第一篇

冲压成形工艺及冲压模具

模块一　冲压成形工艺及冲压模具

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，不需要加热，故又称为冷冲压。

课题一　冲压成形的基础知识

【学习目标】

1. 了解冲压加工的特点及应用。

2. 了解冲压技术的发展。

3. 熟悉冲压工艺的分类及其各类工序的特征。

4. 加深对塑性、变形抗力的理解；了解化学成分、组织结构、变形温度、变形速度、应力状态对金属塑性的影响。

5. 熟悉常见力学性能指标对冲压成形性能的具体影响。

【知识学习】

一、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压力，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，其主要原因是冲压设备落后。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、汽车、拖拉机、仪器仪表、电机电器、通信工具、计算机的生产中，冲压件占有相当大的比例。

二、冲压的基本类型

冲压加工工序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相互分开，如落料、冲孔、切边等。

成形工序是在板料不被破坏的条件下，使局部材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。

常用冲压工序分离工序和成形工序分别如表 1-1、表 1-2 所示。

表 1-1　分离工序

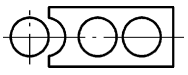
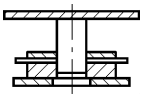
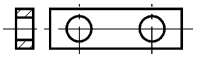
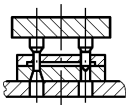
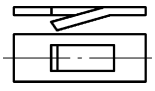
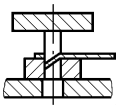
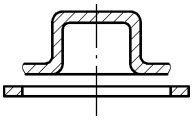
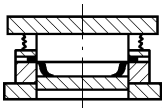
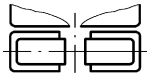
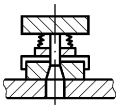
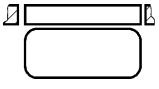
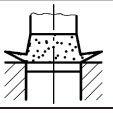
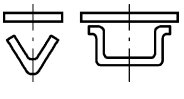
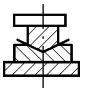
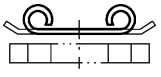
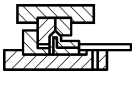
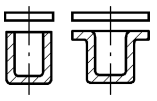
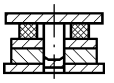
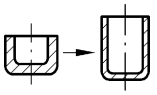
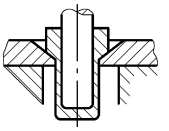
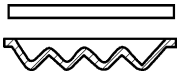
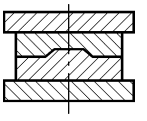
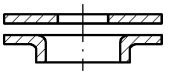
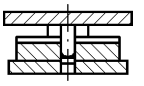
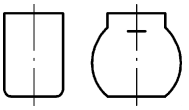
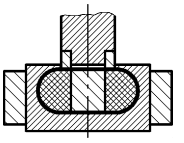
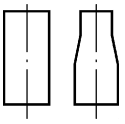
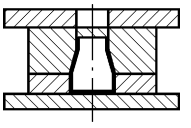
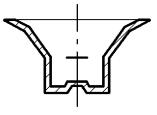
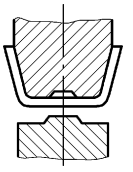
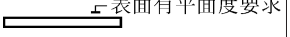
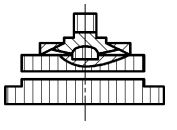
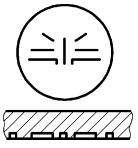
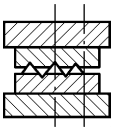
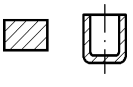
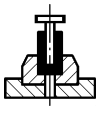
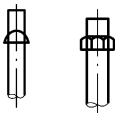
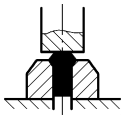
工序名称	工序简图	工 序 特 征	模具简图
落料		用落料模沿封闭轮廓冲裁板料或条料，冲掉部分是制件	
冲孔		用冲孔模沿封闭轮廓冲裁工件或毛坯，冲掉部分是废料	
切口		用切口模将部分材料切开，但并不使它完全分离，切开部分材料发生弯曲	
切边		用切边模将坯件边缘的多余材料冲切下来	
剖切		用剖切模将坯件弯曲件或拉深件剖成两部分或几部分	
整修		用整修模去掉坯件外缘或内孔的余量，以得到光滑的断面和精确的尺寸	

表 1-2　成形工序

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，或将已弯件做进一步弯曲	
卷边		用卷边模将条料端部按一定半径卷成圆形	

续表

工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
拉深		用拉深模将平板毛坯拉深成空心件，或使空心毛坯做进一步变形	
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	
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及转移，以得到头部比（坯件）杆部粗大的制件	

三、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、计算机技术相结合，对复杂曲面零件进行计算机模拟和有限元分析，以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) 模具计算机辅助设计、制造与分析(模具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，使模具设计与制造技术实现CAD/CAM/CAE一体化。

(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。高速自动冲床和多工位精密级进模已在工业生产中逐步推广应用，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、最后检验均可由计算机控制，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) 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) 与材料科学相结合，不断改进板料性能，以提高其成形能力和使用效果。

课题二　冲压常用设备

【知识目标】

了解冲压设备的基本组成；熟悉压力机主要技术参数，掌握压力机选择的基本原则。

【知识学习】

冲压设备的选用是冲压工艺设计中一项重要内容。必须根据冲压工序的性质、冲压力的大小、模具结构形式、模具几何尺寸以及生产批量、生产成本、产品质量等诸多因素，结合单位现有设备条件选用。

冲压设备的种类很多，其分类方法也很多。如按驱动滑块力的种类可分为机械的、液压的、气动的等；按滑块个数分为单动、双动、三动等；按驱动滑块驱动的种类又可分为曲柄式、肘杆式、摩擦式；按机身结构形式可分为开式、闭式等。冲压生产中常按驱动滑块力的种类分为机械压力机、液压压力机。下面介绍两种常用的冲压设备。

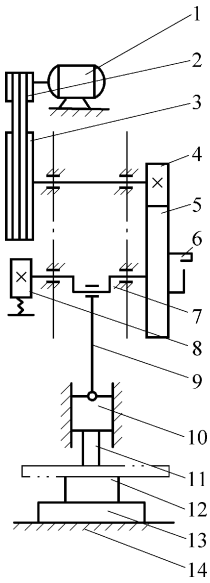
一、曲柄压力机的结构及工作原理

曲柄压力机是冲压生产中应用最广泛的一种机械压力机，图1-1所示为JB 23—63曲柄压力机的工作原理。电动机1通过皮带、齿轮带动曲轴7旋转，曲轴通过连杆带动滑块10沿导轨做上下往复直线运动，带动模具实施冲压，模具安装在滑块与工作台之间。

曲柄压力机主要机构包括工作机构、传动系统、操作系统、支撑部件和辅助系统等。

1. 工作机构

工作机构主要有曲轴7、连杆9和滑块10组成。其作用是将电动机主轴的旋转运动变为滑块的往复运动。滑块底平面中心设有模具安装孔，大型压力机滑块底面还设有T形槽，用来安装



1—电动机；2—小带轮；3—大带轮；4—小齿轮；5—大齿轮；6—离合器；7—曲轴；8—制动器；9—连杆；10—滑块；11—上模；12—下模；13—垫板；14—工作台

图 1-1 曲柄压力机工作原理

和压紧模具，滑块中还设有退料（或退件）装置，用以在滑块回程时候将工件或废料从模具中退下。

2. 传动系统

传动系统由电动机、皮带、飞轮、齿轮等组成。其作用是将电动机的运动和能量按照一定的要求传给曲柄滑块机构。

3. 操作系统

操作系统包括空气分配系统、离合器、制动器、电气控制箱等。

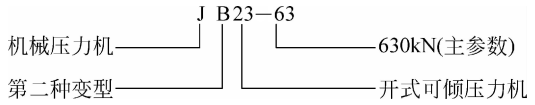
4. 支撑部件

支撑部件包括机身、工作台、拉紧螺栓等。

此外，压力机还包括气路和润滑等辅助系统，以及安全保护、气垫、顶料等附属装置。

二、曲柄压力机的型号

曲柄压力机的型号用汉语拼音字母、英文字母和数字表示。例如，JB 23—63 型号的意义如下：



现将型号的表示方法叙述如下：

第一个字母为类的代号，“J”表示机械压力机。

第二个字母代表同一型号产品的变型顺序号，凡主参数与基本型号相同，但其他某些次要参数与基本型号不同的称为变型，“B”表示第二种变型产品。

第三、四个数字为列、组代号，“2”表示双柱压力机，“3”代表可倾机身。

横线后的数字代表主参数，一般用压力机的公称压力作为主参数，代号中的公称压力用公称单位“tf(吨力)”表示，故转换为法定单位制的“kN(千牛)”时，应将此数字乘以 10。例中 63 代表 63tf，乘以 10 即为 630kN。

三、曲柄压力机的技术参数

1. 公称压力(kN)

公称压力是指当滑块运动到距下死点前一特定距离(公称压力行程)或曲柄旋转到下死点前某一角度(公称压力角)时，滑块上允许的最大工作压力。

2. 滑块行程 *S*

滑块行程是指滑块从上死点运动到下死点所走的距离，滑块行程 S 等于曲柄半径的 2 倍，能反映出压力机的工作范围，行程长，则能生产高度较高的零件。

3. 滑块行程次数 *n*

滑块行程次数是指滑块空载时，每分钟上下往复的次数。有负荷时，实际滑块行程次数小

于空载行程次数。对于自动送料曲柄压力机，一般滑块行程次数越高，生存效率越高。

4. 装模高度 H_1 和装模高度调节量 ΔH_1

压力机装模高度(GB 8845—1988 称为闭合高度)是指压力机滑块处于下死点位置时，滑块下表面到工作垫板上表面的距离。当装模高度调节装置将滑块调整到最上位置时(即连杆调整到最短时)，装模高度达到最大称为装模高度。模具的闭合高度应小于压力机的最大装模高度。装模高度调节装置所能调节的最大距离，称为装模高度调节量。

5. 工作台尺寸和滑块底面尺寸

它是指压力机工作空间的平面尺寸，工作台板(垫板)的上平面，用“左右×前后”的尺寸表示，即图 1-2 中的 $L\times B$ ；滑块下平面，也用“左右×前后”的尺寸表示，即图 1-2 中的 $a\times b$；开式压力机所用模具的上模外形尺寸不宜大于滑块下平面尺寸。

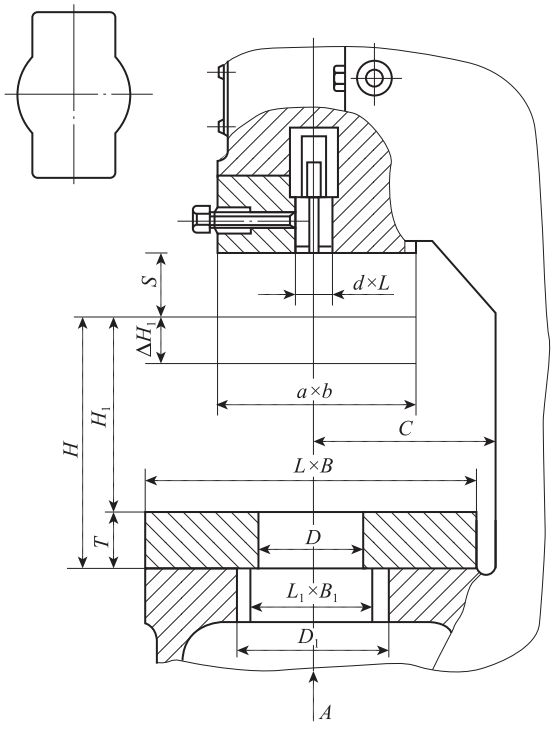


图 1-2　工作台尺寸示意图

6. 工作台孔尺寸

工作台孔尺寸 $L_1\times B_1$(左右×前后)、D_1(直径)，如图 1-2 所示。

工作台孔主要用做向下出料或安装顶出装置的空间。

7. 立柱间距 A 和喉深 C

立柱间距是指双柱式压力机立柱内侧面之间的距离。喉深是开式压力机特有的参数，它指滑块中心线至机身的前后方向的距离 C；喉深直接限制加工件的尺寸，也与压力机机身的刚度有关。

8. 模柄孔尺寸

模柄孔尺寸 $d\times l$ 是“直径×孔深”，冲模模柄尺寸应和模柄孔尺寸相适应。

除上述参数外，喉口的深度、漏料孔的尺寸等也是模具设计时必须考虑的。

表1-3是常用的开式可倾压力机的主要参数。

表1-3 开式可倾压力机的主要参数

公称压力/kN			63	160	400	630	1000	1600	2000	2500	3150
达到公称压力时滑块离下死点的距离/mm			3.5	5	7	8	10	12	12	13	13
滑块行程/(次·min^{-1})			50	70	100	120	140	160	160	200	200
行程次数			160	115	80	70	60	40	40	30	30
最大封闭高度/mm	固定式和可倾式		170	220	300	360	400	450	450	500	500
	活动台位置	最低		300	400	460	500				
		最高		160	200	220	260				
封闭高度调节量/mm			40	60	80	90	110	130	130	150	150
滑块中心到床身的距离/mm			110	160	220	260	320	380	380	425	425
工作台尺寸/mm	左右		315	450	630	710	900	1120	1120	1250	1250
	前后		200	300	420	480	600	710	710	800	800
工作台孔尺寸/mm	左右		150	220	300	340	420	530	530	650	650
	前后		70	110	150	180	230	300	300	350	350
	直径		110	160	200	230	300	400	400	460	460
立柱间距离/mm			150	220	300	340	420	530	530	650	650
模柄孔尺寸(直径×深度)/mm×mm		ϕ30×50		ϕ50×70		ϕ60×75		ϕ70×80		T形槽	
工作台板厚度/mm			40	60	80	90	110	130	130	150	150
倾角(可倾式工作台压力机)/(°)			30	30	30	30	25	25			

四、液压机

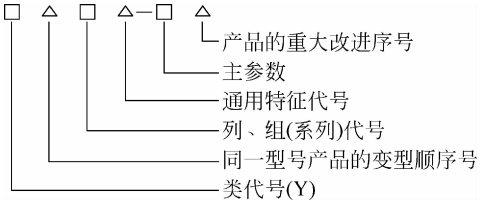
液压机工作平稳，压力大，操作空间大，设备结构简单。在冲压生产过程中广泛应用于拉深、成形等工艺过程，也可应用于塑料制品的加工。

1. 液压机的结构及工作过程

液压机是根据帕斯卡原理制成的，它利用液体压力来传递能量，液压机的结构如图1-3所示。工作时，模具安装于活动横梁4和下梁6之间，主缸3带动活动横梁4对模具加压；工作结束时，主缸3回复，打开模具；需要时，顶出缸7可将工件顶出。

2. 液压机型号的表示方法

液压机的型号表示方法与曲柄压力机的型号表示方法相类似，其具体表示方法如下。



例如，YA32—315 型号的意义是：

第一个字母为类的代号，“Y”表示液压机。

第二个字母代表同一型号产品的变型顺序号。

第三、四个数字为列、组代号，“32”表示四柱液压机。

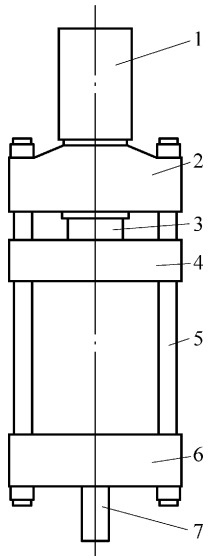
横线后的数字代表主参数，“315”表示公称压力为 315tf，即 3150kN。

3. 液压机的主要技术参数

现以三梁四柱式液压机为例，液压机的基本参数如下：

(1) 公称压力(公称吨位)。公称压力是指液压机名义上能产生的最大力量，在数值上等于工作液体压力和工作柱塞总工作面积的乘积，它反映了液压机的主要工作能力。

(2) 最大净空距(开口高度)。最大净空距是指活动横梁停止在上限位置时，从工作台上表面到活动横梁下表面的距离，见图 1-4 中的 H。最大净空距反映了液压机高度方向上工作空间的大小。



1—充液管；2—上梁；3—主缸及活塞；4—活动横梁；5—立柱；6—下梁；7—顶出缸

图 1-3　液压机的结构

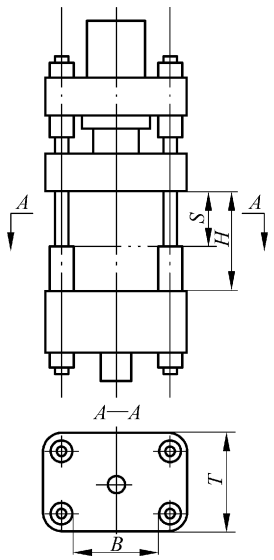


图 1-4　基本参数示意图

(3) 最大行程。最大行程指活动横梁能够移动的最大距离，如图 1-4 中的 S。

(4) 工作台尺寸(长×宽)。工作台尺寸指工作台面上可以利用的有效尺寸，如图 1-4 中的 B 与 T。

(5) 回程力。回程力等于工作液体压力和工作柱塞回程时有效工作面积的乘积，或靠单独设置的回程缸来提供。

(6) 活动横梁运动速度(滑块速度)。滑块速度可分为工作行程速度、空行程速度及回程速度。工作行程速度由工艺要求来确定，空行程速度及回程速度可以高一些，以提高生产率。

五、冲压设备的选用

冲压设备的选用主要包括选择压力机的类型和确定压力机的规格。

1. 类型选择

冲压设备的类型较多，其刚度、精度、用途各不相同，应根据冲压工艺的性质、生产批量、模具大小、制件精度等正确选用。

对于中小型的冲裁件、弯曲件或浅拉深件的生产，主要应采用开式机械压力机。虽然开式压力机的刚性差，在冲压力的作用下床身的变形可能破坏冲裁模的间隙分布，降低模具的寿命或冲裁件的表面质量，但是，它能够提供极为方便的操作条件，容易安装附加装置，因而开式压力机成为目前中小型冲压零件的主要设备。

对于大中型冲压件的生产多采用闭式结构的机械压力机。在大型拉深件的生产中，应尽量选用双动拉深压力机，该压力机能使所使用的模具结构简单，调整方便。

在小批量生产中，尤其是大型厚板冲压件的生产多采用液压机。液压机没有固定的行程，不会因为板料厚度变化而超载，而且在需要很大的施力行程加工时，与机械压力机相比具有明显的优点。但是，液压机的速度慢，生产效率低，而且零件的尺寸精度有时因受到操作因素的影响而不够十分稳定。

在大批量生产或形状复杂零件的生产中，应尽量选用高速压力机或多工位自动压力机。

2. 规格选用

确定压力机的规格时应遵循以下原则。

（1）压力机的公称压力必须大于冲压工序所需压力，当冲压行程较长时，还应注意在全部工作行程上，压力机许用应力曲线应高于冲压变形应力曲线。

（2）压力机滑块行程应满足制件在高度上能获得所需尺寸，并在冲压工序完成后能顺利地从模具上取出来。对于拉深件，行程应大于制件高度的两倍以上。

（3）压力机的行程次数应满足生产率和材料变形速度的需要。

（4）压力机的闭合高度、工作台面尺寸、滑块尺寸、模柄孔尺寸等都要满足模具的正确安装要求。对于曲柄压力机，模具的闭合高度与压力机装模高度之间要符合以下公式：

$$H_{max}-5\text{mm}\geqslant H\geqslant H_{min}+10\text{mm}$$

式中，H 为模具的闭合高度（mm）；H_{max} 为压力机的最大装模高度（mm）；H_{min} 为压力机的最小装模高度（mm）。

工作台尺寸一般应大于模具下模座 50～70mm，以便于安装；垫板孔径应大于制件或废料的投影尺寸，以便于漏料。

练习与思考

1. 什么是冷冲压？试述冷冲压加工的特点。
2. 简述冷冲压常见的冲压工序及其特征。
3. JA 23—40 机械压力机型号中各字母及各组数字代表的具体含义是什么？
4. 何谓曲柄压力机的公称压力？压力机的装模高度与冲模的闭合高度之间的关系如何？