加强板冲压件模具设计

摘　要

本设计分析了冲压件的结构和成形工艺，计算了毛坯尺寸和冲压力。为了提高弯曲件的生产效率，设计了集三工序为一体的落料弯曲冲孔复合模的结构，经过工艺分析、结构设计，论证了其可能性，保证了制品的质量。

在模具设计中，为了提高速度和效率，充分利用已经掌握的知识和资源。利用曲面设计功能快速求出曲面的面积。利用冲模设计手册软件版快速设计冲压模具，并对模具的强度进行检验。实践证明，确实提高了设计的速度和效率。本模具设计中，由于卸料力不大，采用了橡胶弹性卸料。在模具结构中，用凸模固定板做凸模的定位元件。

关键词：冲孔　弯曲　落料　复合模　模具结构

Abstract

The structure and processing property of bellows oil conservator end cover for transformers were analyzed. The blank dimensions and pressing force were calculated. The compound die of cut-tandem-punch combined with three procedures is designed in order to improve the production of end cover. The article proves its availability through technological analysis and structural design to guarantee products' quality .

In mold design， in order to improve pace and efficiency， fully utilize knowledge and resource that has already been grasped. Utilize Pro/E curved surface design function ask ， produce area of curved surface fast ， utilize the design manual software edition of the trimming die to design and press the mould fast， and the intensity to the mould is examined. Practice has proved ， have really improved pace and efficiency designed. In this mold design， because of unload material to be strength relatively heavy， adopt ， make up spring loud advantage solve this problem. In the mould structure， make the localization component of the protruding mould with the roof， the distance making a reservation is little because of cooperating， apt to cause protruding rupture of mould， design concave mould pour ， to protruding mould ， strengthen protruding intensity of mould.

Key words: cut tandem punch compound die die structure

目　录

1. 绪论 1
1.1　我国模具市场的发展趋势 1
1.2　模具技术的发展趋势 3
1.2.1　模具产品发展将大型化精密化 3
1.2.2　快速经济模具的前景十分广阔 3
1.2.3　模具标准件的应用将日渐广泛 4
1.2.4　在模具设计制造中将全面推广 CAD/CAM/CAE 技术 4
1.2.5　模具高速扫描及数字化系统将发挥更大的作用 4
1.2.6　模具研磨抛光将向自动化、智能化方向发展 5
1.2.7　模具自动加工系统的研制和发展 5
2．产品零件的工艺分析 6
3. 模具类型的确定 8
4. 冲裁间隙的选用 10
5．工艺计算 11
5.1　材料排样及材料利用率的计算 11
5.1.1　材料排样的选用原则 11
5.1.2　确定排样方式 12
5.1.3 条料宽度的确定 14
6. 冲压力的计算 17
7. 模具压力中心的确定 18
7.1　模具压力中心的计算 18
8. 计算凸、凹模的刃口尺寸 19
9、冲裁及弯曲的部件及零件设计 21
10．压力设备的选择 30
11．模具经济和技术上的分析 31
结　论 32
致　谢 33
参考文献 34

1. 绪论

作为一个即将毕业的机械工程专业的学生来说，4 年专业知识的学习，为以后从事冲压模具设计打下了良好的基础。同时在校时了解模具行业的发展趋势也是很有必要的，它有助于我们把握自己的学习方向，不断提高自己的专业素养。

近年中国经济高速增长。各行各业高速发展，带动了模具市场的持续高速发展。模具市场中最大的板块是汽车。汽车工业经历了 2002 年和 2003 年连续两年“井喷式”发展之后，2004 年产量和销售量分别增长 14.11%和 15.5%，发展仍很快，模具市场中第二大板块是电子及信息产业。该产业今年来一直高速运营，年增长率达 20%以上。中国的玩具、自行车、微波炉分别占全世界市场份额的 70%、60%和 50%。中国的影印机、个人电脑、电视机和空调器分别占全世界市场份额的 2/3、2/5 和 1/3。冰箱也已占了 20%。这些产品制造业都是模具的大用户。在此形势之下，中国的模具工业高速发展是必然所趋。

随着中国加入 WTO，在机遇与挑战并存中，中国模具工业面临的形势是机遇大于挑战。因而，一方面是模具的进出口高速发展，另一方面是外资大量涌入中国的模具行业。外资大量涌入中国模具行业产生两方面效应。一是外资不仅带来资金，也带来了技术与市场；二是外资企业在市场中处于优势地位，给国内民族工业带来了很大的竞争压力。这两方面效应都促使中国模具工业的快速发展，包括模具产品的数量、质量、品种和水平。近年来，国家产业政策也一直把模具列为支持的产品，把模具工业列为需要扶持的行业。正确的产业政策产生了正确的引导作用，也促进模具工业的快速发展和模具市场的繁荣昌盛。

1.1 我国模具市场的发展趋势

现代模具工业有“不衰亡工业”之称。世界模具市场总体上供不应求，市场需求量维持在 600 亿至 650 亿美元，同时，我国的模具产业也迎来了新一轮的发展机遇。近几年，我国模具产业总产值保持 13%的年增长率（据不完全统计，2004 年国内模具进口总值达到 600 多亿，同时，有近 200 个亿的出口），2005 年模具产值超过 600 亿元，模具及模具标准件出口将从现在的每年 9000 多万美元增长到 2005 年的 2 亿美元左右。单就汽车产业而言，一个型号的汽车所需模

具达几千副，价值上亿元，而当汽车更换车型时约有 80%的模具需要更换。另外，电子和通讯产品对模具的需求也非常大，在发达国家往往占到模具市场总量的 20%之多。

模具的服务面非常广阔，因此模具的品种也十分繁杂。由于用户对产品质量和美观的要求，近年来随着塑料制品和压铸件使用越来越多，塑料模和压铸模的产量也一年大于一年，其在模具总量中的比例也在逐年提高。2001 年至 2004 年四年间，塑料模和压铸模在模具总量中的比例分别提高了约 2 个和约 0.6 个百分点。由于高速公路的快速发展，橡胶轮胎的子午化率不断提高，因而近年来子午线轮胎模具发展很快。广东揭阳和胶东半岛是子午线轮胎模具最为集中的地区，一些企业的子午线轮胎模具年销售额已超过 1 亿元，有的已超过 2 亿元，形成了一定的规模效应。

模具标准件是模具的基础，可缩短生产周期、降低成本和提高质量，因此近年来模具标准件使用覆盖率不断提高，产量也就不断增加。现在，年销售额亿元以上的模具标准件生产企业已有不少，最大的已超过 10 亿元。模具标准件的品种也不断增加，质量也进一步提高。但是由于生产模具标准件的门坎较低，因而小规模的私营企业很多，其中有些企业生产条件十分简陋，原材料采购也不把关，过多地在成本和价格上打算盘，致使产品质量下降，既影响模具质量，又对市场造成冲击，在模具市场上发出了一些不协调的音符。

质量、周期、价格、服务，是模具销售的四大要素。在目前的模具市场中，周期越来越重要。模具材料不断涨价，工资不断上升，模具价格总体上却是不涨反降，因此模具生产企业利润空间被压缩。为了生存与发展，近年模具企业更加注重技术进步和管理改善。这些也都促进了模具市场的健康发展。由于中低档模具竞争加剧，中高档模具市场空间相对较大，因此，不断提高模具产品的技术含量，已是许多模具企业的共同目标。这样，大型、精密、复杂、长寿命等技术含量高的中高档模具的发展速度自然也就快于模具行业的总体发展速度。从而促进了模具市场的产品和技术结构向着合理化方向发展，致使模具市场更加繁荣。

广东省是我国目前的模具第一大省，以三资企业为主体的广东模具市场，目前约占我国模具产值的四成以上。以私营企业为主体的浙江省模具生产名列

我国第二。江苏和上海，近年来模具生产发展相当快，市场份额正逐年增长。山东、安徽、福建、天津、辽宁近年的发展情况也比较好，而西部和中部地区的大多数省份，其发展速度就相对慢一些。总起来说，珠江三角洲和长江三角洲是我国模具市场发展最为集中的两大地区。

2005 年我国经济总体上仍保持着高速发展的走势，模具主要用户行业的发展速度大都能达到 15%以上。因此，2005 年我国模具市场的增长率也在 15%以上，也就是说，2005 年我国模具的总产值超过 600 亿元人民币。用一句话来概括我国模具市场的近况，那就是“平稳向上，产需两旺”。

“十一五”期间（2006～2010 年）我国模具市场的发展速度可能比“十五”期间慢一些，但预计年平均增长率也会达到两位数，其最大可能是 10%～12%，这一预计速度应该说是比较保守的。

在我国模具行业的“十一五”规划中，还有几个项目的具体发展目标如下：骨干企业基本实现信息化管理，通过ISO9000 等质量管理体系认证；大型、精密、复杂等技术含量高的中高档模具的比例从目前的约30%提高到 2010 年的 40%；国产模具国内市场占有率目前不足80%，2010 年时要达到 85%以上；模具出口额 2010 年时以 10 亿美元为目标；模具标准件使用覆盖率从目前的45%提高到 2010 年时的 60%、模具的商品化程度从目前的45%左右提高到 2010 年时的 55%。

1.2 模具技术的发展趋势

1.2.1 模具产品发展将大型化精密化

模具产品成形零件的日渐大型化，以及由于高效率生产要求的一模多腔(如塑封模已达到一模几百腔)使模具日趋大型化。随着零件微型化，以及模具结构发展的要求(如多工位级进模工位数的增加，其步距精度的提高)精密模具精度已由原来的 5μm 提高到 2～3μm，今后有些模具加工精度公差要求　在 1μm 以下，这就要求发展超精加工。

1.2.2 快速经济模具的前景十分广阔

现在是多品种、少批量生产的时代，到下一个世纪，这种生产方式占工业生产的比例将达 75%以上。一方面是制品使用周期短，品种更新快，另一方面制

品的花样变化频繁，均 要求模具的生产周期越快越好。因此，开发快速经济具越来越引起人们的重视。例如，研制 各种超塑性材料(环氧、聚脂等)制作或其中填充金属粉末、玻璃纤维等的简易模具；中、低 熔点合金模具、喷涂成型模具、快速电铸模、陶瓷型精铸模、陶瓷型吸塑模、叠层模及快速 原型制造模具等快速经济模具将进一步发展。快换模架、快换冲头等也将日益发展。另外，采用计算机控制和机械手操作的快速换模装置、快速试模技术也会得到发展和提高。

1.2.3 模具标准件的应用将日渐广泛

使用模具标准件不但能缩短模具制造周期，而且能提高模具质量和降低模具制造成本。因此，模具标准件的应用必将日渐广泛。为此，首先要制订统一的国家标准，并严格按标准生产；其次要逐步形成规模生产，提高标准件质量、降低成本；再次是要进一步增加标准件规格品种，发展和完善联销网，保证供货迅速。

1.2.4 在模具设计制造中将全面推广 CAD/CAM/CAE 技术

模具 CAD/CAM/CAE 技术是模具技术发展的一个重要里程碑。实践证明，模具 CAD/CAM/CAE 技术是模具设计制造的发展方向。现在，全面普及 CAD/CAM/CAE 技术已基本成熟。由于模具 CAD/CAM 技术已发展成为一项比较成熟的共性技术，近年来模具 CAD/CAM 技术的硬件与软件价格已降低到中小企业普遍可以接受的程度，特别是微机的普及应用，更为广大模具企业普及模具 CAD/CAM 技术创造了良好的条件。随着微机软件的发展和进步，技术培训工作也日趋简化。在普及推广模具 CAD/CAM 技术的过程中，应抓住机遇，重点扶持国产模具软件的开发 和应用。

加大技术培训和技术服务的力度。应进一步扩大 CAE 技术的应用范围。对于已普及了模具 CAD/CAM 技术的一批以家电行业代表的企业来说，应积极做好模具 CAD/CAM 技术的深化应用工作，即开展企业信息化工程，可从 CAPP，PDM， CIMS，VR 逐步深化和提高。

1.2.5 模具高速扫描及数字化系统将发挥更大的作用

英国雷尼绍公司的模具扫描系统，已在我国 200 多家模具厂点得到应用，取得良好效果。该系统提供了从模型或实物扫描到加工出期望的的模型所需的诸多功能，大大缩短的研制制造周期。如 RENSCAN200 快速扫描系统，可快速安装在已有的数控铣床及加工中心上， 用雷尼绍的 SP2-1 扫描测头实现快速数据采集，控制核心是雷尼绍 TRACECUT 软件，可自动生成各种不同数控系统的加工等程序及不同格式的 CAD 数据。用于模具制造业的“逆向工程”。该公司又推出了 CYCLON 高速扫描机，这是一台独立工作的专门用来扫描的设备，不占用加工机床的工作时间。其扫描速度最高可达 3m/min，大大缩短了模具制造周期，另外，其数据采集速度比 RENSCAN200 快，定时探针接触力小，因此可以用非常细的探针，用来扫描细小的模具和细微的特征表面 ，扩大模具生产的品种范围。由于模具扫描系统已在汽车、摩托车、定电等行业得到成功应用，相信在“十五”期间将发挥更大作用。

1.2.6 模具研磨抛光将向自动化、智能化方向发展

模具表面的精加工是模具加工中未能很好解决的难题之一。模具表面的质量对模具使用寿命、制件外观质量等方面均有较大的影响，我国目前仍以手工研磨抛光为主，不仅效率低(约占整个模具制造周期的 1/3)，且工人劳动强度大，质量不稳定，制约了我国模具加工 向更高层次发展。因此，研究抛光的自动化、智能化是重要的发展趋势。日本已研制了数控 研磨机，可实现三维曲面模具研磨抛光的自动化、智能化是重要的发展趋势。日本已研制了 数控研磨机，可实现三给曲面模具研磨抛光的自动化。另外，由于模具型腔形状复杂，任何 一种研磨抛光方法都有一定局限性。应注意发展特种研磨与抛光、如挤压衍磨、电化学抛光、超声抛光以及复合抛光工艺与装备，以提高模具表面质量。

1.2.7 模具自动加工系统的研制和发展

随着各种新技术的迅速发展，国外已出现了模具自动加工系统。这也是我国长远发展的目标。模具自动加工系统应有如下特征：多台机床合理组合；配有随行定位夹具或定位盘；有完整的机具、刀具数控库；有完整的数控柔性同

步系统；有质量监测控制系统。□

2．产品零件的工艺分析

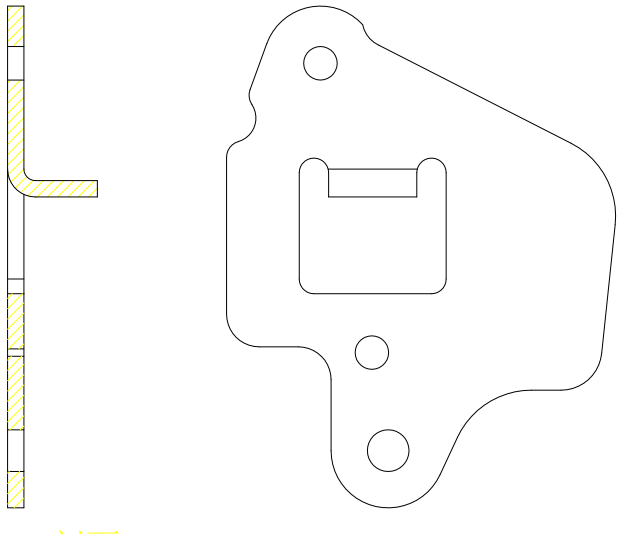


图 2.1 零件简图

该零件的材料为薄钢片 D21，钢板厚度 2mm，具有良好的冲裁性能。零件形状简单，对称，是由圆弧和直线组成。查文献[5]表 2-3 得其相关的力学性能如表 2.1 中所示。

表 2.1 相关力学性能

牌名	材料的状态	抗剪强度 τ（MP）	抗拉强度 σ_b (MP)	屈服点 σ_s (MP)	伸长率 δ_{10}
D21	已退火	190	230	---	26

对于冲三个小孔，冲复杂外形曲线，按照冲压手册一般冲孔模对该材料（钢 τ〈400MPa）可以冲压的最小的孔径为 d≧t=0.5mm，因而小孔符合工艺要求。最小孔边距为 b=3.5mm≧t，因而符合孔边距工艺要求，以上分析均符合冲

裁工艺要求。

由表 2.2、2.3 查出冲裁件内外所能达到的经济精度为 IT11，孔中心与边缘距离尺寸公差为±0.6，对于孔心距公差为±0.1，将以上精度与零件简图中所标注的尺寸公差相比较，可认为该零件的精度要求能够在冲裁加工中得到保证，其他尺寸标准、生产批量等情况，也均符合冲裁的工艺要求，故决定采用冲孔落料复合冲裁模进行加工，且一次成形。

表 2.2 冲裁件内外形所能达到的经济精度

基本尺寸/mm 材料厚度 t/mm	≤3	3~6	6~10	10~18	18~500
≤1	IT12~IT13			IT11	
1~2	IT14	IT12~IT13			IT11

表 2.3 孔中心与边缘距离尺寸公差

材料厚度 t	孔中心与边缘距离尺寸			
	≤50	50~120	120~220	220~360
≤2	±0.5	±0.6	±0.7	±0.8
2~4	±0.6	±0.7	±0.8	±1.0

3. 模具类型的确定

常见的模具形式可分为单工序模、复合模和级进模三种。确定模具形式，应以冲裁工件的要求、生产批量、模具加工条件为主要依据。

冲压生产批量与合理模具形式见表 3.1，单工序模、级进模和复合模的比较见表 3.2。

表 3.1 冲压生产批量与合理模具形式

批量/（千件/每年） 项目	单件	小批	中批	大批	大量
大件 中件 小件	<1 <1 <1	1~2 1~5 1~10	2~20 5~50 10~100	20~300 50~1000 100~5000	>300 >1000 >5000
模具形式	简易模 单工序模	单工序模 简易模	级进模 复合模 单工序模	级进模 复合模	级进模 复合模
设备形式	通用压机	通用压机	高速压机 自动和半自动 通用压机	机械化高速压机 自动机	专用压机与自动机

表 3.2 单工序模、级进模和复合模的比较

比较项目	单工序模	级进模	复合模
工件尺寸精度	较低	一般，IT11 级以下	较高，IT9 级以下
工件形位公差	工件不平整，同轴度、对称度及位置度误差大	不太平整，有时要较平，同轴度、位置度误差较大	工件平整，同轴度、对称度及位置误差大

冲压生产率	低，冲床一次行程内只能完成一个工序	高，冲床在一次行程内能完成多个工序	较高，冲床在一次行程内可完成两个以上工序
实现操作机械化、自动化的可能性	较易，尤其适合多工位冲床上实现自动化	容易，尤其适应于单机上实现自动化	难，工件与废料排除较复杂，只能在单机上实现部分机械化操作
对材料的要求	对条料宽度要求不严，可用边角料	对条料或带料宽度要求严格	对条料宽度要求不严，可用边角料
生产安全行	安全性较差	比较安全	安全性较差
模具制造的难易程度	较易，结构简单，制造周期短，价格低	形状简单件，比用复合模制造难度低	形状复杂件，比用级进模的制造难度低
应用	通用性好，适合中、小批量生产和大型件的大量生产	通用性较差，适合于形状简单，尺寸不大，精度要求不高件的大批量生产	通用性较差，适于形状复杂、尺寸不大、精度要求较高件的大批量生产

根据制件的工艺分析，其基本工序有落料、冲孔、弯曲三道基本工序，按其先后顺序组合，可得如下几种方案;

(1) 落料——弯曲——冲孔；单工序模冲压

(2) 落料——冲孔——弯曲；单工序模冲压。

(3) 冲孔、落料——弯曲；复合模冲压。

方案（1）（2）属于单工序模冲裁工序冲裁模指在压力机一次行程内完成一个冲压工序的冲裁模。由于此制件生产批量大，尺寸又较这两种方案生产效率较低，操作也不安全，劳动强度大，故不宜采用。

方案（3）属于复合冲裁模，复合冲裁模是指在一次工作行程中，在模具同一部位同时完成数道冲压工序的模具。采用复合模冲裁，其模具结构没有连续模复杂，生产效率也很高，又降低的工人的劳动强度，所以此方案最为合适。

根据分析采用方案（3）复合冲裁。

所谓复合模具结构，就是在冲床的一次行程内，完成两道以上的冲压工序。在完成这些工序过程中，冲件材料无需进给移动。复合模具结构的优点（1）制件精度高。由于是在冲床的一次行程内，完成数道冲压工序。因而不存在累积定位误差。使冲出的制件内外形相对位置及各件的尺寸一致性非常好，制件平

直。适宜冲制薄料和脆性或软质材料。（2）生产效率高。（3）模具结构紧凑，面积较小。

复合模具结构的选用原则：只有当制件精度要求高，生产批量大，表面要求平整时，才选用复合模具结构。

4. 冲裁间隙的选用

在冲裁模的设计中，凸凹模间隙的合理选取，是保证模具正常工作、提高冲片质量、延长模具寿命的一个关键因素。理想的间隙应该是板料冲裁断裂时，凸凹模刃口边所产生的裂纹在一条直线上，否则冲片边缘将出现不允许的毛刺，使得刃口粘结严重，磨损加快，进而影响模具的寿命。所以，如何选取合理的凸凹模间隙，是模具设计时不容忽视的问题。

2mm 的硅钢片，手册表 4.1 推荐的间隙为 0 . 0 6 ～0. 08mm，约为材料厚度的 8 %～14 %。按照这个间隙，冲出的定、转子片毛刺虽能控制在规定范围内。但由于间隙偏小，使得凸模与被冲的孔之间、凹模与落料之间的摩擦严重，造成凸模和凹模侧壁产生粘结，卸料力增大，影响冲片断面的质量，刃口容易变钝，冲片易出毛刺，且毛刺增长过快，甚至发生凹模胀裂现象，致使模具寿命下降。且取小间隙时，由于弹性回跳作用，落料件尺寸大于凹模，冲出的孔径小于凸模，从而造成冲片的尺寸精度出现误差。

表 4.1 落料、冲孔模刃口始用间隙

厚度 t 硅钢片	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0
Zmin	0.01	0.015	0.03	0.06	0.10	0.13
Zmax	0.03	0.035	0.05	0.08	0.13	0.16

为提高冲片质量，延长模具寿命，根据国内外资料信息，在实践中对模具间隙做了试验摸索，证明放大间隙是非常有效的。

经过多次对 2mm 厚硅钢片冲裁的试验，发现间隙值在材料厚度的 20 %左右范围内，即间隙值为 0.09～0.11mm 最为合适。

采用这个间隙，可以获得如下效果:(1) 提高了冲片质量。刃口锋利时毛刺小，冲裁过程中毛刺增长缓慢。(2) 冲片表面平整度大大改善，特别是相邻孔之间。(3) 凸凹模侧壁无粘结，减小了卸料力。(4) 延长了模具寿命。刃磨一次可以保证较的冲次，从而减少刃磨次数，提高了生产效率。实践证明，合理地放大间隙，可使冲裁质量得到有效的保证，且模具寿命能提高 2～3 倍。

5．工艺计算

5.1 材料排样及材料利用率的计算

排样是指冲裁零件在条料、带料或板料上布置的方法。合理有效的排样在于保证在最低的材料消耗和高生产率的条件下，得到符合设计技术要求的工件。在冲压生产过程中，保证很低的废料百分率是现代冲压生产最重要的技术指标之一。在冲压工作中，冲压件材料消耗费用可达总成本的60%～75%，每降低1%的冲压废料，将会使成本降低0.4%～0.5%。合理利用材料是降低成本的有效措施，尤其在成批和大量生产中，冲压零件的年产量达数十万件，甚至数百万件，材料合理利用的经济效果更为突出。

5.1.1 材料排样的选用原则

（1）冲裁小工件或某种工件需要窄带料时，应沿板料顺长方向进行排样，符合材料规格及工艺要求。

（2）冲裁弯曲件毛坯时，应考虑板料的轧制方向。

（3）冲件在条（带）料上的排样，应考虑冲压生产率、冲模耐用度、冲模结构是否简单和操的方便与安全等。

该弯曲件采用落料弯曲冲孔复合模，毛坯形状为圆形，为便于送料和设计，采用单排方案。

5.1.2 确定排样方式

根据材料经济利用程度，排样方法可分为有废料、少废料和无废料排样三种，根据制件在条料上的布置形式，排样又可分为直排、斜排、对排、混合排、多排等多种形式。

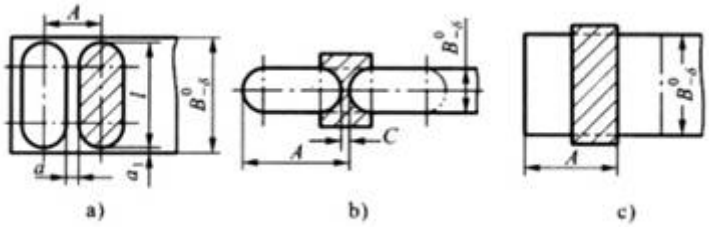


图 5.1 排样

有废料排样法：如图 5.1a)所示，沿制件的全部外形轮廓冲裁，在制件之间及制件与条料侧 边之间 ，都有工艺余料 (称搭边)存在。因留有搭边，所以制件质量和模具寿命较高，但材料利用率降低。

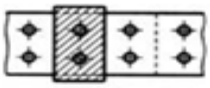
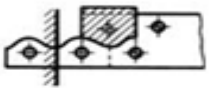
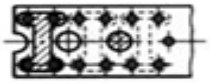
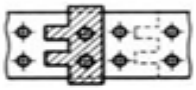
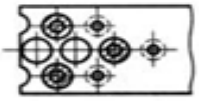
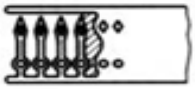
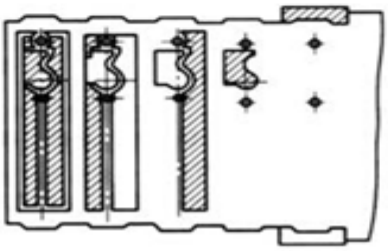
少废料排样法：如图 5.1b)所示。沿制件的部分外形轮廓切断或冲裁，只在制件之间(或制件与条料侧 边之间)留有搭边，材料利用率有所提高。

无废料排样法：无废料排样法就是无工艺搭边的排样，制件直接由切断条料获得。图 5.1c)是步距为两倍制件宽度 的一模两件 的无废料排样。

采用少、无废料排样法，材料利用率高，不但有利于一次冲程获得多个制件，而且可以简化模具结构、降低冲裁力但是，因条料本身的公差以及条料导向与定位所产生的误差的影响，所以冲裁件的公差等级较低。同时，因模具单面受力 (单边切断时)，不但会加剧模具的磨损，降低模具的寿命，而且也直接

影响到冲裁件的断面质量。为此排样时必须统筹兼顾、全面考虑。表5.1为排样形式分类示例。

表5.1排样形式分类示例

排样形式	有废料排样	少、无废料排样	应用范围
直排			方形、矩形零件
斜排			椭圆形、L形、T形、S形零件
直对排			梯形、三角形、半圆形、T形、Π形零件
混合排			材料与厚度相同的两种以上的零件
多行排			批量较大、尺寸不大的圆形、六角形、方形、矩形零件
整数搭边			细长零件
分次数搭边			

5.1.3 条料宽度的确定

无侧压装置时条料的宽度(图5.2)

无侧压装置的模具，其条料宽度应考虑在送料过程中因条料的摆动而使侧面搭边减小。为了补偿侧面搭边的减小部分，条料宽度应增加一个可能的摆动量。故条料宽度为：

$$B=(D+2(a+\delta)+c)_{0}^{-\delta} \quad (mm) \qquad (5\text{-}1)$$

式中：

B——条料宽度的基本尺寸(mm)；

D——条料宽度方向零件轮廓的最大尺寸(mm)；

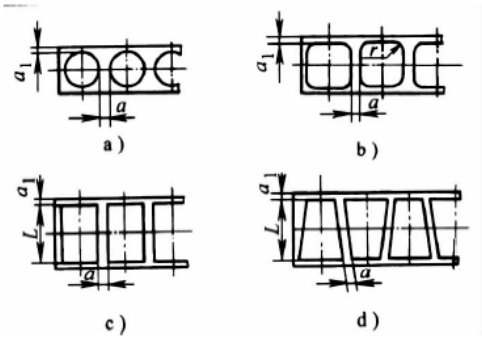
a——侧面搭边，查表5.2 (mm)；

δ——条料下料剪切公差，查表5.3（mm）

式中c为条料与导料板之间的间隙(即条料的可能摆动量)，查表5.3(mm)。

导料板之间的距离，应使条料与导料板之间保持一定的间隙 (表5.3)，以保证送料畅通。

表5.2 搭边a和侧搭边a_1

材料厚度δ	圆形件或类似圆形件		矩形件边长 $L\leqslant 50$		矩形件边长 $L>50$ 或圆角 $r<2\delta$	
						
	a	a_1	a	a_1	a	a_1
≤0.25	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0
>0.25~0.5	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5
>0.5~0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	2.0
>0.8~1.2	0.8	1.0	1.2	1.5	1.5	1.8
>1.2~1.6	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	2.0
>1.6~2	1.2	1.5	1.8	2.0	2.0	2.2
>2~2.5	1.5	1.8	2.0	2.2	2.2	2.5

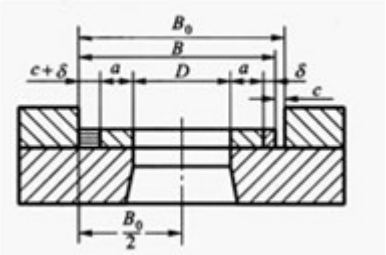


图 5.2　无侧压装置时条料的宽度确定

表5.3 剪料公差及条料与导料板之间间隙

条料宽度B	条料厚度t							
	≤1		>1～2		>2～3		>3～5	
	δ	c	δ	c	δ	c	δ	c
≤50	0.4	0.1	0.5	0.2	0.7	0.4	0.9	0.6
>50～100	0.5	0.1	0.6	0.2	0.8	0.4	1.0	0.6
>100～150	0.6	0.2	0.7	0.3	0.9	0.5	1.1	0.7
>150～220	0.7	0.2	0.8	0.3	1.0	0.5	1.2	0.7
>220～300	0.8	0.3	0.9	0.4	1.1	0.6	1.3	0.8

根据条料的宽度尺寸，选择合适的板料规格，使剩余的边料越小越好。该零件宽度用料为 65mm，以选择 490mm×65mm×2mm 的板料规格为宜。

材料消耗工艺定额

$$G = \frac{\text{一张钢板的质量}}{\text{一张钢板冲制零件的数量}} = \frac{2 \times 65 \times 490 \times 0.0000078}{10} = 0.05kg \qquad (5\text{-}2)$$

一张板料上总的材料利用率

$$h = \frac{\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square \quad \times \square\square\square\square\square \quad \square}{\square\square\square\square\square\square\square} = \frac{6 \times 6 \times \pi \times 110^2}{1400 \times 1500} = 65.1\% \qquad (5\text{-}3)$$

见图 5.3　为直排有废料排样方式

由表 5.2 查得最小搭边值 a=1.2　a_1=1.5

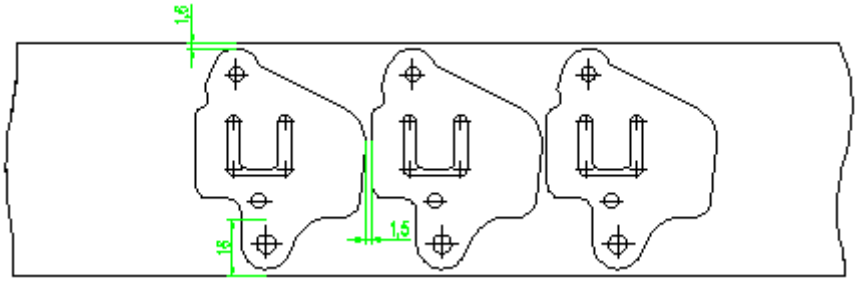


图 5.3 排样图

毛胚面积根据绘图软件测绘 A=2754.3 mm^2　　（5-4）

条料宽度 b=3.6+61.4=65 mm　　（5-5）

进距 h=48+1.2=49.2 mm　　（5-6）

材料利用率　：

$$\eta = \frac{nA}{bn} \times 100\% = \frac{1 \times 2754.3}{65 \times 49.2} = 86.1\% \quad (5\text{-}7)$$

6. 冲压力的计算

采用弹性卸料和上出料方式　硅钢片 D21 的 τ =190MPa

落料力 $F_1=Lt\sigma_b$ =（471×0.5×230）N=54.165×10^3 N　　（6-1）

冲孔力 $F_2=Lt\sigma_b$ =（441×0.5×230+15.7×9×0.5×230）N=66.965×10^3 N（6-2）

卸料力 $F_{卸}=K_{卸}F_1$=0.05×54.165×10^3 =27.0825×10^3 N　　（6-3）

查表 6.1　取 $K_{卸}$=0.05

推件力 $F_{推}=nK_{推}F_2$=10×0.065×66.965×10^3 =32.964×10^3 N　　（6-4）

查表 6.1　取 $K_{推}$=0.065

表 6.1 卸料力、推件力和顶出力因数

料厚/mm		$K_{卸}$	$K_{推}$	$K_{顶}$
钢	≤0.1	0.06~0.09	0.1	0.14
	>0.1~0.5	0.04~0.07	0.065	0.08

选择冲床时的总冲压力为 $F_{总}=F_1+F_2+F_{卸}+F_{推}$ =140.553×10^3 N　　（6-5）

7. 模具压力中心的确定

7.1 模具压力中心的计算

为了保证压力机和模具正常地工作，必须使冲模的压力中心与压力机滑块中心线相重合，否则在冲压时会使冲模与压力机滑块歪斜，引起凸、凹模间隙不均和导向零件加速磨损，造成刃口和其它零件的损坏，甚至还会引起压力机导轨磨损，影响压力机精度。形状简单而对称的工件，如圆形，其冲裁时的压力中心与工件的几何中心重合。

因为该零件近似圆形中心对称图形，所以将零件按扎圆形零件看待，其压力中心位于轮廓图形的几何中心 0 点，如图 7.1 所示。

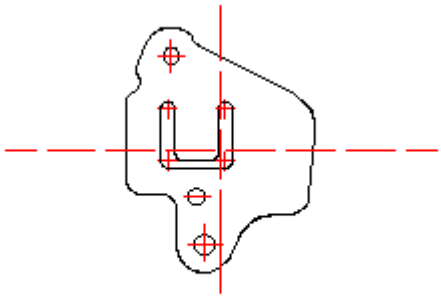


图 7.1 压力中心

8. 计算凸、凹模的刃口尺寸

根据冲裁间隙分析 Zmin=0.09mm　　Zmax=0.11mm，对零件图中未注公差的尺寸，由公差手册查出其极限偏差为、$50^{0}_{-0.1}$、$66^{0}_{-0.87}$

对于外轮廓 50，查表 8.1 的凸、凹模的制造公差 $\delta_{凸}=0.030$　$\delta_{凹}=0.040$

表 8.1 规则形状（圆形、方形件）冲裁时凸模，凹模的制造公差

基本尺寸	凸模公差 $\delta_{凸}$	凹模公差 $\delta_{凹}$
≤18	0.020	0.020
>150~200	0.030	0.040

由于 Zmax—Zmin=0.02mm　≤ $\delta_{凸}+\delta_{凹}$ 不满足条件，不可采用分开加工凸模和凹模，故采用凸模和凹模配合加工方法，以凹模为基准件。

查表 8.2 的因数 X=0.75

表 8.2 因数 X

材料厚度 t/mm	非圆形 x 值			圆形 x 值	
	1	0.75	0.5	0.75	0.5
	工件公差 Δ/mm				
1	<0.16	0.17~0.35	≥0.36	<0.16	≥0.16

落料凹模刃口尺寸计算如下：

50 ： $B_j=(B_{min}+x\Delta)^{0}_{-\frac{\Delta}{4}}$

$$5_{凹}=(5+0.75\times0.1)^{0}_{-\frac{0.1}{4}}=5.075^{0}_{-0.025}\ mm \qquad (8\text{-}1)$$

冲孔凸模刃口尺寸计算如下：

$$\Phi5\ ：d_{凸}=(d+x\Delta)^{0}_{-\delta_{凸}}=(5+0.5\times0.24)^{0}_{-0.02}=5.12^{0}_{-0.02}\ mm \qquad (8\text{-}2)$$

$d_{凹}$ 按凸模尺寸配制其双面间隙为 0.09～0.11mm

对于冲外边曲线，零件形状比较复杂，且为薄材料为了保证凸、凹模之间的间隙值，必须采用凸模和凹模配合加工方法，以凸模为基准件，根据凸模磨损后的尺寸变化情况将零件图中各尺寸进行分类。

A 类：$5_{0}^{+0.1}$、$R4_{0}^{+0.2}$

B 类：$150_{-0.1}^{0}$、$80_{-0.87}^{0}$

C 类：$2_{-0.05}^{+0.05}$、$5_{-0.1}^{+0.1}$、$20\pm10'$

冲孔凸模刃口尺寸计算如下：

$$A_j=(A_{max}-x\Delta)_{0}^{+\frac{\Delta}{4}} \quad (8\text{-}3)$$

$$5_{凸}=(5-0.75\times0.1)_{0}^{+\frac{0.1}{4}}=4.925_{0}^{+0.025}\,mm \quad (8\text{-}4)$$

$$4_{凸}=(4-0.5\times0.2)_{0}^{\frac{+0.2}{4}}=3.9_{0}^{+0.05}\,mm \quad (8\text{-}6)$$

$$B_j=(B_{min}+x\Delta)_{-\frac{\Delta}{4}}^{0} \quad (8\text{-}7)$$

$$110_{凸}=(110+0.5\times0.87)_{-\frac{0.1}{4}}^{0}=110.435_{-0.2175}^{0}\,mm \quad (8\text{-}8)$$

$$C_j=(C_{min}+x\Delta)\pm\frac{\Delta}{8} \quad (8\text{-}9)$$

$$2_{凸}=(2+0.75\times0.1)\pm\frac{0.1}{8}=2.075\pm0.0125mm \quad (8\text{-}10)$$

$$5_{凸}=(5+0.5\times0.2)\pm\frac{0.2}{8}=5.1\pm0.025mm \quad (8\text{-}11)$$

$$20^{0}{}_{凸}=(20^{0}+0.5\times20')\pm\frac{20'}{8}=20^{0}10'\pm2.5'\ mm \quad (8\text{-}12)$$

凹模的刃口尺寸按凸模实际尺寸配制并保证双面间隙 0.09～0.11mm

9、冲裁及弯曲的部件及零件设计

模具的零部件，有很大一部分已实现了标准化，这对于简化设计工作、稳定

模具质量、简化模具的制造维修等，都具有重大意义。在设计模具时，对于标准化的零部件，只需在标准化的资料中正确的选择，大量的设计工作是对非标准件的设计。

根据在模具中的功能和特点，可以分成两类：

⑴工艺零件：这类零件直接参与完成工艺过程并和毛坯直接发生作用。

⑵结构零件：这类零件不直接参与完成工艺过程，也不和毛坯直接发生作用。

冲模零件的详细分类见表 9.1。

表 9.1 冲模零件分类

工艺零件			结构零件			
工作零件	定位零件	卸料和压料零件	导向零件	支撑零件	紧固零件	其他零件
凸模 凹模 凸凹模	挡料销 始用挡料销 导正销 定位销、定位板 导料销、导料板 侧刃、侧刃挡块 承料板	卸料装置 压料装置 顶件装置 推件装置 废料装置	导柱 导套 导板 导筒	上、下模座 模柄 凸、凹模固定板 垫板 限位支撑装置	螺钉 销钉 键	弹性件 传动零件

1、工作零件

⑴凸模

凸模形式　　冲孔：圆形凸模，设计成直柱形式　图样见图 9.1。

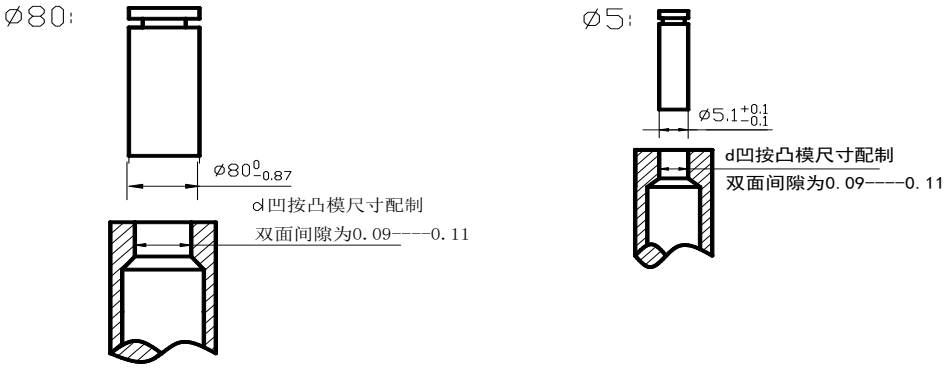


图 9.1 凸模形式图样

注：按 0.09—0.11mm 间隙与落料凹模配制

⑵凹模

凹模的刃口形式，考虑到生产批量较大，所采用刃口强度较高，即柱形刃口筒形

凹模的外形尺寸　厚度 H=Kb=0.28×61.4=17.2mm　查表 9.2 得 k=0.28。

表 9.2 因数 K 的数值

b/mm　料厚 t/mm	0.5	1	2	3	>3
50～100	0.2	0.22	0.28	0.35	0.42
100～200	0.15	0.18	0.2	0.24	0.3

壁厚 C=（1.5～2.0）H　取 C=30mm　当 t=2mm 时　取 h=6mm

总长 L=48+2×30=108mm　宽度 B=62+2×30=122mm

按照冲压模标准模架，由[9]表 7.12 取凹模周界尺寸

L×B×H=125mm×125mm×30mm

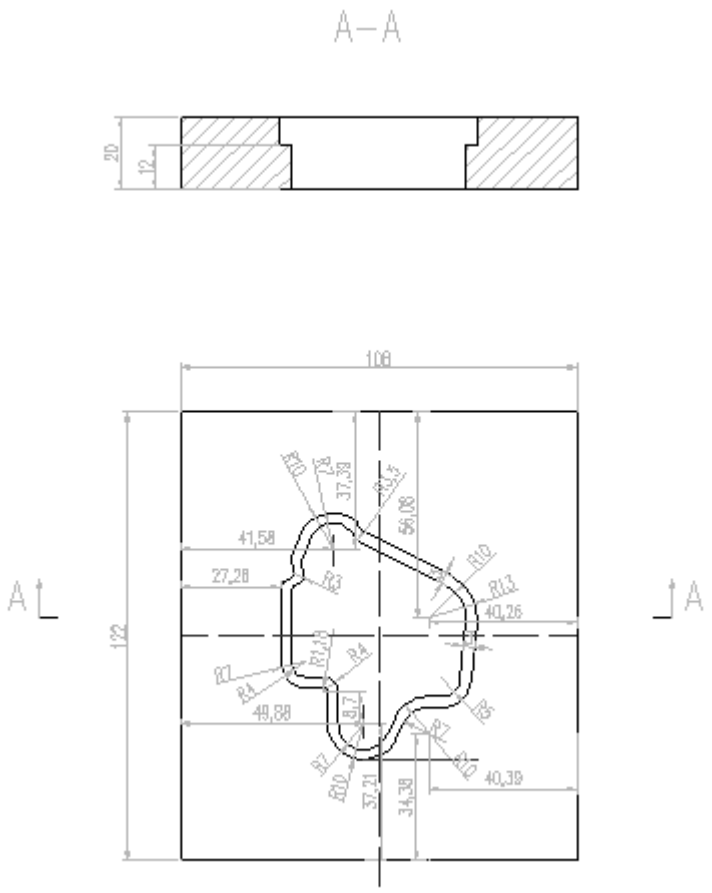


图 9.2 落料凹模

按以上计算的凹模外形尺寸，可以保证凹模有足够的强度和刚度，一般可不用进行强度校核。

⑶凸凹模

复合模的结构特点是一定有一个凸凹模。凸凹模的内、外缘均为刃口，为保证强度，内外缘之间壁厚应有一定厚度，取决于冲裁件尺寸。该凸凹模的最小壁厚为 3.5mm。通过表 9.3 校核，可知凸凹模壁厚有足够的强度。根据弹性卸料板厚度及模具结构可选取凸凹模的高度为 50mm。

表 9.3 复合模最小壁厚

冲裁材料	材料厚度		
	≤0.5	0.6~0.8	≥1
硅钢，中碳钢	1.2~1.5	1.5~2.0	（2.0~2.5）t

冲孔凹模、落料凹模、凸凹模的材料选用：根据冲裁零件电工硅钢片加工

强度，变形抗力大，模具承受载荷增加，刃口部位磨损加快，且生产批量为 10^5 件，则考虑选用合金含量高，耐磨性好的 Cr12MoV 材料。

Cr12MoV 钢有高淬透性，可用来制造断面较大，形状复杂，经受较大冲击负载的各种模具，热处理硬度为 HRC61～63。

2、定位零件

为了保证模具正常工作和冲出合格冲裁件，必须保证坯料或工序件对模具的工作刃口处于正确的相对位置，即必须定位。

条料在模具送料平面中必须有两个方向的限位：一是在与送料方向垂直的方向上限位，保证条料沿正确的方向送进，称为条料横向定位或送进导向；二是在送料方向上的限位，控制条料一次送进的距离（步距），称为条料纵向定位或送料定距。对于块料或工序件的定位，基本上也是在两个方向上的限位。

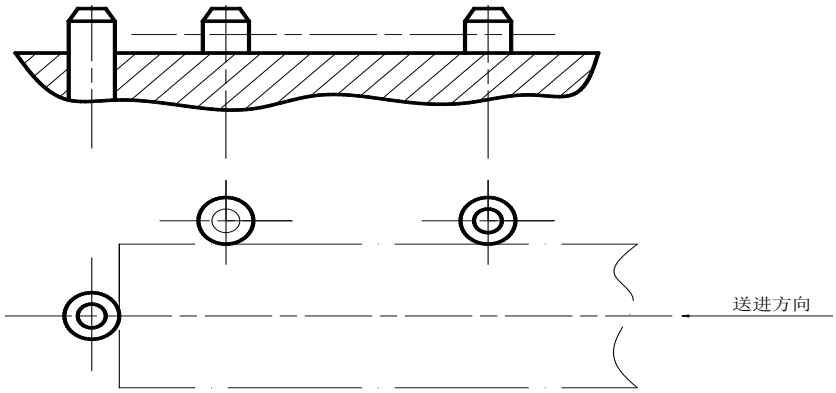


图 9.3 毛坯的定位

⑴条料横向定位装置

在复合冲裁模上，通常采用导料销进行导料。两个导料销的中心距尽可能取大一些，以便于送料。并有利于防止条料偏斜。

⑵条料纵向定位装置

在复合模中，纵向定位的主要作用是保证纵向搭边值。挡料销确保条料送进时有准确的送进距。活动挡料销常用于倒装复合模，装在卸料板上，由弹性元件支撑，可以伸缩的挡料销。设计中选取橡胶弹性挡料销。

国家标准结构如图 9.4。

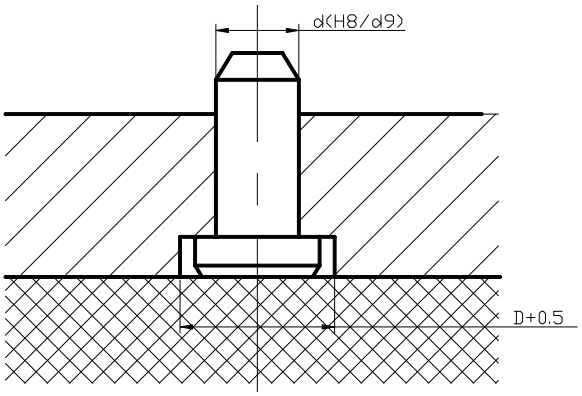


图 9.4 国家标准结构

3、卸料、出件零件

⑴卸料装置

卸料是指把冲件或废料从凸模中卸下来。可分为刚性和弹性卸料装置两种形式，视模具的结构选择。设计中为倒装复合模，易采用弹性卸料装置。弹性卸料装置卸料力较小，所得质量较好，平直度较高。弹性元件选用橡胶，其结构如图 9.5。

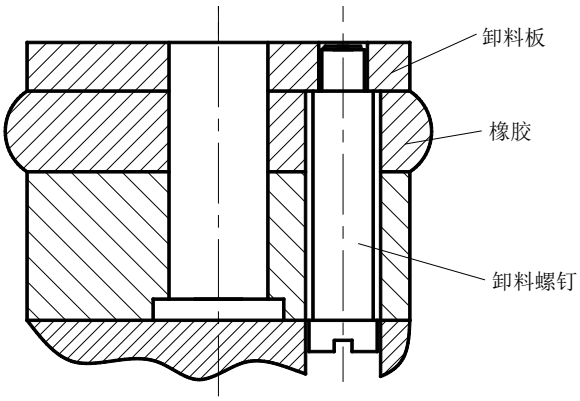


图 9.5 弹性元件

⑵推件装置

设计中模柄中心位置有冲孔凸模，采用简单的刚性推件装置，由打杆、推板、连接推杆和推件块组成。结构如图 9.6。

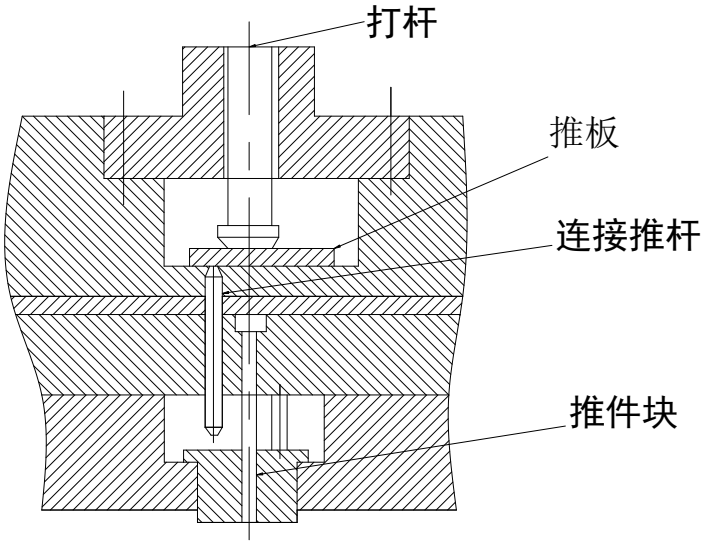


图 9.6 推件装置

4、橡胶的选用

橡胶允许承受的负荷比弹簧大，且安装调整方便，价钱又不贵，是模具中广泛使用的弹性元件。冷冲模中所用橡胶一般为聚氨脂橡胶（PUR）。

橡胶的高度 H 与直径 D 应有适当的比例，一般应保持 H=（0.5～1.5）D

5、模架及零件

⑴模架是由上模座、下模座、模柄及导向装置组成

对模架的基本要求：①应有足够的强度与刚度②应有足够的精度③上下模之间的导向应精确。

一般模架型号规格均已列入标准，设计时可选用

模架选用适用中等精度，中、小尺寸冲压件的后侧导柱模架从右向左送料，操作方便。

上模座：L/mm ×B/mm× H/mm=125×125×30

下模座：L/mm ×B/mm× H/mm=125×125×35

导柱： d/mm ×L/mm=22×130

导套： d/mm ×L/mm×D/mm=22×80×28

模架的闭合高度：140～165mm

⑵模柄

中小型模具都是通过模柄固定在压力机滑块上。设计中采用凸缘式模柄形式见图 9.7。

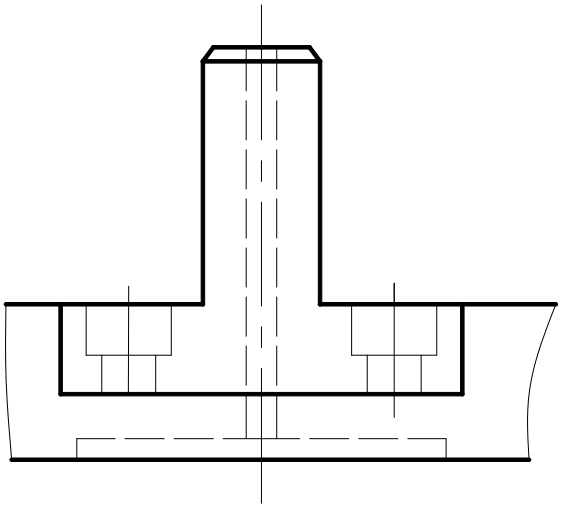


图 9.7 模柄

模柄的长度不得大于冲床滑块里模柄孔的深度，模柄直径应与模柄孔一致。

⑶连接零件的选取

垫板厚度取：10mm　材料：45 硬度：43～48HRC

凸模固定板厚度取：14m　材料：45

卸料板厚度取：15mm　材料：Q235

橡胶厚度取：18mm

6、模具的闭合高度

模具的闭合高度 $H_{模}$ 是指模具在最低工作位置时，上、下模之间的距离。为使模具正常工作，模具闭合高度必须与冲床的闭合高度相适应。应介于冲床最大和最小闭合高度之间：　$H_{最大}-5 \geqslant H_{模} \geqslant H_{最小}+10$

$$H_{模}=30+10+14+20+2+50+35-2=159 \qquad (9\text{-}1)$$

7 弯曲模设计。

弯曲图样如图所示

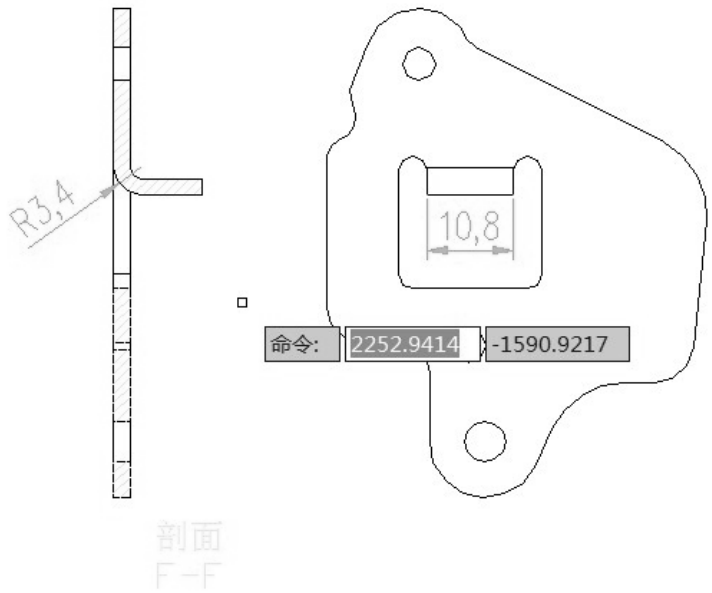


图 9.8 弯曲图样图

(1) 弯曲力计算

查文献第四章第 2 节得弯曲力的计算公式为：

对 U 型弯曲件：$F_z = \dfrac{0.7KBt^2\sigma_b}{R+t}$ （9-2）

对 V 型弯曲件：$F_z = \dfrac{0.6KBt^2\sigma_b}{R+t}$ （9-3）

压弯时的顶件力和卸料力 F_Q 值可近似取。

式中 F_z——自由弯曲力(N)

B——弯曲件宽度(mm)

t——弯曲件材料厚度(mm)，本设计中：t=2mm

R——弯曲内半径(mm)

σ_b——材料的抗拉强度(MPa)，在本设计中，抗拉强度 σ_b=230MPa

K——安全系数，一般取 K=1.3

本部分弯曲为 V 型弯曲，零件宽度 B=10.6mm 弯曲内半径 R=3.4mm

所以其弯曲力 F= $\dfrac{0.6\times1.3\times10.8\times2^2\times230}{3.4+2}=1.43KN$ （9-4）

(2) 弯曲凸、凹模尺寸计算

在本设计中，弯曲仅仅是直角折弯，不存在凸凹模的尺寸计算问题，仅仅需查找相

关文献，找出凸凹模部分的刃口倒圆角的半径和凸凹模间隙，

凸凹模圆角半径文献[3]第 134 页第一段有如下叙述：

当弯曲件的相对弯曲半径 r/t 较小时，凸模圆角半径等于弯曲件的弯曲半径，但必

须大于最小弯曲圆角半径。若 r/t 小于最小相对弯曲半径，则可先弯成较大的圆角半径，

然后再采用整形工序进行整形。

而在本设计中的弯曲最大弯曲半径等于是 3.4mm，最小弯曲半径也是 1.4，这样可以直接取弯曲件的弯曲半径为弯曲凸模的圆角半径，

凹模的圆角半径参见文献[3]第 134 页有：表 3.2。

弯曲凸凹模之间的间隙

计算公式见文献[3]第 135 页，为：

$Z = t\max + ct = t + \Delta + ct$ （9-5）

式中 Z---弯曲模凸模和凹模的单边间隙

t---材料厚度基本尺寸

Δ□□□材料厚度的上偏差

C-----材料厚度的上偏差 C-间隙系数

表 9.4

$t \le 2mm$	$r_{凹} = (3-6)\text{mm}$
$t = 2 \sim 4mm$	$r_{凹} = (2-3)\text{mm}$
$t > 4mm$	$r_{凹} = 2t$

可以看出，在这几个值中未知的仅仅是间隙系数，查文献[2]表 2-10 有：

C=0.05mm

t=2mm

所以 Z=1.025mm

(3) 弯曲模装配图

该零件需要压弯的部分较小，弯曲结构简单。

弯曲模装配为图 9.9：

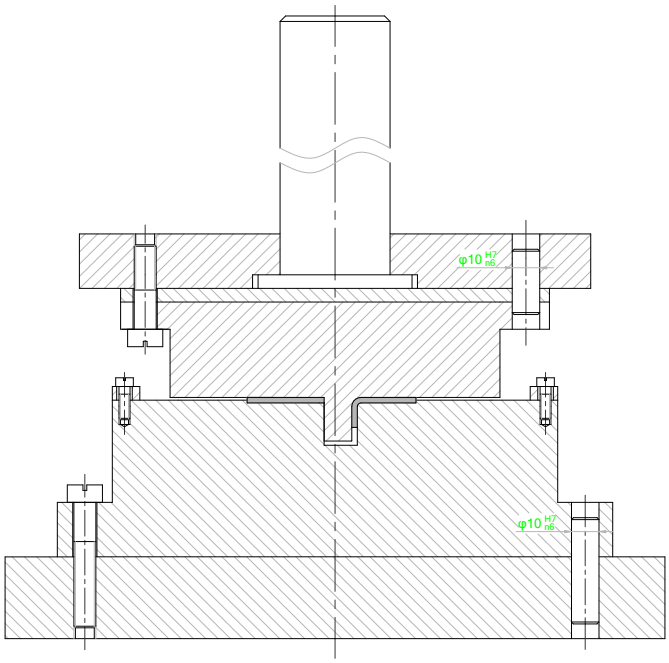


图 9.9 弯曲模装配图

10．压力设备的选择

为安全起见，防止设备的超载，参照冲压手册可选取公称压力为 63KN 的开

式双柱可倾压力机 J23～16

该压力机与模具设计的有关参数为：

公称压力：	160KN	滑块行程：	55mm
最大闭合高度：	220mm	最大装模高度：	180mm
连杆调节量：	45mm	工作台尺寸：	200×310
垫板尺寸：	30×140	模柄孔尺寸：	30×50

11．模具经济和技术上的分析

模具的经济性涉及到成本的高低供应是否充分，加工过程是否复杂、成品率的高低以及同一产品中使用金属或钢材型号的多少等。在我国当前情况下，考虑以铁代钢和以铸代锻还是符合经济性要求的，故选择一般弹钢和铸铁能满足要求的，就不要选用合金钢。对一些只要求表面性能高的零件，可选用廉价钢种，然后进行表面强化处理来达到。另外，在考虑材料经济性时，切记不宜单纯以单价来比较材料的好坏，而应以综合效益来评价材料的经济性高低。

模具的技术分析，包括模具的结构、形状以及尺寸等方面的分析。模具的结构、形状和尺寸设计计算完毕之后，要对模具的加工质量、使用条件提出基本要求，这些要求主要是：

(1)有适中而均匀的硬度，模具经淬火、回火处理后，其硬度值为 HRC40-52（根据模具的尺寸而定，尺寸越大，要求的硬度越低）。

(2)有足够高的制造精度，模具的形位公差和尺寸公差应符合图纸的要求（一般按负公差制造），配合尺寸具有良好的互换性。

(3)有足够高的表面粗糙度，配合表面应达 Ra＝3.2-1.6μm，工作带表面达 Ra＝1.6-0.4μm，表面应进行氮化处理、磷化处理或其它表面强化处理，如多元素共渗处理及化学热处理等。

(4)有良好的对中性、平行度、直线度和垂直度，配合面的接触率应大于 80％。

(5)模具无内部缺陷和表面缺陷，一般应进行超声波探伤和表面质量检查后才能使用。

结　论

本次毕业设计历时三个月，设计过程中本人收集了大量有关冲压模具设计的资料与实例，吸收了许多资料的精华部分，因此，本文内容详细而丰富。同时，本人对冲压件复合模的各个结构做了充分地研究与论证，并多次改进了设计结构。

通过这次设计，我学到了许多的东西。首先对于 AUTOCAD2007 的应用更加熟练；其次，通过模具设计使我对于冲模工艺设计的流程很熟悉。这次设计是对以前所学的专业知识的一次综合性的实践。涉及到机械制图、机械设计、模具设计、互换性以及 CAD/CAM 各个方面的内容，使我受益非浅。同时能够使我在以后的工作中更能将所学的知识付诸实践，总结经验，不断进步。

参考文献

[1] 模具实用技术丛书编委.《冲模设计应用实例》.北京：机械工业出版社. 2004.7

[2] 党根茂，骆志斌，李集仁编.《模具设计与制造》.西安：西安电子科技大学出版社. 2005.6

[3] 王涣庭，李茅花，徐善国编.《机械工程材料》.大连：大连理工大学出版社.2006.2

[4] 谭建荣，张树有等编.《图学基础教程》.北京：高等教育出版社.2007.1

[5] 严霖元主编.《机械制造基础》.江西：江西农业大学. 2004.6

[6] 邱宣怀主编.《机械设计》.北京：高等教育出版社. 2006.2

[7] 李硕本主编.《冲压工艺学》. 北京:机械工业出版社. 2007.1

[8] 冯炳尧等编.《模具设计与制造简明手册》.上海：上海科学技术出版社. 2005.9

[9] 邓石城，王旭编编.《实用模具技术手册》.上海：上海科学技术出版社. 2006.4

[10] 张鼎承主编.《冲模设计手册》.北京：机械工业出版社. 2007.3