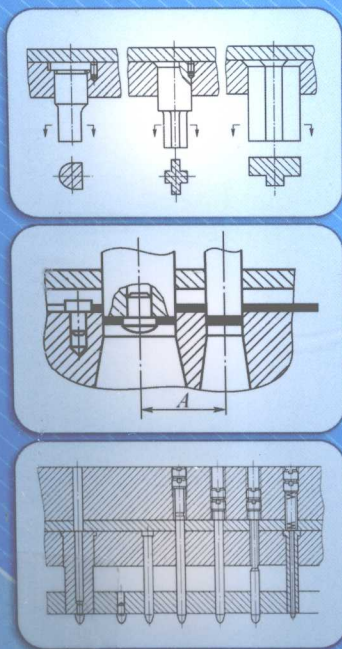




全国高等职业教育“十二五”精品教材

模具导论

主编 陈婷



航空工业出版社

全国高等职业教育“十二五”精品教材

模具导论

主 编 陈 婷

副主编 姚 炜

主 审 蒋洪平



YZLI0890163736

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书为高职高专院校机械类专业有关模具技术的入门教材,介绍了模具技术的发展历史及现状、模具技术基础知识、模具技术对现代工业和生活的影响等内容。通过这些介绍,可以培养学生对模具技术专业知识的学习兴趣,拓展知识面,为将来进一步学习专业知识打下基础。

本书可作为机械类、近机械类专业入学教育、专业选修课教材,还可作为相关工程技术人员了解模具技术的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

模具导论 / 陈婷主编. — 北京 : 航空工业出版社,
2012.1

ISBN 978-7-80243-884-2

I. ①模… II. ①陈… III. ①模具—技术 IV.
①TG76

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第266706号

模具导论 Muju Daolun

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话: 010-64815615 010-64978486

北京市科星印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2012年1月第1版

2012年1月第1次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 12

字数: 300千字

印数: 1—3000

定价: 28.00元



模具是现代工业的重要工艺装备。随着工业技术的迅速发展,模具加工逐渐成为机械加工中的重要手段。模具生产技术水平的高低已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志。为了顺应国家对模具高技能人才的需求,并结合最新的专业教学计划,特组织并编写了本书。

《模具导论》是职业院校机械类专业的重要课程。本书力求编排科学,通俗易懂,图文并茂,适合高职高专院校数控技术应用、机械制造、模具设计与制造等机械类专业教学,也可供学生自学或从事模具设计的技术人员参考。

在编写过程中,考虑到高职高专学生专业课学习的特点,本书充分体现“实用、够用、技能、创新”的原则,突出重点。本书分为7章,内容是:概论、冷冲压工艺与冷冲压模具、塑料成型工艺与塑料模具、其他模具、模具制造、模具先进制造技术、模具逆向工程技术。

总体而言,本教材具有如下特色:

1. 体现了当前职业教育改革的精神,每章开始部分都会首先给出一个【先导案例】,从而引发学生思考,让学生带着问题去学习本章内容;在每章的结束部分均会给【先导案例研讨】,从而便于学生对照检验学习成果。此外,每章结束部分的测评都给出了一张百分制考卷,每道题后均有相应的分数标准,从而利于学生进行自我测评。

2. 内容实用,反映了模具设计和制造中的新技术、新工艺与新理念。

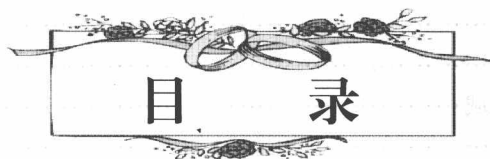
3. 通俗易懂、简明扼要、图文对照,便于教学和学生自学。

本书由陈婷任主编、姚炜任副主编。其中,陈婷编写了第1、2、3、6章,姚炜编写了第4章,宋浩编写了第5、7章。全书由蒋洪平担任主审。

在本书的编写过程中,参阅了许多国内公开出版的著作与文献,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编者
2012年1月



第1章 概 论	1
1.1 模具的概念	1
1.2 模具的分类	1
1.2.1 冷冲压模(Die for Sheet Metal Working)	1
1.2.2 塑料模(Plastics Forming Dies)	2
1.2.3 压铸模(Die-Casting Dies)	3
1.2.4 粉末冶金注射成型模具	3
1.2.5 橡胶模(Forming Dies for Rubber)	4
1.3 模具的成型特点	4
1.4 我国模具工业发展历史	5
1.5 我国模具工业发展现状	6
1.6 模具工业发展趋势	7
【本章小结】	8
第2章 冷冲压工艺与冷冲压模具	9
2.1 冷冲压加工概要	9
2.1.1 冷冲压加工特点	9
2.1.2 冷冲压技术应用领域	10
2.2 冷冲压成型工艺与冲模	11
2.2.1 冷冲压成型工艺	11
2.2.2 冲模基本结构	12
2.2.3 冲模的分类	14
2.3 冲压设备	26
2.3.1 冲压设备简介	26
2.3.2 冲压设备的分类	28
2.3.3 冲压设备的型号	30
2.3.4 冲压设备的选择	31
2.4 常用的冲压材料	32
2.5 典型冷冲模实例	33
【本章小结】	39
【练习题】	39
第3章 塑料成型工艺与塑料模具	41
3.1 塑料概论	41
3.1.1 认识塑料	41



3.1.2 塑料分类	42
3.1.3 塑料命名	43
3.1.4 塑料的应用领域	46
3.2 塑料成型工艺	47
3.2.1 注射成型技术	48
3.2.2 压缩成型技术	50
3.2.3 压注成型技术	52
3.2.4 挤出成型工艺	54
3.2.5 真空吹塑成型	55
3.3 塑料模	56
3.3.1 注射模基本结构	56
3.3.2 塑料模的分类	58
3.4 塑料模具成型设备	61
3.4.1 注射机分类	62
3.4.2 注射机型号	64
3.4.3 注射机组成及工作原理	65
3.5 塑料模具材料选用	66
3.5.1 塑料模具材料	66
3.5.2 塑料模具材料选用原则和方法	69
3.6 典型注塑模实例	69
【本章小结】	75
【练习题】	77
第4章 其他模具	79
4.1 压铸成型工艺及模具	79
4.1.1 压铸加工	79
4.1.2 压铸成型工艺特点	80
4.1.3 压铸成型模具	81
4.1.4 压铸成型设备	82
4.1.5 金属压铸应用范围	84
4.2 粉末冶金注射成型工艺及模具	85
4.2.1 金属粉末注射成型工艺及特点	85
4.2.2 粉末注射成型技术应用	86
4.3 模锻成型工艺及模具	87
4.3.1 模锻工艺及其特点	88
4.3.2 锻模	89
4.3.3 模锻成型设备	91
4.3.4 金属模锻应用范围	92
4.4 玻璃模具	92
4.4.1 玻璃的性质与类型	92



4.4.2 玻璃制品成型方法	93
4.4.3 玻璃模分类和结构	93
【本章小结】	94
【练习题】	95
第5章 模具制造	96
5.1 模具零件加工方法	96
5.1.1 模具零件加工方法	96
5.1.2 选择模具表面加工方法的原则	98
5.2 模具典型零件机械加工	98
5.2.1 导柱导套加工	98
5.2.2 模座和模板加工	101
5.2.3 滑块加工	104
5.2.4 冲裁凸模和凹模加工	105
5.2.5 塑料模型芯和型腔加工	110
5.3 模具特种加工	111
5.3.1 电火花加工	111
5.3.2 数控电火花线切割加工	112
5.3.3 电化学及化学加工	113
5.3.4 超声波加工	116
5.4 快速成型技术	117
5.4.1 快速成型技术简介	117
5.4.2 光固化成型(SLA)	117
5.4.3 叠层实体制造(LOM)	118
5.4.4 选域激光粉末烧结(SLS)	119
5.4.5 三维印刷(3DP)	121
5.4.6 熔融沉积成型(FDM)	122
5.5 模具标准化与模具生产管理	123
5.5.1 模具标准化	123
5.5.2 模具生产管理	127
【本章小结】	131
【练习题】	133
第6章 模具先进制造技术	136
6.1 高速铣削技术	136
6.1.1 高速铣削技术特点	136
6.1.2 高速铣削加工机床	138
6.1.3 高速切削加工刀柄和刀具	139
6.2 电火花铣削加工技术	140
6.2.1 电火花铣削加工技术工作原理	141
6.2.2 电火花铣削加工技术特点	141

6.2.3 电火花铣削加工成型方式	142
6.3 可重构模具技术	144
6.3.1 可重构技术含义	144
6.3.2 可重构技术类型	144
6.3.3 可重构模具技术发展趋势	147
6.4 快速制模技术	148
6.4.1 快速制模技术含义	148
6.4.2 快速制模技术特点	148
6.4.3 快速制模技术方法	148
6.4.4 快速制模技术发展趋势	152
6.5 高压水射流切割技术	152
6.5.1 高压水射流切割原理	153
6.5.2 高压水射流切割特点	153
6.5.3 高压水射流切割设备	154
6.5.4 高压水射流切割技术应用范围	155
6.6 模具 CAD/CAE/CAM 软件技术	156
6.6.1 3C 技术简介	156
6.6.2 新一代模具 CAD/CAE/CAM 技术	157
6.6.3 新一代模具 CAD/CAE/CAM 技术应用	159
【本章小结】	159
【练习题】	160
第 7 章 模具逆向工程技术	161
7.1 逆向工程技术概述	161
7.1.1 逆向工程技术定义	161
7.1.2 逆向工程技术流程	162
7.1.3 逆向工程技术应用	163
7.2 逆向工程关键技术	163
7.2.1 数据采集与处理	163
7.2.2 建模技术	166
7.3 逆向工程技术应用	166
【练习题】	168
练习题参考答案	171
参考文献	183

第1章 概 论

【学习目标】

- ◇ 了解模具的概念及分类。
- ◇ 了解模具的成型特点。
- ◇ 了解中国模具工业的历史沿革。
- ◇ 了解未来模具工业发展的趋势。

1.1 模具的概念

模具 (mold 或 die) 是用来成型产品的工具, 是按照产品特定形状制成的模型, 可使坯料形成所需形状。使用模具生产的产品在人们的日常生活中随处可见, 月饼和棒冰就是由最简单的模具制作而成的, 如图 1-1 所示。再如, 日常生活中的塑料制品 (塑料盆、杯子、玩具)、金属小零件 (瓶起子、刀叉、容器)、电脑外壳及零件、汽车零件、武器等, 都与模具有着密切的联系。

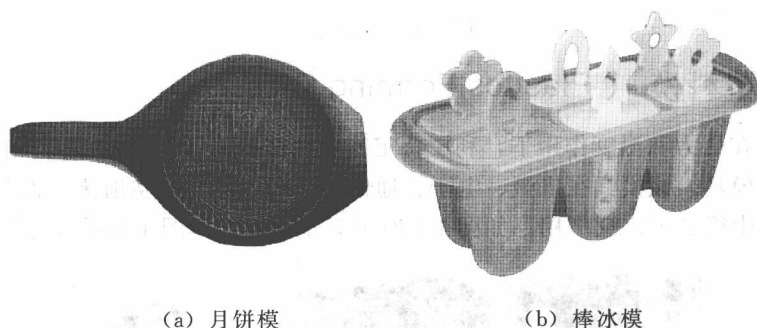


图 1-1 制作月饼和棒冰的模具

在工业生产中, 用模具生产制件 (作为工作对象的零件, 多指机械加工过程中的零件, 又称工件或作件) 所具有的高精度、高一致性、高生产率是任何其他加工方法不能比拟的, 所以模具又有“工业之母”的美称。

1.2 模具的分类

由于模具的种类与形式繁多, 涵盖的范围极为广泛, 导致分类比较困难。为了对模具作系统的介绍, 本书按模具所成型的材料的不同, 将其分为金属模具和非金属模具。其中, 冷冲压模、压铸模、锻造模、粉末冶金模属于金属模; 塑料模、橡胶模、玻璃模属于非金属模。

1.2.1 冷冲压模 (Die for Sheet Metal Working)

冷冲压模是最常见的模具, 主要加工的材料是金属板料或条状金属, 在冲床或压床上对

材料进行剪切、弯曲、拉深等工作。这类模具在汽车、航空航天、仪器仪表、家电、电子、通信、军工、日用品等产品的生产中得到了广泛应用。如图 1-2 所示为冷冲模，如图 1-3 所示为冲压制品。

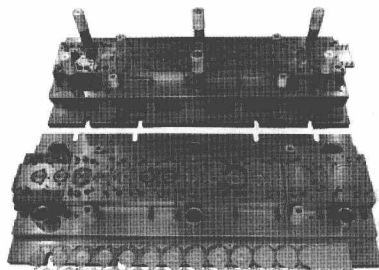


图 1-2 冷冲模

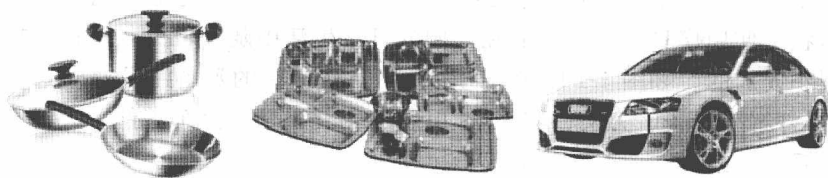


图 1-3 冲压制品

1.2.2 塑料模 (Plastics Forming Dies)

塑料模是指在压力和温度作用下，利用特定密闭腔体使塑料原料成型为具有一定形状和尺寸的塑料制品的模具。该模具在机械、电子、通信、交通运输、航空航天、医疗卫生及日常生活用品等的制造中得到了广泛应用。如图 1-4 所示为塑料模，如图 1-5 所示为塑料制件。

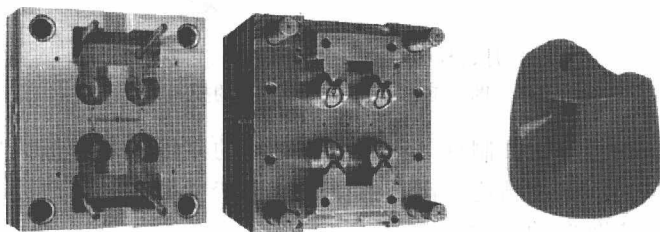


图 1-4 塑料模

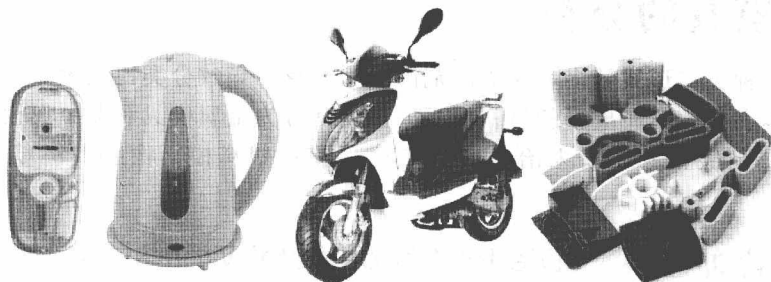


图 1-5 塑料制件

1.2.3 压铸模 (Die-Casting Dies)

压铸模是指将低熔点金属(如铝、锌、镁、铁、铜等)在熔融状态或半熔融状态下,在高压作用下以极高的速度充填入型腔,并在高压下使熔融合金冷却凝固形成制品的模具。该模具广泛用于兵器、汽车与摩托车、航空航天、洗衣机、电冰箱、建筑装饰以及日用五金等各种产品的零部件生产。如图 1-6 所示为压铸模,如图 1-7 所示为汽车、摩托车等机电产品中使用的压铸件。

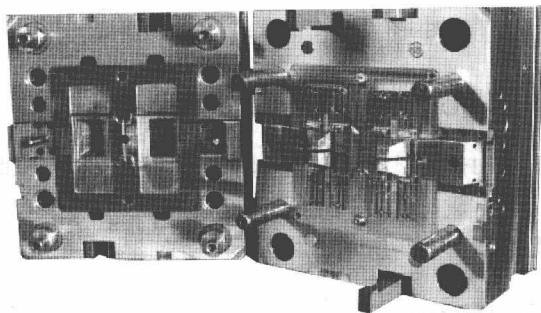


图 1-6 压铸模

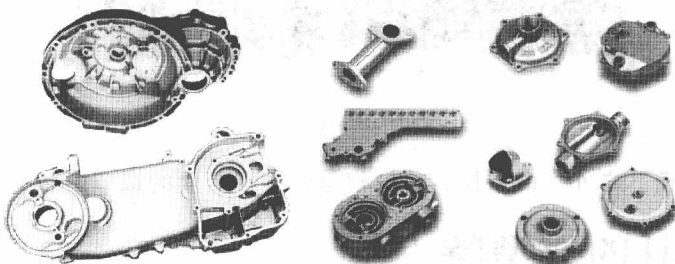


图 1-7 压铸件

1.2.4 粉末冶金注射成型模具 (Blank Forming Dies for Powder Metallurgy)

这种模具专用于金属、非金属或金属氧化物等粉末坯料成型,原料为高熔点金属、非金属或金属氧化物等的混合物(如钨粉、碳末、铁氧粉、锰氧粉或锌氧粉等的混合物)。在混合物中掺入适量的黏结剂,通过注射成型机械将物料融化混合,并在特定的压力下注入可形成一定形状的模具之中,成型坯件后烧结固化成金属零件,以制造各种高强度材料、特殊机械零件或电子零件,如各种碳化钨零件、工具、免油轴承、陶瓷刀具等。如图 1-8 所示为粉末冶金注射成型的产品。

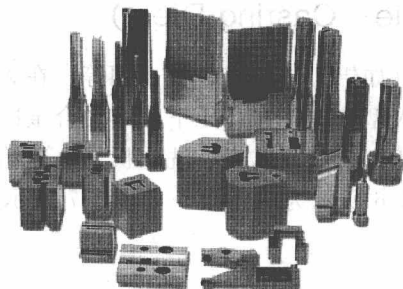


图 1-8 粉末冶金注射成型的产品

1.2.5 橡胶模 (Forming Dies for Rubber)

这种模具主要利用压缩加热方式来制造各种弹性体的零件,如油封、油杯、衬垫和填料等。这种模具构造比较简单,成型也比较容易。橡胶制品的典型代表是轮胎、液压或启动系统中的密封圈等。橡胶模具如图 1-9 所示。

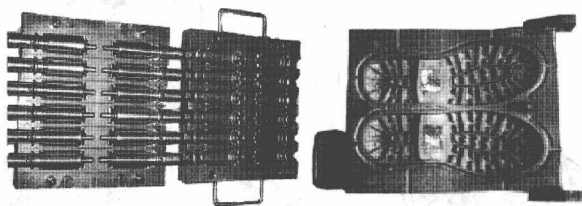


图 1-9 橡胶模

除了上述 5 种模具之外,锻造模、玻璃模等将会在后面的章节中叙述。

1.3 模具的成型特点

模具生产产品的方法与传统的切削加工方法相比,无论是在技术方面还是在经济方面,都有着独特的优点。

① 绿色环保。模具生产产品的方式是一种改变材料形状少、无切屑的加工方法,是一种绿色环保的加工方法。

② 简化制造程序。模具一经设计及制造完成,即可在短时间内完成制品的加工,而若以传统的切削加工方式,该产品可能需要经历一段很长的制造过程,从而造成时间浪费。

③ 可以大量复制产品。模具在其使用寿命期限内,可以重复制造形状、精度几乎完全相同的成品。普通模具可使用数万乃至数十万次,非常适合大批量生产。

④ 降低对技术人员的依赖。使用模具加工,操作人员并不需要高超的技术,可以减少对技术人员的依赖,降低生产成本。

虽然模具成型具有上述优点,但由于模具仍然属于一种用来复制的工具,因此精度要求极高的产品仍需依赖传统的加工方法。

1.4 我国模具工业发展历史

我国模具技术的起源可以追溯到古代。考古发现,早在 2000 多年前,我国已有模具被用于制造铜器,证明了中国古代模具方面的成就。

1986 年,四川广汉三星堆发掘出的两个商代祭祀坑出土了近千件精美绝伦的珍贵文物,其中有大小不同的青铜人头像和青铜面具等,如图 1-10 所示。到春秋战国时期,各种农作器具、战争武器的制作,使模具技术的运用渐趋成熟。如图 1-11 所示为战国时期的斧头模具,如图 1-12 所示为金银饰品模具。

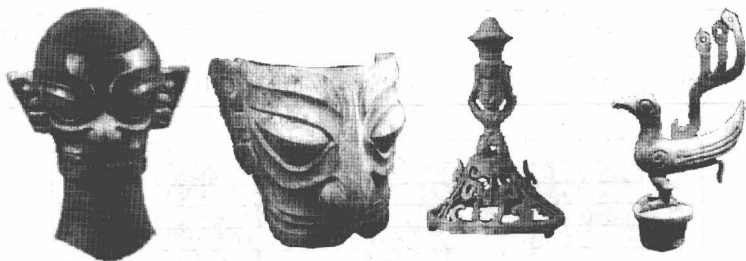


图 1-10 三星堆出土的青铜器

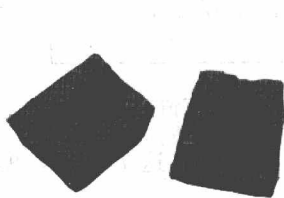


图 1-11 战国时期斧头模具

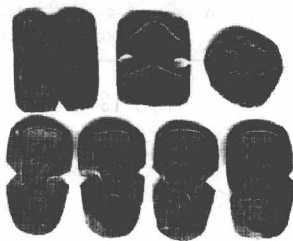


图 1-12 金银饰品模具

1998 年底,从秦陵地下宫城军备库陪葬坑中出土的秦剑、铍、矛、戟、车马器构件、镞、箭头及其他军用装备证明:秦朝时期青铜兵器的模具铸造技术、规模及铸后的加工技术已经达到了较为先进的水平。

20 世纪上半叶,我国工业基础薄弱,模具用得很少。抗战时期大都是私人开办的模具作坊,只能加工一些简易模具。在这段时间内,模具技术并没有得到推广和发展。抗日战争胜利后,经济萧条,工业水平低下,汽车工业仅做一些维修工作,轻工、五金行业多是私营的手工小作坊,对模具的需求量很小。与世界工业发达国家的模具业相比,中国模具工业的发展要晚几十年甚至是上百年。

我国的模具工业真正发展于 20 世纪 50 年代后期。1953 年,长春第一汽车制造厂在中国首次建立了冲模车间,并于 1958 年开始制造汽车覆盖件模具。这时,苏联、德国的模具书籍开始相继进入我国。但是由于我国长久以来对模具重视不够,且工业发展缓慢,经济封闭,人民生活水平很低等诸多因素,抑制了模具制造的产业化、社会化和商品化。

20 世纪 80 年代后期,国家开始重视模具工业发展,政府陆续给予很多扶植政策。1989

年, 国家把模具列为机械工业技术序列的第一位, 生产和基本序列的第二位。

1992 年, 原国家计委等三部门发出了《关于印发“一九九一至一九九五年模具工业振兴纲要”的通知》, 这是“八五”期间模具行业的纲领性、指导性文件。

1997 年以后, 模具及模具加工技术和设备被列为国家重点工业发展对象, 体现了国务院和国家有关部门对于发展模具工业的支持, 也体现了模具工业在国民经济中的重要性。

进入 21 世纪后, 国民经济的高速发展对模具工业提出了越来越高的要求, 同时为模具的发展提供了巨大的动力。表 1-1 和图 1-13 所示是我国 2000~2008 年全国模具生产情况统计。

表 1-1 2000~2008 年我国模具生产产值表

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
产值 (亿元)	280	316	360	450	530	610	720	870	950

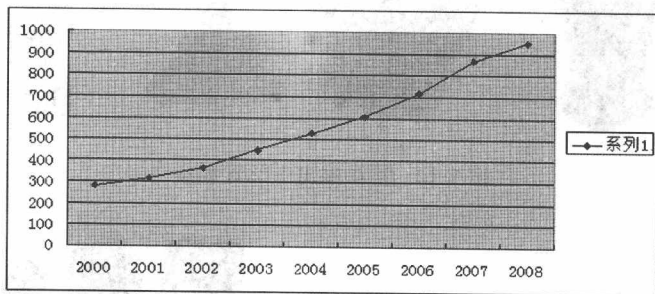


图 1-13 2000~2008 年我国模具生产产值情况

从表 1-1 和图 1-13 可以看出, 我国模具工业发展迅速, 在这 7 年间, 模具产值以 20% 的增长率持续快速增长。

1.5 我国模具工业发展现状

中国模具工业在过去十多年中取得了令人瞩目的发展, 模具销售额持续增长。目前模具加工制造企业已有 3 万多家, 从业人员超过 100 万。

1. 模具行业结构调整取得一定成效

这主要有 3 方面表现: 一是体制改革与机制转换的成效。目前国有企业少, 无论从数量还是产销来说, 都只占全行业的不足 3%, 股份制、私营和三资企业已占绝对优势, 整个行业的活力进一步增强; 二是以大型、精密、复杂、长寿命模具为主要代表的高技术含量的中高档模具比例一直在稳步提高; 三是市场结构不断改善, 新兴行业受到普遍重视, 例如新能源领域、医疗设备 (器具、器械) 领域、自动化领域、航空航天领域及快速经济模具领域等。国际市场也更为广阔, 除了欧美和东南亚传统市场之外, 印度、俄罗斯、巴西、澳大利亚、中东和南非等新兴市场都已开始拓展。

2. 海外模具生产不断向我国内地转移

由于我国模具生产的成本优势, 国际上模具的生产与采购在进一步向我国内地转移, 加速了我国模具的进步。



3. 集群式生产方式得到进一步发展

目前全国已有不同种类和各种不同形式的模具城(园、区、集聚生产基地) 30 多个, 其中半数以上已形成一定规模。2008 年, 模具城的产出已达 270 亿元左右, 其中模具约为 170 亿元左右, 规模效应得到体现。集群式生产方式为发展我国模具行业中的现代制造服务业和以模具为核心的产业链作出了重大贡献。

从地区分布来看, 以珠三角、长三角以及安徽等地发展较快。广东省是中国目前模具第一大省, 以三资企业为主体的广东省模具市场目前约占全国的四成以上。以民营企业为主体的浙江省是模具第二生产大省, 浙江的宁波和黄岩地区已成为“中国模具之乡”。江苏和上海近年来发展也很快, 市场份额正逐年增长。

4. 模具生产周期缩短, 价格下降

随着市场竞争的加剧, 人们迫切希望不断缩短模具的生产周期, 降低模具的价格, 这对模具生产企业造成了很大压力。不过, 随着计算机辅助设计与计算机辅助制造(CAD/CAM)技术的发展, 给上述要求提供了现实可能性。

1.6 模具工业发展趋势

模具是为制件, 也就是成型产品服务的, 因此模具必然要以制件的发展趋势为自己的发展趋势, 模具必须满足它们的要求。对制件的具体要求如下。

1. 轻巧

如今, 人们希望在保持产品性能的前提下不断减轻产品重量。为此, 人们开发了大量新材料, 如各种新型塑料、改性塑料、金属塑料、镁合金、复合材料等, 这就要求有新的成型工艺, 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, 对一些超高强度板进行热成型及开发与之相适应的热成型模具自然而然地成为了发展趋势。

2. 精美

精美就是产品的外形美观大方, 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。

3. 快速高效生产

如今, 人们一方面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; 另一方面是使用户能用提供的模具快速高效地生产。为此, 人们开发了一模多腔多件生产、叠层模具、热流道、多层复合、模内装饰、高光无痕注塑、在线检测、多工序复合、多排多工位等技术。此外, 制件成型过程智能化还要求有智能化模具。

4. 高质量

要提高制件的质量, 模具的稳定性一定要好, 从而保证制件的一致性。

除上述各点外, 许多新领域、新产业的模具制件的个性化要求也都对模具不断提出新要求。从发展趋势来看, 模具发展趋势可从下列最基本的 5 个方面进行分析:

新材料——不断开发采用新材料成型的新型模具;

新工艺——不断开发新的成型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、超精细和高度自动化方向发展;



信息化——数字化生产、信息化管理；

网络化——融入和利用好世界全球化网络。

【本章小结】

1. 使用模具制造产品具有快速、可重复的特性，适合于自动化大批量生产、节省材料。
2. 若按所成形的材料不同区分，模具可分为金属模具和非金属模具。
3. 目前中国的模具工业在制造技术上及人员素质方面有待提高。
4. 未来模具工业须朝着应用 CAD/CAM 技术、零件标准化、应用新材料与新工艺、超高速与超精细、自动化与智能化等方向发展。

第2章 冷冲压工艺与冷冲压模具

【学习目标】

- ◆ 了解冲压加工的特点及冷冲压技术的应用领域。
- ◆ 掌握冲压加工的类型及冷冲模的分类。
- ◆ 掌握冷冲模的基本结构。
- ◆ 了解冲压设备的种类，并能依冲压条件选择合适的冲压设备。
- ◆ 了解常用的冷冲压材料和常用模具材料。
- ◆ 学会分析冷冲模工作原理。

【先导案例】

如图 2-1 所示冲裁件，材料为 Q235，厚度为 1 mm，大批量生产。试制定工件冲压工艺规程，并选择其冲压设备。

2.1 冷冲压加工概要

冷冲压加工是指在常温下利用安装在压力机上的模具对材料施加压力，使其成为具有一定形状、尺寸和性能的毛坯或制件的加工方法。冲压模具是指将板料加工成制件的专用工具。

2.1.1 冷冲压加工特点

冷冲压加工是金属成型的主要方法之一。冲压加工的工作方法完全不同于一般的机械加工方法，它具有以下优点。

① 冷冲压加工是少切削或无切削加工方法之一，是一种节能、低耗、高效的加工方法，冲件的成本较低。

② 冷冲压件的尺寸公差由模具保证，具有“一模一样”的特征。也就是说，一套冷冲压模具能够大量生产同一形状、尺寸的制品，其加工精度一般都非常均匀，且通常比切削加工效果还好。

③ 冷冲压可以加工壁薄、重量轻、形状复杂、表面质量好、刚性好的零件。

④ 可以节省材料。因为使用板料、卷材等材料，加工所剩余的废料能保持原有的形状，可用于制造其他较小的零件，材料的再利用率较高。而在切削加工的场合，加工所剩余的废料只能用来再熔炼加工。

⑤ 冲压加工生产效率高。用普通压力机进行冲压加工，每分钟可达到几十件；用高速压力机生产，每分钟可达数百件或千件以上。

⑥ 操作简单，容易，非熟练人员也能操作。

冲压加工虽有上述诸多优点，但也有一些缺点。

① 冲压加工不适用于小批量生产。冲压加工所使用的模具一般具有专用性，有时一个

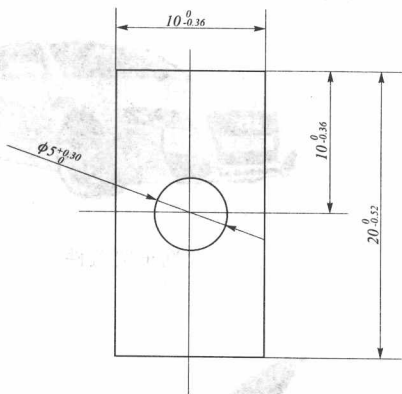


图 2-1 冲裁件