

冲裁工艺

3.1 冲裁工艺的概念

冲裁工艺是冲压分离工序的总称,是利用模具在压力机上使板料的一部分沿着一定的轮廓形状与另一部分产生分离的一种冲压工序。

冲裁主要是指落料和冲孔工序,从板料上冲下所需的零件或毛坯叫落料(见图 3-1(a)),在工件上冲出所需形状的孔叫冲孔(见图 3-1(b))。冲裁的应用非常广泛,既可直接冲制成品零件,也可为其他成形工序制备坯料。

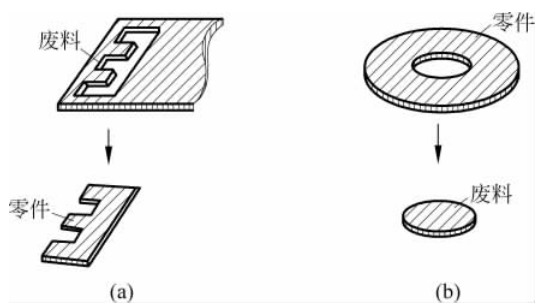


图 3-1 落料与冲孔

(a) 落料; (b) 冲孔

3.2 冲裁变形过程及应力分析

经过冲裁的零件应该满足设计所要求的质量。冲裁件的质量合格是指零件的断面质量、尺寸精度及形状误差等都符合工艺要求,断面平直、光洁,尺寸不超过图样规定的公差范围,零件外形满足形状公差。而冲裁后零件的质量是由剪切区分离处的断面状况决定的,因此需分析冲裁变形过程。

3.2.1 冲裁变形过程

冲裁过程包括弹性变形、塑性变形和断裂三个阶段,如图 3-2 所示。



(1) 弹性变形阶段

当凸模下降至接触板料时,凸模开始对板料加压。由于凸模与凹模之间存在间隙,因此有力矩 M 的存在,如图 3-3 所示,使板料产生弹性压缩并有弯曲,且稍微压入凹模腔口。此阶段为弹性变形阶段。

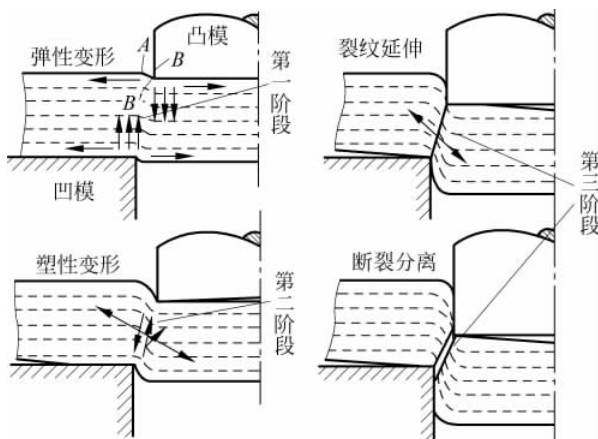


图 3-2 冲裁变形过程

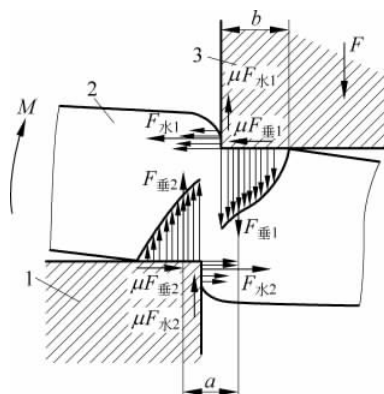


图 3-3 冲裁时作用于板料上的力
1—凹模; 2—板料; 3—凸模

(2) 塑性变形阶段

随着凸模下压,凸、凹模作用于板料的垂直压力分布不均匀,将向模具刃口方向急剧增大,模具刃口压入板料。当应力状态满足塑性变形条件时,进入塑性变形阶段,在塑性变形的同时还伴随有纤维的弯曲与拉伸。

(3) 断裂阶段

随着变形的增加,刃口附近产生应力集中,一直达到最大值。当刃口附近材料中应力达到破坏应力,便在凸、凹模刃口侧面产生微裂纹,并沿最大切应力方向向材料内部发展,使材料分离。此阶段为断裂阶段。

3.2.2 冲裁变形时的应力状态

冲裁时,由于板料弯曲的影响,其剪切区的应力状态复杂,且与变形过程有关。对于无卸料板压紧板料的冲裁,其裁剪区板料的应力状态如图 3-4 所示,其中 σ_r 为径向应力, σ_θ 为切向应力, σ_t 为厚向应力。

A 点—— σ_r 为凸模侧压力与板料弯曲引起的径向压应力; σ_θ 为板料弯曲引起的压应力与侧压力引起的拉应力的合成切向应力; σ_t 为凸模下压引起的厚向拉应力。

B 点——受三向压缩应力,是由凸模下压及板料弯曲引起的。

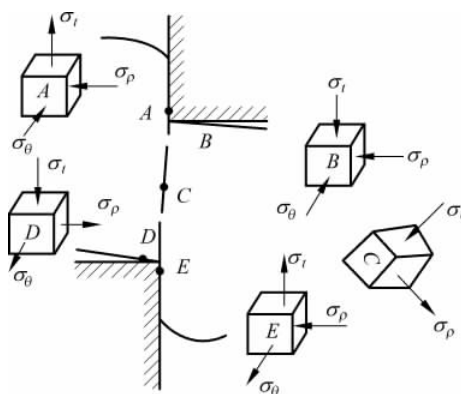


图 3-4 冲裁应力状态图

C点—— σ_p 为板料受拉伸作用而产生的拉应力, σ_t 为板料受挤压而产生的厚向压应力。

D点——板料弯曲引起径向拉应力 σ_p 和切向拉应力 σ_θ , σ_t 是凹模挤压板料产生的厚向压应力。

E点—— σ_p 、 σ_θ 为板料弯曲引起的径向拉应力与凹模侧压力引起的切向压应力合成产生的应力, σ_t 为凸模下压引起的厚向拉应力。一般情况下, E点主要以拉应力为主。

从 A、B、C、D、E 各点的应力状态可以看出, 凸模与凹模端面(B 和 D 点处)的静水压应力(压应力球张量)高于侧面(A 和 E 点)。又因材料弯曲使凸模一侧板料受到双向压缩, 凹模一侧板料受到双向拉伸, 故凸模刃口附近的静水压应力又比凹模刃口附近的静水压应力高。因此, 冲裁裂纹首先在静水压应力最低的凹模刃口侧壁 E 点产生, 继而在凸模刃口侧面 A 点产生。所以当裂纹形成时, 就在冲裁件上留下了毛刺。

根据冲裁时板料的受力情况可知, 材料的变形区在以凸模与凹模刃口连线为中心而形成的狭小区域内。在与刃口连线大约呈 45° 的方向上, 金属材料受拉伸而伸长; 在其垂直方向, 金属材料由于受到挤压作用而缩短; 在切线方向的应力和应变较小, 可忽略不计。在这种应力状态下, 刃口连线就是最大切应变方向, 因而上、下裂纹必然会重合(在合理间隙时)。

3.3 冲裁件断面质量与影响因素

3.3.1 冲裁件断面状态

冲裁件的断面可明显地分为圆角带、光亮带、剪裂带和毛刺四个部分。图 3-5 中, a 为圆角带, 形成圆角带的原因是当凸模压入材料时, 刃口附近的材料被牵连弯曲拉入凹模变形而造成的; b 为光亮带, 是模具刃口切入后, 在侧压力作用下切刃相对板料滑移的结果, 一般占全断面的 $1/3 \sim 1/2$, 其表面质量较佳; c 为剪裂带, 是由裂纹扩展形成的粗糙面, 略带有斜度, 不与板料平面垂直, 其表面质量较差; d 为毛刺, 呈竖直环状, 是模具拉挤的结果。

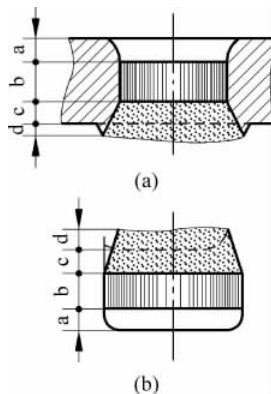


图 3-5 冲裁件断面特征

(a) 冲孔; (b) 落料

a—圆角带; b—光亮带;

c—剪裂带; d—毛刺

3.3.2 冲裁件的断面质量和尺寸精度要求

冲裁后得到的工件断面精度应在经济精度范围内, 普通冲裁的经济精度不高于 IT11, 冲孔比落料高一级。对冲裁件断面粗糙度和允许的毛刺高度要求见表 3-1。若冲裁件的精度低于上述要求, 则需在冲裁后进行修整或采用精密冲裁。

冲裁件的尺寸精度是指冲裁件实际尺寸与基本尺寸的差值, 差值越小, 冲裁件尺寸精度越高, 一般可分为精密级和经济级。精密级是指冲压工艺技术上所能达到的精度, 模具制造精度较高, 冲裁件外形尺寸精度可达到 IT8~IT10 级, 内孔尺寸可达到 IT7~IT9 级。表 3-2 为冲裁件的外形与内孔尺寸公差。



表 3-1 冲裁件断面的粗糙度和毛刺高度

冲裁类型	尺寸精度(公差等级)		冲裁断面粗糙度 Ra		允许毛刺高度/mm		
	经济级	精密级	料厚/mm	$Ra/\mu\text{m}$	料厚/mm	试模时	生产时
普通冲裁	IT12 ~ IT14 冲孔比落料高一级	IT9 ~ IT11, 落料低于 IT10, 冲孔低于 IT9	≤ 1	3.2	≤ 0.3	≤ 0.015	≤ 0.05
			1~2	6.3	0.3~0.5	≤ 0.02	≤ 0.08
			2~3	12.5	0.5~1.0	≤ 0.03	≤ 0.10
			3~4	25	1.0~1.5	≤ 0.04	≤ 0.12
			4~5	50	1.5~2.0	≤ 0.05	≤ 0.15
整修	IT8~IT9	最高可达 IT6~IT7	Ra 为 0.8~3.2 μm		微小		
精密冲裁	IT8~IT9	最高可达 IT6~IT7	Ra 为 0.4~1.6 μm		微小		

注: (1) Ra 与材料性能及料厚有关;

(2) 毛刺高度与冲裁条件、材料性能及料厚有关,表中数值为金属板冲裁参考值。

表 3-2 冲裁件的外形与内孔尺寸公差

mm

材料厚度 t	工 件 尺 寸							
	一般公差等级工件				较高公差等级工件			
	<10	10~50	50~150	150~300	<10	10~50	50~150	150~300
0.2~0.5	$\frac{0.08}{0.05}$	$\frac{0.10}{0.08}$	$\frac{0.14}{0.12}$	0.2	$\frac{0.025}{0.02}$	$\frac{0.03}{0.04}$	$\frac{0.05}{0.08}$	0.08
0.5~1	$\frac{0.12}{0.05}$	$\frac{0.15}{0.08}$	$\frac{0.22}{0.12}$	0.3	$\frac{0.03}{0.02}$	$\frac{0.04}{0.04}$	$\frac{0.06}{0.08}$	0.10
1~2	$\frac{0.18}{0.06}$	$\frac{0.22}{0.10}$	$\frac{0.30}{0.16}$	0.50	$\frac{0.04}{0.03}$	$\frac{0.06}{0.06}$	$\frac{0.08}{0.10}$	0.12
2~4	$\frac{0.24}{0.08}$	$\frac{0.28}{0.12}$	$\frac{0.40}{0.20}$	0.70	$\frac{0.06}{0.04}$	$\frac{0.08}{0.08}$	$\frac{0.10}{0.12}$	0.15
4~6	$\frac{0.30}{0.10}$	$\frac{0.31}{0.15}$	$\frac{0.50}{0.25}$	1.0	$\frac{0.10}{0.06}$	$\frac{0.12}{0.10}$	$\frac{0.15}{0.15}$	0.20

3.3.3 影响冲裁件断面质量的因素

1. 材料的性能

塑性较好的材料冲裁时裂纹出现的较迟,因而材料被剪切的深度较大,所得到的断面光亮带所占比例大,圆角和拱弯也大,断裂带较窄。而塑性较差的材料,当剪切开始不久材料便被拉裂,使断面光亮带所占比例小,圆角、拱弯小,断面大部分是有斜度的粗糙断裂带。

2. 模具刃口状态

刃口状态对冲裁过程中的应力状态有较大影响。当模具刃口磨钝后,挤压作用增大,则冲裁件圆角和光亮带增大。但钝的刃口即使间隙选择合理,在冲裁件上也将产生较大的毛刺。

凸模较钝时,落料件上毛刺较大;凹模较钝时,冲孔件上毛刺较大。

3. 冲裁模间隙

一般要求冲裁件有较大的光亮带,尽量减小断裂带区域的宽度。为了顺利地完

过程和提高冲裁件断面质量,不仅要求凸模和凹模的工作刃口必须锋利,而且要求凸模和凹模之间要有适当间隙。

冲裁间隙是指凸、凹模刃口工作部分尺寸之差,冲裁间隙是直接关系到冲裁件断面质量、尺寸精度、冲裁力大小和模具寿命的重要参数。

(1) 模具间隙对断面质量的影响。

间隙过大或过小均导致上、下两面的剪切裂纹不能相交重合于一线,如图 3-6 所示。可以看出,工件上裂纹形成的圆直径与凸模直径相近,工件下裂纹形成的圆直径与凹模直径相近。若间隙合适,上、下裂纹相互重合,则断面光洁,略带斜度(见图 3-6(b))。间隙过小,上、下两面裂纹不重合,隔着一定的距离,相互平行,最后在其间形成毛刺和层片,并产生两个光亮带(见图 3-6(a)); 间隙过大,对于薄料会将材料拉入间隙中,形成拉长向毛刺,对于厚料会形成塌角(见图 3-6(c)); 若间隙分布不均,则小的一边会形成光亮带,大的一边形成很大的塌角。

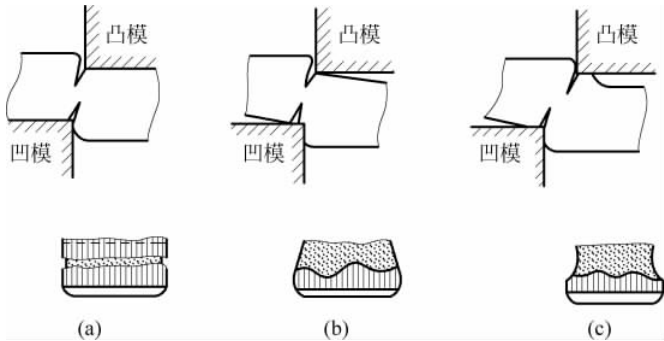


图 3-6 间隙大小对冲裁件断面质量的影响
(a) 间隙过小; (b) 间隙合适; (c) 间隙过大

(2) 冲裁件尺寸精度的影响

当间隙较小时,落料时,制件尺寸会大于凹模口尺寸;冲孔时,冲孔尺寸会小于凸模尺寸。

当间隙较大时,落料时,制件尺寸会小于凹模口尺寸;冲孔时,冲孔尺寸会大于凸模尺寸。

以上讨论的冲裁件精度都是在一定的模具尺寸前提下进行的,冲裁件尺寸越小、形状越简单,则精度越高。实际上还有冲模制造精度的因素,冲模制造精度越高,冲裁件的精度相应越高。除此之外,冲模结构、定位方式等对冲裁件质量亦有较大影响。冲模制造精度与冲裁件精度之间的关系见表 3-3。

表 3-3 冲模制造精度与冲裁件精度之间的关系

冲模制造精度	冲裁件精度											
	材料厚度 t/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

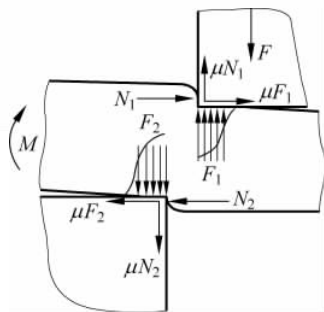


图 3-7 冲裁时作用在模具刃口部位的力

(3) 冲模寿命的影响

冲裁时,板料对凸模和凹模刃口产生侧压力 N_1 和 N_2 (见图 3-7)。间隙小,侧压力加大,摩擦力 μN_1 和 μN_2 也增大,使刃口磨损加剧,寿命下降;间隙偏大,坯料弯曲相应增大,使刃口端面上的压力分布不均匀,容易崩刃或产生塑性变形,降低使用寿命。

(4) 冲裁时各种力的影响

试验证明,随间隙的增大冲裁力有一定的减小,但当单面间隙介于材料厚度的 5%~20% 时,冲裁力减小 5%~10%。因此,在正常情况下,间隙对冲裁力的影响不是很大。

间隙对卸料力、推件力的影响较大,一般随间隙增大,卸料力、推件力都将减小。当单面间隙增大到材料厚度的 15%~25% 时,卸料力几乎降到零。

3.4 冲裁模具间隙的设计

由 3.3 节可知,模具间隙不仅影响冲裁件的断面质量、冲件精度,而且还影响模具寿命、卸料力、冲裁力。因此,冲裁间隙是模具设计中的一个重要工艺参数。

凸模与凹模间单侧的间隙称为单面间隙,两侧间隙之和称为双面间隙。无特殊说明,冲裁间隙是指双面间隙。

如图 3-8 所示,冲裁间隙等于凹模与凸模刃口尺寸之差,有

$$Z = D_A - d_T \quad (3-1)$$

式中: Z ——冲裁间隙;

D_A ——凹模刃口尺寸;

d_T ——凸模刃口尺寸。

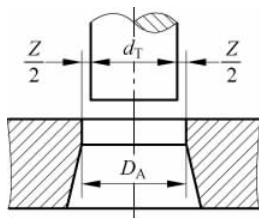


图 3-8 冲裁间隙

3.4.1 间隙值确定原则

在生产实际中,主要是根据冲裁件断面质量、尺寸精度和模具寿命三个因素给间隙值规定一个范围。只要间隙在这个范围内,就能得到合格的冲裁件及较长的模具寿命,这个间隙范围就称为合理间隙。这个间隙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凸、凹模逐渐被磨损,使得间隙值增大,因此在最初设计和制造模具时应采用最小合理间隙 $Z_{\min}$ 。

3.4.2 间隙值的确定方法

确定凸、凹模合理间隙的方法有两种:

1. 理论计算法

理论计算法是根据上、下裂纹重合的原则进行的。图 3-9 所示为冲裁过程中产生裂纹的瞬间状态,从图中可以得出合理间隙为



$$Z = 2(t - h_0) \tan \beta = 2t \left(1 - \frac{h_0}{t}\right) \tan \beta \quad (3-2)$$

式中： t ——材料厚度；

h_0 ——产生裂纹时凸模挤入材料深度；

h_0/t ——产生裂纹时凸模挤入材料的相对挤入深度；

β ——剪切裂纹与垂线间的夹角。

式(3-2)表明，合理间隙值 Z 主要取决于材料厚度 t 和相对挤入深度 h_0/t ，而 h_0/t 不仅与材料的塑性有关，而且还受料厚等因素的综合影响。一般材料厚度越大、塑性越差的硬材料， Z 值越大；反之，材料厚度越小、塑性越好的软材料， Z 值越小。各种材料的 h_0/t 和 β 选取可参考表 3-4。

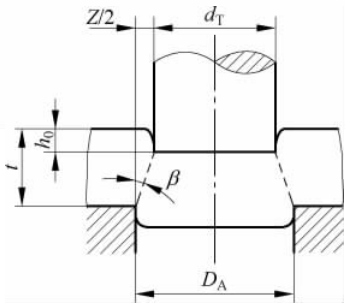


图 3-9 冲裁产生裂纹的瞬时状态

表 3-4 h_0/t 与 β 值

材 料	h_0/t		$\beta/(^\circ)$	
	退火	硬化	退火	硬化
软钢、纯铜、软黄铜	0.5	0.35	6	5
中硬钢、硬黄铜	0.3	0.2	5	4
硬钢、硬青铜	0.2	0.1	4	4

2. 经验确定法

根据经验，对于尺寸精度、断面质量要求高的制件，选用较小的间隙值；对于断面质量、尺寸精度要求不高的制件，以降低冲裁力、提高模具寿命为主，选用较大的间隙值。可按下列数据或参考表 3-5 和表 3-6 推荐的间隙值选用。

表 3-5 冲裁模初始双面间隙 Z mm

材料厚度 t	软铝		纯铜、黄铜、软钢 $w_C^{①}=0.08\% \sim 0.2\%$		杜拉铝、中等硬钢 $w_C=0.3\% \sim 0.4\%$		硬钢 $w_C=0.5\% \sim 0.6\%$	
	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
0.2	0.008	0.012	0.010	0.014	0.012	0.016	0.014	0.018
0.3	0.012	0.018	0.015	0.021	0.018	0.024	0.021	0.027
0.4	0.016	0.024	0.020	0.028	0.024	0.032	0.028	0.036
0.5	0.020	0.030	0.025	0.035	0.030	0.040	0.035	0.045
0.6	0.024	0.036	0.030	0.042	0.036	0.048	0.042	0.054
0.7	0.028	0.042	0.035	0.049	0.042	0.056	0.049	0.063
0.8	0.032	0.048	0.040	0.056	0.048	0.064	0.056	0.072
0.9	0.036	0.054	0.045	0.063	0.054	0.072	0.063	0.081
1.0	0.040	0.060	0.050	0.070	0.060	0.080	0.070	0.090
1.2	0.050	0.084	0.072	0.096	0.084	0.108	0.096	0.120
1.5	0.075	0.105	0.090	0.120	0.105	0.135	0.120	0.150
1.8	0.090	0.126	0.108	0.144	0.126	0.162	0.144	0.180

① w_C 为碳的质量分数，表示钢中的含碳量。



续表

材料厚度 t	软铝		纯铜、黄铜、软钢 $w_c=0.08\%\sim 0.2\%$		杜拉铝、中等硬钢 $w_c=0.3\%\sim 0.4\%$		硬钢 $w_c=0.5\%\sim 0.6\%$	
	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
2.0	0.100	0.140	0.120	0.160	0.140	0.180	0.160	0.200
2.2	0.132	0.176	0.154	0.198	0.176	0.220	0.198	0.242
2.5	0.150	0.200	0.175	0.225	0.200	0.250	0.225	0.275
2.8	0.168	0.224	0.196	0.252	0.224	0.280	0.252	0.308
3.0	0.180	0.240	0.210	0.270	0.240	0.300	0.270	0.330
3.5	0.245	0.315	0.280	0.350	0.315	0.385	0.350	0.420
4.0	0.280	0.360	0.320	0.400	0.360	0.440	0.400	0.480
4.5	0.315	0.405	0.360	0.450	0.405	0.490	0.450	0.540
5.0	0.350	0.450	0.400	0.500	0.450	0.550	0.500	0.600
6.0	0.480	0.600	0.540	0.660	0.600	0.720	0.660	0.780
7.0	0.560	0.700	0.630	0.770	0.700	0.840	0.770	0.910
8.0	0.720	0.880	0.800	0.960	0.880	1.040	0.960	1.120
9.0	0.870	0.990	0.900	1.080	0.990	1.170	1.080	1.260
10.0	0.900	1.100	1.000	1.200	1.100	1.300	1.200	1.400

注：(1) 初始间隙的最小值相当于间隙的公称数值；

(2) 初始间隙的最大值是考虑到凸模和凹模的制造公差所增加的数值；

(3) 在使用过程中，由于模具工作部分的磨损，间隙将有所增加，因而间隙的使用最大数值要超过表列数值。

表 3-6 冲裁模初始双面间隙 Z

mm

材料厚度 t	08、10、35 09Mn2、Q235		16Mn		40、50		65Mn	
	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
小于 0.5	极小间隙							
0.5	0.040	0.060	0.040	0.060	0.040	0.060	0.040	0.060
0.6	0.048	0.072	0.048	0.072	0.048	0.072	0.048	0.072
0.7	0.064	0.092	0.064	0.092	0.064	0.092	0.064	0.092
0.8	0.072	0.104	0.072	0.104	0.072	0.104	0.064	0.092
0.9	0.090	0.126	0.090	0.126	0.090	0.126	0.090	0.126
1.0	0.100	0.140	0.100	0.140	0.100	0.140	0.090	0.126
1.2	0.126	0.180	0.132	0.180	0.132	0.180		
1.5	0.132	0.240	0.170	0.240	0.170	0.240		
1.75	0.220	0.320	0.220	0.320	0.220	0.320		
2.0	0.246	0.360	0.260	0.380	0.260	0.380		
2.1	0.260	0.380	0.280	0.400	0.280	0.400		
2.5	0.360	0.500	0.380	0.540	0.380	0.540		
2.75	0.400	0.560	0.420	0.600	0.420	0.600		
3.0	0.460	0.640	0.480	0.660	0.480	0.660		
3.5	0.540	0.740	0.580	0.680	0.580	0.780		
4.0	0.640	0.880	0.680	0.920	0.680	0.920		



续表

材料厚度 <i>t</i>	08、10、35 09Mn2、Q235		16Mn		40、50		65Mn	
	<i>Z</i> _{min}	<i>Z</i> _{max}	<i>Z</i> _{min}	<i>Z</i> _{max}	<i>Z</i> _{min}	<i>Z</i> _{max}	<i>Z</i> _{min}	<i>Z</i> _{max}
小于 0.5	极 小 间 隙							
4.5	0.720	1.000	0.680	0.960	0.780	1.040		
5.5	0.940	1.280	0.780	1.100	0.980	1.320		
6.0	1.080	1.440	0.840	1.200	1.140	1.500		
6.5			0.940	1.300				
8.0			1.200	1.680				

注：冲裁皮革、石棉和纸板时，间隙取 08 钢的 25%。

(1) 软材料

$$\begin{aligned} t < 1\text{mm}, \quad Z &= (3\% \sim 4\%)t \\ t = 1 \sim 3\text{mm}, \quad Z &= (5\% \sim 8\%)t \\ t = 3 \sim 5\text{mm}, \quad Z &= (8\% \sim 10\%)t \end{aligned}$$

(2) 硬材料

$$\begin{aligned} t < 1\text{mm}, \quad Z &= (4\% \sim 5\%)t \\ t = 1 \sim 3\text{mm}, \quad Z &= (6\% \sim 8\%)t \\ t = 3 \sim 5\text{mm}, \quad Z &= (8\% \sim 13\%)t \end{aligned}$$

3.5 凸模与凹模刃口尺寸设计

冲裁时，冲裁件的尺寸精度主要取决于凸、凹模刃口部分的尺寸，合理间隙值也是靠凸、凹模刃口尺寸保证的。

3.5.1 凸、凹模刃口尺寸计算原则

由于冲裁时凸、凹模间存在间隙，所以制件总带有一定锥度。而在冲裁件尺寸的测量和使用中，都是以光亮面的尺寸为基准。落料时，制件的光亮面尺寸是凹模挤切材料形成的；冲孔时，孔的光亮面是凸模刃口挤切材料形成的。故计算刃口尺寸应按落料和冲孔分别进行，原则如下：

- (1) 落料时以凹模为基准件，先确定凹模刃口尺寸。凹模刃口尺寸应接近或等于工件最小极限尺寸，以保证模具在一定范围内磨损后，仍能冲出合格工件。而凸模刃口尺寸则按凹模尺寸减去最小间隙值确定。
- (2) 冲孔时以凸模为基准件，先确定凸模刃口尺寸。凸模刃口尺寸应接近或等于孔的最大极限尺寸，以保证模具在一定范围内磨损后，仍能冲出合格的孔。而凹模刃口尺寸则按凸模尺寸加上最小间隙值确定。
- (3) 凸、凹模刃口尺寸制造公差与冲裁件的精度和形状有关，一般模具制造精度比冲裁件精度高 2~3 级，通常为 IT6 左右。



3.5.2 凸、凹模刃口尺寸的加工和计算

根据冲裁件形状的复杂程度,模具的制造加工方法目前有两种。

1. 凸、凹模分别加工

采用分别加工凸、凹模时,为了保证凸、凹模间的间隙值,必须严格规定冲裁模具的制造公差。分别加工主要用于形状简单的制件,如圆形、方形、矩形等。

1) 落料

$$D_{\text{凹}} = (D_{\text{max}} - x\Delta)^{+\delta_{\text{凹}}}_0 \quad (3-3)$$

$$D_{\text{凸}} = (D_{\text{凹}} - Z_{\text{min}})^0_{-\delta_{\text{凸}}} = (D_{\text{max}} - x\Delta - Z_{\text{min}})^0_{-\delta_{\text{凸}}} \quad (3-4)$$

2) 冲孔

$$d_{\text{凸}} = (d_{\text{min}} + x\Delta)^0_{-\delta_{\text{凸}}} \quad (3-5)$$

$$d_{\text{凹}} = (d_{\text{凸}} + Z_{\text{min}})^{+\delta_{\text{凹}}}_0 = (d_{\text{min}} + x\Delta + Z_{\text{min}})^{+\delta_{\text{凹}}}_0 \quad (3-6)$$

式中: $D_{\text{凹}}$ 、 $D_{\text{凸}}$ ——落料时凹、凸模尺寸;

$d_{\text{凹}}$ 、 $d_{\text{凸}}$ ——冲孔时凹、凸模尺寸;

D_{max} ——落料件的最大极限尺寸;

d_{min} ——冲孔件孔的最小极限尺寸;

Δ ——冲裁件制造公差;

Z_{min} ——最小初始双面间隙;

$\delta_{\text{凹}}$ 、 $\delta_{\text{凸}}$ ——凹、凸模的制造偏差,可以查表 3-7,或取

$$\delta_{\text{凸}} \leq 0.4(Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}}), \quad \delta_{\text{凹}} \leq 0.6(Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}})$$

x ——系数,取值在 0.5~1 之间,可参考表 3-8 取值或按以下关系选取:

- ① 工件精度 IT10 以上, $x=1$;
- ② 工件精度 IT11~IT13, $x=0.75$;
- ③ 工件精度 IT14 以上, $x=0.5$ 。

表 3-7 规则形状(圆形、方形)冲裁时凸模、凹模的制造偏差

mm

基本尺寸	凸模偏差 $\delta_{\text{凸}}$	凹模偏差 $\delta_{\text{凹}}$
≤ 18	0.020	0.020
18~30	0.020	0.025
30~80	0.020	0.030
80~120	0.025	0.035
120~180	0.030	0.040
180~260	0.030	0.045
260~360	0.035	0.050
360~500	0.040	0.060
500	0.050	0.070