



新世纪高职高专实用规划教材

● 机电·模具·数控系列

冷冲压工艺 及模具设计教程

LENG CHONGYA GONGYI JI MOJU SHEJI JIAOCHENG

牟 林 魏 崢 编著



清华大学出版社



机械工业出版社“十二五”规划教材

模具设计系列教材

冷冲压工艺 及模具设计教程

主 编 王 强 副主编 王 强 参编 王 强 参编 王 强 参编 王 强

机械工业出版社



机械工业出版社

新世纪高职高专实用规划教材 机电·模具·数控系列

冷冲压工艺及模具设计教程

牟 林 魏 峥 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书取材广泛、内容丰富,包括冷冲压基本概念,各种冷冲压设备、多种冲裁模(包括精密冲裁模)、弯曲模、拉深模以及成形模的工作原理、结构、冲压分离和变形机理。

本书的特色之一是大量采用三维图形表达方式,并利用与教学内容相关的三维动画表现模具的工作过程,且有自己独特的实用计算方法。本书的另一个特色是案例教学,以模具功能为中心,结合模具设计,将相关知识有机地联系起来讲授。每章后边留有思考题及设计实训题。

本书适合作为高职高专院校机械类相关专业的教材,也可供自学者和相关工作人员参考使用。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

冷冲压工艺及模具设计教程/牟林,魏峥编著. —北京:清华大学出版社,2005.4

(新世纪高职高专实用规划教材 机电·模具·数控系列)

ISBN 7-302-10354-2

I.冷… II.①牟…②魏… III.①冲模—设计—高等学校:技术学校—教材②冲模—制模工艺—高等学校:技术学校—教材 IV.TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 004149 号

出 版 者:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:林章波

文稿编辑:刘 颖

封面设计:陈刘源

排版人员:孙 伟

印 装 者:北京宏伟双华印刷有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:16 字数:373千字

版 次:2005年4月第1版 2005年4月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-10354-2/TG·56

印 数:1~4000

定 价:23.00元

《新世纪高职高专实用规划教材》序

编写目的

目前,随着教育的不断深入,高等职业教育发展迅速,进入到一个新的历史阶段。学校规模之大,数量之众,专业设置之广,办学条件之好和招生人数之多,都大大超过了历史上任何一个时期。然而,作为高职院校核心建设项目之一的教材建设,却远远滞后于高等职业教育发展的步伐,以至于许多高职院校的学生缺乏适用的教材,这势必影响高职院校的教育质量,也不利于高职教育的进一步发展。

目前,高职教材建设面临着新的契机和挑战:

(1) 高等职业教育发展迅猛,相应教材在编写、出版等环节需要在保证质量之前提下加快步伐,跟上节奏。

(2) 新型人才的需求,对教材提出了更高要求,科学性、先进性和实用性充分体现。

(3) 高职高专教育自身的特点是强调学生的实践能力和动手能力,教材的取材和内容设置必须满足不断发展的教学需求,突出理论和实践的紧密结合。

(4) 新教材应充分考虑一线教师的教学需要和教学安排。

有鉴于此,清华大学出版社在相关主管部门的大力支持下,组织近百所高等职业技术学院的优秀教师以及相关行业的工程师,推出了一系列切合当前教育改革需要的高质量的面向就业的职业技术实用型教材。

系列教材

本系列教材主要涵盖以下领域:

- 计算机基础及其应用
- 计算机网络
- 计算机图形图像处理与多媒体
- 电子商务
- 计算机编程
- 电子电工
- 机械
- 数控技术及模具设计
- 土木建筑
- 经济与管理
- 金融与保险

另外,系列教材还包括大学英语、大学语文、高等数学、大学物理、大学生心理健康等基础教材。所有教材都有相关的配套用书,如实训教材、辅导教材、习题集等。

教材特点

为了完善高等职业技术教育的教材体系,全面提高学生的动手能力、实践能力和职业技术素质,特意聘请有实践经验的高级工程师参与系列教材的编写,采用了一线工程技术人员与在校教师联合编写的模式,使课堂教学与实际操作紧密结合。本系列丛书的特点如下:

- (1) 打破以往教科书的编写套路,在兼顾基础知识的同时,强调实用性和可操作性。
- (2) 突出概念和应用,相关课程配有上机指导及习题,帮助读者对所学内容进行总结和提高。
- (3) 设计了“注意”、“提示”、“技巧”等带有醒目标记的特色段落,让读者更容易得到有益的提示与应用技巧。
- (4) 增加了全新的、实用的内容和知识点,并采取由浅入深、循序渐进、层次清楚、步骤详尽的写作方式,突出实践技能和动手能力。

读者定位

本系列教材针对职业教育,主要面向高职高专院校,同时也适用于同等学历的职业教育和继续教育。本丛书以三年高职为主,同时也适用于两年制高职。

本系列教材的编写和出版是高职教育办学体制和动作体制改革下的产物,在后期的推广使用过程中将紧紧跟随职业技术教育发展的步伐,不断吸取新型办学模式,课程改革的思路和方法,为促进职业培训和继续教育的社会需求奉献自己的一份力。

我们希望,通过本系列教材的编写和推广应用,不仅有利于提高职业技术教育的整体水平,而且有助于加快改进职业技术教育的办学模式、课程体系和教学培训方法,形成具有特色的职业技术教育的新体系。

教材编委会

新世纪高职高专实用规划教材

机电·模具·数控系列

编委会名单

主 任 李诚人 曾宪章

副主任 王平章 李 文 于小平 杨广莉

委 员 (排名不分先后)

于 涛	王 晖	王文华	王 培	田莉坤
吴勤保	韩 伟	赵俊武	韩小峰	王 莉
刘华欣	闫华明	李长本	李振东	王华杰
沈 伟	康亚鹏	肖调生	陈文杰	杨峻峰
邵东波	林若森	封逸彬	张信群	张玉英
郭爱荣	王晓江	杨永生	刘 航	关雄飞
王丽洁	张爱莲	王晓宏	郭新玲	高宏洋
甄瑞麟	熊 翔	黄红辉	潘建新	熊立武
王立红	魏 峥	董焕俊	牟 林	李先雄
南 欢	谢 刚			

前 言

冷冲压技术在汽车、拖拉机、自行车、仪器仪表及家用电器等零部件制造中占有重要地位。冷冲压加工方式具有生产效率高、产品一致性好、适于大批量生产等特点。在当今的制造业中,模具设计制造业已经发展成为一个新兴的朝阳产业。冷冲模设计制造在整个模具设计制造中占有半数以上的产值。但是,与其他制造方法相比,冷冲压工艺和冷冲模制造有它自己的特点和难点。冷冲模设计对于初学者来说往往显得难度较大,难以掌握其规律。因此,拥有一本好的教材就显得格外重要。为了尽快地帮助培养冷冲模设计人才,我们根据多年来的教学和实践经验编写了本书。

本书共分 5 章。第 1 章介绍冲压的基本概念、分类和各种冲压设备。第 2 章介绍冲裁机理及分析、冲裁模一般设计过程、冲裁模设计案例和各种冲裁模的工作原理及结构特点。第 3 章介绍弯曲机理及分析、各种弯曲模的工作原理及结构特点。第 4 章介绍拉深机理及分析、各种拉深模的工作原理及结构特点。第 5 章介绍成形,包括翻边、胀形、缩口、校形、起伏和旋压。

本书的主要特点是:

(1) 较多地采用三维方式表达模具结构。对于比较复杂的模具结构,应用三维造型技术建立压力机和模具的模型,从而产生模具结构的装配轴测图、爆炸图、模具工作过程图和正投影图,全方位表达模具工作情况。

(2) 取材广泛、内容丰富。从压力机类型,到冲裁模、弯曲模、拉深模以及成形模,种类多、覆盖面广、讲述详细、实用价值高。

(3) 在模具的设计、计算中有自己的独特方法。

(4) 配有精心制作的模具及压力机工作过程三维动画。通过镜头推拉、旋转和适当地隐藏、显示,对压力机及模具工作过程进行生动地仿真。

通过在校内对本书草稿和动画的试用,学生反映强烈,教学受到了极好的评价,并且收到了良好的效果。

本书大约需要 64 学时的授课时间。

本书第 1、3、4、5 章由牟林编写;第 2 章由魏峥编写。每章后边附有思考题和设计实训题。康亚鹏为编写本书做了大量工作,在此表示衷心感谢。

限于水平和经验,书中难免存在错误及不当之处,望广大读者给予谅解和指正。

编 者
2005 年 1 月

目 录

第 1 章 概述.....	1
1.1 冷冲压加工概述.....	1
1.1.1 冷冲压加工工序的分类.....	1
1.1.2 冷冲压加工的工艺特点及其应用.....	4
1.2 冲压加工设备	5
1.2.1 曲柄压力机的组成及应用	5
1.2.2 曲柄压力机的主要技术参数.....	9
1.2.3 其他常用压力机简介.....	11
1.3 习题	18
第 2 章 冲裁模.....	20
2.1 冲裁模设计基础.....	20
2.1.1 冲裁变形原理.....	20
2.1.2 冲裁件的质量分析.....	22
2.1.3 冲裁工艺分析.....	23
2.1.4 冲裁模的分类.....	26
2.1.5 排样	26
2.1.6 计算冲压力	28
2.1.7 冲压设备的选择.....	30
2.1.8 确定模具压力中心.....	31
2.1.9 冲裁模刃口尺寸计算.....	32
2.1.10 凸模、凹模的结构设计.....	38
2.1.11 定位零件	44
2.1.12 导向零件	48
2.1.13 卸料与顶件装置.....	50
2.1.14 连接与固定零件.....	55
2.2 冲裁模设计应用.....	58
2.2.1 无导向的开式简单冲裁模设计实例	58
2.2.2 导板式落料模.....	61
2.2.3 导柱式落料模.....	63
2.2.4 连续模	64
2.2.5 正装复合模	66
2.2.6 倒装复合模	68
2.2.7 拼块式落料模.....	69
2.2.8 厚料冲孔模	73

2.2.9 小孔冲裁模	73
2.2.10 悬臂式冲孔模	75
2.2.11 两同心件落料模	75
2.2.12 硬质合金冲裁模	76
2.2.13 棒料切断模	80
2.2.14 非金属冲裁模	81
2.2.15 精密冲裁模	82
2.3 习题	87
第3章 弯曲模设计	92
3.1 弯曲模设计基础	92
3.1.1 弯曲变形分析	92
3.1.2 弯曲质量分析	96
3.1.3 弯曲件展开长度的确定	103
3.1.4 弯曲力计算	105
3.1.5 弯曲模工作部分尺寸计算	106
3.1.6 弯曲件的工序安排	108
3.2 弯曲模的设计实例	110
3.2.1 V形件弯曲模	110
3.2.2 U形件弯曲模	111
3.2.3 弯制夹角小于 90° 的 U形件弯曲模	112
3.2.4 多用弯曲模	112
3.2.5 带斜楔的 U形折边弯曲模	113
3.2.6 C形弯曲模	114
3.2.7 滑板式弯曲模	115
3.2.8 圆形件弯曲模	118
3.3 习题	119
第4章 拉深模	121
4.1 拉深变形过程的分析	122
4.1.1 拉深的变形过程	122
4.1.2 拉深过程中板料的应力应变状态	123
4.2 拉深件的质量分析	126
4.2.1 起皱	126
4.2.2 拉裂	128
4.3 回转体拉深件板料尺寸的确定	131
4.3.1 计算方法	131
4.3.2 简单回转体拉深件的板料尺寸计算	132
4.3.3 复杂形状回转体拉深件板料直径的计算	141

4.4 圆筒形件的拉深.....	145
4.4.1 拉深系数	145
4.4.2 拉深次数的确定.....	148
4.4.3 拉深件工序尺寸的计算.....	149
4.5 带凸缘圆筒形件的拉深.....	153
4.5.1 窄凸缘圆筒形件的拉深.....	153
4.5.2 宽凸缘圆筒形件的拉深.....	154
4.6 特殊形状的制作拉深.....	161
4.6.1 阶梯形件的拉深.....	161
4.6.2 球形制件的拉深.....	162
4.6.3 锥形件拉深	165
4.6.4 抛物线形件拉深.....	168
4.7 变薄拉深	170
4.7.1 变薄拉深的特点.....	171
4.7.2 变薄系数	172
4.7.3 变薄拉深工序计算.....	172
4.8 压边力和拉深力的确定.....	175
4.8.1 压边装置与压边力的确定.....	175
4.8.2 拉深力的确定.....	179
4.8.3 压力机的选取.....	181
4.9 凸、凹模工作部分的设计.....	183
4.9.1 凸、凹模的结构形式.....	183
4.9.2 凸、凹模间隙.....	184
4.9.3 凸、凹模工作部分的尺寸与公差	186
4.9.4 凸、凹模圆角半径.....	188
4.10 拉深模设计应用.....	189
4.10.1 单动压力机首次拉深模.....	189
4.10.2 单动压力机后次拉深模.....	192
4.10.3 单动压力机落料拉深模.....	195
4.10.4 单动压力机落料、正反拉深、冲孔和翻边复合模	200
4.10.5 双动压力机拉深模.....	201
4.11 习题	202
第5章 成形工艺	204
5.1 翻边	204
5.1.1 内孔翻边	205
5.1.2 内凹外缘翻边.....	213
5.1.3 外凸外缘翻边.....	214
5.2 胀形	215

5.2.1	胀形的变形特点及成形极限	215
5.2.2	起伏	217
5.2.3	空心板料毛坯的胀形	218
5.3	缩口	223
5.4	校形	227
5.4.1	校平	227
5.4.2	整形	230
5.5	旋压	232
5.5.1	不变薄旋压	233
5.5.2	变薄旋压	235
5.6	习题	239

第 1 章 概 述

冷冲压通常指的是在室温下，利用冷冲压模具在压力机作用下对材料施加压力，使其产生分离或变形，从而得到所需要的特定制件的加工方法。它是压力加工方法的一种。在机械制造中属于一种高效率的加工方式。

对于冷冲压加工来说，冷冲模是冲压加工中重要的工艺装备。冷冲模技术的先进程度几乎决定了冲压工艺的先进程度。

冷冲压模具的结构组成有时可能很复杂而且加工难度很大，模具往往很昂贵，但利用模具生产制件的操作却很简单、容易，单件制件生产周期极短。所以，制件的成本可以很低。

由于要制造的零件千变万化，所出现的冷冲模具也就种类繁多，而且在不断更新，几乎不重样。所以，冷冲模具的设计、制造在无休止地、频繁地进行着。

1.1 冷冲压加工概述

1.1.1 冷冲压加工工序的分类

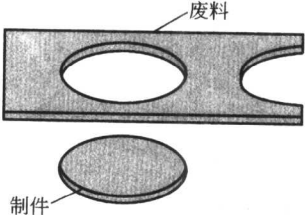
由于冷冲压加工制件的形状、尺寸、精度、批量、原材料等各不相同，冲压方法也就多种多样。但总起来说，可分为分离工序和变形工序两大类。分离工序是将本来为一体的材料相互分开；而变形工序则使材料产生形状和尺寸的变化，成为所需要的制件。

冷冲压可以分成五个基本工序。

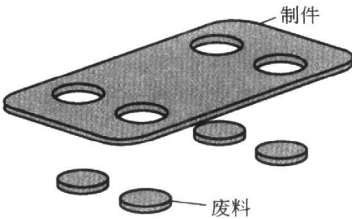
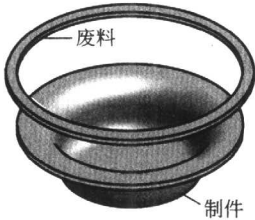
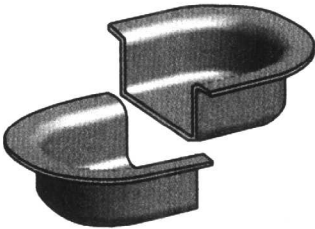
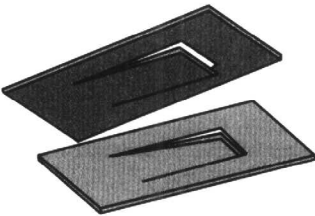
- (1) 冲裁 使板料分离来获得制件的工序。
- (2) 弯曲 使板料由平变弯来获得制件的工序。
- (3) 拉深 使板料由平板变成开口壳体制件的工序。
- (4) 成形 使板料的局部产生凸凹变形的工序。

每一种工序分类具有几种不同的工序特征，而每一种工序特征包括几种工序名称，见表 1.1。

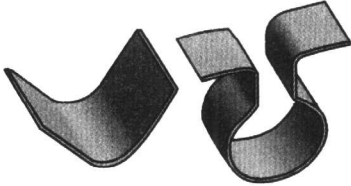
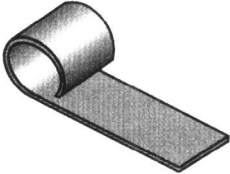
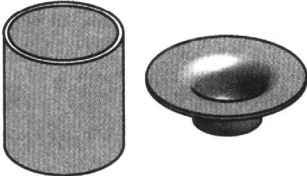
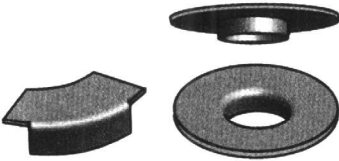
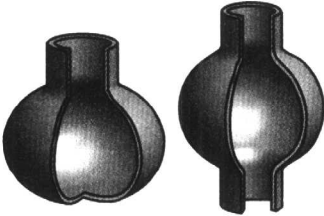
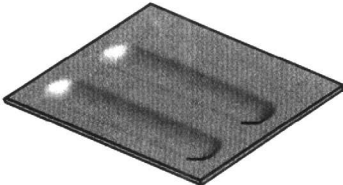
表 1.1 冷冲压工序

工序分类	工序特征	工序名称	工 序 简 图	形成特点
分离工序	冲裁	落料		冲裁后，落下的部分是制件，剩余的部分是废料

续表

工序分类	工序特征	工序名称	工 序 简 图	形成特点
分离工序	冲裁	冲孔		冲裁后，落下的部分是废料，剩余的部分是制件
		切断		将板料相互分离产生制件
		切边		将制件边缘处形状不规整的部分冲裁下来
		剖切		将对称形状的半成品沿着对称面切开，成为制件
		切舌		切口不封闭，并使切口内板料沿着未切部分弯曲

续表

工序分类	工序特征	工序名称	工 序 简 图	形成特点
变形工序	弯曲	压弯		将平板冲压成弯曲形状的制件
		卷边		将板料一端弯曲成接近圆筒形状
	拉深	拉深		将板料冲压成开口空心形状的制作件
	成形	翻边		将平板边缘弯曲成竖立的曲边弯曲形状,或将孔附近的材料变形成有限高度的筒形
		缩口		使管子形状的端部直径缩小
		胀形		使空心件中间部位的形状胀大
		起伏		使板料局部凹陷或凸起

1.1.2 冷冲压加工的工艺特点及其应用

冷冲压工艺具有以下特点:

(1) 冷冲压加工可以获得极高的生产效率, 没有其他任何一种机械加工方法能与之相比。有些制件(如螺母)的生产节拍不到 0.25 秒/件。这是人们对冷冲压工艺最青睐的一点。所以, 冷冲压工艺往往是考虑制件加工方法的首选。

(2) 用冷冲压加工方法可以得到形状比较复杂、用其他加工方法不太容易加工的制件, 如薄壳制件等。

(3) 冷冲压制件的尺寸精度是与模具的尺寸精度相关的。因此, 尺寸比较稳定、互换性较好。

(4) 冷冲压制件的材料利用率较高, 制件重量轻, 刚度/重量比、强度/重量比高, 冲压耗能少。因此, 制件的成本可以相对很低。如自行车的生产主要是依靠冷冲压方式。若用机械切削的加工方法, 成本难以想像。

(5) 冷冲压生产的操作简单, 易于实现机械化和自动化。对操作者的技术素质要求不高, 新手很快就能上岗操作。

(6) 冷冲压加工中所用的模具一般比较复杂、生产周期较长、成本较高。

(7) 冷冲压工艺最适用于批量较大的生产。对于单件小批量生产, 一般不用冷冲压工艺。近年来发展的简易冲模、组合冲模、锌基合金冲模以及数控冲压技术等为单件、小批量生产采用冲压工艺创造了条件。

(8) 冷冲模设计需要很强的想像力和创造力。无论是在理论方面、经验方面还是在创造力方面, 对于模具的设计者和制造者都有很高的要求。

(9) 在冷冲模设计理论和方法中, 到目前为止, 大都采用经典理论加修正系数的方法(如弯曲力的计算、拉深件的应力分析及起皱分析)。而且对于冷冲模工作零件的尺寸设计(除工作尺寸外), 某些冷冲压工艺如形状复杂的拉深、成形, 其工艺计算往往采用经验的方法。这些方法对于形状简单的制件还是适用的。但是, 对于形状复杂的制件就无能为力了。然而, 随着信息技术迅猛发展, CAD/CAM/CAE 技术在冷冲模设计理论和方法中逐渐得到应用。以往的某些难以解决的设计问题得到了有效的解决。因此, 冷冲模设计理论和方法正在从传统方法向分析方法过渡。对于冷冲压工艺来说, 这无疑是如虎添翼, 可大大促进冷冲模技术的发展。

作为冷冲压工艺工作平台的曲柄压力机, 出现在十九世纪末期。那时, 由于汽车工业的兴起, 使锻压机械得以迅速发展。在锻压机械中, 曲柄压力机应用最多。发达国家越来越多地采用锻压工艺代替切削工艺和其他工艺。曲柄压力机已迈入高速度和高精度阶段, 并有效降低噪音, 提高安全性, 扩大自动化程度, 改善劳动条件。特别是采用微型计算机控制的曲柄压力机, 更具有先进的水平。如 M12 四工位螺母冷镦机生产率早已达到每分钟 250 件。精密冲裁的压力机已发展到 25000kN 以上, 可冲裁的最大板厚超过 25mm, 加工的制件断面的表面粗糙度很小, 垂直度极高。由于冷冲压技术具有许多明显的优点, 因此, 在机械制造、信息产业等行业中, 都得到了广泛的应用。如从汽车的覆盖件, 到钟表及仪器仪表元件, 大都是由冷冲压方法制造的。目前, 采用冷冲压工艺所获得的冲压制品, 在汽车、拖拉机、电机电器、信息产业和家电生产中, 都占有很大的比重。据统计, 在汽车

制造业中有 60%~70% 的零件是采用冲压工艺制造的,在机电及仪器仪表生产中有 60%~70% 的零件是采用冷冲压工艺完成的。在信息产业中,冷冲压件的数量占零件总数的 85% 以上。在国防工业的生产中,冲压件所占的比例也相当大。在人们日常生活中所用的金属制品,冲压件所占的比例更大。如铝锅、不锈钢餐具、搪瓷盆等,都是冷冲压制品。因此,冷冲压在机械制造中是不可缺少的工艺方法。

1.2 冲压加工设备

在冷冲压生产中,对于不同的冲压工艺,应采用相应的冲压设备,也叫作压力机。压力机的种类很多,按传动方式分类,主要有机械压力机和液压压力机。机械压力机在冷冲压生产中广泛应用。

机械压力机又可分为曲柄压力机和摩擦压力机。而曲柄压力机应用较广。

1.2.1 曲柄压力机的组成及应用

图 1.1 所示为一种曲柄压力机照片,图 1.2 所示为此种曲柄压力机结构简图。

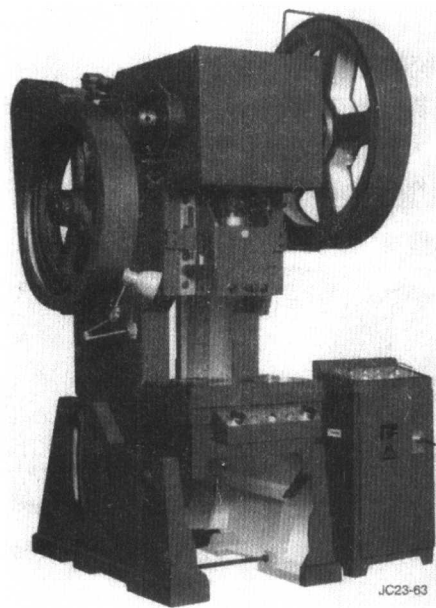


图 1.1 曲柄压力机实物照片

曲柄压力机由下列几部分组成。

(1) 床身 床身是压力机的机架。在床身上直接或间接地安装着压力机上的所有其他零部件,它是这些零部件的安装基础。在工作中,床身承受冲压载荷,并提供和保持所有零部件的相对位置精度。因此,除了应有足够精度外,床身还应有足够的强度和刚度。如图 1.2 所示。