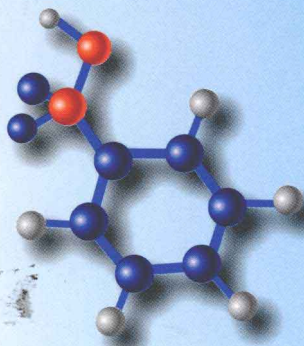




21世纪全国高等院校材料类**创新型**应用人才培养规划教材



MATERIALS

塑料成型模具设计

江昌勇 沈洪雷 主 编
屈华昌 主 审

- 精选内容：介绍塑料模具设计基本流程及过程
- 结合实例：精选10套设计方案及例图进行评析
- 延伸学习：吸纳并展示新知识及新型实用技术

Materials



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

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

塑料成型模具设计

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



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

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材料成型及控制工程专业应用型人才培养经验和教改成果,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。在导论部分将塑料成型模具的概念、功用以及分类、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做了详细介绍,全书分6章,分别阐述了塑料成型基础、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、注射模结构图例及分析。其中在第6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并进行评析。在附录中提供了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、注射模课程设计课题汇编及范例。

本书设有【本章要点与提示】、【导入案例】、【本章小结】、【关键术语】、【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。

本书适合于材料成型及控制工程专业使用,也可供机械类其他专业以及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. —北京:北京大学出版社,2012.9

(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)

ISBN 978-7-301-17491-3

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(2012)第205635号

书 名: 塑料成型模具设计

著作责任者: 江昌勇 沈洪雷 主编

责任编辑: 童君鑫

标准书号: ISBN 978-7-301-17491-3/TG·0034

出版者: 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 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印刷者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

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 606千字

2012年9月第1版 2012年9月第1次印刷

定 价: 49.00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

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

北京大学出版社材料类相关教材书目

序号	书 名	标准书号	主 编	定价	出版日期
1	金属学与热处理	7-5038-4451-5	朱兴元, 刘忆	24	2007.7
2	材料成型设备控制基础	978-7-301-13169-5	刘立君	34	2008.1
3	锻造工艺过程及模具设计	978-7-5038-4453-5	胡亚民, 华林	30	2012.3
4	材料成形 CAD/CAE/CAM 基础	978-7-301-14106-9	余世浩, 朱春东	35	2008.8
5	材料成型控制工程基础	978-7-301-14456-5	刘立君	35	2009.2
6	铸造工程基础	978-7-301-15543-1	范金辉, 华勤	40	2009.8
7	材料科学基础	978-7-301-15565-3	张晓燕	32	2012.1
8	模具设计与制造	978-7-301-15741-1	田光辉, 林红旗	42	2012.5
9	造型材料	978-7-301-15650-6	石德全	28	2012.5
10	材料物理与性能学	978-7-301-16321-4	耿桂宏	39	2012.5
11	金属材料成形工艺及控制	978-7-301-16125-8	孙玉福, 张春香	40	2010.2
12	冲压工艺与模具设计(第2版)	978-7-301-16872-1	牟林, 胡建华	34	2010.6
13	材料腐蚀及控制工程	978-7-301-16600-0	刘敬福	32	2010.7
14	摩擦材料及其制品生产技术	978-7-301-17463-0	申荣华, 何林	45	2010.7
15	纳米材料基础与应用	978-7-301-17580-4	林志东	35	2010.8
16	热加工测控技术	978-7-301-17638-2	石德全, 高桂丽	40	2010.8
17	智能材料与结构系统	978-7-301-17661-0	张光磊, 杜彦良	28	2010.8
18	材料力学性能	978-7-301-17600-3	时海芳, 任鑫	32	2012.5
19	材料性能学	978-7-301-17695-5	付华, 张光磊	34	2012.5
20	金属学与热处理	978-7-301-17687-0	崔占全, 王昆林, 吴润	50	2012.5
21	特种塑性成形理论及技术	978-7-301-18345-8	李峰	30	2011.1
22	材料科学基础	978-7-301-18350-2	张代东, 吴润	36	2012.8
23	DEFORM-3D 塑性成形 CAE 应用教程	978-7-301-18392-2	胡建军, 李小平	34	2012.5
24	原子物理与量子力学	978-7-301-18498-1	唐敬友	28	2012.5
25	模具 CAD 实用教程	978-7-301-18657-2	许树勤	28	2011.4
26	金属材料学	978-7-301-19296-2	伍玉娇	38	2011.8
27	材料科学与工程专业实验教程	978-7-301-19437-9	向嵩, 张晓燕	25	2011.9
28	金属液态成型原理	978-7-301-15600-1	贾志宏	35	2011.9
29	材料成形原理	978-7-301-19430-0	周志明, 张弛	49	2011.9
30	金属组织控制技术与设备	978-7-301-16331-3	邵红红, 纪嘉明	38	2011.9
31	材料工艺及设备	978-7-301-19454-6	马泉山	45	2011.9
32	材料分析测试技术	978-7-301-19533-8	齐海群	28	2011.9
33	特种连接方法及工艺	978-7-301-19707-3	李志勇, 吴志生	45	2012.1
34	材料腐蚀与防护	978-7-301-20040-7	王保成	38	2012.2
35	金属精密液态成型技术	978-7-301-20130-5	戴斌煜	32	2012.2
36	模具激光强化及修复再造技术	978-7-301-20803-8	刘立君, 李继强	40	2012.8
37	高分子材料与工程实验教程	978-7-301-21001-7	刘丽丽	28	2012.8
38	材料化学	978-7-301-21071-0	宿 辉	32	2012.8
39	塑料成型模具设计	978-7-301-17491-3	江昌勇 沈洪雷	49	2012.9
40	压铸成形工艺与模具设计	978-7-301-21184-7	江昌勇	43	2012.9
41	工程材料力学性能	978-7-301-21116-8	莫淑华 于久灏等	32	2012.10

电子书(PDF版)、电子课件和相关教学资源下载地址: <http://www.pup6.cn/> 欢迎下载。

欢迎免费索取样书, 可在网站上在线填写样书索取信息。

联系方式: 010-62750667, 童编辑, 13426433315@163.com, pup_6@126.com, 欢迎来电来信。

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）	陈华辉（中国矿业大学）
崔占全（燕山大学）	杜彦良（石家庄铁道大学）
杜振民（北京科技大学）	耿桂宏（北方民族大学）
关绍康（郑州大学）	胡志强（大连工业大学）
李楠（武汉科技大学）	梁金生（河北工业大学）
林志东（武汉工程大学）	刘爱民（大连理工大学）
刘开平（长安大学）	芦笙（江苏科技大学）
裴坚（北京大学）	时海芳（辽宁工程技术大学）
孙凤莲（哈尔滨理工大学）	孙玉福（郑州大学）
万发荣（北京科技大学）	王春青（哈尔滨工业大学）
王峰（北京化工大学）	王金淑（北京工业大学）
王昆林（清华大学）	卫英慧（太原理工大学）
伍玉娇（贵州大学）	夏华（重庆理工大学）
徐鸿（华北电力大学）	余心宏（西北工业大学）
张朝晖（北京理工大学）	张海涛（安徽工程大学）
张敏刚（太原科技大学）	张锐（郑州航空工业管理学院）
张晓燕（贵州大学）	赵惠忠（武汉科技大学）
赵莉萍（内蒙古科技大学）	赵玉涛（江苏大学）

前 言

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。模具技术是综合性、实践性很强的一门学科，也是近年来飞速发展的学科之一。塑料成型模具是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。在高分子材料加工领域中，塑件主要是靠成型模具获得的，在模具总量中占比最高的塑料成型模具批量生产塑件时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。

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材料成型及控制工程专业应用型人才培养经验和教改成果，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。全书共分6章，分别阐述了塑料成型基础、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、注射模结构图例及分析。其中在第6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例图并进行评析，以实现理论知识学习与设计实践的有效衔接。

本书编写过程中力求反映工科教育的特点，根据所属学科性质确定编写内容的深度、广度和重点，以整体培养规格为目标，突出实用性和实践性的原则，强化工程观念，以有利于学生综合素质的形成和科学思想方法与创新能力的培养。本书具有以下主要特色：

(1) 基于学生的知识构建过程，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，以培养学生模具结构设计能力为核心，串联融合教学内容，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。

(2) 着眼于对实践情景的模拟，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，以便更好地说明某些知识点，也有助于增加教材的生动性和可读性。

(3) 精选有实用价值的技术参数和设计方案，采用了大量的插图和表格，图例丰富，图文并茂，同时密切结合生产实践提供了较多的案例，有利于读者对知识点的理解。

(4) 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，为后续实践环节的训练和可持续能力的提高打下坚实的基础。

本书的导论、第3章的第3.1~3.9节、附录1、附录2由常州工学院江昌勇编写，第1章由南京理工大学紫金学院赵建平编写，第2章、第3章的第3.12~3.13节、第5章由常州工学院沈洪雷编写，第3章的第3.10~3.11节由常州工学院李丹虹编写，第4章由沈洪雷和江昌勇共同编写，第6章及附录3由常州明顺电器有限公司姜伯军编写，全书由江昌勇和沈洪雷任主编，由江昌勇负责全书的统稿及修改。

本书由南京工程学院屈华昌教授担任主审。



本书在编写过程中得到有关兄弟院校和企业专家的大力支持和帮助，书中所选用的部分插图及资料数据未能一一注明出处，在此一并表示衷心感谢。同时感谢所引用文献的作者，他们辛勤研究的成果丰富了本书的内容，为本书增色不少。

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
2012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 塑料成型基础	11
1.1 塑料概论	13
1.1.1 塑料的概念及其组成	13
1.1.2 塑料的分类	16
1.1.3 塑料的特点	17
1.2 塑料成型工艺性能	19
1.2.1 热塑性塑料的成型 工艺性能	19
1.2.2 热固性塑料的成型 工艺性能	24
1.3 常用塑料的基本特性简介及 选择	26
1.3.1 热塑性塑料	26
1.3.2 热固性塑料	33
1.4 塑料成型工艺原理及主要 工艺参数	35
1.4.1 注射成型原理及主要 工艺参数	35
1.4.2 压缩成型原理及主要 工艺参数	45
1.4.3 传递成型原理及主要 工艺参数	48
1.4.4 挤出成型原理及主要 工艺参数	50

1.4.5 气动成型原理及主要 工艺参数	52
本章小结	61
关键术语	61
习题	62
实训项目	63
第2章 塑料制件的工艺性设计与 分析	64
2.1 塑料制件设计的基本原则	65
2.2 塑件的尺寸、精度和表面质量	66
2.2.1 塑件的尺寸	66
2.2.2 塑件的精度	66
2.2.3 塑件的表面质量	70
2.3 塑件的几何形状与结构	72
2.3.1 塑件壁厚	72
2.3.2 加强筋(肋)	74
2.3.3 脱模斜度	76
2.3.4 塑件的支承面	77
2.3.5 圆角	78
2.3.6 塑件上的孔(槽)	78
2.3.7 塑件上螺纹的设计	80
2.3.8 塑料齿轮的设计	82
2.3.9 嵌件	84
2.3.10 铰链的设计	87
2.3.11 塑件表面文字、标记、 图案及其他表面彩饰	87
本章小结	89
关键术语	90
习题	90
实训项目	90
第3章 注射成型模具设计	92
3.1 注射成型模具的基本结构及 工作原理	93



3.1.1	注射模的基本结构组成	94	3.7	成型零部件的设计	160
3.1.2	注射模的工作原理	95	3.7.1	成型零部件的结构设计	161
3.2	注射成型模具的典型结构	97	3.7.2	成型零部件的工作尺寸计算	171
3.2.1	单分型面注射模	98	3.7.3	成型零部件的强度与刚度计算	176
3.2.2	双分型面注射模	98	3.8	基本结构零部件的设计	181
3.2.3	带有侧向分型与抽芯机构的注射模	101	3.8.1	注射模的模架	181
3.2.4	带有活动成型零部件的注射模	103	3.8.2	合模导向机构设计	183
3.2.5	热流道注射模	105	3.8.3	支承零部件设计	190
3.2.6	角式注射机用注射模	106	3.9	塑件推出机构设计	193
3.3	注射机有关工艺参数的校核	106	3.9.1	概述	194
3.3.1	注射量的校核	108	3.9.2	简单推出机构	198
3.3.2	锁模力的校核	108	3.9.3	复杂推出机构	208
3.3.3	成型面积的校核	109	3.9.4	浇注系统凝料的推出机构	214
3.3.4	注射压力的校核	109	3.9.5	带螺纹塑件的脱模	218
3.3.5	与模具连接部分相关尺寸的校核	110	3.9.6	推出机构的复位和导向	220
3.3.6	开模行程的校核	115	3.10	侧向分型与抽芯机构设计	224
3.3.7	推顶装置的校核	117	3.10.1	概述	225
3.4	塑料制件在模具中的位置	117	3.10.2	斜导柱抽芯机构	228
3.4.1	分型面及其选择	118	3.10.3	弯销抽芯机构	238
3.4.2	型腔数目的确定	123	3.10.4	斜导槽抽芯机构	239
3.5	普通浇注系统的设计	126	3.10.5	斜滑块抽芯机构	241
3.5.1	概述	126	3.10.6	齿轮齿条抽芯机构	243
3.5.2	主流道设计	129	3.10.7	液压与气动抽芯机构	245
3.5.3	分流道设计	131	3.10.8	手动抽芯机构	246
3.5.4	浇口设计	133	3.10.9	其他抽芯机构	247
3.5.5	浇口位置的选择	144	3.11	模具温度调节系统的设计	250
3.5.6	浇注系统的流动平衡	147	3.11.1	概述	250
3.5.7	冷料穴及拉料杆的设计	150	3.11.2	冷却系统设计	252
3.5.8	排气和引气	151	3.11.3	加热系统设计	259
3.6	热流道浇注系统概述	154	3.12	模具的装配、安装与试模	261
3.6.1	热流道浇注系统的特点	154	3.12.1	注射模具的装配	261
3.6.2	热流道浇注系统对塑料的要求	154	3.12.2	注射模具的安装	265
3.6.3	热流道浇注系统的形式	154	3.12.3	注射模具的调试	266
			3.12.4	注射模具的验收、使用	269

3.13 注射成型新技术简介	271	5.2.1 注射模 CAD 软件	346
3.13.1 气体辅助注射成型 技术	271	5.2.2 基于 Pro/E 软件的注射 模具设计	347
3.13.2 叠层注射成型技术	278	5.2.3 注射模计算机辅助设计 实例分析	354
3.13.3 共注射成型技术	280	本章小结	358
本章小结	285	关键术语	358
关键术语	286	习题	358
习题	286	实训项目	359
实训项目	288		
第 4 章 其他塑料成型模具设计要点	289	第 6 章 注射模结构图例及分析	360
4.1 压缩模设计	290	6.1 顶盖框架热流道直浇口注射模	360
4.1.1 概述	291	6.1.1 塑件的成型工艺性分析	360
4.1.2 结构设计要点	296	6.1.2 热流道部分浇注系统的 结构设计	360
4.2 传递模设计	300	6.1.3 模具结构与总装设计	360
4.2.1 概述	300	6.2 传动控制棘轮轮片爪浇口注射模	362
4.2.2 结构设计要点	304	6.2.1 塑件的成型工艺性分析	362
4.3 气动成型模具设计	310	6.2.2 浇注系统的设计	362
4.3.1 中空吹塑成型模具设计	310	6.2.3 模具结构与总装设计	362
4.3.2 抽真空成型模具设计	318	6.3 转动遮盖注射模	364
4.3.3 压缩空气成型模具设计	321	6.3.1 塑件的成型工艺性分析	364
4.4 挤出模设计	323	6.3.2 浇注系统的设计	364
4.4.1 挤出模的结构组成及分类	323	6.3.3 成型部分型腔与推出机构的 设计	364
4.4.2 管材挤出机头的设计	327	6.3.4 模具结构与总装设计	364
4.4.3 其他常用挤出机头简介	332	6.4 护罩壳体注射模	366
本章小结	337	6.4.1 塑件的成型工艺性分析	366
关键术语	338	6.4.2 浇注系统的设计	366
习题	338	6.4.3 成型部分型腔与推出机构的 设计	366
		6.4.4 模具结构与总装设计	368
第 5 章 塑料注射模具的计算机 辅助设计	340	6.4.5 强度条件校核	368
5.1 注射成型模具 CAD 简介	341	6.5 滑动开门钩注射模	368
5.1.1 模具 CAD 组成及特点	342	6.5.1 塑件的结构特点与成型 工艺性分析	368
5.1.2 注射模设计技术的 发展阶段	342	6.5.2 浇注系统的设计	368
5.1.3 CAD 技术在注射模中的 应用	343	6.5.3 模具结构与总装设计	368
5.1.4 模具 CAD/CAM 技术 发展趋势	344	6.5.4 拉钩式顺序分型结构	370
5.2 注射模 CAD 常用软件及应用	346	6.6 骨架剪切浇口注射模	370



6.6.1 塑件的成型工艺性分析	370
6.6.2 浇注系统的设计	371
6.6.3 成型部分的型腔设计	371
6.6.4 模具结构与总装设计	371
6.7 罩壳注射模	373
6.7.1 塑件的成型工艺性分析	373
6.7.2 浇注系统的设计	373
6.7.3 成型部分型腔及推出机构的设计	373
6.7.4 模具结构与总装设计	373
6.8 三联齿轮注射模	375
6.8.1 塑件的成型工艺性分析	375
6.8.2 浇注系统的设计	375
6.8.3 成型部分的型腔设计	377
6.8.4 模具结构与总装设计	377
6.9 中间齿轮注射模	377
6.9.1 塑件的成型工艺性分析	377
6.9.2 浇注系统的设计	378
6.9.3 成型部分的型腔设计	378

6.9.4 模具结构与总装设计	378
6.10 结构框架注射模	380
6.10.1 塑件的成型工艺性分析	380
6.10.2 浇注系统的设计	380
6.10.3 成型部分的型腔设计	380
6.10.4 模具结构与总装设计	380

附录1 塑料模设计相关标准目录	383
-----------------------	-----

附录2 与课程内容相关的部分 网络资源站点	385
--------------------------------	-----

附录3 注射模课程设计课题 汇编及范例	388
1. 注射模的设计流程	388
2. 注射模的设计范例	389
3. 注射模课程设计课题	394

参考文献	403
------------	-----

导 论

0.1 塑料成型模具的概念

所谓模具，是指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、工作条件以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

塑料注射成型模具简称注射模，又称注塑模，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

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。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，然后由于化学反应(热固性塑料)或物理变化(热塑性塑料)，使塑料逐渐硬化定型。压缩模多用于热固性塑料的成型，但也可用于热塑性塑料的成型。

3) 传递模

传递模又称压注模。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。传递模主要用于热固性塑料的成型。

4) 挤出模

挤出模通常称为挤出机头。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,例如塑料管材、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

气动成型模包括中空吹塑成型模、真空成型模和压缩空气成型模等。

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、搪塑模、浇注成型模、回转成型模、聚四氟乙烯冷压成型模及滚塑模等。

0.4 塑料成型模具的产业特征及发展趋势^①

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,因此既是高新技术载体,又是高新技术产品。近年来我国模具产业发展迅速,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。世界模具生产中心也正在向我国转移,我国已成为模具生产和消费大国。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。

据有关资料显示,2010年我国人均塑料消费量约为46公斤,仅为发达国家的1/3,这预示着“十二五”期间我国塑料制品行业仍将会保持高速发展;在“以塑代钢”、“以塑代木”的必然趋势下,工程塑料制品业在“十二五”期间预计也会维持年均15%的市场增长率。由此可见,在模具总量中占比最高的塑料成型模具,“十二五”期间也将会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、低耗能耗材,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。

^① 资料主要来源:《模具行业“十二五”发展规划》,中国模具工业协会编制。



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、企业资金积累慢以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,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,“十一五”以来,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,精密塑料模的精度已可达到 $2\sim 3\mu\text{m}$,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已能生产,多腔塑料模已能生产 7800 腔的塑封模,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、再生料共挤出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。

从模具产需情况看,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,我们既要努力追赶,更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,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、工夹量刃具、检测、热处理和处理设备)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,既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。

“十二五”期间,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化管理技术的研究与开发

模具数字化设计制造及企业信息化管理技术,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化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化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锁模力以上注射机和200t以上热压压力机配套的大型塑料模具以及精度达到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