



普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材

模具设计与制造

◎许树勤 主编
◎刘占军 副主编

➤ 大到飞机、汽车，小到茶杯、手机，几乎所有的工业产品都必须依靠模具成型。用模具生产制件所具备的高精度、高一致性、高生产率是任何其他加工方法所不能比拟的

➤ 本书兼顾理论基础和生产实践两个方面，使用简洁明了的语言，给出了大量的模具结构简图；不仅有必备知识点的介绍，还增加了快速成型（3D打印）技术、实验指导书等新内容

➤ 创建专业教师交流平台，探讨问题、研究教学方法、共享教学资源



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材

模具设计与制造

主 编 许树勤

副主编 刘占军 孙 新 柴蓉霞

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

全书共分 11 章,包括五部分内容,第一部分主要介绍冲压工艺及冲压模具设计的基本知识,包括冲裁工艺及冲裁模、弯曲工艺及弯曲模、拉深工艺及拉深模;第二部分介绍塑料注塑成型工艺及注塑模设计的基本知识;第三部分介绍模具制造、装配和检验的基本知识;第四部分简要介绍模具设计的发展趋势及现代模具制造技术;第五部分是实验指导书。书中列举了大量的图片并附有思考与练习题。

本书可作为机械设计制造及其自动化、机械工程、材料成型与控制工程、飞行器制造工程、车辆工程、机械电子工程等专业的本科生教材,也可作为广大从事模具设计的工程技术人员的参考资料或培训教材。

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。

图书在版编目(CIP)数据

模具设计与制造/许树勤主编. —北京:电子工业出版社, 2014.5

普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材

ISBN 978-7-121-22940-4

I. ①模… II. ①许… III. ①模具—设计—高等学校—教材②模具—制造—高等学校—教材 IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 072271

策划编辑:李洁(ljje@phei.com.cn)

责任编辑:刘真平

印 刷:北京市李史山胶印厂

装 订:北京市李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:14.25 字数:364.8 千字

印 次:2014 年 5 月第 1 次印刷

印 数:3 500 册 定价:36.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

模具是能够大批量生产出具有一定形状和尺寸要求的工业产品零部件的生产工具。大到飞机、汽车，小到茶杯、钉子，几乎所有的工业产品都必须依靠模具成型。用模具生产制件所具备的高精度、高一一致性、高生产率是任何其他加工方法所不能比拟的。模具在电子、汽车、电机、仪器仪表、家电通信等产业中得到了日益广泛的应用。模具的结构有其自身的特点，模具的设计有其内在的规律，模具的制造也有其特殊的要求，有必要编写相应的教材。

产品创新是企业发展的生命线，新产品的生产离不开模具的开发、设计与制造。从事机械设计与制造的工程技术人员，在工作中频频遇到模具设计与制造的问题，因此众多本科院校机械类专业相继开设了“模具设计与制造”课程。编写本课程教材，可以满足教学的需要，也可供相关的工程技术人员参考。

本书在简单介绍模具的基本知识的基础上，对冲压成形的工艺及分类、冲压材料和设备进行了描述，分别对冲裁模、弯曲模、拉深模、注塑模设计进行了系统的描述。本书还包括模具制造、模具装配、模具检验、模具设计与制造的发展趋势等内容，特别增加了 12 课时的课程实验指导书，可满足应用型人才的培养要求。

(1) 内容特色：适合机械类应用型人才及卓越工程师培养，兼顾理论基础和生产实践两个方面，应用简洁明了的语言，避免了晦涩难懂的理论分析，给出了大量的模具结构简图，介绍了快速成型（3D 打印）技术，增加了实验指导书。12 课时的实验可基本满足课程教学的配套选用。

(2) 经验特色：本书的作者从事了多年的模具设计与制造教学和科研工作，涉及本书所涵盖的所有内容，不少方面都有切身体验和自身独特的见解。

本书第 1 章和第 11 章由北京工业大学耿丹学院许树勤教授编写，第 2 章、第 3 章、第 6 章、第 7 章由沈阳航空航天大学刘占军副教授编写，第 4 章和第 5 章由郑州航空工业管理学院孙新讲师编写，第 8 章~第 10 章由西安科技大学柴蓉霞博士编写。在本书编写过程中，耿丹学院曾琴丹博士做了大量的工作，在此表示衷心的感谢！

书中不妥之处，敬请读者指正。

编 者
2014 年元月

目 录

第 1 章 绪论1	
1.1 什么是模具.....1	
1.2 模具的分类.....2	
1.2.1 按照应用范围及习惯分类.....2	
1.2.2 按照成形用材料分类.....4	
1.3 我国模具生产的历史与现状.....4	
1.4 模具工业的发展趋势.....6	
1.5 模具加工工艺方法简介.....7	
1.6 模具与我们.....9	
1.6.1 模具与生活.....9	
1.6.2 模具与生产.....9	
1.6.3 模具与艺术.....9	
思考与练习题.....10	
第 2 章 冲压成形概述11	
2.1 冲压成形特点与分类.....11	
2.2 冲压模具设计与制造的内容.....12	
2.2.1 冲裁件工艺设计.....12	
2.2.2 冲裁件模具设计.....12	
2.2.3 冲压模具零件制造工艺 规程的编制.....13	
2.2.4 冲压模具主要零件的制造 加工.....14	
2.3 冲压常用材料.....14	
2.3.1 冲压常用材料的基本要求.....14	
2.3.2 冲压常用材料.....14	
2.4 冲压设备简介.....15	
2.4.1 曲柄压力机.....15	
2.4.2 数控步冲压力机.....20	
2.4.3 液压机.....21	
思考与练习题.....22	
第 3 章 冲裁工艺与冲裁模24	
3.1 冲裁变形过程分析.....24	
3.2 冲裁模间隙.....25	
3.2.1 间隙对冲裁件质量的影响.....25	
3.2.2 间隙对冲裁力的影响.....26	
3.2.3 间隙对模具寿命的影响.....27	
3.2.4 凸、凹模间隙值的确定.....27	
3.2.5 凸、凹模刃口尺寸的计算.....29	
3.3 冲裁工艺中的力学计算.....33	
3.3.1 冲裁力的计算.....33	
3.3.2 卸料力、推件力和顶件力的 计算.....34	
3.3.3 冲裁模压力中心.....35	
3.4 冲裁件的工艺性分析.....35	
3.5 冲裁模典型结构简介.....36	
3.5.1 单工序模.....36	
3.5.2 复合模.....39	
3.5.3 级进模.....40	
3.6 冲裁模零部件结构设计.....41	
3.6.1 工作零件.....42	
3.6.2 定位零件.....45	
3.6.3 卸料与推件装置.....49	
3.6.4 模架.....52	
3.7 冲裁工艺设计与模具设计要点.....54	
3.7.1 冲裁件工艺设计.....54	
3.7.2 模具设计要点.....55	
思考与练习题.....55	
第 4 章 弯曲工艺与弯曲模57	
4.1 弯曲变形过程分析.....57	
4.1.1 弯曲变形过程.....57	
4.1.2 弯曲变形特点.....57	
4.1.3 弯曲变形区的应力、应变.....58	
4.2 最小相对弯曲半径.....59	
4.2.1 最小相对弯曲半径 r_{\min}/t59	
4.2.2 影响最小相对弯曲半径的 因素.....60	
4.3 弯曲件展开长度的计算.....61	
4.3.1 弯曲中性层位置的确定.....61	
4.3.2 弯曲件毛坯展开长度的计算.....62	

4.4 弯曲力计算.....63	第6章 注塑成型工艺及注塑模.....97
4.4.1 自由弯曲时的弯曲力.....63	6.1 概述.....97
4.4.2 校正弯曲时的弯曲力.....63	6.1.1 塑件的结构工艺性.....97
4.4.3 压弯时的顶件力和卸料力.....64	6.1.2 注塑成型设备.....101
4.4.4 压力机吨位的确定.....64	6.2 注塑成型工艺及注塑模.....103
4.5 弯曲件的回弹.....64	6.2.1 注塑成型原理及工艺特点.....103
4.5.1 回弹的表现形式.....64	6.2.2 注塑模的分类及结构组成.....105
4.5.2 影响回弹的因素.....64	6.2.3 分型面.....106
4.5.3 控制回弹的措施.....65	6.2.4 浇注系统.....106
4.6 弯曲模结构.....68	6.2.5 成型零件的设计.....119
4.6.1 V形件弯曲模.....68	6.2.6 机构设计.....121
4.6.2 U形件弯曲模.....69	6.2.7 注塑模典型结构.....134
4.7 弯曲模工作部分参数的设计.....70	思考与练习题.....136
4.7.1 弯曲凸模和凹模的圆角半径.....70	第7章 模具制造.....137
4.7.2 凹模工作部分深度.....71	7.1 模具加工工艺规程编制.....137
4.7.3 弯曲凸模、凹模之间的间隙.....72	7.1.1 编制工艺规程的原则与依据.....137
4.7.4 凸模和凹模工作尺寸及公差.....72	7.1.2 模具零件工艺规程的主要内容.....138
思考与练习题.....73	7.2 模具主要零件的机械加工.....142
第5章 拉深工艺与拉深模.....74	7.2.1 外形加工.....142
5.1 圆筒件拉深变形过程分析.....74	7.2.2 划线.....143
5.1.1 拉深时的变形过程.....74	7.3 模具零件的结构和机械加工特点.....144
5.1.2 拉深过程中材料的应力与应变.....75	7.4 模具制造的特种加工工艺.....147
5.1.3 拉深缺陷及其防止.....77	7.4.1 电火花加工.....147
5.2 拉深工艺计算.....78	7.4.2 电火花线切割加工.....153
5.2.1 圆筒件拉深零件毛坯尺寸的计算.....78	7.4.3 超声加工.....159
5.2.2 拉深系数的计算和拉深次数的确定.....80	7.4.4 3D打印.....162
5.2.3 拉深压力机的选择.....86	思考与练习题.....165
5.3 拉深模具结构.....88	第8章 模具装配.....166
5.3.1 首次拉伸模.....88	8.1 模具零件的固定.....166
5.3.2 后续工序拉深模.....89	8.1.1 模具零件常用的连接方法.....166
5.3.3 落料拉深复合模.....90	8.1.2 低熔点合金的应用.....168
5.3.4 压边装置分析.....91	8.1.3 环氧树脂的应用.....169
5.4 拉深模工作部分设计.....92	8.2 模具装配方法及精度要求.....169
5.4.1 拉深凸模和凹模的工作部分尺寸.....92	8.2.1 模具装配精度要求.....169
5.4.2 拉深凸模和凹模的结构.....95	8.2.2 模具装配方法.....170
思考与练习题.....96	8.2.3 装配尺寸链.....171
	8.3 冲压模具的装配.....172
	8.3.1 冲压模具装配间隙调整方法.....172

8.3.2 主要组件的装配过程	173	11.1.7 开放题	200
8.3.3 总装配	174	11.2 模具的安装调试及冲裁工艺实验	200
8.4 注塑模的装配	175	11.2.1 实验目的	200
8.4.1 装配基准	175	11.2.2 实验用工具及设备	200
8.4.2 主要组件装配	175	11.2.3 实验内容	200
8.4.3 总装配	177	11.2.4 实验步骤	200
思考与练习题	177	11.2.5 实验结果的记录与整理	201
第 9 章 模具检验	178	11.2.6 思考题	203
9.1 概述	178	11.3 冲压模具拆装	203
9.2 模具质量检验	178	11.3.1 实验目的	203
9.2.1 模具质量检验包含的内容	178	11.3.2 实验用工具及设备	203
9.2.2 冲压模具的质量要求	179	11.3.3 实验内容	203
9.2.3 注塑模具制造及装配的质量要求	181	11.3.4 实验步骤	203
9.3 模具质量检验方法及工具	181	11.3.5 实验结果的记录与整理	204
9.3.1 模具质量检验常用的方法	181	11.3.6 实验体会	205
9.3.2 模具尺寸精度的常规测量工具	182	11.4 冲压模具测绘	205
9.3.3 测量投影仪	184	11.4.1 实验目的	205
9.3.4 三坐标测量仪	185	11.4.2 实验用工具及设备	205
思考与练习题	187	11.4.3 实验内容	205
第 10 章 模具设计与制造发展趋势	188	11.4.4 实验步骤	206
10.1 模具设计技术的发展趋势	188	11.4.5 实验结果的记录与整理	207
10.2 模具加工技术的发展趋势	189	11.4.6 实验体会	207
10.3 模具制造综合技术的发展方向	191	11.5 塑料注射成型	207
10.4 现代模具制造技术	192	11.5.1 实验目的	207
10.4.1 高速切削技术	192	11.5.2 实验用工具及设备	208
10.4.2 快速模具制造技术	194	11.5.3 实验内容	208
10.4.3 逆向工程技术简介	196	11.5.4 实验步骤	208
思考与练习题	197	11.5.5 实验结果的记录与整理	209
第 11 章 实验指导书	198	11.5.6 实验体会	210
11.1 曲柄压力机结构、工作原理与参数	198	11.6 注塑模具拆装	211
11.1.1 实验目的	198	11.6.1 实验目的	211
11.1.2 实验用工具及设备	198	11.6.2 实验用工具及实验准备	211
11.1.3 实验内容	199	11.6.3 实验内容	211
11.1.4 实验步骤	199	11.6.4 注塑模具的工作原理与组成	211
11.1.5 实验结果的记录与整理	199	11.6.5 实验步骤	214
11.1.6 思考题	199	11.6.6 实验结果的记录与整理	215
		11.6.7 实验体会	216
		参考文献	217

第1章 绪论

教学提示与要求

模具是大批量生产时所用的工装，应用极其广泛。了解模具的基本概念、用途和分类，能够使我们在模具设计时快速地聚焦到所需要检索和浏览的关键词，以便从浩瀚的知识宇宙中找到设计所需要的资料。

本章要求：深刻理解模具的概念，了解模具的种类、用途、适用条件和局限性，搞清模具设计与制造的历史脉络，了解模具加工工艺现状，弄清加工经济精度的概念。

1.1 什么是模具

什么是模具？简单地说，模具是大批量生产时所用的装备。模具是一个样件的负面影像（类似于照片的负片）。使用模具可以重复生产与原始样件形状、尺寸相同的零件，就像冲洗相片一样。

模具不一定与生产机械产品相关，也不是仅限于冲压模和塑料模。

请看图 1-1 中给出的 3 张模具图片。可能很多人会问：“这是模具吗？”在回答这个问题之前，我们从“模”字溯源，看模具究竟是什么。

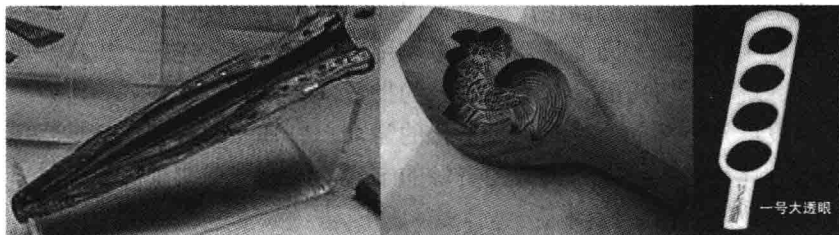


图 1-1 模具图片

与“模”相近的字有很多，如模、范、型、形、样等。

模（mó）：制造器物的模型。左思《魏都赋》：“授全模以梓匠。”

模（mú）型：根据实物、设计图或者设想，按比例、生态或者其他特征制成的同实物相似的物体，供展览、观赏、绘画、摄影或观测等用。按照用途不同，常用石材、石膏、混凝土、塑料、金属等材料制成。产品开发时制造出的模型、手板。

范：模（mó）子。《论衡·物势》：“今夫（现在那些）陶冶者，初埏（shān）埴（zhí）（和泥作陶器）作器，必模范为形，故作之也。”也指用模子浇注。

型：铸造金属器物的模子。《淮南子·修务训》：“夫纯钩，鱼肠之始下型，击则不能断，

刺则不能入；及加之砥砺，磨其锋锷，则水断龙舟，陆断犀甲。”

形：形状、样子。通“型”。《左传·昭公十二年》：“形民之力。”杜预注：“言国之用民，当随其力任，如金冶之器，随器而制形。”

模（mú）样：（模型）用以在砂型中造成与铸件外形相当的空腔，其外形与所制物件基本相同，只是增加了收缩量。

样：形状、模样。张祜（hù）《送走马使》诗：“新样花纹配蜀罗。”

据《说文解字注》，“型”古字义为铸器之法；以竹为之曰范，以木为之为模，以土为之则为型。据此，“型”实为规范、框约之意。

模具（mold, matrix, pattern, die）是什么？用以制造一定数量产品的专用模型、模板和工具都属于模具。这种工具由若干个零件构成，每种类型的模具由结构类似的零件构成。一般情况下，模具需要安装在特定的设备上来实现对物品的加工。使用模具可以重复生产与原始样件形状、尺寸相同的零件。由此看来，图 1-1 中的 3 张图片都是模具。

模具的形式多种多样，制造模具的材料也是各不相同的。图 1-1 左边的图片是公元前 1400~1000 年用青铜材料制成的剑头铸造模具的一半。图 1-1 中间的图片是木制的食品模，请注意该模具不是封闭的，成形时仅限制制品与模具贴合的底面和周边。图 1-1 右边的图片是塑料制的食品模，成形时其作用是进行曲边剪切，生成圆饼。

模具与制造中的铸造技术的渊源最长。不过在铸造中，模具更多地被称之为“范”或“型”。传统的铸造是泥范或石范铸造，砂型铸造是液态金属在模具内的冷凝成型，铸件的形状与模具的形状是吻合的。在砂型铸造工艺中，模型在浇注前有一定的强度，在浇注过程中砂型中的高分子成分受到浇注金属高温的烘烤，强度丧失。在铸件凝固后砂型就溃散了，因此铸件可以有很复杂的外形与空腔。

模具的使用痕迹遍布我们日常生活的每一个角落。只要大量、反复生产相同产品时就需要使用模具。模具并不限于成形零件，也包括成形材料（棒材、管材、型材等）。利用模具成形实质上是利用材料的塑性来进行产品加工的一种少切削、无切削的方法。采用模具成形工艺代替切削加工工艺，可以提高生产效率，保证零件尺寸一致性，改善产品内在质量，减少材料消耗，降低生产成本，因而广泛应用于家用电器、汽车、建筑、机械、电子、五金、农业、航空航天、玩具、日用品、食品等领域的批量性零件的生产中。

随着经济的发展及产品的个性化、特征化的需求，模具的品种和生产量将越来越多，并且由于国际经济一体化的发展及我国人力资源的丰富，国外将有大量的模具转移到我国来生产，我国的模具工业发展前景广阔。

科学地对模具进行分类，对有计划地发展模具工业，系统地研究和开发模具生产技术，研究和制定模具技术标准，实现专业化生产，都具有重要的技术经济意义。

1.2 模具的分类

1.2.1 按照应用范围及习惯分类

按照模具在国民经济中的应用范围及管理习惯，中国模具工业协会提出了划分模具类别的方法，即所谓“十大类”的分法：冲压模、塑料模、锻造模、铸造模、粉末冶金模、橡胶

模、拉丝模、无机非金属材料成型模、模具标准件、其他模具（用于食品、皮革等的成形），又根据模具结构、材料、使用功能以及制模方法等分为若干小类或品种（见表 1-1）。

表 1-1 模具的分类

类别	成形方法	成形加工材料	模具材料
冲压模	普通冲裁模	金属材料	工具钢、硬质合金
	级进模		工具钢、硬质合金
	复合模		工具钢、硬质合金
	精冲模		工具钢、硬质合金
	拉深模		工具钢、铸铁
	弯曲模		工具钢、铸铁
	成形模		工具钢、铸铁
	切断模		工具钢、硬质合金
	其他冲压模		
塑料模	热塑性塑料注射模	热塑性塑料	硬钢
	热固性塑料注射模	热固性塑料	硬钢
	热固性塑料压塑模	热固性塑料	硬钢
	挤塑模	热塑性塑料	硬钢
	吹塑模	热塑性塑料	硬钢、铸铁
	真空吸塑模	热塑性塑料	铝
	其他塑料模		
锻造模	热锻模	金属材料	模具钢
	冷锻模		
	金属挤压模		
	切边模		
	其他锻造模		
铸造模	压力铸造模	有色金属及其合金	耐热钢
	低压铸造模	有色金属及其合金	耐热钢
	失蜡铸造模	精密铸件	石蜡、树脂、混合砂
	金属模	铝及其合金	铸铁
粉末冶金模	金属粉末冶金模	金属粉末	合金工具钢、硬质合金
	非金属粉末冶金模	非金属粉末	合金工具钢、硬质合金
橡胶模	橡胶注射成型模	橡胶	钢、铸铁、铝
	橡胶压胶成型模		钢
	橡胶挤胶成型模		钢
	橡胶浇注成型模		钢、铸铁、铝
	橡胶封装成型模		钢、铸铁、铝
	其他橡胶模		
拉丝模	热拉丝模	金属丝	人造金刚石、硬质合金
	冷拉丝模	金属丝	人造金刚石、硬质合金
无机非金属材料成型模	玻璃成型模	玻璃	铸铁、耐热钢
	陶瓷成型模	陶瓷粉末	合金工具钢、硬质合金
	水泥成型模	水泥	合金工具钢、硬质合金
	其他无机材料成型模		

(续表)

类别	成形方法	成形加工材料	模具材料
模具标准件	冷冲模架 塑料模架		
其他模具	食品成型模具 包装材料模具 复合材料模具 合成纤维模具 其他类未包括的模具		

1.2.2 按照成形用材料分类

依据自然科学中基于工程材料进行分类研究的观点，按模具所成形出产品的材料并结合工程实际，可将模具分为“三大类十二小类”，即

1) 金属材料成形用模具

冲压模（板料、管材）、锻造模（体积成形）、铸造模（液态金属）、粉末冶金模（金属粉末）、拉丝模（线材）。

2) 有机高分子材料成形用模具

塑料模、橡胶模、食品模、皮革模。

3) 无机非金属材料成形用模具

陶瓷模、玻璃模、水泥与混凝土模。

1.3 我国模具生产的历史与现状

我国的模具工业发展经历了艰辛的历程。解放前，由于我国基础工业薄弱，模具使用得很少。所用的模具都是在模具作坊中制作的，这些模具大多结构简单，精度低。当时的模具多为冲压模。制造方法多为由有经验的老钳工带领徒弟手工研锉，缺乏设计图纸和工艺文件，谈不上有什么模具工业。

解放后，由于经济发展的需要，特别是由于东北地区担负着电机、仪表、电器、变压器等产品的生产任务，因此迅速发展了模具工业。当时虽然缺乏先进的技术，但是由于结合我国实际情况，组织了专门的技术力量，因此取得了明显的进步：冲模结构由单工序模向复合模发展，并可生产少量级进模；由整体模向拼块模发展；而模具制造技术则由手工加工为主发展到采用成形磨削。1951年和1952年制成了800kW和3000kW水轮发电机的大型扇形复合冲模。

到1954年，前苏联和东欧社会主义国家的有关模具技术和设备开始输入我国，这对我国模具工业的发展起到了促进作用，对模具技术人才的培养、工艺技术的发展 and 关键设备的使用都有很大的帮助。在此情况下，成形磨削开始取代大部分手工操作，热处理变形基本得到控制，模具制造的精度和表面粗糙度明显提高，模具的制造周期也大大缩短。随着生产的发展，各行各业对模具的需求越来越多，国家对模具用钢也安排了系列生产。1955年和1956年，在天津和北京成立了我国首批专业模具厂。从1958年开始，上海、广州、沈阳、武汉、南京等地也相继建立了一批专业模具厂，这些模具厂虽然设备条件较差，但仍不愧为模具工

业的新生力量。这一阶段,在模具结构方面复合模得到了进一步完善,并开始生产高效率的级进模和高寿命的硬质合金模;塑料成型模则由热固性塑料模发展到热塑性注射模,并开始由单腔模结构发展到多腔模结构;压铸模也已经扩大到铜合金铸件生产用模;还研制了解析式组合冲模。在模具制造方面,除了研制成形磨削夹具外,还研制和批量生产了专用成形磨床;电火花加工技术也被应用于模具加工;自行研制电火花线切割机床用于模具加工;研制了用于型腔模加工的型腔冷挤压工艺与装备。同时还制定了我国的第一个模具标准:冷冲模零件标准与典型结构标准。

在1966—1976年期间,由于整个国民经济都受到很大的干扰和影响,模具工业没有获得应有的突飞猛进,但是在总结和推广模具设计、制造经验及先进技术方面做了大量工作,广大科技人员深入生产第一线整理模具相关资料,编写了一套《模具手册》,对模具生产的发展起到了良好的指导作用。

自从1977年以来,由于机械、电子、轻工、仪表、交通等工业的蓬勃发展,对模具的需求越来越多,在供货期上则要求越来越短,而我国模具工业的现状不能满足需要。国家有关部门对模具工业更加重视,给专业模具厂投资进行技术改造,并将模具列为“六五”和“七五”规划重点科研攻关项目,派人员出国学习考察,引进国外模具先进技术,制定有关的模具标准。同时,为了培养高素质模具行业的专门人才,20世纪80年代后期许多工科院校相继开展了“模具设计与制造”大专和本科层次的教学,计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)技术开始在冲模、锻模和塑料模中应用,并取得了初步成果。在这一时期,模具工业得到了长足的发展。

加入WTO后,各行业大批境外企业的涌入,使作为支持工业的模具行业迎来新一轮的发展机遇,同时也面临国外先进技术和高品质产品的挑战。2002年我国模具总产值比上年增长15%左右,增速提高了两个百分点,如生产一台汽车整机大约需要两万套模具,其中相当一部分是塑料模具,因而汽车产业带动我国塑料模具在后来的几年里发展空间巨大。目前,发达国家将模具向我国转移的趋势进一步明朗化。由于模具行业是一个技术、资金、劳动力都相对密集的产业,我国的平均劳动力成本较低,而这一时期广东等地的开发区内的企业生产需要大量的模具,因此模具工业获得了快速发展。随着我国经济的进一步发展,我国技术人才的水平逐步提高,也加速了一些国家把本国模具工业向我国转移。由于近年市场需求的强大拉动,中国模具工业高速发展,市场广阔,产销两旺。1996—2002年间,中国模具制造业的产值年平均增长14%左右,2003年增长25%左右,广东、江苏、浙江、山东等模具产业发达地区的增长在25%以上。我国2003年模具产值为450亿元人民币以上,约折合50多亿美元,按模具总量排名,中国紧随日本、美国之后,位居世界第三。近两年,我国的模具技术有了很大的提高,生产的模具有些已接近或达到国际水平,2003年模具出口3.368亿美元,比上年增长33.5%。总的来看,我国技术含量低的模具已供过于求,市场利润空间狭小,而技术含量较高的中、高档模具还远不能适应国民经济发展的需要,精密、复杂的冲压模具和塑料模具、轿车覆盖件模具、电子接插件等电子产品模具等高档模具仍有很大一部分依靠进口。近5年来,我国平均每年进口模具约11.2亿美元,2003年进口近13.7亿美元的模具,这还未包括随设备和生产线作为附件带进来的模具。

在经历了“十五”期间和“十一五”头两年的高速发展(这7年间年均增长速度达18%)之后,由于受到国际金融危机的影响,2008年下半年开始,中国模具工业发展速度已明显放缓,致使2008年全年模具总销售额与上年同比增长率跌进了个位数,只达到9.2%左右,总

量约为 950 亿元。

近年来,我国模具行业迅速发展,在各地方政府的支持和鼓励下,我国已形成近 50 多个模具产业园区,在完善产业链、吸引外资及加强社会投资方面均起到积极作用。模具行业地域分布特色日渐成形,从地区分布来看,以珠江三角、长三角为中心的东南沿海地区发展最快。

广东堪称国内模具市场龙头,是中国最大的模具进口与出口省。全国模具产值 40% 多来自广东,且模具加工设备性能及设备数控化率、模具加工工艺、生产专业化水平和标准程度领先国内其他省市。目前全国排序前 10 名的企业中,广东占 5 家,世界最大的模架供应商和亚洲最大的模具制造厂都在广东。

上海以 IT 电子信息产业和汽车行业模具为主导。上海现有模具企业 1500 余家,从业人员 7 万多人,年产值近 100 亿元,年增长率超过 20%。上海生产汽车冲压、塑料、压铸等模具企业近 70 家,年产值约 20 亿元,民营企业如华庄、黄燕、千缘,合资企业如获原、伟世通,台资企业如联恒、宏旭、台丽通等大多年产值在 5000 万元以上,其中有近 7 家企业达亿元的年产值,成为上海汽车模具工业中的生力军。

浙江则塑料模具比重大。浙江省模具工业园主要集中在宁波市和台州市。宁波模具城位于浙江省宁波市宁海县,交通便捷、通信发达。宁海模具城规划 1500 亩,现已建成厂房 20 万平方米,入城企业 230 余家,模具城实施企业化管理,市场化运作,达到了资源共享、发展速度快、形势好,年产值可达 10 亿元。中国轻工(余姚)模具城位于余姚市区北侧,是一个集模具制造加工、模具设计研发、模具技术培训、模具信息服务和模具材料设备交易等诸多功能于一体的具有国内先进水平的模具工业园区,每年产值达到 30 亿美元,其中去年进口模具 20.47 亿美元,出口模具 10 亿美元。

天津形成了都市型模具工业特色。都市型工业是一种与传统工业相联系,轻型的、微型的、环保的和低耗的新型工业,是以大都市特有的信息流、物流、人才流、资金流和技术流等社会资源为依托,以产品设计、技术开发、加工制造、营销管理和技术服务为主体,以工业园区、工业小区、商用楼宇为活动载体,适宜在都市繁华地段和中心区域内生存和发展,增值快、就业广、适应强,有税收、有环保、有形象的现代工业体系。都市工业主要包括十大领域:(1)电子信息产品研究、开发和组装;(2)软件开发、制造业;(3)模型及模具设计制作业;(4)广告印刷与包装业;(5)钻石、珠宝等工艺美术品和旅游品制造业;(6)钟表、眼镜制造业;(7)服装服饰业;(8)酿造、食品加工业;(9)家具制造、室内装饰装潢产品设计、开发与组装业;(10)化妆品及日用洗涤用品制造业等。从产业特点来看,以模具设计制造业为技术密集型、研究开发型的产业,立足于提升都市经济发展的需要、作为国民经济的基础工业,模具涉及汽车、家电、电子、建材、塑料制品等各个行业,应用范围十分广泛,同时充分兼容第三产业,带动其他产业的发展,且扩大就业机会,具有增值快、就业广、适应市场、反应快速的特点,是提升区域经济发展水平的增容器,也是现代第三产业发展的扩展平台。现天津市模具产业各区分布分散,主要以汽车、冲压模具业为主,全市模具产值每年可达 20 亿元,且税赋率达 8%~10%。

1.4

模具工业的发展趋势

模具是为成形产品服务的,因此模具必然要以制件(成形产品)的发展趋势为自己的发

展趋势，模具必须满足它们的要求。制件发展趋势主要是轻巧、精美、快速高效生产、低成本与高质量，每一项都预示了模具发展趋势。

制件要轻巧就会增加使用塑料及开发新材料，包括各种新型塑料、改性塑料、镁合金、复合材料等，这就要求有新的成形工艺，从而也就要求有与之相适应的新型模具。例如，汽车上越来越多地采用高强度板也是为了减轻重量，对一些超高强度板进行热成形及与之相适应的热成形模具也就自然而然成为发展趋势。

要精美，就要求外形美观大方，内部无缺陷，这就要求有精细、精密和高质量的模具与之相适应。目前我们在精细化方面差距很大。

快速高效生产，这一方面是要求模具企业要尽量缩短模具生产周期，尽快向模具用户交付模具，另一方面更重要的是要使用户能用你提供的模具来快速高效地生产制品。例如，一模多腔多件生产、叠层模具、利用热流道技术来缩短成形时间以及使用多层复合技术、模内装饰技术、高光无痕注塑技术、在线检测技术、多工序复合技术、多排多工位技术等。同时，制件成形过程智能化还要求有智能化的模具来适应。

低成本，这既要通过模具生产的设计、加工、装配来实现模具的低成本制造和低成本供应，更重要的是要使模具用户能使用模具来实现低成本生产。这就对模具提出了更高的要求。模具生产企业必须做到先使模具用户赚钱，然后才能使自己赚钱。在要求低成本的过程中，无论是模具生产企业还是使用模具的企业，不断改善管理，逐步实现信息化管理，都是企业的共同要求及进步和发展的方向。

高质量，要做到制品的高质量，首先必须保证模具的高质量，模具的稳定性一定要好，保证制品的一致性也要好，而且还要保证寿命。

许多新领域、新兴产业、新制件和个性化要求也都会对模具不断提出新要求。因此模具工业的发展趋势的本身也是在不断发展的。

从科技发展趋势来看，模具发展趋势可以先从下列最基本的五个方面进行分析：

新材料，模具新材料及为成形产品新材料成形的新型模具。

新工艺，新的成形工艺及模具加工的新工艺。

新技术，技术进步带动模具生产逐步向超高速、超精和高度自动化方向发展。

信息化，充分利用 IT 技术进行数字化生产、信息化管理。

网络化，融入和利用世界全球化网络资源，倡导循环经济与绿色制造，用尽量少的资源来创造尽量多的价值，包括回收再利用与环保等。不但模具制造要能做到，而且更要使模具用户也能做到。

1.5

模具加工工艺方法简介

模具的种类很多，每种模具的制造方法不是唯一的。制造方法的选择与模具的要求精度、制造成本密切相关，也需要结合现场的加工条件。因此，模具设计人员必须熟悉相应的制造方法。

就目前的情况看，模具的加工方法可以分为三大类，即铸造方法、切削加工方法和特种加工方法。表 1-2 所示为各种加工方法的工艺特点。

应当指出，每种模具加工方法可以达到的加工精度不同，对模具设计和制造的技术人员来讲，了解不同制造工艺的加工精度尤其是经济精度是非常有意义的。

表 1-2 模具各种加工方法的工艺特点

加工方法	适用于模具种类	加工精度	加工技术要求	后续工序
铸造方法	锌合金铸造 低熔点合金铸造 铍铜合金铸造 合成树脂浇注	冲压 塑料、橡胶 压铸、塑料 塑料	一般 型腔制作	不需要
切削加工方法	普通切削机床 精密切削机床 仿形铣床 雕刻机加工 数控机床	全部	一般 精密 精密 一般 精密 加工指令	手工精加工 不需要 手工精加工 手工精加工 手工精加工
特种加工方法	冷挤压 超声波 电火花成形 电火花线切割 电解磨削 电铸 腐蚀加工	塑料、橡胶 冲压 锻模型腔 冲模、切边模 全部 塑料、玻璃 塑料	精密 精密 精密 精密 精密 精密 一般 冷挤压冲头 悬挂模型 电极设计制作 切割轨迹指令 成形模型 模型 图纸	不需要 手工精加工 手工精加工 手工精加工 不需要 不需要 不需要 不需要

加工经济精度是机械加工中经常用的一个概念。一个零件从设计到加工都要注意其经济性，因为经济效益是工厂存在下去的依据。加工精度等级的高低是根据使用要求决定的，比如航空航天设备上使用的零件就要求有很高的精度，而拖拉机上的零件可能要求就比较低。零件的成本是跟加工精度密切相关的，每提高一个精度等级，加工的难度会呈几何级增长，对加工机床和工具的要求就会更高，也要求工人有较高的加工水平。如 IT7 级精度用一般的机床和工具就可以达到，但 IT6 级就要用磨床，而 IT5 级就要用数控机床和精磨，甚至手工研磨了。对一定的加工方法来讲，每提高一个精度等级，可能会多几个工序，多用很多技术工人，从而零件的成本就会增加很多了。对一个特定的零件，加工方法不止一种。一般来讲，零件加工成本与使用设备的种类以及使用时间密切相关。当用高精度的设备来加工时，设备的台时费用高；当用低精度的设备加工时，需要的工序多。因此每一种加工方法有一个成本最低的加工精度，称为经济精度。

表 1-3 列出了几种常用模具加工方法的可达到的精度和相应的经济精度，其中可达到的精度指的是该加工方法发挥到极致时的水平，此时的加工成本大大提高；经济精度则是指单位加工量成本最低时可达到的加工精度。

表 1-3 几种加工方法的精度比较

加工方法	可达到的精度/mm	经济精度/mm
仿形铣	0.02	0.1
数控加工机床	0.01	0.02~0.03
仿形磨削	0.005	0.1
坐标镗	0.02	0.1
电火花成形	0.005	0.02~0.03
电火花线切割	0.005	0.01~0.02
电解成形	0.05	0.1~0.5
电解研磨	0.02	0.03~0.05
坐标磨	0.002	0.005~0.01

1.6 模具与我们

模具与我们如影随形，只不过我们对周围的一切已经习以为常，以至于忽略了它们与模具之间的联系。

1.6.1 模具与生活

社会上日用消费品的数量与人口总数成正比，尽管消费品种类繁多、规格不一，每款消费品的生产批量仍然非常巨大，因此与我们的衣食住行密切相关的许多物品都是借助于模具生产出来的。清晨，我们进入卫生间洗漱：塑料牙刷柄、塑料香皂盒、塑料拖鞋来自塑料模具，陶瓷盥洗盆、陶瓷漱口杯出自陶瓷模具。洗漱毕，进厨房：不锈钢锅是经过冲裁模下料、拉深模拉深、修边模修边等多套模具才生产出来的。如果吃饼干或者巧克力（见图1-2），那可是出自食品模。饭后，穿上经过皮革模压制定型的皮鞋，骑自行车到学习或者工作岗位——自行车的轮胎是橡胶模具的产品，车瓦来自落料模和成形模，螺钉、螺母来自冷镦模，辐条经过拉丝模……只要留心，会发现模具与我们生活的联系真是千丝万缕！找找看！

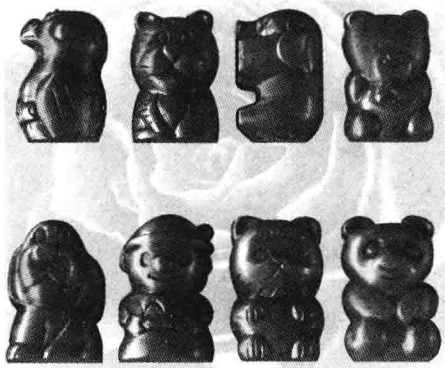


图 1-2 精美的巧克力造型——出自模具

1.6.2 模具与生产

使用模具可以重复生产与原始样件形状、尺寸相同的零件，采用模具生产可以显著提高生产率。而且随着生产产品批量的增加，单件产品分摊的模具费用就降低，因此模具首先与大批量生产密切相关。

对小批量生产以及新产品的试制，为了成形有时也必须使用模具，这时降低模具成本就成为首要问题。尽量简化模具结构，适当加大产品的加工余量等是常用的降低模具成本的有效办法。

1.6.3 模具与艺术

说模具与生产密切相关，人们一般容易接受。如果有人问：“模具与艺术也息息相通。”你同意吗？但是当你走进雕塑公园时，你就会觉得此言不虚。

随着社会的发展,雕塑艺术在不断进步。从最初自然材料的泥塑、木质雕塑、石质雕塑,到以后的人工材料的青铜雕塑、陶瓷雕塑和其他金属及合金雕塑。其中材料技术的发展,为雕塑艺术的尽情发挥提供了基础。玻璃钢材料问世后,由于其具有成型方便、可设计性强、轻质高强以及造价相对低廉等诸多优点,很快被应用到雕塑艺术中来。应用玻璃钢技术,可以快速、逼真地将泥塑出的作品翻制并长期保存下来。因此,玻璃钢雕塑较多成为广场、商业网点、生活小区及游乐场所的标志物。

玻璃钢塑像的制造工艺是通过制骨架、塑泥像、分模、扣模、卸模、玻璃钢糊制、修整缝合、磨修整形抛光、表面胶衣处理等步骤完成的。以玻璃钢为原料制成的塑像,不仅传神逼真,而且具有重量轻、易于搬运、不易损坏,室外存放不易风化等优点,特别适于制造大型的雕塑。图 1-3 所示是玻璃钢的雕塑作品。



图 1-3 玻璃钢雕塑作品(黄土情,北京世界雕塑公园)

模具在我们周围,与我们息息相关,学习模具知识既有用又有趣,让我们尽情地享受这一切吧!

思考与练习题

1. 对模具进行科学分类的意义何在?简述我国模具的分类。
2. 简述模具加工的加工工艺。
3. 调查本地区模具制造单位所用的模具制造设备和可达到的加工精度。