



教育部高职高专规划教材

# 冲压模具设计 与制造

徐政坤 主编 范建蓓 副主编  
翁其金 主审



化学工业出版社  
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

# 冲压模具设计与制造

徐政坤 主 编  
范建蓓 副主编  
翁其金 主 审

化 学 工 业 出 版 社  
教 材 出 版 中 心  
· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

冲压模具设计与制造/徐政坤主编. —北京: 化学工业出版社, 2003.7

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-4289-2

I. 冲… II. 徐… III. ①冲模-设计-高等学校: 技术学院-教材②冲模-制模工艺-高等学校: 技术学院-教材 IV. TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 055170 号

---

教育部高职高专规划教材

冲压模具设计与制造

徐政坤 主 编

范建蓓 副主编

翁其金 主 审

责任编辑: 高 钰

文字编辑: 王金生

责任校对: 陶燕华

封面设计: 郑小红

\*

化学工业出版社 出版发行  
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

中国纺织出版社印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 24½ 字数 613 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4289-2/G·1154

定 价: 38.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

# 前 言

本书是根据全国高职高专专门课开发指导委员会制定的《冷冲压模具设计与制造》课程的基本要求和教材编写大纲,遵循“理论联系实际,体现应用性、实用性、综合性和先进性,激发创新”的原则,在总结近几年各院校模具专业教改经验的基础上编写的。本书的主要特点如下。

1. 根据从事冲压模具设计与制造的工程技术应用性人才的实际要求,理论以“必需、够用”为度,着眼于解决现场实际问题,同时融合相关知识为一体,并注意加强专业知识的广度,积极吸纳新知识,体现了应用性、实用性、综合性和先进性。

2. 将冲压成形原理、冲压工艺与模具设计、模具制造工艺学等三门关联课程的内容进行了有机的融合,采用通俗易懂的文字和丰富的图表,在分析冲压成形基本规律的基础上,系统介绍了冲模设计与制造的基本理论及方法,客观分析了冲压工艺、冲压模具、冲压设备、冲压材料及冲压件质量与经济性的关系,体系新颖,内容详实。

3. 各章均选编了较多的应用实例和习题,重点章节精选了综合应用实例和大型连续作业,实用性和可操作性强,便于教学和自学。

本书可作为高职高专各类院校模具设计与制造专业及机械、机电类各相关专业的教材,也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

本书由张家界航空工业职业技术学院徐政坤主编,浙江机电职业技术学院范建蓓副主编,福建工程学院翁其金主审。全书共九章,绪论、第二章、第三章的第六节至第十一节由徐政坤编写;第一章由深圳信息职业技术学院陈良辉编写;第三章的第一节至第五节由张家界航空工业职业技术学院龙丽编写;第四章由贵州电子信息职业技术学院高桥金编写;第五章的第一节至第八节由四川工商职业技术学院王丽娟编写,第九节至第十一节由四川工商职业技术学院周学坤编写;第六章、第七章由范建蓓编写;第八章、第九章由陕西工业职业技术学院李云编写。

由于编者水平有限,书中缺点错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2003年5月

## 内 容 提 要

本书系统地介绍了冲压模具设计与制造的基本原理、基本方法与相关知识。内容包括：绪论、冲压模具设计基础、冲压模具制造基础、冲裁模设计与制造、弯曲模设计与制造、拉深模设计与制造、成形模设计与制造、多工位级进模设计与制造、冲模寿命、材料与安全措施、冲压工艺规程的编制等。

本书以培养技术应用能力为主线，将冲压成形原理、冲压工艺与模具设计、模具制造工艺学等三门关联课程的内容进行了有机的融合，并选编了较多的应用实例和习题，突出了应用性、实用性、综合性和先进性，体系新颖，内容详实。

本书主要作为高职高专各类院校模具设计与制造专业及机械、机电类各相关专业的教材，也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

# 目 录

绪 论 .....	1	二、冲模的调试 .....	76
一、冲压的概念、特点及应用 .....	1	三、冲模的安装 .....	78
二、冲压的基本工序及模具 .....	2	思考与练习题 .....	78
三、冲压技术的现状及发展方向 .....	4	<b>第三章 冲裁模设计与制造</b> .....	80
四、本课程的学习要求与学习方法 .....	7	第一节 冲裁变形过程分析 .....	80
思考与练习题 .....	8	一、冲裁变形过程 .....	80
<b>第一章 冲压模具设计基础</b> .....	9	二、冲裁变形时的受力与应力分析 .....	81
第一节 冲压成形理论基础 .....	9	三、冲裁件的质量及其影响因素 .....	82
一、金属塑性变形概述 .....	9	第二节 冲裁件的工艺性 .....	85
二、塑性变形时的应力与应变 .....	14	一、冲裁件的结构与尺寸 .....	85
三、金属塑性变形的基本规律 .....	18	二、冲裁件的精度与断面粗糙度 .....	86
四、冲压成形中的变形趋向性及其控制 .....	22	三、冲裁件的材料 .....	87
第二节 冲压用材料 .....	25	第三节 冲裁间隙 .....	88
一、材料的冲压成形性能 .....	25	一、间隙对冲压力的影响 .....	88
二、板料的冲压成形性能试验 .....	26	二、间隙对模具寿命的影响 .....	88
三、对冲压材料的基本要求 .....	29	三、冲裁间隙值的确定 .....	89
四、冲压常用材料及选用 .....	30	第四节 凸、凹模刃口尺寸的确定 .....	92
第三节 冲压设备的选择 .....	34	一、凸、凹模刃口尺寸计算的原则 .....	92
一、冲压设备类型的选择 .....	34	二、凸、凹模刃口尺寸的计算方法 .....	93
二、冲压设备规格的选择 .....	34	第五节 排样 .....	99
第四节 冲压生产的技术经济分析 .....	38	一、材料的合理利用 .....	99
一、冲压生产的盈亏分析 .....	38	二、排样方法 .....	100
二、降低冲压件生产成本的措施 .....	39	三、搭边与条料宽度的确定 .....	102
三、技术经济分析 .....	40	四、排样图 .....	106
思考与练习题 .....	42	第六节 冲压力与压力中心的计算 .....	106
<b>第二章 冲压模具制造基础</b> .....	44	一、冲压力的计算 .....	106
第一节 冲模制造的要求、过程与特点 .....	44	二、压力机公称压力的确定 .....	108
一、冲模制造的基本要求 .....	44	三、降低冲裁力的方法 .....	108
二、冲模制造的过程 .....	45	四、压力中心的计算 .....	110
三、冲模制造的特点 .....	46	第七节 冲裁模的典型结构 .....	112
第二节 冲模的一般加工方法 .....	47	一、冲裁模的分类 .....	112
一、常规机械加工方法 .....	47	二、冲裁模的结构组成 .....	112
二、电火花加工方法 .....	53	三、冲裁模的典型结构 .....	114
三、电火花线切割加工方法 .....	60	第八节 冲裁模主要零部件的设计与选用 .....	128
四、数控机床加工方法 .....	67	一、工作零件 .....	128
五、其他加工方法 .....	69	二、定位零件 .....	137
第三节 冲模的装配与调试 .....	72	三、卸料与出件装置 .....	144
一、冲模的装配 .....	72	四、模架及其零件 .....	151

五、其他支承与固定零件	154	二、弯曲模工作零件的制造	220
六、紧固件	156	第九节 弯曲模的装配与调试	221
七、冲模的标准组合	157	一、弯曲模的装配	221
第九节 冲裁模零件的制造	157	二、弯曲模的调试	221
一、工作零件的加工	157	第十节 弯曲模的设计与制造实例	222
二、卸料板与固定板的加工	162	思考与练习题	226
三、模座及导向零件的加工	163	<b>第五章 拉深模设计与制造</b>	228
第十节 冲裁模的装配与调试	169	第一节 拉深变形过程分析	228
一、冲裁模的装配	169	一、拉深变形过程及特点	228
二、冲裁模的调试	172	二、拉深过程中坯料内的应力与应变状态	231
第十一节 冲裁模设计与制造步骤及实例	173	三、拉深件的主要质量问题及控制	233
一、冲裁模设计与制造步骤	173	第二节 拉深件的工艺性	235
二、冲裁模设计与制造实例	177	一、拉深件的结构与尺寸	235
思考与练习题	185	二、拉深件的精度	235
<b>第四章 弯曲模设计与制造</b>	187	三、拉深件的材料	236
第一节 弯曲变形过程分析	187	第三节 旋转体拉深件坯料尺寸的确定	236
一、弯曲变形过程及特点	187	一、坯料形状和尺寸确定的原则	236
二、塑性弯曲时变形区的应力与应变状态	189	二、简单旋转体拉深件坯料尺寸的确定	237
第二节 弯曲件的质量问题及控制	190	三、复杂旋转体拉深件坯料尺寸的确定	239
一、弯裂及其控制	190	第四节 圆筒形件的拉深工艺计算	240
二、回弹及其控制	193	一、拉深系数及其极限	240
三、偏移及其控制	198	二、圆筒形件的拉深次数	242
四、翘曲与剖面畸变	199	三、圆筒形件各次拉深工序尺寸的计算	243
第三节 弯曲件的工艺性	199	第五节 拉深力、压料力与压料装置	245
一、弯曲件的结构与尺寸	200	一、拉深力的确定	245
二、弯曲件的精度	202	二、压料力的确定	246
三、弯曲件的材料	202	三、压料装置	247
第四节 弯曲件的展开尺寸计算	202	四、压力机公称压力的确定	249
一、弯曲中性层位置的确定	202	五、拉深功的计算	250
二、弯曲件展开尺寸计算	203	第六节 其他形状零件的拉深	250
第五节 弯曲力的计算	205	一、带凸缘圆筒形件的拉深	250
一、自由弯曲时的弯曲力	205	二、阶梯圆筒形件的拉深	255
二、校正弯曲时的弯曲力	206	三、盒形件的拉深	257
三、顶件力或压料力	207	第七节 拉深工艺的辅助工序	263
四、压力机公称压力的确定	207	一、润滑	263
第六节 弯曲件的工序安排	207	二、热处理	265
一、弯曲件工序安排的原则	207	三、酸洗	265
二、典型弯曲件的工序安排	207	第八节 拉深模的典型结构	266
第七节 弯曲模的典型结构	208	一、单动压力机上使用的拉深模	266
一、弯曲模的分类与设计要点	208	二、双动压力机上使用的拉深模	270
二、弯曲模的典型结构	209	第九节 拉深模工作零件的设计与制造	271
第八节 弯曲模工作零件的设计与制造	217	一、拉深模工作零件的设计	271
一、弯曲模工作零件的设计	217	二、拉深模工作零件的制造	274



第十节 拉深模的装配与调试	275	第三节 多工位级进模的典型结构	318
第十一节 拉深模设计与制造实例	276	一、冲孔、落料多工位级进模	319
思考与练习题	280	二、冲裁、弯曲、胀形多工位级进模	322
<b>第六章 成形模设计与制造</b>	282	三、冲裁、拉深、翻孔多工位级进模	325
第一节 胀形	282	第四节 多工位级进模的设计与制造要点	327
一、胀形的变形特点	282	一、多工位级进模的结构设计	327
二、平板坯料的胀形	283	二、多工位级进模的制造	337
三、空心坯料的胀形	285	第五节 多工位级进模设计实例	343
四、胀形模结构与设计要点	287	思考与练习题	347
五、胀形模设计实例	289	<b>第八章 冲压模具的寿命、材料及安全措施</b>	
第二节 翻孔与翻边	290	措施	349
一、翻孔	290	第一节 冲压模具寿命	349
二、翻边	293	一、冲模的工作条件及失效形式	349
三、翻孔翻边模结构与设计要点	295	二、影响冲模寿命的因素及提高冲模寿命的措施	352
四、翻孔模设计实例	296	第二节 冲压模具材料	355
第三节 缩口	298	一、对冲模材料的要求	355
一、缩口变形特点及变形程度	298	二、冲模材料的种类与特性	355
二、缩口工艺计算	300	三、冲模材料的选用及热处理要求	358
三、缩口模结构与设计要点	301	第三节 冲模安全技术	359
四、缩口模设计实例	302	一、冲压生产发生事故的原因及易出现的安全问题	359
第四节 校平与整形	303	二、冲模的安全措施	360
一、校平	303	思考与练习题	362
二、整形	305	<b>第九章 冲压工艺过程的制定</b>	363
第五节 成形模制造特点	307	第一节 冲压工艺过程制定的步骤及方法	363
思考与练习题	307	一、制定冲压工艺过程的原始资料	363
<b>第七章 多工位级进模设计与制造</b>	309	二、制定冲压工艺过程的步骤及方法	364
第一节 多工位级进模的特点与分类	309	第二节 冲压工艺过程制定实例	369
一、多工位级进模的特点	309	一、托架的冲压工艺过程制定	369
二、多工位级进模的分类	309	二、汽车玻璃升降器外壳的冲压工艺过程制定	373
第二节 多工位级进模的排样设计	310	思考与练习题	382
一、排样设计的原则及考虑的因素	311	<b>参考文献</b>	383
二、载体设计	312		
三、冲切刃口设计	313		
四、定距设计	315		

# 绪 论

## 一、冲压的概念、特点及应用

冲压是利用安装在冲压设备（主要是压力机）上的模具对材料施加压力，使其产生分离或塑性变形，从而获得所需零件（俗称冲压件或冲件）的一种压力加工方法。冲压通常是在常温下对材料进行冷变形加工，且主要采用板料来加工成所需零件，所以也叫冷冲压或板料冲压。冲压是材料压力加工或塑性加工的主要方法之一，隶属于材料成形工程技术。

冲压所使用的模具称为冲压模具，简称冲模。冲模是将材料（金属或非金属）批量加工成所需冲件的专用工具。冲模在冲压中至关重要，没有符合要求的冲模，批量冲压生产就难以进行；没有先进的冲模，先进的冲压工艺就无法实现。冲压工艺与模具、冲压设备和冲压材料构成冲压加工的三要素，它们之间的相互关系如图 0-1 所示。

与机械加工及塑性加工的其他方法相比，冲压加工无论在技术方面还是经济方面都具有许多独特的优点。主要表现如下。

① 冲压加工的生产效率高，且操作方便，易于实现机械化与自动化。这是因为冲压是依靠冲模和冲压设备来完成加工，普通压力机的行程次数为每分钟几十次，高速压力机每分钟可达数百次甚至千次以上，而且每次冲压行程就可能得到一个冲件。

② 冲压时由模具保证了冲压件的尺寸与形状精度，且一般不破坏冲压材料的表面质量，而模具的寿命一般较长，所以冲压件的质量稳定，互换性好，具有“一模一样”的特征。

③ 冲压可加工出尺寸范围较大、形状较复杂的零件，如小到钟表的秒针，大到汽车纵梁、覆盖件等，加上冲压时材料的冷变形硬化效应，冲压件的强度和刚度均较高。

④ 冲压一般没有切屑碎料生成，材料的消耗较少，且不需其他加热设备，因而是一种省料，节能的加工方法，冲压件的成本较低。

但是，冲压加工所使用的模具一般具有专用性，有时一个复杂零件需要数套模具才能加工成形，且模具制造的精度高，技术要求高，是技术密集形产品。所以，只有在冲压件生产批量较大的情况下，冲压加工的优点才能充分体现，从而获得较好的经济效益。

冲压在现代工业生产中，尤其是大批量生产中应用十分广泛。相当多的工业部门越来越多地采用冲压方法加工产品零部件，如汽车、农机、仪器、仪表、电子、航空、航天、家电及轻工等行业。在这些工业部门中，冲压件所占的比重都相当的大，少则 60% 以上，多则 90% 以上。不少过去用锻造、铸造和切削加工方法制造的零件，现在大多数也被质量轻、刚度好的冲压件所代替。因此可以说，如果生产中不广泛采用冲压工艺，许多工业部门要提高生产效率、提高产品质量、降低生产成本、进行产品更新换代等都是难以实现的。

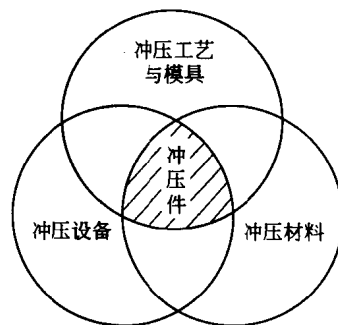


图 0-1 冲压加工的要素

## 二、冲压的基本工序及模具

由于冲压加工的零件种类繁多，各类零件的形状、尺寸和精度要求又各不相同，因而在生产中采用的冲压工艺方法也是多种多样的。概括起来，可分为分离工序和成形工序两大类：分离工序是指使坯料沿一定的轮廓线分离而获得一定形状、尺寸和断面质量的冲压件（俗称冲裁件）的工序；成形工序是指坯料在不破裂的条件下，产生塑性变形而获得一定形状和尺寸的冲压件的工序。

上述两类工序，按基本变形方式不同又可分为冲裁、弯曲、拉深和成形四种基本工序，每种基本工序还包含有多种单一工序。冲压工序的具体分类及特点见表 0-1 和表 0-2。

表 0-1 分离工序

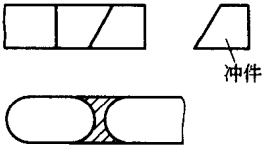
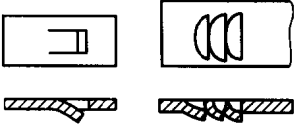
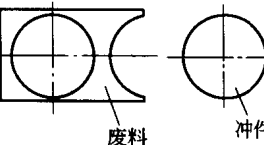
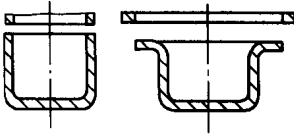
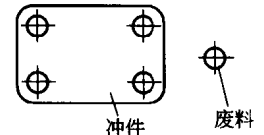
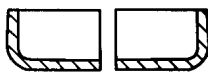
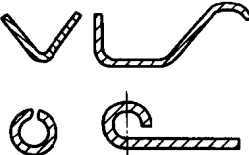
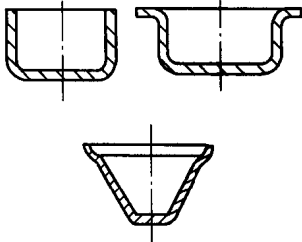

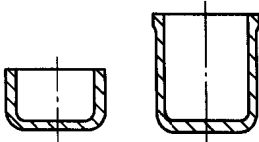

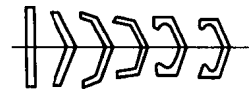
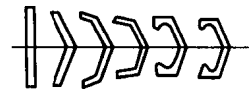
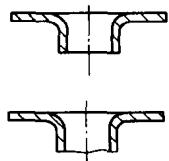
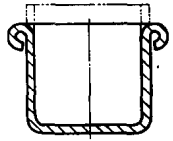
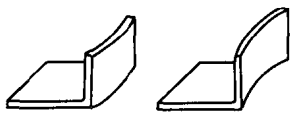
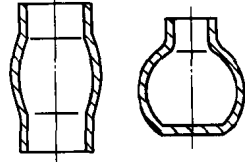
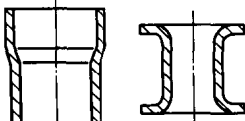
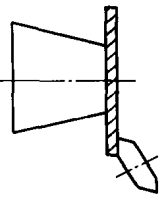
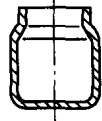
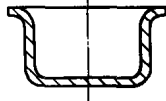
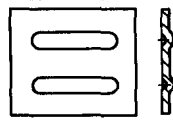

工序名称	简图	特点	工序名称	简图	特点
冲裁	 <p>冲件</p>	用剪刀或冲模切断板料，切断线不封闭	冲裁		在坯料上沿不封闭线冲出缺口，切口部分发生弯曲
	 <p>废料</p> <p>冲件</p>	用冲模沿封闭线冲切板料，冲下来的部分为冲件			将工件的边缘部分切除
	 <p>冲件</p> <p>废料</p>	用冲模沿封闭线冲切板料，冲下来的部分为废料			把工件切开成两个或多个零件

表 0-2 成形工序

工序名称	简图	特点	工序名称	简图	特点	
弯曲		将板料沿直线弯成一定的角度和曲率	拉深		把平板坯料制成开口空心件，壁厚基本不变	
		在拉力和弯矩共同作用下实现弯曲变形		拉深		把空心件进一步拉深成侧壁比底部薄的零件
		把工件的一部分相对另一部分扭转成一定角度				通过一系列轧辊把平板卷料辊弯成复杂形状
		通过一系列轧辊把平板卷料辊弯成复杂形状				

工序名称	简图	特点	工序名称	简图	特点		
成形	翻孔		沿工件上孔的边缘翻出竖立边缘	成形	卷缘		把空心件的口部卷成接近封闭的圆形
	翻边		沿工件的外缘翻起弧形的竖立边缘		胀形		将空心件或管状件沿径向外扩张, 形成局部直径较大的零件
	扩口		把空心件的口部扩大		旋压		用滚轮使旋转状态下的坯料逐步成形为各种旋转体空心件
	缩口		把空心件的口部缩小		整形		依靠材料的局部变形, 少量改变工件形状和尺寸, 以提高其精度
	起伏		依靠材料的伸长变形使工件形成局部凹陷或凸起		校平		将有拱弯或翘曲的平板形件压平, 以提高其平面度

在实际生产中, 当冲压件的生产批量较大、尺寸较小而公差要求较小时, 若用分散的单一工序来冲压是不经济甚至难于达到要求。这时在工艺上多采用工序集中的方案, 即把两种或两种以上的单一工序集中在一副模具内完成, 称为组合工序。根据工序组合的方法不同, 又可将其分为复合、级进和复合-级进三种组合方式。

**复合冲压**——在压力机的一次工作行程中, 在模具的同一工位上同时完成两种或两种以上不同单一工序的一种组合方式。

**级进冲压**——在压力机的一次工作行程中, 按照一定的顺序在同一模具的不同工位上完成两种或两种以上不同单一工序的一种组合方式。

**复合-级进冲压**——在一副冲模上包含复合和级进两种方式的组合工序。

冲模的结构类型也很多。通常按工序性质可分为冲裁模、弯曲模、拉深模和成形模等; 按工序的组合方式可分为单工序模、复合模和级进模等。但不论何种类型的冲模, 都可看成是由上模和下模两部分组成, 上模被紧固在压力机滑块上, 可随滑块作上、下往复运动, 是冲模的活动部分; 下模被固定在压力机工作台或垫板上, 是冲模的固定部分。工作时, 坯料在下模面上通过定位零件定位, 压力机滑块带动上模下压, 在模具工作零件(即凸模、凹模)的作用下坯料便产生分离或塑性变形, 从而获得所需形状与尺寸的冲件。上模回升时, 模具的卸料与出件装置将冲件或废料从凸、凹模上卸下或推、顶出来, 以便进行下一次冲压

循环。图 0-2 所示为几种常见冲模的结构简图，其中凸模 1 和凹模 5 是工作零件，定位板 3 和挡料销 4 是定位零件，卸料板 2、推件杆 6、压料板（顶件板）7 等构成模具卸料与出件装置，其余是模具的支承与固定零件。

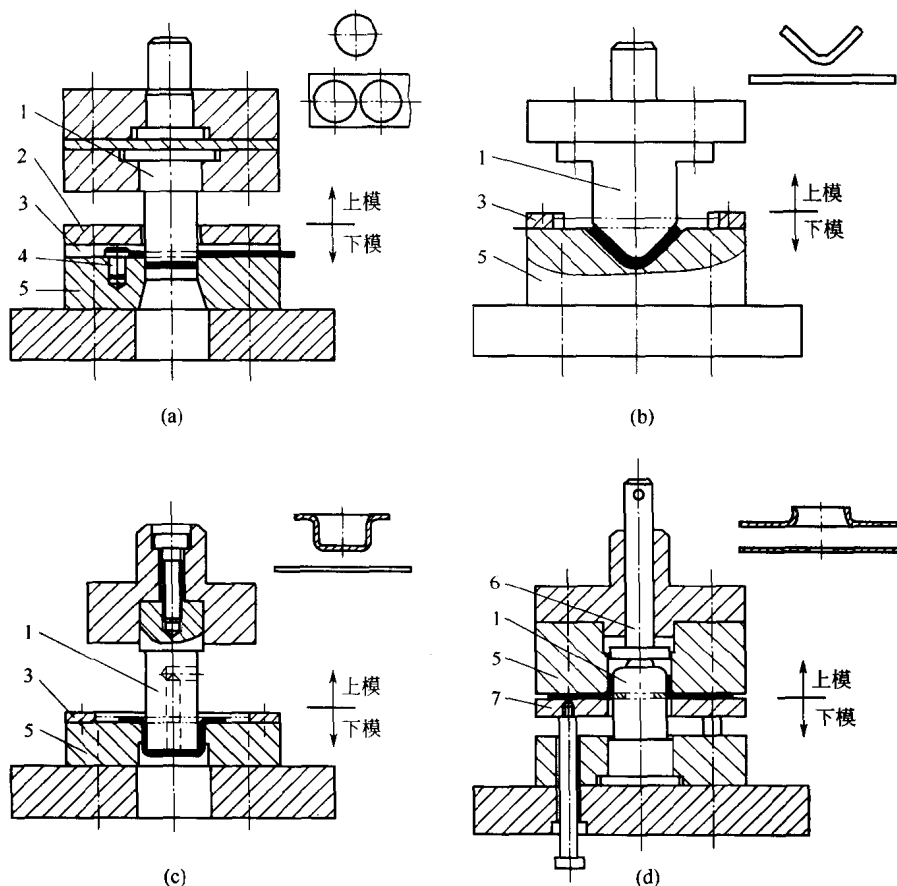


图 0-2 几种常见冲模的结构简图

(a) 冲裁模（落料模）；(b) 弯曲模；(c) 拉深模；(d) 成形模（翻孔模）

1—凸模；2—卸料板；3—定位板；4—挡料销；5—凹模；6—推件杆；7—压料板

### 三、冲压技术的现状及发展方向

随着科学技术的不断进步和工业生产的迅速发展，许多新技术、新工艺、新设备、新材料不断涌现，因而促进了冲压技术的不断革新和发展。其主要表现和发展方向如下。

#### 1. 冲压成形理论及冲压工艺方面

冲压成形理论的研究是提高冲压技术的基础。目前，国内外对冲压成形理论的研究非常重视，在材料冲压性能研究、冲压成形过程应力应变分析、板料变形规律研究及坯料与模具之间的相互作用研究等方面均取得了较大的进展。特别是随着计算机技术的飞跃发展和塑性变形理论的进一步完善，近年来国内外已开始应用塑性成形过程的计算机模拟技术，即利用有限元（FEM）等数值分析方法模拟金属的塑性成形过程，根据分析结果，设计人员可预测某一工艺方案成形的可行性及可能出现的质量问题，并通过在计算机上选择修改相关参数，可实现工艺及模具的优化设计。这样既节省了昂贵的试模费用，也缩短

了制模周期。

研究推广能提高劳动生产率及产品质量、降低成本和扩大冲压工艺应用范围的各种冲压新工艺，也是冲压技术的发展方向之一。目前，国内外相继涌现出了精密冲压工艺、软模成形工艺、高能高速成形工艺、超塑性成形工艺及无模多点成形工艺等精密、高效、经济的冲压新工艺。其中，精密冲裁是提高冲裁件质量的有效方法，它扩大了冲压加工范围，目前精密冲裁加工零件的厚度可达 25 mm，精度可达 IT6~IT7 级；用液体、橡胶、聚氨酯等作柔性凸模或凹模来代替刚性凸模或凹模的软模成形工艺，能加工出用普通加工方法难以加工的材料和复杂形状的零件，在特定生产条件下具有明显的经济效果；采用爆炸等高能高效成形方法对于加工各种尺寸大、形状复杂、批量小、强度高和精度要求较高的板料零件，具有很重要的实用意义；利用金属材料的超塑性进行超塑性成形，可以用一次成形代替多道普通的冲压成形工序，这对于加工形状复杂和大型板料零件具有突出的优越性；无模多点成形工艺是用高度可调的凸模群体代替传统模具进行板料曲面成形的一种先进工艺技术，我国已自主设计制造了具有国际领先水平的无模多点成形设备，解决了多点压机成形法，从而可随意改变变形路径与受力状态，提高了材料的成形极限，同时利用反复成形技术可消除材料内残余应力，实现无回弹成形。无模多点成形系统以 CAD/CAM/CAT 技术为主要手段，能快速经济地实现三维曲面的自动化成形。

## 2. 冲模设计与制造方面

冲模是实现冲压生产的基本条件。在冲模的设计和制造上，目前正朝着以下两方面发展：一方面，为了适应高速、自动、精密、安全等大批量现代生产的需要，冲模正向高效率、高精度、高寿命及多工位、多功能方向发展，与此相适应的新型模具材料及其热处理技术，各种高效、精密、数控、自动化的模具加工机床和检测设备以及模具 CAD/CAM 技术也正在迅速发展；另一方面，为了适应产品更新换代和试制或小批量生产的需要，锌基合金冲模、聚氨酯橡胶冲模、薄板冲模、钢带冲模、组合冲模等各种简易冲模及其制造技术也得到了迅速发展。

精密、高效的多工位及多功能级进模和大型复杂的汽车覆盖件冲模代表了现代冲模的技术水平。目前，50 个工位以上的级进模进距精度可达  $2\ \mu\text{m}$ ，多功能级进模不仅可以完成冲压全过程，还可完成焊接、装配等工序。我国已能自行设计制造出达到国际水平的精密多工位级进冲模，如某机电一体化的铁芯精密自动化多功能级进模，其主要零件的制造精度达  $2\sim 5\ \mu\text{m}$ ，进距精度  $2\sim 3\ \mu\text{m}$ ，总寿命达 1 亿次。我国主要汽车模具企业，已能生产成套轿车覆盖件模具，在设计制造方法、手段方面已基本达到了国际水平，模具结构、功能方面也接近国际水平，但在制造质量、精度、制造周期和成本方面与国外相比还存在一定差距。

模具材料及热处理与表面处理工艺对模具加工质量和寿命的影响很大，世界各主要工业国在此方面的研究取得了较大进展，开发了许多的新钢种，其硬度可达 HRC58~70，而变形只为普通工具钢的  $\frac{1}{2}\sim\frac{1}{6}$ 。如火焰淬火钢可局部硬化，且无脱碳；我国研制的 65Nb、LD 和 CD 等新钢种，具有热加工性能好、热处理变形小、抗冲击性能佳等特点。与此同时，还发展了一些新的热处理和表面处理工艺，主要有气体软氮化、离子氮化、渗硼、表面涂镀、化学气相沉积 (CVD)、物理气相沉积 (PVD)、激光表面处理等。这些方法能提高模具工作表面的耐磨性、硬度和耐蚀性，使模具寿命大大延长。

模具制造技术现代化是模具工业发展的基础。计算机技术、信息技术、自动化技术等

先进技术正在不断向传统制造技术渗透、交叉、融合形成了现代模具制造技术。其中高速铣削加工、电火花铣削加工、慢走丝线切割加工、精密磨削及抛光技术、数控测量等代表了现代冲模制造的技术水平。高速铣削加工不但具有加工速度快以及良好的加工精度和表面质量（主轴转速一般为  $15\,000\sim 40\,000\text{ r/min}$ ，加工精度一般可达  $10\mu\text{m}$ ，最好的表面粗糙度  $R_a\leq 1\mu\text{m}$ ），而且与传统切削加工相比具有温升高（工件只升高  $3\text{ }^\circ\text{C}$ ）、切削力小，因而可加工热敏材料和刚性差的零件，合理选择刀具和切削用量还可实现硬材料（60HRC）加工；电火花铣削加工（又称电火花创成加工）是以高速旋转的简单管状电极作三维或二维轮廓加工（像数控铣一样），因此不再需要制造昂贵的成形电极，如日本三菱公司生产的 EDSCAN8E 电火花铣削加工机床，配置有电极损耗自动补偿系统、CAD/CAM 集成系统、在线自动测量系统和动态仿真系统，体现了当今电火花加工机床的技术水平；慢走丝线切割技术的发展水平已相当高，功能也相当完善，自动化程度已达到无人看管运行的程度，目前切割速度已达  $300\text{ mm}^2/\text{min}$ ，加工精度可达  $\pm 1.5\mu\text{m}$ ，表面粗糙度达  $R_a = 0.1\sim 0.2\mu\text{m}$ ；精密磨削及抛光已开始使用数控成形磨床、数控光学曲线磨床、数控连续轨迹坐标磨床及自动抛光机等先进设备和技术；模具加工过程中的检测技术也取得了很大发展，现代三坐标测量机除了能高精度地测量复杂曲面的数据外，其良好的温度补偿装置、可靠的抗振保护能力、严密的除尘措施及简便的操作步骤，使得现场自动化检测成为可能。此外，激光快速成形技术（RPM）与树脂浇注技术在快速经济制模技术中得到了成功的应用。利用 RPM 技术快速成形三维原型后，通过陶瓷精铸、电弧涂喷、消失模、熔模等技术可快速制造各种成形模。如清华大学开发研制的“M-RPMS-II型多功能快速原型制造系统”是我国自主知识产权的世界唯一拥有两种快速成形工艺（分层实体制造 SSM 和熔融挤压成形 MEM）的系统，它基于“模块化技术集成”之概念而设计和制造，具有较好的价格性能比。一汽模具制造公司在以 CAD/CAM 加工的主模型为基础，采用瑞士汽巴精化的高强度树脂浇注成形的树脂冲模应用在国产轿车试制中，具有制造精度较高、周期短、费用低等特点，达到了 90 年代国际水平，为我国轿车试制和小批量生产开辟了新的途径。

模具 CAD/CAE/CAM 技术是改造传统模具生产方式的关键技术，它以计算机软件的形式为用户提供一种有效的辅助工具，使工程技术人员能借助计算机对产品、模具结构、成形工艺、数控加工及成本等进行设计和优化，从而显著缩短模具设计与制造周期，降低生产成本，提高产品质量。随着功能强大的专业软件和高效集成制造设备的出现，以三维造型为基础、基于并行工程（CE）的模具 CAD/CAE/CAM 技术正成为发展方向，它能实现制造和装配的设计、成形过程的模拟和数控加工过程的仿真，还可对模具可制造性进行评价，使模具设计与制造一体化、智能化。

### 3. 冲压设备和冲压生产自动化方面

性能良好的冲压设备是提高冲压生产技术水平的必要条件，高精度、高寿命、高效率的冲模需要高精度、高自动化的冲压设备相匹配。为了满足大批量高速生产的需要，目前冲压设备也由单工位、单功能、低速压力机朝着多工位、多功能、高速和数控方向发展，加之机械手乃至机器人的大量使用，使冲压生产效率得到大幅度提高，各式各样的冲压自动线和高速自动压力机纷纷投入使用。如在数控四边折弯机中送入板料毛坯后，在计算机程序控制下便可依次完成四边弯曲，从而大幅度提高精度和生产率；在高速自动压力机上冲压电机定子冲片时，一分钟可冲几百片，并能自动叠成定、转子铁芯，生产效率比普通压力机提高几

十倍，材料利用率高达 97%；公称压力为 250kN 的高速压力机的滑块行程次数已达 2000 次/min 以上。在多功能压力机方面，日本会田公司生产的 2000 kN“冲压中心”采用 CNC 控制，只需 5 min 时间就可完成自动换模、换料和调整工艺参数等工作；美国惠特尼 (Whitney) 公司生产的 CNC 金属板材加工中心，在相同的时间内，加工冲压件的数量为普通压力机的 4~10 倍，并能进行冲孔、分段冲裁、弯曲和拉深等多种作业。

近年来，为了适应市场的激烈竞争，对产品质量的要求越来越高，且其更新换代的周期大为缩短。冲压生产为适应这一新的要求，开发了多种适合不同批量生产的工艺、设备和模具。其中，无需设计专用模具、性能先进的转塔数控多工位压力机、激光切割和成形机、CNC 万能折弯机等新设备已投入使用。特别是近几年来在国外已经发展起来、国内亦开始使用的冲压柔性制造单元 (FMC) 和冲压柔性制造系统 (FMS) 代表了冲压生产新的发展趋势。FMS 系统以数控冲压设备为主体，包括板料、模具、冲压件分类存放系统、自动上料与下料系统，生产过程完全由计算机控制，车间实现 24 小时无人控制生产。同时，根据不同使用要求，可以完成各种冲压工序，甚至焊接、装配等工序，更换新产品方便迅速，冲压件精度也高。

#### 4. 冲模标准化及专业化生产方面

模具的标准化及专业化生产，已得到模具行业的广泛重视。因为冲模属单件小批量生产，冲模零件既具有一定的复杂性和精密性，又具有一定的结构典型性。因此，只有实现了冲模的标准化，才能使冲模和冲模零件的生产实现专业化、商品化，从而降低模具成本，提高模具质量和缩短制造周期。目前，国外先进工业国家模具标准化生产程度已达 70%~80%，模具厂只需设计制造工作零件，大部分模具零件均从标准件厂购买，使生产效率大幅度提高。模具制造厂专业化程度越来越高，分工越来越细，如目前有模架厂、顶杆厂、热处理厂等，甚至某些模具厂仅专业化制造某类产品的冲裁模或弯曲模，这样更有利于制造水平的提高和制造周期的缩短。我国冲模标准化与专业化生产近年来也有较大进展，除反映在标准件专业化生产厂家有较多增加外，标准件品种也有扩展，精度亦有提高。但总体情况还满足不了模具工业发展的要求，主要体现在标准化程度还不高（一般在 40% 以下），标准件的品种和规格较少，大多数标准件厂家未形成规模化生产，标准件质量也还存在较多问题。另外，标准件生产的销售、供货、服务等都还有待于进一步提高。

### 四、本课程的学习要求与学习方法

本课程融合了冲压成形原理、冲压工艺与冲模设计、冲模制造工艺等主要内容，是模具设计与制造专业的一门主干专业课。通过本课程的学习，应初步掌握冲压成形的基本原理，掌握冲压工艺过程编制、冲模设计和冲模制造工艺编制的基本方法，具有制定一般复杂程度冲压件的冲压工艺、设计中等复杂程度冲压模具和编制模具零件加工与装配工艺的能力，能够运用已学知识分析和解决冲压生产和冲模制造中常见的产品质量、工艺及模具方面的技术问题，并了解冲压新工艺、新模具、模具制造新技术及其发展方向。

冲模设计与制造是一门实践性和实用性很强的学科，它以金属学与热处理、塑性力学、金属塑性成形原理等学科为基础，与冲压设备和机械制造技术紧密相关，因此学习时不但要注意系统学好本学科的基础理论知识，而且要密切联系生产实际，认真参加实验、实训、课程设计等实践性教学环节，同时还要注意沟通与基础学科和相关学科知识间的联系，培养综合运用知识分析解决实际问题的能力。



## 思考与练习题

1. 什么是冲压？它与其他加工方法相比有什么特点？
2. 为何冲压加工的优越性只有在批量生产的情况下才能得到充分体现？
3. 冲压工序可分为哪两大类？它们的主要区别和特点是什么？
4. 简述冲压技术的发展趋势。