



全国高等院校“十二五”特色精品课程建设成果

冷冲压工艺与模具设计

(第2版)

◎主编 康俊远 ◎主审 宋丽华



LENGCHONGYA GONGYI
YU MUJU SHEJI



全国高等院校

课程建设成果



冷冲压工艺与模具设计

(第2版)



◎主 编 康俊远
◎主 审 宋丽华

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是为满足应用型高等教育的需要而编写的,它是应用型高等教育“模具设计与制造”专业教学的基本内容。该教材以社会需求为目标,以技术应用为主线。基础部分以应用为目的,以够用为度;工艺部分尽可能简明扼要,加强模具设计的内容。内容力求具有针对性、应用性;叙述方法上力求通俗易懂,深入浅出,增加图示和典型实例的比重;部分章后附有思考题和习题。

本书主要介绍各种冲压工艺的工艺性、工艺计算、工艺制订,各类模具的结构及其特点以及各种冲模零件的设计要点。除了介绍几大冲压工艺的工艺性和工艺计算方法外,按照模具的类型,以大量的实例和插图介绍了模具的结构及特点;按照模具零件的功能类型,介绍了冲模零件的形式及设计要点;对汽车覆盖件成形的工艺特点、模具结构及设计做了介绍。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

冷冲压工艺与模具设计 / 康俊远主编. —2版. —北京:北京理工大学出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 6634 - 5

I. ①冷… II. ①康… III. ①冷冲压 - 生产工艺②冲模 - 设计
IV. ①TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 192704 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市通州富达印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 19.5

字 数 / 445 千字

版 次 / 2012 年 8 月第 2 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 1500 册

定 价 / 49.00 元

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明 >>>>>

北京理工大学出版社为了顺应国家对机电专业技术人才的培养要求，满足企业对毕业生的技能需求，以服务教学、立足岗位、面向就业为方向，经过多年的大力发展，开发了30多个系列500多个品种的高等教育机电类产品，覆盖了机械设计与制造、材料成型与控制技术、数控技术、模具设计与制造、机电一体化技术、焊接技术及自动化等30多个制造类专业。

为了进一步服务全国机电类高等教育的发展，北京理工大学出版社特邀请一批国内知名行业专业、高等院校骨干教师、企业专家和相关作者，根据高等教育教材改革的发展趋势，从业已出版的机电类教材中，精心挑选一批质量高、销量好、院校覆盖面广的作品，集中研讨、分别针对每本书提出修改意见，修订出版了该高等院校“十二五”特色精品课程建设成果系列教材。

本系列教材立足于完整的专业课程体系，结构严整，同时又不失灵活性，配有大量的插图、表格和案例资料。作者结合已出版教材在各个院校的实际使用情况，本着“实用、适用、先进”的修订原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格，力求提高学生的实际操作能力，使学生更好地适应社会需求。

本系列教材在开发过程中，为了更适宜于教学，特开发配套立体资源包，包括如下内容：

- 教材使用说明；
- 电子教案，并附有课程说明、教学大纲、教学重难点及课时安排等；
- 教学课件，包括：PPT课件及教学实训演示视频等；
- 教学拓展资源，包括：教学素材、教学案例及网络资源等；

- 教学题库及答案，包括：同步测试题及答案、阶段测试题及答案等；
- 教材交流支持平台。

北京理工大学出版社



Qianyan

前言 >>>>>

冷冲压在机械制造、电子电器及日常生活中占有十分重要的地位，为了获得良好的冲压制品，必须考察工件的工艺性，进行工艺计算及制订工艺路线，最后设计出合理的模具。

冲压加工在汽车、电子、电器、仪表、航空和航天产品及日用品生产中得到了广泛的应用。20多年来，我国工业发展迅速，产品更新换代很快。因此，许多工业部门对冲压技术人员的需求在逐年增加，全国高等院校模具专业的招生人数也在逐年增加。但各校普遍感到缺乏一本理论联系实际、便于教学的教材。

本书具有理论联系实际、实用性较强的特点，主要冲压件的工艺设计方法均以例题形式给出，特别是第三章冲裁模设计，对初学者是很有参考价值的。本书的模具图例不仅数量较多，而且具有一定的先进性和实用性。

本书是为满足应用型高等教育的需要而编写的，它是应用型高等学校“模具设计与制造”专业教学的基本内容。该教材以社会需求为目标，以技术应用为主线。基础部分以应用为目的，以够用为度；工艺部分尽可能简明扼要，加强模具设计的内容。内容力求具有针对性、应用性；叙述方法上力求通俗易懂，深入浅出，增加图示和典型实例的比重；部分章后附有思考题和习题。

本教材的参考学时为90学时。其主要特色是在阐明冲压工艺的基础上，详细叙述了正确设计冲压工艺与冲压模具结构的基本方法；客观地分析了冲压工艺、冲模结构、冲压设备、冲压材料、冲压件质量和冲压件经济性的关系；主要介绍了冲裁工艺及冲裁模具设计、弯曲工艺及弯曲模具设计、拉深工艺及拉深模具设计，并根据冲压技术的发展，在传统内容的基础上又增加了多工位精密级进模的设计与制造，同时引入了汽车覆盖零件的成形方法。全书在内容上各章相互独立又相互联系；语言上简明精练通俗易懂；技术上既有理论分析又结合生产实际选编了各种典型结构，加强了实用性。

本书在编写时，以技术应用为出发点，做到理论少而精，重点突出应用能力的培养，实用性较强；内容讲述通俗易懂，由浅入深，便于自学。本书适于应用型高等学校模具专业、机械专业使用，亦可供从事模具设计和制造的工程技术人员和自学者参考使用。

本教材由康俊远编写第1、2、3、4、6、8章；姬裕江编写第7、9章，徐勇军编写第5章，另外其他人也做了许多工作，在此表示诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编者



目 录

第 1 章 冲压加工基本知识 1	4.4 弯曲工艺方案的确定 113
1.1 冲压加工及分类 1	思考题与习题..... 122
1.2 冲压材料 5	第 5 章 拉伸工艺与模具设计 123
1.3 冷冲压设备的选择 6	5.1 拉深过程变形与应力分析 ... 123
1.4 模具材料选用 8	5.2 筒形件的拉深 128
第 2 章 冲压加工的理论基础 10	5.3 筒形件在以后各次拉深时的 特点及其方法 137
2.1 冲压应力应变状态..... 10	5.4 压边力与拉深力的计算 138
2.2 材料的塑性、变形抗力及 影响因素..... 13	5.5 拉深模工作部分结构参数的 确定 143
2.3 常用材料的力学性能..... 13	5.6 拉深模具的典型结构 150
第 3 章 冲裁工艺及模具设计 17	5.7 其他形状零件的拉深特点 154
3.1 冲裁变形和质量分析..... 17	5.8 拉深工艺设计 168
3.2 冲裁模具的间隙..... 22	5.9 拉深工艺的辅助工序 170
3.3 凸模与凹模刃口尺寸的 计算..... 27	5.10 拉深模设计与制造实例..... 173
3.4 冲裁力和压力中心的计算..... 34	5.11 其他拉深方法..... 177
3.5 冲裁件的排样设计..... 43	思考题与习题..... 182
3.6 冲裁件的工艺性..... 49	第 6 章 成形工艺及模具设计 183
3.7 冲裁模设计..... 52	6.1 起伏成形 183
3.8 精冲工艺及精冲模结构..... 60	6.2 翻边与翻孔 184
3.9 冲裁模主要零部件结构 设计..... 70	6.3 胀形 189
思考题与习题 95	6.4 缩口 191
第 4 章 弯曲及弯曲模具设计 97	6.5 校平与整形 193
4.1 弯曲变形过程及特点..... 97	6.6 成形模具的典型结构 196
4.2 弯曲件的回弹..... 99	第 7 章 多工位级进模 200
4.3 弯曲件成形的工艺性设计 ... 104	7.1 采用多工位级进模的条件..... 200
	7.2 多工位级进模的排样设计 201

7.3	多工位级进模零部件设计	210	8.6	翻边模设计	273
7.4	多工位级进模的安全保护	224		思考题与习题	276
7.5	多工位级进模的典型结构	227			
第8章	汽车覆盖件成形及模具	237	第9章	冲压工艺规程制订及	277
8.1	汽车覆盖件	237		模具设计步骤	277
8.2	覆盖件冲压成形的冲压 工艺设计	239	9.1	制订冲压工艺规程的程序	277
8.3	拉延件设计	245	9.2	冲压工艺规程制订实例	285
8.4	拉延模设计	252	9.3	冷冲压模具设计步骤	289
8.5	修边模设计	263			
			附录		293
			参考文献		299

第1章 冲压加工基本知识

冲压：是利用安装在压力机上的模具，对模具里的板料施加变形力，使板料在模具里产生变形，从而获得一定形状、尺寸和性能的产品零件的生产技术。由于冲压加工经常在材料的冷状态（室温）下进行，因此也称冷冲压。

冲压模具：是指将板料加工成冲压零件的专用工艺装备，是为工艺中某一特定工序服务的；工艺依附于模具，没有先进的模具技术，先进的冲压工艺无法实现。

冲压工艺及冲模设计与制造就是根据冲压零件的形状、尺寸精度及技术要求，制定冲压加工方案，设计冲压模具，并对模具零件进行加工、装配、试模和检验的全部过程。

1.1 冲压加工及分类

1.1.1 冲压加工的特点与应用

冲压生产靠模具和压力机完成加工过程，与其他加工方法相比，在技术和经济方面有如下特点：

1. 优点

- ① 互换性好。
- ② 可以获得其他加工方法所不能或难以制造的壁薄、质量轻、刚性好、表面质量高、形状复杂的零件。
- ③ 既节能又省料。
- ④ 效率高。
- ⑤ 操作方便，要求的工人技术等级不高。

2. 缺点

- ① 噪声和振动大。
- ② 模具要求高、制造复杂、周期长、制造费用昂贵，因而小批量生产受到限制。
- ③ 零件精度要求过高，冲压生产难以达到要求。

由于冲压工艺具有上述突出的特点，因此在国民经济各个领域得到了广泛应用。例如，航空航天、机械、电子信息、交通、兵器、日用电器及轻工等产业都应用冲压加工。

冲压可制造钟表及仪器的小零件，也可制造汽车、拖拉机的大型覆盖件。冲压材料可使用黑色金属、有色金属以及某些非金属材料。

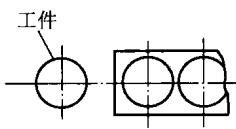
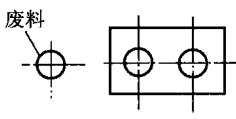
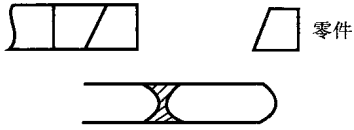


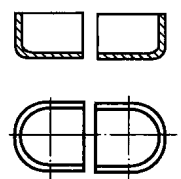
1.1.2 冲压工艺的分类

生产中为满足冲压零件形状、尺寸、精度、批量、原材料性能等方面的要求,采用多种多样的冲压加工方法。概括起来冲压加工可以分为分离工序与成形工序两大类。

1. 分离工序

分离工序是在冲压过程中使冲压件与板料沿一定的轮廓线相互分离的工序,如表1-1所示。

表1-1 分离工序

工序名称	简图	工序特征	应用范围
落料		用模具沿封闭轮廓冲切板料,冲下的部分为工件	用于制造各种形状的平板零件
冲孔		用模具沿封闭轮廓冲切板料,冲下的部分为废料	用于冲平板件或成形件上的孔
切断		用剪刀或模具切断板料,切断线不是封闭的	多用于加工形状简单的平板零件
切边		用模具将工件边缘多余的材料冲切下来	主要用于立体成形件
冲槽		在板料上或成形件上冲切出窄而长的槽	用于制造平面零件
剖切		把冲压加工成的半成品切开成为两个或数个零件	多用于不对称的成双或成组冲压之后

2. 成形工序

成形工序是毛坯在不被破坏的条件下产生塑性变形,形成所要求的形状和尺寸精度的制件,如表1-2所示。

表 1-2 成形工序

工序名称	简 图	工序特征
弯曲		用模具将板料弯曲成一定角度的零件, 或将已弯件再弯
拉深		用模具将板料压成任意形状的空心件, 或将空心件作进一步变形
翻边		用模具将板料上的孔或外缘翻成直壁
胀形		用模具对空心件施加向外的径向力, 使局部直径扩张
缩口		用模具对空心件口部施加由外向内的径向压力, 使局部直径缩小
挤压		把毛坯放在模腔内, 加压使其从模具空隙中挤出, 以成形空心或实心零件
卷圆		把板料端部卷成接近封闭的圆头, 用以加工类似铰链的零件
扩口		在空心毛坯或管状毛坯的某个部位上使其径向尺寸扩大的变形方法
校形		将工件不平的表面压平; 将已弯曲或拉深的工件压成正确的形状



1.1.3 冷冲压加工工序的特点

1. 冷冲压加工的特点

冷冲压生产靠压力机和模具完成加工过程,与其他加工方法相比,在技术与经济方面具有下列特点:

- ① 冷冲压是少、无切屑加工方法之一,所得的冲压件一般无需再加工。
- ② 对于普通压力机每分钟可生产几十件,而高速压力机每分钟可生产千件以上,因此是一种高效率的加工方法。
- ③ 冲压件的尺寸精度由模具保证,所以质量稳定,互换性好。
- ④ 冷冲压可以加工壁薄、重量轻、刚性好、形状复杂的零件,是其他加工方法所不能代替的。

2. 冷冲压加工在生产中的地位

(1) 用途

由于冷冲压工艺具有上述突出的特点,因此在生产中得到了广泛的应用。

据统计,全世界钢材品种中带材占50%,板材占17%,棒材占15%,型材占9%,线材占7%,管材占2%。由此看出,大部分材料用于冷冲压加工。

在汽车、农机产品中,冲压件约占75%~80%;在电子产品中冲压件约占80%~85%,在轻工产品中,冲压件约占90%以上,在航空、航天工业中,冲压件也占有较大的比例。因此,当前在机械、电子、轻工、国防等工业部门的产品零件,其成形方式已转向优先选用压力加工工艺,使得制件质优、低耗、低成本,在市场竞争中反应能力强、速度快。

(2) 加工范围

可加工各种类型的冲压件,尺寸小到钟表的秒针,大到汽车的纵梁、覆盖件,冲切厚度已达20 mm以上,所以加工尺寸幅度大,适应性强。

(3) 精度

对于一般冲裁件可达IT 10~IT 11级,精冲件可达IT 6~IT 9级。一般弯曲、拉深件精度可达到IT 13~IT 14级。

(4) 粗糙度

普通冲裁其粗糙度能够达到 $Ra12.5 \sim 3.2 \mu\text{m}$,精冲工艺其产品粗糙度可达到 $Ra2.5 \sim 3.2 \mu\text{m}$ 。

1.1.4 冲压及其模具技术发展

- ① 工艺分析计算现代化。
- ② 模具计算机辅助设计、制造与分析(CAD/CAM/CAE)一体化的研究和应用。
- ③ 冲压生产自动化。
- ④ 为适应市场经济的需求,大批量与多品种小批量生产共存,开发了适宜于小批量生产的各种简易模具、经济模具、标准化且容易变换的模具系统等。
- ⑤ 推广和发展冲压新工艺和新技术。
- ⑥ 与材料科学结合,不断改进板料性能,以提高冲压件的成形能力和使用效果。
- ⑦ 开发新的模具材料。

⊗ 1.2 冲压材料 ⊗

1.2.1 冲压工艺对板料的基本要求

1. 机械性能的要求

机械性能的指标很多，其中尤以延伸率 (δ)、屈强比 (σ_s/σ_b)、弹性模数 (E)、硬化指数 (n) 和厚向异性系数 (r) 影响较大。一般来说，延伸率大、屈强比小、弹性模数大、硬化指数高和厚向异性系数大有利于各种冲压成形工序。

2. 化学成分的要求

为了消除滑移线，可在拉深之前增加一道辊压工序，或采用加入铝和钒等脱氧的镇静钢，拉深时就不会出现时效现象。铝镇静钢 08Al 按其拉深质量分为 3 级：ZF（最复杂）用于拉深最复杂的零件，HF（很复杂）用于拉深很复杂的零件，F（复杂）用于拉深复杂零件。其他深拉深薄钢板按冲压性能分 Z（最深拉深）、S（深拉深）和 P（普通拉深）3 级。

3. 金相组织的要求

由于对产品的强度要求与对材料成形性能的要求，材料可处于退火状态（或软状态）(M)，也可处以淬火状态 (C) 或硬态 (Y)。

4. 表面质量的要求

材料表面应光滑，无氧化皮、裂纹、划伤等缺陷。优质钢板表面质量分 3 组：I 组（高质量表面）、II 组（较高质量表面）和 III 组（一般质量表面）。

5. 材料厚度公差的要求

厚度公差分：A（高级）、B（较高级）和 C（普通级）3 种。

1.2.2 板料的冲压成形性能及其与板料的力学性能的关系

1. 板料的冲压成形性能

板料对冲压成形工艺的适应能力称为板料的冲压成形性能。

板料的冲压成形性能，包括抗破裂性、贴模性和定形性等几个方面。

2. 板料力学性能与板料冲压性能的关系

① 屈服极限 σ_s 。屈服极限 σ_s 小，材料容易屈服，则变形抗力小。

② 屈强比 σ_s/σ_b 。屈强比小，即 σ_s 值小而 σ_b 值大，容易产生塑性变形而不易产生拉裂。

③ 伸长率 δ 。一般地说，伸长率或均匀伸长率是影响翻孔或扩孔成形性能的主要原因。

④ 硬化指数 n 。单向拉伸硬化曲线可写成 $\sigma = K\varepsilon^n$ ，其中指数 n 即为硬化指数，表示在塑性变形中材料的硬化程度。 n 大时，说明在变形中材料加工硬化严重。

1.2.3 常用冲压材料与力学性能

冲压最常用的材料是金属板料，有时也用非金属板料。金属板料分黑色金属和有色金属两种。

1. 黑色金属板料按性质分类

① 普通碳素钢钢板；

② 优质碳素结构钢板；

- ③ 低合金结构钢板；
- ④ 电工硅钢板；
- ⑤ 不锈钢板。

2. 有色金属

铜及铜合金（如黄铜），铝及铝合金。

3. 冲压用非金属材料

胶木板、橡胶、塑料板等。

1.2.4 常用冲压材料的规格

板料：常见规格有 $710 \times 1\,420$ 和 $1\,000 \times 2\,000$ 等。

纹向平行于长度方向。用剪板机剪成各种不同纹向和宽度的条料使用。

带料（卷料）。

纹向平行于长度方向。可以用滚剪机剪成要求的宽度使用，也可以用剪板机剪成各种不同纹向和宽度的条料使用。

1.3 冷冲压设备的选择

冲压设备的选择包括类型和规格选择两项内容。

1.3.1 冲压设备类型的选择

冲压设备类型的选择主要是根据冲压工艺特点和生产率、安全操作等因素来确定的。

- ① 在中小型冲压件生产中，主要选用开式压力机；
- ② 在需要变形力大的冲压工序（如冷挤压等），应选择刚性好的闭式压力机；
- ③ 对于校平、整形和温、热挤压工序，最好选用摩擦压力机；
- ④ 对于薄材料的冲裁工序，最好选用导向准确的精密压力机；
- ⑤ 对于大型拉深的冲压工序，最好选用双动拉深压力机；
- ⑥ 在大量生产中应选用高速压力机或多工位自动压力机；
- ⑦ 对于不允许冲模导套离开导柱的冲压工作，最好选择行程可调的曲拐轴式压力机。

1.3.2 冲压设备规格的选择

1. 公称压力（吨位）的确定

公称压力（额定压力）是指滑块离下死点前某一特定距离 S_p 或特定角度 α_p 时，滑块上所允许承受的最大作用力。

在选择压力机吨位时，对于施力行程小于压力机的公称压力行程的冲压工序（如冲裁、浅拉深等），只要使冲压所需工艺力的总和不超过公称压力即可。

但是，目前生产中使用的国产压力机，由于种种原因，其公称压力行程数值不符合国家标准，甚至没有给出这一重要技术参数，因此，在选择压力机时，必须使冲压工艺力曲线不超过压力机的许用压力曲线。

在使用中，为了简便起见，对于施力行程很小的（如冲孔、落料等）冲压工序，可直

接选用公称压力大于冲压所需工艺力总和的压力机。对于施力行程较大的（如深拉深、深弯曲等）冲压工序，应按照冲压所需工艺力总和小于或等于压力机公称压力的 50% ~ 60% 的条件来选择压力机。

2. 滑块行程的选择

滑块行程是指曲柄旋转一周，下死点至死点的距离，其值为曲柄半径 R 的两倍，即 $S = 2R$ ，如图 1-1 所示。滑块行程大小应保证方便毛坯的放入和零件的取出。对于上出件的拉深等冲压工序，滑块行程大于零件高度的两倍。

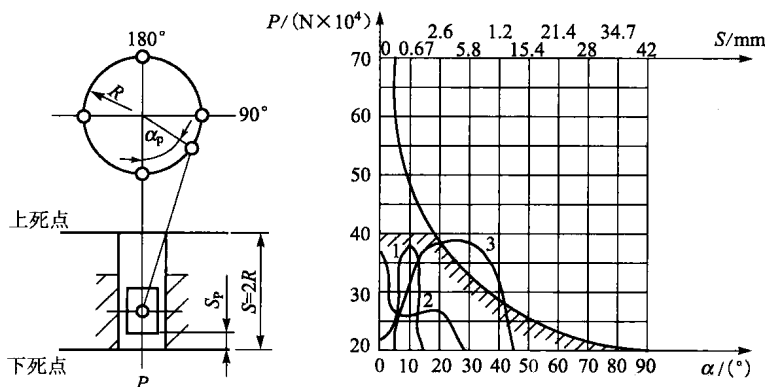


图 1-1 J23-40 型开式压力机压力曲线图

3. 行程次数的选择

行程次数是指滑块每分钟往复运动的次数，它主要根据所需生产率、操作的可能性和允许的变形速度等来确定。

4. 工作台面尺寸的选择

工作台面（或工作垫板）尺寸一般应大于模具底座各边 50 ~ 70 mm。

其孔眼尺寸应大于工件或废料尺寸，以便漏料；对于有弹顶装置的模具，工作台孔眼尺寸还应大于下弹顶器的外形尺寸。

5. 闭合高度的选择

压力机的闭合高度是指滑块在下死点位置时，滑块下端到工作台上表面的距离。闭合高度减去垫板厚度的差值，称压力机的装模高度。没有垫板的压力机，其装模高度与闭合高度相等。

模具的闭合高度是指工作行程终了时，模具上模座顶面到下模座底面之间的距离。

选择压力机时，最好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如图 1-2 所示，一般应满足：

$$(H_{\max} - H_1) - 5 \geq H \geq (H_{\min} - H_1) + 10$$

式中 H_{\max} ——最大闭合高度，连杆调到最短（曲拐轴式压力机的行程还应调到最小）时；

H_{\min} ——最小闭合高度，连杆调到最长（曲拐轴式压力机行程调到最大）时，压力机的闭合高度， $H_{\min} = H_{\max} - l$ ；

H_1 ——压力机工作垫板厚度；

$(H_{\max} - H_1)$ ——压力机最大装模高度；

$(H_{\min} - H_1)$ ——压力机最小装模高度；

H ——模具的闭合高度；

l ——连杆调节长度。

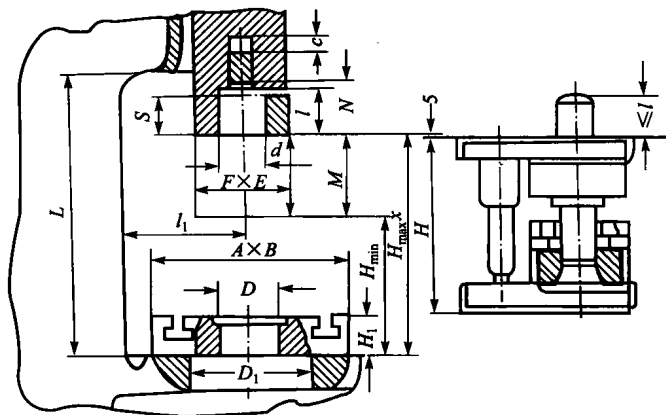


图 1-2 模具与压力机的相关尺寸

6. 电动机功率的选择

在某些情况下（如大型件的斜刃冲裁、深度很大的变薄拉深等），必须对压力机的电机功率进行校核，并选择电机的功率大于冲压所需功率的压力机。

1.4 模具材料选用

1.4.1 冲压对模具材料的要求

不同冲压方法，其模具类型不同，模具工作条件有差异，对模具材料的要求也有所不同，表 1-3 是不同模具工作条件及对模具零件材料的性能要求。

表 1-3 模具工作条件及对模具工作零件材料的性能要求

模具类型	工作条件	模具工作零件材料的性能要求
冲裁模	主要用于各种板料的冲切成形，其刃口在工作过程中受到强烈的摩擦和冲击	具有高的耐磨性、冲击韧性以及耐疲劳断裂性能
弯曲模	主要用于板料的弯曲成形，工作负荷不大，但有一定的摩擦	具有高的耐磨性和断裂抗力
拉深模	主要用于板料的拉深成形，工作应力不大，但凹模入口处承受强烈的摩擦	具有高的硬度及耐磨性，凹模工作表面粗糙度值比较低

1.4.2 冲模材料的选用原则

模具材料的选用，不仅关系到模具的使用寿命，也直接影响到模具的制造成本。选择模