



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

模具工程技术基础

(模具设计与制造专业)

主编 任建伟



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

模具工程技术基础

(模具设计与制造专业)

主 编 任建伟
责任主审 李双义
审 稿 张连洪

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材,是根据教育部2001年颁发的中等职业学校模具设计与制造专业教学指导方案,并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的。

本书主要内容包括成形工艺与设备简介、模具的基本结构及功能、模具的基本要求、模具设计的一般指导性原则、模具工程技术应用综合实训第五章,各章之后都有复习思考题。

本书可作为中等职业学校模具设计与制造专业教材,也可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

模具工程技术基础/任建伟主编. —北京:高等教育出版社,2002.4

ISBN 7-04-010272-2

I. 模... II. 任... III. 模具-理论-高等学校-教材 IV. TG76

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第088991号

责任编辑 苗凤立 封面设计 王 睢 责任绘图 李维平
版式设计 马静如 责任校对 李 辉 责任印制 杨 明

模具工程技术基础
任建伟 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街55号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

排 版 高等教育出版社照排中心

印 刷 人民教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16

版 次 2002年4月第1版

印 张 12.5

印 次 2002年4月第1次印刷

字 数 300 000

定 价 15.30元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从2001年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写的，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本教材是根据国家教育部 2001 年颁发的中等职业学校模具设计与制造专业主干课程“模具工程技术基础”教学基本要求编写的,是中等职业教育国家规划教材。本教材适用于 3、4 年制模具设计与制造专业及相关专业使用。

本教材共分五章。第一章主要阐述模具工程中金属材料、塑料和其他非金属材料用模具成形的方法、成形的特点、成形工艺中的有关计算及成形所用设备的特点等内容。第二章介绍了模具工程中常用的冲模、塑料模和压铸模的基本结构、模具零件的基本组成、模具零件的标准化及各类模具的应用特点。第三章介绍了模具精度、模具寿命、模具安全及模具使用与维护的基本知识。第四章介绍了模具设计的一般原则,通过实例介绍了模具设计时如何查阅设计手册、图册和标准等资料。第五章介绍了模具实践教学的有关内容。本教材力求体现当前职业教育改革精神,吸取近年来模具专业教学改革经验,降低了知识的理论深度,强调了内容的实用性和先进性,反映了模具工程技术中的新工艺、新技术及其发展方向。本教材每章都有内容提要 and 复习思考题,以便学生自习、复习及巩固所学知识。本教材的参考教学时数为 80 学时,供四年制的学生使用,三年制的学生根据当地的工业需要可对打“*”的部分进行选学。各章教学参考时数如下:

序 号	课 程 内 容	四 年 制	三 年 制
绪论、第一章	成形工艺与设备简介	20	12
第二章	模具的基本结构及功能	28	16
第三章	模具的基本要求	8	8
第四章	模具设计的一般指导性原则	12	6
第五章	模具工程技术应用综合实训	12	8
合 计		80	50

本教材第一章的第一、二节,第二章的第一、二、七节,第四章的第一节由任建伟编写;第一章的第三至七节、第三章、第五章由王南根编写;第二章的第三至六节、第四章的第二、三节由韩泰荣编写。任建伟担任主编,由福建高级职业技术学院翁其金副教授担任主审。

本书通过全国中等职业教育教材审定委员会审定,由天津大学机械工程学院李双义教授担任责任主审、天津大学机械工程学院张连洪教授审稿。他们对书稿提出了很多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

2001.5

目 录

绪论	1
第一章 成形工艺与设备简介	4
第一节 冲压材料及冲压设备	4
第二节 冲压工艺与冲压件的工艺性	9
第三节 塑料与塑料成形工艺	30
* 第四节 压铸合金与压铸机	42
* 第五节 压铸件的工艺性和压铸成形工艺条件	47
复习思考题	50
第二章 模具的基本结构及功能	52
第一节 冲模的基本结构	52
第二节 冲模零部件的分类、常用材料及热处理	72
第三节 注射模的组成、功能及结构	86
第四节 注射模的零部件	106
* 第五节 压铸模的基本结构及主要零部件	117
复习思考题	125
第三章 模具的基本要求	127
第一节 模具的精度	127
第二节 模具的寿命	129
第三节 针对模具的设计、制造和使用的安全措施	132
第四节 模具的使用和管理	139
复习思考题	144
第四章 模具设计的一般指导性原则	146
第一节 冲模设计的程序及实例	146
第二节 注射模设计的程序及实例	154
* 第三节 压铸模设计的一般原则	161
复习思考题	163
第五章 模具工程技术应用综合实训	164
第一节 制件生产工艺过程实训	164
第二节 模具制造工艺过程实训	165
第三节 模具安装和调整实验	173
* 第四节 模具设计综合训练	176
复习思考题	180
附录	181
参考文献	189

绪 论

模具工业是国民经济发展的重要基础工业之一。利用模具将金属材料用压力加工的方法制成各种金属零件，或利用模具将塑料及其他非金属材料通过加热加压方法制成各种成形^①零件，是产品制造业中应用非常广泛的成形方法。在产品竞争和产品不断更新的年代，要使产品不断降低成本并具有价格优势，采用模具成形技术来制造产品是非常重要的途径之一。

1. 模具成形的特点

模具成形的方法与其他加工方法相比具有以下特点：

(1) 模具成形方法是少、无切屑的先进成形方法，它具有节省能源、降低材料消耗的优点，制得的零件成本比较低。

(2) 模具可成形形状复杂的零件，用模具制造的产品精度高、表面质量好、质量稳定。

(3) 用模具制造的成形件是在压力作用下成形的，制件的组织致密、强度和刚度都较高。

(4) 模具成形加工是在压力机或注塑机等成形机械驱动下进行的，其操作简便、生产效率高、易实现机械化与自动化。如冲压加工每分钟可加工几十个甚至上千个零件；模锻每分钟可制造几十个零件；塑压加工、压铸加工每小时可加工几十至几百个零件。

2. 模具成形技术在生产中的地位

由于模具成形具有上述的特点，因此在批量生产中得到了广泛地应用，在机械、电子、航空、航天、兵器、汽车、电器、仪表、轻工、农业机械及日常生活用品的生产中，已占据十分重要的地位。现代工业发达的国家，对模具工业都十分重视，模具技术水平的高低反映了一个国家制造业的能力和工业发达的程度。我国的模具工业起步较晚，近20年来，在国家经济政策和产业政策的支持和引导下，经过引进、消化、吸收国外先进模具技术，我国模具工业有了较快的发展。“八五”和“九五”期间，我国模具工业发展速度年均增速约为13%~15%，至2000年我国模具总产值在260~270亿元之间。尤其在“九五”期间，我国模具行业的产业结构有了较大的改善，模具技术不断地提高，中高档模具占模具总量的比例有了明显地提高，进口模具逐年减少，出口模具逐年增加。我国的模具已经成为工业生产的重要基础工艺装备，是我国国民经济建设中不可缺少的一部分。

3. 模具成形方法与模具种类

目前在模具工程中，使用的模具成形方法有冲压^②成形、塑料成形、模锻成形、压铸成形、橡胶成形、玻璃和陶瓷成形等，与之相应的模具类型有冲模、塑料模、压铸模、锻模、粉末冶金模、橡胶模、玻璃模、陶瓷模和其他各类模具。

冲压成形是在常温下，利用模具和压力机对材料施加压力，使材料产生塑性变形或分离，

① “成形”和“成型”词义相通，本书统一使用“成形”一词。

② 冲压有冷冲压和热冲压之分，本书的冲压均指冷冲压。

从而获得一定形状和尺寸精度制件的加工方法。其使用的模具为冲模，常用的冲模有冲裁模、弯曲模、拉深模、成形模等，特别是高精度、长寿命的精密冲裁模、多工位级进模的开发与应用，使制件的精度和成本都有了极大的改善，模具的寿命和档次有了明显的提高。

塑料成形是以树脂为主要成分的高分子有机化合物(即塑料)，利用塑料成形机在一定的温度和压力下将熔融状的塑料注入模具型腔冷却成形的加工方法。其使用的模具有注射模、压缩模、压注模、吹塑模。特别是热流道注射模、气体辅助成形注射模的应用，改善了塑料件(以下简称塑件)内在和外在的质量，提高了塑件的生产效率，节约了原料，降低了成本。

模锻成形是在自由锻工艺的基础上发展起来的一种先进加工方法。它将金属加热并使其具有较高的塑性，然后置于锻模模膛中，由锻造设备施加压力，使金属发生塑性变形并充满模膛，得到所需形状并符合技术要求的模锻件。与自由锻件相比，模锻件具有尺寸精度高、加工余量小、表面质量好等特点。特别是精密模锻、液态模锻、超塑性模锻及冷锻工艺的应用，使模锻件实现了少、无切屑加工，经济优势更加明显。

压铸成形是在普通铸造工艺的基础上发展起来的一种先进的加工方法，它是将熔融的金属液在压铸机的高压作用下，以较高的速度通过模具的浇注系统充满模腔，并在压力下冷却凝固成压铸件。和普通铸件相比，压铸件内部组织致密、力学性能优良、尺寸精度高、表面质量好。特别是镶铸法的应用，既节约了原材料，又减少了加工和装配工时，取得了较好的经济效益。

4. 我国模具工业的发展趋势

工业产品的品种增多、市场的激烈竞争，对模具工业提出了更高的要求。缩短模具设计和制造周期、提高模具制造精度、降低模具制造成本、开发模具成形新技术和新型模具结构，将是近一段时间模具行业努力的方向。

模具 CAD/CAM/CAE 技术是模具设计与制造的发展方向。随着计算机软、硬件的发展和数控机床的应用普及，模具计算机工程分析、设计与制造一体化将成为必然。它不仅能提高模具设计、制造的效率，而且还能缩短模具制造周期，减少设计和制造人员的重复劳动，提高模具质量。

模具结构现已向大型化、精密化和多功能复合化的方向发展，模具成形的零件逐渐向大型化发展，一模多腔的模具(现在已经有一模上百腔的模具)应用逐渐增多，精密模具的精度将从 2~3 μm ，向 1 μm 努力。超精加工技术、电化学技术、超声技术和激光加工技术在今后的模具制造中将得到进一步地应用。在多工位级进模的基础上开发的新型多功能复合模，将冲压工序与叠压、攻螺纹、铆接等工序复合在一副模具中，这种多功能复合模生产的零件不再是单个零件，而是成批的组件，如小电机的铁心组件等。

热流道技术、气体辅助注射成形技术和高压注射成形技术将进一步得到发展。采用热流道注射模可提高制件的质量和生产效率，大幅度节省制件的原材料和节约能源。国外许多塑料模具厂生产的模具有 half 用上了热流道技术，效果十分明显，我国需加快推广应用的速度。气体辅助注射成形是塑料成形的新工艺，它具有注射压力低、制件翘曲变形小、表面质量好、易于成形壁厚差异较大的制件等特点，在保证质量的前提下，可大幅度降低制件成本。采用高压注射成形技术可减小树脂收缩率，增加塑料件尺寸的稳定性。

快速经济型模具应用的比例将不断增加。21 世纪是多品种小批生产的时代，这个时代的

制品使用周期短，制品花样变化频繁，这就要求模具的生产周期短、价格低，因此开发快速经济型模具将会受到格外的重视。如中低熔点合金模、精铸模、层叠模、环氧树脂模等一些快速经济型模具将进一步得到应用。

优质模具材料和新型材料将得到应用和推广，例如：在模具中选择优质模具钢材来提高模具寿命；选择高速切削性能好的新型模具材料来缩短制模周期，降低模具成本。在国外，一些国家已经广泛使用铝合金材料作为快速经济型模具的材料，如铝合金模具材料可使塑料模的寿命达 10 万次。先进的表面处理技术将进一步受到重视，模具研磨抛光设备将向自动化和智能化方向发展，如数控研磨机、挤压珩磨机、电化学抛光机、超声抛光机等设备将不断得到应用。

模具标准化程度将不断提高。为了加速我国模具工业的发展，缩短制模周期，降低模具成本，使用标准化零件将成为必然。我国沿海一些地区在推广模具标准件的生产、销售和使用中积累了许多经验，收到了很好的经济效益。

5. 本课程的性质和任务

“模具工程技术基础”是模具专业的专主主干课程。课程的任务是介绍模具成形方法，各种模具结构形式、特点及应用，模具设计的基本知识和模具使用、维护等知识，为进一步学习专门化课程中的专业知识和职业技能打下基础。该课程以“机械制图”“机械工程基础”“机械制造工艺与装备”等课程为基础，与“模具制造技术”等专业课程相并列，在学习时注意相关课程的学习。本课程的实用性和实践性很强，在学习时应注重理论联系实际，多看勤练，注重综合能力的训练。必要时可参考相关的模具设计手册和模具图册。

第一章 成形工艺与设备简介

在模具成形加工中有许多成形方法，涉及许多内容。本章主要介绍模具成形加工中所涉及的金属材料成形方法和所用的设备。

第一节 冲压材料及冲压设备

一、冲压材料

(一) 材料的种类、状态和形状

1. 材料的种类

在冲压生产中，常用到各种规格的金属材料和非金属材料，其中加工最多的是金属材料。金属材料可分为黑色金属和有色金属。

黑色金属主要有：普通碳素钢(如 Q235、Q245)、优质碳素钢(如 08、10、15、20 等)、不锈钢(如 1Cr13、2Cr13 等)、电工硅钢(如 DW11、DW12、DW21 等)、电工纯铁(如 DT1~DT4)等钢种和牌号，这些材料主要用于冲裁、弯曲、拉深、成形等工艺。

有色金属主要有：铜及其合金(T1、T2、H62、H68、HPb59—1、HMn58—2 等)、铝及其合金(1060、1050A、1200、2A12、3A21、5A02 等)、镁及其合金(如 MB1~MB8、TA1)等。

非金属材料有：纸胶板、布胶板、纸板、皮革、橡皮、塑料等。

上述这些材料的力学性能可参考附录 1。

2. 材料的状态和形状

金属材料的状态是指板料冲压以前呈现的状态，如淬火、冷作硬化、退火状态。材料的状态与材料的力学性能(塑性、硬度、弹性)关系很大，对冲压成形有很大的影响，对编制冲压件的成形工艺有很大影响。如一个硬度低、塑性好的板料在进行弯曲或拉深时，就比硬度高、塑性差的板料更易于成形。有时需要对硬度高的板料进行退火处理后再进行冲压加工。

材料的形状有板料、带料(或卷料)和线料。板料由轧钢厂以整块板料供应，除了按需要选择不同的厚度外，板料还有大小不同的规格，如 800 mm×1 600 mm、900 mm×1 800 mm、1 000 mm×2 000 mm 等，冲压前按需要用剪板机将板料剪成一定的宽度后再使用。带料(多是薄料)多用于大批生产，宽度在 300 mm 以下时，长度可从几十米至几百米。现在多数由钢厂成卷供应，也可在冲压前用滚剪机剪成所需要的宽度使用。线料断面形状多为圆形或所需要的形状，常用于小螺钉、小铆钉、回形针等的生产。

(二) 对冲压件所用材料的要求

冲压件所用材料不仅要满足工件自身力学性能的要求，还应当满足冲压工艺要求。冲压工

艺对材料的要求主要是：

1. 具有良好的成形性能

材料良好的成形性能是指材料具有较好的延伸率或断面收缩率，较低的屈服极限 σ_s 和较高的强度极限 σ_b (即屈服比 σ_s/σ_b 要小)，在变形工序中其变形程度较大，冲压时所需的变形力小，材料不会较早的破裂，有利于冲压时稳定变形和均匀变形。

2. 具有较高的表面质量

材料的表面应光滑、无氧化皮、无划伤等缺陷。表面质量高的材料冲压时不易破裂，不易擦伤模具，成形零件的表面质量也好。我国对优质钢板和合金结构钢板的表面质量分为三组：I组为高质量表面；II组为较高质量表面；III组为一般质量表面。每类材料表面质量按拉深性能的级别又分为最深拉深钢(Z)、深拉深钢(S)和普通拉深钢(P)。08Al材料有最复杂(ZF)、很复杂(HF)和复杂(F)三种。

3. 材料厚度公差应符合国家标准

在一些冲模中，模具的凸模和凹模间隙是根据材料的厚度来确定的。材料厚度过大会胀破模具，过小会影响冲压件的精度，因此冲模对材料厚度的要求比较高。板料厚度应符合国家规定的公差等级标准，我国对板料厚度公差要求规定有：A(高级)、B(较高级)和C(普通级)三种。

常用金属材料的力学性能指标可参考附录1。

二、冲压设备的组成、种类和型号

1. 压力机的组成

图1-1是JH23-40开式压力机的外形图和工作原理图。图中通过带轮1、齿轮5、8逐级减速后把电动机2的运动传递给曲轴6，并经曲轴6、连杆7、滑块9将旋转运动变为滑块的直线往复运动。若将模具安装于压力机的滑块9和工作台11上时，就能进行冲压工作。

从图1-1中可以看出，曲柄压力机一般由以下几个部分组成：

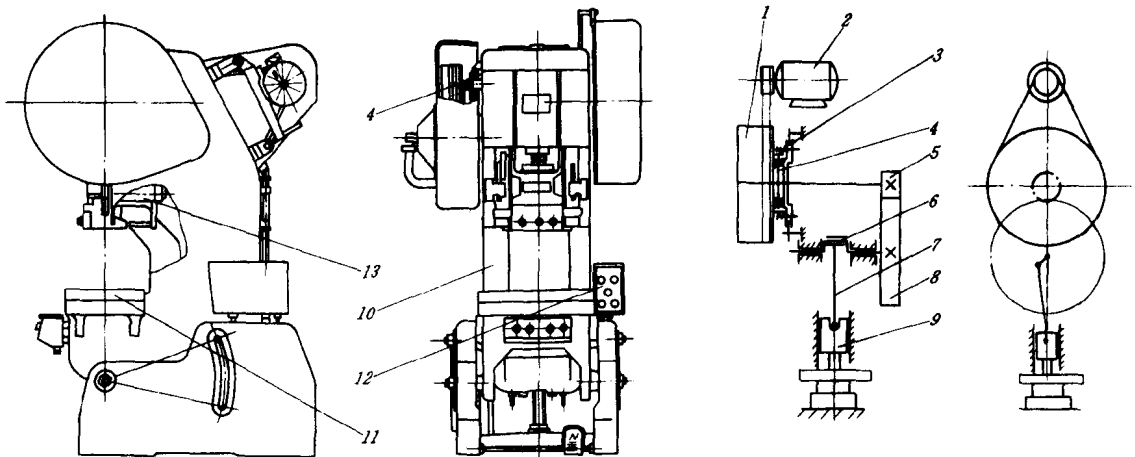


图1-1 JH23-40开式压力机外形与工作原理图

1—带轮；2—电动机；3—制动器；4—离合器；5—小齿轮；6—曲轴；
7—连杆；8—大齿轮；9—滑块；10—机身；11—工作台；12—电器装置；13—平衡装置

(1) 工作机构即曲柄滑块机构 由曲轴 6, 连杆 7 和滑块 9 等主要部件组成, 其作用是将旋转运动变为直线往复运动。

(2) 传动机构 由带轮、齿轮等组成, 其作用是传递能量和减速, 有的大带轮或大齿轮还能兼起到飞轮的作用。

(3) 操纵机构 由离合器、制动器和操纵系统组成, 其作用是控制压力机的工作状态, 即起动或停止。

(4) 动力和支承部分 压力机的动力由电动机提供, 压力机的支承部分由机身、工作台等组成, 它们是将压力机的零部件连接在一起的框架。

除以上部分外, 压力机上还有一些其他装置, 如平衡装置、过载保护装置和气动装置等。

2. 压力机的种类

根据机身结构、滑块的每分钟行程次数、滑块的数量、滑块的驱动形式和控制方式等, 构成了许多种类的并具有各自特点的压力机。

(1) 开式压力机 其机身呈 C 形结构, 前面和两侧敞开, 便于操作者安装、调整和操作模具, 但压力机的刚性差, 仅宜冲压中小型零件。

(2) 闭式压力机 其机身呈框架结构, 机身两侧是封闭的, 机身强度、刚度都较高, 操作者只能从前后安装、调整和操作模具, 可冲压较大型零件。

(3) 高速压力机 压力机的滑块每分钟行程次数可达千次以上, 适合于中小型零件的大批生产。

(4) 多工位压力机 压力机的大滑块中还设置了多个小滑块, 并配有机械手可给各工位传递坯料, 适合于较复杂零件的大批冲压生产。

(5) 双动拉伸压力机和液压拉伸压力机 该类压力机有两个滑块, 一个滑块压边, 一个滑块拉伸, 能对大中型罩壳类零件进行拉深。

(6) 精密冲裁压力机 该压力机有三重动作, 具有较高的运动精度、导向精度, 能满足精密模具的冲压加工。

(7) 数控压力机 该压力机的工作台可以在水平面内的两个方向(X、Y 向)移动, 在压力机的上、下转塔中可装多副模具, 能按照数控系统的编码指令来选择模具, 对板料的不同部位进行冲压工作。

上述压力机中, 开式压力机和闭式压力机在冲压生产中应用较广。

3. 压力机的型号

压力机的型号是按照锻压机械标准的类、列、组编制的, 例如 JC23—63B 型压力机, 其各符号表示的意义如下:

J——机械压力机(类型);

C——经过第三次变型设计;

2——开式双柱压力机(列别);

3——开式双柱可倾式压力机(组别);

63——压力机的公称力为 $63 \times 10 \text{ kN}$;

B——经过第二次改进设计。

4. 压力机的参数及选用

(1) 压力机的主要技术参数 曲柄压力机的技术参数反映了压力机的工艺能力,是选用压力机的重要依据。压力机的主要技术参数有:

① 公称力 是指滑块离下止点前某一特定距离时,滑块上允许承受的最大冲压力。如 JC23—63B 型压力机的公称力是 630 kN。目前我国生产的压力机的公称力已系列化,具体系列为:40、63、100、160、250、400、630、800、1 000、1 250 kN 等。为了确保压力机的安全,每台压力机都规定了压力机的允许负荷曲线。如图 1-2b 中,1 为压力机的允许负荷曲线。从曲线 1 中知,在压力机的整个行程中滑块允许的冲压力是变化的,滑块在下止点前的一定距离(该距离称冲压力行程)内可达到公称力,而滑块在其他位置所允许受到的力要比公称力小。在使用压力机时必须确保压力机的负荷曲线能包络冲压力的变化曲线,如曲线 2、3 被曲线 1 所包络,否则压力机将会受到损害(曲线 4 超出了曲线 1 的范围,因此可能导致压力机的损害)。

② 滑块行程 压力机的滑块行程是指曲轴旋转一周滑块从上止点到下止点所经过的距离(它是曲柄半径的两倍),如图 1-2a 所示。一般滑块行程为一定值,如 JH23—40 压力机的滑块行程是 80 mm。也有一些压力机的行程可以调节,以适应不同模具的需要,这种行程可调的压力机称偏心压力机。

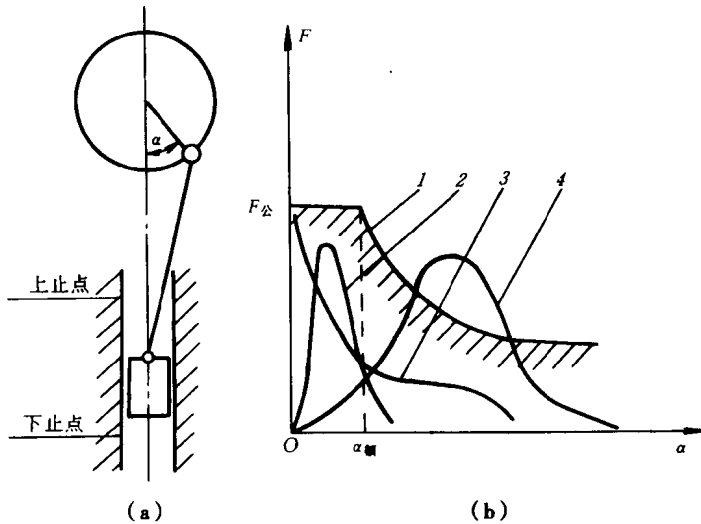


图 1-2 JH23—40 压力机的行程和允许负荷曲线

③ 封闭高度 它是指滑块在下止点时,滑块下表面到工作台上表面之间的距离。调节连杆的长度可以调节压力机的封闭高度大小。当连杆调到最短时,其封闭高度为最大封闭高度;相反当连杆调到最长时,其封闭高度为最小封闭高度。二者之差为封闭高度的调节量。

④ 滑块行程次数 它是指滑块每分钟从上止点到下止点,然后再回到上止点而往复行程的次数。滑块行程次数是决定压力机生产效率高低的参数。

⑤ 其他参数 工作台垫板平面尺寸(前后×左右)和滑块下表面尺寸(前后×左右),限定了模具平面尺寸。工作台孔尺寸,用于工件或废料的排出和模具顶出装置的放置。模柄孔尺寸

(直径×孔深)用于装夹上模。

我国目前生产的部分压力机的主要技术参数见附录 2。

(2) 压力机的选用 压力机的选用是冲压工艺设计的重要内容。选择压力机主要考虑两个方面内容：一是根据冲压工序性质、生产批量、冲压件的精度和工厂现有设备等情况选择设备的种类；二是根据冲压件的尺寸、变形力的大小选择压力机的规格。这里主要介绍在选择压力机规格时应遵循的原则。

压力机的公称力应大于冲压时所需的冲压力，当进行弯曲、拉深或成形时，要求冲压力的变化曲线应被包络在所选用压力机的允许负荷曲线范围内。

滑块行程应满足工件在高度上能获得所需尺寸，并在冲压后能顺利地 from 模具中取出。对冲裁件可选较小行程的压力机，对弯曲件、拉深件、挤压件等具有一定高度的工件，一般压力机的行程是工件高度的 2.5 倍。

模具的闭合高度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，一般应符合以下关系：

$$h_{\max} - 5 \text{ mm} \geq h \geq h_{\min} + 10 \text{ mm}$$

式中： h_{\max} ——压力机的最大装模高度，mm；

h_{\min} ——压力机的最小装模高度，mm；

h ——模具的闭合高度，mm。

模具与压力机的关系如图 1-3 所示。若模具闭合高度大于压力机的最大装模高度，模具无法安装到压力机中，因此就无法使用该压力机；若模具闭合高度小于压力机的最小装模高度，可在模具下加一块适当厚度的垫板，就能将模具安装在压力机中进行冲压生产。

大批生产时应选用每分钟行程次数多的压力机；在用手工送料，进行弯曲、拉深及其他成形工序时，因要送料、取件或取废料，生产效率不易提高，因此不宜选用较多行程次数的压力机。

压力机的工作台面尺寸、滑块尺寸、模柄孔尺寸、工作台孔尺寸应能满足模具的正确安装和使用。

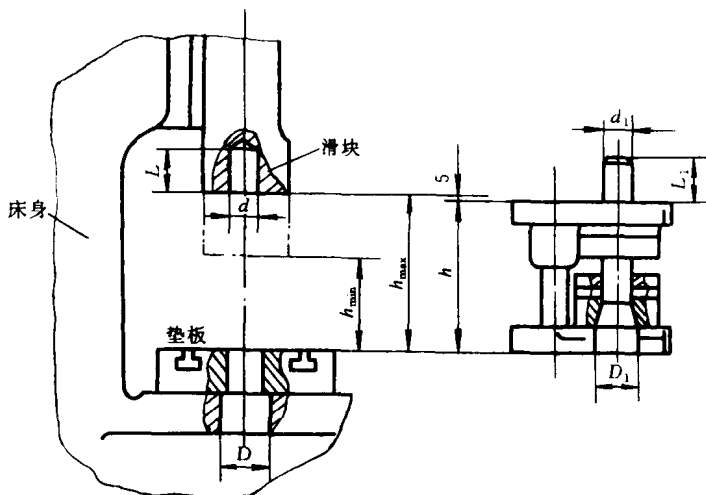


图 1-3 模具与压力机的关系

第二节 冲压工艺与冲压件的工艺性

冲压是产品制造业中非常重要的一种加工方法。在汽车、电机、电器、仪表及轻工业日用品中，冲压得到非常广泛地应用。其加工的零件小到电子元件，大到汽车的覆盖件，品种繁多。一般将冲压加工的零件称为冲压件。由于冲压件形状多种多样，其冲压方法也不相同，在工程实际中，冲压工艺与冲压件对应关系为：

- 冲裁工艺→冲裁件(落料件、冲孔件等)；
- 弯曲工艺→弯曲件(简单弯曲件、复杂弯曲件等)；
- 拉深工艺→拉深件(圆筒拉深件、矩形拉深件等)；
- 成形工艺→翻边件、胀形件、缩口件等；
- 挤压工艺→挤压件(正挤压件、反挤压件等)。

一、冲裁工艺与冲裁件的工艺性

(一) 冲裁工艺

冲裁工艺是利用冲裁模在压力机的作用下，使板料分离的一种冲压工艺。冲裁工艺包括冲孔、落料、切断、切口等多种工序，其特征是将所冲工件与坯料分离。一般冲裁工艺中冲孔和落料用得最多。落料时，冲裁封闭曲线以内的部分为制件；冲孔时，冲裁封闭曲线以外的部分为制件。如冲制一个垫圈，中央孔的冲裁为冲孔工序，垫圈外轮廓的冲裁为落料工序。除直接在板料上进行冲裁外，还可在弯曲、拉深等工序后的半成品制件上进行冲裁，因此冲裁是冲压工艺中应用最多的工序。

1. 冲裁分析

图 1-4 是冲裁变形过程示意图，凸模 1 与凹模 3 对板料 2 进行冲裁，凸模在压力机滑块的作用下下行，对支承在凹模上的板料 2 进行冲裁，使板料发生变形分离得到工件 4。由于使用的压力机运行速度很快，冲裁过程瞬时完成。从力学变形的角度看，冲裁过程经历了弹性变形阶段、塑性变形阶段和断裂分离阶段。

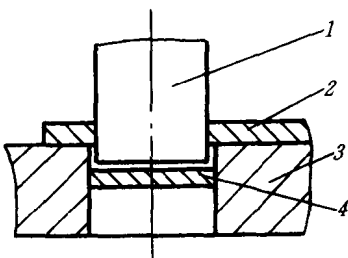


图 1-4 冲裁变形过程示意图

1—凸模；2—板料；3—凹模；4—工件

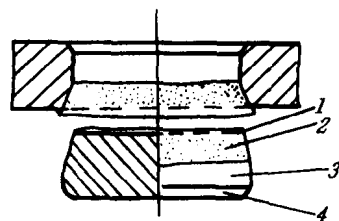


图 1-5 冲裁件断面特征

1—毛刺；2—断裂带；3—光亮带；4—塌角带

在冲裁件的断面中，可清晰地看到这三个阶段所形成的断面形状，如图 1-5 所示。通常

把冲裁件断面形状的各部分称为塌角带、光亮带、断裂带和毛刺。塌角带是在冲裁过程中弹性变形后期和塑性变形开始阶段形成的。光亮带产生于塑性变形阶段。断裂带产生于冲裁变形后期的断裂阶段。在塑性变形阶段后期，材料在模具刃口的侧面由于摩擦、应力集中、材料的加工硬化使材料的塑性降低，逐渐产生了微裂纹，微裂纹的产生与不断扩展使材料分离，与此同时也形成了毛刺。在冲裁变形的过程中毛刺的产生是不可避免的，但可以设法减小毛刺。

冲裁件上塌角带、光亮带、断裂带和毛刺的大小或在断面上所占的比例将随材料的塑性、材料状态、冲裁的条件(模具间隙、刃口锋利程度、冲裁速度等)不同而变化。塑性好的材料，光亮带大，断裂带小，塌角带和毛刺较大。对同一种材料，若凸模与凹模的间隙小，刃口锋利，其冲裁件的光亮带较大，断裂带较小，塌角带和毛刺也较小。同时模具刃口的精度、模具间隙、刃口锋利程度、模具结构都将直接影响冲裁件的形状精度和尺寸精度。表 1-1 是冲裁模双面间隙值 Z 。

表 1-1 冲裁模双面间隙值 Z

mm

材 料	双面间隙分类		
	I	II	III
低碳钢 08F, 10F, Q235, 10, 20	(6~14)% t	(14~20)% t	(20~25)% t
中碳钢 45, 1Cr18Ni9Ti, 4Cr13 可伐合金	(7~16)% t	(16~22)% t	(22~30)% t
高碳钢 T8A, T10A, 65Mn 钢	(16~24)% t	(24~30)% t	(30~36)% t
1060, 1050A, 1035, 3A21, H62 (软), T1, T2, T3	(4~8)% t	(9~12)% t	(13~18)% t
黄铜(硬), 铅黄铜, 紫铜(硬态)	(6~10)% t	(11~16)% t	(17~22)% t
2A12, 锡磷青铜, 铝青铜, 铍青铜	(7~12)% t	(14~20)% t	(22~26)% t
镁合金	(3~5)% t		
硅钢 D41	(5~10)% t	(10~18)% t	

注: t 为材料厚度。

表 1-1 中双面间隙分三类, 第 I 类适用于冲裁件精度和断面质量均要求较高的制件, 第 II 类适用于一般要求的制件, 第 III 类适用于要求不高的制件(表中双面间隙下限为 Z_{\min} , 称最小双面间隙; 上限为 Z_{\max} , 称最大双面间隙)。

通常称冲孔和落料是单工序冲裁, 为了提高冲裁生产效率和工件精度, 也可将冲孔工序和落料工序组合在一副模具内完成。根据不同的组合方式, 冲裁又有级进冲裁和复合冲裁或级进复合冲裁。如垫圈的冲裁就可用图 1-6 中的方式冲出, 其中: 图 1-6a 是要冲裁的垫圈; 图 1-6b 是单工序落料, 在落料模中可获得落料件 D 尺寸; 在落料件上用冲孔模冲出直径为 d 的孔, 见图 1-6c。图 1-6d 是级进冲裁方式, 冲裁开始时条料送到 I 位置, 冲孔凸模 1 可在条料上冲出孔径为 d 的孔, 在上模回程后, 将条料送到 II 的位置, 孔径 d 的中心刚好对准落料凸模 2 的中心; 上模再次下冲, 冲孔凸模 1 又在条料上冲出孔径为 d 的孔, 同时落料凸模 2 进行落料, 得到工件外形直径 D , 即获得一个完整的工件。在图 1-6d 的冲裁方式中, 凸模在不同的工位上逐步冲出工件, 且每冲一次就可获得一个工件, 因此称为级进冲裁, 图 1-9c

是复合冲裁方式，其与级进冲裁方式的区别是冲孔和落料都在同一工位进行。件 7 外形是落料的凸模，内孔又是冲孔的凹模，故零件称为凸凹模。件 1 是冲孔凸模，件 6 是落料凹模。当凸凹模下行时，冲孔凸模 1 与凸凹模 7 的内孔对材料进行冲孔，得到孔径为 d 的孔，凹模 6 与凸凹模 7 的外形对材料进行落料，得到尺寸为 D 的外形，即在同一位置对材料进行冲孔和落料，可获得一个完整的冲裁件。

2. 冲裁件的排样

冲裁件在条料上的布置形式称为排样。表达冲裁件在冲裁时进程的图称排样图，排样图能直接反映出冲裁的材料利用率、冲裁件的质量、生产效率、模具结构与模具寿命等内容。在图 1-6 中，有几种冲裁排样图，如图 1-6b 是单工序落料排样，图 1-6d 是级进排样，图 1-6e 是复合排样，图中阴影线部分是凸模覆盖的部位，从各排样图中可以清楚地看出零件在板料上的布排形式、有无废料和一模几件等内容。

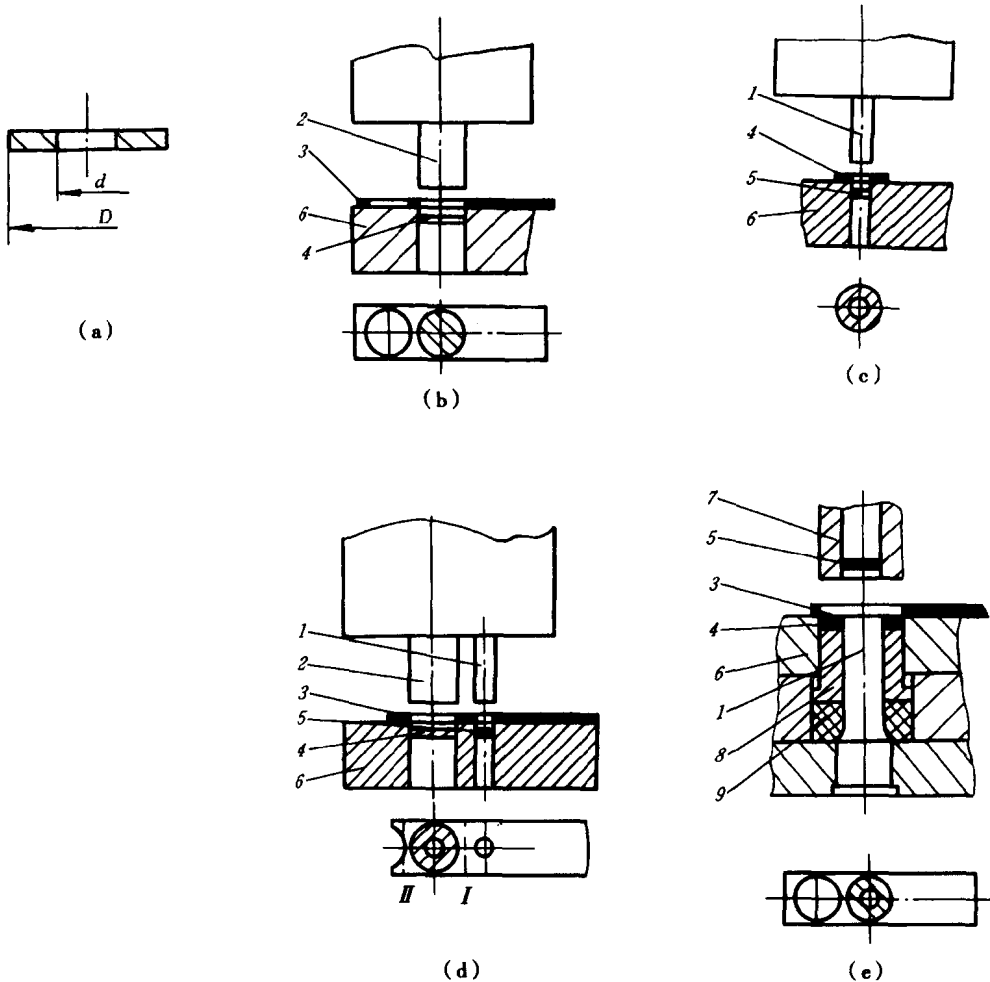


图 1-6 各种冲裁方式示意图

1—冲孔凸模；2—落料凸模；3—条料；4—工件；5—废料；6—凹模；7—凸凹模；8—推板；9—橡胶垫