

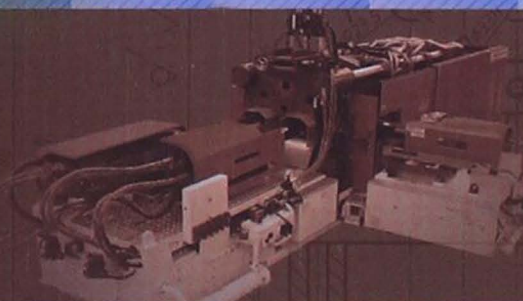


全国高等职业教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

塑料件成型工艺拟定 与模具设计

◎ 刘庚武 主编 ◎ 宋炎荣 副主编

- 塑料材料的特性与选用
- 塑料的成型工艺
- 塑料制品的尺寸精度与结构工艺性分析
- 塑料成型工艺的确定
- 塑料成型设备的选用
- 塑料注射成型工艺的模具设计
- 塑料压缩与压注成型模具设计



- ◆ 注重岗位技能与综合素养培养，内容按照塑料模具设计的工作过程逐步展开
- ◆ 以企业的典型塑料注射模具、塑料压缩模具为载体，培养学生的塑料制品模具设计能力
- ◆ 提供配套的《塑料件成型工艺拟定与模具设计实训指导》，设置有大量的技能训练任务
- ◆ 配有免费的电子教学课件与练习题参考答案，详见前言



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

全国高等职业教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

塑料件成型工艺拟定与模具设计

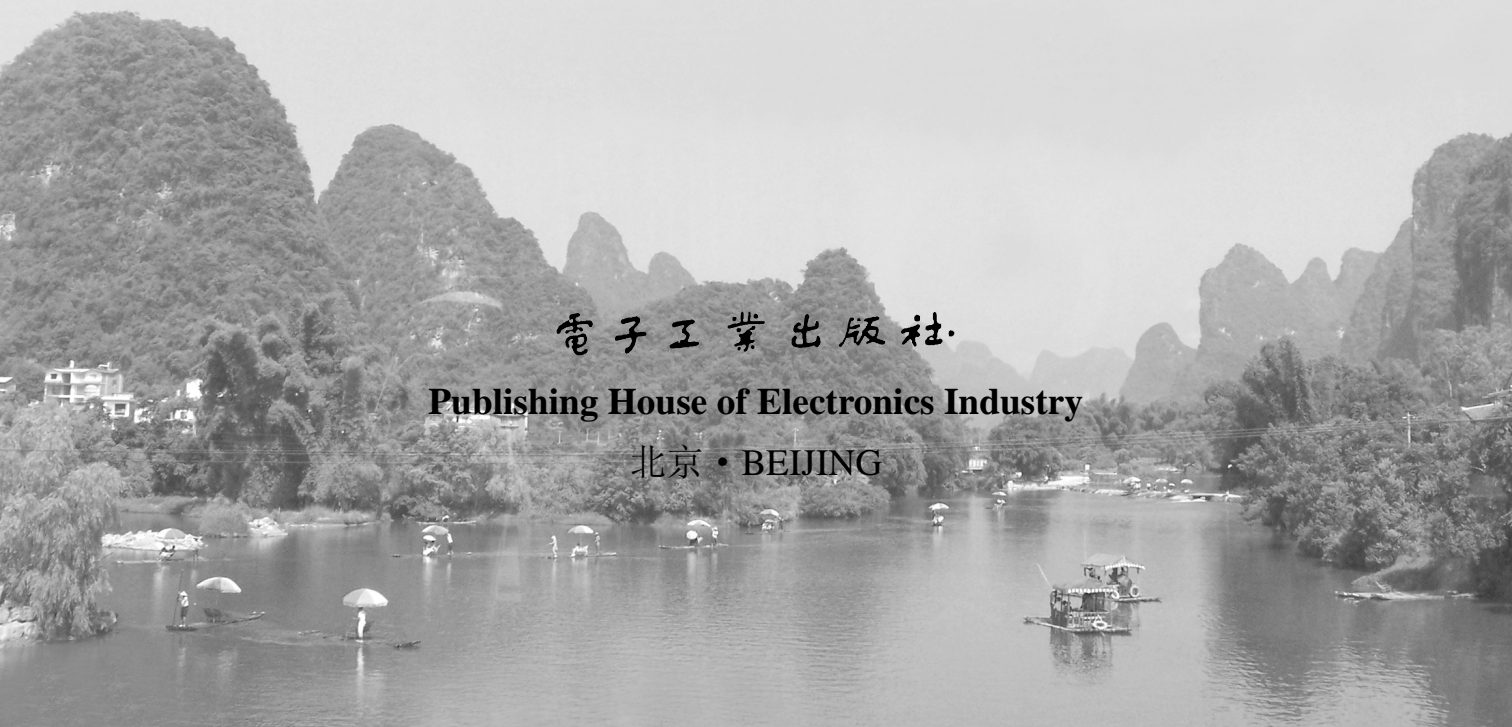
刘庚武 主 编

宋炎荣 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



内 容 简 介

本书依据国家示范院校建设课程教学改革精神,在进行广泛调研的基础上,按照模具企业的工艺要求,以典型模具零件为载体,按照以工作过程为导向的原则进行编写。本书以塑料成型工艺分析与模具设计的整个过程为主线,以企业的典型塑料注射模具、压缩模具为载体,系统介绍塑料的性能及结构工艺分析、塑料成型工艺参数的选用、注射成型机的选用、塑料成型模具结构方案的拟定、成型零件的工艺尺寸计算、模具导向方案与结构设计、标准模架与零件的选用、模具冷却与加热装置的设计计算、注射机各项参数的选用与校核,以及模具装配图和零件图的绘制及基本要求等。

本书为高职高专院校模具设计与制造、数控技术、机械制造、机电设备等相关专业的教材,也可作为应用型本科、成人教育、自学考试、电视大学、中职学校及培训班的教材,同时也是模具设计工程技术人员的一本参考工具书。

本书配备免费的电子教学课件、练习题参考答案,详见前言。

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

塑料件成型工艺拟定与模具设计 / 刘庚武主编. —北京: 电子工业出版社, 2013.7

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

ISBN 978-7-121-20813-3

I. ①塑… II. ①刘… III. ①塑料成型—生产工艺—高等职业教育—教材②塑料模具—设计—高等职业教育—教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 137471 号

策划编辑: 陈健德 (E-mail: chenjd@phei.com.cn)

责任编辑: 刘真平

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订: 北京市李史山胶印厂

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: 787×1 092 1/16 印张: 18.5 字数: 473.6 千字

印 次: 2013 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 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 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言



随着我国机械制造业的迅速发展,模具行业已成为影响产品制造水平与发展速度的重要因素。没有高水平的模具,也就没有高水平的工业产品。为缩短模具设计与制造周期、提高模具技术水平,各企业需要大量的模具专业高素质技能型人才,高职院校肩负着培养社会急需人才的艰巨任务。为此,作者按照国家示范院校建设课程教学改革精神,根据模具加工行业职业岗位的技能需求,结合多年来的企业设计经验与教学经验编写了本书。

本教材基于工作过程为导向的原则,在对行业企业和同类院校进行广泛调研的基础上构建课程体系,拟定典型工作任务,制定课程标准,按照塑料模具设计的工作过程逐步训练,任务由简到繁,使学生边学边参照教材中的项目任务来完成编制塑料制品成型工艺方案与模具设计,以充分调动学生的学习积极性,提高学习效果,提高学生的模具设计能力。

本教材力争通过简单易懂的文字和丰富的图表,以企业的典型塑料注射模具、压缩模具为载体,系统地介绍塑料的性能及结构工艺分析、塑料成型工艺参数的选用,注射成型机的选用,塑料成型模具结构方案的拟定,成型零件的工艺尺寸计算,模具导向方案与结构设计,标准模架与零件的选用,模具冷却与加热装置的设计计算,注射机的各项参数的选用与校核,以及模具装配图和零件图的绘制及基本要求等。本书具有如下特点:

1. 以模具设计过程为导向,通过典型项目任务的引入和实施过程,引导和组织模具专业知识与职业岗位技能的教学过程。
2. 每个项目任务内容都与职业素养紧密联系,突出职业院校的岗位技能与综合素养相结合的培养特点。
3. 本书还配套《塑料成型工艺与模具设计学习指导书》,该指导书设置有大量习题,学生每学完一个项目,就可以分组开始该项目的实训,讲练结合,加深理解与训练。
4. 本书配有大量的插图,使模具教学直观形象,复杂问题简单化,抽象问题形象化,内容丰富,更大程度地吸引学生和提高学生的兴趣。

本书可作为高职高专院校模具设计与制造、数控技术、机械制造、机电设备等相关专业的教材,也可作为应用型本科、成人教育、自学考试、电视大学、中职学校及培训班的教材,同时也是模具设计工程技术人员的一本参考工具书。

本书由湖南铁道职业技术学院刘庚武任主编并统稿,宋炎荣任副主编。其中项目 3~5 由刘庚武编写,项目 1~2 由宋炎荣编写。刘芳老师及合作企业工程技术人员为本书的编写提供了很大的帮助,学生魏优良为本书绘制了一些图纸,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平及时间有限,书中不当或错误之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

为了方便教师教学,本书配备了免费的电子教学课件、练习题参考答案,请有需要的教师登录华信教育资源网(<http://www.hxedu.com.cn>)免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

编 者



目 录



项目 1 塑料材料的认识及成型工艺分析	(1)
任务 1.1 塑料壳体和塑料防护罩材料的选用和分析	(1)
任务引入	(1)
1.1.1 塑料的概念	(2)
1.1.2 塑料的分类	(3)
1.1.3 塑料名称与代号	(5)
1.1.4 塑料的工艺特性	(5)
1.1.5 塑料的成型工艺	(11)
1.1.6 塑料原材料的选用	(12)
1.1.7 常用塑料的特性	(13)
任务实施	(21)
任务总结	(22)
习题与思考 1	(22)
任务 1.2 塑料壳体、塑料防护罩的结构工艺性分析	(22)
任务引入	(23)
1.2.1 塑料制品的尺寸精度分析	(23)
1.2.2 塑料制品的壁厚	(28)
1.2.3 塑料制品的圆角	(29)
1.2.4 塑料制品的凸台及加强筋	(30)
1.2.5 塑料制品的脱模斜度	(31)
1.2.6 塑料制品的孔及孔间距	(33)
1.2.7 塑料制品的螺纹	(35)
1.2.8 塑料制品的嵌件	(37)
任务实施	(40)
任务总结	(42)
习题与思考 2	(42)
项目 2 塑料成型工艺的确定	(43)
任务引入	(43)
任务 2.1 注射成型原理和工艺过程	(43)
2.1.1 注射成型原理	(44)
2.1.2 注射成型工艺过程	(45)
任务 2.2 压缩成型工艺	(47)

任务 2.3 压注成型工艺	(48)
任务 2.4 挤出成型工艺	(49)
任务 2.5 吹塑成型工艺	(51)
任务实施	(52)
任务总结	(53)
习题与思考 3	(53)
项目 3 塑料成型设备的选用	(54)
任务引入	(54)
任务 3.1 注射机的基本组成	(55)
3.1.1 注射系统	(55)
3.1.2 合模系统	(61)
3.1.3 其他组成系统	(65)
任务 3.2 注射机的分类	(66)
任务 3.3 注射机的技术参数	(68)
任务 3.4 注射机的选择	(69)
任务实施	(73)
习题与思考 4	(75)
项目 4 塑料注射成型工艺的模具设计	(76)
任务 4.1 塑料壳体和塑料防护罩的成型模具结构	(76)
任务引入	(76)
4.1.1 注射模的工作原理	(76)
4.1.2 注射模的结构组成	(77)
4.1.3 注射模的分类	(78)
4.1.4 典型模具结构的认识	(79)
任务实施	(84)
习题与思考 5	(84)
任务 4.2 塑料壳体和塑料防护罩成型模具工艺系统设计	(84)
任务引入	(85)
4.2.1 塑料制品分型面位置的选定	(85)
4.2.2 模具型腔数量的确定与排列方法	(89)
4.2.3 塑料制品浇注系统的组成及设计原则	(91)
4.2.4 塑料制品浇注工艺系统的设计	(92)
4.2.5 排气和引气系统的设计	(103)
任务实施	(104)
习题与思考 6	(109)
任务 4.3 塑料壳体和防护罩成型零件的设计	(109)
任务引入	(110)
4.3.1 成型零件的结构设计	(110)
4.3.2 成型零件工作尺寸的计算	(117)

4.3.3 成型零件的强度设计	(122)
任务实施	(126)
习题与思考 7	(131)
任务 4.4 塑件推出机构的设计	(131)
任务引入	(132)
4.4.1 推出机构的组成及分类	(132)
4.4.2 脱模力的计算	(133)
4.4.3 简单推出机构的结构形式	(134)
4.4.4 推出机构的导向及复位	(139)
4.4.5 二次推出机构	(140)
4.4.6 双向顺序推出机构	(145)
4.4.7 点浇口自动脱模机构	(147)
4.4.8 螺纹塑件的脱模机构	(151)
任务实施	(155)
习题与思考 8	(157)
任务 4.5 塑料壳体和防护罩侧向分型与抽芯机构	(157)
任务引入	(158)
4.5.1 侧向分型与抽芯机构的分类	(158)
4.5.2 抽芯距和抽芯力的确定	(158)
4.5.3 斜导柱侧向分型与抽芯机构	(159)
4.5.4 斜滑块侧向分型与抽芯机构	(175)
4.5.5 弯销侧向抽芯机构	(180)
4.5.6 斜导槽侧向抽芯机构	(181)
4.5.7 齿轮齿条侧向抽芯机构	(182)
4.5.8 气动与液压侧向抽芯机构	(184)
4.5.9 手动侧向分型与抽芯机构	(184)
任务实施	(185)
习题与思考 9	(186)
任务 4.6 塑料壳体和防护罩模具温度调节系统设计	(187)
任务引入	(187)
4.6.1 热平衡与模具温度控制	(188)
4.6.2 冷却系统的设计	(190)
4.6.3 加热系统的设计	(195)
任务实施	(197)
习题与思考 10	(198)
任务 4.7 塑料壳体和塑料防护罩模架的选用	(198)
任务引入	(198)
4.7.1 注射模架的结构	(199)
4.7.2 标准模架的主要形式	(200)
4.7.3 基本型模架组合尺寸	(201)

4.7.4 模架尺寸组合系列的标记方法	(204)
4.7.5 标准模架的选用	(205)
4.7.6 模具结构零件的设计	(207)
任务实施	(214)
习题与思考 11	(216)
任务 4.8 塑料壳体和防护罩模具装配图绘制及材料选用	(216)
任务引入	(216)
4.8.1 模具装配图的绘制	(217)
4.8.2 零件图的绘制	(218)
4.8.3 模具材料的选用	(219)
任务实施	(223)
习题与思考 12	(232)
项目 5 压缩与压注成型模具设计	(233)
任务引入	(233)
任务 5.1 压缩成型工艺	(234)
任务 5.2 压缩模具的分类	(236)
任务 5.3 压缩模具的结构	(239)
任务 5.4 压缩模具的设计	(240)
5.4.1 塑件在模具内施压方向的选择	(241)
5.4.2 凸模和凹模配合的结构形式	(242)
5.4.3 凹模加料腔的尺寸计算	(246)
5.4.4 压缩模脱模机构的设计	(249)
5.4.5 压缩模的典型结构	(253)
任务 5.5 压注成型工艺	(254)
任务 5.6 压注模具的分类	(255)
任务 5.7 压注模具的结构	(257)
任务 5.8 压注模具的设计	(258)
5.8.1 液压机的选择	(258)
5.8.2 加料室的设计	(259)
5.8.3 压柱	(263)
5.8.4 压注模浇注系统与排溢系统设计	(265)
任务实施	(270)
习题与思考 13	(276)
附录 A 塑料及树脂缩写代号 (GB/T 1844—1980)	(278)
附录 B 热塑性塑料的主要特性和用途	(281)
附录 C 热固性塑料的主要特性和用途	(282)
附录 D 部分国产注射成型机的技术规格	(283)
附录 E 注射模具浇口套结构形式和推荐尺寸	(285)
附录 F 内地与台湾地区模具零件名称对照表	(286)
参考文献	(287)



项目 1

塑料材料的认识及 成型工艺分析

任务 1.1 塑料壳体 and 塑料防护罩材料的选用和分析

相关知识点

- (1) 塑料的组成、类别和特点;
- (2) 常用塑料的基本性能;
- (3) 常用塑料的代号、用途。

相关技能点

- (1) 常用塑料的合理选用;
- (2) 塑料材料的使用性能和工艺性能分析。

塑料由于其成分不同,因此,宏观上表现出不同的特性,其工艺性能也不同,所以,它的用途就不同。本任务着重训练学生对塑料材料的选用和原材料的分析能力。

任务引入

(1) 某企业一塑件壳体如图 1-1 所示,工作环境温度变化小,不受太阳的照射,要求材料具有足够的强度,耐腐蚀,绝缘性好,数量 20 万,脱模斜度 30° ,未注圆角 $R3$,塑件表面无变形和裂纹。要求确定塑料材料以及该材料的相关工艺性能。

(2) 某企业一塑件防护罩如图 1-2 所示,要求材料具有足够的强度,耐腐蚀,绝缘性好,生产批量 50 万件,脱模斜度 30° ,未注圆角 $R3$,塑件表面无变形和裂纹。要求确定塑料材料以及该材料的相关工艺性能。

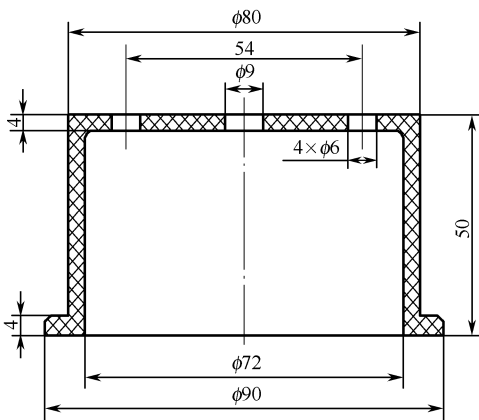


图 1-1 壳体

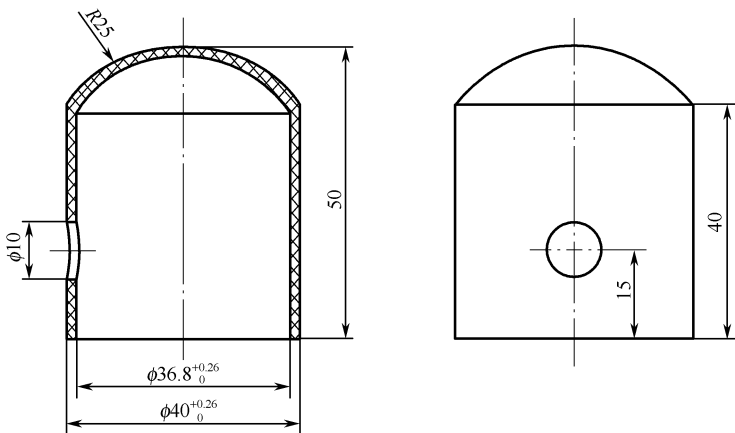


图 1-2 塑件防护罩零件图

1.1.1 塑料的概念

塑料是以天然或合成的高分子化合物为主要成分，添加适量的高分子助剂如填料、稳定剂、增塑剂、着色剂等再经成型加工，获得制品，并能在常温下保持其形状不变的材料。

塑料属于有机高分子材料。其基本组分天然或合成树脂的性能决定了塑料的类型和主要性能。树脂是高聚物，其分子由许多单体单元构成，这些单体单元称为链节。树脂的一个分子中可以包括数百、数千、数万甚至数十万个链节，因此树脂的相对分子质量（分子量）可以为数万、数十万至数百万。这些链节相互连接构成很长的链状分子。热固性塑料固化后，树脂的每个链状分子之间能以化学键相连，构成三维的网状结构大分子。

树脂的一个大分子中所含链节数称为聚合度。一种树脂的大分子中，聚合度会有很大差别，使相对分子有较大质量差别，这一特性称为相对分子质量的多分散性。这是由于生成树脂时，单体之间发生反应时，分子链的增长是一个随机过程，又受多种复杂因素影响，使各个大分子的链长有颇大差别。因此，树脂的相对分子质量总是用平均值来表示。同一种树脂，平均相对分子质量相同，相对分子质量的分散性可能会有差别。平均相对分子质量和相对分子质量分散度对树脂的许多性能有影响，从而对塑料的许多性能，特别是力



项目1 塑料材料的认识及成型工艺分析

学性能,例如拉伸和冲击强度、弹性、流动性等都有重大影响。平均相对分子质量越大,力学性能越好,流动性越差。平均相对分子质量相同,相对分子质量分散性越小,力学性能越好。

根据需要,树脂中可以加入称为助剂的其他成分,成为塑料配料,可改善或调节塑料性能。常用的助剂有填料、增塑剂、润滑剂、着色剂、抗氧剂、光稳定剂、固化剂,泡沫塑料中还需加入发泡剂等。并非所有塑料配料中都必须加入上述各种助剂,而是根据塑料的预定用途和树脂的基本性能有选择地加入某些助剂,也有不加助剂以纯树脂形式使用的塑料。

不同塑料品种之间,由于树脂主链化学组成和结构、化学组成和排列规律(构型)的不同有较大差别,即使以同一树脂为基础的塑料,如果所含助剂品种、数量不同,性能亦有很大不同,这使得塑料的品种、品级出现了多样性,性能和应用范围有很大差别。

1.1.2 塑料的分类

塑料在一定温度和压力下,能塑化流动并成型为一定形状和尺寸、经过冷却凝固(热塑性塑料)或固化交联(热固性塑料)成为能够保持这种形状和尺寸的制品。塑料是有机高分子材料中的一个重要分支,品种多,产量大,用途广。对于品种繁多的塑料,可以按以下方法分类。

1. 按受热时的行为分类

1) 热塑性塑料

加热时变软以至流动,冷却变硬,这种过程是可逆的,能够反复进行。聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚甲醛、聚碳酸酯、聚酰胺、丙烯酸类塑料、其他聚烯烃及其共聚物、聚砜、聚苯醚、氯化聚醚等都是热塑性塑料。热塑性塑料中树脂分子链都是线型或带支链结构的,分子链之间无化学键产生,加热时软化流动,冷却变硬的过程是物理变化。

2) 热固性塑料

第一次加热时可以软化流动,加热到一定温度,产生化学反应-交联固化而变硬,这种变化是不可逆的。此后再次加热时,已不能变软流动了。正是借助这种特性进行成型加工,利用第一次加热时的塑化流动,在压力下充满型腔,进而固化成为确定形状和尺寸的制品。这类材料称为热固性塑料。

热固性塑料树脂分子结构是线型或带支链的,固化后分子链之间形成化学键,成为三维的网状结构,不仅不能再熔融,而且在溶剂中也不能溶解,成为不熔不溶的塑料。酚醛、脲醛、三聚氰胺甲醛、环氧、不饱和聚酯、有机硅等塑料都是热固性塑料。

2. 按树脂合成时的反应类型分类

按塑料中树脂合成时的反应类型,可将树脂分为聚合型树脂和缩聚型树脂,相应的塑料分别称为聚合型塑料和缩聚型塑料。

1) 聚合型塑料

树脂由聚合反应制得。这种树脂一般是由含有不饱和键,主要是双键的单体,借双键打开生成的。反应过程中无低分子产物释出。聚烯烃、聚卤代烯烃、聚甲醛、丙烯酸类塑



料都属于聚合型塑料。聚合型塑料都是热塑性塑料。

2) 缩聚型塑料

树脂由缩聚反应制得。这类树脂一般是含有某种官能团（最少含有两个官能团）的单体，以官能团之间的反应使单体连接起来而形成。聚酰胺、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砒、酚醛、环氧、氨基塑料等都是缩聚型塑料。缩聚型塑料的部分品种为热固性塑料，另一些是热塑性塑料。

3. 按塑料中树脂大分子的有序状态分类

1) 无定形塑料

树脂大分子的排列是无序的。这种塑料，由于树脂分子链的结构特点，或因热力学原因，或成型过程工艺条件范围的限制，分子链不会产生有序的整齐堆砌形成结晶结构，而呈现无规则的随机排列。在纯树脂状态，这种塑料是透明的。

2) 结晶型塑料

树脂大分子排列呈现出三向远程有序。在从熔融状态冷却变为制品的过程中，树脂的分子链能够有序地紧密堆砌产生结晶结构。一般所谓的结晶型塑料，实际上都是半结晶的，不像低分子晶体（如 NaCl ）那样能产生百分之百的结晶度。树脂大分子链排列呈现出无定形相与结晶相共存的状态。成型条件对结晶度和晶态结构有明显影响，从而对制品性能有明显影响。结晶结构只存在于热塑性塑料中。

4. 按性能和应用范围分类

按性能和应用范围，可将塑料分为通用塑料、工程塑料和特种塑料。

1) 通用塑料

通用塑料是指产量大、价格低、来源广、应用领域广泛的塑料。通用塑料一般具有良好的加工工艺性，能应用多种工艺，加工多种用途制品。通用塑料一般不具有突出的综合力学性能和耐热性，不适于承载要求较高的结构件和在较高温度下工作的耐热件。但各种通用塑料都有各自的某些优异性能，使其具有广泛的用途。聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛塑料合称五大通用塑料。其他聚烯烃、乙烯基塑料及其共聚物与改性材料、丙烯酸塑料、氨基塑料等也都属于通用塑料。

2) 工程塑料

一般指那些具有突出力学性能、耐热性，或优异耐化学试剂、耐溶剂性，或在变化的环境条件下可保持良好绝缘介电性能的塑料。工程塑料一般可以作为承载结构件，升温环境下的耐热件和承载件，以及升温条件、潮湿条件、大范围的变频条件下的介电制品和绝缘用品。工程塑料的生产批量小，价格也较昂贵，用途范围相对狭窄，一般都是按某些特殊用途生产一定批量的材料。现有的工程塑料主要品种有聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、聚苯醚、ABS、PET、PBT、聚砒、聚苯硫醚、氯化聚醚、聚酰亚胺、聚醚醚酮、氟塑料、超高分子量聚乙烯、环氧塑料和不饱和聚酯等。

3) 特种塑料

具有某种特殊功能，适于某种特殊用途的塑料，例如用于导电、压电、热电、导磁、



项目1 塑料材料的认识及成型工艺分析

感光、防辐射、光导纤维、液晶、高分子分离膜、专用于摩擦磨损用途等的塑料。

特种塑料又称功能塑料。特种塑料的主要成分是树脂，有些是专门合成的特种树脂，但也有一些是采用上述通用塑料或工程塑料用树脂经特殊处理或改性后获得特殊性能的。

1.1.3 塑料名称与代号

塑料的中、英文名称往往都很长，特别是一些共聚型塑料，应用和书写起来颇感不便。若用其化学命名的英文全称编写大写字母表示，就可大大简化，不仅书写与应用方便，又便于国内、国际间的技术交流。常用塑料的缩写代号与英文全称对照列入本书附录A中。

1.1.4 塑料的工艺特性

塑料在性能上与传统的金属材料明显不同，这种不同表现在承载能力、耐热性、加工工艺性和其他性能方面，塑料材料具有各自的特点。

1. 强度和刚度

与金属相比，塑料的强度和刚度绝对值都比较小。未增强的塑料，通用塑料的拉伸强度一般在 $20\sim 50\text{MPa}$ ，工程塑料一般在 $50\sim 80\text{MPa}$ ，很少有超过 100MPa 的品种。经玻璃纤维增强后，许多工程塑料的拉伸强度可以达到或超过 150MPa ，例如，增强聚芳砜可达 190MPa ，增强聚醚醚酮可达 $140\sim 160\text{MPa}$ 。若用碳纤维或其他高强纤维增强，强度还会有所提高，但一般仍明显低于金属材料。碳钢的拉伸强度高限可达 $1\,300\text{MPa}$ ，高强钢可达 $1\,860\sim 2\,000\text{MPa}$ ，铝合金拉伸强度在 $165\sim 627\text{MPa}$ 之间。二者相比，塑料拉伸强度绝对值一般约低数倍至一个数量级。塑料的弹性模量在 $(0.48\sim 14)\times 10^3\text{MPa}$ 之间，金属弹性模量在 $(0.7\sim 2.8)\times 10^5\text{MPa}$ 之间。二者相比，绝对值相差 112 个数量级。

塑料密度通常较小，一般在 $0.9\sim 1.5\text{g/cm}^3$ 之间，有少数塑料略低或略高于这一范围，而金属的密度除铝是 2.7g/cm^3 以外，作为结构材料的多种金属品种都在 $7\sim 8\text{g/cm}^3$ 之间，某些品种还大于这一数值。但塑料的比强度、比刚度（分别是强度、刚度绝对值与密度之比）却不一定低于金属。事实上，作为结构材料使用，比强度、比刚度最高的材料是高性能增强塑料。例如，石墨/环氧增强塑料比强度是 92，硼/环氧增强塑料是 72，而高强度钢仅为 24.2。一般而言，多数塑料的比强度与金属在同一数量级，比刚度低于金属数倍至一个数量级，但某些结构泡沫塑料，比刚度可与金属媲美。用高模量增强剂增强后，某些塑料的比刚度可以超过金属。

2. 韧性

韧性标志着材料对外加能量吸收能力的大小，韧性良好的材料在承载时，可充分吸收能量产生弹性和塑性变形而不断裂。工程上对材料韧性的衡量尺度是冲击强度和断裂伸长率，冲击强度愈高，断裂伸长率愈大，材料韧性愈好。

不同塑料品种的韧性有很大差别。树脂分子链的柔顺性是决定材料韧性的重要因素，分子链愈柔顺，分子链愈容易解缠而迅速响应外加载荷，材料就会表现出良好的韧性。刚硬的无柔性分子链，对于迅速施加的载荷，分子链不易解缠，就会产生脆性破坏。加载速率和环境温度对塑料韧性有明显影响，加载速率愈快，材料韧性愈低，在一定范围内提高温度，会改善材料韧性。试样带有缺口，由于缺口处的应力集中，在冲击载荷下缺口处处



于三轴拉应力状态，不产生引起塑性变形的剪应力，使材料韧性明显降低。

3. 蠕变和应力松弛

塑料是有机高分子材料，具有粘弹性，长时受载行为与短时受载时有明显差别，主要表现是蠕变和应力松弛。

蠕变是指当塑料受到一个恒定载荷时，先会产生一个与上述应力应变曲线相应的应变，随着时间增长，应变会缓慢地持续增大。所有塑料都会不同程度地产生蠕变，分子链刚硬，分子链间作用力大的塑料，特别是分子链间具有交链的塑料，抗蠕变性就好。蠕变与载荷大小及环境温度也有关，增大载荷、提高温度会使蠕变增大。作为承载结构件时，必须考虑蠕变对塑件承载能力和尺寸稳定性的影响。

应力松弛是指在恒定的应变条件下，塑料的应力会随时间而逐渐减小。认识塑料的应力松弛现象具有重要的实际意义。塑件作为螺纹紧固件，往往由于应力松弛使紧固力变小甚至松脱，带螺纹的塑料密封件也会因应力松弛失去密封性。设计人员应针对这些情况，选用应力松弛较小的塑料或采用相应的防范措施。

4. 疲劳性能

塑料受到重复或周期性载荷作用时会产生疲劳破坏，破坏形式是力学性能衰减，引起裂纹，最终会导致结构完全破坏。在某应力水平作用下，塑料的疲劳寿命定义为使试样破坏所需要的应力作用次数。应力水平愈低，疲劳寿命愈长。在很低的应力水平下，材料不会产生疲劳破坏。将材料能够无限次受载（一般规定是 $10^7 \sim 10^8$ 次）而不被破坏的最大应力水平称为材料的疲劳极限。对于大部分塑料，疲劳极限仅是静拉伸强度的 20%~35%。

塑料的疲劳性能在塑料齿轮、活页、连杆、管件、振动机械的塑料件中，以及承受周期性应力的压力容器中都十分重要，应选用耐疲劳性较优的塑料。塑料疲劳的根本原因是由于具有粘弹性，存在着较大的内摩擦作用。在周期性应力作用下，分子链变形总是落后于应力，致使材料内部产生大量摩擦热，材料表面又不足以使热量迅速散失（导热系数小），引起温升。温升常常引起材料内部软化或熔融，或引起结晶型塑料晶相的再结晶，链折叠点的断链等。

5. 塑料可加工性能

1) 流动性

热塑性塑料的流动性的大小，通常可用熔体流动指数和螺旋流动试验值表示。熔融指数（MFI）是将塑料在规定温度下使之熔融并在规定压力下从一个规定直径和长度的仪器口模中挤出，在 10min 内挤出的材料克数，见图 1-3。

熔融指数数值愈大，材料流动性愈好。而螺旋流动试验值是将被测塑料在一定温度和压力下注入如图 1-4 所示的标准阿基米德螺旋线模具流道中，测量所能达到的流动长度，单位为 cm。所有塑料都是在熔融塑化状态下成型加工的，流动性是塑料材料加工为制品的过程中所应具备的基本特性，它标志着塑料在成型条件下充满模腔的能力。流动性好的塑料容易充满复杂的模腔，获得精确的形状。

塑料的流动性与树脂的相对分子质量及其分布有关，相对分子质量小，分布宽，熔体流动指数高，表明其流动性好；反之流动性差。熔融指数可用于定性地表示相对分子质量



项目1 塑料材料的认识及成型工艺分析

的大小，成为热塑性塑料规定品级的重要数据。同一品种的塑料材料，规定出各种不同的熔融指数范围，以满足不同成型工艺的要求。例如，注塑级的塑料就比挤塑和中空吹塑用料应具有较大的熔融指数。

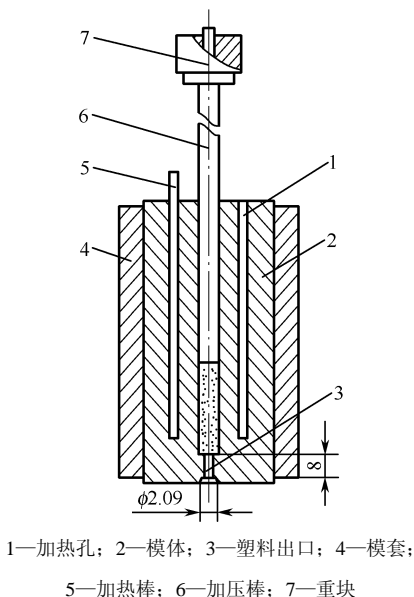


图 1-3 熔融指数测试装置示意图

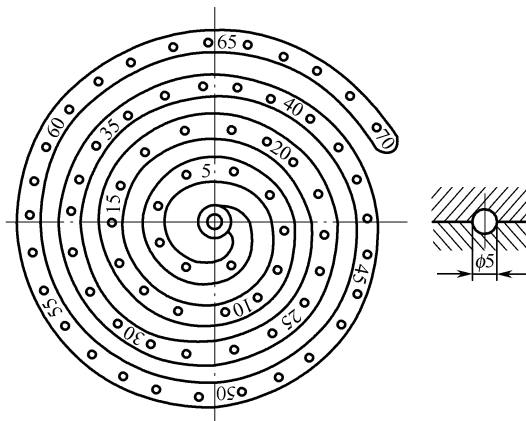


图 1-4 标准阿基米德螺旋线模具流道示意图

热固性塑料的流动性表示方法与热塑性塑料类似，但又不完全相同，最常用的表示方法有两种，一种是拉西格流动性，另一种是螺旋流动长度。拉西格流动性是在规定温度和压力下，用将塑料从规定口径和长度的流动仪（称拉西格流动仪，见图 1-5）中在规定时间内所挤出的长度（毫米数）表示，这一数值愈大，材料流动性愈好。螺旋流动长度是将塑料装入一个标准的传递模加料室中，标准模的型腔是螺旋状，在规定的温度、压力和时间内，在柱塞的挤压下，塑料通过浇注道被挤入螺旋状型腔的长度就是该塑料的螺旋流动长度，该数值愈大，流动性愈好。

流动性对塑件形状、模具设计和成型工艺都有很大影响。流动性小，将使充填不足，不易成型，且成型压力大；流动性大，易使溢料过多，型腔填充不密实，塑件组织疏松，易黏模，脱模及清理困难，硬化过早。因此，选用塑料流动性必须与塑件要求、成型工艺及成型条件相适应，模具设计时也应根据流动性来考虑浇注系统、分型面及进料方向等。

2) 收缩性

塑料制品生产过程中要采用各种模具以获得各种形状和尺寸的制品。塑料制品在模具

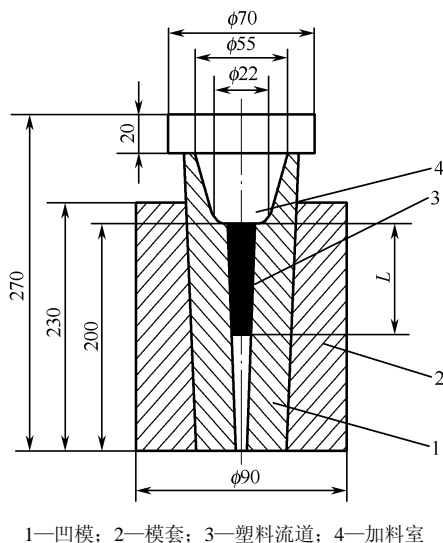


图 1-5 拉西格流动仪



中经冷却定形或固化变硬获得确定形状从模具中脱出后，尺寸缩小的性质称为收缩性。收缩性用收缩率表示。收缩率定义为

$$S = \frac{L_M - L}{L_M} \tag{1-1}$$

式中 S ——收缩率（%）；
 L_M ——模具成型尺寸（mm）；
 L ——收缩后塑件的相应尺寸（mm）。

若所测得的 L_M 是模具在工作温度下的成型尺寸，则式（1-1）表示的是实际收缩率；若 L_M 是在室温下测得的，则式（1-1）表示的是计算收缩率。多数情况下，人们测量的是模具室温时的成型尺寸，且设计模具时也是根据塑件图纸中的规定尺寸来计算室温下的模具成型尺寸，故只有计算收缩率才具有工程上的实用意义，在模具设计和塑件生产中普遍采用。

常见的热塑性塑料收缩率见表 1-1。

表 1-1 常见的热塑性塑料收缩率

塑 料 种 类	收缩率/%	塑 料 种 类	收缩率/%
聚乙烯（低密度）	1.5~3.5	聚丙烯	1.0~2.5
聚乙烯（高密度）	1.5~3.0	聚丙烯（玻璃纤维增强）	0.4~0.8
聚氯乙烯（硬质）	0.6~1.5	尼龙 1010	0.5~4.0
聚氯乙烯（半硬质）	0.6~2.5	醋酸纤维素	1.0~1.5
聚氯乙烯（软质）	1.5~3.0	醋酸丁酸纤维素	0.2~0.5
聚氯乙烯（通用）	0.6~0.8	丙酸纤维素	0.2~0.5
聚苯乙烯（耐热）	0.2~0.8	聚丙烯酸酯类塑料（通用）	0.2~0.9
聚苯乙烯（增韧）	0.3~0.6	聚丙烯酸酯类塑料（改性）	0.5~0.7
ABS（抗冲）	0.3~0.8	聚乙烯-醋酸乙烯	1.0~3.0
ABS（耐热）	0.3~0.8	氟塑料 F-4	1.0~1.5
ABS（30%玻璃纤维增强）	0.3~0.6	氟塑料 F-3	1.0~2.5
聚甲醛	1.2~3.0	氟塑料 F-2	2.0
聚碳酸酯	0.5~0.8	氟塑料 F-46	2.0~5.0
聚砒	0.5~0.7	三聚氰胺甲醛（纸浆填料）	0.5~0.7
聚砒（玻璃纤维增强）	0.4~0.7	三聚氰胺甲醛（矿物填料）	0.4~0.7
聚苯醚	0.7~1.0	聚邻苯二甲酸二丙烯酯（石棉填料）	0.28
改性聚苯醚	0.5~0.7	聚邻苯二甲酸二丙烯酯（玻璃纤维增强）	0.42
氯化聚醚	0.4~0.8	聚间苯二甲酸二丙烯酯（玻璃纤维增强）	0.3~0.4
尼龙 6	0.8~2.5	尼龙 66	1.5~2.2
尼龙 6（30%玻璃纤维增强）	0.35~0.45	尼龙 66（30%玻璃纤维增强）	0.4~0.55
尼龙 9	1.5~2.5	尼龙 610	1.2~2.0
尼龙 11	1.2~1.5	尼龙 610（30%玻璃纤维增强）	0.35~0.45

常见的热固性塑料收缩率见表 1-2。

成型收缩主要表现在以下几个方面：



项目1 塑料材料的认识及成型工艺分析

(1) 塑件的线尺寸收缩。由于热胀冷缩、塑件脱模时的弹性恢复、塑件变形等原因，导致塑件脱模冷却到室温后尺寸缩小。型腔设计时必须考虑予以补偿。

表 1-2 常见的热固性塑料收缩率

塑料名称	填料	收缩率/%
酚醛树脂	无	1.0~1.2
	木粉	0.4~0.9
	石棉	0.2~0.9
	玻璃纤维	0.05~0.2
脲甲醛	α -纤维素	0.6~1.4
三聚氰胺甲醛	α -纤维素	0.3~0.6
环氧树脂	无	0.4~1.0
	玻璃纤维	0.4~0.8

(2) 收缩的方向性。成型中由于分子的取向作用，使塑件呈现各向异性，沿料流方向收缩大、强度高，与料流方向垂直则收缩小、强度低。成型时塑件各部位密度及填料分布不均也使收缩不均。由于收缩的不一致，将导致塑件翘曲变形，产生裂纹，尤其在挤出和注射成型时，方向性表现更为明显。模具设计时也要考虑收缩的方向性，按塑件形状和料流方向选取收缩率。

(3) 后收缩。塑件成型后，由于成型工艺、模具结构、塑料本身材质等因素会导致塑件存在残余应力。脱模后，应力释放而使塑件再次收缩，这种收缩称为后收缩。通常塑件脱模后 10h 内变化最大，24h 后基本稳定，但最后温度还需经过 30~60h。热塑性塑料后收缩比热固性塑料大，挤出成型比压缩成型后收缩大。

(4) 后处理收缩。某些塑件按性能和工艺要求，成型后需要进行热处理，处理后也会导致塑件尺寸变化，这种变化叫做后处理收缩。对于高精度塑件，在模具设计时应考虑后处理收缩引起的尺寸误差。

塑料收缩不同于金属、玻璃、陶瓷等材料，其收缩率绝对数值大，收缩率变化范围宽，有后收缩。塑料收缩率受塑料品种、塑件结构、模具结构、成型工艺的影响。可见影响收缩率大小的因素很多，因此收缩率不是一个固定值，而是在一定范围内变化。且收缩率的波动将引起塑件尺寸波动。因此模具设计时应根据以上因素综合考虑选择塑料收缩率，对精度高的塑件应选取收缩率波动范围小的塑料，并留有试模后的修正余地。

3) 结晶性

聚合物的结晶是在成型过程中发生的物理变化，对塑件的性能和质量均有较大影响。作为塑料基本组分的树脂，其中有许多品种都可以结晶。一种树脂是否能够结晶取决于分子链结构的规整性，只有具有充分规整结构的树脂才能形成结晶结构。同时结晶结构也与分子链的柔性有关。具有高度规整结构的线型或带轻微支链结构的热塑性树脂才能够结晶，热固性树脂由于具有三维网状结构根本不可能结晶。热塑性树脂中，分子链上含有侧基但侧基在空间以不规则方式排列，或分子链上含有大量支链，或者分子链是由两种单体共聚生成的，而两单体又以随机方式排列，都可大大减小结晶的可能性，或使得材料根本不能结晶。

一种塑料成型为制品时所产生的结晶度和晶粒大小与成型条件，特别是与冷却速率密



切相关。因此，制品成型过程中的冷却速率对制品结晶度和晶粒结构有重大影响。冷却速率快时（例如当模温较低时），所得到的制品结晶度低、晶粒小，制品硬度低、韧性好，收缩率也较小；冷却速率慢时（当模温较高时），则正好相反。

结晶意味着分子链已经排列成规整而紧密的结构，分子间力强，所以密度将随着结晶度的增大而提高，力学强度也将随着提高。结晶还有助于聚合物软化温度和热变形温度的提高，结晶度高则体积收缩越大，透明度也会减小或丧失。

在常用的塑料中，聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛、各种尼龙等都是比较典型的结晶型塑料，可达到较大的结晶度；PBT、PET、氯化聚醚、聚醚醚酮等，是具有一定结晶度的塑料；通用聚苯乙烯、苯乙烯系共聚物、丙烯酸类塑料都是典型的无定形塑料。

4) 取向性

链状大分子具有很大的长径比，可以达到数百、数千、数万甚至数十万，这样的分子在外力作用下，聚合物的高分子及其链段或结晶聚合物的微晶粒子在应力作用下形成的有序排列叫做取向。

材料在一个方向上受外力作用产生单轴取向，所有取向的分子都沿一个方向排列。若材料受互相垂直的两个方向外力作用，则会产生双轴取向，一部分分子链沿一个方向平行排列，另一部分分子链沿同一平面内的另一方向平行排列，即所有取向的分子链都沿着两个力所组成的平面平行排列，但在平面内各分子链排列可能仍然是无序的。

分子链的取向单元包括链段取向和整链取向两种。链段取向在高弹态下就能发生，链段取向时，链段沿外力场方向平行排列，但整个分子链可能仍是随机排列的。整个分子链的取向只能在黏流状态下进行。无论链段取向还是整链取向，都是热力学上的非平衡状态，当外力解除后，都会由于分子的热运动使链段或整链重新处于随机状态，称为解取向。只有当取向后的链段或分子链被迅速冷却到玻璃化温度时，取向才能被保留下来。这种被“冻结”的取向也只有相对的稳定性，也会很缓慢地解取向，随材料温度提高，解取向会迅速进行。

塑料熔融加工过程中，例如注射和挤出中，都会产生分子链的取向。取向对制品带来的影响是产生性能的各向异性，取向方向的强度、模量等明显增大，垂直于取向方向的强度、模量等明显减小，这是因为在取向方向上分子链的各原子是以化学键相结合，而垂直于取向方向上各分子链之间的作用力是范德华力。取向还会造成制品两个方向收缩率、折射率等的不同。在注射制品生产过程中，常常利用取向来改善制品某个方向的力学性能。取向也会对制品带来不利影响，会使制品在工作过程中由于解取向的进行而改变尺寸，产生变形甚至产生裂纹等（在垂直于取向方向）。针对这种情况，在制品成型后，应预先进行必要的处理（如热处理等），创造出使已取向分子解取向的必要条件，避免“冻结”在制品中的分子链取向在制品工作中所带来的上述弊病。

注射、挤出等成型过程中，材料分子链仅产生单轴取向。单轴取向在塑料单丝、纤维和薄膜生产中得到最充分的应用，用于提高单丝、纤维长度方向的强度和薄膜某方向的强度。双轴取向可以改善薄膜平面内各方向的强度，也可以提高有机玻璃板材的强度。

5) 吸湿性

吸湿性是指塑料材料从空气中吸收水分的倾向。某些塑料由于树脂分子链含有亲水基



项目1 塑料材料的认识及成型工艺分析

团,具有明显的吸湿倾向,例如聚酰胺、酚醛塑料等。凡树脂分子链中含有极性基团的塑料,都会使材料产生吸湿性。塑料中的稳定剂、增塑剂、填料等助剂若含有亲水基团、极性基团等,也会增大材料的吸湿性。

塑料从空气中吸湿的速率还与材料的比表面有关。塑料材料的供料状态大都是颗粒状(热塑性塑料)、细粉状(热固性塑料压塑粉、某些热塑性塑料树脂粉),具有较大比表面,从空气中吸湿速率较快。长期储存的塑料很容易达到吸湿平衡,含有较多水分,成型前必须进行充分干燥,否则会在制品成型时出现表面银丝、内部气泡等缺陷,对某些塑料还会产生水解降解等,引起力学性能下降。

塑料制品吸湿对制品性能也会带来影响,吸入制品内部的水分往往起增塑剂作用,使材料模量明显减小,力学性能改变,吸湿明显的塑料对塑件尺寸也有影响。吸湿后的制品电性能会明显降低。用于电绝缘和介电方面的塑料制品,应选用吸湿性小的塑料。

1.1.5 塑料的成型工艺

塑料的种类很多,其成型方法也很多。主要的成型方法有注射成型、挤出成型、压缩成型、压注成型、中空吹塑成型等。此外还有热成型、搪塑成型、压延成型、泡沫材料成型、冷压烧结成型等方法。

1. 注射成型

注射成型又称注塑成型、注射模塑,是热塑性塑料的一种主要成型方法。几乎所用的热塑性塑料都可用此法生产,还有部分热固性塑料也可用注射法加工。

注射成型是将颗粒状或粉末状塑料从注射机料斗送进加热的料筒中,经过加热熔融塑化成为黏流态,在注射机柱塞或螺杆的高压推动下,以很大的流速通过喷嘴注入闭合的模具型腔中,经过一定时间保压冷却定型,获得与模具型腔几乎一致形状的塑件,然后开模取出制件。完成了一个注射工作循环,然后进入下一轮成型。

注射成型可加工各种形状的塑料制品,特点是成型周期短,能一次成型外形复杂、尺寸精密、带有嵌件的塑件,且生产效率高,易于实现自动化生产,应用广泛。但注射成型设备及模具制造费用高,不适合单件及批量较小的塑件生产。

2. 挤出成型

挤出成型又称挤出模塑,在热塑性塑料加工中用途广泛,所占比例很大。挤出成型主要用于生产连续的型材,如管、棒、板、丝、薄膜、电线电缆等,此外还可用于中空塑件型坯、挤出造粒等方面。

挤出成型是将粒状或粉状的塑料加入挤出机料筒中,经外部加热器加热和螺杆料筒剪切摩擦生热,使塑料成为熔融的黏流态,并借助螺杆的旋转推动使熔料通过具有一定形状和尺寸的机头口模,成为与口模形状相似的连续体,经冷却凝固得到连续的塑料制品。

3. 压缩、压注成型

压缩、压注成型是加工热固性塑料的主要方法,这两种工艺基本相同,所用设备及模具结构也相似。压缩成型是将松散状或压锭的塑料直接加入已加热的模具型腔中,塑料受热软化熔融,并在压力下充满模腔,塑料中的高分子产生交联反应,最终固化定型获得制



品。压注成型则是将松散状或压锭的塑料加入压注模具上的加料室内，并使塑料受热熔融成为黏流态，在柱塞压力作用下，经过浇注系统注入闭合的模腔中，在模腔中受热受压进行交联固化，最后定型获得制品。

4. 中空吹塑成型

塑料中空吹塑成型是一种常见的热塑性塑料制品成型方法。成型时，首先将用挤出或注射成型所得的半熔融态的管坯（型坯）置于一定形状的吹塑模具中，再向管坯中通入压缩空气将其吹胀，经冷却定型后脱模而得到中空塑料制品。

塑料中空吹塑成型制品用途很广，主要用于各种包装，如食品、化工、医药和各种液体的包装。其成型工艺简单、生产效率高、制品质量好。国内外中空吹塑成型方法及其设备发展速度很快，该方法加工的塑料原料占总原料的比例为 20% 左右。

1.1.6 塑料原材料的选用

塑料成型原料的选用要综合考虑用途、使用环境、成型加工难易程度、成本等多方面的因素。

1. 一般结构零件用塑料

一般结构零件，如罩壳、支架、连接件、手轮、手柄等，对强度和耐热性能要求较低，但批量大，要求有较高的生产率和低廉的成本，有时还要求外观漂亮。这类零件通常选用改性聚苯乙烯、低压聚乙烯、聚丙烯、ABS 等。其中，前三种材料经过玻璃纤维增强后能显著地提高机械强度和刚性，还能提高热变形温度。由于 ABS 具有良好的综合性能，在精密的塑件中被普遍使用；有时为了达到某一项较高性能指标，也采用一些较高品质的塑料，如尼龙 1010 和聚碳酸酯。

2. 耐磨损传动零件用塑料

耐磨损传动零件，如各种轴承、齿轮、凸轮、蜗轮、蜗杆、齿条、辊子、联轴器等，要求有较高的强度、刚度、韧性、耐磨损、耐疲劳性及较高的热变形温度。这类零件广泛使用的塑料为各种尼龙、聚甲醛、聚碳酸酯，其次是氯化聚醚、线性聚酯等。其中 MC 尼龙可在常压下快速聚合成型，用来制造大型塑件；各种仪表中的小模数齿轮可用聚碳酸酯制造；而氯化聚醚可用于腐蚀性介质中工作的轴承、齿轮以及摩擦传动零件与涂层。

3. 自润滑零件用塑料

减小摩擦自润滑零件，如活塞环、机械运动密封圈、轴承和装卸用的箱柜等，一般受力较小，对机械强度要求不高，但运动速度较高，要求具有低的摩擦因数。这类零件通常选用的材料为聚四氟乙烯和各种填充的聚四氟乙烯，以及用聚四氟乙烯粉末或纤维填充的聚甲醛、低压聚乙烯等。

4. 耐腐蚀零部件用塑料

塑料一般要比金属耐腐蚀性好。但如果要求既耐强酸或强氧化性酸，同时又耐碱，则首推各种氟塑料，如聚四氟乙烯、聚全氟乙丙烯、聚三氟乙烯及聚偏氟乙烯。氯化聚醚既有较高的力学性能，同时又具有突出的耐腐蚀特性，对于耐蚀零部件，这些塑料都优先采用。



5. 耐高温零件用塑料

一般结构零件、耐磨损传动零件所选用的塑料，只能在 $80\sim 120^{\circ}\text{C}$ 的温度下工作；当受力较大时，只能在 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的温度下工作。能适应工程需要的新型耐热塑料，除了各种氟塑料外，还有聚苯醚、聚砵、聚酰亚胺、芳香尼龙等，它们大都可以在 150°C 以上，有的还可以在 $260\sim 270^{\circ}\text{C}$ 下长期工作。

1.1.7 常用塑料的特性

1. 聚乙烯 (PE)

1) 基本特性

聚乙烯 (PE) 结晶度高，外观呈乳白色蜡状固体粉末，密度为 $0.91\sim 0.96\text{g/cm}^3$ 。它是目前产量最大、应用最为广泛的一类热塑性塑料。其化学性能稳定，吸水性小，气体渗透性低，介电性高；无色、无毒、无味、原料易得、价廉，适宜各种成型工艺，且加工容易；广泛应用于食品、工农业、化学、电器电子、医药卫生、家庭日用等生产生活各个领域。常用的聚乙烯有以下三种。

低密度聚乙烯 (LDPE)，又称高压聚乙烯，其加工容易，性能一般，常用作包装材料，日用、农用塑料制品。

高密度聚乙烯 (HDPE)，又称低压聚乙烯，其强度和耐热性比前者好，在工农业和日用方面应用广泛。

线性低密度聚乙烯 (LLDPE)，性能和应用介于上述二者之间，密度较低而性能较好。

2) 工艺特性

聚乙烯熔体属于非牛顿流体，其剪切速率与剪切应力之间呈非线性关系，且具有假弹性材料的特点，当所施加的应力释放后有一定程度的弹性回复。在注射成型时，注射压力的变化对熔体流动性的影响比料筒温度明显，这在成型中十分重要，但过高的剪切速率易使聚乙烯熔体出现破裂现象。

纯聚乙烯抗热氧化性较差，在不和氧接触的情况下分解温度可达 300°C 以上，而一旦接触到氧，超过 50°C 时就有被氧化的倾向。氧化后聚乙烯色泽变黄，物理机械性能下降，电气性能劣化。作为塑料使用的聚乙烯均添加了适量的抗氧化剂。

聚乙烯吸水性较低，可不进行加工前的干燥处理。收缩率大且方向性明显，制品易翘曲变形，须注意模具设计和成型工艺的合理性。

3) 制品及模具

聚乙烯制品的壁厚与熔体流动性有关，其流动性又随密度不同而变化，在选择制品壁厚时需充分考虑流动比，低密度聚乙烯的最大流动长度与壁厚之比（简称流动比）为 $280:1$ ，高密度聚乙烯的流动比为 $230:1$ 。聚乙烯收缩率对制品壁厚选取也有一定影响，收缩率大，制品壁厚也大。从利于熔体流动，减少制品收缩方面考虑，聚乙烯注射制品壁厚应不小于 0.8mm ，一般可在 $1\sim 3.5\text{mm}$ 之间选取。

在注射模具设计时，为防止收缩不均、方向性明显所引起的翘曲与扭曲问题，以及对制品性能的影响，应注意浇口位置的选择。聚乙烯质软易脱模，对于侧壁带有浅凹槽的制



品, 可强制脱模。模芯部分沿脱模方向设置脱模斜度 $25' \sim 45'$, 模腔部分为 $20' \sim 45'$ 。

2. 聚丙烯 (PP)

1) 基本特性

聚丙烯 (PP) 属结晶性高聚物, 常温下为白色蜡状固体, 外观类似于高密度聚乙烯, 但比高密度聚乙烯轻和透明, 无臭、无味、无毒, 密度为 $0.90 \sim 0.91 \text{g/cm}^3$ 。具有耐腐蚀、耐高温、机械强度高等优点。其缺点主要是耐寒、耐氧化性差些, 成型收缩性大, 可进行共聚、共混、引入添加剂改性。广泛应用于医药、食品、化工、日用品等领域。

2) 工艺特性

聚丙烯为结晶性高聚物, 结晶度达 $50\% \sim 70\%$, 熔点明显, 熔点温度为 $164 \sim 170^\circ\text{C}$ 。热稳定性好, 分解温度可达 300°C 以上, 与氧接触在 260°C 左右开始分解。

熔体流动性比聚乙烯好, 熔体黏度随着注射温度和压力的上升而下降的程度比高密度聚乙烯明显, 其中压力对熔体黏度的影响比温度要显著。熔体弹性较大且冷却凝固速度快, 易产生内应力, 同时成型收缩率较大 ($1\% \sim 2.5\%$) 并具有各向异性, 在制品和模具设计时须加以注意。

聚丙烯的折叠性能格外突出, 可经受上百万次的弯折而不破坏。利用这一特性制作的塑料铰链, 可简化制品结构。其折叠性能在很大程度上取决于模具结构的合理性, 在模具设计时应注意。

3) 制品及模具

制品壁厚选择应充分考虑熔体充模的特性。聚丙烯熔体流动比为 $250:1$, 流动性较好, 且成型收缩也会对制品壁厚选取产生影响。通常壁厚在 $0.9 \sim 4.0 \text{mm}$ 范围选择。制品壁厚尽可能均匀, 转角处避免尖角, 应圆弧过渡。对于薄而平直的制品, 为避免收缩各向异性导致翘曲变形, 可开设加强筋或采用沿口卷边等办法。

在注射模具设计时, 考虑聚丙烯的收缩, 制品脱模斜度在 $30' \sim 1^\circ$ 之间, 而复杂形状或带有孔、字母及花纹的制品可取 $1.5^\circ \sim 2^\circ$ 的斜度。对于塑料铰链制品模具, 浇口选择时应保证熔体流动方向垂直于铰链的轴线。对于多模腔模具, 浇口位置应开设在靠近铰链一侧, 避免在铰链区域出现熔接痕。因聚丙烯流动性好, 熔体充模时易出现排气不良现象, 故应适当设置排气槽。

3. 聚氯乙烯 (PVC)

1) 基本特性

聚氯乙烯 (PVC) 塑料是白色或淡黄色坚硬粉末, 密度约为 1.40g/cm^3 , 纯聚合物吸湿性不大于 0.05% , 增塑后吸湿性增大, 可达 0.5% , 纯聚合物的透气性和透湿率都较低。聚氯乙烯是目前世界上产量最大的热塑性塑料之一。聚氯乙烯具有热稳定性好、介电性高、耐油、不易燃烧、一定的机械强度和价廉等优点, 广泛应用于化工、农业、电气、建筑及日常用品等各领域。

聚氯乙烯塑料通常加入了多种助剂。不含增塑剂或含增塑剂不超过 5% 的聚氯乙烯称为硬聚氯乙烯。增塑剂加入量较大则材料变软, 称为软聚氯乙烯。



2) 工艺特性

聚氯乙烯为无定形高聚物，没有明显的熔点， 60°C 以上开始变软， $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 呈粘弹态， 150°C 以上成为黏流态，分解温度较低，很少超过 200°C ，分解时有腐蚀及刺激性气体溢出。

聚氯乙烯受温度的影响极易生成氯化氢，氯化氢的生成对树脂有自催化作用，导致树脂变色分解，其热稳定性较其他热塑性塑料差，且温度和时间都有导致其分解的倾向。成型时需严格控制成型温度。可加入稳定剂降低其分解倾向。

硬聚氯乙烯流动性较差，因此注射成型时要在极短时间内充满模腔较为困难，需要较大注射压力，同时为避免出现熔体破裂现象，成型中采用低速高压工艺。为防止溢出的氯化氢损害设备，应注意对设备做好防腐工作。

3) 制品及模具

对硬聚氯乙烯制品，在设计时尽可能保证壁厚均匀，避免出现收缩不均，导致翘曲、内应力、裂纹等缺陷。考虑到其流动比约 $100:1$ 及制品的复杂性，应注意壁厚不可太薄，否则制品刚性不够，且充模困难。壁厚应不低于 1.2mm ，大都在 $1.5\sim 5.0\text{mm}$ 之间。

在注射模具设计时，考虑到收缩率在 $0.6\%\sim 1.5\%$ 之间，脱模斜度为 $1\sim 1.5^{\circ}$ 。为防止氯化氢气体腐蚀模具，应对模具的流道、型腔等与熔体接触部分进行镀铬或氮化等防腐处理。

4. 聚苯乙烯 (PS)

1) 基本特性

聚苯乙烯(PS)无色、无臭、无味，呈透明性刚硬固体，密度在 $1.04\sim 1.065\text{g}/\text{cm}^3$ 之间，制品掷地时有金属般响声。聚苯乙烯是最早工业化的塑料品种之一。它具有良好的透明性，耐水、耐光、耐化学性好、吸湿性低、电气性能优良，价廉、容易染色、易于成型等优点，因此广泛用于各种仪器仪表、照明、装饰、光电元件、家庭日用、玩具等多领域。

为改善聚苯乙烯脆性易裂、机械强度差，耐热性低的缺点，可对其进行改性。其改性品种有高抗冲聚苯乙烯(HIPS)、ABS、MBS、AS等。

2) 工艺特性

聚苯乙烯属无定形高聚物，无明显熔点，熔融温度范围宽且热稳定性好。 95°C 左右开始软化， $120\sim 180^{\circ}\text{C}$ 之间成为流体， 300°C 以上出现分解。聚苯乙烯的比热容低，加热流动和冷却固化速度快，熔体黏度适中，且流动性较好，易于成型。

注射成型时，料筒温度的提高和注射压力的增加，对聚苯乙烯熔体的流动性均有较明显的增长，因此，在成型过程中可通过料筒温度或注射压力的改变，达到改善熔体流动性的目的。

制品内应力大，易碎裂是聚苯乙烯成型加工中最大的难题。这与材料本身分子量分布不均，低分子物残留过多，分子链呈刚性质脆，收缩不均等因素有关，还与模具及制品设计、成型工艺等有关。

3) 制品及模具

制品设计应注意到聚苯乙烯的热膨胀系数与金属相差较大，在制品中不适宜有金属嵌件的存在，否则在环境温度变化时，制品极易出现开裂破坏现象。聚苯乙烯流动比为



200:1, 制品壁厚不宜太厚, 亦不能太薄, 一般在 1.0~4.0mm 之间选取。制品壁厚也要尽可能均匀, 同时不允许有缺口、尖角, 厚薄相连处应以较大的圆弧过渡, 避免产生应力集中现象。

在注射模具设计时, 考虑其成型收缩率为 0.5%~0.8%, 可选用适当的脱模斜度。一般型腔部分为 $35' \sim 1^\circ 30'$, 模芯部分为 $30' \sim 1^\circ$, 对于稍为复杂的制品可在 $50' \sim 2^\circ$ 之间选取。为防止内应力及开裂等问题, 模具顶出机构应具有较大的顶出有效面积和良好的顶出同步性。

5. 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂 (ABS)

1) 基本特性

ABS 树脂呈微黄色, 无毒、无味, 外观是不透明粒状或粉状热塑性树脂, 密度为 $1.02 \sim 1.05 \text{g/cm}^3$, 制品光泽较好, 综合机械性能优良, 尺寸稳定, 电性能、耐化学腐蚀性好, 易于成型和机械加工, ABS 同其他材料的结合性好, 易于进行表面印刷、涂层和镀层处理。

ABS 树脂是由丙烯腈 (A)-丁二烯 (B)-苯乙烯 (S) 三种单体组分经接枝共聚而成的三元共聚物。其三种单体在配比组合上的不同, 将直接影响到 ABS 的性能。如丙烯腈含量的增加可起到改善 ABS 的耐油性和耐化学性能; 丁二烯的增加可提高 ABS 的冲击韧性; 苯乙烯可提供良好的成型加工性能。因此, ABS 牌号、规格众多, 性能、用途各异, 如通用级、抗冲级、高抗冲级、耐寒级、耐热级、阻燃级等多品种。

2) 工艺特性

无定形聚合物, 无明显熔点。由于其牌号品级繁多, 在成型中应按品级不同制定合适的工艺参数, 通常在 160°C 以上即可成型。成型中, ABS 热稳定性较好, 温度调节范围大, 不易出现降解或分解, 一般在 270°C 以上才开始分解。

熔体黏度适中, 流动性比聚苯乙烯、聚酰胺等塑料要差, 但较聚氯乙烯、聚碳酸酯等要好, 且熔体冷却固化速度比较快。注射成型时, 其熔体流动性与温度和注射压力都有关系, 对注射压力稍微敏感, 成型时可从注射压力入手, 以降低其熔体黏度, 提高充模性能。

吸水性根据组分不同有所差异, 其范围在 0.2%~0.5% 之间, 为了得到较为理想的制品, 在成型加工前应进行干燥处理。

3) 制品及模具

ABS 熔体流动比约 200:1, 该数值又因品级不同有所差异。在制品设计时其壁厚不宜太薄, 特别对于需进行电镀处理的制品, 壁厚要略厚以增加镀层与制品表面的黏附力。但制品过厚也会增加制品成本, 且导致成型周期过长, 收缩明显。ABS 制品壁厚通常在 1.5~4.5mm 之间选取。壁厚均匀性相差不宜过大, 需进行电镀处理的制品表面应平整, 表面凹凸部位易产生静电吸附灰尘且难以去除, 使镀层牢固性变差。制品上的尖角也要尽量避免, 防止应力集中, 应采用圆弧过渡加以解决。

在注射模具设计时, 考虑到收缩率因 ABS 树脂品级不同、制品形状及成型条件变化, 其收缩率范围在 0.4%~0.6% 之间。其模腔部分脱模斜度取 $40' \sim 1^\circ 20'$, 模芯部分取 $35' \sim 1^\circ$, 形状复杂制品的脱模斜度应增加。易产生熔接痕, 设计模具时应注意尽量减小浇注系统对料流的阻力。



6. 聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)

1) 基本特性

聚甲基丙烯酸甲酯俗称有机玻璃, 其透明性好, 透光率达 92%, 优于普通硅玻璃。有机玻璃密度为 1.18g/cm^3 , 比普通硅玻璃轻一半。机械强度为普通硅玻璃的 10 倍以上。它轻而坚韧, 容易着色, 有较好的电气绝缘性能。化学性能稳定, 能耐一般的化学腐蚀, 但能溶于芳烃、氯代烃等有机溶剂。尺寸一般情况下稳定。最大缺点是表面硬度低, 易被硬物擦伤拉毛。用于制造要求一定透明度和强度的制品, 如飞机和汽车的窗玻璃, 飞机罩仓、光学镜片、车灯灯罩、透明管道, 在工业、化工、教学器材、日用品等方面应用广泛。

2) 工艺特性

有机玻璃为无定形聚合物, 玻璃化温度 105°C , 熔融温度大于 160°C , 分解温度高达 270°C 以上, 因此可供成型温度范围宽。注射成型时, 温度改变对熔体黏度的影响要比注射压力及注射速度明显, 因此改变温度可改善有机玻璃的流动性。

为得到良好的外观质量, 防止塑件表面出现流动痕迹、熔接痕和气泡等缺陷, 注射成型时一般采用尽可能低的注射速度。对原料进行很好的干燥预处理能消除塑件产生气泡、混浊、银丝和发黄等缺陷。

3) 制品及模具

有机玻璃熔体流动比为 130:1, 故制品壁厚不宜太薄, 最好不要低于 1mm, 一般在 1.5~5mm 之间选取。材料性脆易碎, 为防止脱模不佳或使用不当而开裂, 制品中应避免缺口和尖角, 厚薄连接处应圆弧过渡。

注射模具设计时, 应采用尽可能宽大的浇注系统, 易减小对料流的阻力。要开设适当的排气槽, 以及及时排出模腔内空气及低分子挥发气体, 排气槽深度在 0.03mm 以下。为了不影响制品透明性, 应合理选择顶针位置及数量, 模腔表面粗糙度要低。考虑收缩率为 0.5%~0.7%, 脱模斜度在模腔部分为 $35'\sim 1^\circ 30'$, 模芯部分在 $30'\sim 1^\circ$ 之间。

7. 聚酰胺 (PA)

1) 基本特性

聚酰胺俗称尼龙, 外观为透明或不透明、乳白或淡黄的粒料, 表面角质、坚硬, 制品表面有光泽。密度为 $1.02\sim 1.15\text{g/cm}^3$, 吸水率为 0.3%~9.0%。

尼龙无毒、无味、不霉烂, 有优良的力学性能, 抗拉、抗压、耐磨。其抗冲强度比一般塑料明显要高。作为机械零件材料, 具有良好的消音效果和自润滑性能。尼龙耐碱、弱酸, 但强酸和氧化剂能侵蚀尼龙。其吸水性强、收缩率大, 常因吸水而引起尺寸变化。其稳定性较差, 通常只能在 $80\sim 100^\circ\text{C}$ 之间使用。广泛用于制造各种机械、化学和电器零件。

2) 工艺特性

熔体黏度低、流动性好, 容易产生飞边。成型加工前必须进行干燥处理。易吸潮, 塑件尺寸变化较大。塑件壁厚应均匀, 防止产生缩孔。熔融态尼龙热稳定性较差, 易发生降解使塑件性能下降, 因此, 不允许尼龙在高温料筒内停留时间过长。

3) 制品及模具

熔体流动比通常在 (150~200):1 之间, 制品壁厚一般不低于 0.8mm, 可在 1~



3.2mm 之间选取。由于尼龙良好的自润滑性和消音性，可用于制造齿轮、凸轮等机械零件，且性能十分优良。

尼龙收缩率较大，注射模具设计时应选择合适的脱模斜度，其选择范围在 $40' \sim 1^\circ 30'$ 之间。为防止可能出现的气泡或收缩凹痕，要求流道和浇口部分必须有足够冷料穴。熔体流动性好，成型时易出现排气不良现象，需开设排气槽，其深度控制在 0.025mm 以下。

8. 聚甲醛 (POM)

1) 基本特性

聚甲醛表面硬而光滑，外观为淡黄色或白色、半透明或不透明的粉料或粒料，成型收缩率高达 3.5%。有较高的机械强度及抗拉、抗压性能和突出的耐疲劳强度，特别适合长时间反复承受外力的齿轮材料。尺寸稳定、吸水率小，具有优良的减摩、耐磨性能。常温下一般不溶于有机溶剂，能耐醛、酯、醚、烃及弱酸、弱碱，但不耐强酸。耐汽油及润滑油性能很好。有较好的电气绝缘性能。在成型温度下热稳定性差。特别适合于制造轴承、齿轮、凸轮、滚轮等耐磨传动零件及其他工业、仪器、仪表制件。

2) 工艺特性

聚甲醛为高密度、高结晶性的线型聚合物，成型收缩率大，熔点明显 ($153 \sim 160^\circ\text{C}$)。加工厚壁制品时必须进行充分的补塑。聚甲醛在 240°C 下会严重分解，在 210°C 下停留时间不宜超过 20min，即使在正常加工温度范围，受热时间稍长也会出现分解，因此成型温度宜低，受热时间应短。

熔体凝固速度快，易在制品表面产生褶皱、斑纹及熔接痕等缺陷，且熔体黏度对温度敏感性小，对剪切应力依赖性大，因此，在注射成型时可采用增加注射速率、提高模具温度、改进模具结构等措施来进行控制。

3) 制品及模具

制品壁厚应根据树脂情况进行选择，不宜太薄，通常在 1.5~5mm 之间。而过厚的壁厚因收缩、补料等问题而很少采用。同时壁厚应均匀，厚薄相差不宜太大，并避免缺口、尖角，转角处要圆弧过渡，从而减少内应力及应力集中的问题。

注射模具的脱模斜度通常在 $40' \sim 1^\circ 30'$ 之间选取。因熔体流动性好，易排气不良，模具应开设良好的排气孔、槽，孔槽深度不得超过 0.02mm，宽度在 3mm 左右。

9. 聚碳酸酯 (PC)

1) 基本特性

聚碳酸酯 (PC) 为无色或微黄色透明颗粒，无味、无臭、无毒，密度为 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ ，吸水率小于 0.16%，折射率为 1.589 0，可制成透明、半透明、不透明的各种制品。

聚碳酸酯是一种性能优良的热塑性工程塑料，具有刚而韧的特点。其冲击性能是热塑性塑料中最好的一种，拉伸强度和弯曲强度都好，且受温度影响小，尺寸稳定性好。吸水率低，能在较宽的温度范围内保持较好的电性能。耐室温下的水、稀酸、氧化剂、还原剂、盐、油、脂肪烃，有良好的耐候性，但不耐碱、胺、酮、脂及芳香烃。其最大缺点是易产生内应力，引起应力开裂，缺口敏感性高，可用玻璃纤维增强改善。

可制造齿轮、滑轮、凸轮、各种外壳、容器等多种机械零件，在电子电器行业应用也十分



项目1 塑料材料的认识及成型工艺分析

广泛。因其透明性好,非常适合制作光学零件,如光盘、透镜、光导纤维以及防弹玻璃等。

2) 工艺特性

注射成型收缩率恒定为 $0.5\% \sim 0.8\%$ 。聚碳酸酯虽然吸水性小,但高温时对水分比较敏感,所以加工前必须干燥处理,否则会出现银丝、气泡及强度下降的缺陷。熔融温度高,熔体黏度大,流动性差,故成型时要求有较高的温度和压力,且熔体黏度受温度影响最大,通常采用提高温度的方法来增加熔体的流动性。对于聚碳酸酯制品的内应力,可用热处理的方法缓解,一般是将制品置于 $110 \sim 135^{\circ}\text{C}$ 之间处理一段时间,部分消除其内应力。

3) 制品及模具

聚碳酸酯流动比为 $80 \sim 100:1$,制品壁厚不宜太薄,一般不低于 1mm ,大都是在 $1.5 \sim 5\text{mm}$ 之间选择。PC 对缺口较为敏感,故要求制品壁厚均匀一致,尽可能避免锐角、缺口的存在,转角处圆弧过渡。

注射模具的脱模斜度通常型腔部分为 $35' \sim 1^{\circ}$,型芯部分为 $30' \sim 50'$ 。由于热膨胀系数的差别,尽可能少用金属嵌件。熔体黏度大,模具浇注系统尽可能采用大尺寸流道及浇口,尽量避免针点式小浇口,以免充模不足,产生收缩、凹痕等缺陷。

10. 聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PETP)

1) 基本特性

PETP 无毒,具有高结晶度、高熔化温度和不溶于一般有机溶剂的特点。熔化温度为 $250 \sim 270^{\circ}\text{C}$ 。密度随结晶度的增大而增加,非晶态密度为 $1.33\text{g}/\text{cm}^3$,纤维密度为 $1.38 \sim 1.41\text{g}/\text{cm}^3$,完整晶体密度为 $1.463\text{g}/\text{cm}^3$ 。PETP 经拉伸制得的纤维商品名为涤纶。一部分作为塑料使用,可制造薄膜和瓶子。

2) 工艺特性

PETP 可用挤出、注射和吹塑等方法加工成薄膜、管坯和瓶子。PETP 一般以结晶料供给,加工前已进行干燥,粒料的含湿率应低于 0.005% ,以减小水解降解。加工时料温应尽可能低些,通常在 273°C 挤出,料温过高会引起大分子断裂。

在 PETP 瓶子制造中,首先将 PETP 注射到模具中,形成非晶态的型坯,再将型坯取出,加热,然后经双向拉伸吹塑加工,使型坯成为高强度和韧性的薄壁容器。PETP 瓶对氧和二氧化碳的渗透率很低。

11. 聚四氟乙烯 (PTFE)

1) 基本特性

聚四氟乙烯是氟塑料中综合性能最好、产量最大、应用最广的一种。聚四氟乙烯树脂为白色粉末,外观蜡状、光滑不黏。平均密度为 $2.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。其性能卓越,非一般热塑性塑料能比,有“塑料王”之称。化学稳定性是目前已知塑料中最优越的一种,对强酸、强碱及各种氧化剂等强腐蚀性介质,甚至沸腾的“王水”,都完全稳定。其化学稳定性超过了金、铂、玻璃、陶瓷及特种钢材。在常温下没有一种溶剂能溶解它。有优良的耐热、耐寒性能,可在 $-195 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 范围内长期使用。其电气绝缘性能良好,且不受环境湿度、温度和电频率的影响。其摩擦系数是塑料中最低的。聚四氟乙烯的缺点是热膨胀系数大,而耐磨性和机械强度差、刚性不足。



聚四氟乙烯可用于机械设备中传动轴油封、轴承、活塞环，电子设备中的高频和超高频绝缘材料，导弹点火线的绝缘，化工设备的衬里、管道、阀门及泵体等。在医学上还可用作代用血管、人工心肺装置等。

2) 工艺特性

聚四氟乙烯成型困难，是热敏性塑料，极易分解，分解时产生腐蚀性气体，有毒，必须严格控制成型温度。其流动性差，熔融温度高，成型温度范围小，要高温、高压成型。模具要有足够的强度和刚度，硬镀铬。一般将粉料冷压成坯料，然后再烧结成型。

12. 酚醛塑料 (PF)

1) 基本特性

酚醛塑料是一种热固性塑料，它以酚醛树脂为基础制成。酚醛树脂常用酚类和醛类化合物缩聚而成。酚醛树脂呈琥珀玻璃态，本身很脆，须加热各种纤维或粉末状填料才能获得具有一定性能要求的酚醛塑料。酚醛塑料大致可分为四种：层压塑料、压塑料、纤维状压塑料和碎屑状压塑料。

酚醛塑料刚性好，变形小，尺寸稳定，耐热、耐磨，在 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ 范围内可长期使用，即使在高温下也不软化变形，仅表面发生烧结现象。在水润滑条件下具有很小的摩擦系数。其电绝缘性能优良。缺点是质脆，冲击强度差。酚醛塑料可制造各种复杂的机械和电器零件，制成的线圈架、接线板、电动工具外壳、齿轮、凸轮、泵叶轮等制件性能优良。

2) 工艺特性

酚醛塑料以压缩模塑为主，还可采用挤出、层压、注射等成型方法加工。其成型性较好，但须注意预热和模具的排气，以去除塑料中的水分和低分子挥发物及固化过程中产生的低分子副产物。模温对流动性影响较大，一般当温度超过 160°C 时流动性迅速下降。固化时放出大量的热，厚壁大型塑件内部温度易过高，发生固化不均及过热现象。

13. 氨基塑料

氨基塑料是由氨基化合物与醛类（主要是甲醛）经缩聚反应而制得的塑料，是常用的热固性塑料。主要包括脲-甲醛、三聚氰胺-甲醛塑料等。

1) 基本特性

(1) 脲-甲醛塑料 (UF)：脲-甲醛塑料是脲-甲醛树脂和漂白纸等制成的压塑粉。可染成各种鲜艳的颜色，外观光亮，部分透明，表面硬度较高，耐电弧性能好，耐矿物油、耐霉菌。但耐水性较差，在水中长期浸泡后电气绝缘性能下降。UF 塑料大量用于压制日用品及电气照明用设备的零件、电话机、收音机、开关插座及电气绝缘零件。

(2) 三聚氰胺-甲醛塑料 (MF)：三聚氰胺-甲醛塑料由三聚氰胺-甲醛树脂与石棉滑石粉等制成。MF 塑料无毒，可制成各种色彩、耐光、耐电弧塑件。在 $-20\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内性能变化小，能耐沸水及茶、咖啡等污染性强的物质。能像陶瓷一样方便地去掉茶渍类污染物，且重量轻、不易碎。主要用于制作餐具、茶杯及电器开关、防爆电器的配件。

2) 工艺特性

氨基塑料常用压缩、传递成型。传递成型收缩率大。含水分及挥发物多，使用前需预



项目1 塑料材料的认识及成型工艺分析

热干燥，且成型时有弱酸及水分析出，模具应镀铬防腐。流动性好，固化速度快，预热及成型温度要适当，装料、合模及加工速度要快，并注意排气。带嵌件的塑件易产生应力集中。尺寸稳定性差。

任务实施

1. 选择塑料材料

塑料壳体、塑料防护罩这两种零件，需大批量生产，通过查附录 B 及附录 C 对多种塑料的性能与应用进行综合比较，这两种零件材料品种都可选择 ABS（丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物）。

2. 分析塑料材料使用性能

通过相关知识的学习，对 ABS 的成型工艺性能有一定的了解。查附录 B 及相关塑料模具设计资料可得：ABS 塑料属热塑性非结晶型塑料，是在聚苯乙烯分子中导入了丙烯腈、丁二烯等异种单体后形成的改性共聚物，也可称改性聚苯乙烯，具有比聚乙烯更好的使用和工艺性能。ABS 一般不透明，密度为 $1.02 \sim 1.05 \text{g/cm}^3$ 。

ABS 是一种常用的具有良好综合力学性能的工程塑料，无毒、无味，成型塑件的表面有较好的光泽。它具有良好的机械强度，特别是抗冲击强度高。还具有一定的耐磨性、耐寒性、耐油性、耐水性、化学稳定性和电性能，经调色可配成任何颜色。它有一定的硬度和尺寸稳定性，易于成型和机械加工，与 372 有机玻璃的熔接性良好，可制作双色成型塑件，且表面可镀铬。缺点是耐热性不高，连续工作温度约为 70°C ，热变形温度约为 93°C 。并且耐候性较差，在紫外线作用下易变硬发脆。

根据 ABS 中三种成分之间的比例不同，其性能也略有差异，从而可以适应各种不同的需要。根据使用要求的不同，ABS 可分为超高冲击型、高冲击型、中冲击型、低冲击型和耐热型等。

3. 塑料的工艺性能分析

(1) ABS 为无定形料，其品种牌号很多，各品牌的机电性能及成型特性也各有差异，应按品牌确定成型方法及成型条件。

(2) ABS 吸湿性强，使成型制件表面出现斑痕、云纹等缺陷，为此，含水量应小于 0.3%，必须充分干燥，要求表面光泽的塑件应要求长时间预热干燥。预热干燥温度为 $80 \sim 100^\circ\text{C}$ ，时间为 2~3h。

(3) ABS 流动性中等，溢边料 0.04mm 左右（流动性比聚苯乙烯、AS 差，但比聚碳酸酯、聚氯乙烯好），在升温时黏度增高，所以成型压力较高，故制件上的脱模斜度宜稍大。

(4) ABS 比聚苯乙烯加工困难，宜取高料温、高模温（对耐热、高抗冲击和中抗冲击型树脂，料温更宜取高）。料温对物料性能影响较大，料温过高易分解（分解温度为 250°C 左右，比聚苯乙烯易分解），对要求精度较高塑件的模温宜取 $50 \sim 60^\circ\text{C}$ ，要求光泽及耐热塑料宜取 $60 \sim 80^\circ\text{C}$ 。注射压力应比加工聚苯乙烯稍高，一般用柱塞式注射机时料温为 $180 \sim 230^\circ\text{C}$ ，注射压力为 $100 \sim 140 \text{MPa}$ 。螺杆式注射机则取 $160 \sim 220^\circ\text{C}$ 、 $70 \sim 100 \text{MPa}$ 为宜。



(5) ABS 比热容低, 塑化效率高, 凝固也快, 故成型周期短; ABS 的表现黏度对剪切速率的依赖性很强, 浇注系统短而粗, 模具设计中常采用点浇口形式。

(6) 模具设计时要注意选择浇注系统的浇口位置、形式, 当浇口位置、形式不合理, 顶出力过大或机械加工时, 塑件表面会呈现“白色”痕迹(但在热水中加热可消失), 脱模斜度宜取 2° 以上。

任务总结

塑料壳体、塑料防护罩这两种零件, 都要求具有一定的强度与耐磨性能, 中等精度, 外表面无瑕疵、美观、性能可靠。采用 ABS 塑料, 产品的使用性能基本能满足要求, 但注意选择合理的成型工艺, 对原料充分干燥, 采用合理的温度与压力。

习题与思考 1

1. 什么是塑料? 塑料的主要成分是什么? 各成分的作用是什么?
2. 塑料是如何分类的? 热塑性塑料和热固性塑料有什么区别? 常用的热塑性塑料和热固性塑料有哪些(分别写出中文名称和英文代号)? 写出你所知道的热塑性塑件和热固性塑件的名称及采用的材料。
3. 塑料主要有哪些使用性能?
4. 热塑性塑料的成型工艺性能有哪些?
5. 热固性塑料的成型工艺性能有哪些?
6. 什么是塑料的收缩性? 影响塑件成型收缩的因素有哪些?
7. 什么是塑料的流动性? 塑料的流动性用哪些指标衡量? 影响流动性好坏的因素有哪些?
8. 何为聚合物取向? 取向对塑料的性能有何影响? 在塑料加工过程中有哪些因素影响取向?
9. 什么是结晶? 结晶对塑料性能有何影响? 在塑料加工过程中有哪些因素影响结晶?
10. 什么是热敏性和水敏性? 成型加工热敏性、水敏性塑料, 分别应采取什么措施?
11. 什么是熔体破裂? 如何克服?
12. 什么是过熟? 什么是欠熟? 它们对塑件质量有何影响?
13. 简述聚酰胺塑料成型工艺特点。
14. 简述聚碳酸酯塑料成型工艺特点。
15. 找找生活中不同的塑料制品, 试分析它们是由何种塑料制成的, 并说明理由。
16. 塑料鉴别的常用方法有哪些?

任务 1.2 塑料壳体、塑料防护罩的结构工艺性分析

相关知识点

- (1) 塑料产品结构设计的原则;



- (2) 塑件精度的确定方法, 根据标准查找相关尺寸标准;
- (3) 塑件结构工艺性的分析及改进。

相关技能点

- (1) 掌握常用塑件的结构工艺性分析方法;
- (2) 掌握塑料产品的精度使用方法及相关规定;
- (3) 了解塑料产品的设计原则。

任务引入

1. 塑件结构工艺性的概念

塑件结构工艺性主要指塑件生产的难易程度, 当然, 它的工艺性好坏或难易程度与模具设计有很大的关系, 设计师应该考虑塑料的成型性能, 或者塑件的设计满足工艺要求, 才能设计出合理的模具。

通过塑件结构工艺性的学习, 再结合塑料壳体、塑料防护罩零件的实际设计, 分析产品的工艺性, 并能够对一些不合理的结构进行改进。

2. 设计塑料制品要考虑的因素

我们设计的塑件不但要能够满足使用要求, 还要适用成型的工艺要求, 反之, 良好的塑件工艺性是获得合格制品的前提, 也是我们模塑成型能够顺利进行的前提条件。

设计塑料制品时务必考虑以下一些因素:

(1) 塑料性能。塑料制品的尺寸、公差、结构形状受到塑料的化学性能、物理性能、机械性能和工艺性能(流动性、收缩性)的影响, 设计时要与这些性能相适应。

(2) 模塑方法。不同的模塑方法, 对塑件的工艺要求也不相同, 这里我们主要讨论的是注射模、压缩模和压注模塑件的工艺要求。

(3) 模具结构和加工工艺性。塑料制品的形状应有利于简化模具结构, 尤其是有利于抽芯和脱模机构的简化, 另外还要考虑模具零件尤其是成型零件的加工工艺性。塑件制品的设计内容主要是尺寸、公差、表面质量和结构形状。

(4) 当制品的外观要求较高时, 应先通过造型而后逐步绘制出样图。

1.2.1 塑料制品的尺寸精度分析

塑料制品的尺寸精度主要从塑件的尺寸、塑件的公差和塑件的表面质量几方面来探讨。

1. 塑料制品的尺寸

这里塑料制品的尺寸指的是塑件的总体尺寸, 而不是塑件的壁厚、孔径等结构尺寸。塑料制品的尺寸主要受到以下两个方面因素的影响:

1) 塑料的性能

特别是塑料的流动性在很大程度上决定了塑件的尺寸, 在注射成型和压注成型中流动



塑料件成型工艺拟定与模具设计

性差的塑料（如玻璃纤维增强型塑料、布基塑料等）和薄壁塑料制品在设计时，尺寸不能够过大，否则塑料熔体不能够填满型腔或产生溶接痕，影响塑件的外观质量和结构强度。

2) 成型设备

例如注射成型时，塑料制品的尺寸还要受到注射机的注射量、锁模力和模板尺寸的影响；压缩压注成型时，塑料制品的尺寸受到压力机的最大压力和压力机工作台面最大尺寸的影响。

2. 塑料制品的公差

影响塑料制品精度的因素有很多，主要有：模具的制造精度及磨损（尤其是模具成型零件的制造和装配误差）、塑料收缩率的波动、成型工艺条件的变化、塑料制品的形状、飞边厚度的波动、脱模斜度及成型后制品的尺寸变化等。

在选择塑料制品的公差等级时，我们可参考表 1-3 制定的塑料制品公差数值表。

表 1-3 塑件制品公差等级的选用（GB/T 14486—1993）

材料代号	塑料材料		公差等级		
			标注公差尺寸		未标注公差尺寸
			高精度	一般精度	
ABS	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物		MT2	MT3	MT5
EP	环氧树脂		MT2	MT3	MT5
PA	尼龙类塑料	无填料填充	MT3	MT4	MT6
		玻璃纤维填充	MT2	MT3	MT5
PC	聚碳酸酯		MT2	MT3	MT5
PE	聚乙烯		MT5	MT6	MT7
PF	酚醛塑料	无机填料填充	MT2	MT3	MT5
		有机填料填充	MT3	MT4	MT6
POM	聚甲醛	≤150mm	MT3	MT5	MT6
		>150mm	MT4	MT5	MT7
PP	聚丙烯	无填料填充	MT3	MT4	MT6
		无机填料填充	MT2	MT3	MT5
PPO	聚苯醚		MT2	MT3	MT5
PS	聚苯乙烯		MT2	MT3	MT5
PSU	聚砜		MT2	MT3	MT5

在选择塑料制品的公差时，可以参考表 1-4 模塑件公差表（GB/T 14486—1993《工程塑料模塑塑件尺寸公差标准》）。该标准将塑件分为 7 个精度等级，MT1 级精度很高，一般不采用。另外和原机械工业的标准一样，对于孔的公差采用基孔制，可取表值冠以（+）号；对于轴的公差采用基轴制，可取表值冠以（-）号；对于中心距尺寸可取表值冠以（±）号。本标准将塑料制品分为 7 个精度等级，根据塑料种类的不同，每一种塑料可选其中的两个等级，如表 1-4 所示。



表 1-4 模塑件公差表 (GB/T 14486—1993)

公差等级	公差种类	基本尺寸													
		大于0		3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100
		到3		6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120
标注公差的尺寸公差值（A：不受模具活动部分影响的尺寸公差值；B：受模具活动部分影响的尺寸公差值）															
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	
	B	0.14	0.16	0.18	0.20	0.21	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.33	0.36	0.39	
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	
	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	
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	
	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	
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	
	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	
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	
	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	
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	
	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	
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	
	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	
未注公差的尺寸允许偏差															
MT5	A	±0.10	±0.12	±0.14	±0.16	±0.19	±0.22	±0.25	±0.28	±0.32	±0.37	±0.43	±0.50	±0.57	
	B	±0.20	±0.22	±0.24	±0.26	±0.29	±0.32	±0.35	±0.38	±0.42	±0.47	±0.53	±0.60	±0.67	
MT6	A	±0.13	±0.16	±0.19	±0.23	±0.27	±0.31	±0.35	±0.40	±0.47	±0.55	±0.64	±0.74	±0.86	
	B	±0.23	±0.26	±0.29	±0.33	±0.37	±0.41	±0.45	±0.50	±0.57	±0.65	±0.74	±0.84	±0.96	
MT7	A	±0.19	±0.24	±0.29	±0.34	±0.39	±0.44	±0.50	±0.57	±0.66	±0.77	±0.90	±1.05	±1.20	
	B	±0.29	±0.34	±0.39	±0.44	±0.49	±0.54	±0.60	±0.67	±0.76	±0.87	±1.00	±1.15	±1.30	



续表

公差等级	公差种类	基本尺寸													
		120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500	
		140	160	180	200	250	280	315	355	400	450	500			
标注公差的尺寸公差值 (A: 不受模具活动部分影响的尺寸公差值; B: 受模具活动部分影响的尺寸公差值)															
MT1	A	0.32	0.36	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.70	0.78	0.86	MT1	
	B	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	0.46	0.50	0.54	0.60	0.66	0.72	0.76	0.84	0.92	1.00	1.10	1.20	MT2	
	B	0.56	0.60	0.64	0.70	0.76	0.82	0.86	0.94	1.02	1.10	1.20	1.30		
MT3	A	0.64	0.70	0.78	0.86	0.92	1.00	1.10	1.20	1.30	1.44	1.60	1.74	MT3	
	B	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	0.92	1.02	1.12	1.24	1.36	1.48	1.62	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	MT4	
	B	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	1.28	1.44	1.60	1.76	1.92	2.10	2.30	2.50	2.80	3.10	3.50	3.90	MT5	
	B	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	2.00	2.20	2.40	2.60	2.90	3.20	3.50	3.80	4.30	4.70	5.30	6.00	MT6	
	B	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	2.70	3.00	3.30	3.70	4.10	4.50	4.90	5.40	6.00	6.70	7.40	8.20	MT7	
	B	3.10	3.20	3.50	3.90	4.30	4.70	5.10	5.60	6.20	6.90	7.60	8.40		
未注公差的尺寸允许偏差															
MT5	A	±0.64	±0.72	±0.80	±0.88	±0.96	±1.05	±1.15	±1.25	±1.40	±1.55	±1.75	±1.95	MT5	
	B	±0.74	±0.82	±0.90	±0.98	±1.06	±1.15	±1.25	±1.35	±1.50	±1.65	±1.85	±2.05		
MT6	A	±1.00	±1.10	±1.20	±1.30	±1.45	±1.60	±1.75	±1.90	±2.15	±2.35	±2.65	±3.00	MT6	
	B	±1.10	±1.20	±1.30	±1.40	±1.55	±1.70	±1.85	±2.00	±2.25	±2.45	±2.75	±3.10		
MT7	A	±1.35	±1.50	±1.65	±1.85	±2.05	±2.25	±2.45	±2.70	±3.00	±3.35	±3.70	±4.10	MT7	
	B	±1.45	±1.60	±1.75	±1.95	±2.15	±2.35	±2.55	±2.80	±3.10	±3.45	±3.80	±4.20		



项目1 塑料材料的认识及成型工艺分析

塑件精度的选择要具体问题具体分析，一般情况，配合部分尺寸精度高于非配合尺寸精度，而且塑件的精度要求越高，模具的制造难度和成本也增高，塑料的废品率也会增加，在塑件材料和塑件加工工艺一定的情况下，也可以参考表 1-5 合理选择塑件的精度等级。

表 1-5 常用塑料分类和公差等级选用

常用 类型	材 料 名 称		收缩特 性值/%	公 差 等 级		
	代 号	模塑件材料		注有公差		未注公 差尺寸
				高精度	一般精度	
一	ABS AS EP UF/MF PC PA PPO PPS PS PSU RPVC PMMA PDAP PETP PBTP PF	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 丙烯腈-苯乙烯 环氧树脂 脲醛-三聚氰胺-甲醛塑料（无机物填充） 聚碳酸酯 玻纤填充尼龙 聚苯醚 聚苯硫醚 聚苯乙烯 聚砜 硬聚氯乙烯 聚甲基丙烯酸甲酯 聚邻苯二甲酸二烯丙酯 玻纤填充 PETP 玻纤填充 PBTP 无机物填充酚醛塑料	0~1	MT2	MT3	MT5
二	CA UF/MF PA PBTP PETP PF POM PP	醋酸纤维素 脲醛-三聚氰胺-甲醛塑料（有机物填充） 聚酰胺（无填料） 聚对苯二甲酸丁二醇酯 聚对苯二甲酸乙二醇酯 酚醛塑料（有机物填充） 聚甲醛（尺寸<150mm） 聚丙烯（无机物填充）	1~2	MT3	MT4	MT6
三	POM PP	聚甲醛（尺寸≥150mm） 聚丙烯	2~3	MT4	MT5	MT7
四	PE SPVC	聚乙烯 软聚氯乙烯	3~4	MT5	MT6	MT7

注：1. “一”表示塑料收缩特性值 $S=0\% \sim 1\%$ 为第一类塑料；

2. “二”表示塑料收缩特性值 $S=1\% \sim 2\%$ 为第二类塑料；

3. “三”表示塑料收缩特性值 $S=2\% \sim 3\%$ 为第三类塑料；

4. “四”表示塑料收缩特性值 $S=3\% \sim 4\%$ 为第四类塑料。



1.2.2 塑料制品的壁厚

塑料制品的壁厚对塑件的质量有着重要的影响，在确定塑件的壁厚时，我们不但要考虑塑件的使用性能，还要考虑塑件的工艺性能。塑件壁厚过小，成型时增大塑料流体的阻力，使塑件的强度和刚度降低；塑件壁厚过大，用料太多，增加成本，而且增加成型的时间和冷却时间，延长了成型周期，降低了成型的经济性能，此外，对于一些塑料制件容易产生气泡、缩孔、凹痕、翘曲和固化不足等缺陷。

影响塑件壁厚的因素有：塑料的种类、制品的大小以及模塑工艺条件。热固性塑料的小型塑件，壁厚一般取 0.6~2.0mm，大型塑件取 3~8mm。布层酚醛树脂等流动性较差的塑件一般不宜大于 10mm，矿粉填充的脆性酚醛塑件，壁厚应不小于 3mm。常见的热固性塑件壁厚可参考表 1-6。热塑性塑料易成型薄壁塑件，最小壁厚可达 0.25mm，但一般不宜小于 0.6~0.9mm，常选取 2~4mm。常见的热塑性塑件壁厚可参考表 1-7。

表 1-6 热固性塑件壁厚推荐表 (mm)

塑 件 材 料	塑件外形高度尺寸		
	<50	50~100	>100
粉状填料的酚醛塑料	0.7~2	2.0~3	5.0~6.5
纤维状填料的酚醛塑料	1.5~2	2.5~3.5	6.0~8.0
氨基塑料	1.0	1.3~2	3.0~4
玻纤填料的聚酯塑料	1.0~2	2.4~3.2	>4.8
无机物填料的聚酯塑料	1.0~2	3.2~4.8	>4.8

表 1-7 热塑性塑件壁厚推荐表 (mm)

塑 料	最 小 壁 厚	小型塑件 推荐壁厚	中型塑件 推荐壁厚	大型塑件 推荐壁厚
聚酰胺	0.45	0.75	1.6	2.4~3.2
聚乙烯	0.6	1.25	1.6	2.4~3.2
聚苯乙烯	0.75	1.25	1.6	3.2~5.4
改性聚苯乙烯	0.75	1.25	1.6	3.2~5.4
有机玻璃（372#）	0.8	1.5	2.2	4~6.5
硬聚氯乙烯	1.15	1.6	1.8	3.2~5.8
聚丙烯	0.85	1.45	1.75	2.4~3.2
氯化聚醚	0.85	1.35	1.8	2.5~3.4
聚碳酸酯	0.95	1.8	2.3	3~4.5
聚苯醚	1.2	1.75	2.5	3.5~6.4
醋酸纤维素	0.7	1.25	1.9	3.2~4.8
乙基纤维素	0.9	1.25	1.6	2.4~3.2
丙烯酸类	0.7	0.9	2.4	3.0~6.0
聚甲醛	0.8	1.40	1.6	3.2~5.4
聚砒	0.95	1.80	2.3	3~4.5



项目1 塑料材料的认识及成型工艺分析

塑料制品的壁厚一般应尽可能地均匀, 否则会因为冷却或固化速度的不同而产生内应力, 导致塑件的翘曲、缩孔裂纹, 甚至开裂。如图 1-6 所示为改善塑件壁厚的实例, 一般情况下, 如果一个塑件中有不同的壁厚, 则不同壁厚的比例不应超过 1:3, 还要避免不同壁厚间的突然变化。

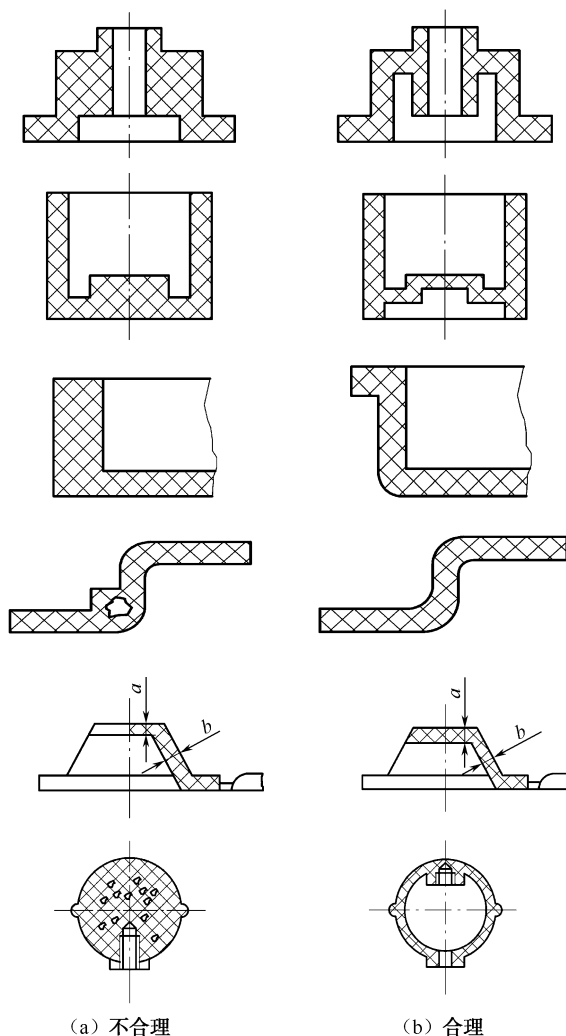


图 1-6 改善塑件壁厚实例

1.2.3 塑料制品的圆角

塑料制品的转角一般情况下要尽可能地采用圆弧过渡, 采用圆弧过渡既可以避免应力集中, 又可以改善熔体在型腔中的流动状况, 提高塑件的质量。当塑料制品无特殊要求时, 制品的各连接处的圆角半径应不小于 0.5~1mm。通常, 内圆角的半径是壁厚的一半, 而外圆角半径为壁厚的 1.5 倍。壁厚不等的两壁转角可按平均壁厚确定内外的圆角半径。对于使用上要求必须以尖角过渡, 或某些部位如分型面、型芯与型腔配合处不便做成圆角的, 仍采用尖角。如图 1-7 所示为某容器底部的圆角设计实例。

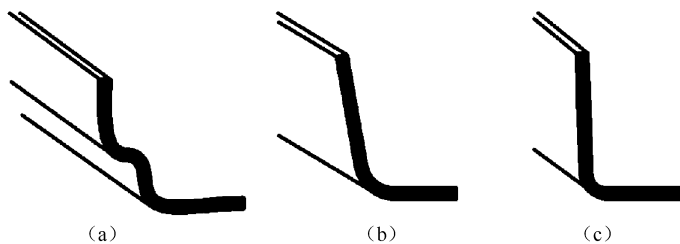


图 1-7 某容器底部的圆角设计实例

1.2.4 塑料制品的凸台及加强筋

1. 塑料制品的支承面和凸台

当塑料制品需要一个支承面或基准面时，如果以整个底面支承是不合理的，因为塑件稍有翘曲或变形就会造成底面不平，为了更好地起支承作用，常采用边框或底角（三角或四角）为支承面。如图 1-8 所示为塑料制品支承面的典型实例。

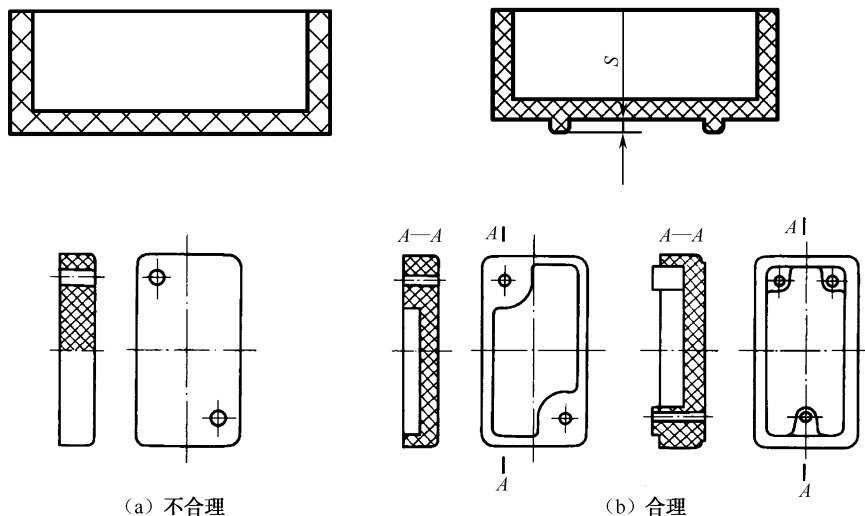


图 1-8 塑料制品支承面的典型实例

凸台是用来加强孔或装配附件的突出部分的，一般情况下，凸台应当位于边角部位，几何尺寸不应当太大，高度不超过其直径的两倍，还应当具有足够的脱模斜度。在设计固定用凸台时，要有足够的强度用来承受紧固时的作用外力，但在转折处不应有突变，连接面应该局部接触。如图 1-9 所示为凸台的典型实例。

2. 塑料制品的加强筋

为了确保塑料制品的强度和刚度而不至于使制品的壁厚过大，可在塑件的适当位置设置加强筋。采用加强筋可以使塑料壁厚均匀，既省料又提高了强度和刚度，还可以避免气泡、缩孔、凹痕和翘曲等缺陷。在大型平面纵横设计的加强筋能够增加塑件的刚度，沿料流方向的加强筋还可以降低塑料的冲模阻力。加强筋的尺寸如图 1-10 所示，加强筋的厚度比壁厚要小。

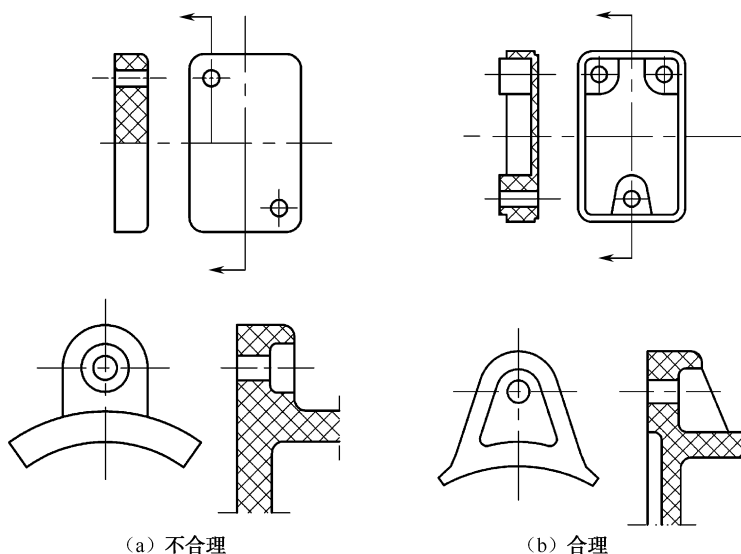


图 1-9 凸台的典型实例

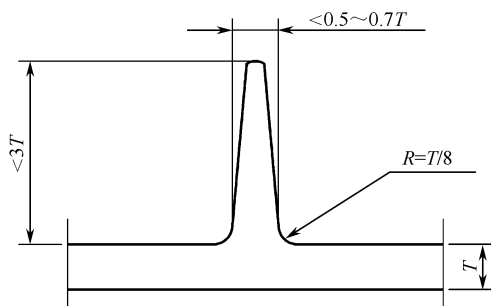


图 1-10 加强筋的尺寸

加强筋的设置必须遵循以下原则：

- (1) 加强筋的尺寸不宜过大，矮一些、多一些为好。
 - (2) 加强筋之间的尺寸应大于两倍壁厚，以避免产生缩孔。
 - (3) 加强筋的设置方向应尽量和塑料熔体的流动方向一致，以利于熔体填满型腔，不发生紊流。
 - (4) 加强筋的端面与塑件支承面应有一定距离，不应该平行。
- 加强筋设计的典型实例如图 1-11 所示。

1.2.5 塑料制品的脱模斜度

塑料成型时，由于塑料冷却会使塑件包紧在型芯或型腔中突起的部分，为便于塑件脱模，并防止脱模擦伤塑件表面，设计时塑件与脱模方向平行的内外表面必须有一定的斜度，称为脱模斜度，如图 1-12 所示。影响脱模斜度的因素有：塑料的收缩率、塑件的形状和壁厚以及塑件的部位。

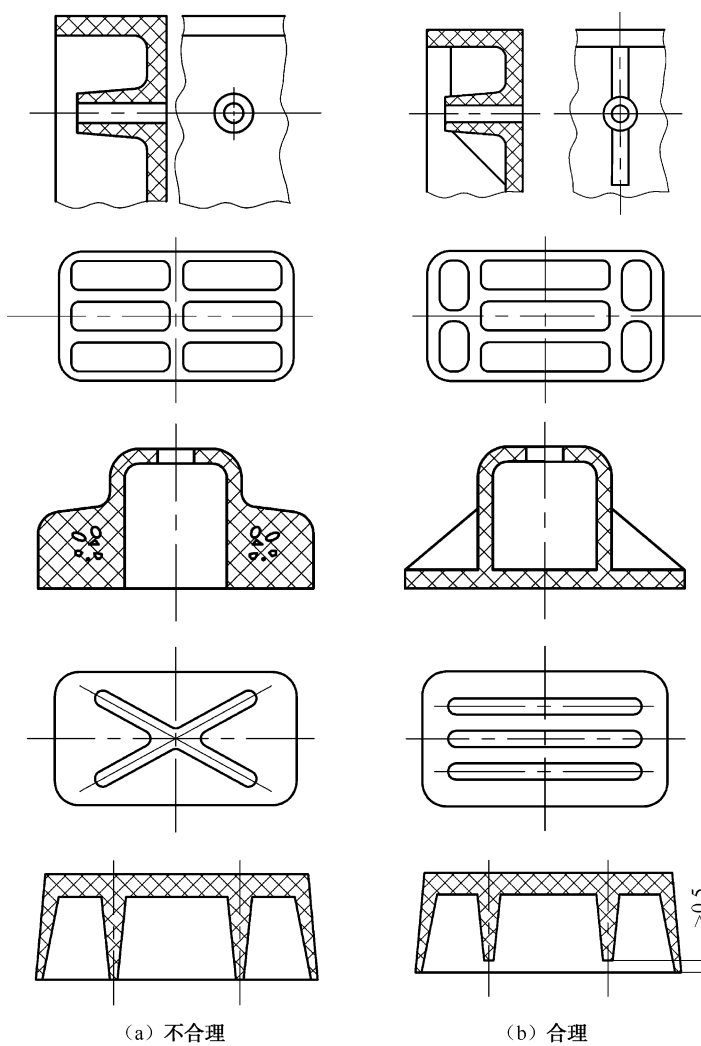


图 1-11 加强筋设计的典型实例

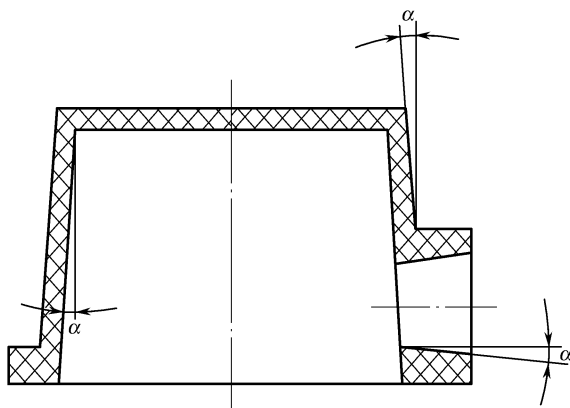


图 1-12 塑件的脱模斜度



项目1 塑料材料的认识及成型工艺分析

一般情况下，脱模斜度为 $30' \sim 1^\circ 30'$ ，应该根据具体情况确定，硬质塑料比软质塑料斜度大；形状愈复杂或成型孔较多时取较大的脱模斜度；制品高度愈高、孔愈深则取较小的脱模斜度；内孔包住型芯，应取较大斜度。当使用上有特殊要求时，脱模可采用型腔为 $5'$ ，内表面为 $10' \sim 20'$ ，侧壁带有皮革花纹时应留有 $4^\circ \sim 6^\circ$ 的斜度。常用的塑料制品脱模斜度可参考表 1-8。

表 1-8 常见塑料制品脱模斜度推荐表

塑料制品材料	脱模斜度	
	型腔	型芯
聚酰胺		
通用	$20' \sim 40'$	$25' \sim 40'$
增强	$20' \sim 50'$	$20' \sim 40'$
聚乙烯	$20' \sim 45'$	$25' \sim 45'$
聚甲基丙烯酸甲酯	$35' \sim 1^\circ 30'$	$30' \sim 1^\circ$
聚苯乙烯	$35' \sim 1^\circ 30'$	$30' \sim 1^\circ$
聚碳酸酯	$35' \sim 1^\circ$	$30' \sim 50'$
ABS 塑料	$40' \sim 1^\circ 20'$	$35' \sim 1^\circ$

一般情况下，脱模斜度不包括在塑件公差范围内，否则应在图样上加以注明。在制品图上标注时，内孔以小端为基准，斜度由扩大方向取得；外形以大端为基准，斜度由缩小方向取得，如图 1-13 所示。

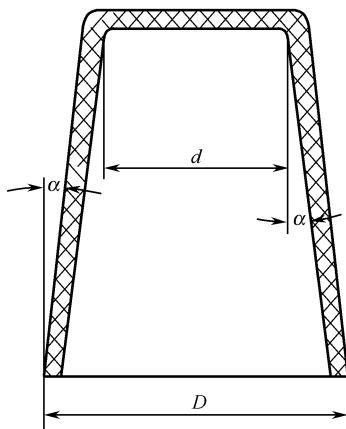


图 1-13 塑料制品斜度的取向

1.2.6 塑料制品的孔及孔间距

塑件上常用的孔有通孔、不通孔、形状复杂的孔、螺纹孔。对于这些孔的设计我们一般情况下遵循以下原则：

- (1) 孔的形状宜简单，形状复杂的孔，模具制造较困难。
- (2) 孔与孔之间、孔与壁之间均有足够的距离（见表 1-9）。如果两孔的间距小于表 1-9 中规定的数值（见图 1-14 (a)），则可以将孔设计成图 1-14 (b) 所示的结构形式。



表 1-9 热固性塑件孔间距、孔边距 (mm)

孔径 d	~ 1.5	$>1.5\sim 3$	$>3\sim 6$	$>6\sim 10$	$>10\sim 18$	$>18\sim 30$	
孔间距及孔边距 b	$1\sim 1.5$	$>1.5\sim 2$	$>2\sim 3$	$>3\sim 4$	$>4\sim 5$	$>5\sim 7$	

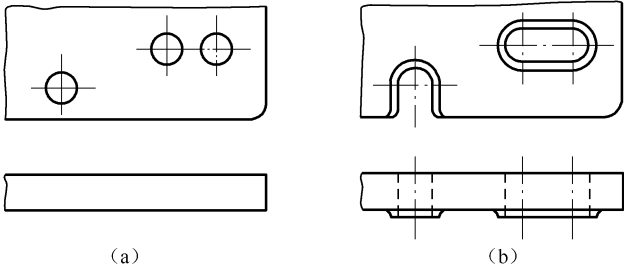


图 1-14 孔间距或孔边距过小时改进的实例

(3) 孔与孔深有一定的关系 (见表 1-10)。塑料制品上紧固用的孔和其他受力的孔, 应当设计凸台予以加强, 如图 1-15 所示。固定孔建议采用图 1-16 所示的沉头螺钉孔形式。

表 1-10 孔与孔深的关系

成型方式 \ 孔的形式		孔的深度	
		通孔	不通孔
压缩模塑	横孔	$2.5d$	$<1.5d$
	竖孔	$5d$	$<2.5d$
挤出或注射模塑		$10d$	$4\sim 5d$

注: 1. d 为孔的直径。
2. 采用纤维状塑料时, 表中数值乘系数 0.75。

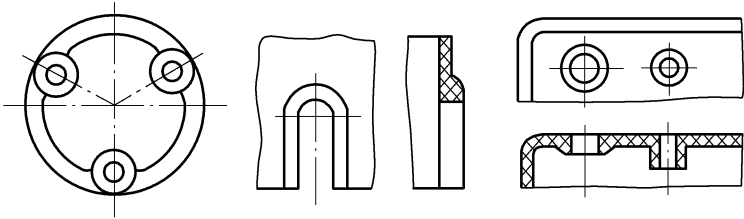


图 1-15 孔的加强

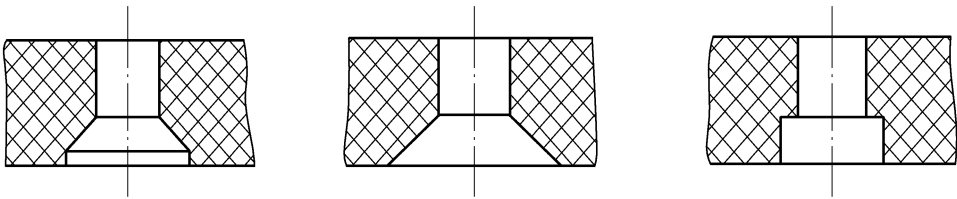


图 1-16 固定孔的形式



项目1 塑料材料的认识及成型工艺分析

互相垂直的孔或斜交的孔，在压缩模塑件中一般不采用，在注射模和传递模中可以采用，但两个孔的型芯不能互相嵌合（见图 1-17（a）），而采用如图 1-17（b）所示的结构形式。成型时，先将小孔型芯从两边抽芯后，再抽大孔型芯。需要设置侧壁孔时，应尽可能避免侧抽芯装置，以简化模具结构。孔的设计应便于模塑成型。

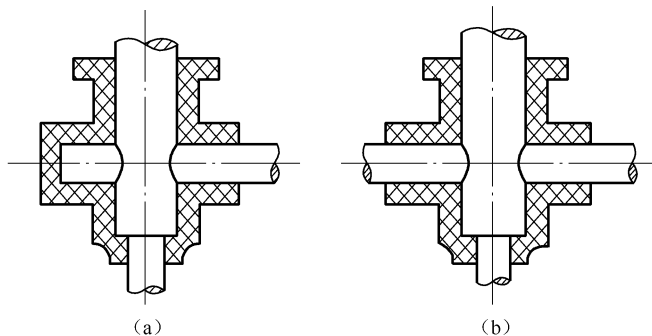


图 1-17 两孔相交的设计

1.2.7 塑料制品的螺纹

塑件上的塑料螺纹可以在模塑上直接成型，也可以在模塑成型后机加工而成。对于受力较大或经常拆装的螺纹则采用金属的螺纹嵌件。

塑料制品中的直接模塑成型的螺纹在设计时应遵循以下原则：

（1）螺纹的牙形应有一定的范围，不能过细，特别是当布基或纤维做填料的塑料成型螺纹时，其螺牙尖端部分常被强度不高的纯树脂所填充，如果螺牙过细将会影响使用寿命。表 1-11 所示为螺纹选用范围表。

表 1-11 螺纹选用范围

螺纹公称直径 d/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“-”为建议不采用的范围。

（2）螺纹的精度要求不能太高，一般对于 3 级塑料螺纹，其机械强度只有金属螺纹机械强度的 $1/5 \sim 1/10$ 。成型过程中螺距易变化，所以一般塑料制品的螺距要大于 0.7mm ，压缩成型螺纹直径大于 3mm ，注射成型螺纹直径大于 2mm 。

（3）为了塑料制品上的螺纹始端和末端在使用过程中不致变形或崩裂，其始、末端可按图 1-18 所示的结构参数设计。螺纹始端和末端的过渡长度可按表 1-12 选取，在过渡长度内，塑料制品的螺纹是逐步消失的。

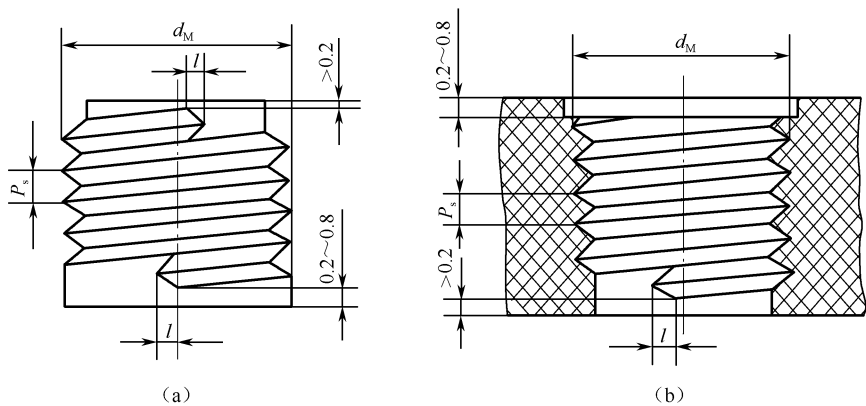


图 1-18 塑料制品螺纹始端和末端的过渡结构

表 1-12 塑料制品上螺纹始、末端长度 (mm)

螺 纹 直 径	螺 距 P		
	<0.5	>0.5	>1
	始、末端过渡部分长度尺寸 l		
≤ 10	1	2	3
$>10 \sim 20$	2	3	4
$>20 \sim 34$	2	4	6
$>34 \sim 52$	3	6	8
>52	3	8	10

注：始、末部分长度相当于车制金属螺纹型芯或型腔的退刀长度。

(4) 在一个塑料制品中，同一轴线上若有两段螺纹，则应该使两段螺纹方向相同、螺距相等，如图 1-19 (a) 所示。当方向相反或螺距不等时，就采用螺纹型芯组合使用，成型后分段拧下，如图 1-19 (b) 所示。

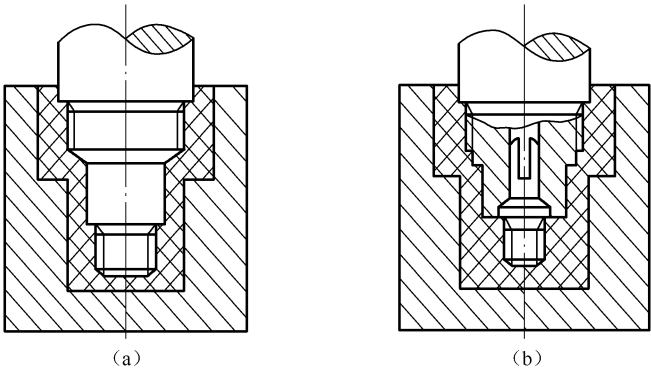


图 1-19 同一塑件同一轴线由两段螺纹的塑件

螺纹直接成型的方法有：采用螺纹型芯或螺纹型环在成型后将塑件旋下；外螺纹采用瓣合模成型，效率高但精度差，还有不易除尽的飞边；要求不高的螺纹用软塑料成型时可强制脱模。但螺牙断面要设计得浅些，且成梯形断面，如图 1-20 所示。

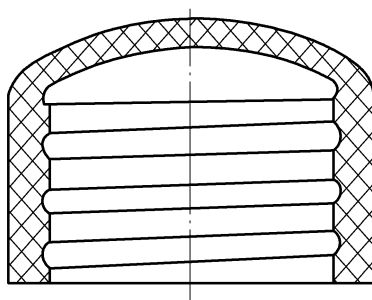


图 1-20 强制脱模的圆牙螺纹

1.2.8 塑料制品的嵌件

在塑料制品内嵌入金属零件，形成不可卸的连接，所嵌入的零件称为嵌件。各种塑料制品中嵌件的作用各不相同，有的是为了增加塑件形状和尺寸的稳定性，提高精度；有的是为了增加塑件局部的强度、硬度和耐磨性；有的是为了保证电性能。塑件的材料一般为金属材料，也有用非金属材料的。

1. 塑料制品嵌件的形式

常见嵌件的种类如图 1-21 所示，其中图 1-21 (a) 所示为圆筒形嵌件，有通孔和不通孔，有轴套、螺纹套和薄壁套管等；图 1-21 (b) 所示为圆柱形嵌件，有螺杆、轴销和接线柱等；图 1-21 (c) 所示为板形或片形嵌件，有导片、焊片等；图 1-21 (d) 所示为汽车转向盘中的细杆状贯穿嵌件；图 1-21 (e) 所示为有机玻璃嵌入黑色 ABS 塑料，属于非金属嵌件。

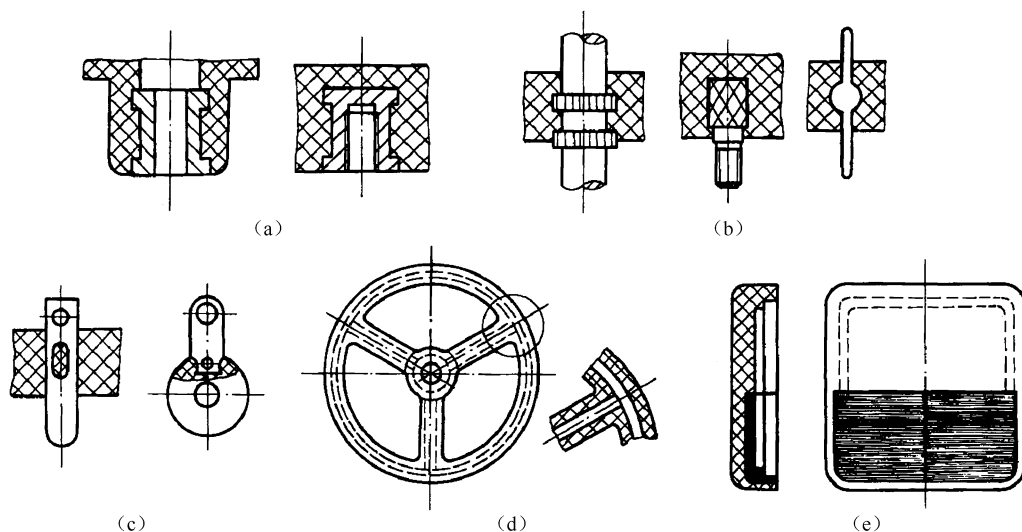


图 1-21 常见嵌件的种类

2. 塑料制品嵌件的设计要点

1) 嵌件材料及嵌入材料部分的结构

嵌件材料和塑料制品的膨胀系数要尽可能接近。嵌件嵌入的部分必须保证嵌件受力的



时候不转动或拔出。其结构有以下几种：嵌入部分表面滚花和开槽，小件只滚花不开槽；嵌入部分压扁（见图 1-22（a））；采用切口、冲孔和打弯方法固定的板、片状嵌件（见图 1-22（b））；薄壁状嵌件可将端部翻边以便固定，如图 1-22（c）所示。

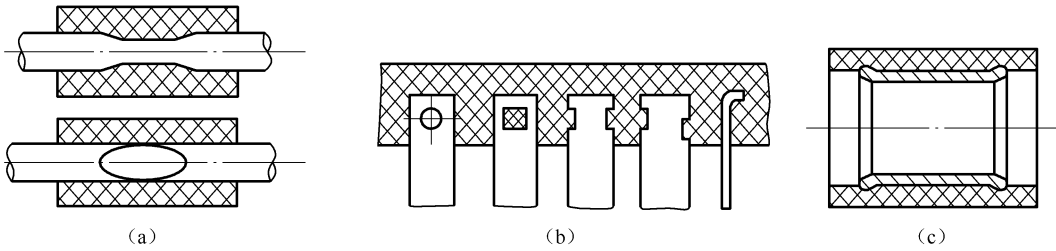


图 1-22 嵌件嵌入部分的结构形式

圆柱形或套管型嵌件嵌入部分的尺寸推荐如图 1-23 所示： $H=D$ ， $h=0.3H$ ， $h_1=0.3H$ ， $d=0.75D$ 。特殊情况下 H 最大不超过 $2D$ 。嵌件的转角部位应以圆角过渡。

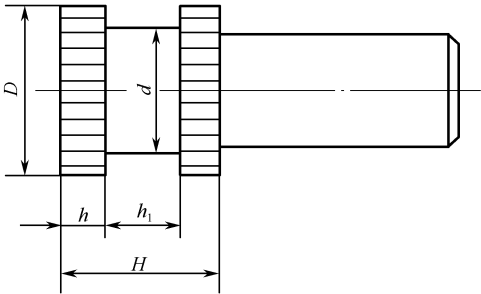


图 1-23 嵌件尺寸

2) 嵌件在模具中的定位与固定

设计时必须保证嵌件在模具中的正确定位和牢靠固定，要防止发生歪斜和变形。如图 1-24、图 1-25 所示为塑件定位和固定的设计典型实例，图 1-24 所示为圆柱形嵌件的固定；图 1-25（a）～（d）所示为不通孔螺纹嵌件的固定；图 1-25（e）所示为通孔的螺纹嵌件。

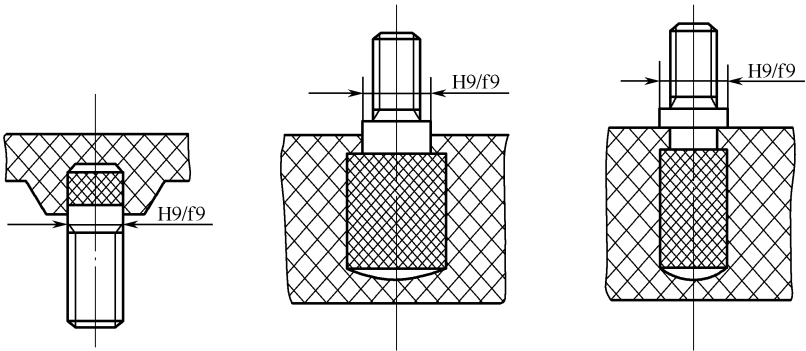


图 1-24 圆柱形嵌件在模具内的固定

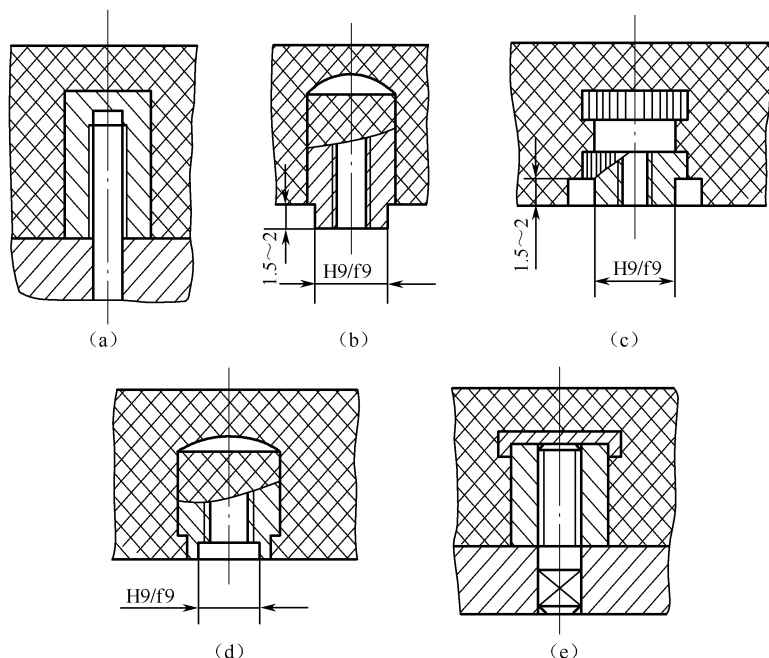


图 1-25 圆环形嵌件在模具内的固定

当嵌件的自由伸出长度超过 $2d$ 时 (d 为嵌件的支承直径), 垂直于压缩方向的嵌件应有支承柱 (见图 1-26 (a))。有压入细长嵌件时, 应另有支承销, 以减小压缩时的弯曲 (见图 1-26 (b))。细长薄片嵌件, 除使用支承销外, 还要在中间打一通孔, 以降低料流阻力, 减小嵌件受力变形 (见图 1-26 (c))。

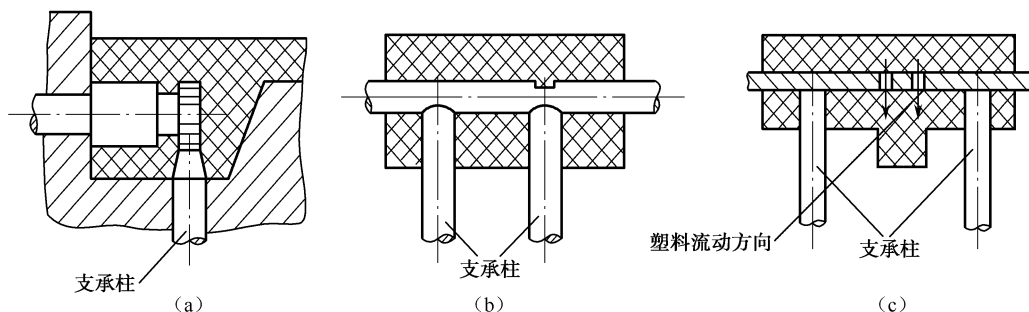


图 1-26 细长嵌件的支承

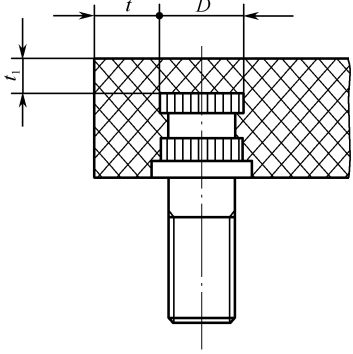
3) 嵌件周围塑料层的设计

在塑料制品中设置嵌件, 会产生内应力, 其大小与嵌件的材料、塑料的特性、塑料的膨胀系数及嵌件的结构有关, 内应力过大会导致塑件开裂, 因此, 嵌件周围的塑料层必须要有足够的厚度, 嵌件通常设置在塑件的凸耳和其他突出的部位。

酚醛塑料及类似的热固性塑料, 嵌件周围的塑料层厚度可参考表 1-13。



表 1-13 金属嵌件周围塑料层厚度 (mm)

	金属嵌件直径 D	周围塑料层最小厚度 t	顶部塑料层最小厚度 t_1
	4 以下	1.5	0.8
	>4~8	2.0	1.5
	>8~12	3.0	2.0
	>12~16	4.0	2.5
	>16~25	5.0	3.0

由此可见，嵌件的设置需要考虑多方面的问题，除了注意上述的问题外，还要注意嵌件在模塑时对熔体流动的阻力，影响熔体流动状态和充满型腔等情况。

任务实施

1. 塑料壳体的结构工艺性分析

1) 塑件尺寸精度分析

该塑件尺寸精度无特殊要求，所有尺寸均为自由尺寸，可按 MT5 级精度查表 1-4 取公差，其主要尺寸公差要求见表 1-14。

表 1-14 塑料壳体主要尺寸及公差 (mm)

	塑件标注尺寸	塑件尺寸公差 (按 MT5 级精度)
外形尺寸	$\phi 90$	$\phi 90_{-1.00}^0$
	$\phi 80$	$\phi 80_{-0.88}^0$
	4	$4_{-0.24}^0$
	50	$50_{-0.86}^0$
内形尺寸	$\phi 72$	$\phi 72_{0}^{+0.86}$
	$\phi 9$	$\phi 9_{0}^{+0.28}$
	$\phi 6$	$\phi 6_{0}^{+0.24}$
	4	$4_{0}^{+0.24}$
孔距尺寸	54	54 ± 0.37

该塑件表面没有特殊要求，一般情况下，外表面要求光洁，表面粗糙度可以取到 $Ra=0.8\mu\text{m}$ ，塑件内部表面粗糙度可取 $Ra=3.2\mu\text{m}$ 。

2) 塑件的结构工艺性分析

(1) 从图纸上看，该塑件外形为回转体，圆角过渡无尖角存在，壁厚均匀，且符合最小壁厚要求。

(2) 塑件型腔较大，有尺寸不等的孔，如 $\phi 6$ 、 $\phi 9$ ，它们均符合最小孔径要求，可在型



腔板上设计5个小型芯。

(3) 为塑件顺利脱模,可在塑件内部及外部设计一定的脱模斜度,图中已经注明脱模斜度为 $30'$ 。

2. 塑料防护罩的结构工艺性分析

防护罩制件材料为ABS,制件总体形状为圆筒形,侧边有一个 $\phi 10$ 侧孔需要侧向抽芯机构来完成,该零件属于中等复杂程度。

1) 塑件尺寸精度分析

该塑件尺寸 $\phi 36.80^{+0.26}_0$ 、 $\phi 40^{+0.26}_0$ 为标注公差尺寸,尺寸 $\phi 10$ 、 $R25$ 、 50 、 40 等均为自由尺寸,查表1-3,按7级精度公差值选取,且按塑件尺寸偏差标注规定转化来标注主要尺寸公差如下(单位均为mm)。

塑件外形尺寸: $\phi 40^{+0.26}_0 \rightarrow \phi 40.26^{0}_{-0.26}$ 、 $R25 \pm 0.50 \rightarrow R25.50$ 、 $50 \pm 0.66 \rightarrow 50.66^{0}_{-1.32}$ 、 $40 \pm 0.66 \rightarrow 40.66^{0}_{-1.32}$ 。

查表1-4得,塑件内形尺寸: $\phi 36.8^{+0.26}_0$ 、 $48 \pm 0.66 \rightarrow 47.4^{+1.32}_0$ 、 $R23.4 \pm 0.50 \rightarrow R22.9^{+1.0}_0$ 、 $40 \pm 0.66 \rightarrow 39.34^{+1.32}_0$ 。

塑件孔尺寸: $\phi 10^{+1.32}_0$ 。

2) 制件的表面粗糙度

ABS注射成型时,表面粗糙度的范围为 $Ra\ 0.16 \sim 0.025\mu\text{m}$ 。而该制件表面粗糙度无要求,取为 $Ra\ 1.6\mu\text{m}$,对应模具成型零件工作部分表面粗糙度应为 $Ra\ 0.8 \sim 0.4\mu\text{m}$ 。

3) 壁厚

制件壁厚大小一样,都是 1.6mm ,比较均匀,有利于零件的成型。

4) 脱模斜度

查表1-8可知,材料为ABS的制件,其型腔脱模斜度一般为 $35' \sim 1^\circ 20'$,型芯脱模斜度为 $30' \sim 1^\circ$ 。而该制件目前没有设定脱模斜度,为了脱模方便,在防护罩的直边都设定 1° 脱模斜度,更改完后脱模斜度满足要求。

5) 加强筋

该塑件尺寸较小,壁厚适中,自身结构具有加强筋作用,强度足够。

6) 支承面和凸台

该塑件无整体支承面和凸台。

7) 侧孔和侧凹

该塑件有一个 $\phi 10$ 侧孔,需要侧向抽芯机构来完成。

8) 金属镶嵌件

该塑件无金属镶嵌件。

9) 螺纹、自攻螺纹孔

该塑件无螺纹孔。



10) 铰链

该塑件无铰链结构。

11) 文字、符号及标记

该塑件无文字、符号及标记。

任务总结

(1) 塑料壳体的结构简单，无特殊的结构要求和精度要求。

(2) 塑料防护罩制件结构属于中等复杂程度，结构工艺性合理，只需对制件的脱模斜度进行修改；制件尺寸精度中等偏上，对应的模具零件的尺寸加工容易保证。注射时在工艺参数控制得较好的情况下，制件的成型要求可以得到保证。

习题与思考 2

1. 在编制塑料成型工艺规程和设计模具之前，为什么要认真分析塑件的工艺性？塑件的工艺性包括哪些内容？
2. 影响塑件尺寸精度的因素有哪些？在确定塑件尺寸精度时，为何要将其分为 4 个类别？
3. 试确定注射塑件（材料 PC）上的孔类尺寸 100mm、轴类尺寸 50mm（材料 PA-1010）和中心距尺寸 25mm（材料 PP）的公差。
4. 塑件的表面质量受哪些因素影响？
5. 塑件上为何要设计脱模斜度？脱模斜度值的大小与哪些因素有关？
6. 塑件的壁厚过薄或过厚会使制件产生哪些缺陷？
7. 为何要采用加强筋？设计时遵守哪些原则？
8. 塑件转角处为何要圆弧过渡？哪些情况不宜设计为圆角？
9. 为什么要尽量避免塑件上具有侧孔或侧凹？可强制脱模的侧凹的条件是什么？
10. 塑件上带有的螺纹，可用哪些方法获得？每种方法的优缺点如何？
11. 为什么有的塑件要设置嵌件？设计塑件的嵌件时需要注意哪些问题？



项目2

塑料成型工艺的确定

相关知识点

- (1) 掌握塑料成型工艺的几种方法;
- (2) 掌握塑料成型工艺过程及特点;
- (3) 掌握塑料成型的原理。

相关技能点

- (1) 具备合理选用塑料成型方法的能力;
- (2) 能够合理地编制塑料成型工艺流程。

任务引入

塑料壳体和防护罩的成型方式选择与工艺规程:

塑料的成型方法有很多,各有各的用处。成型方法的选用应根据塑料的种类、塑料数量的多少、现场设备的生产能力、模具制造成本等多方面的因素来决定。本项目以塑料件壳体和防护罩为载体,训练学生合理选用塑料成型方法,以及合理编制塑料成型工艺流程的能力。

任务 2.1 注射成型原理和工艺过程

塑料的注射成型(又称注塑)利用注射装置将注射机筒内已熔化的热塑性或热固性塑料以高压、高速注入到闭合的成型模具型腔,经冷却固化定型,获得与模具型腔形状几乎完全一致的塑料制品,是高分子成型加工中的一种重要方法。其特点在于成型周期短,生产效率



高，能一次成型外形复杂、尺寸精度高的制品，成型适应性强，制品种类繁多，且容易实现生产自动化，因此应用十分广泛，几乎所用的热塑性塑料及许多热固性塑料都可以用此法成型，亦可成型橡胶制品。

随着石油工业的发展，塑料的注射成型技术有了很大的发展，尤其是塑料作为工程结构材料的出现，注射制品的用途已扩大到国民经济各个领域。目前注射制品约占塑料制品总重量的 30%，注射成型机的年产量为塑料成型机械总产量的 50% 以上，我国塑料注射成型机年产量约占整个塑料成型机械的 40%。

注射成型是间歇式的生产过程，除很大的管、棒、板等型材不能用此法生产外，其他各种形状、尺寸的塑料制品都可以用这种方法生产。该工艺不仅常用于塑料的直接注射，也可用于复合材料、木塑复合材料、增强塑料及泡沫塑料等的成型，还可同其他工艺相结合，如与吹胀配合而组成注射一吹塑成型。

2.1.1 注射成型原理

注射成型原理如图 2-1 所示，首先从注射机的料斗将颗粒状或粉状塑料送入料筒中加热，塑料受热熔融呈流动状态；然后通过柱塞或螺杆压缩并推动塑料熔体向前移动，通过料筒前端的喷嘴以很快的速度注入温度降低的闭合模具中，迅速地充满型腔；充入型腔的熔体经过一段时间保压冷却固化，保持模具型腔所赋予的形状；然后沿分型面开模获得一定形状和尺寸的塑件。不断重复该成型周期则可进行批量生产。热塑性塑料注射工艺过程包括加料、塑化、注射充模、冷却定型和脱模几个工序，其中关键是塑化过程、注射过程和冷却定型过程。

1. 塑化过程

塑化是注射成型的准备过程，是指塑料在料筒内受热达到充分熔融状态而且有良好的可塑性的过程，是注射成型最重要、最关键的过程。对塑料塑化的要求是：塑料在进入模腔之前要充分塑化，既要达到规定的成型温度，又要使熔体各点温度尽量均匀一致，而其中的热分解物的含量则应尽可能少，并能提供足够量的上述质量的熔融塑料以保证生产能顺利进行。这些要求与塑料的特性、工艺条件的控制以及注射机塑化装置的结构密切相关。

塑化质量主要是由塑料的受热情况和所受的剪切作用所决定的。一定的温度是使塑料得以形变、熔融和塑化的必要条件，通过料筒对塑料的加热使聚合物由固体向液体转变，而剪切作用则是以机械力的方式强化了混合和塑化过程，使熔体温度均匀，物料组成和高分子形态也发生变化，趋于均匀。同时，剪切作用能在塑料中产生更多的摩擦热，也加速了塑料的塑化。塑化过程结束后就进入注射过程。

2. 注射过程

塑化良好的塑料熔体在柱塞或螺杆的推动下，由料筒前端经喷嘴和模具浇注系统流入型腔而获得型样的过程是注射成型最重要和最复杂的阶段。这一过程经历的时间虽短，但熔体在其间所发生的变化却不少，而且这些变化对制品的质量有重要的影响。

熔体自料筒注入模腔需要克服一系列的流动阻力，其中包括熔体与料筒、喷嘴、浇注系统之间的外摩擦以及熔体内部的摩擦，同时还需要对熔体进行压实，所用的注射压力应很高。

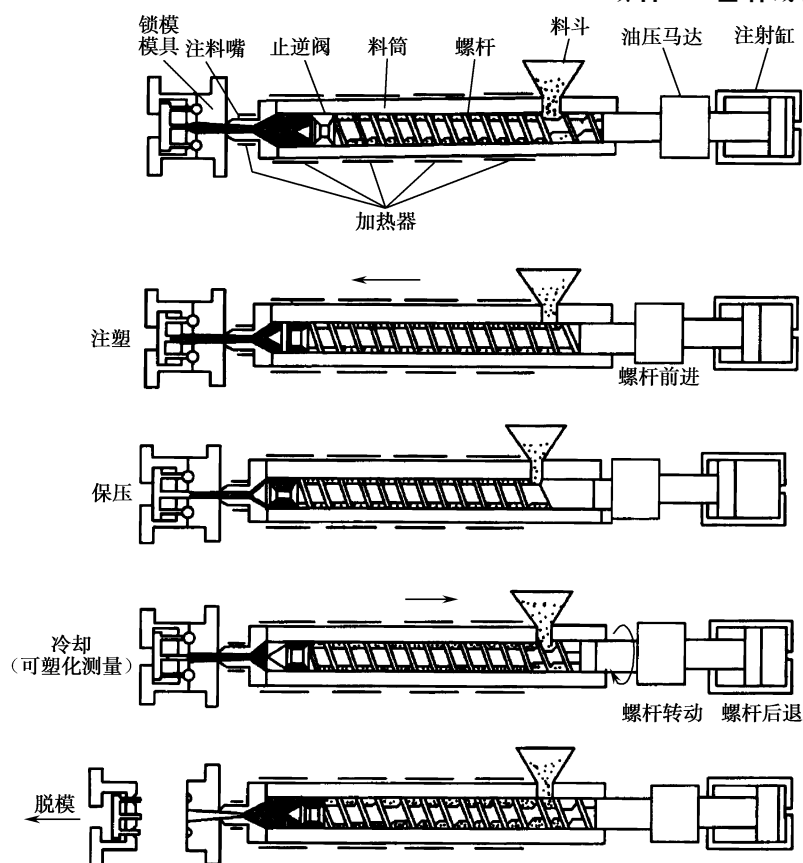


图 2-1 注射成型原理

3. 冷却定型过程

注入到模腔中的塑料熔体克服各种流动阻力而充满模腔，此时塑料熔体受到来自模腔的巨大压力，这种压力有驱使塑料熔体流回到机筒的趋势。且由于模腔的冷却作用使塑料熔体产生冷却收缩，此时螺杆持续提供压力，保持塑料熔体充满模腔而不回流，并适当向模腔中补充塑料熔体以填补模腔中的收缩空间，直到塑料熔体逐渐冷却固化成为制品。

2.1.2 注射成型工艺过程

注射成型工艺过程包括：成型前的准备、注射成型过程、制件的后处理。

1. 成型前的准备

为了使注射成型顺利进行并保证产品质量，在注射成型前应对原料、设备做一系列的准备工作。由于塑料的供应形式（粉料或粒料）和性质不同，制件的结构（有无嵌件）和使用要求也不同，使得各种制品在成型前的准备工作也不尽相同。

1) 粒料的预热与干燥

各种塑料常含有不同程度的水分及低分子挥发物，当原料的吸水率超过成型加工的允许值时，就需要进行干燥处理。过高的含水量会使产品表面出现银丝、斑纹和气泡等缺



陷,严重时会引起物料的降解,影响制品外观和内在质量,使各项性能指标下降。干燥方法有热风循环干燥、红外线干燥、真空干燥及负压沸腾干燥等。

2) 料筒的清洗

生产中需要变换产品、更换压力、调换颜色或排除已分解物料时,均需对注射机料筒进行清洗或拆换。

柱塞式注射机料筒存料量大又不易对其转动,清洗时必须拆卸清洗或采用专用料筒。

螺杆式注射机通常直接换料清洗。清洗时,若欲置换塑料成型温度比料筒内残留塑料温度高,则应先将料筒和喷嘴温度升高到欲置换塑料的最低加工温度,然后加热欲置换料,并连续对空注射,直至全部存料清洗完毕才调整温度进行正常生产;若欲置换塑料的成型温度比料筒内塑料温度低,则应将料筒和喷嘴温度升高到料筒内塑料的最佳流动温度后,切断加热电源,用欲换料在降温条件下进行清洗;若欲置换成型温度高、熔体黏度大,而料筒内存留料又是热敏性的,如聚氯乙烯、聚甲醛等,为了预防塑料分解,应该选用流动性好、热稳定性高的聚苯乙烯或低密度聚乙烯作为过渡料。

3) 嵌件的预热

金属嵌件与塑料熔体的收缩率相差很大,塑料熔体包围金属嵌件后,在冷却定型过程中,嵌件周围的塑料会产生很大的内应力,容易产生裂纹或导致制品强度下降。在成型过程中对金属嵌件进行预热可以克服这一缺点。这是由于嵌件的预热减小了其与熔体的温度差,熔料与热的嵌件接触可以减缓熔料的冷却速度,使它们收缩比较均匀。

4) 脱模剂的选用

常用的脱模剂有硬脂酸锌、液体石蜡和硅油等。除聚酰胺塑料外,一般塑料均可使用硬脂酸锌;而液体石蜡作为聚酰胺类塑料的脱模剂效果较好,除具有润滑作用外,还可防止制件内部产生空隙。此外,硅油的润滑效果也很好,但价格昂贵,使用较为麻烦。

2. 注射成型过程

注射成型过程包括加料、加热塑化、合模、加压注射、保压、冷却定型、开模、取出制品等工序。这是一个循环过程,一般以合模作为工作过程的开始,当模具被锁紧后,注射座整体前移,此时必须保证喷嘴中心与模具主浇道中心一致并完全吻合,随后由注射油缸推动螺杆向前移动,使料筒前端的熔融物料在螺杆的推挤作用下,以高压、高速注入模腔内,经一段时间的保压冷却后,模具开启,制品被顶出落下,然后又进行下一个周期的循环。

3. 制件的后处理

注射制品成型或机械加工后,常需要进行适当的后处理,以改善和提高制件的性能及尺寸稳定性。制件的后处理主要指热处理和调湿处理。

1) 热处理

塑料在料筒内可能塑化不均或在模腔内冷却速度不一致,发生不均匀结晶、取向、收缩,从而使制品存在内应力,在储运及使用中会产生变形和裂纹。为此,需对制品进行适当的热处理——退火,消除或减小内应力。



2) 调湿处理

对于聚酰胺类塑料制品,在高温下与空气接触常会氧化变色,而在空气中存放和使用时又易于吸水而膨胀,需要较长的时间才能得到稳定的尺寸。因此,若将刚脱模的制品放在热水或醋酸钾水溶液(沸点 121℃)中进行处理,不仅可隔绝空气防止氧化,还可以缩短达到吸湿平衡的时间,故称为调湿处理。少量的水分对聚酰胺起着软化剂的作用,可提高制品的挠曲性和韧性,提高冲击、拉伸强度。

任务 2.2 压缩成型工艺

1. 压缩成型原理

压制成型又称压制成型、压塑成型、模压成型等,其基本成型原理是将松散状(粉料、粒料、碎屑状或纤维状)的固态物料直接加入到加热的压模型腔中,使其受热逐渐融化熔融,并在压力下使物料充满模腔,塑料中的高分子材料产生化学交联反应,经固化转变为塑料制品。其成型过程如图 2-2 所示。

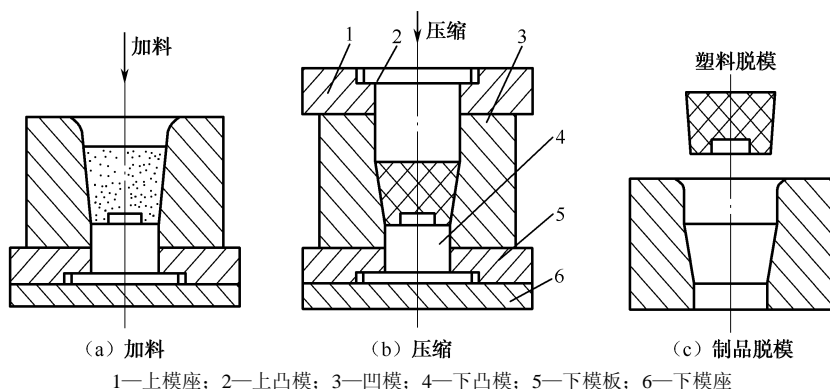


图 2-2 压缩成型

压制成型采用普通的液压机加工,压缩模结构简单,生产过程也较为简单,且压缩制件内部取向少,塑件成型收缩率小,性能均匀。其缺点是成型周期长,劳动强度大,模具寿命短,不易实现自动化生产。

压缩成型主要用于热固性塑料的加工,也可用于某些流动性很差的热塑性塑料(如聚四氟乙烯)的成型。由于热固性塑料注射成型工艺的出现,压缩成型的应用受到一定限制,但在生产某些大型的特殊产品时仍然采用该方法。可采用压缩成型的热固性塑料有酚醛塑料、氨基塑料、环氧树脂等。其典型的制品有:电器开关、仪器仪表外壳、电源插座等。

2. 压缩成型工艺过程

压缩成型工艺过程包括以下三个步骤。

1) 准备

成型前的准备工作主要指预压、预热等预处理工序。



预压是在成型前，利用预压模将物料在预压机上压成重量一定、形状相似的锭料，以方便成型操作和提高塑件质量。

预热是在成型前对热固性塑料加热，去除其中的水分和其他挥发物，同时提高料温，便于缩短成型周期，提高塑件内壁固化的均匀性，改善塑件物理力学性能；提高熔体的流动性，降低成型压力，减少模具磨损。

2) 压缩成型

模具装上压力机后先要预热。通常热固性塑料压缩过程分为加料、合模、排气、固化和脱模等几个阶段。成型带有嵌件的塑料制件时，加料前应预热嵌件并在模内安放定位。

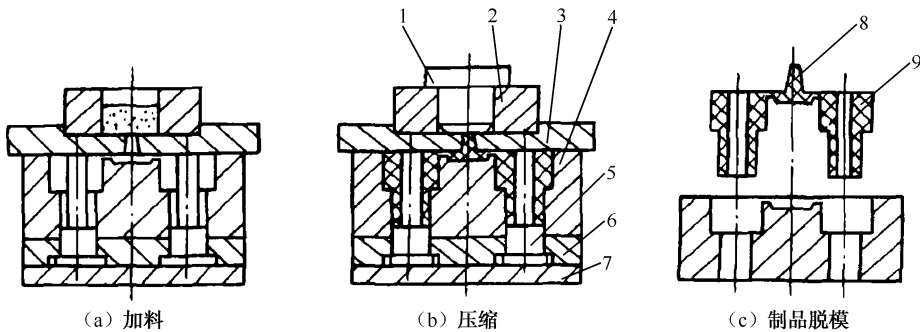
在固化阶段，呈黏流态的热固性塑料在模腔内与固化剂作用，发生交联反应，形成体型网状结构，然后在压制温度下保持一段时间，使性能达到最佳。固化时间一般为 30s 到数分钟不等，要根据塑料品种、制件厚度以及预热固化温度等情况而定。时间过短，则制件力学机械性能、化学性能和电性能等均达不到指标；若时间过长，会导致塑件发脆、出现表面气泡等缺陷。

3) 后处理

主要指对塑件进行的后处理。为进一步提高塑件质量，热固性塑料制件脱模后，将其置于较高温度下保持一段时间。后处理的目的是促使塑料固化更趋于完全，减小或消除制件内应力，去除水分和挥发物，这样，能够提高塑件的力学性能及电性能。

任务 2.3 压注成型工艺

压注成型又称传递成型，它是在压缩成型的基础上发展起来的一种热固性塑料加工方法，成型原理如图 2-3 所示。先将固态成型物料（通常预压成锭或预热）加入装在闭合的压注模具上的加料腔内，使其受热软化成为黏流态，在压力机柱塞压力作用下，经浇注系统充模模腔，塑料在模腔内继续受热受压，发生交联反应而固化定型，最终开模取出制件。压注成型克服了压缩成型的缺点，吸收注射成型的优点。和注射成型相同之处是熔料均通过浇注系统加热模腔，不同之处是压注成型在模具加料室内塑化，注射成型是在注射机料筒内塑化。



1—压注柱塞；2—加料腔；3—上模腔；4—凹模；5—凸模；6—凸模固定板；7—下模板；8—浇注系统凝料；9—制品

图 2-3 压注成型



项目 2 塑料成型工艺的确定

压注成型制品均匀密实、质量好。成型前模具已经闭合，成型时溢料少，飞边薄易去除，塑件尺寸精度高。能成型形状复杂及薄壁深孔制件。成型周期短、生产效率高。但压注成型也存在模具结构复杂，操作麻烦，存在浇注系统凝料和加料腔余料等缺点。

压注成型工艺过程与压缩成型基本一致，一般可采用普通液压机加工，对特殊结构制品及模具也有专用压力机成型。

任务 2.4 挤出成型工艺

挤出成型是塑料成型加工的重要方法之一。大部分热塑性塑料和部分热固性塑料都能用此法生产。挤出成型是在挤出机上进行的，挤出机是塑料成型加工机械的主要装备。挤出成型制品广泛应用于人们日常生活以及工业、农业、石油化工、机械制造、建筑和国防等各个领域。

挤出成型有以下特点：生产过程是连续的，其产品也是连续的；生产效率高；应用广泛，不仅能连续生产各种制品，而且还可以进行混合、塑化、造粒、脱水喂料和着色等的准备工序；且投资少，收效快。挤出成型可用于连续生产塑料管材、板材、薄膜、异型材、电线电缆和挤出造粒等。

图 2-4 所示为一条挤出硬管生产线。可见一个完整的挤出生产工艺流程一般包括原料准备、预热、干燥、挤出成型、挤出物的定型与冷却、制品牵引与卷取（或切割），某些制品成型后还需经过后处理。

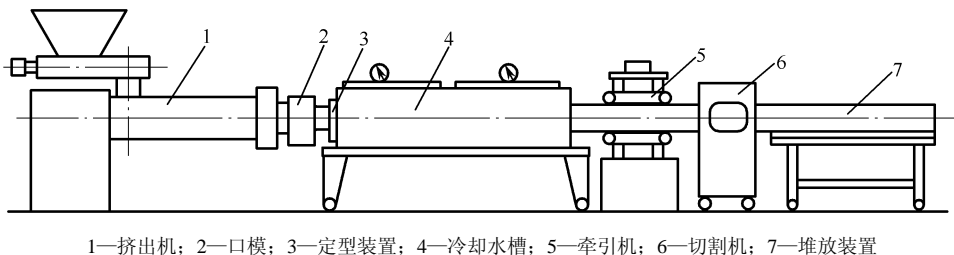


图 2-4 挤出硬管生产线

1. 原料的准备和预处理

挤出成型所用的热塑性塑料通常是粒状或粉状塑料。由于原料中可能含有水分，将会影响挤出成型的正常进行，也会影响制品质量，在制品中会出现气泡、表面黯淡无光、流痕，力学性能下降等现象。因此，加工前应对原料进行预热和干燥。对于不同塑料允许含水量不同，一般控制原料含湿率在 0.5% 以下。原料中的金属及其他机械杂质应尽可能去除。原料的预热和干燥通常在烘箱或烘房内进行。

2. 挤出成型

首先将挤出机加热到预定温度，然后开启螺杆驱动电机，同时加入原料。通常开始挤出物的质量和外观均较差。为获得合格制品，应调整好工艺参数。这需要根据塑料的挤出工艺性能和挤出机机头口模的结构特点，调整挤出机料筒各段和机头加热温度、螺杆转



速,以控制料筒内物料的温度和压力分布。根据制品的形状和尺寸要求,调整口模尺寸和同心度及牵引设备,控制挤出物离模膨胀和形状的稳定性的,从而最终控制挤出物的质量和产量,直到挤出达到正常状态即可进入正常生产。

不同的塑料品种要求的螺杆特性和工艺条件不同。挤出过程的工艺条件对制品质量有很大影响,特别是塑化情况直接影响制品外观和物理机械性能。影响塑化效果的主要因素是温度和剪切作用。

物料的温度在生产开始阶段主要来自料筒的外加热,其次是螺杆对物料的剪切作用和物料之间的摩擦生热,当进入正常生产后,剪切摩擦生热就变成了重要的热量来源。

温度升高,物料黏度降低,有利于塑化,同时降低熔体的压力,挤出成型出料快,但如果机头和口模温度过高,挤出物形状的稳定性的差,制品收缩增大,甚至导致塑料分解,制品发黄,出现气泡,成型不能顺利进行。温度降低,物料黏度增大,机头和口模压力增加,制品密度大,形状稳定性好,但挤出膨胀严重,可以适当增加牵引速度以减小膨胀引起的制品壁厚增加。但温度亦不能太低,否则塑化效果差,熔体黏度太大而增加功率消耗。

口模和型芯的温度应该尽可能一致,若相差太大,则制品会向内或向外翻,甚至产生扭歪等现象。

3. 冷却与定型

挤出物离开机头口模后仍处于高温熔融状态,具有很大的塑性变形能力,应立即进行冷却与定型。若冷却、定型不及时,制品在自身重力作用下会变形,出现凹陷或扭曲等现象。对于不同的制品,有不同的定型方法,多数情况时冷却与定型同时进行,只有在挤出管材和各种异型材时才会有一个独立定型装置。

未经定型的挤出物必须用冷却装置使其及时降温,以固定挤出物的形状和尺寸,已定型的挤出物由于在定型装置中的冷却作用并不充分,仍需用冷却装置,使其进一步冷却。冷却介质一般采用空气或冷水。冷却速度对制品性能有较大影响,硬质制品不能冷却过快,否则易产生内应力,并影响外观,对软质或结晶塑料则要求及时冷却,以免制品变形。

4. 制品的牵引与卷取(切割)

热塑性塑料挤出离开口模后,由于有热收缩和离模膨胀双重效应,使挤出物的截面与口模断面形状尺寸并不一致。此外,制品连续不断挤出,其质量越来越大,如不引出,会造成产品堵塞,生产停滞,挤出不能顺利进行或制品变形。因此在挤出生产时,要连续而均匀地将挤出物牵引出。其目的是一是帮助挤出物及时离开口模,保持挤出过程的连续性;二是调整挤出型材截面尺寸和性能。牵引速度要与挤出速度相配合,通常牵引速度略大于挤出速度,这样一方面起到消除由离模膨胀引起的制品尺寸变化的作用,另一方面对制品有一定的拉伸牵引作用。拉伸作用可使制品适度地进行大分子取向,从而使制品在牵引方向的强度得到改善。不同制品的牵引速度不同,挤出薄膜和单丝需要较快的速度,牵伸度较大,制品的厚度和直径减小,纵向强度提高。挤出硬制品的牵引速度则小得多,一般根据制品离口模不远处的尺寸来确定牵伸度。

冷却定型后根据制品的要求进行卷取或切割。软质制品在卷取到给定长度或质量后切断,硬质型材从牵引装置送出达到一定长度后切断。



5. 后处理

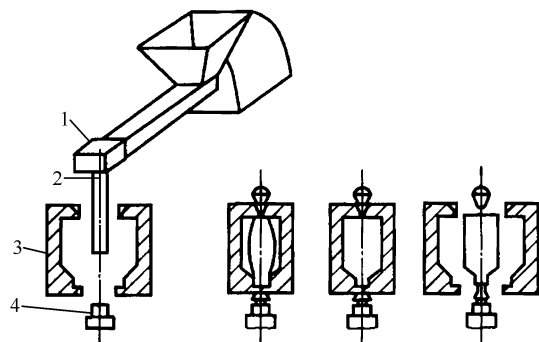
某些制品挤出后还要进行后处理,以提高制品的性能。后处理主要包括热处理和调湿处理。在挤出较大截面尺寸的制品时,常因挤出物内外冷却速率相差较大而使制品有较大内应力,对此需将挤出制品在高于使用温度 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 或低于塑料的热变形温度 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 的条件下保持一段时间,进行热处理以消除内应力。有些吸湿性较强的制品,如聚酰胺,在空气中使用或存放过程中会吸湿而膨胀,常需在成型后浸入含水介质加热进行调湿处理,在此过程中还可使制品受到消除内应力的热处理,有利于改善制品性能。

任务 2.5 吹塑成型工艺

中空吹塑是制造空心塑料制品的一种成型方法,它借鉴了历史悠久的玻璃容器吹制工艺,至 20 世纪 30 年代开发出塑料吹塑技术。目前,中空吹塑已成为塑料成型的主要方法之一,在吹塑工艺和设备方面也有较大的发展。在工业和日常生活中使用的许多塑料容器和中空制品均可采用吹塑方法制造,如储存化学试剂的大小容器,生产、生活领域的各种塑料瓶、汽车的油箱及儿童玩具等。

中空吹塑成型是借助于气体的压力,把在闭合模具中呈熔融状态的塑料型坯吹胀形成空心制品。吹塑成型的方法很多,因此也有多种分类方法,目前广泛使用的中空吹塑成型方法可以分为:挤出一吹塑和注射一吹塑两种工艺。而与其相对应的成型设备有挤出吹塑中空成型机和注射吹塑中空成型机两大类。前者是用挤出机制造管状型坯,并将其置于开启的两瓣模具之间,然后闭合模具,封闭型坯的上端及底部,通入压缩空气吹胀型坯,使其紧贴模腔,经冷却定型后开模获得中空制品;后者则是用注射机先在模具内注射有底的型坯,然后开模取出型坯,移至吹塑模内,进行吹胀成型获得制品。在这两种成型方法基础上发展起来的吹塑工艺有:挤出一拉伸一吹塑中空成型(简称挤拉吹)和注射一拉伸一吹塑中空成型(简称注拉吹)以及多层吹塑、非对称吹塑等。

图 2-5 所示为挤出吹塑中空成型过程示意图。可见挤出吹塑中空成型通常分为四个步骤:挤出型坯;模具围绕型坯定位并夹住型坯;若是容器,则须进行制品的颈部成型或定径;引入空气或其他介质,将型坯吹胀成模腔的形状,同时制品冷却。此外,还包括从机头上切断型坯及从模具中顶出制品等。



1—机头口模; 2—熔融型坯; 3—定型(吹塑)模具; 4—吹气嘴

图 2-5 挤出吹塑法成型中空制品



挤出吹塑中空成型按其出料方式的不同,可分为连续挤出吹塑和间歇挤出吹塑两种方法。

注射吹塑中空成型的工作原理如图 2-6 所示。首先将熔融塑料注射入型坯模成型型坯,再对型坯进行预热处理,将其预热到吹塑温度(对于冷型坯),然后将附在芯棒上的型坯转移到吹胀工位,通过芯棒或吹气嘴导入压缩空气,吹胀型坯,经冷却定型,开模取出制品。

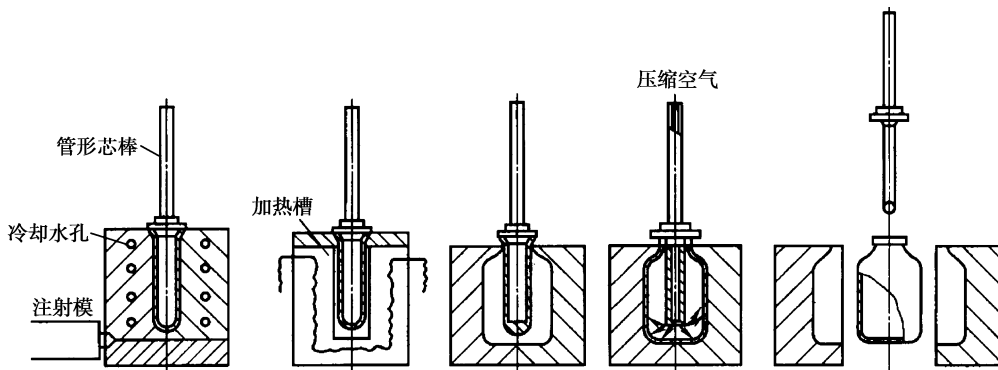


图 2-6 注射吹塑中空成型工作原理

注射吹塑成型机实际就是注射装置和吹塑装置的适当组合。这类设备都由注射装置(注射机)、型坯模具、吹塑模具、合模装置、脱模装置与转位装置构成。

任务实施

1. 塑料壳体的成型方式选择与工艺规程

1) 塑件的生产批量

塑件的生产类型对注射模结构、注射模材料使用均有重要的影响,在大批量生产中,由于注射模价格在整个生产费用中所占比例较小,提高生产率和注射模寿命问题比较突出,可以考虑使用自动化程度较高、结构复杂、精度寿命高的模具。如果是小批量生产,则应尽量采用结构简单、制造容易的注射模,以降低注射模的成本。

2) 塑料原材料的成型特性分析

ABS 是目前产量最大、应用最广的工程塑料。ABS 是不透明非结晶聚合物,无毒、无味,密度为 $1.02 \sim 1.05 \text{g/cm}^3$ 。ABS 具有突出的力学性能,坚固、坚韧、坚硬;具有一定的化学稳定性和良好的介电性能;具有较好的尺寸稳定性,易于成型和机械加工,成型塑件表面有较好光泽,经过调色可配成任何颜色,表面可镀铬。其缺点是耐热性不高,连续工作温度约为 70°C ,热变形温度约为 93°C ,但热变形温度比聚苯乙烯、聚氯乙烯、尼龙等都高;耐候性差,在紫外线作用下易变硬发脆。可采用注射、挤出、压延、吹塑、真空成型、电镀、焊接及表面涂饰等多种成型加工方法。

ABS 的成型特性:

(1) ABS 易吸水,成型加工前应进行干燥处理,表面光泽要求高的塑件应长时间预热干燥。



- (2) 流动性中等，溢边值 0.04mm 左右。
 - (3) 壁厚、熔料温度对收缩率影响极小，塑件尺寸精度高。
 - (4) ABS 比热容低，塑化效率高，凝固也快，故成型周期短。
 - (5) ABS 的表观黏度对剪切速率的依赖性很强，因此模具设计中大都采用点浇口形式。
 - (6) 顶出力过大或机械加工时塑件表面会留下白色痕迹，脱模斜度宜取 2° 以上。
 - (7) 易产生熔接痕，模具设计时应注意尽量减小浇注系统对料流的阻力。
 - (8) 易采用高料温、高模温、高注射压力成型。在要求塑件精度高时，模具温度可控制在 $50\sim 60^\circ\text{C}$ ，而在强调塑件光泽和耐热时，模具温度应控制在 $60\sim 80^\circ\text{C}$ 。
- 由设计任务书可知该塑件产量 20 万件，生产类型属中批量生产，塑件材料为 ABS。

2. 塑件防护罩的成型方式选择与工艺规程

塑件防护罩的成型方式选择与工艺规程和塑料壳体的选择类似，这里不再重复。

任务总结

(1) 根据上面的分析，塑料壳体零件可采用注射成型加工，考虑采用一模多腔、快速脱模以及成型周期不太长的模具，同时模具造价要适当控制。在注射成型生产时，该塑件结构简单，无特殊的结构要求和精度要求，只要工艺参数控制得当，该塑件是比较容易成型的。

(2) 塑料防护罩的成型方式选择与工艺规程和塑料壳体的选择类似。

习题与思考 3

- 1. 试比较常用塑料成型方式的特点。
- 2. 简述注射成型过程及注射成型的特点和注射成型前的准备工作。
- 3. 注射成型工艺过程包括哪些？
- 4. 压缩成型工艺过程包括哪些？
- 5. 举例说明日常生活中的塑料制品，并根据塑料种类、塑件结构等初步确定成型方式、成型工艺过程，并简述成型原理。
- 6. 制件的后处理是指什么？后处理有何作用？



项目3

塑料成型设备的选用

相关知识点

- (1) 注塑机的分类、结构、工作原理以及相关技术参数;
- (2) 成型设备与注射模具之间的关系。

相关技能点

- (1) 具备合理选用塑料成型设备的能力;
- (2) 能够合理进行设备参数的校核。

任务引入

塑料壳体 and 防护罩成型设备的选用:

本项目所要介绍的塑料注射成型机, 简称注射机或注塑机, 它能在一定的成型工艺条件下, 利用塑料成型模具将热塑性或热固性塑料加工成为各种不同用途的塑料制品, 以满足人类和社会发展的各种需求。注射机的种类很多, 但是无论哪种注射机, 其基本功能都有两个: 一个是加热塑料, 使其达到熔融状态; 另一个是对熔融塑料施加高压, 使其射出而充满模具型腔。

合理选择成型设备首先需要了解注射机的结构、分类和主要参数等方面的内容, 使所设计模具与注射机相互适应。

本项目任务以塑料壳体、塑料防护罩中的塑件为载体, 训练学生合理选择成型设备的能力。



任务 3.1 注射机的基本组成

注射机的类型很多,其中最有代表性、应用最广泛的是通用型注射机。通用型注射机是用于加工热塑性塑料的普通单阶式、单工位的注射机,它有螺杆式和柱塞式两种,但以螺杆式为主。限于篇幅,本节主要介绍往复螺杆式注射机。

一台通用型注射成型机主要包括注射系统、合模系统、液压控制系统和电气控制系统四部分,如图 3-1 所示。其他还包括加热冷却系统、润滑系统、安全保护系统与监测系统。

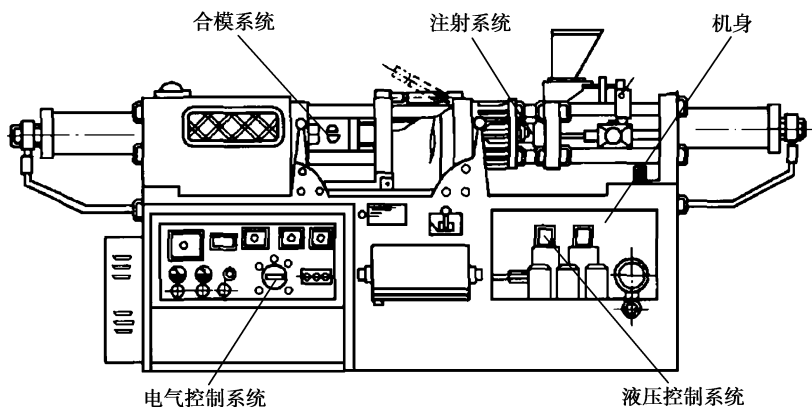


图 3-1 塑料注射机组组成

3.1.1 注射系统

注射系统在工作过程中具有塑化、注射和保压的功能,其主要作用就是塑化物料并在高压和高速下将塑料熔体注入模腔,并进行压力保持。注射系统主要由塑化注射装置(包括机筒、螺杆和喷嘴)、螺杆传动装置和计量装置等组成。如图 3-2 所示,是一种往复螺杆式注射机的注射系统。

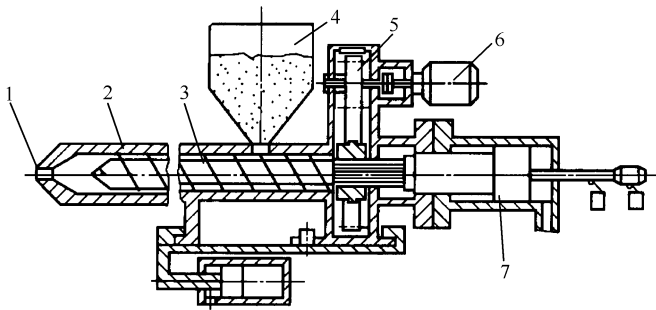
1. 塑化注射装置

由螺杆、机筒及加热冷却部件组成,在螺杆头部还可设置防止熔体倒流的止逆环或各种剪切混炼元件。

1) 螺杆

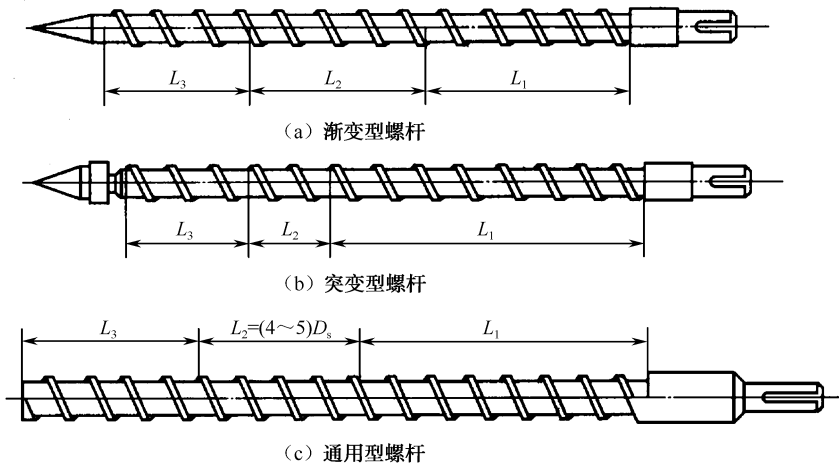
注射螺杆是注射系统中最关键的部件。注射螺杆具有塑化和注射的功能。塑化时,机筒的加热和螺杆的转动使塑料在输送过程中熔融,将固态塑料转变为黏流态的熔体;注射时,螺杆前移将机筒前端的熔体注射进模腔中。螺杆结构和工作特性对注射成型的生产效率及制品质量都有很大影响。

为适应不同性能塑料的加工,目前注射螺杆有以下几种结构形式:渐变型、突变型及通用型。图 3-3 所示为三种螺杆结构示意图。



1—喷嘴；2—机筒；3—螺杆；4—料斗；5—齿轮箱；6—电动机（或油马达）；7—油缸

图 3-2 往复螺杆式注射机的注射系统



L_1 —加料段； L_2 —压缩段； L_3 —均化段

图 3-3 常用注射螺杆的结构形式

(1) 渐变型螺杆：有较长的压缩段（熔融段），塑化时能力转换比较缓和。适于加工熔融温度范围较宽的塑料，如聚氯乙烯、聚苯乙烯等软化温度范围宽、高黏度的非结晶型塑料。

(2) 突变型螺杆：压缩段长度较短，塑化时能力转换较为剧烈。适于加工熔融温度范围较窄的塑料，因为这类塑料只要经过足够的预热达到熔点后，就可以在较短的历程内完全软化和熔融。主要用于加工聚酰胺、聚烯烃类结晶型塑料。

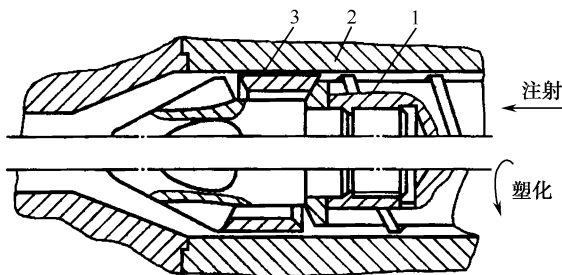
(3) 通用型螺杆：其压缩段长度介于渐变型和突变型螺杆制品之间。为了避免生产中因变换塑料品种而经常更换螺杆带来的麻烦，同时为了降低生产成本，可选用通用型螺杆，此时只要适当调整注射工艺参数，就能基本上满足不同物料的成型要求。

2) 螺杆头

与挤出机螺杆不同，在注射螺杆头部通常采用特殊的结构形式。注射成型时，对黏度较低的塑料熔体，需要防止熔融物料回泄造成注射效率低、压力损失大和保压困难的问题；对于黏度较高的热敏性塑料熔体，需要解决注射时排料不完全而造成的滞料分解问题。故有止逆型螺杆头、防止滞料分解型螺杆头（PVC 型）及特殊用途螺杆头等不同结构。



止逆型螺杆头结构见图 3-4，其工作原理与液压单向阀相似，可防止注射时熔融物料回流。



1—螺杆；2—机筒；3—止逆环

图 3-4 止逆型螺杆头结构

防止滞料分解型螺杆头结构见图 3-5，螺杆头部采用约 20° 小锥角形状及附加螺纹的结构。该螺杆头有利于注射时将料排净，防止熔融物料滞留机筒内而有过热分解。

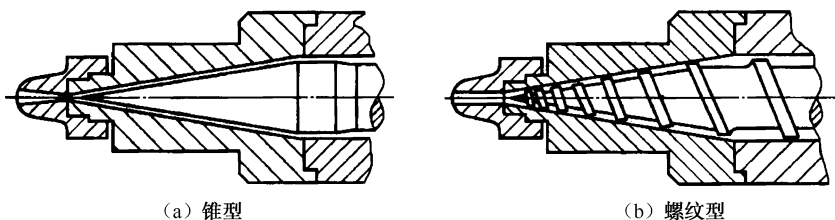
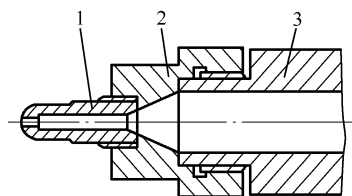


图 3-5 PVC 型螺杆头结构

特殊用途螺杆头是在螺杆头上设计某些特殊结构，使其兼备某些功能。如增设混炼元件，可提高物料的均匀性；采用异径螺杆头，可改变注射机的最大注射量或扩大注射机的注射压力需求。

3) 机筒

也称料筒，是注射系统中的一个重要部件，结构如图 3-6 所示。机筒与螺杆一起共同完成对塑料的输送、塑化和注射。机筒一般采用整体结构，内孔与螺杆之间有一定间隙，外部安装加热和冷却装置，机筒安装在注射座上，前端与喷嘴相连。



1—喷嘴；2—前机筒；3—机筒

图 3-6 机筒结构

4) 喷嘴

喷嘴是机筒与模具之间的连接零件。注射时，在螺杆推力作用下，熔体以很高的流速通过喷嘴注入模腔。当熔体高速流经喷嘴的小孔时，产生很大的剪切摩擦热，使熔体温度升高，进一步塑化和均化物料；另一部分压力能转变为速度能，使熔体流速加快；在保压阶段，熔体通过喷嘴进行保压和补塑。喷嘴结构分为开式、锁闭式和特殊用途喷嘴。

注射喷嘴与模具主浇套之间的装配关系如图 3-7 所示。喷嘴与模具主浇套必须同心，模具在前模板上由定位圈定位，注射喷嘴球面半径和流道直径要小于主浇套球面半径和流道入口直径。

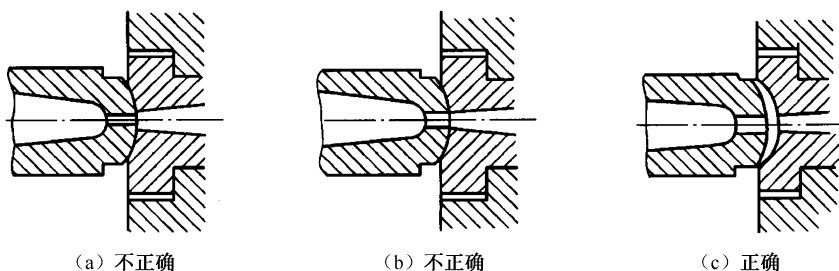
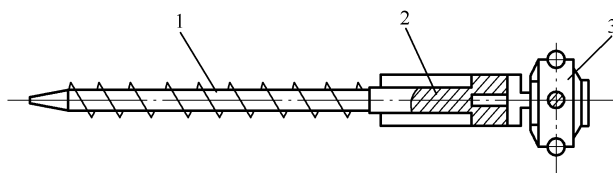


图 3-7 喷嘴与模具装配关系

2. 螺杆传动装置

注射机螺杆传动装置要能为塑化物料提供足够的转矩和可调整的转速；螺杆传动要平稳可靠，噪声低，具有过载保护功能；螺杆应有背压调整装置；结构简单紧凑。按传动装置能否随螺杆同时移动，分为随动和非随动结构；按实现螺杆的变速方式，有无级变速和有级变速结构。

图 3-8 所示为中小型注射机多采用的低速大扭矩液压马达直接驱动螺杆的传动方式。该传动方法结构紧凑、运动平稳、噪声低、安全可靠且便于维修和调整，是当前主要的应用形式。



1—螺杆；2—油缸；3—液压马达

图 3-8 低速大扭矩液压马达直接驱动螺杆

根据成型工艺对螺杆传动的要求，使用液压马达比较理想。这是因为，液压马达的传动特性软，启动惯性小，可以对螺杆起保护作用，且由于它的体积比同规格的电动机小得多，整个传动装置容易满足体积小、重量轻、结构简单的要求。尤其是采用低速大扭矩液压马达直接驱动螺杆的传动方式，结构更简单。由于大部分注射机均采用液压传动，当螺杆预塑时，机器正处于冷却定形阶段，油泵这时为无负载状态，故用液压马达可方便地取得动力来源，且可在较大范围内实现无级调速。因此注射机越来越多地采用液压马达传动。但液压马达传动系统维修比较复杂，效率较低。

3. 加料计量装置

螺杆式注射装置的熔料计量取决于螺杆行程，其加料计量装置有料斗和螺杆行程计量控制两部分。

4. 注射系统技术参数

注射系统主要技术参数包括注射量、注射压力、注射速率、塑化能力等。这些参数标识了注射成型制品的大小，反映了注射机的做功能力以及被加工塑料种类、品级范围和制品质量的评估，是选择使用的依据。



1) 注射量

注射量是指机器在对空注射条件下, 注射螺杆(或柱塞)做一次最大注射行程时, 注射装置所能达到的最大注出量。该参数在一定程度上反映了注射机的加工能力, 标志着该机能成型塑料制品的最大质量, 是注射机的一个重要参数, 因而经常被用来表征机器的规格。注射量一般有两种表示方法: 一种是以注射出的熔料的容积(cm^3)来表示; 另一种是以聚苯乙烯为标准(密度 $\rho=1.05\text{g/cm}^3$), 用射出熔料的质量(g)来表示。我国注射机系列标准采用前一种表示方法, 系列标准规定有: 30cm^3 、 60cm^3 、 125cm^3 、 250cm^3 、 350cm^3 、 500cm^3 、 $1\,000\text{cm}^3$ 、 $2\,000\text{cm}^3$ 、 $3\,000\text{cm}^3$ 、 $4\,000\text{cm}^3$ 、 $6\,000\text{cm}^3$ 、 $8\,000\text{cm}^3$ 、 $12\,000\text{cm}^3$ 、 $16\,000\text{cm}^3$ 、 $24\,000\text{cm}^3$ 、 $32\,000\text{cm}^3$ 、 $48\,000\text{cm}^3$ 、 $64\,000\text{cm}^3$ 等。

在使用注射机时, 加工塑料制品的质量及浇注系统用料质量一般为25%~75%注射量为好, 最低不应小于10%的注射量。因为过小的注射量不仅使机器的能力得不到充分的发挥, 而且还会因塑料在机筒内停留时间过长易发生热分解。反之, 过大有时难以成型, 即使能成型也会发生欠压等弊病。

2) 注射压力

为了克服熔料流经喷嘴、浇道和型腔时的流动阻力, 螺杆(或柱塞)对熔料必须施加足够的压力, 这种压力称为注射压力, 即指螺杆或柱塞端面处作用于熔料单位面积上的力。

对某一机台由于注射油缸活塞施加给螺杆的最大推力是一定的, 故改变螺杆直径时便可相应改变注射压力。不同直径的螺杆和注射压力的关系为

$$D_n = D_1 \sqrt{\frac{p_1}{p_n}}$$

式中 D_1 ——第一根螺杆直径(一般指中间螺杆即加工聚苯乙烯螺杆的直径), cm ;

p_1 ——第一根螺杆所获得的压力, MPa ;

p_n ——所换用螺杆所取得的注射压力, MPa ;

D_n ——所换用螺杆的直径, cm 。

注射压力的选取很重要。注射压力过高, 制品可能产生毛边, 脱模困难, 影响制品的光洁度, 使制品产生较大的内应力, 甚至成为废品, 同时还会影响到注射装置及传动系统的设计。注射压力过低则易产生物料充不满模腔, 甚至根本不能成型等现象。注射压力的大小要根据实际情况选用, 如加工精度低、流动性好的低密度聚乙烯、聚酰胺之类的塑料, 其注射压力可选用35~55MPa; 加工中等黏度的塑料(如改性聚苯乙烯、聚碳酸酯等), 形状一般但有一定的精度要求的制品, 注射压力选100~140MPa; 对聚砜、聚苯醚之类的高黏度工程塑料的注塑成型, 又属薄壁长流程、厚度不均和精度要求严格的制品, 其注射压力在140~170MPa; 加工优质精密微型制品时, 注射压力可用到230~250MPa以上。

3) 注射速率(注射时间、注射速度)

熔融的树脂通过喷嘴后就开始冷却, 为了把熔料注入到模腔得到密实均匀和高精密的制品, 必须要在短时间内把熔料充满模腔, 进行快速充模。用来表示熔料充模快慢特性的参数有注射速率、注射速度和注射时间。



注射速率是指单位时间内从喷嘴射出的熔料量。注射时间是指在注射时螺杆（或柱塞）射出一注射量所需要的时间，可用下式表示：

$$q_z = \frac{Q}{t_z} = \frac{\pi}{4} D^2 v_z$$

式中 q_z ——注射速率， cm^3/s ；

Q ——实际注射量， cm^3 ；

t_z ——注射时间， s ；

D ——机筒内径， cm ；

v_z ——注射速度， mm/s 。

注射速度是指单位时间内螺杆或柱塞移动的距离，计算公式如下：

$$v_z = \frac{S}{t_z}$$

式中 S ——螺杆（或柱塞）最大注射行程， cm ；

t_z ——注射时间， s 。

注射速率、注射速度、注射时间的选用很重要。注射速率低，注射速度慢，注射时间长，熔料充满模腔困难，制品容易出现产生熔接缝、密度不均、内应力大等质量问题。高速注射可以减小模腔内的熔料温差，改善压力传递效果，可得到密度均匀、内应力小的精密制品；高速注射可采用低温模塑，缩短成型周期，特别在成型薄壁、长流程制品及低发泡制品时能获得较优良的制品。但是注射速率过高，注射速度过快，熔料流经喷嘴浇口等处时，易产生大量的摩擦热，导致物料烧焦、变色或降解。同时高速注射时，模内的气体往往来不及排出，夹杂在物料中，影响制品的表观质量，产生银纹、气泡。同时高速注射也不易保证注射与保压压力稳定地撤换，会因过填充而使制品出现溢边。因此注射速率应根据塑料的性能、加工制品的特点、工艺要求、浇口设计及模具的冷却情况配合合理的程序控制来选择。

4) 塑化能力

塑化能力是指单位时间内塑化装置所能塑化的物料量（通常以标准聚苯乙烯为基准），计算公式可简化如下：

$$G = \frac{1}{2} \pi^2 D_s^2 n h_3 \rho \eta \cos \theta \sin \theta$$

式中 G ——塑化能力， kg/h ；

ρ ——塑化温度下物料的密度， g/cm^3 ；

η ——修正系数；

D_s ——螺杆直径， cm ；

h_3 ——螺杆均化段螺槽深度， cm ；

n ——螺杆转速， r/min 。

注塑成型机的塑化装置应该在规定时间内保证能够提供足够量的塑化均匀的熔料。塑化能力应与注射机的整个成型周期配合协调。根据成型动作程序安排，螺杆预塑大都与制品冷却同时进行，若塑化能力高而机器的空循环时间太长，则不能发挥塑化装置的能力。反之塑化时间长于冷却时间，则会加长成型周期。所以当塑化能力已知时，机器的最短成



项目3 塑料成型设备的选用

型周期客观上就有了限制。如果螺杆传动系统是注射、合模传动系统分开设置的塑化，则其机器最短成型周期符合下式：

$$T = \frac{3600Q}{1000G}$$

式中 T ——机器最短成型周期，s；

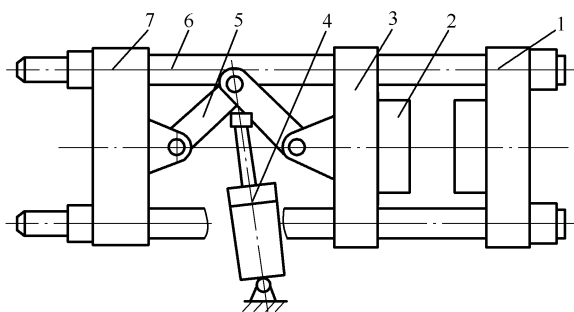
Q ——机器注射量，g；

G ——塑化能力，kg/h。

从上式可以看出，塑化能力高，成型周期就短，生产效率就高。提高螺杆转速，增加驱动功率，改进螺杆结构都可提高塑化能力。

3.1.2 合模系统

合模系统的主要作用是实现成型模具的闭合、开启及顶出制品。同时，在模具闭合后，供给模具足够的锁模力，以抵抗熔融塑料进入模腔产生的模腔压力，防止模具胀开。合模系统主要由前后固定模板、移动模板、拉杆、合模油缸、移模油缸、连杆机构、调模机构以及制品顶出机构等组成，参见图 3-9。



1—前模板；2—模具；3—动模板；4—合模液压缸；5—肘杆机构；6—拉杆；7—后模板

图 3-9 合模系统

1. 合模系统的分类

合模系统按合模机构特征可分为机械式、液压式和液压机械式。

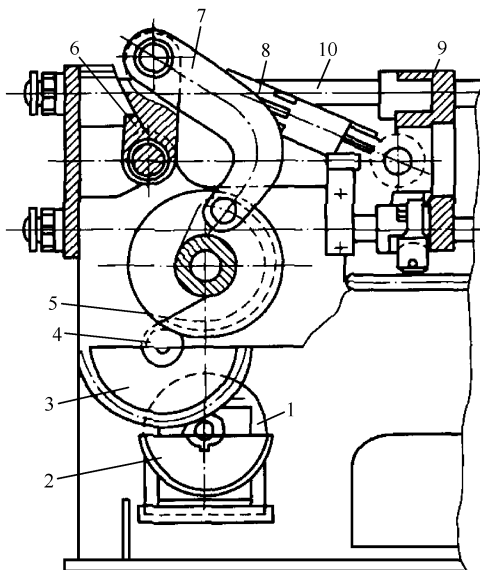
1) 机械式

机械式即全机械式合模机构，是指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，如图 3-10 所示。

早期生产的机械式合模机构由于合模速度与合模力的调整比较困难和复杂，运动链长，惯性和噪声大，再加上制造维修困难，已很少见了。但近年来由于机械制造业和电子业的发展，零件加工精度提高，使一些新型零件可用在注射机上，机械式得以发展。新一代机械式注射机已显示出节能、噪声低、清洁、操作维修方便的特点。

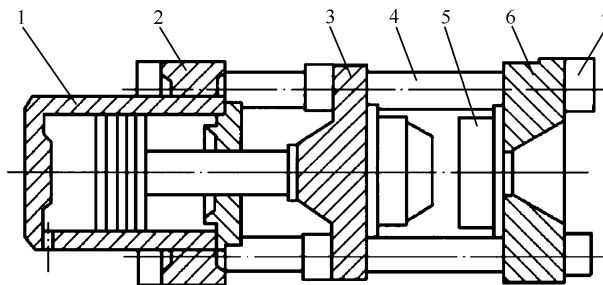
2) 液压式

即全液压式合模机构，是指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 3-11 所示。



1—电动机；2—减速箱；3，4—齿轮；5—扇形齿轮；6—曲轴；7—构件；8—连杆；9—动模板；10—拉杆

图 3-10 全机械式合模机构



1—合模油缸；2—后固定模板；3—移动模板；4—拉杆；5—模具；6—前固定模板；7—拉杆螺母

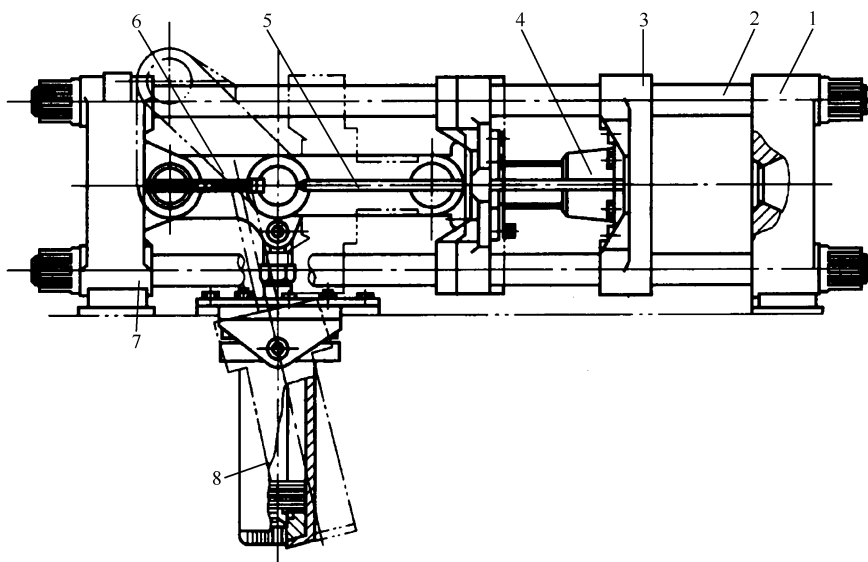
图 3-11 单缸直压式合模装置

全液压式合模机构具有液压传动的一些优缺点：能较方便地实现移模速度、合模力的调节变换，工作安全可靠，噪声低；但易引起泄漏和压力波动，系统液压刚性较软等。液压式在大中小型机上都已得到广泛应用。

3) 液压机械式

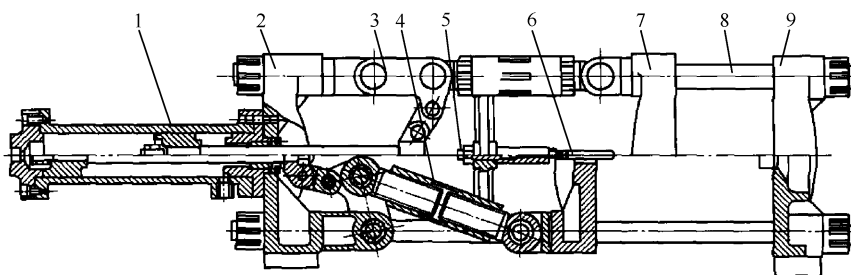
液压机械式即合模机构为液压和机械相联合的传动形式，因此兼有以上两者的优缺点。它以压力产生初始运动，再通过曲肘连杆机构的运动力的放大和自锁特征来达到平稳、快速的合模。如图 3-12 所示为液压单曲肘合模装置。

图 3-13 所示为液压双曲肘式合模装置，上半部为合模时的各部件的位置，下半部为模板移开时各部件的位置。合模时，液压油从合模油缸左侧进入，推动油缸活塞右移，肘杆伸直，带动移动模板前移，使模具合模锁紧。开模时，液压油从合模油缸右侧下方进入，油缸活塞后退，肘杆回曲，带动移动模板后退。



1—肘杆；2—拉杆；3—移动模板；4—调模装置；5—顶出装置；6—单曲肘结构；7—后模板；8—移模油缸

图 3-12 液压单曲肘合模装置



1—合模油缸；2—固定模板（后）；3—曲肘连杆；4—调距装置；5—顶出装置；

6—顶出杆；7—移动模板；8—拉杆；9—固定模板（前）

图 3-13 液压双曲肘式合模装置

2. 合模系统的主要受力零部件

合模系统的主要受力零部件包括模板、拉杆、肘杆。

1) 模板

模板的主要作用是固定模具和运动导向的定位基准，在锁模力作用下主要承受弯曲应力。从等强度观点出发，模板的形状通常设计带有加强筋的截面。在小型机上也有无加强筋截面的模板，它虽在使用材料方面不够合理，但机械加工工艺性很好。

2) 拉杆

拉杆又称导柱，是合模装置的重要支承件、受力件及动模板的导向基准。拉杆受锁模力的拉伸作用和运动部件质量的弯曲作用，在大型或精密的卧式注射机上时，为消除这种附加的弯曲作用，提高拉杆的使用寿命，保持动模板与拉杆的配合精度，设置了支承座，让运动部件的质量经支承座由机身导轨承受。



3. 调模机构

调模机构是为实现模具厚度的变化而设置的。尤其是液压—机械式合模装置，由于动模板行程不能调节，为适应不同厚度模具的要求，必须设置调模机构，使动模板和定模板之间的距离能调节。常用的调节方法有螺纹肘杆调距、移动合模油缸位置调距、拉杆螺母调距、移动模板间连接大螺母调距。

4. 合模装置的技术参数

合模部分主要技术参数包括合模力、合模装置的基本尺寸（模板尺寸、拉杆间距、开模距与开模行程、模具厚度）。这些参数表征了合模部件的成型与承载能力。

1) 合模力

合模力也称为锁模力，是注射机最常用的参数之一，其含义为合模机构锁模后，熔料注入模腔时，模板对模具形成的最终锁紧力。合模力在很大程度上也反映了注射机加工制品能力的大小。所以目前国内外绝大多数厂家也把合模力作为表征注射机规格的参数。

当熔料以一定的注射压力和流速进入模具空腔时，为使模具不至于被熔料胀开，合模力应满足下面的公式：

$$F \geq \alpha p A$$

式中 F ——合模力；

α ——安全系数，一般取 1.1~1.6；

p ——模腔压力，MPa；

A ——制品在分型面上的投影面积， cm^2 。

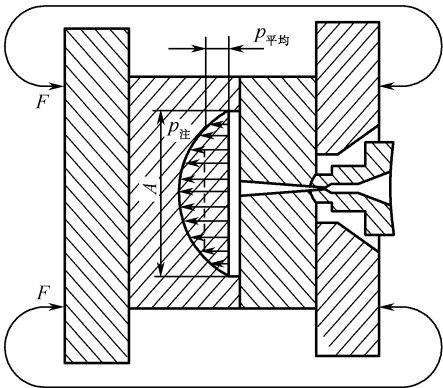


图 3-14 合模力和模腔压力

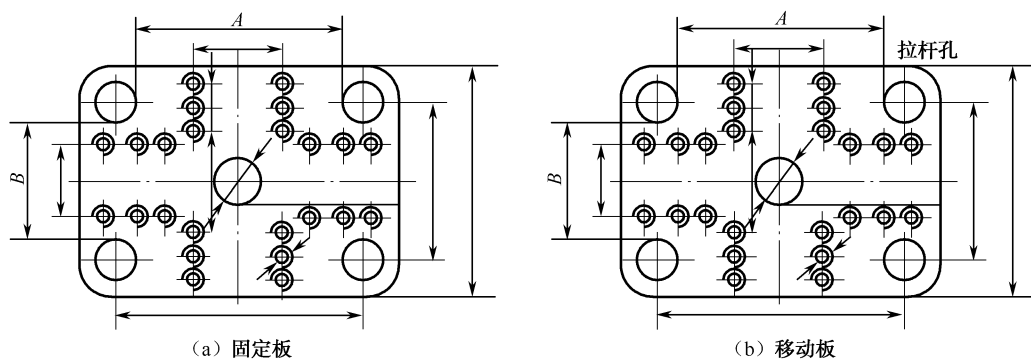
模腔压力指的是模腔内的平均压力，一般取 20~40MPa，具体要根据塑料特性、制品要求、制品流长比等因素来确定。

合模力与注射压力、制品投影面积及模腔压力的分布示意图 3-14。合模力不足时会产生“飞边”，选机型应确保制品加工所需锁紧力小于机器的合模力。合模力是保证制品质量的重要条件。近年来，由于改善了塑化机构的效能，提高了注射速度，并实现了其过程控制，机器的合模力有明显的下降。

2) 合模装置的基本尺寸

合模装置的基本尺寸包括模板尺寸及拉杆间距、模板最大开距与移动模板行程、模具最大厚度和最小厚度、顶出力和顶出行程等。这些参数直接关系到机器所能加工制品的范围和模具的安装、定位等。

(1) 模板尺寸及拉杆间距。模板是用来固定塑料成型模具的，模板尺寸为 $H(\text{mm}) \times V(\text{mm})$ ，拉杆间距为 $H_0(\text{mm}) \times V_0(\text{mm})$ ，见图 3-15。模板尺寸限制了机器的最大成型面积，而拉杆间距限制了模具的尺寸。模板面积约为机器最大成型面积的 4~10 倍。所以在设计塑料模具时，模具的外形尺寸要与模板尺寸相适应。



A—模板的长; B—模板的宽

图 3-15 模板零件尺寸示意图

(2) 模板最大开距与移动模板行程。模板最大开距是指模具开启后, 动模板与定模板之间的最大距离 (包括调模行程在内), 它是用来表示机器所能加工制品高度的特征参数。为使成型后的制品能顺利取出, 模板最大开距 L 一般为成型制品最大高度 H_m 的 3~4 倍。

移动模板行程是指动模板能够移动的最大距离, 用 S (mm) 表示。移动模板行程是有限制的, 一般与成型制品所用模具厚度有关。为了制件能顺利取出, 移动模板行程要大于制件最大高度的 2 倍。在实际生产中, 为了缩短一次制品的循环时间, 提高生产效率, 减少机器磨损和动力消耗, 成型时尽可能使用最短的模板行程。

模板最大开距和移动模板行程的关系可用下式表示:

$$L = S + h_{\max}$$

式中 L ——模板最大开距, mm;

S ——移动模板行程, mm;

h_{\max} ——最大模具厚度, mm。

(3) 模具最大厚度和最小厚度。模具最大厚度 h_{\max} (mm) 和最小厚度 h_{\min} (mm) 是指移动模板闭合后, 达到规定合模力时动模板和定模板之间的最大和最小距离。注射机的最大模厚和最小模厚 (也称容模量), 代表了注射机能容纳的模具厚度。如果模具厚度小于最小模厚 h_{\min} , 装配模具时要增加模厚调整块, 否则不能实现正常的合模力甚至会损坏零件。若模具厚度大于最大模厚 h_{\max} , 模具安装后不能正常合模, 无法达到规定的合模力, 注射机也就无法工作。最大模厚和最小模厚之差即为调模装置的最大可调行程。

(4) 顶出力和顶出行程。具有有效的顶出力及顶出行程才能使成型的产品最后顺利地从模具中分离, 以便下一模动作的延续 (模具无自顶模功能)。顶出行程应根据产品的外形和模具的结构进行合理的选择, 一般机器的最大顶出行程是固定的, 使用时用户可根据具体产品进行调整, 订购机器时, 顶出行程宜取大, 以便适合更多种产品的成型。

3.1.3 其他组成系统

1. 液压控制系统

液压控制系统的作用是保证注射机按预定的工艺条件 (压力、速度、温度和时间) 及动作程序 (合模、注射、保压、预塑、冷却、开模、顶出制品) 准确有效地工作。液压控



制系统主要由各种液压元件、回路和液压辅助元件组成。

2. 电气控制系统

电气控制系统的作用是与液压控制系统相配合，控制注射机准确无误地实现预定的工艺过程的要求，并为注射机实现各种程序动作提供动力。电气控制系统主要由各种电气、电子元件，仪表，加热器，传感器等组成。

3. 加热冷却系统

加热冷却系统是用来加热料筒及注射喷嘴的；注射机料筒一般采用电阻加热圈，套在料筒的外部，并用热电偶分段检测；热量通过筒壁导热为塑料塑化提供热源。冷却系统是用来冷却液压油、下料口以及模具的。冷却系统是一个封闭的循环系统，其作用是将冷却水分配到几个独立的回路上去并以其流量进行调节。较先进的注射机冷却系统通过检测温度，对冷却水的流量实行闭环控制和调节。

4. 润滑系统

润滑系统是为注射机的动模板、调模装置、连杆铰链等处有相对运动的部位提供润滑条件的回路，主要用以减少能耗和提高零件寿命。润滑可以是定期的手动润滑，也可以是连续的自动润滑。

5. 安全保护与监测系统

注射机的安全装置主要用来保护操作人员人身安全和设备运行安全，主要由安全门、行程阀、限位开关、光电检测元件和机械保护杆等组成，能够实现电气—机械—液压的连锁保护。监测系统主要对注射机的油温、料温、系统超载，以及工艺和设备故障进行监测，发现异常情况进行指示或报警。

任务 3.2 注射机的分类

注射机是注塑成型的主要设备，注射机的类型和规格很多，目前使用较多的分类方法有以下几种。

1. 按塑化方式分类

按塑化方式可分为柱塞式注射机和螺杆式注射机两种。

1) 柱塞式注射机

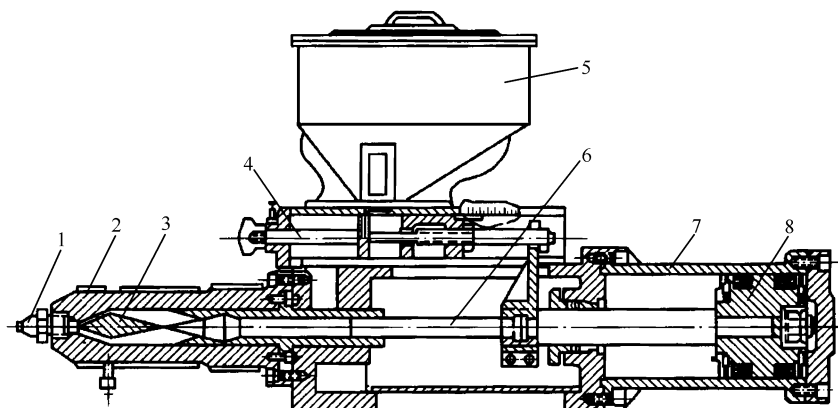
柱塞式注射机通过柱塞在料筒内的往复运动将料筒内的熔融塑料向前推送，通过分流梭经喷嘴注入模具。塑料在料筒中塑化主要依靠料筒外加热器提供的热量。由于塑料的导热性差，导致料筒内的物料内外层塑化不均匀，因此柱塞式注射机不宜用来成型流动性差、热敏性强、注射量过大的塑料制品。柱塞式注射机如图 3-16 所示。

2) 螺杆式注射机

螺杆式注射机与柱塞式注射机的区别主要是在料筒内以旋转的螺杆代替了平推的柱塞，料筒内物料的熔融塑化以及注射都是由螺杆完成的。螺杆在料筒中既可旋转又可前后



移动,因而能够起到送料、压实、塑化与传压的作用。往复螺杆式注射机结构如图 3-2 所示。目前这种结构的注射机产量最大,应用也最广泛。



1—喷嘴; 2—加热器; 3—分流梭; 4—计量装置; 5—料斗; 6—柱塞; 7—注射油缸; 8—注射活塞

图 3-16 柱塞式注射机

2. 按加工能力分类

反映注射机加工能力的主要参数是注射量和合模力。注射量是指注射机在注射螺杆(或柱塞)做一次最大注射行程时,注射装置所能达到的最大注出量,有两种表示法:一种是以聚苯乙烯原料为标准,用注射聚苯乙烯熔料的质量数表示,以“g”为单位;另一种是用注射出的容积数表示,以“ cm^3 ”为单位。用容积表示和原料的密度无关,使用起来比较方便,目前用该法表示注射机的规格较多。合模力是注射机生产能力的另一个标志,国外许多厂家以合模力作为注射机的系列规格。

一般用注射机的注射量和合模力同时来表示注射机的加工能力,并以此反映注射机的大小。

3. 按合模机构特征分类

分为机械式、液压式和液压机械式,如前所述。

4. 按外形特征分类

根据注射机的合模装置和注射装置的相对位置不同进行分类。

1) 立式注射机

立式注射机合模装置与注射装置的轴线呈一线垂直排列,即注射装置和定模板设在设备的上部,而锁模装置、动模板和顶出机构设在设备的下部,如图 3-17 所示。此类注射机的优点是:占地面积小,模具拆卸方便,嵌件安装容易且不易倾斜或坠落。不足之处是:制品自模具中顶出后不能靠重力自动脱落,需人工取出,有碍于全自动操作;由于机身较高,机器的稳定性较差;加料及维修不便。此类注射机的注射量一般均在 60cm^3 以下,特殊用途也有大于 $60\sim 10\,060\text{cm}^3$ 以上的。

2) 卧式注射机

卧式注射机目前产量最大,使用最广。其合模装置与注射装置的轴线呈一线水平排



列，即注射装置和定模板设在设备一端，锁模装置、动模板和顶出机构设在另一端，如图 3-18 所示。此类注射机的优点是：机身低，便于操作和维修；制件从模具中顶出后可自动脱落，故易实现全自动操作；机床重心较低，安装稳妥。不足之处是：设备占地面积较大，嵌件不易安装，模具安装也比较麻烦。一般大中型注射机均采用这种形式，注射量通常在 60cm^3 以上，目前国内最高在 $60\,000\text{cm}^3$ 左右。

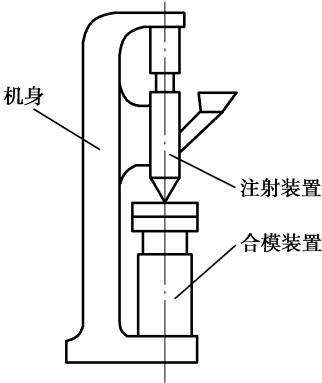


图 3-17 立式注射机

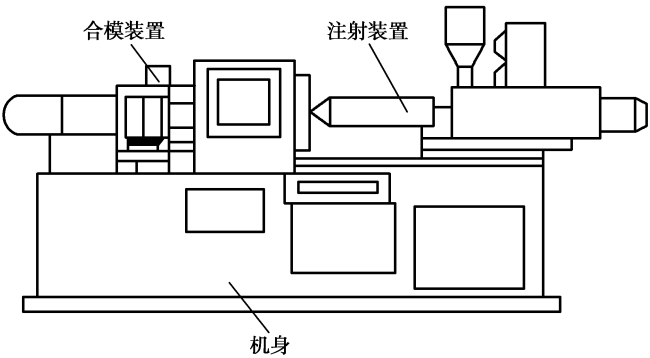
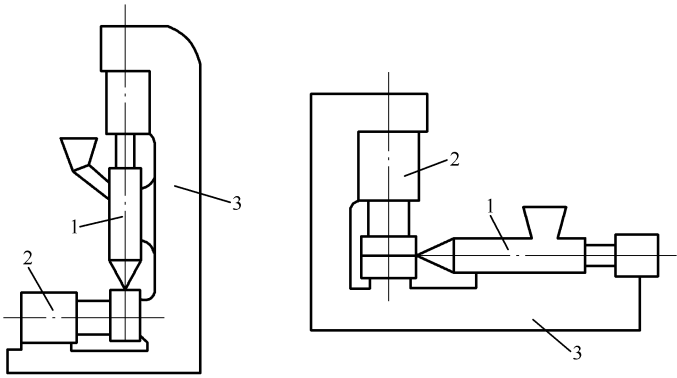


图 3-18 卧式注射机

角式注射机合模装置与注射装置的轴线互呈垂直排列，如图 3-19 所示。此类注射机的优缺点介于立式和卧式注射机之间，适合于加工中心部分不允许留有浇口痕迹、小注射量的塑料制品。



1—注射部分；2—合模部分；3—机身

图 3-19 角式注射机

任务 3.3 注射机的技术参数

注射机的技术参数主要为注射量、合模力、开模行程、顶出装置、喷嘴直径等。

1. 注射量表示法

注射量表示法即用注射机标准螺杆的 80% 理论注射量为机器的注射量。



XS-ZY-□

其中, X——成型机; S——塑料; Z——注射; Y——预塑式; □——机器的注射量(理论注射量的 80%)。

由前述定义可知, 注射量随螺杆直径的改变而变化, 且与加工塑料的性能和状态有关, 故该法不能直接用来衡量机器的大小、性能和好坏。

2. 理论注射量和合模力表示法

其表示方法是用理论注射量作为分子, 合模力作为分母。具体表示为 SZ-/□, 其中 S 是类别代号, 表示塑料机械; Z 是组别代号, 表示注射机; /表示主参数理论注射量或锁模力; □表示重大改进或变形, 如 SZ-45/30。

中华人民共和国注射机国家标准草案(1986 年)规定, 允许采用两种方法表示注射机型号。

1) 国外多数厂家采用合模力表示

SZ-XX

其中, S——类别代号: 塑料机械; Z——组别代号: 注射机; 第一个 X——合模力(kN); 第二个 X——重大改进设计序号(A、B、C等, 其中I、Q不用)。

相关注射机的技术参数参见附录D部分国产注射成型机的技术规格。

2) 按国际规格, 用合模力和当量注射量表示

厂家专用代号 XX

其中, 第一个 X——主参数: 合模力(kN); 第二个 X——当量注射量(cm^3)。

当量注射量=理论注射量(cm^3)×额定注射压力(MPa)/100(MPa)

任务 3.4 注射机的选择

每副模具只有安装在与其相适应的注射机上才能进行正常的生产, 因此模具设计与所选用的注射机型号关系十分密切。从模具设计角度出发, 应了解注射机的技术规范有注射机最大注射量、最大注射压力、最大合模力、最大成型面积、模具最大和最小厚度、最大开模行程, 以及注射模板安装位置和尺寸。

1. 最大注射量的校核

设计模具时, 成型制件所需要的注射量应小于所选注射机的最大注射量, 即

$$M \leq G_1$$

式中 G_1 ——注射机实际的最大注射量, cm^3 或 g;

M ——塑件成型时所需要的注射量, cm^3 或 g。

而

$$M = nM_s + M_j$$

式中 n ——型腔个数;

M_s ——每个塑件的质量或体积, g 或 cm^3 ;

M_j ——浇注系统的质量或体积, g 或 cm^3 。



根据生产经验的总结，一般最好在注射机额定注射量 G 的 80% 以内，即 $G_1=0.80G$ 。对非结晶型塑料可取大些，即 $G_1=0.90G$ ，对结晶型塑料可取 $G_1=0.85G$ ，对于高黏度充模比较困难的塑料品种， G_1 还应取小些为宜。

2. 合模力的校核

通常根据注射量初步选定注射机，但对于薄壁、大面积制件，在注射量满足的情况下，应对合模力进行校核，即

$$F \geq pA$$

式中 F ——注射机额定合模力，N；

A ——制件加上浇注系统在分型面上的总投影面积， cm^2 ；

p ——型腔内平均压力，一般取 20~40MPa。

模腔压力 p 是注射压力经喷嘴、流道、型腔损耗后剩余的压力，为注射压力的 25%~50%。

几种常见材料的模具内腔的压力见表 3-1。

表 3-1 几种塑料的模内压力

制 品 特 点	模内平均压力 p/MPa	举 例
容易成型制品	24.5	PE、PP、PS 等壁厚均匀的日用品、容器类制品
一般制品	29.4	在模温较高下，成型薄壁容器类制品
中等黏度塑料和有精度要求的制品	34.2	ABS、PMMA 等有精度要求的工程结构件，如壳体、齿轮等
加工高黏度塑料、高精度、充模难的制品	39.2	用于机器零件上高精度的齿轮或凸轮等

3. 注射压力的校核

成型制件所需要的注射压力是由塑料品种、注射喷嘴的结构形式、制件形状的复杂程度以及浇注系统的压力损失等因素决定的，一般在 70~150MPa 范围内选取。注射机的最大注射压力要大于成型制件要求的注射压力，即

$$F > F'$$

式中 F ——注射机最大注射压力，MPa；

F' ——成型制件所需的注射压力，MPa。

4. 模具厚度和开模行程的校核

1) 模具厚度 (H_m)

模具厚度设计必须满足

$$H_{\min} \leq H_m \leq H_{\max}$$

式中 H_{\min} ——注射机允许安装的最小模厚，即动、定模板间的最小开距，mm；

H_{\max} ——注射机允许安装的最大模厚，mm。

2) 开模行程 (S)

各种注射机的开模行程是有限制的，取出制件所需的开模距离必须小于注射机的最大



开模距离。开模距离可分成下面两类情况校核。

(1) 注射机开模行程一定与模厚无关时的校核。这主要是指液压机械式的合模机构，其最大开模行程不受模厚影响，是由连杆机构的最大行程决定的。

对于单分型面注射模，见图 3-20，开模行程可按下式校核：

$$S \geq H_1 + H_2 + 5 \sim 10 \text{ mm}$$

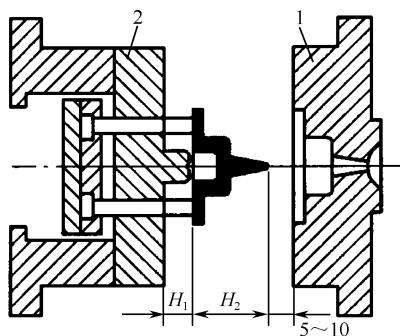
式中 H_1 ——脱模距离（顶出距离），mm；

H_2 ——制件高度，包括浇注系统在内，mm；

S ——注射机最大开模行程（移动模板行程），mm。

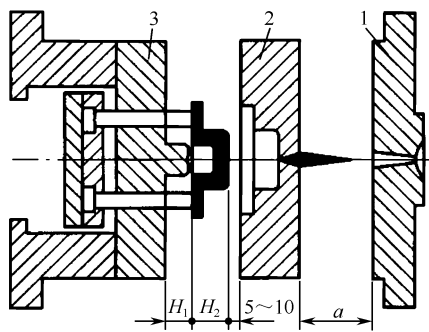
三板式双分型面注射模（带针点浇口的注射模）如图 3-21 所示。开模距离要增加定模板与浇口板的分离距离 d ，此距离应足以取出浇注系统凝料，这时，

$$S \geq H_1 + H_2 + a + 5 \sim 10 \text{ mm}$$



1—定模；2—动模

图 3-20 单分型面模具开模行程的校核



1—定模；2—型腔板；3—动模

图 3-21 双分型面模具开模行程的校核

脱模距离（顶出距离） H_1 常等于模具型芯的高度，但对脱模斜度较大或内表面为阶梯状的制件，有时无须顶出型芯的全部高度，即可取出制件，如图 3-22 所示。故脱模距离 H_1 需视具体情况而定，以制件能顺利取出为度。

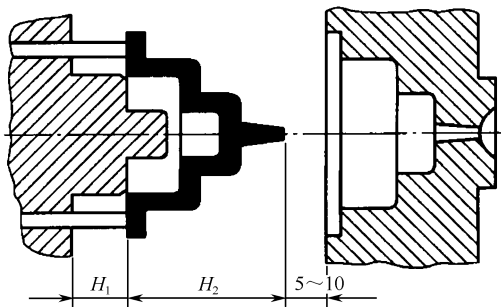


图 3-22 制品内表面为阶梯状时开模行程的校核

(2) 注射机开模行程变化与模厚有关时的校核。这主要是指全液压式合模机构，其最大开模行程等于注射机移动模板和固定模板之间的最大开距 S ，减去模厚 H_m 。对于单分型面注射模，如图 3-23 所示，可按下式校核：

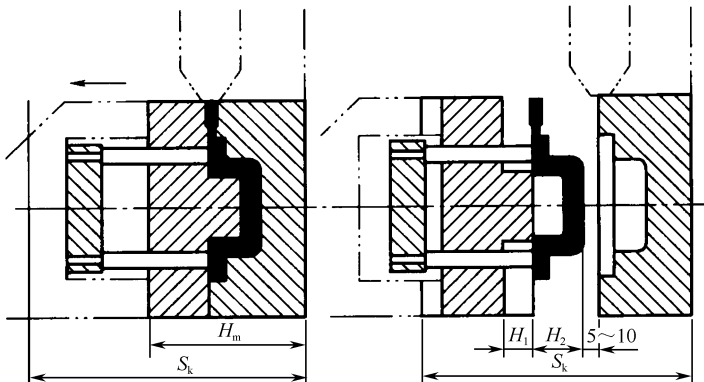
$$S = S' - H_m \geq H_1 + H_2 + 5 \sim 10 \text{ mm}$$



$$S' \geq H_m + H_1 + H_2 + 5 \sim 10 \text{ mm}$$

式中 S' ——注射模板间的最大开距, mm;

H_m ——模具厚度, mm。



S_k ——注射机移动模板与固定板之间的最大距离; H_m ——模具闭合厚度

图 3-23 注射机开模行程与模具厚度有关时开模行程的校核

对于双分型面注射模, 按下式校核:

$$S = S' - H_m \geq H_1 + H_2 + a + 5 \sim 10 \text{ mm}$$

$$S' \geq H_m + H_1 + H_2 + a + 5 \sim 10 \text{ mm}$$

当模具需利用开模行程完成侧向抽芯时, 应考虑其行程, 见图 3-24。

H_c 为完成侧向抽芯距离所需的开模行程, 当 $H_c > H_1 + H_2$ 时, 则以上几个校核公式中的 $H_1 + H_2$ 项均用 H_c 代替; 当 $H_c \leq H_1 + H_2$ 时, 仍用原公式进行校核。

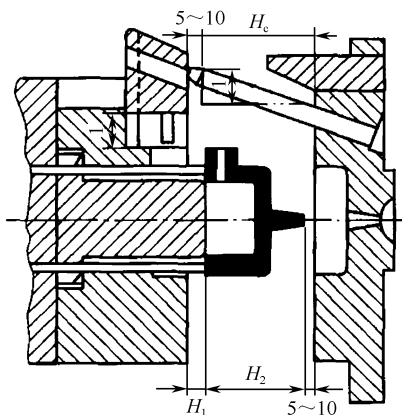


图 3-24 有侧向轴芯时开模行程的校核

5. 顶出装置的校核

不同型号的注射机其顶出装置也各不相同, 设计的模具与之相适应。国产注射成型机的顶出机构大致分为以下几类。

(1) 中心顶杆机械顶出, 如卧式 XS-ZY-350 型、立式 SYS-30 型、角式 SYS-45 型等。

(2) 两侧双顶杆机械顶出, 如卧式 XS-Z-30 型和 XS-ZY-125 型。

(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 型和 XS-ZY-500 型。

6. 模具与注射机安装部分相关尺寸的校核

(1) 设计模具的长、宽总体尺寸时要与注射机模板尺寸和拉杆间距相适应, 保证模具能穿过拉杆间的距离装卡到模板上。

(2) 模具的主流道中心线应保证与料筒、喷嘴的中心线相重合, 模具上的定位环或定



位圈尺寸要与注射机定模板上的定位孔尺寸一致且采用较松的间隙配合，注射机喷嘴的球面半径应与相接触的模具主流道始端的球面半径相吻合。

(3) 动模与定模的模脚尺寸应与注射机移动模板和固定模板上的螺钉排列尺寸相匹配，以保证模具顺利牢固地安装到注射机上。

任务实施

1. 塑料壳体成型设备的选用

- 1) 计算塑件体积和质量
通过三维造型可获得电器上罩壳的体积为
 $V=62.07\text{cm}^3$
ABS 的密度为 $\rho = 1.03\text{g/cm}^3$ ，所以塑件的质量为
 $w = \rho V = 1.03 \times 62.07 = 63.94\text{g}$
- 2) 根据塑件本身的几何形状及生产批量确定型腔数量
该塑件的顶面有五个小孔，生产批量为中批量生产，为提高生产率，拟采用一模两腔的模具结构，型腔平衡布置在型腔板两侧，这样有利于浇注系统的排列和模具的平衡。
- 3) 确定注射成型的工艺参数
根据该塑件的结构特点和 ABS 的成型性能，查有关资料初步确定注射成型工艺参数，见表 3-2。

表 3-2 注射成型工艺参数

工 艺 参 数	规 格		工 艺 参 数	规 格	
预热和干燥	温度 80~90℃		成型时间/s	注射时间	3~5
	时间 2h			保压时间	15~36
料筒温度/℃	后段	180~200		冷却时间	15~30
	中段	210~230		总周期	40~70
	前段	200~210		30~60	
喷嘴温度/℃	180~190		处理	螺纹转速/(r · min ⁻¹)	
模具温度/℃	60~80			方法	红外线灯烘箱
注射压力/MPa	70~90			温度/℃	70
				时间/h	2~4

- 4) 确定模具温度及冷却方式
ABS 为非结晶塑料，流动性中等，壁厚一般，因此，在保证顺利脱模的前提下，应尽可能降低模温，以缩短冷却时间，从而提高生产效率。所以模具应考虑采用适当的循环水冷却，成型模具温度控制在 60~80℃。
- 5) 确定成型设备
由于塑件采用注射成型加工，使用一模两腔分布，由此可计算出一次注射成型过程所用塑料量为



$$W=2w+w_{\text{废料}}=2\times 63.94+2\times 63.94\times 40\%=179.03\text{g}$$

一般，浇注系统凝料和废料按塑件注射量的 20%~60% 计算。上式中，是按 40% 估算的。

根据一次注射量分析，以及考虑塑料的品种、塑件结构、生产批量及注射工艺参数、注射模具尺寸大小等因素，参考设计手册，初选 SZ-300/160 型塑料注射成型机，记录下 SZ-300/160 型注射成型机的主要技术参数，见表 3-3。

表 3-3 SZ-300/160 型注射成型机的主要技术参数

主要技术参数项目	参数数值
最大注射量/cm ³	300
注射压力/MPa	150
锁模力/kN	1 600
拉杆内向距/mm×mm	450×450
最大模厚/mm	450
最小模厚/mm	250
最大开模行程/mm	380
喷嘴前端球面半径/mm	20
喷嘴孔直径/mm	4
定位圈直径/mm	160

2. 塑料防护罩成型设备的选用

1) 依据最大注射量初选设备

依据塑料制品及浇注系统凝料所用的塑料量不能超过注射机允许的最大注射量的 80% 原则选择设备。

(1) 计算单个塑件的体积。

$$V=9.848\text{cm}^3 \quad (\text{过程略})$$

(2) 计算单个塑件的质量。计算塑件的质量是为了选择注射机及确定模具型腔数。由手册查得 ABS 塑料密度 $\rho=1.03\text{g/cm}^3$ ，所以，塑件的质量为

$$M_i=V\rho=9.848\times 1.03=10.14\text{g}$$

由于塑件形状简单，尺寸、质量较小，生产量较大，可采取一模多腔的结构形式。同时，考虑到塑件的侧面有一个 $\phi 10\text{mm}$ 的圆孔，需侧向抽芯，所以防护罩成型采用一模两腔的模具结构，需加上浇注系统凝料的质量 M_j （初步估算为 12g）。

(3) 塑件成型每次需要的注射量。

$$M=2M_i+M_j=2\times 10.14+12=32.3\text{g}$$

根据注射量，查表 2-6、表 2-7 或模具设计手册初选螺杆式注射机，选择 G54-S200/400 型号，满足注射量小于或等于注射机允许的最大注射量的 80% 的要求。G54-S200/400 型号注射机主要参数如表 3-4 所示。

2) 依据最大锁模力初选设备

当熔体充满模腔时，注射压力在模腔内所产生的作用力会使模具沿分型面胀开，为此，注射机的锁模力必须大于模腔内熔体对动模的作用力，以避免发生溢料和胀模现象。



表 3-4 G54-S200/400 型号注射机主要参数

项 目	设 备 参 数	项 目	设 备 参 数
额定注射量/cm ³	200~400	最大开合模行程/mm	260
螺杆直径/mm	55	最大模厚/mm	106
注射压力/MPa	109	最小模厚/mm	165
注射行程/mm	160	喷嘴圆弧半径/mm	18
锁模力/kN	2 540	喷嘴孔直径/mm	4
拉杆空间/mm×mm	290×368	定位圈直径/mm	125

以图 1-2 所示防护罩为载体，根据成型所需锁模力初选所需注射机规格。

(1) 单个塑件在分型面上投影面积 A_1 。

$$A_1 = \pi R^2 = 3.14 \times 20^2 = 1\,256 \text{ mm}^2$$

(2) 成型时熔体塑料在分型面上投影面积 A 。由于塑件形状简单，尺寸、质量较小，生产量较大，可采取一模多腔的结构形式。同时，考虑到塑件的侧面有一个 $\phi 10 \text{ mm}$ 的圆孔，需侧向抽芯，所以防护罩成型采用一模两腔的模具结构。初步估算浇注系统冷凝料在分型面上投影面积约为 300 mm^2 。

$$A = 2A_1 + A_{\text{凝}} = 2 \times 1\,256 + 300 = 2\,812 \text{ mm}^2$$

(3) 成型时熔体塑料对动模的作用力 F 。查表 3-1 可知成型 ABS 塑件型腔所需的平均成型压力 $P = 34.2 \text{ MPa}$ 。

$$F = KPA = 1.2 \times 34.2 \times 2\,812 \times 10^{-3} = 115.4 \text{ kN}$$

(4) 初选注射机。根据锁模力必须大于模腔内熔体对动模的作用力的原则查附录 D，初选 G54-S200/400 卧式螺杆式注射机，主要参数如表 3-4 所示。

习题与思考 4

1. 塑料注射机有几类？
2. 注射机的各组成部分的作用有哪些？
3. 选取注射机时主要考虑哪些技术参数？
4. 注射模具安装在注射机上时应满足哪些条件？



项目4

塑料注射成型工艺的 模具设计

任务 4.1 塑料壳体 and 塑料防护罩的成型模具结构

相关知识点

- (1) 注射模具的成型工作原理;
- (2) 注射模具的组成、结构及特点;
- (3) 模具各部分功能的掌握。

相关技能点

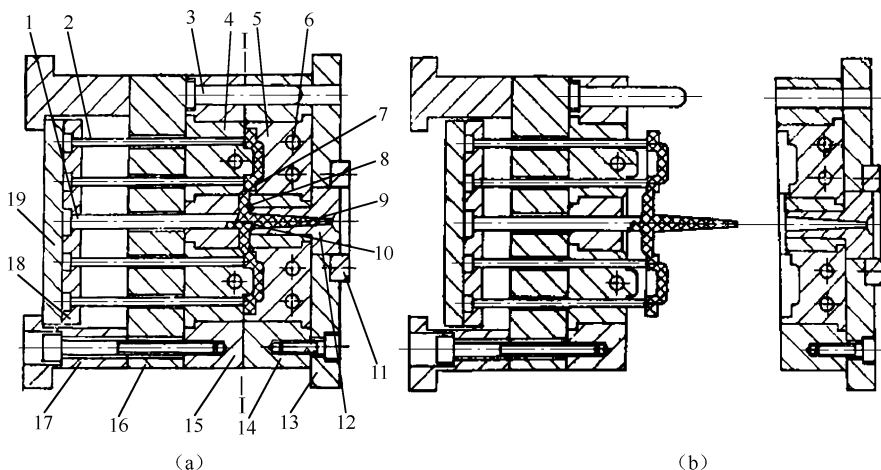
- (1) 掌握注射模具的基本结构;
- (2) 能够看懂相关注射模具图纸。

任务引入

注射模具（以下简称注射模）是目前成型热塑性塑料的主要成型工艺装备，在塑料的成型中占有绝大多数的比重。塑料模具的结构对塑件的成型具有关键的作用，选择合理与否关系到模具能否正常生产，合理的结构能够使产品成型可靠、操作简单、经济实惠。

4.1.1 注射模的工作原理

典型的注射模结构如图 4-1 所示，分析注射模的工作原理和结构组成如下。



1—拉料杆；2—推杆；3—导柱；4—凸模；5—凹模；6—冷却水道；7—浇口；8—分流道；9—主流道；10—冷料穴；11—定位圈；12—主流道衬套；13—定模座板；14—定模板；15—动模板；16—垫块；17—动模座板；18—推杆固定板；19—推板

图 4-1 卧式多型腔单分型面注射模

任何注射模都可以分为定模和动模两大部分。定模部分安装固定在注射机的固定模板（定模固定板）上，在注射成型过程中始终保持静止不动；动模部分则安装在注射机的移动模板（动模固定板）上，在注射成型过程中可随注射机上的合模系统运动。开始注射成型时，合模系统带动动模朝着定模方向移动，并在分型面 I 处与定模对合（或称闭合），其对合的精确度由合模导向机构，即由导柱 3 和开设在定模板 14 上的导柱孔保证。动模和定模对合之后，固定在定模板中的凹模 5 与固定在动模板 15 上的凸模 4 构成与制品形状和尺寸一致的闭合模腔，模腔在注射成型过程中可被合模系统提供的合模力锁紧，以避免它在塑料熔体的压力作用下胀开。注射机从喷嘴中注射出的塑料熔体经由开设在定模中央的主流道 9 进入模具，再经由分流道 8 和浇口 7 进入模腔，待熔体充满模腔并经过保压、补缩和冷却定型之后，合模系统便带动动模后撤复位，从而使动模和定模两部分从分型面 I 处开启。当动模后撤到一定位置时，安装在其内部的顶出脱模机构（零件 1、2、18、19），将会在合模系统中的推顶装置作用下与动模其他部分产生相对运动，于是制品和浇口及流道中的凝料将会被它们从凸模上以及从动模一侧的分流道中顶出脱落，就此完成一次注射成型过程。

4.1.2 注射模的结构组成

1) 成型零部件

这些零件（零件 4、5）主要决定制品的几何形状和尺寸，如凸模决定制品的内形，而凹模决定制品的外形。

2) 合模导向机构

这种机构（零件 3 和零件 14 上的导柱孔）主要用来保证动模和定模两大部分或模具中其他零部件（如凸模和凹模）之间的准确对合，以保证制品形状和尺寸的精确度，并避免模具中各种零部件发生碰撞和干涉。



3) 浇注系统

该系统是将注射机注射出的塑料熔体引向闭合模腔的通道，对熔体充模时的流动特性以及注射成型质量等具有重要影响。该系统通常包括主流道 9、分流道 8、浇口 7、冷料穴 10 及拉料杆 1。其中，冷料穴的作用是收集塑料熔体的前锋冷料，避免它们进入模腔后会影 响成型质量或制品性能；拉料杆的作用，除了用其顶部端面构成冷料穴的部分几何形状之外，还负责在开模时把主流道中的凝料从主流道中拉出。

4) 推出机构

该机构（零件 1、2、18、19）是将塑料制品脱出模腔的装置，其结构形式很多，最常用的顶出零件有顶杆、顶管、脱模板（推板）等。

5) 侧向分型与抽芯机构

图 4-1 中没有这两种机构。当塑料制品带有侧凹或侧孔时，在开模顶出制品之前，必须先把成型侧凹或侧孔的瓣合模块或侧向型芯从制品中脱出，侧向抽芯机构就是为实现这类功能而设置的一套侧向运动装置。

6) 排气结构

注射模中设置排气结构，是为了在塑料熔体充模过程中排出模腔中的空气和塑料本身挥发出的各种气体，以避免它们造成缺陷。排气结构既可以是排气槽，也可以是模腔附近的一些配合间隙。例如，图 4-1 中就没有开设排气槽，但它可以利用分型面之间的间隙排气。

7) 冷却加热装置

在注射模中设置这种系统的目的，是为了满足注射成型工艺对模具温度的要求，以保证塑料熔体的充模和制品的固化定型。如果成型工艺需要对模具进行冷却，一般可在模腔周围开设由冷却水道 6 组成的冷却水循环回路。如果成型工艺需要对模具进行加热，则模腔周围必须开设热水或热油、蒸汽等一类加热介质的循环回路，或者是在模腔周围设置电加热元件。

8) 支承零部件

这类零部件（零件 13~17）在注射模中主要用来安装固定或支承成型部件等上述七种功能结构，将支承零部件组装在一起，可以构成模具的基本骨架。

根据注射模中各零部件与塑料的接触情况，注射中所有零部件也可以分为成型零部件和结构零部件两大类型。其中，成型零部件是指与塑料接触，并构成模腔的各种模具零部件；结构零部件则负责模具具有支承、导向、排气、顶出制品、侧向抽芯、侧向分型、温度调节及引导塑料熔体向模腔流动等功能作用或功能运动。在结构零部件中，上述的合模导向机构与支承零部件合称为基本结构零部件，因为二者组装起来之后，可以构成注射模架。任何注射模都可以这种模架为基础，再添加成型零部件和其他必要的功能结构来形成。

4.1.3 注射模的分类

注射模的分类方法很多。

（1）按其所用注射机的类型，可分为立式注射模、卧式注射模和直角式注射模；

（2）按注射模具总体结构特征，可分为单分型面注射模、双分型面注射模、带有活动成型零部件的注射模、带有侧向分型与抽芯机构的注射模、带有自动卸螺纹机构的注射模



和定模侧设有顶出脱模机构的注射模；

(3) 按其塑料的品种，可分为热塑性塑料注射模与热固性塑料注射模；

(4) 按注射机类型，可分为立式注射机用模具、卧式注射机用模具以及角式注射机用模具；

(5) 按成型技术，可分为普通注射模、精密注射模、双色注射模、气辅成型注射模等；

(6) 按照浇注系统的形式，可分为普通浇注系统注射模和热流道浇注系统注射模。

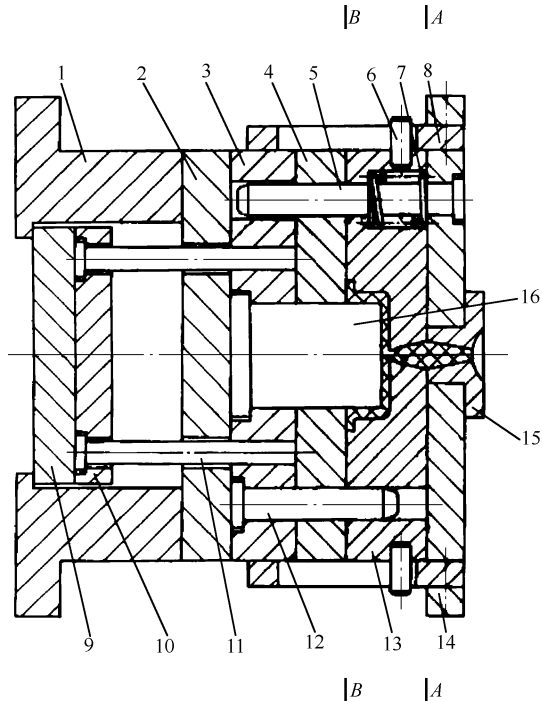
4.1.4 典型模具结构的认识

1. 单分型面注射模

单分型面注射模也叫做两板式注射模，它是注射模中最简单的一种结构形式。这种模具只有一个分型面，其典型结构见图 4-1。合模后，动、定模组合成型腔，主流道在定模一侧，分流道及浇口在分型面上，动模侧设有推出机构，用以推出塑件和浇注系统凝料。

2. 双分型面注射模

具有两个分型面，如图 4-2 所示。 AA 为第一分型面，分型后浇注系统凝料由此脱出； BB 为第二分型面，分型后塑件由此脱出。与单分型面注射模比较，双分型面注射模在定模部分增加了一块可以局部移动的中间板，所以也叫三板式（动模板、中间板、定模板）注射模。双分型面注射模常用于点浇口进料的单型腔或多型腔的注射模具，开模时，中间板在定模的导柱上与定模板做定距分离，以便在这两块模板之间取出浇注系统凝料。



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—推板；10—推杆固定板；11—推杆；12—导柱；13—中间板；14—定模板；15—浇口套；16—型芯

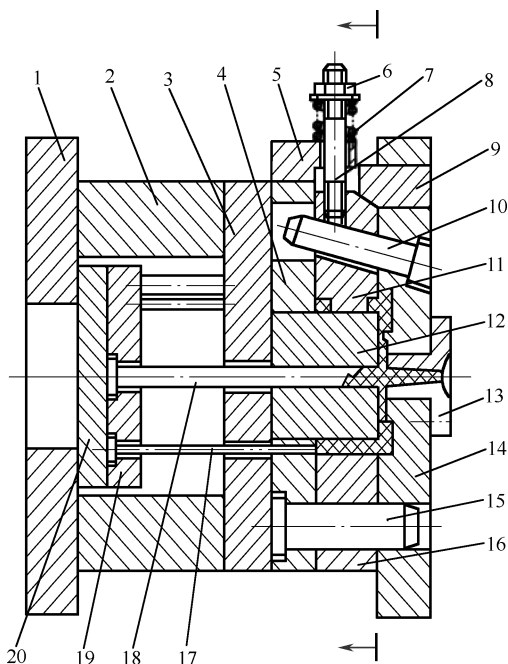
图 4-2 双分型面注射模



图 4-2 中, 开模时, 注射机开合模系统带动动模部分后移。由于弹簧 7 的作用, 模具首先在 A 分型面分型, 中间板 13 随动模一起后移, 主流道凝料随之拉出。当动模部分移动一定距离后, 固定在中间板 13 上的限位销 6 与定距拉板左端接触, 使中间板停止移动。动模继续后移, B 分型面分型。因塑件包紧在型芯 16 上, 这时浇注系统在浇口处自行拉断, 然后在 A 分型面之间自行脱落或由人工取出。动模部分继续后移, 当注射机的推杆接触推板 9 时, 推出机构开始工作, 推件板 4 在推杆 11 的推动下将塑件从型芯上推出, 塑件在 B 分型面之间自行落下。

3. 斜导柱侧向分型与抽芯注射模

图 4-3 所示为斜导柱侧向抽芯注射模, 其中的侧向抽芯机构由斜导柱 10 和侧型芯滑块 11 所组成, 此外还有楔紧块 9、挡块 5、滑块拉杆 8、弹簧 7 等一些辅助零件。



1—动模座板; 2—垫块; 3—支承板; 4—动模板; 5—挡块; 6—螺母; 7—弹簧; 8—滑块拉杆;
9—楔紧块; 10—斜导柱; 11—侧型芯滑块; 12—型芯; 13—浇口套; 14—定模座板; 15—导柱;
16—定模板; 17—推杆; 18—拉料杆; 19—推杆固定板; 20—推板

图 4-3 斜导柱侧向抽芯注射模

开模时, 动模部分向左移动, 开模力通过斜导柱 10 作用于侧型芯滑块 11, 迫使其在动模板 4 的导滑槽内向外滑动, 直至滑块与塑件完全脱开, 完成侧向抽芯动作。侧滑块由于弹簧 7、滑块拉杆 8 的作用而紧靠于挡块 5 进行定位。这时塑件包在型芯 12 上随动模继续后移, 直到注射机顶杆与模具推板接触, 推出机构开始工作, 推杆将塑件从型芯上推出。合模时, 复位杆使推出机构复位, 斜导柱使侧型芯滑块向内移动复位, 最后楔紧块锁紧。

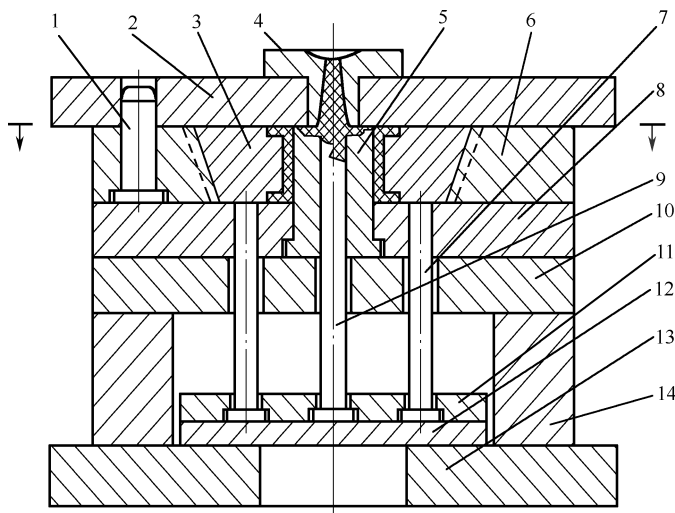
4. 斜滑块侧向分型注射模

图 4-4 所示是斜滑块侧向分型注射模。开模时, 动模部分向下移动, 塑件包在型芯 5 上



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

一起随动模后移，拉料杆将主流道凝料从浇口套中脱出。当注射机顶杆与推板接触时，推杆 7 将斜滑块 3 及塑件从动模板 6 中推出，此后，斜滑块在推出的同时在动模板的导滑槽内向两侧移动分型，塑件便会从滑块中脱出。合模时，定模座板 2 迫使斜滑块推动推出机构复位。

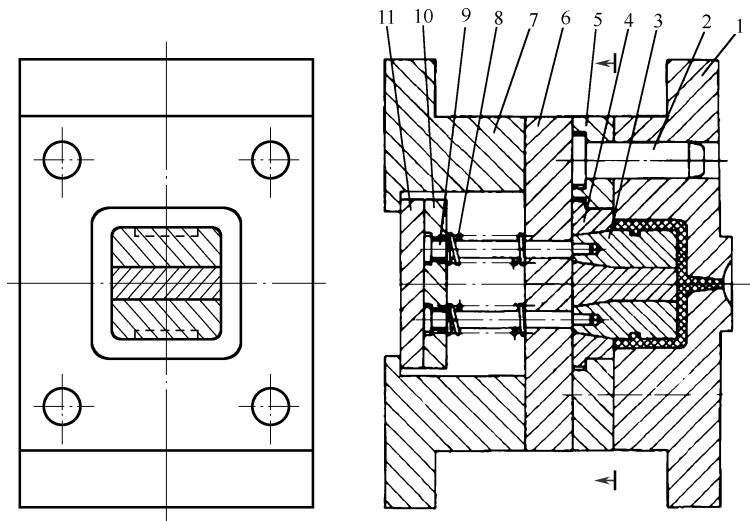


1—导柱；2—定模座板；3—斜滑块；4—浇口套；5—型芯；6—动模板；7—推杆；8—型芯固定板；
9—拉料杆；10—支承板；11—推杆固定板；12—推板；13—动模座板；14—垫块

图 4-4 斜滑块侧向分型注射模

5. 带有活动镶件的注射模

图 4-5 所示是带有活动镶件的注射模。开模时，塑件包在型芯 4 和活动镶件 3 上，随动模部分向左移动而脱离定模板 1，分型到一定距离，推出机构开始工作，设置在活动镶件 3



1—定模板；2—导柱；3—活动镶件；4—型芯；5—动模板；6—支承板；
7—支架；8—弹簧；9—推杆；10—推杆固定板；11—推板

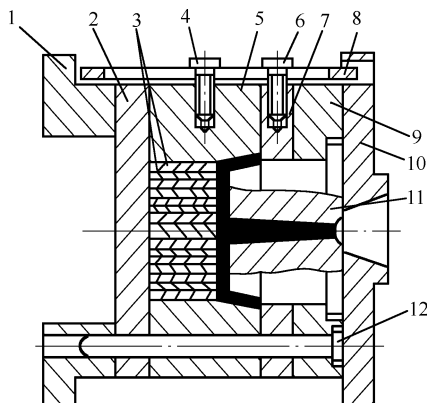
图 4-5 带有活动镶件的注射模



上的推杆 9 将活动镶件连同塑件一起推出型芯脱模，由人工将活动镶件从塑件上取下。合模时，推杆在弹簧 8 的作用下复位，推杆复位后动模板停止移动，然后人工将活动镶件重新插入定位孔中，再合模后，进行下一次的注射动作。

6. 定模一侧设推出机构的注射模

通常模具开模后，要求塑件留在有推出机构的动模一侧，但有时由于某些塑件的特殊要求或受形状限制，为此，应在定模一侧设置推出机构。如图 4-6 所示，开模后塑件（牙刷）留在定模上，待分型到一定距离后，由动模通过定距拉板 8、螺钉 6 等带动定模一侧的推板 7，将塑件从定模的型芯上脱出。



1—支架；2—支承板；3—成型镶件；4—螺钉；5—动模板；6—螺钉；
7—推板；8—定距拉板；9—定模板；10—定模座板；11—型芯；12—导柱

图 4-6 定模一侧设推出机构的注射模

7. 热固性塑料注射模

热固性塑料的注射成型是近 30 年来得到迅速发展的新工艺，它具有成型周期短、生产率高、塑件质量好、自动化程度高等特点。

热固性塑料注射成型时，模具安装在专用的热固性塑料注射成型机上，工作时由注射机的锁模机构锁紧。塑料在料筒内用低温加热和螺杆转动时的摩擦热塑化成熔融状态，然后在螺杆的压力作用下将熔融塑料通过注射机喷嘴和浇注系统注入模具型腔。由于模具已加热到预定温度，因此熔融塑料在型腔内发生化学变化，最后固化成型。塑件成型后在开模时由推出机构脱模。

热固性塑料注射模结构与热塑性塑料注射模结构类似，包括浇注系统、凹模、型芯、导向机构、推出机构、侧抽芯机构等，如图 4-7 所示。但其与热塑性塑料注射模也不尽相同，主要存在以下差异。

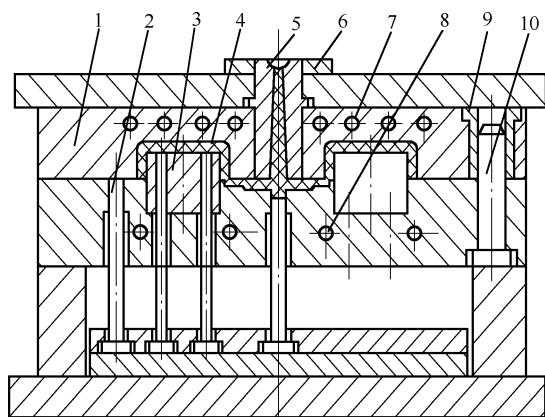
1) 浇注系统

因热固性塑料成型时在料筒内没有加热到足够的温度，因此希望主流道的截面积要小一些以增加摩擦力，一般主流道的锥角为 $2^{\circ} \sim 4^{\circ}$ 。为提高分流道的表面积以利于传热，一般采用圆形或梯形截面的分流道，分流道在相同截面积的情况下其深度可适当取小些。浇口的类型及位置选择原则和热塑性塑料注射模基本相同，即点浇口尺寸不宜太小，一般不



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

小于 1.2mm，侧浇口的深度在 0.8~3mm 内选取，以防止熔体温度升高过大，加速化学反应进行，使黏度上升，充型发生困难。



1—定模板；2—复位杆；3—凸模；4—推杆；5—浇口套；6—定位圈；7、8—电热棒孔；9—导套；10—导柱

图 4-7 热固性塑料注射模结构

2) 推出机构

热固性塑料由于熔融温度比固化温度低，在一定的成型条件下物料的流动性好，可以流入细小的缝隙中而成为飞边，因此，制造时应提高模具合模精度，避免采用推板推出机构，同时尽量少用镶拼零件。

3) 型腔位置布排

型腔位置布排时，在分型面上的投影面积的中心应尽量与注射机的合模力中心相重合。由于自然对流，热空气会由下向上运动，所以热固性塑料注射模型腔上下位置温度差别很大，实测表明上面部分吸收的热量与下面部分可相差两倍。因此，为了改善这种情况，多型腔面布置时应尽量缩短上下型腔之间的距离。

4) 模具材料

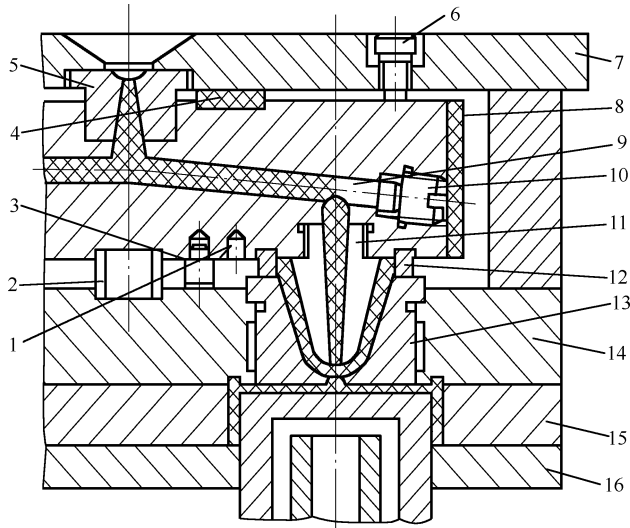
热固性塑料注射模的成型零件因受塑料中填料的冲刷作用，需要采用耐磨性较好的材料制造，同时需较低的表面粗糙度，成型部分镀铬，以防止腐蚀。

8. 热流道注射模

利用加热或者绝热以及缩短喷嘴至模腔距离等方法，使浇注系统里的熔料在注射和开模过程中始终保持熔融状态，在开模时只需取出塑件无须取出浇注系统凝料而又能连续生产的模具，叫做热流道模具，也称无流道模具。根据对模具浇注系统采用的绝热或加热等措施，热流道注射模具分为绝热流道注射模和热流道注射模。

从原理上讲，只要模具设计与塑料性能相符合，几乎所有的热塑性塑料都可以采用无流道注射成型，但目前在无流道注射成型中应用最多的是 PE、PP、PS 等。

外加热式多型腔热流道注射模如图 4-8 所示。其特点是在模具内设有热流道板，主流道与分流道的截面多为圆形，直径为 5~15mm，热流道板上钻有孔，孔内插入管式加热器，使流道内的塑料在工作过程中始终保持熔融状态。热流道板利用绝热材料或利用空气间隙与模具的其余部分隔热。



1—热电偶测温孔；2—定位环；3—支承柱；4—石棉垫圈；5—主流道浇口套；6—定位螺钉；7—定模座板；8—加热圈；9—堵头；10—紧定螺钉；11—二级喷嘴；12—浇口套；13—浇口板；14—浇口板固定板；15—定模型腔板；16—推件板

图 4-8 外加热式多型腔热流道注射模

任务实施

塑料壳体 and 塑料防护罩的成型模具结构与模具结构中的其他设计内容关联较多，因而放在后面章节再介绍。

习题与思考 5

1. 典型注射模具一般由哪些部分组成？这些部分的作用是什么？
2. 单分型与双分型在结构上有什么区别？

任务 4.2 塑料壳体 and 塑料防护罩成型模具工艺系统设计

相关知识点

- (1) 注射模具型腔数量的确定与分布方法；
- (2) 注射模具的浇注系统及排气系统设计。

相关技能点

- (1) 掌握型腔数量的确定方法；
- (2) 能够合理选择分型面位置；



- (3) 能够熟练地设计浇注系统;
- (4) 会给模具设计合理的进、排气系统。

任务引入

注射模具的成功与否主要取决于工艺系统的设计。工艺系统的设计主要包括型腔数量的取舍、产品分型面位置的确定、浇注系统以及排气与进气系统的设计。但是影响模具工艺系统设计的因素很多,如何正确设计,本任务将以塑料壳体和塑料防护罩的工艺设计为载体,介绍模具工艺系统的设计。

4.2.1 塑料制品分型面位置的选定

分开模具取出制品的界面称为分型面,注射模的分型面常常是其定模和动模两部分的接触面或瓣合式模具结构的瓣合面。分型面的类型、形状及位置选择得是否恰当,设计得是否合理,在注射模设计工作中非常重要。它们不仅直接关系到模具结构的复杂程度,而且对制品的注射成型质量和生产操作等问题都有影响。

1. 分型面的基本形式

注射模具有的只有一个分型面,有的有多个分型面。在多个分型面的模具中,将脱模时取出塑件的那个分型面称为主分型面。分型面可能垂直于合模方向或倾斜于合模方向,也可能平行于合模方向。

分型面的形状有平面、斜面、阶梯面、曲面和瓣合分型面,如图4-9所示。

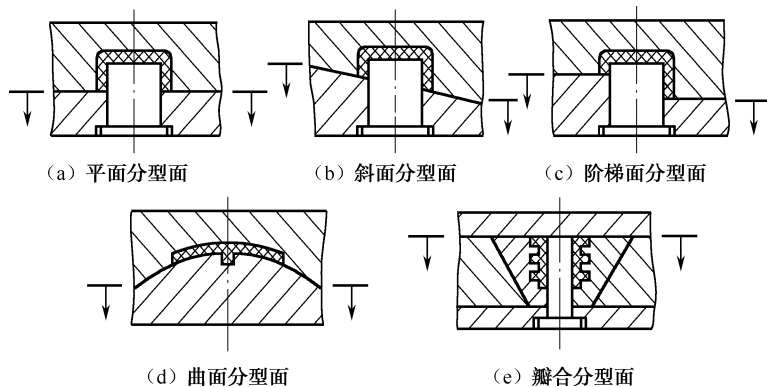


图4-9 分型面的形状

在模具的装配图上,分型面的标示一般采用如下方法:当模具分型时,若分型面两边的模具都移动,用“ \leftrightarrow ”表示;若其中一方不动,另一方移动,用“ \rightarrow ”表示,箭头指向移动的方向;多个分型面应按分型的先后次序,标示出“A”、“B”、“C”等。

2. 选择分型面的原则

1) 应选在塑件外形最大轮廓处

当已初步确定塑件的脱模方向后,其分型面应选在塑件外形最大轮廓处,即通过该方



向上塑件的截面积最大，否则塑件无法从型腔中脱出。

2) 应有利于塑件脱模

分型面的选择应尽可能保证塑件在开模后滞留在动模一侧，从而有利于把顶出脱模机构设置在动模中，使它们在注射机合模系统作用下工作。如果塑件滞留在定模一侧，那么就必须在定模中设置顶出脱模机构，从而增加模具的复杂程度。如图 4-10 (a) 所示，在分型后，由于塑件收缩包紧在型芯上的原因而留在定模，这样就必须在定模部分设置推出机构，从而增加了模具复杂性；若按图 4-10 (b) 所示分型，分型后塑件留在动模，利用注射机的顶出装置和模具的推出机构即可容易地推出塑件。

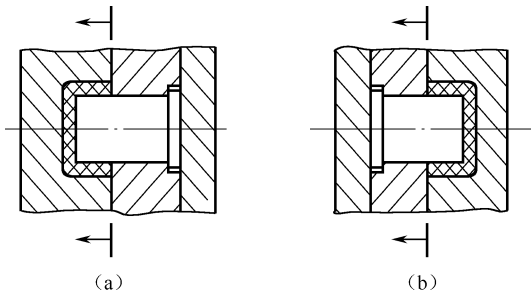
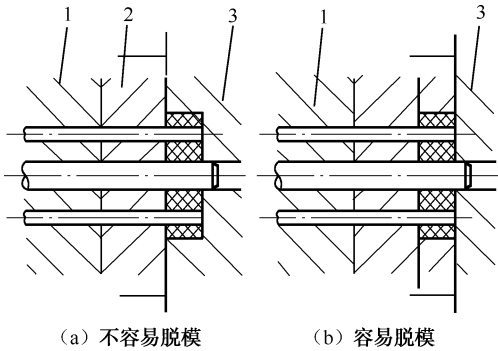


图 4-10 分型面对脱模的影响

然而即使选择的分型面位置可使塑件滞留在动模一侧，因分型面位置的不同，仍对脱模的难易和模具结构的复杂程度有影响。如图 4-11 所示，两者在开模时都可留于动模一侧，按图 4-11 (b) 所示分型，只要在动模上设置一个简单的脱模板机构，塑件就可以很容易地从型芯上脱下；如按图 4-11 (a) 所示分型，若各孔之间的距离很小，则顶出脱模机构很难设置，即使能够设置，塑件也很容易在顶出脱模过程中产生翘曲变形。



(a) 不容易脱模 (b) 容易脱模

1—动模；2—推件板；3—定模

图 4-11 分型面对脱模难度的影响

3) 应保证塑件的质量

如果精度要求较高的塑件被分型面分割，则会因为合模不准确造成较大的形状和尺寸偏差，达不到预定的精度要求。如图 4-12 所示，由于 D 与 d 有同轴度要求，故应采用图 4-12 (a) 所示结构，而不采用图 4-12 (b) 所示的结构，因为后者不易保证 D 与 d 的同轴度要求。



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

分型面应尽可能选在不影响塑件外观和产生飞边容易修整的部位。如图 4-12 (c) 所示的结构合理，而图 4-12 (d) 所示结构就有损塑件表面质量。

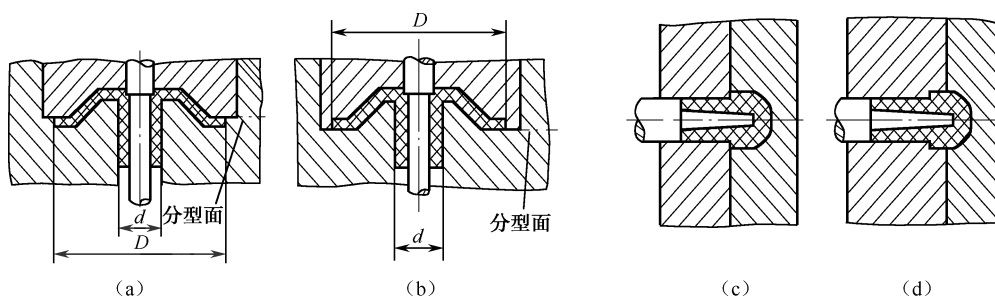


图 4-12 分型面对塑件质量的影响

4) 应有利于排气

为便于排气，分型面应尽可能与充填型腔的塑料熔体料流末端重合，如图 4-13 (a)，(c) 所示结构合理，而图 4-13 (b)，(d) 所示结构欠妥。

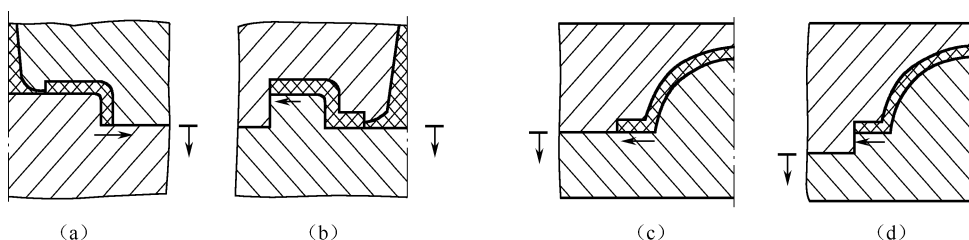


图 4-13 分型面对排气的影响

5) 应便于模具的加工制造

若采用如图 4-14 (a) 所示的水平分型面，推管端部为阶梯形，且要与定模型腔配合接触，模具制造难度大；如果采用图 4-14 (b) 所示的阶梯分型面，则可采用阶梯面脱模板，相对于阶梯推管来讲加工容易。

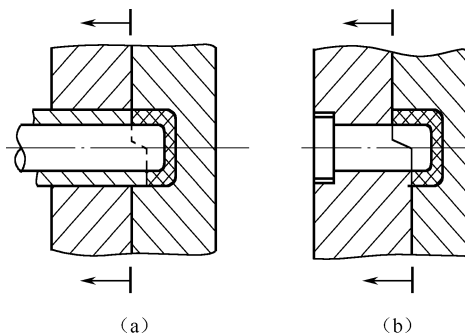


图 4-14 分型面对模具制造的影响

6) 应有利于侧向分型和抽芯

如果塑件有侧孔或侧凹，则应尽量将侧型芯设在动模部分，以便于抽芯（见图 4-15 (a)）；如侧型芯设在定模部分（见图 4-15 (b)），则抽芯比较麻烦。



此外，机动抽芯机构的抽拔距离较小，所以在选择分型面时，应将抽芯或分型距离较大的放在开模的方向上，而将抽芯距离较小的放在侧向，如图 4-15 (c) 所示，而图 4-15 (d) 欠妥。

对于大型塑件又需要侧面分型时，应将投影面积大的分型面设在垂直于合模方向上，而把投影面积小的分型面作为侧面分型（见图 4-15 (e)），否则可能由于侧滑块锁紧力不足而产生溢料（见图 4-15 (f)），或者为防止溢料而将侧滑块锁紧机构做得很大。

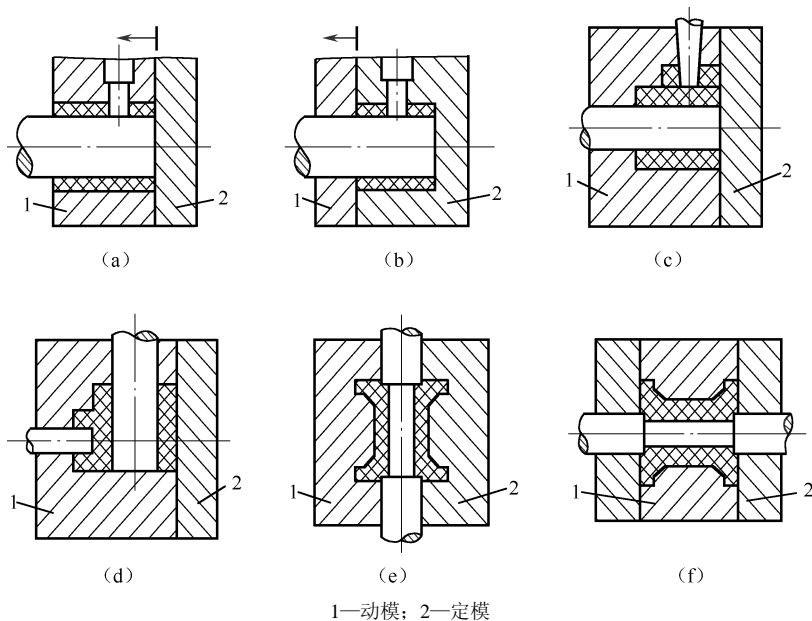


图 4-15 分型面对侧向分型与抽芯的影响

7) 应考虑注射机的技术参数

注射机一般都规定其许用的最大注射面积，如果型腔在分型面上的投影面积接近或超过此面积，就有可能产生溢料现象，如图 4-16 中的弯板制品，采用图 4-16 (a) 所示的分型面时易发生溢料，可改用图 4-16 (b) 所示的分型面。

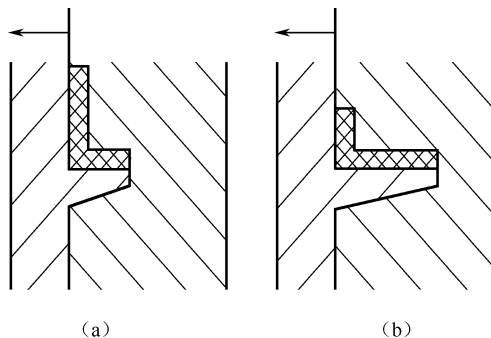


图 4-16 分型面对塑件投影面积的影响

对于高度较大的塑件，为了取出塑件所需要的开模距离必须小于注射机的最大开模距离。



项目 4 塑料注射成型工艺的模具设计

在实际设计中，对于某一塑件，以上分型面选择原则有时可能发生矛盾，不能全部符合，则应根据实际情况，以满足主要要求为宜。

4.2.2 模具型腔数量的确定与排列方法

1. 型腔数量的确定

模具型腔数量的确定主要有单型腔和多型腔之分，它的确定主要根据注射机的生产能力和生产效率以及其经济性，首先必须保证塑件的质量和精度。常见的型腔确定方法可参考表 4-1。

表 4-1 型腔数量的确定方法

序 号	依 据	方 法
1	根据注射量	$n \leq \frac{KM_{\max} - M_j}{M_i}$ <p>式中 n——每副模具中的型腔的数目，个； M_{\max}——注射机最大注射量，cm^3 或 g； M_j——浇注系统凝料及飞边体积或质量，cm^3 或 g； M_i——单个塑件的体积或质量，cm^3 或 g； K——最大注射量的利用系数，一般取 0.8</p>
2	根据锁模力	$n \leq \frac{F/P - A_i}{A_j}$ <p>式中 F——注射机的额定锁模力，N； P——塑料熔体对型腔的平均成型压力，MPa； A_i——单个塑件在分型面上的投影面积，mm^2； A_j——浇注系统在分型面上的投影面积，mm^2</p>
3	根据塑件精度	<p>生产经验认为，每增加一个型腔，塑件的尺寸精度将降低 4%，为了满足塑件尺寸精度需要，型腔数目为</p> $n \leq 2500 \frac{\delta}{L\Delta_s} - 24$ <p>式中 L——塑件基本尺寸，mm； δ——塑件的尺寸公差，mm，为双向对称偏差标注； Δ_s——单腔模注射时塑件可能产生的尺寸误差的百分比。</p> <p>其数值对聚甲醛为$\pm 0.2\%$，聚酰胺-66 为$\pm 0.3\%$，对 PE、PP、PC、ABS 和 PVC 等塑料为$\pm 0.05\%$。成型高精度制品时，型腔数不宜过多，通常推荐不超过 4 腔，且必须采用平衡布置分流道的方式，因为多型腔难以使各型腔的成型条件均匀一致</p>
4	根据经济性	$n = \sqrt{\frac{NYt}{60C_1}}$ <p>式中 C_1——每一个型腔所需承担的模具费用，元/个； N——计划生产的制品总件数，个； Y——每小时注射成型加工费，元/h； t——成型周期，h</p>



在多型腔模具的设计中，模具型腔数目必须取整数值（切勿将计算结果 4 舍 5 入，只能取小值），此外，还应注意模板尺寸、脱模结构、浇注系统、冷却系统等方面的限制。

大型薄壁塑件、深腔类塑件、需三向或四向长距离抽芯塑件等，为保证塑件成型，通常只采用一模一腔；回转体类零件常采用直接浇口、盘形浇口、轮辐式或爪形浇口成型，这类浇口用在普通浇注系统的模具中，模腔数量也只能是一模一腔。

2. 多型腔的排列

多型腔的排列就是塑件的排位，是指根据客户要求，将所需的一种或多种塑件按合理注射工艺、模具结构进行排列。塑件排位与模具结构、塑料工艺性相辅相成，并直接影响到后期的注射工艺。排位时必须考虑相应的模具结构，在满足模具结构的条件下调整排位。型腔布置时应注意如下几点。

（1）设计时尽可能采用平衡式排列，以便构成平衡式浇注系统，确保塑件质量的统一和稳定。

（2）型腔布置和浇口开设部位应力求对称，以防止模具承受偏载而影响塑件质量。图 4-17（b）所示的布局优于图 4-17（a）所示的布局。

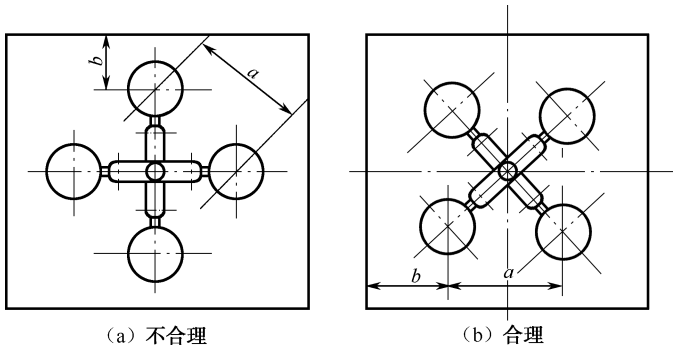


图 4-17 型腔排列需紧凑

（3）尽量使型腔排列紧凑一些，以减小模具的外形尺寸，节省模具钢材，减轻模具重量。

（4）型腔的圆形排列有利于浇注系统的平衡。因此，除圆形制品和一些高精度制品外，在一般情况下常用直线和 H 形排列，见图 4-18 和图 4-19。

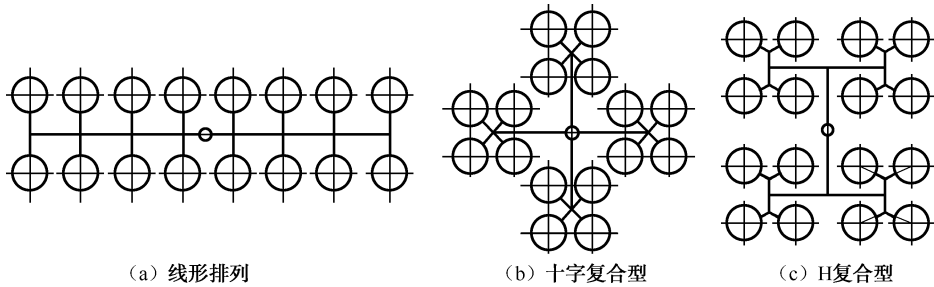


图 4-18 一模 16 腔的三种排列方式

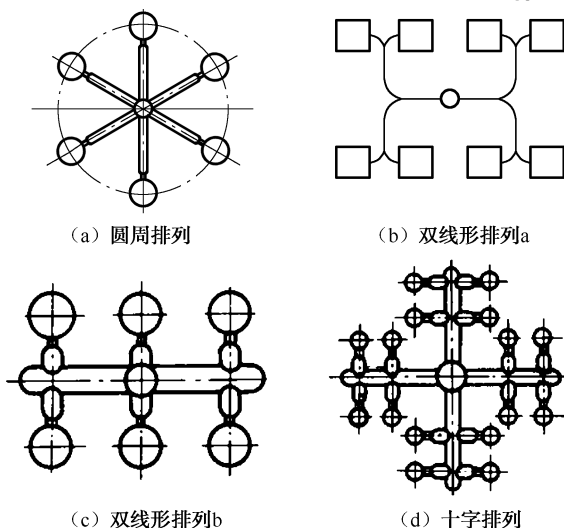


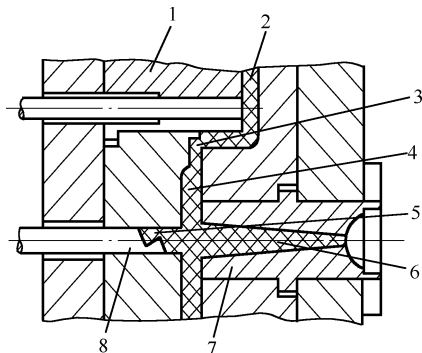
图 4-19 一模 6、8、16 腔排列方式

4.2.3 塑料制品浇注系统的组成及设计原则

浇注系统是指塑料熔体从注射机喷嘴出来后，到达型腔之前在模具中所流经的通道。其作用是将熔体从喷嘴平稳地引进型腔，并在熔体充模和固化定型过程中，将注射压力和保压力充分传递到型腔的各个部位，以获得组织致密、外形清晰、表面光洁和尺寸精确的塑料制品。浇注系统可分为普通浇注系统和无流道凝料浇注系统。

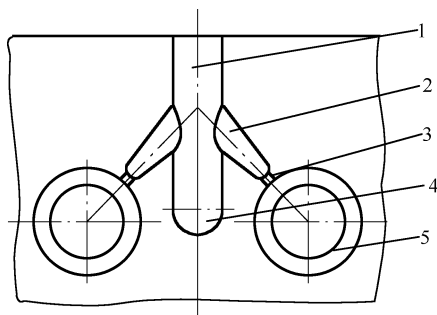
1. 浇注系统的组成

浇注系统一般由主流道、分流道、浇口、冷料穴四部分组成。图 4-20 所示为卧式注射机用模具的普通浇注系统；图 4-21 所示为直角式注射机用模具的普通浇注系统。



1—型芯；2—塑件；3—浇口；4—分流道；
5—冷料穴；6—主流道；7—浇口套；8—拉料杆

图 4-20 卧式注射机用模具的普通浇注系统



1—主流道；2—分流道；3—浇口；
4—冷料穴；5—型腔

图 4-21 直角式注射机用模具的普通浇注系统

2. 浇注系统设计的基本原则

(1) 适应塑料的工艺性。了解被成型塑料熔体的流动特性以及温度、剪切速率对黏度的影响等，以保证浇注系统适应塑料的成型性能，保证成型塑件的质量。



(2) 排气良好。浇注系统应能顺利地引导塑料熔体充满型腔的各个部位,使浇注系统及型腔中原有的气体能有序地排出,避免充填过程中产生紊流或涡流,也避免因气体积存而引起凹陷、气泡、烧焦等塑件的成型缺陷。

(3) 流程应尽量短。在满足成型和排气的前提下,系统长度应尽量短,各段应尽量平直,从而减小注射压力和熔体的热量损失,并缩短熔体充模时间。另外有利于减少塑料消耗,提高熔接痕强度。

(4) 防止型芯变形和嵌件位移。应尽量避免塑料熔体直接冲击细小型芯和嵌件,以防止熔体的冲击力使细小型芯变形或嵌件位移。

(5) 整修应尽量方便。为了方便修整并无损塑件外观和使用性能,浇注系统在模具中的位置和形状,尤其是浇口的位置和形状应尽量根据塑件的形状和使用要求确定。

(6) 防止塑件变形和翘曲。由于冷却收缩的不均匀性或需要采用多浇口进料时,浇口收缩等原因可能引起塑件变形,设计时应采取适当的浇注系统和浇口位置以减小或消除塑件变形。

(7) 浇注系统在分型面上的投影面积应尽量小,容积也应尽量小。这样既能减少塑料量,又能减小所需锁模力。

(8) 浇注系统的位置尽量与模具的轴线对称,浇注系统与型腔的布置应尽量减小模具的尺寸。

4.2.4 塑料制品浇注工艺系统的设计

1. 主流道

主流道是指浇注系统中从注射机喷嘴与模具接触处开始到分流道为止的塑料熔体的流动通道。按主流道的轴线与分型面的关系,浇注系统有直浇注系统和横浇注系统。在卧式和立式注射机中,主流道轴线垂直于分型面,属于直浇注系统;在直角式注射机中,主流道轴线平行于分型面,属于横浇注系统。

浇注系统设计内容包括主流道本身的设计及其浇口套和定位环设计等工作。

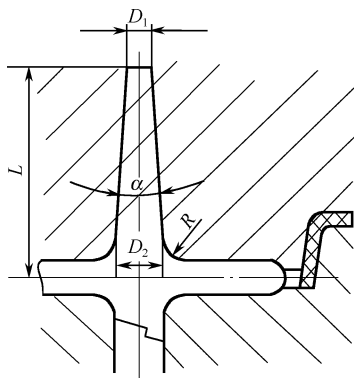


图 4-22 主流道几何形状和尺寸

直浇注系统主流道几何形状和尺寸如图 4-22 所示,其截面一般为圆形,设计时应注意下列事项:

(1) 主流道一般位于模具中心线上,且应当注意和注射机喷嘴的对中问题,因对中不良产生的误差容易在喷嘴和主流道进口处造成漏料或积存冷料,并因此妨碍主流道凝料脱模。为了解决对中误差并解决凝料脱模问题,主流道进口端直径一般都要比注射机喷嘴出口直径大 $0.5 \sim 1\text{mm}$ 。

(2) 主流道截面直径必须恰当。主流道一般设计得比较粗大,以利于熔体顺利地向分流道流动,但不能太大,否则会造成塑料消耗增多,反之主流道也不宜过小,否则熔体流动阻力增大,压力损失大,对充模不利。通常主流道进口端

截面直径取 $4 \sim 8\text{mm}$,对于黏度大的塑料或尺寸较大的塑件,主流道截面尺寸应设计得大一些;对于黏度小的塑料或尺寸较小的塑件,主流道截面尺寸设计得小一些。



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

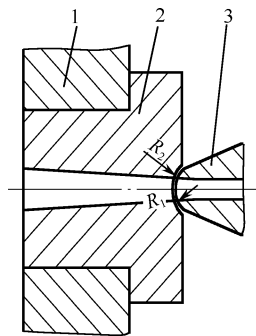
(3) 为便于取出主流道凝料, 主流道应呈圆锥形, 锥角 α 取 $2^\circ \sim 4^\circ$, 对流动性差的塑料可取到 $6^\circ \sim 10^\circ$ 。

(4) 主流道出口端应有圆角, 圆角半径 R 取 $0.3 \sim 3\text{mm}$ 。

(5) 主流道表壁的表面粗糙度应小于 $Ra\ 0.63 \sim 1.25\mu\text{m}$ 。

(6) 在保证制品成型的条件下, 主流道长度应尽量短, 以减少压力损失和废料量。如果主流道过长, 则会使塑料熔体的温度下降而影响充模。通常, 主流道长度可小于或等于 60mm 。

(7) 主流道进口端与喷嘴头部应做成凹下的球面, 以便与喷嘴头部的球面半径匹配 (见图 4-23), 否则容易造成漏料, 给脱卸主流道凝料造成困难。通常要求主流道进口端凹下的球面半径 R_2 要比喷嘴球面半径 R_1 大 $1 \sim 2\text{mm}$, 凹下深度为 $3 \sim 5\text{mm}$ 。



1—定模座板; 2—主流道衬套; 3—喷嘴

图 4-23 注射机喷嘴与主流道衬套球面接触 ($R_2 > R_1$)

2. 浇口套、定位环的设计

由于注射成型时主流道要与高温塑料熔体和注射机喷嘴反复接触和碰撞, 所以一般都不将主流道直接开在定模上, 而是将它单独开设在一个嵌套中, 然后将此套再嵌入定模内, 该嵌套称为浇口套。采用浇口套后, 不仅给主流道的加工和热处理以及衬套本身的选材等工作带来很大方便, 而且在主流道损坏后也便于修磨或更换。定位环与注射机定模固定板中心的定位孔相配合, 其作用是为了使主流道与喷嘴和机筒对中。

常用浇口套的结构形式如图 4-24 所示。其中图 4-24 (a) 中把浇口套与定位环设计成整体的形式, 用螺钉固定于定模座板上, 一般只用于小型注射模; 图 4-24 (b), (c) 所示为把浇口套与定位环设计成两个零件的形式。

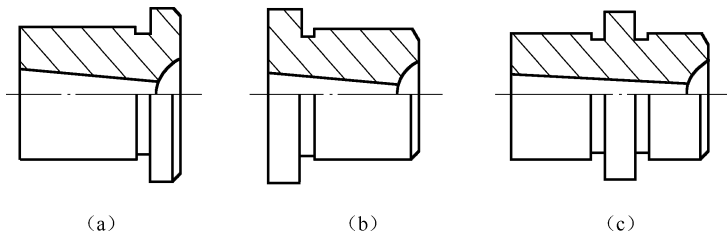


图 4-24 浇口套的结构形式

浇口套与模板、浇口套与定位环的配合固定形式如图 4-25 所示。定位环与定位孔的配合长度可取 $8 \sim 10\text{mm}$, 对于大型模具可取 $10 \sim 15\text{mm}$ 。

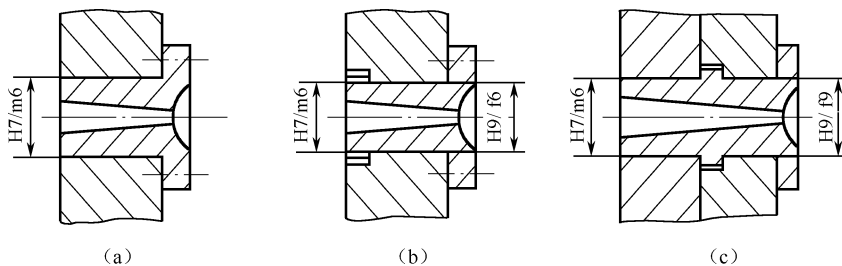


图 4-25 浇口套的固定形式



3. 分流道

在设计多型腔或者多浇口的单型腔的浇注系统时，应设置分流道。其作用是改变熔体流向，使其以平稳的流态均衡地分配到各个型腔。设计时应注意尽量减少流动过程中的热量损失与压力损失。

设计分流道时，应注意下列事项：

(1) 分流道的形状与尺寸。分流道开设在动、定模分型面的两侧或任意一侧，其截面形状应尽量使其比表面积小，以减少热量损失。常用分流道截面形式有圆形、梯形、U形、半圆形及矩形等几种形式，如图 4-26 所示。

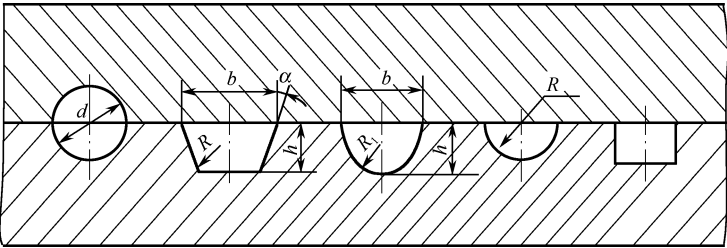


图 4-26 分流道的截面形状

圆形截面的比表面积最小，但需开设在分型面的两侧，而且上、下两部分必须互相吻合，所以加工困难；梯形及 U 形截面分流道加工较容易，且热量损失与压力损失均不大，为最常用形式，其截面尺寸可参考表 4-2 设计；半圆形及矩形截面分流道因为比表面积较大，一般不常用；圆形截面分流道直径 d 一般取 $2\sim 12\text{mm}$ ，一般比主流道的大端小 $1\sim 2\text{mm}$ 。

表 4-2 梯形和 U 形分流道截面尺寸 (mm)

主流道直径		5	6	7	8	9	10	11	12
	h	3.5	4	5	5.5	6	7	8	9
	b	5	6	7	8	9	10	11	12
	h	5	6	7	8	9	10	11	12
	R	2.5	3	3.5	4	5.5	5	5.5	6

(2) 分流道的长度。分流道的长度应尽可能短，且弯折少，以便减少压力损失和热量损失。当分流道设计得比较长时，其末端应有冷料穴，以防前锋冷料堵塞浇口或进入模腔，造成充模不足或影响塑件的熔接强度。

(3) 分流道的表面粗糙度。由于分流道中与模具接触的外层塑料迅速冷却，只有内部的熔体流动状态比较理想，因此分流道表面粗糙度不能太低，一般为 $Ra\ 1.6\mu\text{m}$ 左右，这可



增加对外层塑料熔体的流动阻力，使外层塑料冷却皮层固定，形成绝热层。

(4) 分流道的布排。分流道在分型面上的布排与型腔在分型面上的布置形式一致，有平衡式和非平衡式两种。如图 4-27 所示，其中图 4-27 (a)，(b) 所示属平衡式；图 4-27 (c)，(d) 所示为非平衡式。

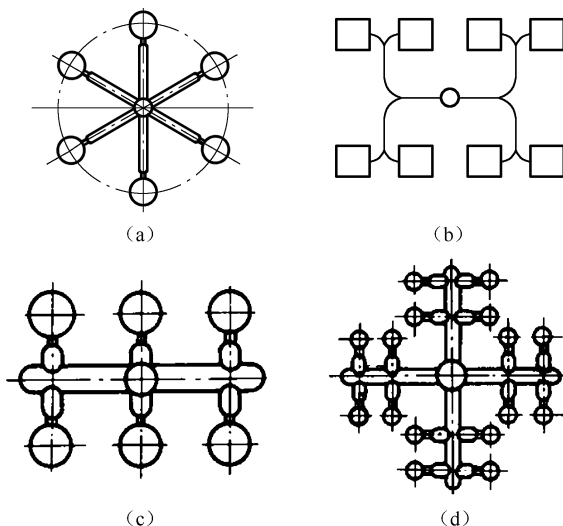


图 4-27 分流道的布排形式

对成型质量要求严格的塑件或是进行精密成型时，浇注系统最好采用平衡式布排。在非平衡布排的浇注系统中，为了使塑料熔体同时达到各个型腔，需要对各段分流道及其相应的浇口截面积和长度分别进行设计。并且在生产过程中，对各段分流道的截面积进行修正，或是修模时对浇口尺寸进行多次调整和修改。即使这样，也不一定能够保证各个浇口同时冻结。

平衡式布局是指分流道长度、截面形状和尺寸都相同。而非平衡式布局是指分流道截面形状的尺寸相同，但分流道长度不同，成型过程中充满型腔有先后，难以实现均衡进料，但能缩短分流道长度。

分流道布排应尽量平衡，使胀模力的中心与注射机锁模力的中心一致；布排应尽量紧凑以缩小模板尺寸。

(5) 分流道与浇口的连接处应采用斜面和圆弧过渡，有利于熔体的流动及填充，不然会使料流产生紊流和涡流，从而使充模条件恶化。

4. 浇口

浇口亦称进料口，是连接分流道与型腔的熔体通道。其基本作用是使从分流道来的熔体产生加速，以快速充满型腔。浇口的设计或选择恰当与否，直接关系到塑件能否被完好地注射成型。

1) 浇口的类型及应用

(1) 直接浇口：又称主流道型浇口，如图 4-28 所示。其特点是，熔体通过主流道直接进入型腔，流程短，进料快，传递压力好，保压补缩作用强，有利于排气和消除熔接痕，



浇注系统耗料少，模具结构简单紧凑，制造方便。但去除不便，且有明显的浇口痕迹，浇口部位热量集中，型腔封口迟，内应力大，易产生气孔和缩孔等缺陷。

采用直接浇口的模具为单型腔模具，适用于成型深腔的壳体形或箱形制品，不宜用于成型平薄或容易变形的制品；适用于各种塑料的注射成型。成型薄壁制品时，根部直径 d 不超过塑件壁厚的两倍。

(2) 中心浇口：当筒类或壳类塑件的底部中心或接近于中心部位有通孔时，可利用该孔设置分流锥，浇口开设在该孔口处，这种类型的浇口称为中心浇口。它实质上是直接浇口的变异形式，如图 4-29 所示。它具有与直接浇口相同的优点，但去除浇口方便，且克服了直接浇口易产生的缩孔、变形等缺陷。

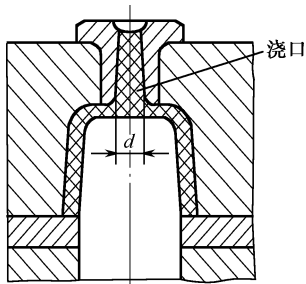


图 4-28 直接浇口的形式

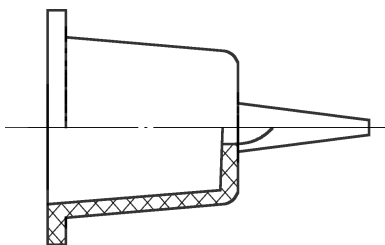


图 4-29 中心浇口的形式

(3) 环形浇口：对型腔充填采用环形进料形式的浇口称为环形浇口，如图 4-30 所示。它的特点是进料均匀，圆周上各处流速大致相等，熔体流动状态好，型腔中的空气容易排出，熔接痕可基本避免。主要用来成型圆筒形或中间带孔的塑件。图 4-30 (a) 所示为内侧进料的环形浇口；图 4-30 (b) 所示为端面进料的环形浇口；图 4-30 (c) 所示为外侧进料的环形浇口。

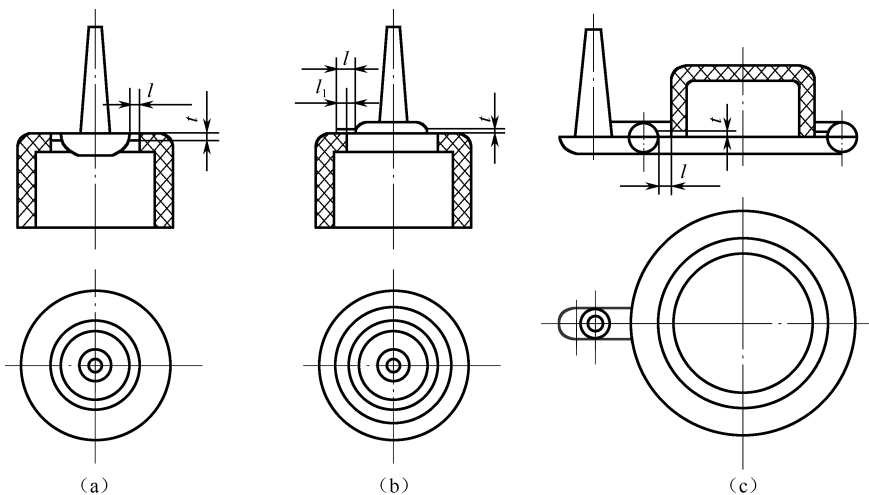


图 4-30 环形浇口的形式

(4) 轮辐式浇口：类似于端面进料的环形浇口，但它将环形浇口的圆周进料改成了几段小圆弧进料，如图 4-31 所示。这种形式的浇口耗料比环形浇口少得多，且去除容易，缺



点是增加了熔接痕。多用于底部有大孔的圆筒或壳型塑件。

(5) 爪形浇口：是轮辐式浇口的一种变异形式，如图 4-32 所示。二者的区别主要是爪形浇口及其所用的分流道方向均与制品的高度方向一致。适用于管状塑件，特别适于成型内孔较小且同轴度要求比较高的细长管状塑件。

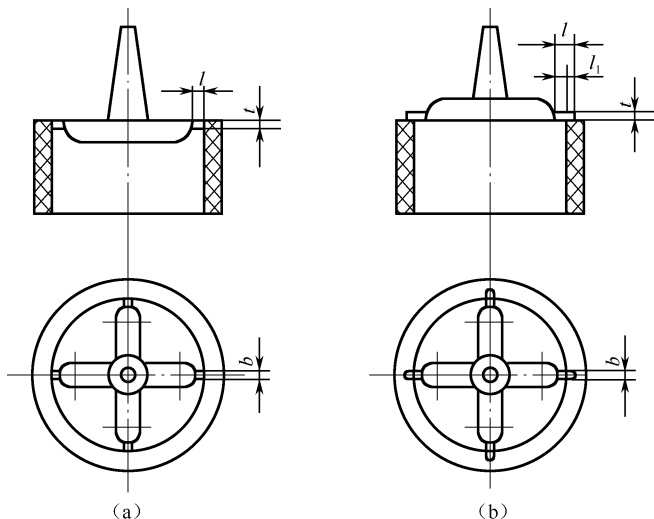


图 4-31 轮辐式浇口的形式

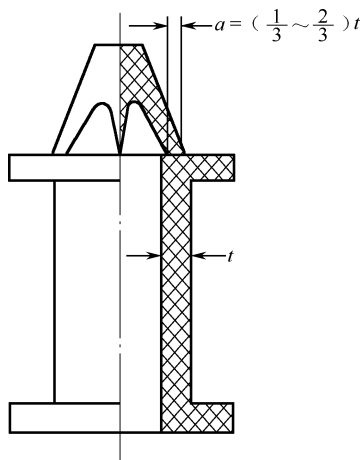


图 4-32 爪形浇口的形式

(6) 点浇口：又称为针点式浇口、橄榄形浇口和菱形浇口等，是一种截面尺寸很小的浇口，俗称小浇口。这种浇口由于前后两端存在较大的压力差，或较大程度地增大塑料熔体的剪切速率并产生较大的剪切热，从而导致熔体的表观黏度下降，流动性增加，有利于型腔的充模。另外，还因为截面尺寸小，故能够在开模时被自动拉断，浇口疤痕很小，不需要修整，且容易实现生产自动化等多种原因，而被广泛应用在多种塑料的单腔、多腔或多浇口注射模中。点浇口的主要缺点是需要较大的注射压力，浇口冻结快，不利于补缩，对厚制件不大适宜。此外，采用多点浇口时模具还必须具有双分型面，以便于取出浇注系统凝料，所以模具结构比单分型面的模具复杂。

点浇口的进料口直径常取 $\phi 0.5 \sim 1.8\text{mm}$ ，视塑料性质和制品质量而定。浇口长度常取 $0.8 \sim 1.2\text{mm}$ 。图 4-33 所示为典型结构，其中图 4-33 (a) 所示为常用结构，在浇口与模腔的接合处应采用倒角或圆弧，以避免浇口在开模拉断时损坏塑件；图 4-33 (b) 中与点浇口相接的流道下部有圆弧 R （一般 $R=1.5 \sim 3\text{mm}$ ），使其截面积增大，减缓塑料冷却速度，有利于补料，效果较好，但制造困难。

(7) 侧浇口：又称为边缘浇口或普通浇口，如图 4-34 所示。侧浇口一般开设在分型面上，塑料熔体从内侧或外侧充填模具型腔，其截面形状多为矩形，改变浇口的宽度与厚度可以调节熔体的剪切速率及浇口的冻结时间。这类浇口可以根据塑件的形状特征选择其位置，加工和修整方便，因此它是应用较广泛的一种浇口形式，普遍用于小型塑件的多型腔模具，且对各种塑料的成型适应性均较强。由于浇口截面积小，减少了浇注系统塑料的消耗量，同时去除浇口容易，且不留痕迹。但这种浇口成型的塑件往往有熔接痕存在，且注射压力损失大，对深型腔塑件排气不利。

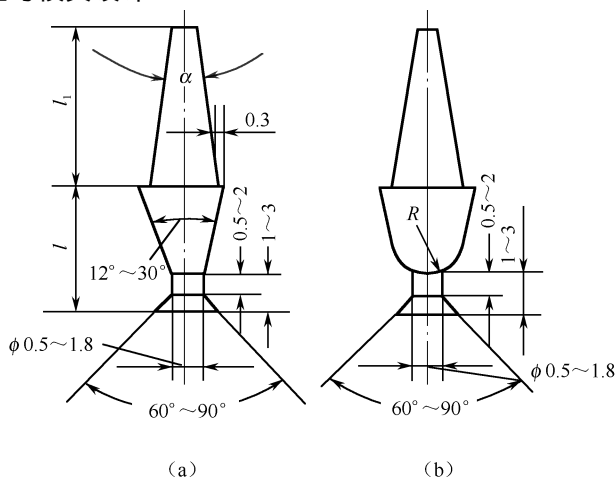


图 4-33 点浇口的形式

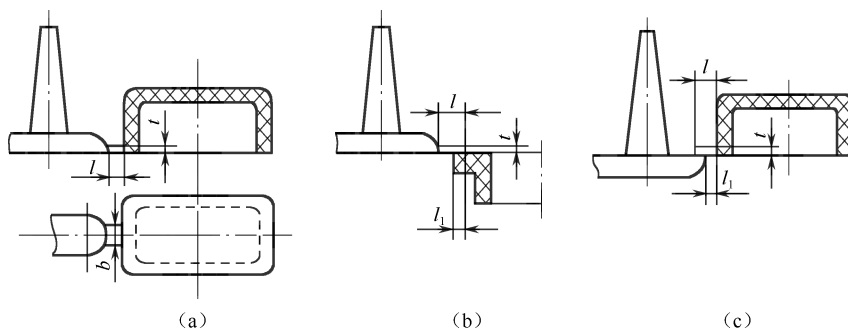


图 4-34 侧浇口的形式

侧浇口尺寸计算的经验公式如下：

$$b = \frac{(0.6 - 0.9)}{30} \sqrt{A} \quad (4-1)$$

$$t = (0.6 - 0.9) \delta \quad (4-2)$$

式中 b ——侧浇口的宽度，mm；

A ——塑件的外侧表面积， mm^2 ；

t ——侧浇口的厚度，mm；

δ ——浇口处塑件的壁厚，mm。

图 4-34 (a) 所示为分流道、浇口与塑件在分型面同一侧，侧向进料，浇口长度可取 $l=0.7 \sim 2.0\text{mm}$ ；图 4-34 (b) 所示为分流道和浇口与塑件在分型面两侧，浇口搭接在塑件上，端面进料，搭接部分长度 $l_1 = (0.6 \sim 0.9) + \frac{b}{2}\text{mm}$ ，浇口长度可适当加长 $l=2.0 \sim 3.0\text{mm}$ ；

图 4-34 (c) 所示为分流道与浇口和塑件在分型面两侧，浇口搭接在分流道上，侧面进料，浇口长度选择可参考端面进料的搭接式侧浇口。

侧浇口有两种变异形式，即为扇形浇口和平缝浇口，下面分别介绍。

① 扇形浇口：是一种沿浇口方向宽度逐渐增加、厚度逐渐减小的呈扇形的浇口，如图 4-35 所示。常用于扁平而较薄的塑件，如盖板、标卡和托盘等。通常在与型腔接合处形



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

成长 $l=1\sim 1.3\text{mm}$ ，厚 $t=0.25\sim 1.0\text{mm}$ 的进料口，进料口的宽度 b 视塑件大小而定，一般取 6mm 到浇口处型腔宽度的 $1/4$ ，整个扇形的长度 L 可取 6mm 左右。采用扇形浇口，使塑料熔体在宽度方向上的流动得到更均匀的分配，塑件的内应力因之较小，但浇口痕迹较明显。

② 平缝浇口：又称薄片浇口，如图 4-36 所示。它的特点是浇口的截面宽度很大，厚度很小，几何上成为一条窄缝，与特别开设的平行流道相连。通过平行流道与窄缝浇口熔体得到均匀分配，以较低的线速度平稳均匀地流入型腔，降低了塑件的内应力，减小了因取向而造成的翘曲变形。这类浇口的宽度 b 一般取塑件长度的 $25\%\sim 100\%$ ，厚度 $t=0.2\sim 1.5\text{mm}$ ，长度 $l=1.2\sim 1.5\text{mm}$ 。这类浇口主要用来成型大面积的扁平塑件，但浇口的去除比扇形浇口更困难。

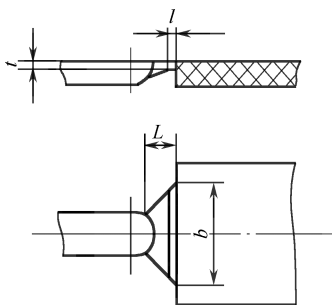


图 4-35 扇形浇口的形式

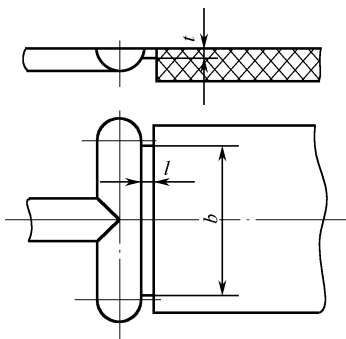


图 4-36 平缝浇口的形式

(8) 潜伏浇口：又称剪切浇口，由点浇口变异而来。这种浇口的分流通位于模具的分型面上，而浇口却斜向开设在模具的隐蔽处。塑料熔体通过型腔的侧面或推杆的端部注入型腔，因而塑件外表面不受损伤，不致因浇口痕迹而影响塑件的表面质量与美观效果。形式如图 4-37 所示。图 4-37 (a)，(b)，(c) 所示分别为浇口开设在定模，浇口开设于动模，浇口开设在推杆的上部而进料口在推杆上端的形式。

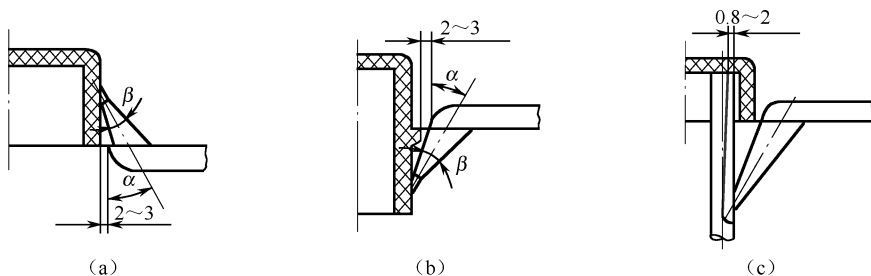


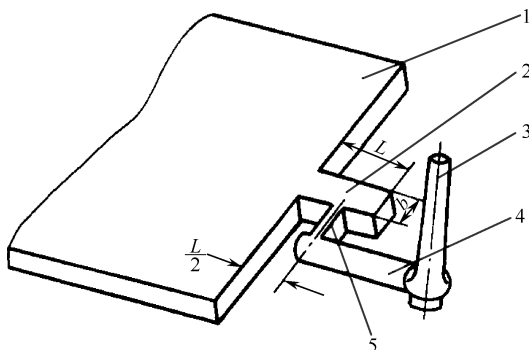
图 4-37 潜伏浇口的形式

潜伏浇口一般是圆形截面，其尺寸可参考点浇口。潜伏浇口的锥角 β 取 $10^\circ\sim 20^\circ$ ，倾斜角 α 为 $45^\circ\sim 60^\circ$ ，推杆上进料口的宽度为 $0.8\sim 2\text{mm}$ ，具体数值视塑件大小而定。

由于浇口与型腔相连有一定的角度，形成了能切断浇口的刃口，这一刃口在脱模或分型时形成的剪切力可将浇口自动切断，不过，对于较强韧的塑料则不宜采用。



(9) 护耳式浇口：又称为分接式浇口，如图 4-38 所示。它的特点是采用小浇口加护耳的方法来改变塑料熔体流向，以避免熔体通过小浇口后发生喷射流动，影响充模及成型后塑件的质量。专用于透明度高和要求无内应力的塑件。但成型后需要将其边缘的护耳去除，这项工作比较麻烦，一般是在不影响塑件使用情况下可将护耳保留。



1—产品；2—护耳；3—主流道；4—分流道；5—浇口

图 4-38 护耳式浇口的形式

护耳的宽度 b 通常等于分流道的直径，长度 L 为宽度 b 的 1.5 倍，厚度约为进口处塑件厚度的 90%，浇口厚度与护耳的厚度相同，宽为 1.5~3.5mm，浇口长度在 1.5mm 以下。当塑件宽度大于 300mm 时可采用多个浇口和多个护耳。

2) 浇口截面形状及尺寸

浇口截面形状随着浇口的类型不同有所不同，常见的有矩形和圆形，也有三角形的（如爪形浇口），这是因为矩形和圆形的形状和尺寸精度容易保证，加工方便。

一般浇口截面积与分流道的截面积之比为 0.03~0.09。在截面积相同的情况下，浇口厚度的大小对料流压力损失和流速的大小、对成型难易和气体排出顺利与否关系很大。浇口的宽度影响进入型腔熔体的流态。合理的宽度可避免熔体进入型腔时产生旋涡。浇口的表面粗糙度 Ra 不大于 $0.4\mu\text{m}$ 。

浇口尺寸应根据不同条件来决定，对于流动性差的塑料和尺寸较大、壁厚的塑件，其浇口尺寸应取较大值，反之取较小值。常在设计时选择较小的尺寸，通过试模逐步修改增大。

3) 浇口位置的选择原则

(1) 避免熔体破裂在塑件上产生缺陷。对于截面较小的浇口，一般不要使它正对宽度和深度比较大的型腔，否则，由于小浇口的作用，塑料熔体通过浇口后会发生喷射流动、蛇形流或熔体破裂现象。这些喷射出的高度定向的细丝或断裂物很快冷却变硬，与后进入型腔的熔体不能很好熔合而使制品出现明显的熔接痕。有时熔体直接从型腔一端喷到另一端，造成折叠，使塑件形成波纹状痕迹。再者，熔体喷射还会使型腔内的气体无法排出，导致塑件形成气泡或焦痕。

克服上述缺陷的方法是，加大浇口截面尺寸或采用护耳浇口，或采用冲击型浇口，即浇口位置设在正对型腔壁或粗大型芯的方位，使高速料流直接冲击型腔壁或型芯壁，从而改变流向，降低流速，平稳地充满型腔，使熔体断裂的现象消失，以保证塑件质量，如图 4-39 所示。

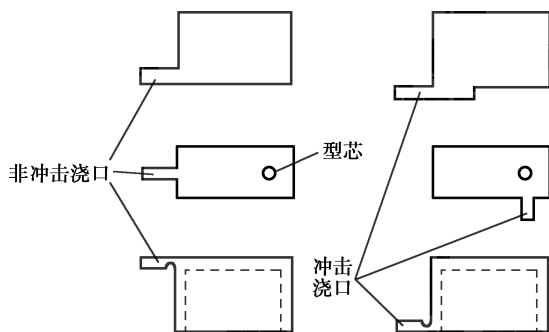


图 4-39 冲击型浇口

(2) 有利于流动、排气和补缩。当塑件壁厚相差较大时，为了保证塑料熔体的充模流动性，应将浇口开设在塑件截面最厚处；反之，若将浇口开设在截面最薄处，则熔体进入型腔后，不仅流动阻力大，而且还很容易冷却或出现排气不良现象，因此也就难以充满整个型腔。

为有利于排气，浇口位置通常应尽量远离排气结构，否则，流入型腔的塑料熔体就会过早地封闭排气结构，致使型腔内的气体无法排出，导致塑件形成气泡、缺料、熔接不牢或局部炭化烧焦等成型缺陷。

塑件截面最厚的部位经常是塑料最后固化的地方，该处极容易因为体积收缩而形成表面凹陷或真空泡，故非常需要补缩，所以浇口应开设在塑件截面厚度最大处。

(3) 增大熔接痕强度。熔接痕是塑料熔体在型腔中汇合时产生的接缝，其强度直接关系到塑件的使用性能，浇口的位置和数量对熔接痕的产生都有很大的影响。单就数量来讲，如果熔体的充模流程不太长或塑件翘曲的可能性不大，则最好不要采用多浇口形式，否则会使熔接痕数量增多。

对于环形塑件，应尽量采用环形浇口，这种浇口除有利于排气外，也不会产生熔接痕，但浇口不易去除。如果这类塑件不能采用环形浇口，则最好能把浇口设置在塑件的切向，同时为了增大熔接痕强度，还可在熔接痕处开设一个冷料穴，如图 4-40 所示。

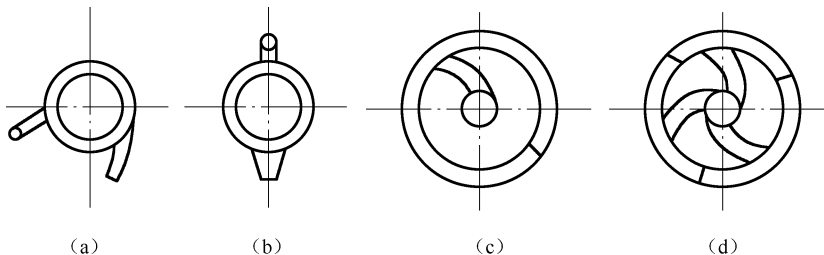


图 4-40 环形塑件的浇口设置

对于体积较大的箱体或框形塑件，如果只能用一个浇口，则塑料熔体流动时弯折多，流程长，注射压力大，前锋料头温度下降现象严重，所以熔接痕强度会明显削弱，这时应把浇口设置在能使熔体弯折减少，流程减短的部位，如图 4-41 (a) 所示。事实上，对于这种类型的塑件，常常采用增设过渡浇口的方法，以避免熔体流程过长或前锋料头降温过多，如图 4-42 所示。

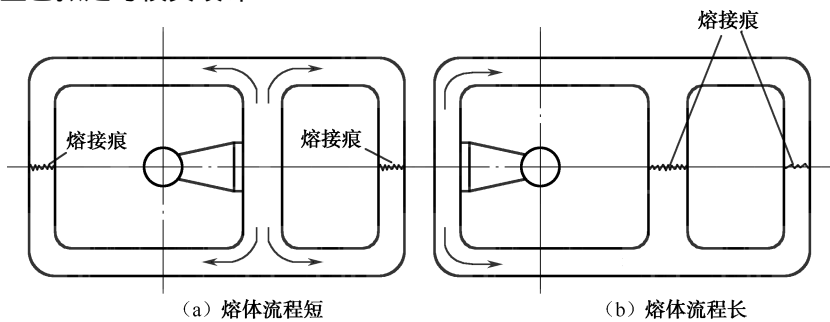


图 4-41 箱体或框形塑件的浇口设置

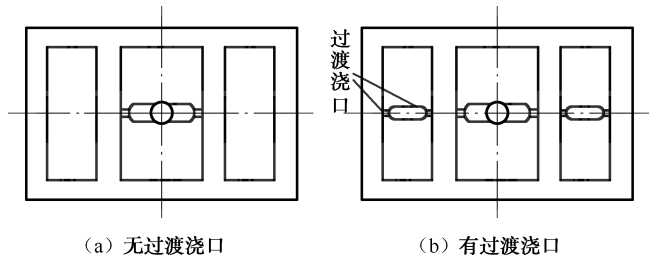


图 4-42 开设过渡浇口

设置浇口时还应注意熔接痕的方位，如果按图 4-43 (a) 所示设置浇口，则熔接痕与小孔连成一线，塑件强度将被削弱；如果按图 4-43 (b) 所示设置浇口，情况会有所改善。

(4) 避免料流挤压型芯或嵌件变形。对于具有细长型芯的筒形塑件，应避免偏心进料，以防止型芯弯曲。图 4-44 (a) 所示是单侧进料，料流单边冲击型芯，使型芯偏斜导致塑件壁厚不均；图 4-44 (b) 所示为两侧对称进料，可防止型芯弯曲，但与图 4-44 (a) 一样，排气不良；采用图 4-44 (c) 所示的中心进料，效果好。

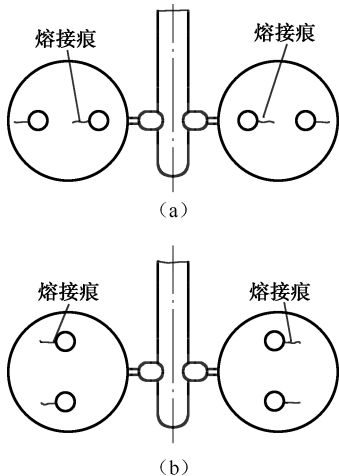


图 4-43 浇口与熔接痕方位的关系

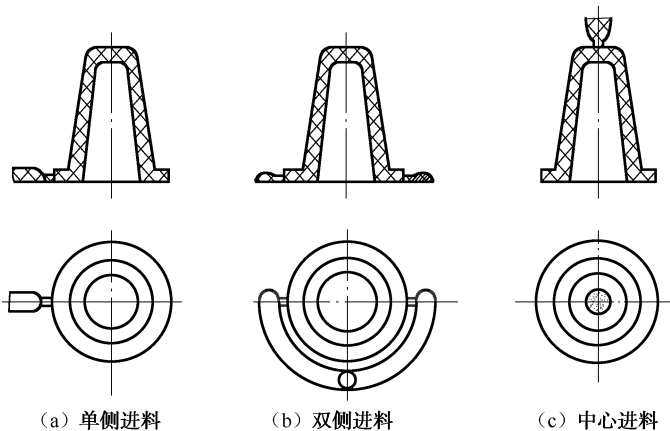


图 4-44 改变浇口位置防止型芯变形

(5) 考虑分子定向的影响。塑料熔体在充填模具型腔时，会在其流动方向上出现聚合物分子和填料的取向。由于垂直于流向和平行于流向之处的强度和应力开裂倾向是有差别的，往往垂直于流向的方位强度低，容易产生应力开裂，所以选择浇口位置时，应充分注



意这一点。图 4-45 (a) 所示塑件, 由于其底部圆周带有一金属环形嵌件, 如果浇口开设在 A 处, 则此塑件使用不久就会开裂; 若浇口开设在 B 处, 由于聚合物分子沿塑件圆周方向定向, 应力开裂的机会就会大为减少。图 4-45 (b) 所示塑件为一带有铰链的聚丙烯盒体, 为了使该铰链达到几千万次弯折而不断裂, 就要求在铰链处高度定向, 为此, 将两点浇口开设在图示位置, 有意识地让铰链部位高度定向。

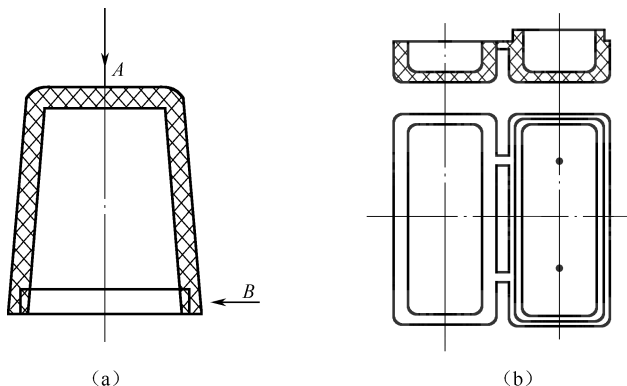


图 4-45 浇口位置对定向的影响

4.2.5 排气和引气系统的设计

排气系统的作用是将型腔和浇注系统中原有的空气和成型过程中固化反应产生的气体顺利地排出模具之外, 以保证注射过程顺利进行。否则, 被压缩的气体所产生的高温将引起局部烧焦化或产生气泡, 还可能产生熔接痕。

注射模通常以如下三种方式排气。

(1) 利用配合间隙排气。对于简单型腔的小型模具, 可以利用推杆、活动型芯、活动镶件与模板的配合间隙进行排气。这种类型的排气形式, 其配合间隙不能超过 0.05mm , 一般为 $0.03\sim 0.05\text{mm}$, 视成型塑料的流动性能的好坏而定。

(2) 在分型面上开设排气槽。分型面上开设排气槽是注射模排气的主要形式。分型面上开设排气槽的形式与尺寸如图 4-46 所示。图 4-46 (a) 所示为离型腔 $5\sim 8\text{mm}$ 后设计成开放的燕尾式, 以便排气顺利、通畅; 图 4-46 (b) 将排气槽设计成离型腔 $5\sim 8\text{mm}$ 后拐弯的形式, 以防止排气槽在面对操作工人注射时, 熔体从排气槽喷出而引发人身事故。

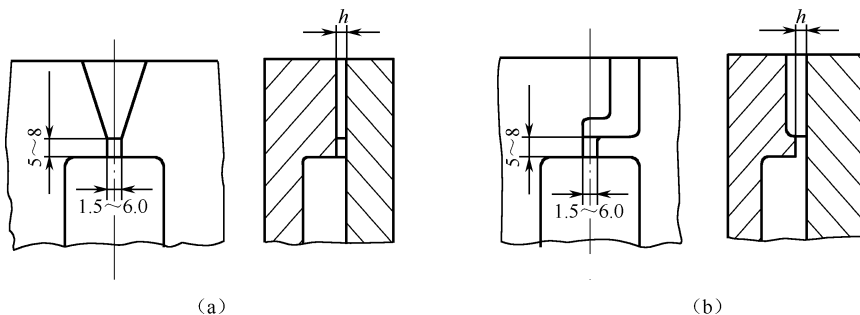


图 4-46 分型面上的排气槽



塑料件成型工艺拟定与模具设计

(3) 利用排气塞排气。如果型腔最后充填的部位不在分型面上，而其附近又没有活动型芯或推杆，可在型腔深处镶入排气塞，如图 4-47 所示。

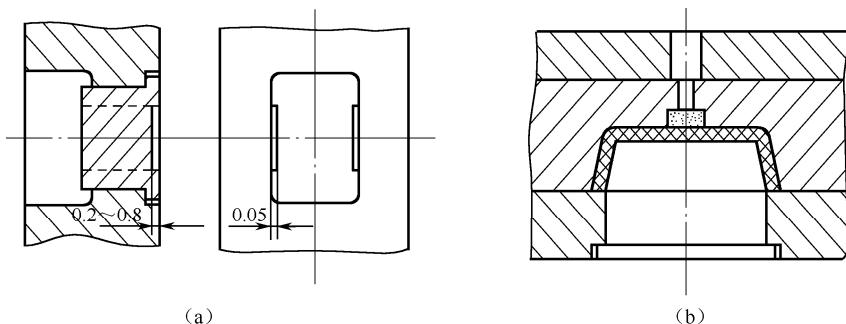


图 4-47 利用排气塞排气

任务实施

1. 塑料壳体的工艺部分设计

1) 分型面选择

不论塑件的结构如何，采用何种设计方法都必须首先确定分型面，模具结构在很大程度上取决于分型面的选择。为保证塑件能顺利分型，主分型面应首先考虑选择在塑件的外形最大轮廓处。该塑件为塑料壳，外形表面质量要求较高。在选择分型面时，根据分型面的选择原则，考虑不影响塑件的外观质量，便于清除毛刺及飞边，有利于排出模具型腔内的气体，分模后塑件留在动模一侧，便于取出塑件等因素，分型面应选择在塑件外形轮廓的最大处，如图 4-48 所示。

如果按图 4-48 (a) 所示的分型面分型，塑件分别是由两个模板成型，由于合模误差的存在，会使塑件产生一定的同轴度误差，且飞边不易清除；而按照图 4-48 (b) 所示的分型面分型，塑件整体由一个模板成型，消除了由于合模误差使塑件产生同轴度误差的可能。因此，决定采用图 4-48 (b) 所示的分型面。

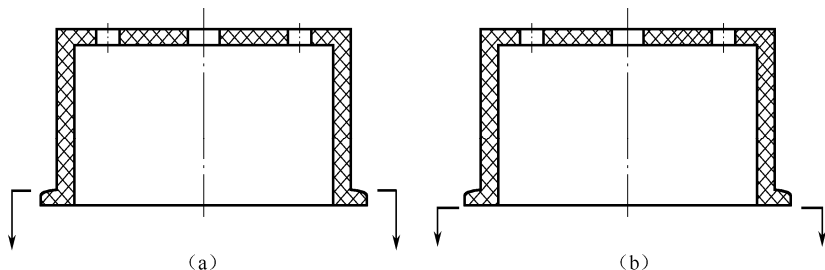


图 4-48 塑件分型面的选择

2) 型腔数量的确定与排列形式

对于一模多腔的模具型腔布置，在保证浇注系统分流道的流程短，模具结构紧凑，模具能正常工作的前提下，尽可能使得模具型腔对称、均衡、取件方便。由于该塑件的外形是圆形，各方向尺寸一致，塑件结构简单，不需要侧向分型，所以型腔的排列方式只有一



种，即左右对称分布在模板两侧，如图 4-49 所示。

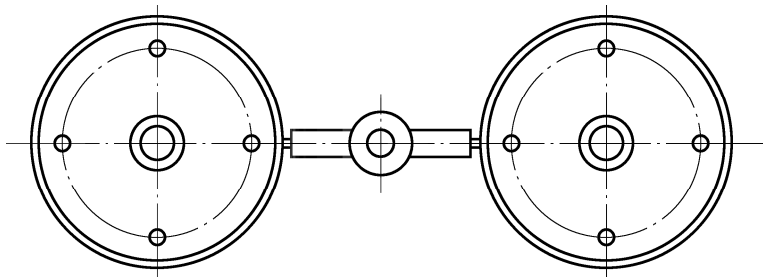


图 4-49 塑件的型腔安排

3) 浇注系统设计

浇注系统包括主流道、分流道、浇口、冷料穴四个部分。考虑到塑件的外观要求高，外表面不允许有成型斑点和熔接痕，以及一模两腔的布置，ABS 对剪切速率较为敏感等情况，浇口采用方便加工修整、凝料去除容易且不会在塑件外壁留下痕迹的侧浇口，模具采用单分型面结构两板模，模具制造成本比较容易控制在合理的范围，浇注系统设计如图 4-50 所示。

(1) 主流道和定位圈的设计。主流道与注射成型机的高温喷嘴反复接触碰撞，所以将浇口套设计成独立可拆卸更换的形式，采用优质钢材制作并经热处理提高硬度；定位圈与浇口套分开设计，如图 4-51 所示。

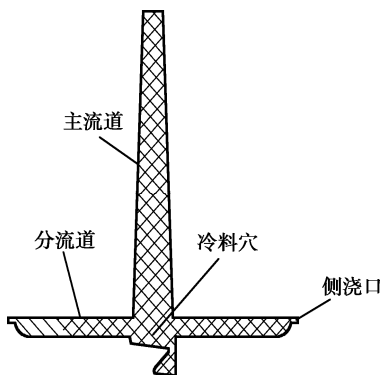


图 4-50 浇注系统设计

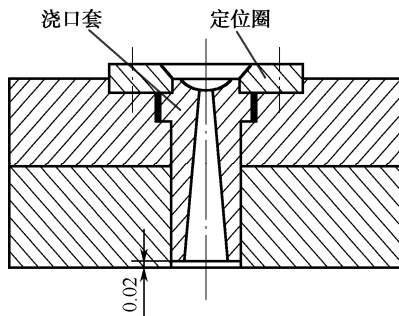


图 4-51 浇口套与定位圈

查塑料模设计手册得到 SZ-300/160 型注射成型机与喷嘴有关的尺寸：喷嘴球半径 $R=20\text{mm}$ ；喷嘴孔直径 $d_0=\phi 4\text{mm}$ ；定位圈直径为 $\phi 60\text{mm}$ 。为保证模具主流道与喷嘴的紧密接触，避免溢料，主流道与喷嘴的关系为： $SR=R+(1\sim 2)\text{mm}$ ， $d=d_0+0.5\text{mm}$ 。主流道球面半径取 $SR=22\text{mm}$ （取标准值）；主流道的小端直径 $d=4.5\text{mm}$ 。

为了便于将凝料从主流道中拔出，将主流道设计成圆锥形，其斜度为 $2^\circ\sim 4^\circ$ ，计算其大端径约为 10mm ；为避免模内的高压塑料产生过大的反压力，配合段直径 D 不宜过大，取 $D=25\text{mm}$ ；同时为了使熔料顺利进入分流道，在主流道出料端设计 $R2$ 的圆弧过渡；为补偿在注射成型机喷嘴冲击力作用下浇口套变形，将浇口套的长度设计得比模板厚度短 0.02mm ；浇口套外圆盘轴肩转角半径 R 宜大一些，取 $R=3\text{mm}$ ，以免淬火开裂和应力集中。

定位圈是安装模具时用于定位的，查资料得到 SZ-300/160 型注射成型机的定位圈直径



塑料件成型工艺拟定与模具设计

为 $\phi 60\text{mm}$ ；一般定位圈高出定模座板表面 $5\sim 10\text{mm}$ 。

由于定位圈与浇口套均属于注射模具的通用件，设计者应尽量采用推荐尺寸的浇口套和定位圈。浇口套与定位圈的详细设计见后面的零件图。

(2) 分流道设计。本案例采用 U 形断面分流道，只切削加工在一块模板上，加工容易实现，且比表面积不大，热量损失和阻力损失不太大。查有关经验表格得，ABS 的分流道推荐直径为 $4.8\sim 9.5\text{mm}$ ，据此，该模具的分流道设计如图 4-52 所示。

(3) 浇口设计。根据塑件的外观要求及型腔分布情况，选用如图 4-53 所示的侧浇口，从塑件的底侧中部进料，去除凝料时不会在塑件的外壁留下浇口痕迹，不影响塑件的外观。

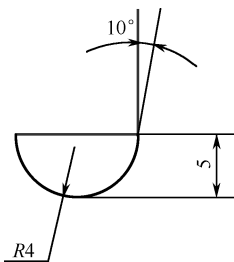


图 4-52 分流道设计

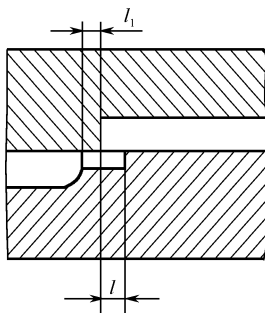


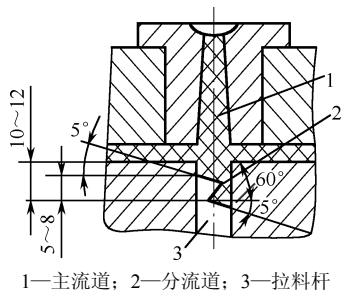
图 4-53 浇口的设计

$l_1=2.0\sim 3.0\text{mm}$ ，取 2.5mm 。

$l=(0.6\sim 0.9)+b/2$ ，取 2mm 。

浇口深度 $t=0.5\sim 2.0\text{mm}$ ，取 1.0mm 。

浇口宽度 $b=\frac{(0.6\sim 0.9)\sqrt{A}}{30}\text{mm}$ ，取 4mm (A ——塑件外侧表面积)。



1—主流道；2—分流道；3—拉料杆

图 4-54 冷料穴的设计

(4) 冷料穴设计。采用带 Z 形头拉料杆的冷料穴，如图 4-54 所示，设置在主流道的末端，既起到冷料穴的作用，又兼有开模分型时将凝料从主流道中拉出留在动模一侧，稍作侧向移动凝料便可取出的作用。

4) 排气和引气系统的设计

型腔内气体的来源，除了型腔内原有的空气外，还有因塑料受热或凝固而产生的低分子挥发气体，必须考虑把这些气体顺序排出。

一般来说，对于结构复杂的模具，事先较难估计发生气阻的准确位置。所以，往往需要通过试模来确定其位置，然后再开排气槽。排气槽一般开设在型腔最后被充满的地方。

排气的方式有利用模具零件配合间隙排气和开设排气槽排气。

排气是塑件成型的需要，而引气是塑件脱模的需要。对于大型深腔壳体类塑件，注射成型后，型腔内气体被排出，塑件表面与型芯表面之间在脱模过程中形成真空，难以脱模。若强制脱模，塑件会变形或损坏，因此，必须引入气体，即在塑件与型芯之间引入空气，使塑件顺利脱模。



本例中,排气与引气均利用模具零件配合间隙完成。

2. 塑料防护罩的工艺部分设计

1) 确定型腔数及布置

根据项目2初选G54-S200/400型螺杆式注射机,注射机主要技术参数如附录D所示。

(1) 按注射机的最大注射量确定型腔数 n_1 。根据表4-1中方法一公式, K 一般取0.8,该型号注射机 $M_{\max}=300\text{g}$, $M_j=12\text{g}$, $M_i=10.14\text{g}$ 。

$$n_1 \leq \frac{KM_{\max} - M_j}{M_i} = \frac{0.8 \times 300 - 12}{10.14} \approx 22.5$$

(2) 按注射机的锁模力大小确定型腔数 n_2 。根据表4-1中方法二公式,该型号注射机 $F=2540\text{kN}$,查表3-1得 $P=34.2\text{MPa}$, $A_i \approx 1256\text{mm}^2$, $A_j \approx 300\text{mm}^2$,则

$$n_2 \leq \frac{F/P - A_j}{A_i} = \frac{254000/34.2 - 300}{1256} \approx 58.9$$

其余型腔数计算方法略。

由于塑件形状简单,尺寸、质量较小,生产量较大,可采取一模多腔的结构形式。考虑到塑件的侧面有一 $\phi 10\text{mm}$ 的圆孔,需侧向抽芯。同时考虑到塑件尺寸、模具结构尺寸的大小关系,以及制造费用和各种成本费用等因素,防护罩成型采用一模两腔的模具结构。所以成型塑料制件(防护罩)模具的型腔数量选用一模两腔,型腔布置采用左右对称平衡式排列。这样也有利于两型腔均衡进料和模具受力的平衡,从而保证制品质量的统一和稳定。其布置如图4-55所示。

2) 选择分型面

塑件分型面的选择应保证塑件的质量要求,本案例中塑件的分型面有多种选择,如图4-56所示。图4-56(a)所示的分型面选择在轴线上,这种选择会使塑件表面留下分型面痕迹,影响塑件表面质量,同时这种分型面也使侧向抽芯困难;图4-56(b)所示的分型面选择在下端面,这样的选择使塑件的外表面可以在整体凹模型腔内成型,塑件大部分外表面光滑,仅在侧向抽芯处留有分型面痕迹。同时侧向抽芯容易,而且塑件脱模方便。因此塑件选择如图4-56(b)所示的分型面。

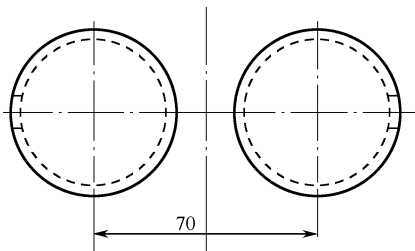


图4-55 模具型腔布置

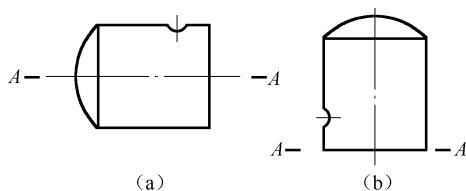


图4-56 塑件分型面的选择

3) 浇注系统的设计

(1) 主流道设计。根据项目2中的任务二可知选用的注射机型号为G54-S200/400型注射机,该型注射机喷嘴的相关参数可见附录D。其尺寸为:喷嘴球半径 $R_0=18\text{mm}$,喷嘴孔直径 $d_0=4\text{mm}$ 。



塑料件成型工艺拟定与模具设计

根据模具主流道与喷嘴的关系： $R=R_0+(1\sim 2)\text{mm}$ ， $d=d_0+(0.5\sim 1)\text{mm}$ 。

取主流道球面半径： $SR=20\text{mm}$ 。

取主流道的小端直径： $d=4.5\text{mm}$ 。

为了便于将凝料从主流道中拔出，将主流道设计成圆锥形，其锥角为 $\alpha=6^\circ$ ，上部与注射机喷嘴相配合，下部直径设计为 $\phi 6\sim 8\text{mm}$ ，表面粗糙度 $Ra\leq 0.4\mu\text{m}$ ，抛光时沿轴向进行，以便于浇注系统凝料从其中顺利拔出。同时为了使熔料顺利进入分流道，在主流道出料端设计 $r=3\text{mm}$ 的圆弧过渡。其尺寸如图 4-57 所示。

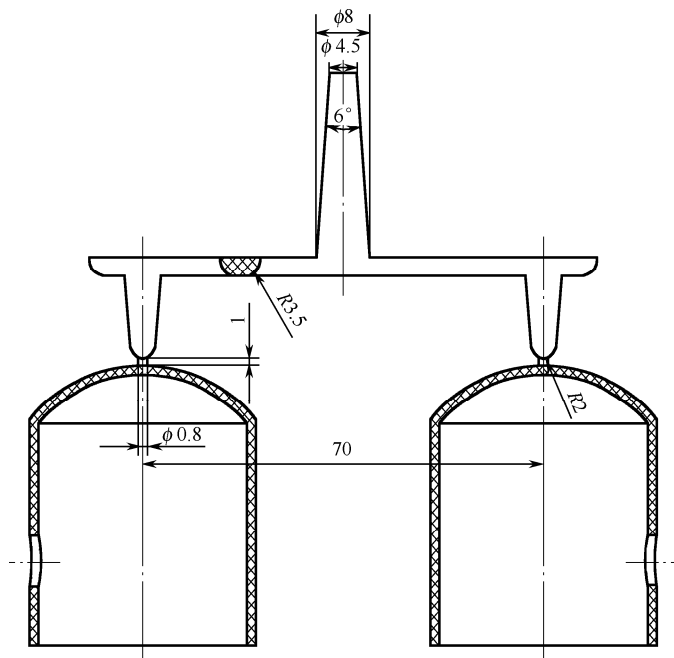


图 4-57 点浇口浇注系统

(2) 分流道的设计。分流道的形状及尺寸与塑件的体积、壁厚、形状的复杂程度、注射速率等因素有关。该模具分流道采用半圆截面流道，其半径 R 为 $3\sim 3.5\text{mm}$ 。分流道长度取决于浇口位置，末端延伸部分起冷料穴作用。

(3) 浇口设计。

① 浇口形式的选择。由于该塑件外观质量要求较高，浇口的位置和大小应以不影响塑件的外观质量为前提。同时，也应尽量使模具结构更简单。根据已确定的分型面的位置，可选择点浇口的形式。

点浇口的特点如下：采用这种浇口，可获得外观清晰、表面光泽的塑件。在模具开模时，浇口凝料会自动拉断，有利于自动化操作。由于浇口尺寸较小，浇口凝料去除后，在塑件表面残留痕迹也很小，基本上不影响塑件的外观质量。但是模具需要设计成双分型面，以便脱出浇注系统凝料，增加了模具结构的复杂程度，但能保证塑件成型要求。

② 进料位置的确定。根据塑件外观质量的要求以及型腔的安放方式，进料位置设计在塑件球顶部。

③ 浇口尺寸的确定。由图 4-33 可知点浇口尺寸要求，依次设计点浇口直径为



$\phi 0.8\text{mm}$ ，点浇口长度设计为 1mm ，头部球半径 2mm ，锥角 6° 。

最终设计的浇注系统如图 4-57 所示。

4) 排气和引气系统设计

由于该塑件整体较薄，体积较小，排气量较小，采用点浇口模具结构，属于中小型模具，可利用分型面及配合间隙自然排气。塑件侧壁有一 $\phi 10\text{mm}$ 的孔，需采用侧向抽芯机构。因此可以利用分型面的配合间隙、侧向型芯与模板的配合间隙进行排气，其配合间隙不能超过 0.03mm ，一般为 $0.02\sim 0.03\text{mm}$ 。

该塑件虽然属于薄壳类塑件，但塑件侧壁有 $2\times\phi 10\text{mm}$ 两个通孔，在开模及脱模过程中不会形成真空负压现象，因此不需要设计引气系统。

习题与思考 6

1. 确定型腔数目的方法有哪些？如何优化确定？
2. 型腔布置时应注意哪些问题？
3. 什么叫分型面？其基本形式有哪几种？选择分型面的一般原则是什么？
4. 注射模的普通浇注系统由哪几部分组成？各部分的作用是什么？
5. 如何设计普通浇注系统的主流道？为什么主流道部分要单独设计主流道衬套？
6. 分流道的截面形状有哪些？常用的是哪几种？
7. 浇口的形式有哪些？各有什么优缺点？分别适用于什么情况？浇口位置的选择一般应考虑哪些问题？
8. 冷料穴的作用是什么？带拉料杆的冷料穴有哪些结构形式？
9. 带钩形拉料杆和球形头拉料杆的安装和使用有什么不同？
10. 注射模的排气装置有什么作用？有哪几种排气形式？

任务 4.3 塑料壳体 and 防护罩成型零件的设计

相关知识点

- (1) 成型部件的工作部分尺寸计算及标注方法；
- (2) 成型部件的结构特点及装配要求；
- (3) 成型部件的刚度和强度计算。

相关技能点

- (1) 掌握成型部件的工作部分尺寸计算；
- (2) 会设计成型部件的结构；
- (3) 会运用相关公式和表格确定壁厚和计算型腔的强度。



任务引入

模具成型零件主要指那些决定塑件产品尺寸精度以及形状的零件。通常包括型腔、型芯、螺纹型芯与型环等部件。这些部件工作环境比较恶劣，工作中需要承受挤压、塑料的冲击以及高温和脱模时材料的摩擦，因此，这些部件必须具备足够的强度与刚度以及较高的耐磨性，成型零部件表面还必须具备足够的粗糙度。

本任务将通过塑料壳体 and 塑料防护罩的成型零件设计为载体，介绍模具成型零件的设计。

4.3.1 成型零件的结构设计

1. 凹模的结构设计

凹模亦称型腔或凹模型腔，用来成型塑件外形轮廓。凹模结构形式有整体式和组合式两类。

1) 整体式凹模

整体式凹模用整块模具材料直接加工而成，典型结构如图 4-58 所示。其特点是结构简单，牢固可靠，不易变形，成型的塑件表面不会带有镶拼接缝溢料的痕迹。但是，对于几何形状比较复杂的塑件，整体式型腔加工困难；在热处理时，型腔的某些部位还很容易发生变形或开裂。因此，整体式凹模主要适用于塑件形状简单的中、小型注射模。

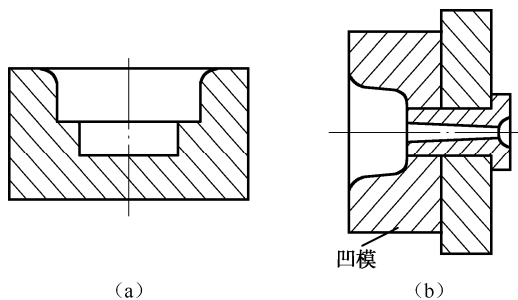


图 4-58 整体式凹模

2) 组合式凹模

组合式凹模由两个或两个以上的零部件组合而成。常见的组合方式有以下几种。

(1) 嵌入式组合凹模：又称整体嵌入式凹模。如图 4-59 所示。对于小型多腔注射模，各单个凹模采用冷挤压、电加工或超塑性成型等方法制成，然后整体嵌入模板中。这种结构几何形状、尺寸一致性好，且具有一些整体式凹模的优点，如凹模嵌入模板后，其结构强度和刚度将会提高，使用起来比较可靠，不易变形，塑件也不会出现拼接缝溢料的痕迹。另外，嵌入式凹模可以节省优质模具材料，即优质模具材料只用来制造型腔部分，模板则可采用材质较差的材料。

(2) 镶拼组合式凹模：对于几何形状复杂的大、中型塑件，为便于凹模型腔的机械加工、研磨抛光和热处理，整个凹模可由几个部分镶拼而成。镶拼组合式凹模的结构形式与



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

塑件的几何形状有关，需要根据实际加工条件进行设计。常用的结构形式有以下三种。

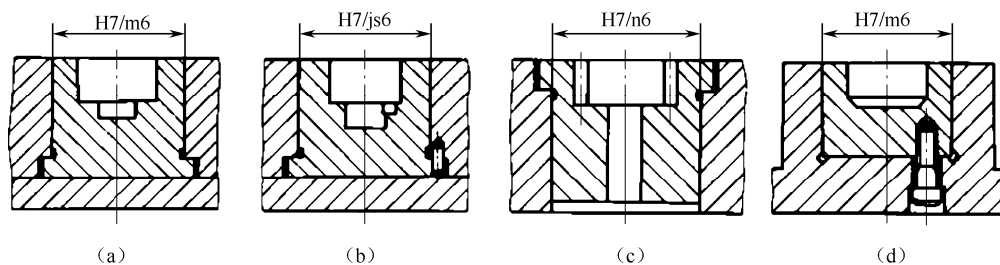


图 4-59 整体嵌入式凹模

① 局部镶拼式凹模：为了加工方便或由于型腔的某一部分容易损坏，需要经常更换，应采用局部镶拼的办法。如图 4-60 (a) 所示凹模，型腔中有 6 个外凸的圆弧台，整体机械加工很困难，可先钻铰型腔大孔周围的小孔，再将小孔内镶入芯棒后加工大孔，大孔加工后取出芯棒，调换 6 个完整的圆柱形小型芯镶入小孔便可获得预定的型腔形状。图 4-60 (b) 所示凹模内有局部凸起，可将此凸起部分单独加工，再把加工好的镶块利用圆形槽（也可用 T 形槽、燕尾槽等）镶在圆形凹槽内。

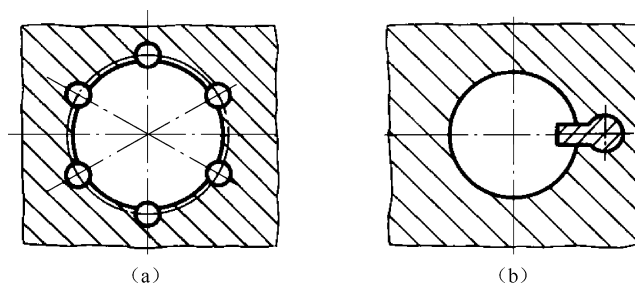


图 4-60 局部镶拼式凹模

② 底部镶拼式凹模：如图 4-61 所示。当凹模型腔的底部形状比较复杂或面积很大时，可将其底部与四周分割出来单独加工，由此能使内形加工变为外形加工，加工难度将因此而下降。

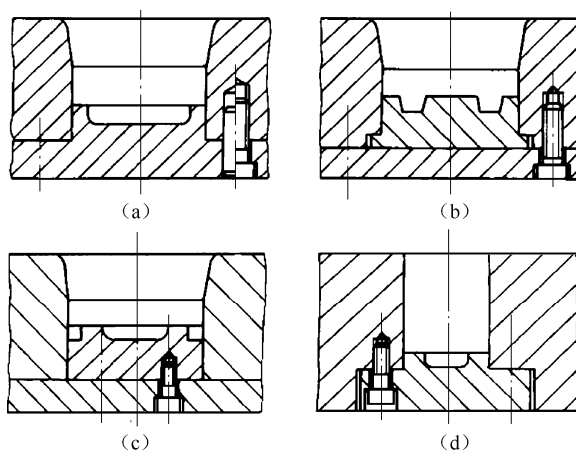


图 4-61 底部镶拼式凹模



③ 侧壁镶拼式凹模：凹模型腔的侧壁也可分割加工，然后再镶拼组合而成。图 4-62 (a) 所示将各镶拼块分别加工和磨削之后再对接在一起，并用销钉和螺钉紧固。图 4-62 (b) 所示将其型腔侧壁分割加工以后，嵌入到模套中镶拼对接，以便通过模套对型腔侧壁进行加强。为保证装配的准确性，侧壁之间采用锁扣连接，连接处外壁留有 $0.3\sim 0.4\text{mm}$ 的间隙，以使内侧接缝紧密。

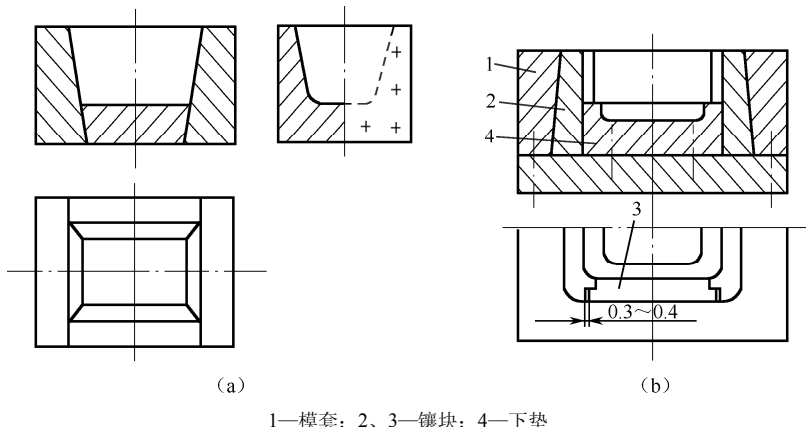


图 4-62 侧壁镶拼式凹模

(3) 瓣合式凹模：对于侧壁带凹的塑件（如线圈骨架），为了便于脱模，可将凹模做成两瓣或多瓣组合式的，成型时瓣合，脱模时瓣开。图 4-63 所示是一个瓣合式凹模结构的示意图。瓣合式凹模中的瓣合模块数量往往取决于塑件的几何形状。常见的瓣合式凹模是两瓣组合式，可将它们组成的凹模称为哈夫（half）。

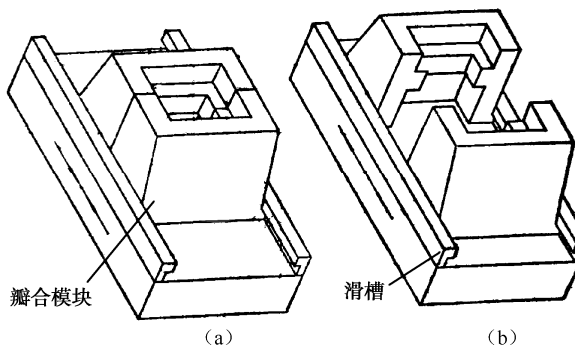


图 4-63 瓣合式凹模

综上所述，采用组合式凹模，可简化复杂凹模的加工工艺，减小热处理变形，有利于排气，便于模具维修，节约贵重的模具钢。为了保证组合后型腔尺寸的精度和装配的牢固，减少塑件上的镶拼痕迹，要求镶块的尺寸、形状和位置公差等级较高，组合结构必须牢固，镶块的机械加工工艺性要好。因此，选择合理的组合镶拼结构非常重要。

2. 凸模和型芯的结构设计

凸模和型芯都是用来成型塑件内形的零部件，两者无严格区别。一般认为，凸模是成型塑件整体内形的模具零部件，所以有时也称为主型芯，而型芯则多是成型塑件上某些局



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

部特殊内形或局部孔、槽等所用的模具零部件，所以有时也把型芯称为成型杆或小型芯。凸模和型芯的结构形式也可分为整体式和组合式。

1) 整体式凸模

整体式凸模用整块模具材料直接加工而成，典型结构如图 4-64 (a) 所示。其特点是结构牢靠，不易变形，成型出来的塑件不会带有镶拼接缝的溢料痕迹；但形状复杂时，不容易进行整体加工，而且模具材料的消耗量也较大，主要适用于一些小型塑件。

对于一些大中型塑件，为方便机械加工和热处理，或为节省优质模具材料，可以将整体式凸模的成型部分与安装固定部分分开加工，然后再用紧固件连接起来，如图 4-64 (b) ~ (d) 所示。

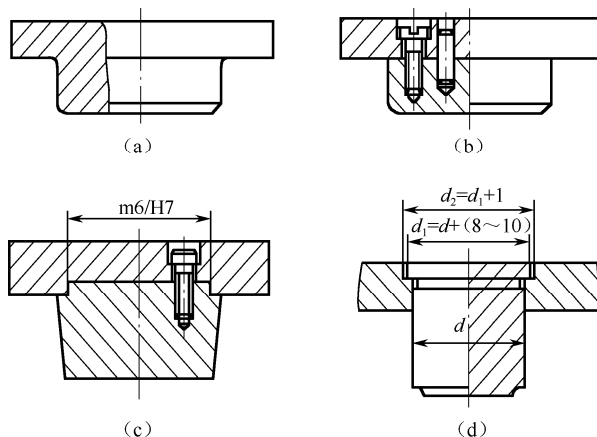


图 4-64 整体式凸模

2) 组合式凸模

(1) 嵌入式凸模：主要是指大模具中的小型芯（成型杆）或成型镶块。采用这种凸模结构时，需将小型芯或成型镶块单独加工，然后再将它们嵌入到模具中的安装孔内固定。图 4-65 所示的结构为小型芯常用的几种固定方法。图 4-65 (a) 为台肩固定，下面用垫板压紧；图 4-65 (b) 采用过盈配合将型芯杆压入模具；图 4-65 (c) 是型芯镶入后在另一端采用铆接固定；图 4-65 (d)，(e) 均为固定板太厚，在模具底部采用添加垫板的方法固定，其中图 4-65 (d) 可在固定板上减小配合长度，图 4-65 (e) 更换下部的支承销即可调整型芯的安装高度。

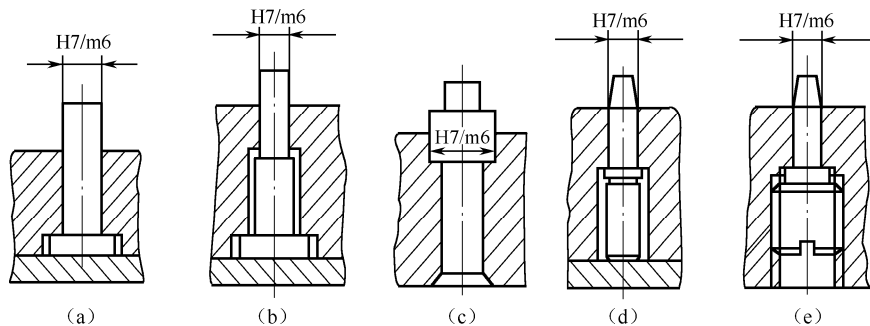


图 4-65 小型芯的固定方法



对于多个互相靠近的小型芯，用台肩固定时，如果台肩发生重叠干涉，可将台肩相碰的部分切去磨平，将型芯固定板的台阶孔加工成大圆台阶孔或长腰圆形台阶孔，然后再将型芯镶入，如图 4-66 (a)，(b) 所示。

对于异形型芯或异形成型镶块，可以只将成型部分按塑件形状加工，而将安装部分做成圆柱形或其他容易安装定位的形状，如图 4-67 所示。

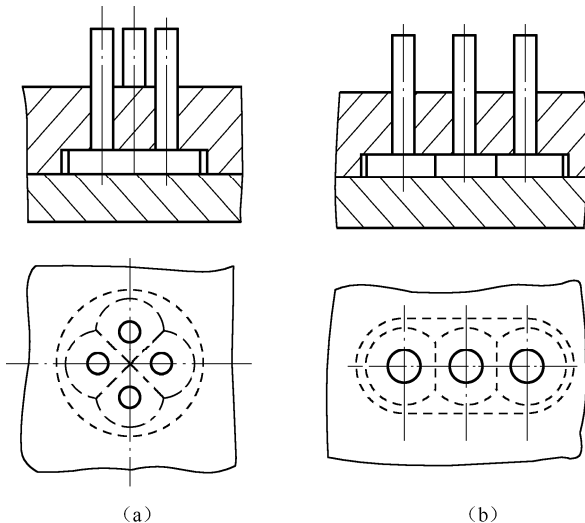


图 4-66 多个互相靠近型芯的固定

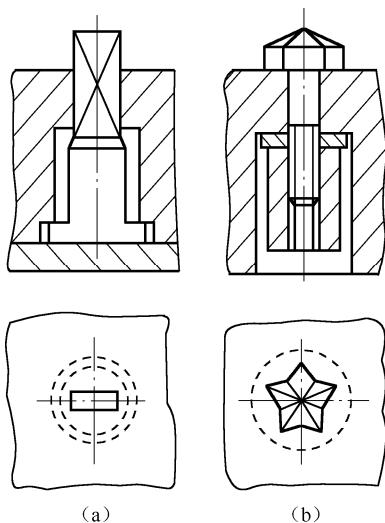


图 4-67 异形型芯的固定

(2) 镶拼组合式凸模：当塑件内形比较复杂，凸模加工制造难度比较大时，也可以对凸模采用镶拼组合式结构，以便于加工、维修或更换，如图 4-68 所示。

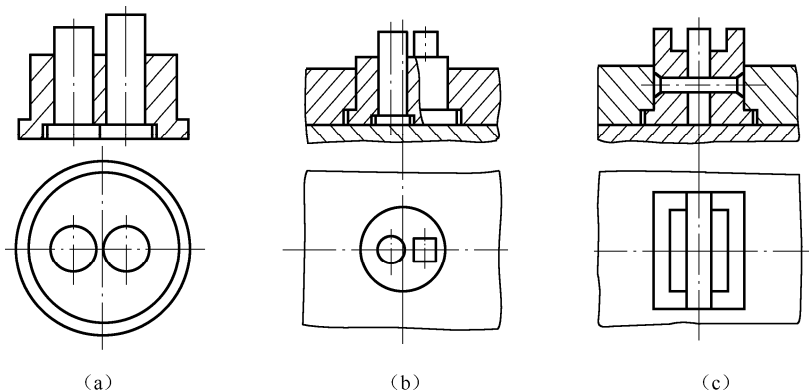


图 4-68 镶拼组合式型芯

3. 螺纹型芯和螺纹型环的结构设计

塑件上的内螺纹采用螺纹型芯成型，外螺纹采用螺纹型环成型。螺纹型芯和螺纹型环还可以用来固定带螺孔和螺杆的嵌件。螺纹型芯和螺纹型环在塑件成型之后必须卸除，卸除方法分为强制脱卸、机动脱卸和手动脱卸三种类型。这里仅介绍手动脱卸螺纹型芯和螺纹型环的结构及其固定方法。



1) 螺纹型芯

螺纹型芯分为两类：一类用来成型塑件上的内螺纹；另一类用来在模内固定带有金属螺纹的嵌件。两种螺纹型芯在结构上没有原则区别，但前一种螺纹型芯设计时必须考虑塑料的收缩率，表面粗糙度小 (Ra 为 $0.1\mu\text{m}$)，始端和末端应按塑件结构要求设计；而后一种不必考虑塑料收缩率，表面粗糙度可以大些 (Ra 为 $0.8\mu\text{m}$ 即可)。

螺纹型芯在模具上安装的形式如图 4-69 所示。图 4-69 (a)，(b)，(c) 所示是成型内螺纹的螺纹型芯，图 4-69 (d)，(e)，(f) 所示是安装螺纹嵌件的螺纹型芯。图 4-69 (a) 是利用锥面定位和支承的形式；图 4-69 (b) 是利用大圆柱面定位和台阶支承的形式；图 4-69 (c) 是用圆柱面定位和垫板支承的形式；图 4-69 (d) 所示利用嵌件与模具的接触面起支承作用，防止型芯受压下沉；图 4-69 (e) 所示将嵌件下端以锥面镶入模板中，以增加嵌件的稳定性，并防止塑料挤入嵌件的螺孔中；图 4-69 (f) 是将小直径螺纹嵌件直接插入固定在模具上的光杆型芯上，因螺纹牙沟槽很细小，塑料仅能挤入一小段，并不妨碍使用，这样可省去模外脱卸螺纹的操作。螺纹型芯的非成型端应制成方形或将相对应的两边磨成两个平面，以便在模外用工具将其旋下。

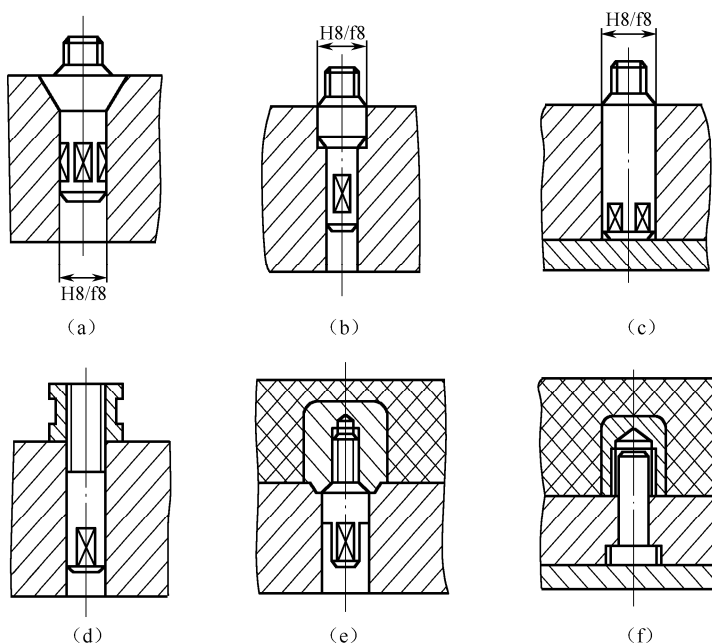


图 4-69 螺纹型芯的安装形式

当螺纹型芯固定在立式注射机的上模或卧式机的动模上时，由于合模时冲击振动大，螺纹型芯插入时应有弹性连接装置，以免成型型芯脱落或移动。弹性结构如图 4-70 所示。图 4-70 (a)，(b) 采用豁口柄结构；图 4-70 (c)，(d) 采用弹簧钢丝定位，常用于直径为 $5\sim 10\text{mm}$ 的型芯；图 4-70 (e) 采用钢球弹簧固定，用于直径大于 10mm 的型芯；图 4-70 (f) 利用弹簧卡圈固定型芯；图 4-70 (g) 用弹簧夹头固定型芯。

2) 螺纹型环

螺纹型环按其用途也有两类：一类直接用于成型塑件上的螺纹；另一类则用来在模内



塑料件成型工艺拟定与模具设计

固定有外螺纹的金属嵌件。两者在模内安装固定方法可见图 4-71。螺纹型环工作部分实际上相当于一个型腔，因此它也可分为整体式和组合式两种结构。图 4-71 (a) 是整体式螺纹型环，其外表面呈台阶状，大端部分与模具上的固定孔配合，配合高度 $3\sim 5\text{mm}$ ，其余可加工成锥度；小端部分用来与扳手配合，以便成型后将制品与螺纹型环旋开。图 4-71 (b) 是组合式螺纹型环，它由两瓣拼合而成，并用锁合导销定位，成型后，可用尖劈状卸模器楔入型环两边的楔形槽撬口内，使螺纹型环分开，这种方法快而省力，但该方法会在成型的塑料外螺纹上留下难以去除的溢料飞边。螺纹型环的结构见图 4-72。

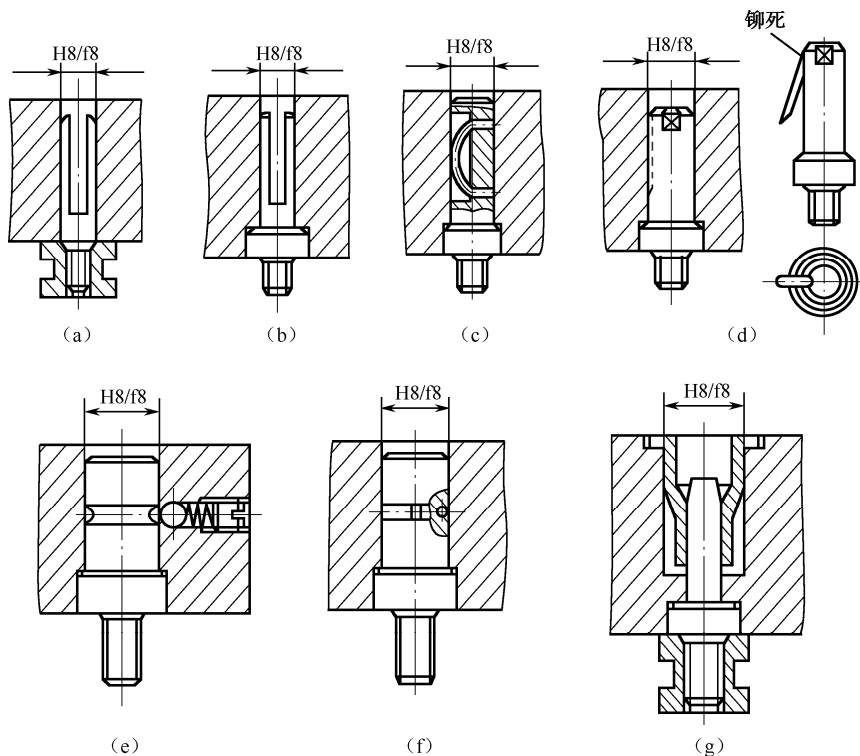


图 4-70 带弹性连接的螺纹型芯安装

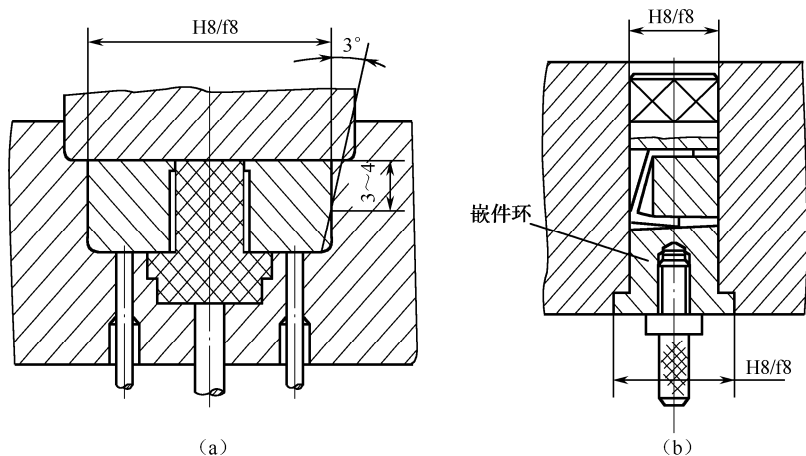


图 4-71 螺纹型环的类型及固定

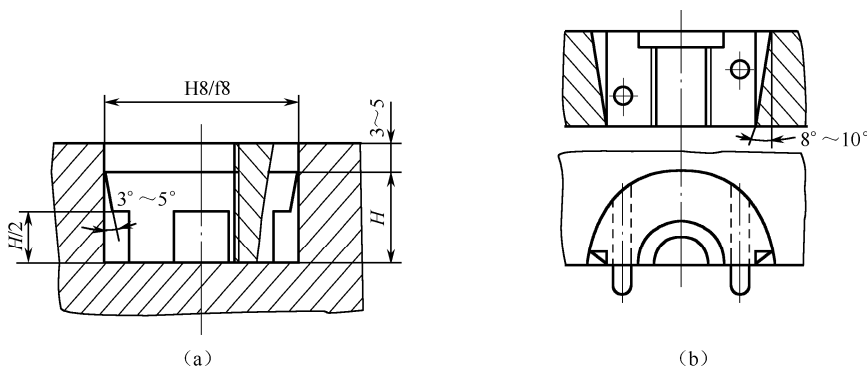


图 4-72 螺纹型环的结构

4.3.2 成型零件工作尺寸的计算

所谓成型零件的工作尺寸是指成型零件上直接用以成型塑件部分的尺寸，主要有型腔和型芯的径向尺寸（包括矩形及异形零件的长和宽）、型腔和型芯的深度尺寸、中心距等。

1. 影响塑件尺寸公差的因素

1) 模具成型零件的制造误差

它直接影响着塑件的尺寸公差，成型零件的公差等级愈低，塑件的公差等级也愈低。一般成型零件工作尺寸制造公差值取塑件公差值的 $1/3$ ($\delta_z = \Delta/3$) 或取 IT7~IT8 级作为制造公差。

组合式成型零件的制造公差应根据尺寸链加以确定。

2) 成型零件的磨损

模具在使用过程中，由于塑料熔体流动的冲刷，在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需要重新打磨抛光等原因，均会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，中心距尺寸基本保持不变。为简化计算，凡与脱模方向垂直的表面不考虑磨损，与脱模方向平行的表面应考虑磨损。

磨损量应根据塑料的产量、塑料的品种、模具的材料等因素来确定。生产批量小，磨损量取小值，甚至可以不考虑磨损量；热塑性塑料摩擦系数小，可取小值；模具材料耐磨性好（如模具表面进行了镀铬、氮化处理）可取小值；增强塑料如玻璃纤维等，磨损量取大值。对于中小型塑件，最大磨损量可取塑件公差的 $1/6$ ($\delta_c = \Delta/6$)；对于大型塑件，应取塑件公差值的 $1/6$ 以上。

3) 塑件的收缩率波动

塑件成型后的收缩变化与塑料的品种、塑件的形状、尺寸、壁厚、成型工艺条件、模具的结构等因素有关，所以确定准确的收缩率是很困难的。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

$$\delta_s = (S_{\max} - S_{\min}) L_s \quad (4-3)$$



塑料件成型工艺拟定与模具设计

式中 δ_s ——塑料收缩率波动误差;

S_{\max} ——塑料的最大收缩率;

S_{\min} ——塑料的最小收缩率;

L_s ——塑件的基本尺寸。

实际收缩率与计算收缩率会有差异,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。

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。例如上模和下模或动模与定模位置不准确,会影响塑件壁厚等尺寸误差。螺纹型芯如果按间隙配合安放在模具中,则制品中螺纹孔位置公差就会受配合间隙的影响。安装配合误差以 δ_j 表示。

综上所述,塑件在成型过程中可能产生的最大误差为上述各种误差的总和,即

$$\delta = \delta_z + \delta_c + \delta_s + \delta_j \quad (4-4)$$

由此可见,塑件尺寸误差为累积误差。因此在设计塑件时,其公差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 大于或等于上述各因素所引起的累积误差,即 $\Delta \geq \delta$ 。

在一般情况下,以上影响塑件公差的因素中,模具制造误差、成型零件磨损和收缩率的波动是主要的。而且并不是塑件所有尺寸都受上述各因素的影响。例如用整体式凹模成型塑件时,其外径只受 δ_z 、 δ_c 、 δ_s 的影响,而高度尺寸则受 δ_z 、 δ_s 的影响。

从式 (4-3) 可以看出,因收缩率的波动引起的塑件尺寸误差会随塑件尺寸的增大而增大。生产大型塑件时,由于收缩率波动对塑件尺寸公差影响较大,仅仅单靠提高模具制造精度等级来提高塑件精度是困难和不经济的,所以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,应提高模具制造精度等级和减少磨损。

2. 型腔和型芯尺寸的计算

计算模具成型零件最基本的公式为

$$L_m = L_s(1 + S) \quad (4-5)$$

式中 L_m ——模具成型零件在常温下的实际尺寸;

L_s ——塑件在常温下的实际尺寸;

S ——塑件的计算收缩率。

以上是仅考虑塑料率时计算模具成型零件工作尺寸的公式,若考虑其他因素,则模具成型工作尺寸的计算公式就会有不同形式。计算成型零件工作尺寸的方法有两种:一种是平均值方法;一种是公差带方法(又称极限值方法)。前一种方法简便,但可能有误差,在精密塑件的模具设计中受到一定限制;后一种方法能保证所成型的塑件在规定的公差范围内,但计算比较复杂。以下介绍平均值法,即计算成型零件工作尺寸时,收缩率、磨损量、制造公差均以平均值为基准的计算方法。

塑料的平均收缩率为



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

$$S_{cp} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} \times 100\% \quad (4-6)$$

在计算成型零件工作尺寸时，塑件和成型零件工作尺寸均按单向极限制：凡孔都按基孔制；凡轴都按基轴制；如果塑件上的公差是双向分布的，则应按这个要求加以换算，如图4-73所示。

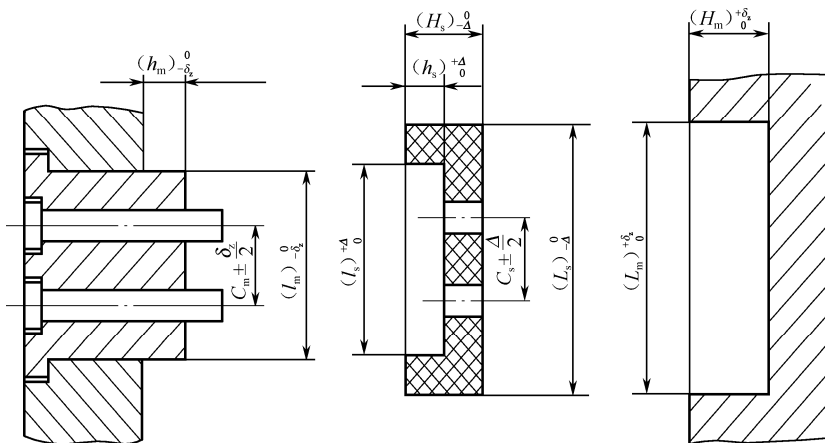


图4-73 模具零件工作尺寸与塑件尺寸的关系

1) 型腔径向尺寸的计算

已知塑件尺寸为 $(L_s)_{-\Delta}^0$ ，磨损量为 δ_c ，平均收缩率为 S_{cp} ，设型腔径向尺寸为 $(L_m)_{+\delta_z}^0$ ，则可列出下式：

$$L_m + \frac{\delta_z}{2} + \frac{\delta_c}{2} = \left(L_s - \frac{\Delta}{2} \right) + \left(L_s - \frac{\Delta}{2} \right) S_{cp}$$

略去小项 $\frac{\Delta}{2} \times S_{cp}$ ，则得模具型腔径向尺寸为

$$L_m = (1 + S_{cp})L_s - \frac{(\Delta + \delta_z + \delta_c)}{2}$$

由于 δ_z 和 δ_c 是与 Δ 有关的量，因此，公式后半部分可用 $\chi\Delta$ 表示，标注制造公差后得

$$(L_m)_{+\delta_z}^0 = [(1 + S_{cp})L_s - \chi\Delta]_{+\delta_z}^0 \quad (4-7)$$

由于 δ_z 、 δ_c 与 Δ 的关系随塑件的精度等级和尺寸大小的不同而变化，因此式中 Δ 前的系数 χ 在塑件尺寸较大、精度级别较低时， δ_z 和 δ_c 可忽略不计，则 $\chi=0.5$ ；当塑件尺寸较小，精度级别较高时， δ_z 可取 $\Delta/3$ ， δ_c 可取 $\Delta/6$ ，此时 $\chi=0.75$ 。则式 (4-7) 为

$$(L_m)_{+\delta_z}^0 = \left[(1 + S_{cp})L_s - \left(\frac{1}{2} \sim \frac{3}{4} \right) \Delta \right]_{+\delta_z}^0 \quad (4-8)$$

2) 型芯径向尺寸的计算

已知塑件尺寸为 $(l_s)_{+\Delta}^0$ ，磨损量为 δ_c ，平均收缩率为 S_{cp} ，设型腔径向尺寸为 $(l_m)_{-\delta_z}^0$ ，则可列出下式：

$$(l_m)_{-\delta_z}^0 = \left[(1 + S_{cp})l_s + \left(\frac{1}{2} \sim \frac{3}{4} \right) \Delta \right]_{-\delta_z}^0 \quad (4-9)$$



3) 型腔深度尺寸的计算

已知塑件尺寸为 $(H_s)_A^0$ ，平均收缩率为 S_{cp} ，设型腔深度尺寸为 $(H_m)_0^{+\delta_z}$ ，则可列出下式：

$$(H_m)_0^{+\delta_z} = \left[(1 + S_{cp})H_s - \left(\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3} \right) \Delta \right]_0^{+\delta_z} \quad (4-10)$$

4) 型芯高度尺寸的计算

已知塑件尺寸为 $(h_s)_0^{+\delta_z}$ ，平均收缩率为 S_{cp} ，设型芯高度尺寸为 $(h_m)_{-\delta_z}^0$ ，则可列出下式：

$$(h_m)_{-\delta_z}^0 = \left[(1 + S_{cp})h_s + \left(\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3} \right) \Delta \right]_{-\delta_z}^0 \quad (4-11)$$

5) 中心距尺寸的计算

由于塑件制品中心距和模具成型零件的中心距公差带都是对称分布的，同时磨损的结果不会使中心距发生变化，因此，塑件上中心距的基本尺寸 C_s 和模具上相应中心距的基本尺寸 C_m 就是塑件中心距和模具中心距的平均尺寸。于是

$$C_m = C_s(1 + S_{cp}) \quad (4-12)$$

标注制造公差后得

$$C_m = C_s(1 + S_{cp}) \pm \frac{\delta_z}{2} \quad (4-13)$$

3. 螺纹型环和螺纹型芯的工作尺寸计算

由于螺纹连接的种类很多，配合性质也不相同，影响其螺纹连接的因素也比较复杂，因此要满足塑料螺纹配合的准确要求比较困难，目前尚无塑料螺纹的统一标准，也没有成熟的计算方法。

螺纹型环的工作尺寸属于型腔类尺寸，而螺纹型芯的工作尺寸属于型芯类尺寸。为了使螺纹塑件与标准金属螺纹较好地配合，提高成型后塑件螺纹的旋入性能，成型塑件的螺纹型芯或型环的径向尺寸都应考虑收缩率的影响，且有意缩小螺纹型环的径向尺寸和增大螺纹型芯的径向尺寸。

下面介绍螺纹型环和型芯工作尺寸的计算。

1) 螺纹型环的工作尺寸（见图 4-74 (a)）

$$\text{中径： } D_{2M} = (d_{2s} + d_{2s}S_{cp} - b)_0^{+\delta_z} \quad (4-14)$$

$$\text{大径： } D_M = (d_s + d_sS_{cp} - b)_0^{+\delta_z} \quad (4-15)$$

$$\text{小径： } D_{1M} = (d_{1s} + d_{1s}S_{cp} - b)_0^{+\delta_z} \quad (4-16)$$

式中 D_{2M} ——螺纹型环中径基本尺寸；

D_M ——螺纹型环大径基本尺寸；

D_{1M} ——螺纹型环小径基本尺寸；

d_{2s} ——塑件外螺纹中径基本尺寸；

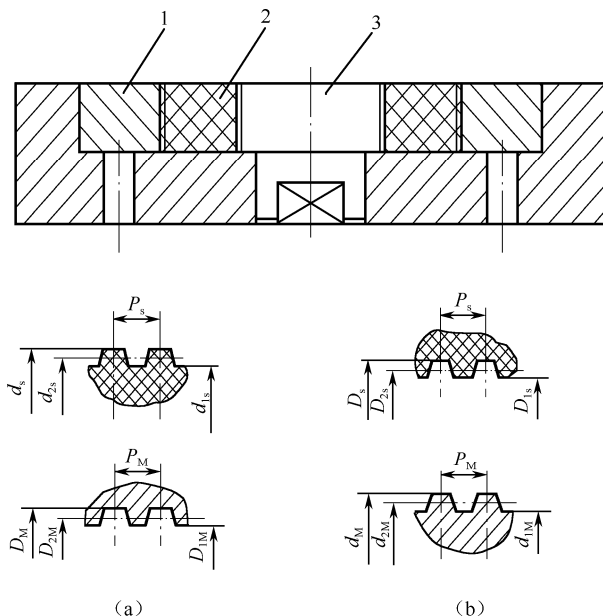
d_s ——塑件外螺纹大径基本尺寸；



d_{1s} ——塑件外螺纹小径基本尺寸；

b ——塑件螺纹中径公差，由于目前我国尚无专门的塑件螺纹公差标准，故可参照金属螺纹公差标准中精度最低者选用，其值可查 GB/T 197—1981；

δ_z ——螺纹型环中径制造公差，其值可取 $b/5$ 或查表 4-2。



1—螺纹型环；2—塑件；3—螺纹型芯

图 4-74 螺纹型环和螺纹型芯的参数

表 4-2 螺纹型环和螺纹型芯的直径制造公差 (mm)

粗 牙 螺 纹	螺纹直径	M3~M12	M14~M33	M36~M45	M46~M68
	中径制造公差	0.02	0.03	0.04	0.05
	大、小径制造公差	0.03	0.04	0.05	0.06
细 牙 螺 纹	螺纹直径	M4~M22	M24~M52	M56~M68	
	中径制造公差	0.02	0.03	0.04	
	大、小径制造公差	0.03	0.04	0.05	

2) 螺纹型芯的工作尺寸 (见图 4-74 (b))

$$\text{中径: } d_{2M} = (D_{2s} + D_{2s}S_{cp} + b)_{-\delta_z}^0 \quad (4-17)$$

$$\text{大径: } d_M = (D_s + D_sS_{cp} + b)_{-\delta_z}^0 \quad (4-18)$$

$$\text{小径: } d_{1M} = (D_{1s} + D_{1s}S_{cp} + b)_{-\delta_z}^0 \quad (4-19)$$

式中 d_{2M} ——螺纹型芯中径基本尺寸；

d_M ——螺纹型芯大径基本尺寸；

d_{1M} ——螺纹型芯小径基本尺寸；

D_{2s} ——塑件内螺纹中径基本尺寸；

D_s ——塑件内螺纹大径基本尺寸；



D_{1s} ——塑件内螺纹小径基本尺寸；
 δ_z ——螺纹型芯中径制造公差，其值可取 $b/5$ 或查表 4-3。

表 4-3 螺纹型环和螺纹型芯螺距的制造公差 (mm)

螺 纹 直 径	配合长度 L	制造公差 δ_z
3~10	~12	0.01~0.03
12~22	12~20	0.02~0.04
24~68	>20	0.03~0.05

3) 螺纹型环和螺纹型芯的螺距工作尺寸
无论螺纹型环还是螺纹型芯，其螺距尺寸都采用如下公式计算：

$$(P_m) \pm \frac{\delta_z}{2} = P_s(1 + S_{cp}) \pm \frac{\delta_z}{2} \tag{4-20}$$

式中 P_m ——螺纹型环或螺纹型芯螺距；
 P_s ——塑件外螺纹或内螺纹螺距的基本尺寸；
 δ_z ——螺纹型环或螺纹型芯螺距制造公差，查表 4-3。

在螺纹型环或螺纹型芯螺距计算中，由于考虑到塑件的收缩，计算所得到的螺距带有不规则的小数，加工这种特殊的螺距很困难，可采用如下办法解决这一问题。

用收缩率相同或相近的塑件外螺纹与塑件内螺纹相配合时，计算螺距尺寸可以不考虑收缩率；当塑料螺纹与金属螺纹配合时，如果螺纹配合长度 $L \leq \frac{0.432b}{S_{cp}}$ ，可不考虑收缩率；

一般在小于 7~8 牙的情况下，也可以不计算螺距的收缩率，因为在螺纹型芯中径尺寸中已考虑了增加中径间隙来补偿塑件螺距的累积误差。

当然，虽然带小数点特殊螺距的螺纹型芯和螺纹型环加工困难，但必要时还是可以采用在车床上配置特殊齿数的变速挂轮等方法进行加工。

4.3.3 成型零件的强度设计

1. 成型零件强度设计的概念

如果型腔侧壁和底板厚度过小，可能因强度不够而产生塑性变形甚至破坏，也可能因刚度不足而产生挠曲变形，导致溢料和出现飞边，降低塑件尺寸精度并影响顺利脱模。因此，应通过强度和刚度计算来确定型腔壁厚，尤其是对于精度要求高的大型的模具型腔，更不能单纯地凭经验来确定型腔的侧壁和底板的厚度。

根据理论分析和生产实践，大尺寸模具型腔刚度不足是主要矛盾，型腔壁厚应以满足刚度条件为准；而对于小尺寸的模具型腔，在其发生弹性变形之前，内应力往往已经超过许用应力，因而强度不足是主要矛盾，所以，设计型腔壁厚应以满足强度为准。

型腔壁厚的强度计算条件是型腔在各种受力形式下的应力值不得超过模具材料的许用应力，即 $\sigma_{max} \leq [\sigma]$ ；型腔壁厚的刚度计算条件应使型腔弹性变形不超过允许变形量，即 $\delta_{max} \leq [\delta]$ 。

型腔刚度的计算主要从以下三方面出发：

(1) 成型过程不发生溢料。当高压熔体注入型腔时，模具型腔的某些配合面会产生间隙，



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

间隙过大则出现溢料,如图 4-75 所示。这时,应根据塑料的黏度特性,在不产生溢料的前提下,将允许的最大间隙 $[\delta]$ 作为型腔的刚度条件。各种塑料的最大不溢料间隙值见表 4-4。

表 4-4 不发生溢料的间隙值 $[\delta]$

黏度特性	塑料品种举例	允许变形值 $[\delta]/\text{mm}$
低黏度塑料	PA、PE、PP、POM	$\leq 0.025 \sim 0.04$
中黏度塑料	PS、ABS、PMMA	≤ 0.05
高黏度塑料	PC、PSF、PPO	$\leq 0.06 \sim 0.08$

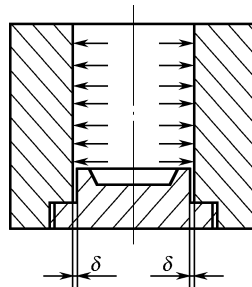


图 4-75 型腔弹性变形与溢料的产生

(2) 保证塑件的尺寸精度。精度高的塑件要求模具型腔具有良好的刚性,以保证塑料熔体注入型腔时不产生过大的弹性变形。此时,型腔的允许变形量 $[\delta]$ 受制件尺寸和公差的限制。由塑件尺寸精度确定的刚度条件可用表 4-5 所列的经验公式计算出来。

表 4-5 保证塑件尺寸精度的 $[\delta]$ 值

塑件尺寸/mm	经验公式 $[\delta]$
<10	$\Delta_i / 3$
$>10 \sim 50$	$\Delta_i / [3(1 + \Delta_i)]$
$>50 \sim 200$	$\Delta_i / [5(1 + \Delta_i)]$
$>200 \sim 500$	$\Delta_i / [10(1 + \Delta_i)]$
$>500 \sim 1\,000$	$\Delta_i / [15(1 + \Delta_i)]$
$>1\,000 \sim 2\,000$	$\Delta_i / [20(1 + \Delta_i)]$

注: i 为塑件精度等级, Δ_i 为塑件尺寸公差。

(3) 保证塑件顺利脱模。如果型腔刚度不足,成型时变形大,当变形量超过塑件的收缩率时,塑件周边将被型腔紧紧包住而难以脱模。此时,型腔的允许变形量应小于塑件壁厚收缩值,即

$$[\delta] < ts \quad (4-21)$$

式中 $[\delta]$ ——保证塑件顺利脱模的型腔允许变形量;

t ——塑件壁厚, mm;

s ——塑件的收缩率。

在一般情况下,因塑料的收缩率较大,型腔的弹性变形量不会超过塑料冷却时的收缩值,因此,型腔的刚度要求主要是由不溢料和塑件精度来决定的。

当以强度计算所需壁厚和以刚度计算所需壁厚相等时的形腔内形尺寸即为强度计算和刚度计算的分界值。在分界值不知道的情况下,则应按强度条件和刚度条件分别计算出壁厚,然后取较大值作为型腔的壁厚。

2. 强度与刚度的计算

表 4-6 所列的强度和刚度计算公式可供参考。表中各符号(见表 4-7~表 4-10)的意义和单位如下:

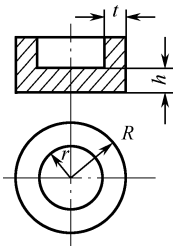
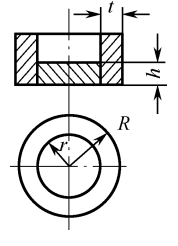
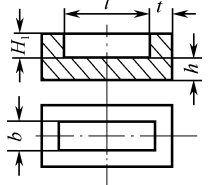
P ——模腔压力, MPa;



塑料件成型工艺拟定与模具设计

- E ——材料的弹性模量, MPa;
- $[\sigma]$ ——材料的许用应力, MPa;
- μ ——材料的泊松比;
- $[\delta]$ ——成型零部件的许用变形量, mm;
- r ——凹模型腔内孔或凸模、型芯外圆的半径, mm;
- R ——凹模的外部轮廓半径, mm;
- l ——凹模型腔的内孔(矩形)长边尺寸, mm;
- L ——凸模、型芯的长度或模具支承块(垫块)的间距, mm;
- H_1 ——凹模型腔的深度, mm;
- H ——凹模外侧的高度, mm;
- b ——凹模型腔的内孔(矩形)短边尺寸或其底面的受压宽度, mm;
- B ——凹模外侧底面的宽度, mm;
- t ——凹模型腔侧壁的计算厚度, mm;
- h ——凹模型腔底部的计算厚度, mm。

表 4-6 凹模型腔、凸模、型芯的强度和刚度计算

类 型	图 示	部 位	按强度计算	按刚度计算
圆形凹模		侧壁	$t = r \left(\sqrt{\frac{[\sigma]}{[\sigma] - 2p}} - 1 \right)$	$t = r \left(\sqrt{\frac{\frac{E[\delta]}{rp} - (\mu - 1)}{\frac{E[\delta]}{rp} - (\mu + 1)}} - 1 \right)$
		底部	$h = \sqrt{\frac{3pr^2}{4[\sigma]}}$	$h = \sqrt[3]{\frac{0.1758pr^4}{E[\delta]}}$
		侧壁	与整体式同	与整体式同
		底部	$h = r \sqrt{\frac{1.22p}{[\sigma]}}$	$h = \sqrt[3]{\frac{0.74pr^4}{E[\delta]}}$
矩形凹模		侧壁	$t = H_1 \sqrt{\frac{ap}{[\sigma]}}$	$t = \sqrt[3]{\frac{cpH_1^4}{E[\delta]}}$
		底部	$h = b \sqrt{\frac{a'p}{[\sigma]}}$	$h = \sqrt[3]{\frac{c'pb^4}{E[\delta]}}$



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

续表

类 型	图 示	部 位	按强度计算	按刚度计算
矩形凹模 镶拼组合式		侧壁	$t = l \sqrt{\frac{p H_1}{2 H [\sigma]}}$	$t = \sqrt[3]{\frac{p H_1 l^4}{32 E H [\delta]}}$
		底部	$h = L \sqrt{\frac{3 p b}{4 B [\sigma]}}$	$h = \sqrt[3]{\frac{5 p b L^4}{32 E B [\delta]}}$
凸模、型芯	悬臂式 	半径	$r = 2 L \sqrt{\frac{p}{\pi [\sigma]}}$	$r = \sqrt[3]{\frac{p L^4}{\pi E [\delta]}}$
	悬臂+简支 	半径	$r = \frac{3}{4} L \sqrt{\frac{p}{\pi [\sigma]}}$	$r = \sqrt[3]{\frac{0.0432 p L^4}{\pi E [\delta]}}$

表 4-7 系数 c

H_1/l	l/H_1	c	H_1/l	l/H_1	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			

表 4-8 系数 c'

l/b	c'	l/b	c'
1.0	0.013 8	1.6	0.025 1
1.1	0.016 4	1.7	0.026 0
1.2	0.018 8	1.8	0.026 7
1.3	0.020 9	1.9	0.027 2
1.4	0.022 6	2.0	0.027 7
1.5	0.024 0		

表 4-9 系数 a

L/H_1	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0
a	0.02	0.081	0.173	0.321	0.727	1.266	2.105

表 4-10 系数 a'

L/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	
a'	0.307 8	0.383 4	0.435 6	0.468 0	0.487 2	0.497 4	0.500 0



3. 经验法

由于型腔壁厚计算比较麻烦，表 4-11 和表 4-12 分别列举了矩形和圆形型腔壁厚的经验推荐数据，供设计时参考。

表 4-11 矩形型腔壁厚尺寸 (mm)

矩形型腔内壁短边 b	整体式型腔侧壁厚 s	镶拼式型腔	
		凹模壁厚 s_1	模套壁厚 s_2
40	25	9	22
>40~50	25~30	9~10	22~25
>50~60	30~35	10~11	25~28
>60~70	35~42	11~12	28~35
>70~80	42~48	12~13	35~40
>80~90	48~55	13~14	40~45
>90~100	55~60	14~15	45~50
>100~120	60~72	15~17	50~60
>120~140	72~85	17~19	60~70
>140~160	85~95	19~21	70~80

表 4-12 圆形型腔壁厚尺寸 (mm)

圆形型腔内壁直径 $2r$	整体式型腔壁厚 $s=R-r$	组合式型腔	
		型腔壁厚 $s_1=R-r$	模套壁厚 s_2
40	20	8	18
>40~50	25	9	22
>50~60	30	10	25
>60~70	35	11	28
>70~80	40	12	32
>80~90	45	13	35
>90~100	50	14	40
>100~120	55	15	45
>120~140	60	16	48
>140~160	65	17	52
>160~180	70	19	55
>180~200	75	21	58

任务实施

1. 塑料壳体模具型腔、型芯的强度和刚度计算

1) 成型零件结构设计与尺寸计算

成型零件直接与高温高压的塑料接触，它的质量直接影响了制件的质量，因此要求成型零件有足够的强度、刚度、硬度、耐磨性，应选用优质模具钢制作，还应进行热处理使



其具备 HRC50~55 的硬度。

凹模（型腔）设计：型腔采用整体式型腔，整体式型腔是直接加工在型腔板上的，具有较高的强度和刚度，使用中不易发生变形。该塑件尺寸较小，形状为圆形，型腔加工容易实现，可以采用整体式结构。

凸模（型芯）设计：型芯结构设计亦应采用组合式型芯，可以节省贵重模具钢，减少加工工作量。成型塑件内壁的大型芯装在动模板上，成型 $4\times\phi 6$ 、 $\phi 9$ 孔的小型芯装在定模板上，方便型芯的制作安装、塑件的飞边去除，以及塑件内部冷却水道的排布。

2) 成型零件的成型尺寸

该塑件的成型零件尺寸均按平均值法计算，查有关手册得 ABS 的收缩率为 0.4%~0.7%，故平均收缩率为

$$S_{cp} = \frac{1}{2} (0.4\% + 0.7\%) = 0.55\%$$

根据塑件尺寸公差要求，模具制造公差取： $\delta_z = \frac{\Delta}{3}$ 。

成型零件尺寸的计算见表 4-13。

表 4-13 成型零件尺寸的计算

(mm)

	尺寸类别	塑件尺寸	计算公式	型腔或型芯工作尺寸
径向尺寸	型腔的径向尺寸	$\phi 90 \begin{smallmatrix} 0 \\ -1.00 \end{smallmatrix}$	$L_M = \left(L_s + L_s S_{cp} - \frac{3}{4} \Delta \right)_0^{+\delta_z}$	$\phi 89.75 \begin{smallmatrix} +0.33 \\ 0 \end{smallmatrix}$
		$\phi 80 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.46 \end{smallmatrix}$	$L_M = \left(L_s + L_s S_{cp} - \frac{3}{4} \Delta \right)_{-\delta_z}^0$	$\phi 79.80 \begin{smallmatrix} +0.29 \\ 0 \end{smallmatrix}$
	型芯的径向尺寸	$\phi 72 \begin{smallmatrix} +0.86 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$L_m = \left(L_s + L_s S_{cp} + \frac{3}{4} \Delta \right)_{-\delta_z}^0$	$\phi 73.04 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.29 \end{smallmatrix}$
		$\phi 9 \begin{smallmatrix} +0.28 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$L_m = \left(L_s - L_s S_{cp} - \frac{3}{4} \Delta \right)_{-\delta_z}^0$	$\phi 9.26 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.09 \end{smallmatrix}$
		$\phi 6 \begin{smallmatrix} +0.24 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$L_m = \left(L_s - L_s S_{cp} - \frac{3}{4} \Delta \right)_{-\delta_z}^0$	$\phi 6.21 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.08 \end{smallmatrix}$
轴向尺寸	型腔的轴向尺寸	$50 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.64 \end{smallmatrix}$	$H_m = \left(H_s + H_s S_{cp} - \frac{2}{3} \Delta \right)_0^{+\delta_z}$	$49.85 \begin{smallmatrix} +0.21 \\ 0 \end{smallmatrix}$
		$4 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.24 \end{smallmatrix}$	$H_m = \left(H_s + H_s S_{cp} - \frac{2}{3} \Delta \right)_0^{+\delta_z}$	$3.86 \begin{smallmatrix} +0.08 \\ 0 \end{smallmatrix}$
		$4 \begin{smallmatrix} +0.24 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$H_m = \left(H_s + H_s S_{cp} + \frac{2}{3} \Delta \right)_{-\delta_z}^0$	$4.18 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.21 \end{smallmatrix}$
	型芯的轴向尺寸	$46 \begin{smallmatrix} +0.04 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$H_m = \left(H_s + H_s S_{cp} + \frac{2}{3} \Delta \right)_{-\delta_z}^0$	$46.68 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.21 \end{smallmatrix}$
中心距尺寸		54 ± 0.37	$C_m = (1 + S_{cp}) C_s \pm \frac{1}{2} \delta_z$	54.30 ± 0.06



3) 模具型腔壁厚的确定

图 4-76 所示为整体式圆形型腔的结构图。塑料模具型腔在成型过程中受到熔体的高压作用，应有足够的强度和刚度，本模具的凹模采用的是整体式圆形型腔，因此可采用整体式圆形型腔壁厚计算公式来确定型腔侧壁 S 和底板厚度 h ，也可由表格查取经验数据确定型腔侧壁 S 。圆形型腔壁厚的经验数据见表 4-14。

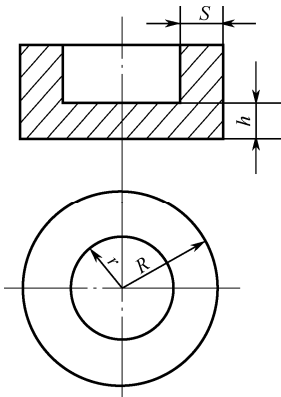


图 4-76 圆形型腔壁厚的确定

表 4-14 圆形型腔壁厚的经验数据

圆形型腔内壁直径 $2r$	整体式圆形型腔壁厚 $S=R-r$	组合式圆形型腔	
		壁厚 $S_1=R-r$	模套壁厚 S_2
0~40	20	8	18
40~50	25	9	22
50~60	30	10	25
60~70	35	11	28
70~80	40	12	32
80~90	45	13	35
90~100	50	14	40
100~120	55	15	45
120~140	60	16	48
140~160	65	17	52
160~180	70	19	55
180~200	75	21	58

本例 $2r=90\text{mm}$ ，采用经验数据法，直接查表 4-14，得该型腔的推荐壁厚为 50mm。

按刚度条件计算腔底板厚度 $h_{\text{刚}}$ ：

$$h_{\text{刚}} = \sqrt[3]{\frac{0.1758pr^4}{E[\delta]}} = \sqrt[3]{\frac{0.1758 \times 30 \times 90^4}{2.1 \times 10^5 \times 0.0238}} = 41.06\text{mm}$$

式中 p ——模腔内最大熔体压力，MPa，可取注射成型压力的 25%~50%， p 取 30MPa；
 r ——型腔内壁半径，mm， $r=90\text{mm}$ ；



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

E ——模具钢材的弹性模量, MPa, 一般中碳钢 $E=2.1 \times 10^5$ MPa, 预硬化塑料模具钢 $E=2.2 \times 10^5$ MPa;

$[\delta]$ ——模具刚度计算许用变形量, μm 。

查表得

$$\begin{aligned} [\delta] &= 25i_1 = 25 \times \left(0.35r^{\frac{1}{3}} + 0.001r \right) \\ &= 25 \times \left(0.35 \times 90^{\frac{1}{3}} + 0.001 \times 90 \right) = 23.8 \mu\text{m} = 0.0238 \text{ mm} \end{aligned}$$

按强度条件计算腔底板厚度 $h_{\text{强}}$:

$$h_{\text{强}} = \sqrt{\frac{3pr^2}{4[\sigma]}} = \sqrt{\frac{3 \times 30 \times 90^2}{4 \times 160}} = 33.75 \text{ mm}$$

式中 $[\sigma]$ ——模具强度计算的许用应力, MPa, 一般中碳钢 $[\sigma_b]=160$ MPa, 预硬化塑料模具钢 $[\sigma_b]=300$ MPa。

根据以上刚度、强度的计算, 得出型腔的壁厚要求为: 型腔的侧壁厚度 $S \geq 50 \text{ mm}$, 型腔底板厚度 $h \geq 41.06 \text{ mm}$ 。

2. 塑料防护罩模具型腔、型芯的强度和刚度设计计算

防护罩制件材料为 ABS, 制件总体形状为圆筒形, 侧边有一个 $\phi 10 \text{ mm}$ 侧孔需要侧向抽芯机构来成型, 该零件属于中等复杂程度。

1) 模具成型零件设计

(1) 型腔结构。型腔由定模板 1、定模镶件 2 和侧滑块 5 共三部分组成, 如图 4-77 所示。定模板 1 和侧滑块 5 构成塑件的侧壁, 定模镶件 2 成型塑件的顶部, 而且点浇口开在定模镶件上, 这样使加工方便, 有利于型腔的抛光; 定模镶件可以更换, 提高了模具的使用寿命。

(2) 型芯结构。型芯 8 由动模板 7 上的孔固定, 如图 4-77 所示。型芯与推件板 6 采用锥面配合以保证配合紧密, 防止塑件产生飞边。另外, 锥面配合可以减小推件板在推件运动时与型芯之间的磨损。

(3) 斜导柱、滑块结构。侧向分型机构由 3、4 和 5 组成, 如图 4-77 所示。

2) 模具成型零件尺寸计算

丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS) 塑料平均收缩率为 0.6%, 模具最大磨损量取制件公差 1/6, 模具的制作公差 $\delta_z = \Delta/3$ 。该模具成型零件的尺寸按平均收缩率公式进行计算, 图 4-78~图 4-80 所示是该模具主要成型零件的结构图, 尺寸计算公式和结果如表 4-15 所示。

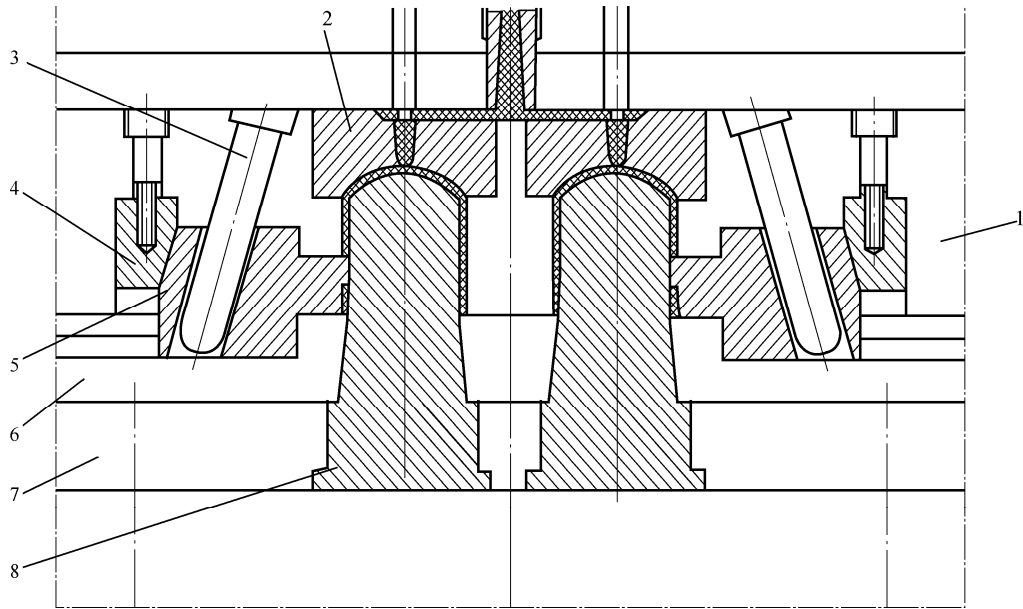
表 4-15 尺寸计算公式和结果

类 别	零 件 名 称	塑 件 尺 寸	计 算 公 式	工 作 尺 寸
型腔	径向尺寸	$40.26_{-0.26}^0$	$(L_M)^{+\delta_z}_0 = [(1-\bar{S})L_s - \chi\Delta]^{+\delta_z}_0 \left(\text{取 } \chi = \frac{3}{4} \right)$	$40.31_{-0}^{+0.09}$
		$25.50_{-1.00}^0$		$24.9_{-0}^{+0.33}$
	深度尺寸	$50.66_{-1.32}^0$	$(H_M)^{+\delta_z}_0 = [(1-\bar{S})H_s - \chi'\Delta]^{+\delta_z}_0 \left(\text{取 } \chi' = \frac{2}{3} \right)$	$50.08_{-0}^{+0.44}$
		$40.66_{-1.32}^0$		$40.05_{-0}^{+0.44}$



续表

类 别	零 件 名 称	塑 件 尺 寸	计 算 公 式	工 作 尺 寸
型 芯	径向尺寸	$36.8^{+0.26}_0$	$(l_M)_{-\delta_s}^0 = [(1-\bar{S})l_s + \chi A]_{-\delta_s}^0 \left(\text{取} \chi = \frac{3}{4} \right)$	$37.22^0_{-0.09}$
		$22.9^{+1.00}_0$		$23.79^0_{-0.33}$
		$10^{+0.52}_0$		$10.45^0_{-0.17}$
	深度尺寸	$47.74^{+1.32}_0$	$(h_M)_{-\delta_s}^0 = [(1+\bar{S})h_s + \chi' A]_{-\delta_s}^0 \left(\text{取} \chi' = \frac{2}{3} \right)$	$48.91^0_{-0.44}$
		$39.34^{+1.32}_0$		$40.49^0_{-0.44}$
		$15^{+0.68}_0$		$15.43^0_{-0.23}$



1—定模板；2—定模镶件；3—斜导柱；4—楔紧块；5—侧滑块；6—推件板；7—动模板；8—型芯

图 4-77 防护罩塑件模具成型零件的结构

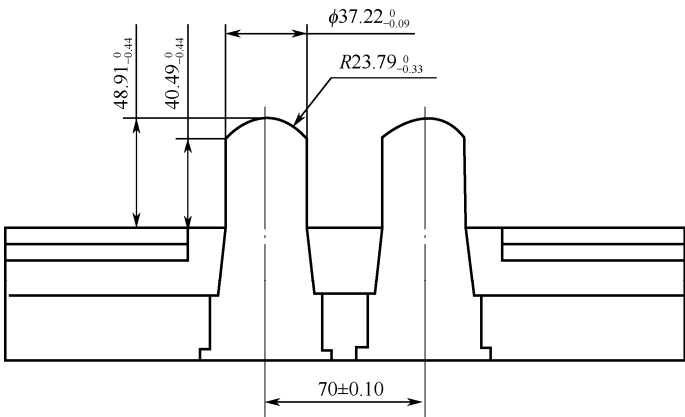


图 4-78 防护罩塑件型芯结构图

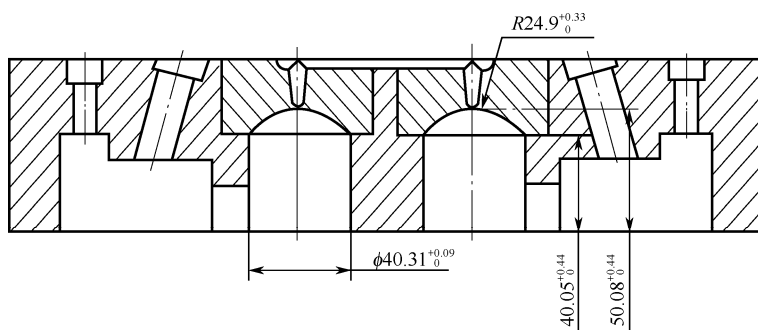


图 4-79 防护罩塑件型腔结构图

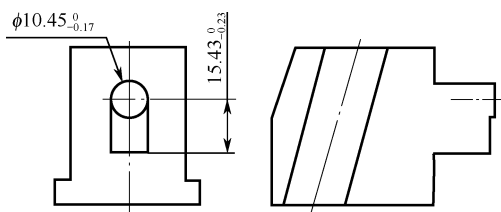


图 4-80 滑块结构图

习题与思考 7

1. 注射模的成型零件各有哪种类别？其结构形式有哪些？
2. 整体式型腔和组合式型腔各有何特点？应如何选用？
3. 影响成型零件工作尺寸的因素有哪些？当生产大型塑件时如何提高塑件尺寸精度？当生产小型塑件时如何提高塑件尺寸精度？
4. 通孔的成型方法有哪些？各有什么优缺点？
5. 型腔和底板的强度和刚度计算方法有哪两种？该如何选用？

任务 4.4 塑件推出机构的设计

相关知识点

- (1) 推出机构的动作原理；
- (2) 推出机构的组成及设计要点；
- (3) 塑料模具中推出机构的特点；
- (4) 塑件推出力的计算。

相关技能点

- (1) 能够读懂各种推出机构图；



- (2) 能给各种塑料模具设计推出机构;
- (3) 能合理地设计各种推出机构。

任务引入

塑料模具中产品的出模以及浇注系统从模具中脱出主要是通过一套特殊的装置进行的,这套装置就是塑料模具的推出机构。根据产品的不同,推出机构有很多种,它的动作主要是依赖注射机的顶出缸来实现的。

本任务将以塑料壳体和塑料防护罩的推件系统设计为载体,介绍模具产品推出系统的设计。

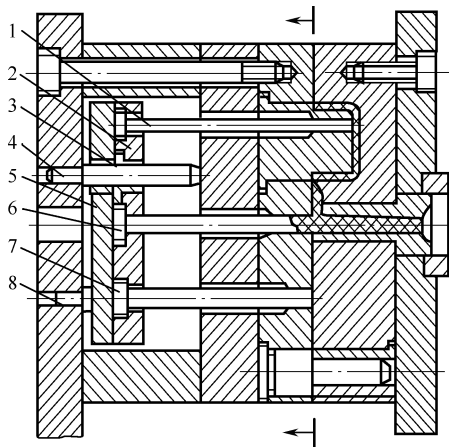
4.4.1 推出机构的组成及分类

注射成型后的塑件及浇注系统的凝料从模具中脱出的机构称为推出机构。推出机构的动作通常是由安装在注射机上的顶杆或液压缸完成的。

1. 推出机构的结构组成

注射模具在注射成型的每一个产品成型循环周期中,塑件都必须由模具型腔脱出,把塑件从模具中脱出的机构称为推出机构,或称脱模机构。

推出机构见图 4-81,由以下几部分组成:推出部分(推杆、拉料杆、限位钉)、导向部分(导柱、导套)、复位部分(复位杆)。在图 4-81 所示的模具中,推出机构由推杆 1、拉料杆 6、推杆固定板 2、推板 5、导柱 4、导套 3 及复位杆 7 等组成。开模时,动模部分向左移动,开模一段距离后,当注射机的顶杆接触模具推板 5 后,推杆 1、拉料杆 6 与推杆固定板 2 及推板 5 一起静止不动,当动模部分继续向左移动时,塑件就由推杆从凸模上推出。



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—支承钉

图 4-81 注射模具的推出机构

推出机构中,凡直接与塑件相接触,并将塑件推出型腔或型芯的零件都称为推出零件。常用推出零件有推杆、推管、推件板、成型推杆等。图 4-81 中的推出零件为推杆 1,推杆固定板 2 和推板 5 由螺钉连接,用来固定推出零件。为了保证推出零件合模后能回到



原来的位置,需设置复位机构,图 4-81 中的复位部件为复位杆 7。推出机构中,从保证推出平稳、灵活的角度考虑,通常还设有导向装置,图 4-81 中的导向零件为导柱 4 和导套 3。除此之外还有拉料杆 6,以保证浇注系统的主流道凝料从定模的浇口套中拉出,留在动模一侧。有的模具还设有支承钉 8,使推板与底板间形成间隙,易保证推板平面度要求,并且有利于废料、杂物的去除,另外还可以通过支承钉厚度的调节来控制推出距离。

2. 推出机构的分类

按动力来源可分为:手动推出机构、机动推出机构和液压与气动推出机构。

按推出元件可分为:顶杆顶出、推管顶出、推板顶出、利用成型零件顶出和多元件综合顶出等。

按模具结构特征可分为:一次推出机构、二次推出机构、浇注系统推出机构、定模推出机构、带螺纹的推出机构等。

3. 推出机构的设计原则

(1) 塑件应尽量留在动模一侧。由于推出机构的动作是通过注射机的动模一侧的顶杆或液压缸来驱动的,故在设计时应尽量注意,开模时能把塑件滞留在动模一侧。

(2) 保证塑件不因顶出而变形损坏。为了保证塑件在顶出脱模过程中不发生变形损坏,必须正确分析塑件对模具附着力的作用和作用位置,以便选择合适的脱模方式和恰当的顶出位置,使脱模力得到均匀合理的分布。

(3) 不损坏塑件的外观质量。推出位置应尽量选在塑件的内部或对塑件外观影响不大的部位。

(4) 机构应尽量简单可靠。必须保证顶出动作灵活,机构工作可靠,零部件配换方便,并且顶出零件应有足够的强度、刚度和硬度。

4.4.2 脱模力的计算

推出力的计算如下:

注射成型后,塑件在模具内的冷却会对凸模产生包紧力,顶出脱模时必须克服塑件与凸模之间因包紧力而产生的摩擦力。对底部无孔的筒、壳类塑件,脱模时还要克服大气压力。型芯的成型端部,一般均要设计脱模斜度。并且,塑件刚开始脱模时,所需的脱模力最大,其后,推出力的作用仅仅是为了克服推出机构移动的摩擦力。

图 4-82 所示为塑件在脱模时的受力分析情况。

推出时的摩擦力 F_m 为

$$F_m = \mu(F_b - F_t \sin \alpha) \quad (4-22)$$

式中 F_m ——脱模时塑件受到的摩擦阻力;

F_b ——塑件对型芯的包紧力的反作用力;

F_t ——脱模力(推出力);

α ——脱模斜度;

μ ——塑件与钢的摩擦系数,为 0.1~0.3。

根据受力图可列出平衡方程式:

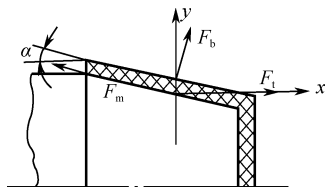


图 4-82 塑件的受力分析



$$\sum F_x = 0$$

$$\text{所以} \quad F_m \cos \alpha - F_t - F_b \sin \alpha = 0 \quad (4-23)$$

由式 (4-22) 和式 (4-23), 经整理后得

$$F_t = \frac{F_b(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)}{1 + \mu \cos \alpha \sin \alpha} \quad (4-24)$$

因实际上摩擦系数 μ 较小, $\sin \alpha$ 更小, $\cos \alpha$ 也小于 1, 故忽略 $\mu \cos \alpha \sin \alpha$, 式 (4-24) 简化为

$$\begin{aligned} F_t &= F_b(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \\ &= Ap(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \end{aligned} \quad (4-25)$$

式中 A ——塑件包络型芯的面积;

p ——塑件对型芯单位面积上的包紧力, 一般情况下, 模外冷却的塑件, 取 $2.4 \times 10^7 \sim 3.9 \times 10^7 \text{Pa}$, 模内冷却的塑件, 取 $0.8 \times 10^7 \sim 1.2 \times 10^7 \text{Pa}$ 。

从式 (4-25) 可以看出, 脱模力 (推出力) 的大小随着塑件包络型芯的面积增加而增大, 随着脱模斜度增大而减小, 同时也和塑料与钢型芯材料之间的摩擦系数有关。

4.4.3 简单推出机构的结构形式

简单推出机构又称一次推出机构, 指在开模后在动模一侧用一次推出动作完成塑件的推出。常见的结构形式有以下几种:

1. 推杆推出机构

由于设置推杆的自由度较大, 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。

1) 推杆的形状及尺寸

推杆的形式很多, 最常用的是圆形截面推杆, 如图 4-83 所示是三种标准圆形截面推杆。A 型为标准推杆, 结构最简单; B 型采用阶梯结构, 主要用于顶出部位较小, 而又需增加推杆刚度的场合; C 型采用插入式阶梯结构, 插入部分可以采用优质钢材制造, 也可根据需要做成各种异形截面。

因塑件的几何形状及型腔、型芯结构不同, 所以推杆截面形状也不尽相同。常见的推杆截面形状如图 4-84 所示, 但为便于推杆的加工, 应尽可能采用圆形截面的推杆。

2) 推杆的固定形式

常用的固定形式如图 4-85 所示。图 4-85 (a) 为最常见的台肩固定; 图 4-85 (b) 采用垫圈或垫块代替图 4-85 (a) 中固定板上沉孔; 图 4-85 (c) 中推杆底部采用螺塞拧紧, 适合于推杆固定板较厚的场合; 图 4-85 (d) 为较粗推杆镶入固定板采用螺钉固定的形式。

3) 注意事项

(1) 推杆直径大小与设置位置应符合推出机构设计要求。

(2) 推杆应尽量短, 但在推出时, 必须将塑件推出型芯 (或型腔) 顶面 $5 \sim 10 \text{mm}$ 。注射成型时, 推杆端面应高出型芯、型腔表面 $0.05 \sim 0.10 \text{mm}$, 否则会影响塑件的使用, 如



图 4-86 所示。

(3) 推杆与其配合孔一般采用 H9/f9 的配合并保证一定的同轴度，使其在推出过程中不卡滞，配合长度取推杆直径的 1.5~2 倍，通常不小于 12mm。

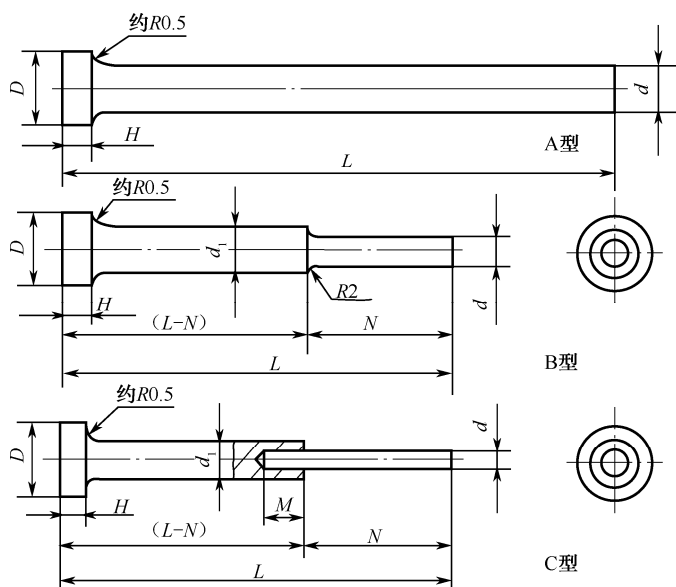


图 4-83 标准圆形截面推杆

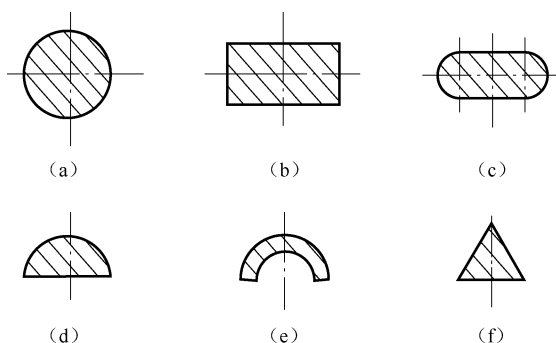


图 4-84 推杆工作端面的形状

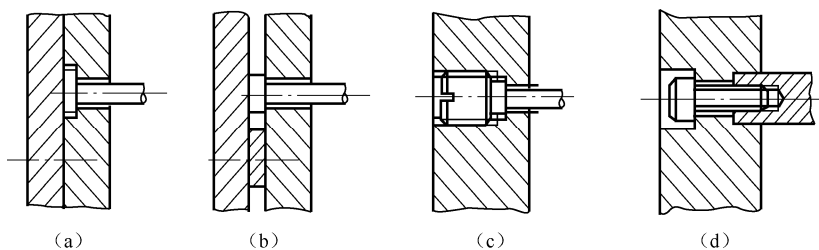


图 4-85 推杆的固定形式

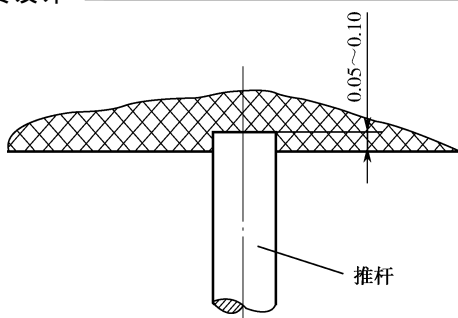


图 4-86 推杆端面与型腔、型芯表面的关系

(4) 推杆通过模具成型零件的位置，应避开冷却通道。

(5) 在确保塑件质量与顺利脱模的前提下，推杆数量不宜过多，以简化模具和减小对塑件表面质量的影响。

2. 推管推出机构

推管是一种空心的推杆，它适于环形、筒形塑件或带有孔的部分塑件的推出。推管与推杆的推出运动方式相同，不同之处在于推管内部必须设置一个用于成型塑件中心孔的型芯。

推管推出机构有三种主要的结构形式。如图 4-87 所示。其中图 4-87 (a) 是最简单、最常用的结构形式。型芯固定于动模板上，细小的型芯应在动模座板后面局部开盲孔加垫板固定。此结构形式的特点是型芯较长，但结构可靠，适用于推出距离不大的场合。图 4-87 (b) 用方销将型芯固定在动模板上，推管在方销的位置沿轴向开有长槽。推出时让开方销，长槽在方销以下的长度应大于推出距离，推管与方销的配合采用 H8/f7~H8/f8。由于方销固定型芯强度较弱，不适于受力较大的型芯。图 4-87 (c) 是型芯固定在动模支承板上，推管在动模板内滑动的形式，型芯和推管都较短，适于动模板厚度较大的场合。当因推出距离较大而用增加动模板厚度来满足这种推出机构的工作要求时，采用这种结构显然是不经济的。

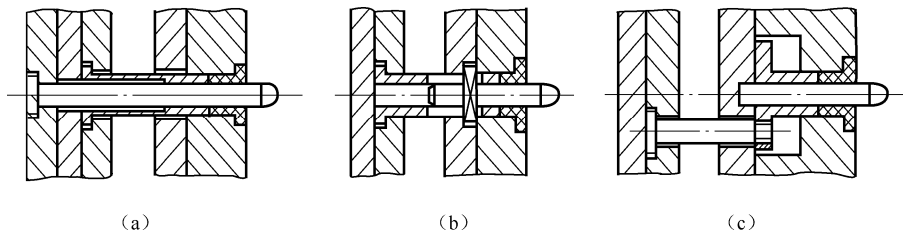


图 4-87 推管推出机构

推管的配合如图 4-88 所示。通常推管的内径与型芯的配合，当直径较小时选用 H8/f7 的配合，当直径较大时选用 H7/f7 的配合；推管外径与模板上孔的配合，当直径较小时选用 H8/f8 的配合，当直径较大时选用 H8/f7 的配合。推管与模板的配合长度一般取推管外径 D 的 1.5~2 倍，推管与型芯的配合长度比推出行程大 3~5mm，非配合部位的孔径均要比配合处增大 0.5~1mm。配合处的表面粗糙度不大于 $Ra\ 0.63\sim1.25\mu\text{m}$ 。

3. 推件板推出机构

对于薄壁容器、壳体以及表面不允许带有顶出痕迹的塑件，需要采用推件板（或称脱



模板)推出脱模机构。其主要特点是推出脱模力大而均匀,运动平稳,不需设置复位装置,但对于非圆塑件,推件板与凹模之间的配合加工比较困难。

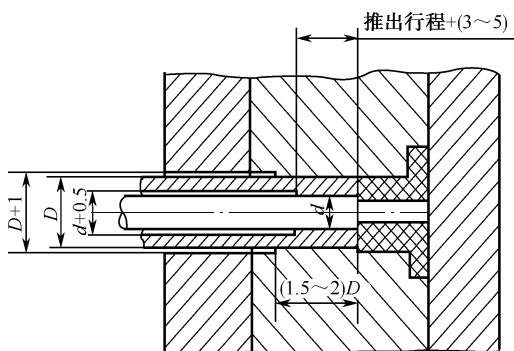
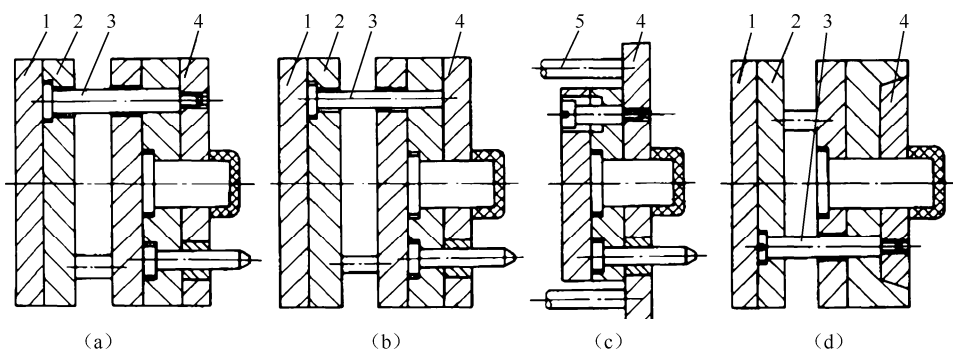


图 4-88 推管的配合

图 4-89 所示为推件板推出机构的几种结构。其中图 4-89 (a) 中推杆与推件板用螺纹连接,在推出过程中,可防止推件板从导柱上脱落;图 4-89 (b) 中推件板和推杆仅靠接触传力而不互相连接,但只要导柱长度足够,并严格控制推出行程,推件板也不会脱落;图 4-89 (c) 适于合模系统两侧具有推杆的注射机,模具结构比较简单。



1—推板; 2—推杆固定板; 3—推杆; 4—推件板; 5—注射机顶杆

图 4-89 推件板推出机构的几种结构

为了减小推出过程中推件板与凸模之间的摩擦,二者之间可留 $0.20\sim 0.25\text{mm}$ 的间隙,或者在二者之间采用锥面配合(见图 4-90)。

对于大中型深型腔有底的塑件,推件板推出时很容易形成真空,造成脱模困难或撕裂,为此,应增设引气装置,如图 4-91 所示。

4. 推块推出机构

对于齿轮类或一些带有凸缘的塑件,如果采用推杆推出容易变形,或者采用推件板推出容易使塑件黏附模具时,可采用推块作为推出零件,如图 4-92 所示。

由图可见,推块是型腔的组成部分,因此,应有较高的硬度和很小的表面粗糙度,推块与模具滑孔或型芯之间应有良好的间隙配合(可类比推管配合特性设计),既要求推块运动灵活,又不允许间隙处溢料。

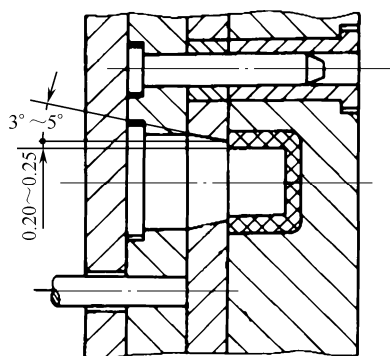


图 4-90 推件板推出机构

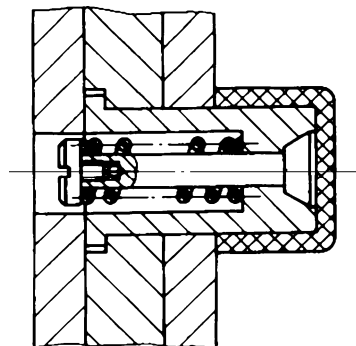
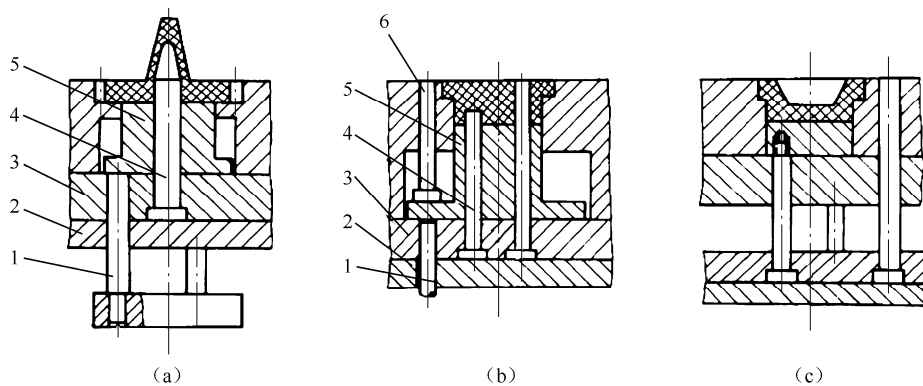


图 4-91 推件板推出机构的引气装置



1—连接推杆；2—支承板；3—型芯固定板；4—型芯；5—推块；6—复位杆

图 4-92 推块推出机构

5. 活动镶件及凹模推出机构

对于有些塑件，不宜采用前述的几种推出零件时，可利用活动镶件或凹模将塑件推出。图 4-93 (a) 所示是螺纹型环做推出零件，零件从凸模上顶出后，还需用手工或辅助工具把它从型环中取出；图 4-93 (b) 中利用活动镶件推出，图 4-93 (c) 中利用凹模推出。

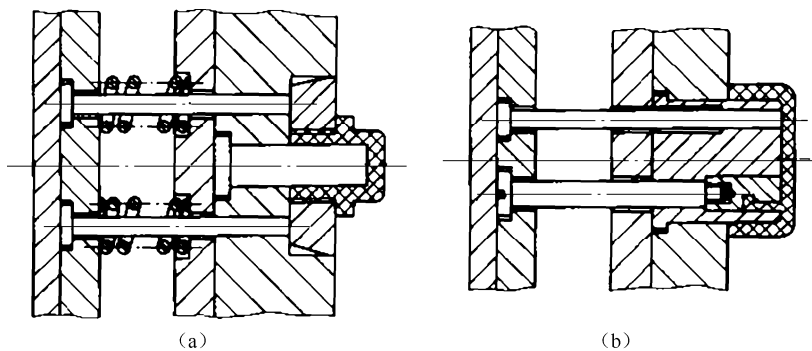
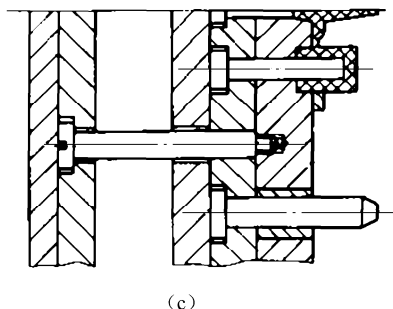


图 4-93 活动镶件及凹模推出机构

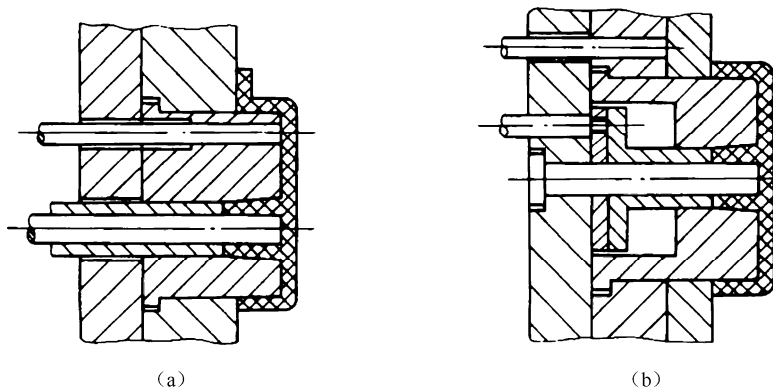


(c)

图 4-93 活动镶件及凹模推出机构 (续)

6. 多元推出机构

有些塑件在模具设计时, 往往不采用上述单一的简单推出机构, 否则塑件就会变形或损坏, 因此, 要采用两种或两种以上的推出形式, 这种推出机构称为多元推出机构。图 4-94 (a) 所示为推杆与推管联合推出机构; 图 4-94 (b) 所示为推件板与推管联合推出机构。



(a)

(b)

图 4-94 多元推出机构

4.4.4 推出机构的导向及复位

推出机构本身具有一定的重量, 它在开模时会随着注射机推杆的运动而一起运动, 如果没有导向零件的支持, 推件系统就会出现歪斜和扭曲现象。而且在推出机构完成塑件脱模后, 为了继续注射成型, 推出机构必须回到原来的位置, 否则可能会发生干涉现象。

1. 导向零件

通常由推板导柱和推板导套所组成, 简单的小模具也可以由推板导柱直接与推杆固定板上的孔组成, 对于型腔简单、推杆数量少的小模具, 还可以利用复位杆作为推出机构的导向。

常用的导向零件如图 4-95 所示。图 4-95 (a) 所示是推板导柱固定在动模座板上的形式, 推板导柱也可以固定在支承板上; 图 4-95 (b) 中推板导柱的一端固定在支承板上, 另一端固定在动模座板上, 适于大型注射模; 图 4-95 (c) 中推板导柱固定在支承板上, 且直接与推杆固定板上的导向孔相配合。前两种形式导柱除了导向作用外, 还起支承动模支承板的作用。对于中小型模具, 推板导柱可以设置两根, 对于大型模具需安装四根。

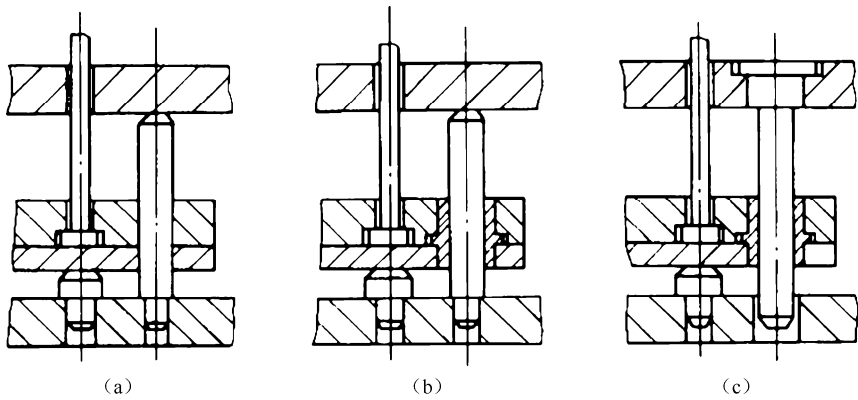


图 4-95 推出机构的导向零件

2. 复位零件

在推出机构完成塑件脱模后，为了继续注射成型，推出机构必须回到原来的位置。为此，除推件板脱模外，其他脱模形式一般均需要设置复位杆。常见形式有以下几种：

1) 复位杆

复位杆在结构上与推杆相似，所不同的是它与模板的配合间隙较大，同时复位杆顶面不应高出分型面，见图 4-96 (a)。

2) 推杆的兼用形式

在塑件的几何形状和模具结构允许的情况下，可利用推杆使推出机构复位，如图 4-96 (b) 所示。

3) 弹性复位装置

利用压缩弹簧的回复力使推出机构复位，其复位先于合模动作完成。如图 4-96 (c) 所示。设计时应防止推出后推杆固定板把弹簧压死，或者弹簧已被压死而推出还未到位。弹簧应安装在推杆固定板的四周，一般为四个，常常安装在复位杆上，也可将弹簧对称地设置在推杆固定板上，此外，还可设置在推板导柱上。

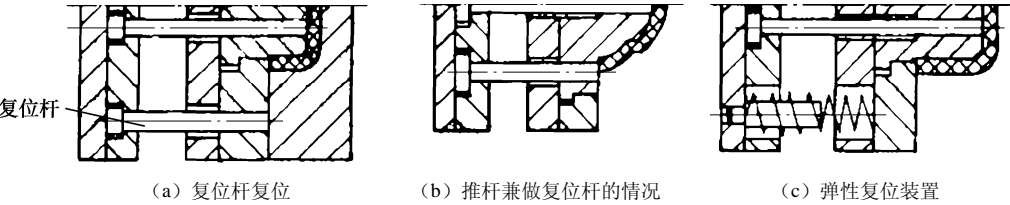


图 4-96 顶杆的复位装置

4.4.5 二次推出机构

考虑到塑件形状特殊或生产自动化的需要，在一次脱模推出动作后，塑件仍难于从型腔中取出或不能自动脱落时，必须再增加一次脱模推出动作，才能使塑件脱模，有时为了避免一次脱模推出使塑件受力过大，也采用二次脱模推出，以保证塑件质量，这类脱模机构称为二次推出机构。



1. 单推板二次推出机构

单推板二次推出机构是指在推出机构中只设置了一组推板和推杆固定板，而另一次推出则是靠一些特殊零件来实现的。

1) 弹簧式二次推出机构

利用压缩弹簧的弹力作用实现第一次推出，然后再由推杆实现第二次推出。图 4-97 所示即为二次推出机构的示例。图 4-97 (a) 所示为开模时推出前的状态；从开模分型开始，弹簧力就开始作用，使动模板 4 不随动模一起移动，从而使塑件从型芯 2 上脱出，完成第一次推出，如图 4-97 (b) 所示；最后，动模部分的推出机构工作，推杆 3 将塑件从动模板型腔中推出，完成第二次推出，如图 4-97 (c) 所示。设计这种推出机构时，必须注意动作过程的顺序控制。刚开模时，弹簧不能马上起作用，否则塑件开模后会留在定模一侧，使二次脱模无法进行。另外，要实现弹簧二次推出，必须设置顺序定距分型机构。

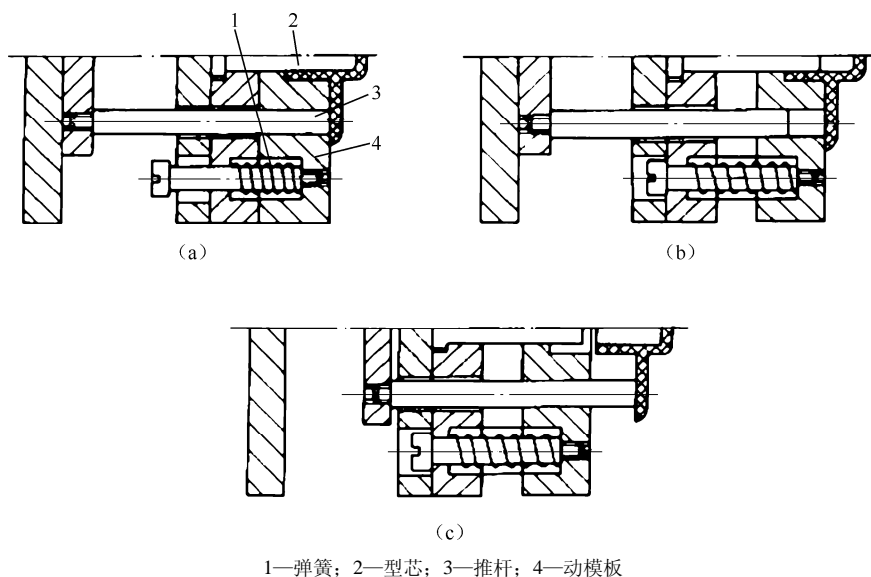


图 4-97 弹簧式二次推出机构

2) 摆块拉杆式二次推出机构

摆块拉杆式二次推出机构是由固定在动模的摆块和固定在定模的拉杆来实现的，如图 4-98 所示。图 4-98 (a) 所示为注射结束的合模状态；开模后，固定在定模一侧的拉杆 10 拉住安装在动模一侧的摆块 7，使摆块 7 推动动模型腔板 9，使塑件从型芯 3 上脱出，完成第一次推出，如图 4-98 (b) 所示；动模继续后移，推杆 11 将塑件从动模型腔中推出，完成第二次推出，如图 4-98 (c) 所示。图中弹簧 8 的设置是使摆块与动模板始终接触。

3) 斜楔滑块式二次推出机构

图 4-99 所示是斜楔滑块式二次推出机构，这种机构是利用斜楔 6 驱动滑块 4 来完成第二次推出的。图 4-99 (a) 所示是开模后推出机构未工作的状态；当动模移动一定距离后，注射机顶杆开始工作，推杆 8 和中心推杆 10 同时推出，塑件从型芯上脱下，但仍留在凹模



塑料件成型工艺拟定与模具设计

型腔 7 内,与此同时,斜楔 6 与滑块 4 接触,使滑块向模具中心滑动,如图 4-99 (b) 所示,第一次推出结束;滑块继续移动,推杆 8 后端落入滑块的孔中,在接着的分模过程中,推杆 8 不再具有推出作用,而中心推杆 10 仍在推着塑件,从而使塑件从凹模型腔内脱出,完成第二次推出,如图 4-99 (c) 所示。

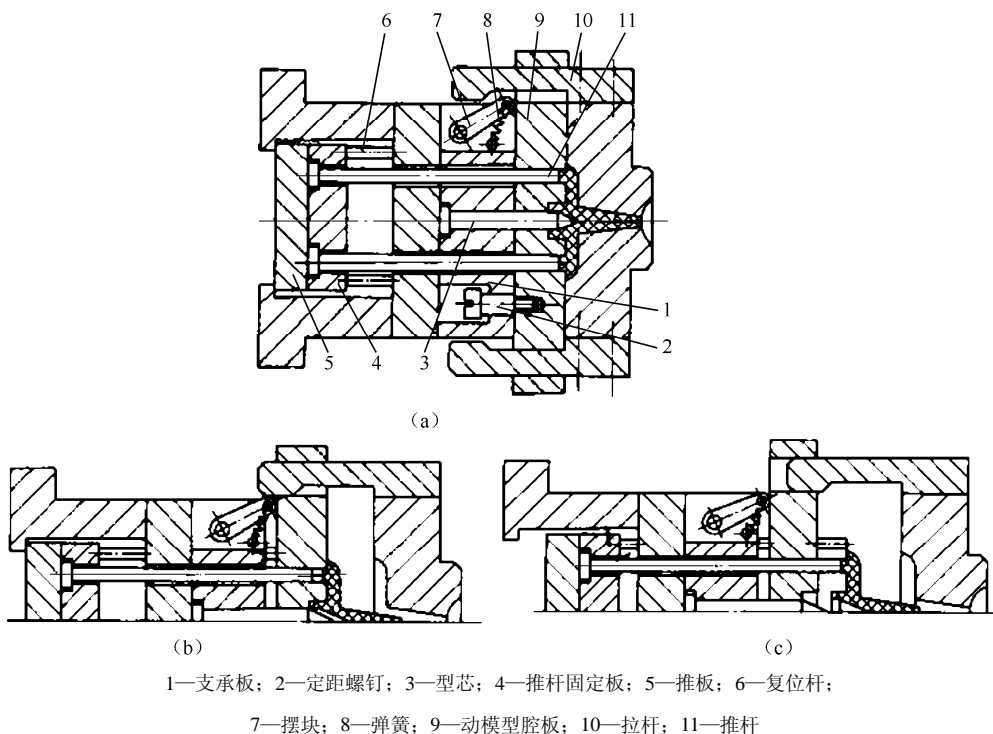


图 4-98 摆块拉杆式二次推出机构

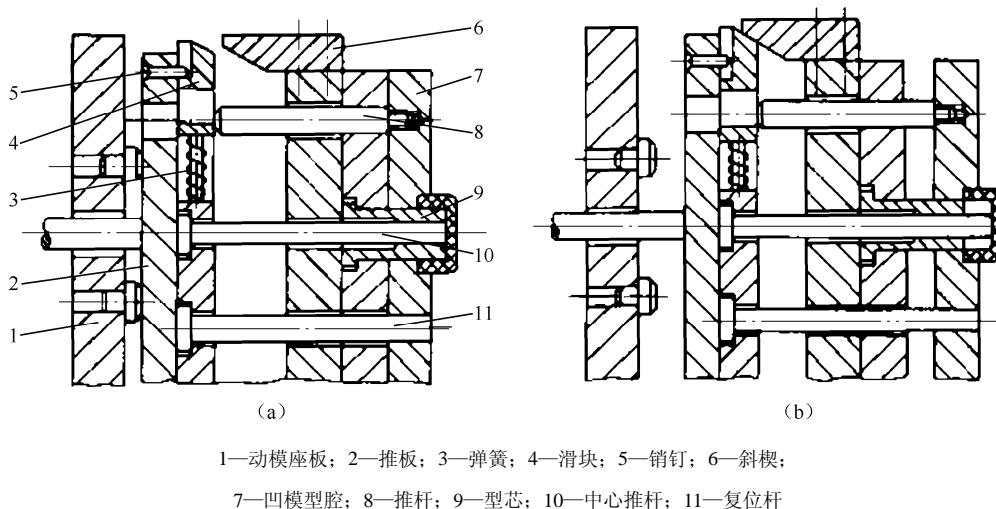


图 4-99 斜楔滑块式二次推出机构

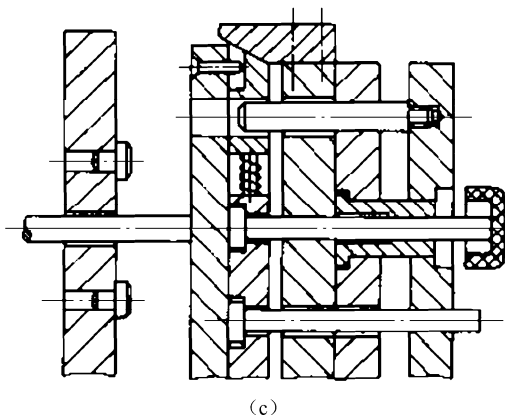


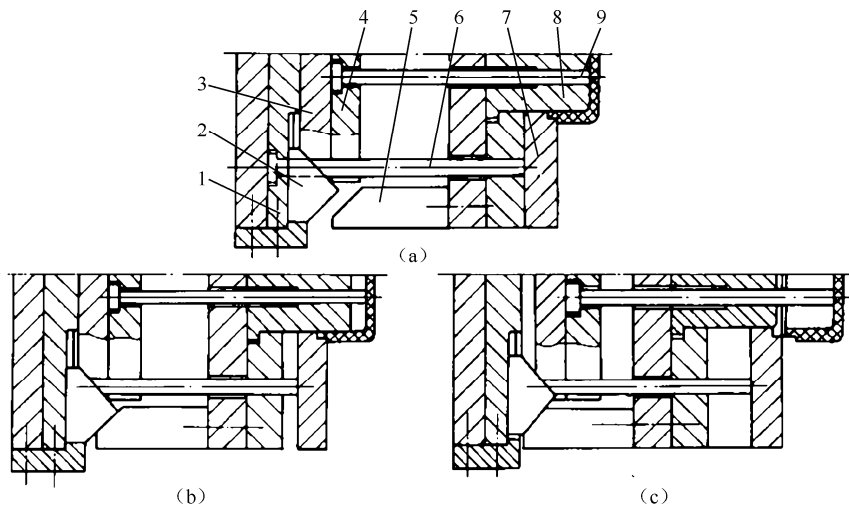
图 4-99 斜楔滑块式二次推出机构 (续)

2. 双推板二次推出机构

双推板二次推出机构是在模具中设置两组推板，它们分别带动一组推出零件实现二次脱模的推出动作。

1) 三角滑块式二次推出机构

图 4-100 所示为三角滑块式二次推出机构，该机构中三角滑块 2 安装在一次推板 1 的导滑槽内，斜楔杆固定在动模支承板上。图 4-100 (a) 所示是刚分模状态；注射机顶杆开始工作后，推杆 6、9 及动模型腔板 7 一起向前移，使塑件从型芯 8 上脱下，完成第一次推出，此时斜楔杆 5 与三角滑块 2 开始接触，如图 4-100 (b) 所示；推出动作继续进行，由于三角滑块在斜楔杆斜面作用下向上移动，使其另一侧斜面推动二次推板 3，使推杆 9 推出距离超前于动模型腔板，从而使塑件从型腔板中推出，完成第二次推出，如图 4-100 (c) 所示。



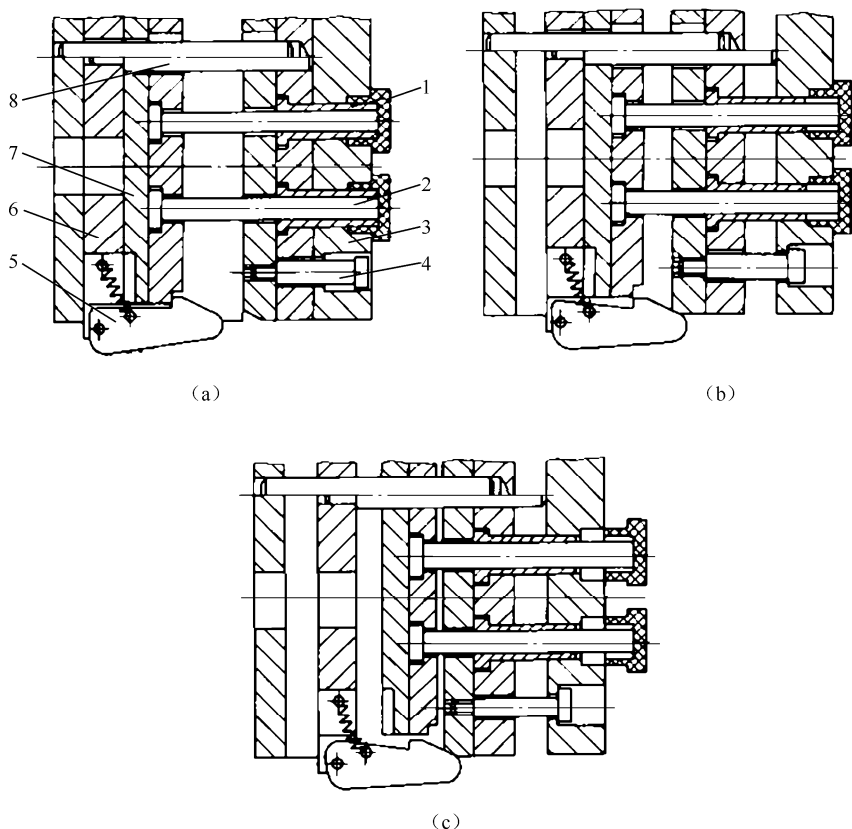
1——一次推板；2——三角滑块；3——二次推板；4——推杆固定板；5——斜楔杆；6——推杆；7——动模型腔板；8——型芯；9——推杆

图 4-100 三角滑块式二次推出机构



2) 摆钩式二次推出机构

图 4-101 所示是摆钩式二次推出机构，其摆钩 5 用转轴固定在一次推板 6 上，并用弹簧拉住。图 4-101 (a) 所示为刚开模状态；当推出机构工作时，注射机顶杆推动二次推板 7，由于摆钩 5 的作用，一次推板 6 也被带动，从而使推杆 8 推动动模型腔板 3 与推杆 2 同时向前移动，使塑件从型芯 1 上脱出，完成第一次推出，如图 4-101 (b) 所示，此时，摆杆与支承板接触且脱钩，限位螺钉 4 限位，一次推板 6 停止移动；继续推出时，推杆 2 将塑件推出动模型腔板，完成第二次推出，如图 4-101 (c) 所示。

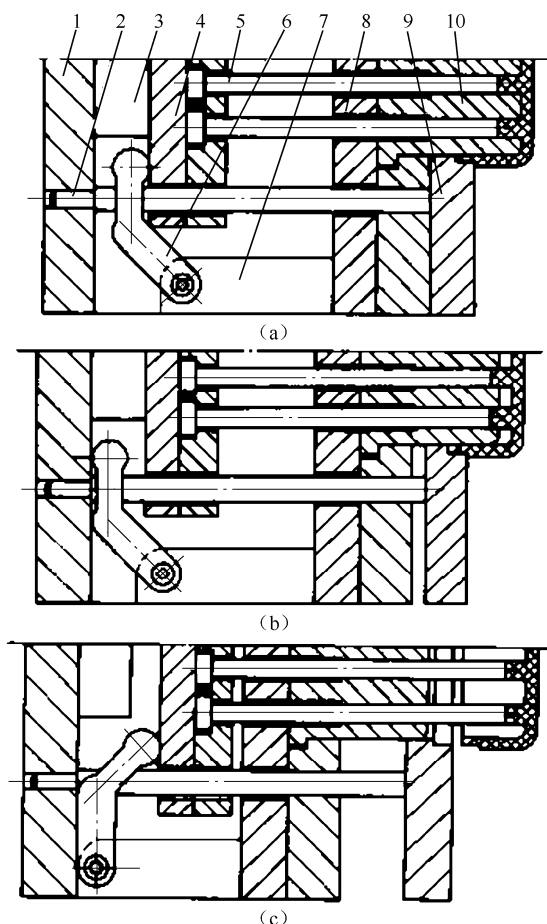


1—型芯；2、8—推杆；3—动模型腔板；4—限位螺钉；5—摆钩；6—一次推板；7—二次推板

图 4-101 摆钩式二次推出机构

3) 八字摆杆式二次推出机构

图 4-102 所示是八字摆杆式二次推出机构，其八字摆杆 6 用转轴固定在和动模支承板连接在一起的支块 7 上。图 4-102 (a) 所示为开模的状态；推出时，注射机顶杆接触一次推板 1，由于定距块 3 的作用，使推杆 5 和推杆 2 一起动作将塑件从型芯 10 上推出，直到八字摆杆 6 与一次推板 1 相碰为止，完成第一次推出，如图 4-102 (b) 所示；继续推出时，推杆 2 继续推动动模型腔板 9，而八字摆杆 6 在一次推板 1 的作用下绕支点转动，使二次推板 4 运动的距离大于一次推板运动的距离，塑件便在推杆 5 的作用下从动模型腔板内脱出，完成第二次推出，如图 4-102 (c) 所示。



1——一次推板；2、5——推杆；3——定距块；4——二次推板；6——八字摆杆；7——支块；8——支承板；9——动模型腔板；10——型芯

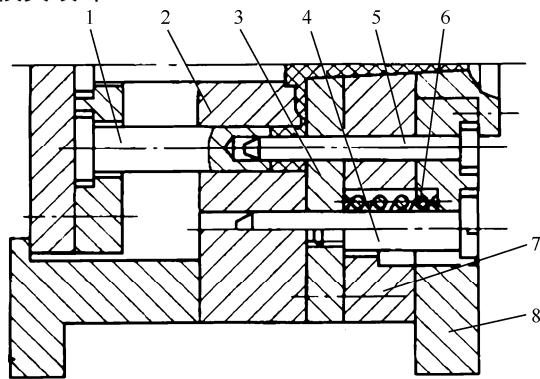
图 4-102 八字摆杆式二次推出机构

4.4.6 双向顺序推出机构

在实际生产过程中，有些塑件因其形状特殊，开模后既有可能留在动模一侧，也有可能留在定模一侧，甚至也有可能因塑件对定模的包紧力明显大于对动模的包紧力而留在定模。为了让塑件顺序脱模，除了可以采用在定模部分设置推出机构外，还可以采用定、动模双向顺序推出机构，即在定模部分增加一个分型面，在开模时确保该分型面首先定距打开，让塑件先从定模型芯上脱模，然后在主分型面分型时，塑件能可靠地留在动模部分，最后由动模推出机构将塑件推出脱模。

1. 弹簧双向顺序推出机构

图 4-103 所示为弹簧双向顺序推出机构。开模时，弹簧 6 始终压住定模推件板 3，迫使从定模 A 分型面处首先分型，从而使塑件从型芯 5 上脱出而留在动模板 2 内，直至限位螺钉 4 端部与定模板 7 接触，定模分型结束。动模继续后退，主分型面 B 分型，在推出机构工作时，推管 1 将塑件从动模型腔内推出。

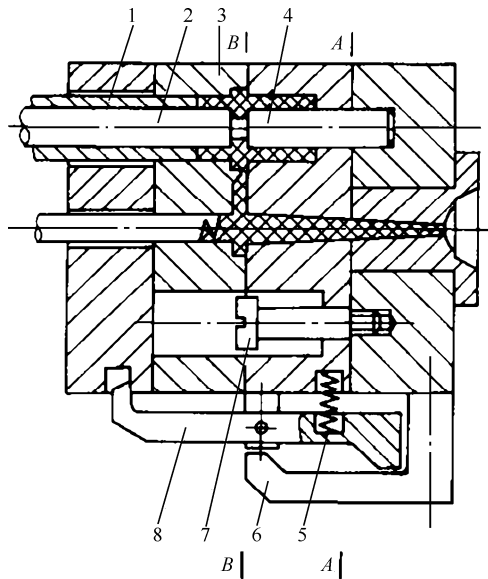


1—推管；2—动模板；3—定模推件板；4—限位螺钉；5—型芯；6—弹簧；7—定模板；8—定模座板

图 4-103 弹簧双向顺序推出机构

2. 摆钩式双向顺序推出机构

图 4-104 所示为摆钩式双向顺序推出机构。开模时，由于摆钩 8 的作用使 A 分型面分型，从而使塑件从定模型芯 4 上脱出，由于压板 6 的作用，使摆钩 8 脱钩，然后限位螺钉 7 限位，定模部分 A 分型面分型结束。继续开模，动、定模在 B 分型面分型，最后动模部分的推出机构工作，推管 1 将塑件从动模型芯 2 上推出。



1—推管；2—动模型芯；3—动模板；4—定模型芯；5—弹簧；6—压板；7—限位螺钉；8—摆钩

图 4-104 摆钩式双向顺序推出机构

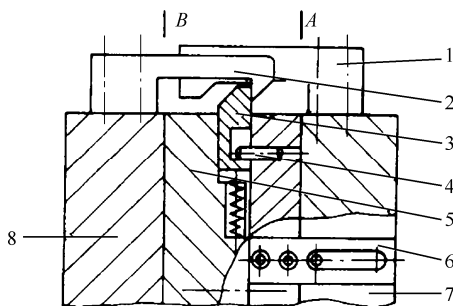
3. 滑块式双向顺序推出机构

图 4-105 所示为滑块式双向顺序推出机构。开模时，由于拉钩 2 钩住滑块 3，因此，定模板 5 与定模座板 7 在 A 处先分型，塑件从定模型芯上脱出，随后压块 1 压住滑块 3 内移而脱开拉钩 2，由于限位拉板 6 的定距作用，A 分型面分型结束。继续开模时，主分型面 B



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

分型，塑件包在动模型芯上留在动模里，最后推出机构工作，推杆将塑件从动模型芯上推出。



1—压块；2—拉钩；3—滑块；4—限位块；5—定模板；6—限位拉板；7—定模座板；8—动模板

图 4-105 滑块式双向顺序推出机构

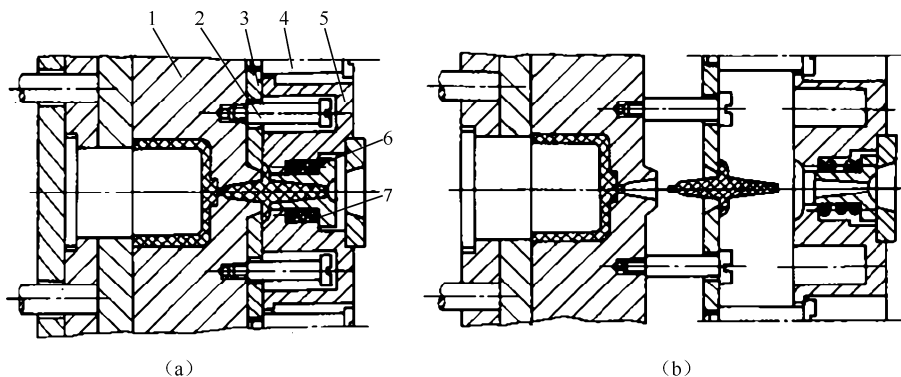
4.4.7 点浇口自动脱模机构

使用直接浇口或截面积较大的侧浇口时，浇口与塑件的连接面积大，不容易利用开模动作自动切断塑件和浇注系统之间的连接，因此常常使两者连在一起脱模，然后再通过后加工把它们分离，所以不利于自动化生产。为解决此问题，只要工艺方面允许，应尽量采用点浇口或潜伏式浇口，这样就可以把塑件和浇注系统在模内自动切断，然后利用顶出零件使它们分别脱模，从而实现自动化成型生产。

1. 单型腔点浇口浇注系统凝料的自动推出

1) 带活动浇口套的挡板推出

在图 4-106 (a) 所示的单型腔点浇口浇注系统的自动推出机构中，浇口套 7 以 H8/f8 的间隙配合安装在定模座板 5 中，外侧有压缩弹簧 6，当注射机喷嘴注射完毕离开浇口套 7 后，压缩弹簧 6 的作用使浇口套与主流道凝料分离（松动）。开模后，挡板 3 先与定模座板 5 分型，主流道凝料从浇口套中脱出，当限位螺钉 4 起限位作用时，此过程分型结束，而挡板 3 与定模板 1 开始分型，直至限位螺钉 2 限位，如图 4-106 (b) 所示。接着动、定模的主分型面分型，挡板 3 将浇口凝料从定模板 1 中拉出并在自重作用下自动脱落。



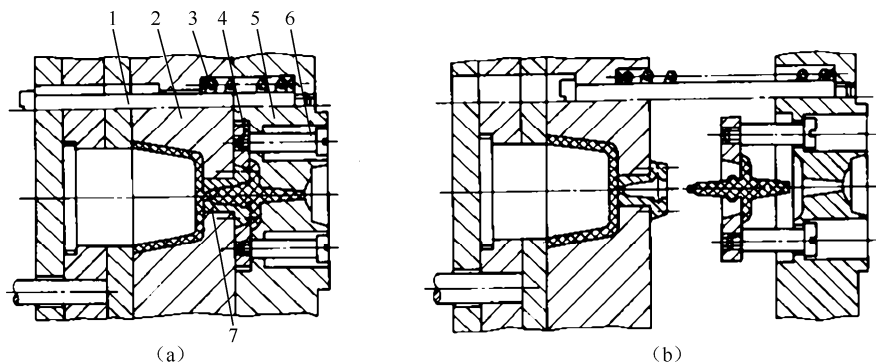
1—定模板；2、4—限位螺钉；3—挡板；5—定模座板；6—压缩弹簧；7—浇口套

图 4-106 带活动浇口套的挡板推出机构



2) 带有凹槽浇口套的挡板推出

在图 4-107 (a) 所示的点浇口凝料自动推出机构中, 带有凹槽的浇口套 7 以 H7/m6 的过渡配合固定于定模板 2 上, 浇口套 7 与挡板以锥面定位。开模时, 在弹簧 3 的作用下, 定模板 2 与定模座板 5 首先分型, 在此过程中, 由于浇口套开有凹槽, 可将主流道凝料先从定模座板中带出来, 当限位螺钉 6 起作用时, 挡板 4 与定模板 2 及浇口套 7 脱模, 同时浇口凝料从浇口中拉出并靠自重自动落下, 如图 4-107 (b) 所示。定距拉杆 1 用来控制定模板与定模座板的分型距离。



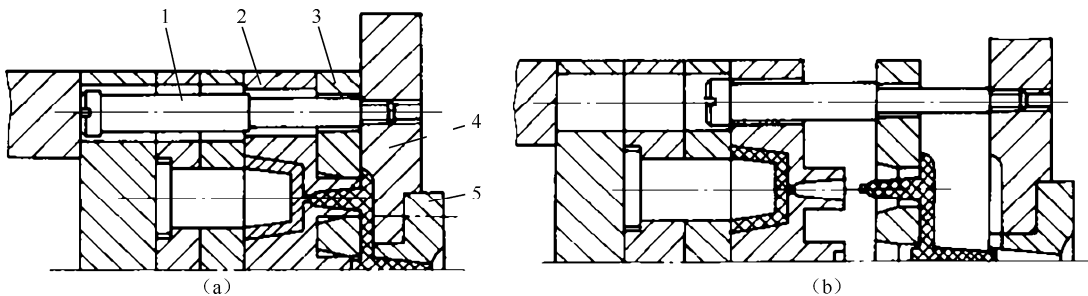
1—定距拉杆; 2—定模板; 3—弹簧; 4—挡板; 5—定模座板; 6—限位螺钉; 7—浇口套

图 4-107 带有凹槽浇口套的挡板推出机构

2. 多型腔点浇口浇注系统凝料的自动推出

1) 利用挡板拉断点浇口凝料

图 4-108 所示为利用挡板拉断点浇口凝料机构。图 4-108 (a) 所示是合模状态; 开模时, 挡板 3 与定模座板 4 首先分型, 主流道凝料在定模板上反锥度穴的作用下被拉出浇口套 5, 浇口凝料连在塑件上留在定模板 2 内。当定距拉杆 1 的中间台阶面接触挡板 3 以后, 定模板 2 与挡板 3 分型, 挡板将点浇口凝料从定模板中带出, 如图 4-108 (b) 所示。随后点浇口凝料靠自重自动落下。



1—定距拉杆; 2—定模板; 3—挡板; 4—定模座板; 5—浇口套

图 4-108 利用挡板拉断点浇口凝料机构

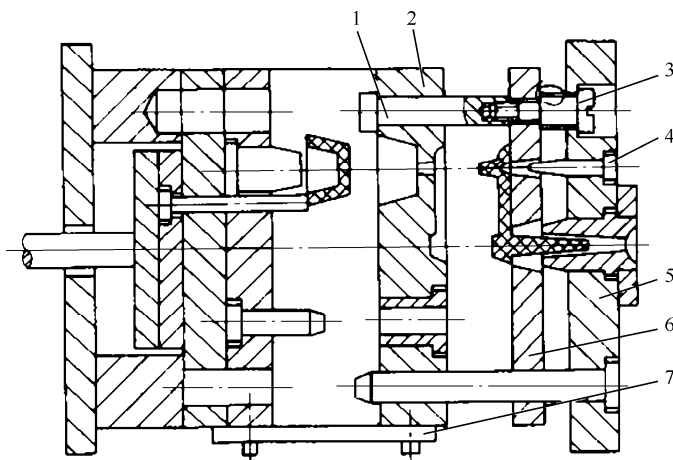
2) 利用拉料杆拉断点浇口凝料

图 4-109 所示是利用设置在点浇口处的拉料杆拉断点浇口凝料的结构。开模时, 模具首先在动、定模主分型面分型, 浇口被点浇口拉料杆 4 拉断, 浇注系统凝料留在定模中。动



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

模后退一定距离后,在拉板 7 的作用下,分流道推板 6 与定模板 2 分型,浇注系统凝料脱离定模板。继续开模时,由于拉杆 1 和限位螺钉 3 的作用,使分流道推板 6 与定模座板 5 分型,浇注系统凝料分别从浇口套及点浇口拉料杆上脱出。



1—拉杆; 2—定模板; 3—限位螺钉; 4—点浇口拉料杆; 5—定模座板; 6—分流道推板; 7—拉板

图 4-109 利用拉料杆拉断点浇口凝料机构

3) 利用分流道侧凹拉断点浇口凝料

图 4-110 所示是利用分流道末端的侧凹将点浇口浇注系统推出的结构。图 4-110 (a) 所示是合模状态;开模时,定模板 3 与定模座板 4 之间首先分型,与此同时,主流道凝料被拉料杆 1 拉出浇口套 5,而分流道端部的小斜柱卡住分流道凝料而迫使点浇口拉断并带出定模板 3,当定距拉杆 2 起限位作用时,主分型面分型,塑件被带往动模,而浇注系统凝料脱离拉料杆 1 而自动落下,如图 4-110 (b) 所示。

3. 潜伏浇口浇注系统凝料的推出

根据进料口位置的不同,潜伏浇口可以开设在定模,也可以开设在动模。开设在定模的潜伏浇口,一般只能开设在塑件的外侧;开设在动模的潜伏浇口,既可以开设在塑件的外侧,也可以开设在塑件内部的柱子或推杆上。

1) 开设在定模部分的潜伏浇口

图 4-111 所示为潜伏浇口开设在定模部分塑件外侧的结构形式。开模时,塑件包在动模型芯 4 上从定模板 6 脱出,同时潜伏浇口被切断,分流道、浇口和主流道凝料在倒锥穴的作用下拉出定模型腔而随动模移动,推出机构工作时,推杆 2 将塑件从动模型芯 4 上推出,而流道推杆 1 和主流道推杆将浇注系统凝料推出动模板 5,浇注系统凝料最后由自重落下。在模具设计时,流道推杆应尽量接近潜伏浇口,以便在分模时将潜伏浇口拉出模外。

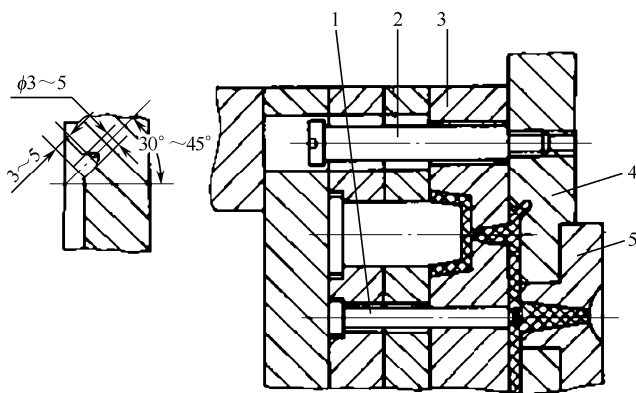
2) 开设在动模部分的潜伏浇口

图 4-112 所示为潜伏浇口开设在动模部分塑件外侧的结构形式。开模时,塑件包在动模凸模 3 上随动模一起后移,分流道和浇口及主流道凝料由于倒锥穴的作用留在动模一侧。

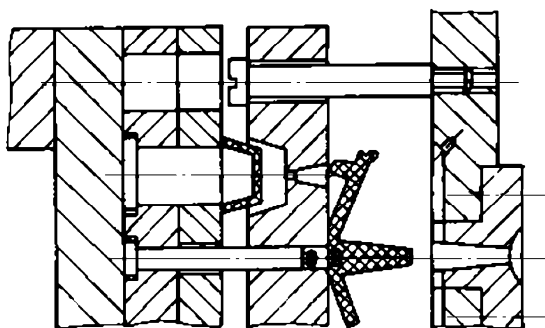


塑料件成型工艺拟定与模具设计

推出机构工作时，推杆将塑件从动模凸模 3 上推出，同时潜伏浇口被切断，浇注系统凝料在流道推杆 1 和主流道推杆的作用下推出动模板 4 而自动脱落。在这种形式的结构中，潜伏浇口的切断、推出与塑件的脱模是同时进行的。在设计模具时，流道推杆及倒锥穴也应尽量接近潜伏浇口。



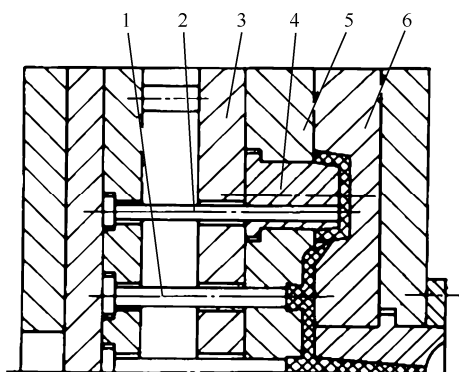
(a)



(b)

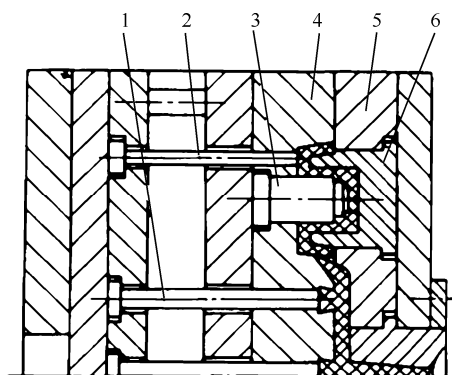
1—拉料杆；2—定距拉杆；3—定模板；4—定模座板；5—浇口套

图 4-110 利用分流道侧凹拉断点浇口凝料机构



1—流道推杆；2—推杆；3—动模支承板；4—动模型芯；5—动模板；6—定模板

图 4-111 潜伏浇口在定模的结构

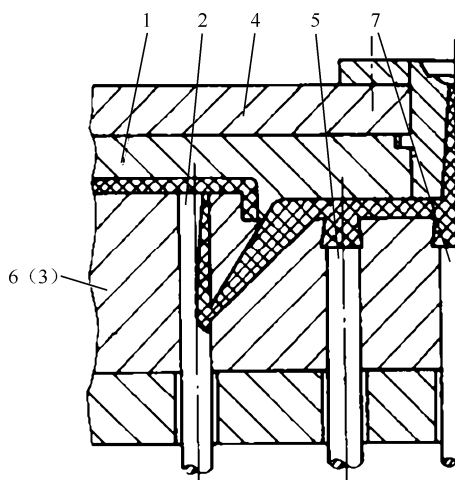


1—流道推杆；2—推杆；3—动模凸模；4—动模板；5—定模板；6—定模型芯

图 4-112 潜伏浇口在动模的结构

3) 开设在推杆上的潜伏浇口

图 4-113 所示为潜伏浇口开设在推杆上的结构形式。图 4-113 所示是潜伏浇口开在圆形顶杆上。开模时，包在动模板 6 上的塑件和被倒锥穴拉出的主流道及分流道凝料一起随动模移动，当推出机构工作时，塑件被推杆 2 从动模板 6 上推出脱模，同时潜伏浇口被切断，流道推杆 5 和 7 将浇注系统凝料推出模外而自动落下。这种浇口与前两种浇口不同之处在于塑件内部上端增加了一段二次浇口的余料，需人工将余料剪掉。



1—定模板；2—推杆；4—定模座板；5、7—流道推杆；6(3)—动模板

图 4-113 潜伏浇口在推杆上的结构

4.4.8 螺纹塑件的脱模机构

根据塑件的精度要求和生产批量，对带螺纹塑件可以采用强制、手动和机动三种脱模方法。其中，强制脱模多用于螺纹精度要求不高的场合，手动脱模可用于小批量生产，而机动脱模应用比较普遍。



1. 设计带螺纹塑件脱模机构应注意的问题

1) 对塑件的要求

塑件成型后要从螺纹型芯或螺纹型环上脱出，两者必须作相对运动，为此，塑件的外形或端面需有防止转动的花纹或图案，如图 4-114 所示。

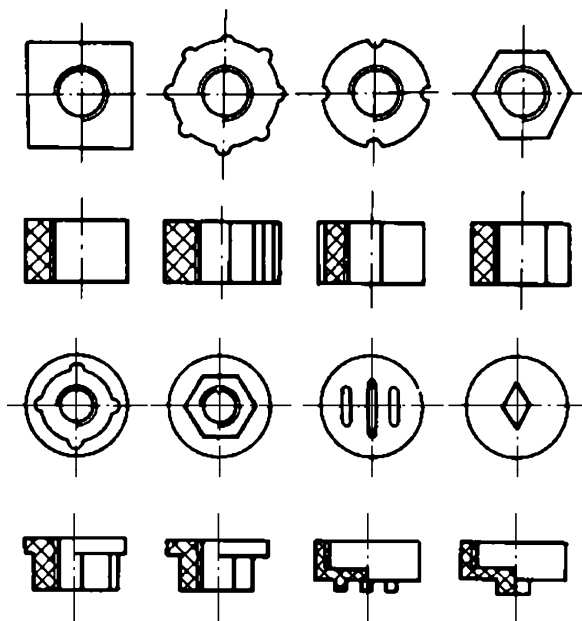


图 4-114 塑件的防转外形和端面

2) 对模具的要求

塑件要求防转，模具就要有相应的防转机构来保证。例如当凹模与螺纹型芯同时设置在动模时，凹模就可保证塑件不转动。但当凹模不可能同时设在动模时，如凹模在定模，螺纹型芯在动模，则模具开模后，塑件就离开定模上凹模，此时即使塑件外形有防转的结构也不起作用，即塑件会留在螺纹型芯上，并和型芯一起转动，而不能脱出。因此，在模具上要另设防转机构。

2. 强制脱模方法

(1) 对于 PE、PP 等软性塑料制件上深度不大的半圆形粗牙内螺纹，可利用推板把塑件从螺纹型芯上顶出，如图 4-115 所示。

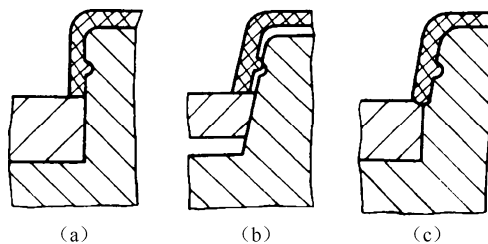


图 4-115 利用塑件的弹性强制脱模



(2) 利用弹性硅橡胶制作螺纹型芯, 也可强行脱卸塑件上的内螺纹, 如图 4-116 所示。开模时在弹簧 2 的作用下, 硅橡胶螺纹型芯 4 中的芯杆 1 相对塑件发生后退, 当螺纹型芯发生弹性收缩后用顶杆 3 把塑件从螺纹型芯上脱下。

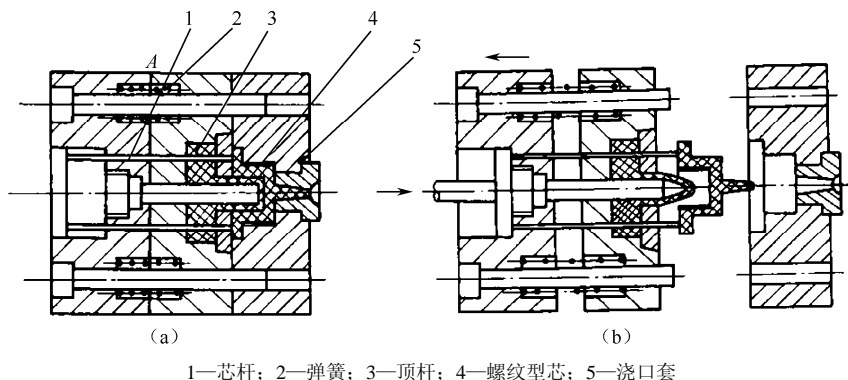


图 4-116 利用硅橡胶螺纹型芯强制脱模

3. 手动脱模方法

图 4-117 所示是手动脱卸螺纹的三种常见形式。其中, 图 4-117 (a) 所示是塑件滞留在模内, 在塑件脱模之前必须拧脱螺纹的结构, 设计时必须注意螺纹型芯成型端和非成型端的螺距必须相等; 图 4-117 (b), (c) 所示为活动的螺纹型芯和螺纹型环, 开模后随塑件一起推出, 在机外脱模。

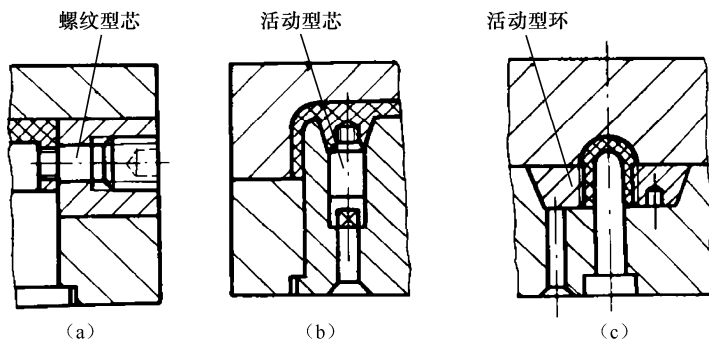


图 4-117 手动脱出螺纹的常见形式

图 4-118 所示为模内设有变向机构的手动脱出螺纹塑件的模具结构。开模后, 用手摇动传动轴 1, 通过齿轮 2、3 的传动, 使螺纹型芯 7 按旋出塑件需要的方向转动。弹簧 4 在脱模过程中, 始终顶住活动型芯 6, 使它向塑件脱出方向移动, 从而使塑件与活动型芯 6 始终保持接触, 防止塑件跟着螺纹型芯 7 转动, 塑件可顺利脱出。

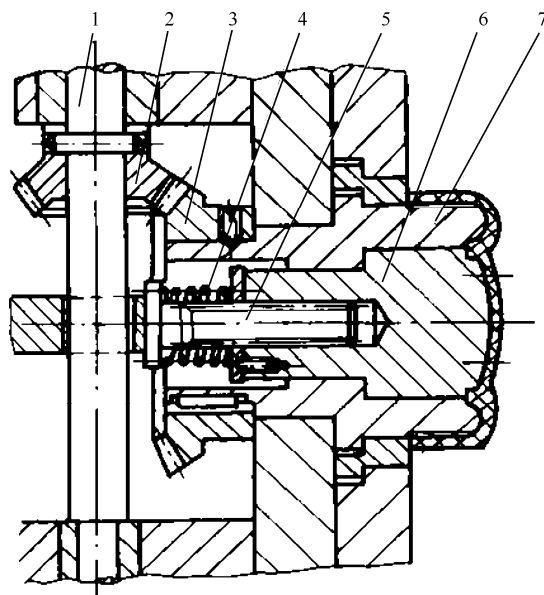
4. 机动脱模方法

1) 利用开模运动脱卸螺纹的机构

如图 4-119 所示, 开模时, 安装于定模板上的传动齿条 1 带动齿轮 2, 通过轴 3 及齿轮 4、5、6、7 的传动, 使螺纹型芯按旋出方向旋转, 拉料杆 9 (头部有螺纹) 也随之转动, 从而使塑件与浇注系统凝料同时脱出, 塑件依靠浇口止转。设计该机构时, 应注意螺纹型

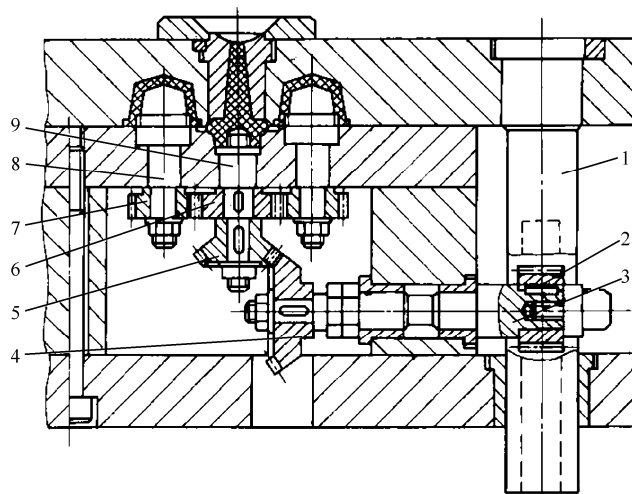


芯及拉料杆上螺纹旋向应相反，而螺距应相同。



1—传动轴；2—斜齿轮；3—大斜齿轮；4—弹簧；5—螺杆；6—活动型芯；7—螺纹型芯

图 4-118 模内手动脱出螺纹塑件机构



1—传动齿条；2—齿轮；3—轴；4、5、6、7—齿轮；8—螺纹型芯；9—拉料杆

图 4-119 齿条齿轮脱螺纹机构

2) 直角式注射模的自动脱螺纹机构

如图 4-120 所示，开模时，丝杠带动模具上的主动齿轮轴旋转（轴前端为方轴，插入丝杠的方孔内），通过与之啮合的从动齿轮脱卸螺纹型芯，而定模型腔部分在弹簧作用下随塑件移动一段 l 后再停止移动（由限位螺钉 7 定距），此时，螺纹型芯一面旋转一面将塑件从定模型腔中拉出。

图 4-120 所示结构中采用了齿轮变速传动。螺纹型芯转一圈，塑件退出一个螺距，丝杠



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

则需转 i 转 (i 为从动轮与主动轮的齿数比), 动模移动 $2ip$ 距离。丝杠由倒顺螺纹组成, 因此丝杠转一圈, 动模相当于移动了 2 个螺距。这种机构的设计关键在于确定定模型腔板与定模座板之间的分型距离 l 。如果 l 过长, 螺纹型芯已全部退出, 而塑件还未拉出, 会使塑件留于定模型腔内不易取出; 如果 l 过短, 螺纹型芯还有几扣在塑件内, 而塑件已被拉出定模型腔, 失去了止转的作用, 型芯难以从塑件内退出。因此, 螺纹型芯留在塑件内的扣数很重要, 可用下式表示:

$$n' = \frac{H}{2ip - p_i} \quad (4-26)$$

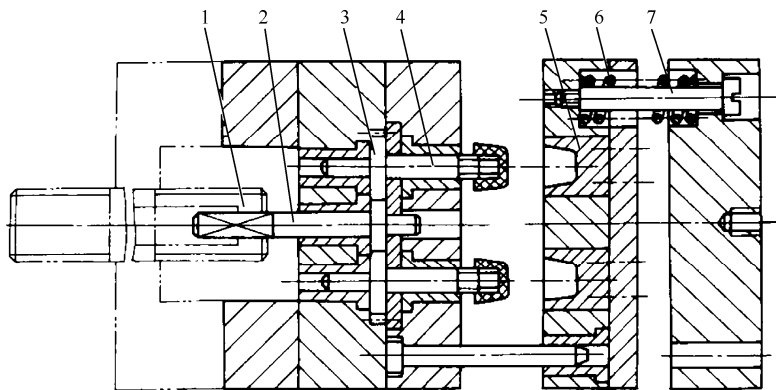
式中 n' ——定模型腔板停止移动时, 螺纹型芯留在塑件内的扣数;

H ——塑件在合模方向的高度;

p ——注射机丝杠螺距;

p_i ——塑件的螺距;

i ——从动轮与主动轮的齿数比。



1—开合模丝杠; 2—主动齿轮轴; 3—从动齿轮; 4—螺纹型芯; 5—凹模; 6—弹簧; 7—限位螺钉

图 4-120 直角式注射模多螺纹脱模机构

l 的距离可用下式确定:

$$\begin{aligned} l &= (n - n')(2ip - p_i) \\ &= 2inp - h - H \end{aligned} \quad (4-27)$$

式中 l ——定模型腔板与定模座板分开的距离;

n ——塑件上螺纹的扣数;

h ——塑件螺纹的高度。

任务实施

1. 塑料壳体推出机构的设计

根据塑料壳体的形状特点, 其推出机构可采用推板推出或推杆推出。其中, 推板推出结构可靠, 顶出力均匀, 不影响塑件的外观质量, 但制造困难, 成本高; 推杆推出结构简单, 推出平稳可靠, 虽然推出时会在塑件内部型腔上留下顶出痕迹, 但不影响塑件外观。



本例中，由于在型芯中要装冷却水道，故采用推板推出机构。

各种型号注射成型机的推出装置的设置情况及推出距离等各不相同，设计模具时，必须了解注射成型机推出杆的直径、推出形式（是中心推杆还是两侧双杆推出）、最大推出距离及双推中心杆距等，以确保模具推出机构与注射成型机的推出机构相适应。

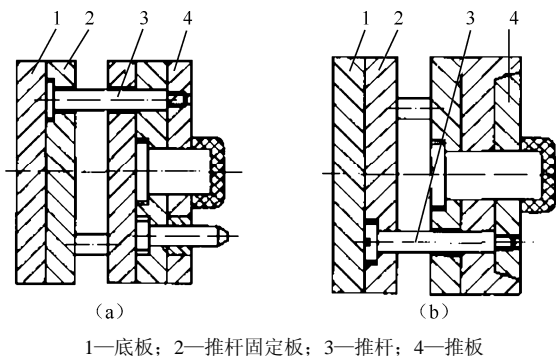
SZ-300/160 型注射成型机的推出形式为有中心及上下两侧设有推杆（机械推出），由于该模具推力不太大，在 SZ-300/160 型注射成型机上采用中心 $\phi 50\text{mm}$ 顶杆推出，在动模座板预留与之匹配的 $\phi 60\text{mm}$ 顶出孔；塑件实际推出距离为 55mm，满足推出距离要求。

2. 塑料防护罩推出机构的设计

该套模具采用一模两件的模具结构。防护罩属深腔薄壳类零件，推出阻力较大，故采用推件板推出机构。

1) 推板形式

常见的推板形式如图 4-121 所示，该塑件尺寸不大，且侧抽机构的滑块安装在推件板上。考虑以上因素，该套模具选定图 4-121 (a) 所示的结构。



1—底板；2—推杆固定板；3—推杆；4—推板

图 4-121 常见推板的结构形式

2) 推件板与型芯的配合形式

推件板与型芯采用锥面配合以保证配合紧密，防止塑件产生飞边，推件板和型芯的配合精度为 H7/f7 或 H8/f7。另外，锥面配合可以减小推件板在推件运动时与型芯之间的磨损，如图 4-122 中的零件 1、6 所示。

3) 推板与推件板的固定连接形式

推板和推件板之间采用固定连接形式，由于推出距离较大，如果单用螺钉连接效果不好，故采用推杆头部通过螺钉与推件板连接的形式，以防推件板在推出过程中脱落。开模时，整个动模随注射机动模板向左移动，当推板遇到注射机上的顶杆时不再移动，推杆也就顶住推件板不动，动模再向左移动，就将制件从型芯中脱出。如图 4-122 中的零件 4、5 所示。

4) 推出距离的确定

推出距离 $L=A+(5\sim 8)\text{mm}$ ， A 为型芯高度。计算得到推出距离约为 55mm。

5) 复位机构

由于采用了推件板推出机构，所以该模具没有设置复位机构。模具合模时，当推件板



碰到定模板后停止运动，带动推出机构复位。

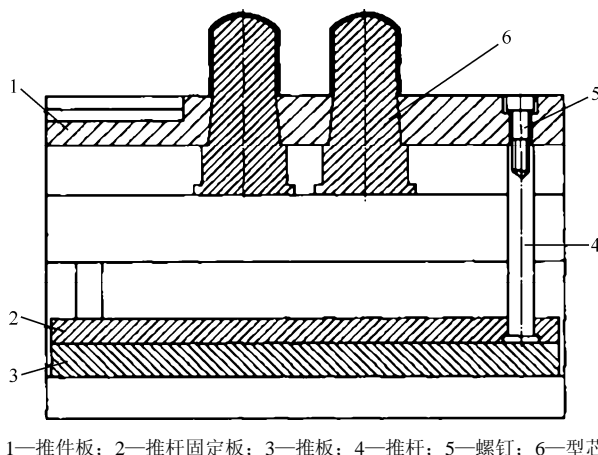


图 4-122 推出机构图

综合以上分析，最终得到的防护罩推件板如图 4-123 所示。

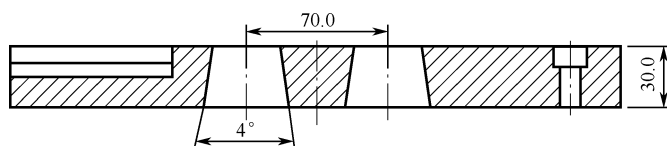


图 4-123 推件板结构图

习题与思考 8

1. 推出机构有哪些类型？各适用于什么场合？
2. 影响推出力的因素有哪些？
3. 推杆推出机构由哪几部分组成？各部分的作用是什么？
4. 推杆推出机构用在什么场合？
5. 推件板推出机构有何特点？推件板如何设计？
6. 常见的先复位机构有哪些？其工作原理怎样？
7. 什么是二级推出机构？其工作原理如何？

任务 4.5 塑料壳体 and 防护罩侧向分型与抽芯机构

相关知识点

- (1) 塑料模具侧向分型与抽芯机构的作用及适用范围；
- (2) 塑料模具分型与抽芯机构的原理及类别；
- (3) 相关侧向分型与抽芯机构的设计原理。



相关技能点

- (1) 一般侧向分型与抽芯机构的设计计算;
- (2) 各种侧向分型与抽芯机构的选用。

任务引入

许多塑料制品的侧面带有孔、凸台或是侧凹, 这些部件在成型时需要在侧向分型, 还需要设置侧型芯, 这些部件的设置妨碍了产品的脱模, 因此, 遇到这样的情况就必须设计侧向分型机构。带动侧向成型零件作侧向抽拔与复位的机构就叫做侧向分型与抽芯机构。

本任务将通过塑料壳体和塑料防护罩的侧向分型与抽芯机构的设计为载体, 介绍模具产品侧向分型与抽芯机构的设计。

4.5.1 侧向分型与抽芯机构的分类

当注射成型的塑件与开合模方向不同的内侧或外侧具有孔、凹穴或凸台时, 模具上成型该处的零件必须制成可侧向移动的, 以便在塑件脱模推出之前, 先将侧向成型零件抽出, 然后再把塑件从模内推出, 否则就无法脱模。带动侧向成型零件作侧向分型和抽芯及复位的整个机构称为侧向分型与抽芯机构。

按其动力来源可分为手动、机动、气动或液压三大类。

(1) 手动侧向分型与抽芯机构。在开模后, 依靠人工将侧型芯或镶块连同塑件一起取出, 在模外使塑件与型芯分离, 或在开模前依靠人工直接抽拔或通过传动装置抽出侧型芯。此类机构结构简单, 制造方便, 但操作麻烦, 生产率低, 劳动强度大且抽拔力受到人力限制。因此只有在小批量生产时, 或因塑件形状的限制无法采用机动抽芯机构时才采用。

(2) 机动侧向分型与抽芯机构。开模时利用注射机开模力作为动力, 通过有关传动零件将力作用于侧向成型零件使其侧向分型与抽芯, 合模时又靠有关传动零件使侧向成型零件复位。这类机构具有较大的抽芯力和抽芯距, 生产效率高, 具有操作简便, 动作可靠等优点, 因而被广泛采用。机动抽芯又可分为斜导柱、弯销、斜导槽、斜滑块和齿轮齿条等许多不同类型的侧向分型与抽芯机构, 其中以斜导柱侧向分型与抽芯机构最为常用。

(3) 气动或液压侧向分型与抽芯机构。以液压力或压缩空气作为动力进行分型与抽芯, 也同样靠液压力或压缩空气使侧向成型零件复位。其优点是传动平稳, 可以根据抽芯力的大小和抽芯行程来设置液压和气动系统, 可以得到较大的抽芯力和较长的抽芯行程。新型的注射机本身已设置了液压抽芯装置, 使用时只需将其与模具中的侧向抽芯机构连接, 调整后就可以实现抽芯。如果注射机不带这种装置, 需要时可另行配置。

4.5.2 抽芯距和抽芯力的确定

1. 抽芯距

侧向型芯或侧向瓣合模块从成型位置到不妨碍塑件顶出脱模位置移动的距离称为抽芯距, 用 S 表示。为了安全起见, 抽芯距通常应比侧孔或侧凹的深度大 $2\sim 3\text{mm}$, 但在侧向型



芯或瓣合模块脱出侧孔或侧凹以后，其几何位置有碍于塑件脱模的情况下，抽芯距不能简单地依靠这种方法确定。如图 4-124 所示为线圈骨架的侧向分型注射模，其抽芯距必须保证侧向瓣合模块完全退到台肩之外才能将塑件顶出脱模，这时 $S=S_1+(2\sim3)\text{mm}$ ，且 $S_1=\sqrt{R^2-r^2}$ ，式中 R 是骨架台肩半径， r 是骨架圆筒的外径。

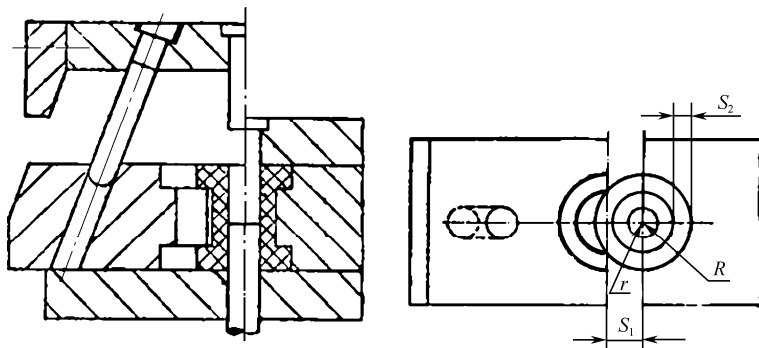


图 4-124 线圈骨架的抽芯距

2. 抽芯力

由于塑件包紧在侧向型芯或黏附在侧向型腔上，因此在各种类型的侧向分型与抽芯机构中，侧向分型与抽芯必然会遇到抽拔的阻力，侧向分型与抽芯的力或称抽拔力一定要大于抽拔阻力。侧向抽拔力可按式（4-25）计算，即

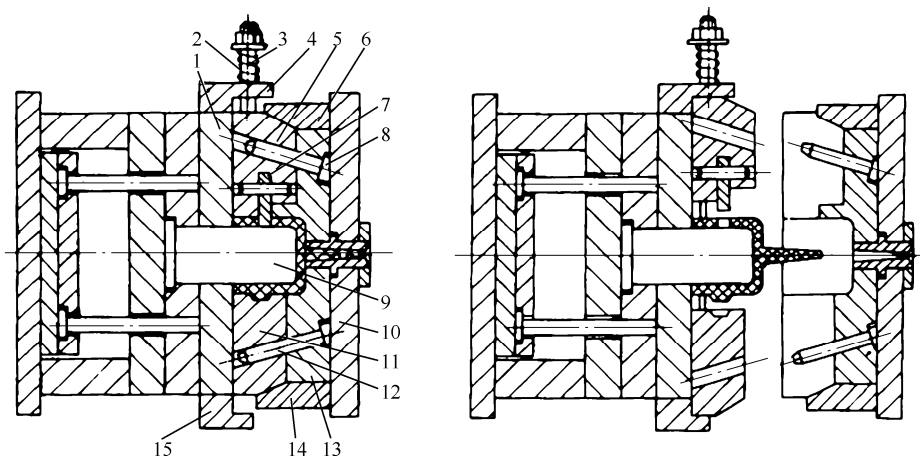
$$F_t = Ap(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

4.5.3 斜导柱侧向分型与抽芯机构

1. 工作原理

斜导柱侧向分型与抽芯机构利用斜导柱等传动零件，把垂直的开模运动传递给侧向瓣合模块，使之产生侧向运动并完成分型与抽芯动作。这类机构结构紧凑，动作安全可靠，加工制造方便，是当前最常用的侧向分型与抽芯机构。

图 4-125 所示的塑件上侧有一通孔，下侧有一凸台。在模具上，将侧型芯 7 镶入侧型芯滑块 5 中成型上侧通孔，采用侧型腔滑块 11 成型下侧凸台。斜导柱固定在定模部分，侧型芯滑块 5 和侧型腔滑块 11 安装在动模部分的导滑槽内。开模时，塑件包紧在凸模 9 上随动模部分一起向左移动，与塑件相连的主流道凝料从浇口套中脱出，与此同时，在斜导柱 8 和 12 的作用下，在侧型芯滑块 5 和侧型腔滑块 11 随动模后退的同时，侧型芯滑块 5 和侧型腔滑块 11 在推件板的导滑槽内分别向上和向下作侧向移动而脱离塑件，直至斜导柱与它们脱离，侧向抽芯与分型才结束。为了合模时斜导柱能准确地插入滑块上的斜导孔中，在滑块脱离斜导柱时要设置滑块的限位装置。上侧型芯滑块的限位装置是挡块 4、限位螺钉 3、弹簧 2 和螺母，下侧型腔滑块的限位装置是挡块 15。当斜导柱脱离滑块时，在压缩弹簧 2 的作用下，侧型芯滑块 5 紧靠在挡块 4 上而定位，侧型腔滑块 11 由于自身的重力定位于挡块 15 上，动模继续向左移动，当推出机构工作时，推杆推动推件板 1 把塑件从凸模 9 上脱下来。合模时，推件板靠推杆复位，侧滑块由斜导柱插入后驱动复位，同时在它们的外侧由楔紧块 6 和 14 锁紧，以使其在注射塑料熔体时产生的成型压力的作用下不发生位移。



1—推件板；2—弹簧；3—限位螺钉；4、15—挡块；5—侧型芯滑块；6、14—楔紧块；
7—侧型芯；8、12—斜导柱；9—凸模；10—定模座板；11—侧型腔滑块；13—定模板

图 4-125 斜导柱侧向分型与抽芯机构

2. 斜导柱设计

1) 斜导柱形状

斜导柱形状如图 4-126 所示。工作端可以是半球形也可以是锥台形。设计成锥台形时，其斜角 θ 应大于斜导柱倾斜角 α ，一般 $\theta = \alpha + (2^\circ \sim 3^\circ)$ ，以避免斜导柱工作长度 (L) 脱离滑块斜孔后，斜导柱头部对滑块仍有驱动作用。

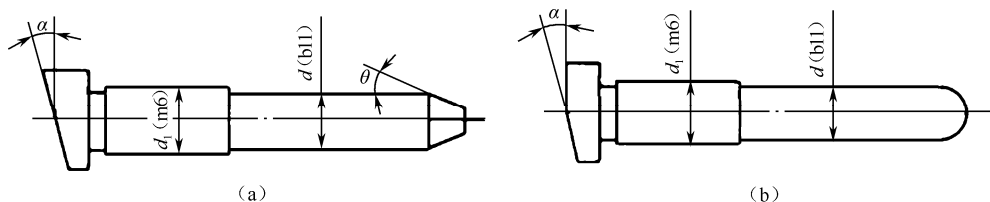


图 4-126 斜导柱的结构形式

斜导柱的材料多为 T8、T10 等碳素工具钢，也可用 20 钢渗碳处理，热处理要求硬度 $HRC \geq 55$ ，表面粗糙度 $Ra \leq 0.8 \mu m$ 。斜导柱固定端与模板之间可采用 H7/m6 过渡配合。斜导柱工作部分与滑块上斜导孔之间采用 H11/b11 或两者之间采用 $0.4 \sim 0.5 mm$ 的大间隙配合。有时为了让滑块的侧向抽芯迟于开模动作，即开模分型一段距离后再侧抽芯，这时斜导柱与侧滑块上的斜导孔之间间隙可放大至 $2 \sim 3 mm$ 。

2) 斜导柱的倾斜角

斜导柱侧向分型与抽芯机构中斜导柱与开合模方向的夹角称为斜导柱的倾斜角 α ，如图 4-127 所示。它是决定斜导柱抽芯机构中工作效果的重要参数， α 的大小对斜导柱的有效工作长度、抽芯距、受力状况等有直接的重要影响。

通过受力分析与理论计算可知，斜导柱的倾斜角 α 取 $22^\circ 33'$ 比较理想，一般在设计时取 $\alpha \leq 25^\circ$ ，最常用的是 $12^\circ \leq \alpha \leq 22^\circ$ 。通常抽芯距长时 α 可取大些，抽芯距短时，可适当取小些；抽芯力大时 α 可取小些，抽芯力小时 α 可取大些。另外，斜导柱对称布置时，抽



芯力可相互抵消, α 可取大些, 而斜导柱非对称布置时, 抽芯力无法抵消, α 可取小些。

3) 斜导柱长度计算

斜导柱长度的计算见图 4-128。

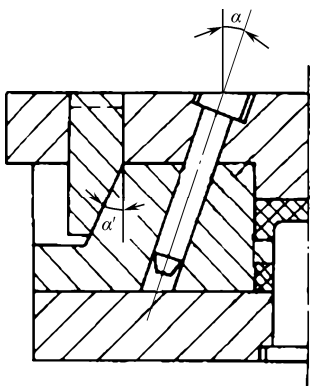


图 4-127 斜导柱的倾斜角

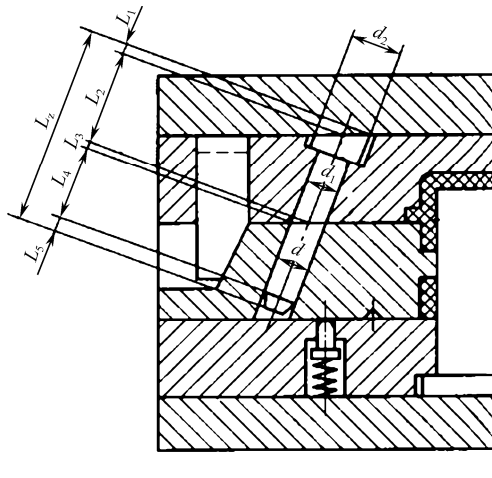


图 4-128 斜导柱的长度

斜导柱的工作长度 L 与抽芯距 S 及倾斜角 α 有关, 即

$$L = \frac{S}{\sin \alpha} \quad (4-28)$$

斜导柱的总长为

$$\begin{aligned} L_z &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 \\ &= \frac{d_2}{2} \tan \alpha + \frac{h}{\cos \alpha} + \frac{d}{2} \tan \alpha + \frac{S}{\sin \alpha} + (5 \sim 10) \text{mm} \end{aligned} \quad (4-29)$$

式中 L_z ——斜导柱总长度;

d_2 ——斜导柱固定部分大端直径;

h ——斜导柱固定板厚度;

d ——斜导柱工作部分的直径;

S ——抽芯距。

4) 斜导柱受力分析与直径计算

在设计斜导柱侧向分型与抽芯机构时, 需要选择合适的斜导柱直径, 也就是要对斜导柱的直径进行计算或对已选好的直径进行校核。在斜导柱直径计算之前, 应该对斜导柱的受力情况进行分析, 计算出斜导柱所受的弯曲力 F_w 。

斜导柱抽芯时所受弯曲力 F_w 如图 4-129 (a) 所示。图 4-129 (b) 所示为侧型芯滑块的受力分析图。图中 F 是抽芯时斜导柱通过滑块上的斜导孔对滑块施加的正压力, F_w 是它的反作用力; 抽拔阻力 (脱模力) F_t 是抽拔力 F_c 的反作用力; F_k 是开模力, 它通过导滑槽施加于滑块; F_1 是斜导柱与滑块间的摩擦力, 它的方向与抽芯时滑块沿斜导柱运动的方向相反; F_2 是滑块与导滑槽间的摩擦力, 它的方向与抽芯时滑块移动方向相反。另外, 假设斜导柱与滑块、导滑槽与滑块间摩擦系数均为 μ , 可以建立如下力的平衡方程:



$$\sum F_x = 0 \text{ 则 } F_t + F_1 \sin \alpha + F_2 - F \cos \alpha = 0 \quad (4-30)$$

$$\sum F_y = 0 \text{ 则 } F \sin \alpha + F_1 \cos \alpha - F_k = 0 \quad (4-31)$$

式中, $F_1 = \mu F$, $F_2 = \mu F_k$ 。

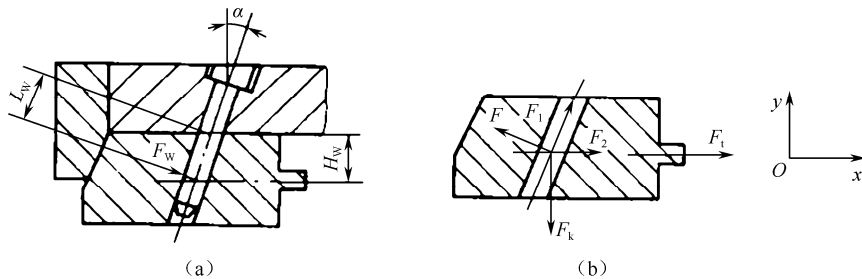


图 4-129 斜导柱的受力分析

由式 (4-30)、式 (4-31) 解得

$$F = \frac{F_t}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} \times \frac{\tan \alpha + \mu}{1 - 2\mu \tan \alpha - \mu^2} \quad (4-32)$$

由于摩擦力与其他力相比一般很小, 常可略去不计 ($\mu=0$), 这样上式变为

$$F = F_w = \frac{F_t}{\cos \alpha} = \frac{F_c}{\cos \alpha} \quad (4-33)$$

由图 4-129 (a) 可知, 斜导柱所受的弯矩为

$$M_w = F_w L_w \quad (4-34)$$

式中 M_w ——斜导柱所受弯矩;

F_w ——斜导柱所受弯曲力;

L_w ——斜导柱弯曲力臂。

由材料力学的知识可知

$$M_w = [\sigma_w] W \quad (4-35)$$

式中 $[\sigma_w]$ ——斜导柱所用材料的许用弯曲应力 (可查有关手册), 一般碳钢可取 $3 \times 10^8 \text{Pa}$;

W ——抗弯截面系数。

斜导柱的截面一般为圆形, 其抗弯截面系数为

$$W = \frac{\pi}{32} d^3 \approx 0.1 d^3 \quad (4-36)$$

由式 (4-33) ~ 式 (4-35) 可推导出斜导柱的直径为

$$d = \sqrt[3]{\frac{F_w L_w}{0.1 [\sigma_w]}} = \sqrt[3]{\frac{F_t L_w}{[\sigma_w] \cos \alpha}} = \sqrt[3]{\frac{F_c H_w}{[\sigma_w] \cos^2 \alpha}} \quad (4-37)$$

式中 H_w ——侧型芯滑块受到脱模力的作用线与斜导柱中心线交点到斜导柱固定板的距离, 它并不等于滑块高度的一半。

5) 经验值

由于以上计算比较复杂, 有时为了方便, 也可用查表的方法确定斜导柱直径。先按已求得的抽拔力 F_c 和选定的斜导柱倾斜角 α 在表 4-16 中查出最大弯曲力 F_w , 然后根据 F_w 和 H_w 以及斜导柱的倾斜角 α 在表 4-17 中查出斜导柱的直径 d 。



项目 4 塑料注射成型工艺的模具设计

表 4-16 斜导柱倾斜角、脱模力与最大弯曲力的关系

最大弯曲力 F_w/kN	斜导柱倾斜角 $\alpha/^\circ$					
	8	10	12	15	18	20
	脱模力（抽芯力） F_v/kN					
1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94
2.00	1.98	1.97	1.95	1.93	1.90	1.88
3.00	2.97	2.95	2.93	2.89	2.85	2.82
4.00	3.96	3.94	3.91	3.86	3.80	3.76
5.00	4.95	4.92	4.89	4.82	4.75	4.70
6.00	5.94	5.91	5.86	5.79	5.70	5.64
7.00	6.93	6.89	6.84	6.75	6.65	6.58
8.00	7.92	7.88	7.82	7.72	7.60	7.52
9.00	8.91	8.86	8.80	8.68	8.55	8.46
10.00	9.90	9.85	9.78	9.65	9.50	9.40
11.00	10.89	10.83	10.75	10.61	10.45	10.34
12.00	11.88	11.82	11.73	11.58	11.40	11.28
13.00	12.87	12.80	12.71	12.54	12.35	12.22
14.00	13.86	13.79	13.69	13.51	13.30	13.16
15.00	14.85	14.77	14.67	14.47	14.25	14.10
16.00	15.84	15.76	15.64	15.44	15.20	15.04
17.00	16.83	16.74	16.62	16.40	16.15	15.93
18.00	17.82	17.73	17.60	17.37	17.10	17.80
19.00	18.81	18.71	18.58	18.33	18.05	
20.00	19.80	19.70	19.56	19.30	19.00	18.80
21.00	20.79	20.68	20.53	20.26	19.95	19.74
22.00	21.78	21.67	21.51	21.23	20.00	20.68
23.00	22.77	22.65	22.49	22.19	21.85	21.62
24.00	23.76	23.64	23.47	21.16	22.80	22.56
25.00	24.75	24.62	24.45	24.12	23.75	23.50
26.00	25.74	25.61	25.42	25.09	24.70	24.44
27.00	26.73	26.59	26.40	26.05	25.65	25.38
28.00	27.72	27.58	27.38	27.02	26.60	26.32
29.00	28.71	28.56	28.36	27.95	27.55	27.26
30.00	29.70	29.65	29.34	28.95	28.50	28.20
31.00	30.69	30.53	30.31	29.91	29.45	29.14
32.00	31.68	31.52	31.29	30.88	30.40	30.08
33.00	32.67	32.50	32.27	31.64	31.35	31.02
34.00	33.66	33.49	33.25	32.81	32.30	31.96
35.00	34.65	34.47	34.23	33.77	33.25	32.00
36.00	35.64	35.46	35.20	34.74	34.20	33.81
37.00	36.63	36.44	36.18	35.70	35.15	34.78
38.00	37.62	37.43	37.16	36.67	36.10	35.72
39.00	38.61	38.41	38.14	37.63	37.05	36.66
40.00	39.60	39.40	39.12	38.60	38.00	37.60



表 4-17 斜导柱的倾斜角、高度以及斜导柱直径之间的关系

斜导柱 倾斜角		最大弯曲力/kN																														
$\alpha/^\circ$	H_w /mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
		斜导柱直径/mm																														
8	10	8	10	10	12	12	14	14	14	15	15	16	16	18	18	18	18	20	20	20	22	22	24	24	24	20	22	22	22	22	22	22
	15	8	10	12	14	14	15	16	16	16	18	18	20	20	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	20	22	24	24	24	25	25	25
	20	10	12	14	14	15	16	18	18	20	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	26	28	28	28	
	25	10	12	14	15	18	18	18	20	20	22	22	22	24	24	24	24	25	25	26	26	26	28	28	28	28	28	28	30	30	30	30
	30	10	14	15	16	18	18	20	20	22	22	24	24	24	24	25	26	26	28	28	28	28	30	30	30	30	30	30	32	32	32	32
	35	12	14	16	18	18	20	20	20	22	24	24	25	26	26	28	28	30	30	30	30	32	32	32	32	34	34	34	34	34	34	34
10	40	12	14	16	18	20	20	22	22	24	24	25	26	26	28	28	30	30	30	30	32	32	32	32	34	34	34	34	34	34	34	35
	10	8	10	12	12	12	14	14	14	15	15	16	18	18	18	18	18	20	20	20	22	22	24	24	20	22	22	22	22	22	22	22
	15	8	12	12	14	14	15	16	16	18	18	18	20	20	20	20	22	22	22	22	24	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25
	20	10	12	14	14	15	16	18	18	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	28	28	28	28	
	25	10	12	14	15	18	18	18	20	20	22	22	22	24	24	24	25	25	26	26	26	28	28	28	28	28	28	30	30	30	30	
	30	12	14	15	16	18	20	20	22	22	22	24	24	24	25	26	26	28	28	28	30	30	30	30	30	30	30	30	32	32	32	32
12	35	12	14	16	18	20	20	20	22	24	24	25	26	26	28	28	30	30	30	30	32	32	32	32	32	32	32	32	34	34	34	34
	40	12	14	18	18	20	22	22	24	24	24	25	26	26	28	28	30	30	30	32	32	32	32	32	32	32	34	34	34	34	34	36
	10	8	10	12	12	12	14	14	14	15	16	16	16	18	18	18	18	20	20	20	22	22	24	24	20	22	22	22	22	22	22	22
	15	8	12	12	14	14	15	16	16	18	18	18	20	20	20	20	22	22	22	22	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25
	20	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	24	26	26	26	26	26	26	26	26	28	28	28	
	25	10	12	15	16	18	18	20	20	22	22	22	24	24	24	25	25	26	26	26	26	28	28	28	28	28	28	30	30	30	30	



续表

斜导柱 倾角 $\alpha/^\circ$	H_w /mm	最大弯曲力/kN																			
		斜导柱直径/mm																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
15	8	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	15	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	20	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	25	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	30	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
18	8	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	15	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	20	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	25	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	30	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
20	8	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	15	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	20	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	25	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	30	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12



3. 侧滑块的设计

1) 侧滑块与侧向型芯的连接

侧滑块是斜导柱侧向分型与抽芯机构中的一个重要零部件，它上面安装有侧向型芯或成型镶块，注射成型和抽芯的可靠性都需要它的运动精度保证。侧滑块的结构形状可以根据具体塑件和模具结构灵活设计，既可以与型芯做成一个整体，也可采用组合装配结构。图 4-130 所示是常见的侧滑块与侧向型芯的连接方式，其中，图 4-130 (a) 采用型芯嵌入滑块的方法连接；图 4-130 (b) 为了提高型芯强度，适当加大了型芯嵌入部分的尺寸，并用两个骑缝销钉固定；图 4-130 (c) 采用燕尾式连接，适于型芯较大的场合；图 4-130 (d) 适用于小型芯，型芯尾部可加粗；图 4-130 (e) 适用于薄片型芯，采用通槽嵌装和销钉紧固；图 4-130 (f) 适用于多型芯场合，各型芯采用压板固定。

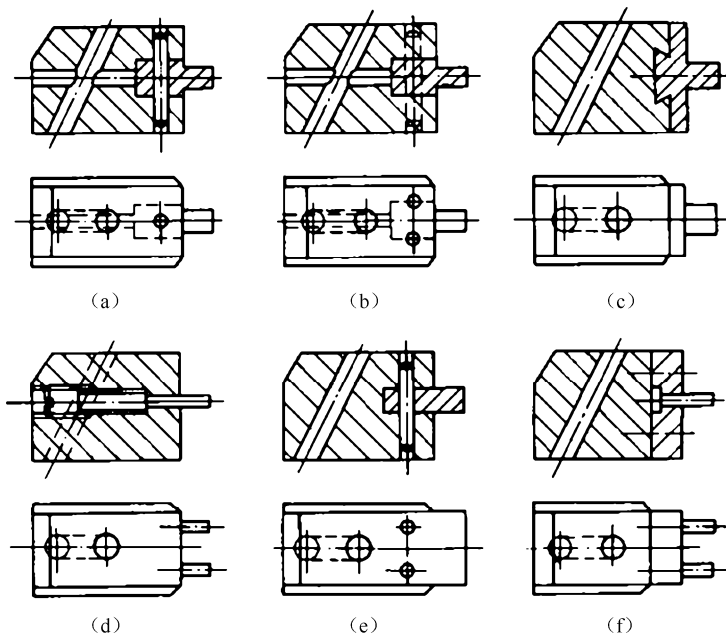


图 4-130 侧型芯与侧滑块的连接形式

2) 导滑槽的设计

斜导柱的侧抽芯机构工作时，侧滑块在一定精度要求的导滑槽内按一定的方向作往复运动。设计导滑槽时，可参考图 4-131 所示的几种常用结构。其中，图 4-131 (a) 所示为整体式，结构紧凑，但加工精度不易保证；图 4-131 (b)，(c) 所示是整体的盖板式，不过前者导滑槽开在盖板上，后者导滑槽开在底板上；图 4-131 (d) 所示盖板设计成局部的形式；图 4-131 (e) 设计成侧型芯两侧的单独压块；图 4-131 (f) 中侧滑块的高度方向仍由 T 形槽导滑，而其移动方向则由中间所镶入的镶块导滑；图 4-131 (g) 所示是整体燕尾槽导滑，导滑精度较高，但加工困难。

滑块完成抽拔动作后，其滑动部分仍应有全部或部分长度留在滑槽内。滑块的滑动配合长度通常要大于宽度的 1.5 倍，而保留在滑槽内的长度不应小于这个数值的 2/3。否则，滑块开始复位时容易偏斜，甚至损坏模具。如果模具尺寸较小，为了保证滑槽长度，可以



把滑槽局部加长,使其伸出模外。

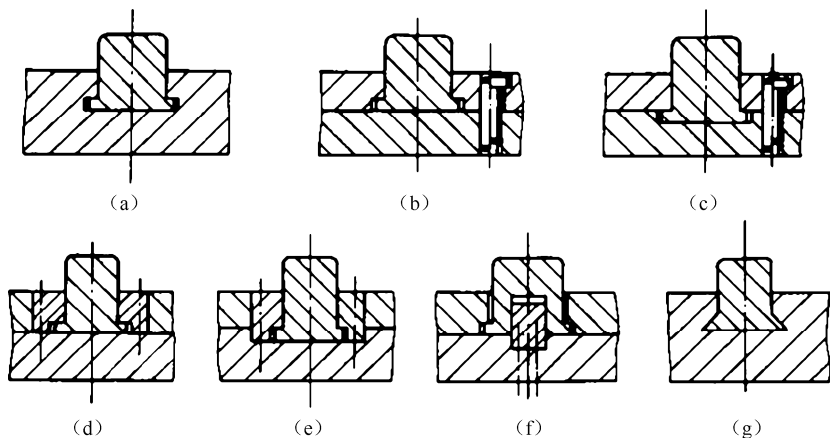


图 4-131 导滑槽的结构形式

滑槽对滑块的导滑部位采用间隙配合,配合可选用 H8/g7 或 H8/h8,其他各处应留有间隙。滑块的滑动部分和滑槽导滑面的表面粗糙度 Ra 均应小于 $0.63\sim 1.25\mu\text{m}$ 。

滑块可用 45 钢或碳素工具钢制造,导滑部分要求硬度 $\geq \text{HRC}40$ 。滑槽可用耐磨材料制造,也可用 45 钢或碳素工具钢制造,要求硬度为 $\text{HRC}52\sim 56$ 。

4. 楔紧块的设计

在注射成型的过程中,侧向成型零件在成型压力的作用下会使侧滑块向外位移,如果没有楔紧块楔紧,侧向力会通过侧滑块传给斜导柱,使斜导柱发生变形。如果斜导柱与侧滑块上的斜导孔采用较大的间隙 ($0.4\sim 0.5\text{mm}$) 配合,侧滑块的外移会极大降低塑件侧向凹凸处的尺寸精度,因此,在斜导柱侧向抽芯机构设计时,必须考虑侧滑块的锁紧。

为了保证斜楔面能在合模时压紧滑块,而在开模时又能迅速脱开滑块,以避免楔紧块影响斜导柱对滑块的驱动,楔角 α' 都要比斜导柱倾斜角 α 大一些,即 $\alpha' = \alpha + (2^\circ \sim 3^\circ)$,如图 4-127 所示。

楔紧块的各种结构形式如图 4-132 所示。图 4-132 (a) 所示为将楔紧块与模板制成一体的整体式结构,牢固可靠,刚性大,但浪费材料,耗费加工工时,并且加工的精度要求很高,适合于侧向力很大的场合;图 4-132 (b) 采用销钉定位、螺钉固定的形式,结构简单,加工方便,但承受的侧向力较小;图 4-132 (c) 中楔紧块以 H7/m6 配合镶入模板中,刚度比图 4-132 (b) 有所提高,承受的侧向力也略大;图 4-132 (d) 是在图 4-132 (c) 形式的基础上在楔紧块的后面又设置了一个挡块,对楔紧块起加强作用;图 4-132 (e) 采用双楔紧块的形式,适于侧向力较大的场合。

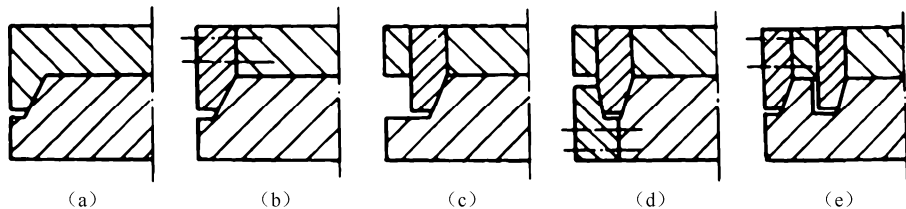


图 4-132 楔紧块的结构形式



5. 侧滑块定位装置的设计

定位装置在开模过程中用来保证滑块停在刚刚脱离斜导柱的地方，不可发生任何移动，以避免再次合模时斜导柱不能准确地插进滑块的斜孔。图 4-133 所示是常见的几种定位装置形式，其中，图 4-133 (a) 利用滑块自重停靠在限位挡块上，结构简单，适于向下抽芯的模具；图 4-133 (b) 依靠弹簧使滑块停留在限位挡块上，适于任何方向的抽芯动作；图 4-133 (c) ~ (e) 都是采用弹簧顶销或弹簧钢球的形式，只是安装弹簧的方法有所不同，这些结构适于侧面方向的抽芯动作。

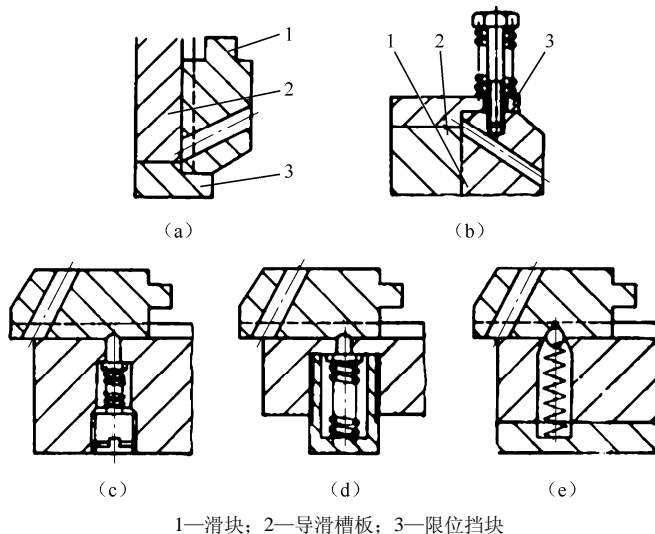


图 4-133 定位装置的形式

6. 斜导柱侧向分型与抽芯机构的应用形式

1) 斜导柱固定在定模、侧滑块安装在动模

斜导柱固定在定模、侧滑块安装在动模的结构是斜导柱侧向分型与抽芯机构的模具应用最广泛的形式。模具设计者在设计侧抽芯塑件的模具时，应当首先考虑采用这种形式。

设计斜导柱固定在定模、侧滑块安装在动模的侧抽芯机构时必须注意侧滑块与推杆在合模复位过程中不能发生“干涉”现象。所谓干涉现象是指在合模过程中侧滑块的复位先于推杆的复位而致使活动侧型芯与推杆相碰撞，造成活动侧型芯或推杆损坏的事故。侧向滑块型芯与推杆发生干涉的可能性会出现在两者垂直于分型面上的投影发生重合的情况，如图 4-134 所示。图 4-134 (a) 所示为合模状态，在侧型芯的投影下面设置有推杆；图 4-134 (b) 所示为合模过程中，斜导柱刚插入滑块的斜导孔中时，斜导柱向右边复位的状态，而此时模具的复位杆还未使推杆复位，这就会发生侧型芯与推杆相碰撞的干涉现象。

在模具结构允许的条件下，应尽量避免在侧型芯的投影范围内设置推杆。如果受到模具结构的限制而在侧型芯下一定要设置推杆，应首先考虑能否使推杆在推出一定距离后仍低于侧型芯的最低面，当这一条件不能满足时，就必须分析产生干涉的临界条件并采取措使推出机构先复位，然后才允许侧型芯滑块复位，这样才能避免产生干涉。

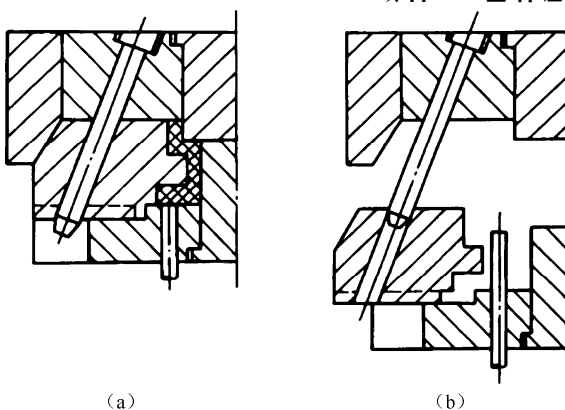
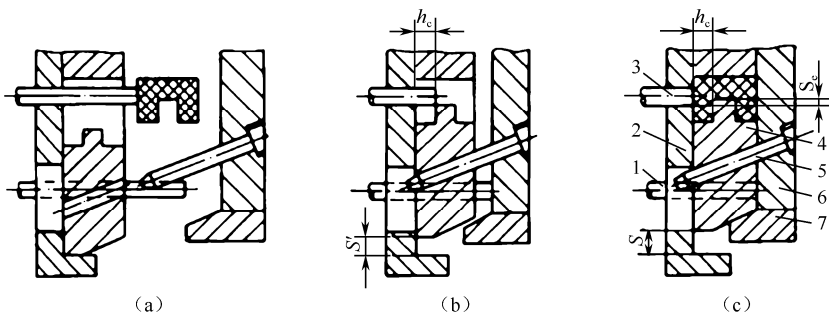


图 4-134 干涉现象

图 4-135 所示为分析发生干涉临界条件的示意图。图 4-135 (a) 所示为开模侧抽芯后推杆推出塑件的状态；图 4-135 (b) 所示是合模复位时，复位杆使推杆复位、斜导柱使侧型芯复位而侧型芯与推杆不发生干涉的临界状态；图 4-135 (c) 所示是合模复位完毕的状态。从图中可知，在不发生干涉的临界状态下，侧型芯已经复位了长度 S' ，还需复位的长度为 $S - S' = S_c$ ，而推杆需复位的长度为 h_c ，如果完全复位，应满足以下条件：

$$\begin{aligned} h_c &= S_c \cot \alpha \\ h_c \tan \alpha &= S_c \end{aligned} \quad (4-38)$$

即



1—复位杆；2—动模板；3—推杆；4—侧型芯滑块；5—斜导柱；6—定模座板；7—楔紧块

图 4-135 不发生干涉的条件

在完全不发生干涉的情况下，需要在临界状态时，侧型芯与推杆还应有一段微小的距离 Δ ，因此，不发生干涉的条件为

$$\begin{aligned} h_c \tan \alpha &= S_c + \Delta \\ \text{或者} \quad h_c \tan \alpha &> S_c \end{aligned} \quad (4-39)$$

式中 h_c ——在完全合模状态下推杆端面离侧型芯的最近距离；

S_c ——在分型面上，侧型芯与推杆投影在抽芯方向上重合的长度；

Δ ——在完全不干涉的情况下，推杆复位到 h_c 位置时，侧型芯沿复位方向距推杆侧面的最小距离，一般 $\Delta=0.5\text{mm}$ 即可。

在一般情况下，只要使 $h_c \tan \alpha - S_c > 0.5\text{mm}$ 即可避免干涉。如果实际的情况无法满足这个条件，则必须设计推杆的先复位机构。下面介绍几种推杆的先复位机构。



(1) 弹簧式先复位机构：如图 4-136 所示为弹簧式先复位机构。它的特点是利用弹簧，并将其安装在推杆固定板与动模之间，开模顶出塑件时，借助注射机推顶装置带动顶杆脱模机构运动并压缩弹簧，一旦开始合模，注射机推顶装置便与顶杆脱模机构脱离接触，在弹簧回复力的作用下使顶杆迅速复位，因此可以避免与侧向型芯干涉。弹簧式顶杆先复位机构具有结构简单、安装容易等优点，但弹簧力量小，容易疲劳失效，可靠性差，一般只适于复位力不大的场合，并需要定期更换弹簧。

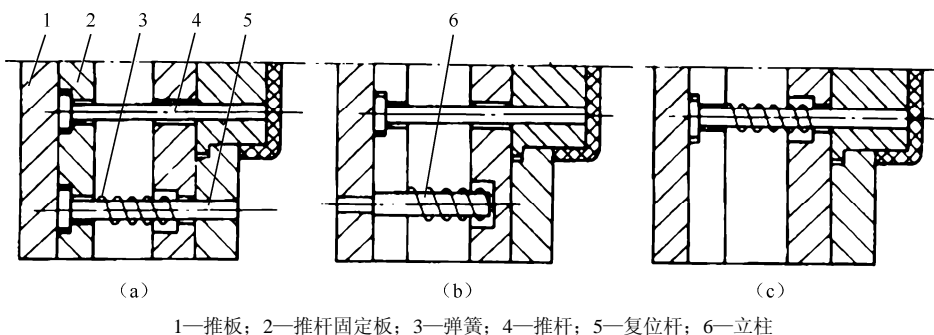


图 4-136 弹簧式先复位机构

(2) 楔杆三角滑块式先复位机构：楔杆三角滑块式先复位机构如图 4-137 所示。楔杆固定在定模内，三角滑块安装在推管固定板 6 的导滑槽内，在合模状态，楔杆 1 与三角滑块 4 的斜面仍然接触，如图 4-137 (a) 所示。开始合模时，楔杆与三角滑块的接触先于斜导柱与侧型芯滑块的接触。图 4-137 (b) 所示为楔杆接触三角滑块的初始状态，在楔杆作用下，在推管固定板上的导滑槽内的三角滑块向下移动的同时迫使推管固定板向左移动，使推管的复位先于侧型芯滑块的复位，从而避免两者发生干涉。

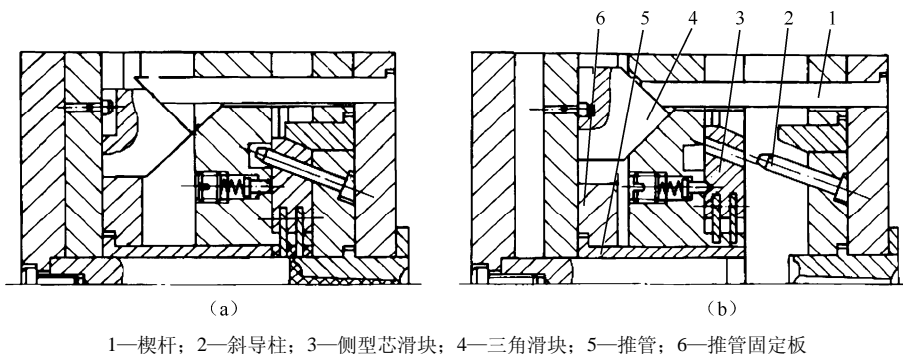
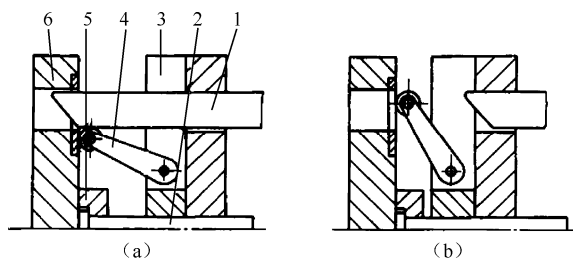


图 4-137 楔杆三角滑块式先复位机构

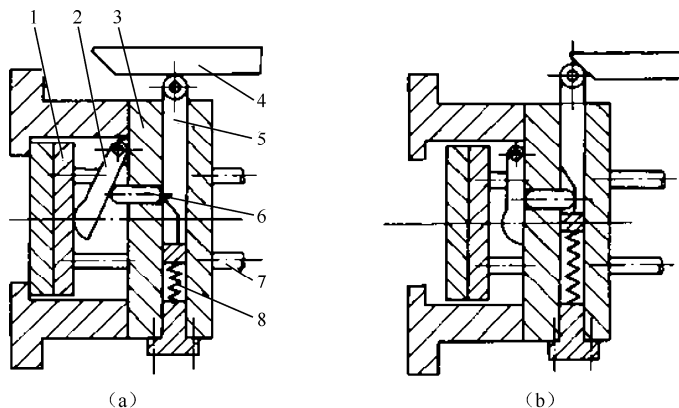
(3) 楔杆摆杆式先复位机构：楔杆摆杆式先复位机构如图 4-138 所示，其结构与楔杆三角滑块式先复位机构相似，所不同的是摆杆代替了三角滑块。图 4-138 (a) 所示为开模状态。图 4-138 (b) 所示为复位状态，摆杆 4 一端用转轴固定在支承板 3 上，另一端装有滚轮。合模时，楔杆推动摆杆上的滚轮，迫使摆杆绕着转轴作逆时针方向旋转，同时它又推动推杆固定板 5 向左移动，使推杆的复位先于侧型芯的复位。为了防止滚轮与推板 6 之间的磨损，在推板 6 上常常镶有淬过火的垫板。



1—楔杆；2—推杆；3—支承板；4—摆杆；5—推杆固定板；6—推板

图 4-138 楔杆摆杆式先复位机构

(4) 楔杆滑块摆杆式先复位机构：楔杆滑块摆杆式先复位机构如图 4-139 所示。图 4-139 (a) 所示为合模状态，楔杆 4 固定在定模部分的外侧，下端带有斜面的滑块 5 安装在动模支承板 3 内，滑销 6 也安装在动模支承板内，但它的运动方向与滑块的运动方向垂直，摆杆 2 上端用转轴固定在与支承板连接的固定板上，合模时，楔杆向滑块靠近；图 4-139 (b) 所示是合模过程中楔杆接触滑块的初始状态，楔杆的斜面推动支承板内的滑块 5 向下滑动，滑块的下移使滑销 6 左移，推动摆杆 2 绕其转轴作顺时针方向旋转，从而带动推杆固定板 1 左移，完成推杆 7 的先复位动作；开模时，楔杆脱离滑块，滑块在弹簧 8 的作用下上升，同时，摆杆在本身重力的作用下回摆，推动滑销右移，从而挡住滑块继续上升。



1—推杆固定板；2—摆杆；3—动模支承板；4—楔杆；5—滑块；6—滑销；7—推杆；8—弹簧

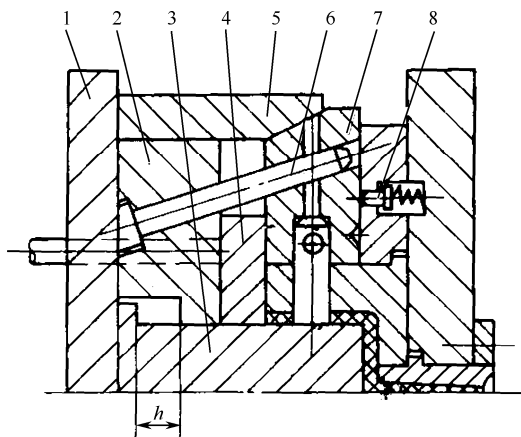
图 4-139 楔杆滑块摆杆式先复位机构

2) 斜导柱固定在动模、侧滑块安装在定模

由于开模时一般要求塑件包紧在动模部分的凸模上留在动模，而侧型芯则安装在定模上，这样就会产生以下几种情况：一种情况是如果侧抽芯与脱模同时进行的话，由于侧型芯在开模方向的阻碍作用使塑件从动模部分的凸模上强制脱下而留在定模，侧抽芯结束后，塑件无法从定模型腔中取出；另一种情况是由于塑件包紧于动模凸模上的力大于侧型芯使塑件留于定模型腔的力，则可能会出现塑件被侧型芯撕裂或细小的侧型芯被折断的现象，导致模具损坏或无法工作。从以上分析可知，斜导柱固定在动模、侧滑块安装在定模的模具结构的特点是侧抽芯与脱模不能同时进行，要是先侧抽芯后脱模，要是先脱模后侧抽芯。



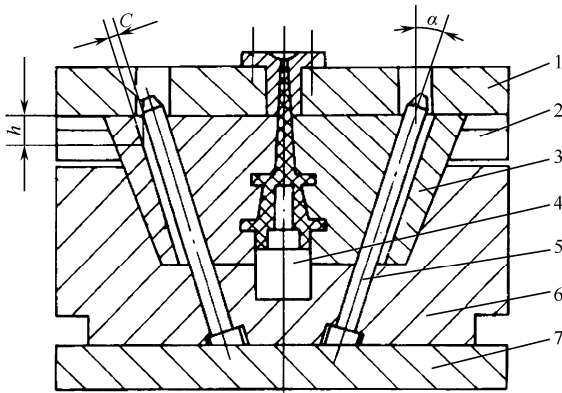
如图 4-140 所示, 这种机构称为凸模浮动式斜导柱定模侧抽芯。凸模 3 以 H8/f8 的配合安装在动模板 2 内, 并且其底端与动模支承板的距离为 h 。开模时, 由于塑件对凸模 3 具有足够的包紧力, 致使凸模在开模距离 h 内和动模后退的过程中保持静止不动, 即凸模浮动了距离 h , 使侧型芯滑块 7 在斜导柱 6 的作用下侧向抽芯移动距离 S 。继续开模, 塑件和凸模一起随动模后退, 推出机构工作时, 推件板 4 将塑件从凸模上推出, 凸模浮动式斜导柱侧抽芯的机构在合模时, 应考虑凸模 3 复位的情况。



1—支承板; 2—动模板; 3—凸模; 4—推件板; 5—楔紧块; 6—斜导柱; 7—侧型芯滑块; 8—限位销

图 4-140 凸模浮动式斜导柱定模侧抽芯

如图 4-141 所示的结构为先脱模后斜导柱定模侧抽芯的模具结构。该模具不需设置推出机构, 其凹模为可侧向移动的对开式侧滑块, 斜导柱 5 与凹模侧滑块 3 上的斜导孔之间存在着较大的间隙 C ($C=2\sim 4\text{mm}$)。开模时, 在凹模侧滑块侧向移动之前, 动、定模将先分开一段距离 h ($h=C/\sin\alpha$), 同时由于凹模侧滑块的约束, 塑件与凸模 4 也脱开一段距离 h , 然后斜导柱才与侧滑块接触, 侧向分型抽芯动作开始。这种模具的结构简单, 加工方便, 但塑件需用人工从对开式侧滑块之间取出 (包括要从浇口套中拔出), 操作不方便, 劳动强度较大, 生产率也较低, 因此仅适合于小批量简单塑件的生产。



1—定模座板; 2—导销; 3—凹模侧滑块; 4—凸模; 5—斜导柱; 6—动模板; 7—动模座板

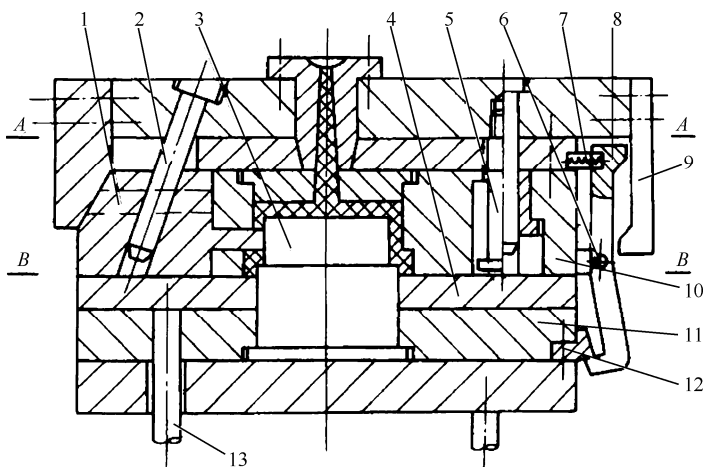
图 4-141 先脱模后斜导柱定模侧抽芯



3) 斜导柱与侧滑块同时安装在定模

在斜导柱与侧滑块同时安装在定模的结构中, 一般情况下斜导柱固定在定模座板上, 侧滑块安装在定模板上的导滑槽内。为了造成斜导柱与侧滑块两者之间的相对运动, 还必须在定模座板与定模板之间增加一个分型面, 因此, 需要采用定距顺序分型机构, 即开模时主分型面暂不分型, 而让定模部分增加的分型先定距分型并让斜导柱驱动侧滑块进行侧抽芯, 抽芯结束后, 主分型面分型。由于斜导柱与侧型芯同时设置在定模部分, 设计时斜导柱可适当加长, 保证侧抽芯时侧滑块始终不脱离斜导柱, 所以不需设置侧滑块的定位装置。

图 4-142 所示的结构是摆钩式定距顺序分型的斜导柱抽芯机构。合模时, 在弹簧 7 的作用下, 由转轴 6 固定在定模板 10 上的摆钩 8 钩住固定在动模板 11 上的挡块 12。开模时, 由于摆钩 8 钩住挡块, 模具首先从 A 分型面先分型, 同时在斜导柱 2 的作用下, 侧型芯滑块 1 开始侧向抽芯, 侧抽芯结束后, 固定在定模座板上的压块 9 的斜面压迫摆钩 8 作逆时针方向摆动而脱离挡块, 在定距螺钉 5 的限制下 A 分型面分型结束, 动模继续后退, 然后 B 分型面分型, 塑件随凸模 3 保持在动模一侧, 最后推件板 4 在推杆 13 的作用下使塑件脱模。



1—侧型芯滑块; 2—斜导柱; 3—凸模; 4—推件板; 5—定距螺钉; 6—转轴; 7—弹簧;
8—摆钩; 9—压块; 10—定模板; 11—动模板; 12—挡块; 13—推杆

图 4-142 斜导柱与侧滑块同在定模的结构之一

图 4-143 所示的结构是弹压式定距顺序分型的斜导柱侧抽芯机构, 其定距螺钉 6 固定在定模板上。合模时, 弹簧被压缩。弹簧的设计应考虑弹簧压缩后的回复力要大于由斜导柱驱动侧型芯滑块侧向抽芯所需要的开模力 (忽略摩擦力时)。开模时, 在弹簧 7 的作用下, A 分型面首先分型, 斜导柱 2 驱动侧型芯滑块 1 作侧向抽芯, 侧抽芯结束, 定距螺钉 6 限位, 动模继续向后移动, 然后 B 分型面分型, 最后推出机构工作, 由推杆 8 推动推件板 4 将塑件从凸模 3 上脱出。

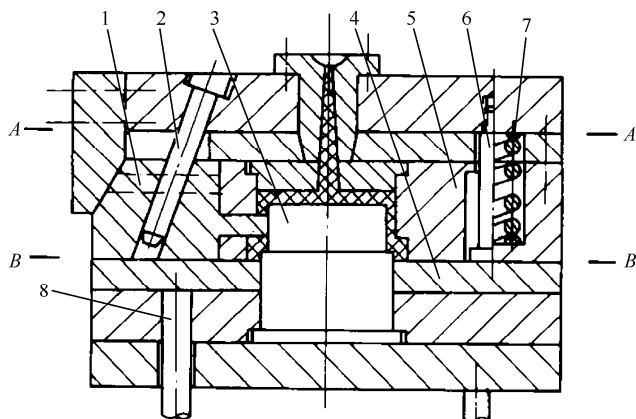
4) 斜导柱与侧滑块同时安装在动模

斜导柱与侧滑块同时安装在动模的结构, 一般是通过推件板推出机构来实现斜导柱与侧型芯滑块的相对运动。在图 4-144 所示的斜导柱侧抽芯机构中, 斜导柱固定在动模板 5



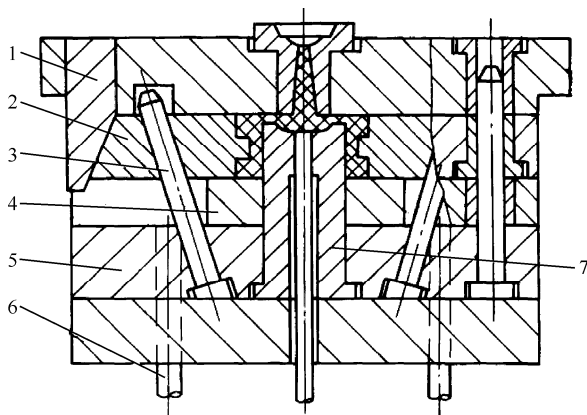
塑料件成型工艺拟定与模具设计

上,侧型芯滑块安装在推件板 4 的导滑槽内,合模时靠设置在定模板上的楔紧块 1 锁紧。开模时,侧型芯滑块 2 和斜导柱 3 一起随动模部分后退,当推出机构工作时,推杆推动推件板 4 使塑件脱模,同时,侧型芯滑块 2 在斜导柱的作用下在推件板 4 的导滑槽内向两侧滑动进行侧向抽芯。这种模具的结构,由于斜导柱与侧滑块不脱离导柱,因此也不需设置侧滑块定位装置。另外,这种利用推件板推出机构造成斜导柱与侧滑块相对运动的侧抽芯机构,主要适合于抽拔距离和抽芯力均不太大的场合。



1—侧型芯滑块; 2—斜导柱; 3—凸模; 4—推件板; 5—定模板; 6—定距螺钉; 7—弹簧; 8—推杆

图 4-143 斜导柱与侧滑块同在定模的结构之二



1—楔紧块; 2—侧型芯滑块; 3—斜导柱; 4—推件板; 5—动模板; 6—推杆; 7—凸模

图 4-144 斜导柱与侧滑块同在动模的结构

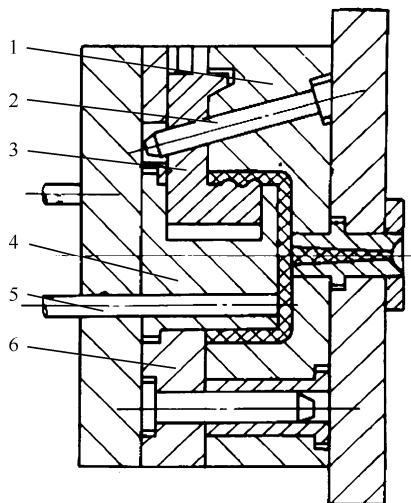
5) 斜导柱的内侧抽芯

斜导柱侧向分型与抽芯机构除了可以对塑件进行外侧分型与抽芯外,同样还可以对塑件进行内侧抽芯。

图 4-145 所示结构为斜导柱动模内侧抽芯的结构。斜导柱 2 固定在定模板 1 上,侧型芯滑块 3 安装在动模板 6 上。开模时,塑件包紧在凸模 4 上随动模部分向后移动,斜导柱驱动侧型芯滑块在动模板的导滑槽内移动进行内侧抽芯,最后推杆 5 将塑件从凸模 4 上推出。设计这类模具时,侧型芯滑块脱离斜导柱时的定位有两种办法:一种办法是将侧滑块



设置在模具位置的上方，利用侧滑块的重力定位；另一种办法是当侧型芯安装在下方时，在侧滑块的非成型端设置压缩弹簧，在斜导柱内侧抽芯结束后，靠压缩弹簧的弹力使侧滑块紧靠动模大型芯定位。



1—定模板；2—斜导柱；3—侧型芯滑块；4—凸模；5—推杆；6—动模板

图 4-145 斜导柱动模内抽芯

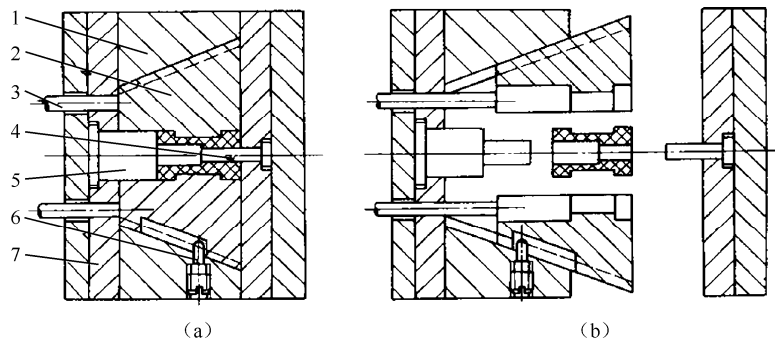
4.5.4 斜滑块侧向分型与抽芯机构

当塑件的侧凹较浅，所需抽芯距不大，但侧凹的成型面积较大，因而需要较大的抽芯力时，可以采用斜滑块机构进行侧向分型与抽芯。斜滑块机构的特点是利用顶出脱模机构的推力，驱动滑块斜向运动，在塑件被顶出脱模的同时，由滑块完成侧向分型与抽芯动作。通常，斜滑块式侧向分型与抽芯机构比斜导柱式简单得多，一般可以分为斜滑块和斜导杆导滑两大类，而每一类均可分为外侧分型和内侧分型抽芯两种形式。

1. 斜滑块导滑的侧向分型与抽芯

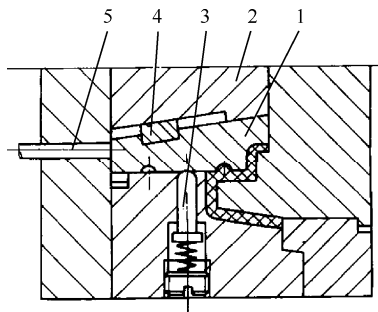
图 4-146 所示为斜滑块导滑的外侧分型与抽芯的结构形式。该塑件是一个线圈骨架，外侧有较浅但面积较大的侧凹。斜滑块设计成两块对开式的凹模镶块，即型腔由两个斜滑块组成，它们与动模板上的斜向导滑槽配合为 H8/f8。成型塑件内部大孔的型芯设置在动模部分。开模后，塑件包紧在动模型芯 5 上和斜滑块一起向后移动，在推杆 3 的作用下，斜滑块 2 在相对向前运动的同时在动模板的斜向导滑槽内向两侧分型，在斜滑块的限制下，塑件在斜滑块侧向分型的同时从动模型芯上脱出。限位螺钉 6 是为防止斜滑块在推出时从动模板中滑出而设置的，合模时，斜滑块的复位是靠定模板靠压斜滑块的上端面进行的。

图 4-147 所示为斜滑块导滑的内侧分型与抽芯的结构形式。斜滑块 1 的上端为成型塑件内侧的凹凸形状，镶块 4 的上侧呈燕尾状并可在型芯 2 的燕尾槽中滑动，另一侧嵌入斜滑块中。推出时，斜滑块 1 在推杆 5 的作用下在推出塑件的同时向内侧收缩而完成内侧抽芯的动作，限位销 3 对斜滑块的推出起限位作用。



1—动模板；2—斜滑块；3—推杆；4—定模型芯；5—动模型芯；6—限位螺钉；7—动模型芯固定板

图 4-146 斜滑块导滑的外侧分型与抽芯



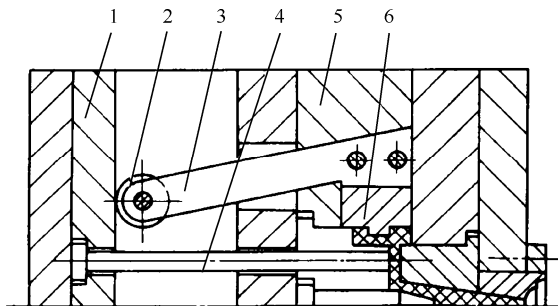
1—斜滑块；2—型芯；3—限位销；4—镶块；5—推杆

图 4-147 斜滑块导滑的内侧分型与抽芯

2. 斜导杆导滑的侧向分型与抽芯

斜导杆导滑的侧向分型与抽芯机构也称为斜推杆式侧抽芯机构，它是由斜导杆与侧型芯制成整体式或组合式机构后与动模板上的斜导向孔（常常是矩形截面）进行导滑推出的一种斜滑块抽芯机构。

图 4-148 所示为斜导杆外侧抽芯的结构形式，斜导杆有成型端，由侧型芯 6 与该机构组合而成，在推出端装有滚轮 2，以滚动摩擦代替滑动摩擦，用来减小推出过程中的摩擦力。推出过程中的侧抽芯动作靠斜导杆 3 与动模板 5 之间的斜孔导向，合模时，定模板压住斜导杆成型端使其复位。



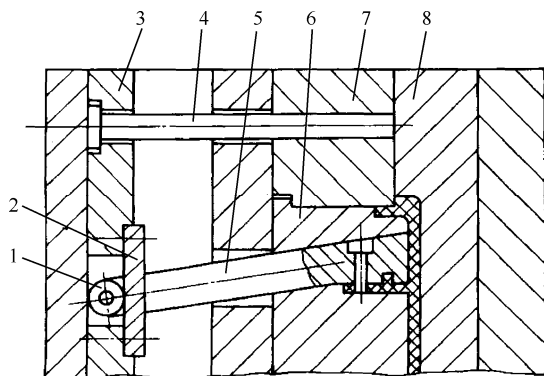
1—推杆固定板；2—滚轮；3—斜导杆；4—推杆；5—动模板；6—侧型芯

图 4-148 斜导杆外侧抽芯



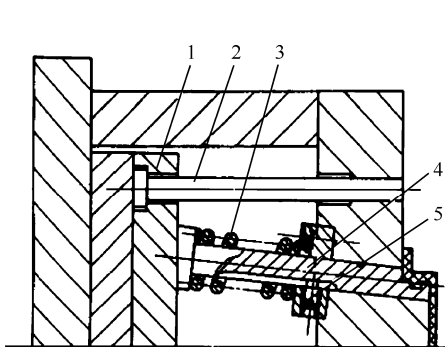
项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

在斜导杆内侧抽芯的结构设计中,关键问题是斜导杆的复位措施。图 4-149 所示为斜导杆内侧抽芯的一种结构形式,侧型芯镶在斜导杆内,后端用转轴与滚轮相连,然后安装在由压板 2 和推杆固定板 3 所形成的配合间隙中。合模时,在复位杆 4 的作用下,压板迫使滚轮使斜导杆复位。也有采用弹簧或连杆形式使斜导杆复位的,如图 4-150 和图 4-151 所示。



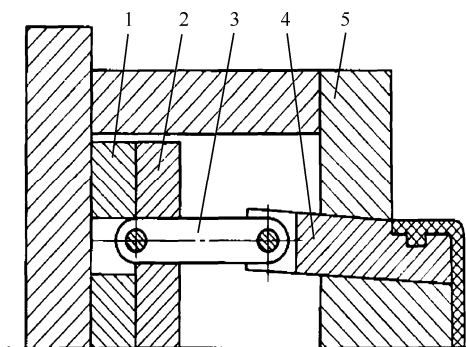
1—滚轮; 2—压板; 3—推杆固定板; 4—复位杆; 5—斜导杆; 6—凸模; 7—动模板; 8—定模板

图 4-149 斜导杆内侧抽芯结构之一



1—推杆固定板; 2—复位杆; 3—弹簧; 4—斜导杆; 5—螺钉

图 4-150 斜导杆内侧抽芯结构之二



1—推板; 2—推杆固定板; 3—连杆; 4—斜导杆; 5—动模板

图 4-151 斜导杆内侧抽芯结构之三

3. 斜滑块式机构的设计要点

1) 斜滑块的组合形式

根据塑件需要,斜滑块通常由 2~6 块组合而成,在某些特殊情况下,斜滑块还可以分得更多。设计斜滑块的组合形式时应考虑分型与抽芯方向的要求,并尽量保证塑件具有较好的外观质量,不要使塑件表面留有明显的镶拼痕迹,另外还应使斜滑块的组合具有足够的强度。常用的斜滑块组合形式如图 4-152 所示,如果塑件外形有转折,则斜滑块的镶拼线应与塑件上的转折线重合,如图 4-152 (e) 所示。

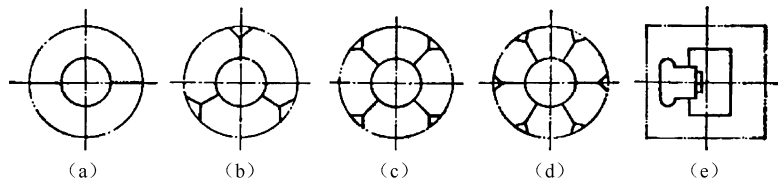


图 4-152 斜滑块的组合形式



2) 斜滑块的导滑

图 4-153 所示是几种常见的斜滑块导滑形式, 按照导滑部分的特点, 图 4-153 (a) ~ (d) 分别称为镶块导滑、凸耳导滑、圆销导滑和燕尾导滑。其中, 前三种加工比较简单, 应用广泛, 而燕尾式加工比较复杂, 但因占用面积小, 故在斜滑块的镶拼块较多时也可以使用。斜滑块导滑部位均应采用间隙配合, 配合间隙可参考斜导柱式机构中滑块与滑槽的配合间隙进行设计。

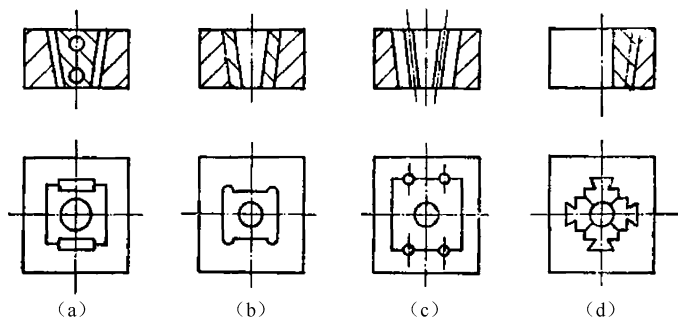


图 4-153 斜滑块的导滑形式

3) 正确选择主型芯的位置

主型芯位置选择恰当与否, 直接关系到塑件能否顺利脱模。例如, 图 4-154 (a) 中将主型芯设置在定模一侧, 开模后主型芯立即从塑件中抽出, 然后斜滑块才能分型, 所以塑件很容易在斜滑块上黏附于某处塑料收缩较大的部位, 因此不能顺利脱模; 如果将主型芯位置改变, 将其设置在动模上, 如图 4-154 (b) 所示, 则主型芯在塑件脱模过程中具有导向作用, 所以在斜滑块分型过程中不会黏附在斜滑块上, 因此脱模比较顺利。

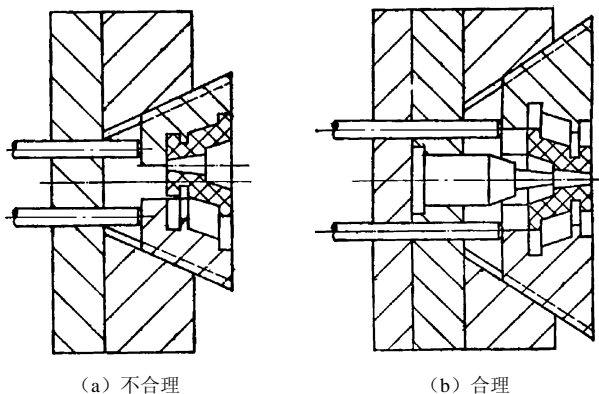


图 4-154 主型芯位置选择

4) 开模时斜滑块的止动方法

斜滑块通常设置在动模部分, 并要求塑件对动模部分的包紧力大于对定模部分的包紧力。但有时因为塑件的特殊结构, 定模部分的包紧力大于动模部分, 此时, 如果没有止动装置, 则斜滑块在开模动作刚开始之时便有可能与动模产生相对运动, 导致塑件损坏或滞留在定模内而无法取出, 如图 4-155 (a) 所示。为避免这种现象发生, 可参照图 4-155 (b) 设置止动装置, 开模后, 弹簧顶销 5 紧压斜滑块 3 防止斜滑块与动模分离, 继续开模时, 塑件



留在动模上，然后由推杆 1 带动斜滑块侧向分型并顶出塑件。

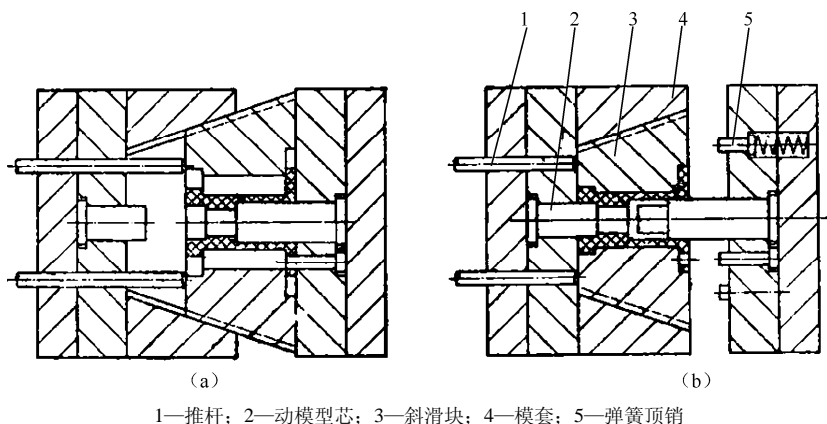


图 4-155 斜滑块的弹簧止动装置

斜滑块止动还可采用图 4-156 所示的导销机构，即在斜滑块上钻一圆孔与固定在定模上的导销 3 呈间隙配合，开模后，在导销的约束下，斜滑块不能进行侧向运动，所以开模动作也就无法使斜滑块与动模之间产生相对运动，继续开模时，导销与斜滑块上的圆孔脱离接触，动模内的顶出机构将推动斜滑块侧向分型并顶出塑件。

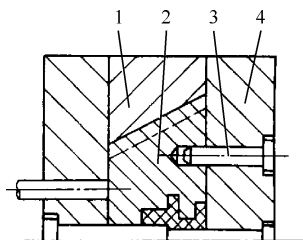


图 4-156 导销止动装置

5) 斜滑块的推出行程与倾角

斜滑块式机构的推出行程计算，与斜导柱式机构中抽拔运动所需的开模距计算相似，但斜滑块强度较高，其倾角可比斜导柱倾角设计得大一些，不过最好不超过 $26^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。另外，在同一副模具中，如果塑件各处的侧凹深浅不同，则所需的斜滑块推出行程也不相同，为了解决这一问题，使斜滑块间运动保持一致，可将各处的斜滑块设计成不同的倾角。

6) 斜滑块的装配要求

为了保证斜滑块在合模时拼合紧密，避免注射成型时产生飞边，装配斜滑块时必须使斜滑块与模套底部及端面之间均要留 $0.2 \sim 0.5 \text{ mm}$ 的间隙，如图 4-157 所示。这样做的目的是为了斜滑块与动模（或导滑槽）之间有了磨损之后，通过修磨斜滑块的端面，继续保持拼合的紧密性。

7) 斜滑块推出后的限位

在卧式注射机上使用斜滑块侧向抽芯机构时，为了防止斜滑块在工作时从动模板上的



塑料件成型工艺拟定与模具设计

导滑槽中滑出去，影响该机构的正常工作，应在斜滑块上制出一长槽，动模板上设置一螺钉定位，如图 4-158 所示。

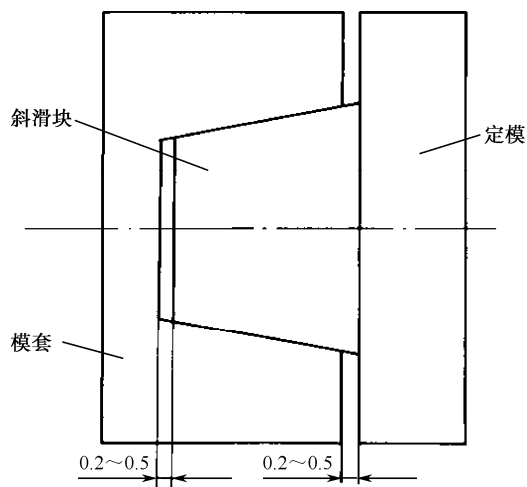
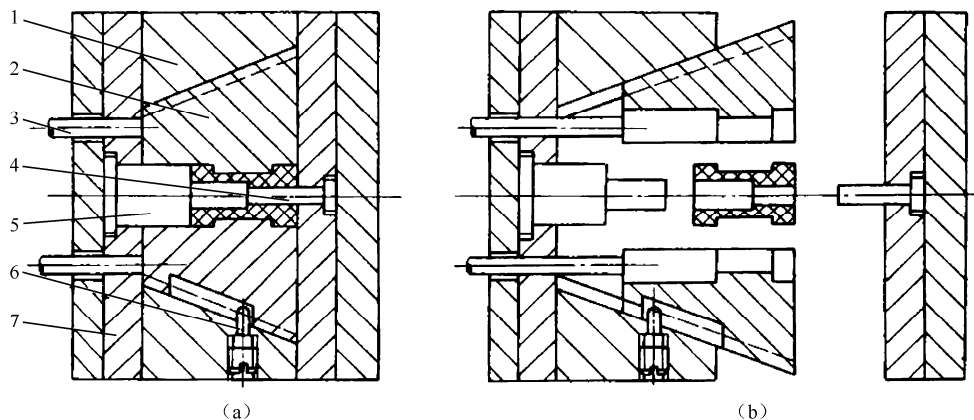


图 4-157 斜滑块与模套的配合



1—动模板；2—斜滑块；3—推杆；4—定模型芯；5—限位螺钉；6—动模型芯固定板；7—型芯固定板

图 4-158 斜滑块的外侧分型与抽芯

4.5.5 弯销侧向抽芯机构

弯销侧向分型与抽芯机构的工作原理与斜导柱式相同，不同之处仅在于结构上使用非圆截面的弯销代替了斜导柱。通常，弯销及其导滑孔的制造困难一些，但是弯销也有一些斜导柱所不及的优点。

1. 特点

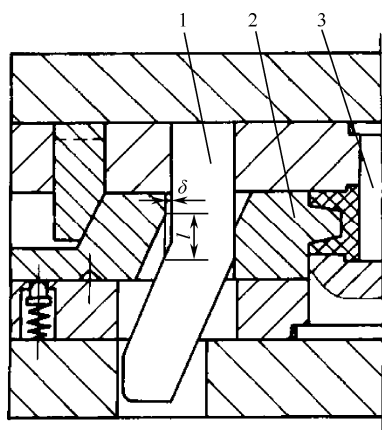
(1) 强度高，可采用较大的倾斜角。弯销一般采用矩形截面，抗弯截面系数比斜导柱大，因此抗弯强度较高，可以采用较大的倾斜角 α ，所以在开模距相同的条件下，使用弯销可比斜导柱获得较大的抽拔距。

(2) 可以延时抽芯，弯销与侧滑块之间的间隙 δ 可以根据延时抽芯的需要而设计，如



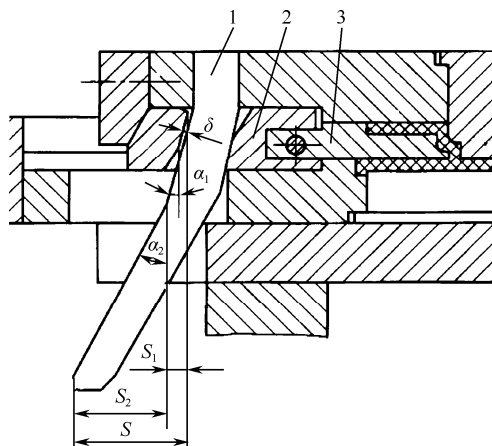
图 4-159 所示。开模时，空驶一段距离后弯销才开始侧抽芯，这样延时抽芯后，塑件在侧抽芯之前在侧滑块限制下已基本脱开主型芯。

(3) 可以变角度侧抽芯，如图 4-160 所示。开模过程中，弯销 1 首先由较小的倾斜角 α_1 起作用，以便具有较大的起始抽拔力，在带动侧滑块 2 移动 S_1 后，再由较大的倾斜角 α_2 起作用，以抽拔较长的抽芯距离 S_2 ，从而完成整个侧抽芯动作。



1—弯销；2—侧滑块；3—定模型芯

图 4-159 弯销的延时抽芯

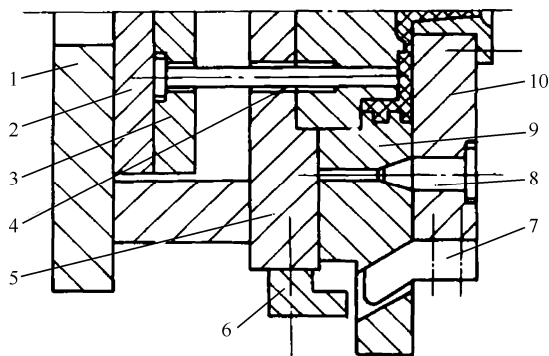


1—弯销；2—侧滑块；3—侧型芯

图 4-160 变角度弯销抽芯

2. 弯销在模具上的安装方式

弯销在模具上的安装可分为模内安装和模外安装。图 4-159 和图 4-160 所示均为弯销安装在模内的形式，图 4-161 所示为弯销安装在模外的形式。模外安装的优点是，在安装配合时人们能够看得清楚，便于安装。



1—动模座板；2—推板；3—推杆固定板；4—推杆；5—动模板；6—挡块；7—弯销；8—止动销；9—侧型芯滑块；10—定模座板

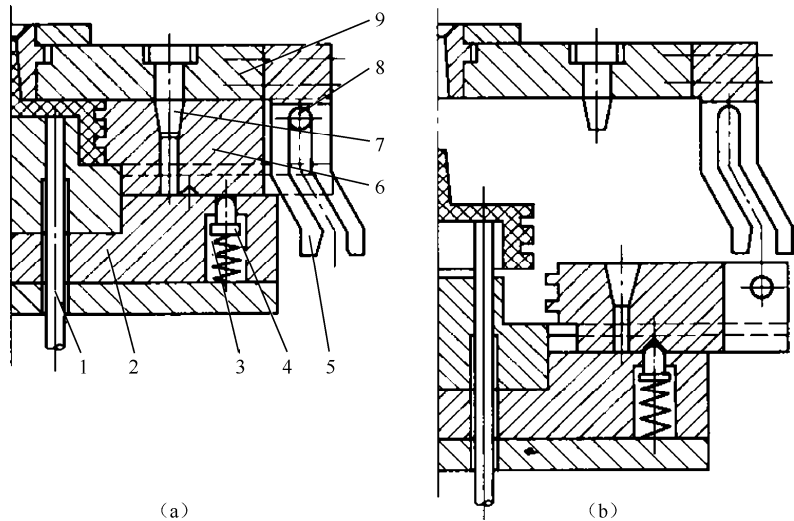
图 4-161 弯销安装在模外的结构

4.5.6 斜导槽侧向抽芯机构

斜导槽侧向分型与抽芯机构是由固定于模外的斜导槽与固定于侧型芯滑块上的圆柱销连接所形成的，如图 4-162 所示。斜导槽用四个螺钉和两个销钉安装固定在定模板 9 的外侧，侧型芯滑块 6 在动模板导滑槽内的移动是受固定在其上面的圆柱销 8 在斜导槽内的运



动轨迹限制的。



1—推杆；2—动模板；3—弹簧；4—顶销；5—斜导槽板；6—侧型芯滑块；7—止动销；8—圆柱销；9—定模板

图 4-162 斜导槽侧向抽芯机构

斜导槽侧向抽芯机构抽芯动作的整个过程，实际是受斜导槽的形状所控制的。图 4-163 所示为斜导槽板的三种不同形式。图 4-163 (a) 中，斜导槽板上只有倾斜角为 α 的斜槽，所以开模一开始便进行侧向抽芯，但这时的倾斜角应小于 25° ；图 4-163 (b) 中，开模后圆柱销先在直槽内运动，延时抽芯，直至进入斜槽部分，侧抽芯才开始；图 4-163 (c) 中，先在倾斜角 α_1 较小的斜导槽内侧抽芯，然后进入倾斜角 α_2 较大的斜导槽内侧抽芯，适于抽拔力较大和抽芯距较长的场合。第一阶段的倾斜角 $\alpha_1 < 25^\circ$ ，第二阶段的倾斜角可适当增大，但仍应 $\alpha_2 < 40^\circ$ 。斜导槽的宽度一般比圆柱销直径大 0.2mm。

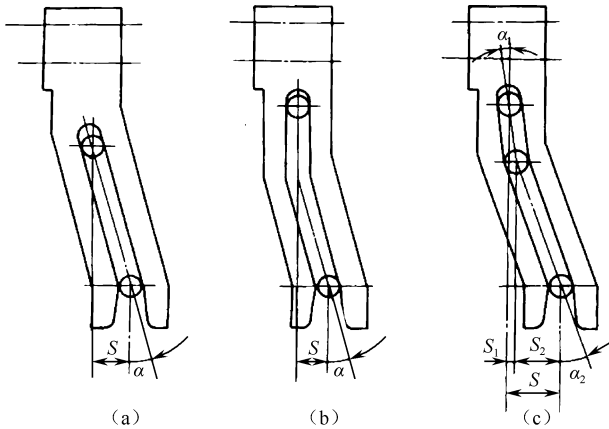


图 4-163 斜导槽板的形式

4.5.7 齿轮齿条侧向抽芯机构

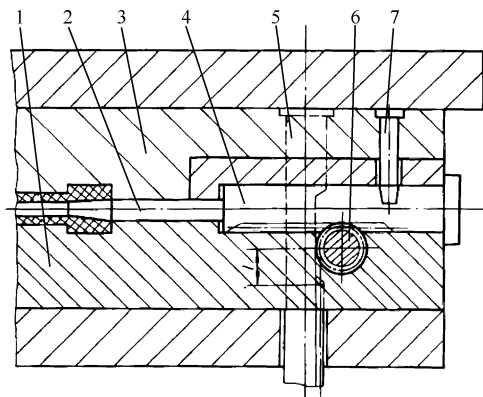
齿轮齿条侧向分型与抽芯机构是利用传动齿条与齿条型芯相啮合的齿轮进行侧向分型



与抽芯的机构。该机构具有抽芯力大，抽拔距长的特点，但结构复杂，加工困难，因此只有在其他抽芯机构不适用时才采用。

1. 齿条固定在定模的侧向抽芯机构

如图 4-164 所示是在开模过程中进行抽芯，在合模过程复位的齿轮齿条水平抽芯机构。塑件上的侧孔由型芯 2 成型。开模时，楔紧块 7 脱离齿条 4，由固定在定模上的齿条 5 与齿轮 6 啮合，并带动齿条 4 及型芯 2 完成抽芯。齿条 5 与齿轮 6 啮合前，楔紧块 7 必须抽出齿条 4，因此齿条 5 必须有段空行程。

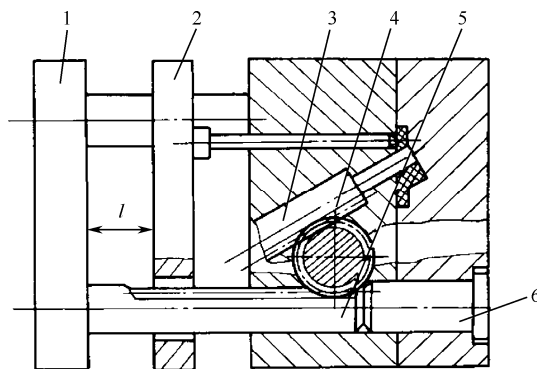


1—动模；2—型芯；3—定模；4、5—齿条；6—齿轮；7—楔紧块

图 4-164 齿轮齿条水平抽芯机构

2. 齿条固定在推出机构的斜向抽芯机构

如图 4-165 所示齿条齿轮全部安装在动模，推出塑件前必须先将斜向型芯抽出。其动作顺序如下：开模后，注射机顶杆首先推动齿条固定板 1，齿条 5 通过齿轮 4 将型芯齿条 3 抽出，直至齿条固定板 1 碰到推杆固定板 2，并与推杆一起继续运动，完成推出塑件动作。由于齿条与齿轮在整个抽芯推件运动中始终啮合，所以齿轮轴上不需要设置定位装置。合模时，齿条及齿条固定板 1 和推杆固定板 2 的复位分别由齿条复位杆 6 和复位杆来完成。推杆固定板 2 与齿条固定板 1 复位后其间距为 l ， l 值应满足型芯齿条的抽芯距要求。



1—齿条固定板；2—推杆固定板；3—型芯齿条；4—齿轮；5—齿条；6—齿条复位杆

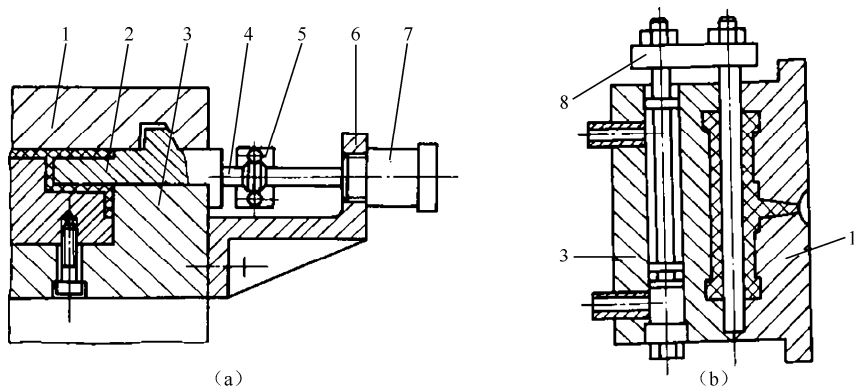
图 4-165 齿条固定在推出机构的抽芯机构



4.5.8 气动与液压侧向抽芯机构

液压或气动侧向分型与抽芯机构是通过液压缸或气缸活塞及控制系统来实现的。

图 4-166 所示为液压或气压抽芯机构示意图。在图 4-166 (a) 中, 液压缸 (或气缸) 7 以支架 6 固定于动模 3 的侧面, 型芯 2 通过拉杆 4 和连接器 5 与活塞杆连接。以活塞的往复运动带动拉杆和型芯以实现抽芯和复位。合模时型芯 2 上突出的斜面与定模相应斜面楔紧, 起锁紧作用。图 4-166 (b) 所示为液压抽长芯的结构示意图。



1—定模; 2—型芯; 3—动模; 4—拉杆; 5—连接器; 6—支架; 7—液压缸 (或气缸); 8—型芯固定板

图 4-166 液压或气压抽芯机构示意图

4.5.9 手动侧向分型与抽芯机构

手动侧向分型与抽芯机构主要用于试制和小批量生产的模具。手动抽芯多用于型芯、螺纹型芯、成型镶块的抽出, 可分为模内和模外两种。

1. 模内手动侧向分型与抽芯机构

它是指开模前, 用手扳动模具上的分型抽芯机构完成抽芯动作, 然后开模, 推出塑件。图 4-167 所示为螺纹手动抽芯机构。它是利用螺母与丝杠配合, 把旋转运动转化为型芯的进退直线移动。其中图 4-167 (a) 用于圆形型芯的抽芯; 图 4-167 (b) 用于非圆形型芯的抽芯; 图 4-167 (c) 用于多型芯同时抽芯; 图 4-167 (d) 用于成型面积大而抽芯距较小的场合; 图 4-167 (e) 成型面积大, 而支架承受不起成型压力时, 采用楔紧块楔紧侧滑块。

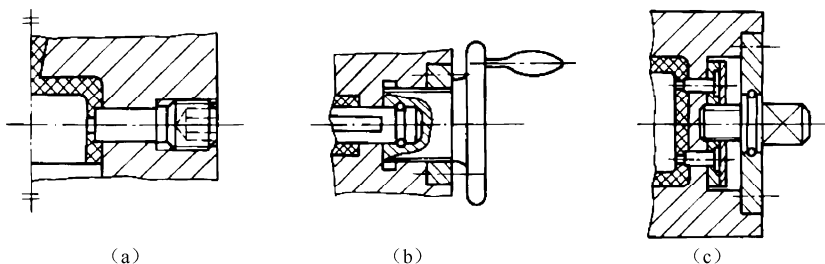


图 4-167 模内螺纹手动抽芯机构

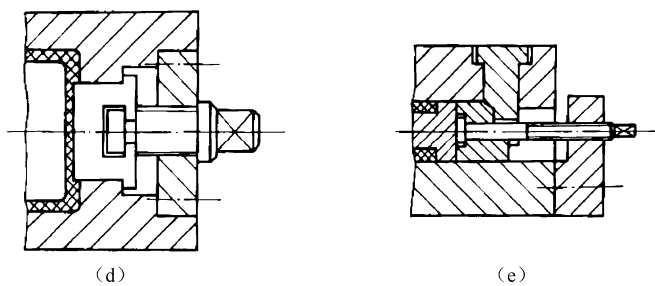


图 4-167 模内螺纹手动抽芯机构（续）

2. 模外手动分型与抽芯机构

它是指将镶块或型芯、螺纹型芯和塑件一起推出模外，然后用人工或简单机械将型芯或镶块从塑件中取出的一种结构。

任务实施

1. 塑料壳体侧向分型与抽芯机构的设计

本例由于产品侧向没有凸凹档和孔，因此不需要考虑侧向分型与抽芯机构。

2. 塑料防护罩侧向分型与抽芯机构的设计

1) 侧抽芯形式的确定

通过之前相关知识的学习，可知此零件对于外观没有过多要求，所以在斜导柱安装结构形式中：定模、滑块安装在动模，斜导柱安装在动模、滑块安装在定模，斜导柱与滑块同时安装在定模，斜导柱的内侧抽芯等，选择比较简单的斜导柱安装在定模、滑块安装在动模的形式，如图 4-168 所示。

2) 抽芯零件尺寸的确定

(1) 抽芯距。侧向抽芯距一般比塑件上的侧孔（侧凹、凸台）深度大 2~3mm，但是也不必拘泥于这个值，有时在结构需要和尺寸允许的情况下，侧向抽芯距比塑件上的侧孔（侧凹、凸台）深度大 5~8mm 也可。但是不能大太多，以免浪费材料及削弱结构强度和刚度。

该防护罩的壁厚约为 2mm，故侧向抽芯距取 5~8mm 均可。此处选 8mm。

(2) 脱模力的计算。由于防护罩侧孔壁厚较薄（仅 1.6mm），尺寸小，可以得知其抽拔力很小。斜导柱强度足够，无须计算。

(3) 斜导柱倾角。斜导柱的倾角选择要综合考虑抽芯距和斜导柱直径，但是一般范围为 12°~25°。本例选取 15°。

(4) 斜导柱直径。本例中侧向抽芯面积不大，所以抽芯力不大。因此斜导柱选择不需要进行计算。但是考虑到本例中的滑块相对较高，所以选择直径为 15mm 的斜导柱。

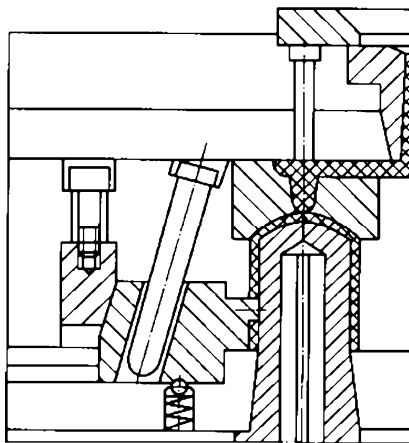


图 4-168 侧抽芯结构



塑料件成型工艺拟定与模具设计

(5) 斜导柱长度。在斜导柱倾角和抽芯距确定的情况下, 可以计算出斜导柱的长度。

斜导柱的长度根据抽芯距、固定端模板的厚度、斜销直径及斜角大小确定 (见图 4-128 及相关的斜导柱长度计算公式), 即可根据式 (4-29) 求出。

L_4 的计算: $L_4 = S / \sin \alpha = 8 / \sin 15^\circ = 31 \text{ mm}$ 。

$L_1 + L_2 + L_3$ 的确定: $L_1 + L_2 + L_3$ 主要由模板厚度、侧向抽芯形式和斜导柱规格决定。

该例中由于凹模采用局部镶拼, 制品又较高, 斜导柱直接安装在模板上, 所以斜导柱安装部分长度需要 60mm。

综合以上计算, 斜导柱长度 L_z 要 95mm 左右 (斜导柱球头长度 L_5 取 4mm)。

(6) 滑块尺寸。滑块尺寸主要有滑块的高度、宽度、长度、楔紧角、导轨尺寸。

滑块高度主要由制品决定, 本例滑块高 40mm。

滑块宽度和长度的选取要考虑导滑孔。一般来说, 滑块上标注 A 的位置在工作时会受力, 尺寸要选择大一点, 至少要 15mm 左右。标注 B 的位置基本不受力, 尺寸选择小一点, 一般选择 10mm, 如图 4-169 所示。但是滑块较高时, 由于受力分散, A 和 B 都可适当减小。本例中 A 和 B 都选择 10mm 左右, 并进行规整。这样可以确定滑块宽度和长度。滑块压紧角要比斜导柱倾斜角大, 这样才不会卡死滑块。本例选择 16° 。

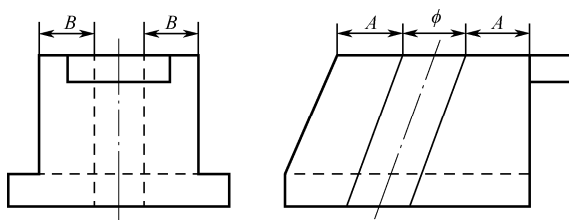


图 4-169 滑块宽度和长度的选取

滑块导轨高度一般选择 3mm、5mm、7mm、8mm。小滑块受尺寸限制, 一般选 3~5mm, 大滑块选 5~8mm。本例中的滑块不大, 但是相对滑块本身来说高度较高, 故导轨厚度选择 7mm。导轨宽度一般为 3~5mm, 本例滑块较小, 宽度选 3mm。

根据以上计算和选择, 侧滑块尺寸可以确定, 如图 4-170 所示。

3) 侧向分型与抽芯的结构设计

在以上的计算和尺寸选取基础上, 可以设计出相应的模具结构。

习题与思考 9

1. 为了保证滑块的定位和灵活运行, 楔紧块的斜角有什么要求?
2. 为了保证滑块在完成抽芯后能够停留在适当的位置, 滑块需有什么装置?
3. 在斜导柱侧向分型抽芯机构中, 防止滑块在塑料的压力作用下移动的零件是什么?
4. 何种情况下需要注射模有斜导柱侧向抽芯机构?
5. 当斜导柱侧向分型机构的推杆和滑块可能发生干涉时, 应如何避免发生该现象?

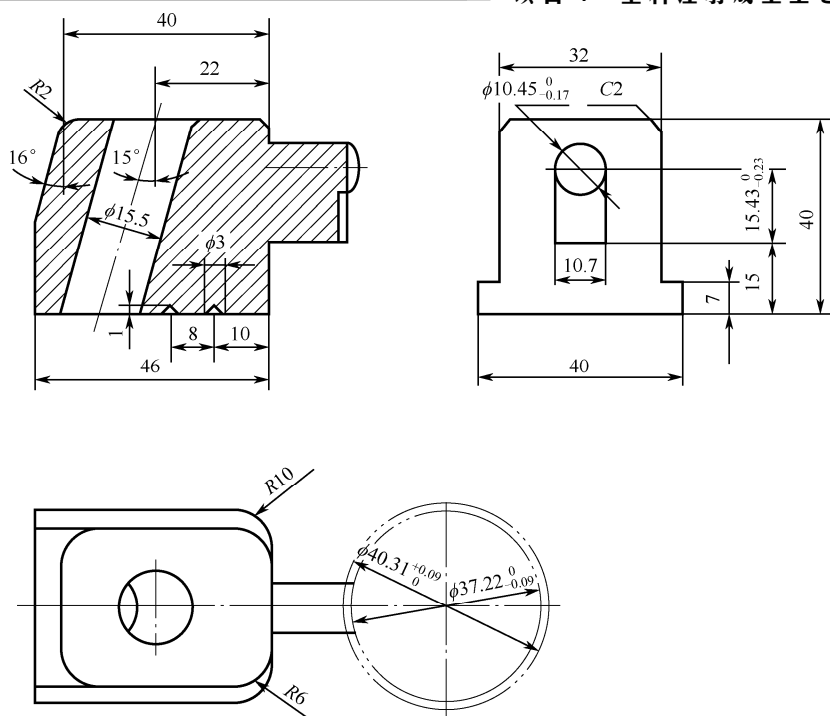


图 4-170 侧滑块零件图

任务 4.6 塑料壳体 and 防护罩模具温度调节系统设计

相关知识点

- (1) 模具温度调节系统的重要性;
- (2) 加热与冷却装置的设计。

相关技能点

- (1) 模具温度调节对塑件的影响;
- (2) 合理地设计冷热温度调节系统。

任务引入

注射模具在生产中由于高温塑料不断把热量带入型腔,使得型腔和型芯的温度不断上升,从而导致塑料在型腔中的冷却凝固时间延长,严重影响了塑料的固化定型,生产效率下降。如果能够及时对模具进行冷却降温,保证塑料的正常固化,有必要对模具进行温度调节。



本任务将以塑料壳体和塑料防护罩的温度调节设计为载体,介绍模具产品温度调节的设计。

4.6.1 热平衡与模具温度控制

注射模的温度对于塑料熔体的充模流动、固化定型、生产效率,以及制品的形状和尺寸精度都有重要影响,而恰当均匀的模具温度则必须由模内的加热和冷却装置进行控制。

1. 模具温度对塑件质量的影响

模具温度及其波动对塑件的收缩率、尺寸稳定性、力学性能、变形、应力开裂和表面质量等均有影响。模温过低,熔体流动性差,塑件轮廓不清晰,甚至不满型腔或形成熔接痕,塑件表面不光泽,缺陷多,力学性能降低。对于热固性塑料,模温过低造成固化程度不足,降低塑件的物理、化学性能。对于热塑性塑料,注射成型时,在模温过低,充模速度又不高的情况下,塑件内应力增大,易引起翘曲变形或开裂,尤其是黏度大的工程塑料。模温过高,成型收缩大,脱模和脱模后塑件变形大,并且易造成溢料和黏模。对于热固性塑料会产生“过熟”导致变色、发脆、强度低等。模具温度不均匀,型芯和型腔温差过大,塑件收缩不均匀,导致塑件翘曲变形,影响塑件的形状及尺寸精度。因此,为保证塑件质量,模具温度必须适当、稳定、均匀。

2. 模具温度对模塑周期的影响

缩短模塑周期就是提高模塑效率。对于注射模塑,注射时间约占成型周期的 5%,冷却时间约占 80%,推出时间约占 15%。可见,缩短模塑周期关键在于缩短冷却硬化时间,而缩短冷却时间,可通过调节塑料和模具的温差。因而在保证塑件质量和成型工艺顺利进行的前提下,适当降低模具温度有利于缩短冷却时间,提高生产效率。

3. 热平衡计算原理

模具在注射生产过程中,由于塑料不断带给模具热量,因此导致模具温度不断上升,一旦温度上升到一定的程度,模具就需要加热,否则不能正常工作。塑料带给模具的热量依据热平衡原理进行。这里主要介绍热平衡的计算原理。

根据热的平衡原理有

$$Q_{\text{吸收}} = Q_{\text{放出}} \quad (4-40)$$

1) 塑料传给模具的热量

$$Q = nmq \quad (4-41)$$

式中 Q ——单位时间内传给模具的热量, kJ/h;

m ——每次注射的塑料质量(含浇注系统), kg;

q ——单位质量的塑料在模腔内的热量, kJ/kg;

n ——每小时注射次数。

单位质量的塑料在模腔内的总热容等于单位质量的塑料从充模温度到脱模温度之间热量的差值,与塑料在模内的物理状态有关。如果只考虑塑料在模内处于单相黏流态,则

$$q = C_p(\theta_1 - \theta_0) \quad (4-42)$$



式中 C_p ——塑料的比热容, $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$;
 θ_1 ——塑料熔体充模时的温度, $^{\circ}\text{C}$;
 θ_0 ——塑件脱模时的温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

如果考虑结晶型塑料在模内从液态冷却到固态的过程, 则

$$q = C_p(\theta_1 - \theta_0) + q_m \quad (4-43)$$

式中 q_m ——塑料的熔融潜热, kJ/kg 。

2) 自然对流散发到空气中模具的热量

单位时间内通过自然对流散发到空气中的热量可根据下式计算:

$$Q_1 = 3.6 h_a A_a (\bar{\theta}_M - \theta_r) \quad (4-44)$$

式中 Q_1 ——单位时间内通过自然对流散发到空气中的模具热量, kJ/h ;
 h_a ——自然对流时的传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
 A_a ——能发生自然对流的模具表面积, m^2 ;
 $\bar{\theta}_M$ ——模具整体的平均温度, $^{\circ}\text{C}$;
 θ_r ——室温, $^{\circ}\text{C}$ 。

式(4-44)中的 h_a 和 A_a 需要计算:

$$h_a = k(\bar{\theta}_M - \theta_r)^{\frac{1}{3}} \quad (4-45)$$

式中, k 为计算系数, 当 $0^{\circ}\text{C} < \bar{\theta}_M < 300^{\circ}\text{C}$ 时, k 可以用下列经验公式计算:

$$k = 1.163 \times \left(0.25 + \frac{360}{\bar{\theta}_M + 300} \right) \quad (4-46)$$

$$A_a = (A_1 + A_2)p + A_3 \quad (4-47)$$

式中 A_1 ——模具型腔的表面积, m^2 ;
 A_2 ——分型面面积, m^2 ;
 A_3 ——模具四周与空气接触的表面积, m^2 ;
 p ——开模率, 按下式计算:

$$p = \frac{t - (t_1 + t_2)}{t} \quad (4-48)$$

式中 t ——注射成型周期, s ;
 t_1 ——注射时间, s ;
 t_2 ——塑件在模内的冷却时间, s 。

3) 辐射散发到空气中的模具热量

单位时间内通过辐射方式散发到空气中的模具热量可按下列经验公式计算:

$$Q_2 = 20.8 A_3 \xi \left[\left(\frac{273 + \bar{\theta}_M}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + \theta_r}{100} \right)^4 \right] \quad (4-49)$$

式中 Q_2 ——单位时间内通过辐射方式散发到空气中的模具热量, kJ/h ;
 ξ ——辐射率, 对于模具四周的侧表面, 若属于未加工的毛坯面, $\xi = 1$, 若为氧化的切削加工面, $\xi = 0.8 \sim 0.9$, 若经过磨削加工, $\xi = 0.04 \sim 0.05$ 。



4) 模具传给注射机的热量

注射模的动模座板和定模座板分别安装在注射机的动、定固定板上，因此模具的热量必然会有一部分传给这两块固定板。单位时间内模具传给这两块固定板的热量为

$$Q_3=3.6h_bA_b(\bar{\theta}_M-\theta_r) \quad (4-50)$$

式中 Q_3 ——单位时间内模具传给注射机动、定模固定板的热量，kJ/h；

H_b ——模具与注射机动、定模固定板之间的传热系数，W/（m²·K），其值与动、定模底板的材料有关，采用碳素钢时可取 140W/（m²·K），采用合金钢时可取 105W/（m²·K）；

A_b ——动、定模座板与注射机固定板之间的接触面积，m²。

5) 需要用冷水冷却的热量

综上所述，用水流对模具进行冷却时，单位时间内需要用冷水冷却的热量为

$$Q_w=Q-(Q_1+Q_2+Q_3) \quad (4-51)$$

式中 Q_w ——单位时间内需要用冷水冷却的热量，kJ/h。

4.6.2 冷却系统的设计

冷却回路的设计应做到回路系统内流动的介质能充分吸收成型塑件所传导的热量，使模具成型表面的温度稳定地保持在所需的温度范围内，并且要做到冷却介质在回路系统内流动畅通，无滞留部位。

1. 冷却回路尺寸的确定

(1) 冷却回路所需的总表面积。可按下式计算：

$$A=\frac{Mq}{3\,600\alpha(\theta_m-\theta_w)} \quad (4-52)$$

式中 A ——冷却回路总表面积，m²；

M ——单位时间内注入模具中树脂的质量，kg/h；

q ——单位质量树脂在模具内释放的热量，J·kg（查表 4-18）；

α ——冷却水的表面传热系数，W/（m²·K）；

θ_m ——模具成型表面的温度，℃；

θ_w ——冷却水的平均温度，℃。

表 4-18 树脂成型时释放出的热量 (10⁵J·kg)

树脂名称	q 值	树脂名称	q 值	树脂名称	q 值
ABS	3~4	CA	2.9	PP	5.9
AS	3.35	CAB	2.7	PA6	5.6
POM	5.2	PA66	6.5~7.5	PS	2.7
PAVC	2.9	LDPE	5.9~6.9	PTFE	5.0
丙烯酸类	2.9	HDPE	6.9~8.2	PVC	1.7~3.6
PMMA	2.1	PC	2.9	SAN	2.7~3.6



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

冷却水的表面传热系数 α 可用如下公式计算:

$$\alpha = \Phi \frac{(\rho v)^{0.8}}{d^{0.2}} \quad (4-53)$$

式中 α ——冷却水的表面传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

ρ ——冷却水在该温度下的密度, kg/m^3 ;

v ——冷却水的流速, m/s ;

d ——冷却水孔直径, m ;

Φ ——与冷却水温度有关的物理系数, Φ 值可从表 4-19 查得。

表 4-19 水的 Φ 值与其温度的关系

平均水温/ $^{\circ}\text{C}$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	56
Φ 值	6.16	6.60	7.06	7.50	7.95	8.40	8.84	9.28	9.66	10.05

(2) 冷却回路的总长度。可按下式计算:

$$L = \frac{1000A}{\pi d} \quad (4-54)$$

式中 L ——冷却回路总长度, m ;

A ——冷却回路总表面积, m^2 ;

d ——冷却水孔直径, m 。

确定冷却水孔的直径时应注意, 无论多大的模具, 水孔的直径不能大于 14mm, 否则冷却水难以成为湍流状态, 以至降低热交换效率。一般水孔的直径可根据塑件的平均壁厚来确定, 平均壁厚为 2mm 时, 水孔的直径可取 8~10mm; 平均壁厚为 2~4mm 时, 水孔的直径可取 10~12mm; 平均壁厚为 4~6mm 时, 水孔直径可取 10~14mm。

(3) 冷却水体积流量的计算。塑料树脂传给模具的热量与自然对流散发的模具热量、辐射散发到空气中的模具热量及模具传给注射机热量的差值, 即为用冷却水扩散的模具热量。假如塑料树脂在模内释放的热量全部由冷却水传导, 即忽略其他传热因素, 那么模具所需的冷却水体积流量则可用下式计算:

$$q_v = \frac{Mq}{60c\rho(\theta_1 - \theta_2)} \quad (4-55)$$

式中 q_v ——冷却水体积流量, m^3/min ;

M ——单位时间注射入模具内的树脂质量, kg/h ;

q ——单位时间内树脂在模具内释放的热量, J/kg (查表 4-18);

c ——冷却水的比热容, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$;

ρ ——冷却水的密度, kg/m^3 ;

θ_1 ——冷却水出口处温度, $^{\circ}\text{C}$;

θ_2 ——冷却水入口处温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

2. 冷却水回路的布置

(1) 在满足模具结构的前提下, 冷却回路数量应尽量多, 冷却孔通道孔径应尽量大, 如图 4-171 所示。其中图 4-171 (a) 的冷却效果比图 4-171 (b) 的好, 型腔表面温度较均



匀，塑件内应力小，变形小，精度高。

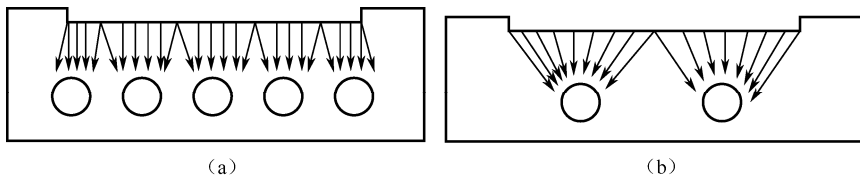


图 4-171 冷却回路数量及尺寸对散热的影响

(2) 冷却水道离模具型腔表面的距离。当塑件壁厚均匀时，冷却水道到型腔表面最好距离相等，但当塑件壁厚不均匀时，厚处冷却水道到型腔表面的距离则应近一些，间距也可适当小些，一般水道孔边至型腔表面的距离为 10~15mm。

(3) 浇口处应加强冷却，冷却水道的出、入口温差应尽量小。塑料熔体充填型腔时，浇口附近温度最高，距浇口越远，温度就越低。图 4-172 所示分别为侧浇口、多点浇口、直接浇口的冷却水道布置形式示意图。

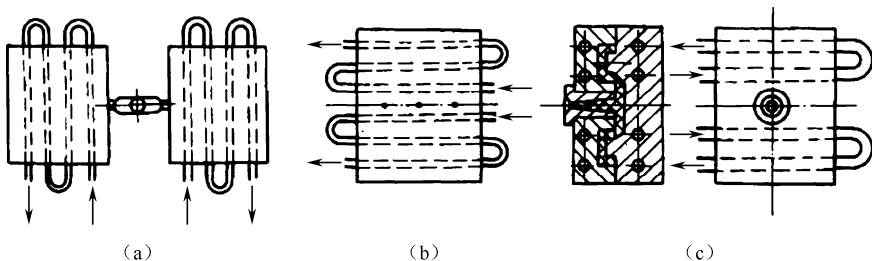


图 4-172 冷却水道出、入口的布置

为了缩小出、入口冷却水的温差，应根据型腔形状的不同进行水道的排布。图 4-173 (b) 所示的形式比图 4-173 (a) 所示的形式要好。

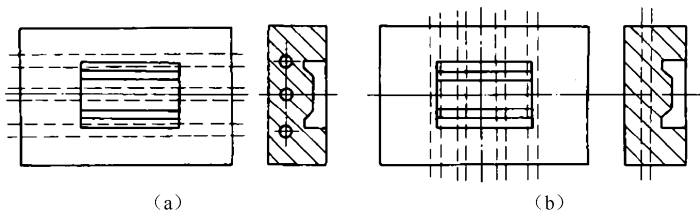


图 4-173 冷却水道的布排形式

(4) 冷却水道应沿着塑料收缩方向设置。对于 PE、PP 等收缩率大的塑料，冷却水道应尽量沿着塑料收缩方向设置。

(5) 冷却水道的布置应避开塑件易产生熔接痕的部位，以防止熔接不牢降低塑件强度，因为塑件易产生熔接痕的地方，其本身的温度就比较低。

3. 常见冷却系统的结构

1) 直流式和直流循环式

如图 4-174 所示，这种结构形式简单，制造方便，适用于成型较浅而面积较大的塑件。

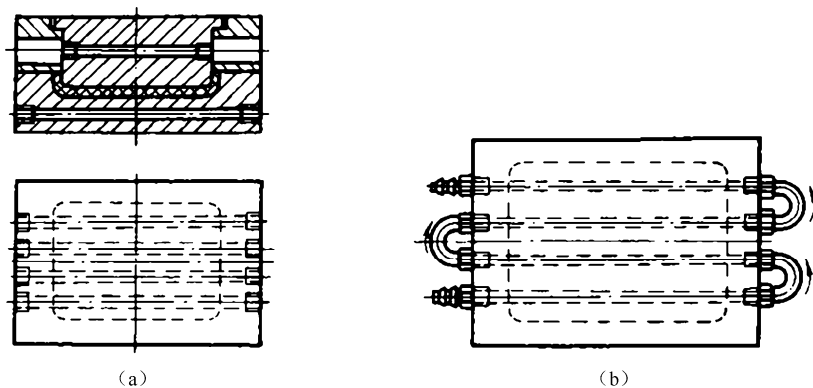


图 4-174 直流式与直流循环式冷却装置

2) 循环式

如图 4-175 所示, 此结构形式冷却效果好, 型腔和型芯均可用。

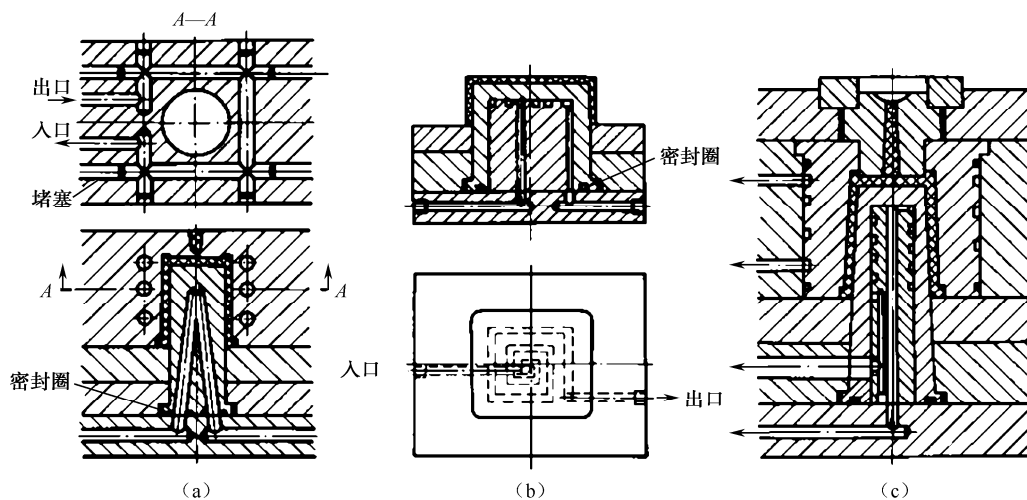


图 4-175 循环式冷却装置

3) 喷流式

如图 4-176 所示, 它以水管代替型芯镶件, 结构简单。可用于小型芯的冷却, 也可用于大型芯的冷却。

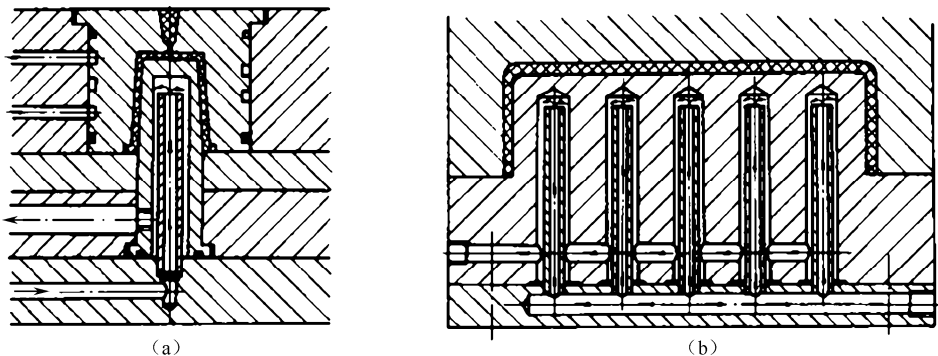


图 4-176 喷流式冷却装置



4) 隔板式

如图 4-177 所示, 结构简单, 可用于大而高的型芯的冷却, 但冷却水流程较长。

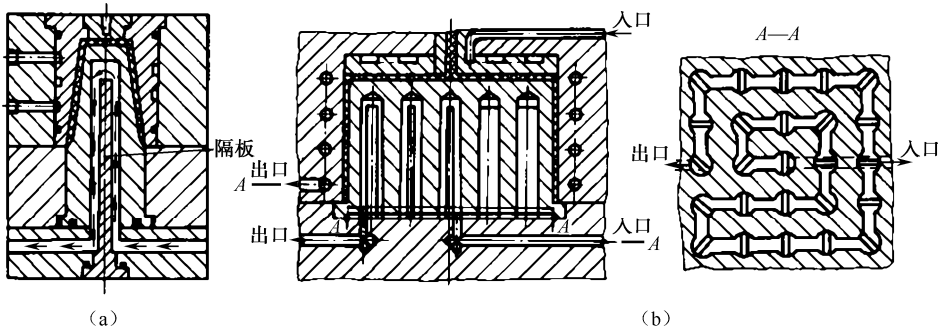


图 4-177 隔板式冷却装置

5) 压缩空气式

如图 4-178 所示, 对于特别细长的型芯, 如果用水冷, 其水道很小, 容易堵塞, 可用压缩空气来冷却。

6) 间接冷却

如图 4-179 所示, 对于细长型芯, 可以在型芯上镶入导热性好的铍青铜, 冷却水接在型芯固定部分, 铍青铜表面大的一端与冷却水接触, 热量通过铍青铜间接地传给水。也可以直接用铍青铜作为小型芯材料 (见图 4-179 (b))。

7) 局部冷却

在模具温度的控制上, 有时会遇到需要局部冷却的情况, 这时可按图 4-180 设置。

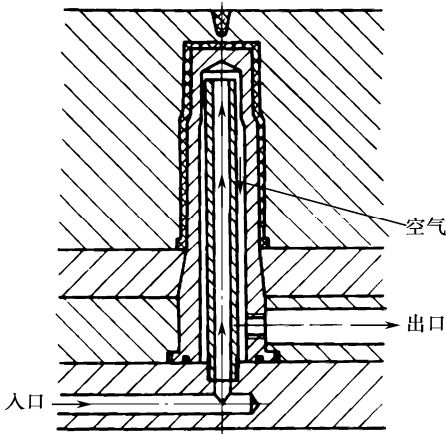


图 4-178 压缩空气式冷却装置

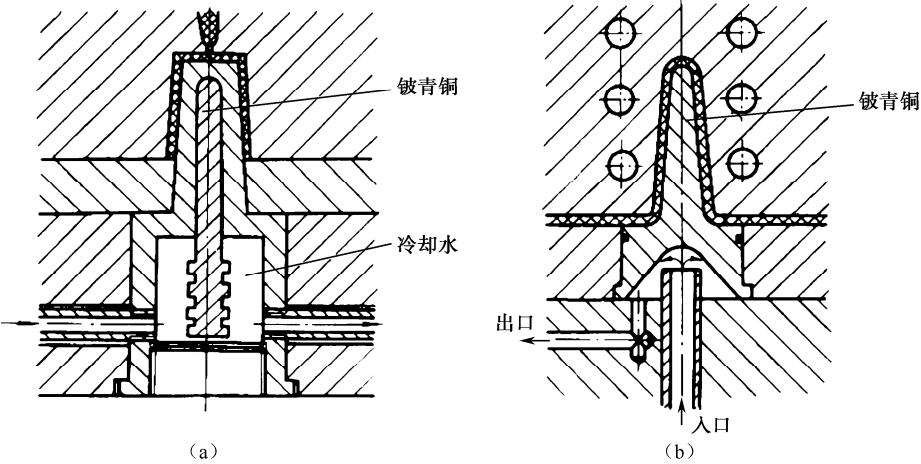


图 4-179 间接冷却装置

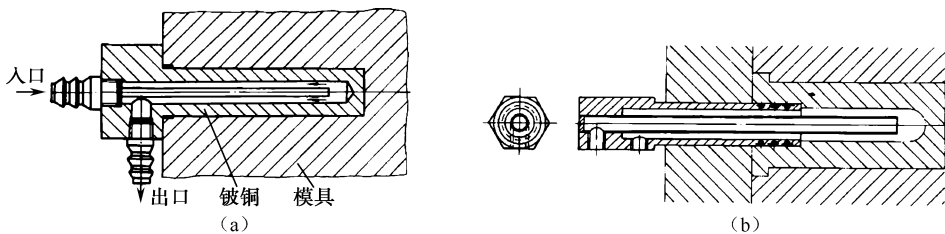


图 4-180 局部冷却装置

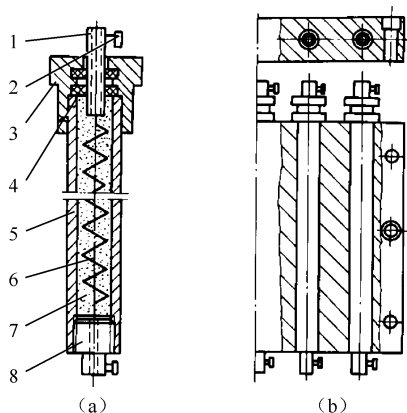
4.6.3 加热系统的设计

模具加热的方式有电加热、油加热、蒸汽或过热水加热、煤气或天然气加热。电加热有电阻加热和工频感应加热，前者应用广泛，后者应用较少。

1. 电阻加热的形式

1) 电热棒加热

它是将一定功率的电阻丝密封在不锈钢管内，做成标准的电热棒；使用时根据需要的加热功率选用电热棒的型号和数量，然后安装在电热板内，电热棒及其安装如图 4-181 所示。这种电阻加热方式的电热元件使用寿命长，更换方便。



1—接线柱；2—螺钉；3—帽；4—垫圈；5—外壳；6—电阻丝；7—石英砂；8—塞子

图 4-181 电热棒及其在加热板内的安装

2) 电热套或电热板加热

常见元件结构形式如图 4-182 所示，使用时可根据模具上安装加热器部位的形状，选用与之吻合的结构形式。

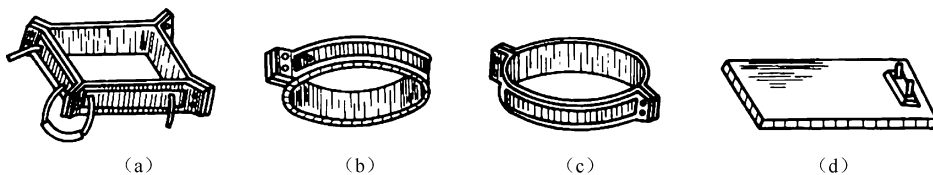


图 4-182 电热套和电热板



3) 电阻丝直接加热

将事先绕好的螺旋弹簧状的电阻丝作为加热元件，外部穿套特制的绝缘瓷管后，装入模具中的加热孔道，一旦通电，便可对模具直接加热。这种加热装置结构简单，价格低廉，但热损失大，不够安全。直接安装电阻丝的加热如图 4-183 所示。

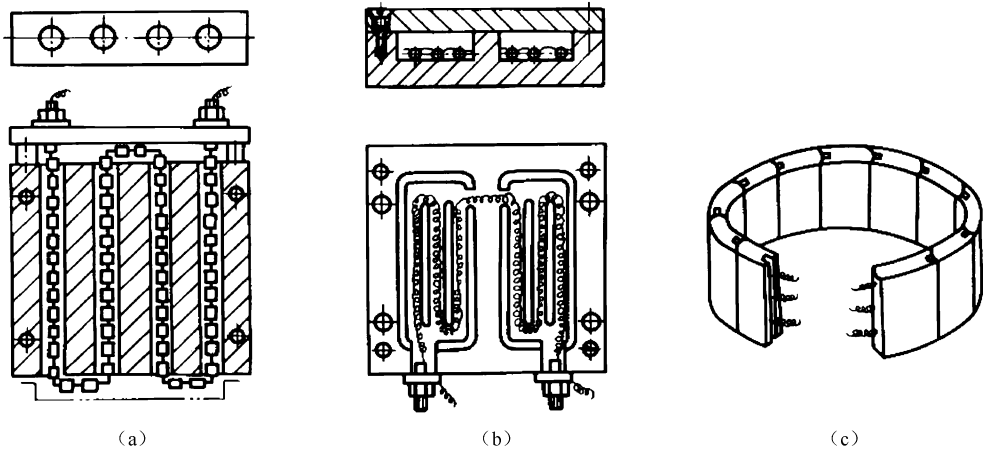


图 4-183 直接安装电阻丝的加热

2. 电阻加热的计算

电加热装置加热模具需用的总功率可用下式计算：

$$P = \frac{m C_p (\theta_2 - \theta_1)}{3600 \eta t} \quad (4-56)$$

式中 P ——加热模具所需的总功率，kW；
 m ——模具的质量，kg；
 C_p ——模具材料的定压比热容，kJ/kg·K；
 θ_1 ——模具初始温度，℃；
 θ_2 ——模具要求加热后的温度，℃；
 η ——加热元件的效率，为 0.3~0.5；
 t ——加热时间，h。

3. 电加热装置的设计要求

- (1) 电加热装置的功率要求适当，不能过大也不能太小。
- (2) 要使模具温度均匀，就要合理布置电热元件。
- (3) 模具加热装置要能够控制温度，保证模具温度稳定均匀。

总之，设计电阻式电加热装置时，除了设计加热元件外，模具中加热孔道的布排、电热套的安装部位和电气控制系统也非常重要。通常均要求能在模具中合理地开设加热孔道，合理地选择电热套的安装部位及其形状，以便能使模具温度保持一致。对于电器控制系统，均要求系统能够准确地控制和调节加热功率及加热温度，防止因功率不够达不到模温要求，或因功率过大超过模温要求。



任务实施

1. 塑料壳体冷却系统的设计

该塑件为中批量生产，应尽量缩短成型周期，提高生产率，加之 ABS 塑料为结晶型塑料，成型时需要充分冷却，冷却要均匀分布。因此，该模具的凹模冷却是在定模板上开出冷却水道，采用冷却水循环冷却型腔；而型芯的冷却则采用内部加装铜管喷流冷却的方式，其进出水孔开在支承板上，冷却水道结构如图 4-184 所示。

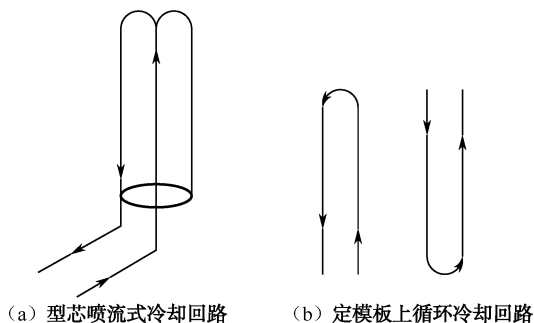


图 4-184 冷却水道结构

2. 塑料防护罩冷却系统的设计

防护罩注射成型模具的冷却分为两部分，一部分是型腔的冷却，另一部分是型芯的冷却。

(1) 型腔冷却水道结构。型腔的冷却由定模板（中间板）上的两条 $\phi 10\text{mm}$ 的冷却水道完成，如图 4-185 所示。

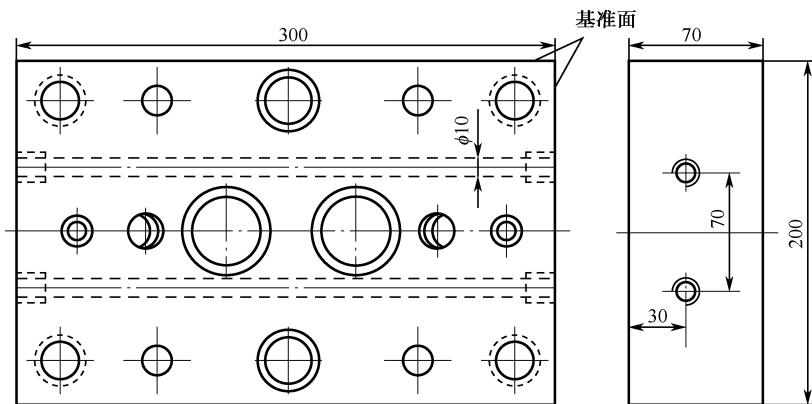
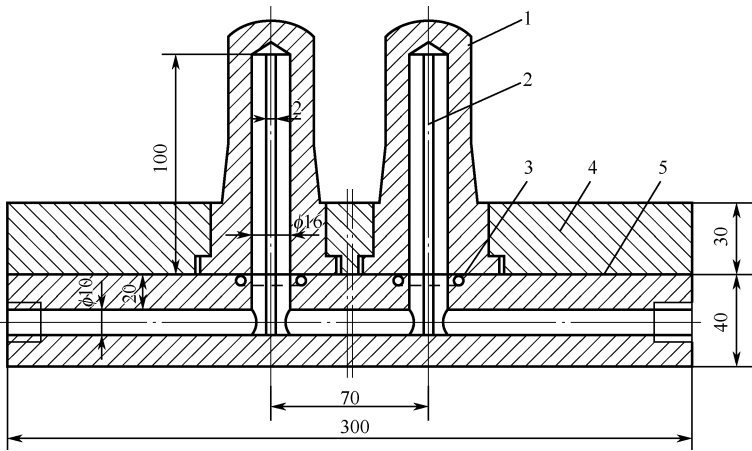


图 4-185 定模板型腔冷却水道

(2) 型芯冷却水道结构。型芯的冷却如图 4-186 所示，在型芯内部开有 $\phi 16\text{mm}$ 的冷却水孔，中间用隔水板 2 隔开，冷却水由支承板 5 上的 $\phi 10\text{mm}$ 冷却水孔进入，沿着隔水板的一侧上升到型芯的上部，翻过隔水板，流入另一侧，再流回支承板上的冷却水孔内，然后继续冷却第二个型芯，最后由支承板上的冷却水孔流出模具。

型芯 1 与支承板 5 之间用密封圈 3 密封。



1—型芯；2—隔板；3—密封圈；4—型芯固定板；5—支承板

图 4-186 型芯的冷却水道

习题与思考 10

1. 温度调节系统的作用是什么？模具温度调节系统的设计有什么要求？
2. 冷却系统的设置原则是什么？
3. 在注射成型中，哪几类热塑性塑料模具需要采用加热装置？为什么？

任务 4.7 塑料壳体 and 塑料防护罩模架的选用

相关知识点

- (1) 模具结构中各个零部件的作用；
- (2) 模架的分类及各类模架的应用范围。

相关技能点

- (1) 具备合理选用模架的能力；
- (2) 根据不同情况适当变更模架。

任务引入

所有模具的浇注系统、侧向分型与抽芯机构、推件系统、加热系统等装置必须要有一个支持系统，这就是模架。它的设计要求结构简单合理、操作方便、经济适应。模架已有统一的标准供设计者选择。

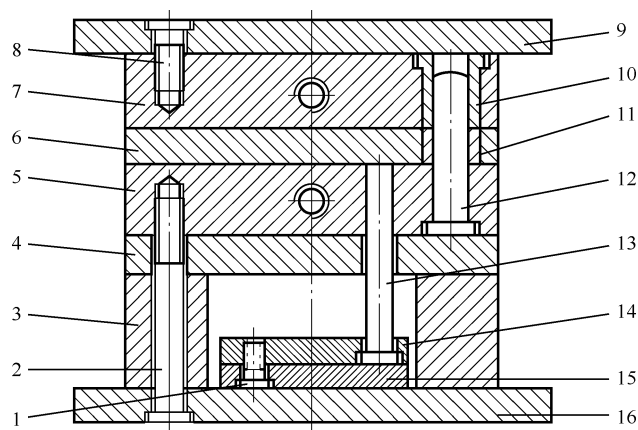
本任务将以塑料壳体和塑料防护罩模架的选择为载体，介绍模具模架的选择设计。



4.7.1 注射模架的结构

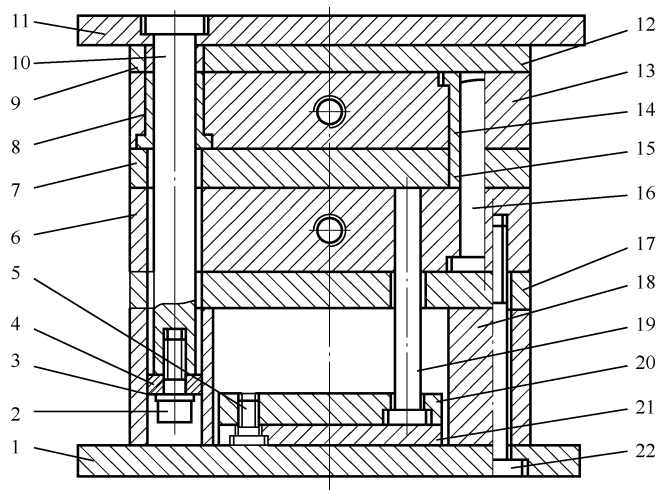
我国塑料模具的标准化工作已经基本完成, GB/T 12555—2006《塑料注射模模架》规定了塑料注射模模架的组合形式、尺寸与标记, 适用于塑料注射模模架。

塑料注射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 4-187 和图 4-188 所示。



1、2、8—内六角螺钉；3—垫块；4—支承板；5—动模板；6—推件板；7—定模板；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 4-187 直浇口模架组成的零件名称



1—动模座板；2、5、22—内六角螺钉；3—弹簧垫圈；4—挡环；6—动模板；7—推件板；8、14—带头导套；
9、15—直导套；10—拉杆导柱；11—定模座板；12—推料板；13—定模板；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

图 4-188 点浇口模架组成的零件名称



4.7.2 标准模架的主要形式

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

1. 直浇口模架

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

直浇口基本型分为 A 型、B 型、C 型和 D 型，其组合形式见表 4-20。

表 4-20 直浇口基本型模架组合形式（摘自 GB/T 12555—2006）

组 合 形 式	组合形式图	组 合 形 式	组合形式图
直浇口基本型 A 型		直浇口基本型 C 型	
直浇口基本型 B 型		直浇口基本型 D 型	

A 型：定模两块模板，动模两块模板。

B 型：定模两块模板，动模两块模板，加装推件板。

C 型：定模两块模板，动模一块模板。

D 型：定模两块模板，动模一块模板，加装推件板。

直身基本型分为 ZA 型、ZB 型、ZC 型和 ZD 型，其组合形式略。

直身无定模座板型分为 ZAZ 型、ZBZ 型、ZCZ 型和 ZDZ 型，其组合形式略。

2. 点浇口模架

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

点浇口基本型分为 DA 型、DB 型、DC 型和 DD 型，其组合形式见表 4-21。



表 4-21 点浇口基本型模架组合形式 (摘自 GB/T 12555—2006)

组 合 形 式	组合形式图	组 合 形 式	组合形式图
点浇口基本型 DA 型		点浇口基本型 DC 型	
点浇口基本型 DB 型		点浇口基本型 DD 型	

直身点浇口基本型分为 ZDA 型、ZDB 型、ZDC 型和 ZDD 型，其组合形式略。

点浇口无推料板型分为 DAT 型、DBT 型、DCT 型和 DDT 型，其组合形式略。

直身点浇口无推料板型分为 ZDAT 型、ZDBT 型、ZDCT 型和 ZDDT 型，其组合形式略。

3. 简化点浇口模架

简化点浇口模架有 8 种，其中简化点浇口基本型 2 种，直身简化点浇口基本型 2 种，简化点浇口无推料板型 2 种，直身简化点浇口无推料板型 2 种。

简化点浇口基本型分为 JA 型和 JC 型，其组合形式略。

直身简化点浇口基本型分为 ZJA 型和 ZJC 型，其组合形式略。

简化点浇口无推料板型分为 JAT 型和 JCT 型，其组合形式略。

直身简化点浇口无推料板型分为 ZJAT 型和 ZJCT 型，其组合形式略。

4.7.3 基本型模架组合尺寸

(1) 组成模架的零件应符合 GB/T 4169.1~4169.23—2006 的规定。

(2) 组合尺寸为零件的外形尺寸和孔径与孔的位置尺寸。

(3) 基本型模架组合尺寸见图 4-189、图 4-190 和表 4-22。

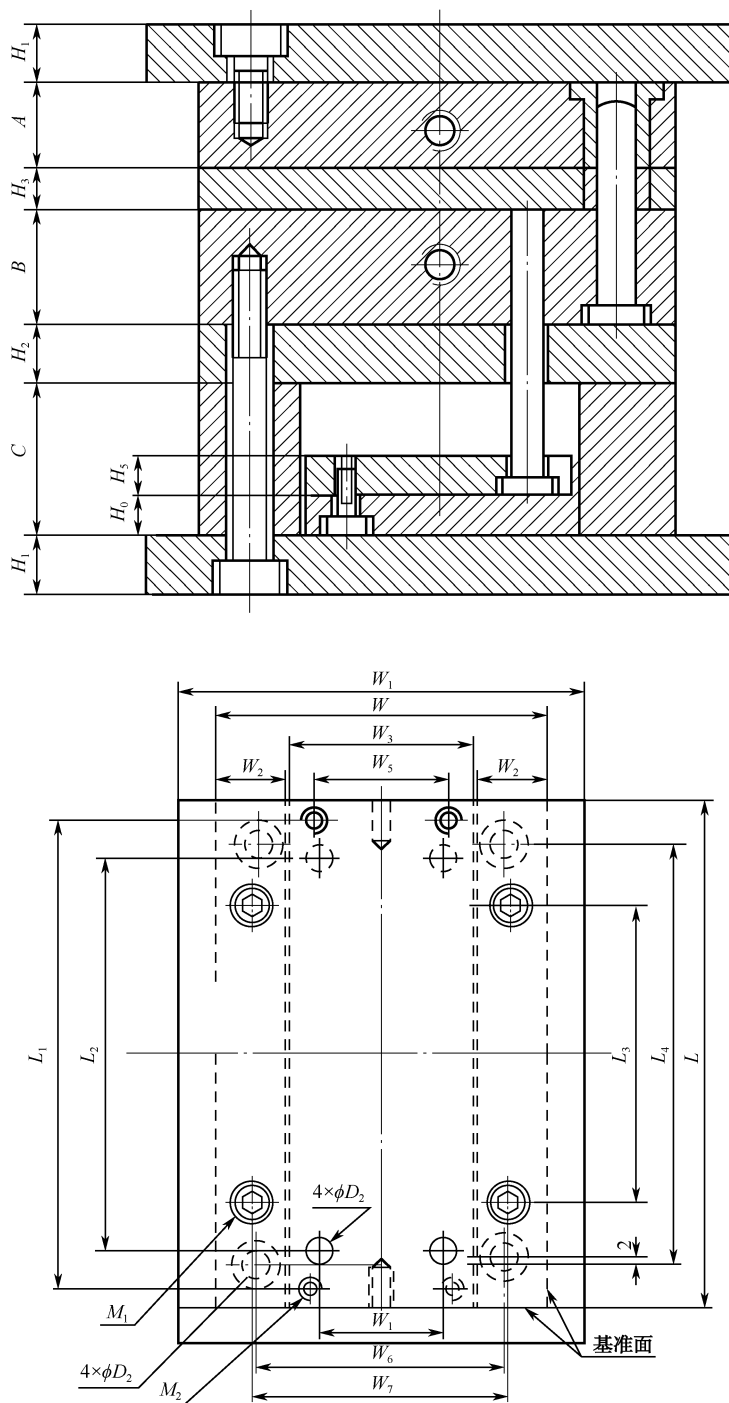


图 4-189 直浇口模架组合尺寸图示

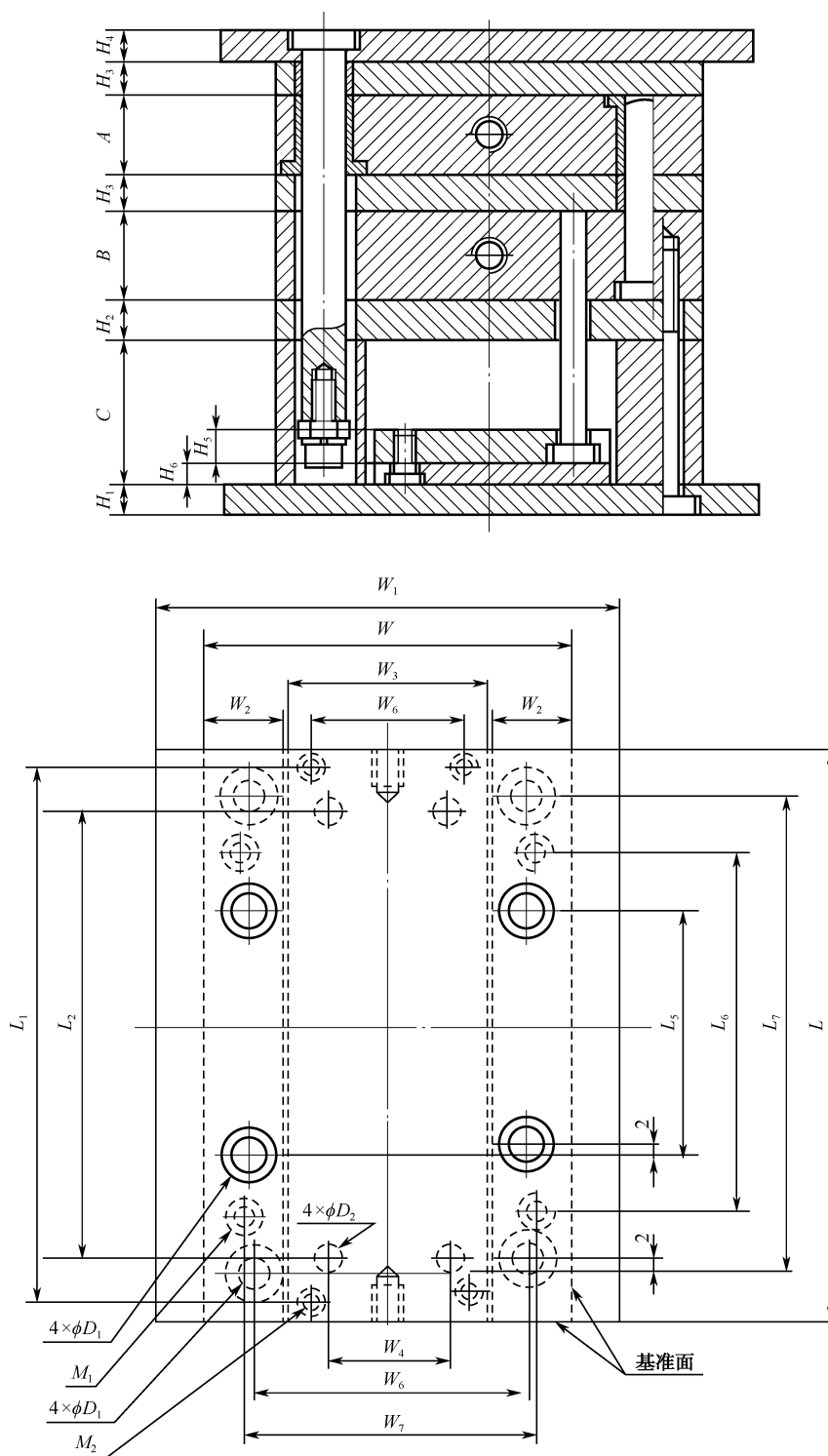


图 4-190 点浇口模架组合尺寸图示



表 4-22 基本型模架组合尺寸 (mm)

代 号	系 列										
	1515	1518	1520	1523	1525	1818	1820	1823	1825	1830	1835
W	150					180					
L	150	180	200	230	250	180	200	230	250	300	350
W ₁	200					230					
W ₂	28					33					
W ₃	90					110					
A、B	20、25、30、35、40、45、50、55、60、70、80					20、25、30、35、40、45、50、55、60、70、80					
C	50、60、70					60、70、80					
H ₁	20					20					
H ₂	30					30					
H ₃	20					20					
H ₄	25					30					
H ₅	13					15					
H ₆	15					20					
W ₇	120					145					
L ₁	132	162	182	212	232	160	180	210	230	280	330
L ₂	114	144	164	194	214	138	158	188	208	258	308
L ₃	56	86	106	136	156	64	84	114	124	174	224
L ₄	114	144	164	194	214	134	154	184	204	254	304
L ₅	—	52	72	102	122	—	46	76	96	146	196
L ₆	—	96	116	146	166	—	98	128	148	198	248
L ₇	—	144	164	194	214	—	154	184	204	254	304
D ₁	16					20					
D ₂	12					12					
M ₁	4×M10					4×M12					6×M12
M ₂	4×M6					4×M8					

4.7.4 模架尺寸组合系列的标记方法

按照 GB/T 12555—2006《塑料注射模模架》标准的规定，模架尺寸组合系列的标记方法中规定模架应有下列标记，如图 4-191 所示。

- ① 模架。
- ② 基本型号。
- ③ 系列代号。
- ④ 定模板厚度 A，mm。
- ⑤ 动模板厚度 B，mm。
- ⑥ 垫块厚度 C，mm。
- ⑦ 拉杆导柱长度，mm。
- ⑧ 标准代号，即 GB/T 12555—2006。



项目 4 塑料注射成型工艺的模具设计

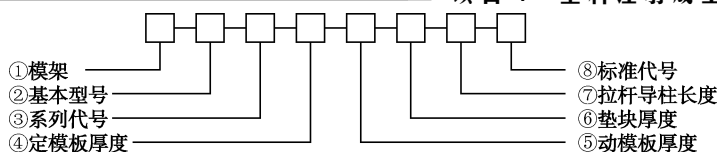


图 4-191 塑料注射模模架规格标记

示例 1：模板宽 200mm，长 250mm， $A=50\text{mm}$ ， $B=40\text{mm}$ ， $C=70\text{mm}$ 的直浇口 A 型模架标记为：模架 A2025-50×40×70 GB/T 12555—2006。

示例 2：模板宽 300mm，长 300mm， $A=50\text{mm}$ ， $B=60\text{mm}$ ， $C=70\text{mm}$ 的拉杆导柱长度为 200mm 的点浇口 B 型模架标记为：DB2030-50×60×90-200 GB/T 12555—2006。

4.7.5 标准模架的选用

标准模架的选用取决于制件尺寸的大小、形状、型腔数、浇注形式、模具的分型面数、制件脱模方式、推板行程、定模和动模的组合形式、注射机规格以及模具设计者的设计理念等有关因素。

标准模架的尺寸系列很多，应选用合适的尺寸。如果选择的尺寸过小，就有可能使模架强度、刚度不够，而且会引起螺孔、销孔、导套（导柱）的安放位置不够；选择尺寸过大的模架，不仅会使成本提高，还有可能使注射机型号增大。

塑料注射模基本型模架系列由模板的 $W \times L$ 决定，如图 4-189 和图 4-190 所示。除了动、定模板的厚度需由设计者从标准中选定外，模架的其他有关尺寸在标准中都已规定。选择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。

模板厚度主要由型腔的深度来确定，并考虑型腔底部的刚度和强度是否足够。如果型腔底部有支承板，型腔底部就不需要太厚。支承板厚度同样可以运用计算方法来确定，但实际工作中使用不方便，通常使用的方法是查表或用经验公式来确定。另一方面，确定模板厚度还要考虑到整副模架的闭合高度、开模空间等与注射机之间相适应的问题。

模架选择步骤如下：

1. 确定模架组合形式

根据制件成型所需要的结构来确定模架的结构组合形式。

2. 确定型腔侧壁厚度和支承板厚度

确定模板的壁厚用理论算法或查表 4-23，根据经验数据来计算或确定，支承板厚度查表 4-24 所示经验数据。

表 4-23 型腔侧壁厚度 S 的经验数据

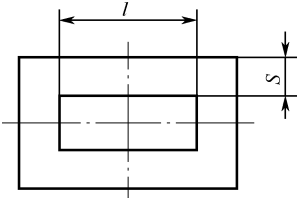
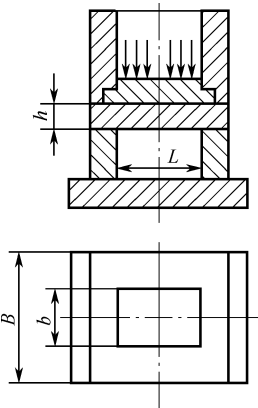
	型腔压力/MPa	型腔侧壁厚度 S/mm
	<29（压缩）	$0.14l+12$
	<49（压缩）	$0.16l+15$
	<49（注射）	$0.20l+17$
注：型腔为整体式， $l>100\text{mm}$ 时，表中值需乘以 0.85~0.90。		



表 4-24 支承板厚度 h 的经验数据

	B	h		
		$b \approx L$	$b \approx 1.5L$	$b \approx 1.5L$
	<102	$(0.12 \sim 0.13) b$	$(0.1 \sim 0.11) b$	$0.08b$
	$102 \sim 300$	$(0.13 \sim 0.15) b$	$(0.11 \sim 0.12) b$	$(0.08 \sim 0.09) b$
	$300 \sim 500$	$(0.15 \sim 0.17) b$	$(0.12 \sim 0.13) b$	$(0.09 \sim 0.1) b$

注：当压力 $P > 49 \text{MPa}$ ， $L \geq 1.5b$ 时，取表中数值乘以 1.25~1.5；当压力 $P < 49 \text{MPa}$ ， $L \geq 1.5b$ 时，取表中数值乘以 1.5~1.6。

3. 计算型腔模板周界

型腔模板尺寸如图 4-192 所示，其相关尺寸计算公式如下：

型腔模板的长度为

$$L=S'+A+t+A+S' \tag{4-57}$$

型腔模板的宽度为

$$W=S+B+t+B+S \tag{4-58}$$

式中 L ——型腔模板长度；
 W ——型腔模板宽度；
 S' 、 S ——模板长度、宽度方向侧壁厚度；
 A ——型腔长度；
 B ——型腔宽度；
 t ——型腔间壁厚，一般取壁厚 S 尺寸的 1/3 或者 1/4。

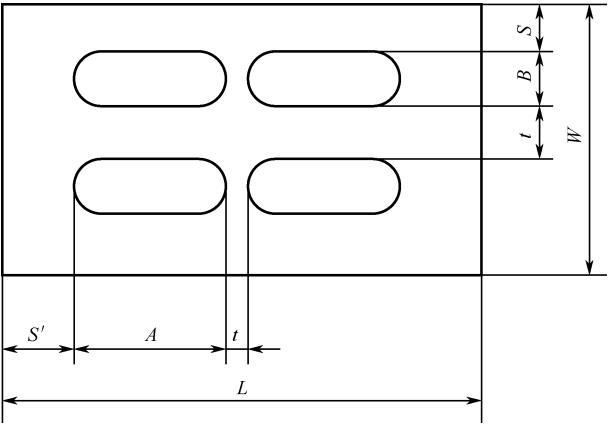


图 4-192 型腔模板尺寸



4. 确定模板周界尺寸

计算出的模板周界尺寸不太可能与标准模板的尺寸相等，所以必须将计算出的数据向标准尺寸修整，一般向较大值修整。另外，在修整时需考虑到在模板长、宽位置上应有足够的空间安装其他零件，如果不够的话，需要增加模板长度和宽度尺寸。

5. 确定模板厚度

根据型腔深度得到模板厚度，并按照标准尺寸进行修整。

6. 选择模架尺寸

根据确定下来的模具周边尺寸，配合模板所需要厚度，查标准选择模架。

7. 检验所选模架

对所选模架还需检查模架与注塑机之间的关系，如闭合高度、开模空间等，如不合适，还需重新选择。

4.7.6 模具结构零件的设计

1. 定模座板、动模座板的设计

定模座板是使定模固定在注射机的固定工作台面上的模板；动模座板是使动模固定在注射机的移动工作台面上的模板。

设计注意事项如下：

(1) 选用模板在注射机上的安装。模板外形尺寸不受注射机拉杆的间距影响；小型模具一般只在定模座板上设置定位孔，大型模具则在定、动模板上均需设置定位孔，设备的定位孔径与模具的定位圈尺寸需配合良好；定、动模安装孔的位置和孔径与注射机的固定模板上的及移动模板上的一系列螺孔相匹配，以便安装、压紧模具。

(2) 动、定模座板的厚度。刚度与强度要求不高，一般可采用 Q235 或 45 钢材料，也不需要对其进行热处理。为了把模具固定在注射机上，动、定模座板的两侧均需比动、定模板的外形尺寸加宽 25~30mm。注射模具的定模座板、动模座板以及定模板、动模板的尺寸也可以参照标准模板（GB/T 4169.8—2006）中的 A、B 型选用。

2. 支承板

又称动模垫板，是垫在动模型腔下面（或主型芯固定板下面）的一块平板。其作用是承受成型时塑料，以防止型腔底部产生过大的挠曲变形或防止主型芯脱出型芯固定板。

支承板应有足够的强度和刚度，以承受成型压力而不过量变形。其强度和刚度计算方法与型腔底板的强度和刚度计算相似。

常规结构是凹模做在定模上，型芯固定在动模板上。由于支承板与垫块构成桥形，其承受型芯投影面上的注射压力，因此支承板的弹性变形量必须控制在允许的范围内。图 4-193 所示为支承板受力和变形状态。支承板的受力状态可以简化为受均布力的简支梁。若型腔长度 $l \leq$ 支承桥跨度 L ，则支承板的厚度可按组合式矩形型腔底板厚度的计算公式进行计算。即

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{5pbL^4}{32EB[\delta]}} \quad (4-59)$$

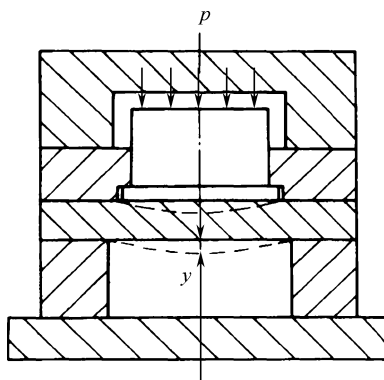


图 4-193 支承板受力和变形状态

大型模具中，支承板的跨度较大，当已选定的支承板厚度通过校验不够时，或者设计时为了有意识地减小支承板的厚度以节约材料，则可在支承板与底板之间设置支承板、支承柱或支承块，如图 4-194 所示。

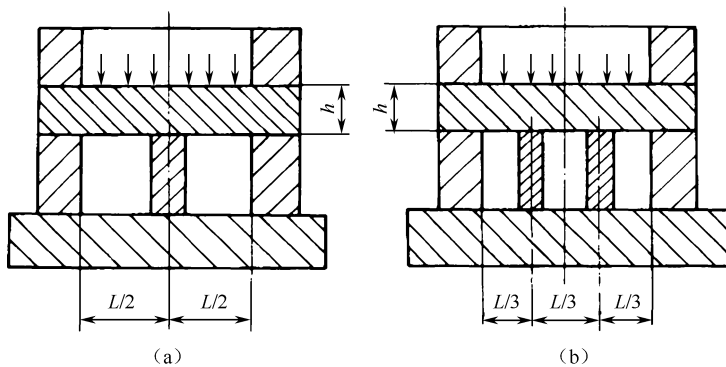


图 4-194 加强刚度的支承结构

在两模脚之间设置一个支承板（见图 4-194（a））时支承板厚度按下式计算：

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{5pb(L/2)^4}{32EB[\delta]}} \quad (4-60)$$

在两模脚之间设置两个支承板（见图 4-194（b））时支承板厚度按下式计算：

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{5pb(L/3)^4}{32EB[\delta]}} \quad (4-61)$$

式中 h ——支承板厚度，mm；
 p ——作用在支承板上的单位压力，MPa；
 b ——支承板受压宽度，mm；
 L ——支承板跨距，mm；
 E ——材料的弹性模量，一般钢材取 2.06×10^5 MPa；
 $[\delta]$ ——材料的许用刚度，mm；
 B ——底板总宽度，mm。



3. 垫块

用于支承动模成型部分并形成推出机构运动空间的零件称为垫块, 又称支承块, 如果和动模座设计为一体, 也称模脚或支架。对于外形为圆形的模具, 单独设计成一个零件比较经济; 对于方形模具, 与动模座板设计为一体的结构更常采用。图 4-195 所示的结构是用于方形模具并与动模座板设计为一体的垫块。图中的数据可以参照 GB/T 4169.8—2006 中的支承块尺寸。

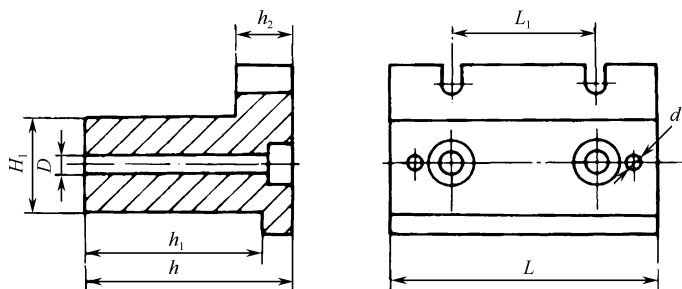


图 4-195 方形模具的支承块结构

4. 合模导向机构的设计

合模导向机构是保证动、定模或在上、下模合模时, 正确地定位和导向的零件。合模导向机构主要有导柱导向和锥面定位两种形式, 通常采用导柱导向定位, 如图 4-196 所示。导向机构的作用有以下三个方面。

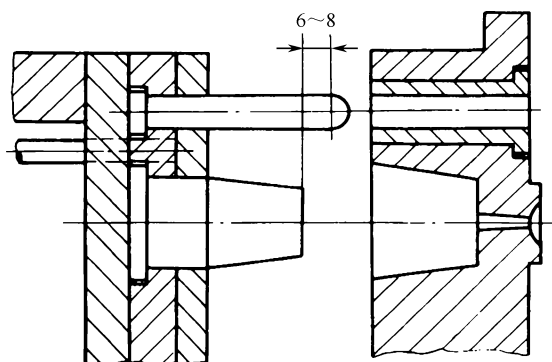


图 4-196 模具导柱的导向装置

(1) 定位作用: 模具闭合后, 保证动、定模或上、下模位置正确, 保证型腔的形状和尺寸精度。在模具装配过程中也会起到定位的作用, 即便于模具的装配和调整。

(2) 导向作用: 合模时, 首先是导向零件接触, 引导动、定模或上、下模准确闭合, 避免型芯进入型腔造成成型零件的损坏。

(3) 承受一定的侧向压力: 塑料熔体在充型过程中可能产生单向侧向压力或受成型设备精度低的影响, 导柱将承受一定的侧向压力, 以保证模具的正常工作。

1) 导柱导向机构的设计

导柱导向机构应用最普遍, 其主要零件是导柱和导套。导柱既可以设置在动模一侧



塑料件成型工艺拟定与模具设计

(正装),也可以设置在定模一侧(反装),应根据模具结构来确定。在不妨碍脱模的条件下,导柱通常设置在型芯高出分型面较多的一侧。

(1) 导柱的结构。导柱的结构形式如图 4-197 所示。其中图 4-197 (a) 所示为带头导柱;图 4-197 (b), (c) 所示为有肩导柱。

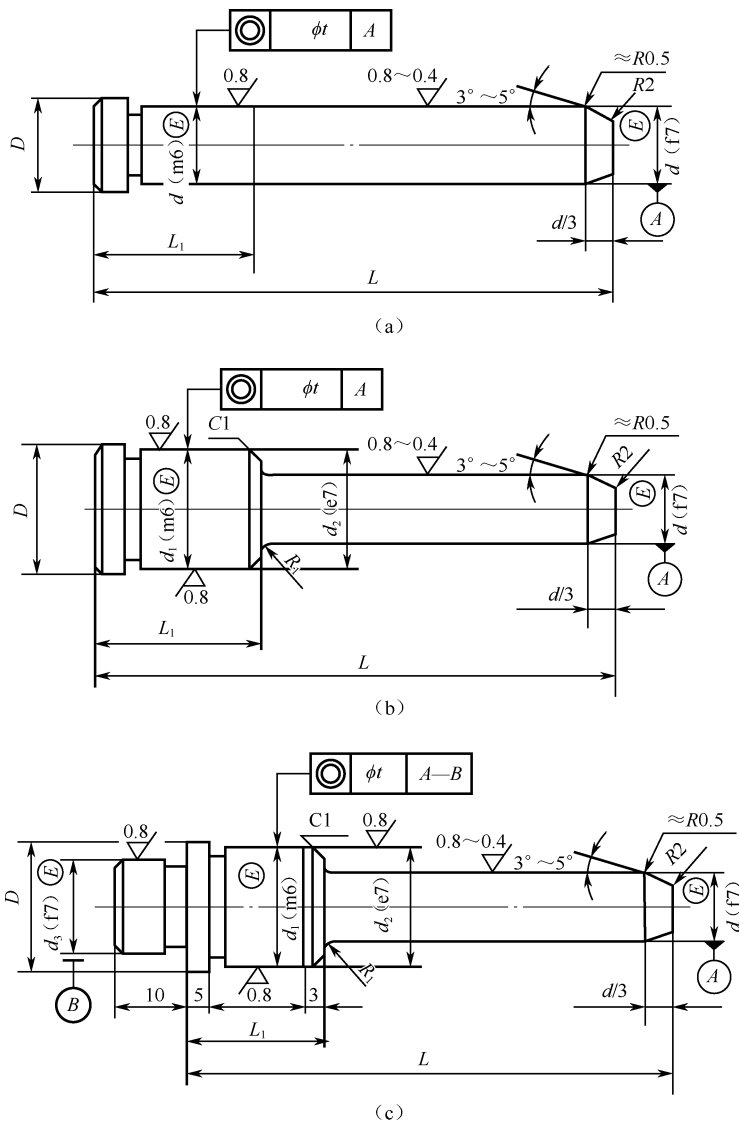


图 4-197 导柱的结构形式

(2) 导柱结构的技术要求。导柱导向部分的长度应比凸模端面的高度高出 $8\sim 12\text{mm}$, 以免出现导柱未导正方向而型芯先进入型腔的情况。

导柱前端应做成锥台形或半球形, 以使导柱能顺利地进入导向孔。由于半球形加工困难, 所以导柱前端形式以锥台形为多。

导柱应具有硬而耐磨的表面和坚韧而不易折断的内芯, 因此多用 20 钢 (经表面渗碳淬火处理) 或者 T8、T10 钢 (经淬火处理), 硬度为 $\text{HRC}50\sim 55$ 。导柱固定部分的表面粗糙



度为 $Ra\ 0.8\mu\text{m}$ ，导向部分的表面粗糙度为 $Ra\ 0.8\sim 0.4\mu\text{m}$ 。

(3) 导柱的数量和布置。注射模的导柱一般取 2~4 个。导柱应合理均布在模具分型面的四周，导柱中心至模具边缘应有足够的距离，以保证模具强度（导柱中心至模具边缘距离通常为导柱直径的 1~1.5 倍）。为避免模具在注射机上安错方位或其他模具零件在模具上安错方位，导柱的布置可采用等直径不对称布置或不等直径导柱对称布置的方式，如图 4-198 所示。

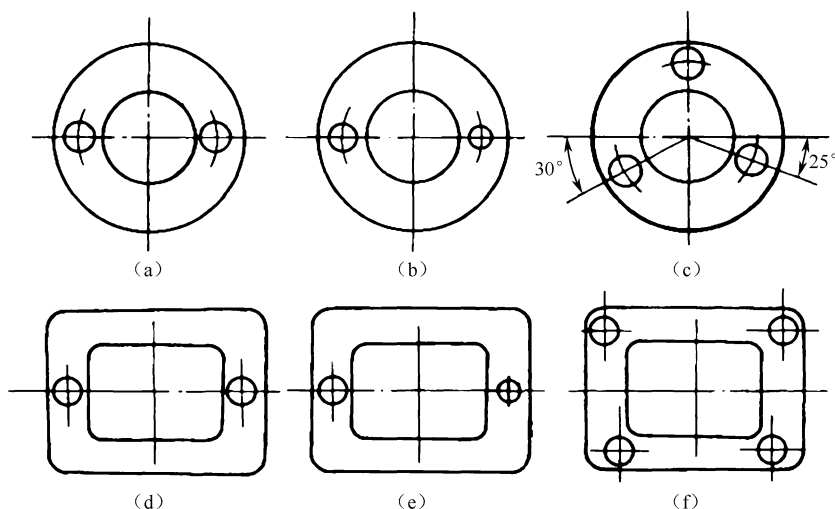


图 4-198 导柱的布置形式

(4) 导柱的配合与安装。导柱固定端与模板之间一般采用 H7/m6 或 H7/k6 的过渡配合，导柱的导向部分通常采用 H7/f7 或 H8/f7 的间隙配合。

2) 导柱孔与导套的设计

(1) 导柱孔：与导柱配合的导柱孔既可直接开设在有关模板上，也可以开设在导套中。前者主要适用于生产批量小，精度要求不高的模具。

(2) 导套：常见结构如图 4-199 所示。图 4-199 (a) 所示为直导套，结构简单，加工方便，用于简单模具或导套后无垫板的场合；图 4-199 (b)，(c) 所示为带头导套，结构复杂，用于精度较高的场合。

为使导柱顺利进入导套，导套的前端应倒圆角。导向孔最好做成通孔，以利于排出孔的空气。

导套材料可用与导柱相同的材料或铜合金等耐磨材料制造，但其硬度应略低于导柱硬度，这样可以减轻磨损，以防止导柱或导套拉毛。

直导套用 H7/r6 过盈配合镶入模板，为了增加导套镶入的牢固性，防止开模时导套被拉出来，可以用止动螺钉紧固，如图 4-200 所示。带头导套用 H7/m6 或 H7/k6 过渡配合镶入模板，导套固定部分的粗糙度为 $Ra\ 0.8\mu\text{m}$ ，导向部分粗糙度为 $Ra\ 0.8\sim 0.4\mu\text{m}$ 。

3) 导柱与导套的配用

由于模具结构的不同，选用的导柱和导套的结构也不同。导柱与导套的配用形式要根据模具的结构及生产要求而定，常见的配合形式如图 4-201 所示。图 4-201 (a) 所示为带头



塑料件成型工艺拟定与模具设计

导柱与模板上的导柱孔配合；图 4-201 (b) 所示为带头导柱与带头导套配合；图 4-201 (c) 所示为带头导柱与直导套的配合；图 4-201 (d) 所示为有肩导柱与直导套的配合；图 4-201 (e) 所示为有肩导柱与带头导套的配合；图 4-201 (f) 所示为导柱与导套分别固定在两块模板中的配合形式。

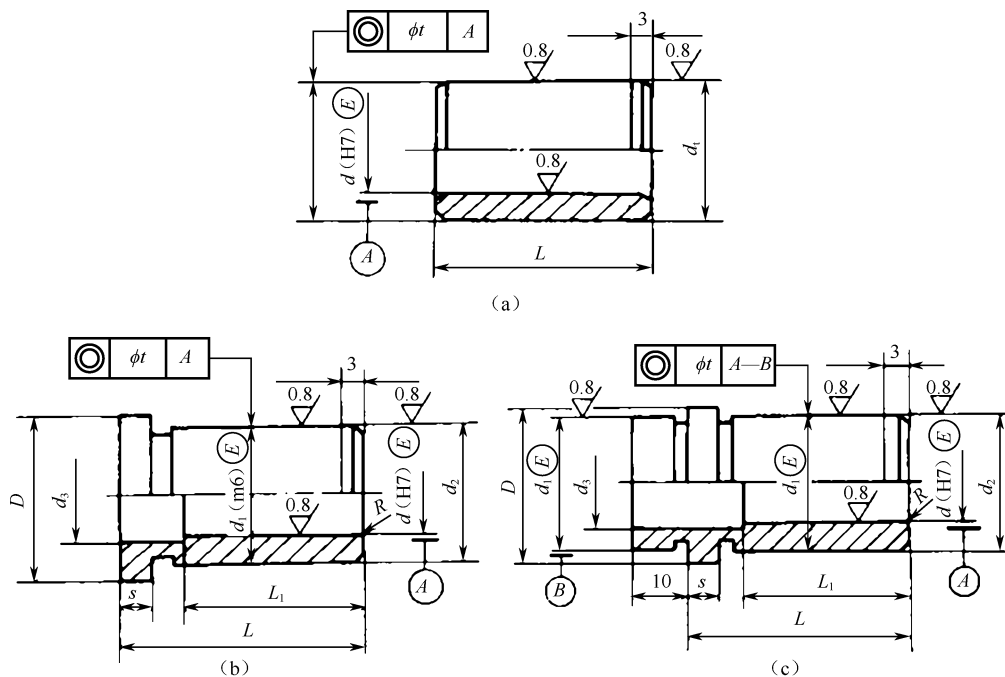


图 4-199 导套的结构形式

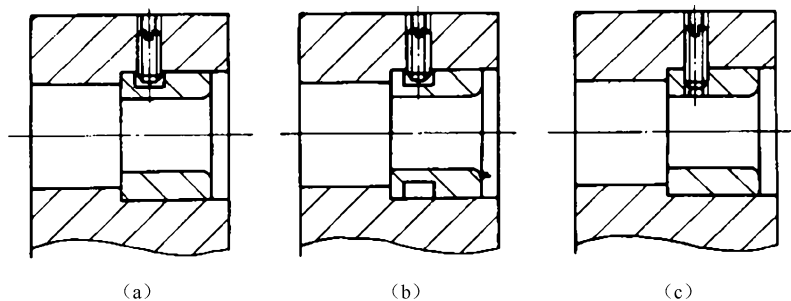


图 4-200 导套的固定形式

5. 锥面定位机构的设计

导柱导套对合导向，虽然对中性好，但毕竟由于导柱与导套有配合间隙，导向精度不可能很高。当要求对合精度很高或侧压力很大时，必须采用锥面导向定位的方法，如图 4-202 所示。

锥面配合有两种形式，一种是两锥面直接配合，另一种是在锥面上嵌装经过淬火的零件，通过镶件进行定位配合。如图 4-203 所示是矩形型腔的锥面定位，定位配合依靠型腔周围凸起的斜台保证。

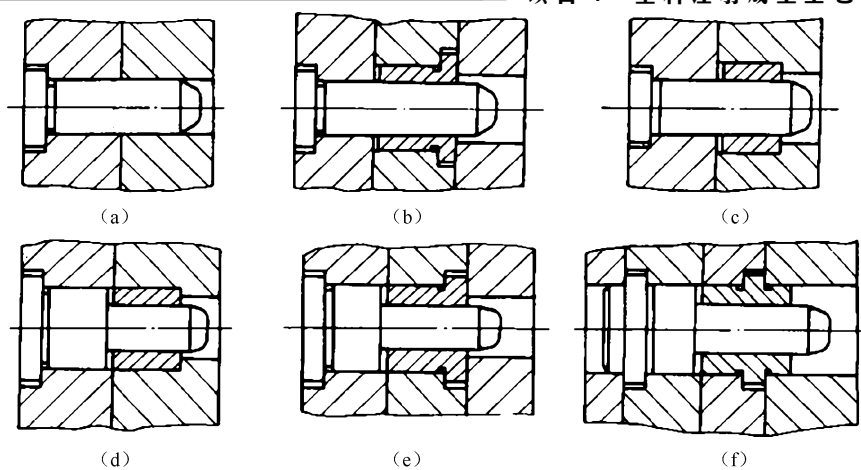


图 4-201 导柱与导套的配用形式

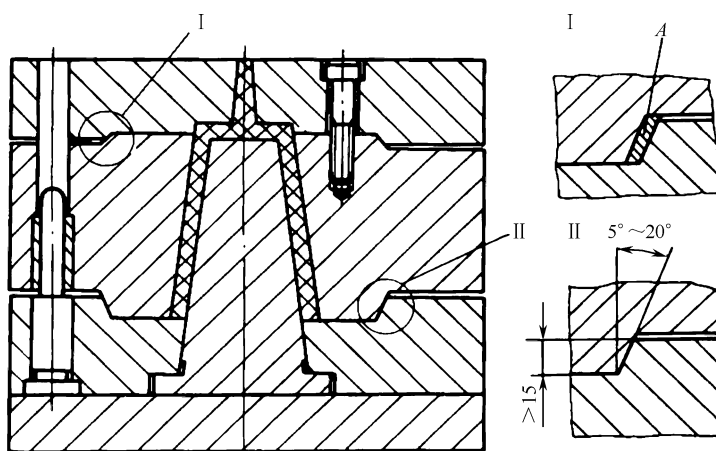


图 4-202 锥面定位机构

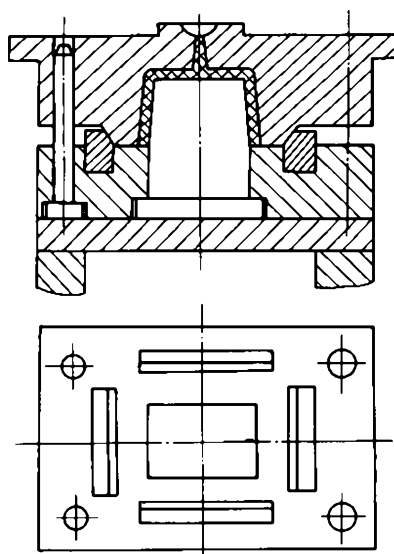


图 4-203 矩形型腔的锥面对合机构



任务实施

1. 塑料壳体标准模架的选用与设计

综合考虑本塑件采用一模两腔平衡布置、侧浇口一次分型结构、型腔的壁厚要求、塑件尺寸大小、侧向抽芯机构、冷却水道的布置等多项因素，估算型腔模板的概略尺寸，查表选取标准模板的尺寸为 200mm×355mm×80mm，选用 D 型标准模架（GB/T 12555—2006）。

2. 塑料防护罩标准模架的选用与设计

1) 确定模架组合形式

根据前面项目分析，防护罩塑件为薄壳类塑件，一模两腔，采用点浇口成型，如图 4-57 所示，因此模具应为双分型面注射模（三板式注射模），因此可以选用表 4-21 中的 DA 型～DD 型的点浇口基本型模架，根据点浇口基本型模架的组成、功能及用途，选择点浇口基本型 DB 型可以满足要求。

点浇口基本型 DB 型模架的结构特征：该点浇口模架是在直浇口基本型 B 型的基础上增加了一块推料板和拉杆导柱。适用于立式与卧式注射机，其功能和用途符合直浇口基本型 B 型的要求。

2) 确定型腔侧壁厚度

成型零部件的壁厚确定有两种方法：

- (1) 算法，但算法比较复杂且烦琐，而计算结果却与经验数据比较接近；
- (2) 经验数据或查表法。

由项目 3 中的任务 3.3 可知，防护罩模具采用的是整体式型腔，该塑件型腔布置如图 4-57 所示，一模两腔左右分布，型腔在分型面上投影尺寸为 140mm×40mm，由于该模具必须采用侧抽芯装置，这就需要考虑侧滑块长度 50mm 以及斜楔厚度 10mm，还要考虑型腔的壁厚尺寸 20mm。另外，还要考虑导柱的安装位置和壁厚。

3) 计算型腔模板周界

- (1) 计算型腔模板周界。模板尺寸可以确定如下：

型腔模板的长度： $L=140+2\times(40+20+20)=300\text{mm}$ 。

型腔模板的宽度： $N=250\text{mm}$ （宽度方向比长度方向小）。

- (2) 模板周界尺寸。根据上面计算模板周界尺寸，查 GB/T 12556—2006 标准模板的尺寸，将计算出的数据向标准尺寸“靠拢”修整。确定模板周界尺寸为 250mm×300mm。

4) 确定模板厚度

防护罩塑件为薄壳类塑件，塑件高度约为 50mm，整体型腔设计在定模一侧。考虑底部厚度时由于定模是装在注塑机上，注塑机框架结构刚度大，因此底部厚度有 20mm 就足够，所以，定模板厚度取 70mm 即可。

5) 选择模架类型

根据已确定下来的模具周边尺寸，配合模板所需要厚度查 GB/T 12556—2006 标准确定模板规格：模架 DB 2030—70×30×100 GB/T 12555—2006。即模架的参数为：模板宽



6) 检验所选模架

根据项目 2 中的任务二分析,防护罩制件初选 G54-S200/400 型号的螺杆式机,设备主要技术参数参见附录 D。校核所选模架与注塑机之间的关系,如表 4-25 所示。

表 4-25 模架与注塑机之间关系的校核

设备参数		模架规格		校核结论
最大开合模行程/mm	260	取件所需空间/mm	130	适合
最大模厚/mm	406	模具闭合高度/mm	325	适合
最小模厚/mm	165			

结论:选用标准模板规格,模架 DB 2030—70×30×100 GB/T 12555—2006 可以满足要求。

习题与思考 11

1. 模架选择的一般步骤有哪些?
2. 模架结构零部件主要有哪些?

任务 4.8 塑料壳体 and 防护罩模具装配图绘制及材料选用

相关知识点

- (1) 模具工程图样的行业表达方法;
- (2) 模具装配图的绘制要求;
- (3) 模具材料的选用依据。

相关技能点

- (1) 具有模具装配图表达的能力;
- (2) 具有设计非标模具零件图的能力;
- (3) 能正确地选用模具材料。

任务引入

塑料模具的设计最后是通过设计图纸来表达的。模具设计图分为总装配图、零件图两大部分。装配图中有时为了表达局部设计或者装配关系需要用到剖视图、局部放大图等。装配图中还应画出塑件图,填写明细表以及装配之间的要求等。

另外,在设计零部件时,还要正确选择零件的材料。由于模具零件的作用不同,因此所选用的材料也就不同,运动部件需要良好的耐磨性和较高的硬度,成型零件需要适当的



硬度和良好的加工性, 结构零件则要求综合机械性能等, 这些就要求模具设计者必须具备材料方面的良好知识。

本任务将以塑料壳体和塑料防护罩模架的相关材料及模具装配图绘制为载体, 介绍模具装配图的布置和材料的选择。

4.8.1 模具装配图的绘制

按照《机械制图》国家标准中的相关规定绘制塑料模装配图, 准确、清晰地表达模具的基本构造及模具零件之间的装配关系是基本技能训练的重要内容。

1. 作图比例和图面布置

- (1) 尽量采用 1:1, 并选择幅面大小合适的图纸绘制装配图。
- (2) 一般采用主视和俯视两个视图, 主视图采用剖视法, 俯视图画拆去定模部分后的实际投影。如两个视图还无法表达清楚, 则可增加其他视图。
- (3) 塑件图布置在图纸的右上角, 并注明塑件名称、塑料牌号等要素, 标全塑件尺寸。塑件图尺寸较大或形状较为复杂时, 可单独画在零件图纸上, 并装订在整套模具图纸中。
- (4) 装配图上需标出模具的总体尺寸、必要的配合尺寸和安装尺寸, 其余尺寸一般不标注。
- (5) 零件序号标注要求是不漏标、不重复标, 引线间不交叉, 序号编制一般按顺时针方向排列, 字体严格使用仿宋体, 字间布置均匀, 对齐等。

2. 标题栏及明细栏

标题栏内容应按统一要求填写。特别是设计者必须在相应位置签名。编制明细栏必须包括序号、代号、零件名称、图号(或页次)、数量、材料及热处理要求等。其中零件序号应自下往上进行排列。选材时应注明牌号并尽量减少材料种类。标准件应按规定进行标记, 零件名称栏中文字应首尾两字对齐, 字间距应均匀, 字体大小一致等。

在绘制模具装配图的过程中, 模具各结构之间的尺寸确定、各动作的协调、部件间是否干涉等问题都会得到解决。为了进一步提高设计的效率, 减少设计的失误, 在有条件的情况下可以应用三维造型软件进行辅助设计与校核, 不仅绘制出模具二维图, 还要有模具三维图。最后标注装配图总长、总宽、总高及一些关键部位配合要求, 写出装配图技术要求, 填写完成装配图明细栏。

3. 技术要求

- (1) 定模与动模安装下面的平行度按 GB/T 12555.2 和 GB/T 12556.2 的规定;
- (2) 导柱、导套对动、定模安装面的垂直度按 GB/T 12555.2 和 GB/T 12556.2 的规定;
- (3) 模具所有活动部分应保证位置准确, 动作可靠, 不得有歪斜和卡滞现象, 要求固定的零件不得相对窜动;
- (4) 流道转接应用光滑圆弧连接, 浇注系统表面粗糙度为 $Ra=0.8\mu\text{m}$;
- (5) 合模后, 分型面应紧密贴合, 成型部位的固定镶件配合应紧密贴合, 其间隙应小于塑件的最大不溢料间隙, 间隙为 0.02mm;



(6) 开模时, 推出要平稳, 保证将塑件及浇注系统凝料推出模具。

4.8.2 零件图的绘制

装配图绘制完成后, 由装配图拆画出各零件图, 标注完整各零件的尺寸公差、几何公差、表面粗糙度及相应技术要求。

1. 视图和比例大小的选择

视图选择可参照下列建议:

- (1) 轴类零件通常仅需一个视图, 按加工位置布置较好。
- (2) 板类零件通常需主视和俯视两个视图, 一般而言按装配位置布置较好。
- (3) 镶拼组合成型零件, 常画部件图, 这样便于尺寸及偏差的标注。视图可按装配位置布置。零件图比例尺大都采用 1:1。小尺寸零件或尺寸较多的零件则需放大比例绘制。

2. 尺寸标注的基本规范

标注尺寸是零件设计中一项极为重要的内容, 尺寸标注要做到既不少标、漏标, 又不多标、重复标, 同时又使整套模具零件图上的尺寸布置清晰、美观。

1) 正确选择基准面

尽量使设计基准、加工基准、测量基准一致, 避免加工时反复换算。成型部分的尺寸标注基准应与塑件图中标注一致。

2) 尺寸布置合理

大部分尺寸最好集中标注在最能反映零件特征的视图上。如对于板类零件而言, 主视图上应集中标注厚向尺寸, 而平面内各尺寸则应集中标注在俯视图上。

另外, 同一视图上, 尺寸应尽量归类布置。如可将某一模板俯视图上的大部分尺寸归类成四类: 第一类是孔径尺寸, 可考虑集中标注在视图的左方; 第二类是纵向间距尺寸, 可考虑集中标注在视图轮廓外右方; 第三类是横向间距尺寸, 可考虑集中布置在视图轮廓外下方; 第四类是型孔大小尺寸, 可考虑集中标注在型孔周围空白处。并尽量做到全套图纸一致。本节的零件设计示例图大都按照归类布置法绘制, 请观察其表达效果。

3) 脱模斜度的标注

脱模斜度有三种标注方法: 其一是大、小端尺寸均标出; 其二是标出一端尺寸, 再标注角度; 其三是在技术要求中注明。

4) 有精度的位置尺寸

需与轴类零件相配合的通孔中心距、多腔模具的型腔间距等有精度的位置尺寸, 均需标注公差。

5) 螺纹尺寸及齿轮尺寸

对于螺纹成型尺寸和齿轮成型件, 还需在零件图上列出主要几何参数及其公差。

3. 表面粗糙度及几何公差

(1) 各面的粗糙度均应注明。对于多个相同粗糙度要求的表面, 可集中在图纸的右上



角统一标注。

(2) 有几何公差要求的结构形状则需加注几何公差。

4. 技术要求及标题栏

零件图上技术要求标注位置位于标题栏的上方，注明除尺寸、公差、粗糙度以外的加工要求。标题栏按统一规格填写。设计者必须在各零件图的标题栏相应位置上签名。

4.8.3 模具材料的选用

1. 塑料模具的失效形式

塑料模具的失效形式主要有表面磨损、塑性变形和断裂，但一般对塑料制品的精度和表面粗糙度要求较高，所以因为表面粗糙度没有达到要求而失效的模具所占的比重很大。

1) 表面磨损

塑料模具的表面磨损一般体现在以下三个方面：一是模具型腔表面粗糙度恶化。由于塑料制品对塑料模具的型腔有很严重的摩擦，会使模具型腔的表面粗糙度变大，这样就会影响塑料制品的外观质量。需及时抛光。但需注意的是：多次抛光会使型腔尺寸变大而失效。二是模具型腔尺寸超差，当塑料中含有石英砂、云母粉和玻璃纤维等固体无机填料时，会加剧模具的磨损，造成型腔尺寸急剧变化。三是型腔表面侵蚀。当塑料中含有氟、氯等元素时，在成型的过程中，受热分解析出强腐蚀性的气体，侵蚀模具的表面，加剧模具的磨损失效。

2) 塑性变形

塑料模具材料在长时间的受热、受压的作用下，很容易发生局部塑性变形失效。例如，以渗碳钢和碳素工具钢制造的模具，特别是小型模具在大吨位压力机上超载工作时，容易产生表面凹陷、棱角堆塌和麻点等，特别是棱角容易产生塑性变形。为防止塑料模具的塑性变形，需要将模具处理到足够的硬度和硬化层深度。

3) 断裂

塑料制品成型的模具形状复杂，有很多薄壁和棱角等，这些位置在产生应力集中的时候，很容易发生断裂，所以说断裂失效是一种危害很大的快速失效形式。我们在设计制造塑料模具时，除了要注意选择合适的热处理外，还要注意选择韧性比较好的塑料模具钢，对于大中型复杂模具，应采用高韧性钢制造。

2. 塑料模具材料的性能要求

(1) 加工性能好，热处理变形小。塑料模具结构一般很复杂，在淬火后加工很困难，有的根本不能加工，所以选择塑料模具钢的时候，一般选择切削加工容易，热处理变形小的钢材。

(2) 内热性能好，线膨胀系数小。塑料模具一般都是长时间地在高温下工作的，所以塑料模具材料要有相当的耐热性，且线膨胀系数要小，否则过大的变形会影响塑料制品的质量。

(3) 高的强度和韧性。防止塑料模具在工作过程中的塑性变形和冲击损坏。



塑料件成型工艺拟定与模具设计

- (4) 高的表面强度和耐磨性。防止因模具型腔和塑料制品的摩擦，而使模具的型腔变大失效。
- (5) 抛光性能好。塑料制品一般要求有很好的表面质量，所以模具的表面必须研磨、抛光，而且型腔的表面粗糙度一般要低于塑料制品的表面粗糙度 2~3 级。
- (6) 花纹图案光蚀性好。一般的塑料制品，在其表面都有花纹图案，为成型方便，就要求模具钢具有较好的图案光蚀性能。

3. 常用的塑料模具钢

1) 常用的塑料模具钢及其选用

常用的塑料模具钢见表 4-26。

表 4-26 常见的塑料模具钢

类 别	钢 号
渗碳钢	10、20、20Cr、12CrNi2、12CrNi3、12Cr2Ni4、20Cr2Ni4
调质钢	45、55、40Cr、3Cr2Mo、4Cr3Mo3SiV、4Cr5MoSiV、4Cr5MoSiV1、5CrNiMo、5CrMnMo
高碳工具钢	T10、T12、7CrMn2WMo、7CrMnNiMo、Cr2Mn2SiWMoV、Cr6WV、Cr12、Cr12MoV、9Mn2V、CrWMn、MnCrWV、Cr2（GCr15）
耐蚀钢	4Cr13、9Cr18、Cr18MoV、Cr14Mo、Cr14Mo4V、1Cr17Ni2
超低碳高镍马氏体时效钢	18Ni-250、18Ni-300、18Ni-350

从表 4-26 中可以看出，塑料模具钢基本上是一些结构钢和工具钢，这些钢能够在不同程度上适应塑料模塑成型对塑料模材料的性能要求，但也在不同程度上存在不能很好地适应塑料模具制造的加工工艺要求。

随着塑料加工工业的发展，一些新型的塑料模具钢材如预硬钢、耐蚀钢、失效硬化钢、冷挤压钢和易切削钢等纷纷被研制和使用。

2) 塑料模具钢材的选用

塑料模具材料的选用，我们一般从两个方面选择考虑，一是根据塑料模具钢的工作条件选择材料，如表 4-27 所示；二是根据塑料模具的零件来选择材料，如表 4-28 所示。

表 4-27 根据塑料模具钢的工作条件选择材料

工 件 条 件	推 荐 钢 号
生产塑料产品批量较小，精度要求不高，尺寸不大的模具	45、55 钢或用 10、20 钢进行渗碳
在使用过程中有较大的动载荷，塑料产品生产批量较大，受磨损较严重的塑料模具	12CrNi3A、20Cr、20CrMnMo、20Cr2Ni4A 钢进行渗碳
大型、复杂、塑料产品生产批量较大的塑料注射成型模或挤压成型模具	3Cr2Mo、4Cr3Mo3SiV、5CrNiMo、5CrMnMo、4Cr5MoSiV、4Cr5MoSiV1
热固性成型塑料模具及要求高耐磨、高强度的塑料模具	9Mn2V、7CrMn2WMo、CrWMn、MnCrMV、GCr15、8Cr2MnWMoVS、Cr2Mn2SiWMoV、Cr6WV、Cr12MoV、Cr12



项目 4 塑料注射成型工艺的模具设计

续表

工 件 条 件	推 荐 钢 号
耐腐蚀和高精度的塑料模具	4Cr13、9Cr18、Cr18MoV、Cr14Mo、Cr14Mo4V
复杂、精密、高耐磨塑料模具	25CrNi3MoAl、18Ni-250、18Ni-300、18Ni-350

表 4-28 根据塑料模具的零件选择材料

模 具 零 件	使 用 要 求	模 具 材 料	热 处 理		说 明
导柱 导套	表面耐磨、有韧性、抗弯曲、不易折断	20、20Mn2B	渗碳淬火	≥HRC55	
		T8A、T10A	表面淬火	≥HRC55	
		45	调质、表面淬火、低温回火	≥HRC55	
		黄铜 H62、青铜合金			用于导套
成 型 零 部 件	强度高，耐磨性好，热处理变形小，有时还要求耐腐蚀	9Mn2V、9CrSi、CrWMn、9CrWMn、CrW、GCr15	淬火、低温回火	≥HRC55	用于制品生产批量大，强度、耐磨性要求高的模具
		Cr12MoV、4Cr5MoSiV、Cr6WV、4Cr5MoSiV1	淬火、中温回火	≥HRC55	同上，但热处理变形小，抛光性能较好
		5CrMnMo、5CrNiMo、3CrW8V	淬火、中温回火	≥HRC46	用于成型温度高，成型压力大的模具
		T8、T8A、T10、T10A、T12、T12A	淬火、低温回火	≥HRC55	用于制品形状简单、尺寸不大的模具
		38CrMoAlA	调质、氮化	≥HRC55	用于耐磨性要求高并能防止热咬合的活动成型零件
		45、50、55、40Cr、42CrMo、35CrMo、40MnB、40MnVB、33CrNi3MoA、37CrNi3A、30CrNiBA	调质、淬火（或表面淬火）	≥HRC55	用于制品批量生产的热塑性塑料成型模具
		10、15、20、12CrNi2、12CrNi3、12CrNi4、20CrMnTi、20CrNi4	渗碳淬火	≥HRC55	容易切削加工或采用塑性加工方法制作小型模具的成型零部件
		铍铜			导热性优良，耐磨性好，可铸造成型
		锌基合金、铝合金			用于制品试制或中小批量生产中的模具成型零部件，可铸造成型
主流道衬套	耐磨性好，有时要求耐腐蚀	45、50、55 以及可用于成型零部件的其他模具材料	表面淬火	正火 ≥ HBS200 退火 ≥ HBS100	用于大型模具
				≥HRC55	



续表

模 具 零 件	使 用 要 求	模 具 材 料	热 处 理		说 明
推杆、拉料杆等	一定的强度和耐磨性	T8、T8A、T10、T10A	淬火、低温回火	≥HRC55	
		45、50、55	淬火	≥HRC45	
各种模板、推板、固定板、模座等	一定的强度和刚度	45、50、40Cr、40MnB、40MnVB、45MnZ	调质	≥HBS200	
		结构钢 Q235~Q275			
		球墨铸铁			用于大型模具
		HT200			仅用于模座

塑料模具材料的选用和热处理要考虑很多的要求，而且我国目前尚缺乏适应塑料模具材料成型需要的较为完整的塑料模具材料品种，新型模具材料应用还不普遍，因而必须全面考虑实际要求和客观的可能，既要满足要求，又要经济合理。

塑料模一般都在一定的压力和温度下工作，所受的压力有合模时的压力、型腔内熔体的压力、开模时的压力等；对温度的要求各不相同，热塑性塑料注射模一般在 150℃ 以下；而热固性塑料一般达到 160~190℃，压缩模模具温度一般也在 160~190℃ 范围内。对于流动性差的塑料快速成型时，会使模具局部温度变得很高。此外，由于塑料模具温度是周期变化的，注射时温度很高，脱模时温度低。由于模具在上述工作条件下工作，所以容易产生：摩擦磨损，动、定模具对插部位的黏合磨损，过量变形和破裂，表面腐蚀等。一旦模具破裂，或制品形状精度和表面粗糙度达不到要求，溢料严重，飞边过大，模具又无法修复，此即模具失效。模具失效前所成型的制品数量的总和就为模具的寿命。模具的寿命直接影响塑料制品的成本，所以提高模具的寿命是减少塑料制品成本的一条捷径。

影响模具寿命的因素和提高模具寿命的方法，一般从以下三个方面考虑：

(1) 塑料种类。不同品种的塑料，其特点和成型时所需的工艺条件是不相同的。所以随着工作条件的不同，塑料种类对模具寿命的影响也不同。例如以无机纤维材料为填料的增强塑料成型时，模具的磨损较大。此外，塑料在加热的条件下容易产生一些腐蚀性气体，对模具的表面产生一些腐蚀。因此，在满足塑料制品使用的前提下，尽量选择成型工艺条件好的塑料，这样既可以利于成型，也利于提高模具的寿命。

(2) 模具的结构。不同结构的模具，其寿命也是不相同的。特别是不同结构的型腔和型芯，其强度和刚度，以及易损坏部分的修理更换方便与否也是不相同的。所以从模具的寿命角度考虑，应采用强度和刚度好而且又便于修理的结构，以提高模具的寿命。

在设计模具时要注意以下两点：一是导向装置的结构。导向装置的结构直接影响型芯和型腔的合模，进而影响模具的寿命。所以必须选择适当的导向形式和导向精度。二是塑料模中的各种孔在模板中的位置都应尽量避开应力最大的位置，以防止工作时该部位所受应力过大而损坏。

(3) 模具材料及热处理。一般情况下，影响模具寿命的主要因素是模具材料的热处理。目前，除了部分热固性塑料和一些增强型塑料及精密模具对强度、刚度、硬度和耐磨性要求较高外，其余的对模具的加工工艺性有着特殊的要求。这是由于塑料模具的型腔比较复杂，精度和表面粗糙度要求较高的原因。



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

塑料模的工作零件一般采用正火或调质处理的 45 钢或一些合金钢制造，模具的寿命不高，加工出塑料制品的精度不高。随着塑料模具行业的进一步发展，一些性能优良的钢材也逐步在塑料模具中运用。

3) 模具的加工和表面处理

模具的热加工、机械加工和电加工工艺及表面处理对模具的寿命有着重要的影响。所以必须提高模具的锻造和热处理水平，以保障模具的力学水平，还应该不断改进模具加工方法，以减小内应力和提高模具的表面质量，从而提高模具的寿命。

为了提高模具表面耐蚀性和耐磨性，常对其进行适当的表面处理，常见的表面处理方法有：

(1) 镀铬。镀铬层在大气中具有强烈的钝化能力，能长久保持金属光泽，在多种酸性介质中均不发生化学反应。

(2) 渗氮处理具有温度低，模具变形甚微和渗层硬度高等优点，所以也非常适合塑料模具的表面处理。

适应塑料模具的表面处理方法还有：渗碳处理，化学镀镍，离子镀氮化钛、碳化钛或碳氮化钛，PVD，CVD 法沉积硬质膜或超硬膜等。

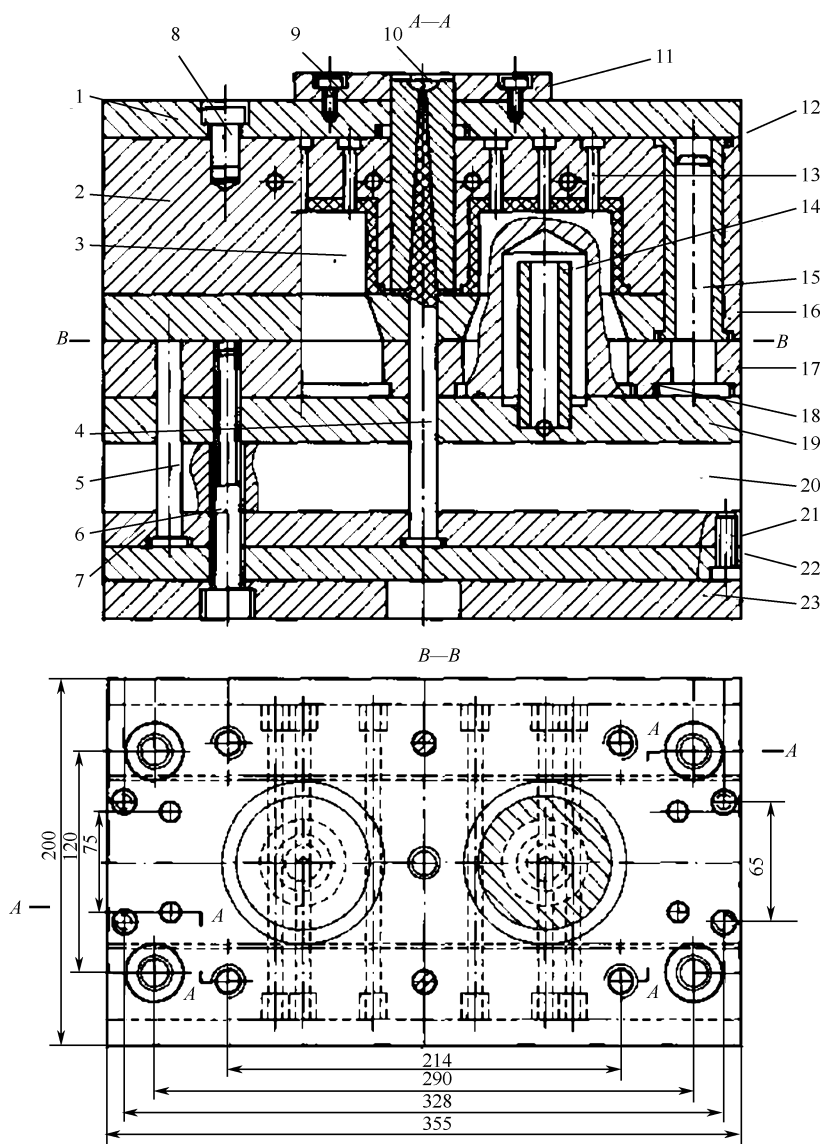
任务实施

1. 塑料壳体装配图的绘制及模具材料的选用

塑料壳体三维图如图 4-205 所示。塑料壳体装配图如图 4-206 所示。



图 4-205 塑料壳体三维图



- 1—定模座板；2—定模板；3—型芯；4—拉料杆；5—复位杆；6、8、9、21—螺钉；7—推杆固定板；
10—浇口套；11—定位圈；12—导套；13—小型芯；14—喷水管；15—导柱；16—推件板；
17—动模板；18—O 型密封圈；19—动模支承板；20—垫块；22—推板；23—动模座板

图 4-206 塑料壳体装配图

图 4-207~图 4-221 所示为零件图。



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

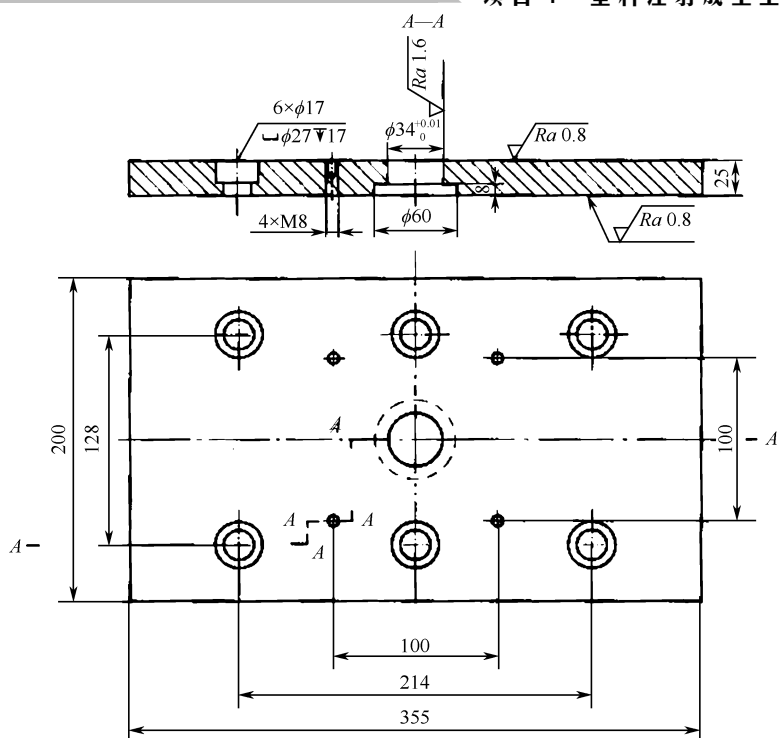


图 4-207 定模座板零件图

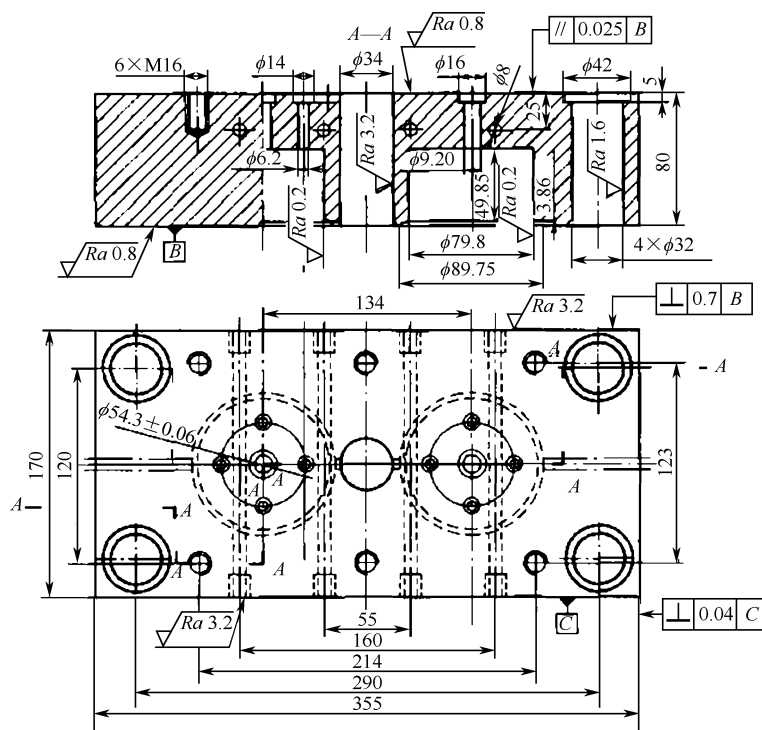


图 4-208 定模板零件图

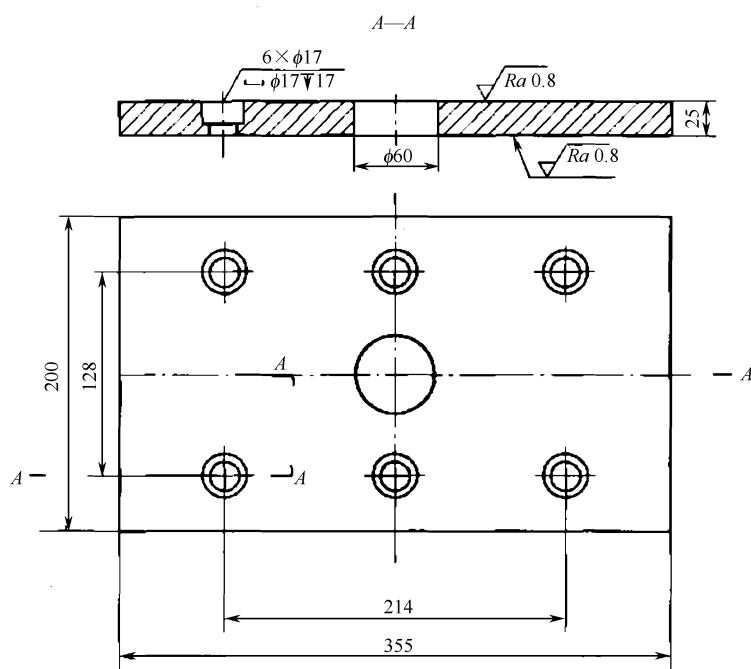


图 4-209 动模座板零件图

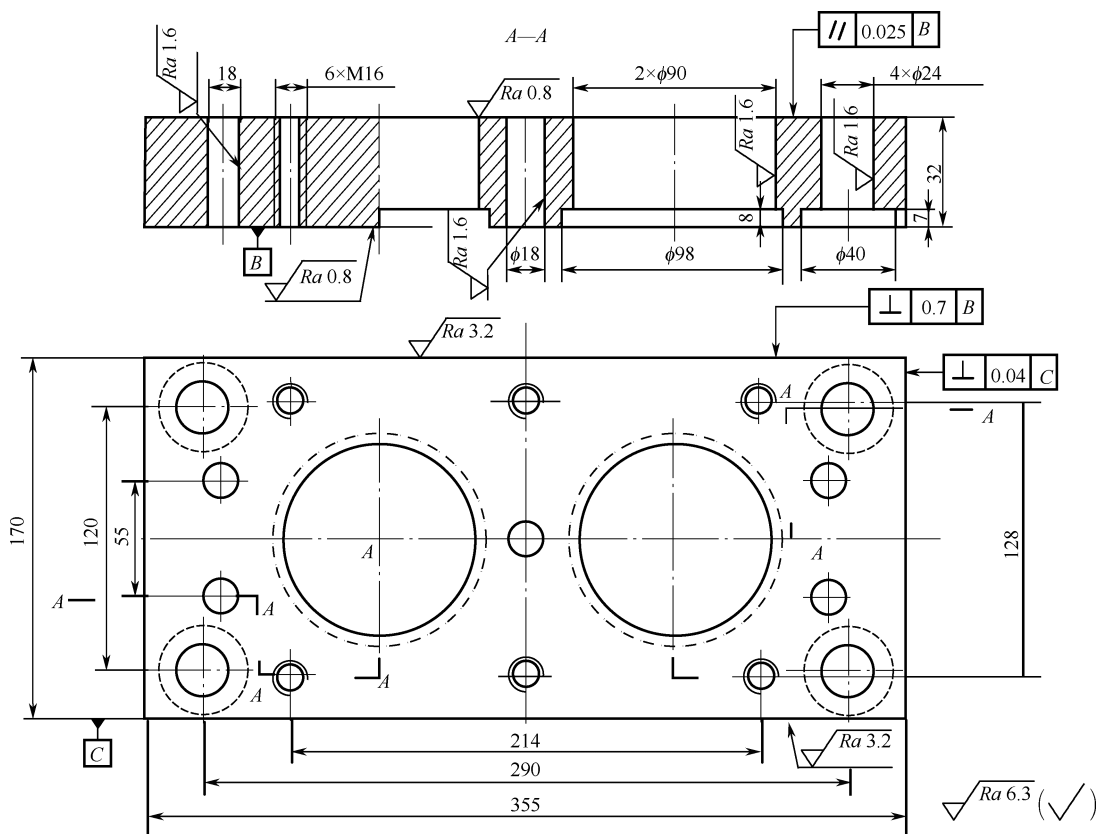


图 4-210 动模板零件图



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

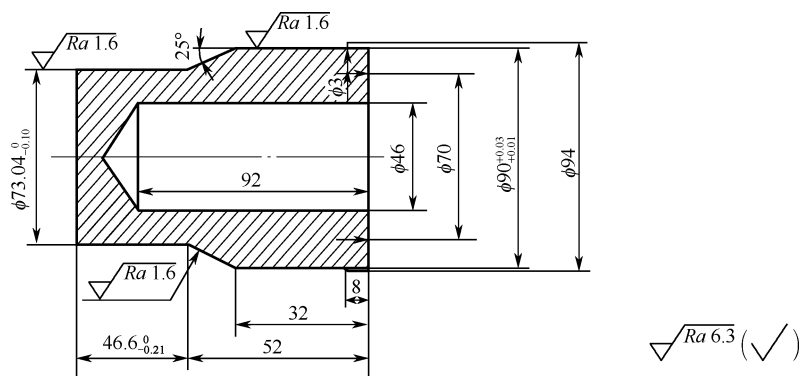


图 4-211 型芯零件图

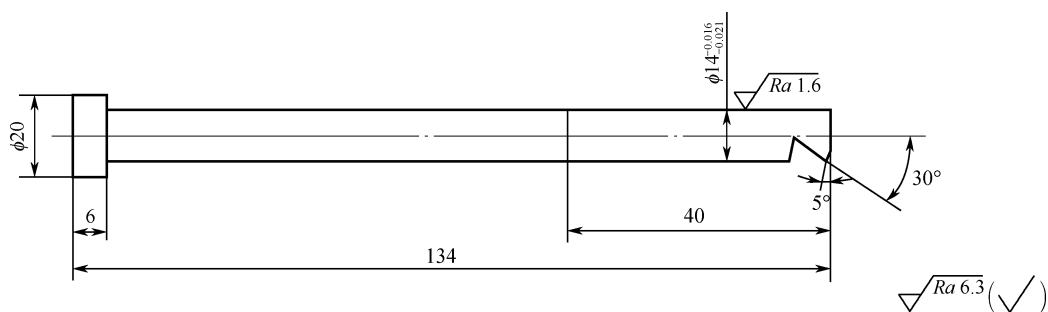


图 4-212 拉料杆零件图

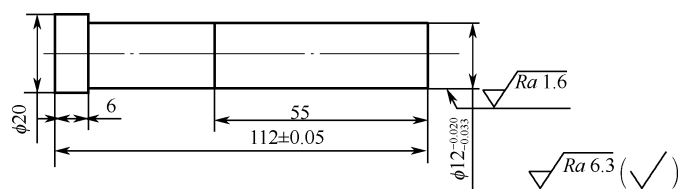


图 4-213 复位杆零件图

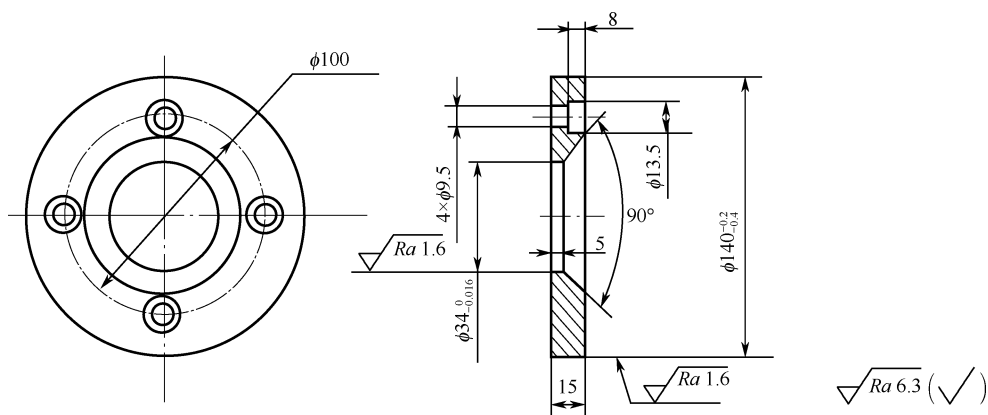


图 4-214 定位圈零件图

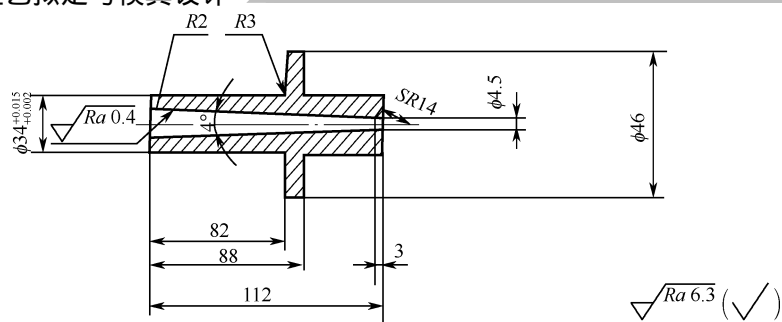


图 4-215 浇口套零件图

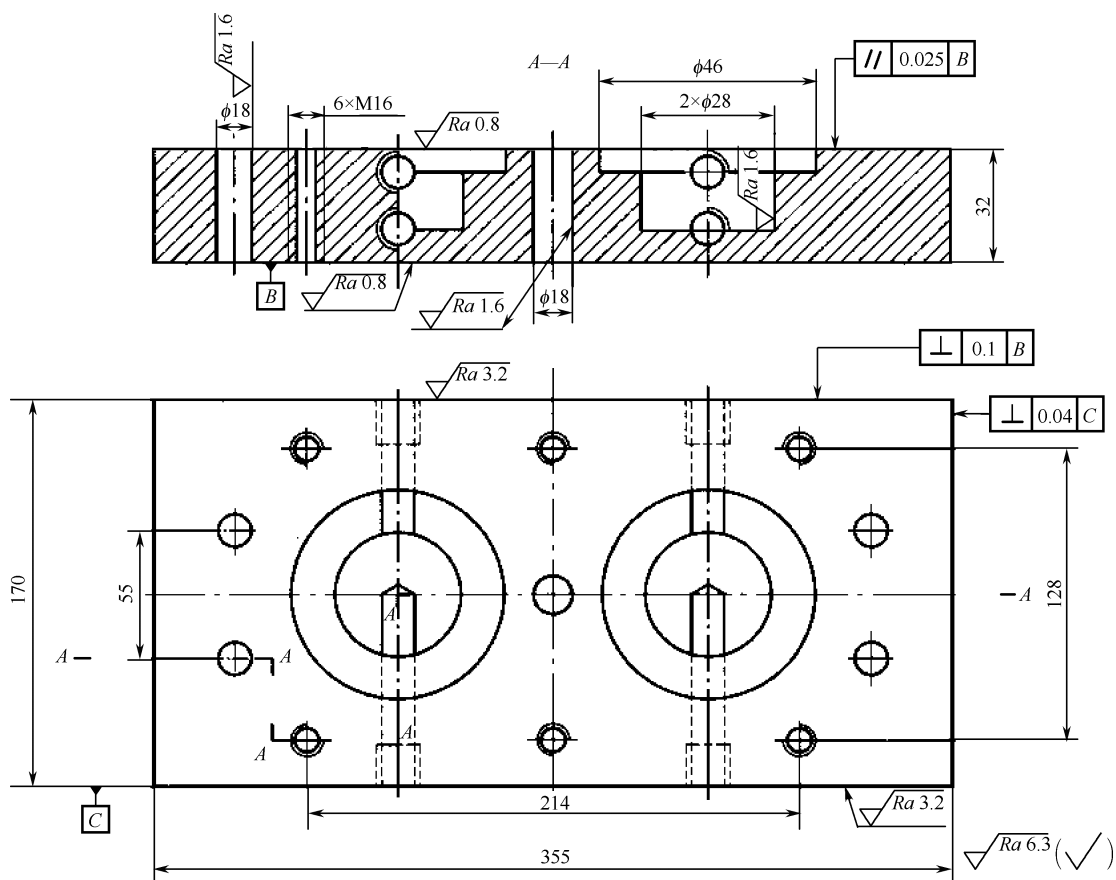


图 4-216 动模支承板零件图

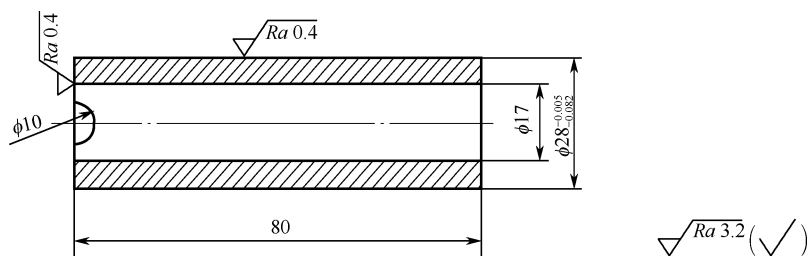


图 4-217 喷水管零件图



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计

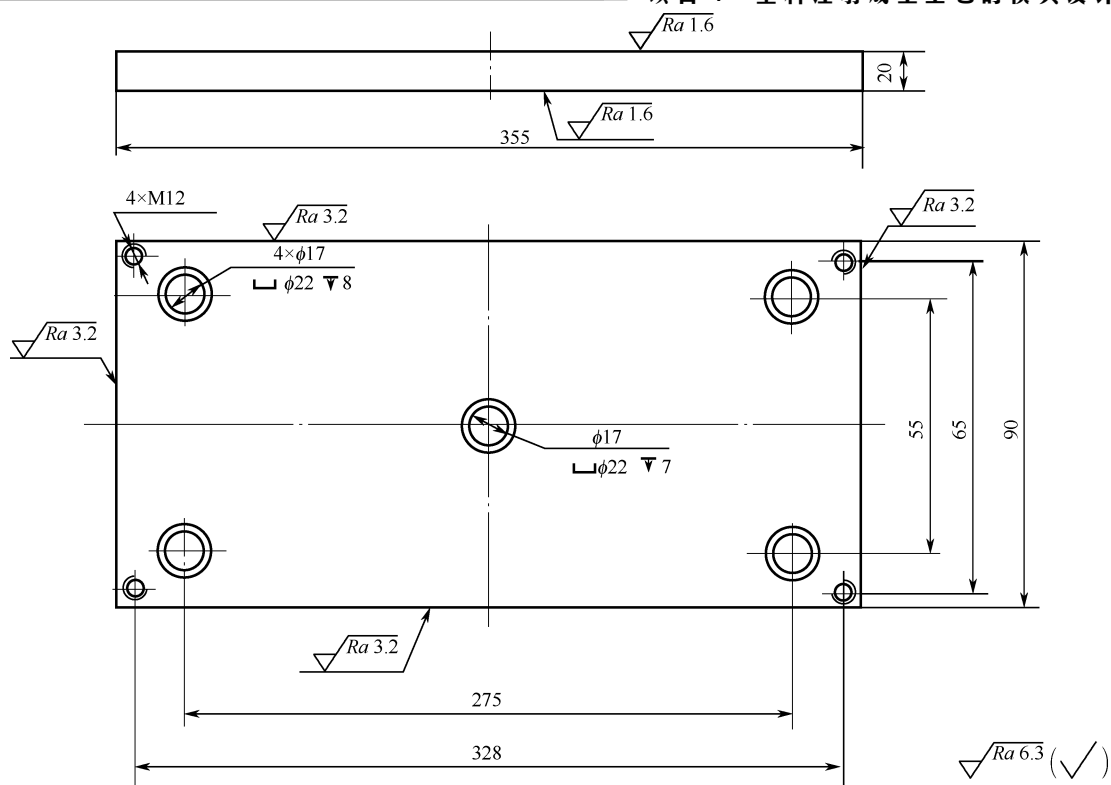


图 4-218 推杆固定板零件图

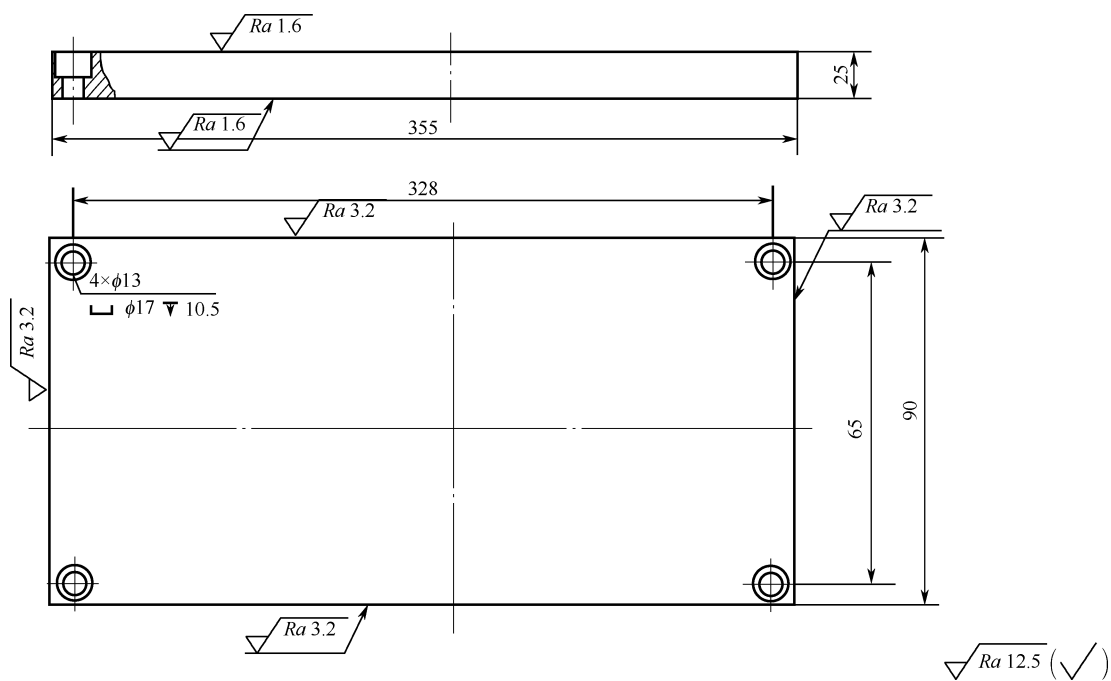


图 4-219 推板零件图

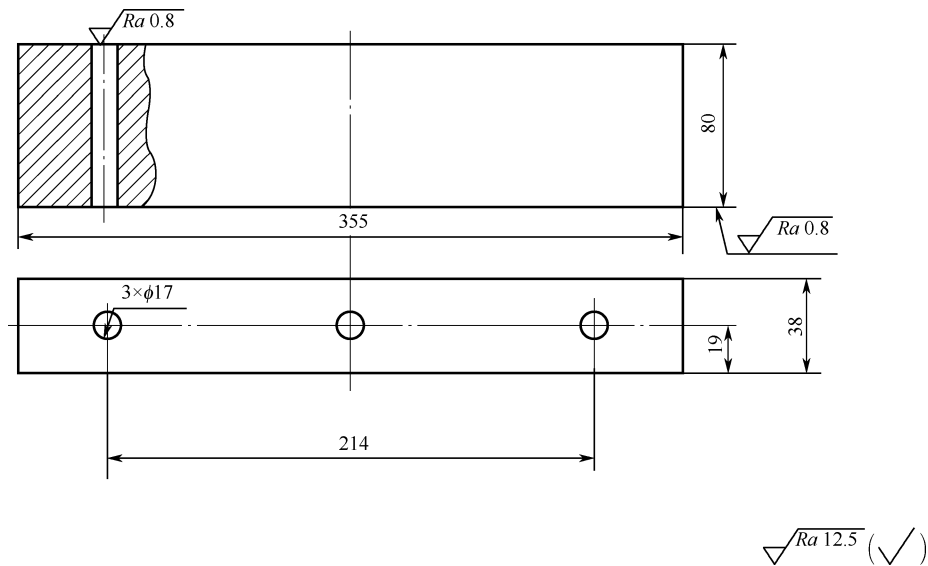


图 4-220 垫块零件图

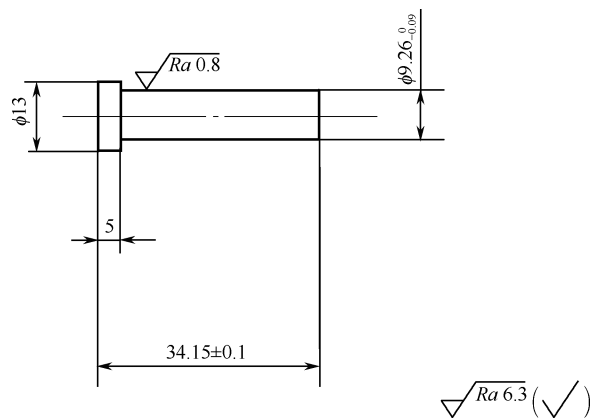


图 4-221 小型芯零件图

待全部设计完成后，还要对模具装配图、零件图进行全面审查，找出存在问题，进行补充完善。

2. 塑料防护罩装配图的绘制及模具材料的选用

1) 防护罩模具总装图

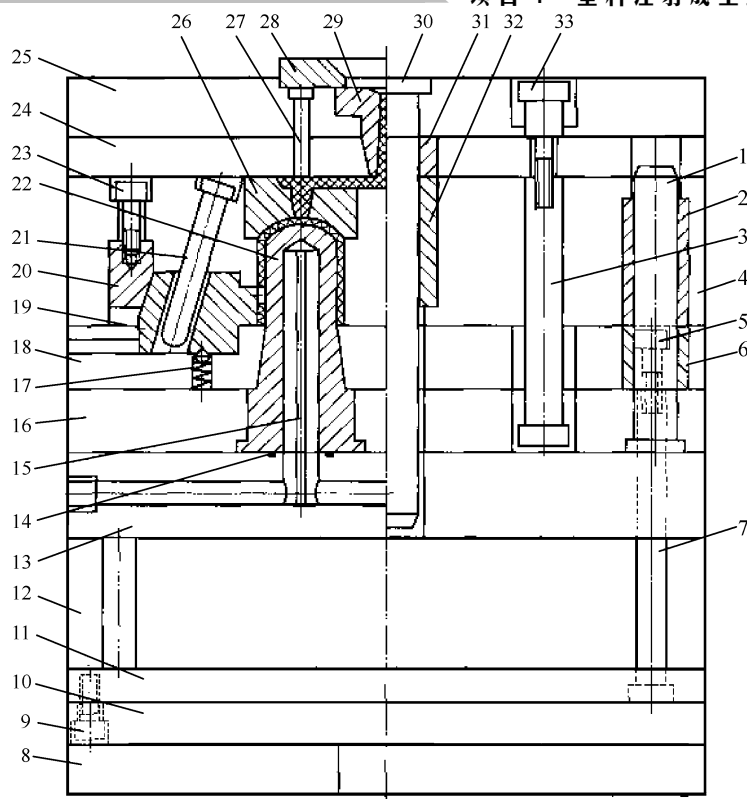
图 4-222 所示为防护罩模具的总体装配图。

2) 防护罩模具零件图

请查看图 4-223 定模板（中间板）、图 4-224 动模板（型芯固定板）。



项目4 塑料注射成型工艺的模具设计



- 1—导柱；2—导套；3—拉杆；4—定模板（中间板）；5、9、23—螺钉；6—导套；7—复位杆；8—动模座板；10—推板；
11—推杆固定板；12—垫块；13—支承板；14—密封圈；15—隔水板；16—动模板（型芯固定板）；17—定位珠；
18—推件板；19—侧滑块；20—压紧块；21—斜导柱；22—型芯；24—浇注系统凝料推出板；25—定模座板；
26—定模镶件；27—拉料杆；28—定位圈；29—浇口套；30—导柱；31、32—导套；33—限位螺钉

图 4-222 防护罩模具装配图

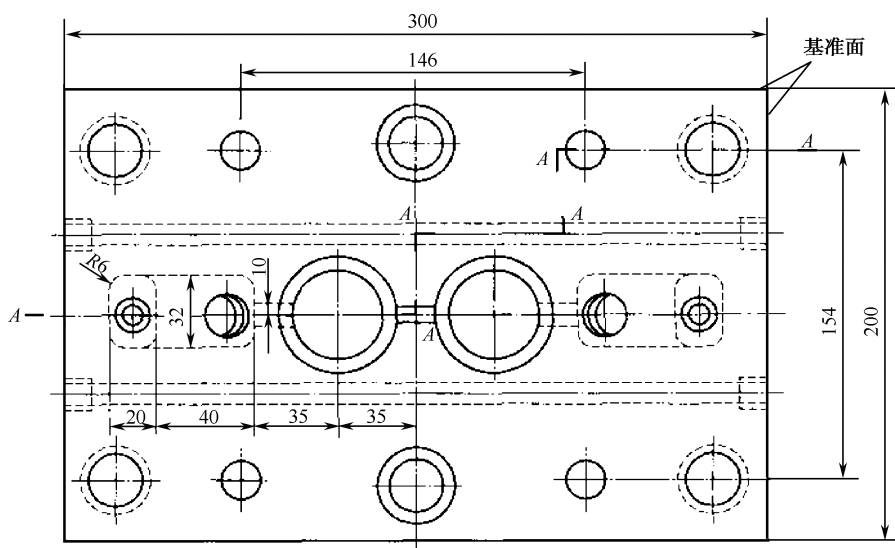


图 4-223 定模板（中间板）

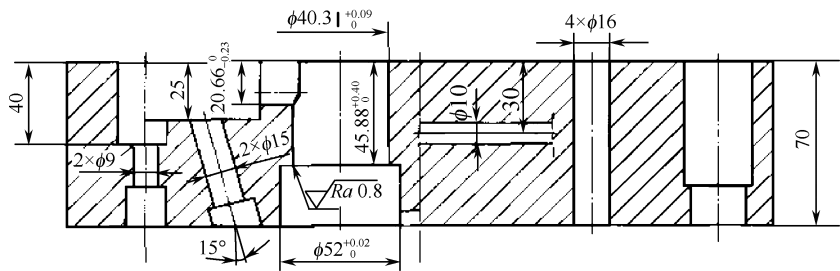


图 4-223 定模板（中间板）（续）

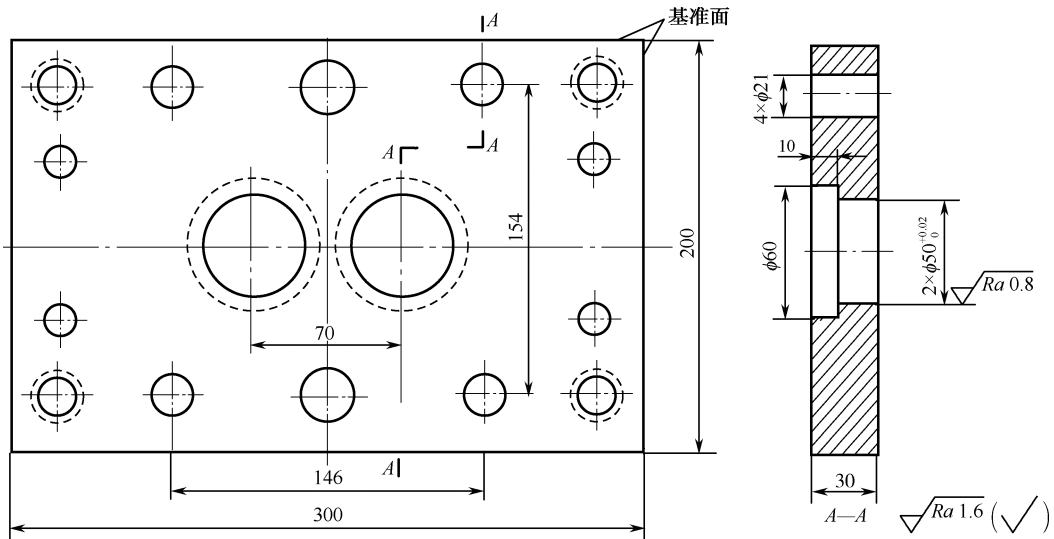


图 4-224 动模板（型芯固定板）

习题与思考 12

1. 在绘制模具总装配图时，应该注意哪些事项？
2. 塑料模具成型零件材料的选用有哪些要求？
3. 塑料模具的失效形式有哪些？



项目5

压缩与压注成型模具设计

相关知识点

- (1) 掌握热固性塑料成型原理和成型工艺方法;
- (2) 掌握热固性塑料成型工艺过程及特点;
- (3) 掌握热固性塑料成型模具的结构特点;
- (4) 掌握热固性塑料成型模具的设计要点。

相关技能点

- (1) 具备合理选用热固性塑料成型方法的能力;
- (2) 能够合理地编制热固性塑料成型工艺;
- (3) 能够正确计算压缩模具成型工作尺寸和加料室尺寸;
- (4) 能够正确选择压缩成型设备。

任务引入

塑料端盖压缩成型模具设计:

压缩成型就是将塑料原材料直接放在经过加热的模具加料室内,在压力机的作用下,不断给材料加热,熔融的塑料在压力作用下充满型腔,固化成型后得到塑件的一种成型方法。本项目将以塑料端盖为载体,综合训练学生确定压缩成型工艺和设计压缩成型模具的基本技能。塑料端盖(见图 5-1)为某企业中批量生产的部件,材料为热固性酚醛塑料(PF 木粉),精度等级为 MT 7 级,表面要求平整光滑,设计压缩模具一套。

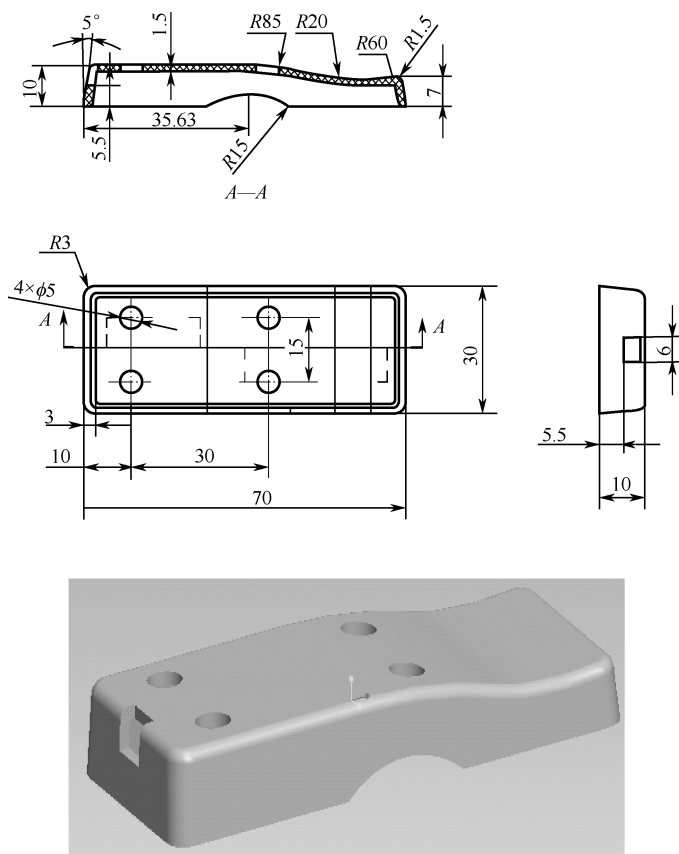


图 5-1 塑料端盖

任务 5.1 压缩成型工艺

压缩成型的工艺参数主要是指压缩成型压力、压缩成型温度和压缩时间。

1. 压缩成型压力

压缩成型压力是指压缩时压力机通过凸模对塑料熔体在充满型腔和固化时在分型面单位投影面积上施加的压力，简称成型压力。

施加成型压力的目的是促使物料流动充模，提高塑件的密度和内在质量，克服塑料在成型过程中的胀模力，使模具闭合，保证塑件具有稳定的尺寸、形状，减少飞边，防止变形，但过大的成型压力会降低模具寿命。

压缩成型压力的大小与塑料种类、塑件结构以及模具温度等因素有关，一般情况下，塑料的流动性愈小，塑件愈厚以及形状愈复杂，塑料固化速度和压缩比愈大，所需的成型压力亦愈大。常用热固性塑料的压缩成型压力见表 5-1。

2. 压缩成型温度

压缩成型温度是指压缩成型时所需的模具温度。显然，成型物料在模具温度作用下，



项目5 压缩与压注成型模具设计

必须经由玻璃态熔融成黏流态之后才能流动充模，最后还要经过交联反应才能固化定型为塑料制件，所以压缩过程中的模具温度对塑件成型过程和成型质量的影响，比注射成型显得更为重要。

压缩成型温度的高低影响模内塑料熔体的充模是否顺利，也影响成型时的硬化速度，进而影响塑件质量。随着温度的升高，塑料固体粉末逐渐熔融，黏度由大到小，开始交联反应，当其流动性随温度的升高而出现峰值时，迅速增大成型压力，使塑料在温度还不很高而流动性又较大时，充满型腔的各部分。在一定温度范围内，模具温度升高，成型周期缩短，生产效率提高。如果模具温度太高，将使树脂和有机物分解，塑件表面颜色就会变暗淡。由于塑件外层首先硬化，影响物料的流动，将引起充模不满，特别是压缩形状复杂、薄壁、深度大的塑件时最为明显。同时，由于水分和挥发物难以排除，塑件应力大，模具开启时，塑件易发生肿胀、开裂、翘曲等；如果模具温度过低，硬化周期过长，硬化不足，塑件表面将会无光，其物理性能和力学性能下降。常见热固性塑料的压缩成型温度见表 5-1。

表 5-1 热固性塑料的压缩成型温度和成型压力

塑 料 类 型	压缩成型温度/℃	压缩成型压力/MPa
酚醛塑料（PF）	146~180	7~42
三聚氰胺甲醛塑料（MF）	140~180	14~56
聚甲醛塑料（UF）	135~155	14~56
聚酯塑料（UP）	85~150	0.35~3.5
邻苯二甲酸二丙烯酯塑料（POPO）	120~160	3.5~14
环氧树脂塑料（EP）	145~200	0.7~14
有机硅塑料（DSMC）	150~190	7~56

3. 压缩时间

热固性塑料压缩成型时，在一定温度和压力下保持一段时间，才能使其充分地交联固化，成为性能优良的塑件，这段时间称为压缩时间。压缩时间与塑料的种类（树脂种类、挥发物含量等）、塑件形状、压缩成型的工艺条件（温度、压力）以及操作步骤（是否排气、预压、预热）等有关。压缩成型温度升高，塑料固化速度加快，所需压缩时间减少；压缩成型压力增大，压缩时间也会略有减少，但影响不及压缩成型温度那么明显。由于预热减少了塑料充模和开模时间，所以压缩时间比不预热时要短，通常压缩时间还会随塑件厚度的增加而增加。

压缩时间的长短对塑件的性能影响很大。压缩时间过短，塑料硬化不足，将使塑件的外观质量变差，力学性能下降，易变形。适当增加压缩时间，可以减小塑件收缩率，提高其耐热性能和其他物理、力学性能。但如果压缩时间过长，不仅降低生产率，而且会使树脂交联过度从而导致塑件收缩率增加，产生应力，塑件力学性能下降，严重时会使塑件破裂。一般的酚醛塑料，压缩时间为 1~2min，有机硅塑料达 2~7min。表 5-2 列出了部分热固性塑料压缩成型的工艺参数。



表 5-2 部分热固性塑料压缩成型的工艺参数

塑 料 类 型	酚 醛 塑 料			氨 基 塑 料
	一般工业用 ¹	高电绝缘用 ²	耐高频电绝缘用 ³	
压缩成型温度/℃	150~165	150~170	180~190	145~155
压缩成型压力/MPa	25~35	25~35	>30	25~35
压缩时间/(min·mm ⁻¹)	0.8~1.2	1.5~2.5	2.5	0.7~1.0
注：1. 以苯酚-甲醛线型树脂和粉末为基础的压缩粉。 2. 以甲酚-甲醛可溶性树脂的粉末为基础的压缩粉。 3. 以苯酚-苯胺-甲醛树脂和无机矿物为基础的压缩粉。				

任务 5.2 压缩模具的分类

压缩模的分类方法很多，可根据模具在压力机上的固定方式分类，也可根据压缩模的上、下模配合结构特征分类，还可以按型腔数目多少、分型面特征、制品推出方式等方式分类。具体如图 5-2 所示。

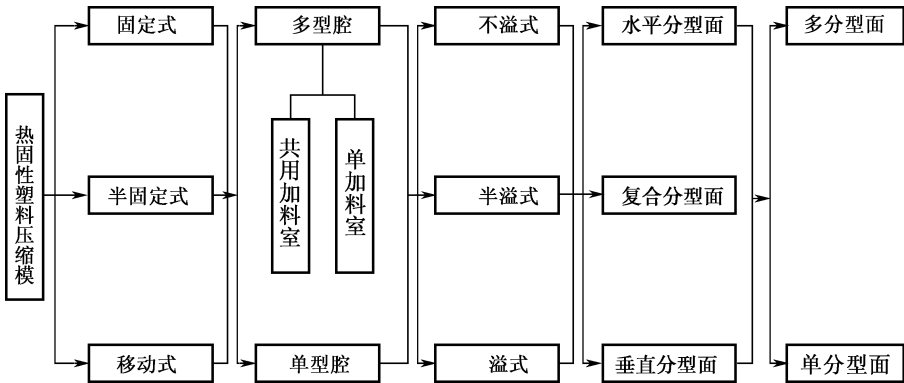


图 5-2 压缩模分类

1. 按模具在压力机上的固定方式分类

1) 移动式压缩模

如图 5-3 所示，这种类型压缩模的特点是：模具不固定在压力机上，成型后移出压力机，用卸模工具（如卸模架）开模，然后取出塑件。这种类型的模具劳动强度大，易损坏，质量不宜超过 20kg。但该类型的模具结构简单，制造周期短。适用于批量不大的小型塑料制品，以及形状复杂、嵌件较多、加料困难、带螺纹的塑料制品。

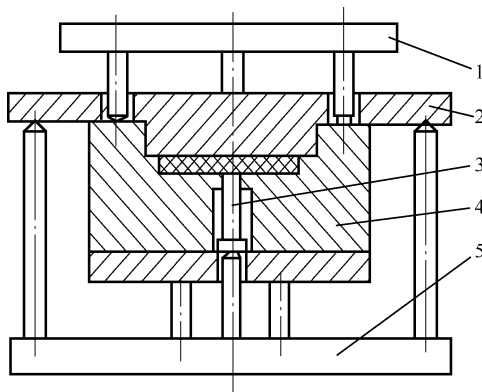
2) 半固定式压缩模

如图 5-4 所示，这种类型压缩模的特点是：开、合模在机内进行，一般是将上模固定在压力机上，下模可沿导轨移动，用定位块定位。也可根据需要采用下模固定的形式，合模时靠导向装置导正定位。成型开模后移出下模或上模，用手工或卸模架取件。该结构便于安装嵌件和



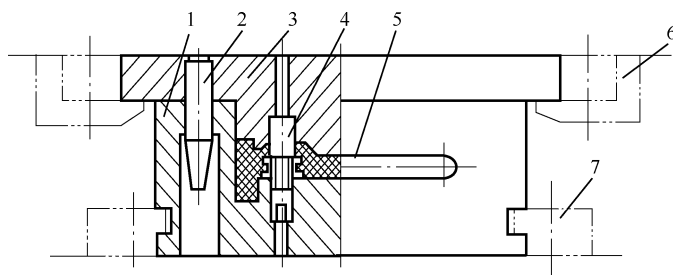
项目5 压缩与压注成型模具设计

加料，降低劳动强度，若移动式压缩模嵌件过多或过重，为便于操作，可采用此类模具。



1—上卸模架；2—凸模；3—推杆；4—凹模；5—下卸模架

图 5-3 移动式压缩模



1—凹模；2—导柱；3—凸模；4—型芯；5—手柄；6—压板；7—导轨

图 5-4 半固定式压缩模

3) 固定式压缩模

固定式压缩模上下都固定在压力机上，所有的工序都在压力机内完成，生产效率高，劳动强度小，操作简单，寿命长，但该类型的模具结构复杂，成本高，适合成型批量较大或尺寸较大的塑料制品。

2. 按上、下模配合结构特征分类

1) 溢式压缩模（敞开式压缩模）

如图 5-5 所示，这种类型的压缩模无加料腔，型腔的总高度 h 基本上就是塑料制品的高度，由于凸模和凹模无配合部分，完全靠导柱定位，所以制品的径向壁厚尺寸精度不高，而且压缩过剩时塑料极易溢出，宽度 b 的环形面积是挤压面合模时原料受压缩，合模到终点时挤压面完全闭合，因压制时压力机压力不能完全传给塑件，所以塑件的密度较小，而且其宽度较窄，可减少薄塑件制品的飞边。但如果模具闭合太快，会造成溢料增加，浪费原料，还会降低塑料制品的密度。相反，如果模具闭合太慢，由于塑料在挤压面迅速固化，又会造成飞边增厚。

由于该模具成型的制品飞边总是水平的（平行于挤压面），因此去除比较困难，去除后还会影响塑料制品的外观，这种模具不适用于压缩率较高的塑料，如带状、片状或纤维填料的塑料。



溢式压缩模的凸模和凹模完全靠导柱定位，没有其他的配合面，因此不适宜成型薄壁或壁厚均匀性要求较高的塑件。此外，溢式压缩模要求加料量大于塑料制品的质（重）量（在 5% 以内），故原料有一定的浪费。

溢式压缩模的特点是：结构简单，造价低，耐用，安装嵌件方便，塑件容易取出，特别是扁平制品，可以不设推出机构，由于没有加料腔，容易接近型腔底部，所以安装嵌件方便。

该类型模具适用于压制扁平的塑件，压制小批量或试制低精度和没有严格要求的塑件，如纽扣、装饰品等。

2) 半溢式压缩模（半封闭式压缩模）

如图 5-6 所示，该类型模具的特点是加料腔也是型腔的延续，其尺寸大于型腔的尺寸，凸模和加料腔成间隙配合。在加料腔与型腔分界处形成挤压面（环形），其宽度为 4~5mm，并带有溢料槽，凸模下压到与挤压面接触为止。在每一个压制过程中，过剩的原料通过配合间隙或者在凸模上开设专用的溢料槽排出，溢料的速度可通过间隙的大小和溢料槽的多少进行调节，其塑件制品的致密度比溢式压缩模的好。

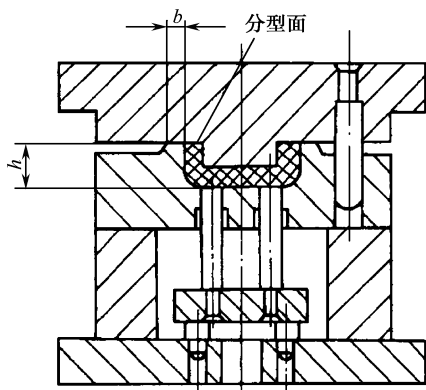


图 5-5 溢式压缩模

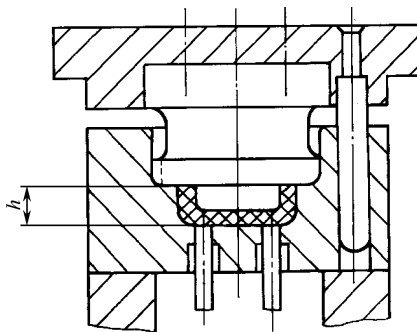


图 5-6 半溢式压缩模

该类型模具操作方便，加料时只需简单地按体积计算，而塑料制品的高度尺寸由型腔高度 h 决定，可得到高度基本一致的制品。

此外，由于加料腔的截面尺寸比塑料制品大，凸模不沿着模具型腔摩擦，不会划伤型腔表面，推出时也不会损伤塑料制品外表面。当塑件轮廓形状复杂时，可以将凸模与加料腔配合面形状简化，如采用圆形、方形、矩形等，以便于加工。

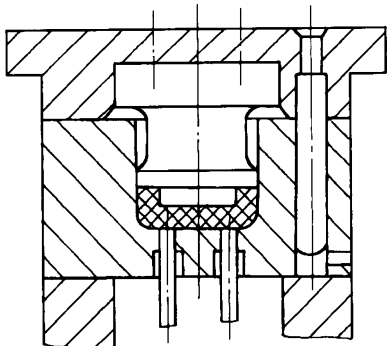


图 5-7 不溢式压缩模

由于这种压缩模具有以上优点，因而使用较为广泛。适用于成型流动性较好的塑料及形状复杂的、带有小型嵌件的塑件。但半溢式压缩模由于有挤压边缘，不适于压制以布片或长纤维做填料的塑料。若压制流动性差的塑料，必须提高单位压力。

3) 不溢式压缩模（封闭式压缩模）

如图 5-7 所示，不溢式压缩模的加料腔是型腔的上部截面的延续，而且凸模与加料腔具有较高精度的间隙配合，故塑件径向壁厚尺寸精度较高。理论上压力机所施的压力将全部作用于塑件上，几乎没有塑料溢



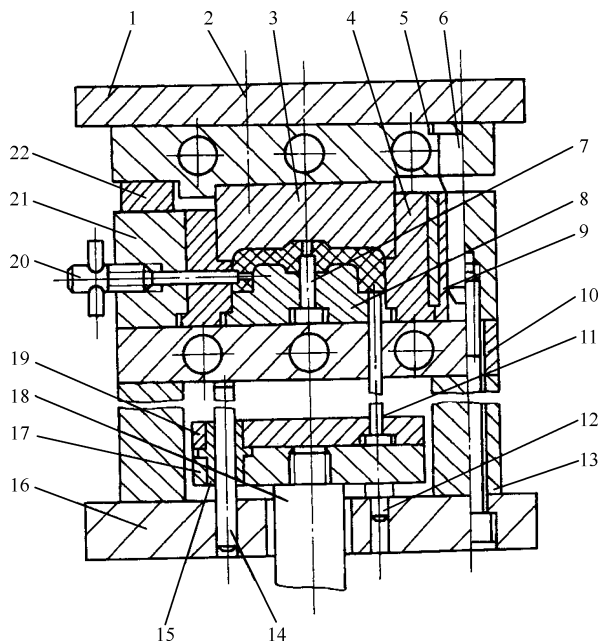
出，飞边少，而且飞边成垂直方向，便于清除。凸模与凹模配合的高度不宜过大，不配合的部分可以像图中那样将凸模上部截面尺寸减小，也可将凸模对应部分尺寸逐渐增大形成锥面。

不溢式压缩模的最大特点是塑件承受压力大，溢料量极少，密实性好，机械强度高，适用于压制形状复杂、薄壁、长流程和深形塑件，以及流动性差、单位压力高、表观密度小的塑料，如以棉布、玻璃布或长纤维做填料的塑料压缩成型。

不溢式压缩模的缺点是：由于塑料溢出量极少，加料量多少直接影响塑料制品的高度尺寸，所以每次加料都必须准确称量。流动性好，容易按体积计算的塑料一般不采用不溢式压缩模。此外，凸模与加料腔内壁有摩擦，不可避免地要损伤加料腔内壁，而且加料腔断面尺寸与型腔断面尺寸相同，在推出时带有划伤痕迹的加料腔会损伤制品外表面。不溢式压缩模必须设推出装置，否则塑件很难取出。这种压缩模一般为单型腔，因为采用多型腔如果加料不均衡，会造成各型腔压力不等，引起一些制品欠压。

任务 5.3 压缩模具的结构

典型的压缩模结构如图 5-8 所示。一般情况下，该模具可分为装于压力机上压板的上模和装于下压板的下模两大部分。这两大部分靠导柱导套导向。开模时，上模部分上移，凹模 3 脱离下模一段距离，以手工将侧型芯 20 抽出，推板 17 推动推杆 11 将塑料制品推出。上下模闭合构成型腔，塑料在受热受压作用下，成为熔融态充满整个型腔，但塑件固化成型后，上下模打开，利用顶出机构顶出塑件，取出塑件，依次循环，进行压缩模塑成型。



1—上模座板；2—螺钉；3—凹模；4—凹模镶件；5、10—加热板；6—导柱；7—型芯；8—凸模；9—导套；11—推杆；12—挡钉；13—垫块；14—推板导柱；15—推板导套；16—下模座板；17—推板；18—压力机顶杆；19—推杆固定板；20—侧型芯；21—凹模固定板；22—承压板

图 5-8 典型压缩模结构



塑料件成型工艺拟定与模具设计

压缩模按构成零件的作用不同，可分为以下几个部分：

1. 成型零件

成型零件是直接成型塑料制品的零件，如图 5-8 所示的凹模 3、型芯 7、凸模 8、凹模镶件 4、侧型芯 20 等均为成型零件。

2. 加料腔

如图 5-8 中凹模 3 的上半部为加料腔，图中为凹模的断面尺寸扩大部分。由于塑料原料与制品相比密度较小，若单靠型腔往往无法容纳所有的原料，所以才在型腔上设一段加料腔。对于多型腔压缩模，其加料腔有两种结构形式，如图 5-9 所示，一种是每个型腔都有自己的加料腔，而且彼此分开，如图 5-9 (a)，(b) 所示，另一种结构形式是多个型腔共用一个加料腔，如图 5-9 (c) 所示。

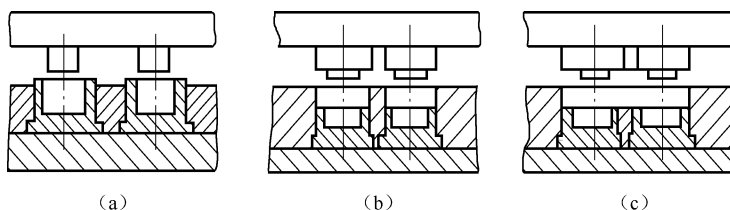


图 5-9 多型腔模及其加料腔

3. 导向机构

图 5-8 中由布置在模具上模四周的四根导柱 6 和下模的导套 9 组成模具的导向机构。主要是用来保证上下模合模的对中性。为保证推出机构水平运动，该模具的下模座板上还设有两根推板导柱 14，在推板 17 和推杆固定板 19 上装有推板导套 15。

4. 侧向分型抽芯机构

当压制带有侧孔和侧凹的塑件时，模具必须设有相应的侧向分型抽芯机构，以便塑件脱出。图 5-8 所示塑件带有侧孔，在顶出前用手转动丝杠抽出侧型芯 20。

5. 脱模机构

图 5-8 所示脱模机构由带肩推杆 11、推板 17 及压力机顶杆 18、推杆固定板 19 组成，主要起脱卸塑件作用。

6. 加热系统

热固性塑料成型需要在较高的温度下进行，因此，模具必须加热。常见的加热方法是电加热。图 5-8 中加热板 5、10 分别对凸模、凹模进行加热，加热板圆孔中插入电加热棒。压制热塑性塑料时，在型腔周围开设温度控制通道，在塑化和定型阶段，分别通入蒸汽进行加热或通入冷水进行冷却。

任务 5.4 压缩模具的设计

压缩模设计包括在模具内加压方向的选择，分型面位置的选择，确定凸、凹模配合的



结构形式，成型零件的设计，加料腔尺寸计算，脱模机构设计及侧向分型抽芯机构设计等内容。

5.4.1 塑件在模具内施压方向的选择

所谓施压方向，即凸模的轴线方向，在确定施压方向时要考虑下列因素。

1. 有利于传递压力

施压方向应避免加压过程中压力传递距离太长，以致压力损失太大。例如，圆筒形塑件一般顺着轴线加压，如图 5-10 (a) 所示。

当塑件过长时，塑件中部疏松。这时可将塑件横放，采用横向加压的方法，如图 5-10 (b) 所示。

2. 便于加料

如图 5-11 所示，为同一塑件的两种加压方法。图 5-11 (a) 中加料腔直径大而浅，便于加料；图 5-11 (b) 中加料腔直径小而深，不便加料。

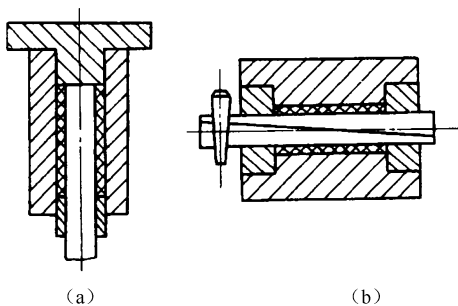


图 5-10 有利于传递压力的施压方向

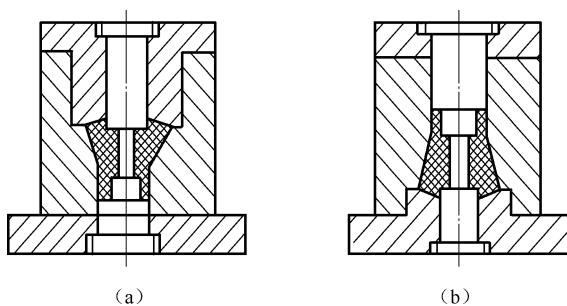


图 5-11 便于加料的施压方向

3. 便于安装和固定嵌件

嵌件应优先考虑安装在下模上。如图 5-12 (a) 所示，因为嵌件安装在上模上，既不方便，也可能因嵌件安装不牢靠而落下，导致模具损坏。如图 5-12 (b) 所示，不但操作方便，而且可利用嵌件顶出塑件，在塑件上不留下任何影响外观的顶出痕迹。

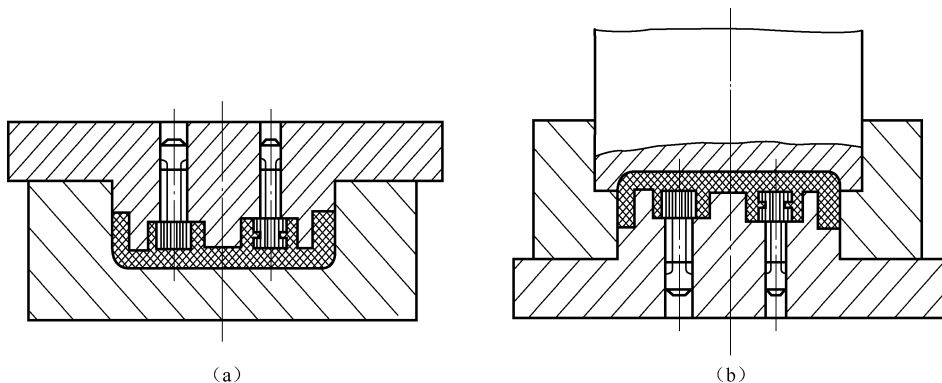


图 5-12 便于安装嵌件的加压方向



4. 保证凸模的强度

有的塑件无论从正面或反面都可以成型，但加压的上凸模受力较大，故上凸模的形状越简单越好。如图 5-13 (a) 所示的凸模作为加压的上凸模比图 5-13 (b) 中的好。

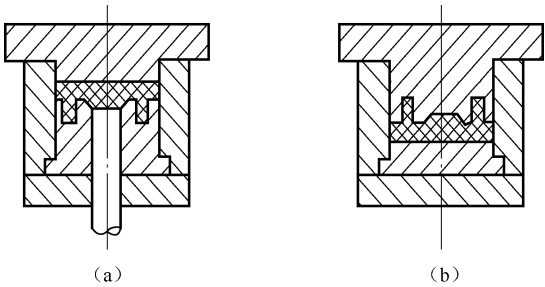


图 5-13 有利于加强凸模强度的加压方向

5. 应便于塑料流动

要使塑料流动，加压时应使料流方向与加压方向一致，如图 5-13 (a) 所示。

6. 便于保证重要尺寸精度

沿加压方向的塑料制品的高度尺寸会因飞边厚度不同和加料量不同而变化（特别是不溢式压缩模），故精度要求很高的尺寸不宜设计在加压方向上。

5.4.2 凸模和凹模配合的结构形式

1. 凸模和凹模组成部分及其作用

如图 5-14、图 5-15 所示分别为不溢式压缩模及半溢式压缩模的常用组合形式。其各部分的作用和参数如下：

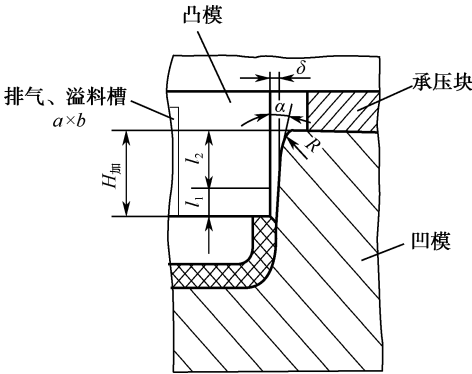


图 5-14 不溢式压缩模常用组合形式

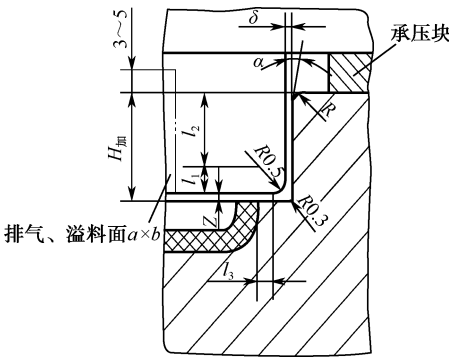


图 5-15 半溢式压缩模常用组合形式

1) 引导环 (l_2)

它的作用是导正凸模进入凹模。除加料腔很浅（小于 10mm）的凹模外，一般在加料腔上部设一段长为 l_2 的引导环。引导环都有一斜角 α ，并有圆角 R ，以便引入凸模，减小凸、凹模侧壁摩擦，延长模具寿命，避免推出制品时损伤其表面，并有利于排气。



2) 配合环 (l_1)

它是与凸模配合的部位, 保证凸、凹模正确定位, 阻止溢料, 通畅地排气。

凸、凹模的配合间隙 δ 以不产生溢料和不擦伤模壁为原则, 一般取其单边间隙为 $0.025\sim 0.075\text{mm}$ 。也可采用配合公差控制, 移动式压缩模的凸、凹模经热处理的采用 H8/f7 配合; 未经热处理以及配合部分形状复杂的或固定的半溢式和不溢式结构的模具, 均采用 H9/f9 配合。

配合环的长度, 移动式压缩模取 $l_1=4\sim 6\text{mm}$; 固定式压模, 当加料腔高度 $H_{\text{加}}$ 大于或等于 30mm 时, 取 $l_1=8\sim 10\text{mm}$ 。同时配合长度还应考虑凸、凹模的配合间隙, 间隙小时取小值, 间隙大时取大值。

3) 挤压环 (l_3)

其作用是在半溢式压缩模中限制凸模的位置, 并保证最薄的水平飞边。挤压环 l_3 值按塑件大小及模具用钢而定。一般中小型塑件, 模具钢材较好时, 可取 $l_3=2\sim 4\text{mm}$; 大型模具, 可取 $l_3=3\sim 5\text{mm}$ 。采用挤压环时, 凸模端部设 $R=0.5\text{mm}$ 的圆角, 凹模底部设 $R=0.3\text{mm}$ 的圆角, 既可以增强模具强度, 防止损坏模具, 又便于清理废料。

改进的挤压环形式如图 5-16 (a), (b) 所示。

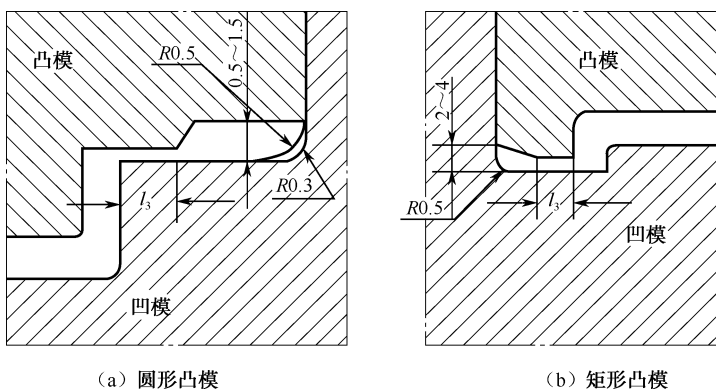


图 5-16 改进型挤压环

4) 储料槽 (Z)

其作用是供排出余料, 凸、凹模配合后留有高度为 Z 的小空间以储存排出的余料, 若 Z 过大, 易发生塑件缺料或压制不密实, 过小则影响制品精度及飞边增厚。

5) 排气溢料槽

为了减少飞边, 保证塑件精度及质量, 成型时必须将产生的气体及余料排出模外。一般可通过压制过程中设置排气操作或利用凸、凹模配合间隙排气。但当压制形状复杂的制品及流动性较差的纤维填料时, 应在凸模上选择适当位置开设排气溢料槽。槽的位置及尺寸要适当, 否则会产生缺料、压制不密实等缺陷。一般可按试模情况确定是否开设排气溢料槽及其尺寸。如图 5-17 所示, 图 5-17 (a), (b) 所示为移动半溢料式压缩模排气溢料槽; 图 5-17 (c) ~ (f) 所示为固定半溢式压缩模排气溢料槽。

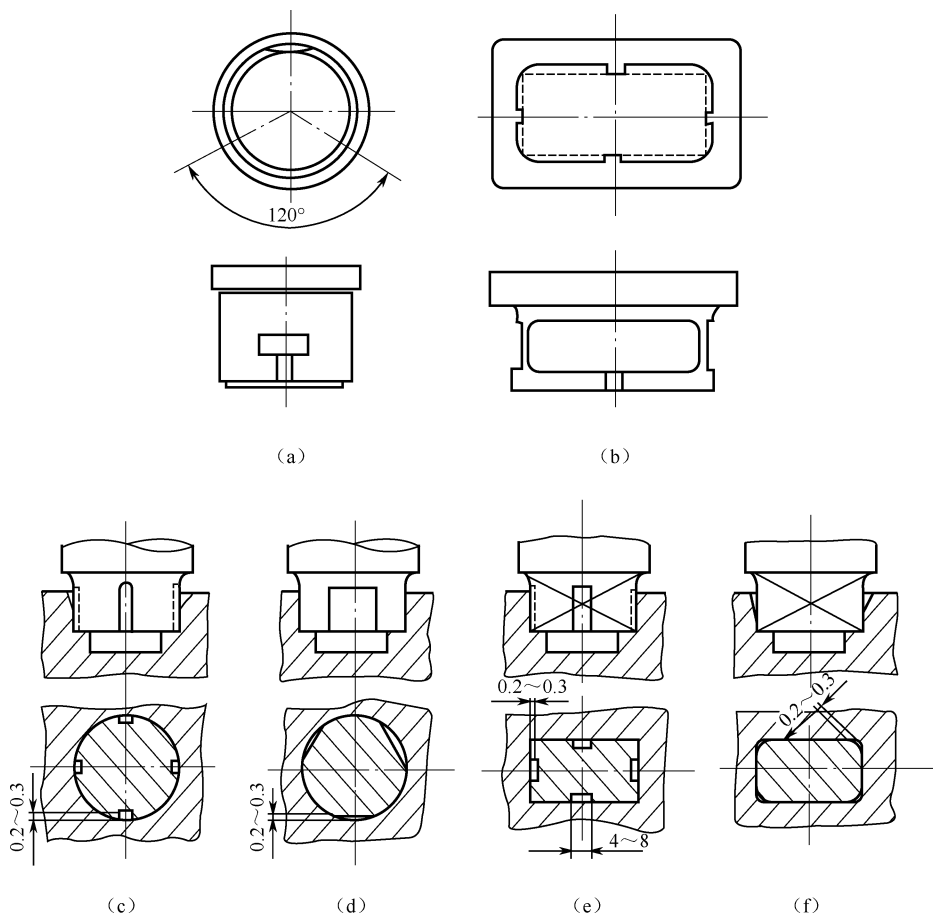


图 5-17 排气溢料槽

6) 承压面（块）

为了保证凸模进入凹模的深度，使凹模不至受挤压或损坏，故设置承压面（块），其作用是减轻挤压环的载荷，延长模具使用寿命。

7) 加料腔

加料腔主要用于装塑料之用，其容积应保证装入压制塑料制品所有的塑料后，还留有 5~10mm 深的空间，以防止塑料溢出模外。加料腔可以是型腔的延伸，也可以根据具体情况按型腔形状扩大成圆形、矩形等。

2. 凸模与凹模配合的结构形式

压缩模凸、凹模配合的形式和尺寸是压缩模设计的关键。其种类根据压缩模的种类不同而不同。

1) 溢式压缩模的凸模与凹模的配合

如图 5-18 所示，溢式压缩模没有加料腔，凸模和凹模在分型面水平接触，为了减少溢料量和降低飞边的厚度，凸模与凹模的接触面应光滑平整，面积不宜太大，一般设计成 3~5mm 的环形面，过剩料可通过环形面溢出。



2) 不溢式压缩模的凸模与凹模的配合

如图 5-19 所示, 加料腔是型腔的延续部分, 两者的截面尺寸相同, 二者之间不存在挤压面。其配合间隙不宜过大, 否则会造成严重的溢料, 不但影响制品的质量, 而且飞边难以去除。反之, 配合间隙也不宜过小, 否则压制时型腔内的气体无法通畅地排出, 且模具在高温条件下工作, 间隙过小, 极易擦伤凸、凹模。

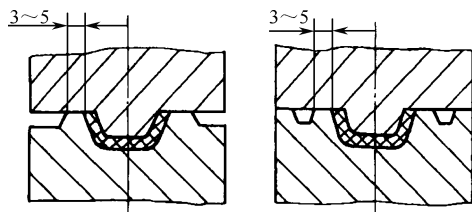


图 5-18 溢式压缩模型腔配合形式

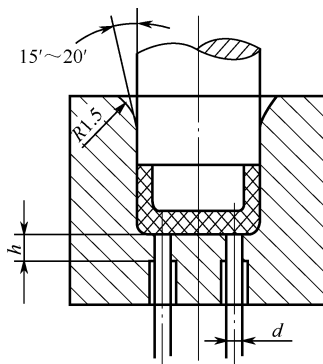


图 5-19 不溢式压缩模型腔配合形式

固定式模具的推杆或移动式模具的活动小凸模与对应孔之间的配合不宜过大, 其有效配合长度 h 可按表 5-3 选取。推杆或活动小凸模与对应孔之间的配合可以取 H8/f8 配合, 孔的下段不配合部分可加大孔径, 或将该段做成 $4^\circ \sim 5^\circ$ 的锥孔。

表 5-3 顶杆或凸模直径与配合高度的关系

顶杆或下凸模直径 d/mm	<5	$>5 \sim 10$	$>10 \sim 50$	>50
配合长度 h/mm	4	6	8	10

不溢式压缩模凸模与凹模配合的最大缺点是凸模与加料腔侧壁有摩擦, 不但会造成制品脱模困难, 而且制品的外表面也会粗糙因为加料腔侧壁损伤。因此可采用以下的方法改进, 如图 5-20 所示。

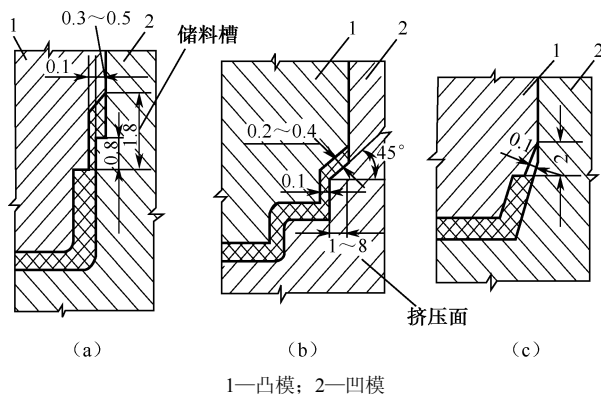


图 5-20 不溢式压缩模的改进配合形式

图 5-20 (a) 所示的结构, 适用于型腔较深, 引导环高度 l_2 大于 10mm 的情况。该型



塑料件成型工艺拟定与模具设计

腔延长 0.8mm 后，每边向外扩大 0.3~0.5mm 与 l_1 形成空间，以减小脱模时塑件与加料腔侧壁的摩擦。设计时，凹模上的 0.8mm 和凸模上的 1.8mm 可视情况适当增减，但不宜变动太大。

图 5-20 (b) 所示的结构，适用于形状复杂，型腔较高的模具。当挤压面太小时，加工困难， α 角可取 $20^\circ \sim 35^\circ$ ，一般情况取 45° 。

图 5-20 (c) 所示的结构，适用于压制带斜边的塑件。将型腔上端（加料腔）按塑件侧壁相同的斜度适当扩大，高度增加 2mm 左右，横向增加值由塑件壁斜度决定。结果在脱模时就不会再与加料腔侧壁摩擦。

3) 半溢式压缩模的凸模与凹模的配合

如图 5-21 所示，半溢式压缩模的最大特点是带有水平的挤压面。其宽度不宜太小，否则会导致凹模边缘向内倾斜，阻碍塑料制品顺利脱模。

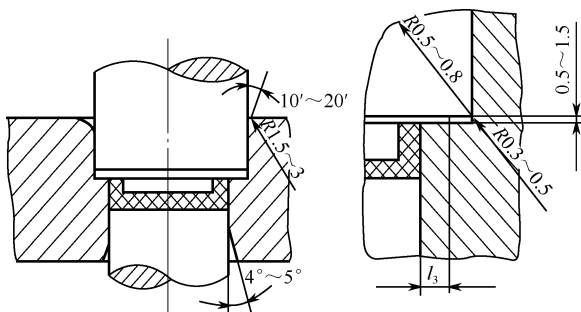


图 5-21 半溢式压缩模型腔配合形式

为了使压力机的余压不至全部由挤压面承受，一般还设有承压块。承压块一般只有几个小块，对称布置在加料腔平面上。其形状可分为圆形、矩形或弧形，如图 5-22 所示，承压块厚度一般为 5~10mm。

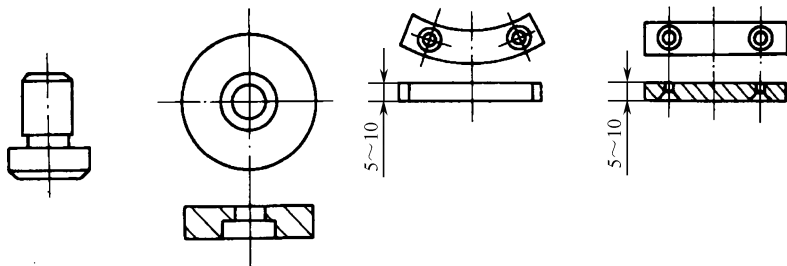


图 5-22 承压块

5.4.3 凹模加料腔的尺寸计算

压缩模凹模的加料腔是供装塑料原料用的。其容积必须足够大，以防止在压制时原料溢出模外。加料腔参数计算如下：

1. 塑料体积的计算

$$V_{\text{料}} = mv = V\rho v \quad (5-1)$$



项目5 压缩与压注成型模具设计

式中 $V_{\text{料}}$ ——塑料制品所需塑料原料的体积；

V ——塑料制品体积（包括溢料）；

v ——塑料的比体积，查表 5-4；

ρ ——塑料制品密度，查表 5-5；

m ——塑料制品质（重）量。

塑料体积也可按塑料原料在成型时的体积压缩比来计算：

$$V_{\text{料}} = VK \quad (5-2)$$

式中 $V_{\text{料}}$ ——塑料制品所需塑料原料的体积；

V ——塑料制品体积（包括溢料）；

K ——塑料压缩比，查表 5-5。

表 5-4 各种压制用塑料的比体积

塑 料 种 类	比体积 $v / (\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1})$
酚醛塑料（粉状）	1.8~2.8
氨基塑料（粉状）	2.5~3.0
碎布塑料（片状料）	3.0~6.0

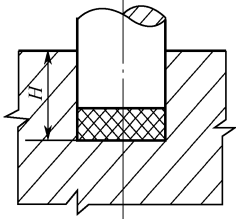
表 5-5 常用热固性塑料的密度和压缩比

塑 料		密度 $\rho / (\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	压缩比 K
酚醛塑料	木粉填充	1.34~1.45	2.5~3.5
	石棉填充	1.45~2.00	2.5~3.5
	云母填充	1.65~1.92	2~3
	碎布填充	1.36~1.43	5~7
脲醛塑料纸浆填充		1.47~1.52	3.5~4.5
三聚氰胺甲醛塑料	纸浆填充	1.45~1.52	3.5~4.5
	石棉填充	1.70~2.00	3.5~4.5
	碎布填充	1.5	6~10
	棉短线填充	1.5~1.55	4~7

2. 加料腔高度的计算

表 5-6 所示是各种典型的塑件成型的情况，其加料腔的高度可分别按表中公式计算。

表 5-6 加料腔高度计算

结 构 形 式	简 图	公 式	符 号 说 明
不溢式压缩模 加料腔		$H = \frac{V}{A} + (0.5 \sim 1.0)$	V ——塑料体积 (cm^3)； A ——加料腔的截面积 (cm^2)； 0.5~1.0——修正量 (cm)



续表

结构形式	简图	公式	符号说明
杯形塑件加料腔		压制薄壁深度大的杯形塑件时, 加料腔高度 H 可采用塑件高度加 $1\sim 2\text{cm}$, 即 $H=h+(1\sim 2)$	h ——塑件高度 (cm)
不溢式压缩模加料腔		$H = \frac{V + V_1}{A} + (0.5 \sim 1.0)$	V ——塑料体积 (cm^3); V_1 ——下凸模凸出 AB 线部分的体积 (cm^3); A ——加料腔的截面积 (cm^2)
半溢式压缩模加料腔		$H = \frac{V + V_0}{A} + (0.5 \sim 1.0)$	V ——塑料体积 (cm^3); V_0 —— AB 线以下型腔体积 (cm^3); A —— AB 线以上加料腔的截面积 (cm^2)
上下模同时成型塑件的加料腔		$H = \frac{V - (V_a + V_b)}{A} + (0.5 \sim 1.0)$	V ——塑料体积 (cm^3); V_a ——塑料在 AB 线以下部分的体积 (cm^3); V_b ——塑料在 AB 线以上部分的体积 (cm^3), 此值使合模前 H 值的修正量变小, 不便操作, 故实际使用可不减 V_b 值; A —— AB 线以上的加料腔的截面积 (cm^2)
带中心导柱的半溢式压缩模加料腔		$H = \frac{V - (V_a + V_b) + V_c}{A} + (0.5 \sim 1.0)$	V ——塑料体积 (cm^3); V_a ——塑料在 AB 线以下部分的体积 (cm^3); V_b ——塑料在 AB 线以上部分的体积 (实际使用可不减 V_b 值) (cm^3); V_c ——型芯在 AB 线上的体积 (直径小时可忽略) (cm^3)



续表

结构形式	简图	公式	符号说明
半溢式压缩模 多腔压制的加料腔		$H = \frac{(V - V_b)n}{A} + (0.5 \sim 1.0)$	<p>V——单个型腔所用塑粉的体积 (cm^3);</p> <p>V_b——AB 线以下单个塑件体积 (cm^3);</p> <p>n——在总加料室内成型塑件数量;</p> <p>A——AB 线以上加料腔的截面积 (cm^2)</p>

注：1. 上述计算适用于粉状塑料，对片状压缩料则 H 值可减小 1/2，若用于压锭、多次加料及预成型方法，则可大大减小 H 值。

2. 为防止加料时塑料溢出，故 H 值宜加 0.5~1.0cm 的修正量，当凸模有凸起的成型部分时宜取 1.0cm。

5.4.4 压缩模脱模机构的设计

在完成每一次压缩成型后，为了进行下一次成型，必须要把制品从模具的型腔中脱出，完成这种功能的机构称为脱模机构。设计脱模机构时要充分考虑制品的形状和所选用的压力机类型。

根据塑料制品脱模的动力来源可分为手动、机动和气动等类型。

1. 常见的脱模机构种类

1) 移动式、半固定式模具的脱模机构

(1) 卸模架：塑料制品成型后移出压缩模并放在卸模架上，以人工撞击或把压缩模和斜模架一起再推入压力机内加压脱模。

(2) 机外脱模装置：该装置是安装在压力机前面的一种通用的脱模机构。主要用于移动式或半固定式压缩模，以减少工人体力劳动，常见的形式有液压和机械等类型。

2) 固定式模具的脱模机构

(1) 下推出机构：下推出机构包括推杆推出机构、推管推出机构、推件板推出机构和二级推出机构等类型。

(2) 上推出机构：开模后，如果塑料制品留在上模上，则必须设置上推出机构。有些塑料制品脱模后既有可能留在上模，也有可能留在下模，所以除了设计下推出机构外，还需设计上推出机构。主要类型有推件板定距推出机构、杠杆手柄推出机构、上套筒定距推出机构等类型。

2. 固定式压缩模的推出机构

常见的固定式压缩模的推出机构有以下几种：

1) 推杆推出机构

因为热固性塑料具有很好的刚性，所以推杆推出机构是一种非常常用的推出机构。如图 5-23 所示，在选择推出机构的位置时，应注意塑料制品的外观和安装基面，如果推杆设置在塑料制品的安装基准面，则应深入 0.1mm 左右。



这种结构适用于推杆直径 $d \leq 8\text{mm}$ 的中、小型固定式压缩模。为防止模具受热膨胀卡死推杆，采用推杆能够自由调整中心的结构，为此，推杆与固定孔之间应留 $0.5 \sim 1.0\text{mm}$ 的间隙。

图 5-24 所示为常用推杆固定方法及配合。

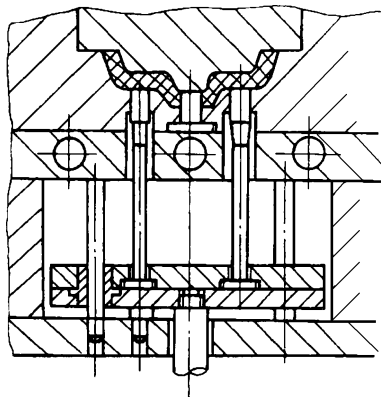


图 5-23 推杆推出机构

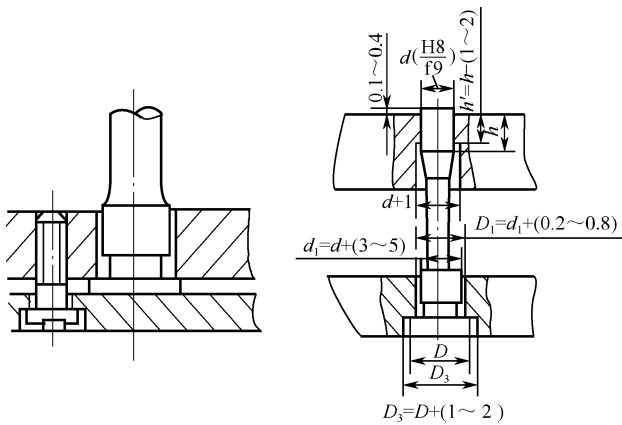


图 5-24 常用推杆固定方法及配合

2) 推管推出机构

对于空心薄壁压缩塑料制品，常采用这种结构，其特点是受力均匀，运动平稳可靠，如图 5-25 所示。

3) 推件板推出机构

对于薄壁管型、壳体塑料制品和一些小直径窄长塑料制品等不宜设置推杆或推管机构的，可采用推件板推出机构。如图 5-26 所示，该机构推出平稳，推出力均匀，推出面积大，塑料制品不易变形。

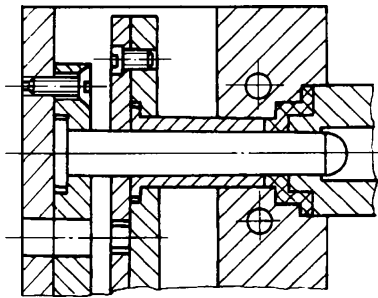


图 5-25 推管推出机构

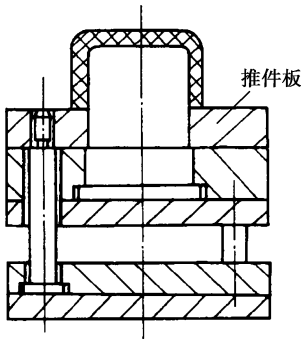


图 5-26 推件板推出机构

4) 其他脱模机构

固定式压缩模的脱模机构除了上述三种以外，还有一些其他形式，例如图 5-27 所示的凹模推出机构，图 5-28 所示的二级推出机构。

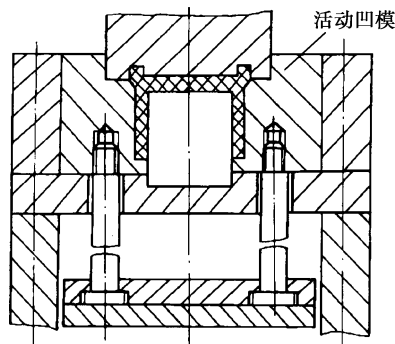
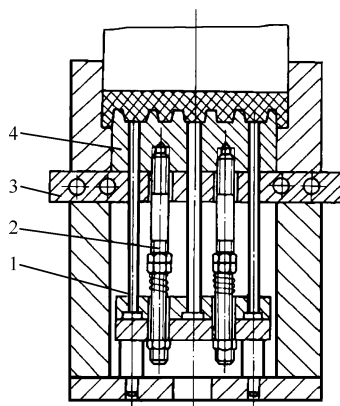


图 5-27 凹模推出机构



1—固定推杆；2—弹簧支承的推杆；3—加热板；4—活动下模

图 5-28 二级推出机构

3. 移动式压缩模脱模机构

移动式压缩模的脱模方式有撬棒脱模机构、撞击架脱模、卸模板脱模等。但普遍采用的是特制的卸模架，利用压力机的压力将模具分开并推出塑料制品。该脱模机构动作平稳，模具的使用寿命长。

常见的卸模架结构形式主要有以下几种：

(1) 如图 5-29 所示，为一个水平分型面的压缩模采用上、下卸模架进行脱模时所采用的结构。

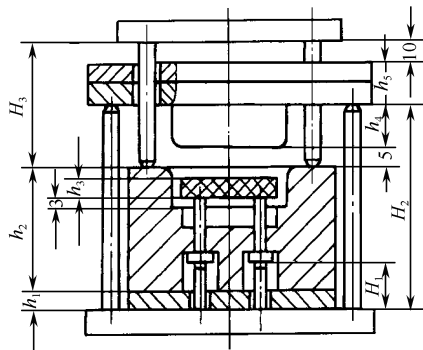


图 5-29 一个水平分型面压缩模的卸模架

下卸模架推出塑件的推杆长度 H_1 为

$$H_1 = h_1 + h_2 + 3 \text{ mm} \quad (5-3)$$

式中 h_1 ——下模垫板厚，mm；

h_2 ——塑件高度，mm。

下卸模架开模推杆长度 H_2 为

$$H_2 = h_1 + h_2 + h_4 + 5 \text{ mm} \quad (5-4)$$

式中 h_1 ——凹模高度，mm；

h_2 ——上模高度，mm。

下卸模架开模推杆长度 H_3 为



$$H_3=h_4+h_5+15\text{mm} \quad (5-5)$$

式中 h_5 ——上凸模底板厚度, mm。

(2) 两个水平分型面的移动式压缩模使用上、下卸模架脱模时, 所采用的结构如图 5-30 所示, 卸模时, 应将上凸模、下凸模、凹模三者分开, 然后从凹模中推出制品。

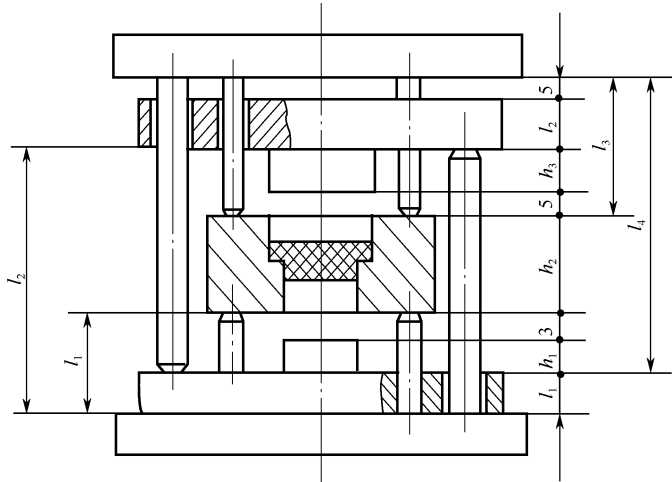


图 5-30 双分型面压缩模的卸模架

(3) 垂直分型面的压缩模采用上、下卸模架时, 其结构如图 5-31 所示。

用卸模架的移动式压缩模必须安装手柄, 以便操作者在卸模过程中搬动和翻转高温模具。手柄的形状应根据模具的重量决定。较轻的模具可安装用薄板弯制成的手柄, 或者采用棒状手柄, 如图 5-32、图 5-33 所示。

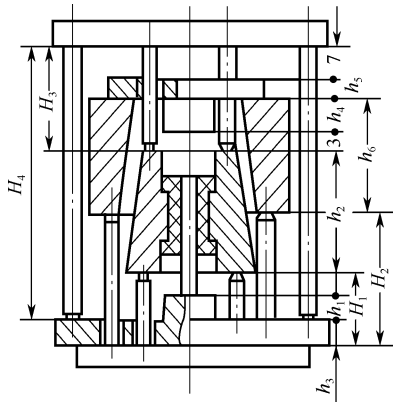


图 5-31 组合凹模的卸模架

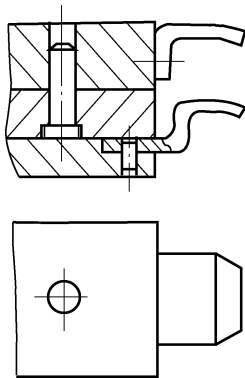


图 5-32 钢板弯制手柄

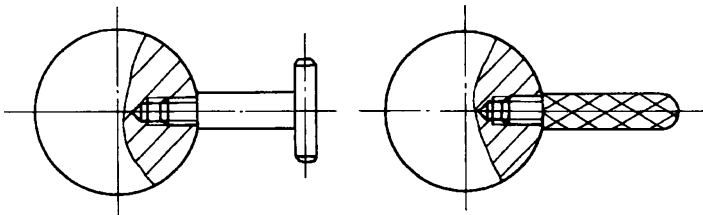
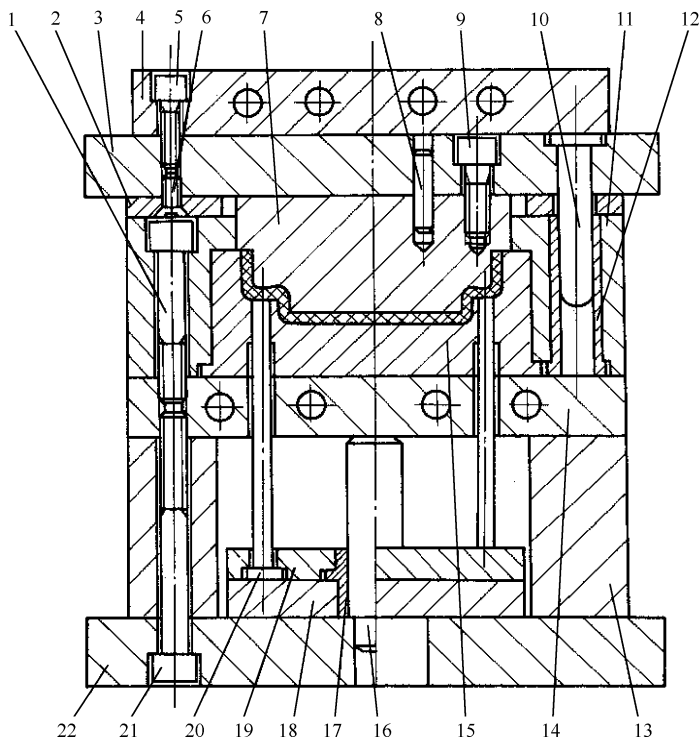


图 5-33 棒状手柄



5.4.5 压缩模的典型结构

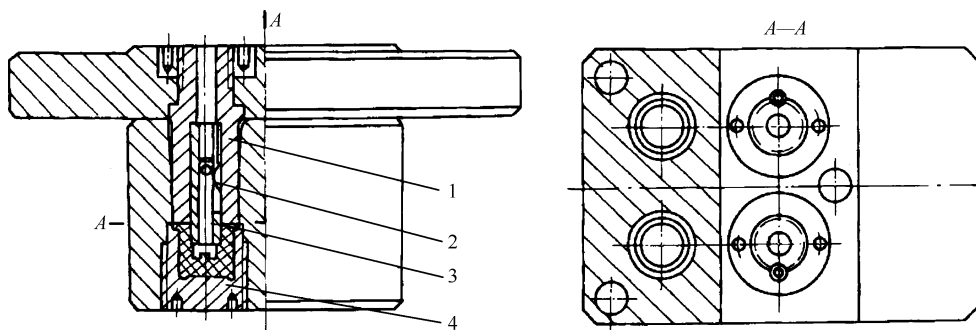
图 5-34 所示为固定式压缩模。该模具的上、下模座板分别固定在压力机上、下压板上。上模部分进行压制成型，成型后，塑料制品由推杆 20 从凹模 15 中推出。



1—内六角螺钉；2—承压板；3—上模座板；4—加热板；5、9、21—内六角螺钉；6—沉头螺钉；7—凸模；
8—圆柱销钉；10—导柱；11—凹模固定板；12—导套；13—垫板；14—支承板；15—凹模；
16—推板导柱；17—推板导套；18—推板；19—推杆固定板；20—推杆；22—下模座板

图 5-34 固定式压缩模

图 5-35 所示为一个水平分型面的机外装卸移动式压缩模，一次可压制成型 4 件，采用不溢式型腔结构。

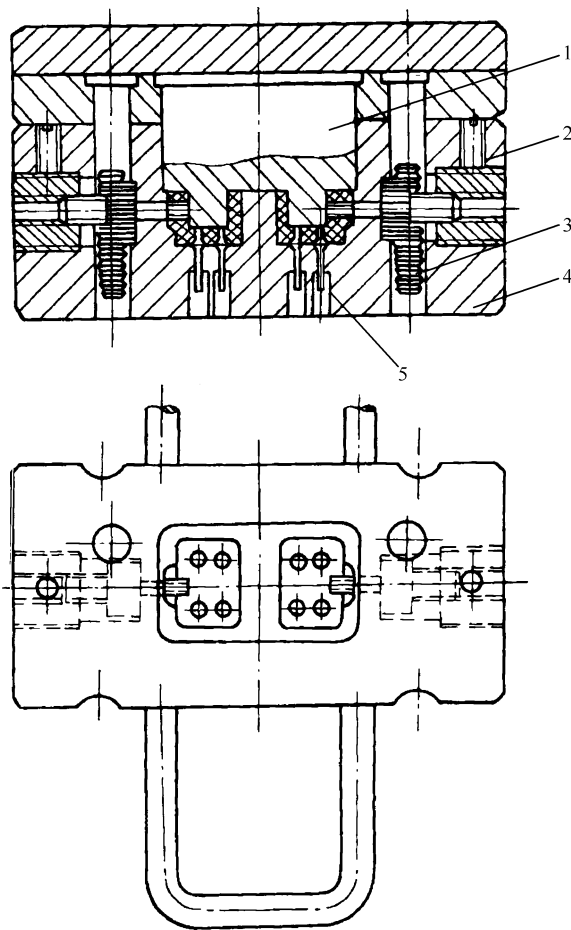


1—上凸模；2—片式弹簧；3—嵌件；4—下凸模

图 5-35 移动式压缩模



图 5-36 所示为一水平分型带齿轮齿条侧抽芯机构的压缩模，采用半溢式型腔结构。



1—上凸模；2—齿轮；3—齿条；4—凹模；5—嵌件孔

图 5-36 水平分型带齿轮齿条侧抽芯机构的压缩模

任务 5.5 压注成型工艺

压注成型是在压缩成型基础上发展起来的一种热固性塑料的成型方法，又称传递成型，使用的模具称压注模或传递模。压注成型时将塑料原料加入模具内的加料室内，使其受热成为熔融状态，并在活塞力作用下，经过模具浇注系统高速挤入闭合型腔，塑料在型腔内继续受热、受压而固化成型，如图 5-37 所示。

压注模的温度一般为 $130\sim 190^{\circ}\text{C}$ ，熔融塑料在 $10\sim 30\text{s}$ 内迅速充满型腔。而固化时间取决于塑料品种、制品的大小、形状、壁厚、预热条件及模具结构等，通常可取 $30\sim 180\text{s}$ 。压注成型时的成型压力较高，酚醛塑料为 $49\sim 78\text{MPa}$ ，纤维填料的塑料为 $78\sim 117\text{MPa}$ 。

压注模与压缩模在结构上有许多共同之处，比如型腔结构、脱模机构、成型零件的结



构及计算方法等基本相同,模具的加热方法也相同,但是压注模成型与压缩模成型相比又具有以下优缺点。

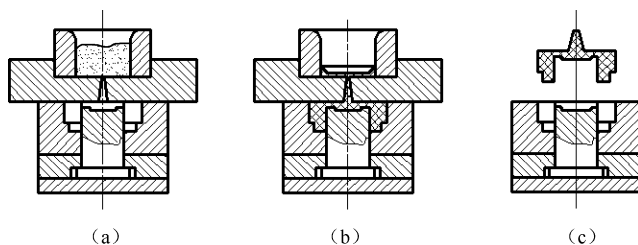


图 5-37 压注成型原理

(1) 压注模具有单独的加料室,成型周期短,生产效率高。塑料在加料室首先被加热塑化,成型时塑料高速通过浇注系统挤入型腔,使未完全塑化的塑料与高温的浇注系统摩擦接触,快速而均匀地升温,有利于塑料制件在型腔内迅速硬化从而缩短了硬化时间,压注成型的硬化时间只相当于压缩成型的 $1/3 \sim 1/5$ 。

(2) 塑件的尺寸精度高,表面质量好。塑料受热均匀,交联硬化充分,改善了塑件的机械性能,使塑件的强度、力学性能、电性能都得以提高。塑件高度方向的尺寸精度较高,飞边很薄。

(3) 适用于成型壁薄、高度大而嵌件又多的复杂制品。压注成型塑料以熔融状态压入型腔,对细长型芯、嵌件等产生的挤压力比压缩模小,可成型孔深尺寸不大于直径 10 倍的通孔、不大于直径 3 倍的盲孔。

(4) 原料消耗大。由于存在浇注系统凝料,同时为了传递压力,压注成型后总有一部分余料留在加料室,使原料消耗增多,小型塑件尤为突出,模具宜采用多型腔结构。

(5) 压注成型的收缩率比压缩成型大。一般酚醛塑料压缩成型时收缩率为 0.8%,压注成型时则为 0.9%~1%。同时压注成型时塑件收缩的方向性也较明显。

(6) 压注模的结构比压缩模复杂,成型压力大,操作较麻烦,因此,只有用压缩模成型无法达到要求时才用压注成型。

任务 5.6 压注模具的分类

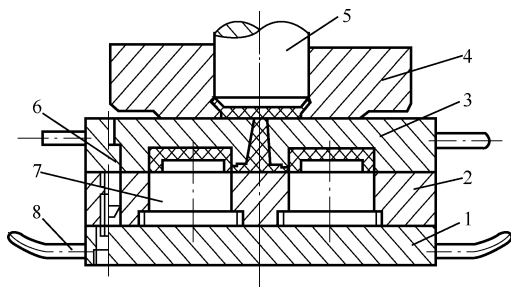
根据使用的压力机类型和操作方法不同,压注模可以分为以下两类:

1. 普通液压机用的压注模

普通液压机用的压注模,其加料室为罐式,也称为罐式压注模,对液压机无特殊要求,故应用较广泛。

1) 移动式压注模

如图 5-38 所示为典型的移动式压注模,加料室 4 与模具本体是可以分离的。模具闭合后放上加料室 4,将定量的塑料加入加料室 4 内,利用压力机的压力,通过压柱 5 将塑化的物料高速挤入型腔,硬化定形后,开模时先从模具上取下加料室 4 和压柱 5,用手工或专用工具(卸模架)将塑件取出。

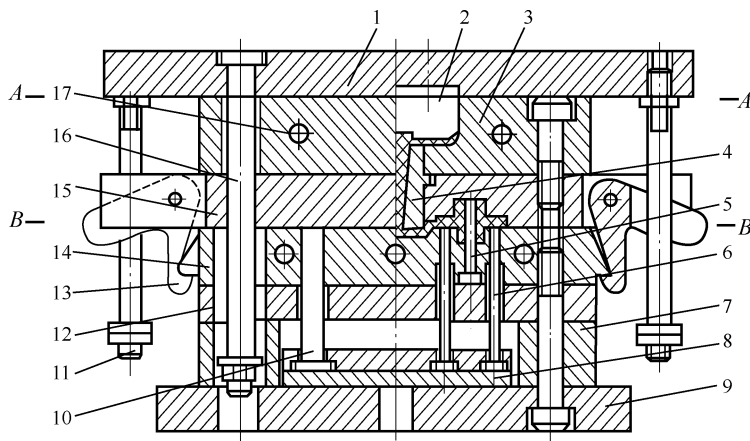


1—下模座板；2—凸模固定板；3—凹模；4—加料室；5—压柱；6—导柱；7—凸模；8—手把

图 5-38 移动式压注模

2) 固定式压注模

如图 5-39 所示为安装在上压式液压机上的固定式压注模。它的上、下模座板分别固定在上、下压板上，加料室 3 在模具的内部，与模具不能分离。开模时，压柱 2 随上模座板 1 移动，A 分型面分型，加料室 3 敞开，压柱 2 把浇注系统的凝料从浇口套 4 中拉出，当上模座板 1 上升到一定高度时，拉杆 11 上的螺母迫使拉钩 13 转动，使之与下模部分脱离，接着定距导柱 16 起作用，使 B 分型面分型，最后由推出机构将塑件推出。



1—上模座板；2—压柱；3—加料室；4—浇口套；5—型芯；6—推杆；7—垫块；
8—推板；9—下模座板；10—复位杆；11—拉杆；12—支承板；13—拉钩；
14—下模板；15—上模板；16—定距导柱；17—加热器安装孔

图 5-39 固定式压注模

2. 专用液压机用的压注模

专用液压机上用的压注模，其加料室为柱塞式，也称为柱塞式压注模。一般没有主流道，只有分流道，主流道变为圆柱形的加料室，与分流道相通。成型时，柱塞所施加的挤压力对模具不起锁模的作用，因此，需要用专用的压力机。这种压力机有两个液压缸，一个起锁模作用，称为主液压缸；另一个通过柱塞升起将塑料注入型腔起压入成型的作用，称辅助液压缸。为防溢料，主液压缸的压力比辅助液压缸的压力大得多。该类模具既可以是单型腔的，也可以是多型腔的。

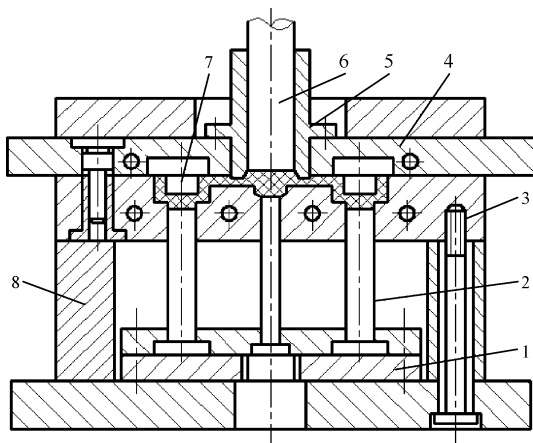


1) 上加料室固定式压注模

如图 5-40 所示为上加料室固定式压注模，压力机的合模液压缸（主液压缸）在压力机的下方，自下而上合模；成型用液压缸（辅助液压缸）在压力机的上方，自上而下将物料挤入模腔。合模加料后，当加入加料室 5 内的塑料受热成熔融状时，压力机辅助液压缸工作，柱塞 6 将熔融物料挤入型腔，固化成型后，辅助液压缸带动柱塞 6 上移，主液压缸带动工作台将模具下模部分下移开模，塑件与浇注系统留在下模。顶出机构工作时，推杆 2 将塑件从型腔中推出。

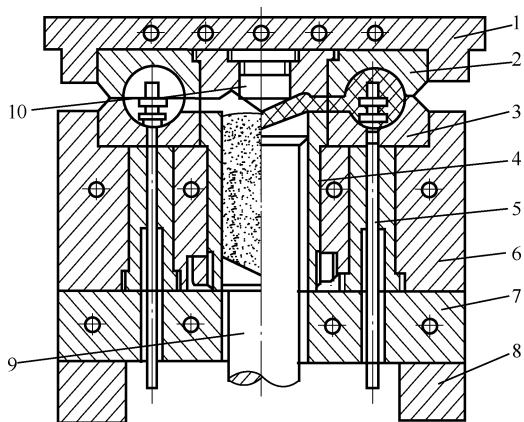
2) 下加料室固定式压注模

如图 5-41 所示为下加料室固定式压注模，这种模具所用压力机合模液压缸（称主液压缸）在压力机的上方，自上而下合模；成型用液压缸（称辅助液压缸）在压力机的下方，自下而上将物料挤入模腔。它与上加料室柱塞式压注模的主要区别在于：它是先加料，后合模，最后压注成型；而上加料室柱塞式压注模是先合模，后加料，最后压注成型。由于余料和分流道凝料与塑件一同推出，因此，清理方便，节省材料。



1—推板；2—推杆；3—下模板；4—上模板；
5—加料室；6—柱塞；7—型芯；8—垫块

图 5-40 上加料室固定式压注模



1—上模座板；2—上凸模；3—下凹模；4—加料室；5—推杆；
6—下模板；7—支承板；8—垫块；9—柱塞；10—分流锥

图 5-41 下加料室固定式压注模

任务 5.7 压注模具的结构

压注模由以下几部分组成：

1) 成型零部件

成型塑件的部分，由凸模、凹模、型芯等组成，分型面的形式及选择与注射模、压缩模相似。

2) 加料装置

由加料室和压柱组成，移动式压注模的加料室和模具本体是可分离的，开模前先取下



塑料件成型工艺拟定与模具设计

加料室，然后开模取出塑件。固定式压注模的加料室是在上模部分，加料时可以与压柱部分定距分型。

3) 浇注系统

多型腔压注模的浇注系统与注射模相似，同样分为主流道、分流道和浇口，单型腔压注模一般只有主流道。与注射模不同的是，加料室底部可开设几个流道同时进入型腔。

4) 导向机构

一般由导柱和导柱孔（或导套）组成。在柱塞和加料室之间、型腔分型面之间，都应设有导向机构。

5) 侧向分型抽芯机构

压注模的侧向分型抽芯机构与压缩模和注射模的基本相同。

6) 推出机构

由推杆、推板、复位杆等组成，由拉钩、定距导柱、可调拉杆等组成的两次分型机构是为了加料室分型面和塑件分型面先后打开而设计的，也包括在推出机构之内。

7) 加热系统

固定式压注模由压柱、上模、下模三部分组成，应分别对这三部分加热，在加料室和型腔周围分别钻有加热孔，插入电加热元件。

移动式压注模加热是利用装于压力机上的上、下加热板，压注前柱塞、加料室和压注模都应放在加热板上进行加热。

任务 5.8 压注模具的设计

压注模的结构包括型腔、加料室、浇注系统、导向机构、侧抽芯机构、推出机构、加热系统七部分，压注模的结构设计原则与注射模、压缩模基本相似。压注模零部件的设计也与注射模、压缩模基本相似，本节只介绍压注模特有的结构零件的设计。

5.8.1 液压机的选择

1. 普通液压机的选择

选定普通压力机时，应根据塑料种类、加料室横截面面积及单位压力，按下式进行选择：

$$P_{\text{总}} = p A_{\text{加}} \quad (5-6)$$

式中 $P_{\text{总}}$ ——压注成型时所需的总压力，N；

p ——压注成型时所需单位成型压力，MPa，可按表 5-7 选取；

$A_{\text{加}}$ ——加料室横截面面积， mm^2 。

根据所需总压力 $P_{\text{总}}$ 就可求出液压机的公称压力 $P_{\text{公}}$ ，从而确定压力机所需吨位：

$$P_{\text{公}} \geq K P_{\text{总}} \quad (5-7)$$

式中 $P_{\text{公}}$ ——液压机的公称压力，N；



K ——安全系数，一般取 $K=1.3\sim 1.6$ 。

表 5-7 部分热固性塑料压注成型的主要工艺参数

塑 料	填 料	成型温度/℃	成型压力/MPa	压 缩 率	成型收缩率/%
环氧双酚 A 塑料	玻璃纤维	138~193	7~34	3.0~7.0	0.001~0.008
	矿物填料	121~193	0.7~21	2.0~7.0	0.001~0.002
环氧酚醛塑料	矿物和玻璃纤维	121~193	1.7~21		0.004~0.008
	矿物和玻璃纤维	190~196	2~17.2	1.5~2.5	0.003~0.006
	玻璃纤维	143~165	17~34	6~7	0.000 2
三聚氰胺	纤维素	149	55~138	2.1~3.1	0.005~0.15
酚醛	织料和回收料	149~182	13.8~138	1.0~1.5	0.003~0.009
聚酯 (BMC、TMC ¹)	玻璃纤维	138~160		—	0.004~0.005
聚酯 (BMC、TMC)	导电护套料	138~160	3.4~1.4	1.0	0.0002~0.001
聚酯 (BMC)	导电护套料 ²	138~160		—	0.0005~0.004
醇酸树脂	矿物质	160~182	13.8~138	1.8~2.5	0.003~0.010
聚酰亚胺	50%玻璃纤维	199	20.7~69	2.2~3.0	0.002
脲醛塑料	α -纤维素	132~182	13.8~138		0.006~0.014

注：1. TMC 指黏稠状模塑料；

2. 在聚酯中添加导电性填料和增强材料的电子材料，用于工业用护套料。

2. 专用液压机的选择

1) 辅助液压缸压力校核

柱塞加压用的压力辅助缸的公称压力应满足以下公式：

$$F_H \geq A p_0 \quad (5-8)$$

式中 F_H ——柱塞加压用的压力机辅助缸的公称压力；

p_0 ——压注模单位挤压力，查表 5-7；

A ——加料室横截面面积。

2) 压力机主缸锁模力校核

成型时，为了保证不至于因成型压力过大而胀开分型面，必须使压力机主缸的锁模力大于制品和浇注系统投影面之和与压注成型所需要单位挤压力乘积的 110%~125%，即按下式校核：

$$F'_H > (1.1\sim 1.25)A'p_0 \quad (5-9)$$

式中 F'_H ——压力机主缸的公称压力；

A' ——塑料制品和浇注系统投影面积之和。

5.8.2 加料室的设计

1. 加料室的结构与定位

压注模与注射模不同之处在于它有加料室。压注成型之前塑料必须加到加料室内，进



塑料件成型工艺拟定与模具设计

行预热、加压，才能压注成型。由于压注模的结构不同，所以加料室的形式也不相同。固定式压注模和移动式压注模的加料室具有不同的形式，见表 5-8。

表 5-8 加料室形式

形 式	结 构 简 图	说 明	形 式	结 构 简 图	说 明	
移 动 式 加 料 室		无定形结构，只适用于上模板上表面设有孔穴时，宜作为通用外加料室	固 定 式 加 料 室		图（a）结构形式用于垂直分型面模具；图（b）结构形式用于固定式模具	
		采用导钉定位，可防止压注时塑料流入上模板表面的孔穴中，为移动式模具常用结构				
		外定位结构。图（a）所示结构形式为按加料室外形用三个定位销定位，加料室加工方便，强度好；图（b）所示结构形式制造及清理废料不便			为专用液压机、固定式模具采用的加料室	
技 术 条 件		内形定位结构，该结构具有定位及加压时防止加料室升起的作用，为常用结构				
	1. 材料：T10A、CrWMn、9Mn2V 等。 2. 热处理：HRC40~45。 3. 粗糙度：内形 Ra 值为 0.2~0.4μm，配合面 Ra 值为 0.8μm，其余 Ra 值为 3.2~6.3μm。 4. 镀铬：内形镀铬层 0.015~0.02mm，并抛光到 Ra 值为 0.2μm 以上。					



加料室断面形状常见的有圆形和矩形，应由制品断面形状决定，例如圆形塑件采用圆形断面加料室。多腔模具的加料室断面，一般应尽可能盖住所有模具的型腔，因而常采用矩形断面。

1) 固定式压注模加料室

固定式压注模的加料室与上模连成一体，在加料室底部开设一个或数个流道通向型腔。当加料室和上模分别加工在两块板上时，可在通向型腔的流道内加一主流道衬套。

2) 移动式压注模加料室

移动式压注模加料室可单独取下，并有一定的通用性，加料室底部为一带有 $40^\circ \sim 45^\circ$ 的台阶，其作用在于当压柱向加料室内的塑料加压时，压力也作用在台阶上，从而将加料室紧紧地压在模具的模板上，以免塑料从加料室的底部溢出。

3) 柱塞式压注模加料室

柱塞式压注模加料室截面均为圆形。由于采用专用液压机，而液压机上有锁模液压缸，所以加料室的截面尺寸与锁模无关，加料室的截面尺寸较小，高度较大。

2. 加料室尺寸计算

加料室的尺寸计算包括截面积尺寸和高度尺寸计算，加料室的形式不同，尺寸计算方法也不相同。

1) 塑料原材料的体积

塑料原材料的体积按下式计算：

$$V_{sl} = kV_s \quad (5-10)$$

式中 V_{sl} ——塑料原料的体积， mm^3 ；

k ——塑料的压缩比，见表 5-9；

V_s ——塑件的体积， mm^3 。

表 5-9 常用热固性塑料的密度和压缩比

塑料名称	密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^3$)	压缩比 k
酚醛塑料(粉状)	1.35~1.95	1.5~2.7
氨基塑料(粉状)	1.50~2.10	2.2~3.0
碎布塑料(粉状)	1.36~2.00	5.0~10.0

2) 加料室截面积

(1) 普通压力机用压注模加料室截面尺寸计算：压注模加料室截面尺寸的计算从加热面积和锁模力两个方面考虑。

从传热方面考虑，加料室的加热面积取决于加料量，根据经验，未经预热的热固性塑料每克约 140mm^2 的加热面积，加料室总表面积为加料室内腔投影面积的两倍与加料室装料部分侧壁面积之和。为了简便起见，可将侧壁面积略去不计，因此，加料室截面积为所需加热面积的一半，即



$$2A=140\text{m}$$

$$A=70\text{m}$$

式中 A ——加料室的截面积, mm^2 ;

m ——成型塑件所需加料量, g 。

从锁模方面考虑, 加料室截面积应大于型腔和浇注系统在合模方向投影面积之和, 否则型腔内塑料熔体的压力将顶开分型面而溢料。根据经验, 加料室截面积必须比塑件型腔与浇注系统投影面积之和大 1.10~1.25 倍, 即

$$A = (1.10 \sim 1.25) A'$$

式中 A ——加料室的截面积, mm^2 ;

A' ——浇注系统与型腔在分型面上投影面积不重合部分之和, mm^2 。

由以上分析可知, 普通压力机用压注模加料室截面积要满足上述两个条件。

(2) 专用液压机用压注模加料室截面尺寸计算: 专用液压机用压注模加料室截面积与成型压力及辅助液压缸的公称压力有关, 即

$$A = \frac{F_H}{p_0} \quad (5-11)$$

式中 A ——加料室的截面积, mm^2 ;

F_H ——柱塞加压用的压力机辅助缸的公称压力;

p_0 ——压注模成型所需的单位压力, 查表 5-7。

(3) 垂直分型模具 (见图 5-42) 的加料室截面积按下式计算:

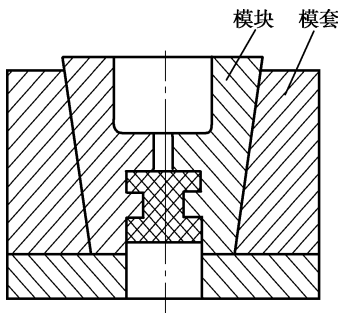


图 5-42 垂直分型模具加料室

$$A=2A' \tan (\alpha-\phi) \quad (5-12)$$

式中 A ——加料室的截面积, mm^2 ;

A' ——浇注系统与型腔在分型面上投影面积不重合部分之和, mm^2 ;

α ——模块与模套的拼合角度, 一般取 $\alpha \geq 12^\circ$;

ϕ ——摩擦角, 一般取 $\phi = 8^\circ$ 。

3) 加料室的高度尺寸

加料室的高度按下式计算:

$$H=V_{s1}/A+ (10 \sim 15) \text{mm} \quad (5-13)$$

式中 H ——加料室的高度, mm 。

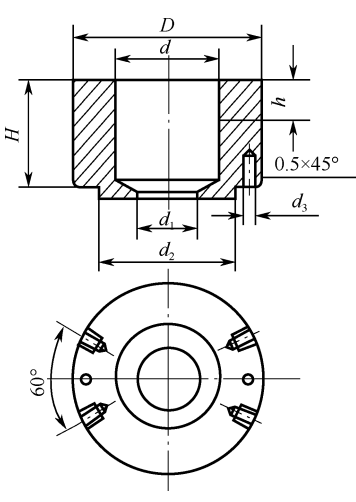


4) 加料室位置

加料室的位置应尽量布置在型腔中心位置上，使之受力均匀。如果偏离一端，则另一端分型面容易翘起，溢出塑料，产生飞边。

移动式压注模加料室尺寸的经验数据见表 5-10。

表 5-10 移动式压注模加料室尺寸的经验数据

	加料室容积 /cm ³	加料室投影面 积/cm ²	加料室尺寸/mm							
			D	d	d ₁	d ₂	d ₃	H	h	R
	20.6	7.0	105	30	24	70	6	45	10	40
	27.5	9.6	105	35	28	70	6	45	10	40
	43.6	12.6	105	40	32	70	6	45	10	40
	77.3	19.6	105	50	42	70	6	45	10	40
	109.0	28.3	125	60	50	90	8	45	10	55
	170.7	38.5	125	70	60	90	8	45	15	55
	223.0	50.2	140	80	70	100	8	45	15	55

5.8.3 压柱

1. 压柱的结构与作用

压柱的作用是将加料腔内熔融的塑料压入型腔。

常见的移动式压注模的压柱形式如图 5-43 (a) 所示，其顶部与底部是带倒角的圆柱形，结构十分简单。图 5-43 (b) 所示为带凸缘结构的压柱，承压面积大，压注时平稳，既可用于移动式压注模，又可用于普通的固定式压注模。图 5-43 (c)，(d) 所示为组合式压柱，用于普通的固定式压注模，以便固定在液压机上，模板的面积大时，常用这种组合结构。图 5-43 (d) 所示为带环形槽的压柱，在压注成型时环形槽被溢出的塑料充满并固化在槽中，可以防止塑料从间隙中溢出，工作时起活塞环的作用。图 5-43 (e)，(f) 所示为专用液压机用压注模压柱（称为柱塞）的结构，前者为柱塞的一般形式，一端带有螺纹，可以拧在液压机辅助液压缸的活塞杆上；后者为柱塞的柱面有环形槽，可防止塑料侧面溢料，头部的球形凹面有使料流集中的作用。

为了拉出倒锥形主流道凝料，可在柱塞的端面开设楔形沟槽，如图 5-44 所示。其中图 5-44 (a) 用于直径较小的压柱或柱塞；图 5-44 (b) 用于直径大于 75mm 的压柱或柱塞；图 5-44 (c) 用于拉出几个主流道凝料的方形加料室的场合。

压柱或柱塞是承受压力的主要零件，材料的选择和热处理要求与加料室相同。

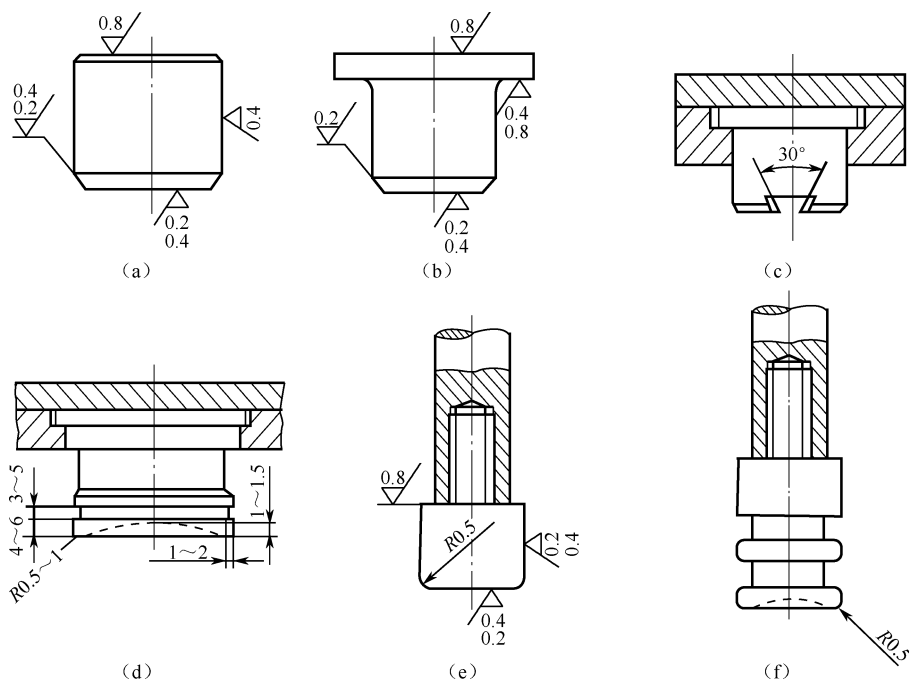


图 5-43 压柱结构

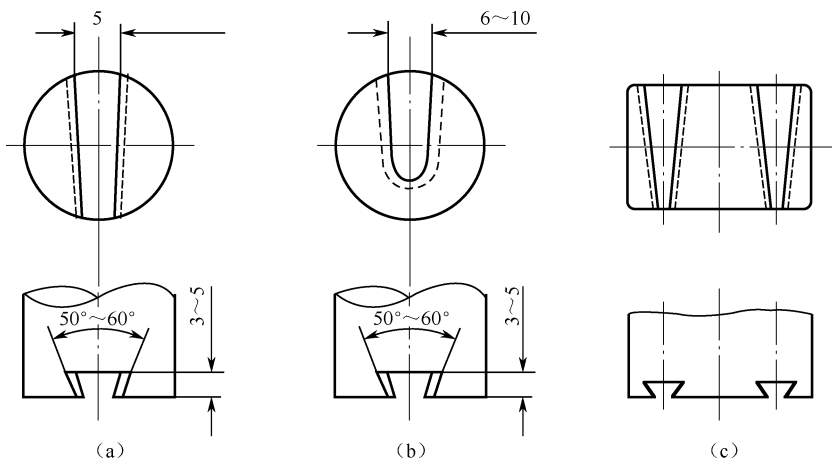


图 5-44 压柱工作端结构

2. 加料室与压柱的配合

加料室与压柱的配合关系如图 5-45 所示。加料室与压柱的配合通常取 H9/f9，或采用 0.05~0.1mm 的单边间隙配合。

为了避免压柱压到底时直接压在上模板上，压柱的高度 H' 应比加料室的高度 H 小 0.5~1mm，同时在底部转角处二者配合后也应留有 0.3~0.5mm 的储料间隙。加料室与定位凸台的配合高度为 4~6mm，其高度之差为 0~0.1mm，加料室的底部倾角 $\alpha=40^\circ \sim 45^\circ$ 。

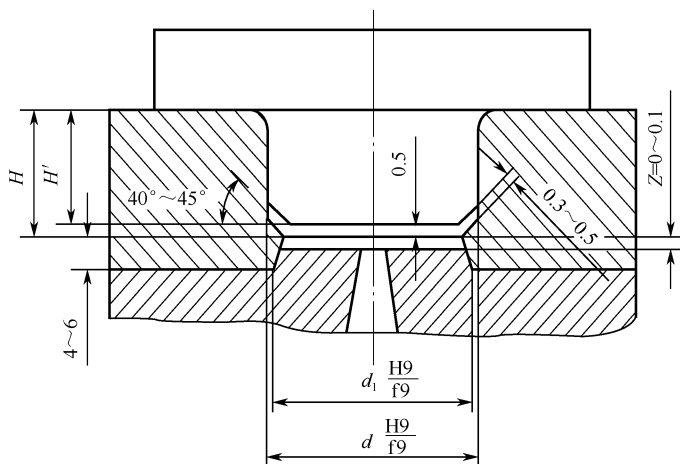
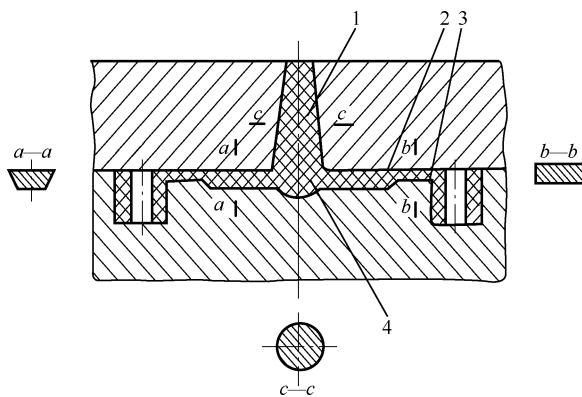


图 5-45 加料室与压柱的配合关系

5.8.4 压注模浇注系统与排溢系统设计

1. 压注模浇注系统设计

浇注系统是将熔融塑料由加料室引向型腔的通道，与注射模相似，也由主流道、分流道、浇口及反料槽几部分组成，如图 5-46 所示。但二者不同之处在于，在注射模成型过程中，希望熔体与流道的热交换越少越好，压力损失要少；但在压注模成型过程中，为了使塑料在型腔中的硬化速度加快，反而希望塑料与流道有一定的热交换，使塑料熔体的温度升高，进一步塑化，以理想的状态进入型腔。



1—主流道；2—分流道；3—浇口；4—反料槽

图 5-46 浇注系统

浇注系统设计时要注意浇注系统的流道应光滑、平直，减少弯折，流道总长度要满足塑料流动性的要求；主流道应位于模具的压力中心，保证型腔受力均匀，多型腔的模具要对称布置；分流道设计时，要有利于使塑料加热，增大摩擦热，使塑料升温；浇口的设计应使塑件美观，清除方便。



1) 主流道设计

在压注模中，常见的主流道有正圆锥形的、带分流锥的、倒圆锥形的等，图 5-47 (a) 所示为正圆锥形主流道，其大端与分流道相连，常用于多型腔模具，有时也设计成直接浇口的形式用于流动性较差的塑料的单型腔模具。主流道有 $6^\circ \sim 10^\circ$ 的锥度，与分流道的连接处应有半径为 3mm 以上的圆弧过渡。图 5-47 (b) 所示为带分流锥的主流道，它用于塑件较大或型腔距模具中心较远时以缩短浇注系统长度，减小流动阻力及节约原料的场合。分流锥的形状及尺寸按塑件尺寸及型腔分布而定。型腔沿圆周分布时，分流锥可采用圆锥形；当型腔两排并列时，分流锥可做成矩形截面的锥形。分流锥与流道间隙一般取 $1 \sim 1.5\text{mm}$ ，流道可以沿分流锥整个表面分布，也可在分流锥上开槽。图 5-47 (c) 所示为倒锥形主流道。这种主流道大多用于固定式罐式压注模，与端面带楔形槽的压柱配合使用。开模时，主流道连同加料室中的残余废料由压柱带出再予以清理。这种流道可用于多型腔模具，又可直接与塑件相连用于单型腔模具或同一塑件有几个浇口的模具。这种主流道尤其适用于以碎布、长纤维等为填料时塑件的成型。

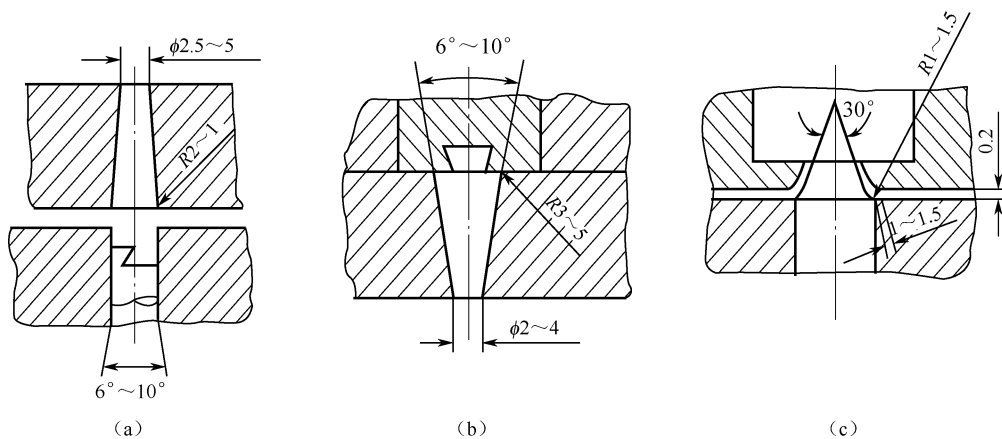


图 5-47 主流道形式

无论是正圆锥形还是倒圆锥形主流道，当它需穿过几块模板时，最好设置浇口套，如图 5-48 (a) 所示，它不但可以防止拼合面产生溢料，而且还便于更换。如果不设浇口套，这时为防止塑料溢入模板间使主流道凝料难以脱出，必须使模板之间紧密贴合并压紧，同时连接处取不同直径，直径差为 $0.4 \sim 0.8\text{mm}$ ，以补偿两模板流道不同心而造成脱模困难，如图 5-48 (b) 所示。

2) 分流道设计

为了达到较好的传热效果，分流道（分浇道）一般设计为比较浅而宽，但若过浅，会使塑料受热而早期硬化，降低其流动性。一般小型件分流道深度取 $2 \sim 4\text{mm}$ ，大型件深度取 $4 \sim 6\text{mm}$ ，最浅应不小于 2mm 。最常采用梯形断面的分流道，其尺寸如图 5-49 所示，梯形每边应有 $5^\circ \sim 15^\circ$ 的斜角；也有半圆形分流道的，其半径可取 $3 \sim 4\text{mm}$ 。以上两种截面加工容易，受热面积大，但转角部容易过早交联固化。圆形截面的分流道为最合理的截面，流动阻力小，但加工有些麻烦。

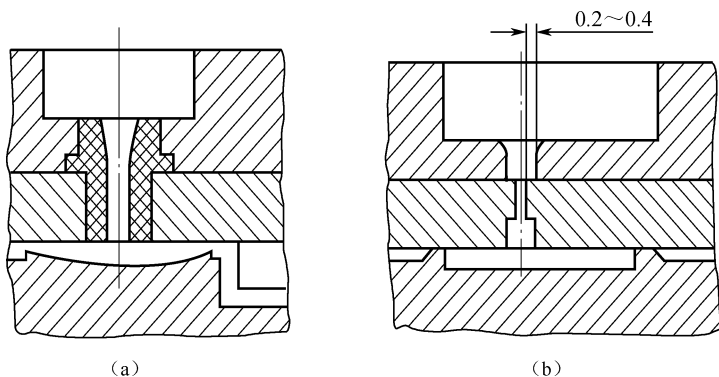


图 5-48 穿过几块模板的主流道结构

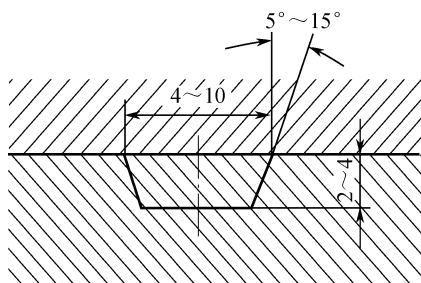


图 5-49 梯形分流道结构形式

分流道的长度应尽可能短，一般要保证使浇注系统（包括主流道、分流道和浇口）的总长度不超过 100mm，而且流道应平直圆滑，尽量避免弯折（尤其对增强塑料），以保证塑料熔体尽快充满型腔。当分流道过长时，可通过设置分流锥或采用多流道分别进料的措施来缩短分流道长度，如图 5-50 所示。

与注射模的分流道设计原则相同，多型腔压注模的分流道就尽量做到平衡布置，即流道至每一个型腔的距离和流道的形状、尺寸要对应相同。

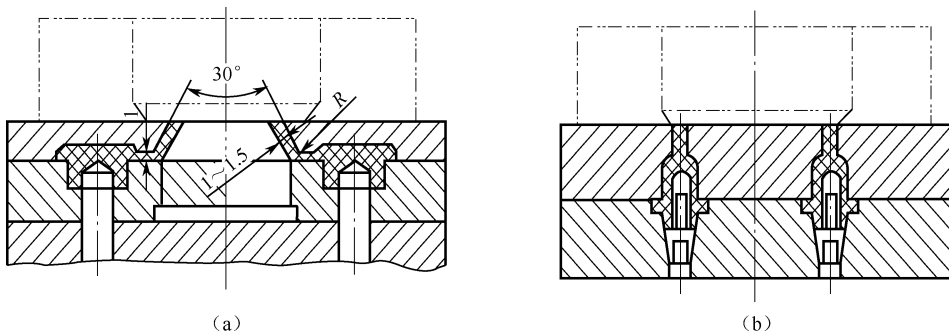


图 5-50 缩短分流道长度的方法

3) 浇口

浇口是浇注系统中的重要组成部分，它与型腔直接相连，其位置、形状及尺寸大小直接影响熔料的流速及流态，对塑件质量、外观及浇注系统的去除都有直接影响，因此，浇



口设计应根据塑料特性、塑件形状及要求 and 模具结构等因素来考虑。

(1) 浇口的形式。压注模的浇口与注射模基本相同，可以参照注射模的浇口进行设计。由于热固性塑料的流动性较差，所以设计压注模浇口时，其浇口应取较大的截面尺寸。常见的压注模浇口形式有圆形点浇口、侧浇口、扇形浇口、环形浇口以及轮辐式浇口等。如图 5-51 所示，图 5-51 (a)，(b)，(c)，(d) 所示为侧浇口，图 5-51 (e) 所示为扇形浇口，图 5-51 (f)，(g) 所示为环形浇口。截面形状有圆形、半圆形、梯形三种形式。

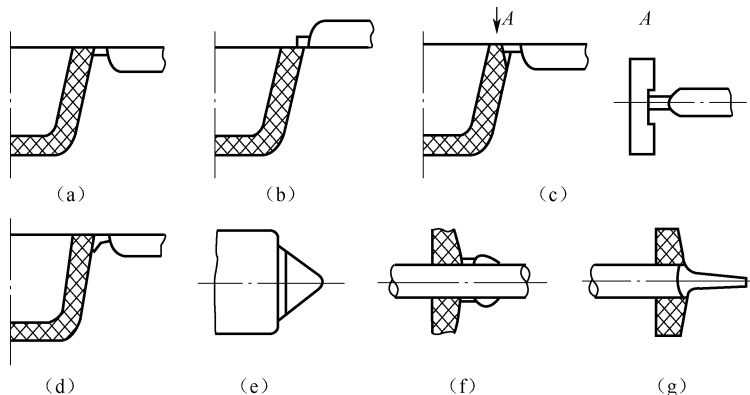


图 5-51 压注模浇口形式

图 5-51 (a) 所示为外侧进料的侧浇口，是侧浇口中最常用的形式。

图 5-51 (b) 所示的塑件外表面不允许有浇口痕迹，所以用端面进料。

图 5-51 (c) 所示的结构可保证浇口折断后，断痕不会伸出表面，不影响装配，可降低修浇口的费用。

如果塑件用碎布或长纤维做填料，侧浇口应设在附加于侧壁的凸台上。这样在去除浇口时就不会损坏塑件，如图 5-51 (d) 所示；对于宽度较大的塑件可用扇形浇口，如图 5-51 (e) 所示。

(2) 浇口位置的选择。压注模浇口位置和数量的选择应遵循以下原则：

- 有利于塑料充满型腔。热固性塑料流动性较差，故浇口开设位置应有利于流动，一般浇口开设在塑件壁厚最大处，以减小流动阻力，并有助于补缩。但应注意使塑料在型腔内顺序填充，避免产生涡流或紊流现象。
- 保证塑件的外观质量。浇口的位置开设应避开塑件的重要表面及正面，以不影响塑件的使用、外观及后加工工作量。
- 减小塑件的变形。热固性塑料在流动中会产生填料的定向作用，造成塑件变形、翘曲甚至开裂，特别是含长纤维填料的塑料定向更严重，应注意浇口的位置。对于长条形塑件，当浇口开设在长条中点时容易引起弯曲，改在端部进料较好。同样，圆筒形塑件单边进料时易变形，改为环形浇口进料则较好。
- 避免熔体直接冲击型芯或嵌件。浇口位置就尽量避免熔体注入型腔时直接冲击型芯或嵌件，否则型芯或嵌件易发生变形，压力损失增大，还易产生熔接痕。

4) 反料槽

反料槽的作用是有利于熔体集中流动以增大流速，还有储存冷料的作用。反料槽一般



项目5 压缩与压注成型模具设计

位于正对着主流道大端的模板平面上,如图 5-52 所示。其尺寸大小按塑件大小而定。

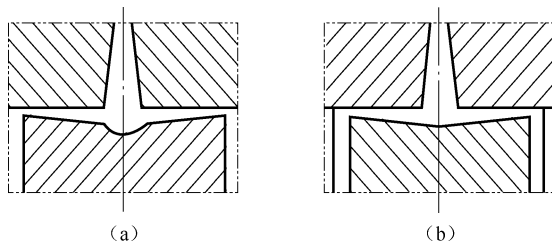


图 5-52 反料槽结构

2. 溢料槽和排气槽

1) 溢料槽

成型时为防止产生熔接痕或使多余料溢出,以避免嵌件及模具配合中渗入更多塑料,有时需要在产生熔接痕的地方及其他位置开设溢料槽。溢料槽尺寸应适当,过大则溢料多,使塑件组织疏松或缺料,过小时溢料不足,最适宜的时机应为塑料经保压一段时间后才开始将料溢出。一般溢料槽宽取 $3\sim 4\text{mm}$,深 $0.1\sim 0.2\text{mm}$,制作时宜先取薄,经试模后再修正。

2) 排气槽

压注成型时,由于在极短时间内需将型腔充满,不但需将型腔内气体迅速排出模外,而且需要排出由于聚合作用产生的一部分低分子(气体),因此,不能仅依靠分型面和推杆的间隙排气,还需开设排气槽。

压注成型时从排气槽中不仅逸出气体,还可能溢出少量前锋冷料,因此需要附加工序去除,但这样有利于提高排气槽附近熔接痕的强度。排气槽的截面形状一般为矩形或梯形。对于中小型塑件,分型面上排气槽的尺寸为深度取 $0.04\sim 0.13\text{mm}$,宽度取 $32\sim 64\text{mm}$,视塑件体积和排气槽数量而定。

3. 压注塑料制品成型缺陷分析

表 5-11 列出了压注成型制品时,容易产生的一些成型缺陷及其解决措施,可供生产参考。

表 5-11 压注塑料制品成型缺陷分析

制品成型缺陷	产生原因	解决措施
表面气泡	固化时间长,熔体温度高;模温高或加热不均,浇口过小	缩短固化时间,降低熔体温度;调节模温,修整浇口和加热器
表面皱纹	物料过热或加热不均匀;工艺条件不当或充模速度太慢,浇口不合适	降低物料温度,调节加料腔和模具温度,使它们保持均匀;加快充模速度,修整浇口
流痕	物料温度低,成型压力高,模温高;流道和浇口截面过小	提高物料温度,降低成型压力和模温,修整浇注系统
光泽差	物料中挥发组分多;脱模剂用量大;加热条件不适当;模腔表面不光滑	更换物料或改进预热条件;减少脱模剂用量;改进加热条件;研磨或抛光模腔表壁
变色	物料过热;加热不均匀使局部过热	降低加热温度;改善加热条件和调整加热器



续表

制品成型缺陷	产生原因	解决措施
裂纹、碎裂	物料塑化不均匀；欠熟、过熟；制品壁厚太薄；制品凸起部位不易脱模	调整工艺条件，修整或改进模具结构
变形	物料塑化不均匀，固化条件不适当；嵌件安放不合适	调整改善预热和加热条件；修改模具
气眼	物料不合适；塑化不完全；局部过热	改换物料；调整改善预热和加热条件；降低模温
电性能下降	物料不合适；物料吸湿，混入异物；加热温度低；加热时间短	更换物料，改进预热措施；提高加热温度；延长加热时间
力学性能下降	物料不合适；成型压力低；嵌件、浇口的位置不合适	更换物料；提高成型压力；修改模具

任务实施

1. 压缩与压注成型材料性能的确定

本项目塑料端盖材料为酚醛塑料，它是以酚醛树脂为基础而制得的。酚醛树脂通常由酚类化合物和醛类化合物缩聚而成；酚醛树脂本身很脆，呈琥珀玻璃态，必须加入各种纤维或粉末状填料后才能获得具有一定性能要求的酚醛塑料。

将酚醛树脂和锯木粉、滑石粉（填料）等充分混合，并在混炼机中加热混炼，即得电木。电木具有较高的机械强度、良好的绝缘性，耐热、耐腐蚀，因此常用于制造电气材料，“电木”由此而得名。

酚醛塑料与一般热塑性塑料相比，刚性好，变形小，绝缘性、耐热性、耐磨性、耐蚀性也都很好，能在 150~200℃ 的温度范围内长期使用。在水润滑条件下，有极低的摩擦系数，其电绝缘性能优良。缺点是质脆，冲击强度差，不耐碱。酚醛塑料广泛用于制作各种通信器材和电木制品，如线圈架、接线板、电动工具外壳、风扇叶子、耐酸泵叶轮、齿轮、插头、开关、电话机、仪表盒等。在日用工业中可制作各种用具，但注意不宜制作装食物的器皿。

2. 塑件的成型方式分析

1) 酚醛塑料（PF）的性能特点

物理性能：酚醛塑料是一种硬而脆的热固性塑料，机械强度高，坚韧耐磨，尺寸稳定，耐腐蚀，电绝缘性能优异。

密度：1.5~2.0g/cm³。

成型收缩率：0.5%~1.0%，成型温度 150~170℃。

适用于制作电器、仪表的绝缘部件，在湿度较大的场合也可以应用。

2) 成型性能

（1）成型性较好，但收缩及方向性一般比氨基塑料大，并含有水分挥发物。成型前应预热，成型过程中应排气，不预热则应提高模温和成型压力。



(2) 模温对流动性影响较大,一般超过 160°C 时,流动性会迅速下降。

(3) 硬化速度一般比氨基塑料慢,硬化时放出大量的热。大型厚壁塑件的内部温度易过高,容易发生硬化不均和过热。

3. 塑料成型过程及结构、工艺参数分析

1) 塑件尺寸精度的分析

该盖板尺寸精度要求为 MT7 级,精度要求不高,查表 1-3,其主要外形尺寸公差标注如下(单位为 mm):

$R85_{-2.1}^0$ $70_{-1.80}^0$ $R60_{-1.54}^0$ $30_{-0.98}^0$ $R20_{-0.86}^0$ $10_{-0.56}^0$ $7_{-0.56}^0$ $6_{-0.48}^0$ $R5.6_{-0.48}^0$ $5.5_{-0.48}^0$
 $R15_{-0.76}^0$ $35.63_{-1.12}^0$

2) 塑件表面质量分析

该盖板的表面粗糙度为 $Ra\ 1.6\mu\text{m}$,精度等级为 MT7,没有特别的表面质量要求,故保证塑件表面没有缺陷和毛刺即可,比较容易实现。

3) 成型工艺过程

一个完整的压缩成型工艺过程包括压缩成型前的准备、压缩成型过程及塑件的后处理三个过程。

(1) 压缩成型前的准备。酚醛塑料(PF)含有水分挥发物,在成型前应对塑料进行预热,以便对压缩模提供具有一定温度的热料,使塑料在模内受热均匀,缩短模压成型周期;同时对塑料进行干燥,防止塑料中带有过多的水分和低分子挥发物,确保塑料制件的成型质量。选用设备是烘箱,温度为 $100\sim 125^{\circ}\text{C}$,时间为 $10\sim 20\text{min}$ 。

(2) 压缩成型过程。模具装上压力机后要进行预热。热固性塑料的压缩过程一般可分为加料、合模、排气、固化和脱模等几个阶段。加料采用操作简便的容积法,用带有容积标度的容器向模具内加料。加料完成后进行合模,当凸模尚未接触物料之前,应尽量使闭模速度加快,以缩短模塑周期,防止塑料过早固化和过多降解。而在凸模接触物料以后,合模速度应放慢,以避免模具中嵌件和成型杆件的位移和损坏,合模时间一般为几秒至几十秒不等。初步设定排气的次数为 2~3 次,每次时间为 5~10s,在生产过程中调整。酚醛塑料(PF)硬化速度为 $0.8\sim 1.0\text{mm/min}$,而塑件平均壁厚为 1.5mm,所以固化时间初步选定为 5~6min。

(3) 压后处理。塑件脱模以后的后处理主要是指退火处理,主要作用是消除应力,提高稳定性,减小塑件的变形与开裂,进一步交联固化,可以提高塑件电性能和力学性能。酚醛塑料(PF)的退火温度为 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$,保温时间为 4~24h。

综合上述分析,确定塑料端盖塑件压缩成型工艺参数如表 5-12 所示。

表 5-12 塑料端盖压缩成型工艺参数

预 热 条 件		模 塑 条 件			压 后 处 理	
温度/ $^{\circ}\text{C}$	时间/min	温度/ $^{\circ}\text{C}$	压力/MPa	固化时间/min	退火温度/ $^{\circ}\text{C}$	保温时间/h
100~125	10~20	160~170	25~40	5~6	80~100	4~24



塑料端盖塑件压缩成型预热与干燥以及后处理工艺参数如表 5-13 所示。

表 5-13 塑料端盖塑件压缩成型预热与干燥以及后处理工艺参数

酚醛	预热与干燥	温度/℃	100~110	后处理	1. 清理模具	方法	铜刀和铜刷等工具
		时间/h	8~12				
	模具温度/℃	150~165			2. 后处理	方法	红外线灯
	压缩压力/N	7~42				温度/℃	鼓风烘箱 110~160
	压缩时间/（ min/mm ）	0.8~1.2				时间/h	2

4) 结构分析

(1) 从图纸上看，该塑件外形为长方体，上表面圆角过渡无尖角存在，壁厚均匀，且符合最小壁厚要求。

(2) 塑件型腔较大，有 4 个尺寸相等的孔 5，它们均符合最小孔径要求，可在型腔板上设计 4 个小型芯。

(3) 塑件的上表面依次由一个平面和一个凸出的 R85 圆弧面、一个凹进的 R20 圆弧面及一个凸出的 R60 圆弧面组成。在塑件的平面一侧开了一个宽 6mm、长 3mm、高 4.5mm 的槽。

(4) 塑件在距右侧 35.63mm 的地方有个 R15 的槽。

该塑件结构简单，无特殊的结构要求。

4. 成型设备的选用

在设计压缩模具时，原则上应以满足生产批量及生产时间为前提来选择液压机，而不是根据液压机来决定模具。选择液压机时，主要应进行以下几个方面的计算：

1) 成型压力的计算

压制时所需要的成型压力与制品的塑料种类、成型所需的压强及制品的结构形状、大小等因素有关。

成型压力按照式 (5-6) 计算：

$$\begin{aligned} F &= pAn \\ &= 9.18 \times 30 \times 70 \times 1 = 19\,278\text{N} \end{aligned}$$

当选用液压机时按照式 (5-7)，应留有安全余量 K (K 为液压机安全系数。新液压机取 1.1~1.2，旧液压机取 1.3~1.35)：

$$\begin{aligned} F_{机} &= F \times K \\ &= 19\,278 \times 1.2 = 23\,133.6\text{N} \end{aligned}$$

2) 开模力的计算

开模力是指固定式压缩模具开模时的阻力。

$$\begin{aligned} F' &= F \times k_1 \\ &= 0.15 \times 19\,278 = 2\,891.7\text{N} \end{aligned}$$

式中， k_1 为开模力系数，视加料室的结构和配合情况而定。加料腔形状简单，配合环不高时



取 0.15；加料腔轮廓较复杂，配合环较高时取 0.2。

3) 脱模力的计算

压力机的顶出力是保证压缩推出机构脱出塑件的动力，压缩所需的脱模力可按下式计算：

$$F_t = A_c f$$

$$= [30 \times 10 + 30 \times 7 + 70 \times 8 \times 2 + (30 - 2 \times 1.5) \times (10 - 1.5 + 7 - 1.5) + (70 - 2 \times 1.5) \times (8 - 1.5) \times 2 / 100] \times 50 = 1480 \text{ N}$$

式中 F_t —— 塑件从模具中脱出所需要的力，N；

A_c —— 塑件侧面积之和， cm^2 ；

f —— 单位面积的脱模阻力， N/cm^2 ，酚醛树脂木粉填充 $f=50\text{N/cm}^2$ ，酚醛树脂玻璃纤维填充 $f=150\text{N/cm}^2$ ，氨基塑料纤维填充 $f=60\sim 80\text{N/cm}^2$ 。

若要保证可靠脱模，则必须使压力机的顶出力大于脱模力。

根据以上数据初选 YA71-45 液压机。YA71-45 液压机的主要技术参数如表 5-14 所示。

表 5-14 YA71-45 液压机的主要技术参数

主要技术参数项目	参 考 数 值
公称压力/kN	441
回程压力/kN	59
工作液最大压力/kN	31.4
动梁到工作台最大距离/mm	750
动梁最大行程/mm	250
顶出杆最大顶出力/kN	118
顶出杆最大回程力/kN	34
顶出杆最大行程/mm	175

5. 设计方案的确定

从产品的结构分析可知，产品不带嵌件，没有侧孔，不需要侧抽芯机构，可以采用下顶杆推出。这样模具结构简单，开模、闭模以及推出都在模内进行，劳动强度小，生产效率高。

1) 成型零件设计

成型零件直接与高温高压的塑料接触，它的质量直接影响了制件的质量，因此要求成型零件有足够的强度、刚度、硬度、耐磨性，应选用优质模具钢制作，还应进行热处理使其具备 HRC50~55 的硬度。

2) 型腔设计

型腔采用整体式型腔，整体式型腔是直接加工在型腔板上的，有较高的强度和刚度，使用中不易发生变形。

3) 型芯设计

型芯结构设计亦应采用组合式型芯，可以节省贵重模具钢，减少加工工作量。成型塑件内壁的大型芯装在动模板上， $\phi 5$ 的孔开在下凸模上。



模具总体结构见图 5-53。

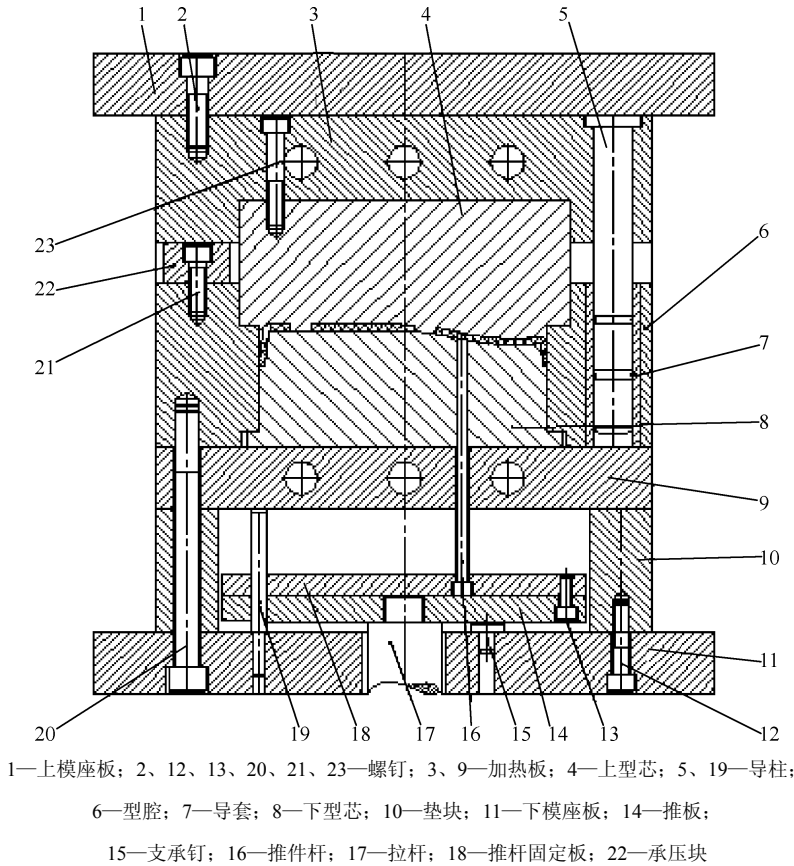


图 5-53 塑料端盖压缩模总图

6. 工艺计算及部件计算

该塑件的成型零件尺寸均按平均值法计算，查表 1-2 得木粉 PF 的收缩率为 0.4%~0.9%，故平均收缩率为

$$S_{cp} = (0.4\% + 0.9\%) \div 2 = 0.65\%$$

根据塑件尺寸公差要求，模具制造公差取：

$$\delta_z = \Delta / 3$$

塑料端盖的型腔尺寸计算见表 5-15。

表 5-15 塑料端盖的型腔尺寸计算

类 别	塑件尺寸/mm	计 算 公 式	型芯或型腔的工作尺寸/mm
型腔的计算	$10 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.56 \end{smallmatrix}$	$L_m = \left(l_s + l_s S_{cp} - \frac{3}{4} \Delta \right)_0^{+\delta_z}$	$9.64 \begin{smallmatrix} +0.18 \\ 0 \end{smallmatrix}$
	$7 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.56 \end{smallmatrix}$		$6.62 \begin{smallmatrix} +0.18 \\ 0 \end{smallmatrix}$
	$30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.98 \end{smallmatrix}$		$29.46 \begin{smallmatrix} +0.32 \\ 0 \end{smallmatrix}$
	$70 \begin{smallmatrix} 0 \\ -1.80 \end{smallmatrix}$		$69.07 \begin{smallmatrix} +0.6 \\ 0 \end{smallmatrix}$
	$6 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.48 \end{smallmatrix}$		$5.32 \begin{smallmatrix} +0.16 \\ 0 \end{smallmatrix}$



项目5 压缩与压注成型模具设计

续表

类 别	塑件尺寸/mm	计 算 公 式	型芯或型腔的工作尺寸/mm
型腔的计算	$R85_{-2.1}^0$	$L_c = \left(l_{rs} + l_{rs} S_{cp} - \frac{3}{4} \Delta \right)_0^{+\delta_z}$	$R84.01_{-0}^{+0.7}$
	$R60_{-1.54}^0$		$R59.97_{-0}^{+0.51}$
	$R20_{-0.86}^0$		$R19.49_{-0}^{+0.29}$
	$R15_{-0.76}^0$		$R14.52_{-0}^{+0.24}$
型芯的计算	$67_{-0}^{+1.8}$	$L_m = \left(l_s + l_s S_{cp} + \frac{3}{4} \Delta \right)_0^{+\delta_z}$	$68.75_{-0.6}^0$
	$27_{-0}^{+0.98}$		$27.88_{-0.32}^0$
	$6_{-0}^{+0.48}$		$6.39_{-0.16}^0$
	$\phi 5_{-0}^{+0.48}$		$\phi 5.39_{-0.16}^0$
孔距	30 ± 0.98	$C_m = (C_s + C_s S_{cp}) \pm \frac{\delta_z}{2}$	30 ± 0.33
	15 ± 0.76		15.09 ± 0.26

7. 模具装配图和零部件图的设计

模具总体结构见图 5-53。

模具总体结构 3D 图见图 5-54。

零件图必须根据模具装配图拆绘（具体图形略）。

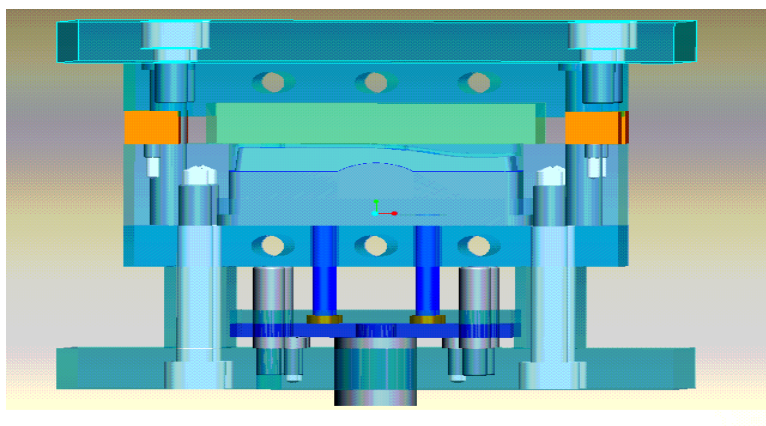


图 5-54 模具总体结构 3D 图

模具型芯 3D 图见图 5-55。

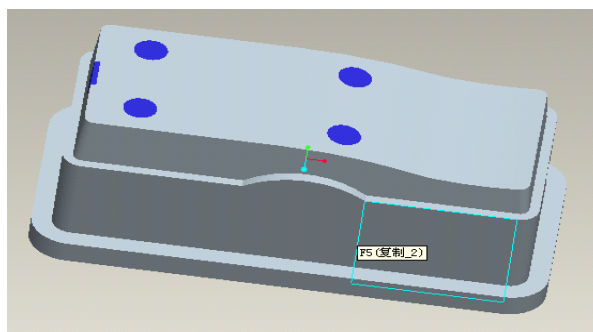


图 5-55 模具型芯 3D 图



模具推件系统 3D 图见图 5-56。

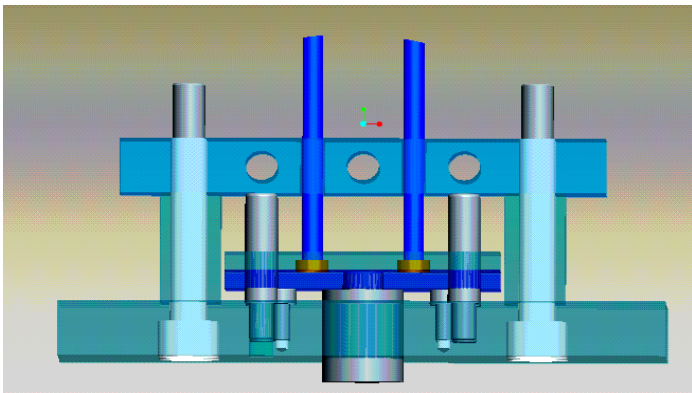


图 5-56 模具推件系统 3D 图

8. 成型设备的校核

模具图设计完毕后，必须对总装图和零件图进行校核。校核内容主要包括：模具总体结构是否合理，装配的难易程度，选用的压力是否合适，模具的闭合高度是否合适，导向方式、定位方式及卸料方式是否合理，零件结构是否合理，视图表达是否正确，尺寸标注是否完整、正确，材料选用是否合适等（具体内容略）。

9. 编写计算说明书

模具设计计算说明书是模具设计的重要技术文件。在模具设计的最后阶段，要整理、编写出模具设计计算说明书。模具设计计算说明书通常包括以下内容：

- (1) 设计题目：包括塑件名称及零件图、材料、生产批量、技术要求等。
- (2) 工艺分析：分析塑件的结构工艺性，判断塑件各部分是否容易成型。
- (3) 工艺方案的确定：在工艺分析的基础上，确定出的工艺方案可能有多个，通过对塑件质量、生产效率、设备条件、制模条件、模具寿命及经济性等方面的分析比较，确定一个最佳方案。
- (4) 工艺计算：主要包括成型压力、开模力、脱模力、加料腔尺寸、成型尺寸及模具闭合高度等的计算以及设备选用等。
- (5) 模具总体结构的合理性分析：绘制出模具结构简图，并对凸模与凹模的配合结构、导向机构、抽芯机构、脱模机构等的选用进行说明。
- (6) 模具主要零件结构设计的分析与说明：主要包括零件结构形式分析，模具材料选用，公差配合的选择及技术要求的有关说明。
- (7) 其他需要说明的内容。
- (8) 主要参考资料。

习题与思考 13

1. 溢式、不溢式、半溢式压缩模在模具的结构、压缩产品的性能及塑料原材料的适应性方面各有什么特点与要求？



项目5 压缩与压注成型模具设计

2. 压缩成型塑件在模内施压方向的选择要注意哪几点? (用简图说明)
3. 绘出溢式、不溢式、半溢式的凸模与加料室的配合结构简图, 并标出典型的结构尺寸与配合精度。
4. 压缩模加料室的高度是如何计算的?
5. 热固性塑料压缩成型过程分为哪几个阶段? 各阶段有何特点?
6. 如何选择塑料制品在压缩中的加压方向?
7. 普通压力机用压注模与专用压力机用压注模各有何特点?
8. 移动式压缩模与固定式压缩模常用的脱模方式有哪些?

附录 A 塑料及树脂缩写代号 (GB/T 1844—1980)

缩写代号	英文名称	中文名称
ABS	Acrylonitrile-butadiene-styrene	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物
A/S	Acrylonitrile-styrene copolymer	丙烯腈-苯乙烯共聚物
A/MMA	Acrylonitrile-methyl meth acrylate copolymer	丙烯腈-甲基丙烯酸甲酯共聚物
A/S/A	Acrylonitrile-styrene-acrylate copolymer	丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯共聚物
CA	Cellulose acetate	醋酸纤维素
CAB	Cellulose acetate butyrate	醋酸-丁酸纤维素
CAP	Cellulose acetate propionate	醋酸-丙酸纤维素
CF	Cresol-formaldehyde resin	甲酚-甲醛树脂
CMC	Carboxymethyl cellulose	羧甲基纤维素
CN	Cellulose nitrate	硝酸纤维素
CP	Cellulose triacetate	丙酸纤维素
CS	Casein plastics	酪素塑料
CTA	Cellulose triacetate	三乙酸纤维素
EC	Ethyl cellulose	乙基纤维素
EP	Epoxy resin	环氧树脂
E/P	Ethylene-propylene copolymer	乙烯-丙烯共聚物
E/P/D	Ethylene-propylene-diene-terpolymer	乙烯-丙烯-二烯三元共聚物
E/TFE	Ethylene-tetrafluoroethylene copolymer	乙烯-四氟乙烯共聚物
E/VAC	Ethylene-vinylacetate copolymer	乙烯-乙酸乙烯酯共聚物
E/VAL	Ethylene vinylalcohol copolymer	乙烯-乙烯醇共聚物
FEP	Perfluorinated ethylene-propylene copolymer	全氟(乙烯-丙烯)共聚物
GPS	General polystyrene	通用聚苯乙烯
GRP	Glass fibre reinforced plastics	玻璃纤维增强塑料
HDPE	High density polyethylene	高密度聚乙烯
HIPS	High impact polystyrene	高冲击强度聚苯乙烯
LDPE	Low density polyethylene	低密度聚乙烯
MC	Methyl cellulose	甲基纤维素
MDPE	Middle density polyethylene	中密度聚乙烯
MF	Melamine formaldehyde resin	三聚氰胺-甲醛树脂
MPF	Melamine-phenol-formaldehyde resin	三聚氰胺-酚甲醛树脂
PA	Polyamide	聚酰胺
PAA	Poly (acrylic acid)	聚丙烯酸
PAN	Polyacrylonitrile	聚丙烯腈
PB	Polybutene-1	聚丁烯-1
PBTP	Poly (butylene terephthalate)	聚对苯二甲酸丁二(醇)酯
PC	Polycarbonate	聚碳酸酯



附录 A 塑料及树脂缩写代号 (GB/T 1844—1980)

续表

缩写代号	英文名称	中文名称
PCTFE	Polychlorotrifluoroethylene	聚三氟氯乙烯
PDAP	Poly (diallyl phthalate)	聚邻苯二甲酸二烯丙酯
PEC	Chlorinated polyethylene	氯化聚乙烯
PEOX	Poly (ethylene oxide)	聚环氧乙烷, 聚氧化乙烯
PETP	Poly (ethylene terephthalate)	聚对苯二甲酸乙二(醇)酯
PE	Polyethylene	聚乙烯
PDAIP	Poly (diallyl isophthalate)	聚间苯-甲酸-二烯丙酯
PF	Phenol-formaldehyde resin	酚醛树脂
PI	Polyimide	聚酰亚胺
PMCA	Poly (methyl- α -chloroacrylate)	聚 α 氯代丙烯酸甲酯
PML	Polymethacrylimide	聚甲基丙烯酰亚胺
PMMA	Poly (methyl methacrylate)	聚甲基丙烯酸甲酯
POM	Polyoxymethylene (polyformaldehyde)	聚甲醛
PP	Polypropylene	聚丙烯
PPC	Chlorinated polypropylene	氯化聚丙烯
PPO	Poly (phenylene oxide)	聚苯醚 (聚 2, 6-二甲基苯醚): 聚苯撑氧
PPOX	Poly (phenylene oxide)	聚环氧丙烷, 聚氧化丙烯
PPS	Poly (phenylene sulfide)	聚苯硫醚
PPSU	Poly (phenylene sulfon)	聚苯砜
PS	Polystyrene	聚苯乙烯
PSU	Polysulfone	聚砜
PTFE	Polytetrafluoroethylene	聚四氟乙烯
PUR	Polyurethane	聚氨酯
PVAC	Poly (vinyl acetate)	聚乙酸乙烯酯
PVAL	Poly (vinyl alcohol)	聚乙烯醇
PVB	Poly (vinyl butyral)	聚乙烯醇缩丁醛
PVC	Poly (vinyl chloride)	聚氯乙烯
PVCA	Poly (vinyl chloride-acetate)	氯乙烯-乙酸乙烯酯共聚物
PVCC	Chlorinated poly (vinyl chloride)	氯化聚氯乙烯
PVDC	Poly (vinylidene chloride)	聚偏二氯乙烯
PVDF	Poly (vinylidene fluoride)	聚偏二氟乙烯
PVF	Poly (vinyl fluoride)	聚氟乙烯
PVFM	Poly (vinyl formal)	聚乙烯醇缩甲醛
PVK	Poly (vinyl carbazole)	聚乙烯基咔唑
PVP	Poly (vinyl pyrrolidone)	聚乙烯基吡咯烷酮
RP	Reinforced plastics	增强塑料
RF	Resorcinol-formaldehyde resin	间苯二酚-甲醛树脂
S/AN	Styrene-acrylonitrile copolymer	苯乙烯-丙烯腈共聚物
SI	Silicone	聚硅氧烷



续表

缩写代号	英文名称	中文名称
S/MS	Styrene- α -methylstyrene-copolymer	苯乙烯- α -甲基苯乙烯共聚物
UF	Ureaformaldehyde resin	脲甲醛树脂
UHMWPE	Ultra-high molecular weight polyethylene	超高分子量聚乙烯
UP	Unsaturated polyester	不饱和聚酯
VC-E	Vinylchloride-ethylene copolymer	氯乙烯-乙烯共聚物
VC/E/MA	Vinylchloride-ethylene-methylacrylate copolymer	氯乙烯-乙烯-丙烯酸甲酯共聚物
VC/E/VAC	Vinylchloride-ethylene-vinylacetate copolymer	氯乙烯-乙烯-乙酸乙烯酯共聚物
VC/MA	Vinylchloride-ethylene-methylacrylate copolymer	氯乙烯-丙烯酸甲酯共聚物
VC/MMA	Vinylchloride-ethylene-methylmethacrylate copolymer	氯乙烯-甲基丙烯酸甲酯共聚物
VC/OA	Vinyl chloride-octylacrylate copolymer	氯乙烯-丙烯酸辛酯共聚物
VC/VAC	Vinyl chloride-vinylacetate copolymer	氯乙烯-醋酸乙烯酯共聚物
VC/VDC	Vinyl Chloride-vinylacetate chloride copolymer	氯乙烯-偏二氯乙烯共聚物
PVFM	Poly (vinyl formal)	聚丙烯醛
PO	Polyolefine	聚烯烃
PIB	Polyisobutylene	聚异丁烯
EPC	ethylene-propylene-copolymer	乙丙烯共聚物
PMMA	polymethyl methacrylate	聚甲基丙烯酸甲酯
PVD	poly (vinyl chloride)	聚氯乙烯
PVCA	poly (vinyl chloride acetate)	聚醋酸乙烯
PVDC	poly (vinylidene chloride)	聚偏氯乙烯
EVA	ethylene-vinyl acetate copolymer	乙烯-醋酸乙烯共聚物
—	vinyl chloride-propylene copolymer	氯乙烯-丙烯共聚物
POM	Polyoxymethylene	聚甲醛
PBT	Polybenzothiazol	聚苯并噻唑
CS	Casein+plastics	酪素塑料
DMA	dimethyl acetamide	二甲基乙酰胺
CF	cresol-formaldehyde	甲酚-甲醛
EP	epoxide,epoxy	环氧树脂
MF	melamine-formaldehyde	蜜胺甲醛树脂
PF	phenol-formaldehyde	酚醛树脂
SI	Silicone	硅树脂
TPP	triphenyl phosphate	磷酸三苯酯
UF	urea-formaldehyde	脲甲醛树脂
UP	unsaturated polyester	不饱和树脂
FRP	fiber glass-reinforced plastics	玻璃增强塑料



附录 B 热塑性塑料的主要特性和用途

性 能	特 性	用 途
聚乙烯	柔韧性好，介电性能和化学腐蚀性能优良，成型工艺性好，但刚性差。密度为 $0.91\sim 0.96\text{g/cm}^3$	化工耐腐蚀材料和制品、小负荷齿轮、轴承、电线电缆包皮、日常生活用品
聚丙烯	耐腐蚀性优良，力学性能高于聚乙烯，耐疲劳和耐应力开裂性好，但收缩率较大，低温脆性大。密度为 $0.90\sim 0.91\text{g/cm}^3$	医疗器具、家用厨房用器、家电零部件、化工耐腐蚀零件、中小型容器和设备
聚氯乙烯	耐化学腐蚀性和电绝缘性能优良，力学性能较好，具有难燃性，但耐热性差，高温时易发生降解。密度为 $1.15\sim 2.00\text{g/cm}^3$	软、硬耐腐蚀管，板，型材，薄膜，电线电缆绝缘制品等
聚苯乙烯	树脂透明，有一定的机械强度，绝缘性能好，耐辐射，成型工艺性好，但脆性大，耐冲击性和耐热性差。密度约为 1.054g/cm^3	不受冲击的透明仪器、仪表外壳、罩体、生活日用品，如瓶、牙刷柄
ABS	具有韧性、硬度、刚性均衡的优良力学特性，绝缘性能好，耐化学腐蚀性、尺寸稳定性、表面光泽性好，易涂装和着色，但耐热性不太好，耐候性较差。密度为 $1.02\sim 1.05\text{g/cm}^3$	汽车、电器仪表、机械构件，如齿轮、把手、仪表盘等
丙烯酸类树脂	具有极好的透光性，耐候性优良，成型性和尺寸稳定性好，但表面硬度低。有机玻璃密度约为 1.18g/cm^3	光学仪器、要求透明和一定强度的零部件，如窗、罩、盖、管等
聚酰胺	力学性能优异，冲击韧性好，耐磨性和自滑性能好，但易吸水，尺寸稳定性差。密度为 $1.03\sim 1.04\text{g/cm}^3$	机械、仪器仪表、汽车等方面耐磨受力零部件
聚碳酸酯	有优良的综合性能，特别是力学性能优异，耐冲击性能优于一般热塑性塑料，其他性能如耐热、耐低温、耐化学腐蚀性、电绝缘性能等均好，制品精度高，树脂具有透明性，但易产生应力开裂。密度约为 1.2g/cm^3	强度高、耐冲击结构件，电器零部件，小负荷传动零件等
聚甲醛	力学性能优异，刚性性，耐冲击性好，有突出的自润滑性、耐磨性和化学腐蚀性。但耐热性和耐候性差。密度为 $1.41\sim 1.71\text{g/cm}^3$	代替铜、锌等有色金属和合金耐磨部件，如轴承、齿轮、凸轮等耐蚀制品
氟塑料	有突出的耐腐蚀、耐高温性能，摩擦系数低，自润性能好，但力学性能不高，刚性差，成型加工性不好。密度为 $2.07\sim 2.2\text{g/cm}^3$	高温环境中的化学设备及零件，耐磨部件，密封材料等
聚砒类	耐热性优良，力学性能、绝缘性能、尺寸稳定性、耐辐射性好，但成型工艺性差。密度为 $1.24\sim 1.45\text{g/cm}^3$	高温、高强度结构零部件，耐腐蚀、电绝缘零部件
聚苯醚	有优良的力学性能，热变形温度高，使用温度范围宽，耐化学腐蚀性、高蠕变性和绝缘性能好，有自熄性，尺寸稳定性好。密度为 $1.06\sim 1.38\text{g/cm}^3$	代替有色金属制作精密齿轮、轴承等零件，耐高温、耐腐蚀电器部件
纤维素及其塑料	表面韧而硬，透明度好，容易着色，耐候性好，易于加工	硝化纤维素用于炸药，塑料用于生活、文教用品如乒乓球、眼镜架、笔杆、尺子等



附录 C 热固性塑料的主要特性和用途

名 称		特 性	用 途
酚醛树脂		绝缘性能和力学性能好，耐水性、耐酸性和耐烧蚀性能优良	电气绝缘制品，机械零件，黏结材料及涂料
氨基树脂	脲醛树脂	本身为无色，着色性好，绝缘性能好，但耐水性差	电器零件、食品器具、木材和胶合板用黏结剂
	三聚氰胺树脂	本身为无色，着色性好，硬度高，耐磨性好，绝缘性能和耐电弧性能优良	电器机械零件、化妆板、食品及黏结剂和涂料等
环氧树脂		黏结性和力学性能优良，耐化学药品性（尤其是耐碱性）良好，绝缘性能好，固化收缩率低，可在室温、接触压力下固化成型	力学性能要求高的零部性、电器绝缘制品、黏结剂和涂料
不饱和聚酯树脂		可在低压下固化成型，其玻璃纤维增强塑料具有优良的力学性能、良好的耐化学性和绝缘性能，但固化收缩率较大	建材、结构材料、汽车、电器零件、纽扣，还可做涂料、胶泥等
聚氨酯树脂		耐热、耐油、耐溶剂性好，强韧性、黏结性和弹性优良	隔热材料、缓冲材料、合成皮革、发泡制品
二烯酯树脂		绝缘性能优异，尺寸稳定性好	绝缘电器零件、精密电子零件



附录 D 部分国产注射成型机的技术规格

项 目	XS-ZS-22	XS-Z-30	XS-Z-60	XS-ZY-125	G54-S-200/400	XS-ZY-250	SZY-300	XS-ZY-500	XS-ZY-1000	SZY-2000	XS-ZY-3000	XS-ZY-4000	XS-ZY-6000	T-S-Z-7000
额定注射量/cm ³	30、20	30	60	125	200~400	250	320	500	1 000	2 000	3 000	4 000	6 000	3 980, 5 170, 7 000 (g)
螺杆(柱塞)直径/mm	25×2 20×2	28	38	42	55	50	60	65	85	110	120	130	150	110, 130, 150
注射压力/MPa	75.0、117.0	119.0	122.0	120.0	109.0	130.0	77.5	145.0	121.0	90.0	90.0, 115.0	106.0	110.0	158.0, 85.0, 113.0
注射行程/mm	130	130	170	115	160	160	150	200	260	280	340	370	400	450
注射时间/s	0.45, 0.50	0.70	2.90	1.60	—	2.00	-2.70	3.00	4.00	3.80	6.00	10.00	10.00	—
螺杆转速/(r·min ⁻¹)	—	—	—	29, 43, 56, 59, 83, 101	16, 28, 48	25, 31, 39, 58, 32, 89	15~90	20, 25, 32, 38, 42, 50, 63, 80	21, 27, 35, 40, 45, 50, 65, 83	0~47	20~100	16, 20, 32, 41, 51, 74	0~80	15~67
注射方式	双柱塞(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	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
锁模力/kN	250	250	500	900	2 540	1 800	1 500	3 500	4 500	6 000	6 300	10 000	18 000	18 000
最大成型面积/cm ²	90	90	130	320	645	550, 500	—	1 000	1 800	2 600	2 520	3 800	5 000	7 200, 14 000
最大开(合)模行程/mm	160	160	180	300	260	500	340	500	700	750	1 120	1 100	1 400	1 500
模具最大厚度/mm	180	180	200	300	406	350	335	450	700	800	960, 680, 400	1 000	1 000	1 200
模具最小厚度/mm	60	60	70	200	165	200	285	300	300	500	—	700	700	600

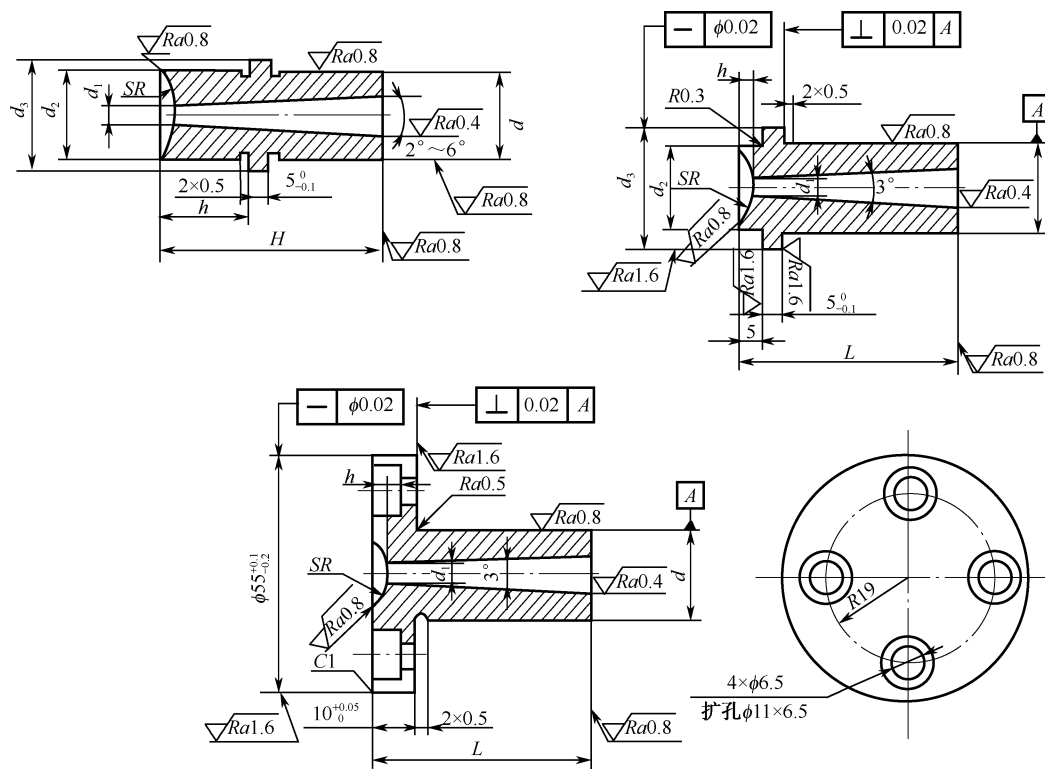


续表

项 目	XS-ZS-22	XS-Z-30	XS-Z-60	XS-ZY-125	G54-S-200/400	XS-ZY-250	SZY-300	XS-ZY-500	XS-ZY-1000	SZY-2000	XS-ZY-3000	XS-ZY-4000	XS-ZY-6000	T-S-Z-7000
动、定模固定板尺寸/mm	250×280	250×280	330×440	428×458	532×634	598×520	620×520	700×850	900×1000	1180×1180	1350×1250			1800×1900
合模方式	液压-机械	液压-机械	液压-机械	液压-机械	液压-机械	增压式	液压-机械	液压-机械	两次动作-液压式	液压-机械	充液式	两次动作-液压式	两次动作-液压式	两次动作-液压式
液 压 泵	流量/ (L·min ⁻¹)	50.0	70.0, 12.0	100.0, 12.0	170.0, 12.0	103.9, 12.1	200.0, 25.0	200.0, 18.0, 1.8	75.8×2.0, 14.2	94.0×2.0, 1863.0	50.0, 50.0	107.0×2.0, 58.0, 25.0, 200.0	406.0, 25.4	103.9, 12.1
	压力/MPa	6.5	6.5	6.5	6.5	7.0	6.5	14.0	14.0	14.0, 21.0	20.0	21.0, 32.0, 15.0	14.0, 32.0	7.0
电动机功率/kW	5.5	5.5	11.0	11.0	18.5	18.5	17.0	22.0	40.0, 5.5, 5.5	40.0, 40.0	45.0, 55.0	17.0, 17.0	117.0, 5.0	55.0, 55.0
螺杆驱动功率/kW	—	—	—	4.0	5.5	5.5	7.8	7.5	13.0	23.5	37.0	30.0	615 (kg·m)	60.0
加热功率/kW	1.75		2.70	5.00	10.00	9.83	6.50	14.00	16.50	21.00	40.00	37.00	50.00	41.50
机器外形尺寸/mm	2340×800×1450	2340×800×1460	360×850×1550	3340×750×1550	4700×1400×1800	4700×1000×1815	5300×940×1815	6500×1300×2000	7670×1740×2380	10908×1900×3430	11000×2900×3200	11500×3000×4500	12000×2200×3000	—
定位圈尺寸/mm	φ63.5	φ63.5	φ55.0	φ125.0	—	—	φ150.0	φ150.0	—	—	φ300.0	—	—	—
推出形式	两侧推出	两侧推出	中心推出	两端推出	中心推出	—	□	两侧推出	两侧推出	—	—	两侧推出	—	—
中心距/mm	70	170	□	230			—	530	350		—	120	—	—



附录 E 注射模具浇口套结构形式和推荐尺寸



材 料		T10A			热处理		HRC50~55	
d (k6)		d_2 (f8)		d_3	h	R	d_1	L_1
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差					
16	+0.012 +0.001	20	-0.020 -0.053	28	3	15	3.5	16~63
							5	16~63
20	+0.015 +0.002						3.5	16~80
							5	16~80
							6	16~100
25		35.5	-0.025 -0.064	45	5	20	5	20~100
							6	20~100
8.5	31.5~100							
31.5	8.5						31.5~100	
	10						31.5~100	
L 尺寸规格	16、20、25、31.5、35.5、40、50、63、71、80、90、100							



附录 F 内地与台湾地区模具零件名称对照表

内地	台湾	内地	台湾	内地	台湾
挡销	垃圾钉	垫块	方铁	推管（顶管）	司筒
分模隙	托模槽	浇口套	唧嘴	（推管）型芯	司筒针
弹簧	弹弓	浇口	入水（或水口）	动模座板孔（注射成型机顶出杆）	KO 孔
直导套	直司	导柱	直边（导承销）	直接浇口	大水口
带法兰导套	托司（或杯司）	销钉	管钉	点浇口	小水口
中法兰导套	中托司	支承柱	撑头	拉料杆	钩针
推杆	顶针	导滑槽	行位	压板部件（压板槽）	码模槽
推出固定板	回针板（或前顶板）	流道推板	水口推板	注射成型	射出成型
定位圈	定位器	支承板	活动靠板	型芯	活动嵌件
定模座板	固定侧装设板	型芯固定板	活动模板	斜导柱	倾斜销
动模座板	活动侧装设板	推板	后顶板	侧芯滑块	滑动模芯



参考文献

- [1] 高汉华. 塑料成型工艺与模具设计 [M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2007.
- [2] 陈建荣. 塑料成型工艺与模具设计 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2010.
- [3] 熊建武. 塑料成型工艺与注射模具设计 [M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2011.
- [4] 齐卫东. 塑料模具设计手册 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2008.
- [5] 屈华昌. 塑料成型工艺与模具设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [6] 张秀玲. 模具设计与制造 [M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2012.
- [7] 吴生绪. 塑料成型模具设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.