

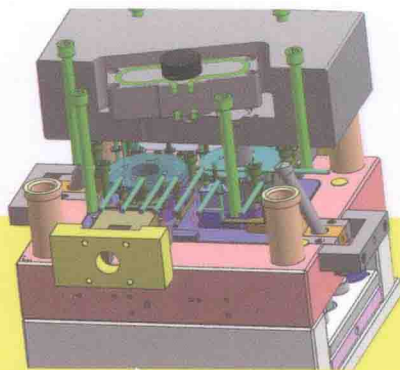


“十三五”普通高等教育本科规划教材
高等院校材料专业“互联网+”创新规划教材

塑料成型模具设计

(第2版)

江昌勇 沈洪雷 主 编



教材预览、申请样书



微信公众号: pup6book



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

“十三五”普通高等教育本科规划教材
高等院校材料专业“互联网+”创新规划教材

塑料成型模具设计 (第2版)

主 编	江 昌 勇	沈 洪 雷
副 主 编	姜 伯 军	
参 编	赵 建 平	李
主 审	屈 华 昌	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是2012年9月出版的《塑料成型模具设计》一书的第2版,共分7章,分别为塑料概述、塑料成型工艺原理及主要工艺参数、塑料制件的工艺性设计与分析、注射成型模具设计、其他塑料成型模具设计要点、塑料注射模具的计算机辅助设计、注射模具结构图例及分析。在第7章精选了10套来源于生产实践一线的塑料注射成型模具设计方案及结构图例图并进行评析。附录中列出了注射模具的装配、安装与试模、塑料模设计相关标准目录、与课程内容相关的部分网络资源站点、注射模具课程设计范例及课题汇编等。

本书设有【本章要点与提示】、【导入案例】、【本章小结】、【关键术语(中英文对照)】、【习题】、【实训项目】等模块。全书提供了较多的案例,采用了大量的插图和表格,图例丰富,图文并茂,同时灵活设置【特别提示】、【要点提示】、【学习建议】、【实用技巧】、【拓展阅读】、【学以致用】等模块,增加了教材的生动性和可读性。

本书适合高分子材料与工程、材料成型及控制工程专业使用,也可供机械类其他专业高职高专模具专业选用,还可供模具企业有关工程技术人员参考,对从事塑料模具设计及研究的技术人员也有较大的实用价值。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型模具设计/江昌勇,沈洪雷主编. —2版. —北京:北京大学出版社,2017.1

(高等院校材料专业“互联网+”创新规划教材)

ISBN 978-7-301-27673-0

I. ①塑… II. ①江…②沈… III. ①塑料模具—塑料成型—设计—高等学校—教材
IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第265932号

书 名 塑料成型模具设计(第2版)

SULIAO CHENGXING MUJU SHEJI

著作责任者 江昌勇 沈洪雷 主编

策划编辑 童君鑫

责任编辑 李娉婷

数字编辑 刘志秀

标准书号 ISBN 978-7-301-27673-0

出版发行 北京大学出版社

地 址 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址 <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667

电子信箱 pup_6@163.com

印刷者 北京富生印刷厂

发 行 者 北京大学出版社

经 销 者 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 26印张 614千字

2012年9月第1版

2017年1月第2版 2017年1月第1次印刷

定 价 57.00元

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

举报电话:010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话:010-62756370

21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材

编审指导与建设委员会

成员名单（按拼音排序）

白培康（中北大学）

崔占全（燕山大学）

杜振民（北京科技大学）

关绍康（郑州大学）

李楠（武汉科技大学）

林志东（武汉工程大学）

刘开平（长安大学）

裴坚（北京大学）

孙凤莲（哈尔滨理工大学）

万发荣（北京科技大学）

王峰（北京化工大学）

王昆林（清华大学）

伍玉娇（贵州大学）

徐鸿（华北电力大学）

张朝晖（北京理工大学）

张敏刚（太原科技大学）

张晓燕（贵州大学）

赵莉萍（内蒙古科技大学）

陈华辉（中国矿业大学）

杜彦良（石家庄铁道大学）

耿桂宏（北方民族大学）

胡志强（大连工业大学）

梁金生（河北工业大学）

刘爱民（大连理工大学）

芦笙（江苏科技大学）

时海芳（辽宁工程技术大学）

孙玉福（郑州大学）

王春青（哈尔滨工业大学）

王金淑（北京工业大学）

卫英慧（太原理工大学）

夏华（重庆理工大学）

余心宏（西北工业大学）

张海涛（安徽工程大学）

张锐（郑州航空工业管理学院）

赵惠忠（武汉科技大学）

赵玉涛（江苏大学）

第2版前言

“塑料成型模具设计”是应用型本科高分子材料与工程、材料成型及控制工程等相关专业培养方案中一门应用性、实践性很强的专业课，它的主要内容都是在生产实践中逐步积累和丰富起来的。塑料成型加工技术的发展十分迅速，新的塑料成型工艺层出不穷，塑料模具的各种结构也在不断地创新。尽管编者在编写《塑料成型模具设计》第1版时，注重理论联系实际，重视实践经验的获取和积累，通过企业调研，书中摒弃了适用价值不高又偏难、偏深的内容，以学生就业所需的专业知识和实践技能为着眼点，在适度基础知识与理论体系覆盖下，着重讲解应用型人才所需的内容和关键点。但受教材出版周期的局限，经过几轮使用，第1版部分内容落后于知识和技术的更新，同时，随着高等教育形势的发展，课程建设与课程改革面临一些新情况、新问题，课程教学也有一些新要求，经过编写组讨论，为了动态反映塑料成型模具设计领域的最新技术和最新动向，在保持原有体例的基础上，对第1版教材进行修订，博采众长，将最新的教学体会补充到本书中，以最大限度地提高教材的适应性，更好地为教学服务。

本书是编者在多年从事科研、教学及塑料模具设计生产实践的基础上，依据应用型本科高分子材料与工程、材料成型及控制工程专业人才培养目标与规格的要求，参考国内外大量有关塑料制件设计及塑料成型工艺与模具设计方面的著作和最新技术资料，借鉴近几年各相关院校高分子材料与工程、材料成型及控制工程专业应用型人才经验培养和教改成果，并根据塑料成型工艺与模具设计的课程教学需要整理编写的。在导论部分介绍了塑料成型模具的概念、功用及分类，塑料成型模具的产业特征及发展趋势，典型塑料成型模具的设计基本要求及设计流程，本课程的学习任务与学习方法等。

本次修订内容主要包括以下几个方面。

(1) 为适应不同学校对该门课程不同的教学时数要求，为更好地体现知识归类，同时也为便于教师对教学内容的选择，将“塑料成型工艺原理及主要工艺参数”单独设章进行编写。

(2) 为突出教材的重要知识点，将课程大纲的非重点要求知识点“模具的装配、安装与试模(第1版的3.12章节)”调整到附录1部分。

(3) 对第1版的部分文本和插图作精致化处理：

◆ 适当充实【特别提示】、【知识提醒】、【要点提示】、【学习建议】、【实用技巧】、【应用实例】、【拓展阅读】、【学以致用】等模块，以便更好地说明某些知识点，强化学习效果，使教材的生动性和可读性进一步提高。

◆ 替换部分图例，进一步加深读者对知识点的认识和理解。

◆ 进一步完善某些具体知识、内容，融入最新的知识、最新的技术进展。

◆ 对第1版教材中的文字表述及插图的不足、不妥之处进行了修订。

本书的内容及编排体系以既便于教师组织教学又便于学生循序渐进地学习两方面为出发点，可以有助于较大幅度地提高教与学的质量。通过对本书的学习及使用，学生能在掌



握塑料成型基本理论知识的基础上,有效地获得设计塑件及相应成型模具的能力。

本书具有以下几个特色。

(1) 基于模具设计流程串联融合教学内容,既利于教又利于学。以塑料模具设计的基本流程为主线,以典型注射模具的设计过程为载体,串联融合教学内容,内容及编排体系较好地反映了工科教育的特点。

(2) 突出实用性和实践性,强化工程观念。精选有实用价值的技术参数、设计方案和实践案例,采用大量的插图和表格,实物图、实景图、示例图等图例丰富,图文并茂,有利于读者从工程实践角度对知识点的理解。

(3) 着眼于对实践情景的模拟,灵活设置多个模块,提升教材的生动性和可读性。**【特别提示】**、**【要点提醒】**、**【实用技巧】**、**【拓展阅读】**、**【学以致用】**等模块的灵活设置,既能更好地说明某些知识点,又有助于提升教材的生动性和可读性。

(4) 全面引入最新国家标准及行业标准,吸纳新知识和新型实用技术。全面引入最新国家标准及行业标准,名词术语规范统一,充分利用和筛选各种资源及技术成果,吸纳新知识和新型实用技术,让学生学而有用,学而能用。

(5) 通过评析来源于生产实践一线的设计方案及结构例图,实现理论知识学习与设计实践的有效衔接。

本书具体章节的编写人员是:导论、第4章的第4.1~4.9节及附录2、附录3由常州工学院江昌勇编写,第1章和第2章由南京理工大学紫金学院赵建平编写,第3章、第4章的第4.12节及第6章、附录1由常州工学院沈洪雷编写,第4章的第4.10节~第4.11节由常州工学院李丹虹编写,第5章由沈洪雷和江昌勇共同编写,第7章及附录4由常州明顺电器有限公司姜伯军编写。本书由江昌勇和沈洪雷担任主编,并由江昌勇负责全书的统稿及修改工作。

本书由南京工程学院屈华昌教授担任主审。

在本书的编写过程中,编者得到有关兄弟院校和企业专家的大力支持和帮助,并参考了各类有关书籍、学术论文及网络资料,在此一并表示衷心感谢。由于编者水平有限,书中难免有不当和疏漏之处,恳请使用本书的教师和广大读者批评指正。

编者
2016年8月

目 录

导论	1
0.1 塑料成型模具的概念	1
0.2 塑料成型模具的功用	1
0.3 塑料成型模具的分类	2
0.4 塑料成型模具的产业特征及 发展趋势	3
0.5 典型塑料成型模具的设计基本 要求及设计流程	8
0.6 本课程的学习任务与学习 方法	9

第1章 塑料概述	11
1.1 塑料的组成及特点	13
1.2 塑料成型工艺性能	19
1.3 常用塑料的基本特性简介及 选择	26
本章小结	35
关键术语	35
习题	36
实训项目	36

第2章 塑料成型工艺原理及 主要工艺参数	37
2.1 注射成型原理及主要工艺参数 ...	38
2.2 压缩成型原理及主要工艺参数 ...	49
2.3 传递成型原理及主要工艺参数 ...	52
2.4 挤出成型原理及主要工艺参数 ...	54
2.5 气动成型原理及 主要工艺参数	57
本章小结	66
关键术语	66
习题	66
实训项目	67

第3章 塑料制件的工艺性设计与 分析	68
3.1 塑件设计的基本原则	69
3.2 塑件的尺寸、精度和表面质量 ...	70
3.3 塑件的几何形状与结构	76
本章小结	93
关键术语	94
习题	94
实训项目	95

第4章 注射成型模具设计	96
4.1 注射成型模具的基本结构及 工作原理	97
4.2 注射成型模具的典型结构	101
4.3 注射机有关工艺参数的校核	110
4.4 塑料制件在模具中的位置	121
4.5 普通浇注系统的设计	130
4.6 热流道浇注系统概述	158
4.7 成型零部件的设计	164
4.8 基本结构零部件的设计	185
4.9 塑件推出机构设计	197
4.10 侧向分型与抽芯机构设计	228
4.11 模具温度调节系统的设计	254
4.12 注射成型新技术简介	265
本章小结	280
关键术语	280
习题	280
实训项目	282

第5章 其他塑料成型模具 设计要点	283
5.1 压缩模具设计	284
5.2 传递模具设计	294
5.3 气动成型模具设计	304



5.4 挤出模具设计	317	7.4 护罩壳体注射模具	360
本章小结	331	7.5 滑动开门钩注射模具	362
关键术语	332	7.6 骨架剪切浇口注射 模具	364
习题	332	7.7 罩壳注射模具	367
第6章 塑料注射模具的计算机 辅助设计	334	7.8 三联齿轮注射模具	369
6.1 注射成型模具 CAD 简介	335	7.9 中间齿轮注射模具	371
6.2 注射模具 CAD 常用软件及 应用	340	7.10 结构框架注射模具	374
本章小结	352	附录1 注射模具的装配、安装与 试模	377
关键术语	352	附录2 塑料模具设计相关标准 目录	387
习题	352	附录3 与课程内容相关的部分网络 资源站点	389
实训项目	353	附录4 注射模具课程设计范例及 课题汇编	392
第7章 注射模具结构图例及分析 ...	354	参考文献	407
7.1 顶盖框架热流道直浇口 注射模具	354		
7.2 传动控制棘轮轮片爪浇口 注射模具	356		
7.3 转动遮盖注射模具	358		

导 论

0.1 塑料成型模具的概念

所谓模具，是在一定工艺条件下，把金属或非金属加工成所需形状和尺寸的各类模型的总称。它是一种利用其本身特定形状去成型具有一定形状和尺寸的制品的专用工具。模具是工业生产的基础工艺装备，被称为“工业之母”。75%的粗加工工业产品零件、50%的精加工零件均由模具成型，绝大部分塑料制件也由模具成型。作为国民经济的基础工业，模具涉及汽车、家电、电子、建材、塑料制件等各个行业，应用范围十分广泛。模具又是“效益放大器”，用模具加工产品大大提高了生产效率，而且还具有节约原材料、降低能耗和成本、保持产品高一致性等特点。在国外，模具被称为“金钥匙”“进入富裕社会的原动力”等。据国外统计资料，模具可带动其相关产业的比例大约是1:100，即模具发展1亿元，可带动相关产业100亿元。

按照对“模具”的一般定义，塑料成型模具即指利用其模腔的特定形状和尺寸成型符合生产图样要求的塑料制件(简称塑件)的一类模具。塑料成型模具作为塑料加工工业中和塑料成型设备配套，赋予塑件以完整构型和精确尺寸的工具。由于塑料品种和加工方法繁多，塑料成型设备和塑件的结构又繁简不一，因此，塑料成型模具的种类和结构也是多种多样的。

0.2 塑料成型模具的功用

在高分子材料加工领域中，塑件主要是靠成型模具获得的。塑料成型模具的功能是双重的：赋予塑化的材料以期望的形状、尺寸、性能和质量；冷却并推出已成型的塑件。在现代塑件的生产中，合理的成型工艺、高效的成型设备、先进的成型模具是必不可少的三项重要因素，尤其是塑料成型模具对实现塑料成型工艺要求、满足塑件的使用要求、降低塑件的成本起着重要的作用。塑件的产品开发和产品更新需以成型模具的开发或更新为前提，对高效自动化的成型设备而言，也只有安装能自动化生产的优质模具才能发挥其应有的效能。

塑件的质量在很大程度上是依靠模具的合理结构和模具成型零件的正确形状、精确尺寸及有效精度来保证的。由于塑料成型工艺的飞速发展，模具的结构也日益趋于多功能化和复杂化，这对塑料成型模具的设计工作提出了更高的要求。虽然塑件的质量与许多因素有关，但合格的塑件首先取决于成型模具的设计与制造的质量，其次取决于合理的成型工



艺。为了周而复始地获得符合技术经济要求及质量稳定的塑件,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。

虽然在大批量生产塑件时,模具成本仅占10%左右,但不同的模具结构、模具材料、工作条件及由此而产生的模具使用成本等均在很大程度上影响产品的制造成本,尤其是在试制阶段或中小批量生产时。从某种意义上讲,塑料成型模具是提高塑件质量、节约原材料、体现塑件技术经济性的有效手段。要获得满意的塑件,对塑料成型模具而言,有四个关键问题,即正确的模具结构设计、合理的模具材料及热处理方法、高的模具加工质量、良好的模具服役条件,这四个方面实际上决定了模具的功效,并且它们相互影响后的效果是相乘而不是相加,也就意味着只要其中一个环节不恰当而导致模具不起作用,其综合效果也是零。

0.3 塑料成型模具的分类

1. 成型方法分类

模具的类型通常都是按照加工对象和工艺的不同进行分类。塑料最常见的成型方法一般分为熔体成型和固相成型两大类。熔体成型是把塑料加热至熔点以上,使之处于熔融态进行成型加工的方式,属于此种成型方法的有注射成型、压缩成型、传递成型等;固相成型是指塑料在熔融温度以下保持固态的一类成型方法,如一些塑料包装容器生产是真空成型和吹塑成型。此外还有液态成型,如铸塑成型、搪塑成型、蘸浸成型等。

2. 成型模具主要类型

按照上述成型方法的不同,可以划分出对应不同工艺要求的塑料成型模具主要类型:

1) 注射模具

塑料注射成型模具简称注射模具,又称注塑模具、注射模,安装在注射机上使用,这是一类应用广泛且技术较为成熟的塑料成型模具。塑料注射成型是根据金属压铸成型原理发展起来的,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,然后在注射机的柱塞或螺杆的推动下,以一定的流速通过料筒前端的喷嘴和模具的浇注系统注射入闭合的模具型腔中,经过一定时间后,塑料在模腔内硬化定型,然后打开模具,从模内脱出成型的塑件。注射模具主要用于热塑性塑料的成型,近年来,热固性塑料注射成型的应用也在逐渐增加。此外,反应注射成型、双色注射成型等特种注射成型工艺也正在不断开发与应用。

2) 压缩模具

压缩模具又称压塑模具、压缩模。压缩成型是塑件成型方法中较早采用的一种。成型时,首先将预热过的塑料原料直接加入敞开的、经加热的模具型腔(加料腔)内,然后合模,塑料在热和压力的作用下呈熔融流动状态充满型腔,最后由于化学反应(热固性塑料)或物理变化(热塑性塑料),使塑料逐渐硬化定型。压缩模具多用于热固性塑料的成型,也可用于热塑性塑料的成型。

3) 传递模具

传递模具又称压注模具、传递模。成型时,首先将预热过的塑料原料加入预热的加料腔

内,然后通过压柱向加料腔内塑料原料施加压力,塑料在高温高压下熔融并通过模具浇注系统进入型腔,最后发生化学交联反应逐渐硬化定型。传递模具主要用于热固性塑料的成型。

4) 挤出模具

挤出模具通常称为挤出机头。挤出成型是利用挤出机的机筒内的螺杆旋转加压的方式,连续地将塑化好的、呈熔融状态的成型物料从挤出机的机筒中挤出,并通过特定断面形状的口模成型,然后借助于牵引装置将挤出后的塑件均匀地拉出,并同时冷却定型处理。这类模具能连续不断地生产断面形状相同的热塑性塑料的型材,如塑料管材、棒材、板材、片材及异型材等,也用于中空塑件的型坯成型,是又一大类用途广泛、品种繁多的塑料成型模具。

5) 气动成型模具

气动成型模具包括中空吹塑成型模具、真空成型模具和压缩空气成型模具等。

中空吹塑成型是将挤出机挤出或注射机注射出的、处于高弹性状态的空心塑料型坯置于闭合的模腔内,然后向其内部通入压缩空气,使其胀大并贴紧于模具型腔表壁,经冷却定型后成为具有一定形状和尺寸精度的中空塑料容器。

真空成型是将加热的塑料片材与模具型腔表面所构成的封闭空腔内抽真空,使片材在大气压力下发生塑性变形而紧贴于模具型面上成为所需塑件的成型方法。

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型面上成为符合要求的塑件的成型方法。在个别塑件深度大形状复杂的情况,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是使用已成型的片材再进行塑件的生产,因此是属于塑件的二次加工。

与其他模具相比较,气动成型模具结构最为简单,一般只有热塑性塑料才能采用该方法成型。

除了上述介绍的几类塑料成型模具外,还有泡沫塑料成型模具、搪塑模具、浇注成型模具、回转成型模具、聚四氟乙烯冷压成型模具及滚塑模具等。

0.4 塑料成型模具的产业特征及发展趋势

模具生产过程集精密制造、计算机技术、智能控制和绿色制造为一体,因此模具既是高新技术载体,又是高新技术产品。我国是制造大国,也是模具需求大国。目前我国模具行业交易市场非常大,而且每年还呈15%~20%的趋势在增长,这主要得益于我国汽车、家电、IT产业、包装、建材、日用品等模具大用户行业的发展。受国家多种政策的影响和市场空间的持续挖掘,汽车、IT产业、包装等行业近年来的发展势头十分迅猛,不仅在产能方面有了很大的发展,而且在这些产业的高端方面也有着长足的进步,因此,上述产业在高中低端的三个方面都有着强劲的模具需求。近年来我国模具产业发展迅速,世界模具生产中心也正在向我国转移,模具工业已从过去依赖进口的附属产业走向独立的新型产业。我国制造行业已把模具工业列为中国制造业之母,将模具制造业列为支撑中国制造业发展的重要基石。在模具总量中占比最高的塑料成型模具,“十二五”期间以较高的增长速度发展。用成型模具批量生产塑件所具备的高生产效率、高一致性、低能耗耗材,以及有较高的精度和复杂程度,是其他加工制造方法所不能比拟的。随着中国塑料工业,特



别是工程塑料的高速发展,可以预见,中国塑料模具的发展速度仍将继续高于模具工业的整体发展速度,未来几年年增长率仍将保持20%左右的水平。

1. 塑料成型模具的产业特征

塑料成型模具中,绝大多数是针对特定用户单件生产的,因此模具企业与一般工业产品企业相比,数量多、规模小,多为中小企业。模具产品技术含量较高,活化劳动比重大,增值率高,生产周期较长,因而模具制造行业就有了技术密集和资金密集、均衡生产和企业管理难度大、对特定用户有特殊的依赖性、增值税负重、企业资金积累慢及投资回收期长等特点。

从生产管理模式来看,由于模具产品品种繁多,大小悬殊,要求各异,因此模具企业发展适于“小而精、小而专、小而特”;行业发展适合于集聚生产和集群式发展,以建立较强的协作配套体系。这也是模具行业的重要特点之一。过去模具的生产加工主要依赖钳工,或以钳工为核心的粗放型作坊式的生产管理模式,现在则逐渐被以技术为依托、以设计为中心的集约型现代化生产管理模式所替代;“模具是一种工艺品”的概念已逐渐被“模具是一种高新技术工业产品”所替代;模具的质量、周期、价格、服务四要素中,已有越来越多的用户将周期放在首位,要求模具尽快交货,这已成为一种趋势。

从产业布局来看,在未来的模具市场中,塑料模具的发展速度将高于其他模具,在模具行业中的比例将逐步提高。与全国塑料加工业区域分布相类似,珠三角、长三角的塑料制品加工业位居前列,浙江、江苏和广东塑料模具产值在全国模具总产值中的比例也占到70%。珠江三角洲和长江三角洲是我国模具工业最为集中的地区,近来环渤海地区也在快速发展。按省、市来说,广东是模具第一大省,浙江次之,上海和江苏的模具工业也相当发达,安徽发展也很快。模具生产集聚地主要有深圳、宁波、台州、苏锡常地区、青岛和胶东地区、珠江下游地区、成渝地区、京津冀(泊头、黄骅)地区、合肥和芜湖地区以及大连、十堰等。各地相继涌现出来的模具城、模具园区等,则是模具集聚生产最为突出的地方,具有一定规模的模具园区(模具城)全国已有20个左右。

从产业技术进步看,在政府政策扶持和引导下,我国塑料模具水平已有较大提高。大型塑料模具已能生产单套重量达50t以上的注射模具,精密塑料模具的精度已可达到 $2\sim 3\mu\text{m}$,制件精度为 $0.5\mu\text{m}$ 的小模数齿轮模具及达到高光学要求的车灯模具等也都能生产,多腔塑料模具已能生产7800腔的塑封模具,高速模具方面已能生产 $4\text{m}/\text{min}$ 以上挤出速度的高速塑料异型材挤出模及主型材双腔共挤、双色共挤、软硬共挤、后共挤、再生料共挤和低发泡钢塑共挤等各种模具。

从生产手段来看,模具企业设备数控化率已有较大提高,CAD/CAE/CAM技术的应用面大为扩大;模具标准件使用覆盖率及模具商品化率都已有较大幅度的提高;热流道技术已得到较好推广;CAPP、PLM、ERP等数字化技术已有一部分企业开始采用,并收到了较好的效果;高速加工、并行工程、逆向工程、虚拟制造、无图生产和标准化生产已在一些重点骨干企业实施。

从模具供需情况看,塑料模具已形成巨大的产业链,近年来,我国塑料模具在高技术驱动和支柱产业应用需求的推动下,形成了一个巨大的产业链条,从上游的原辅材料工业和加工、检测设备到下游的机械、汽车、摩托车、家电、电子通信、建筑建材等几大应用产业,塑料模具发展前景大好。目前,塑料制件的应用日渐广泛,为塑料模具提供了一个

广阔的市场,同时对模具也提出了更高的要求。大型化、高精密度、多功能复合型的模具将受到青睐。与此同时,建筑、家电、汽车等行业对塑料的需求量都很大。其中,中低档模具已供过于求,而以大型、精密、复杂、长寿命模具为主要代表的高技术含量模具自给率还较低,只有60%左右,有很大一部分仍依靠进口。目前模具总销售额中塑料模具占比最大,约占45%;冲压模具约占37%;铸造模具约占9%;其他各类模具共计约9%。

2. 与国际先进水平的主要差距及存在的主要问题

1) 主要差距

基于理念、设计、工艺、技术、经验等方面所存在的差距,与国际先进水平相比,目前我们还处于以向先进国家跟踪学习为主的阶段,差距虽然正在不断缩小,但从总体来看,创新不够,尚未到达信息化生产管理和创新发展阶段,只处于世界中等水平,仍有大约10年以上的差距(其中模具加工在线测量和计算机辅助测量及企业管理的差距在15年以上)。管理水平、设计理念、模具结构需要不断创新,设计制造方法、工艺方案、协作条件等需要不断更新、提高和努力创造,经验需要不断积累和沉淀,现代制造服务业需要不断发展,模具制造产业链上各个环节需要环环相扣并互相匹配。

综合水平的差距最终都会反映到模具产品中可以量化和感知的具体指标上,主要表现为:模具使用寿命低30%~50%,生产周期长30%~50%,质量可靠性与稳定性较差,制造精度和标准化程度较低,等等。与此同时,我国在研发能力、人员素质、对模具设计制造的基础理论与技术的研究等方面也存在较大差距,因此造成在模具新领域的开拓和新产品的开发上较慢,高技术含量模具的比例比国外也要低得多(国外约为60%,国内不足40%),劳动生产率也要低许多。面对差距,我们不但要努力追赶,而且要开创自己的发展道路。

2) 主要问题

(1) 研发及自主创新能力薄弱。基础差、能力不足、投入少、不够重视、缺乏长期可持续发展观念等都是造成模具产品及其生产工艺、工具(包括软件)、装备的设计、研发(包括二次开发)及自主创新能力薄弱的重要原因。

(2) 企业管理落后于技术的进步。管理落后主要体现在生产组织方式及信息化采用方面。国内虽然已经有不少企业完成了从作坊式和承包方式生产向零件化现代生产方式的过渡,但沿用作坊式生产的小企业还有不少;已实行零件化生产的企业中也只有少数企业采用了信息化管理,而且层次还不高。行业和企业专业化水平都比较低,企业技术特长少。

(3) 数字化信息化水平还较低。国内多数企业数字化信息化大都停留在CAD/CAM的应用上,CAE、CAPP尚未普及,许多企业数据库尚未建立或正在建立;企业标准化生产水平和软件应用水平都低,软件应用开发跟不上生产需要。

(4) 标准和标准件生产供应滞后于模具生产的发展。模具行业现有的国家标准和行业标准中有不少已经落后于生产;生产过程的标准化还刚起步不久;大多数企业缺少企标;标准件品种规格少,应用水平低,高品质标准件还主要依靠进口;这些都影响和制约着模具生产的发展和质量的提高。

(5) 人才与发展不相适应。人才发展的速度跟不上行业发展速度,目前全行业人才缺乏,尤其是高级人才更加匮乏,数量是一个方面,人才素质与水平更加重要。学校与培训



机构不足、培养目标不高是问题的一个方面,企业缺乏培养人才积极性也不可忽视。

(6) 以模具为核心的产业链各个环节协同发展不够,尤以模具材料发展滞后最为明显。模具材料对模具质量影响极大,国产模具材料长期以来,不论从品种、质量还是数量上都不能满足模具生产的需要,高档模具和出口模具的材料几乎全部依靠进口。模具上游的各种装备(机床、工夹量刀具、检测、热处理和处理设备等)和生产手段(软件、辅料、损耗件等)以及下游的成型材料和成型装备,甚至包括影响模具发展的物流及金融等产业链的各个环节大都分属于各有关行业,大都联系不够密切,配合不够默契,协同程度较差,这就造成了对模具工业发展的制约。

3. 塑料成型模具的发展趋势

塑料作为一种新的工程材料,由于其不断被开发与应用,加之成型工艺不断成熟、完善与发展,极大地促进了塑料成型方法的研究与应用,促进了塑料成型模具的开发与制造。随着工业塑件和日用塑件的品种与需求量日益增加,塑件主要用户行业近年来都高位运行,发展迅速,而且产品的更新换代周期也越来越短,这对塑料的产量和质量提出了越来越高的要求,也必然要求塑料成型模具随之快速发展,塑料成型模具已成为模具品种中最为诱人的奶酪。

塑料成型模具产业发展趋势呈现“多元化”。模具产品向大型、精密、复杂及集精密加工技术、计算机技术、智能控制和绿色制造为一体的方向发展;模具企业生产向管理信息化、技术集成化、设备精良化、制造数字化、精细化、加工高速化及自动化方向发展;企业经营向品牌化和国际化方向发展;行业向信息化、绿色制造和可持续方向发展。

1) 模具数字化设计制造及企业信息管理技术的研究与开发

模具数字化设计制造及企业信息管理技术,是国际上公认的提高模具行业整体水平的有效技术手段,能够极大地提高模具生产效率和产品质量,并提升企业的综合水平和效益。以大型、精密、复杂模具为代表的高技术含量模具,目前大量进口,进口模具占据了国内中高端模具市场的50%左右。这类高技术含量的模具,与国际先进水平相比,我们尚有10~15年差距。差距主要表现在精度、寿命、制造周期及使用稳定性和可靠性等方面,模具数字化设计制造技术的落后是造成产品落后的最主要原因之一。

模具数字化设计制造及企业信息管理技术的研究与开发,所包含的主要关键技术有:模具优化设计与CAD/CAM/CAE一体化技术,尤其是三维设计和计算机仿真模拟分析技术、模具模块化、集成化、协同化设计技术;模具企业ERP、PDM、PLM、MES等信息化管理技术;快速成型与快速制模技术;虚拟网络技术及公共服务平台的建立等。通过这些关键技术的突破,可极大地提高模具企业自主创新能力和市场竞争力,有效提高高技术含量模具的国内市场满足率,并能大量出口,从而提高我国模具行业的整体水平及企业效益。

模具生产今后将越来越依赖于高性能的装备与软件。目前模具数字化设计制造及企业信息管理技术在国内虽已有不同程度的应用,但高端软件主要依靠进口,国产软件不但数量少,而且在性能、功能方面与国际先进水平相比尚有许多差距。我们应充分发挥中国人自己的聪明才智,以推广应用为重点,并进行软件集成和二次开发。

2) 发展大型及精密塑料模具设计制造技术

主要包括:热流道技术及其在精密注射模具上的合理应用;多注射头塑料封装模具生

产技术；为 1000t 以上锁模力注射机和 200t 以上热压压力机配套的大型塑料模具及精度达到 0.01mm 以上的精密注射模具生产技术；多色多材质模具生产技术；金属与塑料零件组合模生产技术；不同塑料零件叠层模具生产技术；高光无痕不需再进行塑料件表面加工的注塑模具生产技术；塑料模模内装配及装饰技术和热压快速无痕成型技术；新型塑料和多层复合材料的成型技术及模具技术；气液等辅助注射技术及模具技术；塑料异型材共挤及高速挤出模具生产技术等。发展重点是为电子、信息、光学等产业及精密仪器仪表、医疗器械配套的精密塑料模。

随着社会进步和工业的快速发展，用户对塑料模具的要求已越来越高，塑料模具的比例也在逐年提高，如前所述，其比例已占模具总量的 45% 左右。作为现代工业基础的模具，不但要满足生产零件的需要，而且要满足生产组件的需要，还要满足产品轻量化和生产的节能降耗及环保等要求。现在，汽车、轻工、机电、电信、建材等行业及航空航天、新能源、医疗等新兴产业对塑料零部件的需求越来越大，要求越来越高。因此，大力发展大型及精密塑料模具生产技术现已成为提高我国模具制造水平的重要环节之一。一些新型的塑料成型技术及相应的模具发展的重要性尤为突出，而且这对于提高工业生产的效率及节能降耗和环保有重要意义。

3) 模具零件标准化

近年来，模具标准化和专业化协作生产有了很大进步，除模具工作部分零件以外，其通用零件基本上实现了标准化和专业化生产。

由全国模具标准化技术委员会(SAC/TC33)归口，桂林电器科学研究所、龙记集团、浙江亚轮塑料模架有限公司、昆山市中大模架有限公司修订的 28 项塑料模国家标准已于 2007 年 4 月 1 日起实施。新版国家标准包括 GB/T 4170—2006《塑料注射模零件技术条件》、GB/T 8846—2005《塑料成型模术语》、GB/T 12554—2006《塑料注射模技术条件》、GB/T 12555—2006《塑料注射模模架》、GB/T 12556—2006《塑料注射模模架技术条件》、GB/T 4169.1—2006~GB/T 4169.23—2006《塑料注射模零件》。新版国家标准的最大特点是对模架和零件的尺寸规格作了全面的修改，符合当前国内模具行业的生产实际。

其中，温控能达到 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的热流道及系统、精密塑料模具中的无油润滑推杆推管等，属于应予大力发展的高档模具标准件。这些产品生产技术的突破，包括热流道材料及精密温控技术、热流道喷嘴精密加工技术、塑料在模腔内流动的三维计算机模拟分析技术、无油润滑耐磨材料的研发与加工技术等，将有助于提升我国大型精密模具的水平。

从技术经济角度考虑，应大力推进模具的标准化，原因有：

(1) 对模架及通用零部件实行标准化，以减少不必要的品种、规格，实行模架系列化和结构零部件通用化，并使之进入商品流通领域，可以缩短模具生产周期，降低生产成本，以取得最大的技术经济效益。

(2) 在模具技术标准中严格规定模架、通用零部件的品种、规格、性能、试验及检验方法、包装和储运等技术要求，从而保证模具设计质量和制造中必须达到的质量规范，以保证模具的制造质量，使其零件的不合格率减少到最低限度。

(3) 模具的技术名词术语、技术条件的规范化、标准化，与国际模具标准化组织制定的国际通用标准接轨，从而提高我国模具生产技术水平和产品质量，缩短与国际先进水平的差距，逐步达到国际先进生产技术水平，进入国际科技和商业交流的前列和主导地位，以增强国家的技术经济实力和国际竞争能力。



(4) 实行模具技术标准化,是采用现代化模具生产技术和装备,实现模具的 CAD/CAM,采用和充分使用高效、精密数控加工机床,建立模具零件柔性成形加工技术的基础。同时可以使模具设计人员将主要精力放在改进模具设计、研究新技术等创造性的劳动方面。

4) 优先发展塑料成型智能模具

所谓智能模具,是指有感知、分析、决策和控制功能的模具。具有温控功能、注塑参数及模内流动状态等智能控制手段制造的注塑模具都是智能模具。智能模具虽然目前总量还不多,但却代表着模具技术新的发展方向,在行业产品结构调整和发展方式转变方面将会起到越来越重要的作用。随着我国低成本人力资源难以为继和科学技术水平的不断发展,自动化和智能化制造必然要成为现代制造业的重要发展方向,智能模具也必将随之快速发展。用智能模具生产产品可使产品质量和生产效率进一步提高,更加节材、实现自动化生产和绿色制造。智能模具发展好了,必然会对促进整个模具行业水平的快速提升起到有力的带动作用,因而,在行业发展中优先发展智能模具尤为必要。

以智能化模具为主要代表的高效、精密、高性能模具的水平,中长期目标是要达到国际先进水平,即具有智能功能的热流道注射模具占全部注射模具的比例达到 60% 左右。

0.5 典型塑料成型模具的设计基本要求及设计流程

塑料成型模具的设计,一般是根据塑件的图样及技术要求,分析和选择合适的成型工艺方法与成型设备,并结合工厂的实际加工能力,提出模具结构方案,有时还需征求各方面意见,通过研究讨论后确定,必要时可根据模具设计与加工的需要,提出修改塑件图样的要求(须征得用户同意后方可实施)。

现以实践中应用最为普遍的注射模具为例,介绍塑料成型模具的设计基本要求及设计流程。

1. 设计基本要求

1) 模具结构要适应塑料的成型特性

设计模具时,充分了解所用塑料的成型特性,并尽量满足要求,是获得优质塑件的关键措施之一。

2) 模具结构要与成型设备相匹配

塑料成型模具一般都是安装在相应的成型设备上生产,成型设备选用得是否合理,直接影响模具结构的设计,因此,在进行模具设计时,必须对所选用的成型设备的相关技术参数有全面的了解,以满足相互之间的匹配关系。

3) 采用标准化零部件,缩短设计制造周期,降低成本

模具结构零部件和成型零部件的制造属单件或小批量生产,涉及的工序较多,因此周期较长,采用标准化零部件能有效地减少设计和制造工作量,缩短生产准备时间和降低模具制造成本。

4) 结构优化合理,质量可靠,操作方便

设计模具时,尽量做到模具结构优化合理,质量可靠,操作方便,特别是那些比较复

杂的成型零部件，除了正确确定它的形状、尺寸和质量要求，还应综合考虑加工方法的适应性、可行性及经济性。

5) 善于利用技术资料，合理选用经验设计数据

模具设计是一项复杂、细致的劳动，从分析总体方案开始到完成全部技术设计，往往要经过计算、绘图、修改等过程逐步完善。为此，要善于掌握和使用各种技术资料和设计手册，合理选用已有的经验设计数据，创造性地进行设计，以加快设计进度并提高设计质量。在设计过程中，应将所考虑的问题及计算过程记录齐全，以便于检查、校核、修改与整理。

2. 一般设计流程

注射模具设计的主要流程如图 0.1 所示。该流程只是说明注射模具设计过程中考虑问题的先后顺序，而在实际的设计过程中可能并不是完全按此顺序进行设计，并且设计中经常要再返回上步或上几步对已设计的步骤进行修正，直至最终决定设计。

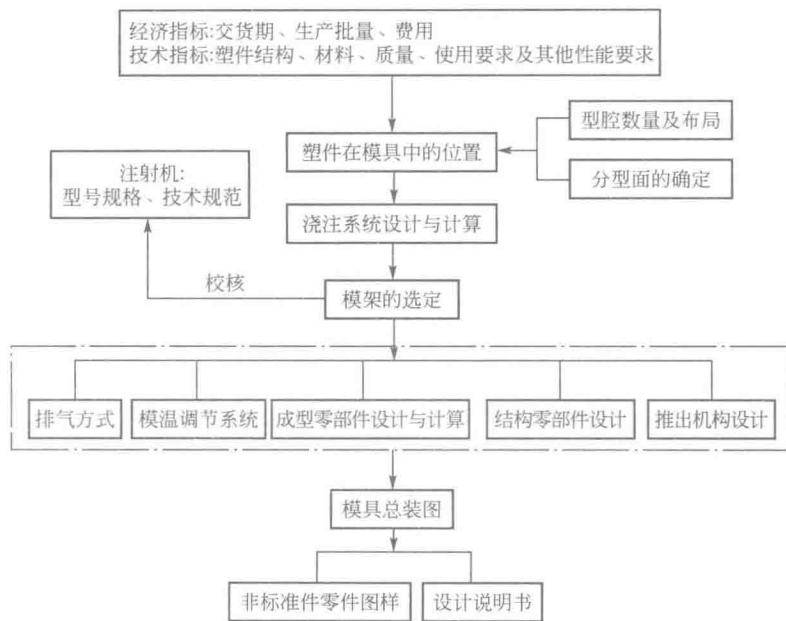


图 0.1 注射模具设计的主要流程

0.6 本课程的学习任务与学习方法

目前我国塑料成型模具的设计已由经验设计阶段逐渐向理论计算设计阶段发展，因此，在了解并掌握塑料的成型工艺特性、塑件的结构工艺性及成型设备性能等成型技术的基础上，设计出先进合理的塑料成型模具，是从事模具设计的一名合格技术人员所必须达到的要求。