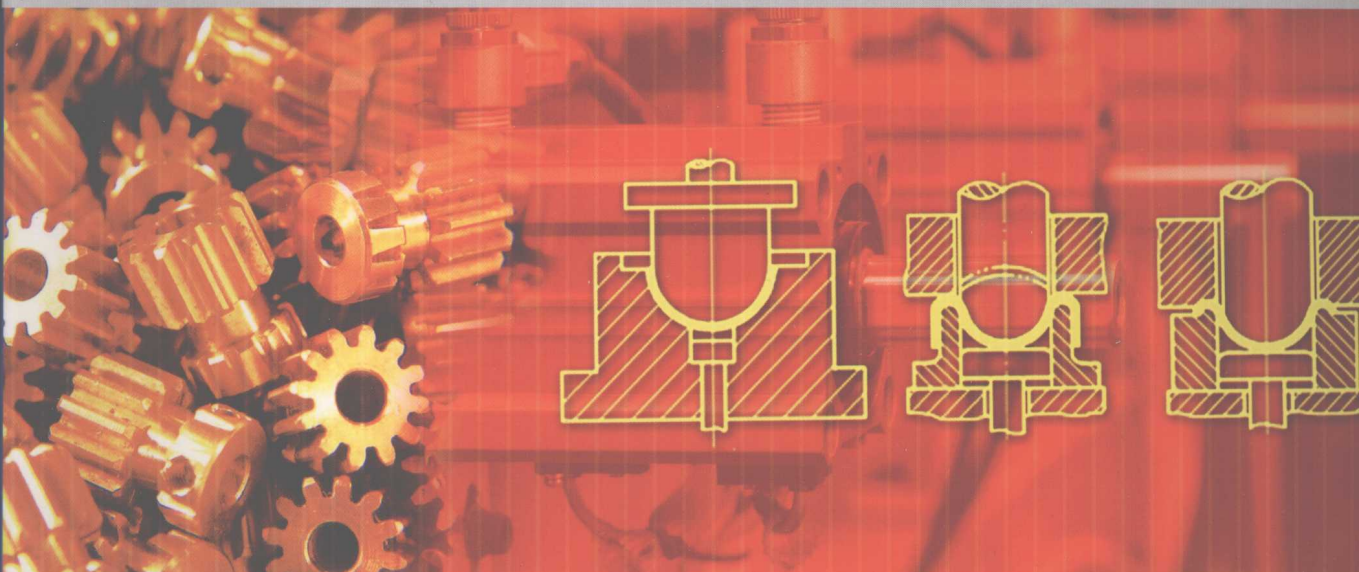




21 世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材



模具设计与制造

许树勤 王文平 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材

模具设计与制造

许树勤 王文平 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

全书共分9章,包括四部分内容,第一部分主要介绍冷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;第四部分简要介绍了模具设计的发展趋势及现代模具制造技术。书中列举了大量的图片并附有思考题。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及普通高校本科机械类专业模具教学课程的教材,亦可供从事模具设计、制造的工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

模具设计与制造/许树勤,王文平编著. —北京:北京大学出版社, 2005.11

(21世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材)

ISBN 7-301-09131-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 069431 号

书 名: 模具设计与制造

著作责任者: 许树勤 王文平 编著

责任编辑: 王登峰

标准书号: ISBN 7-301-09131-1/TH·0024

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765013

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 15 印张 314 千字

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

前 言

随着市场经济体制的建立,科技进步和产业结构的调整,机械行业对高级应用型人才的综合能力要求越来越高,对复合型人才的要求越来越强,因而在应用型人才的培养中,就需要拓宽他们的知识面以适应社会的需求。“应用型人才”的培养是高职、高专以及普通本科院校教育最鲜明的特色。《模具设计与制造》就是“面向 21 世纪应用型人才”培养的规划教材,是一门专业课,主要用于非模具专业的学生。

模具是工业生产的基础工业装备,在电子、汽车、电机、仪器仪表、家电通讯等产业中,60%~80%的零部件均依靠模具成形,而在模具行业中又以冲压模具和塑料注塑模具所占比重最大,本书就主要针对这两类模具进行介绍。全书共有 9 章四部分内容,第一部分主要介绍冷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;第四部分简要介绍了模具设计的发展趋势及现代模具制造技术,力求反映国际先进的模具设计与制造水平。通过本课程的学习可以使学生了解不同模具的成形特点、工作条件,掌握各种模具的设计要点,弄清制造工艺流程和检验内容,知道模具设计及模具制造的发展动向,为从事冲压模和注塑模的设计、制造奠定良好的基础。

本书的编写兼顾了理论基础和生产实践两个方面,使用简洁明了的语言,避免晦涩难懂的理论分析,同时应用了大量的模具结构简图,力求做到通俗易懂且内容全面,实用性强。此外每章都附有思考题,使读者能够了解本章的重点,通过测试可以了解自己对本章的掌握程度,从而能提高读者的学习兴趣,增强学习效果。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及普通高校本科机械类专业模具教学课程的教材,亦可供从事模具设计、制造的工程技术人员使用。

本书由太原理工大学许树勤、中北大学分院王文平担任主编。

本书在收集资料和编写过程中,得到了中北大学分院赵跃文副教授、太原理工大学池成忠教授和北京航空航天大学吴向东博士等鼎力帮助,在此表示衷心感谢。

由于作者编写水平有限、经验不足,书中难免有错误和欠妥之处,恳请读者指正。

编 者

2005 年 4 月

目 录

第1章 绪论.....	1
1.1 模具分类.....	1
1.2 模具在生产中的地位.....	3
1.3 我国模具生产的历程与现状.....	3
1.4 模具加工工艺方法简介.....	5
1.5 思考与练习题.....	6
第2章 冲压成形概述.....	7
2.1 冲压成形特点与分类.....	7
2.2 冲压模具设计与制造的内容.....	9
2.3 冲压常用材料.....	10
2.4 冲压设备简介.....	11
2.4.1 曲柄压力机.....	11
2.4.2 摩擦压力机.....	17
2.4.3 液压机.....	19
2.5 思考与练习题.....	20
第3章 冲裁工艺与冲裁模.....	21
3.1 冲裁变形过程分析.....	21
3.2 冲裁模间隙.....	22
3.2.1 间隙对冲裁件质量的影响.....	23
3.2.2 间隙对冲裁力的影响.....	24
3.2.3 间隙对模具寿命的影响.....	25
3.2.4 凸、凹模间隙值的确定.....	25
3.2.5 凸、凹模刃口尺寸的计算.....	28
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.....	33
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.....	37

3.5.1	单工序模.....	37
3.5.2	复合模.....	40
3.5.3	进模.....	41
3.6	冲裁模零部件结构设计.....	42
3.6.1	工作零件.....	44
3.6.2	定位零件.....	47
3.6.3	卸料与推件装置.....	52
3.6.4	模架.....	55
3.7	冲裁工艺设计与模具设计要点.....	58
3.7.1	冲裁件工艺设计.....	58
3.7.2	模具设计要点.....	59
3.8	思考与练习题.....	60
第4章	弯曲工艺与弯曲模.....	61
4.1	弯曲变形过程分析.....	61
4.2	最小相对弯曲半径.....	62
4.3	弯曲件展开长度的计算.....	64
4.4	弯曲力计算.....	65
4.5	弯曲件的回弹.....	67
4.6	弯曲模结构.....	70
4.6.1	V形件弯曲模.....	70
4.6.2	U形件弯曲模.....	72
4.7	弯曲模工作部分参数的设计.....	73
4.8	思考与练习题.....	76
第5章	拉深工艺与拉深模.....	77
5.1	圆筒件拉深变形过程分析.....	77
5.1.1	拉深变形过程.....	77
5.1.2	拉深过程中材料的应力与应变.....	78
5.1.3	拉深缺陷及其防止.....	79
5.2	拉深工艺计算.....	81
5.2.1	圆筒件拉深零件毛坯尺寸的计算.....	81
5.2.2	拉深系数的计算和拉深次数的决定.....	82
5.2.3	拉深压力机的选择.....	83
5.3	拉深模具结构.....	85
5.4	拉深模工作部分设计.....	87
5.5	思考与练习题.....	91

第6章 注塑成型工艺及注塑模	92
6.1 概述	92
6.1.1 塑件的结构工艺性	92
6.1.2 注塑成型设备	97
6.2 注塑成型工艺及注塑模	99
6.2.1 注塑成型原理及工艺特点	99
6.2.2 注塑模的分类及结构组成	102
6.2.3 分型面	104
6.2.4 浇注系统	106
6.2.5 成型零件的设计	115
6.2.6 机构设计	124
6.2.7 注塑模典型结构	139
6.3 思考与练习题	144
第7章 模具制造	145
7.1 模具加工工艺规程编制	145
7.1.1 编制工艺规程的原则与依据	145
7.1.2 模具零件工艺规程的主要内容	146
7.2 模具主要零件的机械加工	151
7.2.1 外形加工	151
7.2.2 划线	152
7.3 模具零件的结构和机械加工特点	153
7.4 模具制造的特种加工工艺	157
7.4.1 电火花加工	157
7.4.2 电火花线切割加工	165
7.4.3 超声加工	171
7.5 思考与练习题	175
第8章 模具检验与装配	177
8.1 模具的质量要求和标准	177
8.2 模具检验的常用工具	178
8.2.1 常规量具	179
8.2.2 专用量具	183
8.2.3 投影仪	184
8.2.4 三坐标测量机	185
8.3 模具零件的联接与固定	190
8.3.1 模具零件的常用联接方法	190

8.3.2	低熔点合金的应用	193
8.3.3	环氧树脂的应用	194
8.4	冷冲压模具的装配与检验	195
8.4.1	冷冲模装配要点	195
8.4.2	主要组件的装配	195
8.4.3	模具总装、间隙的调整与试模	198
8.4.4	冲裁模的质量要求与检验	200
8.5	注塑模的装配与检验	202
8.5.1	型芯与固定板	202
8.5.2	型腔凹模与动、定模板	206
8.5.3	过盈配合零件	209
8.5.4	滑块抽芯机构	210
8.5.5	滑块型芯	211
8.5.6	楔紧块	212
8.5.7	注塑模的质量要求与检验	212
8.6	思考与练习题	214
第9章	模具设计与制造发展趋势	215
9.1	模具设计技术的发展趋势	215
9.2	模具加工技术的发展方向	216
9.3	模具制造综合技术的发展方向	219
9.4	现代模具制造技术	220
9.4.1	高速切削在模具加工中的应用及发展趋势	220
9.4.2	快速模具制造技术	223
9.4.3	逆向工程技术简介	226
9.5	思考与练习题	228
参考文献		229

第 1 章 绪 论

什么是模具？简单地说，模具就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。

模具的应用体现在我们日常生活中的方方面面，在大量、反复生产相同产品时需要使用模具。利用模具成形零件的方法，实质上就是利用材料的塑性进行的一种少切削、无切削、多工序重合的生产方法，采用模具成形的方法加工零件，可以提高生产效率，保证零件质量，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、农业及航空航天等领域的大批量零件的生产。

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加工任务转移到我国来，我国的模具工业发展前景广阔。

1.1 模 具 分 类

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，研究和制订模具技术标准，实现专业化生产，都具有重要的技术经济意义。

模具分类方法很多，过去常使用的有：

按模具结构形式分类，如单工序模，复合工序模等；按使用对象分类，如汽车覆盖件模具、电机模具等；

（1）按加工材料性质分类，如金属制品用模具，非金属制品用模具等。

（2）按模具制造材料分类，如硬质合金模具、钢模具等。

（3）按工艺性质分类，如拉深模、粉末冶金模、锻模等。

这些分类方法中，有些不能全面地反映各种模具的结构和成形加工工艺的特点以及它们的使用功能。为此，采用以使用模具进行成形加工的工艺性质和使用对象为主的综合分类方法，中国模具委员会将模具分为 10 大类，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（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
锻造模	冷锻模		
锻造模	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

(续表)

类 别	成 形 方 法	成形加工材料	模 具 材 料
拉丝模	冷拉丝模	金属丝	人造金刚石、硬质合金
无机材料成型模	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		
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 模具在生产中的地位

模具是现代工业，特别是汽车、拖拉机、航空、无线电、电机、电器、仪器、仪表、兵器、日用品等工业必不可少的工艺装备。锻件、冲压件、压铸件、粉末冶金零件以及非金属零件，如塑料、陶瓷、橡胶玻璃等制品都是用模具成型的。模具技术直接影响制造业的发展、产品更新换代能力和产品竞争能力。模具工业潜力很大，前景广阔。近十多年来，美国、日本、德国等发达国家的模具总产值已超过机床总产值。模具技术进步极大地促进了工业产品生产发展，因而深受赞誉。美国工业界认为“模具工业是美国工业的基石”；在日本，模具被誉为“进入富裕社会的原动力”；在联邦德国，模具被冠之以“金属加工业中的帝王”之称；在罗马尼亚，有“模具就是黄金”之说。可见模具工业在世界各国经济发展中具有极其重要的地位。模具技术已成为衡量一个国家产品制造水平的重要标志之一。

模具工业是国民经济的基础工业，是高技术行业。模具设计与制造技术水平的高低，是衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志之一。模具设计与制造专业人才是制造业的紧缺人才。

1.3 我国模具生产的历程与现状

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。就模具的结构形式而言,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,模具工业得到了迅速发展。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,因而取得了明显的进步:

(1) 冲模结构由单工序模向复合模发展,并可生产少量级进模。

(2) 由整体模向拼块模发展。

(3) 模具制造技术则由手工加工为主发展到采用成型磨削。

(4) 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、工艺技术和关键设备的使用都有很大的帮助。在此情况下,成型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要越来越多,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,除了研制成型磨削夹具外,还研制和批量生产了专用成型磨床;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年至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,但是广大模具工作者在总结推广模具设计和制造经验及先进技术方面做了大量工作,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约 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未来几年将有巨大发展。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, 而我国的平均劳动力成本仅是美国的 $1/30 \sim 1/20$ 。我国经济的快速发展, 我国技术人才的水平逐步提高, 也加速了这些国家把本国模具工业向工业和技术基础较好的国家转移。由于近年市场需求的强劲拉动, 中国模具工业高速发展, 市场广阔, 产销两旺。1996 年至 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、美国其后, 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 年模具出口价值 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价值 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。因此, 模具工业发展前景广阔。

1.4 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都不是惟一的。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 为各种加工方法的工艺特点。

表 1-2 各种模具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	冲压 塑料、橡胶 压铸、塑料 塑料	一般	型腔制作	不需要
	低熔点合金铸造				
	铍铜合金铸造				
	合成树脂浇注				

(续表)

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
切削加工 方法	普通切削机床	全部	一般	仿型模型 仿型模型 加工指令	手工精加工
	精密切削机床		精密		不需要
	仿形铣床		精密		手工精加工
	雕刻机加工		一般		手工精加工
	数控机床		精密		手工精加工
特种加工 方法	冷挤压	塑料、橡胶	精密	冷挤压冲头	不需要
	超声波	冲压	精密	悬挂模型	手工精加工
	电火花成型	锻模型腔	精密	电极设计制作	手工精加工
	电火花线切割	冲模、切边模	精密	切割轨迹指令	手工精加工
	电解磨削	全部	精密	成型模型	不需要
	电铸	塑料、玻璃	精密	模型	不需要
	腐蚀加工	塑料	一般	图纸	不需要

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 1-3 列出了几种常用模具加工方法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至时的水平，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

1.5 思考与练习题

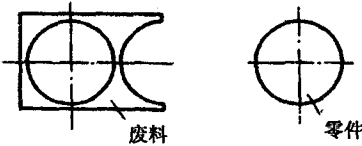
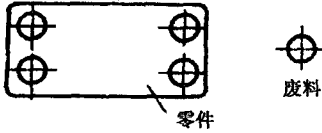
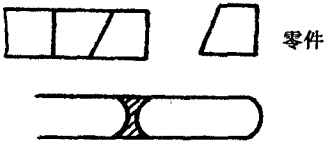
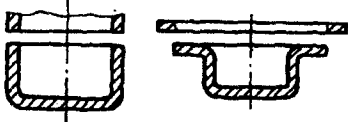
- 1. 对模具进行科学分类的意义何在？简述我国模具的分类。
- 2. 简述模具加工的加工工艺。
- 3. 调查本地区模具制造单位所用的模具制造设备和可达到的加工精度。

第 2 章 冲压成形概述

2.1 冲压成形特点与分类

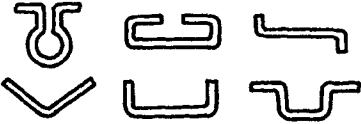
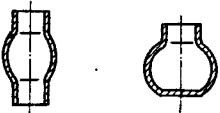
冲压是塑性加工的基本方法之一，它建立在金属塑性变形的基础上，利用模具和冲压设备对板料金属进行加工，以获得所需要的零件形状和尺寸。冲压工艺大致可区分为分离工序与成形工序两大类。分离工序又可分为落料、冲孔和切断等，如表 2-1 所示。

表 2-1 分离工序

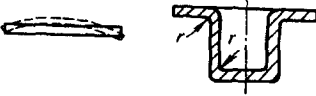
工序名称	简 图	特点及应用范围
落料		用冲模沿封闭轮廓线冲切，冲下部分是零件
冲孔		用冲模沿封闭轮廓线冲切，冲下部分是废料
切断		用剪刀或冲模沿不封闭轮廓线切断，多用于加工形状简单的平板零件
剖切		把冲压加工成形的半成品切成几个零件
切边		将成形零件的边缘切整齐

成形工序则可分为弯曲、拉深、翻孔、翻边、胀形、扩口、缩口和旋压等,如表 2-2 所示。根据产品零件的形状、尺寸精度和其他技术要求,可分别采用各种工序对板料毛坯进行加工。

表 2-2 成形工序

工序名称	简 图	特点及应用范围
弯曲		把板料在平面内弯成各种形状
扭曲		把冲裁件扭转一定的角度
卷圆		把板料端部卷成近圆形,用于加工类似铰链的零件
拉深		把平板毛坯加工成各种空心零件
变薄拉深		把拉深加工后的空心半成品进一步加工为侧壁厚度薄的零件
翻孔		在板料或预先冲孔的板料半成品上制出竖立的边缘
胀形		在两向拉应力作用下实现的变形,可以成形各种空间曲面的形状

(续表)

工序名称	简 图	特点及应用范围
翻边		把半成品的边缘按曲线或圆弧成形为竖立的边缘
扩口		在空心毛坯或管状毛坯的某个部位使其径向尺寸扩大的变形方法
缩口		在空心毛坯或管状毛坯的某个部位使其径向尺寸缩小的变形方法
起伏		在板料毛坯或零件的表面上用局部成形的方法制成各种形状的突起与凹陷
校形		提高已成形零件尺寸精度的加工方法

2.2 冲压模具设计与制造的内容

冲压模具设计与制造包括冲压工艺设计、模具设计与模具制造三部分基本工作。

冲压工艺设计是冲模设计的基础和依据。

冲模设计的目的是保证实现冲压工艺。

冲模制造则是模具设计过程的延续，目的是使设计图样通过原材料的加工和装配转变为具有使用功能和使用价值的模具体。

冲模设计与制造必须有系统观点，必须考虑企业实际情况和产品生产批量，在保证产品质量的前提下，寻求最佳的技术经济性。片面追求生产效率、模具精度和使用寿命必然导致成本的增加，只顾降低成本和缩短制造周期而忽视模具精度则必然导致质量的下降。