

全国高等农业院校教材

农业机械制造工艺学

第一分册 冷 冲 压

(第 二 版)

东北农学院主编

农 业 出 版 社

全国高等农业院校教材

农业机械制造工艺学

第一分册 冷冲压

(第二版)

东北农学院 主编

农业出版社

全国高等农业院校教材
农业机械制造工艺学
第一分册 冷冲压
(第二版)

东北农学院 主编

* * *
责任编辑 施文达

农业出版社出版(北京朝阳区枣营路)

新华书店北京发行所发行 通县向阳印刷厂印刷

787×1092mm16开本 14印张 329千字

1980年9月第1版 1989年5月第2版 北京第1次印刷

印数 1—2,400册 定价 2.85元

ISBN 7-109-00310-8/TH·13

第二版前言

本教材是1980年农业出版社出版的《农业机械制造工艺学》一书的修订本，是在总结各兄弟院校教学经验的基础上，根据农机类专业新的教学计划对本课程的要求而进行修订的。由于本书除了作为高等农业院校农机类专业的教材外，还可作为其他机械类专业的教学参考书，因此，这次《农业机械制造工艺学》修订本为适应不同院校、不同专业和有关工厂的需要，分成两个分册：第一分册为冷冲压，第二分册为机械加工。它们既是制造工艺学中不可缺少的两大部分，又各有相对独立性，而且也便于读者按需选购。

参加本教材修订大纲的讨论和对编写出的初稿进行审查讨论的，除各编写学校的教师和编者外，尚有西北农业大学、新疆八一农学院、河北农业大学、安徽农学院、华南农业大学、沈阳农业大学、山西农业大学、黑龙江八一农垦大学、莱阳农学院等院校的教师。

在制定修订大纲和编写过程中，对原书进行了一定的修改，主要是增加了近几年来新发展的一些技术与成果，如计算机辅助设计与辅助制造在机械制造中与模具设计中的应用；锌基合金在制模技术中的应用；用尺寸跟踪法计算工艺尺寸链，并较全面地介绍了尺寸链原理和应用等。修订时，在保留课程的基本系统与内容的基础上，对原书的篇幅进行了较大的压缩，删除了一些繁琐的内容，并改正了一些原书的错误。

本书在编写时，先由各编者根据会议通过的大纲分别编写有关章节的初稿，在审稿会上对初稿进行审查并提出修改意见，然后分篇进行统稿。第一分册由郑智受统稿，第二分册由李亦榕和毕世熙统稿，全书最后由束维钧修改并定稿，主编史伯鸿教授指导了全书的修订工作。

本书编者对帮助过我们的全国各兄弟院校、工厂和研究所表示衷心的感谢！并对在编写过程中为本书做了许多具体工作的同志表示衷心的感谢！书中还有哪些错误和缺点，热忱希望各位读者批评指正！

编 者

第二版修订者

主 编 史伯鸿 (东北农学院)
副主编 束维钧 (北京农业工程大学)
毕世熙 (华中农业大学)
编写者 李亦榕 (东北农学院)
郑智受 (北京农业工程大学)
殷光复 (北京农业工程大学)
孙 贵 (云南农业大学)
王祖忠 (福建农学院)
周仕梓 (湖南农学院)
伍家宣 (广西农学院)
黄时昭 (广西农学院)

第一版序言

农业的根本出路在于机械化。为了实现四个现代化，我国正在努力为加速实现农业机械化而奋斗。近十余年来，世界各农业先进国家在农业机械化和农业现代化方面的迅速发展，使农业劳动生产率得以大幅度地提高。每个农业劳动力每年所提供的农产品（包括畜产品）平均可供养50人以上的生活需要。这些国家的农业劳动生产率已超过工业的劳动生产率；农业不仅成为国民经济的基础，而且在技术上也成为十分先进的部门。

这些先进国家的农业生产技术大致出现了下列特点：

(1)自古沿袭下来的农业生产中的繁重体力劳动，在各种作业机械的协助和代替下，已经彻底改变。现代化农业生产的各个环节，几乎完全为农业机器所取代。

(2)农业机械本身也在不断地改进，以提高工效，减少保养和维修的时间，以利于操作。例如，田间作业机械化操作不仅提高了作业速度，也加快实现了多工序机械化的联合作业，减少了机器在田间往返的次数。播种机械也可同时进行松土、播种、施肥、施用除草剂和杀虫剂及覆土镇压等。各种类型的联合收获机——谷物、玉米、甘蔗和甜菜等也有类似的性能和特点。许多机械往往只需一人进行操作，拖拉机驾驶员可不开驾驶室，就能进行机具或拖车的挂接或脱开，以及其他调整性操作，播种机的开沟器采用密封的滚动轴承，可以每两年加一次润滑油，平时，不需要保养，这既节省人力，又提高了工效。

(3)农业机械自动化程度迅速提高，并向着最高目标无人驾驶操作发展。例如，谷物联合收割机能够对地面自动仿形，以保证适应一定的割茬高度，自动对垄（行）防止漏割和自动调节喂入量，在保证最高效率的同时，避免堵塞。精量播种机上装有自动计数装置，哪条垄排种发生故障，它会发出警告信号。有的机器驾驶室有空气调节、滤尘和隔音减震等设施，使驾驶员的工作条件得到改善，劳动强度大为降低。农业机械上广泛采用液压、气动及电子设备，使机构得以简化，为实现自动化或远距离控制创造了有利条件。目前，液压不仅用于调节各种工作部件的位置，也已用于驱动行走装置。

(4)农业生产和自然条件，如气候、日照和降雨量等有密切的联系。但是，科学的发展使农业生产有可能尽量减少对自然环境的依赖。例如，用电子计算机控制的大面积温室，可使作物常年在最佳条件下生长，大田作业利用水泵排灌设施，可减少旱涝威胁；对谷物和牧草进行人工干燥，可避免淫雨给农牧业造成的灾害损失等。其它如用遥感、遥测技术对大面积农作物可预报产量等。所有这些先进的技术措施和农业机械化相结合，会给农业劳动生产率的提高起到难以想象的作用。

(5)在农业生产中要综合考虑自然界的生态平衡以及最佳的经济效果。根据气候、地形、土质等不同，自然条件实现分区域专业化种植，推行少耕法或免耕法，以保存土壤肥力，减少水土流失或风沙的危害作用。为此，在农业上发展了相应的农用机械，例如：深松犁、暗沟埋管机、架空索道、大型水泵、喷灌机械、人工降雨机械、农用喷药飞机等。随着畜牧业生产比重的增大，近年来畜牧机械包括：牧草从种到收，饲料的加工贮藏，饲养设备及畜牧产品加工等方面也发展得非常迅速。

总之，农业机械已发生很大的变化，不但门类、品种日益增多，对机器的性能、材料、

工作速度、压力和加工精度等方面也提出了越来越高的要求，并促使农业机械制造工艺发生了相应的重大的变化。其特点如下：

大量采用新材料、新工艺。例如，用硬质合金制造挖土铲的铲齿和切碎茎秆的切割器刀片；以人造宝石（制造钟表轴承的材料）制造喷雾器的喷嘴和广泛采用各种工程塑料。在农业机械上采用不锈钢及只能用金刚石加工的难切削材料也日益增多，用各种少切削或无切削加工工艺更为普遍。

对加工精度要求越来越高。由于农业机械作业速度提高并提出更严格的动平衡、低噪音、密封性严、可靠性高和使用寿命长等要求，促使在农业机械制造过程中要保证更高的加工和装配精度。

生产组织更加专业化。我们知道采用自动化的生产设备，效率高，可以降低成本。但是，如果产量不大，往往不能采用这种先进的工艺方法。为此，应在生产中实行高度专业化，然后通过厂际协作装成整机。这样可以扩大生产批量。又如有的工厂只有专用的模具等工艺装备，可以和拥有自动化冲压或加工设备的工厂协作进行生产。在现代农业机械结构日益复杂的情况下，不可能也不必要由一个工厂自己生产所有的毛坯和零件，自己装配成整机，而是改由不同的专业工厂供应各种零件或部件，产品则由整机厂最后总装而成。国外农业机械一台机器上采用好几个国家的产品，也是十分常见的事。这种做法有利于提高工效、改进质量、降低成本，总之，是大大地提高了劳动生产率。

对结构工艺性进行深入细致地研究，使提高材料利用系数、降低加工及装配工时等方面也有很大进展。

根据当前农业机械工艺进展的趋势，结合我国农业机械的生产情况，本书在编写过程中注意适当加强有关工艺理论部分，并以冲模设计、夹具设计及工艺规程编制原理等为重点，以期在学完本课程后，使学生在这些方面能得到一定的知识技能和独立的工作能力。由于时间仓促，资料不足及水平所限，错误之处在所难免，希读者提出宝贵意见，以便再版时改正。

编 者

1978年12月

第一版编审者

主 编	东北农学院	史伯鸿
副主编	华中农学院	李兴成
	北京农业机械化学院	束维钧
编 者	华中农学院	伍冬生 毕世熙
	北京农业机械化学院	殷光复
		赵淑芳
		陈继武
	福建农学院	张清华 王祖忠
		何聪慧 赖廷羨
	东北农学院	李亦榕
	云南农业大学	孙 贵
	华南农学院	柯兴斌
	湖南农学院	周仕梓
	广西农学院	伍家宣 孙嗣雍

目 录

第二版前言

第一版序言

第一章 绪论	1
第一节 冷冲压基本工序和模具的结构	1
第二节 冷冲压常用材料	5
第三节 冷冲压常用设备	6
第二章 冲裁工艺	7
第一节 冲裁过程分析	7
第二节 冲裁间隙值的确定	9
第三节 凸模与凹模刃口尺寸的确定	12
第四节 实用冲裁力的计算	16
第五节 制件排样和搭边的确定	21
第六节 冲裁件质量分析	22
第三章 弯曲工艺	27
第一节 弯曲的变形过程	27
第二节 弯曲件毛坯长度的计算	29
第三节 弯曲回弹和最小弯曲半径	35
第四节 实用弯曲力的计算	42
第五节 斜楔滑块的设计计算	44
第六节 弯曲模工作零件尺寸的确定	47
第四章 拉延—成形工艺	52
第一节 拉延变形过程分析	52
第二节 旋转体拉延件毛坯尺寸的计算	57
第三节 旋转体拉延件工序的计算	64
第四节 盒形件的拉延	78
第五节 压边力和拉延力的计算	88
第六节 拉延模工作零件的确定	91
第七节 曲面形状零件的拉延方法和工艺分析	95
第八节 拉延件的质量分析	102
第九节 成形工艺的特点和应用	102
第五章 冲压件结构工艺性和工艺规程的编制	113
第一节 冲压件结构工艺性	113
第二节 冲压件工艺规程的编制	115
第六章 冲压模具的结构与设计	121
第一节 模具的结构和公差	121
第二节 模具的设计步骤	128
第三节 冲模零件的结构和设计	135
第四节 模具零件材料的选用	151

第五节 典型设计举例	152
第六节 冲模制造技术	159
第七章 冷锻工艺	164
第一节 概述	164
第二节 冷挤压	166
第三节 冷挤压模具的结构设计	178
第八章 快速成形的模具制造技术	185
第一节 快速成形模具的特点和类别	185
第二节 锌基合金模具的制造技术	185
第三节 超塑性成形模具	188
第九章 冲模 CAD/CAM 简介	190
第一节 概述	190
第二节 采用冲模 CAD/CAM 的技术经济效益	191
第三节 模具 CAD/CAM 的发展概况	191
第四节 模具 CAD/CAM 的计算机系统配置	192
第五节 模具 CAD/CAM 程序设计所面临的任务	194
第六节 冲裁模 CAD/CAM 程序系统的实例简介	195
附 录	201
一、冷冲模零件技术条件	201
二、冷冲模工作零件材料选用及热处理硬度	204
三、冷冲模零件材料及热处理硬度	205
四、内侧尺寸相加法计算毛坯长度	205
五、各种圆弧长度及重心位置计算	206
六、冷冲模零、部件制造精度	209
七、冷冲模紧固孔结构尺寸	211

第一章 绪 论

利用安装在压力机上的模具，对板料进行压力加工，通过板料的分离或变形，以获得同形零件的加工方法，称为板料冲压，简称为冲压。由于加工过程通常在常温下进行，故又称为冷冲压。

冷冲压是塑性加工的基本方法之一，也是机械制造中先进的加工方法之一，是一种少、无切削加工工艺。由于冷冲压工艺的发展，其加工对象已不仅限于板料，如以体积冲压为特征的冷挤压即是一例。

冷冲压与其他金属加工方法相比，在经济上和技术上都有一些显著的特点：

1. 能冲压出其他加工方法难于制造的形状复杂的零件，尤其是薄壁零件，这种零件质量稳定，重量轻，刚度好，表面质量较高，互换性较好，可以不经加工直接进入装配；
2. 原材料利用率高，一般可达70—90%，材料和能源消耗都大为降低；
3. 在大量生产中，生产率高，生产成本低，操作简单方便，且易于实现机械化与自动化；
4. 模具的制造精度要求高，特别是一些型腔复杂的模具，制造周期长，成本高，加工困难，这是冷冲压加工的缺点，故一般均用于大批量生产，在单件小批生产中其经济效益较差。

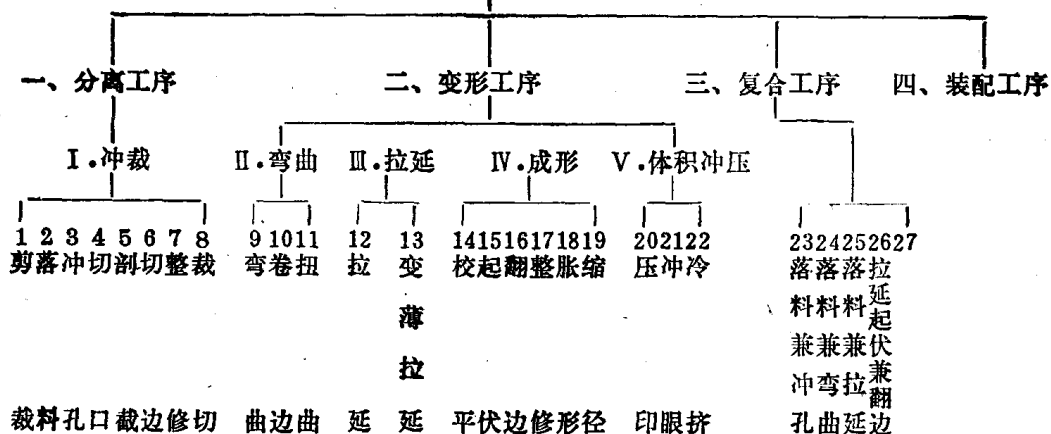
由于冷冲压工艺具有上述特点，在机械制造中占有十分重要的地位。在汽车、拖拉机、农业机械、电机、电器、电子、仪表等工业和国防、轻工业等部门都得到广泛的应用。据统计，在播种机、联合收割机等一类的农业机械中，冷冲压零件的数量约占产品零件总数的50—70%；在计算机、收录机一类的电子工业产品中约占85%左右，尤其需要强调指出的是，其覆盖件必须采用冷冲压零件。

冷冲压的主要工艺装备是模具。由于国民经济和科学技术的发展，需要提供更多种类的机械产品和日用品，因此，冲压零件的种类和数量日益增多，其精度要求越来越高，与此相适应的，模具的种类也日益增多，其精度要求也相应提高。由于冷冲压工艺与模具休戚相关，模具的设计与制造水平直接影响冷冲压工艺的采用，影响新产品的试制和老产品的改型，它也是衡量一个国家工艺水平高低的标志之一，因此，不断提高模具的设计和制造的技术水平，就是一项重要的课题了。

第一节 冷冲压基本工序和模具的结构

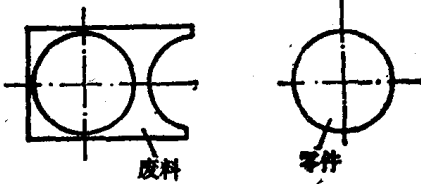
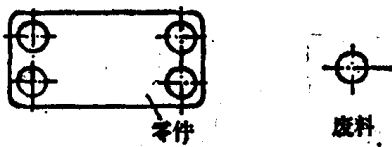
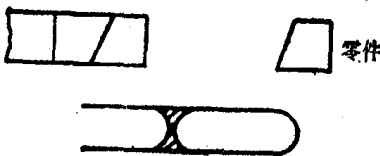
不同类型的冲压零件使用不同的模具和坯料，其变形方式亦不同，塑性变形的情况各有区别。在冲压工艺中，就其板料的变形性质，可分为分离工序和变形工序两大基本类型。分离工序是指在该工序之后，材料变形部分的应力达到了破坏应力 σ_b 的数值，致使材料断裂而分离，如剪裁、冲裁等工序。变形工序是指在该工序之后，材料变形部分的应力超过了屈服应力 σ_s 的数值，但尚未达到破坏应力 σ_b 的数值，使材料发生塑性变形，改变了材料原有的形状和尺寸，如弯曲、拉延、成形等工序。如果将上述工序中，由二种以上不同工序集中

冷 冲 压 工 序



冲压模具的基本结构如图1-1。

表1-2 分离工序

工序名称	图 例	特点及应用范围
落 料		用冲模沿封闭轮廓曲线冲切，冲下部分是零件。用于制造各种形状的平板零件，如垫圈、刀片等
冲 孔		用冲模沿封闭轮廓曲线冲切，冲下部分是废料，如螺钉孔等
剪裁或切断		用剪刀或冲模沿不封闭轮廓曲线切断。用于形状简单平板零件，如剪板机下料等

(续)

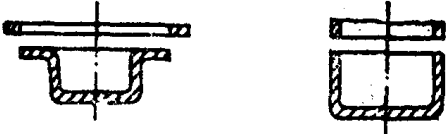
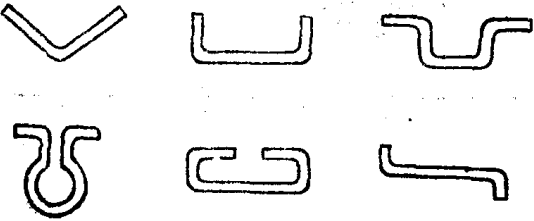
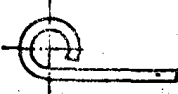
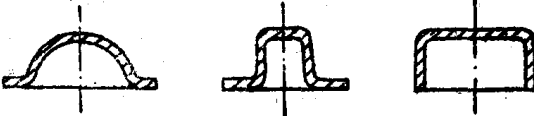
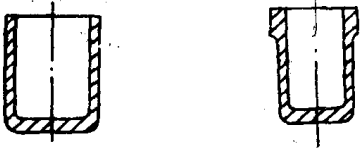
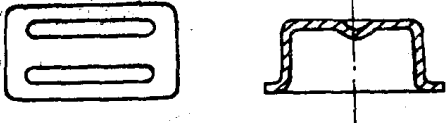
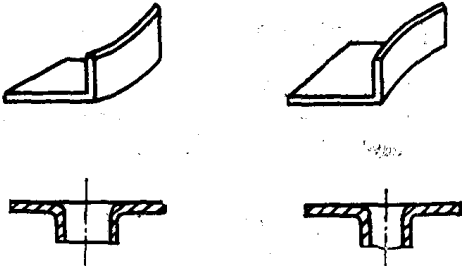
工序名称	图 例	特点及应用范围
修 边		将成形零件的边缘修切整齐或切成一定形状, 如矩形盒、盖等
剖 切		把成形后的冲压件切开成为二个或数个零件。多用于不对称零件, 如汽车垫角等

表1-3 成形工序

工序名称	图 例	特点及应用范围
弯 曲		把板料沿直线弯成各种形状, 可以加工形状复杂的零件, 如箱角、杠杆等
卷 圆		把板料端部卷成接近封闭的圆头, 用于加工铰链之类的零件, 如门合页等
拉 弯		在拉力和弯矩共同作用下使板料弯曲变形, 用于精度较高的覆盖件
扭 曲		把冲裁后的半成品扭转成一定空间或平面角度的零件, 如风扇叶片等
拉 延		把平板毛坯制成各种形状的空心零件, 如杯、碗、盖、油箱等

(续)

工序名称	图 例	特点及应用范围
变薄拉延		把拉延后的半成品进一步加工成为底厚壁薄的零件, 如高压锅、弹壳等
起伏成形		在毛坯或零件表面, 用局部变形的方法制成各种形状的突起与凹陷, 如自行车链罩、糖盒等
翻 边		将板料的孔或边缘沿原形翻成竖立的孔或边缘, 如半链套、空心铆钉等

冲压模具通常由五部分组成:

1. 工作零件 直接参加冲压工作部分, 如凸模 4, 凹模 13。
2. 定位零件 在冲压时保证坯料的正确位置用, 如挡料销 16。
3. 卸料零件 在工序完成后退出废料用, 如卸料板 12。
4. 导向零件 用于保证上、下模在运动过程中正确的相对位置, 如导套 8 和导柱 9。
5. 安装、固定零件 用于固定模具各零件或将模具固定在压力机上的零件。

冲压模具一般分为三大类型: 简单模具; 复合模具; 级进模具。

近几年来, 在模具结构、材料、使用和制造工艺等方面发展很快, 尤其是采用计算机辅助设计与制造模具, 使模具生产趋向高速化、自动化、精密化。目前最小模具只有 0.1kg, 最大模具重 80t, 模具工作有效投影面积最小只有 10mm², 大的可达 10m², 模具类别繁多, 又多为单件生产, 型面复杂, 精度要求高, 加工难度大, 这样就给模具生产及供应带来种种困难。我们学习冷冲压工艺时, 必须紧紧抓住模具这一环节, 并予以足够重视。

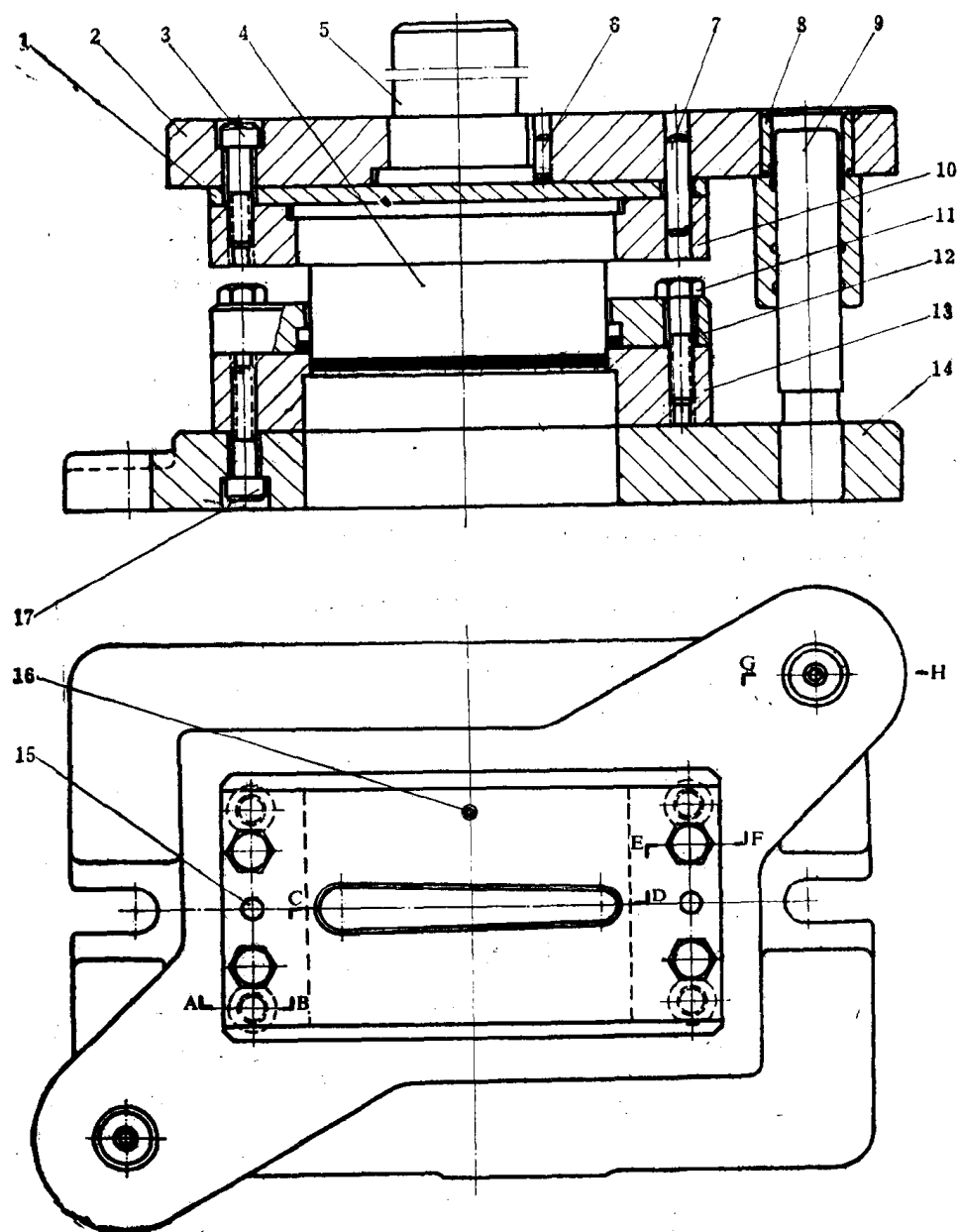


图1-1 制动器连杆落料模的构造

1—垫板 2—上模板 3、17—内六角螺钉 4—凸模 5—模柄 6、7、15—销钉 8—导套
9—导柱 10—凸模固定板 11—螺钉 12—卸料板 13—凹模 14—下模板 16—挡料销

第二节 冷冲压常用材料

冲压用的材料主要是金属材料。非金属材料如纸板、塑料板、橡胶、皮革和毛呢等也用于冲压生产。

金属材料可分为两大类：黑色金属和有色金属。常用的黑色金属材料有：

1. 普通碳素钢 如 A1、A2、A3、A4、A5等；
2. 优质碳素钢 如 05、08、08F、10F、15、20、25、30、35、40、45、50、65M_n等；
3. 合金结构钢 如 25CrMnSiA、25CrMnSi、30CrMnSi。

常用的有色金属有铝及铝合金、紫铜、黄铜等。

农机冲压生产中，以低碳钢 A3、08、10 应用最广。低碳钢具有较高塑性和良好的焊接性能，但强度较低。一般用于受力不大的零件，如农机上的外壳、箱体、盖板、罩，收割机的滚筒壳，螺旋输送器的螺旋等。

中碳钢具有较高的强度，其塑性和可焊性尚好，可作承受一定负荷的零件，如收割机的输送链片，中耕机的锄铲等。高强度和耐磨性零件应采用含锰较高的中碳或碳素工具钢，如犁壁、犁铧以及整地和播种机械的圆盘一般用 65Mn，收割机和饲料粉碎机上的刀片一般用 T9。

供冲压用的金属材料的形状有板料、带料（或卷料）、条料和块料等。在大量生产并装有自动送料设备时，多使用带料。在成批生产中，一般将板料裁成一定尺寸的条料。对小批量的较大的钢件或大量使用贵重金属板料时，将条料再裁成块料毛坯。

冲压用的材料规格、性能、可查阅国家标准。

第三节 冷冲压常用设备

冷冲压常用的主要设备有曲柄压力机、液压机、摩擦压力机等三种，其中曲柄压力机采用最为广泛。

曲柄压力机适用于各种不同的冲压工艺，根据工艺特点，曲柄压力机分为通用和专用两种类型。压力机都是采用曲柄—连杆—滑块的基本机构运动形式，模具都是安装在滑块上完成各种冲压工序。通用压力机又可根据床身结构不同，分成开式和闭式、单柱和双柱、曲轴和偏心曲轴等各种形式，通常压床额定吨位在 100t 以下，多采用开式，吨位较大的多采用闭式。专用压力机都是根据工艺需要专门设计，最常见为双动压力机，这种压力机有效地防止拉延时起给，它具有内、外二个滑块，它们的运动轨迹各不相同，以适应复杂零件拉延需要，其他还有三动压力机，拉弯机等等。

液压机适用于成形工序，采用液体静压力传递的基本原理设计、制造。模具安装在活动横梁上完成成形工序。结构形式多为立柱式、单工作缸或多工作缸，它具有静压使工件塑性变形的特点，通用性能好，目前已被广泛采用。

双盘式摩擦压力机是最常见的摩擦压力机，仅适用于成形工序，模具安装在滑块上，并且具有“不固定上、下死点”的特点，效能较低，所以不如上述二种形式应用广泛。

第二章 冲裁工艺

冲裁是利用冲模使材料分离成两部分的冲压工序，它包括切断、落料、冲孔、修边、切口等各种工序。一般说来，材料被分离成两部分只需要其中的一部分，另一部分则为废料，如果需要带孔形的那个部分，称为冲孔工序；反之，如果需要冲落那个外形部分，称为落料工序。因而这种冲裁工序用途极为广泛，是冷冲压的基本工序，它既可以直接冲出成品零件，又可以为其他变形工序准备毛坯。目前根据分离机理不同，可将冲裁工艺分为普通冲裁和精密冲裁两类，通常所说冲裁工艺是泛指普通冲裁。

第一节 冲裁过程分析

一、冲裁刃口应力场分析

冲裁时板料的受力分析如图2-1：

冲裁区应力与应变状态如图2-2：

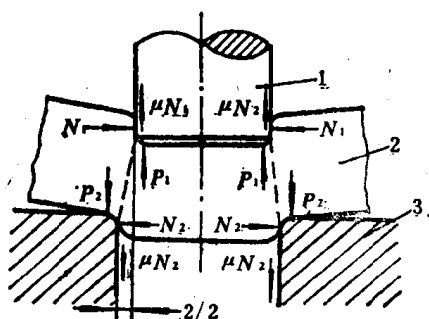


图2-1 板料冲裁时之受力分析

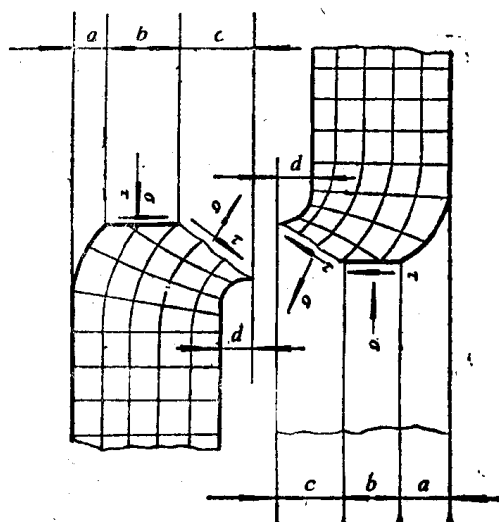


图2-2 冲裁区的应力与应变状态

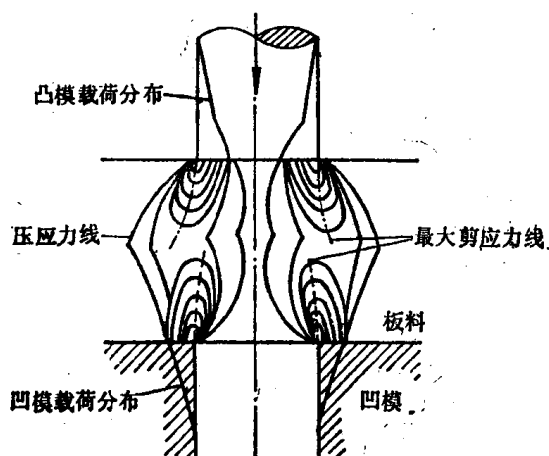


图2-3 冲裁时板料应力与凸凹模载荷分布图

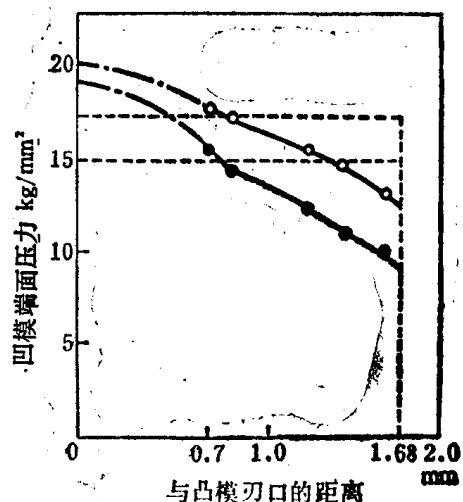


图2-4 凹模端面压力分布