

21世纪高职高专系列教材

机械设计制造类专业

# 冲压工艺 与模具设计

主 编 郑 展

副主编 唐秀兰 杨华明



免费提供  
电子教案

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高职高专系列教材  
机械设计制造类专业

# 冲压工艺与模具设计

主 编 郑 展  
副主编 唐秀兰 杨华明  
参 编 辜艳丹

ISBN 978-7-111-25908-3

① 冲压—工艺—高等学校—教材；② 冲压—工艺—高等学校—教材；③ 冲压—工艺—高等学校—教材；④ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑤ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑥ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑦ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑧ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑨ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑩ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑪ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑫ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑬ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑭ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑮ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑯ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑰ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑱ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑲ 冲压—工艺—高等学校—教材；⑳ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉑ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉒ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉓ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉔ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉕ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉖ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉗ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉘ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉙ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉚ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉛ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉜ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉝ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉞ 冲压—工艺—高等学校—教材；㉟ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊱ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊲ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊳ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊴ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊵ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊶ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊷ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊸ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊹ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊺ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊻ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊼ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊽ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊾ 冲压—工艺—高等学校—教材；㊿ 冲压—工艺—高等学校—教材。

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 19476 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：郑立群；封面设计：陈立群

封面设计：李双喜；责任印制：李双喜

北京机械工业出版社印刷厂 (北京市明城墙路 11 号)

2008 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18 印张·446 千字

0001—2000 册

定价：37.00 元 ISBN 978-7-111-25908-3

元：37.00 元



凡购本书，如蒙惠顾，请向本社发行部联系

邮购部电话：(010) 88379634

编辑部电话：(010) 88379639 88379641 88379643

机械工业出版社

北京市西城区百万庄大街 22 号

本书从实用的角度出发,对电子、电机、家用电器等行业常用中小零件的冲压工艺及模具设计作了系统地叙述,全书共7章,包括冲裁、弯曲、拉深、冷挤压等基本内容。

本书在内容上贯彻理论与实践相结合的原则,在冲裁、弯曲、拉深等重点章节中用了较大的篇幅介绍模具设计案例、主要特点和设计方法。书中所有图形与电子行业的模具结构紧密结合,结构合理,制造方便,既具有先进性,又具有实用性。每章配有习题和参考答案,以指导读者深入学习和自我检测。

本书既可作为高职高专院校和中等职业学校模具设计与制造专业教材,还可作为企业模具设计师与冲压工艺师的技术参考书。

#### 图书在版编目(CIP)数据

冲压工艺与模具设计/郑展主编. —北京:机械工业出版社,2008.1

(21世纪高职高专系列教材)

ISBN 978-7-111-22906-3

I. 冲… II. 郑… III. ①冲压—工艺—高等学校:技术学校—教材  
②冲模—设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TG38

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第199476号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:祝伟 责任校对:陈立辉

封面设计:子时文化 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市明辉装订厂装订)

2008年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18印张·446千字

0001—5000册

标准书号:ISBN 978-7-111-22906-3

定价:27.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379739

封面无防伪标均为盗版

## 出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位，促进学生技能的培养，以及教材内容要紧密结合生产实际，并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神，机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补，并更名为“21世纪高职高专系列教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师，针对相关专业的课程设置，融合教学中的实践经验，同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的，具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中，本系列教材获得了较高的评价，并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中，除了保持原有特色外，针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中，核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时，增加实训和习题；实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合；涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时，根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来，本系列教材具有以下特点：

- (1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- (2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度，强调专业技术应用能力的训练，适当增加实训环节。
- (3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁，多用图表来表达信息；增加相关技术在生产中的应用实例，引导学生主动学习。
- (4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新，及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念，并积极支持新专业的教材建设。
- (5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合，提高教学服务水平，为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快，加之我们的水平和经验有限，因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息，以利于我们今后不断提高教材的出版质量，为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

## 前 言

1955年我在德国专家指导下从事模具设计工作，改革开放后又到日本考察学习模具设计制造经验。在这50余年中，我设计、审核、批准了一万多副模具，指导过200多名大中专毕业生的毕业设计工作。我在学校讲授“冲压工艺与模具设计”课程10多年，用了不少教材，深感学校教材与企业生产实际还有距离，有的教材存在原则性错误，有的计算不可靠。为此，我和唐秀兰、杨华明老师策划，为了使教学结合企业生产实际，达到实用、够用、先进的教育原则，做到结构选取合理，计算可靠，使学生毕业后即能担任模具设计与冲压工艺工作，根据全国高等职业教育机电类教材编委会的要求，编写了这本书。

本书参考学时为120学时，课程设计30学时。其主要内容为冲压加工概述、冲裁、弯曲、拉深、成形和冷挤压等。本书在讲解冲压工艺与模具设计理论的基础上，用较大篇幅详细介绍了冲裁、弯曲、拉深等常用模具的设计实例，设计方法结合企业生产实际，具有设计技术先进、工艺先进、标准新等特点。每章后附有习题和参考答案，可指导读者深入学习和自我检测。

本书由郑展主编，四川信息职业技术学院唐秀兰、杨华明为副主编，辜艳丹参编。在本书的编写过程中，四川信息职业技术学院胡洋、李正平、周才淋、陈良等为本书绘制了大量CAD图样，在此表示感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，书中不妥及错误之处，请读者批评指正。

本书由郑展主编，四川信息职业技术学院唐秀兰、杨华明为副主编，辜艳丹参编。在本书的编写过程中，四川信息职业技术学院胡洋、李正平、周才淋、陈良等为本书绘制了大量CAD图样，在此表示感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，书中不妥及错误之处，请读者批评指正。

本书由郑展主编，四川信息职业技术学院唐秀兰、杨华明为副主编，辜艳丹参编。在本书的编写过程中，四川信息职业技术学院胡洋、李正平、周才淋、陈良等为本书绘制了大量CAD图样，在此表示感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，书中不妥及错误之处，请读者批评指正。

本书由郑展主编，四川信息职业技术学院唐秀兰、杨华明为副主编，辜艳丹参编。在本书的编写过程中，四川信息职业技术学院胡洋、李正平、周才淋、陈良等为本书绘制了大量CAD图样，在此表示感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，书中不妥及错误之处，请读者批评指正。

本书由郑展主编，四川信息职业技术学院唐秀兰、杨华明为副主编，辜艳丹参编。在本书的编写过程中，四川信息职业技术学院胡洋、李正平、周才淋、陈良等为本书绘制了大量CAD图样，在此表示感谢。

机械工业出版社



# 目 录

## 出版说明

## 前言

第1章 冲压加工概述与冲压设备	1
1.1 冲压加工概述	1
1.1.1 冲压的特点和应用	1
1.1.2 冲压工序的分类	1
1.2 冲压设备	3
1.2.1 曲柄压力机的基本组成	3
1.2.2 曲柄压力机的主要结构类型	4
1.2.3 压力机的主要技术参数	5
第2章 冲裁	8
2.1 冲裁变形过程分析	8
2.2 冲裁件质量分析	9
2.2.1 冲裁件的断面质量	9
2.2.2 冲裁件的尺寸精度及其影响因素	10
2.3 冲裁模间隙	11
2.3.1 间隙对模具寿命的影响	12
2.3.2 间隙对冲裁力的影响	12
2.3.3 确定间隙的理论根据	12
2.4 凸模与凹模工作部分尺寸计算	14
2.4.1 凸模与凹模工作部分尺寸计算原则	14
2.4.2 凸模与凹模工作部分尺寸计算方法	15
2.5 冲裁件的工艺性	19
2.5.1 冲裁件的结构工艺性	19
2.5.2 冲裁件的精度与断面粗糙度	20
2.6 冲裁力和压力中心的计算	21
2.6.1 冲裁力的计算	21
2.6.2 卸料力、推件力及顶件力的计算	22
2.6.3 压力机公称压力的确定	22
2.6.4 降低冲裁力的方法	23
2.6.5 冲模压力中心的确定	24
2.7 排样	25

2.7.1 排样原则	25
2.7.2 搭边	26
2.7.3 排样方法	27
2.7.4 排样举例	28
2.7.5 条料宽度与导料板之间距离的计算	32
2.8 冲裁模	34
2.8.1 冲裁模分类	34
2.8.2 单工序冲裁模	34
2.8.3 级进模	38
2.8.4 复合模	40
2.9 冲裁模主要零部件的设计与选用	42
2.9.1 冲模零件的分类	42
2.9.2 工作零件	42
2.9.3 定位零件	49
2.9.4 卸料装置	56
2.9.5 模架及零件	61
2.9.6 其他固定零件	63
2.10 硬质合金冲裁模	64
2.10.1 硬质合金冲裁模常用材料	64
2.10.2 硬质合金冲裁模设计特点	64
2.10.3 硬质合金冲裁模工作部分结构	65
2.11 小孔冲孔模	65
2.11.1 提高凸模强度和刚性的方法	65
2.11.2 小孔冲孔模的设计特点	66
2.12 非金属材料冲裁	68
2.13 聚氨酯橡胶冲模	70
2.13.1 冲裁原理	70
2.13.2 冲裁的工艺性	71
2.13.3 模具结构	72
2.13.4 主要零件的设计	73
2.14 光洁冲裁与整修	75
2.14.1 常用的光洁冲裁方法	75
2.14.2 整修	75

2.15 冲裁模设计 .....	79	3.8.2 凹模尺寸的确定 .....	109
2.15.1 冲裁件工艺性分析 .....	79	3.8.3 凸、凹模间隙 .....	112
2.15.2 确定冲裁工艺方案 .....	80	3.8.4 U形件弯曲模凸、凹模工作部分尺寸 及公差 .....	112
2.15.3 模具结构形式的确定 .....	80	3.9 弯曲模 .....	113
2.15.4 标准的选用及必要的设计计算 .....	80	3.9.1 V形件弯曲模 .....	113
2.15.5 冲模闭合高度和压力机有关参数的 校核 .....	80	3.9.2 U形件弯曲模 .....	115
2.15.6 冲裁模设计示例 .....	81	3.9.3 圆形件弯曲模 .....	119
2.16 精密冲裁 .....	88	3.9.4 Z形件弯曲模 .....	121
2.16.1 带齿圈压板精冲 .....	88	3.9.5 其他形状弯曲件弯曲模 .....	122
2.16.2 精冲模结构 .....	89	3.9.6 级进冲裁弯曲模 .....	122
习题 .....	91	3.9.7 复合弯曲模 .....	125
<b>第3章 弯曲</b> .....	<b>94</b>	习题 .....	125
3.1 弯曲变形过程分析 .....	94	<b>第4章 拉深</b> .....	<b>128</b>
3.1.1 弯曲变形过程 .....	94	4.1 拉深过程分析 .....	128
3.1.2 塑性弯曲变形特点 .....	94	4.1.1 拉深变形过程 .....	128
3.1.3 塑性弯曲变形区的应力应变 状态 .....	95	4.1.2 拉深过程中毛坯内的应力与应变 状态 .....	129
3.1.4 弯曲变形程度及表示方法 .....	97	4.1.3 拉深时凸缘区的应力分布与 起皱 .....	130
3.2 最小弯曲半径 .....	98	4.1.4 筒壁传力区的受力分析与拉裂 .....	132
3.2.1 影响最小弯曲半径的因素 .....	98	4.2 旋转体拉深件毛坯尺寸的 确定 .....	132
3.2.2 最小弯曲半径的数值 .....	98	4.2.1 旋转体拉深件毛坯尺寸的确定 依据 .....	132
3.3 弯曲件的回弹 .....	99	4.2.2 简单旋转体拉深件毛坯尺寸的 确定 .....	133
3.3.1 回弹现象 .....	99	4.3 圆筒形件的拉深系数和拉深次数的 确定 .....	136
3.3.2 影响回弹的因素 .....	100	4.3.1 拉深系数及其极限 .....	136
3.3.3 回弹值的确定 .....	101	4.3.2 影响极限拉深系数的因素 .....	137
3.3.4 减小回弹的措施 .....	101	4.3.3 极限拉深系数的确定 .....	138
3.4 弯曲力的计算 .....	103	4.3.4 无凸缘圆筒形件的拉深次数及工序件 尺寸的确定 .....	139
3.4.1 自由弯曲时的弯曲力 .....	103	4.3.5 带凸缘圆筒形件的拉深方法及工序件 尺寸的确定 .....	141
3.4.2 校正弯曲时的弯曲力 .....	103	4.4 拉深力与压料力 .....	147
3.4.3 压力机公称压力的确定 .....	103	4.4.1 拉深力的计算 .....	147
3.5 弯曲件毛坯展开尺寸的计算 .....	104	4.4.2 压料力的确定 .....	147
3.5.1 弯曲件中性层位置的确定 .....	104	4.4.3 压料装置 .....	148
3.5.2 弯曲件毛坯展开尺寸的计算 .....	104	4.4.4 压力机公称压力的确定 .....	149
3.6 弯曲件的工艺性 .....	106	4.4.5 拉深功与功率计算 .....	149
3.6.1 弯曲件的结构 .....	106		
3.6.2 弯曲件的精度 .....	107		
3.7 弯曲件的工序安排 .....	108		
3.8 弯曲模工作部分结构参数的 确定 .....	109		
3.8.1 凸模圆角半径 .....	109		

4.5	盒形件的拉深	150	5.3.1	胀形的变形程度	213
4.5.1	盒形件拉深的变形特点	150	5.3.2	胀形制件的毛坯尺寸计算	214
4.5.2	盒形件毛坯的形状和尺寸的确定	150	5.3.3	胀形方法	215
4.5.3	盒形件的拉深系数、拉深次数及工序件尺寸的确定	152	5.4	缩口	215
4.5.4	盒形件拉深力的计算	165	5.4.1	缩口变形的特点及变形程度	215
4.6	拉深模设计	165	5.4.2	缩口工艺计算	216
4.6.1	拉深模凸模和凹模圆角半径	165	5.4.3	缩口模	218
4.6.2	拉深模间隙	166	5.5	校形	218
4.6.3	凸、凹模工作部分的尺寸及公差	167	5.5.1	校平	218
4.6.4	拉深模分类及模具典型结构	168	5.5.2	整形	219
4.6.5	拉深模设计	173	5.6	旋压	220
4.7	带料连续拉深	181	5.6.1	旋压工艺	220
4.7.1	带料连续拉深工艺过程的拟订	181	5.6.2	变薄旋压工艺	221
4.7.2	带料连续拉深模	189	习题		222
4.8	其他形状制件的拉深	190	<b>第6章 冷挤压</b>		223
4.8.1	球形和抛物线形制件的拉深	190	6.1	概述	223
4.8.2	球形制件的拉深	191	6.1.1	冷挤压的分类	223
4.8.3	抛物线形制件的拉深	192	6.1.2	冷挤压的技术效果	226
4.8.4	锥形制件的拉深	192	6.2	冷挤压的金属变形	227
4.8.5	阶梯形制件的拉深	194	6.2.1	正挤压的金属变形	227
4.9	拉深工艺的辅助工序	195	6.2.2	反挤压的金属变形	228
4.9.1	润滑	195	6.2.3	冷挤压的变形程度	229
4.9.2	热处理	197	6.3	冷挤压用金属材料及毛坯准备	231
4.9.3	酸洗	198	6.3.1	冷挤压对原材料的要求	231
习题		199	6.3.2	常用的冷挤压材料	231
<b>第5章 其他冲压成形</b>		201	6.3.3	冷挤压毛坯形状和尺寸的确定	231
5.1	局部成形	201	6.3.4	冷挤压毛坯的加工方法	233
5.1.1	局部成形的变形特点	201	6.3.5	冷挤压毛坯的软化处理	233
5.1.2	局部成形工序	201	6.3.6	冷挤压毛坯的表面处理与润滑	234
5.1.3	百页窗制件的成形	203	6.4	冷挤压力	236
5.1.4	局部成形的压力计算	204	6.4.1	冷挤压力的确定	236
5.2	翻边	204	6.4.2	冷挤压力的阶段性	236
5.2.1	内孔翻边的变形特点	204	6.4.3	影响冷挤压力的因素	238
5.2.2	内孔翻边的工艺计算	206	6.4.4	冷挤压力的计算	240
5.2.3	外缘翻边	207	6.4.5	冷挤压压力机的选用	245
5.2.4	变薄翻边	209	6.5	冷挤压件的工艺设计与变形工序	246
5.2.5	翻边时凸模和凹模的尺寸计算	210	6.5.1	冷挤压件的工艺设计	246
5.2.6	翻边模	212	6.5.2	冷挤压变形工序的制定	246
5.3	胀形	213	6.6	冷挤压模具设计	251



6.6.1	冷挤压对模具设计的要求	251
6.6.2	冷挤压凸模和凹模的设计	251
6.6.3	凸模和凹模工作部分尺寸的计算	262
6.6.4	冷挤压模	263
	习题	267
<b>第7章 冲压模具及冲压零件常用材料</b>		
7.1	冲模工作零件的工作条件及失效形式	268
7.1.1	工作条件	268
7.1.2	失效形式	268
7.2	对模具钢的性能要求	269

7.2.1	使用性能要求	269
7.2.2	工艺性能要求	269
7.3	工作零件用材料种类及合金元素的作用	269
7.3.1	凸、凹模用钢的分类	269
7.3.2	合金元素对钢性能的影响	269
7.3.3	凸、凹模材料的选用	270
7.3.4	冲模其他零件材料的选用	271
7.4	冲压件常用材料	272
	习题参考答案	276
	参考文献	280

# 第1章 冲压加工概述与冲压设备

1-1 表

## 1.1 冲压加工概述

### 1.1.1 冲压的特点和应用

冲压是在常温下利用安装在压力机上的冲模对材料施加压力，使其产生分离、成形或接合，从而获得所需要制件的一种压力加工方法，是机械制造中先进的加工方法之一。冲压不但可以加工金属材料，而且还可以加工非金属材料。

在冲压中，冲模是冲压加工中所用的工艺装备。用加压的方法将金属或非金属材料分离、成形或接合而得到制件的工艺装备称为冲模。

冲压生产过程的主要特征是依靠冲模和冲压设备完成加工，便于实现自动化，生产率高，操作简便。普通压力机每分钟可生产几十件或上百件制件。高速或超高速压力机的生产率更高，如每分钟 2400 次的超高速压力机，一模一件，一天产量就是 360 万件，一模二件，一天产量就是 720 万件，生产率之高，是其他加工方法无法达到的。

冲压加工的制件是靠冲模完成的，制件的公差是靠模具保证的，虽然精度不很高，但一致性好，制件尺寸稳定，互换性好，完全适应现代化大生产量的需要。

冲压大多数采用薄板加工，冲压成形的制件质量轻，刚性好，可加工形状非常复杂的制件。

冲压加工一般不需要加热毛坯，也不像切削加工那样大量切削金属，所以它不但节能而且节约金属。尤其是拉深和冷挤压，材料利用率很高，成本低。

因此，冲压工艺在电子、电器、仪表、航空、汽车、电机及日常生活用品的生产中占据十分重要的地位。

### 1.1.2 冲压工序的分类

由于冲压加工的制件形状、尺寸、精度要求、生产批量大小、原材料性能的不同，生产中所采用的冲压工艺方法也很多，但概括起来可分为两大类，即分离工序和成形工序。分离工序是指板料按一定的轮廓线分离而获得的一定形状、尺寸和切断面质量的制件的工序。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制件的工序。

在工厂中，人们常把冷冲压分为五个基本工序。

- (1) 冲裁 使材料分离，得到一定形状和尺寸的冲压工序。
- (2) 弯曲 将毛坯或半成品沿弯曲线弯成一定形状和角度的冲压工序。
- (3) 拉深 将毛坯拉压成空心体，或者将空心体拉压成外形更小的空心体的冲压工序。
- (4) 成形 用各种不同形式的局部变形来改变毛坯形状和尺寸的冲压工序。
- (5) 冷挤压 在室温下，使金属材料产生体积转移而得到制件的冲压工序。

对于分离工序和成形工序，按冲压方式不同又可分为很多基本工序，见表 1-1、表 1-2。

在实际生产中，当生产批量大时，按表所列的基本工序生产，则生产率可能很低，不能满足生产需要。因此，一般采用组合工序，即把两个以上的单独工序组合在一起，构成复合、级进、级进-复合的组合工序。

表 1-1 分离工序

序号	工序名称	工序简图	特点
1	落料		沿封闭的轮廓线将制件或毛坯与板料分离，封闭曲线以内的部分作为制件时称为落料
2	冲孔		沿封闭的轮廓线将制件或毛坯与板料分离，封闭曲线以外的部分作为制件时称为冲孔
3	切断		将板料沿不封闭的轮廓线分离成制件或工序件的冲压工序
4	切边		切去成形制件多余边缘材料的冲压工序
5	切舌		沿不封闭的轮廓将部分材料切开并使其下弯的冲压工序
6	剖切		沿不封闭的轮廓将半成品制件切离为两个或数个制件的冲压工序
7	整修		沿半成品制件被冲裁的外缘或内孔修切掉一层材料，以提高制件的尺寸精度和断面质量的冲压工序
8	精冲		使板料处于三向受压的状态下进行冲裁，冲制出全光亮带断面、尺寸精度高的制件的冲压工序

表 1-2 成形工序

序号	工序名称	工序简图	特点
1	弯曲		将毛坯或半成品制件沿弯曲曲线弯成一定角度和形状的成形工序
2	卷边		把板料端部弯曲成接近封闭圆形的冲压工序
3	扭曲		将毛坯扭转成一定角度的制件的冲压工序

序号	工序名称	工序简图	特点
4	拉深		把毛坯拉压成空心体或者把空心体拉压成外形更小的空心体的冲压工序
5	翻边		使毛坯的平面部分或曲面部分的边缘沿一定曲线翻起竖立直边的冲压工序
6	翻孔		在预先制孔的半成品上或未经制孔的板上冲制出竖立孔边缘的冲压工序
7	缩口		使空心毛坯或管状毛坯端部的径向尺寸缩小的冲压工序
8	扩口		使空心毛坯或管状毛坯端部的径向尺寸扩大的冲压工序
9	成形		使板料发生局部的塑性变形按凸模或凹模的形状直接复制成形的冲压工序
10	胀形		使空心毛坯内部在双向拉应力作用下,产生塑性变形,取得凸肚形制件的冲压工序
11	冷挤压		在室温下,使金属坯料在凸模压力作用下,通过凹模产生塑性变形,使金属材料产生体积转移而挤压成形的冲压工序

## 1.2 冲压设备

在冲压生产中,为了适应不同的冲压工作需要,采用各种不同类型的压力机。压力机的类型很多,按传动方式的不同,主要有机械压力机和液压压力机两大类。其中机械压力机在冲压生产中应用最广。

常用的机械压力机有曲柄压力机、摩擦压力机等,其中曲柄压力机应用最广。

### 1.2.1 曲柄压力机的基本组成

图 1-1 为曲柄压力机的结构简图,它由下列各部分组成。



(1) 床身 床身是压力机的骨架，承受全部冲压力，并将压力机所有的零件连接起来，保证压力机所要求的精度、强度和刚性。床身上固定有工作台垫板1，用于安装下模。

(2) 工作机构 即曲柄连杆机构。由曲轴9、连杆10、滑块11组成。电动机5通过带轮把能量传给带轮4，通过传动轴经小齿轮6、大齿轮7传给曲轴9，并经连杆10把曲轴9的旋转运动变成滑块11的往复运动。上模就固定在滑块上。带轮4兼起飞轮作用，使压力机在整个工作周期里负荷均匀，能量得以充分利用。

(3) 操纵系统 由制动器3、离合器8等组成。离合器是用来起动和停止压力机动作的机构。制动器是在当离合器分离时，使滑块停止在所需的位置上。离合器的离、合即压力机的开、停，通过操纵系统来控制。

(4) 传动系统 包括带轮传动、齿轮传动等机构。

(5) 能源系统 电动机、带轮4。

除上述基本系统外，还有多种辅助装置，如润滑系统、保险装置、计数装置等。

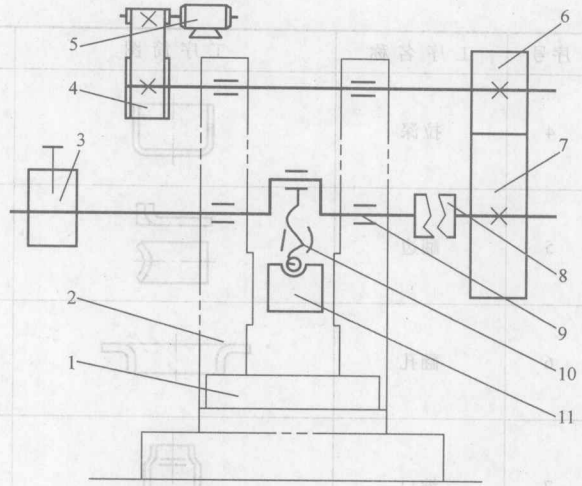


图 1-1 曲柄压力机的结构简图

1—工作台垫板 2—床身 3—制动器 4—带轮 5—电动机  
6、7—齿轮 8—离合器 9—曲轴 10—连杆 11—滑块

## 1.2.2 曲柄压力机的主要结构类型

曲柄压力机的分类方法很多，按滑块行程是否可调分为偏心压力机和曲轴压力机两大类。偏心压力机的滑块行程可调，曲轴压力机的滑块行程不能调整。

曲轴压力机的特点是行程较大，它的行程等于曲轴偏心半径的两倍。由于曲轴在压力机上由两个或多个对称轴承支持着，压力机所受负荷均匀，故可制造大行程和压力较大的压力机。

偏心压力机和曲轴压力机的原理基本相同。其主要区别是主轴的结构不同，偏心压力机的主轴为偏心轴，曲轴压力机的主轴为曲轴。

偏心压力机的结构简图见图 1-2。

它由电动机10通过带轮9、离合器8带动偏心轴7旋转。利用偏心轴前端的偏心部分，通过偏心套5使连杆4带动滑块3做往复运动以进行冲压工作。6

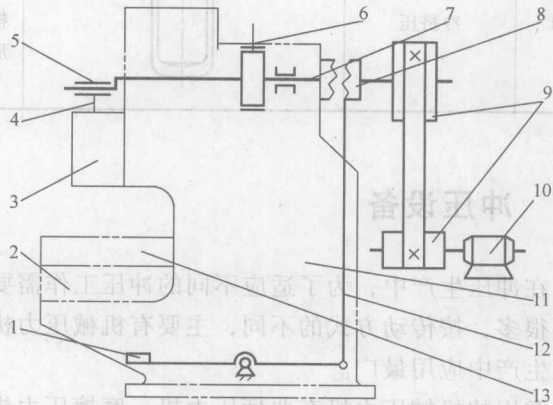


图 1-2 偏心压力机结构简图

1—脚踏板 2—工作台 3—滑块 4—连杆 5—偏心套  
6—制动器 7—偏心轴 8—离合器 9—带轮 10—电动机  
11—床身 12—操纵机构 13—工作台垫板



为制动装置，脚踏板 1 和操纵机构 12 控制离合器的闭合。

偏心压力机的主要特点是行程不大，但可适当调节。

上面讲的是单动压力机，还有专门用于拉深的双动压力机和用于精冲的三动压力机。

### 1.2.3 压力机的主要技术参数

压力机的主要技术参数是反映一台压力机的工艺能力、所能加工制件尺寸的范围以及有关生产率的指标，也是模具设计中选用冲压设备、确定模具结构的重要依据。

(1) 公称压力 压力机滑块下压时的冲击力就是压力机的压力，公称压力必须大于冲压工艺所需的冲压力。我国压力机的公称压力已经系列化，例如 63、100、160、250、400、630、800、1000、1250、1600、……、6300kN 等。

(2) 滑块行程 滑块行程是指滑块从上死点到下死点所经过的距离。对于高的拉深件往往因为行程太小使拉深无法进行。

(3) 滑块每分钟行程次数 滑块每分钟行程次数的多少，关系到生产率的高低。我国生产的大多为低速压力机。19 世纪 70 年代以来，随着科学技术的发展，压力机向着自动化、高速化、宜人化方向发展。由于自动化水平的不断提高和成捆卷料供应的推广，压力机的速度高达 2400 次/min。如美国明斯特公司生产的 250kN2000 次/min 和 550kN1600 次/min 的超高速压力机，日本山田、久保田、千代田、京利、能率、福井生产的 320~800kN800~1500 次/min 的超高速压力机，德国魏因加滕公司生产的 1250kN700 次/min 的高速压力机等。在工业发达的国家，大量生产中一般采用 400~1000 次/min 的高速和超高速压力机。

(4) 压力机的装模高度 压力机的装模高度是指滑块在下死点时，滑块底平面到工作台上的垫板上平面的高度。调节压力机连杆的长度，可以调节装模高度的大小。模具的闭合高度应在压力机的最大与最小装模高度之间。

(5) 压力机工作台面尺寸 压力机的工作台面尺寸应大于冲模下模座的尺寸，一般每边最小应大于 50~70mm，便于安装固定模具用的压板和螺钉。

(6) 漏料孔尺寸 当制件（或废料）需要下落，或模具下模座上需要安装弹顶装置时，工作台上的漏料孔尺寸必须大于制件（或废料）和弹顶装置的尺寸。

(7) 模柄孔尺寸 大多数情况下，模具的模柄尺寸都小于压力机模柄孔尺寸，采用在模柄上加衬套把模具上模固定在压力机滑块上。

(8) 压力机电动机功率 必须保证压力机的电动机功率大于冲压时所需要的功率。

表 1-3 至表 1-5 为常用压力机的技术参数。

表 1-3 开式固定台压力机技术参数

型 号	技术 参 数								
	公称压力 /kN	滑块行程 /mm	行程次数/(次/min)	最大封闭高度/mm	封闭高度调节量 /mm	工作台尺寸 (长×宽) /mm	滑块底面尺寸 (前后×左右)/mm	工作台垫板厚度 /mm	模柄孔尺寸 (直径×深度)/mm
JZ21—6.3	63	45	100、120	160	35	300×170	140×150	30	
JZ21—10	100	50	90、110	180	40	310×200	150×170	35	
JH21—10A	100	50	80	220	30	350×235	145×115	45	

(续)

型 号	技术参数								
	公称压力 /kN	滑块行程 /mm	行程次数/(次/min)	最大封闭高度/mm	封闭高度调节量 /mm	工作台尺寸 (长×宽) /mm	滑块底面尺寸 (前后×左右)/mm	工作台垫板厚度 /mm	模柄孔尺寸 (直径×深度)/mm
JA21—35	350	130	50	280	60	610×380	270×210	60	φ50×70
JA21—40A	400	100	55	300	65	630×420	260×200	80	
J21—63	630	100	45	400	80	710×480	280×250	80	
J21—80	800	130	45	380	90	800×540	370×350	100	φ60×75
J11—100	1000	可调 20~100	65	420	85	800×600	340×260	100	
JA21—100	1000	130	38	480	100	1080×710	430×360	100	
JB21—100	1000	20、72、100	70	390	85	900×600	335×260	100	
JA21—160	1600	160	40	450	130	1120×710	650×460	130	
JB21—160	1600	40、117、160	50	450	120	1120×700	510×370	120	T形槽
J21—400A	4000	200	25	550	150	1400×900	800×600	170	
J11—400	4000	200	25	550	140	1600×1000	1500×800	170	

表 1-4 开式可倾压力机技术参数

型 号	技术参数								
	公称压力 /kN	滑块行程 /mm	行程次数/(次/min)	最大封闭高度/mm	封闭高度调节量 /mm	工作台尺寸 (长×宽) /mm	滑块底面尺寸 (前后×左右)/mm	工作台垫板厚度 /mm	模柄孔尺寸 (直径×深度)/mm
J23—3.15	31.5	25	200	170	25	300×160	100×90	30	φ30×50
J23—6.3	63	35	170	150	30	310×200	140×120	30	
J23—6.3B	63	50	170	170	40	315×200	145×135	40	
J23—10	100	45	145	180	35	270×240	170×150	35	φ50×70
J23—10A	100	60	145	180	35	360×240	170×150	50	
JH23—10	100	45	145	180	35	370×240	170×150	35	
J23—16	160	55	120	220	45	450×300	200×180	40	
J23—16A	160	65	120	210	50	420×280	180×160	50	
J23—16B	160	70	120	220	60	450×300	200×180	60	
J23—25	250	80	100	250	70	560×360	240×200	70	
J23—25B	250	115	55	300	70	560×370	290×220	70	φ60×75
J23—35	350	100	50	230	50	610×400	210×186	75	
J23—40	400	100	65	300	80	630×420	240×230	80	
JC23—40	400	90	65	250	50	630×380	182×132	70	
J23—63	630	100	40	400	80	860×570	400×360	80	
JB23—63	630	100	40	400	80	860×570	400×360	80	
JD23—63	630	150	40	330	80	750×480	404×272	90	
J23—100	1000	130	38	480	100	1080×710	430×360	100	
JA23—100	1000	150	38	480	120	1080×710	430×360	100	φ60×75
J23—80	800	130	45	380	90	800×540	370×350	100	
J23—125	1250	130	38	480	110	1180×710	430×370	100	



## 第 2 章 冲 裁

利用冲模使板料相互分离的冲压工序称为冲裁。冲裁工艺的种类很多，常用的有落料、冲孔、切边、修边、整修等。冲裁所得的冲裁件可以直接作为零件使用，也可以作为弯曲、拉深、成形、冷挤压等其他工序的毛坯。

根据冲裁变形机理的不同，冲裁工艺可分为普通冲裁和精密冲裁两大类。普通冲裁是由凸、凹模刃口之间产生剪裂纹的形式实现材料分离，冲出的冲裁件断面比较粗糙，精度较低。而精密冲裁则是以塑性变形的形式实现材料分离，冲出的冲裁件断面比较光洁，精度较高。但精密冲裁需要有专门的精冲压力机及高精度的冲模。精密冲裁是一种正在不断发展与完善的冲压新工艺。本章主要讨论普通冲裁工艺。

### 2.1 冲裁变形过程分析

冲裁过程如图 2-1 所示。上模是凸模 1，装在压力机的滑块上，为活动部分。下模是凹模 4，固定在压力机工作台上，是固定部分。凸模和凹模之间有间隙，被冲材料放在凹模刃口上面，当压力机滑块下行时，凸模穿过材料进入凹模洞口，使冲裁件与材料分离而完成冲裁工作。如果模具间隙正常，冲裁变形过程大致可分为如下三个阶段，见图 2-2。

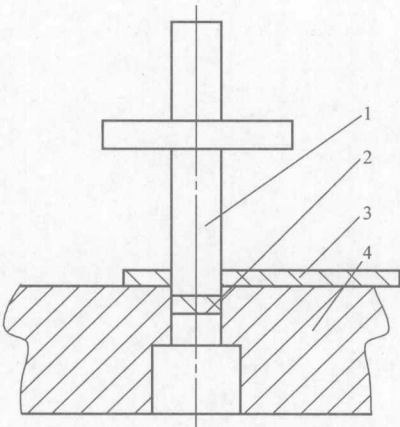


图 2-1 冲裁过程

1—凸模 2—冲裁件 3—条料 4—凹模

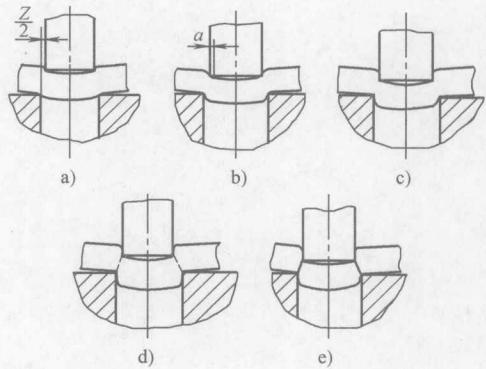


图 2-2 冲裁变形过程

#### 1. 弹性变形阶段（见图 2-2a）

当压力机滑块下行，凸模开始接触材料并下压时，凸模和凹模刃口周围的材料产生应力集中现象，使材料产生弹性压缩、拉伸和弯曲等复杂的变形，材料略有挤入凹模洞口的现象。此时，凸模下的材料略有弯曲，凹模上的材料则向上翘。间隙越大，弯曲和上翘越严重，直到材料内的应力达到弹性极限，弹性变形阶段结束。