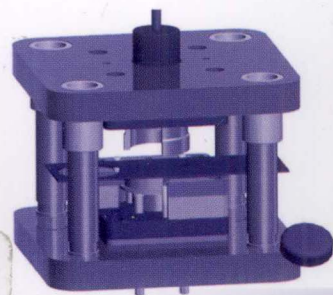
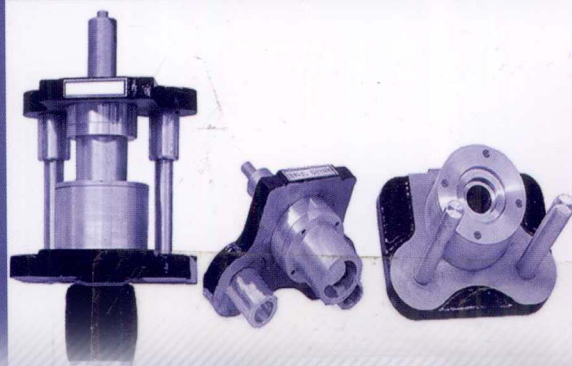
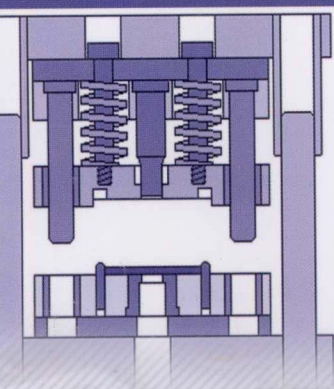


冷冲模具设计 与应用实例

LENGCHONG MUJU SHEJI YU YINGYONG SHILI



冷冲模具设计与应用实例

郑 展 等编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了中小型冷冲模具设计方法及典型实例,针对冲裁模、弯曲模、拉深模、成形模和级进模,主要从冲压件工艺分析、主要设计计算方法和步骤、结构设计、零部件设计等方面进行了详细的阐述。本书内容简洁明了,图文并茂,所介绍的实例具有一定代表性和典型性,便于读者自学。

本书可供从事冷冲模具设计与制造的技术人员使用,也可供职业院校、技工学校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

冷冲模具设计与应用实例/郑展等编著. —北京:机械工业出版社, 2012. 3
ISBN 978-7-111-36715-4

I. ①冷… II. ①郑… III. ①冲模—设计 IV. ①TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 253421 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:赵磊磊 责任编辑:赵磊磊

版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2012 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22 印张·544 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-36715-4

定价:46.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

改革开放以来,我国模具工业有了很大发展,并正在从模具制造大国向模具制造强国迈进。模具作为现代制造业的重要工艺装备,被广泛应用于电子、电器、汽车、拖拉机、航天、航空、军工及日用工业品中。模具,尤其是现代高档模具,使人们的生活变得丰富多彩。人们日常生活接触到的如汽车、电视机、计算机、电话、手机、手表、空调、电冰箱、照相机、厨房用品等大多都要靠模具成形,因而模具设计与制造水平的高低,会直接影响到现代工业的发展与进步。

冷冲模具是各种模具中所占比例最大、应用最广的一种,特别是随着电子信息技术、汽车、家用电器的迅速发展,冷冲压工艺理论与制造技术的发展,以及计算机技术的发展,冷冲模具设计与制造发生了根本的变革。很复杂的冲压件,都可用高效率、高精度、高寿命多工位级进模或传递模冲压来制造。模具工业的快速发展离不开专业人才的培养,目前我国模具行业人才缺乏,复合型高级人才更加紧缺,为此,我们编写了《冷冲模具设计与应用实例》一书,旨在帮助更多的模具设计人员提高设计水平。

本书力求内容体系完整,结构合理,能够反应当今冷冲模具设计的较高水平。本书主要介绍了冲裁模、弯曲模、拉深模、成形模、级进模的设计方法,书中介绍的典型实例均与生产实践相结合,内容实用,做到知识新、工艺新、技术新、标准新。

本书由郑展编著,郑小红、江东、任惠贤、孙邦超、刘宏霞、赵颖倩、唐万林负责收集资料并参加部分编写工作。

由于作者水平有限,书中错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 冲裁模 1

第一节 冲裁模设计理论基础 1

一、排样与搭边 1

二、冲模类型的确定 6

三、冲裁模间隙 7

四、凸模与凹模工作部分尺寸计算 12

五、凸模与凹模设计 16

六、冲裁力及压力中心的确定 22

第二节 冲裁模设计典型实例 26

一、落料模设计 26

二、冲孔模设计 34

三、切断模设计 42

四、切边模设计 45

五、剖切模设计 57

六、复合模设计 58

第二章 弯曲模 70

第一节 弯曲模设计理论基础 70

一、弯曲件毛坯展开长度的计算 70

二、弯曲件防回弹的措施 72

三、弯曲模凸模与凹模设计 80

四、弯曲力计算 85

第二节 弯曲模设计典型实例 87

一、V形件弯曲模设计 87

二、U形件弯曲模设计 87

三、圆形件弯曲模设计 93

四、其他形状零件的弯曲模设计 95

第三章 拉深模 108

第一节 拉深模设计理论基础 108

一、拉深件毛坯尺寸的计算 108

二、拉深参数的确定 113

三、拉深模工作部分尺寸的确定 138

四、拉深力与压料力 141

第二节 拉深模设计实例 144

一、单动压力机用拉深模设计 144

二、双动压力机用拉深模设计 155

三、圆筒形件拉深模设计 157

第四章 成形模 168

第一节 成形模设计理论基础 168

一、胀形 168

二、翻边 171

三、缩口 178

四、冷挤压 180

第二节 成形模设计实例 199

一、成形模设计 199

二、冷挤压模设计 202

第五章 级进模 216

第一节 级进模设计理论基础 216

一、排样图设计 216

二、工序件的携带方式 218

三、载体的种类与特点 220

四、步距的确定与步距精度 223

五、凸、凹模的设计 224

六、其他冲裁、弯曲成形方法 228

七、安全检测保护装置 231

第二节 级进模设计实例 233

一、冲裁类级进模设计 233

二、弯曲类级进模设计 257

三、拉深类级进模设计 315

参考文献 347

第一章 冲 裁 模

第一节 冲裁模设计理论基础

使板料分离，得到所需形状和尺寸的平片毛坯或制件的冲模称为冲裁模。

一、排样与搭边

制件在条件上的布置方法叫排样。

1. 排样原则

1) 提高材料利用率。材料利用率通常以一个步距内制件的实际面积与所用毛坯面积的百分比来表示，如图 1-1 所示。图中由制件结构形状产生的废料称为结构废料，排样时的制件与制件间和制件与条料侧边之间留下的废料称为工艺废料。料头、料尾和边余料也是工艺废料。要提高材料利用率，主要应从减少工艺废料方面入手。

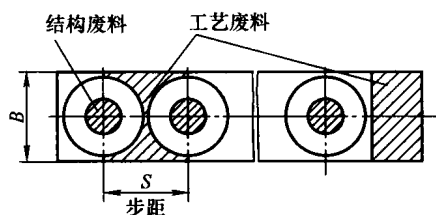


图 1-1 材料利用率

$$\eta = \frac{A}{A_0} \times 100\% = \frac{A}{BS} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 A ——一个步距内制件的实际面积(mm^2)；

A_0 ——一个步距内所需的材料面积(mm^2)；

B ——条料宽度(mm)；

S ——步距(mm)。

若考虑料头、料尾和边余料的消耗，则一张板料(条料)上总的材料利用率为

$$\eta_0 = \frac{nA_1}{LB} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 n ——一张板料(条料)上制件的总数目；

A_1 ——一个制件的实际面积(mm^2)；

L ——板料(条料)长度(mm)；

B ——板料(条料)宽度(mm)。

2) 操作方便、安全，减轻劳动强度。

3) 使模具结构简单，模具寿命提高。

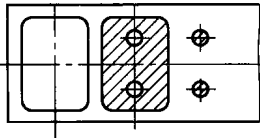
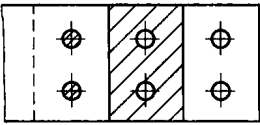
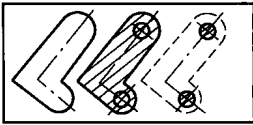
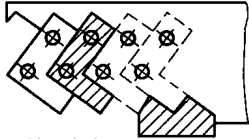
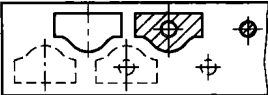
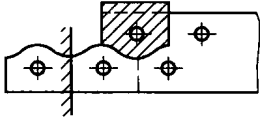
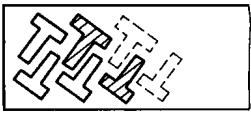
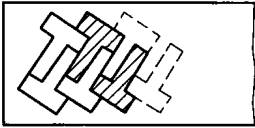
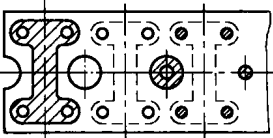
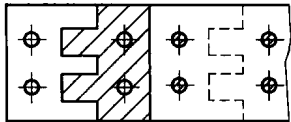
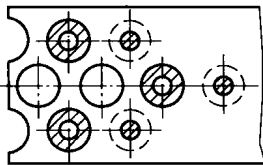
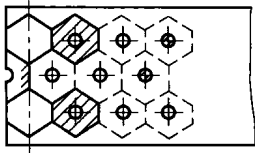
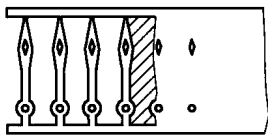
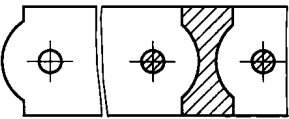
4) 保证制件质量。

2. 排样方法

排样有两种分类方法：一是从废料的角度分，可分为有废料排样、少废料排样和无废料排样三种；另一种是按制件在条料或卷料上的排列形式来分，可分为直排、斜排、直对排、

斜对排、混合排、多排、裁搭边等，见表 1-1。

表 1-1 排样方法

形式	有废料排样		少、无废料排样	
	简 图	应 用	简 图	应 用
直排		用于简单几何形状（方形、矩形、圆形）的冲件		用于矩形或方形冲件
斜排		用于 T 形、L 形、S 形、十字形、椭圆形冲件	第 1 方案  第 2 方案 	用于 L 形或其他形状的冲件，在外形上允许有不大的缺陷
直对排		用于 T 形、□形、山形、梯形、三角形、半圆形的冲件		用于 T 形、□形、山形、梯形、三角形冲件，在外形上允许有不大的缺陷
斜对排		用于材料利用率比直对排高的冲件		多用于 T 形冲件
混合排		用于材料及厚度都相同的两种以上的冲件		用于两个外形互相嵌入的不同冲件（铰链等）
多排		用于大批量生产中尺寸不大的圆形、六角形、方形、矩形冲件		用于大批量生产中尺寸不大的方形、矩形及六角形冲件
裁搭边		大批量生产中用于小的窄冲件（表针及类似的冲件）或带料的连续拉深冲件		用于以宽度均匀的条料或带料冲制长形冲件

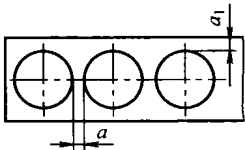
3. 搭边

排样时制件与制件之间或制件与条料侧边之间留下的工艺废料称为搭边（或侧搭边）。

搭边虽然是废料，但它补偿了条料的剪裁误差、送料步距误差、定位误差，确保冲出合格的制件。搭边还可以增加条料的刚性，保证送料顺利进行。

搭边值的大小取决于材料的种类和厚度，冲件形状和尺寸，以及卸料方法。
通常搭边值大小可由经验确定，见表 1-2 和表 1-3。

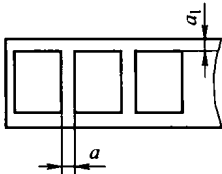
表 1-2 弹压卸料搭边与侧搭边 (单位: mm)



材料厚度 t	圆形或类似圆形的制件		矩形或类似矩形的制件 (长度 $L \leq 50$)		矩形或类似矩形的制件 (长度 $L > 50$)	
	a	a_1	a	a_1	a	a_1
≤ 0.25	1.0	1.2	1.2	1.5	1.5 ~ 2.5	1.8 ~ 2.6
$> 0.25 \sim 0.5$	0.8	1.0	1.0	1.2	1.2 ~ 2.2	1.2 ~ 2.5
$> 0.5 \sim 1$	0.8	1.0	1.0	1.2	1.5 ~ 2.5	1.8 ~ 2.6
$> 1 \sim 1.5$	1.0	1.3	1.2	1.5	1.8 ~ 2.8	2.2 ~ 3.2
$> 1.5 \sim 2$	1.2	1.5	1.5	1.8	2 ~ 3	2.4 ~ 3.4
$> 2 \sim 2.5$	1.5	1.9	1.8	2.2	2.2 ~ 3.2	2.7 ~ 3.2
$> 2.5 \sim 3$	1.8	2.2	2.0	2.4	2.5 ~ 3.5	3 ~ 4
$> 3 \sim 3.5$	2.0	2.5	2.2	2.7	2.8 ~ 3.8	3.3 ~ 4.3
$> 3.5 \sim 4$	2.2	2.7	2.5	3.0	3 ~ 4	3.5 ~ 4.5
$> 4 \sim 5$	2.5	3.0	3.0	3.5	3.5 ~ 4.5	4 ~ 5
$> 5 \sim 12$	$0.5t$	$0.6t$	$0.6t$	$0.7t$	$(0.7 \sim 0.9)t$	$(0.8 \sim 1)t$

注: 1. 矩形制件, 其长度 L 为 50 ~ 100mm, a 、 a_1 取下限值; L 为 100 ~ 200mm, a 、 a_1 取中间值; $L > 200$ mm, a 、 a_1 取上限值。
2. 对于硬纸板、硬橡胶、布胶板、纸胶板, 应乘以系数 1.3。

表 1-3 固定卸料搭边与侧搭边 (单位: mm)



材料厚度 t	圆形或类似圆形的制件		矩形或类似矩形的制件 (长度 $L \leq 50$)		矩形或类似矩形的制件 (长度 $L > 50$)
	a	a_1	a	a_1	a 与 a_1
≤ 0.25	1.2	1.5	1.8	2.2	2.2 ~ 3.2
$> 0.25 \sim 0.5$	1.0	1.2	1.5	2.0	2.0 ~ 3.0
$> 0.5 \sim 1$	0.8	1.0	1.2	1.5	1.5 ~ 2.5
$> 1 \sim 1.5$	1.0	1.2	1.2	1.8	1.8 ~ 2.8
$> 1.5 \sim 2$	1.2	1.5	1.5	2.0	2.0 ~ 3.0
$> 2 \sim 2.5$	1.5	1.8	1.8	2.2	2.2 ~ 3.2

(续)

材料厚度 t	圆形或类似圆形的制件		矩形或类似矩形的制件 (长度 $L \leq 50$)		矩形或类似矩形的制件 (长度 $L > 50$)
	a	a_1	a	a_1	a 与 a_1
$>2.5 \sim 3$	1.8	2.0	2.2	2.5	$2.5 \sim 3.5$
$>3 \sim 3.5$	2.0	2.2	2.5	2.8	$2.8 \sim 3.8$
$>3.5 \sim 4$	2.2	2.5	2.8	3.0	$3.0 \sim 4.0$
$>4 \sim 5$	2.5	2.8	3.0	3.5	$3.5 \sim 4.5$
$>5 \sim 12$	$0.5t$	$0.6t$	$0.6t$	$0.7t$	$(0.75 \sim 0.9)t$

注: 1. 矩形制件, 其长度 L 为 $50 \sim 100\text{mm}$, a 、 a_1 取下限值; L 为 $100 \sim 200\text{mm}$; a 、 a_1 取中间值; $L > 200\text{mm}$, a 、 a_1 取上限值。

2. 对于硬纸板、硬橡胶、布胶板、纸胶板, 应乘以系数 1.3。

4. 步距和条料宽度

采用导料板的冲裁模, 大多都是人工送料的落料模和级进模。送料时, 条料必须紧紧靠着导料板的一边向前送进。为了送料方便, 条料和另一边导料板必须有适当的间隙。

(1) 用挡料销定距 (见图 1-2) 条料宽度为

$$B_{-\Delta}^0 = (L_{\max} + 2a_1)_{-\Delta}^0 \quad (1-3)$$

导料板之间的距离为

$$A = B + Z \quad (1-4)$$

由图可知, 两块导料板宽度尺寸是不一样的, 一件比另一件大了 Z 值。

(2) 用侧刃定距 (见图 1-3) 条料宽度为

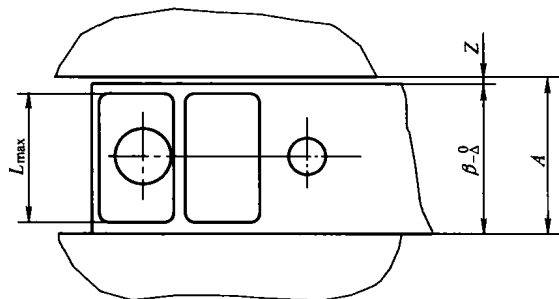


图 1-2 挡料销定距条料宽度

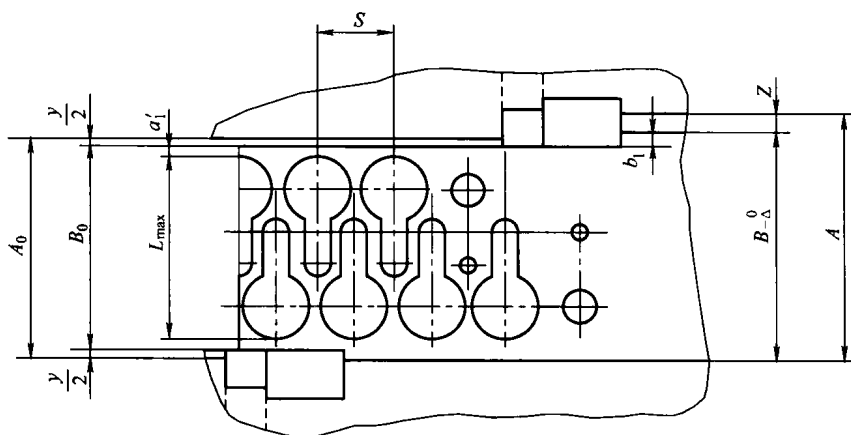


图 1-3 侧刃定距条料宽度

$$B_0 = (L_{\max} + 2a'_1) \quad a'_1 = 0.75a_1 \text{ 或 } a'_1 = a_1$$

$$B_{-\Delta}^0 = (L_{\max} + 2a'_1 + nb_1)_{-\Delta}^0 \tag{1-5}$$

导料板之间的距离为

$$A = B + Z \tag{1-6}$$

$$A_0 = B_0 + \gamma \tag{1-7}$$

(3) 步距 计算公式为

$$S = D + a \tag{1-8}$$

式中 $L_{\max}$ ——条料宽度方向制件最大尺寸 (mm);
 a'_1 ——侧搭边 (mm);
 Δ ——条料宽度偏差 (mm), 见表 1-4 和表 1-5;
 Z ——导料板与最宽条料之间的间隙 (mm), 见表 1-6;
 D ——制件最大尺寸 (mm);
 a ——搭边值 (mm);
 n ——侧刃数;
 b_1 ——侧刃冲切的料边定距宽度 (mm), 见表 1-7;
 γ ——侧刃冲切后的料边宽度与导料板之间的间隙 (mm), 见表 1-7。

表 1-4 普通剪床用条料宽度偏差 Δ (单位: mm)

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

表 1-5 滚剪用带料宽度偏差 Δ (单位: mm)

条料宽度 B	材料厚度 t		
	~ 0.5	> 0.5 ~ 1	> 1 ~ 2
~ 20	0.05	0.08	0.10
> 20 ~ 30	0.08	0.10	0.15
> 30 ~ 50	0.10	0.15	0.20

表 1-6 导料板与条料间的最小间隙 Z (单位: mm)

材料厚度 t	条料宽度 B		
	< 100	100 ~ 200	200 ~ 300
0.5 ~ 1.0	0.5	0.5	1.0
1.0 ~ 2.0	0.5	1.0	1.0
> 2.0	2	3	3

表 1-7 b_1 和 y 值 (单位: mm)

材料厚度 t	b_1		y
	金属材料	非金属材料	
~1.5	1.5	2.0	0.10
>1.5~2.5	2.0	3.0	0.15
>2.5~3.0	2.5	4.0	0.20

二、冲模类型的确定

常见的冲模可以分为单工序模、复合模、级进模及多工位传递模四种。选择冲模的结构形式，必须根据冲压件的生产批量、精度要求、尺寸大小、形状复杂程度及生产条件和冲模制造条件等多方面因素进行考虑。

一般情况，对于大型制件，为简化冲模结构，可采用单工序模；精度高的纯冲裁件，采用复合模；生产批量大、形状复杂的小型制件，常采用级进模。

冲压件生产批量与合理冲模形式之间的关系见表 1-8，单工序模、复合模和级进模的比较见表 1-9。

表 1-8 冲压件生产批量与合理冲模的结构形式

项目 \ 批量/(千件/年)		单件	小批	中批	大批	大量
大件		1	1~2	2~20	20~300	>300
中件		1	1~5	5~50	50~1000	>1000
小件		1	1~10	10~100	100~5000	>5000
冲模形式	大件	简易模、单工序模	单工序模、简易模	单工序模	单工序模、单工序多工位传递模	单工序多工位传递模
	中件	简易模、单工序模	单工序模、简易模	单工序模	级进模、单工序多工位传递模	级进模、单工序多工位传递模
	小件	简易模、单工序模	单工序模	级进模	级进模	级进模
设备形式	大件	闭式单点或双点压力机				
	中件	开式固定台压力机、闭式单点压力机		高速压力机、闭式单点或双点压力机		
	小件	开式压力机	开式压力机	高速或超高速压力机		

表 1-9 单工序模、级进模和复合模的比较

比较项目	只有一道工序的落料模	多道工序分解成单工序模	复合模	级进模
冲压件精度	高	较低	高	较高

(续)

比较项目	只有一道工序的 落料模	多道工序分解成 单工序模	复合模	级进模
冲压件形位公差		冲压件不平整, 同轴度、对称度及位置度误差大	冲压件平整, 同轴度、对称度及位置度误差小	普通级进模同轴度、对称度及位置度误差较大, 三高级进模误差较小
冲压件生产率	高, 可实现连续冲压	低, 压力机一次行程只能完成一道工序	较高, 压力机一次行程完成两道以上工序	高, 压力机一次行程可完成多道工序, 可实现连续冲压
实现自动化的可能性	容易, 尤其适合在高速或超高速压力机上冲压	较容易, 尤其适合在多工位压力机上冲压	难, 因冲压件和废料排除困难, 一般只能在单机实现部分机械化冲压	容易, 尤其适合在高速压力机上冲压
生产安全性	比较安全	安全性较差	安全性较差	比较安全
冲模制造难易程度	冲模结构简单, 制造周期短, 价格低	冲模结构简单, 制造周期短, 价格低	形状复杂冲压件比用级进模制造难度要高	形状简单冲压件比用复合模制造难度低
应用	通用性强, 适合各种情况下的生产	通用性好, 适于中、小批量生产和大件的大量生产	通用性较差, 仅适合大、中批量生产	通用性差, 仅适合中、小型冲压件大批量生产, 尤其适合小型冲压件大批量生产
对材料的要求	对条件宽度有一定要求	对工序件有一定要求	对条料宽度要求不严格, 可用边角料	对条料或带料宽度要求严格

三、冲裁模间隙

1. 间隙对冲裁件断面质量的影响

当凸、凹模间隙适当时, 凸、凹模刃口附近沿最大剪切应力方向产生的裂纹将互相重合, 此时冲裁出的制件断面虽有一定斜度, 但比较平坦光洁, 塌角和毛刺也较小, 有一定光亮带, 完全可以满足一般冲裁件要求, 如图 1-4a 所示。

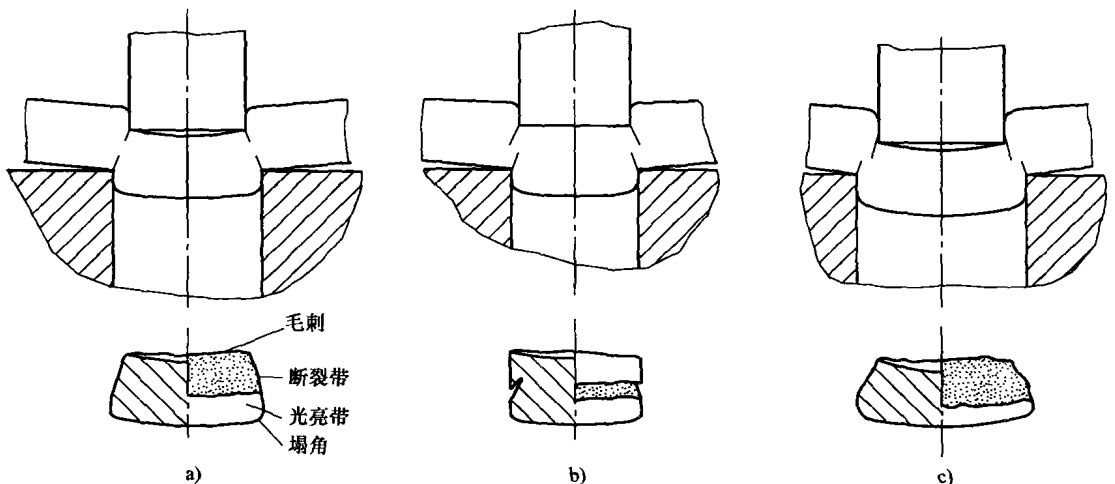


图 1-4 间隙对断面质量的影响

当凸、凹模间隙过小时，凸模刃口附近产生的裂纹比间隙适当时向外错开一段距离，随着凸模下压，上、下裂纹将不会重合。凹模刃口附近产生的裂纹进入凸模压应力区而停止发展，凸模刃口附近产生的裂纹进入凹模上面的压应力区也停止发展。此时在两条裂纹相距最近的地方发生第二次拉裂，上裂纹表面压入凹模时，受到凹模孔壁的挤压产生第二条光亮带，还有部分材料被挤出材料表面形成毛刺，但易去除。在两条光亮带之间形成撕裂面，断面和材料表面垂直，或斜度很小。塌角和翘曲也很小。因此，只要中间撕裂不是很深，仍可使用，如图 1-4b 所示。

当凸、凹模间隙过大时，凸、凹模刃口附近产生的裂纹也不重合，凸模刃口附近产生的裂纹比间隙适当时向内错开一段距离，材料的弯曲与拉伸增大，拉伸应力增大，易产生剪裂纹，塑性变形阶段较早结束，致使断面光亮带减小，塌角与斜度增大，穹弯大，毛刺大且难以去除，冲裁件质量不理想，如图 1-4c 所示。

2. 间隙对冲裁件尺寸精度的影响

凸、凹模间隙 Z 对冲裁件尺寸精度的影响如图 1-5 所示。 δ 为冲裁件相对于凸、凹模的尺寸偏差，当 $\delta = 0$ 时，表示冲裁件尺寸和凸、凹模尺寸完全一致。

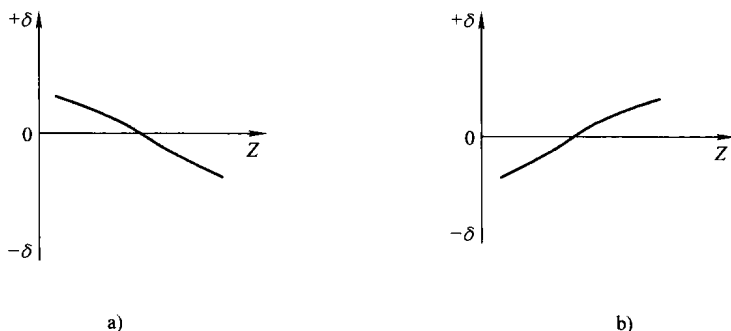


图 1-5 间隙对冲裁件尺寸精度的影响
a) 落料 b) 冲孔

当间隙较大时，材料所受的拉伸力增大，冲裁后因材料的弹性恢复使落料件的尺寸小于凹模尺寸，冲孔的尺寸大于凸模尺寸；间隙较小时，则由于材料受凸、凹模的侧向挤压力增强，故冲裁后材料的弹性恢复使落料件的尺寸大于凹模尺寸，冲孔件的尺寸小于凸模尺寸。

3. 间隙对冲裁力及卸料力的影响

随着间隙的增大，材料所受的拉应力增大，因此容易拉断，且冲裁力减小。但若继续增大间隙，会使凸、凹模刃口处产生的裂纹不重合，冲裁力下降变缓。加大间隙，冲裁力可降低 5% ~ 10%。

间隙对卸料力、推件力和顶件力的影响较显著。随着间隙的增大，卸料力、推件力和顶件力接近零。

4. 间隙对模具寿命的影响

冲裁过程中冲裁模的失效形式一般有磨损、崩刃和凹模洞口胀裂三种。

当间隙较小时，垂直力和洞口侧压力增大，摩擦力加大，加剧凸、凹模刃口的磨损；随后，二次剪切产生的金属碎屑又加剧刃口的磨损；冲裁后，推件或顶件时的滑动摩擦将再次造成刃口侧面的磨损。但间隙较小时，落料件（废料）的尺寸由于弹性恢复会大于凹模尺

寸，将紧紧堵塞于凹模洞口，容易将凹模洞口腔裂。间隙小时，凸模不可能绝对垂直于凹模上平面，间隙也不会绝对均匀分布。过小的间隙会造成凸模和凹模啃口甚至崩刃，所以，在满足制件要求的前提下，应尽量采用大间隙冲裁。

5. 间隙确定的原则

凸、凹模间隙对冲裁件断面质量、尺寸精度、冲裁力、卸料力、推件力和顶件力及模具寿命都有很大影响，要找到一个固定的间隙值，同时满足上述要求是不可能的。因此，在实际生产中，主要根据冲裁件的断面质量、尺寸精度和模具寿命这三个因素，给间隙规定一个范围的值，以满足冲裁件设计要求。这个范围的最小值称为最合理间隙，最大值称为最大合理间隙。

确定间隙的方法有理论计算法和经验查表法两种。

用理论计算法确定间隙，是以冲裁时凸、凹模刃口处产生的裂纹相互重合为理论计算根据，如图 1-6 所示。

$$Z = 2(t - h_0) \tan \beta = 2t \left(1 - \frac{h_0}{t} \right) \tan \beta \quad (1-9)$$

式中 t ——材料厚度 (mm)；

h_0 ——产生裂纹时凸模挤入材料的深度 (mm)；

$\frac{h_0}{t}$ ——产生裂纹时凸模挤入材料的相对深度 (mm)；

β ——剪裂纹与垂直线间的夹角，一般为 $4^\circ \sim 6^\circ$ 。

由于理论计算方法在生产中使用不便，因此可根据下述原则选用经验间隙：

1) 冲裁件尺寸精度在 IT11 级以上，断面表面粗糙度值小于 $Ra1.6\mu\text{m}$ ，采用普通冲裁模时用小的间隙冲裁，大多数情况下是难以达到要求的。一般宜采用光洁冲裁或冲裁后再增修，应推广使用精密冲裁。

2) 冲裁件尺寸精度在 IT12 级以上，断面不允许有较大斜度时，一般采用表 1-10 所列的小间隙冲裁。但对材料厚度小于 2mm 的薄料和硬材料，由于断面状况不明显，为提高模具的使用寿命，可在表 1-10 的基础上适当放大冲裁间隙，采用表 1-11 所列的适当放大的小间隙冲裁。

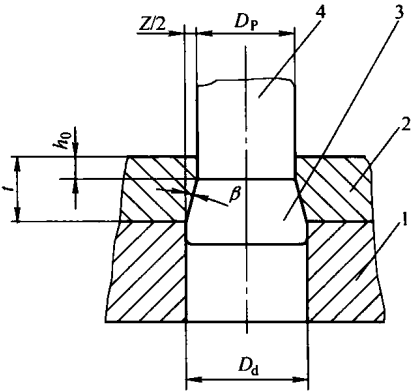


图 1-6 理论计算法确定间隙依据
1—凹模 2—材料 3—制件 4—凸模

表 1-10 小间隙冲裁 (单位: mm)

材料厚度	层压纸板、层压布板		铅、纯铜、纯铝		Q195、Q235、08F、10F、10、15、20、H62		45、50		65Mn、T7A、T8A	
	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
0.20	0.006	0.01	0.006	0.012	0.008	0.014	0.008	0.016	0.012	0.020
0.25	0.007	0.012	0.007	0.015	0.010	0.017	0.010	0.020	0.015	0.025
0.30	0.009	0.015	0.009	0.018	0.012	0.021	0.012	0.024	0.018	0.030
0.40	0.012	0.020	0.012	0.024	0.016	0.028	0.016	0.032	0.024	0.040
0.50	0.015	0.025	0.015	0.030	0.020	0.035	0.020	0.040	0.030	0.050

(续)

材料 厚度	层压纸板、层压布板		铅、纯铜、纯铝		Q195、Q235、08F、10F、 10、15、20、H62		45、50		65Mn、T7A、T8A	
	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
0.60	0.018	0.030	0.018	0.036	0.024	0.042	0.024	0.048	0.036	0.060
0.70	0.021	0.035	0.021	0.042	0.028	0.049	0.028	0.056	0.042	0.070
0.80	0.024	0.040	0.024	0.048	0.032	0.056	0.032	0.064	0.048	0.080
0.90	0.027	0.045	0.027	0.054	0.036	0.063	0.036	0.072	0.054	0.090
1.0	0.030	0.050	0.030	0.060	0.040	0.070	0.040	0.080	0.060	0.100
1.1	0.033	0.055	0.033	0.077	0.055	0.088	0.066	0.110	0.088	0.132
1.2	0.036	0.060	0.036	0.084	0.060	0.096	0.072	0.120	0.096	0.144
1.3	0.039	0.065	0.039	0.091	0.065	0.104	0.078	0.130	0.104	0.156
1.4	0.042	0.070	0.042	0.098	0.070	0.112	0.084	0.140	0.112	0.168
1.5	0.045	0.075	0.045	0.105	0.075	0.120	0.090	0.150	0.120	0.180
1.6	0.048	0.080	0.048	0.112	0.080	0.128	0.096	0.160	0.128	0.196
1.8	0.054	0.090	0.054	0.126	0.090	0.144	0.108	0.180	0.144	0.216
2.0	0.060	0.100	0.060	0.140	0.100	0.160	0.120	0.200	0.160	0.240
2.1	0.063	0.105	0.063	0.147	0.105	0.168	0.126	0.210	0.168	0.252
2.2	0.066	0.110	0.066	0.154	0.110	0.176	0.132	0.220	0.176	0.264
2.5	0.075	0.125	0.075	0.175	0.125	0.200	0.150	0.250	0.200	0.300
2.8	0.084	0.140	0.084	0.196	0.140	0.224	0.168	0.280	0.224	0.336
3.0	0.090	0.150	0.090	0.210	0.150	0.240	0.180	0.300	0.240	0.360
3.2			0.160	0.288	0.192	0.256	0.256	0.384	0.320	0.448
3.5			0.175	0.315	0.210	0.350	0.280	0.420	0.350	0.490
4.0			0.200	0.360	0.240	0.400	0.320	0.480	0.400	0.560
4.5			0.225	0.405	0.270	0.450	0.360	0.540	0.450	0.630
5.0			0.250	0.450	0.300	0.500	0.400	0.600	0.500	0.700
6.0			0.300	0.540	0.360	0.600	0.480	0.720	0.600	0.800

表 1-11 适当放大的小间隙冲裁 (单位: mm)

材料 厚度	层压纸板、层压布板		铅、纯铜、纯铝		Q195、Q235、08F、10F、 10、15、20、H62		45、50		65Mn、T7A、T8A	
	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
0.20	0.008	0.016	0.008	0.016	0.012	0.020	0.016	0.024	0.020	0.028
0.25	0.010	0.020	0.010	0.020	0.015	0.025	0.020	0.030	0.025	0.035
0.30	0.012	0.024	0.012	0.024	0.018	0.030	0.024	0.036	0.030	0.042
0.40	0.016	0.032	0.016	0.032	0.024	0.040	0.032	0.048	0.040	0.056
0.50	0.020	0.040	0.020	0.040	0.030	0.050	0.040	0.060	0.050	0.070
0.60	0.024	0.048	0.024	0.048	0.036	0.060	0.048	0.072	0.060	0.084

(续)

材料 厚度	层压纸板、层压布板		铅、纯铜、纯铝		Q195、Q235、08F、10F、 10、15、20、H62		45、50		65Mn、T7A、T8A	
	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
0.70	0.028	0.056	0.028	0.056	0.042	0.070	0.056	0.084	0.070	0.098
0.80	0.032	0.064	0.032	0.064	0.048	0.080	0.064	0.096	0.080	0.112
0.90	0.036	0.072	0.036	0.072	0.054	0.090	0.072	0.108	0.090	0.126
1.0	0.040	0.080	0.040	0.080	0.060	0.100	0.080	0.120	0.100	0.140
1.1	0.055	0.099	0.055	0.099	0.088	0.132	0.110	0.154	0.132	0.176
1.2	0.060	0.108	0.060	0.108	0.096	0.144	0.120	0.168	0.144	0.192
1.3	0.065	0.117	0.065	0.117	0.104	0.156	0.130	0.182	0.156	0.208
1.4	0.070	0.126	0.070	0.126	0.112	0.168	0.140	0.196	0.168	0.224
1.5	0.075	0.135	0.075	0.135	0.120	0.180	0.150	0.210	0.180	0.240
1.6	0.080	0.144	0.080	0.144	0.128	0.192	0.160	0.224	0.192	0.256
1.8	0.090	0.162	0.090	0.162	0.144	0.216	0.180	0.252	0.216	0.288
2.0	0.100	0.180	0.100	0.180	0.160	0.240	0.200	0.280	0.240	0.320

3) 冲裁件尺寸精度在 IT13 ~ IT15 级的非配合尺寸, 以及断面无要求的冲裁件, 为了提高模具使用寿命, 应采用大间隙冲裁。

此外, 在高速冲裁和硬质合金冲裁模中, 为了提高模具的使用寿命, 也应采用大间隙冲裁, 大间隙冲裁见表 1-12。

表 1-12 大间隙冲裁

(单位: mm)

材料 厚度	Q195、Q235、08F、10F、 10、15、20、H62		45、50		QSn6.5 ~ 0.1		65、70、65Mn、T7A T8A、60Si2MnA	
	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
0.20	0.024	0.036	0.032	0.044	0.030	0.040	0.036	0.048
0.25	0.030	0.045	0.040	0.055	0.037	0.050	0.045	0.060
0.30	0.036	0.054	0.048	0.066	0.045	0.060	0.054	0.072
0.40	0.048	0.072	0.064	0.088	0.060	0.080	0.072	0.096
0.50	0.060	0.090	0.080	0.110	0.075	0.100	0.090	0.120
0.60	0.072	0.108	0.096	0.132	0.090	0.120	0.108	0.144
0.70	0.084	0.126	0.112	0.154	0.105	0.140	0.126	0.168
0.80	0.096	0.144	0.128	0.176	0.120	0.160	0.144	0.192
0.90	0.108	0.162	0.144	0.198	0.135	0.180	0.162	0.216
1.0	0.120	0.180	0.160	0.220	0.150	0.200	0.180	0.240
1.1	0.165	0.220	0.220	0.286	0.198	0.264	0.242	0.308
1.2	0.180	0.240	0.240	0.312	0.216	0.288	0.264	0.336
1.3	0.195	0.260	0.260	0.338	0.234	0.312	0.286	0.364
1.4	0.210	0.280	0.280	0.364	0.252	0.336	0.308	0.392

(续)

材料 厚度	Q195、Q235、08F、10F、 10、15、20、H62		45、50		QSn6.5~0.1		65、70、65Mn、T7A T8A、60Si2MnA	
	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
1.5	0.225	0.300	0.300	0.390	0.270	0.360	0.330	0.420
1.6	0.240	0.320	0.320	0.416	0.288	0.384	0.352	0.448
1.8	0.270	0.360	0.360	0.468	0.324	0.432	0.396	0.504
2.0	0.300	0.400	0.400	0.520	0.360	0.480	0.440	0.560
2.1	0.315	0.420	0.420	0.546			0.462	0.588
2.2	0.330	0.440	0.440	0.572			0.484	0.616
2.5	0.375	0.500	0.500	0.650			0.550	0.700
2.8	0.420	0.560	0.560	0.728			0.616	0.784
3.0	0.450	0.600	0.600	0.780			0.660	0.840
3.2	0.576	0.768	0.704	0.896			0.768	0.960
3.5	0.63	0.840	0.770	0.980			0.840	1.050
4.0	0.72	0.960	0.880	1.12			0.960	1.200
4.5	0.81	1.080	0.99	1.26			1.080	1.350
5.0	0.90	1.200	1.10	1.40			1.200	1.500
6.0	1.08	1.440	1.32	1.68			1.440	1.800
8.0	1.60	2.08	1.92	2.40			2.08	2.560

四、凸模与凹模工作部分尺寸计算

1. 凸模与凹模工作部分尺寸计算的原则

1) 从使用性能考虑，基本尺寸应以光亮带部分为基准，如不考虑弹性恢复，落料件的光亮带由凹模决定，落料时应以凹模为基准进行计算；冲孔时的光亮带由凸模决定，冲孔时应以凸模为基准进行计算。

2) 凸、凹模在使用过程中都会磨损，凹模磨损后会增大落料件尺寸，凸模磨损后会减小冲孔尺寸。为了提高模具的使用寿命，在模具设计时，凹模基本尺寸应取接近最小极限的尺寸，凸模基本尺寸应取接近最大极限的尺寸。

3) 在实际生产中，凸、凹模大多采用装配加工。另外，单独一个凹模洞口比较少，尤其在多工位级进模中，一块凹模上既有落料凹模洞口，又有冲孔凹模洞口，或其他工序凹模洞口，一块凹模上有几个甚至几十个凹模洞口。如按上述原则标注尺寸，不但困难，也不合理，更无法加工。为便于加工，一般应把落料凹模尺寸计算好后换算到凸模上去，凹模上不标注形状尺寸，只标注凹模洞口位置尺寸。同样，卸料板、凸模固定板也不标注形状尺寸。

4) 根据第3)条原则，可得到如下示例：

凹模按凸模配，双面最小间隙为0.05mm。

卸料板按凸模配，双面间隙小于0.1mm。