1 认识冲压工艺

内容导读：

冲压成形工艺一般用于加工金属钣金零件，有时也用于加工非金属材料，是一种应用广泛的板料成形加工工艺。通过本项目的学习，掌握冲压的概念、特点及应用，熟悉冲压的基本工序、模具的基本结构及冲压设备，了解冲压技术的现状与发展。

学习重点：

冲压的概念、特点及应用，冲压的基本工序，冲压模具的基本结构，冲压材料与冲压设备。

项目案例：

图 1-1 所示“卡扣”为一典型冲压件，其毛坯为板料。通过了解从毛坯到零件的成形过程，掌握冲压概念、冲压工序、冲压模具、冲压材料及冲压设备。

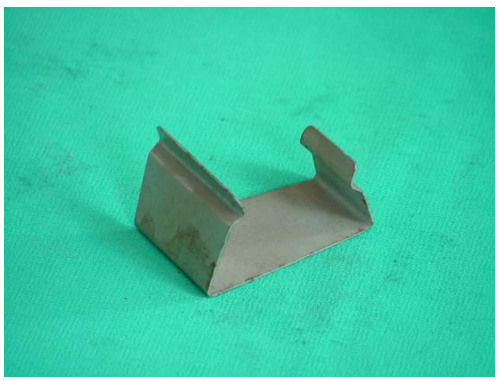


图 1-1 “卡扣”冲压件

1.1 冲压工序与冲压模具

1.1.1 冲压工艺

1. 冲压概念

冲压是指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，是塑性加工的基本方式之一。冲压通常是在常温下对金属板料进行冷变形加工，所以也叫冷冲压或板料冲压。

冲压是现代制造中高效、先进的金属加工方法之一，其冲压工艺过程如图 1-2 所示。冲压工艺离不开冲压模具、冲压设备、冲压材料，即冲压三要素，如图 1-3 所示。

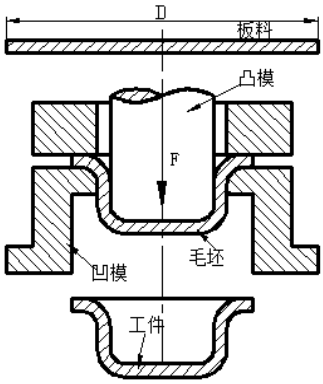


图 1-2 冲压工艺过程简图

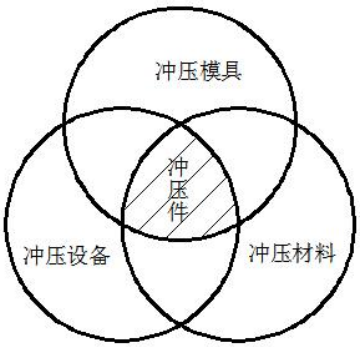


图 1-3 板料冲压三要素

2. 冲压成形的特点

与其他加工方法（例如切削加工）相比，冲压加工无论在技术方面，还是在经济方面都具有许多独特的优点。其主要优点表现在：

1）冲压产品一般不需要加热成形，节约能源；加工过程中产生的废料少，材料利用率可达 70%～85%，批量生产成本低，经济效益好。

2）冲压可加工出尺寸范围较大、形状较复杂的薄壁零件。

3）冲压件成形过程中，在模具作用下材料产生塑性变形，改善了金属内部组织结构，提高了材料的力学性能，从而使冲压件的强度和刚度均有所提高。

4）冲压件的尺寸与形状精度由模具保证，其质量稳定，互换性好，具有“一模一样”的特征，一般情况下可以直接满足使用要求和装配要求。

5）冲压是依靠冲模和冲压设备来完成加工的，每分钟可以生产几十甚至几百件制品，生产效率高，易于实现机械化与自动化。同时生产过程操作简单，对工人的技术要求低。

冲压加工的主要缺点表现在：

1）冲压模具精度要求高、制造工艺复杂、周期长、费用高，一般为单件生产。

2）冲压加工通常采用手工操作，劳动强度大、安全性差。

3）冲压加工时噪声大、振动大，生产环境较差。

3. 冲压加工的应用

冲压加工在现代工业生产中，尤其是大批量生产中应用十分广泛。据统计，在汽车、电机、电气、仪器仪表、玩具制造等机械和民用产品的生产方面，冲压件的比例占零件总数的70%～80%；日用家电行业中冲压件的比例占零件总数的 85%以上；电视机、摄像机等电子产品中冲压件的比例占零件总数的 90%以上。许多过去用锻造、铸造和切削加工方法制造的零件，现在大多数被质量小、刚度好的冲压件所替代。在发达国家钢材品种的构成中，钢带和钢板的比例占 67%，从另一个方面说明了冲压加工已经成为现代工业生产的重要方式和工艺发展的方向。

知识拓展：

冲压技术的现状与趋势

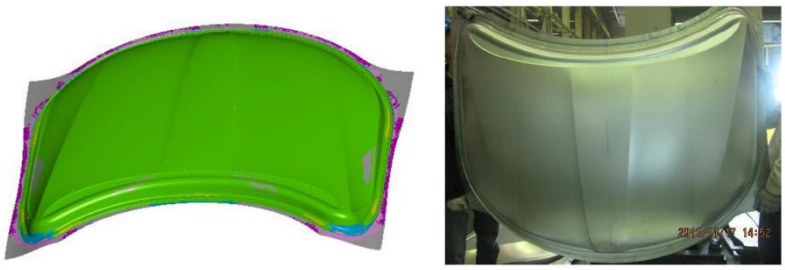
近年来，随着对发展先进制造技术的重要性获得前所未有的共识，冲压成形技术在深度和广度上都取得了前所未有的进展。

（1）冲压成形理论方面

冲压技术的真正发展，始于汽车的工业化生产。20 世纪初，美国福特汽车的工业化生产大大推动了冲压技术的研究和发展。研究工作基本上在板料成形技术和成形性能两方面同时展开，关键问题是破裂、起皱与回弹，涉及可成形性预估、成形方法的创新，以及成形过程的分析与控制。但在 20 世纪的大部分时间里，对冲压技术的掌握基本上是经验型的。分析工具是经典的成形力学理论，能求解的问题十分有限。20 世纪 60 年代成形极限图（FLD）的提出，推动了板材性能、成形理论、成形工艺和质量控制的协调发展，成为冲压技术发展史上的一个里程碑。20 世纪 80 年代有限元方法及 CAE 技术的先期发展，使得 90 年代以数值模拟仿真为中心的计算机应用技术在冲压领域得到迅速发展并走向实用化，成为研究材料变形行为和工艺过程设计的有力工具，传统的板成形技术开始从经验走向科学化。以有限元法为基础的冲压成形过程计算机仿真技术或数值模拟技术，为冲压模具设计、冲压过程设计与工艺参数优化提供了科学的新途径，将是解决复杂冲压过程设计和模具设计最有效的手段。图 1-4 所示为利用 Dynaform 对汽车覆盖件进行成形模拟。

（2）冲压工艺方面

提高劳动生产率及产品质量、降低产品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。当前，国内外相继涌现出了精密冲压、无毛刺冲裁、特种拉深、软模成形、超塑性成形等先进冲压工艺。随着计算机技术、信息技术、现代测控技术的发展，又形成和发展了一些先进的冲压成形工艺，如爆炸成形、液压成形、无模多点成形等。



模拟测试分析结果图　　实验测试图

图 1-4　利用 Dynaform 对汽车覆盖件进行成形模拟

冲压件的成形精度、生产率和产品质量越来越高，加工对象由板材到块料（立体成形），工件厚度由 5～8mm 发展到 25mm。为适应工业产品的要求，开发了新的冲压成形材料，如高强度板材、复合板材、高强度铝合金板材等。图 1-5 为瑞士 Feintool 公司生产的精冲件产品。

图 1-5　瑞士 Feintool 公司生产的精冲件

（3）冲压模具方面

冲模是实现冲压生产的基本条件。在冲模的设计和制造上，目前正朝着大型、高精度、复杂、长寿命发展。多工位级进模和汽车覆盖件模具代表了现代冲模的技术水平。目前在多工位级进模技术领域，工位间步距精度可控制在±3m 之内，工位数已达几十个甚至上百个。我国主要汽车模具企业，已能生产中档轿车整车模具的能力，模具自给率 50%以上，已能实现部分出口。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。

模具材料的质量和性能对模具质量和寿命的影响很大，近年来有多种高韧性、高耐磨、火焰淬火、粉末冶金等冷作模具钢被开发出来。与此同时，新的热处理工艺开始应用，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。

模具制造中高速铣削加工、电火花铣削加工、慢走丝线切割加工、精密磨削及抛光技术、数控测量等技术得到了广泛的应用。此外，激光快速成形技术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。

随着功能强大的专业软件和高效集成的制造设备的出现，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，还能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，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。

模具的标准化及专业化生产降低了模具成本，提高了模具质量，缩短了制造周期。采用模具标准件可使企业的模具加工工时节约 25%～45%，能使模具生产周期缩短 30%～40%。国外先进工业国家模具标准化生产程度已达 70%～80%，我国这一比例大致为 40%～45%。图 1-6 所示为电机转子铁芯级进模。

图 1-6　电机转子铁芯级进模

（4）冲压设备方面

性能良好的冲压设备是提高冲压生产技术水平的基本条件，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，冲压设备朝着多工位、多功能、高速和数控方向发展。由配备了自动化机械手的大型压力机组成的自动化冲压生产线已在汽车覆盖件生产中投入使用。精密高速压力机冲压速度由原来的每分钟冲几十次，提高到每分钟冲几百次，目前已有 2500 次/min 以上，实际应用纯冲裁高达 2000 次/min（带弯曲的加工为 500～800 次/min）。目前在 8mm 冲程、100kN 压力下可达到 4000 次/min 的高速冲床已投入使用。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越来越多的投入使用。冲压柔性制造系统（FMS）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 24h 无人控制生产，可在不停机的情况下实现多品种、中小批量的加工管理。图 1-7 为上海大众冲压生产线，生产线可无人干预地自动运行，最高生产节拍为每分钟 8 个零件。

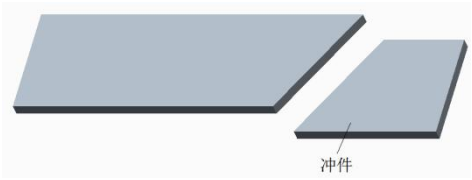
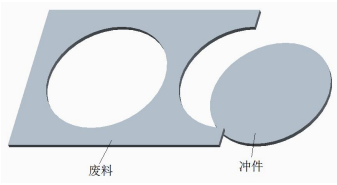
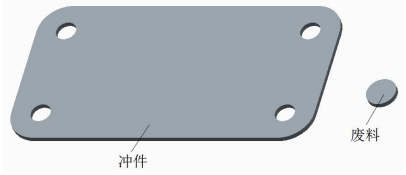
图 1-7　上海大众冲压生产线

1.1.2　冲压工序

1. 按变形性质分类

由于冲压加工的零件种类多，各类零件的形状、尺寸、精度要求、批量大小、原材料性能等不同，因而生产中采用的冲压工艺方法也多种多样。但概括起来，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、尺寸和断面质量冲压件（冲裁件）的工序；成形工序是指使坯料在不破裂的前提下产生塑性变形，形成一定形状和尺寸冲压件的工序。冲压工序的具体分类及特点见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1　分离工序

工序名称	工序简图	特点
切断 （shearing/SH）		用剪刀或冲模切断板料，切断线不封闭
落料 （blanking）		用冲模沿封闭线冲切板料，冲下来的部分为冲件
冲孔 （piercing）		用冲模沿封闭线冲切板料，冲下来的部分为废料

续表

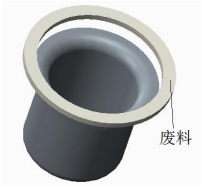
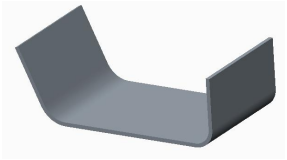
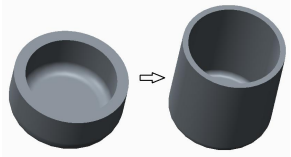
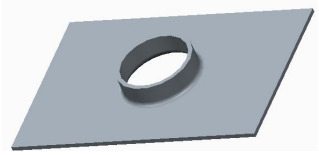
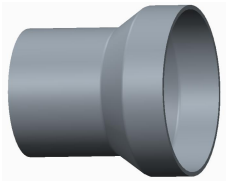
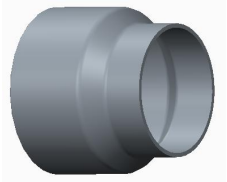
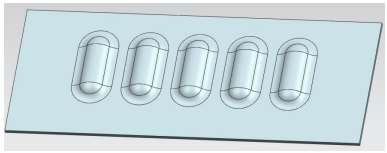
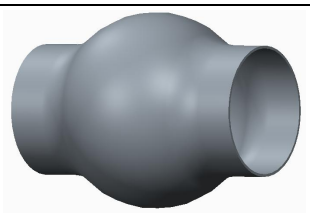
工序名称	工序简图	特点
切舌 （lancing）		在坯料上沿不封闭线冲出缺口，切口部分发生弯曲
切边 （trimming）		将工件的边缘部分切除
剖切 （Separating）		把工件切开成两个或多个零件

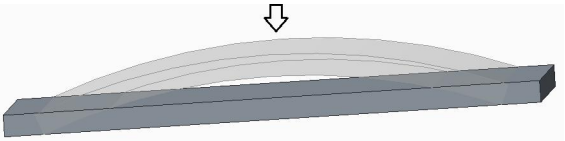
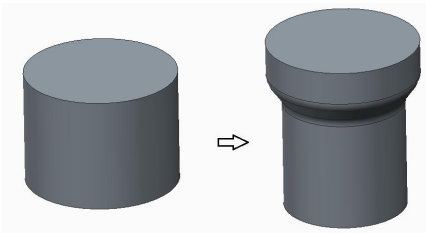
表 1-2　成形工序

工序名称	工序简图	特点
弯曲 （bending）		将板料沿直线弯成一定的角度和曲率
扭弯 （twisting）		把工序的一部分相对另一部分扭转一定角度
拉深 （drawing）		把平板坯料制成开口空心件，壁厚基本不变
变薄拉深 （ironing）		把空心件进一步拉深成侧壁比底部薄的零件

续表

工序名称	工序简图	特点
翻孔 （burring）		沿工件上孔的边缘翻出竖立边缘
翻边 （flanging）		沿工件的外缘翻起弧形的竖立边缘
扩口 （flaring）		使空心毛坯或管状毛坯端部的径向尺寸扩大
缩口 （necking）		使空心毛坯或管状毛坯端部的径向尺寸缩小
起伏 （embossing）		依靠材料塑性变形，使工件形成局部凹陷或凸起
卷缘 （curling）		把空心件的口部卷成近拟封闭圆形
胀形 （bulging）		将空心件或管状件局部尺寸沿径向往外扩张，形成局部直径较大的零件

续表

工序名称	工序简图	特点
整形 （sizing）		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
校平 （flating）		将坯料或工件不平的面予以压平
冷挤压 （cold extrusion）		将放在模腔内的坯料从凹模孔或凸、凹模间隙中挤出，以获得实心或空心件

案例分析：

根据表 1-1、表 1-2 可知，“卡扣”冲压件的冲压工序包括落料、V 形弯曲、小于 90°U 形弯曲等。

2. 按基本工序分类

根据基本变形方式，冲压工序可分为冲裁、弯曲、拉深、成形和立体压制（体积冲压）五种基本工序。

1）冲裁：使板料实现分离的冲压工序。

2）弯曲：将金属材料弯曲成一定的角度和形状的冲压工序。

3）拉深：将平面板料变成各种开口空心件。

4）成形：用局部变形改变冲压件形状的冲压工序。

5）立体压制（体积冲压）：改变金属体积分布的冲压工序。

每种基本工序还可以包含多种单一工序。

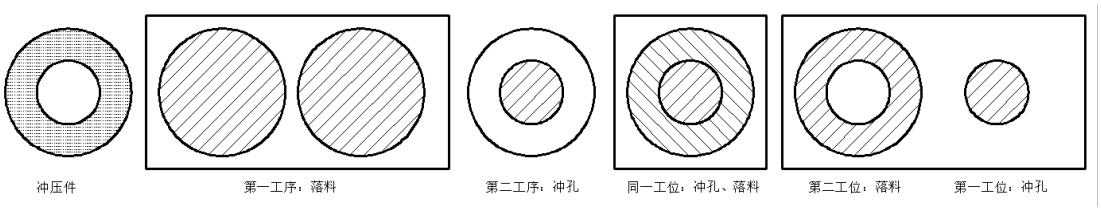
3. 按工序组合形式分类

1）单工序冲压：在压力机的一次行程中，只能完成一道冲压工序。如图 1-8（b）所示，冲孔、落料在两副模具上完成。

2）复合工序冲压：在压力机的一次行程中，在一个工位上同时完成两种或两种以上的冲

压工序。如图 1-8（c）所示，冲孔、落料在一副模具的同一工位完成。

3）级进冲压：在压力机的一次行程中，在不同的工位上同时完成两道或两道以上工序的冲压。如图 1-8（d）所示，在一副模具上的第一工位完成冲孔，在第二工位完成落料。



（a）冲压件　　（b）单工序冲压　　（c）复合工序冲压　　（d）级进冲压

图 1-8　冲压工序组合

4. 按基本变形方式分类

1）伸长类变形：变形区的最大主应力为拉应力，变形区材料被拉伸减薄，主要失效形式为拉裂。

2）压缩类变形：变形区的最大主应力为压应力，变形区材料被压缩增厚，主要失效形式为起皱。

1.1.3　冲压模具

1. 冲压模具分类

1）按工序性质分类：冲裁模、弯曲模、拉深模、成形模、挤压模等。

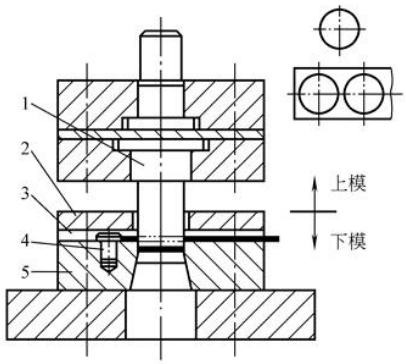
2）按工序组合程度分类：单工序模、复合模和级进模。

2. 冲压模结构

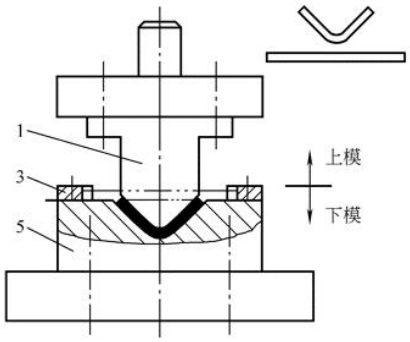
冲模由上模和下模两部分组成。上模固定在压力机滑块上，随滑块作上、下往复运动，是冲模的活动部分；下模固定在压力机工作台或垫板上，是冲模的固定部分。工作时，压力机滑块带动上模下行，与定位于下模上的坯料接触，在模具工作零件（即凸模、凹模）的进一步作用下，坯料便产生剪切分离或塑性变形，获得冲件。行程结束，上模回升时，模具的卸料与出件装置将冲件或废料从凸、凹模上卸下或推（顶）出，以便进行下一次冲压。图 1-9 为几种常见冲模的结构简图，其中凸模 1 和凹模 5 是工作零件，定位板 3 和挡料销 4 是定位零件，卸料板 2、推件杆 6、压料板（顶件板）7 等构成模具卸料与出件装置，其余的是模具的支承与固定零件。

案例分析：

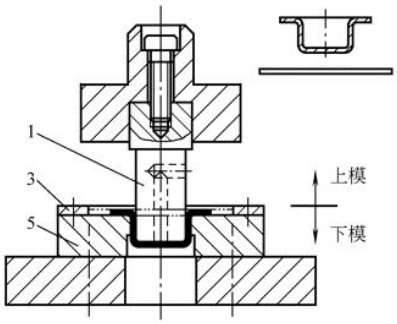
采用图 1-9（a）所示结构的模具可以完成“卡扣”落料工序；采用图 1-9（b）所示结构的模具可以完成“卡扣”V 形弯曲工序。小于 90°U 形弯曲可采用图 1-10 所示模具结构，当凸模下行时，工件底部接触凹模镶件，凹模镶件转动使工件成形；凸模回程时，带动凹模镶件反转，并在拉簧作用下保持复位状态。



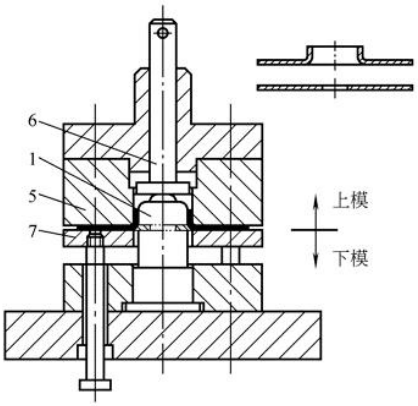
（a）冲裁模（落料模）



（b）弯曲模



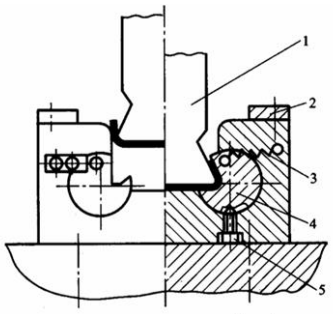
（c）拉深模



（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

图 1-9　几种常见冲模的结构简图



1－凸模；2－定位板；3－拉簧；4－凹模镶件；5－限位钉

图 1-10　小于 90°U 形弯曲模结构简图

1.2 冲压材料

冲压用原材料主要是各种金属及非金属板材，它们的力学性能和成形性能有着很大的差异。材料的性能与特点对冲压成形方法、冲压工艺参数和冲压模具结构有很大的影响，因此在制定冲压工艺之前，必须了解常用冲压材料的冲压成形性能及其指标。当然，原材料供应商应该按照冲压件的工作条件与使用要求进行新材料的研发，使材料更好地满足冲压工艺要求。

1.2.1 常用冲压材料

1. 普通钢板

钢板是冲压生产中应用数量最多的原材料，它用于汽车、电子、机械等多种工业产品。由于产品技术与功能要求不同，在冲压生产中所用的钢板种类与形式也不尽相同。图 1-11 是各种钢板制造过程的示意图。

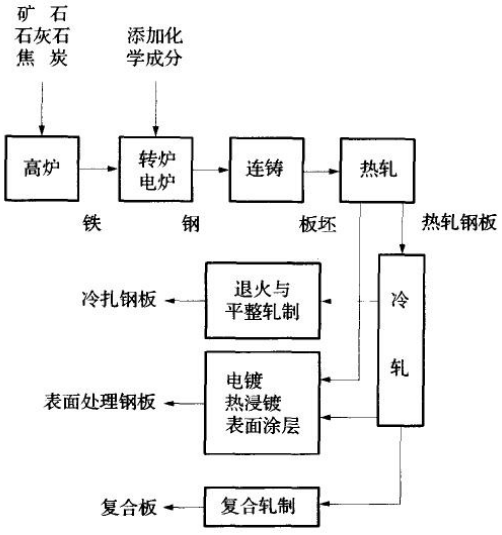


图 1-11 钢板制造过程示意图

（1）热轧钢板

用于冲压生产的热轧钢板厚度一般小于等于 16mm，深冲压一般小于等于 8mm。热轧板表面质量可分为 A 和 B 两个级别，按其用途可分为一般用（CQ）、冲压用（DQ）及深冲压用（DDQ）。热轧板表面处理方式可采用酸洗表面和非酸洗表面两种。

非酸洗表面热轧钢板（如图 1-12 所示）表面有黑色氧化皮，氧化皮脆而硬，在冲压成形中，尤其是在剥落时，可能损坏模具。常见的冲压用非酸洗表面热轧板多为优质碳素结构钢材质，多用于汽车、航空工业及其他部门。常见的牌号有：08、08F、08AL、10、20、45 等。

热轧酸洗钢板（如图 1-13 所示）是以优质热轧薄板为原料，经酸洗机组去除氧化层，切边，精整后的产品。酸洗板的优势主要在于表面质量好、尺寸精度高、表面光洁度好，以其较高的性价比替代了部分冷轧板和热轧板。

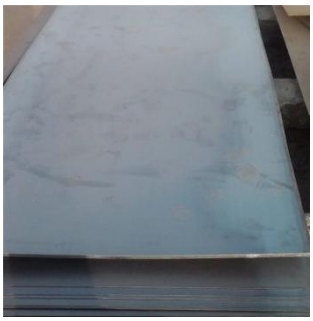


图 1-12　热轧非酸洗板

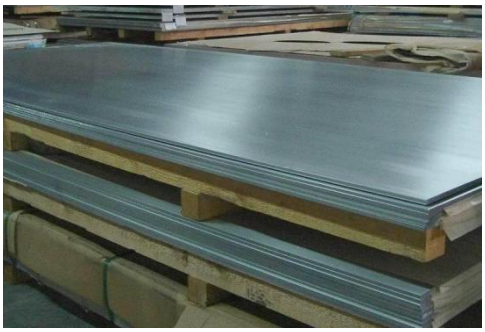


图 1-13　热轧酸洗板

工厂常用的国外热轧冲压用钢牌号有：

SPHC，一般用热轧钢板及钢带，相当于 08 钢。

SPHD，冲压用热轧钢板及钢带，相当于 08 或 08Al 钢。

SPHE，深冲压用热轧钢板及钢带，相当于 08Al 钢。

（2）冷轧钢板

1）冷轧普通薄钢板

冷轧普通薄钢板是由普通碳素结构钢热轧钢带，经过酸洗，然后冷轧制成的厚度小于 4mm 的钢板。由于在常温下轧制，不产生氧化铁皮，因此，冷板表面质量好，尺寸精度高，再加之退火处理，其机械性能和工艺性能都优于热轧薄钢板，在许多领域里，特别是家电制造领域，已逐渐用它取代热轧薄钢板。常用牌号：Q195、Q215、Q235、Q275 等。

2）冷轧优质薄钢板

冷轧优质薄钢板是以优质碳素结构钢为材质，经冷轧制成的厚度小于 4mm 的薄板。常用牌号：08、08F、10 等。

工厂常用的国外冷轧用钢牌号有：

SPCC，一般用冷轧钢板及钢带，相当于 08Al、S、P 钢。

SPCD，冲压用冷轧钢板及钢带，相当于 08Al、Z 钢。

SPCE，深冲压用热轧钢板及钢带，相当于 St14 钢。

冷轧钢板（卷材）如图 1-14 所示。冷轧板表面有一定的光泽度，用手摸起来比较光滑，类似于那种用来喝水的很常见的钢水杯。热轧板如未经酸洗处理，则与市场上很多普通钢板的表面类似，生了锈的表面为红色，没生锈的表面为紫黑色（氧化铁皮），可以通过这些特点区分冷轧与热轧钢板。

图 1-14　冷轧钢板（卷材）

（3）涂镀层钢板

1）热镀锌钢板

热镀锌薄钢板简称镀锌板或白铁皮，钢板表面美观、有块状或树叶状镀锌结晶花纹，其镀层牢固，有优良的耐大气腐蚀的性能，同时，钢板还有良好的焊接性能和冷加工成型性能。与电镀锌板表面相比，其镀层较厚，主要用于要求耐腐蚀性较强的扳金件。常用牌号有 Zn100-PT、Zn200-SC、Zn275-JY 等，工厂常用国外牌号有 SGCC、SGCD1、SGCD2、SGCD3 等。

2）电镀锌钢板

电镀锌钢板是指通过电镀方式将钢带表面镀上锌层，是汽车覆盖件制造应用最多的钢板。常见牌号有 DX1、DX2、DX3、DX4 等，工厂常用国外牌号有 SECC（原板 SPCC）、SECD（原板 SPCD）、SECE（原板 SPCE）等。

2. 不锈钢板

不锈钢分为铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢、奥氏体/铁素体双相不锈钢、马氏体不锈钢、沉淀硬化型不锈钢等。其中可用于冲压成形的有以 SUS430 为代表的铁素体不锈钢和以 SUS304 为代表的奥氏体不锈钢。

铁素体不锈钢板的冲压性能接近于冷轧钢板，这种不锈钢板在生产过程中也可利用热轧、冷轧与退火的方法获得良好的组织结构，从而具有良好的拉深性能。但是，铁素体不锈钢板的硬化指数、伸长率均小于奥氏体不锈钢，所以它的伸长类冲压成形性能较差，它的胀形性能低于奥氏体不锈钢。

奥氏体不锈钢板的拉深性能稍差，但它的硬化指数值远大于铁素体不锈钢板，所以它具有良好的伸长类成形的冲压性能，如胀形等。奥氏体不锈钢具有良好的较为均衡的冲压性能，适用于各种冲压成形。

3. 有色金属板材

（1）铜及铜合金

用于冲压的铜及铜合金有 T1、T2、H62、H68 等，它们的塑性、导电性与导热性均很好。

（2）铝及铝合金

用于冲压的铝及铝合金有 1060、1050A、3A21、2A12 等，它们有较好的塑性，变形抗力小且质量轻。

4. 其他冲压材料

（1）高强度钢板

提高钢板的强度，可以在冲压件生产中采用较薄的钢板，并保证构件的强度与刚度要求，从而降低结构重量与成本。近年来，在汽车行业中采用 980MPa 以上超高强度钢板的应用趋势愈发明显。主要的高强度钢板有：加磷高强度钢板（固溶强化型高强度钢板）、BH 型高强度钢板（超低碳烘烤硬化钢板）、双相高强度钢板等。

（2）非金属材料

冲压用非金属材料主要有用于轻工和建材行业的纸板、层压板、橡胶板、塑料板、纤维

板和云母等。

1.2.2 冲压材料常用规格

1. 冲压材料常用规格

冲压用金属材料的供应状态一般是各种规格的板料、带料、条料和块料。板料常为大型件坯料或为裁剪成条料的坯料。带料（卷料），一般为薄料，根据产品的不同而有不同宽度，常用于自动送料的大批量生产。条料是根据工件用料的要求，由板料裁剪而成的，主要用于中小件生产。块料常为高价值的有色金属，适用于单件小批量生产和高价值有色金属冲压。

根据国家标准规定，钢板厚度的精度分为 A（高级精度）、B（较高级精度）、C（普通精度）三级，钢板的表面质量可分为 I（特别高级的精整表面）、II（高级的精整表面）、III（较高级的精整表面）、IV（普通的精整表面）四级，每组按拉深级别又分为 Z（最深拉深）、S（深拉深）、P（普通拉深）三级。

2. 钢板的标记

在冲压工艺资料和图样上，对材料的表示方法有特殊的规定。如材料为 20 钢、厚度为 2.0mm、平面尺寸为 1000mm×1500mm、较高级精度、较高级的精整表面、深拉深级的优质碳素结构钢冷轧钢板表示为：？？？钢板。关于材料的牌号、规格和性能，可查阅附录 A。

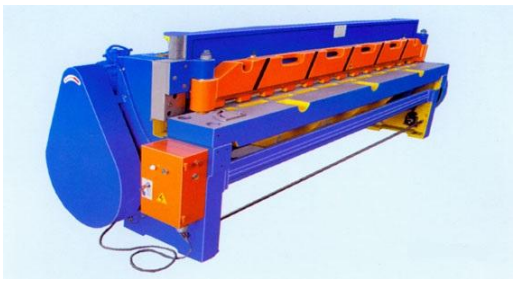
3. 钢板的裁剪

标准尺寸的钢板一般不能直接用于冲压生产，需要根据冲压件尺寸大小裁剪为各种规格的条料，即下料。下料一般是首道工序，通常在冲压厂的下料车间完成，常见下料方法有：

（1）剪板机下料

剪板机通过运动的上刀片和固定的下刀片对金属板材施加剪切力，使板材按所需尺寸剪切分离。剪板机分为液压剪板机、机械剪板机等多种类型，主要用于板料的直线裁剪。其中液压剪板机一般用于厚料的裁剪，机械剪板机一般用于薄料的裁剪。剪板机如图 1-15 所示。

（a）液压剪板机



（b）机械剪板机

图 1-15 剪板机

（2）圆盘剪床下料

圆盘剪床可将宽钢带沿长度方向（纵向）剪切成一定尺寸的窄钢带，或将板料裁剪成条

料，由于多对圆盘刀同时裁剪，因此裁剪效率高。圆盘剪床如图 1-16 所示。

图 1-16　圆盘剪床

（3）其他下料方法

上述两种机械常用来裁剪条状的板料毛坯。当需要异形毛坯、生产批量不大或试制新品时，可选用激光切割机、等离子切割机、高压水切割机、电火花线切割机、电冲剪等进行下料。特别是激光切割机，由于切割质量好、效率高，在汽车行业得到广泛应用。激光切割机如图 1-17 所示。

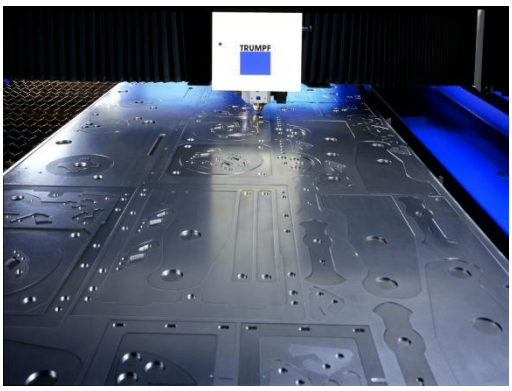


图 1-17　激光切割机

1.2.3　冲压材料性能指标

冲压所用的材料是冲压生产的三要素之一。事实上，只有采用冲压性能良好的材料，才能成形出高质量的冲压件。因此，在冲压工艺及模具设计中，必须了解材料的冲压成形性能，才能合理选用材料，常见的冲压性能指标有：

1. 强度指标

强度指标对冲压成形性能的影响通常用屈服点与抗拉强度的比值（即屈强比）来表示。一般屈强比越小，屈服点与抗拉强度之间的差值越大，表示材料允许的塑性变形区间越大，成形过程的稳定性越好，破裂的危险性越小，有利于提高极限变形程度，减小工序次数。因此，屈强比愈小，材料的冲压成形性能愈好。

2. 刚度指标

弹性模量 E 愈大或屈服点与弹性模量的比值（称为屈弹比）越小，在成形过程中抗压失稳的能力越强，卸载后的回弹量越小，有利于提高冲压件的质量。

3. 塑性指标

均匀伸长率 j 是在拉伸试验中开始产生局部集中变形（即刚出现缩颈时）的伸长率（即相对应变），它表示板料产生均匀变形或稳定变形的能力。一般情况下，冲压成形都在板料的均匀变形范围内进行，故 j 对冲压性能有较为直接的意义。断后伸长率是在拉伸试验中试样拉断时的伸长率。通常 j 越大，材料允许的塑性变形程度越大，冲压成形性能越好。

4. 各向异性指标

板厚方向系数 r 是指板料试样拉伸时，宽度方向与厚度方向的应变之比，r 值的大小反映了在相同受力条件下板料平面方向与厚度方向的变形性能差异。r 值越大，说明板平面方向上越容易变形，而厚度方向上越难变形，这对拉深成形是有利的。

板料经轧制后晶粒沿轧制方向被拉长，杂质和偏析物也会定向分布，形成纤维组织，使得平行于纤维方向和垂直于纤维方向材料的力学性能不同，因此在板料平面上存在各向异性，其程度一般用板厚方向性系数在几个特殊方向上的平均差值Δr（称为板平面方向性系数）来表示。Δr 值越大，则方向性越明显，对冲压成形性能的影响也越大，生产中应尽量设法降低板料的Δr 值。

5. 硬化指数 n

对于一般常用的金属材料，随着塑性变形程度的增加，其强度、硬度和变形抗力逐渐增加，而塑性和韧性逐渐降低，这种现象称为加工硬化。材料不同，变形条件不同，其加工硬化的程度也不同。硬化指数 n（又称 n 值）是表明材料塑性变形时硬化性能的重要参数。n 值大时，表示变形过程中材料的变形抗力随变形程度的增加而迅速增大，因而对板料的冲压成形性能及冲压件的质量都有较大的影响。对伸长类变形来说，n 值增大，会使变形区的变形抗力增大，补偿了变形区因截面积减小而引起的承载能力下降的缺陷，制止了局部变形的进一步发展，具有扩展变形区、使变形均匀化和增大极限变形程度的作用。

6. 表面质量

材料的表面应光洁平整，无氧化皮、裂纹、锈斑、划伤、分层等缺陷。因为表面质量好的材料成形时不易破裂，也不易擦伤模具，冲压件的表面质量也好。

7. 厚度公差

因为一定的模具间隙适用于一定厚度的材料，若材料的厚度公差太大，不仅直接影响冲件的质量，还可能导致模具或压力机的损坏。

案例分析：

“卡扣”冲压件材料为 10 钢，具有较好的塑性，弯曲线与轧制方向垂直即可避免板平面方向性系数Δr对弯曲的不良影响。

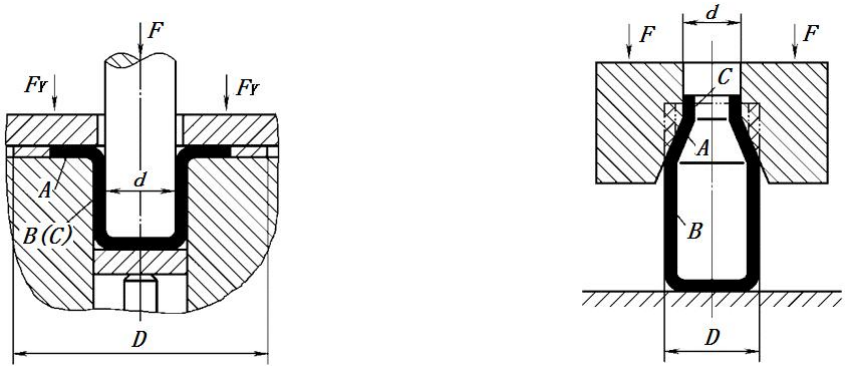
知识拓展：

变形趋向性及其控制

（1）冲压成形中的变形趋向性

在冲压成形过程中，坯料的各个部分在同一模具的作用下，有可能发生不同形式的变形，即坯料的各个部分具有不同的变形趋向性。在这种情况下，判断坯料各部分是否发生变形和以什么样的方式变形，以及能否通过合理的冲压工艺和模具等措施来保证预期变形的同时，减轻或排除其他一切不必要的和有害的变形等，是获得合格的高质量冲压件的根本保证。因此，分析研究冲压成形中的变形趋向性及其控制方法，对制定冲压工艺过程、确定工艺参数、设计冲压模具以及分析冲压过程中出现的某些产品质量问题等，都具有非常重要的实际意义。

一般情况下，可以把冲压过程中的坯料划分成为变形区和传力区。冲压设备利用模具对坯料施加变形力，并通过坯料的传力区作用于变形区，使变形区发生塑性变形。在图 1-18 所示的拉深和缩口成形中，坯料的 A 区是变形区，B 区是传力区，C 区则是已变形区。



（a）拉深　　（b）缩口

A—变形区；B—传力区；C—已变形区

图 1-18　冲压成形时坯料的变形区与传力区

由于变形区发生塑性变形所需的力是由模具通过传力区获得的，而同一坯料上的变形区和传力区都是相邻的，所以作用在变形区和传力区分界面上的内力的性质和大小也是完全相同的。在同一个内力的作用下，变形区和传力区都有可能发生塑性变形，但由于它们之间的尺寸关系及变形条件不同，其应力应变状态也不相同，因此它们可能产生的塑性变形方式及变形的先后顺序是不相同的。通常，总有一个区需要的变形力比较小，并先满足塑性条件而进入塑性状态，产生塑性变形，我们把这个区称为相对的弱区。如图 1-18（a）所示的拉深变形，虽然变形区 A 和传力区 B 都受到径向拉应力的作用，但 A 区比 B 区还多一个切向压应力的作用，根据屈雷斯

加塑性条件$\sigma_1-\sigma_3\geqslant\sigma_s$，A区中$\sigma_1-\sigma_3=\sigma_\theta+\sigma_r$，B区中$\sigma_1-\sigma_3=\sigma_r$，因$\sigma_\theta+\sigma_r>\sigma_r$，所以在外力F的作用下，变形区A最先满足塑性条件产生塑性变形，成为相对弱区。

为了保证冲压过程的顺利进行，必须保证冲压工序中应该变形的部分（变形区）成为弱区，以便把塑性变形局限于变形区，并排除或降低传力区产生任何不必要的塑性变形的可能。由此可以得出一个十分重要的结论:在冲压成形过程中,需要最小变形力的区是个相对的弱区,而且弱区必先变形，因此变形区应为弱区。

“弱区必先变形，变形区应为弱区”的结论，在冲压生产中具有很重要的实用意义。很多冲压工艺极限变形参数的确定、复杂形状件的冲压工艺过程设计等，都是以这个理论作为分析和计算依据的。图1-18（a）所示的拉深变形，一般情况下A区是弱区而成为变形区，B区是传力区。但当坯料外径D太大、凸模直径d太小而使得A区凸缘宽度太大时，要使A区产生切向压缩变形所需的径向拉力很大，这时可能出现B区因拉应力过大率先发生塑性变形甚至拉裂而成为弱区的情况。因此，为了保证A区成为弱区，应合理确定凸模直径与坯料外径的比值d/D（即拉深系数），使得B区拉应力还未达到塑性条件以前，A区的应力就已达到塑性条件而发生拉压塑性变形。

当变形区或传力区有两种以上的可能变形方式时，则首先实现的变形方式所需的变形力必定最小。因此，在工艺和模具设计时，除要保证变形区为弱区外，同时还要保证变形区必须预期实现的变形方式需要的变形力最小。例如，在图1-18（b）所示的缩口成形过程中，变形区A可能产生的塑性变形是切向收缩的缩口变形和在切向压应力作用下的失稳起皱，传力区B可能产生的塑性变形是筒壁部分镦粗和失稳弯曲。在这四种变形趋向中，只有满足缩口变形所需的变形力最小这个条件(如通过选用合适的缩口系数d/D和在模具结构上采取增加传力区的支承刚性等措施)，才能使缩口变形正常进行。又如在冲裁时，在凸模压力的作用下，坯料会产生剪切和弯曲两种变形趋向，如果采用较小的冲裁间隙，此时对弯曲变形不利（这时所需的弯曲力增大了）而对剪切有利，便可以在只发生很小的弯曲变形的情况下实现剪切，提高了冲件的尺寸精度。

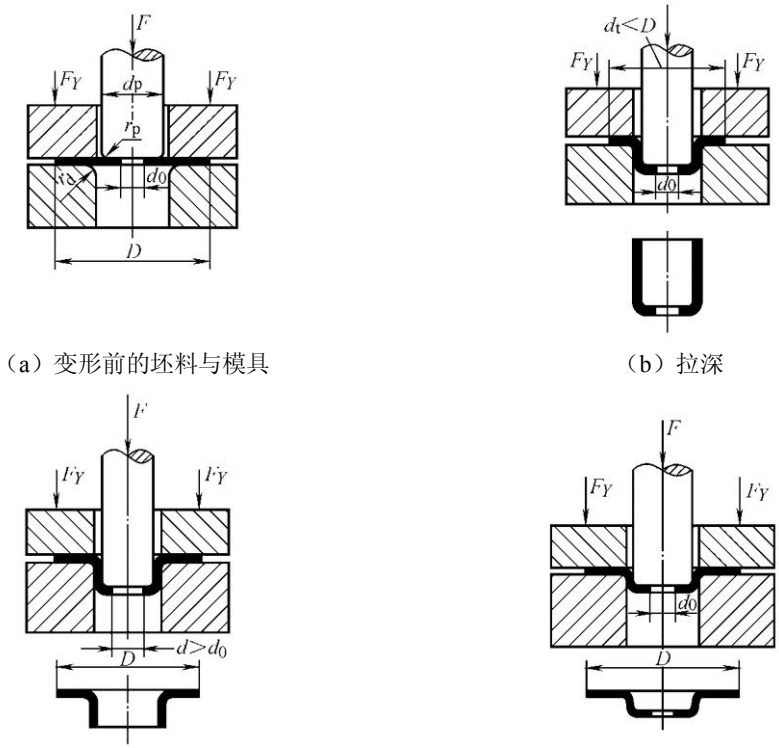
（2）控制变形趋向性的措施

在实际生产当中，控制坯料变形趋向性的措施主要有以下几种方式:

1）改变坯料各部分的相对尺寸

变形坯料各部分的相对尺寸关系，是决定变形趋向性最重要的因素，因此改变坯料的尺寸关系，是控制坯料变形趋向性的有效方法。如图1-19所示，模具对环形坯料进行冲压，当坯料的外径D、内径d_0及凸模直径d_p具有不同的相对关系时，就可能出现三种不同的变形趋向（即拉深、翻孔和胀形），从而形成三种形状完全不同的冲件：当D、d_0都较小，并满足条件$D/d_p<1.5\sim2$、$d_0/d_p<0.15$时，宽度为$(D-d_p)$的环形部分产生塑性变形所需的力最小而成为弱区，因而产生外径收缩的拉深变形，得到拉深件，如图1-19（b）所示；当D、d_0都较大，并满足条件$D/d_p>2.5$、$d_0/d_p<0.2\sim0.3$时，宽度为(d_p-d_0)的内环形部分产生塑性变形所需的力最小而成为弱区，因而产生内孔扩大的翻孔变形，得到翻孔件，如图1-19（c）所示；当D较大、

d_0较小甚至为 0，并满足条件 $D/d_p>2.5$、$d_0/d_p<0.15$ 时，坯料外环的拉深变形和内环的翻孔变形阻力都很大，结果使凸、凹模圆角及附近的金属成为弱区而产生厚度变薄的胀形变形，得到胀形件，如图 1-19（d）所示。胀形时，坯料的外径和内孔尺寸都不发生变化或变化很小，成形仅靠坯料的局部变薄来实现。



（a）变形前的坯料与模具　　（b）拉深

（c）翻孔　　（d）胀形

图 1-19　环形坯料的变形趋向

2）改变模具工作部分的几何形状和尺寸

这种方法主要是通过改变模具的凸模和凹模圆角半径来控制坯料的变形趋向。如在图 1-19（a）中，如果增大凸模圆角半径 r_p、减小凹模圆角半径 r_d，可使翻孔变形的阻力减小，拉深变形的阻力增大，所以有利于实现翻孔变形。反之，如果增大凹模圆角半径而减小凸模圆角半径，则有利于实现拉深变形。

3）改变坯料与模具接触面之间的摩擦阻力

在图 1-19 中，若加大坯料与压料圈及坯料与凹模端面之间的摩擦力（如加大压力 F_y或减少润滑），则坯料从凹模面上流动的阻力增大，结果不利于实现拉深变形而利于实现翻孔或胀形变形；如果增大坯料与凸模表面间的摩擦力，并通过润滑等方法减小坯料与凹模和压料圈之间的摩擦力，则有利于实现拉深变形。所以正确选择润滑及润滑部位，也是控制坯料变形趋向

的重要方法。

4）改变坯料局部区域的温度

这种方法主要是通过局部加热或局部冷却来降低变形区的变形抗力或提高传力区的强度，从而实现对坯料变形趋向的控制。例如，在拉深和缩口时，可采用局部加热坯料变形区的方法，使变形区软化，从而利于实现拉深或缩口变形。又如在不锈钢零件拉深时，可采用局部深冷传力区的方法来增大其承载能力，从而达到增大变形程度的目的。

1.3 常用冲压设备

在冲压生产中，为了适应不同的冲压工作情况，需要采用不同类型的冲压设备。冲压设备的选择对冲压质量、效率及成本，模具结构与寿命有着重要影响。因此，在制定冲压工艺方案时必须熟悉冲压设备的结构、工作原理、技术参数，并结合现有冲压设备，进行合理的选择。

1.3.1 冲压设备分类及型号

1. 压力机的分类

各类冲压设备都具有其特有的结构形式及作用特点。根据冲压设备的驱动方式可对冲压设备作如下分类。

（1）机械压力机

它是利用各种机械传动来传递运动和压力的一类冲压设备，包括曲柄压力机、摩擦压力机、高速冲床等。机械压力机在生产中最为常用，大部分冲压设备都是机械压力机，其中又以曲柄压力机应用最多，如图 1-20（a）所示。

（a）曲柄压力机

（b）液压机

图 1-20　压力机

（2）液压机

它是利用液压传动来产生运动和压力的一种压力机械，根据其介质不同分为油压机和水压机。液压机容易获得较大的压力和工作行程，压力和速度可在较大范围内进行无级调节，但能量损失较大，生产效率较低。液压机主要用来进行深拉深、厚板弯曲、压印、校形等工艺，如图 1-20（b）所示。

本书涉及到的冲压设备主要是通用曲柄压力机。为了便于学习，本书只介绍通用的曲柄压力机。

2. 机械压力机型号

机械压力机属于锻压机械类。锻压机械的基本型号是由一个汉语拼音字母和几个阿拉伯数字组成的，第一个字母代表锻压机械的大类，称为类别，见表 1-3。同一类锻压机械分为若干列，称为列别，由第一位数字（自左向右）代表；同一列又分为若干组，由第二位数字代表，列组划分参考附录 B。第二位数字之后的数字代表锻压机械的主要规格，一般为标称压力，单位为 tf（吨力），转化为法定单位制的“kN”时，应把此数字乘以 10。第二位数字与规格部分的数字之间以一短横线“-”隔开。在类、列、组和主要规格完全相同时，只是次要参数与基本型号不同的压力机，按变型处理，即在原型号的字母后（第一位数字前）加字母 A、B、C、……，依次表示第一、第二、第三、……种变型。对型号已确定的锻压机械，如在结构和性能上有所改进时，按改进处理，即在原型号的末端加字母 A、B、C、……，依次表示第一、第二、第三、……次改进。如 JC23-63A 型号的含义是：

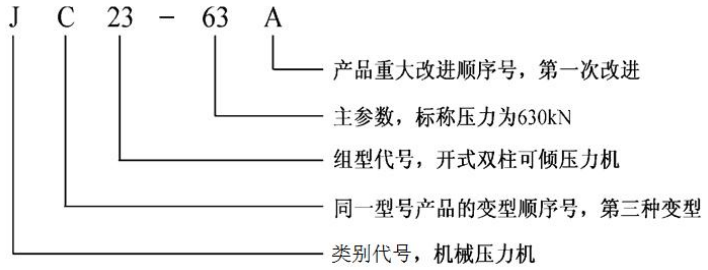


表 1-3　锻压机械类别代号

类别	机械压力机	液压机	自动锻压机	锤	锻机	剪切机	弯曲校正机	其他
字母代号	J	Y	Z	C	D	Q	W	T

1.3.2　曲柄压力机

曲柄压力机是冲压生产中广泛使用的一种压力加工设备。在冲压生产中，它能与冲模配合进行各种冲压工艺，直接生产出成品冲压件或半成品件。

1. 曲柄压力机的工作原理

图 1-21 为曲柄压力机的工作原理图。电动机通过小齿轮、大齿轮（飞轮）和离合器带动曲轴旋转，再通过连杆使滑块往复运动。将模具的上模（凸模）固定在滑块上，下模（凹模）固定在机身工作台上，压力机便能对置于上、下模之间的材料加压，依靠模具将其制成工件，实现压力加工。通过操纵机构操纵离合器，在电动机不停机的情况下可使曲柄滑块机构运动或停止。制动器与离合器密切配合，可在离合器脱开后使曲柄滑块机构停在一定的位置上（一般是在滑块处于上止点的位置）。大齿轮还起飞轮作用，使电动机的负荷均匀有效地利用能量。

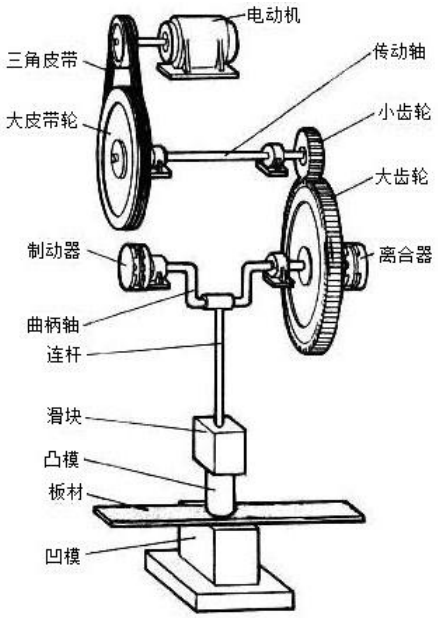


图 1-21　曲柄压力机的工作原理图

曲柄压力机一般由下列几部分组成：

1）工作机构。指由曲轴、连杆、滑块和机身上的导轨构成的曲柄滑块机构。其作用是将传动系统的旋转运动变换为滑块的直线往复运动，承受和传递工作压力，安装模具的上模。

2）传动系统。一般由齿轮传动、带传动等组成。其作用是传递运动和动力，并起减速作用。

3）操纵系统。由离合器、制动器及其控制装置组成。它们的主要作用是控制滑块的运动和停止，以保证压力机安全、准确地运转。

4）能源系统。由电动机和飞轮等组成。电动机将电能转换成机械能。飞轮能将电动机空程运转时的能量存储起来，在冲压时再释放出来。

5）支承部件。主要为压力机的机身，它将压力机的所有零部件联结起来，并承受全部工作变形力和各部件的重力，保证总机所要求的精度、强度和刚度。机身上有固定或活动的工作

台，用于安装模具的下模。

6）附属装置和辅助系统。这部分包括两类：一类是保证压力机正常运转的，如润滑系统、过载保护装置、滑块平衡系统、电路等；另一类是工艺应用范围的，如推料装置、气垫等。

2. 曲柄压力机的结构类型

压力机的结构类型较多，可以按下列几种方式分类：

（1）按机身结构形式分类

可分为开式压力机和闭式压力机两种。开式压力机如图 1-22（a）所示，机身的前面、左面和右面三个方向是敞开的，操作空间大，但因机身呈 C 字形，刚度较差，压力机在工作负荷下易产生角变形而影响精度。所以这类压力机的吨位（标称压力）都比较小，一般在 4000kN 以下。闭式压力机机身左右两侧是封闭的，如图 1-22（b）所示，只能从前后方向接近模具，操作空间较小，且装模距离较远，操作不太方便。但因机身形状对称，刚度好，压力机精度高。所以，压力超过 2500kN 的大中型压力机几乎都采用此种结构，某些精度要求较高的小型压力机也采用这种结构。

（a）开式压力机

（b）闭式压力机

图 1-22　开式压力机与闭式压力机

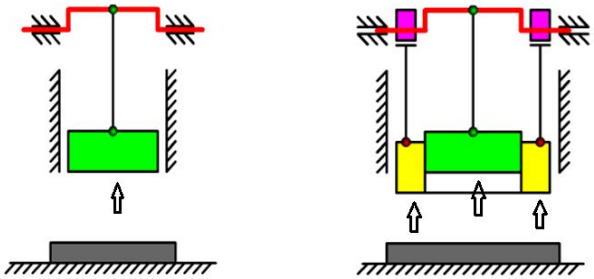
（2）按滑块的数目分类

根据压力机上滑块的数目不同，可分为单动压力机、双动压力机，如图 1-23 所示。闭式双动拉深压力机的滑块部分由内、外滑块组成，主要用于大型金属薄板零件（覆盖件）的压延、弯曲、拉深、成形等冷冲压工序。图 1-24 为 J46-500/300A 型闭式双动拉深压力机。

（3）按连杆的数目分类

按照压力机上连接曲柄与滑块的连杆数目不同，可分为单点压力机、双点压力机和四点压力机，如图 1-25 所示。曲柄连杆数的设置主要根据滑块面积的大小和吨位而定。点数越多，

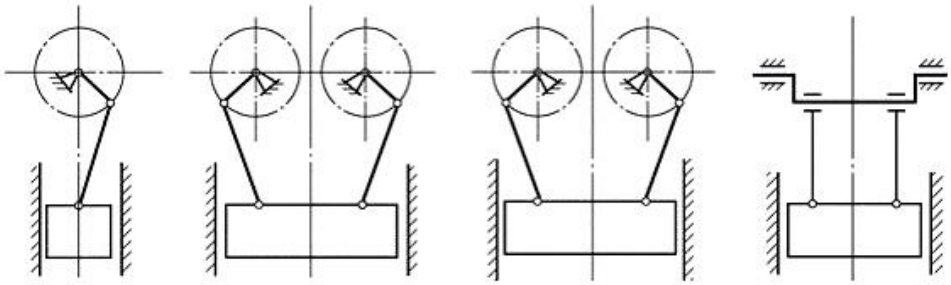
滑块承受偏心载荷的能力越大，压力机的吨位就越大。小型压力机一般为单点压力机，中型压力机一般为双点压力机，大型压力机一般为四点压力机。



（a）单动压力机　　（b）双动压力机

图 1-23　压力机按滑块数分类示意图

图 1-24　闭式双动拉深压力机



（a）单点压力机　　（b）双点压力机　　（c）四点压力机

图 1-25　压力机按连杆数分类示意图

案例分析：

“卡扣”零件尺寸较小，料壁较薄，所需冲压力较小，使用单点开式压力机即可满足要求，具体型号需根据模具结构和工艺计算确定。

3. 曲柄压力机的主要技术参数

压力机的技术参数反映一台压力机的工艺能力、所能加工制件的尺寸范围以及有关生产率指标，同时也是选择、使用压力机和设计模具的重要依据。

（1）标称压力 F_g 及标称压力行程 S_g

标称压力是指滑块在工作行程内所允许承受的最大负荷，而滑块必须在到达下止点前某一特定距离内允许承受标称压力，这一特定距离称为标称压力行程。例如 JC23-63 压力机的标称压力为 630kN，标称压力行程为 8mm，即指该压力机的滑块在离下止点前 8mm 之内，允许承受的最大压力为 630kN。标称压力是压力机的主要技术参数，国产压力机的标称压力已经系列化。

（2）滑块行程 s

滑块行程是指滑块从上止点运动到下止点所经过的距离，其值为曲柄半径的两倍。滑块行程的大小反映出压力机的工作范围，大行程压力机可冲压高度较大的零件，但工作时模具的导柱、导套可能分离，影响冲件精度和模具寿命。

（3）滑块行程次数 n

滑块行程次数是指滑块每分钟往复运动的次数。正常生产时，它就是每分钟生产冲件的数量。

（4）封闭高度 H 与装模高度 H_1

封闭高度是指滑块在下止点时，滑块下表面到工作台上表面的距离。当滑块调整到最高位置时，封闭高度达到最大值，称为最大封闭高度。当滑块调整到最低位置时，封闭高度达到最小值，称为最小封闭高度。封闭高度调节装置所能调节的距离，称为封闭高度调节量 ΔH_1。装模高度是指滑块在下止点时，滑块下表面到工作台垫板上表面的距离。封闭高度与装模高度之差即等于工作台垫板的厚度 T。

（5）工作台面与滑块底面尺寸

工作台（或垫板）上表面与滑块底面尺寸均以“左右前后”的尺寸表示，如图 1-26 中的 $L\times B$ 和 $a\times b$。闭式压力机，其滑块尺寸和工作台板尺寸大致相同，而开式压力机滑块下平面尺寸小于工作台板尺寸。

（6）工作台孔尺寸 $L_1\times B_1$ 或 D_1

压力机的工作台孔呈方形或圆形，或同时兼顾两种形状，其尺寸用 $L_1\times B_1$（左右×前后）、D_1（直径）表示。该尺寸空间是用作向下出料或安装模具顶件装置的。

（7）模柄孔尺寸 $d\times l$

模柄孔是用来安装固定模具上模的，其尺寸用 $d\times l$（直径×孔深）表示。中小型模具的上模一般都是通过模柄固定在压力机滑块上的，此时模柄尺寸应与模柄孔尺寸相适应。大型压力

机没有模柄孔，而是开设 T 型槽，用 T 型槽螺钉紧固上模。

（8）立柱间距 *A* 与喉深 *C*

立柱间距是指双柱式压力机两立柱内侧之间的距离。对于开式压力机，其值主要关系到向后侧送料或出件机构的安装。对于闭式压力机，其值直接限制了模具和加工板料的最宽尺寸。喉深是开式压力机特有的参数，它是指滑块中心线到机身前后方向的距离，如图 1-26 中的 *C*。喉深直接限制了加工件的尺寸，与压力机机身刚度有关。部分压力机的主要技术参数见附录 B。

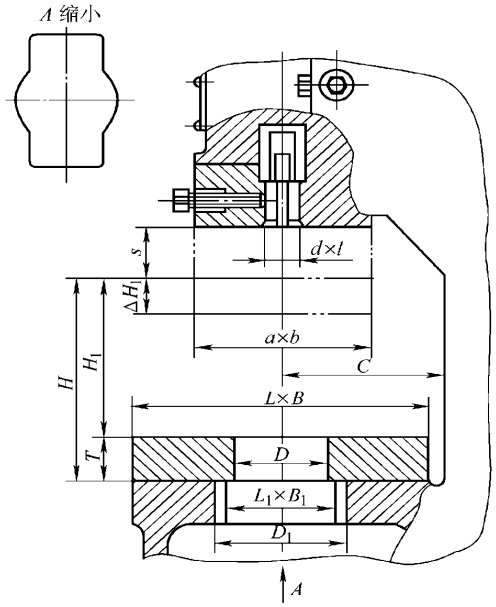


图 1-26　压力机的基本参数

1.3.3　曲柄压力机的选择与使用

1. 曲柄压力机的选择

（1）类型选择

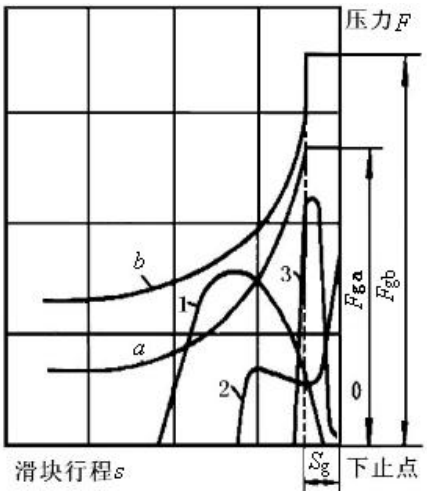
中小型冲压件及要求不太高的半自动冲压生产，主要选用开式压力机。在中小型冲压件生产中，若采用导板模或工作时要求导柱导套不脱离的模具，应选用行程较小或行程可调的压力机。对于大中型和精度要求较高的冲压件，多选用闭式压力机。对于薄板冲裁或精密件冲裁，宜选用精度和刚度较高的精密压力机。对于大型复杂拉深件和成形件，应尽量选用双动拉深压力机。其他大型冲裁件、弯曲件和所需压料力不大的成形件，采用一般单动闭式压力机。校平、校正弯曲、整形等冲压工艺，因冲压力一般都较大，应选用具有较高强度和刚度的闭式压力机。

（2）规格选择

1）标称压力

压力机的标称压力决定了压力机所能施加压力的能力。压力机许用负荷是随滑块行程位置而变化的，而冲压力的大小也是随凸模（或压力机滑块）行程变化而变化的。因此，选择压力机标称压力时，应保证在全行程范围内，压力机的许用负荷在任何时刻均大于相应时刻所需变形力的总和。

例如图 1-27 中，曲线 1、2 与 3 分别表示拉深、弯曲和冲裁时的冲压力与行程之间的关系。从图中可以看出，在进行冲裁和弯曲时，标称压力为 F_{ga} 的压力机能够保证在全部行程内压力机的许用负荷都高于冲压力，因此选用许用负荷曲线 a 的压力机是合适的。拉深时的冲压力超过了相应位置上的许用负荷曲线 a，因此必须选择标称压力为 F_{gb}、具有曲线 b 的压力机。



a、b—分别为两种不同型号压力机的许用负荷曲线

1—拉深实际压力曲线；2—弯曲实际压力曲线；3—冲裁实际压力曲线

图 1-27　压力机许用负荷曲线与冲压力曲线

实际生产中，压力机的标称压力可按如下经验公式确定。

对于施力行程（滑块实际施压行程）较小的冲压工序（如冲裁、浅弯曲、浅拉深等）：

$$F_g \geqslant (1.1 \sim 1.3) F_{\Sigma} \qquad (1\text{-}1)$$

对于施力行程较大的冲压工序（如深弯曲、深拉深等）：

$$F_g \geqslant (1.6 \sim 2.0) F_{\Sigma} \qquad (1\text{-}2)$$

式中：F_g——压力机的标称压力（kN）；F_{Σ}——冲压工艺总力（kN）。

2）滑块行程

滑块行程应保证坯料能顺利地放入模具和冲压件能顺利地从模具中取出，同时还要考虑模具的结构要求。特别是对于拉深和弯曲工序，压力机滑块行程应大于制件高度的 2.5～3 倍。

（3）行程次数

行程次数主要根据生产率要求、材料允许的变形速度和操作的可能性等来确定。

（4）工作台面尺寸

压力机工作台面的长、宽尺寸应大于模具下模座尺寸，且每边留出 60～100mm，以便于安装固定模具。当冲压件或废料从下模漏料时，工作台孔尺寸必须大于漏料件尺寸。对于有弹顶装置的模具或采用拉深垫时，工作台孔还应大于弹顶器或相应拉深垫的外形尺寸。

（5）模柄孔尺寸或滑块下底面尺寸

对于中小型压力机，模具的上模部分通过模柄固定在压力机滑块上，因此其模柄孔的直径应与模具模柄直径一致，模柄孔的深度应大于模柄夹持部分的长度。对于大型压力机或部分中型压力机，上模通过 T 型螺栓固定在滑块下底面上，这时滑块下底面尺寸应大于上模座尺寸，并保证有一定的空间来固上模座。

（6）封闭高度或装模高度

选择压力机时，必须使模具的闭合高度介于压力机的最大装模高度与最小装模高度之间（见图 1-26）。模具的闭合高度是指模具在工作行程终了时（即模具处于闭合状态下），上模座的上平面至下模座的下平面之间的距离。一般应满足：

$$(H_{max}-T)-5\geqslant H_m\geqslant(H_{min}-T)+10 \qquad (1\text{-}3)$$

式中：H_{max}——压力机最大封闭高度（mm）；H_{min}——压力机最小封闭高度（mm）；T——压力机工作垫板厚度（mm）；$H_{max}-T$——压力机最大装模高度（mm）；$H_{min}-T$——压力机最小装模高度（mm）；H_m——模具的闭合高度（mm）。

（7）压力机的功率

一般在保证了冲压工艺力的情况下，压力机的功率是足够的。但在某些施力行程较大的情况下，也会出现压力足够而功率不够的现象，此时必须对压力机的功率利用相应公式进行校核，保征压力机功率大于冲压时所需的功率。

2. 曲柄压力机的使用

正确使用和维护压力机，能延长压力机的寿命，充分发挥压力机的效能，更重要的是能确保工作过程中的人身和设备安全。使用和维护压力机应注意以下几点：

1）选用压力机时，应使所选压力机的加工能力（标称压力、许用负荷曲线、电动机额定功率等）留有余量。

2）开机前，应检查压力机的润滑系统是否正常，并将润滑油压送至各润滑点，检查轴瓦间隙和制动器松紧程度是否合适以及运转部位是否有杂物等。

3）启动电动机后应观察飞轮的旋转方向是否与规定的方向一致。确认方向一致后方可接通离合器。

4）空车检查制动器、离合器、操纵机构各部分的动作是否准确、灵活、可靠。检查的方法是先将转换开关置为单次行程，然后踩动脚踏板或按动按扭，如果滑块有不正常的连冲现象，则应及时排除故障后再着手下一步的工作。

5）模具的安装应准确、牢靠，保证模具间隙均匀，闭合状态良好，冲压过程中不移位。模具安装好以后，先用手动试转压力机，以检验模具的安装位置是否正确，然后再起动电动机。

6）冲压过程中，要及时清理工作台上的冲件及废料。清理时使用专用工具，切不可徒手直接进入冲压危险区清理。

7）随时注意压力机的工作情况，当发生不正常现象时，应立即停止工作，切断电源，进行检查和处理。

8）工作完毕后，先使离合器脱开，然后再切断电源，清除工作台上的杂物，用抹布将压力机和冲模揩拭一遍，并在模具刃口及压力机未涂油漆部分涂上一层防锈油。

9）对压力机进行定期检修保养，包括离合器与制动器的保养、拉紧螺栓及其他各类螺栓的检修、给油装置的检修、供气系统的检修、传动与电气系统的检修、各种辅助装置的检修及定期精度检查等。

3. 模具的安装

在压力机上安装与调整模具是很重要的工作，将直接影响制件质量和暗渠生产。冲模安装与调整的一般步骤如下：

1）切断总电源开关。

2）卸下打料横杆或将挡头螺钉拧到最上位置。

3）将滑块下降到下止点，调节压力机的装模高度，使其略大于模具的闭合高度。

4）将模具放到工作台上，使模柄进入滑块的模柄孔内。调节装模高度，使上模上平面紧贴滑块底平面，紧固夹持块的螺母，夹紧模柄。

5）调整装模高度，使上、下模闭合高度适当后锁紧装模高度调节装置。

6）紧固下模具。

7）用手动或点动正转飞轮，使滑块上升到上止点。

8）（需要时）安装打料横杆，将挡头螺钉旋转下移并固定在正确的位置上。

9）清理模具，做好冲压准备。

10）空试车。用点动或手动旋转一周，认真检查压力机、模具有无异常，然后进行数次空运转。

11）试冲。冲 2～3 件正式冲件，检验质量是否符合要求，确认废料是否准确落下。

12）做好生产准备，检查安全措施。

知识拓展：

其他冲压设备

（1）单件小批量冲压生产设备

对于单件小批量冲压件生产，通常使用数控冲床（或激光切割机）完成冲裁工序，使用折弯机完成弯曲工序。

1）数控冲床

数控冲床是数字控制冲床的简称，是一种装有程序控制系统的自动化机床，如图 1-28 所

示。该控制系统能够逻辑地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序，并将其译码，从而使冲床动作并加工零件。数控冲床可用于各类金属薄板零件加工，可以一次性自动完成多种复杂孔型和浅拉伸成型加工（按要求自动加工不同尺寸和孔距的不同形状的孔，也可用于小冲模以步冲方式冲大的圆孔、方形孔、腰形孔及各种形状的曲线轮廓，还可进行特殊工艺加工，如百叶窗、浅拉伸、沉孔、翻边孔、加强筋、压印等）。通过简单的模具组合，相对于传统冲压而言，节省了大量的模具费用，可以使用低成本和短周期加工小批量、多样化的产品，具有较大的加工范围与加工能力，从而能及时适应市场与产品的变化。

2）折弯机

折弯机主要用于金属薄板的弯曲成形，如图 1-29 所示。

图 1-28　数控冲床

图 1-29　数控折弯机

（2）高速冲床

高速冲床的速度高达每分钟几百次到上千次，广泛应用精密电子、通信、电脑、家用电器、汽车零部件、马达定转子等小型精密零件的冲压加工。高速冲床如图 1-30 所示。

（3）精密冲床

精密冲床广泛应用于对冲裁件断面质量要求高的冲压件生产，常用于仪器、钟表等产品加工，现在越来越多的与其他冷加工工艺结合，广泛应用于汽车工业所需的厚板加工。与普通冲压件相比，精冲件具有断面质量好、尺寸精度高、平面度高等优点。精密冲床如图 1-31 所示。

图 1-30　高速冲床

图 1-31　精密冲床

习题

1-1　什么是冲压？它与其他加工方法相比有什么特点？

1-2　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？

1-3　冲压工序可分为哪两大类？它们的主要区别和特点是什么？

1-4　什么是加工硬化和硬化指数？加工硬化对冲压成形有何有利和不利的影响？

1-5　什么是伸长类变形和压缩类变形？试从受力状态、材料厚度变化、破坏形式等方面比较这两类变形的特点。

1-6　何谓材料的板平面方向性系数？其大小对材料的冲压成形有哪些方面的影响？

1-7　选择压力机时要考虑哪些问题？

1-8　在图 1-32 所示带凸缘筒形件（材料为 10 钢）的底部冲一底孔　35，若已知模具闭合高度为 210mm，下模座边界尺寸为 320 mm×280 mm，所需冲压工艺总力为 150kN。试选择压力机型号。

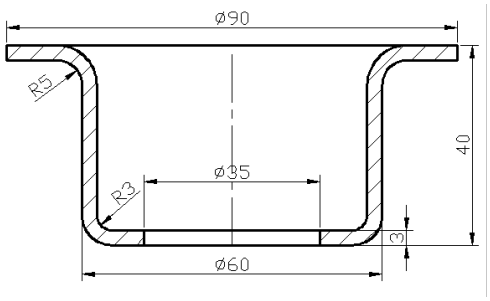


图 1-32　习题 1-8 图