

高等院校工业设计规划教材

注塑模具 应用技术

ZHUSUMUJUYINGYONGJISHU

黄晓燕 许强 / 编著

- 由浅入深地展示了注塑模具的设计过程和技巧
- 书中内容是笔者教学工作经验的积累和总结
- 通过实例阐释当今新技术的应用技巧



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等院校工业设计规划教材

注塑模具 应用技术

黄晓燕 许强 / 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介

本书系统介绍了塑料原料成型性能、注塑产品设计、注塑成型工艺、注塑成型设备、注塑模的设计和注塑模材料的选择。在重点介绍注塑模各个机构和系统设计的基础上，通过对具体注塑模设计实例的说明，由浅入深地展示了注塑模的设计过程和技巧。本书对目前发展起来的无流道凝料注塑、热固性塑料注塑、精密注塑、气体辅助注塑、共注塑等新的注塑成型技术也进行较为详细的介绍。内容丰富，覆盖面广，是一本查阅方便、实用性很强的教材。

本书可作为工业设计、材料成型及控制工程（模具设计与制造）、高分子材料与工程等专业学科的教材，也可供从事塑料成型加工及模具设计的相关技术人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

注塑模具应用技术 / 黄晓燕，许强编著.—北京：电子工业出版社，2014.1

高等院校工业设计规划教材

ISBN 978-7-121-21829-3

I. ①注… II. ①黄… ②许… III. ①注塑—塑料模具—高等学校—教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 265478 号

策划编辑：孔德喜

责任编辑：田 蕾

特约编辑：赵海红

印 刷：北京京科印刷有限公司

装 订：三河市鹏成印业有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：16.25 字数：416 千字

印 次：2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价：59.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，
联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

参与本书编写的人员有黄成、焦玉琴、范波涛、李华、沈学会、刘春媛、王建华、田蕴、毛斌、张岩、黄晓燕、李达、梁惠萍等。

— 前言

随着国民经济的飞速发展，人们对塑料产品的需求量越来越大，特别是注塑产品，已成为工业、农业、国防、科技和人们日常生活中不可缺少的制品。现代产品设计人员要能设计出好的注塑产品，必须在了解注塑原料的性能、成型工艺和设备的基础上，具备合理设计注塑模具的能力。我们按照高职高专工业设计专业对注塑模相关知识、技术和能力的人才培养目标，编写了这本《注塑模具应用技术》。

本书第1章至第4章是注塑模设计必备的基础知识，介绍了塑料的成型特性、注塑产品的设计、注塑成型工艺和成型设备；第5章至第12章全面、系统地阐述了注塑模各大结构和系统的设计，是本书学习的重点，包括注塑模基本结构、分型面和浇注排气系统、成型零部件、结构零部件、合模导向机构、推出机构、侧向分型与抽芯机构、温度调节系统；第13章介绍了注塑模材料的选择和热处理；第14章通过对汽车继电器盒盖注塑模设计过程的详细说明，让读者综合前面所学知识，快速掌握注塑模的设计步骤和技巧；第15章对无流道凝料注塑、热固性塑料注塑、精密注塑、气体辅助注塑、共注塑等最新成果做了较为详细的介绍。本书力求理论联系实际，既反映先进的设计理念，又总结出实用的设计经验。

本书编者为多年从事注塑成型工艺及模具设计教学和科研的工作者，书中内容既是教学工作中经验的积累和总结，也是同行们努力探索和共同创造的结果。参加本书编写的有成都大学的许强，广东技术师范学院的王晓军，成都工业学院的黄晓燕、刘健、彭丽、李波、陈睿、王迪、刘勇。PPT由成都大学的许强制作。

本书由黄晓燕教授主编，许强任副主编，杨占尧教授主审。

本书编写过程中得到了作者所在单位领导及同行的大力支持，同时对书中所引用的文献资料的作者一并表示感谢。由于编者水平有限，书中错误和不足之处恳请读者批评指正。

编著者

目录

第1章 塑料成型基础	1
1.1 塑料及其应用	2
1.1.1 塑料概述	2
1.1.2 高分子构型	2
1.1.3 塑料的特点	3
1.1.4 塑料在工业生产中的应用	5
1.2 塑料的组成	5
1.2.1 树脂	5
1.2.2 填充剂	5
1.2.3 增塑剂	6
1.2.4 稳定剂	6
1.2.5 润滑剂	6
1.2.6 着色剂	7
1.2.7 抗静电剂	7
1.2.8 发泡剂	7
1.2.9 交联剂	7
1.2.10 其他助剂	7
1.3 塑料的分类	8
1.3.1 热塑性塑料和热固性塑料	8
1.3.2 通用塑料、工程塑料和特种塑料	9
1.4 塑料的成型性能	9
1.4.1 收缩性	9
1.4.2 流动性	10
1.4.3 相容性	11
1.4.4 吸湿性	11
1.4.5 热敏性	12
1.4.6 比容和压缩率	12

1.4.7 硬化速度	12
1.4.8 水分及挥发物	12
1.5 常用塑料的性能及应用	13
1.5.1 常用通用塑料	13
1.5.2 常用工程塑料	14
1.5.3 常用特种塑料	17
第2章 注塑产品设计	19
2.1 塑件的设计原则	20
2.2 塑件的尺寸和表面质量	20
2.2.1 尺寸和精度	20
2.2.2 表面质量	23
2.3 塑件造型设计	23
2.3.1 造型设计的基本要素	24
2.3.2 造型设计的要点	24
2.3.3 造型设计的基本原则	25
2.3.4 造型设计实例	25
2.4 塑件结构设计	26
2.4.1 形状	26
2.4.2 壁厚	26
2.4.3 脱模斜度	28
2.4.4 圆角	29
2.4.5 加强筋	30
2.4.6 支承面	30
2.4.7 孔	31
2.4.8 标记、符号、图案和文字	31
2.4.9 凸凹纹	32
2.4.10 螺纹	33
2.4.11 齿轮	35
2.4.12 铰链	35
2.4.13 嵌件	36
2.5 塑件强度设计	37
2.5.1 塑件盖和底部的加强设计	37
2.5.2 塑件侧壁的加强设计	38
2.5.3 塑件边缘的加强设计	38
2.6 塑件装配设计	38
2.6.1 可拆卸式装配	38
2.6.2 不可拆卸装配	42

第3章 注塑成型工艺	46
3.1 注塑成型原理	47
3.2 注塑成型工艺	47
3.2.1 注射前的准备	48
3.2.2 注射过程	49
3.2.3 塑件的后处理	50
3.3 注塑工艺条件的控制	51
3.3.1 温度	51
3.3.2 压力	52
3.3.3 时间	52
3.4 典型塑件注塑成型工艺实例	53
第4章 注塑成型设备	56
4.1 注塑机结构	57
4.1.1 注射装置	57
4.1.2 合模装置	57
4.1.3 液压传动系统	58
4.1.4 控制系统	58
4.2 注塑机的分类	58
4.2.1 按排列形式	58
4.2.2 按塑化方式	60
4.2.3 按合模机构	62
4.3 注塑机的规格及参数	63
4.3.1 注塑机规格	63
4.3.2 注塑机参数	64
4.4 注塑机与注塑模的关系	64
4.4.1 成型工艺参数的校核	64
4.4.2 装模部分相关尺寸校核	67
4.4.3 开模行程校核	69
4.4.4 顶出装置校核	71
第5章 注塑模基本结构	73
5.1 注塑模的分类	74
5.2 注塑模的组成	74
5.3 注塑模典型结构和设计要点	76
5.3.1 单分型面注塑模	76
5.3.2 双分型面注塑模	77
5.3.3 带活动镶块的注塑模	81
5.3.4 带侧向分型抽芯的注塑模	82

5.3.5 带嵌件的注塑模.....	83
5.3.6 定模设推出机构的注塑模.....	84
5.3.7 自动卸螺纹的注塑模.....	85
5.3.8 无流道凝料注塑模.....	85
5.3.9 叠层注塑模.....	87
第6章 分型面与浇注排气系统.....	88
6.1 分型面	89
6.1.1 分型面的形式.....	89
6.1.2 分型面的表示方法.....	89
6.1.3 分型面选择原则.....	90
6.2 普通浇注系统	94
6.2.1 浇注系统的组成和作用.....	94
6.2.2 主流道的设计.....	95
6.2.3 分流道的设计.....	97
6.2.4 浇口的设计.....	99
6.2.5 冷料穴的设计.....	105
6.3 排气系统	106
6.3.1 排气系统的作用.....	107
6.3.2 排气形式.....	107
第7章 成型零部件.....	111
7.1 成型零件结构	112
7.1.1 型腔	112
7.1.2 型芯	113
7.1.3 螺纹型环.....	115
7.1.4 螺纹型芯.....	116
7.2 成型零件工作尺寸计算.....	117
7.2.1 影响成型零件工作尺寸的因素.....	117
7.2.2 型腔和型芯的径向尺寸.....	119
7.2.3 型腔深度和型芯高度尺寸.....	120
7.2.4 中心距尺寸.....	120
7.2.5 工作尺寸校核.....	120
7.3 成型零件强度刚度.....	121
7.3.1 型腔的强度刚度.....	121
7.3.2 型芯的强度刚度.....	126
第8章 结构零部件.....	128
8.1 结构零件	129
8.1.1 动、定模座板.....	129

8.1.2 固定板和支承板	129
8.1.3 支承件	130
8.1.4 其他结构零件	131
8.2 标准模架	131
8.2.1 标准模架的组成	131
8.2.2 GB/T 12555—2006《塑料注塑模模架》	132
8.2.3 模架的标记	134
8.2.4 标准模架选择原则	134
第 9 章 合模导向机构	136
9.1 合模导向机构的作用	137
9.2 导柱导套合模机构	137
9.2.1 导柱	137
9.2.2 导套	139
9.2.3 导柱与导套的配合	141
9.3 精定位机构	141
9.3.1 圆锥定位件	141
9.3.2 圆锥形导柱导套定位	142
9.3.3 滚珠导套导柱精定位	142
9.3.4 卧销精定位	143
9.3.5 矩形块精定位	143
9.3.6 型腔型芯锥面定位	144
第 10 章 推出机构	146
10.1 推出机构的组成和分类	147
10.1.1 组成	147
10.1.2 分类	148
10.2 脱模力	148
10.3 一次推出机构	149
10.3.1 推杆推出机构	149
10.3.2 推管推出机构	150
10.3.3 推件板推出机构	151
10.3.4 推块推出机构	153
10.3.5 成型零件推出机构	153
10.3.6 气动推出机构	154
10.3.7 多元件联合推出机构	155
10.4 二次推出机构	155
10.4.1 八字摆杆式	156
10.4.2 钢球式	156
10.4.3 斜销滑块式	157

10.4.4 斜楔滑块式	157
10.5 定模设推出机构	158
10.5.1 弹簧式	158
10.5.2 拉钩式	159
10.5.3 杠杆式	159
10.5.4 链条牵引式	159
10.6 自动拉断点浇口推出机构	160
10.6.1 利用侧凹拉断点浇口	160
10.6.2 利用拉料杆拉断点浇口	161
10.6.3 利用定模推板拉断点浇口	161
10.7 自动卸螺纹推出机构	162
10.7.1 强制脱螺纹机构	162
10.7.2 手动脱螺纹机构	162
10.7.3 齿轮齿条脱螺纹机构	163
10.7.4 大升角螺纹脱螺纹机构	164
10.7.5 气、液压驱动的脱螺纹机构	164
10.7.6 电动机驱动的脱螺纹机构	165
第 11 章 侧向分型与抽芯机构	167
11.1 抽芯机构的分类	168
11.1.1 手动抽芯	168
11.1.2 机动抽芯	168
11.1.3 液压或气动抽芯	168
11.2 抽芯距和抽拔力	168
11.2.1 抽芯距	169
11.2.2 抽拔力	169
11.3 斜销抽芯机构	169
11.3.1 工作原理	170
11.3.2 斜销	170
11.3.3 楔紧块	172
11.3.4 滑块	173
11.3.5 导滑槽	174
11.3.6 滑块的限位	175
11.3.7 先行复位机构	175
11.4 弯销抽芯机构	177
11.4.1 弯销外侧抽芯机构	177
11.4.2 弯销内侧抽芯机构	178
11.5 斜滑块抽芯机构	178
11.5.1 斜滑块外侧抽芯机构	178
11.5.2 斜滑块内侧抽芯机构	179

11.5.3 斜滑块	179
11.6 斜杆抽芯机构	181
11.6.1 斜杆外侧抽芯机构	181
11.6.2 斜杆内侧抽芯机构	182
11.7 齿轮齿条抽芯机构	182
11.7.1 利用开模力实现齿轮齿条的斜向抽芯机构	182
11.7.2 利用推出力实现齿轮齿条的斜向抽芯机构	183
11.7.3 利用齿轮齿条抽芯机构实现弧形抽芯	184
11.8 手动抽芯机构	184
11.8.1 开模前手动抽芯机构	184
11.8.2 开模后手动抽芯机构	185
11.9 液压气动抽芯机构	185
11.9.1 液压抽芯机构	185
11.9.2 气动抽芯机构	186
第 12 章 温度调节系统	188
12.1 温度调节系统的作用和设计原则	189
12.1.1 温度调节系统的作用	189
12.1.2 温度调节系统设计原则	189
12.2 冷却系统设计	190
12.2.1 冷却系统设计原则	190
12.2.2 型腔冷却系统结构	193
12.2.3 型芯冷却系统结构	194
12.3 加热系统设计	196
12.3.1 加热系统应用范围	196
12.3.2 加热方式	197
第 13 章 注塑模材料选择及热处理	200
13.1 注塑模材料的选择	201
13.1.1 注塑模材料应具备的性能	201
13.1.2 常用注塑模材料	202
13.1.3 成型零件材料的选择	203
13.2 注塑模材料的热处理	205
13.2.1 成型零件热处理的要求	205
13.2.2 常用热处理方法	205
13.3 注塑模零件常用材料和热处理	206
第 14 章 注塑模设计实例	209
14.1 设计前的准备	210
14.2 注塑模设计步骤	210

14.3 汽车继电器盒盖注塑模设计	212
第 15 章 注塑成型新技术	220
15.1 无流道凝料注塑成型	221
15.1.1 无流道凝料注塑成型特点	221
15.1.2 适于无流道凝料成型的塑料	222
15.1.3 无流道凝料注塑模	222
15.2 热固性塑料注塑成型	224
15.2.1 热固性塑料成型特点	225
15.2.2 热固性注塑成型用塑料	225
15.2.3 热固性塑料注塑工艺	226
15.2.4 热固性塑料注塑机	227
15.2.5 热固性塑料注塑模	228
15.3 精密注塑成型	229
15.3.1 精密注塑件	230
15.3.2 精密注塑成型用塑料	230
15.3.3 精密注塑成型工艺	231
15.3.4 精密注塑成型用注塑机	231
15.3.5 精密注塑模设计要点	232
15.4 气体辅助注塑成型	234
15.4.1 气体辅助注塑成型特点	235
15.4.2 气体辅助注塑成型工艺	235
15.4.3 气体辅助注塑成型设备	238
15.4.4 气体辅助成型模具设计	239
15.5 共注塑成型	241
15.5.1 双色注塑成型	241
15.5.2 双层注塑成型	242
15.5.3 共注塑成型要求	243
参考文献	244

第1章

塑料成型基础

本章重点

- 讲解塑料的组成、特点和在工业中的应用
- 讲解塑料的分类和成型性能
- 讲解常用塑料的性能和应用

学习目的

通过本章的学习,了解塑料的主要成分和高分子的空间构型,掌握塑料的组成、特点和分类,掌握塑料主要的成型性能,从而全面认识和了解塑料这种高分子材料的应用。

随着高分子合成技术、材料改性技术及成型工艺的不断发展，塑料在工业产品与日常用品中获得了广泛的应用。本章介绍塑料的定义、特点、组成和分类，并重点介绍塑料的成型工艺特性和常用塑料的主要性能及应用。

1.1 塑料及其应用

塑料是以树脂为主要成分，在一定温度和压力下具有可塑性，且模塑成型后，能保持形状、尺寸不变，并满足一定使用性能的高分子材料。高分子是含有原子数目多、分子量高、分子链长的巨型分子。正是由于高分子的特殊结构，才使塑料具有许多其他材料所不具有的优异性能。

1.1.1 塑料概述

塑料中的主要成分是树脂，树脂有天然树脂和合成树脂，塑料大多采用合成树脂。合成树脂是采用人工合成方法，将低分子化合物单体聚合成高分子化合物，它们的相对分子量一般都大于一万，有的甚至可以达到百万级，所以也常将它们称为聚合物或高聚物。制备合成树脂的原料主要来自于石油。树脂虽然是塑料中的主要成分，但是单纯的树脂往往不能满足成型生产中的工艺要求和成型后的使用要求，必须在树脂中添加一定数量的添加剂，并通过这些添加剂来改善塑料的性能。例如，加入增塑剂可以改善塑料的流动性能和成型性能。加入稳定剂可以提高塑料寿命，增强塑料抗老化的能力。因此，塑料是一种由树脂和添加剂组合而成的高分子化合物。

1.1.2 高分子构型

高聚物中大分子链的空间构型有3种形式：线型、支链状线型及体型。

1. 线型

线型分子即大分子呈线状，如图1-1 (a) 所示。在性能上，线型分子构成的高聚物一般是可熔的，且可以反复受热成型，并能在溶剂中溶解。如高密度聚乙烯、聚苯乙烯等。

2. 支链状线型

支链状线型分子的主链也是线状，但主链上还生出或多或少长短不等的支链，如图1-1 (b) 所示。支链状线型分子构成的高聚物受热时可以熔融，也能溶于特定的有机溶剂。因为存在着支链，使分子间的间距拉大，结构不太紧密，故机械强度较低，但溶解能力与可塑性较高，如低密度聚乙烯等。

3. 体型

体型分子的主链同样是长链形状，但这些长链之间有短链横跨连接，并在三维空间相互交

联，短链连接较为密集，从而形成网状结构的体型分子，如图1-1 (c) 所示。体型高聚物硬而脆，在高温中不熔融，无可塑性，在有机溶剂中也不溶解，所以不能再次成型，如成型硬化后的热固性塑料。

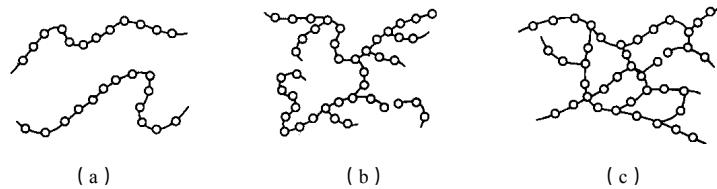


图 1-1 大分子链空间构型

1.1.3 塑料的特点

塑料和金属材料及其他材料相比，有着一系列优点，如密度小、重量轻、化学稳定性高、绝缘性能好、易于造型、生产效率高、成本低等。但也存在许多缺陷，如抗老化性、耐热性、抗静电性、耐燃性及机械强度普遍低于金属等。

1. 密度小，重量轻

塑料的密度约为 $0.9 \sim 2.3\text{g/cm}^3$ ，大多数都在 $1.0 \sim 1.4\text{g/cm}^3$ 左右。其中聚4-甲基丁烯-1的密度最小，约为 0.83g/cm^3 ，相当于钢材密度的0.11和铝材的0.5左右。如果采用发泡工艺生产泡沫塑料，则塑料的密度可以小到 $0.01 \sim 0.5\text{g/cm}^3$ 。故“以塑代钢”是产品轻量化的一个很重要的途径。例如，美国波音747客机有2 500个重量达2 000kg的零部件是用塑料制造的，美国全塑火箭中所用的玻璃钢占总重量80%以上。

2. 比强度高

比强度是指强度与密度的比值，由于塑料的密度小，所以比强度高。表1-1为几种金属与塑料的比强度。

表 1-1 几种金属与塑料的比强度

材料	比抗张强度/ 10cm^3	材料	比抗张强度/ 10cm^3
钛	2095	玻璃纤维增强环氧树脂	4627
合金钢	2018	石棉酚醛塑料	2032
铝合金	1581	尼龙 66	640
低碳钢	527	增强尼龙	1340
铜	502	有机玻璃	415
铝	232	聚苯乙烯	394
铸铁	134	低密度聚乙烯	155

3. 光学性能，容易着色

大多数塑料可制成透明或半透明制品，且容易着色，可具有鲜艳的色彩。表1-2为几种塑料的透光率与玻璃的比较。

表 1-2 几种塑料和玻璃的透光率

板厚(3mm)	透光率/%	板厚(3mm)	透光率/%
聚甲基丙烯酸甲酯	93	聚酯树脂	65
聚苯乙烯树脂	90	脲醛树脂	65
硬质聚氯乙烯	80~88	玻璃	91

4. 绝缘性和绝热性能好

塑料原子内部一般都没有自由电子和离子，所以大多数塑料都具有良好的绝缘性能及很低的介电损耗。塑料是现代电工行业和电器行业不可缺少的原材料，许多电器用的插头、插座、开关、手柄等都是用塑料制成的。由于塑料的传热系数低，其绝热、隔热性能也很好。

5. 化学稳定性高

绝大多数塑料的化学稳定性都很高，它们对酸、碱和许多化学药物都具有良好的耐腐蚀能力，所以在化学工业中应用很广泛，用来制作各种管道、密封件和换热器等。其中聚四氟乙烯塑料的化学稳定性最高，它的抗腐蚀能力比黄金还要好，可以承受“王水”（强酸）的腐蚀，俗称“塑料王”。

6. 减摩、耐磨性能好

大多数塑料都具有良好的减摩和耐磨性能，它们可以在水、油或带有腐蚀性的液体中工作，也可以在半干摩擦或者完全干摩擦的条件下工作，这是一般金属零件无法比拟的。因此，塑料齿轮、轴承和密封圈等应用广泛，采用特殊配方的塑料还可以制造自润滑轴承。

7. 减振、隔音性能好

塑料的减振和隔音性能来自于聚合物大分子的柔韧性和弹性。塑料的柔韧性要比金属大多，当其遭到频繁的机械冲击和振动时，内部将产生黏性内耗，这种内耗可以把塑料从外部吸收进来的机械能量转换成内部热能，从而起到吸振和减振的作用。塑料是现代工业中减振、隔音性能极好的材料，不仅可以用于高速运转的机械，还可以用做汽车中的一些结构零部件，如保险杠和内装饰板等，国外一些轿车已经开始采用碳纤维增强塑料制造板簧。

8. 成型加工方便

塑料通过加热、加压，可模塑成各种形状的制品，且易于切削、植入嵌件、焊接、表面处理、二次加工等，从而使得塑料制品具有复杂的结构，精加工成本也低于金属制品，适宜大批量生产。

除了上述几点之外，许多塑料还具有防水、防潮、防透气、防辐射以及耐瞬时烧蚀等特殊性能。塑料虽然具有以上诸多优点和广泛用途，但也有一些较严重的缺点，如不耐热，容易在阳光、大气、压力和某些介质作用下老化，长期受载荷容易蠕变等。在成型加工中，塑料还具有流动性、热胀冷缩等工艺问题，因此，塑料制品的尺寸大小和尺寸精度也受到一定限制。

1.1.4 塑料在工业生产中的应用

塑料工业是一门新兴工业，从1909年实现以纯粹化学合成方法生产塑料算起，世界塑料工业的发展也仅有100年的历史。1927年聚氯乙烯塑料问世以来，随着高分子化学技术的发展，各种性能的塑料，特别是聚酰胺、聚甲醛、ABS、聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚与氟塑料等工程塑料发展迅速，其速度超过了聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯与聚苯乙烯4种通用塑料，使塑件在工业产品与生活用品方面获得广泛的应用，以塑料代替金属的实例比比皆是。

我国的塑料工业起步于20世纪50年代，从新中国初期第一次人工合成酚醛塑料至今，我国的塑料工业发展速度迅猛，塑料工业已形成具有相当规模的整体体系，从塑料的生产、成型加工、塑料机械设备、模具工业到科研、人才培养等方面都取得了可喜的成绩，为塑料制品的应用开拓了更广阔的领域。特别是近30年，塑料用量几乎每5年翻一番，产量和品种都大大增加，塑料新产品、新工艺、新设备的开发与应用层出不穷。目前，塑料制品已深入到国民经济的各个部门中，特别是在办公机器、照相机、汽车、仪器仪表、机械制造、航空、交通、通信、轻工、建材业、日用品及家用电器行业中，零件塑料化的趋势不断加强，并且陆续出现全塑产品。塑料已渗透到人们生活和生产的各个领域，成为不可缺少的原材料。

1.2 塑料的组成

塑料中的主要成分是树脂。除了树脂之外，塑料中还含有多种成分的添加剂。

1.2.1 树脂

树脂是塑料的主要成分，决定了塑料的主要性能，如物理、化学、机械、电气等方面性能及成型性能。单一组分的塑料中，树脂几乎是100%；多组分塑料中，树脂呈均匀的连续相，起黏结剂的作用，将各种添加剂黏合成一个整体，使制品能获得预定的使用性能。

1.2.2 填充剂

填充剂又称填料，通常对聚合物呈惰性。在聚合物中添加填充剂的主要目的是为了改善塑料的成型性能、减小塑料中的聚合物用量以及提高塑料的某些性能。如塑料的硬度、刚度、强度、电绝缘度、导电性、耐热性、成型收缩率，塑件尺寸稳定性等都可通过添加相应的填充剂

得到改善。常用的填充剂有粉状、纤维状和片状3种。粉状填料主要有木粉、滑石粉、云母粉、石英粉、石墨粉、金属粉等。纤维状填料主要有玻璃纤维、碳纤维、金属丝、棉花、亚麻等。片状填料主要有纸张、石棉布、棉布等。

1.2.3 增塑剂

增塑剂可提高塑料的弹性、可塑性、流动性，改善塑料的低温脆性，使塑料变得柔软和抗震。增塑剂加入聚合物后，其分子可插入到大分子链之间，削弱了聚合物大分子之间的作用力，从而导致聚合物的粘流温度和玻璃化温度下降，黏度也随之减小，故流动性提高。增塑剂加入聚合物后，还能提高塑料的伸长率、抗冲击性能及耐寒性能，但其硬度、强度和弹性模量有所下降。最典型的例子是聚氯乙烯，加入适量的增塑剂后，得到软质聚氯乙烯。

1.2.4 稳定剂

为了防止或抑制不正常的降解和交联，需要在聚合物中添加一些能够稳定其化学性质的物质，这些物质称为稳定剂。根据发挥作用的不同，可分为热稳定剂、抗氧化剂和光稳定剂。生产中，稳定剂的添加量一般大于2%，也有少数情况下高达5%。

1. 热稳定剂

热稳定剂的主要作用是抑制注塑成型过程中可能发生的热降解反应，以保证制品能顺利成型并获得良好的质量。除此之外，热稳定剂也能防止或延缓塑料制品在储存、使用过程中因光、热、氧化作用而引起的降解，这对提高制品使用寿命有一定的作用。

2. 抗氧化剂

抗氧化剂的主要作用是预防或抑制聚合物发生氧化降解反应。聚合物在高温下容易氧化降解，若同时还有光辐射或重金属化合物作用，还会产生氧化脱氢和双键断裂反应，从而导致塑料变色、龟裂和强度下降等缺陷。

3. 光稳定剂

光稳定剂的主要作用是防止塑料在阳光、灯光和高能射线辐照下出现降解和性能变坏等现象，提高塑料抗老化的能力。

1.2.5 润滑剂

润滑剂可以改善塑料在注塑成型过程中的流动性能，并减少或避免塑料熔体对设备及模具的黏附和摩擦。润滑剂用量要适量，常低于1%，多了会降低塑料的机械强度，并使塑件表面起霜，影响塑件外观质量。润滑剂可分为内润滑剂和外润滑剂两种。

1. 内润滑剂

内润滑剂溶于塑料内部，减少聚合物分子间的摩擦，增加塑料成型时的流动性。

2. 外润滑剂

外润滑剂与聚合物的相溶性很低，成型时从塑料内部析出至表面，形成薄薄的润滑膜，减少塑料与模具之间的摩擦力，防止粘模。

1.2.6 着色剂

着色剂可使塑件色彩丰富，美观宜人，并满足一定的使用性能。如要使塑料具有特别的光学性能，可加入金属絮片、珠光色料、磷光色料或荧光色料。着色剂可分为无机颜料、有机颜料、有机染料3类。着色剂用量一般为0.01%~0.02%，一味提高用量并不能加重色泽和鲜艳程度。选用时，除考虑着色效果外，应着重考虑塑件的用途。如对盛放食品的塑料器皿，需选用无毒、无臭的着色剂。

1.2.7 抗静电剂

抗静电剂是防止塑件在加工和使用过程中因摩擦产生静电的积聚。静电除了影响塑件的性能，还会造成安全隐患。如矿井下使用的聚乙烯、聚氯乙烯等塑料管道，若产生静电会引起瓦斯爆炸。

1.2.8 发泡剂

发泡剂可使塑料形成蜂窝状泡孔结构，它主要用来增大塑料制品的体积和减轻重量，同时也可提高防震性能。发泡机理可分为物理发泡和化学发泡两种类型。物理发泡是通过液体发泡剂蒸发膨胀形成泡孔，化学发泡是通过发泡剂受热分解产生气体形成泡孔。

1.2.9 交联剂

交联剂添加在聚合物中能促使聚合物进行交联反应或加快交联反应速度，一般多用在热固性塑料中，可以促使制品加速硬化，又称为固化剂或硬化剂。如环氧树脂只能在加入胺类等交联剂后才能固化成型为坚硬的塑件。

1.2.10 其他助剂

1. 阻燃剂

阻燃剂是添加在聚合物中可以阻止或延缓塑料燃烧的化学物质。

2. 驱避剂

驱避剂是添加在聚合物中防止老鼠、昆虫、细菌和霉菌危害的化学物质。

3. 偶联剂

偶联剂是添加在聚合物中能提高聚合物和增塑剂、填充剂等界面间结合力的化学物质。

4. 开口剂

开口剂是添加在聚合物中防止塑料薄膜层之间粘连的化学物质。

1.3 塑料的分类

塑料的种类多，分类方法也很多。常用的分类方法主要是按塑料的受热行为和用途来分类。

1.3.1 热塑性塑料和热固性塑料

根据塑料的受热行为和树脂的分子结构，塑料可分为热塑性塑料和热固性塑料。

1. 热塑性塑料

热塑性塑料的大分子空间构型呈线型或支链型，大分子链比较容易活动，受热时分子间可以互相移动，具有较好的塑性，固化成型后，如再加热又可变软，可反复进行多次成型。常见的热塑性塑料有聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚苯乙烯（PS）、聚氯乙烯（PVC）、ABS、有机玻璃（聚甲基丙烯酸酯，PMMA）、聚甲醛（POM）、聚酰胺（尼龙，PA）、聚碳酸酯（PC）、苯乙烯-丙烯腈（SAN）等。这类塑料的优点是成型工艺简单，具有相当高的物理和机械性能，并能反复回收使用，但缺点是耐热性和刚性较差。

2. 热固性塑料

热固性塑料的大分子空间构型呈线型或支链型，加热初期具有一定的可塑性，软化后可制成各种形状的制品，但是过一段时间，随着网状交联的逐渐形成，便会固化成体型而失去塑性，再加热也不会再软化，再受高热即被分解破坏。常见的热固性塑料有酚醛树脂、环氧树脂（EP）、氨基树脂、醋酸树脂、尿醛树脂、三聚氰胺树脂、不饱和聚酯、聚氨基甲酸酯（PUR）等。这类塑料的成型工艺比较麻烦，不利于连续生产，生产效率较低，而且不能反复利用。但具有较高的耐热性，受压也不易变形。

3. 热塑性塑料和热固性塑料比较

表1-3对热塑性塑料和热固性塑料在成型方面的主要区别进行了归纳比较。

表 1-3 热塑性塑料与热固性塑料的区别

	成型前树脂分子构型	固化定型温度	成型后树脂分子构型	成型中树脂的变化	熔化溶解性	回收利用	成型方法
热塑性塑料	线型或支链状线型聚合物分子	冷却	基本与成型前的相同	物理变化(有少量分解或交联现象)	既可熔化，也可溶解	反复多次使用	注射、挤出、吹塑等
热固性塑料	线型聚合物分子	加热(提供交联反应温度)	体型分子	既有物理变化，又有化学变化(有低分子物析出)	既不熔化，也不溶解	一次性使用	压缩或压注。有的品种可以采用注射

1.3.2 通用塑料、工程塑料和特种塑料

根据塑料的用途，塑料可分为通用塑料、工程塑料和特种塑料。

1. 通用塑料

通用塑料一般指产量大、用途广、价格低廉的一类塑料，如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛树脂、氨基树脂等。

2. 工程塑料

工程塑料一般指机械强度高，可代替金属而用做工程材料的塑料，如制作机械零件、电子仪器仪表、设备结构件等。这类塑料包括聚苯醚 (PPO)、ABS、尼龙、聚甲醛、聚砜 (PSF)、聚对二甲苯、聚酰亚胺 (PI) 等。

3. 特种塑料

特种塑料一般又称为功能塑料，是指具有特殊功能，可做结构材料或特殊用途的塑料，如医用塑料、导电塑料等。如聚砜、聚酰亚胺、聚苯硫醚、聚醚砜、聚芳酯、热塑性氟塑料、芳香族聚酰胺、聚苯酯、聚四氟乙烯以及交联型聚氨基双马来酰亚胺、聚三嗪 (BT树脂)、交联型聚酰亚胺酰亚胺、耐热环氧等。

1.4 塑料的成型性能

塑料的成型特性是塑料在成型加工过程中表现出来的特有性质，模具设计者要对塑料的成型工艺特性有充分的认识和了解，才能设计出结构合理的模具来。

1.4.1 收缩性

塑件从温度较高的模具中取出冷却到室温后，其尺寸或体积会发生收缩变化，这种性质称

为收缩性。收缩性的大小以单位长度塑件收缩量的百分数来表示，称为收缩率。由于成型模具与塑料的线膨胀系数不同，收缩率分为实际收缩率和计算收缩率两种，其计算公式如下：

$$S_s = \frac{a - b}{b} \times 100\% \quad (1-1)$$

$$S_j = \frac{c - b}{b} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中： S_s —— 实际收缩率；

S_j —— 计算收缩率；

a —— 模具或塑件在成型温度时的尺寸；

b —— 塑件在室温时的尺寸；

c —— 模具在室温时的尺寸。

实际收缩率表示塑件实际所发生的收缩。因成型温度下的塑件尺寸不便测量以及实际收缩率和计算收缩率相差很小，所以生产中常采用计算收缩率，但在大型、精密模具成型零件尺寸计算时则应采用实际收缩率。

引起塑件收缩的原因除了热胀冷缩、脱模时的弹性恢复及塑性变形外，还与注塑成型时的许多工艺条件及模具因素有关。此外，塑件脱模后残余应力的缓慢释放和必要的后处理工艺也会使塑件产生后收缩。由于影响塑料收缩率变化的因素很多，而且相当复杂，所以收缩率是在一定范围内变化的。在模具设计时，应根据以上因素综合考虑选取塑料的收缩率。

1.4.2 流动性

塑料在一定的温度、压力作用下充填模具型腔的能力，称为塑料的流动性。塑料的流动性差，就不容易充满型腔，易产生缺料或熔接痕等缺陷，因此需要较大的成型压力才能成型。相反，塑料的流动性好，可以用较小的成型压力充满型腔。但流动性太好，会在成型时产生严重的溢边。

流动性的大小与塑料的分子结构有关。具有线型分子而没有或很少有交联结构的树脂流动性大。塑料中加入填料，会降低树脂的流动性，而加入增塑剂或润滑剂，则可增加塑料的流动性。

设计模具时，设计人员习惯运用塑料的溢料间隙来确定浇注系统的尺寸、模具零件间的配合间隙等。所谓溢料间隙是指熔体塑料在成型高压下不得溢入的最大间隙值。根据溢料间隙大小，塑料的流动性分为好、中等、差三个等级。表1-4是常用热塑性塑料溢料间隙与流动性的关系。

表 1-4 常用热塑性塑料溢料间隙与流动性

溢料间隙/mm	流动性等级	塑料举例
<0.03	好	聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、尼龙、醋酸纤维素
<0.05	中等	改性聚苯乙烯、ABS、AS、有机玻璃、聚甲醇、氯化聚醚
<0.08	差	聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚苯醚、聚砜、氟塑料

热固性塑料的流动性通常以拉西格流动值来表示，拉西格流动值大，则表明流动性好。表 1-5 是热固性塑料流动性等级及应用。

表 1-5 热固性塑料流动性等级及应用

拉西格流动值（流动性等级）	适宜成型方法	适宜制品
拉西格流动值为 100~130mm (一级)	压缩成型	无嵌件、形状简单的一般壁厚的塑件
拉西格流动值为 131~150mm (二级)	压缩成型	中等复杂程度的塑件
拉西格流动值为 151~180mm (三级)	压缩、传递成型	结构复杂、嵌件较多的薄壁塑件
拉西格流动值大于 200mm	注塑成型	结构复杂、薄壁、大型塑件

1.4.3 相容性

相容性是指两种或两种以上不同品种的塑料，在熔融状态不产生相互分离现象的能力。如果两种塑料不相容，则混熔后塑件会出现分层、脱皮等质量缺陷。不同塑料的相容性与其分子结构有一定关系，分子结构相似的塑料较易相容，如高压聚乙烯、低压聚乙烯和聚丙烯彼此之间容易混熔。分子结构不同的塑料较难相容，如聚乙烯和聚苯乙烯之间的混熔。

塑料的相容性又称为共混性。通过塑料的这一性质，可得到类似共聚物的综合性能，这是改进塑料性能的重要途径之一，如聚碳酸酯和聚丙烯塑料混熔，就能改善聚碳酸酯的脆性，提高熔体的流动性。

1.4.4 吸湿性

吸湿性是指塑料对水分的亲疏程度。按吸湿或黏附水分能力的大小，可将塑料分为吸湿性塑料和不吸湿性塑料两大类。前一类塑料具有吸湿或黏附水分倾向，如聚酰胺、ABS、聚碳酸酯、聚苯醚和聚砜等。后一类塑料的吸湿或黏附水分极小，如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯和氟塑料等。

吸湿性塑料在注塑成型过程中比较容易发生水降解，成型后塑件上容易出现气泡、银丝、斑纹等缺陷。因此，在成型前必须进行干燥处理，必要时，还应在注塑机料斗内设置红外线加

热装置，以免干燥后的塑料进入机筒前在料斗中再次吸湿。

1.4.5 热敏性

热敏性是指塑料的化学性质对热量作用的敏感程度，热敏性很强的塑料称为热敏性塑料。热敏性塑料在成型过程中很容易在不太高的温度下发生热降解，从而影响塑件的性能、色泽和表面质量等。同时，塑料熔体发生热降解时会释放出一些挥发性气体，这些气体对人体、模具和注塑机都有刺激、腐蚀作用或毒性。为防止热敏性塑料在成型过程中出现降解现象，应采取相应的措施，如选用螺杆式注塑机；流道截面取大一些，以避免过大的摩擦热；注塑机料筒内壁、流道和模腔表壁镀铬；模具内不得有死角，以避免熔体在模内流动时发生滞料；生产时严格控制成型工艺条件等。必要时还可在塑料中添加热稳定剂。常见的热敏性塑料有硬聚氯乙烯、聚氯乙烯、醋酸乙烯共聚物、聚甲醛和聚三氟氯乙烯等。

1.4.6 比容和压缩率

比容是指单位质量的松散塑料所占的体积，单位为 cm^3/g ；压缩率是指塑料的体积与塑件的体积之比，其值恒大于1。比容和压缩率都表示粉状或短纤维状塑料的松散性，它们都可用来确定模具加料室的大小。此外，比容和压缩率较大时，塑料内充气增多，排气困难，成型周期变长，生产率降低；比容和压缩率较小时，压缩、压注容易成型，而且压锭重量也较准确。但比容太小，则影响塑料的松散性，以容积法装料时造成塑件重量不准确。

1.4.7 硬化速度

硬化是指塑料成型时完成交联反应的过程。硬化速度通常以塑料试样硬化每1mm厚度所需的秒数来表示，此值越小，硬化速度越快。硬化速度与塑料品种、塑件形状、壁厚、成型温度及是否预热、预压等有密切关系。例如，采用压锭、预热、提高成型温度和增长加压时间等措施，都能显著加快硬化速度。此外，硬化速度还应适合成型方法的要求。例如，压注或注塑成型时，应要求在塑化、填充时化学反应慢，硬化慢，以保持长时间的流动状态，但当充满型腔后，在高温、高压下应快速硬化。硬化速度慢的塑料会使成型周期变长，生产率降低；硬化速度快的塑料，则不能成型复杂的塑件。

1.4.8 水分及挥发物

塑料中的水分及挥发物，一方面来自塑料自身，另一方面则来自成型过程中塑料发生化学反应的副产物。塑料中水分及挥发物的含量对塑件的物理、力学和介电性能都有很大的影响。塑料中水分及挥发物含量大时，塑件易产生气泡、内应力和塑性变形，使机械强度降低。压制时，由于温度和压力的作用，大多数水分及挥发物会逸出，但尚未逸出时，它将占据着一定的

体积，这会严重阻碍化学反应的有效发生，其结果是当塑件冷却后，会造成组织疏松。当逸出时，挥发物气体又像一把利剑一样割裂塑件，使塑件产生龟裂，降低机械强度和介电性能。此外，水分及挥发物含量过多时，会促使流动性过大，容易溢料，成型周期增长，收缩率增大，使塑件容易发生翘曲、波纹及光泽不好等现象。但是，塑料中水分及挥发物的含量不足，也会导致流动性不良，成型困难，同时也不利于压锭。水分及挥发物在成型时变成的气体必须排出模外，因为有些气体对模具有腐蚀作用，对人体也有刺激作用。为此，设计模具时应对这种特征有所了解，并采取相应的措施。

1.5 常用塑料的性能及应用

塑料已广泛应用于家用电器、仪器仪表、机械制造、化工、医疗卫生、建筑器材、农用器械、日用五金及兵器、航空航天和原子能工业中，已成为木材、皮革和金属材料的良好代用品。

1.5.1 常用通用塑料

1. 聚乙烯（热塑性塑料）

聚乙烯(PE)是乙烯高分子聚合物的总称，根据聚合的方式不同，有高密度聚乙烯(HDPE)、中密度聚乙烯(MDPE)和低密度聚乙烯(LDPE)。聚乙烯无毒、无味，乳白色。密度为 $0.91\sim0.96\text{g/cm}^3$ ，耐腐蚀性及绝缘性能优良，尤其是高频绝缘性。高密度聚乙烯的熔点、刚性、硬度和强度较高，吸水性小，有突出的电性能和良好的耐辐射性；低密度聚乙烯的柔韧性、伸长率、冲击强度和透明性较好；超高分子量聚乙烯的冲击强度高，抗疲劳、耐磨性好。

聚乙烯是应用最广泛的塑料品种，可以挤出和压延各种薄膜，吹塑各种容器，挤出各种型材，注塑成型各种生活用品和工业产品。如文具、玩具、机器罩、盖、手柄、工具箱、周转箱、仪器仪表、传动零件等。

2. 聚丙烯（热塑性塑料）

聚丙烯(PP)是丙烯的高分子聚合物，无色、无味、无毒。比聚乙烯更透明、更轻。密度为 $0.90\sim0.91\text{g/cm}^3$ 。不吸水，光泽性好，易着色。有较高的抗疲劳、抗弯曲强度，可经受 7×10^7 次弯折而不断裂。适于作塑料铰链。有优良的耐腐蚀性和高频绝缘性，不受温度影响，可在 100°C 左右使用，但低温易变脆，不耐磨，易老化。

聚丙烯的应用范围很广，适于作机械零件、耐腐和绝缘零件。如化工容器、管道、片材、叶轮、法兰、接头、绳索、打包带、纺织器材、电器零件、汽车配件等。

3. 聚氯乙烯（热塑性塑料）

聚氯乙烯(PVC)是最早工业化生产的塑料品种之一，其产量仅次于聚乙烯，是第二大类

塑料品种。聚氯乙烯为白色粉状颗粒，密度为 $1.35 \sim 1.45\text{g/cm}^3$ ，强度和硬度都比聚乙烯稍大。聚氯乙烯的热稳定性和耐光性较差，受热会引起不同程度的分解。由于加入增塑剂的量不同，可制得硬质聚氯乙烯和软质聚氯乙烯。

硬质聚氯乙烯有较好的抗拉、抗弯、抗压和抗冲击性能，力学强度高，电气性能优良，耐酸碱能力极强，化学稳定性好，但软化点低。适于制作化工用管材、棒、管、板、焊条等。软质聚氯乙烯伸长率大，力学强度、耐腐蚀性、绝缘性均低于硬质聚氯乙烯，适于作薄板、密封件、薄膜、电线电缆绝缘层等。

4. 聚苯乙烯（热塑性塑料）

聚苯乙烯（PS）由单体苯乙烯聚合而成，也是目前广泛使用的塑料之一。聚苯乙烯无色、无味、透明、无毒。密度为 $1.04 \sim 1.16\text{g/cm}^3$ ，具有优良的高频绝缘性。透光率为 $88\% \sim 90\%$ ，仅次于有机玻璃。机械强度一般，但着色性、耐用性、化学稳定性良好。聚苯乙烯的主要缺点是脆性大，易产生应力开裂。

聚苯乙烯广泛应用于光学工业中，适于作绝缘透明件、装饰件、光学仪器等，如灯罩、照明器具、盖、建筑装饰品、日用品等。

5. 酚醛塑料（热固性塑料）

酚醛塑料的刚性好，变形小，耐热、耐磨，可在 $150 \sim 200^\circ\text{C}$ 范围内长期使用，在有水润滑时摩擦因数很低，耐油、抗腐，绝缘性能优良。缺点是质脆，抗冲击强度差。

酚醛塑料适于作绝缘件、耐磨件、电器、仪表结构件，如运输导向轮、轴承、轴瓦等。

6. 氨基塑料（热固性塑料）

氨基塑料（MF、UF）的着色性好，色泽鲜艳，外观光亮，密度为 1.5 g/cm^3 ，成型收缩率为 $0.6\% \sim 1.0\%$ ，成型温度为 $160 \sim 180^\circ\text{C}$ 。氨基塑料耐电弧性和电绝缘性良好，耐水、耐热性较好，有灭弧性能。

氨基塑料适于制作耐电弧的电工零件和防爆电器绝缘件，如灭弧罩、电器开关、矿用防爆电器、装饰材料等。

1.5.2 常用工程塑料

1. 苯乙烯-丁二烯-丙烯腈（热塑性塑料）

苯乙烯-丁二烯-丙烯腈（ABS）是三元共聚物，它兼有三种组分的优点。ABS无毒、无味、微黄色。密度为 $1.02 \sim 1.05\text{g/cm}^3$ ，制品光泽较好，冲击韧性、力学强度较高，尺寸稳定，电性能、化学耐腐蚀性好，易于成型和机械加工，可作双色成型件。

ABS具有优良的综合性能，应用十分广泛。它可以制作各种机械零件、减摩耐磨零件、传

动件，如齿轮、轴承、叶轮、把手、汽车零件等。还可以制作各种家用电器，如电视机、电冰箱、洗衣机、录音机、电话机等的壳体、按键。还可以制作汽车上的保险杠、挡泥板、扶手、加热器及文体用品和日用品等。

2. 苯乙烯-丙烯腈共聚物（热塑性塑料）

苯乙烯-丙烯腈（AS）二元共聚物。苯乙烯成分使AS坚硬、透明并易于加工，丙烯腈成分使AS具有化学稳定性和热稳定性。AS具有很强的承受载荷的能力、抗化学反应能力、抗热变形特性和几何稳定性。其拉伸弹性模量是热塑性塑料中较高的一种。AS中加入玻璃纤维添加剂可以增加强度和抗热变形能力，减小热膨胀系数。AS的软化温度约为110℃。载荷下挠曲变形温度约为100℃。AS的收缩率约为0.3%~0.7%。

AS广泛用于制作电气、日用品、汽车产品、化妆品包装等，如插座、壳体、电视机底座、卡带盒、车头灯盒、反光镜、仪表盘、餐具、食品刀具等。

3. 聚碳酸酯（热塑性塑料）

聚碳酸酯（PC）是透明的无定形热塑性塑料，本色微黄，加少量淡蓝色则为五色透明塑料，密度为 1.2g/cm^3 ，透光率近90%，仅次于PMMA和PS。抗冲击性在热塑性塑料中位居前列，韧而刚。制件尺寸精度高，在较大的温度变化范围内保持其尺寸稳定性。收缩率为0.6%~0.8%，耐热，抗蠕变。吸水率低，绝缘性较好，耐蚀、耐磨性好，但高温易水解，相溶性差。

聚碳酸酯具有较优良的综合性能，常用来代替铜、锌、不锈钢等金属材料，广泛用于机械、电子等行业，如齿轮、轴承、绝缘透明件、照明件、医疗器械等。

4. 聚酰胺（热塑性塑料）

聚酰胺（PA）俗称尼龙，是大分子链中含有酰胺基因的高分子聚合物制成的塑料总称，品种已多达几十种，如PA6、PA66、PA610、PA10、PA1010等。聚酰胺大多质地坚韧，无毒、无味。密度为 $1.0\sim1.01\text{g/cm}^3$ ，结晶度为40%~60%。抗拉、抗压、耐磨，自润滑性很突出，坚韧，耐水，抗霉菌。但易吸水，收缩率大，尺寸稳定性较差。

聚酰胺具有优良的综合性能，应用广泛，适于制作各种机械、化工、电器零件及减摩耐磨零件。如齿轮、轴承、叶轮、密封圈、蜗杆、线圈骨架等。

5. 聚甲醛（热塑性塑料）

聚甲醛（POM）是线型结晶型聚合物，根据聚合方法的不同，分为均聚甲醛和共聚甲醛。聚甲醛呈白色或淡黄色，均聚甲醛密度为 1.43g/cm^3 ，共聚甲醛密度为 1.41g/cm^3 。综合性能良好，抗冲击、抗疲劳，减摩、耐磨性好，吸水小，尺寸稳定，但热稳定性差，易燃烧，长期曝晒易老化。

聚甲醛的综合性能优良，在机械、化工、仪表、电子、纺织等行业获得了广泛的应用，适

于作减摩零件、传动件、化工容器及仪器仪表外壳等。如齿轮、轴承、轴套、保持架、水暖零件、管道、继电器等。

6. 聚砜（热塑性塑料）

聚砜（PSF）是以苯环为主链，通过醚、异丙基、砜等基团形成的热塑性塑料，呈透明而略带琥珀色或象牙色的不透明体，密度为 1.24g/cm^3 。具有突出的耐热、耐氧化性能，可在 $-100\sim+150^\circ\text{C}$ 范围内长期使用。力学性能好，抗蠕变性比PC好，耐酸碱和高温蒸汽，在水、湿、高温下仍能保持良好的绝缘性，但不耐芳香烃和卤化烃。

聚砜适于制作高强度、高精度、耐热的机械零件，如齿轮、凸轮、排气阀、仪器仪表壳体等。也可制作尺寸精密、电器性能稳定的电器零件，如线圈骨架、电位器部件、计算机零件等。

7. 聚苯醚（热塑性塑料）

聚苯醚（PPO）是聚2,6-二甲基-1,4-苯醚，呈白色，造粒后呈透明琥珀色，密度为 $1.06\sim1.07\text{g/cm}^3$ 。质地坚而韧，使用温度范围宽， $-127\sim+121^\circ\text{C}$ ，耐磨性好，绝缘性优良，耐稀酸、碱、盐。耐水及蒸汽。吸水性小，在沸水中仍具有尺寸稳定性，耐污染，无毒。缺点是内应力大，易开裂，流动性差，抗疲劳强度较低。

聚苯醚适于作减摩耐磨零件、绝缘件、机械零件、电子设备结构件、传动件及医疗器械等，特别适用于潮湿、有负荷且需要电绝缘的场合。

8. 氟塑料（热塑性塑料）

氟塑料是聚三氟氯乙烯（PCTFE）、聚四氟乙烯（PTFE）、聚全氟乙丙烯（FEP或F46）、聚偏氟乙烯（PVDF）的总称。氟塑料具有优异的介电性能和耐化学腐蚀、耐高低温、防水、不黏、低摩擦系数、良好的自润滑性等性能。聚四氟乙烯树脂为白色粉末，外观如蜡状，光滑、不黏，平均密度为 2.2 g/cm^3 ，是最重的一种塑料。性能卓越，为一般热塑性塑料所不及，有“塑料王”之称。化学稳定性是所有塑料中最好的一种，对强酸、强碱及各种氧化剂等强腐蚀性介质都完全稳定，甚至沸腾的“王水”，原子工业中的强腐蚀剂五氟化铀对它都不起作用，其化学稳定性超过金、铂、玻璃、陶瓷等材料。聚四氟乙烯可在 $-195\sim+250^\circ\text{C}$ 长期使用，但冷流性大，不能注射。聚全氟乙丙烯除使用温度外，几乎具有聚四氟乙烯的全部优点。可挤压、模压及注射成型，自黏性好，可热焊。其摩擦系数是塑料中最低的。

氟塑料广泛应用于化工、电子、电气、航空、航天、半导体、机械、纺织、建筑、医药、汽车等工业领域，适于作抗腐、耐磨减摩件、绝缘件、医疗器件和传动件等，如飞机挂钩线、增压电缆、报警电缆、人工血管、人工心肺等。

9. 聚甲基丙烯酸甲酯（热塑性塑料）

聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）又称有机玻璃，透光性塑料，透光率为92%，优于普通硅玻

璃。模塑成型性能较好的是改性有机玻璃372[#]和373[#]。372[#]成型性能较好，373[#]有较高的耐冲击韧性。有机玻璃密度为1.18 g/cm³，比普通硅玻璃轻一半。而强度则为普通硅玻璃的10倍以上。轻、坚韧、易着色，绝缘性较好，耐一般的腐蚀，一般情况下，尺寸较稳定。最大缺点是表面硬度低，易于擦伤拉毛。

聚甲基丙烯酸甲酯适于制作各种光学镜片、透明管道、灯罩、油标、水标、工艺装饰品、大型透明屋顶、飞机的安全罩、汽车的玻璃窗等。

10. 醋酸纤维素（热塑性塑料）

醋酸纤维素(CA)是纤维素分子中羟基用醋酸酸化后得到的一种化学改性的天然高聚物。其性能取决于乙酰化程度。高乙酰含量的醋酸纤维素(乙酰基含量40% ~ 42%)，呈白色粒状、粉状或棉状固体，对光稳定，不易燃烧。在稀酸、汽油、矿物油中稳定。醋酸纤维素是一种非常易得的人造纤维，成本低，具有很好的编织性能。

醋酸纤维素主要用于工业产品和生活用品，如手柄、计算机及打字机的字母数字键、电话机壳、汽车方向盘、眼镜架及镜片、电影胶片、绝缘薄膜、玩具等。

11. 有机硅塑料（热固性塑料）

有机硅塑料(IS)的密度为1.75 ~ 1.95g/cm³，成型收缩率为0.5%，成型温度为160 ~ 180°C，耐高低温，耐潮，电阻高，高频绝缘性好，耐辐射、臭氧。

有机硅塑料适于制作电器元件的塑封件，及耐高温、电弧和高频的绝缘件等。

12. 硅酮塑料（热固性塑料）

硅酮塑料可在很宽频率和温度范围内保持良好的绝缘性能，可在-900 ~ +300°C下长期使用。耐辐射，防水，化学稳定性好，抗裂性良好，可低压成型。

硅酮塑料适用于制作低压塑料整流器、半导体管及固体电路等。

13. 环氧塑料（热固性塑料）

环氧塑料是以环氧树脂为基体的塑料。环氧塑料强度高，绝缘性优良，化学稳定性和耐有机溶剂性好，适于压缩成型和传递成型。

环氧塑料主要用于电子元器件的封装固定等。

1.5.3 常用特种塑料

1. 玻璃纤维增强塑料（GRP）

玻璃纤维增强塑料(GRP)是由合成树脂和玻璃纤维经复合工艺制作而成的一种功能型材料。具有重量轻、耐腐蚀、绝缘性能好、传热慢、容易着色、能通过电磁波等特性。

玻璃纤维增强塑料主要用来制作厚壁的结构零件，如玻璃雷达罩、飞机油箱、游艇体、浴盆等。

2. 泡沫塑料

泡沫塑料是以树脂为基料，加入发泡剂等制成内部具有无数微小气孔的塑料。采用机械法、物理法、化学法进行气泡，具有质轻、隔热、隔音、防震、耐潮等特点，按内部气孔相连情况，可分为开孔型和闭孔型。按机械性能，可分为硬质和软质两类。常用泡沫塑料有聚氨酯泡沫塑料、聚苯乙烯泡沫塑料、聚乙烯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料、酚醛泡沫塑料及脲醛泡沫塑料等。

硬质泡沫塑料可用做隔热保温材料、隔音防震材料等。软质泡沫塑料可用做衬垫、坐垫、拖鞋、泡沫人造革等。

复习思考题

1. 什么是塑料？
2. 高分子的空间构型有哪些？
3. 与金属材料及其他材料相比，塑料有什么特点？
4. 塑料由什么组成？各组成成分有什么作用？
5. 热塑性塑料和热固性塑料有什么区别？
6. 塑料的成型性能有哪些？
7. 了解常用通用塑料的主要性能。
8. 了解常用工程塑料的主要性能。
9. 了解常用特种塑料的主要性能。
10. 到超市观察各种塑料制品，了解塑料在生活中的广泛应用。
11. 参观塑料产品生产企业，收集、整理常用的塑料原料，观察原料的形状、色泽、透明性等。

第2章

注塑产品设计

本章重点

- 讲解塑件的设计原则
- 讲解塑件尺寸和表面质量的要求
- 讲解塑件造型设计的要点和方法
- 讲解塑件各种结构设计的原则、方法和技巧
- 讲解塑件装配设计方法

学习目的

通过本章的学习，了解塑件的设计原则，掌握塑件尺寸精度选择的方法，了解塑件造型设计的常用方法和应用软件，掌握塑件结构设计、装配设计的原则和技巧，从而有针对性地进行注塑产品的设计训练。

注塑产品的设计应根据其使用要求和外观要求,从塑料的力学性能、艺术造型、成型工艺、模具设计和制造等多方面综合考虑。本章介绍塑件的设计原则、塑件的尺寸和表面质量、造型设计、结构设计、强度设计、装配设计等内容,并重点介绍塑件的结构工艺性能设计。

2.1 塑件的设计原则

产品的使用性能是设计的出发点,也是设计必须要满足的,产品设计主要根据塑件的使用要求,确定其应达到的外观质量、精度、耐热性、耐冲击性、耐腐蚀性和刚性等各种性能,然后选择能满足所需性能的塑料原料,在满足使用性能的前提下,充分考虑产品的成型工艺性和造型。塑件设计原则如下:

- (1) 设计满足塑件使用要求的结构,并考虑塑件的外观要求。
- (2) 针对塑料原料的不同物理性能选择符合塑件使用要求的塑料。
- (3) 便于成型加工。
- (4) 尽量简化模具结构。

2.2 塑件的尺寸和表面质量

塑件的尺寸既不能过大,也不能过小,主要取决于塑料的流动性及成型设备的规格。而塑件的表面质量主要取决于塑料原料的性能和模具成型零件的表面粗糙度。

2.2.1 尺寸和精度

塑件的尺寸精度一般不高,模具成型零件的制造误差、模具成型零件的磨损量、塑料成型收缩率的波动、安装配合误差、水平飞边厚度的波动等,都是影响塑件尺寸精度的主要因素。表2-1为常用材料模塑件公差等级的选用参考表,表2-2为我国1993年6月颁布的塑料件尺寸公差国家标准(GB/T 14486—1993)。

表 2-1 常用材料模塑件公差等级选用表 (GB/T 14486—1993)

材料代号	模塑材料	公差等级		
		标注公差尺寸		未注公差尺寸
		高精度	一般精度	
ABS	苯乙烯-丁二烯-丙烯腈共聚物	MT2	MT3	MT5
AS	苯乙烯-丙烯腈共聚物	MT2	MT3	MT5
CA	醋酸纤维素塑料	MT3	MT4	MT6

续表

材料代号	模塑材料	公差等级		
		标注公差尺寸		未注公差尺寸
		高精度	一般精度	
EP	环氧树脂	MT2	MT3	MT5
PA	尼龙类塑料	无填料填充	MT3	MT4
		玻璃纤维填充	MT2	MT3
PBTP	聚对苯二甲酸丁二醇酯	无填料填充	MT3	MT4
		玻璃纤维填充	MT2	MT3
PC	聚碳酸酯	MT2	MT3	MT5
PDAP	聚邻苯二甲酸二丙烯酯	MT2	MT3	MT5
PE	聚乙烯	MT5	MT6	MT7
PESU	聚醚砜	MT2	MT3	MT5
PETP	聚对苯二甲酸乙二醇酯	无填料填充	MT3	MT4
		玻璃纤维填充	MT2	MT3
PF	酚醛塑料	MT2	MT3	MT5
		MT3	MT4	MT6
PMMA	聚甲基丙烯酸甲酯	MT2	MT3	MT5
POM	聚甲醛	MT3	MT4	MT6
		MT4	MT5	MT7
PP	聚丙烯	MT3	MT4	MT6
		MT2	MT3	MT5
		MT2	MT3	MT5
PPO	聚苯醚	MT2	MT3	MT5
PPS	聚苯硫醚	MT2	MT3	MT5
PS	聚苯乙烯	MT2	MT3	MT5
PSU	聚砜	MT2	MT3	MT5
RPVC	硬质聚氯乙烯(无强塑剂)	MT2	MT3	MT5
SPVC	软质聚氯乙烯	MT5	MT6	MT7
VF/MF	氨基塑料和氨基酚醛塑料	无机填料填充	MT2	MT3
		有机填料填充	MT3	MT4
				MT6

确定塑件的尺寸精度时,应先按常用塑件公差等级的选用表和塑件使用要求决定塑件的公差等级,再按公差表查公差值。

表 2-2 塑件尺寸公差数值表 (GB/T 14486—1993)

单位: mm

公差 等级 种类 ¹⁾	0 3 6 10 14 18	3 6 10 14 18 24	0 3 6 10 14 20	0 3 6 10 14 20	0 3 6 10 14 20	0 3 6 10 14 20	0 3 6 10 14 20	基本尺寸		标注公差的尺寸差值		标注公差的尺寸允许偏差														
								50 65 80 100 120 140	100 120 140 160 180 200	120 140 160 180 200 225	140 160 180 200 225 250	160 180 200 225 250 280	180 200 225 250 280 315	200 225 250 280 315 355	225 250 280 315 355 400	250 280 315 355 400 450	280 315 355 400 450 500									
MT1	A	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.36	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.70	0.78	0.86
	B	0.14	0.16	0.18	0.20	0.21	0.21	0.24	0.26	0.28	0.30	0.33	0.36	0.39	0.42	0.46	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74	0.80	0.88	0.96
MT2	A	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.30	0.34	0.38	0.42	0.46	0.50	0.54	0.60	0.66	0.72	0.76	0.84	0.92	1.00	1.10	1.20
	B	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.70	0.76	0.82	0.86	0.92	1.00	1.10	1.20	1.30
MT3	A	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40	0.46	0.52	0.58	0.64	0.70	0.78	0.86	0.92	1.00	1.14	1.20	1.30	1.44	1.60	1.74
	B	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.66	0.72	0.78	0.84	0.90	0.98	1.06	1.12	1.20	1.30	1.40	1.50	1.64	1.80	1.94
MT4	A	0.16	0.18	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.42	0.48	0.56	0.64	0.72	0.82	0.92	1.02	1.12	1.24	1.36	1.48	1.62	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
	B	0.36	0.38	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.62	0.68	0.76	0.84	0.92	1.02	1.12	1.22	1.32	1.44	1.56	1.68	1.82	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
MT5	A	0.20	0.24	0.28	0.32	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.74	0.86	1.00	1.14	1.28	1.44	1.60	1.76	1.92	2.10	2.30	2.50	2.80	3.10	3.50	3.90
	B	0.40	0.44	0.48	0.52	0.58	0.64	0.70	0.76	0.84	0.94	1.06	1.20	1.34	1.48	1.64	1.80	1.96	2.12	2.30	2.50	2.70	3.00	3.30	3.70	4.10
MT6	A	0.26	0.32	0.38	0.46	0.54	0.62	0.70	0.80	0.94	1.10	1.28	1.48	1.72	2.00	2.20	2.40	2.60	2.90	3.20	3.50	3.80	4.30	4.70	5.30	6.00
	B	0.46	0.52	0.58	0.68	0.74	0.82	0.90	1.00	1.14	1.30	1.48	1.68	1.92	2.20	2.40	2.60	2.80	3.10	3.40	3.70	4.00	4.50	4.90	5.50	6.20
MT7	A	0.38	0.48	0.58	0.68	0.78	0.88	1.00	1.14	1.32	1.54	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00	3.30	3.70	4.10	4.50	4.90	5.40	6.00	6.70	7.40	8.20
	B	0.58	0.68	0.78	0.88	0.98	1.08	1.20	1.34	1.52	1.74	2.00	2.30	2.60	3.10	3.20	3.90	4.30	4.70	5.10	5.60	6.20	6.90	7.60	8.40	

标注公差的尺寸允许偏差

注: A 为不受模具活动部分影响的尺寸公差值, B 为受模具活动部分影响的尺寸公差值; 表中只列出公差值以(-)号; 对于基轴制的轴可取表中数值冠以(+)号; 对于基孔制的孔取表中数值冠以(-)号; 对于中心距可取表中数值冠以(-)号; 对于基准应根据产品的配合性质进行分配。对于基孔制的孔取表中数值冠以(+)号; 对于基准应根据产品的配合性质进行分配。

2.2.2 表面质量

塑件的表面质量主要是指塑件的表面粗糙度，同时还包括对塑件的光泽性、色彩均匀性、云纹、冷疤、表面缩陷、熔接痕、对拼缝、毛刺、推杆和去浇口痕迹等表面质量的要求。

塑件的表面粗糙度主要取决于模具成型零件的表面粗糙度。一般模具的表面粗糙度应比塑件低1~2个等级。模具型腔的表面粗糙度对塑件的表面粗糙度起决定作用，型腔表面粗糙会使塑料的流动困难，并增大塑件的脱模阻力，使塑件脱模困难。一般型腔的表面粗糙度要求达到Ra_{0.2~0.4}。透明制品型腔和型芯的粗糙度要求一致。非透明制品的型芯表面相对于型腔表面略为粗糙，以增大摩擦，使制品留在利于脱模的一边。表2-3是不同塑料材料表面粗糙度的取值范围。

表 2-3 注射成型不同材料所能达到的表面粗糙度 (GB/T 14234—1993)

模塑材料		Ra 参数值范围 /μm									
		0.025	0.05	0.10	0.20	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5
热塑性塑料	聚甲基丙烯酸甲酯	√	√	√	√	√	√	√			
	ABS	√	√	√	√	√	√	√			
	AS	√	√	√	√	√	√	√			
	聚碳酸酯		√	√	√	√	√	√			
	聚苯乙烯		√	√	√	√	√	√	√		
	聚丙烯			√	√	√	√	√			
	尼龙			√	√	√	√	√			
	聚乙烯			√	√	√	√	√	√	√	
	聚甲醛		√	√	√	√	√	√	√		
	聚砜				√	√	√	√	√		
	聚氯乙烯				√	√	√	√	√		
	聚苯醚				√	√	√	√	√		
	氯化聚醚				√	√	√	√	√		
	PBT				√	√	√	√	√		
热固性塑料	氨基塑料				√	√	√	√	√		
	酚醛塑料				√	√	√	√	√		
	硅酮塑料				√	√	√	√	√		

2.3 塑件造型设计

塑件的造型设计是对塑件的材料、构造、加工方法、功能性、合理性、经济性、审美性的推敲和设计，是一门涉及科学和美学、技术和艺术的新学科。它既不是自然科学中的工程技

术设计，也不是艺术领域中的工艺美术设计，而是技术与艺术的有机结合，使人们在使用产品的同时，获得一种艺术享受。

2.3.1 造型设计的基本要素

塑件的造型设计包括使用功能、工艺技术条件、艺术造型三个基本要素。

1. 使用功能

使用功能是指塑件的用途，它是塑件造型的主要目的和最根本的使用要求，是产品赖以生存的根本所在。造型要充分体现功能的科学性、使用的合理性，物质功能对塑件的结构和造型起主导的、决定性的作用。

2. 工艺技术条件

工艺技术条件包括塑件材料和成型技术手段，是塑件从材料变为制品的条件和过程。

3. 艺术造型

艺术造型是对塑件的艺术欣赏要求，体现了产品的精神功能。

这三个基本要素是互相依赖、互相渗透的，任何一个塑件的设计都是综合考虑的结果。塑件造型中，除了考虑上述三个基本要素外，文化上的差异、时代的变迁、地方习俗、人们心理上的特点等也是影响塑件造型的因素。因此，造型设计既是物质产品设计，又是精神的艺术创造。设计师不仅是一位工程师，也应该是一位艺术家，应具备技术、艺术、社会经济、生理、心理、精神等多方面的知识和技能。

2.3.2 造型设计的要点

任何一个塑件，都具有物质功能和精神功能。塑件的物质功能通过塑件的工程技术设计来保证，而塑件的精神功能则通过塑件的造型设计来体现。塑件外观的比例、色彩、材质、装饰等都会在使用者心里产生种种感受，这些感受就是塑件造型所产生的精神功能。

因此，塑件的造型设计应包括以下设计要点：

(1) 造型设计的核心是物质功能决定艺术造型，满足塑件的使用性能，是设计的首要任务，也是设计的重点。

(2) 造型设计是通过材质、结构和工艺手段来实现造型美的，因此它应充分反映“材质美”、“结构美”和“工艺美”。

(3) 造型设计应反映现代科学技术水平和物质文化生活面貌，体现当代的、民族的审美要求，具有强烈的时代性。

(4) 塑件的艺术造型应通过形体的塑造、线形的组织、色彩的功能、材质机理等艺术表

现形式和使用舒适等，使人获得精神享受。

(5) 塑件造型的最终实现，是以现代化生产方式完成的，因此塑件的造型应满足成型性能，符合标准化、通用化、系列化和成批生产的要求。

(6) 造型设计具有物质产品的使用价值和艺术感染力的精神功能的双重作用。

2.3.3 造型设计的基本原则

塑件造型设计的基本原则是实用、美观、经济。实用是塑件艺术造型的技术性能指标，指塑件具有先进和完善的多种功能，并保证塑件的使用性能得到最大程度的发挥。美观是艺术造型的审美性指标，它是材质、结构、形式、工艺等美感的综合，是塑件精神功能的具体表现。经济是艺术造型的经济效果指标，指合理的成本，是以最少投入获取最大的经济效益和社会效益。实用、美观、经济三者是密切相关缺一不可的。

2.3.4 造型设计实例

塑件的造型设计、力学分析及图形绘制都可通过计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)来完成。设计人员通过人机交互的方式，直观、形象地在屏幕上建立塑件的几何模型，并从不同的角度审视造型设计效果，快速、准确地进行塑件性能的理论分析计算，并利用数据库和图形库完成塑件的结构设计、技术文件的编制及全部图纸的绘制和输出。CAD技术已成为塑件造型设计的先进的工具和主要手段，它不仅充分发挥了设计人员的智慧和创新性，而且大大提高了塑件设计的质量和效率。

塑件的计算机辅助设计主要包括4个方面的内容，即塑件的几何造型设计、设计信息库的编制和调用、塑件分析计算及优化以及总装图和零件图的绘制。

目前，进行塑件设计的软件很多，主要以图形设计软件为主，如AutoCAD、CAXA、Pro/E、UG、SolidWorks等，可进行二维和三维图形的设计和绘制。图2-1是用Pro/E软件完成的部分塑件造型图。

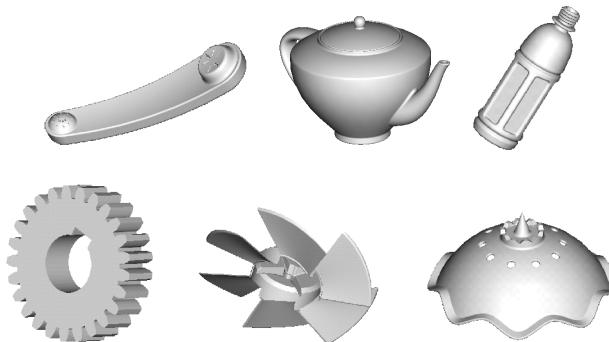


图 2-1 塑件造型图

2.4 塑件结构设计

塑件的结构直接关系着模具的结构。在满足塑件使用要求的前提下，应尽量使塑件结构简单，从而简化模具结构，降低模具成本。

2.4.1 形状

设计塑件形状时要尽量避免侧孔、侧凹结构。对于某些因使用要求必须带侧凹、侧凸或侧孔的塑件，可以通过合理的设计，避免侧向抽芯。

图2-2 (a)所示塑件上的侧孔需要由侧型芯来成型，模具结构较为复杂。如将孔改为图2-2 (b)所示孔形，则无须设侧型芯。图2-3 (a)所示塑件内侧有凸结构，模具成型困难，改为图2-3 (b)结构，模具结构简单。图2-4 (a)所示侧凹需侧抽芯，改为图2-4 (b)则取消了不必要的侧凹。

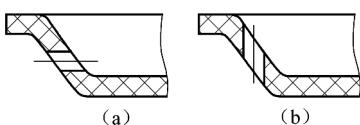


图 2-2 侧孔改进形式

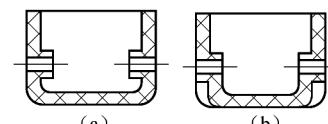


图 2-3 内凸改进形式

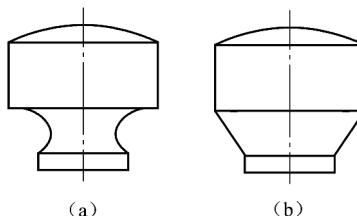


图 2-4 取消塑件上不必要的侧凹结构

2.4.2 壁厚

塑件壁厚应以满足塑件在使用时要求的强度、刚度、绝缘性、重量、尺寸稳定性和与其他零件的装配关系，并能使塑料熔体顺利充满整个型腔。塑件壁厚设计应遵循以下两点。

1. 尽量减小壁厚

塑件允许的最小壁厚与塑料品种和塑件尺寸有关，表2-4为常用热塑性塑料推荐的壁厚值，表2-5为常用热固性塑料推荐的壁厚值。

2. 尽可能保持壁厚均匀

一般情况下，应使壁厚差保持在30%以内。对于由塑件结构造成壁厚差过大的情况，可

采取将塑件过厚部分挖空的方法减小壁厚差，如图2-5所示。

表 2-4 常用热塑性塑料壁厚推荐值

单位：mm

模塑材料	最小壁厚	常用壁厚	最大壁厚
高密度聚乙烯	0.9	1.57	6.35
低密度聚乙烯	0.5	1.57	5.35
聚丙烯	0.64	2.0	4.53
共聚甲醛	0.38	1.57	3.18
聚苯乙烯	0.76	1.57	6.35
ABS 或 AS	0.76	2.3	3.18
聚丙烯酸酯类	0.64	2.36	6.35
硬聚氯乙烯	—	2.36	9.53
聚砜	—	2.54	9.53
纤维素塑料	0.64	1.9	4.75
聚酰胺	0.38	1.57	3.18
聚碳酸酯	—	2.36	9.53

表 2-5 常用热固性塑料壁厚推荐值

单位：mm

模塑材料	最小壁厚	常用壁厚	最大壁厚
纤维(粉)充填醇酸塑料	1.0	3.2	12.7
矿粉充填醇酸塑料	1.0	4.75	9.5
邻苯二甲酸二丙烯酯	1.0	4.75	9.5
玻纤充填环氧树脂	0.76	3.2	25.4
三聚氰氨塑料	0.9	2.54	4.75
脲醛塑料	0.9	2.54	4.75
普通酚醛塑料	1.27	3.2	25.4
玻纤充填酚醛塑料	0.76	2.36	19.1
矿粉充填酚醛塑料	3.2	4.75	25.4
聚酯预混料	1.0	1.78	25.4

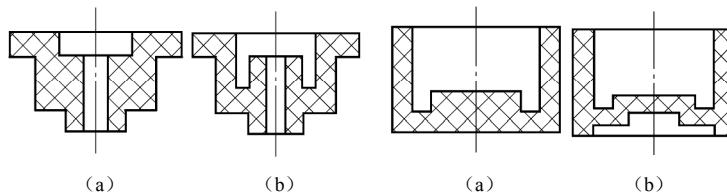


图 2-5 挖空塑件过厚部分使壁厚均匀

2.4.3 脱模斜度

为便于塑件从模腔中脱出，在平行于脱模方向的塑件表面上，必须设有一定的斜度，此斜度称为脱模斜度。斜度留取方向，对于塑件内表面是以小端为基准，即保证径向基本尺寸，斜度向扩大方向取；塑件外表面则应以大端为基准，即保证径向基本尺寸，斜度向缩小方向取，如图2-6所示。

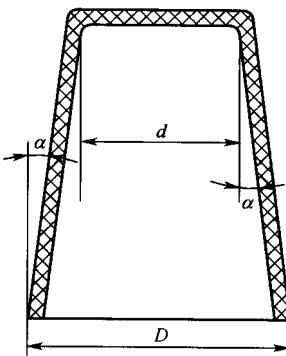


图 2-6 塑件上斜度留取方向

脱模斜度随制件形状、塑料种类、模具结构、表面精加工程度、精加工方向等而异。一般情况下，脱模斜度取 $1/30 \sim 1/60$ ($2^\circ \sim 1^\circ$)较适宜，实际工作中采用的最小脱模斜度为 $1/120$ ($1/2^\circ$)。脱模斜度的选取，往往采用经验数据。如果在允许范围内取较大值，可使顶出更加容易，所以应尽可能采取较大的脱模斜度。

塑件高度在25mm以下时，可不考虑脱模斜度。但如果塑件结构复杂，即使脱模高度仅几毫米，也必须设计脱模斜度，如格子状塑件。表2-6~表2-8是脱模斜度的推荐值。

表 2-6 热塑性塑料件的脱模斜度

模塑材料	脱 模 斜 度	
	塑件外表面	塑件内表面
尼龙(通用)	$20' \sim 40'$	$25' \sim 40'$
尼龙(增强)	$20' \sim 50'$	$20' \sim 40'$
聚乙烯	$20' \sim 45'$	$25' \sim 45'$
氯化聚醚	$25' \sim 45'$	$30' \sim 45'$
聚甲基丙烯酸甲酯	$30' \sim 50'$	$35' \sim 1^\circ$
聚碳酸酯	$35' \sim 1^\circ$	$30' \sim 50'$
聚苯乙烯	$35' \sim 1^\circ 30'$	$30' \sim 1^\circ$
ABS	$40' \sim 1^\circ 20'$	$35' \sim 1^\circ$

表 2-7 热固性塑料件上孔的脱模斜度

脱出长度/mm	直径/mm	脱模斜度/(°)
4~10	2~10	15~18
	10 以上	18~30
20~40	5~10	10~15
	15 以上	15~18

表 2-8 热固性塑料件外表面的脱模斜度

脱出长度/mm	10 以下	10~30	30 以上
脱模斜度/(°)	25~30	30~35	35~40

2.4.4 圆角

带有尖角的塑件往往在其尖角处产生应力，集中而易于开裂。塑件圆角的作用如下。

- (1) 分散载荷，增强及充分发挥塑件的机械强度。
- (2) 改善塑料熔体的流动性，便于充满与脱模，消除壁部转折处的凹陷等缺陷。
- (3) 便于模具的机械加工和热处理，从而提高模具的使用寿命。

因此，塑件上除了必须保留的尖角之外，所有转角处均应尽可能采用圆弧过渡。圆角半径大小的确定可参照图2-7和图2-8。

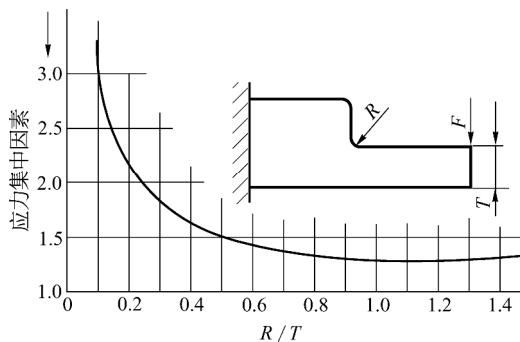


图 2-7 壁厚与圆角半径的关系

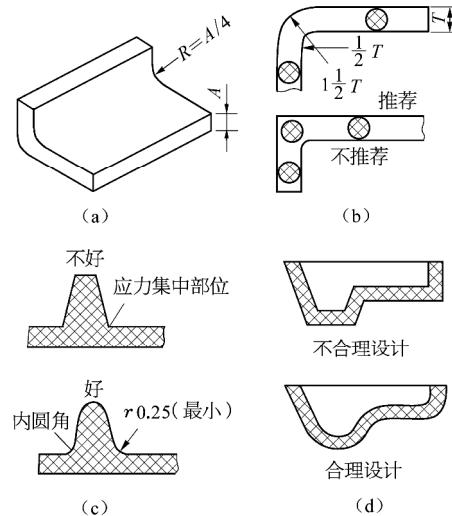


图 2-8 塑件圆角半径

F-负荷 R-圆角半径 T-塑件壁厚

合理的圆角半径： $1/4 \leq R/T \leq 3/5$ 或 $R_{min} \geq 0.4mm$

2.4.5 加强筋

设计加强筋的目的是为了提高塑件的强度和防止塑件翘曲变形，如图2-9所示。

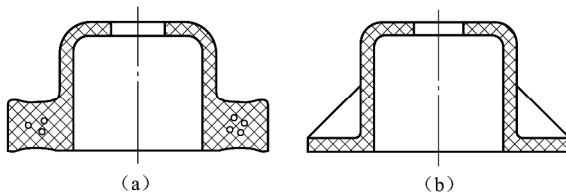


图 2-9 采用加强筋改善壁厚

图2-10所示为典型加强筋的合理形状和尺寸比例， A 为塑件厚度。

图2-11所示为容器的底部加强筋布置情况，图(a)由于加强筋交汇，厚度不均匀，易产生气泡、缩孔等，图(b)较合理。

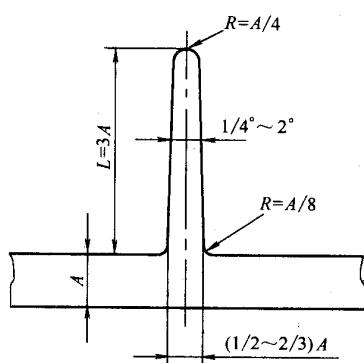


图 2-10 加强筋典型尺寸

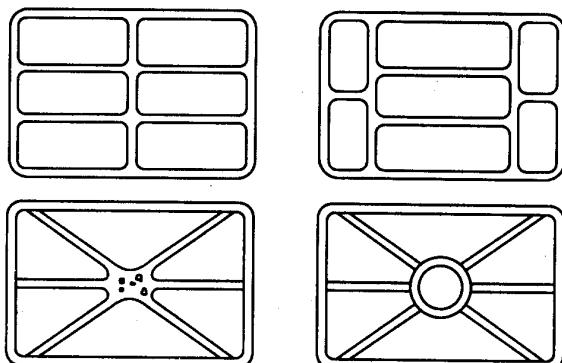


图 2-11 容器底部加强筋的布置

2.4.6 支承面

塑件支承面设计成一个整面是不合理的，如图2-12 (a) 所示，因为平板状在成型收缩后很容易翘曲变形。常用的方法是以边框式或点式（三点或四点）结构作支承，如图2-12 (b) 和图2-12 (c) 所示。这样不仅可提高塑件的基面效果，而且还可以延长塑件的使用寿命。支承面设置加强筋时，筋的端部应低于支承面约0.5mm左右。

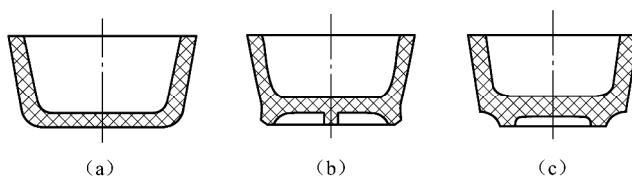


图 2-12 塑件的支承面

2.4.7 孔

塑件有各种形状的孔，如通孔、盲孔、螺纹孔等，尽可能开设在不减弱塑件机械强度的部位，孔的形状也应力求使模具制造简单。

相邻两孔之间和孔与边缘之间的距离通常应等于或大于孔的直径，如图2-13所示。

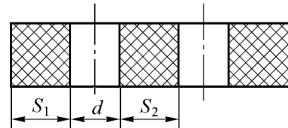


图 2-13 塑件上的孔距

$$S_1 = S_2 = d$$

通孔可用一端固定的单一成型杆，如图2-14（a）所示，或各端分别固定的对接成型杆来成型，如图2-14（b）所示。盲孔则用一端支承的成型杆来成型，但在成型过程中，由于物料流动产生的压力不平衡，容易使型芯折断或弯曲，所以盲孔的深度取决于孔的直径，其关系如表2-9所示。

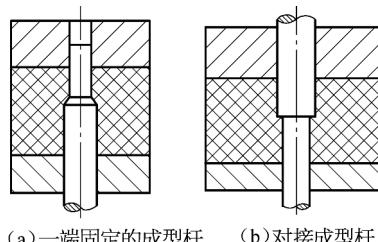
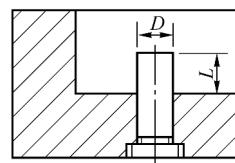


图 2-14 通孔的成型

表 2-9 盲孔深度与其直径的关系

单位：mm

盲孔直径 D	盲孔深度 L		
	压塑	注塑或铸压	
1.5 以下	$1D$	$2D$	
1.5~5	$1.5D$	$3D$	
5~10	$2D$	$4D$	



2.4.8 标记、符号、图案和文字

塑件上常带有产品型号、名称、文字说明及装饰用的花纹图案。这些文字图案一般以在塑件上凸起为好，一是美观，二是模具容易制造，但凸起的文字图案容易磨损。如果使这些文字图案等凹入塑件表面，虽不易磨损，但不仅不美观，模具也难以加工制造。解决的方法是仍使这些文字图案在塑件上凸起，但塑件带文字图案的部位应低于塑件主体表面。模具上成型文字

图案的部分加工成镶件，镶入模腔主体，使其高出型腔主体表面，如图2-15所示。文字图案的高度一般为0.2~0.5mm，线条宽度为0.3~0.8mm。

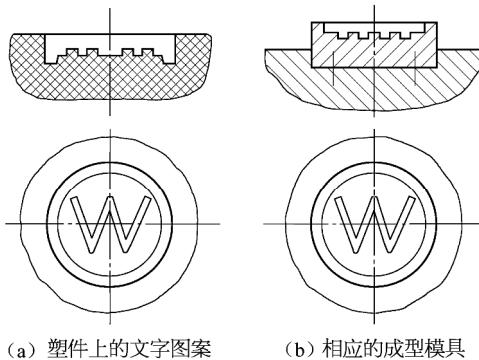


图 2-15 塑件上的文字图案与相应的模具

2.4.9 凸凹纹

塑料旋钮、瓶盖、手柄等，应在柱面周围设计出凸凹纹以增加旋转时的摩擦力。常采用的凸凹纹可为密集的细纹，形如滚花，也可采用比较稀疏的粗纹。其结构形式和设计尺寸分别列在表2-10和表2-11中。凸凹纹尽量避免采用菱形，菱形凸凹纹成型后无法直接推出。

表 2-10 细凸凹纹结构形式与尺寸

结构形式	直径 D/mm	l/mm	R/mm	D/h
	≤18 18~50 50~80 80~120	1.2~1.5 1.5~2.5 2.5~3.5 3.5~4.5	0.2~0.3 0.3~0.5 0.5~0.7 0.7~1.0	1 1.2 1.5 1.5

表 2-11 粗凸凹纹结构形式与尺寸

结构形式	直径 D/mm	R/mm	l	h
	≤18 18~50 50~80 18~120	0.3~1 0.5~4 1~5 2~6	4R	0.8R

2.4.10 螺纹

成型塑件上的螺纹方法主要有3种，一是用模具直接成型出塑料螺纹，又称模塑螺纹。二是用机械切削加工法制作螺纹，又称机制螺纹。三是在塑件内部镶嵌金属螺纹构件，又称嵌件螺纹。其中成型最困难的是模塑螺纹。

1. 模塑螺纹类型

模塑螺纹常见的牙形有6种，即公制标准螺纹、矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹、玻瓶螺纹(圆弧形螺纹)、V形螺纹，如图2-16所示。其中标准螺纹是最常用的连接螺纹，其牙根和牙尖都应是圆柱面，这样可大大降低连接内应力。塑件上的标准公制螺纹应选用螺牙尺寸较大者，不宜选用过小的细牙螺纹，参考表2-12选用，特别是用纤维或布基作填料的塑件，当螺纹牙过细时，其牙尖部分常常被强度不高的纯树脂所充填，会直接影响使用时的连接强度。

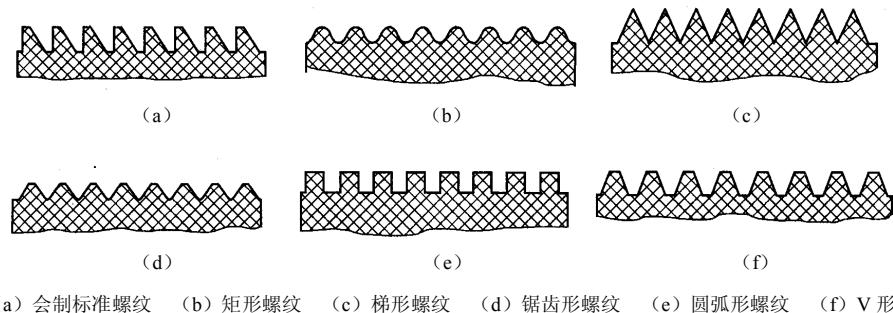


图 2-16 塑件螺纹常见形式

表 2-12 螺纹选用范围

螺纹公称直径/mm	螺纹种类				
	公制标准螺纹	1 级细牙螺纹	2 级细牙螺纹	3 级细牙螺纹	4 级细牙螺纹
3 以下	√	×	×	×	×
3~6	√	×	×	×	×
6~10	√	√	×	×	×
10~18	√	√	√	×	×
18~30	√	√	√	√	×
30~50	√	√	√	√	√

注：表中“×”为建议不采用。

2. 模塑螺纹成型方法

模塑螺纹成型方法主要有以下几种：

- (1) 采用成型杆或成型环，成型后从塑件上旋下来。
- (2) 阳螺纹采用瓣合模成型，阴螺纹采用可收缩的多瓣型芯成型，生产效率高，但精度

较差，常带有明显的飞边。

(3) 要求不高的阴螺纹，如瓶盖螺纹用软塑料成型时，可强制脱模，这时螺牙断面最好设计得浅一些。

3. 螺纹设计要点

为防止塑料螺孔最外圈的螺纹崩裂或变形，应使阴螺纹始端有一台阶孔，台阶高为0.2~0.8mm，且螺纹牙应渐渐凸起，如图2-17所示。

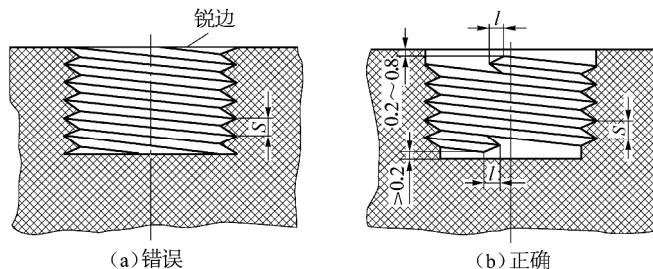


图 2-17 塑件阴螺纹形状

塑件的阳螺纹其始端也应下降0.2mm以上，末端不宜延长到与垂直底面相接，否则易从根部发生断裂，如图2-18所示。同样，螺纹始端和末端均不应突然开始和结束，而应有过渡部分 l ，其值可按表2-13选取。

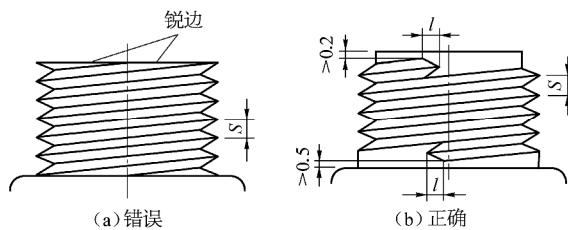


图 2-18 塑件阳螺纹形状

表 2-13 塑件上螺纹始末部分尺寸

单位：mm

螺纹直径	螺距 S		
	<0.5	>0.5	>1
	始末部分长度尺寸 l		
≤10	1	2	3
10~20	2	2	4
20~34	2	4	6
34~52	3	6	8
52	3	8	10

2.4.11 齿轮

塑料齿轮目前主要用于精度和强度要求不高的传动场合。常用模塑成型材料有尼龙、聚碳酸酯、聚甲醛、聚砜等，其结构尺寸如表2-14所示。

表 2-14 塑料齿轮形状及尺寸

单位：mm

	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>轮缘宽度 t_1</td><td>$\geq 3t$ (t 为齿高)</td></tr> <tr> <td>辐板厚度 H_1</td><td>$\leq H$</td></tr> <tr> <td>轮毂厚度 H_2</td><td>$\geq H$</td></tr> <tr> <td>轮毂外径 D_1</td><td>$\geq (1.5 \sim 3) D$</td></tr> </tbody> </table>	轮缘宽度 t_1	$\geq 3t$ (t 为齿高)	辐板厚度 H_1	$\leq H$	轮毂厚度 H_2	$\geq H$	轮毂外径 D_1	$\geq (1.5 \sim 3) D$
轮缘宽度 t_1	$\geq 3t$ (t 为齿高)								
辐板厚度 H_1	$\leq H$								
轮毂厚度 H_2	$\geq H$								
轮毂外径 D_1	$\geq (1.5 \sim 3) D$								

设计塑料齿轮时，应避免模塑、装配和使用齿轮时产生内应力或应力集中，避免收缩不均而变形。为此，塑料齿轮要尽量避免截面突变，应以较大圆弧进行转角过渡，如图2-19所示。宜采用过渡配合和用非圆孔连接，不应采用过盈配合和键连接，如图2-20所示。

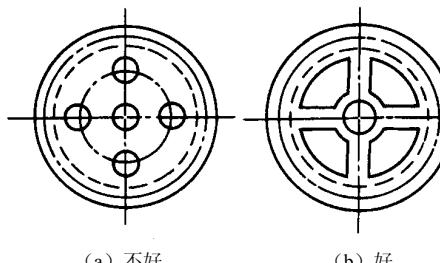


图 2-19 塑料齿轮辐板形式

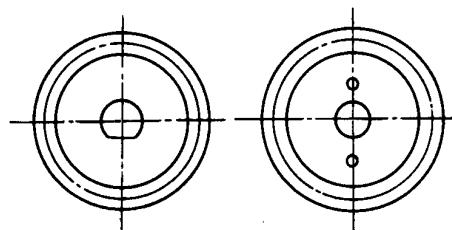


图 2-20 塑料齿轮与轴的装配

2.4.12 铰链

聚丙烯、乙丙共聚物等塑料具有优异的耐疲劳性，在箱体、盒盖、容器等塑件中可直接成型为铰链结构。

铰链的截面形式和尺寸如图2-21所示。铰链部分应尽量薄，一般取0.25~0.38 mm，充模时塑料熔体在流经铰链部分时，使分子取向，提高弯折寿命。从模腔取出塑件后应立刻人工弯曲铰链若干次，可大大提高其强度及疲劳寿命。

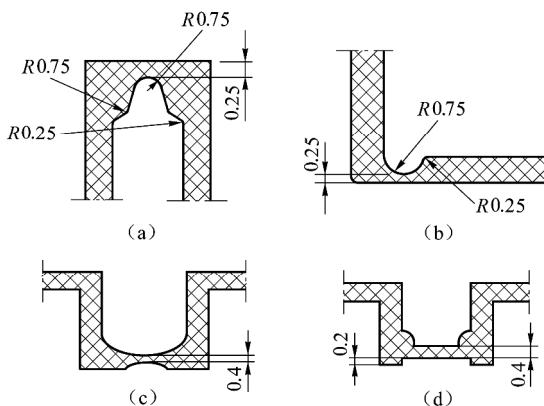


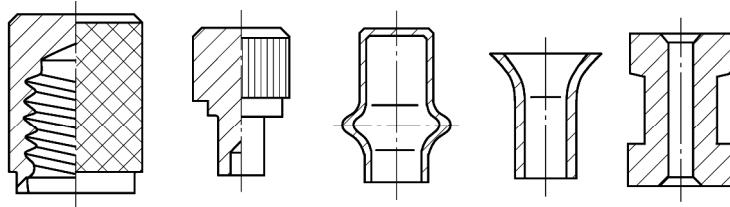
图 2-21 铰链的截面形状及尺寸

2.4.13 嵌件

为了安装、连接等需要，往往在塑件中放置金属件或其他非金属材料的零件，这些零件称为塑件中的嵌件。塑件中镶入嵌件可增加塑件局部强度、硬度、耐磨、导磁导电性能，加强塑件尺寸精度和形状的稳定性，还可用于塑件的装饰。

1. 金属嵌件结构

金属嵌件的种类和形式很多，为了在塑件内牢固嵌定而不被拔出，其表面应加工成沟槽或滚花，或制成多种特殊形状。图2-22中所示就是几种金属嵌件的例子。



(a) 盲孔内螺纹嵌件 (b) 钢钉式嵌件 (c) 空心套型嵌件 (d) 羊眼嵌件 (e) 通孔嵌件

图 2-22 嵌件结构

2. 设计原则

设计带金属嵌件的塑件的基本原则如下：

- (1) 塑件中的金属嵌件周边应有一定的壁厚，常用塑件中金属嵌件周围的最小壁厚可参阅表2-15。
- (2) 金属嵌件嵌入部分的周边应有倒角，以减少周边塑料冷却时产生的应力集中。
- (3) 嵌件设在塑件上的凸起部位时，嵌入深度应大于凸起部位的高度，以保证塑件的机械强度。

- (4) 内、外螺纹嵌件的高度应低于型腔的成型高度0.05mm，以免压坏嵌件和模具型腔。
- (5) 外螺纹嵌件应在无螺纹部分与模具配合，避免熔融物料渗入到螺纹。
- (6) 嵌件在模内的固定部分应采用小间隙配合，以保证定位准确，防止溢料。
- (7) 嵌件高度不应超过其直径的两倍，高度应有公差。

表 2-15 金属嵌件周围的最小壁厚

单位：mm

模 塑 材 料	钢制嵌件直径 D	
	1.5~13	16~25
酚醛塑料（通用）	0.8D	0.5D
酚醛塑料（矿物填充）	0.75D	0.5D
酚醛塑料（玻璃纤维填充）	0.4D	0.25D
氨基塑料（矿物填充）	0.8D	0.75D
尼龙 66	0.5D	0.3D
聚乙烯	0.4D	0.25D
聚丙烯	0.5D	0.25D
软质聚氯乙烯	0.75D	0.5D
聚苯乙烯	1.5D	1.3D
聚碳酸酯	1D	0.8D
聚甲基丙烯酸酯	0.75D	0.6D
聚甲醛	0.5D	0.3D

2.5 塑件强度设计

塑件在使用过程中往往要受力，因此设计塑件时，要充分考虑强度要求，在结构上进行加强。

2.5.1 塑件盖和底部的加强设计

除采用加强筋外，薄壳状的塑件可制作成球面或拱面，可有效增加刚性和减少变形，如图2-23所示。

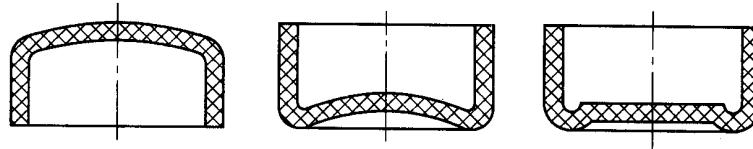


图 2-23 容器盖和底的增强

2.5.2 塑件侧壁的加强设计

聚烯烃类塑料成型矩形薄壁容器时，其侧壁容易出现内凹变形，如图2-24 (a) 所示，可事先把塑件侧壁设计成稍许外凸，如图2-24 (b) 所示，使变形后趋于平直，但这种方法不容易做到。因此在不影响使用的情况下，可将塑件设计成各边均向外凸的美丽弧线，使变形不易察觉，如图2-24 (c) 所示。

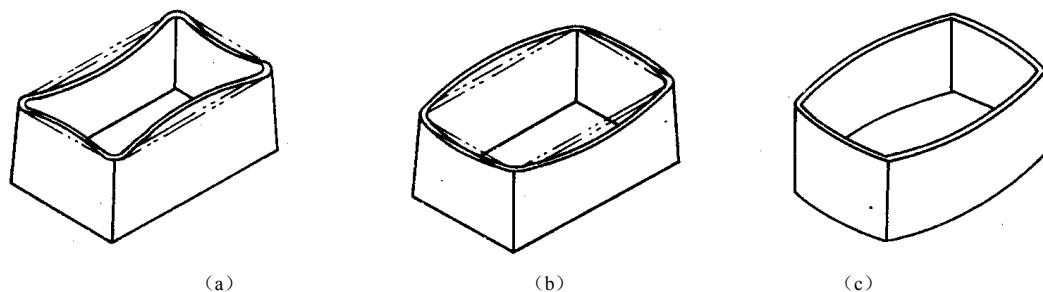


图 2-24 防止矩形薄壁容器侧壁内凹变形

2.5.3 塑件边缘的加强设计

对于薄壁容器的边缘，可按图2-25所示设计来增加边缘部分的刚性，减少塑件的变形。

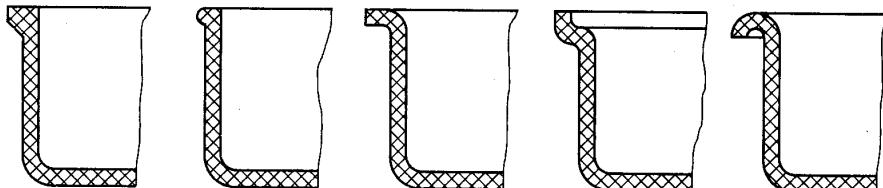


图 2-25 容器边缘的增强

2.6 塑件装配设计

两件以上的塑件按一定的连接要求组合在一起，成为具有一定功能的整体结构产品，其连接过程称为装配。塑件的装配分为可拆卸和不可拆卸两种。

2.6.1 可拆卸式装配

可拆卸式装配包括螺纹连接和弹性连接两种形式。

1. 螺纹连接装配

螺纹连接装配一种是螺钉（塑料的或金属的）与螺孔的连接，如图2-26所示。一种是螺钉

与螺母（塑料的或金属的）以及垫圈的连接，如图2-27所示。一种是自攻金属螺钉和塑料底孔的连接，如图2-28所示。当拆开螺纹连接的各零件时，仍可保持原定的位置、结构强度和功能要求。该连接是用途最为广泛的一种连接。

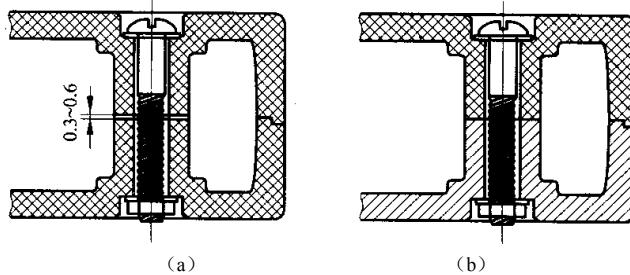


图 2-26 螺钉与螺孔的连接

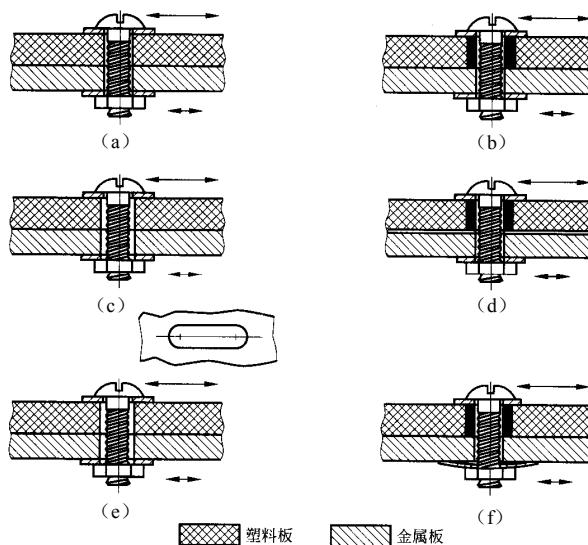


图 2-27 加垫圈的螺栓连接

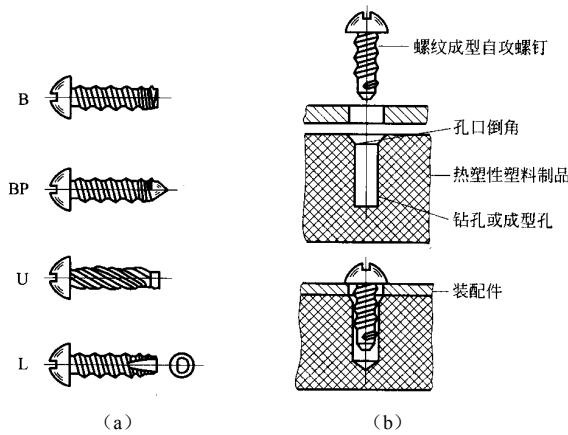


图 2-28 自攻螺钉连接

2. 弹性连接

弹性连接是利用塑料成型后所具有的良好的弹性变形来实现其连接的。它装配简便、拆卸快捷，成本低，隐蔽性强，不影响装配后的外观造型。其缺点是连接件之间因有间隙，所以当装配件遇到振动时，会出现振动引起的噪声。弹性连接包括卡扣、自锁卡扣、搭扣、旋转卡扣、镶嵌式卡口、捆扎连接等6种形式。

1) 卡扣

图2-29是悬壁弹性卡扣连接过程示意图，在外力的作用下易脱出，也可拆卸。

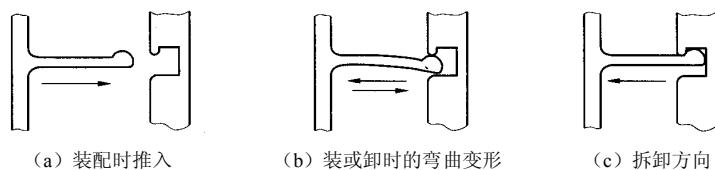


图 2-29 悬壁弹性卡扣连接

2) 自锁卡扣

图2-30是悬壁弹性自锁卡扣连接过程示意图，一旦装配后不容易脱出，也不容易拆卸。

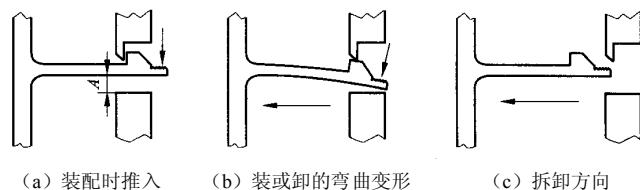


图 2-30 自锁卡扣形连接

3) 搭扣

图2-31是搭扣连接示意图，有圆扣、插头扣和带扣等。图(d)的插头扣是化妆盒的锁闭结构。B转180°扣在A上，R13重合，B上的凸点插进A的小孔即被卡住。

4) 旋转卡扣

图2-32是4种旋转卡扣的结构形式。图(a)所示为矩形卡扣插入后旋转90°；图(b)所示为L形槽，插入后转一小角度，圆销进入小横槽即被卡住，不能上下运动；图(c)所示为插入后转90°；图(d)所示为插入后转45°~90°即可。

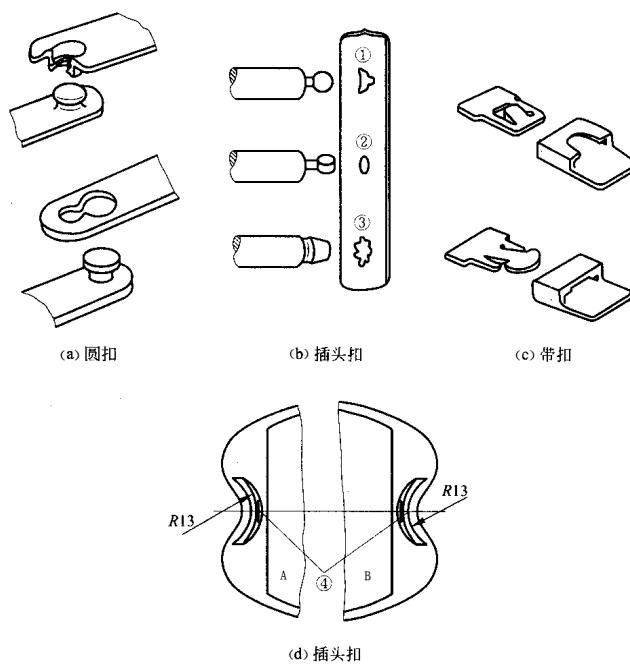


图 2-31 搭扣连接

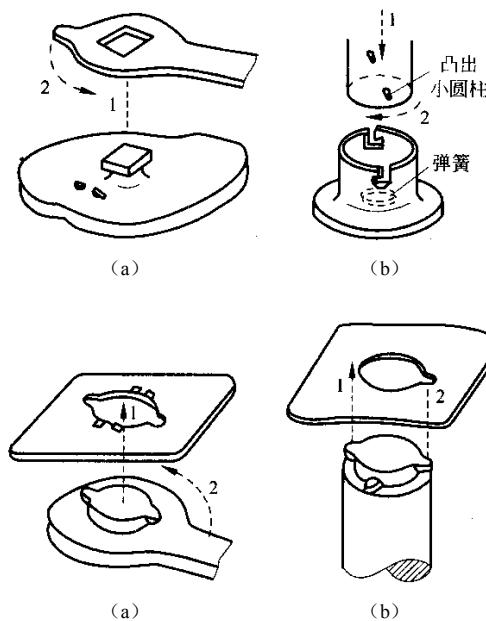


图 2-32 旋转卡扣的结构形式

5) 镶入式卡口

如图2-33 (a) 所示的卡口短，限制了弹性，装配较费力，易损坏；图 (b) 所示的卡口增长，装卸力减小且相等，较图 (a) 所示结构优异；图 (c) 所示的双弹性卡口容易推入，夹持牢固，但难拆卸。

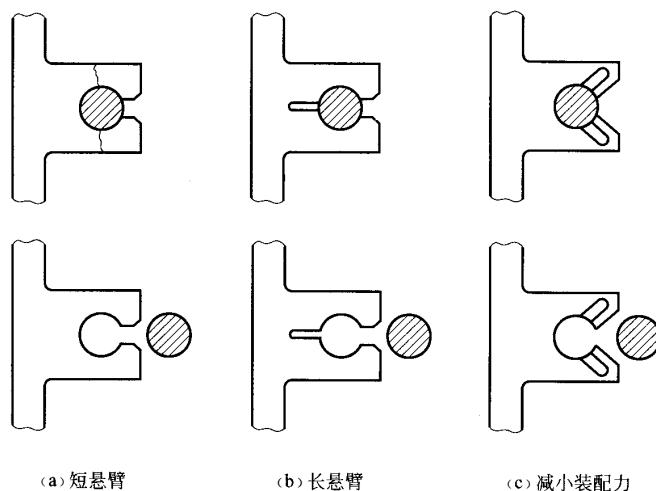


图 2-33 镶入式卡口

6) 捆扎

捆扎连接多用于要求快捷、可靠进行捆扎的物品，如邮袋、分类垃圾编织袋、布匹包装袋、导线等的快速捆扎。如图2-34所示为常用的几种捆孔带，带绳采用富有弹性的聚酰胺模塑成型。

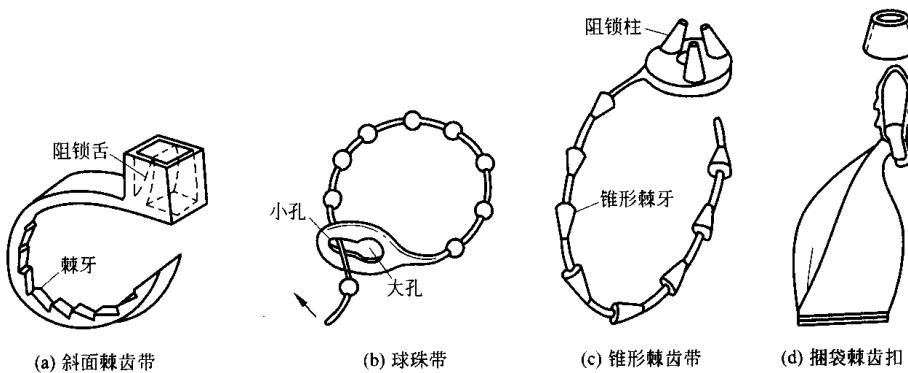


图 2-34 捆扎连接

2.6.2 不可拆卸装配

塑件不可拆卸式装配主要有粘接和焊接两种形式。

1. 粘接

粘接不同的材料必须选用不同的粘接剂。粘接前要先将粘接部位清理干净以提高粘接表面的附着力，提高粘接质量和粘接强度。涂胶要均匀，粘接后要按粘接剂所要求的温度、压力和时间进行固化，并放置一段时间以消除内应力。图2-35为30种常用粘接头形式。

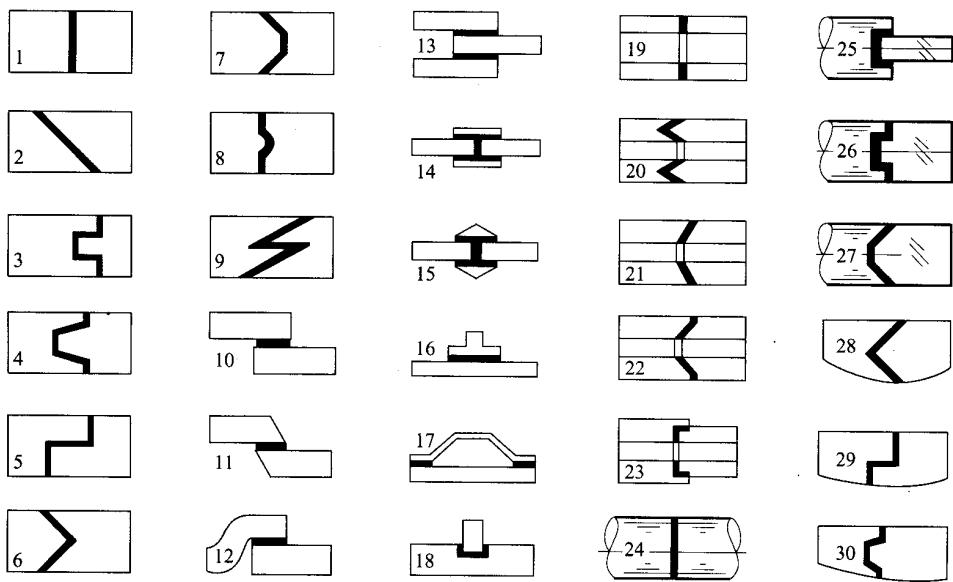


图 2-35 粘接头形式

1为平面对接接头，接头形式简单，加工容易，但粘接面积小，不宜受侧向力；2为斜面对接接头，由于粘接面积增大，可承受侧向力；3为方形企口对接接头，等同于斜面对接接头；4为V形企口对接接头，等同于方形企口对接接头；5为双对接接头，可承受侧向力；6为V形对接接头，可承受侧向力；7为平底V形对接接头，可承受侧向力；8为圆弧企口对接接头，类似于方形企口对接接头；9为双斜面对接接头，类似V形对接接头，但可承受较大的侧向力；10为平面单搭接接头，适用于端面拉伸；11为斜坡单搭接接头，适用于端面拉伸；12为偏斜搭接接头，强度高于平面单搭接接头；13为双面搭接接头，强度高于单面搭接接头；14为双面盖板搭接接头，强度最高，可承受各个方向的力；15为双面三角形盖板搭接接头；16为T形角接接头；17为帽形对接接头，适合板材粘接；18为凹槽角接接头，适合板材粘接；19为管子平面对接接头，接头形式简单，但承力差；20为管子V形对接接头，粘接面积增大，承力能力增加；21为管子斜口对接接头，承载能力差于V形对接接头，但接头较V形接头加工容易；22为管子平面斜对接接头；23为异径管子承插接头；24为棒材平面对接接头；25为异径棒材对接接头；26为棒材企口对接接头；27为棒材梯形对接接头；28为加强V形对接接头，适合板材粘接；29为加强半搭接接头，适合板材粘接；30为加强梯形搭接接头，适合板材粘接。

2. 焊接

塑件的焊接有热熔焊、超声波焊、摩擦焊等，采用较多的是热熔焊。

热熔焊是在两焊接制品间用加热板加热，使两焊接面成熔融状态，然后将加热板移开，将两焊接面加压使其牢固地熔接在一起，如图2-36所示为热熔焊接过程示意图。热熔焊加热时先用挡板定距，使两焊接面保持合理的距离。在加压熔接前，先移开热挡板，代之以焊缝挡板，

使之有效控制两焊接面之间的距离和焊接质量。

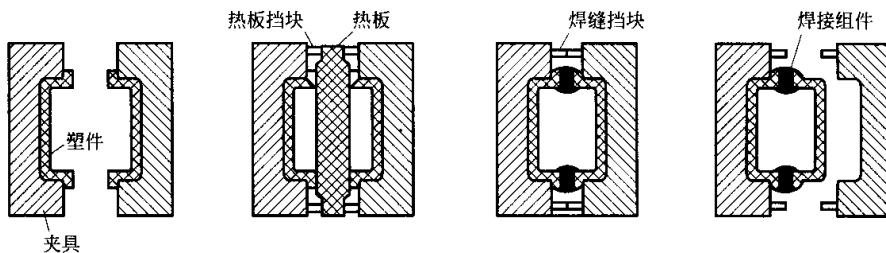


图 2-36 热熔焊接过程示意图

复习思考题

1. 塑件的造型方法有哪些?
2. 影响塑件尺寸精度的因素有哪些?
3. 塑件的表面质量包括哪些内容?
4. 如何避免侧孔或侧凹?
5. 如何设计塑件的壁厚?
6. 如何设计塑件的脱模斜度?
7. 为什么塑件要尽量设计成圆角的形式?
8. 如何设计塑件的加强结构?
9. 支承面设有加强筋时应如何处理二者的关系?
10. 塑件上的孔有哪些类型? 如何成型?
11. 如何设计塑件上的标记、符号、图案和文字?
12. 设计塑件上防滑的凸凹纹时应注意什么?
13. 模塑螺纹成型的方法有哪些?
14. 如何设计塑料齿轮?
15. 如何设计塑料铰链?
16. 嵌件的设计原则有哪些?
17. 如何加强塑件的强度?
18. 塑件的装配有哪些方法? 如何选择?
19. 到超市观察各种塑料水杯、密封杯的形状和结构, 并说明设计的特点。

分析图2-37所示箱体塑件设计的优缺点。

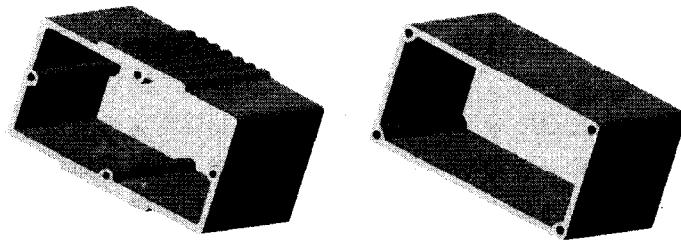


图 2-37 箱体塑件

第3章

注塑成型工艺

本章重点

- 讲解注塑成型原理
- 讲解注塑成型的工艺过程
- 讲解注塑成型过程中温度、压力、时间等工艺参数的控制
- 分析典型塑件注塑成型工艺，了解制品工艺参数的确定方法

学习目的

通过本章的学习，掌握注塑成型原理和成型工艺过程，掌握温度、压力、时间等工艺参数的控制。通过典型塑件注塑成型工艺实例的分析，了解制品工艺参数的确定方法，从而达到能合理设置常用制品注塑成型工艺的目的。

注塑成型能一次成型形状复杂、尺寸精度高、带有嵌件的塑件。生产周期短，生产效率高，易于实现自动化。目前，除氟塑料外，几乎所有的热塑性塑料都可用于注塑成型，一些流动性好的热固性塑料也可以注塑成型。注塑成型已成为运用最广泛的塑料成型方法之一。本章介绍注塑成型原理、注塑成型工艺、工艺条件控制和典型塑件的注塑成型工艺实例。

3.1 注塑成型原理

注塑成型是将松散的粒状或粉状塑料从注塑机的料斗送入加热的料筒内熔融、塑化，使之成为黏流熔体，在柱塞或螺杆的推动下，以合理的流速通过料筒前端的喷嘴注入温度较低的闭合模具中，经冷却保压后开模取件，得到具有一定形状和尺寸的塑件。图3-1为螺杆式注塑机注塑成型原理图，在注塑成型生产中，塑料原料、注塑机和注塑模是三个必不可少的要素。

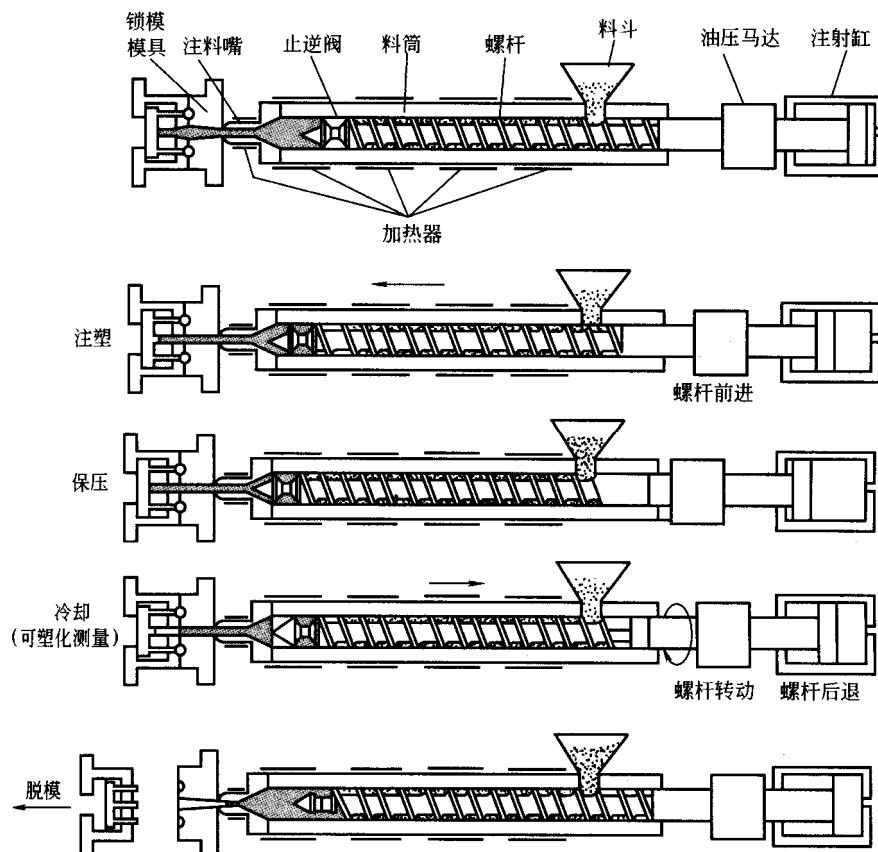


图 3-1 螺杆式注塑机注塑成型原理

3.2 注塑成型工艺

注塑成型需要三个生产工艺阶段：注射前的准备、注射过程和塑件后处理。注塑成型的生

生产工艺过程如图3-2所示。

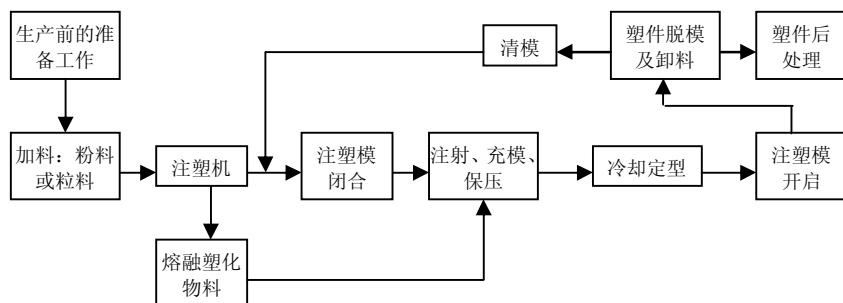


图 3-2 注塑成型生产工艺过程循环图

3.2.1 注射前的准备

1. 原料的检验

塑料的性能与质量直接影响塑件的品质，特别是对于许多在强度、弹性及使用条件方面有特殊要求的塑件来说尤为重要。因此，在进行批量生产之前，应当对所用塑料的各种性能与质量进行全面检验。这些检验主要包括：原料的品种、规格、牌号等是否与所要求的参数相符；原料的色泽、粒子大小和均匀性程度如何；原料的工艺性能，如熔融指数、流动性、热性能、收缩率、含水量情况等。

2. 原料的染色

塑料原料大部分是透明的或呈乳白色，而塑件对颜色的要求是多样的，因此在加工前需要对原料进行染色。常用的染色方法有混合法和造粒法。

3. 原料的干燥

多数塑料，如聚甲基丙烯酸甲酯、尼龙、聚碳酸酯等，本身的吸湿性较强。而有些吸湿性较小的塑料，如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等，若长期暴露在湿热空气中，也会吸收少量的水分。如塑料中含水分及挥发物超过2%时，会给产品质量带来较大问题。为此，对原料有必要进行干燥处理。常用的干燥方法有烘箱干燥和红外线干燥。

4. 料筒的清洗

注塑机在使用前，若使用的原料型号、颜色等不同或是成型中发生了降解反应，必须对料筒进行清洗，一般采用加热清洗和料筒清洗剂。螺杆式注塑机可采用直接换料清洗，清洗时应掌握料筒内余料和新料的热稳定性及成型温度范围和各塑料之间的相容性。柱塞式注塑机料筒的清洗通常比螺杆式注塑机困难，因为其料筒内的余料较多而又难以转动，因此，在清洗时必须拆卸或采用专用料筒。在用料筒清洗剂清洗时，只要将料筒升温熔融，再使余料对空注射排

出，然后加入一定量的清洗剂，即可清洗干净。

5. 嵌件的预热

当成型带嵌件塑件时，为防止嵌件周围的塑料出现收缩应力和裂纹，有时需对嵌件进行预热，以减少温差。嵌件的预热应根据塑料的性能和嵌件大小而定，对于成型时容易产生应力开裂的塑料，如聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚等，其塑件的金属嵌件，尤其较大的嵌件一般都要预热。对于成型时不易产生应力开裂的塑料，且嵌件较小时，则可以不预热。预热的温度以不损坏金属嵌件表面所镀的锌层或铬层为限，一般为110~130℃。对于表面无镀层的铝合金或铜嵌件，预热温度可达150℃。

6. 脱模剂的选用

当塑件难于脱模时，在注塑成型前，需给模具涂脱模剂。常用的脱模剂有三种：硬脂酸锌、液体石蜡和硅油。除了硬脂酸锌不能用于聚酰胺之外，上述三种脱模剂对于一般塑料均可使用，其中尤以硅油效果最好，经喷涂烘烤后能固化在型腔表面形成硅脂，只需使用一次，即可长效脱模，但价格较贵。硬脂酸锌多用于高温模具，液体石蜡多用于中低温模具。为了克服手工涂抹的不均匀，目前市面上多使用雾化脱模剂。

3.2.2 注射过程

塑料在注塑机料筒内加热，经塑化达到理想的流动状态，然后通过注塑机的注射螺杆或柱塞作用将塑料熔体注入闭合的模具型腔内，在完成注射、保压、冷却后，塑件固化定型，随即开启模具使塑件脱模。注射过程一般包括加料、塑化、注射、脱模。

1. 加料

由于注塑成型是一个间歇过程，因而需定量或定容加料，以保证操作稳定。加料过多、受热时间过长等容易引起塑料的热降解，同时注塑机功率损耗增多；加料过少，料筒内缺少传压介质，型腔中塑料熔体压力降低，难于补料和补压，容易引起塑件缩孔、缩松、凹陷及欠料等缺陷。

2. 塑化

塑料在料筒中受热，由固体颗粒转换成黏流态并且形成具有良好可塑性均匀熔体的过程称为塑化。决定塑料塑化质量的主要因素是物料的受热情况和受到的剪切混合作用。通过料筒对物料加热，使固体状的塑料熔融，物料间的剪切作用使混合和塑化扩展到聚合物分子的水平，而不仅仅是静态的熔融，它能使塑料熔体的温度分布、物料组成和分子形态都发生改变，并更趋于均匀。同时螺杆的剪切作用能在塑料中产生更多的摩擦热，促进了塑料的塑化，因而螺杆式注塑机对塑料的塑化比柱塞式注塑机要好得多。

3. 注射

注射过程可分为充模、压实、倒流和冷却4个阶段。连续的4个阶段中，塑料熔体温度将不断下降，而型腔内的压力则按图3-3所示的曲线变化。

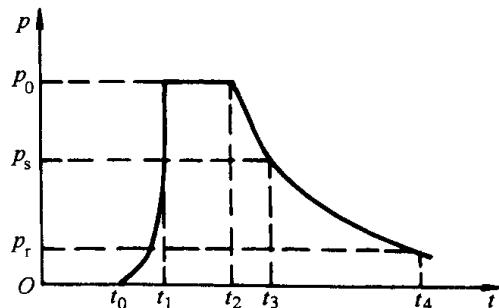


图 3-3 注塑成型周期中塑料压力-时间曲线

t_0 是螺杆或柱塞开始注射熔体的时刻。

$t=t_1$ 时，熔体充满模腔，熔体压力迅速上升，达到最大值 P_0 。

$t_1 \sim t_2$ 阶段，塑料仍处于螺杆（或柱塞）的压力下，熔体会继续流入模腔，以弥补因冷却收缩而产生的空隙。由于塑料仍在流动，而温度又在不断下降，定向分子容易被凝结，所以这一阶段是大分子定向形成的主要阶段。这一阶段的时间越长，分子定向的程度越高。

$t_2 \sim t_3$ 阶段，即螺杆开始后退到结束，由于模腔内的压力比流道内高，会发生熔体倒流，从而使模腔内的压力迅速下降。倒流一直进行到浇口处熔体凝结时为止。若螺杆后退时浇口处熔体已凝结或注塑机喷嘴中装有止回阀，则倒流阶段就不复存在，也就不会出现 $t_2 \sim t_3$ 段压力迅速下降的情况。塑料凝结时的压力和温度是决定塑件平均收缩率的重要因素，而压实阶段的时间又直接影响着这些因素。

$t_3 \sim t_4$ 阶段，即浇口处的塑料完全凝结到推出塑件，为凝结后的塑件冷却阶段，这一阶段的冷却对塑件的脱模、表面质量和翘曲变形有很大影响。

4. 脱模

塑件冷却到一定的温度即可开模，在推出机构的作用下使塑件脱模。塑件脱模后，必须将模具内的残留物清除干净，以备下一周期成型。成型带嵌件塑件时，应在闭模前先将嵌件安放在模内合理的位置上。

3.2.3 塑件的后处理

塑件脱模后，除了进行去浇口和飞边外，常需要进行适当的后处理来改善塑件的性能和提高塑件尺寸的稳定性。塑件的后处理主要有退火和调湿处理。

1. 退火处理

退火处理是使塑件在定温的加热液体介质或热空气循环烘箱中静置一段时间。一般退火温度应控制在高于塑件使用温度10~20℃或者低于塑料热变形温度10~20℃为宜。退火时间视塑件厚度而定。退火后应使塑件缓冷至室温。退火处理的实质是松弛聚合物中冻结的分子链，消除内应力及提高结晶度，稳定结晶结构。

2. 调湿处理

调湿处理是使塑件在一定的湿度环境中预先吸收一定的水分，使塑件尺寸稳定下来，以避免塑件在使用过程中发生更大的变化。调湿处理所用的加热介质一般为沸水或醋酸钾溶液（沸点为121℃），加热温度为100~121℃，热变形温度高时取上限，反之取下限。保温时间与塑件厚度有关，通常取2~9h。

并非所有的塑件都需要进行后处理，通常只对带有金属嵌件、使用温度范围变化大、尺寸精度要求高和壁厚大的塑件进行后处理。

3.3 注塑工艺条件的控制

成型工艺条件的选择与控制是否合理决定了塑件的质量。注塑成型中主要的工艺条件是温度、压力和时间。

3.3.1 温度

1. 料筒温度

使用注塑机时，需对注塑机的料筒按照后段、中段和前段三个不同区域进行分别加热与控制。后段指加料料斗附近，该段加热的温度要求最低，若过热，则会使物料在加料口附近黏结，影响顺利进料。前段指靠近料筒内螺杆（或柱塞）前端的一段区域，一般这段温度为最高。中段即指前段与后段之间的区域，对该段温度控制介于前、后段温度之间。总的来说，料筒加热是由后段至前段温度逐渐升高，以实现塑料逐渐升温达到良好的熔融状态要求。

2. 喷嘴温度

为了防止喷嘴处的塑料熔体发生冷凝而阻塞喷嘴，或冷料被注入模腔内影响塑件质量，喷嘴温度不能过低，只能略低于料筒前段温度。喷嘴温度也不能过高，否则会发生“流涎”现象。

3. 模具温度

针对不同的模塑材料、塑件结构和模具的生产效率，要求模具温度达到适宜的温度，以保证塑件的质量和生产要求。特别是生产大批量塑件的模具，对模温调节与控制系统设计的要求

更为严格。

4. 脱模温度

塑件由模内脱出立即测得的温度称为脱模温度，它应低于成型塑料的热变形温度。

3.3.2 压力

1. 塑化压力

塑化压力又称背压，是指注塑机螺杆顶部的熔体在螺杆转动后退时所受到的压力。背压是通过调节注射液压缸的回油阻力来控制的。背压增加了熔体的内压力，加强了剪切效果，由于塑料的剪切发热，因此提高了熔体的温度。

2. 注射压力

注射压力是指注射时作用于螺杆头部的熔体压强。用于克服塑料流经喷嘴、流道、浇口及模腔内的流动阻力，并使型腔内塑料压实。注射压力的大小与塑料品种、塑件的复杂程度、塑件的壁厚、喷嘴的结构形式、模具浇口的尺寸及注塑机类型等许多因素有关，通常取40~200MPa。

3. 保压压力

保压压力是注射后螺杆并不立即后退，仍继续对前端熔体施加的压力称为保压压力。在保压过程中，模腔内的塑料因冷却收缩而让出些许空间，这时若浇口未冻结，螺杆在保压压力作用下缓慢前进，使塑料可继续注入型腔进行补缩。一般保压压力等于或略低于注射压力。

4. 模腔压力

模腔压力是指塑料充满型腔后建立的压力。模具每次成型时，模腔压力进行同样的周期性变化，最大模腔压力用以实现对塑料的最终压实。模腔压力变化的稳定性直接影响着塑件的质量。最大模腔压力作用的时间并不长，随着塑件冷却，压力迅速下降。到塑件脱模时，若残余压力（模腔压力与外界大气压力的差值）为正值且较大时，开模会产生爆鸣声，塑件在脱模时易被顶裂、变形或划伤。当残余压力为负值，即模腔压力为真空状态时，塑件易发生凹陷，且脱模阻力也较大。残余压力为零值时是塑件最佳脱模时刻。

3.3.3 时间

注塑成型周期指完成一次注塑成型工艺过程所需的时间，它包含注塑成型过程中所有的时间，直接关系到生产效率的高低。注塑成型周期的时间组成如图3-4所示。

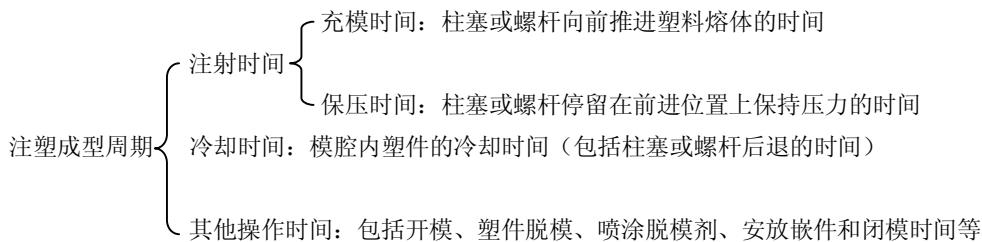


图 3-4 注塑成型周期

3.4 典型塑件注塑成型工艺实例

制定制品的注塑成型工艺除需要根据塑料品种选择好恰当的工艺参数外,还要依据制品的生产批量、形状结构、几何尺寸、体积大小及模腔数量等恰当地选择注塑机规格,使注塑机的规格和性能参数能与注塑工艺参数得到最佳匹配。换句话说,就是机型的规格大小以及性能参数的范围都应尽量与注塑工艺参数相接近,只有这样,才能在保证塑件质量的前提下,以最低的成本获得最高的生产效率和经济效益。表3-1列出了几种典型塑件的注塑成型工艺。

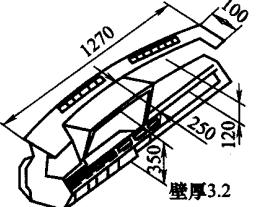
表 3-1 典型塑件注塑成型工艺

塑件名称	简 图	材 料	注塑工艺
风扇叶	 壁厚2	ABS	注塑机: N200B II 模腔数: 1 螺杆形式: 标准型 A 螺杆转速: 37 r/min 模具温度: 42°C 成型周期: 38s 其中: 闭模 2s、注射 10s、塑化+冷却 22s、开模 3s、取件 1s 日产量: 2273 件
电视机前框	 壁厚2.5	HIPS	注塑机: N550B II 模腔数: 1 螺杆形式: 标准型 B 螺杆转速: 70r/min 模具温度: 20~60°C 成型周期: 52s 其中: 闭模 4s、注射 16s、塑化+冷却 25s、开模 4s、取件 3s 日产量: 1661 件

续表

塑件名称	简图	材料	注塑工艺
周转箱		HDPE	<p>注塑机: J800-5400S 模腔数: 1 螺杆形式: HDPE 专用螺杆 螺杆转速: 70r/min 模具温度: 32~35°C 成型周期: 62.8s 其中: 闭模 6s、注射 13.6s、塑化+冷却 30.1s、开模 4.1s、取件 9s 日产量: 1375 件</p>
挡板		AS	<p>注塑机: N200B II 模腔数: 2 螺杆形式: 标准型 A 螺杆转速: 50r/min 模具温度: 50~60°C 成型周期: 37s 其中: 闭模 3s、注射 7s、塑化+冷却 20s、开模 3s、取件 4s 日产量: 4760 件</p>
方向盘		PP	<p>注塑机: N300B II 模腔数: 1 螺杆形式: 标准型 B 螺杆转速: 70r/min 模具温度: 42°C 成型周期: 70s 其中: 闭模 4s、注射 25s、塑化+冷却 30s、开模 4s、取件 7s 日产量: 1234 件</p>
汽车保险杠		PP+填充	<p>注塑机: J1250-8000S 模腔数: 1 螺杆形式: 标准型 φ140 螺杆转速: 43 r/min 模具温度: 31~35°C 成型周期: 117s 其中: 闭模 5s、注射 20s、塑化+冷却 80s、开模 6s、取件 6s 日产量: 738 件</p>

续表

塑件名称	简图	材料	注塑工艺
汽车仪表板		PPO	注塑机: M1600S/1080-DM 模腔数: 1 螺杆形式: 标准型 \varnothing 140 螺杆转速: 45r/min 模具温度: 65~80°C 成型周期: 71s 其中: 闭模 7s、注射 16s、塑化+冷却 30s、开模 9s、取件 9s 日产量: 1080 件

复习思考题

1. 注塑成型原理是什么?
2. 注塑成型工艺过程如何?
3. 注射前的准备包括哪些内容?
4. 注射过程包括哪些阶段?
5. 塑件的后处理包括哪些内容?
6. 料筒温度、喷嘴温度、模具温度、脱模温度对注塑成型有什么影响? 如何选择?
7. 塑化压力、注射压力、保压压力、模腔压力对注塑成型有什么影响? 如何选择?
8. 什么是注塑成型周期, 由哪些时间段组成?
9. 分析典型塑件注塑成型工艺实例, 了解制品工艺参数的确定方法。

查阅资料, 编写图3-5所示材料为PS的笔套注塑成型工艺。

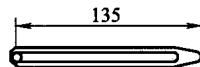


图 3-5 笔套

第4章

注塑成型设备

本章重点

- 讲解典型卧式螺杆式注塑机结构
- 讲解注塑机的分类
- 讲解常用注塑机的规格和参数
- 讲解注塑机与注塑模的关系

学习目的

通过本章的学习，了解注塑机的结构和分类，了解常用国产注塑机的规格和参数，掌握注塑机与注塑模的关系。可有针对性地进行注塑模的装机实验，从而充分认识到注塑模与注塑机的关联性，完成注塑机和注塑模相关工艺参数、安装尺寸、运动行程的校核。

在注塑成型过程中，需将塑料加热熔融，并施加一定压力，迫使高温熔体充入模具，经冷却、固化而制成具有一定形状和尺寸精度的塑料制品，完成这个工序的设备就是注塑机。本章介绍注塑机的结构、分类、规格及注塑机与注塑模的关系。

4.1 注塑机结构

注塑机的种类很多，但其基本结构是相同的，主要由注射装置、合模装置、液压传动系统和控制系统4部分组成，如图4-1所示为卧式注塑机的基本结构。

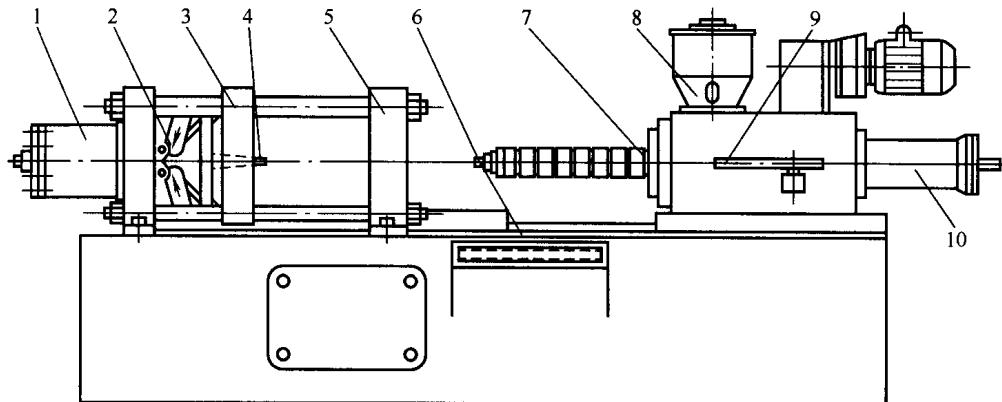


图 4-1 卧式注塑机的基本结构

1-锁模液压缸 2-锁模机构 3-移动模板 4-推杆 5-固定模板 6-控制台
7-料筒及加热器 8-料斗 9-定量供料装置 10-注射油缸

4.1.1 注射装置

注射装置主要是使塑料均匀受热、熔融、塑化，并在一定的压力和速度下，将定量的熔料注射到模腔中。在注射结束后，对模腔内的熔料进行保压，并向模腔中补料。注射装置主要由塑化机构、料斗、喷嘴、料筒等组成。塑化机构是注塑机的重要工作部分，它使塑料均化和塑化，常用的塑化机构主要分两类：柱塞式和螺杆式。

4.1.2 合模装置

合模装置主要实现模具的可靠启闭，在注射、保压时保证足够的锁紧力，防止塑件溢边，并实现塑件的脱模。合模装置主要由合模机构、脱模机构、调模机构、模板、拉杆等组成。由4根拉杆把前后定模板连接起来，形成整体刚性框架。动模板则在前后定模板之间滑动。通常，脱模机构位于动模板的后侧。动模在开启模具时，可通过模具中的脱模机构从模腔中顶出塑件。在动模板或定模板上还装有调模机构，可调节模具的厚度，以适应不同厚度模具的要求。由

于注塑机的结构及生产控制的方式不同，目前主要有三种合模装置：机械式、液压式和液压机械式。

4.1.3 液压传动系统

液压传动系统是使注塑机按工艺要求进行动作时提供所要求的动力，满足运动部件在运动时所需力和速度的要求。通常由控制系统压力和流量的主回路和由各执行机构的分回路所组成。组成回路的元件主要有泵、过滤器、流量阀、压力阀、方向阀、调速阀、行程阀、蓄能器、指示仪表、开关元件等。注塑机采用液压驱动，工作稳定可靠，它与控制系统相配合，易于实现注塑机的自动化，液压元件可以安装在机体内，结构紧凑，外表美观。

4.1.4 控制系统

控制系统是注塑机的“大脑”，它控制着注塑机的各种动作，使它们按预先制订的程序，实现对时间、位置、压力、速度等参数的有效控制和调节。目前，使用较多的控制系统仍是继电控制系统，少数已采用微机控制。这种控制系统可以进行动作程序控制、温度控制、液压泵电动机控制等，主要由继电器、电子元件、检测元件、自动化仪表组合而成。控制系统与液压系统的有机组合可对注塑机的工艺程序进行精确而稳定的控制。现代的先进注塑机配备有计算机监控装置和各种数显仪表，有的还装有电子函数分析仪、中央故障诊断装置、油温自动预热和显示装置、模具低压保护装置、塑件脱模光电监控装置、自动上料装置和塑件取出机械手等，它们的有机结合，使注塑机的控制系统达到了近乎完美的地步。

4.2 注塑机的分类

随着注射成形工艺技术的发展与应用范围的不断扩大，注塑机的类型不断增加。注塑机的分类方法较多，常用的有以下几种。

4.2.1 按排列形式

按注射装置和合模装置的排列形式，注塑机可分为卧式、立式、角式和多模注塑机4种。

1. 卧式注塑机

卧式注塑机的注射装置和合模装置的轴线同轴，并呈水平排列，如图4-2 (a) 所示。卧式机是目前应用最广的机型，由于机身较低、安装稳定，一般大中型注塑机均采用这种形式。这类注塑机操作与维修方便，塑件被推出模腔后可自动坠落，易实现全自动操作。缺点是机床占地面积较大，向模内安放嵌件比较困难，而且模具安装比较麻烦。

2. 立式注塑机

立式注塑机的注射装置和合模装置的轴线同轴，并呈垂直地面方向排列，如图4-2 (b) 所示。它的优点是占地面积小，安装、拆卸模具方便，在下模安装嵌件时，嵌件不易倾斜下落。缺点是塑件由模具中推出后需人工取出，若要实现全自动化，必须采用机械手进行取件。立式机的机身高，使其结构稳定性受到影响，因此这种形式适用于小型注塑机。

3. 角式注塑机

角式注塑机的注射装置与合模装置的轴线呈垂直排列，如图4-2 (c) 所示。角式注塑机的主要特点是对应模具的主流道设在水平分型面上，适于生产中心部位不允许有浇口痕迹的塑件。角式机的占地面积介于卧式机和立式机之间。目前国内角式注塑机的生产量小，但它是一种不可缺少的重要形式。

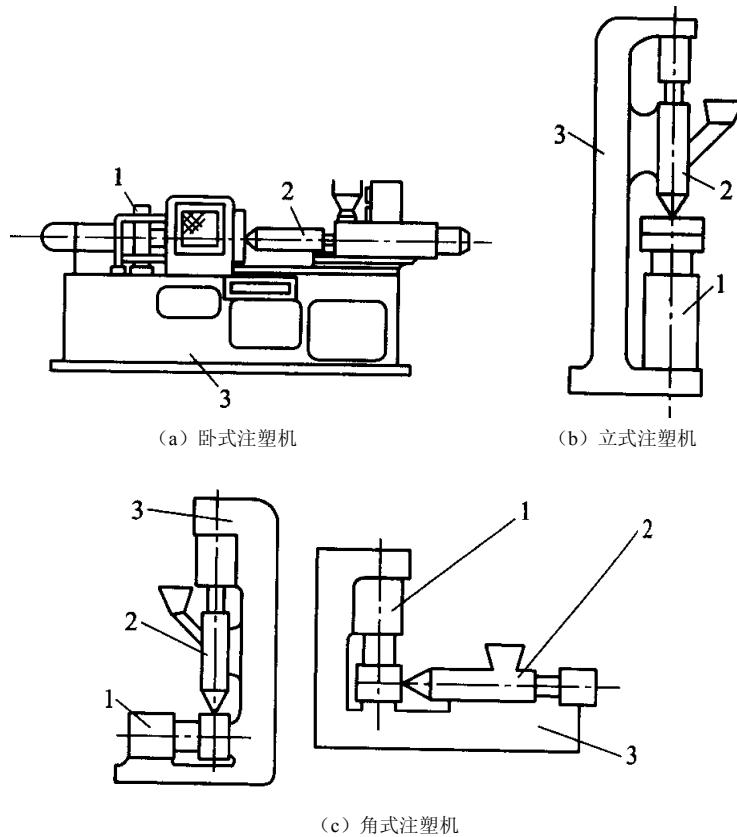


图 4-2 按设备排列的注塑机示意图

1-合模装置 2-注射装置 3-机身

4. 多模注塑机

多模注塑机是一种多工位操作的特殊机型，如图4-3所示为转盘式多模注塑机，其特点是合模装置采用了转盘式结构，工作时，模具4绕转轴2旋转依次工作。这类注塑机充分发挥了注

射装置的塑化能力，缩短了生产周期，提高了生产效率，适合加工冷却定型时间长或安放嵌件需较长时间的大批量塑件。但因合模系统庞大、复杂，合模装置的锁模力往往较小。这种注塑机在塑胶鞋底等大批量生产制品中应用较多。

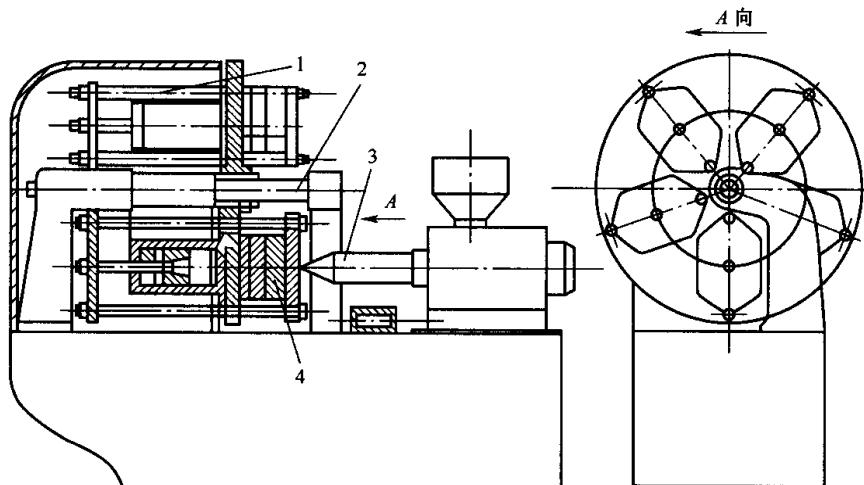


图 4-3 多模注塑机

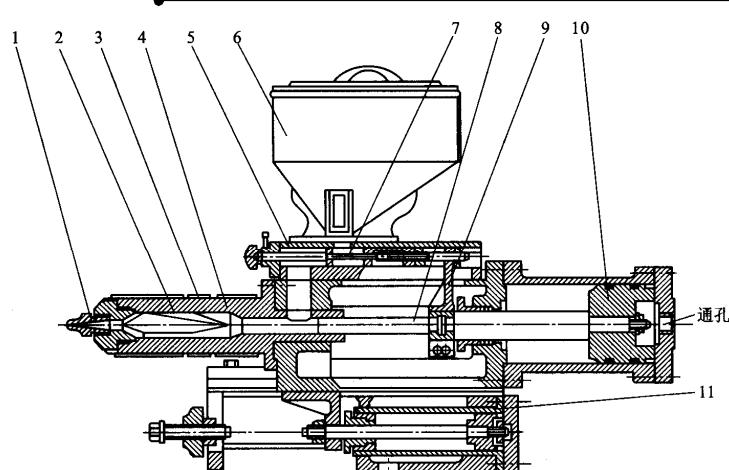
1-锁模装置 2-转轴 3-料筒 4-模具

4.2.2 按塑化方式

根据使塑料塑化的主要零部件的不同，注塑机主要有柱塞式和螺杆式两种。

1. 柱塞式注塑机

柱塞式注塑机是靠柱塞进行塑化的，如图4-4所示。加入料斗6中的塑料粒料落入加料装置5的计量室7中，当注射油缸中的活塞10前进时，推动注射柱塞8前移，与之相连的传动臂9带动计量室7同时前移，从而将粒料推入料筒4的加料口中，加料口内的塑料在柱塞8的推动下，依次进入料筒前端的塑化室。依靠料筒加热器3的加热，使塑料逐步实现由玻璃态到黏流态的物态变化。注射柱塞将料筒前端已成黏流态的熔料通过喷嘴1注入模具型腔内。柱塞式注塑机一般在公称注射量 60cm^3 以下，故小型模具常使用。柱塞式注塑机的特点是结构简单、使用成本低，它的最大不足是塑化效率低，塑化也不均匀，局部由于过热还会使塑料分解，使最大注射量受到限制，也不宜成型热敏性塑料。



1-喷嘴 2-分流梭 3-加热圈 4-料筒 5-加料装置 6-料斗 7-计量室

8-注射柱塞 9-传动臂 10-注射活塞 11-注射座移动油缸

2. 螺杆式注塑机

螺杆式注塑机是靠螺杆进行塑化的，如图4-5所示。塑料由料斗3落入料筒1的加料口，依靠螺杆2的转动将料带入并沿螺杆螺槽向前输送。由于塑料在前进的过程中不断地吸收料筒外部加热器传递来的热量，加上螺杆转动使塑料产生剪切热而进一步升温，塑料逐渐熔融，而螺杆的转动对塑料起到良好的搅拌与混合作用，因此到达螺杆头部，即料筒的前端时塑料已呈均匀的黏流态。随着料筒前端累积熔料的增多，熔料压力逐渐增大。当熔料压力达到能克服注射油缸活塞退回时的阻力时，螺杆便开始向后退，进行计量工作。而螺杆背压形成的反推力迫使物料中的气体由加料口排除，并使得熔料密度增加。当螺杆前端达到所需要的塑料量时，计量装置6触动行程开关或位移传感器并发出信号，螺杆即停止转动和后退，到此塑化程序结束，等待注射。注射时，压力油进入注射油缸，活塞推动螺杆按要求的压力和速度将熔料注入模腔内。当熔料充满模腔后，螺杆对熔料继续保持一段时间压力。保压的目的是防止模腔中的熔料反流，并向模腔内补充因制品冷却收缩所需要的物料。模腔内的熔料经过冷却，从而定型。

与柱塞式相比，螺杆式注射装置塑化能力高，塑化均匀性好，注射压力损失少，增大了注塑机的最大注射量，并扩大了注射成型塑料品种的范围，可以成型热敏性塑料和流动性差的塑料及大中型塑件，并能对塑料直接进行染色加工，且料筒清洗较方便，应用十分广泛。

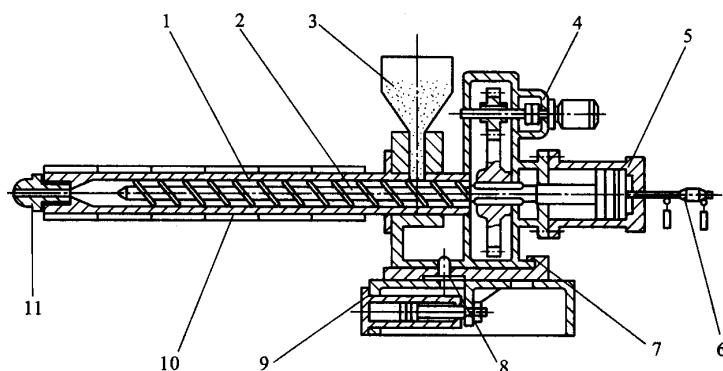


图 4-5 螺杆式塑化注射装置

1-料筒 2-螺杆 3-料斗 4-螺杆传动装置 5-注射油缸 6-计量装置
7-注射座 8-转轴 9-注射座移动油缸 10-加热圈 11-喷嘴

4.2.3 按合模机构

按注塑机合模机构的特征可分为机械式、液压式和液压机械式三种。

1. 机械式合模机构

机械式合模机构从机构的动作到合模力的产生和保持均由机械传动来完成,是一种历史悠久的机型。早期生产的这种合模机构,因其制造、调整和维护较困难,模板行程短,启动负荷大,冲击振动频繁等原因,目前已少有厂家生产。

2. 液压式合模机构

液压式合模机构从机构的动作到合模力的产生和保持均由液压传动来完成,如图4-6所示。它能较方便地实现移模速度、合模力的变换与调节,安全可靠,噪声低。其不足是刚性较差,易产生泄漏。这种液压式合模机构已在大、中、小型注塑机上得到广泛应用。

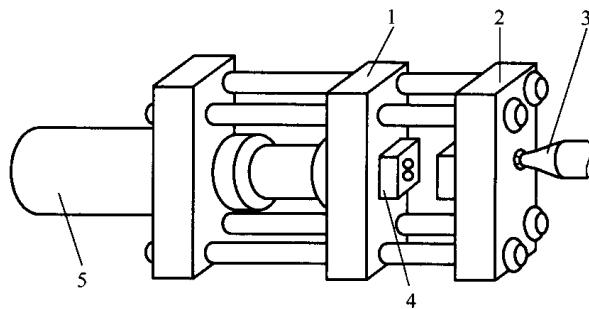


图 4-6 液压式合模机构

1-移动板 2-固定板 3-喷嘴 4-模具 5-锁模油缸

3. 液压机械式合模机构

液压机械式合模机构是将液压和机械传动结合起来，综合二者的优点，淡化二者的不足。这种合模机构主要有两种，一种是以液压力产生初始运动，再通过机械传动来达到平稳、快速地合模和锁紧；另一种则是利用液压传动推动连杆机构产生合模运动，合模力则由液压缸的稳压来提供，如图4-7所示。

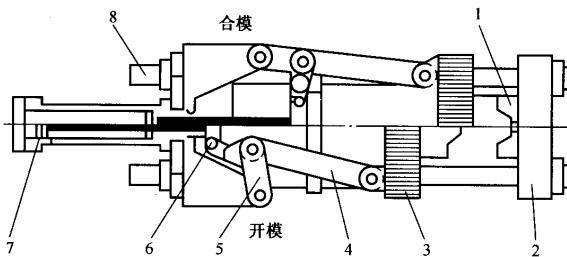


图 4-7 液压机械式合模机构

1-模具 2-固定板 3-移动板 4-前连杆 5-后连杆 6-十字连杆 7-锁模油缸 8-调模拉杆

4.3 注塑机的规格及参数

注塑机的规格及参数是设计注塑模时的重要参考。一副注塑模只能安装在与其相适应的注塑机上才能使用。

4.3.1 注塑机规格

注塑机的型号规格有三种表示方法：锁模力、注射量/锁模力、注射量。锁模力表示法是用注塑机的最大锁模力参数来表征该机的型号规格。此表示法直观、简单，可直接反映注射制品的面积大小。注射量/锁模力表示法是用理论注射容量与锁模力两个参数共同表示注塑机的型号规格，这种表示方法能够比较全面地反映注塑机加工制品的能力。注射量表示法是用注塑机的理论注射容量参数来表征注塑机的型号规格。这三种表示方法当中，锁模力法和注射量/锁模力法在国际上用的比较普遍。我国以前采用较多的是注射量法，现在国产机也与国际接轨，用锁模力法和注射量/锁模力法的居多。

我国注塑机行业制订的规格系列有SZ系列和XS系列。SZ系列是以理论注射容量和锁模力共同表示设备规格。如SZ-200/1000，“SZ”意为塑料注射成型机，理论注射容量为 200cm^3 ，锁模力为1000kN。XS系列是比较早时采用的系列，它以理论注射容量表示设备的规格。如XS-ZY-125A，XS-ZY指预塑式(Y)塑料(S)注射(Z)成型(X)机，125指理论注射容量为 125 cm^3 ，A指设备设计序号为第一次改型。

目前国产注塑机的生产厂家很多，其规格早已突破了原国家标准规定的系列，往往用厂家名称的缩写字母加上主参数来表示注塑机的规格。如HT系列为海天机械有限公司生产的注塑机，CJ系列为震德公司生产的注塑机，LY系列为利源机械有限公司生产的注塑机。

4.3.2 注塑机参数

注塑机的主要技术参数包括公称注射量、螺杆直径及有效长度、注射行程、注射压力、注射速度、塑化能力、合模力、开模力、开模合模速度、开模行程、模板尺寸、推出行程、推出力、机器功率、体积和重量等。

表4-1列出了部分国产注塑机的主要技术参数，供选择注塑机时参考。

4.4 注塑机与注塑模的关系

注塑模只有安装在注塑机上才能使用，所以注塑机与注塑模是一个不能分割的整体。模具设计人员在设计模具前要熟悉有关注塑机的技术规格和使用性能，并对模具与注塑机有关参数进行校核。

4.4.1 成型工艺参数的校核

1. 注射量

在一个注塑成型周期内，注塑模内所需的塑料熔体总量与模具浇注系统的容积和型腔容积有关，其值用下式计算

$$m_i = Nm_s + m_j \quad (4-1)$$

式中：N——型腔的数量；

m_s ——单个塑件的质量或体积，单位g或cm³；

m_j ——浇注系统和飞边所需的塑料质量或体积，单位g或cm³。设计注塑模时， m_j 必须小于注塑机允许的最大注射量 m_i ，二者的关系为 $m_j = (0.1 \sim 0.8) m_i$ 。

2. 注射压力

注射压力的校核是校验注塑机的额定注射压力能否满足塑件成型时所需的注射压力。注塑机的额定注射压力是指注射时料筒内或螺杆施于熔融塑料的单位面积上的压力。塑件成型时所需的注射压力是由注塑机类型、喷嘴形式、塑料流动性、浇注系统和型腔的流动阻力等因素决定，其值一般为70~150MPa，选取时可参考各种塑料的成型工艺参数。

表 4-1 部分国产注塑机的主要技术参数

型号	SYS-10	SYS-30	SYS-Z-22	XS-Z-30	XS-Z-60	XS-ZY-125	G54-S-200/400	SZY-300	XS-ZY-500	XS-ZY-1000	XS-ZY-4000
结构形式	立式	立式	卧式	卧式	卧式	卧式	卧式	卧式	卧式	卧式	卧式
注射方式	螺杆式	螺杆式	双柱塞式 (双色)	柱塞式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆(柱塞)直径 (mm)	22	28	20, 25	28	38	42	55	60	65	85	130
最大注射量 (cm ³ 或 g)	10	30	20, 30	30	60	125	200, 400	320	500	1000	4000
注射压力 (MPa)	150	157	75, 117	119	122	119	109	77.5	104	121	106
锁模力 (kN)	150	500	250	250	500	900	25400	1400	3500	4500	10000
最大成型面积 (cm ²)	45	130	90	90	130	320	645	—	1000	1800	3800
模具最大厚度 (mm)	180	200	180	180	200	300	406	355	450	700	1000
模具最小厚度 (mm)	100	70	60	60	70	200	165	130	300	300	700
最大开模行程 (mm)	120	80	160	160	180	300	260	340	500	700	1100
喷嘴球半径 (mm)	12	12	12	12	12	12	18	12	18	18	20
孔直径 (mm)	2.5	3	2	4	4	4	4	4	5	7.5	10
定位圈直径 (mm)	55	55	63.5	63.5	55	100	125	125	150	150	300
顶出中心顶出孔径 (mm)	30	50			50						
顶出	两侧 顶出	孔径 (mm)	16	20		22			24.5	20	90
	孔距 (mm)		170	170		230			530	850	1200
模板尺寸 (mm×mm)	300×360	330×440	250×280	250×280	330×440	420×450	532×634	520×620	750×850	1500×1590	
机器外形尺寸 (mm×mm)		2340×800	2340×850	3160×850	3340×750	4700×1400	5300×940	6500×1300	7670×1740	11500×3000	
		×	1460	×	1550	×	1800	×	2000	×	4500

$$P_{\text{公}} \geq P \quad (4-2)$$

式中： $P_{\text{公}}$ ——注塑机的额定注射压力，单位MPa；

P ——塑件成型时所需的注射压力，单位MPa。

3. 锁模力

锁模力是指注塑机的所模装置对模具所施加的最大夹紧力。当高压的塑料熔体充满模具型腔时，沿锁模方向会产生一个很大的作用力，该力总是力图使模具沿分型面胀开。为此，注塑机的额定锁模力必须大于型腔内塑料熔体压力与塑件及浇注系统在分型面上的投影面积之和的乘积。即

$$P_{\text{锁}} \geq qA_{\text{分}} \quad (4-3)$$

式中： $P_{\text{锁}}$ ——注塑机的额定锁模力，单位N；

q ——模具型腔内塑料熔体平均压力，单位MPa，表4-2为常用塑料推荐选用的型腔内塑料熔体平均压力，表4-3为不同塑件形状和精度时推荐选用的模内平均压力，可供参考；

$A_{\text{分}}$ ——塑件及浇注系统在分型面上的总投影面积，单位mm²。

表 4-2 常用塑料推荐选用的型腔内塑料熔体平均压力

单位： MPa

模塑材料	型腔平均压力	模塑材料	型腔平均压力
高压聚乙烯	10~15	AS	30
低压聚乙烯	20	ABS	30
中压聚乙烯	35	有机玻璃	30
聚丙烯	15	醋酸纤维树脂	30
聚苯乙烯	10~20		

表 4-3 不同塑件形状和精度时推荐选用的模内平均压力

单位： MPa

条 件	型腔平均压力	举 例
易成型的塑件	25	聚乙烯、聚苯乙烯等厚壁均匀的日用品、容器类
普通塑件	30	薄壁容器类
高黏度塑料、精度高	35	ABS、聚甲醛等机械零件、精度高的塑件
黏度特别高、精度高	40	高精度的机械零件

模具型腔内塑料熔体压力是注射压力经喷嘴、流道、型腔损耗后剩余的压力，比注射压力小得多，可按下式计算

$$q = KP_{\text{公}} \quad (4-4)$$

式中： K ——压力损耗系数，一般取1/3~2/3。

一般闭模时要从模外施加大于型腔内压力1倍以上的锁模力。现在，可利用注射流动和保

压模模拟软件来预测成型时所需的锁模力，由于在模拟过程中综合考虑了多种因素的影响，故其可靠性比以上的估算方法要好得多。

4.4.2 装模部分相关尺寸校核

校核的主要参数有喷嘴尺寸、定位尺寸、拉杆间距、最大模具厚度与最小模具厚度、模板上安装螺孔尺寸等。

1. 喷嘴尺寸

模具主流道衬套如图4-8 (a) 所示。模具主流道小端直径 d 应稍大于注塑机喷嘴孔径 d_0 ，否则主流道中的凝料将无法顺利脱出，或因孔对中稍有偏移而妨碍塑料流动。模具主流道始端的球面半径 S_R 应稍大于喷嘴前端的球面半径 S_r ，如图 (b) 所示，否则将形成死角，积存塑料，而使主流道凝料脱模困难。图 (c) 是配合不良的情况。

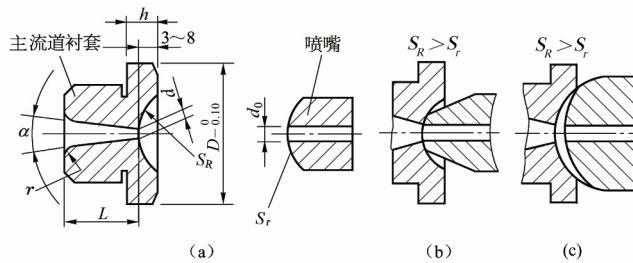


图 4-8 注塑机喷嘴与模具主流道始端的配合

2. 定位孔尺寸

为保证模具主流道中心线与注塑机喷嘴轴线重合，注塑机固定模板上设有定位孔，如图4-9中a处，模具定模座板上（或浇口套上）设计有凸出的与主流道同心的定位圈，如图4-9中b处。定位孔与定位圈按H9/f9配合，定位圈的高度 h ，小型模具为8~10mm，大型模具为10~15mm。中小型模具一般只在定模座板上设置定位圈，而大型模具在动、定模座板上均设置定位圈。

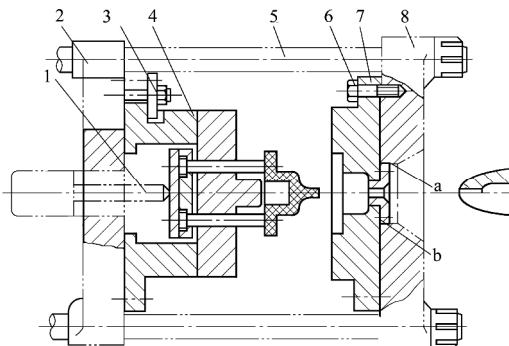


图 4-9 注塑机定位孔与模具定位圈的关系

1-注塑机顶杆 2-移动模板 3-压板 4-动模 5-拉杆 6-螺钉 7-定模 8-固定模板

3. 模板规格与拉杆间距

模具规格应不超出注塑机的模板规格，即模具长、宽方向不得伸出工作台面。模具通常采取从注塑机上方直接吊装入机内进行安装，或先吊到侧面，再由侧面推入机内进行安装。模具的外形尺寸受到拉杆间距的限制。当模具上有凸出于模座的零件而影响模具装入时，可将这些零件先卸下，待模具安装上注塑机后再进行安装，故设计这些零件时，应考虑其拆卸和重新复位的简便性。

4. 模具厚度与注塑机模板闭合厚度

各种规格的注塑机允许安装的模具厚度不一样，在其技术规范里均注明有最大模具厚度值 H_{\max} 和最小模具厚度值 H_{\min} 。所设计的模具闭合厚度应在注塑机的最大模具厚度值 H_{\max} 和最小模具厚度值 H_{\min} 之间，即应满足

$$H_{\min} \leq H_m \leq H_{\max} \quad (4-5)$$

$$H_{\max} = H_{\min} + L \quad (4-6)$$

式中： H_m ——模具闭合厚度，单位mm；

H_{\max} ——注塑机允许的最大模具厚度，单位mm；

H_{\min} ——注塑机允许的最小模具厚度，单位mm；

L ——注塑机在模厚方向长度的调节量，单位mm。

若 $H_m < H_{\min}$ ，可采用调整模具垫块的高度或另外增加垫块的方法来保证模具闭合。但若 $H_m > H_{\max}$ ，则模具无法闭合锁紧，尤其是采用液压机械式锁模的注塑机，其肘杆无法撑直，这是不允许的。

5. 安装螺孔尺寸

注塑机的固定模板和移动模板上通常布置有一定数量和规格的螺钉，以便安装固定模具。

模具的安装固定形式一般有压板固定和螺钉直接固定两种，如图4-10所示。当压板固定时，只要模具座板以外的附近有螺钉就能固定，其灵活性大。当用螺钉直接固定时，模具座板上安装孔的位置和尺寸应与注塑机板上的安装螺孔完全吻合，否则无法安装。螺钉和压板的数目，一般动、定模各用2~4个。

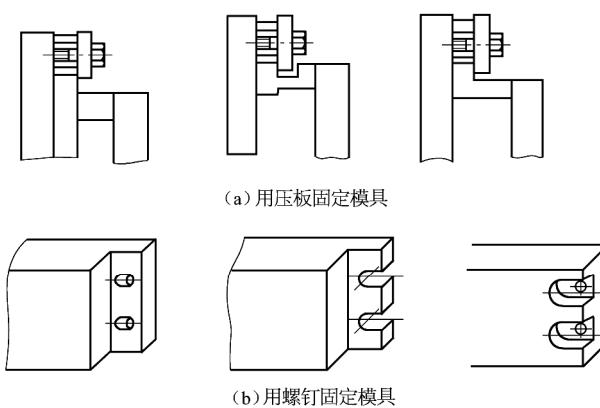


图 4-10 螺钉和压板固定模具的形式

4.4.3 开模行程校核

注塑机的开模行程应满足分开模具取出塑件的需要。开模行程的校核分下面几种情况。

1. 注塑机最大开模行程与模厚无关

主要指锁模机构为液压-机械联合作用的注塑机，如XS-Z30、XS-Z-60、XS-ZY-125、XS-ZY-350、XS-ZY-500、XS-ZY-1000和G54-S200/400等，其最大开模行程由连杆机构或移模缸的最大冲程决定，而与模具厚度无关。

对于单分型面注塑模，如图4-11所示，开模行程可按下式校核

$$S_{\max} \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \text{ mm} \quad (4-7)$$

式中： S_{\max} ——注塑机最大开模行程，单位mm；

H_1 ——塑件推出距离，单位mm；

H_2 ——塑件高度（包括与塑件相连的浇注系统凝料的高度），单位mm。

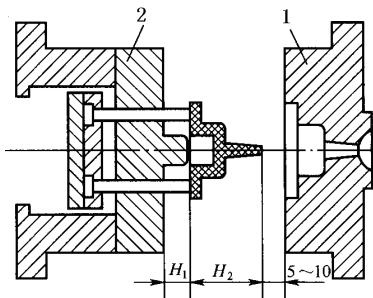


图 4-11 单分型面模具开模行程的校核

1-定模 2-动模

对于双分型面注塑模，为了取出浇注系统凝料，开模距离需要增加定模座板与流道板分离的距离。如图4-12所示，此时开模行程应按下式校核

$$S_{\max} \geq H_1 + H_2 + \alpha + (5 \sim 10) \text{ mm} \quad (4-8)$$

式中： α ——取出浇注系统凝料所需的定模座板与流道板分离的距离，单位mm。

推件推出距离 H_1 一般等于模具型芯高度，但对于内表面为阶梯形的塑件，有时不必推出到型芯的全部高度就可取出塑件，如图4-13所示。这时 H_1 可根据具体情况而定，以能顺利取出塑件为宜。

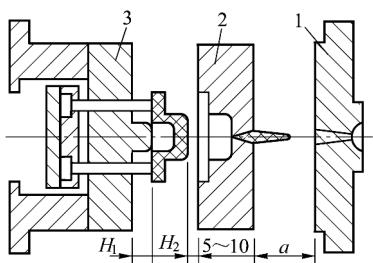


图 4-12 双分型面模具开模行程的校核

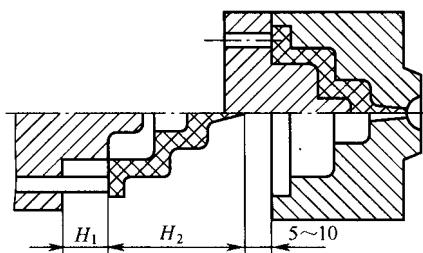


图 4-13 塑件内表面为阶梯状时开模行程的校核

1-定模 2-流道板 3-动模

2. 注塑机最大开模行程与模厚有关

主要指全液压式锁模机构的注塑机（如XS-ZY-250）和机械锁模机构的直角式注塑机（如SYS-45、SYS-60等），其最大开模行程与模具厚度有关，即

$$S_{\max} = S_0 - H_M \quad (4-9)$$

式中： S_0 ——注塑机固定模板与移动模板之间的最大开距，单位mm；

H_M ——模具闭合高度，单位mm。

对于单分型面注塑模，如图4-14所示，可按下式校核

$$S_{\max} = S_0 - H_M \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \text{ mm} \quad (4-10)$$

或

$$S_0 \geq H_M + H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \text{ mm} \quad (4-11)$$

对双分型面注塑模，应按下式校核

$$S_{\max} = S_0 - H_M \geq H_1 + H_2 + \alpha + (5 \sim 10) \text{ mm} \quad (4-12)$$

或

$$S_0 \geq H_M + H_1 + H_2 + \alpha + (5 \sim 10) \text{ mm} \quad (4-13)$$

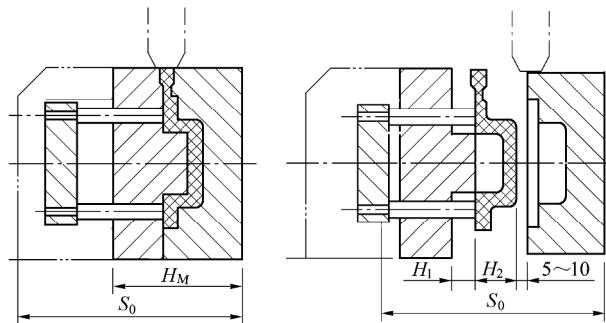


图 4-14 注塑机开模行程与模具厚度有关

3. 模具有侧向分型抽芯机构时

当模具的侧向分型或抽芯是利用注塑机的开模动作，通过斜销或齿轮、齿条等机构来完成

时, 所需注塑机的开模行程应根据侧向分型抽芯的抽拔距离和塑件高度、推出距离、模具厚度等因素确定。如图4-15所示的斜销侧向分型或抽芯机构, 为完成侧向抽芯距离 S_2 所需的开模行程为 H_4 , 则

当 $H_4 > H_1 + H_2$ 时, 开模行程应按下式校核

$$S_{\max} \geq H_4 + (5 \sim 10) \text{ mm} \quad (4-14)$$

若 $H_4 \leq H_1 + H_2$, 开模行程仍按式(4-10)校核。

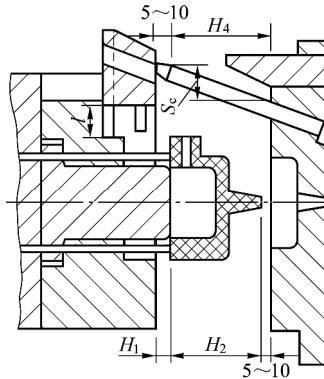


图 4-15 有侧向抽芯时开模行程的校核

除上述介绍的三种情况外, 当成型带螺纹的塑件时, 若模具是通过专用机构将注塑机开模运动变为旋转运动旋出螺纹型芯或型环时, 校核开模行程还必须考虑从模具中旋出螺纹型芯或型环所需的开模距离, 再综合考虑塑件高度和推出距离等因素来校核。

4.4.4 顶出装置校核

由于各种注塑机采用的顶出装置不尽相同, 设计模具时, 应注意使模内的脱模机构与注塑机的推顶装置相匹配。主要校核模具内的顶杆或推杆配置位置是否合理, 长度是否能达到使塑件脱模的效果。国产注塑机的推出装置大致分为以下4类。

1. 中心顶杆机械顶出

如卧式XS-Z-60、XS-ZY-350、立式SYS-30、直角式SYS-45等型号的注塑机。

2. 两侧双顶杆机械顶出

如卧式XS-Z-30和XS-ZY-125等型号的注塑机。

3. 中心顶杆液压顶出与两侧双顶杆机械顶出联合作用

如卧式XS-ZY-250和XS-ZY-500等型号的注塑机。

4. 中心顶杆液压顶出与其他开模辅助油缸联合作用

如卧式XS-ZY-1000等型号的注塑机。

总之，注塑机顶出装置的最大顶出距离应满足模具推出塑件的需要。在以中心顶杆顶出的注塑机上使用的模具，应对称地固定在移动模板中心位置上。而在以两侧双顶杆顶出的注塑机上使用的模具，模具的推板长度应足够长，以使注塑机的顶杆能顶到模具的推板上。

复习思考题

1. 卧式注塑机主要由哪几部分组成？各有什么作用？
2. 注塑机如何分类？
3. 注塑机型号规格是如何表示？
4. 如何计算和校核注射量？
5. 如何校核注射压力？
6. 如何校核锁模力？
7. 注塑机的喷嘴与注塑模的主流道衬套有什么关系？
8. 注塑机的模板定位孔与注塑模定位圈有什么关系？
9. 注塑机的装模空间与注塑模的轮廓尺寸有什么关系？
10. 注塑机模板闭合厚度与注塑模厚度有什么关系？
11. 注塑模在注塑机上的安装固定有哪几种形式？
12. 如何校核注塑机的开模行程？
13. 模具的推出系统如何与注塑机的顶出装置相匹配？

第5章

注塑模基本结构

本章重点

- 讲解注塑模的分类
- 讲解典型注塑模的组成
- 讲解几种常用的注塑模结构和设计要点

学习目的

通过本章的学习，了解注塑模的分类方式，掌握典型注塑模的组成零部件。通过分析几种常用注塑模结构，掌握注塑模的设计要点，从而对各种注塑模结构有全面的认识。

成型注塑制品的模具称为注塑模。随着塑料工业的发展和塑料制品应用范围的不断扩大，目前，注塑成型不仅用于热塑性塑料制品的生产，且已推广到热固性塑料制品和塑料复合材料制品的生产当中，成为一种十分重要的成型方法，据统计，80%以上的塑料制品都采用注塑模成型。热塑性塑料注塑模在生产中应用最广泛，本章重点介绍注塑模的分类、组成及典型结构。

5.1 注塑模的分类

注塑模结构形式多种多样，分类方法也很多，通常可按以下方式进行分类。

1. 按成型的塑料材料

注塑模可分为热塑性塑料注塑模和热固性塑料注塑模。

2. 按模具安装方式

注塑模可分为移动式注塑模和固定式注塑模等。

3. 按注塑机的类型

注塑模可分为立式注塑机用注塑模、卧式注塑机用注塑模、角式注塑机用注塑模。

4. 按注塑模结构特征

注塑模可分为单分型面注塑模、双分型面注塑模、带活动镶块的注塑模、带侧向分型抽芯注塑模、带嵌件的注塑模、定模设推出机构的注塑模、自动卸螺纹注塑模、无流道凝料注塑模等。

5. 按浇注系统结构形式

注塑模可分为冷流道注塑模、绝热流道注塑模、热流道注塑模和温流道注塑模。

6. 按成型技术

注塑模可分为精密注塑模、气辅成型注塑模、双色注塑模、低发泡塑料注塑模、注射压缩模等。

5.2 注塑模的组成

注塑模由定模和动模两大部分组成。定模部分安装在注塑机的固定板上，动模部分安装在注塑机的移动板上。注塑成型时，定模部分和动模部分经导柱导向而闭合，塑料熔体从注塑机喷嘴经模具浇注系统进入型腔，成型冷却后开模，即定模和动模分开，一般情况下，塑件留在动模，模具推出机构将塑件推出模外。图5-1是典型的注塑模结构。根据模具上各零部件的作

用，注塑模可由以下几部分组成。

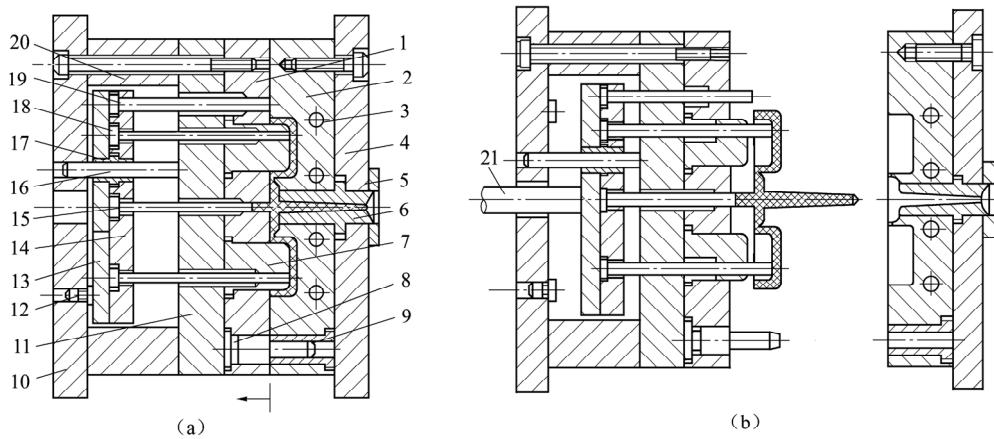


图 5-1 典型注塑模结构

1-动模板 2-定模板 3-冷却水道 4-定模座板 5-定位圈 6-浇口套 7-型芯
8-导柱 9-导套 10-动模座板 11-支承板 12-限位钉 13-推板 14-推杆固定板
15-拉料杆 16-推板导柱 17-推板导套 18-推杆 19-复位杆 20-垫块 21-注塑机顶杆

1. 成型零件

指直接与塑料接触或部分接触，并决定塑件形状、尺寸、表面质量的零件，它们是模具的核心零件。包括型腔、型芯、螺纹型芯、螺纹型环、镶件等。如图5-1所示的动模板1、定模板2、型芯7。

2. 浇注系统

浇注系统是熔融塑料从注塑机喷嘴进入模具型腔所流经的通道，它由主流道、分流道、浇口和冷料穴组成。如图5-1所示的浇口套6。

3. 导向机构

导向机构分为定模与动模之间的导向机构和推出机构的导向机构两类。前者是保证动模和定模在合模时准确对合，以保证塑件形状和尺寸的精确度，如图5-1中的导柱8、导套9。后者是保证推出过程中推出板顺畅而设置的，如图5-1中的推板导柱16、推板导套17。

4. 推出机构

又称脱模机构，常见的有推杆推出机构、推板推出机构和推管推出机构等。图5-1中的推板13、推杆固定板14、拉料杆15、推杆18和复位杆19组成推杆推出机构。

5. 侧向分型与抽芯机构

当塑件侧向有凹凸形状的孔或凸台时，就需要有侧向型芯来成型。在开模推出塑件前，必须先将侧向型芯从塑件上脱出，塑件才能顺利脱模。使侧向型芯移动的机构称为侧向抽芯机构。

6. 温度调节系统

为满足注射工艺对模具的温度要求，必须对模具温度进行控制，所以模具常常设有冷却系统或在模具内部、四周安装加热元件。冷却系统一般在模具上开设冷却水道，如图5-1所示的冷却水道3。

7. 排气系统

在注塑成型过程中，为将型腔内的空气排出，常常需要开设排气系统，通常是在分型面上开设若干条沟槽，或利用模具的推杆、型芯与模板之间的配合间隙进行排气。小型塑件的排气量不大，可直接利用分型面排气，而不必另设排气槽。

8. 其他零部件

主要指用来固定、支承成型零部件或起定位和限位作用的零部件等。

起支承固定作用的零件如图5-1中的定模座板4、动模座板10、型芯固定板、支承板11、垫块20。起定位和限位作用的零件如图5-1中的定位圈5、限位钉12。

上述八大部分又可分为成型零部件和结构零部件两大类。除成型零部件外，其他零部件都属于结构零部件，而结构零部件构成了注塑模的模架，现已标准化，称为标准模架，有国家标准，也有企业标准。

5.3 注塑模典型结构和设计要点

注塑模的结构主要由塑件的复杂程度、原料成型性能、注塑机的规格等因素决定。本节按注塑模的结构特征归纳了几大类注塑模典型结构和设计要点。

5.3.1 单分型面注塑模

单分型面注塑模又称双板式注塑模，是注塑模中最简单、最基本的一种形式，型腔一部分在动模上，另一部分在定模上，主流道设在定模一侧，分流道设在分型面上，动模上设有推出机构，用以推出塑件和浇注系统凝料。

1. 典型结构

典型结构如图5-1所示，根据生产批量要求，可设计成单型腔注塑模，也可设计成多型腔注塑模。这类模具的特点是结构简单，对塑件成型的适应性很强，是应用最广泛的一种注塑模。单分型面的注塑模也是一种最基本的注塑模结构，根据具体塑件的实际要求，单分型面的注塑模也可增添其他部件，如嵌件、螺纹型芯或活动型芯等，在这种基本形式的基础上，可演变出其他各种复杂的结构。

2. 设计要点

(1) 由于注塑机的推出机构设置在动模一侧，为了便于塑件推出，塑件在分型后应尽量留在动模。为此，一般将包紧力大的型芯设在动模，包紧力小的型芯设置在定模。

(2) 分流道一般开设在分型面上，它可单独开设在动模一侧或定模一侧，也可以开设在动、定模分型面的两侧。

(3) 为了将主流道浇注系统凝料从模具浇口套中拉出，避免下一次成型时堵塞流道，动模一侧一般设有拉料杆。

(4) 单分型面注塑模的合模导柱既可设置在动模一侧，也可设置在定模一侧，根据模具结构的具体情况而定，通常设置在型芯凸出分型面最长的那一侧。需要指出的是，标准模架的导柱一般都设置在动模一侧。

(5) 推出机构有多种复位方法，常用的机构有复位杆复位和弹簧复位两种形式。

5.3.2 双分型面注塑模

在整个模具中不止动、定模之间有一个分型面，还有一个具有其他功能的辅助分型面，浇注系统凝料和塑件由不同的分型面取出，这类模具称为双分型面注塑模，又称三板式注塑模。

1. 典型结构

图5-2所示是一个典型的双分型面注塑模。与单分型面模具相比，增加了一个可移动的中间板，又叫型腔板或浇道板，如图5-2中的型腔板10，开模时，中间板和固定模板被定距分型，以便取出这两块板间的浇注系统凝料。这类模具结构复杂，成本较高，主要用于点浇口的单型腔或多型腔注塑模、侧向分型抽芯机构设在定模一侧的注塑模及需要顺序分型的注塑模。

2. 设计要点

(1) 三板式点浇口注塑模的点浇口截面积较小，直径只有0.5~1.5 mm。由于浇口截面积太小，熔体流动阻力较大。

(2) 三板式点浇口注塑模在定模一侧一定要设置导柱，用于对中间板的导向和支承，加长该导柱的长度，也可以对动模部分进行导向，因此动模部分就可以不设导柱。如果采用推件板推出机构，动模部分也一定要设置导柱。

(3) 由于双分型面注塑模在开模过程中要进行两次分型，必须采取顺序定距分型机构。

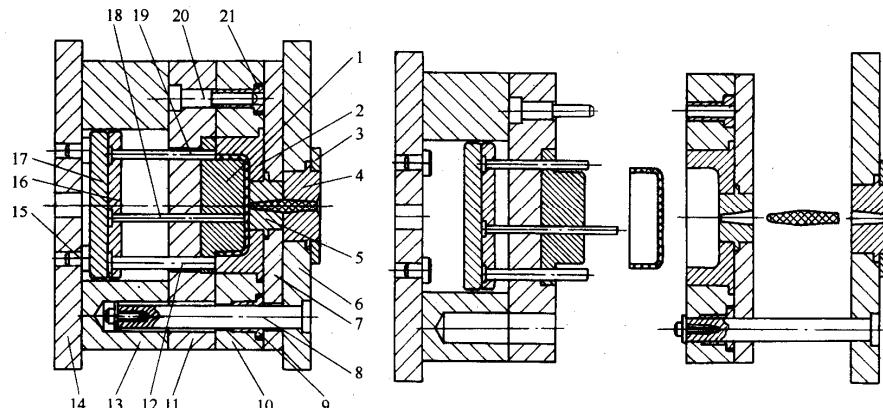


图 5-2 双分型面注塑模

1-型芯 2-型腔镶件 3-定位圈 4、5-浇口套 6-定模座板 7-型腔垫板 8、20-导柱 9、21-导套

10-型腔板 11-动模板 12-复位杆 13-垫块 14-动模座板 15-限位钉

16-推杆固定板 17-推板 18、19-推杆

3. 顺序定距分型机构

双分型面注塑模在开模过程中要进行两次分型，定模先分开一定距离，然后主分型面分型。

一般 I - I 分型面分型距离为

$$S_I = S_f + (3 \sim 5) \text{mm} \quad (5-1)$$

式中： S_I ——I - I 分型面分型距离，mm；

S_f ——浇注系统凝料在合模方向上的长度，mm。

常用的顺序定距分型机构有拉板式、拉杆式、定距导柱式和摆钩式等。

1) 拉板式

图5-3所示是弹簧分型拉板定距分型机构，适合于一些中小型的模具。在分型机构中，弹簧应至少4个，弹簧的两端应并紧且磨平，弹簧的高度应一致，并对称布置于分型面上模板的四周，以保证分型时中间板受到的弹力均匀，移动时不被卡死。定距拉板一般采用两块，对称布置于模具两侧。

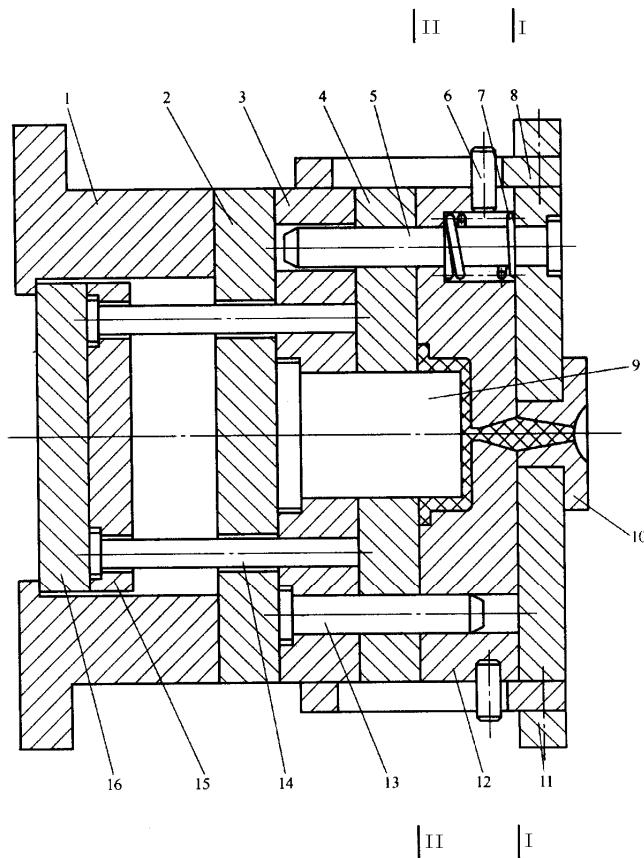


图5-3 弹簧分型拉板定距双分型面注塑模

1-支架 2-支承板 3-型芯固定板 4-推件板 5-导柱 6-限位销 7-弹簧 8-定距拉板 9-型芯

10-浇口套 11-定模座板 12-中间板(型腔板) 13-导柱 14-推杆 15-推杆固定板 16-推板

2) 拉杆式

图5-4所示是弹簧分型拉杆定距双分型面注塑模。其工作原理与弹簧分型拉板定距式双分型面注塑模基本相同，只是定距方式不同，即采用拉杆端部的螺母来限定中间板的移动距离。限位拉杆还常兼作定模导柱，此时它与中间板应按导向机构的要求进行配合导向。

3) 定距导柱式

图5-5所示是定距导柱双分型面注塑模。开模时，由于弹簧16的作用使顶销14压紧在导柱13的半圆槽内，以便模具在I - I 分型面分型，当定距导柱8上的凹槽与定距螺钉7相碰时，中间板停止移动，强迫顶销14退出导柱13的半圆槽。接着，模具在II - II 分型面分型。这种定距导柱既是中间板的支撑和导向，又是动、定模的导向，使模板面上的杆孔大为减少，适于分型面比较紧凑的小型模具。

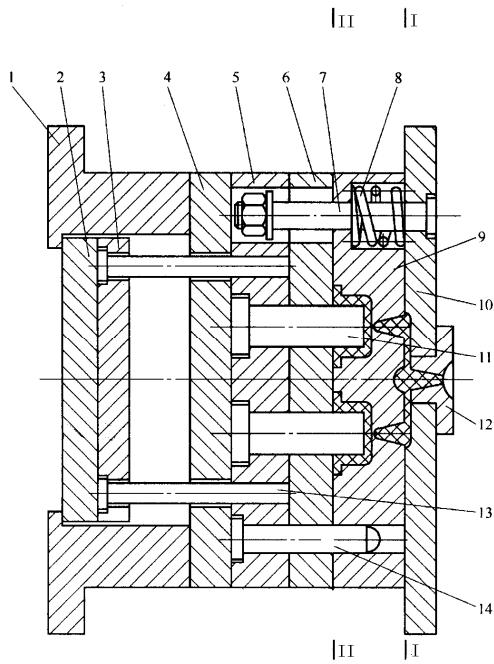


图 5-4 弹簧分型拉杆定距双分型面注塑模

1-支架 2-推板 3-推杆固定板 4-支承板 5-型芯固定板 6-推件板 7-限位拉杆
8-弹簧 9-中间板（型腔板） 10-定模座板 11-型芯 12-浇口套 13-推杆 14-导柱

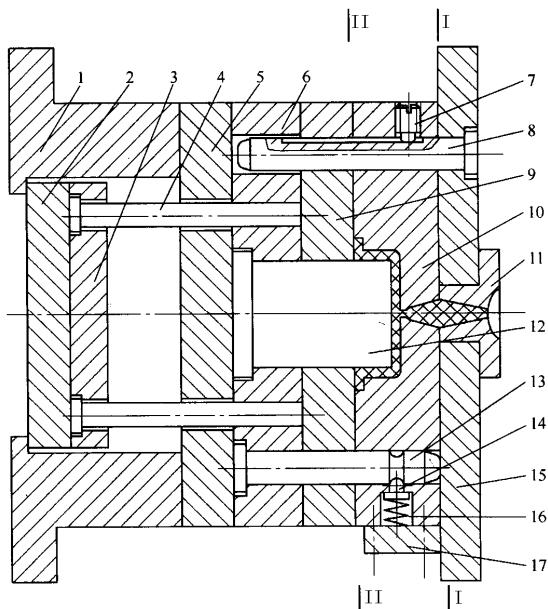


图 5-5 定距导柱双分型面注塑模

1-支架 2-推板 3-推杆固定板 4-推杆; 5-支承板 6-型芯固定板 7-定距螺钉
8-定距导柱 9-推件板 10-中间板（型腔板） 11-浇口套 12-型芯 13-导柱
14-顶销 15-定模座板 16-弹簧 17-压块

4) 摆钩式

图5-6所示是摆钩分型螺钉定距双分型面注塑模。两次分型的机构由挡块1、摆钩2、压块4、弹簧5和限位螺钉12等组成。开模时，由于固定在中间板7上的摆钩2拉住支承板9上的挡块，模具从I-I分型面分型。分型到一定距离后，摆钩在压块4的作用下产生摆动而脱钩，同时中间板7在限位螺钉12的限制下停止移动，II-II分型面分型。设计时，摆钩和压块等零件应对称布置在模具两侧，摆钩拉住动模上挡块1的角度取 $1^\circ \sim 3^\circ$ 为宜。

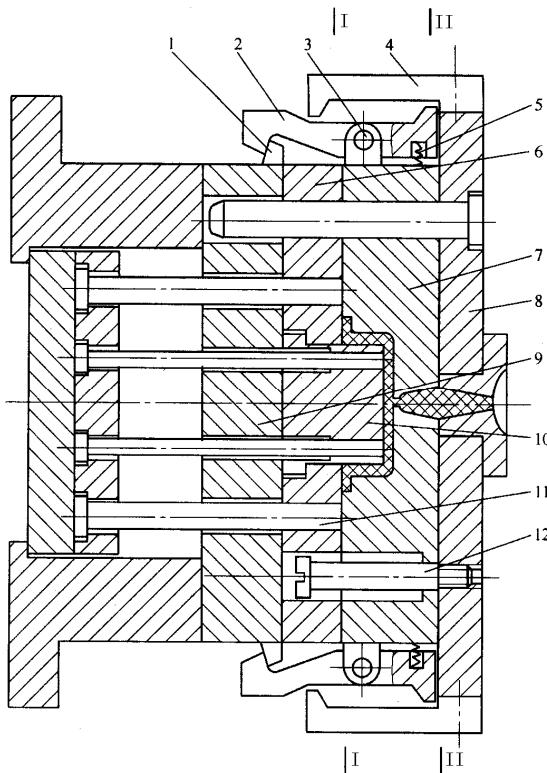


图 5-6 摆钩分型螺钉定距双分型面注塑模

1-挡块 2-摆钩 3-转轴 4-压块 5-弹簧 6-动模板 (型腔板)

8-定模座板 9-支承板 10-型芯 11-推杆 12-限位螺钉

5.3.3 带活动镶块的注塑模

由于塑件的特殊要求，在模具中设置可以活动的成型零件，如活动型芯、活动型腔板、活动成型杆、活动成型镶块等，以方便开模时取出塑件。

1. 典型结构

图5-7所示为带有活动镶块的注塑模。开模时，塑件包在型芯8和活动镶块9上随动模部分向左移动而脱离定模座板11，分型到一定距离，脱出机构开始工作，设置在活动镶块9上的推杆3

将活动镶件连同塑件一起推出型芯脱模。合模时，推杆3在弹簧4的作用下复位，推杆复位后动模板停止移动，然后人工将活动镶块9重新插入镶件定位孔中，合模后进行下一次的注射过程。

2. 设计要点

(1) 活动镶件在模具中应有可靠的定位和正确的配合。除了和安放孔有一段5~10mm长的H8/f8配合外，其余长度应设计成3°~5°的斜面以保证配合间隙。

(2) 由于脱模工艺的需要，有些模具在活动镶件的后面需要设置推杆，开模时，将活动镶件推出模外后，为了下一次安放活动镶件推杆必须预先复位，否则活动镶件将无法放入安装孔内。图5-7中的弹簧4所起的作用就是使推出机构先行复位。

(3) 活动镶件放在模具中容易滑落的位置（如立式注塑机的上模或受冲击振动较大的卧式注塑机的动模一侧）时，活动镶件插入时应有弹性连接装置加以稳定，以免合模时镶件落下或移位，造成塑件报废或模具损坏。

(4) 对于成型带螺纹塑件的注塑模，可以采用螺纹型芯或螺纹型环。螺纹型芯或螺纹型环实质上也是活动镶件。开模时，活动螺纹型芯或型环随塑件一起被推出机构推出模外，然后用手工或专用工具将螺纹型芯或型环从塑件中旋出，再将其放入模具中进行下一次注塑成型。

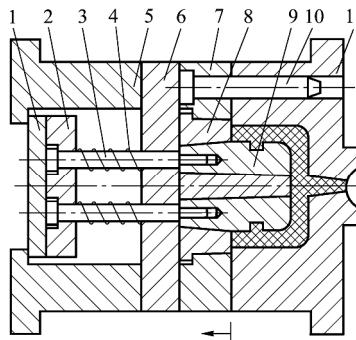


图 5-7 带有活动镶块的注塑模

1-推板 2-推杆固定板 3-推杆 4-弹簧
5-模脚 6-动模垫板 7-动模板 8-型芯
9-活动镶块 10-导柱 11-定模座板

5.3.4 带侧向分型抽芯的注塑模

当塑件上有侧孔或侧凹时，在模具内可设置出由斜销或斜滑块等组成的侧向分型抽芯机构，它能使塑件在脱模之前完成侧型芯的侧向抽芯。

1. 典型结构

图5-8所示为带侧向分型抽芯的注塑模。开模时，斜销2利用开模力带动滑块3横向移动，

使侧型芯与塑件分离，然后推杆11就能顺利地将塑件从型芯4上推出。这类模具广泛地应用在有侧孔或侧凹的塑件的大批量生产中。

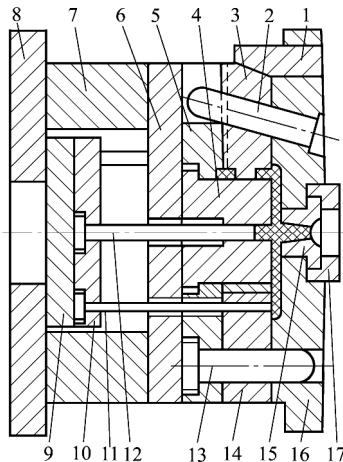


图 5-8 带侧向分型抽芯的注塑模

1-楔紧块 2-斜销 3-滑块 4-型芯 5-型芯固定板 6-支承板
7-模脚 8-动模座板 9-推板 10-推杆固定板 11-推杆
12-拉料杆 13-导柱 14-动模板 15-浇口套 16-定模座板 17-定位圈

2. 设计要点

(1) 侧向分型抽芯机构形式较多，有斜销、斜滑块、弯销、斜杆、齿轮、齿条等多种形式，根据抽芯距和抽拔力大小，正确选择侧向分型抽芯机构。

(2) 侧型芯与滑块可以是整体式，也可以镶拼。采用镶拼时，要注意侧型芯的安装和固定。

(3) 当采用推杆推出机构时，要注意侧型芯复位时是否与推杆发生干涉，若发生干涉，应采用推出系统先行复位机构。

(4) 侧向分型抽芯机构应运动灵活，定位可靠。

5.3.5 带嵌件的注塑模

当塑件上带嵌件时，为保证嵌件在注塑成型过程中不发生移动，避免合模时损伤模具，在设计这类模具时，应考虑嵌件在模具中的定位和固定问题。

1. 典型结构

图5-9所示为立式注塑机上使用的带嵌件注塑模。嵌件在嵌件座8上定位，侧型芯3防止了嵌件的转动和轴向移动，使嵌件在模具内占有确定的位置。在推出塑件之前应先用手工抽出侧型芯3。该模具在嵌件处设置推出机构，这样，在塑件上不留任何影响外观的推出痕迹。

2. 设计要点

(1) 嵌件在模内应安放准确，并具有良好的稳定性。模具的定位孔、定位杆或定位槽与嵌件采用小间隙配合，以保证定位准确，防止溢料。配合长度应足以使嵌件抵抗熔料的冲击而不发生移位。

(2) 细长或薄片类嵌件在模内应加强支撑，防止在熔料的作用下弯曲变形。

(3) 为提高嵌件的安放效率，可将连成一片冲压出来的嵌件以成组形式安放到模内，成型后再将连接部分切断。

5.3.6 定模设推出机构的注塑模

因注塑机的推出机构在动模一侧，开模后，应使塑件尽量留在动模一侧，但有时由于塑件的特殊要求或形状的限制，塑件必须留在定模内，这时就应在定模一侧设置推出机构，将塑件从定模内脱出。

1. 典型结构

图5-10所示为定模设推出机构的注塑模，由于塑件的特殊形状，为了便于成型，采用了直接浇口，开模后塑件留在定模上，故在定模一侧设有推件板7，开模时，由设在动模一侧的拉板8带动推件板7，将塑件从定模中的型芯11上强制脱出。

2. 设计要点

(1) 塑件留在定模一侧，需设专门的推出机构来完成塑件的脱模，力的来源主要是开模力，该机构应运动可靠，传力效率高。

(2) 因塑件留在定模，需设置顺序定距分型机构来分别完成开模和推出塑件。

(3) 定模设置的推出机构应有足够的强度和刚度，抵抗开模时产生的冲击力。

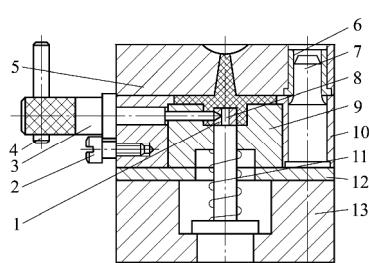


图 5-9 带嵌件的注塑模

1-嵌件 2-螺钉 3-侧型芯 4-销钉 5-上模座板
6-导套 7-导柱 8-嵌件座 9-凹模镶件
10-下模板 11-弹簧 12-支承板 13-支架

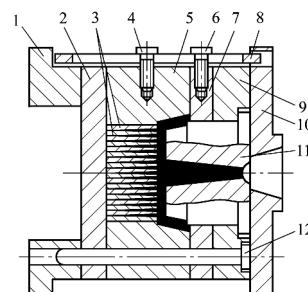


图 5-10 定模设推出机构的注塑模

1-模脚 2-支承板 3-成型镶件 4-螺钉
5-动模板 6-螺钉 7-推件板 8-拉板
9-定模板 10-定模座板 11-型芯 12-导柱

5.3.7 自动卸螺纹的注塑模

当要求自动脱卸带有内螺纹或外螺纹的塑件时，可在模具中设置可转动的螺纹型芯或型环，利用机构的旋转运动或往复运动，将螺纹塑件脱出，或者用专门的驱动和传动机构带动螺纹型芯或型环转动，将螺纹塑件脱出。

1. 典型结构

自动卸螺纹的注塑模具如图5-11所示，用紧固在定模边的大升角螺杆1在分型时从动模边的螺旋套2抽出，迫使螺旋套2旋转，从而驱动齿轮3带动螺纹型芯4转动，使塑件从螺纹型芯4上脱下，为避免塑件随螺纹型芯4旋转，推板7在距离L的作用下顶住塑件，起止转作用。

2. 设计要点

(1) 塑件外表面应带有止转结构。螺纹塑件成型后，必须与螺纹型芯或型环作相对转动才能脱模，因此在塑件的外表面或端面应考虑带有止转的花纹或图案。

(2) 模具要有相应防转的机构。当塑件的型腔与螺纹型芯同时设计在动模上时，型腔可以保证不使塑件转动。但当型腔不可能与螺纹型芯同时设计在动模上时，即使塑件外形有防转的花纹，一旦开模脱离型腔，也不起作用了，只有模具上设计止转机构，才能避免塑件留在螺纹型芯上和它一起转动。

(3) 对于生产批量小的可采用手动脱螺纹，生产效率虽低，但模具结构简单，制造方便。

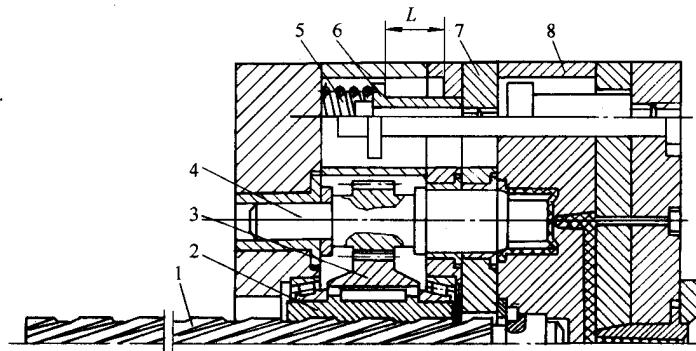


图 5-11 自动卸螺纹的注塑模

1-大升角螺杆 2-螺旋套 3-齿轮 4-螺纹型芯 5-弹簧 6-推管 7-推板 8-型腔板

5.3.8 无流道凝料注塑模

无流道凝料注塑模是一种成型后只需取出塑件而无流道凝料的注塑模。在成型过程中，模具浇注系统中的塑料始终保持熔融状态。

1. 典型结构

如图5-12所示，塑料从喷嘴21进入模具后，在流道中给以加热保温，使其仍保持熔融状态，每一次注射完毕，只在型腔内的塑料冷凝成型，取出塑件后又可继续注射，这样大大节省了塑料用量，提高了生产效率，有利于实现自动化生产，保证塑件质量。

2. 设计要点

(1) 选择适宜的加热方式，加热可分为外加热和内加热两种方式。外加热方式有开设与流道平行的加热孔、内插加热棒或流道板侧面安置加热圈、铸铝加热器等。内加热方式是将加热棒设置在流道中心，让塑料熔体在其周围流动。整个流道板温度应均匀，防止出现局部过热。因此加热器应对称布置，力求各流道的加热功率、位置等均匀相等。

(2) 做好热流道板与定模座板、型腔板等零件的绝热，绝热介质可用石棉板、空气等。热流道板与模具其他部分间的支撑点要尽量少，且受力要平衡，防止热流道板变形。绝热空气间隙厚度通常在3~4mm内，否则会降低绝热效果。

(3) 尽量减少热散失，在不影响强度的条件下，将流道板不需要的部分挖去，以节约能量。

(4) 控制好温度。流道板的温度控制极为重要，其关系到正常运转操作。热流道板和二级喷嘴分别进行温度控制，多浇口模具可采取分区控制温度。

(5) 设计膨胀间隙补偿热变形。热流道模具在工作时，热流道板和型腔板之间温差甚大，分别为200~300℃和60℃，因此对于多浇口模具，二级喷嘴中心和浇口之间由于热膨胀值不同，造成错位不可避免，设计时应予以充分注意，留出恰当的膨胀间隙。

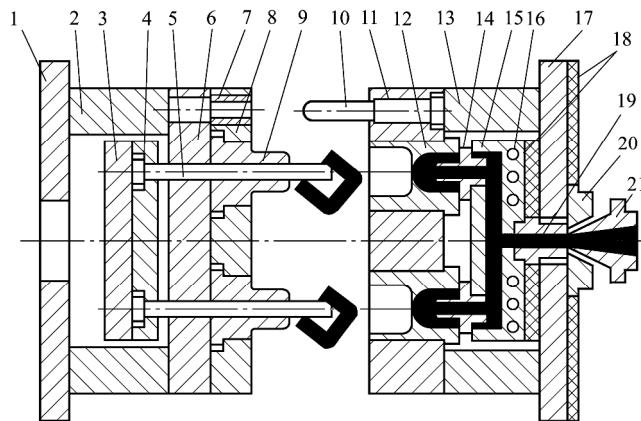


图 5-12 无流道凝料注塑模

1-动模座板 2-垫块 3-推板 4-推板固定板 5-推杆 6-支承板 7-导套 8-动模板

9-型芯 10-导柱 11-定模板 12-凹模 13-支架 14-喷嘴 15-热流道板

16-加热器孔道 17-定模座板 18-绝热层 19-浇口套 20-定位环 21-注塑机喷嘴

5.3.9 叠层注塑模

这是一种新型高效率的注塑模，其特点是多腔、多分型面。一般在合模方向上有两层型腔，塑件分别在两个分型面上取出，每个分型面上的型腔数目相同，因此称为叠层注塑模。

1. 典型结构

如图5-13所示为生产聚苯乙烯盖子的叠层注塑模。这类模具适于生产浅而薄的小型零件，如瓶盖、盒子、碟子等。它要求注塑机具有较大的开模行程，尽管型腔数目增加了一倍，但由于开合模行程增长，相应的循环时间也增加，因此产量增加不足一倍，大约为80%，注射压力也需增加一些，锁模力也应增加15%左右。这种模具浇注系统脱出较困难，而热流道叠层注塑模则易实现全自动操作。

2. 设计要点

- (1) 叠层注塑模主要用于角式注塑机上成型。
- (2) 为提高成型效率和实现自动化，叠层注塑模均采用热流道注塑成型。
- (3) 叠层注塑模的推出机构设计较复杂，需实现打开不同分型面，并将不同分型面上的塑件同步推出。

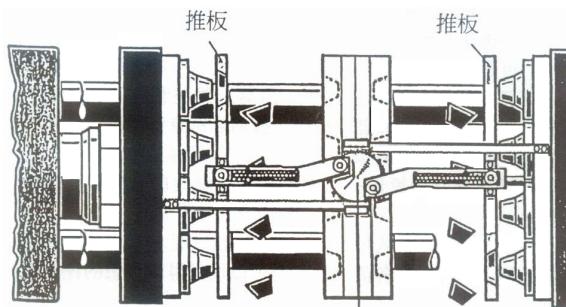


图 5-13 叠层注塑模

复习思考题

1. 注塑模如何分类？
2. 注塑模一般由哪几部分结构组成，各部分的作用是什么？
3. 熟悉各类注塑模的典型结构和设计要点。

第6章

分型面与浇注排气系统

本章重点

- 讲解分型面的形式、表示方式和选择原则
- 讲解普通浇注系统的组成和设计要点
- 讲解排气系统的设计原则

学习目的

通过本章的学习，掌握塑料模分型面的形式和表示方法，并灵活运用分型面的选择原则，合理确定注塑模的分型面。掌握普通浇注系统的组成和作用，掌握主流道、分流道、浇口、冷料穴的设计要点，掌握排气系统的设计方法，并能完成注塑模普通浇注系统和排气系统的设计。

分型面是决定注塑模结构的一个重要因素，分型面的类型、形状、位置与模具结构、浇注系统设计、塑件脱模等有直接关系。本章介绍分型面的形式、表示方法和选择的原则，同时还介绍了普通浇注系统和排气系统的设计。

6.1 分型面

分型面是模具上用以取出塑件和（或）浇注系统凝料的可分离的接触表面。

6.1.1 分型面的形式

分型面的形式有多种，按形状可分为平面、斜面、阶梯面和曲面，如图6-1所示。按位置可分为水平分型面和垂直分型面，如图6-2所示。垂直分型面主要用于侧面有凹、凸形状的塑件，如线圈骨架等。

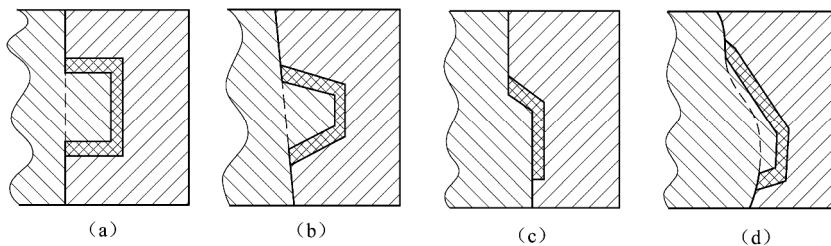


图 6-1 分型面的形式

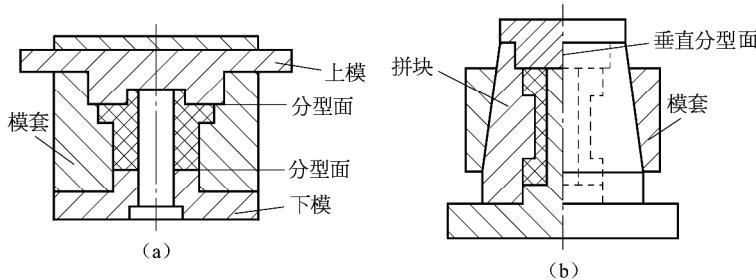


图 6-2 分型面的位置

6.1.2 分型面的表示方法

在模具装配图中，应用短、粗实线标出分型面的位置，如图6-3所示，箭头表示模具运动方向。对有两个以上分型面的模具，可按照分型面打开的前后顺序用编号I、II、III…，或A、B、C…表示。

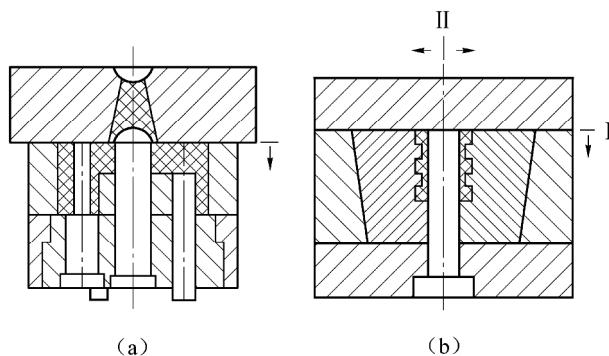


图 6-3 分型面的表示方法

6.1.3 分型面选择原则

首先必须选择塑件断面轮廓最大的地方作为分型面，这是确保塑件能够脱模的基本原则。此外，分型面的选择受塑件的形状、壁厚、尺寸精度、嵌件、脱模方式、浇口位置和形式、排气、模具制造和成型设备等因素的影响。因此，选择分型面时，应综合考虑，合理选择。

1. 应确保塑件的尺寸精度和质量

如图6-4所示为双联齿轮注塑模，若按图(a)所示设置分型面，两部分齿轮分别在动、定模内成型，受合模精度的影响，难以保证齿轮的同轴度。按图(b)所示设置分型面，两部分齿轮都在动模，可有效保证两部分齿轮的同轴度。

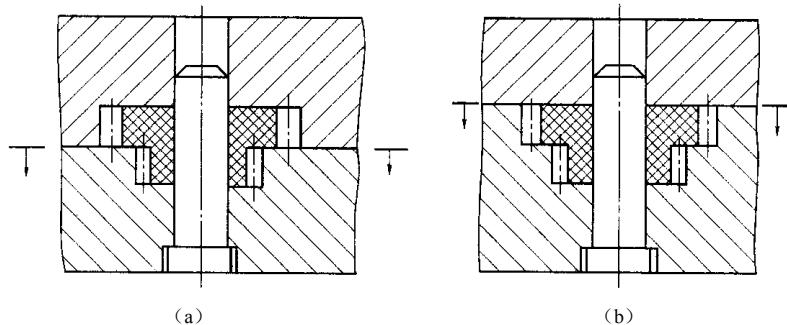


图 6-4 分型面对塑件尺寸精度的影响

2. 应尽量使塑件开模后留在动模

通常，模具的推出机构设在动模一侧，所以分型面的选择应尽可能使塑件留在动模。如图6-5所示，若按图(a)分型，塑件收缩后包在定模型芯上，分型后塑件留在定模内，这样必须在定模设推出机构，增加了模具的复杂程度。若按图(b)分型，塑件则留在动模。

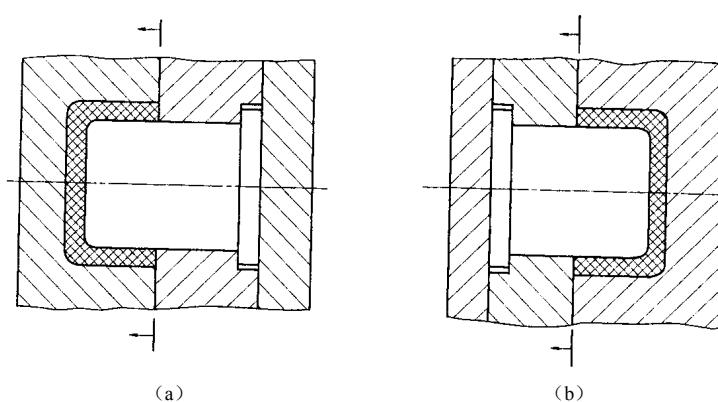


图 6-5 分型面对塑件脱模的影响

3. 应尽量保证塑件外观质量要求

分型面产生的飞边会影响塑件的外观质量。如图6-6所示，若按图(a)所示设置分型面，则会在塑件的弧形外表面产生合模痕迹和飞边，影响了塑件的美观。若按图(b)所示设置分型面，则产生的飞边易于清除且不影响塑件外观。

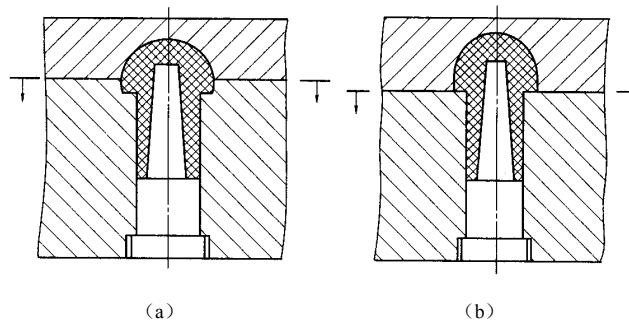


图 6-6 分型面对塑件外观质量的影响

4. 应有利于模具的制造

分型面的选择应利于模具的加工，图6-7 (a)所示的分型面，型腔与型芯有配合关系，如果模具制造精度差，合模时会发生型腔与型芯碰撞而损坏。采用图(b)所示分型面，可避免发生碰撞现象，模具易于加工，但塑件表面会形成一条分型线。

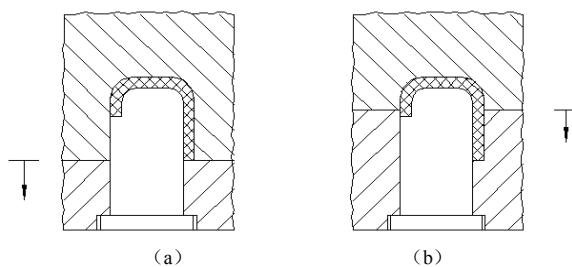


图 6-7 分型面对模具制造的影响

5. 应有利于塑件脱模

分型面形式如何对塑件脱模阻力大小有着直接影响，如果脱模阻力太大，塑件在被推出时容易发生变形或损坏。图6-8 (a) 所示的模具成型零件均设在动模，脱模时塑件要与型腔和多个型芯瞬间同时脱松，脱模阻力大。图 (b) 所示是将成型零件分散设置在定模和动模，主型芯设在动模，故开模后塑件先与定模的型腔、型芯脱离，推出时只克服与主型芯的脱模阻力，有效防止塑件的变形或损坏。图 (c) 所示为保证塑件大孔与小孔之间较高位置精度要求所采取的设计。

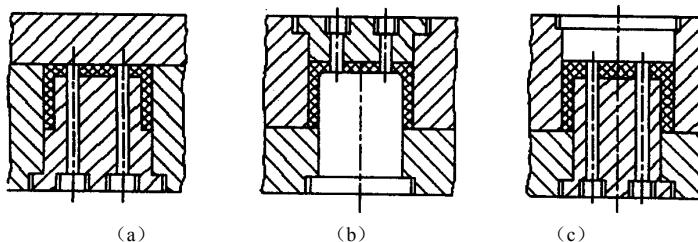


图 6-8 分型面对塑件脱模的影响

6. 应有利于模具的侧面分型和抽芯

当塑件有多组抽芯时，应尽量避免大端侧向抽芯，因为除了液压抽芯机构能获得较大的抽拔距离外，一般的侧向分型抽芯的抽拔距离较小，故在选择分型面时，应将抽芯或分型距离大的放在开模方向上。图6-9 (a) 所示的分型面是将长型芯作为侧型芯，不合理。图 (b) 所示的分型面是将短型芯作为侧型芯，抽拔距离较小。

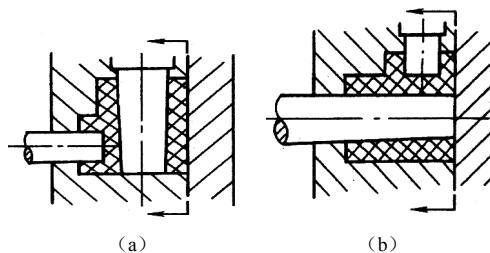


图 6-9 分型面对侧抽芯的影响

7. 应有利于模具排气

分型面应尽量设置在塑料熔体充满的末端处，这样就可以有效地通过分型面排除型腔内积聚的空气。图6-10 (a) 所示的分型面排气效果较差。图 (b) 所示的分型面排气效果较好。

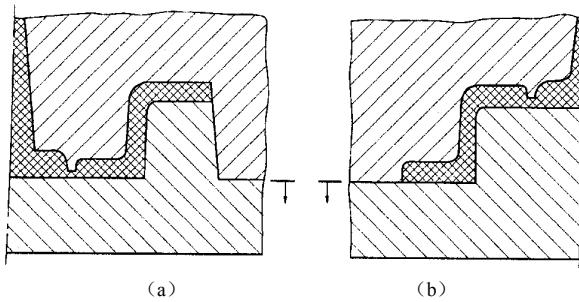


图 6-10 分型面对模具排气的影响

8. 应考虑对成型设备的要求

当塑件在分型面上的投影面积超过成型设备允许的投影面积时，会造成锁模困难，严重时会发生溢料。此时应合理安排塑件在型腔中的位置，尽可能选择投影面积小的一方。图6-11 (a) 所示的分型面，其塑件的投影面积大于图 (b) 所示的分型面。

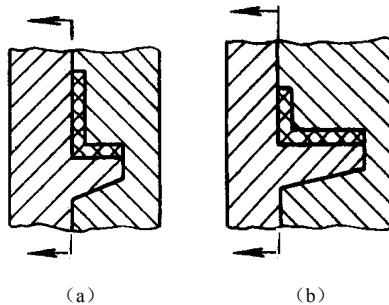


图 6-11 分型面对成型设备的影响

9. 应考虑脱模斜度对塑件尺寸精度的影响

选择分型面时，应考虑减小由于脱模斜度造成塑件的大小端尺寸差异。若塑件对外观无严格要求，可将分型面选在塑件中部。图6-12 (a) 所示的分型面，其脱模斜度取向一个方向，斜度较大。图 (b) 所示的分型面，其脱模斜度取向两个方向，斜度较小。

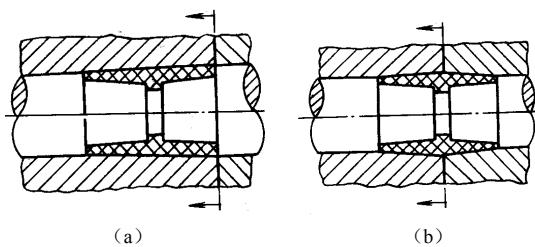


图 6-12 分型面对脱模斜度的影响

总之，影响分型面的因素很多，设计时，应在保证塑件质量的前提下，使模具的结构越简单越好。

6.2 普通浇注系统

注塑模的浇注系统是指塑料熔体从注塑机喷嘴出来后到达模腔前在模具中所流经的通道。浇注系统分为普通浇注系统和无浇道凝料浇注系统两大类。其作用是将熔体平稳地引入型腔，使之充满型腔内各个角落，在熔体填充和凝固过程中，能充分将压力传递到型腔的各个部位，以获得组织致密、外形清晰、尺寸稳定的塑件。浇注系统的设计是注塑模设计中的一个关键环节。

6.2.1 浇注系统的组成和作用

普通浇注系统由主流道、分流道、浇口、冷料穴几部分组成，如图6-13所示是卧式注塑模的普通浇注系统。

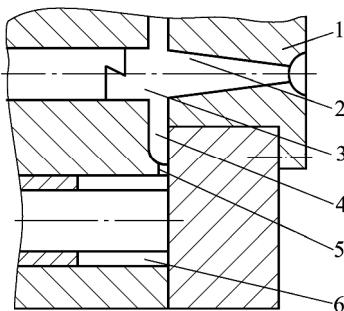


图 6-13 卧式普通浇注系统

1-浇口套 2-主流道 3-冷料穴 4-分流道 5-浇口 6-型腔

1. 主流道

主流道承接熔融塑料从注塑机喷嘴到分流道的一段流道。它与注塑机喷嘴在同一轴线上，物料在主流道中不改变流动方向，主流道断面形状一般为圆锥形或圆柱形。

2. 分流道

分流道是主流道与浇口之间的通道，一般开设在分型面上。在多型腔的模具中，分流道必不可少，而在单型腔模具中，一般用多浇口进料。分流道的设计应尽量减小熔体在流道内的压力损失，尽可能避免熔体温度降低过快，尽可能减小流道的容积。

3. 浇口

浇口是指紧接流道末端将塑料引入型腔的狭窄部分。主流道型浇口以外的各种浇口，其断面尺寸都比分流道的断面尺寸小得多，长度也很短，起着调节料流速度、控制补料时间等作用。

4. 冷料穴

冷料穴用来除去料流中的前端冷料。在注射循环过程中，由于喷嘴与低温模具接触，使喷嘴前端存有一小段低温料。开始注射时，冷料在料流最前端，若冷料进入型腔将造成塑件上的冷疤、熔接缝，甚至冷料头堵塞浇口造成不能进料。冷料穴一般设在主流道末端，有时分流道末端也设有冷料穴。

6.2.2 主流道的设计

在卧式或立式注塑机的模具中，主流道垂直于分型面，主流道通常设计成圆锥形，其锥角为 $2^{\circ} \sim 4^{\circ}$ ，对流动性较差的塑料可取 $3^{\circ} \sim 6^{\circ}$ ，以便浇道凝料从主流道中拔出。主流道的内表面应尽量光滑，表面粗糙度为 $R_a=0.4 \sim 0.8\mu\text{m}$ 。主流道的长度应尽量短，长度应小于60mm。为了使熔融塑料能从喷嘴处完全进入主流道，应使主流道与注塑机的喷嘴紧密对接，其对接处常设计成半球形凹坑，其半径略大于喷嘴头半径。由于主流道要与喷嘴反复接触和碰撞，所以主流道部分应尽量优先采用浇口套式，以便选用优质钢材加工和热处理。

1. 主流道的结构

主流道的常用结构主要有三种。

1) 整体式主流道

图6-14 (a) 所示为最简单的一种主流道，直接由定模板加工成形，适于简单注塑模。

2) 组合式主流道

如图6-14 (b) 所示，若定模板是由两块模板组成，主流道也可在两块模板上分别加工，再组合在一起而成，此形式简单，但要注意保证其同轴度。

3) 浇口套式主流道

如图6-14 (c) 所示，这是最常用的主流道结构，是以浇口套的形式镶于模板中，便于加工、拆卸和热处理，适用于所有注塑模具。

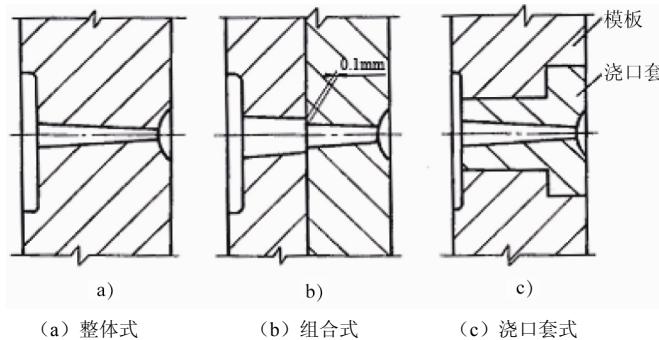


图 6-14 主流道结构

2. 浇口套的设计

浇口套有I型和II型两类，如图6-15所示，其中I型浇口套大端高出定模座板5~10mm，起定位环作用，与注塑机定位孔呈间隙配合。II型浇口套可防止浇口套在反压力作用下脱出定模座板，使用时，用固定在定模上的定位环压住浇口套大端台阶即可。浇口套与定模座板的配合一般按H7/m6过渡配合。注意，当主流道需穿过两块模板时，为防止在模板结合面处溢料，造成主流道凝料脱出困难，应尽量采用浇口套。浇口套材料常用T8A或T10A，热处理硬度为50~55HRC，低于注塑机喷嘴的硬度。

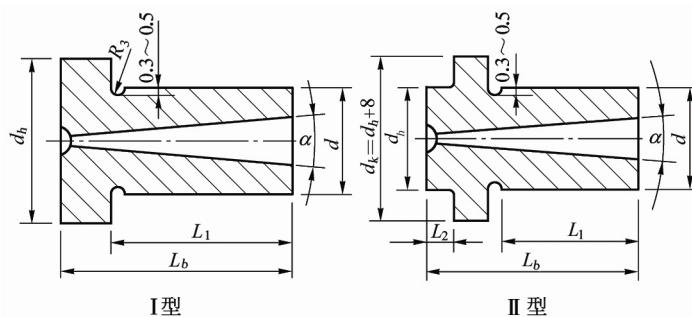


图 6-15 浇口套类型

3. 定位环的设计

为保证模具安装在注塑机上其主流道与喷嘴的对中性，常采用定位环定位。对于小型注塑模，直接利用浇口套的台肩作为模具的定位环；对于大中型模具，常将定位环与浇口套分开放设计。定位环与注塑机定模座板中心定位孔相配，配合精度为H11/h11。定位环与定位孔的配合长度，一般小型模具取8~10mm，大型模具取10~15mm。

定位环的形式如图6-16所示，图(a)是最常用的形式。图(b)可不在定模座板上安装定位环的台阶孔。在这两种结构中，若将注塑机定位孔配合的直径 d_j 及定模上定位孔配合的直径 d_m 做成通用或标准尺寸，则只需更换定位环，便可使同一模架适用不同的注塑机。图(c)是利用定位环台阶压住I型浇口套，以防浇口套退出定模座板的结构。其中的孔径 D_n 要求与浇口套直径 d_h 配合。图(d)、(e)所示的定位环结构便于更换浇口套，同时也防止浇口套在注射时后退。图(f)所示定位环适于延伸式喷嘴结构。

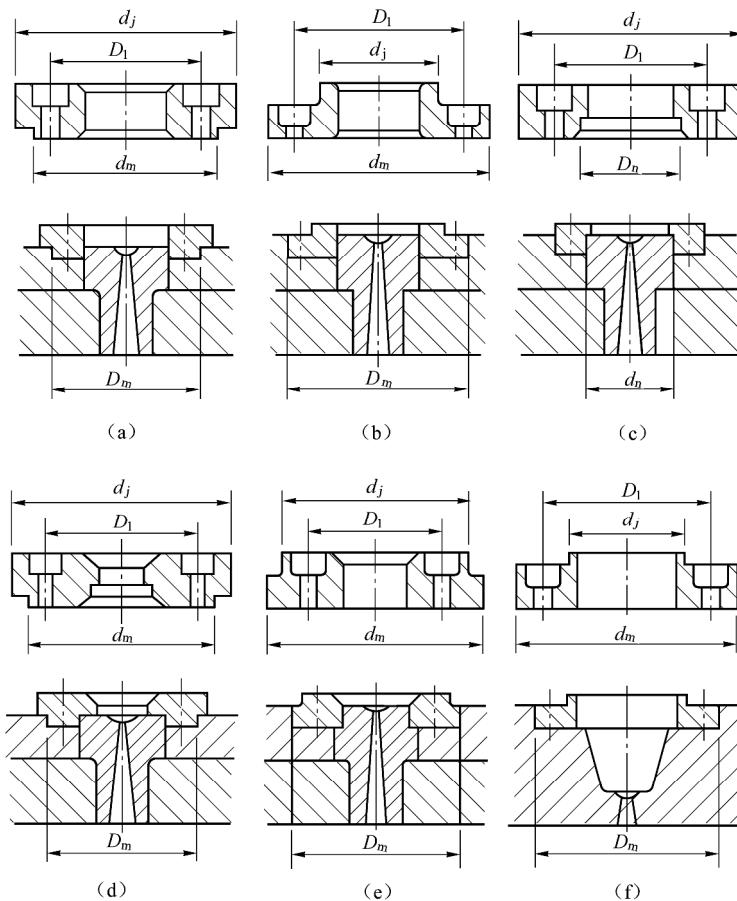


图 6-16 定位环形式

6.2.3 分流道的设计

分流道的设计应保证熔体以最短的路径、最小的热量和压力损失快速注入模具型腔。

1. 分流道的截面形状和尺寸

1) 分流道的截面形状

常用分流道截面形状如图6-17所示，有圆形、梯形、U形、半圆形、矩形等。其中圆形需在动模和定模两边同时开槽组合而成，其他断面可单开在定模一侧或动模一侧。在分流道设计中，应综合考虑塑料的成型性能和模具的加工工艺。通常从塑料的流动性方面考虑，采用圆形较好；从加工方面考虑，梯形、U形、半圆形和矩形加工较容易。



图 6-17 常用分流道截面形状

2) 分流道的截面尺寸和长度

分流道的截面尺寸应根据塑件的大小、壁厚和塑料品种、注射速度及分流道长度等因素决定。对于流动性很好的PE和PA，分流道直径为2mm左右，对于流动性差的塑料，如丙烯酸类，分流道直径可达12mm，多数塑料的分流道直径在4.8~8mm之间。

分流道的长度取决于模具型腔总体布置方案和浇口位置，为减少熔体热量和压力损失，应尽量设计最短的分流道长度。

2. 分流道的布置形式

分流道的布置有平衡式和非平衡式两类。

1) 平衡式

平衡式是指从主流道到各型腔的分流道和浇口的长度、形状、断面尺寸都相等。这种设计可达到各个型腔均衡地进料、均衡地补料，如图6-18(a)所示。在加工平衡式布置的分流道时，应注意各对应部位尺寸的一致性，其断面尺寸的误差应在1%以内。

2) 非平衡式

非平衡式一般适用于型腔数较多的情况，其流道的总长度可比平衡式布置短一些，因而可减少回头料，如图6-18(b)所示。为达到各型腔同时充满，可把浇口截面尺寸设计成大小不等的。非平衡式布置的分流道也可采用改变各段流道断面尺寸的办法来达到进料平衡，使从主流道到各个浇口的压力降相等。由于流道断面尺寸不便于修整，在设计时应先计算，再在试模时配合修浇口以达到较好的效果。

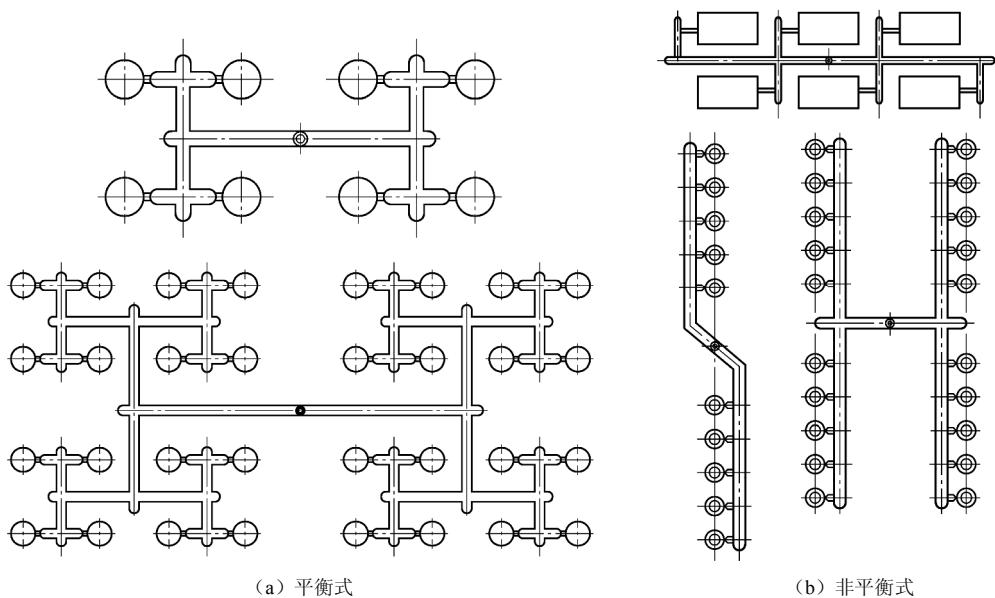


图 6-18 分流道的布置形式

3. 分流道与浇口的连接

分流道与浇口通常采用斜面和圆弧连接，如图6-19 (a)、(b)所示，这样有利于塑料的流动和填充，防止塑料流动时产生反压。图(c)、(d)为分流道与浇口在宽度方向的连接形式，平滑过渡，无死角。

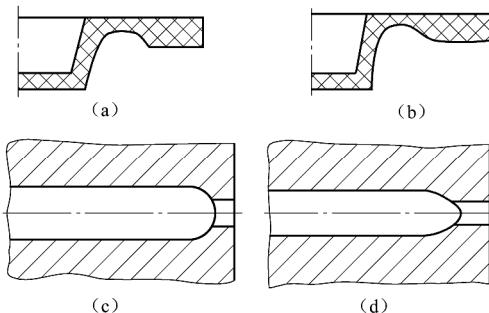


图 6-19 分流道与浇口连接

6.2.4 浇口的设计

浇口设计与塑料性能、塑件形状、截面尺寸、模具结构及注射工艺等因素有关。总的要求是使熔料以较快的速度注入并充满型腔，同时在充满后能适时冷却封闭，因此浇口截面要小，长度要短，这样可增大料流速度，快速冷却封闭，且便于塑件与浇道凝料分离，不留明显的去浇口痕迹，保证塑件外观质量。

1. 浇口位置的选择原则

(1) 应避免熔体破裂而产生喷射和蠕动。浇口的截面尺寸如果较小，且正对宽度和厚度较大的型腔，则高速熔体因受较高的剪切应力，将产生喷射和蠕动等熔体破裂现象，在塑件上形成波纹状痕迹，或在高速下喷出高度定向的细丝或断裂物，造成塑件的缺陷或表面瑕疵。浇口应布置成冲击型浇口，即让进入浇口后的塑料熔体冲击到阻挡物，如型芯、型腔等，使塑料熔体稳定，减少喷射的概率。

(2) 应有利于流动、排气和补料。当塑件壁厚相差较大时，在避免喷射的前提下，应把浇口开设在塑件截面最厚处，这样有利于补料。若塑件上有加强筋，则可利用加强筋作为流动通道。同时浇口位置应有利于排气，通常，浇口位置应远离排气部位，否则进入型腔的熔体会过早封闭排气系统，致使型腔内气体不能顺利排出，而在塑件顶部形成气泡。

(3) 应使流程最短，料流变向最少，并防止细长型芯变形。在保证良好填充条件的前提下，为减少流动能量的损失，应使塑料流程最短，料流变向最少。要防止浇口位置正对细长型芯，避免型芯变形、错位和折断。

(4) 应有利于减少熔接痕和增加熔接强度。在流程不太长且无特殊需要时，一般不设多

一个浇口，避免增加熔接痕的数量，但对底面积大而浅的壳体塑件，为减少内应力和翘曲变形，可采用多点进料。对于轮辐式浇口，可在料流熔接处的外侧开设冷料穴，使前锋冷料溢出，消除熔接痕。

(5) 应考虑分子定向对塑件性能的影响。高分子通常在流动方向和拉伸方向产生定向，可利用高分子的这种定向现象改善塑件的某些性能。如为使聚丙烯铰链几千万次弯折而不断裂，需在铰链处高度定向。因此，可将浇口开设在正对铰链的位置，使之在流动方向产生定向，脱模后又立即弯折几次，使之在拉伸方向再产生定向，这样大大提高了铰链的寿命。

(6) 应尽量开设在不影响塑件外观的部位。浇口位置总会留下去浇口痕迹，故浇口位置应尽量开在不影响塑件外观的部位，如塑件的边缘、底部和内侧。特别是对外观质量要求高的塑件，更要考虑浇口的位置。

(7) 应满足熔体流动比。确定大型塑件的浇口位置时，应考虑塑料所允许的最大流动距离比。最大流动距离比是指熔体在型腔内流动的最大长度 L 与流道厚度 t 之比。表6-1是常用塑料流动比的经验数据，供设计时参考。计算出的流动比值若大于允许值，则需要增加制品厚度或改变浇口位置，或采用多点进浇的方式来减小流动比。

表 6-1 常用塑料的流动比

模塑材料	注射压力 (MPa)	L/t	模塑材料	注射压力 (MPa)	L/t
聚乙烯	150	250~280	硬聚氯乙烯	130	130~170
聚乙烯	60	100~140	硬聚氯乙烯	90	100~140
聚丙烯	120	280	硬聚氯乙烯	70	70~110
聚丙烯	70	200~240	软聚氯乙烯	90	200~280
聚苯乙烯	90	280~300	软聚氯乙烯	70	100~240
聚酰胺	90	200~360	聚碳酸酯	130	120~180
聚甲醛	100	110~210	聚碳酸酯	90	90~130

2. 浇口类型

浇口的类型很多，设计人员应根据原料、制品结构、分型面等具体情况选择最适于成型制品的浇口。

1) 直接浇口

直接浇口又叫中心浇口、直浇口、大浇口，其结构形式如图6-20所示。

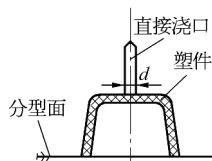


图 6-20 直接浇口

直接浇口的特点是熔体流程短，进料速度快，成型效果好，且模具结构简单，易于制造。但成型后去除浇口较困难，去浇口痕迹明显。直接浇口主要用于成型大型、深腔、壁厚的壳体、箱型塑件，也适于成型热敏性及高黏度材料的塑件。

2) 点浇口

点浇口又叫橄榄形浇口或菱形浇口，是截面尺寸很小的圆形截面浇口，是应用较广泛的一种小浇口，其结构和尺寸如图6-21所示。

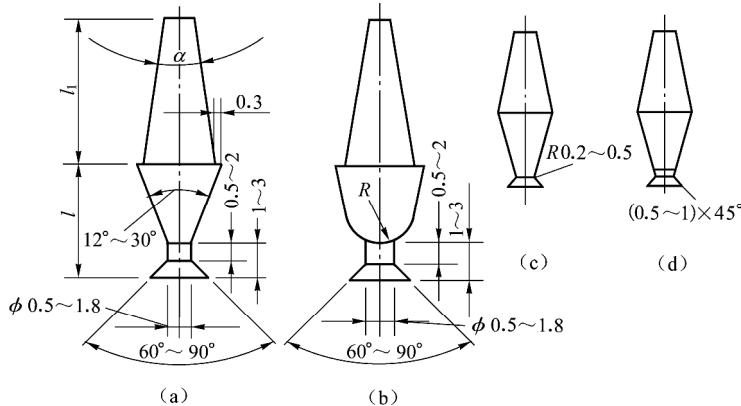


图 6-21 点浇口结构和尺寸

点浇口的特点是浇口位置可根据工艺要求灵活确定，浇口附近塑件变形小，去浇口容易，可自动拉断，有利于自动化操作。多型腔时，采用点浇口容易平衡浇注系统。但压力损失大，需提高注射压力，易造成分子高度定向，增加局部应力。点浇口常用于三板式双分型面注塑模和两板式热流道注塑模，但模具结构复杂，适于成型投影面积大或易变形的塑件。点浇口适于成型低黏度塑料及黏度对剪切速率敏感的塑料，如PE、PP、ABS等。

3) 潜伏式浇口

潜伏式浇口又叫隧道式浇口，由点浇口变化而来，其结构和尺寸如图6-22所示。

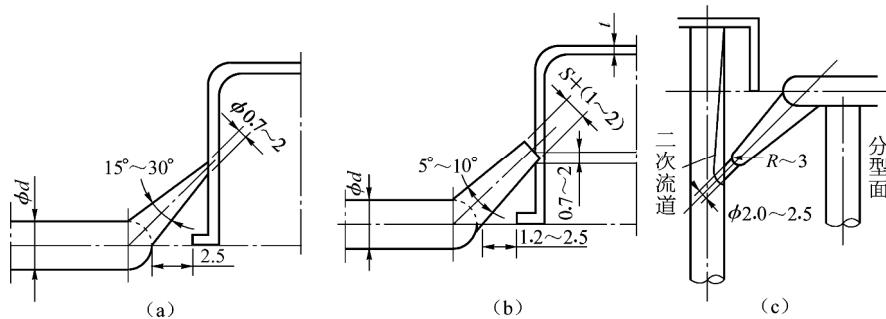


图 6-22 潜伏式浇口的结构和尺寸

潜伏式浇口的特点保持了点浇口的优点，克服了模具结构复杂的缺点。浇口位置一般选在塑件侧面较隐蔽处，分流道设置在分型面上，而浇口像隧道一样潜入到分型面下面的定模板上或动模板上，使熔体沿斜向注入型腔。浇口在模具开模时自动切断，不需进行浇口处理，但在塑件侧面留有浇口痕迹。潜伏式浇口常用于多型腔两板式注塑模，适用于一侧进料的塑件或外观质量要求较高的塑件。

4) 侧浇口

侧浇口又叫边缘浇口、矩形浇口，从塑件侧边缘进料，是应用最广泛的一种浇口，其截面形状一般加工成矩形，如图6-23所示。

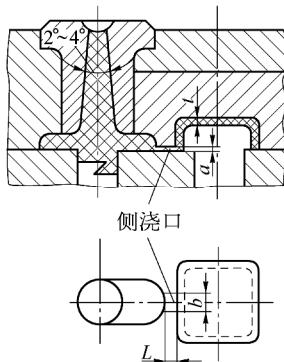


图 6-23 侧浇口

侧浇口的特点是截面形状简单，加工方便，去浇口容易，易于调整浇口尺寸，控制剪切速率和浇口封闭时间。但压力损失较大，保压补缩比直接浇口小。侧浇口特别适用于多型腔两板式注塑模，适于断面尺寸较小的塑件。

5) 扇形浇口

扇形浇口是由侧浇口变化而来，其浇口沿进料方向逐渐变宽，厚度逐渐变薄，其结构如图6-24所示。

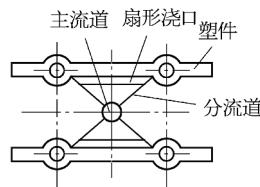


图 6-24 扇形浇口

扇形浇口的特点是熔体沿横向分散进入型腔，可得到更加均匀的分配，降低了塑件的内应力，减少了高分子的定向效应，从而避免了塑件变形。但由于浇口很宽，去浇口的工作量较大，沿塑件侧面有较长的剪切痕迹。扇形浇口广泛用于多型腔注塑模，适于成型长条、薄片状塑件。

6) 平缝式浇口

平缝式浇口又叫薄片式浇口，由侧浇口变化而来，通常，浇口的长度与塑件的宽度相等，其结构如图6-25所示。

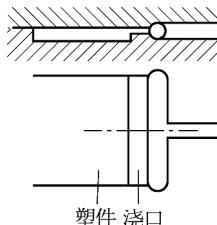


图 6-25 平缝式浇口

平缝式浇口的特点是熔体进料均匀，减少了高分子定向，避免了塑件变形，但去浇口困难。平缝式浇口特别适于成型面积较大的扁平塑件。

7) 盘形浇口

盘形浇口是直接浇口的变异形式，熔体从中心以环形方式均匀进料，如图6-26所示。

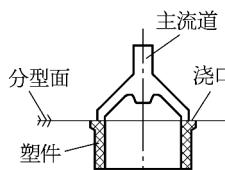


图 6-26 盘形浇口

盘形浇口的特点是熔料进入型腔的速度基本相同，均匀、平稳地充填型腔，避免了塑件产生熔接痕，且浇口处于塑件内表面，不影响塑件外观。但成型后去除浇口较困难，常用冲切法切除，去浇口痕迹明显。盘形浇口常用于内孔较大的圆筒形塑件，有较大正方形内孔的塑件或扁平的环形塑件。

8) 环形浇口

环形浇口与盘形浇口相似，只是浇口设置在型腔的外侧，如图6-27所示。

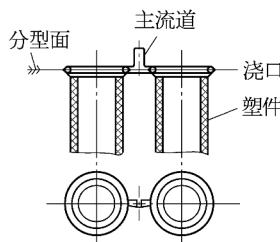


图 6-27 环形浇口

环形浇口的特点是熔料在整个圆周上可取得大致相同的流速，均匀、平稳地充填型腔，塑件的内应力较小，变形小。但由于浇口在塑件外表面，去浇口较困难，常用车削和冲切法去除浇口。环形浇口常用于成型薄壁的圆筒形塑件。

9) 轮辐式浇口

轮辐式浇口是由盘式浇口变化而来，它将盘式浇口的整个圆周进料改为几小段圆弧进料，如图6-28所示。

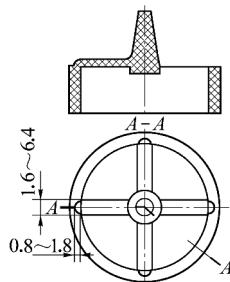


图 6-28 轮辐式浇口

轮辐式浇口的特点是浇口料较少，去除浇口方便，但增加了熔接痕的数量，对塑件强度有一定影响。轮辐式浇口常用于成型圆筒形塑件。

10) 爪形浇口

爪形浇口是由轮辐式浇口变化而来，它将轮辐式浇口几小段圆弧进料改为几个点进料，如图6-29所示。

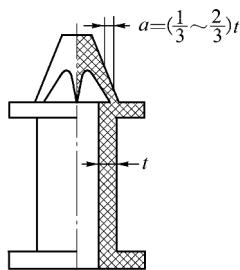


图 6-29 爪形浇口

爪形浇口的特点是在型芯头部开设流道，分流道与浇口不在同一平面内，型芯顶端伸入定模内起定位作用，保证了同轴度。浇口料较少，去除浇口方便，但增加了熔接痕，对塑件强度有一定影响。爪形浇口常用于成型内腔较小的长管形塑件和同轴度要求较高的塑件。

11) 护耳式浇口

护耳式浇口又叫分接式浇口、调整式浇口，它在型腔侧面开设耳槽，熔体通过浇口冲击耳

槽，而后进入型腔，可防止产生喷射，是典型的冲击性浇口，其结构如图6-30所示。

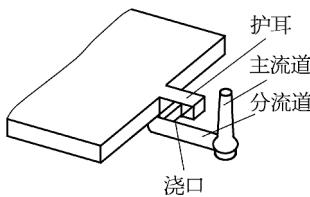


图 6-30 护耳式浇口

护耳式浇口的特点是熔体流动平稳，流动性能好，塑件的内应力小，但成型后增加了去除耳槽余料的工序。护耳式浇口适于成型热稳定性差、黏度高的塑料。

6.2.5 冷料穴的设计

冷料穴除了有储存注射间隙产生的前锋冷料外，还兼有开模时将主流道凝料从浇口套中拉出来并滞留在动模的一侧的作用，故其底部常设计成曲折的钩形或凹槽，冷料穴常见结构有以下两种。

1. 底部无拉料杆的冷料穴

底部无拉料杆的冷料穴如图6-31所示，在主流道末端开设锥形凹坑，在凹坑锥壁上垂直钻一深度不大的小盲孔，开模时，靠小盲孔内塑料的黏附作用将主流道凝料从定模中拉出，脱模时，推杆顶在塑件或分流道上，穴内冷料先沿小盲孔轴线移动，然后全部脱出。为使冷料能沿斜向移动，分流道必须设计成S形或类似带有挠性的形状。

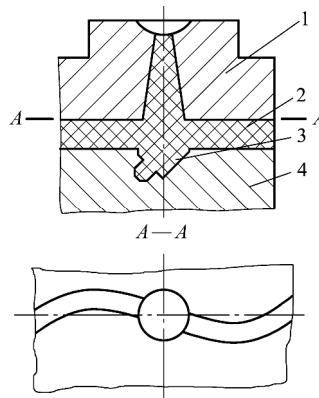


图 6-31 无拉料杆的冷料穴

1-定模板 2-分流道 3-冷料穴 4-动模板

2. 底部带拉料杆的冷料穴

冷料穴的底部有一根拉料杆，根据推出机构的不同，拉料杆又可分为推杆推出机构用拉料

杆和推件板推出机构用拉料杆。

图6-32是推杆推出机构采用的拉料杆，和推杆一起固定在推杆固定板上。图(a)是Z型拉料杆。图(b)是倒锥形冷料穴，平头拉料杆，拉料杆的作用类似于推杆。图(c)是菌形的冷料穴，平头拉料杆的作用也是强制将冷料穴里的凝料推出。

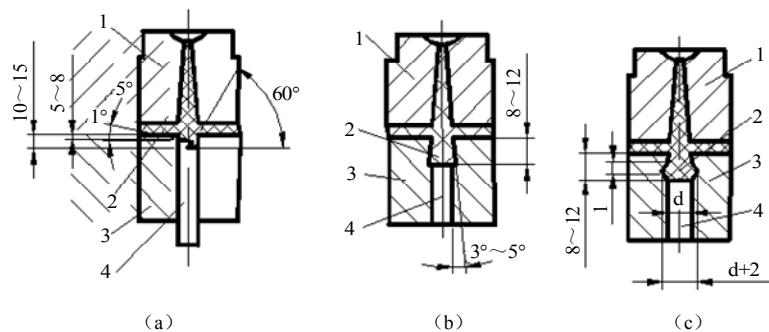


图 6-32 推杆用拉料杆

图6-33是推件板推出机构采用的拉料杆，拉料杆固定在型芯固定板上。塑料进入冷料穴后包紧在拉料杆的球形头或菌形头上，开模时，将主流道凝料拉出定模，然后靠推件板推出塑件，强行将其从拉料杆上刮下。这两种拉料杆主要用于弹性较好的塑料。

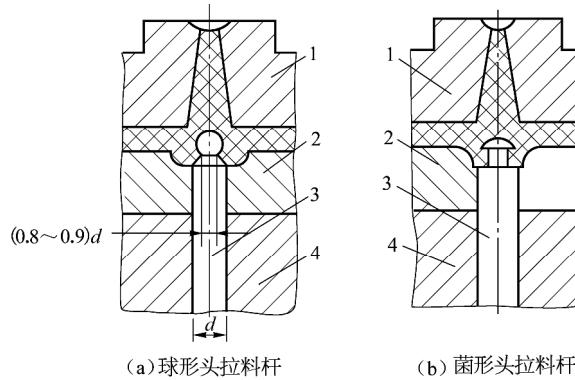


图 6-33 推件板用拉料杆

1-定模 2-推件板 3-拉料杆 4-型芯固定板

6.3 排气系统

注塑模的排气是模具设计中不可忽视的一个问题，特别是快速注塑成型工艺的发展，对注塑模排气的要求更加严格。

6.3.1 排气系统的作用

注塑模内的气体有以下几个来源。

- (1) 进料系统和型腔中存有的空气。
- (2) 塑料含有的水分在注射温度下蒸发而产生的水蒸气。
- (3) 由于注射温度过高，塑料分解所产生的气体。
- (4) 塑料中某些配合剂挥发或化学反应所生成的气体，如热固性塑料成型时，常常由于化学反应生成气体。

在排气不良的模具中，气体经受很大的压缩作用而产生反压力，这种反压力阻止熔融塑料的正常快速充模，而且气体压缩所产生的热也能使塑料烧焦。在充模速度大、温度高、物料黏度低、注射压力大和塑件过厚的情况下，气体在一定的压缩程度下能渗入塑料内部，造成气孔、组织疏松、空洞等缺陷。设计排气系统的目的是为了及时将气体排出模外，避免因气体产生各种质量缺陷。

6.3.2 排气形式

1. 利用分型面排气

对于小型模具，可利用分型面排气，如图6-34所示，分型面应位于塑料熔体流动的末端。

2. 利用间隙排气

利用推杆或型芯和模板的配合间隙排气，如图6-35所示。在不发生溢料的前提下，可有意增加推杆或型芯与模板的间隙。对于组合式的型腔或型芯，也可利用其拼合的缝隙排气。

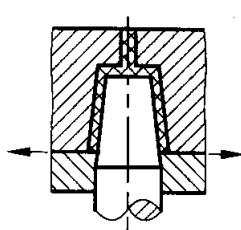


图 6-34 分型面排气

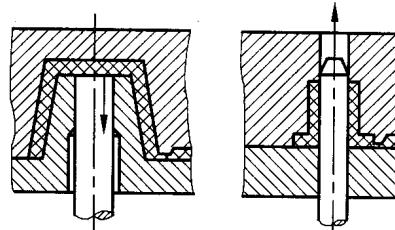


图 6-35 利用间隙排气

3. 利用专门的排气装置排气

1) 粉末烧结合金块

粉末烧结合金块是用小颗粒合金烧结而成的材料，质地疏松，有透气性，允许气体通过。在需排气部位放置一块这样的合金就能达到排气效果，如图6-36 所示。但其底部通气孔直径D不宜太大，以保证底部支撑有足够的面积。

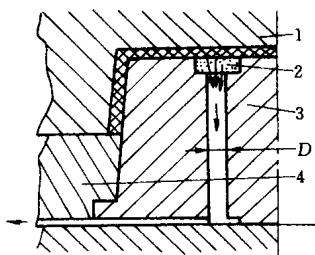


图 6-36 粉末烧结合金块排气

1-型腔板 2-合金块 3-型芯 4-型芯固定板

2) 排气杆

在模具封闭气体的部位，可设置排气杆，如图6-37所示。这种方法排气效果好，但会在塑件上留下杆的痕迹。沿排气杆周边设 $2\sim 4$ 个沟槽， $b=3\sim 5\text{mm}$ ， $a=0.2\text{mm}$ 。再开设若干个沟槽接至外壁， $h=0.5\text{mm}$ 。

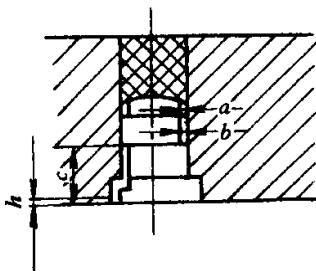


图 6-37 排气杆

3) 排气槽

对于成型时容易产生气体的塑料熔体，或采用快速注塑成型工艺时，常要在分型面上开设排气槽排气，其形式和尺寸如图6-38所示，图(a)是在离型腔约 $5\sim 8\text{mm}$ 处做成燕尾式排气槽，图(b)是为了防止排气槽正对操作人员发生事故所采用的改进形式。

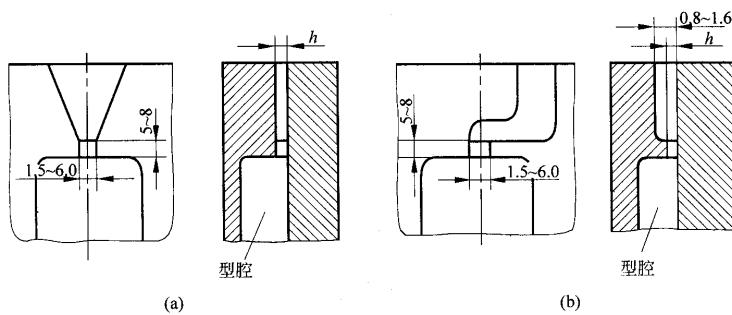


图 6-38 排气槽

排气槽位置和大小的选定，主要依靠经验。通常将排气槽开在分型面上，经过试模后再修改或增加，保证排气的迅速、完全，并且排气速度要与充模速度相适应。根据经验，常用塑料的排气槽深度的取值可参考表6-2。

表 6-2 常用塑料排气槽深度

单位：mm

模塑材料	排气槽深度
尼龙类	≤ 0.015
聚烯烃塑料	≤ 0.02
聚苯乙烯、聚甲醛、增强尼龙、ABS、AS、SAN、PBT、PET	≤ 0.03
聚碳酸酯、聚氯乙烯、聚苯醚、聚砜、丙烯酸塑料、其他增强塑料	≤ 0.04

复习思考题

1. 分型面有哪些基本形式？
2. 如何表达分型面？
3. 如何选择分型面？
4. 普通浇注系统由哪几部分组成？各部分的作用是什么？
5. 如何设计主流道？
6. 如何设计浇口套？
7. 如何设计分流道？
8. 如何选择浇口的位置和浇口的形式？
9. 如何设计冷料穴？
10. 排气系统有什么作用？
11. 如何设计排气形式？
12. 如何设计排气杆或排气槽？
13. 对比图6-39所示塑件的两种分型面设计方案，从确保塑件孔中心距、外形尺寸精度等方面分析其结构的合理性。

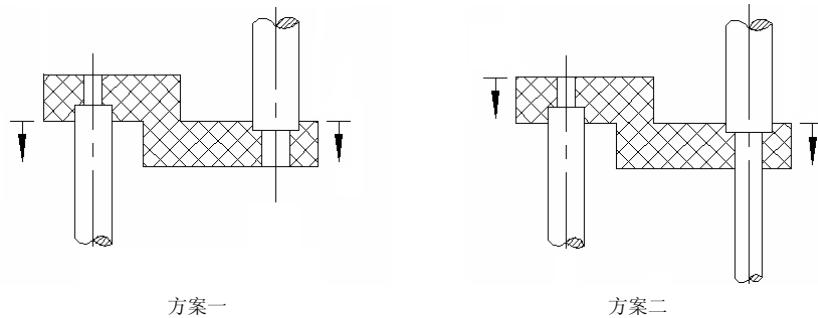


图 6-39 塑件

第7章

成型零部件

本章重点

- 讲解塑料模成型零件的典型结构
- 讲解塑料模成型零件工作尺寸的计算
- 讲解成型零件强度、刚度的概念和校核方法

学习目的

通过本章的学习,掌握塑料模成型零件的典型结构和工作尺寸的计算,了解成型零件强度、刚度的概念,并能进行模具零件强度、刚度的校核。

成型零件是直接与塑料接触并决定塑件形状、尺寸和表面质量的零件，是注塑模的核心零件，通常包括型腔、型芯、镶块、各种成型杆和成型环。由于成型零件直接与高温、高压的塑料接触，受高速料流的冲刷，并在脱模时与塑件发生摩擦，因此要求它有足够的强度、刚度和耐磨性，并有足够的精度和表面粗糙度。本章介绍成型零件结构、工作尺寸和强度刚度的计算。

7.1 成型零件结构

成型零部件结构设计应在保证塑件质量要求的前提下，综合考虑加工、装配、使用、维修等。

7.1.1 型腔

型腔是成型塑件外表面的工作零件，按其结构可分为整体式和组合式两类。

1. 整体式

这类型腔由一整块金属材料加工而成，如图7-1 (a) 所示。特点是结构简单，强度、刚度好，不易变形，塑件无拼缝痕迹，适用于形状简单的中、小型塑件。

2. 组合式

当塑件外形较复杂时，常采用组合式型腔以改善加工工艺性，减少热处理变形，节省优质钢材。但组合式型腔易在塑件上留下拼接缝痕迹，因此，设计时应尽量减少拼块数量，合理选择拼接缝的部位，使拼接紧密。此外，还应尽可能使拼接缝的方向与塑件脱模方向一致，以免影响塑件脱模。组合式型腔的结构形式较多，如图7-1 (b) 、 (c) 为底部与侧壁分别加工后用螺钉连接或镶嵌。图c拼缝与塑件脱模方向一致，有利于脱模。图 (d) 为局部镶嵌，除便于加工外，还方便磨损后更换。对于大型复杂模具，可采用图 (e) 所示的侧壁镶嵌拼嵌入式结构，将四侧壁与底部分别加工、热处理、研磨、抛光后压入模套，四壁以锁扣形式连接，为使内侧接缝紧密，其连接处外侧应留 $0.3 \sim 0.4\text{mm}$ 间隙，在四角嵌入件的圆角半径 R 应大于模套圆角半径。图 (f) 、 (g) 为整体嵌入式，常用于多腔模或外形较复杂的塑件。整体镶块常用冷挤、电铸或机械加工等方法加工，然后嵌入，它不仅便于加工，且可节省优质钢材。

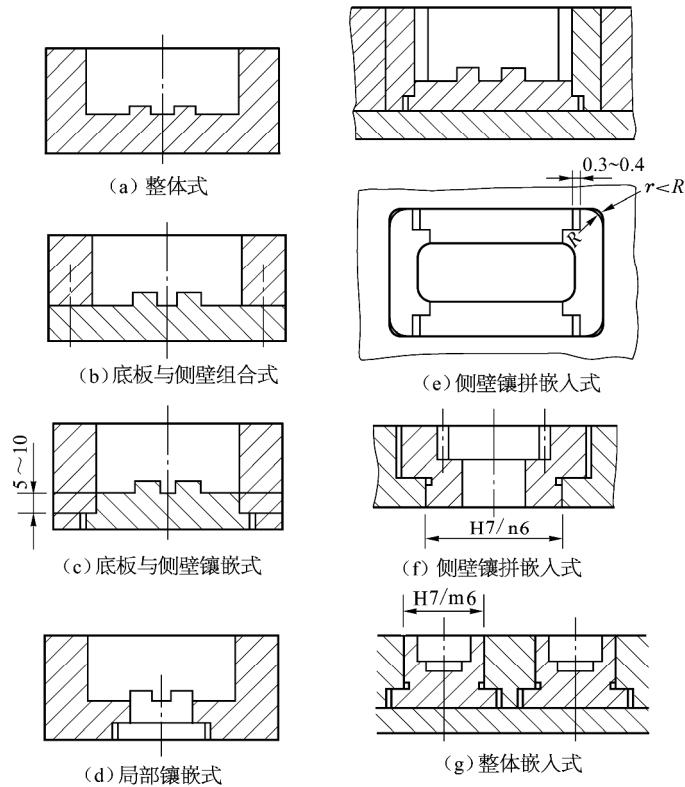


图 7-1 型腔结构

7.1.2 型芯

型芯是成型塑件内表面的工作零件。与型腔相似，型芯也可分为整体式和组合式两类。

1. 整体式

整体式型芯如图7-2 (a) 所示，型芯与模板做成整体，结构牢固，成型质量好，但钢材消耗量大，适用于内表面形状简单的中、小型芯。

2. 组合式

当塑件内表面形状复杂而不便于机械加工时，或形状虽不复杂，但为节省优质钢材，可采用组合式型芯，将型芯及固定板分别采用不同材料制造和热处理，然后连接在一起，图7-2(b)、(c)、(d) 为常用连接方式。图(b)用螺钉连接，销钉定位。图(c)用螺钉连接，止口定位。图(d)采用轴肩和底板连接。

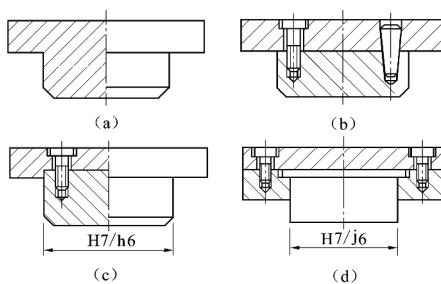


图 7-2 型芯结构

3. 型芯的固定

1) 小型芯的固定

小型芯往往单独制造，再镶嵌入固定板中，如图7-3所示。图(a)采用过盈配合，从模板上压入。图(b)采用间隙配合，再从型芯尾部铆接。图(c)是对细长的型芯的下部加粗，由底部嵌入，然后用垫板固定。图(d)和图(e)是用垫块或螺钉压紧，这样不仅增加了型芯的刚性，也便于更换，且可调整型芯高度。

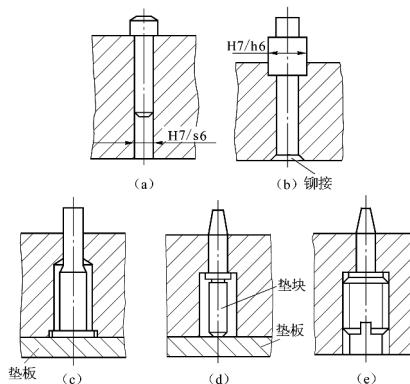


图 7-3 小型芯的固定

2) 异形型芯的固定

异形型芯为便于加工和固定，可做成如图7-4所示的结构，图(a)将下面部分做成圆柱形，便于安装固定。图(b)只将成型部分做成异形，下面固定与配合部分均做成圆形。

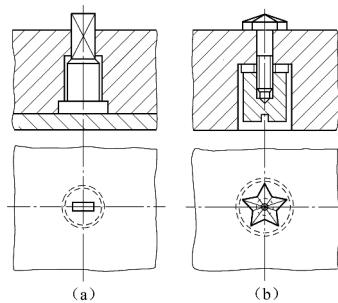


图 7-4 异形型芯的固定

3) 复杂镶拼型芯的固定

为便于机械加工和热处理, 可将形状复杂的型芯做成镶拼组合式, 如图7-5所示。图(a)采用台阶固定, 销钉定位。图(b)采用台阶固定。

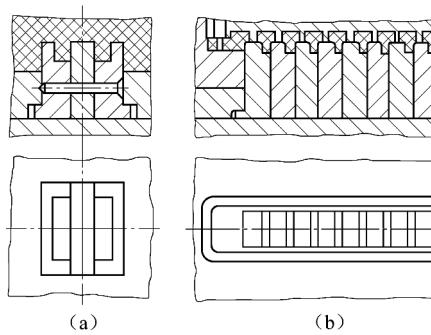


图 7-5 镶拼型芯的固定

7.1.3 螺纹型环

螺纹型环用于成型塑件外螺纹或固定带有外螺纹的金属嵌件。它实际上是一个活动的螺母镶件, 在模具闭合前装入型腔内, 成型后随塑件一起脱模, 在模外卸下。因此, 与普通型腔一样, 其结构也有整体式和组合式两类。

整体式螺纹型环如图7-6(a)所示, 它与模孔呈间隙配合H8/f8, 配合段不宜过长, 常为3~5mm, 其余加工成锥形, 尾部加工成平面, 便于模外利用扳手从塑件上取下。图(b)为组合模式螺纹型环, 采用两瓣拼合, 用销钉定位。在两瓣结合面的外侧开有楔形槽, 便于脱模后用尖劈状卸模工具取出塑件。由于组合式型环将螺纹分为两半, 会在塑件表面留下拼合痕迹, 故这种结构仅适合成型尺寸精度要求不高的螺纹。

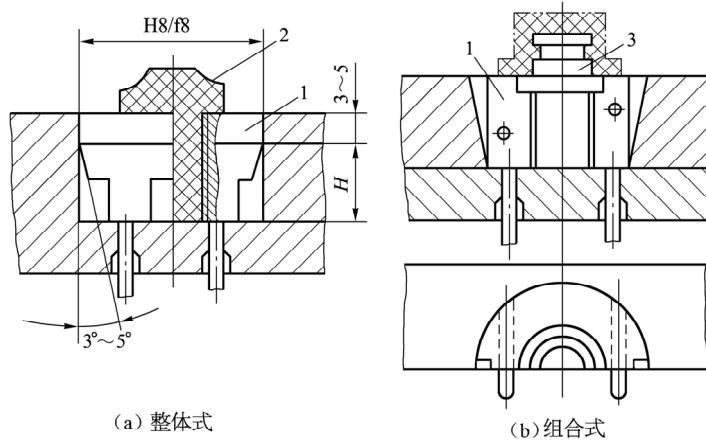


图 7-6 螺纹型环

1-螺纹型环 2-带外螺纹塑件 3-螺纹嵌件

7.1.4 螺纹型芯

螺纹型芯用于成型塑件上的螺纹孔或固定金属螺母嵌件。螺纹型芯在模内的安装方式如图7-7所示，均采用间隙配合，仅在定位支承方式上有所区别。图(a)、(b)、(c)用于成型塑件上的螺纹孔，分别采用锥面、圆柱台阶面和垫板定位支承。图(d)、(e)、(f)、(g)用于固定金属螺纹嵌件。图(d)结构难于控制嵌件旋入型芯的位置，且在成型压力作用下，塑料熔体易挤入嵌件与模具之间及固定孔内，影响嵌件轴向位置和塑件的脱模。图(e)将型芯做成阶梯状，嵌件拧至台阶为止，有助于改善上述问题。图(f)适于细小的小于M3的螺纹型芯，将嵌件下部嵌入模板止口，可增加小型芯刚性，且阻止料流挤入嵌件螺纹孔。图(g)用普通光杆型芯代替螺纹型芯固定螺纹嵌件，省去了模外卸螺纹的操作，适于嵌件上螺纹孔为盲孔，且受料流冲击不大的情况，或虽为螺纹通孔，但其孔径小于3 mm的情况。上述安装方式主要用于立式注塑机的下模或卧式注塑机的定模。

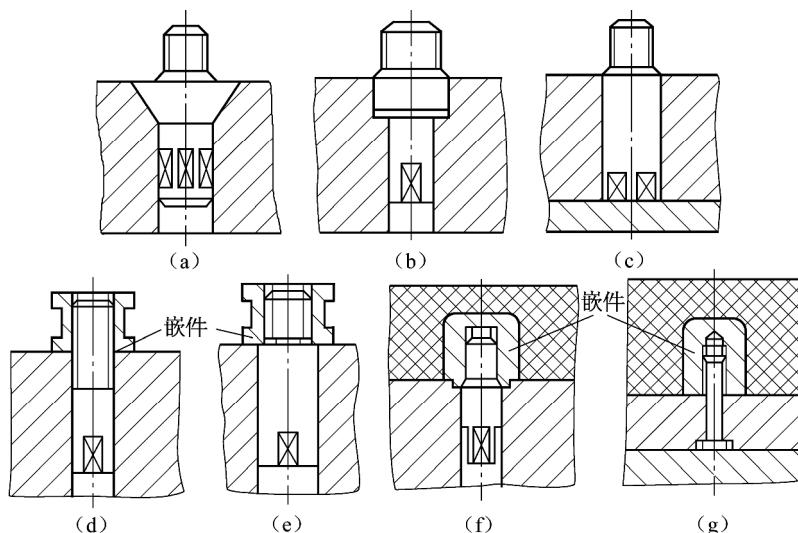


图 7-7 螺纹型芯的安装方式

对于上模或冲击振动较大的卧式注塑机的动模，螺纹型芯应采用防止自动脱落的连接形式，如图7-8所示。图(a)~(g)为弹性连接形式。图(a)、(b)为在型芯柄部开豁口槽，借助豁口槽弹力将型芯固定，它适用于直径小于8mm的螺纹型芯。图(c)、(d)采用弹簧钢丝卡入型芯柄部的槽内张紧型芯，适用于直径8~16mm的螺纹型芯。图(e)采用弹簧钢球，适用于直径大于16mm的螺纹型芯。图(f)采用弹簧卡圈固定。图(g)采用弹簧夹头夹紧。图(h)则为刚性连接的螺纹型芯，使用更换不方便。

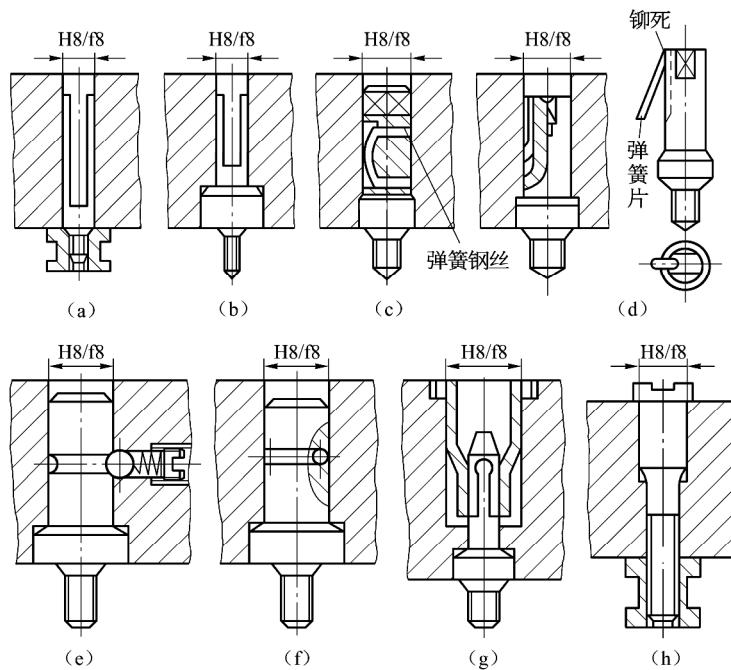


图 7-8 防止螺纹型芯脱落的安装方式

7.2 成型零件工作尺寸计算

成型零件的工作尺寸是指型腔和型芯直接构成塑件的尺寸。成型零件的工作尺寸是根据塑件在成型收缩率、塑件的尺寸公差和模具成型零件磨损量等来确定。

7.2.1 影响成型零件工作尺寸的因素

影响塑件尺寸精度的因素很多，概括地说，有塑料原材料、塑件结构、成型工艺、模具结构、模具制造和装配、模具使用中的磨损等因素。

1. 模具成型零件的制造精度

模具成型零件的制造精度是影响塑件尺寸精度的重要因素之一，模具成型零件的制造精度越低，塑件尺寸精度也愈低。一般成型零件工作尺寸制造公差值取塑件公差值的 $1/3 \sim 1/4$ ，或取IT7~IT9级经济加工精度作为制造公差。组合式型腔或型芯的制造公差应根据尺寸链来确定。

2. 塑件收缩率波动

塑件成型后的收缩变化与塑料的品种、塑件的形状、成型工艺条件、模具的结构等因素有关。确定准确的收缩率是很困难的，由于工艺条件、塑料批号发生的变化会造成塑件收缩率的

波动，其塑料收缩率波动误差为

$$\delta_s = (S_{\max} - S_{\min}) L_s \quad (7-1)$$

式中： δ_s ——塑料收缩率波动误差；

S_{\max} ——塑件的最大收缩率；

S_{\min} ——塑件的最小收缩率；

L_s ——塑件的基本尺寸。

因而，实际收缩率与计算收缩率有差异。按照一般的要求，塑料收缩率波动所引起的误差应小于塑件公差的1/3。

3. 模具成型零件的磨损

模具成型零件的磨损是由于模具在使用过程中，塑料熔体流动的冲刷、成型过程中可能产生的腐蚀性气体的锈蚀、脱模时塑件与模具的摩擦，以及由于上述原因造成的成型零件表面粗糙度提高而重新打磨抛光等原因，均造成成型零件尺寸的变化，这种变化称为成型零件的磨损。其中脱模摩擦磨损是主要的因素。磨损的结果使型腔尺寸变大，型芯尺寸变小。磨损大小与塑料的品种和模具材料及热处理有关。为简化计算，凡与脱模方向垂直的表面因磨损小而不考虑，与脱模方向平行的表面应考虑磨损。

磨损量应根据塑件的产量、塑料的品种、模具的材料等到因素来确定。对于中小型塑件，最大磨损量可取塑件公差的1/6；对于大型塑件应取1/6以上。

4. 模具安装配合误差

模具成型零件装配误差以及在成型过程中成型零件配合间隙的变化，都会引起塑件尺寸的变化。如成型压力使模具分型面有胀开的趋势、动定模分型面间隙、分型面上的残渣或模板平面度，对塑件高度方向尺寸有影响；活动型芯与模板配合间隙过大，对孔的位置精度有影响。

综上所述，塑件在成型过程中产生的尺寸误差应该是上述各种误差的总和，即

$$\delta = \delta_z + \delta_s + \delta_c + \delta_j + \delta_a \quad (7-2)$$

式中： δ ——塑件的成型误差；

δ_z ——模具成型零件的制造误差；

δ_s ——塑料收缩率波动误差；

δ_c ——模具成型零件的磨损误差；

δ_j ——模具成型零件配合间隙误差；

δ_a ——模具安装误差。

由此可见，塑件尺寸误差为累积误差，由于影响因素多，因此塑件的尺寸精度往往较低。设计塑件时，其尺寸精度的选择不仅要考虑塑件的使用和装配要求，而且要考虑塑件在成型过程中可能产生的误差，使塑件规定的公差值 Δ 大于或等于以上各项因素引起的累积误差 δ ，即

$$\Delta \geq \delta \quad (7-3)$$

一般情况下，收缩率的波动、模具制造公差和成型零件的磨损是影响塑件尺寸精度的主要原因。而且并不是塑件的任何尺寸都与以上几个因素有关，例如，用整体式型腔成型塑件时，其径向尺寸（或长与宽）只受 δ_z 、 δ_s 、 δ_c 、 δ_j 的影响，而高度尺寸则受 δ_z 、 δ_s 和 δ_j 的影响。另外所有的误差同时偏向最大值或同时偏向最小值的可能性是非常小的。

从式(7-1)可以看出，因收缩率的波动引起的塑件尺寸误差随塑件尺寸的增大而增大。因此，生产大型塑件时，收缩率波动是影响塑件尺寸公差的主要因素，若单靠提高模具制造精度等级来提高塑件精度是不经济的，应稳定成型工艺条件和选择收缩率波动较小的塑料；生产小型塑件时，模具制造公差和成型零件的磨损是影响塑件尺寸精度的主要因素，因此，提高模具制造精度等级和减少磨损是提高小型塑件精度的有效措施。

7.2.2 型腔和型芯的径向尺寸

成型零件工作尺寸常用的方法是平均收缩法，图7-9是成型零件工作尺寸与塑件尺寸的关系图。

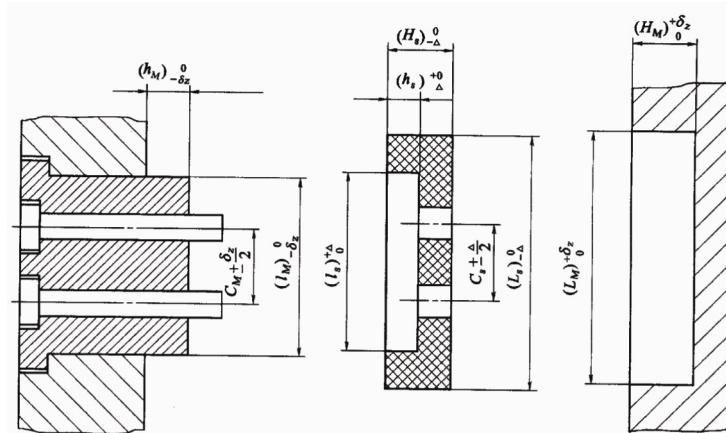


图 7-9 成型零件工作尺寸与塑件尺寸的关系图

$$\text{型腔} \quad (L_M)_0^{+\delta_z} = [(1+S)L_S - x\Delta]_0^{+\delta_z} \quad (7-4)$$

$$\text{型芯} \quad (l_M)_0^{-\delta_z} = [(1+S)l_S - x\Delta]_{-\delta_z}^0 \quad (7-5)$$

式中： L_M ——型腔的径向工作尺寸（mm）；

l_M ——型芯的径向工作尺寸（mm）；

S ——塑件的平均收缩率, $S = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} \times 100\%$, S_{\max} 为塑件的最大收缩率,

S_{\min} 为塑件的最小收缩率;

L_S 、 l_S ——塑件的径向尺寸 (mm);

Δ ——塑件的尺寸公差 (mm);

x ——修正系数。当塑件尺寸较大, 精度要求较低时, $x=0.5$; 当塑件尺寸较小, 精度要求较高时, $x=0.75$ 。

δ_Z ——模具制造公差 (mm)。

7.2.3 型腔深度和型芯高度尺寸

$$\text{型腔} \quad (H_M)_0^{+\delta_Z} = [(1+S)H_S - x\Delta]_0^{+\delta_Z} \quad (7-6)$$

$$\text{型芯} \quad (h_M)_{-\delta_Z}^0 = [(1+S)h_S - x\Delta]_{-\delta_Z}^0 \quad (7-7)$$

式中: H_M ——型腔的深度工作尺寸 (mm);

h_M ——型芯的高度工作尺寸 (mm);

x ——修正系数。当塑件尺寸较大, 精度要求较低时, $x=1/3$; 当塑件尺寸较小, 精度要求较高时, $x=1/2$ 。

7.2.4 中心距尺寸

塑件上凸台之间、凹槽之间或孔的中心等这一类尺寸称为中心距尺寸, 计算时不必考虑模具的磨损量。

$$(C_M) \pm \frac{1}{2}\delta_Z = [(1+S)C_S] \pm \frac{1}{2}\delta_Z \quad (7-8)$$

式中: C_M ——模具中心距尺寸 (mm);

C_S ——塑件中心距尺寸 (mm)。

7.2.5 工作尺寸校核

按平均收缩法计算模具成型零件工作尺寸有一定误差, 这是因为上述公式中的 δ_Z 和 x 取值主要凭经验确定。为保证塑件实际尺寸在规定的公差范围内, 特别是对尺寸较大且收缩率波动范围较大的塑件, 需对成型尺寸进行校核, 其校核条件是塑件成型尺寸公差应小于塑件尺寸公差。

$$\text{型腔的径向尺寸: } (S_{\max} - S_{\min})L_S + \delta_Z + \delta_C < \Delta \quad (\delta_C = \Delta/6) \quad (7-9)$$

$$\text{型芯的径向尺寸: } (S_{\max} - S_{\min})l_s + \delta_z + \delta_c < \Delta \quad (\delta_c = \Delta/6) \quad (7-10)$$

$$\text{型腔的深度尺寸: } (S_{\max} - S_{\min})H_s + \delta_z < \Delta \quad (7-11)$$

$$\text{型芯的高度尺寸: } (S_{\max} - S_{\min})h_s + \delta_z < \Delta \quad (7-12)$$

$$\text{中心距尺寸: } (S_{\max} - S_{\min})C_s < \Delta \quad (7-13)$$

7.3 成型零件强度刚度

在注塑成型过程中,型腔所受的力有塑料熔体的压力、合模时的压力、开模时的拉力等,其中最主要的是塑料熔体的压力。在塑料熔体的压力作用下,型腔将产生内应力及变形。如果型腔侧壁和底壁厚度不够,当型腔中产生的内应力超过型腔材料的许用应力时,型腔即发生强度破坏。与此同时,刚度不足则发生过大的弹性变形,从而产生溢料和影响塑件尺寸精度,也可能导致脱模困难等。可见,模具对强度和刚度都有要求,主要反映在对模具型腔侧壁和底部厚度尺寸的计算上和对型芯尺寸的计算上。对大尺寸型腔,刚度不足是主要问题,应按刚度条件计算。对小尺寸型腔,强度不足是主要问题,应按强度条件计算。

7.3.1 型腔的强度刚度

1. 圆形型腔

(1) 整体式圆形型腔

如图7-10所示为整体式圆形型腔尺寸示意图。

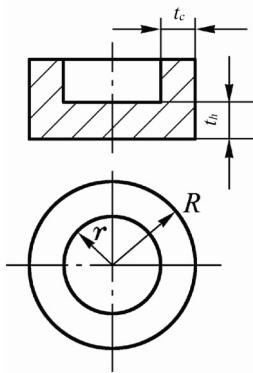


图 7-10 整体式圆形型腔尺寸示意图

① 侧壁厚度尺寸

按强度计算

$$t_c = r \left(\sqrt{\frac{\sigma_p}{\sigma_p - 2p_M}} - 1 \right) \quad (7-14)$$

式中: p_M ——模腔压力 (MPa) ;

σ_p ——材料许用压力 (MPa) 。

按刚度计算

$$t_c = r \left(\sqrt{\frac{\frac{E\delta_p}{rp_M} - (\mu - 1)}{\frac{E\delta_p}{rp_M} - (\mu + 1)}} - 1 \right) \quad (7-15)$$

式中: E ——材料的弹性模量 (MPa) ;

μ ——材料的泊松比。

② 底部厚度尺寸

按强度计算

$$t_h = \sqrt{\frac{3p_M r^2}{4\sigma_p}} \quad (7-16)$$

按刚度计算

$$t_h = \sqrt[3]{\frac{0.1758 p_M r^4}{E\delta_p}} \quad (7-17)$$

2) 组合式圆形型腔

如图7-11所示为组合式圆形型腔尺寸示意图。

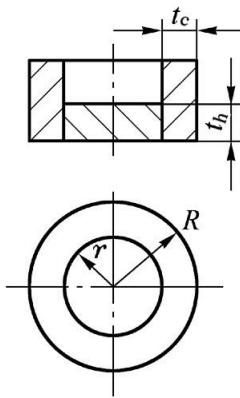


图 7-11 组合式圆形型腔尺寸示意图

① 侧壁厚度尺寸

按强度计算

$$t_c = r \left(\sqrt{\frac{\sigma_P}{\sigma_P - 2p_M}} - 1 \right) \quad (7-18)$$

按刚度计算

$$t_c = r \left(\sqrt{\frac{\frac{E\delta_P}{rp_M} - (\mu - 1)}{\frac{E\delta_P}{rp_M} - (\mu + 1)}} - 1 \right) \quad (7-19)$$

② 底部厚度尺寸

按强度计算

$$t_h = r \sqrt{\frac{1.22 p_M}{\sigma_P}} \quad (7-20)$$

按刚度计算

$$t_h = \sqrt[3]{\frac{0.74 p_M r^4}{E\delta_P}} \quad (7-21)$$

2. 矩形型腔

矩形型腔分为整体式和组合式两大类。

1) 整体式矩形型腔

如图7-12所示为整体式矩形型腔尺寸示意图。

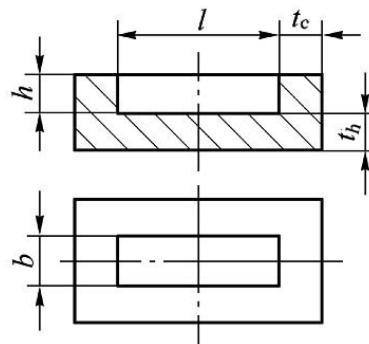


图 7-12 整体式矩形型腔尺寸示意图

① 侧壁厚度尺寸

按强度计算

$$t_c = h \sqrt{\frac{\alpha p_M}{\sigma_p}} \quad (7-22)$$

按刚度计算

$$t_c = \sqrt[3]{\frac{c p_M h^4}{E \delta_p}} \quad (7-23)$$

式中： α ——系数，见表7-1；

c ——系数，见表7-2。

表 7-1 系数 α

L/h	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0
α	0.02	0.081	0.173	0.321	0.727	1.226	2.105

表 7-2 系数 c

h/l	l/h	c	h/l	l/h	c
0.3	3.33	0.930	0.9	1.10	0.045
0.4	2.50	0.570	1.0	1.00	0.031
0.5	2.00	0.330	1.2	0.83	0.015
0.6	1.66	0.188	1.5	0.67	0.006
0.7	1.43	0.177	2.0	0.50	0.002
0.8	1.25	0.073			

② 底部厚度尺寸

按强度计算

$$t_h = b \sqrt{\frac{\alpha' p_M}{\sigma_p}} \quad (7-24)$$

按刚度计算

$$t_h = r \left(\sqrt[3]{\frac{c' p_M h^4}{E \delta_p}} \right) \quad (7-25)$$

式中 α' ——系数，见表7-3；

c' ——系数，见表7-4。

表 7-3 系数 α'

L/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	∞
α'	0.3078	0.3834	0.4356	0.4680	0.4872	0.4974	0.5000

表 7-4 系数 c'

l / b	c'	l / b	c'
1.0	0.0138	1.6	0.0251
1.1	0.0164	1.7	0.0260
1.2	0.0188	1.8	0.0267
1.3	0.0209	1.9	0.0272
1.4	0.0226	2.0	0.0277
1.5	0.0240		

2) 组合式矩形型腔

如图7-13所示为组合式矩形型腔尺寸示意图。

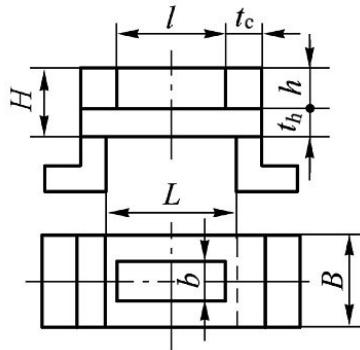


图 7-13 组合式矩形型腔尺寸示意图

① 侧壁厚度尺寸

按强度计算

$$t_c = l \sqrt{\frac{p_M h}{2H\sigma_P}} \quad (7-26)$$

按刚度计算

$$t_c = \sqrt[3]{\frac{p_M h l^4}{32 E H \delta_P}} \quad (7-27)$$

② 底部厚度尺寸

按强度计算

$$t_h = l \sqrt{\frac{3 p_M b}{4 B \sigma_P}} \quad (7-28)$$

按刚度计算

$$t_h = \sqrt[3]{\frac{5p_M bl^4}{32EB\delta_p}} \quad (7-29)$$

7.3.2 型芯的强度刚度

型芯按其受力形式可分为悬臂式型芯和悬臂式加简支型芯。

1. 悬臂式型芯半径尺寸

如图7-14所示为悬臂式型芯半径尺寸示意图。

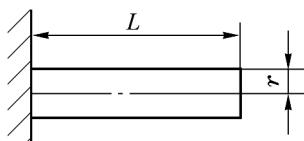


图 7-14 悬臂式型芯半径尺寸示意图

按强度计算

$$t_c = 2l \sqrt{\frac{p_M}{\pi \sigma_p}} \quad (7-30)$$

按刚度计算

$$t_c = \sqrt[3]{\frac{p_M L^4}{\pi E \delta_p}} \quad (7-31)$$

2. 悬臂式加简支型芯半径尺寸

如图7-15所示为悬臂式型芯半径尺寸示意图。

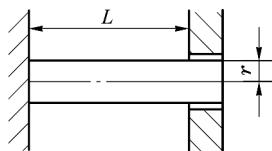


图 7-15 悬臂式加简支型芯半径尺寸示意图

按强度计算

$$t_h = L \sqrt{\frac{p_M}{\pi \sigma_p}} \quad (7-32)$$

按刚度计算

$$t_h = \sqrt[3]{\frac{0.0432 p_M L^4}{\pi E \delta_p}} \quad (7-33)$$

复习思考题

1. 型腔的典型结构有哪些?
2. 型芯的典型结构有哪些?
3. 如何固定小型芯、异形型芯和镶拼型芯?
4. 螺纹型环的典型结构有哪些?
5. 如何固定螺纹型芯?
6. 影响成型零件工作尺寸的因素有哪些?
7. 如何计算型腔和型芯的径向尺寸?
8. 如何计算型腔深度和型芯高度尺寸?
9. 如何计算凸台间、凹槽间或孔的中心距尺寸?
10. 如何校核成型零件的工作尺寸?
11. 成型零件的强度和刚度有什么要求?
12. 如何计算型腔和型芯的强度和刚度?

第8章

结构零部件

本章重点

- 讲解注塑模结构零部件的组成和各零件的作用
- 讲解国标塑料注塑模标准模架的组成、分类和标记
- 讲解国标塑料注塑模标准模架的选择原则

学习目的

通过本章的学习,掌握注塑模结构零部件的组成和各零件的作用,了解国标注塑模标准模架的分类和标记方法,并能合理地选用注塑模标准模架。

注塑模由成型零件和结构零件组成。本章主要介绍模具中较为独立的结构零件及标准模架。合模机构、推出机构等零部件在后续相关章节介绍。

8.1 结构零件

注塑模主要结构如图8-1所示，可分为动、定模座板、固定板和支承板、支承件及限位钉、水嘴、吊环螺钉等零件。

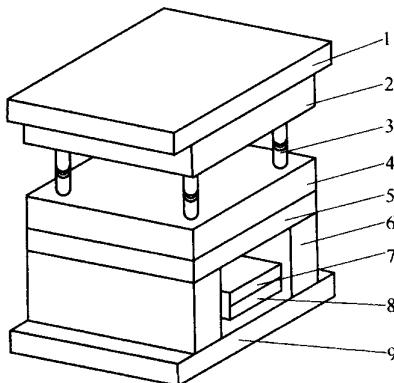


图 8-1 注塑模结构图

1-定模座板 2-定模板 3-导柱及导套 4-动模板 5-支承板
6-垫块 7-推杆固定板 8-推板 9-动模座板

8.1.1 动、定模座板

与注塑机的动、定模固定模板相连接的模具底板称为动、定模座板。设计或选用标准动、定模座板时，要保证它们的轮廓形状和尺寸与注塑机上的固定模、移动板相匹配，另外，在动、定模座板上开设的安装结构，如螺栓孔、压板台阶等，也必须与注塑机固定模、移动板上安装螺孔的大小和位置相适应。

动、定模座板在注塑成型过程中起着传递锁模力并承受成型压力的作用，为保证动、定模座板具有足够的刚度和强度，动、定模座板应具有一定的厚度，一般对于小型模具，其厚度最好不小于15mm，而一些大型模具的动、定模座板的厚度可达75 mm以上。动、定模座板的材料多用碳素结构钢或合金结构钢，经调质达230~270 HBS。对于生产批量小或锁模力和成型压力不大的注塑模，其动、定模座板有时也可采用铸铁材料。

8.1.2 固定板和支承板

固定板主要指动模板和定模板，在模具中起安装和固定成型零件、合模导向机构以及推出

机构等零部件的作用。为了保证被固定零件的稳定性，固定板应具有一定的厚度和足够的刚度和强度，一般采用碳素结构钢制成，当对工作条件要求较严格或对模具寿命要求较高时，可选用合金结构钢等材料。

支承板是垫在固定板下面的平板，它的作用是防止固定板固定的零部件脱出固定板，并承受固定部件传递的压力，因此它要具有较高的平行度、刚度和强度。一般用45钢制成，经热处理可调质至230~270HBS，或50、40Cr、40MnB、40MnVB、45Mn2等调质至230~270HBS，或结构钢Q235~Q275。在固定方式不同或只需固定板的情况下，支承板可省去。

支承板与固定板之间通常采用螺栓连接，当两者需要定位时，可采用销钉定位。

8.1.3 支承件

1. 垫块

垫块的主要作用是在动模支承板与动模座板之间形成推出机构所需的动作空间。此外，也起到调节模具总厚度，以适应注塑机模具安装厚度要求的作用。常见的垫块结构形式如图8-2所示。图(a)为平行垫块，使用较普遍，适用于大中型模具。图(b)为角架式垫块，又称为模脚，省去了动模座板，常用于中小型模具。垫块一般用中碳钢制造，也可以用Q235钢制造，或用HT200、球墨铸铁等。垫块的高度应符合注塑机的安装要求和模具的结构要求。

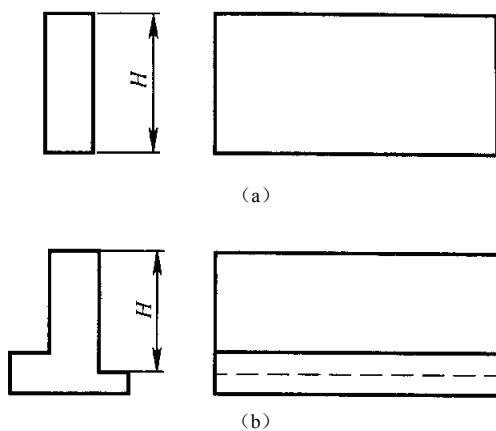


图 8-2 垫块的形式

2. 支承柱

支承柱主要用于大型模具或垫块间跨距较大的情况，以保证动模支承板的刚度和强度。若以增加动模板的厚度来增强支承板的刚度和强度，既浪费材料，增强效果又不明显。支承柱的安装形式如图8-3所示。支承柱的数量通常为2、4、6、8，分布应尽量均匀，并根据动模支承板的受力情况及可用空间而定。

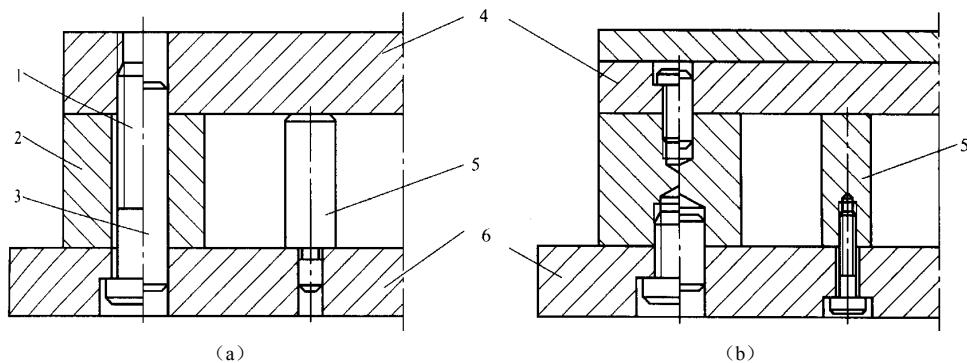


图 8-3 支承柱的安装形式

1-螺栓 2-垫块 3-销 4-支承板 5-支承柱 6-动模座板

8.1.4 其他结构零件

1. 限位钉

限位钉起限制推出机构位置的作用，限位钉可使推板与动模座板之间形成空隙，防止两板间落入杂物而影响推出机构回位。

2. 吊环螺钉

安装吊环螺钉的目的是为了便于模具的搬运，凡重量大于20kg的模具均应开设吊环的安装孔，吊环所吊位置应在模具的重心附近。对于大型模具的某些模板，只要重量超过20kg，也应考虑开设吊环螺钉的安装孔，以便于模具装配时的搬运和安装。

3. 水嘴

水嘴是将外界冷却水源与模具的冷却水道进行接通的零件。

8.2 标准模架

标准模架由结构、形式和尺寸都标准化、系列化并具有一定互换性的零件成套组合而成的模架，是注塑模的骨架和基体，通过它将模具的各个部分有机地联成一个整体。

8.2.1 标准模架的组成

标准模架一般由定模座板、定模板、动模板、支承板、垫块、动模座板、推杆固定板、推板、导柱、导套及复位杆等组成，其外形如图8-4所示。另外，还有特殊结构的模架，如点浇口模架、带推件板推出的模架等。模架中其他部分可根据需要进行补充，如精定位装置、支承柱等。



图 8-4 标准模架外形图

8.2.2 GB/T 12555—2006《塑料注塑模模架》

GB/T 12555—2006《塑料注塑模模架》规定了塑料注塑模模架的组合形式、尺寸与标记。塑料注塑模模架以其在模具中的应用方式，分为直浇口与点浇口两种形式，其组成零件的名称分别如图8-5和图8-6所示。

塑料注塑模模架按结构特征分为36种主要结构，其中直浇口模架为12种，点浇口模架为16种，简化点浇口模架为8种。

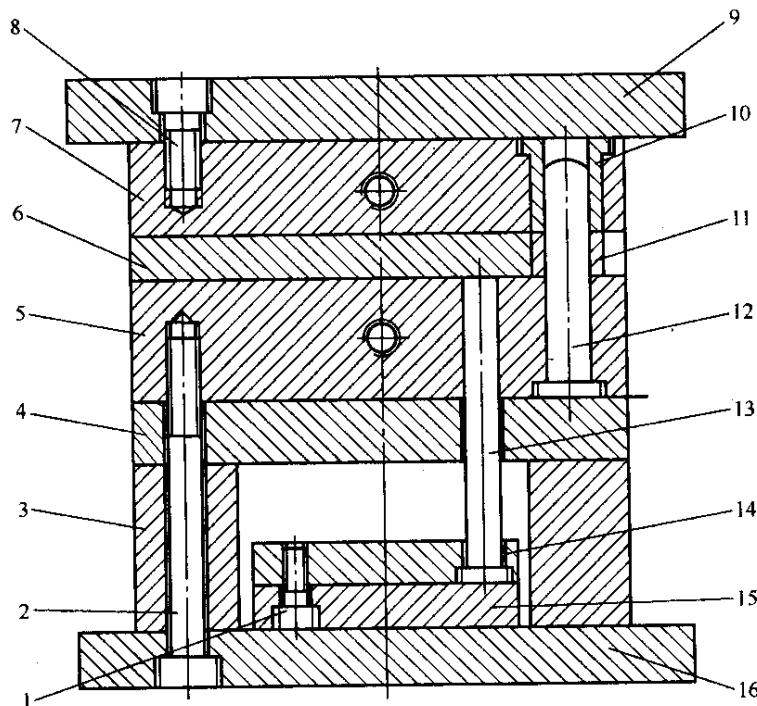


图 8-5 直浇口模架组成零件

1-内六角螺钉 2-内六角螺钉 3-垫块 4-支承板 5-动模板 6-推件板 7-定模板 8-内六角螺钉
9-定模座板 10-带头导套 11-直导套 12-带头导柱 13-复位杆 14-推杆固定板 15-推板 16-动模座板

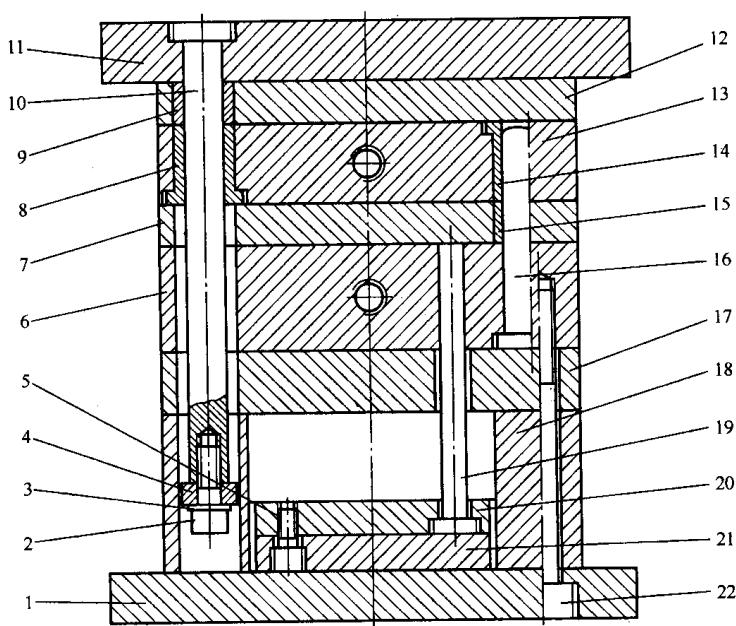


图 8-6 点浇口模架组成零件

1-动模座板 2-内六角螺钉 3-弹簧垫圈 4-挡环 5-内六角螺钉 6-动模板 7-推件板
8-带头导套 9-直导套 10-拉杆导柱 11-定模座板 12-推料板 13-定模板 14-带头导套
15-直导套 16-带头导柱 17-支承板 18-垫块 19-复位杆 20-推杆固定板 21-推板 22-内六角螺钉

1. 直浇口模架

直浇口模架为12种，其中直浇口基本型为4种，直身基本型为4种，直身无定模座板型为4种。

直浇口基本型分为A型、B型、C型和D型，其中，A型：定模二模板，动模二模板。B型：定模二模板，动模二模板，加装推件板。C型：定模二模板，动模一模板。D型：定模二模板，动模一模板，加装推件板。直身基本型分为ZA型、ZB型、ZC型、ZD型；直身无定模座板型分为ZAZ型、ZBZ型、ZCZ型和ZDZ型。

2. 点浇口模架

点浇口模架为16种，其中点浇口基本型为4种，直身点浇口基本型为4种，点浇口无推料板型为4种，直身点浇口无推料板型为4种。

点浇口基本型分为DA型、DB型、DC型和DD型，直身点浇口基本型分为ZDA型、ZDB型、ZDC型和ZDD型，点浇口无推料板型分为DAT型、DBT型、DCT型和DDT型，直身点浇口无推料板型分为ZDAT型、ZDBT型、ZDCT型和ZDDT型。

3. 简化点浇口模架

简化点浇口模架为8种，其中简化点浇口基本型为2种，直身简化点浇口型为2种，简化点

浇口无推料板型为2种，直身简化点浇口无推料板型为2种。

简化点浇口基本型分为JA型和JC型，直身简化点浇口型分为ZJA型和ZJC型，简化点浇口无推料板型分为JAT型和JCT型，直身简化点浇口无推料板型分为ZJAT型和ZJCT型。

8.2.3 模架的标记

按照GB/T 12555—2006《塑料注塑模模架》标准规定的模架应有下列标记：①模架；②基本型号；③系列代号；④定模板厚度A，以mm为单位；⑤动模板厚度B，以mm为单位；⑥垫块厚度C，以mm为单位；⑦拉杆导柱长度，以mm为单位；⑧标准代号，即GB/T 12555—2006。

示例1：模板宽200mm，长250mm，A=50mm，B=40mm，C=70mm的直浇口A型模架标记为：模架A 2025-50×40×70 GB/T 12555—2006。

示例2：模板宽300mm，长300mm，A=50mm，B=60mm，C=90mm，拉杆导柱长度200mm的点浇口B型模架标记为：模架DB 2030-50×60×90-200 GB/T 12555—2006。

8.2.4 标准模架选择原则

选择标准模架的关键是确定型腔模板的周界尺寸（长×宽）和厚度。要确定模板的周界尺寸，就要确定型腔到模板边缘之间的壁厚。在实际生产中，常采用查表或经验公式来确定模板的壁厚。模板厚度主要由型腔的深度来确定，并考虑到型腔底部的刚度和强度是否足够，如果型腔底部有支承板，型腔底部就不需太厚。另外，模板厚度确定还要考虑到整副模架的闭合高度、开模空间等与注塑机之间相适应。标准模架选择步骤如下。

- (1) 根据塑件成型所需的结构来确定模架的结构组合形式。
- (2) 通过查表或有关计算来确定型腔壁厚。
- (3) 计算型腔模板周界尺寸，根据计算出的数据向标准尺寸“靠拢”，一般向较大的修整。另外，在修整时，还需考虑到在壁厚位置上应有足够的位置安装其他零部件，若尺寸不够，需要增加壁厚尺寸。
- (4) 根据型腔深度确定模板厚度，并按照标准尺寸进行修整。
- (5) 根据确定下来的模板周界尺寸，并配合模板所需厚度查标准，选择标准模架。
- (6) 检验所选模架的合适性，校核模架与注塑机之间的关系，如闭合高度、开模空间等，若不合适，需重新选择。

复习思考题

1. 结构零件主要有哪些零件，各起什么作用？
2. 标准模架由哪些零件组成？
3. GB/T 12555—2006《塑料注塑模模架》有哪些类型？
4. GB/T 12555—2006《塑料注塑模模架》是如何标记的？
5. 如何选择标准模架？

第9章

合模导向机构

本章重点

- 讲解合模导向机构的作用
- 讲解导柱导套合模机构的设计
- 讲解常用的几种精定位机构的设计

学习目的

通过本章的学习，掌握注塑模合模导向机构的作用，掌握导柱导套合模机构的设计，了解常用的几种精定位机构的定位原理，并能合理地设计合模机构和精定位机构。

合模导向机构主要用于模具装配或成型时，保证动、定模两大部分准确对合，以确保塑件的形状、壁厚和尺寸精确，是注塑模必不可少的部分。

9.1 合模导向机构的作用

合模导向机构主要有导柱导套合模机构和精定位合模机构。合模导向机构的主要作用如下。

1. 导向作用

动、定模合模时，首先导向零件相互接触，引导动、定模正确闭合，避免型芯先进入型腔造成成型零件的损坏，因此，导柱要高出型芯6~8mm。在推出机构中，导向零件保证推杆定向运动，避免推杆在推出过程中折断或变形。

2. 定位作用

模具装配或闭合过程中，保证合模方向的唯一，避免模具动、定模两大部分的错位，确保模具闭合后型腔的形状和尺寸精度。

3. 承受一定的侧向压力

模具在安装到注塑机上的过程中，以及塑料熔体在注入型腔过程中都会产生单向侧向压力，使导柱在工作中不可避免地受到一定的侧向压力。当侧压力很大时，不能单靠导柱来承受，需要增设锥面定位机构。

9.2 导柱导套合模机构

注塑模最常用的是导柱导套机构，导柱和导套分别安装在动、定模的两半部分。导柱导套合模机构包括导柱、导套的设计和位置的布置及导柱、导套的配合形式等内容。

9.2.1 导柱

导柱可安装在动模一侧，也可安装在定模一侧，一般安装在动模一侧，因为作为成型零件的主型芯，多装在动模一侧，导柱与主型芯安装在同一侧，合模时可保护主型芯不碰撞。

1. 导柱结构

导柱的基本结构有两种，一种是带头导柱，如图9-1所示。另一种是带肩导柱，如图9-2所示，分为Ⅰ型和Ⅱ型。带头导柱和带肩导柱的前端均设计为锥形。两种导柱工作部分可带有储

油槽。带头导柱用于塑件生产批量不大的模具。带肩导柱用于生产大批量塑件的模具或导向精度要求高的模具。

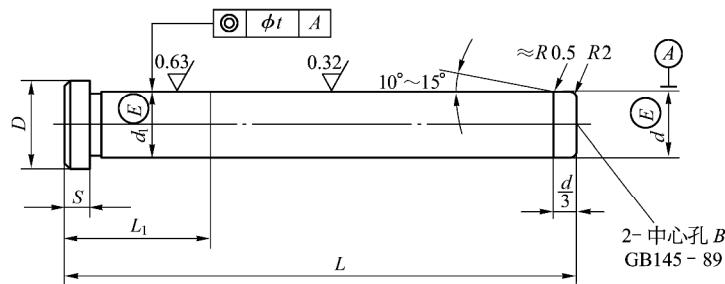


图 9-1 带头导柱

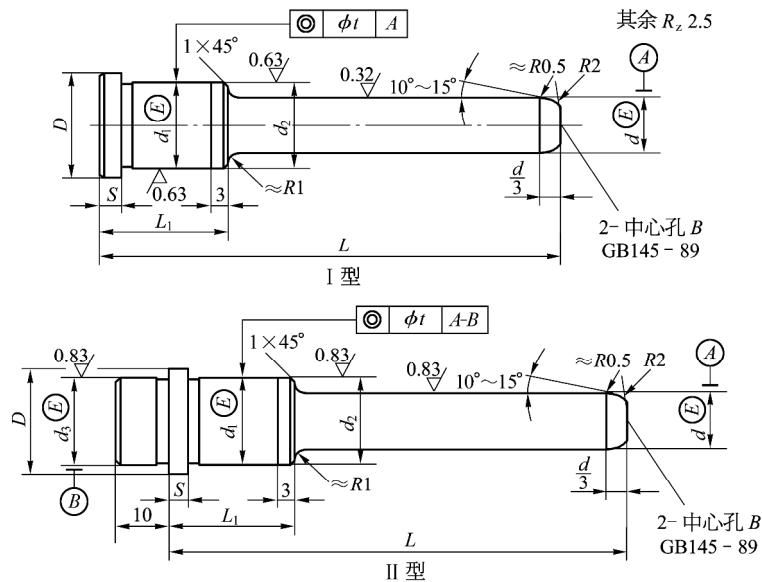


图 9-2 带肩导柱

2. 导柱的布置

导柱的布置形式很多，为保证动、定模合模方向的唯一，导柱的布置均为不对称结构，位置对称，则导柱直径不一致，导柱直径一致，则位置不对称。如图9-3所示为常见的几种布置形式，图(a)为两根直径相同的导柱不对称布置。图(b)为两根直径不同的导柱对称布置。图(c)为3根直径相同的导柱不对称布置。图(d)为4根直径相同的导柱不对称布置。图(e)为两组直径不同的导柱各两根，对称布置。

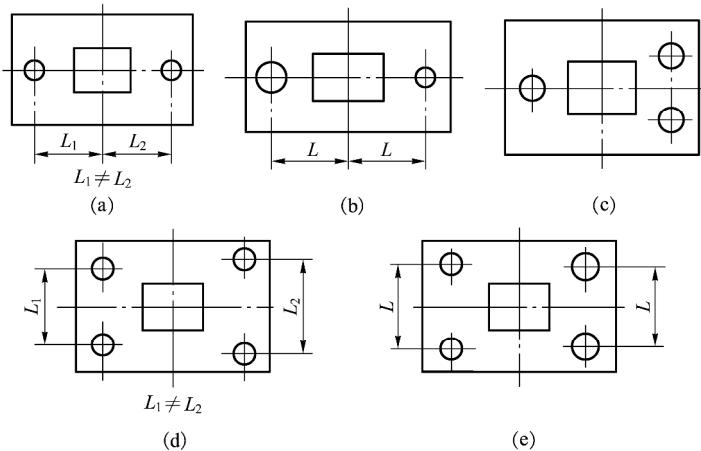


图 9-3 导柱的布置形式

3. 导柱尺寸

导柱直径随模板外形尺寸而定，模板尺寸越大，导柱间的中心距越大，所选导柱直径也应越大。除了导柱长度按模具具体结构确定外，导柱其余尺寸随导柱直径而定。表9-1列出了导柱直径推荐尺寸与模板外形尺寸关系数据。

表 9-1 导柱直径 d 与模板外形尺寸关系

单位: mm

模板外形尺寸	≤ 150	150~200	200~250	250~300	300~400
导柱直径 d	≤ 16	16~18	18~20	20~25	25~30
模板外形尺寸	400~500	500~600	600~800	800~1000	1000
导柱直径 d	30~35	35~40	40~50	60	≥ 60

导柱安装时，模板上与之配合的孔径公差按H7确定，安装沉孔视导柱，直径可取D+(1~2)mm。导柱长度必须比型芯端面高出6~8mm，以确保导柱导向后型芯才进入型腔。

9.2.2 导套

导套与导柱一般是成对出现的。安装导套的导向孔不能设计为盲孔，盲孔会增加模具闭合时的阻力，并使模具不能紧密闭合。

1. 导套结构

导套常用的结构有两种，一种是直导套，如图9-4所示。另一种是带头导套，如图9-5所示。



图 9-4 直导套

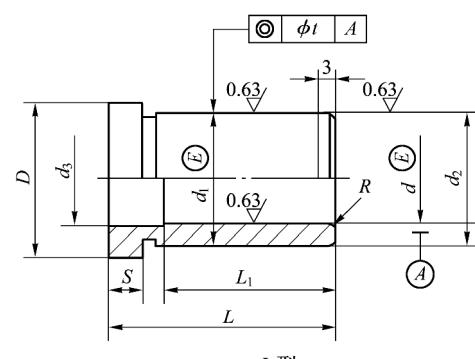


图 9-5 带头导套

2. 导套尺寸

导套直径尺寸与导柱配套。导套安装时，模板上与之配合的孔径公差按H7确定。带头导套安装时，沉孔视导套直径可取D+(1~2)mm。导套长度取决于安装导套的模板厚度，其余尺寸随导套导向孔直径而定。

3. 导套的安装

带头导套的安装一般采用台阶加垫板的形式。直导套的安装可采用如图9-6所示的几种方法固定，图(a)是在导套外圆柱面加工出一环形槽，用螺钉固定；图(b)是在导套外圆柱面局部磨出一小平面，用螺钉固定；图(c)是在导套侧向开一小孔，用螺钉固定。

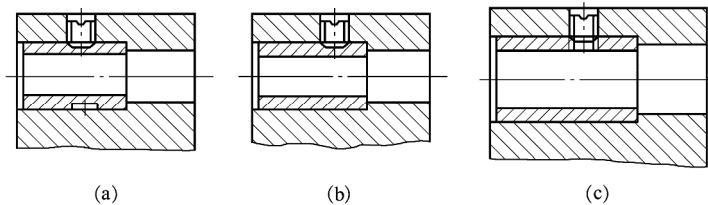


图 9-6 直导套的安装

9.2.3 导柱与导套的配合

导柱导套的配合形式根据模具结构和生产要求而不同，常见的配合形式如图9-7所示。图(a)为带头导柱直接与模板上的导向孔配合，这种形式容易磨损；图(b)为带头导柱和I型带头导套配合的形式；图(c)为带头导柱和直导套配合的形式；图(b)和(c)这两种配合形式由于导柱和导套的安装孔径不一致，不便于同时配合加工，在一定程度上不能很好地保证两者的同轴度；图(d)为I型带肩导柱和直导套配合的形式；图(e)为I型带肩导柱和I型带头导套配合的形式，上述两种配合形式能很好地保证导柱和导套安装孔径的同轴度；图(f)为II型带肩导柱和II型带头导套配合的形式，结构比较复杂。

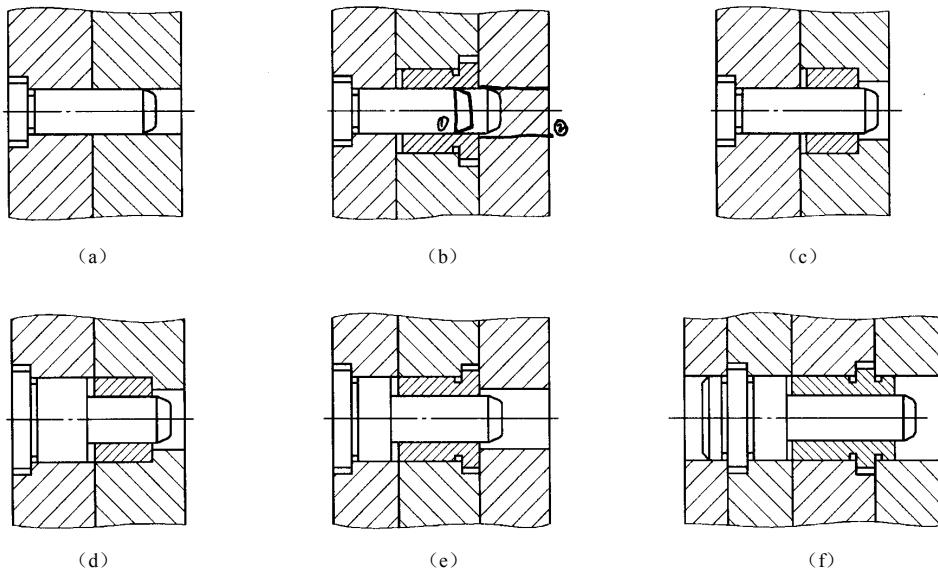


图 9-7 导柱导套的配合形式

9.3 精定位机构

导柱、导套的定位是间隙配合定位，这对于精密、薄壁、表面质量要求高的塑件难以满足其定位精度要求，必须在动、定模之间设置二次精定位机构。二次精定位机构常用的有圆锥定位件、圆锥形导柱导套定位、无间隙滚珠导套导柱精定位、卧销精定位、矩形块精定位、型腔型芯锥面定位机构等。

9.3.1 圆锥定位件

圆锥定位件如图9-8所示，此结构为锥面无间隙配合的精定位结构。两件分别用螺钉固定在动模板和定模板上，位于分型面的两侧，合模时完成动、定模的精定位。

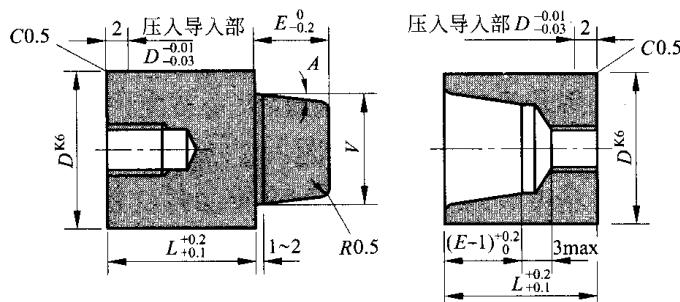


图 9-8 圆锥定位件机构

9.3.2 圆锥形导柱导套定位

圆锥形导柱导套精定位结构如图9-9所示，是由圆锥定位件的结构派生演变而成的，既有普通导柱、导套的导向和初定位功能，又具有二次精定位的功能。实际上，此结构是将普通导柱、导套的结构与圆锥定位件的精确锥面定位结构合二为一，既省去了普通导柱、导套，又满足了模具精定位的需求，适于大中型模具。

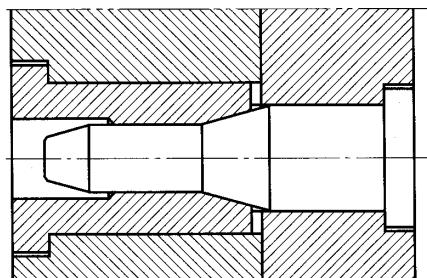


图 9-9 圆锥形导柱导套定位

9.3.3 滚珠导套导柱精定位

滚珠导套导柱精定位机构如图9-10所示，滚珠导套、导柱的配合是无间隙配合。其主要特点是，一是导柱在导套中进行往复运动时，与滚珠的接触是多点的滚动点接触，而普通的导柱、导套则是圆柱面的滑动面摩擦接触；二是导柱在滚珠导套中进行往复运动时，即便到极限位置也不离开导套，即导柱总是位于滚珠导套中。因为无间隙，导向时不会产生偏移、摆动的现象，保证了导向精度。

滚珠导套导柱精定位机构多用在薄壁、精密塑件注塑模的推出机构中，对推杆、推管等推出零件进行精确导向，以保证塑件成型后能较平稳、均匀地推出模具，避免塑件发生变形，甚至损坏。

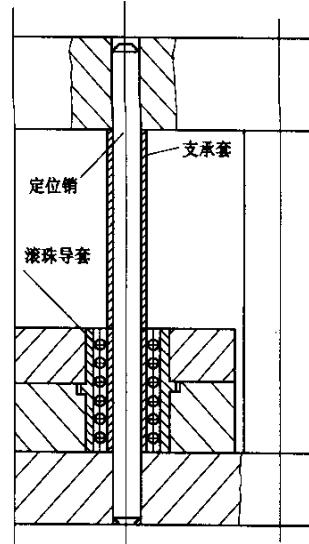


图 9-10 滚珠导套导柱精定位

9.3.4 卧销精定位

卧销精定位机构如图9-11所示，卧销1用螺钉4固定在动模板的半圆槽中，定模板2上有相应的略小于半圆的密合圆弧槽，合模时，两对互成 90° 的卧销，与定模板密合并实现精确定位，使定模的前、后、左、右不能产生位移。其定位的精度依赖于卧销与卧销槽的研合精度。

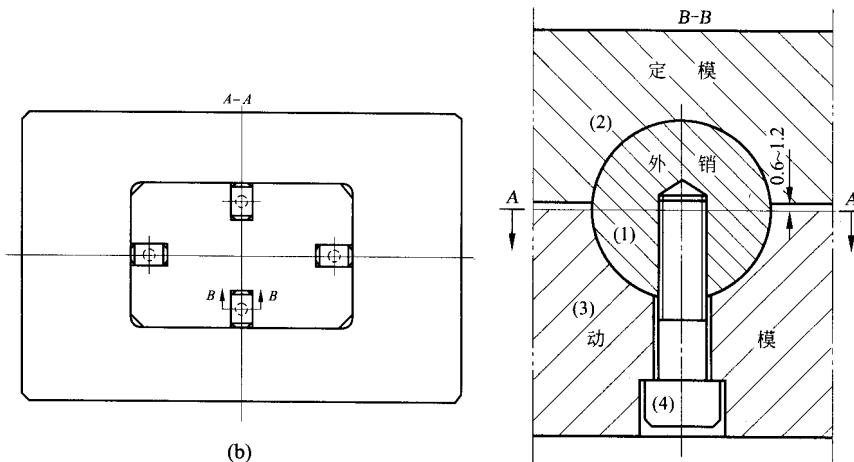


图 9-11 卧销精定位

9.3.5 矩形块精定位

矩形块精定位机构如图9-12所示，此结构多用于大中型模具，最少用两对，呈对称排列。可加工成标准件或通用件。

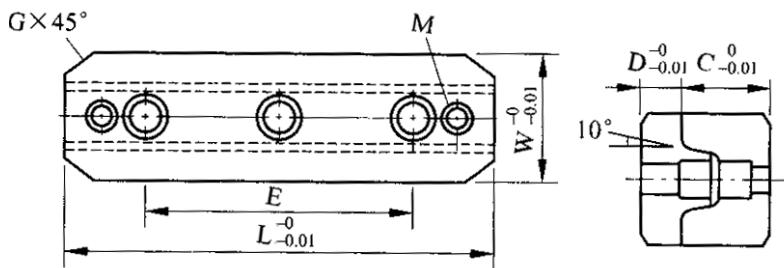


图 9-12 矩形块精定位

9.3.6 型腔型芯锥面定位

型腔型芯锥面定位机构如图9-13所示。成型精度要求高的深腔薄壁塑件，成型时会产生较大的侧向力，如果不采用类似本结构的斜面精确定位锁紧，只靠初定位的导柱导套机构，会造成型芯与型腔的偏心，从而导致塑件的厚薄不均。尤其是当导柱、导套磨损较大时，塑件壁厚不均现象会十分明显。型腔板2与定模型腔板1的锥面配合及型腔板2与型芯固定板4、推件板5的锥面配合，较好地解决了此问题。定模型腔板1和型腔板2、型芯3和推件板5的锥面相互配合精度决定了塑件的成型精度。

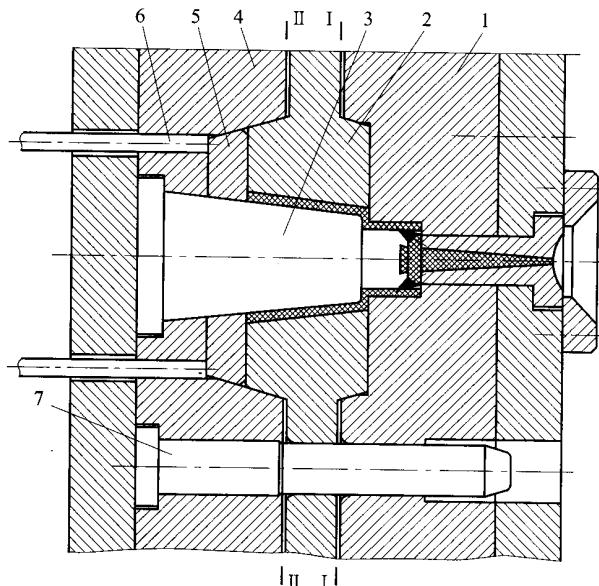


图 9-13 型腔型芯锥面定位机构

1-定模型腔板 2-型腔板 3-型芯 4-型芯固定板 5-推件板 6-推杆 7-导柱

复习思考题

- 合模机构有什么作用？

2. 导柱常见结构有哪些？如何设计？
3. 导柱应如何布置？
4. 导套常见结构有哪些？如何设计？
5. 导柱导套的配合形式有哪些？
6. 熟练设计运用圆锥定位件。
7. 熟练设计运用圆锥形导柱导套定位机构。
8. 熟练设计运用滚珠导套导柱精定位机构。
9. 熟练设计运用卧销精定位机构。
10. 熟练设计运用矩形块精定位机构。
11. 熟练设计运用型腔型芯锥面定位机构。

第 10 章

推出机构

本章重点

- 讲解推出机构的组成和作用
- 讲解脱模力的计算方法
- 讲解几种一次推出机构的设计要点
- 讲解几种二次推出机构、定模设推出机构、自动拉断点浇口和自动卸螺纹推出机构的工作原理

学习目的

通过本章的学习，掌握推出机构的组成和各零件的作用，掌握推杆、推管、推件板、推块等一次推出机构的设计要点，了解二次推出机构、定模设推出机构、自动拉断点浇口推出机构、自动卸螺纹推出机构的工作原理，并能合理地选择和设计注塑模推出机构。

注塑成型结束后，模具打开，把塑件从型腔或型芯上推出的机构称为模具的推出机构，又叫顶出机构或脱模机构。本章介绍推出机构的组成、分类、推出力的计算和各种常用的机动推出机构。

10.1 推出机构的组成和分类

推出机构的作用是在不使塑件变形或损坏、保证塑件外观及使用要求的前提下，将塑件推出模外。

10.1.1 组成

推出机构除了结构可靠外，还应运动灵活、制造方便、易于配换，且具有足够的强度和刚度。如图10-1所示是典型的推杆推出机构，主要由推出部件、推出导向部件和复位部件等组成。

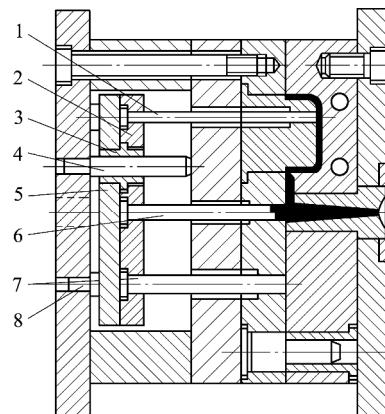


图 10-1 推杆推出机构

1-推杆 2-推杆固定板 3-导套 4-导柱 5-推板 6-拉料杆 7-复位杆 8-限位钉

1. 推出部件

推出部件由推杆1、推杆固定板2、推板5和限位钉8等组成。推杆直接与塑件接触，开模后将塑件推出。推杆固定板和推板起固定推杆及传递注塑机顶出力的作用。限位钉起调节推杆位置和便于消除推板与动模座板间杂物的作用。

2. 导向部件

为使推出过程平稳，推出零件不被弯曲或卡死，推出机构中设有导柱4和导套3，起推出导向作用。

3. 复位部件

复位部件作用是使完成推出任务的推出零件回复到初始位置。图10-1是利用复位杆7复位。此外，也有利用弹簧先行复位，特别是在推杆多、复位力要求大时，常用弹簧与复位杆配合使用，以防止只用弹簧复位过程中发生卡滞或推出机构不能准确复位的情况。

10.1.2 分类

1. 按动力来源分

按动力来源可分为机动推出机构、液气压推出机构和手动推出机构。

1) 机动推出机构

机动推出是利用注塑机的开模动作，由注塑机上的顶杆推动模具上的推出机构，将塑件从动模部分推出。

2) 液气压推出机构

液气压推出是在注塑机上设置有专用的液压缸，开模时，留有塑件的动模随注塑机的移动模板移至开模位置，然后由专用液气压缸的顶杆（活塞杆）推动推出机构将塑件从动模部分推出。

3) 手动推出机构

手动推出机构是指模具开模后，由人工操作的推出机构推出塑件，它可分为模内手动推出和模外手动推出两种。模内手动推出机构常用于塑件滞留在定模一侧的情况。

2. 按模具结构分

按模具结构可分一次推出机构、二次推出机构、定模设推出机构、自动拉断点浇口推出机构、自动卸螺纹推出机构等。

10.2 脱模力

脱模力是指将塑件从型芯上脱出时所需克服的阻力，它是设计推出机构的主要依据之一。它与塑料种类、塑件包覆型芯的面积及塑件的收缩率等有关。

脱模力可按下式估算

$$F = \frac{\alpha_p E A f (T_M - T_E)}{\frac{d}{2t} - \frac{\mu d}{4t}}$$

式中：F——脱模力（N）；

- α_p ——塑料热膨胀系数(K^{-1})；
- E ——塑料弹性模量(Pa)；
- A ——塑件包在型芯上的径向面积(cm^2)；
- f ——塑料与钢的摩擦因数；
- T_M ——注入型腔的熔融塑料温度($^\circ C$)；
- T_E ——塑件出模温度($^\circ C$)；
- d ——型芯直径(cm)；
- t ——型件壁厚(cm)；
- μ ——塑件材料的泊松比。

10.3 一次推出机构

一次推出机构是指开模后在动模一侧用一次推出动作完成塑件的推出，又称简单推出机构，使用最广泛的是推杆推出机构、推管推出机构和推件板推出机构，此外还有推块、活动镶块、气动推出机构等。

10.3.1 推杆推出机构

推杆设置的自由度较大，而且推杆截面大部分为圆形，制造、修配方便，容易达到推杆与模板或型芯上推杆孔的配合精度，推杆推出时运动阻力小，推出动作灵活、可靠，推杆损坏后也便于更换，因此，推杆推出机构是推出机构中最简单、动作最可靠、最常见的结构形式。

1. 推杆

推杆的常用截面形状如图10-2所示，其中圆形截面为最常用的形式。

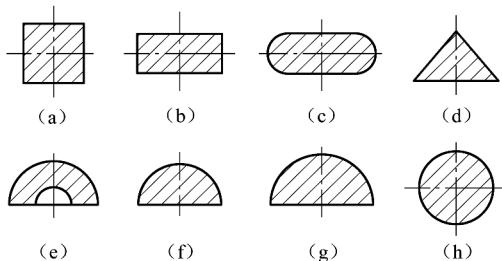


图 10-2 推杆的常用截面形状

标准圆形截面推杆的结构如图10-3所示，对于直径小于3mm的细长推杆应做成下部加粗的阶梯形。

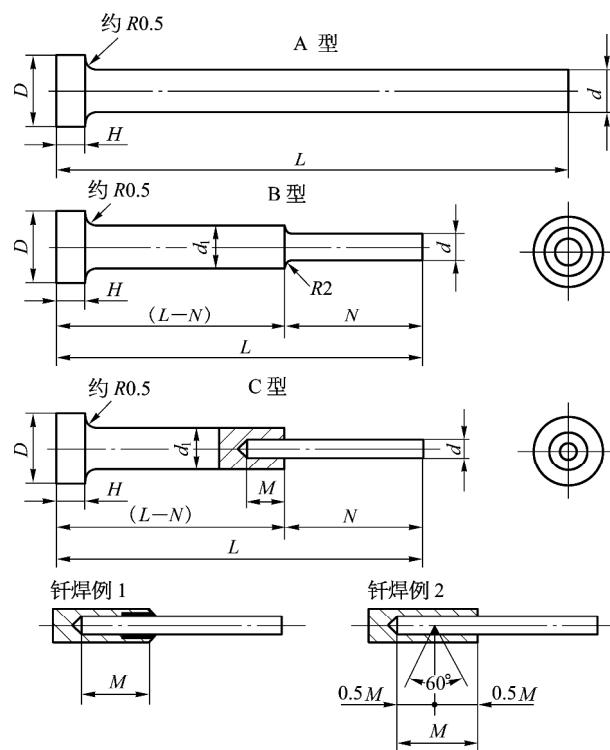


图 10-3 标准圆形截面推杆的结构

2. 设计要点

(1) 推杆应设置在脱模阻力大的地方，应均衡布置，使塑件推出时受力均匀，防止塑件变形。

(2) 推杆端面应和型腔在同一平面或比型腔平面高出0.05~0.1mm。推杆与推杆孔配合一般为H8/f8或H9/f9，其配合间隙应小于所用塑料的溢料间隙，以避免产生飞边。

(3) 推杆应有足够的强度和刚度承受推出力。

(4) 对带有侧向抽芯的模具，推杆位置应尽量避开侧向型芯，以避免与侧抽芯发生干涉。若发生干涉，需设置推杆先行复位装置。

(5) 对于设有冷却水道的模具，应避免推杆穿过冷却水道，否则会出现漏水。设计时，应先设计冷却系统，再设计推出机构，并与冷却水道保持一定距离，以保证加工。

10.3.2 推管推出机构

推管是一种空心的推杆，它适于环形、筒形塑件或塑件上带有孔的凸台部分的推出。由于推管整个周边接触塑件，故推出塑件的力量均匀，塑件不易变形，也不会留下明显的推出痕迹。

1. 常用推管推出机构

常用的推管推出机构有三类，如图10-4所示。图(a)为型芯固定在动模座板上，型芯较长，该结构简单、可靠，但动模座板加厚，型芯延长。只用于推出行程不大的场合。图(b)中的推管由推杆进行推拉，该结构的型芯和推管较短，但动模板因容纳推出行程而增厚。图(c)为扇形推管，即推管开口或剖切成2~3个脚，以避免型芯固定凸肩与运动推管干涉。该结构可有效缩短型芯长度，应用较广泛，但推管的制造较困难。

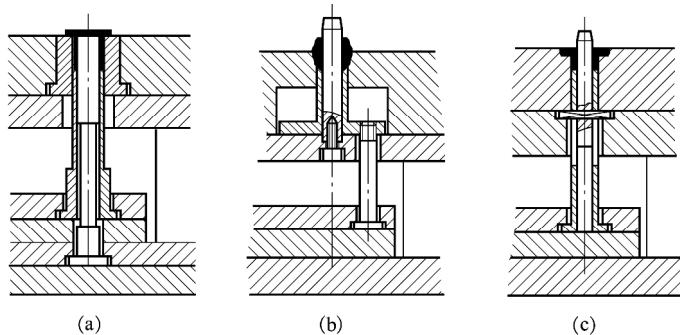


图 10-4 推管推出机构

2. 推管

推管可分为I型推管和II型推管，其形状和尺寸分别如图10-5和图10-6所示。

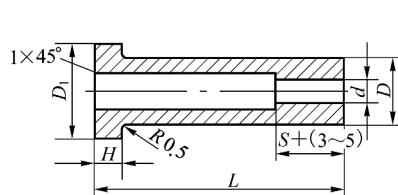


图 10-5 I型推管

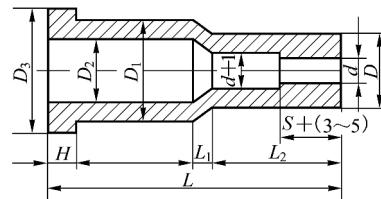


图 10-6 II型推管

3. 设计要点

(1) 推管的内外表面都能顺利滑动。内径和型芯配合，外径和模板配合，均可按H8/f7或H8/f8选用，大直径的，可选用较高的配合精度，以免间隙过大而溢料。

(2) 推管材料与推杆相同，推管在推出位置与型芯应有8~10mm的配合长度，其滑动长度的淬火硬度为HRC50左右，非配合长度均应有0.5~1mm的双面间隙。

(3) 为保证推管的强度和刚度，推管壁厚应在1.5mm以上，必要时采用阶梯形推管。

10.3.3 推件板推出机构

推件板推出机构的推出力大且均匀，对侧壁脱模阻力较大的薄壁箱体或圆筒塑件，推出后外观几乎不留痕迹，适于推出透明塑件。推件板推出机构不需要复位杆复位。

1. 常用的推件板推出机构

常用的推件板推出机构有三类，如图10-7所示。图(a)中的推件板与推杆用螺纹连接，以防止推杆与推件板分离。应注意，该结构在合模时，推板与动模座板之间应留2~3mm的间隙。图(b)中的推杆与推件板不作连接，但导柱要足够长，以防止推件板脱离导柱。图(c)的结构适用于两侧有顶出杆的注塑机，模具结构简单，但推件板要增大并加厚。

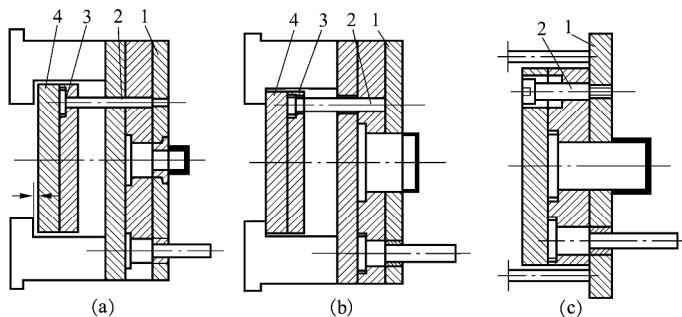


图 10-7 推件板推出机构

1-推件板 2-推杆 3-推杆固定板 4-推板

2. 设计要点

- (1) 推件板应由导柱导向机构导向定位，以防止推件板孔与型芯间的过度磨损和偏移。
- (2) 推件板与型芯之间要有高精度的动配合，既要使推件板灵活推出和回复，又要保证熔体不溢料。
- (3) 为防止过度磨损和发生咬合，推件板孔与型芯应作淬火处理。
- (4) 为避免推件板在推出大型深腔薄壁壳体，特别是软质塑料成型的壳体件时，壳体内形成真空，造成塑件损坏或变形，应在型芯内附设进气装置。如图10-8所示的气阀引气，推件板1在推杆的作用下外移时，真空吸附作用使弹簧2被压缩，阀杆3开启，空气便能引入塑件与型芯之间，使塑件顺利地从型芯上脱下。

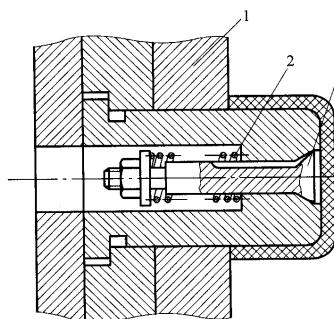


图 10-8 气阀引气

1 推件板 2-弹簧 3-阀杆

(5) 为防止推件板推出时与型芯产生较大的摩擦，在推件板与型芯周边留0.2mm左右间距，并将推件板与型芯设计成锥面配合，由锥面配合起辅助定位作用，以防止推件板偏心而引起溢料，其锥度为10°左右，如图10-9所示。

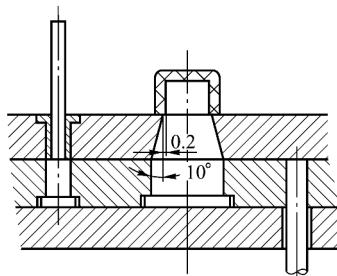


图 10-9 锥面配合的推件板

10.3.4 推块推出机构

对于端面平直的无孔塑件，或仅带有小孔的塑件，为保证塑件在模具打开时能留到动模，一般都把型腔安排在动模一侧，如果塑件表面不希望留下推杆痕迹，可采用推块推出机构。

如图10-10所示是推块推出机构。图(a)的推杆与推块采用螺纹连接，复位杆与推杆安装在同一块固定板上。图(b)的推块与推杆无螺纹连接，必须采用图示方式使推块复位。推块实际上成为型腔底板或构成型腔底面大部分，这就对配合面间的加工，特别是非圆形推块的配合面的加工提出了很高要求，推块运动的配合间隙既要小于熔体的溢料间隙，又不能产生过大的摩擦磨损，常常需要在装配时研磨。

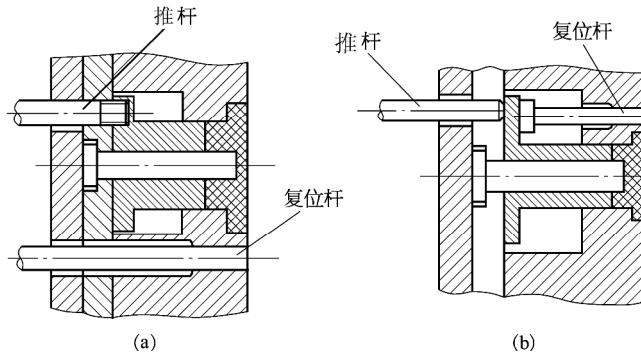


图 10-10 推块机构及复位

10.3.5 成型零件推出机构

成型零件推出机构是利用成型零件，如凹模、镶块等，让它们在推杆的作用下使塑件脱模。这种推出机构是由推块推出机构演变而来的，模具结构简单，推出力大而均匀，塑件不易变形。但由于成型零件是型腔的一部分，因此，其尺寸精度和表面粗糙度要求较高。

成型零件推出机构如图10-11所示。图(a)是利用螺纹型环3推出塑件5，在将其从动模板

2上推出后，还需要用辅助工具从螺纹型环3上取出，取出塑件后，再将型环放入模腔，弹簧可起复位作用。图（b）是利用成型镶块4作推出零件，镶块与推杆1联在一起，当推杆推顶成型镶块4时，即可将塑件5从模具中顶出。图（c）是先将活动成型镶块4与塑件5一起推出模外，然后在镶块上取出塑件，它适用于塑件侧面有凸台或凹槽的情况。图（d）是先将成型镶块4固定在模具上，塑件脱模时，它与镶块4一起移动一定距离，但不与模具分开，然后人工将塑件5从镶块4上取下，它适用于塑件侧面有凸台或凹槽的情况。

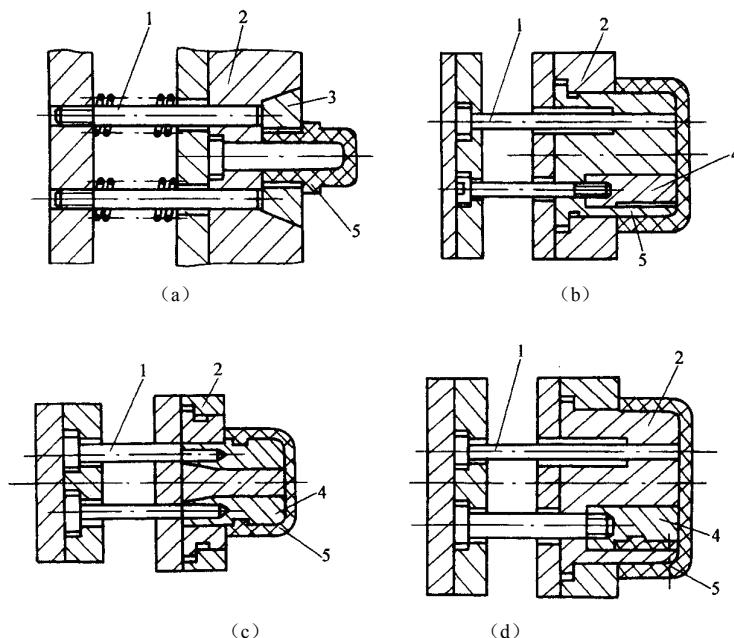


图 10-11 成型零件推出机构

1-推杆 2-动模板 3-螺纹型环 4-成型镶块 5-塑件

10.3.6 气动推出机构

气动推出机构是将压缩空气引入模具与塑件之间，使塑件脱模。模具结构简单，不会在塑件上留下推出痕迹，塑件变形小。且推出机构可设置在动、定模任意一侧，特别适合深腔薄壁塑件和软质塑料的推出。

图10-12所示为气动推出机构，设置有气路和气阀门等。推出过程为塑件固化后开模，通入0.1~0.4MPa的压缩空气，将阀门打开，空气进入型芯与塑件之间，推出塑件。在气动推出机构中，弹簧力的调节要适当，注意气阀与模具之间的配合，不能漏气。

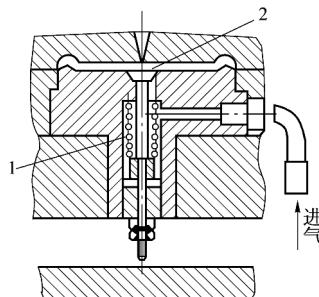


图 10-12 气动推出机构

1-弹簧 2-阀门

10.3.7 多元件联合推出机构

对于形状复杂的塑件，如一些深腔壳体、薄壁制品，以及带有局部环状凸起、凸肋或有金属嵌件的塑件，若只采用一种推出机构，容易使塑件在推出过程中产生变形、翘曲，甚至顶破，可采取两种或两种以上的推出机构共同施力，这就是多元件联合推出机构。

如图10-13 (a) 所示，采用推件板使塑件脱离型腔，采用推杆辅助推出局部深腔处的管状结构，以防止该处产生断裂。图 (b) 采用推件板使塑件外周壳体脱模，采用推管使中心管状结构脱模。图 (c) 采用推管使中心管状结构脱模，采用多根推杆推出外周壳体，推杆兼作复位杆。

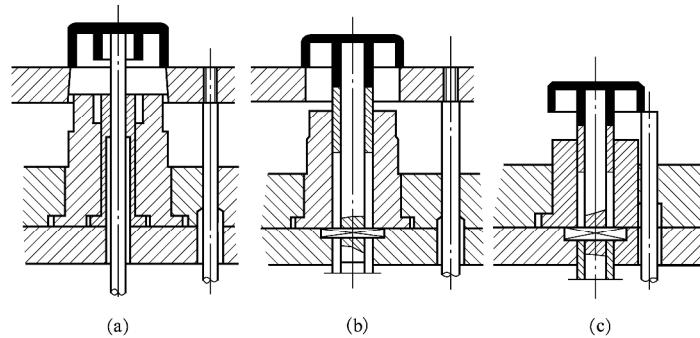


图 10-13 多元件联合推出机构

由于采用了两种或多种推出机构的组合形式，它们的推出工作应当协调一致。安装、调试要注意使它们运动灵活、间隙适当。

10.4 二次推出机构

对于形状复杂的塑件，因模具型面结构复杂，塑件被推顶的部分既有型芯，又有型腔或型

腔的一部分，要将塑件既从被包紧的型芯上，又从被黏附的型腔中脱出，脱模阻力比较大，若采用一次推出机构，势必造成塑件变形、损坏。因此，模具必须设置两套推出机构，分阶段工作，以达到分散脱模阻力的目的。常用的二级推出机构有八字摆杆式、钢球式、斜销滑块式、斜楔滑块式等，并在生产实践中不断创造出新的结构和方法。

10.4.1 八字摆杆式

八字摆杆式二级推出机构如图10-14所示，模具有两个对称的呈八字状的摆杆11。并有两块推出板：一次推出板10和二次推出板2。开模后，注塑机推顶一次推出板10，经推杆9带动型腔板7移动距离 s_1 ，实现塑件与型芯6的一次推出动作。在此过程中，由于定距块1的传力作用，二次推出板2和推杆5均与型腔板7同步。一次推出完成后，摆杆11在一次推出板10作用下，转过一定角度和二次推出板2接触。继续开模时，一次推出板10经摆杆11迫使二次推出板2和推杆5产生超前推出动作，使塑件在推杆5作用下从型腔板7中脱出 s_4 距离，实现了二次推出。

该机构的推出行程、塑件高度和其他有关几何要素之间关系如下。

摆杆转角 α 一般可取 45° ，并且符合 $s_1+s_2 \geq h_1$ ； $s_1+s_2=s_3=l_1 \sin \alpha + s_0$ ；

$$\text{超前量 } s_4 \geq h_2; s_4 \approx l_2 \sin \alpha - s_0; s_0 = l_2 \sin \beta; l_2 = \frac{s_0 + s_4}{\sin \alpha}.$$

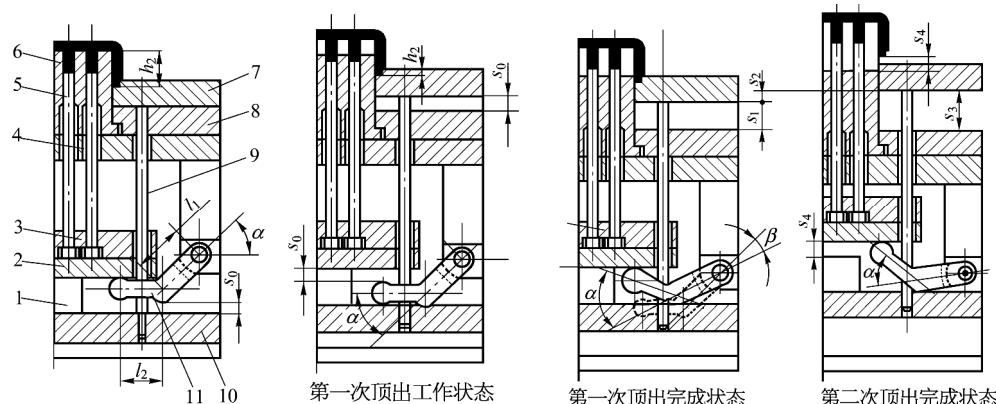


图 10-14 八字摆杆式二级推出机构

1-定距块 2-二次推出板 3-推杆固定板 4-动模垫板 5、9-推杆

6-型芯 7-型腔板 8-型芯固定板 10-一次推出板 11-摆杆

10.4.2 钢球式

钢球式二级推出机构如图10-15所示，一次推出靠推出系统推动推板9，使塑件脱离型芯10，此时塑件还有一部分留于推板9内，因此，设特殊结构的推杆7实现二次推出。内套筒3与推板9用卡紧圈8连在一起，一次推出时，钢球6卧在内套筒3与推杆7之间，推杆7运动，则带动内套

筒3及推板9运动，实现一次推出。当钢球移到外套筒2的凹槽处时，钢球被挤到内外套之间，使内套筒2不随推杆7运动，则推板9停止运动，这时推杆11将塑件推出推板9而脱落。

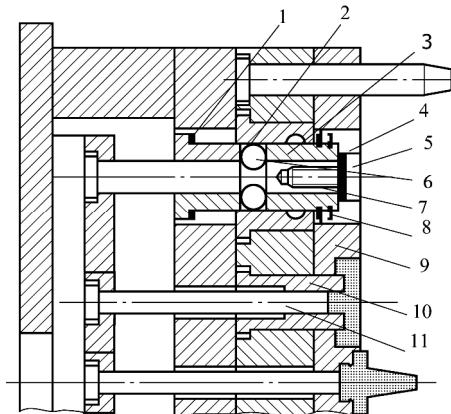


图 10-15 钢球式二级推出机构

1、3-氨基酯垫圈 2-外套筒 4-内套筒 5-盖子 6-钢球 7、11-推杆 8-卡紧圈 9-推板 10-型芯

10.4.3 斜销滑块式

斜销滑块式二级推出机构如图10-16所示，图(a)是尚未推出状态。开始推出时，推件板3和推杆2一起将塑件从型芯1上刮下，完成一级推出，与此同时，斜销5使滑块6向模具中心方向移动，如图(b)所示。当滑块6的斜面推动推杆4，进而推动推杆2，使推杆2的运动超前推件板3，使塑件从推件板的凹槽(型腔的一部分)中脱下，完成二级推出，如图(c)所示。

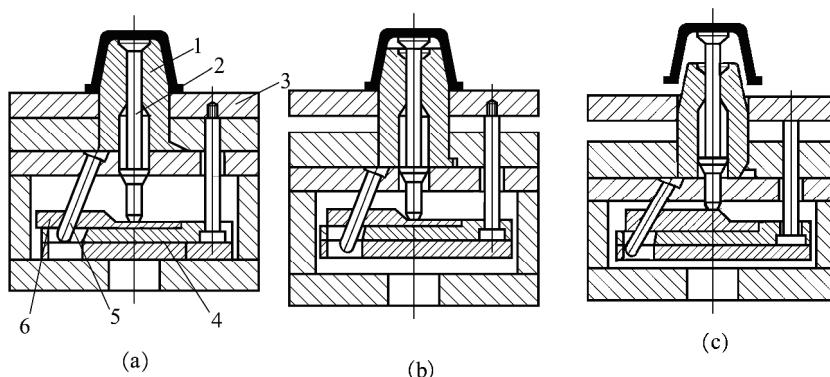


图 10-16 斜销滑块式二级推出机构

1-型芯 2、4-推杆 3-推件板 5-斜销 6-滑块

10.4.4 斜楔滑块式

斜楔滑块式二级推出机构如图10-17所示，模具开模一定距离后，注塑机的推顶装置通过推杆底板12同时驱动推杆9和型腔板7移动，使塑件与型芯8脱离，实现第一次推出动作。在这

次推出中，斜楔6推动滑块4向模具中心移动。但由于此时滑块4与推杆2还存在平面接触，推杆2保持与推杆9及型腔板7同步运动。一旦一次推出结束，推杆2会坠落在滑块4的圆孔中，这样型腔板7便停止运动。而推杆9继续运动，直到把塑件从型腔板7中脱出，实现第二次推出。推出行程与塑件高度的关系为： $l_1 \geq h_1$ ； $l_2 \geq h_2$ ； $L = l_1 + l_2$ 。

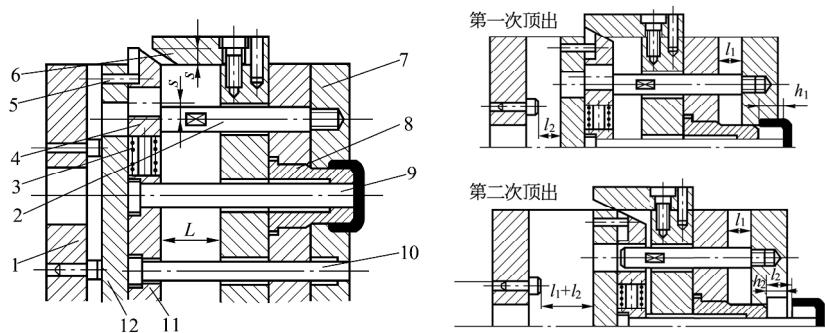


图 10-17 斜楔滑块式二级推出机构

1-动模座板 2、9-推杆 3-压缩弹簧 4-滑块 5-限位销 6-楔紧块 7-型腔板
8-型芯 10-复位杆 11-推杆固定板 12-推板

10.5 定模设推出机构

由于注塑机的顶出装置设在动模板一侧，所以模具的推出系统大多数是安装在动模内，但有些塑件因结构的限制，必须将塑件滞留在定模型腔中，如塑料刷子。这时，推出系统需要设置在定模一侧。常用的定模推出机构有弹簧式、拉钩式、杠杆式、链条牵引式几种。

10.5.1 弹簧式

弹簧式定模推出机构如图10-18所示，利用弹簧力使塑件先从定模中脱出，留于动模，然后用动模上的推出机构使塑件推出。该结构紧凑、简单，但弹簧容易失效，用于推出阻力不大和推出距离不长的场合。

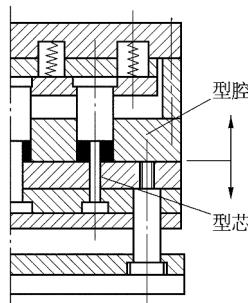


图 10-18 弹簧式定模推出结构

10.5.2 拉钩式

拉钩式定模推出机构如图10-19所示，拉钩3安装在动模一侧，挂钩4固定在推件板上。开模时，推件板2首先与动模分型，当动模6移动距离大于或等于塑件高度时，拉钩3与挂钩4接触并拉动推件板2随之运动，将塑件从定模主型芯9上脱出，完成定模推出。随后，定距拉杆10使推件板2停止运动，拉钩3的钩子具有斜度并可绕轴转动，因而与挂钩4脱开，随动模继续运动，完成开模行程。

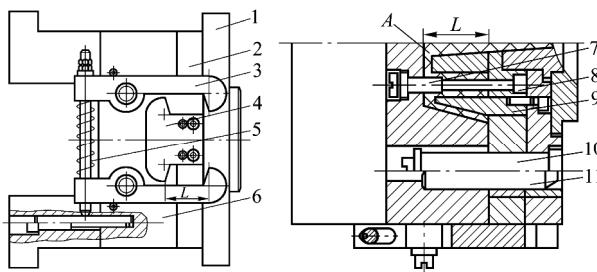


图 10-19 拉钩式定模推出结构

1-定模板 2-推件板 3-拉钩 4-挂钩 5-支承杆 6-动模 7、8、9-型芯 10-定距拉杆 11-导柱

10.5.3 杠杆式

杠杆式定模推出机构如图10-20所示，利用杠杆的作用实现定模推出。随着开模动作，动模上的滚轮压动杠杆，使定模推出机构推动塑件并使之留在动模，再由动模推出机构完成塑件的脱模。

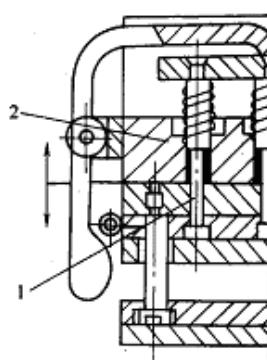


图 10-20 杠杆式定模推出机构

1-型芯 2-型腔板

10.5.4 链条牵引式

链条牵引式定模推出机构如图10-21所示，链条牵引机构带动推件板运动，将塑件从定模

中脱出。通常需链条2根或4根，每根链条受力要均衡。另外，还需设连接座，保证合模时链条不被卡住。开模行程等于 L_1+L_3 。考虑到注塑机的开模行程误差较大，故推出行程 $L_2=L_1+(10\sim20)$ mm。

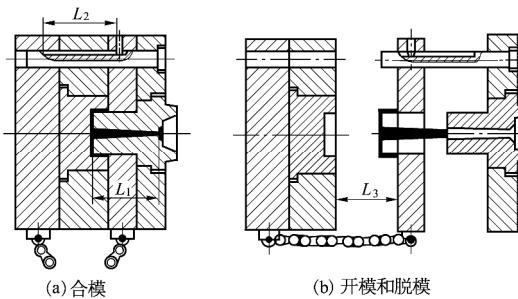


图 10-21 链条牵引式定模推出机构

10.6 自动拉断点浇口推出机构

点浇口设在模具的定模部分，为了将浇注系统凝料取出，要增加一个分型面，因此又称三板式模具。为适应自动化的要求，常采用点浇口凝料自动拉断推出机构，主要有利用侧凹拉断点浇口、利用拉料杆拉断点浇口、利用定模推板拉断点浇口几种形式。利用这样的结构，实现了浇道凝料与塑件的自动分离。

10.6.1 利用侧凹拉断点浇口

利用侧凹拉断点浇口如图10-22所示，利用侧凹和中心推杆将浇注系统凝料推出，在分流道尽头钻一斜孔，开模时，由于斜孔内冷凝塑料的限制，浇注系统凝料在浇口处与塑件拉断，然后由于主流道冷料穴倒锥的作用，钩住浇注系统凝料脱离斜孔，再由中心推杆将浇注系统凝料推出，这种结构由于中心推杆很长，合模后此杆在动模之外，因此注塑机移动模板应带有中心推杆孔，以便装模。

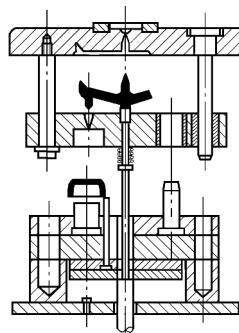


图 10-22 利用侧凹拉断点浇口

10.6.2 利用拉料杆拉断点浇口

利用拉料杆拉断点浇口如图10-23所示，模具首先从A面分型，在拉料杆2的作用下，使浇注系统凝料与塑料切断留于定模一边，待分开一定距离后，型腔5接触到限位拉杆6的突肩，带动流道推板3从B面分型，这时浇注系统脱离拉料杆2自动脱落。继续开模时，型腔5受到限位拉杆7的阻碍不能移动，塑件随动模型芯9移动，脱离型腔5，最后在推杆10的作用下由推件板8将塑件推出。

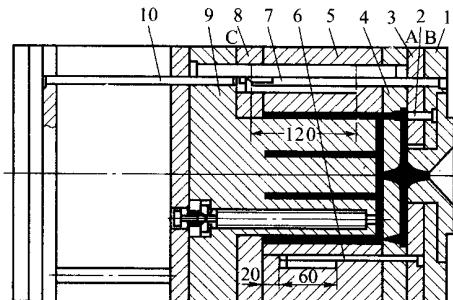


图 10-23 利用拉料杆拉断点浇口

1-定模固定板 2-拉料杆 3-流道推板 4-分流道板 5-型腔

6、7-限位拉杆 8-推件板 9-型芯 10-推杆

10.6.3 利用定模推板拉断点浇口

定模推板拉断点浇口如图10-24所示，图(a)是注射结束的状态，经过一段保压时间后，注塑机喷嘴退回，此时浇口套在弹簧的作用下后退并与主流道脱开。开模时，首先从A面分型，移动一段距离后，浇注系统推板在限位螺钉的作用下不动，继续开模，型腔移动，使浇注系统凝料与塑件拉断而自动脱落，如图(b)所示。

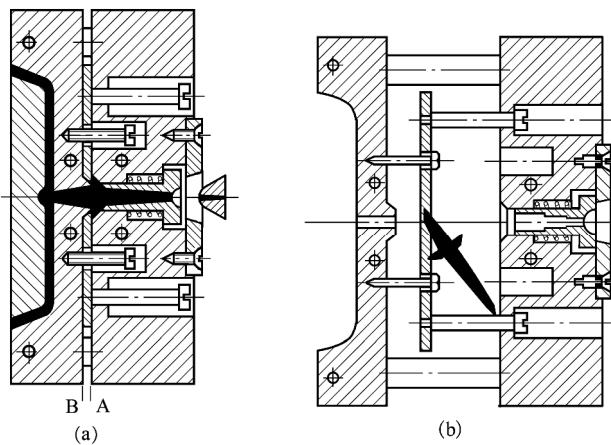


图 10-24 利用定模推板拉断点浇口

10.7 自动卸螺纹推出机构

塑件上的内螺纹用螺纹型芯成型，外螺纹用由螺纹型环成型。由于螺纹的特殊性，螺纹部分的模具结构有所不同，其脱出螺纹的方式也各异。

10.7.1 强制脱螺纹机构

当塑件的螺纹较浅，且原料为聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛这类弹性塑料时，可采取强制脱螺纹结构。这种形式的模具结构简单，用于精度要求不高的塑件。

图10-25所示为利用塑件的弹性强制脱螺纹。图(b)形式的模具结构简单，用于精度要求不高的塑件。应避免图(c)中用圆弧端面作为推出面。图10-26所示为用硅橡胶作螺纹型芯的强制脱模机构，开模时，在弹簧作用下，芯杆1先从硅橡胶螺纹型芯4中退出，使硅橡胶收缩，再用推杆将塑件推出。该结构因硅橡胶寿命低，仅用于小批量生产。

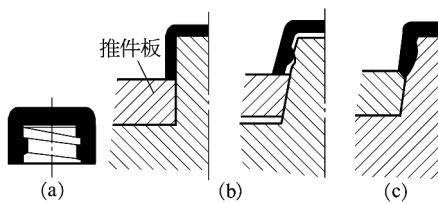


图 10-25 利用塑件弹性脱螺纹

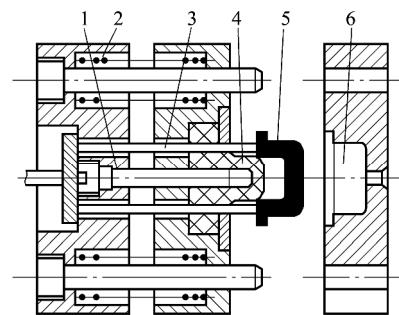


图 10-26 用硅橡胶脱螺纹型芯

1-芯杆 2-弹簧 3-推杆 4-硅橡胶螺纹型芯 5-塑件 6-型腔板

10.7.2 手动脱螺纹机构

手动脱螺纹机构结构简单，制造方便，但生产效率低，适于小批量生产。

1. 模外手动脱螺纹机构

图10-27所示为模外手动脱螺纹机构，将螺纹部分做成活动型芯或活动型环随塑件一起推出，然后在机外将它们分开。图(a)所示为活动螺纹型芯结构，图(b)为活动螺纹型环结构。这种形式的模具结构简单，但需增加模外取芯装置。

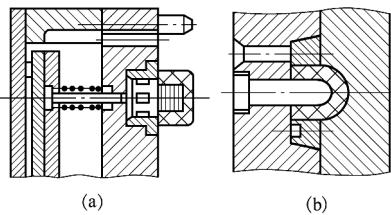


图 10-27 模外手动脱螺纹机构

2. 模内手动脱螺纹机构

图10-28所示为模内设变向机构的手动脱螺纹型芯的结构。当手工转动斜齿轮5时，与它啮合的螺旋斜齿轮4通过滑键2带动螺纹型芯7旋转，由于型芯3的顶部设有止转槽9，螺纹型芯在回转的同时向左移动，便可顺利与塑件脱离，然后模具从I处分型，由推板6将塑件推出，推出距离由定距螺钉8限制。

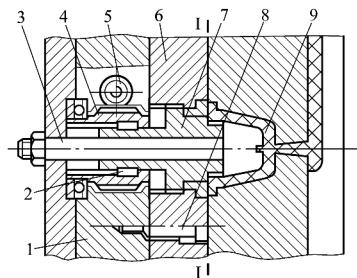


图 10-28 模内手动脱螺纹型芯机构

1-支承板 2-滑键 3-型芯 4、5-螺旋斜齿轮 6-推板 7-螺纹型芯 8-定距螺钉 9-止转槽

10.7.3 齿轮齿条脱螺纹机构

1. 直齿轮齿条脱螺纹机构

图10-29所示为直齿轮齿条脱出侧向螺纹型芯机构，开模时，齿条导柱1带动螺纹型芯4旋转并沿套筒螺母3做轴向移动，脱离塑件。

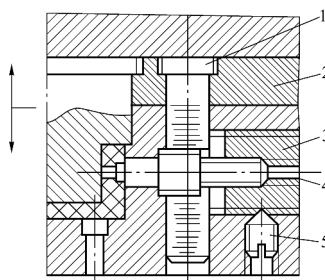


图 10-29 直齿轮齿条脱螺纹机构

1-齿条导柱 2-固定板 3-套筒螺母 4-螺纹型芯 5-紧定螺钉

2. 锥齿轮脱螺纹机构

图10-30所示为锥齿轮脱螺纹型芯机构，用于侧浇口多型腔模，螺纹型芯只要作回转运动，就可脱出塑件，由于螺纹型芯5与螺纹拉料杆8的旋向相反，故两者的螺距应相等且做成正反螺纹。

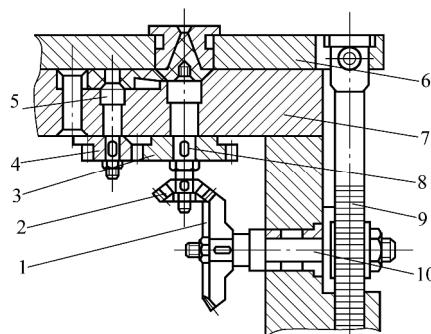


图 10-30 锥齿轮脱螺纹型芯机构

1、2-圆锥齿轮 3、4-直齿轮 5-螺纹型芯 6-定模板 7-动模板 8-螺纹拉料杆 9-齿条导柱 10-传动轴

10.7.4 大升角螺纹脱螺纹机构

图10-31所示为大升角螺纹脱螺纹型芯机构，在齿轮轴上加工有大升角螺纹，与它配合的螺母固定不动。开模时，动模移动，通过大升角螺杆使齿轮轴回转，经齿轮传动，使螺纹型芯脱出。

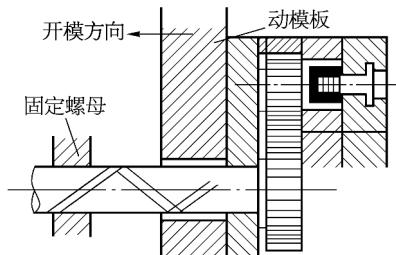


图 10-31 大升角螺纹脱螺纹机构

10.7.5 气、液压驱动的脱螺纹机构

通过液压缸或气缸使齿条往复运动，带动齿轮，从而带动螺纹型芯回转，实现自动脱模。图10-32所示为液压驱动的脱螺纹机构。

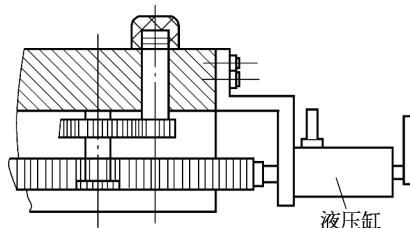


图 10-32 液压驱动的脱螺纹机构

10.7.6 电动机驱动的脱螺纹机构

图10-33所示为电动机驱动的脱螺纹机构，通过电动机和蜗轮、蜗杆，使螺纹型芯回转，实现自动脱螺纹。

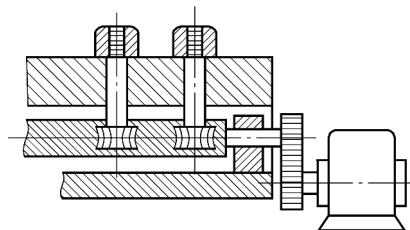


图 10-33 电动机驱动的脱螺纹机构

复习思考题

1. 推出机构有什么作用？
2. 典型的推出机构由哪些零部件组成？
3. 常见的推杆结构有哪些？
4. 如何设计推杆推出机构？
5. 推管推出机构适合推出哪类塑件？
6. 常见的推杆推出机构有哪些？如何设计？
7. 推件板推出机构有什么特点？
8. 常见的推件板推出机构有哪些？如何设计？
9. 推块推出机构有什么特点？
10. 成型零件推出机构有什么特点？
11. 气动推出机构有什么特点？
12. 如何运用多元件联合推出机构？

13. 常见的二级推出机构有哪些?
14. 常见的定模设推出机构有哪些?
15. 常见的自动拉断点浇口的推出机构有哪些?
16. 常见的自动卸螺纹推出机构有哪些?

第 11 章

侧向分型与抽芯机构

本章重点

- 讲解抽芯机构的分类
- 讲解抽芯距和抽拔力的计算
- 讲解斜销抽芯机构的工作原理和设计要点
- 讲解弯销抽芯机构的工作原理
- 讲解斜滑块抽芯机构的工作原理和设计要点
- 讲解斜杆、齿轮齿条、手动、液压气动抽芯机构的工作原理

学习目的

通过本章的学习，掌握抽芯机构的分类，掌握抽芯距和抽拔力的计算方法，掌握斜销、弯销、斜滑块、斜杆、齿轮齿条等抽芯机构的工作原理，并能合理地选择和设计注塑模抽芯机构。

当塑件上有与开模方向不同的内外侧孔或侧凹时，塑件不能直接脱模，必须将成型侧孔或侧凹的零件做成可动的活动型芯，在塑件推出前先将活动型芯抽出，然后再从模腔中脱出塑件。带动活动型芯作侧向分型抽芯和复位的整个机构称为侧向分型与抽芯机构。一般对于成型侧向凸台的情况称为侧向分型，对于成型侧孔或侧凹的情况称为侧向抽芯。本章将侧向分型与侧向抽芯统称为侧向抽芯，主要介绍侧向抽芯机构的分类、抽芯距和抽拔力的计算及各类抽芯机构的设计。

11.1 抽芯机构的分类

侧向分型抽芯机构主要用于完成侧型芯抽出和复位，使塑件能够顺利脱模。侧向分型抽芯机构按动力来源可分为手动、机动和液压或气动几种。

11.1.1 手动抽芯

在推出塑件前或脱模后用手工方法将活动型芯取出。模具结构较简单，但生产效率低，劳动强度大，抽拔力有限，仅在特殊场合适用，如新产品试制、小批量塑件生产等。

11.1.2 机动抽芯

机动抽芯是利用注塑机的开模力，通过传动机构改变运动方向，将侧型芯抽出。机动抽芯机构的结构比较复杂，但抽芯不需人工操作，抽拔力较大，具有灵活、方便、生产效率高、容易实现自动化、无须另外添加设备等优点，在生产中被广泛采用。机动抽芯结构可分为弹簧、斜销、弯销、斜导槽、斜滑块、楔块、齿轮齿条等多种形式。

11.1.3 液压或气动抽芯

与机动抽芯不同，液压或气压抽芯是通过一套专用的控制系统来控制活塞的运动，其抽芯动作可不受开模时间和推出时间的影响。一般注塑机没有抽芯油缸或气缸，需另行设计液压或气动传动机构及抽芯系统。液压传动比气压传动平稳，且可得到较大的抽拔力和较长的抽芯距离，但受模具结构和体积的限制，油缸的尺寸往往不能太大。

11.2 抽芯距和抽拔力

抽芯距和抽拔力的大小是设计侧向分型抽芯机构的依据。

11.2.1 抽芯距

抽芯距是指侧型芯从成型位置抽到不妨碍塑件脱模的位置所移动的距离。

$$S = S_1 + (2 \sim 3) \text{ mm} \quad (11-1)$$

式中: S ——设计抽芯距 (mm);

S_1 ——临界抽芯距 (mm), 即侧型芯或哈夫块抽到与塑件投影不重合时所移动的距离, 一般为侧孔或侧凹的深度。

11.2.2 抽拔力

抽拔力是从与开模方向有一定夹角的方位抽出型芯或分开哈夫块所需克服的阻力。这个力的大小随塑件结构、几何尺寸、原料性能及模具结构而异。当原料确定时, 抽拔力与模具结构和塑件形状密切相关, 一般可分为以下几种情况。

1. 当侧孔为圆形或矩形通孔时

$$F_t = \frac{pA(f \cos \alpha - \sin \alpha)}{1 + f \sin \alpha \cos \alpha} \quad (11-2)$$

式中: p ——塑件收缩时对型芯单位面积的正压力 (MPa), 一般取8~12MPa;

A ——塑件包紧型芯的侧面积 (mm^2);

f ——摩擦因数, 一般取0.1~0.2;

α ——拔模斜度, 一般取1~2°。

2. 当侧孔为圆形或矩形盲孔时

盲孔抽芯时, 还需克服大气压力, 因此抽芯力要大一些。

$$F_m = F_t + 0.1A' \quad (11-3)$$

式中: F_t ——通孔抽芯力 (N);

A' ——垂直于抽芯方向型芯的投影面积 (mm^2)。

11.3 斜销抽芯机构

斜销侧向抽芯机构是机动抽芯机构中应用最广泛的一种, 该机构具有结构简单、制造方便、安全可靠等特点。

11.3.1 工作原理

斜销侧向抽芯机构如图11-1所示，斜销3固定在定模板4上，侧型芯1由销钉2固定在滑块9上，开模时，开模力通过斜销3迫使滑块9在动模板10的导滑槽内向左移动，完成抽芯动作。为了保证合模时斜销3能准确地进入滑块9的斜孔中，以便使滑块复位，机构上设有定位装置，依靠螺钉6和压紧弹簧7使滑块9退出后紧靠在限位块8上定位。机构上设有楔紧块5，以保证滑块成型时的位置。塑件靠推管11推出型腔。

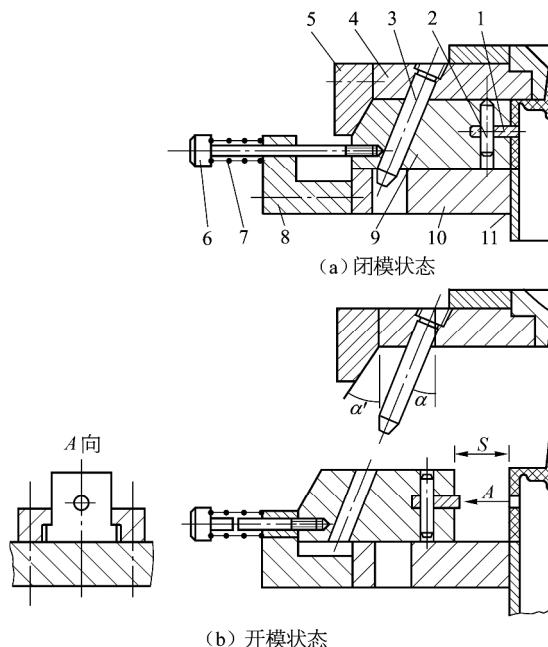


图 11-1 斜销侧向抽芯机构

1-侧型芯 2-销钉 3-斜销 4-定模板 5-楔紧块 6-螺钉

7-压紧弹簧 8-限位块 9-滑块 10-动模板 11-推管

11.3.2 斜销

斜销是斜销侧向抽芯机构中的关键零件，其主要作用是使滑块正确地完成开闭动作，它决定了抽芯力和抽芯距的大小。

1. 斜销的形状

斜销截面形状如图11-2所示，常用的斜销截面形状有圆形和矩形，圆形截面加工方便，易于装配，是应用最广泛的一种形式，其头部常做成球形或锥台形。矩形截面能承受较大的弯矩，虽加工较困难，装配不便，但在生产中仍有使用。

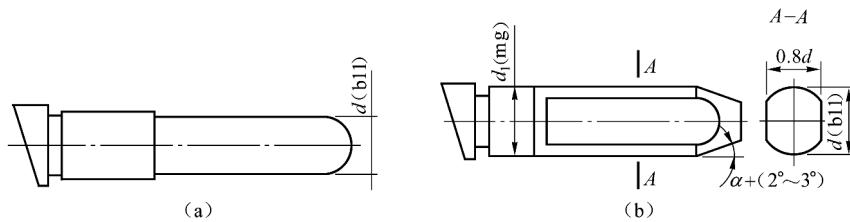


图 11-2 斜销截面形状

2. 斜销的截面形状

(1) 圆形截面的斜销

$$\text{直径 } d = \sqrt[3]{\frac{NL}{0.1[\sigma]}} \quad (11-4)$$

式中：N——斜销所受的最大弯曲力（N）；

L——斜销的有效长度（mm）；

[\sigma]——斜销的许用弯曲应力（MPa）。

2) 矩形截面的斜销

截面高为h（mm），宽为b（mm），且b=2/3h，则有

$$h = \sqrt[3]{\frac{9NL}{[\sigma]}} \quad (11-5)$$

3. 斜销的斜角

斜销斜角 α 是斜销的轴线与其开模方向之间的夹角。斜销的倾角 α 是决定斜销抽芯机构工作效果的一个重要参数，它不仅决定了开模行程和斜销长度，而且对斜销的受力状况有着重要的影响。由于注塑模的开模力较大，因此，应使斜销所承受的弯曲力最小。一般 α 不大于 25° ，常取 $15^\circ \sim 20^\circ$ 。

4. 斜销的长度

如图11-3所示，斜销有效工作长度L与倾角 α 的关系为

$$L = S / \sin \alpha \quad (11-6)$$

由上式可知，斜角 α 增大，开模行程及斜销有效工作长度均可减小，有利于减小模具的尺寸。但决定斜角的大小时，应从抽芯距、开模行程和斜销受力几个方面综合考虑。

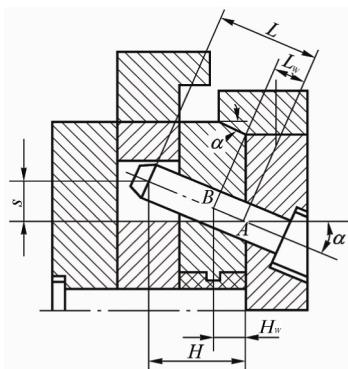


图 11-3 斜销有效工作长度

确定了斜销斜角 α 、有效工作长度 L 和直径 d 后，便可按图11-4所示几何关系计算斜销的总长度 $L_{\text{总}}$ 了。

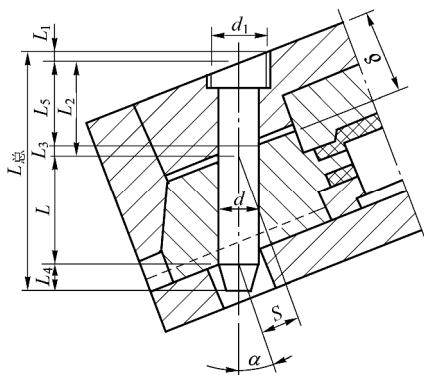


图 11-4 斜销长度

$$L_{\text{总}} = L_1 + L_2 + L + L_4 = \frac{d_1}{2} \operatorname{tg} \alpha + \frac{\delta}{\cos \alpha} + \frac{s}{\sin \alpha} + (5 \sim 10) \text{ mm} \quad (11-7)$$

式中： d_1 ——固定轴肩直径（mm）；

α ——斜销斜角（°）；

δ ——斜销固定板厚度（mm）；

s ——抽芯距（mm）。

11.3.3 楔紧块

楔紧块用于模具闭合后锁紧滑块，承受成型时塑料熔体对滑块的推力，避免斜销弯曲变形。开模时，要求楔紧块迅速让开，以免阻碍斜销驱动滑块抽芯，因此，楔紧块的楔角 α' 应大于斜销的斜角 α ，一般取 $\alpha'=\alpha+(2 \sim 3^\circ)$ 。

图11-5所示为几种常见的楔紧块的结构形式。图(a)为整体式结构，这种结构牢固可靠，

可承受较大的侧向力，但金属材料消耗大。图(b)采用螺钉与销钉固定的形式，结构简单，使用较广泛。图(c)利用T形槽固定楔紧块，销钉定位。图(d)采用楔紧块整体嵌入板的连接形式。图(e)、图(f)采用两个楔紧块，以增强锁紧力，适于侧向力较大的场合。

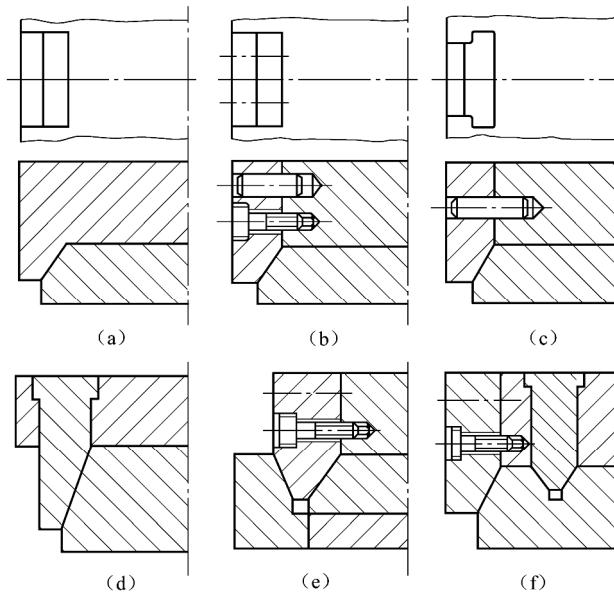


图 11-5 楔紧块的结构形式

11.3.4 滑块

滑块上装有侧型芯或成型镶块，在斜销驱动下，实现侧抽芯或侧向分型。滑块与侧型芯有整体式和组合式两种。整体式适于形状简单易于加工的场合。组合式的加工、维修和更换较方便，能节省优质钢材，故被广泛采用。

图11-6是几种常见的滑块与侧型芯的连接方式。对于尺寸较小的型芯，往往将型芯嵌入滑块部分。图(a)用销钉固定。图(b)用骑缝销钉固定。图(d)用螺钉顶紧。大尺寸型芯可用燕尾槽连接，如图(c)所示。薄片状型芯可嵌入通槽，再用销钉固定，如图(e)所示。多个小型芯采用压板固定，如图(f)所示。滑块常用45钢或T8、T10制造，淬硬至40HRC以上，而型芯则要求用CrWMn、T8、T10或45钢制造，硬度在50HRC以上。

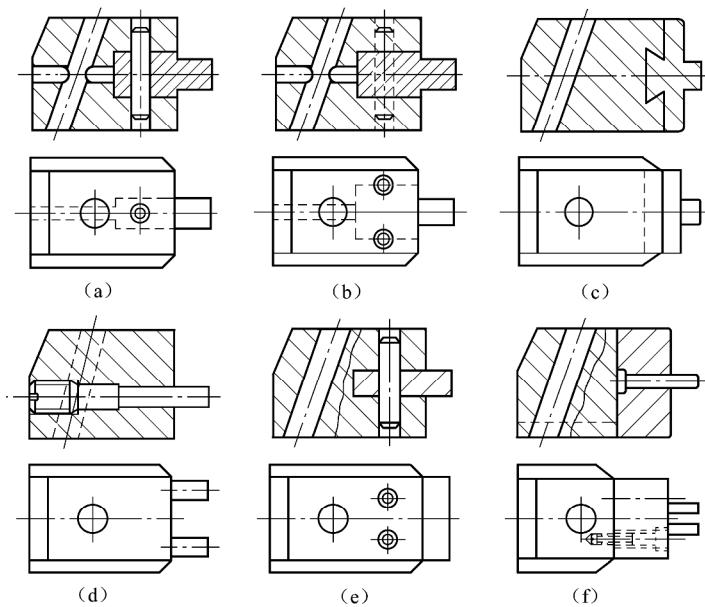


图 11-6 侧型芯与滑块的连接

11.3.5 导滑槽

常见的滑块与导滑槽的配合形式如图11-7所示。导滑槽应使滑块运动平衡、可靠，二者之间上下、左右各有一对平面配合，配合取H7/f7，其余各面留有间隙。滑块的导滑部分应有足够的长度，避免运动中产生歪斜，一般导滑部分长度应大于滑块宽度的2/3。有时为了不增大模具尺寸，可采用局部加长的措施来解决。导滑槽应有足够的耐磨性，由T8、T10或45钢制造，硬度在50HRC以上。

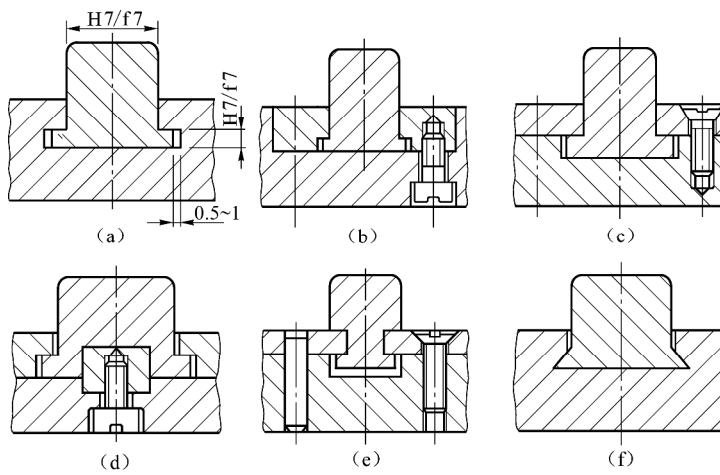


图 11-7 滑块的导滑形式

11.3.6 滑块的限位

模具开模后，斜销抽离滑块，此时滑块必须停留在一定的位置上，否则闭模时斜销不能准确地进入滑块，为此应设置滑块限位装置。

图11-8所示为常见的滑块限位装置。图(a)利用滑块自重靠在限位挡块上限位。图(b)利用弹簧使滑块停靠在限位挡块上限位，弹簧力应为滑块自重的1.52倍。图(c)利用弹簧销限位。图(d)利用弹簧钢球限位。图(e)利用埋在导滑槽内的弹簧和挡板与滑块的沟槽配合限位。

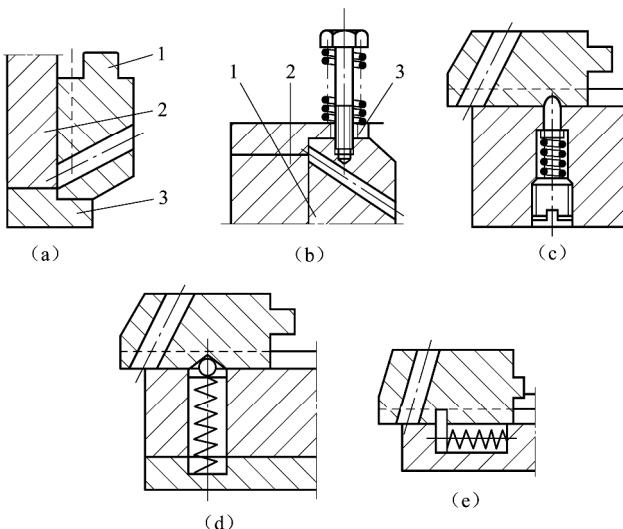


图 11-8 滑块限位装置

1-滑块 2-导滑板 3-限位挡块

11.3.7 先行复位机构

当侧型芯与推出机构发生了干涉现象时，须采用先行复位机构，使推出机构先于侧型芯回位前复位。

1. 产生干涉的条件

对于斜销安装在定模、滑块安装在动模的斜销侧向抽芯结构，若采用推杆或推管推出，并由复位杆复位时，必须避免复位时侧型芯与推杆或推管发生干涉。如图11-9所示，当侧型芯与推杆在垂直于开模方向的投影出现重合部位 S' 时，滑块的复位会先于推杆的复位，致使侧型芯与推杆相撞而损坏。由图(b)可知，满足侧型芯与推杆不发生干涉的条件是

$$H'tg\alpha \geq S' \quad (11-8)$$

式中： h' ——合模时，推杆端部到侧型芯的最短距离（mm）；

S' ——在垂直于开模方向的平面内，侧型芯与推杆的重合长度（mm）。

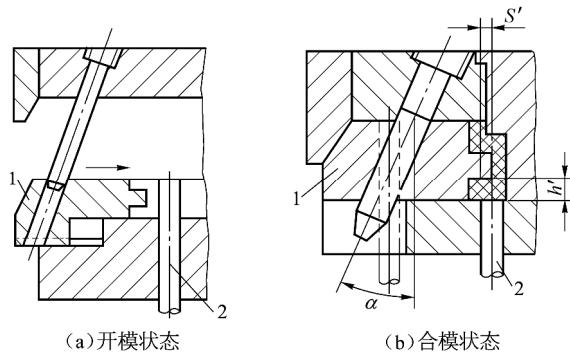


图 11-9 侧型芯与推杆干涉

1-侧型芯滑块 2-推杆

一般， $h'tg\alpha$ 只要比 S' 大0.5mm即可避免干涉。由上式可知，适当加大斜销的斜角 α 对避免干涉是有利的。若适当增加 α 角仍不能满足上式条件，则应采用推杆先行复位机构。

2. 先行复位机构

1) 弹簧式

图11-10所示是弹簧式先复位机构。在推杆固定板与动模板之间设置压缩弹簧，开模推出塑件时，弹簧被压缩，一旦开始合模，注塑机推顶装置与推出机构脱离接触，依靠弹簧的回复力，推杆迅速复位。弹簧式推出机构结构简单，但可靠性较差，一般用于复位力不大的场合。

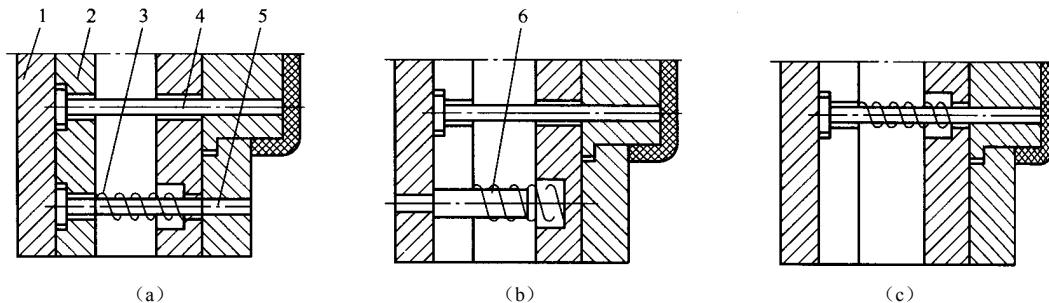


图 11-10 弹簧式先复位机构

1-推板 2-推杆固定板 3-弹簧 4-推杆 5-复位杆 6-弹簧柱

2) 楔形滑块式

图11-11所示是楔形滑块式先复位机构。楔形杆1固定在定模上，合模时，在斜销2驱动滑块3动作之前，楔形杆1推动三角滑块4运动，同时三角滑块4又迫使推管固定板6后退，带动推管5复位。

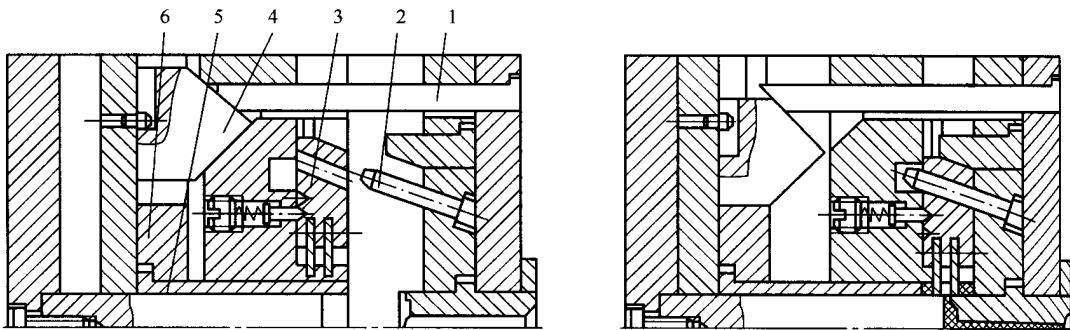


图 11-11 楔形滑块式先复位机构

1-楔形杆 2-斜销 3-滑块 4-三角滑块 5-推管 6-推管固定板

3) 摆杆式

图11-12所示是摆杆式先复位机构。合模时，楔形杆1推动摆杆4转动，使推板6后退，并带动推杆2先于侧型芯复位。

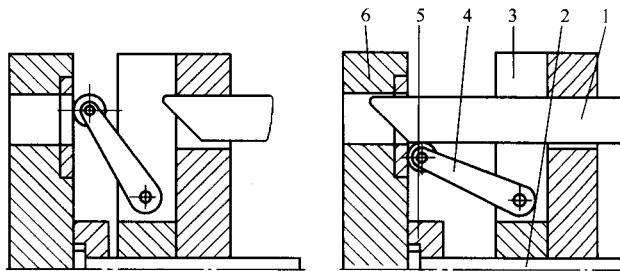


图 11-12 摆杆式先复位机构

● 1-楔形杆 2-推杆 3-支承板 4-摆杆 5-推杆固定板 6-推板

11.4 弯销抽芯机构

弯销侧向抽芯机构是斜销侧向抽芯机构的一种变形，其工作原理与斜销侧向抽芯机构相同，其区别在于用弯销代替斜销。弯销常为矩形截面，抗弯强度较高，可采用较大的斜角，在开模距离相同的条件下，可获得较斜销大的抽芯距。必要时，弯销还可由不同斜角的几段组成。以小的斜角段获得较大的抽芯力，而以大的斜角段获得较大的抽芯距，从而可以根据需要控制抽芯力和抽芯距。

11.4.1 弯销外侧抽芯机构

弯销可设在模板外侧，如图11-13所示。设计弯销抽芯机构时应使弯销和滑块的间隙稍大

一些，通常为0.5mm左右，以避免闭模时发生碰撞。

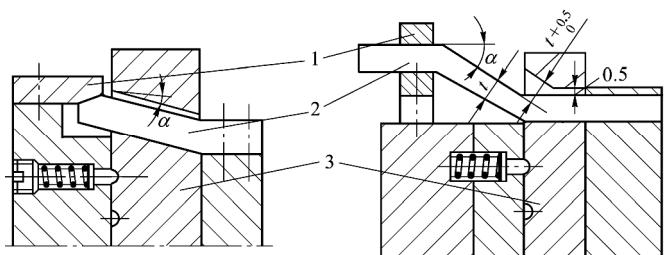


图 11-13 弯销外侧抽芯机构

1-楔紧块 2-弯销 3-滑块

11.4.2 弯销内侧抽芯机构

为使模板尺寸较小，可利用弯销进行内侧抽芯，如图11-14所示。开模时，先从I面分型，弯销2带动侧向型芯滑块3完成内侧抽芯。

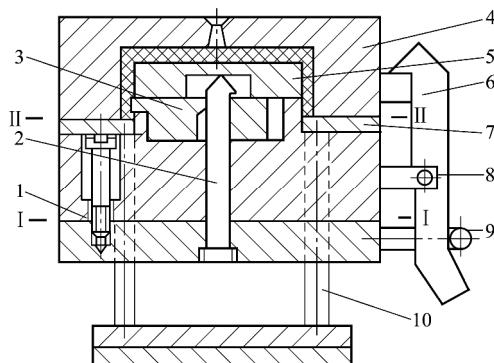


图 11-14 弯销内侧抽芯机构

1-限位螺钉 2-弯销 3-侧向型芯滑块 4-型腔板 5-型芯
6-摆钩 7-推出板 8-摆钩转轴 9-滚轮 10-推杆

11.5 斜滑块抽芯机构

斜滑块分型抽芯机构适用于塑件侧孔或侧凹较浅，所需抽芯距不大但成型面积较大的场合，如周转箱、线圈骨架、螺纹等。由于结构简单、制造方便、动作可靠，故应用广泛。

11.5.1 斜滑块外侧抽芯机构

图11-15所示是斜滑块外侧抽芯机构。开模时，推杆7推动斜滑块1沿模套6上的导滑槽上的

方向移动，在推动的同时向两侧分开，使塑件脱离型芯2的同时完成侧向抽芯动作。导滑槽的方向与斜滑块的斜面平行，限位螺钉5的作用是防止斜滑块1从模套6中脱出。

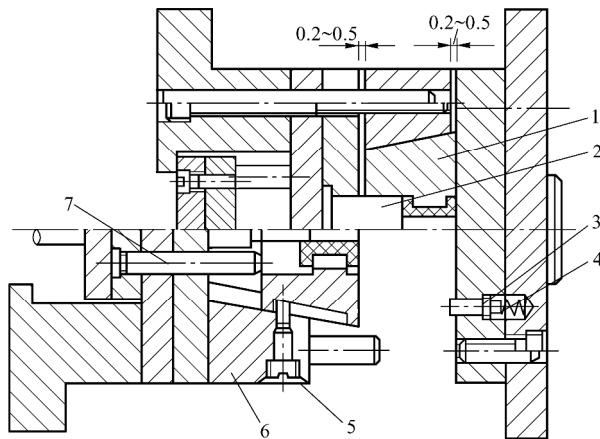


图 11-15 斜滑块外侧抽芯机构

1-斜滑块 2-型芯 3-止动钉 4-弹簧 5-限位螺钉 6-套模 7-推杆

11.5.2 斜滑块内侧抽芯机构

图11-16所示是斜滑块内侧抽芯机构，成型带有直槽内螺纹的塑件。开模后，推杆固定板1推动推杆5并使滑块3沿型芯2的导滑槽移动，实现塑件推出和内侧分型与抽芯。

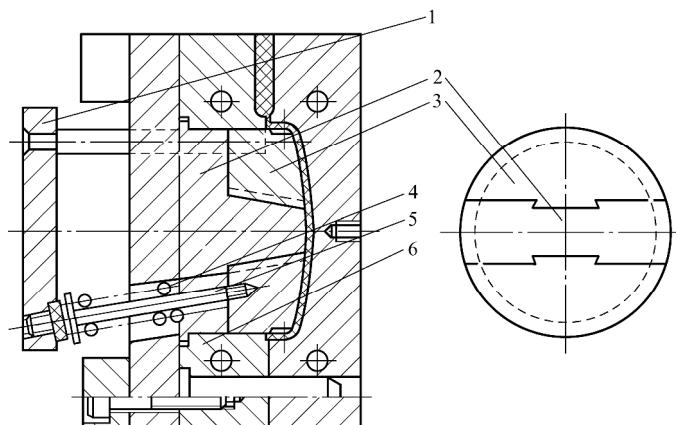


图 11-16 斜滑块内侧抽芯机构

1-推杆固定板 2-型芯 3-滑块 4-弹簧 5-推杆 6-动模板

11.5.3 斜滑块

斜滑块是斜滑块分型抽芯机构的主要工作零件。

1. 尺寸

斜滑块的斜角可以大些，但一般不超过 30° 。斜滑块的推出高度不宜过大，一般不宜超过导滑槽长度的 $2/3$ ，否则，推出塑件时斜滑块容易倾斜。为了防止斜滑块在开模时被带出模套，应设有限位螺钉。为保证斜滑块合模时拼合紧凑，不产生溢料，减少飞边，斜滑块底部与模套之间要留有 $0.2\sim0.5\text{mm}$ 间隙，如图11-15所示。同时，还必须使斜滑块顶部高出模套 $0.2\sim0.5\text{mm}$ ，以保证当斜滑块与模套配合面磨损后，仍保持拼合紧密；内侧抽芯时，斜滑块的端面不应高于型芯端面，而应在零件允许的情况下低于型芯 $0.05\sim0.1\text{mm}$ ，如图11-17所示，否则，由于斜滑块断面陷入塑件底部，在推出塑件时将阻碍斜滑块的径向移动。

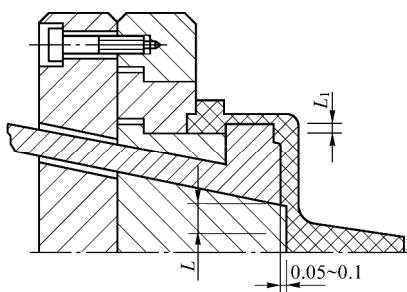


图 11-17 内斜滑块端面结构

2. 组合形式

图11-18所示为斜滑块常用组合形式，设计时，应根据塑件外形、分型与抽芯方向合理组合，以满足塑件的外观质量要求，避免塑件有明显的拼合痕迹。同时，还应使组合部分有足够的强度，使模具结构简单、制造方便、工作可靠。

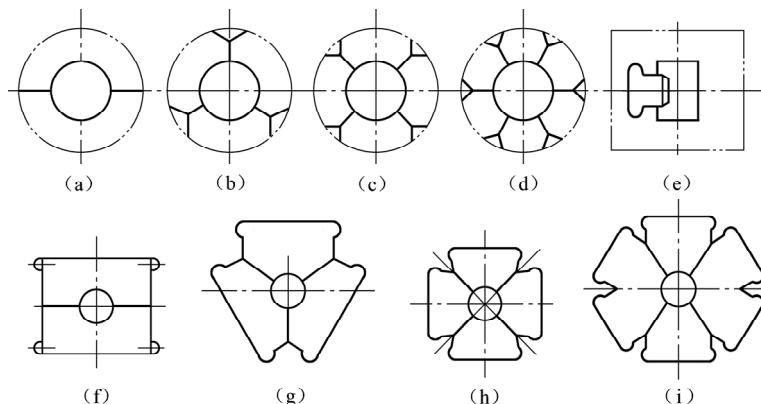


图 11-18 斜滑块的组合形式

3. 导滑形式

如图11-19所示，斜滑块的导滑形式按导滑部分的形状可分为图(a)的矩形、图(b)的半圆形、图(c)的圆形、图(d)的燕尾形。矩形和半圆形制造简单，故应用广泛。而燕尾形

加工较困难，但结构紧凑，可根据具体情况加工选用。斜滑块凸耳与导滑槽配合采用IT9级间隙配合。

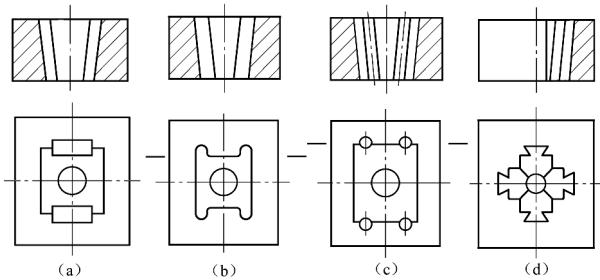


图 11-19 斜滑块的导滑形式

4. 斜滑块的止动

当塑件成型时，对定模部分的包紧力大于动模部分时，开模后，可能出现斜滑块随定模而张开的情况，导致塑件损坏或滞留在定模。为使塑件强制留在动模，需对斜滑块设止动装置，如图11-20所示，开模后，止动销5在弹簧作用下压紧斜滑块3的端面，使其暂时不从模套4中脱出，阻挡塑件从定模脱出后，再由推杆1使斜滑块3侧向分型并推出塑件。

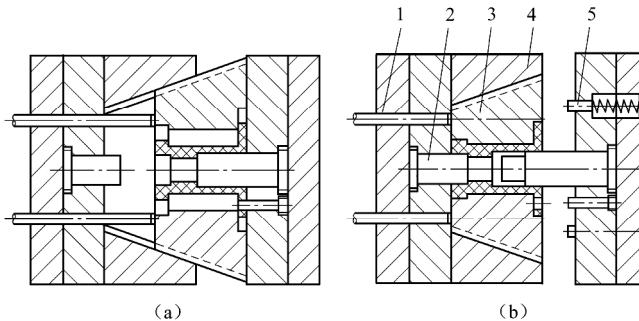


图 11-20 斜滑块止动结构

1-推杆 2-动模型芯 3-斜滑块 4-模套 5-止动销

11.6 斜杆抽芯机构

斜杆抽芯机构适用于成型较浅的塑件内、外侧孔或侧凹，所需抽芯距和抽拔力均不大的情况，主要利用推出力完成侧抽。

11.6.1 斜杆外侧抽芯机构

图11-21所示为斜杆导滑的外侧抽芯机构。斜杆3是在推板5的驱动下，带动斜滑块1沿模套2的斜面方向运动，完成分型抽芯动作。滚轮4可减小推动过程中与推板5的滑动摩擦。

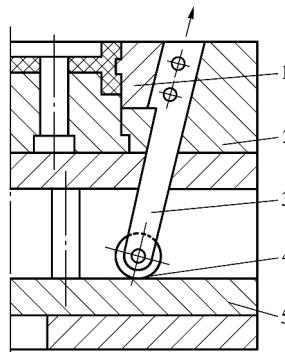


图 11-21 斜杆外侧抽芯机构

1-斜滑块 2-模套 3-斜杆 4-滚轮；5-推板

11.6.2 斜杆内侧抽芯机构

图11-22所示是斜杆导滑的内侧抽芯机构，斜杆3的头部即为成型滑块，型芯1上开有斜孔，在推出板5的作用下，斜杆3沿斜孔运动，使塑件一面抽芯，一面脱模。斜杆导滑的侧向抽芯机构受斜杆刚度的限制，多用于抽芯力较小的场合。

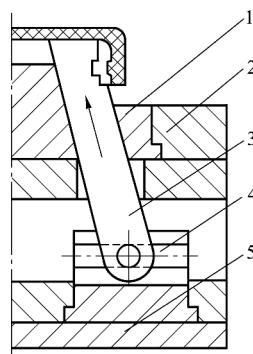


图 11-22 斜杆内侧抽芯机构

1-型芯 2-模套 3-斜杆 4-滑座 5-推出板

11.7 齿轮齿条抽芯机构

齿轮齿条侧向抽芯机构可产生较大的抽芯距和抽拔力，除了能侧向分型抽芯外，还能完成弧形抽芯。

11.7.1 利用开模力实现齿轮齿条的斜向抽芯机构

图11-23所示是利用开模力实现齿轮齿条的斜向抽芯。塑件孔由齿条型芯1成型，固定在定

模上，开模时，传动齿条3通过齿轮2带动齿条型芯1实现抽芯。开模到终点位置时，传动齿条3脱离齿轮2。为防止再次合模时齿条型芯1不能回复原位，机构中设置了弹簧定位销4，在开模运动结束时插入齿轮轴的定位槽中，以实现定位。

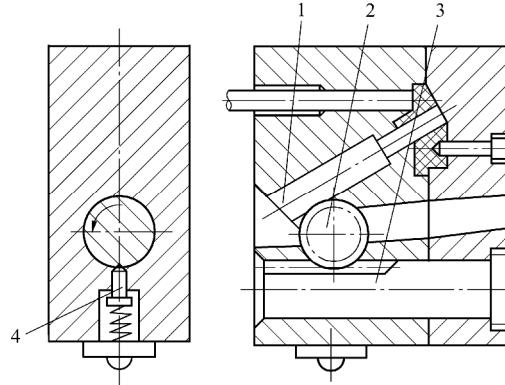


图11-23 利用开模力的斜向抽芯机构

1-齿条型芯 2-齿轮 3-传动齿条 4-弹簧定位销

11.7.2 利用推出力实现齿轮齿条的斜向抽芯机构

图11-24所示是齿条固定在推板上的齿轮齿条侧向抽芯机构，利用推出力带动齿轮抽出型芯，然后大推板推动小推板，由小推板上的推杆推出塑件。合模过程中小推板由复位杆复位，压杆4的作用是使齿条3回复原位，通过齿轮2使齿条型芯1完全复位，并起锁紧作用。由于传动齿条3与齿轮2始终处于啮合状态，因此该齿条型芯无须定位。

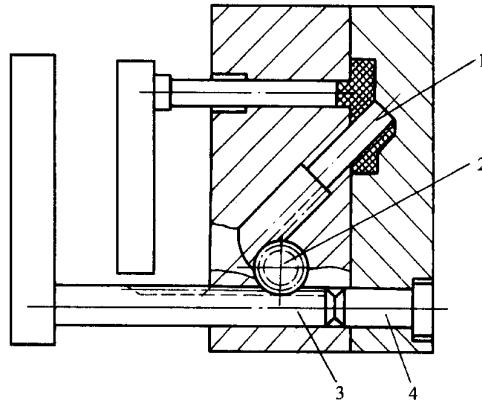


图11-24 利用推出力的斜向抽芯机构

1-齿条型芯 2-齿轮 3-传动齿条 4-压杆

11.7.3 利用齿轮齿条抽芯机构实现弧形抽芯

齿轮齿条侧向抽芯机构除了可以实现直线抽芯外，还可以实现弧形抽芯。如图11-25所示，塑件为电话听筒手柄，利用开模力使固定在定模部分的齿条2拖动动模部分的齿轮3，通过互成 90° 的啮合斜齿轮转向后，由直齿轮6带动弧形齿条型芯4沿弧线抽出，该齿条在弧形滑槽内滑动，同时固定在定模上的斜销将滑块5抽出。塑件由推杆脱出。

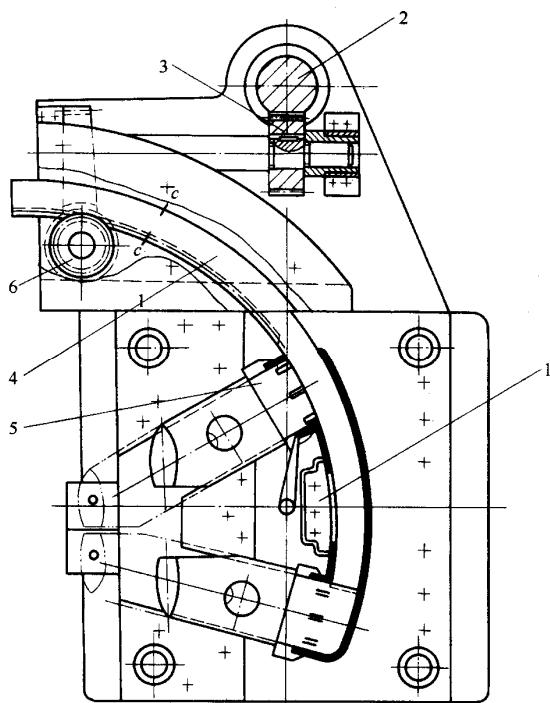


图 11-25 齿轮齿条弧形抽芯

1-成型镶块 2-齿条 3、6-齿轮 4-弧形齿条型芯 5-滑块

11.8 手动抽芯机构

手动侧向抽芯是在推出塑件前或脱模后，用手工方法将活动型芯取出。模具结构较简单，但生产效率低，劳动强度大，抽拔力有限，仅在特殊场合适用，如新产品试制、小批量塑件生产等。

11.8.1 开模前手动抽芯机构

图11-26所示为开模前手动抽芯的两个例子。图(a)的结构最简单，在推出塑件前，用扳手旋出活动型芯。图(b)的活动型芯在抽芯时只作水平移动，故适用于非圆形侧孔的抽芯。

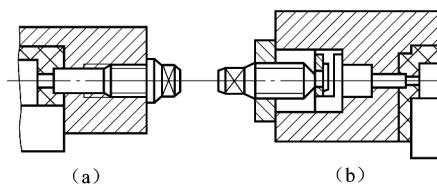


图 11-26 模内手动抽芯机构

11.8.2 开模后手动抽芯机构

图11-27所示为脱模后用手工取出型芯或镶块的例子，取出的型芯或镶块再重新装回模具中。注意活动型芯或镶块的可靠定位。

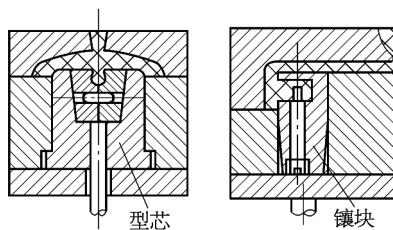


图 11-27 模外取出型芯或镶块

11.9 液压气动抽芯机构

液压气动抽芯机构是在推出塑件前或脱模后，用液压或气动驱动的方式带动侧型芯的抽出与复位。

11.9.1 液压抽芯机构

液压抽芯是利用液压推动液压缸的活塞杆，抽出同轴的侧型芯。图11-28所示为液压抽芯机构，带有锁紧装置，侧向型芯设在动模一侧。成型时，侧向活动型芯由定模上的楔紧块锁紧。开模时，楔紧块离去，由液压抽芯系统抽出侧向活动型芯，然后再推出塑件，推出机构复位后，侧向型芯再复位。

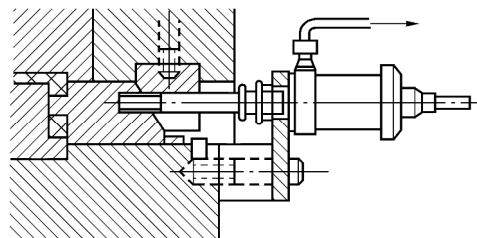


图 11-28 液压抽芯机构

11.9.2 气动抽芯机构

气动抽芯是利用气压推动气压缸的活塞杆，抽出同轴的侧型芯。图11-29所示为气动抽芯机构。图示的结构中没有锁紧装置，这在侧孔为通孔或者活动型芯仅承受很小的侧向压力时是允许的，因为气缸压力尚能使侧向的活动型芯锁紧不动，否则应考虑设置活动型芯的锁紧装置。

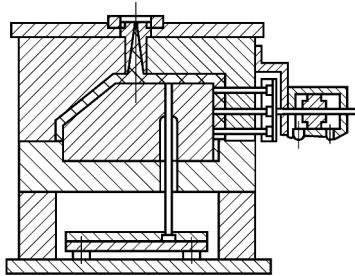


图 11-29 气动抽芯机构

复习思考题

1. 侧向分型抽芯机构有什么作用？
2. 侧向分型抽芯机构按动力来源可分为哪几类？
3. 如何计算抽芯距和抽拔力？
4. 斜销抽芯机构有什么特点？
5. 斜销抽芯机构的工作原理是什么？
6. 如何设计斜销、楔紧块、滑块、导滑槽？
7. 滑块的限位装置有哪几种结构？分别用在什么场合？
8. 哪种情况下需要设计先行复位机构？
9. 常见的先行复位机构有哪些？
10. 弯销抽芯机构有什么特点？
11. 斜滑块抽芯机构有什么特点？
12. 斜滑块抽芯机构的工作原理是什么？
13. 如何设计斜滑块？
14. 斜杆抽芯机构有什么特点？
15. 齿轮齿条抽芯机构有什么特点？

- 16. 齿轮齿条抽芯机构如何实现弧形抽芯?
- 17. 手动抽芯机构有什么特点?
- 18. 液压气动抽芯机构有什么特点?

第 12 章

温度调节系统

本章重点

- 讲解温度调节系统的作用和设计原则
- 讲解型腔、型芯冷却系统设计方法和常用结构
- 讲解加热系统的设计

学习目的

通过本章的学习，了解注塑模温度调节系统的作用，掌握型腔、型芯冷却系统的常用结构，了解加热系统的设计，并能合理地选择和设计注塑模温度调节系统，特别是冷却系统。

模具温度是否合理直接关系到塑件的尺寸精度、表观质量、生产效率等，是注塑模设计中的一项重要内容。本章介绍模具温度调节系统的作用、设计原则、冷却系统、加热系统等，并重点介绍了型腔、型芯冷却系统的结构设计。

12.1 温度调节系统的作用和设计原则

在注塑模中设置温度调节系统的目的，就是要通过控制模具温度，使注塑成型具有良好的塑件质量和较高的生产率。

12.1.1 温度调节系统的作用

1. 保证塑件质量

塑料品种很多，每一种塑料成型的最佳温度不同，通过温度调节系统，可以得到最佳模温，使塑料有良好的成型性。也可以使型腔、型芯的温度相近和均匀，减少塑件的变形。同时，稳定的模温可使塑料的力学性能大为改善，使塑件具有良好的机械强度，能有效减少塑件成型时收缩的波动，保证塑件的尺寸精度，改善塑件外观质量，使塑件表面光滑，具有光泽。

2. 提高生产效率

塑料熔体在注塑成型时温度很高，充模后，应冷却、固化后才能开模取出塑件，一般来说，模具的冷却时间约占成型周期的 $2/3 \sim 4/5$ ，而模具温度调节系统就是要在较短的时间内使模温降低，以缩短生产周期，提高生产效率。因此，缩短成型周期内的冷却时间是提高生产效率的关键。

12.1.2 温度调节系统设计原则

注入模具的熔融塑料必须在模内冷却固化才能成为塑件，因此，模具温度必须低于模内熔融塑料的温度，达到该塑料玻璃化温度以下的某一温度范围。由于树脂本身的性能特点不同，不同的塑料要求有不同的模具温度。同时，不同尺寸大小和复杂程度的塑件，对模具温度的要求也不一样。设计模具温度调节系统的原则如下。

(1) 对于黏度低、流动性好的塑料，可采用常温水进行冷却，并通过调节水的流量大小控制模具温度。若塑件生产批量大，也可采用冷冻水控制模温。

(2) 对于黏度高、流动性差的塑料，常需要对模具加热。

(3) 对于黏流温度或熔点不太高的塑料，一般采用常温水或冷冻水对模具进行冷却。有时也采用加热措施对模温进行控制。

- (4) 对于黏流温度或熔点高的塑料，可采用温水控制模温。
- (5) 对于热固性塑料，必须对模具采取加热措施。
- (6) 受塑件几何形状的影响，塑件在模具内各处的温度不一定相等，可对模具采用局部加热或局部冷却的方法，以改善塑件温度分布情况。
- (7) 对于流程很长、壁厚又比较大的塑件，或者是黏流温度或熔点虽然不高，但成型面积很大的塑件，可对模具采取适当的加热措施。
- (8) 对于工作温度要求高于室温的大型模具，可在模内设置加热装置。
- (9) 为了能实时准确地调节和控制模温，可在模内同时设置加热和冷却装置。

部分热塑性塑料成型温度与模具温度参见表12-1。

表 12-1 部分热塑性塑料成型温度与模具温度

单位：℃

树脂名称	成型温度	模具温度	树脂名称	成型温度	模具温度
LDPE	190~240	20~60	PA6	230~290	40~60
HDPE	210~270	20~60	PA66	280~300	40~80
PP	200~270	20~60	PA610	230~290	40~60
PS	170~280	20~70	POM	180~220	90~120
AS	220~280	40~80	硬 PVC	190~220	20~60
ABS	200~270	40~80	软 PVC	170~190	20~40
PMMA	170~270	20~90	PC	250~290	90~110

12.2 冷却系统设计

模具冷却系统的设计与使用的冷却介质、冷却方法有关。注塑模可用水、压缩空气和冷凝水冷却，其中使用水冷却最为广泛，因为水的热容量大，传热系数大，成本低。

12.2.1 冷却系统设计原则

设计模具冷却系统时，一般是在型腔、型芯等部位合理地设计冷却回路，并通过调节冷却水的流量及流速来控制模温，为了提高冷却系统的效率和使型腔表面温度分布均匀，设计冷却系统时应遵守以下原则。

1. 冷却水道布局应合理

根据对模温状况的分析，可初步确定水道开设的位置。当塑件的壁厚均匀时，冷却管道与型腔表面的距离最好相等，分布尽量与型腔轮廓相吻合，如图12-1 (a) 所示。当塑件的壁厚不均匀时，在壁厚处应加强冷却，冷却管道间距小且较靠近型腔，如图 (b) 所示。

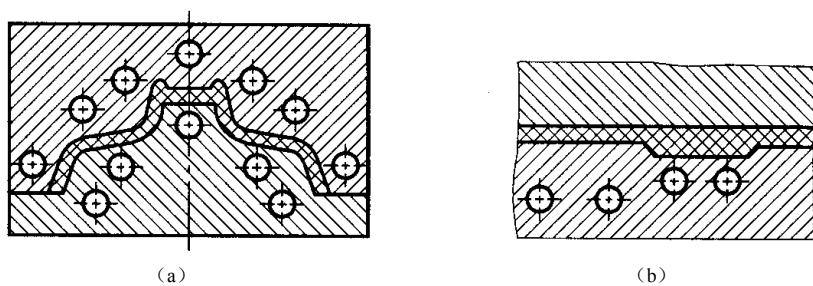


图 12-1 冷却水道的布置

2. 冷却水道直径与水道间的间距应合理

冷却水道的直径与水道间的间距直接影响模温分布。如图12-2所示，图(a)和(b)的水孔到型腔的最短距离(垂直距离)相同，但水道数量不一样，从而型腔热量向冷却源流动的路程就会不同。图(a)采用5个较大的冷却水道，型腔表面温度比较均匀，出现 $60 \sim 60.05^{\circ}\text{C}$ 的变化。而同一型腔，图(b)采用2个较小的冷却水道，型腔表面温度出现 $53.33 \sim 61.66^{\circ}\text{C}$ 的变化。由此可见，为了使型腔表面温度分布趋于均匀，防止塑件不均匀收缩和产生内应力，在模具结构允许的情况下，应尽量多设冷却水道且使用较大的截面尺寸。

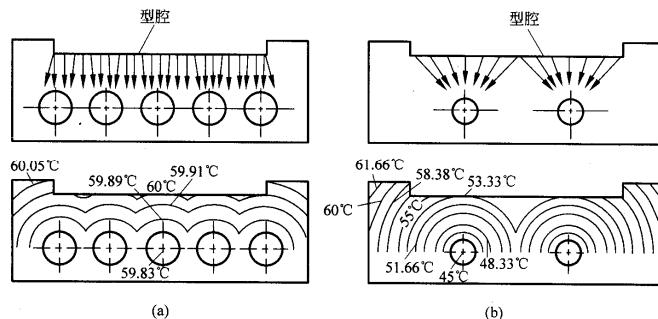


图 12-2 冷却水道数量及温度分布

3. 冷却水道到型腔表壁的距离应合理

冷却水道到型腔表壁的距离关系到型腔是否冷却均匀和模具的刚、强度问题。不能片面地认为距离越近冷却效果越好。设计冷却水道时，往往受推杆、镶件、侧抽芯机构等零件限制，不可能都按照理想的位置开设水道，水道之间的距离也可能较远，这时，水孔距离型腔位置过近，则冷却均匀性差。同时，在确定水道与型腔壁的距离时，还应考虑模具材料的强度和刚度。避免距离过近，在模腔压力下使材料发生扭曲变形，使型腔表面产生龟纹。图12-3是水孔与型腔表壁距离的推荐尺寸，该尺寸兼顾了冷却效率、冷却均匀性和模具刚、强度的关系，水孔到型腔表壁的最小距离不应小于10mm。

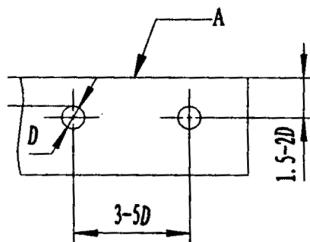


图 12-3 水孔到型腔表壁的推荐距离

4. 冷却水道进、出口水的温差应尽量小

冷却水道两端进、出水温差小，则有利于型腔表面温度均匀分布。一般塑件要求温差在 10°C 以内，精密塑件在 2°C 以内。通常可通过改变冷却水道的排列形式来降低进、出口水的温差，如图12-4所示，图(a)所示的结构形式由于管道长，进口与出口水的温差大，塑件冷却不均匀。图(b)所示的结构形式因管道长度缩短，进口与出口水的温差小，冷却效果好。

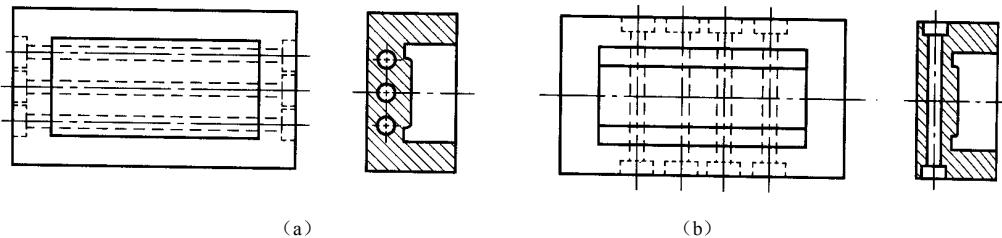


图 12-4 冷却水道的排列

5. 浇口处应加强冷却

塑料熔体在充模时，一般在浇口处附近的温度最高，而离浇口越远温度越低，因此应加强浇口处的冷却。通常采用将冷却回路的进水口设在浇口附近，可使浇口附近在较低水温下冷却，如图12-5所示，图(a)为侧浇口冷却回路的布置，图(b)为多点浇口冷却回路的布置。

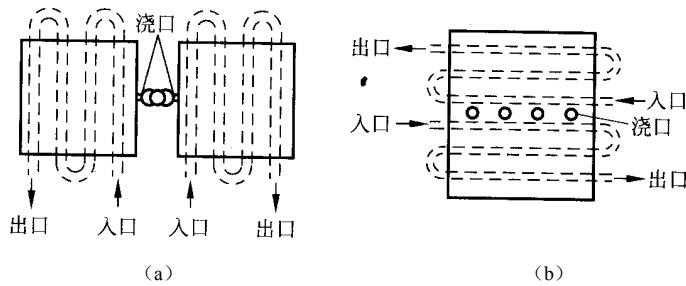


图 12-5 加强浇口处冷却

除上述几项基本原则外，还应避免将冷却水道设置在塑件易产生熔接痕部位；要注意水管的密封问题，一般冷却水道不应穿过镶块，以避免在接缝处漏水，若必须通过镶块时，则应设置套管进行密封；冷却水道应便于加工和清理；为便于操作，应将进口、出口水管接头尽量设

置在模具同一侧，通常设置在注射机背面的模具一侧。同时，冷却水道应畅通无阻，避免产生存水和回流的情况。

12.2.2 型腔冷却系统结构

1. 深腔型腔的冷却

对于尺寸较大、较深的型腔，必须单独设置冷却水道，常用的冷却形式如图12-6所示，图(a)为分层水道式，图(b)为螺旋水槽式。

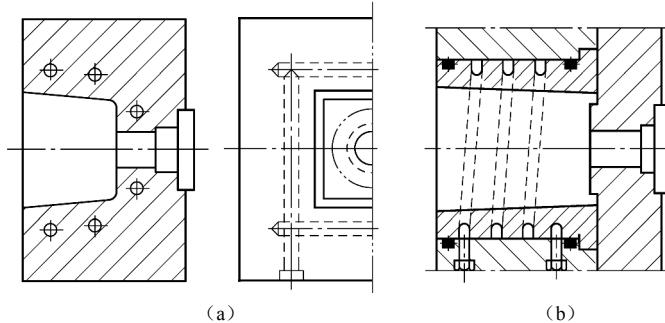


图 12-6 尺寸较大的型腔冷却水道布置

2. 整体镶嵌式型腔的冷却

对于尺寸较大、采用镶嵌形式的型腔，通常可采用如图12-7所示的方法设置冷却水道，尽量将冷却水道开设在镶嵌上，以增强冷却效果。

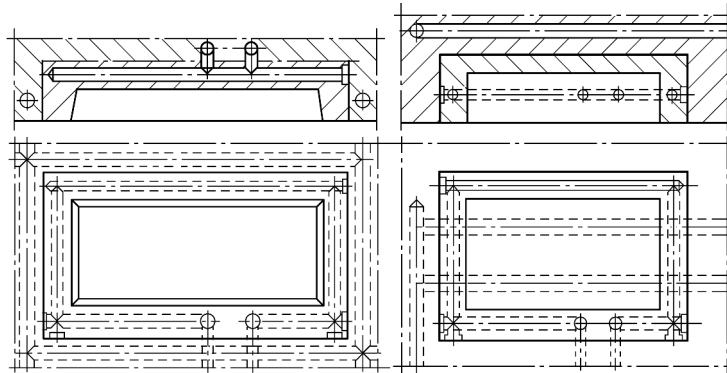


图 12-7 整体镶嵌型腔冷却水道布置

3. 整体型腔的冷却

对于直接在模板上加工而成的小型模具的型腔，可直接在模板上设置冷却水道。在模板上设置冷却水道，应使冷却水道尽量靠近型腔表面和尽量围绕型腔，使塑件在冷却过程中均匀。通常的冷却水道布置形式如图12-8所示。图(a)为“二型”布置，这种冷却水道加工较简单，

但塑件冷却不够均匀，适于批量不大、精度要求不高的塑件。图（b）为“U型”布置，冷却效果略好于“二型”布置形式。图（c）为“口型”布置，由于冷却水道基本上围绕型腔分布，冷却较均匀。图（d）为多组独立冷却水道布置，这种结构减少了冷却水在入口和出口的温差，保证了塑件的冷却效果，适于冷却水道较长的情况。

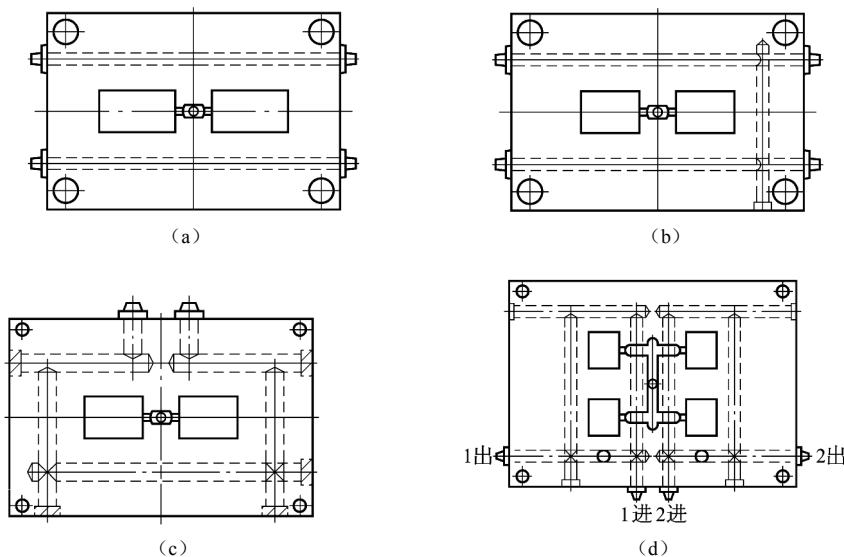


图 12-8 型腔板的冷却水道布置形式

12.2.3 型芯冷却系统结构

1. 主型芯的冷却

主型芯一般体积较大，常用的冷却方式如图12-9所示。图（a）是在型芯上开设两条斜孔，这种结构，由于冷却水道距型芯表面的距离不等，所以冷却效果不均匀。一般仅用于成型塑件壁较薄、尺寸较小的型芯。图（b）是一种冷却效果均匀、塑件散热很好的冷却水道排列方法，常用于尺寸较大的型芯。值得注意的是，在制作这种冷却水道时，型芯侧面的水道封堵一定要平整。如果这一部位受压较大时，可采用镶嵌淬火钢垫的方式。图（c）采用具有较好热传导率的材料，如铍青铜作型芯，并与冷却水道相结合的方法。图（d）是在型芯尺寸、力学强度允许的前提下，在型芯中加入带有螺旋的水槽镶件，可获得较好的冷却效果。

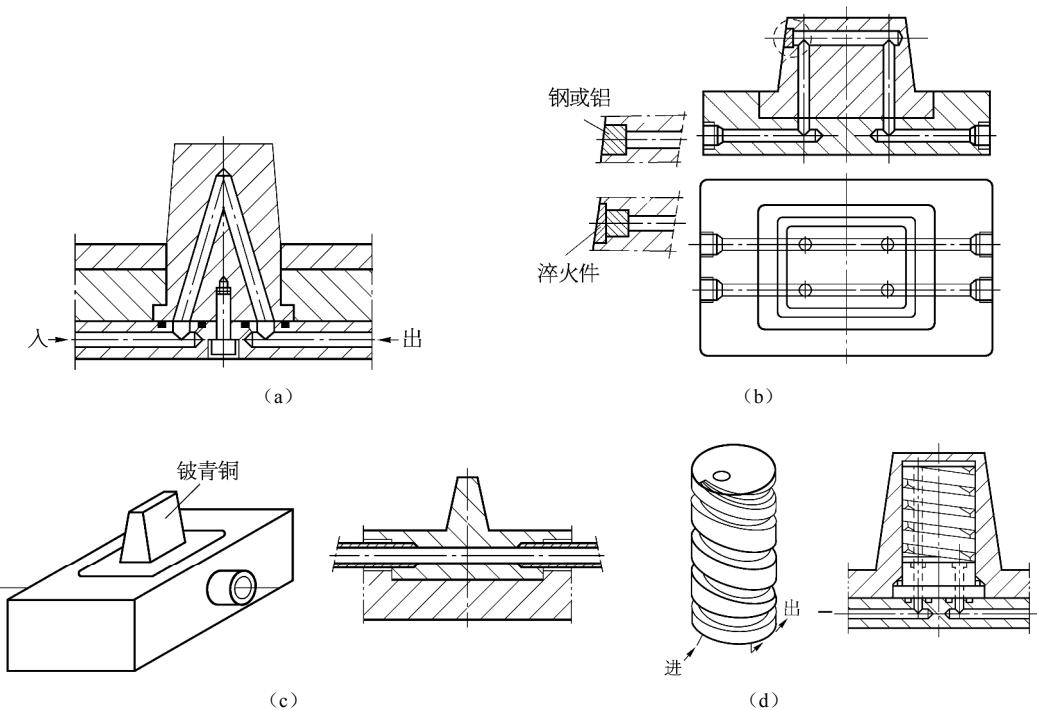
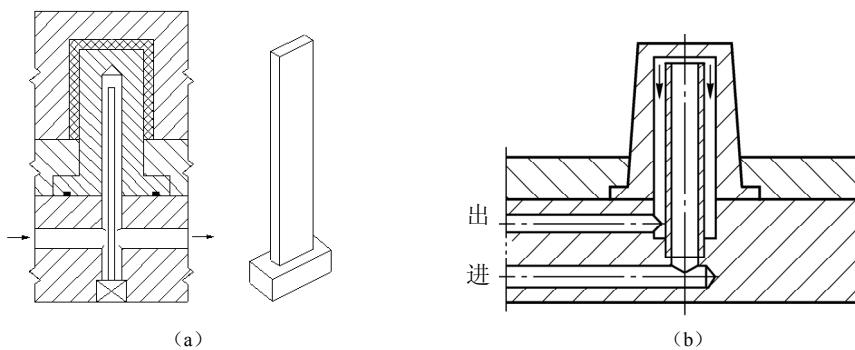


图 12-9 主型芯冷却水道的设置

2. 细长型芯的冷却

细长型芯由于直径较小，使得热传导困难，常用的冷却方式如图12-10所示。图(a)采用隔板式冷却，隔板将水道一分为二，形成进水和出水水道。图(b)采用喷淋式冷却，将铜管插入型芯，铜管与型芯内孔的配合要适当。冷却水流入铜管，水向上喷射而出，沿着型芯内孔表壁流下，再由出水水道流出模外。图(c)是在型芯内部较粗的部分加入细铜棒，细铜棒的一端连接模板中的冷却水道。图(d)是直接采用导热性能优良的材料制作型芯，如铍青铜，冷却水道直接冷却型芯尾部。



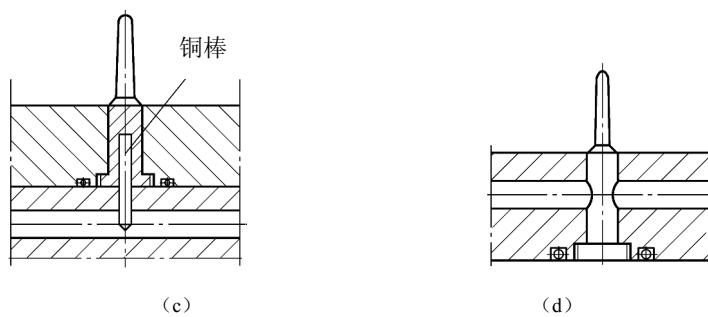


图 12-10 细长型芯冷却水道的设置

3. 多个型芯的冷却

当模具有多个型芯时，可采用图12-11所示的冷却方式同时冷却多个型芯。图(a)是采用串联冷却水道，这样的结构使冷却水流有力，但存在随着型芯数目增加温度梯度变化大的问题。适用型芯数目不多的模具。图(b)是采用并联冷却水道，这样的结构使模具型芯随温度梯度变化不大，但冷却水流不够有力，其结果会导致对不同型芯冷却效果不均匀。

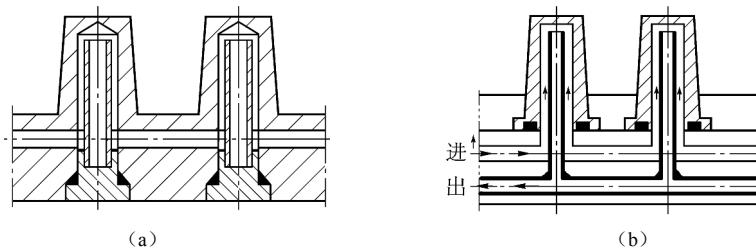


图 12-11 多个型芯冷却水道的设置

12.3 加热系统设计

对于成型熔融黏度高、流动性差的塑料及热固性塑料等的注塑模，通常要设计加热系统。

12.3.1 加热系统应用范围

1. 熔融黏度高，流动性差的塑料

如聚碳酸酯、聚甲醛、氯化聚醚、聚砜、聚苯醚等，要求较高的模温才能注塑成型，此时需要对模具进行加热。若模温过低，则会影响塑料的流动性，产生较大的流动剪切力，使塑件的内应力较大，甚至还会出现冷流痕、银丝、注射不满等缺陷。尤其是当模具刚开始注射时，这种情况更为明显。当模温要求在80℃以下时，模具上无须设置加热装置，可利用熔融塑料的余热使模具升温，以达到模具要求的工艺温度。若模温要求在80℃以上时，模具就要有加热装置。

2. 热固性塑料

热固性塑料固化成型的温度条件是受热，因此必须对模具采取加热措施，且加热系统的控制应更加准确和均匀，既能防止熔体发生早期固化，又能给热固性塑料提供足够的交联固化反应时间。表12-2为部分热固性塑料注塑模的模温参考值。

表 12-2 部分热固性塑料注塑模模温

单位：℃

塑 料	模 温	塑 料	模 温	塑 料	模 温
酚醛	160~190	不饱和聚酯	170~190	有机硅	170~216
脲甲醛	140~160	环氧	150~170	聚酰亚胺	170~200
三聚氰胺	150~190	DAP	160~175	聚丁二烯	230

12.3.2 加热方式

电加热是常采用的加热方式，其优点是设备简单、紧凑、投资小，便于安装、维修、使用，温度容易调节，易于自动控制。缺点是升温缓慢，并有加热后效现象，不能在模具中交替地加热和冷却。

1. 电阻丝加热

将电阻丝绕制成螺旋弹簧状，再将它套上瓷管或带孔的陶瓷元件，安放在加热板或模具的加热孔中，如图12-12所示。该方法虽然简单，成本低廉，但由于电阻丝直接与空气接触，容易氧化损耗，因而使用寿命短，而且热量损耗较大，不利于节能。此外，赤热的电阻丝暴露在模外也不安全，电阻丝烧坏后也不便于维修。为安全起见，最好用云母及石棉垫片与加热板外壳绝缘。

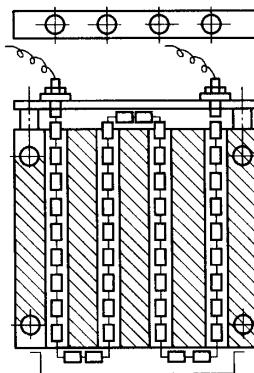


图 12-12 电阻丝加热

2. 电热棒加热

在电阻丝与金属管内填充石英砂或氧化镁等耐热材料，在管内的两端垫有云母片或石棉垫片，在电阻丝出口处用瓷塞塞住，电阻丝两端通过瓷塞上的两个小孔引出，如图12-13所示，

这样组成的电加热元件称为电热棒。由于电热棒的电阻丝与外界空气隔绝，因此不易氧化，使用寿命长，易于更换，比较安全。

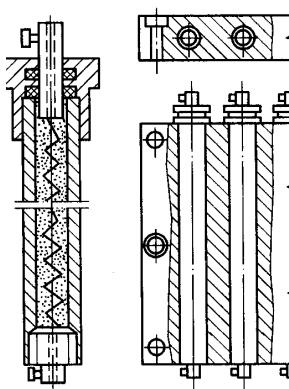


图 12-13 电热棒加热

3. 电热套加热

电热套加热就是在模具型腔板外围套上电热套。电热套应与模具外形相吻合，最常见的有矩形和圆形两种，如图12-14所示。矩形电热套由4块电热片构成，用导线和螺钉连成一体。圆形电热套也是通过螺钉夹紧在模具上，它可以制成整体式和两半式，前者加热效率好，后者制造及安装方便。

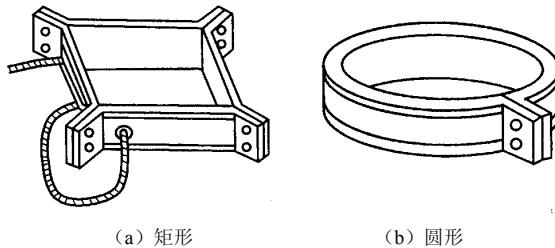


图 12-14 电热套加热

复习思考题

1. 注塑模设置温度调节系统有什么作用？
2. 温度调节系统设计的原则有哪些？
3. 注塑模冷却系统设计的原则有哪些？
4. 型腔冷却系统的常见结构有哪些？
5. 主型芯、细长型芯冷却系统的常见结构有哪些？
6. 多个型芯冷却系统的常见结构有哪些？

-
- 7. 加热系统主要用在什么场合?
- 8. 注塑模主要加热方式有哪些?

第 13 章

注塑模材料选择及热处理

本章重点

- 讲解注塑模材料的性能和选择原则
- 讲解注塑模材料的热处理要求和常用热处理方法

学习目的

通过本章的学习，了解注塑模材料的性能和选择原则，了解注塑模材料的热处理要求，掌握常用热处理方法，并能合理地选择注塑模零件材料和相应的热处理。

合理选择注塑模具的材料是注塑模设计和制造的关键,它能有效提高模具寿命,降低成本,提高塑件的质量。因此,对注塑模零件要根据不同的应用条件合理选择材料,并进行相应的热处理。本章介绍注塑模材料的选择和热处理,并给出了注塑模零件常用材料和热处理方法。

13.1 注塑模材料的选择

注塑模的加工性能和使用寿命与所用材料关系很大,因此合理选择模具各组成零件的材料很重要。

13.1.1 注塑模材料应具备的性能

一般来说,模具材料应具备以下性能。

1. 高耐磨性

为了增加塑件的刚性和机械性能,在塑料配方中广泛使用玻璃纤维、无机填料等填充剂来增强,它们和熔融塑料一起高速注入模具型腔,对模具型腔、型芯的摩擦很大,容易使型腔、型芯受到过度磨损,因此,制作注塑模成型零件的材料应具有较好的耐磨性。

2. 高耐蚀性

很多塑料的添加剂,如阻燃剂等,甚至熔料本身的化学反应释放的气体都具有腐蚀性,会腐蚀与它们直接接触的模具零件。因此,最好使用耐蚀钢或对模具进行表面电镀处理,镀铬或镀镍。

3. 良好的导热性

在塑料成型过程中,良好的模温控制对塑件质量影响很大。通常,铜合金比合金钢的导热性要好得多,但它的弹性模量、硬度和耐用度较低。钢材的导热性不足但可用冷却系统来补偿。

4. 良好的尺寸稳定性

在塑料成型过程中,模具型腔的温度可高达300℃以上,温差这么大,易使型腔结构产生微观变化,从而造成模具尺寸变化,使得塑件尺寸不稳定,为此,可选用适当回火处理的工具钢,即热处理钢。为了提高硬度和耐磨性,一般对模具成型零件都要进行热处理。但应使这种热处理对模具的尺寸影响最小,可采用能切削加工的预硬化钢,这种钢材在机械加工后无须热处理。

5. 良好的抛光性

塑料模对成型零件的粗糙度要求较高,以适应塑件表面良好光泽度的要求,为此,一般要进行抛光处理,故要求模具材料要易于抛光,不能有夹气、夹杂等质量缺陷。

13.1.2 常用注塑模材料

1. 钢系材料

注塑模材料主要以传统的结构钢和工具钢为主，特别是正火状态的45钢应用较广泛。目前，市面上研制开发了不少的塑料模专用钢。

1) 易切削塑料模具钢

对于形状复杂、要求热处理变形小的型腔、型芯，或加工流动性差、低塑性和添加无机纤维的增强塑料用模具，要求具有高硬度和高耐磨性。过去常采用合金工具钢制造，但这些钢的冷、热加工性较差。为了改善这些钢的切削加工性，在钢中加入硫、硒、钙等元素，使之成为易切削塑料钢。例如，在4Cr5MoSiV1中加入 ω_s 为0.08%~0.12%的硫，即成为易切削钢，这种钢经调质处理后，硬度为40~44HRC，可获得较好的表面粗糙度。

2) 预硬钢

这类钢在供应时已进行过热处理，硬度达到25~35HRC或更高。这种钢作塑料模的成型零件，加工后可不再进行热处理。例如，PMS钢，它是一种低碳的析出硬化型时效结构钢，其化学成分为： $\omega_C \leq 0.2\%$ 、 $\omega_{Mn} \leq 2\%$ 、 $\omega_{Ni} \leq 4\%$ 、 $\omega_{Al} = 1\%$ 左右、 $\omega_{Cu} = 0.8\%$ 及少量Mo，其余为Fe。为了改善切削加工性，可加入少量的硫，这种钢供应状态为空冷淬火或空冷淬火加回火时效，回火时效后，尺寸变化很小，其硬度为30~45HRC。在这个硬度范围内有良好的切削加工性，加工后不需要进行热处理。

3) 耐蚀钢

这类钢有不锈钢、耐蚀塑料模具钢等。不锈钢虽然具有一定的耐蚀性，但力学性能和工艺性能都存在一定缺点。而PCR耐蚀塑料模具钢是一种时效硬化不锈钢，经淬火加回火时效处理后，不仅在含氟、氯等腐蚀介质中具有优良的耐蚀性，而且有较高的强度，较好的热处理性能、切削性能和抛光性能，因此，它适于制造精密耐蚀塑料模。

2. 有色金属材料

1) 锌基合金

锌基合金主要由锌和适量的铝、铜等元素构成，熔点低，约320~450℃，但具有一定的强度和韧性，其铸造性能好，用以铸造几何形状复杂、分型面不规则、机械加工困难的各种型腔板或型芯。锌基合金主要用于生产批量不大的场合，且一次使用后还可以重熔以供二次利用，具有一定的经济效益。因为该材料允许使用的工作温度低，通常不得大于150~170℃，仅用于热塑性塑料模具。

2) 镍铜

镍铜的主要成分是铜，添加了少量的镍和钴。镍铜经热处理后可达到较高的硬度，通常为40~50HRC，有较佳耐磨性、耐热疲劳。利用压力或精密铸造，可制作结构、形状复杂及不易切削加工成形的模具成形零件。在镍铜表面镀铬可使之具有防腐蚀性能。镍铜的导热系数高，价格也较贵，因此，它在塑料模中主要用来制作导热零件。

3) 铝合金

铝合金除了可以采用切削加工之外，还可以进行塑性加工或精铸成型。因为用铝合金来制作模具可以大大缩短加工周期，从而使制品生产比较经济。但是，铝合金的强度、硬度、耐热性、电镀性和焊接性都比钢材低得多，所以只能在制作小批量或试制模具时使用。发泡注塑模因受到模腔压力不大，用铝合金模具可实现中等批量制品的生产。此外，由于铝合金的导热系数高，常用来制造中空吹塑模的型腔。

13.1.3 成型零件材料的选择

成型零件是注塑模的核心零件，故成型零件材料的选择很重要。表13-1是按塑料品种来选用模具钢。

表 13-1 按塑料品种选用模具钢

用途		典型塑料	典型塑件	模具要求	适用钢材
一般热塑性、热固性塑料	一般	ABS	电视机壳体、音响	高强度 耐磨损	55钢、40Cr、P20、SM1、SM2、 8CrMn
		PE	电扇扇叶、容器		
	表面有花纹	ABS	汽车仪表盘 化妆品容器	高强度、耐磨损、光刻性能好	PMS 20CrNi3MoAl
	透明件	PMMA AS	唱机罩、仪表罩、 汽车灯罩	高强度、耐磨损、抛光性能好	5NiSCa SM2、PMS、P20
增强塑料	热塑性	POM PC	工程塑料制件 电动工具外壳 汽车仪表盘	高耐磨性	65Nb、8CrMn、PMS、SM2
	热固性	酚醛树脂 环氧树脂	齿轮		65Nb、8CrMn、06Ni7Ti2Cr、 06Ni6CrMoVTiAl
阻燃型塑料		ABS 加阻燃剂	电视机壳 收录机壳 显像管罩	耐腐蚀	PCR

续表

用途	典型塑料	典型塑件	模具要求	适用钢材
聚氯乙烯	PVC	电话机、阀门管件、扳手	高强度 耐腐蚀	38CrMoAl PCR
光学透镜	PMMA PS	照相机镜头、放大镜	抛光性好 防锈性	PMS、8CrMn、 PCR

表13-2是按塑件生产批量大小来选用模具钢，产量越大，要求模具寿命越长，所选用的钢材强度、耐磨性等更好。

表 13-2 按塑件生产批量大小选用模具钢

塑件产量(件)	选用钢材
100 000~200 000	45 钢、55 钢、40Cr (需进行调质处理)
300 000	P20、5NiSCa、8CrMn
600 000	P20、5NiSCa、SM1
800 000	8CrMn 淬火、P20
1200 000	SM2、PMS
1 500 000	PCR、LD2、65Nb
2 000 000 以上	65Nb、06Ni7Ti2Cr 、06Ni6CrMoVTiAl、 25CrNi3MoAl 氮化、012Al 氮化

表13-3是按模具工作条件来选用模具钢。

表 13-3 按模具工作条件选用模具钢

模具工作条件	选用钢材
生产批量较大，承受较大动载荷，受磨损较重的模具	12CrNi2、12CrNi3A、20CrMnMo、20Cr、 20Cr2Ni4A
生产批量较小，精度要求不高，尺寸不大的模具	45 钢、55 钢、10 钢、20 钢
大型、复杂、生产批量较大的塑料注塑模、压缩成型模或传递成型模	3Cr2Mo、40CrNiMoA、40CrNi2Mo、40CrMnMo、45CrNiMoVA、5CrNiMo、 5CrMnMo、40Cr、4Cr5MoVSi、4Cr5MoViSi、35SiMn2MoVA
热固性塑料模具，生产批量较大，精度要求高及要求高强度、高耐磨的塑料注塑模	Cr12、Cr12MoV、CrWMn、9Mn2V、9CrWMn、Cr6WV、Cr4W2MoV、GCr15、 SiMnMo
要求耐腐蚀及表面要求较高的模具	4Cr13、9Cr18、9Cr18MoV、Cr14Mo、Cr14MoV、 17-7PH、PH15-7Mo、PH14-8Mo、AM-350、AM-355
复杂、精密、耐磨、耐腐蚀、超镜面的模具	Ni18Co8Mo5TiAl、Ni20Ti2A1Nb、 Ni25Ti2A1Nb、Cr5Ni12Mo3TiAl

13.2 注塑模材料的热处理

注塑模中与塑料熔体直接接触的零件很容易受到磨损，如型腔、型芯和浇口套等，通常需要对材料进行热处理，以提高零件的硬度、韧性和表面耐磨性。

13.2.1 成型零件热处理的要求

- (1) 成型零件用的钢材均应进行调质处理，以消除内应力。
- (2) 成型表面有粗糙度要求的非亚光面的零件材料，其热处理后的表面硬度最低不得低于HRC32，一般均应达到HRC45以上，否则难以达到抛光效果。
- (3) 用于成型有腐蚀性气体产生的材料时，如聚氯乙烯、聚碳酸酯等，可选择38CrMoAl、PCR，调质后，前者硬度可达28~32HRC，氮化处理后硬度可达60~65HRC，后者淬火空冷硬度可达42~53HRC。
- (4) 有镜面光泽要求的成型件可选择P20（即3Cr2Mo）、PMS（即10Ni3CuAlVS）、时效钢06Ni6CrMoVTiAl与06Ni7T2Cr和8CrMn等镜面钢。P20预硬化后硬度可达36~38HRC。PMS预硬处理后硬度为40~45HRC。两种时效钢精加工后进行480~520℃的时效处理，其硬度可达50~55HRC。8CrMn（即8CrMnWMoVS的简称）调质后的硬度可达33~35HRC，淬火空冷硬度可达42~60HRC。
- (5) 大型注塑模可选用含硫的易切削的预硬化钢5NiSCa和SM1（即55CrNiMnMoVS）及易切钢4Cr5MoSiVS。前两种预硬化后硬度为35~45HRC。后者淬火空冷，二次回火硬度可达43~46HRC。

13.2.2 常用热处理方法

常用的热处理方法有以下几种。

1. 渗碳

渗碳是向钢材表面渗入碳原子。它是将零件放入能释放活性碳原子的介质中加热和保温，使活性碳原子渗入钢的表面。其目的是提高表面的含碳量，经后续的热处理，使表层硬度提高，而芯部仍保持良好的韧性。为此，渗碳用钢必须是含碳量为0.15%~0.25%的低碳钢。渗碳的方法有固体渗碳、液体渗碳和气体渗碳三种，目前，应用较广泛的是气体渗碳。

2. 渗氮

渗氮又叫氮化。渗氮是向钢材表面渗入氮原子。目的是提高零件表面的硬度、耐磨性、耐蚀性和疲劳强度。目前，应用最广的渗氮方法是气体渗氮，它是将零件放入密闭的炉中，通入

NH_3 , 加热至 $500\sim600^\circ\text{C}$, 使氨分解出活性氮原子, 这种氮原子易被零件表面吸收并向里层扩散, 从而形成氮化层, 渗氮层一般为 $0.1\sim0.6\text{mm}$ 。渗氮层有很高的硬度和极好的尺寸稳定性, 可显著改善零件的耐磨性和疲劳强度, 耐蚀性也有较大提高。在模具加工中, 几乎所有钢材都能进行渗氮处理。但它生产周期较长, 成本也较高。

3. 镀硬铬

镀硬铬是采用电镀的方法将铬镀于零件表面, 从而获得坚硬而耐磨的表面。同时, 硬铬层不但可以降低磨损, 还可以显著改善零件的耐蚀性。在对模具的表面磨损进行修补时, 也常采用镀硬铬的方法处理。

4. 镀硬镍

镀硬镍是采用化学法将镍层镀于零件表面。在镀硬镍过程中, 镍层的沉积没有使用强加的电子流, 因此不会在边缘, 尤其是刃口处形成不同厚度的电镀膜。镀镍层厚度一般可达到 $20\mu\text{m}$ 左右, 它能形成有良好耐蚀和耐磨性能的表面。

5. 涂硬层

为了使零件表面具有高耐磨性和耐蚀性, 现在采用一种新工艺, 即在零件表面涂敷氮化钛和以类似材料为基层的涂层, 既易于操作, 效果也较好。

13.3 注塑模零件常用材料和热处理

注塑模零件常用材料及热处理如表13-4所示。

表 13-4 注塑模零件常用材料及热处理

零件类别	零件名称	材料牌号	热处理方法	硬 度	说 明
成型零件	型腔板	T8A、T10A	淬火	54~58HRC	用于形状简单的小型芯、型腔
	型芯	CrWMn、9Mn2V Cr2Mn2SiWMoV	淬火	54~58HRC	用于形状复杂、要求热处理变形小的型芯、型腔或镶嵌件及成型增强塑模的模具
	螺纹型环	Cr12、Cr4W2MoV	淬火	54~58HRC	
	螺纹型芯	20CrMnMo、 20CrMnTi	渗碳、淬火	54~58HRC	
	成型镶件	5CrMnMo、 40CrMnMo、	渗碳、淬火	54~58HRC	用于高耐磨、高强度、高韧性的大型芯和型腔
	成型推杆	3Cr2W8V、 38CrMoAl	调质、渗氮	1000HV	用于形状复杂、要求耐磨的高精度型芯和型腔

续表

零件类别	零件名称	材料牌号	热处理方法	硬 度	说 明
成型零件	P20	预硬化	36~38HRC	用于中小型热塑性注塑模	
	5NiSCa、SM1	预硬化	35~45HRC	用于大型热塑性注塑模	
	SM2PMS	预硬化后时效硬化	40~45HRC	用于寿命长、精度低的中小型塑料模	
	06NiCrMoVTiAl、06Ni7Ti2Cr	精加工后480~520℃时效	50~57HRC	用于尺寸精度要求高的小型模具，可作镜面抛光处理	
	型腔板				
	型芯				
	螺纹型环				
	螺纹型芯				
	成型镶件	PMS、8CrMn	淬火空冷	42~60HRC	用于大型注塑模
	成型推杆	25CrNi3MoAl	调质、渗氮	1000HV	用于型腔腐蚀花纹的模具
成型推块	4Cr5MoSiVS	淬火空冷、二次回火	43~46HRC	用于形状不太复杂的大型模具	
	PCR	淬火空冷	42~52HRC	用于成型加入了阻燃剂的聚氯乙烯注塑模	
	65Nb、LD2、CG2、C12Al			用于小型、精密、复杂的型腔及型芯等零件	
浇注系统零件	45	调质	22~26HRC	用于形状简单、要求不高的成型零件	
		淬火	43~48HRC		
导向零件	20、15	渗碳、淬火	54~58HRC	用于冷压加工的型腔板	
	浇口套、拉料杆、拉料套、分流锥	T8A、T10A	淬火	50~55HRC	
抽芯机构零件	导柱	20	渗碳、淬火	56~60HRC	
	导套	T8A、T10A	淬火	50~55HRC	
	限位导柱				
	推板导柱、推板导套、导钉	T8A、T10A	淬火	50~55HRC	
推出机构零件	斜销、弯销、滑块、斜滑块	T8A、T10A	淬火	54~58HRC	
	楔紧块	T8A、T10A	淬火	54~58HRC	
	45	淬火	43~48HRC		
	推杆、推管	T8A、T10A	淬火	54~58HRC	
推出机构零件	推件板	T8A、T10A	淬火	54~58HRC	
		45	调质	24~28HRC	
	推块、复位杆	45	淬火	43~48HRC	
	推板	45	淬火	40~45HRC	根据需要也可不淬火
	推杆固定板	45	调质	24~28HRC	

续表

零件类别	零件名称	材料牌号	热处理方法	硬度	说 明
	Q235A				
模体零件	动、定模板 动、定模座板	45、50			
	固定板	45	调质	24~28HRC	
		Q235A			
	垫板、浇道板、 锥模套	45、50、40Cr	淬火	43~48HRC	
定位零件	圆锥定位件	T10A	淬火	58~62HRC	
	定位圈	45、50			
	定距螺钉				
	限位钉 限位块	45、50、40Cr	淬火	43~48HRC	
支承零件	支承柱	45	淬火	43~48HRC	
	垫块、模脚	45、Q235A			
其他零件	加料圈、柱塞	T8A、T10A	淬火	50~55HRC	
	手柄、套筒	Q235A			
	喷嘴、水嘴	45、黄铜			
	吊钩	45			

复习思考题

1. 注塑模材料应具备哪些性能要求?
2. 常用的钢系材料有哪些?
3. 常用的有色金属材料有哪些?
4. 如何根据塑料品种、塑件生产批量大小、模具工作条件等来选择成型零件的材料?
5. 注塑模成型零件热处理有什么要求?
6. 常用热处理方法有哪些?
7. 了解注塑模零件常用材料和热处理方法。

第14章

注塑模设计实例

本章重点

- 讲解注塑模设计前的准备和设计步骤
- 讲解继电器盒盖注塑模设计过程

学习目的

通过本章的学习，了解注塑模设计前的准备和设计步骤，通过继电器盒盖注塑模设计实例的分析，掌握注塑模设计全过程，从而有针对性地进行注塑模设计训练。

注塑模设计是否合理取决于设计前的准备和设计中的构思。本章介绍设计前的准备工作和注塑模的设计步骤，并通过典型的设计案例引导读者了解注塑模的设计方法和技巧。

14.1 设计前的准备

设计注塑模前，设计者应该具备以下方面的资料，并对这些资料进行仔细分析。

(1) 经用户确认的塑件产品图或样品实物，明确产品的使用性能和各项技术要求。熟悉塑件几何形状，明确使用要求。对于形状复杂的塑件，要充分了解塑件的用途，塑件的各部分在该用途下各起什么作用，进而明确塑件的成型收缩率、透明度、尺寸公差、表面粗糙度、允许的变形范围等问题。若是样品，还能给模具设计者许多有价值的信息，如样品所采用的浇口位置、顶出位置、分型面等。

(2) 检查塑件的成型工艺性，明确产品的生产要求，完成模具成本的预算。对塑件进行成型工艺性的检查，以确认塑件的各个细节是否符合注射成型的工艺条件。优质的模具不仅取决于模具结构的正确性，还取决于塑件的结构能否满足成型工艺的要求。明确产品的生产要求，如生产数量、交货时间等，从而考虑模具制造方面的要求，仔细预算模具的设计制造成本。

(3) 明确所用注塑机的规格型号及相关技术参数，制定成型工艺卡。在设计前要确定采用什么型号和规格的注射机，这样在模具设计中才能有的放矢，正确处理好注塑模与注射机的关系。在此基础上，应制定注射成型工艺卡，特别是对于批量大、形状复杂的大型模具，更有必要制定详细的注射成型工艺卡，以指导模具设计工作和实际的注射成型加工。

14.2 注塑模设计步骤

模具的设计应采用并行工作模式，这种工作模式力图使设计者从一开始就考虑到产品全生命周期（从概念形成到产品报废）的所有因素，包括质量、成本、进度和用户要求。故以下设计步骤并非有着严格的顺序，只是通常的设计思路而已。

1. 确定分型面

分型面选择得是否合理直接关系着模具设计的成败，应从模具结构及成型工艺的角度综合考虑分型面的位置和形式。

2. 确定型腔数目和排列形式

确定型腔数目的方法有根据锁模力、最大注射量、制件的精度要求、经济性等，在设计时，应根据实际情况决定采用哪一种方法。确定型腔的排列形式实质上是初步确定模具结构的总体

方案。因为一旦型腔布置完毕，浇注系统、冷却系统、推出机构的走向和类型便已基本确定。模板的外形尺寸也基本确定，从而可以选择合适的标准模架。

3. 初步确定拟使用的注射机型号和相关技术参数

初选注射机的目的是为了便于确定与注射机相关的模具尺寸，如定位圈的尺寸、浇口套的球形凹坑尺寸、模板的大小等。

4. 确定型腔、型芯的结构

当采用镶块式型腔或型芯时，应合理划分镶块，并同时考虑到这些镶块的强度、可加工性及安装固定。

5. 设计浇注系统

浇注系统包括主流道、分流道、浇口和冷料穴的设计。浇注系统的设计重点是浇口位置。另外，需要强调的是，浇注系统往往决定了模具的类型，如采用侧浇口，一般选用单分型面的两板模即可；如采用点浇口，往往选用双分型面的三板式模具，以便分别脱出流道凝料和塑料制品。

6. 设计排气系统

一般的热塑性注塑模成型时的气体可以通过分型面和推杆处的间隙排出，因此注塑模的排气问题往往被忽视。对于大型和高速成型的注塑模，排气问题必须引起足够的重视。

7. 确定导向定位机构

导柱导套是常用的动、定模导向定位机构，或制品尺寸精度要求高，或是薄壁深腔制品，可在导柱导套的基础上增加锥面精定位机构。

8. 确定脱模方式和侧向抽芯机构

确定脱模方式时，首先要确定塑件和流道凝料滞留在模具的哪一侧，必要时，要设计强迫滞留的结构（如拉料杆等），然后再决定采用哪种推出机构。特别要注意确定侧凹塑件的脱模方式，因为当决定采用侧抽芯机构时，模板的尺寸就得加大，在型腔配置时要留出侧抽芯机构的位置。

9. 设计冷却系统

冷却系统和推出机构在配置型腔时也必须给予充分的注意，若冷却管道布置与推杆孔、螺栓也发生干涉时，要在型腔布置中进行协调。

10. 根据模具大小选定标准模架及相关标准件

根据所需模板尺寸大小，选用标准模架及螺钉、销子、水嘴、弹簧等标准件。

11. 绘制模具的结构草图，确定模具钢材和热处理要求

绘制注塑模完整的结构草图时，切忌将模具结构搞得过于复杂，应优先考虑采用简单的模具结构形式，因为在注射成型的实际生产中所出现的故障，大多是由于模具结构复杂化所引起的。结构草图完成后，应确定每个模具零件的钢材和热处理要求，若有可能，应与工艺、产品设计及模具制造和使用人员共同研讨直至相互认可。

12. 校核模具与注射机有关的尺寸

因为每副模具只能安装在与其相适应的注射机上使用，因此必须对模具上与注射机有关的尺寸进行校核，以保证模具在注射机上正常工作。

13. 校核模具有关零件的强度及刚度

对成型零件及主要受力的零部件都应进行强度及刚度的校核。一般而言，中小型注塑模以强度校核为主，大型模具以刚度校核为主。

14. 绘制模具的装配图

装配图应尽量按照国家制图标准绘制，装配图中要清楚地表明各个零件的装配关系，以便于工人装配。当型腔与型芯镶块很多时，为了便于测绘各个镶块零件，还有必要先绘制动模和定模部装图，在部装图的基础上再绘制装配图。装配图上应包括必要的尺寸，如外形尺寸、定位圈尺寸、安装尺寸、极限尺寸（如活动零件移动的起止点）。在装配图上应将全部零部件按顺序编号，并填写明细表和标题栏。一般装配图上还应标注技术要求，技术要求的内容主要包括：对模具某些结构的性能要求，如对推出机构、抽芯机构的装配要求；对模具装配工艺的要求，如分型面的贴合间隙、模具上下面的平行度要求；模具的使用说明；防氧化处理、模具编号、刻字、油封及保管等要求；有关试模及检查方面的要求。

15. 绘制模具零件图

由模具装配图或部装图拆绘零件图的顺序为：先内后外，先复杂后简单，先成型零件后结构零件。

16. 审核设计

设计图样应按制品、模具结构、成型设备、图纸质量、配合尺寸、零件的可加工性等项目进行自我校对或他人审核。对于初学模具设计的新手，最好能参加模具制造的全过程，包括组装、试模、修模及投产过程。

14.3 汽车继电器盒盖注塑模设计

对于初学者，设计第一副模具时往往不知从何入手。下面通过继电器盒盖注塑模这一简单

的例子来介绍模具设计的一般步骤和方法。图14-1所示为汽车继电器盒盖，材料是PP加30%玻璃纤维增强。

该制品为简单制品，粗略分析可知，采用单分型面注塑模即可，该模具的设计可分解为以下4个步骤。

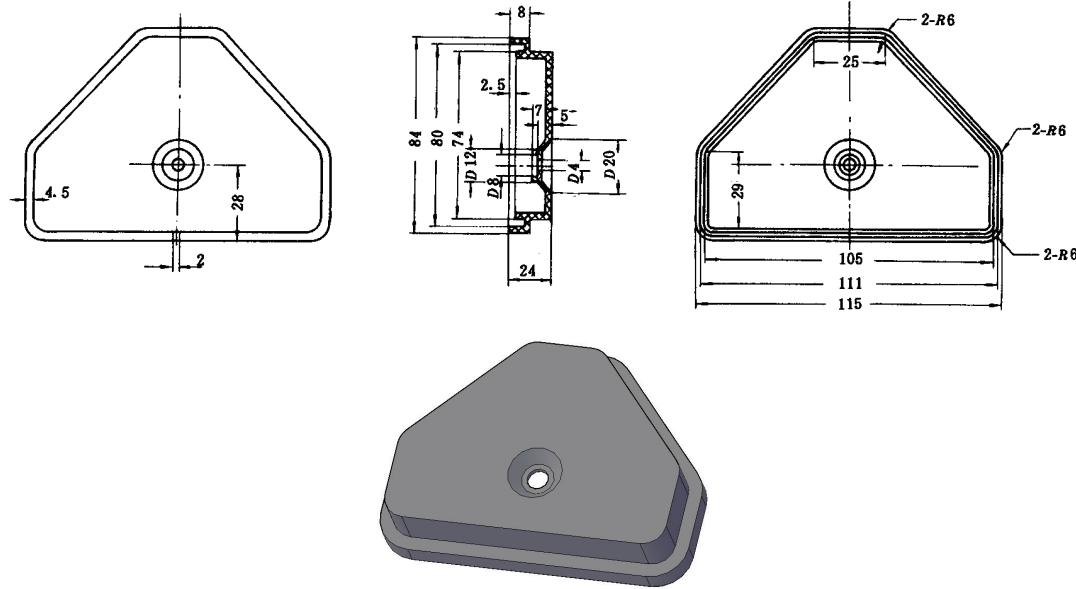


图 14-1 汽车继电器盒盖

1. 塑件工艺性分析

1) 原材料的性能和成型工艺

经过查阅资料或向材料生产者咨询，聚丙烯成型十分容易，应了解成型温度、成型压力及周期等。这种材料成型对模具温度要求不是很高，一般为35~65℃。收缩较小，脱模也较为容易，因而可考虑用小浇口成型，因结构原因，用点浇口要比潜伏浇口容易些。因塑件尺寸精度和外表要求不高，模具的冷却设计可以从简，以提高生产效率为目的。

2) 塑件结构

该塑料件的形状比较简单，尺寸不大，结构不易变形。能够用整体型腔和型芯，简单方法脱模。较简单的办法是推杆脱模。从结构上看，分型面置于盖口平面是唯一合理的选择。

3) 生产批量

这一塑件用于汽车，生产量不大，可以用单腔模具成型。由此得出结论：应采用一模一腔，点浇口，推杆脱模，简单冷却的模具结构。经过计算不难知道塑料件的重量和分型面上的投影面积。根据这两个数据可以确定使用的最小注塑机。注意，在能够满足注塑量和锁模力的前提下，不要选太大的注塑机，否则浪费资源并可能加速模具的损坏。

2. 设计总装草图

1) 勾画零件轮廓

如图14-2所示，将塑料件的主视图和侧视图轮廓画出，在侧视图上标出分型面的位置。这样布置视图有利于结构图的绘制。

2) 绘制主视图

在主视图上标示出推杆的位置，如图14-3所示的小十字线。在主视图上按机械设计的原则将动模侧的导柱、紧固螺钉位置标出。将推件板上的紧固螺钉、复位杆、导柱的位置标出。在标示这些位置时，要考虑它们的直径，导柱直径要能够承受模具的重量而不影响导向。紧固用螺钉强度保证在开模力的作用下安全可靠。复位杆在有导柱导向时要能克服所有顶出复位的运动摩擦阻力而不变形，在无导柱导向时还要承受推顶机构的重量而不弯曲变形。推杆的直径和数量按前面章节所叙述的原则选取。它们的位置应该使各孔之间有足够的距离以保证足够的强度，尽量不要妨碍冷却水孔的通过，并使模具紧凑。

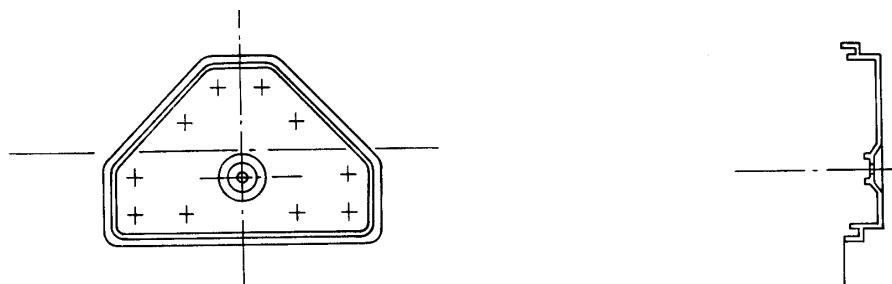


图 14-2 勾画零件轮廓

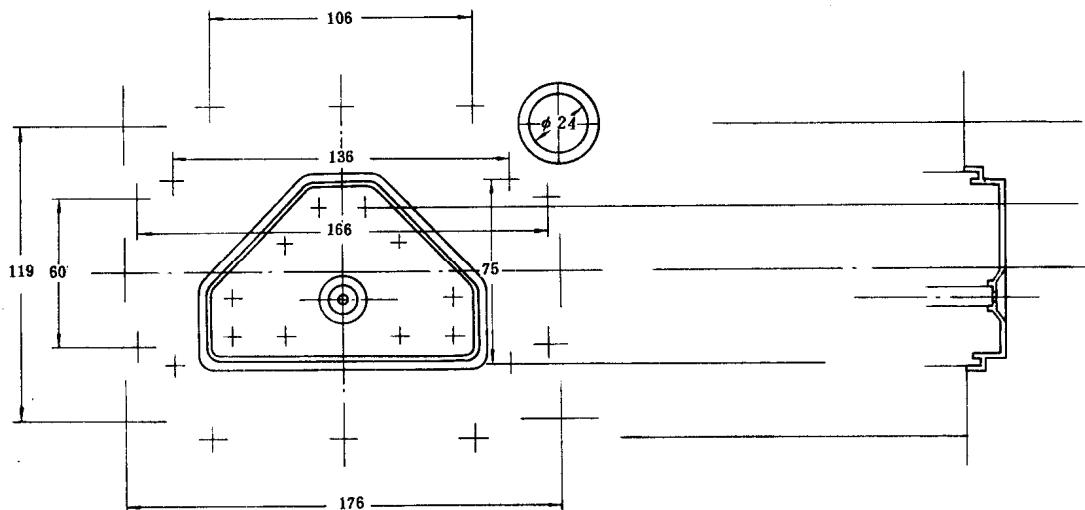


图 14-3 绘制主视图

如果采用标准模架，导柱和螺钉的直径和位置都已经确定，只应确认型芯和型腔在留下的

空间能够布置即可。

3) 初定模板厚度尺寸

根据经验值和查阅资料，初步确定各模板的厚度，如图14-4所示。

动、定模座板的厚度，一是要满足结构装配需要，二是要满足强度的需要，即在加工和工作时不变形。可根据模具开合模时动、定模座板的受力情况进行分析和计算，理论上，开模时注塑机压板上的连接螺钉受到剪切力的作用，而动、定模座板则受到螺钉的拉力作用发生弯曲变形。一般按经验进行选取，显然模板的面积越大取得越厚，本例中均取20mm。

推件板的厚度也是按同样的原则确定，但它们受力情况不同，应使其在推顶及复位时机床的顶出力和脱模或复位运行摩擦阻力作用下不产生变形，本例中取17mm和15mm。

垫块的厚度决定最大的脱模行程。本例中取60mm。要注意并不是动模型芯有多高，脱模行程就必须有多大。应该综合塑料件的材料、脱模斜度、机床的开模行程、模具的厚度等诸因素考虑。

支承板厚度宁愿取保守些，即取得厚些。对大模具和大跨度的垫板，应该在中间加支承柱支撑，支承柱的长度可以略大于垫块，以使支承板有一反向的预变形，本例中取30mm。

动模的型芯固定板在本例中主要是装配要求，即保证型芯的可靠安装。型芯结构不同，选取时要考虑的问题也不尽相同，本例取20mm。

型腔板厚度要考虑型腔底部的强度，但由于在工作时有右边的其他板和机床定板支撑，一般强度有较大保障。但是考虑到加工和热处理时的变形及冷却水的通过，其底部厚度不宜取得太小，本例中取36mm。

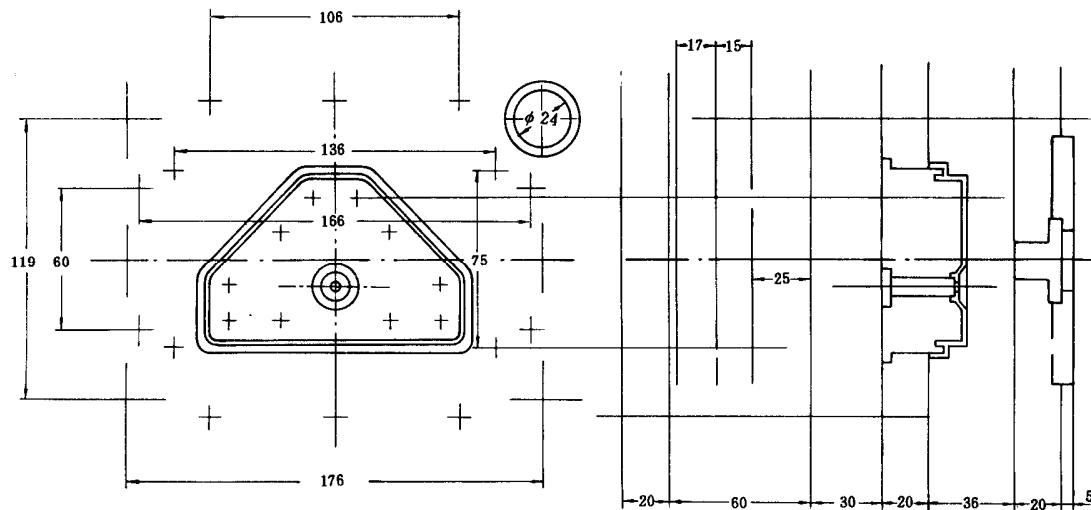


图 14-4 初步确定各模板的厚度

采用标准模架时的模板厚度都是确定了的，只要对装配结构空间、动模垫板和型腔底板等强度进行校核即可。

4) 确定模架尺寸

将重要结构元件的位置由主视图引入侧视图，并确定模架的周界，如图14-5所示，同时可以将型芯和型腔画上。这时模架的基本尺寸已完全出现，可以对关键的模板厚度和型腔的侧壁厚度进行精确校核。

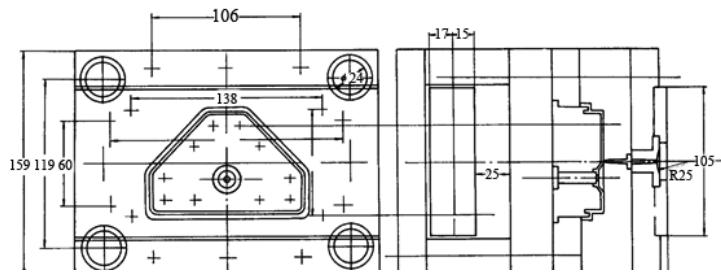


图 14-5 确定模架尺寸

5) 加入各结构零件

如图14-6~图14-8所示，将前面已经基本确定了位置和尺寸的导向装置、紧固螺钉、推杆、复位杆、定位销钉、推板、限位钉、浇口套、定位圈、点浇口脱模机构等一一画上或细化，剖切不到的重要元件也尽量用虚线在主视图上表达出来。将冷却水孔也画在(本例中没有画完全)主视图上。采用标准模架时也应该将这些结构元素表达清楚。

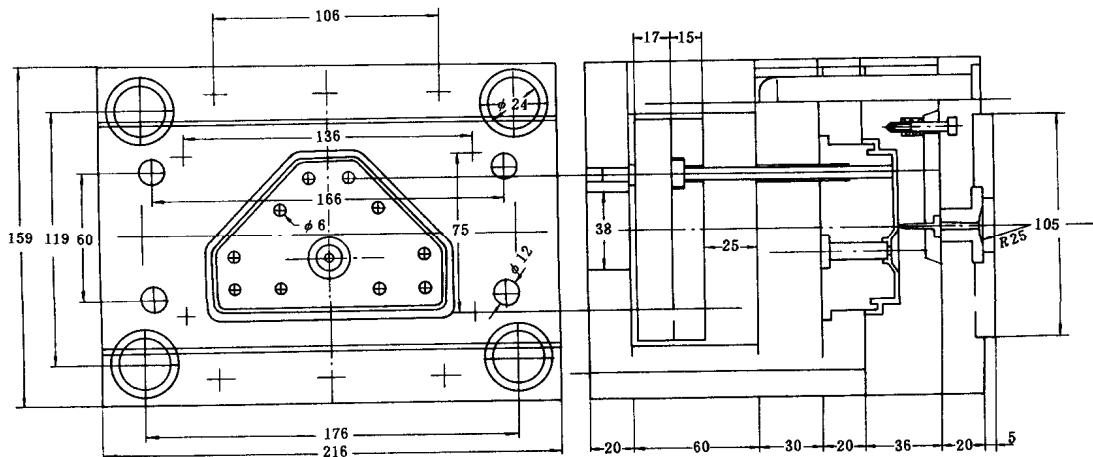


图 14-6 加入导柱、导套、螺钉、推杆等

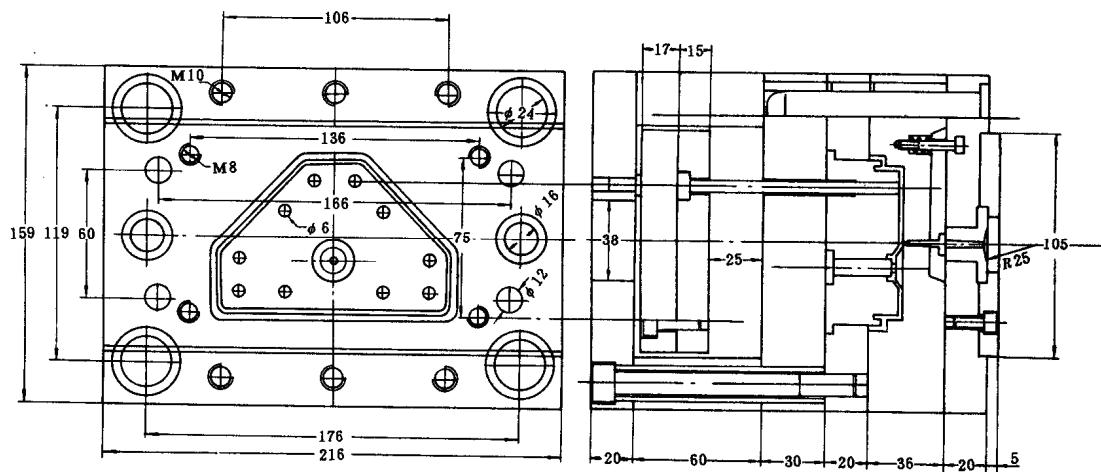


图 14-7 加入螺钉、螺纹孔等

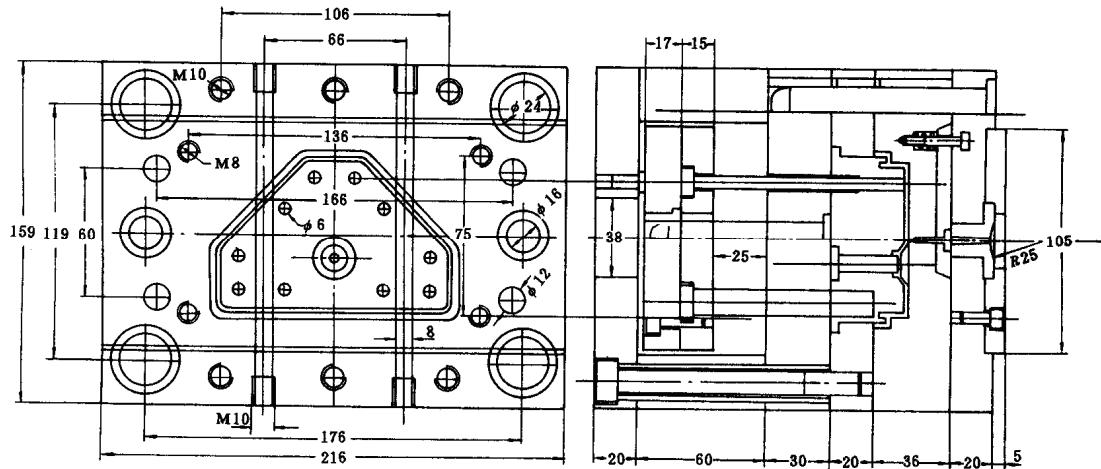


图 14-8 加入冷却水道

6) 检查总装设计

订正不规范的表达方法，将没有表达清楚的结构用局部视图或其他规范的方法表达出来，标注有关重要尺寸，如模具大小、相关安装尺寸、冷却水孔接头、重要钳装尺寸和配合尺寸等，加上剖面线，画明细表并加注技术条件等。对于一些简单的采用标准模架的模具，可以将几乎全部的加工尺寸标注在装配图上，以便于制造。

3. 完成零件图

注塑模设计的一般程序是先绘制装配图，而后拆分零件图。如果用计算机辅助设计，在设计装配图时，将各零件分别置于不同的图层是一种好的方法，这样可以很快地设计零件图并方便进行干涉检查。

采用标准模架时，对一些标准元件，如导柱、导套、螺钉、销子等，没有绘制详细零件图

的必要，在装配图中明确、清楚地表示即可。对于非标准零件，为便于制造和维护，需绘制详尽的零件图。

4. 审核装配图

在设计、绘制零件图的过程中，会发现装配图上存在的问题，如安装位置干涉、冷却水道破孔等，故还需反过来修订装配图，审核无误后再绘制剖面线等，完成最终的装配图，如图14-9所示。

本例全部工作可在计算机上完成。建议初学者手工绘制装配草图。

在本例中采用的设计步骤不一定为所有设计者所接受，不同的人有着不同的设计习惯，但只要能高效地设计出合理的模具，什么方法都可采用。

本例为说明问题，没有采用标准模架设计，一些元件在装配图上的表达也不完善，但无论是初学者还是有经验的设计人员都应该尽量地采用标准模架和零件进行设计，一方面可以提高设计效率，另一方面可以大大简化加工，降低成本。

本例中的模板等尺寸和机构也不代表一种最佳的选择。例如，模板的厚度可以根据能取得的坯料的厚度按最小加工量选择。同一塑件由不同的人设计可以有不同的设计方案，除正确掌握和应用书本知识外，汲取他人的设计经验也是非常重要的。

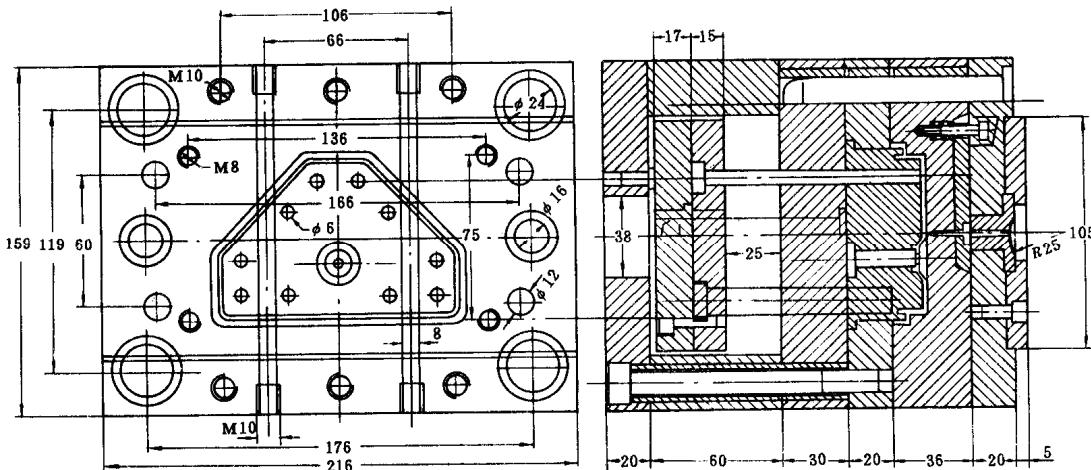


图 14-9 装配图

复习思考题

1. 注塑模设计前应做好哪些准备工作？
2. 注塑模的设计步骤如何？

3. 图14-10为端盖, 分析该塑件的结构特点, 绘制模具装配草图。

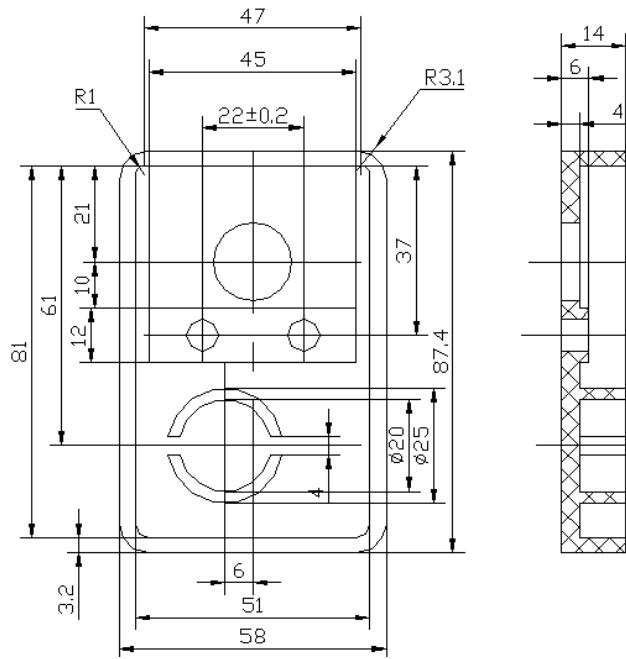


图 14-10 端盖

第 15 章

注塑成型新技术

本章重点

- 讲解无流道凝料注塑成型特点和模具设计
- 讲解热固性塑料注塑成型特点、原料、设备、工艺和模具设计
- 讲解精密注塑、气体辅助注塑、共注塑成型工艺和模具设计

学习目的

通过本章的学习，了解无流道凝料注塑、热固性塑料注塑、精密注塑、气体辅助注塑、共注塑成型等，从而对注塑成型新工艺、新技术有较全面的认识。

近年来，随着塑料产品日益广泛的应用和塑料成型工艺的飞速发展，人们对塑料制品的要求越来越高。为此，塑料行业的科技人员在扩大注射成型的应用范围、缩短成型周期、提高塑件成型质量、降低生产成本等方面进行了深入探讨和研究，推动了模具新技术和注塑成型新工艺的不断发展。本章介绍运用较广泛的无流道凝料注塑成型、热固性塑料注塑成型、精密注塑成型、气体辅助注塑成型和共注塑成型等新的成型工艺和模具设计。

15.1 无流道凝料注塑成型

热塑性塑料的注塑成型一般都需要主流道、分流道和浇口等，每次成型后，必须将浇道凝料去除，这样不仅耗费原料，增加成型周期，而且需要后加工。为此，可对模具浇注系统采用绝热或加热方法，使其内部的塑料熔体始终保持熔融状态，从而避免产生浇道凝料，该成型工艺为无流道凝料注塑成型。

15.1.1 无流道凝料注塑成型特点

1. 缩短成型周期

因为不需要对浇注系统进行冷却，塑件成型冷却后便可及时顶出。许多用无流道凝料模具生产的薄壁零件成型周期可在5秒钟内完成。

2. 节约塑料原料

在无流道凝料模具中，因没有浇道凝料，故不产生废料。特别是对塑料价格较贵的工程塑料和特种塑料，节约原料的效果很明显。事实上，国际上主要的无流道凝料生产厂商均是在世界上石油及塑料原料价格昂贵的年代得到了迅猛发展。无流道凝料技术是减少废料、降低材料费的有效途径。

3. 提高产品质量

在无流道凝料模具成型过程中，塑料熔体温度在流道系统里得到准确地控制。塑料可以以更为均匀一致的状态流入各模腔，得到品质一致的塑件。无流道凝料成型的塑件浇口质量好，脱模后残余应力低，尺寸变形小。所以市场上很多高质量的产品均由无流道凝料模具生产。如人们熟悉的Motorola手机、HP打印机、Dell笔记本电脑里的许多塑料零件等。

4. 利于自动化生产

塑件经无流道凝料模具成型后即为成品，无须修剪浇口及回收浇道凝料等工序。有利于生产自动化。国外很多产品生产厂家均将无流道凝料生产工艺与自动化结合起来，大幅度地提高了生产效率。

5. 扩大应用范围

许多先进的塑料成型工艺是在热流道技术基础上发展起来的，如PET预成型制作、多色共注、多种材料共注、叠层模具等。无流道凝料注塑工艺的应用扩大了塑料原料成型的范围。

但是，无流道凝料注塑模结构较复杂，温度控制要求严格，否则容易使塑料分解、焦烧，而且制造成本较高，不适于小批量生产。

15.1.2 适于无流道凝料成型的塑料

用于无流道凝料注塑模的塑料，必须满足下述条件。

(1) 对温度不敏感，熔融温度范围大，在一定范围内黏度变化小，且低温下流动性良好，不会因受热分解而劣化。

(2) 对压力敏感，低压下也能顺利地流动。也就是说，没有注射压力时，不产生流动，而在很低的注射压力下即能开始流动。

(3) 具有热变形、温度高的性质，在较高温度下也能充分固化。

(4) 热传导率较高，熔融的塑料能快速固化。

(5) 比热容较小，塑料能快速熔融及凝固。

具有上述性质并且能够在无流道凝料方式下成型的塑料有聚乙烯、聚苯乙烯、丙烯酸酯、聚氯乙烯、尼龙等。根据经验，充分利用相关塑料的性质，再辅以适当的模具结构，对于聚甲醛、ABS等原料也可采用无流道凝料成型。

15.1.3 无流道凝料注塑模

根据模具浇注系统采用的绝热或加热措施，热塑性塑料无流道凝料注塑模分为绝热流道注塑模和热流道注塑模两大类。

1. 绝热流道注塑模

绝热流道注塑模的特点是模具的主流道和分流道都很粗大，因此在整个注塑过程中，靠近流道壁部的塑料容易散热而冷凝，形成冷硬层，它起着绝热作用，而流道中心部位的塑料仍保持熔融状态，从而使熔融塑料能通过它顺利地进入型腔，达到连续注塑而无须取出流道凝料的要求。

如图15-1所示的井式喷嘴，它是绝热流道注塑模中最简单的一种，适用于单型腔模具。这种模具的特点是在注塑机喷嘴和模具入口间设置一个主流道杯，杯内有容纳熔融塑料的“井坑”，在注塑过程中，由于杯内熔体层较厚，且被喷嘴和每次通过的熔体加热，所以外层很快冷凝外，中心部位能始终保持熔融状态，使来自料筒中的熔体能继续通过而流入型腔。为

为了保持主流道杯中心部位的熔体不冷凝，注塑机喷嘴与主流道杯“井坑”应始终紧密接触。

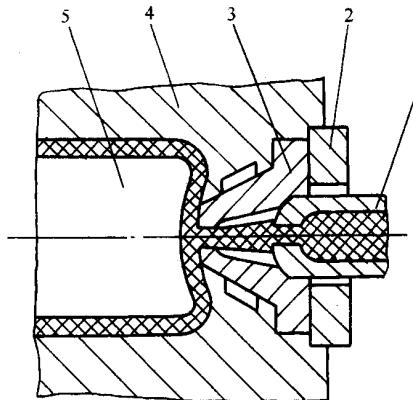


图 15-1 井式喷嘴

1-喷嘴 2-定位圈 3-主流道杯 4-定模 5-型芯

2. 热流道注塑模

热流道注塑模是通过加热的方式保持浇注系统不凝固。在多型腔的热流道模具中，通常设置一个热流道板或在浇注系统的通道内设置加热器，以便对热流道或整个浇注系统加热。

如图15-2所示为外加热式热流道注塑模，热流道板8中有加热孔道7，孔内插入管式加热器，如电热棒等，使流道内塑料始终保持熔融状态。喷嘴采用铍铜合金制造，也可用性能相似的其他铜合金制造，以利用热量传到前端。热流道板的安装常采用点接触式固定法，热流道板只有少量面积与型腔模体作必要的接触，起支撑作用。热流道板周围由螺钉顶紧固定，热流道板的大部分表面与空气接触，防止热量散失。

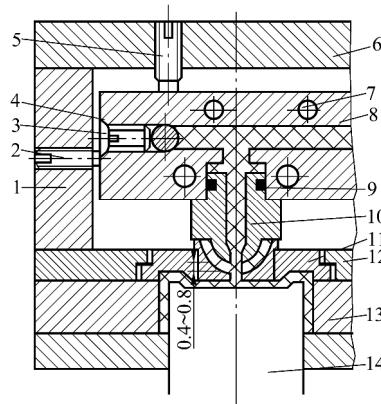


图 15-2 外加热式热流道注塑模

1-支架 2-定位螺钉 3-压紧螺钉 4-流道密封钢球 5-定位螺钉 6-定模座板 7-加热孔道
8-流道板 9-胀圈 10-二级喷嘴 11-浇口衬套 12-浇口板 13-定模型腔板 14-型芯

热流道板是热流道系统中关键零件之一，它的结构不仅决定了流道温度的均匀性，而且还决定了浇口套中心与模具型腔浇口的对中性。图15-3所示为热流道板的基本结构。通常，在热流道板上钻孔道。图(a)、(b)、(c)中热流道板采用外侧的棒式加热器。图(d)采用外侧管式加热器。图(e)采用热管内部加热。内部加热的流道板实际是一种带热熔芯的绝缘流道。这种冷凝外层塑料的自密封效能是这种结构的优点，缺点是熔体温度不均匀，压力降大。管式流道板成功地用于生产像透明罩一类的塑件。为承受较高的内部压力及保持均匀的熔体温度，管式流道板的厚壁应做得厚一些，一般外径 $\geq 50\text{mm}$ 。

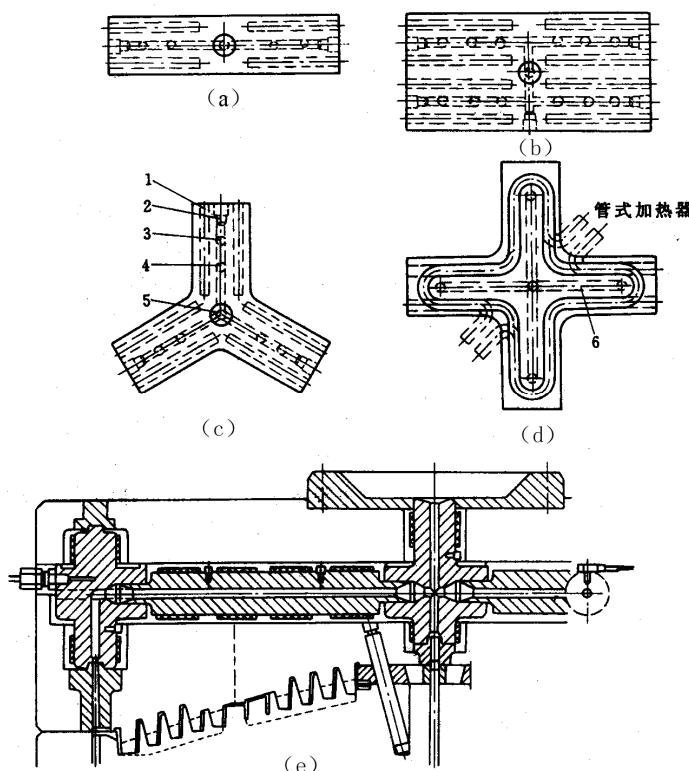


图 15-3 热流道板的基本类型

(a) 4 噴嘴直通型热流道板 (b) 12 噴嘴 H 型热流道板 (c) 6 噴嘴 Y 型热流道板
 (d) 4 噴嘴 X 型热流道板 (e) 管式热流道板

15.2 热固性塑料注塑成型

热固性塑料以其耐热性高、电性能优良和抗变形能力大而优于许多热塑性塑料，故其产量和应用一直稳步上升，但这类塑料长期采用传统的压缩成型和传递成型。20世纪60年代以后，热固性塑料开始采用注塑成型。与压缩成型和传递成型相比较，注塑成型具有生产周期短、效率高、塑件质量稳定、模具寿命长、易于实现自动化等优点，因此注塑成型是热固性塑料成型

技术的一次重大革新，并获得了迅猛发展。

15.2.1 热固性塑料成型特点

1. 生产效率高

与传统的压缩和传递成型相比，热固性注塑时，由于塑料先在料筒中经过加热塑化，塑化后的塑料又在螺杆或柱塞推挤下流经喷嘴和浇注系统进一步摩擦加热。在进入闭合的模腔后，已经达到了能够快速固化反应的温度。同时，由于采用能够快速固化的塑料，使固化反应时间大大缩短。以壁厚6.35mm塑件为例，采用不同成型方法所需净固化时间分别如下：

未预热的粉状料压缩成型	60s
高频预热压缩成型	40s
高频预热传递成型	30s
注塑成型	24s

值得指出的是，随着塑件壁厚增加，采用注塑成型比压缩和传递成型所需固化时间缩短得更明显。经验证明，对于厚壁塑件和带筋塑件，热固性注塑的固化时间比类似的热塑性注塑时冷却变硬时间更短。因此，对于成型大型厚壁塑件，热固性注塑成型更具有优越性。

另外，热固性注塑成型使生产效率提高，不仅是由于净固化时间减少，也由于省去了对塑料预热和预压的工序，只需将松散料加入注塑机料斗即可。

2. 塑件质量好

由于热固性注塑时进入模腔的是已经塑化均匀、内外温度基本一致的塑料，可以使内外层固化比较均匀，而压缩成型时加入模腔的是松散或预压为锭的加料，尚需从模壁由热传导从外向里对塑料传递热量，使内外层有明显温差，外层固化较早较快，内层固化较晚较慢，产生内外层固化程度的明显差别，常常出现外层过分固化而内层仍固化不足的现象。由于热固性注塑件在整个断面上固化较均匀一致，赋予塑料良好的电绝缘性能，某些力学性能也得到改善。

3. 劳动条件改善

热固性注塑比压缩和传递成型的自动化程度高，使操作人员劳动强度和工作条件都明显得到改善，特别是向料斗中加料是密闭加料，减少了粉尘飞扬对人体的危害。

15.2.2 热固性注塑成型用塑料

热固性塑料的注塑料应经改性后制成粒状、粉状或液态等供应。目前，大多以粒料供应，仅环氧注塑料是液态的。对热固性塑料的注塑料有下列要求。

1. 合适的流动性

热固性注塑料的拉西格流动性一般大于200mm。相对分子质量在1 000以内的线型分子或具有少量支链型的分子，其流动性最好。木粉作填料的注塑塑料流动性最好，无机填料的流动性较差，玻璃纤维和纺织填料的塑料流动性最差。添加润滑剂可提高流动性，过多固化剂会降低流动性。

2. 塑化温度范围宽

一般要求物料在70~90℃能够塑化，具有一定流动性。并要求在注塑机的料筒中存留15~30min，具有热稳定性。添加稳定剂可阻止塑料在较低温度下发生交联固化反应。这对温流道注塑模成型尤其重要。

3. 高温下能快速固化

固化速度快能缩短成型周期、提高生产效率。但固化过快，会造成局部型腔，特别是细小部位充填不满的情况。

4. 收缩率要小

比起热固性塑料的压缩和传递成型，注塑料的收缩率最大。因为成型中受到压力最小，且模具温度高，脱模后冷却至室温又再次收缩。另外，热固性注塑料的收缩率与填料的种类和含量有关。木粉等有机填料会使收缩率大增，矿物填料，特别是玻璃纤维充填的注塑料收缩率较小。过大的收缩率使塑件尺寸变化大，又易产生翘曲变形。模具设计收缩率仍以模具和塑件在室温条件下的尺寸计算。由于该收缩率与注塑料品种和配方关系很大，通常又含有40%以上填料，收缩率应由生产注塑料的厂家提供或通过试验确定。

热固性塑料可供注塑的塑料有：酚醛塑料、氨基塑料、不饱和聚酯、DAP塑料、环氧树脂、有机硅、聚酰亚胺和聚丁二烯等，它们都是塑料工业的重要材料。与热塑性塑料相比，它们通常有优良的耐热性、阻燃性、耐化学性、抗蠕变等性能，且价格低廉。

15.2.3 热固性塑料注塑工艺

热固性塑料注塑有别于热塑性塑料。热固性塑料的注塑料加入料筒，通过螺杆旋转产生剪切热和料筒的外加热，使之在较低温度下，通常约为55~105℃下熔融。然后在高压下将稠胶状的物料注入模具。在加热达到约150~200℃的高温作用下进行化学交联反应，经保压后固化成型。最后开模顶出塑件。

1. 工艺要点

热固性塑料注塑过程中，物料在料筒中处于黏度最低的熔融状态。塑料熔体的黏度及其流动阻力与填料品种、比例和形状尺寸关系很大，需有相适应的注射压力。还应综合考虑摩擦热

的因素。一般采用较高注塑速度，以获得较高的摩擦热，有利固化。热固性塑料在模具中进行固化反应会产生水和低分子挥发物，模具型腔必须设有畅通的排气系统。否则会在塑件表面留下气泡和残缺。固化成型时间按最大壁厚计算，一般为 $8\sim12\text{s/mm}$ ，快速固化的注塑料为 $5\sim7\text{s/mm}$ 。

2. 成型特点

目前，热固性塑料注塑品种已有一百多种，但国内生产品种尚少，还需提高材料性能。热固性塑料中的填料，如玻璃纤维在螺杆剪切作用中会受损，而布屑、纸片等大颗粒填料难于进料。不但物料的流动性差，而且对螺杆、料筒、模具等的磨损较大，同时成型中塑件取向较严重，容易翘曲变形。塑件中嵌件的安放受成型速度等限制，成型较困难。最突出的问题是浇注系统凝料只能作废料处理。尤其是一模多腔小塑件，浪费率达 $15\%\sim25\%$ ，甚至更高。故采用无流道凝料注塑成型具有重大意义。热固性注塑的设备和模具费用比其他成型工艺方法高几倍，而且耗能也大。

3. 模内流动和固化

热塑性塑料熔体充模时，模壁温度低于熔体温度，使靠近模壁处的熔体迅速冷却生成冻结皮层。靠近冻结层处熔体黏度高于中心层，流速沿断面呈抛物线分布，如图15-4 (a) 所示。热固性塑料熔体充模时，模壁温度高于熔体温度，不会产生冻结层。接触模壁处的熔体因受到加热反而黏度降低。除紧邻模壁薄层因摩擦阻力流速较低外，整个断面流速分布相近，形成“活塞流”，如图15-4 (b) 所示。

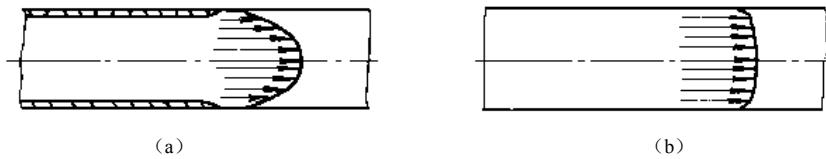


图 15-4 熔体充模流速分布比较

(a) 热塑性塑料 (b) 热固性塑料

热固性塑料充模后固化交联成三维网状结构，不会出现大分子链的取向，也很少产生熔体破裂现象。但是纤维状的填料在充模流动中会出现流动取向，使塑件在流动方向的力学性能和收缩率高于垂直流动方向。

15.2.4 热固性塑料注塑机

为适应热固性塑料的成型特性，热固性塑料注塑应采用专门的注塑机。该注塑机与常用的热塑性塑料注塑机的特点不同。

1. 加热系统更加均匀且温度恒定

为防止熔体在注塑机料筒内发生早期固化，要求对塑料加热应均匀且温度恒定。目前，多采用水加热循环系统，温度波动为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，能实现自动控制。热固性塑料的塑化热量主要来源是螺杆旋转的剪切热。料筒的外加热主要起预热作用，并起对料筒温度的调节作用。单一的电热方式易使物料过热固化，因此，常用水或油加热料筒，也有电加热结构的料筒。还有一种是油电加热料筒，电热仅用于预热，塑化时，调节油温来控制料筒温度，所以料筒温度控制精度较高。

2. 螺杆传动可承受更大的扭矩

为防止因塑料在料筒内固化而扭断螺杆，注塑机螺杆的传动宜采用液压马达或摆线针轮减速器结构，这样可以达到 $0 \sim 90\text{r}/\text{min}$ 的无级变速，以适应热固性塑料在料筒内的预塑要求。

3. 注射压力高，锁模力大

热固性塑料注塑成型的注射压力和锁模力应高于热塑性塑料，注塑机的注射压力通常在 $120 \sim 170\text{MPa}$ 的范围内，少数还更高。由于注射压力高，因此合模机构的锁模力也相应增大，这样对合模机构中的油泵、油路系统也有更高要求。此外，合模机构还应满足快速排气操作要求，即应具备能迅速降低锁模力的机构。

4. 螺杆长径比和压缩比小

注塑机的螺杆长径比和压缩比均比热塑性塑料成型注塑机小。螺杆的长径比为 $14 \sim 20$ ，一般以偏小为好。压缩比通常为 $0.8 \sim 1.4$ ，偏大容易使塑料在料筒内固化。与热塑性塑料注塑机的螺杆相比，热固性塑料注塑机螺杆的螺槽较深，这是为了减少对塑料的剪切作用，以免产生过多摩擦热，防止塑料过早固化。螺杆头部呈锥角形，与喷嘴内轮廓形状相符，使螺杆在注塑时，其顶部能达到喷嘴出口处。螺杆内设有冷却水孔，可通水冷却，防止螺杆表面过热。螺杆与料筒间隙较小，螺杆表面粗糙度低。螺杆材料应具有优良的耐磨性和抗压强度。

15.2.5 热固性塑料注塑模

热固性塑料注塑模的设计与热塑性塑料注塑模相似，典型的热固性塑料注塑模如图15-5所示。它和热塑性塑料注塑模结构类似，也包括成型零件、浇注系统、导向系统、推出机构、抽芯机构、排气系统等。在注塑机上也采取相同的安装方法，用定位圈定位，螺栓或压板固定。因热固性塑料在成型过程中会产生挥发性气体，排气量大，注射压力和速度比较高，故一般会设计专门的排气槽，其分通道、浇口、排气槽的开设更类似于压铸模。模具多采用电加热以满足物料迅速固化的要求。

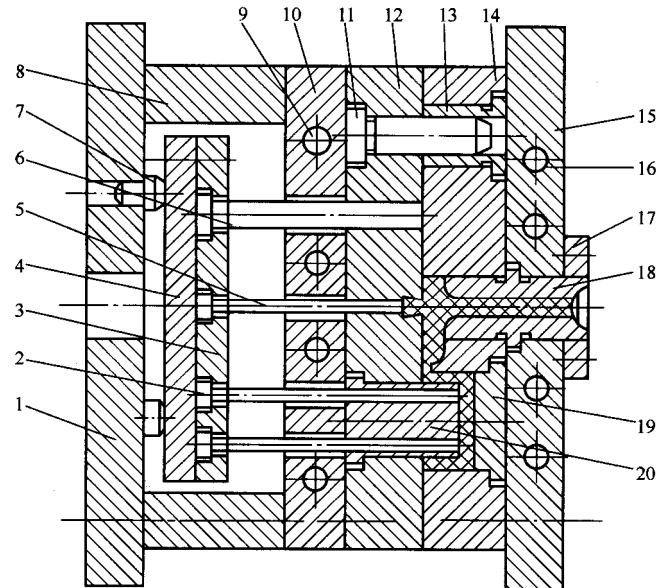


图 15-5 热固性塑料注塑模典型结构

1-动模座板 2-推杆 3-推杆固定板 4-推板 5-拉料杆 6-复位杆 7-限位钉 8-垫块
 9-加热孔 10-支承板 11-导柱 12-动模板 13-导套 14-定模板 15-定模座板 16-加热孔
 17-定位圈 18-浇口套 19-定模镶块 20-型芯

热固性塑料注塑模结构设计应考虑如下特点：

- (1) 塑件尚未固化前，塑料黏度比热塑性塑料低，对于 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 的缝隙也会产生溢料。
- (2) 塑件成型后硬而脆。清理分型面上的飞边和钻入缝隙的溢料较困难。易破碎的小片会磨损模具表面。
- (3) 热固性塑料的摩擦系数和收缩率较小。塑件对型芯包紧力较小，开模时易滞留在定模一侧。
- (4) 塑料熔体对模具成型零件表面有较严重的磨蚀磨损。
- (5) 模具工作温度远高于室温，使室温下模具零件的装配间隙很难控制，导致运动零件工作时容易产生咬死和拉毛现象。

15.3 精密注塑成型

精密注塑成型是对成型尺寸和形状精度很高、表面粗糙度很小的塑件而采用的注塑成型方法，所用的注塑模具即为精密注塑模。

15.3.1 精密注塑件

判断塑件是否需要精密注塑的主要依据是塑件精度。在注塑成型中，影响塑件精度的因素很多，主要有注塑成型用塑料、注塑机、注塑成型工艺、注塑模具及操作人员技术水平等。因此，如何规定精密注塑成型塑件的精度是一个重要而复杂的工作，这里既要使塑件精度满足工业生产实际要求，又要考虑到目前模具制造所能达到的精度、塑料品种及其成型技术、注塑机是否能满足精密成型的要求等。国内外塑料工业部门对此进行了探讨。表15-1为日本塑料工业技术研究会从塑料品种和塑料模结构方面确定的精密注塑件的基本尺寸与公差，仅供参考。表中最小极限是指采用单腔模具时，注塑件所能达到的最小公差值；表中的实用极限是指采用四腔以下模具时，塑件所能达到的最小公差值。我国目前精密注塑塑件的公差等级可按国家标准GB/T 14486—1993中的MT1高精度公差等级确定。

表 15-1 精密注塑件的基本尺寸与公差（日本）

单位：mm

基本尺寸	聚碳酸酯、ABS		尼龙、聚甲醛	
	最小极限	实用极限	最小极限	实用极限
0~0.5	0.003	0.003	0.005	0.01
0.5~1.3	0.005	0.01	0.008	0.025
1.3~2.5	0.008	0.02	0.012	0.04
2.5~7.5	0.01	0.03	0.02	0.06
7.5~12.5	0.015	0.04	0.03	0.08
12.5~25	0.022	0.06	0.04	0.10
25~50	0.03	0.08	0.05	0.15
50~75	0.04	0.10	0.06	0.20
75~100	0.05	0.15	0.08	0.25

15.3.2 精密注塑成型用塑料

对于精密注塑件要求的公差值，并不是所有塑料都能达到，必须对塑料进行严格选择，使之具有良好的成型性能和尺寸稳定性。目前，适用于精密注塑的塑料品种主要有聚碳酸酯（包括玻璃纤维增强）、聚甲醛（包括碳纤维或玻璃纤维增强型）、聚酯胺及其增强型、ABS和PBT等。

1. POM及碳纤维增强（CFPOM）或玻璃纤维增强（GFPOM）

这种材料的特点是耐蠕变性能好，耐疲劳、耐候性，介电性能好，难燃，加入润滑剂易脱模。

2. PA及增强PA（FRPA66）

抗冲击能力及耐磨性能强，流动性能好，可成型0.4mm壁厚的塑件。FRPA66具有耐热性

能（熔点250℃）。其缺点是具有吸湿性，一般成型后都要通过调湿处理。

3. PBT增强聚酯

固化速度快，强度高。

4. PC及玻璃纤维增强（GFPC）

良好的耐磨性，增强后刚性提高，尺寸稳定性好，并同时具有耐候性和难燃性。

15.3.3 精密注塑成型工艺

精密塑件对注塑工艺有如下要求。

1. 注射压力高

普通注塑时的注射压力一般为40~200MPa，而精密注塑时则要提高到180~250Mpa，最高可达到415MPa。提高注射压力可增大熔体的体积压缩量，使其密度增大，从而降低塑件的收缩率及波动，提高塑件形状尺寸的稳定性；提高注射压力有利于改善塑件的成型性能，能成型超薄塑件；提高注射压力还保证了注射速度的实现。

2. 注射速度快

采用较快注射速度，不仅能成型形状复杂的塑件，而且还能减小塑件的尺寸公差，以保证复杂而精度高的塑件的成型。

3. 温度控制严格

注塑成型温度对熔体的流动性和收缩率影响较大，因而精密注塑不但要严格控制注塑温度，还必须严格控制温度波动范围；不仅要注意控制料筒、喷嘴和模具的温度，还要注意脱模后周围环境温度对塑件精度的影响。

4. 成型工艺稳定性

成型工艺及工艺条件的稳定性是十分重要的。因为稳定的工艺及工艺条件是获得尺寸精度稳定的塑件的重要条件。

15.3.4 精密注塑成型用注塑机

由于塑件有较高的精度要求，所以一般都需要在专用的精密注塑机上进行注塑成型。这种注塑机有如下特点。

1. 注射功率大

注射功率大，才能满足注射压力大和注射速度高的要求。同时，注射功率大，也可以减少塑件尺寸误差。

2. 控制精度高

精密注塑机的控制系统精度一般都很高，它对各种注塑工艺参数，如注塑量、注射压力、注塑速度、保压压力、螺杆转速等采取多级反馈控制，具有良好的重复精度；对料筒和喷嘴温度采用PID（比例积分微分）控制器，温度波动可控制在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。精密注塑机对合模力大小必须严格控制，否则将因模具温度变化而引起液压油的流量和黏度变化，导致注塑工艺参数的波动，从而导致塑件精度不稳定。

3. 液压系统反应速度快

为满足高速成型对液压系统的工艺要求，精密注塑机的液压系统采用了灵敏度较高的液压元件、缩短液压回路、加装蓄能器等措施以提高液压系统的反应速度。目前，精密注塑机的液压控制系统正朝着机、电、液一体化方向发展，使注塑机的工作更加稳定、灵敏和精确。

4. 合模系统具有足够的刚性

由于精密注塑需要较高的注射压力，因此精密注塑机的固定板、移动板、拉杆等的设计应保证合模系统有足够的刚性，否则塑件精度会因合模系统的弹性变形而下降。

15.3.5 精密注塑模设计要点

一般注塑模的设计方法基本适用于精密注塑模的设计，但因精度要求高，设计时应注意以下几点。

1. 合理确定精密注塑模的设计精度

精密注塑模应首先具有较高的设计精度，如果在设计时没有提出恰当的技术要求或模具结构设计得不合理，则无论加工和装配技术有多高，塑件精度也不能得到可靠保证。为了确保精密注塑模的设计精度，设计时，要求模具型腔精度和分型面精度要与塑件精度相适应。一般精密注塑模型腔的尺寸公差应小于塑件公差的 $1/3$ ，并根据塑件的实际情况来具体确定。例如，对于小型精密注塑成型塑件，当基本尺寸为50mm时，型腔的尺寸公差可取0.003~0.005mm，当基本尺寸为100mm时，型腔的尺寸公差可增大到0.005~0.01mm。

塑具中的结构零部件虽然不直接参与成型，但其精度对模具精度影响很大，因此，无论是设计一般注塑模还是精密注塑模，均应对结构零部件提出恰当而又合理的精度及其他技术要求。此外，在精密注塑模设计中，为确保动模和定模的对合精度，可将锥面定位机构或卧销定位机构与导柱导向机构配合使用，如图15-6所示。

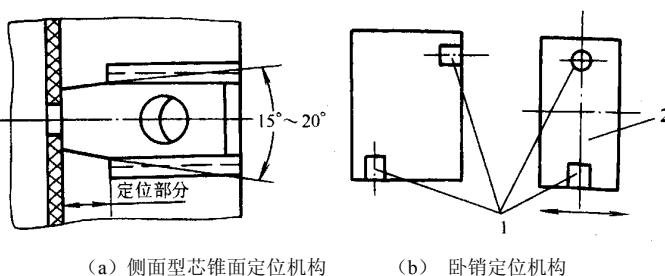


图 15-6 锥面定位机构和卧销定位机构

1-导正销 2-分型面

2. 合理选择精密模具结构

为使模具在使用过程中保持其原有的精度，必须使注塑模的制造误差达到最小，并使它具有较高的耐磨性，故常对模具有关零件淬火。但淬火后的钢材除了磨削加工外，很难达到0.01mm级以下的尺寸精度。因此凡精度要求在0.03mm以下的精密注塑模零件，应设计成易于磨削或电加工的结构形式。为便于复杂精密塑件成型型腔的精加工，型腔应采用镶嵌结构，如图15-7所示，这样既便于精加工，又减小了热处理变形，便于排气和维修。但采用镶嵌结构，不能影响塑件的使用性能和外观，且必须保证各镶嵌件定位牢靠，必要时，设置模框以保证各镶嵌模具有足够的刚度。另外，镶嵌件最好采用通用结构或标准结构。

对小型精密注塑模，为减小磨削变形，缩短加工时间，可选用淬火变形小的钢材和设计成淬火变形小的结构形状。

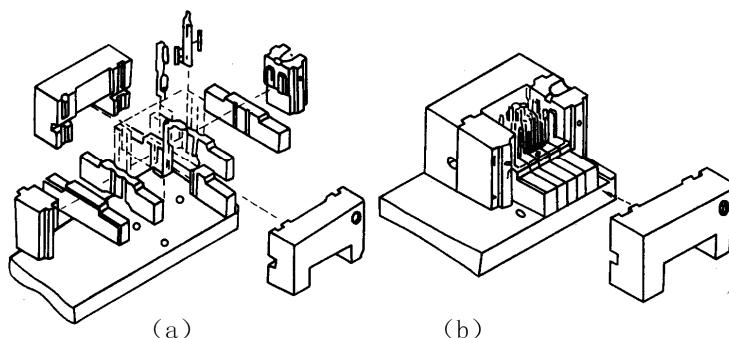


图 15-7 镶拼结构

3. 考虑成型收缩的均匀性

成型收缩的不均匀性对塑件的精度及精度的稳定性影响较大。正确设计浇注系统和温度调节系统是解决成型收缩均匀性的有效途径。

(1) 型腔数目不宜太多，模具型腔多，将降低塑件精度。因此，对于特别精密的注塑模，

宜采用一模一腔。

(2) 多型腔模具，分流道应采用平衡布置，以使塑料熔体同时到达和充满各个型腔。保持了料流的平衡和模具温度场的热平衡，从而使塑件的收缩率保持均匀和稳定。

(3) 浇口的种类、位置及数量将影响塑件的变形及收缩率的波动，因此在设计浇口时应对塑件各部分的收缩率作全面考虑，特别是收缩各向异性大的塑料注塑成型。

(4) 温度控制系统最好能对各个型腔温度进行单独调节，以使各型腔的温度保持一致，防止因各型腔之间温差引起塑件收缩率的差异，办法是对每个型腔单独设置冷却水路，并在各型腔冷却水路出口处设置流量控制装置。如果不对各个型腔单独设置冷却水路，而是采用串联式冷却水路，则必须严格控制入水口和出水口的温度。一般来说，精密注塑模中的冷却水温调节误差在 0.5°C 内，入水口和出水口的温差控制在 2°C 内。同理，对型腔和型芯两部分宜分别设置冷却水路，以便分别控制型腔和型芯的温度，一般两者的温度应能控制到 1°C 。

4. 避免塑件在脱模时变形

由于精密注塑件一般尺寸小、壁薄，有时带有薄筋，因此必须十分注意脱模时塑件的变形。为此，模具结构应便于塑件脱模，具有足够的刚度；最好用推件板推出，如无法用推件板推出，则应采用适当的推出机构在塑件适当部位进行推件；对塑件推出部位表面进行镜面抛光，且抛光方向与脱模方向一致。

5. 提高模具刚度

提高模具刚度，减少在大的注射压力作用下模具的弹性变形量，以提高塑件精度。其方法有加大型腔壁厚和底板、加大支承板的厚度、增设支撑柱采用锥面合模锁紧和提高侧滑块的楔紧刚度等。

6. 制作“试制模”

对于成型精度要求特别高的塑件，必要时应做“试制模”，并按大量生产的成型条件进行成型，然后根据实测数据（收缩率等）设计与制造生产用注塑模。当没有制作“试制模”时，应根据影响塑料成型收缩率的各种因素，针对塑件具体的结构及尺寸、塑料品种、浇注系统和成型工艺条件等，认真分析，尽量精确确定塑料成型收缩率。

15.4 气体辅助注塑成型

气体辅助注塑成型简称气辅成型，该技术起源于 20 世纪 80 年代，它是一种将结构发泡成型和注塑成型的优点结合起来的新技术，既可降低模具型腔内熔体的压力，又可避免结构发泡成型产生的粗糙表面，可在保证产品质量的前提下大幅度降低生产成本，较好地解决了壁厚不均匀的塑件及中空壳体塑件的注塑成型问题。

15.4.1 气体辅助注塑成型特点

与传统的注塑成型方法相比较，气体辅助注塑成型有如下特点。

1. 能够成型壁厚不均匀的塑件及复杂的中空塑件

在气辅成型保压过程中，塑料的收缩可由气体的二次穿透予以补偿，使塑件表面不会出现凹陷；另外，采用气辅成型可将塑件的较厚部分掏空以减小甚至消除缩痕，一般气体辅助注塑成型件的截面形状如图15-8所示。

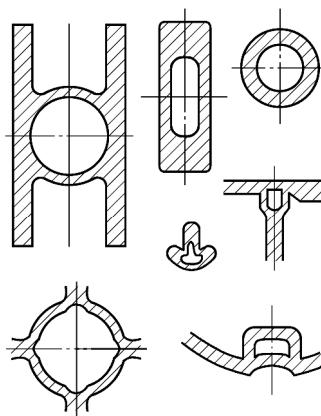


图 15-8 气体辅助注塑成型件的截面形状

2. 低压注塑成型提高了塑件质量

气体从浇口至流动末端形成的气流通道无压力损失，能够较好地实现低压注塑成型，由于注塑成型压力较低，所需锁模力小，为一般注塑成型的 $1/5 \sim 1/10$ ，可在锁模力较小的注塑机上成型尺寸较大的塑件，从而能获得低残余应力的塑件，塑件翘曲变形小，尺寸稳定。

3. 节约原料，提高生产效率

由于气流的辅助充模作用，提高了塑件的成型性能，因此采用气体辅助注塑有助于成型薄壁塑件，减轻了塑件的重量，减少了原材料的费用。同时缩短了冷却时间，提高了注塑成型的生产效率。

4. 需专用供气装置和设备

采用气体辅助注塑成型技术时，对注塑机的精度和控制系统有一定的要求，需要增设供气装置和充气喷嘴，设备成本较高。

15.4.2 气体辅助注塑成型工艺

气体辅助注塑成型的原理较简单，即在注塑充模过程中，向熔体内注入比注射压力低的低压气体，通常为几十兆帕，利用气体的压力实现保压补缩。

气体辅助注塑成型的原理如图15-9所示。成型时，首先向型腔内注入经准确计量的熔体，然后经特殊的喷嘴在熔体中注入气体，一般为氮气，因为其廉价，且不与塑料熔体发生反应。气体扩散推动熔体充满型腔。充模结束后，熔体内气体的压力保持不变或略有升高，进行保压补料，冷却后，排除塑件内的气体便可脱模。

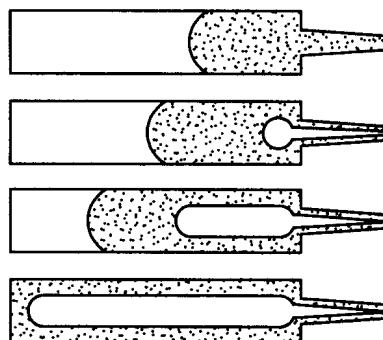


图 15-9 气体辅助注塑成型原理

根据具体工艺过程的不同，气辅成型可分为标准成型法、副腔成型法、熔体回流法和活动型芯法。

1. 标准成型法

标准成型法是先向模具型腔中注入经准确计量的塑料熔体，如图15-10 (a) 所示，再通过浇口和流道注入压缩气体，气体在型腔中塑料熔体的包围下沿阻力最小的方向扩散前进，对塑料熔体进行穿透和排空，如图 (b) 所示，最后推动塑料熔体充满整个模具型腔并进行保压，如图 (c) 所示，待塑料冷却到具有一定刚度、强度后开模顶出，如图 (d) 所示。

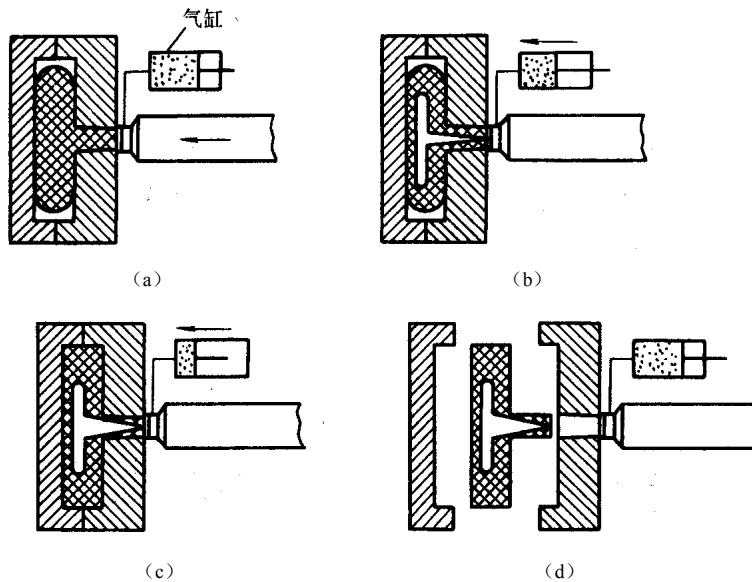


图 15-10 标准成型法成型过程示意图

2. 副腔法

副腔成型法为在模具型腔之外设置一可与型腔相通的副型腔，首先关闭副型腔，向型腔中注塑塑料熔体直到型腔充满并进行保压，如图15-11 (a) 所示，然后开启副型腔，向型腔内注入气体，由于气体的穿透而多余出来的熔体流入副型腔，如图 (b) 所示，当气体穿透到一定程度时，关闭副型腔，升高气体压力，对型腔中的熔体进行保压补缩，如图 (c) 所示，最后开模顶出塑件，如图 (d) 所示。

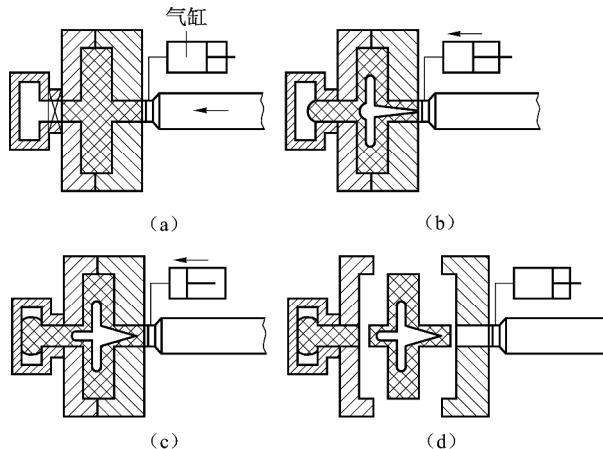


图 15-11 副腔法成型过程示意图

3. 熔体回流法

熔体回流法与副腔成型法类似，所不同的是模具没有副型腔，气体注入时多余的熔体不是流入副型腔，而是流回注塑机的料筒，其成型过程如图15-12 所示。

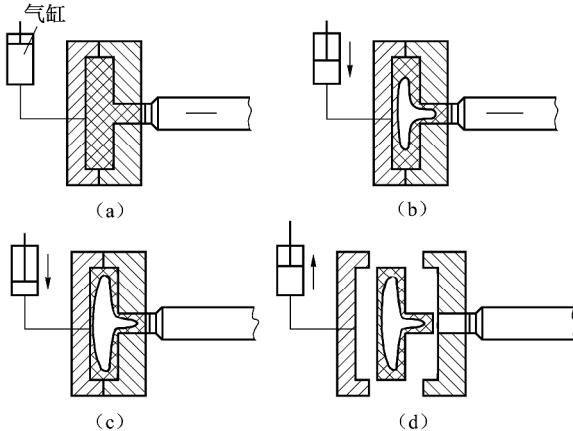


图 15-12 熔体回流法成型过程示意图

4. 活动型芯法

活动型芯法是在模具型腔中设置活动型芯，首先使活动型芯位于最长伸出位置，向型腔中

注塑塑料熔体直到型腔充满并进行保压，如图15-13（a）所示，然后注入气体，活动型芯从型腔中退出以让出所需的空间，如图（b）所示，待活动型芯退到最短伸出位置时，升高气体压力实现保压补缩，如图（c）所示，最后塑件脱模，如图（d）所示。

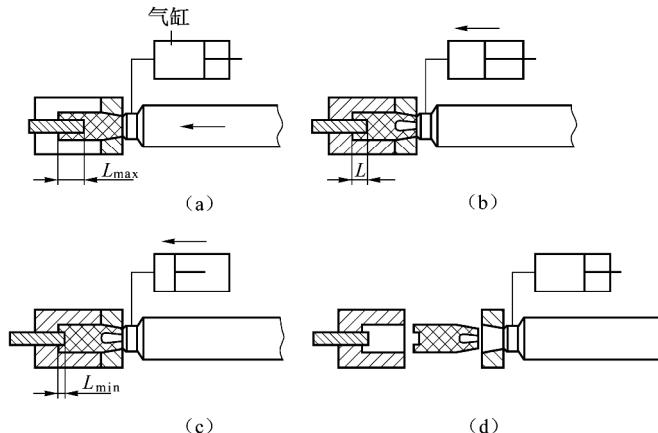


图 15-13 活动型芯法成型过程示意图

15.4.3 气体辅助注塑成型设备

1. 注塑机

由于气辅成型通过控制注入型腔的塑料量来控制塑件的中空率及气道的形状，所以气辅成型对注塑机的注射量和注射压力的精度要求较高。在一般情况下，注塑的注射量精度误差应在 $\pm 0.5\%$ 内，注射压力波动相对稳定，控制系统能和气体控制单元匹配。

2. 气辅装置

气辅装置由标准氮气发生器、控制单元和氮气回收装置组成。氮气发生器提供注塑所需的氮气。

控制单元包括压力控制阀和电子控制系统，有固定式和移动式两种。固定式控制单元是将压力控制阀直接安装在注塑机上，将电子控制系统直接装在注塑机控制箱内，即控制单元和注塑机是连为一体的。移动式控制单元是将压力阀和电子控制系统装在一套控制箱内，使其在不同的时间能和不同的注塑机搭配使用。

氮气回收装置用于回收气体注射通道中残留的氮气，不包括塑件气道中的氮气，因为气道中的氮气会混合别的气体，如空气或挥发的添加剂等，若被回收，会影响以后成型的塑件的质量。

3. 进气喷嘴

进气喷嘴有两类，一类是主流道式喷嘴，即塑料熔体和气体共用一个喷嘴，塑料熔体注塑

结束后，喷嘴切换到气体通道上实现气体注塑；另一类是气体通道专用喷嘴，又分为嵌入式和平面式两种。

15.4.4 气体辅助成型模具设计

气辅成型在注塑成型过程中用带有气阀可通入气体的专用喷嘴，将氮气加以一定的压力压入塑件结构中较厚的部分，形成中空结构。所用的装有气嘴的模具即气辅成型模具。图15-14所示是采用气辅成型技术的97cm电视机前壳注塑模具结构图。

1. 结构设计

97cm电视机前壳带有侧孔，由滑块镶件10来成型，滑块镶件7和10联为一体，由T形块5带动在开模时完成侧抽芯。楔紧块3在成型时起锁定作用。

97cm电视机前壳是薄壁件，动、定模的合模单靠导柱导套难以保证合模精度，故成型部位采用锥面精定位，以保证壁厚一致和各零件结构的正确定位。

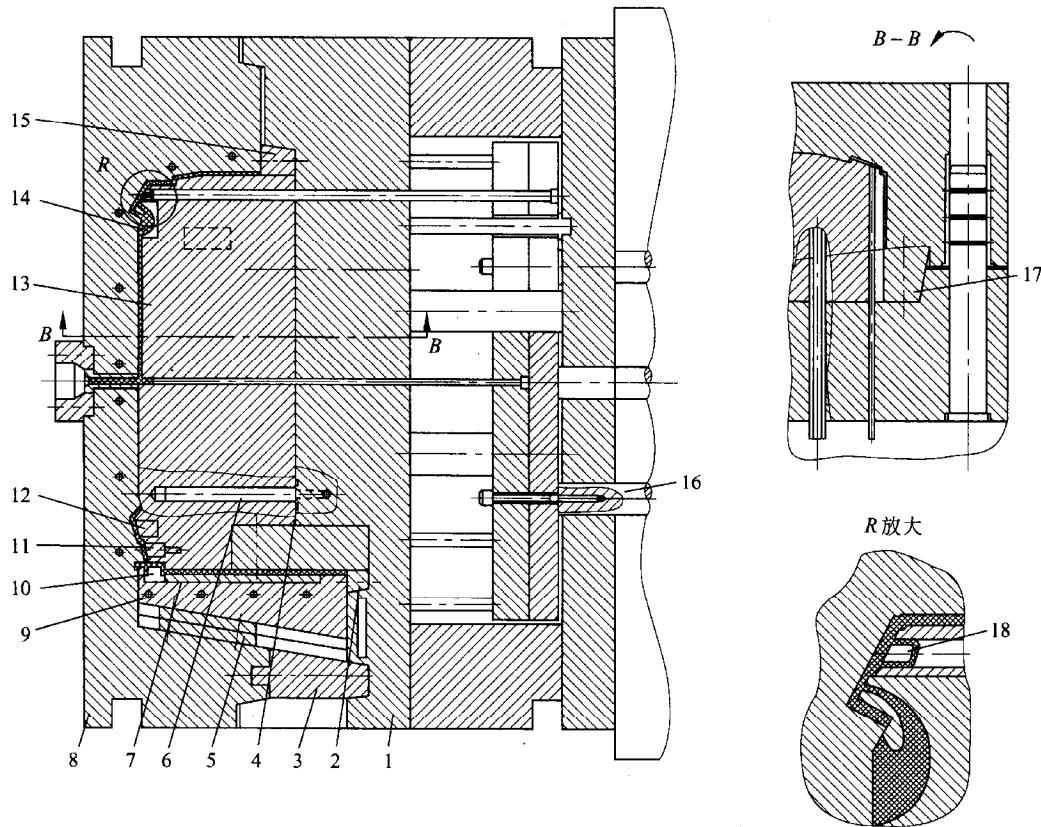


图 15-14 97cm 电视机前壳注塑模

1-动模板 2、15、17-推块 3-楔紧块 4-密封圈 5-T 形块 6-水道隔板 7、10-滑块镶件

8-定模型腔板 9-大滑块 11、12-型芯镶件 13-型芯 14-流道镶件 16-注塑机顶杆 18-气道

2. 气道设计

97cm电视机前壳是大型塑件，要求外表面平整，且能承受一定的外力。故可利用壳体边框主筋作气道，用气辅成型增加边框的强度，确保外表面的平整、美观和坚固。图15-15所示为该模具的型芯、流道、气道分布图。

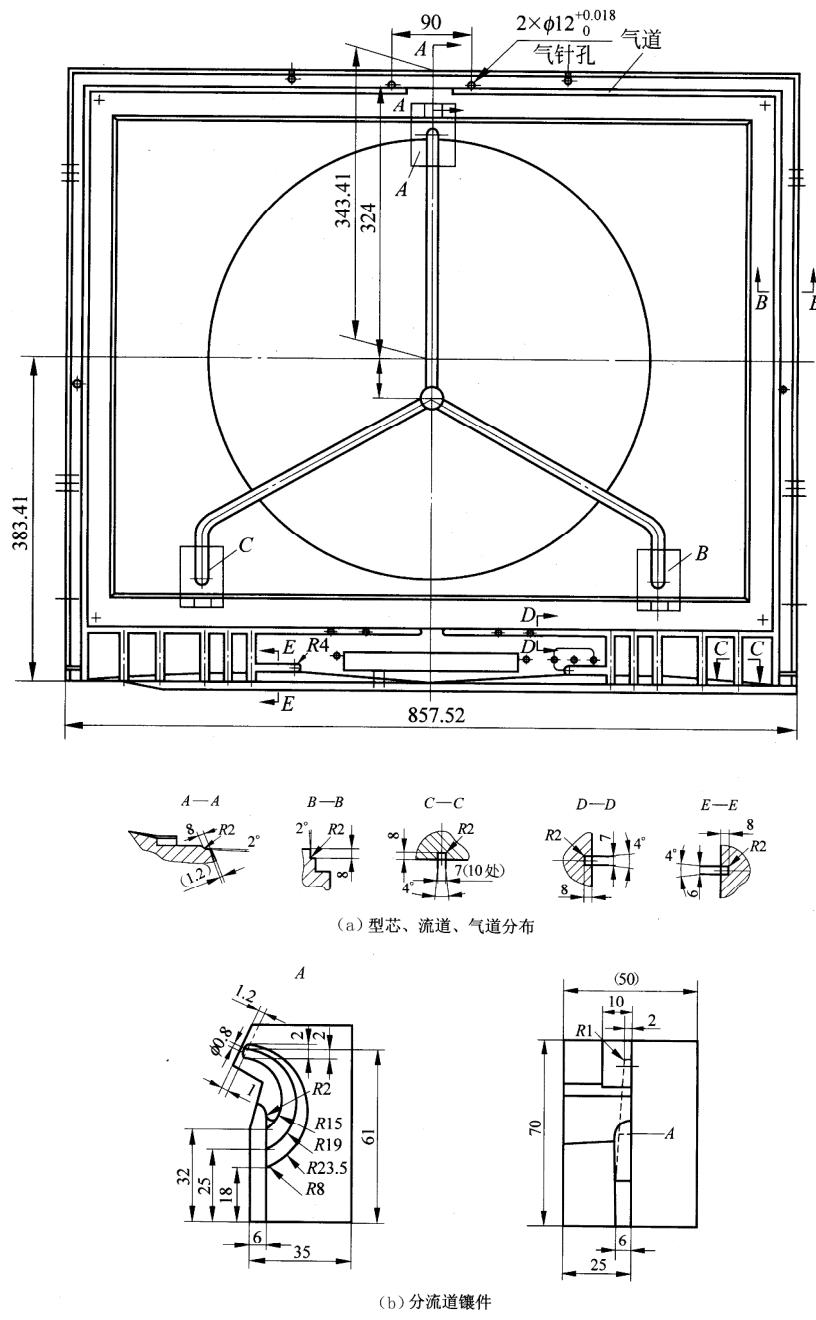


图 8.11 (续)

图 15-15 模具型芯、流道、气道分布

15.5 共注塑成型

共注塑成型是指用两个或两个以上注射单元的注塑机，将不同品种或者不同色泽的塑料同时或先后注入模具型腔内的成型方法。此法可生产多种色彩或多种塑料的复合塑件。共注塑成型用的注塑机称为多色注塑机。目前，国外已有八色注塑机在生产中应用，国内使用的多为双色注塑机。共注塑成型的典型代表有双色注塑成型和双层注塑成型。

15.5.1 双色注塑成型

双色产品应用较多，如汽车上的双色产品就有三类，一类是如按键这样的小产品，一类是保险杠、仪表盘、门板这样的大产品，还有一类是如尾灯这样的透明件。

双色注塑成型主要有两种形式。一种是两个注射系统（料筒、螺杆）和两副相同模具共用一个合模系统，如图15-16所示。模具固定在一个模具回转板6上，当其中一个注射系统4向模内注入一定量的A种塑料（未充满）后，回转板迅速转动，将该模具送到另外一个注射系统2的工作位置上，这个系统马上向模内注入B种塑料，直到充满型腔为止，然后塑料经过保压冷却，定型后脱模。这种注塑成型方法可以生产分色明显的混合塑件。

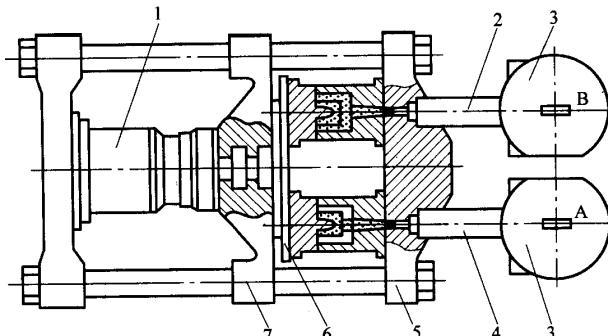


图 15-16 双色注塑成型示意图一

1-合模液压缸 2-注射系统 B 3-料斗 4-注射系统 A 5-定模固定板

6-模具回转板 7-动模固定板

另一种形式是两个注射系统共用一个喷嘴，如图15-17 (a) 所示。喷嘴通路中装有启闭阀2，当其中一个注射系统通过喷嘴1注入一定量的塑料熔体后，与该注射系统相连通的启闭阀关闭，与另一个注射系统相连的启闭阀打开，该注射系统中的另一种颜色的塑料熔体通过同一个喷嘴注入同一副模具型腔中直至充满，冷却定型后就可得双色混合的塑件。实际上，注射工艺制定好后，调整启闭阀开合及换向的时间，就可生产出各种混合花纹的塑件。不用上述装置，而用图15-17 (b) 所示的花纹成型喷嘴也是可行的，此时，旋转喷嘴的通路，即可得到不同颜色和花纹的塑件。

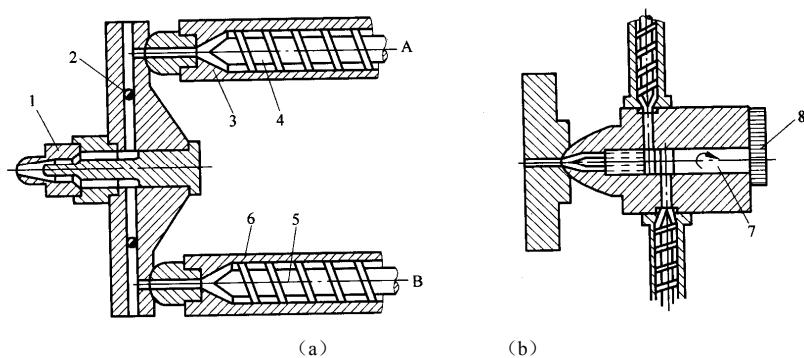


图 15-17 双色注塑成型示意图二

1-喷嘴 2-启闭阀 3-注射系统 A 4-螺杆 A 5-螺杆 B 6-注射系统 B 7-回转轴 8-齿轮

15.5.2 双层注塑成型

双层注塑成型可使用新旧不同的同一种塑料成型具有新塑料性能的塑件。通常，该种塑件内部为旧料，外表为新料，且保证有一定的厚度，这样，塑件的冲击强度和弯曲强度几乎与全部用新料成型的塑件相同。此外，也可采用不同颜色或不同性能品种的塑料相组合，而获得具有某些优点的塑件。

双层注塑成型示意图如图15-18所示。注射系统是由两个互相垂直安装的螺杆A和螺杆B组成，两螺杆的端部是一个交叉分配的喷嘴3。注射时，一个螺杆将第一种塑料注入模具型腔，当注入模具型腔的塑料与型腔表壁接触的部分开始冷凝，而内部仍处于熔融状态时，另一个螺杆将第二种塑料注入型腔，后注入的塑料不断地把前一种塑料向着模具成型表壁的方向推压，而其本身占据模具型腔的中间部分，冷却定型后，就可以得到先注入的塑料形成的外层、后注入的塑料形成内层的包覆塑件。

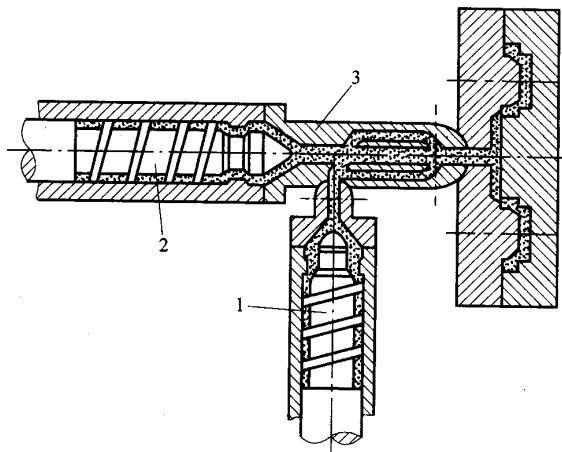


图 15-18 双层注塑成型示意图

1-螺杆 A 2-螺杆 B 3-交叉喷嘴

15.5.3 共注塑成型要求

采用共注塑成型方法生产塑件时，关键问题是确定注射量、注射速度和模具温度。改变注射量和模具温度可使塑件各种原料的混合程度和各层的厚度发生变化，而注射速度合适与否，会直接影响到熔体在流动过程中是否会发生湍流或引起塑件外层破裂等问题，具体的工艺参数应在实践的过程中进行反复调试来确定。另外，共注塑成型的塑化和喷嘴系统结构都比较复杂，设备及模具费用也比较昂贵。

复习思考题

1. 无流道凝料注塑成型有什么特点？
2. 哪些塑料适宜无流道凝料注塑成型？
3. 绝热流道的无流道凝料注塑模如何设计？
4. 加热流道的无流道凝料注塑模如何设计？
5. 热固性塑料注塑成型有什么特点？
6. 哪些热固性塑料适宜注塑成型？
7. 热固性塑料注塑成型工艺有什么特点？
8. 热固性塑料注塑成型机有什么要求？
9. 热固性塑料注塑模如何设计？
10. 精密注塑件有什么特点？
11. 哪些塑料适宜精密注塑成型？
12. 精密注塑成型工艺有什么特点？
13. 精密注塑成型机有什么要求？
14. 精密注塑模如何设计？
15. 气体辅助注塑成型有什么特点？
16. 气体辅助注塑成型原理是什么？
17. 标准成型法、副腔法、熔体回流法、活动型芯法气体辅助注塑成型工艺有什么不同？
18. 气体辅助注塑如何设计？
19. 双色注塑成型原理是什么？
20. 双层注塑成型原理是什么？

参 考 文 献

- [1] 黄晓燕. 简明塑料成型工艺与模具设计手册. 上海: 上海科学技术出版社, 2006.
- [2] 黄晓燕. 塑料成型工艺及模具设计技术问答. 上海: 上海科学技术出版社, 2007.
- [3] 黄晓燕. 塑料模典型结构100例. 上海: 上海科学技术出版社, 2008.
- [4] 黄晓燕. 塑料模具技术问答. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [5] 黄晓燕. 注塑成型工艺与模具设计. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2010.
- [6] 屈华昌. 塑料成型工艺与模具设计. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [7] 邹继强. 塑料制品及其成型模具设计. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [8] 杨占尧. 模具设计与制造. 北京: 人民邮电出版社, 2009
- [9] 杨占尧. 塑料注塑模结构与设计. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [10] 郭新玲. 塑料模具设计. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [11] 李雪锋. 模具设计与制造实训教程. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [12] 李雪锋. 塑料模设计及制造. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [13] 申开智. 塑料成型模具. 北京: 中国轻工业出版社, 2002.
- [14] 李德群. 现代模具设计方法. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [15] 刘彦国. 塑料成型工艺与模具设计. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [16] 丹尼尔·弗伦克勒. 注射模具的热流道. 北京: 化学工业出版社, 2005.