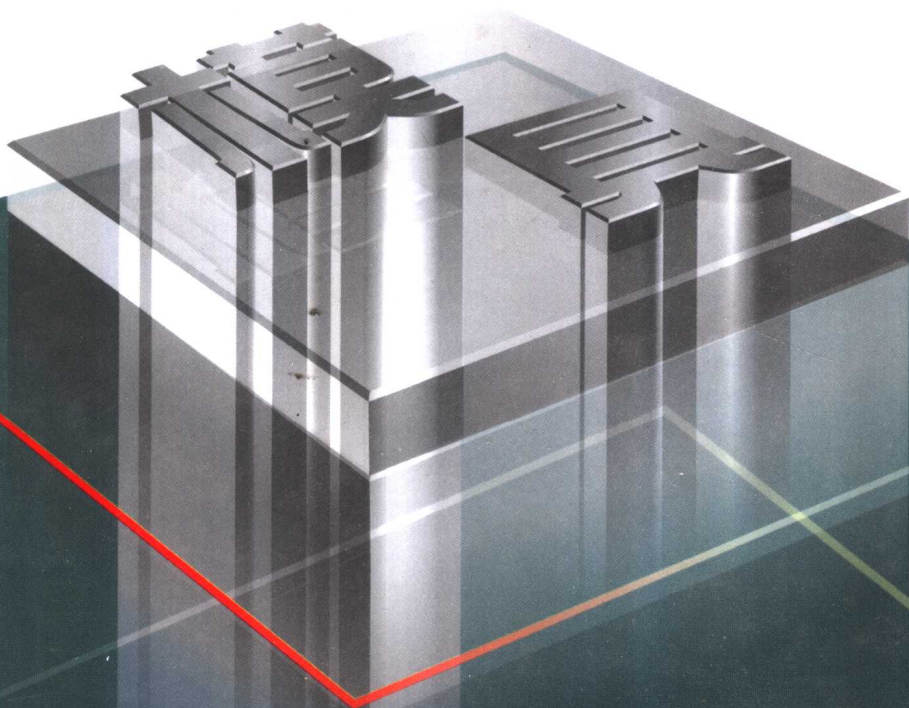


# 冲压模具设计 实用手册

郑家贤 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 冲压模具设计实用手册

郑家贤 编著

机械工业出版社

本书以设计过程的顺序来编排章节内容,以基础、工艺、计算、结构、零件、质量和材料的方式系统、有序地介绍了模具的设计过程,以“讲方法”作为参阅设计手册的切入点,从冲压工艺理论的分析 and 冲压机理的讨论着手,阐明设计方法,介绍规范设计的内容,以提高模具寿命和改善冲压件质量为最终目的。全书系统、连贯、完整,结构清晰明了,内容详尽实用,数据准确可靠。

本书可供从事冲模设计和冲压工艺技术人员、工人使用,也可作为大专院校机电专业和模具设计与制造专业师生的参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

冲压模具设计实用手册/郑家贤编著. —北京:机械工业出版社, 2007. 7

ISBN 978 - 7 - 111 - 21782 - 4

I. 冲… II. 郑… III. 冲模 - 设计 - 技术手册  
IV. TG385. 2 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 096724 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 刘彩英

责任编辑: 白 刚 版式设计: 霍永明 责任校对: 张莉娟  
程俊巧

封面设计: 姚 毅 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 9 月第 1 版 · 第 1 次印刷

169mm × 239mm · 16 875 印张 · 3 插页 · 655 千字

0 001—4 000 册

标准书号 ISBN 978 - 7 - 111 - 21782 - 4

定价: 55.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

板料冲压是金属塑性加工的一种基本方法，冷冲模则是推行冲压工艺必不可缺的装备。近年来，随着科学技术的发展，机电行业作为科学技术的基础，也随之有了飞速的发展。随着加工技术的不断深化，加工件精度的日趋提高，模具的制造更是有着长足的进步。至今，我国模具制造行业的产值已超过机床行业。有关冲压技术方面的问题愈来愈为人们所关注。相应的冲压工艺理论研究和冲压加工机理的探讨也随之不断深化。模具的设计和加工、改善冲件的质量精度、提高模具的使用寿命也就显得更为重要。

作者在出版《冲压工艺与模具设计实用技术》一书后，得到了广大同行极大的鼓励和信任。于是，遂将本人在中国科学院研究生学习、工作期间从事冲压工艺理论研究的知识积累，参与科研生产工作时所进行系统试验的工艺参数，以及模具设计、制造与零件冲制工作的一些心得体会，以模具设计为主线整理成文，再与同行探讨和交流。希望能得到广大读者进一步的支持。

本书摒弃了过去以工序内容来编排章节的习惯，而是以设计过程的顺序贯穿全书，以基础篇、工艺篇、计算篇、结构篇、零件篇、质量篇和材料篇等方式系统、有序地介绍模具的设计过程，从“讲方法”作为参阅设计手册的切入点，以冲压工艺理论的分析 and 冲压机理问题的探讨着手，阐明设计方法，介绍规范化设计的内容，以提高模具寿命和改善冲件质量为最终目的。同时也希望用这种全新的编排方式能使设计工作取得更便捷的效果。

本书除了引用本人在中国科学院学习和工作时所进行系统试验的有关数据以外，还参阅了大量的国内外资料，全书力求系统性、连贯性、完整性。结构清晰、明了，内容详尽、实用，数据准确、可靠。本书可供从事冲模设计和冲压工艺的技术人员、工人使用，也可作为大专院校机电专业和模具设计与制造专业师生的参考用书。

本人在研究生学习期间，曾得到学术导师——中国科学院院士张作梅教授的指导，在长期的工作中，还得到中国模具工业协会顾问、上海市模具技术协会名誉理事长张鼎承高级工程师的帮助，谨致以衷心的感谢。郑萍女士

为本书的电脑录入与绘图作了大量的工作。

由于作者水平有限，书中可能会存在谬误和不当之处，恳请广大同行、学者和专家不吝赐教，诚挚地希望得到同行的批评指正。

**郑家贤**

于厦门

# 目 录

## 前言

<b>第1章 基础篇</b> .....	1
1.1 冷冲压的主要工序 .....	1
1.2 冲裁概述 .....	3
1.3 冲裁件的精度 .....	4
1.4 冲裁件的工艺性 .....	9
1.5 弯曲概述 .....	17
1.6 弯曲件的精度 .....	19
1.7 弯曲件的结构工艺性 .....	20
1.8 拉深概述 .....	24
1.9 拉深件的精度 .....	26
1.10 拉深件的结构工艺性 .....	28
1.11 翻边概述 .....	31
1.12 圆孔翻边的工艺性 .....	35
1.13 胀形概述 .....	36
<b>第2章 工艺篇</b> .....	38
2.1 冲裁的变形过程 .....	38
2.2 冲裁间隙 .....	40
2.3 冲裁工作的排样法 .....	46
2.4 弯曲变形过程 .....	55
2.5 中性层 .....	57
2.6 最小相对弯曲半径 .....	58
2.6.1 影响材料最小相对弯曲半径的因素 .....	58
2.6.2 最小相对弯曲半径的选取 .....	61
2.7 弯曲凸模与凹模之间的间隙 .....	63
2.8 圆筒形零件的拉深 .....	63
2.8.1 拉深过程的受力状态 .....	63
2.8.2 拉深的变形程度 .....	65
2.8.3 影响极限拉深系数的因素 .....	66
2.8.4 极限拉深系数 .....	68
2.8.5 多次拉深 .....	70
2.9 带凸缘圆筒形零件的拉深 .....	72
2.9.1 带凸缘圆筒形零件的拉深变形程度 .....	72

2.9.2	带凸缘圆筒形零件的拉深方法 .....	74
2.9.3	带凸缘圆筒形零件的多次拉深 .....	76
2.10	阶梯形零件的拉深 .....	78
2.11	锥形、球形和抛物线形零件的拉深 .....	79
2.11.1	拉深时的变形特点 .....	80
2.11.2	锥形零件的拉深 .....	80
2.11.3	球形零件的拉深 .....	84
2.11.4	抛物线形零件的拉深 .....	86
2.11.5	防止起皱的拉深方法 .....	86
2.12	反拉深 .....	88
2.13	变薄拉深 .....	90
2.14	矩形盒状零件的拉深 .....	91
2.15	带料的连续拉深 .....	96
2.15.1	带料连续拉深的方法 .....	96
2.15.2	带料连续拉深时的许可拉深系数 .....	99
2.16	拉深模具的间隙 .....	102
2.17	拉深模具的圆角半径 .....	104
2.17.1	拉深凹模的圆角半径 .....	104
2.17.2	拉深凹模圆角半径的选取 .....	105
2.17.3	拉深凸模圆角半径 .....	108
2.18	翻边的变形过程 .....	110
2.18.1	圆孔翻边时相对孔径对翻边过程的影响 .....	110
2.18.2	圆孔翻边时凸模和凹模之间的间隙 .....	112
2.18.3	圆孔翻边时的翻边系数 .....	112
2.18.4	非圆孔翻边 .....	114
2.18.5	外缘翻边 .....	115
2.18.6	压缩类平面翻边 .....	116
2.18.7	变薄翻边 .....	117
2.19	凸肚 .....	118
2.19.1	自然胀形凸肚成形的变形特点 .....	120
2.19.2	带有轴向压缩的凸肚成形的变形特点 .....	121
2.20	起伏成形 .....	123
<b>第3章</b>	<b>计算篇 .....</b>	<b>127</b>
3.1	冲裁力的计算 .....	127
3.1.1	冲裁力的计算 .....	128
3.1.2	冲裁功 .....	130
3.1.3	侧向力 .....	131
3.1.4	推件力和卸料力 .....	132

3.1.5 减小冲裁力的措施 .....	134
3.2 冲模的压力中心 .....	140
3.2.1 压力中心 .....	140
3.2.2 单元线段的压力中心 .....	141
3.2.3 解析法求解冲压件的压力中心 .....	143
3.2.4 作图法求解冲压件的压力中心 .....	144
3.3 冲裁模具工作部分尺寸的选取 .....	147
3.3.1 冲裁模工作部分尺寸的选取 .....	147
3.3.2 冲孔模工作部分尺寸的选取 .....	148
3.3.3 复杂形状零件冲裁模工作部分的尺寸计算 .....	149
3.3.4 复杂形状孔的冲孔模工作部分的尺寸计算 .....	150
3.4 弯曲力的计算 .....	151
3.5 弯曲件毛坯展开尺寸的计算 .....	154
3.6 弯曲模工作部分的尺寸与公差 .....	157
3.7 拉深力的计算 .....	158
3.7.1 圆筒形拉深件毛坯内各部分的受力关系 .....	158
3.7.2 圆筒形零件拉深力的计算 .....	159
3.7.3 带凸缘圆筒形零件的拉深力的计算 .....	161
3.7.4 矩形盒状零件拉深力的计算 .....	161
3.7.5 压力机吨位的选择 .....	163
3.8 拉深件毛坯尺寸的确定 .....	164
3.8.1 拉深件的修边余量 .....	164
3.8.2 拉深件毛坯的尺寸 .....	165
3.8.3 “形心法”求解旋转体拉深件展开尺寸 .....	171
3.8.4 拉深件毛坯展开尺寸的图解计算 .....	175
3.9 压边力的计算 .....	177
3.10 拉深模具工作部分尺寸的选取 .....	179
3.11 圆孔翻边时毛坯孔径尺寸的确定 .....	181
3.12 缩口和扩口管坯尺寸的计算 .....	182
3.13 翻孔力、缩口和扩口力的计算 .....	183
3.14 胀形力的计算 .....	186
<b>第4章 结构篇 .....</b>	<b>188</b>
4.1 冷冲模的分类 .....	188
4.2 模具的作用及基本要求 .....	189
4.3 模具设计的要点和一般步骤 .....	190
4.3.1 冲裁模具的设计要点 .....	190
4.3.2 弯曲模的设计要点 .....	192
4.3.3 拉深模的设计要点 .....	194



4.3.4	带料连续拉深模的设计要点	195
4.3.5	立体压制模具设计的基本要点	196
4.3.6	模具设计的一般步骤	197
4.3.7	级进模的设计步骤	200
4.4	模具结构形式的选用	203
4.5	模具的标准化问题	208
4.6	模具结构的安全措施	212
4.7	模具的典型结构	218
4.7.1	无导向简单模	218
4.7.2	导板式简单冲裁模	219
4.7.3	导柱式简单冲裁模	220
4.7.4	有导正销的连续冲裁模	220
4.7.5	有自动挡料装置的连续冲裁模	222
4.7.6	有侧刃的连续冲裁模	223
4.7.7	U形件弯曲模	224
4.7.8	冲孔、落料、弯曲连续模	224
4.7.9	复合模	226
4.7.10	管件冲孔模	229
4.7.11	锌合金冲裁模	231
<b>第5章</b>	<b>零件篇</b>	<b>235</b>
5.1	模具零件的分类	235
5.2	工作零件	237
5.2.1	凸模的结构形式和固紧连接方式	238
5.2.2	冲小孔凸模的导向结构	242
5.2.3	典型圆形凸模的结构形式与尺寸	243
5.2.4	凸模长度的确定	244
5.2.5	凸模的强度计算	245
5.2.6	模具零件的固定方法	247
5.2.7	凹模刃口的结构形式	249
5.2.8	凹模尺寸的确定	251
5.2.9	圆形凹模的形式和尺寸	254
5.2.10	凹模的紧固形式	256
5.2.11	凸凹模	256
5.2.12	凹模拼块	257
5.3	定位零件	259
5.3.1	定位零件设计的基本原则	259
5.3.2	挡料销	261
5.3.3	导正销	268

5.3.4	定位板(销)	274
5.3.5	导料板、导料销	276
5.3.6	侧压装置	279
5.3.7	定距侧刃	281
5.3.8	剪切条料的公差和侧面导板的间隙	284
5.4	卸料及压料零件	285
5.4.1	卸料装置的形式	287
5.4.2	卸料装置中关系尺寸的计算	290
5.4.3	卸料板与凸模之间的间隙	296
5.4.4	顶件器	297
5.4.5	废料刀	299
5.4.6	拉深压边圈的结构形式	300
5.5	导向零件	302
5.5.1	导柱导套的结构形式	302
5.5.2	导柱的结构尺寸	305
5.5.3	导套的结构尺寸	307
5.5.4	滚珠导向装置	308
5.6	支持零件	312
5.6.1	模座形式	312
5.6.2	模架的技术要求	314
5.6.3	模架的规格	316
5.6.4	二导柱模架上、下模座的结构尺寸	324
5.6.5	下模座的强度计算	338
5.6.6	下模座漏料孔的结构尺寸	339
5.6.7	上、下模座的装固方法	341
5.7	支持与夹持零件	343
5.7.1	模柄	345
5.7.2	垫板	355
5.7.3	限位柱	357
5.8	传动零件——斜楔	358
5.8.1	斜楔的尺寸及角度计算	358
5.8.2	斜楔的受力状态	360
5.8.3	斜楔的结构	363
<b>第6章</b>	<b>质量篇</b>	<b>365</b>
6.1	冲裁件的尺寸精度	365
6.2	冲裁件的切口断面质量	367
6.3	冲裁件的形状和尺寸偏差及其控制	373
6.4	弯曲件的质量	375

6.5 弯曲回弹 .....	380
6.5.1 影响板料回弹的因数 .....	380
6.5.2 弯曲件的回弹值 .....	383
6.5.3 减小弯曲回弹的措施 .....	388
6.6 拉深起皱与压边 .....	390
6.6.1 起皱现象 .....	390
6.6.2 影响起皱的因素 .....	392
6.7 拉深件的形状和尺寸精度 .....	393
6.7.1 拉深模具间隙对拉深件形状及尺寸的影响 .....	393
6.7.2 凹模洞口高度对拉深件形状及尺寸的影响 .....	396
6.7.3 凹模圆角半径对拉深件形状及尺寸的影响 .....	397
6.8 各工序制件的质量分析 .....	399
<b>第7章 材料篇</b> .....	<b>411</b>
7.1 冷冲压用的主要材料 .....	411
7.2 金属板料的冲压性能及试验方法 .....	416
7.2.1 拉伸试验 .....	418
7.2.2 剪切试验 .....	421
7.2.3 杯突试验 .....	422
7.2.4 最大拉深变形程度试验法 (L. D. R 法) .....	424
7.2.5 锥形件拉深试验法 .....	425
7.2.6 拉深力对比试验法 (TZP 法) .....	427
7.2.7 弯曲试验 .....	428
7.2.8 网格试验 .....	429
7.3 冲压模具材料的选用 .....	430
7.3.1 模具工作零件常用材料的基本特性 .....	431
7.3.2 工作零件材料的选用 .....	432
7.3.3 工艺零件和结构零件材料的选用 .....	439
7.3.4 冷冲模材料的力学性能 .....	440
7.4 模具寿命及其影响因素 .....	441
7.4.1 模具寿命 .....	441
7.4.2 磨损对模具寿命的影响 .....	442
7.4.3 判别模具寿命的准则 .....	446
7.4.4 影响模具刃口磨损的因素 .....	448
7.5 模具零件的热处理 .....	453
7.5.1 热处理工序说明 .....	453
7.5.2 常用模具材料的热处理规范 .....	455
7.5.3 模具零件热处理的质量检验 .....	459
7.5.4 热处理变形 .....	462

---

附录 .....	468
附录 A  冲压设备的选择 .....	468
附录 B  卸料弹簧和卸料橡皮 .....	482
附录 C  常用紧固件 .....	494
附录 D  公差与配合 .....	504
附录 E  形状和位置公差 .....	514
附录 F  配合的应用 .....	517
附录 G  本手册所列的部分日本材料牌号说明 .....	521
参考文献 .....	524

# 第1章 基础篇

## 1.1 冷冲压的主要工序

冷冲压是利用安装在压力机上的冲模对金属板料施加外力，使材料的内部产生相应的内力。当内力的作用达到一定数值时，板料毛坯的某个部分便产生与内力的作用性质相对应的变形，使板料分离或产生塑性变形，从而获得所需尺寸及形状的零件。

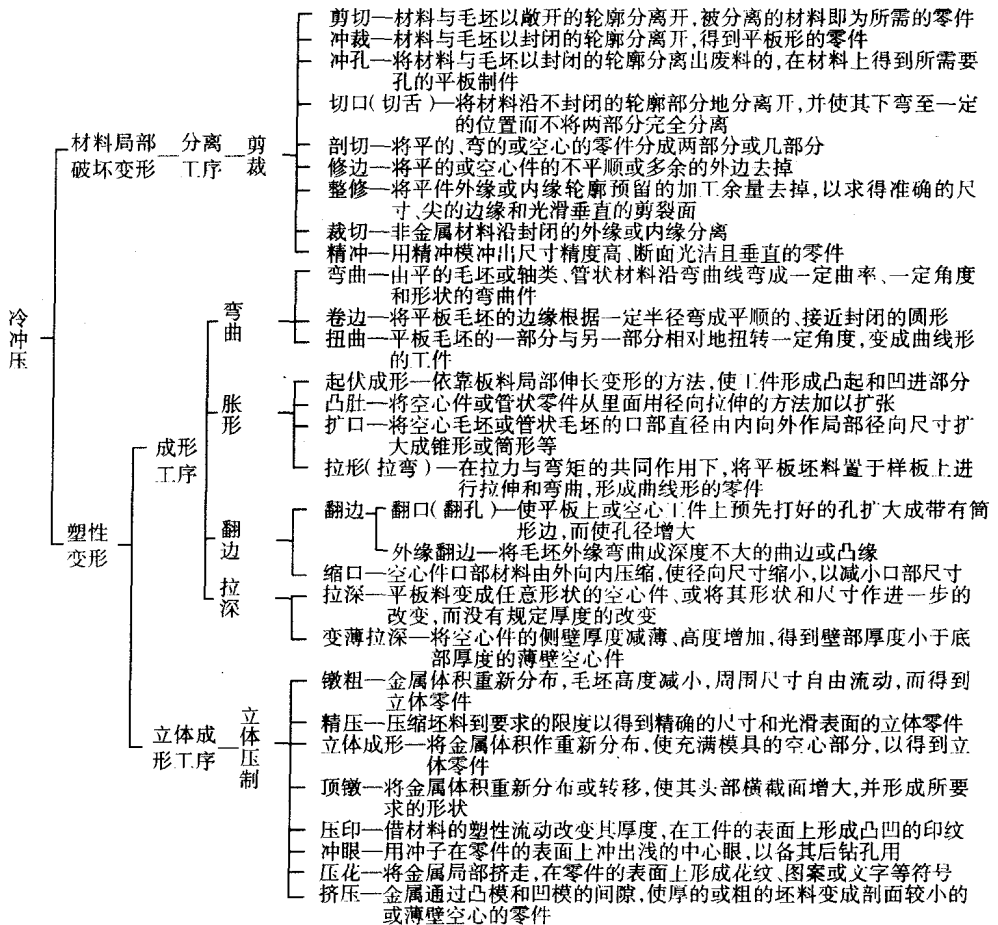


图 1-1 冷冲压的主要工序 (一)

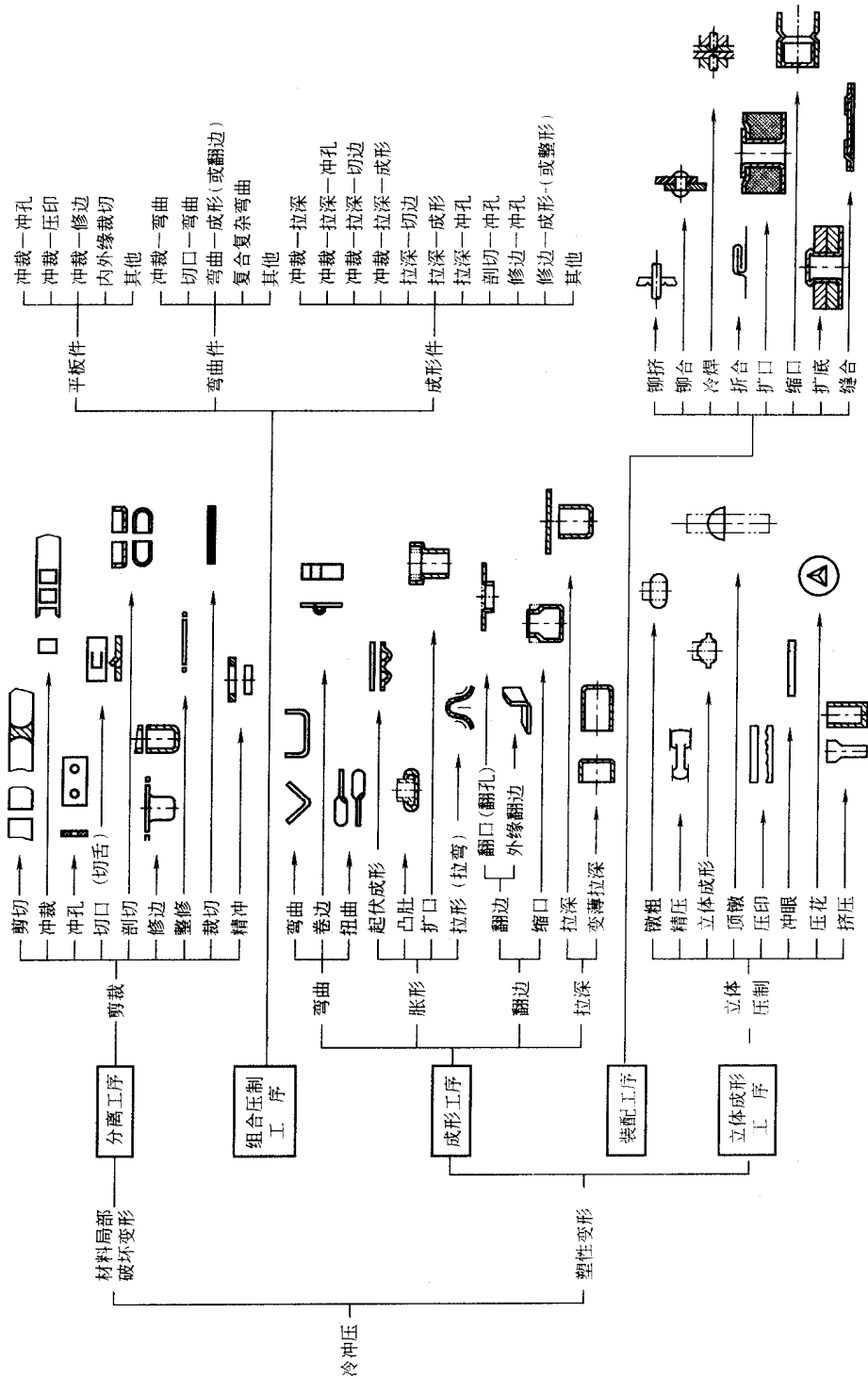


图 1-2 冷冲压的主要工序(二)

按生产特点的不同，冲压工艺方法也是多种多样的。概括起来可以分为分离工序和成形工序两大类。分离工序是指使板料按一定的轮廓线分离而获得一定形状、尺寸和切断面质量的冲压件；成形工序则是指坯料在不破裂的条件下产生塑性变形而获得一定形状和尺寸冲压件的工序。

上述两类工序按冲压方式的不同又可分成很多基本工序，见图 1-1。有时也将其中的某些工序进行组合与装配，见图 1-2。

## 1.2 冲裁概述

冲裁是利用模具将板料沿一定的封闭轮廓形状产生分离的一种冲压工序。按照不同的工艺手段和效果，它可以分成剪切、落料、冲孔、切口、剖切、修边、整修、裁切以及精密冲裁等工序，其中又以落料和冲孔的应用最为广泛。若使板料沿封闭曲线相互分离，并将封闭曲线以内的部分作为工件时，称为冲裁（通常将此称为落料）；而以封闭曲线以外的部分作为工件时，则称为冲孔。

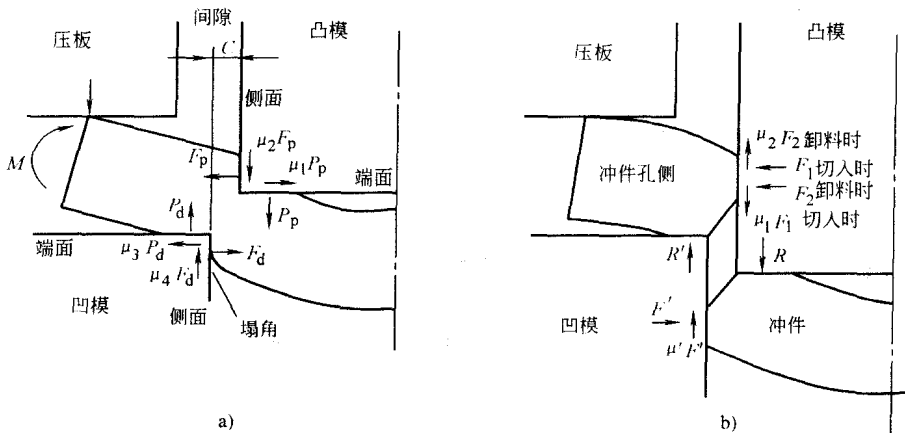


图 1-3 冲裁过程的受力状态

a) 剪切时 b) 分离后

在冲裁过程中，材料所受的力主要是凸模和凹模端面作用的压力  $P_p$ 、 $P_d$  和摩擦力  $\mu_1 P_p$ 、 $\mu_3 P_d$ ，以及凸模侧面和凹模侧面作用的压力  $F_p$ 、 $F_d$  和摩擦力  $\mu_2 F_p$ 、 $\mu_4 F_d$ （见图 1-3a）。这些力作用于上下刃口附近较窄的范围内，其应力分布很不均匀。此外，由于凸模与凹模之间存在间隙，出现在刃口附近的凸模和凹模端面作用的压力  $P_p$  和  $P_d$  并不作用在一条直线上，因而要对板料产生弯矩  $M$ ，

从而使板料绕凸模向上穹弯。

冲裁过程材料的变形局限于间隙部分及其附近很狭小的区域内，模具端面与材料的接触面宽度仅为材料厚度  $0.2 \sim 0.4$  倍 ( $0.2 \sim 0.4t$ ) 的范围，整个变形区呈“8”字形（见图 1-4）。凸、凹模刃口部位有明显的应力集中，凹模刃口附近材料内的塑变区略大于凸模刃口附近材料内的塑变区，而材料中间部分的塑变区为最小。

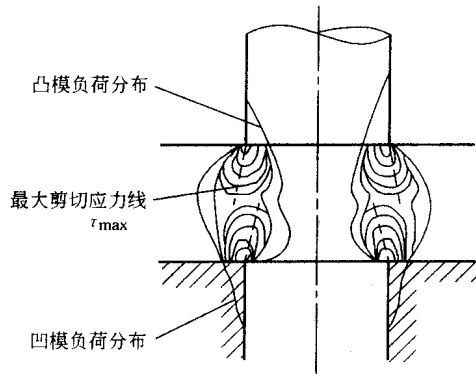


图 1-4 板料的应力分布及模具负荷分布

## 1.3 冲裁件的精度

### 1. 冲裁件精度

在进行一般的普通冲裁时，冲裁件精度与模具制造精度之间的关系见表 1-1。

表 1-1 冲裁件精度与模具制造精度之间的关系

模具精度	板料厚度 $t/\text{mm}$											
	0.5	0.8	1.0	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12
	冲裁件精度											
IT6 ~ IT7	IT8		IT9	IT10	IT12	—						
IT7 ~ IT8	—	IT9	IT10		IT12			—				
IT9	—			IT12					IT14			

一般冲裁件内、外形所能达到的经济精度均不高于 IT10 级（见表 1-2）。在选取冲裁件的精度时，一般要求的冲裁件精度最好低于 IT10 级，冲孔件最好低于 IT9 级。冲裁件的合理精度范围如表 1-3 所示。



表 1-2 冲裁金属件时冲裁件内外形所能达到的经济精度

板料 厚度 $t$ / mm	冲件基本尺寸/mm											
	≤3	3~6	6~10	10~18	18~30	30~50	50~80	80~120	120~180	180~260	260~360	360~500
精度等级												
≤1	IT11~IT12			IT10~IT11								
>1~2	IT13	IT11~IT12			IT10~IT11							
>2~3	IT12~IT13			IT11~IT12								
>3~5	—	IT12~IT13			IT11~IT12							

表 1-3 冲裁件的合理精度范围

模具精度	板料厚度 $t$ /mm	精度等级									
		IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
精密冲裁	≤0.5										
	>0.5~1										
普通冲裁	>1~3										
	>3										
孔中心距	≤3										
孔边距	≤3										

## 2. 冲裁件的尺寸公差

冲裁件和冲孔件的尺寸公差分别列于表 1-4 ~ 表 1-7。

表 1-4 冲裁件的外形尺寸公差

(单位: mm)

板料厚度 $t$	冲模形式							
	普通精度				高级精度			
	零件尺寸							
	≤10	>10~50	>50~150	>150~300	≤10	>10~50	>50~150	>150~300
0.2~0.5	-0.08	-0.10	-0.14	-0.2	-0.025	-0.03	-0.05	-0.08
>0.5~1	-0.12	-0.16	-0.22	-0.3	-0.03	-0.04	-0.06	-0.10
>1~2	-0.18	-0.22	-0.3	-0.5	-0.04	-0.06	-0.08	-0.12
>2~4	-0.24	-0.28	-0.4	-0.7	-0.06	-0.08	-0.10	-0.15
>4~6	-0.30	-0.35	-0.5	-1.0	-0.10	-0.12	-0.15	-0.20

注: 1. 普通精度模具工作部分的制造精度为 IT8 级。

2. 高级精度模具工作部分的制造精度为 IT7 级以上。