

第一篇

冷冲压模具设计

1 冲裁模具的设计

1.1 冲裁件的工艺性

冲裁是利用冲模在压力机上使板料分离的一种冲压工艺。它包括切断、落料、冲孔、修边、切口等多种工序,但一般说来主要是落料和冲孔工序。冲裁件的工艺性,是指冲裁件对冲压工艺的适应性,主要包括以下几个方面。

1.1.1 冲裁件的形状和尺寸

1)冲裁件的形状设计尽可能简单、对称,使排样时废料最少,如图 1_1_1 所示。

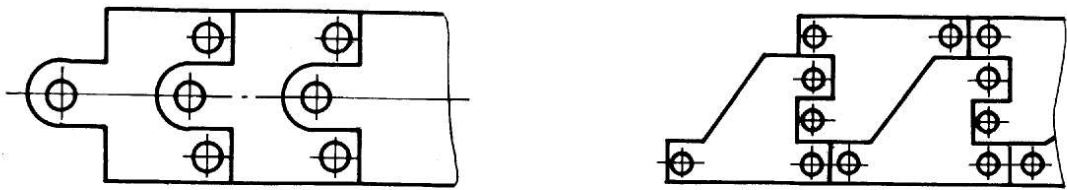


图 1_1_1 少废料冲裁的排样

2)冲裁件的外形或内孔应避免尖锐的角,在各直线或曲线的连接处,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 R 的最小值见表 1_1_1。

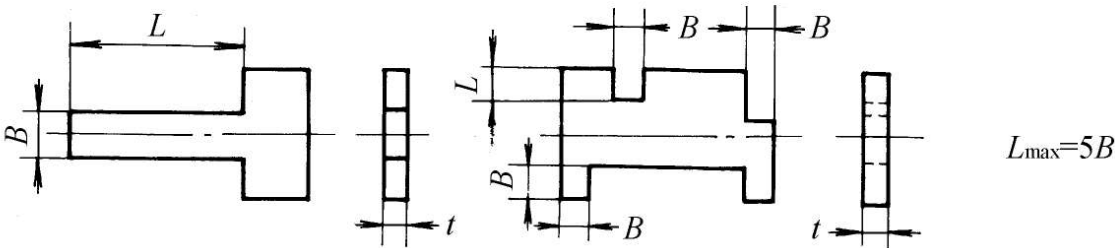
表 1_1_1 冲裁件圆角半径 R 的最小值

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

注 t为材料厚度。

3)冲裁件的凸出悬臂和凹槽的宽度不宜过小,长度不宜过长,其合理数值可参考表 1_1_2。

表 1_1_2 冲裁件的凸出悬臂和凹槽的最小宽度 B、最大长度 L_{max}



材 料	宽度 B
硬 钢	(1.5~2.0) t
黄铜、软钢	(1.0~1.2) t
紫铜、铝	(0.8~0.9) t

4)冲孔时,孔径不宜过小。其最小孔径与孔的形状、材料的机械性能、材料的厚度等有关,见表 1_1_3、表 1_1_4。

表 1_1_3 用自由凸模冲孔的最小尺寸

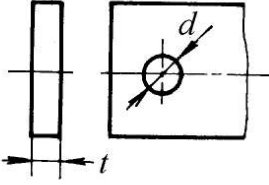
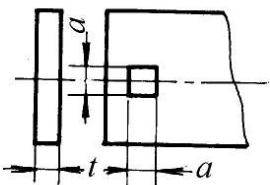
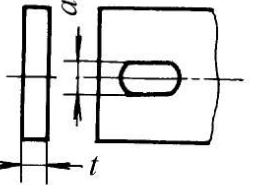
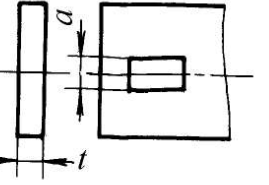
材 料				
硬 钢	$d \geq 1.3 t$	$a \geq 1.2 t$	$a \geq 0.9 t$	$a \geq 1.0 t$
软钢及黄铜	$d \geq 1.0 t$	$a \geq 0.9 t$	$a \geq 0.7 t$	$a \geq 0.8 t$
铝、锌	$d \geq 0.8 t$	$a \geq 0.7 t$	$a \geq 0.5 t$	$a \geq 0.6 t$

表 1_1_4 采用凸模护套冲孔的最小尺寸

材 料	圆形孔 d	方形孔 a
硬 钢	0.5 t	0.4 t
软钢及黄铜	0.35 t	0.3 t
铝、锌	0.3 t	0.28 t

5)冲裁件的孔与孔之间、孔与边缘之间的距离不应过小,其许可值见图 1_1_2。

6)在弯曲件或拉深件上冲孔时,其孔壁与工件直壁之间应保持一定的距离(如图 1_1_3),若距离太小,冲孔时会使凸模受水平推力而折断。

7)在工件上冲制矩形孔时,若工厂无电加工设备,则其两端宜用圆弧连接(如图 1_1_4a),以便加工凹模。

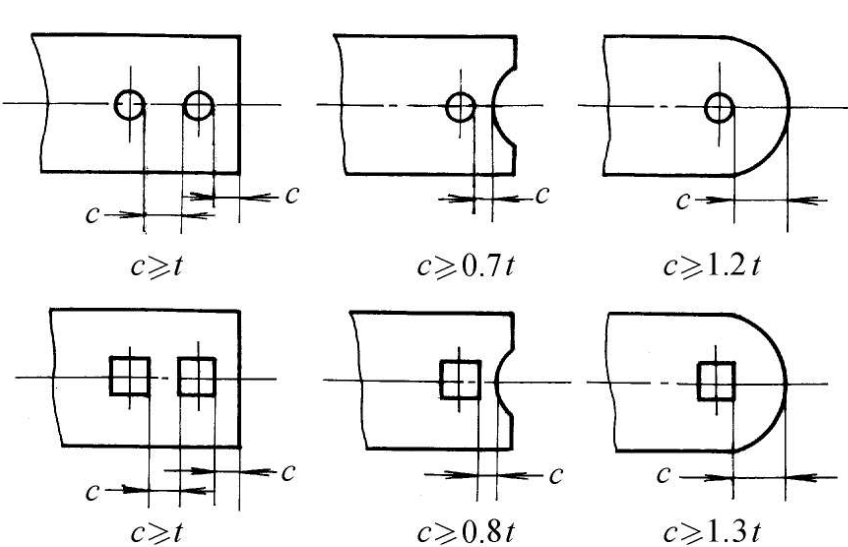


图 1_1_2 孔边距的最小数值

若两端设计成图 1_1_4b 所示形状,则凹模只好手工修整(指整体凹模)。对矩形工件,同样理由,其两端宜用圆弧连接,且圆弧半径 R 应为工件宽度之半,即 $R = B/2$ (如图 1_1_5a),以便于加工凹模;若 $R > B/2$ (如图 1_1_5b),凹模也只好手工修整。但若采用两侧无废料排样(如图 1_1_6) $R = B/2$ 时,当条料出现正偏差就会使两端出现凸台(如图 1_1_6b),因而最好取 $R > \frac{B+\Delta}{2}$ (如图 1_1_6c)。

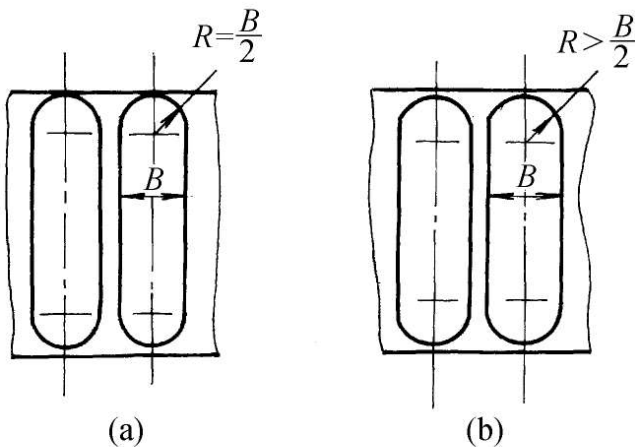


图 1_1_5 工件孔端半径要求

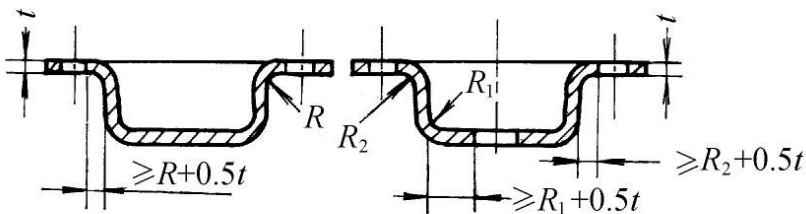


图 1_1_3 弯曲或拉深件上冲孔的合适位置

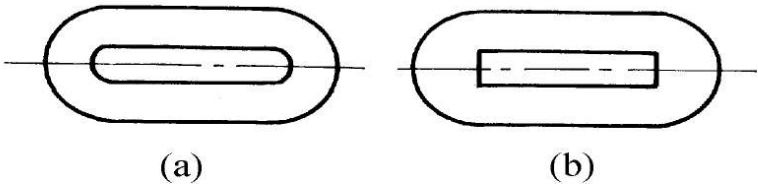


图 1_1_4 工件孔形要求

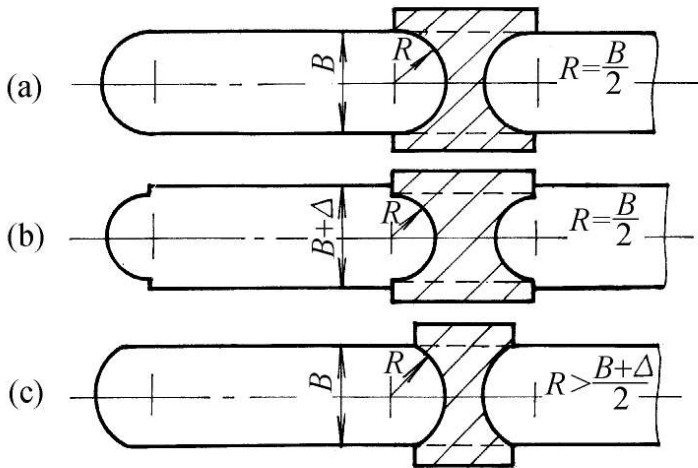


图 1_1_6 工件两端圆弧和宽度的关系

1.1.2 冲裁件的精度和粗糙度

1)冲裁件内外形的经济精度不高于 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。具体数值可参考表 1_1_5、表 1_1_6、表 1_1_7、表 1_1_8 和表 1_1_9。

表 1_1_5 冲裁件外形与内孔尺寸公差 mm

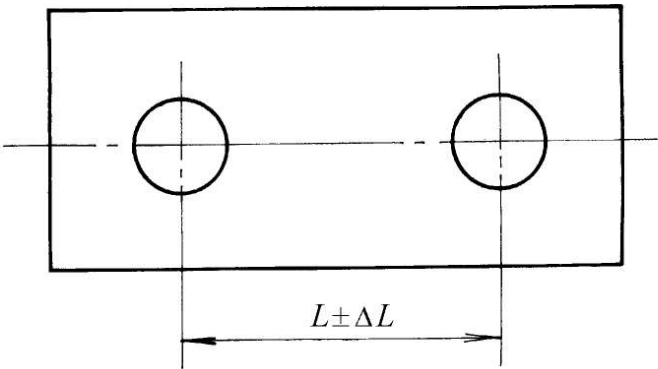
冲 模 型 式	材料厚度 零件尺寸	0.2~0.5	0.5~1	1~2	2~4	4~6
普通冲裁模	≤10	$\frac{0.08}{0.05}$	$\frac{0.12}{0.05}$	$\frac{0.18}{0.06}$	$\frac{0.24}{0.08}$	$\frac{0.30}{0.10}$
	>10~50	$\frac{0.10}{0.08}$	$\frac{0.16}{0.08}$	$\frac{0.22}{0.10}$	$\frac{0.28}{0.12}$	$\frac{0.35}{0.15}$
	>50~150	$\frac{0.14}{0.12}$	$\frac{0.22}{0.12}$	$\frac{0.30}{0.16}$	$\frac{0.40}{0.20}$	$\frac{0.50}{0.25}$
	>150~300	0.20	0.30	0.50	0.70	1.00

续表 1_1_5

冲 模 型 式	材料厚度 零件尺寸	0.2~0.5	0.5~1	1~2	2~4	4~6
	≤10	$\frac{0.025}{0.02}$	$\frac{0.03}{0.02}$	$\frac{0.04}{0.03}$	$\frac{0.06}{0.04}$	$\frac{0.10}{0.06}$
高级冲裁模	>10~50	$\frac{0.03}{0.04}$	$\frac{0.04}{0.04}$	$\frac{0.06}{0.06}$	$\frac{0.08}{0.08}$	$\frac{0.12}{0.10}$
	>50~150	$\frac{0.05}{0.08}$	$\frac{0.06}{0.08}$	$\frac{0.08}{0.10}$	$\frac{0.10}{0.12}$	$\frac{0.15}{0.15}$
	>150~300	0.08	0.10	0.12	0.15	0.20

注 ①表中分子为外形的公差值,分母为内孔的公差值。
②普通冲裁模系指模具工作、导向部分零件按 IT8 级精度制造,高级冲模按 IT7 级精度制造。

表 1_1_6 冲裁件孔中心距离的极限偏差 mm



冲模型式	材料厚度 孔距尺寸 L	≤1	>1~2	>2~4	>4~6
	≤50	±0.10	±0.12	±0.15	±0.20
一般冲模	>50~150	±0.15	±0.20	±0.25	±0.30
	>150~300	±0.20	±0.30	±0.35	±0.40
高级冲模	≤50	±0.03	±0.04	±0.06	±0.08
	>50~150	±0.05	±0.06	±0.08	±0.10
	>150~300	±0.08	±0.10	±0.12	±0.15

注 本表数值适用于所指的孔应同时冲出的情况。

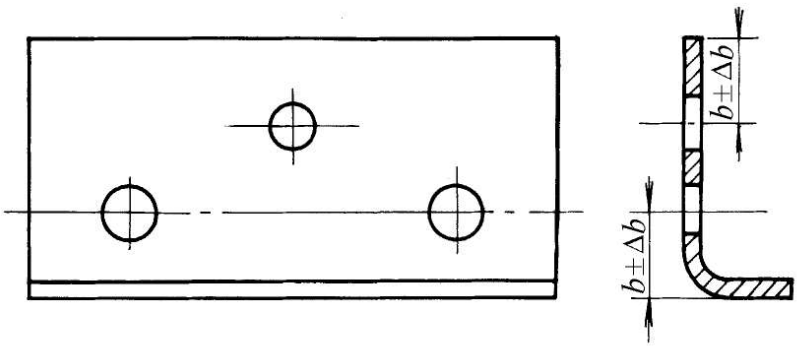
表 1_1_7 孔对外缘轮廓的偏移的极限偏差 mm

模具型式和定位方法	模 具 精 度	工 件 尺 寸		
		≤30	>30~100	>100~200
复 合 模	高级的	±0.015	±0.02	±0.025
	普通的	±0.02	±0.03	±0.04
有导正销的连续模	高级的	±0.05	±0.10	±0.12
	普通的	±0.10	±0.15	±0.20

续表 1_1_7

模具型式和定位方法	模 具 精 度	工 件 尺 寸		
		≤30	>30~100	>100~200
无导正销的连续模	高级的	±0.10	±0.15	±0.25
	普通的	±0.20	±0.30	±0.40
外形定位的冲孔模	高级的	±0.08	±0.12	±0.18
	普通的	±0.15	±0.20	±0.30

表 1_1_8 孔中心与边缘距离的极限偏差 mm

	材料厚度	孔中心与边缘距离 b			
		≤50	>50~120	>120~220	>220~360
	≤2	±0.2	±0.3	±0.5	±0.7
	>2~4	±0.3	±0.5	±0.6	±0.8
	>4	±0.4	±0.5	±0.8	±1.0

注 本表适用于落料、弯曲后再进行冲孔的情况。

表 1_1_9 冲裁件的自由角度公差 mm

The diagram shows a Z-shaped part with a central vertical dashed line. The total width of the base is 30. The width of the central vertical section is 12. The width of the side flanges is L. The angle of the side flange is alpha.

冲制如左图所示零件,其短边长度

$$L=\frac{30-12}{2}=\frac{18}{2}=9$$

则 α 的偏差为 $\pm 2^{\circ}30'$

模具精度等级	α 的 短 边 长 度 L												
	1~3	3~6	>6 ~10	>10 ~18	>18 ~30	>30 ~50	>50 ~80	>80 ~120	>120 ~180	>180 ~260	>260 ~360	>360 ~500	>500
	$\pm\Delta\alpha$												
	2°30′	2°	1°30′	1°15′	1°	50′	40′	30′	25′	20′	15′	12′	10′
	3	4°	3°	2°30′	2°	1°30′	1°15′	1°	50′	40′	30′	25′	15′

注 3 级精度为一般精度;2 级精度为较高精度。

2)非金属冲裁件内外形的经济精度为 GB 1800—79 IT14~IT15 级。对于纸胶板、布胶板、硬纸等材料,其具体数值可参考表 1_1_10、表 1_1_11。

表 1_1_10 非金属冲裁件内形和外形的尺寸公差												mm
条料厚度 t	基本尺寸 公差等级	~3	>3 ~6	>6 ~10	>10 ~18	>18 ~30	>30 ~50	>50 ~80	>80 ~120	>120 ~180	>180 ~260	
~1	IT13 级	0.14	0.16	0.22	0.27	0.33	0.39	0.46	0.54			
	IT14 级									1.00	1.15	
>1 ~2.5	IT14 级	0.25	0.30	0.36	0.43	0.52	0.62	0.74	0.87			
	IT15 级									1.6	1.9	

表 1_1_11 非金属冲裁件孔距及孔边距尺寸的极限偏差									mm
基本尺寸 条料厚度	~10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~80	>80~120	>120~180	>180~260	
~1	±0.1	±0.12	±0.15	±0.17	±0.2	±0.25	±0.5	±0.6	
>1~2.5	±0.15	±0.2	±0.25	±0.3	±0.35	±0.4	±0.8	±0.9	

3)冲裁件的粗糙度 R_a 一般在 12.5 以上,具体数值可参考表 1_1_12。

冲裁件的断面光亮带宽度视被冲裁材料的厚度、机械性能及冲模间隙和刃口质量而定,具体数值可参考表 1_1_13。

表 1_1_12 一般冲裁件剪断面的近似粗糙度					
材料厚度 t/mm	≤1	>1~2	>2~3	>3~4	>4~5
粗糙度 R_a	3.2	6.3	12.5	25	50

表 1_1_13 各种材料冲裁的光亮带相对宽度					
材 料	占料厚的百分比		材 料	占料厚的百分比	
	退火	硬化		退火	硬化
含碳 0.1% 钢板	50	38	硅 钢	30	
含碳 0.2% 钢板	40	28	青 铜 板	25	17
含碳 0.3% 钢板	33	22	黄 铜	50	20
含碳 0.4% 钢板	27	17	紫 铜	55	30
含碳 0.6% 钢板	20	9	杜 拉 铝	50	30
含碳 0.8% 钢板	15	5	铝	50	30
含碳 1.0% 钢板	10	2			

1.1.3 冲裁件的尺寸基准

1)零件结构尺寸的基准应尽可能与制造时的定位基准重合,这样可以避免尺寸基准不符合的误差。如图 1_1_7a 所示,工件两个面上的方孔各取一个基准面,工艺上采取两次冲孔时选择右侧面为定位面,由于角铁毛坯在切断时的误差较大(一般为 1~2mm),故造成尺寸 20 难以稳定。如图 1_1_7b 所示,尺寸的基准改进后,就消除了毛坯引起的误差对工件结

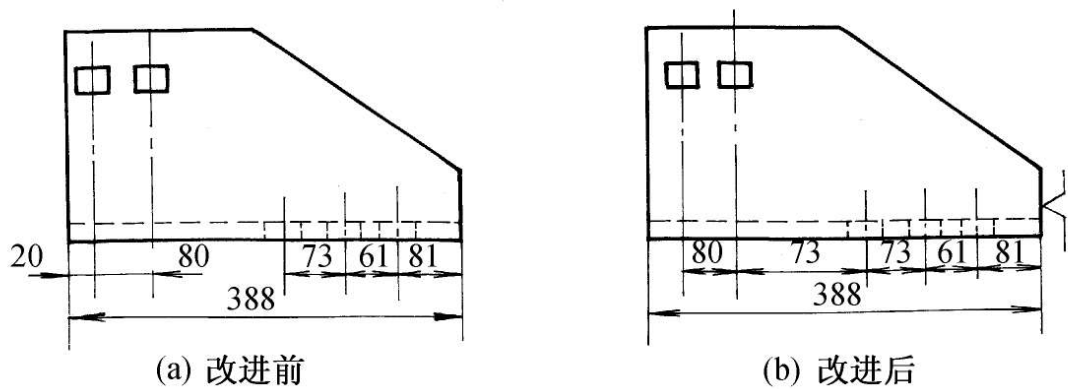


图 1_1_7 零件结构尺寸基准的要求

构尺寸的影响。

2. 冲孔件的孔位尺寸基准应尽量选择
在冲压过程中自始至终不参加变形的面或
线上,切不要与参加变形的部位联系起来。
如图 1_1_8a 所示,原设计组孔位置由于尺
寸 19 与弯曲边发生了联系,而弯曲开口尺
寸 68 的偏差波动在 $\pm 1.5\text{mm}$ 左右,这样就
使孔位置也随之变化,要达到图纸要求显
然是十分困难的。当此零件组孔尺寸是装
配尺寸,弯曲边的开口尺寸并非装配尺寸
时,弯曲边的开口尺寸波动直接影响到组
孔尺寸不稳定,从而影响装配质量。如图
1_1_8b 所示,均选择对称中心线作为基准
线,割断组孔与弯曲边的联系,使相互之
间的尺寸各成系统,这就稳定了孔位的尺
寸。

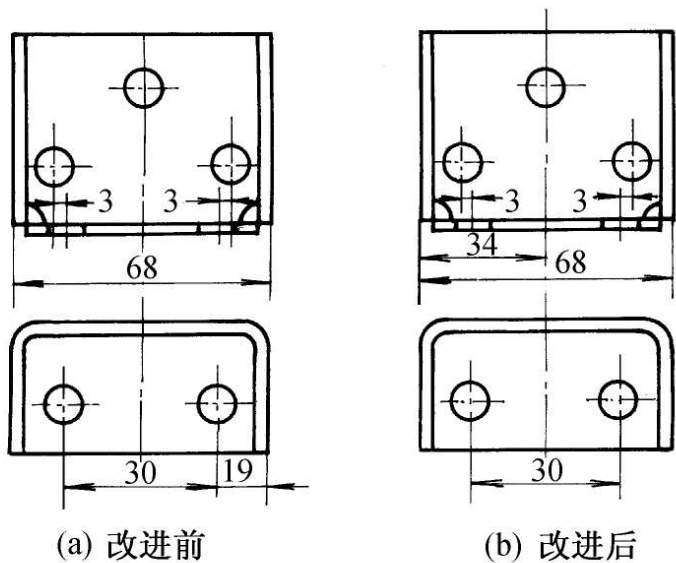


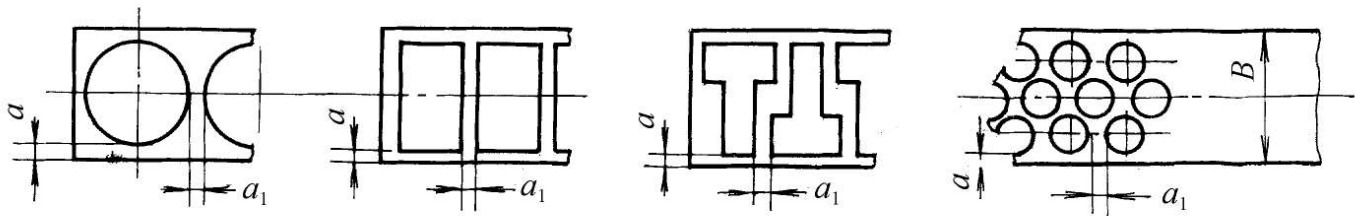
图 1_1_8 工件孔位尺寸基准的要求

1.2 搭边、条料宽度及排样

1.2.1 搭边

对一般金属材料在冲裁时的搭边值见表 1_1_14(适用于大零件),或表 1_1_15。

表 1_1_14 冲裁金属材料的搭边值 mm

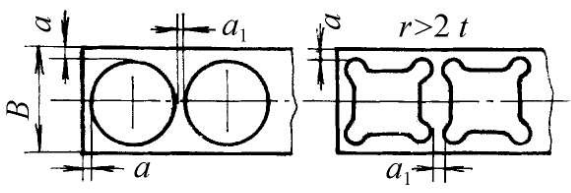
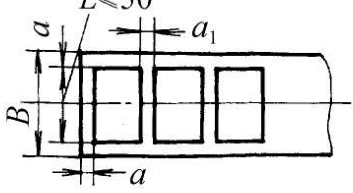
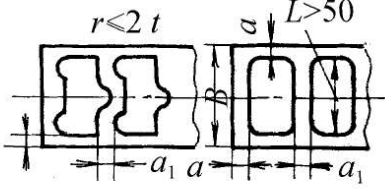


续表 1_1_14

材料厚度 t	手 工 送 料						自动送料	
	圆 形		非圆形		往复送料			
	a	a ₁	a	a ₁	a	a ₁	a	a ₁
~1	1.5	1.5	2	1.5	3	2		
大于 1~2	2	1.5	2.5	2	3.5	2.5	3	2
大于 2~3	2.5	2	3	2.5	4	3.5		
大于 3~4	3	2.5	3.5	3	5	4	4	3
大于 4~5	4	3	5	4	6	5	5	4
大于 5~6	5	4	6	5	7	6	6	5
大于 6~8	6	5	7	6	8	7	7	6
8 以上	7	6	8	7	9	8	8	7

注 ①冲非金属材料(皮革、纸板、石棉板等)时,搭边值应乘 1.5~2。
 ②有侧刃的搭边 $a'=0.75a$ 。

表 1_1_15 最小工艺搭边值 mm

材料厚度 t						
	圆件及 $r>2t$ 的圆角		矩形件边长 $L\leqslant 50\text{mm}$		矩形件边长 $L>50\text{mm}$ 或圆角 $r\leqslant 2t$	
	工件间 a_1	沿边 a	工件间 a_1	沿边 a	工件间 a_1	沿边 a
0.25 以下	1.8 t	2.0 t	2.2 t	2.5 t	2.8 t	3.0 t
>0.25~0.5	1.2 t	1.5 t	1.8 t	2.0 t	2.2 t	2.5 t
>0.5~0.8	1.0 t	1.2 t	1.5 t	1.8 t	1.8 t	2.0 t
>0.8~1.2	0.8 t	1.0 t	1.2 t	1.5 t	1.5 t	1.8 t
>1.2~1.6	1.0 t	1.2 t	1.5 t	1.8 t	1.8 t	2.0 t
>1.6~2.0	1.2 t	1.5 t	1.8 t	2.5 t	2.0 t	2.2 t
>2.0~2.5	1.5 t	1.8 t	2.0 t	2.2 t	2.2 t	2.5 t
>2.5~3.0	1.8 t	2.2 t	2.2 t	2.5 t	2.5 t	2.8 t
>3.0~3.5	2.2 t	2.5 t	2.5 t	2.8 t	2.8 t	3.2 t
>3.5~4.0	2.5 t	2.8 t	2.5 t	3.2 t	3.2 t	3.5 t
>4.0~5.0	3.0 t	3.5 t	3.5 t	4.0 t	4.0 t	4.5 t
>5.0~12	0.6 t	0.7 t	0.7 t	0.8 t	0.8 t	0.9 t

注 表列搭边值适用于低碳钢,对于其他材料,应将表中数值乘以下列系数:

中等硬度的钢	0.9	软黄铜、紫铜	1.2
硬钢	0.8	铝	1.3~1.4
硬黄铜	1~1.1	非金属	1.5~2
硬铝	1~1.2		

1.2.2 条料的宽度和导尺间距离的计算

1)有侧压(如图 1_1_9)

条料宽度：

$$B_{-\Delta} = (D + 2a)_{-\Delta}$$

导尺间距离：

$$A = B + z = D + 2a + z$$

2)无侧压(如图 1_1_10)

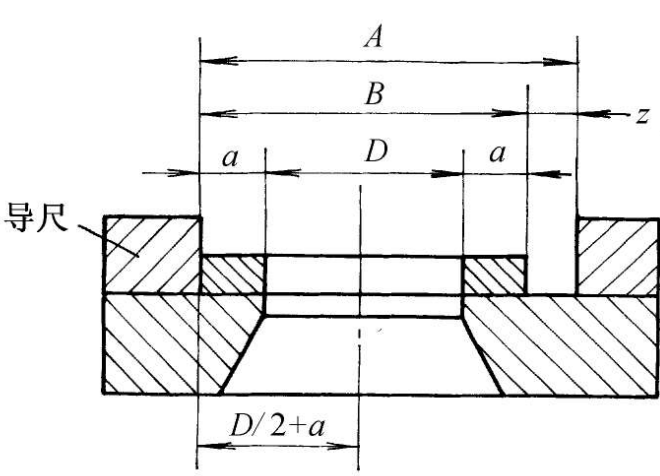


图 1_1_9 有侧压冲裁

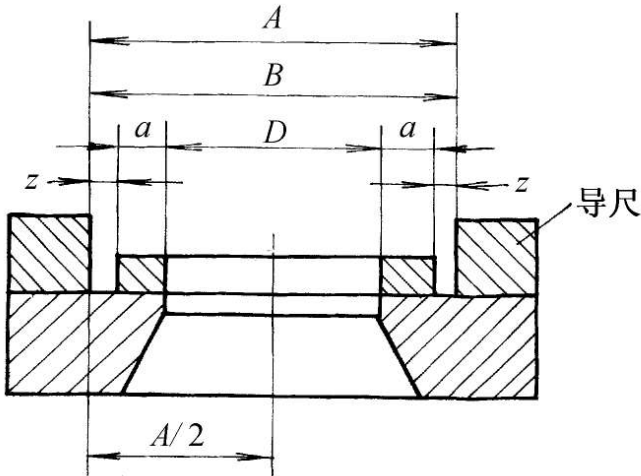


图 1_1_10 无侧压冲裁

条料宽度：

$$B_{-\Delta} = (D + 2a + z)_{-\Delta}$$

导尺间距离：

$$A = B + z = D + 2a + 2z$$

式中 D——冲裁件垂直于送料方向的尺寸；
a——侧搭边的最小值,见表 1_1_14 或表 1_1_15；
 Δ ——条料宽度的单向(负向)偏差,见表 1_1_16、表 1_1_17；
z——导尺与最宽条料之间的最小间隙,其值见表 1_1_18。

表 1_1_16 条料宽度偏差 Δ (一) 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_1_17 条料宽度偏差 Δ (二) 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

注 条料宽度公差,表中数值系用龙门剪床下料。

表 1_1_18 送料最小间隙 z mm

材 料 厚 度	方 式 条 料 宽 度	无 侧 压 装 置			有 侧 压 装 置	
		100 以下	>100~200	>200~300	100 以下	100 以上
~0.5		0.5	0.5	1	5	8
>0.5~1		0.5	0.5	1	5	8
>1~2		0.5	1	1	5	8
>2~3		0.5	1	1	5	8
>3~4		0.5	1	1	5	8
>4~5		0.5	1	1	5	8

3)有侧刃(如图 1_1_11)

条料宽度：

$B = L + 2 a' + nb = L + 1.5 a + nb(a' = 0.75 a)$

导尺间距离：

$B' = L + 1.5 a + nb + z$

$B_1 = L + 1.5 a + y$

式中 L——冲件垂直于送料方向的尺寸；
n——侧刃数；
b——侧刃裁切的条边宽度,见表 1_1_19；
y——冲切后的条料宽度与导尺间的间隙,见表 1_1_19。

表 1_1_19 b、y 值 mm

条 料 厚 度 t	b		y
	金属材料	非金属材料	
~1.5	1.5	2	0.10
>1.5~2.5	2.0	3	0.15
>2.5~3	2.5	4	0.20

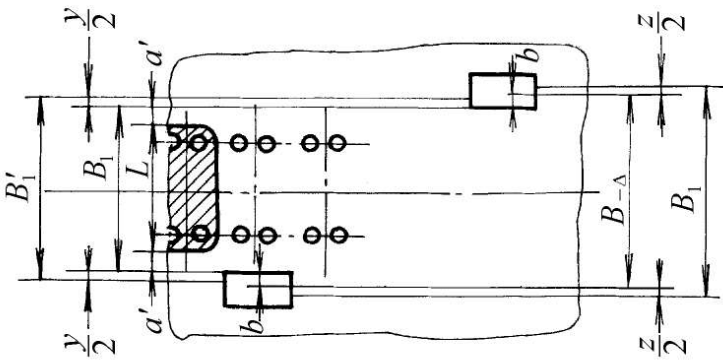


图 1_1_11 有侧刃的冲裁

1.2.3 冲裁件的排样

排样是指冲裁件在条料、带料或板料上布置的方法。工件的合理布置(即材料的经济利用)与零件的形状有密切关系。表 1_1_20 列出了常见零件外形分类。

按零件的不同几何形状,可得出其相适合的排样类型,而根据排样类型又可分为有搭边与无搭边两种,具体情况见表 1_1_21。

结合表 1_1_20、表 1_1_21 可以决定冲裁件的合理排样。哪一种形状的零件,用哪一种排样类型较为经济合理,查表 1_1_22 即可得到解答。

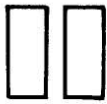
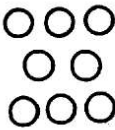
表 1_1_20 零件外形分类

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
方形	梯形	三角形	圆及 多边形	半圆及 山字形	椭圆 及盘形	十字形	丁字形	角尺形

表 1_1_21 常用的排样类型

排 样 类 型	排 列 简 图	
	有 搭 边	无 搭 边
直 排		
单 行 排 列		
多 行 排 列		
斜 排 列		
对 头 直 排		
对 头 斜 排		

表 1_1_22 零件形状与经济排样类型

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
工件形状组别	方 形	梯 形	三 角 形	圆 及 多 边 形	半 圆 及 山 字 形	椭 圆 及 盘 形	十 字 形	丁 字 形	角 尺 形
排 样 类 型									
直 排									
单 行 排 列									
多 行 排 列									
斜 排									
对 头 直 排									
对 头 斜 排									

材料的经济利用还可用材料利用率的指标来衡量。其计算公式如下：
一个进距内的材料利用率 η 为

$$\eta = \frac{nF}{Bh} \times 100\%$$

式中 F——冲裁件面积(可以包括冲出小孔在内)；
 n——一个进距内冲件数目；
 B——条料宽度；
 h——进距。

一张板料上总的材料利用率 $\eta_{\text{总}}$ 为

$$\eta_{\text{总}} = \frac{n_{\text{总}} F}{A L} \times 100\%$$

式中 $n_{总}$ ——一张板料上冲件总数目；
 L ——板长；
 A ——板宽。

1.3 压力中心及压力计算

1.3.1 冲模的压力中心

为了保证压力机和模具正常工作,必须使冲模的压力中心与压力机滑块中心线相重合。否则,在冲压时会使冲模与压力机滑块歪斜,引起凸、凹模间隙不均和导向零件加速磨损,造成刃口和其他零件的损坏,甚至还会引起压力机导轨磨损,影响压力机精度。

形状简单而对称的工件,如圆形、正多边形、矩形,其冲裁时的压力中心与工件的几何中心重合。形状复杂的工件、多凸模冲孔模及连续模的压力中心则用解析法或作图法来确定。

1.3.1.1 解析法

1)复杂形状冲裁

冲裁复杂形状的工件时,其压力中心位置按下述程序进行计算(见图 1_1_12):

- ①按比例画出凸模工作部分剖面的轮廓图；
- ②在轮廓内外任意距离处,选定坐标轴 $x-x$ 和 $y-y$ ；
- ③将轮廓线分成若干基本线段,计算各基本线段的长度 $l_1, l_2, l_3, \dots, l_8$ (图中冲裁力与冲裁线长度成正比例,故冲裁线段的长短即可代表冲裁力的大小)；
- ④计算基本线段的重心位置到 $y-y$ 轴的距离 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_8$ 及到 $x-x$ 轴的距离 $y_1, y_2, y_3, \dots, y_8$ ；

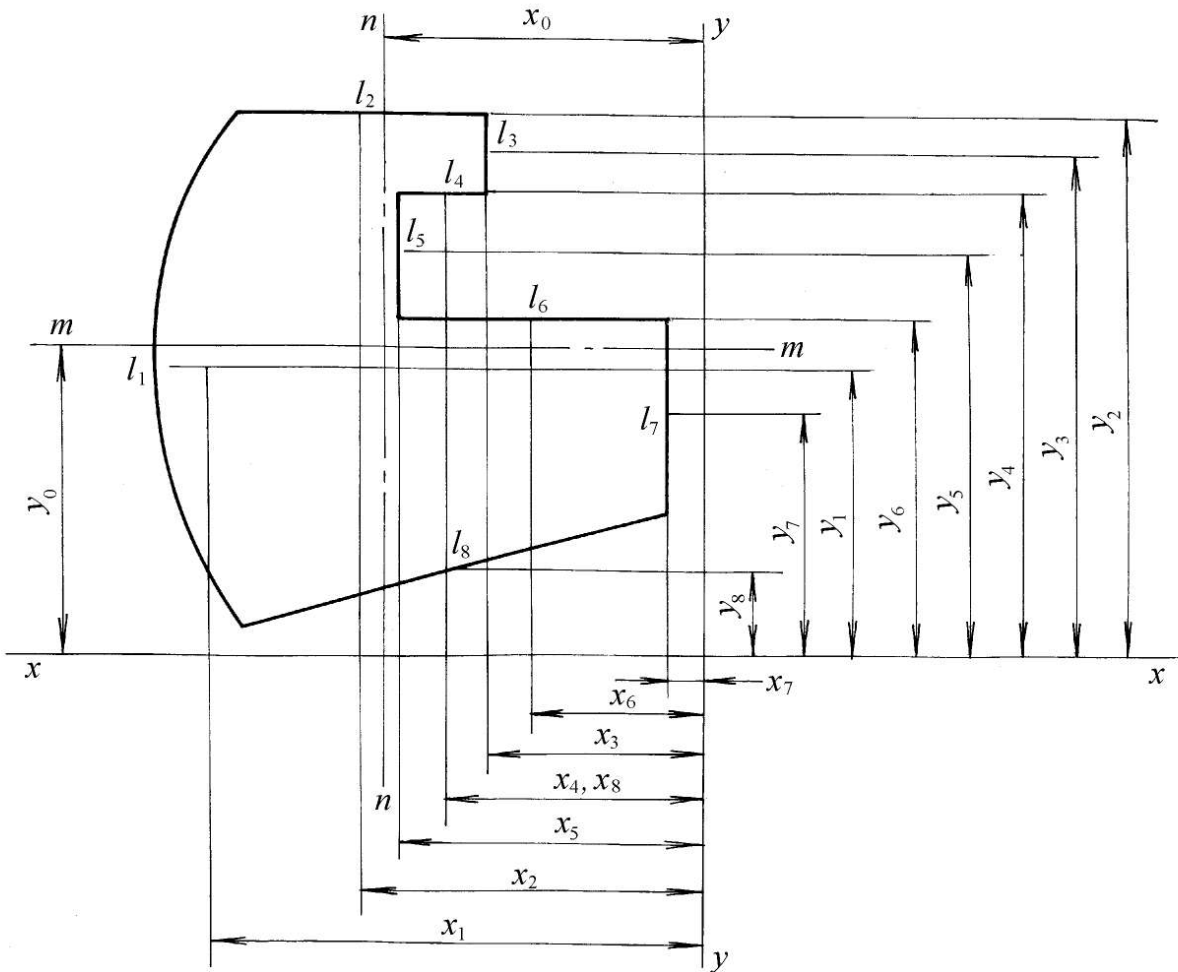


图 1_1_12 复杂工件冲裁时的压力中心

⑤根据“对同一轴线的分力之和的力矩等于各分力矩之和”的原理,可按下式求出冲模压力中心到 x—x 轴和 y—y 轴的距离:

到 y—y 轴的距离

$$x_0 = \frac{l_1 x_1 + l_2 x_2 + l_3 x_3 + \cdots + l_8 x_8}{l_1 + l_2 + l_3 + \cdots + l_8} \tag{1_1_1}$$

到 x—x 轴的距离

$$y_0 = \frac{l_1 y_1 + l_2 y_2 + l_3 y_3 + \cdots + l_8 y_8}{l_1 + l_2 + l_3 + \cdots + l_8} \tag{1_1_2}$$

例1_1_1 冲制如图1_1_13的工件,求其压力中心。

解 将工件轮廓分为 7 段,坐标轴 x—x 和 y—y 定在 l_3 、 l_1 线段上。

(1)各线段的长度:

$$l_1 = 12.5$$
$$l_3 = 28$$
$$l_5 = \frac{\pi}{2} R = 3.9$$
$$l_7 = 6$$
$$l_1 + l_2 + l_3 + \cdots + l_7 = 79.9$$

$$l_2 = 21.5$$
$$l_4 = 4$$
$$l_6 = 4$$

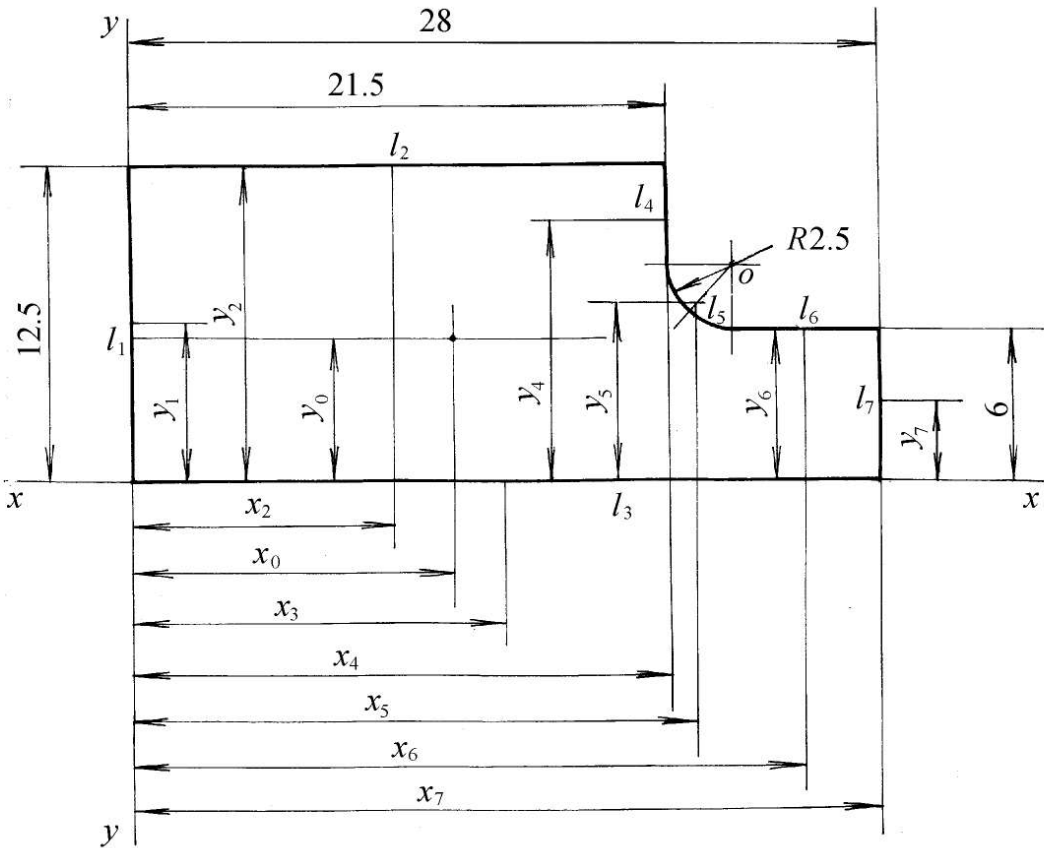


图 1_1_13 工件形状

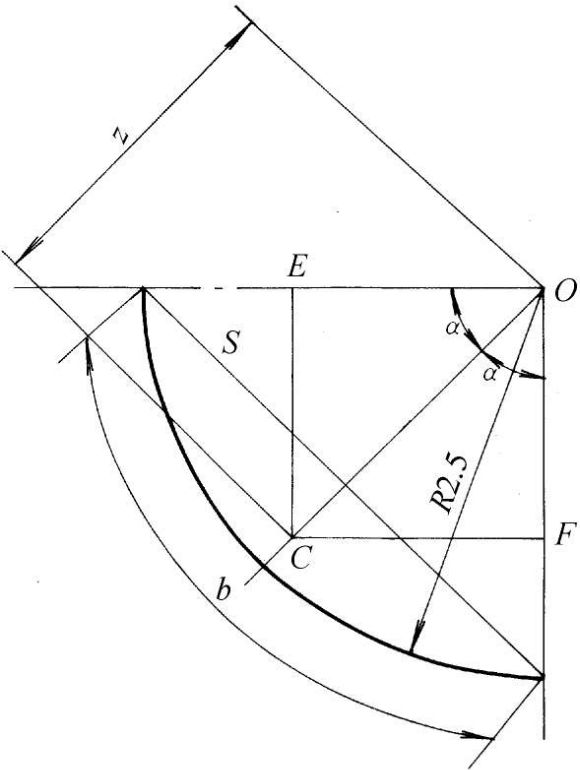


图 1_1_14 圆弧重心的确定

(2)各线段的重心:

直线段的重心在线段的中心点,圆弧 l_5 的重心按下式决定(图 1_1_14):

$$z = R \frac{\sin \alpha}{\alpha} = R \frac{s}{b}$$

式中 s——弦长;
R——圆弧半径;

b——弧长；
z——重心到圆心的距离。

此处为 $\frac{\pi}{2}$ 弧度,有

$$s=\sqrt{2} R$$

$$b=\frac{\pi}{2} R$$

求得：

$$z=\frac{2\sqrt{2}}{\pi} R=0.9 R$$

转化到 x、y 坐标轴方向时：

$$OE=OF=z\cdot\sin\frac{\pi}{4}=\frac{2R}{\pi}\approx1.6$$

于是求出各线段的重心如下(见图 1_1_13)： $x_1=0, y_1=6.25$ ； $x_2=10.7, y_2=12.5$ ； $x_3=14, y_3=0$ ； $x_4=21.5, y_4=10.5$ ； $x_5=22.4, y_5=6.9$ ； $x_6=26, y_6=6$ ； $x_7=28, y_7=3$ 。

将上述数值代入式(1_1_1)、(1_1_2)可得压力中心的坐标：

$$x_0=\frac{12.5\times0+21.5\times10.7+28\times14+4\times21.5+3.9\times22.4+4\times26+6\times28}{79.9}$$

$$=\frac{1063.4}{79.9}=13.3\text{ mm}$$

$$y_0=\frac{12.5\times6.25+21.5\times12.5+28\times0+4\times10.5+3.9\times6.9+4\times6+6\times3}{79.9}$$

$$=\frac{458}{79.9}=5.7\text{ mm}$$

2)多凸模冲裁

多凸模冲裁的压力中心,按下述程序进行计算(见图 1_1_15)：

①按比例画出凸模工作部分剖面的轮廓图；

②在任意距离处作 x—x 轴和 y—y 轴；

③计算各凸模重心到 x—x 轴的距离 $y_1、y_2、y_3、y_4$ 和到 y—y 轴的距离 $x_1、x_2、x_3、x_4$ ；

④冲模压力中心到坐标轴的距离由下式确定：

到 x—x 轴的距离

$$y_0=\frac{L_1 y_1+L_2 y_2+L_3 y_3+L_4 y_4}{L_1+L_2+L_3+L_4}$$

(1_1_3)

到 y—y 轴的距离

$$x_0=\frac{L_1 x_1+L_2 x_2+L_3 x_3+L_4 x_4}{L_1+L_2+L_3+L_4}\tag{1_1_4}$$

式中 $L_1、L_2、L_3、L_4$ ——各凸模工作部分剖面轮廓的周长。

例 1_1_2 如图 1_1_16所示的工件是在矩形坯料上同时冲出 5 个不同形状的孔,并切

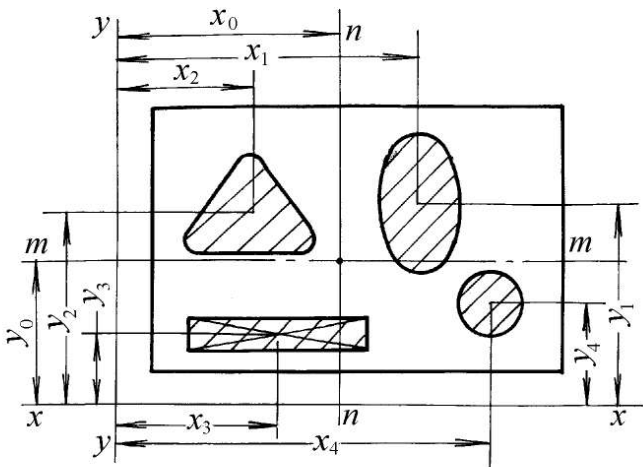


图 1_1_15 多凸模冲裁时的压力中心

去一个角,求冲裁时的压力中心。

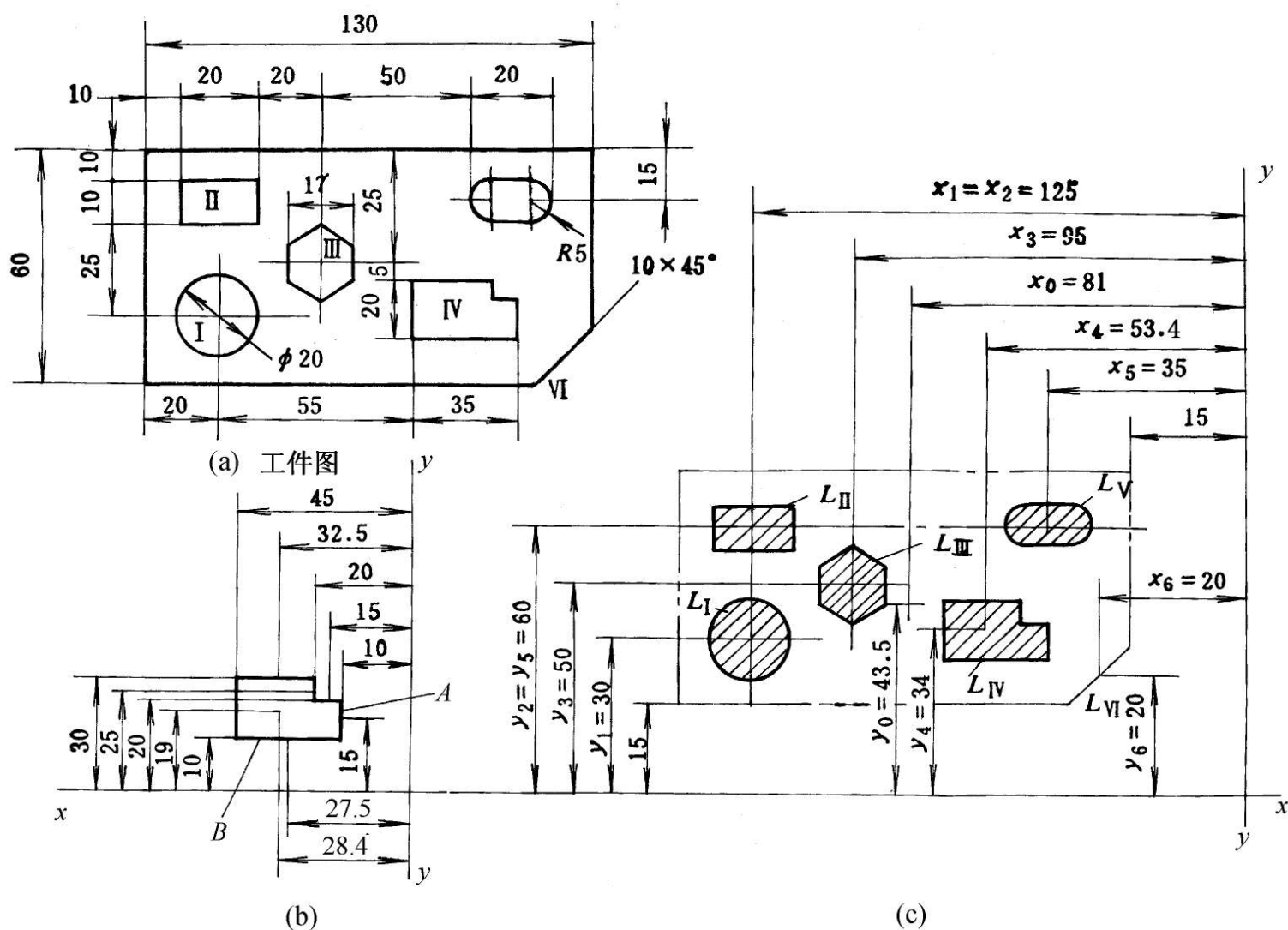


图 1_1_16 多凸模冲裁时压力中心的确定

解 (1)图中 I、II、III、V 四个孔都是对称形状,故冲孔时各孔冲裁力的作用点在其几何中心。孔 IV 属于不规则形状,故需先算出冲这个孔时冲裁力的作用点,将该孔单独画出(如图 1_1_16b),取 x 、 y 坐标轴如图。把整个轮廓分成为 6 个线段,各个线段长度及其重心位置如图所示,将各数值代入式(1_1_1)、(1_1_2),则得:

$$\begin{aligned}
 x_0 &= \frac{25 \times 32.5 + 10 \times 20 + 10 \times 15 + 10 \times 10 + 35 \times 27.5 + 20 \times 45}{25 + 10 + 10 + 10 + 35 + 20} \\
 &= \frac{3125}{110} = 28.4 \text{ mm} \\
 y_0 &= \frac{25 \times 30 + 10 \times 25 + 10 \times 20 + 10 \times 15 + 35 \times 10 + 20 \times 20}{110} \\
 &= \frac{2100}{110} = 19 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

将 x_0 、 y_0 值移算到孔 IV 图形里,则得压力中心距 A 边的距离为:

$$28.4 - 10 = 18.4 \text{ mm}$$

距 B 边的距离为:

$$19 - 10 = 9 \text{ mm}$$

(2)计算出各个凸模的冲裁周边长度:

$$L_I = \pi \times 20 = 62.8 \text{ mm}$$

$$L_{II} = 2 \times 10 + 2 \times 20 = 60 \text{ mm}$$