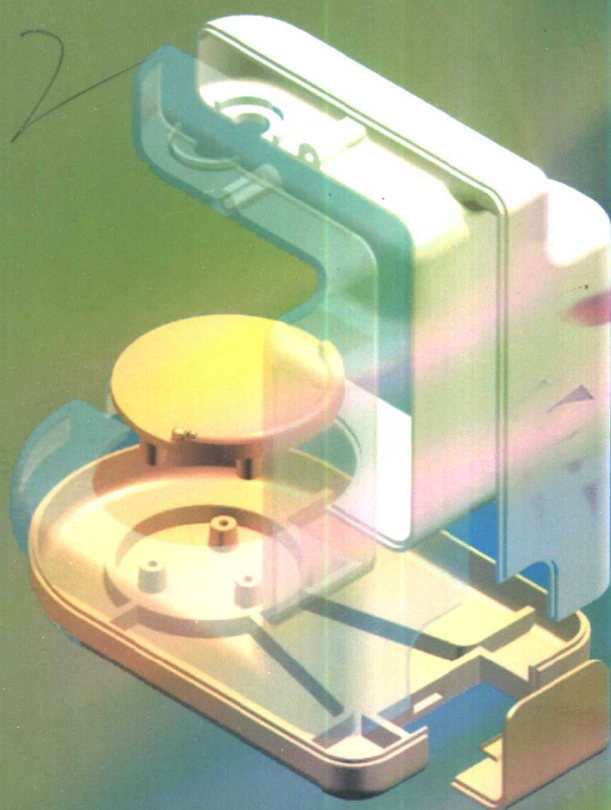


21世纪高职高专系列教材

塑料模设计及制造

中国机械工业教育协会 组编



机械工业出版社
China Machine Press

21 世纪高职高专系列教材

TQ320.6

3

塑料模设计及制造

中国机械工业教育协会 组编

主 编	成都航空职业技术学院	李学锋
副主编	天津理工学院	付 丽
参 编	包头职业技术学院	单小根
	上海电机技术高等专科学校	魏皓成
	九江职业技术学院	刘 越
	成都航空职业技术学院	陈治平
	武汉船舶职业技术学院	武 峰
主 审	大连理工大学	于同敏



机 械 工 业 出 版 社

本书系统地介绍了塑料模塑工艺、模具设计及模具制造的基本原理、基本方法和一些最新成果。全书共8章,内容包括塑料成型的基本概念,压缩模、注射模、压注模及挤出成型等塑料成型工艺及模具设计,每一类典型塑料模具的设计及制造实例。本书注重理论知识的应用性、专业技术的针对性和实用性,体现先进性。各章将塑料成型原理、模具设计及制造融合在一起,强调综合性。

本书主要作为高等职业技术学院、高等专科学校、工程技术学院和成人高等学校的模具设计和制造专业以及机械、机电类等相关专业的教材,亦可供从事模具设计和制造的工程技术人员和自学者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

塑料模设计及制造/中国机械工业教育协会组编. —北京:
机械工业出版社, 2001. 8
21世纪高职高专系列教材
ISBN 7-111-08386-5

I. 塑... I. 中... III. ①塑料模具—设计—高等学校:
技术学校—教材②塑料模具—生产工艺—高等学校: 技术学
校—教材 IV. TQ320.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第051463号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:李铭杰 版式设计:冉晓华 责任校对:张媛
封面设计:姚毅 责任印制:路琳
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2001年10月第1版·第1次印刷
787mm×1092mm^{1/16}·28.5印张·705千字
0 001—4 000册
定价:40.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

21 世纪高职高专系列教材编委会名单

编委会主任 中国机械工业教育协会 郝广发

编委会副主任 (单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰

机械工业出版社 陈瑞藻 (常务)

大连理工大学 唐志宏

沈阳工业大学 李荣德

天津大学 周志刚

河北工业大学 檀润华

甘肃工业大学 路文江

武汉船舶职业技术学院 郭江平

江苏理工大学 杨继昌

金华职业技术学院 余党军

成都航空职业技术学院 陈玉华

编委会委员 (单位按笔画排)

广东白云职业技术学院 谢瀚华

同济大学 孙 章

山东省职业技术教育师资培训中心 邹培明

机械工业出版社 李超群 余茂祚
(常务)

上海电机技术高等专科学校 徐余法

沈阳建筑工程学院 王宝金

天津中德职业技术学院 李大卫

佳木斯大学职业技术学院 王跃国

天津理工学院职业技术学院 沙洪均

河北工业大学 范顺成

日照职业技术学院 李连业

哈尔滨理工大学工业技术学院 线
恒录

北方交通大学职业技术学院 佟立本

洛阳大学 吴 锐

辽宁工学院职业技术学院 李居参

洛阳工学院职业技术学院 李德顺

包头职业技术学院 郑 刚

南昌大学 肖玉梅

北京科技大学职业技术学院 马德青

厦门大学 朱立秒

北京建设职工大学 常 莲

湖北工学院高等职业技术学院 吴
振彪

北京海淀走读大学 成运花

彭城职业大学 陈嘉莉

江苏理工大学 吴向阳

燕山大学 刘德有

合肥联合大学 杨久志

序

1999年6月中共中央国务院召开第三次全国教育工作会议,作出了“关于深化教育改革,全面推进素质教育的决定”的重大决策,强调教育在综合国力的形成中处于基础地位,坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育,培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力,适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此,教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议,进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务;以适应社会需要为目标;以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案;以“应用”为主旨和特征来构建课程和教学内容体系;高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要,即用人的需求;教材可以“一纲多本”,形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人,教材先行”,教育离不开教材。为了贯彻中共中央国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求,中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套《21世纪高职高专系列教材》。教材首批80余本(书目附书后)已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制(总学时1600~1800)、兼顾2年制(总学时1100~1200)的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点;专业课加强了针对性和实用性,强化了实践教学。为了扩大使用面,在内容的取舍上也考虑到电大、职大、业大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的、但每本教材又有各自的独立性。因此各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量,真正编写出有显著特色的21世纪高职高专系列教材,组织编写队伍时,采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿,以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一,在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验,出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材,在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合21世纪高职高专教育特点的系列教材。

中国机械工业教育协会

前言

本教材是以教育部教高司《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等四个文件对高职高专人才培养的要求为指导思想,根据从事塑料模具设计与制造的工程技术应用性人才的实际要求,在总结近几年各院校模具专业课教改经验的基础上编写的。

本教材的特点是理论以“必需、够用”为度,突出应用性;通俗易懂,着眼于解决现场实际问题,具有较强的实用性;融合相关专业知识为一体,突出综合素质的培养,强调综合性;加强专业知识的广度,积极吸纳新技术,体现先进性;注意教学内容的分工协调、相互联系,体现教学适用性。

全书共8章。扼要介绍了塑料性能和用途;主要介绍塑料成型工艺,压缩模塑、注射模塑、压注模塑及挤出成型模具与设备之间的关系;系统介绍了塑料模设计的原理和步骤、每一类典型塑料模具的设计及制造实例以及一些塑料模塑的最新成果;阐述了上述四类模具结构的主要零部件加工、装配方案,对合理设计模具结构起到有益的启发作用。全书将工艺、设计、制造融为一体,内容力求理论联系实际,反映国内、外先进水平,适应高职教学要求。

对模塑成型原理采取提炼精髓、集中介绍、分散指导的方式贯穿全书。在各类模塑工艺的内容中融合模具设计的要求,在模具设计中考虑模具制造的可行性,将工艺、设计和制造三方面的知识融合在一起,旨在培养高职学生综合分析和解决问题的能力,强调了专业知识的综合(应用)性。

采用实例教学法,在压缩模塑、注射模塑、压注模塑及挤出成型等各章中,针对成型特点,选编了各种典型的塑料模具结构,且每章配有精心选择的习题、大型连续作业,便于学生自学、巩固提高知识和拓宽思路,具有较强的实用性。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校和成人高等学校的模具设计和制造专业以及机械、机电类等相关专业的教材,也可供从事模具设计和制造的工程技术人员工作时参考。

本书由成都航空职业技术学院李学锋担任主编、天津理工学院付丽担任副主编,由大连理工大学模具研究所于同敏主审。全书共8章,第1章、第5章5.1、5.2、5.3、5.9、5.10节、第8章由李学锋编写;第7章由付丽编写;第3章由上海电机高等专科学校魏皓成编写;第2章由包头职业技术学院单小根编写;第4章、第5章5.11节由九江职业技术学院刘越编写;第五章5.4、5.5、5.6、5.7、5.8节由成都航空职业技术学院陈治平编写;第6章由武汉船舶职业技术学院武峰编写。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

目 录

序 前言

第1章 概述 1

1.1 塑料模具设计与制造的意义 1

1.1.1 塑料工业在国民经济中的地位 1

1.1.2 塑料模具设计与制造在塑料工业中的地位 1

1.2 塑料模塑成型及模具加工技术的发展动向 3

1.2.1 塑料成型技术的发展 3

1.2.2 模具加工技术的发展 3

1.3 本课程的学习目的与要求 5

第2章 塑料及模塑成型工艺 6

2.1 塑料概论 6

2.1.1 塑料的概念、成分、特性与用途 6

2.1.2 塑料受热时的物理状态 11

2.1.3 在成型加工中塑料受到的应力应变 12

2.1.4 塑料熔体的流变性能 12

2.1.5 塑料粘度的调节 15

2.1.6 分子定向 16

2.2 塑料的工艺性能 17

2.2.1 热塑性塑料的工艺性能 17

2.2.2 热固性塑料的工艺性能 21

2.3 塑件的工艺性 23

2.3.1 塑件的尺寸、精度和表面粗糙度 24

2.3.2 塑件的几何形状 26

2.3.3 塑料的螺纹和齿轮 35

2.3.4 嵌件 38

2.4 塑料压缩模塑工艺 42

2.4.1 压缩模塑原理 42

2.4.2 模压设备 42

2.4.3 压缩模塑工艺 44

2.4.4 压缩模塑工艺条件 47

2.5 塑料压注模塑工艺 48

2.5.1 压注模塑原理 48

2.5.2 压注模塑工艺 49

2.6 塑料注射模塑工艺 51

2.6.1 注射模塑原理 51

2.6.2 注射设备 51

2.6.3 注射模塑工艺 53

2.6.4 注射模塑工艺条件 57

2.7 挤出模塑工艺 60

2.7.1 挤出模塑原理 61

2.7.2 挤出设备 61

2.7.3 挤出模塑工艺 63

2.7.4 挤出模塑工艺条件 64

2.8 模塑工艺规程的编制 66

2.8.1 设计产品时的质量控制 66

2.8.2 选定材料时的质量控制 66

2.8.3 编制成型工艺时的质量控制 67

2.8.4 模塑工艺规程的编制 67

复习思考题 70

第3章 塑料模设计及制造基础 72

3.1 塑料模的分类及基本结构 72

3.1.1 塑料模具的分类 72

3.1.2 塑料模具的基本结构 77

3.2 塑料模具的分型面 81

3.2.1 分型面的形状 81

3.2.2 分型面的选择 81

3.3 成型零件的结构设计 84

3.3.1 凹模的结构设计 85

3.3.2 型芯的结构设计 90

3.3.3 螺纹成型零件的结构设计 96

3.3.4 成型零件工作尺寸的计算 98

3.3.5 型腔壁厚和底板厚度的计算 109

3.4 成型零件的制造及实例分析 114

3.4.1 成型零件的加工方法 114

3.4.2 成型零件的制造过程	117	4.4 压缩模的典型结构	186
3.4.3 典型成型零件的加工实例	120	4.4.1 移动式压缩模	186
3.5 结构零件的设计与标准件的 选用	125	4.4.2 固定式压缩模	187
3.5.1 导向零件的设计	125	4.5 压缩模设计及制造实例	189
3.5.2 支承与固定零件的设计及制造	131	4.5.1 模塑工艺规程的编制	189
3.5.3 标准件的选用	133	4.5.2 压缩模的设计步骤	191
3.6 塑料模具材料的选用	144	4.5.3 凹模加工工艺规程的编制	195
3.6.1 对模具零件材料的要求	144	4.5.4 压缩模的装配	196
3.6.2 塑料模具材料的合理选用	145	复习思考题	197
3.6.3 塑料模具常用材料	145	第5章 塑料注射模的设计及 制造	198
3.7 模具温度调节控制系统的设 计及制造	146	5.1 注射模的结构组成与类型	198
3.7.1 概述	146	5.1.1 注射模的结构组成	198
3.7.2 冷却系统的设计	148	5.1.2 注射模的类型	199
3.7.3 加热系统的设计	153	5.1.3 注射模典型结构的组成与组合	201
3.7.4 冷却水道的加工和密封	156	5.2 注射机有关工艺参数的校核	203
复习思考题	157	5.2.1 最大注射量的校核	203
第4章 塑料压缩模的设计及 制造	158	5.2.2 注射压力的校核	204
4.1 压缩模的类型与结构组成	158	5.2.3 锁模力的校核及型腔数的确定	204
4.1.1 压缩模的类型	158	5.2.4 装模部分相关尺寸的校核	206
4.1.2 压缩模的结构组成	159	5.2.5 开模行程的校核	208
4.2 压力机有关工艺参数的校核	161	5.2.6 顶出装置的校核	209
4.2.1 压力机最大压力校核	161	5.3 普通浇注系统的设计及制造	210
4.2.2 开模力的校核	162	5.3.1 浇注系统的组成	210
4.2.3 脱模力的校核	163	5.3.2 浇注系统设计的基本原则	211
4.2.4 压力机的闭合高度与压缩模闭 合高度关系的校核	163	5.3.3 浇注系统的设计及制造	211
4.2.5 压力机台面结构及尺寸与压 缩模关系的校核	163	5.3.4 排气与引气系统的设计	237
4.2.6 压力机的顶出机构与压缩模 推出装置关系的校核	164	5.4 推出机构的设计及制造	238
4.3 压缩模的设计	164	5.4.1 推出机构的分类	240
4.3.1 塑件在模具内施压方向的 选择	165	5.4.2 推出机构的设计原则	240
4.3.2 凸模与凹模配合的结构形式及 有关尺寸	166	5.4.3 常用推出机构的结构	241
4.3.3 凹模加料腔的尺寸计算	171	5.4.4 脱模力的计算	253
4.3.4 压缩模脱模机构的设计	174	5.4.5 推出机构主要零部件的设计及 制造	254
4.3.5 侧向分型抽芯机构的设计	183	5.5 侧向分型与抽芯机构的设计 及制造	269
		5.5.1 侧向分型与抽芯机构示例	269
		5.5.2 侧向分型与抽芯机构的分类	269
		5.5.3 常用侧向分型与抽芯机构的 结构	271
		5.5.4 侧向分型与抽芯机构主要零部	

件的设计及制造	285
5.6 无流道凝料注射模	298
5.6.1 无流道凝料注射模的特点	298
5.6.2 无流道凝料注射模对塑料的要求	298
5.6.3 无流道凝料注射模的结构	299
5.6.4 热流道注射模零部件的设计	306
5.7 热固性塑料注射模	312
5.7.1 热固性塑料注射模的基本结构及模塑成型过程	312
5.7.2 热固性塑料注射模的设计要点	313
5.8 精密注射成型与模具	318
5.8.1 精密注射成型概念	318
5.8.2 精密注射成型用塑料	318
5.8.3 精密注射成型的工艺特点	319
5.8.4 精密注射成型工艺对注射机的要求	320
5.8.5 精密注射模的设计要点	320
5.9 气体辅助注射成型与模具	322
5.9.1 气辅成型技术工艺过程	322
5.9.2 气辅成型技术的设备配置	324
5.9.3 气辅成型技术的特点	325
5.10 注射模的典型结构	326
5.11 注射模设计及制造实例	335
5.11.1 模塑工艺规程的编制	335
5.11.2 注射模的结构设计	336
5.11.3 模具设计的有关计算	338
5.11.4 模具加热和冷却系统的计算	341
5.11.5 模具闭合高度的确定	342
5.11.6 注射机有关参数的校核	342
5.11.7 绘制模具总装图和非标零件工作图	342
5.11.8 注射模主要零件加工工艺流程的编制	342
5.11.9 注射模的试模	347
复习思考题	347

第6章 塑料压注模的设计及制造

6.1 压注模的类型及特点	348
6.1.1 普通压力机用压注模	348
6.1.2 专用液压机用压注模	349

6.2 液压机有关工艺参数的校核	350
6.2.1 普通液压机的选择	350
6.2.2 专用液压机的选择	351
6.3 压注模的设计	351
6.3.1 加料室和压料柱的设计	351
6.3.2 浇注系统的设计	356
6.3.3 溢料槽与排气槽的设计	359
6.4 压注模的典型结构	360
6.4.1 移动式压注模	360
6.4.2 固定式压注模	361
6.5 压注模制造的特点	362
6.6 压注模设计及制造实例	363
复习思考题	365

第7章 挤出机头设计及制造

7.1 挤出机头概述	366
7.1.1 挤出成型模具的分类及作用	366
7.1.2 挤出成型模具的结构组成	366
7.1.3 挤出机头的设计原则	367
7.1.4 机头与挤出机的关系	368
7.2 管材挤出机头的设计	370
7.2.1 典型结构	370
7.2.2 工艺参数的确定	370
7.2.3 管材的定径和冷却	375
7.3 棒材挤出机头的设计	377
7.3.1 机头的设计及参数的确定	377
7.3.2 定径套的设计	378
7.4 吹塑薄膜挤出机头的设计	379
7.4.1 机头结构类型及参数的确定	379
7.4.2 冷却装置	383
7.4.3 成型条件的选择	384
7.5 电线电缆挤出机头的设计	386
7.5.1 挤压式包覆机头	386
7.5.2 套管式包覆机头	387
7.6 板材与片材挤出机头的设计	387
7.6.1 鱼尾式机头	388
7.6.2 支管式机头	388
7.6.3 螺杆式机头	389
7.7 异型材挤出机头的设计	390
7.7.1 板式机头	390
7.7.2 流线型机头	391
7.7.3 设计要点	391

7.7.4 异型材的定型模	393	附录 C 常用热塑性塑料的主要技术 指标	418
7.8 典型挤出机头的设计	394	附录 D 常用热固性塑料的主要技术 指标	422
7.8.1 PVC 装饰板材挤出模的设计	394	附录 E 模塑件尺寸公差表	425
7.8.2 塑窗异型材挤出模具的设计	396	附录 F 常用液压机的主要技术 参数	427
7.9 挤出机头设计及制造实例	399	附录 G 部分国产注射成型机的型号 及技术参数	429
7.9.1 设计要点	399	附录 H 常用热塑性塑料注射成型的 工艺参数	431
7.9.2 塑料特性	399	附录 I 周界尺寸 $\leq 500\text{mm} \times 500\text{mm}$ 中小型标准模架参数	434
7.9.3 结构设计与工艺分析	400	附录 J 周界尺寸为 $100 \times L$ 的模架 规格	435
7.9.4 挤出机头主要零件的设计及 制造	401	附录 K 注射模大型模架标准的尺寸 组合	436
复习思考题	404	附录 L 注射模塑的缺陷及其可能产 生原因的分析	436
第 8 章 塑料模的设计程序与 过程	405	附录 M 一般热固性塑料产生废品的 类型、原因及处理方法	439
8.1 塑料模的设计程序	405	附录 N 挤出管材的反常现象、原因 及其消除方法	441
8.1.1 原始资料的分析	405	附录 O 吹塑薄膜的反常现象、原因 及其消除方法	441
8.1.2 确定模具的结构方案	407	附录 P 板、片材挤出成型的缺陷 及其解决措施	442
8.1.3 模具设计的有关计算	407	主要参考文献	444
8.1.4 绘制模具结构草图	407		
8.1.5 绘制模具总装图和非标准零件 工作图	408		
8.1.6 全面审核后投产制造	408		
8.2 塑料模具设计过程	409		
8.2.1 分析塑件图	409		
8.2.2 确定模具的结构方案	409		
主要参考文献	412		
附录	414		
附录 A 塑料及树脂缩写代号	414		
附录 B 常用塑料的性能与用途	416		

第1章 概述

1.1 塑料模具设计与制造的意义

1.1.1 塑料工业在国民经济中的地位

塑料工业是世界上增长最快的工业之一。自从1909年实现以纯粹化学合成方法生产塑料算起,塑料工业已有90余年的历史。1927年聚氯乙烯塑料问世以来,随着高分子化学技术的发展,各种性能的塑料,特别是聚酰胺、聚甲醛、ABS、聚碳酸酯、聚砒、聚苯醚与氟塑料等工程塑料发展迅速,其速度超过了聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯与聚苯乙烯等四种通用塑料,使塑件在工业产品与生活用品方面获得广泛的应用,以塑料代替金属的实例,比比皆是。塑料有着一系列金属所不及的优点,诸如:重量轻、耐腐蚀、电气绝缘性好、易于造型、生产效率高与成本低廉等;但也存在许多自身的缺欠,诸如:抗老化性、耐热性、抗静电性、耐燃性及比机械强度低于金属。但随着高分子合成技术、材料改性技术及成型工艺的进步,愈来愈多的具有优异性能的塑料高分子材料不断涌现,从而促使塑料工业飞跃发展。

塑料的数量增多,新的工程塑料品种的增加,塑料成型设备、成型工艺技术和模具技术水平的发展,为塑件的应用开拓了广阔的领域。目前,塑件已深入到国民经济的各个部门中。特别是在办公机器、照相机、汽车、仪器仪表、机械制造、航空、交通、通信、轻工、建材业产品、日用品以及家用电器行业中的零件塑料化的趋势不断加强,并且陆续出现全塑产品。据报道,美国塑料工业已变为全美第四个最大的工业,每年的塑料消耗量已经超过钢材。在全世界按照体积和重量计塑料的消耗量也超过了钢材。我国的塑料工业发展也很快,特别是近20年,产量和品种都大大增加,许多新颖的工程塑料也已投入批量生产。塑件1990年达到536.8万t,居世界第四位。如今,我国塑料工业已形成了相当规模的完整体系,它包括塑料的生产,成型加工,塑料机械设备,模具加工以及科研、人才培养等。塑料工业在国民经济的各个部门中发挥了愈来愈大的作用。

1.1.2 塑料模具设计与制造在塑料工业中的地位

塑料模具设计与制造技术的发展与塑料工业的发展息息相关。由于塑件的制造是一项综合性技术,围绕塑件成型生产将用到有关成型物料、成型设备、成型工艺、成型模具及模具制造等方面知识,所以这些知识便构成了塑件成型生产的完整系统。它大致可包括产品设计、塑料的选择、塑件的成型、模具设计与制造四个主要环节,在上述四个环节中,模具设计与制造是实现最终目标——塑件使用的重要手段之一。

1. 产品设计 产品质量源于设计。任何产品设计都要满足用户提出的产品性能、使用寿命、可靠性、安全性与经济性等方面的要求。

2. 塑料的选择 塑料的合理选择是保证塑件质量的重要环节。首先要从塑料品种和性能着手,根据需要与可行选用。

3. 塑件的成型 塑件的成型加工是根据各种塑料的固有特性,采用不同的模塑工艺,将各种形态的塑料(粉料、粒料、溶液或分散体)制成所需形状的制品或坯件的过程。成型所

使用的模塑工具即塑料模具。

塑件的成型方法有多种，常用的方法见图 1-1，成型工艺与不同塑料的适应关系见表 1-1。本书重点介绍注射成型、压缩成型、压注成型和挤出成型。

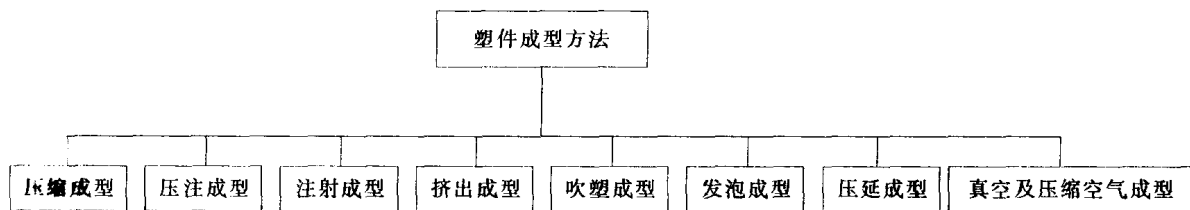


图 1-1 塑件的成型方法

表 1-1 成型方法与塑料的适应关系

成型加工方法	热固性塑料	热塑性塑料
注射成型	○	◎
压缩成型	◎	△
挤出成型	△	◎
压注成型	◎	△
压延成型	×	◎
中空吹塑成型	△	○
发泡成型	○	◎
真空成型	×	◎

注 ◎应用最多；○应用较多；△应用较少；×未应用。

(1) 压缩成型 它是借助加热和加压，使直接放入模具型腔内的塑料流动，充满型腔的各个角落，然后，由于化学或物理变化而固化成型的。

(2) 压注成型 它是使加料室内受热塑化或熔融的热固性塑料，经模具浇注系统压入被加热的闭合型腔并固化成型的。

(3) 注射成型 它是用注射机的螺杆或柱塞使料筒内的熔料，经注射机喷嘴，模具的浇注系统，注入型腔而固化成型的。

(4) 挤出成型 它是将加热料筒内塑料加热塑化呈熔融状态，在螺杆的推动下使其通过特殊形状的口模而成为与口模形状相仿的连续体，逐渐冷却硬化成型。它通常制造连续型材的塑件。

(5) 吹塑成型 它是将挤出的熔融塑料毛坯，置于模具内，借助压缩空气吹胀而贴于型腔壁上，经冷却硬化为塑件。此方法主要用于成型空心塑件。

(6) 压延成型 它将塑化的热塑性塑料，通过两道或多道旋转的辊筒间隙挤压延展，连续生产塑料薄膜或片材。

(7) 发泡成型 将发泡性树脂直接填入模具内，使受热熔融，形成气液饱和溶液，通过成核作用，形成大量微小泡核，泡核增长，制成泡沫塑件。常用发泡方法有三种：物理发泡法、化学发泡法和机械发泡法。

(8) 真空及压缩空气成型 把热塑性塑料板、片固定在模具上，用辐射加热器进行加热；加热到软化温度后，用真空泵把板材和模具之间的空气抽掉，靠大气的压力（或借助压缩空气的压力）使板材贴合在模具的型腔表面，冷却后固化成型。

4. 模具设计与制造 模具是塑件生产的重要工艺装备之一。模具以其特定的形状通过一定方式使原料成型。不同的塑料成型方法使用着不同模塑工艺和原理及结构特点各不相同的塑料模具。塑件质量的优劣及生产效率的高低,模具因素约占80%。一副质量好的注射模可以成型上百万次,压缩模大约可以生产25万件,这些都同模具设计和制造有很大的关系。在现代塑件生产中,合理的模塑工艺、高效的模塑设备、先进的塑料模具和制造技术是必不可少的重要因素,尤其是塑料模具对实现塑料加工工艺要求、塑件的使用要求和造型设计起着重要的作用。高效的全自动的设备也只有装上能自动化生产的模具才可能发挥其效能,产品的生产和更新都是以模具制造和更新为前提。随着国民经济领域的各个部门对塑件的品种和产量需求量愈来愈大、产品更新换代周期愈来愈短、用户对塑件的质量要求愈来愈高,因而对模具设计与制造的周期和质量提出了更高的要求,促使塑料模具设计和制造技术不断向前发展,从而也推动了塑料工业生产高速发展,可以说,模具设计与制造水平标志着一个国家工业化发展的程度。

1.2 塑料模塑成型及模具加工技术的发展动向

随着科学技术的进步与国民经济发展对塑件的广泛需求,塑料模塑成型技术正在向高精度、高效率与长寿命的方向迈进。由于它是一项综合性技术,所以它的发展必然涉及许多领域的共同配合。

1.2.1 塑料成型技术的发展

1. 塑料成型理论的进展 塑料在充模过程中的各种流变行为的研究不断深入:有关挤出成型的流变理论和数学模型已经基本上建立,并且已在生产实际中得到应用;有关注射成型的流变理论尚在进行探讨;注射成型的塑料熔体在一维和二维简单模腔中的充模流动理论和数学模型已经有所解决,今后的工作是如何将理论与生产实际相结合,进一步加强对塑料熔体在三维模腔中流动行为的研究。进一步加深塑料成型理论基础和工艺原理的研究,借以改进成型工艺方法、成型模具和成型设备。

2. 塑料成型方法的革新 对于一些新型塑料和一些具有特殊要求的塑件,旧的成型方法已不在适用。因此,近年来出现了许多新型的塑料成型方法,如无流道凝料的注射成型、热固性塑料注射成型、低发泡注射成型、排气注射成型、反应注射成型、流动注射成型、动力熔融注射成型、气体辅助注射成型以及多品种塑料的共注射成型、铸塑成型、塑料粉末烧结成型等。

3. 塑件的精密化、微型化和超大型化 为了满足国民经济各个部门对塑件的精密化、微型化和超大型化的使用要求,高精度模具、微型和大型模具得到发展,小型和新型的塑料成型设备亦不断涌现,例如,德国研制的注射量只有0.1g的微型注射机。可以生产0.05g左右的微型塑料产品。国内制造的0.5g的注射机,可以生产0.1g左右的微型塑料产品(如手表轴等)。

超大型注射机是用于成型超大型塑件。例如,法国已拥有注射量为17万g的超大型注射机,合模力为150MN,国产注射机的注射量已达3.5万cm³,合模力为80MN。

1.2.2 模具加工技术的发展

1. 开发模具新材料 当前,塑料模具钢的发展有两大趋向:

(1) 从碳素工具钢→低合金工具钢→高合金工具钢发展。为满足“四化”的需求,使模具

材料获得优异的强韧性、耐磨性、耐蚀性和耐热性，除改进现有各系列合金钢质量外，采用粉末冶金工艺制作的硬质合金、陶瓷材料及复合材料，解决了原有钢种在熔炼过程中产生一次碳化物粗大和偏析而影响的材质问题，而且碳化物细化、组织均匀和材料无异向性，是一种大有发展前途的模具材料。

(2) 从高级材料（一般热处理）→低级材料（表面硬化处理）发展。这是热处理新技术，特别是表面强化处理技术发展的结果。近年来，我国研制的 PMS 镜面塑料模具钢和美国的 P21 及日本的 NAK55 钢，就是在中、低碳钢中加入 Ni、Cr、Al、Cu、Ti 等合金元素。模具毛坯先进行淬火与回火处理，使其硬度 $\leq 30\text{HRC}$ ，然后加工成型再进行时效处理。由于金属间化合物的析出，使模具硬度上升到 $40\sim 50\text{HRC}$ 。为了改善其切削加工性，钢中常加入 S、Pb、Ca 等元素。这类钢的耐蚀性和耐磨性优于预硬化钢，可用于复杂、精密模具或大批量生产用的长寿命模具。

2. 研制新设备 主要是研制高效、精密、自动化的模具加工设备，从手工机械操作，向计算机数控操作方向发展。例如：高速锯床、高精度与高速铣床、阳极线切割、砂线切割、激光切割与激光打孔、刻字等高效设备；随着机械技术和电子技术的密切结合，相继出现了各种普通数控机床 NC (Numerical Control) 与计算机数控机床 CNC (Computer Numerical Control)，使之成为模具加工中的高效、精密机床，例如：数控仿形铣床，数控连续轨迹坐标磨床，CNC 低速走丝精密切割机，以及各种高精度电火花加工机床，精密小型电解成形加工设备、三坐标测量机等加工与测量设备。模具加工中心 (MC) 是近年发展的多功能数控机床，这一类机床具有储存各种刀具的刀具库，在工件一次装夹定位后，可对模具的表面进行粗加工、半精加工与精加工，并可连续对两个以上工件进行同位加工。上述各类机床的最大特点，在于精度的再现性和重复性突出，提高了加工质量的可靠性和稳定性，同时也提高了加工的自动化和生产效率。值得一提的是，在模具制造方面出现了自动加工系统，如：日本三菱公司建立了 NC—加工中心—真空热处理—成型磨床—电加工—坐标磨床—装配试模的自动加工系统，大大缩短了制造周期，减少了制造误差，提高了模具质量，为模具的设计制造过程全线自动化打下了基础。

3. 应用新技术 当今，最突出的新技术莫过于模具设计与制造的 CAD/CAM/CAE 技术和模具表面强化处理技术。

(1) CAD/CAM/CAE 技术的进一步发展 CAD、CAE 和 CAM 分别是塑料模具计算机辅助设计 (Computer Aided Design)、模拟分析 (Computer Aided Engineering) 和制造 (Computer Aided Manufacturing) 的缩写。

CAD 是人和计算机相结合，各尽所长的智能化与集成化设计方法。

CAM 是利用 CAD 产生的几何模型，自动生成 NC 加工机床所需的信息，即 NC 加工程序。

CAE 是产品设计人员进行创造性思维活动的有力工具，它在设计过程中主要起模拟分析作用，如：塑料注射模在注射过程中模腔内塑料熔体流动的模拟分析和模具可制造性评价等。

开发和应用 CAD/CAM/CAE 新技术，是提高模具设计质量和效率，提高制造精度和缩短制造周期的有效措施和发展方向。利用电子计算机辅助设计和制造模具，是用程序模拟整个人工设计和制造模具过程，是机械、计算机和数学三门学科的综合应用。它是利用计算机图形工作站和绘图机等进行模具设计与制造的一项新技术。该技术的应用在于加快了模具的

研制速度，缩短了产品更新换代的生产准备时间，并可优化模具制造工艺及其结构参数，从而提高了产品质量。

(2) 模具表面强化处理新技术的应用 为了提高模具工作表面的耐磨性、硬度和耐蚀性，除了人们业已熟悉的镀硬铬、渗碳、渗氮、渗硼等表面化学处理外，近年来，模具表面性能强化技术又有了新的发展并引起了重视。其中，化学气相沉积（CVD）、物理气相沉积（PVD）及盐浴渗金属（TD）的方法是几种发展较快、应用最广的表面涂覆硬化处理的新技术。它对于提高模具的寿命和减少模具昂贵材料的消耗有着十分重要的意义。

4. 实施标准化 模具的标准化对于提高模具的质量、缩短制模周期、提高生效率、降低制造成本是十分重要的。工业发达国家的模具标准化程度已达到了相当的水平。随着产品向多品种少批量发展的模具 CAD/CAM 技术的应用，对模具零部件的标准化提出了新的要求。今后标准化的发展，必须是柔性的标准化，即能适应变化的标准化。一方面要发挥标准件的优越性，另一方面要使标准能满足多种需要。

1.3 本课程的学习目的与要求

《塑料模设计及制造》是一门综合性课程，它集塑料模塑成型工艺、塑料模设计、塑料模制造为一体，将三者相互渗透、相互补充、有机联系。

通过本课程的学习，要求学生了解塑料的工艺特性与成型原理，掌握各种常用塑料在各种成型过程中对模具的工艺要求，掌握成型工艺所必备的各种技术知识。

在模具设计方面，要求学生掌握各种成型模具的结构特点及设计计算方法，在全面掌握塑料的特性与成型工艺性能、成型特点、模具零件的加工工艺性、标准件的选用等的基础上，能够独立设计中等复杂程度的塑料模具。

塑件设计方面，在掌握正确分析塑件工艺性的基础上，能配合使用单位或美工设计人员，根据塑料成型特点进行一般塑件工艺设计。

模具制造方面，在掌握一般机械加工和特种加工、金属材料的选择及热处理知识的基础上，了解塑料模具的制造特点，根据不同情况选用模具型腔加工新工艺，能够编制型芯和型腔的加工工艺规程。

此外，还要求学生了解塑料模具的装配、试模、验收、使用和维修方面的知识，能够提出由于模具设计或制造不当而造成的各种塑件的缺陷、操作困难的原因所在及其解决办法。

《塑料模设计及制造》课程实践性强，需不断地理论联系实际。多在生产现场向有经验的工程技术人员和工人师傅学习，丰富课程内容。

本课程的后续课程为模具 CAD/CAM 等。

随着塑料工业的蓬勃发展，塑料成型加工技术也不断推陈出新。我们在学习本课程时，还要注意学习国内外的新技术、新工艺、新经验，为使我国塑料成型加工技术赶超世界先进水平作出贡献。

第 2 章 塑料及模塑成型工艺

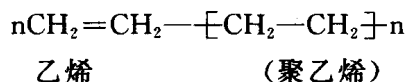
2.1 塑料概论

2.1.1 塑料的概念、成分、特性与用途

2.1.1.1 塑料的概念

塑料是以高分子合成树脂为基本原料，加入一定量的添加剂而组成，在一定的温度压力下可塑制成具有一定结构形状，能在常温下保持其形状不变的材料。

合成树脂就是由一种或几种简单化合物通过聚合反应而生成的一种高分子化合物，也叫高聚物，具有很高的分子量，那些简单的化合物也叫单体。高分子不是原子任意排列成的，而是某个结构单元有规则重复排列而成的，这种结构单元叫链节。如聚乙烯。



聚乙烯的链节是 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ ，重复次数 n 称为聚合度。值得注意的是，聚合物和塑料是不同的，实质上它们之间有很大的区别。聚合物是指聚合反应过程生成的纯材料，一般不单独使用，只有在加入添加剂后在工业中才有使用价值。而具有各种添加剂的聚合材料才称为塑料。

塑料的主要成分是树脂，树脂的结构特点直接决定着塑料的性质，而树脂又是一种高聚物，所以分析塑料的结构实质上也就是分析树脂（聚合物）的结构。

高聚物的分子结构有如下特点：

1) 它是长链分子，高分子链是由很大数目的结构单元所组成，这些结构单元可以是一种（均聚物），也可以是几种（共聚物）。它们通过共价键连成不同的结构——线形的、支链形的、星形的、梳形的、梯形的和网状的，如图 2-1 所示。

2) 一般高分子的主链都有一定的内旋转自由度，可以弯曲，使高分子长链具有柔性，由于分子的热运动，柔性链的形态时刻改变，呈现无数可能的构象。如果组成高分子链的化学键不能内旋转，或结构单元之间有强烈的相互作用，则形成刚性链，使高分子链具有一定的构象及构型。

3) 高分子链间一旦存在有交联结构，即使交联度很小，高聚物的物理力学性能也能发生很大的变化，主要是不溶不熔。

4) 由于高分子有很多结构单元，因此结构单元之间的范德华力相互作用就显得特别重

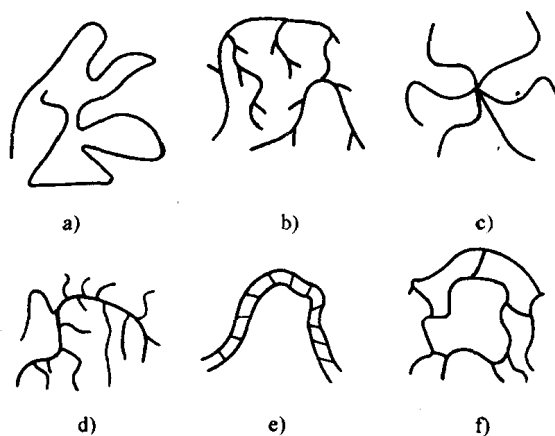


图 2-1 高分子链骨架形状示意图

- a) 线型高分子 b) 支链形高分子
c) 星形高分子 d) 梳形高分子
e) 梯形高分子 f) 网状高分子

要，对高聚物的聚集态结构及高聚物材料的物理力学性能有重要的影响。

5) 高聚物的分子聚集态结构存在有晶态和非晶态，高聚物的晶态比小分子晶态的有序程度差得多，但高聚物的非晶态却比小分子液态的有序程度高，这是由于高分子的分子移动比较困难，分子的几何不对称性大，致使高分子链的聚集体具有一定程度的有序排列。高聚物分子聚集态结构是决定高聚物材料使用性能的主要因素。

6) 高聚物长分子链还有一个重要特性就是受到应力作用后分子链易于重新排列，这就是取向。

2.1.1.2 塑料的成分

塑料的成分比较复杂，几乎所有的塑料都是以各种树脂为基础，再加入改善其性能的各种各样的添加剂制成的。在塑料中，树脂起决定性的作用，但也不能忽视添加剂的作用。

1. 树脂 树脂是塑料中最重要的成分，它决定了塑料的类型和基本性能（如热性能、物理性能、化学性能、力学性能等）。在塑料中，它联系或胶粘着其他成分，并使塑料具有可塑性和流动性，从而具有成型性能。

树脂包括天然树脂和合成树脂。天然树脂是由自然界中得到的，如松香、虫胶、沥青等。天然树脂产量有限，而且性能也较差，目前已不能满足工业生产的需要。合成树脂是用人工合成的方法制成的，如聚乙烯、聚氯乙烯、酚醛树脂等。合成树脂种类较多，性能广泛，所以在塑料生产中，一般都采用合成树脂。不论是天然树脂还是合成树脂，均属高分子化合物。

常用塑料及树脂的缩写代号见附录 A。

2. 填充剂 填充剂又称填料，是塑料中重要的但并非每种塑料必不可少的成分。填充剂与塑料中的其他成分机械混合，它们之间不起化学作用，但与树脂牢固胶粘在一起。

填充剂在塑料中的作用有两个：一是减少树脂用量，降低塑料成本；二是改善塑料某些性能，扩大塑料的应用范围。在很多情况下，填充剂所起的作用是很大的，例如聚乙烯、聚氯乙烯等树脂中加入钙质填料后，便成为十分廉价的有足够刚度和耐热性的钙塑料。酚醛树脂中加入木粉后，既克服了它的脆性，又降低了成本。用玻璃纤维作为塑料的填充剂，能使塑料的力学性能大幅度提高。有的填充剂还可以使塑料具有树脂所没有的性能，如导电性、导磁性、导热性等。

填充剂按其化学性能可分为有机填料和无机填料；按形状可分为粉状的、纤维状的和层状（片状）的。粉状填料有木粉、纸浆、大理石粉、滑石粉、云母粉、石棉粉、高岭土、石墨、金属粉等；纤维状填料有棉花、亚麻、玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、金属须等；层状填料有纸张、棉布、石棉布、玻璃等。

3. 增塑剂 有些树脂（如聚氯乙烯、醋酸纤维、硝酸纤维等）的可塑性很低，刚性和脆性较大，为了改善其加工性能，降低刚性和脆性以及改进某些性能，通常加入能与树脂相溶的不易挥发的高沸点有机化合物，这类物质称为增塑剂。树脂中加入增塑剂后，加大了其分子间的距离，削弱了大分子间的作用力。这样便使树脂分子容易滑移，从而使塑料能在较低温度下具有良好的可塑性和柔软性。增塑剂的加入虽然可以改善塑料的工艺性能和使用性能，但也使树脂的某些性能降低了，如硬度、抗拉强度等。因此，增塑剂要根据塑件的使用要求适量加入。对增塑剂的要求是：与树脂相容性好、化学稳定性好、挥发性小、不易从塑件析出、无毒、无臭味、无色或色浅、不吸湿、价廉等。常用的增塑剂是液态或低熔点固体有机物。主要有甲酸酯类、磷酸酯类和氯化石蜡等。