

Plastic

塑料制品成型材料

周殿明 编著



塑料制品成型材料

周殿明 编著



机械工业出版社

本书详细介绍了常用塑料的性能和用途、各类助剂的功能和选用、主辅料的应用组合和配方设计的注意事项，以及塑料制品用料生产前的准备情况等内容。本书可供塑料成型加工企业的技术人员、管理人员在选择塑料制品用材料过程中参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料制品成型材料/周殿明编著.—北京：机械工业出版社，2011.9

ISBN 978 - 7 - 111 - 35747 - 6

I. ①塑… II. ①周… III. ①塑料制品－塑料成型
IV. ① TQ320. 66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 177562 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

版式设计：霍永明 责任校对：刘秀丽

封面设计：陈 沛 责任印制：杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2011 年 10 月第 1 版 · 第 1 次印刷

169mm × 239mm · 15.5 印张 · 315 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 35747 - 6

定价：36.00 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 编辑热线：(010) 88379772

社服务中心：(010)88361066

网络服务

销售一部：(010)68326294

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649

教材网：<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前　　言

塑料是我国20世纪中期才开始发展起来的一大类较新材料。由于该材料容易生产制得，性能优越、加工成型制品较为容易，价格低廉，因此其制品广泛应用在工农业生产、国防军工和日常生活等各个领域。塑料已成为当前发展最快的一种材料。

塑料的品种多达千余种，其性能特征、成型制品的加工方法、工艺条件及应用时的具体要求，都各有差异。所以，作为塑料制品成型加工生产的工艺技术人员，怎样做到合理选用这些材料也是一项重要的技术工作。其中，对常用的树脂、塑料有较全面的了解，并能进行合理的选择应用，对确保塑料成型加工生产的顺利进行，提高产品质量和稳定性，降低制品生产成本，都会有重大意义。

编写本书的目的，就是想为塑料成型加工的中小企业的管理人员、技术人员，在选择塑料制品用材的过程中，提供一些参考建议和工作方便。

本书除周殿明负责编写外，周殿阁、李洪喜、张丽珍、季丽芳、张力男、周思会、张艳萍、廖伟伟、王丽、王立岩、康广乐、王相华和吴鹏也参加了编写。

由于编者水平有限，书中难免会存在不足之处，恳请读者批评指正。

编　者

目 录

前言

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	11
1.1.3 线型低密度聚乙烯	20
1.1.4 中密度聚乙烯	34
1.1.5 极低密度聚乙烯	36
1.1.6 高相对分子质量高密度聚乙烯	37
1.1.7 超高相对分子质量聚乙烯	38
1.1.8 氯化聚乙烯	39
1.1.9 交联聚乙烯	42
1.1.10 乙烯-醋酸乙烯共聚物	43
1.2 聚丙烯	44
1.2.1 间规聚丙烯	64
1.2.2 无规聚丙烯	65
1.2.3 丙烯-乙烯无规共聚物	66
1.2.4 丙烯-乙烯嵌段共聚物	68
1.2.5 氯化聚丙烯	69
1.2.6 接枝聚丙烯	71
1.2.7 玻璃纤维增强聚丙烯	73
1.2.8 改性增强聚丙烯	76
1.2.9 填充聚丙烯	78
1.2.10 阻燃聚丙烯	81
1.2.11 无卤低烟聚丙烯	82
1.2.12 导电性聚丙烯	83
1.2.13 电磁屏蔽聚丙烯	83
1.2.14 磁性聚丙烯	83
1.3 聚氯乙烯	84
1.3.1 悬浮法聚氯乙烯	84
1.3.2 乳液法聚氯乙烯	90
1.3.3 本体法聚氯乙烯	92
1.3.4 氯化聚氯乙烯	94
1.3.5 氯乙烯-乙烯-醋酸乙烯共聚物	95

1.3.6 氯乙烯-乙丙橡胶接枝共聚物	96
1.3.7 聚氯乙烯/乙烯-醋酸乙烯共聚物共混物	97
1.3.8 聚氯乙烯/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物共混物	98
1.3.9 聚氯乙烯/聚丙烯酸酯共混物	100
1.3.10 电镀级聚氯乙烯	100
1.4 聚苯乙烯	102
1.4.1 高抗冲聚苯乙烯	104
1.4.2 苯乙烯-丙烯腈共聚物	109
1.4.3 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	110
1.4.4 甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物	114
1.5 聚酰胺	115
1.5.1 聚酰胺 6	118
1.5.2 玻璃纤维增强聚己内酰胺	119
1.5.3 聚酰胺 66	119
1.5.4 玻璃纤维增强聚己二酰己二胺	120
1.5.5 聚酰胺 1010	121
1.5.6 玻璃纤维增强聚癸二酰癸二胺	122
1.5.7 聚-9-氨基壬酸	123
1.5.8 聚癸二酰己二胺	123
1.5.9 聚十一酰胺	124
1.6 聚碳酸酯 (双酚 A 型)	124
1.7 聚甲醛	127
1.8 聚对苯二甲酸乙二醇酯	133
1.9 聚对苯二甲酸丁二醇酯	136
1.10 聚砜	140
1.11 聚苯醚	142
1.12 聚苯硫醚	146
1.13 聚甲基丙烯酸甲酯	148
1.14 丙烯腈-苯乙烯共聚物	150
第 2 章 助剂	152
2.1 助剂的功能与分类	152
2.2 助剂的选用	152
2.2.1 增塑剂	153
2.2.2 稳定剂	158
2.2.3 抗冲改性助剂	162
2.2.4 润滑剂	162
2.2.5 发泡剂	163
2.2.6 阻燃剂	163
2.2.7 抗静电剂	164

2.2.8 防雾剂	164
2.2.9 填充剂	165
2.2.10 着色剂	165
2.2.11 交联剂	166
2.2.12 偶联剂	167
2.2.13 食品包装用塑料制品中助剂含量	167
第3章 主、辅料应用组合（配方）	169
3.1 配方设计	169
3.1.1 配方设计注意事项	169
3.1.2 原料选择	169
3.1.3 压延成型薄膜用料配方设计	171
3.1.4 压延成型硬质聚氯乙烯片配方设计	173
3.1.5 挤出成型聚氯乙烯制品用料配方设计	174
3.2 聚乙烯、聚丙烯制品成型料组合	180
3.3 树脂的掺混组合使用	180
3.4 组合料的应用	181
第4章 塑料制品用料生产前准备	182
4.1 原料验收	182
4.2 原料着色	182
4.3 原料干燥处理	185
4.4 原料的配混	188
4.4.1 原料配混前的准备	188
4.4.2 原料配混造粒用设备	188
4.4.3 原料配混工艺操作要点	207
4.4.4 混合料造粒	208
4.5 玻璃纤维增强塑料的配制	212
附录	215
附录 A 塑料的特点	215
附录 B 塑料性能含义	215
附录 C 塑料的简单鉴别	218
附录 D 常用资料	223
附录 E PE 树脂技术要求（GB/T 11115—2009）	231
参考文献	239

第1章 常用塑料的性能和用途

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，以及一些具有高性能的工程塑料，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。

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 $100\sim300\text{ MPa}$ 的高压下，用有机过氧化物为引发剂聚合而成的。其密度在 $0.910\sim0.935\text{ g/cm}^3$ 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）或用金属氧化物为催化剂，在低压条件下聚合而成的。其密度为 $0.955\sim0.965\text{ g/cm}^3$ ，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 $0.910\sim0.925\text{ g/cm}^3$ 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）见附录E。

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) $\times 10^6$
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/($\times 10^{-5}$ /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 × 10 ⁻⁴	<5 × 10 ⁻⁴	<5 × 10 ⁻⁴	<3 × 10 ⁻⁴
1MHz		<5 × 10 ⁻⁴	<5 × 10 ⁻⁴	<5 × 10 ⁻⁴	<2 × 10 ⁻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

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、各种服装及日常生活用品的包装，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) 挤出复合薄膜与纸、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 1-2。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 1-3 ~ 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 1-2 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
原料温度/℃	150	165	180	220	245	260	316
螺杆长径比(<i>L/D</i>)	16	20	20	20	24	24	28
螺杆压缩比	3	4	4	4	4	4	4
均化段长度	2 <i>D</i>	4 <i>D</i>	4 <i>D</i>	4 <i>D</i>	6 <i>D</i>	6 <i>D</i>	14 <i>D</i>
均化段槽深/mm	3.8	3.2	3.2	2.3	—	1.9	—

注：*D* 为螺杆直径。

表 1-3 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	—

(续)

项 目	18A	21A	24B	18D	24E	18G	18VA	18VB	18VD	19E
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 1-4 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 1-5 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	包装复合材料,黏结性,热封性好	适于轻包装复合制品,刚性好,黏结性好	适于重包装复合制品,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	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					
牌号 项目	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/cm ³)	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/m ²)	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

(续)

牌号 项 目	测试方法	2F0.3 A	2F0.3 A-1	2F0.4 A	2F1.5 B	2F1.5 B-1	2F3B	2F5B	1F7B
成膜性/ μm	住友法	25	25	25	12	13	12	11	11
脆化温度/°C	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,适于化肥、树脂等包装膜		农用、通用、轻包装膜,成膜性好,能做15 μm 以下的薄膜,光学性和透明度好,适于农膜、地膜和轻包装膜					

表 1-6 中国石油兰州石油化学工业公司 LDPE 牌号及用途

项 目	1I2A	1F0.3A	2F2B	1C7A-1	2J0.3	D1.3	D2.0	1I50A
熔体流动速率/(g/10min)	2	0.3	2	7	0.3	1.3	2	50
密度/(g/cm ³)	0.917	0.920	0.921	0.917	0.921	0.921	0.920	0.914
落锤冲击强度/g	—	80	—	—	—	—	—	—
断裂强度/MPa	—	15.0	—	—	17.0	16.0	15.0	—
断裂伸长率(%)	—	500	—	—	—	—	—	—
清洁度/(个/kg)	40	40	20	20	20	20	20	20
用途	注射	重包装膜	轻包装膜	涂层	电缆	电缆	花料	

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/cm ³)	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 LL-DPE 摆混料、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 摆混料、医用包装膜、透明膜
	LD104	2.0	0.925	
	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	
	LD188	1.9	0.923	农膜、透明膜、冷冻膜、共挤多层膜、管材

(续)

生产厂家	LDPE 牌号	熔体流动速率 /(g/10min)	密度 /(g/cm ³)	特点和用途
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
	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

(续)

生产厂家	LDPE 牌号	熔体流动速率 /(g/10min)	密度 /(g/cm ³)	特点和用途
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、高黏着性
	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、高抗黏性
	F811	8.0	0.923	拉伸强度好、高抗黏性,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、抗粘性好
	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/cm ³)	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,优良的柔軟性
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

(续)

生产厂家	LDPE 牌号	熔体流动速率 /(g/10min)	密度 /(g/cm ³)	特点和用途
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)	≤5 × 10 ⁻⁴	≤5 × 10 ⁻⁴	0.6 × 10 ⁻⁴	2 × 10 ⁻⁴	≤3 × 10 ⁻⁴
体积电阻率/(Ω·m)	>1 × 10 ¹⁴	>1 × 10 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
悬臂梁冲击强度/(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；收缩性和延伸性较小	厚单丝伸展带、包装物、膜、网、渔网、昆虫网、筛子、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

牌号 项 目	50200	50300	45200	3000 B	5300 B	6500 B	8200 B	8300 B	9200 B
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/cm ³)	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

(续)

牌号		50200	50300	45200	3000 B	5300 B	6500 B	8200 B	8300 B	9200 B
项 目										
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	小型瓶子、玩具	洗涤剂瓶、香波瓶、化妆品瓶	薄壁制品	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	

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/cm ³)	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/m ²)	耐应力开裂(F_{50})/h		
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渔业用浮子等
	6200B	0.40	0.950	宽	27	35	500	1000	10	>400		化妆品、洗涤剂容器

(续)

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	
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										用途
	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 / °C			
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	300	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/cm ³)	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
兰州石化	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	黑色光缆通讯、电力电缆护套料
	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

(续)

生产厂家	HDPE 牌号	熔体流动速率 /(g/10min)	密度 /(g/cm ³)	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 ~ 7 μm 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/cm ³)	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	
	SH1400	14.00	0.963	
	SH1502	15.00	0.957	
	SH200	20.00	0.959	
大庆扬子兰州石化	SH2902	29.00	0.960	注塑箱、桶、软管、玩具、日用品、汽车配件、密封圈等
	SH4502	45.00	0.962	
	SH1200	12.00	0.960	
	SH400	4.00	0.960	
	SH400U	4.00	0.960	
北京燕化	SH800U	8.00	0.964	颜料桶
	SH2000U	20.00	0.958	颜料桶、盖
	1300J	14.00	0.965	注塑周转箱、室外用品、料箱等防紫外线件
	2100J	6.500	0.985	同上
	2200J	5.800	0.968	刚性好、变形小；用于制作日用品和精密小型机械零件
	2208J	5.800	0.968	多种注塑件，尤其适合大型容器和高抗冲汽车零件
扬子	5122A	21.50	0.959	用于工业各种包装箱、瓶、水果筐、鱼筐等
	519.9AC	9.50	0.961	多种注塑件，如瓶、水果箱、鱼筐等
	2200J	5.50	0.964	适宜薄壁容器，如一次性民航杯
兰州石化	2100J	6.50	0.953	共聚、性能优良；用于制作日用品、电器零件、工业件、儿童玩具
	1600J	18.00	0.956	用于封闭材料
	2200J	5.50	0.964	用于生活日用品

(续)

生产厂家	HDPE 牌号	熔体流动速率 /(g/10min)	密度 /(g/cm ³)	特点和用途
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

牌号 项 目	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/cm ³)	0.957	0.947 ~ 0.957	0.949 ~ 0.953	0.954 ~ 0.958
粉料密度/(g/cm ³)	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
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

(续)

项 目	A1050 (均聚物)	A4090 (共聚物)	A4009 (共聚物)	B2008 (均聚物)	B4002 (共聚物)
相对分子质量分布	窄	窄	窄	中	宽
\bar{M}_w/\bar{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、抗冲击性、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-51 A	LLDPE				
		0.924	0.930	0.928	0.925	0.918
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	透明性	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。

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 $30\mu\text{m} \pm 3\mu\text{m}$ 。

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) 范围	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
	0.8 ~	0.8 ~	0.4 ~	0.7 ~	1.6 ~	0.64 ~	0.64 ~	0.64 ~	0.66 ~	0.66 ~	10 ~	10 ~	3.3 ~	4.0 ~	0.64 ~
	1.2	1.2	0.6	1.1	2.4	0.96	0.96	0.96	0.86	0.86	14	14	4.7	6.0	0.96
密度/(g/cm ³) 范围	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
	± 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	200
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

牌号 基础树脂 项 目	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	DGH-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	0.915	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	11	11	8	8	8	11	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	270	270	200	200	200	270	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、涂层、内衬袋、食品包装	棚膜、液体、食 品袋、冰袋、杂 物袋、垃圾袋、重 包装袋	重包 装袋、冰 袋、杂物 袋、垃圾 袋、重包 装袋	棚膜、 棚膜、 拉伸薄 重包装 袋、棚 膜、掺混 料、重包 装袋	棚膜、 棚膜、 重包装 袋、掺混 料、重包 装袋	透明 膜、食品 袋、陈列 包装袋	棚膜、 棚膜、 重包装 袋	棚膜、 地膜、 重包装 袋	重包 装膜、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	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	2230H	DTH- 2630H	DTH- 1860H	DGC- 3100	DGL- 2420	DGL- 2612	DGL- 2650	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	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	9	9	9	7	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、家用器皿、薄盖	特殊家用器皿、易拉罐头、汽车零部组件、大工业容器	易拉罐头、汽车零部组件、玩具、汽车零件	家用器皿、家用器皿、玩	日用、家用器皿、家用器皿、盖、容器	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
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
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、面包装袋、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)

项 目 基 础 树 脂	牌 号	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	0.918
熔流比	30	30	68	73	30	73	68	73	68	68	68	68
表观密度/(kg/m ³)	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
金属含量(质量)/10 ⁻⁶	7	7	9	9	7	9	9	9	9	9	9	9
屈服强度/MPa	15	14	9	9	8	9	9	9	8	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	200
冲击强度/(MJ/m ²)	12	25	20	30	20	30	20	30	15	15	15	15
相对介电常数	NA								2.35	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	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/cm ³)	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 摻混，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，透明性、耐候性良好；强度高，可与 LDPE EVA 摻混
	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，挠性好；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

(续)

生产厂家	LLDPE 牌号	熔体流动速率 /(g/10min)	密度 /(g/cm ³)	特点和用途
中原 乙烯 ^①	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
	DFDA-9907	2.0	0.918	高档薄膜料、开口性好。轻、重包装膜,与 DFDA-7042 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
	LL0220CA	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

(续)

生产厂家	LLDPE 牌号	熔体流动速率 /(g/10min)	密度 /(g/cm ³)	特点和用途
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分公司。

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/cm ³)	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
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

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 横	41			11		13		12	9	10	11.5	13	14	
		纵 横	11			35		42		33	46	26				
断裂拉伸强度/MPa		纵 横	41			35		42		33	46	26				
		纵 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 横	620			630		650		785	500	625	1000	1000	1000	
		纵 横	840			800		850		925	875	740				
撕裂强度/(kN/m)		纵 横	145			65		70		40	40	45				
		纵 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				
粘合												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(\bar{M}_n)/(×10 ⁴)	10.3	30	28	16	15.5	13.5
重均相对分子质量(\bar{M}_w)/(×10 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 Ultzex 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、热合性及透明性好，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，透明性好，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，韧性和透明性好，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	

1.1.4 中密度聚乙烯

中密度聚乙烯(MDPE)树脂是用低压法由乙烯和 α -烯烃共聚生产制得，密度在 $0.926\sim0.94\text{g/cm}^3$ 范围。

1. 性能特征

中密度聚乙烯的性能介于高密度聚乙烯和低密度聚乙烯性能之间。结晶度为70%~75%，其制品有较好的柔性和低温特性；拉伸强度、硬度、耐热性等特性比高密度聚乙烯略差些，但其耐环境应力开裂性和强度的稳定性要好于高密度聚乙烯。

中密度聚乙烯的性能参数见表1-1。中国石化中原石油化工公司生产的中密度聚乙烯质量指标见表1-33。

表1-33 中国石化中原石油化工公司中密度聚乙烯质量指标

指 标 名 称	牌 号	
	DNDD-7152	DGDA-2401
密度/(g/cm^3)	0.939 ± 0.003	0.940 ± 0.002
熔体流动速率/($\text{g}/10\text{min}$)	3.5 ± 0.5	0.20 ± 0.02
拉伸屈服强度/MPa \geq	13	12
伸长率(%) \geq	300	500
脆化温度/ $^\circ\text{C}$ \leq	-60	-100
加工方法与用途	旋转成型，具有较好的滚塑性能，抗冲击性高，适合于制作各种中小型玩具、储罐、垃圾箱、储槽，也可用作掺混料	管材料，具有较好的拉伸、耐环境应力开裂性能，加工性好，适合于制作各种公用工程管道

2. 用途

中密度聚乙烯树脂可采用挤出、吹塑、注射和旋转方法成型塑料制品。用挤出法成型管材、电线电缆的包覆层；用挤出吹塑法成型薄膜和各种瓶类制品等；用注射及旋转法成型各种包装用容器、贮槽、桶、罐等制品。

国内部分和进口的中密度聚乙烯树脂生产厂牌号、性能及用途见表1-34~表1-36。

表1-34 天津联合化学公司中密度聚乙烯质量指标

指 标	牌 号						
	DFDA-7027	DFDA-7020	DFDA-7094	DNDA-7148	DNDC-7148	DNDC-7150	DNDB-7149
密度/(g/cm^3)	0.934	0.934	0.930	0.934	0.934	0.939	0.934
熔体流动速率/($\text{g}/10\text{min}$)	5.8	3.0	0.9	4.0	5.0	3.5	4.0
拉伸屈服强度/MPa \geq	14.5	14	8	14	14	15	14

(续)

指 标	牌 号						
	DFDA-7027	DFDA-7020	DFDA-7094	DNDA-7148	DNDC-7148	DNDC-7150	DNDB-7149
拉伸断裂强度/MPa ≥	12	16		12	12	13	12
正割模量/MPa ≥	340	360	20	340	340	390	340
脆化温度/℃ ≤				-60	-60	-60	-60
用途	挤塑膜、尿布膜	挤塑膜、尿布膜	垃圾袋、重负荷袋	桶、罐、容器	桶、罐、容器	桶、罐、容器	桶、罐、容器

表 1-35 国内几家厂家中密度聚乙烯质量指标

项 目	中国石化广州分公司	中国石化广州分公司	吉化炼油厂乙烯分厂	中国石化茂名石化公司	中国石化茂名石化公司
生产牌号	DEX-8301	DNDA-7146	DNDB-7149	DFDA-9806	DFDA-7066
密度/(g/cm ³)	0.934 ± 0.003	0.926 ± 0.002	0.934	0.932 ~ 0.936	0.925 ± 0.002
熔体流动速率/(g/10min)	3.0 ± 0.6	12.0 ± 2.5	—	2.0 ± 0.4	0.8 ± 0.2
拉伸屈服强度/MPa ≥	12	11	—	12	9
拉伸断裂强度/NPa ≥	14	12	—	—	—
伸长率(%) ≥	—	—	—	20	20
正割模量/MPa ≥	360	100	—	—	—
加工方法与用途	用于制作高剪切、抗静电及瓶类容器，如牛奶瓶、果汁瓶、洗发水瓶、洗手液瓶等	可在旋转、注塑、吹塑成型中使用，制作日用品瓶、容器、农药、化学容器、各类桶、筐	旋转模塑，制作室内桶、手提桶	用于制作铝塑复合板	工业薄膜级树脂，强度高，适用于重包装膜、工业衬里、外包装缠绕膜、热收缩膜及管材等

表 1-36 日本三井石油化学公司 MDPE-Neo-Zex

指标名称	注射成型用			旋转成型用		
	45300	45150	4060J	4060R	45150	5060R
熔体流动速率/(g/10min)	35	15	8	7	4	6
密度/(kg/m ³)	944	944	944	944	925	953
特性	流动性与加工性好	加工性及强度均衡性好	强度高，冲击性能好	加工性、刚性、冲击强度好	冲击强度和耐应力开裂性好	刚性好

(续)

指标名称	注射成型用			旋转成型用		
	45300	45150	4060J	4060R	45150	5060R
用途	可注射成型制作篓、杯、脸盆	一般用品	大型容器	适用于5000L以下的容器等一般旋转成型制品	高冲击大型制品，适用于5000L以上的化学容器	刚性高的制品

1.1.5 极低密度聚乙烯

极低密度聚乙烯（VLDPE）是由乙烯与 α -烯烃共聚而成， α -烯烃有1-丁烯、1-辛烯等，多采用气相法或液相法生产。

极低密度聚乙烯的密度为 $0.880\sim0.910\text{g/cm}^3$ ，结晶度较低，柔韧性好；有优良的力学性能，抗冲击性、填充性、光学性、抗穿透性和抗撕裂性都很好；无毒，吸水性很低；热变形温度高，热稳定性好，耐低温；有优良的耐环境应力开裂，极佳的抗挠曲龟裂性和冷冲击性能；制品透光性好。其耐低温性、耐应力开裂性、抗挠曲性和拉伸强度等均优于低密度聚乙烯。

极低密度聚乙烯目前国内还没有厂家生产。表1-37是美国Exxon公司生产的VLDPE树脂性能，表1-38是日本三菱油化公司生产的VLDPE树脂性能。

表1-37 美国Exxon公司产品性能

性 能	牌号 Exact					
	4027	4022	4023	4028	4021	4024
密度/(g/cm ³)	0.895	0.890	0.882	0.880	0.885	0.885
熔体流动速率/(g/10min)	4	6	3.5	10	2.2	3.8
邵氏硬度(A)	89	84	80	78	84	83
拉伸断裂强度/MPa	≥15.2	11.7	4.3	15.3	22.5	19.6
拉伸断裂伸长率(%)	≥800	800	800	800	800	800
Izod冲击强度/(J/m)	≥715	275	590	305	735	630
弯曲模量/MPa	≥49.8	34.0	21.4	38.4	27.4	28.8
维卡软化点/℃	83	76	59	59	70	70

表1-38 日本三菱油化公司产品性能

性 能	牌号 Yukalonsell				
	X138	X139	X140	X141	X142
密度/(g/cm ³)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
熔体流动速率/(g/10min)	0.5	2	18	8	1

(续)

性 能	牌号 Yukalonsell				
	X138	X139	X140	X141	X142
邵氏硬度(A)	45	41	36	40	43
拉伸断裂强度/MPa \geq	38	30	12	20	36
拉伸断裂伸长率(%) \geq	720	870	940	950	800
弯曲模量/MPa \geq	64	60	50	60	61
维卡软化点/°C	76	68	56	60	73

极低密度聚乙烯树脂因其共聚单体含量较高，所以加工性能较好。一般可用注射、挤出和吹塑等方法加工成型塑料制品。有时也可用涂覆的方法。

采用挤出机挤塑成型收缩薄膜、包装薄膜、医用包装膜和重包装薄膜，挤出吹塑薄膜的最薄尺寸可达 $5\mu\text{m}$ 以下；另外，还能用VLDPE树脂与PP树脂或HDPE树脂共混，挤出吹塑成型薄膜，其撕裂强度和冲击性能都得到很大的提高；用挤出法还可成型医用软管和电线电缆的绝缘保护层。

采用注射机注射成型塑料制品，由于其树脂的结晶度较低，所以，VLDPE制品的收缩率也较低（为制品的1.5%），仅是LLDPE制品收缩率的 $1/2$ 。可注射成型容器、玩具和吸尘器等制品；与PP树脂的共混料成型汽车保险杠、风门、挡泥板等制品，这种制品的低温冲击性能很好。

美国Exxon公司生产的极低密度聚乙烯树脂，可用于成型医用软管、瓦楞板、绝缘材料和电缆线等，主要用挤出和注射成型塑料制品。日本三菱油化公司生产的极低密度聚乙烯树脂，可用挤出机挤出成型薄膜、板材、软管和电线电缆绝缘护套等制品，也可采用注塑或层压法成型制品。

1.1.6 高相对分子质量高密度聚乙烯

高相对分子质量高密度聚乙烯(HMWHDPE)是聚乙烯类一个新品种，其平均相对分子质量为20万~50万，可分为均聚物和共聚物。采用淤浆法或气相法，在低压($0.48\sim3.1\text{ MPa}$)、低温($80\sim110^\circ\text{C}$)条件下，在齐格勒型或菲利浦型高效催化剂作用下聚合而成。

高分子量高密度聚乙烯的密度为 $0.944\sim0.954\text{ g/cm}^3$ ，高负荷下的熔体流动速率为 $1.0\sim15\text{ g}/10\text{ min}$ 。高分子量高密度聚乙烯的耐应力开裂性、冲击强度、拉伸强度、刚性、耐磨性和化学稳定性等均优于高密度聚乙烯，其制品可长期在恶劣环境中使用。

高分子量高密度聚乙烯可用挤出、注射和吹塑成型塑料制品，也可采用模压和推压法成型及进行涂覆施工。

采用挤出机可挤出成型各种塑料管、电线电缆绝缘层护套和特殊用途的光纤电

话装置的光纤内管；挤出吹塑各种薄膜及超薄薄膜等。

可采用注射机注射成型电子电器零部件和大型容器。也可用涂覆法做贮槽和贮罐的衬里等。

1.1.7 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，其生产方法和分子结构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 $0.936 \sim 0.964 \text{ g/cm}^3$ ，无毒，不易吸水，不易粘附，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 $190 \sim 210^\circ\text{C}$ ，热变形温度为 85°C （在 0.46 MPa 下），熔体流动速率接近零；耐寒性好，脆化温度低于 140°C ；耐拉伸强度高达 39.2 MPa ；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 1-39。UHMWPE 与普通 HDPE 的性能比较见表 1-40。

表 1-39 北京助剂二厂 UHMWPE 性能

项 目	指 标	项 目	指 标
相对分子质量/ $\times 10^4$	$180 \sim 230$ ； 300 以上	介电强度/(kV/mm)	≥ 35
密度/(g/cm ³)	$0.935 \sim 0.945$	相对介电常数	≤ 2.35
粉末表观密度/(g/cm ³)	$0.33 \sim 0.40$	介电损耗角正切	$\leq 5 \times 10^{-4}$
灰分(质量)(%)	≤ 0.15	摩擦系数(ASTM D1894)	$0.07 \sim 0.11$
水分(质量)(%)	≤ 0.15	吸水率(%)	< 0.01
拉伸强度/MPa	$30 \sim 40$	磨损率(%)	0.62(优于 PA6、PTFE、 45 碳钢、不锈钢)
断裂伸长率(%)	$300 \sim 400$		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
冲击强度(缺口)/(kJ/m ²)	> 150		可在液氢温度(-269°C) 使用
熔融温度/℃	137	耐化学药品性	
维卡软化点/℃	132		
脆化温度/℃	≤ -70	耐寒性	
体积电阻率/Ω·cm	$\geq 10^{17}$		

表 1-40 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/cm ³)	0.939	0.045
熔体流动速率/(g/10min)	0	0.05

(续)

项 目	超高相对分子质量聚乙烯	普通高密度聚乙烯
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/m ²)		
23℃	81. 6	27. 2
-40℃	100	5. 4
环境应力开裂(F_{50})/h	>4000	2000

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。

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，如采用高压下喷射熔料，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，广泛应用于纺织、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。

1.1.8 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，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、异型材和板材，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 1-41。氯化聚乙烯中含氯量对其性能影响见表 1-42。含氯量较低的 CPE 与 LDPE 薄膜的性能比较见表 1-43。

表 1-41 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 1-42 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、粘滞状	70	150	脆性
50	20	皮革状			

表 1-43 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 1-44。

表 1-44 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[ML ^① (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、粘合等；用作 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 1-45 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 1-45 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/cm ³)	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
佛山 电化厂	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
	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、或用作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

1.1.9 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1-46。辐射交联聚乙烯薄膜性能见表1-47。过氧化物交联聚乙烯的性能见表1-48。

表1-46 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1-47 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 1-48 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。

1.1.10 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 1-49。

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 1-49 上海石化公司塑料厂 EVA 树脂技术指标

项 目	企业牌号	EVA/4.5/5.5	EVA11/3.5	EVA14/15	EVA15/2	EVA12/0.5
	国标牌号 ^①	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
项 目	企业牌号	EVA/7.5/1.5	EVA7.5/3.5	EVA7.5/5.5	EVA12.5/3.5	EVA12.5/5.0
	国标牌号 ^①	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，所以，对聚丙烯的应用，每年在以10%左右的速度增加发展。

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CH₃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：即等规聚丙烯(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，约占聚丙烯总产量的95%。

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，它是最轻的品种。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 $0.90\sim0.91\text{g/cm}^3$ 。
- 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°C 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°C ，维卡软化点大于 140°C ，熔点为 $164\sim167^\circ\text{C}$ ，使用温度在无负荷情况下可达 150°C ，可在 130°C 中消毒应用，连续使用温度最高为 $110\sim120^\circ\text{C}$ 。
- 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) 聚丙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、印刷性和粘合性差。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1-50。

表 1-50 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)	$0.90\sim0.91$	连续耐热温度/ $^\circ\text{C}$	120
吸水性(%)	$0.02\sim0.03$	脆化温度/ $^\circ\text{C}$	-10
成型收缩率(%)	$1.0\sim2.5$	线膨胀系数/($\times10^{-5}/^\circ\text{C}$)	6~10
拉伸强度/MPa	$30\sim40$	热导率/[$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]	8.8×10^{-2}
拉伸模量/GPa	$1.1\sim1.6$	比热容/[$\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$]	1.92
伸长率(%)	>200	体积电阻率/ $\Omega\cdot\text{cm}$	$\geqslant10^{16}$
冲击强度(缺口)/(kJ/m^2)	$2.2\sim6.4$	介电强度/(kV/mm)	32
洛氏硬度(R)	$95\sim105$	相对介电常数(10^6Hz)	2.25
熔融温度/ $^\circ\text{C}$	$165\sim170$	介电损耗角正切(10^6Hz)	$0.0005\sim0.00181$
热变形温度(1.82MPa)/ $^\circ\text{C}$	56~67	耐电弧性/s	125~185

GB/T 12670—2008 规定的聚丙烯质量见表1-51。标准中规定的聚丙烯牌号与企业商品牌号对照见表1-52。

表 1-51 等规聚丙烯的质量标准

(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 1-52 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
	16	PPH-YL-022	3402
	17	PPH-YL-045	3502
	18	PPH-YL-075	3602
纺丝类	19	PPH-YL-140	3702, 5028S ₂
	20	PPH-YL-180	70218
	21	PPH-YL-300	70226
	22	PPH-YL-300-A	70835

① 国标 GB/T 12670—2008。

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。

聚丙烯树脂的成型方法见表 1-53。

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广泛应用。

表 1-53 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

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、玉米和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广泛应用。

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 1-54 ~ 表 1-60。

表 1-54 中国石化扬子石油化工股份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 强度很 高，用 于编织 袋、捆 包带等	捆扎 绳等	单丝、 力学强 度高， 用于编 织袋、 编织膜、 网等	复丝 和短纤 维，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	刚性 高，适 于中等 和大尺 寸吹塑 制品种、 管、板 材等	刚性 高，用 于吹塑 瓶管、 板等	刚性 高，适 于中等 和大尺 寸吹塑 制品种、 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、家 庭用品	一般 用途,	一般 用途,	一般 用途,	一般 用途,	一般 用途,	透明 型 J900	电气 和电子 零件	电气 和电子 零件	防尘	透明 啤酒、 软饮料 水 果、 瓶 箱、 蔬 菜运 输箱、 工 具箱、 吹塑制 品	性 好， 电 气零 件(室 外用)	汽 车零 件、蓄 电 池、家 用电器 零 部件、 容 器、大 尺寸 杂 货箱	

表 1-55 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	管膜, 低温冲击强度高, 用于食品、衣服、杂货包装
		F651	6	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	力学强度极好, 用于重包装纺织袋、捆包带等
		F401	2.4	力学强度好, 加工性好, 用于编织袋、编织布、捆包带等
		F601	6.5	加工性极好, 用于绳等
吹塑	均聚	B200	0.5	刚性好, 用于吹塑瓶、挤出管、膜、板
		B230	0.5	膜、板、瓶
	共聚物	B240	0.5	强度高, 刚性好, 用于大、中制品、瓶、管、板

表 1-56 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			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	优等			
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) × 10 ⁻⁶ ≤	150	300	400	150	300	400	200	300	500				
含氯质量分数 × 10 ⁻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 1-57 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)/×10 ⁻⁶	≤ 130	300	400	130	300	400	130	300	400		
氯含量(质量分数)/×10 ⁻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		
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 1-58 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		

(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
上海石化	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		有抗粘连性，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

(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	B4902	2.0	0.90	医用输液瓶
	4220	0.30	0.90	冷、热管材、饮料瓶
	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

(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
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
大连石化 ^①	F600	10.0		均聚物。适合挤出吹塑薄膜，作食品袋、杂品袋
	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
长岭化工 ^②	PPH-L-022	1.9~3.1		挤出绳索丝
	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 1-59 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

(续)

项目 牌号		熔体流动速率/ (g/10min)	拉伸屈服强度/ MPa	用 途
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 1-60 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
	M700	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

(续)

生产厂家	PP 牌号	熔体流动速率/ (g/10min)	特点和用途
上海石化	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
	M500R	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
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
	J400	3. 0	均聚物。日用品、汽车配件等
兰州石化	J600	7. 0	均聚物。玩具、厨具等
	T30S	3. 5	适合注塑周转箱、玩具、家用生活品
天津石油 化工公司	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

(续)

生产厂家	PP 牌号	熔体流动速率/ (g/10min)	特点和用途	
抚顺石化	C30G	6.0	均聚物	生活日用品、家具、玩具、薄壁制品
	F30G	10~12		生活日用品、家具、玩具、包装制品
	S60D	1.1~2.4		熔料流动性好。适合洗衣机配件、容器等
	T30G	3		适合薄壁家用品
	T50G	2.9		家庭用品、玩具、工程配件
	V30G	16		包装容器、玩具、日用品
	X30G	8		高速成型日用品、玩具、罩壳、医用品等
	Z11G	22~28		适合注射器、医用品
	EP-C30M	6	嵌段共聚物	有高抗冲性、热稳定性好。适合日用品、罩壳、家具、玩具
	EP-C30R	7		同上
	EP-C40R	7		同上
	EP-F30R	13		适合高抗冲击性薄壁包装品
	EP-H30R	38~50		同上
	EP-S30ME	1.0~1.5		适合抗冲击性的一般用途制品
	EP-S30R	1.3~1.8		低温抗冲击性、热稳定性好。适合周转箱、油漆桶等
	EP-S30U	1.3~1.8		低温抗冲击性、热稳定性好。适合重型周转箱、滑轮等
	EP-T30M	3.0~4.0		低温抗冲击性、热稳定性好。用于家具、汽车方向盘、工程配件
	EP-T40M	3.0~4.0		适合抗冲击性的家庭用品
	EP-T60R	3.0~4.0		-10℃下抗冲击性、热稳定性好。家电配件、玩具、家庭用品
	EP-X30G	7.0~9.0		适合抗冲击性好的家庭用品
	ER-30U	3.0~4.0		适合抗冲击性好的周转箱、行李箱、玩具、鸡笼等
	EP2X32GA	7.0~10.0	无规 共聚物	适合食品包装容器
	H32GA	38.0~46.0		适合高速成型薄壁制品

(续)

生产厂家	PP 牌号	熔体流动速率/ (g/10min)	特点和用途
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/cm ³)	特点和用途
北京燕化	K1005	5.5	0.905	通用级
	K1008	10.0	0.905	
	K1015	14.0	0.905	
	K1020	20.0	0.905	
	1400	3.0	0.91	
	1700	11.0	0.91	
北京燕化	K7735	40.0	0.905	洗衣机桶及部件、汽车零部件等
	1947	28.0	0.91	
	1240	0.7	0.91	
	1340	1.5	0.91	
	1740	12.0	0.91	

(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	极高抗冲强度。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			极高抗冲强度。用于大型复杂工业零件，汽车、洗衣机件
	PPB-M-012	0.9 ~ 3.1			抗冲性、热稳定性好。用于各种周转箱、重包装箱、漆桶
中国石油 新疆独山子 石化公司	PPB-M-045	2.0 ~ 5.0		嵌段 共聚物	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			抗冲型、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

1.2.1 间规聚丙烯

间规聚丙烯(SPP)是一种高弹性、热塑性、低结晶度聚合物。它可以从等规聚丙烯(IPP)中分离出来。主要生产工艺是以茂金属化合物为主催化剂和一个路易斯酸作为辅助催化剂所组成的催化体系，用其催化丙烯聚合，得到高纯度的间规聚丙烯(间规度>80%)。

1. 性能特征

- 1) 间规聚丙烯比等规聚丙烯密度低，一般为0.88g/cm³。
- 2) 间规聚丙烯是一种柔性、韧性和透明性均较好的材料，但它的刚度和硬度比较低，仅是等规聚丙烯刚度和硬度值的一半。
- 3) 间规聚丙烯的熔点随间规度的不同而改变：当间规度为0.9时，熔点是150℃；当间规度为0.8时，熔点是130℃。
- 4) 间规聚丙烯的性能特点因其制得所采用的催化体系不同而有很大差别，较好的间规聚丙烯的间规度高，结晶度高，冲击强度高，透明度高，耐化学品，耐溶剂性好，耐辐射，耐介电击穿高，熔点最高可达270℃。其独特的性能，可以满足有特殊性能要求的制品应用。
- 5) 间规聚丙烯与等规聚丙烯按一定比例掺混加工成型制品，其加工性和透明性都得到较好的改善，而且它的抗辐射及介电强度比等规聚丙烯也高，绝缘性能比交联聚乙烯优良。

目前，国内还没有间规聚丙烯大批量生产的厂家。表1-61是三井东压化学公司的间规聚丙烯注塑片材产品性能指标，可供应用时参考。

表1-61 三井东压化学公司SPP注塑片材性能指标

项 目	SPP (均聚物)	SPP/IPP	IPP (均聚物)	IPP (无规共聚物)
树脂构成(%)				
SPP	100	80	—	—
IPP	—	20	100	100
粒料熔体流动速率/(g/10min)	4.9	6.1	4.0	1.5
拉伸强度/MPa	16.5	16.8	37	25.5
屈服伸长率(%)	394	554	620	500
弯曲强度/MPa	23	22	50	28
弯曲弹性模量/MPa	550	600	1650	750
洛氏硬度(R)	76	80	109	85
维卡软化点/℃	113	112	153	124
热变形温度/℃	76	72	112	81

(续)

项 目	SPP (均聚物)	SPP/IPP	IPP (均聚物)	IPP (无规共聚物)
光泽(%)	>100	>100	88	89
透过率(%)	>90	>90	82	84
雾度(%)	25	25	88	57
视觉透明(%)				
LSI	2	5	—	—
NAS	23	8	—	—

2. 用途

间规聚丙烯可采用挤出机和注塑机成型片材、流延成型薄膜、管和中空制品。这些制品主要是在医疗方面应用，医用管和医用薄膜需要经常进行辐射消毒，其断裂强度和撕裂强度只是略有变化（断裂拉伸强度略有降低）。如果采用等规聚丙烯薄膜则会强度很快下降而脆化。间规聚丙烯薄膜的高介电强度特性，在高压绝缘材料方面应用很受欢迎。由于间规聚丙烯还可和等规聚丙烯掺混使用，其加工性和成型制品稳定性好，所以，间规聚丙烯制品在汽车、医疗、电子和家用电器方面的应用逐渐被广泛重视。

1.2.2 无规聚丙烯

无规聚丙烯是生产等规聚丙烯的副产物，由等规聚丙烯的产品中分离而得到。所以，凡是能生产等规聚丙烯的工厂都能生产无规聚丙烯。

1. 性能特性

- 无规聚丙烯在常温下是一种非结晶的、微带黏性的白色蜡状物，相对密度0.86，这种无定形的黏稠物没有强度，不宜单独作塑料。
- 软化点为90~150℃，脆化温度为-15~-6℃，闪点为220~230℃，加热到200℃开始降解，着火点为300~330℃。
- 无规聚丙烯能溶于烷烃、芳烃、高碳醇和酯类等有机溶剂，但不溶于水和低分子量的醇和酮。
- 无规聚丙烯因分子量太小，结构不规整，缺乏内聚力，所以力学性能和热性能差，拉伸强度小于0.8MPa。
- 有良好的电绝缘性，体积电阻率为 $10^{15} \sim 10^{17} \Omega \cdot \text{cm}$ ，介电常数(1MHz)为3.00。
- 有良好的黏附性，优良的疏水性，耐化学药品，粘接性好，与塑料、橡胶及无机填料有良好的相容性，所以可用改性剂进行改性。

2. 用途

无规聚丙烯虽然结构不规整，缺乏内聚力，热性能和力学性能差，但它优良的黏附性、耐化学药品性、电绝缘性及与其他塑料或无机填料的相容性，使它在化工、轻工、医药、塑料、农业、建筑及电子工业等领域已有广泛应用。具体应用如下。

- 1) 制作热熔胶粘剂。无规聚丙烯与多种塑料（聚丙烯、聚乙烯和乙烯-乙酸乙烯共聚物等）配合制成具有多种不同性能胶粘剂或制成压敏性胶粘剂，用于植绒和粘合底布等；与聚烯烃可配制耐水性好的胶粘剂；与高密度聚乙烯可配制成自黏性薄膜。
- 2) 密封材料。无规聚丙烯对填充剂具有较好的亲和性，配制成的填堵剂黏性好，可用作地板缝或冷藏室的缝隙填堵材料。
- 3) 做增稠剂或添加剂。无规聚丙烯与矿物油有较好的可混性，与油墨混合后可提高油墨黏度，静止存放也不会凝固成冻，所以可用无规聚丙烯作油墨的增稠剂和润滑油的添加剂。
- 4) 制作涂料。无规聚丙烯与沥青及填料可熬炼制成耐水涂料，用于保护船锚和地下管道。
- 5) 制作乳化剂。用低分子量（6000~9000）的无规聚丙烯与液体石蜡磷酸盐表面活性剂制成乳化剂，用于纸张上胶和农药的乳化剂。
- 6) 制作不同特性的复合胶粘剂。用于纸与纸、塑料薄膜及塑料与金属的粘接。
- 7) 用无规聚丙烯、树脂、矿物油和增塑剂组成的胶粘剂，加入砂、石棉和软木等材料，用于铺设运动场跑道，这种跑道的性能非常好。
- 8) 沥青中掺入无规聚丙烯后，能提高沥青的耐寒性、耐热性和耐冲击性，改善了沥青的性能。
- 9) 无规聚丙烯的其他用途中，可用于电缆的填充剂、颜料的分散剂、与薄荷油或樟脑等可配制成药用软膏等。

1.2.3 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是：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。其制品具有韧性、耐寒性、冲击强度高和透明性较好等特点，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 1-62。

表 1-62 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

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 1-63。

表 1-63 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		

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℃) 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、韧性和抗冲击性好等特点。主要用途是用来作各种物品的包装。

1.2.4 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1-64。嵌段共聚物与无规共聚物的性能比较见表1-65。燕山石化公司生产的丙烯-乙烯嵌段共聚物性能见表1-66。

表1-64 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/m ²)	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型缺口。

② 弯曲角度30°。

表1-65 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		

(续)

冲击强度 ^① /(kJ/m ²)		弯曲强度/MPa ^②		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型缺口冲击强度。

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1-66 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(0.46 MPa)/℃	ASTM D 648—56	90	90	100
脆化温度/℃	ASTM D 746—64T	-25	-25	-25

2. 用途

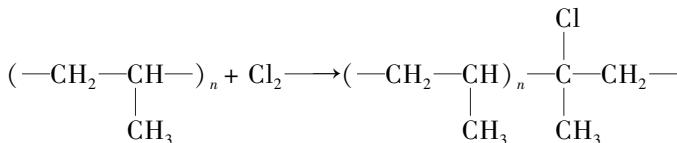
丙烯-乙烯嵌段共聚物成型塑料制品方法与等规聚丙烯成型塑料制品方法相同，可采用挤出机、注塑机成型制品，也可采用吹塑和纺丝等方法进行成型加工，另外，制品还可进行熔接、电镀，必要时还可进行二次加工。成型的塑料制品种类也与等规聚丙烯相同，但由于丙烯-乙烯嵌段共聚物的韧性和低温性能优于均聚聚丙烯，所以，对于那些在低温环境中应用、要求韧性好的聚丙烯制品，应优先考虑选用丙烯-乙烯嵌段共聚物原料加工制品。主要制品有：工业配件、大型容器、运输箱、吹塑瓶等中空容器、挤塑电缆、管材和板材，也可做薄膜和复合膜及粗纤维等。具体的应用场合可参照等规聚丙烯制品用途。

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。

1.2.5 氯化聚丙烯

氯化聚丙烯(CPP)是等规聚丙烯或无规聚丙烯树脂经氯化改性的一种树脂，

聚丙烯的氯化反应式为：



氯化聚丙烯中氯的含量与氯化条件有关，不同的氯含量对氯化聚丙烯树脂的性能有一定影响。

1. 性能特征

- 1) 氯化聚丙烯树脂是白色粉末或粒状物，密度为 1.63 g/cm^3 ，无毒，树脂中水分和挥发分小于 0.5%。
- 2) 氯化聚丙烯树脂的熔点在 $100\sim120^\circ\text{C}$ 范围内，软化点小于 150°C ，热分解温度在 $180\sim190^\circ\text{C}$ 范围内。
- 3) 化学稳定性好，在 10% NaOH 和 1% HNO_3 水溶液（质量分数）中浸泡 150h 后不溶胀，不溶于醇和脂肪烃，但溶于芳烃、酯类和酮类等溶剂，耐酸性和耐盐水性能好。
- 4) 氯化聚丙烯制品有一定的硬度，耐磨性、耐光性和耐老化性能好。
- 5) 氯含量高的氯化聚丙烯制品有难燃性，氯含量为 20%~40%（质量分数）的氯化聚丙烯有较好的粘接性。
- 6) 氯化聚丙烯与多数树脂（石油树脂、松脂、酚醛树脂、醇酸树脂、古马隆树脂、马来酸树脂）相容性好。

太原塑料研究所氯化聚丙烯的基本技术指标见表 1-67。日本东洋合成公司 CPP-Hardlen 的基本技术指标见表 1-68。

表 1-67 太原塑料研究所氯化聚丙烯的基本技术指标

外观 ^①	氯含量(质量分数) (%)	水分(质量分数) (%)	溶解度 (%)	黏度 ^② (25℃) /Pa·s	热分解温度 /℃
白色细粒	20~40	≤1	≥20	0.1~1.0	>90

① 原料以丙烯为主体的丙烯-乙烯共聚物。

② 黏度为 20% CPP 甲苯溶液 (25℃) 的测定值。

表 1-68 日本东洋合成公司 CPP-Hardlen 的基本技术指标

牌号	氯含量 (质量分数) (%)	树脂含量 (质量分数) (%)	黏度 (25℃) /Pa·s	用 途
11-L	21	15	3~7	内涂层
13-LB	26	31	30~60	涂料
14-HB	28	30	60~100	胶粘剂
14-LLB	27	30	1~5	PP 的油漆胶粘剂
15-L	30	30	15~40	涂料、胶粘剂
15-LLB	30	30	2~5	PP 的油墨胶粘剂
17-L	35	50	13~30	胶粘剂、层合基

(续)

牌号	氯含量 (质量分数) (%)	树脂含量 (质量分数) (%)	黏度 (25℃) /Pa·s	用 途
17-LLB	35	30	2~5	PP 的油漆胶粘剂
35-A	35	50	14~20	胶粘剂
100	33	20	0.5~1.5	PP 的油墨胶粘剂
101	35	43	100~140	胶粘剂
14-ML	25	30	1~5	PP 的油墨胶粘剂
163-LR	15	45	40~60	PP 用油漆

2. 用途

氯化聚丙烯的应用，主要是用氯化聚丙烯与其他树脂掺混或溶解于溶剂后使用，具体用途如下。

- 1) 用作聚丙烯制品的涂料，可装饰汽车部件和其他制品。
- 2) 作胶粘剂用来粘接聚丙烯、聚乙烯、聚氯乙烯、聚酰胺、聚醚、聚氨酯、铝箔、铜、金、银等材料；也是制双层聚丙烯薄膜、聚丙烯膜与纸、聚丙烯膜与铝箔等复合的良好胶粘剂；双向拉伸的聚丙烯膜与纸复合后，可提高产品的耐用性、防水性和色泽亮度，是书籍封面、广告装潢和包装用的好材料。
- 3) 高氯含量（氯含量 65%（质量分数））的氯化聚丙烯可做氯化橡胶的代用品及油墨和油漆的胶粘剂和阻燃物的添加剂。
- 4) 氯含量为 24%~40%（质量分数）的氯化聚丙烯，主要用途是作胶粘剂、聚丙烯薄膜热封的预涂层、聚丙烯用印刷油墨和油漆的载色剂等。
- 5) 氯化聚丙烯用作聚丙烯薄膜的涂层，使涂层后的聚丙烯膜有良好的防潮性和尺寸稳定性，可代替玻璃纸用于包装香烟、磁带和糖果盒等；也可作聚丙烯薄膜压敏胶带的打底层、聚丙烯包装物的防滑剂和纤维素软改性剂等。

1.2.6 接枝聚丙烯

接枝聚丙烯也可称为接枝改性聚丙烯。它是把等规聚丙烯或无规聚丙烯悬浮在溶剂中或高温溶解在溶剂中，以有机氧化物为引发剂，与甲基丙烯酸甲酯或苯乙烯、乙酸乙烯和乙酸乙烯酯等进行接枝共聚而制得。

1. 性能特征

接枝聚丙烯的性能与接枝用聚丙烯的种类、接枝链段的种类、长短和数量及接枝聚丙烯的分子量和分子量分布的不同而有所改变。在聚丙烯分子链上接枝弹性链段，可提高聚丙烯的冲击强度和改善低温性能；如果在聚丙烯的分子链上接枝适当的极性基团，则可提高其粘接性能。

接枝聚丙烯的目的，一是为了提高聚丙烯的拉伸强度和冲击强度；另一点是提高聚丙烯与其他材料的粘接性。以聚丙烯为基材的极性支链接枝共聚物，既能保持

原聚丙烯的强度特性、耐药品性和耐候性等特性，又能与聚酰胺、乙烯-乙稀醇共聚物、金属、玻璃、木材和纸张等牢固地粘接。另外，接枝聚丙烯的耐老化、水浸泡、沸水处理和蒸煮处理等方面，也具有耐持久的优良特性。

三井石油化学公司接枝聚丙烯的性能见表 1-69。聚丙烯与顺丁烯二酸酐接枝共聚物的粘接性能见表 1-70。

表 1-69 三井石油化学公司接枝聚丙烯的性能

项目	熔体流动速率 /(g/10min)	密度 /(g/cm ³)	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	悬臂梁冲击强度 /(J/m)	邵氏硬度 (D)	熔融温度 /℃	用 途
测试方法 (ASTM)	D 1238	D 1505	D 638	D 638	D 256	D 2240	D 2117	
QF 305	1.5	0.91	45	>500	40	69	160	PA/PP 复合膜 (管)用粘接性 树脂 ^①
QF 500	3.0	0.91	38	>500	80	66	165	EVOH/PP 复 合膜(板)用粘 接性树脂 ^②
QF 551	5.7	0.89	19	>500	500	58	135	

① PA 为聚酰胺。

② EVOH 为乙烯-乙稀醇共聚物。

表 1-70 聚丙烯与顺丁烯二酸酐接枝共聚物的粘接性能

粘接材料	剥离强度/(kN/m)	粘接条件
钢板 (SS41)	5.88	
铝板	9.31	温度: 140℃
铜板	7.35	压力: 0.392 MPa
石板	2.7	时间: 3 min
胶合板(竖)	7.84	
胶合板(横)	5.39	
尼龙板	2.45	温度: 230℃ (尼龙) 180℃ (EVA)
皂化 EVA 板	2.94	压力: 0.392 MPa 时间: 3 min

2. 用途

接枝聚丙烯树脂可采用挤出机挤塑成型管材、板材和挤出吹塑薄膜和真空成型塑料制品，另外，还可用粉末涂塑和与聚乙烯、聚丙烯树脂掺混使用。具体应用如下。

- 1) 做胶粘剂。可用于聚乙烯、聚丙烯薄膜与尼龙、铝箔、纸、布及其他塑料薄膜的粘接复合，制成有较好气密性的包装材料。
- 2) 挤出成型管、板等制品，代替交联聚乙烯制品使用。
- 3) 做涂料。用于钢材制品(板、管)和铝板的防护涂装和电线电缆包覆及食

用罐的内外涂层等。

4) 做改性剂。改善玻璃纤维增强聚丙烯性能；改善聚乙烯、聚丙烯与尼龙的掺混性和改进尼龙的韧性等。

1.2.7 玻璃纤维增强聚丙烯

玻璃纤维增强聚丙烯（GFRPP）的制成方法很简单，只要把熔体流动速率为3~13g/10min的聚丙烯树脂与玻璃纤维按一定比例（一般玻璃纤维掺混量在10%~30%（质量分数）范围内）混合均匀后，经挤出机混炼塑化均匀挤出造粒，即是玻璃纤维增强聚丙烯。

1. 性能特征

玻璃纤维增强聚丙烯除了具备原聚丙烯的性能外，还有以下几种性能。

- 1) 力学强度、刚性和硬度均有大幅度提高。
- 2) 热变形温度最高可达130℃。
- 3) 拉伸强度和弯曲强度提高接近2倍，冲击强度提高2倍多。
- 4) 制品有较好的抗蠕变能力。制品成型后收缩率小，尺寸稳定性好；低温冲击强度较高。
- 5) 吸水性小，有优良的电绝缘性能。
- 6) 减摩性和耐磨性好，有吸振消声作用。
- 7) 与其他种类热塑性塑料比较，玻璃纤维增强聚丙烯的相对密度小，熔料流动性好，价格便宜。

玻璃纤维增强聚丙烯的性能与其制法和掺混玻璃纤维的长度及掺混量有关。制法不同的玻璃纤维增强聚丙烯性能见表1-71。

表1-71 制法不同的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	

国内生产的玻璃纤维增强聚丙烯性能见表 1-72。

表 1-72 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-T ₂₀	FRPP-T ₃₀	
PP 质量分数(%)	79.5	68.4	62~78
玻璃纤维质量分数(%)	20.5	31.6	22~27
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	—
马丁耐热度/℃	100~105	100~110	130~145 (热变形温度, 0.46 MPa)
体积电阻率/Ω·cm	$10^{15} \sim 10^{16}$	$10^{15} \sim 10^{16}$	$(1.5 \sim 2.4) \times 10^{14}$
表面电阻率/Ω	$10^{12} \sim 10^{13}$	$10^{12} \sim 10^{13}$	$7 \times 3.6 \times 10^{14}$
介电损耗角正切(60Hz)	$(3 \sim 5) \times 10^{-3}$	$(3 \sim 5) \times 10^{-3}$	$(1.7 \sim 3.35) \times 10^{-2}$
介电常数(60Hz)	2.5~2.7	2.5~2.7	3.85~3.96
介电强度/(kV/mm)	—	—	7.5~15.8
燃烧等级(UL94 法)	—	—	V-0 至 V-1

2. 用途

玻璃纤维增强聚丙烯成型制品，可采用注射、挤出和模型等方法生产成型塑料制品。在塑料制品厂，目前，以用注射机成型制品应用较多。

由于玻璃纤维增强聚丙烯的某些物理力学性能与工程塑料中的尼龙、聚碳酸酯和聚甲醛等的性能较相似，而且价格又较便宜，所以在汽车、电气和化工等行业的应用在逐渐扩大。

具体应用如下。

- 1) 在汽车制造行业。用注射机注射成型小型汽车的前护板、后车罩、电池箱及作风扇罩、尾灯罩、加热器罩等。
- 2) 在化工行业。做输送各种液体用管道、管件、阀门、泵壳、计量泵、隔膜泵和过滤板等。
- 3) 在农业机械中。做喷雾器、喷嘴、手扶拖拉机柴油箱、水箱漏斗、柴油机吸尘器盖等。
- 4) 其他机械中。在动力机械、无线电专用设备零件、水暖器材和教学仪器中均有应用。

国内部分生产厂玻璃纤维增强聚丙烯的技术指标见表 1-73 ~ 表 1-75。

表 1-73 上海日之升新技术发展有限公司玻璃纤维增强聚丙烯技术指标

项 目	ASTM	德国标准 DIN	中国国家 标准 GB	牌 号			
				PHH00-G6	PPH11G6	PPR11C4	PPR11MG6
密度/(g/cm ³)	D 792	53479	1033	1.15	1.15	1.05	1.15
拉伸强度/MPa	D 638	53455	1040	45	85	70	60
弯曲强度/MPa	D 790	53452	9341	60	110	90	80
弯曲弹性模量/ MPa	D 790	53452	9341	4000	5000	3500	4500
简支梁无缺口冲 击强度/(kJ/m ²)	—	53453	1043	15	20	30	25
简支梁缺口冲击 强度/(kJ/m ²)	—	53453	1043	3	10	20	10
热变形温度/℃	D 648	53461	1634	158	162	155	160
成型收缩率/%	D 955	—	15585	0.3~0.5	0.3~0.5	0.4~0.7	0.3~0.5
备注				30% 普 通玻璃纤 维增强	30% 玻 璃纤维增 强高强度 高耐热	20% 玻 璃纤维增 强,耐冲击	30% 玻 璃纤维矿 物复合增 强

表 1-74 中石化北京化工研究院增强聚丙烯技术指标

指 标 名 称	牌 号					
	GB-220	GB-230	GB-120	GB-230	GO-110	GO-210S
玻璃纤维含量(%)	20±2	30±2	20±2	30±2	10±1	10±1
色泽	棕黄	棕黄	棕黄	棕黄	白色	白色
拉伸强度/MPa	> 60	65	65	80	35	35
弯曲强度/MPa	> 80	90	90	110	55	56
弯曲弹性模量/GPa	> 2.7	3.0	4.0	4.4		
冲击强度(缺口)/(kJ/m ²)						
室温	> 15	17	10	12	5	5
-20℃	> 10	12	6	8	3	3
维卡软化点/℃	160~166	160~166	160~166	161~167	>120	>120
说明	共聚 PP 改性	共聚 PP 改性	均聚 PP 改性	均聚 PP 改性	均聚 PP 为主,含少 量乙烯-丙 烯共聚物	低泡型 鲍尔环专 用料

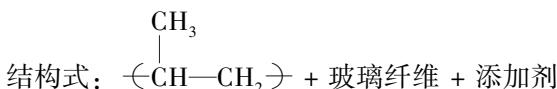
表 1-75 山东道恩化学有限公司玻璃纤维增强聚丙烯技术指标

项 目	GRPP-130 ^①	GRPP-230	GRPP-330	GRPP-530
玻璃纤维含量(%)	30 ± 2	30 ± 2	30 ± 2	30 ± 2
拉伸强度/MPa	≥ 75	65	60	75
弯曲强度/MPa	≥ 95	95	80	95
弯曲弹性模量/GPa	≥ 4.0	4.0	3.4	4.0
简支梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	≥ 12	10	20	12
热变形温度/℃	≥ 140	140	138	140
维卡软化点/℃	≥ 161	—	160	161
体积电阻率/Ω · cm	≥ 10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁵
模塑收缩率(%)	0.6 ~ 1.0	0.5 ~ 0.9	0.6 ~ 1.0	0.6 ~ 1.0
阻燃性(UL94)	—	V-0	—	—
说明	马来酰亚胺为改性剂，基料为均聚 PP	马来酰亚胺为改性剂，基料为均聚 PP，阻燃品级	马来酰亚胺为改性剂，基料为共聚 PP	接枝 PP 为改性剂，基料为均聚 PP

① GRPP-100 系列是马来酰亚胺为改性剂，基料为均聚 PP；GRPP-200 系列是阻燃品级；GRPP-300 系列是基料为共聚 PP 的增强系列，其冲击性能较好；GRPP-500 系列是以接枝 PP 为改性剂的增强系列，其外观颜色均一。

1.2.8 改性增强聚丙烯

改性增强聚丙烯(MRPP)的制法与玻璃纤维增强聚丙烯的制法相同，不同之处只是在生产玻璃纤维增强聚丙烯过程中要加入一定比例的改性剂和具有特殊性能的添加剂而制成。由于添加剂性能的不同，而使制成的改性增强聚丙烯分为化学改性增强聚丙烯、自熄性增强聚丙烯和阻燃性增强聚丙烯等品种。



1. 性能特征

改性增强聚丙烯与普通增强聚丙烯比较，其性能特点如下。

- 1) 力学强度优异，模量高，能在较大负荷下应用。
- 2) 对环境温度适应性强，制品可在 -40 ~ 150℃ 温度范围内使用。
- 3) 化学稳定性好。
- 4) 有较优异的冲击韧性。
- 5) 自熄性增强聚丙烯除了有优异的自熄性外，还有对制品中的金属嵌件或导线无腐蚀，自熄阻燃性能稳定，对环氧、有机硅等灌封料黏接力强等特点。

6) 阻燃性增强聚丙烯是自熄性增强聚丙烯改性后的品种，但其强度和阻燃性都比自熄性增强聚丙烯优异；有很好的耐热性能，在300℃以下加工时不解；熔体流动性好，可成型大、中、小型薄壁制品。

7) 自熄性增强聚丙烯和阻燃增强聚丙烯的性能与一般工程塑料的性能接近，可作为工程塑料使用。

目前，国内已有上海日之升新技术发展有限公司、山东道恩化学有限公司、中蓝晨光化工研究院和上海杰事杰科技发展有限公司等生产改性增强聚丙烯。中蓝晨光化工研究院产改性增强聚丙烯性能见表1-76。

表1-76 中蓝晨光化工研究院生产的改性增强聚丙烯性能

指 标 名 称	品 种		
	改性增强 PP	自熄性增强 PP	阻燃增强 PP
外观		乳白色粒料	3×(4~5)mm 粒料
相对密度		1.3	
拉伸强度/MPa	≥100	35~65	≥55
弯曲强度/MPa	110~120	60~75	75
冲击强度(缺口)/(kJ/m ²)	≥14	10~15	≥6
冲击强度(无缺口)/(kJ/m ²)	≥55		12
弯曲弹性模量/MPa	>4100		4000
洛氏硬度(M)	75		54
热变形温度/℃	155	145	145
燃烧性(UL94)		V-0	V-0
表面电阻率/Ω	1.1×10 ¹⁴		7.9×10 ¹²
体积电阻率/Ω·cm	8.9×10 ⁻¹⁵	(1.5~2.4)×10 ¹⁴	2.7×10 ¹⁶
介电常数	2.57	3.8~4.0	2.63
介电损耗角正切	2.3×10 ⁻³	(1.8~2.4)×10 ⁻²	4.9×10 ⁻³
介电强度/(MV/m)	33	7.5~18.5	32
成型收缩率(ASTM D955)(%)		0.23~0.3	

2. 用途

可采用注射、挤出和模塑等方法成型改性增强聚丙烯制品。其中，以注塑法成型制品较多。注射成型制品时，如果原料较潮湿，可在80℃热风循环烘箱中干燥处理3~4h，注射工艺温度控制在200~270℃，注射压力为8~10MPa，模具温度为60~80℃（自熄性增强聚丙烯注塑工艺温度为175~190℃，注射压力为6~10MPa，模具温度25~50℃）。

注射制品用于汽车灯具罩壳、汽车保险杠、风扇、洗衣机配件、泵壳体、叶

轮、阀门等阻燃型制品如电视机行输出中的高、低压线包、保险罩壳、线圈骨架、阻燃导管、各种电气插座等。

1.2.9 填充聚丙烯

填充聚丙烯就是把聚丙烯树脂与一定比例的填充物（如碳酸钙、滑石粉、石棉、云母和木粉等）和一些必要的添加剂混合，经搅拌混合均匀后用挤出机混炼塑化，然后挤出造粒，此粒料即是填充聚丙烯。

1. 性能特征

填充聚丙烯的性能与填充料的含量、性能及其种类、颗粒大小、形状和在聚丙烯树脂中分散的状态、均匀性有关。填充聚丙烯通常具有耐热性好、成型制品的收缩率低、外形尺寸稳定性好、硬度比较高等特点。如果填充料量所占比例比较高，则这种填充聚丙烯的性能（如耐热性、耐寒性、力学性和加工性等）比纯聚丙烯树脂成型制品后的性能好；但其制品的光泽度、韧性和断裂伸长率有明显的降低。

碳酸钙填充聚丙烯与纯聚丙烯树脂的性能比较见表1-77。云母、滑石粉和玻璃纤维填充聚丙烯与纯聚丙烯的性能比较见表1-78。国内北京燕山石油化工公司、中蓝晨光化工研究院和山东道恩化学有限公司生产的填充聚丙烯性能见表1-79～表1-81。

表 1-77 碳酸钙填充聚丙烯钙塑材料与纯聚丙烯树脂的性能比较

项 目	钙塑 材料	聚丙烯	项 目	钙塑 材料	聚丙烯
密度/(g/cm ³)	1.35	0.91	冲击强度 ^① /(kJ/m ²)	27	346
吸水性(%)	0.06	0.01	布氏硬度/MPa	1.1	0.71
拉伸强度/MPa	22	35.5	热导率/[W/(m·K)]	0.24	0.12
断裂伸长率(%)	190	550	线膨胀系数/ $\times 10^{-5}$ K ⁻¹	5.5	11
拉伸弹性模量/MPa	2600	1300	热变形温度(0.46MPa)/℃	140	116
弯曲强度/MPa	40	45.1	发热量/(MJ/kg)	18	46
压缩强度/MPa	44.7	36			

① 采用简支梁无缺口 120mm×15mm×10mm 试样。

表 1-78 云母、滑石粉和玻璃纤维填充聚丙烯的性能比较

项 目	测定方法	非增强 PP	云母增强 PP ^①		其他增强 PP	
			200-HK	325-S	滑石粉	玻璃纤维
填充量(%)		0	40	40	40	20
密度/(g/cm ³)	ASTM D792	0.90	1.25	1.25	1.22	1.02
拉伸强度/MPa	ASTM D638	33	50	46	34	78

(续)

项 目	测定方法	非增强 PP	云母增强 PP ^①		其他增强 PP	
			200-HK	325-S	滑石粉	玻璃纤维
断裂伸长率(%)	D638	>200	2	3	4	3
弯曲强度/MPa	D790	45	80	75	55	95
弯曲弹性模量/GPa	D790	1.2	7.6	6.2	4.3	4.3
悬臂梁冲击强度(缺口)/(kJ/m)	D256	0.04	0.02	0.02	0.02	0.07
落球冲击强度/J	JIS K7211	1.96	0.98	1.06	0.98	0.98
洛氏硬度(R)	ASTM D785	90	105	105	95	105
热变形温度/℃	D648					
1.82MPa		58	135	130	92	150
0.46MPa		110	160	160	140	160
线膨胀系数/ $\times 10^{-5} \text{K}^{-1}$	ASTM D696	7	3	4	5	5
介电强度/(kV/mm)	D149	20	45	45	35	30
体积电阻率/(Ω · cm)	D257	1×10^{17}	5×10^{15}	6×10^{16}	1×10^{16}	1×10^{17}
相对介电常数(1MHz)	D150	2.3	2.4	2.4	2.5	2.2
介电损耗角正切(1MHz)	D150	2×10^{-4}	3×10^{-3}	3×10^{-3}	3×10^{-3}	4×10^{-4}

① 200-HK, 325-S 是 Marietta Resources 国际有限公司“Suzorite”云母的两个品种。

表 1-79 北京燕山石化公司填充聚丙烯技术指标

指 标 名 称	滑石粉填充聚丙烯		碳酸钙填充聚丙烯	
	PP-60/TC/20	PP-60/TC/40	PP-TCH-CC20	PP-TCH-CC40
密度/(g/cm ³)	1.07 ~ 1.10	1.25 ~ 1.30	1.02 ~ 1.09	1.20 ~ 1.30
滑石粉含量(质量)(%)	20 ~ 24	40 ~ 44		
碳酸钙含量(质量)(%)			20 ~ 24	40 ~ 44
冲击强度(6.35mm 缺口)/(J/m)	25	20		
拉伸屈服强度/MPa	28	24	24.5	19.6
弯曲弹性模量(6.35mm)/MPa	2070	2415		
弯曲弹性模量(3.18mm)/MPa			2238	2410
洛氏硬度(R)		90	94	94
热变形温度(0.46MPa)/℃	127	132	121	121
热变形温度(1.82MPa)/℃	51	62	71	74
维卡软化点/℃			150	150
用途	医用纯氧联结器, 仪表手柄	蓄电池器件, 风扇罩	复印机零部件	玩具、汽车护板

表 1-80 中蓝晨光化工研究院填充聚丙烯技术指标

指 标 名 称	自熄性填充聚丙烯		滑石粉填充聚丙烯
外观	乳白色		—
滑石粉含量(质量)(%)	—		40
拉伸强度/MPa	27		35 ~ 38
弯曲强度/MPa	50		60 ~ 70
冲击强度(缺口)/(kJ/m ²)	≥	5	—
冲击强度(无缺口)/(kJ/m ²)		23	33 ~ 52
伸长率(%)		30	—
球压痕硬度/MPa		—	80 ~ 102
热变形温度/℃		210	—
耐寒性(-40℃, 24h)		—	无裂纹
耐热老化(150℃粉化时间)/h	>	—	840
燃烧性(UL94)		V-0	—
表面电阻率/Ω	≥	1 × 10 ¹²	—
体积电阻率/Ω · cm	≥	2 × 10 ¹⁵	—
介电强度/(MV/m)		26	—
介电损耗角正切(60Hz)		(2 ~ 3) × 10 ⁻²	—
介电常数		3 ~ 4	—

表 1-81 山东道恩化学有限公司填充聚丙烯技术指标

指 标 名 称	滑石粉填充聚丙烯	碳酸钙填充聚丙烯	硫酸钡填充聚丙烯
填料含量(%)	35	35	—
熔体流动速率/(g/10min)	≥ 6	2	12 ~ 16
拉伸强度/MPa	≥ 28	25	30
断裂伸长率(%)	≥ 40	90	150
弯曲强度/MPa	≥ 45	40	28
弯曲弹性模量/GPa	≥ 2.2	2.4	1.2
简支梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	≥ 4.5	6	6.5
热变形温度/℃	≥ 130	100	125
模塑收缩率(%)	1.0 ~ 1.2	1.1 ~ 1.3	1.1 ~ 1.3
用途	用于汽车内饰件等	用于板框压滤机 风机外罩等	用于家用电器外壳 如电饭煲、豆浆机等

2. 用途

填充聚丙烯可采用注射、吹塑和发泡等方法成型制品。填充聚丙烯的注射制品可用在机械、汽车、仪表和家用电器中的零部件。如碳酸钙填充聚丙烯注射制品，可做汽车护板、复印机部件、微波炉零件、集成电路 1-C 托板和玩具等。滑石粉填充聚丙烯可注射成型泵体、泵盖、支座、轴承盖、仪器手柄、风扇等设备零件。云母填充聚丙烯能注射成型汽车用零件及空调器和风扇叶片等。石棉填充（石棉占 40%）聚丙烯可注射成型汽车结构部件、洗衣机零件和引擎上的叶片，在 140℃ 高

温环境下有较好的刚性，结构外形尺寸稳定，耐用性很好。

1.2.10 阻燃聚丙烯

阻燃聚丙烯的配制方法比较简单：把聚丙烯粉料与一定比例的防老剂、处理剂、阻燃剂和辅助阻燃剂等掺混在一起，搅拌混合均匀后经挤出机混炼塑化、挤出造粒，即是阻燃聚丙烯产品。

阻燃聚丙烯的性能与产品用料配方中的阻燃剂种类、用料量大小及配方中材料的组成有关。阻燃聚丙烯有优异的耐燃性，可达到 UL94 V-0 级；热老化性好，在 150℃ 环境下使用，寿命超过 700h；加工性与聚丙烯树脂相似，熔体流动性较好，可成型大型薄壁制品；力学强度与聚丙烯制品的力学强度接近。

中石化北京化工研究院、中蓝晨光化工研究院和山东道恩化学有限公司阻燃聚丙烯性能参数见表 1-82 ~ 表 1-84。

表 1-82 中石化北京化工研究院阻燃聚丙烯性能参数

指标名称	测试方法	耐热刚性 FPM-130	冲击韧性 IFPM-130
色泽	目测	乳白	乳白
密度/(g/cm ³)	本院法	1.31	1.31
熔体流动速度/(g/10min)	GB/T 3682—2000	3.5 ~ 6.5	2 ~ 3
拉伸屈服强度/MPa	GB/T 1040—2006	30	24
拉伸强度/MPa	GB/T 1040—2006	27	20
断裂伸长率(%)	GB/T 1040—2006	60	40
弯曲强度/MPa	GB/T 9341—2008	50	36
弯曲弹性模量/GPa	本院法	2.7	2.08
简支梁冲击强度/(kJ/m ²)			
缺口	GB/T 1043.1—2008	6.0	6.5
无缺口	GB/T 1043.1—2008	20	35
维卡软化点/℃	GB/T 1633—2000	155	155
燃烧性($\delta = 10\text{mm}$)	UL94	V-0	V-0
氧指数	ASTM D2863	27	25
介电强度/(MV/m)	ASTM D257	30	30

注：表内数据为室温下的测定值。

表 1-83 中蓝晨光化工研究院阻燃聚丙烯性能参数

指标名称	指标	指标名称	指标
外观	白色或黑色粒料	耐老化性(150℃/h)	> 700
拉伸强度/MPa	25	燃烧性(UL94)	V-0
相对伸长率(%)	70	表面电阻率/Ω	1.7×10^{13}
弯曲强度/MPa	40	体积电阻率/Ω · cm	3.2×10^{16}
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	6	介电常数	2.69
无缺口冲击强度/(kJ/m ²)	25	介电损耗角正切	1.8×10^{-3}
热变形温度/℃	105	介电强度/(MV/m)	2.62

表 1-84 山东道恩化学有限公司阻燃聚丙烯性能参数

指 标 名 称	测 试 方 法	阻 燃 聚 丙 烯	阻 燃 瓷 白 聚 丙 烯
熔体流动速率/(g/10min)	GB/T 3682—2000	3.5~6.5	13~20
拉伸强度/MPa	≥ GB/T 1040—2006	27	24
断裂伸长率(%)	≥ GB/T 1040—2006	20	150
弯曲强度/MPa	≥ GB/T 9341	35	30
弯曲弹性模量/GPa	≥ GB/T 9341	2.7	1.3
简支梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	≥ GB/T 1043.1—2008	3.0	7
热变形温度(0.46MPa)/℃	≥ GB/T 1634.2—2004	1.30	85
阻燃性	UL94	V-0	V-0
模塑收缩率(%)	GB/T 17037.4	0.8~0.9	1.1~1.2

阻燃聚丙烯可采用注射、挤出和中空成型等方法成型塑料制品。利用阻燃聚丙烯的良好高频绝缘性、受温度、潮湿度影响小的电气性能及高等级的阻燃性能(耐燃性为V-0级)，注射成型制品，可用在电视机中的显像管插座罩、行输出变压器、高压包、线圈骨架、底座、保险罩、配线器等；在运输、建筑和纺织行业中要求阻燃性较好的材料和设备零件，如汽车零部件、铁路车辆用材料、建筑材料、船舶及军工设施等都有应用；阻燃聚丙烯还可用作煤矿和油田用管路和日常生活用品地毡、家具等。

1.2.11 无卤低烟聚丙烯

把聚丙烯树脂与已用处理剂处理的氢氧化镁、润滑剂、抗氧剂及一些辅助剂，按一定比例计量后掺混在一起，混合均匀后用挤出机混炼塑化，然后挤出造粒，即是无卤低烟聚丙烯。

无卤低烟聚丙烯制品有较好的力学性能，阻燃性能达到FV-0级。这种材料主要用于电线电缆、电子电气行业制造各种内部零件，及电子元件焊接中的保护装备和装饰夹板等。

广东盛恒昌化学工业有限公司无卤低烟聚丙烯性能参数见表1-85。

表 1-85 广东盛恒昌化学工业有限公司无卤低烟聚丙烯性能参数

项 目	指 标	项 目	指 标
相对密度	1.5	简支梁无缺口冲击强度/(kJ/m ²)	18
拉伸强度/MPa	30	燃烧性(UL94)	V-0
弯曲强度/MPa	50	烟密度(SDR)	8.5
弯曲模量/MPa	4700	热变形温度/℃	128
简支梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	4.0		

1.2.12 导电性聚丙烯

导电性聚丙烯是用 55% ~ 85% 的聚丙烯粉料与 10% ~ 40% 的导电炭黑 (V-Z型) 及适量的 CF 抗氧剂、润滑剂、增塑剂等辅助料掺混，在经混合机混合均匀后投入到开炼机上混炼，塑化混炼均匀后拉成片卷取，然后再用切粒机切粒，制成导电性聚丙烯粒料。

导电性聚丙烯的加工性和力学性能较好，又有良好的导电性和电磁屏蔽效应，电导率可达 $1\text{S}/\text{cm}$ ，屏蔽效应高于 30dB。另外，还具有正温度系数效应、非线性等特点。

导电性聚丙烯主要是采用模压法（温度 200℃ 左右，压力 10MPa 左右）成型轻小导体、电磁屏蔽壳体和墙板；还可用做高压电缆半导体层，抗静电材料，温度、电压、自控材料，面状发热体、压敏元件、连接器等。

1.2.13 电磁屏蔽聚丙烯

电磁屏蔽聚丙烯制品是把聚丙烯树脂与填料按一定比例混合均匀，然后放入板状模型内，料中间加一层铜网，经过高温、高压后制成中间有铜网层的板体。平时存放在通风干燥处，防止日晒雨淋，远离火源。

电磁屏蔽聚丙烯制品是一种白色、有光泽的平整板材，密度为 $1.51\text{g}/\text{cm}^3$ ，吸水性 0.6%，布氏硬度 294MPa，拉伸强度 52.2MPa，弯曲强度 77.9MPa，冲击强度 $62\text{kJ}/\text{m}^2$ ，耐热性较好（马丁耐热度 148℃），导电性良好（平行层向电阻为 $6 \times 10^{-2}\Omega$ ），电磁屏蔽效果可达 68dB (10MHz)，力学强度也较好。

电磁屏蔽聚丙烯制品可用机械加工方法制成需要电磁屏蔽的大型电子设备壳体、大型电磁屏蔽室的墙面板；特别适合用做既要求屏蔽功能，又要求表面绝缘的电子设备的外壳。

1.2.14 磁性聚丙烯

磁性聚丙烯的制成，主要是将干燥过的锶铁氧体 ($\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，粒径 1 ~ $2\mu\text{m}$) 和钛酸酯偶联剂按一定比例捏合，然后再按一定的比例量加入到聚丙烯树脂中，再适量地加一些辅助剂，混合均匀后用混炼机（挤出机或开炼机均可）混炼塑化，成片后切粒，即制成磁性聚丙烯原料。

磁性聚丙烯可采用模压或注射、挤出法成型薄形磁体、异形磁铁、辐射状多极磁体、微型电机、电磁开关等制品。

磁性聚丙烯制品有较好的力学强度和磁性能，密度 $3.6\text{g}/\text{cm}^3$ 。其定向磁性聚丙烯的布氏硬度 $1.2 \times 10^2\text{MPa}$ ，冲击强度 $1.5\text{kJ}/\text{m}^2$ ，剩磁 (Br) 0.21T，矫顽力 (H) $127324\text{A}/\text{m}$ ，最大磁能积 [$(BH)_{\max}$] $7957.747\text{T} \cdot \text{A}/\text{m}$ 。

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 1-86。

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 1-87。

1. 性能特征

- 1) 外观为白色无定形粉末，粒径在 $60 \sim 250\mu\text{m}$ 范围内，表观密度为 $400 \sim 600\text{kg/m}^3$ 。制品密度硬质为 $1.4 \sim 1.6\text{g/cm}^3$ ，软质为 $1.2 \sim 1.4\text{g/cm}^3$ 。
- 2) 聚氯乙烯热性能：没有明显的熔点，在 $80 \sim 85^\circ\text{C}$ 开始软化， 130°C 左右变为黏弹态， $160 \sim 180^\circ\text{C}$ 变为黏流态，分解温度为 $200 \sim 210^\circ\text{C}$ ，脆化温度为 $-60 \sim -50^\circ\text{C}$ 。热稳定性较差。
- 3) 对光和热的稳定性差，在 100°C 以上或长时间阳光曝晒，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 1-88。

表 1-86 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	
	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	
鱼眼数/(个/400cm ²)≤	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 SG9 因目前很少应用，故表中未列出。

表 1-87 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) × 10 ⁻⁶	10	10	10
	粒度 大于 35 μm 筛孔(最大)(%)	0.1	0.1	0.1
	分布 通过 149 μm 筛孔(%)	25 ~ 93	25 ~ 95	25 ~ 95
	热稳定性(与标准片化)	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) × 10 ⁻⁶	7	5	5
	粒度 大于 35 μm 筛孔(最大)(%)	0.1	0.1	0.1
	分布 通过 149 μm 筛孔(%)	30 ~ 70	30 ~ 70	30 ~ 70
	热稳定性(与标准片化)	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。

表 1-88 聚氯乙烯的性能指标

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

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 1-89。表 1-89 中 PVC 型号及技术指标见表 1-91。PVC 成型工艺条件与制品的力学性能见表 1-90。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 1-92。

表 1-89 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 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 1-90 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 /M Pa	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 /M Pa	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 /M Pa	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 /M Pa	55. 37 ~ 90. 16	6. 17 ~ 11. 76	6. 86 ~ 12. 45
	弯 曲 强 度 /M Pa	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

表 1-91 悬浮法聚氯乙烯技术要求^① (GB/T 5761—1986)

型号与级别 指 标		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	
			A	B	A	B	A	B	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	98.0	98.0	98.0		
	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		
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/Ω ⁻¹ · 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—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)《聚氯乙烯树脂中残留氯乙烯单体含量测定方法》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 1Ω⁻¹ · m⁻¹ = 1S/m。

表 1-92 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-I (PVC RB)	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、磁带粘结剂等
	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

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。物化性能要求聚氯乙烯糊用树脂国家标准 GB 15592—2008 规定的物化性能要求见表 1-93。

表 1-93 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		—
	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。

1. 性能特征

乳液法聚氯乙烯为白色、粒径为 0.1~1 μm、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，则还可制成功发泡制品。

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。

国产乳液法聚氯乙烯三种型号的用途见表 1-94。

表 1-94 乳液法聚氯乙烯的用途

型 号	用 途
RH-1 I	制作糊料：加工人造革、泡沫塑料、手套
RH-2 II	用树脂：加工硬泡沫塑料、烧结板
RH-3 III	用乳液：抽丝、纸上光、涂料

1.3.3 本体法聚氯乙烯

本体法聚氯乙烯(MPVC)树脂，目前还没有国家标准。表 1-95 列出的是宜宾天原集团有限公司生产的 MPVC 树脂型号及性能参数，可供应用时参考。

1. 性能特征

本体法聚氯乙烯为白色、无毒、准球形非结晶多孔粉末状树脂。与悬浮法聚氯乙烯相比，树脂中含杂质少，单体含量小于 1×10^{-6} ，粒度分布集中，构型规整，孔隙率高而且均匀，吸附增塑剂的量多、速度快，与增塑剂混合后的树脂和干的树脂粉料一样，容易贮存和运输；如果树脂中不加增塑剂也较容易加工；制品的透明性、热稳定性和电绝缘性能都比较好。一般情况下，制品的拉伸强度可达 50MPa 左右，断裂伸长率为 70%，邵氏硬度为 D83。

表 1-95 本体法聚氯乙烯型号与指标

指标	型号与级别				本体 4 型				本体 5 型				本体 6 型				本体 7 型				本体 8 型				
	特级品	优级品	一级品	合格品	特级品	优级品	一级品	合格品	特级品	优级品	一级品	合格品	特级品	优级品	一级品	合格品	特级品	优级品	一级品	合格品	特级品	优级品	一级品	合格品	
黏度 ^① /(mL/g)	126~119				118~107				106~96				95~87				86~73								
K 值	70~69				68~66				65~63				62~60				59~55								
平均聚合度	1250~1150				1100~1000				950~850				850~750				750~650								
增塑剂吸收量/(g/100g)	≥	24	24	22	—	21	21	19	—	19	19	16	—	16	16	14	—	13	13	12	—	—	—	—	—
平均粒径/ μm	100~150				100~150				100~150				100~150				100~150				100~150				
大于 250 μm 粒子(%)	≤	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	—	—	—	—
流动性/s	≤	14	14	17	30	14	14	17	30	14	14	17	30	14	14	17	30	14	14	17	30	14	14	17	30
色差 ΔE	≤	5.8	6.5	8	10	5.8	6.5	8	10	5.8	6.5	8	10	5.8	6.5	8	10	5.8	6.5	8	10	5.8	6.5	8	10
杂质粒子数/(个/kg)	≤	30	60	100	150	30	60	100	150	30	60	100	150	30	60	100	150	30	60	100	150	—	—	—	—
残留氯乙烯含量 ^② /($\mu\text{g/g}$)	≤	5	5	10	—	5	5	10	—	5	5	10	—	5	5	10	—	5	5	10	—	5	5	10	—
挥发物的质量分数(%)	≤	0.20	0.20	0.20	0.50	0.20	0.20	0.20	0.50	0.20	0.20	0.20	0.50	0.20	0.20	0.20	0.50	0.20	0.20	0.20	0.50	0.20	0.20	0.20	0.50
表观密度/(g/mL)	≥	0.50	0.50	0.50	—	0.53	0.53	0.53	—	0.52	0.52	0.52	—	0.55	0.55	0.55	—	0.52	0.52	0.52	—	—	—	—	—
鱼眼数/(个/400cm ²)	≤	10	30	50	—	10	30	50	—	10	30	50	—	10	30	50	—	10	30	50	—	—	—	—	—
粒子(平均粒径 ± 15% 范围内质量分数)(%)	≥	80	—	—	—	80	—	—	—	80	—	—	—	80	—	—	—	80	—	—	—	—	—	—	—

① 黏度、K 值和平均聚合度指标可任选其一。

② 残留氯乙烯含量可根据用户要求达到 1×10^{-6} 以下。

2. 用途

本体法聚氯乙烯树脂与悬浮法聚氯乙烯树脂一样，可用挤出、注射、压塑、压延和吹塑等加工方法成型多种塑料制品。这种树脂成型塑料制品有耐压管、排水管、地板、单丝、人造革、薄膜、涂层及各种注射、吹塑和模压制品，特别是用来做电气绝缘材料和透明制品，如电线电缆、饮料瓶和包装用透明片材等都非常适用。

不同型号本体法聚氯乙烯的用途见表 1-96。

表 1-96 不同型号本体法聚氯乙烯用途

牌号	KW57	KW60	KW63	KW65	KW70
主要用途	瓶子	硬质制品压延	硬质制品注塑	硬管	软质制品注塑
	唱片	瓶子	地板涂料	型材	软质制品挤出
	硬质制品压延	硬板挤出	硬质制品压延	压延板	电线电缆
	硬质制品注塑	硬质制品注塑	软质制品压延	软质制品挤出	电影胶片
	软质制品注塑				软质制品压延
	流化床涂料				软管

1.3.4 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 1-97 列出的是葫芦岛化工集团有限责任公司生产的氯化聚氯乙烯树脂企业标准。

表 1-97 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	

(续)

指标名称	涂料用		纤维用
	一级	二级	
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%；具有良好的粘结性、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 $(3\sim7)\times10^{-3}$ 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断裂强度为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 $(68\sim76)\times10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ；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。也可用作聚氯乙烯的共混改性剂。

1.3.5 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 13.3 MPa，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 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。

1.3.6 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 PVC 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 1-98。VC-g-EPR 硬质制品性能见表 1-99。

表 1-98 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。

1.3.7 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1-100和表1-101。

表 1-100 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/m ²)		
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 1-101 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
PVC/EVA	100	
PVC		100
DOP(邻苯二甲酸二辛酯)		50
稳定剂	约 3	约 3
硬脂酸	0.5	0.5

(续)

指 标 名 称	软质 PVC/EVA	50 份 DOP 增塑的 PVC
拉伸强度/MPa	21.6	20
伸长率(%)	360	300
邵氏硬度	42	42
软化温度/℃	-23	-18
脆化温度/℃	< -75	-33
热失重(105℃, 120h)(%)	0.96	8.23
耐油性(70℃, 4h 质量变化)(%)	4.6	-0.23
伸长率保持率(%)	94.4	86.7
耐候性(大气试验 800h)		
拉伸强度保持率(%)	67	72
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。

1.3.8 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 1-102。

表 1-102 PVC/ABS 共混物性能指标

指 标 名 称	指 标	测 试 方 法
密度/(g/cm ³)	1.13 ~ 1.30	GB 1636—2008
热变形温度/℃	56 ~ 72	GB/T 1634—2004
熔体流动速率/(g/10min)	1.0 ~ 3.4	GB/T 3682—2000
阻燃性(UL 94)	V-0	GB/T 2408—1996
拉伸强度/MPa	38 ~ 46	GB/T 10402—2006
洛氏硬度(R)	95 ~ 110	GB 3854—2005
弯曲强度/MPa	56 ~ 78	
悬臂梁冲击强度/(J/m ²)	176.4 ~ 411.6	GB/T 1043.1—2008
体积电阻率/(Ω · cm)	>10 ¹⁵	GB/T 1410—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。

1.3.9 聚氯乙烯/聚丙烯酸酯共混物

聚氯乙烯/聚丙烯酸酯共混物也可称为 ACR 橡胶改性聚氯乙烯，是由聚氯乙烯和聚丙烯酸酯按一定配比混合而制得的新型高分子材料，缩写为 PVC/ACR。

1. PVC/ACR 共混物性能

聚氯乙烯和聚丙烯酸酯相容性好，在聚氯乙烯树脂中由于有聚丙烯酸酯的混入，提高了聚氯乙烯制品的耐冲击性，改善了加工性能、耐候性、透明度、耐光性、耐寒性、着色性，另外，还提高了熔体强度、凝胶化速度和拉伸伸长率。

表 1-103 是 PVC/ACR 共混物的性能指标，可供应用时参考。

表 1-103 日本三菱公司的 PVC/ACR 共混物产品 W-300 的技术标准

指 标 名 称	PVC	PVC/ACR 共混物产品 W-300				
		5	10	15	20	25
ACR 含量(%)	0	5	10	15	20	25
悬臂梁冲击强度/(kJ/m ²)	3	6	11	130	160	170
落球冲击强度/cm	<20	75	100	130	>150	>150
全光线透过率(%)	83	82	79	78	76	68
雾度(%)	8.0	9.0	10.5	13.5	15.2	23.0
拉伸强度/MPa	59	53	51	47	44	41
断裂伸长率(%)	52	56	66	78	79	80
热变形温度/℃	65	65	65	64	62	60
软化温度/℃	68	68	68	68	65	63
脆化温度/℃	-15	-18	-20	-25	-30	-35
硬度(RC)	117	116	112	110	107	103
相对密度	1.40	1.38	1.36	1.35	1.33	1.32

2. PVC/ACR 共混物制法

PVC/ACR 共混物制法比较简单，只要按两种料的混合配比计量，再加入 PVC 成型用辅助料，经混合均匀、混炼后即可造粒，成为共混物。

3. PVC/ACR 共混物制品与成型方法

PVC/ACR 共混物成型塑料制品，可用挤出、注射和发泡等方法加工成型。主要用于成型冲击强度要求较高的制品，如管材、板材、异型材、薄片、中空制品及发泡制品等。

1.3.10 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，质坚硬性脆，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。不足之处是：制品脆易裂，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 1-104。聚苯乙烯标准 GB 12671—1990 见表 1-105。树脂及制品的卫生标准规定见表 1-106 和表 1-107。

表 1-104 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 ⁶ Hz)	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 1-105 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_{eU})/(kJ/m ²)		≥7.5		≥6.5	≥8.0		≥7.0
维卡软化温度(T_v 50/50)/℃		≥90	≥85	≥80	95	90	85
负荷变形温度(T_I 0.45)/℃		≥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_{eU})/(kJ/m ²)		≥9.0		≥8.5	≥8.0		≥7.0
维卡软化温度(T_v 50/50)/℃		≥100	≥95	≥90	≥100	≥95	≥90
负荷变形温度(T_I 0.45)/℃		≥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 1-106 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 1-107 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 65%乙醇	≤ 30 ≤ 30	脱色试验	冷餐油或用无色油脂 乙醇 浸泡液	阴性 阴性 阴性
高锰酸钾消耗量(水)	≤ 10				
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；也可用作家具、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1-108~表1-112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1-108 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			

(续)

项 目	牌 号	测试方法	412B	479	486	492J	666D	685	XP6065.01
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	注射：玩具、结构泡沫塑料、收音机、家庭用具	优 异 的攻丝强度。注射：电视机、收音机、汽车、家用挤出和热成型：热、冷饮料杯，冰箱衬里	注射：容器、器具部件、玩具、家庭用具，常与高抗冲聚苯乙烯部件	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	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	优异的透明性和热性能良好的注射成型性

表 1-109 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	普 通 型			中 抗 冲 型			高 抗 冲 型		超 高 抗 冲 型
			ASTM	500	525	535	625	680	740	725	825E
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	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)/×10 ⁻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	录音带盒、饮	灯具罩、饮料	大型薄壁件、	片材，百叶窗	耐热壳体、容	家电、计算机壳体、片	家电	机壳
			一般用料	料杯、家	容器、玩	器、家用	器、磁带	器、成型	材、管		
			途	具、试验室	具、家用	器具	骨架，白	器、玩具	件、工业		
				设施、汽			色的盖、				
				车部件			罩、套				

表 1-110 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	SB141	SB213	SB214	SB322	SB314
		方法	(I)1 ASTM 标准级	(I)2 板材级	(I)2 高冲板材级	(I)3 耐高热级	(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(1.8 MPa)/℃	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)/×10 ⁻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、冰淇淋杯、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 1-111 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
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 1-112 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、医用和实验室零件
	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

(续)

生产厂家	PS 牌号	熔体流动速率 /(g/10min)	特点和用途
大庆石化	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		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		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		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		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		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
上海赛科 石油化工有限公司	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。注塑阻燃制品
	PH88G		高抗冲型。注塑光泽性制品
	PH88H		高抗冲型。注塑耐热性制品
	PH99		抗冲击型。注射高流动性、高光泽制品

(续)

生产厂家	PS 牌号	熔体流动速率 /(g/10min)	特点和用途	
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	
湛江新中美化工有限公司	290		注射各种容器、玩具、器具和发泡塑料等	
	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			高光泽。适合容器和包装制品
	825		高抗冲	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 苯乙烯-丙烯腈共聚物

苯乙烯-丙烯腈共聚物也可称为 SAN 树脂或 AS 树脂。

1. 性能特征

苯乙烯-丙烯腈共聚物是一种无色或微黄色透明的颗粒状热塑性树脂。冲击强

度比聚苯乙烯高，具有良好的耐热性、耐候性、耐油性、抗震性、化学稳定性和尺寸稳定性；机械强度也好于聚苯乙烯，透明性和聚苯乙烯相同；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，溶于酮类。

SAN 的物理力学性能参数见表 1-113 和表 1-114。

表 1-113 兰州石化公司合成橡胶厂 SAN (AS) 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/ 10^4 MPa	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

表 1-114 SAN 的力学性能

拉伸强度/MPa	61.94 ~ 82.71	体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$	10^{16}
相对断裂伸长率(%)	1.5 ~ 3.7	介电损耗角正切(10^3 Hz)	0.007 ~ 0.012
拉伸模量/GPa	2.74 ~ 3.82	折射率	1.56 ~ 1.57
弯曲强度/MPa	96.43 ~ 130.93	吸水率/%	0.2
Izod 冲击强度/(J/m)		成型收缩率/%	0.2 ~ 0.7
无缺口	96.0 ~ 145.0	相对密度	1.07
缺口	10 ~ 20	洛氏硬度(M)	90
热变形温度/℃	87 ~ 104		

2. 成型方法与用途

SAN 树脂可采用注射、挤出和发泡法成型。成型前树脂应在 80℃左右的温度下进行干燥处理，注射熔料温度为 160 ~ 200℃，注射压力为 100MPa 左右。树脂也可采用模压、层压成型，制品可进行机加工、粘接、焊接和表面电镀等方法加工。

SAN 制品与聚苯乙烯制品相同，可用于生产耐油机械零件、油箱、车灯、仪表盘、仪表透镜、汽车配件、文教用品、风扇叶片、电动工具、叶轮和照相机零件等。

1.4.3 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 1-115。注塑级 ABS 树脂的技术要求见表 1-116。

表 1-115 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 (> 12.7 mm 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℃ , 14.1 MPa) (%)	—	—	—	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 1-116 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	色粒/(个/g)	由供方提供的数据			
外观	大粒和小粒/(g/kg)	由供方提供的数据			
	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_{eA})/ (kJ/m ²)	≥20.0	≥18.0	≥14.5	≥15.0
	维卡软化温度(T_v 50/50)/℃	≥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 1-117。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。

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。广泛应用于电子电器、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。

表 1-117 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
	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,低温下冲击强度好。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,机械强度好。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
中国石油 大庆石 化公司	HFA-4600		耐气候级。微型电脑显示器及零件
	HFA-700		通用阻燃级,冲击强度好、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,高抗冲强度。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、高抗冲性。仪表壳、表头盒、开关盒、烘干箱、汽车件
	SG-728		高光泽、中抗冲性。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

(续)

生产厂家	ABS 牌号	熔体流动速率 /(g/10min)	特点和用途	
中国石油 盘锦乙烯 有限责任 公司	CH530	4.4	用于冲击性要求较高零部件,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	
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,抗冲击性、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	

1.4.4 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,透明性很好,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。则可改善制品的冲击强度、使制品的耐冲击性能提高 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,所以可用作食品、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 PA1010 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。

常用几种国产聚酰胺的性能参数见表 1-118。

表 1-118 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	58.83 ~ 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/×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 × 10 ¹²	4.8 × 10 ¹⁶	>4.5 × 10 ¹²	2 × 10 ¹⁴	1.6 × 10 ¹⁴

(续)

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
表面电阻率/Ω	6.1×10^{13}	$>3.1 \times 10^{13}$	5.4×10^{14}	$>4.6 \times 10^{12}$	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
10^6 Hz	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
10^6 Hz	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 1-119 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 1-119 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
		II型	相对黏度 >3.0
		增强型	注塑级, 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 HG2350—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 HG2350—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 HG2349—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厂 合肥化工厂 武汉有机合成厂	PA1010	产品性能符合 HG2349—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	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、高抗冲击性、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

1.5.1 聚酰胺 6

聚酰胺 6 (PA6) 也可称为聚己内酰胺或尼龙 6，为乳白色或微黄色透明或不透明结晶性聚合物。耐磨性及自润性优良，着色性、韧性好，刚性小，耐低温，耐细菌；能慢燃，离开火源后能慢熄；吸水率高；尺寸稳定性差，最高使用温度可达 180℃，收缩率在 1% ~ 1.5% 之间，并影响电性能。

PA6 的性能参数见表 1-120。

表 1-120 PA6 性能参数

分析项目	测试标准	数据	分析项目	测试标准	数据
密度/(g/cm ³)	ISO 1183	1.38	热变形温度(0.45MPa)/℃	ISO 75	210
拉伸强度/MPa	ISO 527	85	熔点℃	—	215 ~ 225
断裂伸长率(%)	ISO 527	—	阻燃性	UL-94	V-0
弯曲模量/MPa	ISO 178	—	表面电阻率/Ω	ISO 167	1012
悬臂梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	ISO 180	4.5	介电强度/(kV/mm)	IEC 1183	20
洛氏硬度(R)	ISO 2039/2	120	模塑收缩率(%)	—	0.3 ~ 0.7
熔点/℃	ISO 3416	220	吸水率(24h, 23℃)(%)	ISO 62	6.0

聚酰胺 6 可用注射、挤出、浇铸、烧结等方法成型加工。制品主要用于各种机械配件，如轻负荷齿轮、轴承、精密仪表零件、输油管、汽车、纺织、拖拉机、电器等设备中配件及日用包装薄膜和绳索等。

1.5.2 玻璃纤维增强聚己内酰胺

玻璃纤维增强聚己内酰胺是玻璃纤维与聚酰胺的混合物。制造方法很简单：将玻璃纤维和 PA6 同时投入双螺杆挤出机的机筒内，使 PA6 熔融料与被切短的玻璃纤维混合均匀，然后挤出切粒即得到产品。

1. 性能特征

玻璃纤维增强 PA6 的力学性能比未增强的 PA6 高 1 倍多，克服了普通 PA6 尺寸稳定性差的缺陷，同时还提高了耐热性和耐磨性，其耐化学性能与普通 PA6 相同。

上海赛璐珞厂玻璃纤维增强 PA6 性能见表 1-121。

表 1-121 上海赛璐珞厂玻璃纤维增强 PA6 企业技术指标

性 能	试验方法	ST-30	性 能	试验方法	ST-30
玻纤含量	GB 1033	30	冲击强度(无缺口)/(kJ/m ²)	GB 1043	97
拉伸屈服强度/MPa	GB 1040	130	冲击强度(缺口)/(kJ/m ²)	GB 1043	38
拉伸断裂强度/MPa	GB 1040	130	热变形温度(1.81MPa)/℃	GB 1634	200
相对伸长率(%)	GB 1040	2	表面电阻率/Ω	GB 1044	10 ¹³
弯曲强度/MPa	GB 1042	150	体积电阻率/Ω · cm	GB 1044	10 ¹⁵
弯曲弹性模量/MPa	—	4140			

2. 成型方法与用途

可采用注射、挤出法生产成型螺栓、齿轮、手轮等机械配件，用于汽车、纺织、化工和电子等设备中。

1.5.3 聚酰胺 66

聚酰胺 66 (PA66) 也可称为聚己二酰己二胺或尼龙 66。PA66 是由己二酸和己二胺通过缩聚反应制得。为半透明或不透明的乳白色结晶聚合物，受紫外光照射会发紫白色或蓝白色光。PA66 制品的强度高于其他聚酰胺制品；耐环境应力开裂性、耐热性、耐低温性也较好（分解温度为 350℃，脆化温度为 -30℃）；耐化学品和耐油性好，但易溶于苯酚、甲酸等极性溶剂；吸水率约为 2.5%，制品尺寸稳定性差，但成型加工性好，可用注射、挤出吹塑等多种方法成型制品。PA66 的性能参数见表 1-122。

PA66 制品强度高、耐磨，其注塑制品如各种齿轮、轴承、滑轮、泵中叶轮、风扇叶片、手柄等广泛应用在各种机械、汽车、化工和电气装置的配件中；在电子仪器、建筑装饰、医疗器械、体育用品和生活日用品中，如继电器、电梯导轨、扶手、滑雪板等也得到广泛应用。

表 1-122 PA66 性能参数

性 能	参 数	性 能	参 数
相对密度	1.13 ~ 1.15	弯曲模量(23℃)/GPa	2.89
熔点/℃	255 ~ 265	冲击强度(缺口)/(kJ/m ²)	1.18 ~ 2.1
吸水率(24h)(%)	1.0 ~ 2.8	洛氏硬度(干)	M83
吸水率(饱和)(%)	8.5	热变形温度(1.82MPa)/℃	75
拉伸强度/MPa	75.46 ~ 83.3	热变形温度(0.45MPa)/℃	246
断裂伸长率(干)(%)	50 ~ 30	介电常数(23℃, RH50%, 10 ⁶ Hz)	3.6
断裂伸长率(RH50%平衡)(%)	150 ~ 300	介电损耗角正切(23℃, RH50%, 10 ⁶ Hz)	0.03
拉伸屈服强度/MPa	54.88	介电强度/(MV/m)	15.7
压缩强度/MPa	103.88	体积电阻率(干)/Ω·cm	10 ¹⁴
弯曲强度(干)/MPa	117.6		

1.5.4 玻璃纤维增强聚己二酰己二胺

玻璃纤维增强聚己二酰己二胺也可称为玻璃增强尼龙 66，缩写代号为玻璃纤维增强 PA66。玻璃纤维增强 PA66 的性能特征与普通 PA66 的性能特征相同，但其力学性能、热性能和尺寸稳定性与普通 PA66 相比有明显提高。

上海涛浦斯实业发展有限公司和利鑫工程塑料公司产品技术参数见表 1-123 和表 1-124。

表 1-123 上海涛浦斯实业发展有限公司产品技术参数

特 征	实验方法	数据	特 征	实验方法	数据
拉伸强度/MPa	D638	232	热变形温度/℃	D648	250
断裂伸长率(%)	D638	3	介电强度/(MV/m)	D149	25
弯曲张度/MPa	D790	365	体积电阻率/Ω·cm	D257	10 ¹⁵
弯曲模量/MPa	D790	14500	密度/(g/cm ³)	D792	1.54
缺口冲击强度/(kJ/m)	D256	0.12	阻燃性(1.6mm)	UL-94	V-2
洛氏硬度	D785	125	玻纤含量/%	—	47

表 1-124 利鑫工程塑料公司产品技术参数

测 试 项 目	测 试 方 法	测 试 标 准	性 能
密度/(g/cm ³)	—	ISO 1183-A	1.53
含水量(%)	干燥	ISO 62	0.3
拉伸强度/MPa	23℃ 50mm/min	ISO 527	207
断裂伸长率(%)	23℃ 50mm/min	ISO 527	2.5

(续)

测试项目	测试方法	测试标准	性能
弯曲强度/MPa	23℃ 10mm/min	ISO 178	310
弯曲模量/MPa	10mm/min	ISO 178	11430
悬臂梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	23℃	ISO 180	19
洛氏硬度(R)	—	D 785	120
热变形温度(1.82MPa)/℃	2℃/min	ISO 75-2	255
热变形温度(0.45MPa)/℃	2℃/min	ISO 75-2	260
成型收缩率(3mm厚,平行/垂直)(%)	—	利鑫	0.1~0.3

玻璃纤维增强尼龙66的制法和第1.5.2节玻璃纤维尼龙6的制法相同。

玻璃纤维增强尼龙66制品的力学强度、尺寸稳定性和耐久性等性能都好于普通PA66。可采用挤出、注射法成型螺栓、齿轮、滑轮、手柄仪表等，用作汽车、纺织、化工、电子行业等设备的配件。

1.5.5 聚酰胺1010

聚酰胺1010(PA1010)也称为聚癸二酰癸二胺或尼龙1010。由蓖麻油为原料制得癸二酸和癸二酯，经缩聚而成。PA1010是半透明、轻而硬、表面光亮的结晶型白色或微黄色颗粒。密度和吸水性比PA6及PA66低；无毒、耐低温、耐霉菌，脆化温度-60℃；机械强度高，冲击韧性、耐磨性、自润滑性、介电性、化学稳定性好，耐寒性比PA6好；成型加工时熔体流动性好，易成型，但熔体与氧接触极易引起热氧化降解；制品长时间在100℃环境中与氧接触会逐渐呈现黄褐色，且机械强度下降；不溶于烃、脂类和低级醇等，但溶于苯酚、浓硫酸、甲酸等极性溶剂。国产PA1010树脂性能参数见表1-125。树脂型号及黏度见表1-126和表1-127。

表1-125 PA1010的主要性能

性能	参数	性能	参数
密度/(g/cm ³)	1.07	缺口冲击强度/(kJ/m ²)	5
熔点/℃	210	体积电阻/Ω·cm	10 ¹⁵
耐寒温度/℃	-40	介电常数(1MHz)	3.1
拉伸强度/MPa	55.0	介电损耗角正切(1MHz)	0.026
压缩强度/MPa	65.0	介电强度/(kV/mm)	15
弯曲强度/MPa	80.0	成型收缩率/%	1.0~2.5

表1-126 PA1010树脂的型号和黏度范围

型号	黏度范围/(mL/g)	型号	黏度范围/(mL/g)
09	80~98	12	> 116
11	99~116		

表 1-127 聚酰胺 1010 树脂指标参数 (HG/T 2349—1992)

指 标 名 称	指 标														
	09 型			11 型			12 型								
	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						
颗粒度/(N/g)	35~45	30~50	30~50	35~45	30~50	30~50	35~45	30~50	30~50						
带黑点颗粒含量(%)	0.80	1.5	2.0	0.80	1.5	2.0	0.80	1.5	2.0						
干燥失重(%)	0.6	1.0	1.5	0.6	1.0	1.5									
黏度/(mL/g)	80~98			99~116			>116								
熔点/℃	198~210														
相对密度	1.03~1.05														
拉伸强度(屈服)/MPa	≥	44	40	44	40	44	44	40							
断裂伸长率(%)	≥	150			200										
弯曲强度/MPa	≥	70													
冲击强度(缺口)/(kJ/m ²)	≥	17			19										

PA1010 的力学强度高, 冲击韧性、耐磨性和自润性好, 耐寒性比 PA6 好, 所以在国内应用量较大, 可采用挤出、注射、吹塑和喷涂法成型制品。这种工程塑料可代替金属或有色金属作各种机械零件, 如注塑制品齿轮、轴套、密封圈和电机用零件, 用于化工、仪表、汽车及印染等设备配件中。挤出成型的长丝, 可作滤布、筛网、毛刷; 粉末 PA1010 用于金属表面防腐及耐磨涂层等。

1.5.6 玻璃纤维增强聚癸二酰癸二胺

玻璃纤维增强聚癸二酰癸二胺也称为玻璃纤维增强尼龙 1010, 制法和上述两种玻璃纤维增强尼龙相同。为微黄色颗粒, 具有较高的强度和耐磨性能, 同时, 也改善并提高了原 PA1010 树脂的热性能和尺寸稳定性。其性能参数见表 1-128。

表 1-128 玻璃纤维增强尼龙 1010 典型性能

项 目	测 试 方 法	长玻纤增强尼龙	短玻纤增强尼龙
燃 烧 性	UL-94	HB	HB
相 对 密 度/(g/cm ³)	GB 1033	1.25	1.35
熔 点/℃		204	204
拉 伸 强 度/MPa	GB 1040	120	104
弯 曲 强 度/MPa	GB 1042	155	160
弯 曲 弹 性 模 量/MPa		4500	6500
缺 口 冲 击 强 度/(kJ/m ²)	GB 1043	22	15
热 变 形 温 度/℃	GB 1634	185	185
体 积 电 阻 率/Ω	GB 1410	10 ¹²	10 ¹²
介 电 常 数	GB 1409	2.5	2.5
介 电 损 耗 角 正 切	GB 1409	0.018	0.18

玻璃纤维增强 PA1010 的加工性能与普通 PA1010 的加工性能相同，同样可采用挤出、注射方法成型。采用注射成型的工程塑料制品，强度高、耐磨性好，广泛应用于汽车、造船、建筑、仪表、纺织和化工机械等各设备配件中。如轴承、齿轮、工具把手、开关、泵用叶轮、凸轮及各种高速运转中的机械零件和耐磨损零件等。

1.5.7 聚-9-氨基壬酸

聚-9-氨基壬酸也叫尼龙 9 (PA9)，是一种乳白色、不透明的无定形固体聚合物。熔点及吸湿性比 PA6 低，耐磨、耐折皱，柔软性好，热稳定性比 PA6 和 PA66 好，溶解于乙酸和苯酚。其性能参数见表 1-129。

表 1-129 PA9 的性能参数

性 能	PA9	性 能	PA9
密度/(g/cm ³)	1.05	体积电阻/Ω · cm	10 ¹⁴
熔点/℃	185	相对介电常数(1MHz)	3.7
耐寒温度/℃	-30	介电损耗角正切(1MHz)	0.018
拉伸强度/MPa	65.0	介电强度/(kV/mm)	16
压缩强度/MPa	72.5	成型收缩率(%)	1.5 ~ 2.5
弯曲强度/MPa	85.0		

PA9 可注射成型齿轮、轴承等多种机械零件；挤出成型电缆护套和长丝；吹塑成型薄膜。长丝可作滤布和渔网；薄膜强度好，耐折皱、耐高温，多用于医疗特种消毒包。

1.5.8 聚癸二酰己二胺

聚癸二酰己二胺也称为聚酰胺 610 或尼龙 610 (PA610)。PA610 为半透明、乳白色结晶型聚合物，强度和韧性好；吸水性小，成型尺寸稳定性好，能自熄；性能特征介于 PA6 和 PA66 之间，耐有机溶剂，耐强碱，比 PA6 和 PA66 更耐弱酸；易溶于酚类和甲酸中。其性能参数见表 1-130。

表 1-130 PA610 的性能参数

性 能	PA610	性 能	PA610
密度/(g/cm ³)	1.07	缺口冲击强度/(kJ/m ²)	5.5
熔点/℃	220	体积电阻/(Ω · cm)	10 ¹⁴
热变形温度/℃	82	相对介电常数(1MHz)	3.5
耐寒温度/℃	-40	介电损耗角正切(1MHz)	0.04
拉伸强度/MPa	60.0	介电强度/(kV/mm)	16
弯曲强度/MPa	90.0	成型收缩率(%)	1.5 ~ 2.0

PA610 可采用挤出、注射和喷涂法成型。制作齿轮、轴承、衬垫、密封件、纺织机械零件，应用在汽车、机械制造、化工、电气等设备中，要求做强度高、弹性模量高、尺寸稳定性好的工作零件。

1.5.9 聚十一酰胺

聚十一酰胺也叫尼龙 11 (PA11)，为白色半透明体，柔韧性好，耐应力开裂，有良好的动态疲劳性能，吸水率比 PA6 和 PA66 低。所以，电性能较稳定。其性能参数见表 1-131。

表 1-131 PA11 性能参数

相对密度/(g/cm ³)	1.03~1.05	洛氏硬度	R108
燃点/℃	191~194	热变形温度(1.82 MPa)/℃	52
连续使用温度/℃	60	热变形温度(0.45 MPa)/℃	149
拉伸强度/MPa	54.88~61.74	介电常数(10 ³ Hz)	3.2~3.7
断裂伸长率(%)	300	体积电阻率/Ω	10 ¹³
弯曲强度/GPa	1.029	介电强度/(MV/m)	16.7
izod 冲击强度(缺口)/(J/m)	38.22		

PA11 可挤出成型油管、软管、电缆护套及吹塑薄膜；注射成型泵类壳体、机械配套零件和医疗器具；也可用喷涂法做金属表面防腐层等。

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，容易产生开裂；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 1-132。

表 1-132 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)		≤1.0×10 ⁻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。其制品广泛应用于机械、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、潜望镜等。
- 5) 其他方面，如纺织工业用各种纬纱管、纱管、毛纺管等，建筑业和农业中用作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 1-133 进行。

表 1-133 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)防吸潮的贮槽中。

表 1-134 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 1-134 PC 注塑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	注塑及吹塑型，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	注塑型，含 PE 2% ~ 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
	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

(续)

生产厂家	PC 牌号	特点和用途
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、传真机外壳、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 ($-\text{CH}_2-\text{O}-$)、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, 但成型时收缩率较大; 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 $-40 \sim 100^\circ\text{C}$, 可在 85°C 水中、 105°C 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 1-135。

表 1-135 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/cm ³)	1.43	1.41	线膨胀系数/ $\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	7.45 ~ 10.8	7.6 ~ 11
结晶度(%)	75 ~ 85	70 ~ 75	长期使用温度/°C	90	100
熔融温度/°C	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/°C		-40	比热容/[J/(g·°C)]	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, 10 ⁶ Hz)	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, 10 ⁶ Hz)	0.005	0.006
冲击强度(缺口)/(kJ/m ²)	7.35	6.37	介电强度/(MV/m)	20	—
热变形温度/°C	124	110 ~ 157			

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 1-136。

表 1-136 共聚甲醛树酯性能参数

型 号		密 度 /(g/cm ³)	熔体流动速率 /(g /10min) >	熔 点 /°C ≥	热变形 温 度 (1.82 MPa) /°C ≥	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/m ²) ≥	悬臂梁 (缺口) /(J/m ²) ≥	
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		

(续)

型 号		密 度 /(g/cm ³)	熔体流动速率 /(g/10min) >	熔 点 /℃ ≥	热变形 温 度 (1.82 MPa) /℃ ≥	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/m ²) ≥	悬臂梁 (缺口) /(J/m ²) ≥	
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。

聚甲醛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。

国内部分聚甲醛生产厂的产品牌号及特点与用途见表 1-137，聚甲醛性能见表 1-138，上海溶剂厂产聚甲醛树脂性能见表 1-139。

表 1-137 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 1-142)	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 ¹	加入 20% TEFILON 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

(续)

生产厂家	POM 牌号	特点和用途
杜邦中国有限公司 (产品性能参数见表1-142)	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1-143)	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 1-138 聚甲醛性能

性 能	最强聚	一般	高流动	极高流	冲击改良		低摩擦、低磨耗		高钢性
	甲醛	用途	性能	动性	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

(续)

性 能	最强聚	一般	高流动	极高流	冲击改良		低摩擦、低磨耗		高钢性
	甲醛 100P	用途 500P	性能 900P	动性 1700P	100ST	500T	500AF	500CL	570,577
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/℃									
1.8 MPa	136	136	136	—	65	85	118	124	158
0.5 MPa	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 1-139 上海溶剂厂产聚甲醛树酯性能

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

(续)

性 能	试验方法/T	M250	M900	M1700
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/cm³, 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1-140。

表1-140 PET树脂的性能参数

项 目	结晶型	无定形型	项 目	结晶型	无定形型
密度(ρ)/(g/cm ³)	1. 33 ~ 1. 38	1. 2	硬度	M83	R108
拉伸强度(σ_b)/MPa	75	50	熔融温度(T)/℃	250 ~ 255	—
冲击强度(缺口)/(kJ/m ²)	4	5	吸水率(%)	0. 08	0. 2
断裂伸长率(ε)(%)	50	200	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；用作片基和基带，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，聚酯瓶具有透明、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。

注射成型 PET 制品用原料，一种是增黏的 PET 料，用来注-拉-吹瓶制品；另一种是用于注射工程制件料、即用玻璃纤维增强的 FR-PET 料。表 1-141 列出国内部分 PET 生产厂牌号及特点用途，可供应用时选择参考。表 1-142 为杜邦中国集团公司产 PET 性能。

表 1-141 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	用于带气饮料瓶和食用油瓶	
	BG—82		
	BG—78	矿泉水饮料瓶	
华南树脂厂	低黏级	适合吹塑瓶用	
	中黏级		
	高黏级		
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	

(续)

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、贮藏设备部件
	RYNITE 545	一般用途级。45% 玻纤增强聚酯, 更好强度和刚性; 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
	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°C 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
	RYNITE FR945	阻燃级。45% 矿物/玻纤增强聚酯, 阻燃级, 成本比 FR530 低, 翘曲小	类似于 FR530, 用于要求低翘曲成本低的产品

表 1-142 杜邦中国集团有限公司 PET 性能

性 能	RYNITE FR-515	RYNITE FR-530	RYNITE FR-543	RYNITE FR-945	RYNITE 530	RYNITE 545	RYNITE 555	RYNITE 935
拉伸强度/MPa(23℃)	107	152	172	104	158	193	196	96.5
断后伸长率(%) (23℃)	2.6	2.3	1.8	1.4	2.7	2.1	1.6	2.2

(续)

性 能	RYNITE FR-515	RYNITE FR-530	RYNITE FR-543	RYNITE FR-945	RYNITE 530	RYNITE 545	RYNITE 555	RYNITE 935
剪切强度/MPa(23℃)	52	65.5	58.6	48.3	79.2	86.1	82.7	53.7
埃佐冲击强度/(J/m)(23℃)	64	85.4	96.1	48.1	101	128	123	64.1
熔点/℃	254	254	254	250	254	254	255	252
体积电阻率/(Ω·cm)	10^{15}	10^{15}	10^{15}	10^{15}	10^{15}	10^{15}	—	10^{15}
相对密度	1.53	1.67	1.79	1.84	1.56	1.69	1.80	1.58
吸水率(24h,23℃)(%)	0.07	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05
洛氏硬度(R)	120	120	122	120	120	120		
摩擦因数								
对同类	0.21	0.18	0.18	0.20	0.28	0.17		
对钢	0.18	0.19	0.16	0.20	0.17	0.20		

BET 是一种吸湿性聚合物、水分过高(应小于 50μg/g)、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℃ 左右温度下干燥处理。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再干燥处理。

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，抗冲击强度高，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 $10^{16}\Omega\cdot\text{cm}$ ，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 1-143。增强 PBT 性能见表 1-144。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 1-143 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
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 × 10 ^{15 ~ 16}		2.6 × 10 ¹⁶	3 × 10 ¹⁶
介电损耗角正切 (1MHz)	≤2 × 10 ⁻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 φ2 ~ 4mm × 2 ~ 7mm 颗粒			

表 1-144 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, φ2 ~ 4mm × 2 ~ 7mm	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		

(续)

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
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	5×10 ¹⁵ ~ 5×10 ¹⁶	10 ¹⁵	10 ¹⁵			
介电损耗角正切(1MHz)	≤2×10 ⁻²	≤2×10 ⁻²	≤2×10 ⁻²	≤2×10 ⁻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1-145 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1-145 PBT注塑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,电器性抗化学性和力学性能,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、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	

(续)

生产厂家	PBT 牌号	特点和用途
上海涤纶厂	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	阻燃级,燃烧等级 UL94V—0,强度刚性好,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
	SD213,30% 玻璃纤维增强	阻燃级,燃烧等级 UL94V—0,强度刚性好,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
北京市化工研究院 北京泛威工程塑料有限公司	210G30,205GM3030% 玻璃纤维增强,非阻燃型	刚性和抗冲击强度高;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。
	301—G20,20% 玻璃纤维增强	适合电器部件、机械零件、仪表外壳等工程制品
	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,抗冲击强度和刚性高,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
	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

(续)

生产厂家	PBT 牌号	特点和用途
南京立汉 化学有限公司	T602	注射通用型、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 1-146。

表 1-146 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℃)×10 ⁻⁶ /K	56	洛氏硬度(R)	M91
线膨胀系数(>150℃)×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1-147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1-148是大连塑料一厂产PSU性能。

表1-147 PSU注塑制品用料生产厂牌号和产品特点与用途

生产厂家	PSF牌号	特点和用途
上海曙光 化工厂	S100(冲击强度≥370kJ/m ²)	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	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
	S110(冲击强度≥200kJ/m ²)	
	S140(冲击强度≥200kJ/m ²)	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/m ²)	
	S215(密度1.45g/cm ³ 、冲击强度为70kJ/m ²)	含15%玻璃纤维。优异的高强度、高刚性、耐热、耐寒、耐氧化老化、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/m ²)	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、航空航天领域制品。还有S340、S370、S380的性能特点和用途与S310相同
	S340(冲击强度为160kJ/m ²)	
	S315(冲击强度为55kJ/m ²)	
	S410(冲击强度为80kJ/m ²)	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

(续)

生产厂家	PSF 牌号	特点和用途
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 1-148 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/m^2	≥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1-149。

表1-149 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)/ $\times 10^{-3}$ ≤	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1-150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 1-150 MPPO 的

性 能	方法 ASTM	条件	牌				
			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}				
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/m ²)	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

性能、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	0.010 ~ 0.02	0.01 ~ 0.02	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	玻纤增强	30%	30%	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称聚亚苯基硫。

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。不足之处是：脆性较大，延伸率低、韧性差，熔接强度不好，着色性不理想，价高，比通用工程塑料价格高出约2倍。

PPS的性能参数见表1-151。国内生产厂PPS塑料技术指标及用途见表1-152~表1-154。

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，可用注塑、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1-151 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℃)/(×10 ⁻⁶ /K)	50	洛氏硬度	M
线膨胀系数(>150℃)/(×10 ⁻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 1-152 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/ $\Omega \cdot \text{cm}$	2.8×10
压缩强度/MPa	183	介电强度/(kV/mm)	26.6
冲击强度/(kJ/m ²)		摩擦系数(AMS/E 机)	0.34
缺口	4.70		
无缺口	7.30		

表 1-153 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/ $\Omega \cdot \text{m}$	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—2006、 GB/T 1408—2007		15	15	14	14

表 1-154 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—P I	白色颗粒、无填充料。适合改性增强注塑制品
	PPS—P II	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—P III	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—Z I	灰白色颗粒、填充玻璃纤维增强、注塑制品
	PPS—Z II	同上
	PPS—Z III	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

(续)

生产厂家	PPS 牌号	特点和用途
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性和色泽变化很小，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。

可注射成型的甲基丙烯酸甲酯—苯乙烯共聚物 (372 模塑料) 和甲基丙烯甲酯—丙烯酸甲酯共聚物 (613 模塑料) 的性能参数见表 1-155 和表 1-156。

表 1-155 PMMA(372) 性能参数 (GB/T 15597—1995)

指标名称		GN(C)-100-015			GN(C)-100-030		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
粒度(对径 1.5 ~ 3.0mm, 长度 3.0 ~ 6.0mm) (%)	≥	95			95		
含杂质颗粒数/(粒/10g)	直径大于 0.25mm						
	直径小于 0.25mm	≤	2	4	7	2	4
拉伸强度/MPa	≥	68	65	60	68	65	60
冲击强度	简支梁/(kJ/m ²)	≥	30	22	18	30	22
	悬臂梁/(J/m)	≥	30	22	18	30	22
硬度	球压痕/(N/mm ²)	≥	140	130	120	140	120
	洛氏硬度/(M)	≥	140	130	120	140	120
透光率(%)	≥	92	90	88	92	90	88

(续)

指标名称	GN(C)-100-015			GN(C)-100-030		
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
折射率(25℃)	1.50 ~ 1.51			1.50 ~ 1.51		
相对密度(23℃)	1.16 ~ 1.17			1.16 ~ 1.17		
吸水性(%)	\leq 0.45			0.45		
维卡软化温度/℃	96 ~ 104			96 ~ 104		
熔体流动速率/(g/10min)	1 ~ 2			2 ~ 4		
体积电阻率/(Ω · m)	$\geq 1.0 \times 10^{11}$			1.0×10^{11}		
介电常数(工频)	≤ 4.0			4.0		

注：对着色材料，必须用着色前的材料试验。

表 1-156 PMMA(613) 性能参数 (GB/T 15597—1995)

指标名称	WN-100-015			WN-100-015			WN-100-030		
	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
粒度(对径 1.5 ~ 3.0mm, 长度 3.0 ~ 6.0mm)(%)	\geq 95			95			95		
含杂质颗粒数/(粒/10g)	直径大于 0.25mm ≤ 直径小于 0.25mm			不允许					
拉伸强度/MPa	\geq 68			65	60	68	65	60	68
冲击强度	简支梁/(kJ/m ²) \geq 30			22	18	30	22	18	30
	悬臂梁/(J/m) \geq 30			22	18	30	22	18	30
硬度	球压痕/(N/mm ²) \geq 140			130	120	140	130	120	140
	洛氏硬度/(M) \geq 140			130	120	140	130	120	140
透光率(%)	\geq 92			90	88	92	90	88	92
折射率(25℃)	1.49 ~ 1.50			1.49 ~ 1.50			1.49 ~ 1.50		
相对密度(23℃)	1.18 ~ 1.19			1.18 ~ 1.19			1.18 ~ 1.19		
吸水性(%)	\leq 0.45			0.45			0.45		
维卡软化温度/℃	96 ~ 104			96 ~ 104			96 ~ 104		
熔体流动速率/(g/10min)	1 ~ 2			1 ~ 2			2 ~ 4		
体积电阻率/(Ω · m)	$\geq 1.0 \times 10^{11}$			1.0×10^{11}			1.0×10^{11}		
介电常数(工频)	≤ 4.0			4.0			4.0		

注：对着色材料，必须用着色前的材料试验。

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；及电器方面用磁带盒、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，可注射成型汽车、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、抗震动和化学稳定性；力学性能好于聚苯乙烯，透明性和聚苯乙烯相同；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1-157。

表1-157 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/ 10^4 MPa	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 1-158 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 1-158 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	高流动性透明性、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
	NF	透明性好。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	高透明性。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	高抗冲强度。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、耐化学品种性、高透明性均好。适合透明度高的制品
	80HF 高耐热型	易成型，透明性、耐化学品种性好，适合食品容器、电子琴键盘、自行车反射镜、磁带盒等透明性产品
	81HF 高流动性	
	90HR	高耐热型，成型加工性、透明性、耐化学品种性良好。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、透明性、耐化学品种性均好。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。如能促进树脂加快塑化熔融、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塑化熔融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	TPP	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) 呚二酸二正丁酯（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) 呚二酸二辛酯（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
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	可做主增塑剂，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

(续)

增塑剂名称	简称	优 点	缺 点	主要用途
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、耐候性辅助增塑剂

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軟性的增塑剂。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。具有抗氧化性好、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化性。一般用量为 0.05% ~ 1.5%。

7) 亚磷酸三壬基苯酯，也称抗氧剂 TNP。为浅黄色粘稠液体，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，制品的透明性、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性，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、透明性均好，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		
1) 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，长期贮存会变差，主要用于软质制品
2) 以金属皂类或盐类为基础的固体复合物		
3) 以有机锡为基础的液体复合物		
1) 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
2) 原甲酸酯、原苯甲酸酯等原酸酯类		
1) 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
2) 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 含量愈高，弹性效果愈好，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、使熔料不粘设备、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相容性。
- 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, 在空气中无吸水性。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, 也可做聚烯烃的润滑剂和薄膜的抗粘连剂。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 Al₂O₃ · 3H₂O]：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，影响了制品的透明性等。

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 ~ 1.61 μm （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 ~ 1.0 μm 。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、透明性和粒度细小等优点，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，遮盖力和着色力比锌钡白强，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) 钴黄 (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 (罗宾红) BK: 紫红色粉末，溶于热水，耐热150℃，着色力和透明性都较好。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) 酚菁绿 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%，但透明性较差。

3) 酚菁蓝: 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，透明性较好，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，透明性差，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) 噻吖啶酮紫和塑料紫 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, 制品的透明性和耐热性好, 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, 能改善粘合性, 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（TiO₂）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粘附, 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 的二甲苯甲醛树脂作反应性增塑剂; 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 ~ SG4 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、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，与其他种成型（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，使用过程中在温度、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 人造革配方见表 3-1 和表 3-2。

表 3-1 压延 PVC 软质薄膜配方（质量份）

(续)

原料名称	工业膜		农业膜		民用膜	雨衣膜	透明模	硬片
	1	2	1	2				
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-C1)	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		0.6	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		

(续)

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
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片配方设计注意事项如下。

- 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 1mg/kg。
- 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。
- 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。
- 无色透明硬片用原料中还需加些消色剂。

压延成型硬质 PVC 片配方见表 3-3。

表 3-3 压延 PVC 硬片配方（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 ($Z_{\text{m}}\text{St}$)						0.1
环氧化脂						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 (HSI)			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，会影响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、透明性、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

(续)

原料名称	农业膜	工业膜	透明膜	热收缩膜	包装膜
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				
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
聚氯乙烯(PVC) SG5	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
二盐基亚磷酸铅(2PbO)	1			0.6		1.5	
硬脂酸铅(PbSt)	0.5		2	0.3	1		0.7
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			
硬脂酸(HSt)	0.5	0.5	1	0.2			
石蜡	1	0.8		0.2	0.8	0.8	0.7
丙烯酸酯类(ACR)	适量						
轻质碳酸钙(CaCO ₃)	适量			1	50	10	

(续)

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
钛白粉 (TiO_2)	适量						
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
聚氯乙烯 (PVC) SG3	100	100	100	100	100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯 (DOP)	15	24	28	50	22	35	42
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		
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				
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			
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	

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

(续)

原 料 名 称	挤出板	层压板	挤出透明板	发泡板
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(Hst)				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

(续)

原 料 名 称	瓶	透 明 瓶	无 毒 瓶	矿 泉 水 瓶
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 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ ，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。

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 3-12。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 3-12 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	直角撕裂强度
		(%) 纵/横	/ (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）直至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，配方设计得应注意：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。因为同一个配方，由于使用生产设备条件不同，工艺参数的变化和操作生产方法的差异，都会影响制品质量的变化。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 塑料制品用料生产前准备

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用温度略高些。
- 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

(续)

混合机型号	WH 直立式		WH 回转式	
	WH—50VM	WH—100VM	WH—50TM	WH—100TM
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。

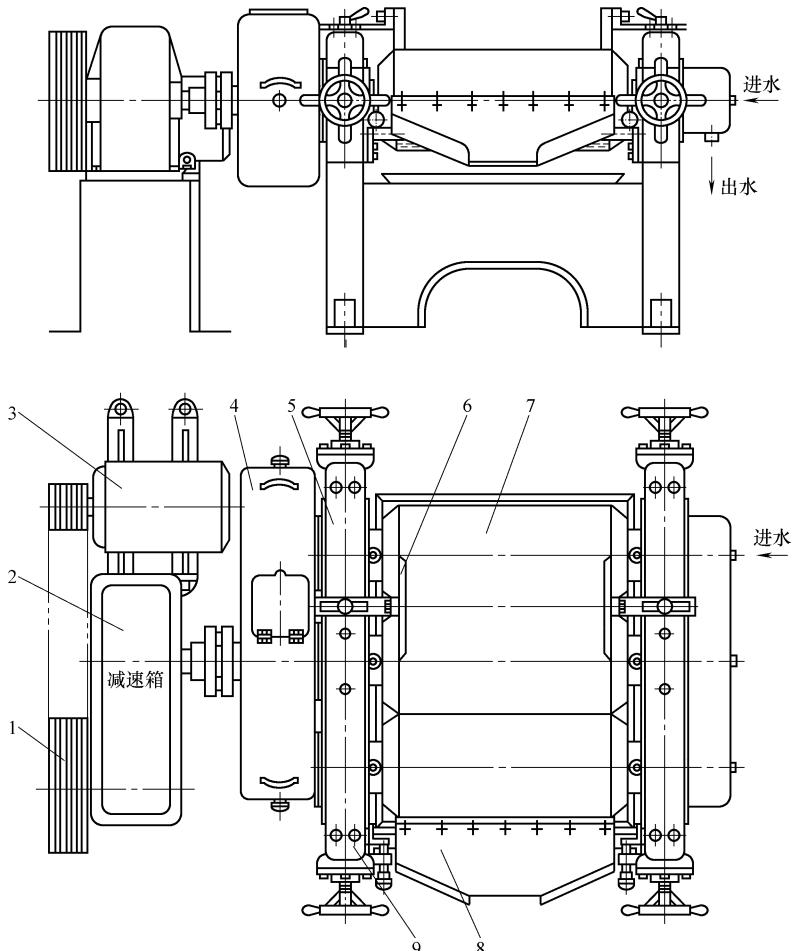


图 4-1 三辊研磨机结构

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

三辊研磨机的工作方法很简单。高速旋转的3根冷铸铁辊筒由电动机通过V带、齿轮减速器和一组传动齿轮带动；色浆料在3根辊筒的间隙中通过时，由手工调整3根辊筒工作面间隙的大小。色浆料通过辊面间隙时，直径较大的颗粒被压碎细化，增加了颜料颗粒的细度，提高了颜料在树脂中的扩散效果，使颜料与树脂能得到较均匀的混合。

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

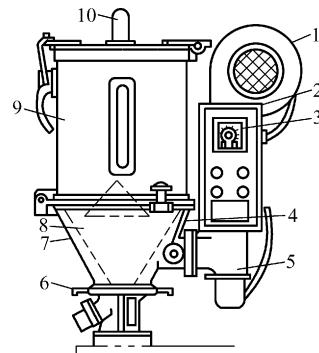


图4-2 料斗式干燥机结构

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 (%)	允许水含量 (%)	
		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

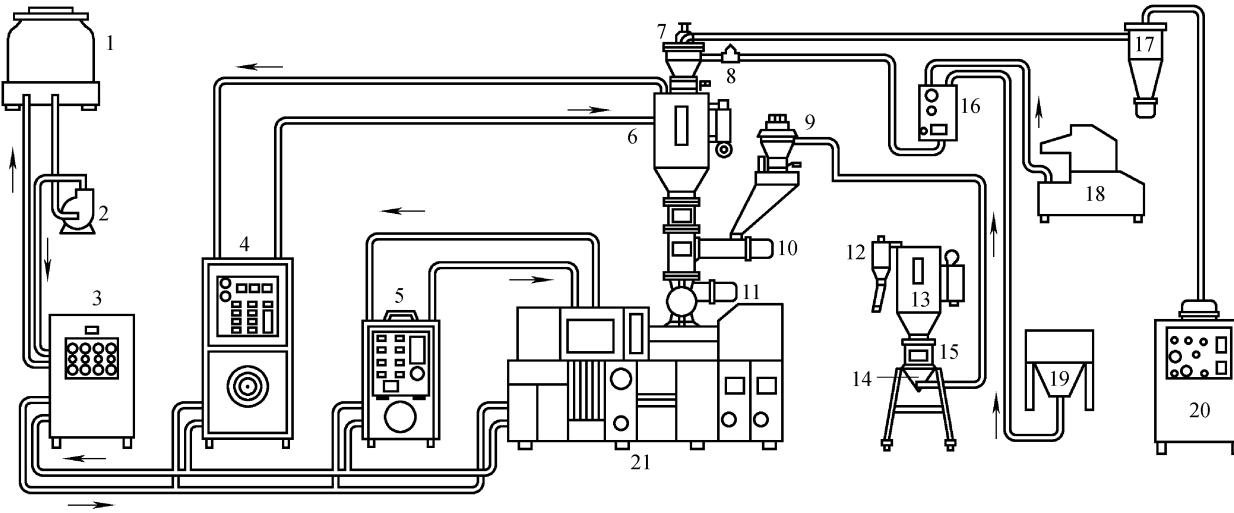


图 4-3 注塑机自动化生产用辅助设备

- 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—贮料筒 20—分离式填料机 21—注塑机

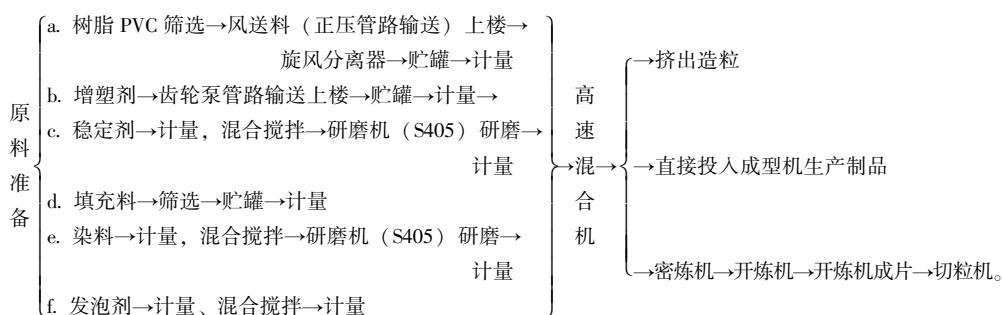
对于在高温条件下干燥处理容易氧化变化的材料（如聚酰胺），应采用真空干燥方法对其进行干燥。干燥后的材料不宜长时间存放，以免第2次吸湿。比较好的办法是把干燥处理后的原料按照图4-3所示方式（此图为注塑机生产用连续化生产工艺流程图），直接把干燥处理后的材料输送到成型机中，立即投产。

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。



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用振动筛；输送液体增塑剂用齿轮泵；固体辅助料（稳定剂、颜料等）与液体增塑剂混合后用于搅拌用搅拌机；用于细化浆料中固体颗粒用三辊研磨机；研磨细化后的浆料输送计量用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。

(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，最大的特点是沒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。平动筛的结构工作示意如图4-4所示。

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方式，其工作示意如图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：

- ①喷射口（图示方向D端）端锥度为20°左右，扩散口端（d₂端）锥度为7°左右。

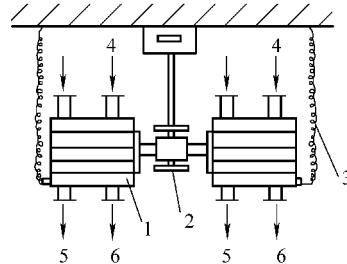


图4-4 平动筛结构工作示意图

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

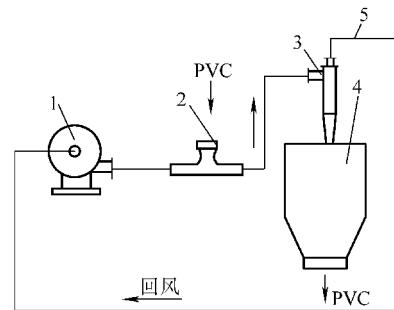


图4-5 风力输送PVC树脂用设备
1—高压风机 2—加料器 3—旋风分离器 4—树脂储罐 5—管路

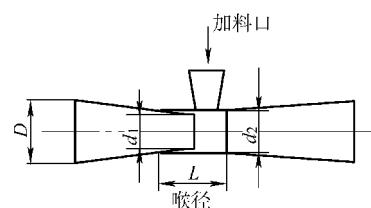


图4-6 加料器结构示意图

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。

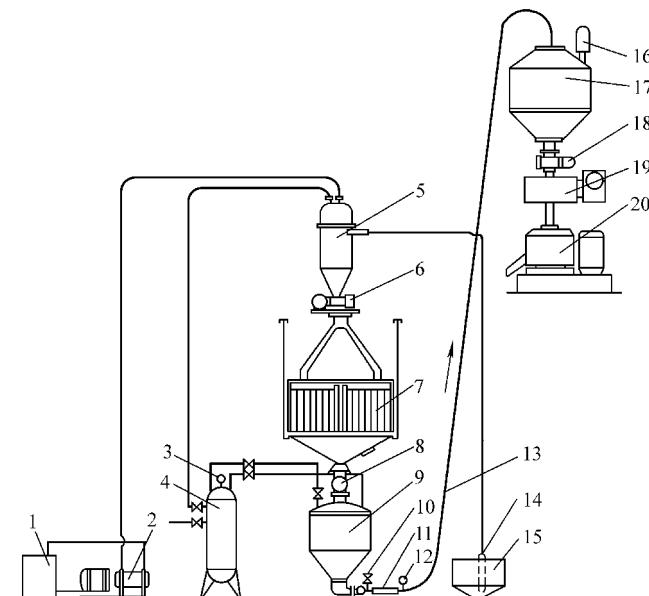


图 4-7 脉冲气力输送装置

- 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

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 $1 \sim 9 \text{ m/s}$ ，脉冲频率为 $20 \sim 40 \text{ 次/s}$ 。

2) 发送罐。是用通入罐内的压缩空气 [压力为 $(1.5 \sim 2.0) \times 10^4 \text{ Pa}$] 把树脂推至管路内。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 $(2 \sim 2.5) \times 10^4 \text{ Pa}$]。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 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ 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。

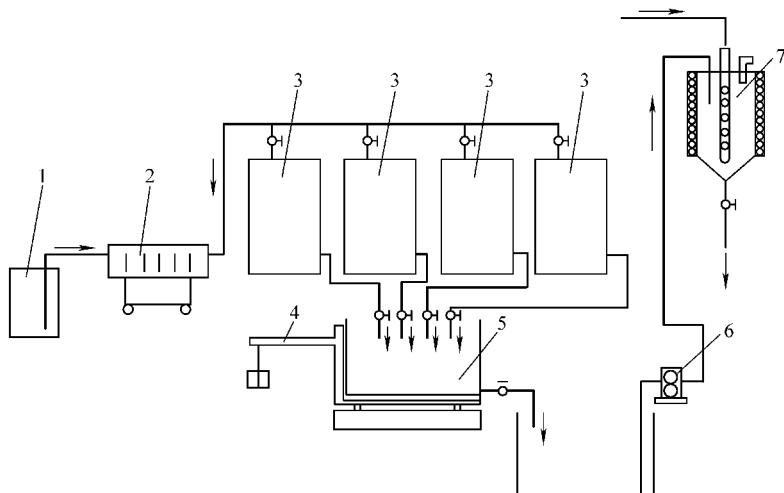


图 4-8 增塑剂过滤、混合工艺流程用设备示意图

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

4. 混合机

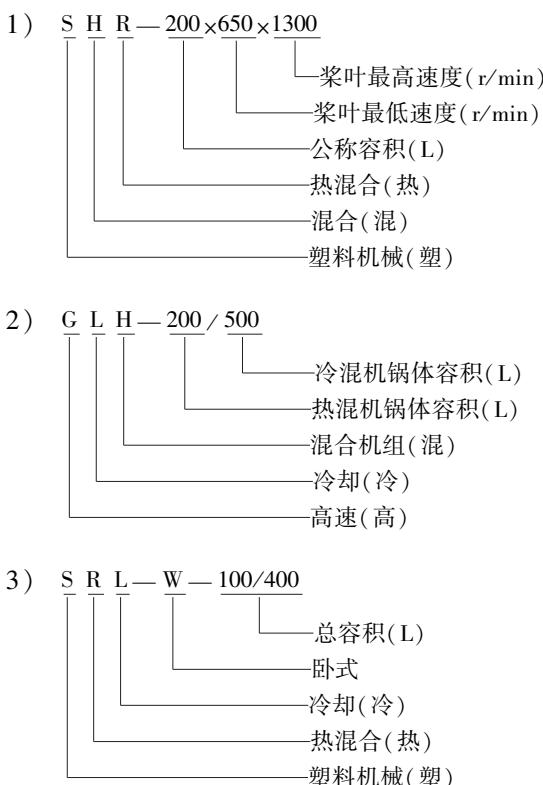
混合机是原料的混合设备。它把主原料树脂和辅助料增塑剂、稳定剂、润滑剂、填充剂和着色剂等各种材料，按制品配方要求比例，经计量后分别加入混合机中，在一定温度条件下，通过混合机中搅拌桨的转动，使物料得到翻转、推压和搅动，把混合机中的各种掺混料相互换位，使成分混合分布（密度和浓度）得比较均匀，得到一种以某种树脂为主且具有特定性能的混合料。

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2000~300L。

混合机型号标注说明：



国内JB/T 7669—2004标准规定的混合机基本参数见表4-6和表4-7。国内部分混合机生产厂的产品性能参数见表4-8~表4-12。

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		≤30/42	—		—
			≤650/1300		≤37	12		0.3~0.4
300	≤100	≥500	≤500	≤10	≤40/55	—	≤18	—
			≤475/950		≤47/67	—		0.3~0.4
			550/110		≤55	16		—
500	≤160	≥800	≤500	≤12	≤47/67	—	≤36	0.3~0.4
			≤350/700		≤83/110	—		—
			≤400/800		≤110	≤22		0.3~0.4
800	≤260	≥1040	≤450	≤12	≤110/160	—	≤36	—
			≤350/700		≤132	≤28		0.3~0.4
1000	≤325	≥1300	≤400		≤132/164	—		—
			≤300/600		—	—		—

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 /°C	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				≤18.5	
1000	≤160	≥800			≤12	30	
2000	≤260	≥1040	≤90				

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	747/1300	14/22
	SHR—200×650×1470		≥325	350/1300	30/42
	SHR—300×550×1100		≥500	550/1100	47/67
	SHR—500×535×800		≥800	535/800	55/72
	SHR—800×500×1000		≥1040	500/1000	110/160
塑料冷却混合机	SHL—350×100	350	≥275	100	3
	SHL—500×70		≥400	70	5.5
	SHL—1000×50		≥500	50	7.5
	SHL—1500×60		≥800	60	11
	SHL—2000×50		≥1040	50	11

表 4-9 阜新红旗塑料机械厂产混合机型号与技术参数

产品型号		主要技术参数					
		总容积 /L	一次投料量 /kg	产量 /(kg/h)	搅拌桨转速 /(r/min)	混合时间 /min	总功率 /kW
高速加热 混合机	GRH—10	10	≤3	≥18	3000	8	3
	GRH—50	50	≤15	≥90	750/1700	8	7/11
	GRH—100	100	≤30	≥180	650/1500	8	14/22
高速加热 混合机	GRH—200	200	≤65	≥325	475/1300	10	30/42
	GRH—300	300	≤100	≥500	350/800	10	47/67
	GRH—500	500	≤160	≥800	350/700	10	83/110
	GRH—800	800	≤260	≥1040	350/700	12	110/160
	GRH—1000	1000	≤325	≥1300	300/600	12	140/190
冷却 混合机	LH—350	350	≤65	≥325	130	10	7.5
	LH—500B	500	≤100	≥500	130	10	11
	LH—1000B	1000	≤160	≥800	130	10	18.5
	WLH—1000(卧式)	1000	≤100	≥500	50	12	7.5
	WLH—1500(卧式)	1500	≤160	≥800	50	12	11
产品型号		总容积 /L	有效容积 /L	主轴转速 /(m/min)	加热形式	总功率 /kW	
高速 分散机	GFJ—200	200	120~140	475/860	水	30/42	
	GFJ—300	300	180~210	475/950	水	40/55	

表 4-10 张家港华明机械有限公司产混合机技术参数

型 号 /数 参 数	总容积 /L	有效容积 /L	电动机功率 /kW	主轴转速 /(r/min)	加热方式	卸料方式
SHR—5A	5	3	1.1	1400	自摩擦	手动
SHR—10A	10	7	3	2000		
SHR—50A	50	35	7/11	750/1500	电气	气动
SHR—100A	100	75	14/22	650/1300		
SHR—200A	200	150	30/42	475/950		
SHR—300A	300	225	40/55	475/950		
SHR—500A	500	375	47/67	430/860		
SHR—800A	800	600	60/90	370/740		
SHR—200C	200	150	30/42	650/1300		
SHR—300C	300	225	47/67	475/950	自摩擦	气动
SHR—500C	500	375	83/110	500/1000		

表 4-11 北京英特塑料机械总厂产混合机技术参数

项目 型号	锅体总容积 /L	搅拌桨转速 /(r/min)	加热或冷 却方式	一次投料 量/kg	驱动功率 /kW	外形尺寸 (长×宽×高)/mm	总质量 /kg
GH—3	3	1400	不加热	≤1.5	0.8	700×550×600	210
GH—10DY	10	1250/2500	电加热	≤3	22.4	940×415×840	500
GH—50DY	50	725/1440		≤15	7.5/10	1480×580×1190	1000
GH—100DY	100	605/1210		≤30	14/22	1600×770×1170	1300
GH—200DY	200	475/950		≤65	30/42	2000×900×1480	1800
GH—300D	300	475/950	不加热	≤100	40/55	2000×900×1480	1850
GH—500DY	500	335/670	电加热	≤160	47/67	2610×1137×1735	3000
LH—400	400	125	水冷	≤65	11	2515×1200×1700	2000
LH—500	500	125	水冷	≤80	11	2515×1200×1800	2100
LH—1000	1000	90		≤160	15	2630×2060×3350	3000
LH—1600	1600	88		≤160	15	3827×1380×2850	3500
GH—200DY/LH500	200/500	475/950/125	电加热/水冷	≤130	30/42/11	3260×2400×2850	5000
GLH—500/1600	500/1600	335/670/88	电加热/水冷	≤160	47/67/15	3692×3195×3216	6500
GLH—200/400	200/400	475/950/125	电加热/水冷	≤130	30/42/11	3260×2400×2850	5000
GLH—300/500	300/500	650/1300/125	电加热/水冷	≤130	45/55/11	3260×2400×2850	5000
GLH—500/1000	500/1000	335/670/90	电加热/水冷	≤160	47/67/15	2630×4010×3350	6000

表 4-12 张家港市轻工机械有限公司产卧式混合机技术参数

参 数 型 号	总容积 /L	热混电动机功率 /kW	冷混电动机功率 /kW	外形尺寸(长×宽×高) /mm
SRL—W100/400	100/400	14/22	7.5	3000×3100×2200
SRL—W200/800	200/800	30/42	11	3200×3500×2450
SRL—W300/1000	300/1000	40/55	15	3730×2740×2830
SRL—W500/1600	500/1600	55/75	18	4320×3180×3145
SRL—W800/2500	800/2500	83/110	37	4690×3510×3500
SRL—W1000/3500	1000/3500	90/150	37	5135×3850×3770

(2) 螺带式混合机和 Z 形混合机 螺带式混合机结构如图 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、传动 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造成 Z 形，然后表面镀硬铬层，以防止粘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 $15 \sim 50\text{r}/\text{min}$ 范围内。

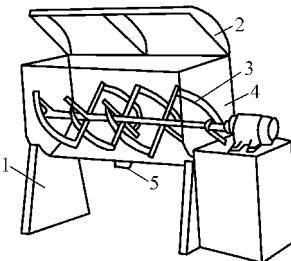


图 4-9 螺带式混合机
结构示意图

1—机架 2—上盖 3—搅拌浆
4—混合室 5—卸料装置

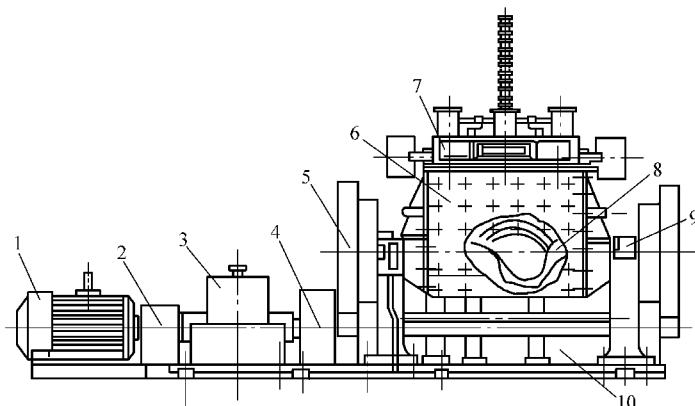


图 4-10 Z 形混合机结构
1—电动机 2、4—联轴器 3—减速齿轮器 5—传动齿轮 6—混合室
7—上盖 8—搅拌浆 9—轴承座 10—机座

(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。

高速混合机的结构如图 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是：搅拌桨为 Z 形，混合室和搅拌桨内均可通水冷却，搅拌桨转速比高速混合机的搅拌桨转速慢。

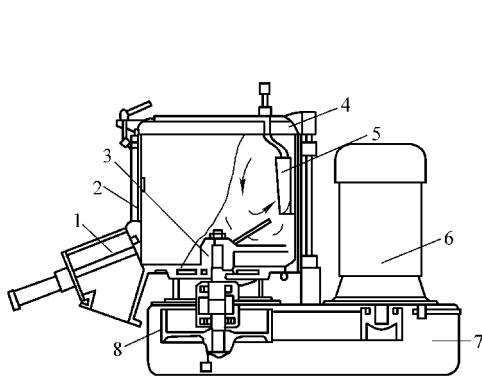


图 4-11 高速混合机结构

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

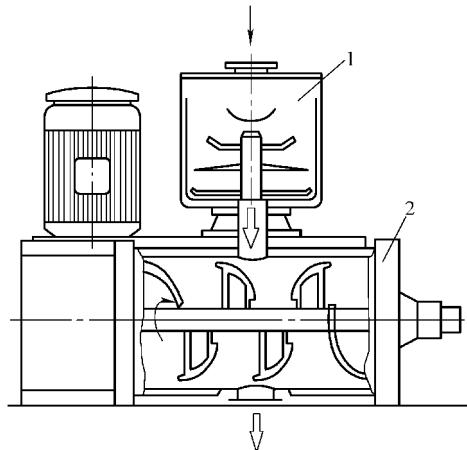


图 4-12 高速混合机与冷混合机结构示意图

1—高速混合机 2—冷混合机

(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，搅乱了物料的运动方向，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) 点车试运转，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，恒定温度。

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°C。

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°C。

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 10~15 min，出料温度在 90°C 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°C 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°C，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。这种传动结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。

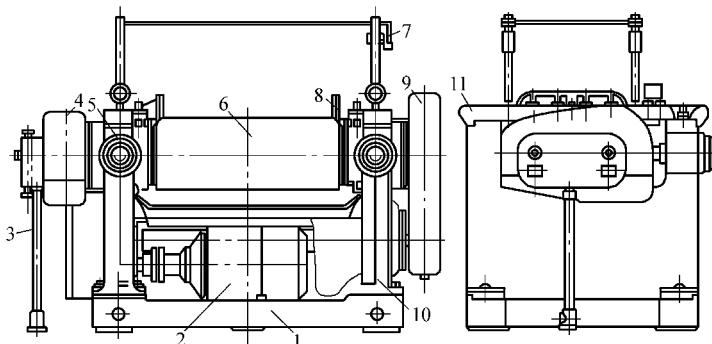


图 4-13 开炼机结构

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

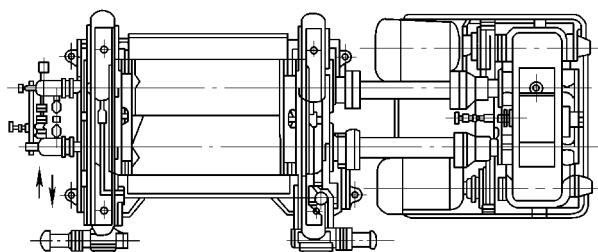
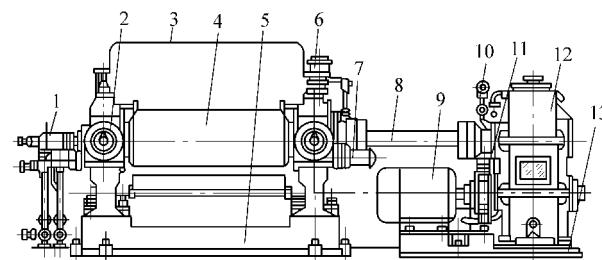


图 4-14 双电动机传动开炼机结构

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

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机。

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 4-13。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。

表 4-13 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		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		24	132	50 ~ 60
660 × 660 × 2130		28	280	75 ~ 95

表 4-14 和表 4-15 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 4-14 上海橡胶机械厂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 4-15 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	外形尺寸 (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，并粘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°C/min左右。辊筒加热升温至170°C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 $260\text{mm}^2/\text{s}$ 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比较特殊结构的混炼转子，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。

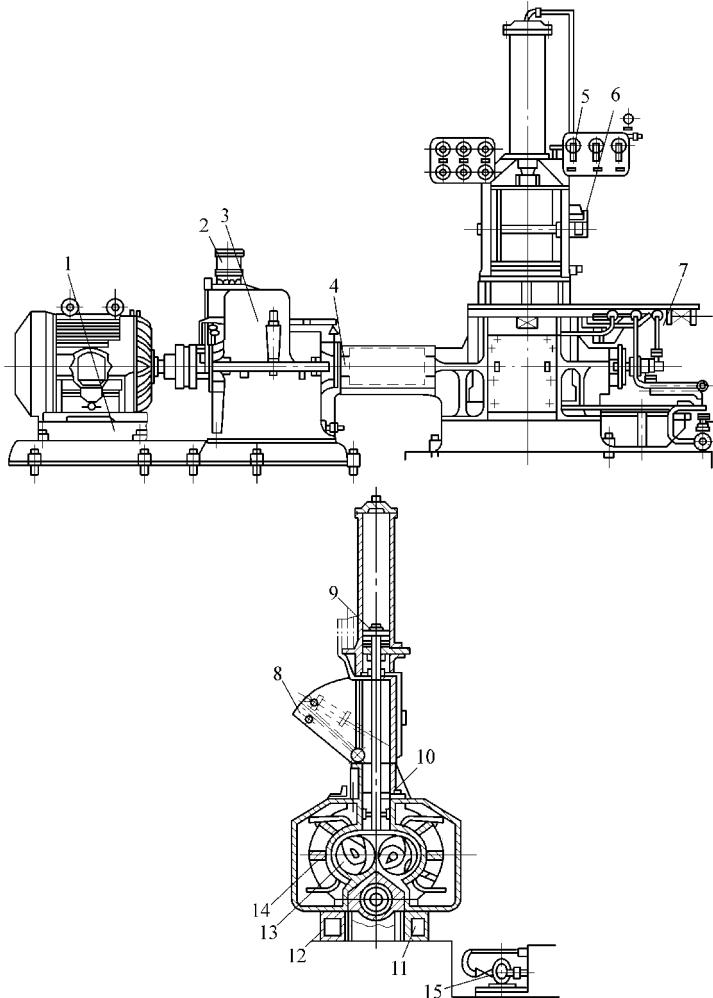


图4-15 密炼机结构组成

- 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

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 4-16 ~ 表 4-19。

表 4-16 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 后转子 35.16	61/31 70/35	30.5/60.9 35/70	48.2 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 4-17 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 SN—75/30 SN—110/30	125 175 250	55 75 110	30/24.5 30/24.5 30/24.5	140 140 140	0.5~0.8 0.4~0.8 0.4~0.8
						77.2 114 189

表 4-18 上海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	密炼室工作容积 /L	转子速比	生产效率 /(min/次)	总功率 /kW	
X(S)-50/42	50	30	1:1.19	10	82.5	
X(S)-80/42	77~86	50~55	1:1.16	6	217.5	
型 号	密炼室总容积/L	密炼室工作容积/L	密炼室翻转角度/(°)	转子速比	生产效率/(min/次)	
塑料加压式捏炼机	X(S)N-75/30 X(S)N-55/32	75 55	50 3.5	140 110~140	1:1.16 1:1.21	10 10
						93 56.5

表 4-19 大连通用橡胶机械有限公司产密炼机型号及技术参数

项 目 \ 型 号	SNF—35/30	SNF—55/30	SNF—75/30	SNF—110/30
捏合总容积/L	75	125	180	250
密炼总容积/L	35	55	75	110
驱动电动机功率/kW	55	55	90	150
翻转电动机功率/kW	2.2	2.2	4	4
翻转角度(°)	140	140	140	140
转子转速(前/后)/(r/min)	30/24.5	30/24.5	30/24.5	30/24.5
压缩空气工作压力/MPa	0.5~0.8	0.5~0.8	0.6~0.8	0.6~0.8
压缩空气流量/(m³/min)	≥0.9	≥1.0	≥1.2	≥1.5
恒温循环水压力/MPa	0.3~0.4	0.3~0.4	0.3~0.5	0.3~0.5
加热器功率/kW	12	12	15	18
外形尺寸(长×宽×高)/mm	3200×1900×2950	3280×1927×2958	3330×2620×3110	3930×3000×3660
质量/kg	6500	7800	10500	1450

(2) 密炼机的工作方式 混合机混合均匀和粉状料由上部进料门进入密炼室。开始工作时, 两根相对旋转运动的转子, 由于其截面为椭圆形, 外表面与密炼室内壁间隙在不断变化, 使原料在上、下顶栓形成的两混炼室内被来回推动翻转(转子运动方式见图 4-15), 受到强烈的挤压和剪切作用。原料间将产生剧烈的摩擦等复杂运动。两根螺旋角和转向不同的转子, 使其周围的原料既有轴向流动, 又有随其转动的圆周运动。

原料在密闭又有一定温度的混炼室内, 同时承受多种力与无规则运动的料流交叉作用, 使原料进一步均匀混合, 很快达到熔融塑化状态。

(3) 密炼机生产操作注意事项

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。

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 $0.7 \sim 1 \text{ MPa}$ ，缓慢送汽升温，直至达到 $160 \sim 180^\circ\text{C}$ 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°C ，其他各部位轴承温度不超过 65°C 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°C 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如图 4-16 所示。

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，

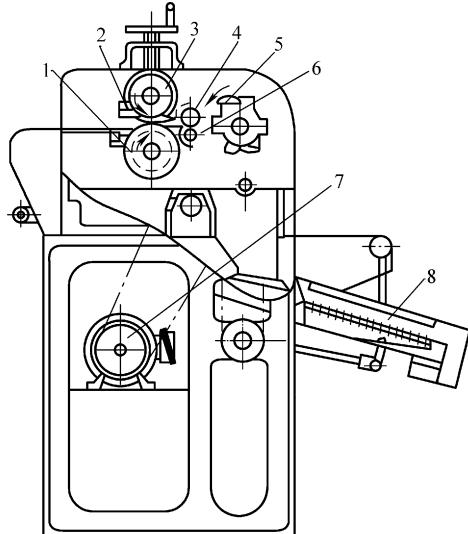


图 4-16 厚片用切粒机的结构示意

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

把未切斷的長條和連體粒篩除。

塑料切粒機基本參數見表 4-20。

表 4-20 塑料切粒機 (SCQ-200B) 基本參數

項 目	指 标	項 目	指 标
切粒片最大寬度/mm	200	切條速度/(m/min)	18
切片寬度/mm	1~3	粒料尺寸/mm	4×4
切條寬度/mm	4	切刀轉速/(r/min)	1137
圓盤刀轉速/(r/min)	50	外形尺寸(長×寬×高)/mm	690×910×1685
主電動機功率/kW	15	重量/kg	1270
刀片材料	9SiCrW18Cr4V		

4.4.3 原料配混工藝操作要點

1. 原料配混工藝方案

經混合機攪拌混合均勻的摻混料，需要經過混煉塑化後切成粒狀料。混合料的生產造粒，根據混合料中摻混料的不同，可採用以下兩種工藝流程方式。

1) 高速混合機混合均勻料→冷混料降溫至45℃以下→擠出機（單螺杆或雙螺杆擠出機）把混合料混煉塑化→擠出切粒。

2) 高速混合機混合均勻料→密煉機混煉塑化→開煉機混煉塑化→第二台開煉機把原料塑化均勻切片→引出片冷卻→收卷，然後用切粒機切成粒狀料。

聚氯乙烯樹脂中摻混料的造粒，可選用任一種工藝流程。對於聚烯烴料，如樹脂與碳酸鈣或滑石粉摻混料造粒，應選用第一種工藝流程；如樹脂與乙丙橡膠（添加量為10%~15%）共混的摻混料造粒，就應選擇第二種工藝流程。

2. 原料配混工藝操作要點

塑料制品成型生產工藝過程中的原料配混、操作時的配混料加入順序、工藝參數的控制及選用的設備和操作方式是否符合工藝要求等，都會對制品的性能和產品質量產生較大影響。所以，對原料配混工藝操作提出下列幾點注意事項。

1) 主原料（以PVC樹脂為例）在配混前一定要用40目篩網過篩，以清除原料中雜質。

2) 原料中含水量超過表4-5規定時要進行乾燥處理，含水量應不超過允許值。如果混合料需用開煉機塑化混煉時，含水量較高的原料可不必進行乾燥，因為原料在高溫（大於100℃）的開煉機上煉塑、原料中的水分會自然揮發掉。

3) 為了得到較均勻的混合料，要求配方中的各種材料的密度和細度要盡量接近一致。

4) 原料向混合機內加料量應不大於混合室容積的75%，高速混合料時間一般不超過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。

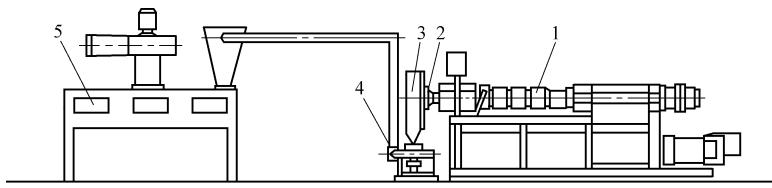


图4-17 风冷热切挤出造粒机机组结构

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

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，经塑化熔融成黏流态，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，由风压管路输出，经冷却、过筛后装袋。

挤出造粒机中的切粒部位结构如图 4-18 所示，它是挤出切粒设备辅机中主要装置。切粒辅机按其工作方式和作用的不同，可分为热切与冷却两部分，而热切又可分为干切、水环切和水下切等结构方式，它们的具体工作方法与应用特点如下。

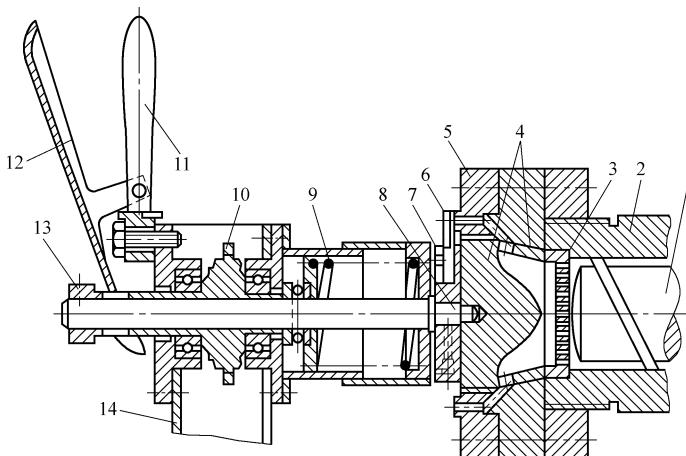


图 4-18 挤出成型条状料模具及切粒装置结构

1—螺杆 2—机筒 3—多孔板 4—分流锥 5—条状粒成型模板
6—切刀片 7—刀架 8—传动轴 9—弹簧 10—传动链轮
11—手柄 12—离合器 13—轴套 14—机架

1) 干切。干切粒生产方法是指挤出机中挤出条状料后立即被旋转的刀片切成长度均匀的粒状，然后由风机通过管道把粒料送至冷却、过筛装置。这种切粒方式适合于聚氯乙烯料的混炼切粒。

2) 水环切。水环切粒生产方法是指挤出机挤出的条状料立即被旋转的刀片切粒，并抛向附在切粒罩内壁高速旋转的水环，然后水流把粒料带到水分离器脱水，干燥后再送至料降温装置处冷却降温，即为成品。此生产方法适合于聚烯烃料的混炼切粒。

3) 水下切。水下切粒生产方法是指挤出机挤出的条状粒立即进入水中冷却降温，然后切成粒料，再由循环水把粒料送至离心干燥机中脱水、干燥。此种切粒方式比较适合双螺杆挤出机混炼原料切粒，用于较大批量生产。

4) 冷切粒。冷切粒是指经济挤出机混炼塑化后的料，从机筒前的成型模具中成型出片状料，先落入水槽中冷却降温后卷取，然后再用专用切粒机切粒。这种挤出切粒生产方式适合于聚乙烯、聚丙烯、ABS、聚对苯二甲酸乙二醇酯的原料混炼切粒。

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 4-21 ~ 表 4-26。

表 4-21 兰泰(甘肃省兰州市)塑料机械有限公司
挤出造粒辅机主要技术参数

型 号	成品粒规格 /mm	切条数 /根	牵引速度/(m/min)	生产能力 /(kg/h)	适应塑料	电动机功率 /kW
TQ-600A(拉条切粒机)	3×3 可调	50	6~60	600	热塑性	7.5
TQ-400A/B(拉条切粒机)	3×3 可调	40	3.6~36	400	热塑性	5.5
XQ-300(拉条切粒机)	3×3 可调	30	3.6~36	300	热塑性	4
XQ-150(拉条切粒机)	3×3 可调	15	3.6~36	150	热塑性	2.2
FLQ-100(风冷模面热切粒)	3×3 可调	40	15	100	PVC、PE、ABS、TPR	0.75
FLQ-200(风冷模面热切粒)	3×3 可调	60	15	200	PVC、PE、ABS、TPR	0.75
SHQ-300(水环热切粒)	3×3 可调	25	25	300	高流动速率塑料	0.75
SNQ-500(水环热切粒)	3×3 可调	40	40	500	高流动速率塑料	1.5

表 4-22 青岛精达塑料机械有限公司塑料
挤出造粒辅机主要技术参数

型 号	切粒规格 /mm	切刀转速 /(r/min)	生产能力 /(kg/h)	冷却方式	总功率/kW
SJL-F200			200	风冷	7.35
SJLZ-60/125-250	3.2×3.5	40~200	250	风冷	55
SJLZ-90-100	3.2×3.5	40~200	100	风冷	49.5
SJLZ-6513-60	3×3	40~200	60	风冷	47.37
SJLZ-120-190	3×3	40~200	180	风冷	106.75

表 4-23 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

(续)

型 号	模孔直径/mm ×数量/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 4-24 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 4-25 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/mm	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	总功率/kW	
	SJL-55	55	3~30	3	3×3	42.6	

表 4-26 东方塑料机械厂(河北省沧州市)
双螺杆挤出造粒机机组技术参数

型 号	螺杆直径/mm	长径比	螺杆转速/(r/min)	生产能力/(kg/h)	外形尺寸(长×宽×高)/mm	总功率/kW
SHL-60 (造粒)	60	(22~26):1	30~300	80~180		53
SHL-60Ⅱ (色母粒造粒)	60	(22~36):1	30~300	80~250		65
SHL-100 (均化造粒)	100	(28~32):1	30~300	800	8000×1300×1200	286

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，不准许有任何杂物存在。
- 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 4-27。

表 4-27 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 $8 \sim 15\mu\text{m}$ ，丝的长度可切成 $3 \sim 12\text{mm}$ 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 $10\% \sim 40\%$ (质量分数)，挤出混合后的玻璃纤维长度为 $0.3 \sim 5\text{mm}$ 。

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°C ）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4-19所示。

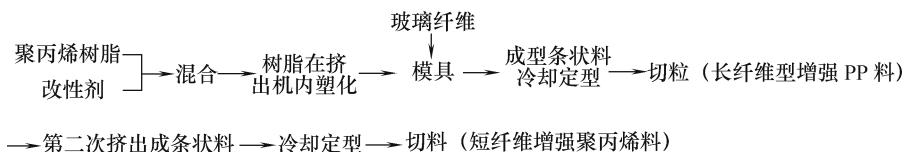


图 4-19 包覆法生产玻璃增强聚丙烯粒料的工艺流程

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、冷却定型后切粒。国内生产的玻璃纤维增强聚丙烯性能指标见表4-28。

表 4-28 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-T ₂₀	FRPP-T ₃₀	
PP 质量分数(%)	79.5	68.4	62~78
玻璃纤维质量分数(%)	20.5	31.6	22~27
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	—
马丁耐热度/℃	100~105	100~110	130~145 (热变形温度,0.46 MPa)
体积电阻率/(Ω·cm)	10 ¹⁵ ~10 ¹⁶	10 ¹⁵ ~10 ¹⁶	(1.5~2.4)×10 ¹⁴
表面电阻率/Ω	10 ¹² ~10 ¹³	10 ¹² ~10 ¹³	7×3.6×10 ¹⁴
介电损耗角正切(60Hz)	(3~5)×10 ⁻³	(3~5)×10 ⁻³	(1.7~3.35)×10 ⁻²
介电常数(60Hz)	2.5~2.7	2.5~2.7	3.85~3.96
介电强度/(kV/mm)	—	—	7.5~15.8
燃烧等级(UL94 法)	—	—	V-0 至 V-1

附录

附录 A 塑料的特点

塑料是指以合成或者天然的高分子为基本成分，以增塑剂、填充剂等为辅助成分，在一定的温度压力下可塑化成型的材料。塑料的特点如下：

- 1) 塑料制品较轻。密度大约在 $0.83 \sim 2.3\text{g/cm}^3$ 范围内，质量只有铝的 $1/2$ ，在要求减轻自身质量的机械设备中应用，意义重大。
- 2) 耐化学腐蚀性比金属材料优异。对酸、碱及化学药品有较强的防腐性能，是化工设备中应用较多的一种材料。
- 3) 塑料制品的电绝缘性能好、介质损耗小。可用做电气工业中的材料。
- 4) 耐磨性能好。可用做轻负荷设备中的减摩和耐磨材料。
- 5) 消声、隔热性能优良。用塑料制成的传动齿轮，传动噪声小、振动降低；泡沫塑料是很好的隔热保温材料。
- 6) 改性增强塑料有较好的力学性能。在某些方面替代金属材料应用，在减轻设备质量方面具有突出的优点。
- 7) 不足之处：制品耐热性能差，多数制品不能在 100°C 以上的环境中应用；导热性极差，热胀系数大，易燃、易老化；制品的强度和刚性无法与金属材料相比。

附录 B 塑料性能含义

- (1) 密度 塑料的密度是指在一定温度时单位体积的质量。
- (2) 吸水量 塑料的吸水量是指将塑料试样在 23°C 下浸泡在蒸馏水中 24h 后所吸收的水量。吸水量与试样质量之比为吸水率。
- (3) 透明度 透明度通常用透光度来表示。透光度是指透过被测物体的光通量和射到被测物体上的光通量的比值（%），是在光度计上测定的。
- (4) 摩擦系数 阻碍两个接触物移动所产生的力即为摩擦力。摩擦力与两个接触物表面间的压力比值即为摩擦系数。塑料的摩擦系数不仅与表面粗糙度和清洁度有关，还与接触面的受压力、移动速度、温度和湿度等因素有关。
- (5) 拉伸强度 塑料的拉伸强度是指在规定的标准（试验温度、湿度和拉伸速度）试验条件下，对试样沿其纵向（轴向）施加拉伸载荷，直至试样断裂所承受的最大

大拉伸力。拉伸强度计算公式为

$$\sigma_t = \frac{P}{bd}$$

式中 σ_t ——拉伸强度 (Pa)；

P ——试样最大拉伸载荷 (N)；

b ——试样宽 (m)；

d ——试样厚 (m)。

塑料拉伸强度按 GB/T 1040.1—2006 标准测试。

(6) 拉伸弹性模量 拉伸弹性模量是表示材料刚性大小、是否容易被拉伸变形的物理量。这个值越高，其刚性越大，越不易变形。

(7) 伸长率 伸长率是指材料被拉伸断裂破坏时的长度变化率(即拉伸断裂时伸长值与初始长度值之比)，表示材料的韧性大小。对于塑料制品，其伸长率越大，说明它越柔软。

(8) 弯曲强度 将试样水平放在两个支点上，在两个支点间施加集中载荷，使试样变形直至破裂时的强度即为弯曲强度。

(9) 弯曲弹性模量 在比例极限内试样的弯曲应力与相应的应变之比称为材料的弯曲弹性模量。它是表示塑料制品是否容易弯曲变形的物理量。

(10) 压缩强度和压缩弹性模量 在标准试样条件下对其两端施加压缩载荷，直至破坏时的最大压缩应力为材料的压缩强度。

在比例极限内试样的压缩应力与相应的应变之比称为材料的压缩弹性模量。

(11) 冲击强度 工程上用材料的韧性来表示冲击强度。它表示材料在快速载荷作用下因产生塑性变形吸收能量而抵抗断裂破坏的能力，用单位断裂面积所消耗能量的大小来表示，单位为 kJ/m^2 。

(12) 疲劳强度 疲劳强度是指塑料在交变周期性应力作用下发生破坏的极限强度。

(13) 硬度 塑料硬度是指塑料制品表面抵抗其他较硬物体压入的性能。硬度的检测和计算方法分为几种，常应用的方法有洛氏硬度和肖氏硬度。肖氏硬度按 GB/T 2411—2008 标准测试，洛氏硬度按 GB/T 3398.2—2008 标准测试。

(14) 热导率 当材料在某方向存在温度梯度时就会产生热的流动，即称为导热。热导率是材料导热能力大小的衡量。热导率是指通过垂直于温度梯度方向上单位面积的热传导速率。塑料的热导率很低，所以广泛用来做绝热材料，特别是泡沫塑料，它是一种优异的绝热保温材料。

(15) 线膨胀系数 塑料制品的线膨胀系数是指温度升高 1°C 时，每 1cm 的塑料伸长的长度(cm)与原来长度之比。塑料的线膨胀系数比其他材料的线膨胀系数大数倍。

(16) 比热容 比热容是指单位质量(1g)塑料升高1℃所需要的热量，即为该塑料的比热容，单位为J/(kg·K)。塑料比热容大小，通常是指将塑料塑化呈熔融态所需要的能量。

(17) 玻璃化温度 玻璃化温度是指高聚物的温度降至此温度时成为玻璃态固体。玻璃化温度是无定形聚合物由玻璃态向高弹态的转变温度，或半结晶型聚合物的无定形相由玻璃态向高弹态的转变温度。通常，玻璃化温度是塑料理论上能够工作的温度上限。超过这个温度，塑料丧失了力学性能，其他许多性能也会急剧下降。玻璃化温度用 T_g 表示。

(18) 熔融温度和流动温度 塑料的熔融温度是结晶型聚合物由晶态转变为熔融态的温度，用 T_m 符号表示。

对于无定形塑料，转变为熔融状态的温度即为流动温度，用 T_f 符号表示。从分子运动观点， T_m 或 T_f 是聚合物分子链整链能够运动、相互滑移的温度。超过 T_m 或 T_f 温度，则塑料成为流体，它是塑料成型加工的温度下限。

(19) 分解温度 塑料的分解温度是指其受热时大分子链断裂时的温度，也就是塑料在加热后温度上升，使其失重突然加速时的温度，即热分解温度。用符号 T_d 表示。

(20) 热变形温度 塑料的热变形温度是按GB/T 1634.1—2004、GB/T 1634.2—2004、GB/T 1634.3—2004塑料弯曲负载热变形温度试验方法测试的。

(21) 最高连续使用温度 塑料制品的最高连续使用温度是指这种塑料制品在实际应用条件中可以长时间正常工作而性能不致严重恶化的温度。

(22) 脆化温度 塑料脆化温度的高低体现出这种塑料的耐寒性能。一般情况下，塑料随着温度的下降而变得越来越硬而脆。脆化温度是指塑料在冲击载荷作用下由于脆性而破坏的温度。脆化温度是塑料使用温度的下限，用符号 T_b 表示。

(23) 成型收缩率 塑料从模具中成型脱离后尺寸缩小的现象称为收缩。成型收缩率是指塑料成型后的尺寸缩小量与收缩前的尺寸之比。

(24) 相对介电常数 相对介电常数是绝缘材料介质极化的一个宏观参数，是指将这种材料作为电容器介质时，电容器的电容与以真空(或空气)为介质时同尺寸电容器电容之比，用符号 ϵ 表示。相对介电常数表示该材料作为绝缘物贮存电能的能力。塑料制品是一种较优良的电介质。相对介电常数越小，说明这种塑料的绝缘性能就越好。

(25) 介质损耗角正切 接在交流电源上的电容器，当电介质是理想的绝缘体时，在电量的贮存和回流过程中不消耗电能。若电介质不是理想的绝缘体时，就会有泄漏电流通过，此泄漏电流转变为热能使绝缘体发热，于是有一部分电流被消耗了，这种被消耗的电能称为介质损耗。如果没有介质损耗，则施于绝缘体上的电压与通过绝缘体的电流间相角应为直角，但实际上由于各种绝缘体的介质损耗关系，

使电压与电流间的相角必须小于直角，两者之差称为介质损耗角(δ)，损耗角的大小通常用其正切值来表示，即 $\tan\delta$ 。损耗角的正切值称介质损耗因数(此值越小，说明塑料的绝缘性能越好)。常用塑料的介质损耗因数按标准 GB/T 1409—2006 的规定测试。

(26) 表面电阻率和体积电阻率 表面电阻率是指沿试样表面电流方向的直流电场强度与单位长度的表面传导电流之比，用符号 ρ_s 表示。

体积电阻率是指沿试样体积电流方向的直流电场强度与电流密度之比，用符号 ρ_v 表示。常用塑料体积电阻率按 GB/T 1410—2006 标准规定的试验方法测试。

(27) 介电强度 介电强度是指某种绝缘材料所能承受电压的能力，定义为在规定的试验条件下，试样在均匀电场中被击穿时的电压值与试样厚度的比值，用符号 E_b 表示。常用塑料和其他一些绝缘材料的介电强度按 GB/T 1408. 1—2006、GB/T 1408. 2—2006、GB/T 1408. 3—2007 标准规定的试验方法测试。

(28) 耐电弧性 耐电弧性是指塑料制品耐高压电弧作用的能力。耐电弧性是以在电弧作用下引起材料表面形成导电通路而电弧熄灭所需的时间(s)来表示。常用塑料的耐电弧性按照 GB/T 1411—2002 标准、固体电工绝缘材料高压小电流间歇耐电弧试验方法测试。

附录 C 塑料的简单鉴别

塑料制品成型用原料的鉴别，当生产厂没有复杂的分析仪器时，一般多采用简单的检测密度、燃烧和溶解性等方法来判断塑料的品种。密度值的检测按 GB 1033. 1—2008 标准规定。

几种常用塑料制品特征及性能辨别比较见表 C-1。

1. 塑料制品的燃烧特点

通过观察塑料制品燃烧所产生的现象，可鉴别出塑料品种，方法比较简便。但要注意安全，具体试验方法要求如下。

1) 取试样约 0.1g，放在洁净的玻璃或不锈钢板上，用煤气灯上的小火加热，直至冒烟，观察烟的颜色、气味以及燃烧速度，并用试纸(湿的)检测分解气体的酸碱性。

2) 将试样移至火焰高温区，观察试样的可燃性和燃烧速度，看火焰的颜色。

3) 将试样移开火焰区，观察试样是继续燃烧还是自熄，观察残余物形状。

表 C-1 常用塑料制品特征及性能辨别比较

塑料名称		密度 /(g/cm ³)	外观特征	燃烧特点	在溶液中	用途
聚乙烯 (PE)	低密度	0.910 ~ 0.925	制品呈乳白色,半透明,蜡状,手触摸有柔韧滑腻感;稍能伸长	易燃烧,离火后继续燃烧,火焰上部为黄色,下部为蓝色;熔化流淌,无烟,气味与蜡烛相似	能浮于水面,在58.4%的乙醇溶液中下沉	吹塑薄膜、中空注射制品、水管和日常生活用品
	中密度	0.926 ~ 0.940				
	高密度	0.941 ~ 0.965				
聚丙烯 (PP)		0.905 (23℃)		易燃烧,离火继续燃烧,火焰上部呈黄色,下部呈蓝色;料熔化流淌,冒黑烟,有石油味	能浮在58.4%的乙醇溶液和水中	编织袋、绳、渔网、医疗器械、滤布、防水布、棉制品、法兰、自行车、汽车零件和生活日用品等
聚氯乙烯 (PVC)	硬质	1.35 ~ 1.45	纯PVC制品为黄色透明状,透明度比PE、PP好,不如PS	不易燃烧,离火即灭,燃烧时火焰上部呈黄色,下部为绿色,有白烟;有一种刺激性酸味	在食盐饱和溶液和水中下沉	板、片、管、泵体和异型材等
	软质	1.16 ~ 1.35				薄膜、电线护套、鞋底和生活日用品等
聚苯乙烯 (PS)		1.1 ~ 3.6	无色透明,类似玻璃制品,脆、易裂,落地发出类似金属声	易燃,离火后继续燃烧,火焰呈橙黄色;料软化时起泡冒黑烟	在水中下沉,能浮在氯化钙水溶液中	杯、盘等餐具类,文教用品,仪表、电器用零件

常用塑料的燃烧特点见表C-2。

表 C-2 常用塑料的燃烧特点

塑料名称	燃烧性	试样的外形变化	分解出的气体的酸碱性	火焰的外表	分解出的气体的气味	其他
聚四氟乙烯	不燃烧	无变化	在火中分解出刺鼻的氟化氢	—	—	—
酚醛树脂	在火焰中很难燃烧, 离火后自熄	保持原形, 然后开裂分解	中性	发亮, 冒烟	酚与甲醛味	—
聚氯乙烯, 聚偏氯乙烯	在火焰中能燃烧, 离火后自熄	先变软, 然后分解, 样品变成褐色或黑色	强酸性	黄橙色, 边缘发绿色	氯化氢味	—
氯化聚醚	火焰中能燃烧, 离开火焰后自熄	变软, 不滴淌	中性	绿色, 起炱(冒黑烟)	—	—
氯乙烯-丙烯腈共聚物		收缩, 变软, 溶化	酸性	黄橙色, 边缘发绿色	氯化氢味	—
氯乙烯-乙酸乙烯共聚物		变软		黄色, 边缘发绿色	氯化氢味	—
聚碳酸脂		熔化, 分解焦化	中性, 开始时为弱酸性	明亮, 起炱	无特殊味	—
聚酰胺	火焰中能燃烧, 离开火焰后自熄	熔化, 滴淌, 然后分解	碱性	黄橙色, 边缘蓝色	烧头发味	—
层压酚醛树脂	火焰中能燃烧, 离火后自熄	通常会焦化	中性	黄色	苯酚, 焚纸味	—
聚乙烯醇		熔化, 变软, 变褐色, 分解		明亮	刺激味	—
聚对苯二甲酸乙二醇酯	火焰中能燃烧, 离开火焰后继续燃烧	变软熔化淌滴	—	黄橙色, 起炱	甜香, 芳香味	—
聚乙烯, 聚丙烯		熔化, 缩成滴	中性	明亮, 中间发蓝色	石蜡味	淌下小滴, 继续燃烧
聚酯		熔化, 缩成滴	中性	黄色, 明亮, 起炱	辛辣味	—
丙烯酸酯树脂				黄色, 边缘发蓝色	酯味	—

(续)

塑料名称	燃烧性	试样的外形变化	分解出的气体的酸碱性	火焰的外表	分解出的气体的气味	其他
聚苯乙烯，聚甲基苯乙烯	火焰中能燃烧，离开火源后继续燃烧	变软	中性	明亮，起泡	甜味(苯乙烯)	—
聚乙酸乙烯酯			酸性	深黄色，明亮，稍起泡	乙酸味	—
聚甲基丙烯酸甲酯		变软，稍有焦化	中性	黄色，边缘发蓝色，明亮，稍起泡，有破裂声	水果甜味	—
聚甲醛		熔化，分解	中性	蓝色	甲醛味	—
聚氨酯		熔化，滴落，燃烧迅速，焦化	—	黄橙色，冒灰烟	辛辣刺激味	—
聚丙烯酸酯		熔化，分解	中性	明亮，起泡	刺鼻味	—

阻燃塑料有：聚四氟乙烯、聚三氟氯乙烯、全氟(乙烯-丙烯共聚物)、全氟烷氧基聚合物、聚三氟氯乙烯-乙烯共聚物、聚偏氟乙烯、偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物、四氟乙烯-六氟丙烯共聚物、聚芳砜、聚醚砜、芳香族聚酰胺、聚氯乙烯、聚偏二氯乙烯、氯化聚氯乙烯、聚苯硫醚、三聚氰胺甲醛塑料。

阻燃较差的塑料有：有机硅塑料、聚砜、聚苯醚、聚碳酸酯、环氧塑料、酚醛塑料、脂肪族聚酰胺、聚邻苯二甲酸二烯丙酯、脲醛塑料、氯化聚乙烯、氯磺化聚乙烯。

易燃塑料有：聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚甲醛、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚对苯二甲酸丁二醇酯、丙烯酸塑料、纤维素塑料、聚氨酯、不饱和聚酯。

2. 塑料制品的溶解性

塑料制品的溶解，可理解为由于溶质分子与溶剂分子间的相互作用，而使分子链间的距离增大。除了聚四氟乙烯等一些线型聚合物外，一般塑料都能溶解在某些溶剂中。工作中可以借助于不同塑料的溶解行为来鉴别塑料品种。常用塑料的溶解性能见表 C-3。

表 C-3 常用塑料的溶解性能

塑料名称	溶解	不溶解
聚乙烯	十氢萘、四氢萘、1-氯萘(均为130℃以上)	醇类、汽油酯类、环乙酮
聚丙烯		
聚苯乙烯	醋酸丁酯、苯、二甲基甲酰胺、氯仿、二氯甲烷、甲乙酮、吡啶	醇类、水、汽油
聚酰胺	甲酸、苯酚、三氟乙醇、六甲基磷酰胺、苯酚、四氯乙烷	醇类、酯类、烃类
聚酯类	苯醇、硝基烃、苯酚类、六甲基磷酰胺	醇类、酯类、烃类
聚甲基苯乙烯	苯、甲苯	—
聚氨酯	二甲基甲酰胺、四氢呋喃、甲酸、乙酸乙酯、六甲基磷酰三胺	乙醚、醇类、汽油、苯、水、盐酸
醋酸纤维素	甲酸、冰醋酸、二氯甲烷-甲醇(9:1)	—
聚偏氯乙烯	醋酸丁酯、二氧六环、酮类、四氢呋喃、二甲基甲酰胺(热)、氯苯、六甲基磷酰三胺(热)	醇类、烃类
环氧树脂(未固化)	醇类、二氧六环、酯类、酮类	烃类、水
聚丙烯腈	二甲基甲酰胺、硝基苯、三氯甲烷、丁内酯、矿物酸、六甲基磷酰三胺	醇类、酯类、酮类、烃类、甲酸
聚氯乙烯	二甲基甲酰胺、四氢呋喃、环乙酮、氯苯、六甲基酰三胺、二氯乙烷	醇类、醋酸丁酯、烃类、二氧六环
聚碳酸酯	环乙酮、二氯甲烷、二甲基甲酰胺、甲酚	醇类、汽油、水
聚对苯二甲酸乙二醇酯	邻氯苯酚、苯酚-四氯乙烷、苯酚-二氯苯、二氯醋酸	—
聚苯醚	二甲基亚砜、二甲基甲酰胺、丁内酯	烃类、醇类
ABS	三氯甲烷	醇类、汽油、水
聚乙烯醇	甲酰胺、水、六甲基磷酰三胺	乙醚、醇类、汽油、苯、酯类、酮类
聚醋酸乙烯酯	芳香烃类、氯代烃类、酮类、甲醇、酯类	汽油
氯化聚醚	环己酮	醋酸乙酯、二甲基甲酰胺、甲苯
苯乙烯-丁二烯共聚物	醋酸乙酯、苯、三氯甲烷	醇类、水
氯乙烯-醋酸乙烯共聚物	三氯甲烷、四氢呋喃、环己烷	醇类、烃类
聚四氟乙烯	—	全部溶剂、沸腾的硫酸
聚甲基丙烯酸酯	芳香烃类、二氧六环、酯类、酮类、卤代烃类	醇类、脂肪烃类、醚类

附录 D 常用资料

塑料加工中常用的物理量及常用原材料的代号分别见表 D-1 ~ 表 D-4。

表 D-1 塑料名称、缩写代号和树脂英文全称

塑 料 名 称	缩 写 代 号	树 脂 英 文 全 称
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	ABS	acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer
丙烯腈-苯乙烯共聚物	A/S	acrylonitrile-styrene copolymer
丙烯腈-甲基丙烯酸甲酯共聚物	A/MMA	acrylonitrile-methyl methacrylate copolymer
丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯共聚物	A/S/A	acrylonitrile-styrene-acrylate copolymer
乙酸纤维素	CA	cellulose acetate
乙酸-丁酸纤维素	CAB	cellulose acetate butyrate
乙酸-丙酸纤维素	CAP	cellulose acetate propionate
甲酚-甲醛树脂	CF	cresol-formaldehyde resin
羧甲基纤维素	CMC	carboxymethyl cellulose
硝酸纤维素	CN	cellulose nitrate
丙酸纤维素	CP	cellulose propionate
酪素塑料	CS	casein plastics
三乙酸纤维素	CTA	cellulose triacetate
乙基纤维素	EC	ethyl cellulose
环氧树脂	EP	epoxide resin
乙烯-丙烯共聚物	E/P	ethylene-propylene copolymer
乙烯-丙烯-二烯三元共聚物	E/P/D	ethylene-propylene diene terpolymer
乙烯-四氟乙烯共聚物	E/TFE	ethylene-tertafluoroethylene copolymer
乙烯-乙酸乙烯酯共聚物	E/VAC	ethylene-vinylacetate copolymer
乙烯-乙烯醇共聚物	E/VAL	ethylene-vinylalcohol copolymer
全氟(乙烯-丙烯)共聚物, 四氟乙烯-六氟丙烯共聚物	FEP	perfluorinated ethylene-propylene copolymer
通用聚苯乙烯	GPS	general polystyrene
玻璃纤维增强塑料	GRP	glass fibre reinforced plastics
高密度聚乙烯	HDPE	high density polyethylene
高冲击强度聚苯乙烯	HIPS	high impact polystyrene
低密度聚乙烯	LDPE	low density polyethylene
甲基纤维素	MC	methyl cellulose
中密度聚乙烯	MDPE	middle density polyethylene

(续)

塑料名称	缩写代号	树脂英文全称
三聚氰胺-甲醛树脂	MF	melamine-formaldehyde resin
三聚氰胺-酚甲醛树脂	MPF	melamine-phenol-formaldehyde resin
聚酰胺	PA	polyamide
聚丙烯酸	PAA	poly(acrylic acid)
聚丙烯腈	PAN	polyacrylonitrile
聚丁烯-1	PB	polybutene-1
聚对苯二甲酸丁二(醇)酯	PBT	poly(butylene terephthalate)
聚碳酸酯	PC	polycarbonate
聚三氟氯乙烯	PCTFE	polychlorotrifluoroethylene
聚邻苯二甲酸二烯丙酯	PDAP	poly(diallyl phthalate)
聚间苯二甲酸二烯丙酯	PDAIP	poly(diallyl isophthalate)
聚乙烯	PE	polyethylene
氯化聚乙烯	PEC	chlorinated polyethylene
聚氧化乙烯,聚环氧乙烷	PEOX	poly(ethylene oxide)
聚对苯二甲酸乙二(醇)酯	PET	poly(ethylene terephthalate)
酚醛树脂	PF	phenol-formaldehyde resin
聚酰亚胺	PI	polyimide
聚2-氯代丙烯酸甲酯	PMCA	poly(methyl 2-chloroacrylate)
聚甲基丙烯酰亚胺	PMI	polymethacrylimide
聚甲基丙烯酸甲酯	PMMA	poly(methyl methacrylate)
聚甲醛	POM	polyformaldehyde(polyoxymethylene)
聚丙烯	PP	polypropylene
氯化聚丙烯	PPC	chlorinated polypropylene
聚苯醚(聚2,6-二甲基苯醚)	PPO	poly(phenylene oxide)
聚氧化丙烯;聚环氧丙烷	PPOX	poly(propylene oxide)
聚苯硫醚	PPS	poly(phenylene sulfide)
聚苯砜	PPSU	poly(phenylene sulfone)
聚苯乙烯	PS	polystyrene
聚砜	PSU	polysulfone
聚四氟乙烯	PTFE	polytetrafluoroethylene
聚氨酯	PUR	polyurethane
聚乙酸乙烯酯	PVAC	poly(vinyl acetate)

(续)

塑料名称	缩写代号	树脂英文全称
聚乙烯醇	PVAL	poly(vinyl alcohol)
聚乙烯醇缩丁醛	PVB	poly(vinyl butyral)
聚氯乙烯	PVC	poly(vinyl chloride)
氯乙烯-乙酸乙烯酯共聚物	PVCA	poly(vinyl chloride-acetate)
氯化聚氯乙烯	PVCC	chlorinated poly(vinyl chloride)
聚偏二氯乙烯	PVDC	poly(vinylidene chloride)
聚偏二氟乙烯	PVDF	poly(vinylidene fluoride)
聚氟乙烯	PVF	poly(vinyl fluoride)
聚乙烯醇缩甲醛	PVFM	poly(vinyl formal)
聚乙烯基咔唑	PVK	poly(vinyl carbazole)
聚乙烯基吡咯烷酮	PVP	poly(vinyl pyrrolidone)
增强塑料	RP	reinforced plastics
间苯二酚-甲醛树脂	RF	resorcinol-formaldehyde resin
苯乙烯-丙烯腈共聚物	S/AN	styrene-acrylonitrile copolymer silicone
聚硅氧烷	SI	silicone
苯乙烯- α -甲基苯乙烯共聚物	S/MS	styrene- α -methylstyrene copolymer
脲甲醛树脂	UF	urea-formaldehyde resin
超高分子量聚乙烯	UHMWPE	ultra-high molecular weight polyethylene
不饱和聚酯	UP	unsaturated polyester
氯乙烯-乙烯共聚物	VC/E	vinyllchloride-ethylene copolymer
氯乙烯-乙烯-丙烯酸甲酯共聚物	VC/E/MA	vinyllchloride-ethylene-methylacrylate copolymer
氯乙烯-乙烯-乙酸乙烯酯共聚物	VC/E/VAC	vinyllchloride-ethylene-vinylacetate copolymer
氯乙烯-丙烯酸甲酯共聚物	VC/MA	vinyllchloride-methylacrylate copolymer
氯乙烯-甲基丙烯酸甲酯共聚物	VC/MMA	vinyllchloride-methyl methacrylate copolymer
氯乙烯-丙烯酸辛酯共聚物	VC/OA	vinyllchloride-octylacrylate copolymer
氯乙烯-乙酸乙烯酯共聚物	VC/VAC	vinyllchloride-vinylacetate copolymer
氯乙烯-偏二氯乙烯共聚物	VC/VDC	vinyllchloride-vinylidene chloride copolymer

注：摘自 GB/T 1844.1—2008。

表 D-2 常用增塑剂名称与缩写代号

名 称	代 号	名 称	代 号
邻苯二甲酸二甲酯	DMP	磷酸三乙酯	TEP
邻苯二甲酸二乙酯	DEP	磷酸三丁酯	TBP
邻苯二甲酸二丁酯	DBP	磷酸三苯酯	TPP
邻苯二甲酸二异丁酯	DIBP	磷酸三甲苯酯	TCP
邻苯二甲酸二辛酯	DOP	环氧大豆油	ESO
邻苯二甲酸二环己酯	DCHP	环氧硬脂酸丁酯	BES
邻苯二甲酸二庚酯	DHP	石油磺酸苯酯	T-50 M-50
邻苯二甲酸二异辛酯	DIOP	氯化石蜡	P-Cl
邻苯二甲酸二仲辛酯	DCP	马来酸二辛酯	DOM
邻苯二甲酸二壬酯	DNP	间苯二甲酸二辛酯	DOIP
邻苯二甲酸二异癸酯	DIDP	己二酸二异癸酯	DIDA
邻苯二甲酸二(十三)酯	DTDP	磷酸三辛酯	TOP
邻苯二甲酸丁苄酯	BBP	环氧硬脂酸辛酯	ED ₃
己二酸二辛酯	DOA	偏苯三酸三辛酯	TOTM
壬二酸二辛酯	DOZ	柠檬酸三正丁酯	TBC
癸二酸二正丁酯	DBS	油酸四氢呋喃甲酯	THFO
癸二酸二辛酯	DOS		

表 D-3 常用稳定剂及其他助剂名称与缩写代号

名 称	代 号	名 称	代 号
二盐基亚磷酸铅	2PbO	褐煤酯蜡	OP 蜡
三盐基硫酸铅	3PbO	液体石蜡(白油)	—
硬脂酸钙	CaSt	聚乙烯蜡	—
硬脂酸钡	BaSt	氯化石蜡	P-Cl
硬脂酸镉	CdSt	丙烯酸酯类	ACR
硬脂酸镁	MgSt	偶氮二甲酰胺	发泡剂 AC
硬脂酸锌	ZnSt	三氧化二锑	Sb ₂ O ₃
硬脂酸铝	AlSt	液体有机钙锌复合物	—
硬脂酸铅	PbSt	液体有机钡锌复合物	—
二月桂酸二丁基锡	DBTL	液体有机钡镉锌复合物	—
碳酸钙	CaCO ₃	液体有机钡镉复合物	—
氯化聚乙烯	CPE	2-羟基-4-正辛氧基二苯甲酮	2H4OBP
乙烯-醋酸乙烯共聚物	EVA	甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物	MBS
硬脂酸	HSt		

表 D-4 常用塑料主要性能参数

塑料名称	密度 /(t/m ³)	热变形 温度/℃ (0.45MPa)	熔融温度 /℃	长期使用 最高温度 /℃	分解温度 /℃	脆化温度 /℃	吸水率 (%)
低密度聚乙烯 (LDPE)	0.91 ~ 0.93	38 ~ 49	108 ~ 126	82 ~ 100	>300	-55 ~ -80	<0.01
高密度聚乙烯 (HDPE)	0.941 ~ 0.965	66 ~ 82	125 ~ 136	80 ~ 121	>300	-70 ~ -100	<0.01
聚丙烯(PP)	0.90 ~ 0.91	105 ~ 110	164 ~ 170	107 ~ 149	—	-10	0.01 ~ 0.03
玻璃纤维增强聚丙 烯	1.10 ~ 1.13	127	170 ~ 180	—	—	—	0.02 ~ 0.05
聚苯乙烯(PS)	1.04 ~ 1.07	65 ~ 90	150 ~ 180	60 ~ 80	300	-30	0.03 ~ 0.20
改性聚苯乙烯 (HIPS)	1.04 ~ 1.06	70 ~ 84	—	—	—	—	0.05 ~ 0.22
硬聚氯乙烯(UPVC)	1.40 ~ 1.60	67 ~ 82	136 ~ 210	60 ~ 80	200 ~ 210	-50 ~ -60	0.03 ~ 0.04
软聚氯乙烯(SPVC)	1.20 ~ 1.40	—	110 ~ 160	65 ~ 80	—	—	0.2 ~ 1.0
丙烯腈-丁二烯-苯 乙烯共聚物(ABS)	1.05	65 ~ 98	130 ~ 160	55 ~ 110	>250	-40	0.3 ~ 0.7
高抗冲(ABS)	1.07	98	128 ~ 155	—	—	-40	0.3
耐热型(ABS)	1.06 ~ 1.08	104 ~ 116	160 ~ 190	—	—	—	0.2
聚酰胺6(PA6)	1.13 ~ 1.15	140 ~ 176	215	79 ~ 121	—	-20 ~ -30	1.9
聚酰胺66(PA66)	1.14 ~ 1.15	149 ~ 176	250 ~ 265	82 ~ 149	—	-25 ~ -30	1.5
聚酰胺610(PA610)	1.08 ~ 1.13	148 ~ 185	210 ~ 220	80 ~ 120	—	-20	0.4 ~ 0.5
聚酰胺1010(PA1010)	1.04 ~ 1.06	148 ~ 150	200 ~ 210	80 ~ 120	—	-60	0.39
聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)	1.17 ~ 1.20	74 ~ 109	160	65 ~ 95	>270	90	0.40
均聚聚甲醛(POM)	1.43	124	175	90	约250	-40	0.25
共聚聚甲醛(POM)	1.41	110 ~ 157	165	100	约250	-60	0.22
聚碳酸酯(PC)	1.2	126 ~ 135	220 ~ 230	120	320 ~ 340	-100	0.2 ~ 0.3
聚苯醚(PPO)	1.06 ~ 1.10	180 ~ 204	257 ~ 300	120	>350	-170	0.03
聚对苯二甲酸乙二 醇酯(PET)	1.2 ~ 1.38	85 ~ 115	250 ~ 255	120	>304	-70	0.13
聚对苯二甲酸乙二 丁酯(PBT)	1.32 ~ 1.48	90 ~ 100	225 ~ 235	—	280	—	0.06 ~ 0.01
聚砜(PSU)	1.24	181	250 ~ 280	150	426	-101	0.3
聚醚砜(PES)	1.37	180 ~ 204	300	180	—	> -150	0.43

(续)

塑料名称	密度 /(t/m ³)	热变形 温度/℃ (0.45MPa)	熔融温度 /℃	长期使用 最高温度 /℃	分解温度 /℃	脆化温度 /℃	吸水率 (%)
醋酸纤维素(CA)	1.29 ~ 1.34	51 ~ 91	160 ~ 252	—	—	—	12
丙烯腈-氯化聚乙烯 -苯乙烯(ACS)	1.07 ~ 1.16	78 ~ 86	160 ~ 170	—	—	—	—
丙烯腈-苯乙烯共聚物(AS)	1.07	87 ~ 104	—	—	—	—	0.2
氯化聚醚(CPT)	1.4	141	178 ~ 182	—	—	—	0.01
玻璃纤维增强聚苯乙烯	1.20 ~ 1.33	103	—	—	—	—	0.05 ~ 0.07
玻璃纤维增强聚碳酸酯	1.25 ~ 1.30	128 ~ 145	220 ~ 230	130	—	—	0.1 ~ 0.2
醋酸丁酸纤维素(CAB)	1.2	45 ~ 95	140	—	—	—	—
玻璃纤维增强聚酰胺(PA6)	1.42	215	225	—	—	—	—
玻璃纤维增强聚酰胺(PA66)	1.35 ~ 1.54	250 ~ 265	260	—	—	—	0.8
玻璃纤维增强聚酰胺(PA1010)	1.25 ~ 1.35	185	204	—	—	—	—
玻璃纤维增强聚酰胺(PA610)	134 ~ 137	215 ~ 226	204	—	—	—	—

塑料名称	成型收缩率 (%)	硬度 HRR	拉伸强度 /MPa	拉伸弹性 模量/GPa	抗弯强度 /MPa	弯曲弹性 模量/GPa
低密度聚乙烯(LDPE)	1.5 ~ 3.5	41 ~ 50HS	12 ~ 16	0.1 ~ 0.27	12 ~ 17	0.06 ~ 0.42
高密度聚乙烯(HDPE)	1.5 ~ 3.5	60 ~ 70HS	21 ~ 38	0.42 ~ 0.95	25 ~ 40	0.7 ~ 0.78
聚丙烯(PP)	1.0 ~ 2.5	95 ~ 105	30 ~ 40	1.1 ~ 1.6	40 ~ 56	—
玻璃纤维增强聚丙烯	0.4 ~ 0.8	105	68 ~ 80	—	120	4.5
聚苯乙烯(PS)	0.2 ~ 0.6	65 ~ 80	≥58.8	—	68.6 ~ 78.4	—
改性聚苯乙烯(HIPS)	0.02 ~ 0.06	65 ~ 75	27.44 ~ 35.28	2.06 ~ 2.74	—	39.2 ~ 51.94
硬聚氯乙烯(UPVC)	0.2 ~ 0.4	65 ~ 85	35 ~ 55	2.5 ~ 4.2	80 ~ 110	2.1 ~ 3.5
软聚氯乙烯(SPVC)	1.5 ~ 3.0	—	10 ~ 21	—	—	0.006 ~ 0.012
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)	0.03 ~ 0.08	100	35 ~ 49	1.8	80	1.4

(续)

塑料名称	成型收缩率 (%)	硬度 HRR	拉伸强度 /MPa	拉伸弹性 模量/GPa	抗弯强度 /MPa	弯曲弹性 模量/GPa
高抗冲(ABS)	0.3~0.8	121	33~45	1.8~2.3	97	3.0
耐热型(ABS)	0.3~0.8	106~114	53~56	2.5	84	2.5
聚酰胺6(PA6)	0.8~1.5	114	76	—	100	—
聚酰胺66(PA66)	0.8~1.5	118	83	—	100~110	—
聚酰胺610(PA610)	1.0~1.5	110	60	—	100	—
聚酰胺1010(PA1010)	1.0~1.5	—	54	—	89	—
聚甲基丙烯酸甲酯(PM-MA)	0.2~0.8	85~105	49~77	2.7~3.2	91~130	3.103
均聚聚甲醛(POM)	1.5~3.0	90	68.6	3.04	—	—
共聚聚甲醛(POM)	1.5~2.5	78	59.78	2.81	—	—
聚碳酸酯(PC)	0.5~0.8	95	58	2.2	91	1.6~1.7
聚苯醚(PPO)	0.02~0.04	119	65~68	2.5	95~116	2.63
聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)	0.7~1.0	83	80~98	2.9~3.5	104~117	—
聚对苯二甲酸乙二丁酯(PBT)	1.2~2.0	—	51~63	—	83~100	—
聚砜(PSU)	0.007	120	70.3	2.48	106	2.69
聚醚砜(PES)	0.6	110	91	2.6	>140	2.1
醋酸纤维素(CA)	0.5~0.8	23~110	17.2~46.9	—	—	0.93~2.79
丙烯腈-氯化聚乙烯-苯乙烯(ACS)	0.4	104	31.36~39.2	2.06	—	—
丙烯腈-苯乙烯共聚物(AS)	0.2~0.7	80	61.94~82.71	2.74~3.82	96.43~130.93	—
氯化聚醚(CPT)	0.4~0.8	100	41.36~54.88	—	52.92~60.76	—
玻璃纤维增强聚苯乙烯	—	70~95	75.75~103.39	—	103.39~130.93	—
玻璃纤维增强聚碳酸酯	0.1~0.5	92	80~110	3.5~4.0	100~130	3.3~8.0
醋酸丁酸纤维素(CAB)	1.0~1.5	100	16~72	0.5~2.0	18~101	0.9~3.0
玻璃纤维增强聚酰胺(PA6)	—	117	130~180	—	150~200	—

(续)

塑料名称	成型收缩率 (%)	硬度 HRR	拉伸强度 /MPa	拉伸弹性 模量/GPa	抗弯强度 /MPa	弯曲弹性 模量/GPa
玻璃纤维增强聚酰胺 (PA66)	0.1~0.3	115~125	120~232	—	195~310	—
玻璃纤维增强聚酰胺 (PA1010)	0.3~0.7	—	104~120	—	155~160	—
玻璃纤维增强聚酰胺 (PA610)	0.3~0.7	—	118~140	—	162~200	—
塑料名称	抗压强度 /MPa	比热容 /[J/(kg·K)]	热导率 /[W/(m·K)]	线膨胀系数 /($\times 10^{-5}$ /K)	介电常数 / 10^6 Hz	体积电阻率 /($\Omega \cdot \text{cm}$)
低密度聚乙烯(LDPE)	12.5	2218	0.35	16~18	2.3~2.35	$>10^{16}$
高密度聚乙烯(HDPE)	22.5	1925	0.46~0.52	11~13	2.3~2.35	$>10^{16}$
聚丙烯(PP)	40~60	1883	0.17~0.19	6~10	2.15	$>10^{16}$
玻璃纤维增强聚丙烯	—	1883~2008	0.247	5	2.2	$10^{15}~10^{16}$
聚苯乙烯(PS)	—	1255	0.10~0.15	—	2.15~2.65	$10^{17}~10^{19}$
改性聚苯乙烯(HIPS)	—	1255	0.042~0.156	4~10	—	$>10^{16}$
硬聚氯乙烯(UPVC)	55~90	1046	0.12~0.29	5~18.5	2.8~3.1	$10^{12}~10^{16}$
软聚氯乙烯(SPVC)	6.2~11.7	1256~2093	0.12~0.16	7~25	3.3~4.5	$10^{11}~10^{13}$
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 共聚物(ABS)	18~39	—	0.14~0.30	15.3	3.7 (60Hz)	10^{13}
高抗冲(ABS)	—	—	—	—	2.4~5.0 (60Hz)	10^{16}
耐热型(ABS)	70	—	—	—	2.7~3.5 (60Hz)	10^{13}
聚酰胺6(PA6)	90	1926	0.19	8	3.3	10^{12}
聚酰胺66(PA66)	120	1675	0.34	9	2.67	10^{14}
聚酰胺610(PA610)	90	1675	0.22	10	2.3	10^{12}
聚酰胺1010(PA1010)	79	—	0.16~0.46	14	2.5~3.0	10^{15}
聚甲基丙烯酸甲酯(PM- MA)	—	1470	—	4.5~7	3.5~4.5 (60Hz)	1.5×10^{15}
均聚聚甲醛(POM)	123.48	1464	0.22	7.45~10.8	3.8	13×10^{16}

(续)

塑料名称	抗压强度 /MPa	比热容 /[J/(kg·K)]	热导率 /[W/(m·K)]	线膨胀系数 /($\times 10^{-5}$ /K)	介电常数 / 10^6 Hz	体积电阻率 /($\Omega \cdot \text{cm}$)
共聚聚甲醛(POM)	109.76	1500	0.28	7.6~11	3.7	8×10^{13}
聚碳酸酯(PC)	70~80	1090~1260	0.142	5~7	2.8~3.1	5×10^{16}
聚苯醚(PPO)	113~115	—	—	—	2.65~2.69	10^{16}
聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)	—	—	—	—	3.0	10^{18}
聚对苯二甲酸乙二丁酯 (PBT)	95	—	—	—	3~4	3×10^{16}
聚砜(PSU)	96	1055	0.26	3.1	3.10	5×10^{16}
聚醚砜(PES)	150	1088	—	5.5	3.5	3×10^{16}
醋酸纤维素(CA)	—	—	—	—	3.5~7.0	$10^{10} \sim 10^{14}$
丙烯腈-氯化聚乙烯-苯 乙烯(ACS)	—	—	—	—	3.05~3.20	2×10^{15}
丙烯腈-苯乙烯共聚物 (AS)	—	—	—	—	2.8~2.9	10^{16}
氯化聚醚(CPT)	85.26	—	—	12	—	10^{15}
玻璃纤维增强聚苯乙烯	96.43~ 117.11	962.96~ 1130.44	—	3.0~4.5	—	3.5×10^{16}
玻璃纤维增强聚碳酸酯	120~135	—	—	2~5	3~3.3	5×10^{16}
醋酸丁酸纤维素(CAB)	21~75	—	—	—	—	—
玻璃纤维增强聚酰胺 (PA6)	—	—	—	—	—	10^{15}
玻璃纤维增强聚酰胺 (PA66)	—	—	—	—	3.5	2.1×10^{14}
玻璃纤维增强聚酰胺 (PA1010)	—	—	—	—	2.5	10^{12}
玻璃纤维增强聚酰胺 (PA610)	—	—	—	—	—	10^{15}

附录 E PE 树脂技术要求(GB/T 11115—2009)

表 E-1 吹塑类聚乙烯(PE)树脂的技术要求

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		
	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 E-2 挤出管材类聚乙烯(PE)树脂的技术要求

序号	项 目	单位	PE, EA, 43G100			PE, EA, 45G120			PE, EA, 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	±0.002	±0.003	
3	熔体质量流动速率 MFR	标称值	g/10 min	10			12			0.11		
		偏差		±2.0	±2.5	±3.0	±5.0	±0.02	±0.03	±0.02	±0.03	

(续)

序号	项 目	单位	PE, EA, 43G100			PE, EA, 45G120			PE, EA, 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		
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				
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/cm ³	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/10 min	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/m ²	≥ 12			≥ 6							
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				

注: Q 表示压塑。

表 E-3 挤出薄膜类聚乙烯(PE)树脂的技术要求

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/cm ³	0.918			0.919			0.920		
		偏差		±0.003	±0.004	±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/10 min	1.0			7.0			2.0		
		偏差		±0.3	±0.5	±1.3	±1.5	±0.3	±0.5	±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/1520cm ²	≤8			—			≤8		
		0.4mm		≤40			—			≤40		
	方法二	0.3mm ~ 2.0mm	个/1200cm ²	—			≤30			—		
	条纹		≥1.0cm	cm/20m ²	—			≤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	±0.002	±0.003	
3	熔体质量流 动速率 MFR	标称值	g/10 min	0.30		2.4		2.4				
		偏差		±0.05	±0.1	±0.4	±0.6	±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	≥7.0	≥6.0	
	拉伸断裂标称应变		%	≥150		≥150		≥150				
5	鱼眼	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				

(续)

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
		蛇皮和拖尾粒	个/kg	≤20	
		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/10 min	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	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 E-4 涂层类聚乙烯 (PE) 树脂技术要求

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

注：M 表示注塑。

表 E-5 电线电缆绝缘类聚乙烯 (PE) 树脂的技术要求

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	个/kg	≤10	≤20	≤40	≤10	≤20	≤40
2	密度(D法)	g/cm ³	0.923			0.945		
			±0.003	±0.004	±0.003	±0.004	±0.004	±0.004
3	熔体质量流动速率 MFR	g/10min	2.1			0.7		
			±0.20	±0.30	±0.20	±0.20	±0.30	±0.30
4	拉伸屈服应力	MPa	—			≥15		
4	拉伸断裂应力	MPa	≥10			—		
4	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 E-6 挤出单丝类聚乙烯 (PE) 树脂的技术要求

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

注：Q 表示压塑。

表 E-7 注塑类聚乙烯(PE)树脂的技术要求

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	±0.002	±0.003	±0.003		
3	熔体质量流动速率 MFR	标称值	g/10 min	50			2.0				
		偏差		±6.0	±7.0	±0.2	±0.3	±0.4	±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	±0.002	±0.003	±0.003
3	熔体质量流动速率 MFR	标称值	g/10 min	6.0			18			7.5		
		偏差		±0.5	±1.0	±1.5	±2.0	±3.0	±1.5	±2.5	±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		

第二章

参 考 文 献

- [1] 刘敏江. 塑料加工技术大全 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.
- [2] 傅旭. 树脂与塑料 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [3] 钱知勉. 塑料性能应用手册 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984.
- [4] 龚浏澄, 等. 塑料加工实用手册 [M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1990.
- [5] 丁浩, 等. 塑料工业实用手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [6] 钱汉英, 等. 塑料加工实用技术问答 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [7] 黄锐. 塑料工程手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [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.
- [10] 林师沛. 聚氯乙烯塑料配方设计指南 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [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] 周殿明. 注塑工艺员手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.

- ★ 本书详细介绍了常用塑料的性能和用途、各类助剂的功能和选用、主辅料的应用组合和配方设计的注意事项，以及塑料制品用料生产前的准备情况等内容。
- ★ 本书适合塑料成型加工企业的技术人员、管理人员在选择塑料制品用材料过程中参考使用。

◎ ISBN 978-7-111-35747-6
◎ 封面设计\电脑制作：陈沛

地址：北京市百万庄大街22号 邮政编码：100037
电话服务 网络服务
社服务中心：(010)88361066 门户网：<http://www.cmpbook.com>
销售一部：(010)68326294 教材网：<http://www.cmpedu.com>
销售二部：(010)88379649 封面无防伪标均为盗版
读者购书热线：(010)88379203

上架指导：工业技术 / 材料 / 塑料

ISBN 978-7-111-35747-6



9 787111 357476 >

定价：36.00元