

天津大学仁爱学院

冲压模具课程设计指导书



天津大学仁爱学院

2015-09

目 录

第 1 章	冲压模课程设计指导--基本内容.....	1
1.1	工艺过程设计的基本内容.....	1
第 2 章	冲压模课程设计指导--设计及绘制装配图.....	8
2.1	设计及绘制装配图.....	8
2.2	设计及绘制零件图.....	11
2.3	冲模图的一些习惯画法.....	13
2.4	编写设计计算说明书.....	16
第 3 章	模具设计实例.....	18
3.1	落料冲孔复合模设计实例.....	18
3.2	U 形弯曲件模具设计.....	31
3.3	无凸缘筒形件模具设计.....	41

第1章 冲压模课程设计指导--基本内容

不论冲压件的几何形状和尺寸大小如何,其生产过程一般都是从原材料剪切下料开始,经过各种冲压工序和其他必要的辅助工序(如退火,酸洗,表面处理等)加工出图纸所要求的零件。对于某些组合冲压件或精度要求较高的冲压件,还需要经过切削,焊接或铆接等加工,才能完成。冲压件工艺过程的制定和模具设计是冷冲压课程设计的主要内容。进行冲压设计就是根据已有的生产条件,综合考虑影响生产过程顺利进行的各方面因素,合理安排零件的生产工序,最优地选用,确定各工艺参数的大小和变化范围,设计模具,选用设备等,以使零件的整个生产过程达到优质,高产,低耗,安全的目的。

1.1 工艺过程设计的基本内容

冲压工艺规程是模具设计的依据,而良好的模具结构设计,又是实现工艺过程的可靠保证,若冲压工艺有改动,往往会造成模具的返工,甚至报废。冲制同样的零件,通常可以采用几种不同方法。工艺过程设计的中心就是依据技术上先进,经济上合理,生产上高效,使用上安全可靠的原则,使零件的生产在保证符合零件的各项技术要求的前提下,达到最佳的技术效果和经济效益。

冲压件工艺过程设计的主要内容和步骤如下。

1.1.1 分析零件图(冲压件图)

产品零件图是分析和制定冲压工艺方案的重要依据,设计冲压工艺过程要从分析产品的零件图入手。分析零件图包括技术和经济两个方面:

1. 冲压加工的经济性分析

冲压加工方法是一种先进的工艺方法,因其生产率高,材料利用率高,操作简单等一系列优点而广泛使用。由于模具费用高,生产批量的大小对冲压加工的经济性起着决定性作用,批量越大,冲压加工的单件成本就越低,批量小时,冲压加工的优越性就不明显,这时采用其他方法制作该零件可能有更好的经济效果。例如在零件上加工孔,批量小时采用钻孔比冲孔要经济;有些旋转体零件,采用旋压比拉深会有更好的经济效果。所以,要根据冲压件的生产纲领,分析产品成本,阐明采用冲压生产可以取得的经济效益。

2. 冲压件的工艺性分析

冲压件的工艺性是指该零件在冲压加工中的难易程度。在技术方面,主要分析该零件的形状特点,尺寸大小,精度要求和材料性能等因素是否符合冲压工艺的要求。良好的工艺性应保证材料消耗少,工序数目少,模具结构简单,且寿命长,产品质量稳定,操作简单,方便等。在一般情况下,对冲压件工艺性影响最

大的是冲压件结构尺寸和精度要求，如果发现零件工艺性不好，则应在不影响产品使用要求的前提下，向设计部门提出修改意见，对零件图作出适合冲压工艺性的修改。

另外，分析零件图还要明确冲压该零件的难点所在，对于零件图上的极限尺寸，设计基准以及变薄量，翘曲，回弹，毛刺大小和方向要求等要特别注意，因为这些因素对所需工序的性质，数量和顺序的确定，对工件定位方法，模具制造精度和模具结构形式的选择，都有较大影响。

不论冲压件的几何形状和尺寸大小如何，其生产过程一般都是从原材料剪切下料开始，经过各种冲压工序和其他必要的辅助工序（如退火，酸洗，表面处理等）加工出图纸所要求的零件。对于某些组合冲压件或精度要求较高的冲压件，还需要经过切削，焊接或铆接等加工，才能完成。冲压件工艺过程的制定和模具设计是冷冲压课程设计的主要内容。进行冲压设计就是根据已有的生产条件，综合考虑影响生产过程顺利进行的各方面因素，合理安排零件的生产工序，最优地选用，确定各工艺参数的大小和变化范围，设计模具，选用设备等，以使零件的整个生产过程达到优质，高产，低耗，安全的目的。

1.1.2 确定冲压件的总体工艺过程

在综合分析，研究零件成形性的基础上，以材料的极限变形参数，各种变形性质的复合程度及趋向性，当前的生产条件和零件的产量质量要求为依据，提出各种可能的零件成形总体工艺方案。根据技术上可靠，经济上合理的原则对各种方案进行对比，分析，从而选出最佳工艺方案（包括成形工序和各辅助工序的性质，内容，复合程度，工序顺序等），并尽可能进行优化。

1. 选择冲压基本工序

剪裁，落料，冲孔，切边，弯曲，拉深，翻边等是常见的冲压工序，各工序有其不同的性质，特点和用途。有些可以从产品零件图上直观地看出冲压该零件所需工序的性质。例如平板件上的各种型孔只需要冲孔，落料或剪切工序；开口筒形件则需拉深工序。有些零件的工序性质，必须经过分析和计算才能确定。如图 1-1 分别为油封内夹圈和外夹圈冲压件，两个冲压件形状基本相同，只是直边高度和外径不同经分析计算，内夹圈可选用落料冲孔和翻边，共两道工序；而外夹圈选用落料，拉深，冲孔和翻边等四道工序来加工较为合理。



图 1-1 油封内夹圈和外夹圈的冲压工艺过程

a) 油封内夹圈 b) 油封外夹圈

材料：08钢，厚度：0.8mm

2. 确定冲压次数和冲压顺序

冲压次数是指同一性质的工序重复进行的次数。对于拉深件，可根据它的形状和尺寸，以及板料许可的变形程度，计算出拉深次数。其它如弯曲件，翻边件等的冲压次数也是根据具体形状和尺寸以及极限变形程度来决定。

冲压顺序的安排应有利于发挥材料的塑性以减少工序数量。主要根据工序的变形特点和质量要求来安排，确定冲压顺序的一般原则如下：

(1) 对于有孔或有缺口的平板件，如选用简单模时，一般先落料，再冲孔或切口，使用连续模时，则应先冲孔或切口，后落料。

(2) 对于带孔的弯曲件，孔边与弯曲区的间距较大，可先冲孔，后弯曲。如孔边在弯曲区附近或孔与基准面有较高要求时，必须先弯曲后冲孔。

(3) 对于带孔的拉深件，一般都是先拉深后冲孔，但是孔的位置在零件底部，且孔径尺寸要求不高时，也可先在毛坯上冲孔，后拉深。

(4) 多角弯曲件，应从材料变形和弯曲时材料移动两方面考虑安排先后顺序，一般情况下先弯外角，后弯内角。

(5) 对于形状复杂的拉深件，为便于材料变形和流动，应先成形内部形状，再拉深外部形状。

(6) 整形或校平工序，应在冲压件基本成形以后进行。

3. 工序的组合方式

一个冲压件往往需要经过多道工序才能完成，因此，编制工艺方案时，必须考虑是采用简单模一个个工序冲压呢？还是将工序组合起来，用复合模或连续模生产。通常，模具的选用主要取决于冲压件的生产批量，尺寸大小和精度要求等因素。生产批量大，冲压工序应尽可能地组合在一起，采用复合模或连续模冲压；

小批量生产，常选用单工序简单模。但对于尺寸过小的冲压件，考虑到单工序模上料不方便和生产率低，也常选用复合模或连续模生产；若选用自动送料，一般用连续模冲压；为避免多次冲压的定位误差，常选用复合模生产，当用几个简单模制造费用比复合模高，而生产批量又不大时，也可考虑用将工序组合起来，选用复合模生产。

工序的组合方式，可选用复合模或连续模。一般来说，复合模的冲压精度比连续模高，结构紧凑，模具轮廓面积比连续模小；但是，连续模的生产率较高，操作比较安全，容易实现单机自动化生产，若装上自动送料装置，可适用小件的自动冲压。常见的复合模和连续模的工序组合方式，可按表 1-1 选用。

4. 辅助工序

对于某些组合冲压件或有特殊要求的冲压件，在分析了基本工序，冲压次数，顺序及工序的组合方式后，尚须考虑非冲压辅助工序，如钻孔，铰孔，车削等机械加工，焊接，铆合，热处理，表面处理，清理和去毛刺等工序。如多次拉深工序之间，为消除加工硬化，要进行退火处理；为除锈要酸洗等。这些辅助工序可根据冲压件结构特点和使用要求选用，安排在各冲压工序之间进行，也可安排在冲压工序前或后完成。

1.1.3 确定并设计各工序的工艺方案

依据所确定的零件成形的总体工艺方案，确定并设计各道冲压工序的工艺方案。内容包括：确定完成本工序成形的加工方法；确定本工序的主要工艺参数；根据各冲压工序的成形极限，进行必要的工艺计算，如弯曲件的最小弯曲半径，一次翻边的高度等；确定毛坯的形状，尺寸和下料方式，计算材料利用率，确定各工序的成形力，计算本工序的材料，能源，工时的消耗定额等，由所定的工艺方案计算并确定每个的工件形状和尺寸，绘出各工序的工件图。

表 1-1 复合模和连续-复合模型式

工序组合方式	模具结构简图	工序组合方式	模具结构简图
落料、冲孔		冲孔、切边	
切边、弯曲		落料、拉深、冲孔	
落料、拉深		冲孔、翻边	
切边、弯曲、冲孔		落料、拉深、冲孔、翻边	
落料、拉深、切边		落料、整形、冲孔	
冲孔、切边、弯曲		冲孔、压印、落料	
冲孔、翻边、落料		连续拉深、冲孔、落料	

1.1.4 确定模具的类型和结构尺寸，进行模具设计

设计模具的一般程序如下：

1. 模具类型和结构形式的确定。根据确定的工艺方案，冲压件的形状特点，精度要求，生产批量，模具的制造和维修条件，操作的方便性与安全性要求，以及利用和实现机械化自动化的可能性等确定选用复合模，连续模或者简单模。应

特别注意使模具类型，模具的结构形式与模具的强度，刚度，使用寿命要求等取得协调一致。复合模常常遇到强度问题，如落料，冲孔及翻边集中到一副复合模上，而翻边高度又小，这时，复合模的凸凹模壁厚薄，不能满足强度要求。

2. 工件定位方式的选择工件在模具中的定位主要考虑定位基准，上料方式，操作安全可靠等因素。选择定位基准时应尽可能与设计基准重合，如果不重合，就需要根据尺寸链计算理论重新分配公差，把设计尺寸换算成工艺尺寸。不过，这样将会使零件的加工精度要求提高。当零件是采用多工序分别在不同模具上冲压时，应尽量使各工序采用同一基准。为使定位可靠，应选择精度高，冲压时不发生变形和移动的表面作为定位表面。冲压件上能够用作定位的表面随零件的形状不同而不同，平板零件最好用相距较远的两孔定位，或者一个孔和外形定位；弯曲件可用孔或形体定位；拉深件可用外形，底面或切边后的凸缘定位。

3. 模具零件的选用、设计、计算模具的工作零件，定位，压料和卸料零件，导向零件，连接和紧固零件要尽量按《冷冲模国家标准》(GB2851~2875-81)选用，若无标准可选用，再进行设计。此外还有弹簧，橡皮的选用和计算。对于小而长的冲头，壁厚较薄的凹模等还需要进行强度校核。如设计计算确定了凹模的结构尺寸后，可根据凹模周界选用模架；模具的闭合高度，轮廓大小，压力中心应与选用设备相适应，并画出模具结构草图。

4. 绘制模具总装配图 根据模具结构草图绘制正式装配图，装配图应能清楚地表达各零件之间的相互关系，应有足够说明模具结构的投影图及必要的剖面，剖视图。还应画出工件图，排样，填写零件明细表和技术要求等。

5. 绘制模具零件图 按照模具的总装配图，拆绘模具零件图。零件图应标注全部尺寸，公差，表面粗糙度，材料及热处理，技术要求等。

1.1.5 合理选择冲压设备

根据零件的大小，所需的冲压力（包括压料力，卸料力等），冲压工序的性质和工序数目，模具的结构型式，模具闭合高度和轮廓尺寸，结合现有设备的情况，来决定所需设备的类型，吨位，型号和数量。

选择设备和设计模具的工作是相互联系的，许多工作可交叉进行或同时进行。如先根据计算的冲压力，粗选的设备不大，但模具的轮廓尺寸大时，可重选大些的设备，使设备的闭合高度，漏料孔的尺寸与模具的结构尺寸相适应。通常，设计模具和选择压力机应注意下列几点：

1. 为保证冲模正确和平衡地工作，冲模的压力中心必须通过模柄轴线而和压力机滑块中心线相重合，以免滑块受偏心载荷，从而减少冲模和压力机导轨的不正常磨损。

2. 模具的闭合高度 H 应介于压力机的最大装模高度 H_{max} 和最小装模高度 H_{min} 之间, 即满足关系式

$$H_{min}+5mm < H < H_{max}-5mm$$

压力机的装模高度是指滑块在下死点时, 滑块下表面至工作台垫板上表面之间的距离。

3. 对于深拉深的模具, 要计算拉深功, 校核压力机的电机功率。

4. 拉深, 弯曲工序一般需要较大行程, 在拉深中, 为了便于安放毛坯和取出工件, 要校核模具出件时压力机的行程, 其行程不小于拉深件高度的 2.5 倍。

1.1.6 编写工艺文件和设计计算说明书

为了科学地组织和实施生产, 在生产中准确地反应工艺过程设计中确定的各项技术要求, 保证生产过程的顺利进行, 必须根据不同的生产类型, 编写详细程度不同的工艺文件。冲压件的工艺文件, 一般以工艺过程卡的形式表示, 内容包括: 工序名称, 工序次数, 工序草图 (半成品形状和尺寸), 所用模具, 所选设备, 工序检验要求, 板料规格和性能, 毛坯形状和尺寸等 (冲压工艺卡格式见附录 4)。

设计计算说明书是编写工艺文件指导生产的主要依据, 也是一项重要的技术文件。主要内容包括零件成形过程中的各项计算, 选用依据和技术经济分析等。

第2章 冲压模课程设计指导—设计及绘制装配图

2.1 设计及绘制装配图

冲模图纸由总装配图，零件图两部分组成。

一个零件往往需多道工序，用几副模具才能加工完成，由指导老师指定一副模具进行设计。为防止总装配图设计反复，应先画装配结构草图，经指导教师认可后，再画正式的总装配图。

总装配图应有足够说明冲模构造的投影图及必要的剖视，剖面图，一般主视图和俯视图对应绘制。绘图时，先画工作零件，再画其它各部分零件，并注意与上一步计算工作联合进行。如发现模具不能保证工艺的实施，则须更改工艺设计。

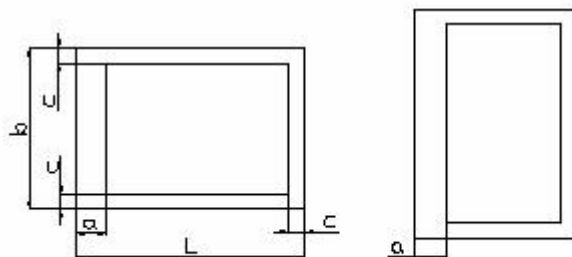
装配图的绘制除遵守机械制图的一般规定外，它还有一些习惯或特殊规定的绘制方法。绘图的步骤如下：

2.1.1 布置图面及选定比例

1. 图样幅面应符合国家标准(GB4457.1-84)，基本幅面代号及尺寸如下表2-1：

表 2-1 图纸基本幅面代号及尺寸

基本幅面代号 $b \times L$	0	1	2	3	4	5
	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297	148×210
c	10	10	10	5	5	5
a	25	25	25	25	25	25



必要时允许将表中幅面的一边加长(1号及0号幅面允许加长两边)，其加长量根据需要确定。一般常用1号图纸绘制装配图即可，必要时亦可用0号图纸。绘图时先将图纸及标题栏的外框线按规定绘出，这样在图纸上所剩的空白图面即为绘图的有效面积。

2. 绘图比例最好取1:1，这样直观性好。小尺寸模具的模具图可放大，大尺寸可以缩小，但必须按照机械制图要求缩放。

2.1.2 模具总装配图

模具总装配图的一般布置情况如图 2-1。

1. 视图

一般情况下，用主视图和俯视图表示模具结构(图 2-2)。主视图上尽可能将模具的所有零件剖出，可采用全剖视或阶梯剖视，绘制出的视图要处于闭合状态或接近闭合状态，也可一半处于工作状态，另一处于非工作状态(图 2-3)。俯视图可只绘出下模或上，下模各半的视图。必要时再绘一侧视图以及其它剖视图和部分视图。

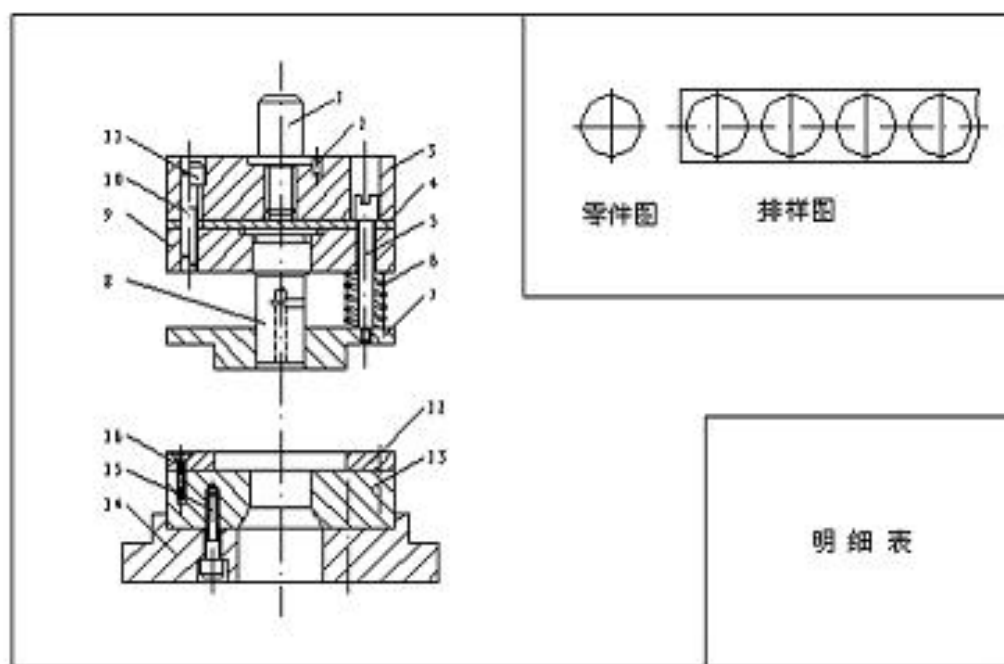


图 2-1 模具装配图布置

在剖视图中所剖切到的凸模和顶件块等旋转体时，其剖面不画剖面线；有时为了图面结构清晰，非旋转形的凸模也可以不画剖面线。

条料或制件轮廓涂黑（涂红），或用双点画线表示。

2. 工件图和排样图

工件图是经模具冲压后所得到的冲压件图形。有落料工序的模具，还应画出排样图。工件图和排样图一般画在总图的右上角，并注明材料名称，厚度及必要的尺寸。若图面位置不够，或工件较大时，可另立一页。工件图的比例一般与模具图一致，特殊情况可以缩小或放大。工件图的方向应与冲压方向一致（即与工件在模具中的位置一样），若特殊情况下不一致时，必须用箭头注明冲压方向。

3. 技术条件

在模具总装配图中，只要简要注明对该模具的要求和注意事项，在右下方适当位置注明技术条件。技术条件包括冲压力、所选设备型号、模具闭合高度、以及模具打的印记，冲裁模要注明模具间隙等。

4. 标题栏和明细表

标题栏和明细表放在总图右下角，若图面不够，可另立一页。其格式应符合国家标准（GB10609.1-89,GB10609.2-89）。

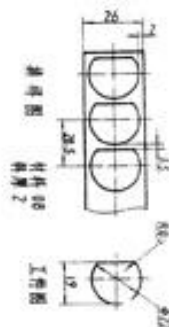
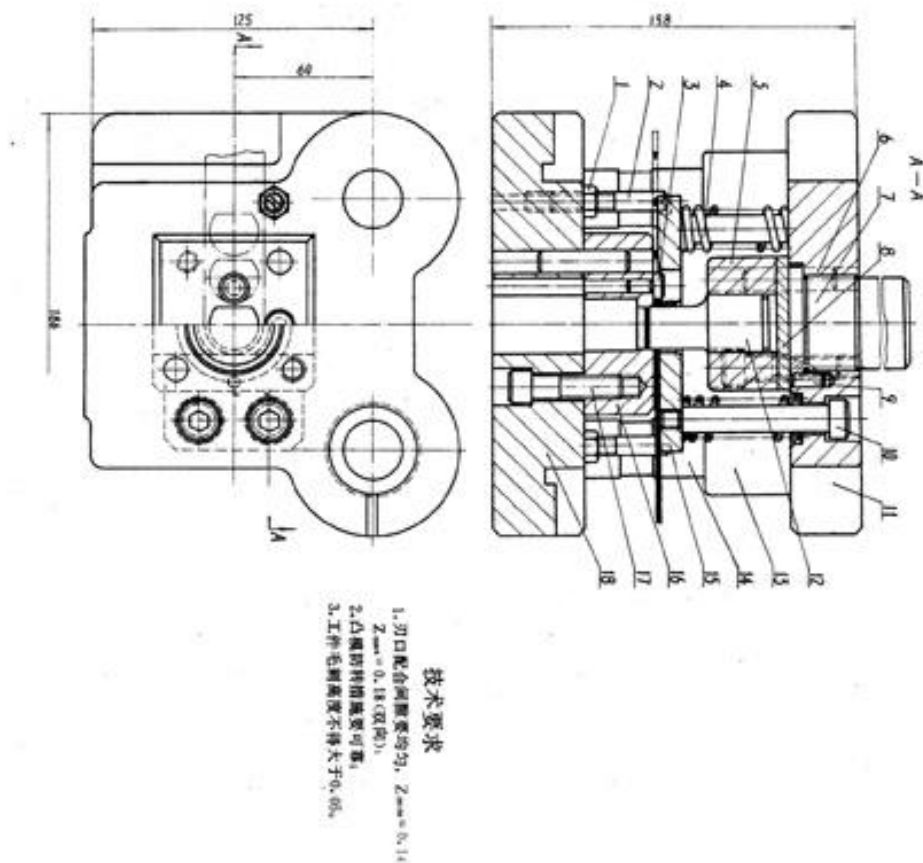
[illegible]

图 2-2 装配样图 1

5. 标注

总装配图中需标注模具的闭合高度，外围尺寸，便于冲模使用管理。此外，还应标注靠装配保证的有关配合尺寸及精度，其它尺寸一般不标注。

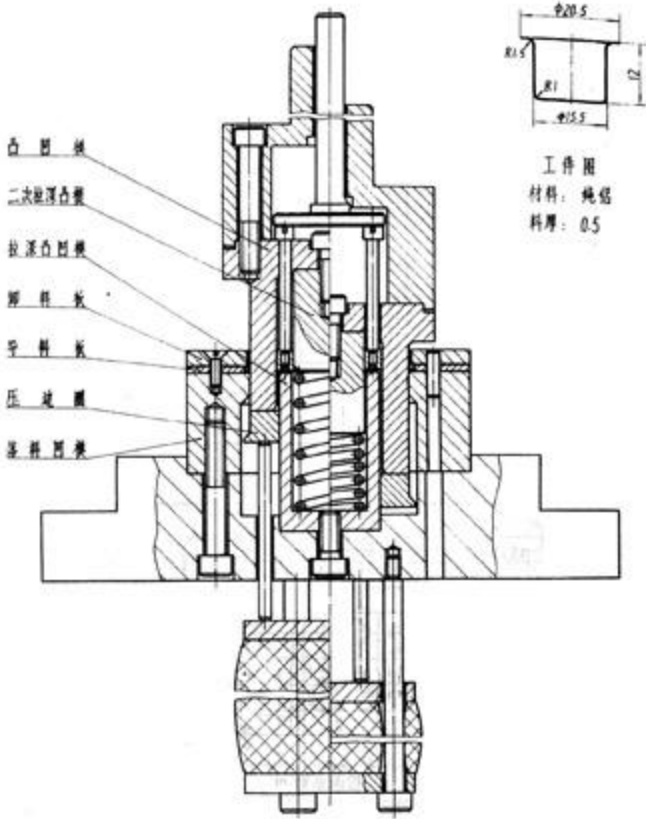


图 2-3 装配样图 2

2.2 设计及绘制零件图

完成模具的总装配图设计后，还不能直接按它制造各个零件。因而必须拆绘

及设计模具零件图，以作为生产及检验各个零件的技术文件。模具零件图既要反应出设计意图，又要考虑到制造的可能性及合理性，零件图设计的质量直接影响冲模的制造周期及造价。因此，设计得好的零件图可以减少出废品，方便制造，降低模具成本，提高模具使用寿命。

目前大部分模具零件已标准化，供设计时选用，这对简化模具设计，缩短设计及制造周期，集中精力去设计那些非标准件，无疑会收到良好效果。

在课程设计中，主要是锻炼同学们的设计能力，掌握零件图的要求及绘制方法。

在生产中，标准件不需绘制，模具总装配图中的非标准零件均需绘制零件图。有些标准零件（如上，下模座）需补加工的地方太多时，也要求画出。

模具零件图是冲模零件加工的唯一依据，包括制造和检验零件的全部内容，因而必须满足下列要求：

1. 正确而充分的视图

所选的视图应充分而准确地表示出零件内部和外部的结构形状和尺寸大小。而且视图及剖视图等的数量应为最少。

2. 具备制造和检验零件的数据

零件图中的尺寸是制造和检验零件的依据，故应慎重细致地标注。尺寸既要完备，同时又不重复。在标注尺寸前，应研究零件的工艺过程，正确选定尺寸的基准面，以利加工和检验。零件图的方位应尽量按其在总装配图中的方位画出，不要任意旋转和颠倒，以防画错，影响装配。

3. 注有加工尺寸的公差及表面粗糙度

所有的配合尺寸或精度要求较高的尺寸都应标注公差（包括表面形状及位置公差）。未注尺寸公差按 IT14 级制造。模具的工作零件（如凸模，凹模和凸凹模）的工作部分尺寸按计算出的标注。

所有的加工表面都应注明表面粗糙度等级。正确决定表面粗糙度等级是一项重要的技术经济工作。一般地说，零件表面粗糙度等级可根据对各个表面的工作要求及精度等级来决定。具体决定表面粗糙度等级时，可参考表 2-2 或图册中相应的图纸类比确定。

4. 技术条件

凡是图样或符号不便于表示，而在制造时又必须保证的条件和要求都应注明在技术条件中。它的内容随着不同的零件，不同的要求及不同的加工方法而不同。其中主要应注明：

（1）对材质的要求。如热处理方法及热处理表面所应达到的硬度等。

- (2) 表面处理，表面涂层以及表面修饰（如锐边倒钝，清砂）等要求。
- (3) 未注倒圆半径的说明，个别部位的修饰加工要求。
- (4) 其它特殊要求。

表 2-2

序号	冲模零件表面	原光洁度等级	表面粗糙度	
			R_a	R_z
1.	不需要精加工的表面（下模座的漏料孔）	$\Delta 3$	$> 10 \sim 20(12.5)$	$> 40 \sim 80(50)$
2.	不与其它零件接触的零件表面以及钻孔后的表面	$\Delta 4$	$> 5 \sim 10(6.3)$	$> 20 \sim 40(25)$
3.	无特殊要求的支承面（模柄凸缘顶面等）	$\Delta 5$	$> 2.5 \sim 5(3.2)$	$> 10 \sim 20(12.5)$
4.	一般精度模座的支承面，凸、凹模固定板、凸模固定板上压入带台凸模孔的底面	$\Delta 6$	$> 1.25 \sim 2.5(1.6)$	$> 6.3 \sim 10$
5.	IT7 的孔表面，定位销、挡料销、导柱、导柱的过盈部分	$\Delta 7$	$> 0.63 \sim 1.25(0.8)$	$> 3.2 \sim 6.3$
6.	导柱、导套的滑块部分，IT6 的工作表面，大部分冲裁模和弯曲模的工作表面，拉深凸模表面	$\Delta 8$	$> 0.32 \sim 0.63(0.4)$	$> 1.6 \sim 3.2$
7.	拉深凹模和压斜圈工作表面，精密冲裁模的刃口表面，冷挤模的工作表面，IT6 的导柱、导向表面，IT6 的导套、导向孔表面	$\Delta 10$	$> 0.08 \sim 0.16(0.1)$	$> 0.32 \sim 0.8$
8.	精密冲裁，特别是滚珠导向的导柱导向面，成形模有高精度要求的工作表面	$\Delta 11$	$> 0.04 \sim 0.08(0.05)$	$> 0.16 \sim 0.32$

注：1. 表中 Δ 轮廓的算术平均偏差， H 不平度十点平均高度。

2. R_a 和 R_z 分别以 μm 和 μm 表示为合理，表中数值为 R_a 和 R_z 两者间的参考对应值，圆括号中数值为对应原表面光洁度等级的粗糙度系列范围中的表达值。

2.3 冲模图的一些习惯画法

模具图的画法主要按机械制图的国家标准规定。考虑到模具图的特点，允许采用一些常用的习惯画法。

2.3.1 内六角螺钉和圆柱销的画法

同一规格，尺寸的内六角螺钉和圆柱销，在模具总装配图中的剖视图中可各画一个，各引一个件号。当剖视图中不易表达时，也可从俯视图中引出件号。内六角螺钉和圆柱销在俯视图中分别用双圆（螺钉头外径和窝孔）

同一规格，尺寸的内六角螺钉和圆柱销，在模具总装配图中的剖视图中可各

画一个，各引一个件号。当剖视图中不易表达时，也可从俯视图中引出件号。内六角螺钉和圆柱销在俯视图中分别用双圆（螺钉头外径和窝孔）及单圆表示。当剖视位置比较小时，螺钉和圆柱销可各画一半，见图 2-4 中的件 1,2,3,4。

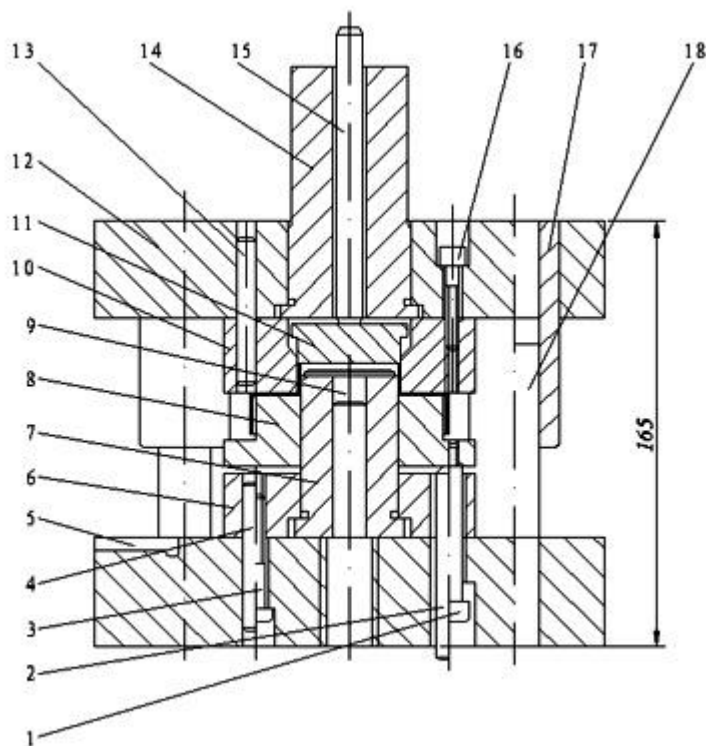


图 2-4 螺钉和圆柱销表达

在总装配图中，螺钉过孔一般情况下要画出，为了简化画图，可以不画过孔，但在一副模具图中应一致。

2.3.2 弹簧窝座及圆柱螺旋压缩弹簧的画法

在冲模中，弹簧可用简化画法，用双点划线表示。当弹簧个数较多时，在俯视图中可只画一个弹簧，其余只画窝座，见图 2-5。

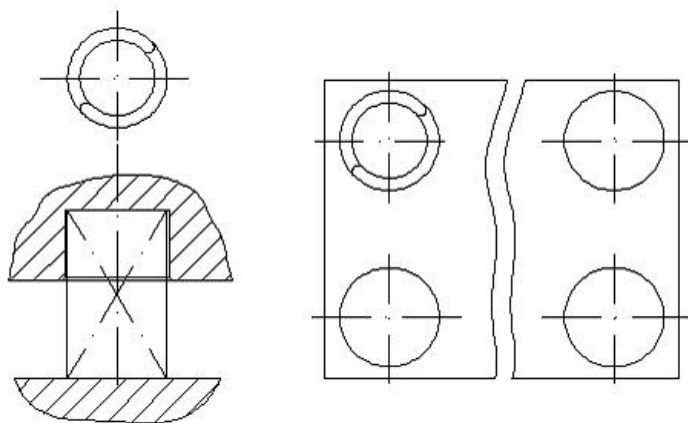


图 2-5 弹簧简化法

2.3.3 弹顶器的画法

装在下模座下面的弹顶器起压料和卸料作用。目前许多工厂均有通用弹顶器可供选用，但有些模具的弹顶器也需专门设计，故画图时要全部画出。

2.3.4 绘制零件图时的习惯画法

1. 直径尺寸大小不同的各组孔可用涂色，符号，阴影线区别（图 2-6）。

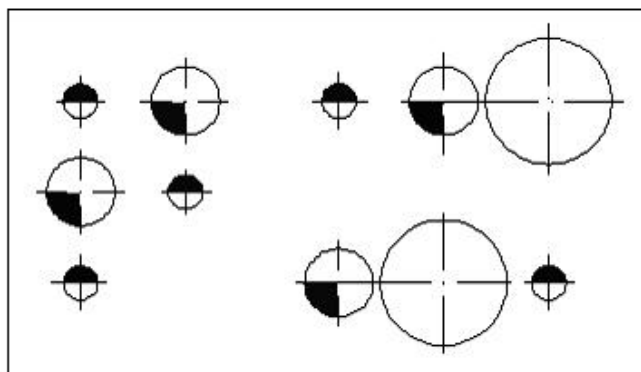


图 2-6 零件图圆孔画法

2. 圆柱销孔尺寸标注（图 2-7）
3. 推杆长度按尺寸计算后，加 10—15 使成整数。

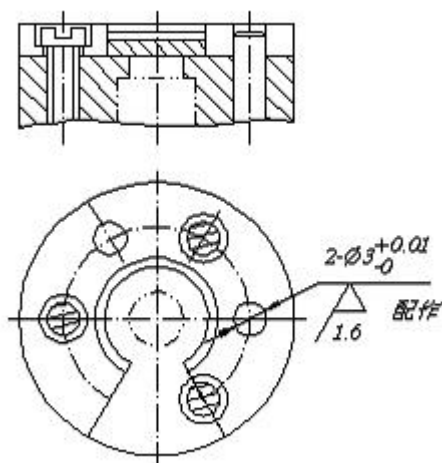


图 2-7 圆柱销孔标注方式

2.4 编写设计计算说明书

编写设计说明书，是整个设计工作中的一个重要组成部分。它是设计者设计思想的体现，是设计成果的文字表达，也是学生撰写技术性总结和文件的能力的体现。

说明书是设计者将自己的设计成果，意图，理论根据等用文字，图表系统地阐述而成的，它应重点对设计方案加以论证和分析。除此之外，它还应包括设计过程中独立考虑问题的出发点和最后抉择的依据，以及必要的计算过程或其他说明。

说明书要求内容完整，分析透彻，文字简明通顺，计算结果准确，书写工整清晰，并按合理的顺序及规定的格式缮写，计算部分只须写出计算公式，代人有关数据，即直接得出计算结果（包括“合格”，“安全”等结论），不必写出全部运算及修改过程。

设计说明书的内容及顺序建议为：

- （1）封面（用本校统一印刷的设计说明书专用封面）
- （2）设计任务书及产品图（应装订入原发的任务书）
- （3）目录（标题及页次）
- （4）序言
- （5）零件的工艺性分析
- （6）冲压零件工艺方案的拟定
- （7）排样形式和裁板方法，材料利用率计算
- （8）工序压力计算，压力中心的确定，压力机的选择

- (9) 模具类型及结构形式的选择
- (10) 模具零件的选用、设计以及必要的计算
- (11) 模具工作零件刃口尺寸及公差计算
- (12) 对本设计在技术上和经济上的分析
- (13) 其它需要说明的内容
- (14) 参考资料

设计说明书中引用的重要数据均应注明出处,只注参考资料的统一编排代号【*】及页次,图号或表号等。下面举例说明设计计算说明书的编制方法及缮写格式

第3章 模具设计实例

3.1 落料冲孔复合模设计实例

3.1.1 零件工艺性分析

工件为图 3-1 所示的落料冲孔件，材料为 Q235 钢，材料厚度 2mm，生产批量为大批量。工艺性分析内容如下：

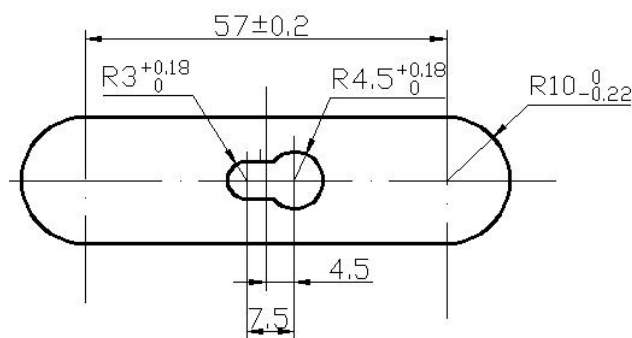


图 3-1 工件图

1. 材料分析

Q235 为普通碳素结构钢，具有较好的冲裁成形性能。

2. 结构分析

零件结构简单对称，无尖角，对冲裁加工较为有利。零件中部有一异形孔，孔的最小尺寸为 6mm，满足冲裁最小孔径 $d_{\min} \geq 1.0t = 2\text{mm}$ 的要求。另外，经计算异形孔距零件外形之间的最小孔边距为 5.5mm，满足冲裁件最小孔边距 $l_{\min} \geq 1.5t = 3\text{mm}$ 的要求。所以，该零件的结构满足冲裁的要求。

3. 精度分析

零件上有 4 个尺寸标注了公差要求，由公差表查得其公差要求都属 IT13，所以普通冲裁可以达到零件的精度要求。对于未注公差尺寸按 IT14 精度等级查补。

由以上分析可知，该零件可以用普通冲裁的加工方法制得。

3.1.2 冲裁工艺方案的确定

零件为一落料冲孔件，可提出的加工方案如下：

方案一：先落料，后冲孔。采用两套单工序模生产。

方案二：落料—冲孔复合冲压，采用复合模生产。

方案三：冲孔—落料连续冲压，采用级进模生产。

方案一模具结构简单，但需两道工序、两副模具，生产效率低，零件精度较差，在生产批量较大的情况下不适用。方案二只需一副模具，冲压件的形位精度

和尺寸精度易保证，且生产效率高。尽管模具结构较方案一复杂，但由于零件的几何形状较简单，模具制造并不困难。方案三也只需一副模具，生产效率也很高，但与方案二比生产的零件精度稍差。欲保证冲压件的形位精度，需在模具上设置导正销导正，模具制造、装配较复合模略复杂。

所以，比较三个方案欲采用方案二生产。现对复合模中凸凹模壁厚进行校核，当材料厚度为 2mm 时，可查得凸凹模最小壁厚为 4.9mm，现零件上的最小孔边距为 5.5mm，所以可以采用复合模生产，即采用方案二。

3.1.3 零件工艺计算

1. 刃口尺寸计算

根据零件形状特点，刃口尺寸计算采用分开制造法。

(1) 落料件尺寸的基本计算公式为

$$D_A = (D_{\max} - X\Delta)_0^{+\delta_A} \quad \text{式 (3-1)}$$

$$D_T = (D_A - Z_{\min})_{-\delta_T}^0 = (D_{\max} - X\Delta - Z_{\min})_{-\delta_T}^0 \quad \text{式 (3-2)}$$

尺寸 $R10_{-0.22}^0$ mm，可查得凸、凹模最小间隙 $Z_{\min}=0.246$ mm，最大间隙 $Z_{\max}=0.360$ mm，凸模制造公差 $\delta_T = 0.02$ mm，凹模制造公差 $\delta_A = 0.03$ mm。将以上各值代入 $\delta_T + \delta_A \leq Z_{\max} - Z_{\min}$ 校验是否成立，经校验，不等式成立，所以可按上式计算工作零件刃口尺寸。

$$\text{即} \quad D_{A1} = (10 - 0.75 \times 0.22)_0^{+0.03} \text{mm} = 9.835_0^{+0.030} \text{mm}$$

$$D_{T1} = (9.835 - 0.246)_{-0.02}^0 \text{mm} = 9.712_{-0.020}^0 \text{mm}$$

(2) 冲孔基本公式为

$$d_T = (d_{\min} + X\Delta)_{-\delta_T}^0 \quad \text{式 (3-3)}$$

$$d_A = (d_{\min} + X\Delta + Z_{\min})_0^{+\delta_A} \quad \text{式 (3-4)}$$

尺寸 $R4.5_0^{+0.18}$ mm，查得其凸模制造公差 $\delta_T = 0.02$ mm，凹模制造公差 $\delta_A = 0.02$ mm。经验算，满足不等式 $\delta_T + \delta_A \leq Z_{\max} - Z_{\min}$ ，因该尺寸为单边磨损尺寸，所以计算时冲裁间隙减半，得

$$d_{T1} = (4.5 + 0.75 \times 0.18)_{-0.02}^0 \text{mm} = 4.65_{-0.02}^0 \text{mm}$$

$$d_{A1} = (4.65 + 0.246/2)_0^{+0.02} \text{mm} = 4.76_0^{+0.02} \text{mm}$$

尺寸 $R3_0^{+0.18}$ mm，查得其凸模制造公差 $\delta_T = 0.02$ mm，凹模制造公差 $\delta_A = 0.02$ mm。经验算，满足不等式 $\delta_T + \delta_A \leq Z_{\max} - Z_{\min}$ ，因该尺寸为单边磨损尺寸，所以计算时冲裁间隙减半，得

$$d_{T1} = (3 + 0.75 \times 0.18)_{-0.02}^0 \text{mm} = 3.14_{-0.02}^0 \text{mm}$$

$$d_{A1} = (3.14 + 0.246/2)_0^{+0.02} \text{mm} = 3.26_0^{+0.02} \text{mm}$$

(3) 中心距：

尺寸 $57 \pm 0.2\text{mm}$

$$L = (57 \pm 0.2 / 4)\text{mm} = 57 \pm 0.05\text{mm}$$

尺寸 $7.5 \pm 0.12\text{mm}$

$$L = (7.5 \pm 0.12 / 4)\text{mm} = 7.5 \pm 0.03\text{mm}$$

尺寸 $4.5 \pm 0.12\text{mm}$

$$L = (4.5 \pm 0.12 / 4)\text{mm} = 4.5 \pm 0.03\text{mm}$$

2. 排样计算

分析零件形状，应采用单直排的排样方式，零件可能的排样方式有图 3-2 所示两种。

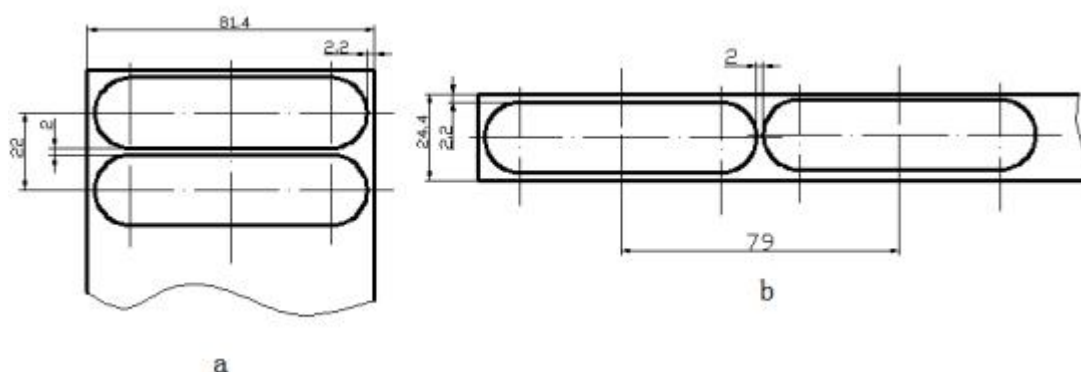


图 3-2 排样方案图

比较方案 *a* 和方案 *b*，方案 *b* 所裁条料宽度过窄，剪板时容易造成条料的变形和卷曲，所以应采用方案 *a*。现选用 $4000\text{mm} \times 1000\text{mm}$ 的钢板，则需计算采用不同的裁剪方式时，每张板料能出的零件总个数。

(1) 裁成宽 81.4mm 、长 1000mm 的条料，则一张板材能出的零件总个数为

$$\left[\frac{4000}{81.4} \right] \times \left[\frac{1000}{22} \right] = 49 \times 45 = 2205$$

(2) 裁成宽 81.4mm 、长 4000mm 的条料，则一张板材能出的零件总个数为

$$\left[\frac{1000}{81.4} \right] \times \left[\frac{4000}{22} \right] = 12 \times 181 = 2172$$

比较以上两种裁剪方法，应采用第 1 种裁剪方式，即裁为宽 81.4mm 、长 1000mm 的条料。其具体排样图如图 3-3 所示。

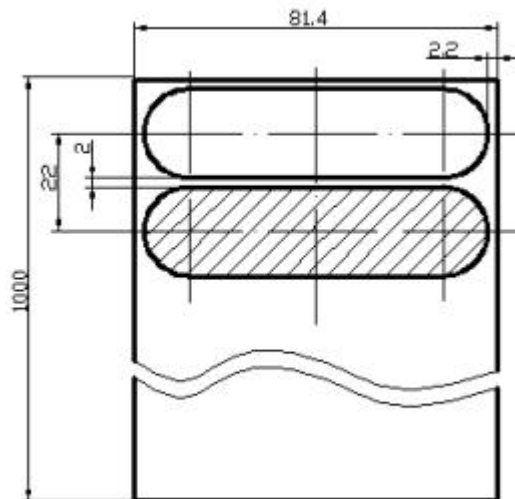


图 3-3 排样图

3.冲压力计算

可知冲裁力基本计算公式为

$$F = KLT\tau$$

此例中零件的周长为 216mm，材料厚度 2mm，Q235 钢的抗剪强度取 350MPa，则冲裁该零件所需冲裁力为

$$F = 1.3 \times 216 \times 2 \times 350 \text{ N} = 196560 \text{ N} \approx 197 \text{ kN}$$

模具采用弹性卸料装置和推件结构，所以所需卸料力 F_x 和推件力 F_T 为

$$F_x = K_x F = 0.05 \times 197 \text{ kN} = 9.85 \text{ kN}$$

$$F_T = NK_T F = 3 \times 0.055 \times 197 \text{ kN} \approx 32.5 \text{ kN}$$

则零件所需得冲压力为

$$F_{\text{总}} = F + F_x + F_T = (197 + 9.85 + 32.5) \text{ kN} = 239.35 \text{ kN}$$

初选设备为开式压力机 J23—35。

4. 压力中心计算

零件外形为对称件，中间的异形孔虽然左右不对称，但孔的尺寸很小，左右两边圆弧各自的压力中心距零件中心线的距离差距很小，所以该零件的压力中心可近似认为就是零件外形中心线的交点。

3.1.4 冲压设备的选用

根据冲压力的大小，选取开式双柱可倾压力机 JH23—35，其主要技术参数如下：

公称压力：350kN

滑块行程：80mm

最大闭合高度：280 mm

闭合高度调节量：60 mm

滑块中心线到床身距离：205mm

工作台尺寸：380 mm×610 mm

工作台孔尺寸：200 mm×290 mm

模柄孔尺寸： $\phi 50$ mm×70 mm

垫板厚度：60 mm

3.1.5 模具零部件结构的确定

1. 标准模架的选用

标准模架的选用依据为凹模的外形尺寸，所以应首先计算凹模周界的大小。由凹模高度和壁厚的计算公式得，凹模高度 $H = Kb = 0.28 \times 77\text{mm} \approx 22\text{mm}$ ，凹模壁厚 $C = (1.5 \sim 2)H = 1.8 \times 22\text{mm} \approx 40\text{mm}$ 。

所以，凹模的总长为 $L = (77 + 2 \times 40)\text{mm} = 157\text{mm}$ （取 160mm），凹模的宽度为 $B = (20 + 2 \times 40)\text{mm} \approx 100\text{mm}$ 。

模具采用后置导柱模架，根据以上计算结果，可查得模架规格为上模座 160mm×125mm×35mm，下模座 160mm×125mm×40mm，导柱 25mm×150mm，导套 25mm×85mm×33mm。

2. 卸料装置中弹性元件的计算

模具采用弹性卸料装置，弹性元件选用橡胶，其尺寸计算如下：

（1）确定橡胶的自由高度 H_0

$$H_0 = (3.5 \sim 4) H_{\text{工}} \quad \text{式 (3-5)}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{工}} &= h_{\text{工作}} + h_{\text{修磨}} \\ &= t + 1 + (5 \sim 10) = (2 + 1 + 7)\text{mm} = 10\text{mm} \end{aligned}$$

由以上两个公式，取 $H_0 = 40\text{mm}$ 。

（2）确定橡胶的横截面积 A

$$A = F_x / p \quad \text{式 (3-6)}$$

查得矩形橡胶在预压量为 10%~15%时的单位压力为 0.6MPa，所以

$$A = \frac{9850\text{N}}{0.6\text{MPa}} \approx 16417\text{mm}^2$$

（3）确定橡胶的平面尺寸

根据零件的形状特点，橡胶垫的外形应为矩形，中间开有矩形孔以避让凸模。结合零件的具体尺寸，橡胶垫中间的避让孔尺寸为 82 mm×25mm，外形暂定一

边长为 160mm，则另一边长 b 为

$$b \times 160 - 82 \times 25 = A$$

$$b = \frac{16417 + 82 \times 25}{160} \text{mm} \approx 115 \text{mm}$$

(4) 校核橡胶的自由高度 H_0

为满足橡胶垫的高径比要求，将橡胶垫分割成四块装入模具中，其最大外形尺寸为 80mm，所以

$$\frac{H_0}{r} = \frac{40}{80} = 0.5$$

橡胶垫的高径比在 0.5~1.5 之间，所以选用的橡胶垫规格合理。橡胶的装模高度约为 $0.85 \times 40 \text{ mm} = 34 \text{mm}$ 。

3. 其他零部件结构

凸模由凸模固定板固定，两者采用过渡配合关系。模柄采用凸缘式模柄，根据设备上模柄孔尺寸，选用规格 A50×100 的模柄。

3.1.6 模具装配图

模具装配图如图 3-4 所示。

3.1.7 模具零件图

模具中上模座、下模座、垫板、凸模固定板、卸料板、凸凹模固定板、冲孔凸模、凸凹模、凹模、推件块零件图如图 3-5~3-14 所示。

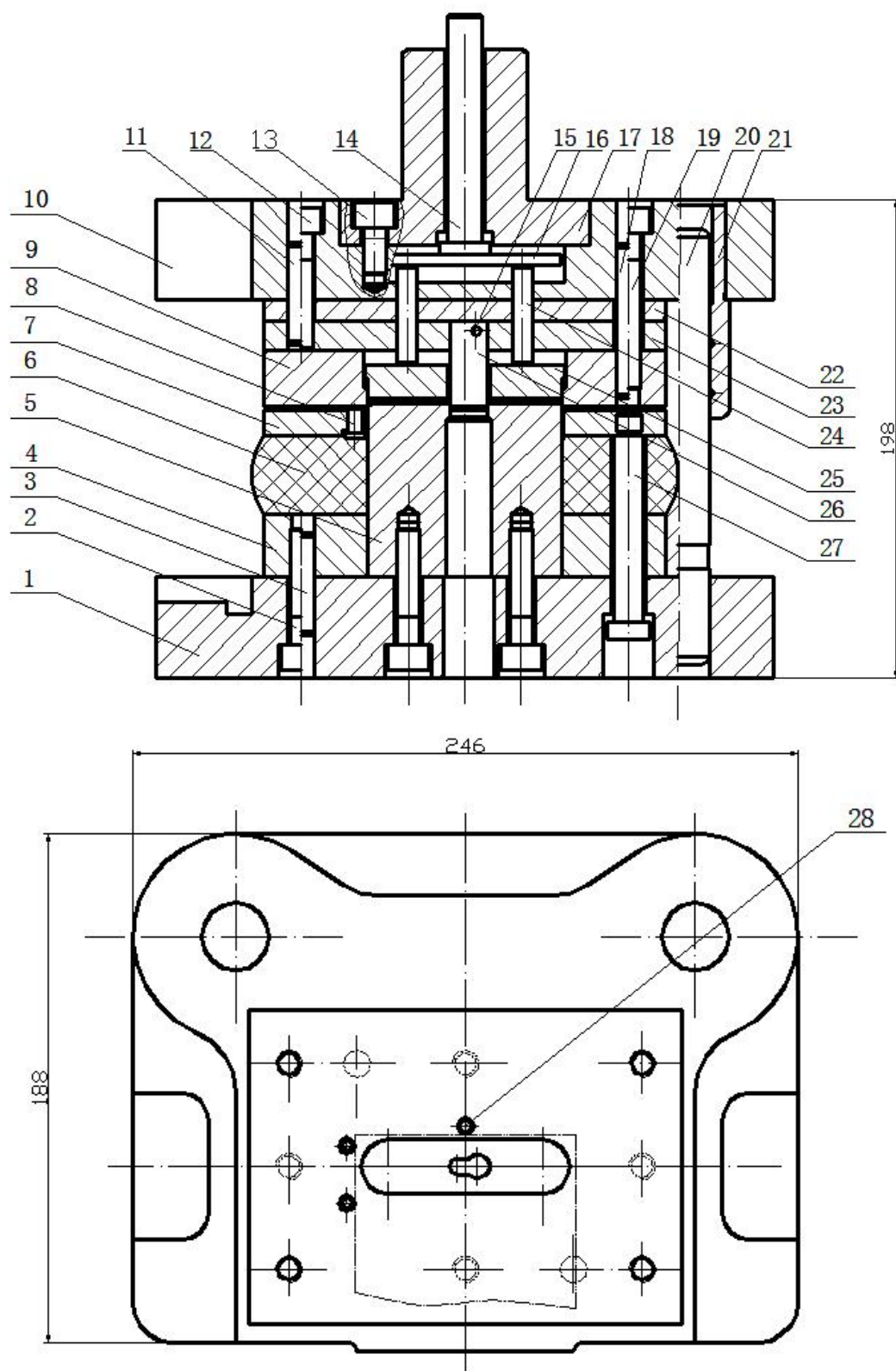


图 3-4 装配图

1-下模座 2、12、13、19-螺钉 3、11、18-销钉 4-凸凹模固定板 5-凸凹模 6-橡胶 7-卸料版 8-导料销 9-凹模 10-上模座 14-打杆 15-横销 16-推板 17-模柄 20-导柱 21-导

套 22-垫板 23-凸模固定板 24-推杆 25-推件块 26-凸模 27-卸料螺钉 28-挡料销

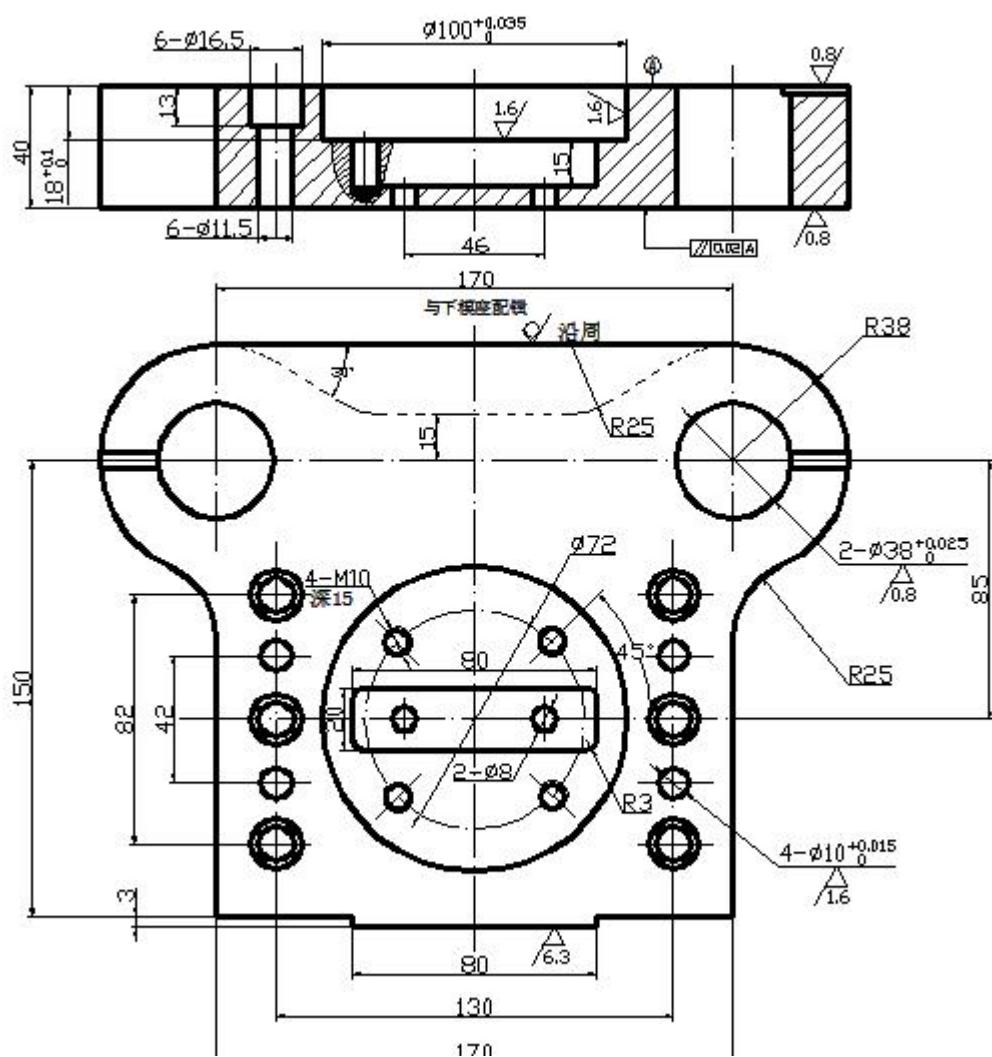


图 3-5 上模座零件图

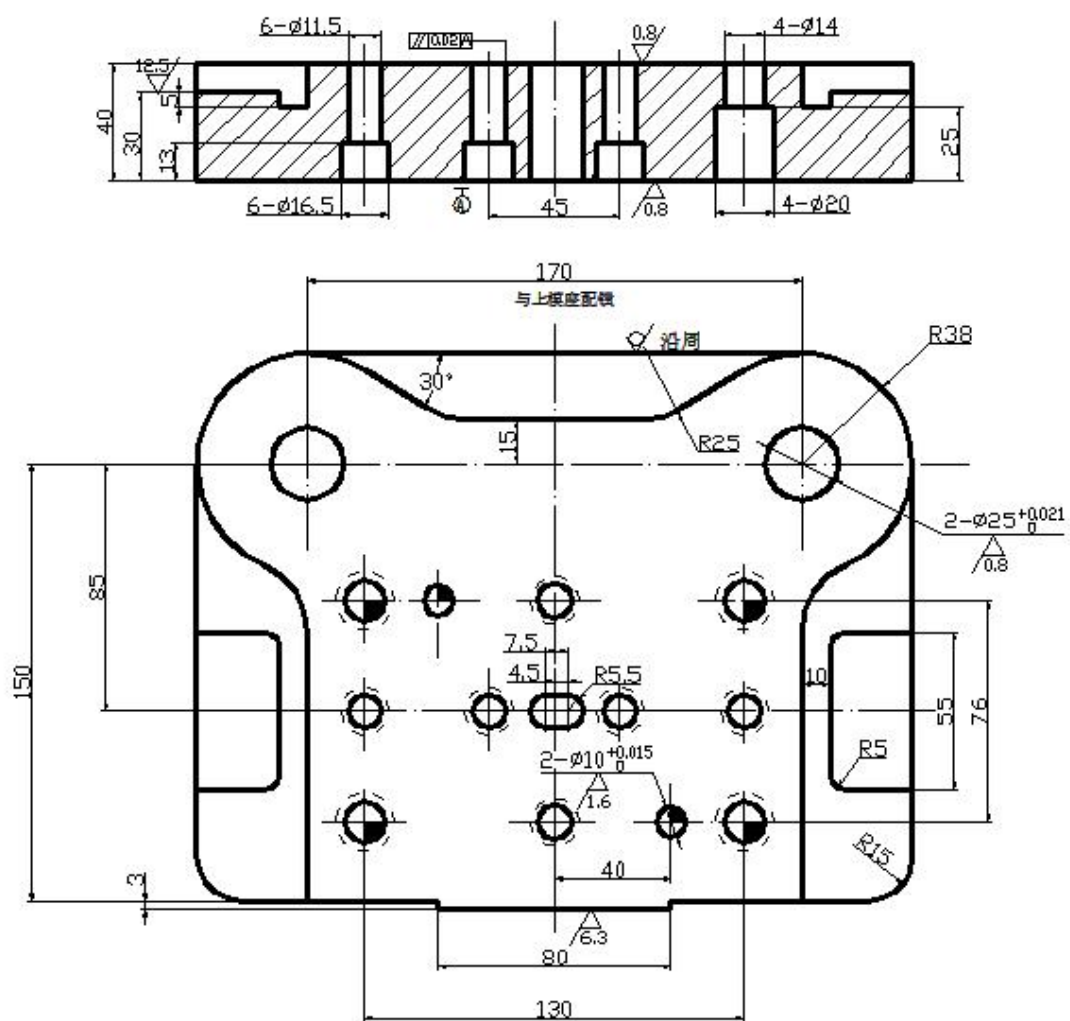


图 3-6 下模座零件图

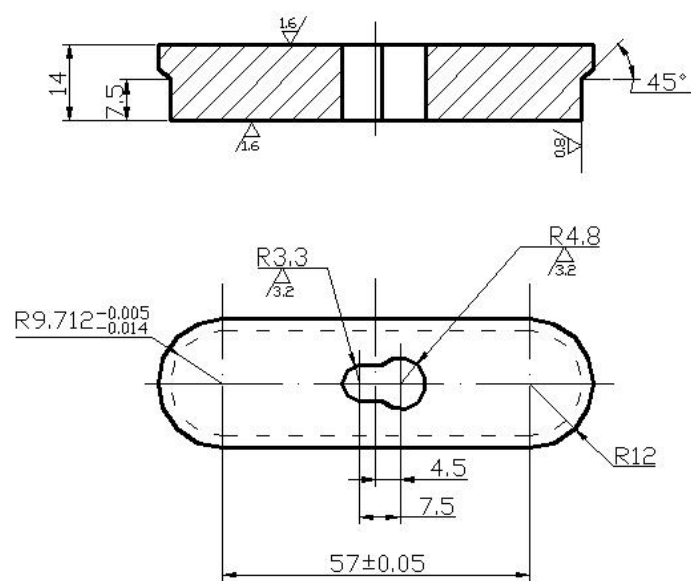


图 3-7 推件块零件图

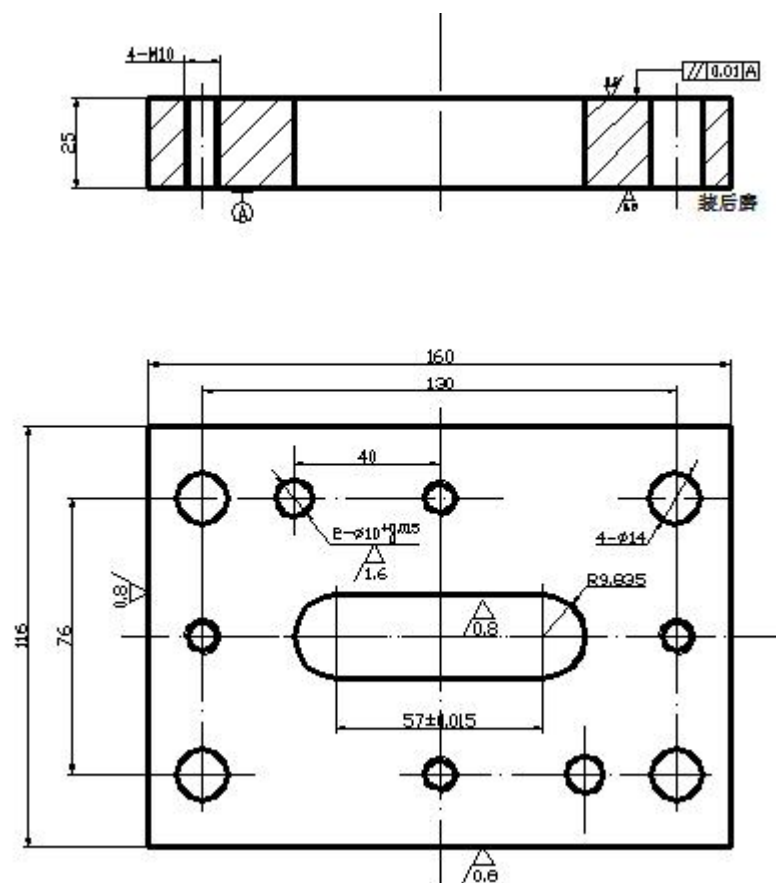


图 3-8 凸凹模固定板零件图

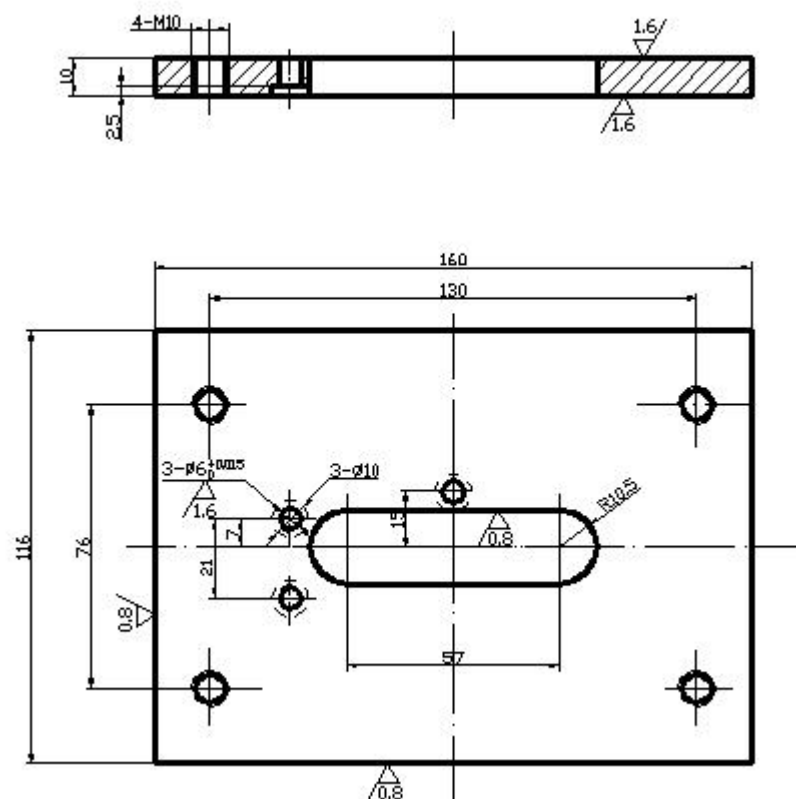


图 3-9 卸料板零件图

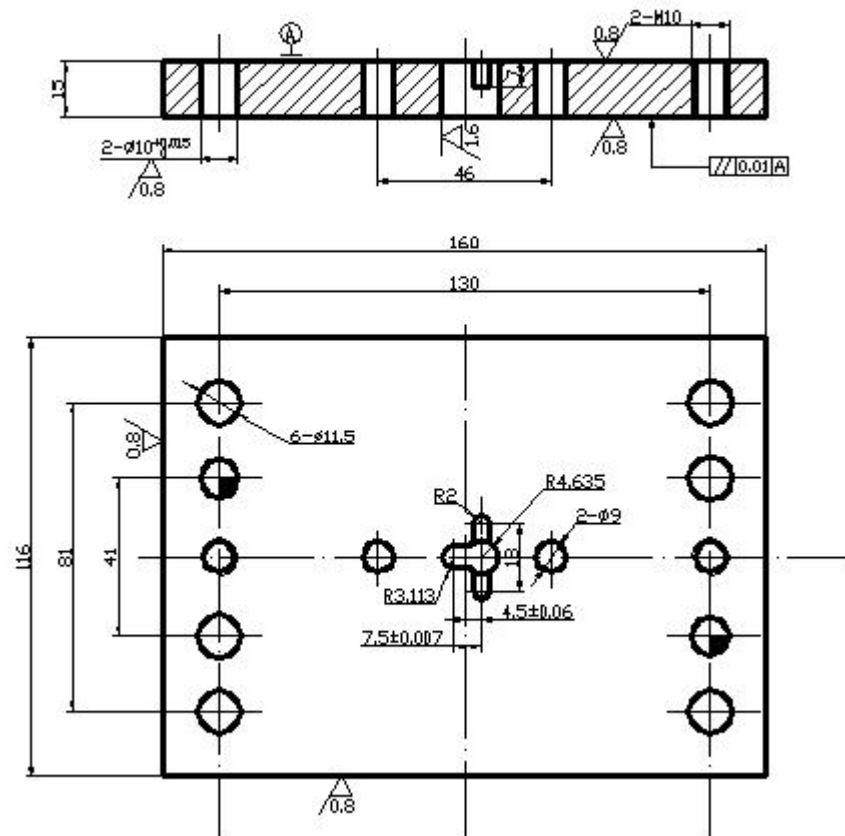


图 3-10 凸模固定板零件图

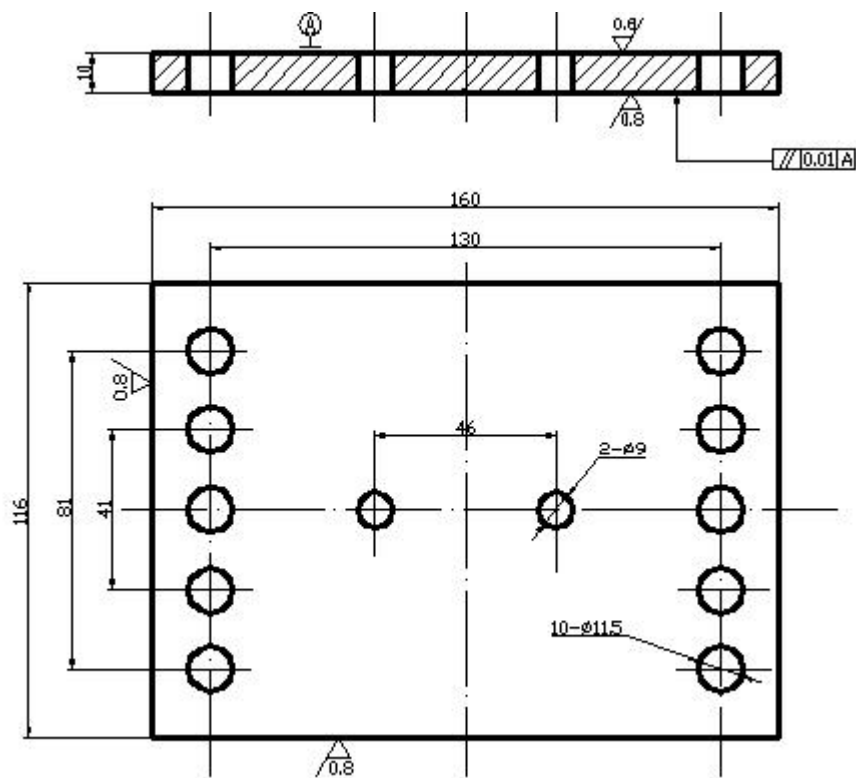


图 3-11 垫板零件图

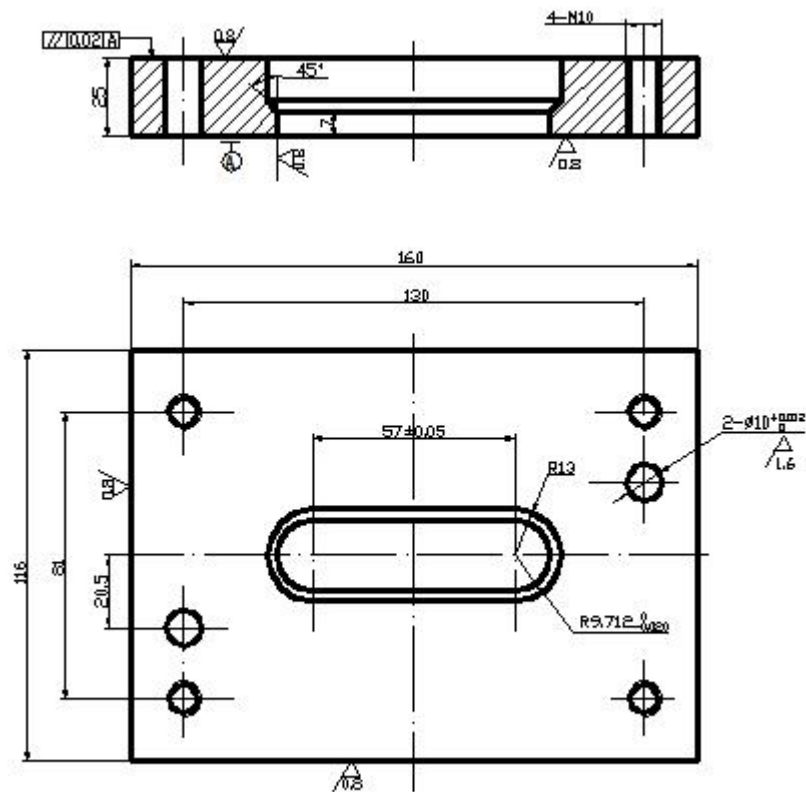


图 3-12 凹模零件图

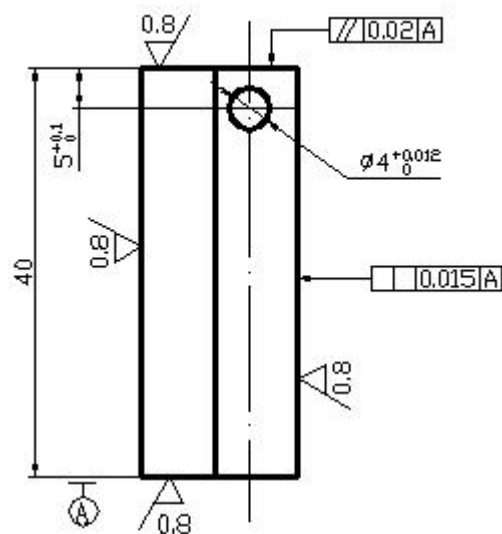


图 3-13 凸模零件图

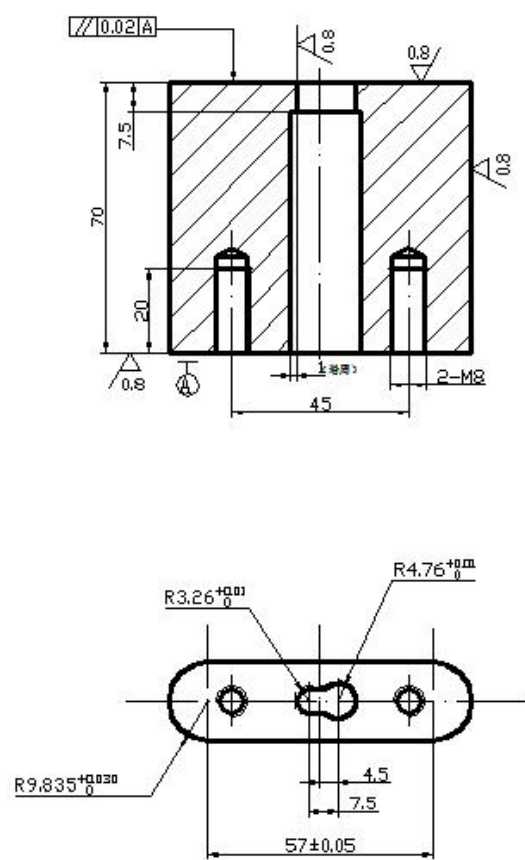


图 3-14 凸凹模零件图

3.2 U 形弯曲件模具设计

3.2.1 零件工艺性分析

工件图为图 3-15 所示活接叉弯曲件，材料 45 钢，料厚 3mm。其工艺性分析内容如下：

1. 材料分析

45 钢为优质碳素结构钢，具有良好的弯曲成形性能。

2. 结构分析

零件结构简单，左右对称，对弯曲成形较为有利。可查得此材料所允许的最小弯曲半径 $r_{\min} = 0.5t = 1.5\text{mm}$ ，而零件弯曲半径 $r = 2\text{mm} > 1.5\text{mm}$ ，故不会弯裂。另外，零件上的孔位于弯曲变形区之外，所以弯曲时孔不会变形，可以先冲孔后弯曲。计算零件相对弯曲半径 $r/t = 0.67 < 5$ ，卸载后弯曲件圆角半径的变化可以不予考虑，而弯曲中心角发生了变化，采用校正弯曲来控制角度回弹。

3. 精度分析

零件上只有 1 个尺寸有公差要求，由公差表查得其公差要求属于 IT14，其余未注公差尺寸也均按 IT14 选取，所以普通弯曲和冲裁即可满足零件的精度要求。

4. 结论：由以上分析可知，该零件冲压工艺性良好，可以冲裁和弯曲。

3.2.2 工艺方案的确定

零件为 U 形弯曲件，该零件的生产包括落料、冲孔和弯曲三个基本工序，可有以下三种工艺方案：

方案一：先落料，后冲孔，再弯曲。采用三套单工序模生产。

方案二：落料—冲孔复合冲压，再弯曲。采用复合模和单工序弯曲模生产。

方案三：冲孔—落料连续冲压，再弯曲。采用连续模和单工序弯曲模生产。

方案一模具结构简单，但需三道工序三副模具，生产效率较低。

方案二需两副模具，且用复合模生产的冲压件形位精度和尺寸精度易保证，生产效率较高。但由于该零件的孔边距为 4.75mm，小于凸凹模允许的最小壁厚 6.7mm，故不宜采用复合冲压工序。

方案三也需两副模具，生产效率也很高，但零件的冲压精度稍差。欲保证冲压件的形位精度，需在模具上设置导正销导正，故其模具制造、安装较复合模略复杂。

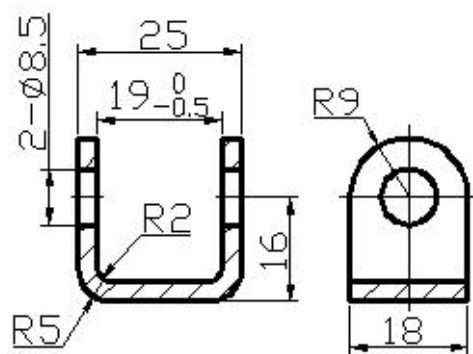


图 3-15 弯曲工件图

通过对上述三种方案的综合分析比较, 该件的冲压生产采用方案三为佳。

3.2.3 零件工艺计算

1. 弯曲工艺计算

(1) 毛坯尺寸计算

对于 $r > 0.5t$ 有圆角半径的弯曲件, 由于变薄不严重, 按中性层展开的原理, 坯料总长度应等于弯曲件直线部分和圆弧部分长度之和, 可查得中性层位移系数

$x = 0.28$, 所以坯料展开长度为

$$L_z = (16 + 9 - 5) \times 2 + (25 - 10) + 2 \times \left[\frac{\pi \times 90}{180} (2 + 0.28 \times 3) \right] = 63.9 \approx 64 \text{ mm}$$

由于零件宽度尺寸为 18mm, 故毛坯尺寸应为 64mm×18mm。弯曲件平面展开图见图 3-16, 两孔中心距为 46mm。

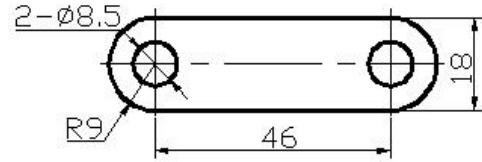


图 3-16 坯料展开图

(2) 弯曲力计算

弯曲力是设计弯曲模和选择压力机的重要依据。该零件是校正弯曲, 校正弯曲时的弯曲力 $F_{\text{校}}$ 和顶件力 F_D 为

$$F_{\text{校}} = Ap = 25 \times 18 \times 120 = 54 \text{ kN}$$

$$= 0.3 \times \frac{0.7KBt^2\sigma_b}{\dots}$$

对于校正弯曲, 由于校正弯曲力比顶件力大得多, 故一般 F_D 可以忽略, 即

$$F_{\text{压力机}} \geq F_{\text{校}}$$

生产中为安全, 取 $F_{\text{压力机}} \geq 1.8F_{\text{校}} = 1.8 \times 54 = 97.2 \text{ kN}$, 根据压弯力大小, 初选设备为 JH23—25。

2. 冲孔落料连续模工艺计算

(1) 刃口尺寸计算

由图 3-2 可知, 该零件属于一般冲孔、落料件。根据零件形状特点, 冲裁模的凸、凹模采用分开加工方法制造。尺寸 18mm、R9mm 由落料获得, $2 \times \phi 8.5 \text{ mm}$ 和 $46 \pm 0.31 \text{ mm}$ 由冲孔同时获得。查得凸、凹模最小间隙 $Z_{\min} = 0.48 \text{ mm}$, 最大间隙 $Z_{\max} = 0.66 \text{ mm}$, 所以 $Z_{\max} - Z_{\min} = 0.66 - 0.48 = 0.18 \text{ mm}$ 。

按照模具制造精度高于冲裁件精度 3~4 级的原则, 设凸、凹模按 IT8 制造, 落料尺寸 $18_{-0.43}^0 \text{ mm}$, 凸、凹模制造公差 $\delta_T = \delta_A = 0.027 \text{ mm}$, 磨损系数 X 取 0.75。冲孔尺寸 $\phi 8.5_0^{+0.36} \text{ mm}$, 凸、凹模制造公差 $\delta_T = \delta_A = 0.022 \text{ mm}$, 磨损系数 X 取 0.5。根据冲裁凸、凹模刃口尺寸计算公式进行如下计算:

落料尺寸 $18_{-0.43}^0 \text{ mm}$,

校核不等式 $\delta_T + \delta_A \leq Z_{\max} - Z_{\min}$, 代入数据得 $0.027 + 0.027 = 0.054 < 0.18$ 。

说明所取的 δ_T 与 δ_A 合适，考虑零件要求和模具制造情况，可适当放大制造公差为：

$$\delta_T = 0.4 \times 0.18\text{mm} = 0.072\text{mm}, \quad \delta_A = 0.6 \times 0.18\text{mm} = 0.108\text{mm}。$$

将已知和查表的数据代入公式得

$$L_A = (L_{\max} - X\Delta)_0^{+\delta_A} = (18 - 0.75 \times 0.43)_0^{+0.027}\text{mm} = 17.678_0^{+0.027}\text{mm}$$

$$L_T = (L_A - Z_{\min})_{-\delta_T}^0 = (17.678 - 0.48)_{-0.027}^0\text{mm} = 17.198_{-0.027}^0\text{mm}$$

故落料凸模和凹模最终刃口尺寸为： $L_A = 17.678_0^{+0.108}\text{mm}$ ，

$$L_T = 17.198_{-0.072}^0\text{mm}。$$

落料R9mm，属于半边磨损尺寸。由于是圆弧曲线，应该与落料尺寸18mm相切，所以其凸、凹模刃口尺寸取为

$$R_A = \frac{1}{2} \times 17.678_0^{+0.108/2}\text{mm} = 8.839_0^{+0.054}\text{mm}$$

$$R_T = \frac{1}{2} \times 17.198_{-0.072/2}^0\text{mm} = 8.599_{-0.036}^0\text{mm}$$

$$\text{冲孔：}\phi 8.5_0^{+0.36}\text{mm}$$

校核 $\delta_T + \delta_A \leq Z_{\max} - Z_{\min}$ ，代入数据得： $0.022 + 0.022 = 0.044 < 0.18$ 。说明所取的 δ_T 与 δ_A 合适，考虑零件要求和模具制造情况，可适当放大制造公差为：

$$\delta_T = 0.4 \times 0.18\text{mm} = 0.072\text{mm}, \quad \delta_A = 0.6 \times 0.18\text{mm} = 0.108\text{mm}。$$

将已知和查表的数据代入公式得

$$d_T = (d_{\min} + X\Delta)_{-\delta_T}^0 = (8.5 + 0.5 \times 0.36)_{-0.022}^0\text{mm} = 8.68_{-0.022}^0\text{mm}$$

$$d_A = (d_T + Z_{\min})_0^{+\delta_A} = (8.68 + 0.48)_0^{+0.022}\text{mm} = 9.16_0^{+0.022}\text{mm}$$

故冲孔凸模和凹模最终刃口尺寸为： $d_T = 8.68_{-0.072}^0\text{mm}$ ， $d_A = 9.16_0^{+0.108}\text{mm}$ 。

孔心距 $46 \pm 0.31\text{mm}$

因为两个孔同时冲出，所以凹模型孔中心距为

$$L'_A = L \pm \Delta/8 = 46 \pm 0.62/8 = 46 \pm 0.078\text{mm}$$

(2) 排样计算

分析零件形状应采用单直排的排样方式，零件可能的排样方式有如图 3-17

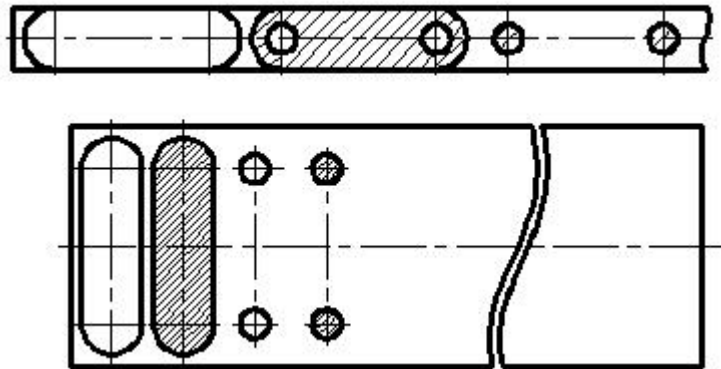


图 3-17 可能的排样方式

所示两种。

比较方案 a 和方案 b，方案 a 是少废料排样，显然材料利用率高，但因条料本身的剪板公差以及条料的定位误差影响，工件精度不易保证，且模具寿命低，操作不便，排样不适合连续模，所以选择方案 b。同时，考虑凹模刃口强度，其中间还需留一空工位。现选用规格为 $3\text{mm} \times 1000\text{mm} \times 1500\text{mm}$ 的钢板，则需计算采用不同的裁剪方式时，每张板料能出的零件总个数。

经查得零件之间的搭边值 $a_1 = 3.2\text{mm}$ ，零件与条料侧边之间的搭边值 $a = 3.5\text{mm}$ ，条料与导料板之间的间隙值 $C = 0.5\text{mm}$ ，则条料宽度为

$$B = (D_{\max} + 2a + C)_{-A}^0 = (64 + 2 \times 3.5 + 0.5)_{-0.8}^0 \text{ mm} = 71.5_{-0.8}^0 \text{ mm}$$

$$\text{步距 } S = D + a_1 = 18 + 3.2 = 21.2\text{mm}$$

由于弯曲件裁板时应考虑纤维方向，所以只能采用横裁。即裁成宽 71.5mm 、长 1000mm 的条料，则一张板材能出的零件总个数为

$$n = \left[\frac{1500}{71.5} \right] \times \left[\frac{1000 - 3.2}{21.2} \right] = 20 \times 47 = 940 \text{ 个}$$

计算每个零件的面积 $S = \frac{\pi}{4} \times 18^2 + 46 \times 18 - 2 \times \frac{\pi}{4} \times 8.5^2 = 968.9\text{mm}^2$ ，则材料

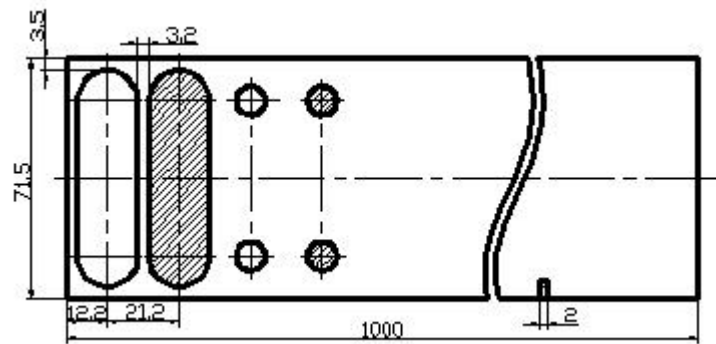


图 3-18 零件的排样图

利用率为 $\eta = \frac{n \times S}{L_b \times B_b} \times 100\% = \frac{940 \times 968.9}{1500 \times 1000} \times 100\% = 60.7\%$ 。排样图如图 3-18 所示。

3. 冲裁力计算

此例中零件的落料周长为 148.52mm ，冲孔周长为 26.69mm ，材料厚度 3mm ，45 钢的抗剪强度取 500MPa ，冲裁力基本计算公式 $F = KLt\tau$ 。则冲裁该零件所需落料力

$$F_1 = 1.3 \times 148.52 \times 3 \times 500 = 289614 \text{ N} \approx 289.6 \text{ kN}$$

$$\text{冲孔力} \quad F_2 = 2 \times 1.3 \times 26.69 \times 3 \times 500 = 104091 \text{ N} \approx 104.1 \text{ kN}$$

模具结构采用刚性卸料和下出件方式，所以所需推件力 F_T 为

$$F_T = NK_T(F_1 + F_2) = \frac{9}{3} \times 0.045 \times (289.6 + 104.1) \text{ kN} \approx 53 \text{ kN}$$

计算零件所需总冲压力

$$F_{\text{总}} = F_1 + F_2 + F_T = (289.6 + 104.1 + 53) \text{ kN} = 446.7 \text{ kN}$$

初选设备为 JC23—63。

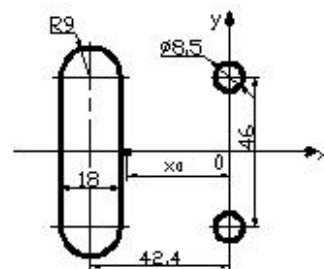


图 3-19 压力中心的计算

4. 压力中心计算

零件为一对对称件，所以压力中心就是冲裁轮廓图形的几何中心，但由于采用级进模设计，因此需计算模具的压力中心。排样时零件前后对称，所以只需计算压力中心横坐标，如图 19 所示建立坐标系。设模具压力中心横坐标为 x_0 （计算时取代数值），则有

$$F_1(42.4 - x_0) = F_2 \cdot x_0$$

$$\text{即} \quad 289.6 \times (42.4 - x_0) = 104.1 \cdot x_0,$$

$$\text{解得} \quad x_0 = 31.2 \text{ mm}$$

所以模具压力中心坐标点为 $(-31.2, 0)$ 。

3.2.4 冲压设备的选用

1. 冲孔落料连续模设备的选用

根据冲压力的大小，选取开式双柱可倾台压力机 JC23—63，其主要技术参数如下：

公称压力：630kN

滑块行程：120mm

最大闭合高度：360 mm

闭合高度调节量：80 mm

滑块中心线到床身距离：260mm

工作台尺寸：480 mm×710 mm

工作台孔尺寸：φ250mm

模柄孔尺寸：φ50 mm×80 mm

垫板厚度：90 mm

2. 弯曲模设备的选用

根据弯曲力的大小，选取开式双柱可倾台压力机 JH23—25，其主要技术参数如下：

公称压力：250kN

滑块行程：75mm

最大闭合高度：260 mm

闭合高度调节量：55mm

滑块中心线到床身距离：200mm

工作台尺寸：370 mm×560mm

工作台孔尺寸： $\phi 260$ mm

模柄孔尺寸： $\phi 40$ mm×60mm

垫板厚度：50 mm

3.2.5 模具零部件结构的确定

1. 冲孔落料连续模零部件设计

(1) 标准模架的选用

标准模架的选用依据为凹模的外形尺寸，所以应首先计算凹模周界的大小。根据凹模高度和壁厚的计算公式得

$$\text{凹模高度} \quad H = Kb = 0.35 \times 64\text{mm} \approx 25\text{mm}$$

$$\text{凹模壁厚} \quad C = (1.5 \sim 2)H = 1.8 \times 25\text{mm} \approx 46\text{mm}$$

所以，凹模的总长 $L = 56 + 2 \times 46 = 148\text{mm}$ ，为了保证凹模结构对称并有足够的强度，将其长度增大到 163mm。凹模的宽度 $B = 64 + 2 \times 46 = 156\text{mm}$ 。

模具采用后侧导柱模架，根据以上计算结果，查得模架规格为：上模座 200mm×200mm×45mm，下模座 200mm×200mm×50mm，导柱 32mm×160mm，导套 32mm×105mm×43mm。

(2) 其它零部件结构

凸模固定板与凸模采用过渡配合关系，厚度取凹模厚度的 0.8 倍，即 20mm，平面尺寸与凹模外形尺寸相同。

卸料板的厚度与卸料力大小、模具结构等因素有关，取其值为 14mm。

导料板高度查表取 12mm，挡料销高度取 4mm。

模具是否需要采用垫板，以承压面较小的凸模进行计算，冲孔凸模承压面的尺寸如图 3-20 所示。则其承受的压应力为



$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{(52+7)\text{kN}}{\frac{\pi}{4} \times 15^2 \text{mm}^2} = 334\text{MPa}$$

图 3-20 凸模结构图

查得铸铁模板的 $[\sigma_p]$ 为 90~140MPa, 故 $\sigma > [\sigma_p]$ 。因此需采用垫板, 垫板厚度取 8mm。

模具采用压入式模柄, 根据设备的模柄孔尺寸, 应选用规格为 A50×105 的模柄。

2. 弯曲模主要零部件设计

根据工件的材料、形状和精度要求等, 弯曲模采用非标准模架。下模座的轮廓尺寸为 255mm×110mm。

(1) 工作部分结构尺寸设计

1) 凸模圆角半径

在保证不小于最小弯曲半径值的前提下, 当零件的相对圆角半径 r/t 较小时, 凸模圆角半径取等于零件的弯曲半径, 即 $r_T = r = 2\text{mm}$ 。

2) 凹模圆角半径

凹模圆角半径不应过小, 以免擦伤零件表面, 影响冲模的寿命, 凹模两边的圆角半径应一致, 否则在弯曲时坯料会发生偏移。根据材料厚度取

$$r_A = (2 \sim 3)t = 2.5 \times 3\text{mm} \approx 8\text{mm}。$$

3) 凹模深度

凹模深度过小, 则坯料两端未受压部分太多, 零件回弹大且不平直, 影响其质量; 深度过大, 则浪费模具钢材, 且需压力机有较大的工作行程。该零件为弯边高度不大且两边要求平直的 U 形弯曲件, 则凹模深度应大于零件的高度, 且高出值 $h_0 = 5\text{mm}$, 如图 3-21 所示。

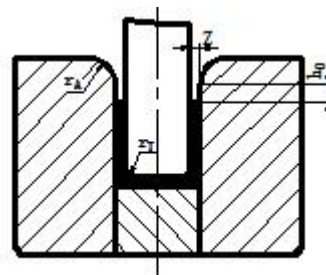


图 3-21 凹模结

4) 凸、凹模间隙

根据 U 形件弯曲模凸、凹模单边间隙的计算公式得

$$Z = t_{\max} + Ct = t + \Delta + Ct = (3 + 0.18 + 0.04 \times 3)\text{mm} = 3.3\text{mm}$$

5) U 形件弯曲凸、凹模横向尺寸及公差

零件标注内形尺寸时, 应以凸模为基准, 间隙取在凹模上。而凸、凹模的横向尺寸及公差则应根据零件的尺寸、公差、回弹情况以及模具磨损规律而定。因此, 凸、凹模的横向尺寸分别为

$$L_T = (L_{\min} + 0.75\Delta)_{-\delta_T}^0 = (18.5 + 0.75 \times 0.5)_{-0.033}^0 \text{mm} = 18.875_{-0.033}^0 \text{mm}$$

$$L_A = (L_T + 2Z)_0^{+\delta_A} = (18.875 + 2 \times 3.3)_0^{+0.052} \text{mm} = 25.475_0^{+0.052} \text{mm}$$

(2) 弹顶装置中弹性元件的计算

由于该零件在成型过程中需压料和顶件，所以模具采用弹性顶件装置，弹性元件选用橡胶，其尺寸计算如下

1) 确定橡胶垫的自由高度 H_0

$$H_0 = (3.5 \sim 4) H_{\text{工}}$$

认为自由状态时，顶件板与凹模平齐，所以

$$H_{\text{工}} = r_A + h_0 + h = (8 + 5 + 25)\text{mm} = 38\text{mm}$$

由上两个公式取 $H_0 = 140\text{mm}$ 。

2) 确定橡胶垫的横截面积 A

$$A = F_D / p$$

查得圆筒形橡胶垫在预压量为 10%~15%时的单位压力为 0.5MPa，所以

$$A = \frac{5000}{0.5} = 10000\text{mm}^2$$

3) 确定橡胶垫的平面尺寸

根据零件的形状特点，橡胶垫应为圆筒形，中间开有圆孔以避让螺杆。结合零件的具体尺寸，橡胶垫中间的避让孔尺寸为 $\phi 17\text{mm}$ ，则其直径 D 为

$$D = \sqrt{A \times \frac{4}{\pi}} = \sqrt{10000 \times \frac{4}{\pi}} \approx 113\text{mm}$$

4) 校核橡胶垫的自由高度 H_0

$$\frac{H_0}{D} = \frac{140}{113} = 1.2$$

橡胶垫的高径比在 0.5~1.5 之间，所以选用的橡胶垫规格合理。橡胶的装模高度约为 $0.85 \times 140 = 120\text{mm}$ 。

3.2.6 冲孔落料连续模装配图

有了上述各步计算所得的数据及确定的工艺方案，便可以对模具进行总体设计并画出冲裁装配图如图 22 所示。

模具闭合高度 $H_{\text{模}} = 45 + 8 + 20 + 15 + 14 + 12 + 25 + 50 = 189\text{mm}$ 。

3.2.7 弯曲模具装配图

由上述各步计算所得的数据，对弯曲模具进行总体设计并画出装配图如图 23 所示。

模具闭合高度 $H_{\text{模}} = 40 + 20 + 4 + 103 = 167\text{mm}$ 。

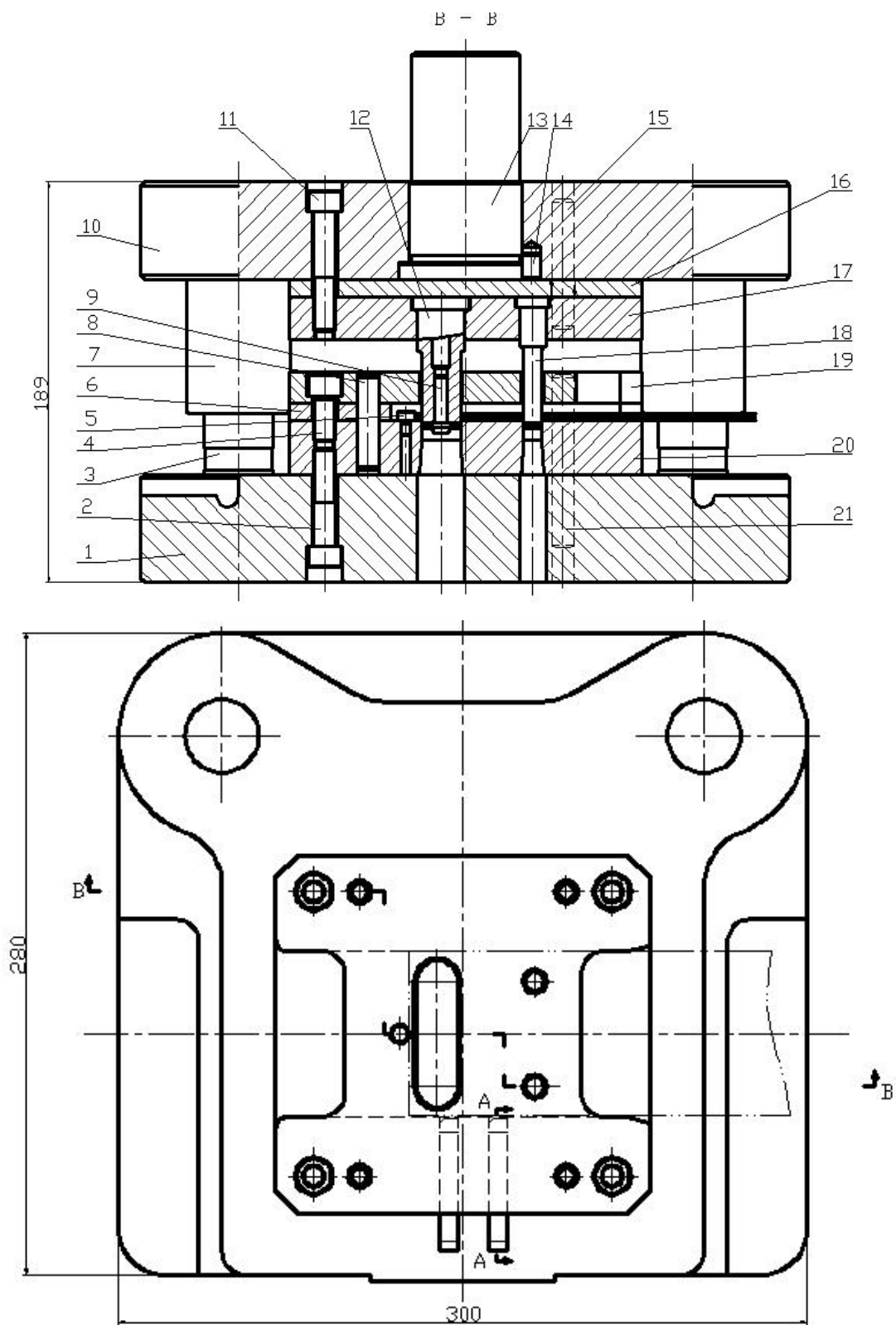


图 22 冲孔落料级进模

1-下模座 2、4、11-螺钉 3-导柱 5-挡料销 6-导料板 7-导套 8、15、21-销钉 9-导正销 10-上模座 12-落料凸模 13-模柄 14-防转销 16-垫板 17-凸模固定板 18-冲孔凸模 19-卸料板 20-凹模

3.3 无凸缘筒形件模具设计

3.3.1 零件工艺性分析

工件为图 3-24 所示拉深件，材料 08 钢，材料厚度 2mm，其工艺性分析内容如下：

1. 材料分析

08 钢为优质碳素结构钢，属于深拉深级别钢，具有良好的拉深成形性能。

2. 结构分析

零件为一无凸缘筒形件，结构简单，底部圆角半径为 R3，满足筒形拉深件底部圆角半径大于一倍料厚的要求，因此，零件具有良好的结构工艺性。

3. 精度分析

零件上尺寸均为未注公差尺寸，普通拉深即可达到零件的精度要求。

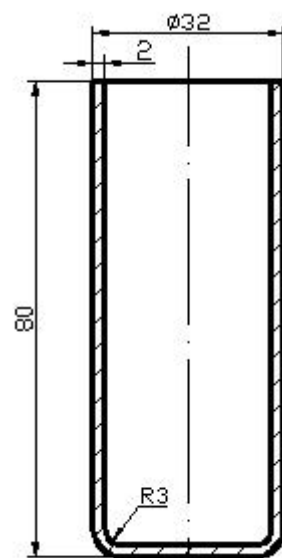


图 3-24 拉深工件图

3.3.2 工艺方案的确定

零件的生产包括落料、拉深（需计算确定拉深次数）、切边等工序，为了提高生产效率，可以考虑工序的复合，本例中采用落料与第一次拉深复合，经多次拉深成形后，由机械加工方法切边保证零件高度的生产工艺。

3.3.3 零件工艺计算

1. 拉深工艺计算

零件的材料厚度为 2mm，所以所有计算以中径为准。

(1) 确定零件修边余量

零件的相对高度 $\frac{h}{r} = \frac{80-1}{2} = 2.63$ ，经查得修边余量 $\Delta h = 6\text{mm}$ ，所以，修正后拉深件的总高应为 $79+6=85\text{mm}$ 。

(2) 确定坯料尺寸 D

由无凸缘筒形拉深件坯料尺寸计算公式得

$$= \sqrt{30^2 + 4 \times 30 \times 85 - 1.72 \times 30 \times 4 - 0.56 \times 4^2} \text{ mm}$$

(3) 判断是否采用压边圈

零件的相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100 = \frac{2}{105} \times 100 = 1.9$ ，经查压边圈为可用可不用的范围，

为了保证零件质量，减少拉深次数，决定采用压边圈。

(4) 确定拉深次数

查得零件的各次极限拉深系数分别为 $[m_1]=0.5$ ， $[m_2]=0.75$ ， $[m_3]=0.78$ ，

$[m_4]=0.8$ 。所以，每次拉深后筒形件的直径分别为

$$d_1 = [m_1]D = 0.5 \times 105\text{mm} = 52.5\text{mm}$$

$$d_2 = [m_2]d_1 = 0.75 \times 52.5\text{mm} = 39.38\text{mm}$$

$$d_3 = [m_3]d_2 = 0.78 \times 39.38\text{mm} = 30.72\text{mm}$$

$$d_4 = [m_4]d_3 = 0.8 \times 30.72\text{mm} = 24.58\text{mm} < 30\text{mm}$$

由上计算可知共需 4 次拉深。

(5) 确定各工序件直径

调整各次拉深系数分别为 $m_1 = 0.53$ ， $m_2 = 0.78$ ， $m_3 = 0.82$ ，则调整后每次拉深所得筒形件的直径为

$$d_1 = m_1 D = 0.53 \times 105\text{mm} = 55.65\text{mm}$$

$$d_2 = m_2 d_1 = 0.78 \times 55.65\text{mm} = 43.41\text{mm}$$

$$d_3 = m_3 d_2 = 0.82 \times 43.41\text{mm} = 35.60\text{mm}$$

$$\text{第四次拉深时的实际拉深系数 } m_4 = \frac{d}{d_3} = \frac{30}{35.60} = 0.84, \text{ 其大于第三次实际拉}$$

深系数 m_3 和第四次极限拉深系数 $[m_4]$ ，所以调整合理。第四次拉深后筒形件的直径为 $\phi 30\text{mm}$ 。

(6) 确定各工序件高度

根据拉深件圆角半径计算公式，取各次拉深筒形件圆角半径分别为 $r_1 = 8\text{mm}$ ， $r_2 = 6.5\text{mm}$ ， $r_3 = 5\text{mm}$ ， $r_4 = 4\text{mm}$ ，所以每次拉深后筒形件的高度为

$$\begin{aligned} h_1 &= 0.25 \times \left(\frac{D^2}{d_1} - d_1 \right) + 0.43 \times \frac{r_1}{d_1} (d_1 + 0.32r_1) \\ &= 0.25 \times \left(\frac{105^2}{55.65} - 55.65 \right) \text{mm} + 0.43 \times \frac{8}{55.65} \times (55.65 + 0.32 \times 8) \text{mm} \\ &= 39.22\text{mm} \\ &= 0.25 \times \left(\frac{105^2}{43.41} - 43.41 \right) \text{mm} + 0.43 \times \frac{6.5}{43.41} \times (43.41 + 0.32 \times 6.5) \text{mm} \\ &= 0.25 \times \left(\frac{105^2}{35.60} - 35.60 \right) \text{mm} + 0.43 \times \frac{5}{35.60} \times (35.60 + 0.32 \times 5) \text{mm} \end{aligned}$$

第四次拉深后筒形件高度应等于零件要求尺寸，即 $h_4 = 85\text{mm}$ 。

拉深工序件图如图 3-25 所示。

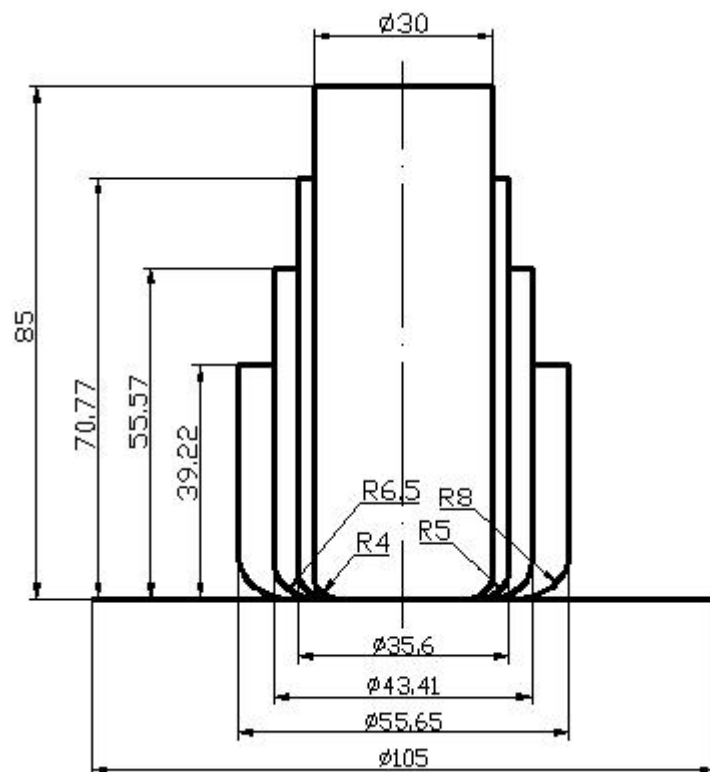


图 3-25 拉深工序件图

2. 落料拉深复合模工艺计算

(1) 落料凸、凹模刃口尺寸计算

根据零件形状特点，刃口尺寸计算采用分开制造法。落料尺寸为 $\phi 105_{-0.87}^0$ ，落料凹模刃口尺寸计算如下。

查得该零件冲裁凸、凹模最小间隙 $Z_{\min} = 0.246\text{mm}$ ，最大间隙 $Z_{\max} = 0.360\text{mm}$ ，凸模制造公差 $\delta_T = 0.025\text{mm}$ ，凹模制造公差 $\delta_A = 0.035\text{mm}$ 。将以上各值代入 $\delta_T + \delta_A \leq Z_{\max} - Z_{\min}$ 校验是否成立。经校验，不等式成立，所以可按式计算工作零件刃口尺寸。

$$\begin{aligned} &= (105 - 0.5 \times 0.87)_{-0.035}^{+0.035} \text{mm} \\ &= (104.565 - 0.246)_{-0.025}^0 \text{mm} \end{aligned}$$

(2) 首次拉深凸、凹模尺寸计算

第一次拉深件后零件直径为 55.65mm，由公式 $Z = t_{\max} + Kt$ 确定拉深凸、凹模间隙值 Z ，查得 $K = 0.5$ ，所以间隙 $Z = 2\text{mm} + 0.5 \times 2\text{mm} = 3\text{mm}$ ，则

$$\text{首次拉深凹模 } D_A = (d_1 + t)_{-0.08}^{+0.08} = (55.65 + 2)_{-0.08}^{+0.08} \text{mm} = 57.65_{-0.08}^{+0.08} \text{mm}。$$

$$\text{首次拉深凸模 } D_T = (D_A - 2Z)_{-0.05}^0 = (57.65 - 6)_{-0.05}^0 \text{mm} = 51.65_{-0.05}^0 \text{mm}$$

(3) 排样计算

零件采用单直排排样方式，查得零件间的搭边值为 1.5mm，零件与条料侧边之间的搭边值为 1.8mm，若模具采用无侧压装置的导料板结构，则条料上零件的步距为 106.5mm，条料的宽度应为

$$= (105 + 2 \times 1.8 + 1)^0_{-0.7} \text{ mm}$$

选用规格为 2mm×1000mm×1500mm 的板料，计算裁料方式如下。

裁成宽 109.6mm，长 1000mm 的条料，则每张板料所出零件数为

$$\left[\frac{1500}{109.6} \right] \times \left[\frac{1000}{106.5} \right] = 13 \times 9 = 117$$

裁成宽 109.6mm，长 1500mm 的条料，则每张板料所出零件数为

$$\left[\frac{1000}{109.6} \right] \times \left[\frac{1500}{106.5} \right] = 9 \times 14 = 126$$

经比较，应采用第二种裁法，零件的排样图如图 3-26 所示。

(3) 力的计算

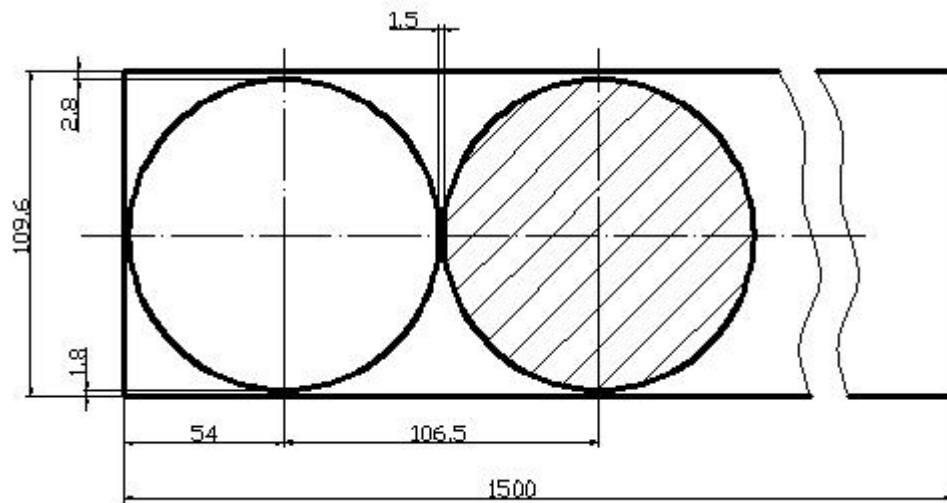


图 3-26 零件排样图

模具为落料拉深复合模，动作顺序是先落料后拉深，现分别计算落料力 $F_{\text{落}}$ 、拉深力 $F_{\text{拉}}$ 和压边力 $F_{\text{压}}$ 。

$$\begin{aligned} &= 1.3 \times 3.14 \times 105 \times 2 \times 320 \text{ N} \\ &= 3.14 \times 55.65 \times 2 \times 400 \times 0.8 \text{ N} \\ &= \frac{\pi}{4} [105^2 - (55.65 + 2 + 2 \times 8)^2] \times 2.2 \text{ N} \end{aligned}$$

因为拉深力与压边力的和小于落料力，即

$F_{\text{拉}} + F_{\text{压}} = 111.8 + 9.7 = 121.5 \text{ kN} < F_{\text{落}}$ ，所以，应按照落料力的大小选用设备。

初选设备为 J23—35。

3. 第二次拉深模工艺计算

(1) 拉深凸、凹模尺寸计算

第二次拉深件后零件直径为 43.41 mm，拉深凸、凹模间隙值仍为 3mm，则拉深凸、凹模尺寸分别为

$$D_A = (d_2 + t)_0^{+\delta_A} = (43.41 + 2)_0^{+0.08} \text{ mm} = 45.41_0^{+0.08} \text{ mm}$$

$$D_T = (D_A - 2Z)_{-\delta_T}^0 = (45.41 - 6)_{-0.05}^0 \text{ mm} = 39.41_{-0.05}^0 \text{ mm}$$

(2) 拉深力计算

$$= \pi \times 43.41 \times 2 \times 400 \times 0.6 \text{ N}$$

根据以上力的计算，初选设备位 J23—10。

4. 第三次拉深模工艺计算

计算方法与第二次拉深模工艺计算相同，此处从略。

5. 第四次拉深模工艺计算

(1) 拉深凸、凹模尺寸计算

因为零件标注外形尺寸（32±0.04）mm，所以要先计算凹模，即

$$D_A = (d_{\max} - 0.75\Delta)_0^{+\delta_A} = (32.04 - 0.75 \times 0.08)_0^{+0.08} \text{ mm} = 31.98_0^{+0.08} \text{ mm}$$

$$\text{拉深凸模 } D_T = (D_A - 2Z)_{-\delta_T}^0 = (31.98 - 4.4)_{-0.05}^0 \text{ mm} = 27.58_{-0.05}^0 \text{ mm}$$

(2) 拉深力计算

$$= \pi \times 30 \times 2 \times 400 \times 0.6 \text{ N}$$

3.3.4 冲压设备的选用

1. 落料拉深复合模设备的选用

根据以上计算，同时考虑拉深件的高度选取开式双柱可倾压力机 JH23—40，其主要技术参数如下：

公称压力：4000kN

滑块行程：80mm

最大闭合高度：330 mm

闭合高度调节量：65 mm

滑块中心线到床身距离：250mm

工作台尺寸：460 mm×700 mm

工作台孔尺寸：250 mm×360 mm

模柄孔尺寸：φ50 mm×70 mm

垫板厚度：65mm

2. 第二次拉深模设备的选用

考虑零件的高度，选取开式双柱可倾压力机 JH23—80，以保证拉深的顺利操作，其主要技术参数如下：

公称压力：800kN

滑块行程：130mm

最大闭合高度：380 mm

闭合高度调节量：90mm

滑块中心线到床身距离：290mm

工作台尺寸：540 mm×800 mm

模柄孔尺寸： $\phi 60\text{mm} \times 80\text{ mm}$

垫板厚度：100mm

3.3.5 模具零部件结构的确定

1.落料拉深复合模零部件设计

(1) 标准模架的选用

标准模架的选用依据为凹模的外形尺寸，所以应首先计算凹模周界的大小。根据凹模高度和壁厚的计算公式得

凹模高度 $H = Kb = 0.2 \times 105\text{mm} = 21\text{mm}$ 。

凹模壁厚 $C = (1.5 \sim 2)H = 1.8 \times 21\text{mm} \approx 38\text{mm}$ 。

所以，凹模的外径为 $D = 105 + 2 \times 38 = 181\text{mm}$ 。

以上计算仅为参考值，由于本套模具为落料拉深复合模，所以凹模高度受拉深件高度的影响必然会有所增加，其具体高度将在绘制装配图时确定。另外，为了保证凹模有足够的强度，将其外径增大到 200mm。

模具采用后置导柱模架，根据以上计算结果，查得模架规格为：上模座 200mm×200mm×45mm，下模座 200mm×200mm×50mm，导柱 32mm×190mm，导套 32mm×105mm×43mm。

(2) 其它零部件结构

拉深凸模将直接由连接件固定在下模座上，凸凹模由凸凹模固定板固定，两者采用过渡配合关系。模柄采用凸缘式模柄，根据设备上模柄孔尺寸，选用规格为 A50×100 的模柄。

2.第二次拉深模零部件设计

由于零件高度较高，尺寸较小，所以未选用标准模架，导柱导套选用标准件，其规格分别为 35mm×230mm，35mm×115mm×43mm。模柄采用凸缘式模柄，规格为 A60×90。

3.3.6 落料拉深复合模装配图

落料拉深复合模装配图如图 3-27 所示。

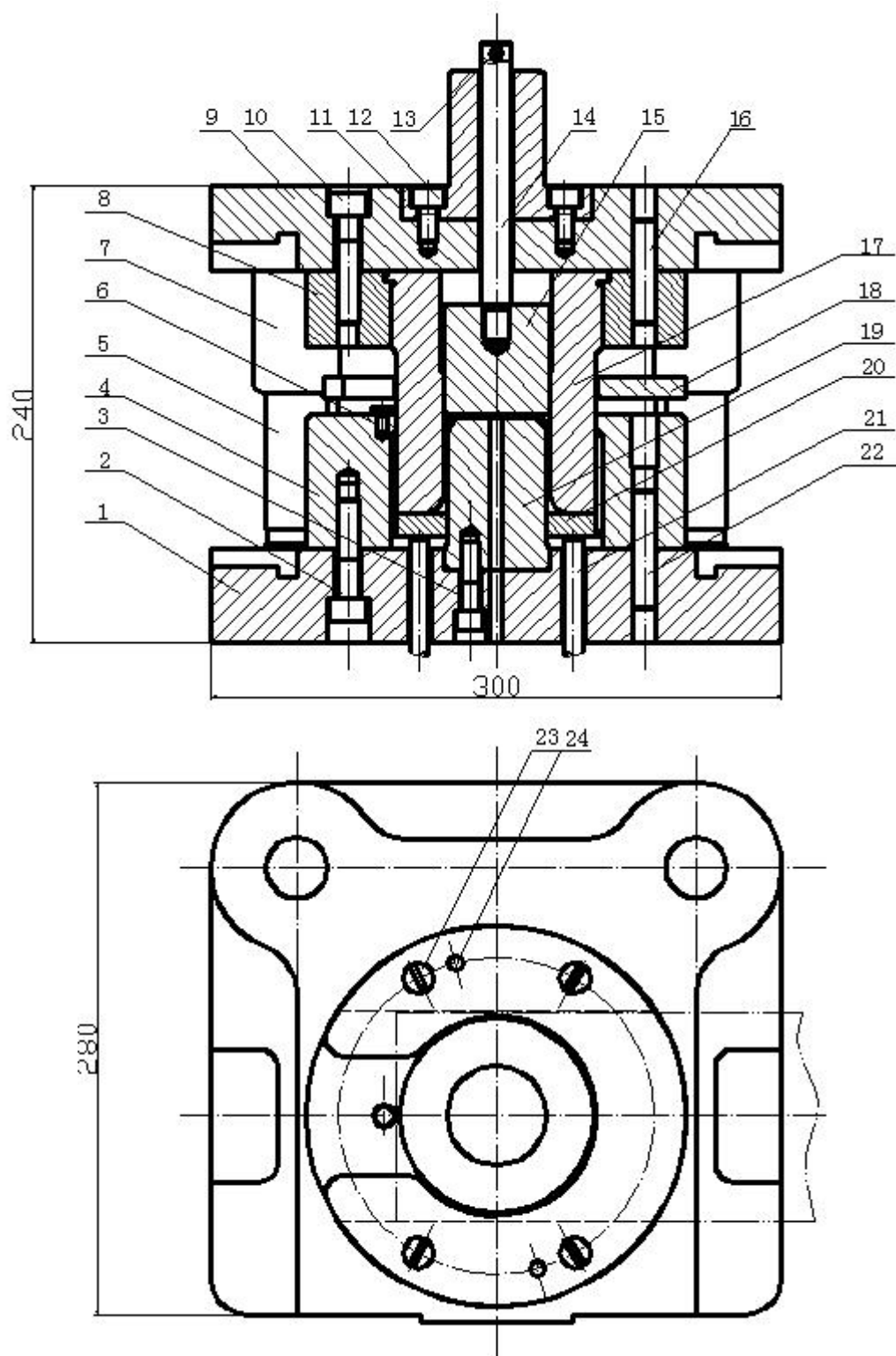


图 3-27 落料拉深复合模

1-下模座 2、3、10、12、23-螺钉 4-凹模 5-导柱 6-挡料销 7-导套 8-凸凹模固定板 9-上模座 11-模柄 13-横销 14-打杆 15-推件块 16、22、24-销钉 17-凸凹模 18-卸料版 19-拉深凸模 20-压边圈 21-顶杆

3.3.7 第二次拉深模具装配图

第二次拉深装配图如图 3-28 所示。

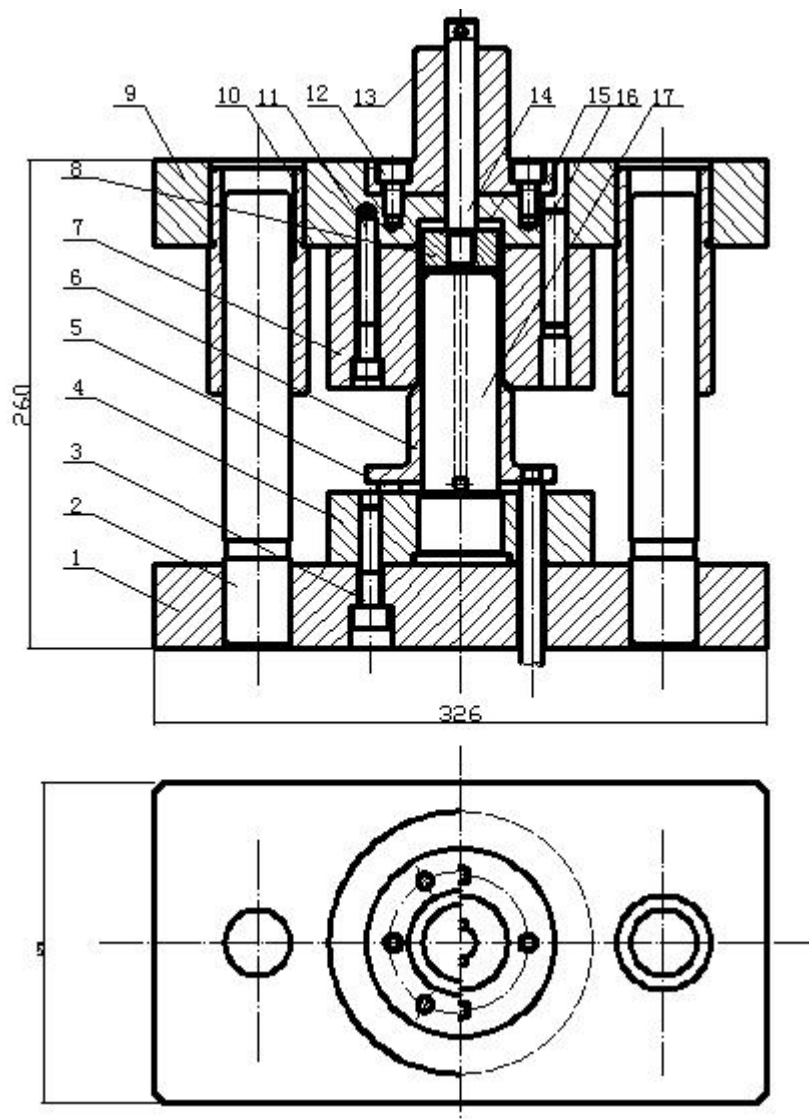


图 3-28 第二次拉深装配图

1-下模座 2-导柱 3-螺钉 4-凸模固定板 5-顶杆 6-压边圈 7-拉深凹模 8-推件块 9-上模座
10-导套 11、12-螺钉 13-横销 14-打杆 15-模柄 16-销钉 17-凸模