

第二章 冲裁工艺及冲裁模设计

2.9 精密冲裁工艺与精冲模具简介

2.9.1 精密冲裁概述

(1) 精密冲裁的工作原理及过程

精密冲裁属于无屑加工技术，是在普通冲压技术基础上发展起来的一种精密冲压方法，简称精冲。它能在一次冲压行程中获得比普通冲裁零件尺寸精度高、冲裁面光洁、翘曲小且互换性好的优质冲压零件，并以较低的成本达到产品质量的改善。

为了更好地应用精冲技术，必须充分了解和掌握其基本要素：精冲机床、精冲模具、精冲材料、精冲工艺及精冲润滑等。图 2.9.1 所示为普通冲裁和精冲两种工艺方法的比较。

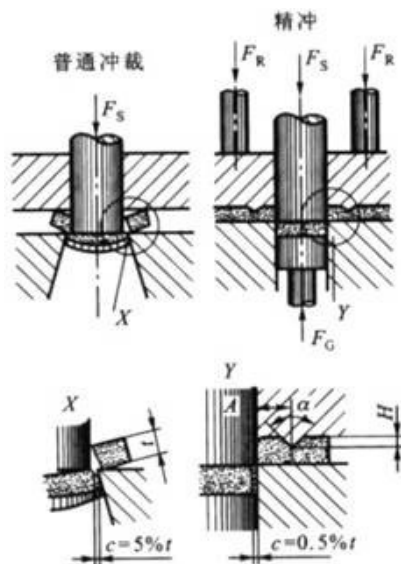
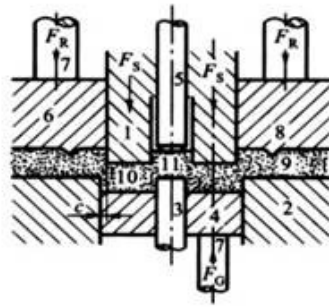


图 2.9.1 普通冲裁的精冲的区别



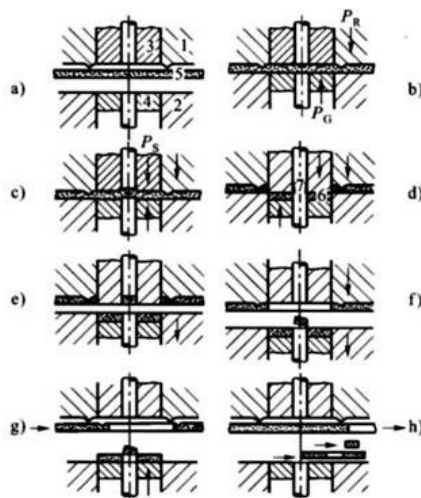
1—落料凸模;2—凹模;3—冲孔凸模;
4—顶件板;5—顶杆;6—压板;
7—压杆;8—齿圈;9—精冲材料;
10—精冲件;11—内形废料;c—冲裁间隙

图 2.9.2 精冲示意图

1-落料凸模; 2-凹模; 3-冲孔凸模; 4-顶件板; 5-顶杆; 6-压板; 7-压杆; 8-齿圈; 9-精冲材料; 10-精冲件; 11-内形废料; c-冲裁间隙

图 2.9.2 精冲过程示意图

精冲是塑性剪切过程。是在专用(三动)压力机上,借助于特殊结构的精冲模,在强力的作用下使精冲材料产生塑性剪切。图 2.9.2 所示的冲裁过程中落料凸模 1 接触材料 9 之前,通过压力 F_R 使 V 形齿圈 8 将材料压紧在凹模上,从而在 V 形齿的内面产生横向侧压力,以阻止材料在剪切区内撕裂和金属的横向流动。在冲孔凸模压入材料的同时,利用顶件板 4 的反压力 F_G ,将材料压紧;并在压紧状态中,在冲裁力 F_S 作用下进行冲裁。剪切区内的金属处于三向压应力状态,从而提高了材料的塑性。此时,材料就沿着凹模的刃边形状,呈纯剪切的形式冲裁零件。



1—齿圈压板 2—凹模(落料) 3—凸凹模 4—顶板 5—材料 6—零件 7—冲孔废

料

图 2.9.3 精冲过程

- a)模具初始位置 b)齿圈压入 c)冲裁 d)冲裁过程结束 e)模具开启 f)卸出冲孔废料
g)顶出零件及卸出带料 h)排出零件和废料，向前送料

(二)普通冲裁与精密冲裁的工艺特点对比(表 2.9.1)

表 2.9.1 普通冲裁与精冲的工艺特点

技术特征	普通冲裁	精密冲裁
1.材料分离形式	剪切变形、断裂分离	塑性剪切变形
2.尺寸精度	ISO11~13	ISO6~9
3.冲裁断面质量：表面粗糙度 Ra/ μm 不垂直度 平面度	Ra>6.3 大 大	Ra=1.6~0.4 小 (单面 0.0026mm/1mm) 小 (0.02mm/10mm)
4.模具：间隙 刃口	双边 (5~15) t% 锋利	单边 0.5t% 小圆角
5.冲压材料	无要求	塑性好 (球化处理)
6.毛刺	双向、大	单向、小
7.塌角	(20~30) %	(10~25) %
8.压力机	普通 (单向力)	特殊 (三向力)
9.润滑	一般	特殊
10.成本	低	高 (回报周期短)

根据表 2.9.1 分析可知，要实现精密冲裁，工艺上必须采取一些特殊措施

(1) 采用带齿圈的压板，产生强烈压边作用力，使塑性剪切变形区形成三向压应力状态，且增加变形区及其邻域的静水压力。

(2) 凹模(或凸模)刃尖处制造出 0.02~0.2mm 左右的小圆角，抑制剪裂纹的发生，限制断裂面的形成，有利工件断面的挤光作用。

(3) 采用较小的间隙，甚至为零间隙。使变形区的拉应力尽量小，压应力增大。

(4) 施加较大的反顶亚压力，减小材料的弯曲，同时起到增加压应力的作用。

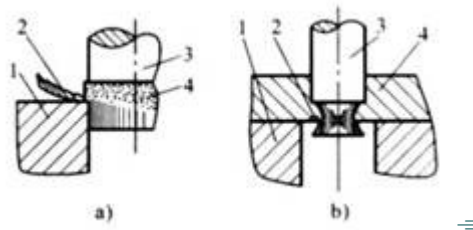
图 9 .2.3 所示为一带强力齿圈压板精冲模精冲过程。

2.9.2 精密冲裁的工艺方法

冲裁工艺除上述带强力齿圈压板的精冲方法外，还有一些通过工艺措施来提高冲裁质量的工艺方法，这些变形条件要求不高，主要有：

1. 整修

它是将普通冲裁后的毛坯放在整修模中，进行一次或多次的整修加工，除去粗糙不平的冲裁断面和锥度，从而得到光滑平整的断面。经整修后，零件的尺寸精度可达IT6~7级；表面粗糙度可达 $Ra=0.4\sim 0.8\mu m$ 。常用的修整方法主要有外缘整修、内孔整修、叠料整修和振动整修。图2.9.4a为外缘整修，图2.9.4b为内孔整修。



1—凹模 2—切屑 3—凸模 4—工件

图 2.9.4 整修

2. 光洁冲裁

(1) 小间隙圆角刃口冲裁

小间隙圆角刃口冲裁(图2.9.5)与普通冲裁相比，其差别在于为冲裁区加强了静水压，起到了抑制裂纹的作用，采用了小圆角刃口和极小的冲裁间隙。落料时，凹模带有小圆角刃口(图a)；冲孔时，凸模带有小圆角刃口(图b)。小圆角半径的数值，一般可取材料厚度的10%，模具间隙可取0.01~0.02mm。此方法适用于塑性较好的材料，如软铝、紫铜、软黄铜、05F和08F等。制件公差可达IT11~8级，粗糙度 Ra 可达 $1.6\sim 0.4\mu m$ 。但冲裁力比普通时冲裁力大50%左右。

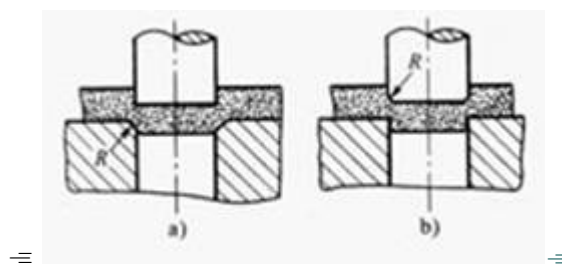


图 2.9.5 小间隙圆角刃口冲裁

(a)落料 (b)冲孔

(2) 负间隙冲裁(图2.9.6)

负间隙冲裁的机理与小间隙圆角刃口冲裁基本相同。负间隙冲裁的凹模也带有小圆角刃口，其半径可取材料厚度的5~10%，而凸模刃口保持锋利。由于采用了凸模刃口尺寸比凹模刃口尺寸大，间隙为负值；冲裁时小圆角刃口凹模处静水压作用很强。冲裁时，凸模工作端面在下止点位置不能与凹模面接触，而应保持0.1~0.2mm的距离，工件虽未全部挤入凹模，但可借助下一个工件冲裁时将它全部挤入并推出凹模。因此，冲裁力比普通冲裁大得多(冲裁铝件时，大30~60%；冲裁软黄铜时，大2.25~2.8倍)，凹模也容易开裂。为防止开裂，可采用多层组合凹模；冲裁时，保持良好润滑，可延长模具寿命。

负间隙冲裁时，由于凸模比凹模尺寸大，冲裁过程中出现的裂纹方向与普通冲裁相反形成间隙冲裁可认为是落料与整修复合的工序。该工艺适用于冲压塑性较好的铝、铜和软钢。

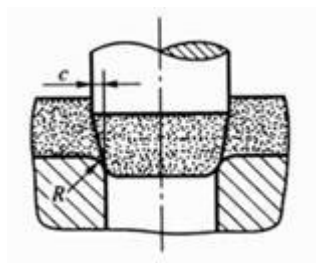


图 2.9.6 负间隙冲裁

3. 对向凹模精冲法

目前，在精冲工艺中，常用强力压板精冲来获得工件的光洁冲截面。然而，其静水压力大。凸模、凹模间的间隙小，影响模具寿命；材料的金相组织要求高，精冲前需对材料球化处理；且搭边较宽，降低了材料的利用率；而塌角和毛刺也难以消除。

对向凹模精冲法，是利用与负间隙整修相似的“准切削机理”，将冲裁废料(搭边)向外挤压流动的同时，而进行冲裁的方法。

(1) 对向凹模精冲法的变形特征

对向凹模冲裁是在专用压力机上，借助特殊结构的凸起凹模，在强力作用下，使材料发生剪切变形。而变形区主要集中在搭边周围。

① 如图 2.9.7 所示，冲裁时，凸起凹模将搭边向外挤压。在连接平凹模刃口 A 与凸起凹模外侧刃口 C 的连接面附近，产生了强烈的剪切变形。剪切变形面 AC 与工件轮廓冲截面 AB 成倾角 θ 。在金属向外流动的同时，材料也被挤入平凹模。

② 工件轮廓冲截面 AB 不发生畸变，而在冲裁搭边内产生畸变。这恰好和强力压板精冲相反。

- ③ 挤压时,在凸起凹模和平凹模间的材料,近似于墩压变形。
- ④ 压终了时,在压紧状态下,冲裁凸模将材料与工件分离。

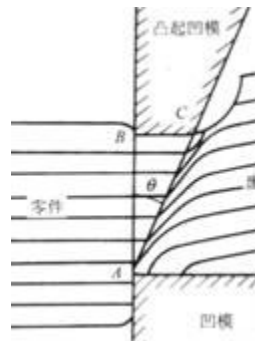


图 2.9.7 对向凹模精冲的变形特征

(2) 对向凹模精冲法的工作过程

如图 2.9.8 所示, 为对向凹模落料时的工作过程:

- ① 模具开启, 材料进入 (图 a) ;

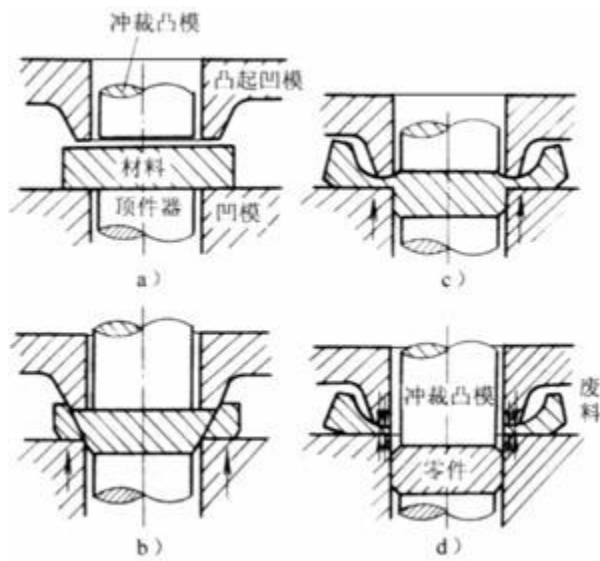


图 2.9.8 对向凹模落料过程

- ② 模具闭合, 凸起凹模开始切入材料顶住冲裁凸模底面, 此时它与冲裁凸模无相对运动金属沿其周围流动, 少许材料进入平凹模(图 2.9.8 b);
- ③ 当材料挤压到一定深度($h=0.7\sim 0.8t$)时, 挤压结束。材料大量流入平凹模和少量流入凸起凹模(图 c);

④ 在凸起凹模和平凹模强力压紧下，冲裁凸模下降，使工件与材料分离，最后顶出工件（图 d）。

(3) 对向凹模精冲法的工艺方法

① 对向凹模落料

相对于精密冲裁对向凹模落料有如下工艺特点：

- a. 由于剪切变形偏向搭边，工件冲裁面不产生撕裂，因而扩大了材料的使用范围，使之能加工脆性材料、高强度材料和厚板。
- b. 在平滑的冲裁面内部，因无不均匀变形，冷作硬化小，从而提高分离面的变形能力和后续成形加工极限。
- c. 冲裁时，由于二凹模间的材料向外流动，而无材料流入间隙内，故塌角小。
- d. 由于凸起凹模和冲裁凸模有一个高度差($\Delta h=0.25t$)，而凸起凹模和平凹模又从材料两端切入，两侧形成塌角。而当凸起凹模切入量和它与冲裁凸模间的间隙选择合理时可控制毛刺的发生。
- f. 冲裁力小。因为冲裁厚度仅为料厚的 30%；凸起凹模与冲裁凸模间的间隙又可调整；况且凸起凹模的磨损在外侧，与成形尺寸无关。故提高了模具寿命。
- g. 冲裁搭边值小，材料利用率提高。
- h. 平凹模刃口带有圆角半径。
- i. 必须在三动或四动压力机上，进行对向凹模精冲。

② 对向凸模冲孔

如图 2.9.9 所示，对向凸模冲孔时，要采用凸起凸模，以便向内挤压废料。同时要考虑足够容纳废料的空间废料仓。

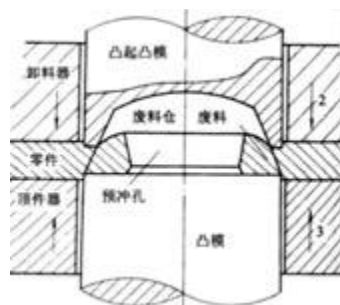
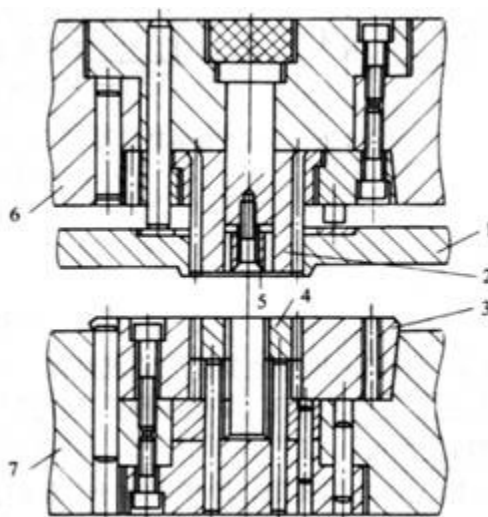


图 2.9.9 对向凸模冲孔

由图可以看出，下面的凸模带预冲孔部分。但当孔径 d 大于料厚 6 倍时($d > 6t$)，即使不

预冲孔，只通过废料的弯曲，就可以达到必要的排料。

对向凹模冲裁 (图 2.9.8)是采用一个凹模与另一个带凸台的凹模对向运动，并利用推顶凸模完成材料最后的分离。



1-凸起凹模；2-冲裁凸模；3-平凹模；4-顶件器；5-卸料器；6-上模座；7-下模座

图 2.9.10 对向凹模复合模

2.9.3 精冲件的工艺性 =

1. 精冲件材料的工艺性

精冲的材料必须具有良好的变形特性，屈服极限低、硬度较低、屈强比较大、断面延伸率高；具有理想的金相组织结构；含碳量低等。以便在冲裁过程中不致发生撕裂现象。以 $\sigma_b = 400 \sim 500 \text{ MPa}$ 的低碳钢精冲效果最好。但含碳量在 $0.35 \sim 0.7\%$ ，甚至更高的碳钢，以及铬、镍、钼含量低的合金钢，经退火处理后仍可获得良好的精冲效果。值得注意的是，材料的金相组织对精冲断面质量影响很大（特别是对含碳量高的材料），最理想的组织是球化退火后均布的细粒碳化物（即球状渗碳体）。至于有色金属包括纯铜、黄铜（含铜量大于 62% ）、软青铜、铝及其合金（抗拉强度低于 250 MPa ）都能精。铁素体和奥氏体不锈钢（ $C \leq 0.15\%$ ）也能获得较好的精冲效果。

2. 精冲件的结构工艺性 =

(1) 圆角半径 =

为了保证零件质量和模具寿命，要求精冲零件避免尖角太小的圆角半径。否则，会在零件相应的剪切面上发生撕裂，以及在凸模尖角处崩裂和磨损。零件轮廓的最小圆角半径

与材料厚度、机械性能以及尖角角度有关，设计时可参考图 2.9.11。 ≡≡

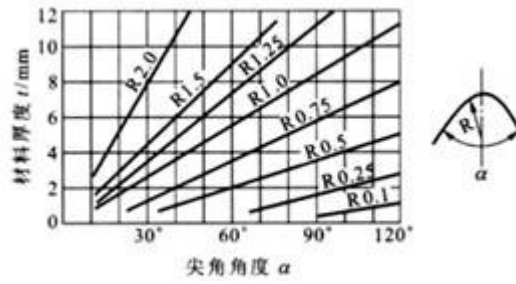
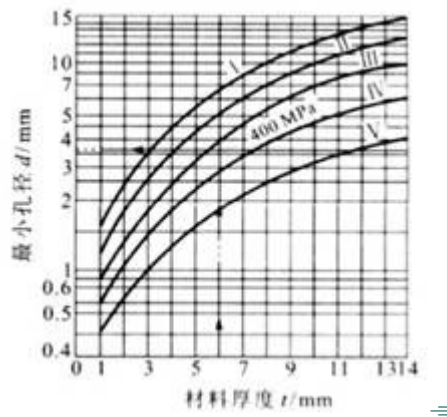


图 2.9.11 最小圆角半



I- $\sigma_b=750\text{MPa}$ II- $\sigma_b=600\text{MPa}$ III- $\sigma_b=450\text{MPa}$ IV- $\sigma_b=300\text{MPa}$ V- $\sigma_p=150\text{MPa}$

图 2.9.12 最小孔径

(2) 孔径、槽宽和壁厚

≡ 精冲件的孔径 d 和槽宽 b 不能太小，否则也会影响模具寿命和零件质量。冲孔的最小孔径可查图 2.9.12，最小槽宽可查图 2.9.13。精冲件的壁厚是指孔、槽之间，或孔、槽内壁与零件外缘之间的距离，同轴圆弧的壁厚和直边部分的壁厚，均可视为窄带，可由图 2.9.13 的窄槽值粗略确定，也可参考有关精冲设计资料。

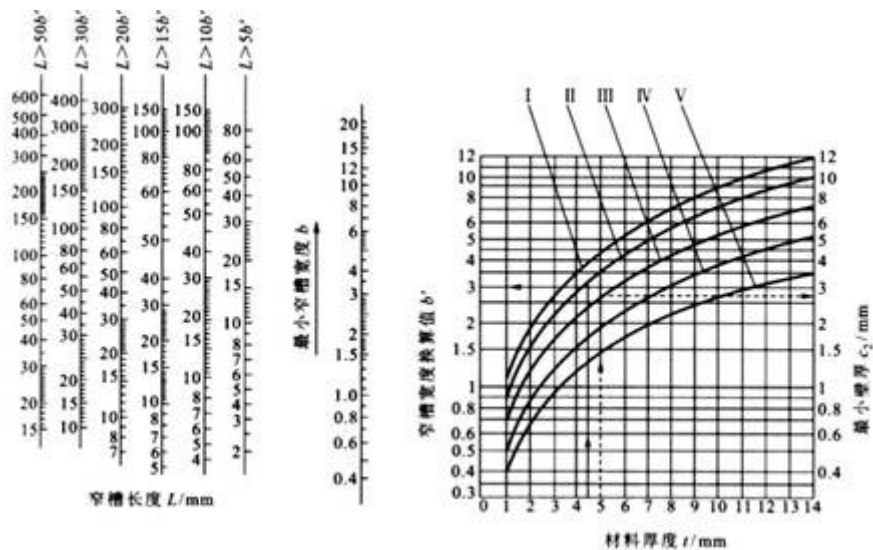


图 2.9.13 槽宽和壁厚

2.9.4 精密冲裁模的设计要点

1. 设计要求和内容

精密冲模是实现精冲工艺的重要手段，除了要满足普通冲裁模设计要求外，还要特别注意：

- （1）模具结构必须满足精冲工艺要求，并能在工作状况下，形成立体压应力体系；
- （2）模具具有较高的强度和刚度，功能可靠，导向精度良好；
- （3）认真考虑模具的润滑、排气，并能可靠清除冲出的零件及废料；
- （4）合理的选用精冲模具材料、热处理方法和模具零件的加工工艺性。
- （5）模具结构简单、维修方便，具有良好的经济性。

设计的内容包括分析精冲件的工艺性，确定精冲工艺顺序，进行精冲模具总体结构设计以及精冲辅助工序的设计等。

2. 精冲的排样和精冲力的计算

排样直接影响材料的利用率。此外，模具的各工作零件的布置和结构形状也取决于合理的排样。因此在进行排样时，不仅要考虑材料的利用率，而且还要考虑到实现精冲工艺的可行性。即排样与零件的质量和经济效益密切相关。

（1）精冲件的排样设计

- ① 合理的材料利用率

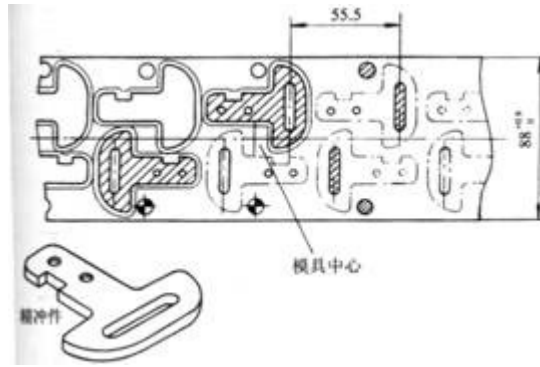


图 2.9.14 安全带搭扣排样图

在进行图 2.9.14 所示零件排样时，为充分考虑提高材料利用率，采用对头排。排样时要特别注意零件间要留有足够的齿圈位置。排样方法和材料利用率的计算前面已经讨论过。

② 排样方向的确定 =

零件形状复杂的部分或光洁面要求较高的部分应尽可能放在送料侧(箭头)，因为这样，搭边最为充分，同时从冲裁过程来看，材料整体部分的变形阻力比侧搭边部分大，故最为稳定，易使冲裁断面光洁(见图 2.9.15)。精冲弯曲(折弯)零件时，弯曲线要与材料轧制方向垂直或成一定角度，以免弯角处出现裂纹。

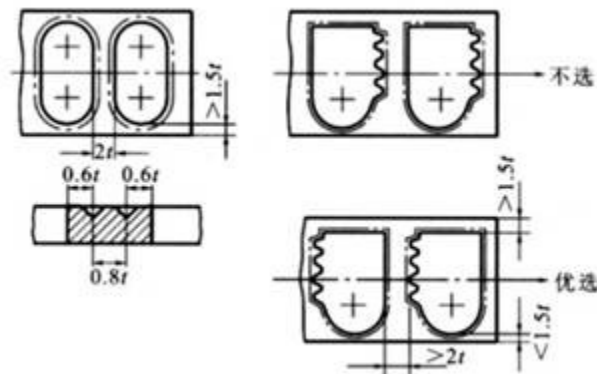


图 2.9.15 精冲排样方向的确定 =

③ 搭边计算 =

由于精冲时压边圈上带有 V 形齿圈，故搭边、边距和步距数值都较普通冲裁为大。影响它们的因素主要有：零件冲裁断面质量；料厚及材料强度；零件形状；齿圈分布。搭边和边距数值一般比普通冲裁大：零件与零件间搭边 $a \geq 2t$ ，零件与料边边距 $a_1 \geq 1.5t$ ，零件与零件的搭边和零件与料边边距的数值，也可直接由图 2.9.16 求得。

(2) 精冲力 =

由于精冲是在三向受力状态下进行冲裁的，其变形抗力比普通冲裁要大得多。保证精冲需要的工艺力，是实现精冲工艺的重要工艺参数。精冲总压力：

$$F_{P总} = F_{P冲裁} + F_{P压边} + F_{P反压} \quad (2.9.1)$$

其中： $F_{P冲裁} = L t \sigma_b f_1$

$$F_{P压边} = L h \sigma_b f_2;$$

$$F_{P反压} = S F \cdot p,$$

式中系数 $f_1 = (0.6 \sim 0.9)$ ，常取 0.9； L 为剪切轮廓线长。系数 f_2 常取 4， h 为齿圈高度。 $S F$ 为零件受压面积， p 为零件的单位反压力，取 $(20 \sim 70)$ Mpa；大面积时取大值，小面积、薄零件取小值。

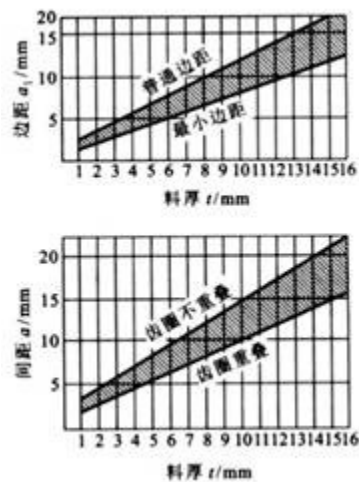


图 2.9.16 搭边尺寸

2.9.5 精冲模具结构及其特点

1. 精冲模与普通冲模结构比较

精冲模与普通冲模结构比较，有共性也有差异性，其主要区别在于：

1) 精冲模有凸出的齿形压边圈，材料在压边圈和凹模、反压板和凸模的压紧下实现冲裁，工艺要求其压边力和反压力大大地大于普通冲裁的卸料力、顶件力，以满足在变形区建立起三向不均匀压应力状态，因此精冲模受力比普通冲模大，刚性要求更高。

2) 精冲凸模和凹模之间的间隙小，大约是料厚的 0.5%，而普通冲裁模的间隙约为料厚的 5%~15% (甚至更大)。

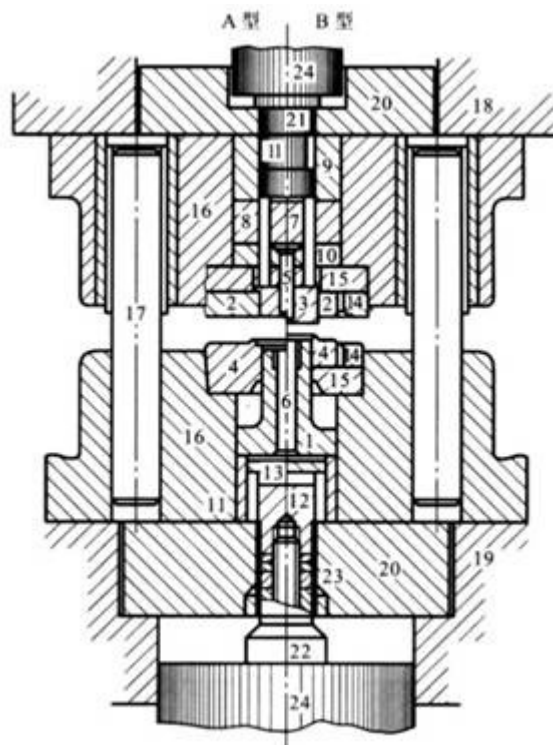
3) 冲裁完毕模具开启时，反压板将零件从凹模内顶出，压边圈将废料从凸模上卸下，不另外需要顶件和卸料装置。

4) 精冲模必须置于有三向作用力的精冲压力机上，且三力可以独立可调；精冲模具还需设计专门的润滑和排气系统。

2.精冲模结构

(1) 活动凸模式复合精冲模

按凹模和压边圈的结构和固定方式，活动凸模式复合精冲模可有三种结构形式。图 2.9.17 所示的左右两半部分分别介绍 A 型和 B 型两种模具结构形式。



1—凸模；2—凹模；3—顶件板；4—压边圈；5—冲孔凸模；6—顶杆；7—传力杆；8—垫板；9—支承环；10—冲孔凸固定板；11—传力杆；12—凸模座；13—推板；14—座圈；15—垫板；16—模座；17—导向装置；18—压床上工作台；19—压床下工作台；20—标准结合环 21—顶柱；22—顶柱；23—定位板；24—液压活塞

图 2.9.17 活动凸模式复合精冲模

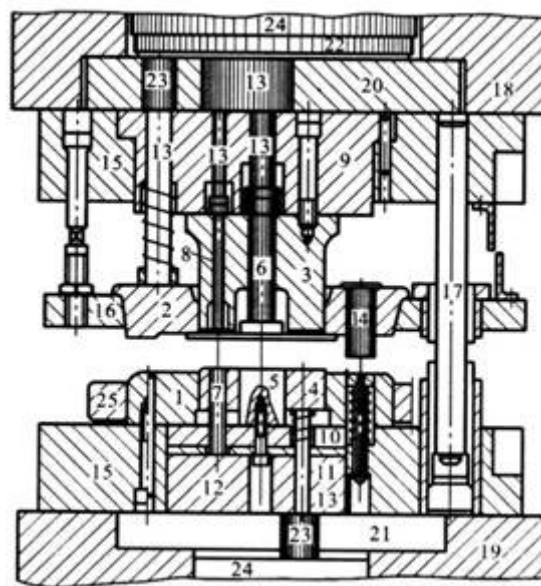
A 型结构：凹模 2 用螺钉和销钉紧固在上模座 16 内。顶件板 3 装在凹模 2 内，起压料和顶件作用外，还作为冲孔凸模 5 的导向装置。凸模固定板 10 承受冲孔凸模 5 的回程压力，并支承凹模 2。垫板 8 和支承环 9 共同支承冲孔凸模 5 和凹模 2。作用在顶件板 3 上的反压力来自机床，经传力杆 11 和传力杆 7 传到顶件板 3 上。压边圈 4 用螺钉和销钉紧固在

下模座 16 内，除对材料施加压力外，还起冲裁凸模 1 的导向作用，从而保证了冲裁凸模 1 和凹模 2 的位置精度。冲裁凸模 1 同时也装在下模座 16 内，并用螺钉和销钉与凸模座 12 相连。凸模座 12 内装有支承顶杆 6 的推板 13 和传力杆 11。凸模座带有紧固螺纹，承受冲裁凸模 1 的回程压力。作用在压边圈 4 的压力来自机床，经下模座 16 传到压边圈 4 上，并以同样的压力经传力杆 11 和推板 13 作用在顶杆 6 上。=

B 型结构：与 A 型结构的差别在于凹模和齿圈压板都是镶拼结构。

A 型、B 型使用范围是：当零件的线性尺寸在 95mm 以下时，可采用整体式模具；当零件的线性尺寸在 75mm 以下时，可采用镶拼式模具。活动凸模式精冲模的优点是：维修简单，安装方便，适于冲裁力不大的中小零件。缺点是：在冲内孔多的零件时，凸模 1 的支承推板 13 强度不够。=

(2) 固定凸模式复合精冲模 (图 2.9.18) =



1—凹模；2—压边圈；3—凸模；4—顶件板；5—冲孔凸模；6—顶杆；7—冲孔凸模；8—顶杆；9—垫座；10—凸模座板；11—垫板；12—下垫板；13—传力杆；14—闭锁销；15—模座；16—支板；17—导向件；18—压床上工作台；19—压床下工作台；20—专用上结合环；21—专用下结合环；22—压板；23—支承销；24—液压活塞；25—缩紧环

图 2.9.18 固定凸模式复合精冲模

A 型结构：落料凸模 3 装在垫座 9 上，并用螺钉和销钉紧固。压边圈 2 用外锥面装入支板 16 内，并用螺钉紧固。通过上部的传力杆 13 将压力传递在压边圈 2 和顶件 6 上。下

模图的右部所示的整体凹模 1 装在下模座 15 上，并用螺钉和销子紧固。顶件板 4 装在凹模 1 内，顶件板 4 还作为冲孔凸模 5 的导向。机床的反压力由下部的传力杆 13 传递。凸模座板 10 承受冲孔凸模 5 的回程压力，并作用于下垫板 12 上。在冲裁过程中，由闭锁销 14 对凹模 1 定心，从而保证凸模 3 和凹模 1 的位置精度。这种模具结构的优点是结构稳定，凸模的支承好。缺点是制造和调整麻烦，且需专用的结合环。=

B 型结构：与 A 型结构的差别在于凹模上，B 型结构的凹模 1 如下模左部所示，凹模 1 上加了缩紧环 25。=

(3) 简易精冲模=

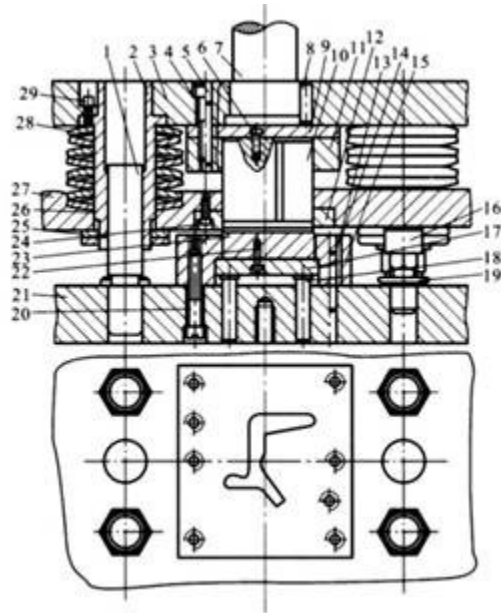
它是利用碟簧在机械作用下变形，产生的轴向压缩力，对冲裁过程产生齿圈压力和顶件力。碟簧的尺寸和形状应以所需的顶件力和齿圈压力按有关标准选用或自行设计，模具结构型式如图 2.9.19 所示。

2.9.6 精冲模主要零件齿圈的设计=

精冲模与普通冲模的最显著区别之一，是采用了 V 型齿圈。所谓齿圈是指在压板和凹模上，围绕零件冲裁外形一定距离设置的 V 形凸起。然而，根据料厚、材质和零件的功能性要求，也可不带齿圈进行精冲。

1. 齿圈的作用

V 形齿圈主要是阻止剪切区以外的金属，在剪切过程随凸模流动，从而在剪切区内产生压应力。当压应力增大时，平均应力一般在压应力范围内移动，当达到剪切断裂极限前，剪应力就已达剪切流动极限。因此，V 形齿圈压入材料时，在冲压过程中的具体作用是：



1-导柱；2-导套；3-上托；4-螺钉；5-销钉；6-螺钉；7-模柄；8-销钉；9-垫板；10-凸模；11-凸模固定板；12-齿圈压板；13-销钉套；14-销钉；15-凹模；16-限位镙柱；17-固定板；18-顶杆；19-螺母；20-螺钉；21-底座；22-螺钉；23-推件板；24-螺钉；25-螺母；26-垫片；27-卸料板；28-碟簧；29-螺钉

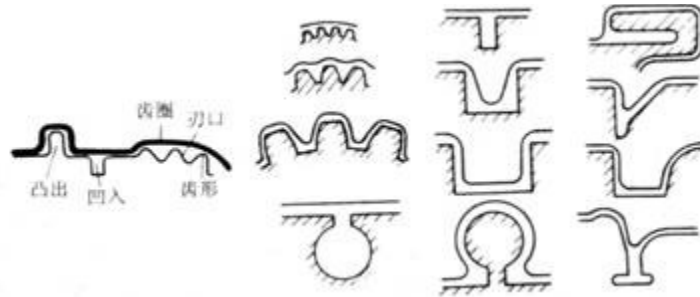
图 2.9.19 简易精冲落料模

- (1) 固定被加工板料，避免材料受弯曲或拉伸；
- (2) 抑制冲件以外的力，如与冲压方向相垂直的水平侧向力对冲件的影响。水平侧向力数值约为冲压力的 10%(铝材)到 30%(钢材)；
- (3) 压应力提高了被加工材料的塑性变形能力；
- (4) 减少塌角；
- (5) 兼卸料作用。

2. 齿圈的分布

- (1) 在塌角大的部分，V 形齿圈应和刀口的形状相一致；
- (2) 在塌角较小的部分(例如凹入的缺口和凸弯很大的部分)，V 形齿圈与刀口形状可以不一致(见图 2.9.20)；
- (3) 冲小孔时，不会产生剪切区以外材料的流动，一般不需要 V 形齿圈；冲大孔时(直径在 30~40mm 以上时)，建议在顶杆上加 V 形齿圈；
- (4) 如果料厚 $t < 3\text{mm}$ 时，可使用平面压板。但它压边力小，易出现纵向翘曲而引起附加拉应力；

(5) 如果料厚 $t \leq 4.5\text{mm}$ ，可在压板或凹模面上使用一个单齿圈；如 $t > 4.5\text{mm}$ ，或材料强度高 ($\sigma_b \geq 800\text{Mpa}$)，或者对于齿轮和带锐角的零件，通常使用两个 V 形齿圈，一个做在齿圈压板上，另一个做在凹模上，即双齿圈。



2.9.20 齿圈的分布 =

3. 齿圈的结构

(1) 齿圈形式 =

精冲齿圈常用三角形凸起，如图 2.9.21a)，也可使用图 b) 和 c) 的台阶形和圆锥形(截面斜角为 $45^\circ \sim 2^\circ$) 压板来压边，它不仅不留印痕，还节省材料和制造简单，而且也能达到三角形凸起同样的效果。但静水压的效果不如三角形凸起，迄今为止使用三角形凸起的仍占绝大多数。

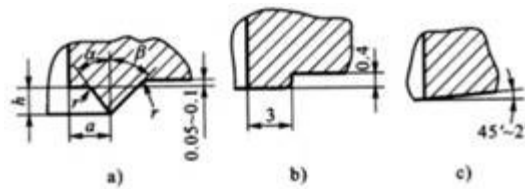


图 2.9.21 齿圈形式

a) V 形环；b) 台阶形；c) 圆锥形

(2) 齿形参数

齿形角 α 和 β 可以相等也可不相等，齿形角 α 一般选择 $30^\circ \sim 45^\circ$ ，若不等且 $\alpha < \beta$ ，则 $\beta = 35^\circ \sim 45^\circ$ 。

齿圈高度 h 。齿圈高度 h 与材料厚度、机械性能和齿圈位置等因素有关。材料越厚，强度越低，齿圈高度越大，反之越小。 h 太小，不能起到对材料挤压作用，不利于精冲变形；太大，压边力增大，模具弹性变形值增大，影响模具寿命。根据材料的机械性能，可由下

式确定齿高。

$$h = Kt = (2.9.2)$$

式中 t 为料厚 (mm); k 系数可由图 2.9.22 中确定。

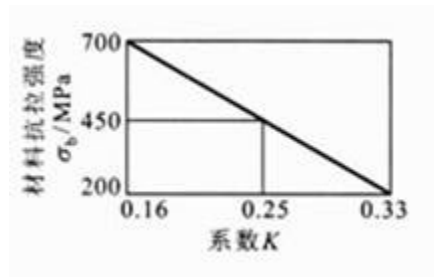


图 2.9.22 齿高系数 K

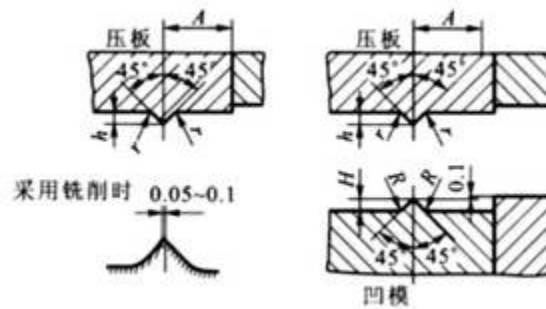
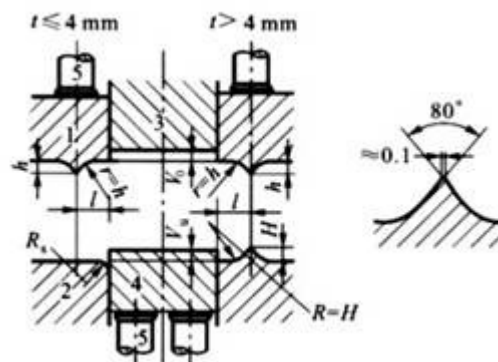


图 2.9.23 齿圈结构

(3) 齿圈的尺寸 =

为了设计和制造方便, V形齿圈已标准化, 如图 2.9.23 所示。根据瑞士 Feintool 公司资料介绍: 当 $t \leq 4.5\text{mm}$ 时, 仅在压板或凹模上使用单面齿圈时, 当 $t > 4.5\text{mm}$, 则要在压板或凹模上同时使用双面齿圈, 其值可查精冲手册。



1—压板； 2—凹模； 3—凸模； 4—顶件板； 5—传力杆

图 2.9.24 齿圈尺寸

(4) 齿圈的保护

精冲时，齿圈与材料接触。为了防止齿圈与凹模相碰或双齿圈时的互撞而造成破坏，故在齿圈压板或凹模上设计高出齿顶的保护面(见图 2.9.25)，其高度必须小于料厚，以免冲裁时发生干涉。即 $H < t$ 。一般：

当凸起在一侧时： $H = (0.6 \sim 0.8)t$

当凸起在两侧时： $H = (0.3 \sim 0.4)t$

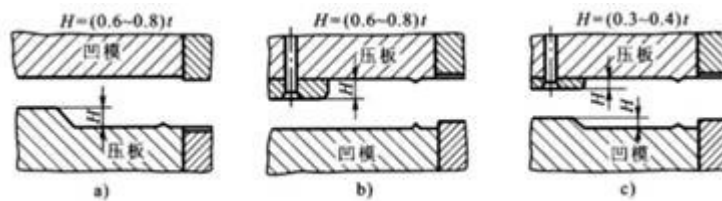
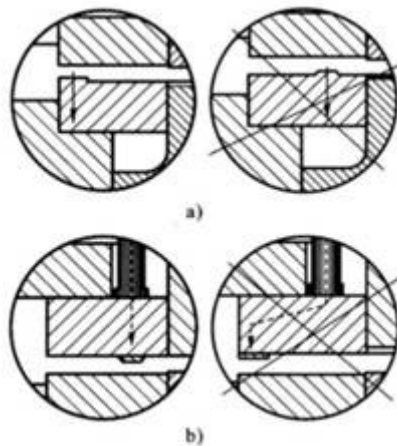


图 2.9.25 齿圈的保护

a)单齿圈保护面(压板侧)； b)双齿圈保护面(压板侧)； c)双齿圈保护面(两侧)

在设计保护面时，还应考虑其位置的正确性，特别是受力状态，以防止弯曲或损坏。而且，当两侧都有保护面时，高度必须一致，避免工作时产生倾斜力。如图 2.9.26 所示，左两图位置选择合理，右两图齿圈保护位置工作时将产生变形。



(a)单齿保护面； (b)双齿保护面

图 2.9.26 齿圈保护面的位置选择