

模具设计与制造技术教育丛书

# 模具结构设计

模具设计与制造技术教育丛书编委会 编



机械工业出版社

为适应我国模具工业飞速发展需求，中国模具工业协会培训与教育委员会组织编写了“模具设计与制造技术教育丛书”，本书为此丛书之一。

本书内容主要包括：冲压加工工艺与模具设计；冲模零、部件结构设计；冲模结构设计；塑料注射模结构设计；塑料压缩模结构设计；压铸模结构设计；粉末冶金模结构设计；锻模结构设计；橡胶成形模结构设计；模具结构的标准化等。

本书可供职业技术学院模具专业教学和企业职工培训使用，并可供有关专业技术人员参考。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

模具结构设计/《模具设计与制造技术教育丛书》编委会编. —北京：机械工业出版社 2003.10

(模具设计与制造技术教育丛书)

ISBN 7-111-13017-0

I. 模... II. 模... III. 模具—结构设计 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 080284 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：李铭杰 版式设计：冉晓华 责任校对：张媛

封面设计：姚毅 责任印制：路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·22 印张·543 千字

0 001—4 000 册

定价：32.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

## 模具设计与制造技术教育丛书编委会

主 编：许发樾

编 委：(按姓氏笔画排列)

田作奎 付 丽 冯爱新 李学军 张秀棉

袁国定 谢继红

本书主编 袁国定

参 编 李学军 冯爱新

主 审 许发樾

# 前 言

模具是工业生产中使用极为广泛的基础工艺装备。在汽车、电机、仪表、电器、电子、通信、家电和轻工等行业中，60%~80%的零件都要依靠模具成形，并且随着近年来这些行业的迅速发展，对模具的要求越来越迫切，精度要求越来越高，结构要求也越来越复杂。用模具生产制件所表现出来的高精度、高复杂性、高一致性、高生产效率和低消耗，是其他加工制造方法所不能比拟的。模具生产技术的高低，已成为衡量一个国家产品的制造水平的重要标志。

目前，国内外模具工业发展很快，其产值已超过机床工业的产值。我国模具工业作为一个独立的、新型的工业，正处于飞速发展阶段，已成为国民经济的基础工业之一，其发展前景十分广阔。据预测，未来我国将成为世界的制造中心，这更加给模具工业带来前所未有的发展机遇和空间。但由于我国模具工业起步较晚，底子薄，“九五”期间虽有较快发展，但与发达国家相比，差距还相当大，许多模具还需要进口，模具制造高级技能人才也供不应求。为进一步加快我国模具工业的发展，基本任务之一就是加快人才的培养，普及先进的模具设计与制造技术，培养模具专业高级人才。

为满足模具制造业对技术工人的需求，很多职业技能培训学校都开设了模具制造相关专业。而目前我国模具制造工还没有成为独立的专业工种，还没有统一的模具制造专业教学大纲和教材，也没有统一的技能鉴定标准，各学校和企业只能在摸索中自行组织安排，这种状况显然不利于该专业的发展和人才培养的规范性。

为适应这一发展形势，中国模具工业协会培训与教育委员会根据我国模具工业发展现状及企业对模具技能人才的需要，在1993年组织的“模具制造工人技术教材”的基础上，删除了很多过时的内容，充实了大量现代模具设计、制造先进技术内容，并增加很多与模具生产技术紧密结合的实例，重新编写了一套“模具设计与制造技术教育丛书”。丛书包括《模具常用机构设计》、《模具结构设计》、《模具钳工工艺》、《模具制造工艺与装备》四种，以适应培养现代模具生产综合素质和综合生产能力人才的需要，适应现代模具生产技术和生产方式对人才的要求。本套丛书系统、完整，有针对性和实用价值，将对我国模具人才的培养起到积极的推动作用。

本套丛书由中国模具工业协会许发樾担任主编，各本书的主编都是具有丰富实践经验的专家。丛书既可作为模具高级职业技能培训的专业教材，也可作为高职、中职、技校教材，并可作为模具生产人员从事实际生产的专业指导书。

需特别说明的是，本套丛书中选用了部分图书、期刊上的文章，企业提供的培训教材中的图、表和论述等精彩资料，在此向各位作者和企业表示感谢。同时，欢迎各位读者对本书提出批评指正意见。

丛书编委会

## 编者的话

模具是工业生产的主要工艺装备，模具工业是国民经济的基础工业。在现代工业生产中，产品零件广泛采用冲压、锻压成形、压铸成形、挤压成形、塑料注射或其它成形加工方法，与成形模具相配套，使坯料成形加工成符合产品要求的零件，如汽车覆盖件、发动机曲轴、电视机外壳、洗衣机内桶的制造，都离不开模具。模具已广泛应用于电机电器产品、电子和计算机产品、仪表、家用电器、汽车、军械、通用机械等产品的生产中。用模具生产件所表现出来的高精度、高复杂程度、高一致性、高生产率和低消耗，是其它加工制造方法所不能比拟的。

许多工业品的发展和技术水平的提高，在很大程度上取决于模具工业的发展水平，国民经济的五大支柱产业——机械、电子、汽车、石化、建筑，都要求模具工业的发展与之相适应。因此，模具对国民经济和社会发展将起到越来越大的作用，模具工业的薄弱将严重影响工业产品造型的变化和新产品的开发。

随着现代化工业和科学技术的发展，人们对工业产品的品种、数量、质量及款式的要求愈来愈高，模具的应用也就愈来愈广泛，其适应性也愈来愈强，已成为工业国家制造工艺水平的标志和独立的基础工业体系。

我国对模具工业的发展十分重视，国务院于 1989 年就将模具技术的发展作为机械行业的首要任务，我国的模具工业也取得了较大的发展，但仍然不能满足国民经济高速发展的需要。

模具的类型较多，按照成形件的材料不同，可分为冲压模具、塑料模具、锻造模具、压铸模具、橡胶模具、粉末冶金模具、玻璃模具和陶瓷模具等，其中应用最广泛的是冲压模具和塑料模具。

编者

# 目 录

前言	
编者的话	
第 1 章 冲压加工工艺与模具设计 .....	1
1.1 概述 .....	1
1.1.1 冲压加工工艺及其应用 .....	1
1.1.2 冲压所用材料及其性能 .....	3
1.1.3 冲床的规格参数 .....	4
1.1.4 冲床的选用要点 .....	6
1.2 冲裁 .....	6
1.2.1 冲裁过程 .....	6
1.2.2 冲裁间隙 .....	7
1.2.3 冲裁件质量分析 .....	9
1.2.4 冲裁件的工艺性 .....	10
1.2.5 排样与搭边 .....	11
1.3 弯曲 .....	13
1.3.1 弯曲变形分析 .....	13
1.3.2 弯曲件缺陷与防止 .....	14
1.3.3 弯曲件的工艺性 .....	17
1.4 拉深 .....	18
1.4.1 拉深变形分析 .....	18
1.4.2 拉深件缺陷与防止 .....	19
1.4.3 拉深件的工艺性 .....	20
1.4.4 拉深件毛坯尺寸的确定 .....	21
1.4.5 拉深系数 .....	24
1.4.6 旋转体拉深件工艺计算 .....	26
1.5 其它冲压加工工艺简介 .....	28
1.5.1 成形 .....	28
1.5.2 冷挤压加工 .....	35
第 2 章 冲模零、部件结构设计 .....	40
2.1 凸、凹模结构设计 .....	40
2.1.1 凸模 .....	40
2.1.2 凹模 .....	45
2.1.3 凸、凹模工作尺寸计算 .....	49
2.2 定位形式与结构设计 .....	53
2.2.1 设计原则 .....	53
2.2.2 定位零件结构与应用 .....	53
2.3 卸料结构设计 .....	57
2.3.1 卸料、推料和顶料结构 .....	57
2.3.2 卸料结构关系尺寸计算 .....	58
2.3.3 弹簧和橡胶的选用与计算 .....	59
2.4 冲模导向、安装和有关零、 部件 .....	63
2.4.1 导向 .....	63
2.4.2 结构件与安装 .....	67
2.4.3 紧固件选用 .....	68
第 3 章 冲模结构设计 .....	69
3.1 概述 .....	69
3.1.1 冲模结构类型和应用 .....	69
3.1.2 冲模设计程序与要点 .....	70
3.1.3 冲压力计算与压力中心的 确定 .....	71
3.2 冲裁模结构设计 .....	76
3.2.1 设计要素 .....	76
3.2.2 单工序冲裁模 .....	77
3.3 弯曲模结构设计 .....	78
3.3.1 设计要点 .....	78
3.3.2 常用弯曲模 .....	79
3.4 拉深模结构设计 .....	82
3.4.1 设计要点 .....	82
3.4.2 常用拉深模 .....	84
3.5 复合冲模结构设计 .....	86
3.5.1 结构类型 .....	86
3.5.2 复合冲模特点和结构设计 要点 .....	88
3.6 级进冲模结构设计 .....	88
3.6.1 级进冲模类型 .....	90
3.6.2 设计要点 .....	91
第 4 章 塑料注射模结构设计 .....	98
4.1 塑料成型工艺与模具设计 .....	98

4.1.1 热塑性塑料成型工艺特性 .....	98	6.1.4 压铸件结构工艺性 .....	175
4.1.2 热固性塑料成型工艺特性 .....	99	6.2 压铸模的基本结构与要点 .....	177
4.1.3 塑料的收缩特性 .....	99	6.2.1 基本结构与构造 .....	177
4.1.4 热塑性塑料注射成型工艺 原理 .....	100	6.2.2 设计要点 .....	179
4.2 结构设计 .....	101	6.3 分型面、浇注与排溢系统 .....	179
4.2.1 设计要点、程序和标准 .....	101	6.3.1 分型面 .....	179
4.2.2 注射模基本构造和类型 .....	103	6.3.2 浇注系统 .....	184
4.3 注射工艺参数计算 .....	105	6.3.3 排溢系统设计 .....	201
4.3.1 注射量 .....	105	6.4 成型零件与模板 .....	206
4.3.2 型腔压力 .....	106	6.4.1 镶块与型芯 .....	206
4.3.3 锁模力 .....	106	6.4.2 型腔与型芯的尺寸计算 .....	210
4.4 零部件结构与功能系统设计 ...	106	6.4.3 模板与导准零件 .....	217
4.4.1 成型零件设计 .....	106	6.5 压铸机的选用 .....	224
4.4.2 浇注系统设计 .....	111	6.5.1 锁模力的计算 .....	224
4.4.3 塑件与点浇口推出机构设计 .....	119	6.5.2 压室容量的估算 .....	225
4.4.4 侧抽芯机构 .....	124	6.5.3 模具厚度与动模座板行程的 核算 .....	226
4.4.5 温度控制系统设计 .....	130	6.6 压铸模的技术要求与选材 .....	227
4.4.6 强度和刚度校核 .....	134	6.6.1 压铸模总装技术要求 .....	227
4.4.7 设计实例 .....	139	6.6.2 结构零件的公差与配合 .....	228
4.5 热固性塑料注射模结构设计 ...	145	6.6.3 零件表面粗糙度 .....	231
4.5.1 结构特点及设计要求 .....	145	6.6.4 压铸模零件的选材 .....	231
4.5.2 热固性塑料冷流道注射模 .....	146	6.6.5 模具验收技术条件 .....	232
4.5.3 典型实例 .....	147	第7章 粉末冶金模结构设计 .....	233
第5章 塑料压缩模结构设计 .....	148	7.1 粉末冶金工艺与粉末冶金 制件 .....	233
5.1 压缩模 .....	148	7.1.1 粉末冶金概述 .....	233
5.1.1 压缩模结构及类型 .....	148	7.1.2 粉末冶金制件 .....	235
5.1.2 压缩成型工艺原理 .....	151	7.2 粉末冶金模具结构设计 .....	242
5.1.3 结构设计及工艺计算 .....	152	7.2.1 设计要点和设计程序 .....	242
5.2 压注模 .....	161	7.2.2 粉末冶金模具型部尺寸计算 .....	245
5.2.1 压注模的结构 .....	161	7.2.3 成型模结构设计 .....	246
5.2.2 压注模的分类 .....	162	7.2.4 整形模结构设计 .....	269
5.2.3 热固性塑料压注成型工艺 原理 .....	164	7.2.5 主要零件的材料及技术要求 .....	273
5.2.4 压注模结构设计 .....	164	7.3 粉末冶金模具典型结构 .....	274
第6章 压铸模结构设计 .....	170	7.3.1 无台阶柱体类成型模 .....	274
6.1 压铸成形工艺与压铸件 .....	170	7.3.2 带台阶柱体类成型模 .....	274
6.1.1 压力铸造 .....	170	7.3.3 带齿类成型模 .....	276
6.1.2 压铸机 .....	170	7.3.4 球面体类成型模 .....	276
6.1.3 压铸材料 .....	172	7.3.5 无台阶实体件自动整形模 .....	276

第 8 章 锻模结构设计 .....	281	9.2.7 工艺要素设计 .....	326
8.1 锻模的类型、应用和结构		9.2.8 操作要素设计 .....	327
设计要点 .....	281	9.2.9 起模斜度 .....	330
8.1.1 锻模的类型、应用和标准 .....	281	9.2.10 橡胶模具材料及热处理 .....	330
8.1.2 设计要点 .....	283	9.2.11 公差配合与精度要求 .....	332
8.2 锻模结构设计 .....	289	9.3 典型结构实例 .....	333
8.2.1 锻模外形设计 .....	289	9.3.1 橡胶垫圈压模和 45°分型面的	
8.2.2 模膛设计 .....	293	“O”形密封圈压模 .....	333
第 9 章 橡胶成型模结构设计 .....	310	9.3.2 带整体型芯的胶套橡胶压模 .....	334
9.1 概述 .....	310	9.3.3 拼合式型芯伸缩式护套橡胶	
9.1.1 橡胶模具概述 .....	310	压模 .....	334
9.1.2 橡胶模具类型 .....	310	9.3.4 带嵌件的橡胶压模 .....	334
9.1.3 橡胶模具的结构要素 .....	313	第 10 章 模具结构的标准化 .....	336
9.2 橡胶模具结构设计 .....	315	10.1 概述 .....	336
9.2.1 橡胶收缩率计算 .....	315	10.1.1 模具标准化的作用和意义 .....	336
9.2.2 型腔尺寸计算 .....	316	10.1.2 标准种类与内容 .....	337
9.2.3 分型面设计 .....	317	10.2 冲模常用标准 .....	339
9.2.4 浇注系统设计 .....	318	10.3 塑料注射模常用标准简介 .....	340
9.2.5 定位机构设计 .....	320	10.4 压铸模常用标准简介 .....	341
9.2.6 辅助要素设计 .....	322	参考文献 .....	342

# 第 1 章 冲压加工工艺与模具设计

## 1.1 概述

### 1.1.1 冲压加工工艺及其应用

冲压是指在常温下利用模具在压力机的作用下，对材料施加压力，将材料分离或变形，从而获得一定形状、尺寸和精度零件的一种加工方法，又可称为冷冲压或板料冲压。

(1) 冲压加工与其它机械加工方法相比，具有很多优点：

- 1) 在压力机的简单冲击下，能得到其它加工方法不能或难以得到的形状复杂、精度一致的制件。
- 2) 操作简便，劳动强度低，生产效率高，适合批量生产，便于实现机械化和自动化。
- 3) 尺寸稳定，制件精度高，互换性好。
- 4) 材料利用率高，制件重量轻、刚性好、强度高，在批量生产的条件下成本低。
- 5) 在生产过程中，材料表面不易遭受破坏，制件表面质量好，通过塑性变形后，还可使制件的力学性能有所提高。

由于冲压工艺的这些特点，因此其应用范围极广，从精细的电子元件、仪表指针到汽车的覆盖件和大梁、高压容器封头及航空航天器的蒙皮、机身等，均需冲压加工。目前用冲压工艺所获得的制品，在现代汽车、拖拉机、电机电器、仪器仪表及无线电电子产品和人们日常生活中，都占有十分重要的地位。

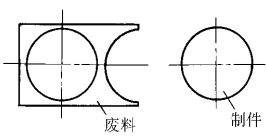
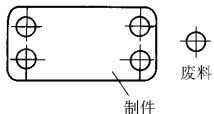
当然，冲压工艺和其它加工方法一样，也有其自身的局限性，如：冲模结构比较复杂，制造周期较长，模具价格偏高，在单件小批量、多品种生产时经济上不合算。

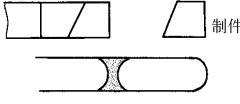
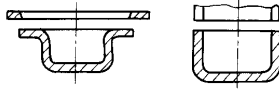
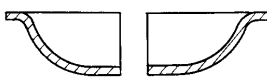
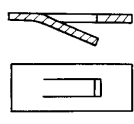
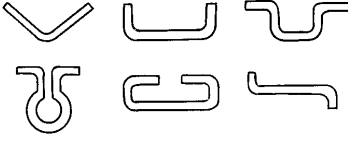
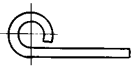
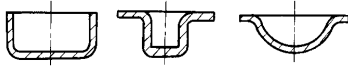

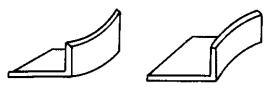
(2) 冲压加工的基本工序可分为分离工序和成形工序两大类，见表 1-1。

1) 分离工序。板料在冲压力的作用下，其应力超过材料的强度极限，使之发生剪切而分离的加工工序。

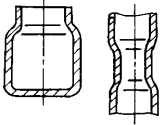
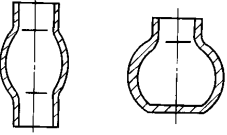
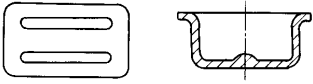
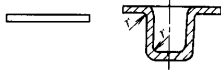
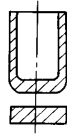
2) 变形工序。板料在冲压力的作用下，其应力超过材料的屈服强度，而低于抗拉强度，使之发生塑性变形而成为一定形状的制件的加工工序。

表 1-1 主要冲压工序的分类和特征

类别	工序名称	工序简图	特 点
分离 工 序	落料		用模具将板料沿封闭轮廓冲切，封闭曲线以内部分为制件
	冲孔		用模具将板料沿封闭轮廓冲切，封闭曲线以外部分为制件

类别	工序名称	工序简图	特 点
分离工序	切断		用剪刀或冲模将板料沿敞开轮廓切断
	切边		将成形制件边缘的多余材料冲切下来
	剖切		将冲压成形的半成品切开成为两个或数个制件
	切口		将板料的部分材料沿不封闭曲线冲出缺口，切开部分发生弯曲
变形工序	弯曲		把板材沿直线弯成各种形状
	卷圆		将板材端部卷成接近封闭的圆头
	拉深		将板材毛坯制成各种开口空心制件
	翻孔		在预先冲制好的板材半成品上冲制成竖立的边缘
	翻边		将板材半成品的边缘按曲线或圆弧翻成竖立的边缘

(续)

类别	工序名称	工序简图	特 点
变 形 工 序	缩口		在空心毛坯或管状毛坯的某个部位上,使其径向尺寸减小
	胀形		在双向拉应力作用下实现的变形,可以成形各种空间曲面形状的制作
	起伏成形		在板材毛坯或制件的表面上,用局部成形的方法制成各种形状的突起与凹陷
	校形		将翘曲制件压平,提高已成形制件精度,或通过压制获得小的圆角半径
	冷挤压		使金属沿凸、凹模间隙或凹模模口流动,从而使原毛坯成为薄壁空心件或横断面小的半成品

### 1.1.2 冲压所用材料及其性能

冲压所用的材料主要是金属材料,有普通碳素钢、优质碳素钢、不锈钢和黄铜板(带)、铝板(带)等,有时也用非金属材料,如胶木板、塑料板和纤维板等。冲压用材料大部分是各种规格的条料、带料、卷料和块料,有时也对某些型材及管材进行冲压加工。

用于冲压的材料不仅要满足制件的设计要求,还必须满足材料的冲压性能。

材料的冲压性能是指它们对各种冲压加工的适应能力,即具有良好的塑性、便于加工、容易得到高质量和高精度的冲压件,生产效率高、模具损耗低、不易出废品等。

金属材料的冲压性能,是各种材料的力学指数通过比较进行分析的。其力学性能的强度指数主要有材料的屈服强度 $\sigma_s$ 、抗拉强度 $\sigma_b$ 、屈强比 $\sigma_s/\sigma_b$ 、缩颈应力 $\sigma_j$ 、断裂应力 $\sigma_f$ 、材料的弹性模量 $E$ 与屈服强度的比值 $E/\sigma_s$ ,塑性指数有材料的总伸长率 $\delta$ 、均匀伸长率 $\delta_u$ 、断面收缩率 $\psi$ 、均匀变形的断面收缩率 $\psi_u$ 等。

一般地说,材料的 $\sigma_s/\sigma_b$ 值愈小,成形过程中断裂的危险愈小, $E/\sigma_s$ 值愈大,材料成形

此为试读,需要完整PDF请访问: www.cftongbook.com

过程中的回弹愈小，材料的  $\delta$  与  $\psi$  值愈大，材料在破坏前的可塑性愈大， $\delta_w$ 、 $\psi_w$ 、 $\delta_w/\sigma$ 、 $\psi_w/\psi$  的值愈大，材料的稳定变形性能愈好，因而其冲压性能也愈好。

同时，冲压用材料还必须满足其冲压工艺要求：

- 1) 应具有良好的塑性，在变形工序中，可减少工序及中间退火次数。
- 2) 材料应具有光洁平整无缺陷损伤的表面状态，加工时不易破裂，也不易擦伤模具。
- 3) 材料厚度的公差应符合国家规定的标准。材料厚度的公差太大，不仅会影响制件质量，还可能产生废品和损坏模具。
- 4) 材料应对机械接合及继续加工（如焊接、电镀、抛光等工序）有良好的适应性能。

随着汽车、电子、家用电器等工业的迅速发展，对与其相关的金属薄板生产及成形技术提出了愈来愈高的要求，也必将有力地促进它们的发展。随着材料科学的进步，很多新型的冲压用板材不断出现，如高强度钢板、双相钢板、复合板材、涂层板等。这些新型材料提高了材料的力学性能，满足了冲压生产中一些产品对材料的特殊要求。

### 1.1.3 冲床的规格参数

在冲压生产中采用的压力机按传动方式的不同，主要分为两大类：机械压力机和液压压力机。其中机械压力机应用较为普遍，俗称冲床。机械式压力机有曲柄压力机与摩擦压力机等。本节主要介绍曲柄压力机。

#### 1. 曲柄压力机的工作原理

曲柄压力机的冲压动作是通过曲柄连杆机构来实现的，图 1-1 所示是曲柄压力机的传动示意图。电动机通过传动带带动飞轮，飞轮可在曲轴上自由转动，飞轮通过离合器驱动曲轴旋转，曲轴通过连杆使滑块沿着导轨作上下往复运动。滑块的最高位置称为上止点，最低位置称为下止点。当滑块到达上止点时，滑块下平面离压力机工作台的高度称为开启高度；当滑块到达下止点时，滑块下平面距压力机工作台的距离称为闭合高度。压力机的行程指上止点到下止点之间的距离，它等于曲轴半径的两倍。

曲柄连杆机构不只是将旋转运动变成直线往复运动，还能起力的放大作用，即增力作用，使滑块最下位置产生最大的冲压力。

#### 2. 曲柄压力机的分类

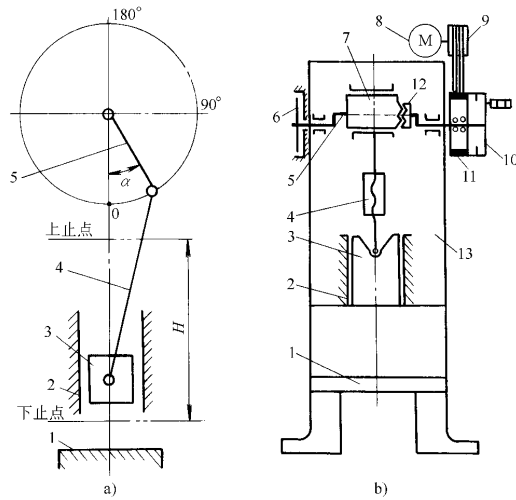


图 1-1 曲柄压力机传动示意图

a) 曲柄连杆机构原理图 b) 压力机传动原理图

- 1—工作台 2—导轨 3—滑块 4—连杆 5—曲轴 6—制动器  
7—调节行程的偏心衬套 8—电动机 9—带轮 10—单盘摩擦离合器 11—飞轮 12—行程调节机构的棘爪联轴器 13—机身

(1) 按压力机公称压力分类 分为小型曲柄压力机、中型曲柄压力机和大型曲柄压力机。

- 1) 小型曲柄压力机，公称压力小于 1MN。
- 2) 中型曲柄压力机，公称压力为 1~3MN。
- 3) 大型曲柄压力机，公称压力大于 3MN。

(2) 按曲柄形式分类 分为偏心压力机和曲轴压力机。

1) 偏心压力机。偏心压力机的主轴是偏心轴，当主轴转动时，偏心小轴以主轴中心为圆心，以定值的偏心距为半径作圆周运动，其滑块行程可以改变。对于一些冲压行程较小，在冲压过程中导柱、导套不宜脱开的精密冲模、导板模等，选用偏心压力机最为合适。

2) 曲轴压力机。曲轴压力机的主轴是曲轴，其行程是固定不变的。曲轴压力机机床受力负荷较为均匀，能制成大行程、大吨位的重型压力机床，目前我国一般工厂中使用曲轴压力机最多。

(3) 按床身结构分类 分为开式压力机和闭式压力机。

1) 开式(C形机身)压力机。工作台前方及两侧三面敞开，便于安装模具及操作，由于模具安装部位近，生产效率高，价格便宜，所以被广泛采用。但由于机身形状不对称，受力时床身有微小的变形，影响冲压精度和模具寿命。

开式压力机的工作台分为固定式、可倾式、升降台三种。

2) 闭式压力机。床身两侧为封闭状态，只有前后两面敞开。压力机刚性好，受力均匀，大中型压力机采用较多。

(4) 按连杆数目分类 分为单连杆压力机和双连杆压力机。

- 1) 单连杆压力机，即单点式压力机。
- 2) 双连杆压力机，即双点式压力机。

(5) 按工作方式分类 分为单动压力机、双动压力机和三动压力机。

- 1) 单动压力机。只有一个滑块的压力机。
- 2) 双动压力机。有两个滑块的压力机(内部为成形滑块，外部为制件压紧滑块)。
- 3) 三动压力机。有三个滑块的压力机(外部为制件压紧滑块，内部为成形滑块及另一块作相反方向运动的成形滑块)。

### 3. 压力机规格参数

压力机的主要技术参数是反映一台压力机的工艺能力、所能加工零件的尺寸范围以及生产率等的指标，也是模具设计中选择冲压设备、确定模具结构的重要依据。

(1) 公称压力  $P_N$  指压力机曲柄旋转离下止点前某一特定角度(约为  $30^\circ$ )时滑块上所允许的最大工作压力，是压力机规格的主参数。

(2) 滑块每分钟冲压次数  $n$  滑块由上止点到下止点又回到上止点往复一次为一个行程数，即一次冲压。

(3) 滑块行程  $s$  是指滑块从上止点到下止点所经过的距离。其数值一般为曲柄半径的两倍。

(4) 闭合高度  $H$  滑块在下止点时，滑块下底面到工作台上平面之间的距离。

当压力机处于闭合状态时，将连杆调节到最短时的闭合高度为最大闭合高度；反之为最小闭合高度。

(5) 工作台台面尺寸  $L \times B$  其决定了安装模具下模座的尺寸范围, 工作台孔径尺寸决定了模具下模漏落制件或废料的允许尺寸及安装弹顶机构的尺寸。

(6) 滑块底面尺寸 滑块底面尺寸决定了安装模具上模座的尺寸范围, 滑块中心孔的尺寸和深度尺寸决定了模柄尺寸。

(7) 电动机功率 指压力机主电动机的功率。

#### 1.1.4 冲床的选用要点

选用冲床时应遵循以下一些原则:

1) 压力机的公称压力应等于或大于冲压工序所需的总压力。当进行弯曲或拉深时, 应注意所选用的压力机的许可压力曲线, 在曲轴全部转角内高于冲压变形力曲线。

2) 压力机行程应满足制件在高度上能获得所需尺寸, 并保证冲压后能顺利地 from 模具上取出来。这对于弯曲、拉深件尤为重要, 一般拉深时的行程要取制件高度的 2.5 倍。

3) 压力机的闭合高度、工作台台面尺寸和滑块尺寸等应能满足模具的正确安装。压力机闭合高度和模具闭合高度的关系应满足下列关系式, 即

$$H_{\max} - 5\text{mm} > H_m > H_{\min} + 10\text{mm}$$

式中  $H_{\max}$  ——压力机最大闭合高度 (mm);

$H_m$  ——模具闭合高度 (mm);

$H_{\min}$  ——压力机最小闭合高度 (mm)。

4) 滑块每分钟的冲击次数, 应符合生产率和材料变形速度的要求。

5) 在一般情况下, 可不考虑电动机功率, 但在一些特殊冲压时 (如斜刃冲裁), 将会发生压力足够而功率超载的现象, 这时必须使电动机的功率大于冲压时所需的功率。

选择压力机时除考虑以上原则外, 还要根据生产批量大小、冲压工序特点、冲压件形状、尺寸、精度等因素综合考虑压力机的种类, 然后再选择压力机的规格。

## 1.2 冲裁

冲裁是利用模具使板料沿一定的轮廓形状产生分离的一种冲压工序, 冲裁包括落料、冲孔、切口、切边等工序, 其中以落料、冲孔应用最为广泛 (见图 1-2)。

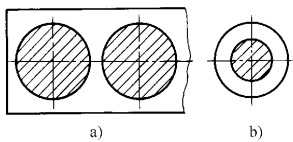


图 1-2 落料和冲孔

a) 落料 b) 冲孔

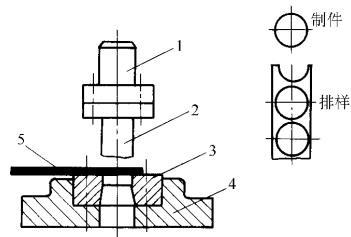


图 1-3 简单冲裁模具

1—模柄 2—凸模 3—凹模 4—下模座 5—条料

#### 1.2.1 冲裁过程

图 1-3 所示是一简单冲裁模, 凸模和凹模都具有与制件轮廓一样形状的锋利刃口, 凸、凹模之间存在一定的间隙, 凸模通过模柄安装在压力机滑块上, 凹模通过模座固定在工作台

上。当凸模下降至与板料接触时，板料就受到凸、凹模的作用力，凸模继续下压，板料受剪而互相分离。

板料的分离过程是在瞬间完成的，整个冲裁变形分离过程大致可分为 3 个阶段，如图 1-4 所示。

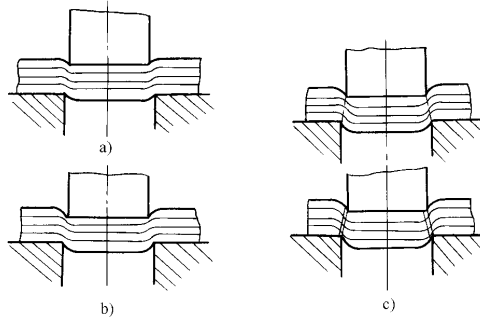


图 1-4 冲裁时板料的变形过程

a) 弹性变形阶段 b) 塑性变形阶段 c) 断裂分离阶段

(1) 弹性变形阶段 板料在凸模的压力下，产生弹性压缩和弯曲，板料底面相应部分的材料略挤入凹模孔口内。板料与凸、凹模接触处形成很小的圆角。由于凸、凹模之间存在间隙，板料同时受到弯曲和拉伸的作用，凸模下的板料产生弯曲，凹模上的板料开始上翘。

(2) 塑性变形阶段 凸模继续下降，压力增加，当材料内部应力达到屈服点时，板料进入塑性变形阶段，凸模开始挤入板料，并将下部材料挤入凹模孔内，板料在凸、凹模刃口附近产生塑性剪切变形，形成光亮的剪切断面。在剪切面的边缘，由于凸、凹模间隙而引起的弯曲和拉伸的作用，形成圆角。随着凸模的继续向下，变形区向板材的深度方向发展、扩大，应力也随之增加，直至凸、凹模刃口处达到极限应力和应变值，材料产生微小裂纹为止。

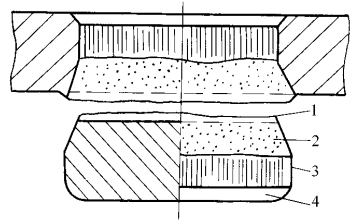


图 1-5 冲裁件的断面状况

1—毛刺 2—断裂带 3—光亮带 4—圆角带

(3) 断裂分离阶段 随凸模继续压入，凸、凹模刃口附近产生的微裂纹不断向板材内部扩展。若间隙合适，上、下裂纹则相遇重合，板料被拉断分离。由于拉断的结果，断面上形成一个粗糙的区域。当凸模再下行，冲落部分将克服摩擦阻力被从板材中推出，全部挤入凹模洞口，冲裁过程结束。

由于冲裁变形的特点，冲出的制件断面与板材平面并不完全垂直，有一定的斜度，且粗糙而不光滑。冲裁断面可明显地分为 4 个特征区，即圆角带、光亮带、断裂带和毛刺（见图 1-5）。

### 1.2.2 冲裁间隙

冲裁间隙是指冲裁模的凸模和凹模刃口之间的间隙。单边间隙用  $C$  表示，双边间隙用  $Z$  表示。

圆形冲裁模双边间隙为  $Z = D_d - D_p$

式中  $D_d$ ——冲裁模凹模直径尺寸 (mm)；

$D_p$ ——冲裁模凸模直径尺寸 (mm)。

### 1. 合理间隙

冲裁间隙值的大小对冲裁件质量、模具寿命、冲裁力和卸料力的影响很大，是模具设计中的一个重要因素。因此设计模具时一定要选择一个合理的间隙，考虑到模具制造中的偏差及使用中的磨损，生产中通常是选择一个适当的范围作为合理间隙，这个范围的最小值称为最小合理间隙  $Z_{\min}$ ，最大值称为最大合理间隙  $Z_{\max}$ 。由于模具在使用过程中会逐步磨损，设计和制造新模具时应采用最小合理间隙。

合理间隙值的选取主要与冲压件材料的力学性能、材料厚度、制件使用要求等因素有关，不同行业的冲裁间隙值也有所不同。表 1-2 所列为冲裁单面间隙比值  $c/t$ ，供读者参考。表中第一类适用于对断面质量与冲压件精度均要求高的制件，但模具寿命较低。第二类适用于对断面质量、冲压件精度要求一般及需要继续塑性变形的制件。第三类适用于断面质量、冲压件精度均要求不高的制件，但模具寿命较长。

表 1-2 冲裁单面间隙比值  $c/t$  (%)

材 料 \ 类 别	I	II	III
低 碳 钢 08F、10F、10 钢、20 钢、Q235—A	3.0~7.0	7.0~10.0	10.0~12.5
中碳钢 45 不锈钢 1Cr18Ni9Ti、4Cr13 膨胀合金 (可伐合金) 4J29	3.5~8.0	8.0~11.0	11.0~15.0
高 碳 钢 T8A、T10A 65Mn	8.0~12.0	12.0~15.0	15.0~18.0
纯铝 1060、1050A、1035、1200 铝合金 (软态) 3A21 黄铜 (软态) H62 纯铜 (软态) T1、T2、T3	2.0~4.0	4.5~6.0	6.5~9.0
黄铜 (硬态) 铅黄铜 HPb50—1 纯铜 (硬态)	3.0~5.0	5.5~8.0	8.5~11.0
铝合金 (硬态) 锡磷青铜 铝青铜 铍青铜	3.5~6.0	7.0~10.0	11.0~13.0
镁合金	1.5~2.5	—	—
硅 钢	2.5~5.0	5.0~9.0	—

## 2. 合理间隙的选用原则

1) 对于断面垂直度、断面质量和尺寸精度要求高的制件，应选用较小的间隙值，这时冲裁力与模具寿命作为次要因素来考虑。

2) 对于断面要求不高的冲裁件，在满足冲裁件要求的前提下，应以提高模具寿命、降低冲裁力为主，采用较大的合理间隙。但间隙过大会使冲裁件产生弯曲变形，此时要采用弹性卸料装置。

### 1.2.3 冲裁件质量分析

冲裁件质量主要是指尺寸精度、断面质量、形状误差。

#### 1. 冲裁件尺寸精度

冲裁件尺寸精度是指冲裁件实际尺寸与设计要求尺寸相符合的程度。影响冲裁件尺寸精度的因素，主要有冲裁模间隙，模具的制造精度、材料性质和冲裁件的形状等。

(1) 冲裁模间隙 当间隙较大时，材料所受拉伸作用增大，冲裁结束后，因材料的弹性恢复，使冲孔件的尺寸增大，落料件的尺寸变小；当间隙较小时，材料受凸、凹模挤压力大，压缩变形大，冲裁完毕后材料的弹性恢复使落料件尺寸增大，而冲孔件的孔径则变小。

(2) 模具的制造精度 冲裁模的精度愈高，冲裁件的精度就愈高。冲裁模的精度应高于冲裁件的精度 2~3 级。表 1-3 列出了当冲裁模具有合理的间隙与锋利的刃口时，其制造精度和冲裁件尺寸精度的关系。

(3) 材料的性质 材料的性质对该材料在冲裁过程中的弹性变形量有很大的影响。对于比较软的材料，弹性变形量较少，冲裁后的回弹值也少；因此制件精度较高而硬的材料，情况正好相反。

(4) 冲裁件的形状 冲裁件的形状越简单，其精度越高。

表 1-3 冲裁件精度

冲模制造精度	材料厚度 $t/\text{mm}$											
	0.5	0.8	1.0	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12
IT6~IT7	IT8	IT8	IT9	IT10	IT10	—	—	—	—	—	—	—
IT7~IT8	—	IT9	IT10	IT10	IT12	IT12	IT12	—	—	—	—	—
IT9	—	—	—	IT12	IT12	IT12	IT12	IT12	IT14	IT14	IT14	IT14

#### 2. 冲裁件断面质量

冲裁件断面应平直、光滑、无裂纹、撕裂、夹层和毛刺等缺陷。影响冲裁件断面质量的因素主要有模具间隙、材料力学性能、模具刃口状态等，其中起决定作用的是模具间隙。

(1) 模具间隙的影响 模具间隙对冲裁件的断面质量影响很大，当间隙过小时，裂纹成长受到抑制而成为滞留裂纹，在上下裂纹中间将产生二次剪切，这样，在光亮带中部夹有残留的断裂带（见图 1-6a）；当间隙过大时，材料的弯曲和拉伸增大，接近于胀形破裂状态，容易产生裂纹，且材料在凸、凹模刃口处产生的裂纹会错开一段距离而产生二次拉裂，毛刺大而厚，使冲裁件的断面质量下降（见图 1-6c）。

(2) 材料力学性能的影响 材料塑性好，冲裁时裂纹出现得较迟，材料被剪切的深度较