

模/具/技/术/丛/书

注塑模具

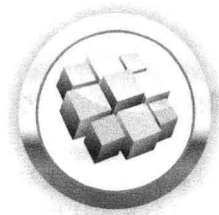
与制造技术

冯亚生 崔春芳 等编

ZHUSU MUJU
YU ZHIZAO JISHU



化学工业出版社



模/具/技/术/丛/书

注塑模具 与制造技术

ZHUSU MUJU
YU ZHIZAO JISHU

冯亚生 崔春芳 等编 ●



化学工业出版社

·北京·

本书以实践和第一手模具制作的实际经验综合编写而成,对注塑模具制作有一定的参考价值。

全书共分十章,主要阐述了注塑成型工艺与设备及其制品的设计;注塑模具的结构形式与制造材料选择;注塑模具浇注系统的设计;注塑模具成型零件的设计;注塑模具的基本结构部件;注塑模具顶出脱模机构的设计;侧向分型与抽芯结构;注塑模排气系统与温度调节系统;注射成型的质量控制。

本书注重先进性、实用性和可操作性,章节以实例叙述为主,理论表述从简,表文并茂。可供主要从事塑料模具成型制作工技能鉴定培训、塑料模具产品制品成型技术与塑料模具材料研究的工程技术人员阅读参考,也可作为高等院校塑料工艺专业师生研究与参考。

图书在版编目(CIP)数据

注塑模具与制造技术/冯亚生,崔春芳等编. —北京:
化学工业出版社, 2013. 7

(模具技术丛书)

ISBN 978-7-122-17639-4

I. ①注… II. ①冯…②崔… III. ①注塑-塑料模具-设计②注塑-塑料模具-制造 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 129473 号

责任编辑:夏叶清

文字编辑:徐雪华

责任校对:宋夏

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市延风印装厂

710mm×1000mm 1/16 印张22 字数446千字 2013年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 78.00 元

版权所有 违者必究

丛书序

我国模具工业从起步到现在，已经走过了半个多世纪。自从 20 世纪以来，我国就开始重视模具行业的发展，提出支持模具行业的发展以带动制造业的蓬勃发展。有关专家表示，我国的加工成本相对较低，模具加工业日趋成熟，技术水平不断提高，人员素质大幅提高，国内投资环境越来越好，各种有利因素使越来越多国外企业选择我国作为模具加工的基地。模具行业在“十二五”期间将面临再次腾飞的契机。

据统计资料，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。通过模具加工产品，可以大大提高生产效率，节约原材料，降低能耗和成本，保持产品高度一致性等。如今，模具因其生产效率高、产品质量好、材料消耗低、生产成本低而在各行各业得到了应用，并且直接为高新技术产业服务，特别是在制造业中，它起着其他行业无可替代的支撑作用，对地区经济的发展发挥着辐射性的影响。

现代模具行业是技术、资金密集型的行业。目前，中国约有模具生产厂点 2.5 万余家，从业人员有 100 多万人，全年模具产值达 1000 多亿元人民币，模具出口近 30 亿美元，但是目前我国注射模具设计制造大多集中在低档次领域，技术水平与附加值偏低，对于那些精密、复杂、大型、科技含量高和寿命长的高档模具，国内模具企业在技术上还有一定差距。

目前，热流道的注塑模具已应用普遍，如双色注塑模、气体辅助注塑模、无熔接痕高亮度模具正在广泛应用；同时，CAE 的模流分析和模具信息化的管理系统（CAE、CRP、EMS）已开发应用，通过信息化的管理系统能对模具项目计划、材料、进程进行有效的控制，提升了企业的生产效率和质量。

面对国外先进技术与模具质量高、市场价格低、制造周期短的挑战，模具行业应不断地提高设计、制造、工艺技术及管理水平。我国必须打破传统习惯的模具生产工艺，使模具设计规范化、标准化，使模具生产零件化，使模具企业管理信息化、网络化。只有这样，才能使模具行业整体水平跃上一个新的台阶，缩短与国外水平的差距，使中国的模具工业有一个更大的发展。近年来，模具行业结构调整步伐加快，主要表现为大型、精密、复杂、长寿命模具和模具标准件发展速度高于行业的总体发展速度；塑料模和压铸模比例增大；面向市场的专业模具厂家数量及能力增加较快。随着经济体制改革的不断深入，“三资”及民营企业的发展很快。

随着我国制造业国际地位的不断提高，模具工业获得了飞速的发展，模具的需

求量也成倍增加，其生产周期愈来愈短。因此，迫切需要加快塑料模具技术进步，技术创新的步伐。只有掌握最新的塑料模具技术成果才能提高竞争能力，开拓新的市场领域。当前要应对塑料模具原材料价格暴涨等各方面的挑战，为此需要特别注意学习和吸收国际塑料模具业的经验教训和科技成果。

《模具技术》丛书的出版，为推动制造业的健康有序的发展、优化模具产业结构有所帮助，有利于制造业产业集群人员的知识需求，切实把科技创新与技术资源优势转化为经济优势，为企业解决一些技术难题。该丛书的特点是以技术性为主，兼具专业性和实用性，同时体现基础理论的研究等。

丛书共分七册，包括《注塑模具与制造技术》、《三维建模与模具设计》、《塑料模具与设计》、《模具材料及工艺》、《模具设计与数控编程一体化》、《冲压模具与制造技术》、《橡塑模具与设计》。

为了帮助广大读者比较全面地了解塑料模具行业的发展与技术进步，编者在参阅大量文献资料的基础上组织编写了《模具技术》丛书。相信本丛书的出版对于广大从事塑料模具与设计、塑料新材料的制品与加工和开发研究的科技人员会有所帮助。

丛书编委会

2013年1月

前言

我国已成为世界上净出口模具最多的国家。大型多工位级进模、精密冲压模具、大型多型腔精密注塑模、大型汽车覆盖件模具等虽已能生产，但总体技术水平不高，与国外先进国家相比，仍有很大差距，特别是模具寿命低的问题非常突出。

尽管塑料模具工业取得了飞速的发展，但也远远赶不上人们对塑料精品越来越高的要求，注射挤出成型好的精品必须有优质模具，为此不少企业的从业人员常受到各种难度较大模具技术问题的困扰，如对经济、简便的注塑模的设计和制造；怎样进行数量众多、性能各异的塑料原料取舍；怎样用简单实用的方法进行注塑制品与模具的设计；在塑件注射成型时要把握哪些工艺参数；注射成型设备怎样才能正确地使用并生产出优质塑件；怎样控制注塑制品的最终质量；如何将 CAD/CAE/CAM 技术导入注塑模的设计和制造中……如此众多的技术问题极大地束缚了塑料工业前进的步伐成为制约塑料工业发展的拦路虎。

《模具技术》丛书会有效地推动支持模具行业带动制造业的蓬勃发展和促进我国经济发展。从前瞻性、战略性和基础性来考虑，目前应更加重视模具材料与模具工业总体技术水平提高，另外把提高生产效率，节约原材料，降低能耗和成本，保持产品高一致性等作为重点。因此，丛书的特点是以技术性为主，兼具科普性和实用性，同时体现基础理论的研究等。

《注塑模具与制造技术》是该丛书分册之一，以实践和第一手模具制作的实际经验综合编写而成，该书将对注塑模具制作有一定的参考价值。

全书共分十章，第一章 概论；第二章 注射成型工艺与设备及其制品的设计；第三章 注塑模具的结构形式与制造材料选择；第四章 注塑模具浇注系统的设计；第五章 注塑模具成型零件的设计；第六章 注塑模具的基本结构部件；第七章 注塑模具顶出脱模机构的设计；第八章 侧向分型与抽芯结构；第九章 注塑模排气系统与温度调节系统；第十章 注射成型的质量控制与标准化体系。

本书注重先进性、实用性和可操作性，章节以模具图解叙述为主，理论表述从简，表文并茂。可供主要从事塑料模具成型制作工技能鉴定培训、塑料模具产品制品成型技术与塑料模具材料研究的工程技术人员阅读参考，也可作为高等院校塑料工艺专业师生研究与参考。

在本书编写过程中，许多注塑模具前辈和同仁热情支持和帮助，并提供有关资料，对本书内容提出宝贵意见。高占义、杨经涛、郭爽、朱美玲、崔春芳等参加了

本书的编写与审核工作。黄雪艳、杨经伟、王书乐、高新、周雯、耿鑫、陈羽、董桂霞、张莹、杜高翔、丰云、蒋洁、王素丽、王瑜、王月春、韩文彬、俞俊、周国栋、陈小磊、方芳、高巍、高洋等同志为本书的资料收集和编写付出了大量精力，在此一并致谢！

由于我们水平有限，收集的资料挂一漏万在所难免，虽认真编审，恐有不足之处，敬请读者批评指正，以便再版时更臻完善。

编者

2013年2月

目录

第一章 绪 论

第一节 概述	1
一、塑料应用性能	1
二、塑料制品的功用	2
三、塑料模具的功能和地位	2
第二节 塑料模具工业的现状与发展前景	3
一、世界各国模具制造技术状况	3
二、中国模具工业的发展现状	5
三、我国模具技术的进步状况的对比	5
四、“十二五”模具行业发展规划	8
五、“十二五”期间模具产业发展三大展望	9
第三节 注塑模具开发功能与动向	11
一、通过热流道技术提高多层模具的功能	11
二、同时作业可以缩短作业循环时间	11
三、工艺流程可以合成一体	12
第四节 注塑模具应用的关键技术	12
一、注塑模具应用背景	12
二、注塑模具制造的特点	13
三、模具制造技术的发展方向	13
四、关键技术和实用功能	15
五、模具先进制造关键技术的发展主要体现	17
六、国内基于分层实体制造关键技术的注塑模具应用	19
七、新兴特殊注射成型关键技术对模具制造的发展要求	22
第五节 塑料注射成型模具与发展趋势	23
一、提高大型、精密、复杂、长寿命模具的设计水平及比例	23
二、注塑模具 CAD 实用化与集成化	23
三、塑料模具专用钢材系列化	25
四、推广应用新型注射成型技术	26
五、高档模具标准件生产技术	26

第二章 注塑成型工艺与设备及其制品的设计

第一节 塑料注射成型工艺	28
一、注射成型过程	29
二、注射成型过程的要素及其相互关系	32
三、聚合物在注射成型中的问题	36
第二节 塑料注射成型设备	39
一、塑料制品设备的选择	39
二、塑料注射成型机设备	43
三、塑料注射成型机与模具的关系	46
第三节 注射成型制品的设计原则和方法	52
一、概述	52
二、注射成型制品的设计原则和方法	52
三、注射成型制品的设计及结构工艺性	53
第四节 注塑制品的设计	54
一、注射制品的精度	54
二、制品的表观质量	60
三、塑件的壁厚	61
四、脱模斜度	64
五、加强筋及其他防止变形的结构设计	65
六、支撑面和凸台	67
七、金属嵌镶件的设计	68
八、螺纹的设计	74
九、铰链的设计	76
十、齿轮的设计	76
十一、孔的设计	77
十二、塑件与注塑模具的关系	79
第五节 注塑模具设计制造过程中的若干问题	84
一、模具的模块化设计	84
二、模具制造过程中的缺陷及防止措施	85

第三章 注塑模具的结构形式与制造材料选择

第一节 注塑模具的结构形式	88
一、注塑模具的工作原理与分类	88
二、塑料注塑模具的技术要求	109

三、注塑模具的结构组成·····	109
第二节 注塑模具对材料的选择·····	109
一、注塑模具的工作条件·····	110
二、塑料模材料失效原因分析·····	110
三、注塑模具对材料的要求·····	111

第四章 注射模具浇注系统的设计

第一节 概述·····	127
第二节 浇注系统的设计·····	127
一、浇注系统的组成与作用·····	128
二、浇注系统的设计原则·····	129
三、浇注系统的平衡性与阻力·····	130
四、流道系统的设计·····	133
第三节 无流道冷凝料的浇注系统设计·····	159
一、热流道浇注系统的分类·····	159
二、热流道系统的尺寸计算·····	172
第四节 热流道技术与应用·····	174
一、热流道发展史·····	174
二、热流道的原理与热流道模具的特点·····	174
三、热流道系统的优势·····	175
四、热流道系统与结构的组成·····	176
五、热流道系统的分类·····	177
六、热流道塑料模具设计程序·····	178
七、热流道技术发展动态·····	179
八、热流道系统的发展方向·····	179

第五章 注塑模具成型零件的设计

第一节 概述·····	181
第二节 模具的分型面设计·····	182
一、分型面类型·····	182
二、分型面选择的原则·····	183
第三节 凹模(动模)的结构设计·····	186
一、整体式凹模·····	186
二、整体嵌入式凹模·····	186

三、局部镶嵌式凹模·····	187
四、大面积镶嵌组合式凹模·····	188
第四节 型芯的结构设计·····	189
一、整体式型芯·····	190
二、组合式型芯·····	190
第五节 成型零部件的工作尺寸计算·····	194
一、概述·····	194
二、工作尺寸分类及有关约定·····	194
三、影响塑料制品尺寸精度的因素及控制措施·····	197
四、成型零部件工作尺寸计算方法·····	200
第六节 型腔的强度和刚度计算·····	217
一、概述·····	217
二、圆形型腔、型芯的尺寸计算·····	219
三、矩形型腔、型芯的尺寸计算·····	222



第六章 注塑模具的基本结构部件

第一节 概述·····	235
一、合模导向机构的作用·····	235
二、合模导向机构的设计原则·····	235
三、支承零部件·····	236
第二节 合模导向机构·····	236
一、导柱导向机构·····	236
二、锥面定位机构·····	239
第三节 模具零件的支承零部件与设计举例·····	239
一、概述·····	239
二、模具结构与工作原理·····	240
三、主要零件的设计·····	240
四、设计计算·····	242
第四节 注塑模具的标准件使用·····	243
一、注塑模具正确使用方法·····	243
二、模具零件的标准化·····	243
三、模架的标准化·····	243



第七章 注塑模具顶出机构的设计

第一节 概述·····	245
-------------	-----

一、顶出机构的典型结构及组成	245
二、顶出机构的设计要求	246
三、顶出机构的分类	247
第二节 脱模力的计算	247
一、概述	247
二、圆锥形型芯脱模力的计算	248
三、矩形台锥形型芯脱模力计算	251
第三节 简单的脱模机构	252
一、推杆(顶杆)脱模机构	253
二、顶管顶出脱模装置	256
三、推板顶出脱模及装置	258
四、活动镶件和型腔脱模机构	260
五、利用成型零部件(组合式)顶出机构	260
第四节 浇注系统塑料(定模侧设)的脱模机构的形式	262
第五节 双脱模(顺序)脱模机构	263
一、概述	263
二、压缩空气顺序双脱模机构	263
三、弹簧式二次顶出脱模机构	264
四、拉钩顺序分型双脱模机构	266
第六节 脱模机构的辅助装置	266
一、导向机构	266
二、回程复位机构	267
三、定距分型拉紧机构	268

第八章 侧向分型与抽芯结构

第一节 概述	270
第二节 侧向分型抽拔力和抽拔距的计算	270
一、侧向分型抽拔力的计算	270
二、侧向分型抽拔距的计算	271
第三节 手动侧向分型抽芯机构	272
第四节 机械侧向分型抽芯机构	273
一、弹簧分型抽芯机构	273
二、斜导柱分型抽芯机构	274
三、弯导杆分型抽芯机构	289
四、滑块导板(料槽导板)侧分型抽芯机构	291
五、斜滑块侧分型抽芯机构	294

六、齿轮齿条抽芯·····	298
第五节 液、气压分型抽芯机构·····	299
一、液压分型抽芯机构·····	300
二、气压侧分型抽芯机构·····	301
第六节 联合作用的侧抽芯机构·····	302

第九章 注塑模排气系统与温度调节系统

第一节 注塑模排气系统设置及排气槽的设计·····	304
一、排气的问题概述·····	304
二、模具排气的作用与结构·····	305
三、模具的排气方式·····	306
四、排气槽尺寸设计·····	308
五、负压及真空排气·····	309
第二节 注塑模的温度调节系统·····	310
一、注射模中设置温度调控系统的必要性·····	310
二、模具的温控系统·····	311
三、介质冷却回路设计原则·····	312
四、电加热调节·····	314

第十章 注射成型的质量分析与控制

第一节 取向与注射成型质量的关系·····	316
一、取向与熔体流动的关系·····	316
二、影响制品取向的因素·····	318
三、取向对制品力学性能的影响·····	319
四、取向的控制·····	321
第二节 注塑制品中的残余应力·····	322
一、内应力的产生·····	322
二、流动残余应力·····	323
三、热残余应力·····	323
四、内应力的消除及分散·····	324
第三节 注塑件的密度分布与收缩·····	325
一、注塑件的密度与分布·····	325
二、注塑制品的成型收缩率·····	326
三、成型收缩率的控制·····	328

第四节 注塑制品的熔接痕.....	329
一、熔接痕的形成及类型.....	329
二、影响熔接痕的因素.....	330
三、消除或减轻熔接痕的措施.....	331
第五节 表面缺陷及其预防措施.....	331



参考文献



第一章



绪论

• 第一节 概 述 •

我国塑料工业经过长期的奋斗和面向全球的开放，已形成门类较齐全的工业体系，成为与钢材、水泥、木材并驾齐驱的基础材料产业。作为一种新型材料，其使用领域已远远超越上述三种材料。进入 21 世纪以来，中国塑料工业取得了令世人瞩目的成就，实现了历史性的跨越。作为轻工行业支柱产业之一的塑料行业，近年增长速度一直保持在 10% 以上，在保持较快发展速度的同时，经济效益也有新的提高。塑料制品行业规模以上企业产值总额在轻工 19 个主要行业中位居第三，实现产品销售率 97.8%，高于轻工行业平均水平。从合成树脂、塑料机械和模具生产来看，都显示了中国塑料工业强劲的发展势头。

一、塑料应用性能

塑料是以树脂为主要成分，加入各种能够改善其加工及使用性能的添加剂（如增塑剂、稳定剂、润滑剂、着色剂、阻燃剂、抗静电剂、填料及发泡剂等），在特定温度、压力等条件的作用下，能够成型为符合所设计的形状要求，并可在常温、常压下保持此形状的一类材料。目前，塑料中所使用的树脂，绝大部分是合成树脂。

塑料的密度低、比强度高，又具有耐腐蚀和绝缘性能。在较多的品种中，有的减摩或耐磨性能良好，有的防振抗冲性能优异，有的则是耐疲劳性能突出，这使得塑料制品在国民经济的各行各业，无论是机械仪表或电子电器，还是建筑、包装和交通工具等，或是在人们的日常生活中，都大量地使用着。塑料制品能得到如此广泛使用的另一原因是，它还具有良好的可加工性，可以用注射、挤出、压制等多种

成型方法高效地生产各种制品，又可经纤维增强或改性（物理或化学的），在一定程度上改善制品所需的某些性能。另外，塑料材料易着色、可多样化进行修饰，经处理后以千姿百态和艳丽的容颜走进千家万户。

二、塑料制品的功用

结构件是塑料制品用量最大的品种，并在声光电等领域已成为不可或缺的构件。例如，电子仪表、家用电器和通信设备等的机壳、机架和机座，建筑上的塑料管道、板条和门窗。汽车上的前后保险杠、仪表板和内饰件。塑料件作为电的绝缘零件，与金属导体、半导体器件相辅相成。近年来，透明的塑料制品，从镜片、光盘到照明灯具，又拓展了新的应用领域，有许多特殊的应用场合都非塑料件莫属。例如，输送腐蚀性介质的管道、阀和泵。

音响和办公设备中的无噪声的塑料齿轮，无法用油润滑的轴承和导轨，只能采用减摩和耐磨的自润滑的塑料。还有瞬时高温要求和高速飞行器上的特殊制件等。

塑料也存在着一些缺点，这使其在应用中也受到一定的限制。一般塑料的刚性差，如尼龙的弹性模量约为钢铁的 $1/100$ ；塑料的耐热性差，在长时间工作的条件下一般的使用温度在 100°C 以下，在低温下易开裂；塑料的热导率只有金属的 $1/600\sim 1/200$ ，这对散热来说是一个缺点，若是在长期受载荷作用下使用，即使温度不高，塑料也会渐渐产生塑性流动，即产生“蠕变”的现象；塑料易燃烧，在光和热的作用下性能容易变差，发生老化的现象。所以，在制品设计选择塑料时要注意这些问题。

三、塑料模具的功能和地位

我们日常生产、生活中所使用到的各种工具和产品，大到机床的底座、机身外壳，小到一个坯头螺丝、纽扣以及各种家用电器的外壳，无不与模具有着密切的关系。模具的形状决定着这些产品的外形，模具的加工质量与精度也就决定着这些产品的质量。

一般一种用于压塑、挤塑、注射、吹塑和低发泡成型的组合式塑料模具，主要包括由凹模组合基板、凹模组件和凹模组合卡板组成的具有可变型腔的凹模，由凸模组合基板、凸模组件、凸模组合卡板、型腔截断组件和侧截组合板组成的具有可变型芯的凸模。模具凸、凹模及辅助成型系统的协调变化。可加工不同形状、不同尺寸的系列塑件。

近年来，随着塑料工业的飞速发展和通用与工程塑料在强度和精度等方面的不断提高，塑料制品的应用范围也在不断扩大，如：家用电器、仪器仪表、建筑器材、汽车工业、日用五金等众多领域，塑料制品所占的比例正迅猛增加。一个设计合理的塑料件往往能代替多个传统金属件。工业产品和日用产品塑料化的趋势不断

上升。

塑料模具，是塑料加工工业中和塑料成型机配套，赋予塑料制品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，塑料成型机和塑料制品的结构又繁简不一，所以，塑料模具的种类和结构也是多种多样的。

从塑料原材料到塑料制品，它所经过的生产流程是由三个既相关又独立的部门所组成的：一是原材料（树脂）的生产；二是塑料的生产；三是塑料制品的生产。这三个生产部门构成了塑料制品成型加工密不可分的工业系统。

将塑料成型为制品的工艺有三个要素：原材料、成型设备及工艺条件、成型模具。在现代塑料制品的成型加工中，合理的加工工艺、高效率的设备和先进的模具，被誉为塑料制品成型技术的“三大支柱”。尤其是塑料模具，其对实现制品加工工艺的要求、制品的使用和外观造型，都起着无可替代的作用。就是高效全自动化的设备，也只有与具有自动化生产功能的先进模具相配合，才能发挥其应有的效能。此外，塑料制品的生产与产品更新均以模具设计制造和更新为前提。

在现代工业发展的进程中，模具的地位及其重要性日益为人们所认识。据有关专家统计，在全世界所有的制品中约有75%以上是用模具来成型的（包括金属、陶瓷和玻璃等材料的制品）。因此，从这一意义上来说，“模具是产品之母”是不争的事实。也可以说，没有模具就没有产品。模具工业作为进入富裕社会的原动力之一，正推动着整个工业技术的进步。

随着模具工业的迅速发展，对模具的使用寿命、加工精度等提出了更高的要求。模具材料性能的好坏和使用寿命的长短，将直接影响加工产品的质量和生产经济效益。而模具材料的种类、热处理工艺、表面处理技术是影响模具使用寿命的极其重要的因素，所以世界各国都在不断地研究和开发新型模具材料，改进模具的热处理工艺，选用适当的表面处理技术，合理地设计模具结构，加强对模具的维护等措施，来稳定和提高模具的使用寿命，防止模具的早期失效。

模具材料的使用性能将直接影响模具的质量和使用寿命。模具材料的工艺性能将主要影响模具加工的难易程度、加工质量和生产成本。为此，应合理选择模具材料，改进热处理工艺和表面处理工艺，大力推广模具生产中的新材料、新工艺和新技术。

• 第二节 塑料模具工业的现状与发展前景 •

一、世界各国模具制造技术状况

日本在模具制造领域把持着核心技术，也掌握着模具制造技术产业链中利润最丰厚的环节，给大部分全球其他市场的工厂只留有模具组装环节的利润，这种“产