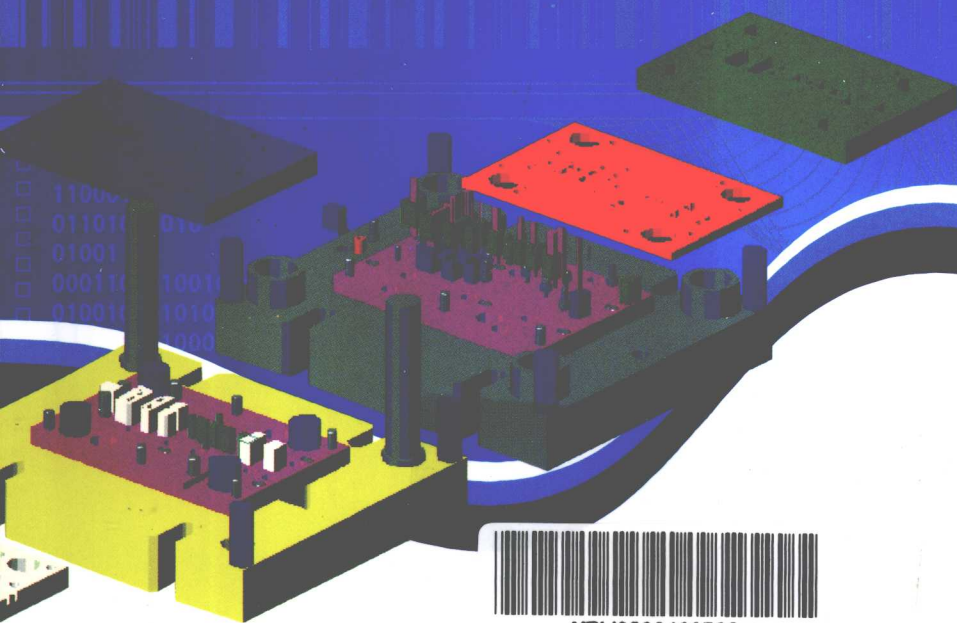


教育部高等职业院校示范专业（模具设计与制造）规划教材

国家示范院校工作过程导向课程教学改革成果



YZLI0890169786

冲压模具设计——项目式教程

匡和碧 孙卫和 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

教育部高等职业院校示范专业(模具设计与制造)规划教材
国家示范院校工作过程导向课程教学改革成果

冲压模具设计—项目式教程

匡和碧 孙卫和 主编



YZLI0890169786

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是教育部高职高专示范性专业“项目式”教学模式的教改成果,是按照“项目导向”和“任务驱动”的理念编写的。全书内容包括冲裁模设计、弯曲模设计、拉深模设计、其他成形模设计四个项目,每个项目都有完整的设计工作过程,以项目引导学生自主地学习。全书内容由浅入深,循序渐进,强调知识技能的培养,注重知识与技能的结合,着重提高学生的学习能力及分析和解决问题的能力,充分体现了“做中学,学中做”的职业教学特色。

本书可作为高等职业技术学院、高等工程专科学校模具设计与制造专业及机械、机电等相关专业教材,也可供相关工程技术人员及自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

冲压模具设计:项目式教程/匡和碧,孙卫和主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2013.1
教育部高等职业院校示范专业(模具设计与制造)规划教材

ISBN 978-7-5606-2857-8

I. ①冲… II. ①匡… ②孙… III. ①冲模—设计—高等职业教育—教材 IV. ①TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 155644 号

责任编辑 马武装

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2013年2月第1版 2013年2月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 13

字 数 304千字

印 数 1~3000册

定 价 20.00元

ISBN 978-7-5606-2857-8/TG

XDUP 3149001-1

如有印装问题可调换

前 言

为改变“冲压模具设计”课程的教材现状，提高教学质量，探索以就业为导向、以职业能力为本位的行动导向教学模式指导下的项目式教学法，结合学校国家示范校、示范专业建设的需要，深圳职业技术学院制造系模具专业教师通过反复实践、总结、提炼，开发出了体现项目式教学特色的“冲压模具设计”教材。

本书根据冲压模具设计中、高级岗位对职业能力的要求选取内容，按照任务驱动模式编写，全书内容包括冲裁模设计、弯曲模设计、拉深模设计、其他成形模设计四个项目。每个项目都有完整的设计工作过程，内容由浅入深，循序渐进。项目的结构形式为：【项目名称】—【学习目标】—【技能（知识）点】—【引导案例】—【任务分析】—【相关知识】—【任务实施（步骤、方法、内容）】—【总结与回顾】—【拓展知识】—【复习思考题】—【技能训练】。

本书可作为高等职业技术学院、高等工程专科学校的计算机辅助设计与制造、模具设计与制造、机械、机电类专业的教材，也可供从事冲压模具设计的工程技术人员工作时参考。建议学时数为 50~60 学时。

全书由深圳职业技术学院匡和碧、孙卫和老师主编。在编写过程中，得到了台湾统赢公司技术总监魏国祯先生和深圳大族激光科技有限公司刘群工程师的指导，在此深表感谢。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正，来信请寄深圳职业技术学院制造系匡和碧收，或发邮件至 khebi@szpt.edu.cn 信箱。

编 者

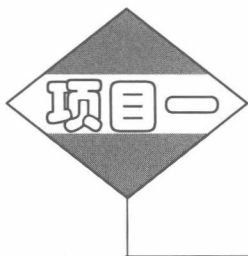
2012 年 9 月

目 录

项目一 冲裁模设计.....	1
项目名称: 止动片冲孔落料复合模设计.....	1
1.1 引导案例.....	2
1.1.1 冲裁基本工序.....	2
1.1.2 冲裁变形过程.....	2
1.1.3 冲裁变形特点.....	3
1.2 任务分析.....	4
1.3 相关知识.....	4
1.3.1 冲裁件结构工艺设计规范.....	4
1.3.2 排样设计规范.....	6
1.3.3 冲压力计算规范.....	9
1.3.4 曲柄压力机的选用规范.....	12
1.3.5 冲裁间隙选用规范.....	13
1.3.6 冲裁模凸、凹模刃口尺寸计算规范.....	15
1.3.7 冲裁模结构设计规范.....	17
1.3.8 工作零件设计规范.....	26
1.3.9 卸料装置设计规范.....	32
1.3.10 刚性推件装置设计规范.....	36
1.3.11 定位零件设计规范.....	38
1.3.12 模架及导柱、导套选用规范.....	46
1.3.13 连接与固定零件设计规范.....	50
1.3.14 模具零件图绘制规范.....	52
1.3.15 模具装配图绘制规范.....	53
1.4 任务实施(步骤、方法、内容).....	55
1.4.1 止动片冲孔落料复合模设计工作引导文.....	55
1.4.2 止动片冲孔落料复合模设计实例.....	56
1.5 总结与回顾.....	72
1.6 拓展知识.....	72
1.7 复习思考题.....	73
1.8 技能训练.....	73

项目二 弯曲模设计	75
项目名称: V 形支架弯曲模设计	75
2.1 引导案例	75
2.1.1 弯曲产品及弯曲工艺	75
2.1.2 弯曲变形过程	76
2.1.3 弯曲变形特点及变形参数	77
2.1.4 弯曲的主要质量问题及控制	78
2.2 任务分析	80
2.3 相关知识	81
2.3.1 弯曲件的结构工艺设计规范	81
2.3.2 弯曲回弹值计算规范	83
2.3.3 弯曲件的展开长度计算	86
2.3.4 弯曲力计算	86
2.3.5 弯曲模的结构设计	87
2.3.6 弯曲模凸、凹模工作部分尺寸计算	89
2.3.7 槽形模柄设计	92
2.3.8 非标下模座设计	92
2.3.9 弹性顶件装置设计	92
2.4 任务实施(步骤、方法、内容)	93
2.4.1 V 形支架弯曲模设计工作引导文	93
2.4.2 V 形支架弯曲模设计实例	94
2.5 总结与回顾	101
2.6 拓展知识	101
2.7 复习思考题	102
2.8 技能训练	103
项目三 拉深模设计	104
项目名称: 无凸缘圆筒形钢杯拉深模设计	104
3.1 引导案例	104
3.1.1 无凸缘圆筒形拉深产品	104
3.1.2 拉深变形过程及特点	105
3.1.3 拉深的主要质量问题及防止措施	106
3.2 任务分析	106
3.3 相关知识	107
3.3.1 拉深件的结构工艺设计规范	107
3.3.2 无凸缘圆筒形件拉深工艺设计规范	108
3.3.3 圆筒形件的拉深力与压边力	111
3.3.4 拉深模工作部分设计	113
3.3.5 拉深模的典型结构	116

3.4 任务实施(步骤、方法、内容).....	117
3.4.1 无凸缘圆筒形钢杯拉深模设计工作引导文	117
3.4.2 无凸缘圆筒形钢杯拉深模设计实例	118
3.5 总结与回顾.....	127
3.6 拓展知识.....	128
3.7 复习思考题.....	128
3.8 技能训练.....	129
项目四 其他成形模设计	130
项目名称: 定位板冲孔、整形、落料级进模设计	130
4.1 引导案例.....	130
4.1.1 埋头孔产品	130
4.1.2 埋头孔尺寸	131
4.1.3 埋头孔成形方法	131
4.2 任务分析.....	132
4.3 相关知识.....	133
4.3.1 冲孔、整形凸、凹模工作部分尺寸计算	133
4.3.2 整形力计算.....	135
4.3.3 活动定位销设计规范	135
4.3.4 优力胶选用规范	135
4.3.5 冲孔、整形、落料级进模的结构设计规范	136
4.4 任务实施(步骤、方法、内容).....	137
4.4.1 定位板冲孔、整形、落料级进模设计工作引导文	137
4.4.2 定位板冲孔、整形、落料级进模设计实例	138
4.5 总结与回顾.....	154
4.6 拓展知识.....	154
4.6.1 平面胀形模具设计相关知识	154
4.6.2 翻边模设计相关知识	156
4.7 复习思考题.....	159
4.8 技能训练.....	159
附录	160
参考文献	200



冲裁模设计

项目名称：止动片冲孔落料复合模设计

学习目标

- ◇ 能够对冲裁件进行冲裁工艺分析;
- ◇ 能够进行排样设计;
- ◇ 能够对冲裁工艺进行冲压力计算;
- ◇ 能够选择合适的冲压设备;
- ◇ 能够计算冲裁模凸、凹模刃口尺寸;
- ◇ 能够设计冲裁模的总体结构;
- ◇ 能够设计冲裁模的工作零件;
- ◇ 能够设计冲裁模的定位零件;
- ◇ 能够设计卸料装置;
- ◇ 能够设计推件装置;
- ◇ 能够选用模架、模柄、垫板、固定板、螺钉、销钉等标准件;
- ◇ 能够编写设计计算说明书。

技能(知识)点

- 冲裁件的结构工艺设计规范;
- 排样设计规范;
- 冲压力及压力中心的计算规范;
- 压力机选用规范;
- 凸、凹模刃口尺寸计算规范;
- 冲裁模的结构设计规范;
- 冲裁模工作零件设计规范;

- 冲裁模定位零件设计规范;
- 冲裁模卸料装置设计规范;
- 冲裁模推件装置设计规范;
- 模架、模柄、垫板、固定板、螺钉、销钉等标准件的选用规范;
- Office、AutoCAD 等软件的使用方法。

1.1 引导案例

1.1.1 冲裁基本工序

如图 1-1 所示,当压力机滑块带动凸模向下运动时,板料就受到凸、凹模的剪切作用而沿一定的轮廓互相分离。

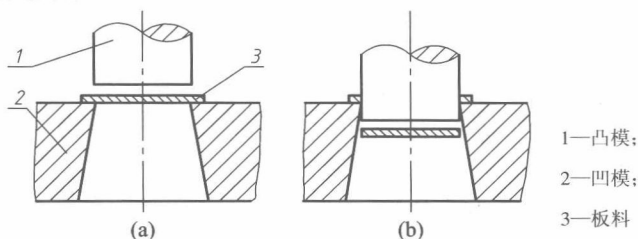


图 1-1 普通冲裁示意图

当以封闭曲线以内的部分作为冲裁件时,称为落料;当以封闭曲线以外的部分作为冲裁件时,则称为冲孔。

很明显,图 1-2(a)、(b)所示产品可通过落料工序成型,图 1-2(c)、(d)所示产品需要冲孔、落料两道工序才能成型。

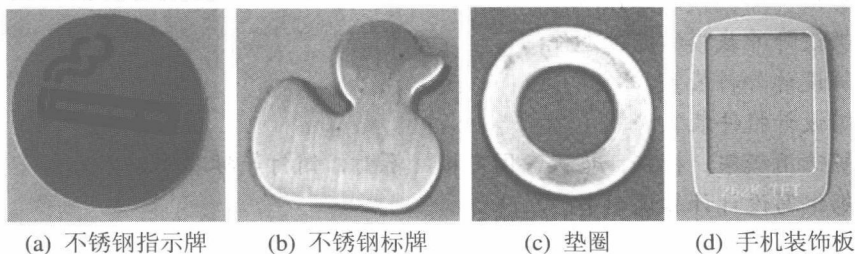


图 1-2 冲裁产品

1.1.2 冲裁变形过程

板料的分离是瞬间完成的,冲裁变形过程可细分成三个阶段,如图 1-3 所示。

1. 弹性变形阶段

如图 1-3(a)所示,当凸模开始接触板料并下压时,板料发生弹性压缩和弯曲。板料略有挤入凹模洞口的现象。此时,以凹模刃口轮廓为界,轮廓内的板料向下弯拱,轮廓外的板料则上翘。随着凸模继续下压,材料内的应力不断增大,达到弹性极限时,弹性变形阶

段结束,进入塑性变形阶段。

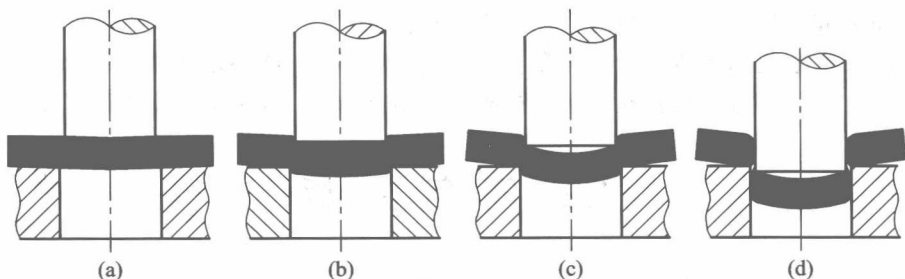


图 1-3 冲裁时板料的变形过程

2. 塑性变形阶段

如图 1-3(b)所示,当板料的应力达到屈服点,板料进入塑性变形阶段。凸模切入板料,板料被挤入凹模洞口。随着凸模的继续下压,应力不断加大,直到应力达到板料抗剪强度,塑性变形阶段结束。

3. 断裂分离阶段

如图 1-3(c)、(d)所示,当板料的应力达到材料抗剪强度后,凸模继续下压,凸、凹模刃口附近产生的微裂纹不断向板料内部扩展。当上下裂纹重合时,板料便实现了分离。凸模继续下行,已分离的材料克服摩擦阻力,从凹模中推出,完成整个冲裁过程。

1.1.3 冲裁变形特点

在凸、凹模之间的间隙合理、模具刃口状况良好时,普通冲裁所得工件的断面特征如图 1-4 所示,冲裁件断面明显地分为四个特征区,即圆角带 a 、光亮带 b 、断裂带 c 和毛刺区 d 。

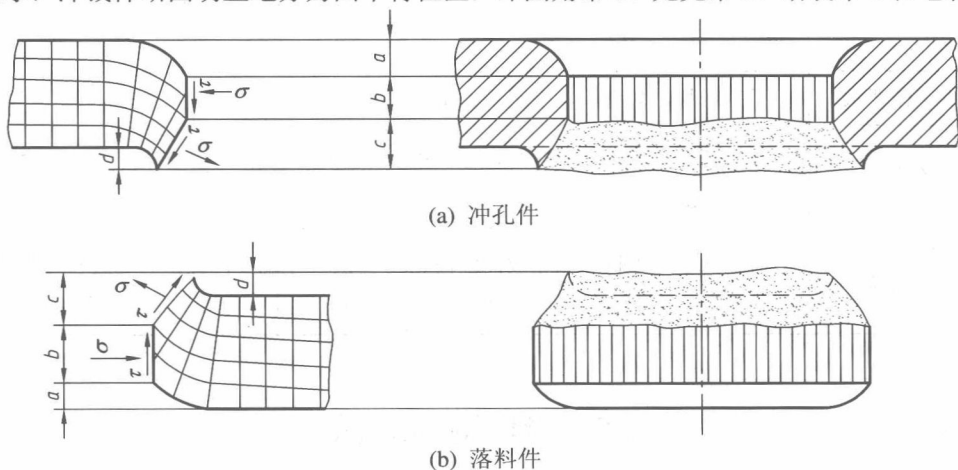


图 1-4 冲裁断面特征

圆角带 a : 该区域的形成是当凸模刃口压入材料时,刃口附近的材料产生弯曲和伸长变形,材料被拉入间隙的结果。

光亮带 b : 该区域是在塑性变形阶段形成的。当刃口切入材料时,材料与凸、凹模侧刃的侧表面挤压而形成了光亮垂直的断面。

断裂带 *c*: 该区域是在断裂变形阶段形成的, 是由刃口附近的微裂纹在拉应力作用下不断扩展而形成的撕裂面, 其断面粗糙, 略带有斜度。

毛刺区 *d*: 毛刺的形成是由于在塑性变形阶段后期, 凸模和凹模的刃口切入被加工板料一定深度时, 模具刃口侧面的材料在拉应力作用下, 裂纹加长, 材料断裂而产生毛刺。

1.2 任务分析

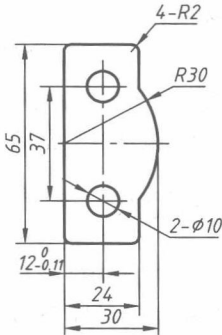
如表 1-1 所示, 本项目是设计一套冲孔落料复合模, 要求编写计算说明书 1 份(Word 文档格式); 绘制模具总装图 1 张、零件图 7~10 张(采用 AutoCAD 绘制)。

表 1-1 冲裁模具设计工作任务书

班级:

姓名:

学号:

名 称	图样及技术要求
工作对象 (如零件)	零件名称: 止动片 零件尺寸: 如图所示 生产批量: 大批量 材 料: 45 钢 材料厚度: 2 mm 
生产工作要求	手工送料, 大批量, 毛刺不大于 0.12 mm
任务要求	编写计算说明书 1 份(Word 文档格式); 绘制模具总装图 1 张、零件图 7~10 张(采用 AutoCAD 绘制)
完成任务的思路	为了能使本项目顺利完成, 应按照表 1-32 “止动片冲孔落料复合模设计工作引导文” 的提示进行模具设计工作, 在设计过程中掌握相关的知识技能

1.3 相关知识

1.3.1 冲裁件结构工艺设计规范

冲裁件的结构工艺性合理与否, 将直接影响到冲裁件的质量、模具寿命、材料消耗和生产效率等, 冲裁件结构工艺可按如下要求进行设计。

1. 冲裁件的形状和尺寸

(1) 冲裁件形状尽可能设计成简单、对称，使排样时废料最少。

(2) 冲裁件的外形或内孔应避免尖角连接，除属于无废料冲裁或采用镶拼模结构外，宜有适当的圆角，其半径最小值参见表 1-2。

表 1-2 冲裁件的圆角半径

连接角度	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha < 90^\circ$	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha < 90^\circ$
简图				
低碳钢	$0.30t$	$0.50t$	$0.35t$	$0.60t$
黄铜、铝	$0.24t$	$0.35t$	$0.20t$	$0.45t$
高碳钢、合金钢	$0.45t$	$0.70t$	$0.50t$	$0.90t$

注： t 为材料厚度，当 $t < 1 \text{ mm}$ 时，按 $t = 1 \text{ mm}$ 计算。

(3) 冲裁件凸出臂和凹槽的宽度不宜过小，其合理数值参见表 1-3。

表 1-3 冲裁件凸出臂和凹槽的宽度

材料	宽度 B
硬钢	$(1.5 \sim 2.0)t$
黄铜、软钢	$(1.0 \sim 2.0)t$
紫铜、铝	$(0.8 \sim 0.9)t$

注： t 为材料厚度，当 $t < 1 \text{ mm}$ 时，均以 $t = 1 \text{ mm}$ 计算。

(4) 冲孔时，孔径不宜过小，其最小孔尺寸见表 1-4。

表 1-4 自由凸模冲孔的最小尺寸

材料 (厚度为 t)				
硬钢	$d \geq 1.3t$	$a \geq 1.2t$	$a \geq 0.9t$	$a \geq 1.0t$
软钢及黄铜	$d \geq 1.0t$	$a \geq 0.9t$	$a \geq 0.7t$	$a \geq 0.8t$
铝、锌	$d \geq 0.8t$	$a \geq 0.7t$	$a \geq 0.5t$	$a \geq 0.6t$

(5) 孔与孔之间, 孔与边缘之间的距离不应过小, 其许可值如图 1-5 所示。

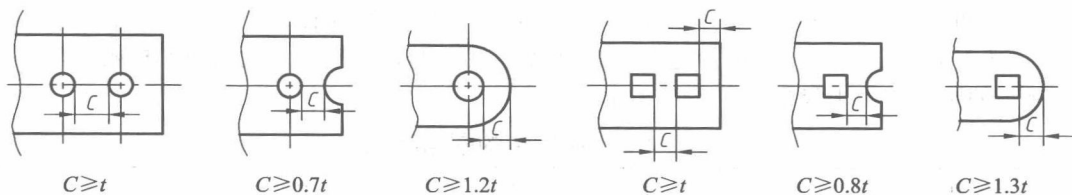


图 1-5 孔边距

2. 冲裁件精度

冲裁件的内外形经济精度不高于 GB 1800—86 IT11 级。一般要求落料件精度最好低于 IT10 级, 冲孔件最好低于 IT9 级。公差值参见表 1-5、表 1-6。

表 1-5 冲裁件外形与内孔尺寸公差

mm

材料厚度 零件尺寸	0.2~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0~6.0
	公差				
< 10	0.08/0.05	0.12/0.08	0.18/0.10	0.24/0.012	0.30/0.15
10~50	0.10/0.08	0.16/0.10	0.22/0.12	0.28/0.15	0.35/0.20
50~150	0.14/0.12	0.22/0.12	0.30/0.16	0.40/0.20	0.50/0.25
150~300	0.20	0.30	0.50	0.70	1.00

注: 1. 表中“/”前为外形公差, 后为内孔公差。

2. 一般冲裁导向部分零件按 IT8 级精度制造。

表 1-6 同时冲出两孔的孔中心距公差

mm

材料厚度 孔中心距尺寸	≤1	1~2	2~4	4~6	
	公差				
<50	±0.10	±0.12	±0.15	±0.20	
50~150	±0.15	±0.20	±0.25	±0.30	
150~300	±0.20	±0.30	±0.35	±0.40	

1.3.2 排样设计规范

条料是冲裁中最常用的坯料, 冲裁件在条料上的布置方法称为排样。

排样设计的主要内容包括选择排样形式、确定搭边数值、计算条料宽度、步距及材料利用率、画出排样图。

1. 确定排样形式

排样形式决定了材料使用率, 设计时可根据产品形状参考表 1-7 选择适当的排样形式。

表 1-7 排样形式

排样形式	有废料排样	少废料及无废料排样	适用产品形状
直排			几何形状简单的制件(如圆形、矩形等)
斜排			L 形或其他复杂外形制件, 这些制件直排时废料较多
对排			T、U、E 形制件, 这些制件直排或斜排时废料较多
混合排样			材料及厚度均相同的不同制件, 适于大批量生产
多排			大批量生产中轮廓尺寸较小的制件
冲裁搭边			大批量生产中小而窄的制件

2. 确定搭边值

排样时冲裁件与冲裁件之间及冲裁件与条料侧边之间留下的工艺余料称为搭边。搭边过大, 浪费材料; 搭边过小, 起不到搭边作用。过小的搭边还可能被拉入凸、凹模之间的间隙中, 使模具刃口破坏。设计时可参考表 1-8 确定板料冲裁时的合理搭边值。

表 1-8 板料冲裁时的合理搭边值

mm

材料厚度 t	圆形或圆角 $r > 2t$ 的工件		矩形件边长 $L < 50$		矩形件边长 $L \geq 50$ 或圆角 $r < 2t$ 的工件	
	a_1	a	a_1	a	a_1	a
< 0.25	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0
$\geq 0.25 \sim 0.5$	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5
$\geq 0.5 \sim 0.8$	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	2.0
$\geq 0.8 \sim 1.2$	0.8	1.0	1.2	1.5	1.5	1.8
$\geq 1.2 \sim 1.6$	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	2.0
$\geq 1.6 \sim 2.0$	1.2	1.5	1.8	2.2	2.0	2.2
$\geq 2.0 \sim 2.5$	1.5	1.8	2.0	2.5	2.2	2.5
$\geq 2.5 \sim 3.0$	1.8	2.2	2.2	2.8	2.5	2.8

3. 确定送料步距、条料宽度、材料利用率

1) 送料步距 S

条料在模具上每次送进的距离称为送料步距(简称步距或进距)。每个步距可以冲出一个制件,也可以冲出几个制件。

每次只冲一个制件的步距 S 的计算公式为

$$S = L + a_1 \quad (1-1)$$

式中: a_1 为冲裁件之间的搭边值; L 为冲裁件沿送进方向的最大轮廓尺寸。

2) 条料宽度 B

条料是由板料(或带料)剪裁下料而得,为保证送料顺利,规定条料宽度 B 的上偏差为零,下偏差为负值($-\Delta$)。

模具的导料板之间有侧压装置时(见图 1-6(a)),条料宽度按式(1-2)计算

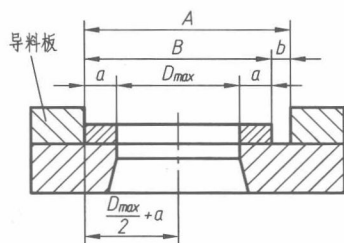
$$B = (D + 2a) \begin{smallmatrix} 0 \\ -\Delta \end{smallmatrix} \quad (1-2)$$

式中: D 为冲裁件垂直于送料方向的最大尺寸; a 为冲裁件与条料侧边之间的搭边; Δ 为条料宽度下偏差(见表 1-9)。

表 1-9 条料宽度偏差

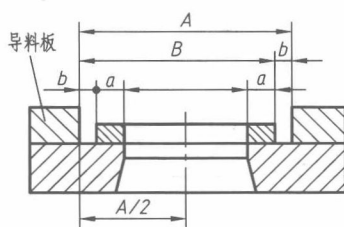
mm

条料宽度 B	材料厚度 t			
	~ 1	$1 \sim 2$	$2 \sim 3$	$3 \sim 5$
~ 50	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9
$50 \sim 100$	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0
$100 \sim 150$	-0.6	-0.7	-0.9	-1.1
$150 \sim 220$	-0.7	-0.8	-1.0	-1.2
$220 \sim 300$	-0.8	-0.9	-1.1	-1.3



(a)

(a) 有侧压装置时



(b)

(b) 无侧压装置时

图 1-6 条料宽度的确定

当条料在无侧压装置的导料板之间送料时(见图 1-6(b)),条料宽度按式(1-3)计算

$$B = (D + 2a + b) \begin{smallmatrix} 0 \\ -\Delta \end{smallmatrix} \quad (1-3)$$

式中: b 为条料与导料板之间的间隙(见表 1-10)。

表 1-10 条料与导料板之间的单面间隙 b mm

板料厚度 t	无侧压装置			有侧压装置	
	条料宽度				
	≤ 100	$> 100 \sim 200$	$> 200 \sim 200$	≤ 100	> 100
≤ 1	0.5	0.5	1	5	8
$> 1 \sim 5$	0.8	1	1	5	8

3) 材料利用率 η 的计算

如图 1-7 所示, 一个步距内的材料利用率可按式(1-4)计算

$$\eta = \frac{A}{BS} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中: A 为冲裁件面积; B 为条料宽度; S 为送料步距。

整张条料的材料利用率可按式(1-5)计算

$$\eta_{\text{总}} = \frac{nA}{BL} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中: n 为条料上实际冲裁的零件数; A 为冲裁件面积; B 为条料宽度; L 为条料长度。

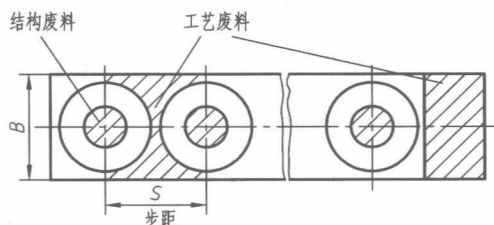


图 1-7 结构与工艺废料

4. 绘制排样图

如图 1-8 所示, 排样图应反映出条料(带料)宽度及公差、送料步距及搭边 a 、 a_1 值, 冲裁时各工步先后顺序与位置, 条料(带料)的轧制方向, 并习惯以剖面线表示冲压位置。

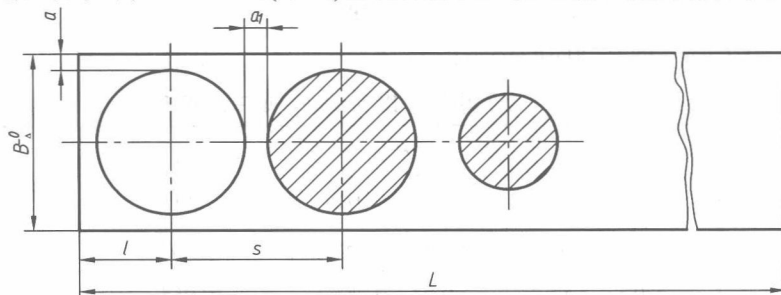


图 1-8 排样图

1.3.3 冲压力计算规范

1. 冲裁力的计算规范

冲裁力是在冲裁过程中凸模对板料施加的压力, 它是随着凸模进入材料的深度(凸模行

程)而变化的。通常所说的冲裁力是指作用于凸模上的最大抗力,冲裁力可按式(1-6)计算

$$F = 1.3Lt\tau \quad (1-6)$$

式中: F 为冲裁力; L 为冲裁件受剪切周边长度(mm); t 为冲裁件的料厚(mm); τ 为材料抗剪强度(MPa), τ 值可查附表 A1。

在一般情况下,材料 $\sigma_b \approx 1.2\tau$ 。为计算方便,冲裁力也可用式(1-7)计算

$$F = Lt\sigma_b \quad (1-7)$$

式中: σ_b 为材料的抗拉强度, σ_b 值亦可查附表 A1。

2. 卸料力、推件力、顶件力计算规范

冲裁时材料在分离前存在着弹性变形,一般情况下,冲裁后的弹性恢复使落料件或冲孔废料卡在凹模内,而坯料或冲孔件则紧箍在凸模上。为了使冲裁工作继续进行,必须及时将箍在凸模上的坯料或冲孔件卸下,将卡在凹模内的落料件或冲孔废料向下推出或向上顶出。

从凸模上卸下坯料或冲孔件所需的力称为卸料力 F_X ; 从凹模内向下推出落料件或废料所需的力称为推件力 F_T ; 从凹模内向上顶出落料件或冲孔废料所需的力称为顶件力 F_D 。如图 1-9 所示。

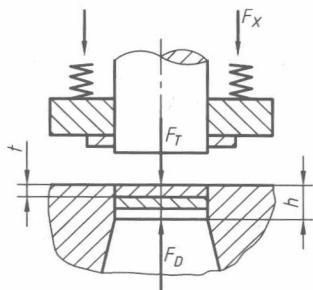


图 1-9 卸料力、推件力、顶件力

在生产实践中, F_X 、 F_T 和 F_D 常用以下经验公式计算:

$$F_X = K_X \cdot F \quad (1-8)$$

$$F_T = nK_T \cdot F \quad (1-9)$$

$$F_D = K_D \cdot F \quad (1-10)$$

式中: F 为冲裁力; K_X 为卸料力系数; K_T 为推件力系数; K_D 为顶件力系数; n 为同时卡在凹模内的冲件数($n = h/t$), 其中 h 为凹模直壁洞口的高度, t 为料厚。

当采用锥形洞口时,因无落料件卡在洞口内,故可不计推件力。

K_X 、 K_T 、 K_D 查表 1-11 确定。当冲裁件形状复杂、冲裁间隙较小、润滑较差、材料强度高时,应取较大值;反之则应取较小值。

表 1-11 卸料力、推件力和顶件力系数

材料种类及厚度/mm		K_X	K_T	K_D
钢	≤ 0.1	0.065~0.075	0.1	0.14
	$> 0.1 \sim 0.5$	0.045~0.055	0.063	0.08
	$> 0.5 \sim 2.5$	0.04~0.05	0.055	0.06
	$> 2.5 \sim 6.5$	0.03~0.04	0.045	0.05
	> 6.5	0.02~0.03	0.025	0.03
铝及铝合金		0.025~0.08	0.03~0.07	0.03~0.07
紫铜、黄铜		0.02~0.06	0.03~0.09	0.03~0.09