

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

模具设计与制造基础

MOJUSHEJIYU
ZHIZAOJICHU

主编 高鸿庭 副主编 王晓梅



中央广播电视大学出版社

Central Radio & TV University Press

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

模具设计与制造基础

主 编 高鸿庭

副主编 王晓梅

中央广播电视大学出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

模具设计与制造基础 / 高鸿庭主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2006. 12

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

ISBN 978 - 7 - 304 - 03739 - 0

I. 模… II. 高… III. ①模具 - 设计 - 电视大学 - 教材
②模具 - 制造 - 电视大学 - 教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 165398 号

版权所有, 翻印必究。

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

模具设计与制造基础

主 编 高鸿庭

副主编 王晓梅

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部: 010 - 58840200

总编室: 010 - 68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 何勇军

责任编辑: 闫海新

印刷: 北京密云胶印厂

印数: 0001-3000

版本: 2007 年 1 月第 1 版

2007 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 15 字数: 344 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 304 - 03739 - 0

定价: 21.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

数控技术专业教学资源建设咨询委员会

顾 问：于云秀 郝广发 严 冰

主 任：李林曙 孙长庆

成 员：（以姓氏笔画为序）

王 军	方院生	刘春佳	任 岩
冯雪飞	任庆国	何阳春	关德章
杜纯梓	吴炳岳	沈炳生	李长江
李 涛	季连海	周延军	陈 昊
聂荣华			

数控技术专业教学资源建设委员会

主 任：陶水龙 刘亚琴

副主任：张超英 杨 琳 郭 鸿 章振周

宁 晨 王兆山 李西平

成 员：（以姓氏笔画为序）

石 亮	田 虢	冯小平	孙海维
齐 宏	谷 良	杨海东	何勇军
冼健生	洪晓锋	高鸿庭	栾振涛
梁柳青	崔虹雯	郭士义	舒大松

前 言

为了配合中央广播电视大学数控技术专业的教学,中央广播电视大学与机械工业教育发展中心合作共同组织编写了数控技术专业系列教材。该系列教材的编写遵循教育部等三部委联合发布的《关于开展数控技术专业技能型紧缺人才培养的通知》精神,结合“中央广播电视大学人才培养模式改革和开放教育试点”研究工作的开展,立足职业为导向、学生为中心,以基础理论教学“必需、够用”为度,突出职业技能教学的地位,旨在培养学生具有一定的工程技术应用的能力,以适应工作岗位的实际需求。

数控加工技术在现代制造业中占有重要的地位,尤其是在各类模具的加工中,有着广泛的应用,并取得了显著的经济效益。为适应社会发展和经济建设对制造业数控技术应用型人才的需要,机械行业与中央电大联合开办数控技术专业,本教材是为适应数控技术专业的教学需要,进一步拓宽数控加工的内容和知识面,在各院校模具专业教改经验的基础上编写的。本书以常用的冲压模具和塑料注射模的设计和制造技术为主线,力求全面、通俗地介绍模具设计与制造的基础知识。本书的特点是综合性强,同时注重内容的实用性和先进性。通过本课程的学习,使学生了解冲压工艺与塑料成型工艺的基本知识,了解模具的结构,掌握冲模、注射模设计的原则和方法,以及模具加工和装配的基本知识,具备一定的模具设计和制造能力。

本书由上海电机学院高鸿庭主编,王晓梅为副主编,朱燕青主审。全书共13章,高鸿庭编写第1,2,5,9章,王晓梅编写第3,4章,刘加亮编写第6,7,8章,上海市工业技术学校林铁编写第10,11章,上海市东方职业学校周德敏编写第12章,上海理工大学吴凯令编写第13章,孙锡红为本书写了绪论。

为了弥补学生实践、实训环节的不足,增加感性认识,提高学习效果,本教材配有多媒体课件,结合实际,形象地展示冲压生产和塑料制品生产的过程、模具的结构及其工作原理、模具的加工过程和所用设备以及冲压、塑压设备的组成和工作过程等,帮助学生更好地掌握模具设计与制造的基础知识。

本书图文并茂,每章有思考和练习题,书末有模拟自测题,适用于电大、职工大学和业余大学专科机械制造、数控加工等相关专业的教学,中等专业学校有关专业,模具培训中心也可选用。

限于编者水平,书中及课件中疏漏、不当之处恳请读者指正。

编 者

2006年10月

目 录

0 绪 论	(1)
1 冲压工艺与冲压设备	(4)
1.1 冲压工艺	(4)
1.2 冲压设备的选用	(9)
2 冲压成形的基本原理与常用冲压材料	(13)
2.1 冲压成形的基本原理	(13)
2.2 冷冲压材料	(19)
3 冲裁工艺	(22)
3.1 冲裁过程和冲裁间隙	(22)
3.2 凸模与凹模刃口尺寸的确定	(25)
3.3 冲裁件的排样	(32)
3.4 冲压力和压力中心	(34)
4 冲裁模的设计和制造	(38)
4.1 冲裁模的分类	(38)
4.2 冲裁模的典型结构	(39)
4.3 冲裁模主要零件的设计及制造	(44)
4.4 冲裁模的装配及调试	(69)

5 弯曲工艺及弯曲模	(77)
5.1 弯曲变形的过程及特点	(77)
5.2 弯曲件的质量分析	(79)
5.3 弯曲模的基本结构	(85)
5.4 弯曲模工作零件的设计及制造	(86)
6 拉深工艺及拉深模	(90)
6.1 拉深变形分析	(91)
6.2 拉深件的主要质量问题	(92)
6.3 圆筒形件的拉深	(94)
6.4 拉深模的典型结构	(100)
6.5 拉深模工作部分设计要点	(103)
6.6 拉深模常用材料及热处理要求	(105)
6.7 拉深模的制造特点	(106)
7 其他成形工艺及成形模	(110)
7.1 胀形模	(110)
7.2 翻边模	(114)
7.3 校平与整形	(119)
7.4 成形模的制造特点	(121)
8 冲压工艺设计	(123)
8.1 冲压工艺设计的原始资料	(123)
8.2 冲压工艺设计的基本内容与步骤	(124)
8.3 冲压工艺设计实例	(125)
9 塑料成型工艺基础	(128)
9.1 塑料的分类与特点	(128)
9.2 塑料成型工艺及模具	(130)

9.3 塑料制件的结构工艺性	(133)
10 注射成型工艺及装备	(140)
10.1 注射成型工艺及模具	(140)
10.2 注射模的典型结构	(143)
10.3 注射模与注射机的关系	(146)
11 注射模的设计	(155)
11.1 注射模分型面的选择	(155)
11.2 注射模的浇注系统	(158)
11.3 注射模的成型零件	(166)
11.4 注射模的常用机构	(171)
11.5 模具的加热与冷却	(180)
12 塑料模的制造	(185)
12.1 塑料模成型零件的制造	(185)
12.2 塑料模的装配与调整	(209)
13 模具材料及热处理	(215)
13.1 模具材料的选用	(215)
13.2 模具零件的热处理	(217)
13.3 模具表面的强化处理	(220)
模拟自测题	(222)
参考文献	(232)

0 绪 论

模具是成形制品或零件生产的重要工艺装备,从航空、航天、汽车、轻工、医疗器械、建筑等行业的零部件,到计算机、电子电器、各种家用电器的生产,乃至人们的日常生活用品,几乎各行各业都有模具生产的制品。模具工业是国民经济发展的重要支柱,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产品的水平。

模具种类繁多、分类方法各异,按我国模具行业推荐的综合使用模具进行成型加工的工艺性质和使用功能的分类方法,可将模具分为以下十大类:

- (1) 冲压模具。
- (2) 塑料成型模具。
- (3) 压铸模具。
- (4) 锻造成型模具。
- (5) 铸造用金属模具。
- (6) 粉末冶金模具。
- (7) 玻璃制品用模具。
- (8) 橡胶制品成型模具。
- (9) 陶瓷模具。
- (10) 简易模具。

各大类模具又可根据模具的结构、材料、使用功能以及制模方法等分为若干小类或品种。对应于各类模具的相关技术,主要包括如下方面:

- (1) 制品设计和制品的材料。
- (2) 制品的成型工艺及所用的设备(各种压力机、塑料成型机等)。
- (3) 模具及模具零件设计、模具材料。
- (4) 模具与产品设计的 CAD 应用技术。
- (5) 模具制造工艺、模具的数控加工及模具的 CAM 应用技术,模具制造中的特种加工技术。
- (6) 模压成型过程中的自动化机构。
- (7) 模具制造的质量检验、生产技术管理等。

随着工业产品质量的不断提高,模具成型的产品日趋精密和复杂,需求量越来越大,模具正向着高效、精密、复杂、长寿命、大型化方向发展,模具制造难度日益增大。模具制造

正由过去的劳动密集和主要依靠工人的手工技巧及采用传统机械加工设备转变为技术密集,更多地依靠各种高效、高精度的 NC 机床、CNC 机床、电加工机床,从过去单一的机械加工时代转变成机械加工、电加工以及其他特种加工相结合的时代。模具制造技术已经发展成为技术密集型的综合加工技术。

我国模具制造业历史悠久,几千年前,周鼎、秦俑的制作,就采用了模具。近几年来,由于汽车、电子、信息行业的快速发展和机械行业自身的发展对模具需求的强烈拉动及外资(包括港资、台资)对国内模具业资金投入的增加,模具行业发展很快。我国的模具总量虽已位居世界第三,但模具的设计、制造水平和工艺装备,总体上要比德、美、日、法、意等工业发达国家落后,模具商品化和标准化程度也比国际水平低。

我国作为模具生产大国,要想成为模具生产强国,必须大力发展模具技术,加强创新。我国模具技术发展的方向是:

(1) 凭借信息技术和采用信息技术的数控加工技术、快速原型制造技术等高新技术,进一步改造和提升了模具工业的设计和制造水平。以微电子、光电子、计算机、网络通讯与软件技术为代表的信息化技术,是当代高科技发展的热点领域,正在深刻地改变着产品结构、制造方式和管理模式。用信息技术改造和提升模具工业的生产技术水平,对提高模具企业的市场竞争力、生产率和经济效益起着关键的作用。努力普及 CAD/CAE/CAM 技术,增加数控加工和其他精密加工、精密测量设备的比重,是进一步改造和提升模具工业技术水平的必由之路。

(2) 提高模具的标准化程度,缩短模具的生产周期。在当前市场竞争激烈、产品更新频繁的形势下,模具生产周期的长短往往成为某些产品赖以生存的重要条件。而提高模具的标准化程度,是提高模具设计质量、缩短模具生产周期、降低模具成本的关键,也是现代模具技术的重要标志之一。模具标准化包括模具设计过程的标准化,模具结构的标准化,模具零件的标准化,模具生产制造过程与工艺条件的标准化,还包含通用化和典型化的含意。采用集成化的模具 CAD/CAE/CAM 技术,必将大大促进模具标准化的应用与发展。

(3) 研制精密、复杂、大型、高效、长寿命的模具及微型模具。模具是技术、资金、劳动力密集的产品,当前,我国中低档模具供过于求,竞争激烈,价格下跌;而精密、复杂、大型的高档模具供不应求,有相当一部分依赖于进口。在高新技术领域,如航空、航天、电子信息产业及汽车制造工业,都离不开精密、复杂、大型的高档模具。现代模具制造技术已成为高新技术产业化的重要领域,高新技术的进一步发展,必须有现代模具制造业的支撑。要实现我国的工业化和现代化,必须大力发展精密、复杂、大型、高效、长寿命的模具及微型模具的制造技术。

(4) 注重人才素质的培养,培训高素质的模具数控加工人才,提高模具人才的科技创新能力。与国际水平相比,我国的模具企业技术和管理落后,中高档模具技术人才和经营管理人才缺乏,严重制约着模具企业的科技创新能力和市场竞争力的提高。因此,在模具人才的培养上,应尽快采用多形式、多层次的办学方式,充分利用社会资源,培训急需的模具数

控加工人才,同时,模具企业要与科技界、教育界建立各种形式的交流与合作,实现产、学、研结合,搞好技术创新,提高模具的设计、制造水平,培养更多的模具人才。

随着计算机软、硬件技术和通讯业的飞速发展,CAD/CAE/CAM 技术的推广普及,快速原型制造、快速模具制造、高速切削、超精加工及复杂加工技术的进一步采用和发展,热流道技术的推广应用,优质模具材料的开发应用,先进表面处理技术的发展,虚拟技术、逆向工程和并行工程的采用等,都将成为模具工业技术的发展趋势。

模具设计与制造基础课程是数控技术专业的一门专业选修课,其内容主要由两部分组成,第一部分是冲压工艺与冲模设计及制造,主要介绍常用的冲压工艺与冲压设备,塑性成型的基本原理与常用冲压材料,冲裁、弯曲、拉深、胀形、翻边等工艺及典型的模具结构,冲模设计和制造、冲压工艺设计的基本知识;第二部分是塑料成型工艺与塑料模设计及制造,主要介绍注射成型工艺、塑料及注射机的基本知识,注射模的典型结构以及塑料模具的设计和制造,其他的塑料成型工艺及模具等。在有关模具制造的内容中,主要介绍模具的特种加工及模具装配的有关知识,模具的机械加工、现代模具制造的一些基本知识,模具常用的材料及热处理等。

通过本课程的学习,使学生了解冲压工艺与塑料成型工艺的基本知识及模具的结构,掌握一般模具设计的原则和方法以及模具加工和装配的基本知识,具备一定的模具设计和制造能力,进一步拓宽数控加工的内容和知识面,为数控加工工艺等后续课程的学习做好准备。

本课程涉及的知识面比较广,是一门综合性很强的课程,同时也是一门实践性很强的课程。在学习本课程时,要重视基础理论的学习,要善于综合应用与模具设计和制造相关的机械制图、机械制造基础、机械设计基础等课程的知识,重视本课程提供的思考与练习题及模拟自测题;同时要注意理论与实践相结合,重视实验、实训、参观等实践教学环节。认真对待上述环节,重在理解与实践,不依赖于死记硬背,是学好本课程的重要保证。

为了弥补学生实践、实训环节的不足,本教材配有多媒体课件,结合实际,形象地展示了模具的结构、模具的工作原理、模具设计与制造的过程以及冲压、塑压设备的组成和工作过程等,帮助学生更好地掌握模具设计与制造的基础知识。

1 冲压工艺与冲压设备

学习目标

了解冲压工艺的概念、特点及应用

了解冲压工序及冲模的分类

掌握冲模与压力机的关系

掌握冲压设备的选用原则

内容提要

本章主要介绍冲压工艺的概念、特点及应用，冲压工序的分类以及冲模的分类，并在介绍机械压力机参数的基础上，重点讨论冲模与压力机的关系。

1.1 冲压工艺

就金属加工工艺而言，冲压工艺是一种高效率的金属成形工艺，广泛用于制造业中。

1.1.1 冷冲压和冲压模具的概念

冲压是利用安装在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，从而获得所需冲压件（简称冲件）的一种压力加工方法。冲压通常在常温下进行，模具和材料都不必加热，故也称为冷冲压。

在冲压加工中，将材料（金属或非金属）加工成冲件（或零件）的一种特殊工艺装备，称为冲压模具。冲模是实现冲压加工必不可少的工艺装备，没有符合要求的冲模，冲压加工就无法进行；没有先进的冲模，先进的冲压工艺就无法实现。在冲压件的生产中，合理的冲压成形工艺、模具、冲压设备是必不可少的三要素，如图 1-1 所示。

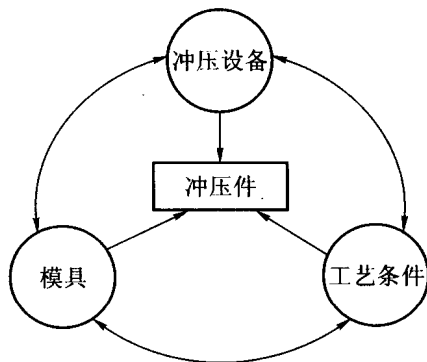


图 1-1 冲压件的影响因素

1.1.2 冲压工艺的特点及应用

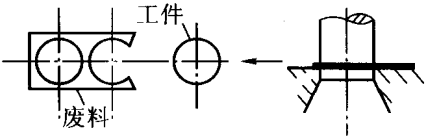
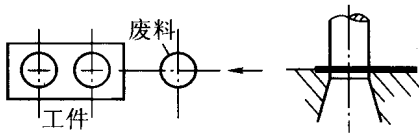
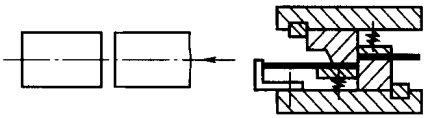
冲压加工通常在常温下进行，是一种省能、低耗、高效的加工方法，可以生产壁薄、质量轻、形状复杂、表面质量好、有一定刚度的制品，且制品具有“一模一样”的特征，因而有较好的互换性，适宜于大批量生产，在现代工业生产中占有十分重要的地位，是国防工业及民用工业生产中必不可少的加工方法。在涉及金属制件的电子产品中，冲压件约占 80% ~ 85%；在汽车、农业机械产品中，冲压件约占 75% ~ 80%；在轻工行业的金属制品中，冲压件约占 90% 以上。此外，在航空及航天工业生产中，冲压件也占有很大的比例。

1.1.3 冲压工序的分类及特点

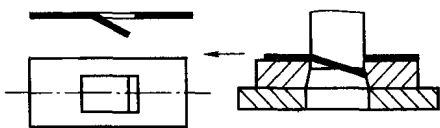
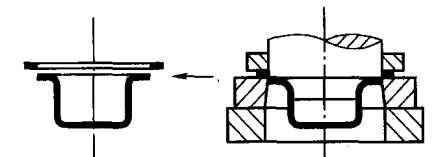
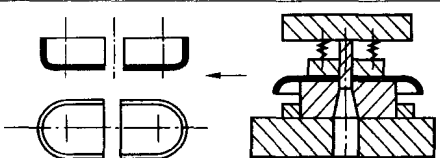
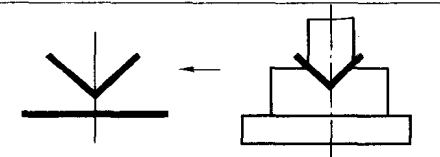
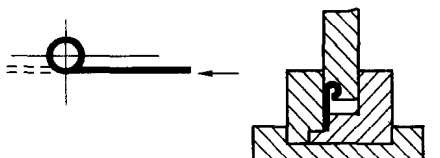
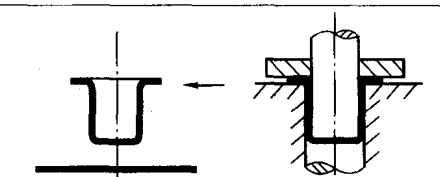
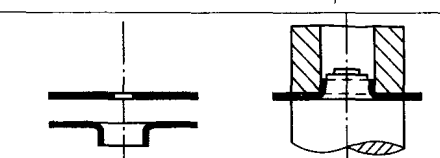
冲压加工因冲件的形状、尺寸和精度的不同，所采用的工序也不同，概括起来可分为分离工序和成形工序两类。分离工序是指坯料在模具工作零件刃口的作用下，沿一定的轮廓线分离而获得冲件的加工方法。分离工序主要有冲孔、落料、切断等。成形工序是指坯料在模具压力的作用下，使坯料产生塑性变形，但不产生分离而获得具有一定形状和尺寸的冲件的加工方法。成形工序主要有弯曲、拉深、翻边、胀形等。

部分常用冲压工序的分类及特征见表 1-1。

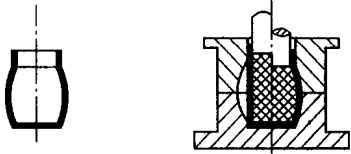
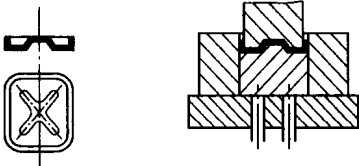
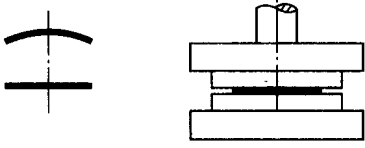
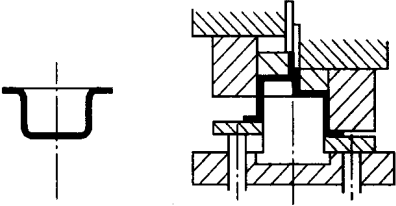
表 1-1 部分常用冲压工序的分类及特征

类型	组别	工序名称	工 序 简 图	工 作 特 征
分 离	冲 裁	落料		用落料模沿封闭的轮廓将冲件与材料分离，冲下的部分为工件
		冲孔		用冲孔模沿封闭的轮廓将材料与废料分离，冲下的部分为废料
		切断		用剪刀或切断模沿敞开的轮廓将材料分离，被分离的部分可形成工件

续表

类型	组别	工序名称	工序简图	工作特征
分离	冲裁	切舌		用切舌模将部分材料切开,但并不使它完全分离,切开部分的材料发生弯曲
		切边		用切边模将冲件多余的边缘切掉
		剖切		用剖切模将冲压成形的工序件(如弯曲件或拉深件)剖切成两部分或几部分
成形	弯曲	压弯		用弯曲模将平板坯料压弯成一定形状或角度,或将已弯曲件作进一步弯曲
		卷边		用卷边模将坯料端部卷成圆形,如合页
	拉深			用拉深模将平板坯料冲制成开口空心件
	翻边	孔的翻边		用翻边模将工件的孔边缘或工件的外缘沿曲线翻成竖立的边
		外缘翻边		

续表

类型	组别	工序名称	工序简图	工作特征
成形	胀形			用胀形模将空心件或管状毛坯沿径向扩张, 胀出所需的凸起曲面
	起伏			用起伏成形模在平板坯料或工件的表面上压出各种形状的凸起或凹陷
	校平			用校平模将平板坯料或工件的不平面压平
	整形			用整形模将工件压成准确的形状

1.1.4 冲模的分类

冲压模具是冲压生产的主要工艺装备。冲压件的冲压质量、生产效率以及生产成本等, 都与模具类型及其结构设计有直接关系。冲压生产对模具结构的基本要求是: 在保证冲出合格工件的前提下, 模具结构不仅应与生产批量相适应, 而且还应具有结构简单, 操作方便、安全, 使用寿命长, 易于制造、维修, 生产成本低等特点。

冲压模具的形式很多, 一般可按以下几个主要特征分类:

1. 根据工艺性质分类

(1) 冲裁模

冲裁模是指沿封闭或敞开的轮廓线使材料产生分离的模具, 如落料模、冲孔模、切断模、切口模、切边模、剖切模等。

(2) 弯曲模

弯曲模是指使平板坯料沿着直线(弯曲线)产生弯曲变形, 从而获得一定角度和形状

的工件的模具。

(3) 拉深模

拉深模是指把平板坯料制成开口空心件，或使空心件进一步改变形状和尺寸的模具。

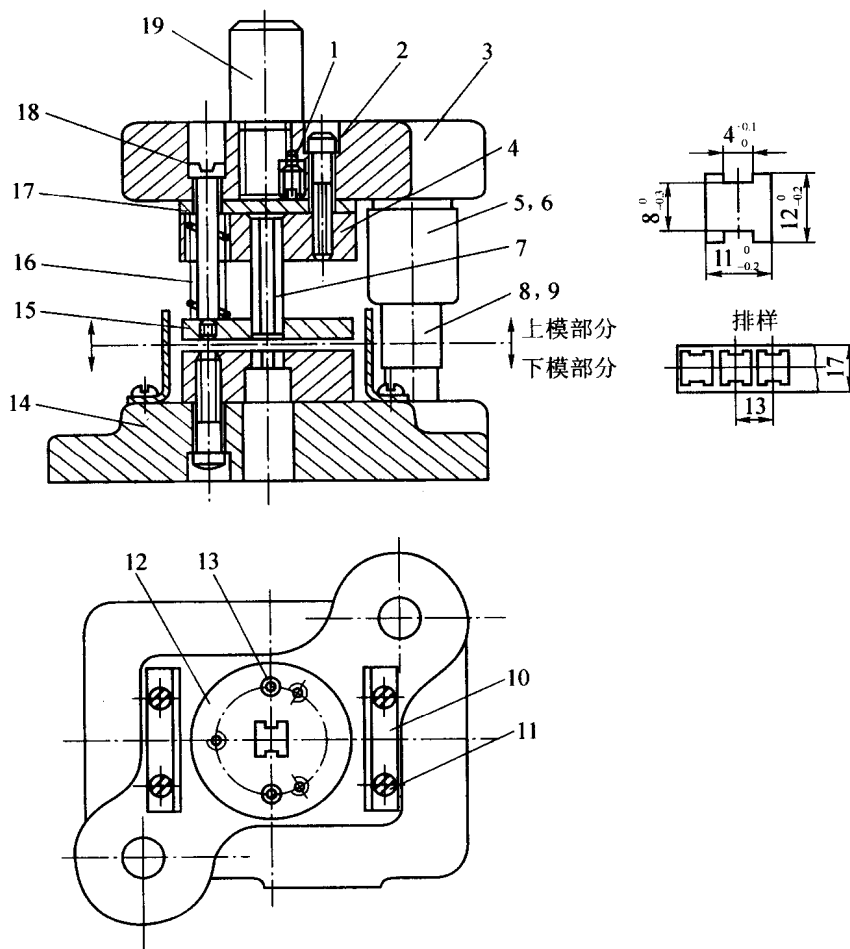


图 1-2 冲裁模总图 (极片落料模)

- 1—紧定螺钉; 2、11、18—螺钉; 3—上模座; 4—凸模固定板; 5、6—导套; 7—凸模;
8、9—导柱; 10—安全板(兼导料板); 12—凹模; 13—圆柱销; 14—下模座; 15—卸料板;
16—弹簧; 17—垫板; 19—模柄

(4) 其他成形模

其他成形模是指将坯料或工序件按凸、凹模的形状直接复制成形，而材料本身仅产生局部塑性变形的模具，如胀形模、翻边模、整形模等。

2. 根据工序组合程度分类

(1) 单工序模

单工序模是指一般只有一对凸、凹模，在压力机的一次行程中，只完成一道冲压工序的

模具。

(2) 复合模

复合模是指只有一个工位，在压力机的一次行程中，在同一工位上完成两道或两道以上冲压工序的模具。

(3) 连续模

连续模是指在条料的送进方向上，具有两个或更多的工位，在压力机的一次行程中，在不同的工位上逐次完成两道或两道以上冲压工序的模具，连续模也称级进模。

图 1-2 是一副单工序冲裁模。一般冲压模具都由上、下模两部分组成，上模被紧固在压力机的滑块上，随滑块作上下往复运动，因此称为活动部分；下模被固定在压力机的工作台上，所以又称为固定部分。

1.2 冲压设备的选用

在冲压生产中，压力机应根据冲压工序的性质、生产批量的大小、模具的外形尺寸以及现有设备等情况进行选择。压力机的选用包括选择压力机类型和压力机规格两项内容。

1.2.1 冲压设备的类型

压力机的类型很多，按传动方式的不同，主要可分为机械压力机和液压压力机两大类，其中机械压力机在冲压生产中应用最为广泛。随着现代冲压技术的发展，高速压力机、数控冲模回转头压力机等也日益得到广泛的应用。

一般冲压车间常用的机械压力机有曲柄压力机与摩擦压力机等，又以曲柄压力机最为常用。

1.2.2 曲柄压力机的基本结构

小型曲柄压力机如图 1-3 所示，床身 2 是压力机的骨架，承受全部冲压力，并将压力机所有的零部件连接起来，保证全机精度、强度和刚度的要求。床身上固定有工作台 1，工作台上一般固定有垫板，用于安装冲模的下模部分，也起保护工作台的作用。压力机的工作机构为曲柄连杆机构，由曲轴 7、连杆 8 和滑块 9 组成，在滑块上可固定冲模的上模部分。装在床身上的电动机可通过传动机构使曲柄连杆机构工作，使滑块上下运动，从而带动上模部分完成冲压工作。