



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 塑料成型工艺 与模具设计

(修订版)

屈华昌 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 塑料成型工艺与模具设计

(修订版)

屈华昌 主编

高等教育出版社

## 内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是教育科学“十五”国家规划课题研究成果之一——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究成果,是根据应用型本科材料成型及控制工程专业人才培养目标与规格的要求编写的。

全书共17章。第1~3章是塑料模具设计的基础,分别介绍了高分子聚合物结构特点与性能、塑料的组成与工艺特性、塑料成型制件的结构工艺性。第4~11章共用8章篇幅介绍注射成型工艺和注射模的设计,以便读者能够突破模具设计的难点,其内容包括注射成型原理及工艺特性、注射模基本结构与注射机、分型面的选择与浇注系统设计、成型零部件设计、结构零部件设计、推出机构设计、侧向分型与抽芯机构设计、温度调节系统。第12章介绍注射成型新技术的应用。第13~17章分别介绍了压缩成型工艺与压缩模设计、压注成型工艺与压注模设计、挤出成型工艺与挤出模设计、气动成型工艺与模具设计、发泡成型工艺与模具设计。本书在内容安排上的一大特点是:将每一类模具成型原理和成型工艺过程与该类模具的设计放在一起介绍,以便在熟悉成型工艺的基础上正确设计该类模具。

本书适合于高等工科院校材料成型及控制工程专业使用,也可供机械类其他专业选用,亦可供模具企业有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计/屈华昌主编. —修订版.

—北京:高等教育出版社,2007.8

ISBN 978-7-04-021913-5

I. 塑… II. 屈… III. ①塑料成型-工艺-高等学校-教材②塑料模具-设计-高等学校-教材  
IV. TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第096460号

策划编辑 庚欣 责任编辑 李京平 封面设计 张志 责任绘图 朱静  
版式设计 余杨 责任校对 刘莉 责任印制 张泽业

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100011

总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司

印刷 北京市卫顺印刷厂

开本 787×1092 1/16

印张 25

字数 600 000

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn>

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

网上订购 <http://www.landaco.com>

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

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2006年5月第1版

2007年8月第2版

印次 2007年8月第1次印刷

定价 31.10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

物料号 21913-00

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

## 修订版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在教育科学“十五”国家规划课题研究成果之一——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究成果,是根据应用型本科材料成型及控制工程专业人才培养目标与规格的要求编写的。

按照现代模具工业技术人员必须具备正确设计塑料成型模具和合理制订塑料成型工艺的知识、技术和能力的人才培养目标要求,本书分成17章,在介绍了塑料成型在工业生产中的重要地位、塑料成型技术的现状及发展趋势、高分子聚合物结构特点与性能、塑料的组成与工艺特性及塑料成型制件的结构工艺性等设计塑料模具和制订塑料成型工艺的基本知识的基础上,分别介绍了注射成型模、压缩成型模、压注成型模、挤出成型模、气动成型模、发泡成型模等模具的设计,在每一类模具的设计中,详细介绍了模具的结构组成、结构特点、工作原理、设计要点、模具成型生产所用的设备、模具材料和热处理要求等。在介绍每一类模具设计之前,都分别介绍了该类模具的成型工艺。由于在塑料的成型生产中,注射成型模应用最为广泛,而且模具的结构最为复杂,因此用8章篇幅对注射模基本结构与注射机、分型面的选择与浇注系统设计、成型零部件设计、结构零部件设计、推出机构设计、侧向分型与抽芯机构设计和温度调节系统等作了重点介绍。此外,本书对热固性塑料注射成型、气体辅助注射成型、精密注射成型与模具设计、低发泡注射成型、共注射成型、排气注射成型、反应注射成型等注射成型的新技术、新工艺进行了介绍。

模具技术是一门综合性很强的学科,是近年来飞速发展的学科之一。本书编写过程中力求知识新型实用,结合近年来模具技术的发展,注重反映先进技术。考虑材料成型及控制工程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,但在详略的处理上和重点的突出方面是十分鲜明的,这样便于教师组织教学。为了方便读者学习与思考,每章后面均附有一些思考题。

在第一版基础上并按照模具工业对应用型人才培养的专业需求,本次修订强调重实际应用和强能力培养,因此在注射模、压缩模、压注模及挤出模的结构设计介绍之后,分别列举了斜导柱侧向分型与抽芯机构结构的应用实例、压缩成型模具结构的应用实例、压注成型模具结构的应用实例和挤管机头结构的应用实例;在注射成型新技术及其应用一章中,对气体辅助注射成型的技术及其应用进行了较为精细的介绍;对注射机注射成型原理及其工艺过程的内容进行了补充。为了便于读者的查阅,教材还编写了附录(塑料及树脂缩写代号与常用塑料的收缩率)。

本书共17章,绪论和第6、7、9、10、12章以及附录由南京工程学院屈华昌编写,第1、2章由常州工学院张建梅编写,第3、8章由常州工学院沈洪雷编写,第4、5、15章由沈阳工业学院史安娜编写,第11、16、17章由南京工程学院吴梦陵编写,第13、14章由南京工程学院胡德君编写,全书由南京工程学院屈华昌主编并负责全书的统稿及修改。

本书由沙洲工学院伍建国教授审阅。在编写过程中得到了南京工程学院以及兄弟院校、有

关企业专家的大力支持和帮助。在此一并表示感谢。同时感谢所引用文献的作者,他们辛勤研究的成果也使得本书增色不少。

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

编 者

2007年4月

# 目 录

绪论 .....	1	思考题 .....	31
<b>第 1 章 高分子聚合物结构特点 与性能 .....</b>	<b>7</b>	<b>第 3 章 塑料成型制件的结构工艺性 .....</b>	<b>32</b>
1.1 高分子聚合物的结构特点 .....	7	3.1 尺寸和精度 .....	32
1.1.1 高分子与低分子 .....	7	3.2 表面粗糙度 .....	35
1.1.2 高聚物的结构特点 .....	8	3.3 形状 .....	35
1.2 聚合物的热力学性能 .....	10	3.4 斜度 .....	36
1.2.1 聚合物分子运动单元的多重性 .....	10	3.5 壁厚 .....	37
1.2.2 聚合物的热力学性能 .....	11	3.6 加强肋及其他增强防变形结构 .....	39
1.3 聚合物的流变学性质 .....	12	3.7 支承面 .....	41
1.3.1 牛顿流体与非牛顿流体 .....	13	3.8 圆角 .....	41
1.3.2 假塑性液体的流变学性质及其 影响因素 .....	14	3.9 孔的设计 .....	42
1.4 聚合物成型过程中的物理化学 变化 .....	16	3.10 螺纹的设计 .....	44
1.4.1 聚合物在成型过程中的物理变化 .....	16	3.11 齿轮设计 .....	45
1.4.2 聚合物在成型过程中的化学变化 .....	18	3.12 嵌件和自攻螺钉孔设计 .....	47
思考题 .....	19	3.13 铰链 .....	51
<b>第 2 章 塑料的组成与工艺特性 .....</b>	<b>20</b>	3.14 标记、符号、文字 .....	52
2.1 塑料的基本组成 .....	20	思考题 .....	52
2.1.1 塑料的基本组成 .....	20	<b>第 4 章 注射成型原理及工艺特性 .....</b>	<b>53</b>
2.1.2 塑料的分类 .....	22	4.1 注射成型原理 .....	53
2.2 塑料成型的工艺特性 .....	23	4.2 注射成型工艺 .....	55
2.2.1 塑料的成型收缩性 .....	23	4.3 注射成型的工艺参数 .....	56
2.2.2 塑料的流动性 .....	23	思考题 .....	64
2.2.3 塑料的相容性 .....	25	<b>第 5 章 注射模基本结构与注射机 .....</b>	<b>65</b>
2.2.4 塑料的热敏性和吸湿性 .....	25	5.1 注射模的分类及结构组成 .....	65
2.2.5 塑料的比体积和压缩率 .....	25	5.1.1 注射模具的分类 .....	65
2.3 常用塑料简介 .....	26	5.1.2 注射模具的结构组成 .....	65
2.3.1 热塑性塑料 .....	26	5.2 注射模的典型结构 .....	67
2.3.2 热固性塑料 .....	30	5.2.1 单分型面注射模 .....	67
		5.2.2 双分型面注射模 .....	68

5.2.3 斜导柱侧向分型与抽芯注射模 .....	71	7.2.5 螺纹型环和螺纹型芯工作尺寸 的计算 .....	130
5.2.4 斜滑块侧向分型与抽芯注射模 .....	73	7.3 成型零部件的强度与刚度计算 ..	132
5.2.5 带有活动镶件的注射模 .....	74	7.3.1 成型零部件强度、刚度计算需 要考虑的问题 .....	133
5.2.6 角式注射机用注射模 .....	76	7.3.2 矩形型腔侧壁和底板厚度的 计算 .....	134
5.3 注射模与注射机 .....	77	7.3.3 圆形型腔侧壁和底板厚度的 计算 .....	138
5.3.1 注射机的分类 .....	77	思考题 .....	141
5.3.2 注射成型机型号规格的表示法 .....	79	<b>第8章 结构零部件设计</b> .....	143
5.3.3 注射机有关工艺参数的校核 .....	80	8.1 注射模的标准模架 .....	143
思考题 .....	87	8.2 支承零部件设计 .....	145
<b>第6章 分型面的选择与浇注系统</b>		8.2.1 固定板、支承板 .....	145
设计 .....	88	8.2.2 支承件 .....	145
6.1 分型面及其选择 .....	88	8.2.3 动定模座板 .....	146
6.1.1 塑料制件在模具中的位置 .....	88	8.3 合模导向机构设计 .....	147
6.1.2 分型面的选择 .....	91	8.3.1 导向机构的作用 .....	147
6.2 普通浇注系统设计 .....	94	8.3.2 导柱导向机构 .....	147
6.2.1 普通浇注系统的组成及设计 原则 .....	94	8.3.3 锥面定位机构 .....	152
6.2.2 主流道设计 .....	97	思考题 .....	152
6.2.3 分流道设计 .....	98	<b>第9章 推出机构设计</b> .....	154
6.2.4 浇口的设计 .....	100	9.1 推出机构的结构组成与分类 .....	154
6.2.5 浇口位置选择与浇注系统 的平衡 .....	107	9.1.1 推出机构的结构组成 .....	154
6.2.6 冷料穴和拉料杆的设计 .....	110	9.1.2 推出机构的分类 .....	154
6.3 热流道浇注系统 .....	111	9.1.3 推出机构的设计要求 .....	155
6.3.1 绝热流道 .....	112	9.2 推出力的计算 .....	156
6.3.2 加热流道 .....	114	9.3 简单推出机构 .....	157
6.4 排气系统的设计 .....	118	9.3.1 推杆推出机构 .....	157
思考题 .....	119	9.3.2 推管推出机构 .....	160
<b>第7章 成型零部件设计</b> .....	120	9.3.3 推件板推出机构 .....	162
7.1 成型零部件的结构设计 .....	120	9.3.4 活动镶件及凹模推出机构 .....	163
7.1.1 凹模和凸模的结构设计 .....	120	9.3.5 多元推出机构 .....	164
7.1.2 螺纹型环和螺纹型芯结构设计 .....	124	9.3.6 推出机构的导向与复位 .....	164
7.2 成型零部件的工作尺寸计算 .....	126	9.4 二次推出机构 .....	166
7.2.1 影响成型零件工作尺寸的因素 .....	127	9.4.1 单推板二次推出机构 .....	166
7.2.2 型腔和型芯径向尺寸的计算 .....	128	9.4.2 双推板二次推出机构 .....	170
7.2.3 型腔深度和型芯高度尺寸 的计算 .....	129	9.5 定、动模双向顺序推出机构 .....	173
7.2.4 中心距尺寸的计算 .....	130		



9.6 浇注系统凝料的推出机构 .....	174	10.9 手动侧向分型与抽芯机构 .....	228
9.6.1 点浇口浇注系统凝料的推出 .....	175	10.10 液压或气动侧向分型与抽芯	
9.6.2 潜伏浇口浇注系统凝料的推出 .....	177	机构 .....	229
9.7 带螺纹塑件的脱模 .....	180	思考题 .....	230
思考题 .....	183	<b>第 11 章 温度调节系统</b> .....	231
<b>第 10 章 侧向分型与抽芯机构</b> .....	184	11.1 模具温度及塑料成型温度 .....	231
10.1 侧向抽芯机构的分类及组成 .....	184	11.1.1 模具温度及其调节的重要性 .....	231
10.1.1 侧向分型与抽芯机构的分类 .....	184	11.1.2 模具温度与塑料成型温度的	
10.1.2 侧向分型与抽芯机构的组成 .....	185	关系 .....	231
10.2 抽芯力与抽芯距的确定 .....	186	11.2 冷却回路的尺寸确定 .....	233
10.2.1 抽芯力的确定 .....	186	11.3 常见冷却系统的结构 .....	234
10.2.2 抽芯距的确定 .....	186	11.3.1 冷却水回路的布置 .....	234
10.3 斜导柱侧向分型与抽芯机构 .....	187	11.3.2 常见冷却系统的结构 .....	237
10.3.1 斜导柱侧抽芯机构的组成与		11.4 模具的加热系统 .....	241
工作原理 .....	187	11.4.1 模具加热的方式 .....	241
10.3.2 斜导柱的设计 .....	188	11.4.2 模具加热装置的要求和计算 .....	242
10.3.3 侧滑块的设计 .....	194	思考题 .....	244
10.3.4 导滑槽的设计 .....	194	<b>第 12 章 注射成型新技术的应用</b> .....	245
10.3.5 楔紧块的设计 .....	196	12.1 热固性塑料注射成型 .....	245
10.3.6 侧滑块定位装置的设计 .....	197	12.1.1 热固性塑料注射成型工艺要点 .....	245
10.3.7 斜导柱侧向分型与抽芯的		12.1.2 热固性塑料注射模设计简介 .....	247
应用形式 .....	197	12.2 气体辅助注射成型 .....	248
10.3.8 斜导柱侧向分型与抽芯机构		12.2.1 气体辅助注射成型的原理 .....	248
结构应用实例 .....	207	12.2.2 气体辅助注射成型的分类及工	
10.4 弯销侧向分型与抽芯机构 .....	214	艺过程 .....	249
10.4.1 弯销侧向分型与抽芯机构的		12.2.3 气体辅助注射成型的特点 .....	251
工作原理 .....	214	12.2.4 气体辅助注射的周期 .....	252
10.4.2 弯销侧向分型与抽芯机构的		12.2.5 气体辅助注射系统 .....	252
特点 .....	214	12.2.6 气体辅助注射成型应用实例 .....	252
10.5 斜导槽侧向分型与抽芯机构 .....	216	12.3 精密注射成型与模具设计 .....	254
10.6 斜滑块侧向分型与抽芯机构 .....	217	12.3.1 精密注射成型的工艺特点 .....	255
10.6.1 斜滑块导滑的侧向分型与抽芯 .....	218	12.3.2 精密注射成型工艺对注射机	
10.6.2 斜导杆导滑的侧向分型与抽芯 .....	221	的要求 .....	256
10.7 齿条齿轮侧向分型与抽芯		12.3.3 精密注射成型对注射模的	
机构 .....	223	设计要要求 .....	257
10.7.1 传动齿条固定在定模一侧 .....	223	12.4 低发泡注射成型 .....	260
10.7.2 传动齿条固定在动模一侧 .....	226	12.4.1 低发泡注射成型方法 .....	260
10.8 弹性元件侧向分型与抽芯		12.4.2 低发泡注射成型的工艺参数 .....	261
机构 .....	226		

12.4.3 低发泡注射成型模具设计简介	262	思考题	318
12.5 共注射成型	264	<b>第15章 挤出成型工艺与挤出模设计</b>	319
12.5.1 双色注射成型	264	15.1 挤出成型工艺	319
12.5.2 双层注射成型	265	15.1.1 挤出成型原理及特点	319
12.6 排气注射成型	266	15.1.2 挤出成型工艺过程	320
12.6.1 排气注射成型原理	266	15.1.3 挤出成型工艺参数	321
12.6.2 排气注射成型工艺	267	15.2 挤出模的结构组成及分类	324
12.7 反应注射成型	269	15.2.1 挤出模的结构组成	324
12.7.1 反应注射成型原理及其应用	269	15.2.2 挤出机头的分类	325
12.7.2 反应注射成型设备	270	15.2.3 挤出机头的设计原则	325
12.7.3 反应注射成型模具	270	15.2.4 机头材料的选择	326
思考题	271	15.3 挤出模与挤出机	327
<b>第13章 压缩成型工艺与压缩模设计</b>	273	15.3.1 挤出机的分类	327
13.1 压缩成型工艺	273	15.3.2 挤出机的结构组成	328
13.1.1 压缩成型原理及其特点	273	15.3.3 单螺杆挤出机的主要技术参数	329
13.1.2 压缩成型工艺过程	274	15.3.4 挤出机工艺参数的校核	330
13.1.3 压缩成型的工艺参数	275	15.4 管材挤出机头	331
13.2 压缩模设计	277	15.4.1 管材机头的分类	331
13.2.1 压缩模的结构组成与分类	277	15.4.2 管材机头的结构设计	333
13.2.2 压缩模与压力机的关系	282	15.4.3 定径套的设计	335
13.2.3 压缩模成型零部件设计	285	15.4.4 挤管机头结构的应用实例	337
13.2.4 加料室尺寸计算	291	15.5 异型材挤出机头	339
13.2.5 压缩模脱模机构设计	292	15.5.1 异型材的结构形式	339
13.2.6 压缩成型模具结构的应用实例	298	15.5.2 异型材挤出成型机头的形式	340
思考题	301	15.5.3 异型材结构设计	341
<b>第14章 压注成型工艺与压注模设计</b>	302	15.5.4 异型材挤出模具结构设计	342
14.1 压注成型工艺	302	15.6 电线电缆挤出机头	343
14.1.1 压注成型原理及其特点	302	15.6.1 挤压式包覆机头	343
14.1.2 压注成型的工艺过程	303	15.6.2 套管式包覆机头	344
14.1.3 压注成型的工艺参数	303	15.7 片材挤出机头	345
14.2 压注模设计	304	15.7.1 鱼尾式机头	345
14.2.1 压注模的结构组成与分类	305	15.7.2 支管式机头	345
14.2.2 压注模与液压机的关系	308	15.7.3 螺杆式机头	348
14.2.3 压注模零部件设计	308	思考题	348
14.2.4 加料室尺寸计算	311	<b>第16章 气动成型工艺与模具设计</b>	349
14.2.5 压注模浇注系统与排溢系统设计	312	16.1 中空吹塑成型工艺与模具设计	349
14.2.6 压注成型模具结构的应用实例	315	16.1.1 中空吹塑成型的分类及成型	

工艺过程 .....	349	17.1 发泡成型工艺 .....	375
16.1.2 中空吹塑制件结构工艺性 .....	352	17.1.1 泡沫塑料的成型原理 .....	376
16.1.3 吹塑成型的工艺参数 .....	355	17.1.2 可发性聚苯乙烯的制备 .....	377
16.1.4 中空吹塑设备 .....	356	17.1.3 聚苯乙烯泡沫塑料的成型工艺 .....	379
16.1.5 挤出吹塑模具设计 .....	360	17.2 发泡成型模具设计 .....	379
16.2 抽真空成型工艺与模具设计 .....	364	17.2.1 聚苯乙烯泡沫塑料成型模具 .....	379
16.2.1 抽真空成型的特点、分类及其 成型工艺过程 .....	364	17.2.2 模具设计应注意的问题 .....	381
16.2.2 抽真空成型塑件设计 .....	367	思考题 .....	382
16.2.3 抽真空成型模具设计 .....	368	附录 .....	383
16.3 压缩空气成型工艺与模具 设计 .....	369	附录 A 塑料及树脂缩写代号 (GB/T 1844—1980) .....	383
16.3.1 压缩空气成型工艺过程 .....	369	附录 B 常用塑料的收缩率 .....	386
16.3.2 压缩空气成型模具设计 .....	370	参考文献 .....	387
思考题 .....	374		
<b>第 17 章 发泡成型工艺与模具设计 .....</b>	<b>375</b>		

# 绪论

---

## 1. 模具和模具工业

模具是工业产品生产用的重要工艺装备,在现代工业生产中,60%~90%的工业产品需要使用模具,模具工业已成为工业发展的基础,许多新产品的开发和研制在很大程度上都依赖于模具生产,特别是汽车、摩托车、轻工、电子、航空等行业尤为突出。而作为制造业基础的机械行业,根据国际生产技术协会的预测,21世纪机械制造工业的零件,其粗加工的75%和精加工的50%都将依靠模具完成,因此,模具工业已经成为国民经济的重要基础工业。模具工业发展的关键是模具技术的进步。模具作为一种高附加值和技术密集型产品,其技术水平的高低已成为衡量一个国家制造水平的重要标志之一,世界上许多国家,特别是一些工业发达国家都十分重视模具技术的开发,大力发展模具工业,积极采用先进技术和设备,提高模具制造水平,并且已经取得了显著的经济效益。不论在经济繁荣时期还是在经济萧条时期,模具工业都不可或缺。经济发展快时产品畅销,自然要求模具能跟上;而经济发展滞缓时期,产品不畅销,企业必然千方百计开发新产品,这同样会对模具带来强劲需求。因此,模具工业被称为不衰的工业。

目前,世界模具市场仍供不应求,近几年,世界模具市场总量已超过700亿美元,其中美国、日本、法国、瑞士等国一年出口模具约占本国模具总产值的1/3。因此,研究和发发展模具技术,提高模具技术水平,对于促进国民经济的发展有着特别重要的意义。美国工业界认为“模具工业是美国工业的基石”,日本把模具誉为“进入富裕社会的原动力”,德国则冠之为“加工工业中的帝王”,在欧美其他一些发达国家,模具被称为“磁力工业”。由此可见模具工业在各国国民经济中的重要地位。

中国加入WTO以来,全球制造业重心逐步向中国大陆转移,我国的汽车、电子、通信、电器、仪器和家电等相关产业得以飞速发展。而这些领域的产品85%以上都是靠模具成型,这势必会带动模具行业的迅猛发展。目前,我国模具行业总产值已达到400亿元以上,发展势头强劲。随着上海市GDP每年以10%以上的增长率高速发展,上海在全世界的经济地位日益提高。而以上海为龙头、江浙为两翼的长江三角洲地区,经济基础雄厚,区域条件优越,经济增长势头良好,发展潜力巨大。其中汇集了6万余家的模具企业,增长势头迅猛,商业渠道覆盖海内外的广阔市场领域,已成为全国模具产品的主要集散地。模具工业的发展对制造模具机床和设备的研制和生产也带来了前所未有的机遇,国内的模具制造设备及机床也已经逐步走上规模化、专业化、国际化的发展道路,反过来又为广大模具企业提供良好的发展契机。随着全球制造业重心加快向中国大陆地区转移,我国将在10年内成为世界制造业中心。中国积极发展汽车工业,并且保持连续增长势头,从而将带动模具工业市场的进一步繁荣。可以预言,随着工业生产的不断发展,模具工业在国民经济中的地位将日益提高,并在国民经济发展过程中发挥越来越重要的作用。

## 2. 塑料成型工业在生产中的重要地位

塑料成型所用的模具称为塑料成型模,是用于成型塑料制件的模具,它是型腔模中的一种类型。塑料成型工业是新兴的工业,是随着石油工业的发展应运而生的。目前,塑料制件几乎已经进入了一切工业部门以及人民日常生活的各个领域。塑料工业又是一个飞速发展的工业领域,世界塑料工业从20世纪30年代前后开始研制到目前塑料产品系列化、生产工艺自动化、连续化以及不断开拓功能塑料新领域,它经历了30年代以前的初创阶段、30年代的发展阶段、50—60年代的飞跃发展阶段和70年代至今的稳定增长阶段。我国塑料工业的发展也同样经历了这些阶段。目前,我国石化工业一年生产500多万吨聚乙烯、聚丙烯和其他合成树脂,这些树脂中,很大一部分需要用塑料模具成型,制成塑料件,才能用于工业生产和人民生活。塑料作为一种新的工程材料,其不断开发与应用,加之成型工艺的不断成熟、完善与发展,极大地促进了塑料成型方法的研究与应用和塑料成型模具的开发与制造。随着工业塑料制件和日用塑料制件的品种和需求量日益增加,这些产品更新换代的周期越来越短,因此对塑料的品种、产量和质量都提出了越来越高的要求。这就要求塑料模具的开发、设计与制造的水平也必须越来越高。

现代塑料成型生产中,塑料制件的质量与塑料成型模具、塑料成型设备和塑料成型工艺这三项因素密切相关。在这三项要素中,塑料成型模具质量最为关键,它的功能是双重的:赋予塑料熔体以期望的形状、性能、质量;冷却并推出成型的制件。模具是决定最终产品性能、规格、形状及尺寸精度的载体,塑料成型模具是使塑料成型生产过程顺利进行、保证塑料成型制件质量不可缺少的工艺装备,是体现塑料成型设备高效率、高性能和合理先进塑料成型工艺的具体实施者,也是新产品开发的决定性环节。由此可见,为了周而复始地获得符合技术经济要求及质量稳定的塑料制件,塑料成型模具的优劣是成败的关键,它最能反映出整个塑料成型生产过程的技术含量及经济效益。

据新近有关统计资料表明,在国内外模具工业中,各类模具占模具总量的比例大致如下:冲压模、塑料模各占35%~40%;压铸模占10%~15%;粉末冶金模、陶瓷模、玻璃模等其他模具占10%左右,因此,塑料成型模具的应用在各类模具的应用中占有与冲压模并驾齐驱的“老大”位置。随着我国经济与国际的接轨和国家经济建设持续稳定发展,塑料制件的应用快速上升,模具设计与制造和塑料成型的各类企业日益增多,塑料成型工业在基础工业中的地位和对国民经济的影响日益重要。

## 3. 塑料成型技术的发展趋势

在塑料成型生产中,先进的模具设计、高质量的模具制造、优质的模具材料、合理的加工工艺和现代化的成型设备等是成型优质塑件的重要条件。一副优良的注射模具可以成型上百万次,一副优良的压缩模具可以成型25万次以上,这与上述因素有很大的关系。

考察国内外模具工业的现状及其我国国民经济和现代工业品生产中模具的地位,从塑料成型模具的设计理论、设计实践和制造技术出发,塑料成型技术大致有以下几个方面的发展趋势。

### (1) CAD/CAE/CAM技术在模具设计与制造中的应用

经过多年的推广应用,模具设计“软件化”和模具制造“数控化”已经在我国模具企业中成为现实。采用CAD技术是模具生产的一次革命,是模具技术发展的一个显著特点。引用模具CAD系统后,模具设计借助计算机完成传统设计中各个环节的设计工作,大部分设计与制造信息由系统直接传送,图纸不再是设计与制造环节的分界线,也不再是制造、生产过程中的唯一依据,图纸

将被简化,甚至最终消失。近年来,CAD/CAE/CAM 技术发展主要有如下特点:

① 模具 CAD 技术及其应用日趋成熟 模具 CAD/CAM 技术日益深入人心,并且发挥着越来越重要的作用。在 20 世纪,能够进行复杂形体几何造型和 NC 加工的 CAD/CAM 系统,主要是在工作站上采用 UNIX 操作系统开发和应用的,如美国的 Pro/E、UG II、CADD5 软件等。随着微机技术的突飞猛进,新一代的微机 CAD/CAM 软件(如 SolidWorks、Solidage)崭露头角,并深得用户好评。这些微机软件不仅在采用诸如 NURBS 曲面、三维参数化特征造型等先进技术方面继承了工作站级 CAD/CAM 软件的优点,而且在 Windows 风格、动态导航、特征树、面向对象等方面有工作站级软件所不能比拟的优点。

② 基于网络化的 CAD/CAE/CAM 一体化系统结构初见端倪 随着计算机硬件和软件的进步以及工业部门的实际需求,国外许多著名计算机软件开发商已能按实际生产过程中的功能要求划分产品系列,在网络系统下实现了 CAD/CAM 的一体化,解决了传统混合型 CAD/CAM 系统无法满足实际生产过程分工协作的要求,而更能符合实际应用的自然过程。

③ CAD/CAM 软件的智能化程度正在逐渐提高 由于现阶段模具设计和制造在很大程度上仍然依靠模具设计和制造的经验,任何一个企业,要掌握全部先进的技术,成本都将非常昂贵,要培养并且留住掌握这些技术的人才也会非常困难。于是,模具 CAD 的 ASP 模式就应运而生了,其应用服务包括逆向设计、快速原型制造、数控加工外包、模具设计和模具成型过程分析等,这样使得许多用于模具加工的数控机床统一化、一体化,使整个社会的模具制造企业,按照价值链和制造流程分工,使制造资源得到最优发挥。

④ CAE 技术正在逐步推广 利用 CAE 技术可以在模具加工前,在计算机上对整个注射成型过程进行模拟分析,准确预测熔体的填充、保压、冷却情况,以及塑件中的应力分布、分子和纤维取向分布、制品的收缩和翘曲变形等情况,以便设计者能尽早发现问题,及时修改塑件和模具设计,而不是等到试模以后再返修模具。这是对传统模具设计方法的一次变革与突破。CAE 技术主要应用于塑料产品设计、模具设计和注射成型。在塑料产品设计方面,利用流动分析熔融塑料能否全部充满模具型腔、塑件实际最小壁厚的确定、浇口位置是否合适;在模具设计和制造方面,CAE 可指出模具良好的充填形式、最佳的浇口位置与浇口数量、浇注系统和冷却系统的优化设计,减小返修成本;在注射成型方面,可以给出更加宽广更加稳定的加工“裕度”、减小塑件应力和翘曲、省料和减少过量充模以及采用最小的流道尺寸和用料成本。

在实际应用中,澳大利亚 Moldflow 公司的三维真实感流动模拟软件 MoldflowAdvisers 已经受到用户广泛的应用和好评。国内研制的同类软件有华中科技大学的 HSC3D4.5F 及郑州工业大学的 Zmold,它们也正在被不断地在推广和应用。

在今后的一段时期内,国内的模具企业要提高 CAD/CAE/CAM 技术在塑料模设计与制造中的应用层次。

## (2) 大力发展快速原型制造技术

塑料模是型腔模具中的一种类型,其模具型腔由凹模和凸模组成。对于形状复杂的曲面塑料制件,为了缩短研制周期,在现代制造模具技术中,可以不急于直接加工出难以测量和加工的模具凹模和凸模,而是采用快速原型制造技术,先制造出与实物相同的样品,看该样品是否满足设计要求和工艺要求,然后再开发模具。快速原型制造(RPM)技术是一种综合运用计算机辅助设计技术、数控技术、激光技术和材料科学的发展成果,采用分层增材制造的新概念取代了传统

的去材或变形法加工,是当代最具有代表性的先进制造技术之一。快速原型制造工艺方法有选区激光烧结、熔融堆积造型和叠层制造等多种。利用快速成型技术不需任何工装,可快速制造出任意复杂的工件(甚至连数控设备都极难制造或根本不可能制造出来的产品样件),这样大大减少了产品开发风险和加工费用,缩短了研制周期。值得关注的是,RPM 技术已发展到通过金属粉末直接烧结或熔射沉积直接制造模具的研究阶段。迅速发展的 RPM 技术将对传统的模具制造技术产生深远的影响。

目前,我国某些大学正在生产和进一步地开发研制这种先进的快速原型制造设备。该项先进制造技术在国内少数的塑料企业也已经开始得到应用,并且正在大力推广中。

### (3) 研究和应用模具的快速测量技术与逆向工程

在塑料产品的开发设计与制造过程中,设计与制造者往往面对的并非是由 CAD 模型描述的复杂曲面实物样件,这就必须通过一定的三维数据采集方法,将这些实物原型转化为 CAD 模型,从而获得零件几何形状的数学模型,使之能利用 CAD、CAM、RPM 等先进技术进行处理或管理。这种从实物样件获取产品数学模型的相关技术,称为逆向工程或反求工程技术。对于具有复杂自由曲面零件的模具设计,可采用逆向工程技术,首先获取其表面几何点的数据,然后通过 CAD 系统对这些数据进行预处理,并考虑模具的成型工艺性再进行曲面重构,以获得模具的凹模和凸模的型面,最后通过 CAM 系统进行数控编程,完成模具的加工。原型实样表面三维数据的快速测量技术是逆向工程的关键。三维数据采集可采用接触式(如三坐标测量机测量和接触扫描测量)和非接触式(如激光摄像法等)方法进行。采用逆向工程技术,不但可缩短模具设计周期,更重要的是可提高模具的设计质量,提高企业快速应变市场的能力。逆向工程是一项先进现代模具成型技术,目前,国内能采用该项技术的企业还不多,应逐步加以推广和应用。

### (4) 发展优质模具材料和采用先进的热处理和表面处理技术

模具材料的选用在模具的设计与制造中是涉及模具加工工艺、模具使用寿命、塑料制件成型质量和加工成本等的重要问题。国内外模具材料的研究工作者在分析模具的工作条件、失效形式和如何提高模具使用寿命的基础上进行了大量的研究工作,开发研制出了具有良好使用性和加工性能好、热处理变形小、抗热疲劳性能好的新型模具钢种,如预硬钢、耐腐蚀钢等。另外,模具成型零件的表面抛光处理技术和表面强化处理技术方面的发展也很快,国内的许多单位进行了研究与工程实践,取得了一些可喜的成绩。模具热处理的发展方向是采用真空热处理,该技术在许多热处理中心和有些大型模具企业已经得到应用并且正在进一步推广。模具表面处理除普及常用表面处理方法(如渗碳、渗氮、渗硼、渗铬、渗钒)外,应发展设备昂贵、工艺先进的气相沉积、等离子喷涂等技术,目前,上述的研究与开发工作还在不断地深入进行,已取得的成果也正在大力推广。

### (5) 提高模具标准化水平和模具标准件的使用率

模具标准化的水平在某种意义上体现了一个国家模具工业发展的水平。采用标准模架和使用标准零件,可以满足大批量制造模具和缩短模具制造周期的需要。经过一段时期的建设,我国模具标准化程度正在不断提高,估计目前我国模具标准件使用覆盖率已达到 40% 左右。发达国家的模具标准件使用覆盖率一般为 80% 左右。为了适应模具工业发展,模具标准化工作必将加强,模具标准化程度将进一步提高,模具标准件生产也必将得到发展。目前,我国塑料模标准化工作有了一定的进展,GB/T 12555—1990 是大型注射模架的国家标准;GB/T 12556—1990 是中

小型注射模架的国家标准;GB/T 4169.1—1984 ~ GB/T 4169.12—1984 是塑料模的 12 个技术条件的标准。目前,国内企业有一定生产规模的模具标准件生产企业已超过 100 家。主要产品有塑料模架、推杆、推管等,其中塑料模架已可生产较大型产品,为发展大型精密模具打下了基础。此外,许多工厂还有各自的企业标准。

热流道标准元件和模具的温度控制标准装置以及精密标准模架和精密导向元件目前都正在进行重点研究和开发,已经取得了一些成果并正在推广应用。

但与国外工业先进国家的模具标准化程度相比较,在标准体系、标准件的品种和规格以及标准化的管理工作等方面仍有较大的差距。因此提高模具标准化水平和模具标准件的使用率仍然是今后一段时期内我国模具工作者的一项重要任务。

#### (6) 模具向复杂化、精密化与大型化方面发展

为了满足塑料制件在各种工业产品中的使用要求,塑料成型技术正朝着复杂化、精密化与大型化方向发展,例如汽车的保险杠和某些内装饰件等塑料件的成型。大型塑料件和精密塑料件的成型,除了必须研制开发或引进大型的和精密的成型设备外,大型的和精密的塑料成型模具更需要采用先进的模具 CAD/CAE/CAM 技术来设计与制造,否则这类投资很大的模具研制将难以获得成功。

#### (7) 模具成型新技术与新工艺的不断涌现和推广

模具成型新的技术不断得到创新,模具成型新的工艺不断涌现,尤其是在注射成型方面得到充分体现,使得成型塑料制件的质量得到了很大的提高。这些新的技术和工艺有:气体辅助注射成型、精密注射成型、热固性塑料注射成型、低发泡注射成型、共注射成型,等等。目前,新的工艺甚至可以使用金属粉料(例如不锈钢粉)加入某些添加剂后采用注射方法成型型坯,而后再烧结成产品。

### 4. 塑料成型模具的分类

按照塑料制件成型的方法不同,塑料成型模具通常可以分成以下几类:

(1) 注射模 注射模又称注塑模。塑料注射成型是在金属压铸成型的基础上发展起来的,成型所使用的设备是注射机。注射模通常适合于热塑性塑料的成型,热固性塑料的注射成型正在推广和应用中。塑料注射成型是塑料成型生产中自动化程度最高、采用最广泛的一种成型方法。

(2) 压缩模 压缩模又称压塑模或压胶模。塑料压缩成型是塑件成型方法中较早采用的一种方法,也是热固性塑料通常采用的成型方法之一。成型所使用的设备是塑料成型压力机。与塑料注射成型相比,塑料压缩成型周期较长,生产效率较低。

(3) 压注模 压注模又称传递模。压注成型所使用的设备和塑料的适应性与压缩成型完全相同,只是模具的结构不同。

(4) 挤出模 挤出模是安装在挤出机料筒端部进行生产的,因此也称为挤出机头。成型所使用的设备是塑料挤出机。只有热塑性塑料才能采用挤出成型。

(5) 气动成型模 气动成型模是指利用气体作为动力介质成型塑料制件的模具。气动成型包括中空吹塑成型、抽真空成型和压缩空气成型等。与其他模具相比较,气动成型模具结构最为简单,只有热塑性塑料才能采用该方法成型。

除了上述介绍的几种常用的塑料成型模具外,还有浇注成型模、泡沫塑料成型模、聚四氟乙



烯冷压成型模和滚塑模等。

### 5. 学习塑料成型工艺与模具设计课程的基本要求

塑料成型工艺与模具设计课程是设计类的课程,要学会并且能够正确设计塑料模具,必须打好塑料模具设计的基础,这就需要了解模具成型所用的主要原材料——高分子聚合物的结构特点与性能、塑料的组成与工艺特性、塑料成型制件的结构工艺性,熟悉注射模、压缩模、压注模、挤出模和气动成型模等塑料模具的成型工艺,了解注射机的基本构造和熟悉注射模与注射机之间的关系。由于注射模在塑料成型工业中应用最广泛,模具的结构也最为复杂,因此,作为塑料模具设计的入门,必须重点学会该类模具的设计。在此基础上,掌握其他塑料模具设计方法就显得容易得多。而在注射模设计中,侧向分型与抽芯机构设计的难度最大,略有复杂一点的模具都要用到该机构,所以在学习时,应对此给予足够的重视。

塑料成型技术发展十分迅速,新的成型工艺层出不穷,因此,必须了解新的成型工艺与成型技术,以便掌握和推广。

由于塑料成型工艺与模具设计是一门实践性很强的课程,所以学习时必须理论联系实际。在努力学习理论知识的基础上,必须以负责任的态度到模具企业去积极参加生产实习,认真进行课程设计,将所学到的书本知识与模具工业的生产实际进行联系与比较、归纳与提升,从而使学生在凭自己的能力以及查阅有关的资料的情况下,在校期间就能够设计具有一定难度的塑料模具。