

普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

模具设计与制造

张荣清 主编

侯维芝 王鑫 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材（高职高专教育），也是教育部高职高专规划教材。本书是为机械类专业学生学习模具设计与制造知识而编写的。主要内容包括冲压成形工艺及冲压模、塑料成形工艺及塑料模、模具制造工艺三篇。内容精炼，通俗实用。本书可作为高职、高专及成人院校机类、近机类专业教学用书，也可供有关的工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

模具设计与制造/张荣清主编. —北京：高等教育出版社，2003.7
ISBN 7-04-012552-8

I. 模... II. 张... III. ①模具—设计—高等学校—教材②模具—制造—高等学校—教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第 046753 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	10001	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷			
开 本	787×1092 1/16	版 次	年 月第 版
印 张	19.75	印 次	年 月第 次印刷
字 数	470 000	定 价	24.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。
版权所有 侵权必究

策	划	赵	亮
责任编辑		胡	纯
封面设计		于	涛
责任绘图		朱	静
版式设计		胡志萍	
责任校对		尤	静
责任印制			

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作，2000 年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》（教高司〔2000〕19 号），提出了“力争经过 5 年的努力，编写、出版 500 本左右高职高专教育规划教材”的目标，并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施：先用 2 至 3 年时间，在继承原有教材建设成果的基础上，充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验，解决好高职高专教育教材的有无问题；然后，再用 2 至 3 年的时间，在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上，推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神，有关院校和出版社从 2000 年秋季开始，积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据 1999 年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》（草案）和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》（草案）编写的，随着这些教材的陆续出版，基本上解决了高职高专教材的有无问题，完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002 年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题，将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略，抓好重点规划”为指导方针，重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设，特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材；同时还要扩大教材品种，实现教材系列配套，并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系，在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材（高职高专教育）适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002 年 11 月 30 日

前 言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材（高职高专教育），也是教育部高职高专规划教材。

按照高职高专人才培养目标要求，优化知识结构，拓宽知识面，机械类专业学生需具备一定的模具设计和制造能力，本书就是根据这一目标编写的。全书共分三篇，第一篇为冲压成形工艺及冲压模篇，主要介绍塑性成形的基本理论、常用的冲压工艺及典型的模具结构、冲压工艺设计，同时还简要介绍了冲压常用设备、冲压常用材料等有关内容；第二篇为塑料成形工艺及塑料模篇，主要介绍了注射成形工艺及注射模设计的有关内容，简要介绍了其他的塑料成形工艺、塑料及注射机的基本知识；第三篇为模具制造工艺篇，主要介绍了模具特种加工及模具装配的有关知识，简要介绍了模具的机械加工、现代模具制造的一些基本知识；附录介绍了模具常用的材料及热处理要求。

模具技术是一门综合性很强的学科，也是近年来飞速发展的学科之一。本书编写过程中，力求体现新技术、新工艺，突出实用。考虑机械类专业学生的知识结构，在内容的安排上，力求知识结构完整统一，增加了一些模具设计之外所必需的有关知识，如成形设备、材料等，同时避免与机械类专业知识的重复。本书内容通俗易懂，模具结构实用，每章均附有思考题，以方便学生学习。

本书除绪论外，共计三篇 14 章，张荣清编写了绪论和第 1、4、6、7 章，张荣清，杨占尧编写第 8、9 章及附录，侯维芝编写了第 2、3 章，王鑫编写了第 5、10、14 章和附录以及第 13 章的 13.1、13.2、13.4 节，印书范编写了第 11 章及第 13 章的 13.3 节，段继承编写了第 12 章。全书由张荣清任主编并负责全书的统稿及修改，侯维芝、王鑫任副主编。全书由合肥工业大学刘全坤教授审阅。

本书在编写过程中得到了兄弟院校、有关企业专家的大力支持和帮助，苏州永儒塑胶有限公司的黄正儒先生提供了部分图稿，中德现代制造中心的杨清林先生对书稿提出了宝贵意见，于万红同志对书稿的录入、编辑做了大量的工作，在此一并感谢。

本书适用于各类高职高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校机械类专业学生使用，也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

由于编者水平有限，书中不当和错误之处在所难免，恳请使用本书的教师和广大读者批评指正。

编者

2003 年 1 月

目 录

绪论	1
----------	---

第 1 篇 冲压成形工艺及冲压模

第 1 章 冲压成形概述	7	3.7 弯曲模工作部分尺寸计算	74
1.1 冲压成形特点与分类	7	思考题	76
1.2 冲压成形的基本理论	9	第 4 章 拉深工艺与拉深模	78
1.3 冲压常用材料	15	4.1 拉深工艺及拉深件的工艺性	78
1.4 冲压设备	16	4.2 拉深变形过程分析	79
思考题	20	4.3 拉深工艺设计	85
第 2 章 冲裁工艺与冲裁模	21	4.4 拉深模具结构	91
2.1 冲裁工艺及冲裁件的工艺性	21	4.5 拉深模设计	95
2.2 冲裁变形过程分析	24	4.6 其他形状零件的拉深	106
2.3 排样设计	25	思考题	112
2.4 冲裁工艺计算	30	第 5 章 其他成形工艺与模具	114
2.5 冲裁模典型结构	36	5.1 胀形	114
2.6 冲裁模零部件结构设计	41	5.2 翻边	118
2.7 硬质合金模	52	5.3 冷挤压	123
思考题	54	5.4 覆盖件成形	130
第 3 章 弯曲工艺与弯曲模	56	思考题	138
3.1 弯曲工艺及弯曲件工艺性	56	第 6 章 冲压工艺设计	139
3.2 弯曲变形过程分析	59	6.1 冲压工艺设计过程	139
3.3 弯曲件展开长度	61	6.2 冲压工艺方案的拟订	140
3.4 弯曲力计算	63	6.3 模具设计	141
3.5 弯曲件的回弹	64	思考题	142
3.6 弯曲模结构	66		

第 2 篇 塑料成形工艺及塑料模

第 7 章 塑料成形概述	147	8.1 注射成形原理及工艺特点	166
7.1 塑料及塑料模的基本概念	147	8.2 注射模的分类及结构组成	170
7.2 塑件的结构工艺性	152	8.3 分型面	171
7.3 塑料成形设备	160	8.4 浇注系统	173
思考题	165	8.5 成形零件的设计	181
第 8 章 注射成形工艺及注射模	166	8.6 机构设计	186

8.7 注射模典型结构	197	9.2 压注成形工艺与压注模	207
思考题	199	9.3 挤出成形工艺与挤出模	212
第9章 其他塑料成形工艺与模具	200	思考题	221
9.1 压缩成形工艺与压缩模	200		

第3篇 模具制造工艺

第10章 模具制造概述	225	思考题	280
10.1 模具制造过程及生产特点	225	第13章 现代模具制造技术	282
10.2 模具制造工艺规程的编制	228	13.1 数控机床加工	282
10.3 模具零件毛坯选择	230	13.2 模具 CAD/CAM	286
10.4 试模鉴定	233	13.3 快速模具制造技术	288
思考题	234	13.4 逆向工程技术简介	291
第11章 模具成形表面的机械加工	235	思考题	293
11.1 车削加工	235	第14章 模具的装配过程	294
11.2 铣削加工	238	14.1 概述	294
11.3 磨削加工	245	14.2 模具零件的连接方法	294
11.4 其他加工	256	14.3 模具间隙的控制方法	296
思考题	258	14.4 冷冲压模具的装配	298
第12章 模具成形表面的特种加工	260	14.5 塑料模的装配	301
12.1 电火花成形加工	260	思考题	304
12.2 数控电火花线切割加工	270		

附录 模具常用材料及热处理要求	305
参考文献	309

第 2 篇

塑料成形工艺及塑料模

第 7 章 塑料成形概述

7.1 塑料及塑料模的基本概念

塑料是一种以合成树脂为主要成分，加入适量的添加剂制成的高分子有机化合物。在一定的温度和压力条件下，塑料可以用模具成形出具有一定形状和尺寸的制件，并且当外力解除后，在常温下仍能使形状保持不变。成形所用的模具称为塑料模，它是型腔模的一种。常用的塑料添加剂包括：增塑剂、润滑剂、稳定剂及填料等。

7.1.1 塑料的分类及工艺特性

1. 塑料的分类

塑料的品种很多，按其受热后所表现的性能不同可分为热固性塑料和热塑性塑料两大类。

(1) 热固性塑料 是指在初次受热时变软，可以制成一定形状，但加热到一定时间或加入固化剂后，就硬化定型，再加热则不熔融也不溶解，形成体型（网状）结构物质的塑料。这类塑料在成形过程中发生了化学变化，分子结构产生了变化。常见的热固性塑料有酚醛塑料、氨基塑料、环氧树脂、脲醛塑料、三聚氰胺甲醛和不饱和聚酯等。

(2) 热塑性塑料 是指在特定温度范围内能反复加热和冷却硬化的塑料。这类塑料在成形过程中只有物理变化，而无化学变化。常见的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、有机玻璃、聚酰胺、聚甲醛、ABS、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砜和聚四氟乙烯等。

2. 塑料成形工艺特性

塑料成形的工艺特性是指塑料在成形过程中表现出来的特有性质。模具设计时必须加以充分考虑，下面讨论主要的工艺特性。

(1) 流动性 塑料在一定温度、压力作用下，能够充满型腔的性能，称为塑料的流动性。塑料的流动性差，就不易充满型腔，因此需要较大的成形压力才能成形；相反，塑料的流动性好，可以用较小的成形压力充满型腔，但流动性太好，会使塑料在成形时产生严重的溢边。

影响塑料流动性的因素有：

① 塑料的分子结构与成分 具有线型分子结构而没有或很少有网状结构的塑料流动性好。塑料中加入填料，会降低其流动性。加入增塑剂和润滑剂，则可增加塑料的流动性。

② 温度 塑料温度高则流动性好，温度对流动性的影响大小视不同塑料而异，有的影响大，有的影响小。所以在成形时可通过调节温度来控制流动性。

③ 压力 注射压力增大则熔融塑料受剪切作用大，其流动性也随之增大，特别是聚乙烯、聚甲醛等塑料对压力的反应十分敏感，所以成形时可通过调节注射压力来控制流动性。

④ 模具结构 模具浇注系统的形式、尺寸和布置，冷却系统设计的合理性，熔料流动阻

力（如型腔表面粗糙度、流道截面厚度、型腔形状和排气系统设计）等因素都直接影响熔料在型腔内的实际流动。凡促使熔料温度降低，流动阻力增加的因素，都会使流动性降低。在模具设计时应根据所用塑料的流动性，选用合理的模具结构。

下面是一些常用热塑性塑料的流动性情况：

流动性好 尼龙、聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、醋酸纤维素。

流动性中等 改性聚苯乙烯（如 ABS、AS）、有机玻璃、聚甲醛、氯化聚醚。

流动性差 聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚苯醚、聚砜、聚芳砜、氟塑料。

（2）收缩性 一定量的塑料在熔融状态下的体积总比其固态下的体积大，说明塑料经成形冷却后体积发生了收缩，这种特性称为收缩性。引起塑件收缩的原因有很多，如热胀冷缩、脱模时的弹性恢复、塑性变形、成形工艺条件和塑件残余应力的释放等。塑件的收缩性可用计算收缩率来表示。

$$S = \frac{a - b}{b} \times 100\%$$

式中 S ——计算收缩率；

a ——型腔在常温下的实际尺寸；

b ——塑件在常温下的实际尺寸。

在实际成形时，不同品种的塑料收缩率各不相同，不同批的同种塑料或同一塑料的不同部位其收缩性也各不相同。影响塑件收缩率的因素主要有：

① 塑料品种 热塑性塑料成形过程中由于结晶而引起体积变化，塑件内的残余应力大，因此与热固性塑料相比收缩率较大，另外，脱模后收缩和后处理收缩也比热固性塑料大。

② 塑件特性 一般说来，塑件的形状复杂、尺寸小、壁薄、带嵌件，收缩率就小。

③ 浇口形式和尺寸 这些因素直接影响料流方向、密度分布、保压补缩作用及成形时间。采用直接浇口，浇口截面大，收缩小，但方向性明显。

④ 成形条件 模具温度、注射压力、保压时间等成形条件对塑件收缩均有直接影响。模具温度高、塑件冷却慢、密度高，则收缩大；注射压力高、脱模后弹性恢复大，则收缩小；保压时间对收缩亦有影响，保压时间长则收缩小。

常用塑料的成形收缩率见表 7.1。

由于影响收缩率变化的因素很多，而且很复杂，所以收缩率是在一定范围内变化的。在模具设计时，一般根据塑料的平均收缩率，计算模具型腔尺寸，对高精度塑件，在模具设计时应留有修模余量，在试模后逐步修正模具，以达到塑件尺寸精度要求及改善成形条件。

（3）结晶性 热塑性塑料按其冷凝时是否出现结晶现象可分为结晶型塑料和非结晶型塑料（无定形塑料）两种。所谓结晶现象就是塑料由熔融态到冷凝过程中，分子由无次序的自由运动状态而逐渐排列成为正规模型倾向的一种现象。

一般来说，不透明的或半透明的是结晶型塑料，透明的为非结晶型塑料。但也有例外，如离子聚合物属于结晶型塑料，但却高度透明；ABS 为非结晶型塑料，但却不透明。

塑件的结晶度大，则其密度大，硬度和刚度高，力学性能好，耐磨性、耐化学腐蚀性、电性能提高；反之，则塑件柔软性、透明性、耐折性好，伸长率提高，冲击强度增大。

（4）硬化特性 硬化是指热固性塑料成形时完成交联反应的过程。硬化速度的快慢对成形

表 7.1 常用塑料的成形收缩率

塑 料 名 称		填料（或增强材料）	收缩率/(纘)	
热固性塑料	酚醛树脂	木粉、棉纤维	0.4 ~ 1.0	
	酚醛树脂	玻璃纤维	0.01 ~ 0.4	
	脲醛树脂	α - 纤维素	0.4 ~ 0.8	
	三聚氰胺树脂	α - 纤维素	0.3 ~ 0.6	
热塑性塑料	结晶型	聚乙烯	—	1.5 ~ 3.6
		聚丙烯	—	1.0 ~ 2.5
		聚甲醛	—	1.2 ~ 3.0
		尼龙 1010	—	0.5 ~ 4.0
		尼龙 6	—	0.8 ~ 2.5
		尼龙 66	—	1.5 ~ 2.2
		尼龙 610	—	1.2 ~ 2.0
		尼龙 9	—	1.5 ~ 2.5
		尼龙 11	—	1.2 ~ 1.5
	非结晶型	聚氯乙烯（硬质）	—	0.6 ~ 1.5
		聚碳酸酯	—	0.5 ~ 0.8
		聚苯乙烯	—	0.6 ~ 0.8
		ABS	—	0.3 ~ 0.8
		改性聚甲基丙烯酸甲酯（ 372 ）	—	0.5 ~ 0.7

工艺过程有非常重要的影响，例如压注或注射成形时，应要求在塑化、填充时化学反应慢，硬化慢，以保持长时间的流动状态，但当充满型腔后，在高温、高压下应快速硬化。硬化速度慢的塑料，会使成形周期变长，生产率降低；硬化速度快的塑料，则不能成形复杂的塑件。

（5）吸湿性与热敏性 塑料中因有各种添加剂，使其对水的敏感程度各不相同，这种特性称为吸湿性。吸湿性大的塑料在成形过程中，由于高温高压使水分变成气体或发生水解作用，使塑件产生气泡等缺陷，并影响其电气性能，所以在成形前应干燥处理。

热敏性是由于塑料成形时受到高温作用容易变色、降解、分解的特性。如果这种成形特性明显，就称为热敏性塑料。

7.1.2 塑料成形方法及塑料模的种类

塑料成形方法有很多，其模具的种类也有很多，常用的塑料成形方法及塑料模有以下几种。

1. 注射成形及注射模

注射成形是指通过注射机的螺杆或柱塞的作用，将熔融塑料射入闭合的模具型腔，经过保

压、冷却、硬化定型后，即可得到由模具成形出的塑件。注射成形所使用的模具即为注射模（也称注塑模）。注射模主要用于热塑性塑料的成形，在塑料制件的生产中占有很大的比重。据统计，注射模的产量占塑料成形模具产量的一半以上。

2. 压缩成形及压缩模

压缩成形是将预热过的塑料原料放在经过加热的模具型腔（加料室）内，凸模向下运动，在热和压力的作用下，塑料呈熔融状态并充满型腔，然后固化成形。压缩成形所使用的模具即为压缩模（也称压塑模），压缩成形多用于热固性塑料制件的成形，所使用的设备为液压机。压缩成形是塑料成形中较早采用的一种方法。

3. 压注成形及压注模

压注成形是指通过压柱或柱塞将加料室内受热熔融的塑料经浇注系统压入加热的模具型腔，然后固化定型。压注成形所使用的模具即为压注模（也称传递模），与压缩成形一样，压注成形也主要用于热固性塑料制件的成形。

4. 挤出成形及挤出模

挤出成形是利用挤出机的螺杆旋转加压、连续地将熔融状态的塑料从料筒中挤出，通过特定截面形状的机头口模成形并借助于牵引装置将挤出的塑件均匀拉出，同时冷却定型，获得截面形状一致的连续型材。挤出成形所使用的模具即为挤出模（也称挤出机头）。

除了上述介绍的几类常用的塑料成形方法外，还有气动成形、泡沫塑料成形、浇铸成形、滚塑（包括搪塑）成形、压延成形以及聚四氟乙烯冷压成形等。

7.1.3 塑料的特性

塑料的品种越来越多，应用也日益广泛，归纳起来，塑料的主要特性有：

（1）质量轻 塑料的密度一般在 $0.8 \sim 2.2 \text{ g/cm}^3$ 左右，只有铝的 $1/2$ ，钢的 $1/5$ 。塑料的这一特性，对要求减轻自重的机械装备，具有特别重大的意义。例如，在飞机上采用碳纤维或碳纤维增强塑料代替铝合金或钛合金，重量可减轻 $15 \sim 30 \%$ 。

（2）比强度高 强度与重量之比称为比强度。由于工程塑料比金属要轻得多，因此，有些工程塑料的比强度比一般金属高得多。如玻璃纤维增强的环氧树脂，它的单位重量的抗拉强度比一般钢材高 2 倍左右。

（3）化学稳定性好 工程塑料一般对酸、碱、盐等化学药品，均有良好的抗腐蚀能力。塑料的抗腐蚀性能是一般金属无法比拟的，特别是被称为“塑料王”的聚四氟乙烯，“王水”对它也无可奈何。因此，在化工设备制造中塑料有极其广泛的用途。

（4）电性能优良 工程塑料具有优良的绝缘性能，极小的介电损耗和优良的耐电弧性能。因此，在电机、电器和电子工业等方面有着广泛的应用。

（5）减摩、耐磨性能优良、自润滑性好 有些塑料的摩擦系数很小，很耐磨，可以制造各种自润滑轴承，齿轮和密封圈等。

（6）吸震和消声性能好 由于工程塑料有吸震和消声作用，所以广泛用于制造齿轮、轴承等。

（7）成形加工方便 一般塑料都可以一次成形出复杂的塑件，如照相机、电视机、收录机壳体，电动工具的壳体等。塑料的机械加工也比金属容易。

但是，塑料也有许多不足的地方，例如刚性差，收缩率大，尺寸精度低，耐热性差，易老化等。

7.2 塑件的结构工艺性

塑件的结构工艺性是指塑件在满足使用要求的前提下，其结构应尽可能符合成形工艺要求，从而简化模具结构，降低生产成本。在进行塑件结构设计时，应考虑以下几方面的因素：

- (1) 塑料的物理与力学性能、电性能、耐化学腐蚀性能和耐热性能等。
- (2) 塑料的成形工艺性，如流动性、收缩率等。
- (3) 模具的总体结构，特别是抽芯与脱模的复杂程度。
- (4) 模具零件的形状及其制造工艺。
- (5) 塑件的外观质量。

塑件结构工艺性的内容很多，现将主要内容叙述如下：

1. 塑件尺寸、精度及表面粗糙度

(1) 尺寸 塑件尺寸的大小取决于塑件的流动性。流动性差，塑件尺寸不可过大，以免不能充满型腔或形成熔接痕，影响塑件外观和强度，此外成形设备、模具尺寸及脱模距离等也会影响塑件的大小。

(2) 精度 影响塑件精度的因素很多，除与模具制造精度和模具磨损有关外，还与塑料收缩率的波动、成形时工艺条件的变化等有关，所以塑件的尺寸精度一般不高。

目前我国已颁布了工程塑料模塑塑料件尺寸公差的国家标准（GB/T 14486—93），见表 7.2。

模塑件尺寸公差的代号为 MT，公差等级分为 7 级，每一级又可分为 A、B 两部分，其中 A 为不受模具活动部分影响尺寸的公差，B 为受模具活动部分影响尺寸的公差（例如由于受水平分型面溢边厚薄的影响，压缩件高度方向的尺寸）；该标准只规定标准公差值，上下偏差可根据塑件的配合性质来分配。

塑件公差等级的选用与塑料品种有关，见表 7.3 所示。

(3) 表面粗糙度 塑件的表面粗糙度 Ra 一般为 $0.8 \sim 0.2 \mu\text{m}$ ，而模具的表面粗糙度数值要比塑件低 1~2 级。

2. 壁厚

塑件的壁厚主要取决于塑件的使用要求，但壁厚的大小对塑料的成形影响很大。壁厚过小，成形时流动阻力大，难以充型；壁厚过大则浪费材料，还易产生气泡、缩孔等缺陷，因此必须合理选择塑件壁厚。表 7.4 列出了热塑性塑料的最小壁厚和推荐值，表 7.5 列出了热固性塑料壁厚值，设计时可参考。

同一塑件壁厚应尽可能一致，否则会因冷却或固化速度不均而产生内应力，影响塑件的使用。当塑件壁厚不一致时，应适当改善塑件结构，图 7.1 列出了一些塑件壁厚改善的措施。

3. 形状设计

塑件的形状在满足使用要求的前提下，应使其有利于成形，特别是应尽量不采用侧向抽芯机构，因此，塑件设计时应尽可能避免侧向凹凸或侧孔。某些塑件只要适当地改变其形状，即

表 7.3 精度等级的选用

类 别	塑 料 品 种	公 差 等 级		
		标注公差尺寸		未注公差尺寸
		高精度	一般精度	
1	聚苯乙烯(PS) 聚丙烯(PP、无机填料填充) ABS 丙烯腈—苯乙烯共聚物(AS) 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA) 聚碳酸酯(PC) 聚醚砜(PESU) 聚砜(PSU) 聚苯醚(PPO) 聚苯硫醚(PPS) 聚氯乙烯(硬) (RPVC) 尼龙(PA、玻璃纤维填充) 聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBTP、玻璃纤维填充) 聚邻苯二甲酸二丙烯酯(PDAP) 聚对苯二甲酸乙二醇酯(PETP、玻璃纤维填充) 环氧树脂(EP) 酚醛塑料(PF、无机填料填充) 氨基塑料和氨基酚醛塑料(VF/MF 无机填料填充)	MT2	MT3	MT5
2	醋酸纤维素塑料(CA) 尼龙(PA、无填料填充) 聚甲醛($\leq 150\text{mm}$ POM) 聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBTP、无填料填充) 聚对苯二甲酸乙二醇酯(PETP、无填料填充) 聚丙烯(PP、无填料填充) 氨基塑料和氨基酚醛塑料(VF/MF 有机填料填充) 酚醛塑料(PF、有机填料填充)	MT3	MT4	MT6
3	聚甲醛($> 150\text{mm}$ POM)	MT4	MT5	MT7
4	聚氯乙烯(软) (SPVC) 聚乙烯(PE)	MT5	MT6	MT7

表 7.4 热塑性塑件最小壁厚及推荐壁厚

塑 料 种 类	塑件流程 50 mm 的最小壁厚	一般塑件壁厚	大型塑件壁厚
聚酰胺(PA)	0.45	1.75 ~ 2.60	$> 2.4 \sim 3.2$
聚苯乙烯(PS)	0.75	2.25 ~ 2.60	$> 3.2 \sim 5.4$

续表

塑 料 种 类	塑件流程 50 mm 的最小壁厚	一般塑件壁厚	大型塑件壁厚
改性聚苯乙烯	0.75	2.29 ~ 2.60	> 3.2 ~ 5.4
有机玻璃(PMMA)	0.80	2.50 ~ 2.80	> 4.0 ~ 6.5
聚甲醛(POM)	0.80	2.40 ~ 2.60	> 3.2 ~ 5.4
软聚氯乙烯(LPVC)	0.85	2.25 ~ 2.50	> 2.4 ~ 3.2
聚丙烯(PP)	0.85	2.45 ~ 2.75	> 2.4 ~ 3.2
氯化聚醚(CPT)	0.85	2.35 ~ 2.80	> 2.5 ~ 3.4
聚碳酸酯(PC)	0.95	2.60 ~ 2.80	> 3.0 ~ 4.5
硬聚氯乙烯(HPVC)	1.15	2.60 ~ 2.80	> 3.2 ~ 5.8
聚苯醚(PPO)	1.20	2.75 ~ 3.10	> 3.5 ~ 6.4
聚乙烯(PE)	0.60	2.25 ~ 2.60	> 2.4 ~ 3.2

表 7.5 热固性塑件壁厚

塑 料 名 称	塑 件 外 形 高 度		
	< 50	50 ~ 100	> 100
粉状填料的酚醛塑料	0.7 ~ 2.0	2.0 ~ 3.0	5.0 ~ 6.5
纤维状填料的酚醛塑料	1.5 ~ 2.0	2.5 ~ 3.5	6.0 ~ 8.0
氨基塑料	1.0	1.3 ~ 2.0	3.0 ~ 4.0
聚酯玻璃纤维填料的塑料	1.0 ~ 2.0	2.4 ~ 3.2	> 4.8
聚酯无机物填料的塑料	1.0 ~ 2.0	3.2 ~ 4.8	> 4.8

能避免使用侧向抽芯机构，使模具结构简化。表 7.6 所示为塑件形状有利于塑件成形的典型实例。

有些塑件内侧凹陷或凸起较浅并有圆角时，可采用整体式凸模并强制脱模的方法，例如聚甲醛、聚乙烯、聚丙烯等塑料当凹陷或凸起小于 5 纒时即可强制脱模，图 7.2 所示为可强制脱模的侧向凹凸。大多数情况下塑件侧凹不能强制脱模，此时应采用侧向分型抽芯机构的模具。

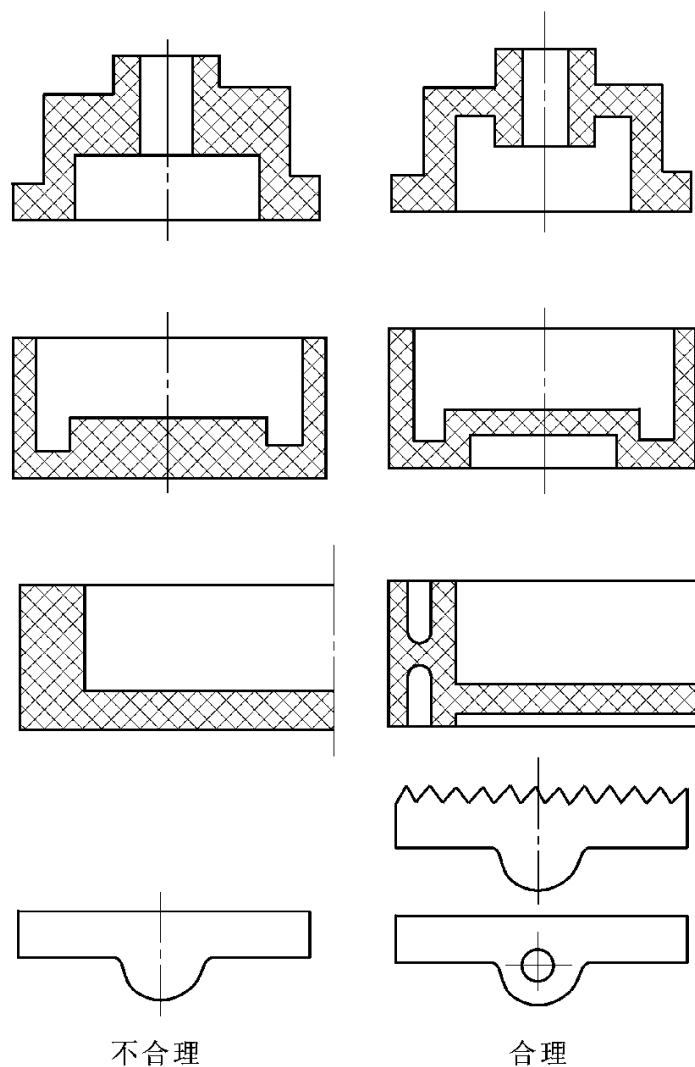
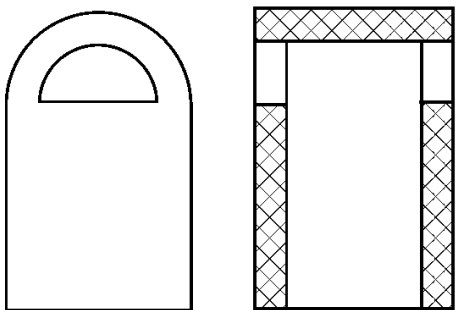
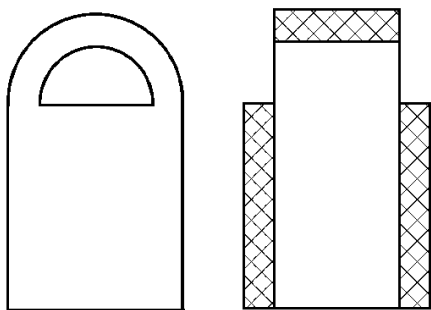
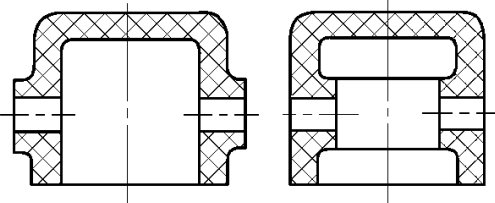
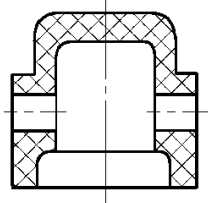
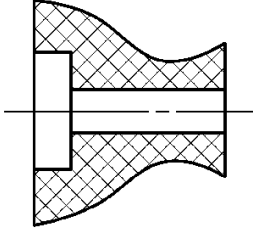
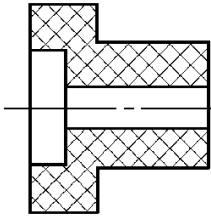
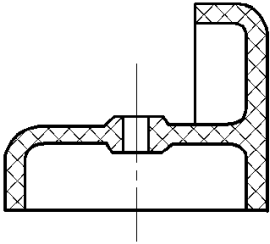
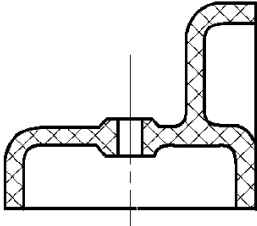
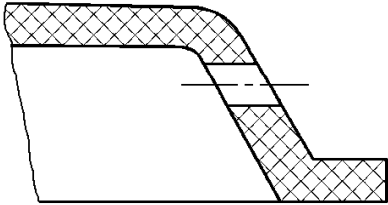
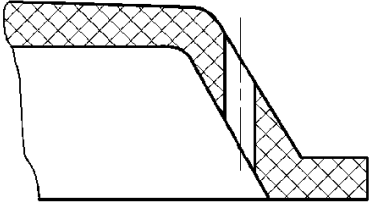


图 7.1 改善塑件壁厚的措施

表 7.6 塑件形状有利于塑件成形的典型实例

序号	不 合 理	合 理	说 明
1			改变形状后，不需采用侧抽芯，使模具结构简单
2			应避免塑件表面横向凸台，便于脱模

序号	不 合 理	合 理	说 明
3			塑件有外侧凹时必须采用瓣合凹模，故模具结构复杂，塑件外表面有接痕
4			内凹侧孔改为外凹侧孔，有利于抽芯
5			横向孔改为纵向孔可避免侧抽芯

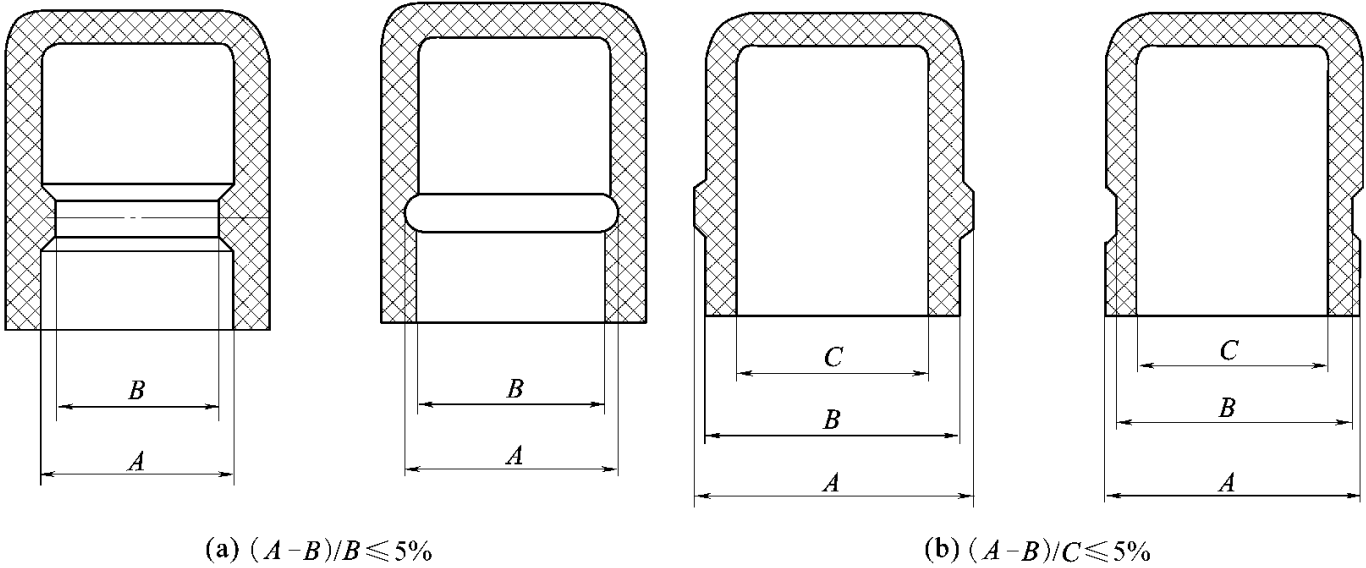


图 7.2 可强制脱模的侧向凹凸

4. 孔的设计

孔设计时应不能削弱塑件的强度，在孔与孔之间、孔与边壁之间应留有足够的距离。热固性塑件两孔之间及孔与边壁之间的关系见表 7.7（当两孔直径不一样时，按小孔径取值）。热塑性塑件两孔之间及孔与边壁之间的关系可按表 7.7 中所列数值的 75 纮确定。塑件上固定用孔和其他受力孔的周围可设计一凸边或凸台来加强，如图 7.3 所示。

表 7.7 热固性塑件孔间距、孔边距/mm

孔 径	< 1.5	1.5 ~ 3	3 ~ 6	6 ~ 10	10 ~ 18	18 ~ 30
孔间距、孔边距	1 ~ 1.5	1.5 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 7