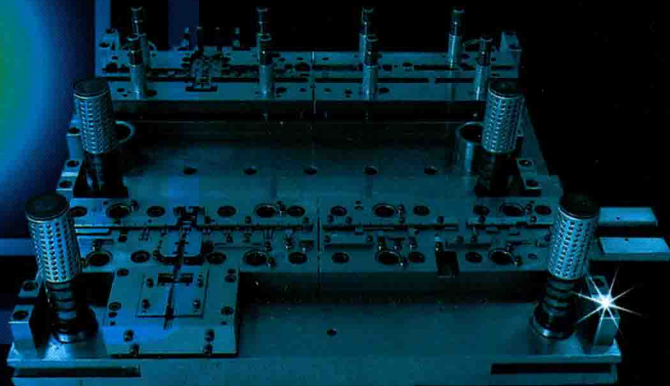
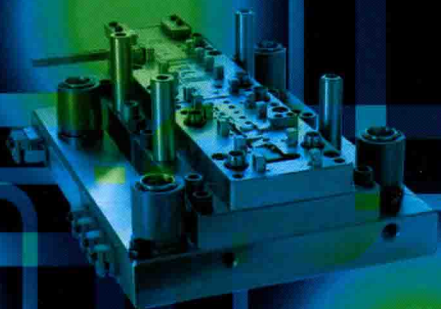


高等工科院校“十三五”规划教材

模具设计与制造简明教程 (冲压模具)

● 王 莺 张秋菊 主编

MUJU SHEJI
YU ZHIZAO
JIANMING JIAOCHENG
CHONGYA MUJU



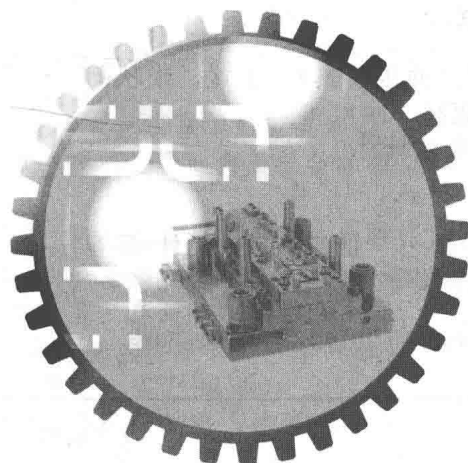
化学工业出版社

高等工科院校“十三五”规划教材

模具设计与制造简明教程

(冲压模具)

王 莺 张秋菊 主编
任 伟 戚丽丽 副主编
王沙沙 马迎亚 姜振华 参编
石素梅 主审



MUJU SHEJI
YU ZHIZAO
JIANMING JIAOCHENG
CHONGYA MUJU



化学工业出版社

· 北 京 ·

《模具设计与制造简明教程（冲压模具）》的内容包括：冲压成型的概述，冲裁工艺与冲裁模设计、弯曲工艺与弯曲模设计、拉深工艺与拉深模设计及其他冲压工艺和模具设计；模具制造基础知识，冲压模具主要零件的制造工艺、模具特种加工制造、模具装配与检测、模具 CAD/CAM 简介、模具设计与制造的发展趋势。

本书根据教育部最新的专业与课程改革要求，按照“少而精、理论联系实际、学以致用”的原则编写。每一章后设置有小结和适量的思考练习题，以巩固和强化所学的知识。

本书配有免费的电子教学课件、练习题参考答案（或提示）。

《模具设计与制造简明教程（冲压模具）》可作为高等院校“模具设计与制造”课程的教材，也可作为职业院校、成人教育、自学考试、电视大学及培训班的教材，还可作为机电行业工程技术人员的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

模具设计与制造简明教程（冲压模具）/王莺，张秋菊
主编. —北京：化学工业出版社，2017.5
高等工科院校“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-29272-8

I. ①模… II. ①王…②张… III. ①冲模-设计-高等学校-教材②冲模-制造-高等学校-教材 IV. ①TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 048165 号

责任编辑：刘俊之
责任校对：宋 夏

文字编辑：吴开亮
装帧设计：韩 飞

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：高教社（天津）印务有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 14½ 字数 385 千字 2017 年 8 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：38.00 元

版权所有 违者必究

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。大到轮船、飞机、汽车，小到茶杯、钉子，几乎所有的工业、日用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、高生产率是其他任何加工方法所不能取代的。模具在电子、汽车、电机、仪器仪表、家电通信等产业中有着广泛的应用，作用不可替代，被赞为“金钥匙”“制造业之母”等。近年来，模具工业飞速发展，模具技术人才培养的要求和速度也在大幅度提高，各级各类学校、专业培训机构都在进行模具设计、制造与管理人才的教育和培训，特别是有越来越多的具有一定机械基础的人员正在或将要从事模具工作，他们需要具备一定的模具专业知识。

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。针对这一需要而编写的本书既可以满足教学的需要，也可供相关的工程技术人员参考。

“模具设计与制造”是一门实践性很强的课程，本书的编写兼顾了理论和实践两个方面的内容。编者使用简洁明了的语言介绍了模具设计与制造的理论知识，同时辅用大量的模具结构简图，理论联系实际，力求做到深入浅出、通俗易懂、内容完整、实用性强且“简明”的特点。每章最后都附有小结和一定数量的思考题与习题，突出重点并加深学生对所学知识的理解。

《模具设计与制造简明教程（冲压模具）》是根据高等教育机械类、机电类等专业的特点及要求编写的。本书配有免费的电子教学课件（www.cipedu.com.cn）和练习题参考答案（或提示）。

本书为高等院校机械类、机电类及工程类专业的教材，也可作为职业院校、成人教育、自学考试、电视大学及培训班的相关专业教材，还可作为工程技术人员的参考书。

参加编写的单位（人员）有：青岛科技大学（王莺、王沙沙、戚丽丽、马迎亚）；青岛技师学院（张秋菊）；青岛海洋技师学院（任伟）；青岛鸿森集团（姜振华）。

编写分工如下：王莺（绪论、第1~4章）；王沙沙（设计制作第6~11章的电子课件）；任伟（第9、10章）；马迎亚（对书中的图、表进行整理或设计制作）；张秋菊（第5~8章）；戚丽丽（第11章、设计制作第1~5章的电子课件）；姜振华（对书后的附录进行整理或设计制作。）

本书由王莺和张秋菊任主篇，并负责统稿；由任伟和戚丽丽任副主编。邀请青岛大学石素梅教授和青岛科技大孟庆东教授为审稿人，他们对全书内容取舍、编写风格等做了具体指导，提出了许多宝贵建议。

在编写出版过程中得到了化学工作出版社及各参编者所在单位教学主管部门的支持与帮助。编写时借鉴同类教材及教学辅导教材等有关资料。谨此，对上述单位和个人表示衷心感谢！

限于编者水平，书中不足之处，敬请读者批评指正。

编者

2017年2月

目 录

绪 论

0.1 模具及模具的分类	1
0.2 模具设计概述	5
0.3 模具制造的概述	7
0.4 模具加工方法	9
0.5 我国模具生产的历史与现状	11
0.6 我国模具工业的发展趋势	13
0.7 课程的性质、任务和要求	14
0.8 本书的内容及编排	15
本章小结	16
思考与练习题	16

第1章 冷冲压技术的概述

1.1 冷冲压技术的基本概念	17
1.2 冲压加工基本工序	18
1.3 冲压常用材料	21
1.4 常用的冲压设备	24
本章小结	33
思考与练习题	33

第2章 冲裁工艺与冲裁模设计

2.1 冲裁工艺设计基础	35
2.2 冲裁变形过程及断面特征	36
2.3 冲裁模的结构	48
2.4 冲裁模设计	52
2.5 冲裁模设计实例	59
本章小结	62
思考与练习题	62

第3章 弯曲工艺与弯曲模设计 64

3.1 弯曲工艺	64
3.2 弯曲毛坯展开尺寸计算	67
3.3 回跳及减少回跳的措施	72
3.4 弯曲力计算	76
3.5 弯曲凸、凹模尺寸计算	78
3.6 弯曲模实例分析	82
本章小结	90
思考与练习题	90

第4章 拉深工艺与拉深模设计 92

4.1 拉深与拉深工艺的概念	92
4.2 拉深工艺分析	93
4.3 圆筒形零件拉深的工艺计算	97
4.4 拉深模工作部分设计	101
4.5 拉深件的起皱及其防止措施	106
4.6 拉深模典型结构	108
4.7 带凸缘圆筒形件的拉深	110
4.8 精选拉深模具设计实例分析	113
本章小结	116
思考与练习题	117

第5章 其他冲压工艺和模具 118

5.1 胀形和缩口	118
5.2 翻边和局部成型	122
5.3 旋压	128
5.4 冷挤压	130
5.5 校形	133
5.6 精选成型模具设计实例分析	134
本章小结	137
思考与练习题	137

第6章 模具制造基础 138

6.1 模具制造工艺	138
6.2 模具制造工艺规程	140
6.3 模具零件的机械加工	145

6.4	模具的特种加工方法简介	152
6.5	3D 打印技术简介	153
6.6	模具制造的表面质量	154
6.7	模具表面加工和热处理工艺	155
6.8	模具零件热处理工艺	157
	本章小结	158
	思考与练习题	158
第 7 章	冲压模具主要零件的制造工艺	160
7.1	冲裁模的凸、凹模之机械加工方法	160
7.2	弯曲模的制造	167
7.3	拉深模的制造	168
7.4	冷冲模的其他模具零件之加工方法	170
	本章小结	173
	思考与练习题	173
第 8 章	模具装配工艺	175
8.1	模具装配与装配精度	175
8.2	模具主要零件的固定	179
8.3	模具的间隙和壁厚的控制方法	181
8.4	冷冲模的装配	182
8.5	冲压模具试冲和调整的要求	188
8.6	试模与调试	195
	本章小结	195
	思考与练习题	196
* 第 9 章	冲压模具检验	197
9.1	模具质量检验	197
9.2	模具质量检验方法及工具	199
9.3	模具质量的检定	203
	本章小结	205
	思考与练习题	205
第 10 章	模具设计与制造发展趋势	206
10.1	模具设计技术的发展趋势	206
10.2	模具加工技术的发展趋势	207

10.3 新型模具材料的开发和应用	208
本章小结	209
思考与练习题	209

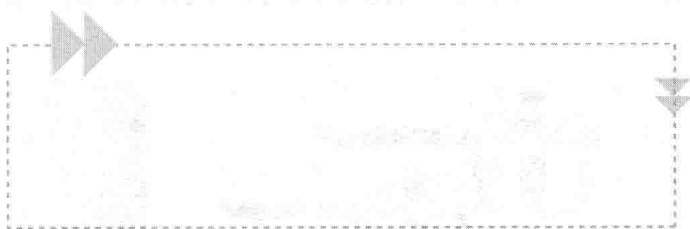
第 11 章 **模具 CAD / CAM 简介** 210

11.1 概述	210
11.2 模具 CAD/CAM 的组成	210
11.3 模具 CAD/CAM 的工作原理	211
11.4 典型软件举例	212
本章小结	214
思考与练习题	215

附 录 216

附录 A 冲压件未注公差尺寸极限偏差 (摘自 GB/T 15055—2007)	216
附录 B 冲压件未注形位公差数值 (摘自 GB/T 1184—1996)	219
附录 C 冲模零件的材料及其技术要求	221

参考文献 224



绪 论

0.1 模具及模具的分类

0.1.1 模具的概念及模具的应用

(1) 模具的概念

模具是工业、日用产品生产用的工艺装备，是用以制造产品的专用模型。模具是现代工业生产中广泛应用的优质、高效、低耗、适应性很强的生产技术，或称成型工具、成型工装产品。模具也是技术含量高、附加值高、使用广泛的新技术产品，是价值很高的社会财富。

模具制造业作为现代制造业的基础和重要组成部分，现已成为国家经济建设中的朝阳产业和重要的支柱产业，在国民经济发展中发挥着越来越重要的作用。模具生产技术水平甚至成为衡量一个国家机械制造技术水平的重要标志之一。

模具的应用遍布人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。

为了通俗、形象地了解模具的含义，不妨举几个例子。

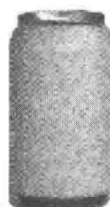
① 模具与生活 社会上日用消费品的数量与人口总数成正比，尽管消费品种类繁多、规格不一，每款消费品的生产批量仍然非常巨大，因此与我们的衣食住行密切相关的许多物品都是借助于模具生产出来的。清晨，我们进入卫生间洗漱：塑料牙刷柄、塑料香皂盒、塑料拖鞋来自塑料模具，陶瓷盥洗盆、陶瓷漱口杯出自陶瓷模具。洗漱毕，进厨房：不锈钢锅、易拉罐（见图 0-1）是经过冲裁模下料、拉深模拉深、修边模修边等多套模具才生产出来的。再如饼干或者巧克力（见图 0-2），那可是出自食品模。饭后，穿上经过皮革模压制定型的皮鞋，骑上自行车到学习或者工作岗位——自行车的轮胎是橡胶模具的产品，车瓦来自落料模和成形模，螺钉、螺母来自冷镦模，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！

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，而且可以显著提高生产率。随着生产产品批量的增加，单件产品分摊的模具费用会降低，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，为了成型有时也必须使用模具，这时降低模具成本就成为了首要问题。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。

③ 模具与艺术 说模具与生产密切相关，人们一般比较容易接受。如果有人说：“模具与艺术也息息相通。”你同意吗？当你走进雕塑公园时，你就会觉得此言不虚。



(a) 不锈钢锅



(b) 易拉罐

图 0-1 不锈钢锅、易拉罐

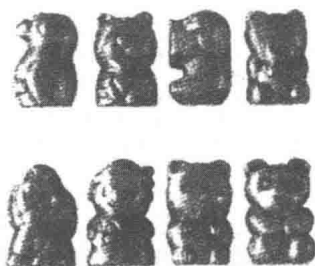


图 0-2 精美的巧克力造型

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，到以后人工材料的青铜雕塑、陶瓷雕塑和其他金属及合金雕塑，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，很快被应用到了雕塑艺术中。应用玻璃钢技术，可以快速、逼真地将泥塑的作品翻制并长期保存下来。因此，玻璃钢雕塑广泛成为广场、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，以及室外存放不易风化等优点，特别适于制造大型的雕塑。图 0-3 所示的就是玻璃钢的雕塑作品。

模具在我们周围，与我们息息相关！



图 0-3 玻璃钢雕塑作品

综上所述，模具是能生产出具有一定形状和满足尺寸要求零件的生产工具，是和冲压、锻造、铸造成型机械，以及塑料、橡胶、陶瓷等非金属材料制品成型加工用的成型机械相配套，作为成型工具来使用的。简而言之，模具是用来成型物品的工具，由各种零件构成，不同的模具由不同的零件构成，主要通过所成型材料物理状态的改变来实现物品外形的加工。为提高模具的质量、性能、精度和生产效率，缩短模具制造周期，模具多采用标准零部件，所以模具属于标准化程度较高的产品。一副中小型冲模或塑料注射模中，其标准零部件可达 90%，其工时节约率可达 25%~45%。

(2) 模具的应用

模具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。采用模具成型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，因而其被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生产任务转移到我国，我国的模具工业发展前景广阔。

0.1.2 模具的分类

模具的用途广泛、种类繁多，科学地进行模具分类，对有计划地发展模具工业，系统地研究、开发模具生产技术，促进模具设计、制造技术的现代化，充分发挥模具的功能和作用，研究、制定模具技术标准，提高模具标准化水平和专业化协作生产水平，提高模具生产效率，缩短模具的制造周期，都具有十分重要的意义。

模具的具体分类方法很多，按模具结构型式可分为冲压模中的单工序模、复合模等，塑料成型模具中的注射模、挤出模、压缩模、吹塑模等；按模具使用对象可分为，汽车模具、电视机模具、电工模具等；按模具材料可分为硬质合金模具和钢模等；按加工工艺性质可分为冲压模中的冲孔模、落料模、拉深模、弯曲模，塑料成型模具中的注射模、吸塑模、吹塑模等。这些分类方法具有直观、方便等优点，但不尽合理，易将模具类别与品种混用，使种类繁多无序，因此，采用综合归纳法，将模具分为十大类；而各大类模具又可根据其使用对象、材料、功能和模具制造方法，以及工艺性质等，再分成若干小类和品种。模具的分类见表 0-1。

表 0-1 模具的分类

模具类别	成型方法	成型加工材料	模具材料
冲压模	普通冲裁模,级进模,复合模,精冲模,切断模	金属材料	工具钢、硬质合金
	拉深模,弯曲模,成型模,其他冲压模	金属材料	工具钢、铸铁
塑料模	热固性塑料注射模、压塑模	热固性塑料	硬钢
	热塑性塑料注射模,挤塑模	热塑性塑料	
	吹塑模	热塑性塑料	硬钢、铸铁
	真空吸塑模		铝
	其他塑料模		
锻造模	热锻模,冷锻模,金属挤压模,切边模,其他锻造模	金属材料	模具钢
压铸模	压力铸造模,低压铸造模	有色金属及其合金	耐热钢
	熔模铸造模	精密铸件	石蜡、树脂、混合砂
	金属模	铝及合金	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	

续表

模具类别	成型方法	成型加工材料	模具材料
橡胶模	橡胶压胶成型模,橡胶挤胶成型模	橡胶	钢
	橡胶注射成型模,橡胶浇注成型模,橡胶封装成型模	橡胶	钢、铸铁、铝
	其他橡胶模	橡胶	
拉丝模	热拉丝模,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	
	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,其他未包括的模具		

模具还可按照成型用材料分类。依据自然科学中基于工程材料进行分类研究的观点，按模具所成型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 金属材料成型用模具 冲压模（板料、管材）、锻造模（体积成型）、铸造模（液态金属）、粉末冶金模（金属粉末）、拉丝模（线材）；
 - ② 有机高分子材料成型用模具 塑料模、橡胶模、食品模、皮革模；
 - ③ 无机非金属材料成型用模具 陶瓷模、玻璃模、水泥与混凝土模。
- 在这些模具中，冲压模、塑料模是应用最为广泛的两类模具。

0.1.3 模具的特点

模具的功能和应用与模具的类别、品种有着密切的关系。模具和产品零件的形状、尺寸、精度、材料、材料型式、表面状态、质量和生产批量等都必须相符合，要满足零件要求的技术条件，即每一个产品零件相对应的生产用模具，只能是一副或一套特定的模具。为适应模具不同的功能和用途，每一副模具都需进行创造性设计，由此造成模具结构型式多变，从而造成了模具类别和品种繁多，并具有单件生产的特征。

尽管如此，由于模具生产技术的现代化，在现代工业生产中，模具已广泛用于各类产品的生产中。其主要原因是由于模具具有以下一系列特点。

① 模具的适应性强 针对产品零件的生产规模和生产形式，可采用不同结构和档次的模具与之相适应。例如，为适应产品零件的大批量生产，可采用高效率、高精度、高寿命和自动化程度高的模具；为适应产品试制或多品种、小批量的产品零件生产，可采用通用模具，如组合冲模、快换模具（可用于柔性生产线）以及各种经济模具。

根据不同产品零件的结构、性质、精度和批量，以及零件材料和材料性质、供货形式，可采用不同类别和种类的模具与之相适应。如锻件需采用锻模，冲件需采用冲模，塑件需采用塑料成型模具，薄壳塑件需采用吸塑或吹塑模具等。

② 制件的互换性好 在模具的一定使用寿命范围内，合格制件（冲件、塑件、锻件等）的形状、尺寸相同，可完全互换。

③ 生产效率高 采用模具成型加工,产品零件的生产效率高。高速冲压可达 1800 次/min。由于模具寿命和产品产量等因素限制,常用冲模也在 200~600 次/min 范围内。塑件注射成型的循环时间可缩短在 1~2min 内,若采用热流道模具进行连续注射成型,生产效率则更高,可满足塑件大批量生产的要求。采用模具进行成型加工与机械力加工相比,不仅生产效率高,而且生产消耗低,可大幅度节约原材料和人力资源,是一种优质、高效、低耗的生产技术。

④ 社会效益高 模具是具有高技术含量的产品,其价值和价格主要取决于模具材料、加工、外购件的劳动与消耗这 3 项直接发生的费用和模具设计与试模(验)等技术费用。后者是模具价值和市场价格的主要组成部分,其中一部分技术价值计入了市场价格,而更大的一部分价值,则由模具用户和产品用户受惠变为社会效益。如电视机用模具,其模具费用仅为电视机产品价格的 1/5000~1/3000,尽管模具的一次性投资较大,但在大批量生产的每台电视机的成本中仅占极小部分,甚至可以忽略不计,而实际上,很大一部分的模具价值为社会所拥有,变成了社会财富。

综上所述,模具是现代工业生产中广泛应用的优质、高效、低耗、适应性很强的生产技术,或称成型工具、成型工装产品。总之,模具是技术含量高、附加值高、使用广泛的新技术产品,是价值很高的社会财富。

0.2 模具设计概述

0.2.1 模具设计的基本要素

(1) 模具工作条件及主要技术指标

模具种类繁多,工作条件差异很大,技术要求等也有较大的差异。各类模具的工作条件和主要技术指标见表 0-2。

表 0-2 模具工作条件及主要技术指标

模具种类		型面压力 /MPa	工作温度 /℃	型面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	尺寸精度 /mm	硬度 HRC	寿命/万件
冲压模	一般钢冲模	200~600	室温	<0.8	0.01~0.005	58~62	100~300
	硬质合金冲模						4000~8000
塑料模	一般钢塑料模	70~150	180~200	≤ 0.4	0.01	35~40	40~60
	合金钢塑料模						>100
合金压铸模	中小型铝合金件用压铸模	300~500	600	≤ 0.4	0.01	42~48	10~20
	中大型铝合金件用压铸模						5~7
锻模	热锻模	300~800	70(表面)	≤ 0.8	0.02	40~48	≥ 1 (机锻)
	冷锻模	1000~2500	室温	<0.8	0.01	58~64	>2
粉末冶金模		400~800	室温	<0.4	0.01	58~62	>4

(2) 模具设计的基本条件

模具设计有两个基本条件,即工件的材料、性能、规格和成型设备的种类、性能、规

格。工件的材料对成型加工工艺和模具设计有很大的影响。模具加工是在一定的成型工艺条件下,根据材料的力学性能及加工性能,对各种不同厚度和性能的材料进行成型加工,使材料变形或分离,得到符合要求的零件或坯料。在模具设计前,必须以金属材料的力学性能(抗拉强度、伸长率、弹性模量等)、加工性能、热处理性能等和非金属材料的流动性能、成型温度、耐腐蚀性能等作为模具设计的依据和条件。

成型加工设备是模具使用过程中不可缺少的设备,模具只有与相应的成型加工设备相配合,才能发挥其特有的功能。成型加工设备的一些技术参数,如冲击力、安装模具的方式、尺寸范围、生产效率、可控温度范围等都是进行模具设计不可缺少的依据和条件。

只有掌握了工件材料的性能以及成型设备的性能,才能设计出符合成型工艺条件的模具,从而获得优质工件。

(3) 模具设计的内容及关键技术

模具的设计是模具制造过程中最关键的工作,主要内容包括模具总装配图和各零部件图的绘制。装配图要反映出各零部件之间的装配关系、尺寸、位置等,而零件图则应标明其尺寸及公差、精度要求、材料、热处理及其他的技术要求等。

模具设计是随着工件的形状、尺寸、尺寸精度、表面质量要求以及成型工艺条件的变化而变化的。其设计过程常分为工件工艺分析与设计、模具总体方案设计、整体结构设计、加工图设计4个阶段。

模具设计的关键是模具型面的设计。模具型面主要指模具中的工作零件上与工件形状相似或相同的型面。在模具型面设计中,其工作部位的形状、结构、尺寸及尺寸精度,型面的表面质量、力学和物理性能,模具材料等都要和工件的技术要求相一致。设计时,必须研究其加工工艺以及成型工艺,才能设计出高质量的模具。

(4) 模具整体结构设计

模具整体结构的设计方法和原理与通用机械的设计方法和原理基本相同,但由于模具是把金属或非金属材料加工成型为所需要的工件,如冲压件、塑件、铸件等,而且每个模具一般只能加工成型一种特殊的工件,具有很强的专业性,因此,模具结构设计又有其特殊的特点和要求。模具的整体结构设计应满足以下的几个要求:

- ① 能生产出合格的零件;
- ② 能适应批量生产的要求;
- ③ 使用方便,操作安全可靠;
- ④ 坚固耐用,能达到使用寿命的要求;
- ⑤ 容易制造,维修方便;
- ⑥ 成本低廉。

0.2.2 先进模具设计技术——CAD/CAE 技术(详见*第11章)

CAD/CAE 即计算机辅助设计与工程,它包括概念设计、优化设计、有限元分析、计算机仿真、计算机辅助绘图和计算机辅助设计过程管理等。采用 CAD 技术可以设计出产品的大体结构,应用 CAE 技术则可以进行结构分析、可行性评估和优化设计。模具采用 CAD/CAE 集成技术后,制件一般不需要再进行原型试验,采用几何造型技术后,制件的形状便能精确、逼真地显示在计算机上,再运用有限元分析程序可以对其力学性能进行检测。使用计算机自动绘图代替手工绘图,技术手册自动检索代替人工查阅,快速分析计算代替手工计算,可以大大节省模具设计师的时间并减少其工作量,从而使其能够集中精力从事方案构思和结构优化等工作。而在模具投产之前,CAE 软件可以检测模具结构有关参数的正确性,

从而对工艺参数与结构进行调整,提高工件质量和生产效率。

如今的概念设计已经扩展到了对模具结构分析的领域,而不是仅仅停留在对外观和结构的设计上。可以运用先进的 CAE 软件(尤其是有限元软件)对用 CAD 技术设计出来的模具进行强度、刚度、散热能力、疲劳和蠕变等性能分析,并进行抗冲击和跌落等模拟试验。通过以上的分析和试验来检验概念性结构设计是否合理,并分析出结构不合理的原因,然后在 CAD 软件中进行相应的修改。修改后,再在 CAE 软件中进行各种性能的分析 and 试验,最终确定符合设计和生产要求的模具结构。当今 CAD 技术的发展使得概念设计思想体现在相应的模块中,概念设计不再只是设计师的思维,系统模块也融合了一般的概念设计理念和办法。目前,世界上大型的 CAD/CAE 软件,如 Pro/ENGINEER、UG、SolidWorks 等,都提供了有关产品早期设计的工业设计模块。如 Pro/ENGINEER 就包含一个工业设计模块 ProDesign,用于支持自上而下的投影设计,以及在复杂产品的设计中所包含的许多复杂任务的自动设计。这些系统模块的应用大大减少了设计师的工作量,节约了工作时间,提高了工作效率,使设计师把更多的精力用在新产品的开发及创新上。

0.3 模具制造的概述

0.3.1 模具制造的概念

模具制造就是指在相应的制造装备和制造工艺的条件下,按照模具设计图纸资料直接对模具零件用材料进行加工,以改变其形状、尺寸、相对位置和性质,使之成为符合要求的零件,再将这些零件经配合、定位、连接并固定装配成为模具的过程。这一过程是按照各种专业工艺、工艺过程管理,以及工艺顺序进行加工和装配来实现的。

0.3.2 模具制造技术的概念

模具制造技术就是运用各类生产工艺装备和加工技术,生产出各种特定形状和加工作用的模具,并使其应用于实际生产中的系列工程应用技术。它包括:产品零件的分析技术、制造技术,模具的质量检测技术,模具的装配、调试技术,以及模具的使用、维护技术等。

0.3.3 模具制造的特点

现代工业产品的生产对模具的要求越来越高,这使得模具结构日趋复杂,制造难度日益增大。模具制造正由过去的劳动密集型和主要依靠工人的手工技巧及采用传统机械加工设备,转变为技术密集型和更多地依靠各种高效与高精度的数控切削机床、电加工机床,从过去的机械加工时代转变成机、电结合加工以及其他特殊加工时代,模具钳工加工量正呈逐渐减少之势。现代模具制造集中了制造技术的精华,体现了先进的制造技术,已成为技术密集型的综合加工技术。

一般说来,模具制造属于单件生产。尽管采取了一些措施,如模架标准化、毛坯专用化、零件商品化等,适当集中模具制造中的部分内容,使其带有批量生产的特点,但对整个模具制造过程,尤其对工作零件的制造而言仍然属于单件生产,其制造具有以下特点:

① 形状复杂,加工精度高 因此必须应用各种先进的加工方法(如数控铣、数控电加工、坐标镗、成型磨、坐标磨等)才能保证加工质量。

② 模具材料性能优异,硬度高,加工难度大 需要先进的加工设备和合理安排加工

工艺。

③ 模具生产批量小,大多具有单件生产的特点 应多采用少工序、多工步的加工方案,即工序集中的方案,不用或少用专用工具加工。

④ 模具制造完成后均需调整和试模 只有试模成型出合格制件后,模具制造方算合格。

0.3.4 模具制造的主要工作

现代模具设计一般是在模具标准化和通用化的基础上进行的,所以模具制造主要有以下3项工作:

- ① 模具工作零件的制造;
- ② 配购通用、标准件及进行补充加工;
- ③ 进行模具装配和试模。

其中,模具工作零件的制造和模具装配是重点。

0.3.5 模具制造的过程

模具设计装配图反映了各零部件之间的装配关系、尺寸、位置等,而零件图则应标明其尺寸及公差、精度要求、材料、热处理及其他的技术要求等。

模具制造工艺技术人员在接到设计任务时,首先要根据零件图样及技术要求、生产批量,对其进行工艺分析,确定其冲裁的可能性。若需要改善工艺性,涉及修改图纸时,则可向产品设计人员提出建议,共同协商解决。按模具设计的图样及技术要求,进行技术分析。模具制造过程一般按图 0-4 所示顺序进行。

工艺规程的制定 → 零部件生产 → 模具的装配 → 模具试模与修整 → 模具检测与验收

图 0-4 模具制造过程

(1) 工艺规程的制定

工艺规程是指工艺人员对模具零部件的生产及装配等工艺过程和操作方法的規定。制造模具时,在工艺上要充分考虑模具零件的材料、结构形状、尺寸、精度、使用寿命等方面的不同要求,采用合理的加工方法和工艺路线来保证模具的加工质量,提高生产效率,降低成本。

(2) 零部件生产

零部件生产是指,根据零部件图样的要求以及制定的工艺规程,采用切削加工、铸造加工和特种加工等方法加工出符合要求的零部件。零部件的加工往往包括粗加工、热处理和精加工等过程。零部件的生产还包括标准件及其他外协件的采购等。

(3) 模具的装配

模具的装配是指,将加工好的模具零部件及标准件按照模具装配的要求装配成一个完整的模具。在模具装配的过程中,还要对一些零部件进行修整,以达到设计要求。

(4) 模具试模与修整

模具装配好后,还需要在规定的成型机械上试模,检查模具在运行过程中是否正常,所得到工件的形状、尺寸、精度等是否符合要求。如果不符合要求,还需要对模具的一些零部件进行修整,并再次试模,直至能正常运行并能加工出合格的工件为止。

(5) 模具检测与验收

模具制造的最后一步是将检测合格的模具以及试制的件进行包装,并附带检验单、合格证、使用说明等交付相关部门或出厂。

0.4 模具加工方法

在模具制造中,按照零件结构和加工工艺过程的相似性,通常可将各种模具零件大致分为工作型面零件、板类零件、轴类零件、套类零件等,其加工方法主要有机械加工、特种加工两大类。其中,机械加工方法主要是指各类金属切削机床的切削加工,采用普通及数控切削机床进行车、铣、刨、镗、钻、磨加工,可以完成大部分模具零件加工,再配以钳工操作,可实现整套模具的制造。机械加工方法是模具零件的主要加工方法,即使模具的工作零件需要采用特种加工方法加工,也需要用机械加工的方法进行预加工。

随着模具质量要求的不断提高,高强度、高硬度、高韧性等特殊性能的模具材料的不断出现,以及复杂型面、型孔的不断增多,传统的机械加工方法已难以满足模具加工的要求,因而,直接利用电能、热能、光能、化学能、电化学能、声能等进行特种加工的工艺方法得到了很快的发展。目前,以电加工为主的特种加工方法在现代模具制造中已得到了广泛应用,它是对机械加工方法的重要补充。

模具常用的加工方法见表 0-3。

0.4.1 模具制造的特点及加工工艺特点

(1) 模具制造的特点

模具制造与其他机械制造相比,具有以下几个特点。

① 模具生产具有单件生产属性 模具是非定型产品,每套模具均有其不同的技术要求,通常生产一种工件只需要一两副模具,这就使模具生产具有了单件小批生产的特点。

② 模具形状及加工复杂,加工精度高 模具的工作部分一般都是复杂的曲面,而不是一般机械加工的简单几何体,模具生产制造技术几乎集中了机械加工的精华,一副模具往往需要用各种先进的加工方法来保证加工质量。此外,模具的零件不仅要具有较高的尺寸精度,还要具有较高的形状和位置精度。

③ 模具生产周期长、成本高 由于模具的单件生产属性,且对生产的要求高,每制造一副模具,都要从设计开始,并且要利用多种加工方式,一些零件的具体尺寸及位置必须要经过试验后才能确定,因此模具生产的周期长、成本高。

④ 模具生产的成套性 当生产某个工件需要多副模具时,各个模具之间往往相互影响,只有最后加工出的工件合格,这一系列的模具才算合格。

⑤ 模具生产需试模 由于以上模具设计及制造的一些特点,模具生产后,必须要经过反复的试模、修整后才能验收并交付使用。

(2) 模具加工的工艺特点

模具加工工艺主要有以下几个特点:

① 模具零件毛坯精度较低,加工余量较大,一般由木模制造、手工造型、砂型铸造、自由锻等方法加工而成。

② 模具零件除采用如车床、万能铣床、内外圆磨床、平面磨床等普通机床来加工外,还需要采用如电火花机床、线切割加工机床、成型磨削机床、电解加工机床等精密、高效的专用加工设备来加工。

③ 为了降低模具零件的加工成本,很少采用专用夹具,一般采用通用夹具,用划线法