孔径选择不当。孔径过大时，熔料注射入模单位面积压力低、注射压力不足，制品易出现气泡、融合线、表面不光泽、变形及结构尺寸不完整；孔径过小时、熔料流动阻力大，使注射压力降低，则制品易出现凹痕、黑纹及熔料分解焦纹。

6）模板不平行，造成合模力不均，即两半模结合面的锁模力一边紧、另一侧未合紧。则制品易出现飞边及制品结构尺寸不稳定、误差大等缺陷。

7）喷嘴结构选择不当或喷嘴与模具浇口结合不严密，则易在生产中出现注射熔料在此

处流延，制品易出现外形结构尺寸不稳定、变形、气泡和结构尺寸不完整等缺陷。

（3）模具引起的制品质量缺陷

1）熔料入模浇口或流道孔过小、流道过长，增加了熔料流动入模的阻力，则易使制品出现外形结构尺寸不完整、融合线、银纹、流纹、气泡和收缩变形等质量缺陷。

2）浇口位置选择不当，则易使制品外形结构不完整、脱模困难。

3）两半模的分型面间不洁净、有异物，使合模不紧密，则制品易出现飞边，制品的外形结构尺寸误差大或有波动。

4）模具排气不畅或分布位置不当，则制品易出现凹痕、融接痕、光泽度差、结构尺寸不完整和气泡等质量缺陷。

5）型腔面不光洁、粗糙会使制品脱模困难，表面无光泽。

6）推杆位置或分布不合理使制品易破裂、翘曲变形。

7）推杆行程不是则会使制品脱模困难。

8）脱模斜度小会使制品脱模困难。

（4）工艺参数引起的制品质量缺陷　注射成型塑料制品，由于工艺参数的变化，制品容易出现的质量缺陷见表 15-35。

表 15-35　工艺参数与注塑制品质量

工艺参数		制品质量缺陷																	
		凹痕	结构尺寸不完整	飞边	发脆	熔接痕	银纹	气泡	流痕	焦痕	表面粗糙	色泽变化	变形	外形尺寸不稳定	裂纹	黑点	脱模难	黏模	无光泽
螺杆转速	过高				✓		✓			✓		✓			✓		✓		
	偏低																		
螺杆背压	过高				✓					✓		✓			✓				
	偏低		✓			✓	✓	✓	✓										✓
机筒温度	过高									✓		✓	✓	✓					
	偏低		✓		✓	✓			✓				✓						
	波动													✓					✓
熔料温度	偏高			✓			✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	偏低		✓								✓				✓				
喷嘴温度	过高									✓		✓		✓					
	偏低		✓		✓		✓		✓										
注射压力	过高			✓			✓			✓		✓	✓			✓	✓	✓	
	偏低	✓			✓	✓		✓	✓					✓					✓
注射速度	太快				✓		✓	✓		✓		✓	✓						✓
	偏慢		✓		✓	✓			✓		✓								✓
注射时间	过长						✓								✓				
	偏短	✓			✓						✓			✓					
注射料量	多			✓															
	少	✓	✓																

（续）

工艺参数		制品质量缺陷																	
		凹痕	结构尺寸不完整	飞边	发脆	熔接痕	银纹	气泡	流痕	焦痕	表面粗糙	色泽变化	变形	外形尺寸不稳定	裂纹	黑点	脱模难	黏模	无光泽
保压压力	过高																		
	偏低	✓	✓					✓	✓					✓					
保压时间	太长												✓		✓				
	不足	✓	✓		✓		✓							✓					
模具温度	过高			✓														✓	
	偏低				✓	✓	✓	✓			✓				✓				
	不合理	✓	✓										✓	✓			✓		
成型周期	过长									✓		✓						✓	
	偏短							✓					✓				✓		

查找例：如果注射塑化的熔料温度过高，则制品易出现飞边、银纹、气泡、变形、外形尺寸不稳定、误差大、裂纹、黑点和黏模、脱模困难等质量缺陷。

2. 制品质量缺陷产生原因的分析

（1）凹痕　制品冷却定型后产生的凹痕，是进入模具内熔料冷却收缩时，由于浇口已封闭或保压压力不足，使机筒内塑化熔料无法继续进入模具内，为成型制品补充不足料（也可能是由于保压压力不足而使部分进入模具内的熔料返流）所引起。一般多出现在制品壁厚最大的位置。产生的原因与原料性能、模具温度、保压压力和保压时间有关。

1）原料影响。

① 熔料流动性过强。

② 熔料收缩量大。

2）设备影响。

① 注射熔料量不足（止逆环、螺杆磨损严重、与机筒配合间隙过大、注射时熔料返流量大）。

② 保压压力不足或保压时间短，使入模熔料返流。

③ 浇口位置不当或浇口截面过小，则使熔料入模阻力大。

④ 入模熔料流道截面小或温度偏低，熔料冷凝过快，使熔料无法继续入模补充用料。

⑤ 模具排气不畅。

⑥ 模具温度控制不合理或冷却时间短。

⑦ 制品结构不合理，厚、薄尺寸变化大。

3）工艺参数影响。

① 注射熔料压力低。

② 保压压力不足或保压时间短，浇口没固化时已解除保压压力，有部分模具内熔料返流。

③ 模具温度控制偏高，熔料降温固化慢。

④ 熔料注射量不足（注射时螺杆注射行程不足，没有足够补缩的熔料）。

⑤ 熔料温度偏低，注射入模速度慢。

（2）制品外形结构尺寸不完整　制品外形结构尺寸不完整，常出现的现象是外形尺寸不稳定、波动大，严重时结构尺寸在离浇口或壁厚尺寸较薄部位出现不完整现象。这种质量缺陷的出现与注射机注射工艺参数不稳定、原料性能发生变化或制品结构尺寸设计不合理等因素有关。

1）原料影响。

① 原料中辅助料的收缩率较大。

② 塑化熔料流动性差。

③ 原料颗粒大小不均，塑化不均匀。

2）设备影响。

① 机筒塑化原料时料斗供料量不稳定。

② 喷嘴与模具浇口配合不严密，有溢料出现。

③ 螺杆与机筒磨损严重，配合间隙过大，注射时熔料返流量大。

④ 止逆环与机筒配合间隙过大。

⑤ 螺杆注射行程短、注射料量不足。

⑥ 螺杆背压不足。

⑦ 浇口或流道结构尺寸不合理。

⑧ 喷嘴内有异物，注射时熔料流动不通畅。

⑨ 模具排气不通畅。

⑩ 制品结构不合理，薄厚尺寸差太大。

⑪ 注射机选择不当，注射量不能满足制品成型用料。

3）工艺参数影响。

① 机筒温度低、熔料塑化温度低或机筒温度控制不稳定，使熔料温度波动。

② 注射压力偏低。

③ 注射速度慢。

④ 保压压力小或保压时间短，出现模具内熔料返流现象。

⑤ 模具温度控制不合理，远浇口处温度偏低。

（3）制品出现飞边　制品的飞边也可称为溢料边。这种现象主要出现在制品成型的分型面、滑块的滑动配合处、镶嵌件的缝隙部位和推杆的滑动孔隙处。产生此种现象的主要原因是锁模力不足、注射压力过大或分型面上有异物使合模不严密。

1）原料影响。

① 原料塑化熔料黏度低、流动性过强。

② 原料含水分，使对水敏感的塑料塑化时降低流动黏度。

2）设备影响。

① 注射机锁模力小于注射熔料胀模力。

② 合模部位机构出现故障：移动模板与固定模板不平行；合模机构中的曲肘连杆及调距装置调节不当，致使合模后模具型面一侧不能合紧。

③ 模具的分型面上有异物，使模面不能严密合紧。

④ 模具制造用钢材强度低，使模具工作一段时间后变形。

⑤ 模板弯曲变形。

3）工艺参数影响。

① 注射熔料压力过大。

② 锁模力不足或分型面上的锁模力分布不均、一侧（单侧）受力。

③ 机筒工艺温度偏高，使塑化熔料温度偏高，则熔料流动性强。

④ 保压压力偏高。

⑤ 模具温度过高。

⑥ 注射熔料量过多，超出制品形体成型用料量。

（4）成品黏模　成品粘模主要是冷却定形后的制品粘在定模型腔中，开模时，有时会出现将成品顶破或使制品变形等脱模困难的现象。

1）设备影响。

① 型腔成型内表面粗糙度不符合工艺要求。

② 模具型腔脱模斜度选择偏小。

③ 制品脱模时进气不良，出现真空。

④ 推杆布置位置不当。

2）工艺参数影响。

① 注射熔料压力过大，成型制品收缩不均匀。

② 注射熔料入模时间过长。

③ 模具温度分布控制不当。

④ 熔料温度偏高。

⑤ 模具对成型制品冷却降温时间变动，使生产制品周期不正常。

⑥ 脱模剂使用不当。

（5）熔料流道黏模　熔料流道粘模现象产生原因，主要是由于喷嘴圆弧与模具浇口接触不良或在脱模时主流道中的熔料还未完全固化，造成制品脱模时流道内物料不能与制品同时脱模。

1）设备影响。

① 喷嘴与熔料入模主流道同心度误差大，使两孔偏心或喷嘴孔径大于模具中主流道孔径。

② 主流道脱模锥度选择不合理。

③ 主流道内表面加工精度低，不光滑。

④ 主流道部位降温慢或主流道截面尺寸过大。

2）工艺参数影响。

① 注射熔料压力过高。

② 模具温度偏高。

③ 注射熔料量过多。

④ 熔料温度偏高。

（6）成品发脆，易破裂　制品发脆、有裂纹或破裂现象，多在成品被推出模具脱模或热处理时发生。产生此种现象主要是由于原料在塑化过程中熔体温度的变化（熔料温度过高使原料降解；熔料温度过低，原料塑化不均匀）或成型时出现过大应力所造成的，与制

品成型用原料、设备和工艺条件影响有关。

1）原料影响。

① 原料中混有过多杂质。

② 原料配方中用助剂或填充料选择及配比使用不当。

③ 有些原料（如 ABS）的干燥处理工序处理不当或没有干燥，含有水分，在塑化时水汽使原料降解。

④ 原料中用再生料比例过大。

2）设备影响。

① 机筒塑化原料温度控制不稳定，有时温度过高造成原料降解；有时温度又偏低，使原料塑化不均匀。

② 机筒与螺杆磨损严重、配合间隙过大、塑化料返流量大，造成熔料在机筒内停留时间过长而分解。

③ 模具结构设计不合理（推杆布置不合理；各杆推出力不一致；脱模时进气不畅，局部出现真空等）。

④ 制品结构欠佳（壁厚尺寸过小；有易出现应力集中的尖角，缺口或壁厚尺寸中的薄厚相差过大）。

⑤ 制品的金属嵌件预热温度不当；有些塑料（如聚苯乙烯）制品成型不宜加金属嵌件。

3）工艺参数影响。

① 机筒、喷嘴温度偏低或塑化熔料温度低。

② 注射熔料入模压力偏低。

③ 螺杆转速过高、背压力大，造成塑化料降解。

④ 模具温度控制不当：温度偏高时脱模困难；模具温度偏低时熔料降温快，则先后入模的熔料融合不良，接缝处易开裂。

⑤ 熔料注射入模速度偏慢，则先入模料与后入模熔料接缝处融合难度大，出现融接痕，则此处易开裂。

（7）熔接纹线　熔接纹线也可称为融接痕，是注射成型制品常出现的一种现象。它是在先后入模的熔料接触融合部位，由于融合不良而出现的一种纹线。这种制品缺陷多出现在模具结构中有多个熔料入模浇口或带有嵌件的大型、结构复杂的制品中，会影响制品的外观和使用强度。

1）原料影响。

① 原料配方组合中辅助料选择与加入比例不当，使塑化熔料流动性差。

② 原料没经干燥加热处理，有挥发物。

2）设备影响。

① 设备中的机筒温度控制不稳定，使原料塑化温度不稳定，则原料塑化不均匀。

② 喷嘴孔径尺寸过小。

③ 模具中的熔料流道布置或距型腔距离尺寸选择不当，截面尺寸过小。

④ 制品结构不合理，壁厚尺寸薄、厚差过大。

⑤ 熔料入模浇口过多。

⑥ 模具中的排气孔位置不当。

3）工艺参数影响。

① 原料塑化温度控制不稳定。

② 螺杆塑化原料时的背压波动。

③ 熔料注射压力和速度偏低。

④ 模具温度控制不合理，熔料融合处温度低。

⑤ 保压压力过低。

（8）银纹　制品表面银纹的产生是由原料中空气或水蒸气挥发而形成的喷溅状痕迹。通常，它从浇口处以扇形方式向外辐射发展，为银丝状斑纹；有时，原料降解或烧焦时在制品表面也会产生银纹。

1）原料影响。

① 原料中含有过多水分或有挥发物。

② 原料未经干燥处理或干燥处理不符合工艺要求。

③ 原料中的辅助料选择不当，易发生降解；或者与主料混合不均匀，造成原料颗粒不均匀。

2）设备影响。

① 原料在设备中塑化质量达不到工艺要求（可能是由于螺杆结构选择不当或螺杆背压小）。

② 模具型腔表面有水珠或其他挥发物。

③ 模具排气不通畅。

④ 熔料入模浇口或流道截面尺寸过小，高速注射熔料升温而使其出现分解。

3）工艺参数影响。

① 塑化熔料温度过高，料出现分解。

② 熔料注射压力过高、注射速度太快。

③ 螺杆塑化原料转速过快；熔料在机筒内停留时间过长。

④ 保压时间短。

⑤ 模具温度偏低。

（9）气泡　制品中出现气泡，是由于原料在塑化时产生的水蒸气或挥发性气体，在注射熔料入模时未及时排除；另外，壁厚制品冷却成型时，由于外部比中心部位降温的速度快，熔料冷凝收缩不一致，则形成真空洞。

1）原料影响。

① 原料中含有水分，应进行干燥处理。

② 原料塑化熔体流动性差。

2）设备影响。

① 加料方式不当，原料进机筒时混入空气。

② 熔料注射量不足。

③ 塑化料在机筒内停留时间过长。

④ 模具排气不畅。

⑤ 熔料入模浇口、流道布置或截面尺寸选择不当。

3）工艺参数影响。

① 熔料注射压力不足。

② 注射速度太快。

③ 熔料温度偏低。

④ 模具温度低。

⑤ 保压压力偏低，保压时间不足。

（10）熔料流痕　制品表面的熔料流痕，是以熔料入模浇口为中心，沿料流方向呈弧形，以波浪状向四周扩散形成的。产生的原因主要是模具温度太低，先入模料冷却过快而滞流、后进料持续翻滚向前移动。

1）原料影响。

① 塑化熔料流动性差，应更换熔体流动速率值较大的树脂。

② 原料用润滑剂选择不当。

③ 原料中杂质过多或混有其他料。

2）设备影响。

① 原料在注射机机筒内塑化质量不符合工艺要求。

② 熔料入模浇口和流道截面尺寸偏小。

③ 模具排气不畅、熔料流动阻力大。

④ 模具中的冷料槽设置不合理，使低温料进入型腔。

3）工艺参数影响。

① 由于螺杆转速低，背压不足，使塑化料温度低，未能达到充分均匀塑化。

② 模具温度太低。

③ 熔料的注射压力和保压压力偏低，使熔料入模压力不足，无法把熔体压实紧贴型腔壁面。

④ 塑化熔料温度低。

⑤ 熔料注射入模速度慢。

（11）表面粗糙　制品表面不光滑、不平整或有褶皱现象即为粗糙。产生的原因：原料混有杂质，再生料加入过多，使原料塑化不均匀而熔体流动性差或模具内阻力大。

1）原料影响。

① 原料干燥处理不当。

② 原料中加入再生料（回收料）比例过大。

③ 原料内混有杂质或辅助料用量选择不当。

2）设备影响。

① 注射机对原料塑化质量不符合工艺要求（螺杆结构选择不当、注射量不足、螺杆转速慢等）。

② 机筒温度控制出现故障。

③ 模具浇口尺寸小；型腔表面粗糙；冷料穴过小，导致排气不畅。

3）工艺参数影响。

① 熔料温度低。

② 模具温度分布控制不合理，温度太低。

③ 熔料注射压力不足、注射速度慢。

④ 保压压力小、保压时间短。

（12）燃烧痕（焦痕）　制品的燃烧痕是指其表面有些变色的焦黄色、黑色小点或条纹，影响制品的外观质量。燃烧痕产生的原因是塑化熔体料温度太高或在机筒内停留时间过长，部分料分解后随同熔料注入模具。

1）原料影响。

① 原料中杂质混入过多。

② 原料颗粒大小规格不均匀。

③ 原料中挥发物含量大。

2）设备影响。

① 注射机的机筒和螺杆磨损严重，两零件配合间隙过大，熔料返流量大。

② 注射机的机筒内或喷嘴处有分解的残余料，未清理干净。

③ 塑化原料用机筒温度控制不稳定，控温系统出现故障，使塑化温度过高。

④ 模具型腔表面有污物。

⑤ 模具中的熔料浇口位置或截面尺寸设计不当。

⑥ 模具型腔排气不畅，熔料注射入模阻力大。

3）工艺参数影响。

① 塑化熔料温度过高。

② 机筒、喷嘴温度偏高。

③ 注射熔料压力过大，螺杆背压高。

④ 注射熔料入模速度太快。

⑤ 螺杆塑化原料转速过快。

（13）光泽性差　光泽性差是指制品表面发暗、无光泽；对透明制品而言是指其透明度不佳。

1）原料影响。

① 原料未干燥处理或干燥处理料不符合工艺要求。

② 原料中润滑剂用量过多。

③ 原料中混有杂质。

2）设备影响。

① 熔料注射量不足。

② 换料时机筒或喷嘴内未清理干净，有残料分解。

③ 模具型腔表面不光滑，表面有水珠或脱模剂用量过多。

④ 模具型腔排气不畅。

3）工艺参数影响。

① 成型塑化熔料温度太低。

② 熔料注射压力偏低。

③ 注射速度选择不当，过快或偏慢都会使制品表面光泽性差。

④ 模具型腔面温度低。

（14）制品表面色泽变化

1）原料影响。

① 原料被污染。

② 回收料加入量过大。

③ 原料中水分或挥发物含量过高。

④ 原料未干燥处理或干燥处理不当。

⑤ 辅助料（着色剂、填充料）选择不当。

2）设备影响。

① 设备工作环境差，生产时有灰尘及粉尘混入料中。

② 机筒或喷嘴内有残存料分解。

③ 机筒控温不稳定（热电偶、温控仪表出现故障）。

④ 熔料注射入模流道不通畅、阻力过大（浇口、流道和喷嘴孔截面尺寸过小）。

3）工艺参数影响。

① 螺杆转速高、背压过大。

② 机筒和喷嘴温度偏高。

③ 熔料注射压力过高，注射速度太快。

④ 机筒或喷嘴处有残料（或异物）、使原料分解。

⑤ 注射成型生产周期过长。

（15）成品变形　成品变形是指注塑件脱模后的结构形状与模具型腔的形状不符，出现翘曲或尺寸变化现象。

1）原料影响。

① 结晶型树脂（如聚甲醛、聚酰胺、聚乙烯、聚丙烯和聚酯等）比非结晶型树脂（如聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS 和 PMMA 等）的制品收缩率大，所以结晶型原料成型的制品变形要比非结晶型树脂成型的制品变形大。

② 酞氰系颜料加入聚乙烯树脂中，会影响其结晶度而导致制品变形。

2）设备影响。

① 模具中推杆布置不当使制品脱模受力不均而变形。

② 熔料入模浇口位置选择不当或数量不足。

③ 制品壁厚设计不合理（壁厚不均，变化突然或壁厚过薄等）。

④ 模具温度控制不当，两侧、型腔与型芯的温差太大，使制品冷却降温不均匀。

3）工艺参数影响。

① 保压、降温固化时间短。

② 注射熔料温度过高。

③ 注射压力过高或注射速度过快。

（16）开裂　制品的开裂剥落主要是指注塑件的表面有层状片形塑料脱落。

1）原料影响。

① 原料中加入回收再生料量过多，使制品强度下降。

② 原料中含水分过高，一些塑料与水蒸气发生化学反应，使制品强度下降。

③ 混合料中有相容性差的辅助料。

2）设备影响。

① 注射机型号规格选择不当。塑化料容量偏小，使原料塑化不均匀；塑化料容量过大，

原料在机筒内停留时间过长而分解。

② 模具推杆分布不合理，脱模斜度小，型腔表面不光滑，因制品推出力过大而开裂。

③ 金属嵌件热处理不当，塑料与金属两种材料收缩率不同而使内应力增大。

3）工艺参数影响。

① 熔料注射压力过大，注射速度太快，注射、保压时间过长，而使制品产生较大应力。

② 模具温度偏低使制品脱模难度加大。

③ 开模速度过快，强拉制品脱模而开裂。

（17）纹裂　注塑制品的纹裂是指其表面有细小裂纹或裂缝，在透明制品中形成白色或银色外表。

1）设备影响。

① 模具中的脱模斜度小。

② 推杆推出制品动作不正确，使制品被推出模具时受推出力不均匀。

2）工艺参数影响。

① 熔料注射压力过高。

② 注射熔料入模速度慢。

③ 模具温度低。

④ 保证降温时间太长。

⑤ 金属嵌件未预热或预热温度低。

（18）原料裂解　注塑原料在塑化过程中出现裂解，通常称为分解。原料出现裂解现象，其材料性能会出现不同程度的下降，成型的制品表面会产生黑斑、烧痕、变色、脆化及强度下降等质量缺陷。

原料出现裂解，由下列几种因素引起。

1）由于注射机塑化原料机筒中的温度控制系统出现故障，机筒温度过高而使塑化料降解。

2）原料在机筒内塑化，由于螺杆转速太快，与原料间产生大量摩擦热，原料温度升高而使原料裂解。

3）喷嘴、浇口或熔料入模流道孔径过小，高速注射入模的熔料与狭小孔径产生大量剪切热，而使熔料出现裂解。

4）注射机规格选择不当，成型制品一次注射用料量小于注射机塑化原料量的 30%，则塑化熔料在高温机筒内停留时间过长而裂解。

5）塑化系统中的机筒和螺杆磨损严重，两零件配合间隙过大、塑化熔料返流量大，返流熔料在机筒内停留时间过长而裂解。

6）配方中的辅助料选择不当，有些料不耐高温，在混炼塑化过程中裂解。

3. 制品质量缺陷的排除

在注射成型塑料制品生产过程中，常会出现一些无法预料的制品质量缺陷。如何能尽快找出影响其质量的原因，及时准确地制订出调整修补方案，排除质量缺陷，是比较复杂的难题。因为制品质量故障的产生，一般多是由几个相互影响牵连的条件所致。

对于制品质量问题的查找排除，主要是凭操作者的生产实践经验，分析、判断出影响质量的主要原因，准确地制定出调试修补方案，然后分主次条件逐项调试。规律顺序是：工艺

参数修正调试→原料质量、牌号核实→检查模具结构不当之处和设备选择是否有误。

（1）工艺参数的修正调试　注塑制品出现质量缺陷，首先要从注射成型制品的工艺参数方面的变化影响查找。在每个工序的时间、生产周期、塑化熔料温度、机筒温度、喷嘴温度、模具温度、注射压力、保压压力等工艺参数中，找出一项最能影响制品质量的参数值，进行调试。逐渐地改变参数值（增大或缩小），观察其对制品质量产生的影响，从中找出修正制品缺陷的最佳工艺参数值。

对于工艺参数值的调试，注意，每次只能进行一项，不可将工艺参数值中的时间、温度和压力各项，同时进行调试。否则无法分清哪项工艺参数是影响质量问题的主要条件，易混乱，延长排除质量故障的时间。

（2）原料检查　如果确定的几项工艺参数调试都未能排除制品质量问题，此时应考虑原料对制品质量的影响。用料的牌号、含水量、颗粒大小均匀性、熔体流动速率值及是否混有杂物等条件不符合工艺要求时都会给制品质量带来负面影响。生产前虽然有用料质量报告单，但在用料批量大、供料生产厂家多时，也常会出现失误。

（3）模具结构和设备选择　注塑制品质量缺陷如果是在注塑生产过程中产生的，一般多是工艺参数的变化影响，所以，在查找质量故障时一般不考虑注射成型生产用模具和注射机设备条件。但如果是生产初期，当制品质量缺陷从工艺参数和原料使用中的调试仍无法排除时，下一步就应从模具结构和注射机的工作质量方面查找。参照本节“1. 注塑条件与制品缺陷”的内容，按制品质量缺陷现象，从中找出与其有关的模具结构或注射机设备使用或选择不当之处，进行修改。

第 4 篇　压 延 成 型

压延法生产成型塑料制品，主要是指用压延机生产薄而宽且长度可无限延长的薄膜和片材类制品。另外，也可生产胶带、胶板、钙塑板、塑料地板、人造革及一些复合材料等制品。这些制品一般多以聚氯乙烯树脂为主要原料，再加入一些增塑剂、稳定剂、润滑剂和填充料等辅助料，在压延机生产线上生产成型。

1. 压延法成型塑料制品生产过程及制品用途

在压延机上采用压延法成型塑料制品的生产过程是：以聚氯乙烯树脂为主要原料，再根据制品的性能与用途要求，在主原料中加入一定比例的增塑剂、稳定剂、润滑剂、着色剂和填充料等辅助料，按配方的配合比例要求，经计量后，用混合机把各种掺混在一起的主、辅料搅拌混合均匀；然后再经过密炼机或混合型挤出机和开炼机进行混炼，预塑化后再输送到压延机辊筒上；再通过几个高温辊筒，进一步把熔态料塑化、辊压、成型为厚度均匀的薄膜或片类制品坯：将制品坯剥离辊筒后，经表面修饰压光（或压纹），冷却定型、检测后卷取成为制品。聚氯乙烯薄膜成型用压延机生产线设备布置，如图 1 所示。

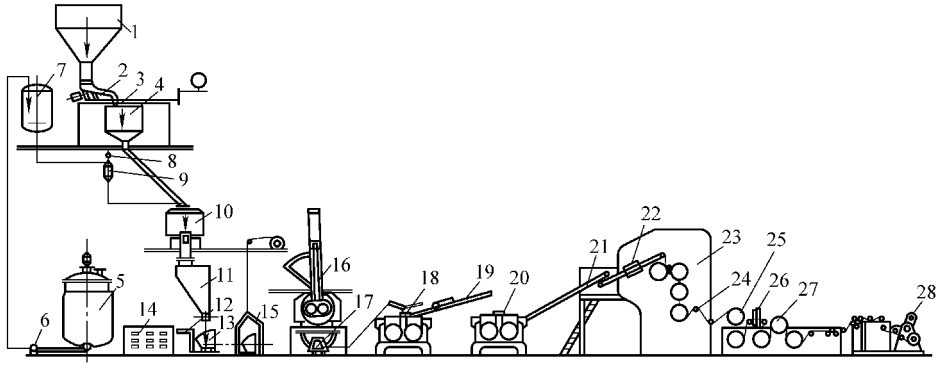


图 1　聚氯乙烯薄膜成型用压延机生产线设备布置

1—主原料树脂储料仓　2—振动加料　3—自动计量　4—计量料斗　5—各种助剂辅料混合器　6—输送泵　7—辅料中间储仓　8—传感器　9—各种辅料计量　10—高速混合机　11—输料斗　12—计量秤　13—料斗车　14—烘箱　15—送料吊车　16—密炼机　17—送料斗　18—开炼机　19—输料带　20—开炼机　21—输料带　22—金属检测仪　23—压延机　24—剥离导辊　25—压花辊　26—测厚装置　27—冷却辊　28—卷取装置

塑料薄膜成型采用压延机生产线，生产工艺顺序为：PVC 主原料和辅助料按配方要求用料比例（质量份）计量→高速混合机把配方中各种原料掺混后搅拌混合均匀→经密炼机或挤出机→开炼机→开拣机把原料混炼塑化呈熔融态→输送带→金属检测仪→压延机成型制品→剥离导辊→表面修饰压花或压光→冷却定型→测厚→卷取。

用压延机压延成型的薄膜、片、钙塑板、塑料地板、人造革、胶带、胶板及复合材料等

制品，广泛应用在工业、农业、医疗、国防、建筑及人们日常生活等各个方面，成为社会生活各个领域中不可缺少的一类材料。

压延法成型塑料制品，主要是用硬、半硬和软质聚氯乙烯，还可用聚乙烯、聚丙烯、ABS 及改性聚苯乙烯等树脂压延成型。

2. 压延法成型塑料制品特点

1）主要用于生产薄而具有一定宽度的薄膜和片材。生产软质塑料薄膜厚度为 0.05 ~ 0.5mm，硬片厚度为 0.25 ~ 0.70mm。

2）制品长度可无限延长，生产速度为 10 ~ 70m/min，最高速度可达 200m/min。

3）生产速度比其他塑料成型机快，产量高、制品精度高，生产连续性好，自动化程度高。

4）制品质量好，厚度均匀，误差小，强度比挤出吹塑法成型薄膜高。

5）与采用挤出机挤出成型塑料制品相比，压延机设备结构复杂、体积大、占地面积大、造价高，使项目开工投资大、能源消耗高，操作技术比较难掌握，设备维修难度也较大。

3. 压延机成型塑料制品方法

压延机压延成型塑料制品方法，以 SY—4Г—1730 型四辊压延机生产聚氯乙烯薄膜（膜厚为 0.10mm）为例进行说明。四根辊筒的速度比为 $i_{\mathrm{I\,II}}=1.28\sim1.3$、$i_{\mathrm{II\,III}}=1.13\sim1.2$、$i_{\mathrm{III\,IV}}=1.01\sim1.05$。一般情况下，后辊筒的辊面线速度，比前辊筒的辊面线速度快 3 ~ 5mm/min。四根辊筒的辊面温度为：Ⅰ号辊筒 165℃，Ⅱ号辊筒 170℃，Ⅲ号辊筒 175℃，Ⅳ号辊筒 170℃。四根辊筒的旋转方向如图 2 所示。

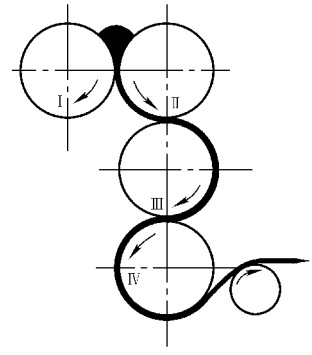


图 2　四根辊筒的布置及旋转方向

经二辊开炼机或挤出机混炼，塑化均匀的熔料被输送带传递到四辊压延机的Ⅰ号和Ⅱ号辊筒之间。从图 2 中可以看到，由于两辊筒的转速、温度和辊筒的旋转方向都不相同（Ⅱ号辊筒辊面温度略高于Ⅰ号辊筒的辊面温度），这样在两辊筒间的熔料由于两辊面的运转速度不同而受不同的摩擦力作用，贴近Ⅱ号辊筒表面的熔料运动的速度快一些，贴近Ⅰ号辊筒表面的熔料运动的速度慢一些，造成熔料层间的相对运动，即熔料间的剪切运动。当熔料被辊面的摩擦力带动进入两辊筒间的缝隙中后，则熔料被压实延伸，同时，又因料层间运动速度的不同，使熔料间既受剪切力作用，又受摩擦力作用，从而使熔料进一步混炼、塑化。熔料会随着速度快、温度高的辊筒面运行，并随着辊筒间的间隙缩小而被逐渐地延伸成所需的薄膜厚度。当运行到第Ⅳ号辊筒后，薄膜被引离辊面，经表面修饰压花，冷却定型后卷取成捆。

第 16 章　压延机与辅机

16.1　压延机分类及结构特点

压延机的结构形式有多种，有辊筒数量不相同的压延机，有辊筒工作位置排列形式不相同的压延机，还有在一台机器上其辊筒直径并不相同的压延机。塑料制品行业对压延机的分类一般采用按辊筒数量分类，或按辊筒排列形式分类。

16.1.1　按辊筒数量分类

辊筒是压延机设备上的主要零件。如果按组成压延机的辊筒数量分类，可分为两辊压延机、三辊压延机、四辊压延机和五辊压延机。三辊压延机在国内于 20 世纪 50 年代开始应用，四辊压延机于 20 世纪 70 年代开始应用，五辊压延机现在有些企业也开始应用。目前国内应用最多的是四辊压延机。

16.1.2　按辊筒排列形式分类

压延机设备上辊筒排列形式有以下几种：按标准 GB/T 13578—1992 规定，可分为 I 形、Γ 形、L 形和 S 形，见表 16-1；辊筒排列形式有 Z 形和由 5 根辊筒组成的 S 形和 L 形，见表 16-2；还有由几根直径不相同的辊筒组成的压延机，它们的结构分布形式如图 16-1 所示。

表 16-1　标准规定的辊筒排列形式

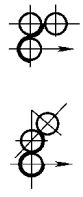
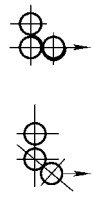
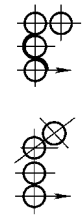
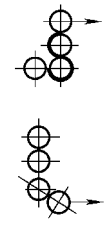
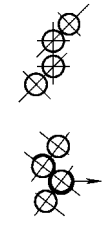
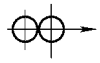
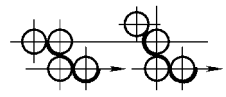
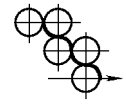
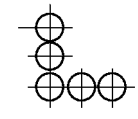
辊筒数量	2	3	3	3	4	4	4
排列形式							
符号	I	Γ	L	I	Γ	L	S

表 16-2　标准规定之外的辊筒排列形式

辊筒数量	2	4	5	5
排列形式				
符号	水平	Z	S	L

（1）辊筒排列成 I 形的压延机　I 形排列主要用于由 2 辊或 3 辊组成的压延机。这种排列形式是压延机初期应用时的结构形式，设备结构比较简单，制造容易，生产制造费用低。但这种压延机生产时需用手工上料，加料比较困难，而且上料也不均匀，结果使成型薄膜的质量欠佳（主要是薄膜的厚度均匀性差，误差较大）。目前，主要用这种压延机生产较厚的膜和片材。熔料在三辊压延机上的成型过程如图 16-2 所示。

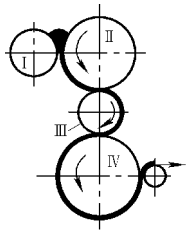


图 16-1　辊筒直径不同时的排列形式

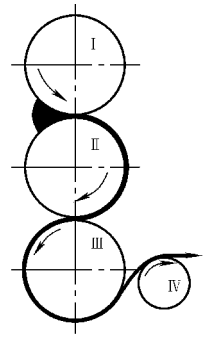


图 16-2　熔料在 3 辊压延机上的成型过程

（2）辊筒排列成 Γ 形的压延机　辊筒排列成 Γ 形，就是在辊筒排列成 I 形的三辊压延机中的上辊侧面加一个辊筒，其结构形式见本篇图 2 所示。这种结构形式的压延机目前在国内应用比较多。

辊筒排列成 Γ 形压延机的工作特点如下：

1）由于Ⅱ、Ⅲ号辊筒间和Ⅲ、Ⅳ号辊筒间的受力状况趋于一致，则Ⅲ号辊筒的受力形式处于平衡状态，这对于成型制品质量的稳定有一定的好处，使制品的厚度比较均匀，误差值小。

2）上料位置比较高，异物不易掉在加料部位的两辊筒间，生产比较安全。

3）制品不会受增塑剂等挥发气体的作用，它们影响制品质量的可能性小，制品表面无云雾状痕迹。

如果把 I 形排列的三辊压延机中的下辊侧面加一个辊筒，则成为 L 形排列四辊压延机。这种辊筒排列成 L 形压延机的上料及熔料运行过程如图 16-3 所示。

L 形排列与 Γ 形排列四辊压延机的结构形式基本相同。L 形排列比较适合生产不含增塑剂的硬片制品，否则会因有增塑剂等挥发性气体作用而影响制品的表观质量。这种结构形式上料部位在较低处，生产时容易在两辊间落入异物，造成辊筒面损伤。所以，在开车前和生产中间，要特别注意检查和经常观察此部位。

（3）辊筒排列成 Z 形或 S 形的压延机　辊筒排列成 Z 形或 S 形的压延机的结构组成形式相同。如果把水平排列的四辊式 Z 形的位置旋转一个角度（15° ~ 45°），即成为 S 形排列。这种四辊排列适合成型软、硬薄膜和片材，对于人造革的双面贴合生产也较适宜。所以，此种四辊排列形式应用也比较多。熔料的成型运行过程如图 16-4 所示。

辊筒排列成 Z 形或 S 形压延机的工作特点如下：

1）压延机生产成型制品时，Ⅰ、Ⅱ号辊筒间和Ⅲ、Ⅳ号辊筒间的受力情况比较均匀，力的大小趋于一致，没有辊筒运转的浮动现象。

2）Ⅱ、Ⅲ号辊筒间的间隙均匀稳定，运转过程中变化小，这对提高制品生产质量有利，

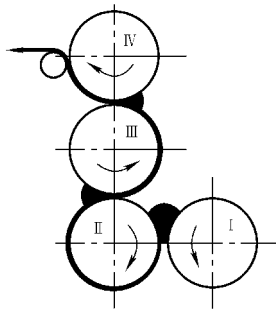


图 16-3　辊筒排列成 L 形压延机的熔料运行过程

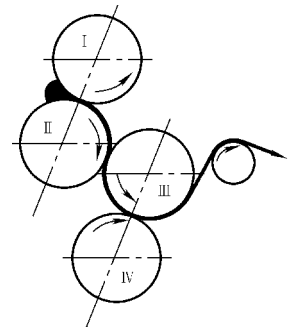


图 16-4　辊筒排列成 S 形压延机的熔料运行过程

制品的厚度比较均匀，误差变化小，制品质量稳定。

3）熔料在四根辊筒上的运行距离接近相等（约占辊面周长的 1/4），则熔料在辊面上运行中温度变化小，这有利于高速生产软质薄膜时保证产品质量稳定。

4）此种结构形式的薄膜成型脱辊，引离装置离辊筒较近，使薄膜脱辊收缩变形小。

5）熔料供料方便、容易，观察辊筒间的工作情况也比较方便。

（4）辊筒直径不相同的四辊压延机　辊筒直径不相同的四辊压延机，其结构形式如图 16-1 所示。应用这种压延机是为了节省能源，希望在较小的功率消耗下高速生产制品，从而达到降低制品生产成本的目的。

不同直径辊筒在压延机上的应用，也是为了改进产品质量而实施的一项措施。在Ⅲ、Ⅳ号辊筒直径相同时，生产的成型制品由于两辊面间的间隙均匀性容易受辊面几何精度偏差叠加现象的影响，使制品纵向厚度差变化较大。如果Ⅲ、Ⅳ号辊筒直径不相等，就可避免此现象出现，则制品的纵向厚度均匀性就会比较好，从而达到改善制品质量的目的。

16.2　压延机的规格型号及主要参数

16.2.1　规格型号

压延机规格型号的编制方法，标准 GB/T 12783—2000 规定，橡胶塑料机械产品的型号由产品代号、规格参数和设计代号三部分组成。产品型号格式如图 16-5 所示。

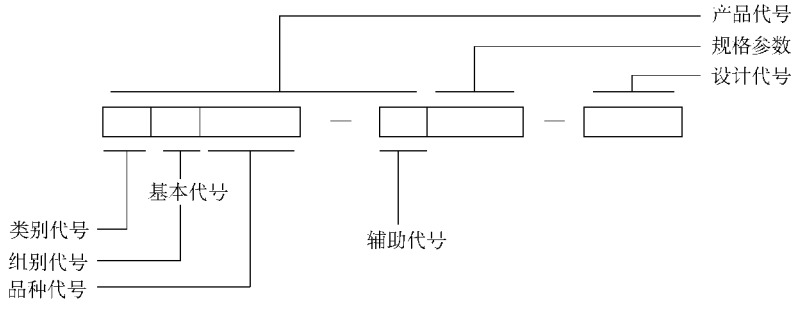


图 16-5　橡胶塑料机械产品型号表示方法

1）产品代号由基本代号和辅助代号组成，用汉语拼音字母表示。基本代号与辅助代号之间用一字线“—”隔开。

基本代号由类别、组别和品种三个代号组成。塑料机械的辅助代号用于表示辅机的代号（F）、机组代号（Z）和附机代号（U）。主机不标注辅助代号。

2）设计代号可以用于表示制造单位的代号或产品设计的顺序代号，也可以是两者的组合代号。在使用设计代号时，应在规格参数与设计代号之间加一字线“—”隔开。当设计代号为一个字母表示时，则允许在规格参数与设计代号之间不加一字线。塑料压延机的规格型号编制见表 16-3。

表 16-3　塑料压延机的规格型号编制

类别	组别	品种		产品代号		规格参数	设计序号	备注
		产品名称	代号	基本代号	辅助代号			
塑料机械 S（塑）	压延成型机械 Y（压）	塑料压延机		SY		辊筒数、排列方式及辊径（mm）、辊面宽度（mm）		同径辊压延机为基本型，不标注型号代号
		异径辊塑料压延机	Y（异）	SYY				
		塑料压延膜辅机	M（膜）	SYM	F			
		塑料压延钙塑膜辅机	GM（钙膜）	SYGM	F			
		塑料压延拉伸拉幅膜辅机	LM（拉膜）	SYLM	F			
		塑料压延人造革辅机	RG（人革）	SYRG	F			
		塑料压延硬片辅机	YP（硬片）	SYYP	F			
		塑料压延透明片辅机	TP（透片）	SYTP	F			
		塑料压延壁纸辅机	B（壁）	SYB	F			
		塑料压延复合膜辅机	FM（复膜）	SYFM	Z			
		塑料压延膜机组	M（膜）	SYM	Z			
		塑料压延钙塑膜机组	GM（钙膜）	SYGM	Z			
		塑料压延拉伸拉幅膜机组	LM（拉膜）	SYLM	Z			
		塑料压延人造革机组	RG（人革）	SYRG	Z			
		塑料压延硬片机组	YP（硬片）	SYYP	Z			
		塑料压延透明片机组	TP（透片）	SYTP	Z			
		塑料压延壁纸机组	B（壁）	SYB	Z			
		塑料压延复合膜机组	FM（复膜）	SYFM	Z			

国产压延机标注代号（以 SY—4Γ—1730B 为例）说明如下：SY 表示塑料压延机；4Γ 表示压延机有 4 根辊筒，辊筒的排列形式为 Γ 形；1730 表示辊筒的工作面长度为 1730mm；B 为设计顺序号。

国家标准 GB/T 13578—1992 规定的橡胶塑料压延机的主要参数见表 16-4。

目前国产压延机设备的一些参考数据见表 16-5。国产塑料压延机主要性能参数见表 16-6。国外部分压延机生产厂产品性能见表 16-7。

表 16-4　橡胶塑料压延机主要参数（GB/T 13578—1992）

辊筒尺寸		辊筒个数	辊筒线速度/(m/min)		主电动机功率/kW ≤	制品最小厚度/mm	制品厚度偏差/mm	用　途
直径/mm	辊面宽度/mm		最低 ≤	最高 ≥				
230	630	2	2	10	7.5	0.50		供胶鞋行业压延胶鞋鞋底、鞋面沿条
		3	2	10	15	0.20	±0.02	供压延车胎胎面、胶管、胶带和胶片等
		4	4	10	22	0.10	±0.02	供压延软塑料
						0.20	±0.02	供压延橡胶
						0.50	±0.02	供压延硬塑料或橡胶钢丝帘布
360	1120	2	8	20	30	0.20	±0.02	供压延轮胎隔离胶片及一般胶片和胶板
		3	8	20	55	0.20	±0.02	供压延胶布的橡胶或贴胶
		4	8	20	60	0.14	±0.02	供压延软塑料
						0.20	±0.02	供压延橡胶
						0.50		供压延硬塑料
			4	12	60	0.50	±0.02	供压延橡胶钢丝帘布
450	1200	3	10	25	75	0.10	±0.02	供压延软塑料
						0.20	±0.02	供压延橡胶
550	1700	3	5	50	110	0.20	±0.02	供压延橡胶
		4	6	60	160	0.10	±0.02	供压延软塑料
			5	50	160	0.20	±0.02	供压延橡胶
610	1730	3	6	50	132	0.20	±0.02	供压延橡胶
						0.10	±0.02	供压延软塑料
			6	30	132	0.50		供压延硬塑料
		4	6	50	160	0.20	±0.02	供压延橡胶
						0.10	±0.02	供压延软塑料
			6	40	180	0.50		供压延硬塑料
700	1800	3	6	60	300	0.20	±0.02	供压延橡胶
			7	70	300	0.10	±0.02	供压延软塑料
			7	30	300	0.50		供压延硬塑料
700	1800	4	7	60	400	0.20	±0.02	供压延橡胶
			7	70	400	0.10	±0.02	供压延软塑料
			7	30	400	0.50		供压延硬塑料
610/570	2360	4	6	60	240	0.10	±0.02	供压延软塑料(制品宽度 2000mm)

表 16-5 部分国产压延机一些参考数据

设备型号	辊筒直径/mm	辊筒表面线速度/(m/min)	各辊速比	外形尺寸(长×宽×高)/mm	产品宽(最大)/mm	设备质量/t
SY—3I—1730	610	5.4～39	1∶1∶1	7010×3950×3730	1400	48
SY—4Γ—1730B	610	5.4～54	0.7∶1∶1∶1	7240×4100×4250	1450	64
SY—4Γ—1730C	610	8～40	0.7∶1∶1∶1	7290×4100×4250	1450	64
SY—4S—1800	700	7～70	无级调速 0.5～1	8420×10400×4550	1500	140
SY—4Γ—2500	610	5.4～54	0.7∶1∶1∶1	7810×4100×8730	2100	69
SY—4F—2360	Ⅰ、Ⅲ辊 570 Ⅱ、Ⅳ辊 610	6～60	无级调速 0.5～1	10500×4600×4670	2000	75.4

表 16-6 国产塑料压延机主要性能参数

辊筒规格尺寸(直径×长度)/mm	辊筒数量	主要性能参数					主要用途
		辊筒线速度/(m/min)	辊筒速比	主电动机功率/kW	制品厚度/mm	制品宽度/mm	
300×800	5	8～24	任调	22	0.15～1.5	600	塑料薄片
360×1120	4	7.3～21.9	0.73∶1∶1	40/13.3	0.1～0.18	920(软) 600(硬)	薄膜、半硬片
450×1200	4	9～27	1∶1∶1	75	0.1～0.8	900	薄膜
550×1700	4	6～60	任调	160	0.1	1200	薄膜
610×1730	3	5.4～39	1∶1∶1	100	0.1～0.5	900 硬 1200 软	硬片、薄膜
610×1730	4	5.4～54	0.69∶0.9∶1.07 0.71∶1∶1	160	0.1	120	薄膜、人造革
610×1730	4	8～40	0.71∶1∶1	160	0.2	1200	钙塑板
610×2500	4	5.4～54	0.71∶1∶1	160	0.1	2000	薄膜
700×1800	4	7～70	0.5～1 任调	1、4 号 75 2、3 号 100	0.07～0.5	1500	薄膜
610/570×2360	4	6～60	0.5～1 任调	1、4 号 45 2、3 号 75	0.08～0.03	2000	薄膜
610/570×1900	4	6～60	0.5～1 任调	1、4 号 45 2、3 号 75	0.08～0.3	1500	人造革
610/570×1900	4	6～60	0.5～1 任调	1、4 号 45 2、3 号 75	0.08～0.3	1400	透明硬片

表 16-7　国外部分塑料压延机主要性能参数

国别	制 造 厂 名	辊筒规格（直径×长度）/mm	辊筒数	辊筒线速度/(m/min)	辊筒速比	主电动机功率/kW	主要用途
日本	石川岛播磨重工业公司(IHI)	570/610×1830	4	6～60	0.5～1 任调	(Ⅰ、Ⅳ)37 (Ⅱ、Ⅲ)55	薄膜、人造革
		660/710×2420	4	7～70	0.5～1 任调	(Ⅰ、Ⅳ)55 (Ⅱ、Ⅲ)95	宽膜
		660/710×2290	4	6～60	0.5～1 任调	(Ⅰ、Ⅳ)55 (Ⅱ、Ⅲ)95	透明硬片
	ロ-ル株式会社	610×1730	4	5～57	1∶1.2∶1.38∶1.4	150	壁纸
	合同重工	610×1830	4	5～50	0.74∶0.92∶1∶1.02	150	人造革
德国	海德堡动公司	610×2200	5	4.5～45	0.5～1 任调	(Ⅰ、Ⅳ)45 (Ⅱ、Ⅲ)80	透明硬片
	贝尔斯托夫公司	550×2000	5	3～60	0.5～1 任调	(Ⅰ、Ⅳ)48 (Ⅱ、Ⅲ)96	透明硬片
意大利	鲁道夫	600×2000	4	6～60	0.5～1 任调	(Ⅰ、Ⅳ)66 (Ⅱ、Ⅲ)80	薄膜、透明硬片
	柯米里奥	660×2000	4	4～60	0.5～1 任调	(Ⅰ、Ⅳ)95 (Ⅱ、Ⅲ)120	透明硬片

16.2.2　主要参数

压延机设备主要参数包括：辊筒数量，辊筒排列形式，辊筒工作面直径和长度，辊筒工作面线速度与调整范围，辊筒间的速度比值，辊筒旋转用驱动电动机功率，生产能力和生产制品厚度范围及厚度公差等。

1. 辊筒数量及辊筒排列形式

压延机设备上辊筒数量和排列形式在 16.1.2 节中已经介绍。目前最常见的是三辊压延机辊筒成 I 形排列，四辊压延机的辊筒排列成 Γ 形、S 形和 L 形。

2. 辊筒的工作面直径和长度

辊筒的工作面直径和长度是压延机的主要参数，用来表示压延机的规格大小。从辊筒的工作面长度就可以知道这台压延机能生产制品的最大宽度，一般制品的最大宽度是辊筒工作面长度的 85%～90%。

辊筒的工作面直径和长度如图 16-6 所示。D 为辊筒工作面直径，L 为辊筒工作面长度，单位为 mm。

从辊筒的工作强度方面考虑，为了保证压延机成型制品的横向截面厚度误差精度要求，在设计决定辊筒工作面直径与长度比值时，首先要从这台压延机生产制品用料的特性条件考虑：生产软质塑料制品时（如薄膜），取辊筒长度与直径比

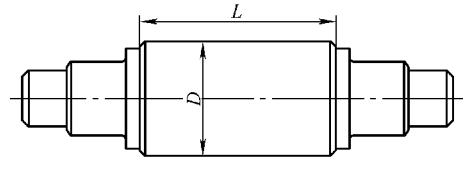


图 16-6　辊筒的工作面直径和长度

值 $L/D=2.5\sim3$；生产硬质塑料制品时（如硬片），取长度与直径的比值 $L/D=2\sim2.5$。这个比值的选取还与制造辊筒用材料有关：辊筒材料用合金钢或铸钢时，比值可取大值；辊筒材料是冷硬铸铁时，比值要取小值。

国产塑料压延机辊筒长径比见表 16-8。国外部分塑料压延机辊筒长径比见表 16-9。

表 16-8　国产塑料压延机辊筒长径比

辊筒工作直径/mm	230	360	450	550	610	700	610/570	610/570
辊筒工作长度/mm	630	1120	1200	1700	1730	1800	1900	2360
长径比	2.7	3.1	2.7	3.1	2.8	2.6	3.1/3.3	3.9/4.1

表 16-9　国外部分塑料压延机辊筒长径比

日本	辊筒工作直径/mm	560	610	610	570/610	610/660	660/710	660/710	—
	辊筒工作长度/mm	1830	1730	1830	1830	2030	2420	2290	—
	长径比	3.26	2.8	3	3.2/3	3.3/3	3.7/3.4	3.5/3.2	—
德国	辊筒工作直径/mm	200	250	300	500	550	600	650	700
	辊筒工作长度/mm	450	550	600	1500～1800	2000	2200	2200～2500	2500～2700
	长径比	2.25	2.2	2	3～3.6	3.64	3.67	3.38～3.85	3.57～3.86
意大利	辊筒工作直径/mm	600	600	660	—	—	—	—	—
	辊筒工作长度/mm	2000	2200	2000	—	—	—	—	—
	长径比	3.33	3.67	3.03	—	—	—	—	—

辊筒直径增大，其工作刚度就随之增强，横压力也就会加大。但随着辊筒直径的加大，其驱动功率也要增加。辊筒工作面直径的增加对提高制品的生产质量有利，薄膜制品的横向截面厚度公差可以得到保证。

3. 辊筒工作面运转线速度与生产能力

辊筒工作面运转线速度是表示压延机生产能力和这台设备先进程度的重要参数之一。辊筒的最高线速度由其生产能力来确定。辊筒转速低时，制品的产量低，这也与对设备的安全操作要求有关；辊筒的转速提高，制品的产量也随之增加。辊筒的转速高低变化可通过无级调速实现。如果驱动电动机采用换向器电动机，速度变化范围为 1∶3，多数大型压延机辊筒的转速调整范围为 1∶10。一般条件下辊筒的运转低速为 6～10m/min。生产硬质聚氯乙烯片时，最高速度为 40m/min；生产软质聚氯乙烯薄膜时，最高速度为 80m/min；生产人造革时为 60m/min。

压延机的生产能力 Q 以单位时间内压延机生产制品的长度（m/h）来计算，即

$$Q=60v\rho\alpha$$

或以单位时间内生产制品的质量（kg/h）来计算，即

$$Q=60vhb\gamma\rho\alpha$$

式中　v——辊筒工作线速度（m/min）；

h——制品厚度（m）；

b——制品宽度（m）；

γ——制品用原料密度（kg/m^3）；

ρ——超前系数，取 $\rho = 1.05 \sim 1.1$（超前系数是指熔料压出线速度 v_1 与辊筒工作运转线速度 v 之比值，即 $\rho = \frac{v_1}{v}$）；

α——设备利用系数，一般取 0.8 ~ 0.9。

4. 辊筒间的速比

辊筒间速比的选择与压延制品用料性能及工艺条件要求有关，是保证辊隙间存料正常回转和熔料间剪切塑化的重要条件之一。使用不同的原料生产同一制品时，每根辊筒的工作温度和转速都要随之变化。一般辊筒间的速比在 1 ~ 1.5 范围内调整。生产软质塑料薄膜时，取辊筒速比为 1∶1.08 左右；生产硬质片时取速比为 1∶1.14 左右。如果辊筒的工作转速较低（<25m/min）时，辊筒间的速度比值可取大些（在 1.2 左右）。

5. 辊筒工作旋转驱动功率

辊筒工作旋转驱动功率是保证辊筒正常工作旋转和降低制品生产成本的一项重要参数。它受多项工作条件影响，计算比较复杂。一般功率计算多按经验公式或参照国内外同类型设备比较选择。每根辊筒的工作功率（kW）为

$$P = 0.7DbvK$$

式中　D——辊筒工作面直径（m）；

b——压延制品宽度（m）；

v——辊筒的最高工作速度（m/min）；

K——制品用原料系数，软聚氯乙烯 $K=1$，半硬聚氯乙烯 $K=1.3$，硬聚氯乙烯 $K=2$。

四辊压延机中各辊筒由于其工作位置不同，每个辊筒的传递工作用转矩也不相同。以 Γ 形四辊压延机为例，四根辊筒所用功率为：Ⅰ号辊与Ⅳ号辊用功率各占总功率的 20%；Ⅱ号辊和Ⅲ号辊各占总功率的 30% ~35%。部分塑料压延机用功率见表 16-10。

表 16-10　塑料压延机功率

机器名称	辊筒规格尺寸（直径×长度）/mm	工作线速度/(m/min)	功率/kW	用　途
五辊压延机	300×800	8 ~ 24	22	塑料薄膜、片
四辊压延机	360×1120	7.3 ~ 21.9	40/13.3	薄膜、半硬片
三辊压延机	610×1730	5.4 ~ 39	100	硬片
四辊压延机	610×1730	5.4 ~ 54 8 ~ 40	160	薄膜 钙塑板
四辊压延机	610/570×1830	5 ~ 50	(Ⅰ、Ⅳ)30×2 (Ⅱ、Ⅲ)45×2	人造革
四辊压延机	610/570×1830	6 ~ 60	(Ⅰ、Ⅳ)37×2 (Ⅱ、Ⅲ)55×2	薄膜
四辊压延机	610/570×1830	6 ~ 60	(Ⅰ、Ⅳ)45×2 (Ⅱ、Ⅲ)75×2	透明硬片
四辊压延机	610/570×2360	6 ~ 60	(Ⅰ、Ⅳ)45×2 (Ⅱ、Ⅲ)75×2	薄膜

（续）

机器名称	辊筒规格尺寸（直径×长度）/mm	工作线速度/(m/min)	功率/kW	用　途
四辊压延机	610/570×1900	6～60	(Ⅰ、Ⅳ)45×2 (Ⅱ、Ⅲ)75×2	人造革、半硬片
四辊压延机	660/710×2030	5～50	(Ⅰ、Ⅳ)45×2 (Ⅱ、Ⅲ)75×2	木纹膜
四辊压延机	660/710×2290	6～60	(Ⅰ、Ⅳ)55×2 (Ⅱ、Ⅲ)90×2	透明硬片
四辊压延机	660/710×2420	7～70	(Ⅰ、Ⅳ)55×2 (Ⅱ、Ⅲ)90×2	薄膜

16.3　压延机成型塑料制品生产线

在压延机成型塑料制品生产线中，主要是以压延机为主（见图 16-7）。压延机的前部是原料的计量、混配和预塑化系统，压延机的后部是制品的表面处理、检测和成品卷取设备。另外，还有全套设备的供电与电控系统，辊筒的温度控制及轴承部位的润滑系统。

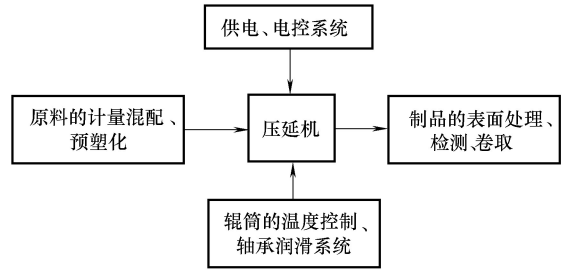


图 16-7　压延机成型塑料制品生产工艺路线

1. 原料的计量、装配和预塑化（原料供应系统）

这个系统的工作是按制品的工艺配方，把塑料树脂、增塑剂、稳定剂和填充料等各组分按配方要求数量计量，然后加入高速混合机中混合均匀，再转入密炼机、开炼机中预塑化，最后供给压延机。

2. 制品的表面处理、冷却定型、检测和卷取（压延成型系统）

压延成型制品脱离压延机时，要经过剥离导辊、冷却降温、表面修饰压光或压花纹，再经冷却定形、检测厚度，最后卷取制品成捆。

3. 供电、电控系统

它是保证压延机生产线上各设备工作用电和正常运转工作的操作控制装置。

4. 辊筒的温度控制、轴承润滑

保证压延机辊筒工作面上温度恒定在工艺条件允许范围内，以使制品质量稳定。轴承润滑系统由液压泵输送润滑油，强制对辊筒的轴承相对滑动部位进行循环润滑，以保证轴承在充分润滑和允许的温度范围内正常运转。

16.3.1　原料供应系统生产线

原料供应系统生产线的作用是将主原料聚氯乙烯树脂和成型制品用料配方中的辅助料，如增塑剂、稳定剂、润滑剂、着色剂和填充料等混炼、预塑化后，输送给压延机，生产制

品。供料系统主要设备布置示意图如图 16-8 所示。

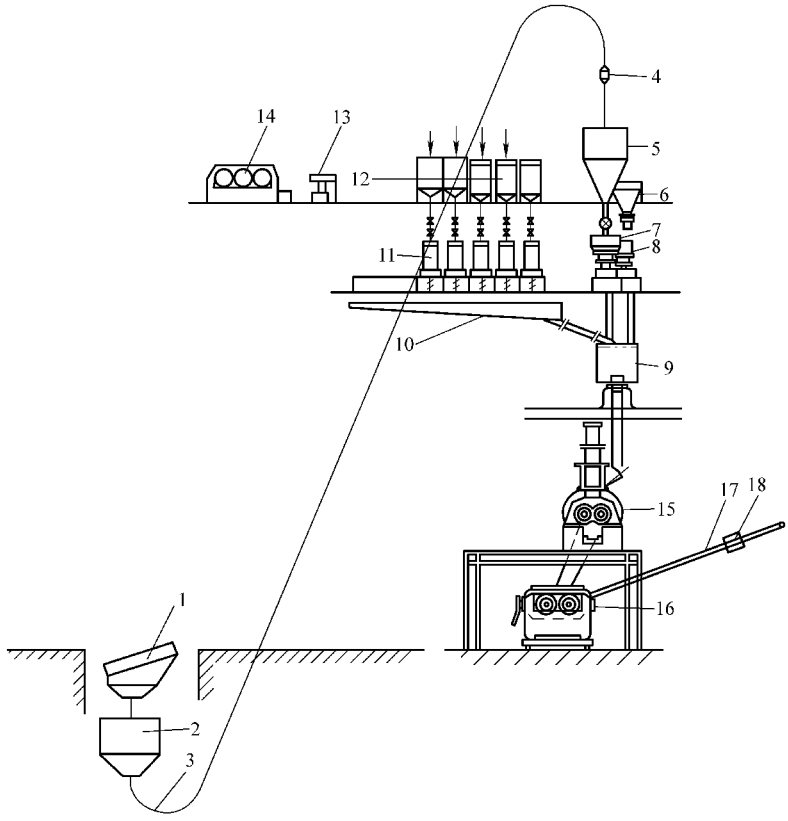


图 16-8　供料系统主要设备布置示意图

1—振动筛　2—树脂储罐　3—风压输送树脂管路　4—旋风分离器　5—树脂储罐　6—填充剂储罐　7，8—自动计量　9—高速混合机　10—助剂导槽　11—助剂自动计量装置　12—增塑剂罐　13—搅拌机　14—研磨机　15—密炼机　16—开炼机　17—输送带　18—金属检测仪

工艺流程中选用不同设备混炼、预塑化原料时的生产工艺顺序如下。

PVC 树脂→筛选→风送料（正压管路风送）上楼→旋风分离→储罐→计量→
增塑剂——→齿轮泵管路输送→储罐→计量——→
稳定剂——→计量→与增塑剂混合搅拌均匀→研磨机→计量——→
填充料——→筛选→储罐→计量——→
着色剂——→计量→与增塑剂混合搅拌均匀→研磨机→计量——→
发泡剂——→计量→与增塑剂混合搅拌均匀→计量——→　混合机→

→
①捏合机→开炼机→开炼机→开炼机→三辊压延机
②捏合机→挤出机→开炼机→开炼机→带输送→金属检测仪→三辊（或四辊）压延机
③高速混合机→密炼机→开炼机→开炼机→带输送→金属检测仪→四辊压延机
④高速混合机→密炼机→开炼机→开炼机→挤出过滤喂料机→四辊（或三辊）压延机
⑤高速混合机→冷搅拌降温→行星齿轮式挤出机→带输送→开炼机→带输送→四辊压延机
⑥高速混合机→挤出机（ϕ250mm、L/D = 6:1）→开炼机→开炼机→开炼机→
挤出过滤喂料机→四辊压延机

在上述设备工艺路线中，方案①是应用较早的一种设备工艺路线方案。该路线设备结构比较简单，项目投资少，操作容易，设备维修也比较方便，是用来生产薄膜的供料系统。采用这种生产工序的设备，操作工的劳动强度大，物料的混炼塑化质量不稳定，使压延成型制品的质量也很难得到较稳定的控制。

方案②在方案①的基础上稍有改进，应用挤出机对原料进行混炼、塑化，使原料的塑化质量稳定性有所提高。同时也改善了操作工的工作环境，减少了操作工的体力消耗。这条设备工艺路线采用的是生产硬片用的设备布局。

方案③是目前国内应用比较多的一种立体式供料设备布局，用于生产聚氯乙烯薄膜。它的供料顺序如下：树脂经过 40 目筛网筛选后，用风送料（输送管径 ϕ40mm、风压 0.5MPa 左右）至楼上储罐，送料量由储罐上的荷重传感器控制。然后按工艺配方，由电子秤自动计量输入高速混合机。增塑剂由齿轮泵经管路输送至楼上储罐，按工艺配方用量自动计量，输入高速混合机中。稳定剂或颜料经混合搅拌，由研磨机磨细，颗粒约为 30～40μm，成糊状，经计量加入高速混合机中（也可加入密炼机中）。填充料碳酸钙可用 100 目筛网筛选，不能用管路输送（易堵塞），经计量加入高速混合机中。按制品的工艺配方应该加入高速混合机中的树脂、各种助剂等原料，经计量加入高速混合机后，开始高速热混合，再经密炼机、开炼机混炼、塑化，经传送带连续输送到压延机的辊筒部位。在带输送机的中部设有金属检测仪，塑化的片状料从仪器中间通过，如有金属异物、检测仪会立即报警停机，以保证设备的安全。

方案④与方案③基本相同，只是把最后一台开炼机改成喂料挤出机，机筒前加过滤网，过滤熔料中的异物杂质，保证压延机的安全生产。

方案⑤是进口的压延机生产线，它适合于薄膜和硬片的生产。与前几条压延机生产线不同之处是在生产线中采用了行星齿轮式挤出机，对混合均匀的原料进行混炼、塑化，减少了密炼机和一台开炼机，使生产线上的物料流程短一些，而且使物料的混炼和预塑化质量及速度均有所提高。

方案⑥的原料混合及混炼预塑化工序方案，是编者应用过的四辊压延机生产线上的混炼预塑化方案（与编者所在企业目前实际用供料设备路线相比有调整），目的是为了提高混炼预塑化的供料质量，缩短每个工序的生产周期。在与前面几个方案相同的生产时间内，它能够提供塑化质量好、产量多的熔融料给压延机，使压延机的成型生产在保证质量的条件下提高辊筒转速，达到提高压延机生产产量的目的。

16.3.2 压延成型系统生产线

压延成型系统生产线是以压延机为主机，按压延机的结构特点和生产塑料制品种类的不同，有多种生产线设备布置方式。

第 4 篇图 1 所示压延机生产线上的设备布置，是国内应用较多的一种生产塑料薄膜的主、辅机布置方案。压延机型号为 SY—4Г—1730B，由大连橡胶塑料机械厂生产。

四辊压延机生产线中，薄膜压延成型生产工艺流程中的主要设备次序是：高速混合机→密炼机→开炼机→开炼机→带输送→金属检测仪→四辊压延机→剥离辊→压花辊→测厚装置→冷却辊→成品卷取装置。

图 16-9 所示的压延机生产线，是从国外引进的以生产薄膜为主的生产线。工艺流程中

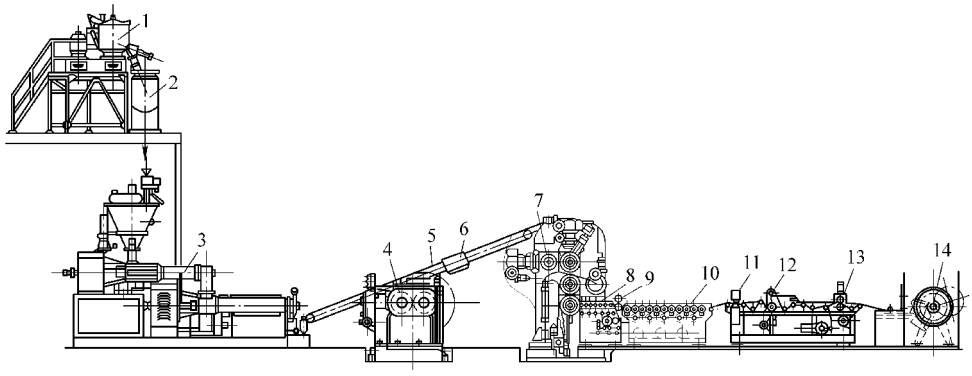


图 16-9　Γ 形四辊压延机塑料薄膜生产线设备布置

1—高速热混合机　2—冷搅拌机　3—混炼塑化挤出机　4—两辊开炼机　5—输送料传动带
6—金属检测仪　7—Γ 形四辊压延机　8—剥离辊组　9—压光辊装置　10—冷却辊组
11—测厚仪　12—切边装置　13—牵引辊　14—卷取装置

主要设备的次序是：高速混合机→降温冷搅拌机→行星螺杆式挤出机→开炼机→传送带→Γ 形四辊压延机→剥离辊→压花辊→冷却辊组→切边装置→测厚装置→牵引辊→成品卷取装置。

图 16-10 所示是辊筒排列成 L 形四辊压延机成型聚氯乙烯硬片生产线。生产工艺流程中主要设备的次序是：高速混合机→降温冷搅拌机→行星螺杆式挤出机→开炼机→传送带→四辊压延机→剥离辊→牵引压光辊→冷却辊组→切边装置→测厚装置→卷取装置。

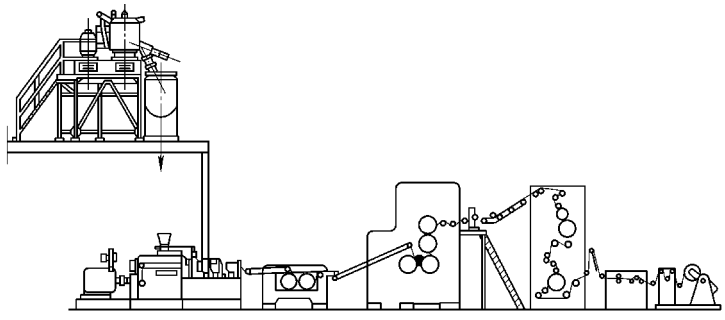


图 16-10　L 形四辊压延机成型聚氯乙烯硬片生产线

图 16-11 所示是 S 形四辊压延机塑料薄膜生产线。生产工艺流程中主要设备的次序是：高速混合机→密炼机→开炼机→开炼机→传送带→压延机→剥离辊→压花辊→冷却辊组→测厚装置→切边装置→牵引装置→卷取装置。

大连冰山橡塑股份有限公司提供的塑料薄膜（PVC）生产用压延机生产线和 PVC 人造革压延成型生产线实例如下，可供应用时选择参考。

例一：混合机（SHR—500×535×800 两台）→密炼机［X(S)M—80×40两台或 X(S)M—110×40一台］→开炼机（SK—660 两台）→喂料挤出机（SJW—250×6 一台）→异径四辊压延机（SY—4Γ2500 一台）→薄膜拉伸拉幅机（SYLM—F4Γ4700 一台）。

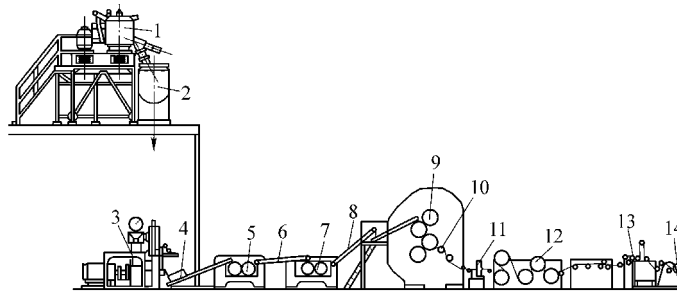


图 16-11 S 形四辊压延机塑料薄膜生产线设备布置

1—高速热混合机 2—冷搅拌机 3—密炼机 4—输送料车 5—开炼机
6—传送带 7—开炼机 8—输送带 9—四辊压延机 10—剥离辊
11—压花辊 12—冷却辊组 13—检测仪 14—卷取装置

例二：混合机（SHR—300×550×1100 两台）→密炼机［X(S)M—80×40两台）→开炼机（SK—550 和 SK—660 各一台）→喂料挤出机（SJW—250×6 一台）→四辊压延机（SY—4Γ1730×570 一台）→薄膜拉伸拉幅机（SYLM—F4Γ300 一台）。

例三：混合机（SHR—500×535×800 两台或 SHR—300×550×1100 两台）→密炼机［X(S)M—110×40一台或 XSM80×40两台］→开炼机（SK—660 两台或 SK—550，SK—660 各一台）→喂料挤出机（SJW—250×6 一台）→异径四辊压延机（SYY—4Γ1900 一台）→人造革压延辅机（SYRG—F4Γ1900A 一台）。

例一为 PVC 薄膜 4m 幅宽的拉伸拉幅机生产线，例二为 PVC 薄膜 2.3m 幅宽的拉伸拉幅机生产线。两套生产线用主机和辅机主要技术参数见表 16-11 和表 16-12。例三为 PVC 压延法人造革 1.5m 幅宽生产线，所用主机和辅机主要技术参数见表 16-13 和表 16-14。

表 16-11 大连冰山橡塑股份有限公司产薄膜拉幅机生产线主机性能参数

型 号	SY—4Γ2360	SY—4Γ2500B	SY—4Γ1730×570
辊筒尺寸/mm	570×2360(Ⅰ、Ⅲ) 610×2360(Ⅱ、Ⅳ)	660×2500	570×1730
辊筒线速度/(m/min)	6～60	6～60	6～60
辊筒速比	0.5～1 任调	0.5～1 任调	0.5～1 任调
驱动电动机功率(直流)/kW	2×45(Ⅰ、Ⅳ) 2×75(Ⅱ、Ⅲ)	2×75(Ⅰ、Ⅳ) 2×110(Ⅱ、Ⅲ)	2×37(Ⅰ、Ⅳ) 2×55(Ⅱ、Ⅲ)
最大交叉量/mm	26	25	21
最大预弯力/kN	1000	1000	1000
辊面最高温(油热)/℃	180	180	180
供料速度/(m/min)	7～32	5～42	6.8～32
摆动幅度/mm	2000	2300	1400
压延制品宽度/mm	2000	4000	1500
厚度/mm	0.08～0.3	0.08～0.3	0.08～0.3
外形尺寸(长×宽×高)/mm	10500×4600×4960	10100×5010×4170	8000×6400×4633
质量/t	75.4	104	71.4

表 16-12　大连冰山橡塑股份有限公司产薄膜拉辐机生产线辅机性能参数

型　　号	SYLM—F4Γ4700C	SYLM—F4Γ3000
辅机工作速度/(m/min)	10 ~ 120	10 ~ 120
制品最大宽度/mm	4000	2300
牵伸辊尺寸(直径 × 长度)/mm,数量/个	150 × 2500,6 个	150 × 1730,4 个
冷却辊尺寸(直径 × 长度)/mm,数量/个	260 × 4700,17 个	610 × 3000,8 个 260 × 3000,13 个
牵引辊尺寸(直径 × 长度)/mm,数量/个	200 × 4900,4 个	
扩幅主电动机功率/kW	5. 5	4
切边电动机功率/kW	4	4
卷取辊尺寸(直径 × 长度)/mm	500 × 4700	500 × 2850
切割电动机功率/kW	1. 5	1. 5
卷膜卷径/mm	300	300
外形尺寸(长 × 宽 × 高)/mm	14510 × 10910 × 2710	13160 × 7460 × 2710
质量/t	64	51. 3

表 16-13　大连冰山橡塑股份有限公司产 PVC 人造革生产线主机性能参数

型　　号	SYY—4Γ1900
辊筒尺寸(直径 × 长度)/mm	570 × 1900(Ⅰ、Ⅲ) 610 × 1900(Ⅱ、Ⅳ)
辊筒线速度/(m/min)	6 ~ 60
辊筒速比	0. 5 ~ 1 任调
主电动机功率(直径,440V)/kW	45 × 2(Ⅰ、Ⅳ) 75 × 2(Ⅱ、Ⅲ)
最大交叉量/mm	21
最大预弯力/kN	980
辊面最高温度(油热)/℃	180
供料速度/(m/min)	7 ~ 32
摆动幅度/mm	1500
压延制品尺寸宽/mm	1500
压延制品尺寸厚/mm	0. 08 ~ 0. 3
外形尺寸(长 × 宽 × 高)/mm	9870 × 4600 × 4690
质量/t	72. 6

表 16-14　大连冰山橡塑股份有限公司产 PVC 人造革生产线用辅机性能参数

型　　号	SYRG—F4Γ1900A
辅机工作线速度/(m/min)	8 ~ 100
导开最大卷径/mm	800
预热辊尺寸(直径 × 长度)/mm	500 × 1750
牵引辊尺寸(直径 × 长度)/mm	200 × 1900
贴合最大线压力/(N/cm)	400
冷却辊尺寸(直径 × 长度)/mm,数量/个	570 × 1900,8 个
切边电动机功率/kW	1. 5
卷取辊尺寸(直径 × 长度)/mm	418 × 1900
中心卷取人造革最大直径/mm	1000
卷取电动机功率/kW	5. 5
外形尺寸(长 × 宽 × 高)/mm	9787 × 8360 × 2100
质量(不含电气)/t	18. 39

16. 4　压延机生产线中的设备

16. 4. 1　压延机

压延机是塑料制品生产加工成型多种设备中的一种重要设备。为了适应不同塑料制品成型的需要，保证制品的生产质量及性能要求，压延机的结构有多种类型。其结构形式的变化，主要是改变辊筒数量和排列形式。但是，不管压延机结构形式如何变化，组成压延机的主要零件还是基本相同的。

常用的三辊压延机结构如图 16-12 所示，四辊压延机结构如图 16-13 所示。

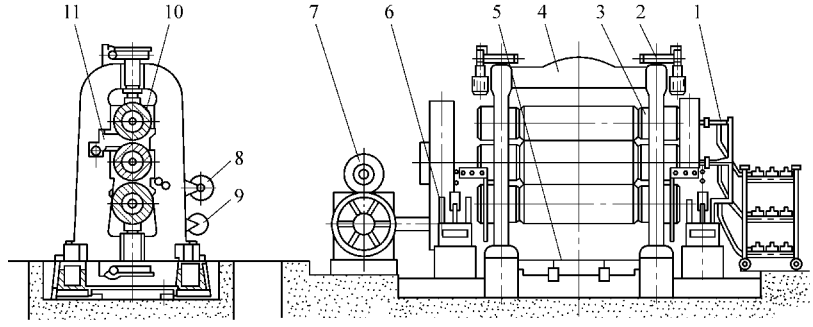


图 16-12　三辊压延机结构

1—加热输送蒸汽管路　2—辊筒调距装置　3—轴承　4—机架　5—安全装置　6—润滑装置
7—传动装置　8—剥离辊　9—料边卷取装置　10—辊筒　11—挡料板

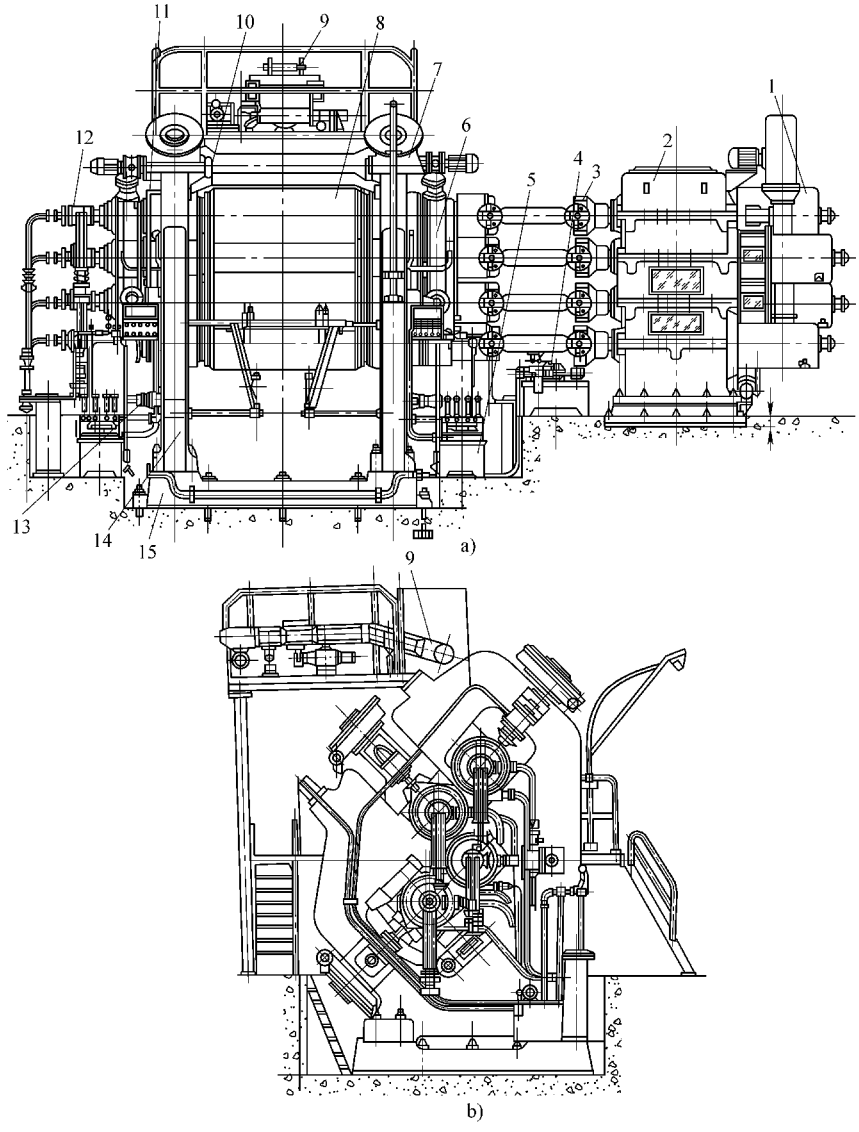


图 16-13　四辊压延机（SY—4S—1800）结构

a）四辊压延机主视图　b）四辊压延机侧视图

1—电动机　2—齿轮减速器　3—联轴器　4—液压系统　5—润滑油箱　6—拉回装置　7—辊筒调距装置
8—辊筒　9—输送带　10—挡料板　11—轴承座　12—旋转接头　13—切边装置　14—机架　15—机座

压延机的结构组成，无论是三辊压延机，还是四辊压延机，按其工作系统分，主要有传动系统、压延系统、辊筒加热系统、润滑循环及冷却系统和电控系统。

（1）传动系统组成　传动系统主要由下列零部件组成：电动机（直流电动机、换向器电动机或三相异步电动机）、联轴器、齿轮减速器和万向联轴器等。

目前，四辊压延机上的 4 根辊筒多数采用直流电动机单独驱动。4 根辊筒的转速通常都不相同，根据制品的工艺条件要求，调节成不同的转速比来完成压延机的压延成型工作。

（2）压延系统的组成　压延系统主要由下列零部件组成：辊筒（辊筒数量一般在 2 ~5 根，应用最多的 3 ~4 根）、辊筒轴承、机架和机座等，它们是压延机设备上压延系统的主要零件。

轴承座支撑辊筒转动。轴承座安装在机架上，分别在两平行机架的轴承窗内定位。两平行的机架与机座平面垂直，由螺栓紧固相互位置。为了保证机架的平行和工作强度，两机架间还有几根连杆或横梁定位、连接拉紧。另外，压延系统的辅助工作装置，还有辊筒的调距装置、轴交叉装置、拉回装置和挡料板及切边装置。这些装置是为辊筒的压延工作而设置的。用来调整、控制和保证辊筒之间间隙的均匀性及工作可靠性，以保证压延成型塑料制品质量的稳定，使制品的尺寸精度能稳定控制在工艺要求的公差范围内。

（3）辊筒的加热系统　辊筒加热系统是为保证辊筒对制品用原料的塑化、压延时所需要的工艺温度能控制恒定在一定范围内而设置的，以保证制品质量的稳定，使生产能正常进行。

辊筒的加热方式有：导热油循环加热、过热水循环加热和蒸汽循环加热。设备有电阻丝加热或锅炉加热系统、输送管路和输送泵等。

（4）润滑系统　润滑系统保证辊筒轴承润滑油系统循环，使高温条件下工作的轴承承受重载荷运转时，能得到循环油良好的润滑。另外，润滑油系统中还装有对润滑油的冷却降温装置，用来控制润滑油的温度在一定范围内工作，以保证辊筒轴承得到良好的润滑。

润滑油循环系统由齿轮泵、输油管路、冷却循环水管路及润滑油的过滤网和温度显示等零部件组成。

（5）电控系统　电控系统由电控操作台统一控制，并保证安全供电；控制驱动辊筒旋转传动用电动机的起动、停止及转速的调整；控制压延机设备上各辅助装置用电动机的起动、停止及紧急停车等项工作。

1. 压延机的传动系统

压延机的传动系统是保证压延机中的辊筒在压延塑化塑料制品成型时能高速平稳运转正常工作的重要系统。为能适应不同塑料制品用原料的工艺条件要求，压延机设备上的辊筒工作用传动系统应具备下列条件。

1）电动机的功率应能保证承受重载荷，使高温辊筒在工艺要求条件下能正常运转。

2）辊筒工作面线速度能够调整变化，各辊筒的转速能够单独调节；同时，还应保证各辊筒间有一定的转速差。

3）辊筒工作转动应平稳，每个辊筒的转速和辊筒间的转速差要保证恒定，工作时传动噪声要尽量小。

4）传动系统在保证上述条件下，结构要尽量简单、紧凑，制造应比较容易，操作和设备维护都应比较方便。

传动系统主要由电动机（直流电动机、换向器电动机或三相异步电动机）、联轴器、齿

轮减速器和万向联轴器等主要零部件组成。

2. 压延机的压延系统

压延机的压延系统是成型塑料制品的压延加工部位。熔料经过压延机各辊筒的滚压后，成型出塑料制品薄膜或片材。压延系统的组成零部件有：辊筒、辊筒轴承、机架、机座、挡料板和切边装置。另外，还有用于调整辊筒之间距离大小的调整装置以及为辊筒工作产生挠度变形时设置的补偿装置等。

压延系统中各零部件的加工制造精度及其工作效果，将会直接影响压延成型塑料制品的质量。所以，要想保证压延系统正常工作，生产出合格的塑料制品，压延系统工作应具备下列条件。

1）组成压延系统工作的各零部件要具备压延成型塑料薄膜或片材时所需的足够的工作强度，在压延工作中的重载负荷作用下，辊筒的挠曲变形量应最小；辊筒转动工作时，机架稳定，振动小，噪声小。

2）辊筒应具备有压延成型塑料薄膜或片材的工艺温度、转速及各辊筒间的转速差。

3）为适应不同薄膜制品的厚度成型要求，各辊筒间的距离间隙大小要能随意调整。

4）压延成型制品的生产过程中，辊筒要有可调的工艺要求温度，转速平稳，速度恒定。

5）压延系统中的主要零件辊筒，要有较高的几何形状精度；工作面的表面粗糙度值 *Ra* 应不大于 0.05 ~ 0.02μm，硬度为 68 ~ 75HS，辊筒的工作面要耐蚀、耐磨和有足够刚性。

6）压延系统结构要尽量简单、紧凑，维修和生产操作比较方便，造价低。

3. 辊筒的加热系统

压延机上的辊筒压延成型塑料制品，需要有一定的工艺温度才能完成。辊筒的加热方法有蒸汽加热、过热水循环加热和导热油循环加热法。

（1）蒸汽加热辊筒　蒸汽加热一般只适合结构为空腔式的辊筒加热。采用蒸汽加热要有蒸汽锅炉，设备投资比较大，占地面积大，容易污染工作环境，工作时需要 1MPa 以上的蒸汽压力，而且升温速度比较慢，辊筒工作面温差大，温度的稳定性也比较难控制。其工作原理如图 16-14 所示。

蒸汽加热在早期压延机生产中应用得较多，一般多是中、小型压延机，辊筒的工作转速和工艺温度要求都不太高。

（2）过热水加热辊筒　采用过热水循环加热的辊筒，其结构形式为多孔式。每根辊筒都由一个独立的循环热水系统、冷却装置和回收管路组成。图 16-15 所示为过热水循环加热辊筒的工作示意。

过热水循环加热辊筒的方法是：当辊筒需要加热升温时，热水泵 6 起动，水加热升温开始循环，电加热器 5 通电，加热循环水升温（此时循环冷却水 4 停止循环）。过热水加热辊筒的循环路线是：热水泵把过热水经管路输送，经由电加热器、冷却水循环器，通过进、出汽旋转接头进入辊筒并进行加热，然后再流回热水泵。如果辊筒加热升温达到工艺温度，则电加热断电，停止加热循环水，冷却水管路自动接通，根据加热循环水的温度，自动控制冷却水的流量大小。热水循环中的水损失由水泵 1 供给，经由冷水补充器，把冷却水预热后补充供给热水泵。压延机辊筒采用过热水循环加热，过热水的工作压力为 1 ~ 3MPa，温度为 220℃左右，通常不会汽化。为防止过热水长期工作生成水垢、堵塞管路、影响水加热和与辊筒的热传导交换，要求进入过热水循环管路前的冷水必须经软化处理。

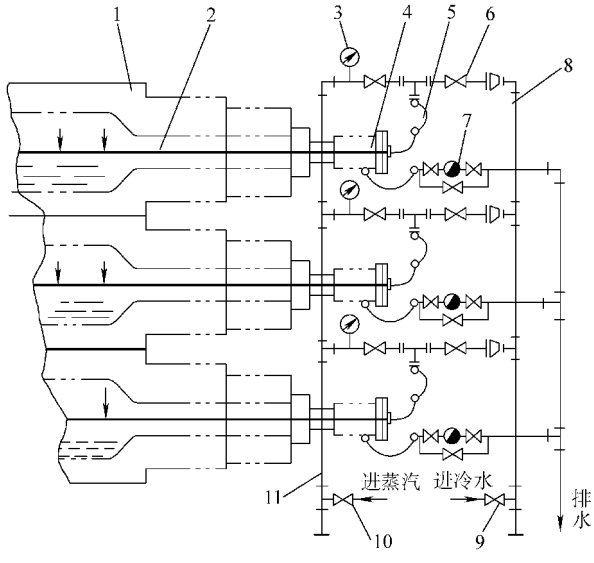


图 16-14　蒸汽加热辊筒的工作原理
1—辊筒　2、11—进汽管　3—压力表　4—辊筒进出汽接头　5—进汽软管　6—阀门　7—疏水器　8—排水管　9—进水阀门　10—进汽控制阀

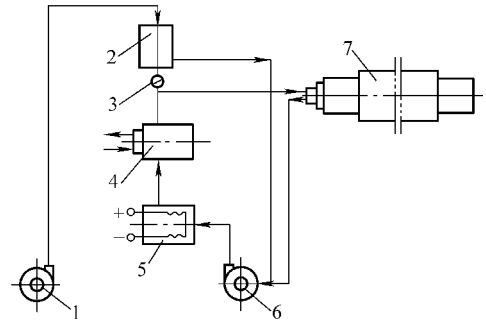


图 16-15　过热水循环加热辊筒的工作示意
1—水泵　2—冷水补充器　3—汽水分离器　4—循环冷却水　5—电加热器　6—热水泵　7—辊筒

（3）热油循环加热辊筒　目前，辊筒结构为多孔式的精密压延机，有越来越多的厂家采用导热油为介质加热辊筒。这种用热油循环加热辊筒的方法，其工作特点是：传导热工作效率高，辊筒被加热温度高，导热油的工作压力低，加热 200℃时系统工作管路油压不超过 0.4MPa，这样比蒸汽加热节省能源近 35% 左右；由于不用水，也减少了水的软化处理设备。热油循环加热辊筒装置工作原理如图 16-16 所示。

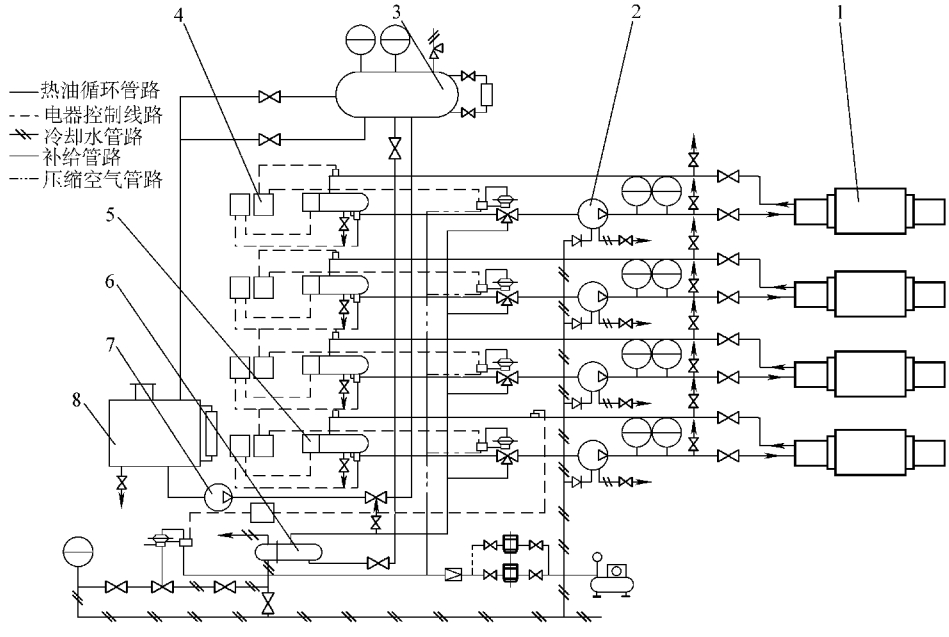


图 16-16　热油循环加热辊筒装置工作原理
1—辊筒　2—循环液压泵　3—膨胀器　4—PID 温控仪表　5—加热器　6—冷却器　7—导热油补给泵　8—储油罐

4. 压延机的润滑系统

压延机工作时需要润滑油的部位主要有辊筒轴承，辊筒转动用齿轮减速器中的齿轮和轴承，辊筒的调距、轴交叉、预负荷及反弯曲装置的蜗杆减速器，万向联轴器及各导辊的轴承部位等。这些部位的润滑条件对压延机的正常工作运转、延长各转动零件的工作寿命、减少磨损有重大影响。为了使压延机能长期正常工作，保证各转动零件有良好的润滑是一项必不可少的条件。

（1）齿轮减速器等部位的润滑　压延机用减速齿轮属于高速重负荷工作。为了提高高速轴上小齿轮的工作强度，一般都用合金钢制造齿轮毛坯，经锻造、机械加工后，齿部还要经过热处理。在这里强调对齿轮要有良好的润滑条件，也是改善齿轮工作环境，延长齿轮工作寿命的一项重要措施。减速器内齿轮和轴承的润滑，是用齿轮泵把箱体内润滑油进行强制循环，采用喷淋的方式分别润滑啮合齿面和轴承部位。减速器内用润滑油牌号为工业齿轮油 120～150，黏度为 110～160mm^2/s(50℃)。正常情况下要一年更换一次润滑油。

调距和轴交叉装置中蜗杆减速器的润滑及各螺杆、螺母的润滑，一般多用 ZGN-2 钙钠基润滑脂（针入度 220～240）或二硫化钼润滑脂。正常情况下，减速器内半年加一次油，其他部位可一周加一次油。

万向联轴器中的十字轴部位要保证每天向干油杯内加一次 ZG-3 号钙基润滑脂。

（2）辊筒轴承的润滑　辊筒轴承的润滑是保证压延机能长时间工作运转的重要条件之一。这个部位润滑的目的，是为了让辊筒轴颈与支撑它的轴承衬之间能长期形成一层润滑油膜，以减少两相互旋转运动的零件表面之间的摩擦。另外，润滑油不断地从两零件间强制性流过，还可带走一部分辊筒轴颈部位的热量及轴颈与轴承衬间正常运转的摩擦热，以保证轴承部位温度在工作条件允许范围内，保证轴承部位的热平衡条件。该条件就是使辊筒对轴承的传热及轴颈与轴承衬间的摩擦热之和与润滑油带走热量及轴承体散发到空气中热量之和接近相等。

压延机辊筒轴承部位的润滑基本上都是用齿轮泵强制将润滑油通过管路输送到轴承部位的。图 16-17 所示为四辊压延机辊筒轴承润滑油循环图。

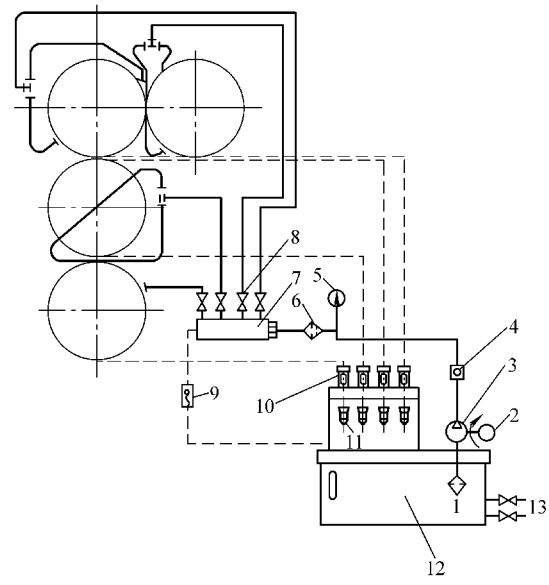


图 16-17　四辊压延机辊筒轴承润滑油循环图

1、6—过滤网　2—电动机　3—齿轮泵　4—视镜　5—压力表　7—分配器　8—截止阀　9—溢流阀　10—温度计　11—回油过滤杯　12—油箱　13—油温控制（加热、冷却）管路

轴承润滑油的工作循环方法如下。

压延机辊筒在起动工作前，润滑油先升温加热，这时油温控制管路 13 供热，油箱内润滑油被加热升温。润滑油循环用齿轮泵起动，润滑油经 1、3、4、6、7、9 部件后回油箱，进行短路循环。当润滑油加热升温至要求温度时，打开截止阀 8（重新调整溢流阀 9）。起动辊筒旋转电动机，辊筒低速转动，开始润滑辊筒。此时润滑油循环路线经 1、3、4、6、7、8 部件后流入四根辊的轴承部位，然后经回油管路，再经过 10、11 部件后回油箱。

润滑油的工作温度为 90℃左右。油温过高，将降低润滑油膜的工作强度，循环

时带走轴承部位的热量少，对轴承部位降温不利。油温过低，则辊筒工作面端部热量散失快，造成辊筒工作面温差大，影响制品质量。所以，应注意控制润滑油温，油温的高、低控制波动不能过大。油温控制一般多采用电接点水银温度计自动控温。

辊筒轴承用润滑油，由于其工作环境比较特殊，要求润滑油要既耐高温又承受高负荷，所以要注意润滑油的选择。轴承为滑动轴承时，一般多采用过热气缸油 HG-38（冬季用）或 HG-52（夏季用）。应用时也可在润滑油中均匀混入质量分数为 30% 左右的二硫化钼粉，它的细微颗粒（粒度小于 0.5μm）有很强的附着力，随润滑油附在轴颈和轴衬的工作表面，能起到固体润滑的作用，是一种改善润滑条件的好润滑剂。轴承为滚动轴承时，润滑油可选用国产 150BS 光亮油［黏度为 30 ~ 33mm^2/s(100℃)］和美孚 Mobil［黏度为 414 ~ 460mm^2/s(40℃)］及 ISO VG460 润滑油。

16.4.2　辅机

压延机生产线上的辅机在 16.3 节已作介绍。辅机中的各设备都是为压延机的压延成型塑料制品生产工作配套服务的。它们的生产工艺参数，操作方式、工作速度和每次完成工作量的大小等工艺条件，都与压延机的工作速度、制品的品种和产品质量有关；而压延机成型塑料制品的产量、质量和操作工艺条件，又受生产线上辅机的操作工艺参数选择和工作质量的影响。由此可见，要想较好地完成压延机成型塑料制品的工作，只有压延机生产线上的主机和辅机相互配合，协调工作才行，二者相互影响、缺一不可。

（1）原料供应系统用设备　从压延机生产线上的设备布置图中可以看到，原料的计量、混配和预塑化用设备有筛选机、研磨机、混合机、开炼机和密炼机等。这些设备介绍见本书中第 4 章内容。

（2）成型制品后处理设备　成型制品用辅机是指在压延机生产线中，经过压延机压延成型后，用于对制品进行后处理用的设备。它的功能主要是把压延成型的半成品（以压延成型 PVC 薄膜为例）从压延机的最后一个辊筒上剥离后，再经对其表面压花或压光处理、冷却定形、切边、检测厚度，把成品卷取成捆。辅机中各部件的组成，根据压延制品品种的不同，有 PVC 薄膜（片）成型用辅机、薄膜扩幅用辅机，薄膜拉伸拉幅用辅机，人造革成型用辅机及对人造革用基布进行平整处理用辅机等。

图 16-18 所示为大连橡胶塑料机械厂生产的薄膜成型用 SYM—F4Γ2360A 型四辊压延机用辅机。

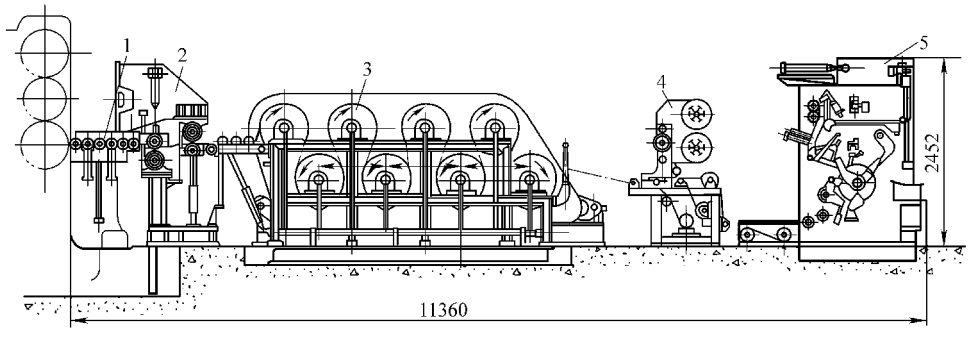


图 16-18　薄膜成型用 SYM—F4Γ2360A 型四辊压延机用辅机

1—剥离牵引装置　2—制品表面修饰装置　3—冷却辊组　4—切边与收边装置　5—表面卷取装置

图 16-19 所示为大连橡胶塑料机械厂生产的薄膜用带有扩幅装置的 SY—F4Γ4600 型辅机。图 16-20 所示为塑料压延拉伸拉幅成型薄膜生产线辅机。

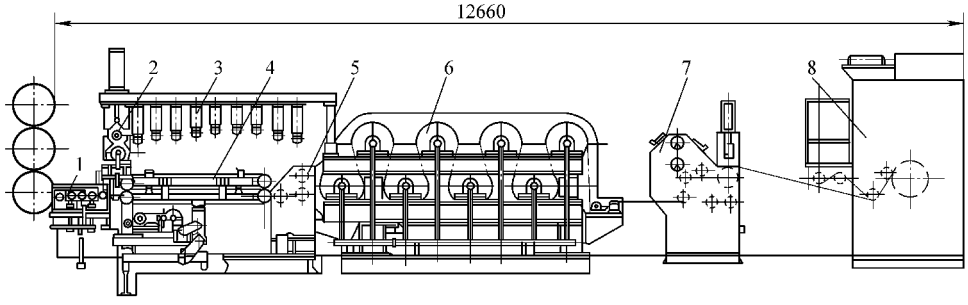


图 16-19　薄膜用带有扩幅装置 SY—F4Γ4600 型辅机

1—剥离牵伸辊组　2—制品表面修饰装置　3—过桥缓冷装置　4—扩幅装置

5—牵引辊　6—冷却辊组　7—牵引、切边装置　8—切割、卷取装置

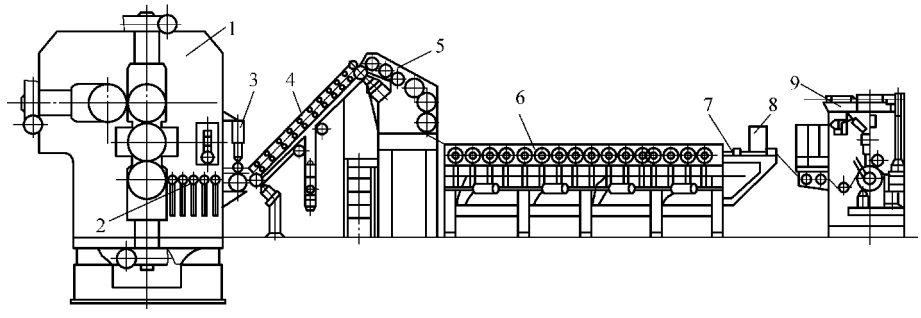


图 16-20　塑料压延拉伸拉幅成型薄膜生产线辅机

1—Γ 形四辊压延机　2—剥离辊组　3—压花辊　4—扩幅装置　5—缓冷辊组

6—冷却辊组　7—切边装置　8—测厚装置　9—卷取装置

图 16-21、图 16-22 和图 16-23 所示为三种成型人造革、薄膜的压延机生产线部分设备。图 16-21 生产人造革的方法是塑料经四辊压延机的辊筒压延成薄片后，在脱离第四根辊筒之前，利用辊筒与基布运行的速度差和压力，把片形熔态料与基布贴合在一起（通常称为擦贴法）。图 16-22 所示的生产人造革的方法是把脱离压延机辊筒的膜片与基布用压力使它们贴合在一起（也叫贴胶法）。第一种方法（擦贴法）生产的人造革，能使部分熔态料渗透到基布的织物间隙中，结果使塑料能较牢地与基布结合，但这种方法成型的人造革手感较硬，

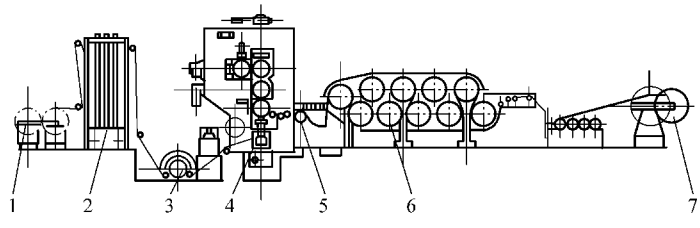


图 16-21　人造革、薄膜成型用 Γ 形四辊压延机生产线部分设备

1—放布捆　2—张力调节装置　3—布基加热装置

4—基布与薄膜复合装置　5—压花纹辊　6—冷却辊组　7—卷取装置

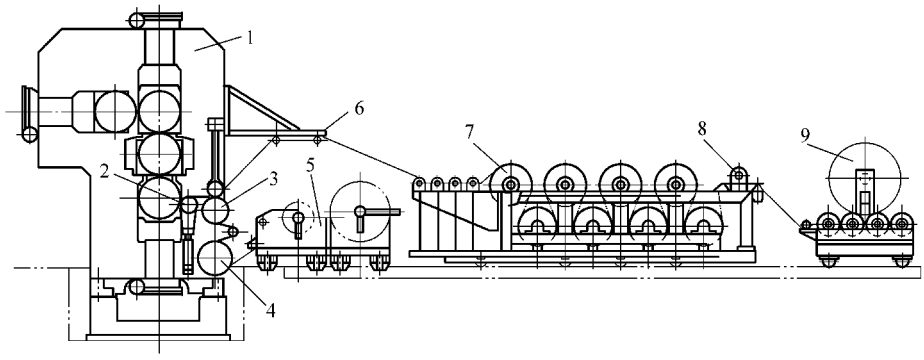


图 16-22　贴胶法成型人造革压延机生产线部分设备

1—Γ 形四辊压延机　2—脱离辊　3—贴合辊　4—基布预热辊　5—供基布装置
6—导辊　7—冷却辊组　8—切边装置　9—卷取装置

不如第二种（贴胶法）在脱离辊筒后，与基布压合成型的人造革柔软。图 16-23 所示的人造革生产用辅机，采用针织布生产擦贴革时应用得较多。

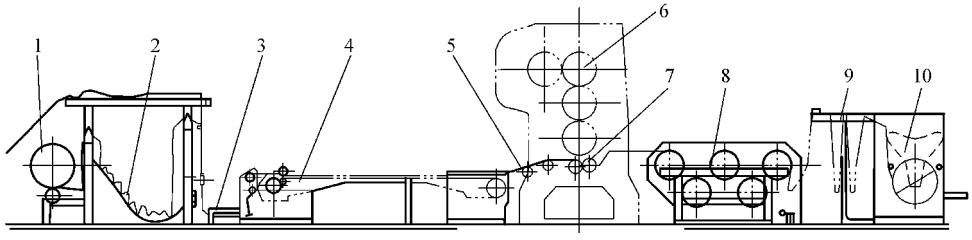


图 16-23　人造革压延法成型生产线部分设备

1—布捆　2—蓄布装置　3—操作台　4—扩幅机　5—预热辊　6—四辊压延机
7—贴合辊　8—冷却辊　9—张力调节装置　10—卷取装置

压延机用辅机型号及性能参数见表 16-15。压延成型薄膜（片、革）用辅机型号及生产厂家见表 16-16。塑料人造革压延机辅机型号及性能参数见表 16-17。PVC 塑料压延拉伸拉幅薄膜生产线设备型号和性能参数见表 16-18。

表 16-15　压延机用辅机型号及性能参数

型　　号	SY—F4Γ1800	SY—FG4r1800	SY—F4L800	SY—F4Γ1120	SY—F4Γ2360
配套压延主机型号及辊筒规格尺寸(直径×长度)/mm	SY—4Γ1730B 160×1730	SY—4r1730C 610×1730	SY—5L800 300×800	SY—4Γ1120 360×1120	SY—4Γ2360 570/610×2360
生产线速度/(m/min)	8～80	8～50	8～37	7.3～34.19	6～100
制品最大宽度/mm	1200	1200	650	920	2000
牵引辊直径/mm	—	112	120	—	200
压花(光)辊直径/mm	250	210	147	150	200
橡胶辊直径/mm	250	320	150	200	300
压花电动机功率/kW	10	10	0.75	1.5	4
冷却辊直径/mm	570	570	400	500	700

（续）

型　　号	SY—F4Γ1800	SY—FG4r1800	SY—F4L800	SY—F4Γ1120	SY—F4Γ2360
冷却辊数量	6	6	8	5	6
冷却电动机功率/kW	5.5	5.5	2.2	2.2	4
卷取形式	表面摩擦卷取	中心卷取	中心卷取		
卷取最大直径/mm	600	600	400	500	300
卷取电动机功率/kW	5.5	力矩电动机 2×2	力矩电动机 2×1	1.5	4

表 16-16　压延成型薄膜（片、革）用辅机型号及生产厂家

型　　号	配套主机型号	用　　途	生产厂家
SF—F4Γ680	SY—4Γ720 四辊压延机	用于 PVC 透明硬片、彩色片及薄膜生产线上的引离、冷却和卷取操作，亦可供工艺试验用	上海市北蔡轻工机械厂
SY—F5L800	SY—5L800 五辊压延机	用于 PVC 透明片及薄膜生产线上引离、冷却、定宽、检验、卷取等	
SY—F4Γ1120	SY—4Γ1120 四辊压延机	用于 PVC 软膜、钙塑片压花、冷却和卷取	上海橡胶机械厂
SY—F4Γ1120A	SY—4Γ1120 四辊压延机	用于 PVC 透明片、彩色硬片、薄膜生产线上引离、加热、冷却、切边、牵引等	上海市北蔡轻工机械厂
SY—F4Γ1800B	SY—4Γ1730B 四辊压延机	对于外贴法压延人造革生产线上导开、预热、冷却、卷取等	大连橡胶塑料机械厂
SYRG—F4Γ1900	SY—4Γ1900 异径四辊压延机	用于人造革生产线上异开、预热牵引、贴合、冷却、切边、卷取等	
SYM—F4Γ2360	SY—4Γ2360 异径四辊压延机	用于薄膜牵引、压光、冷却、卷取	
SYM—F4Γ2500	SY—4Γ2500 四辊压延机	用于薄膜生产线上牵引、压光、冷却、卷取等	
SYLM—F4Γ4600	SY—4Γ2360 异径四辊压延机	用于 PVC 薄膜扩幅生产线上的牵伸、扩幅、牵引、冷却、切边、切割、卷取等操作	

表 16-17　塑料人造革压延机辅机型号及性能参数

压延主机型号		SY—4Γ1730B	SYY—4Γ1900	SYY—4Γ1900	SY—4Γ2030	SY—4Γ2300
压延辅机型号		SYRG—F4Γ1800B	SYRG—F4Γ1900	SYRG—F4Γ1900A	SY—F4Γ2030	SY—F4Γ2300
主机辊筒规格尺寸/（直径×长度）/mm		610×1730	570×1900/ 610×1900	570×1900/ 610×1900	610×2030	660×2300
制品宽度/mm		1200	1500	1500	1700	2000
生产线速度/(m/min)	主机	—	6～60	6～60	6～60	6～60
	辅机	8～80	8～10	8～100	10～100	10～100
引离辊规格尺寸/（直径×长度）/mm		—	200×1900	200×1900	200×1990	150×2300
贴合辊规格尺寸/（直径×长度）/mm		250×1500	200×1830	200×1830	220×1890	200×2200

（续）

橡胶辊规格尺寸/（直径×长度）/mm	—	—	—	380×1890	380×2200
贴合最大线压力/（N/cm）	300	400	400	350	350
预热辊规格尺寸/（直径×长度）/mm	150×1500	500×1750	500×1750	—	500×2200
基布最大导开直径/mm	800	800	800	800	800
缓冷辊规格尺寸/（直径×长度）/mm	—	—	—	200×2030	150×2360
冷却辊规格尺寸/（根数×直径/mm×长度/mm）	6×570×1800	8×570×1900	8×570×1900	8×570×2030	8×570×2300
卷取方式	表面卷取	表面卷取	中心卷取	表面卷取	中心卷取
最大卷取直径/mm	600	1000	1000	1000	1000

表 16-18　PVC 塑料压延拉伸拉幅薄膜生产线设备的型号和参数

压延主机型号		SY—4Γ1730	SYY—4Γ2360	SY—4Γ2500B	SY—4Γ2500B
压延辅机型号		SYLM—F4Γ3000	SYLM—F4Γ4700	SYLM—F4Γ5000	SYLM—F4Γ5000A
主机辊筒规格尺寸/（直径×长度）/mm		570×1730	610×2360 570×2360	660×2500	660×2500
制品宽度/mm		2300	4000	4000	4000
生产线速度/（m/min）	主机	6～60	6～60	6～60	6～60
	辅机	10～120	10～120	12～120	12～120
引离辊规格尺寸/（根数×直径/mm×长度/mm）		6×150×1730	5×150×2290	6×150×2500	6×150×2500
压花（光）辊规格尺寸/（直径×长度）/mm		200×1730	250×2290	55×5000	220×2500
橡胶辊规格尺寸/（直径×长度）/mm		260×1730	300×2290	380×5000	380×2500
压花（光）最大线压力/（N/cm）		400	235	180	360
扩幅装置最大出口宽度/mm		3000	4600	5000	5000
扩幅装置结构形式		平拉幅	平拉幅	斜拉幅	斜拉幅
缓冷辊规格尺寸/（根数×直径/mm×长度/mm）		4×150×1730	4×150×2360	3×260×5000 /2×350×5000	3×260×5000 /3×350×5000
冷却辊规格尺寸/（根数×直径/mm×长度/mm）		8×610×3000 或 13×260×3000	8×610×4600 或 17×260×4600	9×610×5000	16×310×5000
卷取方式		自动切割表面卷取	自动切割表面卷取	自动切割表面卷取	自动切割表面卷取
最大卷取直径/mm		300	300	300	300

16.4.3 压延机生产操作要点

压延机生产操作注意事项如下。

1）新压延机试车和试生产期间内不允许用大于60m/min的车速进行生产，不许满负荷试车。

2）正常压延生产塑料制品时不许主电动机超负荷工作（允许瞬间超载）。

3）正常生产时，压延辊筒轴承润滑油的回油温度最高不许大于100℃；如果是滑动轴承，要经常查看回油中的铜粉含量，找出磨损铜粉增加的原因，及时排除；每次检修后要试验润滑油供应油路不通畅报警是否能准确工作。

4）要经常检查压延辊筒间的余料存量，一般控制料卷直径在ϕ30mm左右。

5）只有在压延辊筒间有存料时才允许采用微调辊距，即对辊筒的反弯曲和预负荷装置等进行调节。

6）正常生产中的辊筒间余料存量变化，辊筒的升、降速及辊面温度的波动，都要对制品的厚度尺寸产生影响，发生上述几种工艺条件变化时，要及时检测制品质量，及时对辊间距进行微调控制。

7）辊筒的升、降温调节（指开车或停车时）都应在辊筒慢速旋转条件下进行，辊筒升温速度控制在每小时不超过30℃。

8）在正常生产中要随时观察液压系统、润滑系统及冷却水循环系统的工作运转情况，发现问题要及时处理。

9）没有特殊意外事故不许用紧急停车开关；由于停电或紧急停车时要及时清除辊筒上的熔料，此时允许辊筒短时间（不大于2min）开倒车，以方便清除辊筒间的残料。

10）清除辊面上残料时，不许用钢质刮刀，只能用铜质或竹刀类工具，避免划伤辊面。

11）使用辊筒轴交叉装置来调整制品的横向截面厚度公差时，不应调整较大的轴交叉量，调整时注意其对制品横向截面厚度尺寸变化的影响。轴交叉时以辊筒的工作面中点为轴，辊筒两端向相反方向移动，左右移动量对称相等，轴交叉角小于1°。

12）生产停止时，压延辊筒的温度只有降到低于60℃时才允许停止辊筒旋转。

13）新设备试车生产1个月后（不少于500h），必须清洗各润滑部位，换新润滑油；检查各工作传动零件磨损情况，做好记录；磨损严重的零件要求设备制造厂给予更换，此现象属制造质量问题。

14）注意压延辊筒用润滑油的选用，一般可用设备制造厂提供的润滑油。编者过去曾用52#过热汽缸油中混有30%的二硫化钼粉（细度不大于0.5μm，要与油混合均匀）作润滑油；用进口美孚石油公司的Mobil80#润滑油，效果也较好。

15）压延辊筒的反弯曲和预负荷装置的使用调整要在辊筒间有存料时进行。不用这种装置时，要先调大辊距后再将推动这个装置的液压缸卸压、避免擦伤辊面。

第 17 章　压 延 成 型

目前，国内塑料压延成型工艺主要是以生产聚氯乙烯制品为主。压延成型聚氯乙烯制品的生产工艺方案有多种，以三辊压延机和四辊压延机为主机的生产工艺流程，包括压延成型前的原料准备工艺（即原料的筛选、计量、配混和预塑化工艺，见本书中第 4 章内容）和压延成型制品后的表面修饰（压光、压花）、冷却定形和卷取等工序。不同制品的压延成型工艺顺序见图 16-8 ~ 图 16-11。

17.1　聚氯乙烯薄膜（片）压延成型

塑料薄膜的压延成型，是指用压延机上的几根转动的高温辊筒，把塑料的熔融料辗压成薄而宽、其长度可无限延长的薄膜或片类塑料制品。这种用压延机辗压成型塑料薄膜（片）制品的原料，主要是聚氯乙烯树脂，再根据塑料薄膜的使用条件要求，适当加入一些增塑剂、稳定剂、润滑剂和填充料等助剂。

（1）压延成型薄膜生产特点

1）压延成型薄膜是一种有固定宽度、厚度较均匀的软质或硬质制品，软质薄膜厚度为 0.05 ~ 0.50mm，硬质片厚度为 0.25 ~ 0.70mm。

2）薄膜（片）制品的长度可以无限延长，辊筒转速可在 10 ~ 70m/min 范围内调整。

3）压延法生产塑料制品车速比其他塑料设备生产车速快、产量高。

4）制品质量好，厚度均匀，误差小，制品的强度比吹塑薄膜强度高。

5）压延法生产线长，设备多，压延机结构比较复杂，占地面积大，投资大。

6）压延机生产，需要技术熟练、生产经验较丰富的工人操作。

（2）压延成型薄膜性能特征　压延成型的 PVC 薄膜与挤出吹塑成型 PVC 薄膜比较，前者除了具有吹塑成型聚氯乙烯薄膜的特征外，还具有厚度均匀、表面光亮、无气孔、无气泡、收缩率小、无皱褶、强度高等特征。

（3）聚氯乙烯压延薄膜用途　聚氯乙烯压延薄膜在农业方面的应用，主要有用来做早稻育秧膜，地面覆盖膜，各种蔬菜、瓜果用大棚膜等；生活日用品中用聚氯乙烯压延膜作雨衣、雨伞、台布、窗帘和各种食品的包装及各种书本的封面膜等；工业中主要是作各种工业制品的包装、人造革面膜、印花膜及粮食贮存密封包装袋、胶粘带及各种充气玩具等。

（4）压延成型聚氯乙烯薄膜工艺流程　用压延机压延成型薄膜生产工序方案有多种，这里只介绍两种比较常见的压延薄膜生产工序方案，供应用选择参考。

1）方案一。树脂和辅助原料按制品配方计量→高速混合机→密炼机→开炼机→开炼机→带输送→金属检测仪→压延机→剥离→表面修饰→冷却定形→切边→质量检测→卷取。

2）方案二。树脂和辅助原料按制品配方计量→高速热混合→冷混合→混炼挤出机→开炼机→带输送→金属检测仪→压延机→剥离→表面修饰→冷却定形→切边→质量检测→

卷取。

17.1.1 聚氯乙烯薄膜压延成型工艺

1. 设备选择

软质聚氯乙烯薄膜生产采用压延法成型，可用各种类型的压延机，但目前应用较多的压延机的辊筒排列形式为Γ形和S形。压延机生产线上的设备布置，多采用图16-9和图16-11所示的方案。

2. 原料应用

聚氯乙烯薄膜压延成型用原料见第1章中1.3节内容及表3-3配方例。

聚氯乙烯树脂用压延法生产塑料薄膜，无论是农业薄膜、工业用薄膜、民用薄膜及各种不同用途的薄膜，其生产成型用原料的配方均有多种组合方式，即使是生产一种性能完全相同的塑料薄膜，其使用原料的配方也可设计出几十种。因此，表3-3列出的几种薄膜压延成型的配方，不具有代表性，也不是典型的制品配方例。举此例，只能说明用压延法生产聚氯乙烯薄膜制品配方组合中几个必不可少的用料种类，提出来供学习应用时参考。

3. 原料配混工艺

聚氯乙烯薄膜压延成型用原料的配混与预塑化工艺可参照本书4.4节内容。具体工艺参数为：

（1）原料混合

1）用200L高速混合机时，最大加料量100kg，加热蒸汽压力0.2～0.3MPa，混合时间5～7min，出料温度100℃左右。

2）用500L高速混合机时，最大加料量200kg，加热蒸汽压力0.2～0.3MPa，混合时间8min，出料温度100℃左右。

3）用500L Z形捏合机时，最大加料量250kg，加热蒸汽压力0.3～0.4MPa，混合时间40min，出料温度100℃左右。

（2）用密炼机预塑化原料（以75L为例） 加料量70～85kg，加热蒸汽压力0.5～0.7MPa，塑化时间4min左右，出料温度165℃左右。

（3）用开炼机预塑化原料（型号SR-550） 加料量50kg，辊筒加热蒸汽压力0.8～1.0MPa（辊面温度170℃左右），两辊面间隙第一台3.5mm左右，第二台2.5mm左右。

（4）挤出过滤喂料机 螺杆直径为250mm，长径比L/D为6∶1，机筒加热蒸汽压力0.4～0.8MPa，过滤网40/100/20目，机筒温度150～160℃，出料温度应不超过175℃。

（5）预塑化原料用挤出机（由混合机供料，料温降至45℃时） 螺杆直径为250mm，长径比L/D为10∶1，螺杆转速在12～36r/min范围内，机筒加热温度：后部130℃，中部150℃，前部160℃左右。

4. 压延成型工艺

聚氯乙烯薄膜采用压延法成型，可用三辊压延机、四辊压延机或五辊压延机。辊筒的排列形式，可选择Γ形、S形或Z形。这里介绍Γ形四辊压延机生产成型农用薄膜的工艺条件。

压延成型薄膜的工艺参数与辊筒的转速、温度和薄膜制品原料配方的组成有关。它们之间既互相影响又互相关联，为了调节制品的性能，这些工艺参数值在生产中可能随时要调整变化。所以，表17-1中的四辊压延机的成型薄膜工艺参数只能是一个应用参考值，供压延

成型生产初期工艺参数设定时参考。

表 17-1 四辊压延机的成型薄膜工艺参数

项目		辊筒排列			
		Ⅰ辊	Ⅱ辊	Ⅲ辊	Ⅳ辊
辊筒规格/mm		ϕ610×1730			
辊筒表面温度/℃		165~175	170~180	170~175	168~173
辊筒排列形式		Γ			
辊筒转速/(m/min)		42	53	60	54
预负荷弹性辊筒长/mm		200	296	300	203
轴交叉角度/(′)		25~35			
轴承润滑油温度	循环油压力/MPa	0.15			
	进入油温/℃	60~70			
	流回油温/℃	70~80	70~80	90~100	70~80

17.1.2 聚氯乙烯硬片压延成型工艺

聚氯乙烯硬片通常都是指厚度大于0.25mm的制品，它的压延成型生产工艺顺序与聚氯乙烯薄膜压延成型生产工艺顺序相同（见本书16.3.2节中内容）。其中图16-9所示的供料预塑化用辅助设备多一些，原料的混炼预塑化工序和操作时间要长一些，原料比较容易分解，结果有时会使制品透明片略泛黄色，操作时应注意。图16-10中的供料预塑化用辅助设备比方案一用辅助设备少（这是一种引进设备生产工艺方案，此方案生产薄膜和硬片均较适宜），原料的混炼预塑化工序和操作时间比前一个方案要少一些；用方案二生产塑料硬片，质量较好，厚度的均匀性及透明度也较好。

1. 设备选择

压延成型聚氯乙烯硬片，可用四辊压延机、也可用五辊压延机。辊筒的排列形式以Γ形和L形应用较多。Γ形排列辊筒结构压延机，供料位置高，异物不易掉入辊筒间，生产比较安全；如果原料中有增塑剂，其挥发出的气体也不会对制品表面质量有影响。用L形辊筒排列结构压延机生产透明硬片应用也较多。如果制品原料中不含或少量含有增塑剂，用此种压延机生产聚氯乙烯透明片比较适合。

2. 原料应用

（1）聚氯乙烯树脂的选择

1）生产聚氯乙烯硬片用的主要原料是聚氯乙烯树脂，所用悬浮法树脂牌号为SG4~SG7（GB/T 5761—2006），目前，用SG7型树脂较多。

2）如果硬片用于食品包装材料，要求聚氯乙烯树脂中不得有异物、异臭，应为白色粉末。其理化指标应符合标准GB 4803—1994的规定：树脂中氯乙烯的残留量应不大于5mg/kg。

3）树脂颗粒要均匀，其透明度及热稳定性要较好。

4）树脂中含水量要适当，黑黄点少；用30~40目（0.425~0.6mm）筛网较能顺利通过。

5）树脂结构为疏松型、鱼眼少。

（2）增塑剂的选择　压延成型聚氯乙烯透明硬片所用原料的配方中，应以不加增塑剂为好，这样可保持硬片的刚度。如果从方便加工方面考虑，可以少量加些增塑剂，以提高原料的塑化能力和改善熔料的流动性。对于增塑剂的应用量，硬片用于食品包装时，应按第2章中的食品包装用塑料制品中的助剂含量要求选用。

（3）稳定剂的选择　聚氯乙烯硬片的成型配方中加入稳定剂，对制品的使用寿命和透明度的影响较大，给成型制品过程中的原料塑化及工艺温度的控制也带来一定的难度。注意选用稳定剂应以钡镉锌结合体系为主；用于食品包装的透明片，配方中用稳定剂硬脂酸钙时，最大用量为5%。

（4）聚氯乙烯无毒硬片配方例　聚氯乙烯树脂PVC（SG7，应符合标准GB 4803—1994规定的树脂卫生指标要求）100份，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）5.0份，环氧树脂（EP）3.0份，硬脂酸钙（CaSt）0.2份，硬脂酸锌（ZnSt）0.1份，硬脂酸（HSt）0.3份，BTA共聚树脂10份，TPP 10份，十六～十八碳酸1.5份，TVS8831 2.0份。

3. 原料配混工艺

（1）原料的准备

1）把聚氯乙烯树脂（选用悬浮法树脂，牌号为SG7型）用40目（0.425mm）振动筛过筛，清除料中杂质；按制品配方要求计量树脂，然后投入高速混合机的混合室内。

2）增塑剂过滤，计量后加入高速混合机的混合室内。

3）稳定剂经研磨机研磨后计量，加入高速混合机内。

（2）高速混合（300L）

把聚氯乙烯树脂、增塑剂、稳定剂及其他助剂，按此顺序加入高速混合机的混合室内。

加料量：90kg。

蒸汽加热压力：0.3～0.4MPa。

搅拌桨转速：500r/min。

混合搅拌时间：5～7min。

出料温度：90～100℃。

（3）密炼机混炼预塑化（75L）

加料量：90kg。

转子转速：31～70r/min。

蒸汽加热压力：0.8～0.9MPa（165～170℃）。

混炼搅拌时间：3～6min。

出料温度：165～170℃、松散块状。

（4）开炼机混炼预塑化（ϕ550×1500）

一次投料量：40～50kg。

辊筒温度：前辊温度180～190℃，后辊温度170～180℃。

辊筒工作面间距：1.5～2.5mm（第二台开炼机为3mm）。

混炼时间：手工操作，成卷3～4次，15～20min。

4. 压延成型工艺

聚氯乙烯硬片的压延成型工艺条件参数与聚氯乙烯薄膜的压延成型工艺条件参数基本相似，成型质量要求及工艺参数都与辊筒的温度、转速及所用原料配方的组合方式有关。表

17-2 中列出聚氯乙烯硬片压延成型工艺参数，可供参考。

表 17-2 聚氯乙烯硬片压延成型时的辊筒转速与温度

控制部位	Ⅰ辊	Ⅱ辊	Ⅲ辊	Ⅳ辊	剥离辊	冷却辊	卷取速度
辊筒转速/（r/min）	18	23.5	26	22.5	36	36	>32
辊筒温度/℃	175	185	175	180	约140	约15	—

三辊（ϕ600mm×1200mm）压延机辊筒温度

辊　筒	上　辊	中　辊	下　辊
温度/℃	175～185	180～190	190～195

小型四辊（ϕ230mm×610mm）压延机辊筒温度

辊　筒	上　辊	中　辊	下　辊	侧　辊
温度/℃	200～205	195～200	190～200	190～200

注：小型四辊压延机的辊筒排列为 L 型。

17.1.3 薄膜（片）压延成型工艺参数的调整

聚氯乙烯薄膜（片）的压延成型质量与压延前的原料准备、混炼预塑化工艺参数的选用及预塑化原料的质量有关，会受到这些因素一定的影响，但最重要的还是压延机在压延制品成型过程中的各工艺参数条件的影响，它是保证制品成型质量的重要条件。

（1）辊筒各种工艺参数的确定　塑料薄膜在压延成型过程中，压延机中辊筒的温度、转速、各辊筒间的速度比、辊筒间的工作面间隙和两相邻辊间的熔料存量多少等，都是压延制品成型质量的重要影响因数。工艺技术人员和压延机操作者应了解这些参数间的相互影响作用及它们之间的参数变化对产品质量的影响，以做到合理的调整、保证压延制品质量的稳定。

1）辊筒温度。辊筒的温度是保证压延塑料在熔融状态下辗压成薄膜的重要条件之一。辊筒的温度主要来源于输入辊筒体内的蒸汽或过热水及导热油等导热介质，在辊筒体内循环，进行热交换而使辊体受热，使辊筒温度逐渐升高。另一个因素是辊筒压延塑料过程中，辊筒与原料的滚动摩擦和原料间的剪切摩擦产生的热量，同样也会让辊筒温度有所变化。原料间剪切摩擦产生的热量多少与辊筒的工作转速和原料本身的黏度有关：辊筒的转速高、原料黏度大，产生的摩擦热就多；反之则摩擦热就小。

由于压延熔料易于包在辊温高、转速快的辊筒上，所以，辊筒的辊温控制应是Ⅱ辊高于Ⅰ辊，Ⅲ辊高于或等于Ⅱ辊，Ⅲ辊略高于或等于Ⅳ辊。辊筒之间的温度差一般控制在 5～10℃。在特殊情况下，Ⅲ辊的温度略低于Ⅱ辊和Ⅳ辊的温度。

2）辊筒的转速。辊筒的转速控制，一般是按压延制品的原料性质和制品的厚度来决定。通常，生产硬质聚氯乙烯制品时，辊筒的转速控制在 3～30m/min，生产软质聚氯乙烯制品时，辊筒的转速控制在 10～100m/min。

3）各辊筒间的转速比。辊筒间的转速比是指辊筒工作面线速度的比值。压延制品成型调整辊筒间有一定的速度比，目的是使压延熔料能够较顺利地贴附在快速辊的辊面上。相邻辊间的速度差使熔料增加剪切作用并得到延伸，改进了熔料的塑化质量；这样，也同时提高了产品质量。各辊筒间转速比的大小与辊筒转速和制品厚度有关，可参照表 17-3 调整选择。如果是按熔料的包辊情况调整速比，应以熔料既不包辊又不吹辊为准。辊筒间速度差过大会出现色辊现象；辊筒间速度差过小，空气易夹入，则膜吸辊差，制品容易产生气泡。

表 17-3 四辊压延机辊筒间速度比值

薄膜厚度/mm		0.1	0.23	0.14	0.50
Ⅲ号辊速/(m/min)		45	35	50	18 ~ 24
速度比值范围	$v_Ⅱ/v_Ⅰ$	1.19 ~ 1.20	1.21 ~ 1.22	1.20 ~ 1.26	1.06 ~ 1.23
	$v_Ⅲ/v_Ⅱ$	1.18 ~ 1.19	1.16 ~ 1.18	1.14 ~ 1.16	1.20 ~ 1.23
	$v_Ⅳ/v_Ⅲ$	1.20 ~ 1.22	1.20 ~ 1.22	1.16 ~ 1.21	1.24 ~ 1.26

三辊压延机的辊筒转速比的控制，一般是Ⅱ辊是Ⅰ辊的转速的 1.25 倍，Ⅲ辊与Ⅱ辊的转速接近相等，速度比为 1。

4）辊筒温度与辊筒转速。在压延成型塑料制品的生产操作中，调整控制辊筒温度时，应注意辊筒转速与辊筒温度的相互影响。辊筒转速的快、慢变化对原料在被压延时的剪切、延伸作用产生影响，使原料间的摩擦产生的热量也随之变化，这样，辊筒温度也就会同样跟着产生升降变化。所以，生产操作时要注意它们之间的影响关系：两者间其中有一项变化，则另一项也应随之调整，这样才能保证生产顺利进行及产品质量的稳定。例如，生产一种塑料薄膜，采用辊速 40m/min，辊筒温度 175℃，生产正常进行；如果把辊速提高到 60m/min，而对辊筒温度不进行调整，则熔料温度会提高，引起色辊现象。反过来，如果用辊速 60m/min 进行正常生产时，降低辊速至 40m/min，辊筒温度还不进行调整，则熔料温度会慢慢降低，影响压延制品的表观质量，表面粗糙，透明度差或出现气泡及孔洞等现象。

5）辊距的调整。辊距是指各辊筒的工作面间的距离。这个辊筒距离（也是辊筒工作面间的间隙）是为了控制制品的厚度，也是为了控制各辊筒间熔料的量。辊筒间的间隙大小调整，是以最后一组出制品的辊筒间隙为准，这个间隙与制品的成型厚度值接近。Ⅲ、Ⅱ号辊间的间隙值要大于Ⅱ、Ⅰ号辊间的间隙值。这样，能保证各辊在压延塑料熔料时，各辊间有一定的熔料存量，这个存料量大小，也是从下向上逐渐增加的。辊筒间有一定的熔料存量，对保证压延制品质量的稳定和改善熔料的塑化质量有利。各辊间的熔料存量多少，可参照表 17-4 中经验数据进行调整。

表 17-4 辊筒间熔料存量 （单位：mm）

位置		Ⅰ、Ⅱ辊间	Ⅱ、Ⅲ辊间	Ⅲ、Ⅳ辊间
制品厚度	0.5	熔料卷直径 10 ~ 20	熔料卷直径 8 ~ 15	熔料卷直径 6 ~ 10
	0.10	熔料卷直径 10 ~ 20	熔料卷直径 10 左右	熔料卷直径 5 左右

生产中各辊间的存料量应参照成型制品的表面质量情况适当调整：存料过多时，熔料在两辊间旋转不好，易使塑料薄膜表面出现气泡，制品的厚度偏差波动较大，使制品质量不稳定。如果两辊间存料过少，会因有时进入辊间隙间的料量不稳定而引起膜边有裂纹或断裂。对于硬片的压延成型，过多的辊间存料易使制品表面出现疤痕，增加辊筒的运转负荷。

（2）剥离辊、冷却辊和卷取辊的转速调整　聚氯乙烯薄膜压延成型后的后处理工作，即剥离辊、冷却辊和卷取辊的转速调整对制品的质量也有较大影响。为了保证压延制品生产质量的稳定，使压延成型塑料制品生产顺利进行，剥离辊、冷却辊和卷取辊的工作速度一定要与压延机辊筒的转速匹配、协调运转。

1）剥离辊的转速调整。剥离辊的转速对制品的质量影响比较明显。正常工作时，对剥离辊转速的调整应以压延机中Ⅲ号辊的（指四辊压延机）转速为准。一般情况下，剥离辊的转速应比辊筒的转速略高些，具体应高多少，这要由熔料在四辊上的运行情况来决定。当出现薄膜包辊时，这说明剥离辊的转速偏低，应把剥离辊转速调高些，提高剥离辊与压延机

辊筒的转速差。如果出现脱辊膜有较严重的拉伸现象时，说明剥离辊的转速过高，应适当把剥离辊转速调低些，缩小剥离辊与压延机辊筒间的转速差。通常剥离辊的转速是辊筒转速的 1. 3 倍左右。

2）冷却辊转速的调整。冷却辊的转速要比剥离辊的转速略高些。而冷却辊组中的各辊按运行顺序排列，也应是一个比一个略高些，但究竟应高多少，很难定出一个准确速比值，主要是薄膜在这里运行保持略有些张紧状态即可。为保证薄膜制品的质量，避免膜产生较大的内应力或有较大的收缩率，注意冷却辊转速的调整，应以不使制品出现冷拉伸现象为准。

3）卷取辊转速的调整。卷取辊的转速在正常生产卷取时，应该是略快于冷却辊的转速，这是为了保证制品的卷取工作能在一个较恒定的张力下进行。为了让制品在卷取过程中永远有一个比较恒定的张力，通常，在卷取机前装有一个张力调整装置（即设一个张力辊），由张力调整中的张力辊上下浮动来控制卷取辊的转速变化，借以达到因卷膜捆直径增大而引起的卷膜速度变高。随着膜卷捆直径增大，逐渐降低卷膜速度，以达到保持卷膜张力的恒定。

张力辊的重量由卷取膜的厚度决定（实际也是膜的拉伸强度）。可参照表 17-5 中的数值配置。卷取膜在卷取捆上较松，说明膜的张力还小，应适当加大浮动辊的重量。过松的制品卷取、长时间堆放，容易使薄膜产生皱褶。如果卷取捆上的薄膜过紧，说明张力辊过重，应减轻配重。过紧的制品卷取应用时很难摊平，而且收缩率还较大。

表 17-5　张力辊与薄膜厚度关系

薄膜厚度/mm	0. 10	0. 23	0. 32
张力辊配重/kg	1. 5 ×2	2. 0 ×2	3. 0 ×2

（3）薄膜厚度的控制措施　聚氯乙烯薄膜的压延成型，制品的厚度尺寸是质量检测的一个主要指标。在薄膜的压延成型中，最突出的问题恰恰是该制品的横向截面厚度的控制问题：出现制品的两端和中间偏厚及中间区的两侧偏薄现象。这种现象形成的主要原因是辊筒压延塑料薄膜时，受原料反压延力作用，使辊筒产生了弹性变形。为了消除这种现象对制品厚度尺寸的影响，主要措施有：

1）控制辊筒体的长径比（即辊筒工作面直径与长度的比值），一般压延软质塑料辊筒的长径比 L/D 最大不许超过 3。

2）选择较好的材料制造辊筒来提高筒的工作强度和刚性，如用合金钢或铸钢铸造或锻造成形辊筒体毛坯。

3）辊筒工作面磨削成中间部位略高些、呈腰鼓形辊筒工作面（通常称为辊筒的中高度）。

4）用辊筒轴交叉法或预负荷法。

5）在压延成型制品的最后一个辊筒两端及中间部位设置红外线照射，而在辊中部的两侧安置风管吹冷风等。

17. 1. 4　薄膜（片）质量故障原因与排除

聚氯乙烯软质薄膜（片）压延成型生产中常见质量问题产生原因及排除方法见表 17-6。

表 17-6　软质 PVC 薄膜（片）压延成型质量故障分析与排除

制品故障现象	产生原因	排除方法
机械强度低	① 塑化熔料温度偏低 ② 压延辊筒温度低 ③ 原料塑化不均匀 ④ 填充料加入量过大	① 适当提高原料预塑化温度 ② 压延辊筒温度适当提高些 ③ 调整原料混炼、塑化工艺 ④ 减少填充料在配方中的比例
厚度尺寸误差大	① 压延辊筒间的间隙调整有误 ② 辊筒工作面温度不均匀 ③ 轴交叉调整不当	① 重新调试辊筒间的间隙应使辊面间相互平行 ② 采用外加热法为低温部位（两端）加热升温 ③ 重新调整轴交叉值
有气泡	① 为压延机提供的熔料温度低 ② 压延辊筒间速比小 ③ 压延辊筒间存料少 ④ 原料中挥发物过多 ⑤ 压延辊筒温度偏高	① 适当提高原料混炼，预塑化温度 ② 调整压延辊筒间转速比 ③ 适当加大为压延机供料量 ④ 修改配方，调整用料 ⑤ 适当降低压延辊筒温度
制品横向尺寸误差大	① 万向联轴器旋转工作不平稳 ② 用齿轮带动辊筒旋转时，齿轮磨损严重，运转不平稳 ③ 辊筒为滑动轴承，轴颈与轴承套间磨损严重，配合间隙过大 ④ 为压延辊筒上料量不均匀 ⑤ 混炼塑化料质量不稳定	① 检修万向联轴器，可能有的零件磨损严重 ② 齿轮磨损严重应更换 ③ 修磨轴颈，更换滑动轴承套 ④ 均匀为压延机上料，使压延辊筒间存料量稳定 ⑤ 加强原料的混炼塑化
制品边缘尺寸偏厚	① 压延辊筒两端温度偏低 ② 挡料板宽度调整过小 ③ 轴交叉调整有误	① 采用外加热法提高辊筒两端温度 ② 适当放大挡料板距离 ③ 重新调整辊筒轴交叉值
制品宽度尺寸误差大	① 膜冷却牵引运行不平稳，左右摆动 ② 压延辊供、进料两端不一致 ③ 挡料板距离过小	① 辅机各部位冷却、牵引辊间不平行影响，重新调试各辊间平行 ② 调整挡料板，距中心线左右对称 ③ 调大左右挡料板间距
制品表面不光泽	① 压延辊筒工作面温度偏低 ② 压延辊筒表面污染或有水雾 ③ 润滑剂混合不均匀或用量少 ④ 压延辊筒表面精度低、粗糙	① 适当提高辊筒温度 ② 清除辊筒面上污物 ③ 加强原料混炼，必要时增加润滑剂用量 ④ 重新修磨辊筒
表面有条纹	① 压延辊筒工作面有划痕 ② 原料混合不均匀 ③ 压延辊筒面污染 ④ 压延辊筒旋转不平稳	① 修磨去掉辊面划痕 ② 调整原料混炼工艺 ③ 清除辊面污物 ④ 查找辊筒旋转不平稳原因，检修
制品表面有孔洞、斑点	① 压延辊筒工作面磨损严重、粗糙 ② 填充料量过大 ③ 稳定剂用量小或与主原料相容性差 ④ 原料中杂质多 ⑤ 压延辊筒温度偏高	① 检修修磨辊面 ② 调整配方，减少填充料用量 ③ 增加稳定剂用量或调整配方 ④ 加大过滤网目数，必要时换料 ⑤ 适当降低辊筒温度
制品透明度差	① 增塑剂析出 ② 原料混合分散不均匀 ③ 压延辊工作面温度不均匀 ④ 压延辊筒工作面粗糙 ⑤ 原料中填充料加量大 ⑥ 压延熔料温度偏低	① 调整原料配方用料比份 ② 调整原料混炼工艺，加强混炼 ③ 采用外加热方法弥补提高辊面低温部位 ④ 对辊面进行修磨 ⑤ 调整原料配方适当减少填充料加入比份 ⑥ 适当提高原料混炼塑化工艺温度

（续）

制品故障现象	产生原因	排除方法
膜面有白点	原料中的稳定剂或其他辅助料混合分散不均匀	调整原料配方中各种辅助料用量，加强原料的混炼工艺操作或调整混炼工艺条件
膜面颜色分布不均匀	① 着色剂分散性差或称量有误 ② 原料混炼预塑化工艺条件有误，温度过高或混炼塑化不均匀 ③ 原料热稳定性差 ④ 着色剂渗出	① 按配方要求的比份准确称量着色剂用量，修改原料混炼工艺 ② 认真按原料混炼工艺要求操作 ③ 修改原料配方，采用热稳定性优异的辅助料 ④ 原料配方中选用稳定性好的着色剂
薄膜发粘手感差	① 原料中增塑剂用量过大或增塑剂选择不当 ② 原料混炼塑化质量欠佳 ③ PVC 树脂 K 值偏高 ④ 制品没有充分冷却	① 调整原料配方中增塑剂用料比份，适当减少用量或更换增塑剂品种 ② 修改或调整原料混炼工艺 ③ 选用 K 值略低些 PVC 树脂 ④ 提高冷却辊降温效果，加大冷却水流量
表面有阴影	① 增塑剂析出 ② 原料混炼不佳 ③ 脱膜辊筒温度偏低 ④ 辊面污染 ⑤ 辊筒间熔料量分布不均匀	① 调整配方中用料比份 ② 加强原料混炼塑化，修改工艺 ③ 适当提高压延膜最后一个辊筒温度 ④ 清除辊面污物 ⑤ 适当调整各辊筒间的间隙
制品收缩率高	① 剥离牵引辊的转速太高 ② 增塑剂混合分散不均匀 ③ 出膜压延辊筒温度偏低 ④ 制品冷却定型时间不足	① 适当降低剥离牵引辊转速 ② 调整原料混炼工艺，加强原料混炼 ③ 提高辊筒温度 ④ 加大冷却定型辊中冷却水流量
膜面粗糙	① 熔料压延时温度偏低 ② 原料混炼塑化不均匀 ③ 制品冷却降温速度过高	① 提高原料混炼和压延辊筒温度 ② 加强混炼改进原料塑化质量 ③ 适当提高冷却辊温度，降低冷却温度梯度
膜面有皱纹	出膜压延辊筒间的辊缝存料太少	适当调整压延辊筒间的间隙，增加最后压延辊筒间的存料量
制品含杂质多	① 原料中含杂质多 ② 生产设备产前没有仔细清理 ③ 加入的回收料不清洁 ④ 原料混炼塑化温度高，有分解料	① 注意原料过筛，必要时换料 ② 认真清理设备，清除设备上一切杂物 ③ 做好回收料的清洁工作 ④ 适当调整或降低些工艺温度
膜面有析出物	① 配方中辅助料选择不当，辅助料与主原料相容性差 ② 剥离牵引辊温度偏低	① 修改原料配方，调整辅助料品种及用量 ② 适当提高剥离牵引辊温度
膜面花纹不清	① 表面修饰辊（花纹辊）液压缸压力不足 ② 压纹后的膜面冷却不及时或冷却辊温度偏高	① 提高液压缸压力 ② 降低冷却辊温度，加大冷却水流量
熔态料黏辊	① 原料配方中润滑剂选择或用量有误 ② 压延辊筒温度偏高	① 修改配方中润滑剂品种或用量 ② 适当降低辊筒温度

（续）

制品故障现象	产 生 原 因	排 除 方 法
拉伸薄膜易破裂	① 压延机主机与纵、横向拉伸装置的工作转速差太大 ② 对膜的纵向拉伸比过大 ③ 被拉伸的膜（片）温度偏低 ④ 膜（片）压延成型熔料塑化不均匀 ⑤ 拉伸膜（片）中杂质多 ⑥ 拉伸膜用夹具的夹紧力不一致，常有掉（脱）夹现象	① 调整主辅机间的拉伸速比 ② 缩小膜（片）的纵向拉伸比 ③ 适当提高压延辊筒温度 ④ 适当提高原料混炼塑化工艺温度 ⑤ 注意原料筛选条件，必要时更换原料 ⑥ 更换或检修拉伸夹具
成品卷取不整齐，放卷后膜片摊不平	① 膜横向厚度尺寸误差大 ② 制品冷却降温不充分卷取 ③ 膜卷取时的张力不稳定，忽松忽紧 ④ 冷却辊筒温度不一致 ⑤ 膜片压延成型后的拉伸比过大	① 调整压延辊筒间距误差 ② 降低冷却辊筒温度 ③ 检修调整张力装置，保持卷取膜张力稳定 ④ 调整冷却辊的降温水流量 ⑤ 降低脱辊膜的拉伸比

17.1.5 PVC 硬片质量故障原因与排除

聚氯乙烯硬片压延成型生产中常见质量问题产生原因及排除方法见表 17-7。

表 17-7 PVC 硬片压延成型质量故障分析与排除

质量故障现象	产 生 原 因	排 除 方 法
厚度尺寸误差大	① 两辊面间的间隙调整不当 ② 辊筒两端温度不一致，温差大 ③ 辊筒两端进料量不一致 ④ 轴交叉调整有误，横向截面厚度出现三高二低现象	① 重新调整辊距调整装置，校正辊面使之平行 ② 用外加热法弥补辊温不均匀 ③ 调整加料位置 ④ 重新调整轴交叉
透明度差或出现云雾状	① 辊筒温度偏低 ② 预塑化熔料温度低 ③ 辊筒间转速比小 ④ 辊筒间存料量过大	① 适当提高辊筒温度 ② 改进原料预塑化工艺，适当提高供料工艺温度 ③ 重新调整分配辊筒间速比 ④ 使压延机料量适当减少些
表面出现气泡	① 原料中挥发物含量高 ② 原料预塑化不充分 ③ 压延熔料辊筒速比偏小	① 修改用料配方 ② 适当改进开炼机混炼工艺，增加成卷次数 ③ 适当调整辊筒间速比
强度不够	① 原料塑化温度偏低 ② 熔料塑化不均匀 ③ 压延机辊筒温度偏低 ④ 填充料比例过大或分布不均匀	① 适当提高原料混炼预塑化温度 ② 改进原料混炼预塑化工艺条件 ③ 提高压延机辊筒温度 ④ 修改原料配方或调整原料混炼预塑化工艺
表面有冷疤或条状纹	① 原料塑化不均匀 ② 压延熔料温度偏低 ③ 辊筒间存料过多	① 修改原料混炼工艺条件，为压延机提供塑化均匀料 ② 适当提高原料塑化工艺温度 ③ 调整辊筒间距或减少加料量

（续）

质量故障现象	产生原因	排除方法
制品中间薄两边厚	① 压延机辊筒的中高度尺寸过大 ② 辊筒工作面温度中间高两端低 ③ 辊筒轴交叉调整过大 ④ 辊筒反弯曲调整量过大	① 检测辊筒实际中高度，必要时重磨 ② 两端用外加热法弥补温低现象 ③ 重新调整，减小轴交叉值 ④ 适当降低反弯曲液压缸的油压
表面出现喷霜现象	润滑剂在原料中的加入比份过大	适当减少原料配方中润滑剂的加入量
纵向拉伸强度差	制品脱离压延机辊筒后，纵向拉伸速度过大	适当降低牵引冷却辊筒的牵引速度，缩小制品的牵伸比
表面不光亮，粗糙	① 原料塑化不充分 ② 表面修饰辊的辊面粘有挥发物或油污 ③ 辊筒转速比过小 ④ 辊筒间存料少	① 改进原料塑化工艺条件 ② 清除压光辊工作面上的污物 ③ 适当调整压延辊筒间的速比 ④ 适当加大压延机生产中的上料量
制品中杂质多	① 原料中混有杂质 ② 生产线上各设备中有不清洁处或油污混入料中 ③ 回收料加入量过大，料中混有杂质	① 检查原料，如质量不合格应更换新料 ② 注意保持工作设备清洁，必要时停机，彻底清除设备中污物 ③ 减少回收料加入比例，选用干净废料回制
制品有色差	① 着色剂加入原料中的比份称量不准确 ② 着色剂选择不当，耐高温性差 ③ 着色剂在原料中扩散不均匀，混炼效果不佳 ④ 压延辊筒温度控制不稳定	① 注意着色剂用量的准确称量 ② 修改用料配方，采用耐热性能好的着色剂 ③ 着色剂要细化研磨好，加强原料混炼 ④ 注意辊筒温度控制，温差波动范围尽量小
制品两端翘曲	制品冷却用冷却辊工作面两端温度不一致	注意调整冷却辊两端温度接近一致
有白色粉末析出	原料配方中稳定剂或其他辅助料与主原料相容性差	适当修改配方中辅助料的用量或更换用料品种
制品出现白点	固体辅助料或填充料分散不佳	加强固体辅助料的研磨细化质量，改善这些辅助料在主原料中的分散效果
薄膜发粘手感差	① 配方中增塑剂加入量过大 ② 塑化质量欠佳 ③ 冷却辊温度高	① 调整增塑剂用量 ② 加强原料混炼塑化 ③ 降低冷却辊温度
有冷斑或洞孔	① 熔料温度低 ② 压延机辊筒温度偏低 ③ 原料塑化不均匀 ④ 压延辊筒间存料少	① 适当提高原料混炼温度 ② 调整辊筒温度适合工艺要求 ③ 加强原料混炼塑化质量控制 ④ 适当加大为压延机上料量或调整压延辊筒间的间隙
制品色不正	① 压延辊筒温度偏高 ② 稳定剂选用不当或用量有误	① 适当降低辊筒温度 ② 调整原料配方
制品卷取捆不平整	① 制品厚度尺寸误差大 ② 薄膜没有充分冷却降温 ③ 张力装置工作不稳定，制品卷取张力不稳定	① 调整工艺，改善制品厚度误差过大的现象 ② 降低冷却辊表面温度 ③ 重新调试张力辊

17.2　聚氯乙烯人造革压延成型

聚氯乙烯人造革是一种外观类似皮革、品种繁多，有鲜艳的颜色，耐酸、耐碱、耐磨损和可洗涤的一种仿皮人造革，塑料人造革按结构分，有普通人造革和发泡人造革。按用途分，有家具革、箱包革、鞋用革、手套革、服装革和车辆革及篷布革等。按基布种类分，有针织布革、纺织布革和无纺布革等。它们广泛应用在人们日常生活中的各个领域。

塑料人造革的生产成型方法有压延成型法、涂刮成型法和载体法及层合法等。压延法成型人造革是一种产量高，应用比较普遍的生产方式。

17.2.1　人造革压延成型生产方式

聚氯乙烯人造革的压延成型用压延机，可用三辊压延机和四辊压延机。图 17-1 所示是一种用三辊压延机生产人造革的方式：图 17-1a 所示是人造革用布基从Ⅱ、Ⅲ辊隙间通过，由于三根辊筒的转速不同，Ⅰ辊、Ⅱ辊、Ⅲ辊的转速比为 1.3∶1.5∶1，当经过预热的布基通过Ⅱ、Ⅲ辊间缝隙时，由于Ⅱ辊的转速比Ⅲ辊转速高些，则把塑料“擦”进布纹内，而一部分留在布基表面。这种方法成型的人造革通常人们称之为擦贴革。如果三辊的转速相同，布基同样是在Ⅱ、Ⅲ辊间通过，塑料层是贴附在布基上，这种人造革的手感较好；不过，它的贴合牢度不如有辊筒转速差成型的人造革。

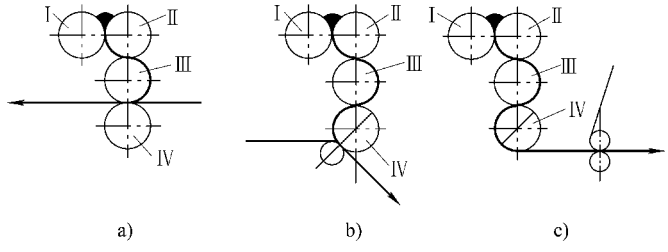


图 17-1　三辊压延机上人造革成型方式

图 17-1b 所示的生产方式是辊筒下面设置一根橡胶辊，它紧压在压延机最后一根辊筒上，布基在两辊间通过时，把塑料膜层贴附在布基上。图 17-1c 所示的生产方式要好于图 17-1b 的，因为橡胶辊远离温度较高的压延机辊筒，可延长橡胶辊的工作寿命。

应用四辊压延机成型人造革，革面塑料塑化质量好，生产速度也较三辊成型人造革速度高。布基与塑料面层的贴合方式同样可采用图 17-1 所示的三种方式。但图 17-1c 所示的生产方式应用较多。图 17-2 所示的是用辊筒排列成 Z 形四辊压延机成型双面人造革的生产方式：Ⅰ、Ⅱ辊和Ⅲ、Ⅳ辊间同时供料，布基从两个塑料膜层中间通过，塑料膜层附着在布基的上下面，即成型以布为基，两面都涂有塑料层的人造革坯型，再经压花，冷却定形降温，即成为压延制品。这几种压延成型制品都可称为压延人造革。采用压延机压延成型的塑料人造革一般多用布基生产。应用较多的布基有市布、帆布、针织布、玻璃丝织布、尼龙丝织布、毛纺布等。如果用压延法生

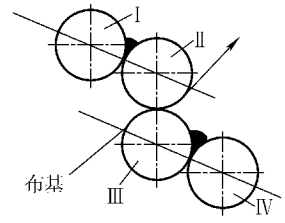


图 17-2　四辊压延机压延成型双面人造革方式

产壁纸，一般都选用纸基材料成型生产。

用压延机采用压延法生产成型人造革，生产速度快、产量高、主原料 PVC 树脂价格低廉、原料（即塑料层）与织物的复合成型既较容易，牢度又较好。但这种生产所用设备多，投资大，生产线长，用人多，而且操作难度也较大。塑料人造革几种成型方法的比较见表 17-8。

表 17-8　塑料人造革成型方法比较

项　　目	压延法	涂刮法	载体法	层合法
设备工程费用	大	小	较低	小
生产效率	最高	较高	较低	高
对原料要求	不高	较高	高	不高
产品质量	较好	较差	较好	一般

17.2.2　人造革压延成型生产线

压延成型聚氯乙烯人造革的生产工艺顺序及生产线上设备布置与聚氯乙烯薄膜压延成型用生产线和设备布置完全相同（见图 16-9）。不同之处只是在压延机的前面加有对人造革用布基的平整预热处理设备，如图 16-21 ~ 图 16-23 所示。这是两种结构形式不同的布基处理设备，但它们的作用相似，一般这种设备有对布基扫毛、储布、导开、喷湿、扩幅和干燥平整熨平处理等装置。

17.2.3　辅机

1. 布基处理设备

（1）接布缝纫机　接布缝纫机是布基处理前把每段单匹布连接拼成一体用的缝纫机，是一种到处可见的通用型设备。常用型号为 GM-1 型印染接头缝纫机。帆布或针织布拼接时用 4-KB 型缝纫机。

（2）布基扫毛设备　布基扫毛设备结构也很简单，一种封闭型箱式扫毛机结构示意图如图 17-3 所示，它主要由几根旋转的毛刷组成。布基扫毛处理时，被扫毛的布基从与布基运行方向相反的旋转毛刷中间通过，毛刷把布基上的浮毛及杂物清扫掉。清毛的作用是为保证塑料层在与布基层贴合时有较牢的贴合效果。

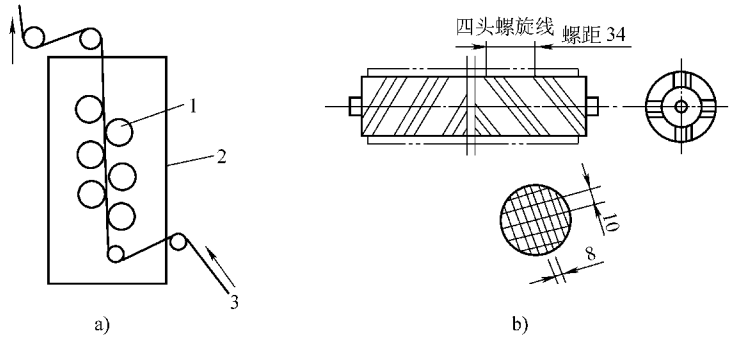


图 17-3　刷毛箱和刷毛辊结构示意图

a）刷毛箱　b）刷毛辊

1—刷毛辊　2—刷毛箱　3—布

（3）干燥熨平装置　干燥熨平装置是用来把经过刷毛、喷湿处理的布干燥、压光处理的一种设备，其结构如图 17-4 所示，主要由三根能通蒸汽加热的旋转辊组成，两侧机架把辊固定。工作时中间辊固定、上下辊可上下移动，用来控制与中间辊的间隙和对中间辊的接触压力。布通过辊筒时，将其加热的同时，使其干燥、熨平和压光。

图 16-21 中的布基熨平烘干装置结构如图 17-5 所示。它是由远红外线加热器和内通蒸汽加热的转动辊筒组成。它的作用是把经过扫毛和喷湿的布基在此设备上由远红外加热器烘干，并在转动的辊筒上加热熨平，然后进入与压延机成型膜的贴合工序。

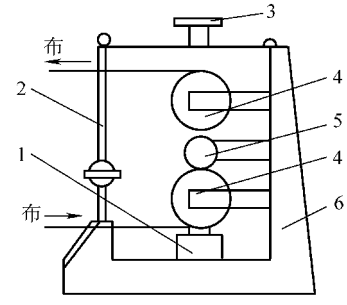


图 17-4　干燥熨平装置结构示意图
1—下辊升降机构　2—杠杆加压装置
3—上辊升降机构　4—纸辊
5—光辊　6—机架

布基的处理质量对人造革生产质量的影响较大：若布基中含水分过多，要影响布基与塑料膜的贴合附着力，造成塑料膜与布基脱层或贴合牢度不好。若布基中含水分过少，布基本身过干，会使贴合后的人造革发脆，降低革的强度。对于布基的预热处理，如果布基温度过低，在塑料膜与布基贴合时，会使塑料膜因温度降低而与布基的贴合附着力下降，同样造成二者贴合不牢。如果布基预热温度过高，布基含水湿度很小或干燥，这样会影响人造革的强度。为了保证人造革的质量，注意应把布基的含水量控制在 2% 左右，进入贴合状态前的布基温度应在 110 ~ 115℃之间。

2. 烘箱

压延成型塑料人造革生产用烘箱，主要是为压延熔料擦贴在布基上的人造革提供进一步塑化和发泡的工艺条件。

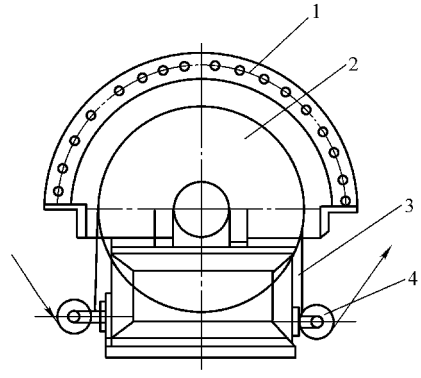


图 17-5　布基处理装置
1—远红外加热罩　2—加热辊筒
3—布　4—导辊

（1）烘箱结构　烘箱结构比较简单，从外观看它是一个长方形箱体状结构；长度可在 10 ~ 20m 之间，宽为 2m 左右，由型钢连接组成框架。烘箱的加热部分保温层，是由薄钢板内加石棉或玻璃纤维保温材料组成，厚度在 100mm 左右。

（2）烘箱加热

1）电阻丝石英管加热。这是一种结构简单，应用较普遍的加热方式。应用时电热石英管安装在距革面 150 ~ 200mm 处，加热烘箱升温快，但热效率较低，烘箱内各部位温度差较大。

2）热风循环加热。这是一种采用热风在烘箱内以循环方式为烘箱加热升温的方法。风的温度可用电阻丝加热或用蒸汽排管加热升温，也可用两种加热方式组合在一起为循环风加热。这种烘箱加热方法使烘箱内温度较均匀。

3）远红外加热。烘箱内加热升温采用远红外线加热，可缩短革面塑料层中原料的塑化时间，生产中可提高车速，这样既可节省能源消耗，又可降低压延革的制造生产成本。

17.2.4 原料

压延成型人造革用原料与压延成型薄膜用料条件基本相同。应以聚氯乙烯悬浮法 SG4 或 SG5 型树脂为主原料，然后再根据人造革应用条件的要求，在主原料中加入一些辅助料，组成压延人造革用料配方。聚氯乙烯人造革压延成型用料配方实例见表 17-9。

表 17-9 聚氯乙烯人造革压延成型用料配方

原料名称	普通人造革配方		泡沫人造革配方
	一	二	
聚氯乙烯树脂(PVC)SG5	100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)	20	35	35
邻苯二甲酸二丁酯(DBP)	40	35	35
癸二酸二辛酯(DOS)			5
氯化石蜡(P-Cl)		5	
硬脂酸钡(BaSt)	3	1	1.5
硬脂酸铅(PbSt)		0.8	
硬脂酸镉(CdSt)			0.5
硬脂酸锌(ZnSt)		0.2	0.5
碳酸钙($CaCO_3$)	10	20	10
硬脂酸(HSt)	0.13	0.5	
偶氮二甲酰胺(AC)			3
颜料	适量	适量	适量

聚氯乙烯人造革的压延成型用原料配混与预塑化工艺同聚氯乙烯薄膜的压延成型用原料配混与预塑化工艺完全相同，可参照本书中 4.4 节的内容。

（1）偶氮二甲酰胺（AC）发泡剂的配制　偶氮二甲酰胺的配制研磨和着色剂、稳定剂的配制研磨工艺完全相同。配制 AC 发泡剂时，先把称量好的 AC 发泡剂加入研磨桶内，一边搅拌、一边按 AC∶DOP = 1∶0.6 的比例把增塑剂称量好，缓慢加入研磨桶内，将其搅拌，使两者混合均匀；然后在研磨机上研磨，把 AC 发泡剂颗粒研磨细化，最后按配方要求比份称量加入主原料 PVC 树脂中。

（2）对处理后的布基的质量要求

1）布基表面平整，无折叠皱纹，无线头和无孔洞等外观质量问题。

2）布基要有较好的抗拉强度，擦贴人造革面层时不应被拉断。

3）布基应能承受 160～180℃高温。

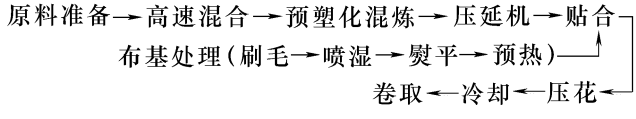
4）布基的纺织质量应比较好，经纬方向要一致。

5）两段布基接头要平整，而且要有足够的抗拉强度。

17.2.5 压延成型工艺

1. 生产工艺顺序

参照图 16-21～图 16-23 的聚氯乙烯薄膜和人造革生产线，压延成型人造革工艺顺序如下：



压延法生产发泡人造革时，由于压延和发泡两个生产工序的生产速度不同，所以，通常

发泡生产人造革工序在单独一套设备上进行。把前面压延成型的半成品卷取，然后再移到另一套专用发泡设备上，把半成品加热→贴合预先生产的 PVC 薄膜→烘箱加热发泡→压花→冷却→卷取。

2. 工艺参数

人造革布基上的塑料层所用压延机压延成型的工艺条件可参照表 17-10。当然，由于不同性能要求的人造革用料不同，该工艺温度也只能是一个参考值。人造革需要的塑料层一般都比较厚，压延机辊筒间的辊距要比生产聚氯乙烯薄膜时大许多；辊筒间熔料的存量也要比生产薄膜时存量大。对于料层的厚度控制，是由压延机的最后一组辊筒间隙来保证：一般它的间隙值应是塑料层实际厚度的 0.75 ~ 0.85 倍。

表 17-10　人造革用 PVC 料层的压延成型温度

辊筒顺序		Ⅰ号辊	Ⅱ号辊	Ⅲ号辊	Ⅳ号辊
三辊条件	转速/(r/min)	12	12	12	
	温度/℃	104 ~ 145	140 ~ 145	155 ~ 160	
四辊温度/℃		110 ~ 140	130 ~ 140	140 ~ 150	155 ~ 160

3. 表面处理

压延成型的人造革表面处理，就是在布基上经压延贴合的塑料层表面上涂一层较薄的表面处理剂，或再贴一层塑料薄膜，以防止原塑料层的粘性容易受灰尘沾污；同时，又能阻止增塑剂的迁移，以提高人造革的使用寿命。

压延革的表面处理方法有涂层法、贴膜法及处理后的表面压花等方式。

（1）涂层法　采用涂层法处理压延革方式又可分为用刀涂刮法和逆辊涂层法。

1）用刀涂刮法。用刀涂刮法比较简单，生产工艺顺序如图 17-6 所示。用图 17-7 中的刮刀，把预先配制好的糊料均匀地涂刮在布基的塑料层上，然后进入烘箱加温，使其塑化，与原塑料层融合，再经压纹、冷却定形，即成为普通人造革。

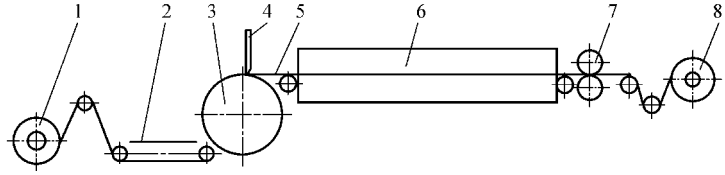


图 17-6　用刀涂刮法生产工艺顺序

1—布捆　2—操作台　3—托辊　4—刮刀　5—布基

6—烘箱　7—压花　8—卷取

2）逆辊涂层法。用辊筒转动带料，把涂饰剂均匀地涂在半成品革面上。此方法用设备结构形式有两种，如图 17-8 和图 17-9 所示。虽然它们的结构形式有所不同，但涂层作用相似。图 17-8 所示的结构是涂饰剂黏度较高时的辊涂方式；图 17-9 所示的结构是涂饰剂黏度较低时的辊涂方式。

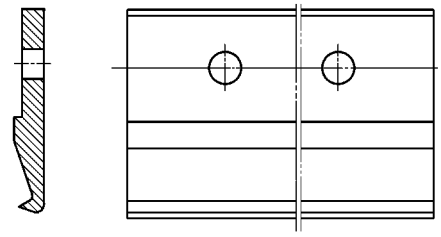


图 17-7　涂刮刀的结构形式

如图 17-8 所示，1 号辊为硅橡胶辊，2 号和 5 号辊为钢辊。涂料时把涂饰剂加在 1 号、2 号辊筒中间，涂料通过两辊间的缝隙，由橡胶辊把料涂压在布基上。

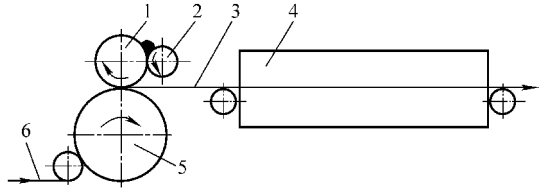


图 17-8　三辊涂料工作方式
1—硅橡胶辊　2—钢辊　3—布基
4—烘箱　5—托动钢辊　6—布基

如图 17-9 所示，1 号辊为硅橡胶辊，2 号、4 号、6 号辊为钢辊。其中 4 号钢辊是表面加工有网纹，可上下移动的上浆辊。2 号钢辊固定，1 号硅橡胶辊可上下移动调整与 2 号钢辊的距离。6 号钢辊可左右移动调整与 2 号钢辊的距离。4 根辊的转向相同，但转速不同。它们之间的速度比为 6 号辊:1 号辊:2 号辊:4 号辊 =5:6:7:10。当涂饰工作开始时，浸在涂料中的 4 号网纹钢辊将涂料带给 2 号辊，通过 6 号辊与 2 号辊的距离调节来控制涂料量大小。由于它们的旋转方向相同，当布基通过 1 号、2 号辊缝隙时，由于受硅橡胶辊 1 号与 2 号辊间距离的限制，2 号辊上的涂料被均匀地辊压在布基上，进入烘箱，被熔融塑化，贴合在半成品表面上。

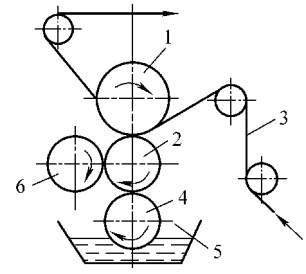


图 17-9　四辊涂料工作方式
1—硅橡胶辊　2,6—钢辊
3—布基　4—网纹钢辊
5—涂料槽

两种辊涂方式的料层厚度由硅橡胶辊与钢辊间的距离大小来控制；辊间距大时，料层厚。同时也与布基运行速度和涂料钢辊的转速有关：当布基的运行速度低于涂料钢辊的转速时，涂料层的厚度就会增加。二者间的速度差越大，料层的厚度增加也越大。

将刀涂刮法与逆辊涂层法对人造革表面的涂饰情况进行比较，逆辊涂层法比较好：经辊涂的人造革面层光洁、手感好，涂料层也比较均匀，用这种方法涂饰时，生产速度也较高。用刀涂刮法对人造革表面的涂饰，比较适合涂料黏度高、要求涂层较厚时应用。这种生产方式由于布基受拉力较大，所以不适合用于针织布和无纺布。

塑料人造革表面涂层处理用涂料应按人造革的革面质量要求来确定，革面一般分为光亮型和消光型两种。另外，涂料的配方按涂层的工艺顺序不同也有区别：分发泡前涂层料（这种涂层膜的强度好）和发泡后涂层料。不同用途人造革用涂层料品种及特点见表 17-11。发泡后涂层料配方见表 17-12。印花剂配方见表 17-13。

表 17-11　不同用途人造革涂饰用料及其特点

人造革品种	涂饰剂名称	溶　剂	特　点	价　格
服装革、手套革	氨基酸型	二氯乙烷	软质、伸长性好、手感好	价格昂贵
箱包革、座椅革	丙烯酸型	甲乙酮、甲苯、环乙酮	硬质，伸长性差，易龟裂	价格便宜
服装革、手套革	聚氨酯型	甲乙酮、二甲基甲酰胺	软质，伸长性好，手感好	价格中等

表 17-12　发泡革发泡后表面用涂饰剂配方（质量份）

革面要求	50% 氯醋树脂	372#树脂	丁酮	甲苯	环乙酮	白炭黑	有机锡
有光	7.5	7.5	66	23	11	—	0.1
消光	7.5	7.5	66	23	11	5	0.1

表 17-13　印花剂配方（质量份）

配方用材料		15% 氯醋树脂	甲乙酮	甲苯	环乙酮	有机锡	邻苯二甲酸二酯	颜料
印花剂	载体浆	15	60	35	5	0.3	4.5	—
	油墨浆	15	60	35	5	0.3	4.5	20 ~ 30

3）用刀涂刮法与逆辊涂层法用烘箱。半成品人造革经表面涂层处理后，要经过烘箱加热，把涂层与原料层（刀涂或辊涂料层）塑化融合。烘箱由薄钢板内夹石棉或玻璃纤维等保温材料组合装配成型。可用电阻加热或蒸汽加热。在 8 ~ 12m 长的烘箱内，分 2 ~ 3 段温区，从进布端开始，温度逐渐升高，加热温度为 80 ~ 175℃，涂层人造革的加热时间一般在 3 ~ 10min 范围内。料层厚者时间长一些。涂层在高温条件下被逐渐塑化，与原塑料层牢固融合在一起。如果烘箱采用电加热，应注意对料层的加热时间不宜过长。时间过长，料容易分解，也很容易引起火灾，这一点要特别注意。

（2）贴膜　压延革表面贴一层预先制好的薄膜，也是对半成品人造革表面的一种处理方法；也可看成是对半成品革表面的一种修饰方法。被贴的薄膜根据人造革的应用需要，可有不同的颜色或由不同艳丽色彩组成的花膜。

贴膜方法比较简单，如果是普通人造革，把半成品人造革经烘箱加热即可贴膜，然后再经过用 0.13 ~ 0.2MPa 蒸汽压力加热的辊筒加热。设备的结构形式如图 17-6 所示，表面用远红外线加热后，即可压花纹。这样，既可把薄膜与原塑料层贴合压牢，又得到要求的人造革表面花纹图案。

泡沫人造革的贴膜程序与前面介绍的普通人造革贴膜程序有些不同：压延成型的半成品首先用上述形式的辊筒加热，然后贴膜，贴膜后再进入烘箱，经过 180 ~ 185℃、195 ~ 200℃、215 ~ 220℃共三段温度区，时间为 3 ~ 8min（膜厚取大值）。使原压延层塑料发泡，表面贴膜塑化与底层塑料融合，出烘箱后再经压花，成为泡沫人造革。

发泡革的贴膜厚度可依据革的厚度规格要求来确定。不同用途的发泡革贴膜厚度参考值见表 17-14。

表 17-14　不同用途发泡革贴膜厚度参考值

发泡革品种	鞋用革	提包用革	箱用革	座椅用革
贴薄膜厚度/mm	0.35	0.22	0.18	0.20

（3）人造革表面修饰　人造革表面的修饰方法有印花和压花纹。经过涂层或贴膜的人造革表面，根据应用条件的要求，可以是光面人造革，也可以是压有不同花纹、印有不同颜色的花色人造革。

1）印花。人造革的印花实际也就是塑料薄膜的印花。印花设备及生产工作示意图如图 17-10 和图 17-11 所示。

膜面印花时，浸在色浆槽中转动的印花辊通过印花辊面上的花纹凹槽把浆料带出，经过紧贴在辊面上的刮刀时，把花辊面上花纹凹槽外的浆料刮掉，仅留在花纹凹槽内的色浆料在与膜面接触滚过时，把浆料压印在膜面上，则膜面出现花色图案。几个带有不同颜色浆料的印花辊，转动时分别把各自的浆料压印在膜面的不同位置处，组成美丽的图形或花朵，再经烘箱烤干，即完成印花工作。

两种印花机结构中的四色鼓式印花机，印花辊布置紧凑，工作时每个印花辊转速都随大

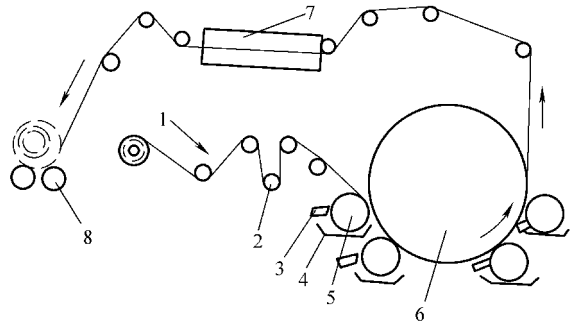


图 17-10　四色鼓式凹版印花机工作示意

1—薄膜　2—张力调整辊　3—刮浆刀　4—色浆槽　5—印花辊

6—托辊　7—烘箱　8—收卷

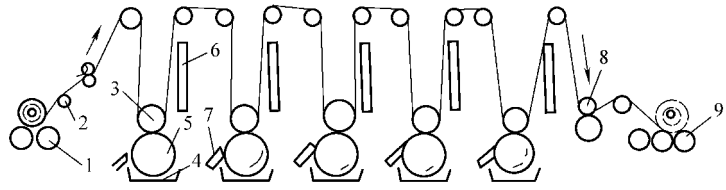


图 17-11　五色单元式凹版印花机工作示意

1—放膜托辊　2—展平辊　3—橡胶托辊　4—色浆槽　5—印花辊

6—烘干烤箱　7—刮浆刀　8—牵引辊　9—收卷托辊

直径托辊速度同步变化，印花薄膜被牵引运行时几乎不产生张力，则印花套色调辊较容易。但由于几个印花辊距较小、色浆料不易干燥，所以车速不宜太快，生产效率较低，而且对浆料槽的清洗也不太方便。五色单元式印花机结构，每套色浆辊都是一个独立的单元，换色清洗浆槽方便，印花色浆容易干燥，所以生产车速可以快些。但这种有较大花辊距离的设备结构，薄膜被牵引运行会产生些张力，给印花套色调辊带来一定的难度，生产设备占地面积也较大。

印花色浆料的配制（均为质量份）：

① 原浆料配制。乙酸丁酯 5 份，氯醋树脂 20 份，环乙酮 30 份，混合后在 80℃水浴中溶解。

② 色浆料配制。色料 50 份，环乙酮 45 份，邻苯二甲酸二丁酯 25 份，混合后搅拌均匀，用研磨机研磨 3 ~ 4 次。

③ 配色浆料。把前面配方的原浆料 0.5 份、色浆料 0.25 份，混合搅拌均匀。

④ 白色浆料的配制。把氯醋树脂 50 份，乙酸丁酯 250 份、环乙酮 150 份、钛白粉 50 份，分别称量后混合、搅拌均匀。

2）沟底印花。沟底印花主要是用于泡沫人造革的表面修饰，印花辊的工作方式如图 17-12 所示。印花时，转动的印花辊凸面上的色浆通过橡胶辊与色浆槽中

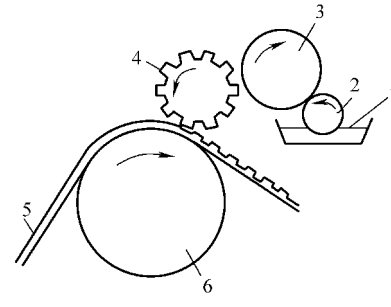


图 17-12　沟底印花辊工作示意图

1—色浆料槽　2—激浆辊　3—橡胶辊

4—沟底印花辊　5—泡沫人造革

6—橡胶托动辊

的激浆辊转动接触传递而得到，浆料的多少由橡胶辊与激浆辊接触缝隙的大小来调节。印花辊压印在由大直径橡胶辊托动地人造革表面时，带色浆的印花辊凸面浆料压印到花纹革的凹沟里，得到有立体感的花纹图案。

3）压花。是用刻有较深花纹的钢辊在人造革表面上压出花纹。压成花纹的人造革的花纹图案，有的类似皮革纹，有的压出各种几何图案。花纹的压制方法与薄膜表面花纹压制方法相同。当人造革表面经涂层修饰从烘箱加热后，趁革面有较高的温度时，即可压花纹。压花纹装置由橡胶辊和一个经刻花的钢辊组成。橡胶辊在下面托住压花钢辊对人造革的压力。橡胶辊为主动辊，压花钢辊为被动辊。压花钢辊的花纹图案由用户提出在模具厂制造，这种压花辊的刻纹比薄膜压花辊的刻纹深。

泡沫人造革的压花采用间隙压花方式。所谓间隙压花就是泡沫人造革在通过压花装置时，使压花辊与承受压力的橡胶托辊之间在未压花前调节有一定的间隙距离。这个距离约是泡沫人造革厚度的 75% ~85%，这样泡沫人造革通过压花装置后，发泡后的泡腔仅被压缩一部分。大部分泡腔仍保持原发泡后的泡腔形状，保持发泡人造革的柔软性，弹性好，手感好。这种革比较受用户欢迎。

17.2.6 压延革质量故障原因及排除方法

聚氯乙烯人造革压延成型生产中常见的质量故障现象分析及排除方法见表 17-15。

表 17-15 聚氯乙烯人造革压延成型质量故障分析与排除

制品故障现象	产生原因	排除方法
塑料层与布基贴合不牢	① 布基贴合前处理不当，预热温度偏低 ② 塑料塑化不良，熔料温度低 ③ 塑料层与布基贴合压力不足	① 修改布基处理工艺，提高布基预热温度 ② 加强原料的混炼，提高塑化质量，适当提高贴膜加热辊温度 ③ 增加塑料与布基贴合辊压力
人造革厚度误差大、幅宽不一致	① 压延塑化原料工序中的加料量不一致 ② 压延辊间隙调整不当或控制不稳定 ③ 压延辊的辊距间存料量不稳定 ④ 塑料发泡层中的发泡不均匀 ⑤ 布基质量欠佳，幅宽不一致	① 控制压延机的加料量，使其均匀一致 ② 重新调整辊距间隙，如果压延辊筒是滑动轴承，应检修轴套，适当缩小滑动轴套间隙 ③ 调整辊距，控制辊筒间的存料量，使其均匀一致 ④ 提高发泡剂在主原料中的扩散均匀性 ⑤ 选用质量较好的基布
压延成型革面发毛	① 压延辊筒间的熔料存量不稳定 ② 熔料成型温度偏低 ③ 压延辊筒工作面粗糙	① 控制加料量使之均匀一致 ② 提高熔料压延塑化温度 ③ 检修、磨压延辊筒面
革面有横纹	① 用三辊压延成型人造革时，中辊温度偏高 ② 贴膜后收卷速度偏慢	① 适当降低中辊温度，使之略低于下辊温度 ② 冷却后的人造革成品收卷速度应略快于压延贴膜速度

（续）

制品故障现象	产生原因	排除方法
革面不平整有冷疤、洞孔及疙瘩等缺陷	① 原料塑化不均匀 ② 给压延机喂料时，卷太大，有剩余冷料 ③ 压延辊筒间存料量过多 ④ 原料塑化熔料中含有锅壁料，或原料中杂质多	① 修改原料塑化工艺条件，提高原料塑化质量 ② 应改为每次减少加料量，勤加料 ③ 减少加料量，采用“少量多次”投料方式 ④ 原料过筛清除杂质，注意混合机中混合室的清理
革面有气泡	① 原料塑化工艺温度高，塑化熔料温度高 ② 贴膜压力小	① 修改工艺，适当降低原料塑化各工序中的工艺温度 ② 适当增加贴膜辊的压力
塑化料粘辊	① 原料塑化时间过长，压延辊筒温度偏高 ② 润滑剂选配有误	① 适当缩短原料塑化时间，降低辊筒温度 ② 适当加大润滑剂用量或调整原料配方
布基产生皱褶	① 擦贴革时，布基进布速度过快，略大于压延速度 ② 布基处理工序中的导开张力小或松紧度调节不当	① 适当加快熔料压延成型速度 ② 调节供布系统供布速度和张力的平稳性

17.3 聚氯乙烯地板革压延成型

聚氯乙烯地板革实际也是一种人造革，与普通人造革不同之处只是它的底层不用布基，而是用纤维布或石棉纸。用压延法生产地板革，是用压延机（一般多用比较陈旧的三辊压延机或四辊压延机）把聚氯乙烯熔料压延成片，贴合在纤维布基上作中间层，然后再在PVC料层上贴一层薄膜，即成为一种PVC料层比较厚的人造革。由于这种人造革多用在办公室、宾馆、饭店、家庭等作为铺地材料，所以，人们称这种人造革为地板革。

地板革和普通革的结构相同，也是由底层、中间层和面层组成。底层用纤维布或石棉纸；中间层由聚氯乙烯树脂和一些辅助料混炼成熔料贴合在底层上，可呈发泡状，也可是不发泡层；面层是最后贴上的一层聚氯乙烯薄膜，这层薄膜可是透明膜，也可是印花膜，但要求这层薄膜一定要有较好的强度和耐磨损性，以提高地板革的使用寿命。

用这种地板革铺地，有较好的弹性，耐磨又耐腐蚀；人行走在上面有舒适感，不产生噪声，而且易清洗；比较经济实用。

17.3.1 生产工艺顺序与设备

聚氯乙烯地板革压延成型生产工艺顺序、使用设备和普通型人造革压延成型生产工艺顺序、使用设备完全相同。革的中间层用料也是以聚氯乙烯树脂为主，加一些辅助料，经计量后混合在一起，掺混均匀，预塑化，压延机成型熔料片贴合在纤维布基上，然后再复合一层面膜，经表面修饰、冷却后卷取。完成地板革的压延成型。

如果地板革中间层是发泡层，则要把压延成型的半成品移到另一台设备上，加热发泡，再在面上复合一层薄膜，然后进行压花等表面修饰后冷却卷取。

17.3.2 原料与配方

聚氯乙烯地板革压延成型主要原料是 SG2 或 SG3 型聚氯乙烯树脂，根据地板革的应用条件需要，适当加入一些增塑剂、稳定剂、发泡剂和填充料等辅助料，组成压延地板革成型用料配方。

配方例一（家庭用）：

1）发泡层用料配方（质量份）。聚氯乙烯树脂（PVC）SG3 100，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）30，烷基磺酸苯酯（M-50）10，钡、镉、锌复合稳定剂 2，硬脂酸钡（BaSt）0.8，硬脂酸铝（AlSt）0.8，硬脂酸（HSt）0.8，重质碳酸钙（$CaCO_3$）40，偶氮二甲酰胺（AC）5，颜料适量。

2）面层薄膜用料配方（质量份）。聚氯乙烯（PVC）SG2 100，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）18，邻苯二甲酸二丁酯（DBP）20，烷基磺酸苯酯（M-50）12，氯化石蜡（P-Cl）6，钡、镉、锌复合稳定剂 2，硬脂酸钡（BaSt）1，硬脂酸锌（ZnSt）0.4，硬脂酸（HSt）0.2，重质碳酸钙（$CaCO_3$）10。

配方例二（办公室、宾馆用）：

1）中间层用料配方（质量份）。聚氯乙烯（PVC）SG3 100，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）22，烷基磺酸苯酯（M-50）18，氯化石蜡（P-Cl）10，钡、镉、锌复合稳定剂 2，硬脂酸钡（BaSt）0.8，硬脂酸铝（AlSt）1，硬脂酸（HSt）0.4，重质碳酸钙（$CaCO_3$）50，颜料适量。

2）面层薄膜用料配方（质量份）。聚氯乙烯（PVC）SG2 100，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）18，烷基磺酸苯酯（M-50）12，氯化石蜡（P-Cl）6，钡、镉、锌复合稳定剂 2，硬脂酸钡（BaSt），硬脂酸锌（ZnSt）0.4，硬脂酸（HSt）0.2，重质碳酸钙（$CaCO_3$）10，颜料适量。

17.3.3 工艺参数

1）中间层用原料的配混、预塑化生产工艺条件与聚氯乙烯薄膜用原料的配混、预塑化工艺条件相同（见 4.4 节内容）。

2）中间料层的压延成型用工艺参数：温度Ⅰ、Ⅳ辊筒控制在 150～155℃范围内，Ⅱ、Ⅲ辊筒控制在 155～160℃范围内；辊筒的转速控制在 7～10m/min 范围内。

3）中间层料厚可在 0.5～1.5mm 范围内，如果料层厚超过 0.8mm，压延成型中间料层需要用两次以上压延工序来完成。

4）面层用薄膜的厚度一般在 0.3mm 左右，可是透明薄膜，也可用印花薄膜。面膜与中间层的复合，可在压延成型中间层后直接在压延机生产线上一次复合成型。如果是中间层需要发泡处理，则复合面膜的工序是在中间层发泡后进行。复合面膜后也可采用压花纹方法对革面进行修饰。

5）如果中间层需要发泡时，发泡烘箱温度应控制在 120～200℃之间。由烘箱进布端开始，温度逐渐升高；根据发泡质量控制发泡革的运行速度，一般控制在 10m/min 以内。

17.4　聚氯乙烯人造革挤出压延成型

聚氯乙烯人造革的挤出压延成型生产工艺与聚氯乙烯人造革的压延成型生产工艺很相似。不同之处只是原料的混炼预塑化设备和压延设备略有差别。从聚氯乙烯人造革挤出压延成型生产线图17-13中可知：高速混合机混合后的原料，是用双螺杆挤出机混炼塑化，然后经单螺杆挤出机再混炼塑化，经成型模具挤出片形料，供给二辊压延机（实际这个二辊压延机就是二辊开炼机，因为这台设备在此生产线中是用来压延成型塑料片，直接与革的基布贴合，故在此称其为压延机），经压延机的压延，使塑化的熔态料成为厚度一致，幅宽适宜贴合要求，较密实的片料，与经过涂底料层，并经烘干的布基贴合，再经冷却定形、切边，即为成品。

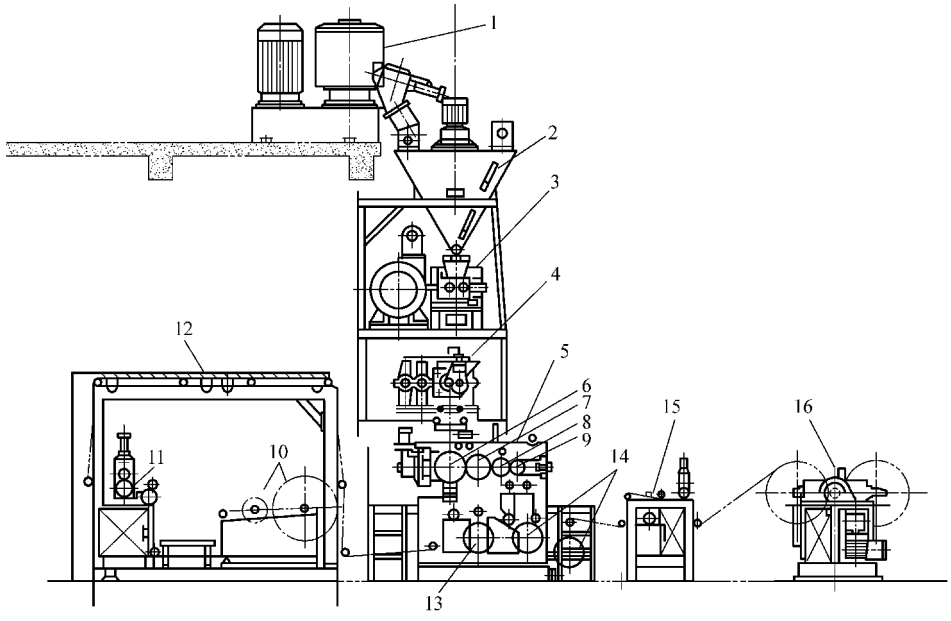


图17-13　聚氯乙烯人造革挤出压延成型生产工艺设备布置

1—高速混合机　2—搅拌储料桶　3—双螺杆混炼挤出机　4—挤出机
5—供布机　6—移动压延辊　7—固定压延辊　8、9—贴合辊　10—放布装置
11—布基涂层　12—涂层发泡　13—预热辊　14—冷却辊　15—切边　16—卷取

聚氯乙烯人造革挤出压延成型生产工艺流程是：

1）底层料生产工艺流程为：按底层料配方要求，把各种原料计量→高速混合机混合搅拌均匀→双螺杆挤出机混炼→单螺杆挤出机混炼，挤出成型片状料→两辊压延机压延成片→基布→上浆→烘干复合→冷却定形→切边→卷取。

2）面层（薄膜）生产工艺。挤出压延成型聚氯乙烯人造的表面层修饰，根据革的用途需要，一般多采用复合一层薄膜的方法。薄膜可是透明膜，也可是印花膜。这样既可提高革的耐磨性，又可改进革的表观质量。面层薄膜的压延成型和印花及复合生产工艺，可参照17.2.5节中压延革的表面修饰方法。

挤出压延法成型的聚氯乙烯人造革与压延机生产成型的压延革比较，该产品生产周期短，用

设备少，占地面积小，操作者的劳动强度也较小，但由于设备结构较简单、精度低，所以生产出的造革质量不高、手感也较硬，一般多用在中、低档制品，如提包、兜及地板等类日用品。

17.4.1　设备

1）原料配混和混炼预塑化用设备有：研磨机、混合机、双螺杆混炼用挤出机、单螺杆挤出机（用于原料的混炼预塑化，长径比为 $L/D=10:1$）。

2）供布和塑料压延成型制品用设备有：用于布基处理设备的布基放卷、涂糊、加热烘干和布基预热辊等。用于熔料压延成型片料贴合成型人造革用设备有：双辊压延装置、贴合装置、冷却辊筒、切边装置和制品的切断与卷取等设备。

17.4.2　原料

挤出压延法成型人造革用原料，也是以悬浮法聚氯乙烯树脂为主原料，然后按人造革应用条件的需要，加入一定比例的增塑剂、稳定剂、填充料和颜料等辅助料。原料组合配方如下：

1）底层原料配方（质量份）：聚氯乙烯 100、邻苯二甲酸二辛酯 30，钡、镉稳定剂 1，硬脂酸镉 0.3，硬脂酸 0.5，三盐基硫酸铅 1，碳酸钙 50。

2）面层原料配方（质量份）：聚氯乙烯 100、邻苯二甲酸二辛酯 30，钡、镉稳定剂 1，硬脂酸钡 0.3，环氧大豆油 3。

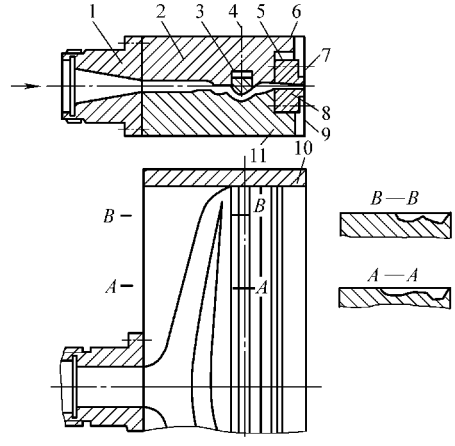


图 17-14　衣架式成型模具结构

1—连接器　2—模具上体　3—阻流块　4、6—调节螺钉　5—上口模　7—固定螺钉　8—下口模　9—螺钉　10—侧挡料板　11—模具下体

17.4.3　工艺

1）底层料的配混和 PVC 其他制品用原料的配混工艺条件相同，可参照本书的 4.4 节内容。

2）双螺杆挤出机混炼塑化原料温度应控制在 160℃左右。

3）单螺杆挤出机混炼塑化原料温度控制（从机筒的加料段至均化段）为：130～140℃、150～160℃、170～180℃。

4）成型模具（衣架型或歧管型模具结构如图 17-14 和图 17-15 所示）温度为 180～190℃。

5）布基预热辊温度为 75℃左右，压延辊温度为 180℃左右。

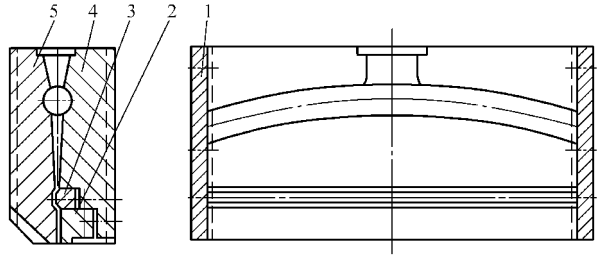


图 17-15　歧管呈曲线形成型模具结构

1—端板　2—模唇　3—阻流调节块　4—上模体　5—下模体

17.5 聚乙烯人造革压延成型

聚乙烯人造革压延成型是以聚乙烯树脂中的低密度聚乙烯为主要原料，再掺入一定比例的EVA改性树脂、交联剂、润滑剂和发泡剂等辅助料，经配混、预塑化混炼后压延成片料，与布基贴合，再经烘箱发泡和表面修饰后冷却定形，成为聚乙烯人造革。聚乙烯人造革一般多用于作箱包和帽口等制品。

17.5.1 设备

聚乙烯人造革压延成型用生产设备与聚氯乙烯人造革压延成型用设备完全相同。压延成型生产线和设备布置工艺流程如下：

按原料配方要求计量→高速混合→挤出机混炼→开炼机→四辊压延机→贴合
布基预热↗ →冷却→卷取。卷取半成品→开卷→进入烘箱交联发泡→缓冷压花→冷却→检验→成品卷取。

17.5.2 原料

聚乙烯人造革压延成型以低密度聚乙烯和EVA改性树脂为主要原料，加入一定比例的辅助料组成，配方如下。

低密度聚乙烯（LDPE）100份、EVA改性树脂15～40份、邻苯二甲酸二仲辛酯（DCP）0.6份、氧化锌2份、偶氮二甲酰胺（AC发泡剂）3份，硬脂酸铅（ZnSt）0.5，着色剂适量。（均为质量份）

17.5.3 工艺

1）低密度聚乙烯与辅助材料按配方要求用量称量，加入到高速混合机内掺混搅拌均匀，料温应控制在70℃左右。

2）混合均匀料降温至45℃以下，投入到挤出机内混炼（挤出机螺杆直径为ϕ250mm，长径比为$L/D=10:1$）。机筒加热温度（从加料段至均化段）分别为：60～70℃、90～100℃、100～115℃。出料模具温度为：120℃左右。挤出混炼塑化料应是无分解、无气泡、呈半透明的熔态料。

3）两辊开炼机混炼由挤出机提供的熔态料。前辊温度约为110℃、后辊温度为105℃、两辊面间距为5mm左右。

4）四辊压延机提供片状料。辊筒工作转速为10～15m/min、温度为：1号为115℃、2号为120℃、3号为115℃、4号为125℃。

5）革用布基预热至60℃左右，按图17-1b所示的方式供布、与熔料擦贴层合。

6）发泡革应在独立的发泡烘箱生产线上生产，烘箱温度控制在200～220℃范围内。生产中应按革的发泡情况和运行速度适当调节烘箱温度。

17.6 聚乙烯钙塑片压延成型

聚乙烯钙塑片是一种以聚乙烯树脂中的高密度聚乙烯和轻质碳酸钙为主要原料，加入一

些润滑剂、抗氧剂和偶联剂等辅助料，混合后经压延成型的一种片材。这种聚乙烯钙塑片材具有较高的强度、硬挺性好、防振抗摔、防潮、价廉等优点。

聚乙烯钙塑片采用热黏合式瓦楞板成型机加工成钙塑瓦楞板，适合用于制造各种形状包装箱或容器类制品。质轻、耐用还防潮，很受用户欢迎。

17.6.1 设备

聚乙烯钙塑片的压延成型用设备与聚氯乙烯制品压延成型用设备相同。聚乙烯钙塑片压延成型生产线和设备布置工艺流程如下。

轻质碳酸钙按配方要求的比份称量→高速混合→混合一段时间加入按配方
偶联剂、润滑剂↑
要求量称量好的 HDPE 混合→密炼机→开炼机→开炼机→四辊压延机→卷取成品。

从生产聚乙烯钙塑片工艺流程中看到，聚乙烯钙塑片压延成型用主要设备有：高速混合机、密炼机、开炼机和四辊压延机等。

17.6.2 原料

以高密度聚乙烯树脂和轻质碳酸钙为主要原料和其他一些辅助料组合的配方如下。

高密度聚乙烯钙-塑板配方例一（质量份）：

高密度聚乙烯（HDPE）50，轻质碳酸钙（$CaCO_3$）50、偶联剂（钛酸酯类 TTS）0.45、硬脂酸锌（ZnSt）0.45、硬脂酸钡（BaSt）0.35、硬脂酸（HSt）0.15、抗氧剂（β-丙酸十八酯 1076）0.13，其他类润滑剂 0.25。

高密度聚乙烯钙-塑板配方例二（质量份）：

高密度聚乙烯（HDPE）54，碳酸钙（$CaCO_3$）46、偶联剂（钛酸酯类 TTS）0.45、硬脂酸锌（ZnSt）0.5、硬脂酸钠（NaSt）0.5，其他润滑剂 0.2，抗氧剂（CA1.1.3 三丁烷）0.03，抗氧剂（硫代二丙酸二月桂酯 DLTP）0.05。

17.6.3 工艺

（1）原料配混　按钙塑片成型用原料配方要求，分别把各种原料称量，加入到高速混合机内混合搅拌均匀。各种材料向混合室内加料顺序如下。

① 加入碳酸钙，加热搅拌料温至 115℃左右排除料中游离水分。

② 分两次向混合室内加入偶联剂，间隔时间为 2～3min，使其与碳酸钙混合均匀。

③ 加入硬脂酸继续搅拌，对 $CaCO_3$ 进行包覆处理。

④ 加入其他润滑剂，使碳酸钙与加入料充分混合，搅拌均匀。

⑤ 最后加入 HDPE 和抗氧剂，直至各种原料搅拌混合均匀后排除，供下道工序混炼。

（2）原料混炼预塑化与压延

1）混合均匀料送入密炼机内，混炼塑料呈团块状。

2）用两台开炼机把呈团块状料逐渐混炼塑化均匀呈熔态料。

3）在压延机上（三辊或四辊压延机均可）把熔态料压延成片（辊筒温度为 180℃左右），经冷却后卷取。

17.6.4　钙塑瓦楞板的复合成型

钙塑瓦楞板中三层钙塑片的复合成型生产工艺顺序如图17-16所示。从图中可以看出，三层钙塑片热黏合生产工艺顺序是：三层钙塑片卷捆同时放片→三层片分别预热（中间钙塑片预热后还要压成瓦楞三角形）→热复合三片成一体→冷却降温→切边→成品切断。

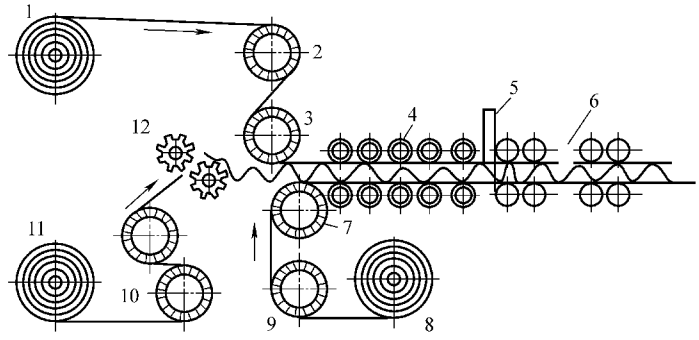


图17-16　钙塑瓦楞板三层钙塑片热黏合成型生产工艺

1—上表面用钙塑片　2—上表面钙塑片加热辊　3、7—钙塑片热黏合辊　4—冷却辊组
5—切边装置　6—片切断装置　8—下表面用钙塑片　9—下表面钙塑片加热辊
10—瓦楞片加热辊　11—瓦楞片用钙塑片　12—瓦楞成型压辊

三层钙塑片的复合成型生产工艺，首先是把三层钙塑片分别在140～160℃预热辊上加热（中间瓦楞片预热温度在160～170℃，然后用瓦楞辊压片成等边三角瓦楞形），然后进入热复合辊，三层片在复合辊的加热压力下黏合成型钙塑瓦楞板，再经切边、压印后切断，成型制品。

17.7　聚氯乙烯壁纸的压延成型

聚氯乙烯壁纸是以纸为基材，表面复合一层塑料层，再经印花、压花或发泡等生产方式而制成的一种制品。塑料壁纸的品种可分为普通塑料壁纸（这类壁纸表面有单色、复色塑料印花、压花和有光、平光印花及套色压花等多种），发泡壁纸（分高发泡、低发泡印花壁纸及印刷勾底浮雕型发泡壁纸等）和特殊功能（如耐水洗、耐火壁纸及植绒壁纸等）壁纸。

壁纸中的塑料层一般多用聚氯乙烯树脂为主要原料，也可用聚乙烯、聚苯乙烯等塑料与其他辅助料组合，制作壁纸的塑料层。

塑料壁纸主要用于民用建筑、公共建筑和旅馆内墙壁装饰用。其特点如下：

① 可根据个人爱好和环境条件，选配任一种色彩及具有特殊功能要求的壁纸。

② 有一定的吸音和保温效果。

③ 可满足清洁、耐水、防火等特殊功能要求。

④ 更新方便。不足之处是普通壁纸易受潮发霉，长时间应用（3～4年后）壁纸颜色易发黄。

17.7.1　设备

聚氯乙烯壁纸压延成型生产用设备和聚氯乙烯人造革压延成型生产用设备基本相同，生

产工艺路线和制品的表面修饰处理方法也与人造革的生产相同。应用时可参照压延法塑料人造革（除了布基处理外的一切设备）生产所用设备。

17.7.2 原料

聚氯乙烯壁纸层合用的塑料层生产用原料与聚氯乙烯薄膜压延成型用原料的组成基本相同，塑料层用主要原料是悬浮法聚氯乙烯树脂中的 SG4 型。涂布法则应用乳液法聚氯乙烯树脂。加入一定比例的稳定剂、增塑剂、润滑剂、填充料及颜料和发泡剂等辅助料，组成原料配方。与塑料薄膜成型用原料不同之处是壁纸成型用原料中的填充料比例用量较大，这既可以降低壁纸的生产成本，又可使壁纸塑料层的收缩率降低，并可使压印花纹的清晰度得到改善。

原料中的发泡剂，常用料是偶氮二甲酰胺（俗称 AC 发泡剂）。它是一种黄色粉状结晶，密度 1.66g/cm^3、无毒、无臭、不助燃、能自熄；不溶于一般溶剂和增塑剂，但易分散在高聚物中；分解温度为 195～210℃；发气量为 190～220ml/g。

壁纸塑料层中有时也加入 0.5%～1% 的防霉剂，以防止纸基或胶粘剂发霉后透过塑料层影响表面装饰效果。常用防霉剂有三丁基月桂酸锡、三丁基氧化锡等。壁纸塑料层用料配方见表 17-16。

表 17-16 壁纸用 PVC 塑料层用原料配方（质量份）

原　　料	不发泡①	不发泡	不发泡	发泡
聚氯乙烯(PVC SG4)	100	100	100	100
邻苯二甲酸二锌酯(DOP)	25	20	60	20
邻苯二甲酸二丁酯(DBP)	35	10		10
碳酸钙($CaCO_3$)	25	50	50	50
钛白粉(金红石型)	15			
硬脂酸钡(BaSt)	1	5		0.6
硬脂酸铅(PbSt)	1		0.8	
石蜡(P-Cl)	0.7			
三盐基硫酸铅(3PbO)	0.5		0.8	
酞菁绿	0.15			
烷基磺酸苯酯(M-50)		30		30
硬脂酸(HSt)		0.2	0.2	0.6
钡、镉、锌复合稳定剂			2	2
AC 发泡剂				5

① 配方用于压延法成型壁纸生产中的一次成型用料。

聚氯乙烯壁纸对纸基的要求如下。

1）基纸应有一定强度和耐折度，特别是应有较高的湿强度。

2）耐高温，在经 200℃左右高温处理时不发黄、不变脆。

3）表面涂胶后不卷曲，以方便粘贴施工。

4）基纸的定量为 80～100g/m^2、厚度为 0.12～0.15mm。

塑料壁纸对纸基性能要求见表 17-17。

表 17-17 塑料壁纸用纸基性能

项　　目	指　　标	项　　目	指　　标
定量/（g/m^2）	80	吸水性/(g/m^2)	10～15
断裂长/m	≥3500	尘埃度/(粒/m^2)	<250
耐折度/次数	≥40	含水率（%）	6
白度（%）	≥70	湿强度/(N/cm)	7.4
抗水度/s	≥35	厚度/mm	0.12～0.15
平滑度/s	表面绒面状	卷曲度/度	20～30

17.7.3 工艺

（1）工艺流程 聚氯乙烯壁纸压延成型制品可直接在压延机生产线上完成，也可分两次在另一台设备上完成制品的发泡和表面压花等工序。

在压延机生产线上一次完成制品生产工艺路线如下：

按壁纸成型生产用原料配方要求量，把各种材料分别称量→高速混合→挤出机→开炼机→压延机→塑料层与纸基复合→压花→冷却→检验→计量→卷取。

纸基预热

在压延机生产线上完成壁纸制品的塑料层复合，而在另一条生产线上完成压延复合制品后的发泡和表面压花工序时的生产工艺路线如下：

第一步：

按壁纸成型生产用原料配方，把各种材料分别称量→高速混合→挤出机→开炼机→压延机→塑料层与纸基复合→冷却→卷取。

纸基预热

第二步：

半成品开卷→预热→烘箱加热塑料层塑化或发泡→压花→冷却→检验→计量→卷取。

（2）原料混合

1）把壁纸压延成型用原料按配方要求分别称量。

2）用少量 PVC 树脂与增塑剂在混合机内混合搅拌均匀，然后加入色浆料和稳定剂浆料（两种材料应先按 4.2 节的要求配成浆料后研磨）再混合搅拌 1min。

3）加入全部 PVC 树脂、继续混合搅拌，直至料温升至 100℃左右。

4）加入填充料碳酸钙、混合搅拌 1min，结束原料在高速混合机中的配混工作。

（3）混合料混炼预塑化

1）混合料降温至 45℃时投入混炼型挤出机内，挤出机（螺杆长径比为10∶1）机筒温度（从加料段至均化段）为：110～130℃、120～140℃、130～150℃。出料模具温度为 160～175℃。

2）挤出机挤出的熔料供给开炼机继续混炼。两辊开炼机的辊面间隙约为 3mm，辊筒温度 160～175℃。

（4）压延机压延壁纸用塑料复合层 压延机采用Γ形四辊压延机，辊筒转速在 10～20m/min；辊筒温度分别为：Ⅰ辊 160℃左右、Ⅱ辊 160℃左右，Ⅲ辊 150℃左右，Ⅳ辊 145℃左右。压延塑料层厚度为 0.15～0.20mm。

（5）压延塑料层与纸基复合 复合前纸基经预热辊（辊内输入 0.3MPa 蒸汽）筒加热升温，纸基温度为 90℃左右；塑料层与纸基同速进入复合压辊（复合辊温约为 90℃，用循环热水加热）复合，复合辊对塑料层与纸基的复合压力为 0.9MPa。

如果壁纸压延成型是采用一步法成型，则复合后的壁纸半成品再经压花、冷却、检验和计量、卷取后，即完成壁纸压延成型工作。

发泡壁纸生产是采用两步法生产。生产时，经压延复合而制得的壁纸半成品需在另一条生产线上重新预热，然后进入烘箱发泡，出烘箱即进行压花，完成发泡壁纸的发泡与压花生产。发泡壁纸的发泡与压花生产与塑料人造革的发泡及压花生产工艺完全相同，生产时可参

照第 17. 2. 5 节内容。

（6）聚氯乙烯壁纸的涂刮法生产　聚氯乙烯壁纸采用压延法成型，其生产特点是：效率高、产量大，但设备投资大，生产岗位用人多。而涂刮法生产壁纸工艺简单、设备投资少、生产成本低。聚氯乙烯壁纸涂刮法生产可分为刮刀式涂布法和圆网涂布法。

1）刮刀式涂布法。刮刀式涂布法生产 PVC 壁纸工艺及用设备与压延法人造革的表面处理（见本章 17. 2. 5 节）涂刮法生产工艺用设备（见图 17-6）完全相同。PVC 壁纸采用刮刀式涂布时，以乳液法聚氯乙烯树脂为主要原料，再按一定比例加入增塑剂、填充料、着色剂等多种辅助料，经搅拌混合成浆料，然后用刮刀把浆料均匀涂刮在以纸基为载体的纸面上，经烘箱干燥、压花或印花等工序，制成涂刮法 PVC 壁纸。

2）圆网涂布法。圆网涂布法生产壁纸是将已配制好的、以乳液法聚氯乙烯树脂为主要原料的浆料，用齿轮计量泵输入一个中空圆柱形网内，网上通过照相制版有一定的花纹图案。生产壁纸时，纸基在托辊带动下经圆网向前运行，此时转动的圆网内浆料由刮刀推挤漏在纸面上（见图 17-17）、成形圆网体上的图案，经烘箱干燥制成壁纸。如果生产多色套印壁纸，则需经过几个圆网涂布，每次涂布经烘箱塑化后再经下一个圆网涂布，最后一次涂布后塑化并发泡，制成壁纸。一般高发泡壁纸多采用圆网涂布法生产。

3）涂布法生产壁纸原料选择要点。

① 涂布法生产聚氯乙烯壁纸，主要原料是乳液法 PVC 树脂。与辅助料混合配制好的浆料黏度为：刮刀式涂布为 3Pa · s；圆网涂布为 8 ~ 10Pa · s。浆料黏度过大，涂布难度大、易出现涂痕；浆料黏度过小，涂布量的均匀性较难控制，特别是圆网涂布，涂料量的均匀性控制难度更大。

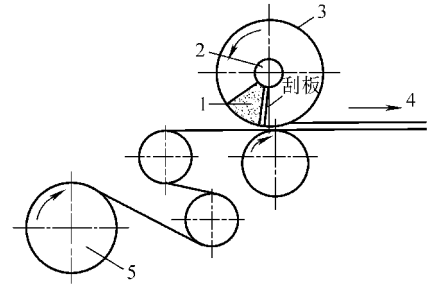


图 17-17　圆网涂布法成型生产壁纸示意图
1—PVC 浆料　2—浆料输入管　3—转动的圆网　4—PVC 料层　5—纸基

② 配方中增塑剂选择应以邻苯二甲酸二锌酯为首选，必要时可适当加入些氯化石蜡和磷酸酯类助剂，以提高制品的阻燃性能。

③ 为改善发泡壁纸中稳定剂的分散性，提高制品的光稳定性，配方中应选用钡、镉、锌液体稳定剂。

④ 为使发泡剂的分解温度与 PVC 树脂的塑化温度接近，使发泡剂有良好的发泡效果，可在原料配方中适量加入金属盐类稳定剂。

⑤ 为降低浆料黏度，方便涂布，原料配方中的填充料要选用吸油少的重质碳酸钙（细度应在 160 目以上）；如黏度仍很大，可适当加些降黏剂。

⑥ 壁纸用的纸基应主要选用耐折次数高、强度和耐热性好，变形小的木浆料，再加入些棉浆料制成。圆网涂布壁纸用纸基为 100g/m^2，发泡壁纸用纸基为 80g/m^2，压花壁纸用普通纯纸为 120g/m^2。

17. 7. 4　质量

聚氯乙烯壁纸的外观质量要求如下：表面不许有色差、伤痕、气泡和膜面损坏（有漏底、漏印）及污点；要求不同花色套印偏差≤0. 5mm；壁纸要有较好的抗拉强度和湿润抗拉强度；还应有黏合剂可洗性，而且不褪色。壁纸中有害物质限量应符合标准 GB 8585—2001

的规定，见表 17-18。

表 17-18　壁纸中有害物质限量值　　（单位：mg/kg）

物质名称	钡	铬	镉	铅	砷	汞	硒	锑	氯乙烯单体	甲醛
限量值	≤1000	≤60	≤25	≤90	≤8	≤20	≤165	≤20	≤1.0	≤120

17.8　塑料人造革其他成型方法

塑料人造革的生产成型除了采用压延法成型外，还有涂刮法、辊涂法、载体法和离型纸法等多种生产成型方式。

17.8.1　聚氯乙烯人造革的涂刮法与辊涂法成型

聚氯乙烯人造革的涂刮法、辊涂法生产方式与采用压延机生产擦贴革的生产方法比较，其生产工艺、操作方式及生产设备的结构都要简单许多。但两种方法生产成型的人造革性能和用途却比较接近。目前，国内采用涂刮法和辊涂法生产人造革的厂家也比较多。

聚氯乙烯涂刮法人造革和聚氯乙烯辊涂法人造革与聚氯乙烯用压延机生产的擦贴革一样，也是把聚氯乙烯树脂与其他辅助料组成的混合料涂刮或辊涂在纤维布基材上，再经过加热塑化等方法处理而制成。这种人造革的性能与压延法成型的塑料人造革性能一样，都具有与动物皮革性能相似之处，具有柔软、耐磨等特点；另外，还有优于动物皮革之处，如耐腐蚀，防水性好，花色品种多而外观鲜艳、强度好及容易加工等优点。

聚氯乙烯涂刮法和辊涂法生产的塑料人造革的品种也很多，如普通人造革、发泡人造革、鞋面革、地板革等，可根据生产方法、布基材料和用途的不同等又会生产出多种名称的人造革。这些塑料人造革广泛应用在人们日常生活中的各个领域，如服装、箱包、座套、衬里、鞋用和各种防雨篷布等。

1. 聚氯乙烯涂刮法人造革

聚氯乙烯涂刮法人造革是一种采用刮刀把以聚氯乙烯树脂和增塑剂等为主的材料配制成的糊状混合料，涂刮在经过处理的基布上，然后经过加热，把糊状混合料熔融塑化，与基布成为一体，再经过表面处理和冷却等工序而制成的一种聚氯乙烯制品。由于这种塑料制品的性能与动物的皮革性能有些相似，所以，人们都称这种塑料制品为人造革。

涂刮法人造革可用各种基布（市布、帆布和再生布）生产出普通人造革、贴膜人造革和发泡人造革等多种制品。

（1）涂刮法生产人造革工艺顺序　涂刮法生产聚氯乙烯人造革的工艺顺序如图 17-18 所示。

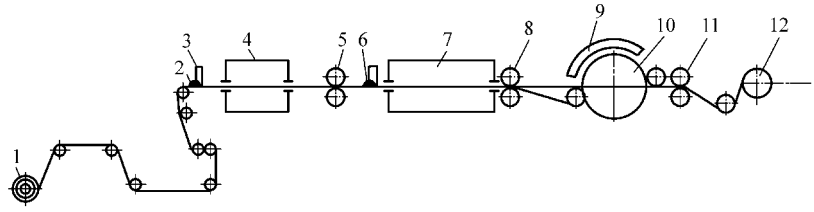


图 17-18　涂刮法生产聚氯乙烯人造革工艺顺序示意

1—基布　2—PVC 糊料　3—刮刀　4、7—加热箱　5—压光辊　6—面层或中层料
8—贴膜　9—加热罩　10—层合热辊　11—压花辊　12—收卷

图 17-18 所示的设备布置示意是聚氯乙烯人造革采用涂刮法生产应用较多的一种工艺方案。这条设备生产线可以生产普通涂刮人造革、普通贴膜人造革和发泡贴膜人造革。

生产普通涂刮人造革时，刮刀 3 涂刮普通革的底层糊料，刮刀 6 涂刮面层料；生产贴膜普通革时，刮刀 3 涂刮贴膜革的底层糊料，经过加热烘箱后，再贴面膜，经过层合辊加热面膜与底层料粘牢；生产发泡贴膜革时，刮刀 3 涂刮底层糊料，刮刀 6 涂刮中间发泡层糊料，出加热烘箱贴面膜，经过层合辊加热面膜与中间层贴牢。11 号辊为革的表面修饰压花辊，经冷却后成品革收卷。

聚氯乙烯人造革涂刮法生产工艺过程如下。

悬浮法 PVC 树脂过筛→计量——→
悬浮法树脂用加热的增塑剂冲糊→计量→ }→混合后搅拌均匀→在涂刮机上将经过平
其他辅助料配制成浆料研磨→分别计量→

整、加热处理的基布牵引、运行，浆料用刮刀均匀涂刮在基布面上→烘箱塑化原料→第二次涂刮面层料→进入第二烘箱塑化浆料→贴面层薄膜→层合面膜与底层料熔为一体→表面修饰压花纹→冷却→收卷。

（2）原料与配方　聚氯乙烯涂刮人造革中的塑料层用料主要是悬浮法聚氯乙烯中 SG4 型和乳液法聚氯乙烯中的 RH-1Ⅰ型树脂，按一定比例与辅助料（增塑剂、稳定剂、填充料及着色剂等）组成配方。PVC 涂刮法人造革用料参考配方见表 17-19。

表 17-19　PVC 涂刮法人造革配方（质量份）

原料名称	普通革		发泡革			贴膜发泡革			鞋革	
	底层	面层	底层	泡层	面层	底层	泡层	膜层	泡层	膜层
悬浮法 PVC SG4	100	—	80	100	—	93	—	100	—	100
乳液法 PVC RH-1Ⅰ	—	100	20	—	100	7	100	—	100	—
邻苯二甲酸二辛酯（DOP）	10	37.5	60	65	50	15	30	15	28	40
邻苯二甲酸二丁酯（DBP）	30	30	20	30	30	15	25	14.4	42	10
烷基磺酸苯酯（M-50）	40	—	—	—	—	60	10	3.6	20	—
癸二酸二辛酯（DOS）	—	7.5	—	—	—	—	—	5	—	10
硬脂酸锌（ZnSt）	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3	—
硬脂酸钡（BaSt）	1	0.75	—	—	—	—	3	0.8	1	1.25
硬脂酸铅（PbSt）	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1.25
硬脂酸镉（CdSt）	—	0.25	—	—	—	—	—	—	—	—
轻质碳酸钙（$CaCO_3$）	30	20	20	10	—	25	10	3	20	5
环氧硬脂酸辛酯（ED3）	—	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—
二月桂酸二丁基锡	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
氯化石蜡	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
三碱式硫酸铅（3PbO）	3	—	5	5	4	3	2.5	1	—	—
偶氮二甲酰胺（AC）	—	—	—	3	—	—	—	—	3	—

（3）涂刮革设备　涂刮法人造革用设备分为原料配制和涂刮机两部分。原料的配制设备主要有研磨机、冲糊装置和立式锚形搅拌机；涂料层用设备主要有涂刮机等。

1）冲糊装置。冲糊装置很简单，工作示意图如图 17-19 所示。

2）涂刮机主要部件。涂刮机设备中主要部件（见图 17-18）有涂刮糊料装置、烘箱、层合装置、压花装置、冷却辊和收卷装置等。

① 涂刮糊料装置。涂刮糊料装置是用来把配制的糊状料均匀地涂刮在基布上的一种刮刀台（见图 17-18 中的部件 2 和 6），经过此处的基布由平台或辊筒承托（见图 17-20）布上

的料重和刮刀力。刮刀刃部形状如图17-21所示。图17-21a所示的刀刃用于刮薄料层时用，图17-21b所示的刀刃适合刮厚料层，图17-21c所示的为通用型刀刃。

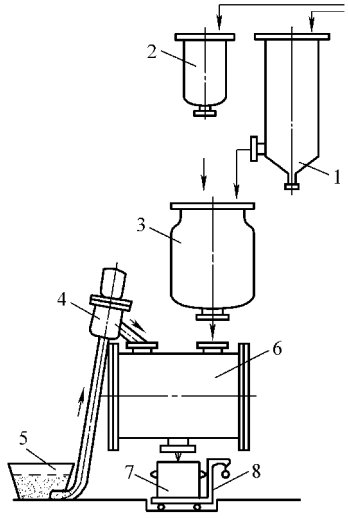


图17-19 冲糊装置工作示意

1—增塑剂加热罐 2—配料罐 3—冲糊罐 4—上料装置 5—PVC料贮槽 6—糊料罐 7—糊料桶 8—计量

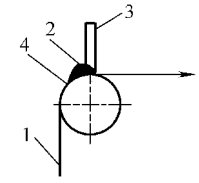


图17-20 辊筒承托刮刀

1—基布 2—浆料 3—刮刀 4—托辊

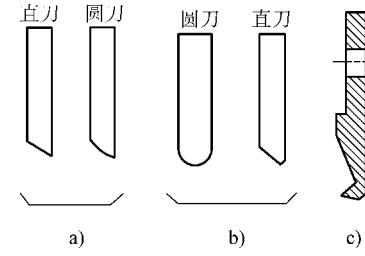


图17-21 刮刀刃部形状

② 烘箱。烘箱由薄钢板和角钢焊接组合成长方体隧道式，夹套内装有保温材料，箱内由电阻或蒸汽管加热，分几段温度控制；烘箱长度在4～10m范围内。

③ 贴膜装置是给经过烘箱，为塑化料层提供面膜的一种放膜装置，在这里面膜平整地贴合在塑化料层面上。

④ 层合装置是一个直径在1.5m左右的蒸汽加热辊（也可用电阻加热），辊的上方还有一个辅助加热罩；贴膜和基布上的料层在这里加热，以使膜与涂料层熔合。

⑤ 压花装置。和薄膜的表面修饰压花装置相同，也是由一个胶辊和花纹辊组成，经过此处的人造革表面压印出需要的花纹。

⑥ 冷却辊组。由几个直径较大的钢辊组成，辊筒内腔通循环冷却水，为成品人造革降温。

⑦ 卷取装置多采用中心轴卷取革制品，传动系统中有摩擦轮装置，调节卷取轴的转速。

（4）涂刮革工艺

1）涂刮普通革工艺。

① 配料冲糊。

a. 冲糊。为了降低涂刮革的生产成本，一般底层料多用悬浮法PVC树脂代替价格较高的乳液法PVC树脂。但是，由于悬浮法PVC树脂的颗粒较大，在常温下这种树脂与增塑剂混合不能形成糊状胶体，无法作涂刮料使用，所以，两种材料的配制采用冲糊方法。制作方法是：先把少量的PVC树脂和增塑剂按比例计量（按3:3.5质量份），混合均匀，然后把冲糊用增塑剂（以邻苯二甲酸二辛酯为例，用量质量份为21.5份）加热至170℃左右，加入到搅拌均匀的冷混合浆料中，同时要进行搅拌，成为一种有一定黏度、透明的糊状料。

此冲糊料中，树脂与增塑剂的混合比例接近 9%，如果 PVC 树脂量增加，则糊的黏度也会随之提高。这里应注意：树脂与增塑剂的混合冲糊用量比例应以适合涂刮料的需要黏度而定。

b. 配料。当冲糊料降温至 60℃时，即可按人造革用料配方比例，把 PVC 树脂和辅助料及填充料分别计量后，加入到冲糊料罐中，同时用搅拌机把混合料搅拌均匀；如果混合糊料需要有颜色，再把研磨细化的色浆料计量后加入到糊料内，混合搅拌均匀，即为涂刮人造革用底层料。

如果要配制面层用糊料，要把乳液法 PVC 树脂、增塑剂、稳定剂、填充料和色浆料，按配方要求比例计量混合，搅拌混合均匀，再用三辊研磨机研磨细化后涂刮使用。

② 涂刮。人造革用 PVC 塑料层的涂刮，是在涂刮机上把配制好的混合料均匀地涂刮在基布上。在涂刮上料前，要先把经过平整处理的基布调整好车速，使其在涂刮机上保持有一定的张力，平稳运行。然后在刮刀台处把浆料加到基布上，随着载着浆料的基布在刮刀刃下通过，则浆料被均匀地涂刮在基布面上，进入烘箱。

料层涂刮厚度由刮刀刃口与基布或刮刀刃与承托辊面的距离来控制。料层厚度由成品革的厚度决定：第一次涂刮料层厚，一般控制在 0.2 ~ 0.3mm 范围内，第二次涂刮料层厚（面层）一般为 0.10 ~ 0.15mm。这里要注意：革面涂刮质量与基布的厚度是否均匀、布面是否平整、基布张力是否保持恒定有关。涂料前要用塞尺把刮刀刃口与刮刀台平板或辊面间的距离调整均匀一致。

③ 原料塑化。基布载着均匀涂刮在布面上的 PVC 浆料进入烘箱，加热塑化，以使涂料与基布塑化后熔为一体。工艺条件是：基布运行速率控制在 10 ~ 12m/min 范围内，第一段烘箱温度控制在 190 ~ 200℃范围内，第二段烘箱温度控制在 195 ~ 205℃范围内。

④ 表面修饰。经过烘箱加热，涂刮在基布上的浆料已经塑化，与基布熔为一体，其涂料层表面还需进行贴膜，压花纹后冷却，最后收卷成捆。

贴膜是在涂刮革出烘箱口处进行，将预先处理好的面膜（或印花膜）平整贴在涂刮革的塑化料面上，在经过层合加热辊加热后立即压花纹：把面膜和塑化料层熔为一体，表面又压出花纹。经冷却辊降温后收卷。

涂刮法人造革表面修饰可用逆辊涂层法，其设备工作方法见第 17.2.5 中的压延革的表面修饰。表面修饰剂参考配方（质量份）如下。

乳液法 PVC 树脂 1，轻质碳酸钙（浆料）0.6，甲基丙烯酸甲酯-苯乙烯共聚物 372# 0.5，ABS0.5，环己酮 5，正丁醇 1.1，乙酸丁酯 1.5。

2）涂刮发泡革工艺。涂刮法发泡革有三层塑料层，即在基布上涂刮有底层 PVC 混合料层、发泡 PVC 混合料层和面层塑料层。这三层 PVC 混合浆料都可采用涂刮法，把浆料分三次涂刮在基布上，但目前应用较多的是把面层用贴薄膜方法来完成。

① 原料与配方。聚氯乙烯发泡人造革涂刮法成型用原料与聚氯乙烯普通人造革涂刮法成型用原料基本相似。主原料也是悬浮法聚氯乙烯中的 SG4 型树脂，如果在悬浮法 PVC 树脂中加入一定比例的乳液法 PVC 树脂，发泡效果会更好些，能得到较均匀的发泡孔。树脂与发泡剂等多种辅助料组合的配方见表 17-19。

② 设备。聚氯乙烯发泡人造革涂刮法成型用设备与聚氯乙烯普通人造革涂刮法成型用

设备相同（见图17-18）。生产发泡革时，第一烘箱涂刮底层料；第二烘箱前涂刮发泡层料；出第二烘箱后贴面层膜，然后在层合辊面上加热，使面膜与中间层料熔合，经压花、冷却后成为成品，进行卷取。

③ 工艺。

a. 发泡革底层浆料的配制方法与普通革底层浆料的配制方法相同。

b. 发泡层浆料的配制。按发泡层浆料配方要求，分别把各种材料计量，装在干净的料桶内，用立式搅拌机搅拌，把混合料掺混均匀。注意：在搅拌混合料的20min时间内，要二次提升搅拌桨叶，清理干净搅拌桨叶上的粉团料。把搅拌均匀的浆料用研磨机研磨，细化颗粒，使混合料分散均匀，必要时再把研磨后的浆料搅拌20min。则配制成黏度一致、混合均匀、无粉团杂质的料。

c. 发泡层浆料在烘箱内塑化发泡的温度略高于普通革料层塑化温度，一般控制温度在180～220℃范围内。烘箱内温度由进布端开始逐渐升高，发泡层浆料塑化发泡时间在2min左右。

d. 压花。为使发泡人造革柔软，具有较好的弹性，此工序应采用间隙压花，这样可保持发泡腔的泡孔完成。所谓的间隙压花，就是把压花辊和橡胶面托辊间的间隙调整到小于人造革厚度的15%～25%。压花时，人造革在两辊间通过，两辊应逆向同速旋转。

（5）涂刮革质量　聚氯乙烯涂刮法人造革的质量要求应符合标准GB/T 8948—2008的规定。

2. 聚氯乙烯辊涂法人造革

聚氯乙烯人造革辊涂法生产也叫逆辊涂覆法生产，与涂刮法生产人造革不同之处在于后者用刮刀把浆料涂刮在基布上，前者是用转动辊把浆料涂覆在载体上。辊涂法生产聚氯乙烯人造革时，几个转动的带料辊把浆料涂覆到循环运转的钢带或离型纸载体上，然后进入烘箱，使浆料在半凝胶状态下与基布贴合，再进入第二个主烘箱，使浆料在高温作用下塑化或发泡，出烘箱后冷却，再从载体上剥落，经表面压花和表面修饰处理，即为制品。辊涂法聚氯乙烯人造革生产工艺顺序流程如图17-22所示。

用辊涂法生产人造革，一般多用针织布或无纺布为基布。这种人造革手感滑爽、质轻而

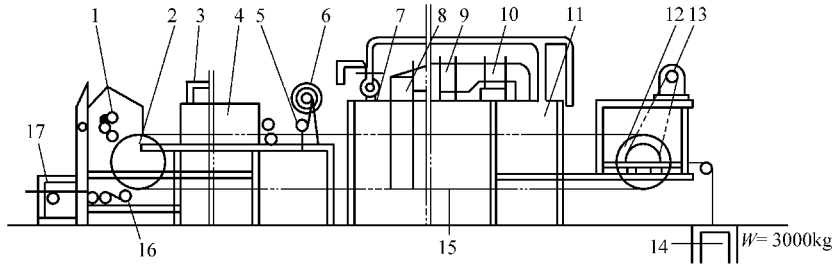


图17-22　辊涂法聚氯乙烯人造革生产工艺顺序流程

1—涂料辊　2—钢带循环被动托辊　3—排风筒　4—第一烘箱　5—毛刷辊
6—基布捆　7—第二烘箱　8—热风循环用风筒　9—蒸汽加热装置
10—电加热器　11—发泡烘箱　12—钢带循环主动托辊　13—传动系统
14—钢带张紧配重锤　15—环形不锈钢带　16—革制品剥离辊　17—操作台

柔软，适合用来制作服装和手套等制品。

（1）原料与配方　辊涂法聚氯乙烯发泡革成型用料，主原料是乳液法聚氯乙烯 RH-1Ⅰ型树脂，与增塑剂、稳定剂、填充料和发泡剂等辅助料组成原料配方。用于以针织布为布基、以钢带为载体的辊涂法成型发泡人造革用料参考配方如下（质量份）。

乳液法聚氯乙烯 RH-1Ⅰ型树脂 100，邻苯二甲酸二辛酯（DOP）45，邻苯二甲酸二丁酯（DBP）40，环氧硬脂酸辛酯（ED3）0.5，二月桂酸二丁基锡 2.5，轻质碳酸钙（$CaCO_3$）20，偶氮二甲酰胺（AC）3。

（2）辊涂设备　辊涂法生产人造革用设备结构如图 17-22 所示，它主要由逆辊涂料装置、载体钢带、烘箱、钢带张力调整装置和传动减速等零部件组成。

1）逆辊涂料装置。逆辊涂料装置结构如图 17-23 所示。它由两根直径相同的镀铬钢辊和一根表面包有耐油橡胶层（一般多用硅橡胶）的橡胶辊及挡料板、接料槽等零件组成。

逆辊涂料装置开始涂料时，浆料加在 2 号和 5 号辊中间，5 号辊位置固定；通过移动 2 号和 3 号辊的位置，调整 2 号和 3 号辊面与 5 号辊面间隙大小，则使三根辊面带料层的厚度得到控制。由于 3 号辊转向与钢带运行方向相反，使 3 号辊面带料擦贴在钢带面上，在钢带上形成一层厚度均匀、宽度一致的浆料层；擦贴在钢带上的料层厚度大小，还可通过调节 3 号辊与钢带的速度差得到。正常工作时，3 号辊转速略快于钢带运行速度，如果把这个速度差加大，则涂料层的厚度也会随之增加。

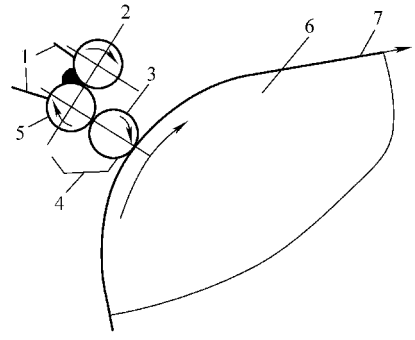


图 17-23　逆辊涂料装置

1—挡料板　2、5—钢辊　3—橡胶辊

4—接料槽　6—钢带托辊　7—钢带

逆辊涂刮装置是钢带涂料机中最关键的部件，它将直接影响逆辊涂料成型人造革的质量。所以，要求三根辊的加工精度高，辊面光洁平整，调整间隙距离控制准确，辊的转速和钢带的运行速度要平稳，涂料的黏稠度要始终保持一致。

2）钢带。钢带由耐高温、变形小的镍铬合金钢板制作，经氩弧焊接成环形带，厚度在 1.2mm 左右，宽度小于 1.5m。钢带由两根直径较大的钢辊托动运行，在钢辊的轴承处设有钢带张力调整装置，用来保持钢带受热膨胀、降温收缩时的钢带张力恒定，以保证钢带运行过程平稳。

钢带是逆辊涂料机中重要零件，钢带的表面质量及运行平稳性的好与坏，都会直接影响制品的质量；同时，钢带的造价也很高，所以钢带工作过程中应注意下列几点要求。

① 烘箱加热升温应在钢带运行状态下进行，钢带不许局部长时间受热，也不许局部突然受骤冷。

② 保持钢带两端的张力一致，出现钢带偏移时要及时调整。钢带的工作面要保持清洁，无任何污染，不许有凸凹不平现象。

③ 停产时，烘箱要在钢带运行状态下降温，烘箱降温低于 80℃时才可停止钢带运行。

3）烘箱。辊涂设备中烘箱的结构、作用和涂刮革的烘箱结构及其作用相同。

（3）辊涂工艺

1）发泡层用浆料的配料。按发泡层用料配方分别把各种原料准确计量，然后把增塑

剂、稳定剂、色浆、发泡剂、填充料和树脂按顺序加入洁净桶内，用立式搅拌机搅拌20min左右；把此浆料用研磨机研磨一次；再将此浆料搅拌20min左右，使浆料中的各种材料得到均匀混合。注意：混合料搅拌过程中，要提升搅拌桨叶两次，清除搅拌桨叶上的粉团料。

2）表面处理剂的配制。

① 聚氯乙烯溶液配制。按配方要求准确计量PVC树脂，加入正丁醇桶内，混合搅拌均匀后加入按配方要求计量的环已酮，搅拌三种混合料呈透明状溶液，黏度为1～1.2Pa·s。

② ABS溶液配制。按配方要求准确计量环已酮，在搅拌状态下加入按配方要求计量过的ABS至完全溶解，液态料黏度为1.5～17Pa·s。

③ 甲基丙烯酸甲酯-苯乙烯溶液配制。按配方要求把甲基丙烯酸甲酯-苯乙烯共聚物计量，加入正丁醇，搅拌均匀后再加入按配方要求计量的乙酸丁酯，继续搅拌至完全溶解，黏度为0.8～0.9Pa·s。

④ 填充料$CaCO_3$和色浆等辅助料。用10%的甲基丙烯酸甲酯-苯乙烯共聚物配制成溶液。

3）针织布的剖幅上浆处理。筒子纱剖幅是在针织布剖幅上浆机上进行。剖幅上浆机结构示意图如图17-24所示。处理针织布时，筒子纱套在可调节宽度大小的不锈钢撑布架上，把筒形针织布撑开，上浆辊宽50mm，把配好的聚醋酸乙烯乳液辊涂在布面上，经烘干后由圆盘刀在涂浆部位剖幅；再经网纹牵引辊牵引，经扩布板卷取成捆。

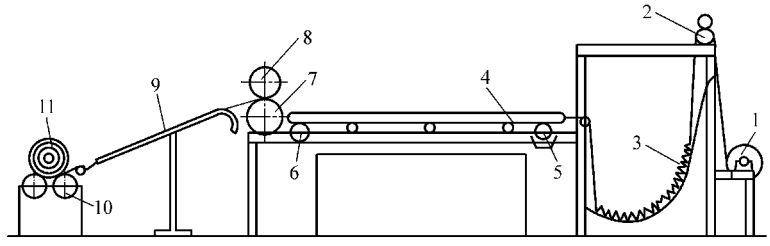


图17-24　针织布剖幅上浆机结构示意

1—筒子纱　2、7—牵引辊　3—贮布　4—撑布架　5—上浆辊　6—剖幅刀
8—网纹辊　9—扩布板　10—收卷托辊　11—针织布卷

4）把配制好的泡层浆料加在逆辊涂层机上，涂层厚0.1mm左右。带有涂料层的钢带进入温度在65℃左右的预热烘箱内，出预热烘箱后把针织布贴在半凝胶的料层上，用毛刺辊把料层上的针织布刷平，使布与胶料贴牢。平稳运行的钢带把贴上布的发泡料带入220℃左右的塑化烘箱，使塑料层发泡。钢带载发泡、贴布的制品出烘箱后，开始降温，当制品降温至60～70℃时，从钢带上剥离，然后经切边收卷。

半成品发泡革在经表面处理（用17.2.5节中革的表面处理方法），涂一层表面处理剂，即为针织布基发泡革成品。

（4）针织布基发泡革质量　聚氯乙烯针织布基发泡革质量应符合GB/T 6668—1994标准规定。

（5）辊涂法人造革质量问题分析

1）涂刮法人造革质量问题分析。

① 涂料层厚度误差大。

a. 刮刀刃与托辊或平台之间的间隙不均匀。

b. 浆料黏稠度不均匀。

c. 布基厚度不均匀或运行中张紧力不一致。

② 布基透油。

a. 浆料混合不均匀，增塑剂量过大。

b. 浆料塑化温度控制不当，温度过高或偏低都会出现此种现象。

c. 树脂选用不当，与增塑剂相容性差。

③ 革的表面花纹不清或不均匀。

a. 压花辊与橡胶托辊间的辊面间隙调整不当。

b. 塑化原料用烘箱内各部位温度不一致，温差过大。

c. 压花辊温度偏高。

④ 革表面有皱纹和印痕。

a. 布基处理不当，不平整有褶皱。

b. 浆料中有颗粒状杂质。

c. 压花纹部位两辊的速度不一致。

d. 橡胶托辊工作面磨损严重，不平整。

e. 压花辊与橡胶托辊的辊面间隙不均匀。

⑤ 布基易断。

a. 牵引布基速度不稳定，张力控制不当。

b. 涂料刀对布基压力过大。

c. 布基质量太差。

2）辊涂法针织布基发泡革质量问题分析。

① 发泡不均匀，有大泡。

a. 浆料塑化发泡温度过高。

b. 料中含水量过高。

c. 布基潮湿。

② 革面有道痕。

a. 浆料处理研磨不当或处理剂中有杂质。

b. 钢带工作面有较深的划痕。

③ 布基透油。

a. 浆料黏度偏低。

b. 预热烘箱内温度低。

④ 革面出现较规则的疵点。

a. 压花辊的工作面上有杂质。

b. 压花装置中的橡胶托辊工作面不平整，磨损严重。

c. 钢带工作面有污物或凸凹坑。

⑤ 料层与布基黏合力差。

a. 浆料温度预热时调整不当，凝胶温度偏高。
b. 毛刷与布基距离调整不当，由于距离太远而使毛刷对布基压力不足。
⑥ 发泡不均匀。
a. 增塑剂浆料中空气含量较大。
b. 发泡剂分散不均匀。
⑦ 革面横向厚度误差大。
a. 逆辊涂料橡胶辊的辊面磨损，工作面不平整或逆辊间的间隙不一致。
b. 钢带工作面出现纵向波浪纹形变。
c. 烘箱内各部位温度误差太大。
⑧ 革面花纹不清。
a. 压花纹时革面温度偏低或革面温度不一致，温差过大。
b. 压花辊与橡胶托辊的间隙调整不当。
⑨ 制品从钢带上剥离困难。
a. 配方料中的润滑剂量不足。
b. 钢带温度偏高。
c. 稳定剂的选用欠合理。

17.8.2 塑料地板砖成型

塑料地板砖是一种以聚氯乙烯树脂和填充料（如碳酸钙、石英砂、石棉粉等）为主要原料，再加入些增塑剂、稳定剂、润滑剂及着色剂等辅助料，经混合、塑化而压制成的，外观类似于天然瓷砖的塑料制品。塑料地板砖可制成多个品种，如单色、双色及多层和发泡地板砖等不同花色。主要用来作居室、宾馆、实验室及船舶房间的地面装饰。这种地板砖具有价格便宜，质量轻，耐磨损、耐腐蚀，防火、防潮，隔音、隔热，色彩鲜艳，方便清洗及更新方便等特点，居室中铺地，脚感舒适，很受用户欢迎。

1. 塑料地板砖成型方法

塑料地板砖的生产成型可采用压延法、挤出法和压制法。

（1）压延法　是一种大批量连续生产地板砖的方法，其工艺与聚氯乙烯片生产工艺相似。把制品用料按配方要求量分别称量后，经高速混合、混炼后压延、压光（也可用三辊压延机压延）、压花、冷却后，切制成地板砖的形状尺寸，即为成品。

（2）挤出法　也是一种连续大批量生产地板砖的方法、但比压延法生产所用设备略少些。生产时，是把混合均匀的地板砖成型用料投入到混炼型挤出机内塑化，挤出片形，再经开炼机，三辊压光机把片压实、压光，冷却后切制成地板砖。

（3）压制法　采用压制法生产地板砖用设备比前两种生产工艺用设备都要简单许多。生产时，混合均匀的料只在开炼机上混炼，塑化均匀后拉出片，切成近似地板砖的形状，直接由模板和热压机压实、压光，经冷却后切成地板砖形状尺寸。这种压制法生产地板砖不能连续化生产，项目开发投资少，比较适合小型企业采用。

2. 挤出法生产地板砖工艺

（1）生产工艺顺序　按塑料地板砖成型用料配方要求量，把各种材料分别称量→高速

混合机混合→混合料降温至45℃以下→挤出机混炼成片状料→开炼机把片压实→三辊压光机压光→表面压花纹→冷却→切断→冲床切片成地板砖的形状尺寸。

（2）设备　挤出法生产地板砖成型生产线中的主要设备有：高速混合机、混炼型单螺杆挤出机、两辊开炼机、三辊压光机、压花纹装置、冷却装置、切割装置和冲剪机等。

（3）原料　挤出法成型地板砖，是以聚氯乙烯树脂中SG4型、碳酸钙或天然石粉为主要原料，再少量加入些增塑剂、稳定剂、润滑剂、颜料等辅助料，组成原料配方。挤出法地板砖用料配方见表17-20。

表17-20　聚氯乙烯地板砖成型用原料配方（质量份）

原　　料	配方一	配方二
聚氯乙烯(PVC SG4)	100	80
邻苯二甲酸二锌酯(DOP)	35	21
三盐基硫酸铅(3PbO)	2.5	4
二盐基亚磷酸铅(2PbO)	1.8	2
硬脂酸(HSt)	2.2	—
硬脂酸钙(CaSt)		2.8
碳酸钙($CaCO_3$)	180	40
天然石粉	—	160
氯醋树脂①(VC-VAC)	—	20
十溴二苯醚(FR-10)	11	—
三氧化二锑(Sb_2O_3)	9	—
松香	—	1.6
颜料	适量	适量
硬脂酸钡(BaSt)	—	1

①为氯乙烯-醋酸乙烯共聚物。

配方原料选择提示如下。

1）为了降低地板砖生产成本，主要原料悬浮法聚氯乙烯树脂可选用副牌料。

2）氯醋树脂是氯乙烯和醋酸乙烯的共聚物，一般醋酸乙烯含量在2%～20%之间，在PVC树脂中起内增塑作用，可降低软化温度，使其容易加工，适用于加入硬质制品和填充料加入量较高的PVC制品中。

3）填充料在地板砖用原料配方中应用量较大，常用的填充料有碳酸钙、石英砂和石棉粉，它的加入，既可降低制品生产成本，又可提高制品尺寸的稳定性，并具有改进防滑的作用。应用时，要求填充料细度直径在3～5μm之间。

4）地板砖用原料配方中加入硬脂酸钙、石蜡类润滑剂，是为了提高熔料的流动性，改善其加工性能。

5）有的地板砖用料配方中还加入些松香，是让其起增黏剂的作用，还可减少熔料中气泡的发生。

（4）工艺

1）原料在高速混合机中的配混工艺条件和其他聚氯乙烯制品用原料配混工艺条件完全相同，可参照本书中第4.4节内容。

2）挤出混炼原料塑化温度（从机筒的加料段至均化段）为120～140℃、145～160℃、

155～170℃。

3）成型模具（衣架型模具结构如图17-14所示）温度为155～165℃。挤出有较均匀厚度、宽度一致的片形带。

4）经二辊开炼机压延、压实，使片形带的厚度尺寸接近一致（两辊转速比为1∶1.29，温度为150～155℃）。

5）经三辊压光机把片形带表面压光，辊面温度为95℃左右、由循环热水加热。

6）立式辊压装置可用来对制品表面压花，也可在这里贴面膜，这要由制品的工艺要求决定。

参 考 文 献

[1] 黄锐．塑料工程手册［M］．北京：机械工业出版社，2000.

[2] 刘廷华．塑料成型机械使用维修手册［M］．北京：机械工业出版社，2001.

[3] 刘敏江．塑料加工技术大全［M］．北京：中国轻工业出版社，2001.

[4] 傅旭．树脂与塑料［M］．北京：化学工业出版社，2005.

[5] 刁树森．塑料挤出成型模具设计与制造［M］．哈尔滨：黑龙江科学技术出版社，1984.

[6] 全国塑料制品标准化技术委员会秘书处．实用塑料制品标准手册［M］．北京：中国标准出版社，2003.

[7] 钱知勉．塑料性能应用手册［M］．上海：上海科学技术文献出版社，1984.

[8] 吴培熙，王祖玉．塑料制品生产工艺手册［M］．北京：化学工业出版社，1991.

[9] 张叶丽．挤出成型［M］．北京：化学工业出版社，2002.

[10] 龚浏澄，秦立洁，徐定宇，等．塑料成型加工实用手册［M］．北京：科学技术出版社，1990.

[11] 黄棋尤．塑料包装薄膜生产、性能、应用［M］．北京：机械工业出版社，2003.

[12] 丁浩．塑料工业实用手册［M］．北京：化学工业出版社，1998.

[13] 张小文．塑料管道及管件加工与应用［M］．北京：中国石化出版社，2003.

[14] 钱汉英．塑料加工实用技术问答［M］．北京：机械工业出版社，2001.

[15] 周殿明．塑料成型与设备维修［M］．北京：化学工业出版社，2005.

[16] 周殿明．塑料压延技术［M］．北京：化学工业出版社，2003.

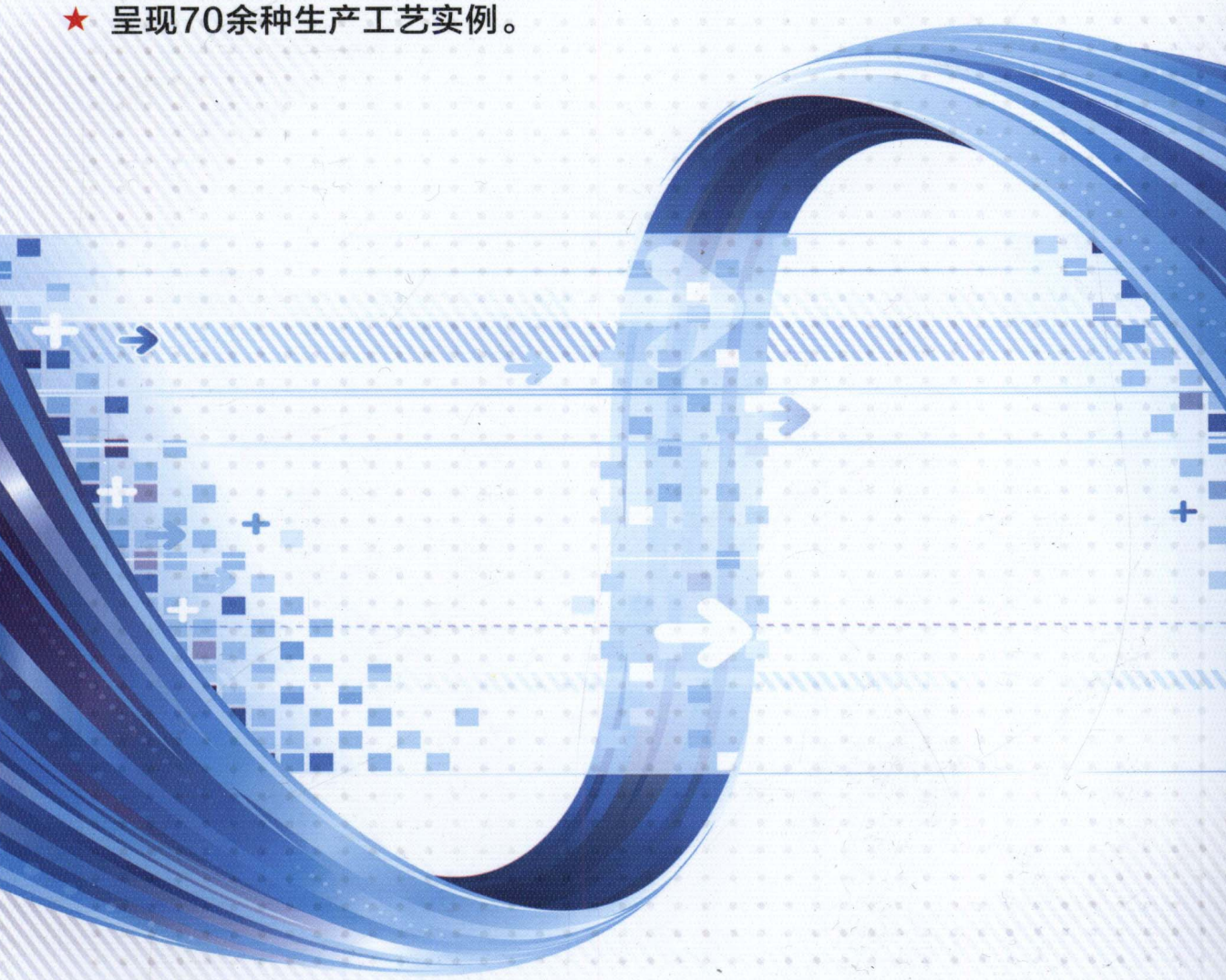
[17] 刘梦华，吕海峰，陶乃义．塑料压延生产线使用与维修手册［M］．北京：机械工业出版社，2007.

[18] 赵俊会．塑料压延成型［M］．北京：化学工业出版社，2005.

★ 塑料加工企业的有力助手。

★ 介绍塑料制品成型生产用材料、设备、工艺和生产操作要点等必备知识。

★ 呈现70余种生产工艺实例。



地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术／成型塑料／塑料成型
ISBN 978-7-111-47142-4
策划编辑◎孔劲 / 封面设计◎陈沛

ISBN 978-7-111-47142-4
9 787111 471424 >
定价：88.00元