

张 清 编著

UG 注塑模具设计与制造

附光盘



66



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

UG 注塑模具设计与制造

张 清 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

内 容 提 要

本书面向生产实际,详细介绍了 Unigraphics 注塑模具设计与制造方法及操作技能,主要介绍 Mold Wizard 模块和 Unigraphics CAM。为了方便学习理解 Mold Wizard 设计模具内容,第 1 篇主要介绍模具设计基础知识,让没有注塑模具基础的读者了解掌握如何设计注塑模具;第 2 篇介绍如何用 Mold Wizard 设计模具;第 3 篇先介绍数控加工基础知识,再介绍如何用 Unigraphics CAM 编制模具零件加工程序。本书把注塑模具设计和数控加工基础知识与 Unigraphics 内容有机结合,通过许多具体实例演示模具设计和编程,读者可以直接调用光盘中的文件来模仿练习,内容丰富,易学易懂。

本书可作为高等院校、科研单位、工矿企业相关工程技术人员学习 Unigraphics 注塑模具设计与制造知识的参考书,也可作为大专院校和职业学校注塑模具专业的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

UG 注塑模具设计与制造/张清编著. —北京:化学工业出版社, 2005.9

ISBN 7-5025-7697-5

I. U… II. 张… III. ①注塑-塑料模具-计算机辅助设计 ②注塑-塑料模具-制造 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 115156 号

UG 注塑模具设计与制造

张 清 编著

责任编辑:张兴辉 刘 哲

文字编辑:余德华

责任校对:陈 静 宋 玮

封面设计:于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010) 64982530

(010) 64918013

购书传真:(010) 64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 23 字数 616 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7697-5

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前言

随着工业生产的高速发展,市场竞争日趋激烈,新产品的开发和更迭周期越来越短。塑料制品作为产品的构件使用越来越广泛,造型越来越丰富。现代工业产品设计更多的是应用流线型曲面构筑产品外形,赋予产品优美的曲线和丰富的想象力。用简单的几何形状给产品造型已不能满足现代工业产品设计的要求,平面设计很难把流线型曲面造型表示清楚,普通制造手段更无法制造出流线型曲面形状。但用 CAD 软件却能很好地解决这一问题,流线型造型通过模具设计软件获得模具模型,用 CAM 软件借助模具模型生成加工模具的数控程序,然后用数控机床把模具加工成型,最后用模具制造出想要的产品。所以现代产品开发,注塑模具设计制造已跨入计算机辅助设计和制造阶段,辅助软件已成为制造业不可缺少的工具。

在众多辅助设计制造软件中,Unigraphics (简称 UG) 是当今世界较先进、面向制造业的综合性软件。Mold Wizard 是针对注塑模具设计而专门开发的模块,与 Unigraphics CAD/CAM 集成在一起。Unigraphics CAD/CAM 和 Mold Wizard 能交互操作,使产品设计、模具设计和 CNC 编程都在一个操作界面下进行。用 Unigraphics CAD 强大的三维造型功能创建出形状优美的产品模型,用 Mold Wizard 完成模具设计,再用 Unigraphics CAM 把模具模型转化成数控加工的 CNC 程序,使塑料产品造型、模具设计和模具零件加工编程成为一个有机整体。

Mold Wizard 涵盖了注塑模具的设计精髓,模具设计过程编排思路清晰,模具三维零部件创建科学简洁,操作方便,而且收录了当今世界四大著名模具公司的标准模架和标准件数据,是模具制造行业和相关领域值得推荐使用的优秀辅助设计软件。为了学习使用 Mold Wizard,编写时以注塑模具知识为依托,结合软件内容,先扼要介绍注塑模具的基础知识,然后把注塑模具知识与 Mold Wizard NX 1.02 的操作使用结合起来,用具体实例深入详尽地演示 Mold Wizard 设计注塑模具的过程。模具实例的主要零件尺寸通过基础知识计算确定,比一般单纯介绍软件的操作使用更贴近实践。随后再重点介绍 Unigraphics CAM,用实例介绍如何用 Unigraphics CAM 进行 CNC 编程。用仿真加工演示模具零件的加工过程,验证 CNC 编程的正确性,使模具辅助设计和制造一并呈现在读者面前。

使用辅助软件能使一个想法在较短的时间内转化为实物,大大缩短了产品的设计开发周期,这是当今世界制造业最为先进的生产模式。Unigraphics CAD/CAM 和 Mold Wizard 不但能帮助人们提高工作效率,更重要的是能提高人们的创新能力。掌握这方面的知识,并应用于生产实践,就不落伍于世界先进制造行列。所以学习使用这些软件尤其显得迫切和重要。

注塑模具基础知识和辅助软件有机结合,使没有接触过注塑模具设计与制造的人也容易掌握模具辅助设计与制造知识,使有注塑模具设计制造基础知识的人提高工作技能。对 Mold Wizard 使用非常熟练的,利用 Mold Wizard 的局部设计功能结合 Unigraphics CAD/CAM 还可以进行其他类型模具的设计、制造。学习 Mold Wizard NX 1.02 和 Unigraphics CAM 必须有 Unigraphics CAD 软件使用基础,也可以与 Mold Wizard 和 Unigraphics CAM 一起学习。

本书的出版得到韩家礼老师的大力支持,在此表示感谢。由于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请各位读者指正。

编著者

2005 年 7 月

目 录

第1篇 模具设计

第1章 注塑模具基础知识	1
1.1 塑料简介和注塑特性	1
1.1.1 塑料简介	1
1.1.2 注塑特性	1
1.2 注塑模具的工作原理	5
1.2.1 注塑模具的成型原理	5
1.2.2 模具标准和标准模架	6
1.2.3 基本型模具	7
1.2.4 派生型模具	11
1.2.5 模具结构的演变	19
1.3 成型零件设计	20
1.3.1 成型零件结构	20
1.3.2 成型零件的材料和强度要求	22
1.3.3 成型零件厚度计算	26
1.4 脱模机构设计	33
1.4.1 一次脱模机构	34
1.4.2 二次脱模机构	37
1.4.3 点浇口脱浇道凝料机构	39
1.4.4 脱模阻力计算	40
1.4.5 常用脱模元件的计算	42
1.5 侧抽芯机构设计	45
1.5.1 侧抽芯机构概述	45
1.5.2 侧抽芯机构	46
1.5.3 滑块和滑道及其他抽芯零件结构	55
1.5.4 侧抽芯计算	56
1.6 导向和精确定位装置设计	62
1.6.1 导向装置	62
1.6.2 精确定位装置	62
1.7 浇注系统设计	64
1.7.1 有凝料浇注系统	64
1.7.2 无凝料浇注系统	77
1.7.3 排气和引气结构设计	79
1.8 冷却系统设计	80
1.8.1 冷却水道结构	81
1.8.2 成型零件冷却水道结构	82
1.8.3 冷却系统计算	85

1.9 注塑机选择	89
1.9.1 模具性能参数校核	89
1.9.2 模具结构尺寸校核	90
1.9.3 国产注塑机主要技术参数	91

第2篇 UG Mold Wizard NX 1.02

第2章 参考模型和成型零件	93
2.1 Mold Wizard NX 1.02 操作界面	93
2.1.1 Mold Wizard NX 1.02 操作界面进入	93
2.1.2 Mold Wizard NX 1.02 注塑模具设计简介	93
2.1.3 Mold Wizard NX 1.02 工具条图标介绍	94
2.2 模具初始化	95
2.2.1 塑料制品模型引入	95
2.2.2 初始化对话框	95
2.2.3 配套文件创建	97
2.3 模具坐标系	99
2.3.1 参考模型坐标系	99
2.3.2 模具坐标系设置和确认	100
2.4 参考模型放大比例	101
2.4.1 正方形参考模型	101
2.4.2 圆柱形参考模型	102
2.4.3 矩形参考模型	102
2.5 成型零件毛坯创建	104
2.5.1 标准模板选项	104
2.5.2 型腔和型芯选项	106
2.5.3 仅型腔选项	109
2.5.4 仅型芯选项	109
2.5.5 毛坯创建应用	110
2.6 多模腔布局	119
2.6.1 多模腔布局对话框	120
2.6.2 多模腔平衡布局	120
2.6.3 多模腔非平衡布局	123
2.6.4 嵌件腔创建	127
第3章 参考模型修补和成型零件分型	130
3.1 参考模型修补	130
3.1.1 片体修补	131
3.1.2 实体修补	133
3.1.3 分割	135
3.2 成型零件分型	135
3.2.1 分型功能对话框	135
3.2.2 同平面的分型环分型	136
3.2.3 不同面的分型环分型	139
3.2.4 修补工具辅助分型	149

第4章 模架和标准件	153
4.1 模架	153
4.1.1 FUTABA 模架管理对话框	154
4.1.2 FUTABA 模架类型选用	155
4.2 标准件	164
4.2.1 FUTABA 标准件管理对话框	164
4.2.2 标准件选用	166
4.3 侧抽芯机构	177
4.3.1 斜顶杆机构	177
4.3.2 外抽芯机构	180
4.4 内嵌件	184
4.4.1 内嵌件设计对话框	185
4.4.2 内嵌件创建	185
第5章 浇注系统和冷却系统	188
5.1 浇口	188
5.1.1 浇口设计对话框	188
5.1.2 浇口选用	189
5.2 分流道	192
5.2.1 分流道设计对话框	192
5.2.2 分流道选用	193
5.3 冷却系统	196
5.3.1 冷却构件设计对话框	197
5.3.2 冷却构件选用	198
第6章 零件建腔成型和模具图纸资料	205
6.1 电腐蚀加工电极	205
6.1.1 电极设计对话框	206
6.1.2 电极创建	206
6.2 裁剪和建腔	206
6.2.1 裁剪	206
6.2.2 建腔	207
6.3 材料清单和模具图	209
6.3.1 材料清单设计对话框	209
6.3.2 材料清单建立	210
6.3.3 模具图对话框	212
6.3.4 模具图创建	214

第3篇 UG CAM

第7章 数控加工基础知识	217
7.1 数控加工概述	217
7.1.1 数控加工原理	217
7.1.2 常用数控机床	218
7.1.3 数控加工的特点	220
7.1.4 CNC 编程	220

7.2 刀具、工件和刀轨描述.....	221
7.2.1 刀具、工件和刀轨相关概念.....	221
7.2.2 坐标系.....	221
7.2.3 刀轨形成.....	222
7.3 编程单元和工件装夹.....	223
7.3.1 编程单元.....	223
7.3.2 工件装夹.....	224
7.4 铣削刀具和铣削用量.....	224
7.4.1 常用铣刀.....	224
7.4.2 铣削要素.....	225
7.4.3 铣削的粗加工、半精加工和精加工.....	225
7.5 孔加工类型和切削用量.....	226
7.5.1 孔加工类型.....	226
7.5.2 钻削要素.....	226
7.6 电火花线切割.....	227
7.6.1 电火花线切割工艺参数.....	227
7.6.2 电极丝直径.....	227
第8章 数控加工程序编制基本过程	228
8.1 参考模型准备和模板选择.....	228
8.1.1 参考模型准备.....	228
8.1.2 模板选择和 CAM 操作界面进入.....	229
8.1.3 编程基本四要素及其结构树.....	230
8.2 加工文件生成.....	231
8.2.1 创建程序组.....	231
8.2.2 创建刀具组.....	231
8.2.3 创建几何体.....	233
8.2.4 创建方法.....	236
8.2.5 创建操作.....	237
8.3 加工程序生成.....	239
8.3.1 刀轨生成.....	239
8.3.2 加工文件输出.....	242
8.3.3 程序代码.....	243
第9章 铣平面	246
9.1 编程基本概念.....	246
9.1.1 加工几何.....	246
9.1.2 铣削概念.....	249
9.1.3 刀轨的构成.....	250
9.1.4 切削区域概念.....	251
9.1.5 切削方式.....	251
9.2 刀轨连接点位置设置.....	255
9.2.1 控制点.....	255
9.2.2 进刀点和退刀点.....	256
9.2.3 避让点和安全平面设置.....	261

9.3 切削参数、切削速度和进给速度设置	262
9.3.1 切削参数	262
9.3.2 切削深度设置	265
9.3.3 切削速度和进给速度设置	266
9.4 拐角刀轨处理和机床设置	267
9.4.1 拐角刀轨处理	267
9.4.2 机床控制	269
9.5 刀轨生成验证和输出	271
9.5.1 刀轨显示	271
9.5.2 刀轨生成验证	272
9.6 铣平面加工类型应用	273
9.6.1 用平面铣粗加工	274
9.6.2 用平面铣半精加工	283
9.6.3 用表面铣半精加工	286
9.6.4 用凹角清理清角	289
9.6.5 用手工表面铣精加工	291
9.6.6 用平面轮廓铣精加工	294
9.7 平面刻字	295
9.7.1 字体形成	295
9.7.2 刻字	296
9.7.3 程序输出	298
第 10 章 铣轮廓	299
10.1 型腔铣	300
10.1.1 型腔铣简介	300
10.1.2 型腔铣编程对话框	301
10.1.3 型腔铣应用	303
10.2 固定轮廓铣	307
10.2.1 固定轮廓铣简介	307
10.2.2 固定轮廓铣编程对话框	308
10.2.3 边界驱动方式对话框	317
10.2.4 边界驱动方式应用	319
10.2.5 区域铣削驱动方式对话框	322
10.2.6 区域铣削驱动方式应用	323
10.2.7 径向切削驱动方式对话框	324
10.2.8 径向切削驱动方式应用	325
10.2.9 螺旋驱动方式对话框	327
10.2.10 螺旋驱动方式应用	327
10.2.11 Flow Cut 驱动方式对话框	328
10.2.12 Flow Cut 驱动方式应用	329
10.2.13 曲线/点驱动方式对话框	330
10.2.14 曲线/点驱动方式应用	331
10.2.15 曲面驱动方式对话框	331
10.2.16 曲面驱动方式应用	333

第 11 章 孔加工、线切割和高速铣	336
11.1 孔加工	336
11.1.1 孔加工简介	336
11.1.2 孔加工刀具	336
11.1.3 孔加工编程对话框	338
11.2 孔加工应用	344
11.2.1 钻孔	345
11.2.2 扩孔	347
11.2.3 铰孔	348
11.3 线切割	349
11.3.1 线切割简介	349
11.3.2 线切割编程对话框	350
11.3.3 线切割的应用	354
11.4 高速铣简介	356
11.4.1 高速铣特性	356
11.4.2 高速铣编程技术处理	357
参考文献	358

第1篇 模具设计

第1章 注塑模具基础知识

第1章 注塑模具基础知识

1.1 塑料简介和注塑特性

1.1.1 塑料简介

塑料由人工合成树脂和少量添加剂组成,密度一般在 $0.83\sim 2.2\text{g/cm}^3$ 左右,是常用工程材料中单位质量强度最大的材料。按不同的成型工艺将工程塑料分为热塑性和热固性两类。热塑性塑料加热到一定温度会熔化成流体,冷却到常温又变成固体,热固性塑料则相反。塑料模具中应用最广的注塑模具就是利用塑料的上述特性制造塑料制品。

塑料的化学稳定性好,耐酸、碱、盐液体和气体的侵蚀,而且还具有很好的绝缘性、减振性、耐磨性、隔热性和耐候性。根据使用和注塑工艺需要在纯树脂中掺入增强剂、固化剂、稳定剂、增塑剂、润滑剂和着色剂等添加剂能进一步改善和调节塑料的性能。掺入玻璃纤维可以大大提高塑料的强度和刚度;掺入稳定剂可以增强塑料对光、氧、热的抵抗力;掺入增塑剂可以增强塑料的可塑性和柔软性;掺入润滑剂可以改善塑料的流动性,减小制品脱模的黏附力;掺入着色剂使塑料制品呈现所需要的颜色。热固性塑料掺固化剂可以加快凝固速度。除了上述几种添加剂外还有阻燃剂、发泡剂和抗静电剂。

塑料来源方便,价格低,用注塑工艺又能一次成型结构复杂、外表美观、透明或不透明的产品构件,在交通工具、家用电器、生活用品和仪器设备等制造领域经常替代钢、陶瓷和木材等材料,成为构筑产品的一种重要材料。注塑制品的广泛使用使注塑模具装备制造在各种产品制造中占据越来越重要的地位。

1.1.2 注塑特性

1.1.2.1 收缩性

金属模具和塑料制品都有热胀冷缩性。高温下的金属模具尺寸与常温时相比有微弱差别,而塑料制品从热模具中取出冷却到常温,其尺寸会发生较多的收缩变化。注塑模具设计规定把常温模具尺寸与塑料制品冷却稳定后的尺寸差别用成型收缩率表示:

$$\varepsilon = \frac{V' - V}{V} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 ε ——塑料成型收缩率;

V' ——常温模具尺寸;

V ——塑件制品冷却稳定后尺寸。

例如,塑料制品的材料是 ABS,ABS 的成型收缩率为 0.6%,注塑模具的模腔尺寸要按塑料制品尺寸的 1.006 倍放大加工。塑料制品从热模具中取出经冷却收缩稳定后与使用要求尺寸相符。

影响成型收缩率的因素有以下几方面。

(1) 塑料品种 树脂品种不同，成型收缩率不同，树脂分子链长，分子量大，收缩率大；树脂品种相同但添加剂品种不同，成型收缩率不同，有机添加剂比无机添加剂收缩率大；树脂和添加剂品种相同但添加剂比例不同，成型收缩率不同，树脂中添加剂少，树脂成分多，收缩率大。

(2) 塑料制品结构 壁厚的塑料制品比壁薄的收缩率大；塑料制品长的方向比短的方向收缩率大；塑料的流动方向比垂直流动方向收缩率大；塑料制品自由方向比有阻碍方向收缩率大；无嵌件部位比有嵌件而且多的部位收缩率大。

(3) 模具结构 主要是模具浇口。大截面浇口比小截面浇口收缩率小，因为大浇口传递压力阻力小，加压补料容易，制品密实，收缩率小；但大浇口内料多、厚实，靠近大浇口附近周围一圈部位反而收缩率要大。小浇口内料少，冷凝封口快，加压补料困难，制品疏松，收缩率大。

(4) 成型工艺 主要是成型压力。注射压力高，补料好，制品密实，收缩率小；料温、模温高，塑料膨胀率大，收缩率大，尤其是结晶性塑料。

常用热塑性塑料的成型收缩率见表 1-1。

表 1-1 常用热塑性塑料的成型收缩率

塑 料 品 种	成型收缩率/%		塑 料 品 种	成型收缩率/%	
	非增强	玻纤增强		非增强	玻纤增强
硬聚氯乙烯 (HPVC)	0.1~0.5		聚酰胺 (PA1010)	1.0~1.5	0.9
软聚氯乙烯 (SPVC)	2.0~4.0		聚酰胺 (PA610)	1.0~1.5	
低密度聚乙烯 (LDPE)	1.5~3.5		聚碳酸酯 (PC)	0.5~0.8	0.2~0.5
高密度聚乙烯 (HDPE)	2.0~5.0		线性聚酯 (PET)	1.8	0.2~1.0
聚丙烯 (PP)	1.0~2.0	0.4~0.8	高抗 ABS	0.3~0.8	0.1~0.2
聚苯乙烯 (PS)	0.4~0.7	0.1~0.3	耐热 ABS	0.3~0.8	
改性聚苯乙烯 (PS)	0.4~0.7		聚苯醚 (PPO)	0.7~1.0	
有机玻璃 (PMMA)	0.5		氯化聚醚 (CPE)	0.4~0.6	
均聚甲醛 (POM)	1.5~3.0	0.2~0.5	聚砜 (PSF)	0.7~0.8	0.5
共聚甲醛 (POM)	1.5~3.5		聚三氟氯乙烯	1.0~2.5	
丙烯腈-苯乙烯共聚物 (AS)	0.2~0.7	0.1~0.2	醋酸纤维素 (CA)	0.3~0.6	1.0~1.5
聚酰胺 (PA6)	0.8~1.5		聚 4-甲基-1-戊烯 (TPX)	1.5~3.0	
聚酰胺 (PA66)	1.5~2.2	0.4~0.6	聚丙烯酸类树脂	0.2~0.8	

1.1.2.2 流动性

塑料在一定压力下充填模腔的能力称为塑料的流动性。塑料的流动性用拉西格流动性值表示，就是将一定质量的塑料制成圆柱，放入拉西格模内，施以标准温度和压力，然后测定从小孔流出的塑料长度，长度数值越大流动性越好。根据流动性可将常用热塑性塑料分为流动性好、中等和差三类。

流动性好的塑料包括聚苯乙烯 (PS)、聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚酰胺 (PA)、醋酸纤维素 (CA) 和聚 4-甲基-1-戊烯 (TPX) 等。

流动性中等的塑料包括聚甲醛 (POM)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS)、丙烯腈-苯乙烯共聚物 (AS)、改性聚苯乙烯 (PS)、氯化聚醚 (CPE) 和有机玻璃 (PMMA) 等。

流动性差的塑料包括聚碳酸酯 (PC)、硬聚氯乙烯 (HPVC)、聚苯醚 (PPO)、聚砜 (PSF) 和氟塑料等。

影响流动性的因素有以下几方面。

(1) 塑料品种 树脂品种不同流动性不同。分子量大，黏度大，流动性差；增强添加剂多，流动性差；增塑剂和润滑剂比例高，流动性好。

(2) 模具结构 模腔表面光滑，结构简单有利塑料流动。

(3) 成型工艺 注射压力高，模腔温度高，流动性好。

流动性好的塑料有利于注塑成型，在模腔内不发生凝固的流程长，较容易填满模腔，塑料制品质量容易保证，制品壁厚可以定得较薄。

1.1.2.3 流程比

熔料在模腔内流动有流动阻力，制品壁越薄阻力越大。模腔温度比熔料温度低，流动中的熔料有热损耗，流程越远熔料温度越低，熔料流动性越差，成型较大的薄壁塑料制品时，有可能模腔还没有被填满熔料已凝固，造成制品不能完全成型。那么塑料能成型的范围到底有多大？或者说能成型多大的制品？与壁厚的关系又如何？实践发现熔料不发生凝固的最大流程与相应流程的壁厚比是一个稳定值。注射模具设计把塑料在适合成型的模腔温度和注射压力下不发生凝固的最大流程内每段流程长度与对应长度壁厚之比的总和称为流程比，流程比用以下公式表示：

$$\text{流程比} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{t_i} \quad (1-2)$$

式中 L_i ——流程各段长度，mm；

t_i ——流程各段壁厚，mm。

制品脱模时需要冷却，模腔温度高，冷却时间长，生产效率低，因此适合成型的模腔温度不是很高。熔料的最大流程是指浇道入口至最大成型范围的边界之间的距离，流程比反映制品壁厚与最大流程之间的正比关系。已知制品大小可以确定制品的壁厚；制品大小和壁厚已定可以确定模具浇口位置和浇口数量。因此流程比是判断制品壁厚设计是否合理和模具浇口位置和数量是否正确的主要依据。

制品采用多浇口浇注，或者制品结构复杂，会造成熔料流向各异，在模腔内发生各个流向的熔料汇聚。相汇部位如果在较远流程处，由于熔料温降低，黏度提高，熔料交融性变差，产生结合痕迹，该痕迹称为熔接痕。熔料汇聚部位离浇口近，熔料的融合性好，就不会产生熔接痕，熔接痕一般出现在最大成型范围的边界附近。有熔接痕的制品强度差，不耐冲击，还有色斑，是一种质量缺陷。因此在用流程比确定制品浇口位置时要对制品结构、熔料流向和流程进行分析，确定浇口位置时要考虑到熔料黏度随着流程增大而提高的因素，不要让熔接发生在最大成型范围的边界附近。表 1-2 是几种有代表性的塑料流程比。

表 1-2 几种常用塑料的注射压力和流程比

塑料品种	注射压力 p/MPa	L/t	塑料品种	注射压力 p/MPa	L/t
高密度聚乙烯 (HDPE)	150	250~280	硬聚氯乙烯 (HPVC)	130	130~170
低密度聚乙烯 (LDPE)	60	100~140	硬聚氯乙烯 (HPVC)	90	100~140
聚丙烯 (PP)	120	280	硬聚氯乙烯 (HPVC)	70	70~110
聚丙烯 (PP)	70	200~240	软聚氯乙烯 (SPVC)	90	200~280
聚苯乙烯 (PS)	90	280~300	软聚氯乙烯 (SPVC)	70	100~240
聚酰胺 (PA)	90	200~360	聚碳酸酯 (PC)	130	120~180
聚甲醛 (POM)	100	110~210	聚碳酸酯 (PC)	90	90~130

另外按下面经验公式也可以估算塑料制品的壁厚，可以和流程比确定的壁厚相互比较。

$$\text{流动性好的塑料} \quad \text{壁厚} = \left(\frac{L}{100} + 0.5 \right) \times 0.6 \quad (1-3)$$

$$\text{流动性中等的塑料} \quad \text{壁厚} = \left(\frac{L}{100} + 0.8 \right) \times 0.7 \quad (1-4)$$

$$\text{流动性差的塑料} \quad \text{壁厚} = \left(\frac{L}{100} + 1.2 \right) \times 0.9 \quad (1-5)$$

式中 L ——总流程长度, mm。

1.1.2.4 结晶性

根据塑料冷凝时有无结晶现象可将热塑性塑料划分为结晶型和非结晶型两类。结晶型塑料和非结晶型塑料的明显区分特征是结晶型塑料只能加工不透明或半透明的塑料制品, 而非结晶型塑料可以加工透明的塑料制品。

结晶型塑料包括聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚酰胺 (PA)、聚甲醛 (POM)、氯化聚醚 (CPE)、氟塑料和聚 4-甲基-1-戊烯 (TPX) 等。其中聚 4-甲基-1-戊烯例外, 可以加工透明度高的塑料制品。

非结晶型塑料包括聚苯乙烯 (PS)、硬聚氯乙烯 (HPVC)、有机玻璃 (PMMA)、聚碳酸酯 (PC)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS)、丙烯腈-苯乙烯共聚物 (AS)、聚砜 (PSF)、聚苯醚 (PPO) 和醋酸纤维素 (CA) 等。其中 ABS 例外, 不能加工透明塑料制品。

结晶型塑料加热熔化所需的加热量多, 冷凝释放的热量也多, 比非结晶型塑料要多一份熔化热和凝固热, 因此结晶型塑料熔化加热设备要大, 模具开模前对制品冷却要充分。

结晶型塑料熔态与固态密度差别大, 冷却时容易产生气泡和缩孔, 而且收缩率大, 各向异性显著。冷却速度快, 结晶率低, 内应力大, 制品柔软弹性好; 冷却速度慢, 结晶率高, 硬度和强度好, 但收缩大。脱模后对制品进行加热处理, 可以让分子继续结晶, 消除内应力。

1.1.2.5 热敏性

加热温度偏高或加热时间过长塑料会自行分解, 也称降解。发生降解的塑料物理性能明显下降, 发生变脆和变色现象, 具有这种特性的塑料称为热敏性塑料。

硬聚氯乙烯 (HPVC)、聚酰胺 (PA)、聚甲醛 (POM)、氯化聚醚 (CPE)、聚苯醚 (PPO)、醋酸纤维素 (CA) 和氟塑料加热温度超过临界温度时很容易分解; 聚丙烯 (PP) 即使加热温度没有超过临界温度, 加热时间过长也易分解。

硬聚氯乙烯 (HPVC)、聚甲醛 (POM)、氯化聚醚 (CPE)、醋酸纤维素 (CA) 和氟塑料分解时还会析出腐蚀性气体, 腐蚀模具表面。

热敏性塑料要控制好加热温度, 特别是成型温度范围窄的塑料。有腐蚀性气体析出的塑料, 成型零件材料要具有耐蚀性。

1.1.2.6 应力开裂

塑料在成型过程中, 厚度方向内外有温度差, 流程前后有温度差。流程前面的塑料和外表面的塑料先冷却。先冷却的部位应力大, 后冷却的部位应力松弛。由温差引起的塑体应力总体表现为外表面应力大, 内部应力小, 由此造成塑体表面质脆。如聚苯乙烯 (PS)、有机玻璃 (PMMA)、聚碳酸酯 (PC) 和聚砜 (PSF) 等塑料由于温差应力容易造成塑体表面质脆, 如果脱模力集中, 或使用过程受外力冲击, 制品容易开裂。因此表面质脆的塑料脱模斜度要大, 以减少脱模阻力, 模具推件杆布置要多而且均匀, 还要控制好模温和脱模时间, 不要等制品冷透变脆再脱模。脱模后制品要及时进行加热处理以消除内应力。

1.1.2.7 熔体破裂

用小浇口浇注, 注射压力和注射速度过大, 熔料与小截面浇口摩擦升温, 熔料变得更稀,

以紊流速度冲入模腔，熔料呈细丝条状支离断裂，碰到低温模腔壁迅速凝固，造成塑料制品表面花纹，塑体分层脆弱，这种现象称为熔体破裂。塑料在一定温度和压力下 10min 内通过标准毛细管的质量 (g) 称为熔融指数。流动性好、熔融指数大的塑料，如聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP) 和氟塑料等容易产生熔体破裂。另外聚碳酸酯 (PC)、聚 4-甲基-1-戊烯 (TPX) 也容易产生熔体破裂。改用护耳浇口，或加大浇口截面，或改变浇口位置可以避免熔体破裂产生。

1.1.2.8 吸水性和水敏性

有机玻璃 (PMMA)、聚酰胺 (PA)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS)、丙烯腈-苯乙烯共聚物 (AS)、聚砜 (PSF) 和醋酸纤维素 (CA) 等塑料有吸附水分倾向，成型时塑料表面易产生斑点和气孔；聚碳酸酯 (PC) 对水敏感，加热时稍微接触点水就会分解，使制品强度下降；硬聚氯乙烯 (HPVC)、聚苯醚 (PPO) 成型时遇到水易产生气泡。这些塑料在成型前要烘干。

1.1.2.9 取向

熔料进入模腔与冷的腔壁接触，表层熔料迅速增黏凝固，形成不流动的凝固层，凝固层粘贴在模腔壁上。凝固层内的熔料由于凝固层的绝热作用冷却慢，仍在向前流动。处于凝固层和流动层之间的分子链被拉伸，分子链在流动方向排列起来，这就是分子取向。

与取向方向一致的塑体方向内应力大，收缩大，但力学性能好；垂直取向方向的塑体则刚相反。取向长、取向面积大的塑体易变形。

熔融指数大、厚度方向熔料流速变化率大的塑料容易产生取向；壁薄比壁厚容易产生取向；模温高和冷却速度慢，解除取向的趋势大。

上述这些塑料特性与模具设计制造、注塑工艺、塑料制品的结构和质量密切相关。根据不同的塑料品种在模具材料选择、制造精度确定、浇口类型和位置选择以及注塑工艺制定等方面要采取不同的应对措施，利用有利的因素，避免不利的因素。

1.2 注塑模具的工作原理

1.2.1 注塑模具的成型原理

将加热熔化的塑料注满一个挖有空腔的模块，然后对模块强制冷却，熔料凝固成固体。为取出凝固体，用分型面把模块分割成型芯和型腔两部分。包裹凝固体外表面轮廓的一半模块称为型腔零件，包裹凝固体内表面轮廓的另一半模块称为型芯零件，型芯和型腔零件统称为成型零件。包裹凝固体内外表面的相交线称为分型环，分型环水平向四周延伸形成切割模块的分型面。事先把成型模腔按放大比例 (1+成型收缩率) 加工成需要的形状，凝固体就成为有用的塑料制品。

光有成型零件还不能连续大量生产塑料制品，型芯和型腔零件要安装固定在模架上，加工出注料通道，配上脱模机构等其他机构和零件，成为能与注塑机配合工作的模具，才能连续生产塑料制品。

沿型芯和型腔零件分型面将模具剖切为定模和动模两部分，生产时要把定、动模分别固定在注塑机固定模板和移动模板上。注塑机工作时的状态是注塑机固定模板一直固定不动，而移动模板在注塑机拉杆上作单边开合运动，因此安装固定在模具动、定模部分的型芯和型腔零件也能随移动模板开合作开闭运动。

注料时型芯和型腔零件闭合成封闭模腔，只留有注料通道，加热熔化的塑料在注射机螺杆的挤压下从喷嘴经注料通道高速进入成型模腔，填满模腔的熔料经压实冷却后凝固成塑料制品。型芯和型腔零件又随注塑机移动模板的开模运动分开，随后注塑机顶出杆驱动模具脱模机构脱出塑料制品。

模具闭模、注射、冷却、开模和制品脱模这么一个连续过程是注塑生产的一个周期，由注塑机配合模具完成。塑料加热熔化，形成注射压力，开闭模和脱模驱动都由注塑机承担，模具只是起接纳熔体、冷却熔体、脱出塑料制品的作用，所以模具仅仅是利用塑料的热塑性成型塑料制品的装备。

1.2.2 模具标准和标准模架

1.2.2.1 模具标准

普通模具一般由模架、成型零件、脱模机构、侧抽芯机构、导向定位件、浇注系统和冷却系统七部分组成。为了能与各种牌号的注塑机配工作，必须标准化制造模具。1984 年国家正式颁布《塑料注射模具零件标准》(GB/T 4169.1—1984~GB/T 4169.11—1984) 和《塑料注射模具零件技术条件标准》(GB 4170—1984)，纳入国标的模具零件包括：

- GB/T 4169.1—1984——推杆；
- GB/T 4169.2—1984——直导杆；
- GB/T 4169.3—1984——带头导套；
- GB/T 4169.4—1984——带头导柱；
- GB/T 4169.5—1984——有肩导柱；
- GB/T 4169.6—1984——垫块；
- GB/T 4169.7—1984——推板；
- GB/T 4169.8—1984——模板；
- GB/T 4169.9—1984——限位钉；
- GB/T 4169.10—1984——支承柱；
- GB/T 4169.11—1984——圆锥定位件。

1988 年国家颁布《塑料注射模具术语标准》(GB/T 8846—1988)，1990 年颁布了《塑料注射模具技术条件标准》(GB/T 12554—1990)、《大型塑料注射模模架标准》(GB/T 12555.1—1990~GB/T 12555.15—1990) 和《中小型塑料注射模模架标准》(GB/T 12556.1—1990~GB/T 12556.2—1990)。

1.2.2.2 标准模架

模架是模具的骨架，是模具未装入工作零部件的初成构架，模架的大小用组成模架模板的宽度和长度表示。

(1) 中小型标准模架 中小型标准模架模板宽度尺寸分 12 个大系列 (见表 1-3)，每个标准宽度配若干标准长度，形成一个宽度小系列，中小型标准模架的模板尺寸范围在 100mm×100mm~560mm×900mm 之间。中小型标准模架结构种类包括 A1~A4 四种基本型模架，P1~P9 九种派生型模架，共有 13 种模架结构。常用中小型标准模架结构如图 1-1 所示。

表 1-3 中小型标准模架 12 个宽度尺寸系列

/mm

100×L	180×L	315×L	450×L
125×L	200×L	355×L	500×L
160×L	250×L	400×L	560×L

(2) 大型标准模架 大型标准模架模板宽度尺寸分 6 个大系列 (见表 1-4)，每个标准宽度配若干标准长度，形成一个宽度小系列，大型标准模架模板尺寸范围在 630mm×630mm~1250mm×2000mm 之间。大型标准模架结构种类包括 A、B 两种基本型模架，P1~P4 四种派生型模架，共有 6 种模架结构。常用大型标准模架结构如图 1-2 所示。

表 1-4 大型标准模架 6 个宽度尺寸系列

/mm

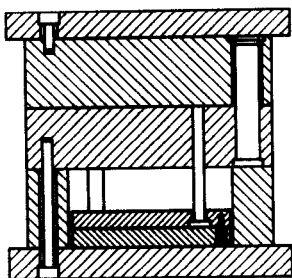
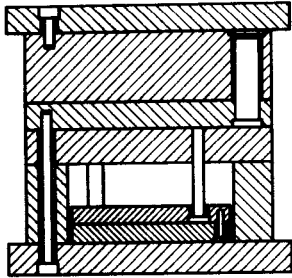
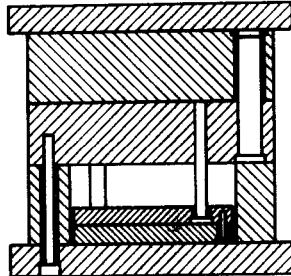
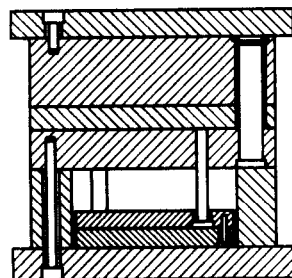
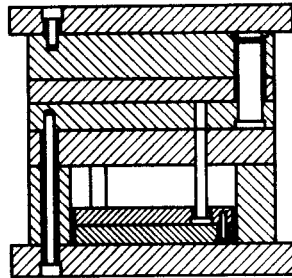
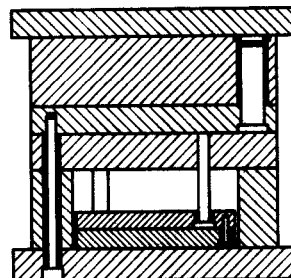
630×L	710×L	800×L	900×L	1000×L	1250×L
					
A1	A2	P1			
					
A3	A4	P2			

图 1-1 常用中小型标准模架结构

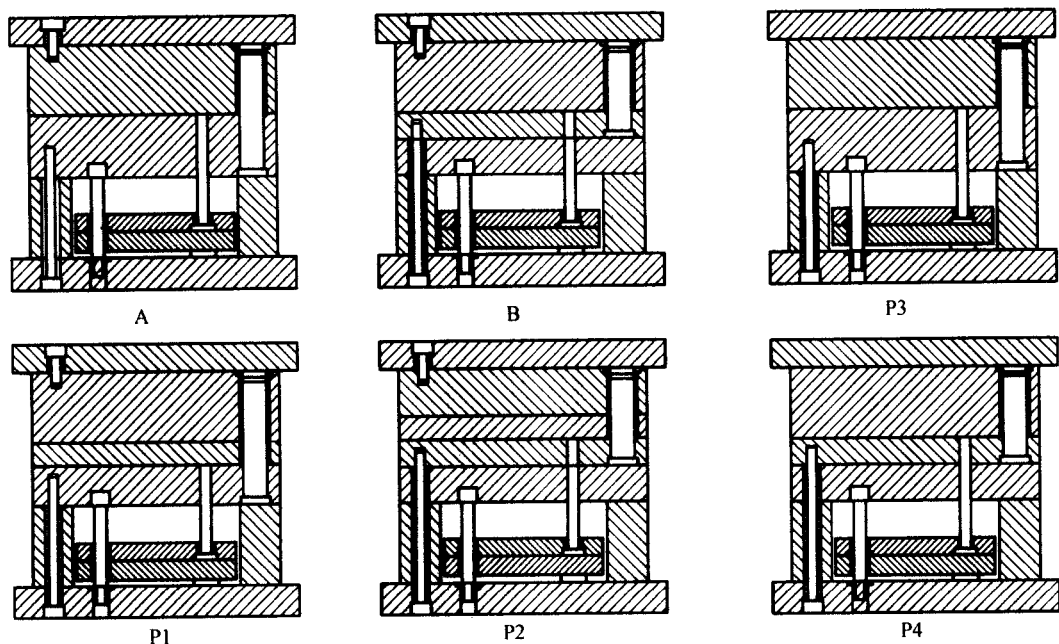


图 1-2 常用大型标准模架结构

1.2.3 基本型模具

模具制造一般先完成模架制作，然后在模板上加工出成型零件和标准件的安装位置，以及浇注和冷却通道，最后把成型零件、标准件、脱模机构、抽芯机构、浇注系统和冷却系统