



普通高等教育“十五”国家级规划教材
(高职高专教育)

模具设计与制造系列

塑料成型工艺 与模具设计 (第二版)

屈华昌 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)

塑料成型工艺与模具设计

(第二版)

屈华昌 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是教育部“十五”高职高专规划教材《塑料成型工艺与模具设计》的修订本。

全书除绪论外共分三篇15章。第1篇塑料成型基础篇(第1~3章),分别介绍高分子聚合物结构特点与性能、塑料的组成与工艺特性和塑料成型工艺及塑料制件的结构工艺性;第2篇注射成型模具设计篇(第4~11章),介绍注射成型原理及工艺特性、注射模结构与注射机、塑料制件在模具中的位置与浇注系统设计、成型零部件设计、结构零部件的设计、推出机构设计、侧向分型与抽芯机构设计、温度调节系统、注射模新技术的应用;第3篇其他塑料成型模具设计篇(第12~15章),分别介绍压缩模设计、压注模设计、挤出模设计与气动成型模具。

本书在内容安排上的特点是:将每一类模具成型原理和成型工艺过程集中在一起进行介绍,便于对各类成型工艺进行比较,以使在熟悉成型工艺的基础上正确设计各类模具。

为了便于教师教学和读者自学,加深对关键内容的理解,本教材对于各类模具成型原理、典型注射模的工作原理与工作过程、模具推出机构及侧向抽芯机构的工作原理与工作过程等内容配有示教光盘。

本书适合于高职高专模具专业、成人高校及本科高校设立的二级职业技术学院的模具专业、民办高校开设的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,还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. —2版.

北京:高等教育出版社,2006.7

ISBN 7-04-019684-0

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第065426号

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 北京鑫丰华彩印有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 22.75

字 数 560 000

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 2001年7月第1版

2006年7月第2版

印 次 2006年7月第1次印刷

定 价 37.00元(含光盘)

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 19684-00

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

策划编辑	罗德春
责任编辑	李京平
封面设计	于 涛
责任绘图	朱 静
版式设计	王 莹
责任校对	朱惠芳
责任印制	韩 刚



第二版前言

本书是教育部“十五”高职高专规划教材《塑料成型工艺与模具设计》的修订本。

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定塑料成型工艺的知识、技术和能力的人才培养目标要求,本书修订后除绪论外分为三篇15章。第1篇介绍塑料成型与模具设计所必要的理论基础,包括高分子聚合物结构特点、聚合物的热力学性能和流变学性质以及聚合物熔体在成型过程中的物理化学变化,还介绍了塑料的组成与工艺特性、各类塑料模具的成型原理及成型工艺特性与塑料成型制件的结构工艺性等设计塑料模具和制定塑料成型工艺的基本知识;第2篇介绍注射成型模具的典型结构、注射成型模具与注射机的关系,还着重介绍了注射成型新技术、新工艺,包括热固性塑料注射成型、气体辅助注射成型、低发泡注射成型、共注射成型等;第3篇介绍注射成型模具以外的其他成型模具,包括压缩成型模具、压注成型模具、挤出成型模具、气动成型模具等的设计。

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。由于注射成型模具应用最为广泛,而且模具的结构最为复杂,因此用7章篇幅对注射模结构与注射机、塑料制件在模具中的位置与浇注系统的设计、成型零部件设计、结构零部件的设计、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。

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。在修订过程中力求知识新而实用,结合近年来模具技术的发展,注重反映先进技术。考虑模具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,但在详略的处理和重点的突出方面是十分鲜明的,这样便于教师组织教学。

主要修订内容是:采用了最新的国家标准取代了原教材中个别地方陈旧的国家标准;在注射成型新技术、新工艺一章中增加了“精密注射成型”一节内容;在侧向抽芯机构的结构设计介绍结束后,增加了相应的模具应用实例;删去了应用不很广泛的“泡沫塑料成型模具”和“聚四氟乙烯塑料成型工艺与冷压成型模具”两章。为了方便读者学习,每章后面均附有习题。为了便于教师教学和学生学,本教材对于各类模具成型原理、典型注射模的工作原理与工作过程、模具推出机构及侧向抽芯机构的工作原理与工作过程等内容配有示教示学光盘。

本书绪论和第1、5、9、11章以及附录由南京工程学院屈华昌编写,第2、3、4章由沙洲工学院王艳辉编写,第6、7章由河南工业大学杨子勇编写,第8、10、15章由南京工程学院郝洪艳编写,第12章由南京工程学院陆文龙编写,第13、14章由沈阳理工大学史安娜编写。本书由南京工程学院屈华昌任主编并负责全书的统稿及修改,史安娜任副主编。

本书由沙洲工学院伍建国教授审阅。本书在修订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使得本教材增色不少。

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

2006年2月

目 录

绪论 1

第 1 篇 塑料成型基础

第 1 章 高分子聚合物结构特点与性能	9	2.2 塑料成型的工艺特性	31
1.1 聚合物分子的结构特点	9	2.3 常用塑料简介	35
1.2 聚合物的热力学性能	10	习题	43
1.3 聚合物的流变学性质	12	第 3 章 塑料成型工艺及塑料制件的结构工艺性	44
1.4 聚合物熔体在成型过程中的流动状态	18	3.1 注射成型原理及工艺特性	44
1.5 聚合物在成型过程中的物理和化学变化	24	3.2 压缩成型原理及工艺特性	51
习题	28	3.3 压注成型原理及工艺特性	55
第 2 章 塑料的组成与工艺特性	30	3.4 挤出成型原理及工艺特性	57
2.1 塑料的基本组成	30	3.5 气动成型原理及工艺特性	62
		3.6 塑料成型制件的结构工艺性	68
		习题	84

第 2 篇 注射成型模具设计

第 4 章 注射模结构与注射机	87	7.1 标准注射模架	165
4.1 注射模的分类及结构组成	87	7.2 支承零部件的设计	170
4.2 注射模的典型结构	89	7.3 定模座板、动模座板的设计	173
4.3 注射模与注射机的关系	100	7.4 合模导向机构的设计	174
习题	106	习题	179
第 5 章 塑料制件在模具中的位置与浇注系统的设计	107	第 8 章 推出机构设计	180
5.1 塑料制件在模具中的位置	107	8.1 推出机构的结构组成与分类	180
5.2 普通浇注系统设计	112	8.2 推出力的计算	181
5.3 热流道浇注系统设计	130	8.3 一次推出机构	182
5.4 排气系统的设计	137	8.4 二次推出机构	189
习题	138	8.5 定、动模双向顺序推出机构	197
第 6 章 成型零部件设计	140	8.6 浇注系统凝料的推出机构	198
6.1 成型零部件的结构设计	140	8.7 带螺纹塑件的脱模	203
6.2 成型零部件工作尺寸的计算	148	习题	207
6.3 成型零部件的强度与刚度计算	154	第 9 章 侧向分型与抽芯机构设计	208
习题	164	9.1 侧向分型与抽芯机构的分类	208
第 7 章 结构零部件的设计	165	9.2 机动侧向分型与抽芯机构	209
		9.3 手动侧向分型与抽芯机构	245

9.4 液压或气动侧向分型与抽芯机构	247	第 11 章 注射模新技术的应用	257
习题	248	11.1 热固性塑料注射成型	257
第 10 章 温度调节系统	249	11.2 气体辅助注射成型	260
10.1 模具温度与塑料成型温度的关系	249	11.3 低发泡注射成型	263
10.2 冷却回路的尺寸确定与布置	250	11.4 共注射成型	266
10.3 常见冷却系统的结构	253	11.5 精密注射成型	268
10.4 模具的加热系统	255	习题	274
习题	256		
第 3 篇 其他塑料成型模具设计			
第 12 章 压缩模设计	277	14.2 挤出模与挤出机	320
12.1 压缩模结构的组成及分类	277	14.3 管材挤出成型机头	323
12.2 压缩模与压机的关系	281	14.4 棒材挤出成型机头	328
12.3 压缩模成型零部件设计	285	14.5 异型材挤出成型机头	329
12.4 压缩模脱模机构设计	295	14.6 板、片材挤出成型机头	332
习题	302	14.7 薄膜挤出吹塑成型机头	336
第 13 章 压注模设计	303	14.8 电线电缆挤出成型机头	339
13.1 压注模的分类及结构组成	303	习题	341
13.2 压注模与压机的关系	306	第 15 章 气动成型模具	342
13.3 压注模零部件设计	307	15.1 中空吹塑成型模具	342
13.4 压注模浇注系统与排溢系统设计	312	15.2 真空成型模具	347
习题	316	15.3 压缩空气成型模具	350
第 14 章 挤出模设计	317	习题	352
14.1 挤出模的结构组成及分类	317		
附录			353
参考文献			357

结 论

1. 塑料及塑料工业的发展

塑料是以树脂为主要成分的高分子有机化合物，树脂可分为天然树脂和合成树脂两大类，塑料大多采用合成树脂。各种合成树脂都是将低分子化合物的单体通过合成的方法生产出的高分子化合物，一般相对分子质量都大于1万，有的甚至可达百万级。在一定温度和压力下，塑料具有可塑性，可以利用模具将其成型为具有一定几何形状和尺寸精度的塑料制件。

塑料制件之所以能够在工业生产中得到广泛应用，是由于它们本身具有的一系列特殊优点所决定的。塑料密度小、质量轻。大多数塑料的密度在 $1.0 \sim 1.4 \text{ g/cm}^3$ 之间，其中聚4-甲基丁烯-1的密度最小，大约 0.83 g/cm^3 ，相当于钢材密度的11%和铝材密度的50%左右。如果采用发泡成型，则塑料制件的密度可以小到 $0.01 \sim 0.5 \text{ g/cm}^3$ ，这就是“以塑代钢”的明显优点所在。塑料的比强度高，按单位质量计算的强度称为比强度。由于塑料的密度小，所以其比强度比较高。钢单位质量的拉伸强度为160 MPa，而玻璃纤维增强的塑料单位质量的拉伸强度可高达170~400 MPa。塑料的绝缘性能好，介电损耗低。由于塑料原子内部一般都没有自由电子和离子，所以大多数塑料都具有良好的绝缘性能以及很低的介电损耗，所以，塑料是现代电工行业和电器行业中不可缺少的原材料。塑料的化学稳定性高，对酸、碱和许多化学药品都具有良好的耐腐蚀能力，其中以聚四氟乙烯塑料的化学稳定性最高，“王水”对它也不能腐蚀，甚至连原子工业中的强腐蚀剂五氟化铀对它都不起作用，因此有“塑料王”之称。由于塑料的减摩耐磨性能好，所以现代工业中有许多齿轮、轴承和密封圈等机械零件开始采用工程塑料制造。此外，塑料的减振和隔音性能也很好，许多塑料还具有透光性能和绝热性能以及防水、防透气和防辐射等特殊性能，因此，塑料已成为各行各业不可缺少的一种重要的材料。

塑料工业是新兴的工业，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的塑料产品系列化、生产工艺自动化、连续化以及不断开拓功能塑料新领域，它经历了初创阶段(30年代以前)、发展阶段(30年代)、飞跃发展阶段(50至60年代)和稳定增长阶段(70年代至今)等这样几个阶段。塑料作为一种新的工程材料，其不断被开发与应用，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，这些产品的更新换代的周期愈来愈短，因此对塑料的品种、产量和质量都提出了越来越高的要求。

2. 塑料成型工业在生产中的重要地位

模具是工业生产中的重要工艺装备，模具工业是国民经济各部门发展的重要基础之一。塑料模具是指用于成型塑料制作的模具，它是型腔模的一种类型。

随着机械工业(尤其是汽车、摩托车工业)、电子工业(尤其是家电工业)、航空工业、仪器仪表工业和日常用品工业的发展，塑料成型制件的需求量越来越多，质量要求也越来越高，这

就要求成型塑件模具的开发、设计与制造的水平也必须越来越高。因此,模具设计水平的高低、模具制造能力的强弱以及模具质量的优劣,都直接影响着许多新产品的开发和老产品的更新换代,影响着各种产品的质量、经济效益的增长以及整体工业水平的提高。

事实上,在仪器仪表、家用电器、交通、通信等各行各业中,有70%以上的产品是用模具来加工成型的。工业发达国家,其模具工业年产值早已超过机床行业的年产值。在日本、韩国等国家,其生产塑料模与生产冲压模的企业数量差不多相等;而在新加坡等国家,其生产塑料模的企业数量已大大超过生产冲压模的企业。我国的香港与深圳等地区,其模具工业主要是从事塑料模具的制造与塑料制件的生产。在江苏省、浙江省、上海市及其以南地区,尤其在浙江省,从事塑料模制造和塑料制件开发的个体企业也日益增多。综上所述,塑料成型工业在基础工业中的地位和国民经济的影响显得日益重要。

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“数控比”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。应用模具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,并且发挥其越来越重要的作用。在上个世纪,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、UGII、CADSS5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,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,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, 制造资源得以充分利用。

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塑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, 及时修改制件和模具设计, 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 分析技术主要应用于塑料产品设计、模具设计和注塑成型。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、制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 分析可指出模具良好的充填形式、最佳的浇口位置与浇口数量、流道系统的优化设计和冷却系统的优化设计, 减小返修成本; 在注射成型方面, 可以给出更加宽广而稳定的加工“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回用料成本。

因此, 在大型复杂塑料模设计过程中, 浇注系统的塑料熔体流动模拟显得必不可少。澳大利亚 Moldflow 公司的三维真实感流动模拟软件 Moldflow Advisers 已经受到用户广泛的好评和应用。国内研制的同类软件有华中科技大学 HSC3D4.5F 及郑州工业大学的 Z-mold, 它们也正在被不断地在推广和应用。

在今后一段时期内, 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

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所组成。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一个涉及模具加工工艺、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,国内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,还应发展设备昂贵、工艺先进的气相沉积、等离子喷涂等技术,目前上述研究与开发工作在不断地深入进行,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也体现了某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/* 4169.1—1984 ~ GB/* 4169.12—1984 是塑料模的 12 个技术条件的标准。现在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、侧冲装置、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任务。

(6) 模具的复杂化、精密化与大型化

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和精密的成型设备外,大型和精密的塑料件成型模具

更需要采用先进的模具 CAD/CAE/CAM 技术来设计与制造模具, 否则, 这类投资很大的模具研制将难以获得成功。

面对激烈的市场竞争, 我国要从模具大国迈向模具强国, 应调整产品的结构, 增强大型、复杂、精密模具的自主开发能力, 以提高产品的市场竞争能力。

为了提高我国模具企业的自主开发能力, 应建立联合研究中心或开发中心, 专攻大型、精密、复杂模具设计制造中的关键技术问题, 从而为模具企业开发这类模具提供技术保证。同时, 提升模具企业的专业化水平、加速标准化的实施与推广工作, 也是提高我国模具企业大型、精密、复杂模具的自主开发能力的一个主要途径。

国外近年来发展的高速铣削加工, 其主轴转速可达 $40\,000 \sim 100\,000$ r/min, 快速进给速度可达 $30 \sim 40$ m/min, 加速度可达 $1 g$, 换刀时间可提高到 $1 \sim 2$ s; 加工模具的硬度可达 60 HRC, 表面粗糙度可达 $Ra < 1 \mu\text{m}$ 。高速切削加工与传统切削加工相比, 具有加工效率高、温升低(加工工件只升高 $3\text{ }^{\circ}\text{C}$)、热变形小等优点。目前它已向更高的敏捷化、智能化、集成化方向发展。高速铣削加工促进了模具加工技术的发展, 特别是对汽车、家电行业中大型塑料模具制造注入了新的活力。

(7) 模具工业信息化

采用信息技术可以带动和提升模具工业的制造技术水平, 推动模具工业技术的进步。在整体规划的指导下, 应该着重抓好 CAD/CAE/CAPP/CAM 一体化, 并不断提升单元技术和合成技术水平; 实现 PDM(产品数据管理)系统的开发与应用, 提高产品设计能力; 实现 ERP(企业资源规划)系统的开发与应用。将公司的所有资源统一管理起来, 包括物流、资金流和信息流。

采用信息技术带动和提升模具工业的制造技术水平, 是一个复杂的工程。根据我国目前信息技术发展水平以及模具企业的现状, 可先从以下几方面开展工作。

① 以高校和相关研究机构为技术支撑, 通过企业示范, 推广三维设计技术和计算机模拟技术的应用, 提高企业的设计能力和创新能力。同时, 高校和相关研究机构还应与企业合作, 进行知识的积累和整理工作, 使其成为可为企业服务的知识库、数据库。

② 加强面向模具企业的生产过程信息化管理与控制技术的研究, 以满足模具企业生产的随机性、动态性和快速性的要求, 为模具企业优质高效地组织生产, 按时完成模具的生产任务提供必要的信息化支撑手段。

③ 建立以网络为基础平台的、面向模具企业的技术服务咨询中心和信息交流中心, 为模具企业提供引进和介绍国外先进技术、先进工艺, 为模具企业提供技术交流的论坛; 搭建供应链信息平台(包括模具材料、标准件等), 为模具企业提供快速采购的在线服务; 建立企业资源信息数据库, 为企业间建立利益共享的合作关系提供信息化平台等服务。

4. 塑料模具的分类

塑料模具的分类方法很多, 按照塑料制件的成型方法不同可以分为以下几类。

(1) 注射模 注射模又称为注塑模。塑料注射成型是在金属压铸成型原理的基础上发展起来的。首先将粒状或粉状的塑料原料加入到注射机的料筒中, 经过加热熔融成粘流态, 然后在螺杆或柱塞(已很少使用)的推动下, 熔融塑料以一定的流速通过料筒前端的喷嘴射入闭合的模具型腔中, 经过一定的保压, 塑料在模内冷却、硬化定型, 接着打开模具, 从模内脱出成型的塑件。注射模主要用于热塑性塑料的成型。近年来, 热固性塑料的注射成型也在逐渐增加。注

射成型能成型形状复杂的制件及具有生产效率高等特点，在塑料制件的生产中占有很大的比重。据统计，注射模的产量占世界塑料成型模具产量的一半以上。

(2) 压缩模 压缩模又称压塑模。压缩成型是塑件成型方法中较早采用的一种方法。将预热过的塑料原料直接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，然后再固化成型。压缩模多用于热固性塑料制件的成型，但该方法成型周期较长、生产效率低。

(3) 压注模 压注模又称传递模。压注模的加料室与型腔是通过浇注系统连接起来的，通过压柱或柱塞将加料室内受热塑化熔融的热固性塑料经浇注系统压入被加热的闭合型腔，最后固化定型。压注模主要用于热固性塑料制件的成型。

(4) 挤出模 挤出模常称为挤出机头。挤出成型是利用挤出机料筒内的螺杆旋转加压的方式，连续地将塑化好的呈熔融状态的物料从料筒中挤出，通过特定截面形状的机头口模成型并借助于牵引装置将挤出的塑料制件均匀拉出，同时冷却定型，获得截面形状一致连续型材。

(5) 气动成型模 气动成型模是指利用气体作为动力成型塑料制件的模具。气动成型模包括中空吹塑成型模、真空成型模与压缩空气成型模等。中空吹塑成型是将挤出机挤出或注射机注射出的处于半熔融状的型坯置于闭合的模腔内，然后向其内部通入压缩空气，使其胀大并紧贴于模具型腔表壁，经冷却定型后就成了具有一定形状和尺寸精度的中空塑料容器；真空成型是将加热过的塑料片材放在模具型腔的表面，然后在两者之间形成的封闭空腔内抽真空，在大气压力的作用下发生塑性变形的片材紧贴在模具型腔表面而成为塑件的成型方法；压缩空气成型是利用压缩空气，使加热软化的塑料片材发生塑性变形并紧贴在模具表面成为塑件的成型方法。另外，在成型个别深度大、形状复杂塑件的情况下，也有同时采用真空和压缩空气成型的方法。真空成型和压缩空气成型都是使用已成型的塑料片材再进行塑料制件的生产，因此属于塑料制件的二次成型。

除了上述介绍的几类常用的塑料成型模具外，还有泡沫塑料成型模、浇注成型模、滚塑(包括搪塑)成型模、压延成型模、拉丝成型模以及聚四氟乙烯冷压成型模等。

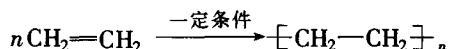
第 1 篇 塑料成型基础

第 1 章 高分子聚合物结构特点与性能

塑料的主要成分是树脂。树脂可分成天然树脂和合成树脂。松香、虫胶等属于天然树脂，其特点是无明显熔点，受热后逐渐软化，可溶解于溶剂而不溶于水等。用人工方法合成的树脂称合成树脂，人们所使用的塑料一般都是以合成树脂为主要原料制成的。树脂都属于高分子聚合物，简称高聚物或聚合物。聚合物的高分子含有很多原子数、相对分子质量很高，分子是很长的巨型分子，正因为这样，才使得聚合物在热力学性能、流变学的性质、成型过程的流动行为和物理化学变化等方面有着它自身的特性。

1.1 聚合物分子的结构特点

聚合物相对分子质量一般都大于 10^4 ，但相对分子质量的大小还不足以表达分子的结构特性。低分子化合物的单体转变成大分子物质的过程称为聚合反应。单体经过这种化学反应后，其原子便能以共价键的方式形成大分子结构，相对分子质量将远远大于原来单体的相对分子质量。例如，聚乙烯就是由许多个乙烯单体分子经聚合反应而生成的。其反应式如下：



上式中 $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ 是乙烯单体分子， $\text{[-CH}_2\text{-CH}_2\text{]}$ 是聚乙烯的结构单元， n 是聚合物所含结构单元的个数，称为聚合度。 n 越大，聚合物分子链越长，聚合物大分子的相对分子质量越高。同一聚合物体系内各个大分子的相对分子质量会因聚合度的不同而有差异，这种现象叫作聚合物相对分子质量的多分散性，其分散程度与聚合反应时的各种工艺因素有关。

对聚合物大分子结构的研究表明，大分子基本上都属于长链状结构。如果聚合物的分子链呈不规则的线状且聚合物大分子是由一根根分子链组成，则称为线型聚合物，如图 1.1a 所示；如果一些聚合物的大分子主链上带着一些或长或短的小支链且整个分子链呈枝状，则称为带有支链的线型聚合物，如图 1.1b 所示；如果在聚合物的链之间还有一些短链把它们相互交联起来且成为立体结构，则称为体型聚合物，如图 1.1c 所示。

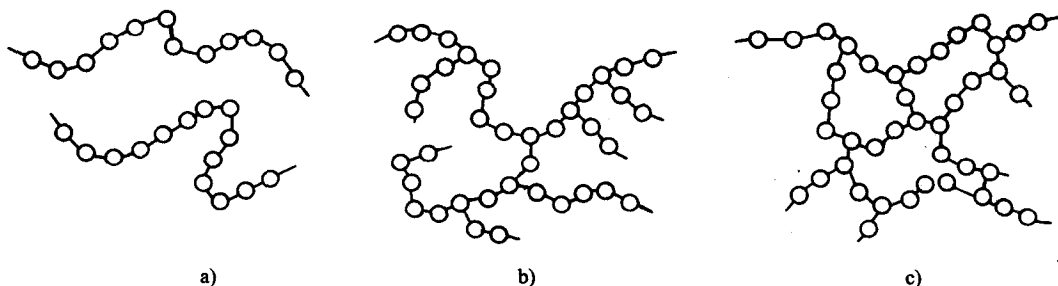


图 1.1 聚合物分子链结构示意图