



高职高专机电专业规划教材

冷冲压模具设计与制造

●主编 吴振亭 王德俊

河南科学技术出版社



高职高专机电专业规划教材

冷冲压模具设计与制造

主 编 吴振亭 王德俊

河南科学技术出版社

·郑州·

图书在版编目 (CIP) 数据

冷冲压模具设计与制造/吴振亭, 王德俊主编. —郑州: 河南科学技术出版社, 2006. 8
(高职高专机电专业规划教材)
ISBN 7-5349-3471-0

I. 冷… II. ①吴…②王… III. ①冷冲模-设计-高等学校: 技术学校-教材②冷冲模-制模工艺-高等学校: 技术学校-教材 IV. TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 075873 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028

责任编辑: 李迎辉

责任校对: 张小玲

封面设计: 李 冉

版式设计: 栾亚平

印 刷: 河南第一新华印刷厂

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185mm×260mm 印张: 17.5 字数: 470 千字

版 次: 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1—2 000

定 价: 27.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系。

《高职高专机电专业规划教材》编审委员会名单

主 任 李 华

副主任 (按姓氏笔画排序)

王林鸿	王朝庄	田 坤	苏海青	李学雷
杨星钊	张 勤	郝小会	侯继红	顾文明
陶 昆	彭志宏	薛培军		

委 员 (按姓氏笔画排序)

王玉中	王丽霞	王林鸿	王朝庄	田 坤
史艳红	宁玉伟	刘好增	刘静香	苏海青
李 华	李传军	杨学雷	杨星钊	肖 珑
吴振亭	张 勤	张洪峰	张淑贤	苗志毅
郝小会	侯继红	顾文明	陶 昆	常家东
康宝来	梁南丁	彭志宏	熊运昌	薛培军

《冷冲压模具设计与制造》编委名单

主 编 吴振亭 王德俊

副主编 王亚辉

编 委 (按姓氏笔画排序)

王亚辉 王德俊 吴振亭 段维峰 姚志英

主 审 杨占尧

序

高等职业技术教育是我国高等教育体系的重要组成部分。从 20 世纪 90 年代末开始,伴随我国高等教育的快速发展,高等职业技术教育也进入了快速发展时期。在短短的几年时间内,我国高等职业技术教育的规模,无论是在校生数量还是院校的数量,都接近于占高等教育总规模的半壁江山。自 2002 年 10 月以后,教育部连续召开了三次全国高等职业教育产学研合作研讨会,明确指出高等职业技术教育要“以服务为宗旨,以就业为导向,走产学研结合的发展道路”,为高等职业技术教育的发展指明了方向。2005 年 11 月,全国职业教育工作会议召开,会议提出要大力发展中国特色的职业教育,国务院印发了《关于大力发展职业教育的决定》。根据会议的精神,到 2010 年,我国高等职业教育招生规模要占高等教育招生规模的一半以上。

高等职业技术教育承担着为我国走新型工业化道路,调整经济结构和转变增长方式,提供高素质技能型人才的任務。随着我国经济建设步伐的加快,特别是随着我国由制造大国向制造强国的转变,现代制造业急需高素质高技能的专业人才。面对这一形势,高职高专院校的机电类专业根据市场和社会需要,不断更新教学内容,改进教学方法;大力推进精品专业、精品课程和教材建设;高度重视实践和实训环节教学;与企业紧密联系,加强学生的生产实习和社会实践,取得了许多成功的经验。近几年来,河南省的高职高专院校抓住机遇,主动面向社会,服务经济建设与社会发展,积极推进教学改革,加强教学基本建设,探索新的人才培养模式,取得了许多在全国具有重要影响的高等职业技术教育教学成果,许多高职高专院校在全国具有较高的知名度。

但是高等职业技术教育的发展并不平衡。由于发展速度快,一部分新创办的院校对高等职业技术教育的本质规律仍在认识过程中,对专业建设、教学内容改革还在逐步探索之中。因此,总结成功的经验,把高等职业技术教育发展的成果以教材的形式固化,在更多的院校得以推广,无疑是一件非常有意义的事情。服务于地方经济建设,人才培养模式多样化是高等职业技术教育的特征之一,编写符合地方人才培养特色要求的高职高专教材也是高等职业技术教育发展的需要。教育部在《关于申报“普通高等教育‘十一五’国家级教材规划”选题的通知》中也明确提出了教材规划制定的四个原则:(1)坚持分类指导的原则。编写适应不同层次、不同类型院校的教材。(2)坚持多样性的原则。鼓励编写具有不同风格和特色的教材。(3)坚持新编与修订相结

合的原则。鼓励根据学科的发展、社会对人才的需要和人才培养的实践编写新教材。

(4) 坚持突出重点的原则。基础课、专业基础课是提高质量的关键,应当加强教材建设。根据这一精神,河南科学技术出版社抓住这一时机,组织编写高职高专机电类教材,对于高等职业技术教育将起到展示成果和实力,推动教学改革与教学基本建设,促进发展的重要作用。

这一系列教材共 16 种,涵盖了机电类专业的专业基础课和主干课,在编写过程中,贯彻了高等职业技术人才培养的基本要求,对传统的课程体系进行了有效的整合,突出了技能培养和理论知识的应用能力培养,精简了理论内容;对专业技术内容进行了及时的更新,反映了技术发展的水平,同时结合行业的特色,缩短了学生专业技术技能与生产一线要求的距离,具有鲜明的高等职业技术教育人才培养特色。参加系列教材编写的各位作者都是长期从事高职高专教学工作的教师,在教学实践中积累了丰富的经验,对高等职业技术人才的培养和机电类专业的课程体系、教学内容的改革具有深刻的理解,形成了自己的特色。这些经验和成果必定能在教材中得到反映。我们期待着有特色、高质量的高职高专机电类系列教材的诞生。相信经过不断的完善,这一系列教材将能够成为高职高专教材的精品。

李 华

2006 年 1 月 6 日

前 言

本书根据相关专业的培养目标和课程教学基本要求,结合不同院校本课程的教学改革经验编写而成,力图体现出高职高专的教育特点,主要体现在以下方面:

1. 理论以“必需、够用”为度,突出应用性;通俗易懂,着眼于解决实际问题,具有较强的实用价值;融合相关专业知识为一体,着重综合素质的培养,强调综合性;加强专业知识的广度,积极吸取新知识,体现先进性;注意教学内容的分工协调,相互联系,体现教学的适用性。

2. 将冲压成形原理、冷冲压工艺、模具设计和模具制造等多门课程的内容有机地融合为一体,以通俗易懂的文字和图表介绍了冲压成形的规律,通过大量的实例分析了各类冷冲压成形的模具设计、计算方法及制造方法。

本书可作为高等职业学校、高等工程专科学校和成人高等学校的模具设计专业以及机械制造、机电类专业的教材,也可供有关从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

本书由漯河职业技术学院的吴振亭和鹤壁职业技术学院的王德俊担任主编并统稿。全书共10章,河南机电高等专科学校的段维峰编写第1章、第2章,濮阳职业技术学院的王亚辉编写第3章、第5章,王德俊编写第4章、第6章,鹤壁职业技术学院的姚志英编写第7章、第8章,吴振亭编写第9章、第10章。

河南机电高等专科学校的杨占尧教授担任本书的主审,提出了宝贵的修改意见。在编著过程中,参考了许多国内外的优秀教材和参考资料,在此一并表示感谢。

由于编者水平所限,不足之处在所难免,敬请读者不吝指正。

编者

2006年4月

目 录

第1章 冷冲压变形的基本理论	1
1.1 概述	1
1.2 金属塑性变形的基本概念	5
1.3 金属塑性变形的力学基础	12
思考与练习	20
第2章 冲压成形工艺基础	21
2.1 概述	21
2.2 冲压成形时变形毛坯的力学特点	21
2.3 变形趋向性及其控制	28
2.4 板料的冲压性能及试验方法	33
2.5 常用冲压材料	40
思考与练习	43
第3章 冲压设备	44
3.1 压力机的分类和型号	44
3.2 常用压力机的类型结构	45
3.3 冲压设备的选用	53
思考与练习	55
第4章 冲裁工艺及模具设计	56
4.1 概述	56
4.2 冲裁间隙	59
4.3 凸模与凹模刃口尺寸的计算	62
4.4 冲裁力和冲裁功	69
4.5 精密冲裁	73
4.6 冲裁模设计	78
思考与练习	110

第5章 弯曲工艺及模具设计	111
5.1 概述	111
5.2 弯曲回弹分析	115
5.3 弯曲件精度分析	119
5.4 弯曲件工艺分析	121
5.5 弯曲模设计	124
思考与练习	142
第6章 多工位级进模设计	144
6.1 概述	144
6.2 级进模的排样设计	146
6.3 级进模主要零部件的设计	152
6.4 级进模的典型结构	164
思考与练习	169
第7章 拉深工艺及模具设计	171
7.1 概述	171
7.2 圆筒形零件拉深工艺及模具设计	173
7.3 带凸缘圆筒形零件的拉深	180
7.4 盒形零件的拉深	183
7.5 其他零件的拉深	184
7.6 拉深模设计	188
思考与练习	197
第8章 其他成形工艺及模具设计	198
8.1 胀形	198
8.2 缩口	202
8.3 翻边	203
8.4 整形与校平	207
8.5 旋压	208
思考与练习	210
第9章 冲压模的制造	211
9.1 冲压模制造特点	211
9.2 模具零件常用加工方法	218
9.3 模架零件的加工及其装配	227
9.4 冲压模的装配和调整	230

思考与练习	235
第 10 章 冲压模 CAD/CAM 系统	236
10.1 冲压模 CAD/CAM 系统结构与功能	236
10.2 冲裁件图形输入	240
10.3 冲裁工艺及模具设计	243
10.4 常用冲压模 CAD/CAM 软件简介	261
思考与练习	264
参考文献	265

第 1 章

冷冲压变形的基本理论

学 习 指 导

1. 了解冲压的概念、特点及应用。
2. 了解冲压的基本类型。
3. 了解冲压技术的发展方向。
4. 掌握金属塑性变形的基本概念。
5. 了解金属塑性变形的力学基础。

1.1 概述

冲压成形是塑性加工的基本方法之一，它主要用于加工板料零件，所以也叫板料冲压。冲压加工的应用范围十分广泛，不仅可以加工金属板料，而且也可以加工非金属板料。本书介绍的冲压加工主要是金属板料的冲压加工。由于冲压加工通常是在室温下进行的，与高温下的金属锻压加工有本质的区别，故又称为冷冲压。为简便起见，凡未特别注明处，本书中提到的冲压均指冷冲压加工。

1.1.1 冲压的概念、特点及应用

1. 冲压的概念 冲压是通过模具对毛坯施加外力，使之产生塑性变形或分离，从而获得一定尺寸、形状和性能的工件的加工方法。

2. 冲压加工的特点 冲压加工不需要加热，也不像金属切削加工时切掉大量的碎屑，因而它是一种节能省材的加工方法；很多冲压制件所用的毛坯是冶金厂大量生产的轧制钢板和钢带，原材料来源途径广且价格低；冲压件的质量主要靠模具保证，容易获得质量好且稳定的冲压制品。和其他加工方法相比，冲压加工概括起来有如下特点。

(1) 在设备和模具的作用下，能得到其他加工方法不易得到的形状复杂、精度一致的制件。

(2) 操作简便，生产效率高，适合批量生产，易于实现机械化和自动化。

(3) 冲压生产的材料利用率高，模具寿命较长，故而极大地降低了冲压件的生产成本。

(4) 冲压件的尺寸稳定、精度高、互换性好。

但是，冲压加工在生产中也有其局限性。一方面，在冲压加工时产生振动和噪声；另一方面，冲压加工所使用的模具往往具有专一性，有时一个复杂零件需要数套模具才能加工成形，且模具精度高，导致模具制造费用较高，只有在大批量生产时，冲压加工的优越性才能得到充分体现。

3. 冲压加工的应用 由于冲压加工具有效率高、成本低、质量稳定等一系列优点，因此在汽车、拖拉机、电机、电器、国防工业以及日常生活用品等行业得到了广泛应用，如在飞机、导弹、各种枪弹的生产中，冲压件占有相当大的比例。随着工业产品的不断发展和生产技术的不断提高，冲压加工将起到越来越重要的作用。

1.1.2 冲压的基本类型

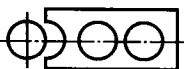
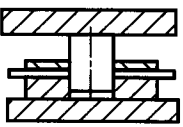
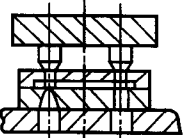
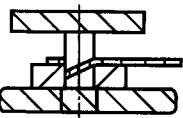
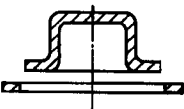
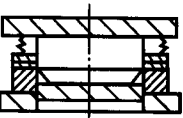
冲压加工概括起来可以分为分离工序和成形工序两大类。

分离工序是将冲压件沿一定的轮廓线与板料分离。其特点是沿一定边界的材料被破坏而使板料的一部分与另一部分分开，如落料、冲孔、切边等。

成形工序是在板料不被破坏的条件下，使板料产生塑性变形而形成所需形状与尺寸的工件。其特点是通过塑性变形得到所需的零件，如弯曲、拉深等。

常用冲压加工的基本类型列于表 1.1 和表 1.2 中。

表 1.1 材料的分离工序及所用模具

工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
落料		用落料模沿封闭轮廓冲裁工件或毛坯，冲掉部分是制件	
冲孔		用冲孔模沿封闭轮廓冲裁工件或毛坯，冲掉部分是废料	
切口		用切口模将部分材料切开，但是并不使它完全分离，切开部分材料发生弯曲	
切边		用切边模将坯件边缘的多余材料冲切下来	



续表

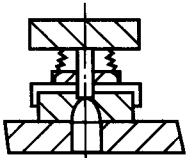
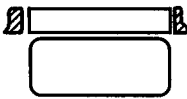
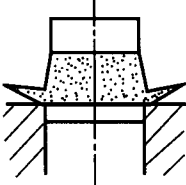
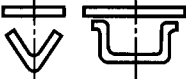
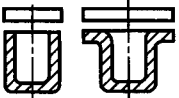
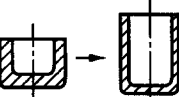
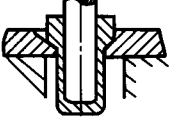
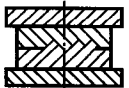
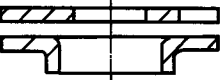
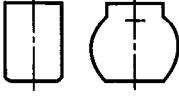
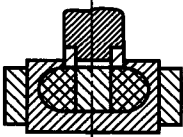
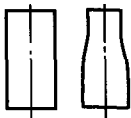
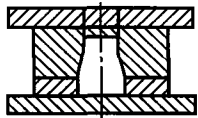
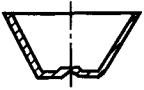
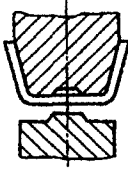
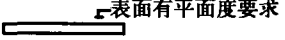
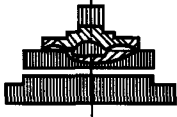
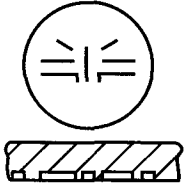
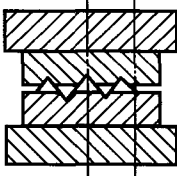
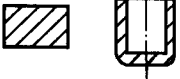
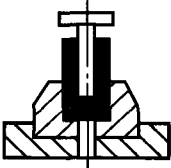
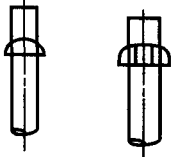
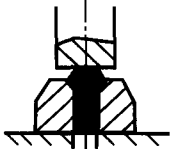
工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
剖切		用剖切模将坯件（弯曲件或拉深件）剖成两部分或几部分	
整修		用整修模去掉坯件外缘或内孔的余量，以得到光滑的断面和精确的尺寸	

表 1.2 材料的成形工序及所用模具

工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
弯曲		用弯曲模将平板毛坯（或丝料、杆件毛坯）压弯成一定尺寸和角度，或将已弯件作进一步弯曲	
卷边		用卷边模将条料端部按一定半径卷成圆形	
拉深		用拉深模将平板毛坯拉深成空心件，或使空心毛坯作进一步变形	
变薄拉深		用变薄拉深模减小空心毛坯的直径与壁厚，以得到底厚大于壁厚的空心制件	
起伏成形		用成形模使平板毛坯或制件产生局部拉深变形，以得到起伏不平的制件	
翻边		用翻边模在有孔或无孔的板件或空心件上，翻出直径更大而成一定角度的直壁	
胀形		从空心件内部施加径向压力，使局部直径胀大	

续表

工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
缩口		在空心件外部施加压力, 使局部直径缩小	
整形 (立体)		用整形模将弯曲件或拉深件不准确的地方压成准确形状	
整形 (平面)		将零件不平的表面压平	
压印		用压印模使材料局部转移, 以得到凹凸不平的浮雕花纹或标记	
冷挤压		用冷挤模使金属沿凸、凹模间隙流动, 从而使厚毛坯转变为薄壁空心件或横截面小的制品	
顶镦		用顶镦模使金属体积重新分布和转移, 以得到头部比(坯件)杆部粗大的制件	

1.1.3 冲压技术的发展方向

随着科学技术的不断进步和工业生产的迅速发展, 冲压技术的发展也日新月异。冲压技术在 21 世纪的最新发展动向, 主要有以下几个方面。

1. 工艺分析计算的现代化 冲压技术与现代数学、计算机技术联姻, 对复杂曲面零件进行计算机模拟和有限元分析, 达到预测某一工艺方案对零件成形的可能性与成形过程中将会发生的问题, 供设计人员进行修改和选择。这种设计方法是将传统的经验设计上升到优化设计, 缩短了模具设计与制造周期, 节省了昂贵的多次试模费用。

2. 模具设计与制造技术实现 CAD/CAM/CAE 一体化 模具计算机辅助设计、制造



与分析 (CAD/CAM/CAE) 的研究和应用, 将极大地提高模具制造效率, 提高模具的质量。

3. 冲压生产的自动化 为了满足大批量生产的需要, 冲压生产已向自动化、无人化方向发展。现在已经能够实现利用高速冲床和多工位精密级进模实现单级自动, 冲压的速度可达每分钟几百次甚至上千次。大型零件的生产已实现了多机联合生产线, 从板料的送进到冲压加工、最后检验可全由计算机控制, 极大地减轻了工人的劳动强度, 提高了生产率。目前已逐渐向无人化生产形成的柔性冲压加工中心发展。

4. 大批量与多品种小批量共存 为适应市场经济需求, 发展适宜于小批量生产的各种简易模具、经济模具和标准化且容易变换的模具系统。

5. 推广和发展冲压新工艺和新模具 如精密冲裁、液压拉深、电磁成形和超塑成形等。

6. 改进板料性能 与材料科学相结合, 不断提高其成形能力和使用效果。

1.2 金属塑性变形的基本概念

冲压成形是以金属板料为加工对象, 在外力作用下使其发生塑性变形或分离而成为制件的一种金属加工方法。要掌握冲压成形加工技术, 首先必须了解金属的塑性变形和塑性。

1.2.1 塑性变形的物理概念

在金属材料中, 原子之间存在着相当大的作用力, 足以抵抗重力的作用, 所以在没有其他外力作用的条件下, 物体将保持自有的形状和尺寸。当金属受到外力作用后, 物体的形状和尺寸将发生变化即变形, 变形的实质就是原子间的距离产生变化。

假如作用于物体的外力去除后, 由外力引起的变形随之消失, 物体能完全恢复自己的原始形状和尺寸, 这样的变形称为弹性变形。若作用于物体的外力去除后, 物体并不能完全恢复自己的原始形状和尺寸, 这样的变形称为塑性变形。

塑性变形和弹性变形一样, 它们都是在变形体不破坏的条件下进行的, 或在变形体中局部区域不破坏的条件下进行的 (即连续性不破坏)。在塑性变形条件下, 总变形既包括塑性变形, 也包括除去外力后消失的弹性变形。

1.2.2 塑性变形的基本形式

金属塑性变形过程非常复杂, 原子离开平衡位置而产生的变形, 主要有滑移和孪动两种形式。

1. 滑移 当作用在晶体上的剪切应力达到一定数值后, 晶体一部分沿一定的晶面和晶向相对另一部分产生滑移。这一晶面和晶向称为滑移面和滑移方向。晶格滑移的示意图如图 1.1 所示。

金属的滑移面, 一般都是晶格中原子分布最密的面, 滑移方向则是原子分布最密的结晶方向, 因为沿着原子分布最密的面和方向滑移的阻力最小。金属晶格中, 原子

分布最密的晶面和结晶方向愈多，产生滑移的可能性愈大，金属的可塑性就愈好。各种晶格，其滑移面与滑移方向的数量如图 1.2 与表 1.3 所示。

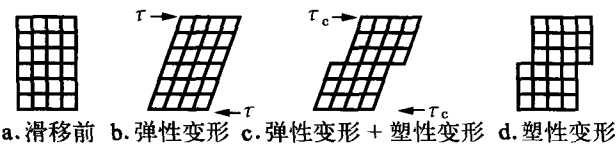


图 1.1 晶格的滑移过程

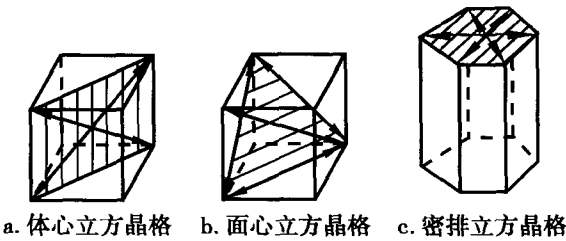


图 1.2 各种晶格的滑移面与滑移方向

表 1.3 常见金属晶格结构及其滑移系

晶格种类	滑移面的数量	滑移方向的数量	滑移系数总数
体心立方晶格	6	2	$6 \times 2 = 12$
面心立方晶格	4	3	$4 \times 3 = 12$
密排六方晶格	1	3	$1 \times 3 = 3$

2. 孪动 孪动也是在一定的剪应力作用下，晶体的一部分相对另一部分，沿着一定的晶面和方向发生转动的结果，已变形部分的晶体位向发生改变，与未变形部分以孪动面对称，如图 1.3 所示。

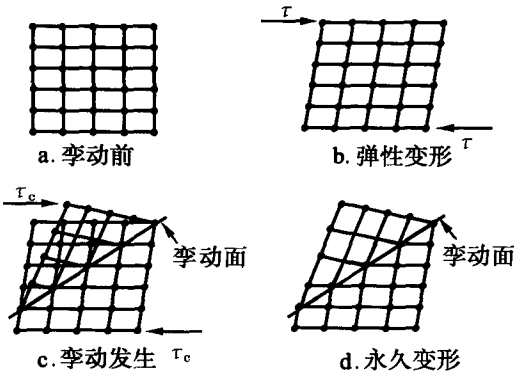


图 1.3 单晶体的孪动过程

孪动与滑移的主要差别是：