

模具制造技术培训读本

冲压工艺及模具

刘华刚 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书与冲压模具实际生产紧密结合，以冲压工艺为主线，着重介绍模具材料的选择，冲裁模、弯曲模、拉深模、级进模等模具结构的设计，压力设备的选择等内容。书中精选典型实例，以实训形式翔实介绍冲压模具装配与调试的技能与技巧。注意简化难点，突出重点，深入浅出地介绍冲压模具设计的有关知识和要点，为深入学习、进一步提高技能奠定坚实的基础。

本书可供模具制造领域的工程技术人员和一线工人阅读，也可供职业院校模具专业的学生参考。

图书在版编目（CIP）数据

冲压工艺及模具/刘华刚编著. —北京：化学工业出版社，2007. 1

（模具制造技术培训读本）

ISBN 978-7-5025-9947-8

I. 冲... II. 刘... III. ①冲压-工艺-技术培训-教材
②冲模-设计-技术培训-教材 IV. TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 011137 号

责任编辑：张兴辉 刘丽宏

文字编辑：陈 喆

责任校对：宋 夏

装帧设计：史利平

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 刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装 订：三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 15 $\frac{1}{2}$ 字数 293 千字 2007 年 3 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：30.00 元

版权所有 违者必究

前 言

进入 21 世纪，科学技术以迅猛的速度向前发展，从而推动了社会的进步和经济的繁荣。根据世界范围的社会科学经济发展趋势预计，在新的世纪，我国将成为全球最大的加工制造工厂或加工制造基地。模具工业是现代加工制造业一个重要的组成部分，对今后国民经济和社会的发展将起到越来越重要的作用。有人说：“模具是一切工业之母，其制造技术是工业生产的核心技术”。国际生产技术协会预测在 21 世纪，机械零部件中 60% 的粗加工，80% 的精加工要由模具来完成，采用模具生产零件具有效率高、质量好、节能降耗、生产成本低等一系列优点。

目前我国模具技术人员短缺，模具设计与制造技术人才已经成为“紧缺人才”。要解决这一问题，模具技能型人才的培训是关键。《模具制造技术培训读本》（简称《读本》）就是为满足模具领域工程技术人员和一线工人以及部分高职院校模具专业人员培训的需要，邀请具有丰富教学和培训经验的专家编写的。《读本》按照模具行业从业人员的职业特点，本着以综合素质为基础，以能力为本的原则，以企业需求为基本依据，以就业为导向，适应企业技术发展，从生产实践角度精选内容，系统介绍模具设计与制造的相关知识和技能，帮助读者学习掌握模具加工的核心技术，为模具行业培养综合型、复合型人才做贡献。《读本》共 7 册，包括《模具制造基础》、《模具识图与制图》、《塑料成型工艺与注塑模具》、《冲压工艺及模具》、《模具加工与装配》、《塑料模具设计与制造过程仿真》、《冲压模具设计与制造过程仿真》。

本书是《冲压工艺及模具》分册，全书具有如下特点。

1. 与实际生产紧密结合，以冲压工艺为主线，着重介绍模具材料的选择，冲裁模、弯曲模、拉深模、级进模等模具结构的设计，压力设备的选择等方面的内容。
2. 突出实践性，精选典型实例，以实训形式翔实介绍冲压模具装配与调试的技能与技巧。
3. 简化难点，突出重点，深入浅出地介绍冲压模具设计的有关知识和要点，为深入学习、进一步提高技能奠定坚实的基础。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

编者

2007 年 1 月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目 录

第 1 章 冲压件材料及冲压工艺性分析	1
1.1 板料冲压基本理论及材料	1
1.1.1 板料冲压工艺特点	1
1.1.2 冷冲压工序分类	2
1.1.3 冷冲压成形模具分类	4
1.1.4 冷冲压成形模具结构	5
1.1.5 冷冲压成形工艺中常用材料	9
1.1.6 常用金属冲压材料的规格	11
1.1.7 新型冲压材料	12
1.1.8 冷冲压成形模具常用材料	13
1.2 冲压件工艺性	14
1.2.1 冲压件的工艺性	14
1.2.2 冲裁件的工艺性	15
1.2.3 弯曲件的工艺性	17
1.2.4 拉深件的结构工艺性	18
第 2 章 冲裁模	20
2.1 冲裁件排样的设计	20
2.1.1 冲裁变形过程分析	20
2.1.2 冲裁断面特征及板料的受力分析	20
2.1.3 冲裁间隙的选择	22
2.1.4 合理冲裁间隙的计算与选择	24
2.1.5 凸、凹模尺寸确定	27
2.1.6 冲压力	33
2.1.7 压力中心的确定	37
2.1.8 排样与搭边	40
2.2 冷冲模典型零件设计	44
2.2.1 冲模组成零件	44
2.2.2 凸模	44
2.2.3 凹模	51
2.2.4 凸凹模的最小壁厚	55

2.2.5	凸、凹模的镶拼结构	55
2.2.6	定位装置的设计	58
2.2.7	挡料装置的设计	60
2.2.8	导料装置的设计	62
2.2.9	导正装置的设计	64
2.2.10	卸料装置的设计	67
2.2.11	推件与顶件装置的设计	70
2.2.12	导板的设计	71
2.2.13	压料装置的设计	73
2.2.14	模架的选用	75
2.2.15	凸、凹模固定板和垫板的设计	78
2.2.16	紧固零件的选用	79
2.3	冲裁模典型结构	79
2.3.1	无导向单工序冲裁模	79
2.3.2	导板式单工序冲裁模	81
2.3.3	导柱式单工序冲裁模	81
2.3.4	冲孔模	84
2.3.5	导正销定距的级进模	84
2.3.6	侧刃定距的级进模	86
2.3.7	无废料、少废料级进模	89
2.3.8	正装式复合模	91
2.3.9	倒装式复合模	91
第3章	弯曲模	93
3.1	弯曲变形过程	93
3.2	弯曲毛坯展开长度计算	95
3.3	最小弯曲半径及弯曲力	97
3.4	弯曲模工作部分的尺寸参数	98
3.5	回弹	101
3.6	弯曲模的典型结构	103
3.6.1	V形件弯曲模	103
3.6.2	U形件弯曲模	103
3.6.3	U形件弯曲模(四角件弯曲模)	104
3.6.4	Z形件弯曲模	106
第4章	拉深模	107
4.1	拉深变形特点	107

4.1.1	拉深系数	107
4.1.2	拉深次数	109
4.1.3	圆筒形件各次工序尺寸的计算	110
4.2	拉深模的类型	111
4.3	拉深力的计算	111
4.4	拉深件的毛坯尺寸计算（圆筒件）	113
4.5	拉深模工作部分结构与尺寸计算	118
4.5.1	拉深模工作部分结构	118
4.5.2	拉深模工作部分尺寸计算	121
4.5.3	压边装置	123
4.6	拉深模典型结构	125
第5章	多工位级进模	128
5.1	多工位级进模的概述	128
5.2	多工位级进模的分类	129
5.2.1	按冲压件成形方法分类	129
5.2.2	按级进模所包含的工序性质分类	129
5.3	多工位级进模排样设计	130
5.3.1	排样设计的原则	130
5.3.2	排样设计时应考虑的因素	131
5.3.3	载体设计	132
5.3.4	冲切刃口设计	133
5.3.5	定距设计	135
5.4	多工位级进模典型结构	139
5.4.1	带料级进拉深模	139
5.4.2	冲孔、落料多工位级进模	140
5.4.3	落料、冲孔级进模	145
5.4.4	冲孔、切断、压弯级进模	146
5.4.5	冲裁、弯曲、胀形多工位级进模	147
5.4.6	冲裁、拉深、翻孔多工位级进模	151
5.5	多工位级进模的设计要点	153
5.5.1	级进模总体设计	153
5.5.2	凹模设计	155
5.5.3	凸模设计	157
5.5.4	凸模固定板设计	158
5.5.5	定距机构设计	158
5.5.6	导料装置设计	160

5.5.7 卸料装置设计	162
第6章 冲压设备的选用与操作	167
6.1 冲压设备分类、型号及特点	167
6.1.1 冲压设备分类、型号	167
6.1.2 曲柄压力机的结构与原理	168
6.1.3 其它类型的冲压设备	170
6.2 冲压设备类型的选用及主要技术参数	185
6.2.1 冲压设备类型的选择	185
6.2.2 冲压设备规格的选择	186
6.3 曲柄压力机的操作	189
6.3.1 曲柄压力机的能力	189
6.3.2 曲柄压力机结构的正确使用	189
6.3.3 模具对压力机正确使用的影响	190
6.3.4 压力机正确的操作	191
6.3.5 对压力机的定期检修保养	191
6.4 压力机上模具的装模与卸模	192
6.4.1 冲压模的安装	192
6.4.2 冲压模的拆卸	194
第7章 冲裁模具设计实例	195
7.1 冲裁模具设计要点	195
7.2 设计举例	201
第8章 冷冲压成形模具的装配实训	207
8.1 冷冲模装配的技术要求	207
8.1.1 冷冲模的制造特点	207
8.1.2 制造冷冲模的步骤	207
8.1.3 冷冲模装配的技术要求	208
8.2 装配模具前, 模具钳工应做的准备工作	209
8.3 模具的装配方法	209
8.4 在装配冲模时, 控制凸、凹模间隙的方法	210
8.5 确定冲模的装配顺序	212
8.6 模具零件紧固——机械固定法	213
8.7 模具零件紧固——物理固定法	215
8.8 模具零件紧固——化学固定法	216
8.9 冷冲压成形模具装配实例	218
第9章 冷冲压成形模具的调试	223

9.1	冲模的安装步骤	223
9.2	模具装配后进行试模与调整的原因	224
9.3	模具调试的内容	224
9.4	模具在调试过程中应注意的问题	225
9.5	模具冲裁模调试的要点	225
9.6	弯曲模的调整要点	226
9.7	拉深模试模与调整要点	226
9.8	冲裁模试冲时常会出现的弊病及调整	227
9.9	弯曲模试模过程中常见的弊病及调整方法	230
9.10	拉深模调试中的缺陷及调整方法	232
9.11	试模常见问题及其调整	234
9.12	垫圈正装复合模调试实例	235
参考文献		238

第 1 章 冲压件材料及冲压工艺性分析

1.1 板料冲压基本理论及材料

模具是机械、汽车、电子、通信、家电等行业产品的基础工艺装备，属于高新技术产品。作为基础工业，模具的质量、精度、寿命对其它工业的发展起着十分重要的作用，模具技术已成为衡量一个国家产品制造水平的重要标志之一，在日本，模具称为“进入富裕社会的原动力”，在罗马尼亚，视“模具就是黄金”。随着我国国民经济的发展，模具工业作为工业产品的基础，得到了蓬勃发展。

模具分为冷冲压模具、塑料模具、铸造模具、橡胶模具、玻璃模具以及热锻模具等。其中，冷冲压模具历史悠久、用途广泛、技术成熟，在各类模具中，占有的比重最大。

1.1.1 板料冲压工艺特点

冷冲压是先进的金属加工方法之一，主要用于加工板料，因此又称为板料冲压。冷冲压是在常温下，利用冲压模在冲压设备上对板料或型材施加压力，使其产生塑性变形或分离，从而获得所需形状、尺寸和性能零件的一种压力加工方法。对于某些非金属材料，也可以采用冲压工艺制造零件。

冷冲压工艺有以下特点。

- ① 用冷冲压加工方法可以得到形状复杂、用其它加工方法难以加工的工件。
- ② 冷冲压件的尺寸精度是由模具保证的，因此尺寸稳定、互换性好。
- ③ 操作简单，劳动强度低，易于实现机械化和自动化，生产率高。
- ④ 材料利用率高，工件重量轻、刚性好、强度高，冲压过程耗能少，故工件的成本较低。

- ⑤ 冲压加工中所用模具结构一般比较复杂、生产周期长、成本高。

所以单件、小批量生产采用冲压工艺受到一定限制，冲压工艺多用于批量生产。近年来发展的简易冲模、组合冲模、锌基合金冲模等为单件、小批量生产采用冲压工艺提供了条件。

由于冷冲压有许多突出的优点，所以在机械制造、电子电器等行业中，都得到了广泛的应用，大到汽车的覆盖件，小到钟表以及仪器仪表元件，大多是由冷

冲压方法制成的。目前，采用冷冲压工艺所获得的冲压制品，在现代汽车、拖拉机、电机电器、仪器仪表以及各种电子产品和人们日常生活中，都占有十分重要的地位。在汽车制造业中大概有 60% ~ 70% 的零件是采用冲压工艺制成的，冷冲压生产所占的劳动量为整个汽车行业劳动量的 25% ~ 30%。在机电以及仪器仪表生产中，有 60% ~ 70% 的零件是采用冷冲压工艺来完成的。在电子产品中，冲压件的所占比例也相当大。人们日常生活中用的金属制品，冲压件所占的比例更大，如铝锅、不锈钢餐具等，随处都可看到冲压制品。因此，冷冲压应用非常广泛，学习、研究和发展冷冲压技术，对发展我国国民经济和加速现代化工业建设具有重要意义。

1.1.2 冷冲压工序分类

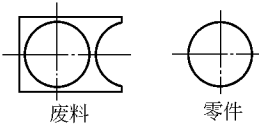
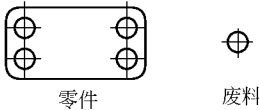
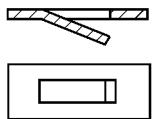
一个冲压件的完成，往往需要经过多道冲压工序。由于其形状、尺寸、精度要求、生产批量、原材料等各不相同，因此生产中所采用的冷冲压工艺方法也是多种多样的，概括起来，大致可分为分离工序和成形工序两大类。

分离工序：是使板料按一定的轮廓线分离而获得一定形状、尺寸和切断面质量的冲压件（俗称冲裁件）的工序。分离工序主要包括落料、冲孔、切口、剖切等工序。

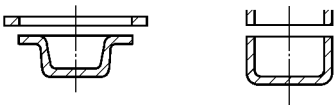
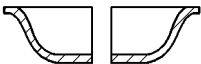
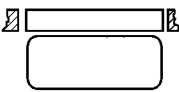
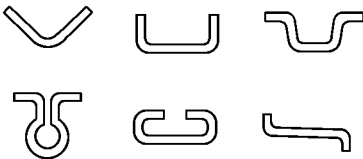
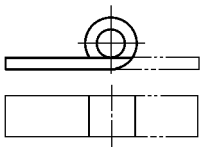
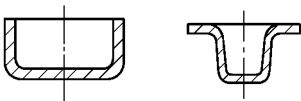
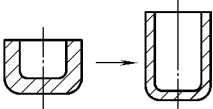
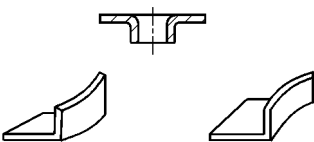
成形工序：材料在不破裂的条件下产生塑性变形而获得一定形状、尺寸和精度冲压件的加工工序。成形工序主要包括弯曲、拉深、翻边、扭曲、胀形、缩口等工序。

冷冲压的基本工序见表 1-1。

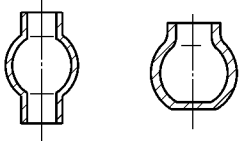
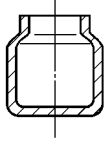
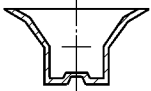
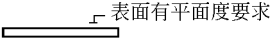
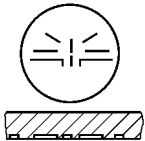
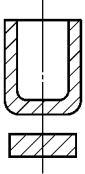
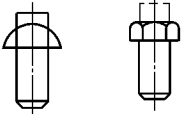
表 1-1 冷冲压的基本工序

工序性质	工序名称	工序简单图	特 点
分离工序	落料		用落料模沿封闭轮廓冲裁板料或条料,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并不使它完全分离,切开部分材料发生弯曲

续表

工序性质	工序名称	工序简单图	特 点
分离工序	切边		用切边模将坯件边缘的多余材料冲切下来
	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
成形工序	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

续表

工序性质	工序名称	工序简单图	特 点
成形工序	胀形		从空心件内部施加径向压力使局部直径胀大
	缩口		在空心件外部施加压力,使局部直径缩小
	整形(立体)		用整形模将弯件或拉深件不准确的地方压成准确形状
	整形(校平)		将零件不平的表面压平
	压印		用压印模使材料局部转移,以得到凸凹不平的浮雕花纹或标记
	冷挤压		使金属沿凸、凹模间隙或凹模模口流动,从而使原毛坯转变为薄壁空心件或横断面小的半成品
	顶镦		将杆状坯料局部镦粗

1.1.3 冷冲压成形模具分类

冲压件的表面质量、尺寸精度、生产效率、经济效益等与模具结构密切相关。因此,了解模具结构、研究和提高模具的各项技术指标是十分重要的。冲压件的品种、式样很多,所以,冲压模具的类型也是多种多样的。为了便于研究,

将冲压模具按不同特征进行分类。一般有以下几种分类方法。

(1) 按冲压工艺进行分类

① 冲裁模具。冲裁模具又可分为落料模具，冲孔模具，切断模具，切口模具，剖切模具，整修模具，精冲模具。

② 弯曲模具。弯曲模具又可分为自由弯曲模具，校正弯曲模具，V形弯曲模具，U形弯曲模具，异形弯曲模具，变薄弯曲模具。

③ 拉深模具。拉深模具又可分为无凸缘圆筒拉深模具，有凸缘圆筒拉深模具，盒形件拉深模具，锥形件拉深模具，阶梯形件拉深模具，球面拉深模具，抛物面拉深模具，异形件拉深模具，变薄拉深模具。

④ 成形模具。成形模具又分为胀形模具，翻边模具，压印、校平模具，整形模具，缩口模具。

(2) 按工序组合程度进行分类

① 单工序模。在一副模具中的一个工位上只完成一种工序的冲压模具，例如：落料模具、冲孔模具、切边模具、弯曲模具、拉深模具等。

② 复合模具。在一副模具中的一个工位上只完成两种以上不同工序的冲压模具，冲裁件的内外形相互位置精度高，适合于大批量生产。例如：落料、冲孔复合模具；成形、冲孔、切断复合模具；落料、成形复合模具等。

③ 连续模具。连续模又称为级进模具或跳步模具，指在压力机一次行程中，在一副模具的不同工位上同时完成两道或多道工序的冲压模具。利用连续模具生产，条料要求精确定位，使内孔与外形相互位置精度得到保证。生产率高，具有一定的冲裁精度，适于大批量生产。

(3) 按上下模的导向方式进行分类 分为无导向的开式模具，有导向的导板模具，有导向的导柱模具。

(4) 按导料或定位形式进行分类 分为固定导料销模具，活动导料销模具，导正销定位模具，侧刃定位模具。

此外，还可以依据对冲裁件尺寸、精度等质量的不同，把模具分为精密冲裁模具和普通冲裁模具；依据模具的体积大小，将模具分为小型模具、中型模具和大型模具等。有时还可以根据所用压力机类型、送料方式、出件方式等对模具进行分类。

1.1.4 冷冲压成形模具结构

(1) 冲裁模

① 模具结构。冲压件是多种多样的，其冲压工序所使用的模具也是各不相同，通过分析各种模具的结构组成，按其功能用途，模具大致由六部分组成。图1-1所示为垫圈的落料冲孔复合冲裁模，为典型的导柱导套冲裁模。

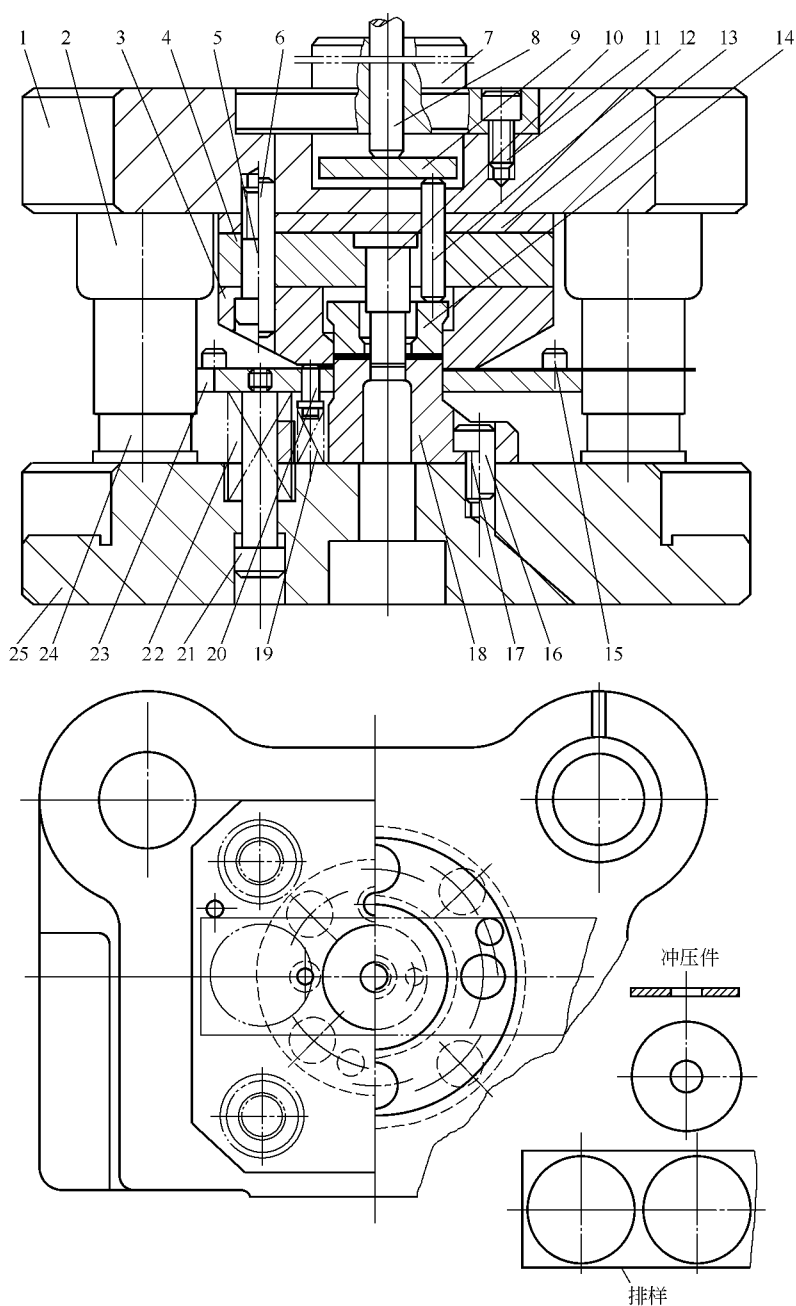


图 1-1 冲裁模

- 1—上模板；2—导套；3—凹模；4—凸模固定板；5、11、17—内六角螺钉；6、16—圆柱销；7—模柄；
 8—推杆；9—推板；10—凸模；12—推销；13—垫板；14—推件块；15—导料销；18—凸凹模；
 19、22—弹簧；20—活动挡料销；21—卸料螺栓；23—卸料板；24—导柱；25—下模板

图 1-1 所示是模具闭合状态，工作时，滑块带动模柄 7、上模板 1 等上部零件上行，毛坯送入模具，并与导料销 15、活动挡料销 20 接触，来保持毛坯在冲压时的正确位置。滑块向下运动时，首先是卸料板 23 与凹模 3 夹住毛坯，随后开始冲裁，冲下的工件被卡在凹模 3 内并紧包在凸模 10 上。冲孔的废料落在凸凹模 18 的孔内，而外部的毛坯材料则紧包在凸凹模 18 上。当冲床滑块回程时，毛坯由卸料板 23 靠弹簧 22 的作用而退出凸凹模。工件仍留在凹模 3 的孔内，直到推杆 8 碰到冲床的打料横梁而向下移动，推动推板 9，再传到推销 12 而推动推件块 14 向下运动，将工件顶出凹模孔而落下。

这种模具的结构特点是：导柱与模座孔为 $H7/r6$ （或 $R7/h6$ ）的过盈配合；导套与上模座孔也为 $H7/r6$ 过盈配合。其主要目的是防止工作时导柱从下模座孔中被拔出和导套从上模座中脱落下来。为了使导向准确和运动灵活，导柱与导套的配合采用 $H7/h6$ 的间隙配合。导料销 15 和活动挡料销 20 实现正确定位，以保证冲裁时条料上的搭边值均匀一致。

导柱冲裁模导向准确可靠，保证冲裁间隙均匀稳定，冲裁件的精度较高。缺点是冲模外形尺寸轮廓较大，结构较为复杂，制造成本高。目前，各工厂逐渐采用标准模架，这样可以大大减少设计时间和制造周期。

② 模具结构分类及功能。该套模具完成冲裁工序，整副模具由六个部分组成。

第一部分是工作零件，即凸模 10、凹模 3 和凸凹模 18。它们是完成板料冲裁分离的最重要、最直接的零件，凸模、凹模和凸凹模的形状、尺寸决定了零件的形状、尺寸。

第二部分是卸料零件，即弹性卸料板 23。当凸模进入凹模完成冲裁工序后，凸模必须从凹模内退出来，以准备进行第二次冲裁，这时条料紧箍在凸模上，当凸模进一步后退时，包在凸模上的条料被弹性卸料板卸下来，这样条料可以进一步送入凹模洞口，以准备下一次冲裁。

第三部分是定位零件，即活动挡料销 20。它的作用是保证条料送进时有正确的位置。

第四部分是导向零件，即导柱 24 和导套 2。它们的作用是保证冲裁时凸、凹模之间的间隙均匀，从而提高零件的精度和模具的寿命。

第五部分是基础零件，即上模板 1、下模板 25、模柄 7、垫板 13、凸模固定板 4。它们的作用是固定凸模和凹模，并与压力机的滑块和工作台面相连接。

第六部分是紧固零件，即内六角螺钉 5、11、17 和圆柱销 6、16。它们的作用是把相关连的零件固定或连接起来。

此外，从工作时模具的运动情况来看，整副模具又可以分为上模部分和下模部分。上模部分被安放在压力机的滑块上，并随压力机的滑块作上、下往复运动。

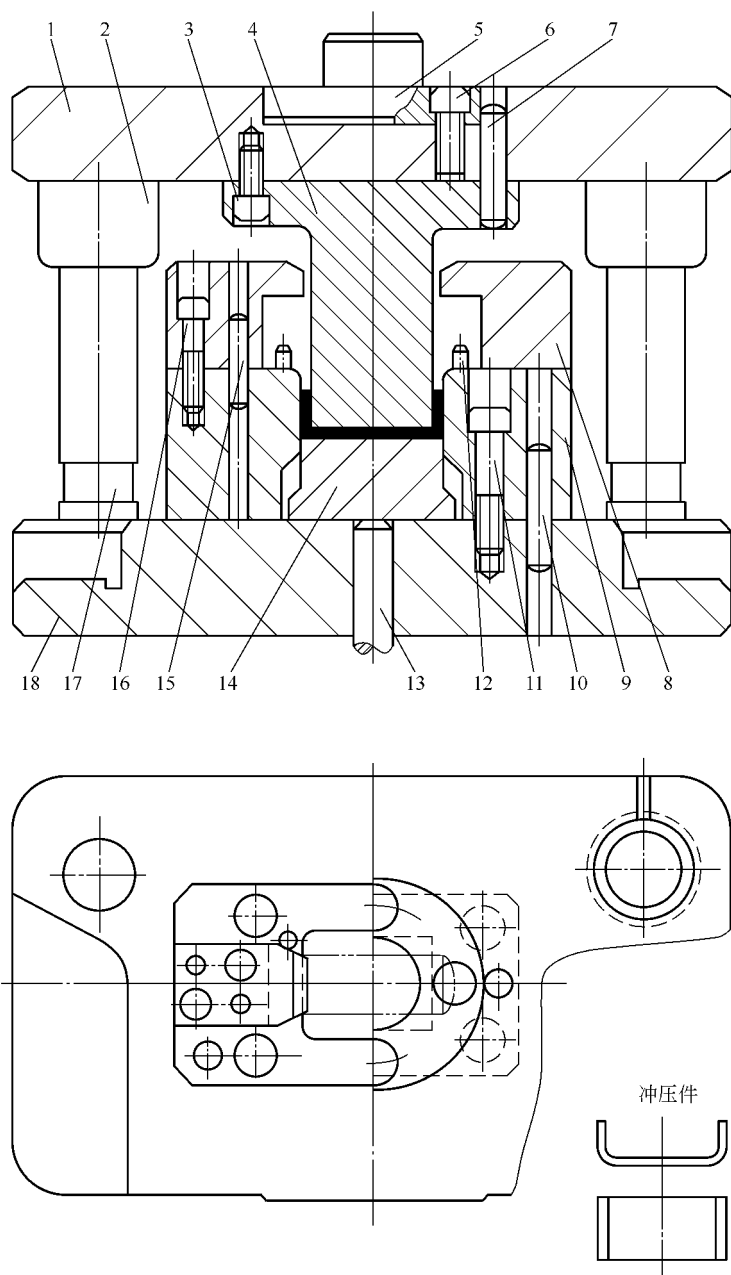


图 1-2 U 形弯曲模

1—上模座；2—导套；3、6、11、16—螺钉；4—凸模；5—模柄；7、10、15—销钉；8—卸料板；
9—凹模；12—定位销；13—顶杆；14—压料板；17—导柱；18—下模座

下模部分安放在压力机的工作台面上，它是固定不动的。上模部分由模柄、上模板、导套、止转销、垫板、凸模固定板、凸模等组成。下模部分由固定卸料板、凹模、固定挡料销、下模板、导柱等组成。

③ 冲裁模的工作过程。落料冲裁模的工作原理如下。直接或间接固定在上模板 1 上的零件组成模具的上模，它通过模柄 7 与冲床滑块相连接。固定在下模板 25 上的零件组成了模具的下模，并利用压板固定在冲床的工作台上。上模与下模通过导柱 24、导套 2 导向。工作时，条料靠着活动挡料销 20 送进定位，当上模随滑块下降时，卸料板 23 先压住板料，接着凸冲落凹上面的材料获得工件。这时工件卡在凸模与顶块之间，废料也紧紧箍在凸模上。在上模回升时，工件由推件块靠推销借推杆的压力从凹模洞口中顶出；同时箍在凸凹模上的废料，由卸料板靠弹簧的弹力卸掉，再取走工件，至此完成整个落料过程。再将条料送进一个步距，进行下一次冲裁落料过程，如此往复进行。

(2) 弯曲模 图 1-2 为 U 形弯曲模，工作时，毛坯由定位销 12 和卸料板 8 定位。滑块下行，先由凸模 4 和压料板 14 压紧毛坯，然后开始弯曲。加紧力靠顶杆 13 传递冲床下气垫的压力。弯曲后，再由顶杆 13 和压料板 14 将冲压件顶出凹模口。如果冲压件卡在凸模 4 上，那么就由卸料板 8 退下，得到弯曲成形件。

弯曲模可分为简单动作弯曲模、复杂动作弯曲模、级进弯曲模和通用弯曲模。弯曲模的主要零件是凸模和凹模。结构完善的弯曲模还具有压料装置、定位装置、导向装置等。有时还采用辐轴、摆块和斜模等机构来实现比较复杂的动作。

(3) 拉深模 拉深模按使用的压力机的类型不同，可分为单动压力机上用的拉深模和双动压力机上用的拉深模；按拉深顺序可分为首次拉深模和以后各次拉深模；按工序组合分为简单拉深模、复合拉深模、连续拉深模；按有无压料装置，可分为有压料装置拉深模和无压料装置拉深模。

图 1-3 所示为有压料装置的首次拉深模。该类模具适用于拉深板料较薄及拉深高度大、容易起皱的制件。工作时，凸模下降，压料圈也一同下降，当压料圈与坯料接触后，上模部分继续下降，压料圈压住坯料进行拉深。

1.1.5 冷冲压成形工艺中常用材料

冲压工艺对材料有以下要求：

- ① 满足冲压件的使用要求；
- ② 满足冲压工艺条件，应具有良好的塑性和表面质量；
- ③ 材料厚度公差符合国家标准。

冲压工艺适用于多种金属材料及非金属材料。表 1-2 列出部分常用冲压材料。