

项目三 箱体类零件制造

任务一 箱体类零件制造简述

一、箱体类零件的功用

箱体类零件是机器及其部件的基础件之一。它将一些轴、轴承、套和齿轮等零件装配在一起,使其保持正确的相互位置关系,并按规定的运动关系协调动作,使其完成某种运动。因此,箱体类零件的加工质量对机器的精度、性能和寿命都有直接的影响。

二、箱体类零件的结构特点

由于机器的不同结构特点和箱体在机器中的不同功用,箱体零件具有多种不同的结构形式,图 3-1 为常见的几种。由图可知:箱体的结构一般是由许多精度要求不同的孔和平面组成,它的结构形状一般都比较复杂,壁薄且壁厚不均,内部呈腔形。一般来说,箱体不仅需要加工的表面较多,且加工的难度也较大。

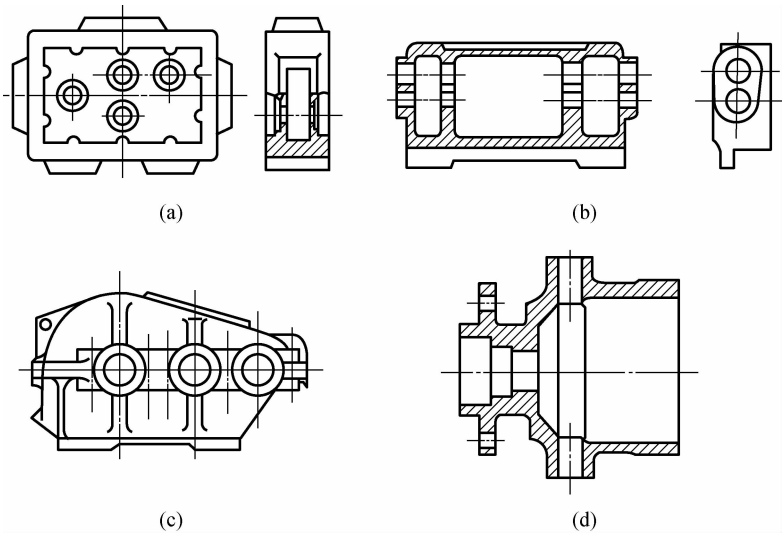


图 3-1 几种箱体的结构简图

(a) 组合机床主轴箱;(b) 车床进给箱;(c) 分离式减速箱;(d) 泵壳

三、箱体类零件的技术要求

箱体类零件的技术要求是根据其用途、机床的加工精度等因素制订的。主要包括孔和平面的尺寸精度、形位精度和表面粗糙度。现以某数控车削加工中心的主轴箱(如图 3-2)为例归纳如下:

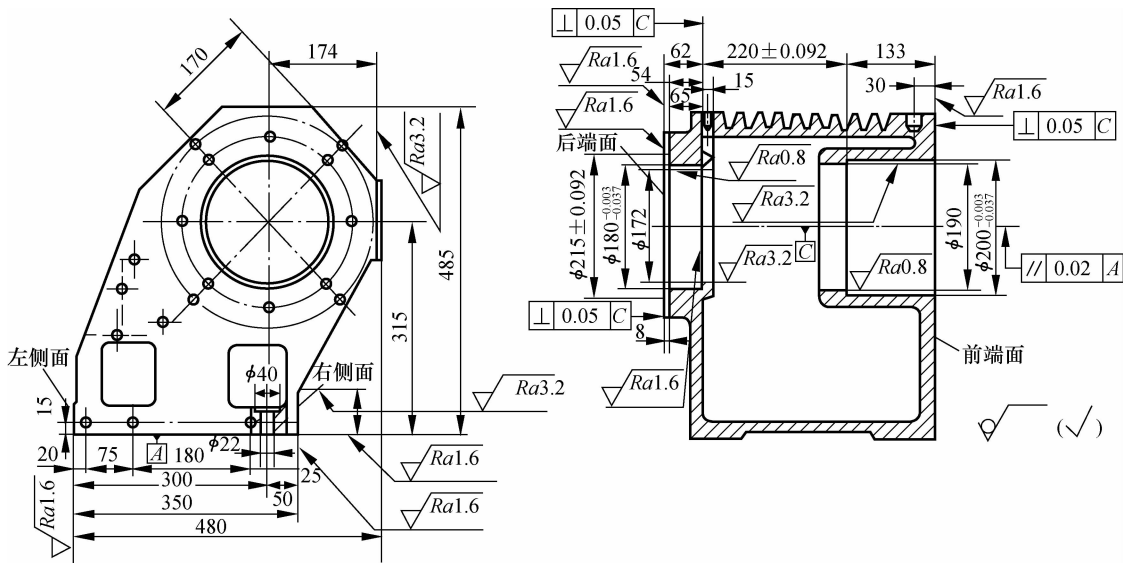


图 3-2 主轴箱体零件图

(1) 孔径精度 箱体轴承支承孔的尺寸误差和形状误差会造成轴承与孔的配合不良,易产生振动和噪声,影响机器的旋转精度和使用寿命,所以孔的精度一般要求较高。数控车床加工中心主轴箱的主轴支承孔的尺寸精度一般为 IT6~IT3 级。

(2) 孔与孔的位置精度 同一轴线上各孔的同轴度误差会使轴和轴承装配到箱体内部后,轴线出现歪斜,从而造成主轴径向跳动和轴向窜动,加剧轴承磨损。孔系之间的平行度误差会影响齿轮的啮合精度。

(3) 孔和平面的位置精度 各支承孔和主轴箱安装基面应有一定的尺寸精度和平行度要求;与端面应有一定的垂直度要求。否则,会影响机器设备的性能与精度。数控车削加工中心的主轴箱的主轴孔轴线与端面的垂直度误差,使主轴运转时产生端面圆跳动。因此,其垂直度要求较高,前后端面对主轴轴线的垂直度公差为 0.05 mm。主轴孔轴线与装配基面的平行度误差,影响加工工件的尺寸精度和形状精度。因此,数控车削加工中心的主轴箱主轴孔的轴线与安装基面——底面的平行度要求很高,为 0.02 mm。

(4) 表面粗糙度 重要孔和平面的表面粗糙度会影响连接面的配合性质或接触精度。一般主轴孔的表面粗糙度 Ra 为 $0.8 \mu\text{m}$;孔的底面和端面及侧面用于加工时定位,其表面粗糙度 Ra 为 $1.6 \mu\text{m}$ 。

四、箱体类零件的材料及毛坯

因铸铁容易成形,切削性能好,价格低廉,且吸振性和耐磨性较好,因此,箱体类零件常选用铸铁材料。根据需要可选用 HT150~350,常用 HT200。在单件小批生产情况下,为了缩短生产周期,可采用钢板焊接结构。某些大负荷的箱体有时采用铸钢件。在特定条件下,可采用铝镁合金或其他铝合金材料。

铸铁毛坯在单件小批生产时,一般采用木模手工造型,毛坯精度较低,余量大;在大批量生产时,通常采用金属模机器造型,毛坯精度较高,加工余量可适当减小。单件小批生产直径大

于 50 mm 的孔,成批生产大于 30 mm 的孔,一般都铸出预孔,以减少加工余量。铝合金箱体常用压铸制造,毛坯精度很高,余量很小,一些表面不必经切削加工即可使用。

五、箱体类零件的加工工艺过程

箱体类零件的结构复杂,其主要加工表面是孔系和装配基准平面。如何保证这些表面的加工精度和表面粗糙度,孔系之间以及孔与装配基准面之间的距离尺寸精度和相互位置精度,是箱体类零件加工的主要工艺问题。

箱体类零件的加工路线一般为:平面加工—孔系加工—次要表面加工。

箱体类零件的加工部位多,加工工作量大。表 3-1 为数控车削中心主轴箱(图 3-2)小批生产的加工工艺过程。

表 3-1 数控车削中心主轴箱加工工艺过程

序 号	工序内容	定位基准
1	铸造	
2	时效	
3	划线:考虑主轴孔加工余量均匀,划加工底面、侧面的加工线	
4	粗铣、精铣底面	按线找正
5	粗、精铣左右侧面	按线找正
6	粗铣顶面	底面
7	粗镗 $\phi 200$ 、 $\phi 180$ 主轴孔及 $\phi 190$ 、 $\phi 172$ 孔、半精镗 $\phi 200$ 、 $\phi 180$ 主轴孔	底面、左侧面、前端面
8	粗、精铣主轴孔前、后端面	底面、主轴孔
9	精镗 $\phi 200$ 、 $\phi 180$ 、 $\phi 215$ 孔, $\phi 200$ 、 $\phi 180$ 留研磨量 0.01mm	底面、左侧面、前端面
10	钻底面 4— $\phi 22$ 孔及钻攻左、右顶面螺纹	底面、左侧面、前端面
11	钻攻前、后端面螺纹	底面、左侧面、前端面
12	研磨轴承支承孔 $\phi 200$ 、 $\phi 180$,保证粗糙度和加工精度要求	底面、左侧面、前端面
13	非工作面喷漆	
14	检验	

任务二 孔 的 加 工

孔的加工方法有:钻孔、扩孔、铰孔、镗孔、拉孔和磨孔等。对于精度要求高的孔,还要进行珩磨、研磨和滚压等精密加工。

一、钻削

钻孔和扩孔统称为钻削加工。钻孔是用钻头在实体材料上加工孔的一种方法;扩孔是用扩孔刀具扩大工件孔径的加工方法。钻削加工一般在钻床上加工。单件小批生产的中小型工件上的小孔,常用台式钻床加工;中小型工件上直径较大的孔,常用立式钻床加工;大中型工件上的孔则采用摇臂钻床加工;回转体工件上的孔,多在车床上加工。在成批大量生产中,为了保证加工精度,提高生产率,降低成本,广泛使用钻模在组合机床上进行孔的加工。

(一) 钻孔与扩孔的工艺范围

钻孔属于粗加工,可作为攻丝、扩孔、铰孔和镗孔的预备加工;扩孔属于半精加工,也可作

为孔的终加工,或作为铰孔、磨孔前的预加工。两者均适合于加工小直径孔。钻孔精度可达到 IT12~IT11,表面粗糙度值 Ra 可达到 $12.5 \sim 6.3 \mu\text{m}$;扩孔精度可达到 IT11~IT9,表面粗糙度 Ra 值可达到 $6.3 \sim 3.2 \mu\text{m}$ 。

(二) 麻花钻

钻头按其结构特点和用途可分为扁钻、麻花钻、深孔钻和中心钻等。生产中使用最多的是麻花钻。对于直径为 $0.1 \sim 80 \text{ mm}$ 的孔,都可使用麻花钻加工。

1. 麻花钻的组成

标准麻花钻如图 3-3 所示,由柄部、颈部和工作部分组成。

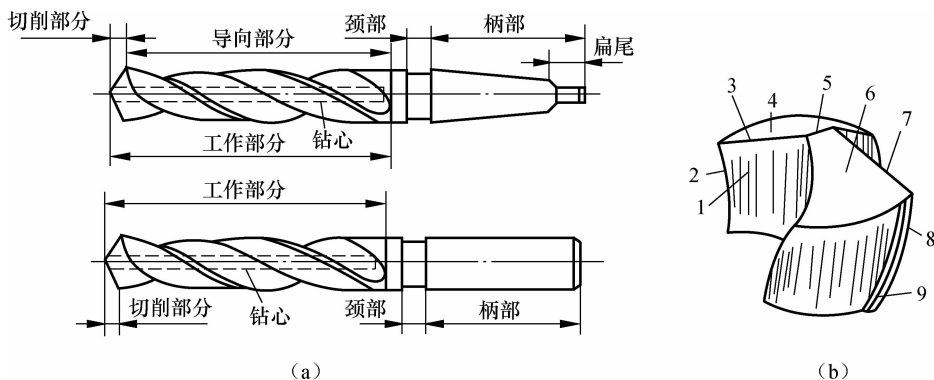


图 3-3 麻花钻的组成

(a) 钻头整体结构;(b) 钻头切削部分

1—前面;2,8—副切削刃(棱边);3,7—主切削刃;4,6—后面;5—横刃;9—副后面

(1) 柄部 柄部是钻头的夹持部分,钻孔时用于传递转矩。麻花钻的柄部有锥柄和直柄两种。直柄主要用于直径小于 12 mm 的小麻花钻。锥柄用于直径较大的麻花钻,能插入主轴锥孔或通过锥套插入主轴锥孔中。锥柄钻头的扁尾用于传递转矩,并通过它方便地拆卸钻头。

(2) 颈部 麻花钻的颈部是为磨削钻头柄部退砂轮之用,槽底通常刻有钻头的规格及厂标。

(3) 工作部分 麻花钻的工作部分是钻头的主要部分,由切削部分和导向部分组成。切削部分担负着切削工作,由二个前面、后面、副后面、主切削刃、副切削刃及一个横刃组成。横刃为两个后面相交形成的刃口,副后面是钻头的两条韧带,工作时与工件孔壁(已加工表面)相对。

导向部分是当切削部分切入工件后起导向作用,也是切削部分的备磨部分。为了减少导向部分与孔壁的摩擦,其外径磨有倒锥。同时,为了保持钻头有足够强度,必须有一个钻芯,钻芯向钻柄方向作成正锥体。

2. 麻花钻的主要几何角度

麻花钻的主要几何角度如图 3-4 所示。

(1) 螺旋角 β 螺旋角是钻头螺旋槽上最外圆的螺旋线展开成直线后与钻头轴线的夹角。设螺旋槽导程为 P ,钻头外圆直径为 d_0 ,则:

$$\tan \beta = \pi d_0 / P$$

切削刃上任一点 m 的螺旋角 β_m ,它位于直径为 d_m 的圆柱上,其值为:

$$\tan \beta_m = \pi d_m / P = \tan \beta d_m / d_0$$

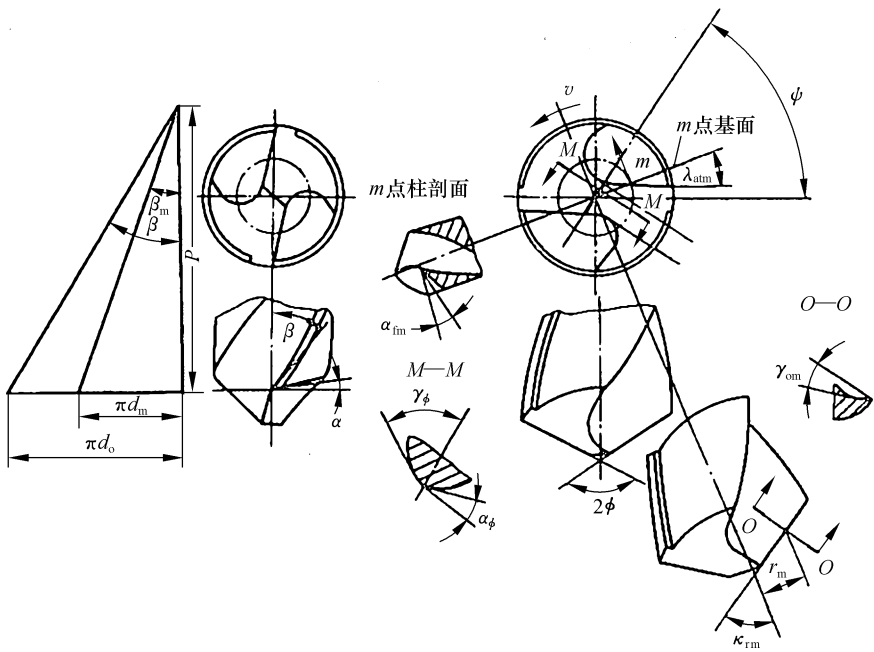


图 3-4 麻花钻的主要几何角度

由此可见,钻头不同直径处的螺旋角不同,外径处螺旋角最大,越接近中心螺旋角越小。增大螺旋角则前角增大,有利于排屑,但钻头刚度下降。标准麻花钻的螺旋角为 $18^{\circ} \sim 38^{\circ}$ 。对于直径较小的钻头,螺旋角应取较小值,以保证钻头的刚度。

(2) 前角 γ_{om} 由于麻花钻的前面是螺旋面, 主切削刃上各点的前角是不同的。从外圆到中心, 前角逐渐减小。刀尖处前角约为 30° , 靠近横刃处则为 -30° 左右。横刃上的前角为 $-50^\circ \sim -60^\circ$ 。

(3) 后角 α_{fm} 麻花钻主切削刃上选定点的后角, 是通过该点柱剖面中的进给后角 α_{fm} 来表示的。柱剖面是过主切削刃选定点 m , 作与钻头轴线平行的直线, 将该直线绕钻头轴心旋转所形成的圆柱面。 α_{fm} 沿主切削刃也是变化的, 越接近中心 α_{fm} 越大。麻花钻外圆处的后角 α , 通常取 $8^{\circ} \sim 10^{\circ}$, 横刃处后角取 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 。这样能弥补由于钻头轴向进给运动而使主切削刃上各点实际工作后角减小所产生的影响, 并能与前角变化相适应。

(4) 主偏角 κ_{rm} 主偏角是主切削刃选定点 m 的切线在基面投影与进给方向的夹角。麻花钻的基面是过主切削刃选定点包含钻头轴线的平面。由于钻头主切削刃不通过轴心线, 故主切削刃上各点基面不同, 各点的主偏角也不同。当顶角磨出后, 各点主偏角也随之确定。主偏角和顶角是两个不同的概念。

(5) 锋角(顶角) 2ϕ 锋角是两主切削刃在与其平行的平面上投影的夹角。较小的锋角容易切入工件,轴向抗力较小,且使切削刃工作长度增加,切削层公称厚度减小,有利于散热和提高刀具耐用度;若锋角过小,则钻头强度减弱,变形增加,扭矩增大,钻头易折断。因此,应根据工件材料的强度和硬度来刃磨合理的锋角,标准麻花钻的锋角 2ϕ 为 118° 。

(6)横刃斜角 ϕ 横刃斜角是主切削刃与横刃在垂直于钻头轴线的平面上投影的夹角。当麻花钻后刀面磨出后, ϕ 自然形成。由图 3-3 可知, 横刃斜角 ϕ 增大, 则横刃长度和轴向抵

抗力减小。标准麻花钻的横刃斜角约为 $50^{\circ} \sim 55^{\circ}$ 。

3. 麻花钻的结构特点及其对切削加工的影响

① 麻花钻的直径受孔径的限制,螺旋槽使钻芯更细,钻头刚度低;仅有两条棱带导向,孔的轴线容易偏斜;横刃使定心困难,轴向抗力增大,钻头容易摆动。因此,钻出孔的形位误差较大。

② 麻花钻的前刀面和后刀面都是曲面,沿主切削刃各点的前角、后角各不相同,横刃的前角达 -55° 。切削条件很差;切削速度沿切削刃的分配不合理,强度最低的刀尖切削速度最大,所以磨损严重。因此,加工的孔精度低。

③ 钻头主切削刃全刃参加切削,刃上各点的切削速度又不相等,容易形成螺旋形切屑,排屑困难。因此切屑与孔壁挤压摩擦,常常划伤孔壁,加工后的表面粗糙度很低。

(三) 深孔钻

深孔一般是指长径比大于 5 以上的孔。钻深孔时,由于切削液不易到达切削区域;刀具的冷却散热条件差,切削温度升高,刀具的耐用度降低;因刀具细长,刚度较差,钻孔时容易发生引偏和振动。因此为了保证深孔加工质量和深孔钻的耐用度,深孔钻的结构必须解决断屑排屑、冷却润滑和导向三个问题。

常用的深孔钻有:接长的麻花钻、扁钻、枪钻(外排屑)、内排屑深孔钻、喷吸钻等。

单件小批生产中的深孔钻削,常采用接长的麻花钻在卧式车床上进行。在加工中,钻头需频繁进退,既影响钻孔效率又增加工人的劳动强度。扁钻加工效率低,质量差,不常用。

1. 枪钻

枪钻因最早用于钻枪孔而得名,多用于加工直径较小($5 \sim 13 \text{ mm}$)、长径比较大($100 \sim 250 \text{ mm}$)的深孔。枪钻的结构如图 3-5(a)所示,由钻头、钻杆、钻柄三部分组成。整个枪钻内部制有前后相通的孔,钻头部分由高速钢或硬质合金制成。其切削部分仅在钻头轴线的一侧制有切削刃,无横刃。钻尖相对钻头轴线偏移距离 e ,将切削刃分成外刃和内刃。余偏角分别为 ϕ_{r1} 、 ϕ_{r2} 。此外,切削刃的前面偏离钻头中心一个距离 H 。通常取 $e = d_0/4$, $\phi_{r1} = 25^{\circ} \sim 30^{\circ}$, $\phi_{r2} = 20^{\circ} \sim 25^{\circ}$, $H = (0.01 \sim 0.025)d_0$ 。

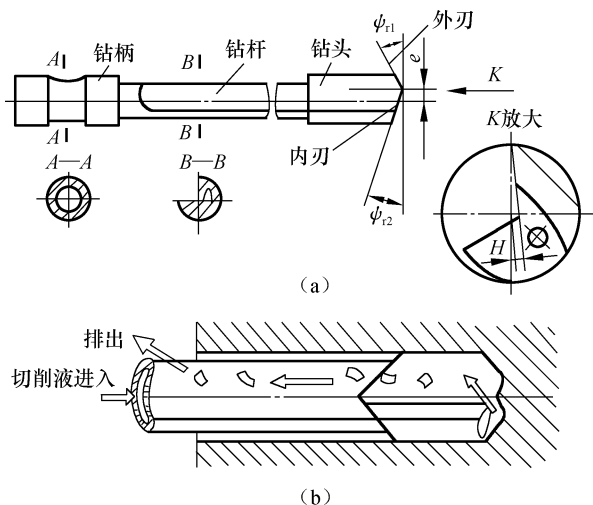


图 3-5 枪钻结构及工作原理

(a) 结构; (b) 工作原理

如图 3-5(b)所示,工作时高压切削液(一般压力为 3.5~10 MPa)从钻柄后部注入,经过钻杆内腔由钻头前面的口喷向切削区。切削液对切削区实现冷却润滑作用,同时以高的压力将切屑经钻头外部的 V 形槽强制排出。由于枪钻的外刃偏角 ϕ_{r1} 略大于内刃偏角 ϕ_{r2} , 因此使外刃所受径向力略大于内刃的径向力。这样使钻头的支承面始终紧贴于孔壁,从而保证了钻削时具有良好的导向性,并可防止孔径扩大。此外,由于钻头前面及切削刃不通过中心,避免了切削速度为零的不利情况,并在孔底形成一直径为 $2H$ 的芯柱,此芯柱在切削进程中具有阻抗径向振动的作用。在切削力的作用下,小芯柱达到一定长度后会自行折断。

2. 错齿内排屑深孔钻

图 3-6 所示为错齿内排屑深孔钻的结构及工作原理。该钻头的切削部分呈交错齿排列,其后部的矩形螺纹与中空的钻杆连接。工作时,压力切削液从钻杆外圆与工件孔壁之间的间隙流入,进入冷却润滑切削区后挟带着切屑从钻杆内孔排出。错齿内排屑深孔钻的结构也具有无横刃、钻尖偏离中心、内外刃偏角不相同等特点。另外,由于采用错齿结构,中心与外缘刀齿可根据切削条件选用不同的刀具材料,以满足切削时对刀片强度及耐磨性的不同要求,且可选择不同槽型的可转位刀片及几何角度,因地制宜地改善切削条件,并保证可靠的分屑与断屑。由于是内排屑结构,因此可将钻杆外径设计得较大一些,以增加刚性。钻孔时可选用较大的进给量,从而提高生产效率。

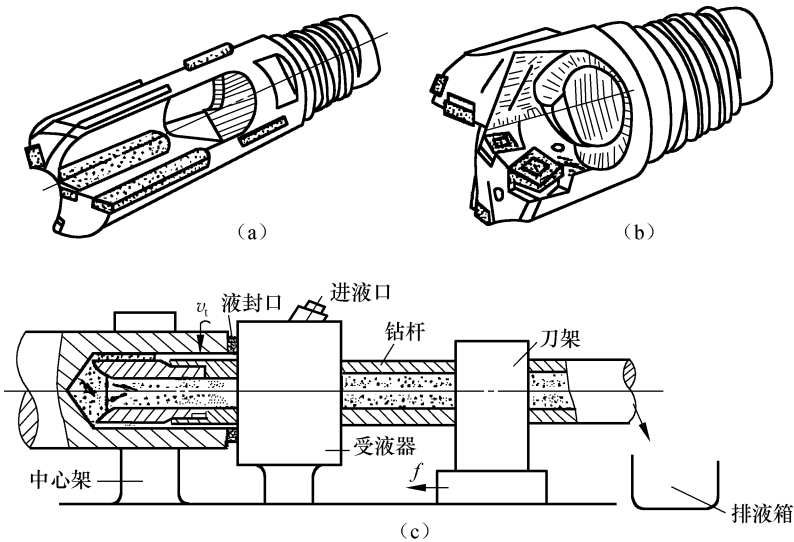


图 3-6 错齿内排屑深孔钻
(a) 焊接式;(b) 可转位式;(c) 工作原理

错齿内排屑钻头适用于加工直径 15~180 mm 的深孔。

3. 喷吸钻

喷吸钻是一种新型的内排屑深孔钻。它的切削部分与错齿内排屑钻头基本相同。喷吸钻的钻杆由内钻管及外钻管组成,内、外钻管之间留有环形空隙。

喷吸钻的工作原理如图 3-7 所示。它利用流体的喷吸效应进行排屑。压力切削液由进液口流入连接装置后分两路流动,其中 2/3 经过内外管的间隙并通过钻头的小孔喷向切削区,对切削部分和导向部分进行冷却、润滑并冲刷切屑。另外 1/3 切削液则通过内钻管上月牙形的喷

嘴高速向后喷出,因此在喷嘴附近形成低压区,从而对切削区形成较强的吸力,将喷入切削区的切削液连同切屑吸向内钻管的后部并排回集屑液箱。这种喷吸效应有效地改善了排屑条件。

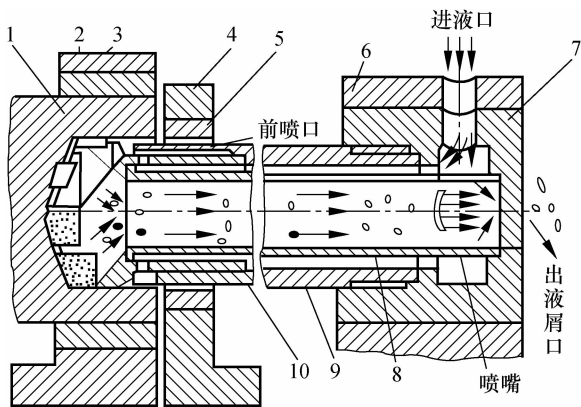


图 3-7 喷吸钻的工作原理

1—工件;2—夹爪;3—中心架;4—引导架;5—导向套;6—支持座;7—连接套;8—内管;9—外管;10—钻头

(四) 扩孔

扩孔刀具主要是指扩孔钻,其结构形状如图 3-8 所示。扩孔钻通常有 3~4 个刀齿,没有横刃,前角和后角沿切削刃的变化小。因此,扩孔加工时导向好,轴向抗力小,切削条件优于钻孔。另外,扩孔钻钻芯粗壮,刚度高,切削过程平稳,加之扩孔余量小,因此,扩孔时可采用较大的切削用量。扩孔的加工质量和生产率均比钻孔高。

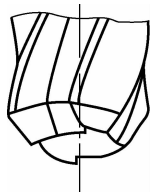


图 3-8 扩孔钻

二、铰削

铰削加工是使用铰刀从工件孔壁切除微量金属层,以提高其尺寸精度和降低表面粗糙度的方法。

(一) 铰孔的工艺范围

① 铰削适用于孔的精加工及半精加工,也可用于磨孔或研孔前的预加工。由于铰孔时切削余量小,切削厚度薄,所以,铰孔后其尺寸公差等级一般为 IT9~IT7,表面粗糙度 R_a 为 $0.63 \sim 5 \mu\text{m}$,精细铰尺寸公差最高可达 IT6,表面粗糙度 R_a 为 $0.32 \sim 0.16 \mu\text{m}$ 。

② 铰削不适合加工淬火钢和硬度太高的材料。

③ 铰削是定尺寸刀具,适合加工小直径孔。

(二) 铰刀

按使用方法的不同,铰刀分为手用铰刀和机用铰刀。铰刀的结构形状如图 3-9 所示。手用铰刀多为直柄,铰削直径范围为 $1 \sim 50 \text{ mm}$ 。手用铰刀的工作部分较长,锥角 2ϕ 较小,导向作用好,可以防止手工铰孔时铰刀歪斜。机用铰刀多为锥柄,铰削直径范围为 $10 \sim 80 \text{ mm}$ 。机用铰刀可安装在钻床、车床、铣床和镗床上铰孔。

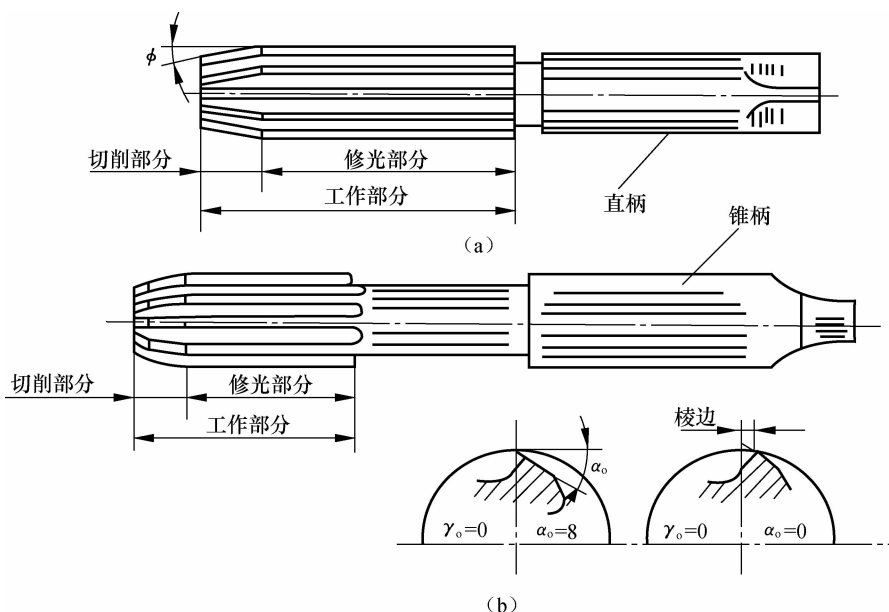


图 3-9 铰刀

(a) 手用铰刀; (b) 机用铰刀

铰刀的工作部分包括切削部分和修光部分。切削部分呈锥形,担负主要的切削工作。修光部分用于矫正孔径、修光孔壁和导向。修光部分的后部具有很小的倒锥,以减少与孔壁之间的摩擦和防止铰削后孔径扩大。

铰刀有 6~12 个刀齿,刃带与刀齿数相同。切削槽浅,刀芯粗壮。因此,铰刀的刚度和导向性比扩孔钻还要好的多。

铰刀的锥角 2ϕ 相当于麻花钻的锋角。半锥角 ϕ 过大,则切削层公称宽度较小,轴向力较大,刀具定位精度低;半锥角 ϕ 过小,则切削层公称宽度较大,不利于排屑。手用铰刀 ϕ 为 $0.5^\circ \sim 1.5^\circ$,机用铰刀 ϕ 为 $5^\circ \sim 15^\circ$ 。铰削塑性、韧性材料时, ϕ 取较大值;铰削脆性材料时, ϕ 取较小值。

铰刀的前角一般为零度,加工韧性材料的粗铰刀,前角可取 $5^\circ \sim 10^\circ$ 。后角大小主要影响刀齿强度和表面粗糙度,在保证质量的条件下,应选较小的后角,切削部分的后角一般为 $5^\circ \sim 8^\circ$ 。修光部分的后角为零度。图 3-9(b)所示左局部视图是切削部分刀齿的前、后角,而右局部视图是修光部分刀齿的前、后角。

(三) 铰孔时应注意的问题

① 铰削余量要适中。余量过大,会因切削热多而导致铰刀直径增大,孔径扩大;余量过小,会留下底孔的刀痕,使表面粗糙度达不到要求。粗铰余量一般为 $0.15 \sim 0.35 \text{ mm}$,精铰余量一般为 $0.05 \sim 0.15 \text{ mm}$ 。

② 铰削精度较高。铰刀齿数较多,心部直径大,导向及刚性好。铰削余量小,且综合了切削和挤光作用,能获得较高的加工精度和表面质量。

③ 铰削时采用较低的切削速度,并且要使用切削液,以免积屑瘤对加工质量产生不良影响。粗铰时取 $0.07 \sim 0.17 \text{ m/s}$,精铰时取 $0.025 \sim 0.08 \text{ m/s}$ 。

④ 铰刀适应性很差。一把铰刀只能加工一种尺寸、一种精度要求的孔。且直径大于

80 mm的孔不适宜铰削。

⑤ 为防止铰刀轴线与主轴轴线相互偏斜而引起的孔轴线歪斜、孔径扩大等现象,铰刀与主轴之间应采用浮动连接。当采用浮动连接时,铰削不能校正底孔轴线的偏斜,孔的位置精度应由前道工序来保证。

⑥ 机用铰刀不可倒转,以免崩刃。

三、镗削

镗削加工是用镗刀在已加工孔或铸出孔的工件上使孔径扩大并达到加工精度要求和表面粗糙度要求的加工方法。

(一) 镗孔的工艺范围

① 镗孔常用于铰孔、磨孔前的预加工和孔的终加工。加工精度可达到 IT8~IT6,表面粗糙度达 $Ra6.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 。

② 适合于加工大直径孔,特别对于大于 100 mm 的较大直径孔,镗孔几乎是唯一的加工方法。

③ 镗孔具有较强的误差修正能力。镗孔不但能修正上道工序所造成的孔中心线偏斜误差,而且能够保证被加工孔和其他表面(或中心要素)保持一定的位置精度,所以非常适合平行孔系、同轴孔系和垂直孔系的加工。但镗轴采用浮动连接时,孔的尺寸精度和位置精度则由镗模来保证。

(二) 镗床

镗床的主要工作是用镗刀进行镗孔。适合用镗刀镗削大、中型零件上铸出或已粗加工的孔,特别适宜于加工分布在不同表面上、孔距和位置精度要求很严格的孔系。加工时刀具旋转形成主运动,进给运动则根据机床类型和加工条件不同,可由刀具或工件完成。

镗床主要可分为卧式铣镗床、坐标镗床和金刚镗床等。

1. 卧式铣镗床

卧式铣镗床的工艺范围非常广泛,除镗孔外,还可车端面、铣平面、钻孔、扩孔、铰孔及车螺纹等。因此,卧式铣镗床能在工件一次装夹中完成大部分或全部加工工序。其加工方法如图 3-10 所示。

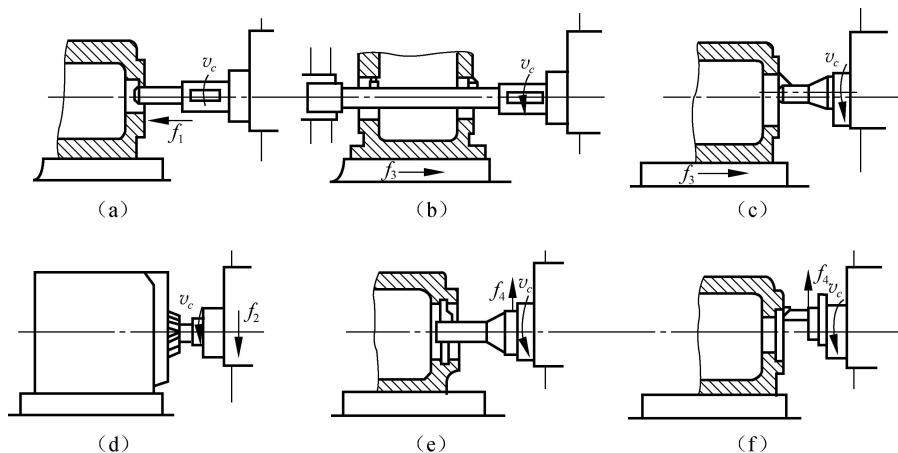


图 3-10 卧式铣镗床的典型加工方法

图 3-10 中,图(a)为用镗轴上的悬伸刀杆镗孔,由镗轴移动完成纵向进给运动(f_1);图(b)为利用后立柱支承长刀杆镗削同一轴线上的孔,工作台完成纵向进给运动(f_3);图(c)为用装在平旋盘上的悬伸刀杆镗削大直径孔,工作台完成纵向进给运动(f_3);图(d)为用装在镗轴上的端铣刀铣平面,主轴箱完成垂直进给运动(f_2);图(e)、(f)为用装在平旋盘刀具溜板上的车刀车内沟槽和端面,刀具溜板作径向进给运动(f_4)。

卧式铣镗床由床身 1、主轴箱 9、工作台 5、平旋盘 7 和前、后立柱 8、2 等组成(图 3-11)。主轴箱 9 安装在前立柱垂直导轨上,可沿导轨上下移动。主轴箱装有主轴部件、平旋盘、主运动和进给运动的变速机构及操纵机构等。机床的主运动为主轴 6 或平旋盘 7 的旋转运动。根据加工要求,镗轴可作轴向进给运动或平旋盘上径向刀具溜板在随平旋盘旋转的同时,作径向进给运动。工作台由下滑座 3、上滑座 4 和工作台 5 组成。工作台可随下滑座沿床身导轨作纵向移动,也可随上滑座沿下滑座顶部导轨作横向移动。工作台 5 还可在沿上滑座 4 的环行导轨上绕垂直轴线转位,以便加工分布在不同面上的孔。后立柱垂直导轨上有支承架用以支承较长的镗杆,以增加镗杆的刚性。支承架可沿后立柱导轨上下移动,以保持与镗轴同轴;后立柱可根据镗杆长度作纵向位置调整。

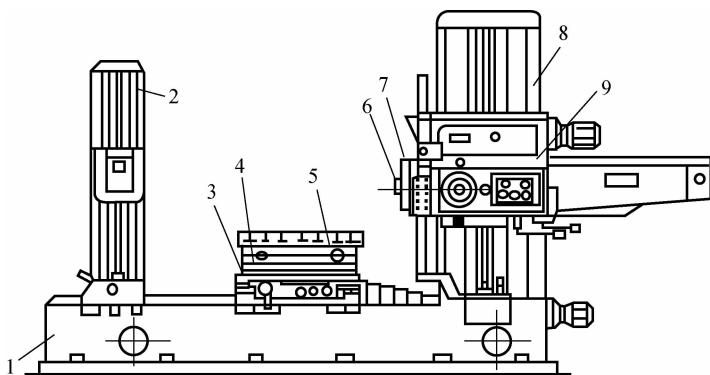


图 3-11 卧式铣镗床外形

1—床身;2—后立柱;3—下滑座;4—上滑座;5—工作台;6—主轴;7—平旋盘;8—前立柱;9—主轴箱

由此可见,卧式铣镗床可根据加工情况,作以下运动:

- ① 镗轴或平旋盘的旋转主运动;
- ② 镗轴的轴向进给运动;
- ③ 平旋盘刀具溜板的径向进给运动;
- ④ 主轴箱的垂直进给运动;
- ⑤ 工作台的纵、横向进给运动。

镗床还可以作以下辅助运动:工作台纵、横向及主轴箱垂直方向的调位移动,工作台转位,后立柱的纵向及后支承架的垂直方向的调位移动。

目前卧式铣镗床已在很大程度上被卧式加工中心所取代。

2. 坐标镗床

坐标镗床是一种高精度机床。主要用于单件小批生产的工具车间对夹具的精密孔、孔系和模具零件的加工,也可用于生产车间成批的对各类箱体、缸体和机体的精密孔系加工。这类机床的零部件制造和装配精度很高,并具有良好的刚性和抗振性,还具有工作台、主轴箱等运动

部件的精密坐标测量装置,能实现工件和刀具的精密定位。所以,坐标镗床加工的尺寸和形状精度及孔距精度都很高。

坐标镗床按其布局形式分单柱、双柱和卧式坐标镗床三种形式。

(1) 单柱坐标镗床 其布局形式如图 3-12 所示,主轴箱装在立柱的垂直导轨上,可上下调整位置,以适应加工不同高度的工件。主轴由精密轴承支撑在主轴套筒中(其结构形式与钻床主轴相同,但旋转精度和刚度要高得多),由主传动机构传动其旋转,实现主运动。当进行孔加工时,主轴由套筒带动,在垂直方向作机动或手动进给运动。镗孔坐标位置由工作台沿床鞍导轨的纵向移动和床鞍沿床身导轨的横向移动来确定。当进行铣削时,则由工作台纵向或横向移动来完成进给运动。

这种机床工作台三面敞开,操作方便,但主轴箱悬臂安装在立柱上,工作台尺寸越大,主轴中心线离立柱也就越远,影响机床刚度和加工精度,所以,这种机床一般为中、小型机床(工作台面宽度小于 630 mm)。

(2) 双柱坐标镗床 这类坐标镗床具有两个立柱、顶梁和床身构成的龙门框架,其结构如图 3-13 所示,主轴箱装在可沿方柱导轨上下调整位置的横梁上,工作台支承在床身导轨上。镗孔坐标位置由主轴箱沿横梁导轨移动和工作台床身导轨移动来确定。双柱式一般为大、中型机床。

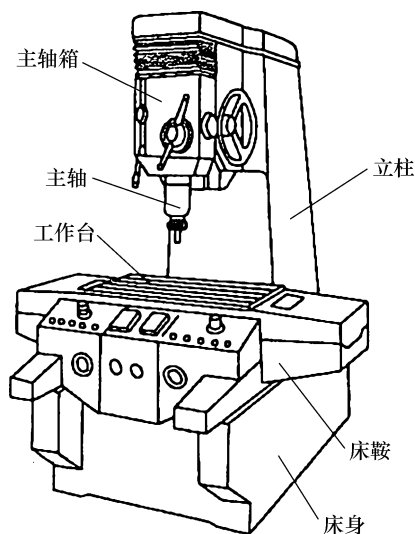


图 3-12 单柱坐标镗床

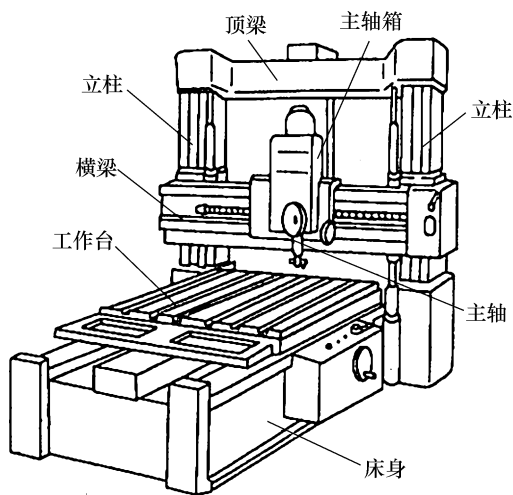


图 3-13 双柱坐标镗床

(3) 卧式坐标镗床 这类镗床的特点是主轴水平布置,如图 3-14 所示。装夹工件的工作台由下滑座、上滑座及可作精密分度的回转工作台组成。镗孔坐标由下滑座沿床身导轨的纵向移动和主轴箱沿立柱导轨的垂直方向移动来确定。进行孔加工时,可由主轴轴向移动完成进给运动,也可由上滑座移动完成。卧式坐标镗床具有较好的工艺性能,工件高度不受限制,且装夹方便,利用工作台的分度运动,可在工件一次装夹中完成多方向孔与平面等的加工。所以,近年来这类坐标镗床应用越来越广泛。

(三) 镗刀

镗刀分为单刃镗刀和双刃镗刀两大类。

1. 单刃镗刀(图 3-15)

单刃镗刀只有一个主切削刃在单方向进行切削,结构简单、制造方便、通用性大,用一把镗刀可以加工不同直径的孔。

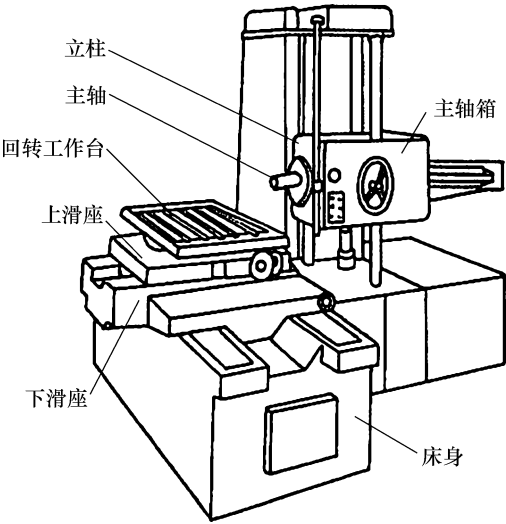


图 3-14 卧式坐标镗床

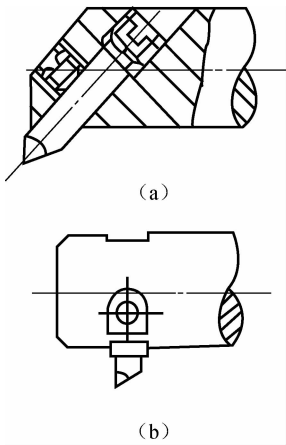


图 3-15 镗刀

(a) 盲孔镗刀;(b) 通孔镗刀

2. 双刃镗刀

双刃镗刀的两刀刃在两个对称方向同时切削,故可消除由径向力 F_y 对镗杆的作用而造成的加工误差。这种镗刀切削时,孔的直径尺寸是由刀具保证的,刀具外径是根据工件孔径确定的,结构比单刃镗刀复杂。刀片和刀杆制造较困难,但生产率较高,所以,适用于加工精度要求较高,生产批量大的场合。

双刃镗刀可分为定装镗刀和浮动镗刀两种。

(1) 整体定装镗刀(图 3-16) 此种镗刀的直径尺寸不能调节。刀片一端有定位凸肩,供刀片装在镗杆中定位用。刀片用螺钉或楔块紧固在镗杆中。

(2) 可调浮动镗刀(图 3-17) 此种镗刀的直径尺寸可在一定范围内调节。镗孔时,刀片不紧固在刀杆上,可以浮动和自动定心。刀片位置由两切削刃上的切削力平衡,故可消除由于镗杆偏摆及刀片安装所造成的误差。但这种镗刀不能校准孔的轴线歪斜。

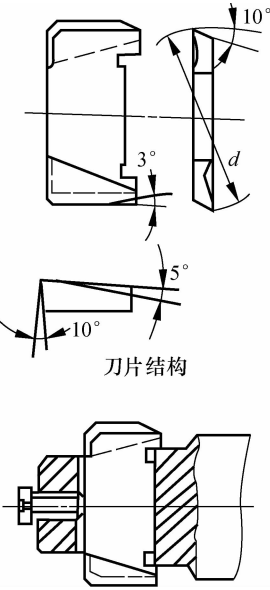


图 3-16 定装双刃镗刀

(四) 孔系的加工

孔系分为同轴孔系、垂直孔系和平行孔系,如图 3-18 所示。

1. 镗同轴孔系

同轴孔系的主要技术要求为同轴线上各孔的同轴度,生产中常采用以下几种方法加工:

(1) 导向法 单件小批生产时,箱体孔系一般在通用机床上加工,镗杆的受力变形会影响

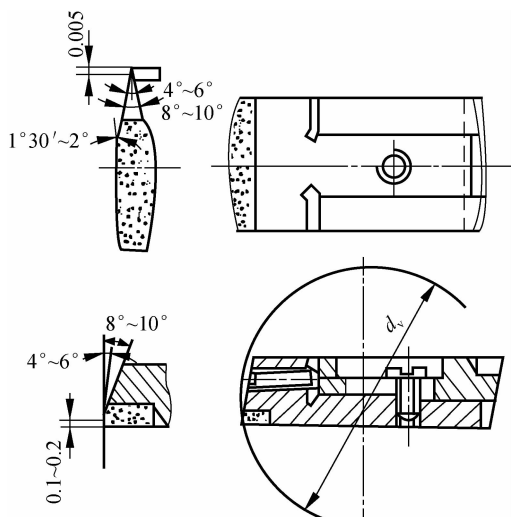


图 3-17 可调浮动镗刀

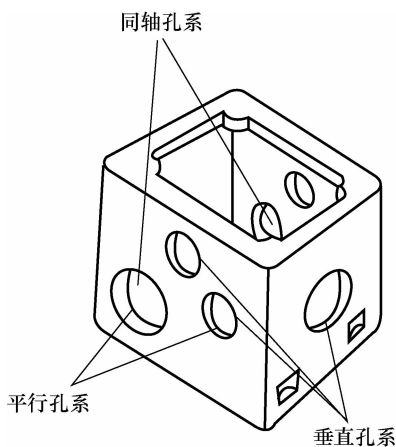


图 3-18 箱体上的几种孔系

孔的同轴度,可采用导套导向加工同轴孔。

① 用镗床后立柱上的导向套作支承导向。将镗杆插入镗轴锥孔中,另一端由尾立柱支承,装上镗刀,调好尺寸,镗轴旋转,工作台带动工件作纵向进给运动,即可镗出两同轴孔。若两孔径不等,可在镗杆不同位置上装两把镗刀将两孔先后或同时镗出,如图 3-10(b)所示。此法的缺点是后立柱导套的位置调整麻烦费时,需心轴量块找正,一般适用于大型箱体的加工。

② 用已加工孔作支承导向。当箱体前壁上的孔加工完毕,可在孔内装一导向套,以支承和引导镗杆加工后面的孔,来保证两孔的同轴度。此法适用于箱壁相距较近的同轴孔加工。

(2) 找正法 找正法是在工件一次安装镗出箱体一端的孔后,将镗床工作台回转 180° ,再对箱体另一端同轴线的孔进行找正加工。找正后保证调头后镗杆轴线与已加工孔轴线位置精确重合。

如图 3-19 所示,镗孔前用装在镗杆上的百分表对箱体上与所镗孔轴线平行的工艺基面进行校正,使其与镗杆轴线平行[图 3-19(a)],然后调整主轴位置加工箱体 A 壁上的孔。镗孔后回转工作台 180° ,重新校正工艺基面对镗杆轴线的平行度[图 3-19(b)],再以工艺基面为统一测量基准,调整主轴位置,使镗杆轴线与 A 壁上孔轴线重合,即可加工箱体 B 壁上的孔。

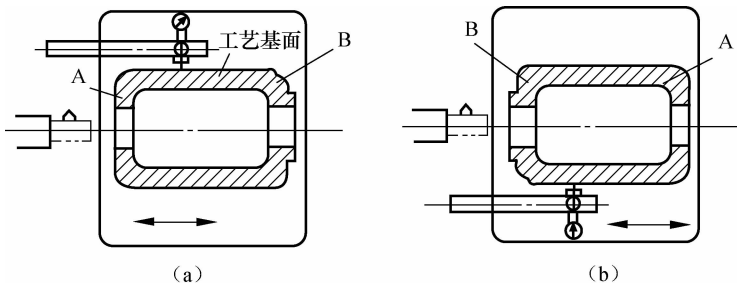


图 3-19 找正法加工同轴孔系

(3) 镗模法 在成批大量生产中,一般采用镗模加工,其同轴度由镗模保证。如图 3-20

所示,工件装夹在镗模上,镗杆支承在镗套的前后导向孔中,由导向套引导镗杆在工件的正确位置上镗孔。

用镗模镗孔时,镗杆与机床主轴通过浮动夹头(图 3-20 中件 1)与镗杆采用浮动连接,保证孔系的加工精度不受机床精度的影响。图 3-20 中孔的同轴度主要取决于镗模的精度,因而可以在精度较低的机床上加工精度较高的孔系。同时有利于多刀同时切削,且定位夹紧迅速,生产率高。但是,镗模的精度要求高,制造周期长,生产成本低。因此镗模法加工孔系适用于成批大量生产,对一些精度要求较高,结构复杂的箱体孔系,单件小批生产往往也采用镗模法加工。

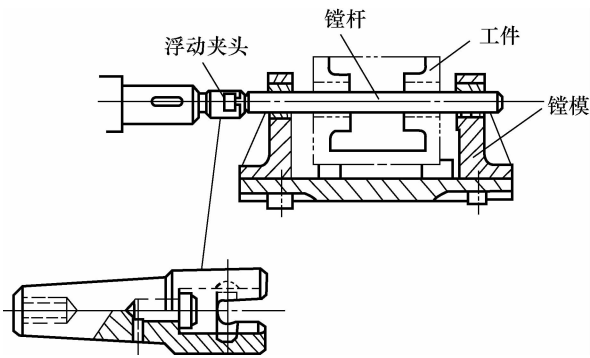


图 3-20 用镗模加工同轴孔系

用镗模法加工孔系,既可在通用机床上加工,也可在专用机床或组合机床上加工。

2. 镗平行孔系

平行孔系的主要技术要求是各平行孔中心线之间及孔中心线与基准面之间的距离尺寸精度和相互位置精度。生产中常采用以下几种方法：

(1) 坐标法 坐标法镗孔是将被加工孔系间的孔距尺寸换算成两个相互垂直的坐标尺寸,然后按此坐标尺寸精确地调整机床主轴和工件在水平与垂直方向的相对位置,通过控制机床的坐标位移尺寸和公差来保证孔距尺寸精度。

(2) 找正法 找正法加工是在通用机床上镗孔时,借助一些辅助装置去找正每一个被加工孔的正确位置。常用的找正方法有：

① 划线找正法。加工前按图样要求在毛坯上划出各孔的位置轮廓线,加工时按划线找正,同时结合试切法进行加工。划线需手工操作,难度较大,加工精度受工人技术水平影响较大,加工孔距精度低,生产率低,因此,一般适用于孔距精度要求不高,生产批量较小的孔系加工。

② 量块心轴找正法。如图 3-21 所示,将精密心轴分别插入机床主轴孔和已加工孔中,然后组合一定尺寸的量块来找正主轴的位置。找正时,在量块心轴间要用塞尺测定间隙,以免量块与

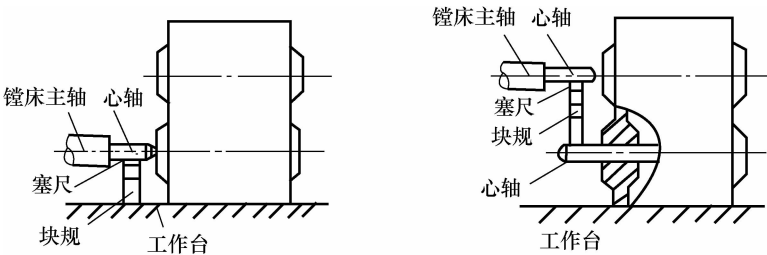


图 3-21 量块心轴找正法

心轴直接接触而产生变形。此法可达到较高的孔距精度,但生产率低,适用于单件小批生产。

(3) 镗模法 在成批大量生产中,一般采用镗模加工,其平行度由镗模来保证。

3. 镗垂直孔系

垂直孔系的主要技术要求为各孔间的垂直度。生产中常采用以下两种方法:

(1) 找正法 单件小批生产中,一般在通用机床上加工。镗垂直孔系时,当一个方向的孔加工完毕可将工作台调转 90° ,再镗第二个孔。孔系的垂直度精度靠镗床工作台的 90° 对准装置来保证。当普通镗床工作台的 90° 对准装置精度不高时,可用心棒与百分表进行找正,即在加工好的孔中插入心棒,然后将工作台回转,摇动工作台用百分表找正。

(2) 镗模法 在成批生产中,一般采用镗模法加工,其垂直度由镗模保证。

(五) 镗孔的工艺特点

(1) 适应性强 镗削孔径尺寸范围很广,且一把镗刀可以加工不同直径的孔;加工精度可高可低;镗削材料可以是塑性金属材料,也可以是脆性金属材料。

(2) 能修正底孔轴线的位置 镗削时通过调整刀具和工件的相对位置,可以校正底孔的轴线位置,保证孔的位置精度。

(3) 加工精度较低 镗刀与镗杆的刚度取决于孔的尺寸和位置。小尺寸的镗刀易振动,特别是镗削细长孔时。另外,镗削加工时排屑和使用切削液都不方便,影响加工质量。但采用金刚石镗刀进行精细镗削时,可获得较小的表面粗糙度和尺寸精度。

(4) 成本较低 镗刀结构简单,刃磨方便,加工尺寸范围大。在单件小批生产中采用镗削加工较经济;在大批量生产中,需使用镗模完成镗削加工。

(5) 生产率低 一般来说,镗刀的切削刃少,生产率不如铰削。

任务三 平面加工

一、刨削与插削

刨削加工是以刨刀(或工件)的直线往复运动为主运动,以方向与之垂直的工件(或刨刀)的间歇移动为进给运动的切削加工方法。按照切削时主运动方向的不同,刨削可分为水平刨削和垂直刨削。水平刨削一般称之为刨削,垂直刨削则称为插削。

1. 刨削加工的工艺范围

刨削主要用于粗加工、半精加工各种平面和沟槽。在精度高、刚性好的龙门刨床上也可以用宽刃刨刀作细刨以代替刮研。通常,刨削的经济加工精度可达到 IT9~IT7 级,表面粗糙度为 $Ra12.5\sim1.6\mu\text{m}$ 。

2. 刨床与插床

刨床类机床主要用于加工各种平面(如水平面、垂直面及斜面等)和沟槽(如 T 形槽、燕尾槽、V 形槽等),此外,还可以在刨床上加工一些简单的成形曲面。插床主要用于加工工件的内表面,如内孔键槽及多边形孔等。

刨床类机床主要有龙门刨床、牛头刨床和插床三种类型。

(1) 龙门刨床 图 3-22 为龙门刨床的外形图。机床的主运动是工作台沿床身导轨作水

平的直线往复运动。床身的两侧固定有立柱，两立柱由顶梁连接，形成结构刚性较好的龙门框架。横梁上装有两个垂直刀架，可分别作横向和垂直方向间歇进给运动及快速调整移动。横梁可沿立柱垂直导轨作升降移动，以调整垂直刀架位置，适应不同高度的工件加工。横梁升降位置确定后，由夹紧机构夹紧在两个立柱上。左右立柱分别装有侧刀架，可分别沿垂直方向作自动进给和快速调整移动，以加工侧平面。

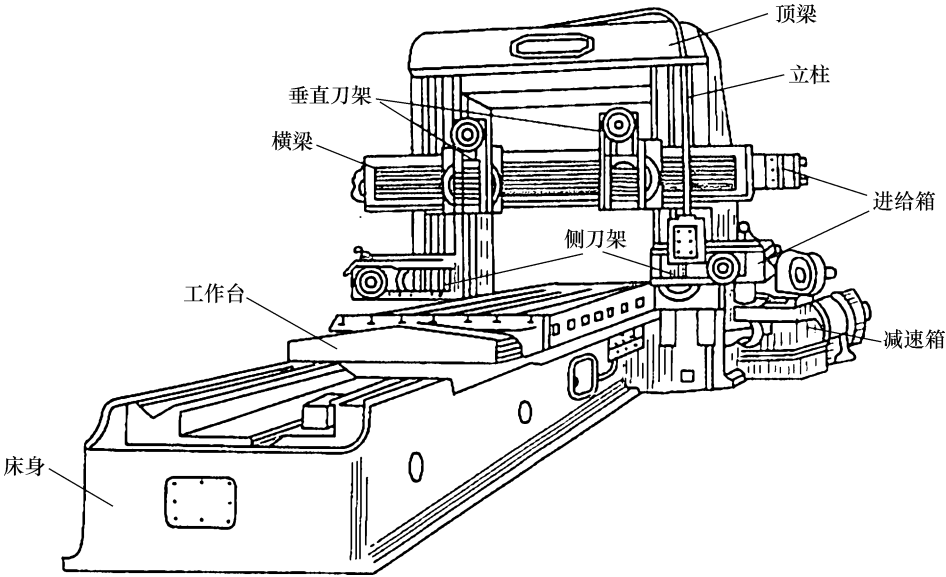


图 3-22 龙门刨床

龙门刨床主要用于加工大型或重型零件上的各种平面、沟槽和导轨面，也可在工作台上一次装夹数个中小型零件进行多件加工。大型龙门刨床往往还附有铣头和磨头等部件，以便使工件在一次安装中完成刨、铣及磨平面等工作，这种机床又称为龙门刨铣床或龙门刨铣磨床。

(2) 牛头刨床 图 3-23 所示牛头刨床因其滑枕刀架形似“牛头”而得名，它主要用于加工

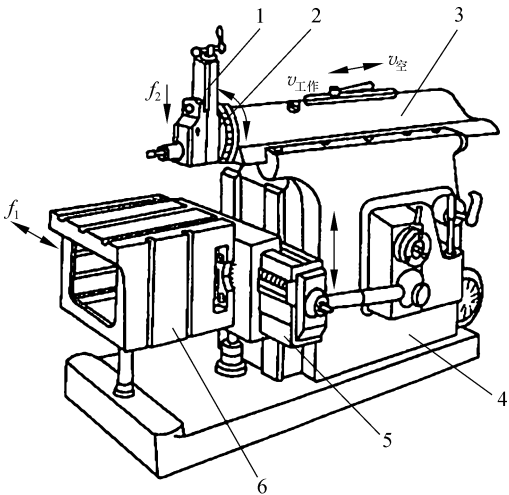


图 3-23 牛头刨床

1—刀架；2—转盘；3—滑枕；4—床身；5—横梁；6—工作台

中小型零件。机床的主运动机构装在床身 4 内,由主运动机构带动滑枕 3 沿床身顶部的水平导轨作往复运动。刀架可沿刀架座上的导轨移动(一般为手动),以调整刨削深度,以及在加工垂直平面和斜面时作进给运动。调整转盘 2,可使刀架左右回转 60° ,以便加工斜面或斜槽。加工时,工作台 6 带动工件沿横梁 5 作间歇的横向进给运动。横梁可沿床身的垂直导轨上下移动,以调整工件与刨刀的相对位置。

(3) 插床 见图 3-24 所示插床实质上是立式牛头刨床。滑枕 2 可沿滑枕导轨座 3 上的导轨作上下方向往复运动,使刀具实现主运动,向下为工作行程,向上为空行程。滑枕导轨座 3 可以绕销轴 4 在小范围内调整角度,以便加工倾斜的内外表面。床鞍 6 和溜板 7 可分别作横向及纵向进给,圆工作台 1 可绕垂直轴线旋转,完成圆周进给或进行分度。圆工作台在上述各方向的进给运动均在滑枕空行程结束后的短时间内进行。分度装置 5 用于完成对工件的分度。

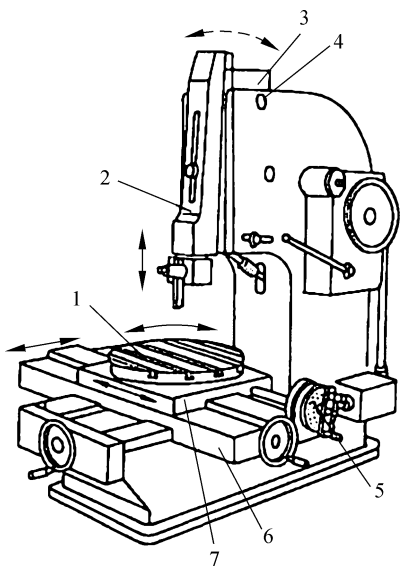


图 3-24 插床

1—圆工作台;2—滑枕;3—滑枕导轨座;4—销轴;
5—分度装置;6—床鞍;7—溜板

3. 刨刀与插刀

(1) 刨刀 刨刀的刀柄较粗,一般应呈弯曲状,如图 3-25(b)所示。当切削力突然增大时,刀柄的变形将使刀尖离开工件,从而保护了刀尖和加工表面。如果做成直刀柄,如图 3-25(a)所示,则刀柄受力变形时,刀尖将绕 O 点转动,扎入工件,既损坏了已加工表面,又可能损坏刀具。

(2) 插刀 把刨刀的水平切削位置转到垂直位置,即为插刀,如图 3-26 所示。但是,插刀受被加工内表面的限制,刚度较低。若前角过大,容易产生“扎刀”现象;若前角过小,又容易产生“让刀”现象。因此,插削加工精度不如刨削,表面粗糙度值较大。

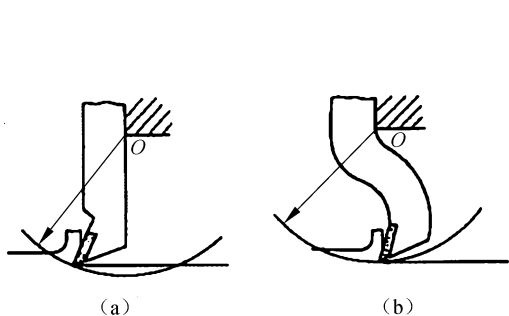


图 3-25 刨刀的刀柄
(a) 直刀柄;(b) 弯刀柄

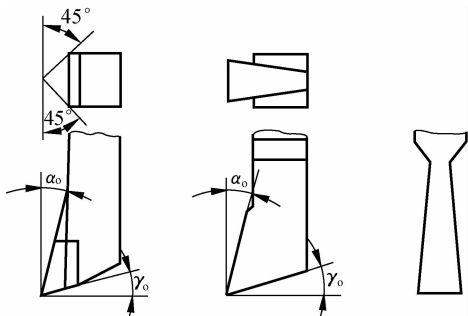


图 3-26 常用插刀

4. 刨、插削加工工艺特点

(1) 刨削加工工艺特点

① 加工质量中等。一般来说,刨削加工切削速度低,有冲击和振动现象,加工质量一般,

但是,刨床通用性好,换刀方便,可以在一次装夹中加工几个不同的表面,用机床精度保证加工表面之间的位置精度。另外,刨削大平面时无接刀痕,表面质量较好。但是,用宽刃细刨的加工方法,可以达到相当高的精度和相当好的表面质量。

② 生产率低。刨削时的直线往复运动,不仅限制了切削速度的提高,而且空行程又显著降低了切削效率。因此,刨削加工生产率较低。

③ 加工成本较低。刨床结构简单,调整方便。刨刀制造、刃磨容易,因此,刨削加工成本较低。

(2) 插削加工工艺特点 插刀的工作条件不如刨刀。插削的加工质量和生产率不如刨削。插削主要用于单件小批生产。

二、铣削

铣削是以铣刀的旋转作主运动,工件或铣刀作进给运动的切削加工方法。

(一) 铣削加工的工艺范围

铣削和刨削一样用于平面和沟槽的粗加工、半精加工。铣刀是多刃刀具,在铣削加工中同时几个刀齿参与切削,所以铣削的生产率一般比刨削高。但铣削有时是断续切削,刀具容易振动,影响加工精度。铣削尺寸精度一般可达到 IT9~IT7 级,表面粗糙度 Ra 为 $6.3\sim1.6\mu\text{m}$ 。

(二) 铣床

铣床的特点是以多齿刀具的旋转运动为主运动,而进给运动可根据加工要求,由工件在相互垂直的三个方向中,作某一方向运动来实现。

铣床的工艺范围很广,可以加工水平面、垂直面、T 形槽、键槽、燕尾槽,利用铣床附件——分度头还可加工螺纹、螺旋槽、分齿零件(齿轮、链轮等),除此之外还可加工成形面等(见图 3-27)。

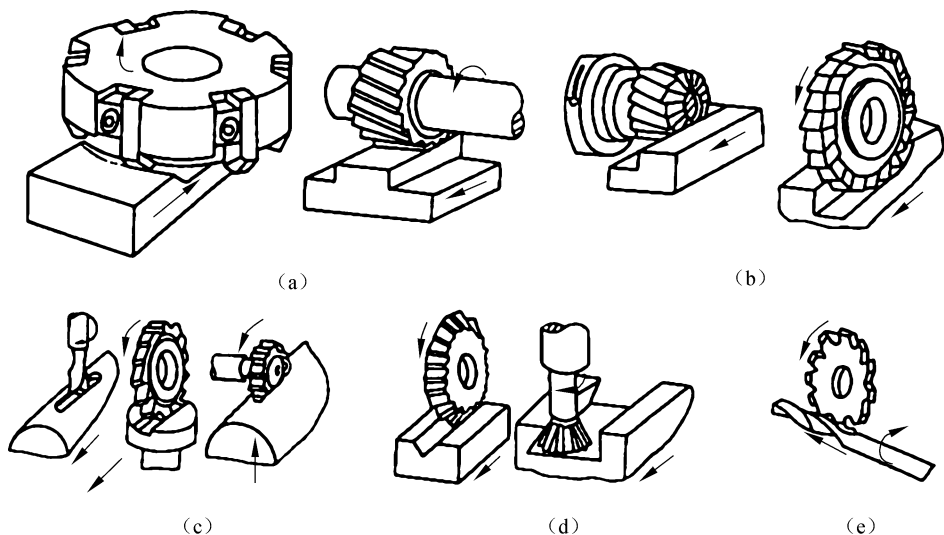


图 3-27 铣床的主要工作

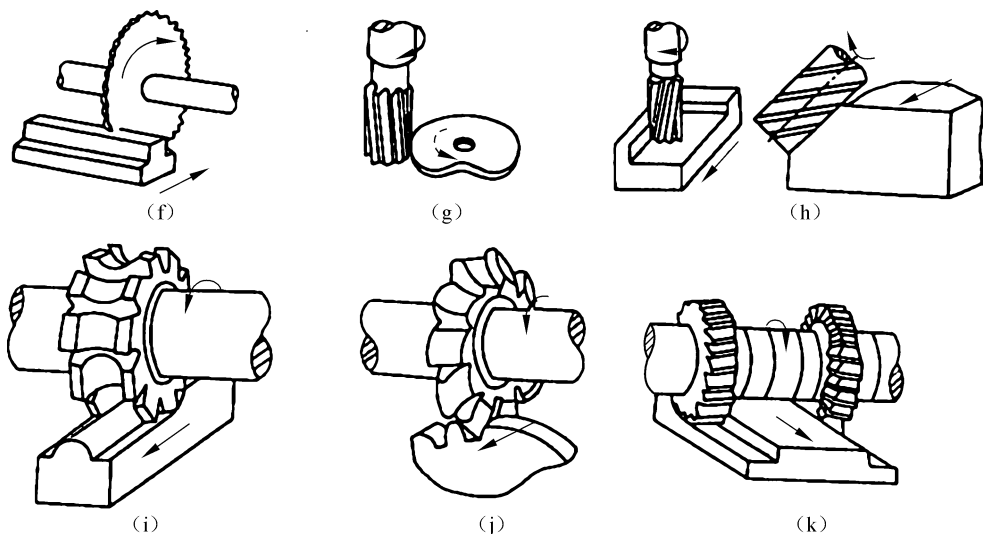


图 3-27 铣床的主要工作(续)

(a) 铣平面; (b) 铣台阶; (c) 铣槽; (d) 铣形成槽; (e) 铣螺旋槽; (f) 切断; (g) 铣凸轮; (h) 立铣刀铣平面;
(i) 铣成形面; (j) 铣齿轮; (k) 组合铣刀铣台阶

铣床的主要类型有升降台铣床、圆工作台铣床、工具铣床、龙门铣床;此外还有仿形铣床、仪表铣床和各种专门化铣床(如键槽铣床、曲轴铣床)等。

1. 升降台铣床

升降台铣床有卧式升降台铣床、万能升降台铣床和立式升降台铣床三类,适用于单件、小批及成批生产中加工小型零件。

万能升降台铣床的外形如图 3-28 所示。床身 2 固定在底座 1 上,用以安装和支承其他部件。床身内装有主轴部件、主变速传动装置及其变速操纵机构。悬梁 3 安装在床身顶部,并可沿燕尾导轨调整前后位置。悬梁上的刀杆支架 4 用于支承刀杆,以提高其刚性。升降台 8 安装在床身前侧面垂直导轨上,可作上下移动。升降台内装进给运动传动装置及其操纵机构。升降台的水平导轨上装有床鞍 7,可沿主轴轴线方向作横向移动。床鞍 7 上装有回转盘 9,回转盘上面的燕尾导轨上安装有工作台 6。因此,工作台除了可沿导轨作垂直于主轴轴线方向的纵向移动外,还可通过回转盘,绕垂直轴线在 $\pm 45^\circ$ 范围内调整角度,以便铣削螺旋表面。

卧式升降台铣床、立式升降台铣床与万能升降台铣床的区别在于立式升降台铣床的主轴垂直放置,而卧式、万能升降台铣床的主轴水平放置;卧式、立式升降台铣床在工作台和床鞍之间没有回转盘。

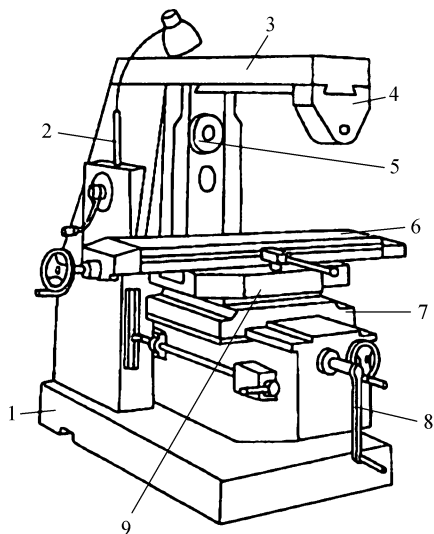


图 3-28 万能升降台铣床外形图

1—底座;2—床身;3—悬梁;4—刀杆支架;5—主轴;
6—工作台;7—床鞍;8—升降台;9—回转盘

2. 铣床附件——万能分度头

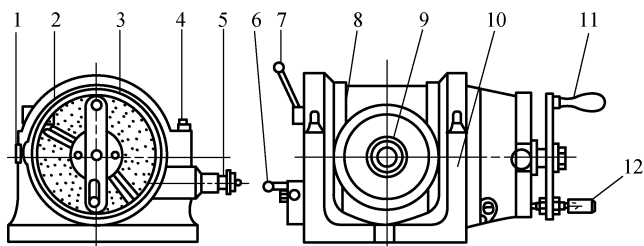
(1) 分度头的用途和传动系统 万能分度头是升降台铣床所配备的重要附件之一,用来扩大机床的工艺范围。分度头安装在铣床工作台上,被加工工件支承在分度头主轴顶尖与尾座顶尖之间或安装于分度头主轴前端的卡盘上。利用分度头可进行以下工作:

① 使工件绕分度头主轴轴线回转一定角度,以完成等分或不等分的分度工作。如使用于加工方头、六角头、花键、齿轮以及多齿刀具等。

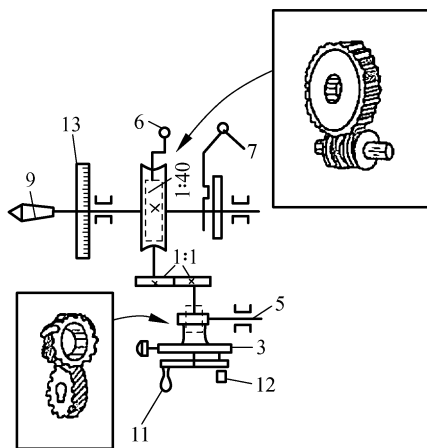
② 通过分度头使工件的旋转与工作台丝杠的纵向进给保持一定运动关系,以加工螺旋槽、螺旋齿轮及阿基米德螺旋线凸轮等。

③ 用卡盘夹持工件,使工件轴线相对于铣床工作台倾斜一定角度,以加工与工件轴线相交成一定角度的平面、沟槽及直齿锥齿轮等。

图 3-29 所示为 FW250 型万能分度头的外形及传动系统。分度头主轴 9 安装在回转体 8 内,回转体 8 以两侧轴颈支承在底座 10 上,并可绕其轴线,沿底座 10 的环形导轨转动,使主轴在水平线以下 6° 至水平线以上 90° 范围内调整倾斜角度,调整后由回转体锁紧螺钉 4 锁紧。主轴前端有一莫氏锥孔,用以安装支承工件的顶尖;主轴前端还有一定位锥面,可用于三爪自定心卡盘的定位及安装。其后端莫氏锥孔用于安装挂轮轴,并经挂轮与侧轴连接实现差动分度。



(a)



(b)

图 3-29 FW250 型分度头

(a) 外形; (b) 传动系统

1—紧固螺钉; 2—分度叉; 3—分度盘; 4—螺钉; 5—侧轴; 6—蜗杆脱落手柄; 7—主轴锁紧手柄;
8—回转体; 9—主轴; 10—底座; 11—分度手柄; 12—分度定位销; 13—刻度盘

分度头侧轴 5 可装上配换挂轮,以建立与工作台丝杠的运动联系。在分度头侧面可装上分度盘 3,分度盘在若干不同圆周上均布着不同的孔数。转动分度手柄 11,经传动比为 $1:1$ 的螺旋齿轮副和 $1:40$ 的蜗杆蜗轮副,带动主轴 9 回转。通过手柄 11 转过的转数,及装在手柄槽内分度定位销 12 插入分度盘上孔的位置,就可使主轴转过一定角度,进行分度。FW250 型万能分度头备有两块分度盘,供分度时选用,每块分度盘前后两面皆有孔,正面 6 圈孔,反面 5 圈孔。它们的孔数分别为:

第一块:正面每圈孔数:24、25、28、30、34、37;

反面每圈孔数:38、39、41、42、43。

第二块:正面每圈孔数:46、47、49、51、53、54;

反面每圈孔数:57、58、59、62、66。

(2) 分度方法 万能分度头常用的分度方法有:直接分度法、简单分度法及差动分度法等。

① 直接分度法。首先松开主轴锁定手柄 7,并用操纵手柄 6 使蜗杆与蜗轮脱开啮合,然后用手直接转动主轴,并按刻度盘 13 控制主轴的转角,最后用锁定手柄 7 锁紧主轴,铣削工件表面。

直接分度法用于对分度精度要求不高,且分度次数较少的工件。

② 简单分度法。直接利用分度盘进行分度的方法称简单分度法。这种方法适用于图样上给定的是齿数、节距等工件,如直齿圆柱齿轮、链轮、花键等。用于加工工件的分度数与分度头传动系统中的 40 可相约的场合。分度时用分度盘紧固螺钉 1 锁定分度盘,拔出定位插销 12 转动分度手柄 11,通过传动系统使分度头主轴转过所需的角,然后将定位插销插入分度盘相应的孔中。

设被加工工件所需分度数为 z (即在一周内分成 z 个等分),每次分度时分度头主轴应转过 $1/z$ 转,根据传动关系,这时手柄对应转过的转数可按下式求得

$$n_{\text{手}} = \frac{1}{z} \times \frac{40}{1} \times \frac{1}{1} = \frac{40}{z} \text{ 转}$$

为使分度时容易记忆,可将上式写成如下形式

$$n_{\text{手}} = \frac{40}{z} = \frac{a+p}{q}$$

式中 a ——每次分度时手柄所转过的整数转(当 $\frac{40}{z} < 1$ 时, $a=0$);

q ——所用分度盘中孔圈的孔数;

p ——手柄转过整数转后,在 q 个孔的孔圈上转过孔的间距数。

在分度时, q 值应尽量取分度盘上能实现分度的较大值,可使分度精度高些。为防止由于记忆出错而导致分度操作失误,可调整分度叉 2 的夹角,使分度叉以内的孔数在 q 个孔的孔圈上包含 $(p+1)$ 个孔,即包含的实际孔数比所需要转过孔的间距多一个孔,在每次分度插销插入孔中时可清晰地识别。

例 3-1 在铣床上加工直齿圆柱齿轮,齿数 $z=28$,求用 FW250 分度盘时每次分度手柄应转过的整数转与转过的孔间距数。

解:
$$n_{\text{手}} = \frac{40}{z} = \frac{40}{28} = 1 + \frac{3}{7} = 1 + \frac{18}{42} = 1 + \frac{21}{49};$$

计算时应将分数部分化为最简分数,然后分子、分母同乘以一个整数使分母等于 FW250 分度盘上具有的孔数。计算结果表明每次分度时,手柄转过 $10/7$ 转,即在手柄转过整数转后,应在孔数为 28 的孔圈上再转过 12 个孔间距,或在孔数为 42、49 的孔圈上分别转过 18、21 个孔间距。

③ 差动分度法。当需分度的工件其分度数不能与 40 相约,或由于分度盘的孔圈有限,使得分度盘上没有所需分度数的孔圈,因而无法用简单分度法进行分度,例如 73、83、113 等。此时应用差动分度法进行分度。

用差动分度法进行分度时,须用挂轮 z_1 、 z_2 、 z_3 、 z_4 将分度头主轴与侧轴 5 联系起来,经一对螺旋齿轮副传动使分度盘回转,补偿所需的角速度。此时应松开分度盘紧固螺钉 1。中间轮用于改变分度盘转动的方向。其安装形式如图 3-30 所示。

差动分度法的基本思路是:要实现需分度工件的分度数 z (假定 $z > 40$),手柄应转过 $40/z$ 转,其定位插销相应从 A 点到 C 点[见图 3-30(c)],但 C 点处没有相应的孔供定位,定位插销无法插入,故不能用简单分度法分度。为了在分度盘现有孔数的条件下实现所需的分度数 z ,并能准确定位,可选择在一个在现有分度盘上可实现分度,同时非常接近所需分度数 z 的假定分度数 z_0 ,并以假定分度数 z_0 进行分度,手柄转 $40/z_0$ 转,插销相应从 A 点转到 B 点,离所需分度数 z 的定位点 C 的差值为 $\frac{40}{z} - \frac{40}{z_0}$ 。为了补偿这一差值,只要将分度盘上的 B 点转到 C 点,以使插销插入准确定位,就可实现分度数为 z 的分度。实现补差的传动由手柄经分度头的传动系统,再经连接分度头主轴与侧轴的挂轮转动分度盘。分度时手柄按所需分度数转 $\frac{40}{z}$ 转时,经上述传动使分度盘转 $\frac{40}{z} - \frac{40}{z_0}$ 转,插销准确插入 C 点定位。因此,分度时手柄轴与分度盘之间的运动关系如下:

手柄轴转 $\frac{40}{z}$ 转——分度盘转 $\frac{40}{z} - \frac{40}{z_0}$ 转

这条差动传动链的运动平衡式为:

$$\frac{40}{z} \times 1/1 \times \frac{1}{40} \times \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} \times 1/1 = \frac{40}{z} - \frac{40}{z_0} = 40(z_0 - z)/(zz_0)$$

化简得换置公式:

$$\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{40(z_0 - z)}{z_0}$$

式中 z ——所需分度数;

z_0 ——假定分度数。

选取的 z_0 应接近于 z ,并能与 40 相约,且有相应的挂轮,以使调整计算易于实现。当 $z_0 > z$ 时,分度盘旋转方向与手柄转向相同;当 $z_0 < z$ 时,分度盘旋转方向与手柄转向相反。分度盘旋转方向的改变通过在 z_3 与 z_4 间加一介轮实现[见图 3-30(a)]。

FW250 型万能分度头所配备的挂轮:25(两个)、30、35、40、50、55、60、70、80、90、100 共 12 个。

例 3-2 在铣床上加工齿数为 77 的直齿圆柱齿轮,用 FW250 型万能分度头进行分度,试进行调整计算。

解:因 77 无法与 40 相约,分度盘上又无 77 孔的孔圈,故用差动分度法。

取假定分度数 $z_0 = 75$

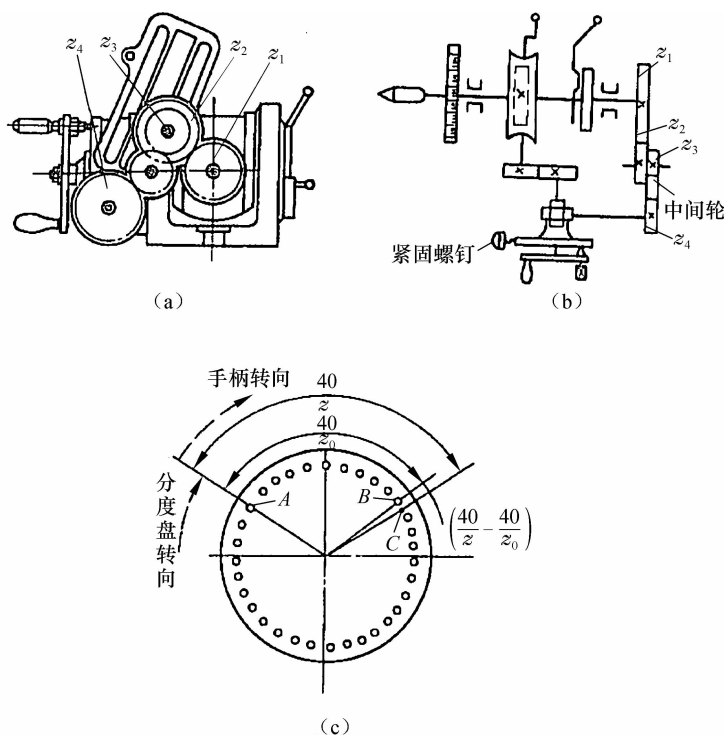


图 3-30 差动分度法

(1) 确定分度盘孔圈孔数及插销应转过的孔间距数

$$n_{\text{手}} = \frac{40}{z_0} = \frac{40}{75} = \frac{8}{15} = \frac{16}{30}$$

即选孔数为 30 的孔圈,使分度手柄转过 16 个孔距。

(2) 计算挂轮齿数

$$\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{40(z_0 - z)}{z_0} = \frac{40 \times (75 - 77)}{75} = -\frac{80}{75} = -\frac{16}{15} = -\frac{4 \times 4}{3 \times 5} = -\frac{80 \times 40}{60 \times 50}$$

因 $z_0 < z$, 所以分度盘旋转方向应与手柄转向相反,需在 z_3 、 z_4 间加一介轮。

(3) 铣螺旋槽的调整计算 在万能升降台铣床上利用万能分度头铣削螺旋槽时,应作以下调整计算:

① 工件支承在工作台上的分度头与尾座顶尖之间,扳动工作台绕垂直轴线,偏转角度 β (β 为工件的螺旋角),使铣刀旋转平面与工件螺旋槽方向一致[见图 3-31(a)]。铣右旋工件时工作台应绕垂直轴线逆时针方向旋转,铣左旋工件时工作台应绕垂直轴线顺时针方向旋转;

② 在分度头侧轴 5 与工作台丝杠间装上挂轮架及一组挂轮[见图 3-31(b)],以使工作台带动工件作纵向进给的同时,将丝杠运动经挂轮组、轴 5(见图 3-29)及分度头内部的传动系统使主轴带动工件作相应回转。此时,应松开紧固螺钉 1(见图 3-29),并将插销插入分度盘孔内,以便通过锥齿轮,将运动传至手柄;

③ 加工多头螺旋槽或螺旋齿轮等工件时,加工完一条螺旋槽后,应将工件退离加工位置,然后通过分度头使工件分度。

可见,为了在铣螺旋槽时,保证工件的直线移动与其绕自身轴线回转之间保持一定运动关

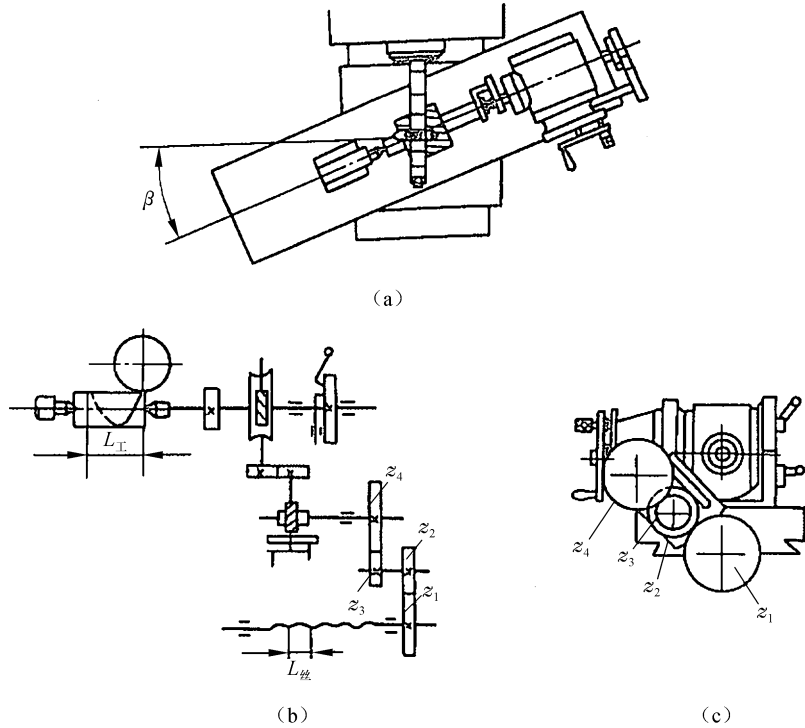


图 3-31 铣螺旋槽的调整及传动联系

系,由挂轮组将进给丝杠与分度头主轴之间的运动联系起来,构成了一条内联系传动链。该传动链的两端件及运动关系为:工作台纵向移动一个工件螺旋槽导程 L ——工件旋转一周。由此根据图 3-31 所示传动系统,可列出运动平衡式为:

$$\frac{L}{L_{\text{丝}}} \times \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} \times \frac{1}{1} \times \frac{1}{1} \times \frac{1}{40} = 1$$

式中 $L_{\text{丝}}$ ——工作台纵向进给丝杠导程($L_{\text{丝}}=6\text{mm}$);

$\frac{L}{L_{\text{丝}}}$ ——工作台移动螺旋槽一个导程 L 时,纵向丝杠应转过的转数;

$z_1、z_2、z_3、z_4$ ——配换挂轮组的齿数。

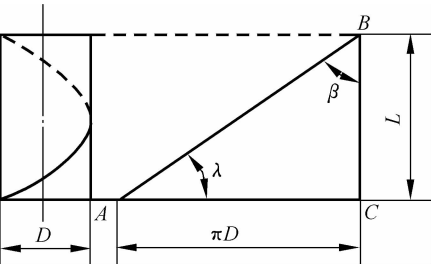


图 3-32 螺旋线的导程

化简后可得换置公式:

$$\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{40L_{\text{丝}}}{L} = \frac{240}{L}$$

螺旋槽的导程 L 由图 3-32 可知:

$$L = \frac{\pi D}{\tan \beta}$$

式中 L ——螺旋槽的导程(mm);

D ——工件计算直径(mm);

β ——螺旋角。

对于螺旋角为 β ,法向模数为 m_n ,端面模数为 m_s ,齿数为 z 的螺旋齿轮的螺旋导程为:

$$L = \frac{\pi m_s z}{\tan \beta}$$

因为 $m_s = \frac{m_n}{\cos \beta}$ 所以 $L = \frac{\pi m_n z}{\sin \beta}$

例 3-3 利用 FW250 型万能分度头铣削一个右旋斜齿轮, 齿数 $z=30$, 法向模数 $m_n=4$, 螺旋角 $\beta=18^\circ$, 所用铣床工作台纵向丝杠的导程 $L_{\text{丝}}=6\text{mm}$, 试进行调整计算。

解:(1) 铣床工作台应按图 3-31(a)逆时针旋转 18°

(2) 工件导程 $L = \frac{\pi m_n z}{\sin \beta} = \frac{\pi \times 4 \times 30}{\sin 18^\circ} = 1\,219.97(\text{mm})$

故 $\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{40L_{\text{丝}}}{L} = \frac{40 \times 6}{1\,219.91} = \frac{11}{56} = \frac{55 \times 25}{70 \times 100}$

挂轮齿数也可查工件导程与挂轮齿数表直接获得(见表 3-2)。

表 3-2 工件导程与挂轮齿数表

导程 $L_{\text{工}}/\text{mm}$	挂轮传动比	挂 轮				导程 $L_{\text{工}}/\text{mm}$	挂轮传动比	挂 轮			
		z_1	z_2	z_3	z_4			z_1	z_2	z_3	z_4
400.00	0.600 00	100	50	30	100	1 163.64	0.206 25	55	80	30	100
403.20	0.595 24	100	60	25	70	1 188.00	0.202 02	40	55	25	90
405.00	0.592 59	80	60	40	90	1 200.00	0.200 00	60	90	30	100
407.27	0.589 29	60	70	55	80	1 206.88	0.198 86	35	55	25	80
401.66	0.584 42	90	55	25	70	1 209.62	0.198 41	50	70	75	90
411.43	0.583 33	100	60	35	100	1 221.81	0.196 43	55	70	25	100
412.50	0.581 82	80	55	40	100	1 228.80	0.195 31	25	40	25	80
418.91	0.572 92	55	60	50	80	1 232.00	0.194 81	30	55	25	70
419.05	0.572 73	90	55	35	100	1 234.31	0.198 44	70	90	25	100
420.00	0.571 43	100	70	40	100	1 256.74	0.190 97	55	80	25	90
422.40	0.568 18	100	55	25	80	1 257.14	0.190 91	35	55	30	100
424.28	0.565 66	80	55	35	90	1 260.00	0.190 40	40	70	30	90
426.67	0.562 50	90	80	50	100	1 267.23	0.189 39	25	55	25	60
—	—	—	—	—	—	1 280.00	0.187 50	60	80	25	100

(3) 分度时手柄转的转数与转过的孔间距数

$n_{\text{手}} = \frac{40}{z} = \frac{40}{30} = 1 + \frac{1}{3} = 1 + \frac{10}{30}$

即分度手柄转一整转,再在孔数为 30 的孔圈上转过 10 个孔间距。

3. 龙门铣床

龙门铣床的外形如图 3-33 所示。在其布局上以两根立柱 5、7 及顶梁 6 与床身 10 构成龙门式框架,并由此而得名。通用的龙门铣床一般有 3~4 个铣头,分别安装在左右立柱和横梁 3 上。每个铣头都是一个独立的主运动传动部件,其中包括单独的驱动电动机、变速机构、传动机构、操纵机构及主轴部件等部分。横梁 3 上的两个垂直铣头 4、8 可沿横梁导轨作水平方向的位置调整。横梁本身及立柱上的两个水平铣头 2、9 可沿立柱上的导轨调整垂直方向的位置。各铣刀的切削深度均由主轴套筒带动铣刀主轴沿轴向移动来实现。加工时,工作台带动工件作纵向进给运动。由于采用多刀同时切削几个表面,加工效率较高。另外,龙门铣床不仅可作粗加工、半精加工,还可进行精加工,所以这种机床在成批和大量生产中得到广泛应用。

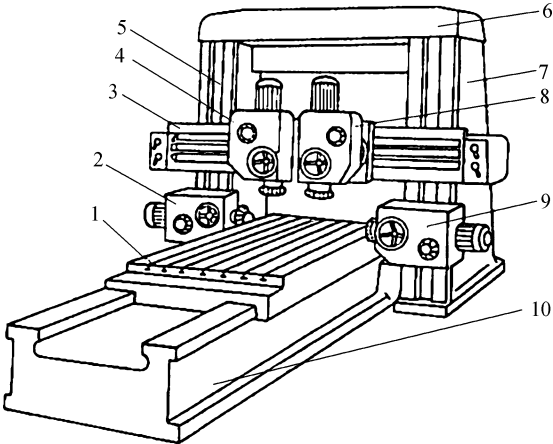


图 3-33 龙门铣床

1—工作台;2—水平铣头;3—横梁;4—垂直铣头;5—立柱;6—顶梁;7—立柱;8—垂直铣头;9—水平铣头;10—床身

4. 万能工具铣床

万能工具铣床的基本布局与万能升降台铣床相似,但配备有多种附件,因而扩大了机床的万能性。图 3-34 所示为万能工具铣床外形及其附件。在图 3-34(a)中机床安装着主轴座、固定工作台,此时的机床功能与卧式升降台铣床相似,只是机床的横向进给运动由主轴座的水平移动来实现,而纵向进给运动与垂向进给运动仍分别由工作台及升降台来实现。根据加工需要,机床还可安装其他图示附件,图 3-34(b)为倾斜工作台,图 3-34(c)为回转工作台,图 3-34(d)为平口钳,图 3-34(e)为分度装置(利用该装置,可在垂直平面内调整角度,其上端顶尖可沿工件轴向调整),图 3-34(f)为立铣头,图 3-34(g)为插削头(用于插削工件上键槽)。

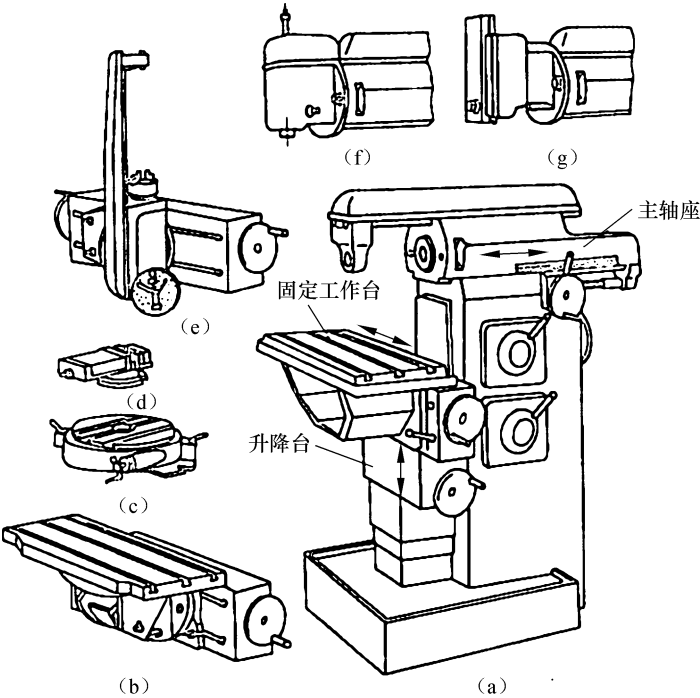


图 3-34 万能工具铣床

由于万能工具铣床具有较强的万能性,故常用于工具车间,加工形状较复杂的各种切削刀具、夹具及模具零件等。

(三) 铣刀

1. 铣刀的种类

铣刀是多齿刀具,其每一个刀齿都相当于一把车刀固定在铣刀的回转表面上。铣刀种类很多,按其用途可分为加工平面用铣刀、加工沟槽用铣刀、加工成形面用铣刀三类。通用规格的铣刀已经标准化,一般均由专业工具厂生产。现介绍几种常用铣刀的特点及其使用范围。

(1) 圆柱铣刀 圆柱铣刀如图 3-35 所示,一般都是用高速钢制成整体的。螺旋形切削刃分布在圆柱表面,没有副切削刃,主要用在卧式铣床上铣平面。螺旋形的刀齿切削时是逐渐切入和脱离工件的,所以切削过程较平稳,一般适宜于加工宽度小于铣刀长度的狭长平面。

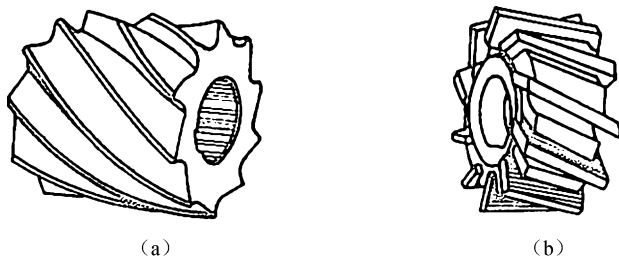


图 3-35 圆柱铣刀
(a) 整体式;(b) 镶齿式

根据加工要求不同有粗齿、细齿之分,粗齿的容屑槽大,用于粗加工,细齿用于精加工。铣刀外径较大时,常制成镶齿的。

(2) 面铣刀 面铣刀如图 3-36 所示,主切削刃位于圆柱或圆锥表面上,副切削刃位于圆柱或圆锥的端面上。铣刀的轴线垂直于被加工表面,因此非常适合在立式铣床上加工平面。用面铣刀加工平面,同时参加切削的刀齿数较多,又有副切削刃的修光作用,已加工表面粗糙度小,因此可以用较大的切削用量,在大平面铣削时都采用面铣刀铣削,生产率高。

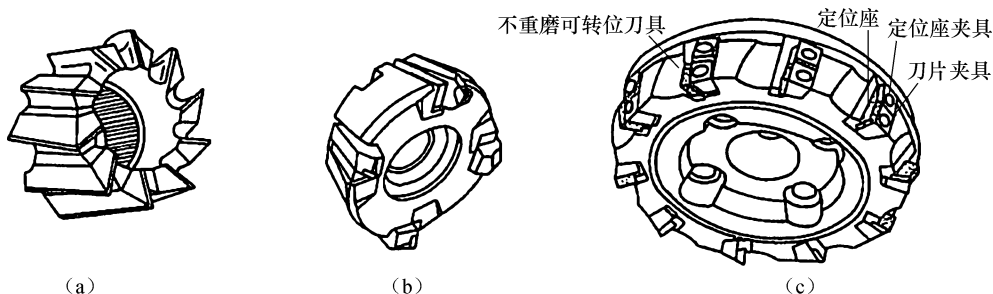


图 3-36 面铣刀
(a) 整体式刀片;(b) 镶焊接式硬质合金刀片;(c) 机械夹固可转位硬质合金刀片

小直径的面铣刀一般用高速钢制成整体的,大直径的面铣刀是在刀体上镶焊接式硬质合金刀片,或采用机械夹固式可转位硬质合金刀片。

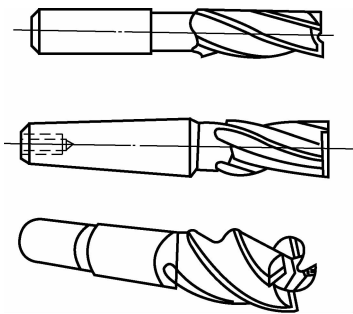


图 3-37 立铣刀

(3) 立铣刀 立铣刀相当于带柄的小直径圆柱铣刀,圆柱上的切削刃是主切削刃,端面上分布着副切削刃,工作时不能沿铣刀轴线方向作进给运动。它主要用于加工台阶面、平底槽以及利用靠模加工成形面等。另外有粗齿大螺旋角立铣刀、玉米铣刀、硬质合金波形刃立铣刀等,它的直径较大,可以采用大的进给量,生产率很高,图 3-37 为各种立铣刀的外形。

(4) 三面刃铣刀 三面刃铣刀又称盘铣刀,如图 3-38 所示。在刀体的圆周上及二侧环形端面上均有刀刃,所以称为三面刃铣刀。它主要用在卧式铣床上加工台阶面和一端或二端贯穿的浅沟槽。三面刃铣刀的圆周刀刃为主切削刃,侧面刀刃是副切削刃,只对加工侧面起修光作用。

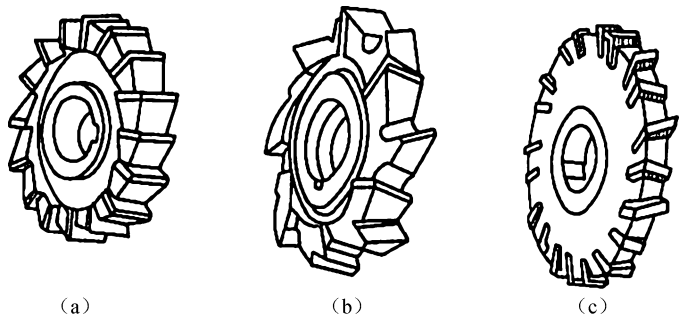


图 3-38 三面刃铣刀

(a) 直齿;(b) 交错齿;(c) 镶齿

三面刃铣刀有直齿和交错齿两种,后者能改善两侧的切削性能。直径较大的三面刃铣刀常采用镶齿结构。

(5) 锯片铣刀 如图 3-39 所示,锯片铣刀本身很薄,只在圆周上有刀齿,它用于切断工件和铣狭槽。为了避免夹刀,其厚度由边缘向中心减薄使两侧形成副偏角。

(6) 键槽铣刀 如图 3-40 所示,键槽铣刀主要用来铣轴上的键槽。它的外形与立铣刀相似,不同的是它在圆周上只有两个螺旋刀齿,其端面刀齿的刀刃延伸至中心,因此在铣两端不通的键槽时,可以作适量的轴向进给。

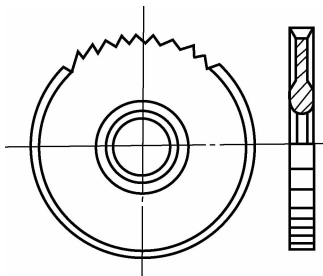


图 3-39 锯片铣刀



图 3-40 键槽铣刀

其他还有角度铣刀、成形铣刀、T 形槽铣刀、燕尾槽铣刀、仿形铣用的指状铣刀等,如图 3-41 所示。

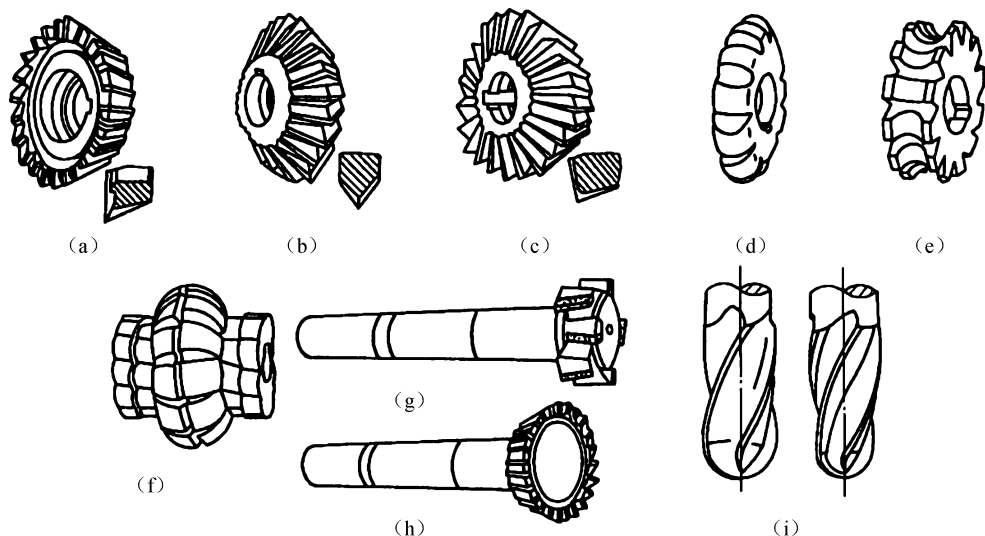


图 3-41 特种铣刀

(a) 角度铣刀; (b) 角度铣刀; (c) 角度铣刀; (d) 成形铣刀; (e) 成形铣刀;
(f) 成形铣刀; (g) T 形槽铣刀; (h) 燕尾槽铣刀; (i) 指状铣刀

2. 铣刀的几何参数

铣刀的种类、形状虽多,但都可归纳为圆柱铣刀或面铣刀两种基本形式,每个刀齿可以看作是绕中心旋转的一把简单刀头。因此只要通过一个刀齿的分析,就可以了解整个铣刀的几何角度。下面分别以圆柱铣刀和面铣刀为例介绍它们的主要几何参数(标注角度)。对于以绕自身轴线放置作主运动的铣刀,它的基面 P_r 是通过切削刃选定点并包含铣刀轴线的平面,并假定主运动方向与基面垂直。

(1) 圆柱铣刀 圆柱铣刀各部分名称及标注角度如图 3-42 所示。

圆柱铣刀的主剖面是垂直于轴线的端剖面,切削平面是通过切削刃选定点的圆柱切平面,因此刀齿的前角 γ_0 和后角 α_0 都标注在端剖面上。螺旋角 β 相当于刃倾角 λ_s ,当 $\beta=0$ 时,就是直齿圆柱铣刀。由于加工铣刀齿槽及刃磨刀齿需要齿槽的法向剖面形状,因此如果是螺旋槽铣刀,在设计图上还要标注螺旋角 β 、法剖面前角 γ_n 和法后角 α_n 三个参数。

法剖面前角 γ_n 与前角 γ_0 的换算关系为

$$\tan \gamma_n = \tan \gamma_0 \cos \beta$$

法后角 α_n 与后角 α_0 之间换算的关系为

$$\tan \alpha_n = \frac{\tan \alpha_0}{\cos \beta}$$

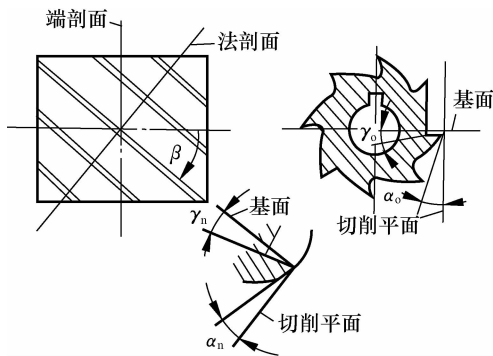


图 3-42 圆柱铣刀的标注角度

(2) 面铣刀 面铣刀的标注角度如图 3-43 所示。面铣刀的一个刀齿可以看做一把刀尖向下倒立着镗平面时的镗刀,因此端铣刀每个刀齿都有前角 γ_0 、后角 α_0 、主偏角 κ_r 和刃倾角 λ_s 。

四个基本角度。

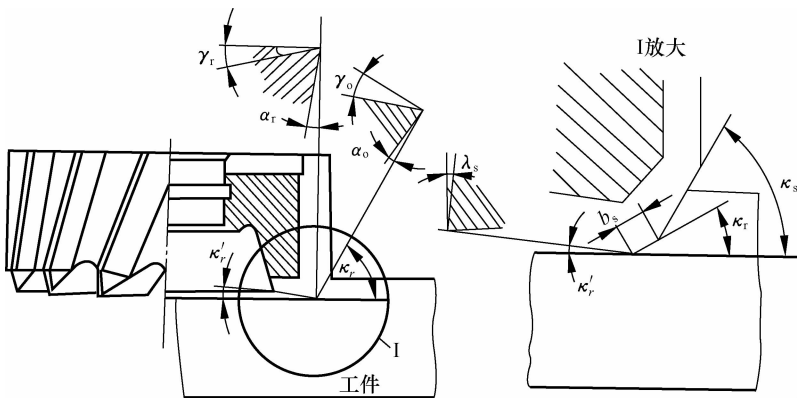


图 3-43 面铣刀的标注角度

- ① 前角 γ_0 。面铣刀的前角规定为在正交平面中测得的前面与基面之间的夹角。
- ② 后角 α_0 。面铣刀后角规定为正交平面内测得的后面与切削平面之间的夹角。
- ③ 主偏角 κ_r 。即主刀刃与进给方向在基面投影间的夹角。
- ④ 刃倾角 λ_s 。即主切削刃与基面之间的夹角。

(四) 铣刀几何参数的选择

(1) 前角的选择 铣刀前角的选择应根据刀具和工件的材料来确定,高速钢圆柱铣刀加工塑性材料时,切屑变形较大,切屑与前刀面摩擦较大,应取较大的前角。硬质合金面铣刀切入时冲击力大,且硬质合金脆性大,强度较低,故应减小前角。当铣削强度大、硬度高的材料时,可采用负前角。具体数值可参考表 3-3 所示。

表 3-3 铣刀前角推荐值

工件材料 σ_b /MPa		高速钢铣刀	硬质合金铣刀
钢材	<600	20°	15°
	600~1 000	15°	-5°
	>1 000	12°~10°	-(10°~15°)
铸铁		5°~15°	-5°~5°

(2) 后角的选择 在铣削过程中,由于铣刀刀齿切削厚度比较小,一般磨损主要发生在后刀面上,采用较大后角可以减小磨损;当采用较大的负前角时,可适当增加后角,具体数值可参考表 3-4 所示。

表 3-4 铣刀后角推荐值

铣刀类型		后角值/(°)
高速钢铣刀	精齿	12
	细齿	16
高速钢锯片铣刀	粗、细齿	20
硬质合金铣刀	粗齿	6~8
	细齿	12~15

(3) 刃倾角的选择 立铣刀和圆柱铣刀的外圆螺旋角 β 就是刃倾角 λ_s 。它可以增加同时工作的齿数,使铣削平稳,并使铣刀具有切削刃锋利、实际前角增大等特点,可改善铣刀的工作性能。铣削宽度较窄的铣刀,增大 β 意义不大,故一般取 $\beta=0$ 或较小的值。螺旋角 β 的具体数值可参考表 3-5 所示。

表 3-5 铣刀的外圆螺旋角推荐值

铣刀类型	螺旋齿圆柱铣刀		立铣刀	三面刃、两面刃圆盘铣刀
	粗齿	细齿		
螺旋角	45°~60°	25°~30°	30°~45°	15°~20°

(4) 主偏角与副偏角的选择 面铣刀主偏角的作用及其对铣削过程的影响,与车刀主偏角在车削中的作用和影响相同。常用的主偏角取 $\kappa_r=45^\circ、60^\circ、75^\circ、90^\circ$ 。工艺系统的刚性好,取小值;反之取大值。副偏角 $\kappa_r'=5^\circ\sim10^\circ$ 。

圆柱铣刀只有主切削刃,没有副切削刃,故没有副偏角。主偏角 $\kappa_r=90^\circ$ 。

(五) 铣削要素及切削层参数

1. 铣削要素

铣削时调整机床用的参量称为铣削要素,也称为铣削用量要素。包括:铣削速度、进给量、背吃刀量、侧吃刀量四要素。

(1) 铣削速度 v_c 铣削时,铣刀旋转运动是主运动。铣削速度是指铣刀刀齿切削处的线速度。单位为 m/s。即:

$$v_c = \frac{\pi d_o n}{1\,000}$$

式中 d_0 ——铣刀直径(mm),周铣时为圆柱铣刀外圆直径;
 n ——铣刀转速(r/s)。

(2) 进给量 铣削进给量有三种表示形式:

每齿进给量 f_z 铣刀每转过一个刀齿,工件与铣刀的相对位移,单位为 mm/z。

每转进给量 f 铣刀每转一转,工件与铣刀的相对位移,单位为 mm/r。

进给速度 v_f 单位时间内工件与铣刀的相对位移,单位为 mm/s、mm/min。

三种进给量的关系为:

$$v_f = n f = n z f_z$$

由于生产需要,铣削加工规定三种进给量,其中进给速度 v_f 用于机床调整及计算机加工工时;每齿进给量 f_z 则用来计算铣削力、验算刀齿强度。一般铣床铭牌上只标进给速度 v_f 。

(3) 背吃刀量 a_p 在通过切削刃基点并垂直于工作平面的方向上测量的吃刀量,如图 3-44 所示,单位为 mm。

(4) 侧吃刀量 a_e 在平行于工作平面并垂直于切削刃

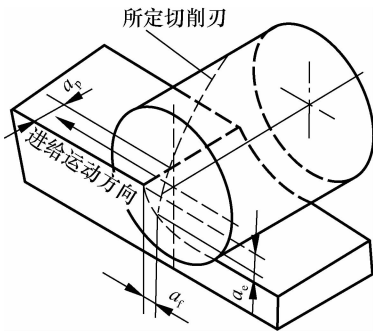


图 3-44 铣削时的吃刀量

基点的进给运动方向上测量的吃刀量,单位为 mm。

按上述定义, a_p 与 a_e 两个参量均为瞬时值,实际使用不便。所以在实际工作中常用铣削深度(在平行于铣刀轴线方向测量)和铣削弧深度(在垂直于铣刀轴线方向测量)两个参量,仍采用 a_p 和 a_e 两个符号。

2. 切削层参数

和车削类似,在铣削时铣刀相邻的两个刀齿在工件上分别形成的两过渡表面之间的一层金属称为切削层。切削过程中的一些机理,经常通过切削层参数来说明。

(1) 切削厚度 h_D 在同一瞬间的切削层横截面积与其切削宽度之比,单位为 mm。从图 3-45 可以看出,在铣削过程中,切削宽度是不断变化的,即不同瞬间切削刃上选定点的切削层局部厚度 h_i 是不等的。我们把切削层局部厚度 h_i 定义为:在给定瞬间和选定点,沿法平面与工作基面的交线所测量的切削层厚度,单位为 mm。 h_i 可按下式计算

$$h_i = f_z \sin \theta$$

式中 θ ——铣刀切削刃转角,即某一刀齿主切削刃上任一点所在位置的半径与垂直方向的中心线之间的夹角。

面铣刀铣削时,其切削厚度 h_i 可从图 3-46 中求出:

$$h_i = f_z \cos \theta \sin \kappa_r$$

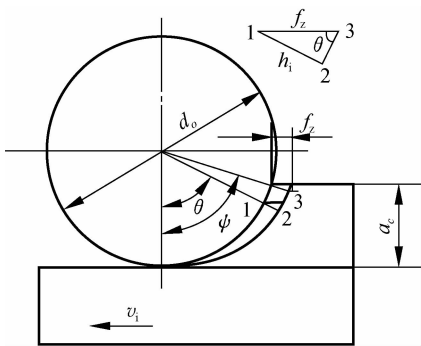


图 3-45 圆柱铣刀的切削厚度

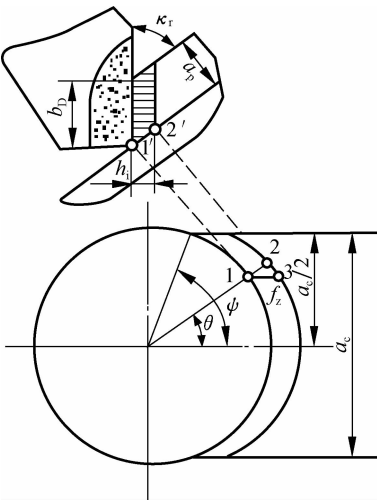


图 3-46 面铣刀的切削厚度

(2) 切削宽度 b_D 在给定瞬间,作用在主切削刃截形上两个极限点的距离,在切削层平面内测量,单位为 mm。直齿圆柱铣刀的切削宽度等于背吃刀量,即 $b_D = a_p$ 。面铣刀的切削宽度为:

$$b_D = \frac{a_p}{\sin \kappa_r}$$

螺旋齿圆柱铣刀的一个刀齿,不仅其切削厚度是不断变化的,而且其切削宽度也是随刀齿的不同位置而变化。图 3-47 所示螺旋齿圆柱铣刀同时切削的齿数有 3 个。 h_{i1} 、 h_{i2} 、 h_{i3} 为三个刀齿同时切得的最大切削厚度; b_{D1} 、 b_{D2} 、 b_{D3} 表示三个不同的切削宽度。从图中可知,对一个刀

齿而言,在刀齿切入工件后,切削宽度 b_D 由零逐渐增加到最大值,然后又逐渐减小到零,即无论刀齿切入工件还是切离工件,都有一个平缓的量变过程,所以螺旋齿比直齿圆柱铣刀的铣削过程平稳。

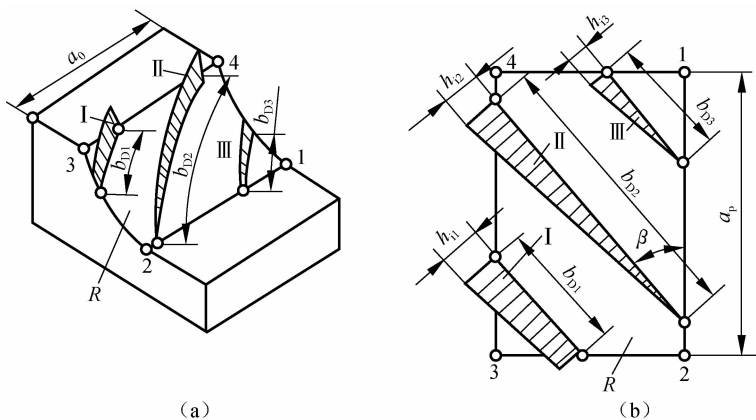


图 3-47 螺旋齿圆柱铣刀的切削宽度

(3) 切削层横截面积 A_D 铣刀每一个刀齿的切削层横截面积 $A_D = h_i b_D$, 单位为 mm^2 。铣刀的总切削层横截面积等于同时工作的各刀齿切削层横截面积之和。由于铣削时切削厚度、切削宽度和同时工作的齿数都在随时变化,因此总切削面积 $A_{D\Sigma}$ 也是随时变化的,使得计算更加复杂。为计算简便,常采用平均切削面积 A_{dav} 这一参数,其计算公式如下:

$$A_{\text{dav}} = \frac{Q}{V_c} = \frac{a_e a_p v_f}{\pi d_0 n} = \frac{a_e a_p f_z z}{\pi d_0}$$

式中 Q ——材料切除率,单位为 mm^3/s 。

由上可知,由于总切削面积是随时变化的,使得铣削过程的切削力不断变化。尤其是直齿圆柱铣刀的切削力变化情况要比螺旋齿圆柱复杂的多,因此圆柱铣刀、立铣刀一般都制成螺旋齿。

(六) 铣削用量的选择

铣削用量的选择应当根据工件的加工精度,铣刀的耐用度及机床的刚性来选择。首先选定铣削深度,其次是每齿进给量,最后确定铣削速度。下面叙述按加工精度不同来选择铣削用量的一般原则。

(1) 粗加工 因粗加工余量较大,精度要求不高,此时应当根据工艺系统刚性及刀具耐用度来选择铣削用量。一般选取较大的背吃刀量和侧吃刀量,使一次进给尽可能多的切除毛坯余量。在刀具性能允许条件下应以较大的每齿进给量进行切削,以提高生产率。

(2) 半精加工 此时工件的加工余量一般在 $0.5 \sim 2 \text{ mm}$,并且无硬皮,加工时主要降低表面粗糙度值,因此应选择较小的每齿进给量和较大的切削速度。

(3) 精加工 这时加工余量很小,应当着重考虑刀具的磨损对加工精度的影响,因此宜选择较小的每齿进给量和较大的铣刀铣削速度进行铣削。

表 3-6 粗铣每齿进给量 f_z 的推荐值

刀 具		材 料	推荐进给量/(mm · z ⁻¹)
高速钢	圆柱铣刀	钢	0.1~0.5
		铸铁	0.12~0.20
	端铣刀	钢	0.04~0.06
		铸铁	0.15~0.20
	三面刃铣刀	钢	0.04~0.05
		铸铁	0.15~0.25
硬质合金铣刀		钢	0.1~0.20
		铸铁	0.15~0.30

表 3-7 铣削速度 v_c 的推荐值

工件材料	铣削速度/($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)		说 明
	高速钢铣刀	硬质合金铣刀	
20	20~45	150~190	1. 粗铣时取小值,精铣时取大值; 2. 工件材料强度和硬度高取小值,反之取大值; 3. 刀具材料耐热性好取大值,耐热性差取小值
45	20~35	120~150	
40Cr	15~25	60~90	
HT150	14~22	70~100	
黄铜	30~60	120~200	
铝合金	112~300	400~600	
不锈钢	16~25	50~100	

(七) 铣削方式

1. 逆铣和顺铣

圆周铣削有逆铣和顺铣两种形式,见图 3-48。铣削时,根据铣削力的水平分力 F_f 方向与工件的进给方向是否相同,分为逆铣和顺铣。其定义和特点如下表所示。

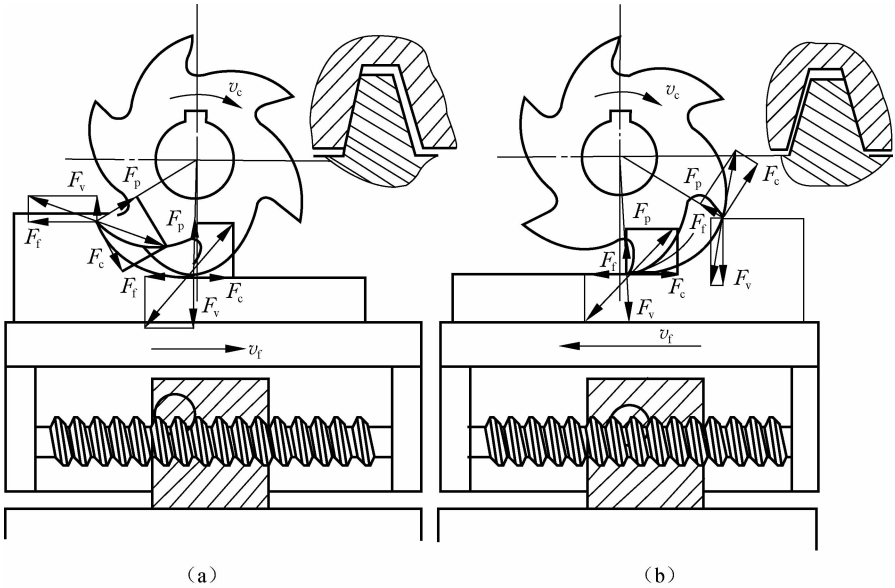


图 3-48 顺铣与逆铣
(a) 逆铣;(b) 顺铣

表 3-8 逆铣与顺铣

铣削方式	逆 铣	顺 铣
定义	铣刀旋转方向与工件进给方向相反	相同
特点	① 切屑由薄变厚	① 切屑由厚变薄
	② 水平力 F_t 与进给方向相反	② 水平力 F_t 与进给方向方向相同
	③ 垂直力 F_v 向上	③ 垂直力 F_v 向下

(1) 逆铣 逆铣时,切削厚度由零逐渐增大,切入瞬时刀具的刃口钝圆半径大于瞬时切削厚度,刀齿在工件表面上要挤压和滑行一段后才能切入工件,结果使已加工表面产生硬化,表面粗糙度值变大,铣刀磨损增大。另外,由图 3-48(a)可以看出,逆铣时尽管刀齿在不同位置作用于其上的切削力不同,但切削力的水平分力始终与进给速度方向相反,使得工作台丝杠螺纹右侧与螺母齿槽右侧始终保持良好的接触,从而使得进给平稳。其次逆铣刀齿切出时,作用于工件的垂直进给力 F_v 朝上,有抬起工件的趋势,这就要求工件装夹牢固。

(2) 顺铣 顺铣时,切削厚度由厚变薄,无“滑行”现象,加工表面粗糙度值小,铣刀磨损也小。同时,垂直分力 F_v 向下作用,将工件压向工件台,避免铣削时的上下振动。但切削力的水平分力与进给速度方向一致,由于铣床工作台进给机构丝杠——螺母副存在间隙,当切削力的水平分力 F_t 超过工作台摩擦力时,会使工作台带动丝杠发生窜动,造成进给不均匀,影响铣刀耐用度,甚至打刀。因此,当要用顺铣方式时,机床进给机构必须具有消除间隙机构——顺铣机构。

2. 对称铣削和不对称铣削

端铣时,根据铣刀与工件相对位置的不同,可以分为以下几种铣削方式:

(1) 对称铣削 如图 3-49 所示,工件相对于铣刀回转中心处于对称位置,称为对称铣削。对称铣削具有最大的平均切削厚度,可避免铣刀切入时对工件表面的挤压、滑行,铣刀的耐用度高。在精铣机床导轨面时,可保证刀齿在加工表面冷硬层下铣削,能获得较高的表面质量。

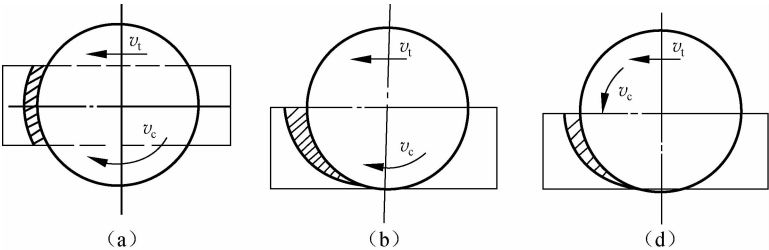


图 3-49 对称铣与不对称铣

(a) 对称铣;(b) 不对称逆铣;(c) 不对称顺铣

(2) 不对称铣削 铣刀轴线与工件铣削宽度对称中心线不重合的铣削称为不对称铣削。如图 3-49(b)、图 3-49(c)所示,根据铣刀偏移位置不同又可分为不对称逆铣和不对称顺铣。

不对称逆铣刀齿切入时的切削厚度较小,切出时的切削厚度较大,切削平稳,减少了冲击,提高了刀具耐用度和加工表面质量。适合碳钢和低碳合金钢的加工。

不对称顺铣刀齿切出工件时,切削厚度较小,适于切削强度低,塑性大的材料。

(八) 铣削加工的工艺特点

(1) 生产率较高 刨削加工以回转主运动代替了刨削加工的直线往复运动,没有空行程。

铣床以连续进给运动代替了刨床的间歇进给运动,并且以多齿刀具代替单齿刨刀。因此,铣削加工的生产率较高。

(2) 适应性好 铣刀的类型多,铣床的附件多,特别是分度头和回转工作台的应用,使得铣削加工的范围极为广泛。

(3) 加工质量中等 铣削时,每个刀齿轮流切入切出工件,断续地进行切削,使刀齿和工件受到周期性的冲击,切削力发生波动。因此,铣削总是处于振动和不平稳的工作状态中,使加工质量受到影响。

(4) 成本较高 铣床结构复杂,铣刀的制造和刃磨比较困难。一般来说,铣削加工成本较高。

任务四 专用夹具

一、车床夹具

车床夹具多数安装在车床主轴上,少数安装在床身或拖板上。第二种安装方式属机床改装范畴,在此不予介绍。

(一) 车床夹具实例

(1) 角铁式车床夹具 在车床上加工箱体类零件上的圆柱面及端面时,由于这些零件的形状比较复杂,难以装在通用卡盘上,因而需设计专用夹具。这类车床夹具一般具有类似角铁的夹具体,故称其为角铁式车床夹具。

图 3-50 为加工轴承座内孔角铁式车床夹具,工件 6 以两孔在圆柱销 2 和削边销 1 上定位,端面在支承板 3 上定位,用两块压板夹紧工件。

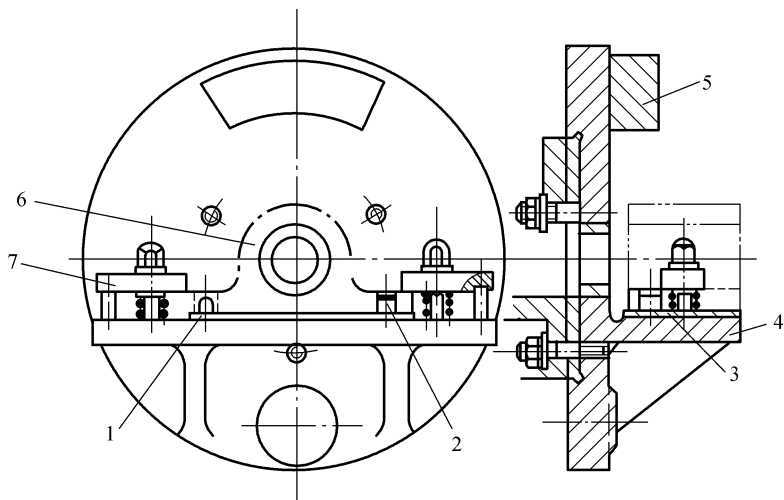


图 3-50 角铁式车床夹具

1—削边销;2—圆柱销;3—支承板;4—夹具体;5—平衡块;6—工件;7—压板

(2) 心轴类车床夹具 心轴类车床夹具多用于工件以内孔作主要定位基准,加工外圆柱面的情况。常见的车床心轴有圆柱心轴、弹簧心轴、顶尖式心轴等。

如图 3-51 所示,图(a)为飞球保持架加工外圆 $\phi 92_{-0.5}^0$ mm 及两端倒角的工序图,图(b)为加工时所使用的圆柱心轴。心轴 1 上装有定位键 3,工件以 $\phi 33$ mm 孔、一端面及槽的侧面作定位基准套在心轴上,每次装夹 22 件,每隔一件装一垫套,以便加工倒角 $0.5 \times 45^\circ$ 。旋转螺母 7,通过快换垫圈 6 和压板 5 将工件连续夹紧。卸下工件时需取下压板 5。

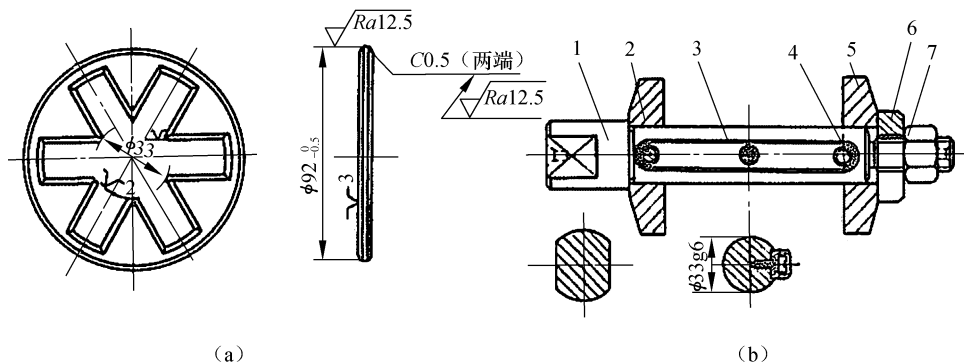


图 3-51 飞球保持架工序图及心轴

1—心轴;2—压板;3—定位键;4—螺钉;5—压板;6—快换垫圈;7—螺母

图 3-52 为弹簧心轴。工件以内孔和端面在弹性筒夹 4 和定位套 3 上定位。当拉杆 1 带动螺母 5 和弹性筒夹 4 向左移动时,夹具体 2 上的锥面迫使轴向开槽的弹性筒夹径向胀大,从而使工件定心并夹紧。加工结束后,拉杆带动筒夹向右移动,筒夹收缩复原,便可装卸工件。

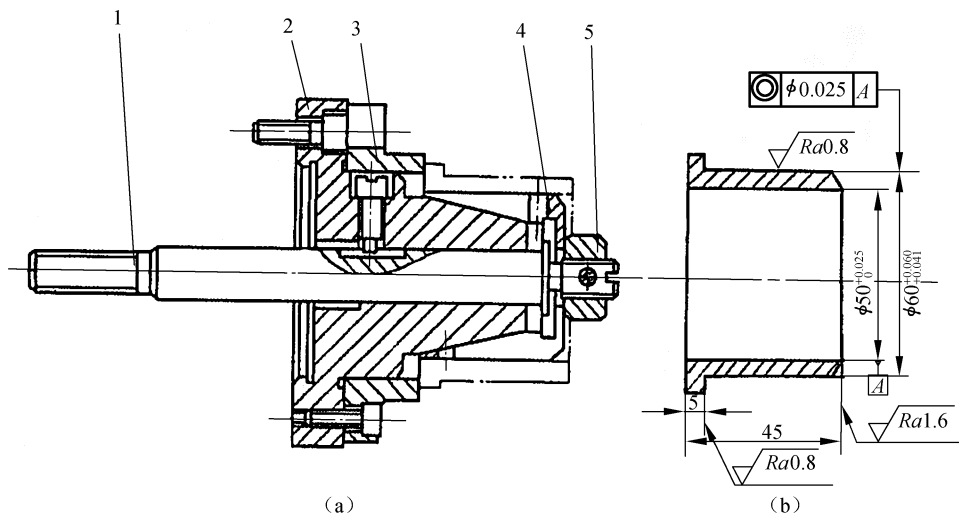


图 3-52 弹簧心轴

(a) 心轴;(b) 工件

1—拉杆;2—夹具体;3—定位套;4—弹性筒夹;5—螺母

图 3-53 所示为顶尖式心轴。工件以孔口在 60° 锥角的顶尖上定位车削外圆表面。当旋转螺母 6,通过快换垫圈,使活动顶尖套 4 左移,从而使工件定心夹紧。卸下工件时需取下活动顶尖套 4。顶尖式心轴的结构简单、夹紧可靠、操作方便,适用于加工内、外圆同轴度要求不高,或只需加工外圆的套筒类零件。

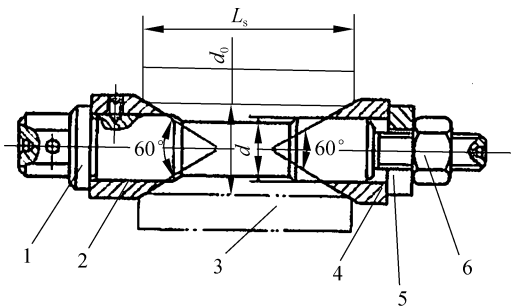


图 3-53 顶尖式心轴

1—心轴；2—固定顶尖套；3—工件；4—活动顶尖套；
5—快换垫圈；6—螺母

(3) 回转分度车床夹具 图 3-54 是阀体四孔偏心回转车床夹具装配图。该夹具用于普通车床,车削阀体上的四个均布孔。

工件以端面、中心孔和侧面在转盘 3、定位销 4 及销 1 上定位。分别拧紧螺母 6,通过压板 5,将工件压紧。一孔车削完毕后,松开螺母 2,拔出对定销 7,转盘 3 旋转 90°,对定销 7 插入分度盘 8 的另一个定位孔中,拧紧螺母 2,即可车削第二个孔,依此类推,车削其余各孔。

该夹具利用偏心原理,一次安装,车削多孔。

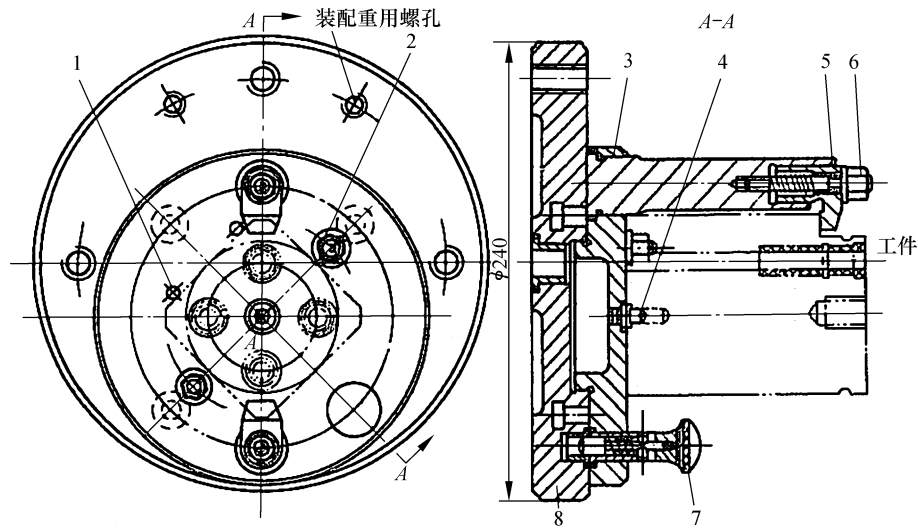


图 3-54 阀体四孔偏心回转车床夹具

1—销；2—螺母；3—转盘；4—定位销；5—压板；6—螺母；7—对定销；8—分度盘

(二) 车床夹具的结构特点

(1) 车床主轴的回转轴线与工件被加工面的轴线重合 在车床上加工回转表面时,夹具上定位装置的结构和布置,必须保证主轴的回转轴线与工件被加工面的轴线重合(图 3-50 所示)。

(2) 结构要紧凑以及悬伸长度要短 车床夹具的悬伸长度过大,会加剧主轴轴承的磨损,同时引起振动,影响加工质量。因此,夹具结构应尽量紧凑,悬伸长度要短。

夹具的悬伸长度 L 与轮廓直径 D 之比应控制如下:

直径小于 150 mm 的夹具, $L/D \leq 2.5$

直径在 150~300 mm 之间的夹具, $L/D \leq 0.9$

直径大于 300 mm 的夹具, $L/D \leq 0.6$

(3) 夹具应基本平衡 角铁式车床夹具的定位装置及其他元件总是安装在主轴轴线的一边,不平衡现象严重。一般应设置配重块或加工减重孔来达到夹具的平衡,以减小振动和主轴轴承的磨损。

(4) 夹具体应制成圆形 车床夹具的夹具体应设计成圆形,夹具上(包括工件)的各个元件不应伸出夹具体的圆形轮廓之外,以免工作时碰伤操作者。

(三) 车床夹具的定位及夹具与机床的连接

工件在夹具中的正确位置由夹具定位元件的定位面确定。而夹具定位元件的定位面相对机床刀具和切削成形运动也必须处于正确位置,它由夹具与机床连接和配合精度来保证。不同的机床,夹具在其上的定位及与机床的连接方式也不相同。

对于工件回转类型的机床,如车床、内圆磨床和外圆磨床等,夹具随主轴一起回转,夹具一般连接在主轴的端部,其定位和连接方式取决于机床主轴端部的结构。图 3-55 所示为常用的连接形式。图 3-55(a)是短锥法兰式结构,它以短锥和轴肩作为定位面。车床夹具通过卡盘座,用四个螺栓固定在主轴上,转矩由固定在圆锥面上的圆形端面键传递。图 3-55(b)是长锥带键式结构,它以较长而锥度较小的圆锥面定位,用套在主轴轴肩的环形螺母紧固卡盘,由平键传递扭矩。图 3-55(c)是螺纹圆柱式结构,卡盘座在轴端上,以外圆柱面和轴肩端面定位,用螺纹紧固卡盘传递扭矩。

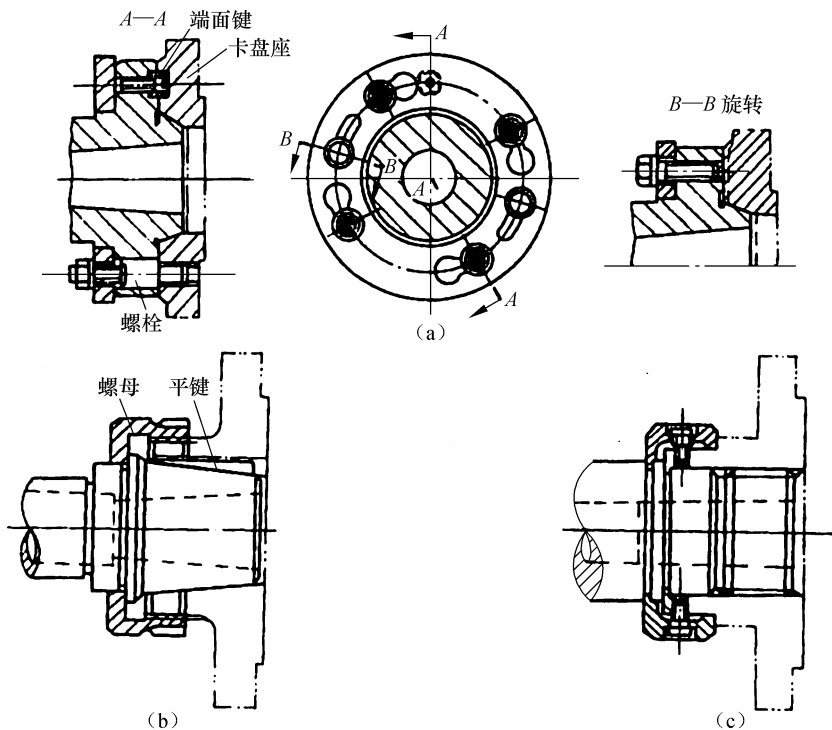


图 3-55 车床夹具与机床主轴连接

对外轮廓尺寸较小的夹具,可通过夹具的莫氏锥柄,在机床主轴端部的锥孔内定位并连接,为安全起见,可用拉杆从主轴尾部将锥柄通过左端螺纹孔拉紧。这种连接方式简便,安装迅速,锥面定心无间隙,定位精度高,但刚性差,适用于车削短小零件和精加工套筒类零件。

二、铣床夹具

铣床夹具主要用于加工零件上的平面、凹槽、花键及各种成形面。

按照铣削时的进给方式,通常将铣床夹具分为直线进给式、圆周进给式和靠模式三种。

(一) 铣床夹具实例

1. 直线进给式铣床夹具

图 3-56 所示为铣槽的直线进给铣床夹具。工件以一面两孔定位, 夹具上相应的定位元件为支承板、一个圆柱销和一个菱形销。工件的夹紧是使用螺旋压板夹紧机构来实现的。卸工件时, 松开压紧螺母, 螺旋压板在弹簧作用下抬起, 转离工件的夹紧表面。使用定位键 7 和对刀块 2, 确定夹具与机床、刀具与夹具正确的相对位置。

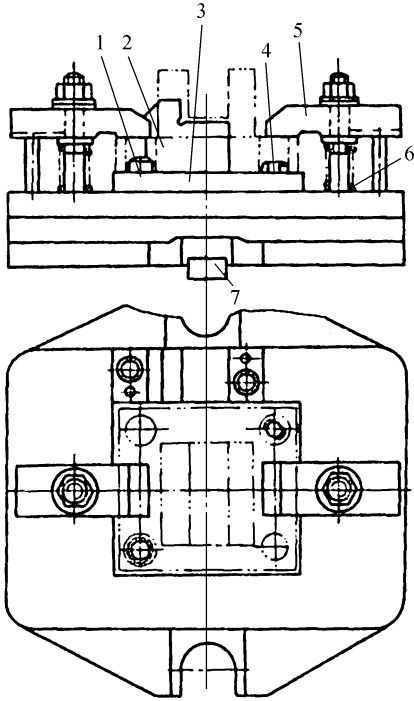


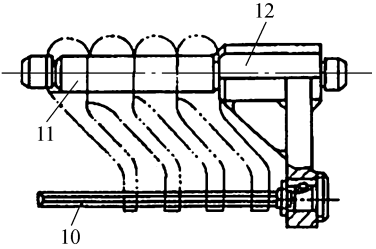
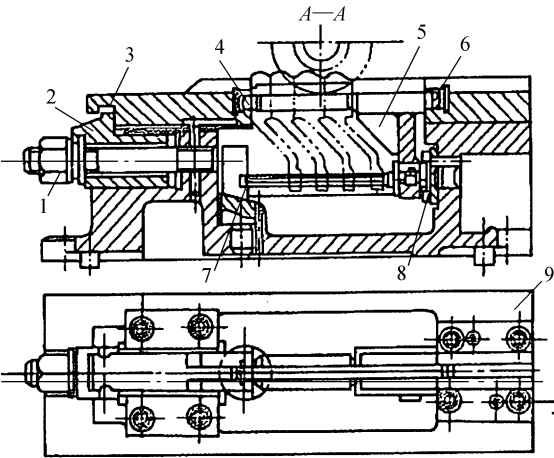
图 3-56 铣槽夹具

1—圆柱销; 2—对刀块; 3—支承板; 4—菱形销;
5—螺旋压板; 6—弹簧; 7—定位键

图 3-57 为带料框的直线进给铣床夹具。夹具由两部分组成: 一部分是可装卸的装料框[如图 3-57(b)所示]; 另一部分固定在机床工作台上。前者有定位元件, 后者有夹紧装置。工件在支架 12 的左端面、圆柱销 11 和菱形销 10 上定位, 拧紧螺母 1, 通过压板 2、压块 3 将工件压紧。为提高效率, 减少安装工件的辅助时间, 一个夹具应准备两个以上装料框, 操作者利用切削的基本时间装好工件, 与装料框一起装到夹具体上。

2. 圆周进给式铣床夹具

圆周进给式铣床夹具一般在有回转工作台的专用铣床上使用, 在通用铣床上使用时, 应进行改装, 增加一个回转工作台。如图 3-58 所示, 铣削拨叉上、下两端面。工件以圆孔、端面及侧面在定位销 2 和挡销 4 上定位, 由液压缸 6 驱动拉杆 1 通过快换垫圈 3 将工件夹紧。夹具上可同时装夹 12 个工件。



(a)

(b)

图 3-57 带装料框的铣床夹具

1—螺母; 2—压板; 3—压块; 4—定位孔; 5—装料框; 6—定位孔; 7—定位槽; 8—定位槽;
9—夹具体; 10—菱形销; 11—圆柱销; 12—支架

工作台由电动机通过蜗杆蜗轮机构带动回转。AB 是工件的切削区域,CD 是工件的装卸区域,可在不停车的情况下装卸工件,使切削的基本时间和装卸工件的辅助时间重合。因此,它生产效率高,适用于大批大量生产的中、小件加工。

3. 铣床靠模夹具

铣床靠模夹具用于专用或通用铣床上加工各种成形面。靠模夹具的作用是使主进给运动和靠模获得的辅助运动合成加工所需要的仿形运动。按照主进给运动的运动方式,铣床靠模夹具可分为直线进给和圆周进给两种。

(1) 直线进给铣床靠模夹具 图 3-59(a)为直线进给铣床靠模夹具示意图。靠模板 2 和工件 4 分别装在夹具上,滚柱滑座 6 和铣刀滑座 5 连成一体,它们的轴线距离 k 保持不变。滑座 5、6 在强力弹簧或重锤拉力的作用下沿导轨滑动,使滚柱始终压在靠模板上。当工作台作纵向进给时,滑座即获得横向辅助运动,使铣刀仿照靠模板的曲线轨迹在工件上铣出所需的成形表面。此种加工方法一般在靠模铣床上进行。

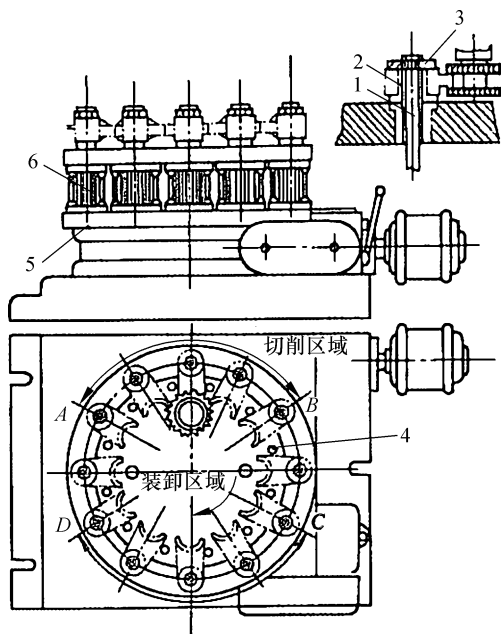


图 3-58 圆周进给铣床夹具

1—拉杆;2—定位销;3—快换垫圈;4—挡销;
5—回转工作台;6—液压力缸

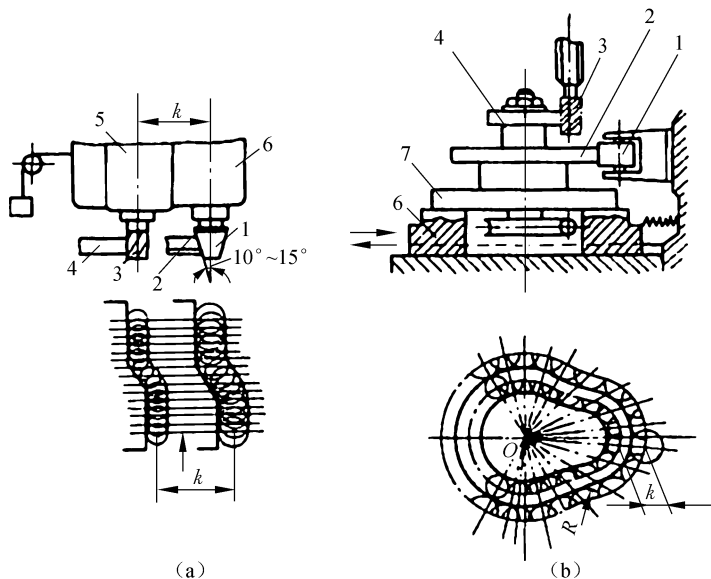


图 3-59 铣床靠模夹具

1—滚柱;2—靠模板;3—铣刀;4—工件;5—铣刀滑座;6—滚柱滑座;7—回转台

(2) 圆周进给铣床靠模夹具 图 3-59(b)为装在普通立式铣床上的圆周进给靠模夹具。靠模板 2 和工件 4 装在回转台 7 上,回转台由蜗杆蜗轮带动作等速圆周运动。在强力弹簧的作用下,滑座带动工件沿导轨相对于刀具作辅助运动,从而加工出与靠模外形相仿的成形面。

铣床夹具除了具有定位元件、夹紧机构和夹具体以外,和其他机床夹具不同的是还具有对刀装置(对刀块与塞尺)和定位键。

(1) 定位键 铣床夹具常用装在夹具体底面上的定位键来确定夹具相对于机床进给方向的正确位置。图 3-60 所示为常用定位键的结构及使用实例。为了提高定向精度,定位键上部应与夹具体底面的槽配合,下部与机床工作台的 T 形槽配合。两定位键在夹具允许范围内应尽量布置得远些,以提高夹具的安装精度。定向精度要求高的铣床夹具,常不放置定位键,而在夹具体的侧面加工出一窄长平面作为夹具安装时的找正基面,通过找正获得较高的定向精度。

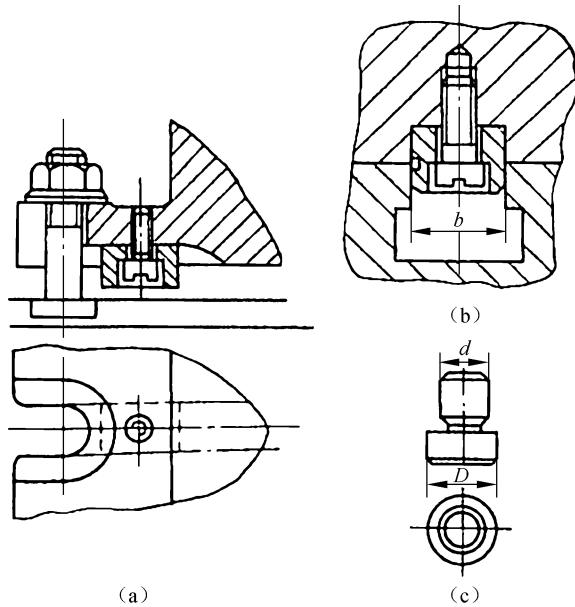


图 3-60 定位键

矩形定位键已经标准化,其规格尺寸、材料和热处理等可从“夹具手册”中查到。

(2) 对刀装置 图 3-56 中的对刀块 4 用来确定夹具与刀具的相对位置。对刀装置的结构形式取决于工件加工表面的形状,图 3-61 为几种常见的对刀装置。图 3-61(a)用于铣平面,图 3-61(b)用于铣槽,图 3-61(c)、(d)用于铣削成形面。

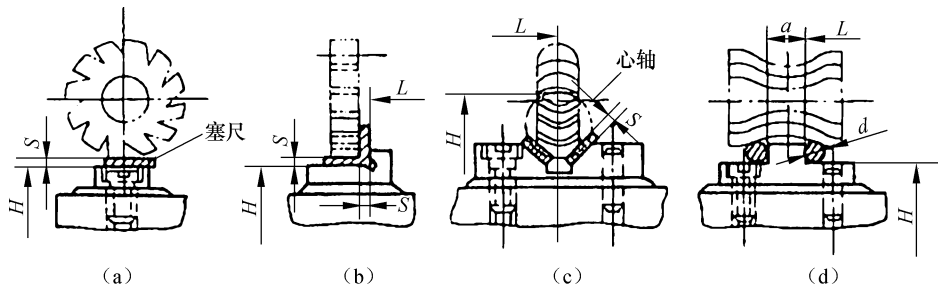


图 3-61 对刀装置

对刀时,在刀具与对刀块之间加一塞尺,使刀具与对刀块不直接接触,以免损坏刀刃或造成对刀块过早磨损。塞尺有平塞尺和圆柱形塞尺两种,其厚度或直径一般为 3~5mm。

对刀块与塞尺均已标准化,其结构尺寸、材料、热处理等都可从“夹具手册”中查到。

(3) 注意事项 由于铣削过程中不是连续切削,极易产生振动,铣削的加工余量一般比较大,铣削力也较大,且方向是变化的,因此设计时要注意:

- ① 夹具体要有足够的刚度和强度;
- ② 夹具体要有足够的夹紧力,夹紧装置自锁性要好;
- ③ 夹紧力应作用在工件刚度较大的部位上,且着力点和施力方向要恰当;
- ④ 夹具的重心应尽量低,高度与宽度之比不应大于 $1 \sim 1.25$;
- ⑤ 要有足够的排屑空间,使切屑和冷却液能顺利排出,必要时可设计排屑孔。

此外,为方便铣床夹具在铣床工作台上的固定,夹具体上应设置耳座,常见的耳座结构如图 3-60(a)所示,其结构尺寸可参考“夹具手册”。小型夹具体一般两端各设置一个耳座,夹具体较宽时,可在两端各设置两个耳座,两耳座的距离应与工作台上两 T 形槽的距离一致。对于重型铣床夹具,夹具体两端还应设置吊装孔或吊环等。

三、钻床夹具

在钻床上进行孔的钻、扩、铰、攻螺纹加工时所用的夹具称为钻床夹具,又称钻模。

(一) 钻模的主要类型

钻模的种类繁多,常用的有:固定式、回转式、移动式、翻转式、盖板式、滑柱式钻模等。

(1) 固定式钻模 固定式钻模的特点是在加工中,钻模固定不动。用于在立式钻床上加工单孔或在摇臂钻床上加工位于同一方向上的平行孔系。如图 3-62 所示,钻模板 3 用若干个螺钉 2 和两个圆柱定位销 1 固定在夹具体 5 上。除用上述连接方法外,钻模板和夹具体还可以采用焊接结构或直接铸造成一体。固定式钻模板结构简单,制造方便,定位精度高,但有时装卸工件不便。

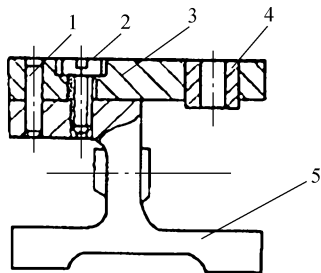


图 3-62 固定式钻模板

1—定位销;2—螺钉;3—钻模板;
4—钻套;5—夹具体

(2) 回转式钻模 回转式钻模用于加工工件上围绕某一轴线分布的轴向或径向孔系。工件一次安装,经夹具分度机构转位而顺序加工各孔。图 3-63 为加工套筒上三圈径向孔的回转式钻模。工件以内孔和一个端面在定位轴 3 和分度盘 2 的端面 A 上定位,用螺母 5 夹紧工件 4。钻完一排孔后,将分度销 6 拉出,松开螺母 1,即可转动分度盘 2 至另一位置,再插入分度销,拧紧螺母 4,即进行另一排孔的加工。

(3) 移动式钻模 移动式钻模用在立式钻床上,先后钻削工件同一表面上的多个孔,属于小型夹具。移动方式有两种:一种是自由移动;另一种是定向移动,用专门设计的导轨和定程机构来控制移动的方向和距离。

(4) 盖板式钻模 盖板式钻模无夹具体,其定位元件和夹紧装置直接安装在钻模板上。图 3-64 为加工车床溜板箱上多个小孔的盖板式钻模。在钻模板上装有钻套和定位元件等。它的主要特点是钻模在工件上定位,夹具结构简单、轻便,易清除切屑。盖板式钻模适合在体积大而笨重的工件上加工小孔。但是,盖板式钻模每次需从工件上装卸,比较费时。

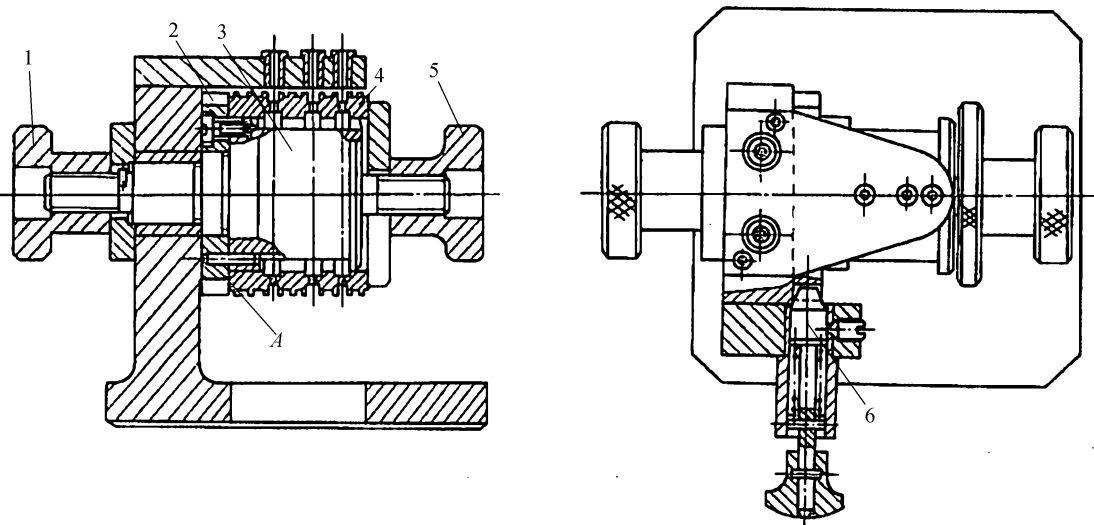


图 3-63 回转式钻模

1—螺母;2—分度盘;3—定位轴;4—工件;5—螺母;6—分度销

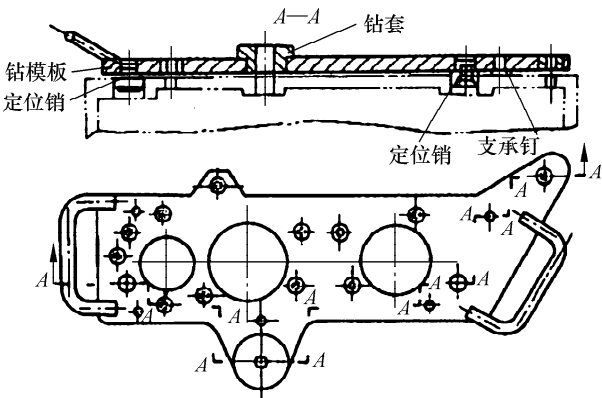


图 3-64 盖板式钻模

(5) 滑柱式钻模 这是一种钻模板装在可升降的滑柱上的钻模。图 3-65 所示为手动滑柱式钻模,它由钻模板、斜齿轮轴、齿条轴、两根导向滑柱以及夹具体等部分组成。这种夹具结构和尺寸系列已经标准化。

使用时,转动手柄使斜齿轮轴转动,并带动齿条轴、钻模板上下移动,从而实现松开和夹紧工件。当钻模板向下与工件接触,并将工件夹紧后,继续转动手柄,由于有斜齿轮轴的锥体 A 的作用,所以可完成锁紧。

(6) 翻转式钻模 翻转式钻模主要用于加工中、小型工件分布在不同表面上的孔。图 3-66 为加工套筒上四个径向孔的翻转式钻模。工件以内孔及端面在台肩和定位轴的圆柱面上定位,用快速垫圈 2 和螺母 3 夹紧。钻完一组孔后,翻转 60°,钻另一组孔。该夹具的结构比较简单,但每次钻孔都需找正钻套相对钻头的位置,所以辅助时间较长,且手动翻转费力,因此工件连同夹具总重量不能太重,生产批量不宜过大。

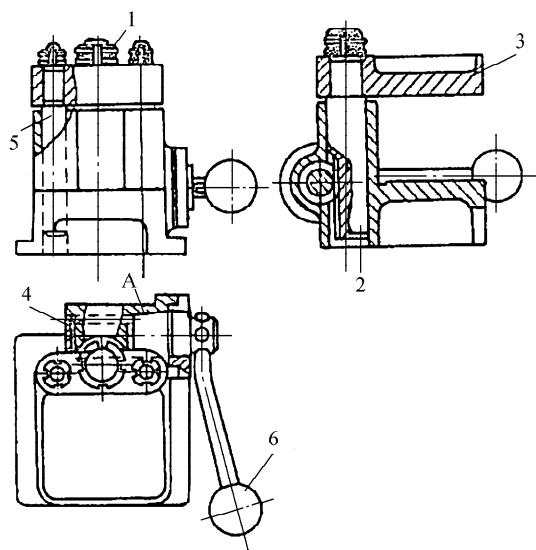


图 3-65 滑柱式钻模

1—螺母;2—齿条轴;3—钻模板;4—斜齿轮轴;5—导向滑柱;6—手柄

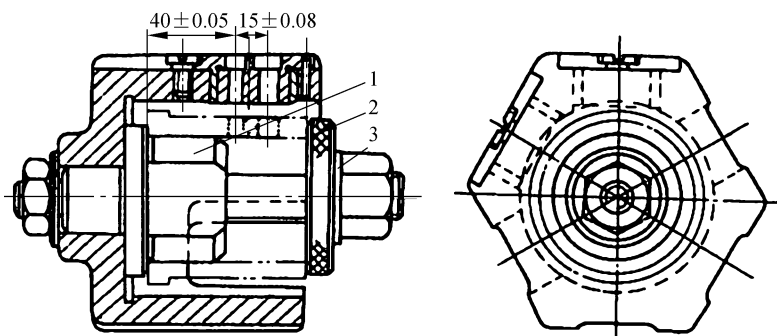


图 3-66 60°翻转式钻模

1—定位轴;2—快速垫圈;3—螺母

(二) 钻模的结构特点

钻模除了具有定位元件、夹紧装置和夹具体以外还有钻模板和钻套。

1. 钻套

图 3-67 为固定钻套,钻套直接压装在钻模板上,固定钻套结构简单,钻孔精度高,但磨损后不能更换。固定钻套适用于单一钻孔工序的小批量生产。

图 3-68 为可换钻套,钻套装在衬套中,衬套压装在钻模板上,由螺钉将钻套压紧,以防止钻套转动或退刀时脱出。钻套磨损后,将螺钉松开可迅速更换。适用于大批量生产时的单一钻孔工序。

图 3-69 为快换钻套,其结构与可换钻套相似。当一个工序中工件同一孔须经多种方法加工(如孔经钻、扩、铰或攻螺纹等)时,能快速更换不同孔径的钻套。更换时,将钻套缺口转至螺钉处,即可取出。

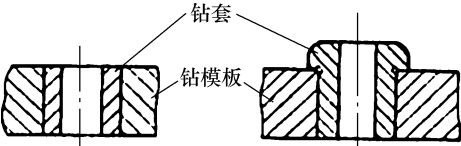


图 3-67 固定钻套

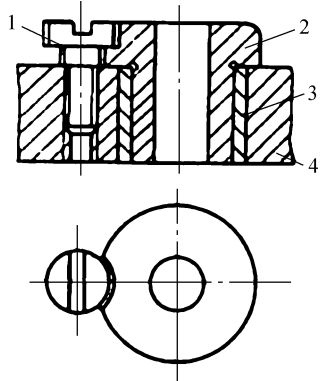


图 3-68 可换钻套

1—螺钉;2—钻套;3—衬套;4—钻模板

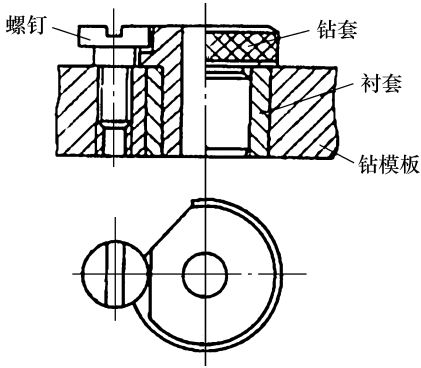


图 3-69 快换钻套

图 3-70 是特殊钻套,当工件的结构形状不适合采用标准钻套时,可自行设计与工件相适应的特殊钻套。

钻套的高度 H 增大,则导向性能好,刀具刚度提高,加工精度高,但钻套与刀具的磨损加剧,一般取 $H=(1\sim 2.5)d$ 。

排屑空间 h 增大,排屑方便,但刀具的刚度和孔的加工精度都会降低。对钻削较易排屑的铸铁, $h=(0.3\sim 0.7)d$;对钻削较难排屑的钢件, $h=(0.7\sim 1.5)d$ 。

2. 钻模板

钻模板用于安装钻套,并确保钻套在钻模上的正确位置。钻模板多装配在夹具体或支架上,常见的钻模板有以下几种:

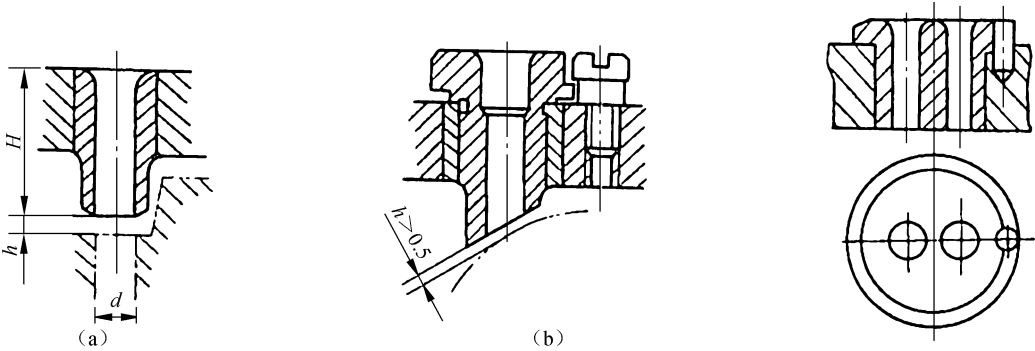


图 3-70 特殊钻套

(a) 加长钻套; (b) 斜面钻套; (c) 小孔距钻套

(1) 固定式钻模板见图 3-62。

(2) 铰链式钻模板 当钻模板妨碍工件装卸或钻孔后需攻螺纹时,可采用图 3-71 所示的铰链式钻模板。钻套导向孔与夹具安装面的垂直度可通过调整两个支承钉 4 的高度来保证。加工时,钻模板 5 由菱形螺母 6 锁紧。由于铰链销孔之间存在配合间隙,用此类钻模板加工的

工件精度比固定式钻模板低。

(3) 可卸式钻模板 可卸式钻模板又称分离式钻模板,它与夹具体是可分离的。图 3-72 所示为可卸式钻模板,加工过程中需将钻模板卸下才能装卸工件,比较费事且定位精度低,一般多用于其他类型钻模板不便装卸工件的情况。

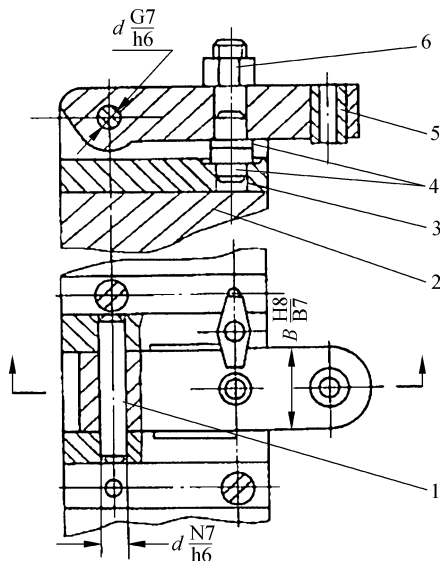


图 3-71 铰链式钻模板

1—铰链销;2—夹具体;3—铰链座;4—支承钉;
5—钻模板;6—菱形螺母

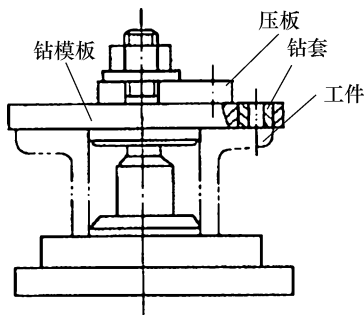


图 3-72 可卸式钻模板

四、镗床夹具

镗床夹具又称镗模,主要用于加工箱体类工件的精密孔或孔系。

(一) 镗床夹具实例

镗床夹具可分为双支承镗模、单支承镗模及无支承镗模。

(1) 双支承镗模 图 3-73 为镗削车床尾架孔的双支承镗模,镗模的两个支承分别设置在刀具的前方和后方,镗刀杆 9 和主轴通过浮动接头 10 连接,保证被加工孔的加工精度不受机床主轴精度的影响。工件以底面槽及侧面在定位板 3、4 及可调支承钉 7 上定位,限制六个自由度。采用联动夹紧机构夹紧,即拧紧夹紧螺钉 6,压板 5、8 同时将工件夹紧。镗模支架 1 用回转镗套 2 来支承和引导镗杆。镗模以底面 A 安装在机床工作台上,其位置用 B 面找正。

(2) 单支承镗模 这类镗模只有一个导向支承,镗杆与主轴采用固定连接。安装镗模时,应使镗套轴线与机床主轴轴线重合,主轴的回转精度将影响镗孔精度。根据支承相对刀具的位置,单支承镗模又可分为以下两种:

一种为前单支承镗模,镗模支承设置在刀具的前方。另一种为后单支承镗模,镗套设置在刀具的后方。

(3) 无支承镗模 工件在刚性好、精度高的金刚镗床或坐标镗床上镗孔时,夹具上不设置镗杆支承,加工孔的尺寸和位置精度均由镗床保证。

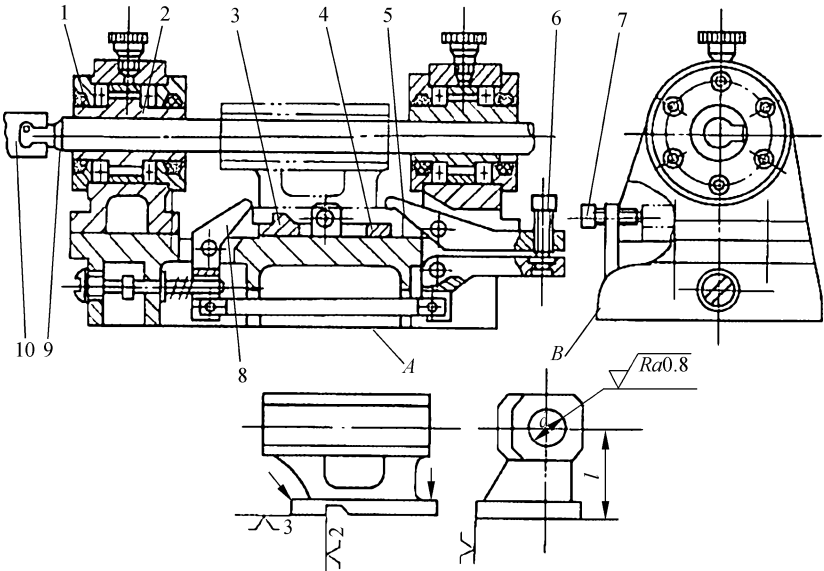


图 3-73 镗削车床尾架孔的镗模

1—支架;2—镗套;3—定位板;4—定位板;5—压板;6—夹紧螺钉;7—可调支承钉;8—压板;9—镗刀杆;10—浮动接头

(二) 镗床夹具的结构特点

镗床夹具具有定位元件和夹紧装置,除此之外还有镗套、镗模支架、镗模底座、镗杆。

1. 镗套

镗套的结构形式和精度直接影响被加工孔的精度。常用的镗套有两类,即固定式镗套和回转式镗套。镗套的结构、材料、配合关系等可查阅有关设计手册。

(1) 固定式镗套 固定式镗套(图 3-74)与快换钻套结构相似,加工时镗套不随镗杆转动。A 型不带油杯和油槽,靠镗杆上开的油槽润滑;B 型则带油杯和油槽,使镗杆和镗套之间能充分地润滑,从而减少镗套的磨损。

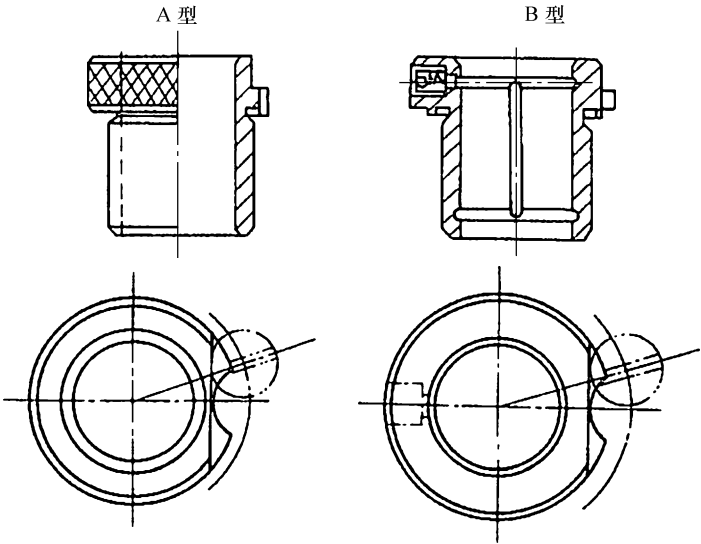


图 3-74 固定式镗套

固定式镗套的优点是外形尺寸小,结构简单,精度高。但镗杆在镗套内一边回转一边作轴向移动,使镗套容易磨损,因此只适用于低速镗孔。

(2) 回转式镗套 回转式镗套(图 3-75)随镗杆一起转动,镗杆与镗套之间只有相对移动而无相对转动,从而大大减少了镗套的磨损,也不会因摩擦发热而“卡死”。因此,它适合于高速镗孔。

图 3-75(a)为滑动式回转镗套,其结构尺寸较小,回转精度高,减振性好,支承能力大。但需要充分润滑,摩擦面的线速度不能大于 $0.3 \sim 0.4 \text{ m/s}$,常用于精加工。图 3-75(b)为滚动式回转镗套,用于卧式镗孔。由于镗套与支架之间安装了滚动轴承,所以回转线速度可大大提高,一般 $v > 0.4 \text{ m/s}$,但是径向尺寸较大,回转精度受轴承精度影响。图 3-75(c)为立式镗孔用的回转式镗套。它的工作条件差,受切削液和切屑的冲刷,一般设有防屑结构,并采用圆锥滚子轴承。

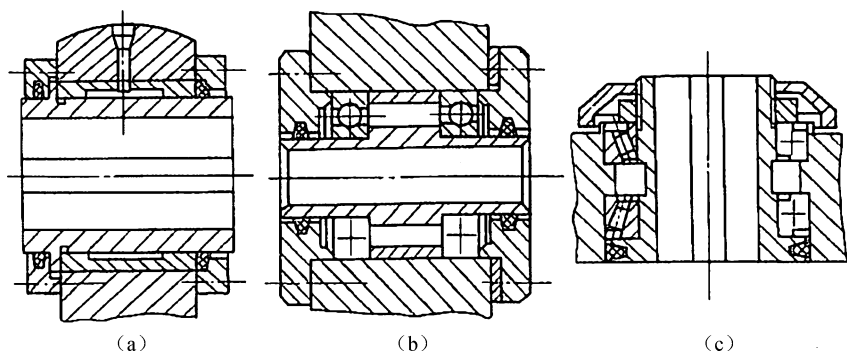


图 3-75 回转式镗套

(a) 滑动式回转镗套; (b) 滚动式回转镗套; (c) 立式滚动回转镗套

当工件孔直径大于镗套孔径时,需在镗套上设引刀槽,使装好刀的镗杆能顺利进入和退出。

2. 镗杆

图 3-76 为用于固定式镗套的镗杆导向部分结构。当镗杆导向部分直径 $d < 50 \text{ mm}$ 时,镗杆常采用整体式结构。图 3-76(a)为开油槽的镗杆,镗杆与镗套的接触面积大,磨损大,若切屑从油槽进入镗套,则易出现“卡死”现象,但镗杆的强度和刚度较好。图 3-76(b)、(c)为有较深直槽和螺旋槽的镗杆,这种结构可大大减少镗杆与镗套的接触面积,沟槽内有一定的存屑能力,可减少“卡死”现象,但其刚度较低。当 $d > 50 \text{ mm}$ 时,常采用如图 3-76(d)所示的镶条式结

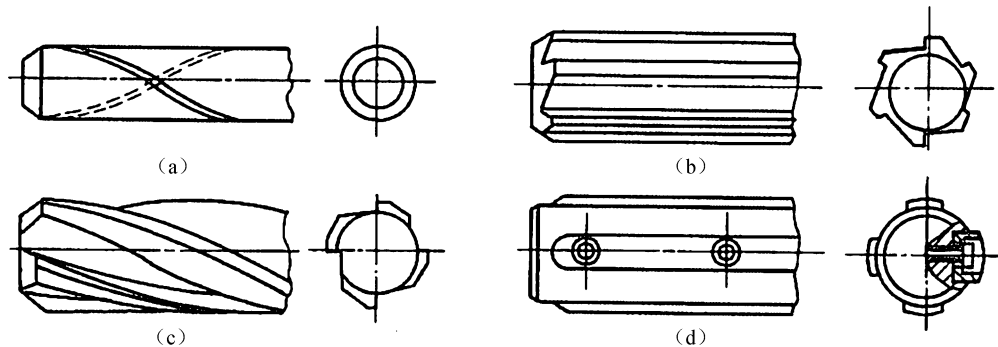


图 3-76 用于固定镗套的镗杆导向部分结构

构。镶条磨损后,可在底部加垫片,重新修磨使用。回转镗套的镗杆引进结构设计可参阅有关设计手册。

3. 镗模支架

镗模支架主要用来安装镗套和承受切削力,要求有足够的刚性和稳定性。在结构上一般要有较大的安装基面和设置必要的加强肋。而且支架上不允许安装夹紧机构和承受夹紧反力,以免支架变形而破坏精度。支架的典型结构和尺寸可参阅有关设计手册。

4. 浮动接头

当用双支承镗模镗孔时,镗杆通过浮动接头与机床主轴浮动连接。图 3-77 所示为连接镗杆与机床主轴的浮动接头。

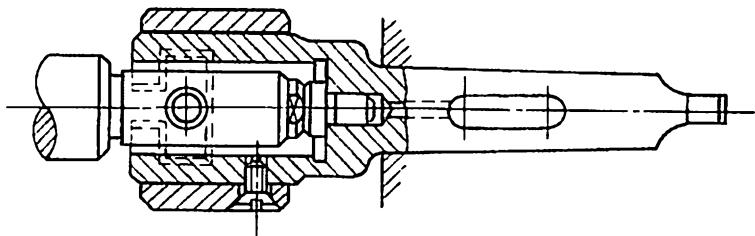


图 3-77 浮动接头

5. 镗模底座

镗模底座与其他夹具体相比要厚,且内腔设有十字形加强肋。底座的典型结构和尺寸可参阅有关设计手册。

和铣床夹具一样,镗模底座上也常设有定位键或找正面,以保证镗模在机床上安装时的正确位置。

五、专用夹具设计方法

(一) 专用夹具设计的基本要求

(1) 保证工件的加工精度 专用夹具应有合理的定位方案,合适的尺寸、公差和技术要求,并进行必要的精度分析,确保夹具能满足工件的加工精度要求。

(2) 提高生产效率 专用夹具的复杂程度要与工件的生产纲领相适应,应根据工件生产批量的大小选用不同复杂程度的快速高效夹紧装置,以缩短辅助时间,提高生产效率。

(3) 工艺性好 专用夹具的结构应简单、合理,便于加工、装配、检验和维修。

(4) 使用性好 专用夹具的操作应简便、省力、安全可靠,排屑应方便,必要时可设置排屑结构。

(5) 经济性好 除考虑专用夹具本身结构简单、标准化程度高、成本低廉外,还应根据生产纲领对夹具方案进行必要的经济分析,以提高夹具在生产中的经济效益。

(二) 专用夹具的设计方法和步骤

(1) 明确设计任务,收集设计资料 夹具设计的第一步是在已知生产纲领的前提下,研究被加工零件的零件图、工序图、工艺规程和设计任务书,对工件进行工艺分析。了解工件的结构特点、材料;本工序的加工表面、加工要求、加工余量、定位基准及所使用的设备。

其次是根据设计任务收集有关资料,如机床的技术参数,夹具零、部件的国家标准、部颁标准和厂定标准,各类夹具图册、夹具设计手册等,还可收集一些同类夹具的设计图纸,并了解该厂的工装制造水平,以供参考。

(2) 拟订夹具结构方案,绘制夹具草图

① 确定工件的定位方案,设计定位装置。

② 确定工件的夹紧方案,设计夹紧装置。

③ 确定其他装置及元件的结构形式,如对刀、导向装置、分度装置等。

④ 确定夹具体的结构形式及夹具在机床上的安装方式,对夹具的总体结构最好拟定出几个不同的方案,经过分析比较,选择最佳方案。

⑤ 绘制夹具草图,并标注尺寸、公差及技术要求。

(3) 进行必要的分析计算 工件的加工精度较高时,应进行工件加工精度分析。有动力装置的夹具,需计算夹紧力。

(4) 绘制夹具总装配图 夹具的总装配图应按国家制图标准绘制。绘图比例尽量采用 1:1。主视图按夹具面对操作者的方向绘制。总图应把夹具的工作原理、各类装置的结构及其相互关系表达清楚。

夹具总图的绘制次序如下:

① 用双点划线将工件的外形轮廓、定位基面、夹紧表面及加工表面绘制在各个视图的合适位置上。在总图中工件可看做透明体,不遮挡后面的线条。

② 依次绘出定位装置、夹紧装置、其他装置及夹具体。

③ 标注必要的尺寸、公差和技术要求。

④ 编制夹具明细表及标题栏。

(5) 绘制夹具零件图

夹具中的非标准零件均要画零件图,并按夹具总图要求,确定零件的尺寸、公差及技术要求。

(三) 夹具总图尺寸标注原则与技术要求的制定

1. 夹具总图上应标注的尺寸和公差

(1) 夹具外形的最大轮廓尺寸 包括长、宽、高三个方向。如果夹具具有活动部分,应用双点划线画出最大活动范围,标出活动部分与处于极限位置时的尺寸,如图 3-78 中的最大轮廓尺寸 X 、 Y 、 Z 。

(2) 影响定位精度的尺寸 主要指定位元件之间、工件与定位元件之间的尺寸和公差。如图 3-78 中标注圆柱销及菱形销的尺寸 $2 \times \phi d$ 、销间距 $L \pm \delta_L$ 。

(3) 影响对刀精度的尺寸和公差 它们主要指刀具与对刀元件或导向元件之间的尺寸及公差,如钻头与钻套内孔的配合尺寸及公差等。

(4) 影响夹具在机床上安装精度的尺寸和公差 它们主要是指夹具安装基面与机床相应配合表面之间的尺寸及公差。如图 3-78 中标注的定位键与铣床工作台 T 形槽的配合尺寸 $bH8$ 。

(5) 影响夹具精度的尺寸和公差 它们主要指定位元件、对刀元件、安装基面三者之间的

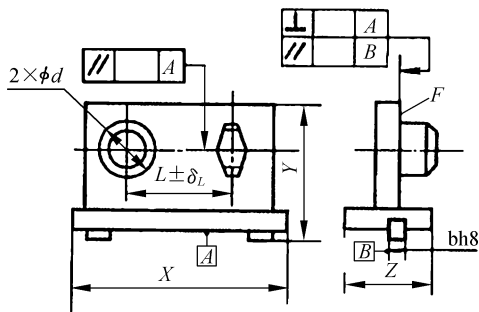


图 3-78 铣床夹具尺寸标注示意图

位置尺寸和公差。如图 3-78 中标注的位置要求。

(6) 其他装配尺寸和公差 它们主要指夹具内部各连接副的配合、各组成元件之间的位置关系等。如定位销(心轴)与夹具体配合,钻套与夹具的配合等,设计时可查阅有关手册。

2. 夹具总图上公差值的确定

夹具总图上标注公差的原则是:在满足工件加工要求的前提下,尽量降低夹具的制造精度。

(1) 直接影响工件加工精度的夹具公差 δ_j , 夹具总图上应标注的第(2)~(5)类尺寸均属此范围,取 $\delta_j = (1/5 \sim 1/2)\delta_k$, 式中 δ_k 为与 δ_j 相应的工件尺寸公差或位置公差。

当工件产量大,加工精度要求不高时, δ_j 取小值,以延长夹具的使用寿命;反之取大值。

工件的加工尺寸未注公差时,工件公差 δ_k 视为 IT14~IT12, 夹具上相应的尺寸公差按 IT11~IT9 标注;工件上的位置要求未注公差时,工件位置公差 δ_k 视为 IT11~IT9 级,夹具上相应的位置公差按 IT9~IT7 级标注;工件上未注的角度公差 δ_k 视为 $\pm 10' \sim \pm 30'$, 夹具上相应的角度公差标为 $\pm 3' \sim \pm 10'$ (相应边长为 10~400 mm, 边长短时取大值)。

(2) 其他装配尺寸的配合性质及公差等级 夹具内部各连接副的配合性质及公差等级可参考有关夹具设计手册确定。

3. 夹具总图上应标注的技术要求

夹具总图上无法用符号标注而又必须说明的问题,可作为技术要求用文字写在总图的空白处,例如有些夹具要求配磨等。

(四) 专用夹具设计实例

图 3-79 所示为拨叉零件,要求设计铣槽工序用的铣床夹具。根据工艺规程,在铣槽之前其他各表面均已加工完毕,本工序的加工要求是:槽宽 16H11,槽深 8 mm,槽的中心平面与 $\phi 25H7$ 孔轴线的垂直度公差为 0.08 mm,槽的侧面与 E 面的距离为 (11 ± 0.2) mm,槽的底面与 B 面平行。

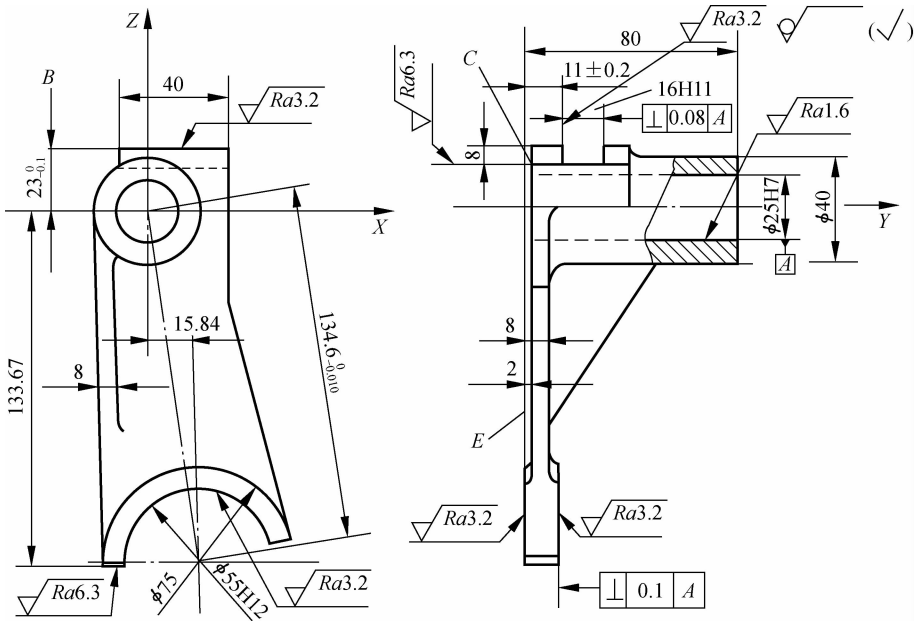


图 3-79 拨叉零件图

1. 定位方案

(1) 确定要限制的自由度 按照加工要求,铣通槽时应限制五个自由度,即沿 X 轴移动的自由度不需要限制,但若在此方向设置一止推支承,则可起到承受部分铣削力的作用,故采用完全定位。

(2) 定位方案选择 如图 3-80 所示,有三种定位方案可供选择:

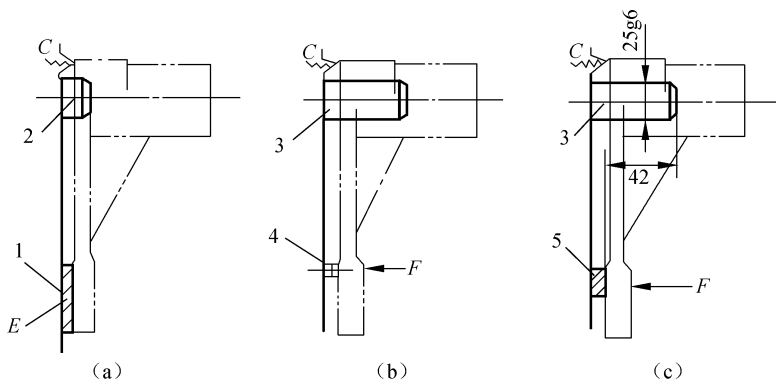


图 3-80 铣槽定位方案

1—支承板;2—短销;3—长销;4—支承钉;5—长条支承板

方案Ⅰ:工件以 E 面作为主要定位面,用支承板 1 和短销 2(与工件 $\phi 25H7$ 孔配合)限制了工件的五个自由度,另设置一防转挡销实现六点定位。为了提高工件的装夹刚度,在 C 处加一辅助支承,如图 3-80(a)所示。

方案Ⅱ:工件以 $\phi 25H7$ 孔作为主要定位基面,用长销 3 和支承钉 4 限制工件五个自由度,另设置一防转挡销实现六点定位,在 C 处也加一辅助支承,如图 3-80(b)所示。

方案Ⅲ:工件以 $\phi 25H7$ 孔作为主要定位基面,用长销 3 和长条支承板 5 限制工件六个自由度,其中绕 Z 轴转动的自由度被重复限制了,另设置一防挡转销。在 C 处也加一辅助支承,如图 3-80(c)所示。

比较以上三种方案,方案Ⅰ中工件绕 X 轴转动的自由度由 E 面限制,定位基准与设计基准不重合,不利于保证槽的中心平面与 $\phi 25H7$ 孔轴线的垂直度。方案Ⅱ中虽然定位基准与设计基准重合,槽的中心平面与 $\phi 25H7$ 孔轴线的垂直度要求易保证,但这种方式不利于工件的夹紧。由于辅助支承是在工件夹紧后才起作用,而在施加夹紧力 F 时,支承钉 4 的面积太小,工件极易变形,夹紧也不可靠。方案Ⅲ中虽是过定位,但若在工件加工工艺方案中,安排 $\phi 25H7$ 孔与 E 面在一次装夹中加工,使 $\phi 25H7$ 孔与 E 面有较高的垂直度,则过定位的影响甚小。在对工件施加夹紧力 F 时,工件的变形也很小,且定位基准与设计基准重合。综上所述,方案Ⅲ较好。

(3) 计算定位误差 除槽宽 $16h11$ 由铣刀保证外,本夹具要保证槽侧面与 E 面的距离及槽的中心平面与 $\phi 25H7$ 孔轴线的垂直度,其他要求未注公差,因此只需计算上述两项加工要求的定位误差。

① 加工尺寸 $(11 \pm 0.2)\text{mm}$ 的定位误差。采用图 3-80(c)所示定位方案时, E 面既是工序基准,又是定位基准,故基准不重合误差为零。又由于 E 面与长条支承板始终保持接触,故基

准位移误差也为零。因此,加工尺寸 $(11\pm0.2)\text{mm}$ 没有定位误差。

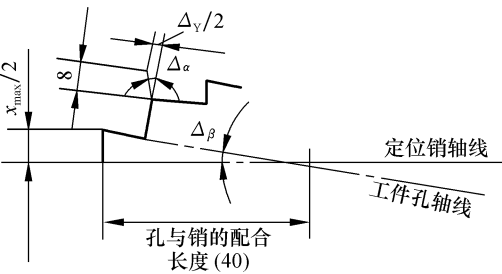


图 3-81 基准位移误差分析

② 槽的中心平面与 $\phi 25\text{H7}$ 孔轴线垂直度的定位误差。长销与工件孔的配合取 $\phi 25\text{H7/g6}$, 则

$$\phi 25\text{g6} = \phi 25_{-0.025}^{-0.009}\text{mm}$$

$$\phi 25\text{H7} = \phi 25_0^{+0.025}\text{mm}$$

由于定位基准与设计基准重合,故基准不重合误差为零。基准位移误差的分析如图 3-81 所示。

$$\tan \Delta_a = (25.025 - 24.975)/2 \times 40 = 0.000625(\text{mm})$$

基准位移误差

$$\Delta_Y = 2 \times 8 \tan \Delta_a = 2 \times 8 \times 0.000625 = 0.01(\text{mm})$$

由于定位误差 $\Delta_D = \Delta_Y = 0.01\text{mm} < (0.08/3)\text{mm}$,故此定位方案可行。

2. 夹紧方案

根据工件夹紧的原则,除在图 3-80(c)中叉口处施加夹紧力 F 外,还应在靠近加工面处增加一夹紧力,如图 3-82 所示,用螺母与开口垫圈夹压在工件圆柱的端面,而在叉口处对着支承板的夹紧机构可采用钩形压板,使结构紧凑,操作方便。

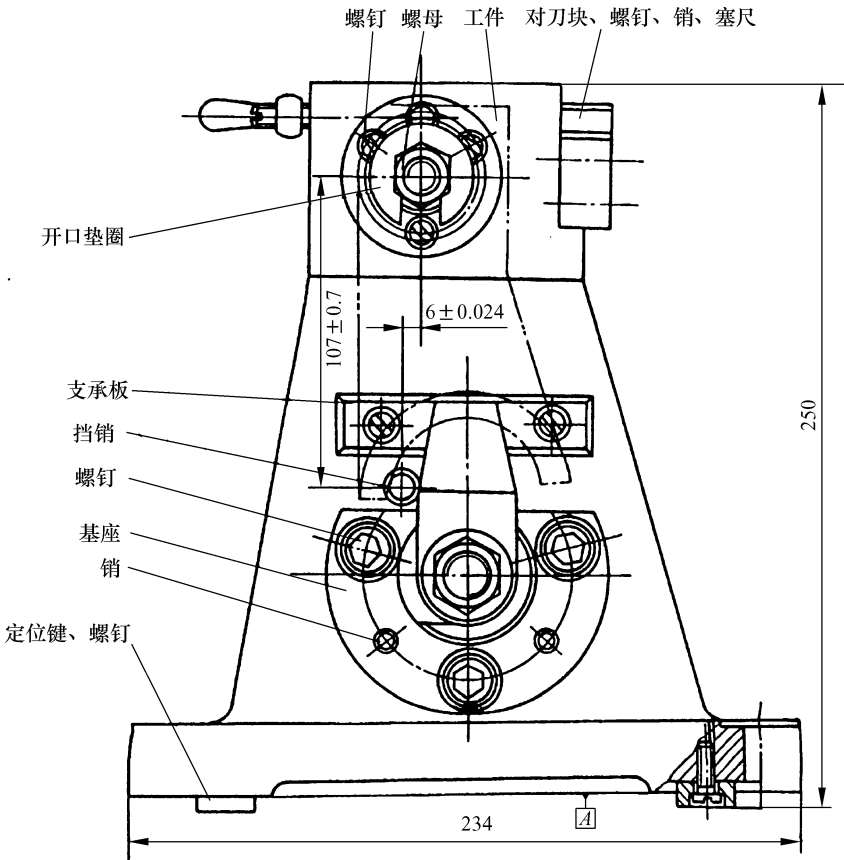


图 3-82 拨叉铣床槽夹具

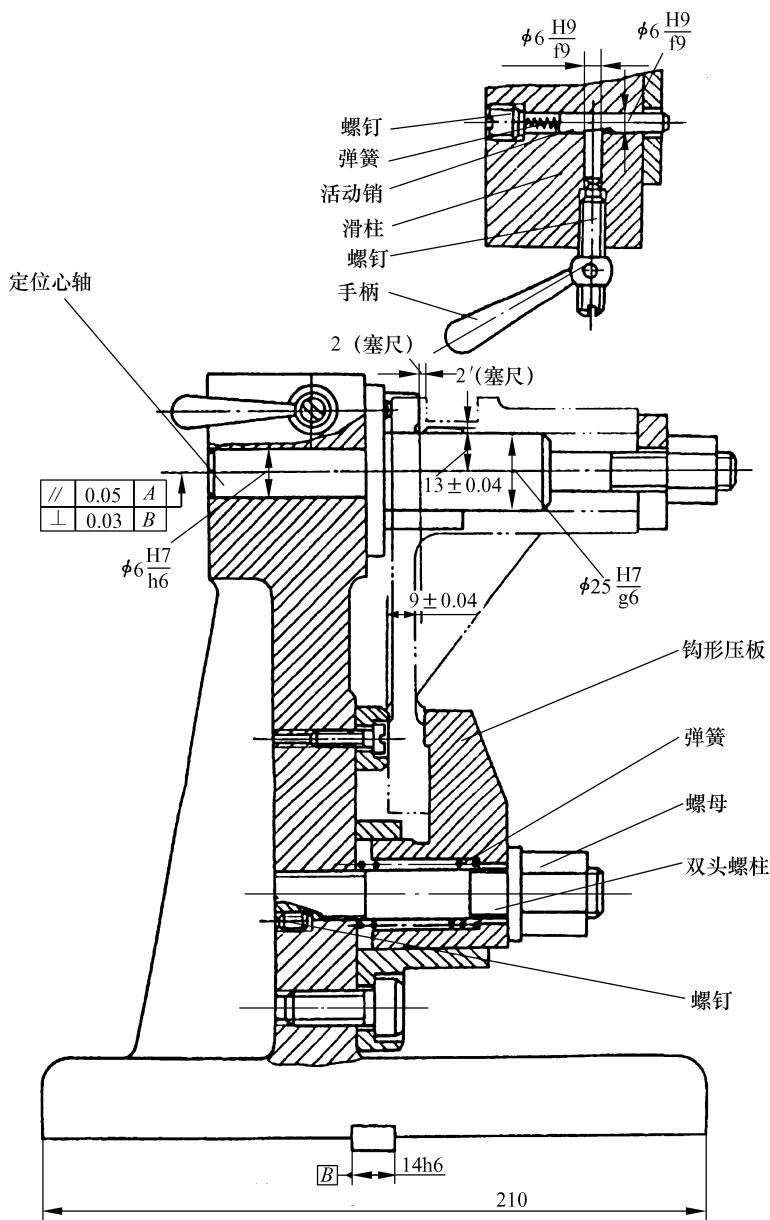


图 3-82 拨叉铣床槽夹具(续)

3. 对刀方案

加工槽的铣刀需两个方向对刀,故应采用直角对刀块(见图 3-82)。

4. 夹具体与定位键

为保证夹具在工作台上安装稳定,应按照夹具体的高宽比不大于 1.25 的原则确定其宽度,并在两端设置耳座,以便固定。

为了使夹具在机床工作台的位置准确,保证槽的中心平面与 $\phi 25H7$ 孔轴线的垂直度要求,夹具体底面应设置定位键,定位键的侧面应与长销的轴心线垂直。

5. 夹具精度分析

为使夹具能满足工序要求,在夹具技术要求制定以后,还必须对夹具进行精度分析。若本工序某项精度不能被保证时,还需要对夹具的有关技术要求作适当调整。

下面对本例中的工序要求逐项分析:

① 槽宽尺寸 16H11:此项要求由刀具精度保证,与夹具精度无关;

② 槽侧面到 E 面尺寸 $(11 \pm 0.2) \text{ mm}$:因工件以平面定位,且符合基准重合原则,所以 $\Delta_D = 0$ 。

③ 槽深 8 mm:由于工件在 Z 方向的位置由定位销确定,而该尺寸的设计基准为 B 面。因此有定位误差,其中 $\Delta_B = 0.1 \text{ mm}$ 、 $\Delta_Y = (\delta_d + \delta_D)/2 = [(0.16 + 0.025)/2] \text{ mm} = 0.02 \text{ mm}$ (δ_d 为销公差, δ_D 为工件孔公差)。 $\Delta_D = \Delta_B + \Delta_Y = 0.12 \text{ mm}$, 尺寸 8 mm 的公差(按 IT14 级)为 0.36 mm , $\Delta_D = 0.12 \text{ mm} = (1/3) \times 0.36 \text{ mm}$,故尺寸 8 mm 能保证;

④ 槽的中心平面与 $\phi 25\text{H7}$ 孔轴线的垂直度公差 0.08 mm:影响该项要求的定位误差 $\Delta_D = \Delta_Y = 0.01 \text{ mm} < (1/3) \times 0.08 \text{ mm}$ (见定位误差分析);故垂直度公差能保证。

综上所述,该铣槽夹具能满足铣槽工序要求。

任务五 箱体类零件制造项目综合训练

一、训练目标

- (1) 机床方面:通过训练能合理选择常用平面和孔加工机床;
- (2) 工装方面:通过训练能合理选择刀具、量具、夹具和掌握设计简单专用夹具的方法;
- (3) 工艺方面:通过训练能合理制定简单箱体类零件的加工工艺规程。

二、训练题目(可根据具体情况自拟)

编制图 3-2 所示数控车削中心主轴箱的机械加工工艺规程和夹具设计。

生产纲领:20 件/年(小批生产)

三、训练要求

- (1) 完成毛坯—零件综合图一张;
- (2) 编写机械加工工艺过程卡和工序卡一套;
- (3) 设计专用夹具一套。

四、训练提纲

1. 技术要求分析

- (1) 箱体类零件的结构特点是什么?
- (2) 根据箱体类零件的功能及与轴的装配关系,应对箱体提出哪些技术要求?为什么?
- (3) 主轴孔 $\phi 200$ 、 $\phi 180 \text{ mm}$ 的精度很高,孔轴线对底面有平行度要求,为什么?
- (4) 箱体的前端面与主轴轴线有垂直度要求,为什么?

2. 工艺分析

(1) 粗、精基准的选择原则是什么? 箱体的粗、精基准如何选择?

(2) 箱体类零件的粗基准的选择与生产批量有关, 中小批生产和大批量生产粗基准的选择有什么不同?

(3) 加工方法的确定根据哪些因素来确定?

(4) 箱体在安排加工顺序时应遵循哪些原则? 图 3-2 所示的零件在安排工艺时如何应用这些原则?

(5) 为什么箱体的加工按先面后孔的顺序进行?

提示: 因为箱体的孔加工比平面加工要困难得多, 先以孔为粗基准加工平面, 再以平面为精基准加工孔, 不仅为孔的加工提供了稳定可靠的精基准, 同时可使孔的加工余量较为均匀。

(6) 为什么粗精加工要分阶段进行?

提示: 因为箱体的结构形状复杂, 主要表面的精度高, 粗精加工分开进行, 可以消除由粗加工所造成的切削力、夹紧力、切削热以及内应力对加工精度的影响, 有利于保证箱体的加工精度; 同时还能根据粗、精加工的不同要求来合理地选用设备, 有利于提高生产率。

(7) 箱体加工安排热处理工序的目的是什么?

提示: 箱体的结构比较复杂, 壁厚不均, 铸造时产生了较大的内应力。为了保证其加工后精度的稳定性, 在毛坯铸造后安排一次人工时效处理, 以改善加工性能, 消除内应力。

(8) 底面的加工应选择什么加工方法? 在什么机床上加工?

(9) 箱体毛坯(若选灰铸铁件)在加工过程中是否需要有时效处理? 安排在什么位置?

(10) 中批生产采取工序集中还是工序分散? 为什么?

3. 工件装夹分析

(1) 加工底面需限制几个自由度?

(2) 加工底面时应选择何种定位元件? 各限制几个自由度?

(3) 铣底面专用夹具不设定位键行不行?

(4) 铣底面夹具如果不设对刀装置, 靠调整机床能否实现? 如何调整机床? 如果选择对刀装置, 选哪一种?

(5) 镗轴承支承孔时, 应该限制几个自由度? 如何定位能满足轴承孔的尺寸精度要求?

(6) 镗轴承支承孔时假设以底面作为精基准, 夹紧点应选在何处? 这种选法有什么优缺点?

(7) 如果使用镗模镗轴承孔采取哪一种支承方式?

(8) 采取双支承镗模时镗杆与镗床主轴采用固定连接还是浮动连接?

(9) 镗套上引刀槽的作用是什么(提示: 装卸工件时退刀)? 如何保证镗刀头能停在引刀槽的位置?

(10) 如何保证镗模安装在机床上的正确位置(提示: 定位键或导向面)?

(11) 加工箱体前端面时, 如何保证端面相对主轴轴线的垂直度公差要求(提示: 从定位方法考虑)?

4. 箱体类零件的一般加工工艺过程

箱体类零件的一般加工工艺过程如图 3-83 所示。具体制订加工工艺过程时可在此基础上适当增减工序。

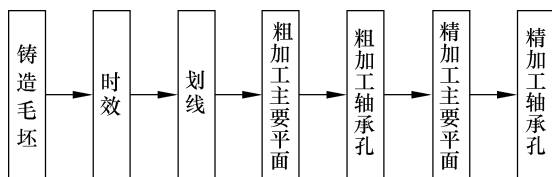


图 3-83 箱体类零件的基本加工工艺过程

五、小结

1. 结构和功用 箱体类零件尺寸较大,形状较复杂,壁薄而不均匀。主要由一些面和孔组成。其功用是将齿轮、轴等零、部件连接在一起,并使其保持正确的相互位置关系。

2. 主要技术要求 箱体类零件支承孔的尺寸和形状精度;孔与孔、孔与平面间的位置精度等,是其加工的主要技术要求。

3. 材料和毛坯的选择 箱体类零件形状复杂,受力不大时,宜选用灰铸铁材料和铸件毛坯;受力较大时,可选用球墨铸铁件毛坯或铸钢件毛坯。

4. 定位基准和装夹方法 箱体类零件在单件小批生产中要安排划线工序。即以划的线条作为粗基准;批量大时,一般以主要加工孔为粗基准。精基准一般遵循“基准重合”和“基准统一”的原则,采用几个平面组合定位或用一面两孔定位。一般在单件小批生产中,采用螺钉、压板等将工件直接装夹在工作台上;在大批量生产中则通过夹具将工件装夹在机床上。

5. 工艺特点 箱体加工一般按先面后孔、先基准后一般表面、先主后次、粗精加工分开、合理安排热处理等原则制定。在安排工序内容时,宜采用工序集中原则。

6. 专用夹具 是指专为某道工序而设计制造的夹具。虽然各类机床的加工工艺特点、夹具和机床的连接方式等不尽相同,每类机床夹具在总体结构、所需元件和技术要求方面都有其各自的特点,但是它们的设计步骤和方法却基本相同。

复习思考题

3-1 箱体类零件的结构特点及主要技术要求有哪些? 这些要求对保证箱体类零件在机器中的作用和机器的性能有何影响?

3-2 标准麻花钻由哪几部分组成? 切削部分包括哪些几何参数?

3-3 分析钻孔、扩孔和铰孔三种孔加工方法的工艺特点,并说明这三种孔加工工艺之间的联系?

3-4 铰削加工应注意哪些问题?

3-5 镗削加工有何特点? 常用的镗刀有哪几种类型? 其结构和特点如何?

3-6 什么是顺铣和逆铣? 各有什么特点? 应用在何种条件下?

3-7 试比较平面刨削与铣削的特点有何区别?

3-8 为什么铣削的加工质量一般不太高?

3-9 对下面平面选用适宜的加工设备:

(1) 加工 $100\sim 300\text{ mm}$, Ra 值为 $3.2\text{ }\mu\text{m}$ 的矩形平面;

- (2) 单件小批生产齿轮内孔的键槽;
- (3) 光轴上加工平键槽;
- (4) 车床的导轨面;
- (5) 单件小批生产箱体上 $\phi 100$ mm 孔, Ra 值为 $3.2 \mu\text{m}$ 。

3-10 工件在夹具中定位后为什么还要求夹具在机床上定位及刀具在夹具上进行对刀和引导?

3-11 车床夹具在机床上有几种定位连接形式? 分别叙述之。

3-12 现有如图 3-84 所示加工斜孔的钻模, 试分析此钻模存在的主要错误。

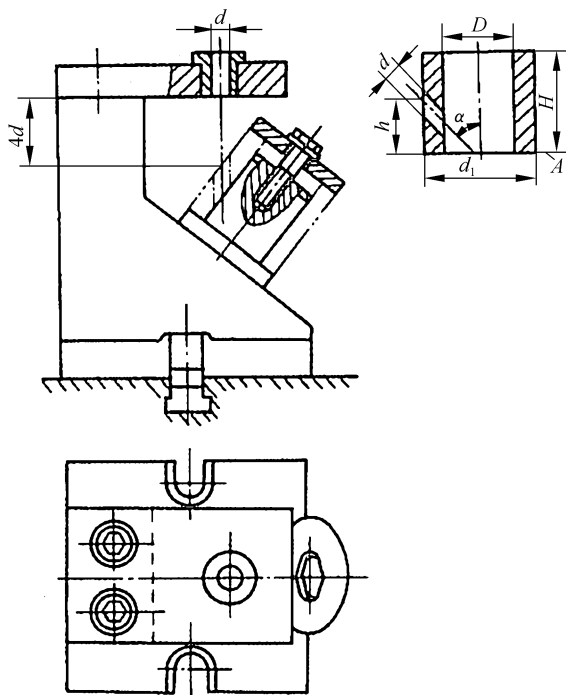


图 3-84 钻模

3-13 举例说明安排箱体加工顺序时,一般应遵循哪些主要原则?

3-14 箱体加工的粗基准选择主要考虑哪些问题? 生产批量不同时工件的安装方式有何不同?