

第四篇

机械加工机床、夹具与刀具

第一章 机床传动原理

金属切削机床是一种用切削方法加工金属零件的工作机械。为保证切削的实现,机床需通过一定的传动方式和传动结构来实现切削所需要的一系列运动,恰当的传动方式和良好的传动结构是决定机床性能的重要方面。

第一节 机床的运动

机床进行加工的实质,就是让刀具与工件之间产生相对运动。虽然各种类型机床的具体用途和加工方法各不相同,但其基本工作原理是一样的,即通过刀具和工件之间的相对运动,切除工件毛坯上多余金属,形成一定形状、尺寸和质量的表面,从而获得所需的机械零件。因而加工需要什么运动,机床如何实现这些运动,是首先应讨论的问题。

一、表面成形运动

机械零件的表面形状多种多样,而构成其内外形轮廓的,主要是几种基本形状的表面:平面、圆柱面、圆锥面以及各种成形面,构成零件外形轮廓的常用表面见图4-1-1。这些基本形状的表面都属于线性表面,即可以经济地在各类传统通用机床上加工,又可较容易地达到所需要的精度要求。随着科学技术的不断发展,对工件表面加工精度的要求不断提高,尤其是一些工件表面形状越来越复杂,有些还是需用数学模型描述的复杂曲线或曲面。图4-1-2所示为复杂曲面的两个例子,图4-1-2(a)的变斜角面中,1、2、3和4为各个不同截面处,其对应的倾斜角分别为 $3^{\circ}10'$ 、 $2^{\circ}32'$ 、 $1^{\circ}20'$ 和 0° 。这类表面最适于采用数控机床的多轴联动功能来完成加工。

在各类表面的加工中,直接参与切削过程,为形成所需表面形状有关的刀具与工件间的相对运动,称为表面成形运动,简称成形运动。

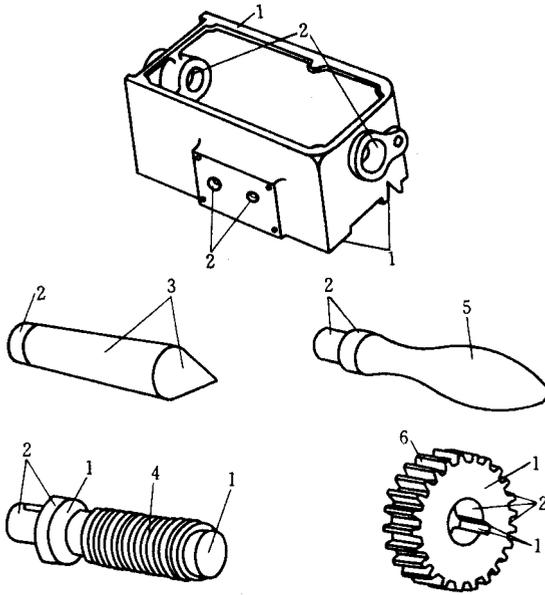


图 4-1-1 构成零件外形轮廓的常用表面

1—平面 2—圆柱面 3—圆锥面 4—螺旋面(成形面)
5—回转体成形面 6—渐开线表面

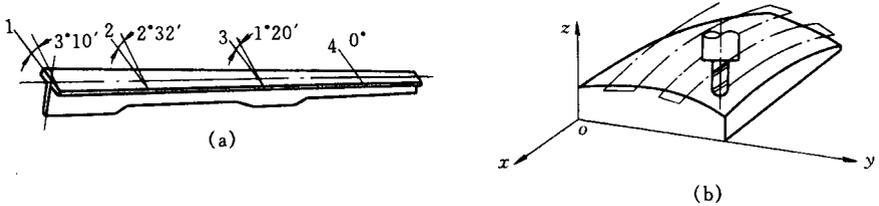


图 4-1-2 复杂表面
(a)变斜角面 (b)三维曲面

形成某种形状表面时所需机床提供的成形运动的形式和数目决定于采用的加工方法和刀具结构。例如,用尖头刨刀刨削成形面需有两个成形运动,用成形刨刀刨削成形面只需一个成形运动,见图 4-1-3,图中 v 为切削速度, f_1 、 f_2 为进给量。

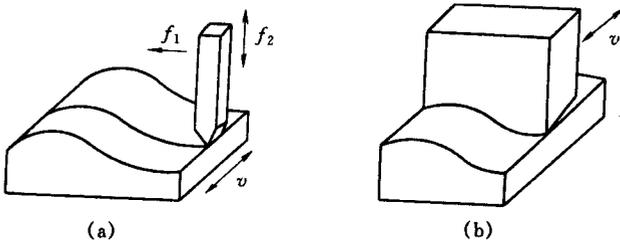


图 4-1-3 刨削成形面

(a)尖头刨刀刨削成形面 (b)成形刨刀刨削成形面

成形运动按其组成情况不同,可分为简单的和复合的两种运动。如果一个独立的成形运动是由单独的或直线运动构成的,则称此成形运动为简单成形运动。例如,用外圆车刀车削圆柱面时(图 4-1-4(a)),工件的旋转运动 n 和刀具的直线移动 f 就是两个简单运动。如果一个独立的成形运动是由两个或两个以上的旋转或(和)直线运动,按照某种确定的运动关系组合而成,则称此成形运动为复合成形运动,简称复合运动。例如,车削螺纹时(图 4-1-4(b))形成螺旋线所需的刀具和工件之间的相对螺旋轨迹运动为简化机床结构和较易保证精度,通常将其分解为工件的等速旋转运动 n 和刀具的等速直线移动 f 。 n 和 f 彼此不能独立,它们之间必须保持严格的运动关系,即工件每转 1 转时,刀具直线移动的距离应等于螺纹的导程,从而 n 和 f 这两个运动组成一个复合运动。

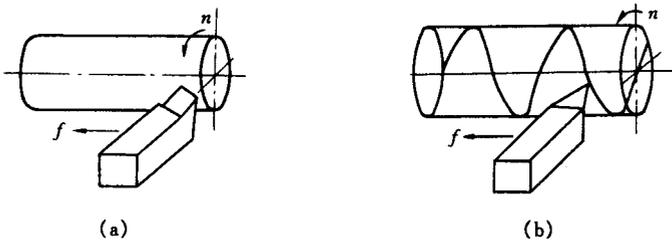


图 4-1-4 简单成形运动与复合成形运动

(a) 车削圆柱面 (b) 车削螺纹

根据切削过程中所起作用的不同,成形运动又可分为主运动和进给运动,如图 4-1-4 所示。

1. 主运动

主运动是切除工件上的被切削层,使之转变为切屑的主要运动,主运动的速度高,消耗的功率大。车床工件的旋转、铣床铣刀的旋转、磨床砂轮的旋转、钻床和镗床的刀具旋转、牛头刨床的刨刀及龙门刨床的工件直线往复移动等等都是主运动。

对旋转主运动,其主轴转速的单位以 r/min 表示,对直线往复主运动,其直线往复速度的单位以双行程/ min 表示。

2. 进给运动

进给运动是不断地把被切削层投入切削,以逐渐切出整个工件表面的运动。进给运动的速度较低,消耗的功率也较小。车床刀具相对于工件作纵向直线运动、卧式铣床工作台带动工件相对于铣刀作纵向直线运动、外圆磨床工件相对于砂轮作旋转(称圆周进给运动)和作纵向直线往复移动等等都是进给运动。进给运动速度的单位用下列方法表示:

- ① mm/r , 如车床、钻床、镗床等;
- ② mm/min , 如铣床等;
- ③ $\text{mm}/\text{双行程}$, 如刨床等。

任何一种机床,必定有、且通常只有一个主运动,但进给运动可能有一个或几个,也可能没有,如图 4-1-5 所示为拉床的工作运动。

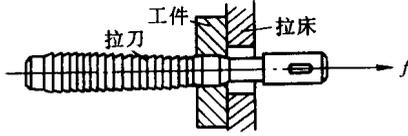


图 4-1-5 拉床的工作运动

二、辅助运动

通常,仅靠表面成形运动只能使被加工表面获得一个轮廓形状,不一定能一次达到尺寸精度及表面质量的要求,因此,机床常常需要一再重复表面成形运动,这就需要机床有一系列的辅助运动,如刀具的接近工件、刀具沿切深进给、刀具退离工件、快速退回起始位置(如图 4-1-6 中的运动 II、III、IV、VI、VII)等运动。另外,为了使刀具与工件具有正确的相对位置的对刀运动,多工位工作台和多工位刀架的周期性转位,加工局部表面时的周期性分度运动等等,也属于辅助运动。总之,机床上除表面成形运动外的所有运动,都是辅助运动。

辅助运动虽然并不参与表面成形过程,但对工件整个加工过程是不可缺少的。同时,对机床的生产率和加工精度往往也有重大影响。

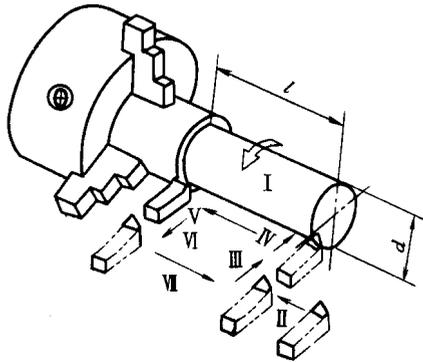


图 4-1-6 外圆车刀车圆柱面时的运动

在描述一台机床的运动时,为更方便地表达运动的方向,对普通机床常用纵向、横向和垂向表示运动的方向,如卧式车床沿主轴轴线方向的运动称纵向运动,沿垂直于主轴轴线的径向方向运动称横向运动,而在数控机床上,为方便加工程序的编制和使用,机床运动部件的运动是用坐标方向来表达的,如数控车床上称沿主轴轴线方向的运动为 Z 轴运动,而沿垂直于主轴轴线的径向方向运动称为 X 轴运动。

第二节 机床的传动系统

一、传动链

传动链是指由运动源、传动装置和执行件按一定的规律所组成的传动联系。机床加工过程中所需的各种运动都是通过相应的传动链来实现的。

1. 运动源

运动源是给执行件提供动力和运动的装置。在通用机床上,一般采用三相异步电动机作为运动源。在数控机床上,多采用交流调速电动机和伺服电动机,这类电动机具有转速高、调速范围大、可无级变速等优点。

2. 传动装置

传动装置是传递运动和动力的装置,通过它把运动源的运动和动力传给执行件。

通常,传动装置还需完成变速、变向、改变运动形式等任务,使执行件获得所需要的运动速度、运动方向和运动形式。在通用机床上,由于传统交流异步电动机的变速能力有限,变速的主要任务都是由传动装置完成的,这类传动装置所涉及的传动件多、传动系统较复杂。在数控机床上,变速、变向的任务主要是由新型的交流电动机完成。因而,传动装置一般较简单,但性能要求较高。传动装置一般有机械、液压、电气传动等三种方式。

二、传动原理及传动原理图

各种类型机床所需的成形运动是不同的,实现成形运动所采用的传动路线和具体的传动机构更是多种多样,但成形运动主要是由简单的和复合的运动组成,而不同机床上实现这两种运动的传动原理完全相同。所以,只要掌握了实现这两种运动的传动原理,其他类型机床的传动联系可依此方法进行分析。

为了便于研究机床的传动联系,常用一些简单的符号把传动原理和传动路线用图示的方法表示出来,这类图就称为传动原理图。图 4-1-7 为传动原理图中常用的一些符号。对于各类执行件,还没有统一的符号,一般采用较直观的简单图形来表示。

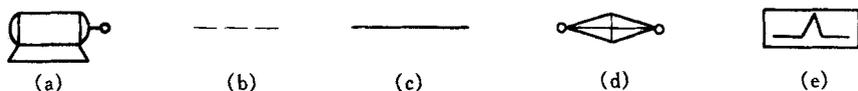


图 4-1-7 传动原理图中常用的符号

- (a) 电动机 (b) 传动比不变的传动联系 (c) 电信号传动联系;
(d) 传动比可变的换置机构 (e) 脉冲发生器

1. 简单运动

对于由单独的旋转运动或直线运动实现的简单运动,只需有一条传动链,将运动源与相应执行件联系起来,便可获得所需运动,运动轨迹的准确性则靠主轴轴承与刀架、工作台等的导轨保证。例如,用圆柱铣刀铣削平面,需要铣刀旋转和工件直线移动两个独立的简单运动,图 4-1-8 为圆柱铣刀铣削平面的传动原理。图中用简单的符号表示具体的传动链,通过传动路线“1-2- u_v -3-4”将运动源(电动机)和主轴联系起来,可使铣刀获得具有一定转速和转向的旋转运动 n ;通过传动链“5-6- $9u_f$ -7-8”将运动源和工作台联系起来,可使工件获得符合要求进给速度和方向的直线运动。利用换置机构 u_v 和 u_f 可以改变铣刀的转速、转向和工件的进给速度、方向,以适应不同加工条件的需要。上述这种联系运动源和执行件,使执行件获得一定速度和方向运动的传动链,称为外联系传动链。由此可见,机床上每一个简单运动,就需要对应一条外联系传动链,每条传动链可以有各自独立的运动源,也可以几条传动链共用一个运动源。

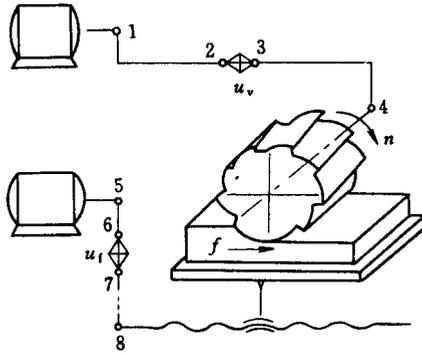


图 4-1-8 圆柱铣刀铣削平面的传动原理图

2. 复合运动

复合运动通常是由保持严格运动关系的几个单元运动(旋转的和直线的)所组成的,所以必须要有传动链将实现这些单元运动的执行件联系起来,使其保持确定的运动关系。此外,为使执行件获得运动,还需有一条外联系传动链。例如,卧式车床在车圆柱螺纹时,需要一个复合的成形运动——刀具与工件间相对的螺旋线成形运动。这个运动可分解为两部分:工件的旋转 n 和车刀的纵向移动 f 。在图 4-1-9 中,联系这两个单元运动的传动链“4-5- u_f -6-7”是复合运动内部的传动链,所以是内联系传动链。这条传动链必须保持的严格运动关系是:工件每转 1 转,车刀准确地移动工件螺纹一个导程的距离。此外,这个复合运动还应有一个外联系传动链与动力源相联系,即传动链“1-2- u_v -3-4”。在内联系传动链中,利用换置机构 u_f 可以改变工件和车刀之间的相对运动速度,以适应车削不同导程螺纹的需要。在上述外传

动链中,换置机构 u_v 用于改变整个复合运动的速度,或者说同时改变两个执行件的速度,但它们的相对运动关系不变。由于内联系传动链联系的是复合运动内部必须保持严格运动关系的两个运动部件,它决定着复合运动的轨迹,其传动比是否准确以及运动方向是否正确,会直接影响被加工表面的形状精度。因此,内联系传动链中不能有传动比不确定或瞬时传动比变化的传动机构,如带传动、链传动和摩擦传动等。同时,调整内联系传动链的换置机构时,其传动比也必须有足够的精度。

在卧式车床上车削圆柱面时,主轴的旋转 n 和刀具的移动 f 是两个互相独立的简单运动,不需保持严格的比例关系,两运动间比例的变化不影响表面的性质,只是影响生产率及表面粗糙度。两个简单运动可以各有自己的外联系传动链与动力源相联系,但在车床上完全可共用车螺纹传动链,如图 4-1-9 所示,一条是电动机-1-2- u_v -3-4-主轴,另一个是电动机-1-2- u_v -3-5- u_f -6-7-丝杠。其中,1-2- u_v -3 是公共段。

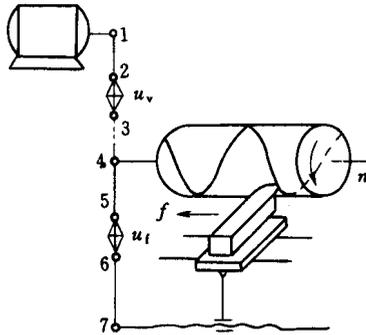


图 4-1-9 卧式车床的传动原理图

3. 数控车床的传动原理

数控车床的传动原理与卧式车床原则上相同,但传动链中变速方式有所不同。图 4-1-10 为数控车床的传动原理图,各传动链都由数控系统按程序指令统一协调、控制。车削圆柱面时, n 和 f_1 是两个独立的简单运动,系统通过主运动伺服模块和 Z 轴进给伺服模块可分别调整主轴转速 n 和进给量 f_1 ,系统通过与 Z 轴进给电动机相联的脉冲编码器检测进给量,以实现反馈控制。车削螺纹时,主电动机脉冲编码器通过机械传动与主轴相联系,主轴每一转发出 N 个脉冲。主轴经数控系统与 Z 轴进给伺服模块联系起来,根据程序指令输出相应的脉冲信号,使 Z 轴电动机运转,再传动丝杠使刀具做 Z 向螺纹进给运动 f_1 ,即主轴每转一转,刀架 Z 向移动一个导程。

另外,在车削螺纹时,脉冲编码器还发出每转一个的基准脉冲信号,称为同步脉冲,作为保证螺纹车削中不产生乱扣的控制信号。因为在螺纹加工中,螺纹表面须经多次重复车削,为了保证螺纹不乱扣,数控系统必须控制螺纹刀具的切削相位,使刀具在螺纹上的同一切削点切入。

车削曲面时,成形运动的传动路线是 f_1 - 系统 - f_2 , 这是一条内联系传动链。数控系统按插补指令的要求及时调整传动链的传动关系,以保证刀尖沿要求的工件表面曲线运动,以获得所需表面形状,并使 f_1 与 f_2 合成线速度的大小基本不变。

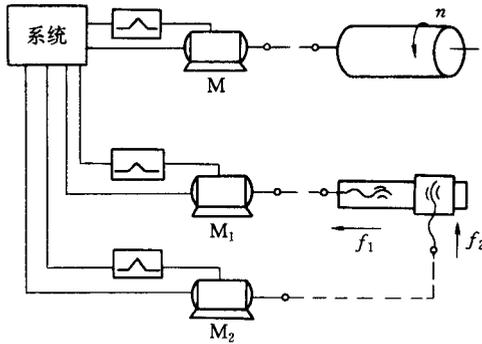


图 4-1-10 数控车床的传动原理图

三、传动系统及传动系统的表达

1. 传动系统

实现一台机床加工过程中全部成形运动和辅助运动的所有传动链,就组成了一台机床的传动系统。机床上有多少个运动,就有多少条传动链,根据每一执行件完成运动作用的不同,各传动链相应被称为主运动传动链、进给运动传动链等。

2. 传动系统的表达

通常可用规定的简单符号(国家标准 GB 4460—84)表示一台机床的传动系统,其图形称为机床的传动系统图。

转速分布图与传动系统图一样,也是表达机床传动系统、分析传动链的重要工具,其图形如图 4-2-4 所示。转速图更直观地表明主轴的每一级转速是如何传动的,并表明各变速组之间的内在联系。

第三节 常用传动机构

一、定比传动副

定比传动副主要包括齿轮副、带轮副、齿轮齿条副、蜗杆蜗轮副和丝杠螺母副等。这些传动副的共同特点是传动比不变,齿轮齿条副和丝杠螺母副主要用于将旋转运动变为直线运动。

(一) 同步带传动

同步带传动是带传动中的一种,如图 4-1-11 所示。它利用同步带的轮齿与带轮的轮齿依次相啮合传递运动和动力,因而兼有普通带传动、齿轮传动和链传动的优点,即无相对滑动,平均传动比准确,传动精度高而且齿形带的强度高,厚度小、重量轻,故可用于高速传动;同步带无需特别涨紧,因而作用于轴和轴承等上的载荷小,传动效率高,在数控机床上广泛应用。

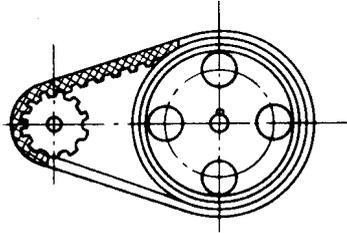


图 4-1-11 同步带传动

同步带的结构见图 4-1-12。同步带由强力层和基体部分组成。强力层 1 是同步带的抗拉元件,用于传递动力。目前多采用伸长率小、疲劳强度高的钢丝绳或玻璃纤维绳沿着同步带的节线(中性层)绕成螺旋线形状而构成。由于它在受力后基本上不产生变形,所以能保持同步带的齿距不变,从而实现同步传动。同步带的基体包括带齿 2 和带背 3,同步带带齿应于带轮轮齿正确啮合,带背用于粘接包覆强力层。基体通常采用聚氨酯制造,具有强度高、弹性好、耐磨损及抗老化等性能。在同步带的内表面上,做有尖角凹槽,以增加带的挠性,改善带的弯曲疲劳强度。

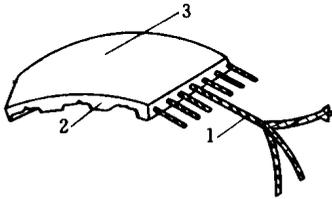


图 4-1-12 同步带结构

1—强力层 2—带齿 3—带背

同步带带轮除轮缘表面需制出轮齿外,其他结构与平带带轮相似。

使用同步带时应注意:其允许工作温度一般为 $-20 \sim 80^{\circ}\text{C}$,同步带必须预加载,对较长的自由同步带(长度大于带宽的 9 倍),为衰减带振动常采用涨力轮。

(二) 滚珠丝杠螺母副

滚珠丝杠螺母副可实现回转运动与直线运动相互转换,这种新型的传动结构在数控机床上得到了广泛的使用。它的结构特点是在具有螺旋槽的丝杠螺母中装有滚珠作为中间传动元件,以减少摩擦,图 4-1-13 所示为滚珠丝杠副的原理图。图中

丝杠和螺母上都加工有圆弧形的螺旋槽,这两个圆弧形螺旋槽对合形成一个螺旋线滚道。在滚道内装上滚珠,当丝杠与螺母相对运动时,滚珠沿螺旋槽向前滚动,丝杠与螺母之间基本上为滚动摩擦。为防止滚珠从螺母中滚出来,在螺母的螺旋槽两端设有回程引导装置,使滚珠能循环流动。

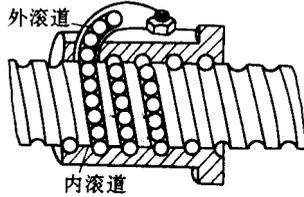
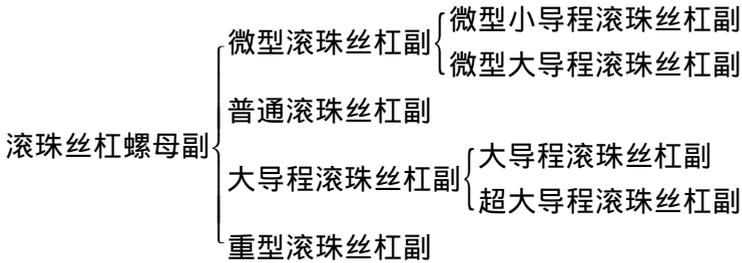


图 4-1-13 滚珠丝杠副的原理图

滚珠丝杠螺母副的优点是摩擦系数小,传动效率 η 高,可达 0.92 ~ 0.96,比常规丝杠螺母副提高 3 ~ 4 倍,功率消耗只相当于常规丝杠螺母副的 1/4 ~ 1/3;灵敏度高,传动平稳,不易产生爬行,传动精度和定位精度高;磨损小,使用寿命长,精度保持性好,给予适当预紧,可消除丝杠和螺母间的间隙,提高轴向刚度和反向精度;运动具有可逆性,即丝杠和螺母都可以用为主动件。滚珠丝杠螺母副的不足在于制造工艺复杂,成本高,不能自锁,故需附加制动装置。

按滚珠丝杠螺母副的公称直径 d_0 、导程了和螺旋升角 ϕ 可将其分类如下。



普通滚珠丝杠副一般指公称直径 $d_0 = 16 \sim 100\text{mm}$,导程 $T = 4 \sim 20\text{mm}$ 和螺旋升角 $\phi < 9^\circ$ 。微型滚珠丝杠副指公称直径 $d_0 \leq 12\text{mm}$,导程 $T \leq 3\text{mm}$ 的称为微型小导程滚珠丝杠副,螺旋升角 $\phi > 9^\circ$ 的称为微型大导程滚珠丝杠螺母副。大导程滚珠丝杠副指公称直径 $d_0 \geq 16\text{mm}$,螺旋升角 $17^\circ \geq \phi > 9^\circ$ 或导程 $0.5d_0 \leq T \leq d_0$ 的滚珠丝杠副。对于螺旋升角 $\phi > 17^\circ$ 的称为超大导程滚珠丝杠副。重型滚珠丝杠副指公称直径 $d_0 \geq 125\text{mm}$ 的滚珠丝杠副。

滚珠丝杠螺母副的使用领域在不断扩大,如航天航空、小型精密测试装置、电子仪器及半导体装置等需要微型滚珠丝杠螺母副,最小滚珠丝杠螺母副的公称直径 $d_0 = 4\text{mm}$,导程 $T = 0.5\text{mm}$ 。而数控机床、加工中心、工业机器人及机电一体化自动机械需要大导程滚珠丝杠螺母副,以满足进给驱动速度的不断提高,已开发的超大导程滚珠丝杠螺母副其公称直径 \times 导程达 $20\text{mm} \times 60\text{mm}$ 、 $25\text{mm} \times 80\text{mm}$,快速进给速度达

180m/min。

1. 滚珠丝杠螺母副的结构

各种不同结构滚珠丝杠副,其主要区别在于螺纹滚道型面的形状、滚珠循环方式及轴向间隙的调整和预加负载的方法等三个方面。

滚珠丝杠的螺纹滚道法向截面有单圆弧和双圆弧两种形状,见图 4-1-14。前者工艺性好,后者性能较好。

传统的滚珠丝杠螺母副结构分为内循环和外循环两类。外循环方式中,滚珠在返回过程中与丝杠脱离接触。而在内循环方式中,滚珠在返回过程中与丝杠始终保持接触。

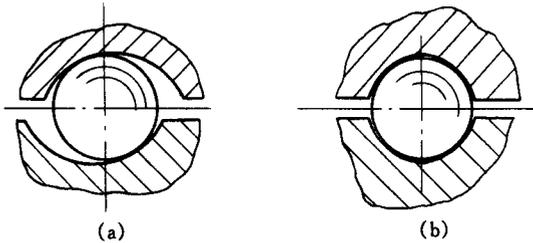


图 4-1-14 滚珠丝杠的螺纹滚道法向截面
(a)单圆弧 (b)双圆弧

外循环滚珠丝杠副按滚珠循环时的返回方式主要有插管式和螺旋槽式。图 4-1-15(a)为插管式,它插有弯管作为返回管道,这种形式结构工艺性好,但由于弯管突出于螺母体外,径向尺寸较大。图 4-1-15(b)为螺旋槽式,在螺母的外圆上铣有螺旋槽,槽两端与螺纹滚道相切贯通,形成返回通道,这种结构径向尺寸小,但制造较复杂。

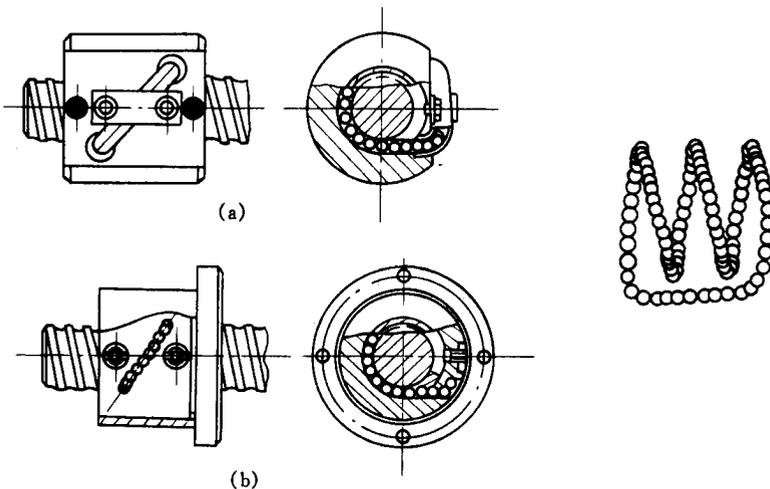


图 4-1-15 外循环滚珠丝杠
(a)插管式 (b)螺旋槽式

图 4-1-16 所示为内循环式结构。在螺母外侧孔中装有接通相邻滚道的反向器,以迫使滚珠翻越丝杠的齿顶而进入相邻滚道。通常在一个螺母上装有三个反向器,彼此间沿螺母圆周相互错开 120° ,轴向间隔为 $(4/3)t \sim (7/3)t$ (t 为螺距)。其特点是径向尺寸小,刚性好,因其返回滚道短,摩擦损失小,但反向器制造较困难。

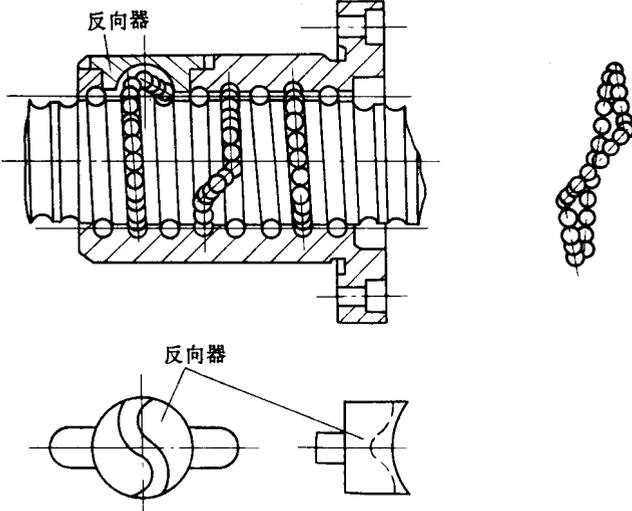


图 4-1-16 内循环滚珠丝杠

目前,滚珠丝杠螺母副的结构已有 10 多种,常用的除上述两种外,发展较快的还有端盖结构和盖板结构,见图 4-1-17。图 4-1-17(a) 的端盖结构中,通过螺母两端的端盖组成滚珠循环回路,每个回路至少一圈滚珠链,承载大,适应于多头大导程、超大导程丝杠螺母副。图 4-1-17(b) 为盖板结构,通过盖板组成滚珠循环回路,每个螺母一个盖板,适应于微型滚珠丝杠副。

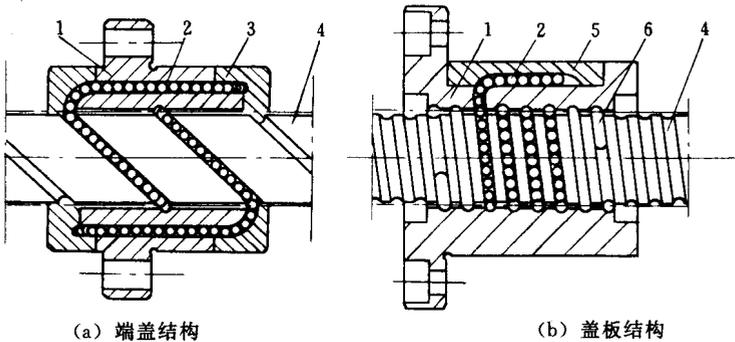


图 4-1-17 滚珠丝杠螺母副的两种结构

1—螺母 2—滚珠 3—端盖 4—丝杠 5—盖板 6—挡珠环

2. 滚珠丝杠副轴向间隙调整和施加预紧力的方法

滚珠丝杠副的传动间隙主要是轴向间隙,为提高反向传动精度和轴向刚度,应消除轴向间隙。双螺母结构是消除间隙常采用的方法,它利用两个螺母的相对轴向位移,使两个滚珠螺母中的滚珠分别贴紧在螺旋滚道的两个相反侧面,以达到消除间隙的目的。由于轴向间隙中包括滚珠与滚道的弹性变形,因此要把间隙完全消除是不可能的,调整时应把弹性变形量控制在最小限度内。应注意的是,预紧力不宜过大,因为这会使空载力矩增加,从而降低传动效率,缩短使用寿命。此外,还应注意减小丝杠安装部分和驱动部分的间隙。

常用双螺母丝杠消除间隙方法有以下几种。

(1) 垫片调隙式(图 4-1-18)。通常用螺钉来连接滚珠丝杠两个螺母的凸缘,并在凸缘间加垫片。调整垫片的厚度使两个螺母产生轴向位移,以达到消除间隙和产生预紧力的目的。这种结构的特点是构造简单、可靠性好、刚性好,但调整费时,并且在工作中不能随意调整。

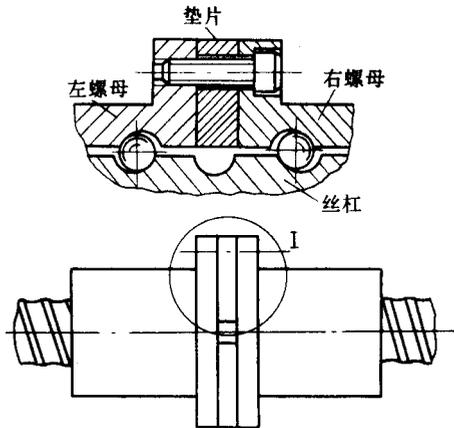


图 4-1-18 垫片调隙式

(2) 螺纹调隙式(图 4-1-19)。图中右螺母外端有凸缘而左螺母外端没有凸缘并制有螺纹,螺纹伸出螺母座外,并用两个圆螺母 1、2 固定,左、右螺母用一平键限制其在螺母座内的转动。调整时,拧动圆螺母 2 即可消除间隙并产生预紧力,再用螺母 1 锁紧。这种方法相对垫片调隙式的优点是调整方便,但预紧量不易准确控制。

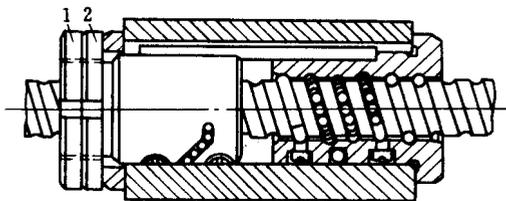


图 4-1-19 螺纹调隙式

(3) 齿差调隙式(图 4-1-20)。在两个螺母的凸缘上各制有圆柱齿轮,两者相差一个齿,齿轮装入用螺钉固定在套筒上的内齿圈中。调整时,先取下两端的内齿圈,使两

个螺母相对于套筒同方向都转动一个齿后,再插入内齿圈,则两个螺母便产生相对角位移,其轴向位移量 $S = (1/z_1 - 1/z_2)L_0$ 。例如: $z_1 = 81, z_2 = 80$, 滚珠丝杠的导程为 $L = 6\text{mm}$ 时, $S = 6/6480 \approx 0.001\text{mm}$ 。可见,这种调整方法的最大优点是可精确调整预紧量,调整方便、可靠,主要缺点是结构尺寸较大,因而多用于高精度的传动中。

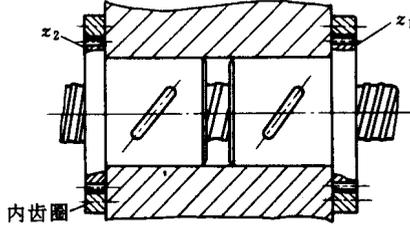


图 4-1-20 齿差调整式

除上述三种之外,还常用一种单螺母变位螺距预加载荷结构(图 4-1-21)。在滚珠螺母体内的两列循环滚珠链之间使螺纹滚道制有一个 ΔL_0 的导程突变量,从而使两列循环滚珠在轴向错位实现预紧。这种方法结构简单,但负荷量应预先设定且不能改变。

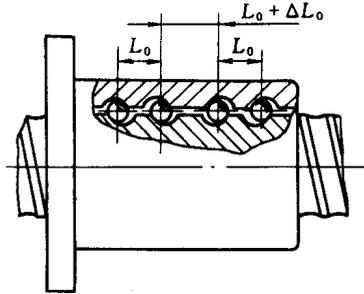
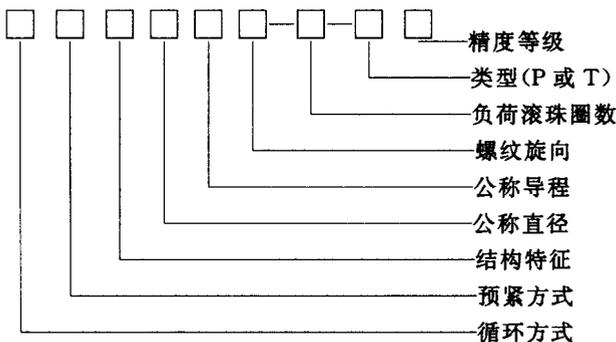


图 4-1-21 单螺母变位螺距预加载荷结构

3. 滚珠丝杠副的标记方法

按 JB/T 3162.1—91 规定,滚珠丝杠副的型号根据其结构、规格、精度、螺纹旋向等特征按下列格式编写。



上述格式中,循环方式见表 4-1-1,预紧方式见表 4-1-2,结构特征见表 4-1-3,精度等级标号及应用范围见表 4-1-4。螺纹旋向为右旋者不标,为左旋者标记代号为“LH”。类型为 P 表示定位滚珠丝杠副,即通过旋转角度和导程控制轴向位移量的滚珠丝杠副;类型为 T 表示传动滚珠丝杠副,它与旋转角度无关,是用于传递动力的滚珠丝杠副。

表 4-1-1 循环方式

循环方式		标记代号
内循环	浮动式	F
	固定式	G
外循环	插管式	C

表 4-1-2 预紧方式

预紧方式	标记代号
单螺母变位导程预紧	B
双螺母垫片预紧	D
双螺母齿差预紧	C
双螺母螺纹预紧	L
单螺母无预紧	W

表 4-1-3 结构特征

结构特征	代号
导珠管埋入式	M
导珠管凸出式	T

表 4-1-4 精度等级标号及应用范围

精度等级	分 1、2、3、4、5、7 和 10 级。1 级精度最高,依次递减
精度等级标号	应用范围
5	普通机床
4,3	数控钻床、数控车、数控铣、机床改造
2,1	数控磨、数控线切割、数控镗、坐标镗、MC、仪表机床

例 CDM5010-3-P3 表示:外循环插管式,双螺母垫片预紧,导珠管埋入式的滚珠

丝杠副,公称直径为 50mm,基本导程为 10mm,螺纹旋向为右旋,负荷总圈数为 3 圈,精度等级为 3 级。

4. 滚珠丝杠副在机床上的支承方式

螺母座、丝杠的轴承及支架等刚度不足,将严重影响滚珠丝杠副的传动刚度,进而影响进给系统的传动刚度。

图 4-1-22 所示为四种常用的滚珠丝杠支承方式。

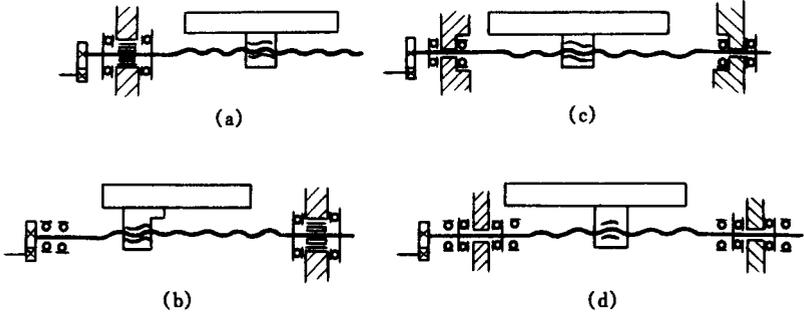


图 4-1-22 滚珠丝杠副在机床上的支承方式

(a)一端装推力轴承 (b)一端装推力轴承,另一端装深沟球轴承;
(c)两端装推力轴承 (d)两端装推力轴承和深沟球轴承

一端装推力轴承,见图 4-1-22(a)。这种安装方式只适用于要求丝杠较短处。如数控机床上的调节环节或垂直安装处。它的特点是承载能力小,轴向刚度低。

一端装推力轴承,另一端装深沟球轴承,见图 4-1-22(b)。这种方式用于丝杠较长时,由于丝杠一端轴向定位,丝杠受热后的伸长向另一端作微小的轴向浮动。为减小热变形的影响,应将推力轴承远离热源和丝杠上的常用段。

两端装推力轴承如图 4-1-22(c)。丝杠两端都装有推力轴承,并施加预紧力,以提高轴向刚度,丝杠在工作中只承受拉力。这种安装方式对丝杠的受热变形较为敏感。

两端装推力轴承和深沟球轴承,图 4-1-22(d)。丝杠采用的这种双重支承结构,再施加预紧力,大大提高了刚度。这种结构还使丝杠的变形转化为推力轴承的预紧力。

5. 滚珠丝杠副的润滑和密封

滚珠丝杠副也可用润滑剂来提高耐磨性及传动效率,润滑剂可分为润滑油及润滑脂两大类。润滑油可用一般机油,并经壳体上的油孔注入螺母的空间内。润滑脂可采用锂基润滑脂,加在螺纹滚道和安装螺母的壳体空间内。

滚珠丝杠副应安装防尘密封圈和防护罩。密封圈装在滚珠螺母的两端。接触式弹性密封圈用耐油橡胶或尼龙等材料制成,其内孔制成与丝杠螺纹滚道相配合的形状,这种密封圈的防尘效果好,但因有接触压力,使摩擦力矩略有增加。非接触式密

封圈用聚氯乙烯等塑料制成,其内孔形状与丝杠螺纹滚道相反,并略有间隙,防尘效果较差。防护罩用于防止硬质灰尘和切屑污物进入滚珠丝杠副,防护罩的形式有锥形套管、伸缩套管及折叠式套管等,安装时防护罩一端连接在滚珠螺母的端面,另一端固定在滚珠螺母的支承座上。

二、变速组

变速是机床传动系统的主要功能。在数控机床上以采用调速电动机变速为主,通用机床则多采用机械的变速机构来实现分级变速。常用机械分级变速机构有滑移齿轮变速组、离合器变速组、挂轮变速组等。

1. 滑移齿轮变速组

图 4-1-23(a)所示为三联滑移齿轮变速机构。轴 I 上装有三个固定齿轮 z_1 、 z_2 和 z_3 ,三联滑移齿轮 z'_1 、 z'_2 和 z'_3 制成一体,并以花键与轴 II 连接,当滑移齿轮块分别处于对应固定齿轮 z_1 、 z_2 、 z_3 啮合的左、中、右三个不同位置时,可将轴 I 的一种转速变为轴 II 的三种转速,达到变速的目的。机床常用的还有双联滑移齿轮变速组和多联滑移齿轮变速组。这种变速组的特点是结构紧凑、传动效率高、变速方便、能传递很大的动力,但不能在运转过程中变速。

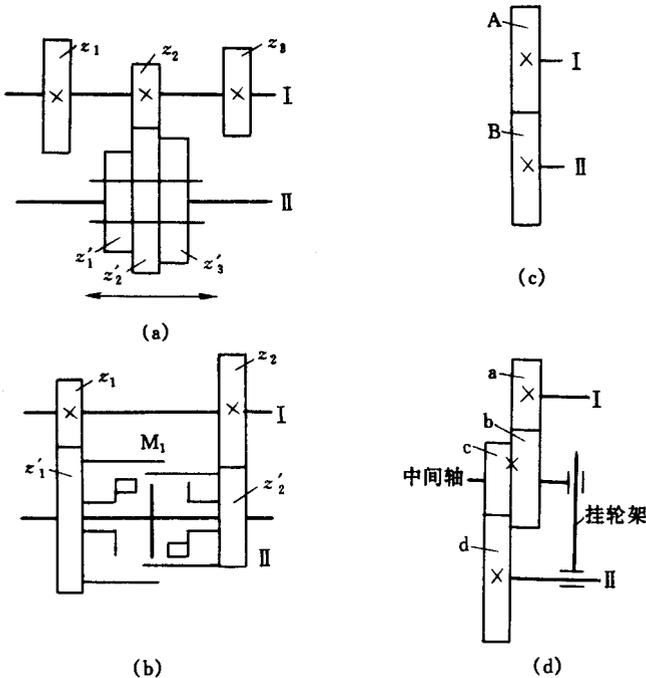


图 4-1-23 常用机械分级变速机构

(a)三联滑移齿轮变速 (b)端面齿离合器变速 (c)一对挂轮变速 (d)二对挂轮变速

2. 离合器变速组

图 4-1-23(b) 所示端面齿为离合器变速机构。轴 I 上装有二个固定齿轮 z_1 和 z_2 , 它们分别与空套在轴 II 上的齿轮 z'_1 和 z'_2 相啮合。端面齿离合器 M_1 用花键与轴 II 相连, 由于两对齿轮啮合的传动比不同, 所以当轴 I 只有一种转速时, 则当离合器 M_1 分别向左及右移动, 依次与 z'_1 和 z'_2 的端面齿啮合时, 轴 II 可得两种不同转速。

离合器变速操纵方便, 变速时不需移动齿轮, 常用于螺旋齿圆柱齿轮变速, 提高传动平稳性。若将端面齿离合器换成摩擦片离合器, 就能在运转中变速。离合器变速组的各对齿轮经常处于啮合状态, 磨损较大, 传动效率低。它主要用于重型机床以及采用螺旋齿圆柱齿轮传动的变速组(端面齿离合器)及自动、半自动机床(摩擦片离合器)中。

3. 挂轮变速组

挂轮变速组有采用一对挂轮和二对挂轮的两种结构。这种变速结构简单、紧凑, 但变速费时。

在图 4-1-23(c) 所示的一对挂轮变速组中, 只要在固定中心距的轴 I 和轴 II 上装上齿数和相同, 但传动比不同的齿轮副 A 和 B, 就可由轴 I 的一种转速得到轴 II 的不同转速。变速组刚性较好, 常用于主传动中。

在图 4-1-23(d) 所示的二对挂轮变速组中, 有一可绕轴 II 摆动的挂轮架, 挂轮架上套有可径向调整的中间轴, 轴上空套 b 和 c 两个挂轮。轴 I 上用键装有齿轮 a, 轴 II 上用键装有齿轮 d。当调整中间轴的径向位置先使 c、d 挂轮正确啮合后, 再摆动挂轮架使 a、b 也正确啮合, 即可将轴 I 的运动传动到轴 II。当改变不同齿数的挂轮时, 则能达到变速的目的。由于挂轮架上中间轴刚性较差, 这种结构只用于进给运动以及要求保持准确运动关系的齿轮加工机床、自动和半自动车床中。

三、变向机构

变向机构用来改变机床执行件的运动方向。常用机械式变向机构有两种。

在图 4-1-24(a) 中所示为滑移齿轮变向机构。轴 I 上装有一个固定双联齿轮块 z_1 和 z'_1 , 且 $z_1 = z'_1$ 。轴 II 上用键联接滑移齿轮 z_2 , 中间轴上装有一空套齿轮 z_0 。图示中轴 II 上滑移齿轮 z_2 的两个不同啮合位置, 可使轴 II 分别得到与轴 I 相同或相反的运动方向。这种变向机构刚性好, 多用于主传动中。

圆锥齿轮和端面齿离合器组成的变向机构如图 4-1-24(b) 所示。轴 I 上装有固定圆锥齿轮 z_1 , 它直接传动空套在轴 II 上的两个圆锥齿轮 z_2 和 z_3 以相反的方向旋转, 如将花键连接的离合器 M 依次与 z_2 和 z_3 啮合, 则轴 II 可分别得到两个不同方向的运动。这种变向机构刚性比滑移齿轮变向机构差, 主要用于进给或其他辅助传动中。

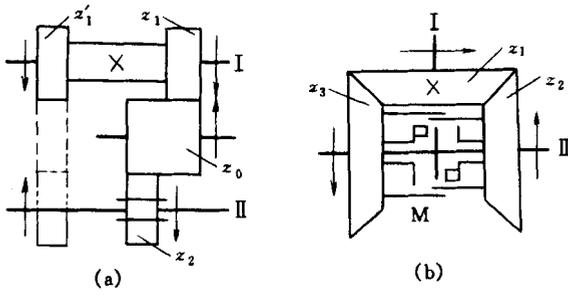


图 4-1-24 常用机械变向机构

(a) 滑移齿轮变向 (b) 圆锥齿轮和端面齿离合器组成的变向

第二章 机械加工机床

第一节 车 床

一、车床的用途与特点

(一) 车床的用途

车床主要用于加工各种回转面(内、外圆柱面、圆锥面、成形回转面等)及回转体的端面。车削各种螺纹——米制、英制、模数和径节。使用的刀具常为各种车刀,也可用钻头、扩孔钻、铲刀进行孔的加工,用丝锥、板牙进行内外螺纹加工。通常,车床主运动由主轴带动工作旋转完成,进给运动由刀架的纵横向移动完成。机械产品中由回转表面构成的零件很多,车床的工艺范围又较广,因此,车床的使用十分广泛。尤其是数控车床,近几年发展迅速,以其良好的适应性而被广泛应用。

(二) 车床的分类及特点

目前,车床按加工自动化程度不同,大致可以分为普通车床、数控车床、车削中心。各种不同类型的车床,虽然结构各异,但在许多方面仍有共同之处。

1. 普通车床

普通车床的万能性好,它适应于各种轴类、套筒类和盘类零件上回转表面的加工,CA6140型卧式车床的加工范围较广,但它的结构复杂而自动化程度较低,常用于单件、小批生产,主要技术参数如表4-2-1所示。

表 4-2-1 CA6140 型卧式车床的技术参数

名 称		技术 参 数
工作最大直径/mm	在床身上	400
	在刀架上	210
顶尖间最大距离/mm		650、900、1400、1900

名 称		技术参数
加工螺纹范围	米制螺纹/mm	1~20(20种)
	英制螺纹(t/in)	2~24(20种)
	模数螺纹(mm)	0.25~3(11种)
	径节螺纹(t/in)	7~96(24种)
主轴	最大通过直径/mm	48
	孔锥度	莫氏 6 [#]
	正转转速级数	24
	正转转速范围(r/min)	10~1400
	反转转速级数	12
	反转转速范围(r/min)	14~1580
进给量	纵向级数	64
	纵向范围(mm/r)	0.028~6.33
	横向级数	64
	横向范围(mm/r)	0.014~3.16
滑板行程	横向/mm	320
	纵向/mm	650、900、1400、1900
刀架	最大行程/mm	140
	最大回转角	±90°
	刀杆支承面至中心高距离/mm	26
	刀杆截面 B×H(mm×mm)	25×25
尾座	顶尖套最大移动量/mm	150
	横向最大移动量/mm	±10
	顶尖套莫氏锥度/号	5
电动机功率/kW	主电动机	7.5
	总功率	7.84
外形尺寸/mm	长	2418、2668、3168、3668
	宽	1000
	高	1267
工作精度	圆度/mm	0.01
	圆柱度/mm	200:0.02
	平面度/mm	0.02/φ300
	表面粗糙度 Ra/μm	1.6~3.2

2. CK7815 型数控车床的特点

该车床为 x 、 y 两轴联动控制的数控车床。能车削直线、斜线、圆弧、米制、英制螺纹、圆柱螺纹、锥螺纹及多头螺纹，且刀尖有半径补偿等多种功能，适合于加工形状复杂、精度高的盘类零件和轴类零件。主要技术参数如表 4-2-2 所示。

表 4-2-2 CK7815 数控车床的技术参数

盘类零件最大车削直径	400mm
轴类零件最大车削直径	150mm

第四篇 机械加工机床夹具与刀具

盘类零件最大车削直径				400mm	
外圆最小车削直径				10mm	
最大车削长度				500mm	
刀架纵向行程				660mm	
刀架横向行程				240mm	
主轴锥孔锥度				莫氏 5 [#]	
主轴转速范围(无级)	高速区	直流电 动机	38 ~ 3000r/min	交流电 动机	37.5 ~ 5000r/min
	低速区		22 ~ 1800r/min		15 ~ 2000r/min
刀具数				8 或 12	
进给速度		0.01 ~ 500mm/r 0.0001 ~ 50in/r			
		1 ~ 2000mm/min 0.01 ~ 600in/min			
快移速度	纵向(z轴)			12m/min	
	横向(x轴)			9m/min	
尾座行程				90mm	
锥孔锥度				莫氏 4 [#]	
主电动机	连续			5.5kW	
	30min			7.5kW	
伺服电动机	额定功率			1.4kW	
	额定转速			1500r/min	
外形尺寸(长×宽×高)				2395mm×1385mm×1860mm	

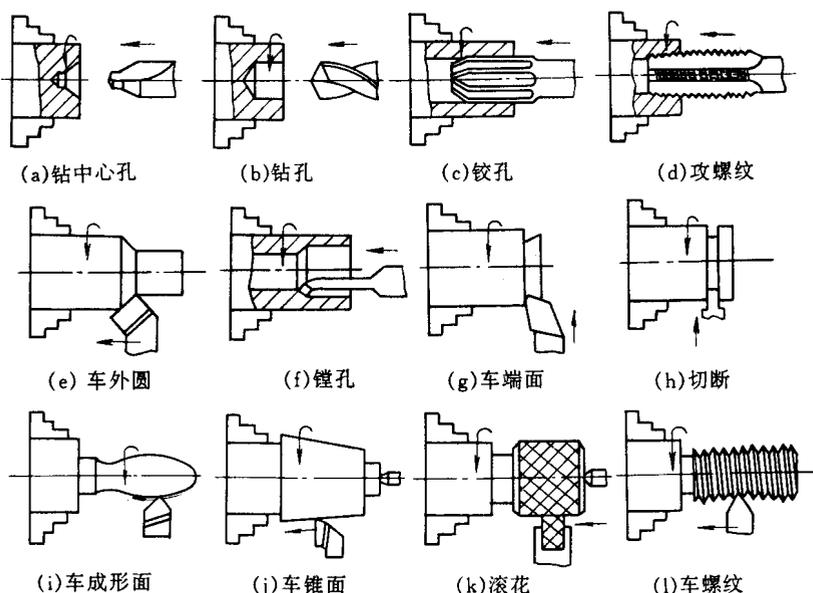


图 4-2-1 卧式车床的工艺范围

(三) 卧式车床的典型加工表面

卧式车床是应用最广泛的机床,它能加工各种回转表面,工艺范围相当广泛,如图 4-2-1 所示。图中,进给运动方向与主轴轴线平行时,可加工内外圆柱面,也可进行孔加工和螺纹加工;进给运动方向与主轴轴线垂直时,可加工端面、槽、压花;进给运动方向与主轴轴线倾斜时,可加工内外锥面;进给运动方向连续变化时,可加工曲线和曲面。

二、CA6140 型卧式车床

(一) 机床的主要组成部件

CA6140 型卧式车床的主参数是床身上最大工件回转直径,为 400mm,第二主参数——最大工件长度有 750mm、1000mm、1500mm、2000mm 四种。CA6140 型卧车床的外形如图 4-2-2 所示。机床的主要组成部件及其功用如下。

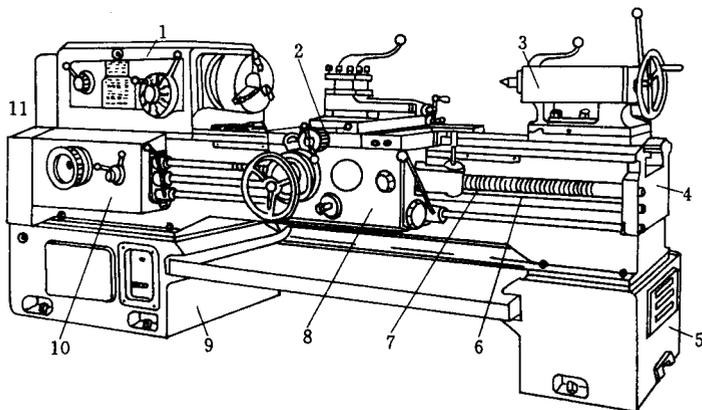


图 4-2-2 CA6140 型卧式车床外形

1—主轴箱 2—刀架 3—尾座 4—床身 5—右床腿 6—光杠
7—丝杠 8—溜板箱 9—左床腿 10—进给箱 11—挂轮变速机构

1. 主轴箱

主轴箱 1 固定在床身 4 左上部,其功能是支承主轴部件,并使主轴部件及工件以所需速度旋转。

2. 刀架部件

刀架部件 2 装在床身 4 的导轨上,刀架部件可通过机动或手动使夹持在刀架上的刀具作纵向、横向或斜向进给运动。

3. 进给箱

进给箱 10 固定在床身左端前壁。进给箱中装有变速装置,用以改变机动进给量或被加工螺纹的螺距。

4. 溜板箱

溜板箱 8 安装在刀架部件底部。溜板箱通过光杠或丝杠接受自进给箱传来的运动, 并将运动传给刀架部件, 从而使刀架实现纵、横向进给车螺纹运动。

5. 尾座

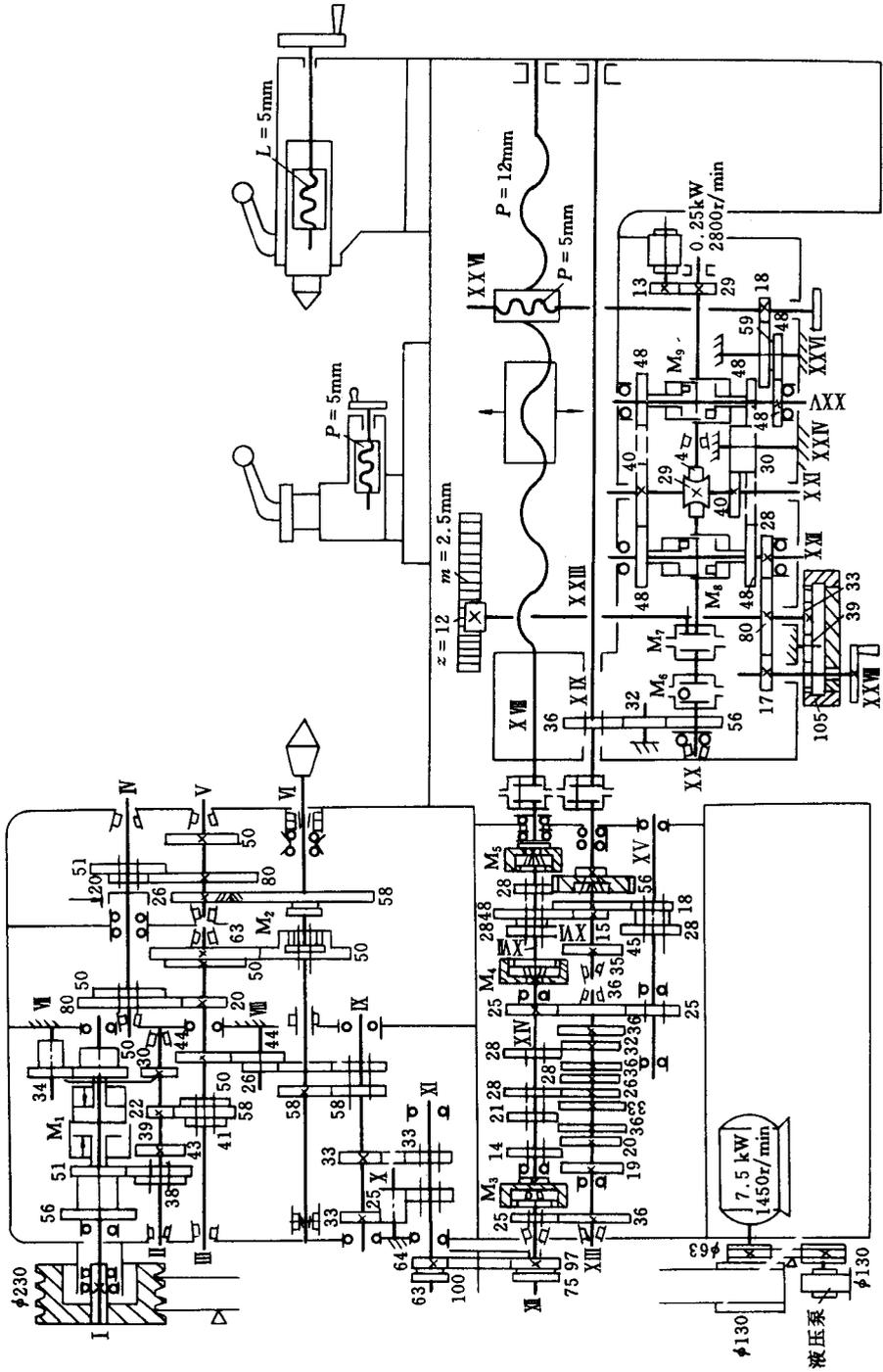


图 4-2-3 CA6140 型卧式车床传动系统

尾座 3 安装于床身尾座导轨上,可根据工件长度调整其纵向位置。尾座上可安装后顶尖以支承工作,也可安装孔加工刀具进行孔加工。

6. 床身

床身 4 固定在左床腿 9 和右床腿 5 上,用以支承其他部件,并使它们保持准确的相对位置。

(二) 机床的传动系统

CA6140 型车床的传动系统见图 4-2-3。整个传动系统主要由主运动传动链、车螺纹传动链、纵向进给传动链、横向进给传动链及快速移动传动链组成,图 4-2-3 中 P 为螺纹的螺距。

1. 主运动

主运动由主电动机(7.5kW,1450r/min)经 V 带传动主轴箱内的轴 I 而输入主轴箱。轴 I 上安装有双向多片式摩擦离合器 M_1 ,以控制主轴的起动、停转及旋转方向。 M_1 左边摩擦片结合时,主轴正转,右边结合时,主轴反转。当两边摩擦片都脱开时,主轴停转。轴 I 的运动经离合器 M_1 和双联滑移齿轮变速装置传至轴 II,再经三联滑移齿轮变速装置传至轴 III。轴 III 的运动可由两种传动路线传至主轴。当轴 VI 上滑移齿轮 z_{50} 处于左边位置时,轴 III 的运动直接由 z_{63} 传至与主轴用花键连接的滑移齿轮 z_{50} ,从而带动主轴以高速旋转;当滑移齿轮 z_{50} 右移,脱开与轴 III 上齿轮 z_{63} 的啮合,并通过其内齿轮与主轴上大齿轮 z_{58} 左端齿轮啮合(即 M_2 结合)时,轴 III 运动经 III-IV 间及轴 IV-V 间两组双联滑移齿轮变速装置传至轴 V,再经齿轮副 $\frac{26}{58}$ 使主轴获得中、低转速。当轴 I 上的摩擦离合器右边结合时,轴 I 经 M_1 和 $\frac{50}{34} \times \frac{34}{30}$ 两对齿轮副使轴 II 反转,从而使主轴得到反转的各种转速。

主运动的传动路线表达式为

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{l} \text{电动机} \\ \langle 7.5\text{kW} \\ 1450\text{r/min} \rangle \end{array} \xrightarrow{\frac{\phi 130}{\phi 230}\text{-I-}} \left(\begin{array}{l} M_1 \\ \text{(正转)} \left[\begin{array}{l} \frac{51}{43} \\ \frac{56}{38} \end{array} \right] \\ \\ M_1 \\ \text{(反转)} \frac{50}{34}\text{-VII-}\frac{34}{30} \end{array} \right) \\
 \\
 \begin{array}{l} \text{- II -} \left[\begin{array}{l} \frac{39}{41} \\ \frac{22}{58} \\ \frac{30}{50} \end{array} \right] \text{- III -} \left[\begin{array}{l} \left(\frac{20}{80} \right) \\ \frac{50}{50} \end{array} \right] \text{- IV -} \left[\begin{array}{l} \frac{20}{80} \\ \frac{51}{50} \end{array} \right] \text{- V -} \frac{26}{58} M_2 \text{(右)} \text{-} \\ \left[\begin{array}{l} \frac{63}{50} M_2 \text{(左)} \end{array} \right] \text{- VI 主轴}
 \end{array}
 \end{array}$$

由传动系统图和传动路线表达式,主轴正转理论上可得到 $2 \times 3 \times (2 \times 2 + 1) = 30$ 级转速,但由于轴 III-V 间的四种传动比为

$$u_1 = \frac{50}{50} \times \frac{51}{50} \approx 1 \qquad u_2 = \frac{20}{80} \times \frac{51}{50} \approx \frac{1}{4}$$

$$u_3 = \frac{50}{50} \times \frac{20}{80} \approx \frac{1}{4} \qquad u_4 = \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} \approx \frac{1}{16}$$

其中 $u_2 = u_3$,可见轴 III - V 间只有三种不同传动比。故主轴实际获得 $2 \times 3 \times (3 + 1) = 24$ 级不同的转速。同理,主轴的反转转速级数为 $3 \times (3 + 1) = 12$ 级。

主轴的转速可按下列运动平衡式计算

$$n_{\text{主}} = 1450 \times \frac{130}{230} \times (1 - \epsilon) u_{\text{I-II}} \times u_{\text{II-III}} u_{\text{III-V}}$$

式中

$n_{\text{主}}$ ——主轴转速 r/min ;

ϵ ——V 带传动的滑动系数,可取 $\epsilon = 0.02$;

$u_{\text{I-II}}$ 、 $u_{\text{II-III}}$ 、 $u_{\text{III-V}}$ ——分别为轴 I - II、II - III、III - VI 间的可变传动比。

例如如图 4-2-3 所示主传动链中齿轮啮合情况,可计算出

$$n_{\text{主}} = 1450 \times \frac{130}{230} \times (1 - 0.02) \times \frac{51}{43} \times \frac{22}{58} \times \frac{63}{50} \approx 450 r/\text{min}$$

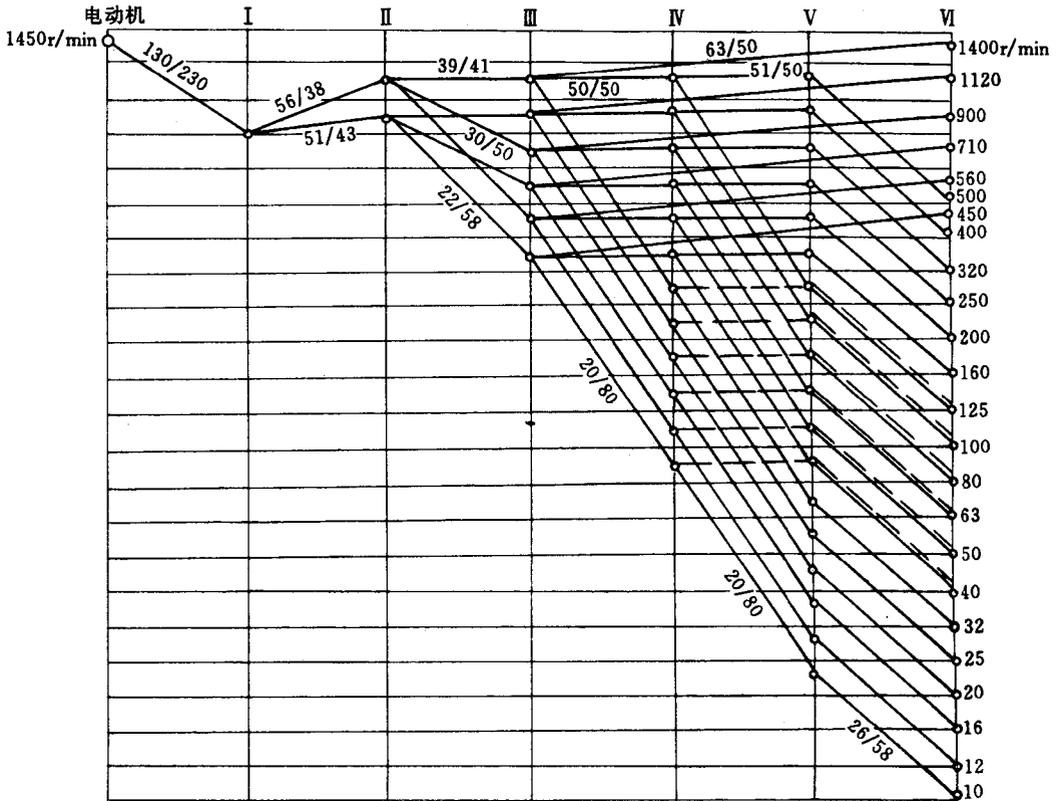


图 4-2-4 CA6140 型卧式车床主传动系统的转速图

图 4-2-4 所示为 CA6140 型卧式车床主运动的转速图。凡是实现主轴转速级

数按等比数列排列,或进给量按等比数列排列的主运动传动链、进给运动传动链,其传动路线都可以用转速分布图来表示。

转速图画在格线图中,图中纵平行线从左至右依次代表传动链中各传动轴,横平行线由低至高代表各级转速。由于主轴转速数列是按等比数列排列的,所以任意两相邻转速的比值(高一级转速与低一级转速之比)均相等。图中表示转速数值的纵坐标采用对数坐标,因而,对数坐标上的间隔相等。每一纵平行线上画有的圆点表示该轴所具有的转速,相邻两轴有传动联系的圆点间,用粗实线连接起来,表示出两轴间的传动副。由左向右往下倾斜的连线代表降速传动比(如轴Ⅱ~轴Ⅲ间的 $22/58$),由左向右往上倾斜的连线代表升速传动比(如轴Ⅰ~轴Ⅱ间 $56/38$),而连线平行时表示传动比为 $1:1$ 。图中可看出 $450 \sim 1400\text{r/min}$ 的6级转速是通过高速传动路线得到,而 $10 \sim 500\text{r/min}$ 的18级转速是由低速传动路线得到的。

2. 车螺纹运动

CA6140型卧式车床可车削米制、模数制、英制和径节制四种标准螺纹,另外还可加工大导程螺纹、非标准螺纹及精密螺纹。

车削螺纹时,刀架通过车螺纹传动链得到运动,其两端件主轴-刀架之间必须保持严格的运动关系,即主轴每转一转,刀具移动一个被加工螺纹的导程。由此,结合传动系统图可得车螺纹传动的运动平衡式

$$i(\text{主轴}) \times u_{\text{定}} u_x L_{\text{丝}} = L$$

式中 $u_{\text{定}}$ ——主轴至丝杠间全部定比传动机构的总传动比,是一常数;

u_x ——主轴至丝杠间换置机构的可变传动比;

$L_{\text{丝}}$ ——机床丝杠的导程。CA6140型车床使用单头、螺距为 12mm 的丝杠,故

$$L_{\text{丝}} = 12\text{mm};$$

L ——工件螺纹的导程,mm。

上式中, $u_{\text{定}}$ 和 $L_{\text{丝}}$ 均为定值,可见,要加工不同导程的螺纹,关键是调整车螺纹传动链中换置机构的传动比。

(1) 车米制螺纹

米制螺纹是应用最广泛的一种螺纹,在国家标准中规定了标准螺距值。表4-2-3列出了CA6140型车床能车制的常用米制螺纹标准螺距值。从表中可看出,米制螺纹标准螺距值的排列为分段等差数列,其特点是每行中的螺距值按等差数列排列,每列中的螺距值又成一公比为2的等比数列。

表4-2-3 CA6140型车床车削米制螺纹表

L / mm	$u_{\text{基}}$							
	$\frac{26}{28}$	$\frac{28}{28}$	$\frac{32}{28}$	$\frac{36}{28}$	$\frac{19}{24}$	$\frac{20}{14}$	$\frac{33}{21}$	$\frac{36}{21}$
$u_{\text{倍}}$	—	—	1	—	—	1.25	—	1.5
$\frac{18}{45} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{8}$	—	—	1	—	—	1.25	—	1.5

L / mm	$u_{基}$							
	$\frac{26}{28}$	$\frac{28}{28}$	$\frac{32}{28}$	$\frac{36}{28}$	$\frac{19}{24}$	$\frac{20}{14}$	$\frac{33}{21}$	$\frac{36}{21}$
$\frac{28}{35} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{4}$	—	1.75	2	2.25	—	2.5	—	3
$\frac{18}{45} \times \frac{35}{28} = \frac{1}{2}$	—	3.5	4	4.5	—	5	5.5	6
$\frac{28}{35} \times \frac{35}{28} = 1$	—	7	8	9	—	10	11	12

车米制螺纹时,进给量中离合器 M_3 、 M_4 脱开, M_5 结合(参见图 4-2-3)。此时运动主轴 VI 经齿轮副 $\frac{58}{58}$ 轴 IX - XI 间换向机构,挂轮组 $\frac{63}{100} \times \frac{100}{75}$ 然后再经过齿轮副 $\frac{25}{36}$, 轴 X III - X IV 间滑移齿轮变速机构, 齿轮副 $\frac{25}{36} \times \frac{36}{25}$ 到轴 X V, 轴 X V - X VII 间的两组滑移齿轮变速机构及离合器 M_5 传动丝杠。丝杠通过开合螺母将运动至溜板箱, 带动刀架纵向进给。车削米制螺纹进给运动的传动路线表达式为

$$\text{主轴 VI} - \frac{58}{58} - \text{IX} - \left(\begin{array}{c} \frac{33}{33} \\ \text{(右旋螺纹)} \\ \frac{33}{25} \times \frac{25}{33} \\ \text{(左旋螺纹)} \end{array} \right) - \text{XI} - \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} - \text{X II} - \frac{25}{36} - \text{X III} - u_{\text{X III - X IV}} - \text{X IV} - \frac{25}{36} \times \frac{36}{25} - \text{X V} - u_{\text{X V - X VII}} - \text{X VII} - M_5 - \text{X VII (丝杠)} - \text{刀架}$$

运动平衡式为

$$L = kP = 1_{\pm} \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{25}{36} \times u_{\text{X III - X IV}} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25} \times u_{\text{X V - X VII}} \times 12$$

- 式中 L ——螺纹导程, mm;
- P ——螺纹螺距, mm;
- k ——螺纹头数;

- $u_{\text{X III - X IV}}$ ——轴 X III - X IV 轴间的可换传动比;
- $u_{\text{X V - X VII}}$ ——轴 X V - 轴 X VII 间的可换传动比。

整理后可得

$$L = 7 u_{\text{X III - X IV}} u_{\text{X V - X VII}}$$

上式 $u_{\text{X III - X IV}}$ 为轴 X III - X IV 间滑移齿轮变速机构的传动比。该滑移齿轮变速机构由固定在轴 X III 上的八个齿轮及安装在轴 X IV 上的四个单联滑移齿轮构成。每个滑移齿轮可分别与 X III 上的两个固定齿轮相啮合, 其啮合情况分别为 $\frac{26}{28}$ 、 $\frac{28}{28}$ 、

$\frac{32}{28}$ 、 $\frac{36}{28}$ 、 $\frac{19}{14}$ 、 $\frac{20}{14}$ 、 $\frac{33}{14}$ 及 $\frac{36}{21}$ 其相应的传动比为 $\frac{6.5}{7}$ 、 $\frac{7}{7}$ 、 $\frac{8}{7}$ 、 $\frac{9}{7}$ 、 $\frac{9.5}{7}$ 、 $\frac{10}{7}$ 、 $\frac{11}{7}$ 及 $\frac{12}{7}$ 这八个传动

比近似按等差数列排列。如果取上式中 $u_{XV-XVI} = 1$,则机床可通过该滑移齿轮机构的不同传动比 ,加工出导程分别为(6.5)mm、7mm、8mm、9mm、(9.5)mm、10mm、11mm、12mm 螺纹 ,除括号内 ,正好是表 4-2-4 中最后一行的螺距值。可见 ,该变速机构是获得各种螺纹导程的基本变速机构 ,通常称为基本螺距机构 ,或简称为基本组 ,其传动比以 $u_{基}$ 表示。

上式中 u_{XV-XVI} 是 XV - XVI 间变速机构的传动比 ,其值按倍数排列 ,用来配合基本组 ,扩大车削螺纹的螺距值大小 ,故称该变速机构为增倍机构或增倍组。增倍组有四种传动比 ,分别为

$$u_{倍1} = \frac{28}{35} \times \frac{35}{28} = 1 \qquad u_{倍2} = \frac{18}{45} \times \frac{35}{28} = \frac{1}{2}$$

$$u_{倍3} = \frac{28}{35} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{4} \qquad u_{倍4} = \frac{18}{45} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{8}$$

通过 $u_{基}$ 和 $u_{倍}$ 的不同组合 ,就可得表 4-2-4 中所列全部米制螺纹的螺距值。

将上式中 $u_{XIII-XIV}$ 以 $u_{基}$ 代替 , u_{XV-XVI} 以 $u_{倍}$ 代替 ,可得车削米制螺纹的换置公式为

$$L = 7u_{基} u_{倍}$$

加工英制螺纹时 ,其传动链只需改变 M_3 啮合状态(z_{25} 向右) ,并将轴 XV 上 z_{25} 向左与轴 XIII 上 z_{31} 啮合即可。车削英制螺纹传动路线与车削米制螺纹相比 ,有两点不同 :基本组中主、从动传动关系与车削米制螺纹时相反 ,改变传动链以引入 25.4 因子。

(2) 车大导程螺纹

当需要车削导程大于表 4-2-3 所列之值的大导程螺纹时(如加工多头螺纹、油槽等) ,可通过扩大主轴至轴 IX 之间传动比来进行加工。具体为 :将轴 IX 上的滑移齿轮 z_{58} 右移 ,使之与轴 VIII 上的齿轮 z_{26} 啮合。此时 ,主轴与轴 IX 的传动路线为

$$\text{主轴 VI} - \frac{58}{26} - \text{V} - \frac{80}{20} - \text{IV} - \begin{pmatrix} 50 \\ 50 \\ 80 \\ 20 \end{pmatrix} - \text{III} - \frac{44}{44} - \text{VIII} - \frac{26}{58} - \text{IX}$$

主轴至轴 IX 间的传动比为

$$u_{\mathcal{F}1} = \frac{58}{26} \times \frac{80}{20} \times \frac{50}{50} \times \frac{44}{44} \times \frac{26}{58} = 4$$

$$u_{\mathcal{F}2} = \frac{58}{26} \times \frac{80}{20} \times \frac{80}{20} \times \frac{44}{44} \times \frac{26}{58} = 16$$

与车削常用螺纹时 ,主轴至轴 IX 间的传动比为 $u_{常} = \frac{58}{58} = 1$ 相比 ,传动比分别扩大了 4 倍和 16 倍 ,即可使被加工螺纹导程扩大 4 倍和 16 倍。

应当指出的是 ,加工大导程螺纹时 ,主轴 VI - 轴 III 间的传动联系为主传动链及车

螺纹传动链公有,此时主轴只能以较低速度旋转。具体说,当 $u_{\text{进}} = 16$ 时,主轴转速为 $10 \sim 35\text{r/min}$ (最低六级转速);当 $u_{\text{进}} = 4$ 时,主轴转速为 $40 \sim 125\text{r/min}$ (较低六级转速)。主轴转速高于 125r/min 时,则不能加工大导程螺纹,但这对实际加工并无影响,因为从操作可能性看,只有在主轴低速旋转时,才能加工大导程螺纹。

(3) 车非标准螺纹及精密螺纹

车削非标准螺纹或精密螺纹时,可将离合器 M_3 、 M_4 或 M_5 全部结合,使轴 X II、轴 X IV、轴 X VII 和丝杠联成一体,所要求的螺纹导程值可通过选配挂轮架齿轮数来得来。由于主轴至丝杠的传动路线大为缩短,从而减少传动累积误差,加工出具有较高精度的螺纹。

运动平衡式为

$$L = i(\text{主轴}) \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times u_{\text{挂}} = 12$$

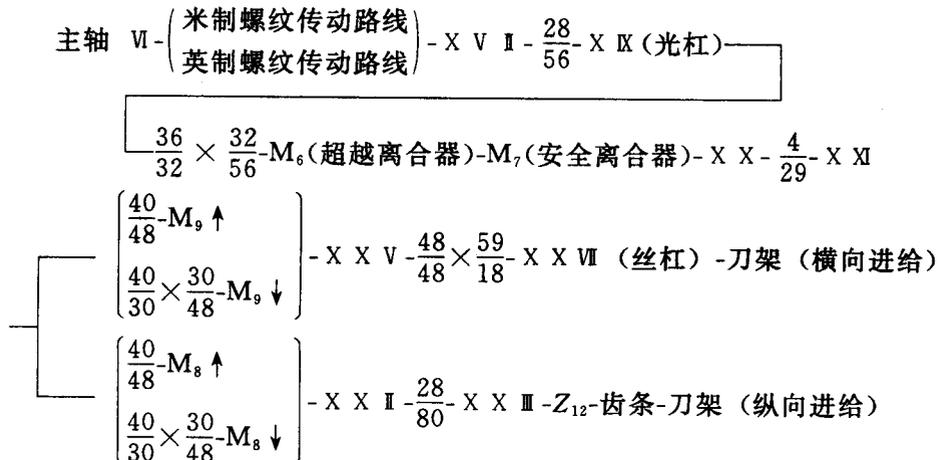
式中 $u_{\text{挂}}$ ——挂轮组传动比。

化简后得换置公式

$$u_{\text{挂}} = \frac{a}{b} \frac{c}{d} = \frac{L}{12}$$

3. 纵向与横向进给运动

CA6140 型卧车床作机动进给时,从主轴 VI 至进给箱轴 X VII 的传动路线与车削螺纹时的传动路线相同,轴 X VII 上滑移齿轮 z_{28} 处于左位,使 M_5 脱开,从而切断进给箱与丝杠的联系。运动由齿轮副 $\frac{28}{56}$ 及联轴节传至光杠 X IX,再由光杠通过溜板箱中的传动机构,分别传至齿轮齿条机构或横向进给丝杠 X X VII,使刀架作纵向或横向机动进给。纵、横向机动进给的传动路线表达式为



溜板箱内的双向齿式离合器 M_8 及 M_9 分别用于纵、横向机动进给运动的接通、断开及控制进给方向。CA6140 型卧车床可以通过四种不同的传动路线实现机动进给运动,从而

获得纵向和横向进给量各 64 种。下面以纵向进给为例介绍不同的传动路线。

运动经米制螺纹传动路线传动,运动平衡式为

$$f_{\text{纵}} = i(\text{主轴}) \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{25}{36} \times u_{\text{基}} \times \frac{25}{36} \\ \times \frac{36}{25} \times u_{\text{倍}} \times \frac{28}{56} \times \frac{36}{32} \times \frac{32}{56} \times \frac{4}{29} \times \frac{40}{48} \times \frac{28}{80} \times \pi \times 2.5 \times 12$$

式中 $f_{\text{纵}}$ ——纵向进给量 mm/r。

化简后得

$$f_{\text{纵}} = 0.71 u_{\text{基}} u_{\text{倍}}$$

通过该传动路线,可得到 0.08 ~ 1.22mm/r 的 32 种正常进给量。表 4-2-4 列出 CA6140 型卧式车床纵向进给量表。

表 4-2-4 列出 CA6140 型卧式车床纵向进给量表

传动路线类型	细进给量		正常进给量				较大进给量	加大进给量			
	$u_{\text{倍}}$										
$u_{\text{基}}$	1/8	1/8	1/4	1/2	1	1	1/2	1/8	1	1/4	
26/28	0.028	0.08	0.16	0.33	0.66	1.59	3.16		6.33		
28/28	0.032	0.09	0.18	0.36	0.71	1.47	2.93		5.87		
32/28	0.036	0.10	0.20	0.41	0.81	1.29	2.57		5.14		
36/28	0.039	0.11	0.23	0.46	0.91	1.15	2.28		4.56		
19/14	0.043	0.12	0.24	0.48	0.96	1.09	2.16		4.32		
20/14	0.046	0.013	0.26	0.51	1.02	1.03	2.05		4.11		
33/21	0.050	0.14	0.28	0.56	1.12	0.94	1.87		3.74		
36/21	0.054	0.15	0.30	0.61	1.22	0.86	1.71		3.42		

4. 细进给量与加大进给量的计算

(1) 细进给量的计算

当主轴转速为 450 ~ 1400r/min(其中 500r/min 除外)时,如接通扩大螺距机构(此时并无扩大主轴至轴Ⅱ间传动比的作用),选用米制螺纹路线,并使 $u_{\text{倍}} = \frac{1}{8}$,此时运动平衡式为

$$f_{\text{纵}} = i(\text{主轴}) \times \frac{50}{63} \times \frac{44}{44} \times \frac{26}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{25}{36} \times u_{\text{基}} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25} \times \\ \frac{1}{8} \times \frac{28}{56} \times \frac{36}{32} \times \frac{32}{56} \times \frac{4}{29} \times \frac{40}{30} \times \frac{30}{48} \times \frac{28}{80} \times \pi \times 2.5 \times 12$$

化简后得

$$f_{\text{纵}} = 0.0315 u_{\text{基}}$$

变换 $u_{\text{基}}$ 可获得 0.028 ~ 0.054mm/r 的 8 级用于高速精车的细进给量。

(2) 加大进给量的计算

当主轴转速为 10 ~ 125r/min 时,接通扩大螺距机构,采用英制螺纹传动路线,并适当调整增倍机构,可获得 16 级供强力切削或宽刃精车之用的加大进给量,其范围

为 $1.17 \sim 6.33 \text{mm/r}$ 。

5. 刀具纵向和横向快速运动

刀架的纵、横向快速移动由装在溜板箱右侧的快速电动机(0.25kW, 2800r/min)传动。电动机的运动由齿轮副 $\frac{13}{29}$ 传至轴 XX, 然后沿机动工作传动路线, 传至纵向进给齿轮齿条副或横向进给丝杠, 获得刀架在纵向或横向的快速移动。轴 XX 左端的超越离合器 M_6 能保证快速移动与工作进给不发生运动干涉。

(三) 机床的典型结构

1. 主轴箱

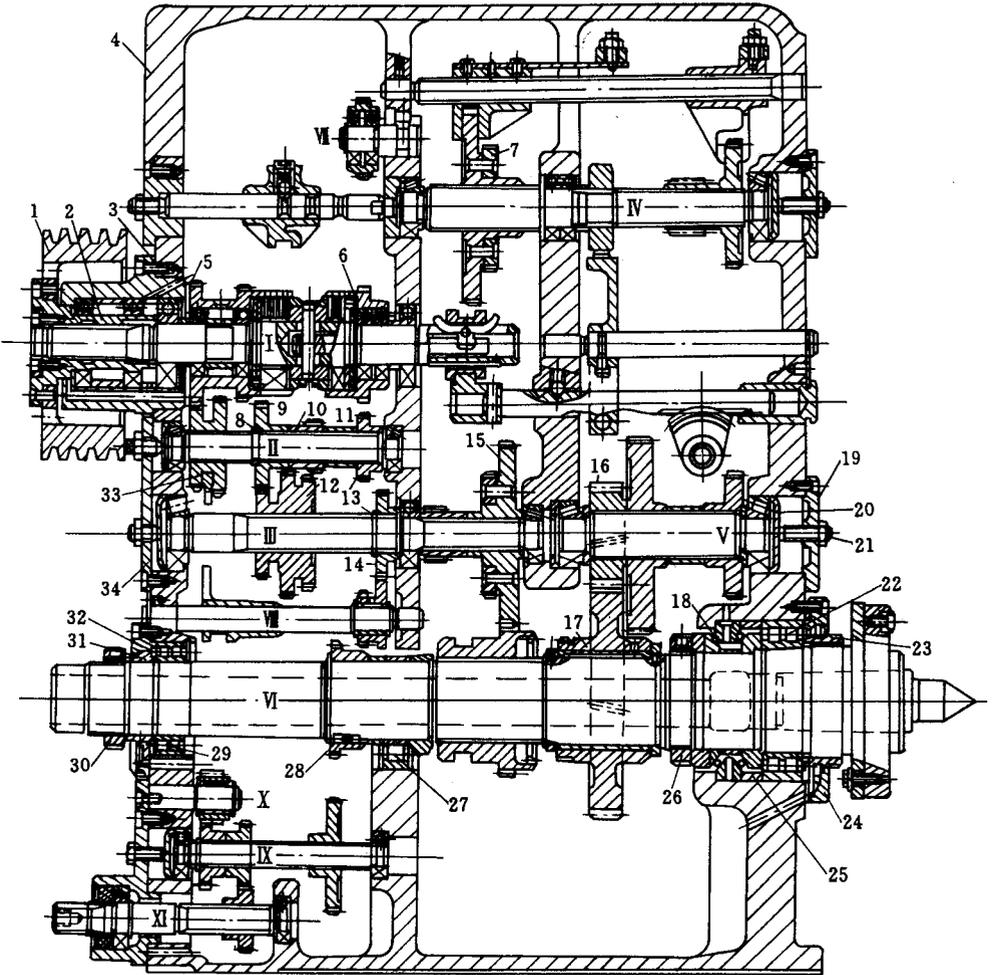


图 4-2-5 CA6140 型卧式车床主轴箱展开图

- 1—带轮 2—花键 3—法兰 4—主轴箱体 5—双联空套齿轮 6—空套齿轮 7、33 双联滑移齿轮 8—半圆环
 9、10、10、14、28—固定齿轮 11、25—隔套 12—三联滑移齿轮 15—双联固定齿轮 16、17—斜齿轮
 18—双向推力角接触轴承 19—盖板 20—轴承压盖 21—调整螺钉 22、29—双列圆柱滚子轴承
 23、26、30—螺母 24、32、24—轴承端盖 27—圆柱滚子轴承 31—套筒

主轴箱主要由主轴部件、传动机构、开停与制动装置、操纵机构及润滑装置等组成。为了便于了解主轴箱内各传动件的传动关系、传动件的结构、形状、装配方式及其支承结构,常采用展开图的形式表示。图 4-2-5 为 CA6140 型卧车床主轴箱展开图。

展开图基本上是按主轴箱内各传动轴的传动顺序,沿其轴线取剖切面,再展开绘制而成(见图 4-2-6)。展开图中一些有传动关系的轴在展开后被分开了,如轴 III 和轴 IV、轴 IV 和轴 V 等,从而使相互啮合的齿轮副也被分开了,因而在读图时应予以注意。以下对主轴箱内主要部件的结构、工作原理及调整作一介绍。

(1) 卸荷式带轮装置

主电动机通过带传动使轴 I 旋转,为提高轴 I 旋转的平稳性,轴 I 的带轮采用了卸荷结构。如图 4-2-5 所示,带轮 1 通过螺钉与花键套 2 联成一体,支承在法兰 3 内的两个深沟球轴承上。法兰 3 则用螺钉固定在主箱体 4 上。当带轮 1 通过花键套 2 的内花键带动轴 I 旋转时,胶带的拉力经轴承、法兰 3 传至箱体,这样轴 I 就免受胶带拉力,减少了轴的弯曲变形,提高了传动平稳性。

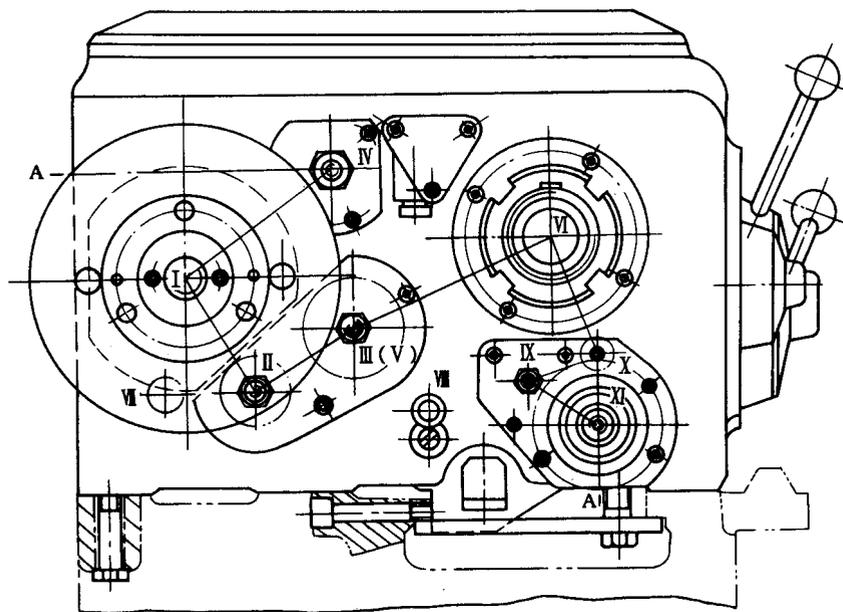


图 4-2-6 主轴箱各轴空间位置示意图

(2) 双向多片式摩擦离合器和制动器的结构及其调整

轴 I 上装有双向多片式摩擦离合器(图 4-2-7)用以控制主轴的起动、停止及换向。轴 I 右半部为空心轴,在其右端安装有可绕圆柱销 11 摆动的元宝形摆块 12。元宝形摆块下端弧形尾部卡在拉杆 9 的缺口槽内。当拨叉 13 由操纵机构控制,拨动滑套 10 右移时,摆块 12 绕销轴 11 顺时针摆动,其尾部拨动拉杆 9 向左移动。拉杆通过固定在其左端的长销 6,带动压套 5 和螺母 4 压左离合器的内、外摩擦片 2、3,从而将

轴 I 的运动传至空套其上的齿轮 1, 使主轴得到正转。当滑套 10 向左移动时, 元宝形摆块绕销轴 11 逆时针摆动, 从而使拉杆 9 通过压套 5、螺母 7, 使右离合器内外摩擦片压紧, 并使轴 I 运动传至齿轮 8, 再经由安装在轴 VII 上的中间轮 z_{34} , 将运动传至轴 II (如图 4-2-3), 从而使主轴反向旋转。当滑套处于中间位置时, 左右离合器内外摩擦片均松开, 主轴停转。

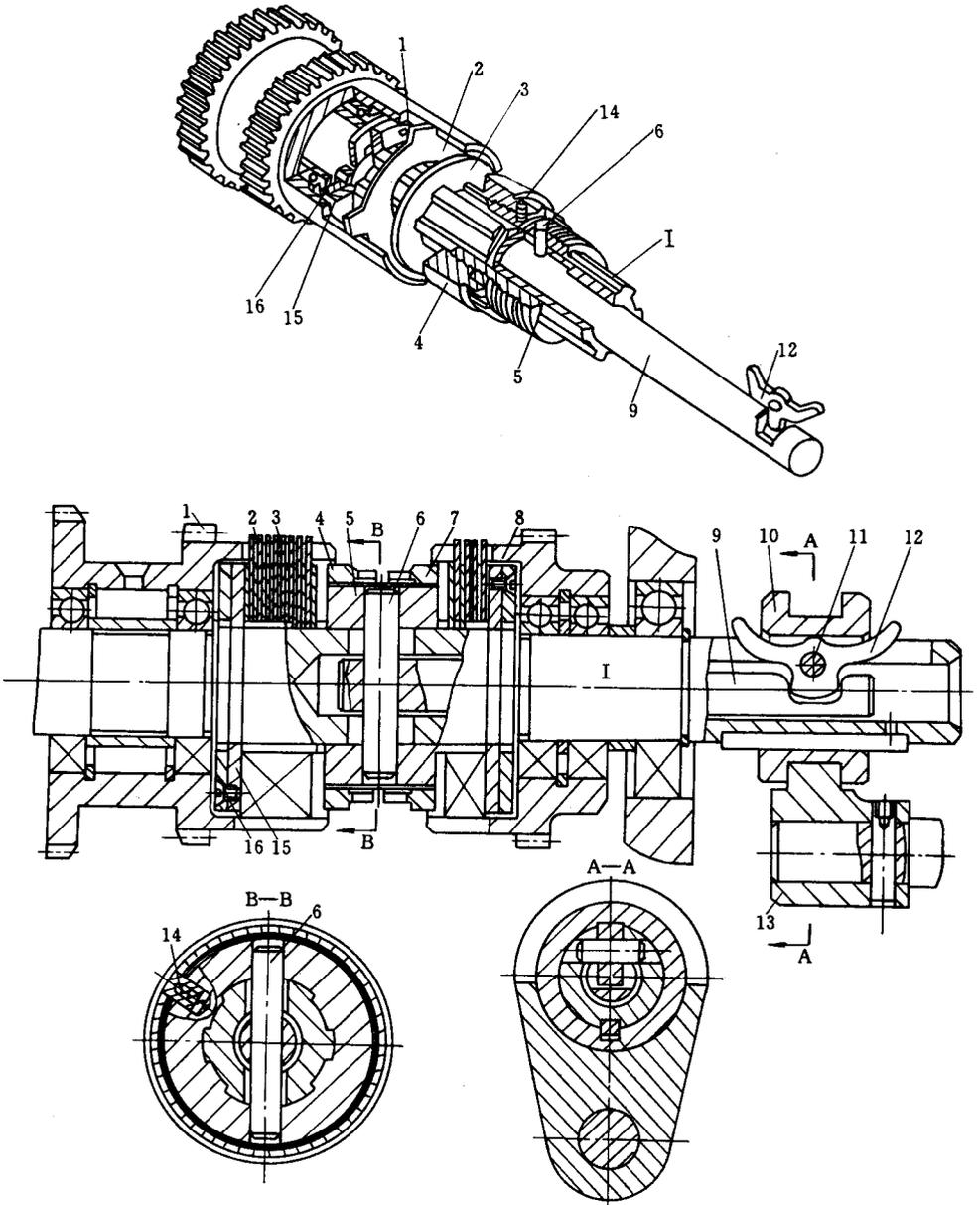


图 4-2-7 双向片多式摩擦离合器

- 1—双联齿轮 2—外摩擦片 3—内摩擦片 4、7—螺母 5—压套 6—长销 8—齿轮 9—拉杆
10—滑套 11—销轴 12—元宝形摆块 13—拨叉 14—弹簧销 15、16—止推片

为了在摩擦离合器松开后,克服惯性作用,使主轴迅速制动,在主轴箱轴Ⅳ上装有制动装置(如图4-2-8)。制动装置由通过花键与轴Ⅳ连接的制动轮7、制动带6、杠杆4以及调整装置等组成。制动带内侧固定一层钢丝石棉以增大制动摩擦力矩。制动带一端通过调节螺钉5与箱体1连接,另一端固定在杠杆4上端。当杠杆4绕3逆时针摆动时,拉动制动带,使其包紧在制动轮上,并通过制动带与制动轮之间的摩擦力使主轴得到迅速制动。制动摩擦力矩的大小可用螺钉5进行调整。

摩擦离合器和制动装置必须得到适当调整。如摩擦离合器中摩擦片间隙过大,压紧力不足,不能传递足够的摩擦力矩,会使摩擦片间发生相对打滑,这样会使摩擦片摩擦加剧,导致主轴箱内温度升高,严重时会使主轴不能正常传动;如间隙过小,不能完全脱开,也会使摩擦片间相对打滑和发热,而且还会使主轴制动不灵,因而片式摩擦离合器应通过螺母4、7和弹簧销正确调整。制动装置中制动带松紧程度也应通过调节螺钉5适当调整,以达到在要求停车时,主轴能迅速制动,而在开车时,制动带则完全松开。

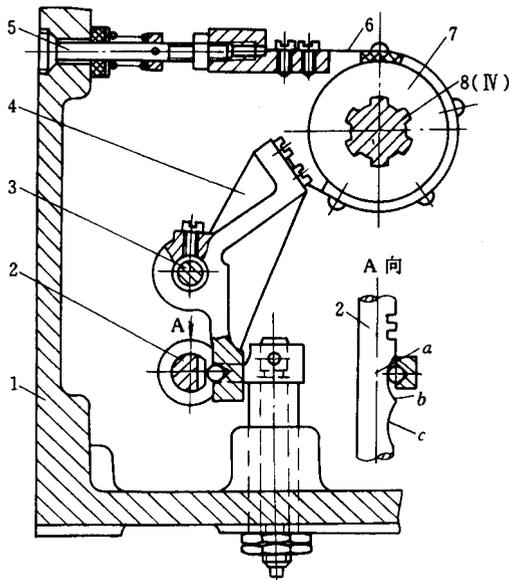


图 4-2-8 制动器结构原理图

- 1—箱体 2—齿条轴 3—杠杆支承轴 4—杠杆
5—调节螺钉 6—制动带 7—制动轮 8—轴Ⅳ

双向多片式摩擦离合器与制动装置采用一套操纵机构控制(图4-2-5)以协调两机构的工作。当抬起或压下手柄7时,通过曲柄9、拉杆10、曲柄11及扇形齿轮13,使齿条轴14向右或向左移动,再通过元宝形摆块3、拉杆16使左边或右边离合器结合(参见图4-2-7),从而使主轴正转或反转。此时杠杆5下端位于齿条轴圆弧形凹槽内,制动带处于松开状态。当操纵手柄7处于中间位置时,齿条轴14和滑套4也处

于中间位置,摩擦离合器左、右摩擦片组都松开,主轴与运动源断开。这时,杠杆 5 下端被齿条轴两圆弧形凹槽间凸起部分顶起,从而拉紧制动带,使主轴迅速制动。

(3) 传动轴及其轴承的调整

主轴箱内传动轴转速较高,通常采用角接触球轴承或圆锥滚子轴承,一般采用二支承结构,对较长的传动轴,为提高刚度,也采用三支承,如轴Ⅲ的两端各有一个圆锥滚子轴承,中间还有一深沟球轴承作附加支承(见图 4-2-5)。在传动轴靠箱体外壁一端有轴承间隙调整装置,可通过螺钉、压盖推动轴承外圈,同时调整传动轴两端轴承的间隙。传动轴上的齿轮一般通过花键与其相联接。齿轮的轴向固定通常采用弹性档圈、隔套、轴肩和半圆环等实现。如轴Ⅴ上的三个固定齿轮通过左右两端顶在轴承内圈上的档圈以及中间的隔套而得以轴向固定。空套齿轮与传动轴之间,装有滚动轴承或铜套。如轴Ⅰ上的齿轮就是通过轴承空套在轴上的。

(4) 主轴部件结构及其轴承的调整

主轴部件主要由主轴、主轴支承及安装在主轴上的齿轮等组成(见图 4-2-5)。主轴是外部有花键、内部空心的阶梯轴。主轴的内孔可通过长的棒料或用于通过气动、液压或电动夹紧装置机构。在拆卸主轴顶尖时,还可由孔穿过拆卸钢棒。主轴前端加工有莫氏 6 号锥度的锥孔,用于安装前顶尖。

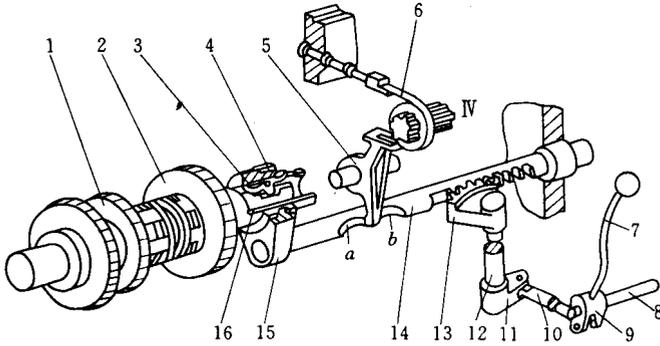


图 4-2-9 摩擦离合器及制动装置的操纵机构

- 1—双联齿轮 2—齿轮 3—元宝形摆块 4—滑套 5—杠杆 6—制动带 7—手柄 8—操纵杆
9、11—曲柄 10、16—拉杆 12—轴 13—扇形齿轮 14—齿条轴 15—拨叉

主轴部件采用三支承结构,前后支承处分别装有双列圆柱滚子轴承,中间支承为圆柱滚子轴承。双列圆柱滚子轴承具有旋转精度高、刚度好、调整方便等优点,但只能承受径向载荷。前支承处还装有一个 60°角接触的双向推力角接触球轴承,用以承受左右两个方向的轴向力。轴承的间隙对主轴回转精度有较大影响,使用中由于磨损导致间隙增大时,应及时进行调整。调整前轴承时,先松开轴承右端螺母 23,再拧开左端螺母 26 上的紧定螺钉,然后拧动螺母 26,通过轴承 18 左、右内圈及垫圈,使轴

承 22 的内圈相对主轴锥形轴颈右移。在锥面作用下,轴承内圈径向外涨,从而消除轴承间隙。后轴承的调整方法与前轴承类似,但一般情况下,只需调整前轴承即可。推力轴承的间隙由垫圈予以控制,如间隙增大,可通过磨削垫圈来进行调整。

由于采用三支承结构的箱体加工工艺性较差,前、中、后三个支承孔很难保证有较高的同轴度,因而主轴安装时易产生变形,影响传动件精确啮合,工作时噪声及发热较大。所以目前有的 CA6140 型卧式车床的主轴部件采用二支承结构(如图 4-2-10)。在二支承的主轴部件结构中,前支承仍采用 22121P5 双列圆柱滚子轴承,后支承采用 70215P5 角接触球轴承,承受径向力及向右的轴向力;向左方向的轴向力则由后支承中 51215P5 推力球轴承承受。滑移齿轮 $(z=50)$ 的套筒上加工有两个槽,左边槽为拔叉槽,右边燕尾槽中,均匀安装着四块平衡块(图中未示),用以调整轴的平稳性。前支承 22121P5 轴承的左侧安装有减振套 2,该减振套与隔套 3 之间有 $0.02 \sim 0.03\text{mm}$ 的间隙,在间隙中存有油膜,起到阻尼减振作用。

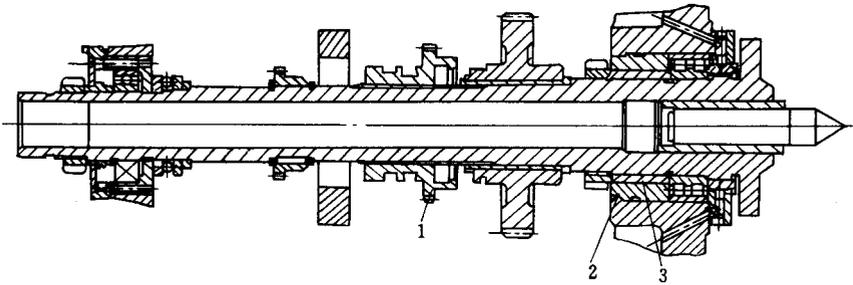


图 4-2-10 采用二支承结构的主轴部件

1—滑移齿轮 2—减振套 3—隔套

主轴前端与卡盘或拔盘等夹具结合部分采用短锥法兰式结构(如图 4-2-11)。主轴 1 以前端短锥和轴肩端面作为定位面,通过四个螺栓将卡盘或拔盘固定在主轴前端,而由安装在轴肩端面的两圆柱形端面键 3 传递扭矩。安装时先将螺母 6 及螺栓 5 安装在卡盘座 4 上,然后将带螺母的螺栓从主轴轴肩和锁紧盘 2 的孔中穿过去,再将锁紧盘拧过一个角度,使四个螺栓进入锁紧盘圆弧槽较窄的部位,把螺栓卡住。拧紧螺母 6 和螺钉 7 就可把卡盘紧固在轴端。短锥法兰式轴端结构具有定心精度高,轴端悬伸长度小,刚度好,安装方便等优点,应用较多。

(5) II—III 轴上的六级变速操纵结构

主轴箱内轴 II 可通过轴 I—II 间双联滑移齿轮机构及轴 II—III 间三联滑移齿轮机构得到六级转速。控制这两个滑移齿轮机构的是一个单手柄六级变速操纵机构(如图 4-2-12(a))。转动手柄 9 可通过链轮、链条带动装在 7 上的盘形凸轮 6 和曲柄 5 上的曲柄销 4 同时转动。手柄轴和轴 7 的传动比为 1:1,因而手柄旋转 1 周,盘形凸轮 6 和曲柄销 4 也均转过 1 周。盘形凸轮上的封闭曲线槽由半径不同的两段圆弧

和过渡直线组成。杠杆 11 上端有一销子 10 插入盘形凸轮曲线槽内,下端也有一个销子后面装有滑块,并嵌于拨叉 12 的槽内。当盘形凸轮上大半径圆弧的曲线槽转至杠杆 11 上端销子 10 处时,销子往下移动(如图 4-2-12(b)(c)(d)),带动杠杆顺时针摆动,从而使双联滑移齿轮 1 处于左位;当盘形凸轮上小半径圆弧曲线槽转至销子处时,销子往上移动(如图 4-2-12(e)(f)(g)),从而使滑移齿轮块 1 处于右位。曲柄 5 上的拨销 4 上装有滑块,并嵌入拨叉 3 的槽内。轴 7 带动曲柄 5 转动时,曲柄销 4 绕轴 7 转动,并通过拨叉 3 使三联滑移齿轮 2 被拨至左、中、右不同位置(如图 4-2-12(b))~(g))。每次顺序转动手柄,60°就可通过双联滑移齿轮块 1 左右不同位置与三联滑移齿轮块 2 左、中、右三个不同位置的组合,使轴 III 得到六级转速。单手柄操纵纵六级变速的组合情况见表 4-2-5。

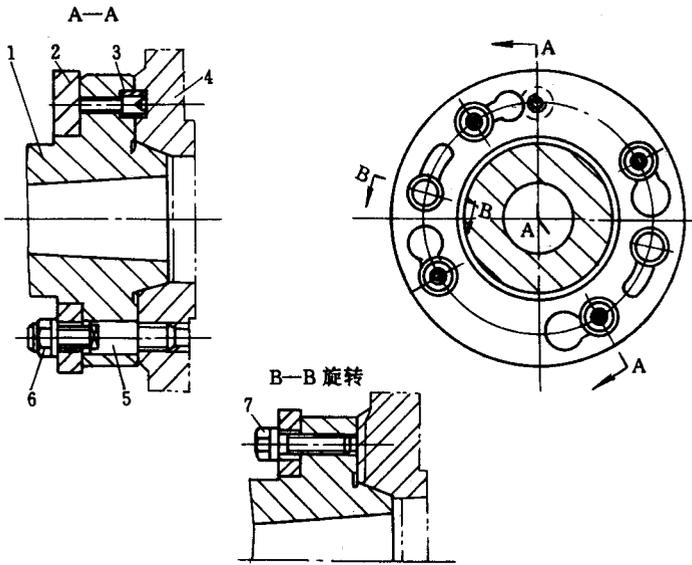


图 4-2-11 主轴前端结构

1—主轴 2—锁紧盘 3—圆柱形端面键 4—卡盘座 5—螺栓 6—螺母 7—螺钉

表 4-2-5 单手柄操纵六级变速组合情况

曲柄 5 上的销子位置	a	b	c	d	e	f
三联滑移齿轮 2 位置	左	中	右	右	中	左
杠杆 11 下端的销子位置	a'	b'	c'	d'	e'	f'
双联滑移齿轮 1 位置	左	左	左	右	右	右
齿轮工作情况(见图 4-2-3)	$\frac{39}{41} \times \frac{56}{38}$	$\frac{22}{58} \times \frac{56}{38}$	$\frac{30}{50} \times \frac{56}{38}$	$\frac{30}{50} \times \frac{51}{43}$	$\frac{22}{58} \times \frac{51}{43}$	$\frac{39}{41} \times \frac{51}{43}$

2. 进给箱

进给箱主要由基本螺距机构、增倍机构、变换螺纹种类的移换机构及操纵机构等组成。箱内主要传动轴以两组同心轴的形式布置(见图4-2-13)。

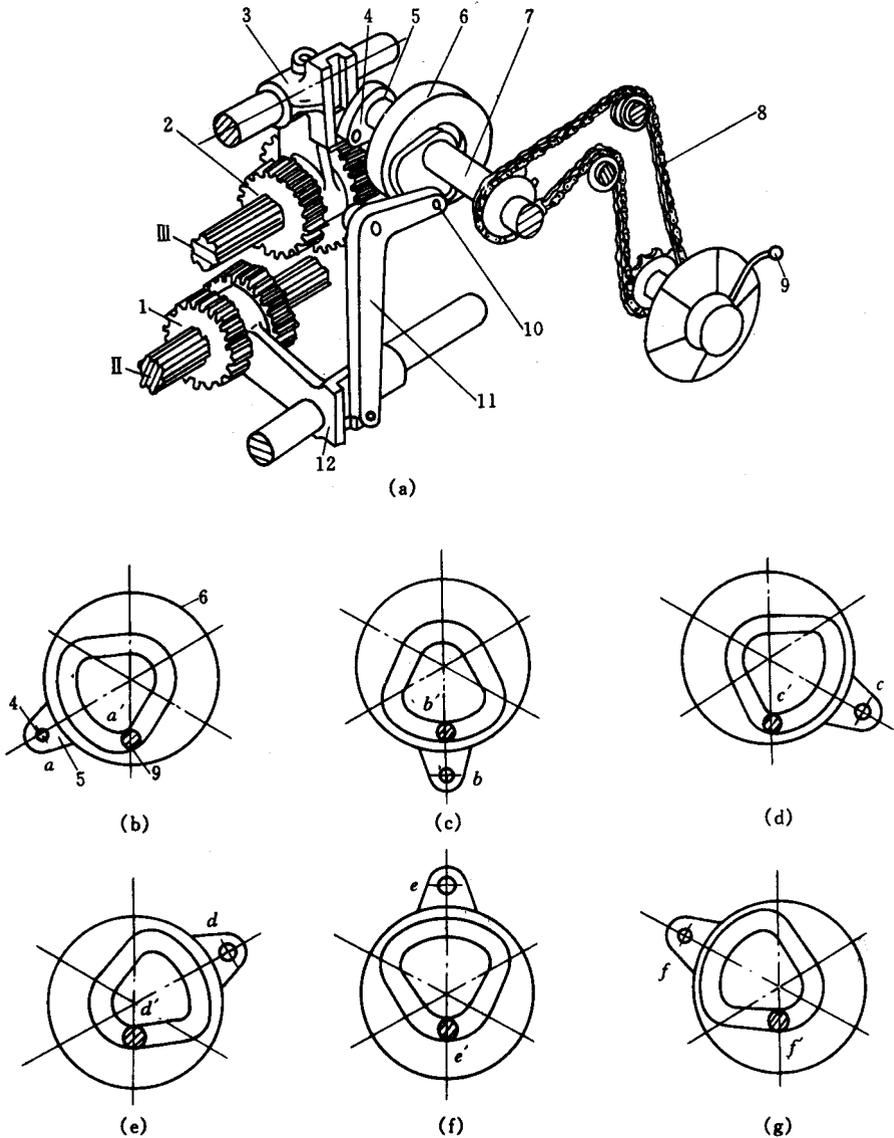


图4-2-12 六级变速操纵机构

1—双联滑移齿轮块 2—三联滑移齿轮块 3、12—拨叉 4—拨销 5—曲柄，
6—盘形凸轮 7—轴 8—链条 9—手柄 10—销子 11—杠杆

轴 X II、X IV、X VII 及丝杆布置在同一轴线上，轴 X IV 两端以半圆键连接两个内齿离合器，并以套在离合器上的两个深沟球轴承支承在箱体上。内齿离合器的内孔中安装有圆锥滚子轴承，分别作为轴 X II 右端及轴 X VII 左端的支承。轴 X VII 右端由轴 X VIII 左端内齿离合器孔内的圆锥滚子轴承支承。轴 X VIII 由固定在箱体上的支承 6

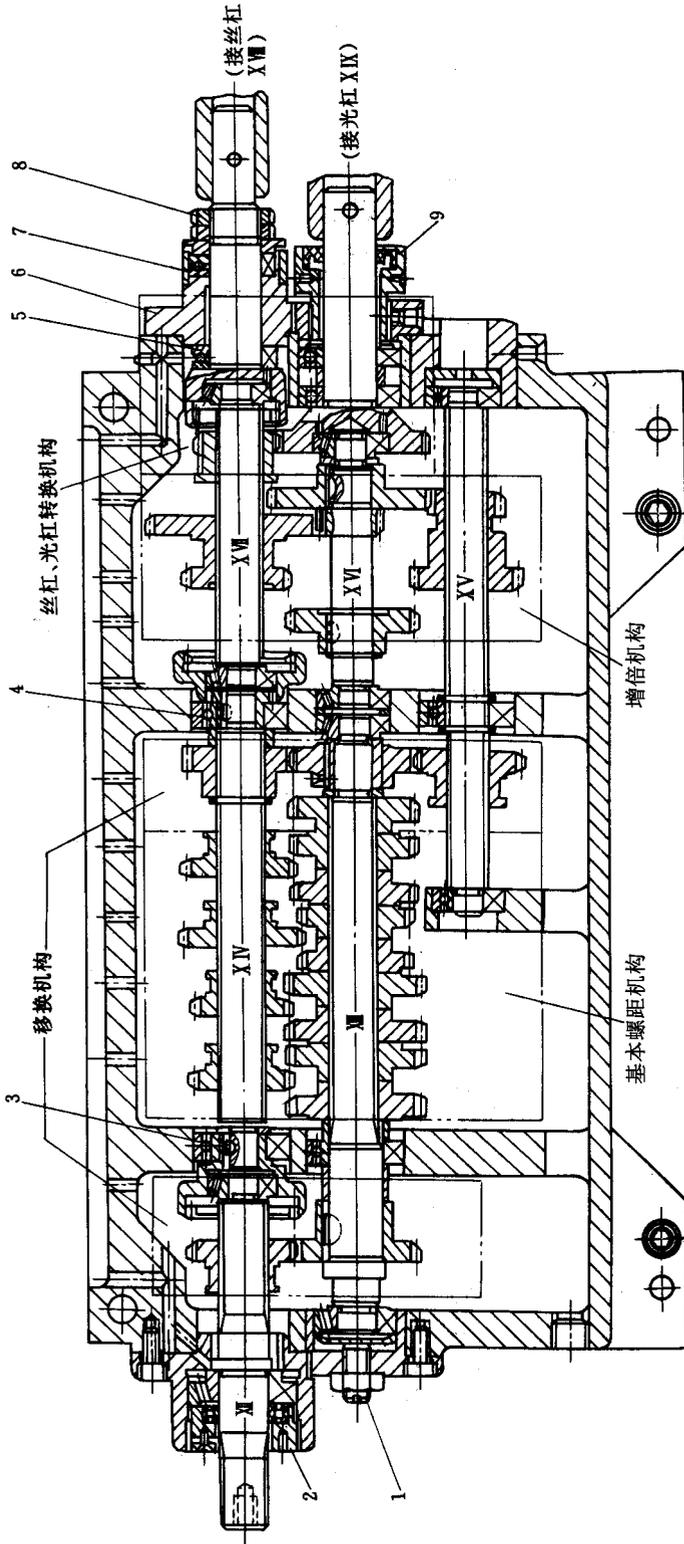


图 4-2-13 进给箱结构图

- 1—调整螺钉 2、9—调整螺母 3、4—深沟球轴承 6—支承套
5、7—推力球轴承 8—双螺母

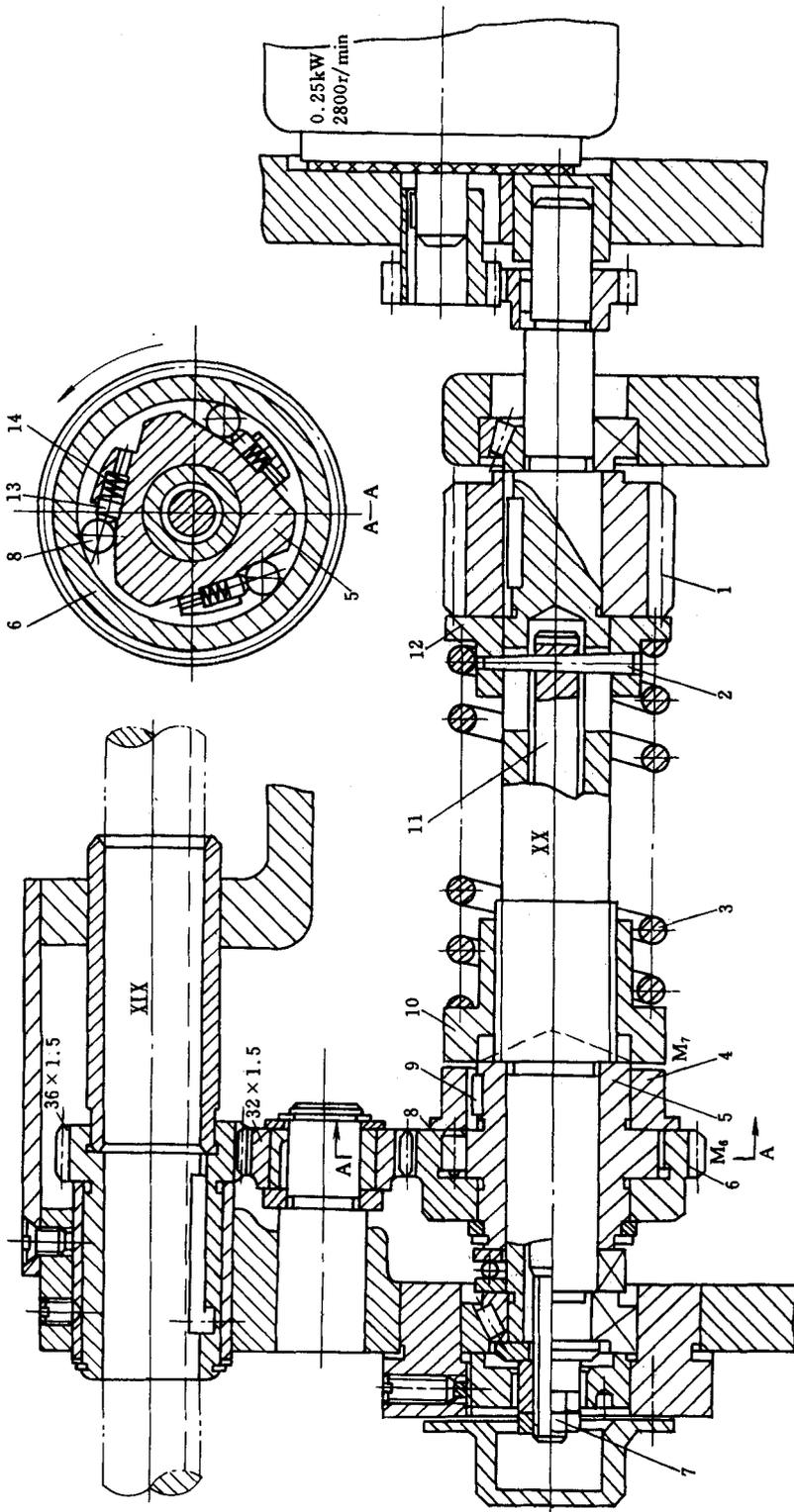


图4-2-14 安全离合器及超越离合器结构图

1—蜗杆 2—圆柱销 3、14—弹簧 4—M₇左半部 5—星形体

6—齿轮 z₅₆ (离合器外环) 7—高速螺母 8—滚柱 9—平键 10—M₇右半部

11—拉杆 12—弹簧座 13—顶销

支承,并通过联轴节与丝杠相连。两侧的推力球轴承 5 和 7 分别承受丝杠工作时所产生的两个方向的轴向力。松开锁紧螺母 8,然后拧动其左侧的调整螺母,可调整轴 X VIII 两侧推力轴承间隙,以防止丝杠在工作时作轴向窜动。拧动轴 X II 左端的螺母 2,可以通过轴承、内齿离合器端面以及轴肩而使同心轴上的所有圆锥滚子轴承的间隙得到调整。

轴 X III、X VI 及 X IX 组成一同心轴组。轴 X III 及 X VI 上的圆锥滚子轴承可通过轴 X III 左端螺钉 1 进行调整。轴 X IX 上角接触球轴承可通过右侧调整螺母 9 进行调整。

3. 滑板箱

滑板箱内包含以下机构:实现刀架快慢移动转换的超越离合器,起过载保护作用的安全离合器,接通、断开丝杠传动的开合螺母机构,接通、断开和转换纵、横向机动进给运动的操纵机构,以及避免运动干涉的互锁机构等。

(1) 超越离合器的结构及工作原理

为了节省辅助时间及简化操作动作,在刀架快速移动过程中,光杠仍可继续转动而不必脱开进给运动传动链。这时,为了避免光杠和快速电动机同时传动同一运动部件而使运动部件损坏,可在溜板箱中使用超越离合器。图 4-2-14 是 CA6140 型车床的安全离合器及超越离合器结构图。超越离合器装在齿轮 z_{56} 与轴 X X 上,由齿轮 z_{56} 、三个滚柱 8、三个弹簧 14 和星形体 5 组成。星形体 5 空套在轴 X X 上,而齿轮 z_{56} 又空套在星形体 5 上。当刀架机动进给时,由光杠传来的运动通过超越离合器传给安全离合器(后面将详细介绍)后再传至轴 X X。这时,齿轮 z_{56} (即外环 6)按图示的逆时针方向旋转,三个短圆柱滚柱 8 分别在弹簧 14 的弹力及滚柱 8 与外环 6 间的摩擦力作用下,楔紧在外环 6 和星形体 5 之间,外环 6 通过滚柱 8 带动星形体 5 一起转动,于是运动便经过安全离合器传至轴 X X。这时如将进给操纵手柄扳到相应的位置,便可使刀架作相应的纵向或横向进给。当按下快速电机起动按钮使刀架作快速移动时,运动由齿轮副 13/29 传至轴 X X,轴 X X 及星形体 5 得到一个与齿轮 z_{56} 转向相同,而转速却快得多的旋转运动。结果,由于滚柱 8 与 6 及 5 之间的摩擦力,于是就使滚柱 8 压缩弹簧 14 而向楔形槽的宽端滚动,从而脱开外环 6 与星形体 5 以及轴 X X 间的传动联系。这时,虽然光杠 X I X 及齿轮 z_{56} 仍在旋转,但不再传动轴 X X。当快速电动机停止转动时,在弹簧 14 和摩擦力作用下,滚柱 8 又楔紧于齿轮 z_{56} 和星形体 5 之间,光杠传来的运动又正常接通。

由以上分析可知,超越离合器主要用于有快、慢两个运动交替传动的轴上,以实现运动的快、慢速自动转换。由于 CA6140 型车床使用的是单向超越离合器,所以要求光杠及快速电动机都只能做单方向转动。若光杠反向旋转,则不能实现纵向或横向机动进给,若快速电动机反向旋转,则超越离合器不起超越作用。

(2) 安全离合器的结构及其调整

安全离合器是一种过载保护机构,它可使机床的传动零件在过载时,自动断开传动,以免机构发生损坏。在图4-2-14中,安全离合器 M_7 由两个端面带螺旋形齿爪的结合子4和10组成,左结合子4通过键9与星形体5相联,右结合子10通过花键与轴 XX 相连,并通过弹簧4的作用与左结合子紧紧啮合。在正常情况下,运动由齿轮6传至左结合子4,并通过螺旋形齿爪,将运动经右结合子10传于轴 XX 。当出现过载时,齿爪在传动中产生的轴向力 $F_{轴}$ 超过预先调好的弹簧力,使右结合子压缩弹簧向右移动,并与左结合子脱开,两结合子之间产生打滑现象,从而断开传动,保护机构不受损坏。当过载现象消除后,右结合子在弹簧作用下,又重与左结合子啮合,并使轴 XX 得以继续转动。

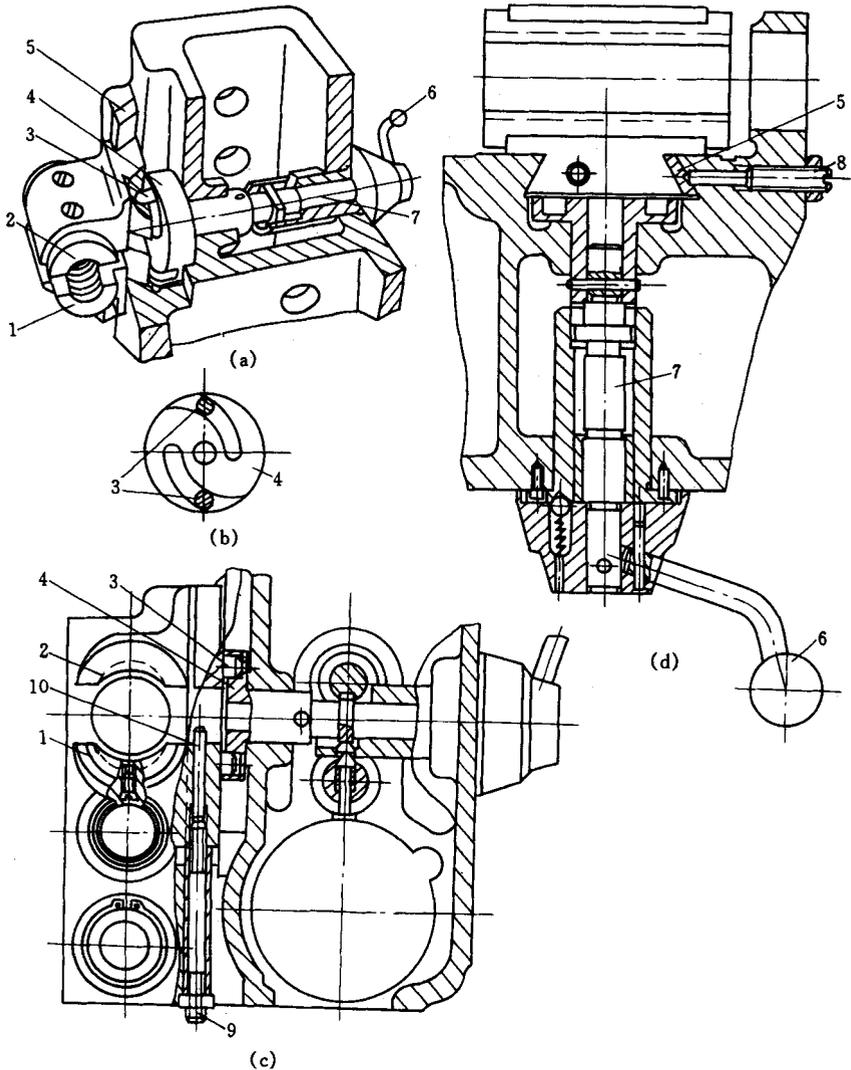


图4-2-15 开合螺母机构(CA6140)

1—下半螺母 2—上半螺母 3—圆柱销 4—圆盘 5—平镶条
6—手柄 7—轴 8、9—螺钉 10—销钉

(3) 开合螺母的结构及调整

开合螺母的功用是接通或断开从丝杠传来的运动。车螺纹时,将开合螺母合上,丝杠通过开合螺母带动滑板箱及刀架。

开合螺母由上、下两个半螺母 2 和 1 组成,装在溜板箱体后壁的燕尾形导轨中,可上下移动(如图 4-2-15)。上、下半螺母的背面各装有一个圆柱销 3,其伸出端分别嵌在槽盘 4 的两条曲线槽中。扳动手柄 6,经轴 7 使槽盘逆时针转动时,曲线槽迫使两圆柱销互相靠近,带动上、下螺母合拢,与丝杠啮合,刀架便由丝杠螺母经溜板箱传动。槽盘顺时针转动时,曲线槽通过圆柱销使两半螺母相互分离,与丝杠脱开啮合,刀架便停止进给。开合螺母合上时的啮合位置,由销钉 10 限定。利用螺钉 9 调节销钉 10 的伸出长度,可调整丝杠与螺母之间的间隙。开合螺母与箱体上燕尾导轨间的间隙,可用螺钉 8 经镶条 5 进行调整。

(4) 纵、横向机动进给操纵机构

图 4-2-16 所示为纵、横向机动进给操纵机构。纵、横向机动进给的接通、断开和换向由一个手柄集中操纵。手柄 1 通过销轴 2 与轴向固定的轴 23 相联接。向左或向右扳动手柄 1 时,手柄下端缺口通过球头销 4 拨动轴 5 轴向移动,然后经杠杆 11、连杆 12、偏心销使圆柱形凸轮 13 转动。凸轮上的曲线槽通过圆销 14、轴 15 和拨叉 16 拨动离合器 M_8 与空套在轴 X、XII 上的两个空套齿轮之一啮合,从而接通纵向机动进给,并使刀架向左或右移动。

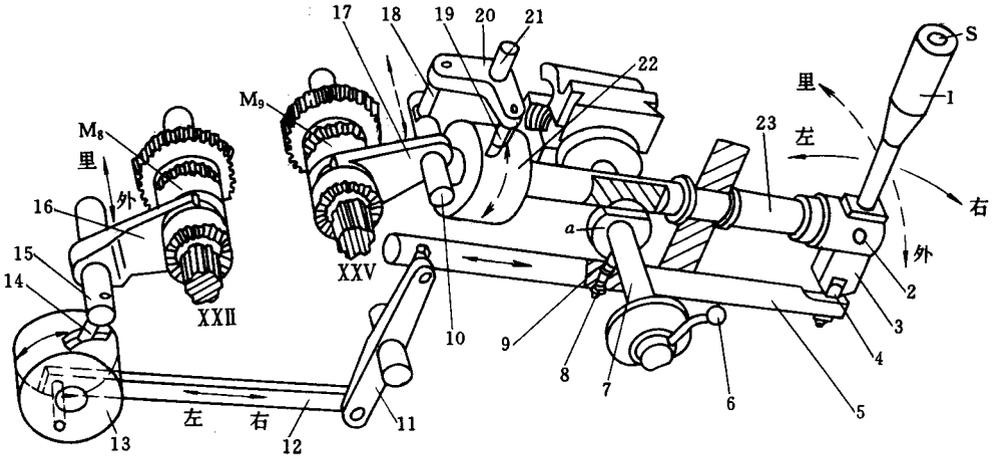


图 4-2-16 纵、横向机动进给操纵机构

- 1、6—手柄 2、21—销轴 3—手柄座 4、9—球头销 5、7、23—轴 8—弹簧销
10、15—拨叉轴 11、20—杠杆 12—连杆 13—凸轮 14、18、19—圆销
16、17—拨叉 22—凸轮 S—按钮

当需要横向进给运动时,扳动手柄 1 向里或向外,带动轴 23 以及固定在其左端的凸轮 22 转动,其上的曲线槽通过圆销 19、杠杆 20 和圆销 18,使拨叉 17 拨动离合器 M_9 ,从而接通横向机动进给,使刀架向前或向后移动。

纵、横向机动进给机构操纵手柄的扳动方向与刀架进给方向一致,给使用带来方便。手柄在中间位置时,两离合器均处于中间位置,机动进给断开。按下操纵手柄顶端的按钮 S 就接通快速电动机,可使刀架按手柄位置确定的进给方向快速移动。由于超越离合器的作用,即使机动进给时,也可使刀架快速移动,而不会发生运动干涉。

(5) 互锁机构的结构原理

机床工作时,如因操作错误同时将丝杠和纵、横向机动进给(或快速运动)接通,则将损坏机床。为防止发生上述事故,滑板箱中设有互锁机构,以保证开合螺母合上时,机动进给不能接通,反之,机动进给接通时,开合螺母不能合上。图 4-2-17 互锁机构工作原理图,互锁机构由开合螺母操纵手柄轴 5 的凸肩 a、固定套 4、球头销 3 和弹簧销 2 等组成。图 4-2-17(a) 是合上开合螺母的情况,这时由于轴 5 转过一个角度,它的凸肩 a 嵌入轴 6 的槽中,将轴 6 卡住,使之不能转动,同时凸肩又将装在固定套 4 径向孔中的球头销 3 往下压,使它的下端插入轴 1 的孔中,由于销 3 一半在轴 1 孔中,另一半在固定套 4 中,所以就将轴 1 锁住,使之不能移动。因此,这时纵、横向机动进给都不能接通。图 4-2-17(b) 是轴 1 移动后的情况,这时纵向机动进给或纵向快速移动被接通。此时,由于轴 1 移动了位置,轴上的径向孔不再与球头销 3 对准,使球头销不能往下移动,因而轴 5 就被锁住而无法转动,也就是开合螺母不能合上。图 4-2-17(c) 是轴 6 转动后的情况,这时横向机动进给或横向快速移动被接通。此时,由于轴 6 转动了位置,其上的沟槽不再对准轴 5 上的凸肩 a,使轴 5 无法转动,开合螺母也不能合上。

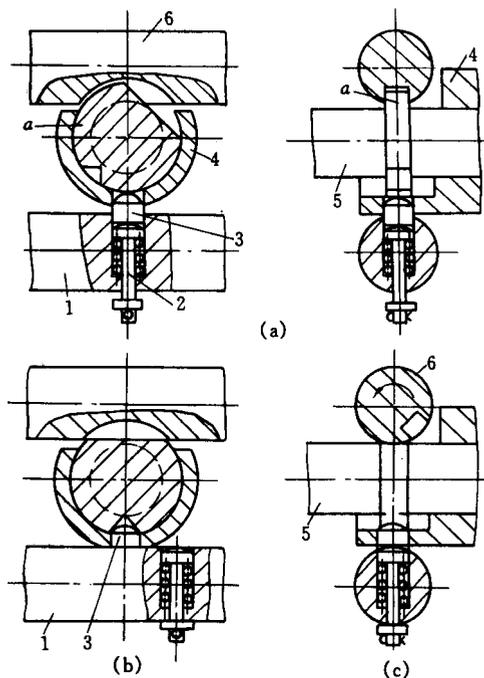


图 4-2-17 互锁机构工作原理

1、5、6—轴 2—弹簧销 3—球头销 4—支承套

4. 横向进给机构、刀架与尾座

(1) 横向进给机构

在图 4-2-18 中, 横向进给丝杠 1 的作用是将机动或手动传至其上的运动, 经螺母传动使刀架获得横向进给运动。横向进给丝杠 1 的右端支承在滑动轴承 12 和 8 上, 实现径向和轴向定位。利用螺母 10 可调整轴承的间隙。

横向进给丝杠采用可调的双螺母结构。螺母固定在横向滑板 2 的底面上, 它由分开的两部分 3 和 7 组成, 中间用楔块 5 隔开。当由于磨损致使丝杠螺母之间间隙过大时, 可将螺母 3 的紧固螺钉 4 松开, 然后拧动楔块 5 上的螺钉 6, 将楔块 5 向上拉紧, 依靠斜楔的作用将螺母 3 向左挤, 使螺母 3 与丝杠之间产生相对位移, 减小螺母与丝杠的间隙。间隙调妥后, 拧紧螺钉 4 将螺母固定。

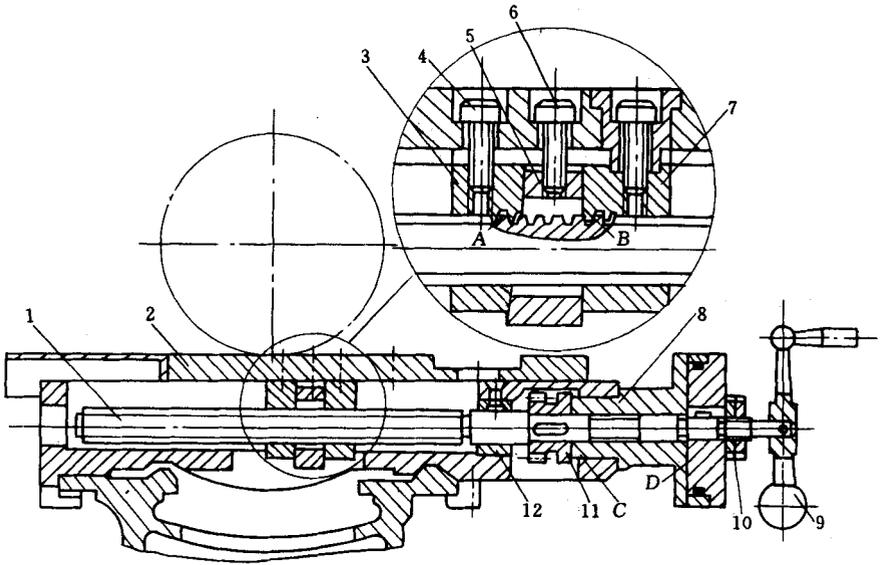


图 4-2-18 横向进给机构

1—丝杠 2—横向滑板 3、7、10—螺母 4、6—螺钉 5—楔块
8、12—滑动轴承 9—手柄 11—齿轮

(2) 刀架

刀架的功用是安装车刀并带动其作纵向、横向和斜向进给运动, 见图 4-2-19。在刀架转盘的底面上有圆柱形定心凸台(图中未示出), 与横向滑板上的孔配合, 可绕垂直轴线偏转角度($\pm 90^\circ$)使刀架滑板沿一定倾斜方向进给, 以便车削圆锥面。

方刀架装在刀架滑板 1 上, 以刀架滑板上的圆柱凸台定心, 用拧在轴 6 上端螺纹上的手柄 16 夹紧(图 4-2-19)。方刀架可以转动间隔为 90° 的四个位置, 使装在它四侧的四把车刀轮流地进行切削, 每次转位后, 由定位销 8 插入刀架滑板上的定位孔中进行定位, 以便获得准确的位置。方刀架换位过程中的松开、拔出定位销、转位以

及夹紧等动作,都由手柄 16 操纵。逆时针转动手柄 16,使其从轴 6 的螺纹上拧松时,刀架体 10 便被松开。同时,手柄通过内花键套筒 13(用销钉与手柄 16 连接)带动花键套筒 15 转动,花键套筒的下端有锯齿形齿爪,与凸轮 5 上的端面齿啮合,因而凸轮也被带着沿逆时针方向转动。凸轮转动时,先由其上的斜面 a 将定位销 8 从定位孔中拔出,接着其缺口的一个垂直侧面 b 与装在刀架体中的固定销 18 相碰,带动刀架体 10 一起转动,钢球 3 从定位孔中滑出。当刀架转至所需位置时,钢球 3 在弹簧 2 的作用下进入另一定位孔,使刀架体先进行初步定位(粗定位);然后反向转动(顺时针向)手柄,同时凸轮 5 也被一起反转。当凸轮上斜面 a 脱离定位销 8 的钩形尾部时,在弹簧 7 作用下,定位销插入新的定位孔,使刀架体实现精确定位;接着凸轮上缺口的另一垂直侧面 c 与固定销 18 相碰,凸轮便被挡住不再转动。但此时,手柄 16 仍可带着花键套筒 15 一起,继续顺时针转动,直到把刀架体压紧在刀架滑板上为止。在此过程中,花键套筒 15 与凸轮 5 以端面齿爪的斜面接触,从而花键套筒 15 可克服弹簧 14 的压力,使其齿爪在固定不转的凸轮 5 的齿爪上滑动。修磨垫片 12 的厚度,可调整手柄 16 在夹紧方刀架后的正确位置。

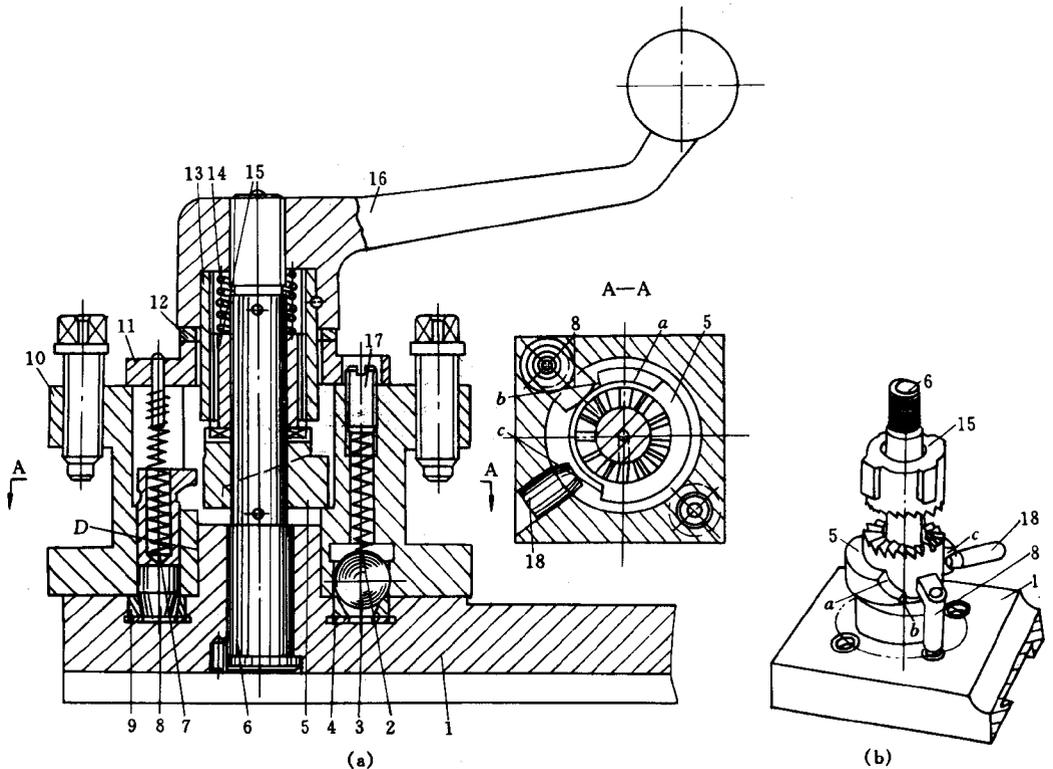


图 4-2-19 刀架

- 1—刀架滑板 2、7、14—弹簧 3—定位钢球 4、9—定位套 5—凸轮 6—轴 8—定位销
10—刀架体 11—刀架上盖 12—垫片 13—内花键套 15—花键套筒
16—手柄 17—调节螺钉 18—固定销

(3)尾座

图 4-2-20 是 CA6140 型卧式车床的尾座图。尾座装在床身的尾座导轨上,它可以根据工件的长短调整纵向位置。位置调整妥当后用快速紧固手柄 8 加以夹紧,向后推动快速紧固手柄 8 通过偏心轴及拉杆,就可将尾座夹紧在床身导轨上。有时,为了将尾座紧固得更牢固可靠些,可拧紧螺母 10,这时螺母 10 通过螺钉 13 用压板 14 将尾座紧固地夹紧在床身上。后顶尖 1 安装在尾座套筒 3 的锥孔中。尾座套筒 3 装在尾座体 2 的孔中,并由平键 16 导向,所以它只能轴向移动,不能转动。摇动手柄 9,可使尾座套筒 3 纵向移动。当尾座套筒移至所需位置后,可用手柄 4 转动螺杆 17 以拉紧套筒 18 和 19,从而将尾座套筒 3 夹紧。如需要卸下顶尖,可转动手柄 9,使尾座套筒 3 后退,直到丝杠 5 的左端顶住后顶尖,将后顶尖从锥孔中顶出。

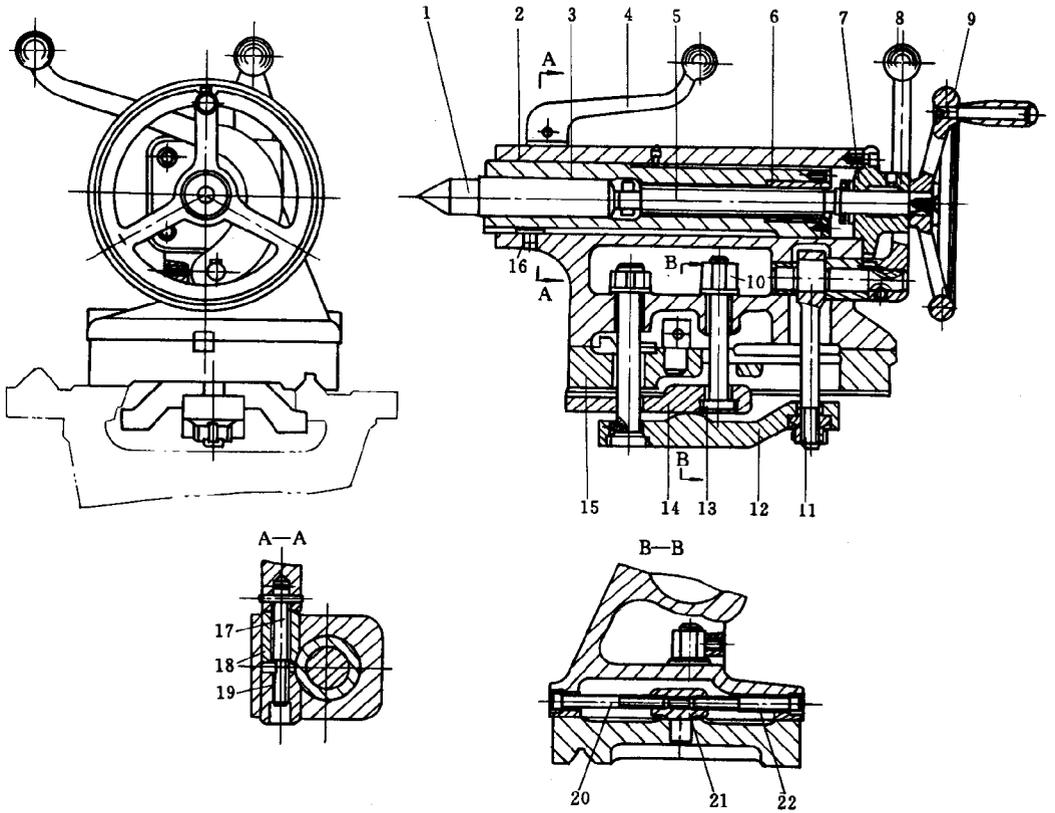


图 4-2-20 尾架

- 1—后顶尖 2—尾座体 3—尾座套筒 4、8、9—手柄 5—丝杠 6—螺母 7—端盖 10—螺母
 11—拉杆 12、14—压板 13—螺钉 15—尾架底座 16—平键 17—螺杆
 18、19—套筒 20、22—调整螺钉 21—调整螺母

在车床中,也可将钻头、孔加工刀具装在尾座套筒的锥孔中。这时,转动手轮 9,借助于丝杠 5 和螺母 6 的传动,可使尾座套筒 3 带动钻头、孔加工刀具纵向移动,进

行孔的加工。

调整螺钉 20 和 22 用于调整尾座体 2 的横向位置,也就是调整后顶尖中心线在水平面内的位置,使它与主轴中心线重合,或用以车削锥度较小的锥面(工件由前后顶尖支承)。

第二节 铣床

一、铣床的功用与类型

(一) 铣床的功用

铣床是一种用广泛的机床,它是用铣刀加工各种水平、垂直的平面、沟槽、键槽、T形槽、燕尾槽、螺纹、螺旋槽,以及齿轮、链轮、花键轴、棘轮等各种成形表面,用锯片铣刀还可进行切断等工作(见图 4-2-21)。铣床的运动有铣刀的旋转运动和工件的进给运动。一般情况下,铣床具有相互垂直的三个方向上的调整移动,同时,其中任何一个方向上的调整移动也可成为进给运动。

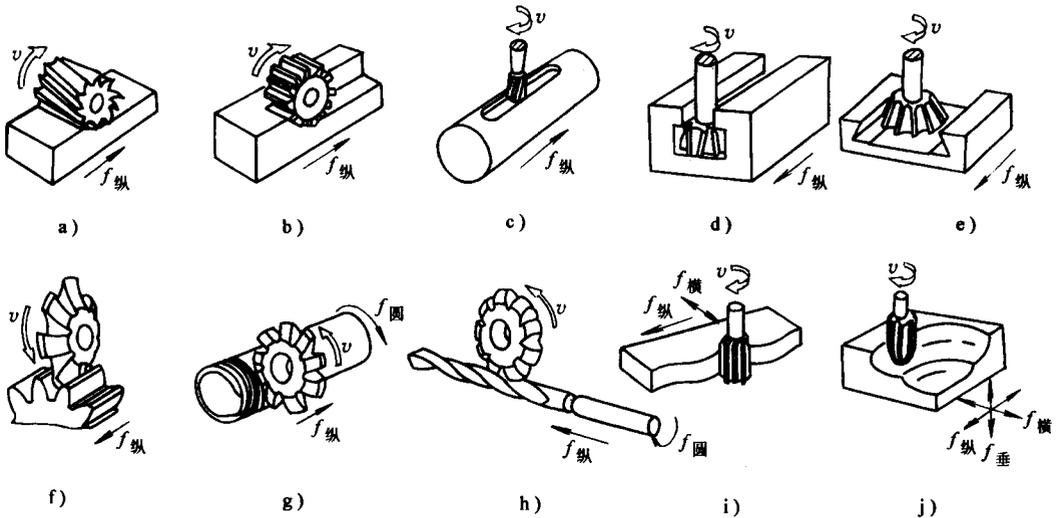


图 4-2-21 铣床加工的典型表面

a) 铣平面 b) 铣台阶面 c) 铣键槽 d) 铣 T 形槽 e) 铣燕尾槽
f) 铣齿轮 g) 铣螺纹 h) 铣螺旋槽 i), j) 铣成形面

(二) 铣床的类型

铣床的类型很多,根据其结构特点与用途,它的主要类型有升降台式铣床、工具铣床、龙门铣床、仿形铣床。此外,还有仪表铣床、专门化铣床(包括键槽铣床、曲轴铣

床、凸轮铣床)等。

二、万能升降台铣床

工作台宽度为 320mm 的万能升降台铣床在同类机床中应用最为广泛。卧式与立式同类机床的多数零部件具有通用性,这里仅以 X6132 型万能升降台铣床为主,介绍这类机床的传动系统、结构特征及性能。

(一)主要组成部件

如图 4-2-22 所示,X6132 型万能卧式升降台铣床底座 1、床身 2、悬梁 3、刀杆支架 4、主轴 5、工作台 6、床鞍 7、升降台 8、回转盘 9 等组成。床身 2 固定在底座 1 上。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 可在床身顶部的燕尾导轨上沿水平方向调整前后位置。悬梁上的杆支架 4 用于支承刀杆,提高刀杆的刚性。升降台 8 可沿床身前侧面的垂直导轨上、下移动,升降台内装有进给运动的变速传动装置、快速传动装置及其操纵机构。升降台的水平导轨上装有床鞍 7,可沿主轴轴线方向移动(亦称横向移动)。床鞍 7 上装有回转盘 9,回转盘上面的燕尾导轨上又装有工作台 6。因此,工作台可沿导轨作垂直于主轴轴线方向移动(亦称纵向移动)同时,工作台通过回转盘可绕垂直轴线在 $\pm 45^\circ$ 范围内调整角度,以铣削螺旋表面。

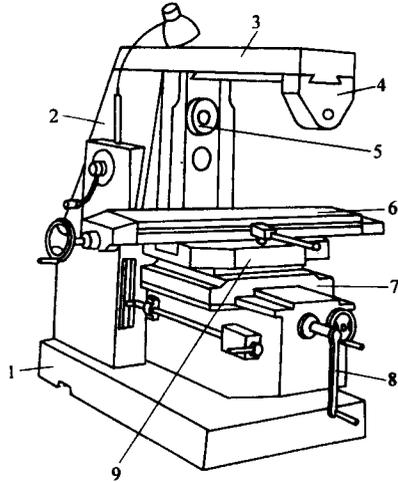


图 4-2-22 X6132 型万能升降台铣床外形图

- 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

(二)机床的传动系统

1. 主运动

图 4-2-23 所示为 X6132 型万能升降台铣床的传动系统图。主运动由主电动机(7.5kW、1450r/min)驱动,经 $\phi 150/\phi 290$ 带轮传动至轴 II,再由轴 II—III 间和轴 III—IV

间两组三联滑移齿轮变速组,以及轴Ⅳ—Ⅴ间双联滑移齿轮变速组,使主轴获得 18 级转速(30~1500r/min)。主轴的旋转方向由电动机改变正、反转向而得以换向。主轴的制动由安装在轴Ⅱ的电磁制动器 M 进行控制。

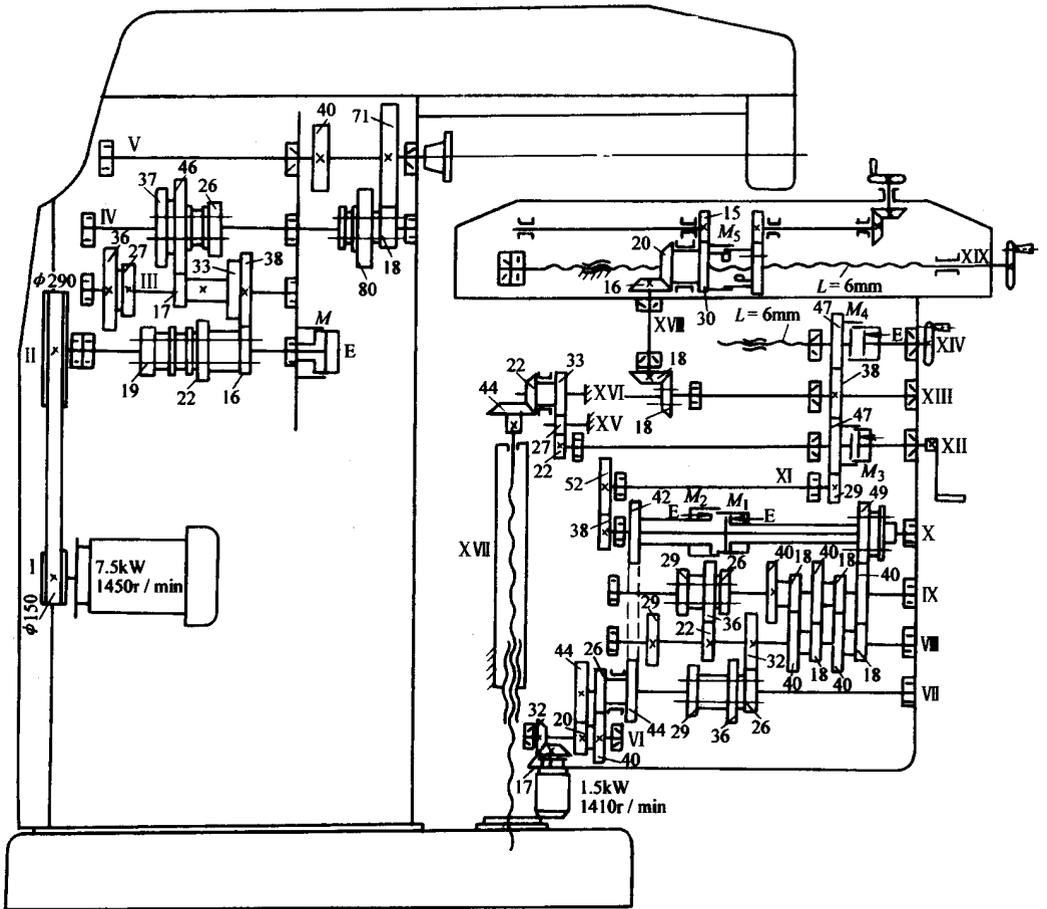


图 4-2-23 X6132 型万能升降台铣床传动系统

2. 进给运动

该机床的工作台可以作纵向、横向和垂向三个方向的进给运动以及快速移动。进给运动由进给电动机(1.5kW、1410r/min)驱动。电动机的运动经一对圆锥齿轮副 17/32 传到轴Ⅵ,然后根据轴 X 上电磁摩擦离合器 M_1 、 M_2 的结合情况,分两条路线传动。如轴 X 上离合器 M_1 脱开、 M_2 啮合,轴Ⅵ的运动经齿轮副 40/26、44/42 及离合器 M_2 传至轴 X。这条路线可使工作台作快速移动。如轴 X 上离合器 M_2 脱开、 M_1 结合,轴Ⅵ的运动经齿轮副 20/44 传至轴Ⅶ,再经Ⅶ—Ⅷ间和轴Ⅷ—Ⅸ间的两组三联滑移齿轮变速组以及轴Ⅷ—Ⅸ间的曲回机构,经离合器 M_1 将运动传到轴 X。这是一条使工作台作正常进给的传动路线。

轴Ⅷ—Ⅸ间的曲回机构工作原理,可由图4-2-24予以说明。轴X上的单联滑移齿轮 $z=49$ 有三个啮合位置。当滑移齿轮 $z=49$ 在 a 啮合位置时,轴Ⅸ的运动直接由齿轮副 $40/49$ 传到轴X;滑移齿轮在 b 啮合位置时,轴Ⅸ的运动经曲回机构齿轮副 $(18/40) \times (18/40) \times (40/49)$ 传至轴X;滑移齿轮在 c 啮合位置时,轴Ⅸ的运动经曲回机构齿轮副 $(18/40) \times (18/40) \times (18/40) \times (18/40) \times (40/49)$ 传至轴X。因而,通过轴X上单联滑移齿轮 $z=49$ 的三种啮合位置,可使曲回机构得到三种不同的传动比:

$$i_a = \frac{40}{49} \quad i_b = \frac{18}{40} \times \frac{18}{40} \times \frac{40}{49} \quad i_c = \frac{18}{40} \times \frac{18}{40} \times \frac{18}{40} \times \frac{18}{40} \times \frac{40}{49}$$

轴X的运动可经过离合器 M_3 、 M_4 、 M_5 以及相应的后续传动路线,使工作台分别得到垂直、横向及纵向的移动。进给运动的传动路线表达式为:

$$\left[\begin{array}{l} \text{电动机} \\ 1.5\text{kW} \\ 1410\text{r/min} \end{array} \right] \xrightarrow{-\frac{17}{32}-\text{VI}-} \left[\begin{array}{l} \frac{20}{44}-\text{VII}- \\ \frac{36}{22} \\ \frac{26}{32} \end{array} \right] \xrightarrow{-\text{VIII}-} \left[\begin{array}{l} \frac{29}{29} \\ \frac{22}{36} \\ \frac{32}{26} \end{array} \right] \xrightarrow{-\text{IX}-} \left[\begin{array}{l} \frac{40}{49} \\ \frac{18}{40} \times \frac{18}{40} \times \frac{18}{40} \times \frac{18}{40} \times \frac{40}{49} \\ \frac{18}{40} \times \frac{18}{40} \times \frac{40}{49} \end{array} \right] \left[\begin{array}{l} M_1 \text{ 合} \\ \text{(工作} \\ \text{进给)} \\ M_2 \text{ 合 (快速移动)} \end{array} \right] \xrightarrow{-\frac{40}{26} \times \frac{44}{42}-} \left[\begin{array}{l} \frac{18}{18}-\text{XVIII}-\frac{16}{20}-M_5 \text{ 合}-\text{纵向丝杠 XIX (纵向进给)} \\ \frac{47}{38}-\text{XIII}-\frac{38}{47}-M_4 \text{ 合}-\text{横向丝杠 XIV (横向进给)} \\ M_3 \text{ 合}-\text{XII}-\frac{22}{27}-\text{XV}-\frac{27}{33}-\text{XVI}-\frac{22}{44}-\text{垂直丝杠 XVII (垂直进给)} \end{array} \right]$$

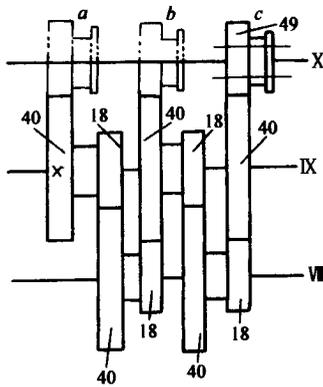


图4-2-24 曲回机构原理图

在理论上,铣床在相互垂直三个方向上均可获得 $3 \times 3 \times 3 = 27$ 种不同进给量,但由于轴Ⅷ—Ⅸ间的两组三联滑移齿轮变速组的 $3 \times 3 = 9$ 种传动之比中,有三种是相等的,即

$$\frac{26}{32} \times \frac{32}{26} = \frac{29}{29} \times \frac{29}{29} = \frac{36}{22} \times \frac{22}{36} = 1$$

所以 轴Ⅶ—Ⅸ间的两个变速组只有 7 种不同传动比。因而轴 X 上的滑移齿轮 $z = 49$ 只有 $7 \times 3 = 21$ 种不同转速。由此可知 X6132 型铣床的纵、横、垂直三个方向的进给量均为 21 级,其中纵向及横向的进给量范围为 $10 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$,垂直进给量范围为 $3.3 \sim 333\text{mm}/\text{min}$ 。

3. 工作台快速移动

当接通电磁离合器 M_2 时,运动便由轴Ⅵ经 $(40/26) \times (44/42)$ 齿轮副传动而使轴 X 获得快速运动,工作台获得快速移动。纵向及横向快速移动速度为 $2300\text{mm}/\text{r}$,垂直方向快速移动速度为 $770\text{mm}/\text{r}$ 。快速移动的方向由进给电动机改变旋转方向实现。

三、万能升降台铣床的主要部件

(一) 主轴变速箱

1. 主轴部件

(1) X6132 型铣床的主轴部件结构

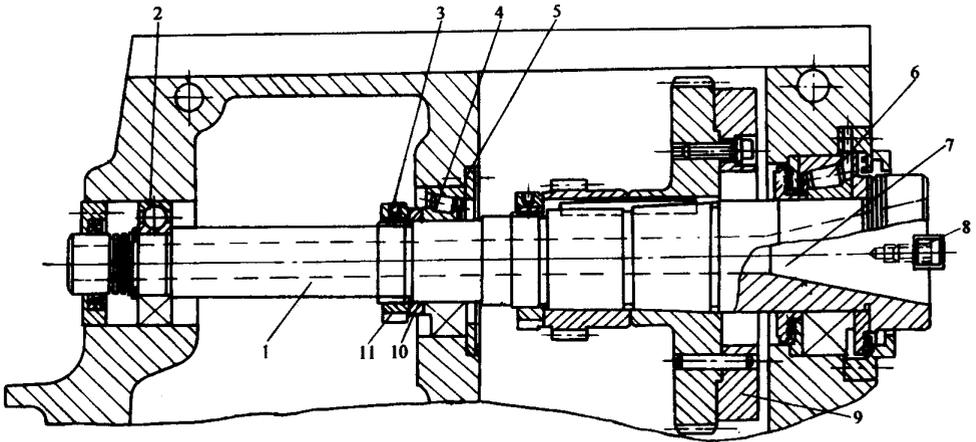


图 4-2-25 X6132 型万能卧式升降台铣床主轴部件结构

1—主轴 2—后支承 3—锁紧螺钉 4—中间支承 5—轴承盖 6—前支承
7—主轴前锥孔 8—端面键 9—飞轮 10—隔套 11—螺母

如图 4-2-25 所示。主轴采用三支承结构,以提高其刚性。前支承采用 P5 级精度的圆锥滚子轴承,以承受径向力和向左的轴向力;中间支承采用 P6 级精度的圆锥滚子轴承,以承受径向力和向右的轴向力;后支承采用 P0 级精度的深沟球轴承,只承受径向力。主轴的回转精度,即工作精度,主要由前支承和中间支承来保证,后支承只起辅助支承作用。当主轴的回转精度由于轴承磨损而降低时,须对主轴轴承进行调整。调整时,先移开悬梁并拆下床身盖板,拧松螺母 11 上的锁紧螺钉 3,用专用勾头扳手勾住螺母 11 的轴向槽,然后用一根短铁棒通过主轴前端的端面键 8,扳动主轴

作顺时针旋转,使中间支承的内圈向右移动而消除中间支承 4 的间隙;再继续转动主轴,使主轴向左移动,通过主轴前端的台肩推动前轴承内圈一起向左移动,从而消除前支承 6 的间隙。调整后,必须拧紧锁紧螺钉 3,盖上盖板并恢复悬梁位置。飞轮 9 用螺钉和定位销与主轴上的大齿轮紧固在一起,利用它在高速运转中的惯性,缓和铣削过程中的铣刀齿的断续切入而产生的冲击振动。

主轴是一根空心轴,其前端有 7:24 的精密锥孔,用于安装铣刀刀柄或铣刀刀杆的定心轴柄。前端的端面上装有用螺钉固定的两个矩形端面键 8,以便嵌入铣刀刀柄的缺口中传递转矩。主轴前端的锥孔用于安装刀杆或端铣刀,其空心内孔用于穿过拉杆将刀杆或端铣刀拉紧。安装时先转动拉杆左端的六角头,使拉杆右端螺纹旋入刀具锥柄的螺孔中,然后用锁紧螺母锁紧。刀杆悬伸部分可支承在悬梁支架(见图 4-2-22 件 4)的滑动轴承内。铣刀安装在刀杆上的轴向位置,可用不同厚度的调整套进行调整。

(2) X5032 立式铣床主轴部件

由于立式铣床在铣床中占有的比重较小,它与卧式铣床的主要区别在于主轴部件结构,这里以 X5032 立式铣床主轴部件作为对象,介绍其结构特征。图 4-2-26 为 X5032 型立式铣床立铣头的结构。

由主运动传动链输入的运动经锥齿轮 27、传动轴 23(轴 IV)、平键 26、齿轮 25、19(55/55)、平键 20 以及套 21、双平键 22 传给主轴 1 的尾部,使主轴实现旋转主运动。由于套 21 用两个角接触球轴承支承在立铣头壳体 31 上,传动齿轮的径向载荷经套、轴承直接传至壳体 31 上,使主轴的受力状况大大改善,有效地防止径向载荷引起主轴弯曲变形,影响主轴部件的回转精度。传动轴 23 采用套 28、经螺钉紧固在壳体上的单向轴向定位方式,调整轴 23 的轴承间隙,可通过调节螺母 30 或调整两个轴承间的垫圈 A 厚度实现,此结构有利于装卸、调整方便,具有良好的维修性。

主轴由前端的圆柱滚子轴承 5 和两个推力角接触球轴承 15 支承在主轴套筒体 11 内。主轴及套筒组件的轴向定位通过固定的立铣头壳体上的一套丝杠螺母机构来实现。主轴套筒的轴向位置通过支架 13、螺杆 12、锥齿轮 10 和 $\phi 25/25$ 及手轮 39 来控制。调节时,转动手轮 39 经锥齿轮 25/25 带动螺杆 12($L=4\text{mm}$),通过支架 13 螺母带动主轴套筒 11 及主轴沿轴向移动,以调整主轴的轴向位置或做进给运动。主轴套筒的轴向移动量,可由其上的螺钉 14 内安装千分表,并将千分表触头顶在定程螺钉 9 上端面,由千分表的读数便可精确地测量主轴轴向移动距离。主轴部件的轴向移动最大距离为 85mm。主轴由锥齿轮 29/29 及齿轮 55/55 经轴套 21 内的双键传动,当主轴套筒与主轴沿轴向移动时,主轴上端可在轴套 21 内滑移,以保证旋转运动的输入。机床工作时或将主轴位置调整完后,必须将主轴套筒 11 夹紧,夹紧主轴套筒时,将手柄 37 顺时针扳动 120° ,经轴 36 带动螺纹旋向不同的夹紧块 34 及 35 间相互靠拢,使滑块间的距离减小,将主轴套筒夹紧,以实现可靠定位。

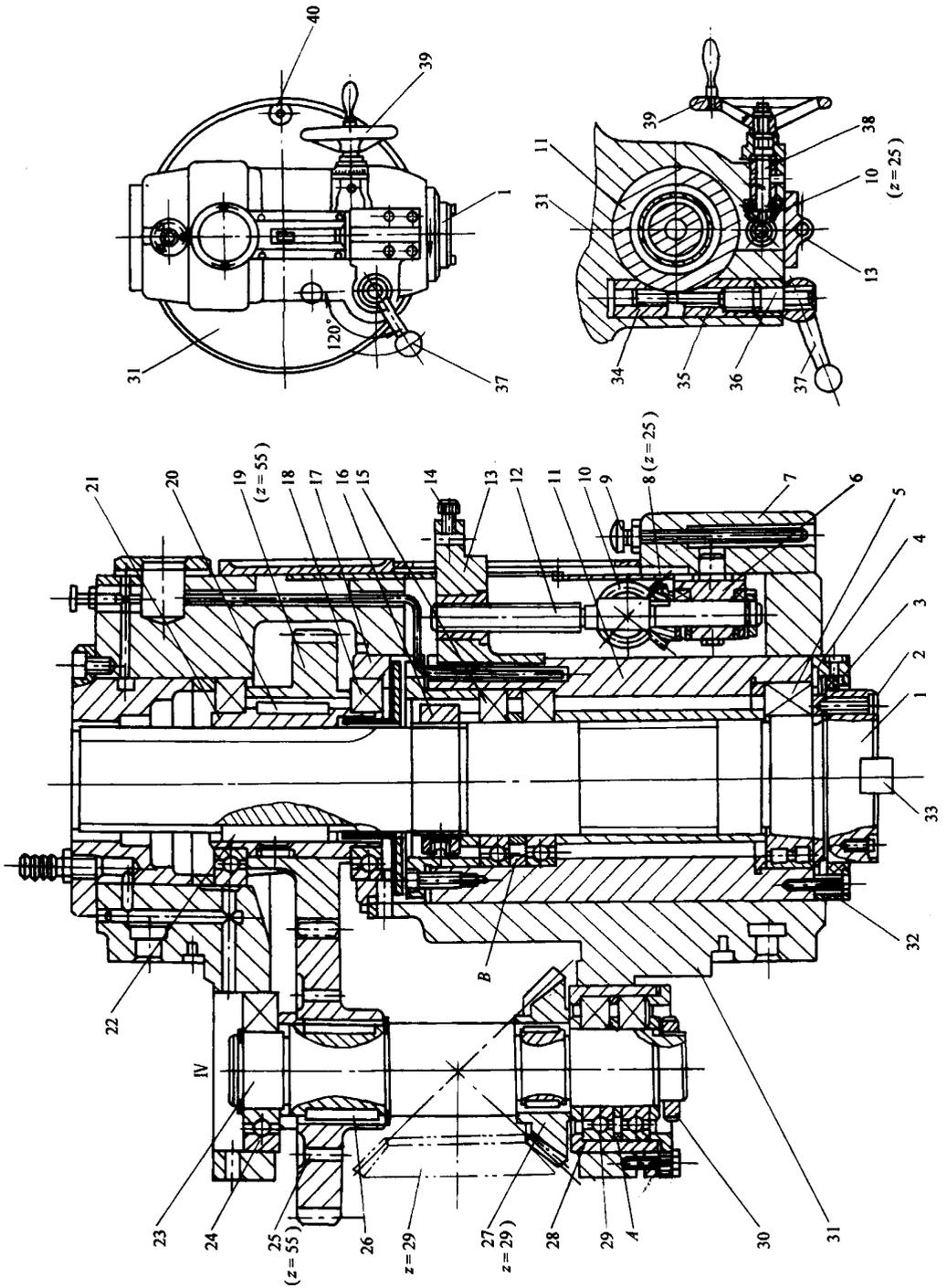


图 4-2-26 X5032 铣床立铣头结构图

- 1—主轴 2、9、14—螺钉 3—半圆垫片 4—法兰盘 5—前轴承 6—轴承座 7—支架 8、10、27—锥齿轮
 11—主轴套筒 12—螺杆 13—支架 15、24、29—轴承 16—调节螺母 17—盖 18—球轴承 19、25—齿轮
 20、22、26—平键 21、28—套 23—传动轴 30—调节螺母 31—壳体 32—前盖 33—端面键
 34、35—夹紧块 36、38—轴 37—手柄 39—手轮 40—螺栓

调整主轴部件的间隙时,先拆下法兰盘 4,拧出螺钉,取下两片半圆垫片 3,根据间隙大小修磨其厚度后重新装上,然后松开调节螺母 16 上的紧定螺钉。再用一根铁棒插入螺母 16 圆周上的销孔中,使螺母不能转动,用扳手扳动主轴端面键 33,使螺母轴向移动以调整前轴承间隙。后支轴承间隙需拆出两个推力角接触球轴承之间的垫圈 B,修磨其厚度,重新装配即可调整。间隙调整完毕后,应重新锁紧调节螺母 16 上的紧定螺钉。

立铣头可在垂直平面内作 $\pm 45^\circ$ 的调整。调整时,将紧固螺栓 40(两个对称布局)拧松,转动立铣头壳体 31,调整后,应重新将紧固螺栓拧紧。

X5032 型铣床的立铣头采用了套筒结构,不仅能进行一般的铣削加工,还能用于精密镗孔加工,当立铣头回转一定角度后,还能进行变角度的铣削和镗削加工。

2. 主变速操纵机构

X6132 型铣床的主变速,是由手柄 1、速度盘 10 进行操纵,通过孔盘使齿轮、齿条轴组作相对移动,带动拨叉使滑移变速齿轮改变不同的啮合位置而实现变速的(见图 4-2-27 和图 4-2-28)。

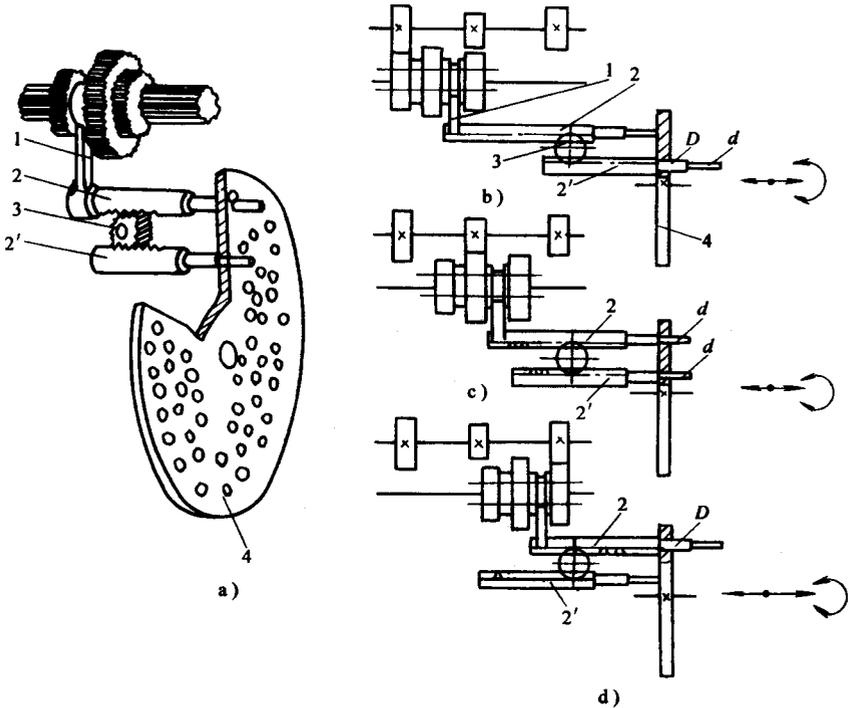


图 4-2-27 孔盘变速原理图

1—拨叉 2、2'—齿条轴 3—齿轮 4—孔盘

(1) 变速原理 图 4-2-27 所示为用孔盘变速操纵机构操纵三联滑移齿轮进行三种不同工作位置变换的工作原理图。孔盘 4 上有多种直径的圆孔,并将这些圆孔

分为 18 等分并相互错开。由齿轮 3 和齿条轴 2、2' 组成的齿轮齿条轴组中,齿条轴 2 左端装有拨叉 1,它又在三联滑移齿轮的拨叉槽中。每一齿条轴右端都有大小不同的两个台肩 D 和 d ,以便相应地插入孔盘的大孔和小孔中。

变速操纵的过程为:将孔盘 4 向右拉出,以使孔盘脱离齿条轴的台肩;将孔盘转过一定的角度,选择所需主轴转速;将孔盘向左推回到原来位置,使三联滑移齿轮变换工作位置实现变速。如果孔盘上正对着齿条轴 2' 的孔圈上有大孔,对着齿条轴 2 的孔圈上没有孔(图由 4-2-27b),则当孔盘向左推回时,齿条轴 2 左移,齿条轴 2' 右移,经拨叉拨动三联滑移齿轮处于左边啮合位置工作;如果孔盘上正对着齿条轴 2、2' 的孔圈上都有小孔(图 4-2-27c),则当孔盘向左推回时,齿条轴 2' 左移,齿条轴 2 右移,且二者的右端处于对齐状态,此时三联滑移齿轮从左边啮合位置变为中间啮合位置工作;如果孔盘上对着齿条轴 2 的孔圈上有大孔,对着齿条轴 2' 的孔圈上没有孔(图 4-2-27d),则三联滑移齿轮从中间啮合位置上变换为处于右边啮合位置工作。

(2) 主变速操纵机构的结构及其操作过程 主变速操纵机构的结构如图 4-2-28 所示。它是安装在床身立柱左侧面的一个独立部件,由手柄 1 和速度盘 10 进行变速操纵。变速时,将手柄 1 向外拉出,则手柄 1 以销轴 2 为回转中心,脱离定位销 3 在手柄槽中的定位,然后按逆时针方向转动手柄 1 约 250° ,经操纵盘 9、平键而使齿轮套筒 4 转动,再经齿轮 5 使齿条轴 11 向右移动,其上的拨叉 12 便拨动孔盘 8 向右移动,使孔盘 8 脱离各组齿条轴,为孔盘 8 的转位作好准备;转动速度盘 10 至所需转速位置,经一对锥齿轮使孔盘 8 转过相应的角度;最后,将手柄 1 推回到原来位置并重新定位,则孔盘 8 向左移动而推动各组齿条轴作相应的位移,实现转速的变换。变速时,为了使滑移齿轮在改变啮合位置时易于啮合,机床上设有主电动机瞬时冲动装置,它利用齿轮 5 上的凸块 6 压动微动开关 7,以瞬时接通主电动机电源,使主电动机实现一次瞬时冲动,带动主变速箱内的传动齿轮以缓慢的速度转动,滑移齿轮即可顺利地移动到另一啮合位置工作。

(二) 进给变速箱结构

X6132 型铣床的进给速箱结构如图 4-2-29 所示。进给箱内的轴 X 上,装有两个磨擦片式电。磁离合器 M_1 和 M_2 ,分别用于接通工作台的工作进给和快速移动,且由电气实现互锁。当 M_1 通电吸合时,运动由轴 VII 左端用平键联接的 $z = 44$ 齿轮传入,经 VII—VIII 轴间和 VIII—IX 轴间的三联滑移齿轮变速组,以及 VIII—IX 轴间的曲回机构,将运动传给轴 $X_{上z} = 49$ 齿轮;再通过其上的花键轴套 2 及电磁离合器 M_1 使 X 轴获得旋转运动。轴 X 左端装有 $z = 38$ 齿轮,运动便由此输出,传至工作台的纵向、横向和垂向的进给丝杠,实现工作台的工作进给运动。当 M_2 通电吸合时,运动由进给箱体外壁的 $z = 26$ 齿轮输入,经内壁的 $z = 44$ 齿轮而直接传至轴 X 上进给箱体内壁的 $z = 42$ 齿轮,使轴 X 获得快速旋转运动。最后,经轴 X 左端 $z = 38$ 齿轮传至工作台的纵向、横向和垂向的进给丝杠,实现工作台的快速移动。当机床工作超载或发生故

障时,电磁离合器可起安全保护作用。

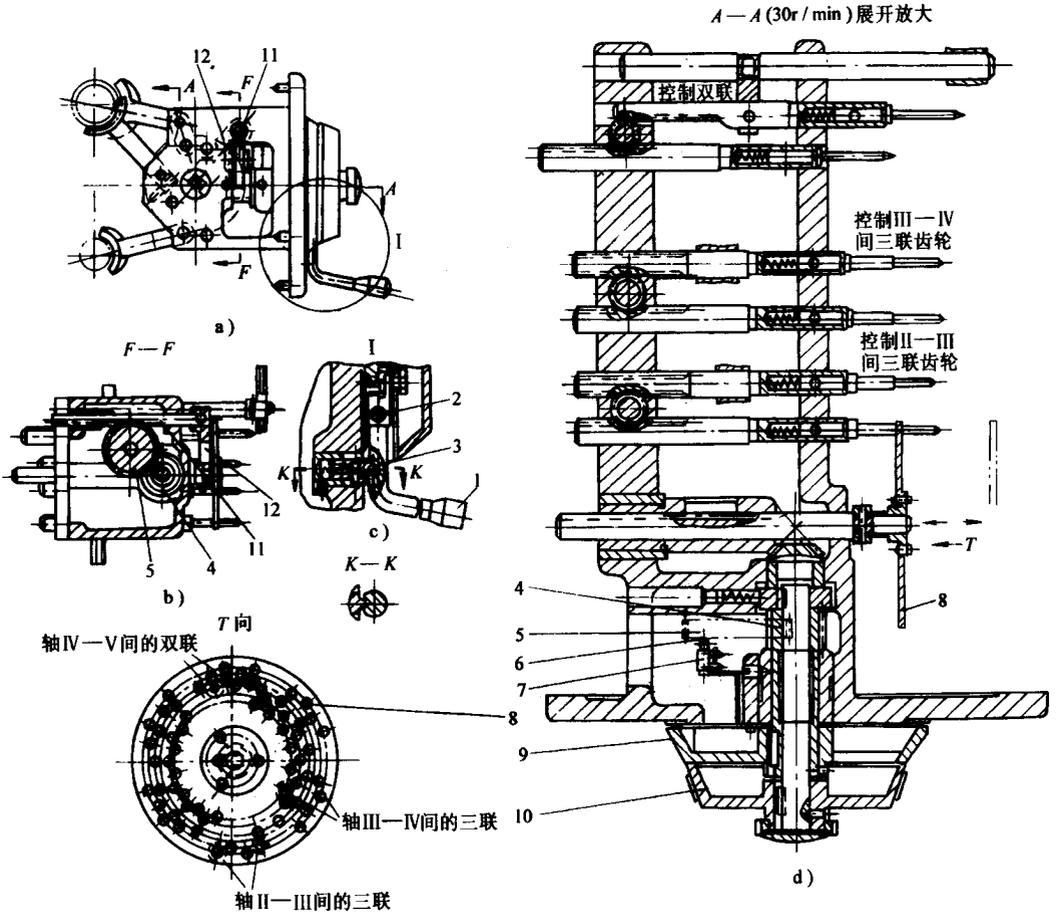


图 4-2-28 X6132 型铣床主变速操纵机构

- 1—手柄 2—销轴 3—定位销 4—齿轮套筒 5—齿轮 6—凸块 7—微动开关
8—孔盘 9—操纵盘 10—速度盘 11—齿条轴 12—拨叉

进给箱内各传动轴均采用深沟球轴承支承在箱体上。轴Ⅶ左端箱体内壁的 $z = 44$ 齿轮、曲回机构的所有空套齿轮、轴 X 上的花键轴套 2 均采用滚针轴承来支承,以减少摩擦阻力和减轻相对运动件间的磨损。进给箱中采用单独润滑装置供油润滑,它通过轴Ⅷ左端的偏心轮 1 对柱塞泵的作用,对进给箱内的齿轮、摩擦片和滚动轴承作专管供油润滑。

(三) 工作台结构

X6132 型铣床工作台的结构如 4-2-30 所示。它由工作台 7、床鞍 1、回转盘 3 三层组成。用床鞍 1 的矩形导轨与升降台的导轨相配合,使工作台在升降台导轨上作横向移动。当工作台不作横向移动时,可通过手柄 13 经偏心轴 12 的作用,将床鞍夹紧在升降台上。工作台 7 可沿回转盘 3 上的燕尾导轨作纵向移动。工作台连同回转

盘一起可绕锥齿轮的轴线 XⅧ回转 $\pm 45^\circ$,并用螺钉 14 和两块弧形压板 2 紧固在床鞍上。纵向进给丝杠 4 支承在工作台两端的前支架 6、后支架 10 的滑动轴承(前支架 6 处)和推动球轴承、圆锥滚子轴承上(后支架 10 处),以承受径向力和轴向力。轴承的间隙由螺母 11 进行调整。手轮 5 空套在丝杠 4 上,当用手将手轮 5 向里推,并压缩弹簧使端面齿离合器同 M 接通后,便可手摇手轮使工作台纵向移动。在回转盘 3 上,左端安装双重螺母,右端装有带端面齿的空套锥齿轮,离合器 M_5 用花键与花键套筒 9 联接,而花键套筒又以滑键 8 与铣有长键槽的丝杠 4 联接,因此,若将端面齿离合器 M_5 向左接通,则来自 XⅦ轴的运动,经锥齿轮副、 M_5 、滑键 8 而带动丝杠 4 转动。由于双螺母装在回转盘的左端,它既不能转动又不能移动,所以,当丝杠 4 获得旋转运动后,同时又作轴向移动,从而带动工作台 7 作纵向进给运动。

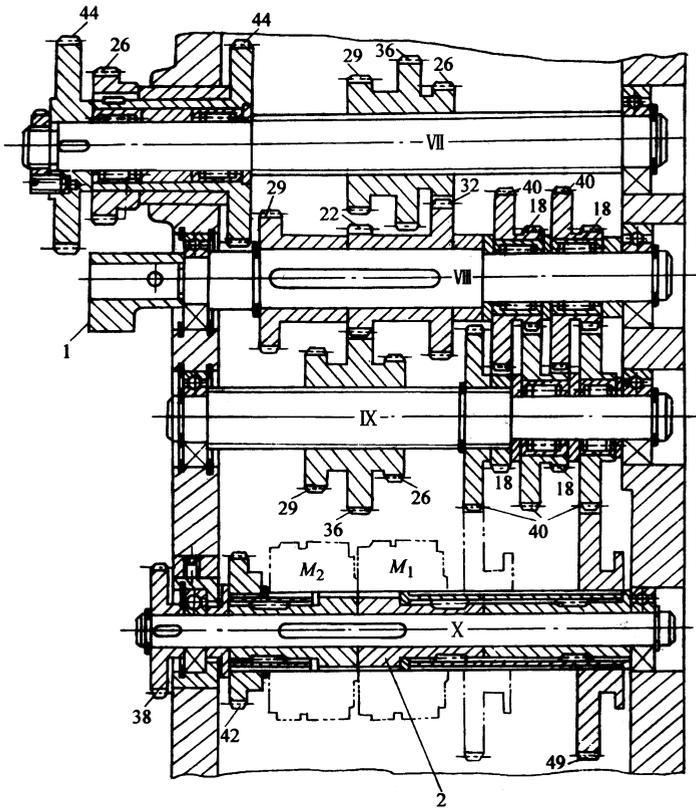


图 4-2-29 X6132 型铣床进给变速箱结构图

1—偏心轮 2—花键轴套

铣床工作时,若切削力 F 的水平分力 F_x 与纵向进给方向相反(图 4-2-31),这种铣切方法称为逆铣;若切削力 F 的水平分力 F_x 与纵向进给方向相同(图 4-2-31b),这种铣切方法称为顺铣。带动工作台纵向进给运动的丝杠若为右旋螺纹,则丝杠按图 4-2-31a 及图 4-2-31b 方向转动时,丝杠便连同工作台一起向右作纵向进给运

动。此时,丝杠与螺母的接触工作面必然是丝杠螺纹的左侧,间隙出现在丝杠螺纹的右侧。当用逆铣法铣切时,切削水平力 F_x 作用于工作台和丝杠,使丝杠与螺母紧紧靠在丝杠螺纹的左侧而平稳地工作。当用顺铣法铣切时,切削水平力 F_x 同样作用于工作台和丝杠,把丝杠和工作台拉向右移,使丝杠产生突然窜动;由于铣刀是多刃刀具,铣切时切削力是不断地变化的,因此,这个水平分力 F_x 也就时大时小,丝杠就会在间隙的范围内来回窜动,影响工件表面的加工质量。为此,X6132型铣床上设有顺铣机构(图4-2-31c)。顺铣机构由右旋丝杠3、左螺母1、右螺母2、冠状齿轮4及齿条5等组成。在弹簧6的作用下,齿条5向右移动,使冠状齿轮4沿图示箭头方向回转,带动螺母1和2沿相反的方向回转,于是螺母1螺纹的左侧与丝杠螺纹的右侧靠紧,螺母2的右侧与丝杠螺纹的左侧靠紧。由此可知,顺铣机构可以在顺铣时自动消除丝杠与螺母间的间隙,不会产生轴向窜动的现象,保证了顺铣的加工质量。顺铣机构还可在逆铣时自动松开,以减少丝杠螺母间的磨损。其工作原理为:当逆铣时,由螺母2承受丝杠的轴向力,因此,螺母2的螺纹与丝杠螺纹间产生较大的摩擦力,使螺母2有随丝杠一起转动的趋势,这种趋势带动冠状齿轮4转动,又有使螺母1与丝杠有反向转动的趋势,因而,使螺母1的螺纹左侧与丝杠的螺纹右侧之间产生间隙,减少丝杠的磨损。

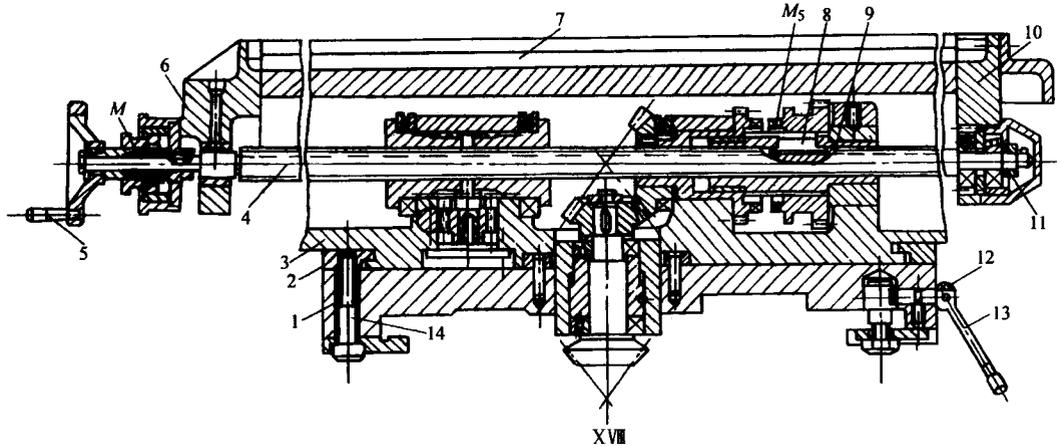


图4-2-30 X6132型铣床工作台结构图

- 1—床鞍 2—压板 3—回转盘 4—纵向进给丝杠 5—手轮 6—前支架 7—工作台 8—滑键
9—花键套筒 10—后支架 11—螺母 12—偏心轴 13—手柄 14—螺钉

(四)工作台纵向进给操纵机构

X6132型铣床工作台纵向进给操纵机构如4-2-32所示。工作台的纵向进给运动,由手柄23来操纵,在接通或断开端面齿离合器 M_5 的同时,压动微动开关 SQ_1 或 SQ_2 ,使进给电动机作正转或反转,从而实现工作台的向右或向左的纵向进给运动。在轴6上装有弹簧7和拨动离合器 M_5 的拨叉5,弹簧7的作用力可使轴6向左移动,

带动拨叉 5 向左移接通离合器 M_5 ;工作台的纵向进给运动 ,也可由机床侧面的另一手柄来操纵 ,扳动手柄时 ,经杠杆、摆块上销 10、凸块下端叉子 9 使凸块 2 上、下摆动。当将手柄 23 向左扳动时 ,压块 16 向左摆动 ,压动微动开关 $2X(SQ_2)$,启动进给电动机反向旋转的同时 ,叉子 14 作顺时针摆动 ,通过套筒上销 12、套筒 13 使摆块 11 作顺时针摆动 ,凸块 2 通过螺钉与摆块 11 相联接 ,于是凸块 2 也作顺时针摆动 ,凸块 2 的最高点便离开轴 6 的左端面 ,在弹簧 7 的作用下 ,轴 6 向左移动而带动拨叉 5 左移 ,使离合器 M_5 接通 ,实现工作台向左的纵向进给运动。当将手柄 23 从左边扳向中间位置时 ,压块 16 放松微动开关 $2X(SQ_2)$,进给电动机停止转动 ;同时 ,凸块 2 作逆时针摆动 ,其最高点将轴 6 推向右移 ,通过拨叉 5 使离合器 M_5 脱开 ,于是纵向向左的进给运动停止。同理 ,当将手柄 23 由中间位置扳向右边位置时 ,压块 16 压动微开关 $1X(SQ_1)$,进给电动机正转 ;同时 ,由于凸块 2 作逆时针摆动 ,其最高点向上离开轴 6 的左端面 ,在弹簧 7 作用下 ,离合器 M_5 又被接通 ,从而实现工作台向右纵向进给运动。

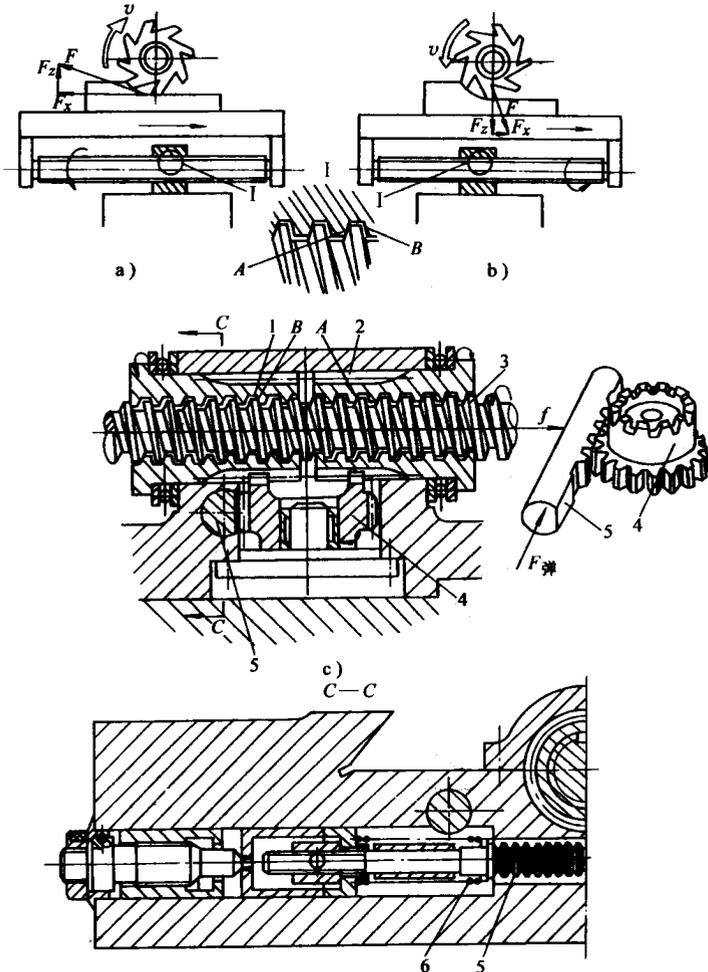


图 4-2-31 XA6132 型铣床工作台顺铣机构

1—左螺母 2—右螺母 3—右旋丝杠 4—冠状齿轮 5—齿条 6—弹簧

(五)工作台的横向和垂向进给操纵机构

X6132 型铣床工作台的横向和垂向进给操纵机构如 4-2-33 所示。手柄 1 有上、下、前、后和中间五个工作位置,当前、后扳动手柄 1 时,通过手柄前端的球头拨动鼓轮 9 作左、右轴向移动;当上、下扳动手柄 1 时,通过壳体 3 上的扁槽、平键 2、轴 4,使鼓轮 9 在一定角度范围内来回转动。在鼓轮 9 的圆周上铣有带斜面的槽,分别控制微动开关 SQ3、SQ4、SQ7 和 SQ8。其中, SQ8 用于控制电磁离合器 M_5 的接通或断开, SQ7 用于控制电磁离合器 M_4 的接通或断开,即分别接通或断开垂向进给运动和横向进给运动; SQ3 和 SQ4 用于控制进给电动机的正转和反转,而实现工作台向前、向下和向后、向上的进给运动。

当向前扳动手柄 1 时,鼓轮 9 向左作轴向移动,鼓轮上的斜面压下顶销 7,作用于微动开关 SQ3,使进给电动机正转;与此同时,顶销 5 处于鼓轮圆周上,作用于微动开关 SQ7,使横向进给电磁离合器材 M_4 通电压紧工作,从而实现工作台向前的横向进给运动。

当向后扳动手柄 1 时,鼓轮 9 向右作轴向移动,鼓轮上的斜面压下顶销 8,作用于微动开关 SQ4,使进给电动机反转;顶销 5 仍处于鼓轮圆周上,使电磁离合器 M_4 通电压紧工作,实现工作台向后的横向进给运动。

当向上扳动手柄 1 时,鼓轮 9 作逆时针方向转动,其上的斜面压下顶销 8,作用于微动开关 SQ4,使进给电动机反转;顶销 6 处于鼓轮圆周上,压下顶销 6 并作用于微动开关 SQ8,使电磁离合器材 3 通电压紧工作,实现工作台向上的进给运动。

当向下扳动手柄 1 时,鼓轮 9 作顺时针方向转动,其上的斜面压下顶销 7,作用于微动开关 SQ3,使进给电动机正转;顶销 6 处于鼓轮圆周上被压下,使微动开关 SQ8 起作用,电磁离合器 M_3 通电压紧工作,实现工作台向下的进给运动。

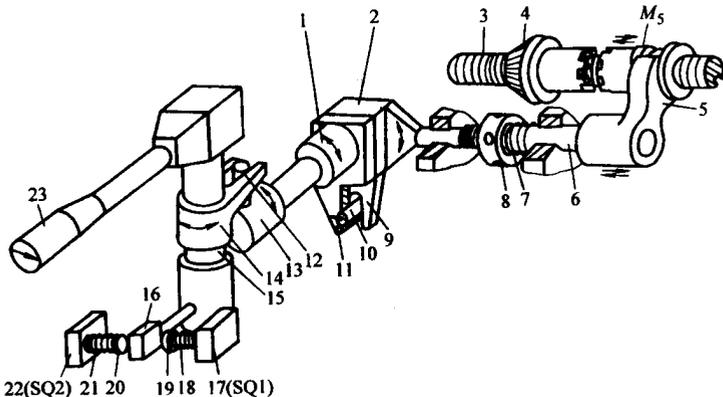


图 4-2-32 X6132 型铣床工作台进给操纵机构简图

- 1—凸块回转轴 2—凸块 3—纵向进给丝杠 4—空套锥齿轮 5—拨叉 6—轴
- 7—弹簧 8—调整螺母 9—凸块下端叉子 10—摆块上销 11—摆块
- 12—套筒上销 13—套筒 14—叉子 15—垂直轴 16—压块 17—微动开关(SQ1)
- 18—弹簧 19、20—可调螺钉 21—弹簧 22—微动开关(SQ2) 23—手柄

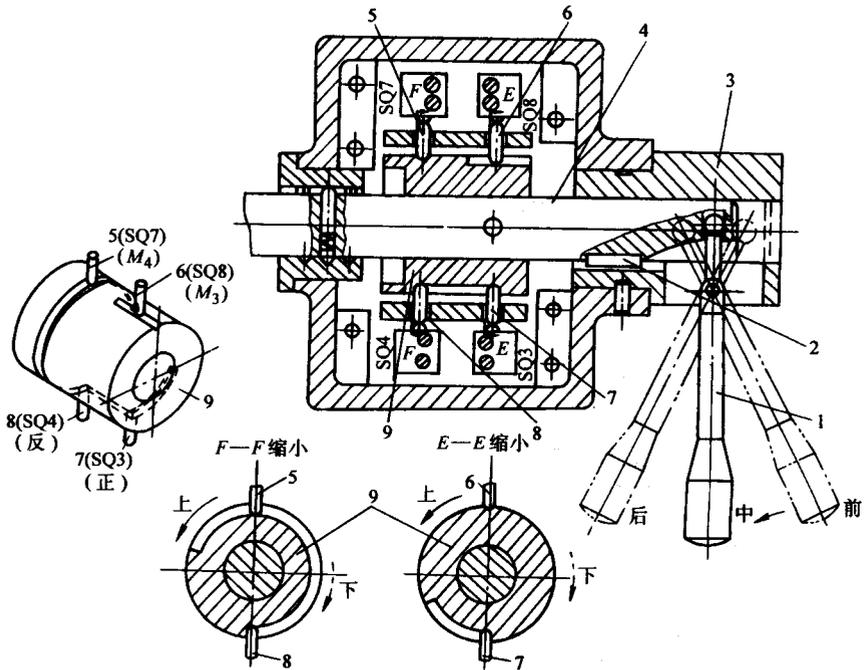


图 4-2-33 横向和垂向进给操纵机构示意图

1—手柄 2—平键 3—壳体 4—轴 5、6、7、8—顶销 9—鼓轮

当将手柄 1 扳到中间位置时,顶销 8 和 7 同时处于鼓轮的槽中,松开微动开关 SQ4 和 SQ3,进给电动机便停止转动,顶销 5 和 6 也同时处于鼓轮的槽中,松开微动开关 SQ7 和 SQ8,使电磁离合器 M_4 和 M_3 断电,于是工作台的前后进给运动和上下进给运动全部停止。

(六) 铣床的常见故障及排除方法

铣床的常见故障及排除方法见表 4-2-6。

表 4-2-6 铣床的常见故障及排除方法

序号	故障内容	故障原因分析	故障排除与检修
1	起动按钮后 铣头不运转	1. 机床总电源开关未接通 2. 机床电器控制系统故障造成铣头不转 3. 机床铣头电动机与铣头变速箱轴 I 上联轴器损坏 4. 铣头变速箱上变速排挡未扳好,造成变速齿轮未与对应齿轮啮合	1. 接通机床总电源并打开机床开关 2. 修理电工检修与排除电器控制系统故障 3. 拆下铣头电动机,检查并检修联轴器、联接销、平键,使其功能和动作恢复正常 4. 按照变速箱上转速标牌,扳好变速排挡,然后开车

序号	故障内容	故障原因分析	故障排除与检修
2	铣头变速失灵	<ol style="list-style-type: none"> 1. 选速盘与选速盘轴联接键脱落,造成选速盘转速值与标记刻度不符,引起变速失灵 2. 变速操纵手柄与扇形齿轮的联接销断裂或脱落,造成变速无动作而失灵 3. 变速的齿条前端的圆柱形推杆因长时期与圆盘孔相撞而引起弯曲或推杆前顶面有毛刺,引起变速失灵 4. 拨动滑移齿轮的拨叉断裂或过分磨损,造成变速不到位而失灵 5. 变速时,由于未停车或停车后还在转,造成滑移齿轮与啮合齿轮相撞,使齿轮损坏,传动轴弯曲,造成变速失灵 6. 变速操纵手柄上电器开关失灵,造成变速盘转动后操纵手柄不能按预选转速使齿轮数啮合,造成变速失灵 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重新安装脱落的联接键,但需注意铣头的实际转速应与选速盘上数字相符合,其方法可将铣头调控到最高或最低转速后,对准选速盘上数字后再装上联接键即可 2. 更换断裂的联接销,或装上脱落的联接销即可。但仍须按上述方法检验铣头实际转速与选建盘上数字是否相符合,因为操纵手柄与扇形齿轮的联接销断裂后,拨动操纵手柄,一般情况下扇形齿轮不会动作,但也不能排除销孔因毛刺而带动扇形齿轮动作的可能性,因此检验是必须的程序 3. 拆下变速齿轮箱,修复因撞击而有毛刺的齿条圆柱形推杆。对于已经变曲的推杆,则必须更换 4. 更换推动滑移齿轮的断裂拨叉,或用焊补方法修复磨损的拨叉 5. 更换磨损或因顶齿而损坏的齿轮,还须检查与其啮合的齿轮有无质量问题,一般情况下应一起更换,否则容易产生噪声。对已经弯曲的转动轴,则必须更换 6. 请维修电工检修操纵手柄的电器开关,并验收合格
3	铣头变速时无瞬时冲动动作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 变速操纵手柄与扇形齿轮轴联接销断裂或脱落 2. 变速操纵手柄上电器开关失灵 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换或重配变速操纵手柄或扇形齿轮轴的联接销 2. 请维修电工检修或更换电器开关,并验收合格

序号	故障内容	故障原因分析	故障排除与检修
4	铣头在运转时噪声严重	<ol style="list-style-type: none"> 1.主传动齿轮箱内无润滑或润滑不良 2.主传动电动机与主传动齿轮箱轴 I 的联轴器橡胶圈损坏,引起联轴器传动无弹性 3.主传动齿轮箱内传动齿轮损坏或有缺齿仍在运行 4.主轴部件上轴承因长期使用使用间隙增大或轴承已损坏 5.主电动机上的轴承损坏或无润滑油 6.主传动齿轮箱内各传动齿轮轴上的轴向锁紧螺母未锁到位,引起齿轮在运转时有轴向窜动和间隙,引起噪声 	<ol style="list-style-type: none"> 1.调整与检修主传动齿轮箱内的柱塞泵,使其润滑畅通,并添足油液 2.更换主动机与轴 I 联轴器上的橡胶圈,使其恢复其弹性作用 3.检修与更换主传动齿轮箱内已损坏的齿轮 4.检查和更换主轴部件上已损坏的轴承,并注意对其间隙的调整 5.更换主电动机上损坏的轴承或添加润滑油,使之运行正常 6.检查并调整主传动箱各传动轴上的锁紧螺母和调整垫圈的间隙,使得各传动轴、齿轮运转平稳
5	铣削时,进给箱内有响声	保险离合器的销子没有压紧	调整保险离合并压紧销子
6	铣头变速运转不久突然停车且铣头主轴温升高而烫手	<ol style="list-style-type: none"> 1.铣头主轴前轴承无润滑油或润滑不良 2.铣头部件装配时,主轴轴承间隙过小 	<ol style="list-style-type: none"> 1.调整或加强对铣头主轴各轴承的润滑,但必须注意注入到前轴承的润滑油不能过多,否则会引起铣头主轴前端漏油 2.重新调整铣头主轴部件各轴承的间隙,并注意其相互的连锁作用,调整完毕后,应通过试车和测定轴承温度及主轴精度,以确定主轴轴承间隙的调整是否合适。否则,应重新调整
7	工件铣削后表面粗糙度值达不到要求	<ol style="list-style-type: none"> 1.铣头主轴径向或轴向间隙大,引起铣削时铣头径向跳动或轴向窜动 2.主轴轴承因长期使用后磨损间隙增大,或因润滑不良引起轴承烧坏,运转时达不到精度要求 3.刀具长期使用后刃口磨损 4.刀具牌号选择不对 5.工作台过分松动,使得铣削时产生振动 6.工作装夹不合理 7.铣头主轴转速选择不合理和进给量选择不相符 	<ol style="list-style-type: none"> 1.调整铣头主轴轴承的轴向间隙和径向间隙,使铣头的轴向间隙和径向间隙符合切削要求 2.调整因长期使用磨损而产生的轴承间隙,并更换因润滑不良而烧坏的轴承 3.及时刃磨刀具,保持刃口锋利 4.针对所加工工件的材料牌号而选择正确的刀具牌号 5.调整并检修松动的工作台,使其满足工件的加工要求 6.合理装夹工件,使之符合加工要求 7.正确和合理选用主传动转速和进给量

序号	故障内容	故障原因分析	故障排除与检修
8	工件接刀铣削后表面不平	<ol style="list-style-type: none"> 1.床身立柱与工作台垂直度不符合要求 2.床身立柱导轨与上工作台平行度不符合要求 3.工件基准选择得不对 	<ol style="list-style-type: none"> 1.检查床身立柱与工作台的垂直度,并调整至加工精度要求 2.校正上工作台与床身导轨的平行度 3.找正加工工件的基面
9	工件的两被加工面之间不垂直	<ol style="list-style-type: none"> 1.床身立柱导轨与工作台垂向运动的几何精度超差 2.升降台压板螺栓松动,造成升降台与立柱导轨间隙增大 3.升降台与立柱导轨间镶条调整得过紧或过松,使进给运动不平稳 4.工件装夹时加工基准未找正,或加工基面与工作台间有杂物 5.工件装夹在夹具上时,夹具角度未找准 6.工件装夹不牢,引起切削振动、松动、或窜动,造成加工面之间不垂直 	<ol style="list-style-type: none"> 1.检查并调整床身立柱导轨与工作台垂向运动的精度,或通过大修、二级保养等措施修复机床的几何精度 2.重新锁紧压板螺栓,并使升降台与立柱导轨之间的间隙适当 3.调整升降台与立柱导轨间镶条的间隙,使进给运动平稳 4.批准被加工工件的基面,注意装夹时的清洁度以增大加工工件的接触面 5.使用工装夹具时,必须找正角度或夹具夹角 6.装夹工件时,必须夹牢
10	工件的两被加工面之间不平行	<ol style="list-style-type: none"> 1.铣头轴心线与上工作台不垂直 2.夹具与工件基准面之间或工作台与夹具基面间夹有铁屑、杂物,造成工件本身不平 3.工件装夹不牢固,引起切削时工件松动 4.机床几何精度太差 	<ol style="list-style-type: none"> 1.校正上工作台与铣头轴心线的垂直度 2.安装夹具或装夹工件时要细致,清除铁屑杂物、修磨垫块,保证工件装夹平行稳固 3.选择适当的装夹方法,使工件装夹牢固 4.对几何精度太差的机床,必须通过大修或二级保养来恢复或提高机床的几何精度
11	主轴变速箱变速转换手柄无法扳动	<ol style="list-style-type: none"> 1.由于长期使用,竖轴与相配合的孔被油污或研起的毛刺涩滞,使竖轴与孔咬死 2.拨叉移动轴弯曲,造成其在孔内滑动受阻 3.扇形齿轮与齿条卡住 	<ol style="list-style-type: none"> 1.拆下竖轴,进行清洗并清除毛刺,使之活动自如 2.更换或校直拨叉移动轴 3.调整、检修保证扇形齿轮与齿条之间应有0.15mm的啮合间隙,并保持啮合面清洁,不得有铁屑或其它杂物

序号	故障内容	故障原因分析	故障排除与检修
12	工作台或升降台的进给运动出现明显的爬行现象	<p>1. 工作台或升降台导轨副严重磨损或由于污垢阻滞,而使导轨副的摩擦力急剧增大,造成导轨爬行</p> <p>2. 纵向、横向、垂直丝杠螺母副磨损,或轴承润滑不良,造成工作台、横向滑座或升降台爬行,甚至还会出现咬合现象</p> <p>3. 对于 X62W 型铣床,由于钢球安全离合器调整过松,离合器的钢球产生打滑现象,导致工作台或升降台出现爬行现象。若钢球安全离合器调整过紧,则离合器将会失去安全保险作用</p> <p>4. 钢球安全离合器中部分弹簧疲劳损坏或滚柱被夹紧,使安全离合器传递的力矩减小,从而使工作台和升降台的进给运动出现爬行现象</p>	<p>1. 清洗并修刮导轨,增加对导轨的润滑。对于咬毛严重的导轨,则应焊补或通过二级保养来恢复其精度</p> <p>2. 修光各丝杠螺母副的磨损处,保证轴承良好的润滑,更换磨损严重的零件</p> <p>3. 调整钢球安全离合器。其方法可通过螺母来调整离合器中弹簧的压力和间隙,一般情况下螺母与齿轮的间隙为 0.4 ~ 0.6mm</p> <p>4. 更换疲劳损坏、断裂的弹簧及滚柱</p>
13	变速时,主轴变速箱内齿轮有沉重的撞击声,齿轮有时啮合不上	<p>主轴电动机的冲动线路接触时间过长,造成冲动缓慢使齿轮啮合失调</p>	<p>调整主轴电动机的冲动线路接触时间,使其能满足变速齿轮的啮合要求</p>
14	当操纵手柄拨到中间位置时,进给停止,但电动机仍继续转动	<p>横向及升降进给控制凸轮下的终点开关传动杠杆高度未调整好</p>	<p>调整压在终点开关上的杠杆高度</p>
15	铣床在作进给运动时,进给箱中出现沉重的声音,摩擦片温度升高,甚至冒烟	<p>摩擦片的总间隙调整得过小,在铣床工作进给时,内外摩擦片仍然要相互摩擦,从而产生沉重的声音和大量的热量</p>	<p>适当调松摩擦片,使摩擦片的总间隙控制在 2 ~ 3mm</p>

序号	故障内容	故障原因分析	故障排除与检修
16	升降台向上、向下及工作台向前时,工作正常,但向后拨动操纵时拨不动或拨不到位	升降台下降限位撞块将鼓轮连杆撞弯,当手柄向后拨动时,鼓轮连杆要向前移动,而鼓轮连杆与进给箱孔的间隙有限,当连杆弯曲处移动到进给箱孔处,便通不过而被卡住	校直或更换鼓轮连杆
17	工作台底座横向移动时手摇沉重	1. 横向进给传动丝杠与螺母同轴度差 2. 丝杠受意外冲击力作用后产生弯曲变形	1. 调整横向移动螺母支架,使螺母与丝杠的同轴度误差在 0.02mm 内。然后,修刮螺母支架或丝杠架至符合要求 2. 校直弯曲的丝杠或更换无法校直的丝杠,并进行调整

四、万能分度头

(一)分度头的用途、结构及传动系统

分度头是铣床的常用一种附件,特别是在单件小批生产和设备修理车间,广泛用来扩大铣床的工艺范围。分度头安装在铣床工作台上,工件支承在分度头主轴顶尖与尾座顶尖之间或夹持在卡盘上,可完成以下工作。

1. 使工件绕轴线回转一定的角度,完成等分或不等分的圆周分度工作。如加工六角头、方头、齿轮、花键轴,以及等分或不等分刀齿的铰刀等;
2. 通过配换挂轮,由分度头带动工件连续旋转,并与工作台的纵向进给运动相配合,进行螺旋槽、螺旋齿和阿基米德螺线凸轮的加工等;
3. 用卡盘夹持工件,使工件轴线相对于铣床工作台倾斜一所需角度,以加工与工件轴线相交成一定角度的平面和沟槽等。

FW125 型万能分度头的结构及其传动系统如图 4-2-24 所示。分度头主轴 2 安装在鼓形壳体 4 内,壳体 4 的两侧的轴颈支承在底座 8 上,并可绕轴线回转,使主轴在水平线以下 6° 至水平线以上 95° 范围内调整所需的角。主轴前端有锥孔,用于安装顶尖 1。其外部的定位锥面,作为三爪自定心卡盘安装时的定位基准之用。转动手柄 K ,经传动比为 1:1 的齿轮和 1:40 的蜗杆副,可带动主轴回转到所需的工作位置。手柄 K 在分度时转过的周数,由插销 J 所对应的分度盘 7 上的数目来确定。分度盘在若干不同直径的圆周上分布着不同的孔数,每一圆周上分布的小孔称为孔圈。FW125 型分度头带有三块分度盘 7,每一圈孔数分别如下:

第一块:16、24、30、36、41、47、57、59。

第二块 23、25、28、33、39、43、51、61。

第三块 22、27、29、31、37、49、53、63。

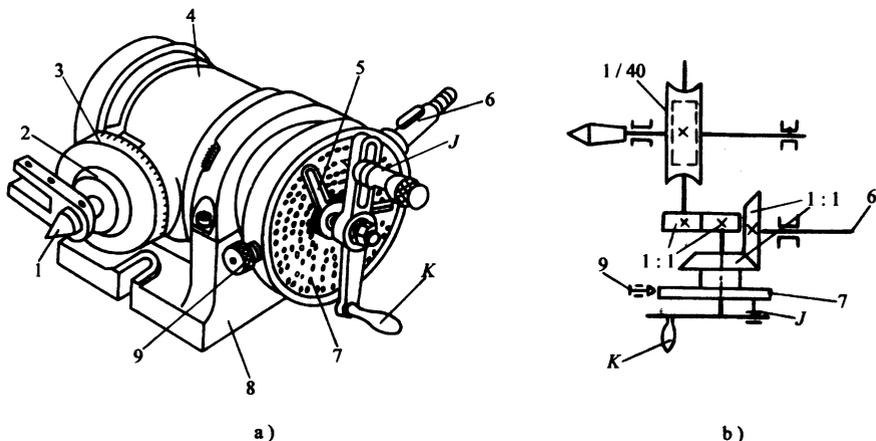


图 4-2-34 FW125 型分度头

1—顶尖 2—分度头主轴 3—刻度盘 4—壳体 5—分度叉 6—分度头外伸轴

7—分度盘 8—底座 9—锁紧螺钉 J—插销 K—分度手柄

插销 J 可在分度手柄 K 的长槽中沿分度盘径向调整位置,使插销能插入不同孔数的孔圈内。

(二)分度方法

1. 直接分度法

用直接分度法分度时,需松开主轴锁紧机构(图 4-2-34 中未表示出),脱开蜗杆与蜗轮的啮合,然后用手直接转主轴,主轴所需转角由刻度盘 3 直接读出。分度完毕后,需通过锁紧机构将主轴锁紧,以免加工时转动。

直接分度法一般用于加工精度要求不高,且分度数较少如 2、3、4、6 等分的工件。

2. 简单分度法

分度数较多时,可用简单分度法分度。分度前应使蜗杆蜗轮啮合并用锁紧螺钉 9 将分度盘 7 锁紧。选好分度盘的孔圈后,应调整插销 J 对准所选用的孔圈。分度时,手柄每次应转过的转数计算如下:

设工件每次需分度数为 z ,则每次分度时主轴应转 $1/z$ 转。由传动系统(图 4-2-34b)得分度手柄 K 每次分度时应转的转数 $n_K(r)$

$$n_K = \frac{1}{z} \times \frac{40}{1} \times \frac{1}{1} = \frac{40}{z}$$

上式可写成如下形式

$$n_K = \frac{40}{z} = a + \frac{p}{q} \quad (2-1)$$

式中 a ——每次分度时,手柄 K 应转的整数转(当 $z > 40$ 时 $a = 0$);

q ——所选用孔圈的孔数；

P ——插销 J 在 q 个孔的孔圈上应转的孔距数。

例 3-1 在铣床上利用分度头分度加工 $z = 35$ 的直齿圆柱齿轮,用简单分度法分度,试选用分度盘孔圈并确定分度手柄 K 每次应转的转数。

解:由 $n_K = \frac{40}{z} = a + \frac{p}{q}$ 得

$$n_K = \frac{40}{35} = 1 + \frac{5}{35}$$

因没有 35 孔的孔圈,所以

$$n_K = 1 + \frac{5}{35} = 1 + \frac{1}{7} = 1 + \frac{4}{28} = 1 + \frac{7}{49} = 1 + \frac{9}{63}$$

第二块分度盘有 28 孔的孔圈,第三块则有 49 孔和 63 孔的孔圈,故上列三种方案都可用。现选用 28 孔的孔圈,手柄 K 每次应转一整转,再转 4 个孔距。

为保证分度不出错误,应调整分度盘上的分度叉 5 上的夹角,使其内缘在 28 孔的孔圈上包含 $4 + 1 = 5$ 个孔(即 4 个孔距)。分度时,拨出插销 J ,转动手柄 K 一整转,再转分度叉内的孔距数,然后重新将插销插入孔中定位。最后,顺时针转动分度叉,使其左叉紧靠插销,为下一次分度作好准备。

3. 差动分度法

由于分度盘的孔圈有限,一些分度数如 73、83、113 等不能与 40 约简,选不到合适的孔圈,就不可能用简单分度法进行分度。这时,可采用差动分度法。差动分度法的工作原理如下:

设工件要求的分度数为 z ,且 $z > 40$,则分度手柄 K 每次应转过 $40/z$ 转,即插销 J 应由 A 点转到 C 点,用 C 点定位(图 4-2-35b)。但因 C 点处没有相应的孔供定位,故不能用简单分度法分度。为了借用分度盘上的孔圈,可以选取 z_0 值来计算手柄 K 的转数。这 z_0 值应与 z 接近,能从分度盘上直接选到相应的孔圈,或能与 40 约简后选到相应的孔圈。 z_0 值选定后,则手柄 K 的转数为 $40/z_0$,即插销从 A 点转到 B 点,用 B 点定位。这时,如果分度盘固定不动,则手柄转数产生 $(40/z - 40/z_0)$ 转的误差。为了补偿这一误差,需在分度头主轴尾端插一根心轴 I ,并在轴 I 与轴 II 之间配上 ac/bd 挂轮,使手柄在转 $40/z_0$ 转的同时,通过 ac/bd 挂轮和 1:1 的圆锥齿轮副,使分度盘也相应地转动,以使 B 点的小孔在分度的同时转到 C 点供插销定位并补偿上述误差值。当插销自 A 点转 $40/z$ 转至 C 点时,分度盘应补充转动 $(40/z - 40/z_0)$ 转,以使孔恰好与插销对准。因此,分度手柄与分度盘之间的运动关系为:

手柄 K 转 $40/z$ 转——分度盘补转 $(40/z - 40/z_0)$ 转

则传动链平衡方程式为

$$\frac{40}{z} \times \frac{1}{1} \times \frac{1}{40} \times \frac{ac}{bd} \times \frac{1}{1} = \frac{40}{z} - \frac{40}{z_0}$$

化简后可得挂轮计算公式为

$$\frac{ac}{bd} = \frac{40}{z_0}(z_0 - z) \quad (2-2)$$

式中 Z ——工件所要求的分度数；
 z_0 ——选定的分度数。

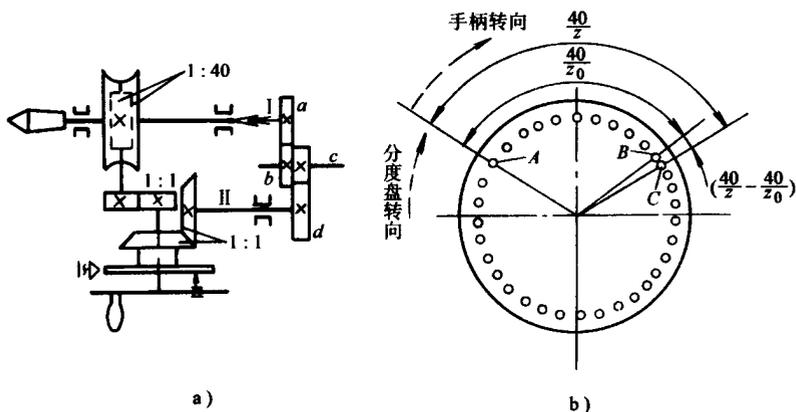


图 4-2-35 差动分度原理

分度盘应从哪一个方向补转,决定的原则是:当 $z_0 > z$ 时,分度手柄与分度盘的旋转方向应相同;当 $z_0 < z$ 时,分度手柄与分度盘的旋转方向应相反。

FW125 型万能分度头带有模数 $m = 1.75$ 的挂轮 15 个,其齿数为:24(两个)、28、32、40、44、48、56、64、72、80、84、86、96、100。

例 3-2 在铣床上利用 FW125 万能分度头加工 $z = 103$ 的直齿圆柱齿轮,试确定分度方法并进行分度的调整计算。

解:因 $z = 103$ 不能与 40 化简。且选不到孔圈数,故确定用差动分度法进行分度。

1. 初取 $z_0 = 102$ 则

$$n_K = \frac{40}{z_0} = \frac{40}{102} = \frac{20}{51}$$

即选用第二块分度盘的 51 孔孔圈为依据进行分度,每次分度手柄 K 应转 20 个孔距。

2. 配换挂轮齿数

$$\frac{ac}{bd} = \frac{40}{z_0}(z_0 - z) = \frac{40}{102}(102 - 103) = -\frac{20}{51}$$

因为分度头没有 51 齿的挂轮,且 51 又不能与 20 化简,故选取 $z_0 = 102$ 不适合,需重新选取 z_0 值。

3. 重新选取 z_0 值

选取 $z_0 = 100$ 则

$$n_K = \frac{40}{z_0} = \frac{40}{100} = \frac{20}{50} = \frac{10}{25}$$

现选用第二块分度盘的 25 孔孔圈为依据进行分度,手柄 K 每次应转 10 个孔距。

4. 重配挂轮齿数

$$\frac{ac}{bd} = \frac{40}{z_0}(z_0 - z) = \frac{40}{100}(102 - 103) = -\frac{120}{100} = -\frac{6}{5} = -\frac{48}{40}$$

即 $a = 48, d = 40, b = c$ 视挂轮结构情况可共用一个齿轮。

因 $z_0 < z$, 分度手柄与分度盘的旋转方向应相反, 故其传动比为负值。此时, 应在挂轮中加一介轮如图 4-2-35 所示。

4. 铣螺旋槽的调整计算

在万能升降台铣床用万能分度头铣螺旋槽时, 应作以下调整工作(见图 4-2-36):

(1) 用顶尖将工件支承在分度头主轴与尾座之间, 使工作台绕垂直轴转动工件的螺旋角 β , 使铣刀旋转平面与工件螺旋槽的方向保持一致, 工作台的旋转方向根据螺旋槽的方向决定;

(2) 在工作台纵向进给丝杠与分度头主轴 I 之间, 选配一组挂轮, 使工作台带动工件纵向进给的同时, 将丝杠的运动由挂轮组 $a_1/b_1 \times c_1/d_1$ 传给分度头输入轴 II、经分度头主轴使工件旋转, 以实现工件在纵向移动的同时绕自身轴线作旋转运动。

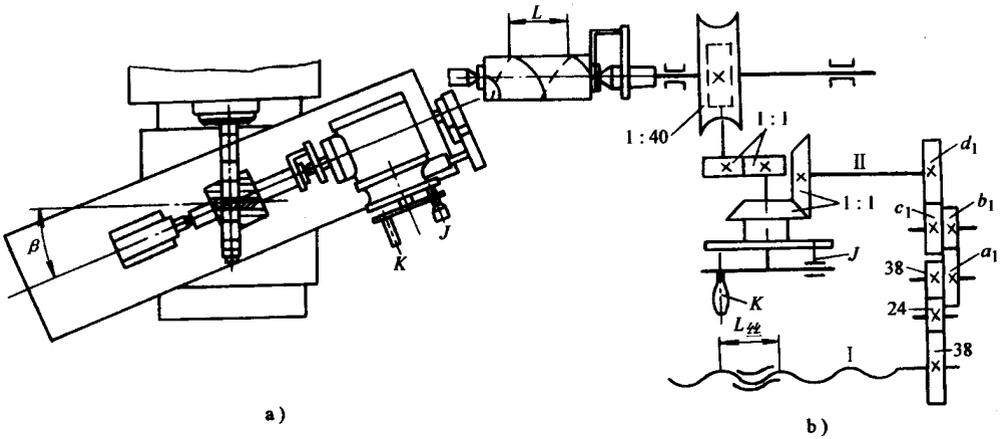


图 4-2-36 铣螺旋槽的调整计算

挂轮组的配换齿轮根据丝杠——工件两端件的运动关系, 设工件螺旋槽的导程为 L , 铣床纵向丝杠的导程为 $L_{\text{丝}}$ 。当工作台和工件移动导程 L 距离时, 即纵向丝杠转 $L/L_{\text{丝}}$ 时, 工件应转一转, 铣刀在工件表面切出导程为 L 的螺旋槽。根据图 4-2-36b 传动系统图, 可列出运动平衡方程式:

$$\frac{L}{L_{\text{丝}}} \times \frac{38}{24} \times \frac{24}{38} \times \frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1} \times 1 \times 1 \times \frac{1}{40} = 1_{\text{工件}}$$

化简,得置换公式

$$\frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} = \frac{40L_{\text{丝}}}{L}$$

式中 $L_{\text{丝}}$ ——工作台纵向丝杠导程(mm);

L ——工件螺旋槽导程(mm)。

(3)对多条螺旋槽的工件(如麻花钻、螺旋铣刀等),每加工完一条槽后,应将工件退回原始加工位置,拨出分度盘上的插销 J 使分度主轴和纵向进给丝杠断开运动联系,通过分度头作周期性分度。

第三节 磨 床

一、概 述

磨床类机床是以磨料、磨具(砂轮)、砂带、油石、研磨料为工具进行磨削加工的机床,它们是由于精加工和硬表面加工的需要而发展起来的。

磨床(Grinder)广泛用于零件表面的精加工,尤其是淬硬钢件和高硬度特殊材料的精加工。磨削加工较易获得高的加工精度和小的表面粗糙度值,在一般加工条件下,精度为 IT5~IT6 级,表面粗糙度为 $Ra0.32 \sim Ra1.25 \mu\text{m}$,在高精度外圆磨床上进行精密磨削时,尺寸精度可达 $0.2 \mu\text{m}$,圆度可达 $0.1 \mu\text{m}$,表面粗糙度可控制到 $Ra 0.01 \mu\text{m}$,精密平面磨削的平面度可达 $1000:0.0015$ 。近年来,由于科学技术的发展,对机器及仪器零件的精度和表面粗糙度要求越来越高,各种高硬度材料应用日益增多,同时,由于磨削本身工艺水平的不断提高,所以磨床的使用范围日益扩大,在金属切削机床中所占的比重不断上升。目前在工业发达国家中,磨床在金属切削机床中所占的比重约为 30%~40%。

为了适应磨削各种加工表面、工件形状及生产批量要求,磨床的种类很多,其中主要类型有以下几种。

- ①外圆磨床。包括万能外圆磨床、外圆磨床、无心外圆磨床等。
- ②内圆磨床。包括普通内圆磨床、无心内圆磨床等。
- ③平面磨床。包括卧轴矩台平面磨床、立轴矩台平面磨床、卧轴圆台平面磨床、立轴圆台平面磨床等。
- ④工具磨床。包括工具曲线磨床、钻头沟槽磨床、丝锥沟槽磨床等。
- ⑤刀具刃磨磨床。包括万能工具磨床、拉刀刃磨床、滚刀刃磨床等。
- ⑥各种专门化磨床。它是专门用于磨削某一类零件的磨床,如曲轴磨床、凸轮轴

磨床、花键轴磨床、球轴承套圈沟磨床、活塞环磨床、叶片磨床、导轨磨床、中心孔磨床等。

⑦其他磨床。如珩磨床、研磨机、抛光机、超精加工机床、砂轮机。

在生产中应用最广泛的是外圆磨床、内圆磨床和平面磨床三类。

目前,数控磨床的应用也在发展。现代磨床主要发展趋势是:提高机床的加工效率,提高机床的自动化程度以及进一步提高机床的加工精度和减小表面粗糙度值。

二、M1432A 型万能外圆磨床

M1432A 型磨床是普通精度级万能外圆磨床,主要用于磨削圆柱形或圆锥形的内外圆表面,还可以磨削阶梯轴的轴肩和端平面。该机床的工艺范围较广,但磨削效率不够高,适用于单件小批生产,常用于工具车间和机修车间。

(一)机床的组成和主要技术规格

如图 4-2-37 所示,M1432A 型万能外圆磨床由床身 1、工件头架 2、工作台 8、内磨装置 3、砂轮架 4、尾座 6 和由工作台手摇机构、横向进给机构、工作台纵向往复运动液压控制板等组成的控制箱 7 等主要部件组成。在床身顶面前部的纵向导轨上装有工作台 8,台面上装有工件头架 2 和尾座 5。被加工工件支承在头、尾架顶尖上,或用头架上的卡盘夹持,由头架上的传动装置带动旋转,实现圆周进给运动。尾架在工作台上可左右移动以调整位置,适应装夹不同长度工件的需要。工作台由液压传动驱动,使其沿床身导轨作往复移动,以实现工件的纵向进给运动,也可用手轮操作,作手动进给或调整纵向位置。工作台由上下两层组成,上工作台可相对于下工作台在水平面内偏转一定角度(一般不大于 $\pm 10^\circ$),以便磨削锥度不大的锥面。砂轮架 4 由主轴部件和传动装置组成,安装在床身顶面后部的横向导轨上,利用横向进给机构可实现横向进给运动以及调整位移。装在砂轮架上的内磨装置 3 用于磨削内孔,其内圆磨具由单独的电动机驱动。磨削内孔时,应将内磨装置翻下。万能外圆磨床的砂轮架和头架都可绕垂直轴线转动一定角度,以便磨削锥度较大的锥面。

此外,在床身内还有液压传动装置,在床身左后侧有冷却液循环装置。

M1432A 型万能外圆磨床的主要技术规格如下:

外圆磨削直径为 $\phi 8 \sim \phi 320\text{mm}$,最大外圆磨削长度有 1000mm、1500mm、2000mm 三种规格;内孔磨削直径为 $\phi 3 \sim \phi 100\text{mm}$,最大内孔磨削长度为 125mm,外圆磨削时砂轮转速为 1670r/min,内圆磨削时砂轮转速有 10000r/min、15000r/min 两种。

(二)典型加工方法

图 4-2-38 磨床上几种典型表面的加工示意图。分析这几种典型表面的加工情况可知,机床应具有下列运动:磨外圆时砂轮的旋转主运动 n_t ;磨内孔时砂轮的旋转主运动 n_t ;工件旋转圆周进给运动 n_w ;工件往复作纵向进给运动 f_a ;砂轮横向进给运动 f_t (往复纵磨时为周期间隙进给,切入磨削时连续进给)。

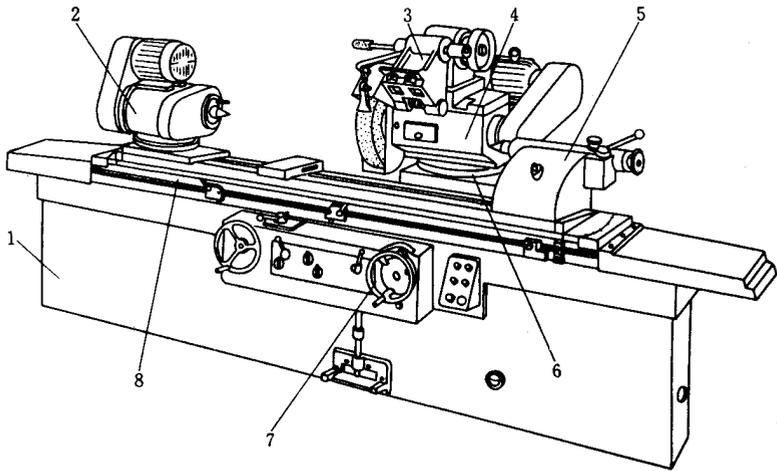


图 4-2-37 M1432A 型万能外圆磨床

1—床身 2—工件头架 3—内圆磨具 4—砂轮架 5—尾座
6—滑板 7—控制箱 8—工作台

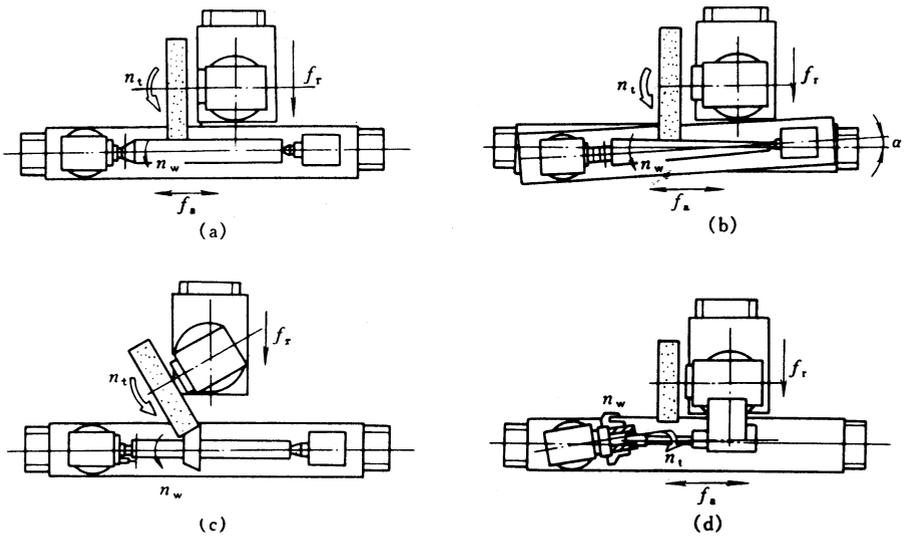


图 4-2-38 万能外圆磨床典型加工示意图

(a) 纵磨法磨外圆柱面 (b) 扳转工作台用纵磨法磨长圆锥面
(c) 扳转砂轮架用切入法磨短圆锥面 (d) 扳转头架用纵磨法磨内圆锥面

此外,机床还具有两个辅助运动:为装卸和测量工件方便所需的砂轮架横向快速进退运动;为装卸工件所需要的尾座套筒的伸缩移动。

(三) 机床的机械传动系统

M1432A 型万能外圆磨床各部件的运动,由液压和机械传动装置来实现。其中工作台纵向直线进给运动、砂轮架的快速前进和后退、砂轮架丝杠螺母副间隙消除机构以及工作台的液压传动与手动互锁机构等均由液压传动配合机械装置来实现,其他

1. 砂轮主轴的旋转主运动

砂轮主轴由 1440r/min、4kW 的主电动机驱动,经四根 V 型带直接传动,使主轴获得 1670r/min 的转速。

2. 内圆磨具主轴的旋转主运动

内圆磨具主轴由内磨装置上的 2840r/min、1.1kW 的电动机驱动,经平行带直接传动,可更换带轮,使主轴获得 10000r/min 和 15000r/min 两种转速。

3. 工件头架主轴的圆周进给运动

工件头架主轴由双速电动机(700/1350r/min、0.55~1.1kW)驱动,经 V 型带塔轮的两级带传动,使头架主轴带动工件实现圆周进给运动。

4. 工作台的运动

工作台的纵向进给运动是由液压系统来实现的。调整机床及磨削阶梯轴的台阶时,工作台还可由手轮 A 驱动。

机构中设置一互锁油缸,当工作台液压传动时,互锁油缸上腔通压力油,使齿轮 z_{18} 与 z_{72} 脱开,手动纵向直线移动不起作用;当工作台不用液压传动时,互锁油缸上腔通油池,在互锁油缸内弹簧的作用下,使齿轮 z_{18} 与 z_{72} 重新啮合传动,转动手轮 A,经

齿轮副 $\frac{15}{72}$ 和 $\frac{18}{72}$ 、 z_{18} 齿轮及齿条,实现工作台手动纵向直线移动。

5. 砂轮架的横向进给

横向进给运动,可通过摇动手轮 B 来实现,也可由进铅液压缸的柱塞 G 驱动,实现周期性的自动进给。传动路线表达式为

$$\left. \begin{array}{l} \text{手轮(手动进给)} \\ \text{进给油缸柱塞 G(自动进给)} \end{array} \right\} - \text{VIII} - \left. \begin{array}{l} \frac{50}{50} (E \uparrow \text{粗进给}) \\ \frac{20}{80} (E \downarrow \text{细进给}) \end{array} \right\} \text{IX} - \frac{44}{88} - \text{横向进给红杠}$$

(四) 机床的主要部件结构

1. 主轴部件

(1) 砂轮架。砂轮架由壳体、砂轮主轴及其轴承、传动装置与滑板等组成。砂轮主轴及其支承部分的结构将直接影响工件的加工精度和表面粗糙度,因而是砂轮架部件的关键部分,它应保证砂轮主轴有较高的旋转精度、刚度、抗振性及耐磨性。

图 4-2-40 所示的砂轮架中,砂轮主轴 5 以两端锥体定位,前端通过压盘 1 安装砂轮,后端通过锥体安装带轮 13。主轴的前、后支承均采用“短三瓦”动压滑动轴承,每个轴承均由布在圆周上的三块扇形轴瓦 19 组成。每块轴瓦都支承在球头螺钉 20 的球形端头上,由于球头中心在周向偏离轴瓦对称中心,当主轴高速旋转时,在轴瓦与主轴颈之间形成三个楔形缝隙,于是在三块轴瓦处形成三个压力油楔,砂轮主轴在三个油楔压力作用下,悬浮在轴承中心而呈纯液体摩擦状态。调整球头螺钉的位置,即可调整主轴轴颈与轴瓦之间的间隙。通常间隙应保持 0.01~0.02mm。调整好以

后,用螺套 21 和锁紧螺钉 22 锁紧,以防止球头螺钉松动而改变轴承间隙,最后用封口螺钉 23 密封。

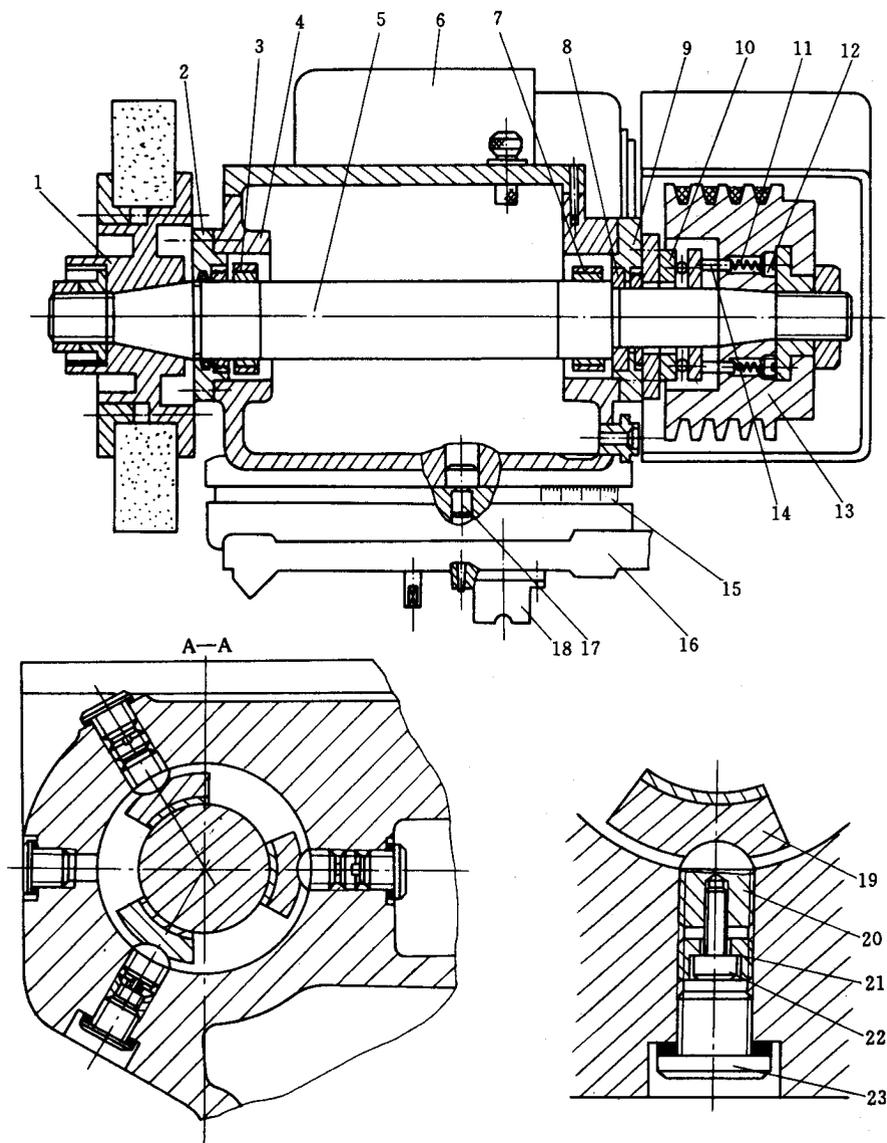


图 4-2-40 M1432A 型外圆磨床砂轮架结构

- 1—压盘 2、9—轴承盖 3、7—动压滑动轴承 4—壳体 5—砂轮主轴 6—主电动机
 8—止推环 10—推力轴承 11—弹簧 12—调节螺钉 13—带轮 14—销子
 15—刻度盘 16—滑鞍 17—定位轴销 18—半螺母 19—扇形轴瓦
 20—球头螺钉 21—螺套 22—锁紧螺钉 23—封口螺钉

砂轮主轴 5 由止推环 8 和推力球轴承 10 作轴向定位,并承受左右两个方向的轴向力。推力球轴承的间隙由装在带轮内的六根弹簧 11 通过销子 14 自动消除。

砂轮工作时的圆周速度很高,为了保证砂轮运转平稳,采用带传动直接传动砂轮主轴。装在主轴上的零件都经仔细校正静平衡,整个主轴部件还要经过动平衡校正。

砂轮架壳体 4 内装润滑油来润滑主轴轴承(通常用 2 号主轴油并经严格过滤),油面高度可通过油标观察。主轴两端采用橡胶油封实现密封。

砂轮架壳体用 T 型螺钉紧固在滑板 16 上,它可绕滑板上的定位轴销 17 回转一定角度,以磨削锥度大的短锥体。磨削时,通过横向进给机构和半螺母 18,使滑板带着砂轮架沿横向滚动导轨作横向进给运动或快速进退移动。

(2)内磨装置。万能外圆磨床除能磨削外回转面外,还可磨削内孔,所以设有内磨装置,见图 4-2-41。内磨装置通常以铰链连接方式装在砂轮架的前上方,使用时翻下,如图 4-2-41 所示位置;不用时翻向上方,如图 4-2-37 所示位置。为了保证工作安全,机床上设有电气连锁装置,当内磨装置翻下时,压下相应的行程开关并发出电气信号,使砂轮架不能前后快速移动,且只有在这种情况下才能起动内磨装置的电动机,以防止工作过程中因误操作而发生意外。

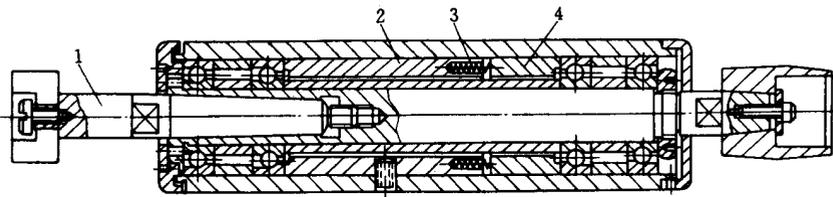


图 4-2-41 内磨装置

1—接长轴 2、4—套筒 3—弹簧

内圆磨具是磨内孔用的砂轮主轴部件。它做成独立的部件,安装在支架的孔中,可以很方便地进行更换。通常每台万能外圆磨床备有几套尺寸与极限工作转速不同的内圆磨具,供磨削不同直径的内孔时选用。内磨主轴前后支承各为两个角接触球轴承,均匀分布的 8 个弹簧 3 的作用力通过套筒 2 和 4 顶紧轴承外圈。当轴承磨损产生间隙或主轴受热伸长时,由弹簧自动补偿调整,从而保证了主轴轴承的高刚度和稳定的预紧力。主轴的前端有一莫氏锥孔,可根据磨削孔的深度安装不同的接长轴 1;后端有一外锥面,以安装平带轮,由电动机通过平带直接传动主轴。

2. 工件头架

工件头架结构见图 4-2-42 所示,头架主轴和前顶尖根据不同的加工情况,可以转动或固定不动。

(1)工件支承在前、后顶尖上(图 4-2-42(a)),拨盘 9 的拨杆 7 拨动工件夹头,使工件旋转,这时头架主轴和前顶尖固定不动。固定主轴的方法是拧紧螺杆 2,使摩擦环 1 顶紧主轴后端,则主轴及前顶尖固定不动,避免了主轴回转精度误差对加工精度的影响。

(2)用三爪自定心或四爪单动卡盘装夹工件。这时,在头架主轴前端安装卡盘

(图 4-2-42c),卡盘固定在法兰盘 22 上,法兰盘 22 装在主轴的锥孔中,并用拉杆拉紧。运动由拨盘 9 经拨销 21 带动法兰盘 22 及卡盘旋转,于是,头架主轴由法兰盘 22 带动,也随之一起转动。

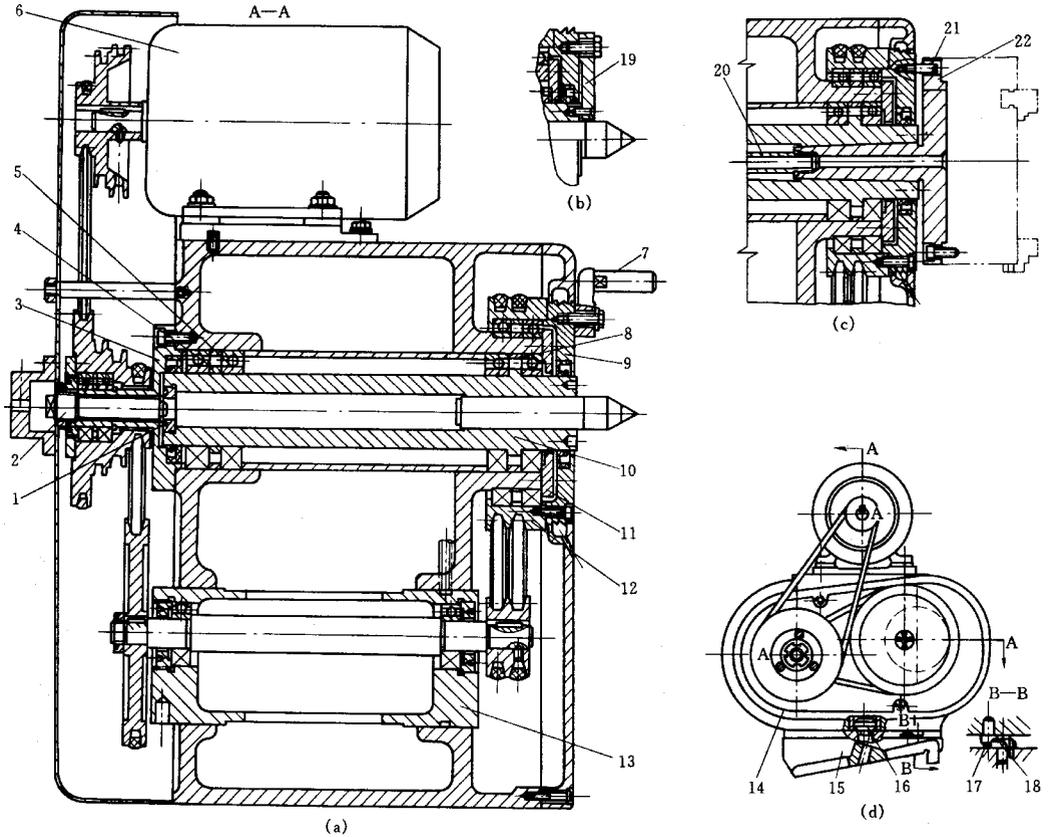


图 4-2-42 头架

- 1—摩擦环 2—螺杆 3、11—轴承盖 4、5、8—隔套 6—电动机 7—拨杆 9—拨盘
 10—头架主轴 12—带轮 13—偏心套 14—壳体 15—底座 16—轴销
 17—销子 18—固定销 19—拨块 20—拉杆 21—拨销 22—法兰盘

(3)自磨主轴顶尖。此时将主轴放松,把主轴顶尖装入主轴锥孔,同时用拨块 19 将拨盘 9 和主轴 10 相连(图 4-2-42b),使拨盘 9 直接带动主轴和顶尖旋转,依靠机床自身修磨以提高工件的定位精度。

头架体 14 可绕底座 15 上的轴销 16 转动,调整头架角度位置的范围为 $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。

三、MK1320A 型数控外圆磨床

MK1320A 型数控外圆磨床适用于磨削外圆柱面、圆锥面、轴向端面和多台阶轴工件,机床加工精度和磨削粗糙度稳定达到有关数控外圆磨床的标准。机床广泛用于工具、机修车间及中小批量生产的生产车间中。

(一) 机床的主要组成部件

如图(4-2-43)所示, MK1320A 型数控外圆磨床主要由床身、下工作台、上工作台、头架、砂轮架主轴、尾座、控制箱、检测箱和操作台等组成。配置了 FANUC-0 数控系统。其中, 砂轮架、头架和工作台均可转动调整, 砂轮架主轴的 X 向运动(砂轮横向进给)由伺服电动机通过滚珠丝杠螺母副直接拖动, 系统分辨率为 0.001mm , 并带有砂轮自动修正、补偿、砂轮过载保护和卡盘禁区保护等功能; 床身与工作台间导轨为贴塑导轨, 摩擦系数小。

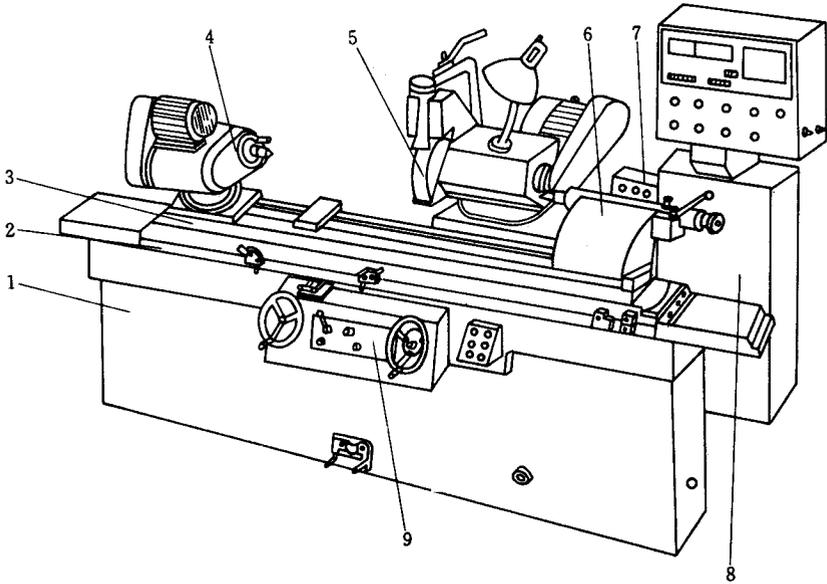


图 4-2-43 MK1320A 型数控外圆磨床

1—床身 2—下工作台 3—上工作台 4—头架 5—砂轮架主轴
6—尾座 7—控制箱 8—检测箱 9—操作台

机床装有端面测量仪和外圆测量仪。端面测量仪可测定工件轴向位置, 并将测定值输入数控系统, 系统自动进行数据处理后发出信号, 使 Z 向(工作台纵向进给)伺服电动机转动, 通过带动滚珠丝杠螺母副带动工作台到达给定位置。这种控制方式需要测量仪表和数控系统的支持, 当不具备这一条件时, 则需要头架主轴作轴向自动(机械方式)调整, 从而使工件轴向位置到达初始设定位置。外圆测量仪的两根测量杆一直卡在工件的被检测轴颈上, 在加工中, 一边磨削一边检测磨削余量的大小, 发出粗、精磨削和光整磨削的信号, 通过数控系统及伺服电动机实现砂轮架 X 向进给的快、慢、停和退等动作, 使磨削工件的尺寸稳定地达到要求。

(二) 机床主要技术参数

MK1320A 型数控外圆磨床的主要技术参数如下:

最大磨削长度	500mm	中心高	125mm
--------	-------	-----	-------

磨削直径范围	8~200mm	机床尺寸	2000mm×1420mm×1600mm
工作精度			
圆度	0.003mm	粗糙度 R_a	0.4 μ m
工作台			
最大移动量	550mm	移动速度	0.1~4m/min
脉冲当量	0.001mm/脉冲	上工作台回转角度	+9°~ -5°
砂轮架			
最大移动量	150mm	主轴转速	2230r/min、1845r/min
脉冲当量	0.001mm/脉冲	最大砂轮直径线速度	45m/s、35m/s
头架			
拨盘转速	40~500r/min	头架主轴最大移动量	2.5mm
头架主轴锥孔莫氏锥度	3号		
尾座			
顶尖套筒的最大移动量	25mm	顶尖套筒锥孔莫氏锥度	3号

第四节 齿轮加工机床

齿轮加工机床是用来加工各种齿轮轮齿的机床。由于齿轮传动具有传动比准确、传动效率较高、可靠耐用等优点,其应用极为广泛。随着科学技术的不断发展,对齿轮的传动精度和圆周进给速度等的要求也越来越高,因而齿轮加工机床已成为机械制造业中一种重要的技术装备。

一、概述

(一) 齿轮加工机床的工作原理

齿轮加工机床的种类繁多,构造各异,加工方法也不相同,但根据加工原理的不同可分为成形法和展成法两类。

1. 成形法

成型法加工齿轮所采用的刀具为成形刀具,其刀刃形状与被切齿轮齿槽的截面形状相同,例如在铣床上用盘形或指形齿轮铣刀铣削齿轮(见图4-2-44),在刨床或插床上用成形刀具加工齿轮。

在使用一把成形刀具加工齿轮时,每次只加工一个齿槽,然后用分度装置进行分度,依次加工下一个齿槽,直至全部轮齿加工完毕。这种加工方法的优点是机床较简单,可以采用通用机床加工,缺点是加工齿轮的精度低。因为加工某一模数的齿轮,一般配有一套齿轮盘铣刀供选用,通常一套只有八把,每把铣刀有它规定的铣齿范围(表4-2-7),而铣刀的齿形曲线是按该范围内最小齿数的齿形制造的,因而对其他

齿数的齿轮,均存在着不同程度的齿形误差;另外,加工时分度装置的分度误差,还会引起分齿不均匀,所以其加工精度不高。此外,这种方法生产率较低,因而只适用于加工单件小批生产中的一些低速、低精度的齿轮。

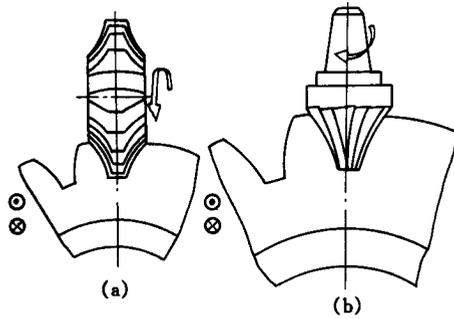


图 4-2-44 成型法加工齿轮

表 4-2-7 齿轮铣刀的刀号

刀号	1	2	3	4	5	6	7	8
加工齿数范围	12~13	14~16	17~20	21~25	26~34	35~54	55~134	135以上

在大批大量生产中,也可采用多齿廓成形刀具来加工齿轮,如用齿轮拉刀,齿轮推刀或多齿刀盘等刀具同时加工出齿轮的各个齿槽。

2. 展成法

展成法加工齿轮是利用齿轮的啮合原理进行的,即把齿轮啮合副(齿条——齿轮或齿轮——齿条)中的一个制作为刀具,另一个则作为工件(齿坯),并强制刀具和齿坯作严格的啮合运动而在齿坯上展成切出齿廓。下面以滚齿加工为例加以进一步的说明。

在滚齿机上滚齿加工的过程,相当于一对螺旋齿轮互相啮合运动的过程(图 4-2-45(a)),只是其中一个螺旋齿轮的齿数极少,且分度圆上的螺旋升角也很小,所以它便成为蜗杆形状(图 4-2-45(b))。再将蜗杆开槽并铲背、淬火、刃磨,便成为齿轮滚刀(图 4-2-45(c))。一般蜗杆螺纹的法向截面形状近似齿条形状(图 4-2-46(a)),因此,当齿轮滚刀按给定的切削速度转动时,它在空间便形成一个以等速 v 移动着的假想齿条,当这个假想齿条与被切齿轮按一定速比作啮合运动时,便在齿轮坯上逐渐切出渐开线的齿形。齿形的形成是由滚刀在连续旋转中依次对齿轮坯切削的数条刀刃线包络而成(图 4-2-46(b))。

用展成法加工齿轮,可以用某一种模数的一把刀具加工同一模数不同齿数的齿轮,且加工精度和生产率也较高,因此,各种齿轮加工机床广泛应用这种加工方法,如滚齿机、插齿机、剃齿机等。此外,多数磨齿机及锥齿轮加工机床也是按展成法原理

进行加工的。

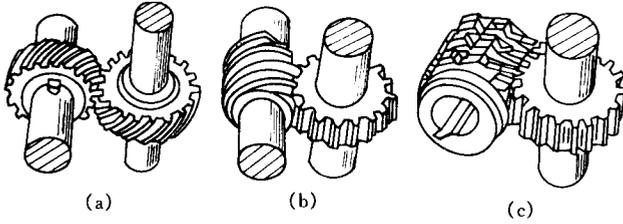


图 4-2-45 展成法滚齿原理

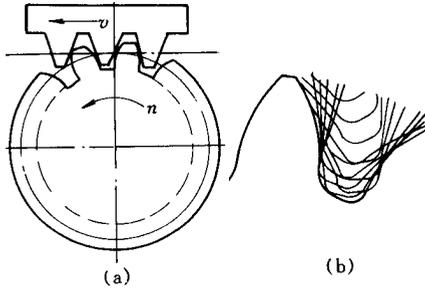


图 4-2-46 渐开线齿形的形成

(二) 齿轮加工机床的类型及其用途

按照被加工齿轮种类的不同,齿轮加工机床可分圆柱齿轮加工机床和圆锥齿轮加工机床两大类:

1. 圆柱齿轮加工机床

- ① 滚齿机。主要用于加工直齿、斜齿圆柱齿轮和蜗轮。
- ② 插齿机。主要用于加工单联及多联的内、外直齿圆柱齿轮。
- ③ 剃齿机。主要用于淬火前的直齿和斜齿圆柱齿轮的齿廓精加工。
- ④ 珩齿机。主要用于对热处理后的直齿和斜齿圆柱齿轮的齿廓精加工。珩齿对齿形精度改善不大,主要是减小齿面的表面粗糙度值。
- ⑤ 磨齿机。主要用于淬火后的圆柱齿轮的齿廓精加工。

此外,还有花键轴铣床、车齿机等。

2. 圆锥齿轮加工机床

这类机床可分为直齿锥齿轮加工和弧齿锥齿轮加工机床两类。用于加工直齿锥齿轮的机床有锥齿轮刨齿机、磨齿机等。用于加工弧齿轮的机床有弧齿轮铣齿机、磨齿机等。

二、Y3150E 型滚齿机

Y3150E 型滚齿机主要用于加工直齿和斜齿圆柱齿轮。此外,使用蜗轮滚刀时,还可用手动径向进给滚切蜗轮或通过切向进给机构切向进给滚切蜗轮,也可用相应

的滚刀加工花键轴、链轮及同步带轮。

机床的主要技术参数为：加工齿轮最大直径 500mm，最大宽度 250mm，最大模数 8mm，最小齿数 $5k$ (k 为滚刀头数)。

(一) 主要组成部分

如图 4-2-47 所示，机床由床身 1、立柱 2、刀架滑板 3、滚刀架 5、后立柱 8 和工作台 9 等主要部件组成。立柱 2 固定在床身上。刀架滑板 3 带动滚刀架可沿立柱导轨做垂向进给运动或快速移动。滚刀安装在刀杆 4 上，由滚刀架 5 的主轴带动作旋转主运动。滚刀架可绕自己的水平轴线转动，以调整滚刀的安装角度。工件安装在工作台 9 的心轴 7 上或直接安装在工作台上，随同工作台一起作旋转运动。工作台和后立柱装在同一滑板上，可沿床身的水平导轨移动，以调整工件的径向位置或作手动径向进给运动。后立柱上的支架 6 可通过轴套或顶尖支承在工件心轴的上端，以提高滚切工作的平稳性。

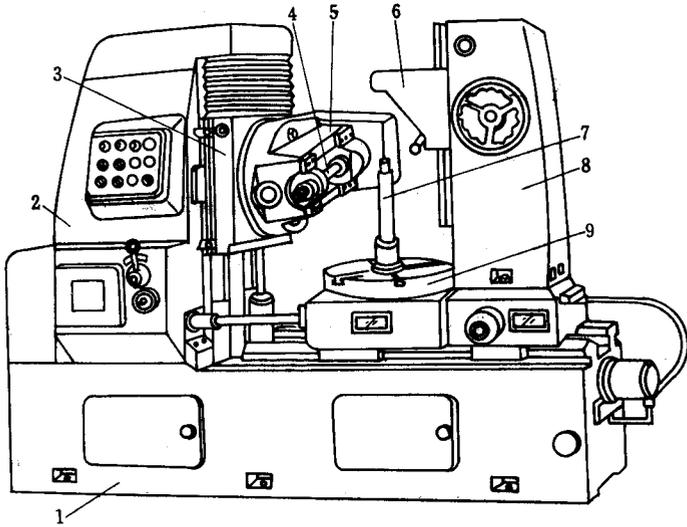


图 4-2-47 Y3150E 型滚齿机外形图

1-床身 2-立柱 3-刀架滑板 4-刀杆 5-滚刀架 6-支架 7-心轴 8-后立柱 9-工作台

(二) 机床运动的调整计算

1. 加工直齿圆柱齿轮

(1) 工作运动

根据展成法滚齿原理可知，用滚刀加工齿轮时，除具有切削工作运动外，还必须严格保持滚刀与工件之间的运动关系，这是切制出正确齿廓形状的必要条件。因此，滚齿机在加工直齿圆柱齿轮时的工作运动有以下几种。

①主运动。主运动即滚刀的旋转运动。根据合理的切削速度和滚刀直径，即可确定滚刀的转速。

②展成运动。展成运动即滚刀与工件之间的啮合运动。两者应准确地保持一对啮合齿轮的传动比关系。设滚刀头数为 k ,工件齿数为 z ,则每当滚刀转 1 转时 ,工件应转 k/z 转。

③垂向进给运动。垂向进给运动即滚刀沿工件轴线方向作连续的进给运动 ,以切出整个齿宽上的齿形。根据合理的工艺条件(滚刀和工件材料) ,即可确定滚刀的垂向进给速度。

为了实现上述三个运动 ,机床就必须具有三条相应的传动链 ,而每一传动链中 ,又必须有可调环节(即变速机构) ,以保证传动链两端件间的运动关系。图 4-2-48 即为加工直齿圆柱齿轮时的滚齿机传动原理图。图中 ,主运动链的两端件为电动机和滚刀 ,滚刀的转速可通过改变 u_v 的传动比进行调整 ;展成运动链的两端件为滚刀及工件 ,通过调整 u_c 的传动比 ,保证滚刀转 1 转 ,工件转 $\frac{k}{z}$ 转 ,以实现展成运动 ;垂向进给链的两端件为工件和滚刀 ,通过调整 u_f 的传动比 ,使工件转 1 转时 ,滚刀在垂向进给丝杠带动下 ,沿工件轴向移动所要求的进给量。

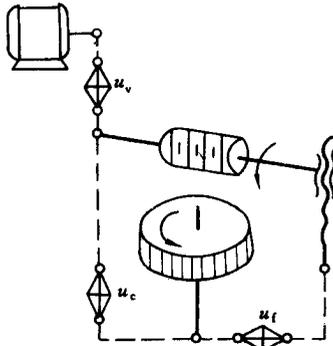


图 4-2-48 加工直齿圆柱齿轮时滚齿机的传动原理

(2) 传动链的调整计算

根据上面讨论的机床在加工直齿圆柱齿轮时的运动和传动原理图 ,即可从图 4-2-49 所示的传动系统图中找出各个运动的传动链 ,并进行运动的调整运算。图中的数字标号表示齿轮的齿数。

①主运动传动链。主运动传动链的两端件及其运动关系是 :主电动机 $n_{\pm}(1430r/min)$ - 滚刀主轴 $n_{\mathcal{J}}(r/min)$ 。其传动路线表达式为

$$\text{主电动机 } 1430r/min - \frac{\phi 115}{\phi 165} - \text{I} - \frac{21}{42} - \text{II} - \begin{bmatrix} 31 \\ 39 \\ 35 \\ 35 \\ 27 \\ 43 \end{bmatrix} - \text{III} - \frac{A}{B} - \text{IV} - \frac{28}{28} - \text{V} - \frac{28}{28} -$$

VI - $\frac{28}{28}$ - VII - $\frac{20}{80}$ - VIII(滚刀主轴)

传动链的运动平衡式为

$$n_{\text{刀}} = 1430 \times \frac{115}{165} \times \frac{21}{42} \times u_{\text{II-III}} \times \frac{A}{B} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{28} \times \frac{20}{80}$$

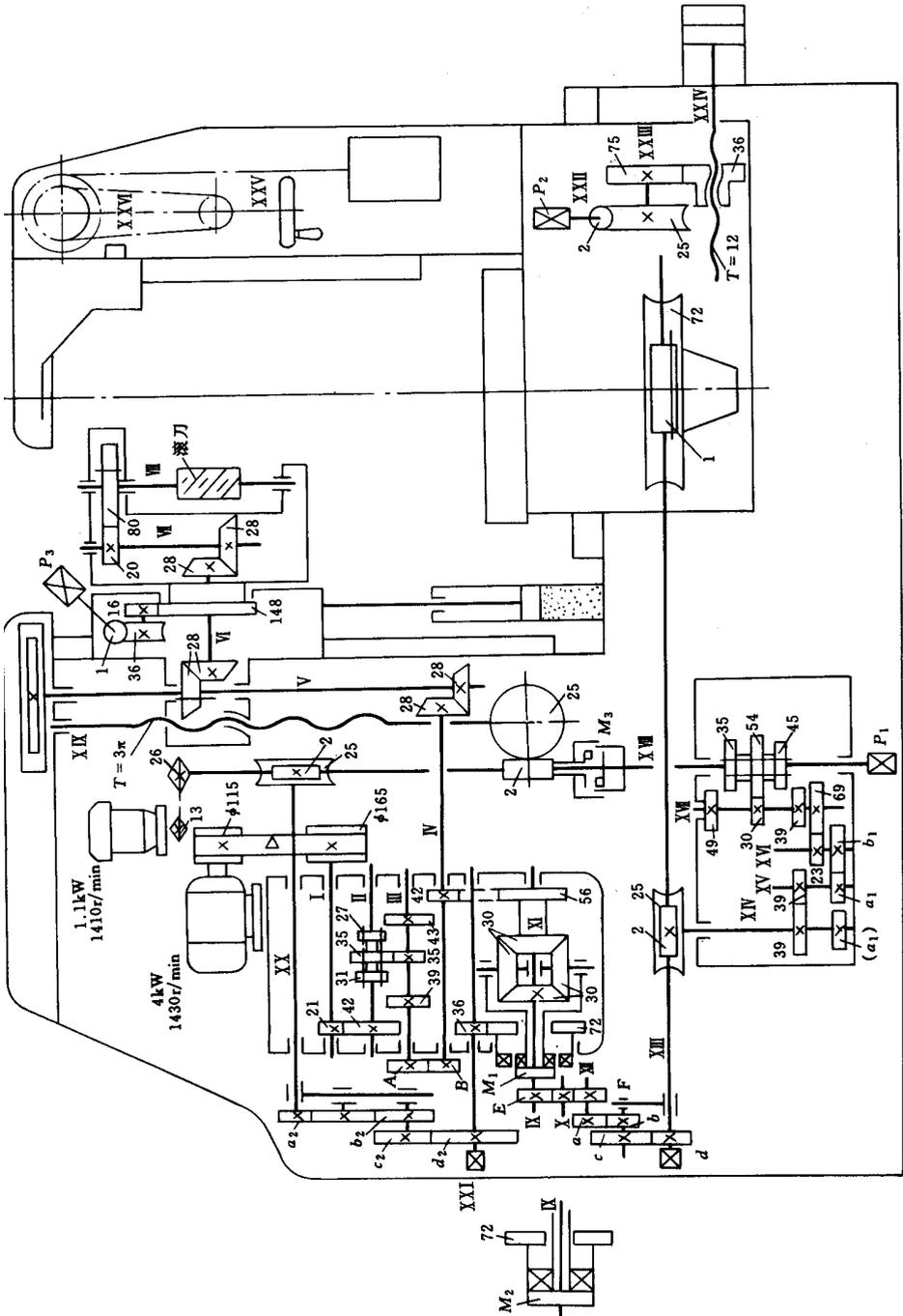


图 4-2-49 Y3150E 型滚齿机传动系统图

P₁—滚刀架垂向进给手摇方头 P₂—径向进给手摇方头 P₃—刀架板角度手摇方头

由上式可得主运动变速挂轮的计算公式

$$\frac{A}{B} = \frac{n_{刀}}{124.583 u_{II-III}}$$

式中 $n_{刀}$ ——滚刀主轴转速,按合理切削速度及滚刀外径计算;

u_{II-III} ——轴 II - III 之间的三种传动比。

机床上备有 A、B 挂轮为 $A/B = 22/44, 33/33, 44/22$ 。因此,滚刀共有如表 4-2-8 所列的 9 级转速。

表 4-2-8 滚刀主轴转速

A/B	22/44	33/33	44/22
u_{II-III}	27/43 31/39 35/35	27/43 31/39 35/35	27/43 31/39 35/35
$n(r/min)$	40 50 63	80 100 125	160 200 250

②展成运动传动链。展成运动传动链两端件的运动关系是:当滚刀转 1 转时,工件相对与滚刀转 $\frac{k}{z}$ 转。其传动路线表达式为

$$\text{滚刀主轴} - \frac{80}{20} - VII - \frac{28}{28} - VI - \frac{28}{28} - V - \frac{28}{28} - IV - \frac{42}{56} - \text{合成机构} - \frac{E}{F} - XIII - \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} - VIII - \frac{1}{72} - \text{工作台(工件)}$$

传动链的运动平衡式为

$$1_{刀} \times \frac{80}{20} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{28} \times \frac{42}{56} \times u_{合} \times \frac{E}{F} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times \frac{1}{72} = \frac{k}{z}$$

滚切直齿圆柱齿轮时,运动合成机构用离合器 M_1 联接,此时合成机构的传动比 $u_{合} = 1$ (见后说明)。化简上式可得展成运动挂轮的计算公式

$$\frac{ad}{bc} = \frac{E}{F} \frac{24k}{z}$$

上式中的 $\frac{E}{F}$ 挂轮,应根据 $\frac{z}{k}$ 值而选定,它有如下三种选择:

$$\text{当 } 5 \leq \frac{z}{k} \leq 20 \text{ 时, 取 } \frac{E}{F} = 48/24$$

$$\text{当 } 21 \leq \frac{z}{k} \leq 142 \text{ 时, 取 } \frac{E}{F} = 36/36$$

$$\text{当 } 143 \leq \frac{z}{k} \text{ 时, 取 } \frac{E}{F} = 24/48$$

上述的选择,可便于 $\frac{ac}{bd}$ 挂轮的选取和安装。

③垂向进给运动链。垂向进给运动链的两端件及其运动关系是:当工件转一转时,由滚刀架带动滚刀沿工件轴线进给 f ,其传动路线表达式为

$$\text{工作台(工件)} - \frac{72}{1} - X \text{ I I I I} - \frac{2}{25} - X \text{ I V} - \frac{39}{39} - X \text{ V} - \frac{a_1}{b_2} - X \text{ VI} - \frac{23}{69} - X \text{ VII} \\ - \left[\begin{array}{l} 49 \\ 35 \\ 30 \\ 54 \\ 39 \\ 45 \end{array} \right] - X \text{ VIII} - M3 - \frac{2}{25} - X \text{ IX(刀架垂向进给丝杠)}$$

传动链的运动平衡式

$$f = 1_{\text{工件}} \times \frac{72}{1} \times \frac{2}{25} \times \frac{39}{39} \times \frac{a_1}{b_1} \times \frac{23}{69} \times u_{X \text{ VII} - X \text{ VIII}} \times \frac{2}{25} \times 3\pi$$

上式化简后得计算公式

$$\frac{a_1}{b_1} = f / 0.46\pi u_{X \text{ VII} - X \text{ VIII}}$$

式中 f ——垂向进给量,单位为 mm/r,根据工件材料、加工精度及表面粗糙度等条件选定;

$u_{X \text{ VII} - X \text{ VIII}}$ ——进给箱中轴 X VII - X VIII 之间的三种传动比。

当垂向进给量确定后,可从表 4-2-9 中查出进给挂轮。

表 4-2-9 垂向进给量及挂轮齿数

a_1/b_1	26/52			32/46			46/32			52/26		
u_{I-II}	30/54	39/45	49/35	30/54	39/45	49/35	30/54	39/45	49/35	30/54	39/45	49/35
$f(\text{r/min})$	0.4	0.63	1	0.56	0.87	1.41	1.16	1.8	2.9	1.6	2.5	4

2. 加工斜齿圆柱齿轮

(1) 工作运动

和加工直齿圆柱齿轮时一样,加工斜齿圆柱齿轮时同样需要主运动、展成运动、垂向进给运动。此外,为了形成螺旋形的轮齿,还必须给工件一件附加运动,这同在铣床上铣螺旋槽相似,即刀具沿工件轴线方向进给一个螺旋线导程时,工件应均匀的转一转。所以,在加工斜齿圆柱齿轮时,机床必须具有四条相应的传动链来实现上述四个工作运动。图 4-2-50 为加工斜齿圆柱齿轮时滚齿机的传动原理图。

在图 4-2-50 中, u_i 为附加运动链的变速机构传动比。需要特别指出的是,在

加工斜齿圆柱齿轮时,展成运动和附加运动这两条传动链需要将两种不同要求的旋转运动同时传给工件。在一般情况下,两个运动同时传到一根轴上时,运动会发生干涉而将轴损坏。所以,在滚齿机上设有把不同方向和大小的运动进行合成的机构。在图 4-2-50 中以符号 Σ 来表示运动合成机构。

(2) 运动合成机构

滚齿机所用的运动合成机构通常是圆柱齿轮或锥齿轮行星机构。图 4-2-51 为 Y3150E 型滚齿机所用的运动合成机构,它主要由四个模数 $m = 3$ 、齿数 $z = 30$ 、螺旋角 $\beta = 0^\circ$ 的弧齿锥齿轮组成。

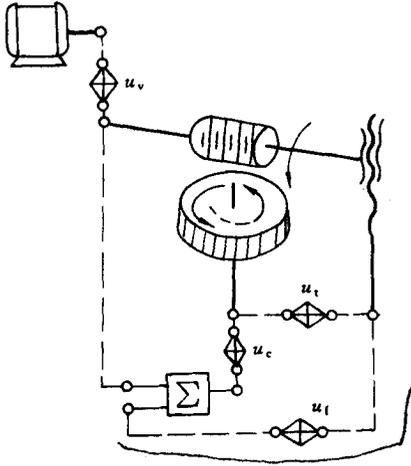


图 4-2-50 加工斜齿圆柱齿轮时滚齿机传动原理图

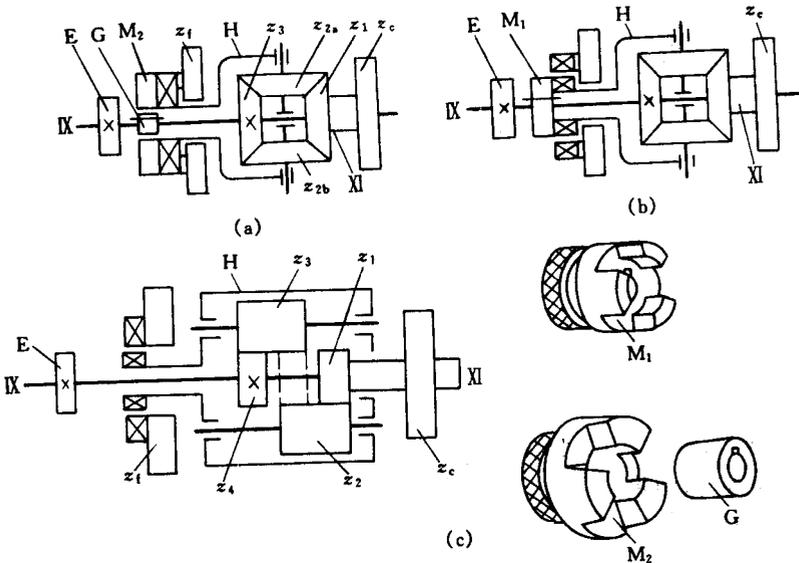


图 4-2-51 Y3150E 型滚齿机所用的运动合成机构

H—转臂 G—套筒 M₁、M₂—离合器 E—挂轮

加工斜齿圆柱齿轮时(图 4-2-51)在轴 IX 上先装上套筒 G (用键与轴连结),再将离合器 M_2 空套在套筒 G 上。离合器 M_2 的端面齿与空套齿轮 z_f 的端面齿以及转臂 H 后部套筒上的端面齿同时啮合,将它们连接在一起,因而来自刀架的附加运动可通过 z_f 传递给转臂 H。

设 n_{IX} 、 n_{XI} 、 n_H 分别为轴 IX、XI 及转臂 H 的转速,根据行星齿轮机构传动原理,可以列出合成机构的传动比计算式

$$\frac{n_{IX} - n_H}{n_{XI} - n_H} = (-1) \frac{z_1 z_{2a}}{z_{2a} z_3}$$

式中的 (-1) 由锥齿轮传动的回转方向确定。又因 $z_1 = z_{2a} = z_{2b} = z_3 = 30$, 代入上式, 则得

$$\frac{n_{IX} - n_H}{n_{XI} - n_H} = -1$$

移项后化简, 可得

$$n_{IX} = 2n_H - n_{XI}$$

在展成运动链中, 来自滚刀的运动由齿轮 z_c 经合成机构传至轴 XI, 此时可设 $n_H = 0$, 则得

$$u_{合1} = \frac{n_{IX}}{n_{XI}} = -1$$

在附加运动链中, 来自刀架的运动由齿轮 z_f 传给转臂, 再经合成机构传轴 XI, 此时可设 $n_{IX} = 0$, 则得

$$u_{合2} = \frac{n_{IX}}{n_H} = 2$$

综上所述, 加工斜齿圆柱齿轮时, 展成运动和附加运动同时通过合成机构传动, 并分别按传动比 $u_{合1} = -1$ 及 $u_{合2} = 2$ 经轴 IX 和齿轮 E 传至工作台。

加工直齿圆柱齿轮时, 工件不需要附加运动。这时卸下离合器 M_2 及套筒 G, 而将离合器 M_1 装在轴 IX 上(见图 4-2-51)。 M_1 通过键与轴 IX 连接, 其端面齿爪只和转臂 H 的端面齿爪连接, 所以此时 XI、转臂 H 及轴 IX 形成一个整体, 即 $u_{合} = 1$

(3) 传动链的调整计算

①主运动传动链。加工斜齿圆柱齿轮时, 机床主运动传动链的调整计算与加工直齿圆柱齿轮时相同。

②展成运动传动链。加工斜齿圆柱齿轮时, 虽然展成运动的传动路线以及运动平衡式都和加工直齿圆柱齿轮时相同, 但因运动合成机构用 M_2 离合器联接, 其传动比 $u_{合1} = -1$, 因而代入运动平衡式后所得挂轮计算公式为

$$\frac{ac}{bd} = -\frac{F24k}{Ez}$$

③垂向进给运动传动链。加工斜齿圆柱齿轮时,垂向进给传动链及其调整计算和加工直齿圆柱齿轮相同,

④附加运动传动链。加工斜齿圆柱齿轮时,附加运动传动链的两端件及其运动关系是:当滚刀架带动滚刀垂向移动工件的一个螺旋线导程 L 时,工件应附加转动 ± 1 转。其传动路线表达式为

$$X IX(\text{刀架垂向进给丝杠}) - \frac{25}{2} - M3 - X VIII - \frac{2}{25} - X X - \frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} - X XI - \frac{36}{72} - M_2$$

$$- \text{合成机构} - IX - \frac{E}{F} - VII - \frac{ac}{bd} - VIII - \frac{1}{72} - \text{工作台(工件)}$$

传动链的运动平衡式为

$$\frac{L}{3\pi} \times \frac{25}{2} \times \frac{2}{25} \times \frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2} \times \frac{36}{72} \times u_{\text{合}2} \times \frac{E}{F} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times \frac{1}{72} = \pm 1$$

式中 L ——被加工齿轮螺旋线的导程 $L = \frac{\pi m_n z}{\sin\beta}$;

$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$ ——展成运动挂轮传动比 $\frac{ac}{bd} = -\frac{F}{E} \times \frac{24k}{z}$;

$u_{\text{合}2}$ ——合成机构在附加运动链中的传动比 $u_{\text{合}2} = 2$ 。

代入上式,化简后可得附加运动挂轮的计算公式

$$\frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} = \pm \frac{9 \sin\beta}{m_n k}$$

式中 β ——被加工齿轮的螺旋角 ;
 m_n ——被加工齿轮的法向模数 ;
 k ——滚刀头数。

式中的“ \pm ”值,表明工件附加运动的旋转方向,它决定于工件的螺旋方向和刀架进给运动的方向。在计算挂轮齿数时,“ \pm ”值可不予考虑,但在安装附加运动挂轮时,应按机床说明书规定配加惰轮。

附加运动传动链是形成螺旋线齿形的内联系传动链,其传动比数值的精确度,影响着工件齿轮的齿向精度,所以挂轮传动比应配算准确。但是,附加运动挂轮计算公式中包含有无理数 $\sin\beta$,所以往往无法配算得非常准确。实际选配的附加运动挂轮传动比与理论计算的传动比之间的误差,对于 8 级精度的斜齿圆柱齿轮,要准确到小数点后第四位数字,对于 7 级精度的斜齿圆柱齿轮,要准确到小数点后第五位数字,才能保证不超过精度标准中规定的齿向允差。

在 Y3150E 型滚齿机上,展成运动、垂向进给运动和附加运动三条传动链的调整,共用一套模数为 2mm,孔径为 $\phi 30H7$ 的配换挂轮,其齿数为 20(两个)、23、24、25、26、30、32、33、34、35、37、40、41、43、45、46、47、48、50、52、53、55、57、58、59、60(两个)、61、62、65、67、70、71、73、75、79、80、83、85、89、90、92、95、97、98、100 共 47 个。

3. 同步带轮、链轮和蜗轮的加工

Y3150E 型滚齿机加工同步带轮和链轮时的传动路线与加工直齿圆柱齿轮的传动路线类似,所不同的是滚刀的齿型。蜗轮的加工,其主传动路线和展成运动的传动路线与加工直齿圆柱齿轮的传动路线类似,进给运动要根据机床的结构和加工要求而定。若机床上有切向进给机构,则可采用切向进给的方法滚切蜗轮;若机床上没有切向进给机构,则要断开直齿圆柱齿轮垂向进给传动链中的离合器 M_3 ,采用手动径向进给的方法滚切蜗轮。另外,蜗轮加工也要采用专门的蜗轮滚刀。

(三) 机床的工作调整

1. 运动方向的确定

滚刀的旋转方向,一般情况下应按图 4-2-52 及图 4-2-53 所示的方向转动,当滚刀按图示方向转动时,滚刀的垂向进给运动方向一般是从上向下的,此时工件的展成运动方向只取决于滚刀的螺旋方向(如图 4-2-52 及图 4-2-53 中实线箭头所示);工件的附加运动方向只取决于工件的螺旋方向(如图 4-2-53 的虚线箭头所示)。

滚切齿轮前,应按图 4-2-52 或图 4-2-53 检查机床各运动的方向是否正确,如发现运动方向相反,只需在相应的传动链挂轮中装上(或去掉)惰轮即可。

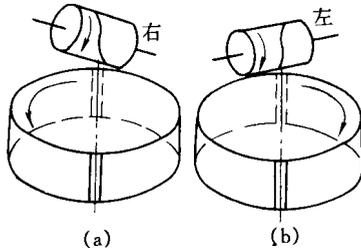


图 4-2-52 滚齿机加工直齿圆柱齿轮

2. 滚刀安装角度的确定

滚齿时,为了切出准确的齿型,应使滚刀和工件处于正确的“啮合”位置,即滚刀在切削点处的螺旋方向应与被加工齿轮齿槽的方向一致。为此,需将滚刀轴线与工件顶面安装成一定的角度,此角度称为安装角。

加工直齿圆柱齿轮时,安装角 δ 等于滚刀的螺旋升角 λ ,即 $\beta = \lambda$ 。倾斜方向与滚刀螺旋方向有关,见图 4-2-53(a)和图 4-2-53(b)。

加工斜齿圆柱齿轮时,安装角 δ 与滚刀的螺旋升角 λ 和工件的螺旋角 β 大小有关,而且还与二者的螺旋线方向有关,即 $\delta = \beta \pm \lambda$ (二者螺旋线方向相反时取“+”号,相同时取“-”号)见图 4-2-54 所示。滚切斜齿圆柱齿轮时,应尽量采用与工件螺旋方向相同的滚刀,使滚刀的安装角较小,以有利于提高机床运动的平稳性和加工精度。

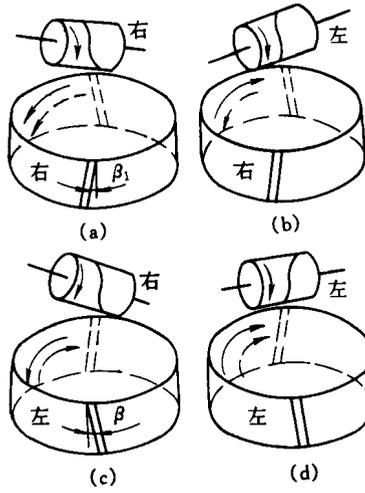


图 4-2-53 滚齿机加工斜齿圆柱齿轮

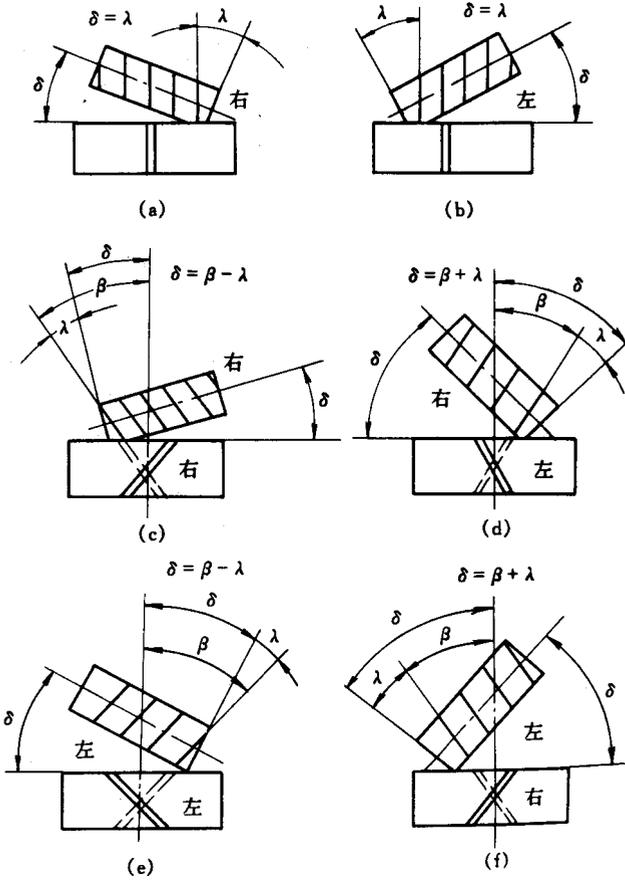


图 4-2-54 加工斜齿圆柱齿轮时滚刀的安装角度

第五节 钻 床

钻床是一种用途广泛的孔加工机床。钻床主要是用钻头钻削加工精度要求不高、尺寸较小的孔,此外,还可以完成扩孔、铰孔、镗孔、攻螺纹和镗端面等工作。在钻床上加工时,工件不动,刀具作旋转主运动,同时沿轴向移动,完成进给运动。

钻床主参数是最大钻孔直径。

钻床可分为立式钻床、台式钻床、摇臂钻床等。

一、立式钻床

立式钻床的外形见图 4-2-55,它主要由变速箱、进给箱、主轴、工作台和底座等组成。变速箱 4 和进给箱 3 内装有变速机构和操纵机构,通过同一电动机驱动,可使主轴 2 获得旋转主运动和轴向进给运动。主轴 2 通过主轴套筒安装在进给箱 3 上,并与工作台 1 的台面垂直,加工时,进给箱 3 固定不动,由主轴随主轴套筒在进给箱中作直线移动实现进给运动。利用进给箱 3 右侧的操纵手柄,可以使主轴实现手动快速升降、手动进给运动和接通、断开机动进给运动。进给操纵机构具有定程切削装置,可使刀具钻孔至预定深度时,自动停止机动进给运动,或攻螺纹至预定深度时,自动反转退出。工作台和进给箱都装在立柱 5 的垂直导轨上,可上下调整位置,以适应不同高度工件的加工。

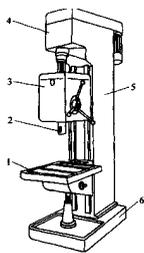


图 4-2-55 立式钻床

1-工作台 2-主轴 3-进给箱 4-变速箱 5-立柱 6-底座

由于立式钻床的主轴在水平的位置是固定不动的,只能通过移动工件来对准孔中心和主轴,因而操作不便,生产率不高,常用于单件、小批生产中加工中、小型工件。

二、台式钻床

图 4-2-56 是台式钻床的外形图,它的布局形式与立式钻床相似,但结构比较简单,它实际上是一种小型的立式钻床,又简称为台钻。台钻的最大钻孔直径一般在

15mm 以下,最小可以加工直径为十分之几毫米的孔,主要用于电器、仪表工业以及一般机器制造业的钳工、装配工作中。由于台钻加工的孔径较小,且主轴转速较高,为保持运动的平稳,常采用交流异步电动机经塔轮机构变速,并用带传动。主轴的轴向进给运动多采用手动,但有些较大的台钻也采用机动进给,驱动形式有机械的、液压的等。

三、摇臂钻床

在大中型工件上钻孔,希望工件不动,而主轴可以很方便的任意调整位置,这就要采用摇臂钻床。

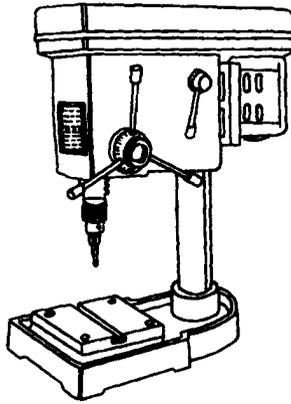


图 4-2-56 台式钻床

(一)摇臂钻床的组成

图 4-2-57 为 Z3040 型摇臂钻床的外形图,它由底座、立柱、摇臂、主轴箱等组成。底座 1 上装有立柱,也可安装工作台 8 或直接安装工件和夹具。立柱为双层,内立柱 2 固定在底座上,外立柱 3 由滚动轴承支承,并带着摇臂 5 绕内立柱转动。摇臂可沿外立柱轴向移动(垂直升降),以适应对不同高度工件进行加工的需要。而主轴箱 6 可以沿摇臂的导轨作水平移动,这样,可以调整主轴 7 的位置。摇臂钻床广泛地用于大、中型零件的加工。摇臂钻床具有下列运动:主轴的旋转主运动、主轴的轴向进给运动、主轴箱沿摇臂的水平移动、摇臂的升降运动及回转运动等,其中,前两个运动为表面成形运动,后三个运动为辅助运动。

(二)摇臂钻床的主要部件结构

1. 主轴部件

图 4-2-58 为 Z3040 型摇臂钻床的主轴部件。摇臂钻床的主轴在加工时既作旋转主运动又作轴向进给运动,所以主轴 1 用轴承支承在主轴套筒 2 内,主轴套筒则装在主轴箱体的镶套 13 中,由齿轮 4 和主轴套筒 2 上的齿条,驱动主轴套筒连同主轴作轴向进给运动。主轴的旋转由主轴箱内的齿轮经主轴尾部的花键传入,而齿轮通过轴承支承在主轴箱体上,使主轴卸荷。主轴的径向支承采用两个深沟球轴承,因钻床

主轴的旋转精度要求不高,故深沟球轴承的间隙不需要调整。主轴的轴向支承采用两个推力球轴承,前端的推力球轴承承受钻削时产生的向上轴向力,后端的推力球轴承主要承受在空转时主轴的重量。轴承的间隙由螺母 3 调整。

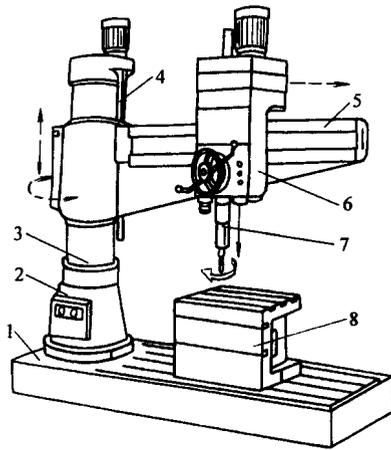


图 4-2-57 Z3040 摇臂钻床的外形图

- 1—底座 2—内立柱 3—外立柱 4—升降比杠
5—摇臂 6—主轴箱 7—主轴 8—工作台

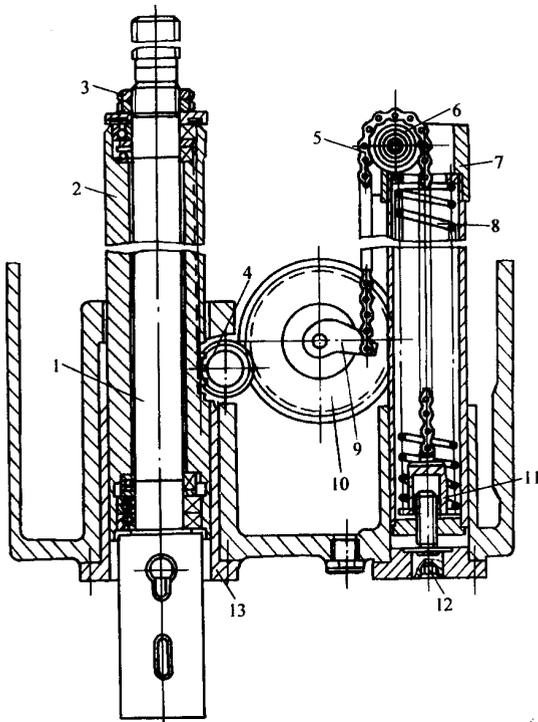


图 4-2-58 Z3040 型摇臂钻床的主轴部件

- 1—主轴 2—主轴套筒 3—螺母 4—小齿轮 5—链条 6—链轮
7—弹簧座 8—弹簧 9—凸轮 10—齿轮 11—套 12—内六角螺钉 13—镶套

由于钻床的主轴是垂直安装的,为了防止主轴因自重下落,同时使操纵主轴升降轻便,在摇臂钻床上设有平衡机构。由弹簧 8 产生的弹力,经链条 5、链轮 6、凸轮 9、齿轮 10、4 作用在主轴套筒 2 上,与主轴部件的重量相平衡。

2. 立柱

Z3040 型摇臂钻床的立柱采用圆形双柱式结构(图 4-2-59),这种结构由内外立柱组成。内立柱 4 用螺钉固定在底座 8 上,外立柱 6 通过上部的推力球轴承 2 和深沟球轴承 3 及下部滚柱链 7 支承在内立柱上。摇臂 5 以其一端的套筒部分套在外立柱上,并用滑键连接(图 4-2-59 中未标出)。当内外立柱未夹紧时,外立柱在平板弹簧 1 的作用下相对于内立柱向上抬起 0.2~0.3mm,使内外立柱间的圆锥配合面 A 脱离接触,摇臂可以轻便地转动,调整位置。当摇臂位置调整好以后,利用夹紧机构产生向下的夹紧力使平板弹簧 1 变形,外立柱压紧在圆锥面 A 上,依靠摩擦力将外立柱锁紧在内立柱上。

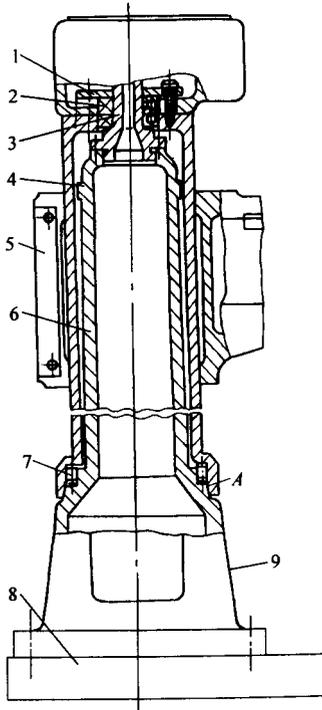


图 4-2-59 立柱

- 1—平板弹簧 2—推力球轴承 3—深沟球轴承
4—内立柱 5—摇臂 6—外立柱
7—滚柱链 8—底座 9—圆锥面

3. 夹紧机构

为了保证钻床在切削时,有足够的刚度和定位精度,当主轴箱、摇臂、立柱调整好位置后,必须用各自的夹紧机构夹紧。夹紧机构必须保证夹紧可靠,夹紧力足够,夹

紧前后主轴位移小,在松开时对其它运动部件的移动不产生影响,操纵灵活方便。图 4-2-60 为摇臂的夹紧机构。摇臂 22 与外立柱 12 配合的套筒上有纵向切口,可产生弹性变形而夹紧在立柱上。该夹紧机构由液压缸 8、菱形块 15、垫块 17、夹紧杠杆 3、9、连接块 21、2、10、13 等组成。夹紧摇臂时,液压缸 8 的下腔通压力油,活塞杆 7 向上移动,两块垫块推动两块菱形块成水平位置(图 4-2-60 所示位置),左菱形块通过顶块 16 撑紧在摇臂的筒壁上,而右菱形块通过顶块 6、杠杆 3 和杠杆 9,使杠杆绕销钉转动。而杠杆 3 和 9 的一端分别与连接块 21、2、10、13 用销钉连接,这四块连接块又通过螺钉 1、20、14 和 11 与摇臂套筒切口两侧的筒壁相连接。从而,使摇臂紧抱住立柱而夹紧。活塞杆上移至终点位置时,菱形块略略向上倾斜超过水平线约 0.5mm,使夹紧机构自锁。这样,停止供油,摇臂也不会松开。当液压缸 8 的上腔通油,活塞杆 7 下移,菱形块向下移动呈向下倾斜位置,杠杆 3 和 9 随即也松开。摇臂夹紧力的大小可通过螺钉 1、20、14 和 11 调整。活塞杆 7 的上端有弹簧片 19,当其上下至终点、摇臂夹紧或松开时,弹簧片触动行程开关 4 和 18,发出相应电讯号,通过电气—液压控制系统与摇臂的升降保持连锁。

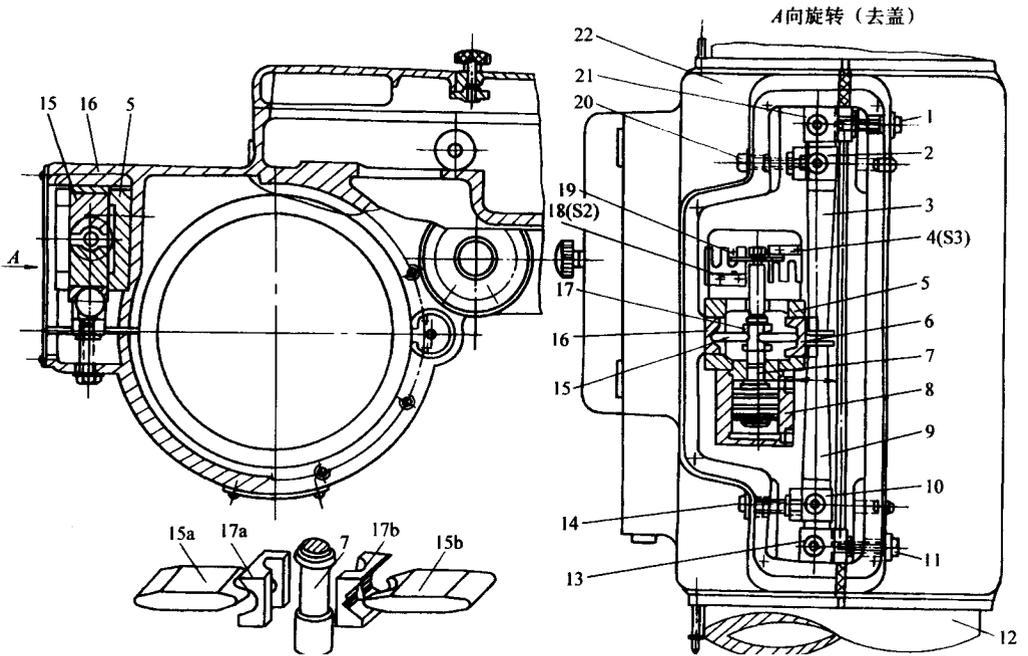


图 4-2-60 摇臂的夹紧机构

- 1、11、14、20—夹紧螺钉 2、10、13、21—连接块
 3、9—杠杆 4、18—行程开关 5—座 6、16—顶块
 7—活塞杆 8—液压缸 12—外立柱 15a、15b—左、右菱形块
 17a、17b—左、右垫块 19—弹簧片 22—摇臂

第六节 镗 床

镗床是一种用途广泛的孔加工机床。镗床主要是用镗刀镗削大、中型工件上铸出的或已钻出的孔,特别适用于加工分布在不同位置上、孔距精度和相互位置精度要求都很高的孔系。镗床除可以镗孔外,还可以进行钻孔、扩孔、铰孔、铣削等加工。镗床主要可分为卧式镗床、坐标镗床、金刚镗床等。

一、卧式镗床

卧式镗床是应用最广泛的一种镗床类机床,其工艺范围非常广泛。卧式镗床不仅可以镗孔,还可以钻孔、扩孔、铰孔,还可以安装铣刀铣平面、成形面及各种形状的沟槽,还可以利用平旋盘安装车刀车削端面、短的外圆柱面、内外环形槽及内外螺纹等。工件可在一次安装中完成大部分的加工工序。卧式镗床主要适宜于加工大、中型的形状复杂的工件,特别对各种箱体、床身、机壳、机架等的加工最合适。

卧式镗床的主参数是镗轴直径。

(一) TP619 型卧式铣镗床的主要组成及运动

图 4-2-61 为 TP619 型卧式铣镗床的外形图。它主要由床身、前立柱、主轴箱、工作台和后立柱等组成。前立柱 8 固定安装在床身 1 的右端。在前立柱的垂直导轨上安装有主轴箱 9,主轴箱可沿导轨上下移动。主轴箱上装有主轴部件、平旋盘、变速机构和操纵机构等。加工时,镗轴 6 前端的锥孔中可安装刀具,一起旋转实现主运动,沿轴线移动实现轴向进给运动,或平旋盘 7 上的径向刀具溜板随平旋盘旋转,并且作径向进给运动。工作台由上工作台 5、上滑座 4 和下滑座 3 组成,下滑座可带动工作台一起沿床身导轨作纵向运动,上滑座可带动工作台一起沿下滑座顶部的导轨作横向运动,工作台还可以在上滑座的环形导轨上绕垂直轴线转位。后立柱 2 上有支承架用于支承长度较大的刀杆,以增加其刚性,后立柱可沿床身导轨左右移动,调整位置,支承架可沿后立柱的导轨上下移动,保持与镗轴同轴。

卧式铣镗床具有以下工作运动:镗轴和平旋盘的旋转主运动,镗轴的轴向进给运动,平旋盘刀具溜板的径向进给运动,主轴箱的垂直进给运动,工作台的纵、横向进给运动。机床的辅助运动有:主轴箱、工作台在进给运动方向上的快速调位运动,工作台的转位运动,后立柱的纵向调位移动及后支承架的垂直调位移动。

(二) 主轴部件

图 4-2-62 为 TP619 型卧式铣镗床的主轴部件结构。它由镗轴 2、镗轴套筒 3 及平旋盘 7 等组成。镗轴和平旋盘用来安装刀具并带动其旋转。镗轴由压入镗轴套筒

的三个精密衬套 8、9 及 12 作支承,保证镗轴有较高的旋转精度和平稳的轴向进给运动。其前端还有一个 1:20 的锥孔,可以安装镗刀或其它刀具。镗轴的前部有两个腰形孔 a 、 b ,其中 a 孔用于拉镗孔或倒刮端面时,插入楔块, b 孔用于拆卸刀具。镗轴套筒采用三支承结构,前支承采用双列圆柱滚子轴承,中间和后支承采用圆锥滚子轴承。镗轴的旋转由齿轮通过平键 11 传给镗轴套筒,然后由镗轴套筒上的导键 10 传给镗轴,使镗轴旋转。镗轴上加工有两条长键槽,一方面可以接受由导键传来的扭矩,一方面可以在镗轴轴向进给时起导向作用。

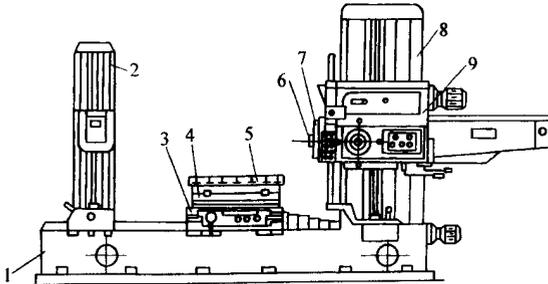


图 4-2-61 TP619 型卧式铣镗床的外形图

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

平旋盘 7 通过双列圆锥滚子轴承支承在法兰盘 4 上,法兰盘则固定于箱体上。平旋盘端面上加工有四条径向 T 形槽 14,刀具溜板 1 上加工有两条 T 形槽 15,供安装刀具和刀盘之用。刀具溜板可沿平旋盘的燕尾导轨作径向进给,导轨的间隙由镶条调整。如不需作径向进给时,可由螺塞 5 拧紧销钉 6,将刀具溜板锁紧在平旋盘上,以增加其刚性。

二、坐标镗床

坐标镗床是一种用于加工精密孔系的高精度机床,其特征是这种机床具有测量坐标位置的精密测量装置。为了保证高精度,机床的零部件的制造和装配精度都很高,并且具有良好的刚性和抗振性。它主要用于镗削精密孔(IT5 级或更高)和位置精度要求很高的孔系(坐标定位精度可达 $0.002 \sim 0.01\text{mm}$)。坐标镗床不仅可以保证孔有很高的尺寸和形状精度,还可以在不用任何引导装置的情况下,保证孔距及到某一基面之间的距离精度。

坐标镗床的工艺范围很广,除镗孔、钻孔、扩孔、铰孔、精铣平面和沟槽外,还可以进行精密刻线及孔距和直线尺寸的精密测量等工作。坐标镗床主要用于单件小批生产的工具车间对夹具的精密孔、孔系和模具的加工,也逐渐用于生产车间成批地对各类箱体、缸体和机体的精密孔系加工。

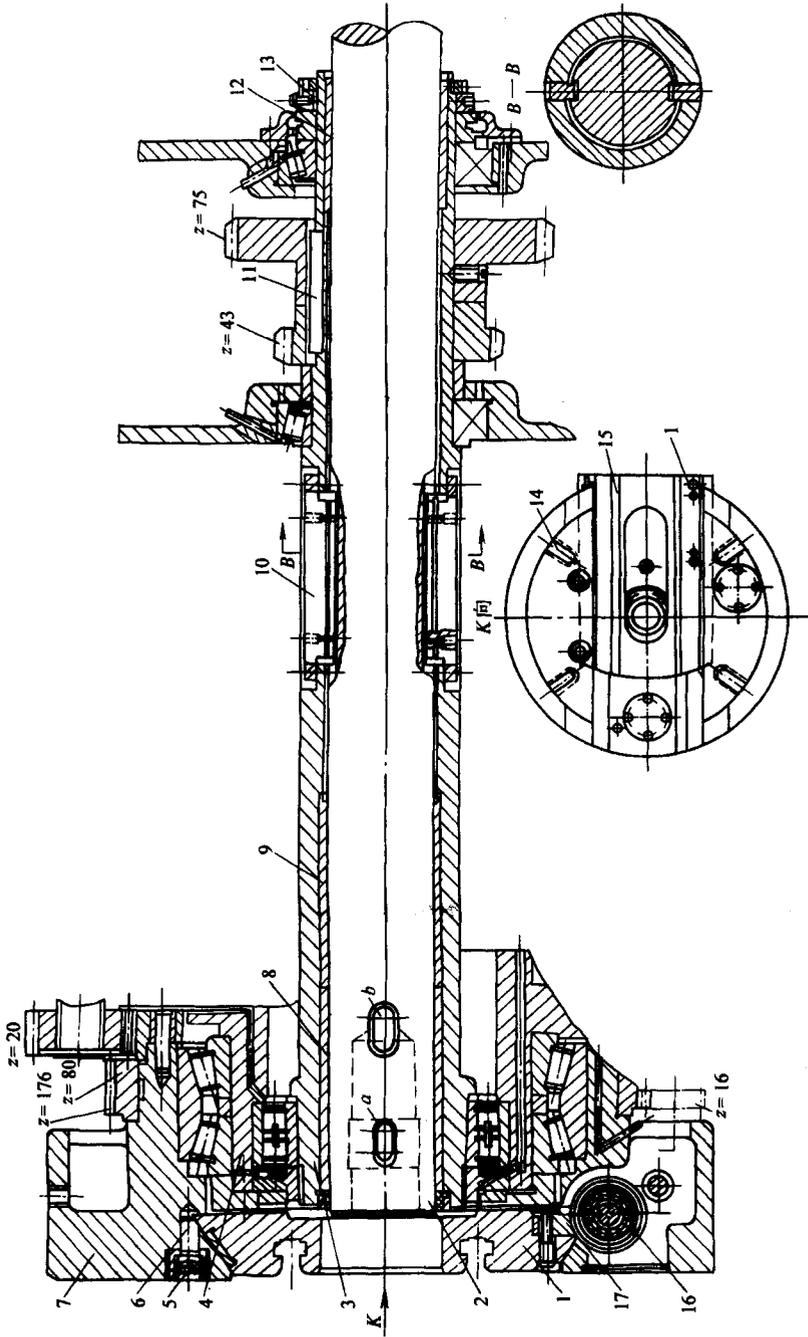


图 4-2-62 TP619 卧式坐标镗床的主轴部件
 1—平旋盘刀具溜板 2—镗轴 3—镗轴套筒 4—法兰盘 5—螺塞 6—销钉 7—平旋盘 8、9、12—支承衬套
 10—导键 11—平键 13—调整螺母 14—径向 T 形槽 15—T 形槽 16—丝杆 17—半螺母

坐标镗床有立式的和卧式的。立式坐标镗床适宜于加工轴线与安装基面垂直的孔系和铣削顶面，卧式坐标镗床适宜于加工与安装基面平行的孔系和铣削侧面。立式坐标镗床还有单柱和双柱之分。

(一) 立式坐标镗床

立式单柱坐标镗床见图 4-2-63。主轴 2 由精密轴承支承在主轴套筒中，由立

柱 4 内的电动机,经主传动机构传动主轴旋转完成主运动,主轴可随套筒作轴向进给。主轴箱 3 可沿立柱的导轨上下调整位置以适应加工不同高度的工件。主轴在水平面上的位置是固定的,镗孔坐标位置由工作台 1 沿床鞍 5 导轨的纵向移动和床鞍沿床身 6 的横向移动来确定。这类机床一般为中、小型机床。

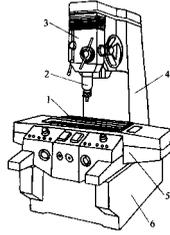


图 4-2-63 立式单柱坐标镗床

- 1—工作台 2—主轴 3—主轴箱
4—立柱 5—床鞍 6—床身

图 4-2-64 为立式双柱坐标镗床的外形图。由两个立柱 3、6 和顶梁 4、床身 8 构成长门框架。两个坐标方向的移动,分别由主轴箱 5 沿横梁的导轨作横向移动和工作台 1 沿床身导轨作纵向移动实现。横梁 2 可沿立柱导轨上下调整位置,以适应不同高度的工件加工。这种机床属于中、大型机床。

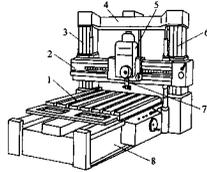


图 4-2-64 立式双柱坐标镗床

- 1—工作台 2—横梁 3、6—立柱 4—顶梁
5—主轴箱 7—主轴 8—床身

(二) 卧式坐标镗床

如图 4-2-65 所示卧式坐标镗床的特点是其主要轴 3 水平安装,与工作台台面平行。安装工件的工作台由下滑座 7、上滑座 1 和可精密分度的回转工作台 2 三层组成。镗孔坐标位置由下滑座沿床身 6 导轨的横向移动和主轴箱 5 沿立柱 4 导轨上下移动来确定。机床进行加工的进给运动,可由主轴轴向移动完成,也可由上滑座的纵向移动完成。

卧式坐标镗床具有较好的工艺性能,工件高度不受限制,安装方便,利用回转工作台的分度运动,可在工件一次安装中完成工件几个平面上孔的加工,适于在生产车间中成批加工箱体等零件。

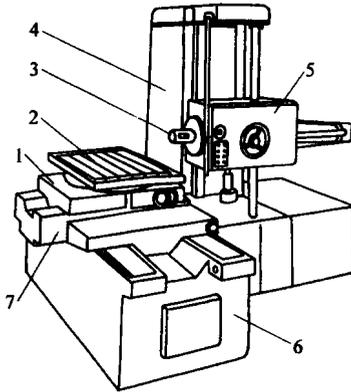


图 4-2-65 卧式坐标镗床

1—上滑座 2—回转工作台 3—主轴 4—立柱
5—主轴箱 6—床身 7—下滑座

(三) 坐标测量装置

如前所述,坐标镗床的特点在于坐标的测量系统。坐标测量系统主要是确定工作台、主轴等的位移距离,以实现工件和刀具的精确定位。坐标测量系统有机械的、光学的、光栅的等,现简单介绍两种。

1. 精密刻线尺——光屏读数头坐标测量装置

这种测量装置目前应用最为普遍,它主要由精密刻线尺、光学放大器和读数器三部分组成。图 4-2-66 为 T4145 型立式单柱坐标镗床工作台纵向位移光学测量装置的工作原理。刻线尺 3 是测量位移的基准元件,由线膨胀系数小、不易氧化生锈的合金金属制成,装在工作台底面上的矩形槽中,刻线面向下,其一端与工作台保持连接,并可随工作台作纵向移动。光学放大器以及光屏读数头装在床鞍上。测量工作台的纵向位移量时,由光源 8 射出的光,经聚光镜 7、滤色镜 6、反光镜 5 和前组物镜 4 投射到刻线尺 3 的刻线面上。刻线尺上被照亮的线纹,通过前组物镜 4、反光镜 9、后组物镜 10、反光镜 13、12 和 11,成像于光屏读数头的光屏 1 上,通过目镜 2 可以清晰的观察到放大的线纹像。物镜总的放大倍率为 40 倍,因此,间距为 1mm 的刻线尺线纹,其在光屏上的距离为 40mm。光屏读数头(图 4-2-67)的光屏上,刻有 0~10 共 11 组等距离的双刻线,相邻两刻线之间的距离为 4mm,相当于刻线尺 3 上的距离为 $4 \times (1/40) \text{mm} = 0.1 \text{mm}$ 。

光屏 1 镶嵌在可沿滚动导轨 17 移动的框架 16 中。由于弹簧 18 的作用,框架 16 通过装在其一端孔中的钢球 19,始终顶紧在阿基米德螺旋线内凸轮 14 的工作表面上。用刻度盘 15 带动内凸轮 14 转动时,可推动框架 16 连同光屏 1 一起沿着垂直于双刻线的方向作微量移动。刻度盘 15 的端面上,刻有 100 格圆周等分线。当其每转过 1 格时,内凸轮 14 推动光屏移动 0.04mm,这相当于刻线尺,亦即工作台的位移量为

$$0.04 \times (1/40) \text{mm} = 0.001 \text{mm}.$$

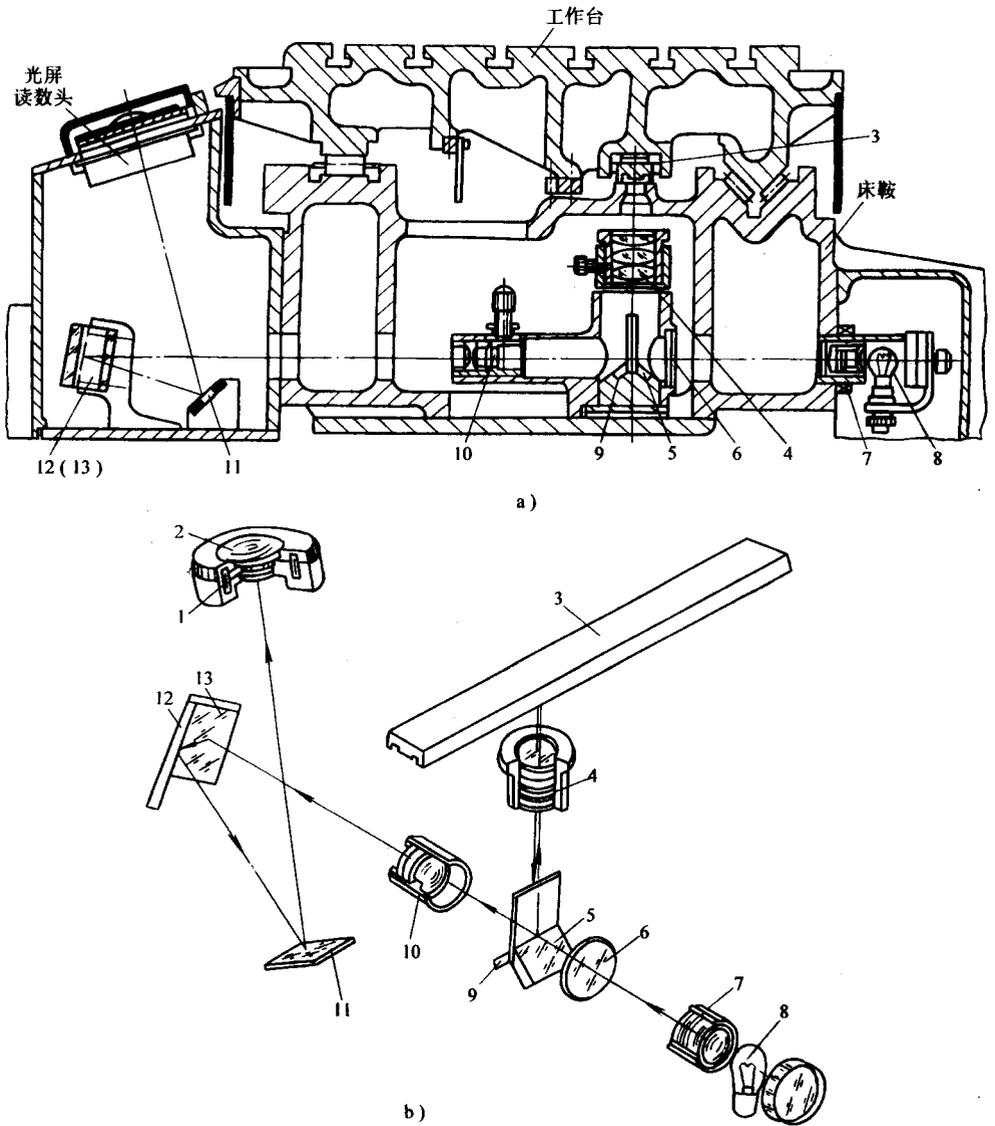


图 4-2-66 T4145 型坐标镗床工作台纵向位移光学测量装置

- 1-光屏 2-目镜 3-刻线尺 4-前组物镜 5、9、11、12、13-反光镜
6-滤色镜 7-聚光镜 8-光源 10-后组物镜

进行坐标测量时,工作台移动量的毫米整数由装在工作台上的粗读数标尺读取,毫米以下的小数部分则由光屏读数头读取。每次测量时,首先转动光屏读数头的刻度盘 15,使其刻线对准零位,然后通过专门的手把移动前组物镜 4,将刻线尺的线纹像调整到光屏上双刻线'0'的正中,调零后可进行测量。

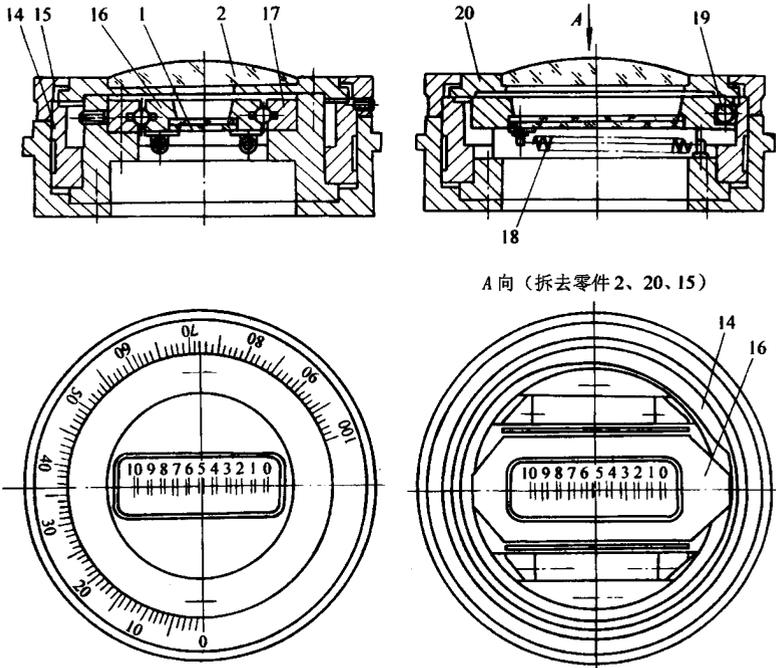


图 4-2-67 光屏读数头

- 1-光屏 2-目镜 14-内凸轮 15-刻度盘 16-框架
17-滚动导轨 18-弹簧 19-钢球 20-盖

2. 光栅——数字显示器坐标测量装置

这种坐标测量装置以光栅作基准元件。光栅是在长条形(或圆形)的光学玻璃或反光金属尺上刻上密集的间距相等的线纹所构成。光栅上两相邻刻线之间的距离 W 称为光栅节距(图 4-2-68a)。光栅节距越小,测量精度越高。常用的光栅节距在 0.01mm 到 0.05mm 之间,即线纹密度为每毫米 20 条到 100 条。

光栅测量的工作原理是利用两个平行放置的光栅所形成的莫尔条纹来确定机床部件的位移量。如图 4-2-68 所示,短光栅 3 安装在机床的固定部件上,称为指示光栅,长光栅 4 安装在机床的移动部件上,称为标尺光栅。两光栅互相平行,并保持 0.1~0.5mm 的间隙。指示光栅 3 可在自身平面内偏转,使其线纹相对标尺光栅线纹成一很小倾斜角 α (图 7-14b)。当光源 1 经聚光镜 2 射出的平行光束照射到光栅上时,由于光栅上不透光线纹的遮光作用,产生几条明暗条纹相间的粗条纹,称之为莫尔条纹。莫尔条纹的节距 B 比光栅节距 W 大得多,倾斜角 θ 越小,节距 B 越大。当莫尔条纹移动时,通过缝隙板 5 使光电元件 6 接受明暗条纹发生变化的光讯号,并转变为电讯号。光电元件 6 接受的光强度发生一次周期变化,于是输出一个正弦波电讯号,经电子系统放大,计数后,便在数码显示器 7 中以数字形式显示出机床部件的正确位移量。光栅具有位移测量精度高、数码显示、读数直观方便等优点。

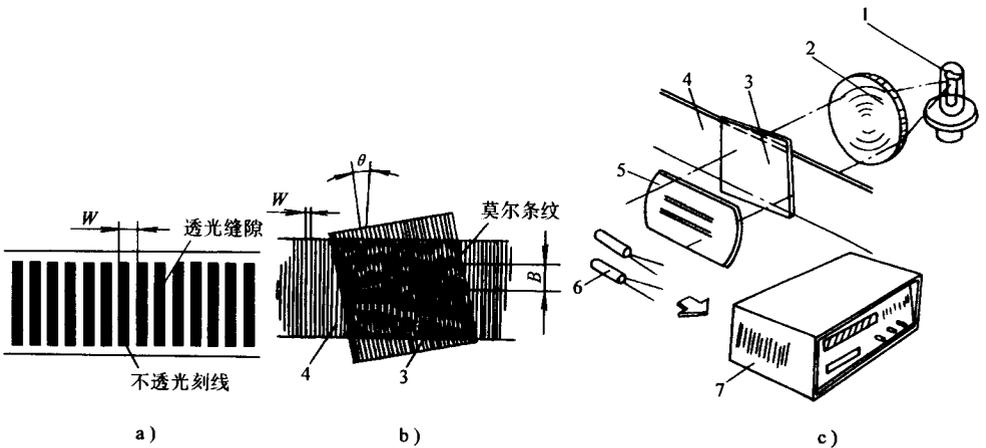


图 4-2-68 光栅坐标测量装置示意图

1—光栅 2—聚光镜 3—指示光栅 4—标尺光栅 5—缝隙板 6—光电元件 7—数码显示器

三、金刚镗床

金刚镗床是一种高速镗床,通常采用硬质合金刀具(以前采用是金刚石刀具,机床由此得名),以极高的速度,很小的切削深度和进给量主要对有色金属和铸铁工件上的内孔进行精细加工,加工的尺寸精度可达 $0.003 \sim 0.005\text{mm}$,表面粗糙度可达 $R_a = 0.16 \sim 1.25\mu\text{m}$ 。

根据主轴的位置不同,金刚镗床可分为卧式和立式两类。图 4-2-69 为单面卧式金刚镗床。为了保证主轴 2 准确平稳运转,通常直接由电动机经带传动带动主轴高速旋转,并且主轴采用精密轴承支承。工件通过夹具安装在工作台 3 上,并随工作台一起沿床身 4 导轨作低速平稳的进给。

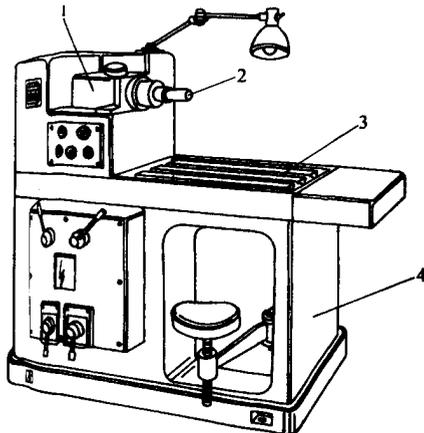


图 4-2-69 单面卧式金刚镗床

1—主轴箱 2—主轴 3—工作台 4—床身

第三章 数控机床

第一节 数控机床概述

一、数控机床简介

数控机床是用计算机通过数字化信息实现对机床自动控制的机电一体化产品。现代数控机床普遍采用计算机数字控制系统,即 CNC 系统。它综合应用了微电子技术、计算机自动控制、精密检测、伺服驱动、机械设计与制造技术等多方面的最新成果,是一种先进的机械加工设备。数控机床不仅能够提高产品的质量,提高生产效率,降低生产成本,还能够大大改善工人的劳动条件。

(一) 数控机床的产生和发展

(1) 数控机床的产生 随着科学技术的不断发展,机械产品日趋精密、复杂,而且改型频繁,这就要求制造机械产品的设备——机床具有高性能、高精度、高自动化和强适应性。在机械产品中,单件和小批量产品占到 70% ~ 80%,采用普通机床加工这些零件效率低、劳动强度大,有些复杂型面甚至无法加工。采用组合机床或自动化机床加工这类零件也极其不合理,因为需要经常改装与调整设备。数控机床就是为了解决单件、小批量、精度高、复杂形面零件加工的自动化要求而产生的。

(2) 数控机床的发展 世界上第一台数控机床产生于 1952 年,由美国麻省理工学院和帕森斯公司合作研制成功。之后,随着微电子技术、特别是计算机技术的不断发展,数控机床不断更新换代,数控系统先后经历了电子管(1952 年)、晶体管(1959 年)、集成电路(1965 年)、小型计算机(1970)、微处理器或微型计算机(1974 年)和基于工控 PC 机的通用型 CNC 系统(1990 年)等六代数控系统。我国从 1958 年开始研制数控机床,1975 年研制出第一台加工中心。改革开放以来,由于引进国外的数控系统与

伺服系统,使我国的数控机床在品种、数量和质量方面都得到迅速发展。从1986年开始,我国数控机床开始进入国际市场。目前我国有几十家机床厂能够生产数控机床和数控加工中心。据1997年不完全统计,全国共拥有数控机床12万台,居世界第二。

在数控机床全面发展的同时,数控技术在其它机械行业中得以迅速发展,数控绘图机、数控坐标测量机、数控线切割机、数控编织机、机器人等数控设备得到广泛的应用。

(二) 数控机床的特点和用途

与传统机床相比,数控机床具有以下一些特点。

(1) 适应性广 适应性即所谓的柔性,是指数控机床随生产对象变化而变化的适应能力。采用数字程序控制,当生产品种改变时,只要重新编制零件加工程序,就能实现对新零件的自动化生产。这对当前市场竞争中产品不断更新换代的生产模式是十分重要的,它为解决多品种、中小批量零件的自动化加工提供了极好的生产方式。广泛的适应性是数控设备最突出的优点,也是数控设备得以产生和迅速发展的主要原因。

(2) 加工精度高、质量稳定 数控机床是按照预定程序自动工作的,一般情况下工作过程不需要人工干预,这就消除了操作者人为产生的误差。数控机床的加工精度一般可达 $0.005 \sim 0.1\text{mm}$ 之间。数控装置的脉冲当量(或分辨率)目前可达 $0.01 \sim 0.0001\text{mm}$,并且可以通过实时检测反馈修正误差或补偿来获得更高的精度。因此,数控机床可以获得比机床本身精度更高的加工精度。尤其提高了同批零件生产的一致性,使产品质量稳定。

(3) 生产率高 数控机床能够有效地减少零件的加工时间和辅助时间。数控机床上可以采用较大的切削用量,进行强力切削,同时还可以自动换速、自动换刀和自动装夹工件。一机多用的数控加工中心可以进行车、铣、镗、钻、磨等各种粗精加工,实现了在一台机床上进行多道工序的连续加工,减少了半成品的工序间周转时间,提高了生产率。

(4) 减轻劳动强度,改善劳动条件 由于数控机床是按所编程序自动完成零件加工的,操作者主要是进行程序的输入、装卸零件、加工状态的观测、零件的检验等工作,劳动强度极大降低。机床一般是封闭式加工,既清洁,又安全。

(5) 能实现复杂零件的加工 数控机床可以完成普通机床难以完成或根本不能加工的复杂曲面的零件加工,可以实现几乎是任意轨迹的运动和加工任何形状的空间曲面,适用于各种复杂形面的零件加工。

(6) 有利于现代化生产管理 数控机床采用数字信息与标准代码处理、传递信息,特别是在数控机床上使用计算机控制,为计算机辅助设计、制造以及管理一体化奠定了基础。

二、数控机床的工作原理及组成

(一) 数控机床的工作原理

数控机床加工零件时,首先应编制零件的数控加工程序,这是数控机床的工作指令。将数控程序输入到数控装置,再由数控装置控制机床主运动的变速、启停,进给运动的方向、速度和位移大小,以及其它诸如刀具选择交换、工件夹紧松开和冷却润滑等动作,使刀具与工件及其它辅助装置严格地按照数控程序规定的顺序、路程和参数进行工作,从而加工出形状、尺寸与精度符合要求的零件。

(二) 数控机床的组成

数控机床的基本结构如图 4-3-1 所示,主要由控制介质、计算机数控装置、伺服驱动系统和机床组成。

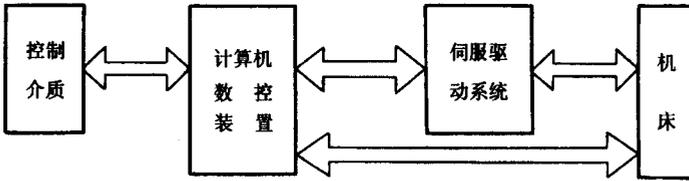


图 4-3-1 数控设备基本结构框图

(1) 控制介质 数控加工程序是数控机床自动加工零件的工作指令。在对加工零件进行工艺分析的基础上,确定:①零件坐标系在机床坐标系上的相对位置,即零件在机床上的安装位置;②刀具与零件相对运动的尺寸参数;③零件加工的工艺路线或加工顺序;④主运动的启、停、换向、变速,进给运动的速度、位移大小等工艺参数,以及辅助装置的动作。这样得到零件的所有运动、尺寸、工艺参数等加工信息,然后用标准的由文字、数字和符号组成的数控代码,按规定的方法和格式,编制零件加工的数控程序单。编制程序的工作可由人工进行,或者在数控机床以外用自动编程计算机系统来完成,比较先进的数控机床,可以在它的数控装置上直接编程。程序须存在控制介质上,如纸带、磁带或磁盘等。目前最常用的是八单位标准穿孔纸带。

(2) 计算机数控装置 数控装置是数控机床的中枢,它接受输入装置送来的脉冲信号,经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令控制机床的各个部分,进行规定的、有序的动作。这些控制信号中最基本的信号是:经插补运算决定的各坐标轴(即作进给运动的各执行部件)的进给速度、进给方向和位移量指令,送伺服驱动系统驱动执行部件作进给运动。其它还有主运动部件的变速、换向和启停信号,选择和交换刀具的刀具指令信号,控制冷却、润滑的启停,工件和机床部件松开、夹紧,分度工作台转位等辅助指令信号等。

(3) 伺服驱动系统 伺服驱动系统包括伺服驱动电动机、各种伺服驱动元件和执行部件等,它是数控系统的执行部分。它的作用是根据来自数控装置的速度和位移

指令控制执行部件的进给速度、方向和位移,使执行部件按规定轨迹移动或精确定位,加工出符合图样要求的工件。每个作进给运动的执行部件,都配有一套伺服驱动系统。伺服驱动系统有开环、半闭环和闭环之分。在半闭环和闭环伺服驱动系统中,还得使用位置检测装置,间接或直接测量执行部件的实际进给位移,与指令位移进行比较,按闭环原理,将其误差转换放大后控制执行部件的进给运动。每个脉冲信号使机床执行部件的位移量叫做脉冲当量,用 δ 表示。常用脉冲当量有0.01、0.005、0.001mm/脉冲。伺服系统的性能是决定数控加工精度和生产效率的主要因素之一。

(4) 机床的机械部件 主要包括:主运动部件、进给运动部件(如工作台、刀架)和支承部件(如床身、立柱等),还有冷却、润滑、转位部件,如夹紧、换刀机械手等辅助装置。对于加工中心类的数控机床,还有存放刀具的刀库,交换刀具的机械手等部件。数控机床的机械部件的组成与普通机床相似,但传动机构要求更为简单,在精度、刚度、抗振性等方面要求更高,而且其传动和变速系统要便于实现自动化控制。

三、数控机床的分类

数控机床的品种很多,一般可以按以下几种分类方法进行分类。

(一)按工艺用途分类

(1) 普通数控机床 与传统的通用机床一样,普通数控机床有数控钻床、数控车床、数控铣床、数控镗床、数控磨床和数控齿轮加工机床等。每一类又有很多品种,例如数控铣床就有数控立铣、数控卧铣、数控工具铣及数控龙门铣等。普通数控机床的工艺性能与通用机床相似,所不同的是它能自动地加工精度更高、形状更复杂的零件。

(2) 数控加工中心 数控加工中心又称多工序数控机床,它带有刀库和自动换刀装置,它将数控铣床、数控镗床、数控钻床的功能组合在一起,零件在一次装夹后,可以对其大部分加工面进行铣、镗、钻、扩、铰及攻螺纹等多工序加工。加工中心能有效地避免由于多次安装造成的定位误差,又可以减少装卸工件、更换和调整刀具的辅助时间,近年来加工中心得以迅速发展。

(二)按控制运动的方式分类

(1) 点位控制 点位控制数控机床只控制刀具或机床工作台从一点准确地移动到另一点的定位,而不控制移动轨迹,移动过程中刀具不进行切削。使用这类控制系统的主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床等。

(2) 点位直线控制 点位直线数控机床不仅控制刀具或工作台从一个点准确地移动到另一点,而且保证在两点之间的运动轨迹是一条直线。移动部件在移动过程中进行切削。应用这类控制系统的有数控车床、数控铣镗床等。

(3) 轮廓控制 这类机床能够对两个或两个以上运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制,使合成的平面或空间的运动轨迹能满足零件轮廓的要求。应用这类

控制系统的有数控铣床、数控车床、数控磨床和数控加工中心等。

(三)按所用进给伺服系统分类

(1)开环控制系统 开环控制系统是指不带反馈装置的控制系統。这类系统的信息流向是单向的,即进给脉冲发出去以后,实际移动值不再反馈回来,所以称为开环控制。

开环控制系统的特点是结构简单,技术容易掌握,容易维修,成本较低,但其控制精度不高。一般适用于中、小型数控机床,特别适用于旧机床改造的简易数控机床。

(2)闭环控制系统 这类控制系统带有位置检测装置,数控装置将位移指令与位置检测装置测得的执行部件实际位置,随时进行比较,根据其差值与指令进给速度的要求,按一定的规律进行转换后,得到进给伺服系统的速度指令。另一方面还利用和伺服驱动电动机同轴刚性连接的测速元器件,随时实测驱动电动机的转速,得到速度反馈信号,将它与速度指令信号相比较,以其比较的结果即速度误差信号,对驱动电动机的转速随时进行校正。控制执行部件作补充位移,直到差值消除才停止移动,达到精确定位。

闭环控制系统的特点是定位精度高,移动速度快,但系统复杂,成本高,调试和维修都较困难。一般适用于精度要求高的数控设备,如数控精密镗铣床。

(3)半闭环数控系统 这类系统采用转角检测元件,测出伺服电动机的转角,从而推算出工作台的实际位移量,再反馈到计算机中进行位置比较,用比较的差值进行控制。由于反馈环内没有包含工作台,故称半闭环控制。

半闭环控制系统的性能介于开环和闭环之间,精度较闭环控制差,但稳定性好,成本较低,调试维修也较容易,因而得到广泛应用。

第二节 数控机床的坐标系

为了正确确定工件在机床中的位置、机床运动部件的特殊位置以及运动范围,简化程序编制的工作和保证记录数据的互换性,ISO841制定了关于《机床数字控制坐标——坐标轴和运动方向命名》的国际标准,我国也相应制定了等效于ISO841的标准JB3051—82。

一、坐标系及运动方向

1. L 坐标系的确定原则

标准的机床坐标系是一个右手笛卡尔直角坐标系,如图4-3-2所示。图中大拇指的指向为 X 轴的正方向,食指指向为 Y 轴的正方向,中指的指向为 Z 轴的正方

向。围绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A 、 B 、 C 表示 根据右手螺旋定则 , 以大拇指指向 $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$ 方向 , 则食指、中指等的环绕方向就是圆周进给运动的 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$ 方向。

在使用和判别坐标系时 , 有如下规定 :

1) 采用工件固定不动 , 刀具相对移动的原则编程 , 编程人员不用考虑数控机床的实际运动形式 ;

2) 若工件固定不动 , 刀具运动 , 坐标系正方向字母不带 ' ' , 若刀具固定不动 , 工件移动 , 坐标系正方向字母带 ' ' 表示。

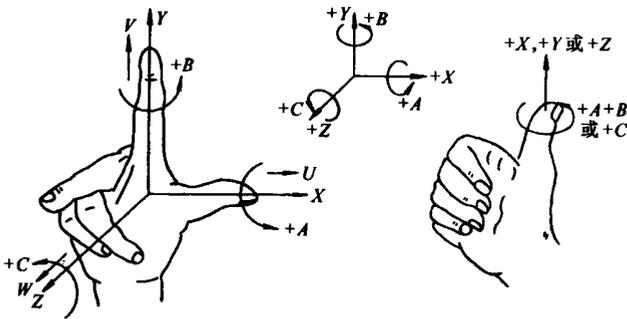


图 4-3-2 右手笛卡尔直角坐标系

2. 数控机床各坐标轴的确定方法如下 :

(1) Z 坐标 在标准中 , 规定平行于主轴轴线的坐标为 Z 坐标。

对于有几个主轴的机床 , 则选一垂直于工件装夹平面的主轴作为主要的主轴 , 平行于主要主轴轴线的坐标即为 Z 坐标。 Z 轴的正方向是使刀具远离工件的方向。

(2) X 坐标 X 坐标一般是水平的 , 它与工件装夹面平行 , 且垂直于 Z 坐标。

对于工件旋转的机床 , 例如数控车床 , 取平行于刀具移动面的工件径向作为 X 坐标 , 同样以刀具远离工件的方向为 X 轴的正方向。

对于刀具旋转的数控机床 , 如 Z 轴是水平的(卧式主轴) , 沿主轴后端向工件方向看时 , X 坐标正方向指向右边。如 Z 轴是垂直的 , 对于单立柱机床 , 面对主轴向立柱看时 , X 坐标正方向指向右边。

(3) Y 坐标 在确定了 X 、 Z 坐标的正方向后 , 可根据右手笛卡尔直角坐标系确定 Y 坐标的正方向。

一般称 X 、 Y 、 Z 为主坐标或第一坐标系 , 如有平行于第一坐标的第二组和第三组坐标 , 则分别指定为 U 、 V 、 W 和 P 、 Q 、 R 。第一坐标系是指靠近主轴的直线运动 , 稍远的为第二坐标系 , 更远的为第三坐标系。

图 4-3-3、图 4-3-4、图 4-3-5 是几种典型数控机床的坐标系简图。

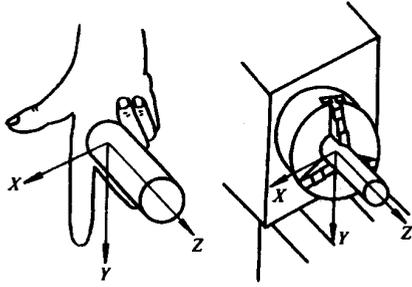


图 4-3-3 卧式数控车床坐标系

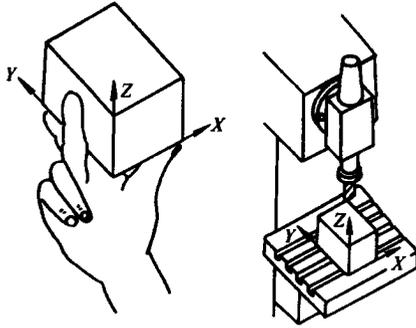


图 4-3-4 立式数控铣床坐标系

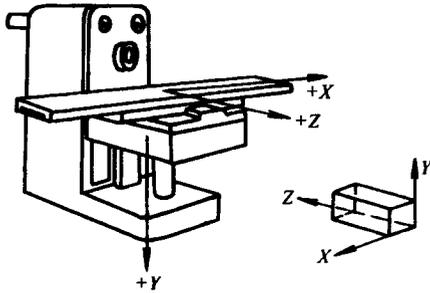


图 4-3-5 卧式数控铣床坐标系

二、机床坐标系与工件坐标系

(1) 机床坐标系与机床原点 机床坐标系是机床上固有的坐标系,此坐标系的原点即是机床原点。它在机床装配、调试时就已确定下来了,是数控机床进行加工运动的基准参考点。此点在数控机床的使用说明书上均有说明。在数控车床上,一般取卡盘端面与主轴中心线的交点处。

(2) 工件坐标系和工件原点 工件坐标系是编程人员以工件图样上的某一固定点为原点所建立的坐标系。此固定点即为工件原点。编程时,尺寸都按工件坐标系中的尺寸确定。加工时,工件随夹具在机床上安装后,测量工件原点与机床原点之间

的距离(可通过测量某些基准面、线之间的距离来确定),这个距离称为工件原点偏置,如图4-3-6所示。把此偏置值预存到系统中,在加工时,工件原点偏置值便能自动加到工件坐标系上,数控系统便可按机床坐标系确定加工时的坐标值。这样,利用数控系统的原点偏置功能,可通过工件原点偏置值来补偿工件在工作台上的装夹位置误差。编程人员可以不必考虑工件在机床上的安装位置和安装精度,使用十分方便。现在大多数数控机床都有这种功能。

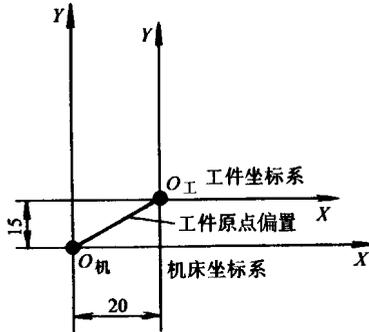


图 4-3-6 坐标原点偏置

三、绝对坐标系与增量坐标系

刀具(或机床)运动位置的坐标值是相对于固定的坐标原点给出的,称为绝对坐标系。刀具(或机床)运动位置的坐标值是相对于前一位置,而不是相对于固定的坐标原点给出的,称为增量坐标系(或相对坐标系)如图4-3-7所示。图4-3-7a中,A、B点的坐标是以固定的坐标原点计算的,则 $X_A = 15$ 、 $Y_A = 12$ 、 $X_B = 45$ 、 $Y_B = 37$ 。图4-3-7b中,B点的坐标是在以A点为原点建立起来的坐标系内计量的,使用代码中的第二坐标 U, V, W 表示,其相对坐标为 $U_B = 30$ 、 $V_B = 25$ 。

在编程时,可根据具体机床的坐标系,以编程方便及加工精度要求选用坐标系的类型。

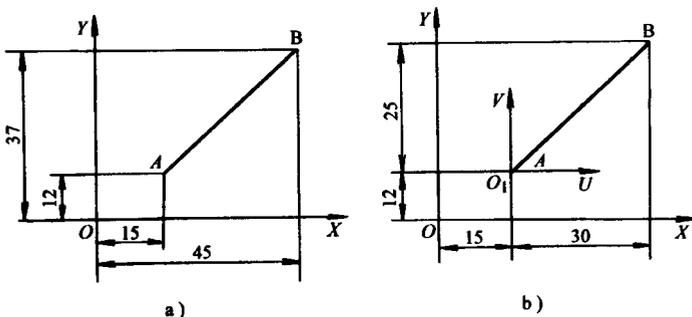


图 4-3-7 绝对坐标与增量坐标

a) 绝对坐标 b) 增量坐标

第三节 JCS - 018A 型立式加工中心

JCS - 018A 型立式加工中心是一种具有自动换刀装置的小型数控立式镗铣床。工件一次装夹后,可以自动连续地完成铣、钻、镗、铰、铤、攻螺纹等多工种工序的加工。适用于小型板件、盘件、壳体件、模具等复杂零件的多品种小批量加工。该加工中心采用了软件固定型计算机控制的 FANUC - BESK 6ME 数控系统(简称 FANUC - 6M 系统)。

一、机床的布局及特点

(一) 机床的布局

JCS - 018A 型立式加工中心外观图如图 4 - 3 - 8 所示。

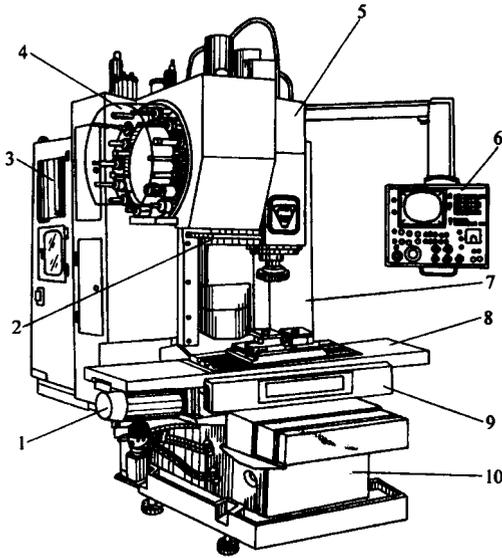


图 4 - 3 - 8 JCS - 018A 型立式加工中心外观图

- 1—伺服电动机 2—机械手 3—数控柜 4—刀库
- 5—主轴箱 6—操作面板 7—强电柜
- 8—工作台 9—滑座 10—床身

床身 10 顶面的横向导轨支承着滑座 9,滑座沿床身导轨作横向运动,此运动方向为 Y 轴。工作台 8 沿滑座导轨作纵向运动,此运动方向为 X 轴。主轴箱 5 沿立柱导轨的升降运动为 Z 轴。立柱的左侧前部装有刀库 4 和自动换刀机械手 2。刀库可以储存 16 把刀具。3 是数控柜,装有数控系统。7 是强电柜,装有电源变压器、强电系统和伺服装置,6 是操作面板,悬伸在机床的右前方,以便于操作。

(二) 机床的特点

(1) 强力切削 动力从 FANUC 交流主轴电动机, 经一对皮带轮传到主轴。主轴转速的恒功率范围宽, 低转速的转矩大, 机床的主要构件刚度高, 可以进行强力切削。

机床主轴箱内无齿轮传动, 使主轴运转时噪声低、振动小、热变形小。

(2) 高速定位 进给直流伺服电动机的运动经联轴节和滚珠丝杠副, 使 X 轴和 Y 轴获得 14m/min, Z 轴获得 10m/min 的快速移动。由于机床基础件刚度高, 导轨均采用氟化乙烯树脂贴面, 摩擦系数很小, 加之润滑充分, 使机床高速进给时振动小, 低速进给时无爬行, 且有高的精度稳定性。

(3) 随机换刀 驱动刀库的直流伺服电动机经蜗轮副使刀库回转。机械手的回转、取刀、装刀机构均采用气压驱动和气液转换器, 换刀运动平稳可靠, 整个装置安装在立柱上, 不影响主轴箱移动精度。随机换刀由控制系统管理, 刀具不需设编码和开关。

(4) 机电一体化 机床设计采用了机电一体化结构, 将控制柜、数控柜、润滑装置都安装在立柱和床身上, 减少了占地面积, 简化了搬运和安装, 机床操作面板集中安置在机床的右前方, 操作方便。

二、机床的传动系统

(一) 主运动传动系统

主轴电动机采用 FANUC AC12 型交流感应电动机, 通过一对同步带轮将运动传给主轴, 调速比 1:100, 可以使主轴在 22.5 ~ 2250r/min 转速范围内实现无级调速。主轴电动机采用全封闭结构, 具有很好的防尘性能和高速驱动性能。JCS-018A 加工中心在主轴电动机的伺服系统中加了功率限制, 使电动机的额定输出功率为 7.5kW (30min 超载) 和 5.5kW (连续运转) 图 4-3-9 为该机床的功率、转矩特性曲线。图 4-3-9 中实线为电动机的特性, 虚线为主轴的特性。

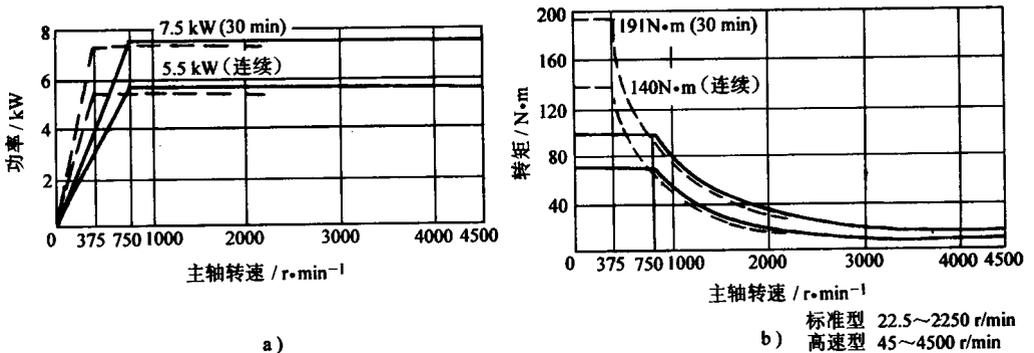


图 4-3-9 功率转矩特性曲线

电动机转速范围为 45 ~ 4500r/min, 在 750 ~ 4500r/min 转速范围内为恒功率区域,

电动机的运动经 $1/2$ 齿形带轮传给主轴, 主轴的转速范围为 $22.5 \sim 2250\text{r}/\text{min}$, 其中在 $375 \sim 2250\text{r}/\text{min}$ 的转速范围内, 主轴可以传递电动机的全部功率 5.5kW 或 7.5kW , 如图 4-3-9a 所示。

电动机转速范围为 $45 \sim 750\text{r}/\text{min}$ 时, 为恒转矩区域, 电动机连续运转的最大输出转矩为 $70\text{N}\cdot\text{m}$, 30min 超载时的最大输出转矩为 $95.5\text{N}\cdot\text{m}$ 。转速范围为 $22.5 \sim 375\text{r}/\text{min}$ 时, 为主轴恒转矩区域, 最大输出转矩分别为 $140\text{N}\cdot\text{m}$ 和 $191\text{N}\cdot\text{m}$ 。

(二) 进给运动传动系统

JCS-018A 机床的 X、Y、Z 轴各有一套基本相同的伺服进给系统。分别由三台功率为 1.4kW 的 FANUC-BESK DC15 型直流伺服电动机直接带动滚珠丝杠旋转, 三个轴的进给速度均为 $1 \sim 400\text{mm}/\text{min}$, X、Y 两轴的快速移动速度为 $14\text{m}/\text{min}$, Z 轴的快速移动速度为 $10\text{m}/\text{min}$ 。

(三) 刀库运动传动系统

JCS-018A 机床的刀库圆盘运动由一台功率为 1.4kW 的 FANUC-BESK DC 15 型直流伺服电动机经蜗杆蜗轮驱动。刀具装在标准刀杆上, 置于圆盘的周边。

三、主轴部件

1. 主轴结构

JCS-018A 机床主轴如图 4-3-10 所示。

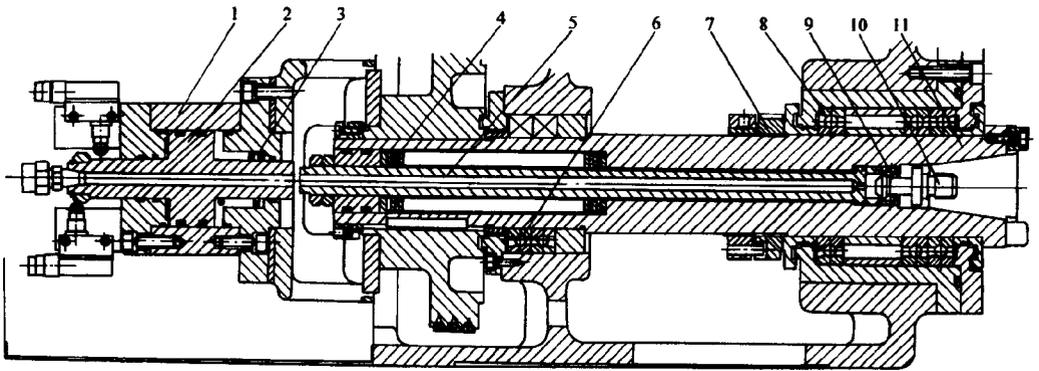


图 4-3-10 JCS-018A 主轴箱结构简图

- 1—液压缸 2—活塞 3—弹簧 4—碟形弹簧 5—拉杆 6—后支承
7—螺母 8—前支承 9—钢球 10—拉钉 11—主轴

主轴前支承 8 配置了三列组合式高精度的角接触球轴承, 承受径向负荷和轴向负荷。前支承按预加负荷计算的预紧量由螺母 7 调整。后支承 6 采用两列角接触球轴承, 承受径向负荷。这种轴承配置方式使主轴受热变形后向后伸长, 不影响加工精度。另外, 对轴承进行预加负荷调整, 从而提高了轴承的接触刚度。主轴前端锥孔采用专门淬火工艺, 硬度可达 60HRC 以上。主轴中部装有运动传入的带轮。

2. 刀具自动夹紧机构

如图 4-3-10 所示, 刀具自动夹紧机构主要由拉杆 5、拉杆端部的四个钢球 9、碟形弹簧 4、活塞 2、液压缸 1 组成。当换刀时, 主轴要松开刀具, 这时压力油通入液压缸上腔, 活塞在压力油的作用下推动拉杆下移, 压缩碟形弹簧, 使钢球进入主轴前锥孔上端的槽内, 刀柄尾部拉紧刀具的拉钉 10 被松开, 机械手即可拔刀。然后, 压缩空气进入拉杆中部孔中, 并从主轴孔中吹出, 吹净主轴锥孔, 为装入新刀具作好准备。下一把刀具插入主轴后, 液压缸上腔无油压, 受碟形弹簧 4 及弹簧 3 的恢复力作用, 碟形弹簧通过拉杆和钢球拉紧刀柄尾部的拉钉, 使刀具被夹紧。

3. 主轴定向机构

刀具与主轴的联结是靠一端面键来实现, 在换刀时, 必须保证刀柄上的键槽对准主轴的端面键, 为满足主轴这一定位要求而设计的装置称为主轴定向装置(或主轴准停装置)。JCS-018A 机床采用的是电气式主轴准停装置, 在带轮端部装有主轴定向用的发磁体和磁性传感器等电子定向元件。主轴定向指令发出后, 主轴立即处于定向状态, 当发磁体的判别孔旋至对准磁性传感器上的基准槽时, 主轴立即停止。该机构结构简单、定向迅速。

四、进给机构及反馈装置

机床有三套(X、Y、Z 轴)相同的伺服进给系统, 各由三台直流伺服电动机带动滚珠丝杠旋转。为了使各轴的进给传动系统有较高的传动精度, 电动机轴和滚珠丝杠之间均采用了锥环无键连接和高精度十字联轴器的连接结构。图 4-3-11 为 Z 轴进给装置中电动机轴与滚珠丝杠连接的局部剖视图。

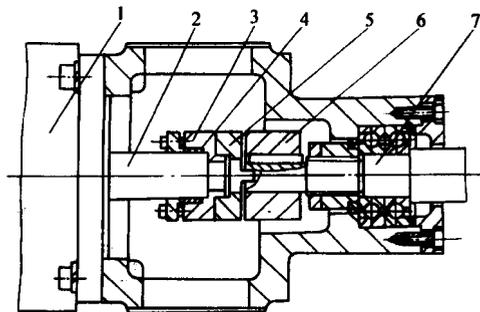


图 4-3-11 电动机轴与滚珠丝杠的连接结构

1—电动机 2—电动机轴 3—轴套(连接电动机)

轴环 5—联轴节 6—轴套(连接丝杠) 7—滚珠丝杠

电动机轴 2 与轴套 3 之间采用锥环无键连接结构, 这种连接结构可以进行无间隙传动, 同心性好, 传递动力平稳, 加工工艺性好, 安装与维修方便。与电动机轴连接的轴套 3 的端面有与中心对称的凸键, 与滚珠丝杠连接的轴套 6 上开有与中心对称

的端面键槽,联轴节 5 的两端面上分别有相应的凸键和键槽与轴套 3 及轴套 6 相配合,以传递运动和转矩。在装配时,凸键与凹键的径向配合须经过配研,以消除反向间隙,保证传动精度,使传递动力平稳。

五、刀库和换刀机械手

刀库和换刀机械手组成了自动换刀装置。刀库有 16 个刀位。

1. 自动换刀过程

如图 4-3-12 所示,换刀指令发出后,主轴立即停止旋转并开始自动定向,主轴箱同时回零;刀库 5 中处在换刀位置的刀套 2 及刀具 1 向下回转 90° ,使刀具轴线与主轴轴线平行;机械手 4 顺时针旋转 75° ,两手爪分别抓住刀库上和主轴 3 上的刀具;刀具的自动夹紧机构松开刀具;机械手下降,同时拔出两把刀具;之后,机械手带着两把刀具顺时针转 180° ,交换主轴刀具与刀库刀具的位置;机械手再上升,把刀具分别装入主轴锥孔和刀套中;刀具的自动夹紧机构夹紧刀具;机械手逆时针转 180° 使液压缸复位,再反转 75° 回到原始位置;刀套也向上翻转 90° 复位。完成刀具的自动交换。

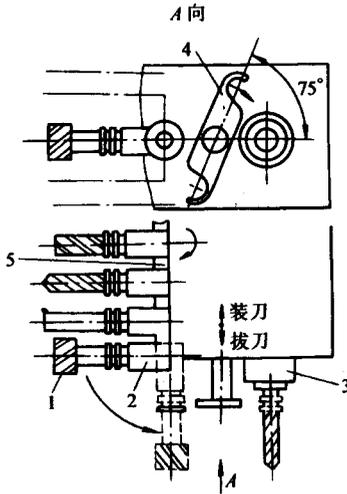


图 4-3-12 自动换刀过程示意图

1—刀具 2—刀套 3—主轴 4—机械手 5—刀库

2. 刀库结构

JCS-018A 机床刀库结构简图如图 4-3-13 所示。

接到数控系统发出的换刀指令后,直流伺服电动机 1 经过十字联轴节 2、蜗杆 4、蜗轮 3 带动刀盘 14 和安装在刀盘上的 16 个刀套 13 旋转,完成选刀的工作。刀套的尾部有一个滚子 11,进入拨叉 7 的槽内。这时,气缸 5 的下腔通压缩空气,活塞杆 6 带动拨叉 7 上升,放开位置开关 9,断开有关电路防止误动作。同时使得刀套绕销轴 12 逆时针向下翻转 90° ,刀头朝下,刀具轴线与主轴轴线平行。

刀套的结构如图 4-3-14 所示。刀套 4 内锥孔尾部有两个球头销钉 3，销钉后面有弹簧 1，刀具插入刀套后，在弹簧力的作用下，刀柄被夹住。拧动螺纹套 2，通过弹簧的压缩量可以调整夹紧力的大小。刀套顶部的滚子 5 是用来在水平位置时支承刀套的。

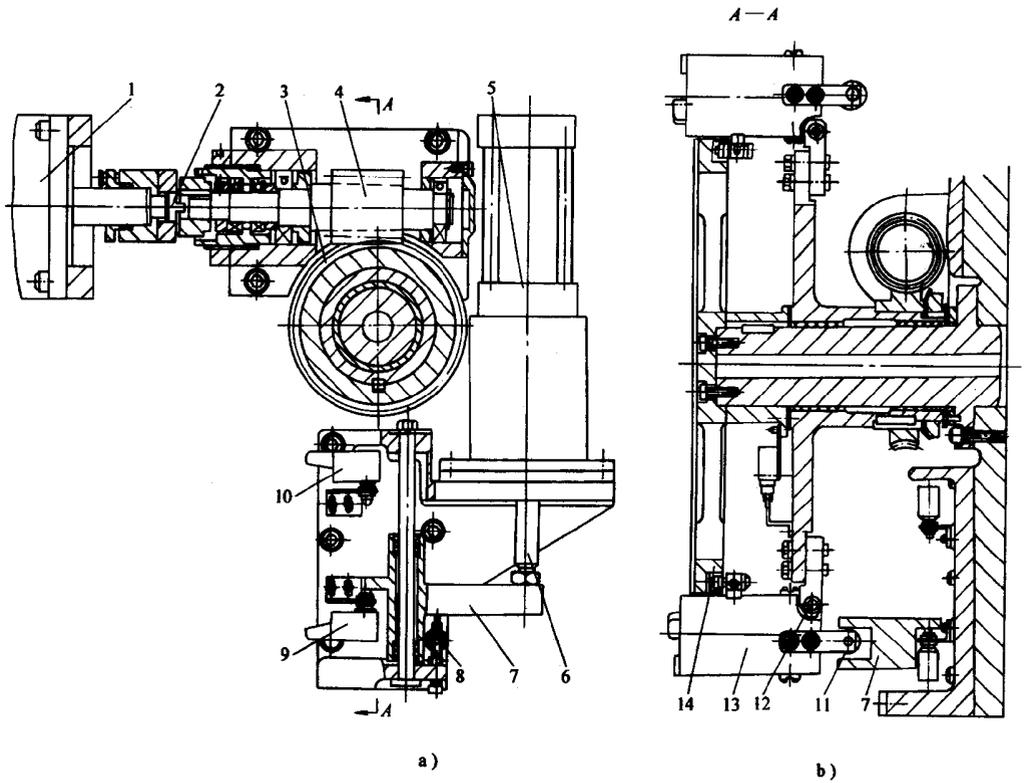


图 4-3-13 JCS-018A 刀库结构简图

- 1—电动机 2—十字联轴节 3—蜗轮 4—蜗杆 5—气缸 6—活塞杆 7—拨叉
8—螺杆 9—位置开关 10—定位开关 11—滚子 12—销轴 13—刀套 14—刀具

3. 机械手结构

(1) 机械手的传动机构 机械手的传动结构如图 4-3-15 所示。当刀盘下转 90° 压下位置开关，发出抓刀信号时，机械手在上面位置（即图 4-3-15 中所示位置），液压缸 18 右腔通压力油，通过齿条 17 带动齿轮 11、传动盘 10 转动，使机械手 21 回转 75° 进行抓刀。抓刀动作结束时，挡环 12 压下位置开关 14，发出拔刀信号，这时液压缸 15 上腔通压力油，推动轴 16 下降拔刀。轴 16 下降时，带动传动盘 10 下降，并把其上的销子 8 插入到连接盘 5 的销孔中，拔刀动作完成后，位置开关 1 被压下，发出换刀信号，液压缸 20 右腔通压力油，带动齿条 19 移动，使齿轮 4、连接盘 5、传动盘 10 通过销子 8 转动，带动机械手 21 转动 180°，交换刀具。换刀动作完成后，位置开关 9 被压下，发出插刀信号，液压缸 15 下腔通压力油，轴 16 带动机械手上升插刀，销子 8 又从连接盘销孔中移出。插刀动作完成后，位置开关 3 被压下，使液压缸 20 左腔通压力油

油,使齿条 19 右移复位,复位后压下位置开关 7,使液压缸 18 左腔通压力油,齿条 17 右移,使机械手 21 反转 75°复位。复位后,挡环 12 压下位置开关 13,发出换刀完成信号,刀具向上翻转 90°回到原位。

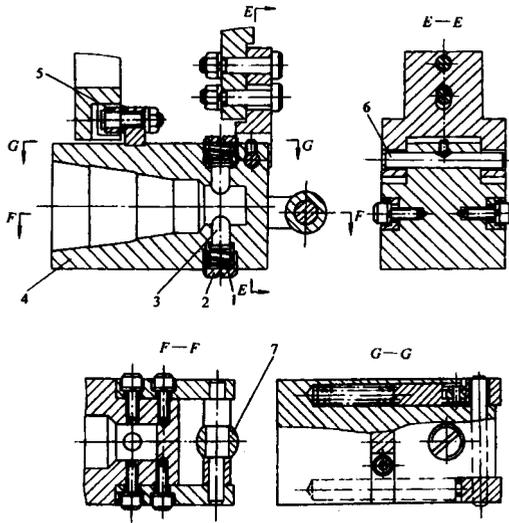


图 4-3-14 JCS-018A 刀套结构图

1—弹簧 2—螺纹套 3—球头销钉 4—刀套 5—滚子 6—销轴 7—滚子

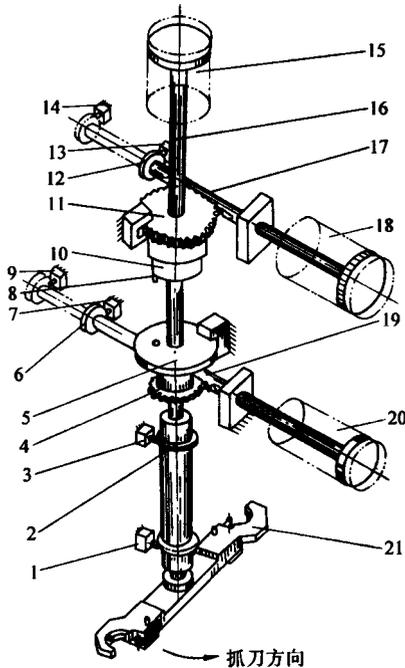


图 4-3-15 JCS-018A 机械手传动结构示意图

1、3、7、9、13、14—位置开关 2、6、12—挡环 4、11—齿轮 5—连接盘 8—销子 10—传动盘
15、18、20—液压缸 16—轴 17、19—齿条 21—机械手

(2)机械手抓刀部分的结构 机械手抓刀部分的结构如图 4-3-16 所示。手臂 1 两端各有一个固定手爪 7,手爪上有一个锥销 6,在抓刀时,锥销插入刀柄的键槽中,主轴前端面和刀库上均设有挡块,可以压下长销 8,活动销 5 在弹簧 2 的作用下顶住刀具。在拔刀时,挡块与长销 8 脱离接触,弹簧 4 弹起锁紧销 3,活动销 5 被锁住不能后退,保证在机械手运动时,刀具不会被甩出。当机械手上升插刀时,长销 8 又被挡块压下,锁紧销退出活动销孔,故可以自由地抓放刀具。

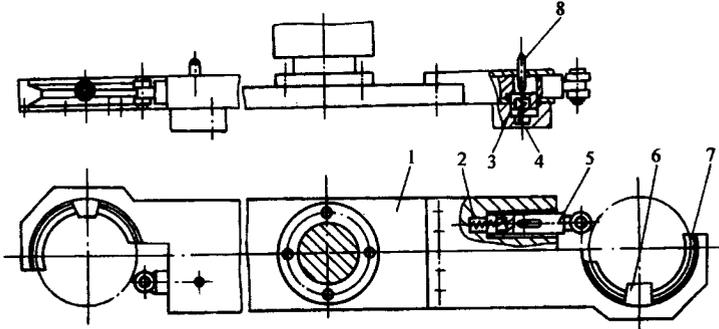


图 4-3-16 机械手臂和手爪

1—手臂 2、4—弹簧 3—锁紧销 5—活动销 6—锥销 7—手爪 8—长销

六、加工中心的发展动向

1. 高速化

高速化体现了高效率。数控系统采用位数、频数更高的微处理器,以提高系统的基本运算速度。目前 CPU 已由 8 位过渡到 16 位和 32 位,并向 64 位 CPU 发展。实现高速化最直接的方法就是提高主轴的转速、提高进给速度和缩短辅助时间。近几年来,加工中心的主轴最高转速不断提高,主轴转速最高已达 40000r/min。而 20 世纪 80 年代中期,中等规格的加工中心主轴最高转速为 4000~6000r/min。20 世纪 90 年代初期提高到 8000~12000r/min,现在已达到 18000~24000r/min。快速移动速度最高达到 100m/min,换刀时间从 5~10s 减少到 1~3s,大大减少了非切削时间。

2. 高精度化

为了适应市场对高精度产品的需要,加工设备高精度化已成必然。加工中心主要精度指标——直线坐标的定位精度和重复定位精度都有了明显的提高。定位精度由 $\pm 5\mu\text{m}/\text{m}$ 提高到 $\pm(0.15 \sim 3)\mu\text{m}/\text{m}$,重复定位精度由 $\pm 2\mu\text{m}/\text{m}$ 提高到 $\pm 1\mu\text{m}/\text{m}$ 。在控制系统方面采取用高精度的脉冲当量、交流数字伺服系统、前馈控制等技术,在主轴箱、进给系统中选用低热胀系数材料,通入恒温油等措施,以提高加工精度。

3. 智能化

引进自适应控制技术,根据切削条件的变化,自动调节在加工过程中所测得的工作状态特征,使切削过程达到并维持最佳状态,从而得到高的加工精度、较小的表面

粗糙度,同时也能提高刀具的使用寿命和设备的生产效率。

4. 高度自动化及可靠性

加工中心的数控编程从脱机(离线)编程发展到在线编程,实现了人机对话,给程序编辑、调试、修改带来了极大的方便。随着计算机技术的发展,目前 CAD/CAM 图形交互式自动编程已得到较多的应用,随着 CIMS(计算机集成制造系统)技术的发展,当前又出现了 CAD/CAPP/CAM 集成的全自动编程方式,编程所需的加工工艺参数不必由人工参与,直接从系统内的 CAPP 数据库获得。同时,进一步提高自动换刀、自动上下料、自动加工等自动化程度,在自动检测、自动监控、自动诊断、自动对刀、自动传输、自动调度、自动管理等方面也进一步得到发展,达到“无人化”管理正常生产的目标。

数控机床的可靠性一直是用户最为关注的重要性能指标,为提高可靠性,目前常采取以下措施:提高系统硬件质量,实现硬件、软件结构模块化、标准化和通用化,增强故障自诊断、自恢复和保护功能。

第四节 数控车床和车削中心

一、数控车床

1. 数控车床的用途、特点

在金属切削加工中,车削加工占有很大比重,因此,在数控机床中数控车床所占的比重也很大。与传统车床一样,数控车床也是用来加工轴类或盘类的回转体零件。但是由于数控车床是自动完成内、外圆柱面、圆弧面、圆锥面、端面、螺纹等工序的切削加工,所以数控车床特别适合加工形状复杂的轴类或盘类零件。

数控车床具有加工灵活、通用性强、操作方便、效率高、能适应产品的品种和规格频繁变化的特点,能够满足新产品的开发和多品种、小批量、生产自动化的要求,因此,被广泛地应用于机械制造业。

2. 数控车床的布局及机械构成

数控车床的床身结构和导轨有多种形式,主要有平床身、斜床身、平床身斜滑板、立床身等。如图 4-3-17 所示。一般中小型数控车床多采用斜床身或平床身斜滑板结构。这种布局结构具有机床外形美观,占地面积小,易于排屑和冷却液的排流,便于操作者操作与观察,易于安装上、下料机械手,实现全面自动化等特点。斜床身还可以采用封闭截面整体结构,以提高床身的刚度。

现以济南第一机床厂生产的 MJ-50 型数控车床为例,说明数控车床的布局及机

械结构。图 4-3-18 所示为 MJ-50 数控车床的外观图。

该数控车床采用的即为平床身斜滑板的布局形式。床身 14 的导轨上支承着倾斜 30°的滑板 13,导轨横截面为矩形,支承刚性好。导轨上配置有防护罩 8。

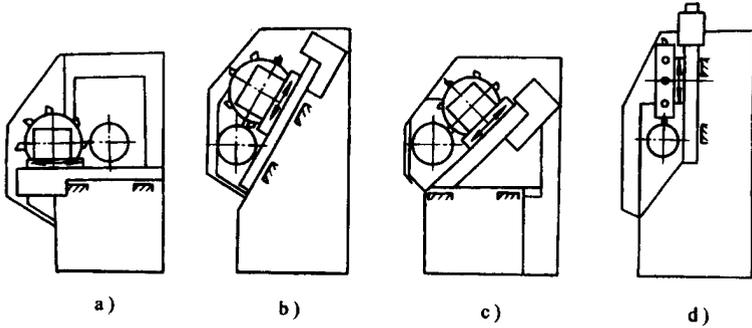


图 4-3-17 数控机床的布局形式

a)平床身 b)斜床身 c)平床身斜滑板 d)立床身

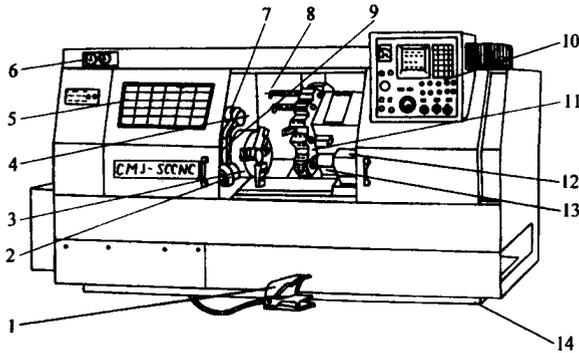


图 4-3-18 MJ-50 数控车床的外观图

1—脚踏开关 2—对刀仪 3—主轴卡盘 4—主轴箱
5—机床防护门 6—压力表 7—对刀仪防护罩
8—导轨防护罩 9—对刀仪转臂 10—操作面板
11—回转刀架 12—尾座 13—滑板 14—床身

主轴箱位于床身上方,主轴由交流伺服电动机驱动,免去变速传动装置,主轴箱结构简单。主轴卡盘 3 的夹紧与松开由主轴尾部的液压缸控制。回转刀架 11 安装于滑板的倾斜导轨上,刀架上有十个工位,可以安装 10 把刀具。在加工过程中,可按照零件加工程序自动转位,将所需的刀具转到加工位置。滑板上配有 X 轴和 Z 轴的进给传动装置。

主轴箱前端面可以安装对刀仪,用于机床机内对刀。测刀时,对刀仪的转臂 9 摆出,其上端的接触式传感器测头对所用刀具进行检测。测完后,转臂再摆回图中所示位置,测头进入对刀仪防护罩 7 中被锁住。12 是尾座,10 是操作面板,6 是液压系统的压力表,1 是主轴卡盘夹紧与松开的脚踏开关。5 是机床防护门,加工时关上此门,

可以防止切屑飞溅伤人。

3. 数控车床的传动系统

MJ-50 数控车床的传动系统如图 4-3-19 所示。

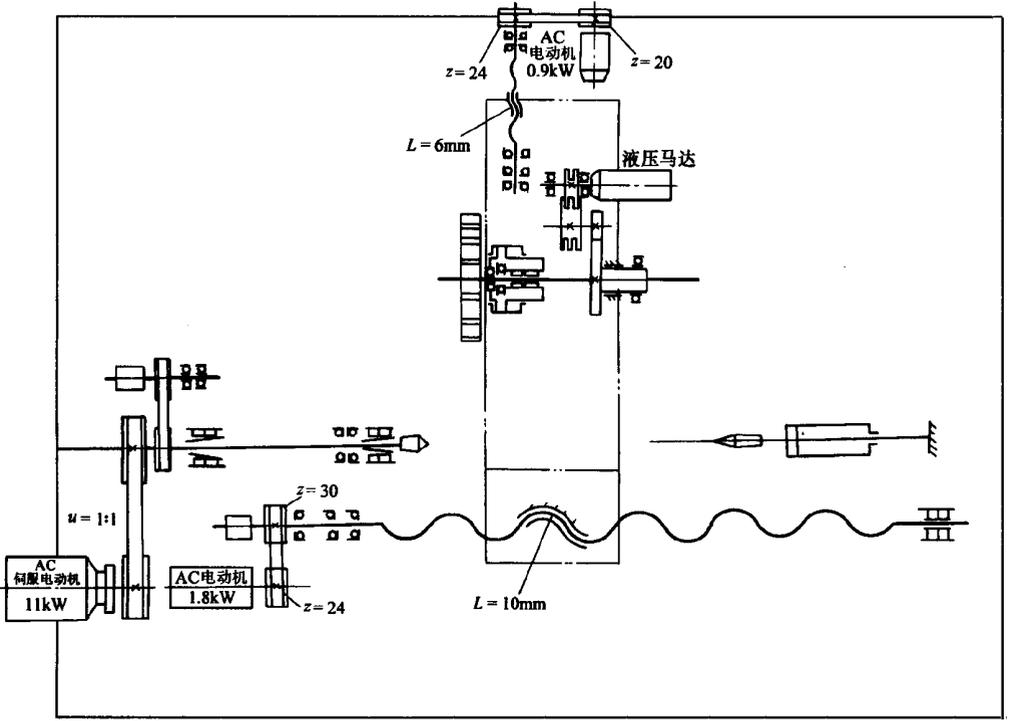


图 4-3-19 MJ-50 数控车床传动系统图

主电动机是功率为 11/15kW 的交流伺服电动机,经一级 1:1 的带传动带动主轴旋转,使主轴在 35 ~ 3500r/min 的转速范围内实现无级调速。在机床连续运转状态下,主轴的转速在 437 ~ 3500r/min 范围内,能传递电动机的全部功率 11kW,为主轴的恒功率区。从最高转速起,最大输出转矩随转速的下降而提高,主轴转速在 35 ~ 437r/min 范围内,主轴的输出转矩不变,为主轴的恒转矩区。在这个区域内,主轴所传递的功率随主轴转速的降低而降低。

MJ-50 数控车床的进给传动系统分为 X 轴进给传动和 Z 轴进给传动。X 进给由功率为 0.9kW 的交流伺服电动机驱动,经 20/24 的同步带轮传到滚珠丝杠上,螺母带动回转刀架移动,滚珠丝杠导程(螺距)为 6mm。Z 轴进给由功率为 1.8kW 的交流伺服电动机驱动,经 24/30 的同步带轮传动到滚珠丝杠,其上螺母带动滑板移动,滚珠丝杠导程(螺距)为 10mm。

二、车削中心

数控车削中心是在数控车床的基础上发展起来的。它扩大了数控车床的工艺范

围。除了车削以外,有些回转体零件常常还有钻油孔、钻横向孔、铣键槽、铣扁方及铣油槽等工序,如果这些工序能在一次装夹下完成,不但能提高生产率与制造精度,还可降低成本。特别对于重型工件的加工,由于工件重,吊装不容易,重型机床价格又较昂贵,如果一次装夹完成尽可能多的工序,将大大有利于降低成本,缩短加工周期。

车削中心一般具有C轴控制(C轴是绕主轴的回转轴,并与主轴互锁),在数控系统的控制下,实现C轴Z轴插补或C轴X轴插补。它的回转刀架还可以安置动力刀具,使工件在一次装夹下,除完成一般车削外,还可以在工件轴向或径向等部位进行钻削、铣削等加工。

图4-3-20所示为车削中心除车削以外能完成的工序。

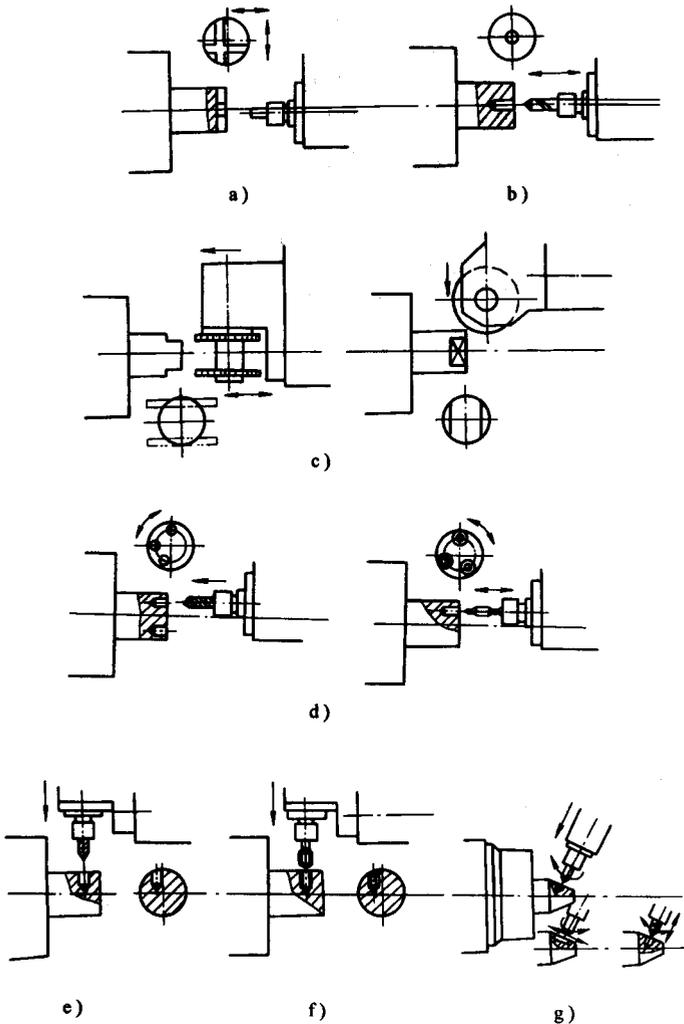


图4-3-20 车削中心除车削以外能完成的工序

- a) 铣端面槽 b) 端面钻孔、攻螺纹 c) 铣扁方 d) 端面分度钻孔
e) 横向钻孔 f) 横向攻螺纹 g) 斜面上钻孔、铣槽、攻螺纹

图 4-3-20a 为铣端面槽。主轴不转,刀架上的铣主轴带动铣刀旋转。铣中央槽时,刀架带动铣刀通过对工件中心作 X 轴方向进给。铣如图所示不在中央的端面槽时,铣刀则 Y 向偏置。图 4-3-20b 为端面钻孔、攻螺纹,主轴或刀具旋转,刀架作 Z 轴方向的进给运动。图 4-3-20c 为铣扁方,机床主轴不转,刀架上的铣主轴带动铣刀旋转。左图为铣刀沿 Z 轴方向作进给运动,右图为铣刀沿 X 轴方向作进给运动。铣多边形时,主轴可以分度。图 4-3-20d 为端面分度钻孔、攻螺纹。工件装在主轴上,刀架上的钻、攻螺纹主轴偏置、旋转,作沿 Z 轴方向的进给运动。每钻完一孔,则主轴带工件分度。图 4-3-20e、f 为横向钻孔、横向攻螺纹。此外,车削中心还可以铣螺旋槽。

第四章 工件在夹具中的定位与夹紧

第一节 机床夹具及作用、分类与组成

一、机床夹具及作用

1. 机床夹具定义。用以装夹工件(和引导刀具)的装置。

2. 机床夹具的作用。主要用于装夹工件,扩大机床工艺范围,保证发挥机床的性能,保证加工质量,降低对操作者的技术要求并减轻其劳动强度,缩短辅助时间以提高劳动生产率。

二、机床夹具的分类与组成

1. 机床夹具的分类。目前尚无统一的分类方法,一般可按夹具的通用性和使用特点,所使用的机床类型,以及所用动力源进行分类,见表4-1-1。

2. 机床夹具的组成。按在夹具中的作用及结构特点,其组成可划分为以下各类:

①定位元件及定位装置。

②夹紧元件及夹紧装置(或称夹紧机构)。

③对刀、导引元件及装置(包括刀具导向元件、对刀装置及靠模装置等)。

④动力装置。

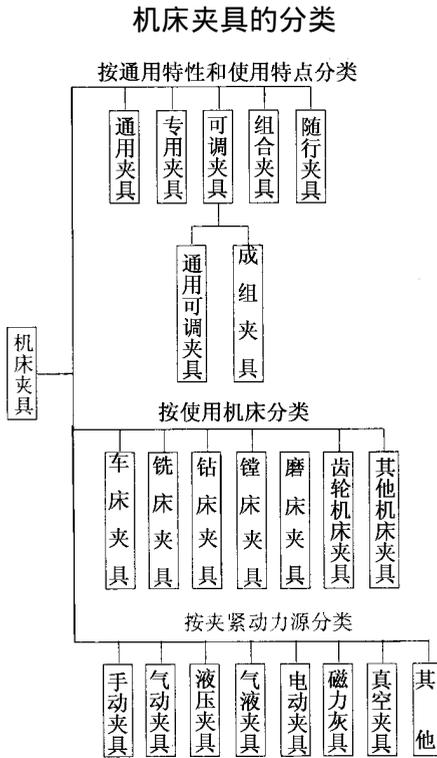
⑤分度、对定装置。

⑥夹具体。

⑦其他元件或装置(各种紧固螺钉、定位销、各种用途的手柄等)。

每台夹具不一定所有各类元件或装置都具备,应根据工件加工要求及夹具的作用而定。

表 4-4-1



第二节 工件在夹具中的定位

确定工件在夹具中占有正确位置的过程称为定位。

一、六点定位原理

任何工件在空间直角坐标系中都有 6 个自由度,如图 4-4-1 所示,沿 X 、 Y 、 Z 3 个坐标轴的转动(用符号 \hat{X} 、 \hat{Y} 、 \hat{Z} 表示)和绕 3 个坐标轴的转动(用符号 \vec{X} 、 \vec{Y} 、 \vec{Z} 表示)。因此,要想确定工件的正确位置,就必须使定位元件所相当的支承点数刚好为 6 个来限制工件的 6 个自由度。6 个支承点应按 3 2 1 的数目分布在 3 个相互垂直的坐标平面上,这即为六点定位原理。

图 4-4-1 所示为一长方形工件的六点定位,底面 H 用 A 、 B 、 C 3 个支承点支承,可限制 \hat{X} 、 \hat{Y} 、 \vec{Z} 3 个自由度;侧面 V 用 D 、 E 两个支承点支承,可限制 \vec{X} 、 \hat{Z} 两个自由度;端面 W 用一个支承点 F 支承,可限制 \vec{Y} 自由度。这种工件的 6 个自由度完全被限制的定位方式称完全定位。

图 4-4-2 所示的磨削工件平面,保证尺寸 H 及上下平面平行。此时只要把工件放在平面磨床电磁工作台上磨削,就可保证加工技术要求,工件实际上只被限制了 3 个自由度。这种限制工件自由度数目少 6 个,又能符合加工技术要求的定位方式称不完全定位。

图 4-4-3(a)所示工件的定位方案,平面限制 $\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z}$ 3 个自由度,长销限制 $\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z}$ 4 个自由度,短销限制 \vec{X}, \vec{Y} 两个自由度被重复限制。这种多个支承点重复限制同一自由度的定位方式称重复定位(或过位)。

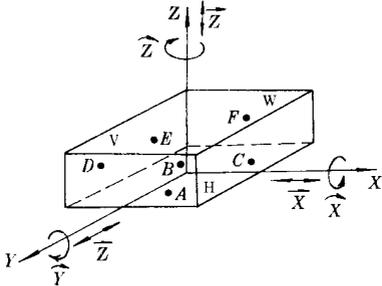


图 4-4-1 六点定位原理

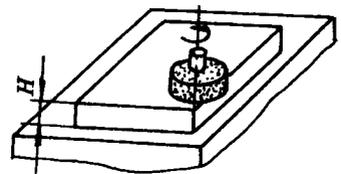


图 4-4-2 磨平面不完全定位

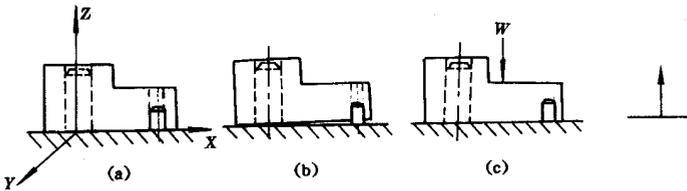
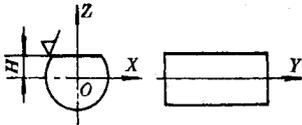
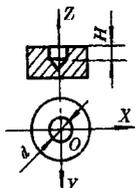
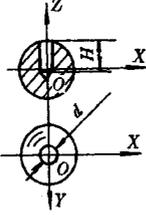
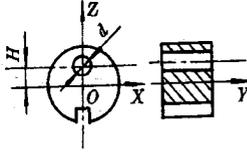
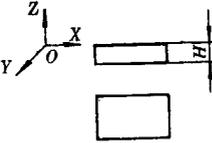
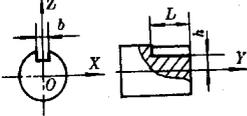
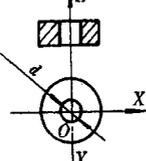
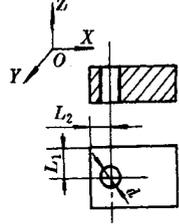
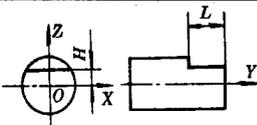
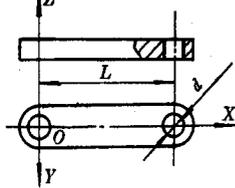
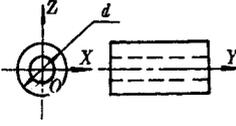
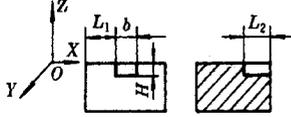
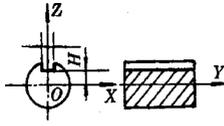
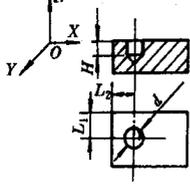
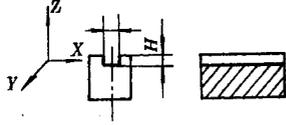
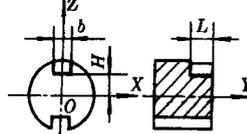


图 4-4-3 重复定位

重复定位是否允许使用,主要应从重复定位所造成的后果来判断 (a)重复限制自由度的支承点之间,未产生干涉或冲突,也未造成工件或夹具的变形,这种重复定位是允许的。如图 4-4-3(a)所示,若工件定位基准间位置精度较高,夹具上支承平板与长销间的位置精度亦较高,工件顺利装入,定位元件未产生干涉,亦未引起工件或夹具的变形,那么这种重复定位是允许的。(b)重复限制相同自由度的定位元件间产生干涉,以致造成工件或夹具变形,这种重复定位是不允许的。如图 4-4-3(b) (c)所示,若定位基准之间或定位元件之间的位置精度较低,就会出现重复定位的同时引起夹具(长销)的变形(或工件变形),那么这种重复定位则是不允许的。

表 4-4-2 各种加工形式保证加工精度需要限制的自由度

加工简图	需要限制的自由度	加工简图	需要限制的自由度
	\vec{Z}		\vec{X}, \vec{Y}

加工简图	需要限制的自由度	加工简图	需要限制的自由度
	$\vec{Z} \vec{X}$		$\vec{X} \vec{Y} \vec{Z} \vec{X} \vec{Y}$
	$\vec{X} \vec{Y} \vec{Z}$		$\vec{X} \vec{Y} \vec{X} \vec{Y} \vec{Z}$
	$\vec{Z} \vec{X} \vec{Y}$		$\vec{X} \vec{Y} \vec{Z} \vec{X} \vec{Z}$
	$\vec{X} \vec{Y} \vec{X} \vec{Y}$		$\vec{X} \vec{Y} \vec{X} \vec{X} \vec{Z}$
	$\vec{Y} \vec{Z} \vec{X} \vec{Z}$		$\vec{X} \vec{Y} \vec{X} \vec{Y} \vec{Z}$
	$\vec{X} \vec{Z} \vec{X} \vec{Z}$		$\vec{X} \vec{Y} \vec{Z} \vec{X} \vec{Y} \vec{Z}$
	$\vec{X} \vec{Z} \vec{X} \vec{Z}$		$\vec{X} \vec{Y} \vec{Z} \vec{X} \vec{Y} \vec{Z}$
	$\vec{X} \vec{Z} \vec{X} \vec{Y} \vec{Z}$		$\vec{X} \vec{Y} \vec{Z} \vec{X} \vec{Y} \vec{Z}$

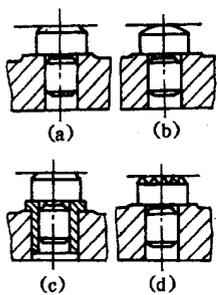
工件在定位时,应该加以限制的自由度而未加以限制,这种定位方式称欠定位。欠定位是绝对不允许出现的,否则就不能保证工件的加工要求。

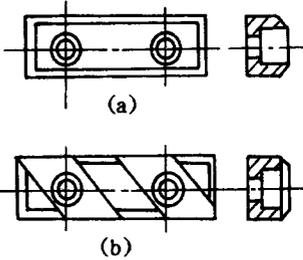
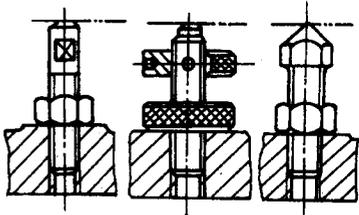
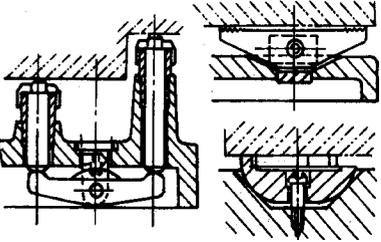
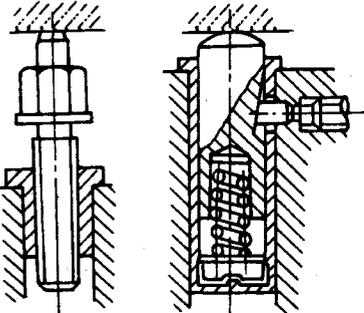
常见加工方式应限制的自由度见表 4-4-2。常用定位元件的支承点分析见表 4-4-3。

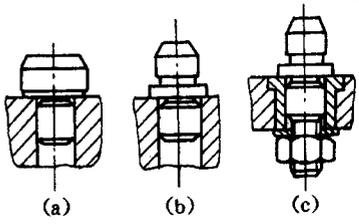
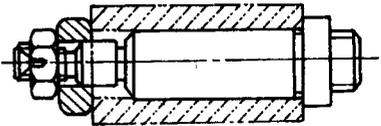
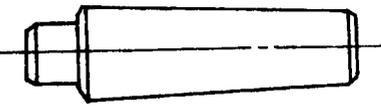
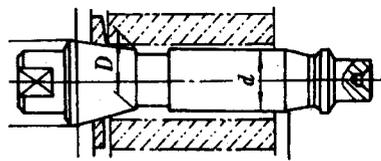
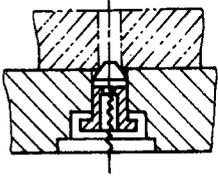
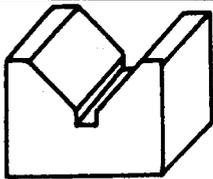
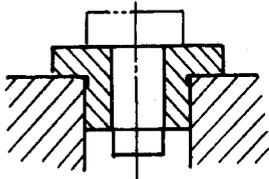
表 4-4-3 常用定位元件的支承点分析

工件定位基准面	定位元件	相当支承点	限制自由度情况	
平面	宽长定位板	3	一个移动,两个转动	
	窄长定位板	2	一个移动,一个转动	
	定位钉	1	一个移动	
圆柱孔	定位心轴	4	两个移动,两个转动	
	短圆柱销	2	两个移动	
	短圆边销	1	一个移动	
圆锥孔	短圆锥体	3	3个移动	
	长圆锥体	5	3个移动,两个转动	
	前后顶针联合使用	5	3个移动,两个转动	
圆柱体	长V形块 长圆柱孔	4	两个移动,两个转动	
	短V形块 短圆柱孔	2	两个移动	
圆柱体	三爪卡盘	1. 夹持工件较短时	2	两个移动
		2. 夹持工件较长时	4	两个移动,两个转动
圆锥体	短圆锥孔	3	3个移动	
	长圆锥孔	5	3个移动,两个转动	

表 4-4-4 常用定位方法与定位元件

定位方法	定位元件		型式	应用
平面定位	主要	支承		<p>平头式(a)适用于精基准平面定位;圆头式(b)适用于粗基准平面定位;齿纹式(c)适用粗基准侧面、顶面定位。定位钉可直接装在夹具体孔中,也可装在夹具体淬硬的衬套孔中(c)。定位钉已标准化。设计时可查国家标准</p>

定位方法	定位元件	型式	应用
平面定位	支承板	 <p>(a)</p> <p>(b)</p>	<p>适用于较大的精基准平面定位。(a) 定位板的螺钉凹坑容易积存切屑, 故适用侧面或顶面定位; (b) 为带有排屑槽的定位板, 因其切屑易清除, 故适用于底面支承</p>
	可调支承		<p>多数用于粗基准平面定位。当基准面形状复杂、毛坯尺寸偏差较大或批量较多时, 采用可调支承</p>
	浮动支承		<p>用于提高工件的稳定性和支承刚度, 无论其与工件接触面多大, 只能限制一个自由度, 避免了过定位</p>
	辅助支承		<p>用以补充主要支承作用, 增加支承刚度, 防止工件加工时变形。用三点支承的工件, 当切削力作用在支承点形成的三角形之外时, 将使工件定位不稳或工件变形, 此时必须在三个主要支承之外加辅助支承, 它不能参与定位</p>

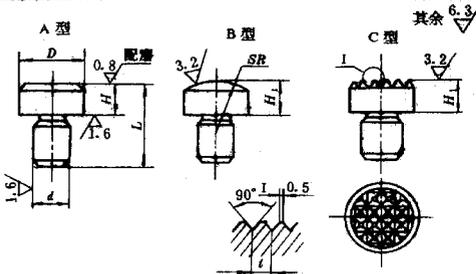
定位方法	定位元件	型式	应用
孔定位	定位销	 <p>(a) (b) (c)</p>	<p>定位销结构型式较多, 且有些已标准化。图 (a), (b) 为固定式圆柱销和削边销, 结构简单, 但不便于更换; 图 (c) 为可换定位销, 适用于磨损快的场合, 以便于更换定位销和保护夹具体</p>
	定位心轴		<p>用于盘类或套类工件定位, 定位方法简单, 装卸工件方便, 但存在配合间隙, 其定心精度较低</p>
	锥度心轴		<p>用锥度心轴定位能获得较高径向定位的精度, 心轴的锥度愈小, 则定位精度愈高。心轴锥度通常为 $1/1\ 000 \sim 1/5\ 000$, 一般小锥度心轴用于定位孔公差等级在 7 级以上的场合</p>
	组合心轴		<p>常用于工件基准孔较长而加工精度要求不高的场合。较大的锥度可使工件正确定心, 轴向移动不大, 较长圆柱部分可减少工件的倾斜</p>
	圆锥体与平面联合		<p>使锥体浮动定位, 利用工件平面防止定位倾斜, 以实现良好的定心</p>
外圆柱面定位	V形块		<p>主要应用于各种轴类、阀门以及套类零件的定位等。两工作平面间夹角有 60°, 90° 和 120°, 常用的为 90°, 对中性好, 应用广</p>
	定位套筒		<p>用定位套筒的圆柱孔定位, 是工件以外圆表面定位中最常用的一种方法。一般与端面定位配合能限制 5 个自由度</p>

二、常用定位方法及定位元件

工件在夹具中实际定位时,是根据工件上已被选作定位基准面的形状,而采用相应结构形状的定位元件来定位的。常用的定位方法及定位元件见表 4-4-4。

常用定位元件绝大多数已标准化,设计夹具时可查阅国家标准。表 4-4-5 ~ 表 4-4-9 是最常用定位元件的国家标准。

表 4-4-5 支承钉(JB/T8029.2—1999)



材料: T8 按 GB1298 的确定

热处理: 55 ~ 60HRC

标记示例:

$D = 16\text{mm}$, $H = 8\text{mm}$ 的 A 型支承钉:

支承钉 A16 × 8 JB/T8029.2—1999

mm

D	H	H ₁		L	d		SR	t
		基本尺寸	极限偏差 h11		基本尺寸	极限偏差 r6		
5	2	2	0 -0.060	6	3	+0.016 +0.010	5	1
	5	5	0 -0.075	9				
6	3	3		8	4	+0.023 +0.015	6	
	6	6		11				
8	4	4	0 -0.090	12	6	8	1.2	
	8	8		16				
12	6	6	0 -0.075	22	8	12		
	12	12	0 -0.110					
16	8	8	0 -0.090	20	10	16	1.5	
	16	16	0 -0.110	28				
20	10	10	0 -0.090	25	12	20		
	20	20	0 -0.130	35				
25	12	12	0 -0.110	32	16	25	2	
	25	25	0 -0.130	45				
30	16	16	0 -0.110	42	20	32		
	30	30	0 -0.130	55				
40	20	20	0 -0.130	50	24	40		
	40	40	0 -0.160	70				

表 4-4-6

支承板 (JB/T8029.1—1999)

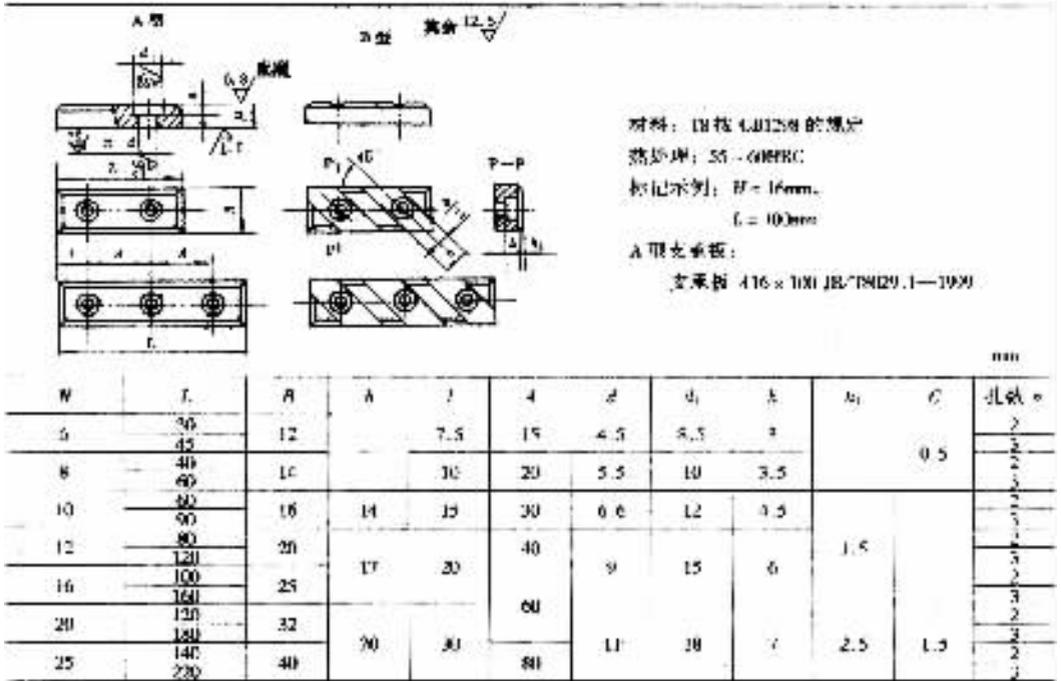
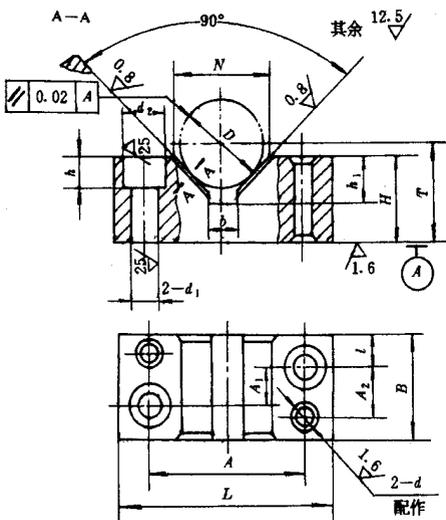


表 4-4-7

V形块 (JB/T8018.2—1999)

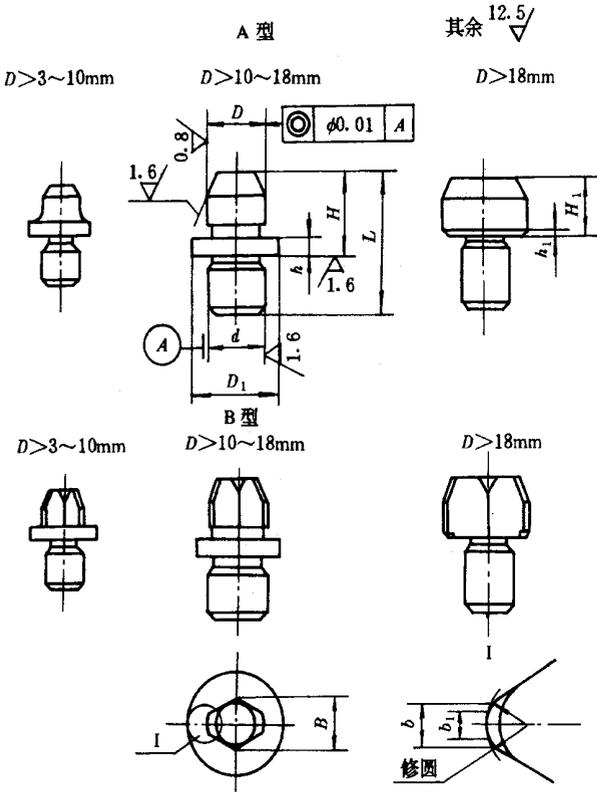
mm



N	D	L	B	H	A	A ₁	A ₂	b	l
9	5~10	32	16	10	20	5	7	2	5.5
14	>10~15	38	20	12	26	6	9	4	7
18	>15~20	46	25	16	32	9	12	6	8
24	>20~25	55	32	20	40	12	15	8	10
32	>25~35	70	32	25	50	16	19	12	12
42	>35~45	85	40	32	64	19	25	16	16
55	>45~60	100	50	35	76	20	25	20	20
70	>60~80	125	50	42	96	25	30	30	15
85	>80~100	140	50	50	110	30	40	40	15

基本尺寸	极限偏差 H7	d			
		d ₁	d ₂	h	h ₁
4	+0.012 0	4.5	8.5	4	5
		5.5	10	5	7
5	+0.015 0	6.6	12	6	9
					11
6		9	15	8	14
8	+0.015 0	11	18	10	18
					22
10	+0.015 0	14	22	12	25
					30

表 4-4-8 固定式定位销 (JB/T8014.2—1999)



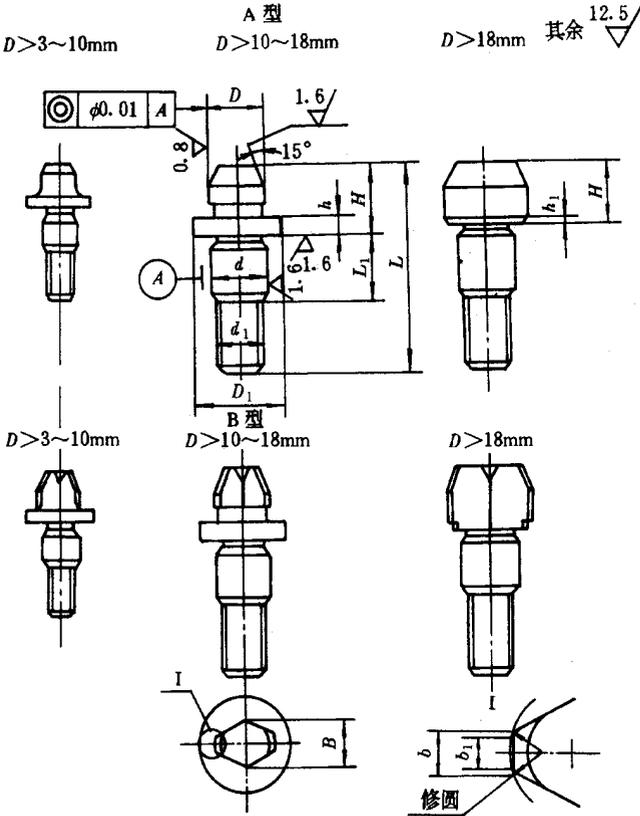
材料: $D \leq 18\text{mm}$ T8
 $D > 18\text{mm}$ 20
 热处理: T8 55~60HRC
 20 渗碳深度 0.8~1.2mm
 55~60HRC
 标记示例:
 $D = 11.5\text{mm}$, 公差带为 $f7$,
 $H = 14\text{mm}$ 的 A 型定位销:
 定位销 A11.5f7 \times 14
 JB/T8014.2—1999

mm

D	H	d		D ₁	L	h	h ₁	B	b	b ₁
		基本尺寸	极限偏差 μm							
> 3~6	8	6	+0.023	12	16	3	—	D-0.5	2	1
	14		+0.015		22	7				
> 6~8	10	8	+0.028 +0.019	14	20	3	—	D-1	3	2
	18				28	7				
> 8~10	12	10	+0.034 +0.023	16	24	4	—	D-2	4	3
	22				34	8				
> 10~14	14	12	+0.041 +0.028	18	26	4	—	D-2	4	3
	24				36	9				
> 14~18	16	15	+0.041 +0.028	22	30	5	—	D-2	4	3
	26				40	10				
> 18~20	12	12	+0.041 +0.028	—	26	—	1	D-3	5	3
	18				32					
	28				42					
	14				30					
> 20~24	22	15	+0.041 +0.028	—	38	—	2	D-3	5	3
	32				48					
	16				36					
	24~30				45					
> 24~30	34	18	+0.041 +0.028	—	54	—	2	D-4	5	3
	18				42					
	30				54					
	38				62					
> 30~40	20	22	+0.041 +0.028	—	50	—	3	D-5	6	4
	35				65					
	20				50					
	40~50				65					
> 40~50	45	22	+0.041 +0.028	—	75	—	3	D-5	8	5
	45				75					

表 4-4-9

可换定位销 (JB/T8014.3—1999)



材料: $D \leq 18\text{mm}$ T8
 $D > 18\text{mm}$ 20
 热处理: T8 55~60HRC
 20 渗碳深度 0.8~1.2mm
 55~60HRC
 标记示例:
 $D = 12.5\text{mm}$, 公差带为 f7,
 $H = 14\text{mm}$ A 型可换定位销:
 定位销 A12.5f7 × 14JB/T8014.3
 —1999

D	H	d		d ₁	D ₁	L	L ₁	h	h ₁	B	b	b ₁
		基本尺寸	极限偏差 h6									
> 3~6	8	6	0 -0.008	M5	12	26	8	3	—	D-0.5	2	1
	14					7						
	10					3						
> 6~8	18	8	0 -0.009	M6	14	32	—	7	—	D-1	3	2
	10					3						
	18					7						
> 8~10	12	10	0 -0.009	M8	16	35	10	4	—	D-2	4	—
	22					8						
	12					4						
> 10~14	14	12	0 -0.011	M10	18	40	12	4	—	D-2	4	—
	24					9						
	16					5						
> 14~18	26	15	0 -0.011	M12	22	46	14	5	—	D-2	4	—
	12					10						
	26					8						
> 18~20	18	12	0 -0.011	M10	—	40	12	1	—	D-3	5	3
	28					46						
	14					55						
> 20~24	14	15	0 -0.011	M12	—	45	14	2	—	D-3	5	—
	22					53						
	32					63						
> 24~30	16	18	0 -0.013	M16	—	50	16	—	—	D-4	6	4
	25					60						
	34					68						
> 30~40	18	18	0 -0.013	M16	—	60	20	3	—	D-5	6	4
	30					72						
	38					80						
> 40~50	20	22	0 -0.013	M20	—	70	25	—	—	D-5	8	5
	35					85						
	45					95						

注: D 的公差带按设计要求决定。

三、定位误差的分析与计算

1. 定位误差

使用夹具按调法加工一批工件时,虽然按六点定位原理使工件获得了一个确定的位置,但由于每一个工件在尺寸和表面形状上存在着公差范围内的差异,夹具定位元件也有一定的制造误差,结果会使每个具体表面相对于理想位置产生位置变动量。如果在夹具中定位的工件定位基准和工序基准产生这一位置变动量,就会使工件加工表面至工序基准间的尺寸(即工序尺寸)发生变化,即产生变化,即产生了定位误差。

2. 产生定位误差的原因

定位误差产生的原因有两种:

(a)由于定位基准本身的尺寸和形状误差及定位元件的制造误差,引起一批工件的定位基准沿加工尺寸方向上的位置变动,其最大位置变动量称基准位置误差,用符号 Δ_{j-w} 表示。(b)由于工序基准与定位基准不重合,引起一批工件的工序基准相对于定位基准沿加工尺寸方向上的位置变动,其最大位置变动量称基准不重合误差,用符号 Δ_{j-b} 表示。

上述两种误差分别独立,互不相干,它们都使工序尺寸产生变动,按综合作用定义为定位误差,即两种误差同时存时,工序基准沿加工尺寸方向上的最大位置变动量就是定位误差。

3. 定位误差的计算

(1)定位误差的基本计算公式如下:

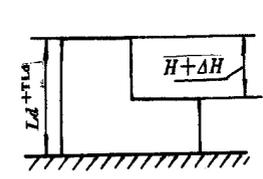
$$\Delta_{d-w} = \Delta_{j-w} \cos \beta + \Delta_{j-b} \cos \gamma$$

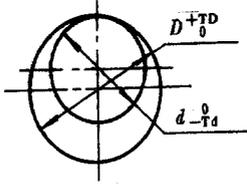
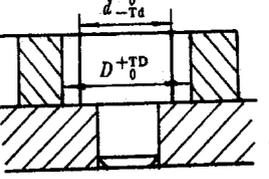
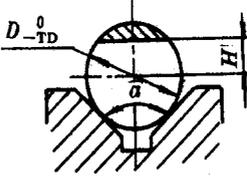
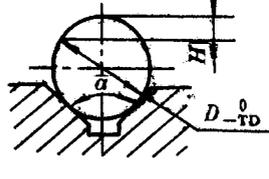
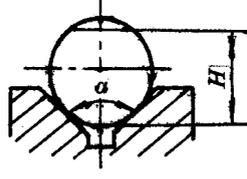
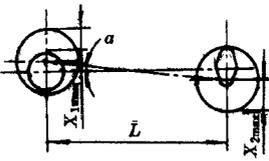
式中 β, γ — $\Delta_{j-w}, \Delta_{j-b}$ 与加工尺寸方向的夹角。

为了保证工件的加工精度,规定定位误差就控制在对应加工尺寸公差的 $1/5 \sim 1/3$ 之内。

(2)常用定位误差计算公式 表 4-4-10。

表 4-4-10 常见定位误差计算公式

定位形式	定位简图	定位误差 Δ_{d-w}	备注
以平面作定位基准		$\Delta_{d-w} = \Delta_{j-b} = T_{Ld}$	

定位形式	定位简图	定位误差 $\Delta_{d,w}$	备注
以圆孔或圆孔和一平面作定位基准		$\Delta_{d,w} = \Delta_{j,w} = \frac{T_D + T_d}{2}$	
		$\begin{aligned} \Delta_{d,w} &= \Delta_{j,w} \\ &= T_D + T_d + X_{\min} \end{aligned}$	
以圆柱面作定位基准	<p>设计基准为： 中心线</p> 	$\begin{aligned} \Delta_{d,w} &= \Delta_{j,w} \\ &= \frac{T_D}{2 \sin(\alpha/2)} \end{aligned}$	当 $\alpha = 90^\circ$ 时, 等于 $0.707 T_D$
以圆柱面作定位基准	<p>设计基准为： 上母线</p> 	$\begin{aligned} \Delta_{d,w} &= \Delta_{j,w} + \Delta_{j,b} \\ &= \frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin(\alpha/2)} + 1 \right) \end{aligned}$	当 $\alpha = 90^\circ$ 时, 等于 $1.207 T_D$
	<p>下母线</p> 	$\begin{aligned} \Delta_{d,w} &= \Delta_{j,w} - \Delta_{j,b} \\ &= \frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin(\alpha/2)} - 1 \right) \end{aligned}$	当 $\alpha = 90^\circ$ 时, 等于 $0.207 T_D$
以一面两孔作定位基准		$\tan \alpha = \frac{X_{1\max} + X_{2\max}}{2L}$	$X_{1\max}$ ——第1销、第1孔配合最大间隙 $X_{2\max}$ ——第2销、第2孔配合最大间隙

第三节 工件的夹紧

夹紧的目的就是使工件在夹具中的定位,不致因加工中受切削力、重力、离心力和惯性力等作用而产生位移或振动,从而保证加工精度的实现和安全生产。

一、夹紧装置的组成和基本要求

1. 夹紧装置的组成

夹紧装置由力源和夹紧两大部分组成。

(1)力源部分。对于力源来自机械或电力的,一般称为传动装置。常用的有气压、液压、电力等传动装置。力源来自人力的,则称为手动夹紧机构。

(2)夹紧部分。接受和传递力源原始作用力使之变为夹紧力并执行夹紧任务的部分。一般由下列元件或机构组成:

①中间递力机构。是介于力源和夹紧元件之间的机构,其作用是将原始作用力传递给夹紧元件,并能改变原始作用力的方向、大小,还具有一定的自锁性能。

②夹紧元件。是夹紧装置最终执行元件,通过它和工件受压面接触完成夹紧作用。

2. 对夹紧装置的基本要求

夹紧装置应满足下列基本要求 (a)夹紧时不能破坏工件的定位。(b)夹紧力大小应适当,工件的夹紧变形和受压面损伤不超出允许范围,且夹紧可靠,加工中不松动。(c)结构简单合理,夹紧动作迅速,操作方便、省力和安全。(d)夹紧力或夹紧行程在一定范围内可进行调和补偿。

3. 夹紧力的确定

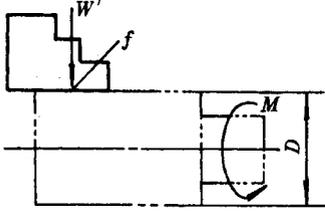
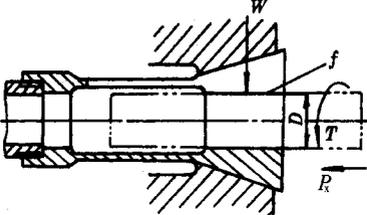
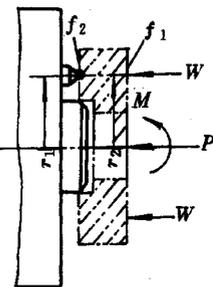
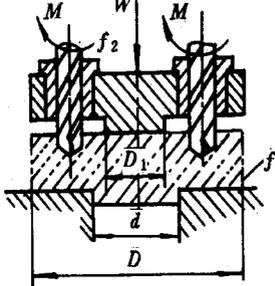
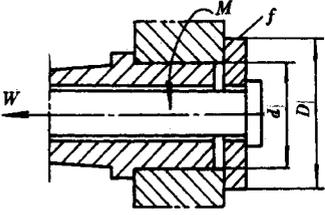
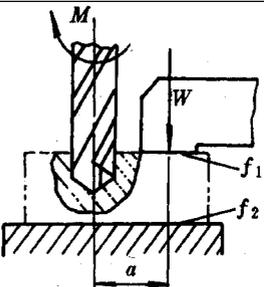
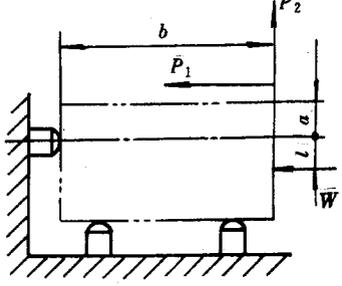
对夹紧力的确定是指对夹紧力的大小、方向和作用点的确定。

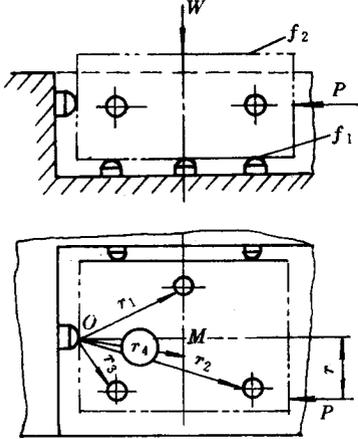
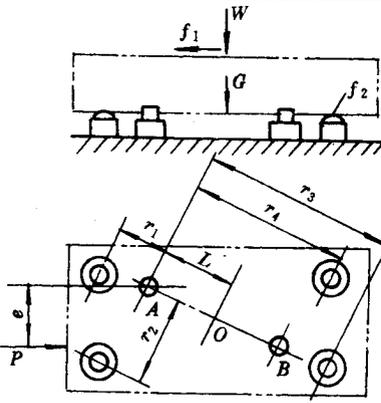
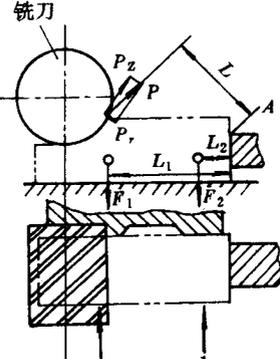
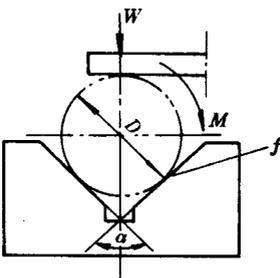
(1)夹紧力的方向和作用点的确定。夹紧力的方向尽可能垂直于工件主要定位基准面,使其与定位元件接触面积较大,工件变形小,且夹紧可靠。夹紧力的方向还应尽可能与切削力方向一致,以减少夹紧力,使夹紧机构简单;夹紧力作用点应落在定位元件上,或由几个定位元件构成的平面内,避免产生翻转力矩,使工件定位稳固。当工件刚度不足时,应在夹紧力作用点对应位置上设置辅助支承。夹紧力作用点应尽量靠近加工部位,以减少加工中的振动。夹紧力作用点应落在刚性较好的位置,或增加夹紧点数,减少单位面积压力,防止工件夹紧变形。

(2)夹紧力大小的确定。计算夹紧力时,为安全起见,应在最不利的加工条件下,根据工件所受切削力 F (或切削力矩 M),夹紧力 W 以及摩擦力 F (或摩擦力矩 M_F),

对大件还应考虑重力 G ，建立静力平衡力系，计算出理论夹紧力 W' ，再乘以安全系数 K ，得到实际夹紧力 W 。一般 $K = 1.5 \sim 3$ ，粗加工时取大值，精加工时取小值。常见加工夹紧力计算见表 4-4-11。

表 4-4-11 常见加工夹紧力近似计算

夹紧形式	加工简图及计算公式	夹紧形式	加工简图及计算公式
用卡盘夹紧车削外圆	 $W' = 2KM / (nDf)$	弹簧夹头夹紧车削外圆	 $W = \frac{K}{f} \sqrt{\frac{4M^2}{D^2} + P^2}$
用压板夹紧端面车削内孔	 $W = (KM - f_2Pr_1) / (f_1r_2 + f_2r_1)$	用钻模板直接夹紧工件钻两孔	 $W = 3KMn_1 / [f_1(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}) + f_2D_1]$
用拉杆压板夹紧工件端面车削外圆	 $W = 2KM / [\frac{2}{3}f(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2})]$	用压板夹紧端面铣削上面	 $W = KM / [a(f_1 + f_2)]$
		用钳口夹紧端面铣削上面	 $W = K(P_1a + P_2b) / (l + fb)$

夹紧形式	加工简图及计算公式	夹紧形式	加工简图及计算公式
用压板夹紧端面铣削	 $W = 3KPr / [f_1(r_1 + r_2 + r_3) + 3f_2r_4]$	用一面两销定位, 压板夹紧铣削	 $W = \frac{4KPe - Gf_2(r_1 + r_2 + r_3 + r_4)}{f_2(r_1 + r_2 + r_3 + r_4) + 4f_1L}$
用钳口夹紧端面铣削	 $W = 2KPL / f(L_1 + L_2)$	用压板和V型块夹紧铣削	 $W = \frac{2MK}{Df} \times \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}$

注: W —所需夹紧力, N ; W' —一个卡爪产生的夹紧力, N ; M —切削扭矩, $N \cdot mm$; P, P_1, P_2, P_3, P_4 —切削力, N ; n —卡爪数; n_1 —钻头数; D —工件直径, mm ; K —安全系数 精加工取 $k = 1.5 \sim 2.0$ 粗加工取 $K = 2.5 \sim 3.0$; f, f_1, f_2 —摩擦系数。

各种支承条件下的摩擦系数见表 4-4-12。

表 4-4-12 各种支承条件下的摩擦系数

定位支承面的形式	摩擦系数 f
光滑表面	0.16 ~ 0.25
具有与切削力方向一致的直沟槽	0.30
具有与切削力方向垂直的直沟槽	0.40
具有交错的网状沟槽	0.70 ~ 0.80

二、典型夹紧机构及夹紧力的确定

1. 斜楔夹紧机构

(1) 结构特点。在夹具中利用有斜面的楔块对工件进行夹紧,通常与其他机构联合使用。斜楔夹紧增力比 i_p 较小,一般 $i_p = 2 \sim 5$ 。为得到较大夹紧力,常用气动或液压驱动,手动斜楔夹紧机构较少采用。

(2) 斜楔夹紧机构夹紧力。按斜楔受力平衡条件,可求出在原始作用力 Q 的作用下产生的夹紧力 W

$$W = \frac{Q}{\tan(\alpha + \phi_2) + \tan\phi_1} = i_p \cdot Q$$

式中 α ——斜楔的斜角;

ϕ_1, ϕ_2 ——斜楔分别与工件、夹具体间摩擦角,通常取 $\phi_1 = \phi_2 = 4^\circ \sim 6^\circ$;

i_p ——增力比。

(3) 斜楔夹紧机构自锁条件。其自锁条件是楔角 α 不能超过某一数值 α_0 。即

$$\alpha \leq \alpha_0 = \phi_1 + \phi_2 \text{ (设 } \phi_1 = \phi_2 \text{)}$$

一般钢铁摩擦系数 $f = 0.1 \sim 0.15$, 故 $\alpha \leq 11^\circ \sim 17^\circ$ 。为可靠起见,通常取 $\alpha = 6^\circ \sim 8^\circ$ 。

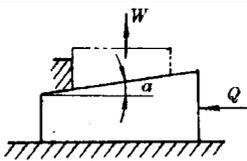
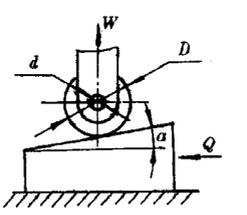
(4) 增力比 i_p 。由夹紧力公式得增力比为

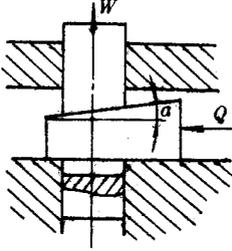
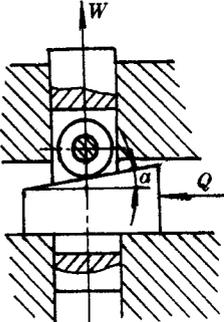
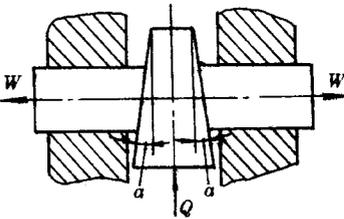
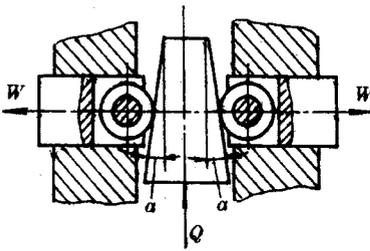
$$i_p = \frac{1}{\tan(\alpha + \phi_2) + \tan\phi_1} \approx \frac{1}{\tan(\alpha + 2\phi)}$$

常用的斜楔夹紧机构的增力比计算见表 4-4-13。

表 4-4-13

斜楔夹紧机构的增力比公式

机构形式	简图	增力比 i_p 公式 符号说明
无 移 动 柱 塞 式		$i_p = \frac{1}{\tan(\alpha + \phi_1) + \tan\phi_2}$ <p>α——楔块升角 ϕ_1——平面摩擦时作用在斜楔斜面上的摩擦角 ϕ_2——平面摩擦时作用在斜楔基面上的摩擦角</p>
		$i_p = \frac{1}{\tan(\alpha + \phi_{1d}) + \tan\phi_2}$ <p>ϕ_{1d}——滚子作用在斜楔面上的当量摩擦角, $\phi_{1d} = \frac{d}{D} \phi_1$, d——滚子转轴直径 mm, D——滚子外径 mm</p>

机构形式	简 图	增力比 i_p 公式 符号说明
		$i_p = \frac{1 - \tan(\alpha + \phi_1) \tan \phi_3}{\tan(\alpha + \phi_1) + \tan \phi_2}$ <p>ϕ_3——移动柱塞双头导向时导向孔对柱塞的摩擦角</p>
移		$i_p = \frac{1 - \tan(\alpha + \phi_{1d}) \tan \phi_3}{\tan(\alpha + \phi_{1d}) + \tan \phi_2}$
动		$i_p = \frac{1 - \tan(\alpha + \phi_1) \tan \phi'_3}{\tan(\alpha + \phi_1)}$
柱 塞 式		$i_p = \frac{1 - \tan(\alpha + \phi_{10}) \tan \phi'_3}{\tan(\alpha + \phi_{10})}$ <p>ϕ'_3——移动柱塞单头导向时导向孔对柱塞的当量摩擦角,</p> $\tan \phi'_3 = \frac{3L}{h} \tan \phi_3,$ <p>L——移动柱塞导向孔中点至斜楔面的距离 (mm), h——移动柱塞导向孔长度 (mm), Q——作用在楔块上的原始力 (N)</p>

(5) 楔块夹紧行程 H 。当利用斜楔直接夹紧工件时,其夹紧行程 H 值为

$$H = \tan\alpha \geq \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$$

式中 S ——楔块移动距离, mm;

ΔS_1 ——装卸工件的间隙(一般不大于 0.5), mm;

ΔS_2 ——工件夹紧表面尺寸公差, mm;

ΔS_3 ——工件在夹紧过程中产生的弹性变形(一般取 0.05 ~ 0.15), mm。

2. 偏心夹紧机构

偏心夹紧机构是由圆偏心轮或曲线偏心轮等绕固定销轴旋转,实现对工件夹紧。它具有结构简单,易制造和操作方便、迅速等优点。缺点是增力比较小,夹紧行程较小,夹紧行程较小,自锁性较差。偏心轮结构已标准化,见表 4-4-14 和表 4-4-15。

圆偏心轮的自锁条件为

$$\frac{2e}{D} \leq f$$

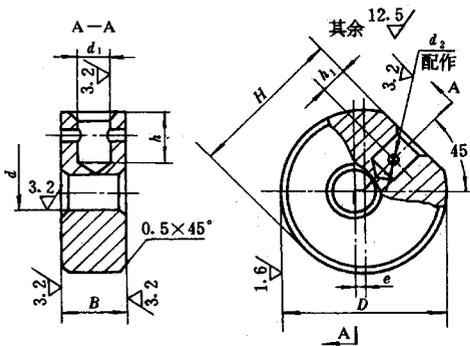
式中 e ——圆偏心轮的偏心距, mm;

D ——圆偏心轮直径, mm;

f ——圆偏心轮与工件间摩擦系数,一般取 $f = 0.1 \sim 0.15$ 。

常用偏心夹紧机构的夹紧力计算公式见表 4-4-16。

表 4-4-14 圆 偏 心 轮



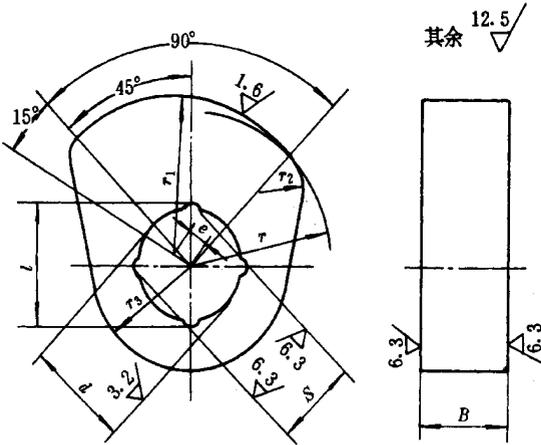
材料: 20
 热处理: 渗碳深度 0.8 ~ 1.2mm
 58 ~ 64HRC
 标记示例: $D = 32$ mm 的圆偏心轮:
 偏心轮 32 JB/T8011.1-1999

D	e		B		d		d_1		d_2		H	h	h_1
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差 d_{11}	基本尺寸	极限偏差 D_9	基本尺寸	极限偏差 H_7	基本尺寸	极限偏差 H_7			
25	1.3	± 0.200	12	-0.050 -0.160	6	+0.060 +0.030	6	+0.012 0	2	+0.010 0	24	9	4
32	1.7		14		8	+0.076 +0.040	8	+0.015 0	3		31	11	5
40	2		16		10	10	10	10	38.5		14	6	
50	2.5		18	12	12	12	12	4	48	18	8		
60	3		22	-0.065 -0.195	16	+0.093 +0.050	16	+0.018 0	5	+0.012 0	58	22	10
70	3.5		24								68	24	

mm

表 4-4-15

单面偏心轮 (JB/T8011.3—1999)



材料: 20

热处理: 渗碳深度 0.8~1.2mm

58~64HRC

标记示例: $r=30\text{mm}$ 的单面偏心轮:

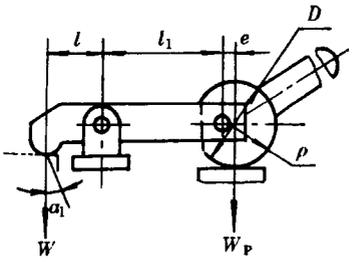
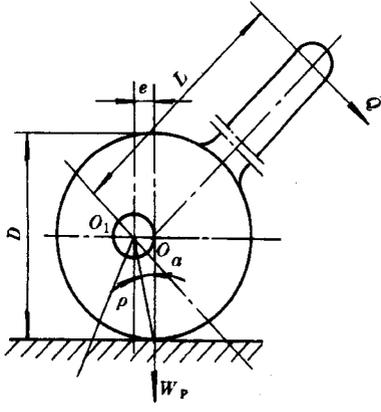
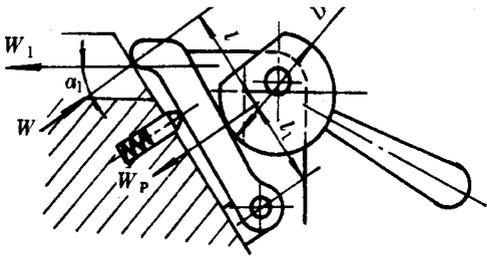
偏心轮 30 JB/T8011.3—1999

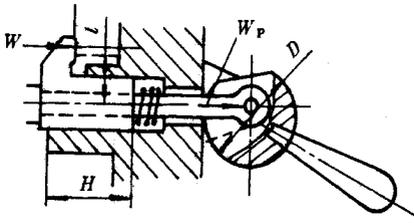
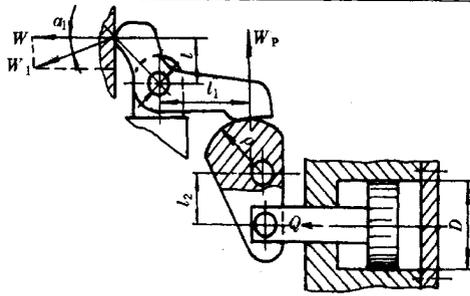
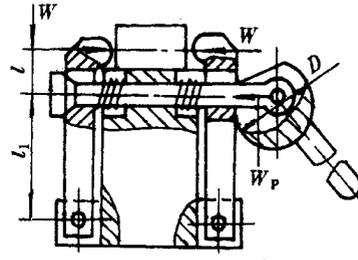
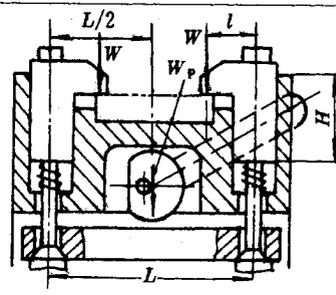
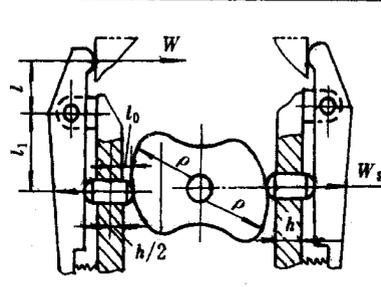
mm												
r	r_1	r_2	r_3	e		B		d		S		l
				基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差 d11	基本尺寸	极限偏差 H9	基本尺寸	极限偏差 H11	
30	30.9	10	20	3	± 0.200	22	-0.065 -0.195	20	$+0.052$ 0	17	$+0.110$ 0	24
40	41.2	15	25	4				25		22	31.1	
50	51.5	18	30	5		24		27		24	$+0.130$ 0	33.9
60	61.8	22	35	6		29		30		27	38.1	
70	72.1	25	38	7								

表 4-4-16

偏心夹紧机构的夹紧力计算

N

机构简图	夹紧力计算公式
	$W_p = M / \{ \rho [\tan(\alpha + \phi_1) + \tan\phi_2] \}$ $W = M l_1 \eta / \{ \rho [\tan(\alpha + \phi_1) + \tan\phi_2] \cdot l \}$ $W_1 = W / \cos\alpha_1$
	$W_p = M / \rho [\tan(\alpha + \phi_1) + \tan\phi_2]$ $M = QL$ $\rho = (R + e \sin\beta) / \cos\alpha$
	$W = M l_1 \eta / \{ \rho [\tan(\alpha + \phi_1) + \tan\phi_2] (l + l_1) \}$ $W_1 = W \cos\alpha_1$

机构简图	夹紧力计算公式
	$W = (W_p - q) / \left(1 + \frac{3l}{H} f_1 \right)$ $W_p = M / \{ \rho [\tan(\alpha + \phi_1) + \tan\phi_2] \}$
	$W = Q l_2 l_1 \eta / \{ \rho [\tan(\alpha + \phi_1) + \tan\phi_2] l \}$ $W_1 = W / \cos\alpha_1$
	$W = [W_p l_1 \eta / 2(l + l_1)] - q$ $W_p = M / \rho [\tan(\alpha + \phi_1) + \tan\phi_2]$
	$W = \left[\frac{W_p}{2} (\eta - q) \right] / \left(1 + \frac{3l}{H} f_1 \right)$ $W_p = M / \{ \rho [\tan(\alpha + \phi_1) + \tan\phi_2] \}$
	$W = W_p (1 - \tan\phi_3 \cdot K) l_1 \eta / l$ $W_p = M / \{ \rho [\tan(\alpha + \phi_1) + \tan\phi_2] \}$ $K = 3l_0 / h$

当 $\tan\phi_3 = 0.1$ 时, h, l_0 的值为

h	l_0										
	6	7	8	9	10	11	12	13	16	18	20
10	0.82	0.79	0.76	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	—	0.81	0.82	0.80	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	0.84	0.82	0.80	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—	—	0.84	0.82	0.80

注:表中符号: W —作用在工件上的夹紧力(N); W_p —偏心轮夹紧力(N); M —作用在偏心轮上的原始力矩(N·mm), $M = Q \cdot L$; Q —手柄上的作用力(N); L —手柄长度(mm); η —机械效率,一般取 0.85 ~ 0.95; ρ —偏心轮回转中心到受力点的距离, $\rho = (D + 2e \cdot \sin\beta) / 2 \cos\alpha$; D —圆偏心轮直径(mm); α —圆偏心升角; e —偏心距(mm); β —圆偏心的回转角; q —弹簧阻力(N)。

3. 螺旋夹紧机构

凡是用螺钉螺母直接或间接夹紧工件的机构统称为螺旋夹紧机构。这种机构的特点是结构简单,制造方便,夹紧行程大,增力比大,自锁性好。其缺点是夹紧动作慢、辅助时间长,但采用快速螺旋夹紧机构可弥补这一不足。各类夹紧机构及夹紧力的计算见表 4-4-17 和表 4-4-18。

表 4-4-17 简单螺旋夹紧机构的类型与夹紧力计算

类型	机构简图	螺纹公称直径 d/mm	螺纹中径 d_2/mm	手柄长度 L/mm	手柄作用力 Q/N	夹紧力 W/N
螺杆端面为点接触		M8	7.188	80	1.5	195
		M10	9.026	120	2.5	393
		M12	10.863	140	3.5	539
		M16	14.701	190	6.6	1055
		M20	18.376	240	10.0	1639
		M24	22.052	310	13.0	2295
	夹紧力计算公式	$W = 2QL [d_2 \tan(\alpha + \phi)]$				
螺杆端面为平面接触		M8	7.188	80	1.5	145
		M10	9.026	120	2.5	291
		M12	10.863	140	3.5	399
		M16	14.701	190	6.5	773
		M20	18.376	240	10.0	1202
		M24	22.052	310	13.0	1682
	夹紧力计算公式	$W = 2QL [d_2 \tan(\alpha + \phi) + \frac{2}{3}fd_1]$				

类型	机构简图	螺纹公称直径 d/mm	螺纹中径 d_2/mm	手柄长度 L/mm	手柄作用力 Q/N	夹紧力 W/N
螺 杆 端 面 为 圆 周 接 触		M8	7.188	80	1.5	111
		M10	9.026	120	2.5	224
		M12	10.863	140	3.5	306
		M16	14.701	190	6.5	570
		M20	18.376	240	10.0	917
		M24	22.052	310	13.0	1283
夹紧力计算公式		$W = 2QL / \left[d_2 \tan(\alpha + \phi) + 2R \cot \frac{\beta}{2} f \right]$				
螺 杆 端 面 为 环 面 接 触		M8	7.188	50	5	204
		M10	9.026	60	5	199
		M12	10.863	80	8	354
		M16	14.701	100	10	421
		M20	18.376	140	10	470
		M24	22.052	180	15	745
夹紧力计算公式		$W = 2QL / \left[d_2 \tan(\alpha + \phi) + \frac{2}{3} f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right]$				
螺 杆 端 面 为 环 面 接 触		M8	7.188	100	3	242
		M10	9.026	120	4.5	357
		M12	10.863	140	7	542
		M16	14.701	190	10	800
		M20	18.376	240	10	806
		M24	22.052	310	15	1303
夹紧力计算公式		$W = 2QL / \left[d_2 \tan(\alpha + \phi) + \frac{2}{3} f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right]$				

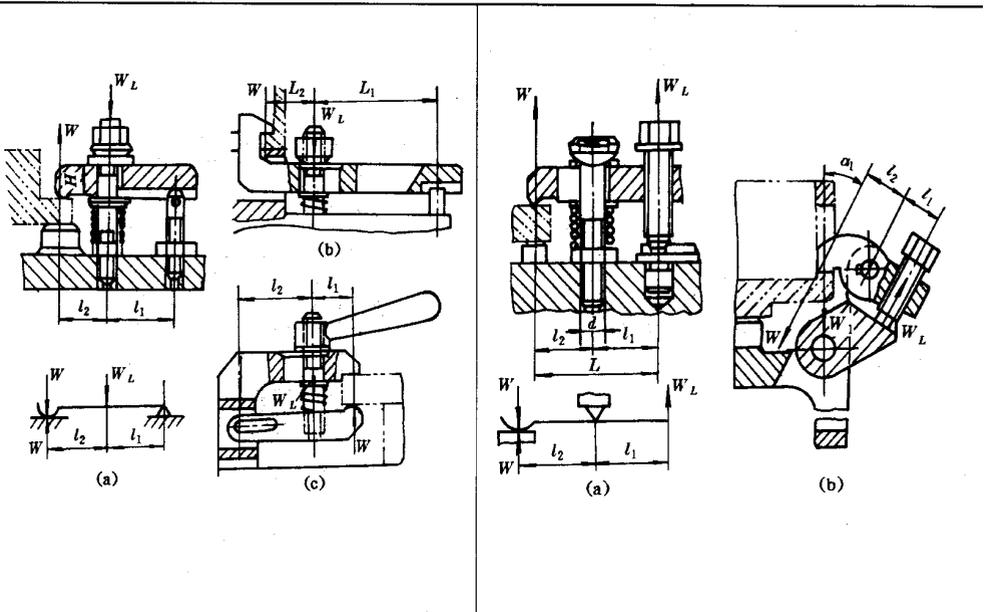
类型	机构简图	螺纹公称直径 d/mm	螺纹中径 d_2/mm	手柄长度 L/mm	手柄作用力 Q/N	夹紧力 W/N
螺 杆 端 面 为 环 面 接 触		M4	3.545	8	1	13.0
		M5	4.480	9	1.5	17.8
		M6	5.350	10	2	21.8
		M8	7.188	14	3	33.9
		M10	9.026	17	4	45
		M12	10.836	24.5	6	79.8
夹紧力计算公式		$W = 2QL \left[d_2 \tan(\alpha + \phi) + \frac{2}{3} f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right]$				

注 1. 表中符号 α —螺纹升角 $\tan \alpha = t/(\pi d_2)$; t —螺距; ϕ —螺纹摩擦角; f —螺(母)端面与工件间的摩擦系数; R —球头圆弧半径; d_1 —平头螺杆端部直径; d_2 —螺纹中径;

2. 表中夹紧力数值是在下述条件下计算的: $\phi = 6^\circ 34'$, $f = 0.1$, $d_1 = 0.8d$, $R = d$, $D = 2d$, $\beta = 120^\circ$ 。

表 4-4-18 螺旋压板夹紧典型机构及夹紧力 W 计算公式

N

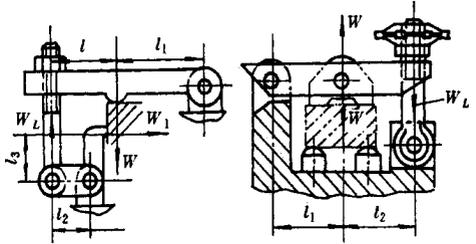
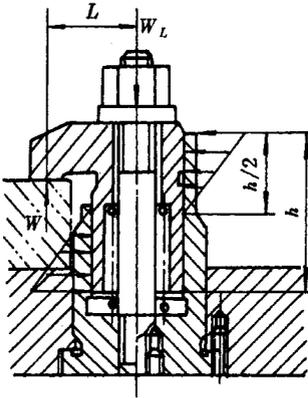


$$W = (W_L - q) \frac{l_1}{l_1 + l_2} \eta$$

$$W_L = M \left[\frac{1}{2} d_2 \tan(\alpha + \phi_1) + f R \cot \frac{\beta}{2} \right]$$

$$W = W_L \frac{l_1}{l_2} \eta, W_L = M / \frac{1}{2} d_2 \tan(\alpha + \phi)$$

$$W_1 = W / \cos \alpha_1$$

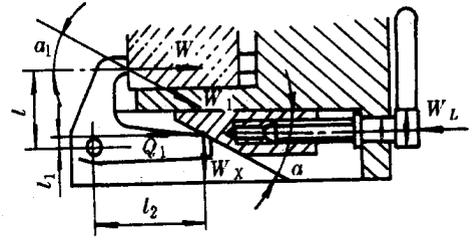
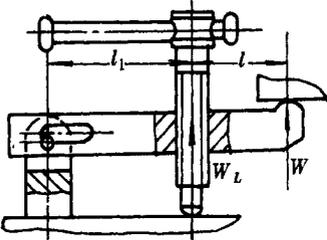


$$W = W_L - q / \left[1 + \frac{3L}{h} f_1 \right]$$

$$W = W_L \frac{l + l_1}{l_1} \eta, W_1 = W_L \frac{l_2}{l_3} \eta$$

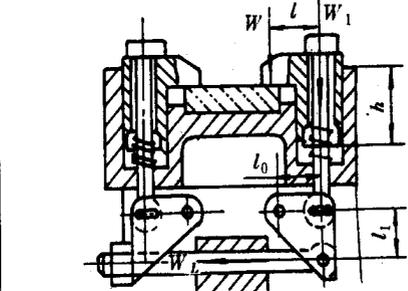
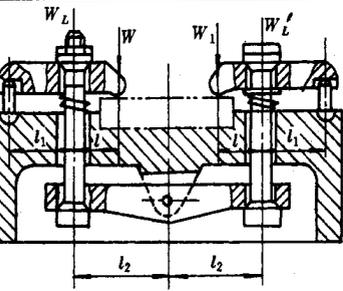
$$W_L = 2M / \left[d_2 \tan(\alpha + \phi) + \frac{2}{3} f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right]$$

$$W_L = 2M / \left[d_2 \tan(\alpha + \phi) + \frac{2}{3} f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right]$$



$$W = W_L \frac{l_1}{l + l_1} \eta, W_L = 2M / [d_2 \tan(\alpha + \phi)]$$

$$W = \frac{2M [l_2 - \tan(\alpha_1 + \phi_1) \times l_1]}{l \left[d_2 \tan(\alpha + \phi) + \frac{2}{3} \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} f \right] \times [\tan(\alpha_1 + \phi_1) + \tan \phi_2]}$$



$$W = (W_L - q) \frac{l_1}{l + l_1}, W_L = M / \left[\frac{1}{2} d_2 \tan(\alpha + \phi) + R \cot \frac{\beta}{2} f \right]$$

$$W = W_1 - q / \left[1 + \frac{3l}{h} f_1 \right], W_1 = W_L l_1 \eta / 2 l_0$$

$$W_1 = (W_L \eta_1 - q) \frac{l_1}{l + l_1}$$

$$W_L = 2M / \left[d_2 \tan(\alpha + \phi) + \frac{2}{3} f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right]$$

注 表中符号: W —作用在工件上的夹紧力(N); W_L —螺旋夹紧力(N); M —螺旋上的原始作用力矩(N·mm), $M = QL$; Q —手柄上的作用力(N); L —手柄长度(mm); α —螺旋升角; ϕ —螺纹摩擦角; ϕ_1, ϕ_2 —楔块与杠杆、夹具体间的摩擦角; η —机构的传递效率, 一般取 0.85 ~ 0.95; η_1 —机构的传递效率, 一般取 0.70 ~ 0.80; q —弹簧阻力(N); $q = K(\delta_0 + s) = \frac{12.75 \times 10^{-9} G d_3}{n D^3} (\delta_0 + s)$; δ_0 —弹簧的预压缩量(mm); s —夹紧工件时弹簧的压缩行程(mm); G —弹簧材料的切变模量(Pa); K —弹簧的刚度(N/mm); d —弹簧丝的直径(mm); d_2 —螺纹中径; D —弹簧的中径; n —弹簧的工作圈数。

表 4-4-19

铰链夹紧机构的增力比公式

机构形式	简图	增力比 i_Q 公式	符号说明
单 杠 杆		$i_Q = \frac{1}{\tan(\alpha_j + \phi) + \tan\phi_1}$	<p>α_j——夹紧时连杆与垂直方向夹角</p> $\alpha_j = \arccos \frac{L \cos \alpha_c - (s_2 + s_3)}{L}$ $\alpha_c = \arccos \frac{L - s_c}{L}$ <p>ϕ——臂两端铰链的当量摩擦角</p> $\tan \phi \approx 2\rho/L = (2r \tan \phi_1')/L$ <p>$\tan \phi_1'$——铰链轴承和滚子轴承的摩擦系数</p>
无滑柱 双作用 杠杆		$i_Q = \frac{1}{2 \tan(\alpha_j + \phi)}$	<p>ϕ_1——滚子滚动当量摩擦角</p> $\tan \phi_1 \approx (r \tan \phi')/R$ <p>r——铰链和滚子轴承半径</p> <p>R——滚子半径</p> <p>L——臂上铰链孔中心</p> <p>ϕ_2——导柱与孔的当量摩擦角</p>
有滑柱 双作用 杠杆		$i_Q = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{\tan(\alpha_j + \phi)} - \tan \phi_2 \right]$	
有滑柱 单作用 杠杆		$i_Q = \frac{1}{2 \tan(\alpha_j + \phi)}$	$\alpha_j = \arccos \frac{2L \cos \alpha_c - (S_2 + S_3)}{2L}$ $\alpha_c = \arccos \frac{2L - S_c}{2L}$ <p>其余同上</p>

机构形式	简图	增力比 i_Q 公式	符号说明
无滑柱单作用杠杆		$i_Q = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{\tan(\alpha_1 + \phi)} - \tan\phi_2 \right]$	

5. 联动夹紧机构

联动夹紧机构是指利用一个原始作用力来实现多个预定夹紧动作的机构。采用联动夹紧机构可实现对工件的多点、多向、多件的均匀夹紧,因此生产率提高。

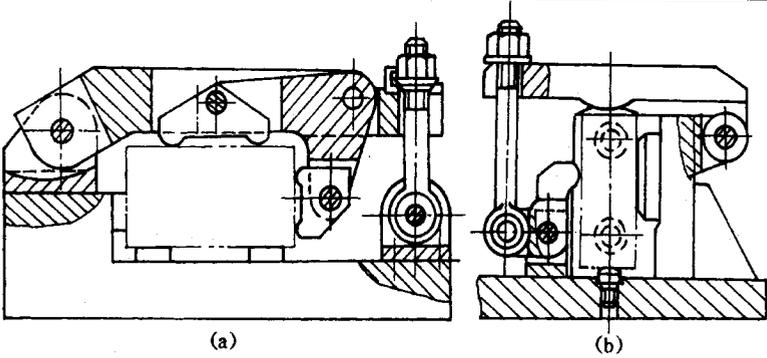
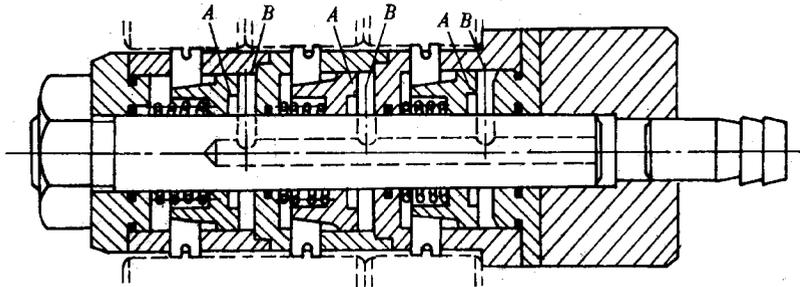
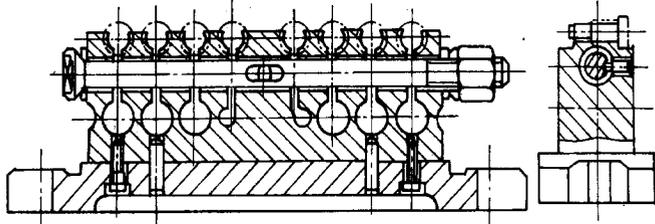
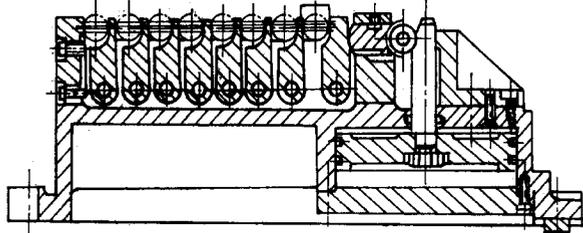
(1)设计联动夹紧机构应注意的问题 (a)必须保证在几个夹紧位置上同时而均匀地夹紧,夹紧构中应设置浮动环节以调节夹紧力。(b)设计多件依次连续夹紧时,必须使夹紧尺寸变化引起的定位误差不影响加工精度。(c)选择夹持工件的数量、夹紧点数,几个夹紧方向等时,必须考虑夹紧可靠性、结构的复杂程度、效率高低等因素。

(2)联动夹紧机构的类型及典型结构。联动夹紧机构可分为多点联动夹紧同构、多向联动紧机构,详见表 4-4-20。

表 4-4-20

联动夹紧机构

多点联动夹紧机构	
----------	--

<p>多向联动夹紧机构</p>	 <p>(a) (b)</p>
<p>多件平行夹紧机构</p>	<p>气动斜楔传动</p>  <p>压缩空气进入三个气缸 B 后, 通过活塞 A 的斜面, 推动三组卡爪同时向外移动, 将三个工件夹紧</p>
<p>多件依次连续夹紧机构</p>	<p>螺纹传动</p> 
<p>多件依次连续夹紧机构</p>	<p>楔式传动</p> 

6. 定心夹紧机构

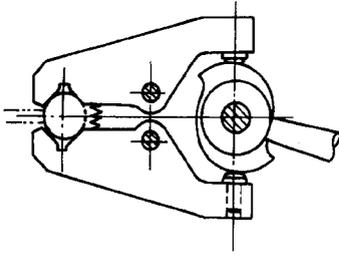
对工件在实现定心作用的同时, 亦将工件夹紧的机构称定心夹紧机构。

(1) 定心夹紧机构的特点 (a) 定位元件也是夹紧元件。(b) 对工件的一个定值基准 (如中心线) 进行定心夹紧时, 其基准位移误差 $\Delta_{j,m} = 0$ 。(c) 对工件的两个定位基准进行定心夹紧时, 定心误差平分到两个定位基准上。

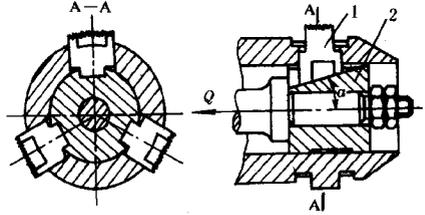
(2) 定心夹紧机构的分类 (a) 按定位—夹紧元件等速移动原理实现定心夹紧的

机构,如三爪卡盘、定心虎钳等。(b)按定位—夹紧元件均匀弹性变形原理实现定心夹紧的机构,如弹性夹头、膜片卡盘、液性塑料心轴等。定心夹紧机构典型结构见表4-4-21。

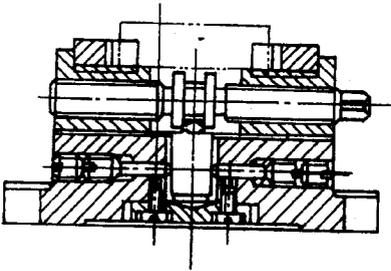
表4-4-21 定心夹紧机构的典型结构



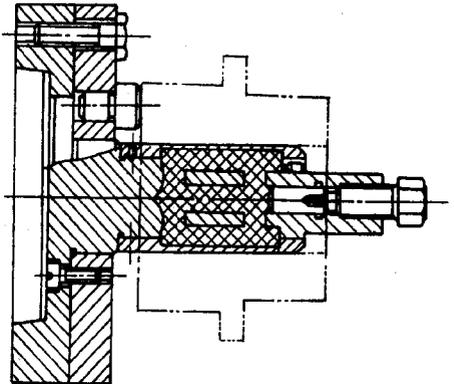
偏心轮定心夹紧机构



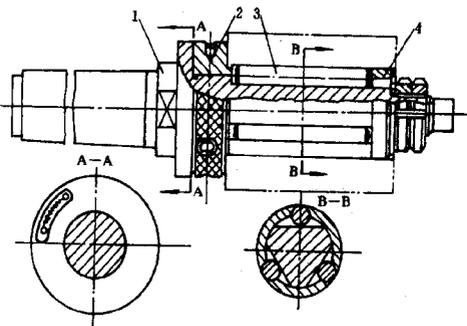
斜楔-滑柱定心夹紧机构



螺旋定心夹紧机构

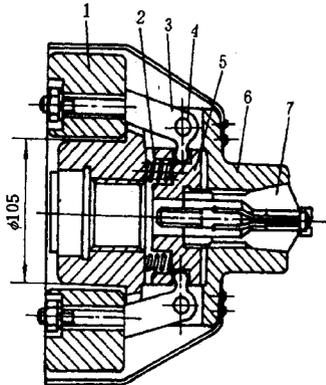


弹性变性定心夹紧机构



切削力夹紧的定心夹紧机构

在安装工件前,先转动套筒2,使三个滚柱3处于缩回位置,工件4装好后,旋转套筒,靠心轴体1上的三个互成120°角的平面将三个滚柱挤出,使工件定位并预紧,在切削过程中,其夹紧力随切削力增加而增加



离心力夹紧的定心夹紧机构

夹具在机床主轴的带动下高速旋转,四个重块1产生了离心力。重块在离心力作用下绕销钉4转动,通过拔杆3扳动滑动5向后运动,从而使夹具6迫使弹簧夹头7收缩夹紧工件。机床主轴停止转动时,靠弹簧2的作用松开工件

第五章 机床专用夹具

第一节 车床夹具

一、车床夹具的特点

大家所熟悉的普通车床上常用的三爪自定心、四爪单动卡盘、各类顶尖及通用夹头等夹具在工作时,大多与车床主轴一起,带动工件高速回转,所以,车床夹具一般具有下述特点:

1. 车床夹具多具有足够的强度、刚性和可靠的夹紧装置,以保证能牢固地夹持工件随同主轴高速回转,并克服离心惯性力和切削力。
2. 车床夹具一般都具有较匀称的结构,以减少高速回转时的不平衡离心惯性力,当夹具总体结构不能保持比较匀称(如花盘角铁类结构)时,夹具上多设置有专门的静平衡结构(配重铁、平衡块等)。
3. 车床夹具多为自动定心夹具(如三爪自定心卡盘、弹性夹头、弹性胀套等)。
4. 夹具工作时,其对称轴线与机床主轴保持同轴,故夹具相对机床主轴的安装多具有较完善的对定结构(定心锥柄、定心轴颈、止口等结构)。
5. 只要结构空间允许,夹具设计都尽量兼顾安全操作防护措施,例如必要的护板、护罩及封闭结构等。

二、车床夹具类型及其结构

生产中的车床夹具的具体种类很多,结构繁杂,概括起来,常用车床夹具一般可分为心轴类、卡盘类、顶尖类、花盘角铁类和其他特殊结构类五个大类。

1. 心轴类车床夹具

心轴类车床夹具多以工件的精加工、半精加工内孔作为定位表面,对工件进行安装,以保证工件加工的外圆、端面等要素相对于工件内孔轴线的同轴度、圆跳动等位置公差要求。还有间隙配合心轴(见图 4-5-1a)、过盈配合心轴(见图 4-5-1b)、生产中的车床夹具和圆磨床夹具还广泛使用各种花键心轴、弹簧心轴和顶尖式心轴。

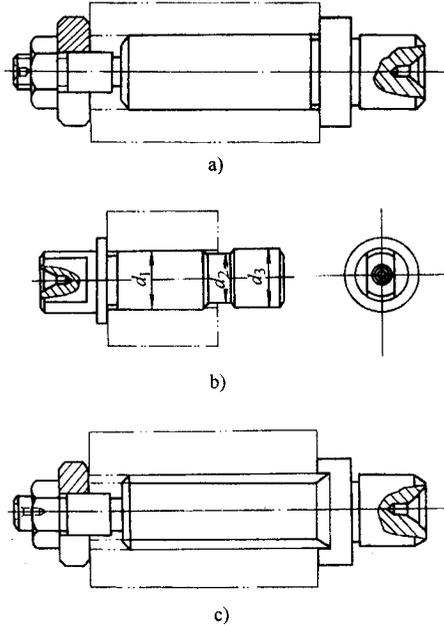


图 4-5-1 心轴

a) 间隙配合心轴 b) 过盈配合心轴
c) 花键心轴

图 4-5-1c 为一般花键心轴的结构,用于各类内花键孔工件的安装,它根据工件花键的不同定心方式(外径定心、内径定心、齿形定心等)的安装要求,设置心轴工作部(外花键轴体)相应轴径(外径、内径、齿形部)的定心尺寸及其公差带。

图 4-5-2 为三种弹簧心轴的结构。图 a 为前推式弹簧心轴,转动螺母 1,弹簧筒夹 2 右移,由于斜面作用原理,筒夹 2 发生张口,使工作部的工件定心并夹紧。这种结构由于筒夹 2 有轴向位移,工件内径尺寸不同,则轴向位移量也将不同,所以工件不能进行轴向定位。图 b 为带强制退出型不动式弹簧心轴,转动螺母 3,推动螺母内空刀槽中的滑条 4 左移,使锥形拉杆 5 移动,迫使筒夹 6 弹性胀开而将工件定心夹紧。反向旋转螺母,滑条将强制性右移而使筒夹松锁。这种弹簧筒夹工作时不发生轴向移动,故可以依靠其定位轴肩完成工件的轴向定位。图 c 为加工薄壁长套筒类工件用的分开式弹簧心轴,其心轴体 12 和 7 分别置于车床主轴和尾座中,当用尾座套筒顶紧工件时,锥套 8 左移顶紧工件,同时撑开筒夹 9,使工件右端定心,转动螺母 11,可使筒夹 10 轴向移动,依靠心轴 12 的 30°锥角撑开弹簧筒夹 10 使工件左端定心;

进一步顶紧尾座套筒,可使工件夹紧。

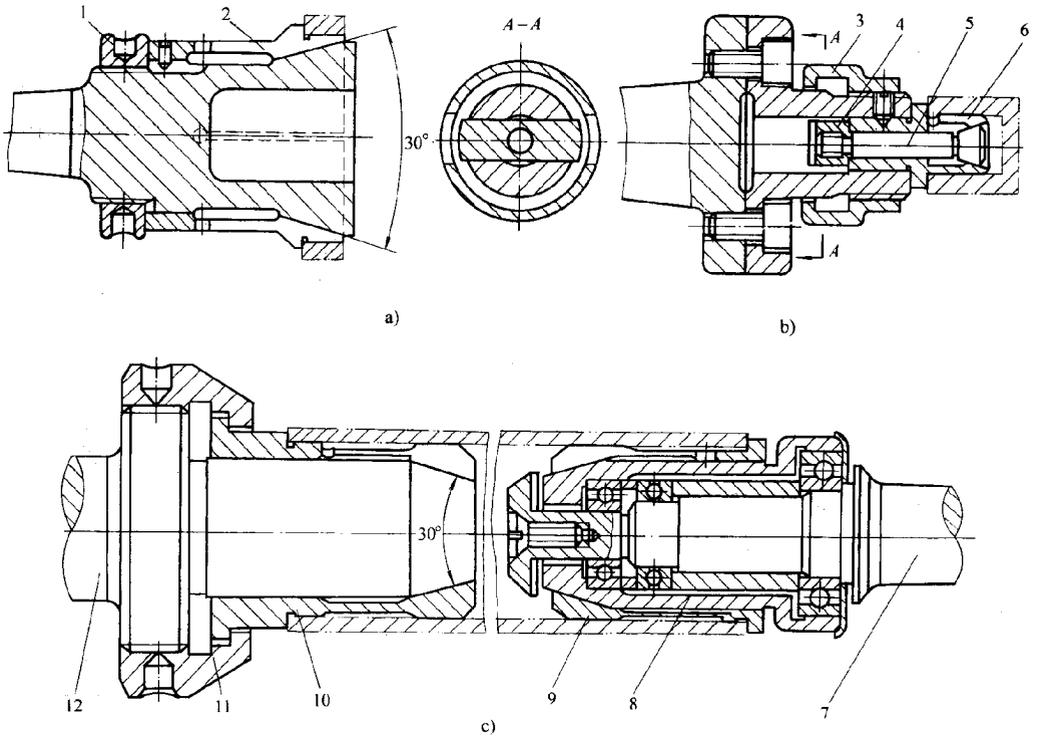


图 4-5-2 弹簧心轴

a)前推式弹簧心轴 b)不动式弹簧心轴 c)分开式弹簧心轴

1、3、11—螺母 2、6、9、10—筒夹 4—滑条 5—拉杆 7、12—心轴体 8—锥套

图 4-5-3 为一种顶尖式心轴,套类工件以内孔端口在 60° 顶尖锥面上定位,拧紧螺母 6 时,活动顶尖套 4 左移,使工件定心夹紧。由于各类心轴结构简单,制造方便,定心精度较高,操作简单、迅速,被广泛应用于普通车床、圆磨床中。

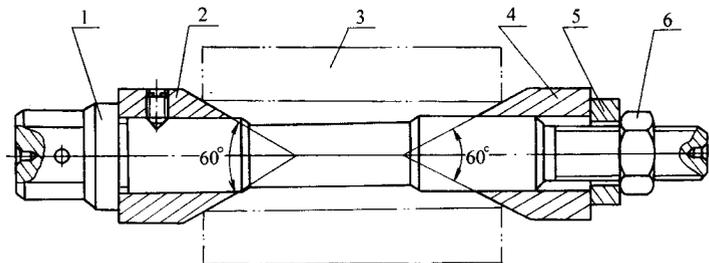


图 4-5-3 顶尖式心轴

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

2. 卡盘式车床夹具

卡盘式夹具广泛地应用于通用车床、铣床、钻床及圆磨床上,其夹紧多采用定心夹紧机构,且多具有对称性结构,常用来装夹回转类外形结构的工件。

图 4-5-4 为斜楔—滑块式定心夹紧卡盘,卡盘靠楔形块 2 的轴向移动推动三个滑块卡爪 3 对工件实行定心夹紧。装夹工件时,工件以 $\phi 105\text{mm}$ 内孔套装在三个滑块卡爪上,并以其左端面靠紧端面定位盘 1,拉杆螺钉 4 在气动力或液动力作用下向左移动时,楔形块上的斜楔使 3 个滑块卡爪同步地径向向外移,将工件内孔胀紧。向右移动拉杆螺钉,楔形块放松滑块卡爪,在弹簧销 5 作用下,滑块卡爪向内收缩,松开工件。

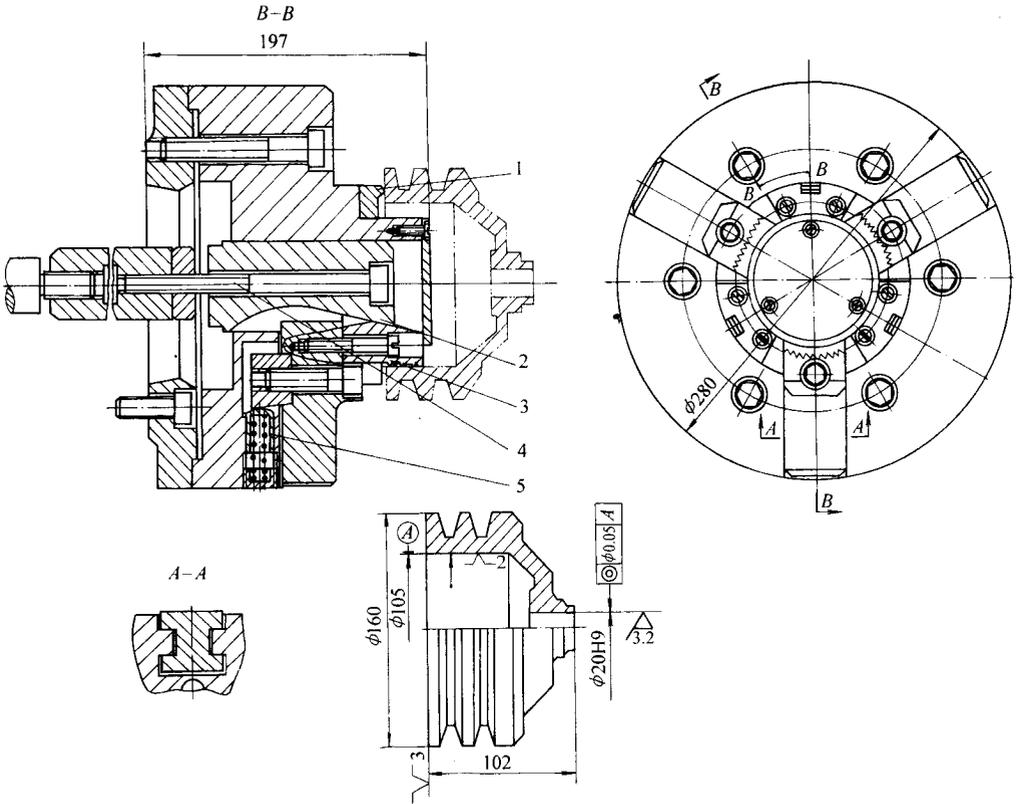


图 4-5-4 斜楔—滑块式定心夹紧卡盘

1—定位盘 2—楔形块 3—滑块卡爪 4—拉杆螺钉 5—弹簧销

图 4-5-5 为一种定心夹紧两爪卡盘,这种卡盘比较适合于装夹异形外廓的小型工件。其主要结构为螺杆 3,两端分别为等螺距的左右旋螺纹,当用套筒扳手转动螺杆,受叉形块 6 的限制,螺杆不能轴向移动,从而使两个卡爪 4、5 在夹具体 1 的 T 形槽中相对移动,对工件实行定心夹紧和松开。两个卡爪根据工件的具体外形做成专用卡爪,成对使用。装夹不同工件,只需要换不同的卡爪,见图 b。

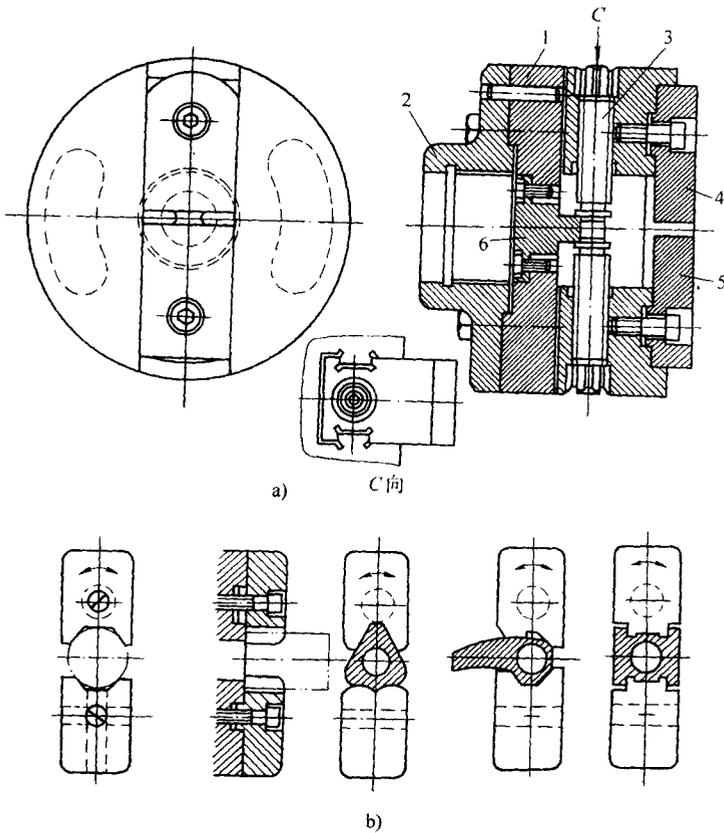


图 4-5-5 定心夹紧两爪卡盘

1—夹具体 2—过渡盘 3—螺杆 4、5—卡爪 6—叉形块

图 4-5-6 为一种少齿差行星减速电动卡盘。这个卡盘直接以电动机为动力源,通过内齿轮 6,偏心轴 9 和两个行星齿轮 7、8 所组成的少齿差行星减速传动机构,把电动机的高速转动进行大比例的降速并增大转矩,经内齿轮输出给通用三爪自定心卡盘的盘丝(端面螺纹),卡爪驱动装置,从而实现卡爪运动的电动控制。

位于机床主轴右端的卡盘驱动电机将动力由胶木齿轮 2 经齿轮 3 啮合传给传动轴 4,见图;传动轴的右端固连有少齿差行星减速机构的偏心轴,由偏心轴的高速转动带动两个行星齿轮作高速行星传动,由于内齿轮为动轮,加上限位销 5 的限制作用,结果使两个行星齿轮只能作高速的行星摆动(平动),从而在内齿轮上得到少齿差行星减速传动的大降速比的转动输出。这种传动降速比大,结构紧凑,且卡爪的运动直接通过电动机来控制,易于实现装夹动作的自动化。

图 4-5-7 为一种不停车卡盘,此卡盘可以在车床主轴不停车的高速回转条件下装卸工件,大大节省装卸辅助时间。要夹紧工件,可用扳手转动转轴 12,通过其齿轮,齿条 11 传动使导柱 9 轴向移动,经拨叉 10、滑块 8 带动外滑套 3 作轴向移动,外滑

套 3 上的内锥孔在移动中挤压钢球 4 ,并通过内锥套 5、挤压弹簧卡头 7 来夹紧工件。

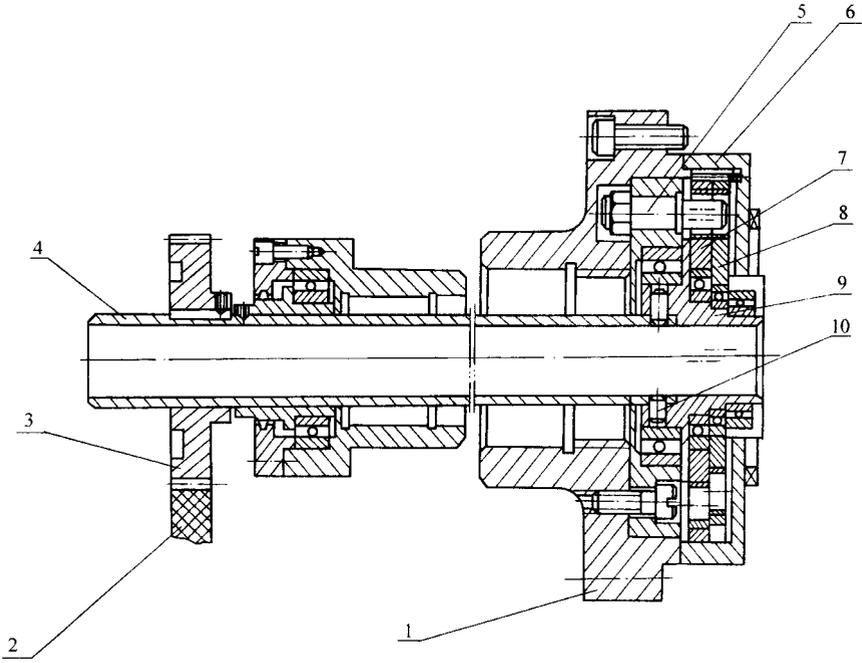


图 4-5-6 行星减速电动卡盘

- 1—夹具体 2—胶木齿轮 3—齿轮 4—传动轴
5—限位销 6—内齿轮 7、8—行星齿轮 9—偏心轴 10—传动销

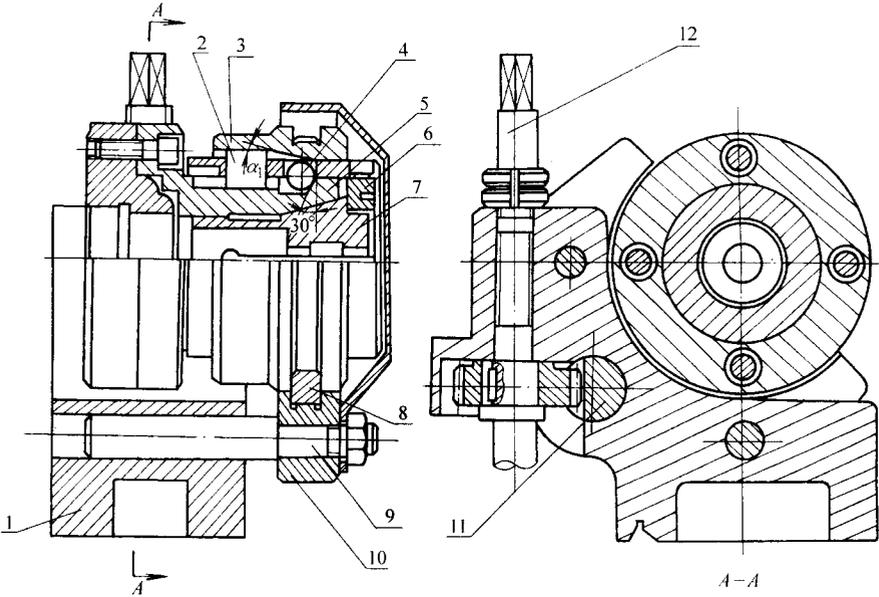


图 4-5-7 不停车卡盘

- 1—支座 2—键 3—外滑套 4—钢球 5—内锥套 6—调整环
7—弹簧卡头 8—滑块 9—导柱 10—拨叉 11—齿条 12—转轴

由于这类卡盘是借助于弹簧卡头的微量弹性变形来夹紧工件的外圆,夹紧行程较小,故这类卡盘适用于外圆精度较高的棒料毛坯的装夹。

内锥套及调整环 6 可根据棒料毛坯的外径尺寸预调弹簧卡头的张口尺寸。

为保证夹紧后外滑套的自锁,其内锥孔的斜角 α_1 应小于钢球与内锥间的摩擦角。

这种结构通过拨叉、滑块的左右移动,实现了在主轴不停转的情况下,使弹簧卡头产生张口、缩口,实现松开、夹紧动作,大大提高装夹工作效率。如果在主轴后端装上棒料自动送料机构和凸轮自动松夹装置,就可以不停车地自动上料和夹紧。这种夹紧结构在自动车床和自动生产线上得到了广泛的应用。

3. 花盘式车床夹具

被车削加工的工件为非回转类外形轮廓的杆类、拨叉类、箱壳类、盖板类等不易于用卡盘、心轴等夹具装夹的工件时,在小批量生产中,常采用花盘式车床夹具。

图 4-5-8 为一种花盘角铁式车床夹具,用以镗车瓦座工件的内孔、油槽及端面等,由于工件具有较稳固的安装平面,故车床夹具采用带 90° 角铁的花盘来装夹工件。

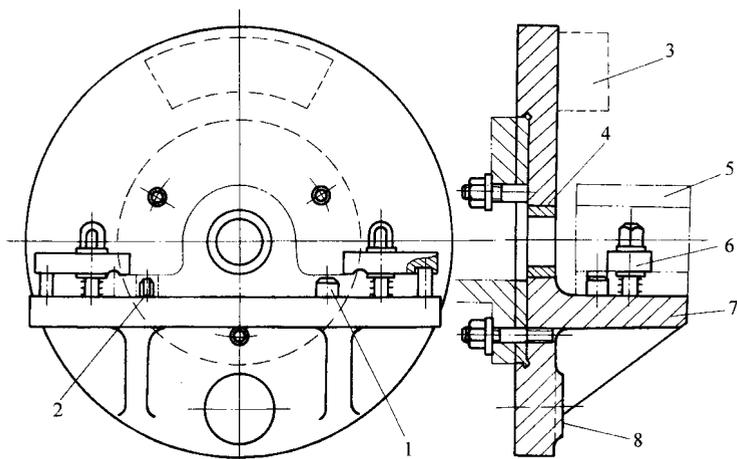


图 4-5-8 花盘角铁式车床夹具

1—圆柱定位销 2—削边定位销 3—平衡块
4—导向套 5—工件 6—压板 7—夹具体 8—轴向往程基准

夹具采用平面双销为工件提供定位依据,并用螺钉,压板压紧工件两侧安装凸缘,若工件内孔轴向尺寸较长,可采用导向套 4 前导镗杆。由于此类结构的夹具,工件系统多为不匀称结构,工件夹紧以后很难保证花盘回转系统的静平衡,为防止高速转动时产生较大的离心惯性力,花盘式车床夹具上多半专门设置有一定质量的平衡块 χ (俗称配重块、配重铁等),以尽量减小花盘系统静不平衡的重径积。另外,采用花盘夹具时,机床加工应尽量避免采用高转速。

图 4-5-9 为一种导板可移动式花盘夹具,这种夹具可以通过导板的移动转换工位,依次完成不同位置的加工内容。

夹具通过平面、双 V 形块为工件提供定位依据,并利用移动 V 形块 2 将工件夹紧在可移动导板 3 上,导板在楔形导轨 7 的约束下,可以左右滑动,实现直线方向上的工位转换。把导板移向滑轨的左侧,与挡销 1 接触对定,并由压板 4 锁紧可移动导板,即可对工件右侧孔进行加工(见图中位置);将导板移向右侧并与挡销 6 对定、锁紧,就可对工件的左侧孔进行加工。若在导板与夹具体间设置直线分度、对定机构,就可以完成工件在导板滑动直线方向上的多工位的加工内容。

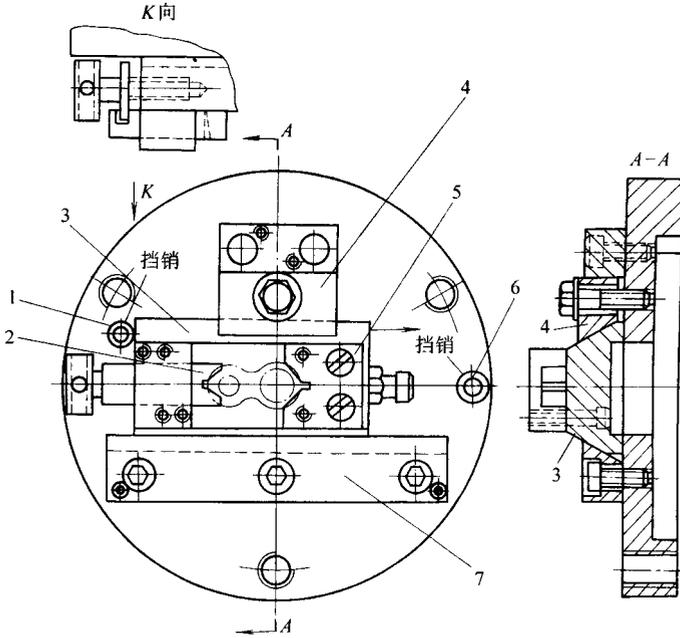


图 4-5-9 可移动式花盘夹具

- 1、6—挡销 2—移动 V 形块
3—可移动导板 4—压板 5—固定 V 形块 7—楔形导轨

对于外形轮廓比较复杂,不便于卡盘和花盘装夹及回转的较大型工件,也常把机床适当加以改装,把夹具安装在机床床身或拖板上,以完成工件的装夹。

各种标准顶尖的代号及其应用特点和部分自动定心夹紧机构在前面定位,夹紧章节中已作介绍,不再重述。

第二节 钻床夹具

一、钻床夹具的特点

1. 钻床夹具的特点

在一般钻床上对工件进行孔加工,多具有下述特点:

(1) 刀具本身的刚性较差

钻床上所加工的孔多为中小尺寸的孔,其工序内容不外乎钻、扩、铰、镗或攻螺纹等加工,所以,刀具直径往往较小,而轴向尺寸较大,刀具的刚性均较差。

(2) 多刀刃的不对称,易造成孔的形位误差

钻、扩、铰等孔加工刀具,多为多刃刀具,当刀刃分布不对称,或刀刃长度不相等,会造成被加工孔的制造误差,尤其是采用普通麻花钻钻孔,手工刃磨钻头所造成的两侧刀刃的不对称,极易造成被加工孔的孔位偏移、孔径增大及孔轴线的弯曲和歪斜,严重影响孔的形状、位置精度。

(3) 普通麻花钻头起钻时,孔位精度极差

普通麻花钻轴向尺寸大,结构刚性差,加上钻芯结构所形成的横刃,破坏定心,使钻尖运动不稳,往往在起钻过程中造成较大的孔位误差。在单件、小批量生产中,往往要靠操作工在起钻过程中不断地进行人工校正控制孔位精度,而在大批量高效生产中,则需依靠刀刃结构的改进和夹具对刀具的严格引导解决。

综合以上孔加工特点,钻床夹具的主要任务是要解决好工件相对刀具的正确加工位置的严格控制问题。在大批量生产中,为有效地解决钻头钻孔孔位精度不稳定问题,多直接设置带有刀具引导孔的模板,对钻头进行正确引导和对孔位进行强制性限制。尤其是对箱体、盖板类工件的钻孔,往往要同时由多支钻头一次性地钻出众多的孔,为保证加工孔系的位置精度,一定要通过一块精确的模板,把多个孔位由引导孔限制好。这种用来正确引导钻头控制孔位精度的模板,称为钻模板。

专业化、高效生产中的钻床夹具,通常具有较精确的钻模板,以正确、快速地引导钻头控制孔位精度,这是钻床夹具的最主要的特点。所以,习惯上又把钻床夹具称为钻模。为防止钻刃破坏钻模板上引导孔的孔壁,多在引导孔中设置高硬度的钻套,以维持钻模板的孔系精度。

2. 钻模设计和使用中应注意的问题

除上述结构特点外,设计和使用时,尚需注意以下几个问题:

(1) 应正确地确定夹具夹紧力的方向和大小

孔加工工序一般轴向力均较大,尤其是钻孔,普通钻头的横刃,极不利于钻削的进行,将产生相当大的轴向抗力,若夹紧工件的夹紧力方向选择不当,将会严重地影响钻削工件夹紧的可靠性,特别是当采用大直径、多钻头高速机动进给时。夹具设计,多把夹紧力与切削轴向力取在相同方向上,并直接指向夹具的主要定位基准面,以借助钻头的轴向切削力增大安装面上的摩擦力,保持工件加工过程中的稳固性。

(2) 注意夹具与工作台间的牢固连接问题

由于普通麻花钻的螺旋结构,使得两个左右主切削刃的外缘处具有较大的正前角,当钻头即将钻通工件,钻心横刃不再受工件材料阻碍时,钻头原来所受的巨大轴

向抗力由于钻心的穿透会瞬间消失,而此时尚未切出工件的左右钻刃外缘的正前角,由于主轴旋转的作用,使得钻头上所受的轴向力会突然反向,使进给机构的传动间隙反向,造成钻刃进给量的突然增大,从而造成较大的拔钻力(工件孔底材料咬住钻刃,施加给钻头的强大拉力)。这个拔钻力严重时,会把钻头从钻套中强行拉出,若钻头装夹牢固,则旋转着的钻头可能会把夹具中的工件连同模板同时拔出,造成事故。所以,除非是较小型的翻转式夹具,一般钻床夹具在专业化高效生产中,多强调与机床工作台保持牢固的连接,尤其是当钻孔孔径大于 20mm,并采用较大进给量机动进给时,更应特别注意钻头即将钻通工件的一瞬间的安全性。

二、钻床夹具的结构类型

钻床夹具应用广泛,种类较多,常用钻床夹具的结构类型,大致可分为固定式、回转式、移动式、翻转式、盖板式和滑柱式等几种主要类型。

1. 固定式钻模

固定式钻模是指工件装上夹具后,直至所有孔加工工序内容完成的全过程中,工件及夹具始终保持不动的钻床夹具。这种夹具相对机床的位置固定不动,工件在夹具中的位置固定不动,钻套相对刀具的精确位置可以通过严格的调装,达到相当高的精度,整个夹具的活动环节很少,夹具的刚性较好,所以固定式钻模的钻孔位置精度较高。但钻孔的方向和位置不能变动,机动性差。一般情况下,固定式钻模往往由于钻模板的设置使夹具的敞开性变差,装卸工件较麻烦,所以,工件的装夹效率较低。固定式钻模一般多用于机动性较好的摇臂钻床上,以便对多个孔依次换位钻削,或者用于组合多轴钻上,同时对多孔进行钻削,单孔加工可用于普通立钻上。

图 4-5-10 为一种固定式钻模,用以钻套筒工件上的小孔。夹具以心轴 8 和端面定位套 4 为工件提供定位基准依据,保证钻套 5 的轴线相对心轴的对称度、垂直度,从而保证被加工孔相对工件内孔的位置精度;夹具保证钻套的轴线相对端面定位套的环形端面间的距离,从而保证被加工小孔在工件上的轴向尺寸要求。削边偏心轮 2 上装有手柄,它与开口垫圈 9 和复位弹簧 3 一起组成偏心夹紧机构,可以快速地对工件进行装卸。由于是单孔加工,且孔径较小,钻孔可以在小型台钻上进行。

2. 回转式钻模

在中、小批量生产中,对于分布于同一圆周上的多个等直径孔的加工,往往采用回转式钻模来装夹工件。回转式钻模可以带动工件进行回转,以完成同一圆周上分布的多个孔的依次加工,孔的位置精度由钻套和夹具上的回转分度对定机构来保证。

根据钻模板在夹具上不同的设置,可以把回转式钻模分为模板固定式和模板回转式两种。

模板固定式回转钻模的钻模板为固定式结构,一般与夹具体固连在一起,以保证钻套与钻头的严格同轴关系,减少二者间的摩擦与磨损,维持和提高钻套的引导精

度,而工件则单独装在回转分度盘的心轴上,由心轴带动进行回转换位。工件上的加工孔位精度由工件相对钻套的回转精度,即分度盘、心轴的分度、对定精度来保证。

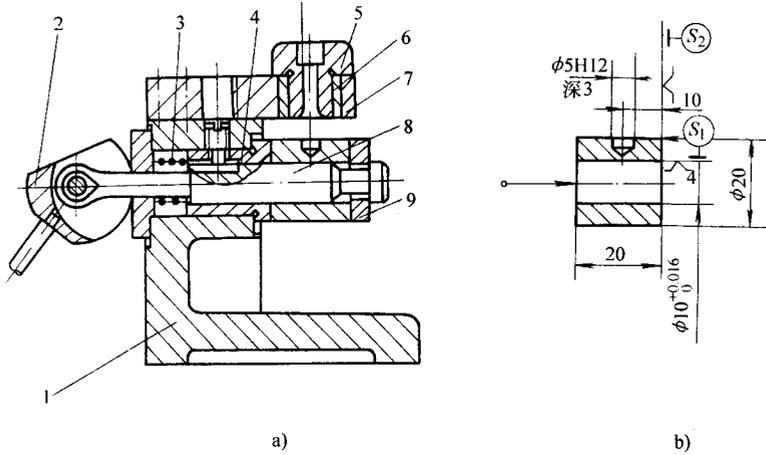


图 4-5-10 固定式钻模

1—夹具体 2—偏心轮 3—弹簧 4—端面定位套 5—钻套 6—衬套 7—钻模板 8—心轴 9—开口垫圈

模板回转式钻模的钻模板与工件一起装在回转心轴上,将随同工件一起回转换位,这种结构的钻模把回转分度,对定的误差直接由心轴带给钻模板上的钻套,引起钻套轴线与钻头轴线间的同轴度误差,严重地破坏钻套的引导精度,钻套过大的歪斜量甚至会导致钻刃摩擦钻套孔壁,造成刀刃和钻套的损伤。这种钻模一般只是在工件孔的分度精度要求很低时,为简化夹具的分度、对定机构才采用,一般情况下较少应用这种结构。

图 4-5-11 为一模板固定式回转钻模,用于依次加工工件上同一截面圆周上均布的六个小孔,将工件安装在可以回转分度的心轴 3 上,由分度盘 4 及对定销 5 组成的分度、对定机构来控制六个小孔沿圆周分布的等分性。钻模板 1 及钻套 2 固定在夹具体 6 上,保证与刀具间的位置精度。回转心轴的锁紧由锁紧螺母 7 完成。

生产中,为简化回转式钻模的结构及其设计、制造生产过程,缩短工艺装备的准备周期,常把夹具的回转部分直接用通用回转工作台来代替,使钻模的结构大为简化,并提高夹具的通用化程度。

3. 移动式钻模

移动式钻模是指工件安装到夹具上后,可通过夹具整体的自由移动或夹具局部结构的直线移动来依次完成多个孔的加工的钻模。

整体自由移动式钻模一般适用于在台钻、立钻上钻削小尺寸孔的小型多孔工件,由于钻削小孔,钻削扭矩较小,钻模在自身重力及摩擦力作用下,完全可以与钻削扭矩相平衡,加上手动进给,一般不大会发生拔钻危险,所以,夹具与工作台不需固连在一起,这样,可以利用夹具本身的移动来进行孔位的转换而加工多孔。

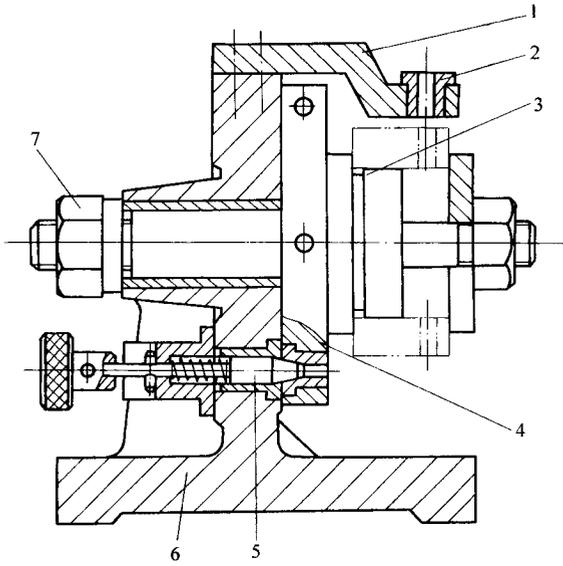


图 4-5-11 回转式钻模

1—钻模板 2—钻套 3—心轴 4—分度盘 5—对定销 6—夹具体 7—锁紧螺母

图 4-5-12 为一种移动式钻模, 夹具本身具有导轨、移动换位装置, 钻完一个孔后, 夹具可以带动工件在导轨的引导下进行定向移动, 转换孔位。这种结构本身经常具有活动模板, 靠模板上的钻套引导钻头, 确定孔位。当换位工作只需进行一次时, 可以应用图 4-5-12 中挡板限位机构, 靠挡板 1、2 来限定滑板及工件的最终移动位置, 进行两孔位的转换。当孔数较多, 且孔位精度要求较高时, 可采用直线分度对定机构来完成孔位间的转换。

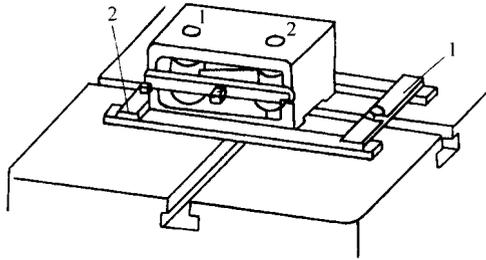


图 4-5-12 移动式钻模

1—右挡板 2—左挡板

4. 翻转式钻模

翻转式钻模属于一种活动式钻模, 工件一次性安装到夹具中后, 可以借助夹具使用过程中的手动翻转, 更换夹具相对刀具的加工方向和安装基面, 从而可依次完成工件不同加工面上不同方位的孔加工。只是工件的这种翻转换面是通过手动翻转夹具

实现的,所以要求工件及夹具的总质量不能太重。

通过手动的翻转换面,极大地提高钻模使用的机动性能,可在一次安装条件下实现小型工件上任意方向孔的加工。当小型工件具有空间交错的斜方向小孔加工要求时,往往优先考虑翻转式钻模的使用。由于这种钻模的活动性,使钻套相对钻头的位置关系不稳定,加上翻转造成夹具及工件的加工安装基准面不断地转换,所以,加工出的孔系精度往往不高。

图 4-5-13 为一种翻转式钻模,用来加工图 4-5-13a 中的工件外圆柱面上的三个均布小孔和端面上的三个小孔,并保证两组孔在 360° 空间范围内的相互均匀分布。

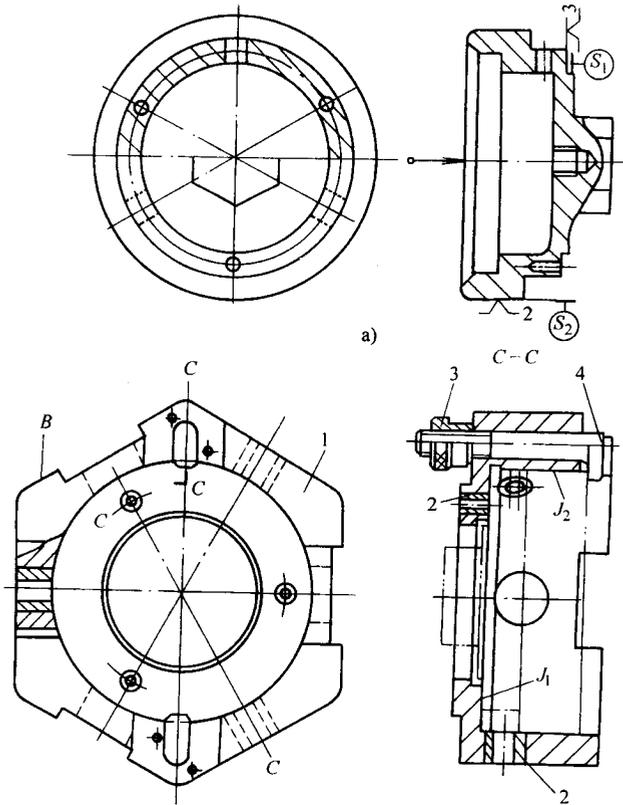


图 4-5-13 翻转式钻模

1—夹具体 2—钻套 3—螺母 4—钩形压板

工序图 4-5-13a 中,要求工件以 S_1 端面为第一定位基准,以保证工件的安装稳定性;以 S_2 外圆柱表面为第二定位基准,大致保证两组孔的孔系中心相对工件外圆的位置精度。

夹具为工件的定位提供内孔表面 J_2 作第二定位基准依据,端面 J_1 为第一定位基准依据,利用两个钩形压板 4 和夹紧螺母 3,把工件与夹具安装成一体,依靠夹具体

的六方外形面和端面作为钻孔时夹具翻转的安装基准面,这样,可在工件一次安装中,先后经过四次翻转,钻完分布在四个不同表面上的六个小孔。由于工序过程中,夹具要不断地换面翻转,因此应注意及时清除干净工作台安装平面上的积屑,以防碎屑破坏夹具与工作台面的严密接触,影响定位安装精度。

5. 盖板式钻模

钻床夹具最原始的形式就是一块钻模板,这就是盖板式钻模的原形,把模板盖在大型工件上并压紧,就可以把模板上的孔系复制在工件上。为保证模板的孔系相对工件的毛坯间较严格的位置关系,因此在模板上增加相对工件的定位元件及夹紧装置。由于盖板式钻模很适合于小批量生产中大型机体、箱体工件的小孔孔系加工,所以其结构形式被保留下来。

图 4-5-14 为一种盖板式钻模,用来加工工件上孔周围的均布螺钉孔。为保证螺钉孔系相对上孔的位置度要求,钻模板采用由滚花手轮 2、钢球 3 和滑柱 5 组成的自动定心夹紧机构。拧紧手轮,螺钉挤压钢球,使沿圆周均布的三个滑柱均匀地顶紧工件上孔内壁,保证钻模板与工件上孔的位置关系。盖板的底平面直接与工件顶面紧密接触,保证钻套轴线与工件顶面的垂直关系,只要工件顶面在安装时相对钻床工作台保持平行,钻套就可以正确地引导钻头,完成孔的加工。弹簧锁环 6 用来套住三个滑柱,防止滑柱滑出心轴。

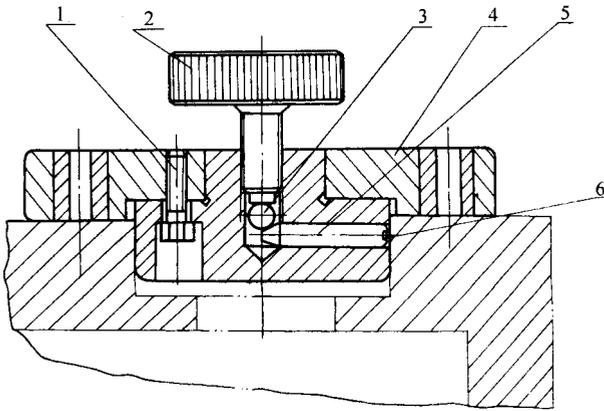


图 4-5-14 盖板式钻模

- 1—螺钉 2—滚花手轮 3—钢球
4—钻模板 5—滑柱 6—弹簧锁环

盖板式钻模只有一块钻模板,没有夹具体,一般情况下它要借助于工件的平面,直接复盖在工件上保持其与工件间的稳定接触和相对刀具的正确关系,所以要求工件接触面本身的形状精度应较高,质量要稳定,同批工件之间不能差异太大。当需要在工件非加工面上复盖钻模板时,应选择毛坯面上质量较为稳定的区域设置模板上的支撑钉。

由于模板只起‘模’的作用,一般模板材料结构不必选得过厚,大型盖板一般掌握其重量不超过 10kg,在钻套及重要夹紧点处适当设置凸台和筋肋,只要能满足基本刚度条件即可。

6. 滑柱式钻模

滑柱式钻模是一种应用广泛的中小型通用夹具,它具有能够在两个滑柱的引导下进行上下移动的钻模板,在手动或者气、液动力作用下,能够快速压紧工作,具有工件装夹方便、夹紧动作迅速、操作简便,易于实现自动化控制等优点。尤其适合于一些小型工件的孔加工。所以,在专业化生产和小批量生产中,滑柱式钻模都得到广泛的应用。

图 4-5-15 为二种滑柱式钻模的基本结构。其中图 a 为手动滑柱式钻模,钻模的主要结构为能够在滑柱 3 的引导下,进行上下滑动的钻模板 7,模板上装有可使模板升降的齿条轴 5。转动手柄 2,使斜齿轮轴 1 上的斜齿轮带动齿条轴及钻模板上下滑动,当钻模板下降并压紧工件,钻模板不再向下运动,此时,由于斜齿轮、齿条啮合中的齿条不再下移,所以斜齿轮的继续转动将使斜齿轮受到齿条作用给齿轮一个较大的轴向啮合分力,由于斜齿轮轴上设置有锥度为 1:5 的正反两个锁紧锥,使斜齿轮轴在此轴向力的作用下,与夹具体 4 的内锥面挤锁在一起,使齿条轴、钻模板压紧工件并锁紧不动。除圆锥锁紧结构外,滑柱式钻模尚有斜楔锁紧、偏心锁紧等不同的锁紧结构。

在滑柱式钻模的实际应用中,根据工件的具体定位、夹紧需要,把定位元件及工件都设置在钻模板 7 与钻模台面之间的空间范围内,而钻模板兼作夹紧元件用,所以夹紧迅速,操作方便。

图 4-5-15b 为气动滑柱式钻模的结构,钻模利用夹具体内设置的双作用式气缸,使钻模板在活塞杆的带动下进行升降。钻模板在压紧工件后,由于气源动力始终保持,并不需要专门的锁紧装置,所以气、液动滑柱式钻模结构十分简单,其基本结构只是一套缸体、活塞杆结构,而且控制方便,多应用于自动控制加工中。

图 4-5-16 为一手动滑柱式钻模的应用实例,用来对拨叉工件上的大端通孔进行钻、扩、铰。

夹具以短锥套 9 为工件的大端外圆提供三个定位点,消除工件的三个移动不定度,另以两个可调支撑为工件毛坯底面提供两个定位点(见图),可消除工件绕水平面两坐标轴的转动不定度,最后用一个挡销 3 提供一个定位点,来消除工件绕垂直轴的转动不定度,实现拨叉的六点定位。

为适应工件毛坯面不够稳定的夹紧实际情况,夹具的夹紧采用由液性塑料作传动介质的浮动压柱夹紧机构,以保证对拨叉毛坯面夹紧的适应性和可靠性。

抬起手柄 10,模板 5 上升,即可装卸工件。压下手柄 10,工件即被定位、夹紧,操

作十分方便。由于要在本工位上先后进行钻、扩、铰几道工序，所以钻套 7 为快换钻套。由于整个夹具只需专门配置几个定位元件和液性塑料浮动夹紧部件，其他基本结构均为通用结构，所以，整个夹具的生产准备周期极短。

由于滑柱式钻模的实用性，其结构已标准化、系列化，使用时，可以直接购买或者根据工件的具体尺寸规格组装。所以，滑柱式钻模已属于通用夹具的范畴。

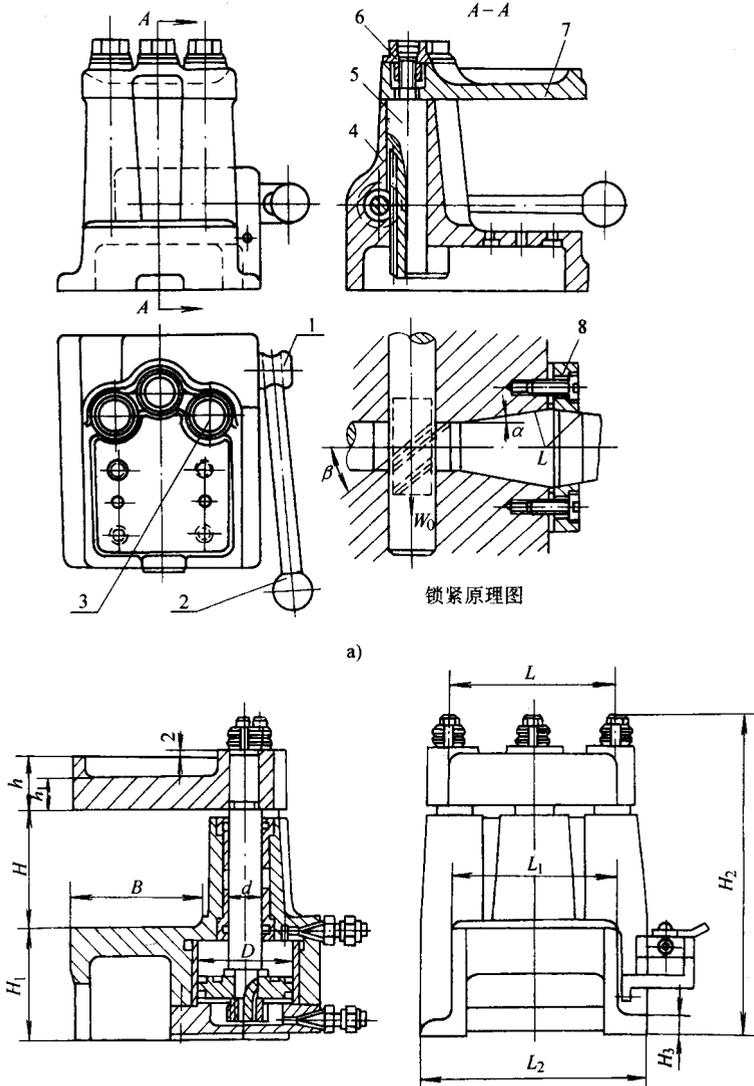


图 4-5-15 滑柱式钻模

a) 手动滑柱式钻模 b) 气动滑柱式钻模

- 1—斜齿轮轴 2—手柄 3—滑柱 4—夹具体 5—齿条轴
6—螺母 7—钻模板 8—锁锥盖

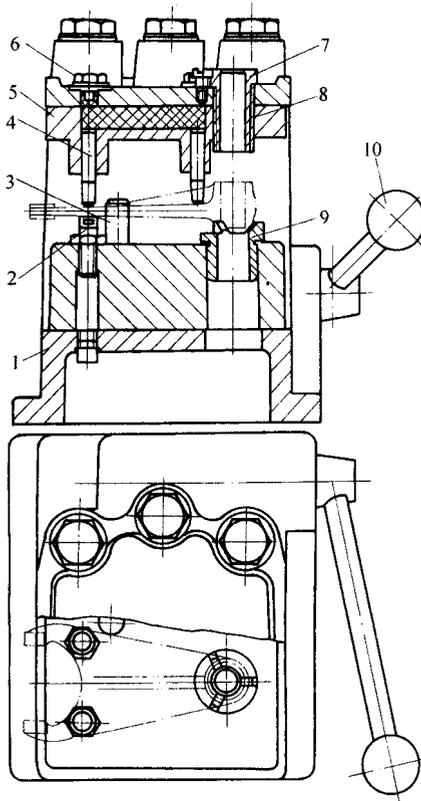


图 4-5-16 滑柱钻模应用实例

- 1—底座 2—支撑钉 3—圆柱销
4—压柱 5—模板 6—螺塞
7—钻套 8—衬套 9—短锥套 10—手柄

三、钻模板

钻床夹具的钻模板是一个关键部件,它的结构形式、在夹具上的安装形式,以及其制造精度都直接影响到工件孔加工的位置精度。钻模板与夹具体常用连接方式有固定式、铰链式、分离式和悬挂式等几种。

1. 固定式钻模板

固定式钻模板直接固定在夹具体上,工作中相对夹具体没有任何活动形式,所以,它不具有活动模板所必备的活动间隙,钻套相对夹具体的位置精度较高。但固定式钻模板工件安装的敞开性较差,使得工件的装卸不方便,安装效率低。图 4-5-17a 为固定式钻模板的一般结构,模板多是在经过较严格的位置调正后通过螺钉连接紧固在夹具体上,并用双定位销把调装位置长期固定下来,也可采用焊接方式,把模板与夹具体永久性固连在一起。

2. 铰链式钻模板

铰链式钻模板是利用铰链把模板与夹具体装配在一起,见图 4-5-17b,使模板可以绕铰销进行摆转或者翻转,提高工件安装的敞开性,以利于工件在本工位上孔的多工序加工,如钻孔后再进行攻丝、镗平面等。

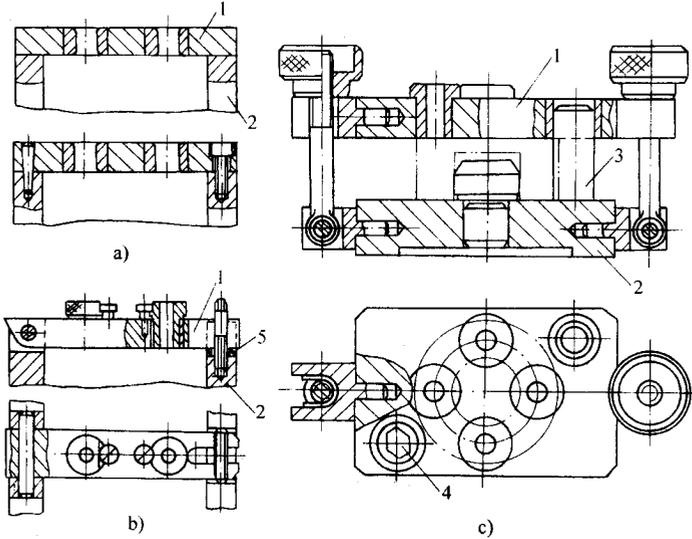


图 4-5-17 钻模板结构

1—钻模板 2—夹具体 3—圆柱销 4—削边销 5—垫片

一般,铰销与钻模板孔的配合常取 $G7/h6$ 或 $H7/h6$ 配合,与铰链座孔的配合常取 $N7/h6$,钻模板与铰链座凹槽间的配合多为 $H8/g7$,精度要求较高时,可以单独配制或者进行研配。由于钻模板与夹具体间具有翻转运动,不可避免的运动间隙将会降低钻套相对刀具的位置精度。

3. 分离式钻模板

分离式钻模板见图 4-5-17,钻模板与夹具体是分离的,每装卸一次工件,钻模板需从夹具体及工件上装卸一次。由于钻模板与夹具体的分离关系,钻模板常是依靠工件表面完成安装的,所以,模板相对工件的位置关系可以借助专门的定位元件而控制得很严,孔位精度较高,但工件安装时较麻烦,安装效率较低。

4. 悬挂式钻模板

图 4-5-18 为悬挂式钻模板在机床上的连接情况,悬挂式钻模板不装在夹具上,而是连接在机床主轴箱或主轴结构上,随同刀具及主轴箱的移动靠近或离开工件。为保证钻模板相对工件的正确位置,悬挂系统与夹具体间往往具有较精确的对定引导装置。

在组合机床和自动线上,悬挂式钻模板经常悬挂在多轴箱上,随同多轴箱靠近工件,所以,悬挂式钻模板有时也借助悬挂系统的弹簧力兼作辅助压紧作用,见图 4-5-

- 18。这种结构在多轴箱退回原位时,工件装卸的敞开性较好,安装空间较大,有利于工件的快速安装和自动安装,故多在自动作业线上使用。

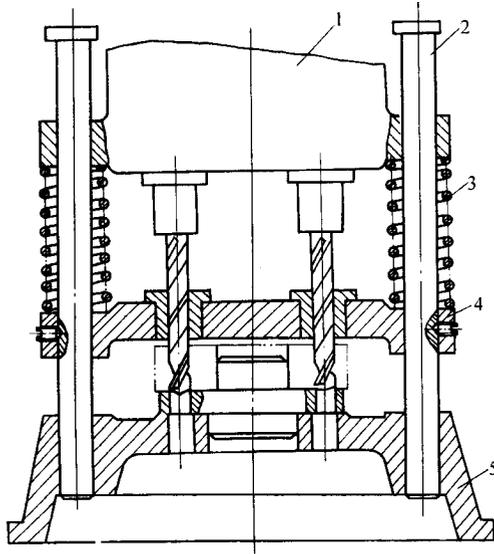


图 4-5-18 悬挂式钻模板

1—横梁 2—导向滑柱 3—弹簧 4—模板 5—底座

四、钻套

1. 钻套的作用

为防止孔加工过程中,刀具直接对钻模板上的引导孔进行挤压,摩擦甚至切削破坏,钻模板的引导孔一般都装有硬度较高的钻套引导刀具,所以,钻套的作用除可用来引导刀具,以保证被加工孔的位置精度外,还具有保护钻模板孔系精度的作用。另外,由于一般孔加工刀具的刚性较差,尤其像普通麻花钻,钻孔时在巨大轴向力作用下,极易发生弯曲失稳,所以钻套还可以起到对刀具的辅助支撑作用,防止刀具切削过程中的过大弯曲变形及切削振动,有效地提高工艺系统的刚性。

2. 钻套的种类

钻套又有钻模套,导套之称,其结构,尺寸已标准化。按钻套结构的不同,可分为固定钻套、可换钻套、快换钻套和特殊钻套几个种类。

(1) 固定钻套

固定钻套与钻模板为固定式连接,依靠钻套与钻模板间适当的材料过盈挤紧在模板孔中,其标准代号为 JB/T8045.1—1995。

图 4-5-19 为固定钻套的结构。固定钻套按结构的不同分为 A 型、B 型两种,图 4-5-19a 为 A 型固定钻套结构,其外形为套筒形,为防止使用时钻屑及油污流入钻套,固定式钻套在压入安装孔时,其上端应稍突出钻模板。图 4-5-19b 为 B 型固定

钻套,为带凸缘式结构,上端凸缘直接确定了钻套的压入位置,为安装提供方便,并提高钻套上端孔口的强度,防止钻头等在移动中撞坏钻套上口。

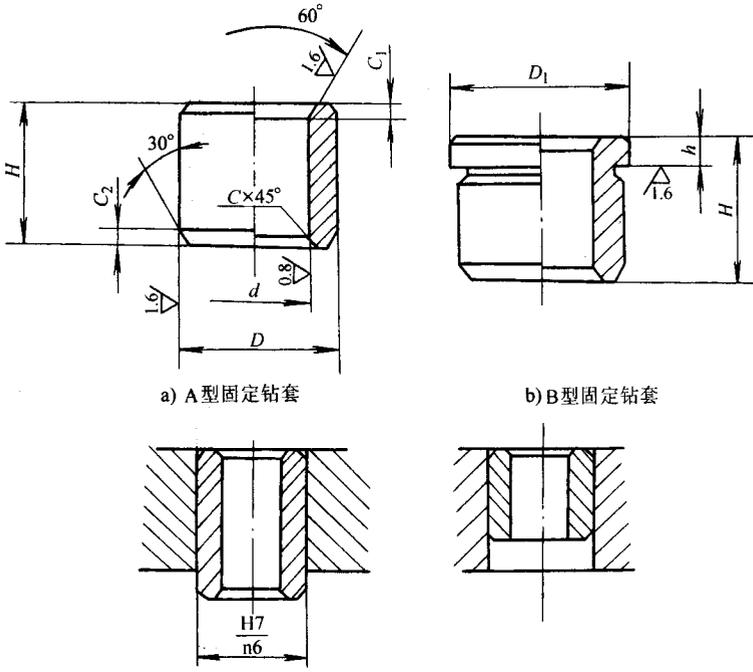


图 4-5-19 固定钻套

固定式钻套与安装孔间的配合,一般选为 $H7/n6$ 或 $H7/r6$ 。紧固连接使钻套的孔位精度提高,但钻套的磨损更换比较困难,反复更换钻套易造成安装孔精度的破坏,所以不适用于磨损较严重的大批量、高效生产,一般多用于小批量生产中。

(2) 可换钻套

可换钻套与钻模板的连接为可更换连接,见图 4-5-20,钻套 1 通过衬套 3 与钻模板相连接,由衬套 3 来保护钻模板底孔。衬套与钻模板间的配合取 $H7/n6$ 小过盈配合,而钻套与衬套间取 $F7/m6$ 或 $F7/k6$ 配合(这类配合只有在极个别情况下可能得到 -0.001 的小量过盈,一般均得到小间隙配合),便于钻套的更换。为防止钻头带动钻套旋转及钻头退刀时拔出钻套,采用钻套螺钉 2 压紧钻套。可换钻套、钻套螺钉及钻套用衬套均为标准结构,其代号分别为:可换钻套 JB/T8045.2—1995,钻套用衬套 JB/T8045.4—1995,钻套螺钉 JB/T8045.5—1995。

(3) 快换钻套

快换钻套为一种可以进行快速更换的钻套。当工件在工位上安装后,需要对一个孔位依次进行诸如钻、扩、铰等多道工序内容的加工时,由于孔径的不断扩大,所需的导套直径也需要不断改变,这种情况需要在工序间快速地更换导套,可以采用快换钻套。

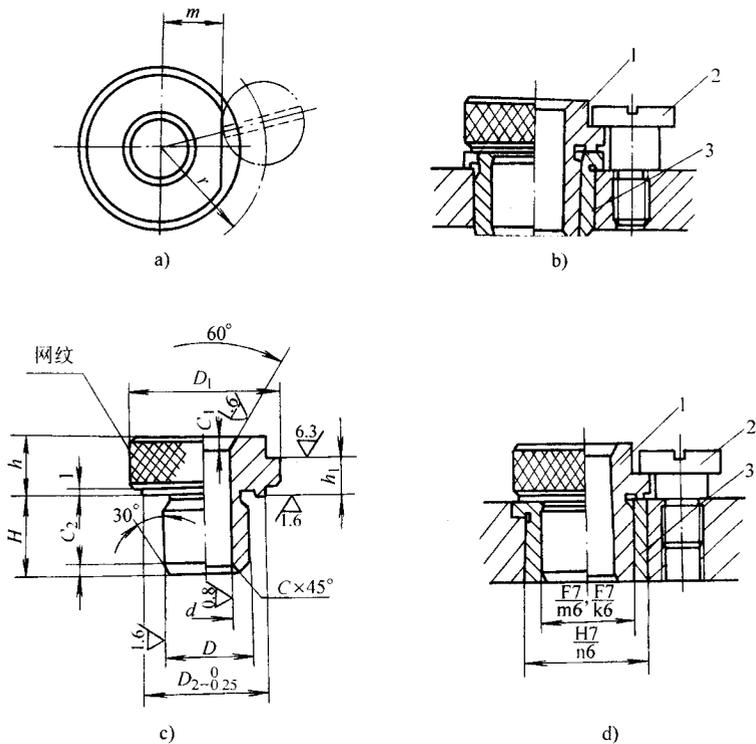


图 4-5-20 快换钻套结构

1—快换钻套 2—钻套螺钉 3—钻套用衬套

图 4-5-21 为快换钻套结构,由图中对比可以看出快换钻套与可换钻套的外形及装配结构大致相同,只是钻套螺钉的压紧台阶结构有所区别:快换钻套上口凸缘除专门设置有压紧台阶外,还将凸缘铣出一个缺边,当更换钻套时,只需将快换钻套逆时针转出压紧台阶,到凸缘的缺边处,就可向上提出钻套,进行更换,不需拆下钻套螺钉,达到快速更换的目的。因此,快换钻套的钻套螺钉拧紧后,螺钉头并不压紧在钻套的台阶上,而是使二者保持一个小间隙,以便钻套可以在台阶和缺边范围内进行转动,而可换钻套的钻套螺钉则是压紧在钻套台阶上的,钻套不能松动,这是二者间的又一区别。

(4) 特殊钻套

特殊钻套为非标准件,是根据工件被加工孔的具体特点专门设计和制造的特殊结构钻套,在不能应用标准钻套的场合,可采用特殊钻套解决刀具的引导问题。

图 4-5-22 为几种特殊钻套的应用。其中图 4-5-22a 为加长钻套,常用于孔位处于工件的凹坑、凹面中,钻模板无法靠近的场合。当钻套内孔轴向长度较长,为减少钻屑及钻头对导套内壁的剧烈摩擦,多把钻套上部非引导部的孔径扩大,从而减少钻头及钻套的磨损。

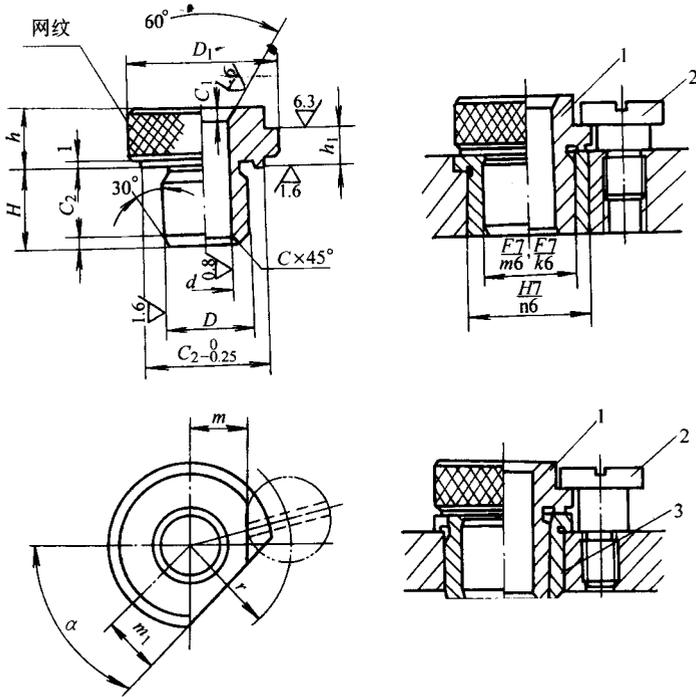


图 4-5-21 快换钻套结构

1—快换钻套 2—钻套螺钉 3—钻套用衬套

图 4-5-22b 为在斜面、弧面上钻孔采用的斜面钻套。当普通钻头在斜面上起钻时,只有靠近工件的一侧钻刃进行切削,受力的不均衡将使钻头向斜面外侧发生严重的歪斜,从而造成较大的孔位误差。使用斜面钻套可以迫使钻头维持钻孔位置少发生歪斜,但此时钻头对钻套内壁的摩擦和刮切,也是很严重的,所以,一般情况下应尽量采用工艺凸台、铣坑或分级起钻等工艺手段,避免在斜面、弧面上直接起钻。有时为简化生产过程,非要采用斜面起钻时,应注意适当控制起钻进给量,在大批量生产中应及时更换被磨损的钻套。

图 4-5-22c 为双孔或多孔钻套,当小孔间的孔距较小,可以以一个钻套体代替多个钻套。使用这种钻套应注意钻套应为紧固连接,否则,孔位会因钻套转动产生误差,必要时,应打上防转销。

图 4-5-22d 为一种兼有自动定心夹紧功能的复合钻套,钻模板与钻套之间设置有引导钻套的衬套,钻套与衬套间设有夹紧螺纹结构,钻套下端设置短锥套自动定心结构,向下扭紧钻套,可使工件相对钻套自动定心并压紧。结构紧凑,操作简单,使用时应注意螺纹部的强度及夹紧可靠性。

3. 钻套有关参数

(1) 钻套内径公差带的选择 钻套的内径公差带应视加工内容及被引导刀具而

选定：

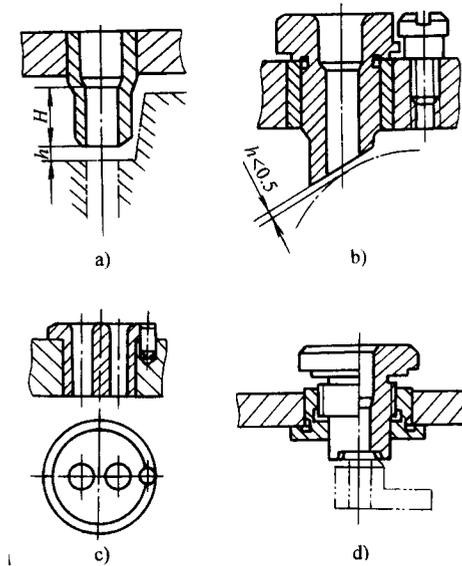


图 4-5-22 特殊钻套的应用

①钻套内径公差带一般按基轴制选取 由于钻头、扩孔钻、铰刀等都是标准定值刀具,故应以刀具为基准依据。

②为防止刀具与钻套发生咬死,钻孔、扩孔时,钻套内径取 F7,粗铰时取 G7,精铰时取 G6。

③当钻套引导的不是刀具的切削部,而是刀具的导柱时,可按基孔制取 H7/f7, H7/Z6、H6/g5 配合。

(2)钻套高度 H 钻套高度 H 一般情况下按下式选取：

$$H = (1 \sim 2.5)d$$

式中 d ——刀具直径公称尺寸

钻套高度 H 过大,引导长度过大,会加剧刀具与钻套的磨损;引导长度过小,影响导向性能。当孔径尺寸较小,钻头刚性较差,可使

$$H > 2.5d$$

(3)排屑间隙 h 钻套下端与工件表面之间的距离 h (见图 4-5-22a)用于排屑,一般应根据屑的粉碎情况及对钻头的引导精度要求,灵活确定其大小。

加工铸铁等脆性材料 $h = (0.3 \sim 0.7)d$

加工钢等塑性材料 $h = (0.7 \sim 1.5)d$

钻深孔 ($L/d > 5$) 时 $h = 1.5d$

斜面、弧面起钻 h 应尽量小

第三节 镗床夹具

一、镗床夹具的特点

镗床夹具一般是在镗床上加工箱体类、支座类工件上的孔所采用的夹具,镗床夹具大多具有下述特点:

1. 利用镗床夹具所加工的孔,一般为孔径尺寸大于 30mm 的大、中型孔。
2. 大多数镗床夹具都采用各种镗套引导镗杆或刀具,以提高刀具系统的刚性,保证同轴孔系及深孔的加工形状、位置精度要求。
3. 利用镗套的精确引导,镗床夹具还可用在经过一定设备改装的普通车床、铣床、钻床,及具有旋转动力和进给传动的简单设备上,夹具应用较为灵活。
4. 受加工孔径的限制,镗孔刀具的刀杆较细,切削用量一般不太大,加上镗孔加工一般为连续切削,其过程较平稳,故对镗床夹具体本身的刚性要求不高,甚至简单的支架结构也能进行镗孔,所以,镗床夹具结构比较轻巧。

与钻床夹具相类似,镗床夹具又有镗模之称。

二、镗床夹具的结构分类

镗床夹具应用广泛,分类也较杂,按其所使用的机床类别不同,可以有万能镗床用夹具,组合镗床用夹具,普通镗床用夹具及精密镗床用夹具等种类;按镗刀及镗杆设置方向不同,有卧式、立式之分;按镗套相对刀具及加工位置的不同,有前导式、后导式、前后双导式等种类;从镗床夹具的总体结构上分类,目前主要把镗床夹具分为有镗套类和无镗套类两个大类。

1. 有镗套镗床夹具

有镗套类镗床夹具上都设置有镗套结构,用来对刀具或镗杆进行引导。这类镗床夹具由于采用镗套直接控制孔位精度,镗孔加工可以不受机床精度的影响,甚至在其他通用机床,如车床、铣床、摇臂钻、立钻上,经过简单的设备改装,都可以用来镗孔。只要具有简单的旋转动力及较严格的进给控制装置,就可以利用支架,镗套系统加工较高精度的大、中型孔及孔系,所以,这类结构常被应用于各种技术革新及设备改造中对单件、小批量的工件镗孔加工。

按照镗套相对刀具设置位置的不同,此类夹具可分为单套前引导,单套后引导,双套单向引导,前后单套引导和前后双套引导等五种结构形式。

(1) 单套前引导结构

图 4-5-23a 为单套前引导式镗床夹具的镗套、刀具间的结构布置形式。所谓单套前引导,是指用单个镗套设置于刀具切削加工部的前方,对刀具的切削进行引导。这种结构一般适合于加工孔径 $D > 60\text{mm}$ 的通孔。镗套位于被加工孔的前方,镗杆引导部直径 d 必须小于孔径 D ,才有可能穿过孔坯到达引导套。为减小支撑距离,导套与工件间距 h 应尽量小些,但考虑安装、测量、观察及清屑的方便, h 尺寸一般不应小于 20mm ,常按式

$$h = (0.5 \sim 1)D$$

来选择。

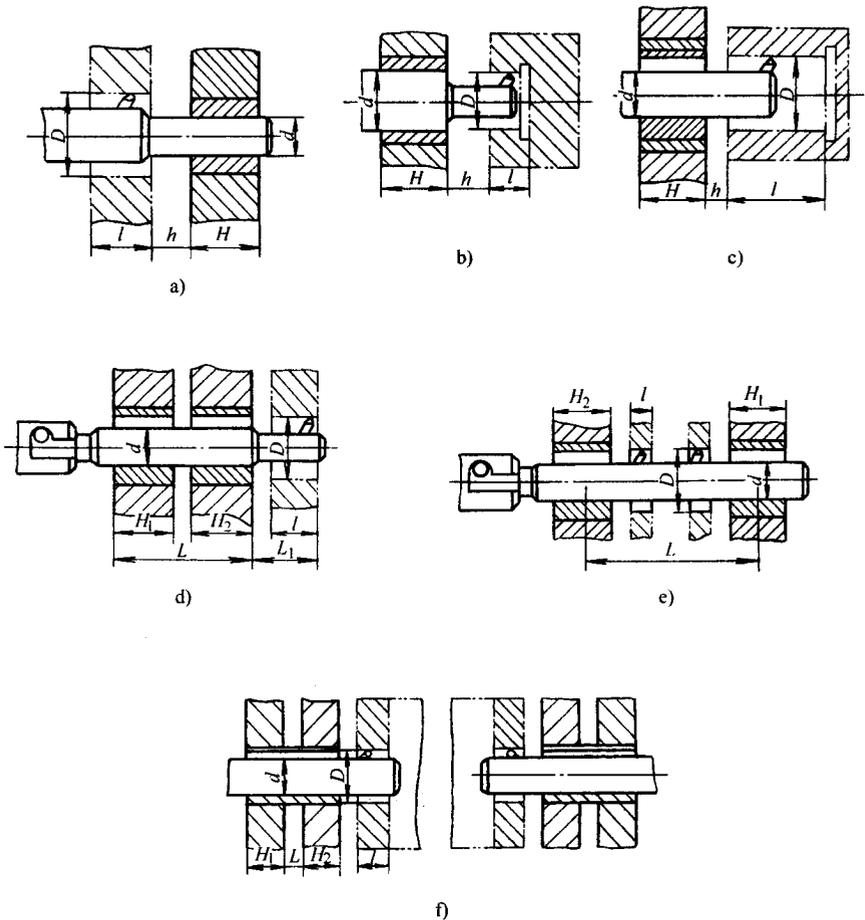


图 4-5-23 五种镗套设置结构形式

由于是单镗套引导,所以镗杆或刀杆与机床主轴应保持刚性连接,镗套相对机床主轴间应保证较严格的同轴度要求。

(2) 单套后引导结构

单套后引导结构见图 4-5-23b、图 4-5-23c,单个镗套位于刀具及切削部的后

面,这种布置适用于被加工孔径 D 较小或是盲孔。

为尽量增大刀杆的直径,提高刀具的刚性,此类设置结构可按被加工孔的长径比 l/D 的不同分为图 4-5-23b 和图 4-5-23c 两种结构情况:

①当 $l/D < 1$ 时 见图 4-5-23b。此时 $l < D$,即孔的深度较浅,一般不需要刀具的引导部伸入工件被加工孔内,故允许镗杆或刀杆引导部直径 d 大于工件孔径 D ,使刀具得到足够的刚性。

②当 $l/D > 1$ 时 见图 4-5-23c,此时为 $l > D$,孔的深度大于孔径,此时由于孔镗到一定深度(孔深等于孔径)后,再往里镗,需要一定的镗杆引导部长度伸入孔内,故镗杆引导部直径 d 不能大于孔径 D ,而且,只有取 d 小于 D ,才能使导套对镗杆的支撑点前移,才能减小由镗刀尖到支撑点的这一段刀具悬伸量,从而减小镗杆的弯曲变形,提高刀具系统的刚性,减小切削振动,提高孔加工精度。

同单套前引导夹具相同,单套后引导结构夹具的刀杆与机床主轴间,也需要保持刚性连接。

(3) 双套单引导结构

双套单引导结构是指在工件的一侧,一般是在刀具的后方,利用距离较远的两个镗套对刀具的镗杆进行引导,见图 4-5-23d。这种结构多半用于机床主轴不便于直接靠近工件的孔端面(如深孔位于箱体的另一侧)。由于此类结构的镗套支架与工件间的相对位置关系往往较严格,而机床主轴与每一工件的位置精度误差使得主轴与镗套间很难保证严格的同轴精度,所以,主轴与镗杆间都采用非刚性的浮动连接,孔位精度直接靠双镗套来保证,与机床精度和主轴相对夹具的位置精度无关。

(4) 前后单套引导结构

前后单套引导结构是指在工件的前、后侧各设置一个镗套,并由一根长的镗杆作导向杆,加工同一轴线上安排的孔系或较深通孔,见图 4-5-23e。这种引导支撑结构应用较为普遍,常用于对箱体、机座工件上的轴承座孔等进行镗削。由于两个引导支撑的跨度较大,镗杆与主轴间为浮动连接结构。当跨度间隔过大($L > 10d$)时,应注意增加中间辅助引导支撑。

(5) 前后双套引导结构

前后双套引导结构见图 4-5-23f,主要应用于专业化生产的组合机床上,对工件同时进行双面对镗。如工件两端孔系较深,需要较长的引导长度,且工件两端孔之间需保持严格的相对位置关系(同轴或相平行),多采用这种结构的引导。利用两端对镗结构,可以缩短整个工件孔加工的镗孔节拍,并可左右平衡对孔的切削扭力矩,提高工件安装的可靠性。而两端孔的相对位置精度由组合机床本身直接保证,可实现对箱体孔的多面、高效加工。

(6) 有镗套镗床夹具实例

根据生产批量,规模及孔加工精度质量,工件大小等要求的不同,镗床夹具的结

构组成会有很大的差异,可以简单地由支架、镗套、镗杆组成一个直接装在工件上的轻便的镗孔支架系统,也可以使夹具配备有完善的自动装卸、自动定位、夹紧、自动引导及让刀机构而形成一台完整的高效、自动化镗孔夹具。

图 4-5-24 为一部加工车床尾座主轴孔的镗床夹具,其镗套引导结构为前、后单套引导结构。工件安装位置设置在夹具前、后镗套的中间部位,是一种最普遍的箱类工件镗孔设置方式。为保证工件孔的轴线相对前工序已加工好的底面间的平行度及相对底面横向小导轨表面间的垂直度要求,工件直接以底平面作为第一定位基准面,以底面横导轨的垂直侧面作第二定位基准面,以整个工件底部凸缘的一侧作第三定位基准面(见图),夹具以定位板 3、4 所组成的平面为工件提供第一定位基准依据三个定位点,以定位板 3 上的垂直导向窄面为工件提供第二定位基准依据两个定位点,以支撑钉 7 为工件提供最后一个点,使工件实现六点定位。工件的夹紧采用联动夹紧机构。拧紧螺钉 6 杠杆式压板 5 压向工件,同时通过拉杆带动压板 8 使工件夹紧。镗杆 10 穿在前、后镗套 2 中,并通过浮动接头与主轴相连接。

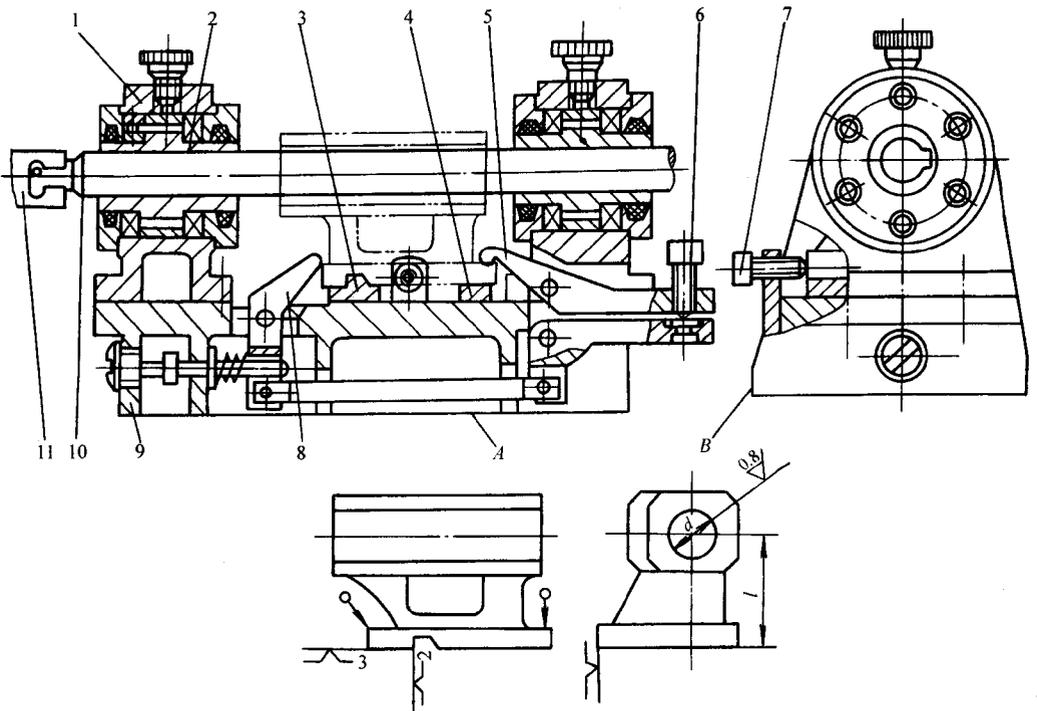


图 4-5-24 车床尾座孔镗模

- 1—支架 2—镗套 3、4—定位板 5、8—压板 6—夹紧螺钉
7—可调支撑钉 9—镗模底座 10—镗刀杆 11—浮动接头

2. 无镗套镗床夹具

图 4-5-25 为一部用于立式双轴组合镗床上的无镗套镗床夹具。为提高工作

效率,压缩工作节拍,夹具设计成左右双工位夹具,一次装夹两个工件,这样可以简化一套气动夹紧装置,并使夹具结构对称。

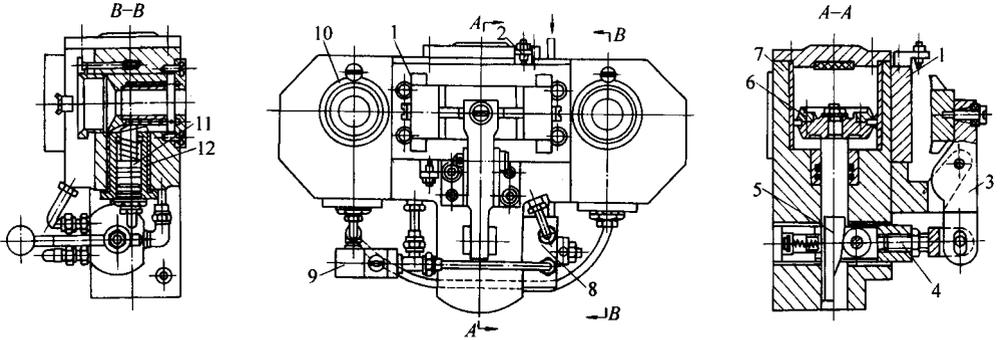


图 4-5-25 立式镗模结构图

- 1—支撑板 2—挡销 3—压板 4—推动杆 5—斜楔
6、11—活塞 7、12—气缸 8—分配阀 9—顺序阀 10—浮动定位锥套

夹具工作原理图如图 4-5-26 所示,工件以小端平面与夹具支撑板 1 相接触,消除一移动、两转动共三个不定度,以大端外圆柱面在夹具浮动定位锥套 10 中定位,消除两个移动不定度,并以小端外侧面与夹具的挡销 2 相接触,消除最后一个转动不定度。

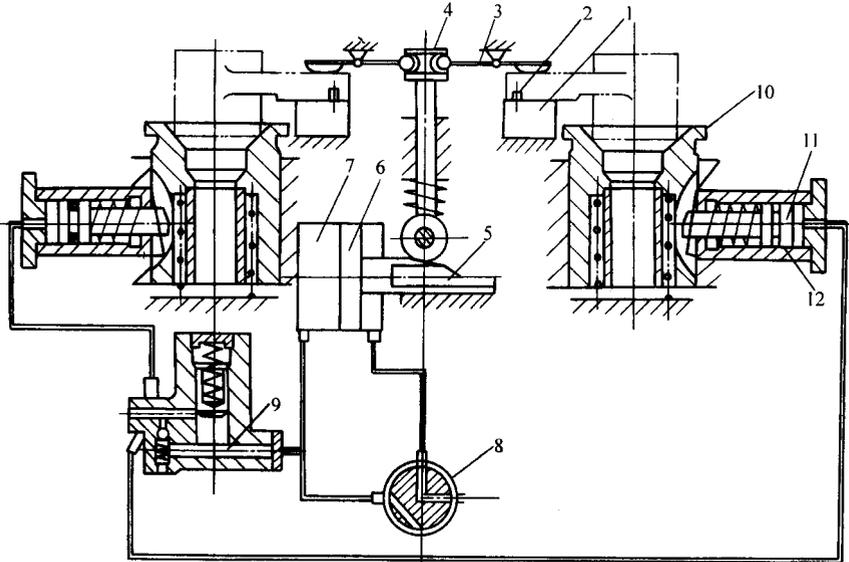


图 4-5-26 立式镗模工作原理

- 1—支撑板 2—挡销 3—压板 4—推动杆 5—斜楔
6、11—活塞 7、12—气缸 8—分配阀 9—顺序阀 10—浮动定位锥套

工件的夹紧由气动夹紧缸的活塞 6 完成。气动夹紧时,转动空气分配阀 8,压缩

空气进入夹紧缸 7 的无杆腔 ,推动活塞 ,斜楔 5 ,推杆 4 压下压板 3 ,从而将工件压紧。

顺序阀 9 是用以保证浮动定位锥套能在工件压紧之后再进行锁紧 ,因为工件大端的镗孔位置正好是在锥套轴线上。工件被压紧后 ,气压增高 ,顶开顺序阀 ,使两侧两个锁紧缸同时动作 ,对两个浮动定位锥套实行锁紧。转动分配阀可使各动作缸反向 ,从而松开夹紧及锁紧。

三、镗套

按镗套在工作中是否随镗杆运动 ,可以把镗套分为固定式和回转式两大类 :

1. 固定式镗套

固定式镗套被固定安装在夹具导向支架上 ,不能随镗杆一起转动 ,所以 ,镗削过程中 ,镗杆在镗套中既有轴向的相对移动 ,又有较高的相对转动。镗套容易摩擦磨损而失去引导精度 ,只适用于线速度 $v < 0.3\text{m/s}$ 的低速情况下 ,所以 ,固定式镗套应用时的孔径尺寸均较小 ,因此其外形、结构及应用情况有些像可换钻套。由于它结构简单 ,定心精度较高 ,在一般小尺寸的镗孔 ,扩孔、铰孔中 ,得到广泛应用。其结构已被标准化 ,镗套及其附件的标准代号分别为 :镗套 JB/T8046.1—1995 ,镗套用衬套 JB/T8046.2—1995 ,镗套螺钉 JB/T8046.3—1995。

图 4-5-27 为固定镗套结构。根据镗套润滑方式的不同 ,固定镗套分为 A 型 ,B 型两种型号 :A 型套为无润滑油槽式 ,需依靠镗杆上的供油系统或滴油来润滑 ;B 型套备有油杯、油槽结构 ,可实现较好的自润滑。

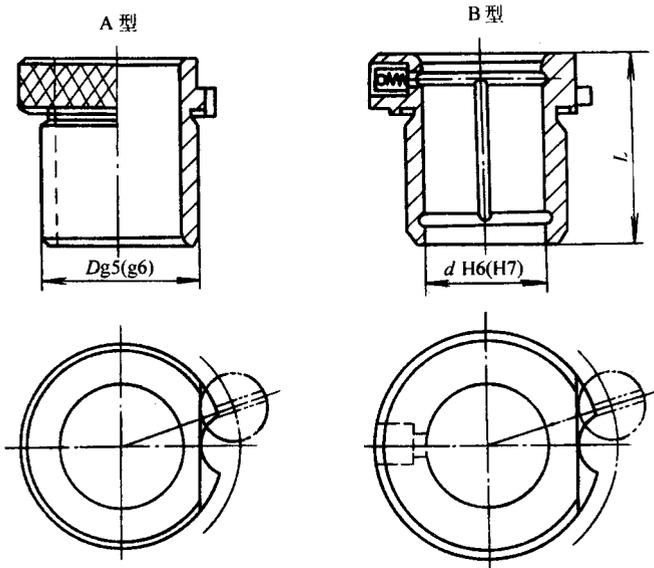


图 4-5-27 固定式镗套

2. 回转式镗套

回转式镗套在镗孔过程中随同镗杆一起进行回转,所以镗套内壁相对于镗杆没有高速的转动,从而减少镗套内壁的磨损,可长期维持其引导精度。这种结构的镗杆相对夹具体间的转动环节设置在镗套的外部,并采用专门的高效、高精度回转结构,具有回转精度高、回转速度高、结构紧凑、镗套间隙小等特点,比较适合于高速镗孔,一般应用于孔径较大、线速度大于 0.3m/s 的场合。

根据回转支撑接触形式的不同,回转镗套可分成滑动式与滚动式两类,图4-5-28为两类回转式镗套的结构。图4-5-28a为滑动式回转镗套,其回转结构采用滑动轴承2,使镗套1可以自由回转,镗套内壁上开有键槽,可由镗杆上的键带动,而随镗杆一起回转。这种结构径向尺寸小,结构紧凑,回转精度很高,且内外套间为面接触形式,承载能力强,在充分润滑条件下,具有良好的减振性,常用于精镗加工。

图4-5-28b、c为滚动式回转镗套,镗套与机架间由滚动轴承支撑。所以,可采用各类标准滚动轴承来制造,使设计、制造、维修方便,允许转速较高。但此类结构径向尺寸较大,回转精度受到滚动轴承精度影响,且由于内外套是滚动体的点、线接触,接触刚度差,承载能力较低。

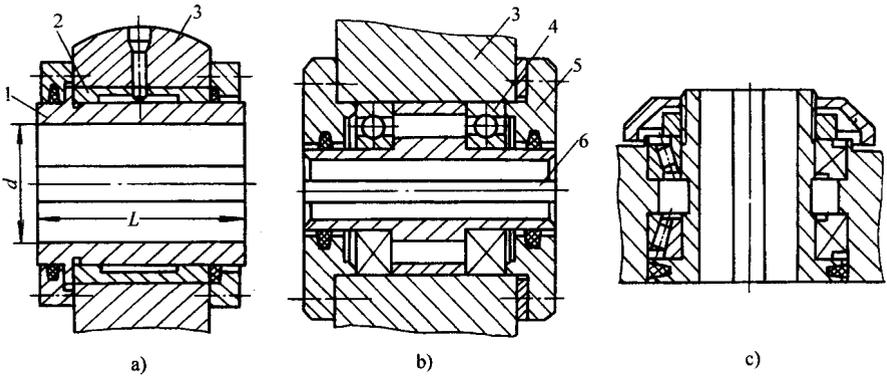


图4-5-28 回转式镗套

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
1、6—镗套 2—滑动轴承 3—镗模支架 4—滚动轴承 5—轴承端盖

图4-5-28c结构为立式镗套,常被应用于刚性主轴结构的立镗前引导支撑。这类引导支撑的工作条件较差,多为立轴式下镗套布置结构,它经常受切屑及冷却液的冲刷,且不利于观察与清理,容易与镗杆发生研磨,所以常设有几重防尘保护装置。为能承受较大轴向载荷,镗套外支撑常采用圆锥滚子向心推力类轴承。

四、镗杆

镗杆与镗杆接头,对刀块等,都属于镗床刀具系统,而镗杆结构与镗床夹具有着十分密切的关系,它是镗床夹具设计的先决条件。镗杆结构,尺寸不确定,镗床夹具的设计就无法进行,所以,常把镗杆结构及尺寸与镗床夹具设计问题一起讨论。

1. 镗杆导向部常用结构

镗杆导向部的外形与镗套内孔相对应,也为圆柱形截面。根据镗杆与镗套内孔的润滑和摩擦的不同,常用镗杆导向部结构可分为固定套导向结构和回转套引进结构。若镗套为固定式镗套,镗杆的导向部主要应考虑解决好润滑与磨损问题,镗套为回转式镗套,镗杆主要应考虑导键的引入与刀尖的定向导入问题。

图 4-5-29 为用于固定镗套的几种常用镗杆导向部结构:

图 4-5-29a 为直接在圆柱导向面上开出螺旋形油槽的普通结构形,这种结构镗杆与镗套的接触面很大,没有能够容纳碎屑的安全空间——容屑槽,切屑容易随螺旋槽及间隙进入镗套内部而发生“咬死”现象。所以,这种结构的间隙量一般较大,润滑条件差,故导向精度较低。

图 4-5-29b 为直槽型、图 c 为螺旋槽型导向结构,由于圆柱面上开出容屑槽,使得镗杆有一定的容屑能力,减少了“咬死”现象。同时,镗杆与镗套间接触面积减小,可有效地提高引导精度。螺旋槽型可以比直槽型减小切削振动。

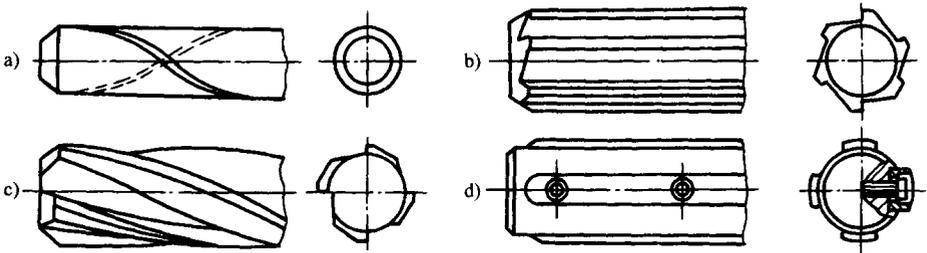


图 4-5-29 用于固定镗套的镗杆导向部分的结构

图 4-5-29d 为镶条式结构,可以进一步减小镗杆与镗套间的摩擦,允许的切削速度更高,多应用于镗杆导向部直径 $d > 500\text{mm}$ 。另外,采用镶条结构可使磨损主要发生在材质较软的镶条上,镶条磨损后,可在基底部加衬垫,并重新修圆使用,所以引导精度较高。

图 4-5-30 为用于回转式镗套的镗杆引进结构。其中图 4-5-30a 为自动嵌入平键结构,镗杆在导向部前端设置浮动平键(见图),键底装有压缩弹簧,键前部顶面带有引入斜面,可应用于内壁开有键槽的镗套。在引入斜面的作用下,镗杆可以以任何方位进入镗套内。若浮动平键与键槽不对位,平键被镗套压入镗杆键槽内,在相对转动过程中,若平键与镗套键槽对齐位置,平键弹入键槽内,从而带动镗套一起回转。

图 4-5-30b 镗杆具有 45° 螺旋自动引导楔形头部,而镗套端部设有尖头键,在镗杆引入镗套过程中,若镗杆键槽与镗套不对位, 45° 引导楔会在尖头键的相互作用下,拨转镗套,使二者最终对位,保证键和刀尖能够准确地导入引刀槽中。

2. 镗杆直径

确定镗杆直径,一般在考虑加工中具有足够的容屑空间、调刀测量观察空间以及

清屑方便的前提下,镗杆直径应尽量取得大些,以提高镗杆的刚性,从而提高镗孔精度。一般情况下,镗杆直径 d 与镗孔直径 D 有如下关系:

$$d = (0.6 \sim 0.8)D$$

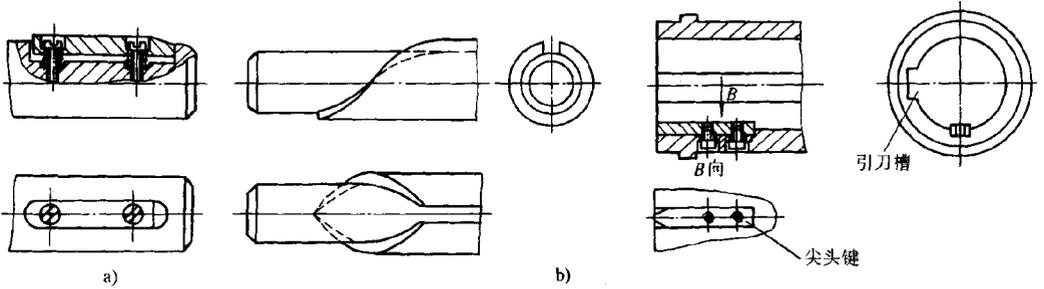


图 4-5-30 用于回转镗套的镗杆引进结构

镗杆与孔坯的间隔可掌握以能放进一个刀方 B 为基本条件,即:

$$\frac{(D - d)}{2} = (1 \sim 1.5)B$$

D ——工件镗孔直径

d ——镗杆直径

$B \times B$ ——镗刀杆(刀方)截面尺寸

孔径 D 、杆径 d 及刀方尺寸 B 间的关系,一般可参照表 4-5-1 选取。

表 4-5-1 D 、 d 、 B 间尺寸关系表

D	30 ~ 40	40 ~ 50	50 ~ 70	70 ~ 90	90 ~ 100
d	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 50	50 ~ 65	65 ~ 90
$B \times B$	8 × 8	10 × 10	12 × 12	16 × 16	16 × 16 20 ~ 20

3. 浮动接头

浮动接头又称浮动卡头,用于机床主轴与镗杆间同轴度误差较大时,为避免机床主轴与镗杆因不同轴造成的传动“别劲”,影响正常镗削,通过浮动接头把镗杆与主轴间实行浮动连接,使二者按各自的轴线进行正常的回转,互不影响。

图 4-5-31 为一种常用浮动接头,镗杆 1 与接头 2 之间留有足够的浮动间隙。主轴的回转运动通过接头的开口销槽结构,经拨动销 3 传给镗杆,从而消除镗杆与主轴间的同轴度误差影响。采用浮动连接结构,应注意主轴与镗杆间的同轴度误差不能太大,以防止同轴度误差造成的镗杆回转的不等速,影响镗孔切削速度的均匀性和镗孔表面质量。

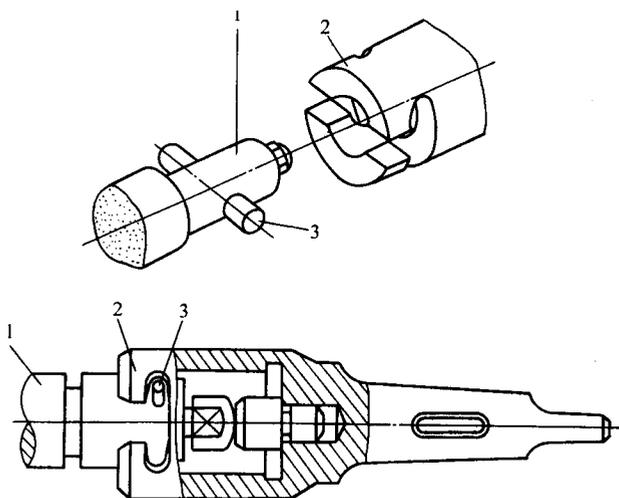


图 4-5-31 浮动接头

1—镗杆 2—接头体 3—拨动销

第四节 铣床夹具

一、铣床夹具的特点

铣削具有如下特点：

1. 铣削是一种冲击、振动很大的切削过程

铣刀为多齿刀具，且每一刀齿的切削为周期性的断续切削，切削面积和切削力不断发生变化，所以，铣削为一种切削力不稳定变化的过程，并伴随着强烈的冲击和振动。

2. 铣削的切削力较大

由于多刃多刀切削的高效性，使得铣削被广泛地用以代替刨削，应用于大批量生产中对毛坯件的粗加工工序中，所以铣削切削用量较大，切削力较大，使铣削成为一种重负荷切削。

3. 刀具需要经常调刀和换刀

由于大负荷切削，刀具材料的磨损率较大，生产中需要经常性地调刀和换刀。

针对以上铣削的加工特点，铣床夹具具有下列特点：

夹具本身应具有足够的强度及刚性，以适应工件重负荷切削的装夹需要；夹具都

配备有较强大而可靠的夹紧系统,以保证夹紧有良好的自锁性和抗振性;夹具多半设置有专门的快速对刀装置,以减少调刀、换刀辅助时间,提高刀位精度。

二、铣床夹具类型及结构

铣床夹具的分类方法很多,按其是否配备转位机构,分固定式和转位式;按转位分度方式的不同,又可分为直线分度式和回转分度式;而按照夹具所配备的机床进给方式,又有直线进给式、回转进给式和曲线靠模进给式三种类型。

1. 直线进给式铣床夹具

(1) 单件装夹铣床夹具

图 4-5-32 为一铣削套筒工件上端面通槽的铣床夹具。根据工件的外形特点及加工精度要求,夹具设置长 V 形块及端面组合定位系统。工件以外圆柱面在夹具长 V 形块 7 上定位,消除掉两个移动、两个转动共四个不定度,另以下端面在夹具支撑套 5 上定位,消除沿垂直方向的移动不定度,从而在夹具中实现五点定位。

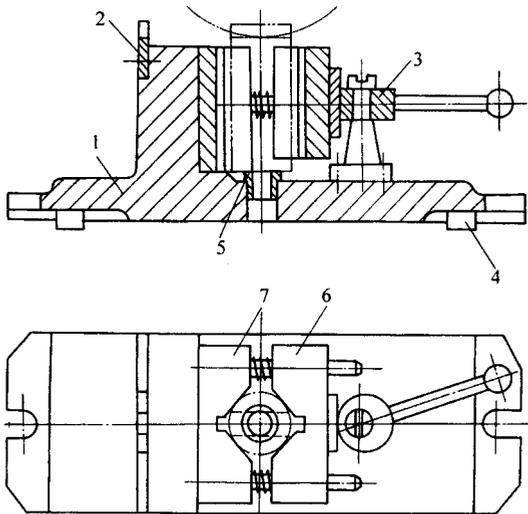


图 4-5-32 铣床夹具结构图

1—夹具体 2—对刀块 3—偏心轮
4—定位键 5—支撑套 6—活动 V 形块 7—固定 V 形块

扳动手柄,带动夹紧偏心轮 3 转动,可使活动 V 形块 6 进行左右移动,从而将工件夹紧和松开。

为完成快速调刀,夹具上设置有对刀块 2。利用夹具底面的定位键 4 与工作台 T 形槽的对定安装,可以迅速确定夹具体相对机床工作台的位置关系,保证 V 形块对称中心平面相对工作台纵向导轨的平行度。

这种夹具每次只能装一件工件,生产效率较低,多用于一般企业的小批量生产中。

(2) 多件装夹铣床夹具

图 4-5-33 为一部铣削轴端四方头夹具。夹具一次可装夹四个工件,并可通过回转座 4 的 90° 转位,实现一次装夹条件下完成四方端头两个方向上的铣削加工,提高了加工效率。利用工件的外圆柱形表面,夹具设置双面 V 形块 8 以实现工件的定位,并利用浮动压板 7 和螺母 6 将四个工件同时夹紧。工件四方尺寸由四片三面刃铣刀的组距距离保证。在铣完一个方向后,松开楔块 5,将工件连同回转座一起转过 90° 后再行楔紧,即可进行另一个方向的铣削。利用这种装夹及转位,大大节省装夹和切削时间,使生产效率大为提高。

图 4-5-34 为一种双工位转台结构。在双工位转台 3 上安装左、右两部夹具 2 和 4,当一部夹具在进行操作,可在另一部夹具上装卸工件,从而使此工件的装卸包含在另一工位工件的切削加工时间中,这种专门设置的装卸工位,消除装卸辅助时间,使得切削加工可以连续进行。这种重合原理被广泛应用于专业化大规模生产中,并由双工位发展到多工位,形成连续进给方式的回转夹具,使得设备可以始终维持高速运转,提高生产效率。

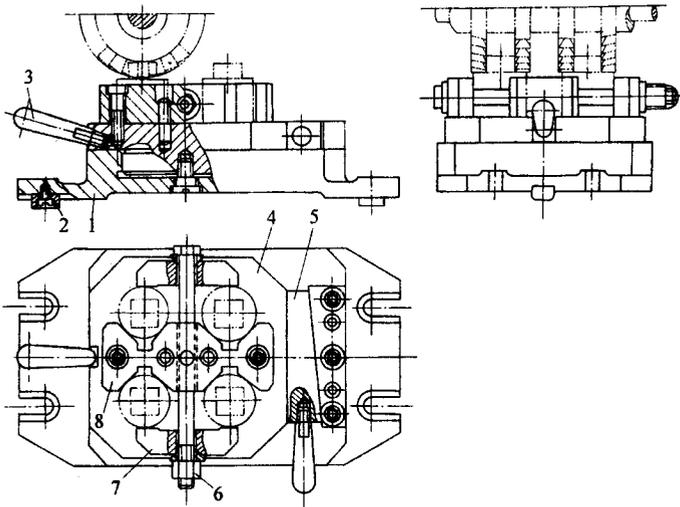


图 4-5-33 轴端铣方头夹具

1—夹具体 2—定位键 3—手柄 4—回转座
5—楔块 6—螺母 7—浮动压板 8—V 形块

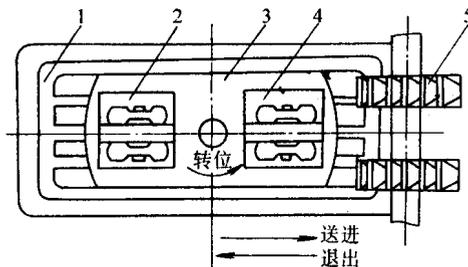


图 4-5-34 双工位转台结构

1—工作台 2、4—夹具 3—双工位转台 5—铣刀

2. 圆周进给式铣床夹具

圆周进给式铣床夹具一般是指安装在具有回转工作台的转盘铣床或鼓轮铣床上的夹具。在通用铣床上使用,夹具可专门配备回转工作台。通常,夹具可沿转台的圆周设置若干个,随着转台相对铣削头的圆周进给,将各夹具及工件依次送进切削区域,从而实现不间断地连续作业。这是一种高效率的铣削送进方式。

图 4-5-35 为一部回转工作台式专用铣床。为实现不间断地高速铣削,机床回转工作台上沿圆周设置十二部液动夹具进行自动夹紧。工件拨叉以内孔及其下端面和拨叉外侧面在夹具定位销 2 和挡销 4 上定位,并由液压缸 6 驱动拉杆 1 经快换垫圈 3 将工件夹紧。

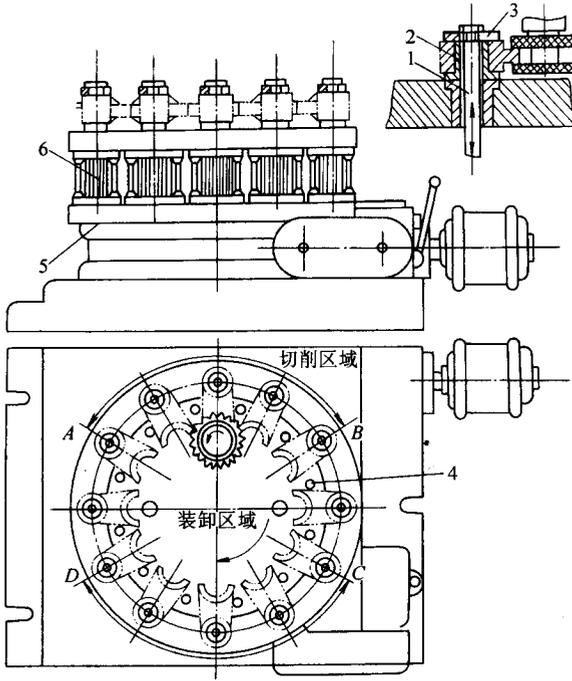


图 4-5-35 圆周进给铣床夹具

- 1—拉杆 2—定位销 3—快换垫圈
4—挡销 5—回转工作台 6—液压缸

整个回转工作台分成 AB 切削区和 CD 装卸区(见图 4-5-35)两大部分,并由电机通过蜗杆减速机构带动实现不停车的连续回转。这样,只需在 CD 区域设置自动装卸机构,或者专门安排人工进行工件的装卸,即可维持机床高效率的加工。

图 4-5-36 为立式双头回转铣床,用于内燃机连杆工件的端面铣削。夹具沿机床回转工作台的圆周紧密排列,并由每个夹具的液压夹紧机构和浮动压板同时夹紧两个工件。机床设置两个动力铣头,可以依次完成每个工件顶面的粗铣和精铣。此类大型液动夹紧回转工作台,还可以根据其他加工需要,在回转台周围设置其他动力

加工工位,使双工位变成多工位。这种结构在大规模专业化生产中经常采用,生产效率及自动化程度均较高。

3. 靠模进给式铣床夹具

靠模进给式铣床夹具是指利用与工件共同装夹在夹具上的专门靠模曲线轮廓,使工件获得相对刀具的进给运动,从而得到与靠模曲线相同或相似的工件曲面轮廓。

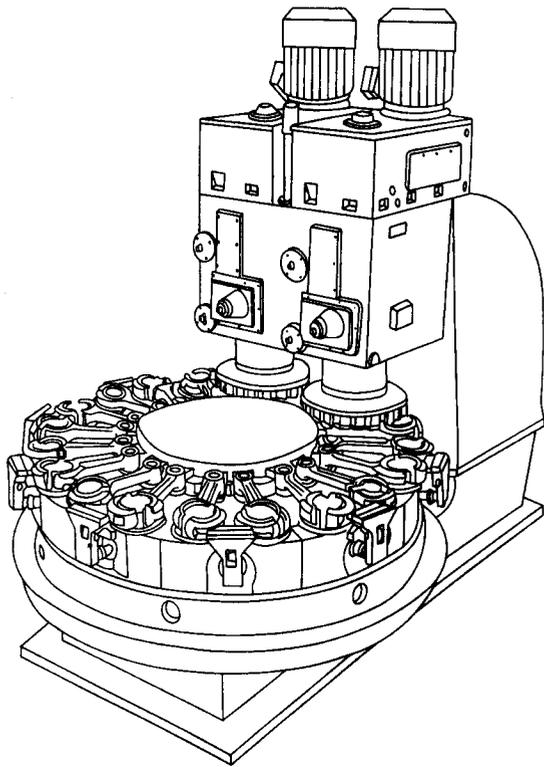


图 4-5-36 立式双头回转铣床

图 4-5-37 为直线进给式靠模铣夹具。其靠模 3 和工件 1 共同安装在夹具上,滚子滑座 5 与铣刀滑座 6 固连为一体,并借助于重锤或弹簧的拉力 F ,使滚子 4 始终压紧在靠模 3 上。这样,当工作台作纵向直线进给时,滑座及铣刀便可获得滚子沿靠模曲线轮廓的相对运动轨迹,从而使铣刀在工件上仿出靠模曲线来。

对于平面凸轮这类回转型曲面工件,由于其曲面轮廓的向径是随工件的转角而发生变化,因此,常采用圆周进给式靠模夹具。

图 4-5-38 为圆周进给式靠模铣夹具。工件 1 和靠模 2 安装在回转工作台 3 上,并保持三者间的严格同轴关系。回转台滑座 4 在重锤或弹簧的拉力 F 作用下,使靠模与滚子 5 始终压紧。当回转工作台带动工件及靠模一起回转时,靠模滚子轴线相对回转工作台轴线间的距离,将由于靠模凸轮曲线的向径变化而随转角发生变化,从而使铣刀 6 在工件上加工出与靠模曲线相似的工件曲线。

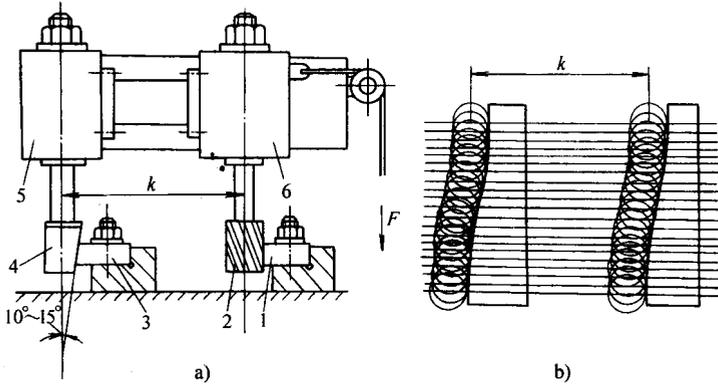


图 4-5-37 直线进给式靠模铣夹具

1—工件 2—铣刀 3—靠模 4—滚子 5—滚子滑座 6—铣刀滑座

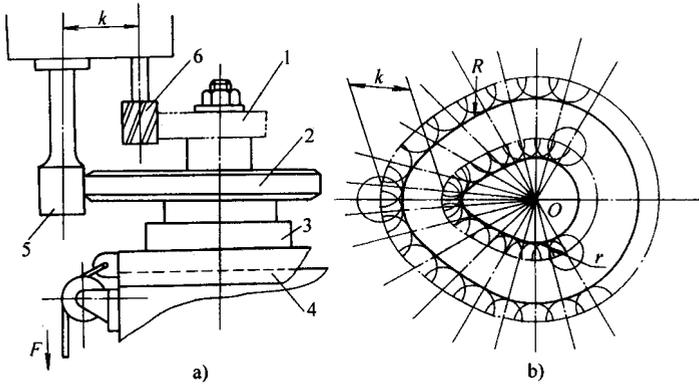


图 4-5-38 圆周进给式靠模铣夹具

1—工件 2—靠模 3—回转工作台 4—滑座 5—滚子 6—铣刀

在机械加工中,经常遇到各类非圆曲线、特形曲面,采用靠模铣成形工件曲面,是一种经常采用的工艺方法。这种方法只需通过一块精密的曲线模板,就可以在普通设备或专用铣床上,完成特形曲面轮廓的批量生产。

第六章 刀具材料

刀具材料一般是指刀具切削部分的材料。它的性能优劣是影响加工表面质量、切削效率、刀具寿命的重要因素。研究应用新刀具材料不但能有效地提高生产效率、加工质量和经济效益,而且往往是解决某些难加工材料的工艺关键。

第一节 概 述

一、刀具材料应具有的性能

金属切削过程中,刀具切削部分在高温下承受着很大切削力与剧烈摩擦。在断续切削工作时,还伴随着冲击与振动,引起切削温度的波动。因此,刀具材料应具有切削性能是高硬度和高耐磨性,足够的强度与韧性,高的耐热性。

一般刀具材料在室温下都应具有 60HRC 以上的硬度。材料硬度越高耐磨性越好,但抗冲击韧度相对就降低。所以要求刀具材料在保持有足够的强度与韧性条件下,尽可能有高的硬度与耐磨性。高耐热性是指在高温下仍能维持刀具切削性能的一种特性,通常用高温硬度值来衡量,也可用刀具切削时允许的耐热温度值来衡量。它是影响刀具材料切削性能的重要指标。耐热性越好的材料允许的切削速度越高。

刀具材料还需有较好的工艺性与经济性。工具钢应有较好的热处理工艺性:淬火变形小,淬透层深,脱碳层浅。高硬度材料需有可磨削加工性。需焊接的材料,宜有较好的导热性与焊接工艺性。此外,在满足以上性能要求时,宜尽可能满足资源丰富、价格低廉的要求。

选择刀具材料时,很难找到各方面的性能都是最佳的,因为材料性能之间有的是相互制约的。只能根据工艺需要保证主要需求的性能。如粗加工锻件毛坯,需保持有较高的强度与韧性,而加工硬材料需有较高的硬度等。

二、刀具材料类型

当前使用的刀具材料分四大类:工具钢(包括碳素工具钢、合金工具钢、高速钢),硬质合金,陶瓷,超硬刀具材料。一般机加工使用最多的是高速钢与硬质合金。各类刀具材料所适应的切削范围如图4-6-1所示。

工具钢耐热性差,但抗弯强度高,价格便宜,焊接与刃磨性能好,故广泛用于中、低速切削的成形刀具,不宜高速切削。硬质合金耐热性好,切削效率高,但刀片强度、韧性不及工具钢,焊接刃磨工艺性也比工具钢差,故多用于制作车刀、铣刀及各种高效切削刀具。

各类刀具材料的主要性能如表4-6-1所示。

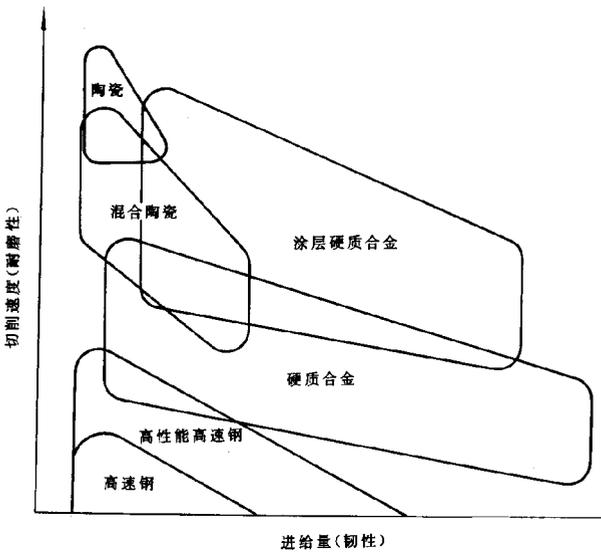


图 4-6-1 各类刀具材料适应的切削范围

表 4-6-1 各类刀具材料的物理力学性能

材料种类		相对密度	硬度 HRC (HRA) (HV)	抗弯强度 $\frac{\sigma_{bb}}{GPa}^{\text{①}}$	冲击韧度 $\frac{a_k}{(MJ \cdot m^{-2})}^{\text{②}}$	热导率 $\frac{k}{(W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})}^{\text{③}}$	耐热性 $^{\circ}C$	切削速度大致比值
工具钢	碳素工具钢	7.6~7.8	60~65 (81.2~84)	2.16	—	≈41.87	200~250	0.32~0.4
	合金工具钢	7.7~7.9	60~65 (81.2~84)	2.35	—	≈41.87	300~400	0.48~0.6
	高速钢	8.0~8.8	63~70 (83~86.6)	1.96~4.41	0.098~0.588	16.75~25.1	600~700	1~1.2
硬质合金	钨 钴 类	14.3~15.3	(89~91.5)	1.08~2.16	0.019~0.059	75.4~87.9	800	3.2~4.8
	钨 钛 钴 类	9.35~13.2	(89~92.5)	0.882~1.37	0.0029~0.0068	20.9~62.8	900	4~4.8
	含有碳化钨、镍类	—	(~92)	~1.47	—	—	1000~1100	6~10
	碳化钛基类	5.56~6.3	(92~93.3)	0.78~1.08	—	—	1100	6~10

材料种类		相对密度	硬度 HRC (HRA) [HV]	抗弯强度 $\frac{\sigma_{bb}}{\text{GPa}^{①}}$	冲击韧度 $\frac{a_k}{(\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2})^{②}}$	热导率 $\frac{k}{(\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})^{③}}$	耐热性 ℃	切削速度 大致比值
陶瓷	氧化铝陶瓷	3.6~4.7	(91~95)	0.44~0.686	0.0049~0.0117	4.19~20.93	1200	8~12
	氧化铝碳化物混合陶瓷			0.71~0.88			1100	6~10
	氮化硅陶瓷	3.26	[5000]	0.735~0.83	—	37.68	1300	—
超硬材料	立方氮化硼	3.44~3.49	[8000~9000]	≈0.294	—	75.55	1400~1500	—
	人造金刚石	3.47~3.56	[10000]	0.21~0.48	—	146.54	700~800	≈25

法定计量单位与旧单位换算关系如下：

- ① $1\text{kgf}/\text{mm}^2 = 9.8 \times 10^6 \text{Pa} = 9.8 \times 10^{-3} \text{Gpa}$
 ② $1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2 = 9.8 \times 10^4 \text{J}/\text{m}^2 = 9.8 \times 10^{-2} \text{MJ}/\text{m}^2$
 ③ $1\text{cal}/(\text{cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}) = 4.1868 \times 10^2 \text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

三、刀体材料

一般刀体均用普通碳钢或合金钢制作。如焊接车、镗刀的刀柄，钻头、铰刀的刀体常用 45 钢或 40Cr 制造。尺寸较小的刀具或切削负荷较大的刀具宜选用合金工具钢或整体高速钢制作，如螺纹刀具、成形铣刀、拉刀等。

机夹、可转位硬质合金刀具，镶硬质合金钻头，可转位铣刀等可用合金工具钢制作，如 9CrSi 或 GCr15 等。

对于一些尺寸较小的精密孔加工刀具，如小直径镗、铰刀，为保证刀体有足够的刚度，宜选用整体硬质合金制作，以提高刀具的切削用量。

第二节 高速钢

高速钢是含有 W、Mo、Cr、V 等合金元素较多的合金工具钢。

高速钢是综合性能较好、应用范围最广的一种刀具材料。热处理后硬度达 62~66HRC，抗弯强度约 3.3GPa，耐热性为 600℃左右，此外还具有热处理变形小、能锻造、易磨出较锋利的刃口等优点。高速钢的使用约占刀具材料总量的 60%~70%，特别是用于制造结构复杂的成形刀具、孔加工刀具，例如各类铣刀、拉刀、螺纹刀具、切齿刀具等。

常用高速钢的牌号及其物理力学性能如表 4-6-2。

表 4-6-2 需用高速钢牌号物理力学性能

类型	牌 号 ^①			硬 度 HRC			抗弯强度 $\sigma_{bb}/(\text{GPa})$	冲击韧度 $\alpha_k/(\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2})$
	YB12-77 牌号	美国 AISI 代号	国内有 关厂代号	室 温	500℃	600℃		
普通 高速 钢	W18Cr4V (T1)			63~66	56	48.5	2.94~3.33	0.176~0.314
	W6Mo5Cr4V2 (M2)			63~66	55~56	47~48	3.43~3.92	0.294~0.392
	W9Mo3Cr4V			65~66.5	—	—	4~4.5	0.343~0.392
高 性 能 高 速 钢	高钒	W12Cr4V4Mo (EV4)		65~67	—	51.7	≈3.136	≈0.245
		W6Mo5Cr4V (M3)		65~67	—	51.7	≈3.136	≈0.245
	含钴	W6Mo5Cr4V2Co8 (M36)		66~68	—	54	≈2.92	≈0.294
		W2Mo9Cr4VCo8 (M42)		67~70	60	55	2.65~3.72	0.225~0.294
	含铝	W6Mo5Cr4V2Al (M2Al) (501)		67~69	60	55	2.84~3.82	0.225~0.294
		W10Mo4Cr4V3Al (5F6)		67~69	60	54	3.04~3.43	0.196~0.274
		W6Mo5Cr4V5SiNbAl (B201)		66~68	57.7	50.9	3.53~3.82	0.255~0.265

①牌号中化学元素后面数字表示含量大致百分比,未注者约在1%左右。

一、通用型高速钢

这类高速钢应用最为广泛,约占高速钢总量的75%。碳的质量分数为0.7%~0.9%,按钨、钼质量分数的不同,分为钨系、钨钼系。主要牌号有以下三种:

1. W18Cr4V(18-4-1)钨系高速钢

18-4-1高速钢具有较好的综合性能。因含钒量少,刃磨工艺性好。淬火时过热倾向小,热处理控制较容易。缺点是碳化物分布不均匀,不宜作大截面的刀具。热塑性较差。又因钨价高,国内使用逐渐减少,国外已很少采用。

2. W6Mo5Cr4V2(6-5-4-2)钨钼系高速钢

6-5-4-2高速钢是国内外普遍应用的牌号。因一份Mo可代替两份W,这就能减少钢中的合金元素,降低钢中碳化物的数量及分布的不均匀性,有利于提高热塑性、抗弯强度与韧度。加入3%~5%的钼,可改善刃磨工艺性。因此6-5-4-2的高温塑性及韧性胜过18-4-1,故可用于制造热轧刀具如扭槽麻花钻等。主要缺点是淬火温度范围窄,脱碳过热敏感性大。

3. W9Mo3Cr4V(9-3-4-1)钨钼系高速钢

9-3-4-1高速钢是根据我国资源研制的牌号。其抗弯强度与韧性均比6-5-4-2好。高温热塑性好,而且淬火过热、脱碳敏感性小,有良好的切削性能。

二、高性能高速钢

高性能高速钢是指在通用型高速钢中增加碳、钒,添加钴或铝等合金元素的新钢

种。其常温硬度可达 67 ~ 70HRC ,耐磨性与耐热性有显著的提高 ,能用于不锈钢、耐热钢和高强度钢的加工。

表 4-6-2 列出各类高性能高速钢的典型牌号。

高碳高速钢的含碳量提高 ,使钢中的合金元素能全部形成碳化物 ,从而提高钢的硬度与耐磨性 ,但其强度与韧性略有下降 ,目前已很少使用。

高钒高速钢是将钢中的钒增加到 3% ~ 5%。由于碳化钒的硬度较高 ,可达到 2800HV ,比普通刚玉高 ,所以一方面增加了钢的耐磨性 ,同时也增加了此钢种的刃磨难度。

钴高速钢的典型牌号是 W2Mo9C4VCo8(M42)。在钢中加入了钴 ,可提高高速钢的高温硬度和抗氧化能力 ,因此能适用于较高的切削速度。钴在钢中能促进钢在回火时从马氏体中析出钨、钼的碳化物 ,提高回火硬度。钴的热导率较高 ,对提高刀具的切削性能是有利的。钢中加入钴尚可降低摩擦系数 ,改善其磨削加工性。

铝高速钢是我国独创的超硬高速钢。典型的牌号是 W6Mo5Cr4V2Al(501)。铝不是碳化物的形成元素 ,但它能提高 W、Mo 等元素在钢中的溶解度 ,并可阻止晶粒长大。因此铝高速钢可提高高温硬度、热塑性与韧性。铝高速钢在切削温度的作用下 ,刀具表面可形成氧化铝薄膜 ,减轻了与切屑的粘结。501 高速钢的力学性能与切削性能可与美国 M42 超硬高速钢相当 ,其价格较低廉 ,铝高速钢的热处理工艺要求较高。

三、粉末冶金高速钢

粉末冶金高速钢是通过高压惰性气体或高压水雾化高速钢水而得到的细小的高速钢粉末 ,然后压制或热压成形 ,再经烧结而成的高速钢。粉末冶金高速钢在 20 世纪 60 年代由瑞典首先研制成功 ,70 年代国产的粉末冶金高速钢就开始应用。由于其使用性能好 ,故应用日益增加。

粉末冶金高速钢与熔炼高速钢比较有如下优点 :

1) 由于可获得细小均匀的结晶组织(碳化物晶粒 2 ~ 5 μm) ,完全避免了碳化物的偏析 ,从而提高了钢的硬度与强度 ,能达到 69.5 ~ 70HRC σ_{bb} 2.73 ~ 3.43GPa。

2) 由于物理力学性能各向同性 ,可减少热处理变形与应力 ,因此可用于制造精密刀具。

3) 由于钢中的碳化物细小均匀 ,使磨削加工性得到显著改善。含钒量多者 ,改善程度就更显著。这一独特的优点 ,使得粉末冶金高速钢能用于制造新型的、增加合金元素的、加入大量碳化物的超硬高速钢 ,而不降低其刃磨工艺性。这是熔炼高速钢无法比拟的。

4) 粉末冶金高速钢提高了材料的利用率。

粉末冶金高速钢目前应用尚少的原因是成本较高 ,其价格相当于硬质合金。因此主要使用范围是制造成形复杂刀具 ,如精密螺纹车刀、拉刀、切齿刀具等 ,以及加工

高强度钢、镍基合金、钛合金等难加工材料用的刨刀、钻头、铣刀等刀具。

四、高速钢刀具的表面涂层

高速钢刀具的表面涂层是采用物理气相沉积(PVD)方法,在刀具表面涂覆TiN等硬膜,以提高刀具性能的新工艺。这种工艺要求在高真空、500℃环境下进行,气化的钛离子与氮反应,在阳极刀具表面上生成TiN,一般厚度只有2μm。对刀具的尺寸精度影响不大。

涂层的高速钢是一种复合材料,基体是强度、韧性较好的高速钢,而表层是高硬度、高耐磨的材料。TiN有较高的热稳定性,与钢的摩擦系数较低,而且与高速钢涂层结合牢固。表面硬度可达2200HV,呈金黄色。

涂层高速钢刀具的切削力、切削温度约下降25%,切削速度、进给量约可提高一倍左右,刀具寿命显著提高。即使刀具重磨后其性能仍优于普通高速钢。目前已在钻头、丝锥、成形铣刀、切齿刀具上广泛应用。

除TiN涂层外,新开发的TiCN、TiAlN涂层在切削不锈钢、铸铁时性能更好。

第三节 硬质合金

一、硬质合金的组成与性能

硬质合金是由硬度和熔点很高的碳化物(称硬质相)和金属(称粘结相)通过粉末冶金工艺制成的。硬质合金刀具中常用的碳化物有WC、TiC、TaC、NbC等。常用的粘结剂是Co,碳化钛基的粘结剂是Mo、Ni。

硬质合金的物理力学性能取决于合金的成分、粉末颗粒的粗细以及合金的烧结工艺。含高硬度、高熔点的硬质相愈多,合金的硬度与高温硬度愈高。含粘结剂愈多,强度也就愈高。合金中加入TaC、NbC有利于细化晶粒,提高合金的耐热性。常用的硬质合金牌号中含有大量的WC、TiC,因此硬度、耐磨性、耐热性均高于工具钢。常温硬度达89~94HRA,耐热性达800~1000℃。切削钢时,切削速度可达220m/min左右。在合金中加入熔点更高的TaC、NbC,可使耐热性提高到1000~1100℃,切削钢时,切削速度可进一步提高到200~300m/min。

表4-6-3列出了常用硬质合金牌号、性能。除标准牌号外,各硬质合金厂均开发了丁许多新牌号,使用性能很好,可参阅各厂产品样本。

二、普通硬质合金分类、牌号与使用性能

硬质合金按其化学成分与使用性能分为四类:钨钴类(WC+Co)、钨钛钴类(WC

+ TiC + Co) 添加稀有金属碳化物类 (WC + TiC + TaC (NbC) + Co) 及碳化钛基类 (TiC + WC + Ni + Mo)。最常用的国产牌号、性能及对应的新国标牌号见表 4-6-3。

表 4-6-3 常用硬质合金牌号与性能

类型	牌号	成分 × 100.					物理力学性能				使用性能			相当于 GB2075—87 牌号
		w_{WC}	w_{TiC}	w_{TaC} (w_{NbC})	w_{Co}	其他	相对密度	导热率 ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	硬度 HRA (HRC)	抗弯强度 /GPa	加工材料 类别	耐切削 磨性	进给 速度	
钨钴类	YG3	97	—	—	3	—	14.9~ 15.3	87.	91(78)	1.08	短切屑 的黑色 金属; 有色金属; 非金属 材料	↑ ↓ ↑ ↓	K 类	K01
	YG6X	93.5	—	0.5	6	—	14.6~ 15.0	75.55	91(78)	1.37				K05
	YG6	94	—	—	6	—	14.6~ 15.0	75.55	89.5(75)	1.42				K10
	YG8	92	—	—	8	—	14.5~ 14.9	75.36	89(74)	1.47				K20
	YG8C	92	—	—	8	—	14.5~ 14.9	75.36	88(72)	1.72				K30
钨钛 钴类	YT30	66	30	—	4	—	9.3~9.7	20.93	92.5 (80.5)	0.88	长切屑 的黑色 金属	↑ ↓ ↑ ↓	P 类	P01
	YT15	79	15	—	6	—	11~11.7	33.49	91(78)	1.13				P10
	YT14	78	14	—	8	—	11.2~ 12.0	33.49	90.5(77)	1.17				P20
	YT5	85	5	—	10	—	12.5~ 13.2	62.80	89(74)	1.37				P30
添加钨 (钨)类	YG6A (YA6)	91	—	5	6	—	14.6~ 15.0	—	91.5(79)	1.37	长切屑 或短切 屑的黑色 金属和 有色金属	—	KM 类	K10
	YG8A	91	—	1	8	—	14.5~ 14.9	—	89.5(75)	1.47				K10
	YW1	84	6	4	6	—	12.8~ 13.3	—	91.5(79)	1.18				M10
	YW2	82	6	4	8	—	12.6~ 13.0	—	90.5(77)	1.32				M20
碳化钛 基类	YN05	—	79	—	—	Ni7 Mo14	5.56	—	93.3(82)	0.78~ 0.93	长切屑 的黑色 金属	—	P 类	P01
	YN10	15	62	1	—	Ni12 Mo10	6.3	—	92(80)	1.08				P01

注 :Y—硬质合金 G—钴 T—钛 X—细颗粒合金 C—粗颗粒合金 A—含 TaC (NbC) 的 YG 类合金
W—通用合金 N—不含钴,用镍作粘结剂的合金

1. YG 类合金 (GB2075—87 标准中 K 类)

YG 类合金抗弯强度与韧性比 YT 类高,可减少切削时的崩刃,但耐热性比 YT 类差,因此主要用于加工铸铁、有色金属与非金属材料。在加工脆性材料时切屑呈崩碎状,能承受对刀具冲击。YG 类合金导热性较好,有利于降低切削温度。此外, YG 类合金磨削加工性好,可以刃磨出较锋利的刃口,故也适合加工有色金属及纤维层压材料。

合金中含钴量愈高,韧性愈好,适于粗加工,钴量少的用于精加工。

2. YT 类合金 (GB2075—87 标准中 P 类)

YT 类合金有较高的硬度,特别是有较高的耐热性、较好的抗粘结、抗氧化能力。

它主要用于加工以钢为代表的塑性材料。加工钢时塑性变形大、摩擦剧烈,切削温度较高。YT类合金磨损慢,刀具寿命高。合金中含TiC量较多者,含Co量就少,耐磨性、耐热性就更好,适合精加工。但TiC量增多时,合金导热性变差,焊接与刃磨时容易产生裂纹。含TiC量较少者,则适合粗加工。

3. YW类合金(GB2075—87标准中M类)

YW类合金加入了适量稀有难溶金属碳化物,以提高合金的性能。其中效果显著的是加入TaC或NbC,一般,质量分数在4%左右。

TaC或NbC在合金中主要作用是提高合金的高温硬度与高温强度。在YG类合金中加入FaC,可使800℃时强度提高约0.15~0.20GPa。在YT类合金中加入TaC,可使高温硬度提高约50~100HV。

由于TaC与NbC与钢的粘结温度较高,从而减缓合金成分向钢中扩散,延长刀具寿命。

TaC或NbC还可提高合金的常温硬度,提高YT类合金抗弯强度与冲击韧性,特别是提高合金的抗疲劳强度。能阻止WC晶粒在烧结过程中的长大,有助于细化晶粒,提高合金的耐磨性。

TaC在合金中的质量分数达12%~15%时,可增加抵抗周期性温度变化的能力,防止产生裂纹,并提高抗塑性变形的能力。这类合金能适应断续切削及铣削,不易发生崩刃。

此外,TaC或NbC可改善合金的焊接、刃磨工艺性、提高合金的使用性能。

4. YN类合金(GB2075—87标准中P01类)

YN类合金是碳化钛基类,它以TiC为主要成分,Ni、Mo作粘结金属。适合高速精加工合金钢、淬硬钢等。

TiC基合金的主要特点是硬度非常高,达90~95HRA,有较好的耐磨性。特别是TiC与钢的粘结温度高,使抗月牙洼磨损能力强。有较好的耐热性与抗氧化能力,在1000~1300℃高温下仍能进行切削。切削速度可达300~400m/min。此外,该合金的化学稳定性好,与工件材料亲和力小,能减少与工件摩擦,不易产生积屑瘤。

TiC基合金的主要缺点是抗塑性变形能力差,抗崩刃性差。

三、细晶粒、超细晶粒合金

普通硬质合金中WC粒度为几个微米,细晶粒合金平均粒度在1.5 μ m左右。超细晶粒合金粒度在0.2~1 μ m之间,其中绝大多数在0.5 μ m以下。

细晶粒合金中由于硬质相和粘结相高度分散,增加了粘结面积,提高了粘结强度。因此,其硬度与强度都比同样成分的合金高,硬度约提高1.5~2HRA,抗弯强度约提高0.6~0.8GPa,而且高温硬度也能提高一些。可减少中低速切削时产生的崩刃现象。

生产超细晶粒合金,除必须使用细的 WC 粉末外,还应添加微量抑制剂,以控制晶粒长大。并采用先进烧结工艺,成本较高。

超细晶粒合金的使用场合是:

- 1) 高硬度、高强度的难加工材料;
- 2) 难加工材料的间断切削,如铣削等;
- 3) 有低速切削刃的刀具,如切断刀、小钻头、成形刀等;
- 4) 要求有较大前角、较大后角、较小刀尖圆弧半径的,能进行薄层切削的精密刀具。如铰刀、拉刀等刀具。

四、涂层硬质合金

涂层硬质合金是 60 年代出现的新型刀具材料。采用化学气相沉积(CVD)工艺,在硬质合金表面涂覆一层或多层(5~13 μm)难溶金属碳化物。涂层合金有较好的综合性能,基体强度韧性较好,表面耐磨、耐高温。但涂层硬质合金刃口锋利程度与抗崩刃性不及普通合金,因此,多用于普通钢材的精加工或半精加工。涂层材料主要有 TiC、TiN、Al₂O₃ 及其复合材料。它们的性能如表 4-6-4 所示。

表 4-6-4 几种涂层材料的性能

性能 项目	材料	涂 层 材 料		
		硬 质 合 金	TiC	TiN
高温时与工件材料的反应	大	中等	轻微	不反应
在空气中抗氧化能力	<1000℃	1100~1200℃	1000~1400℃	好
硬度 HV	≈1500	≈3200	≈2000	≈2700
导热率/(W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)	83.7~125.6	31.82	20.1	33.91
线胀系数/10 ⁻⁶ K ⁻¹	4.5~6.5	8.3	9.8	8.0

TiC 涂层具有很高的硬度与耐磨性,抗氧化性也好,切削时能产生氧化钛薄膜,降低摩擦系数,减少刀具磨损。一般切削速度可提高 40% 左右。TiC 与钢的粘结温度高,表面晶粒较细,切削时很少产生积屑瘤,适合于精车。TiC 涂层的缺点是线膨胀系数与基体差别较大,与基体间形成脆弱的脱碳层,降低了刀具的抗弯强度。因此,在重切削、加工硬材料或带夹杂物的工件时,涂层易崩裂。

TiN 涂层在高温时能形成氧化膜,与铁基材料摩擦系数较小,抗粘结性能好,能有效的降低切削温度。TiN 涂层刀片抗月牙洼及后刀面磨损能力比 TiC 涂层刀片强。适合切削钢与易粘刀的材料,加工表面粗糙度较小,刀具寿命较高。此外 TiN 涂层抗热振性能也较好。缺点是与基体结合强度不及 TiC 涂层,而且涂层厚时易剥落。

TiC - TiN 复合涂层 :第一层涂 TiC ,与基体粘结牢固不易脱落。第二层涂 TiN ,减少表面层与工件的摩擦。

TiC - Al₂O₃ 复合涂层 :第一层涂 TiC ,与基体粘结牢固不易脱落。第二层涂 Al₂O₃ ,使表面层具有良好的化学稳定性与抗氧化性能。这种复合涂层能象陶瓷刀那样高速切削 ,耐用度比 TiC、TiN 涂层刀片高 ,同时又能避免陶瓷刀的脆性、易崩刃的缺点。

目前单涂层刀片已很少应用 ,大多采用 TiC - TiN 复合涂层或 TiC - Al₂O₃ - TiN 三复合涂层。

五、钢结硬质合金

钢结硬质合金是由 WC、TiC 作硬质相 ,高速钢作粘结相 ,通过粉末冶金工艺制成。它可以锻造、切削加工、热处理与焊接。淬火后硬度高于高性能高速钢 ,强度、韧性胜过硬质合金。钢结硬质合金可用于制造模具、拉刀、铣刀等形状复杂的工具或刀具。

第四节 陶 瓷

一、陶瓷刀具的特点

陶瓷刀具是以氧化铝(Al₂O₃)或以氮化硅(Si₃N₄)为基体再添加少量金属 ,在高温下烧结而成的一种刀具材料。主要特点是 :

- 1)有高硬度与耐磨性 ,常温硬度达 91 ~ 95HRA ,超过硬质合金 ,因此可用于切削 60HRC 以上的硬材料。
- 2)有高的耐热性 ,1200℃下硬度为 80HRA ,强度、韧性降低较少。
- 3)有高的化学稳定性。在高温下仍有较好的抗氧化、抗粘结性能 ,因此刀具的热磨损较少。
- 4)有较低的摩擦系数 ,切屑不易粘刀 ,不易产生积屑瘤。
- 5)强度与韧性低。强度只有硬质合金的 1/2。因此陶瓷刀具切削时需要选择合适的几何参数与切削用量 ,避免承受冲击载荷 ,以防崩刃与破损。
- 6)热导率低 ,仅为硬质合金的 1/2 ~ 1/5 ,热胀系数比硬质合金高 10% ~ 30% ,这就使陶瓷刀抗热冲击性能较差。故陶瓷刀切削时不宜有较大的温度波动 ,一般不加切削液。

陶瓷刀具一般适用于在高速下精细加工硬材料 ,如在 $v_c = 200\text{m}/\text{min}$ 条件下车淬火钢。但近年来发展的新型陶瓷刀也能半精或粗加工多种难加工材料 ,有的还可用

于铣、刨等断续切削。

二、陶瓷刀具的种类与应用特点

50年代使用的是纯氧化铝陶瓷,由于抗弯强度低于45MPa,使用范围很有限。60年代使用了热压工艺,可使抗弯强度提高到50~60MPa。70年代开始使用氧化铝添加碳化钛混合陶瓷,80年代开始使用氮化硅基陶瓷,抗弯强度可达到70~85MPa。至此陶瓷刀的应用有了较大的发展。近几年来陶瓷刀具在开发与性能改进方面取得很大成就,抗弯强度已达到90~100MPa。因此,新型陶瓷刀具是很有前途的一种刀具材料。

1. 氧化铝—碳化物系陶瓷

这类陶瓷是将一定量的碳化物(一般多用TiC)添加到 Al_2O_3 中,并采用热压工艺制成,称混合陶瓷或组合陶瓷。TiC的质量分数达30%左右时即可有效地提高陶瓷的密度、强度与韧性,改善耐磨性及抗热振性,使刀片不易产生热裂纹,不易破损。

混合陶瓷适合在中等切削速度下切削难加工材料,如冷硬铸铁、淬硬钢等。在切削60~62HRC的淬火工具钢时,可选用的切削用量为: $a_p = 0.5\text{mm}$, $f = 0.08\text{mm/r}$, $v_c = 150 \sim 170\text{m/min}$ 。

氧化铝—碳化物系陶瓷中添加Ni、Co、W等作为粘结金属,可提高氧化铝与碳化物的结合强度。可用于加工高强度的调质钢、镍基或钴基合金及非金属材料。由于抗热振性能提高,也可用于断续切削条件下的铣削或刨削。

2. 氮化硅基陶瓷

氮化硅基陶瓷是将硅粉经氮化、球磨后添加助烧剂置于模腔内热压烧结而成。主要性能特点是:

- 1) 硬度高,达到1800~1900HV,耐磨性好。
- 2) 耐热性、抗氧化性好,达1200~1300℃。
- 3) 氮化硅与碳和金属元素化学反应较小,摩擦系数也较低。实践证明用于切削钢、铜、铝均不粘屑,不易产生积屑瘤,从而提高了加工表面质量。

氮化硅基陶瓷最大特点是能进行高速切削,车削灰铸铁、球墨铸铁,可锻铸铁等材料效果更为明显。切削速度可提高到500~600m/min。只要机床条件许可,还可进一步提高速度。由于抗热冲击性能优于其他陶瓷刀具,在切削与刃磨时都不易发生崩刃现象。

氮化硅陶瓷适宜于精车、半精车,精铣或半精铣。可用于精车铝合金,达到以车代磨。还可用于车削51~54HRC镍基合金、高锰钢等难加工材料。

第五节 超硬刀具材料

超硬刀具材料指金刚石与立方氮化硼。

一、金刚石

金刚石是碳的同素异形体,是目前最硬的物质,显微硬度达 10000HV。

金刚石刀具有三类:

1.天然单晶金刚石刀具

主要用于有色金属及非金属的精密加工。单晶金刚石结晶界面有一定的方向,不同的晶面上硬度与耐磨性有较大的差异,刃磨时需选定某一平面,否则影响刃磨与使用质量。

2.人造聚晶金刚石

人造金刚石是通过合金触媒的作用,在高温高压下由石墨转化而成。我国 1993 年成功获得第一颗人造金刚石。聚晶金刚石是将人造金刚石微晶在高温高压下再烧结而成,可制成所需形状尺寸,镶嵌在刀杆上使用。由于抗冲击强度提高,可选用较大切削用量。聚晶金刚石结晶界面无固定方向,可自由刃磨。

3.复合金刚石刀片

它是在硬质合金基体上烧结一层约 0.5mm 厚的聚晶金刚石。复合金刚石刀片强度较好,允许切削断面较大,也能间断切削,可多次重磨使用。

金刚石刀具的主要优点是:

- 1)有极高的硬度与耐磨性,可加工 65~70HRC 的材料。
 - 2)有很好的导热性,较低的热膨胀系数。因此,切削加工时不会产生很大的热变形。有利于精密加工。
 - 3)刃面粗糙度较小,刃口非常锋利。因此,能胜任薄层切削,用于超精密加工。
- 聚晶金刚石主要用于刃磨硬质合金刀具、切割大理石等石材制品。

金刚石刀具主要用于有色金属如铝硅合金的精加工、超精加工,高硬度的非金属材料如压缩木材、陶瓷、刚玉、玻璃等的精加工,以及难加工的复合材料的加工。金刚石耐热温度只有 700~800℃,其工作温度不能过高。又易与碳亲合,故不宜加工含碳的黑色金属。

二、立方氮化硼(CBN)

立方氮化硼是由六方氮化硼(白石墨)在高温高压下转化而成的。是 70 年代发

展起来的新型刀具材料。

立方氮化硼刀具的主要优点是：

1) 有很高的硬度与耐磨性, 达到 3500 ~ 4500HV, 仅次于金刚石。

2) 有很高的热稳定性, 1300℃时不发生氧化, 与大多数金属、铁系材料都不起化学作用。因此能高速切削高硬度的钢铁材料及耐热合金, 刀具的粘结与扩散磨损较小。

3) 有较好的导热性, 与钢铁的摩擦系数较小。

4) 抗弯强度与断裂韧性介于陶瓷与硬质合金之间。

由于 CBN 材料的一系列的优点, 使它能对淬硬钢、冷硬铸铁进行粗加工与半精加工。同时还能高速切削高温合金、热喷涂材料等难加工材料。

CBN 也可与硬质合金热压成复合刀片, 复合刀片的抗弯强度可达 1.47GPa, 能经多次重磨使用。

应指出的是, 加工一般材料大量使用的还是高速钢与硬质合金。只有对高硬度的材料或超精加工时使用超硬材料才有较好的经济效益。

第六节 新型刀具材料的发展方向

研制发展新型刀具材料目的在于改善现有刀具材料性能, 使其具有更广泛的应用范围, 满足新的难加工材料切削加工要求。近年来刀具材料发展与应用的主要方向是发展高性能的新型材料, 提高刀具材料的使用性能, 增加刃口的可靠性, 延长刀具使用寿命; 大幅度地提高切削效率, 满足各种难加工材料的切削要求。具体方向是：

1) 开发加入增强纤维须的陶瓷材料, 进一步提高陶瓷刀具材料的性能。与铁金属相容的增强纤维须可以使陶瓷刀片韧性提高, 实现直接压制成形带有正前角及断屑槽的陶瓷刀片。使陶瓷刀片能更好地控制切屑, 大幅度地提高切削用量。

2) 改进碳化钛、氮化钛基硬质合金材料, 提高其韧性及刃口的可靠性, 使其能用于半精加工或粗加工。

3) 开发应用新的涂层材料。目前涂层硬质合金已普遍用于车、铣刀具。新的涂层材料用更韧的基体与更硬的刃口组合, 采用更细颗粒和改进涂层与基体的粘合性, 以提高刀具的可靠性。此外, 也需扩大 TiC、TiN、TiCN、TiAlN 等多层高速钢涂层刀具的应用。

4) 进一步改进粉末冶金高速钢的制造工艺, 扩大其应用范围, 开发挤压复合材料。如用挤压复合材料制成的整体立铣刀(Sandvik Coronite)由两层组成: 外层是分布

于钢母体中的 50% 氮化硅 , 内心是高速钢。它的生产率是传统高速钢立铣刀的三倍。特别适合加工硬度达 40HRC 的淬硬钢和钛合金。铣键槽特别有效。

5) 推广应用金刚石涂层刀具 , 扩大超硬刀具材料在机械制造业中应用。人们期望在硬质合金基体上加一层金刚石薄膜 , 能获得金刚石的抗磨性 , 同时又具有最佳刀具形状和高的抗振性能 , 这样就能在非铁金属加工中兼备高速切削能力和最佳的刀具形状。

第七章 各种切削刀具

第一节 车刀

一、车刀的类型

车刀是指在车床上使用的刀具。按加工表面特征来分类。有外圆车刀、车槽车刀、螺纹车刀、内孔车刀等。图 4-7-1 为常用车刀的型式,图注括号内的数字表示型式的代号。

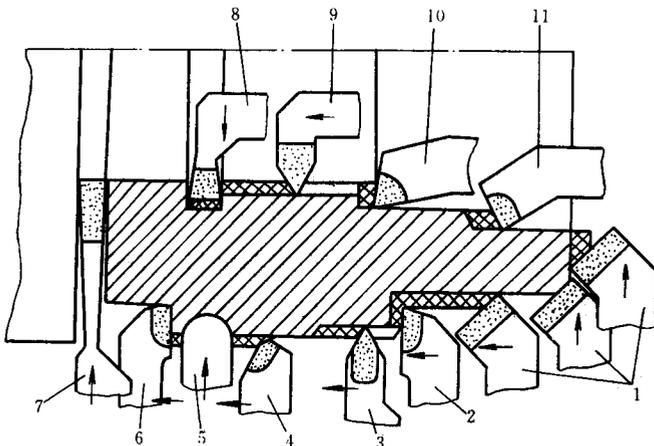


图 4-7-1 车刀的型式与用途

- 1—45°端面车刀(02) 2—90°外圆车刀(06) 3—外螺纹车刀(16)
 4—70°外圆车刀(14) 5—成形车刀 6—90°左切外圆车刀(06L)
 7—切断车刀(07)车槽车刀(04) 8—内孔车槽车刀(13) 9—内螺纹车刀(12)
 10—95°内孔车刀(09) 11—75°内孔车刀(08)

车刀按结构分类,有整体式、焊接式、机夹式和可转位式四种型式,如图 4-7-2 所示。它们的特点与用途见表 4-7-1。

表 4-7-1 车刀结构类型、特点与用途

名称	简图	特点	适用场合
整体式	图 4-7-2a	用整体高速钢制造,刃口可磨得较锋利	小型车床或加工有色金属
焊接式	图 4-7-2b	焊接硬质合金或高速钢刀片,结构紧凑,使用灵活	各类车刀特别是小刀具
机夹式	图 4-7-2c	避免了焊接产生的应力、裂纹等缺陷,刀杆利用率高。刀片可集中刃磨获得所需参数。使用灵活方便	外圆、端面、镗孔、割断、螺纹车刀等
可转位式	图 4-7-2d	避免了焊接刀的缺点,刀片可快换转位。生产率高。断屑稳定。可使用涂层刀片	大中型车床加工外圆、端面、镗孔。特别适用于自动线、数控机床

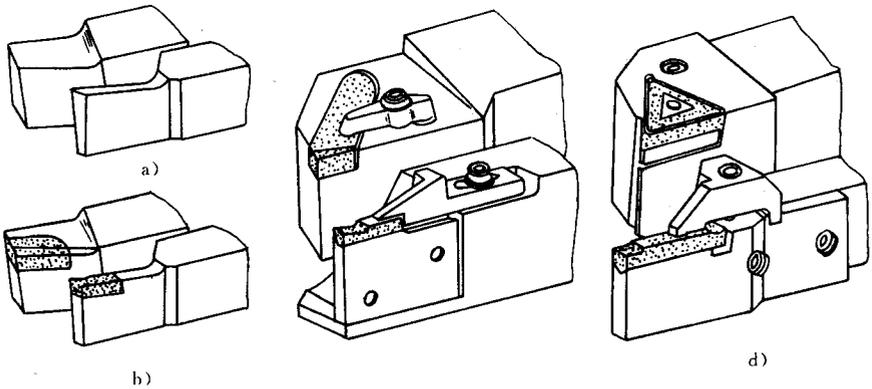


图 4-7-2 车刀的结构类型

a)整体式 b)焊接式 c)机夹式 d)可转位式

二、焊接车刀

焊接车刀是由刀片和刀柄通过镶焊连接成一体的车刀。一般刀片选用硬质合金,刀柄用 45 钢。

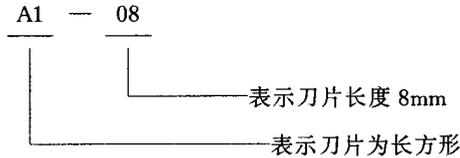
选用焊接车刀时应具备的原始资料是:被加工零件的材料、工序图、使用机床的型号、规格。

选购焊接车刀时,应考虑车刀型式、刀片材料与型号、刀柄材料、外形尺寸及刀具

几何参数等。对大刀倾角或特殊几何形状的车刀,用户在重磨时尚需计算刃磨工艺参数,以便刃磨时按其调整机床。

(一) 硬质合金焊接刀片的选择

选择硬质合金焊接刀片除材料牌号外还应合理选择型号。刀片型式和尺寸由一个字母和三位数字组成。字母和第一位数字代表刀片的型式,后两位数字表示刀片的主要尺寸。例如:



刀片形状相同,有不同尺寸规格时,数字后加字母 A。用于左切刀(图 4-7-1 中 6)的型式,再加标字母 L。

国家标准 GB5244—85、GB5245—85 中规定了常用的刀片形状。选择刀片形状主要依据是车刀的用途及主、副偏角的大小。图 4-7-3 表示了常用型号的刀片形状。

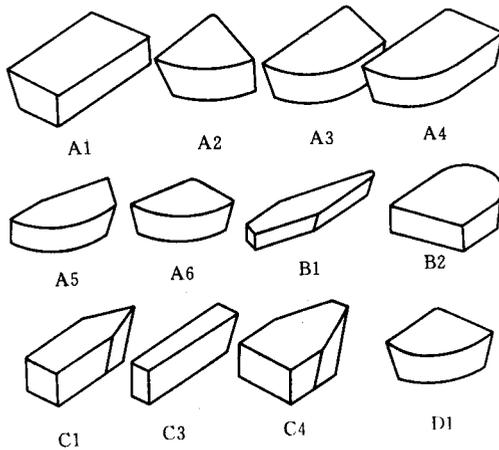


图 4-7-3 常用焊接刀片型式

其适用场合如下:

- A1 型 直头、弯头外圆、内孔、宽刃车刀
- A2 型 端面车刀、内孔车刀(盲孔)
- A3 型 90°偏刀、端面车刀
- A4 型 直头外圆、端面车刀、内孔车刀
- A5 型 直头外圆车刀、内孔车刀(通孔)
- A6 型 内孔车刀(通孔)
- B1 型 燕尾槽刨刀

B2 型 圆弧成形车刀

C1 型 螺纹车刀

C3 型 切断、车槽车刀等

C4 型 带轮车槽刀

D1 型 直头外圆车刀、内孔车刀

选择刀片尺寸时,主要考虑的是刀片长度,一般为切削宽度的(1.6~2)倍。车槽车刀的刃宽不应大于工件槽宽。切断车刀的宽度 B 可按如下经验式估算。

$$B = 0.6\sqrt{d} \quad (7-1)$$

式中 d ——被切工件直径。

(二)刀槽参数的选择

选择刀槽的形式应根据车刀型式与刀片型式。一常用槽形与使用特点如表 4-7-2 所示。

表 4-7-2 刀片槽型与使用特点

简 图					
名 称	开口槽	半封闭槽	封闭槽	坎入槽	V形槽
特 点	焊接面最小 刀片应力小 制造简单	夹持牢固 焊接面大 易产生应力	夹持牢固 焊接应力大 易产生裂纹	增加焊接面, 提高结合强度	
用 途	外圆车刀 弯头车刀 车槽车刀	90°外圆车刀 内孔车刀	螺纹车刀	底面较小的刀片, 如车槽车刀等	
配用刀片	A1 C3 C4 B1 B2	A2 A3 A4 A5 A6 B3 D1	C1	A1 C3	

图 4-7-4 所示为不磨断屑槽的车刀,常取刀槽前角 $\gamma_{og} = \gamma_o + 5^\circ$,以减少前面重磨面积,提高刀片利用率。图 4-7-4 所示为圆弧卷屑槽,由于卷屑槽使前角加大了 γ_j 角,故应取

$$\gamma_{og} = \gamma_o - \gamma_j \quad (7-2)$$

$$\sin \gamma_j = \frac{l_{Bn}}{2r_{Bn}} \quad (7-3)$$

式中 l_{Bn} ——全圆弧断屑槽宽度；
 r_{Bn} ——全圆弧断屑槽圆弧半径。

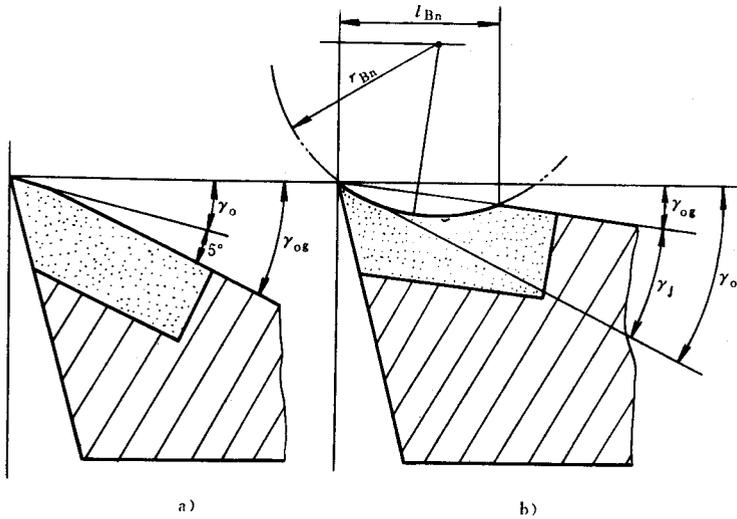


图 4-7-4 车刀前角与刀槽前角
 a) 平面形前面 b) 圆弧卷屑槽前面

(三) 车刀型式及尺寸的选择

车刀型式分直头与弯头两大类。直头车刀如图 4-7-1 中的 3、4、5、7，弯头车刀如图 4-7-1 中的 1、2、6。直头车刀简单，便于制造。弯头车刀通用性广，既能车外圆又能车端面，最典型的是 45°弯头车刀。

普通车刀外形尺寸主要是高度、宽度和长度。刀柄截面形状为矩形或方形，一般选用矩形，高度 A 按机床中心高选择，如表 4-7-3 所示。当刀柄高度尺寸受到限制时，可加宽为方形，以提高其刚性。刀柄的长度一般为其高度的 6 倍。切断车刀工作部分的长度需大于工件的半径。

表 4-7-3 常用车刀刀柄截面尺寸

机床中心高/mm	150	180~200	260~300	350~400
方刀柄断面 H^2/mm^2	16 ²	20 ²	25 ²	30 ²
矩形刀断面 $B \times H/\text{mm} \times \text{mm}$	12 × 20	16 × 25	20 × 30	25 × 40

内孔车刀用的刀柄，其工作部分截形一般作成圆形，长度需大于工件孔深。

螺纹车刀或成形车刀，因工作切削刃较长，可选用特殊的弹性刀柄，以防切削时扎刀。

三、机夹车刀

机夹车刀指用机械方法定位、夹紧刀片,通过刀片体外刃磨与安装倾斜后,综合形成刀具角度的车刀。使用中刃口磨损后需进行重磨。机夹车刀可用于加工外圆、端面、内孔,特别在车槽车刀、螺纹车刀、刨刀方面应用较为广泛。机夹切断车刀、螺纹车刀的结构与尺寸详见国标 GB10953—89 至 GB10955—89。

机夹车刀的优点在于避免焊接引起的缺陷,刀柄能多次使用,刀具几何参数设计选用灵活。如采用集中刃磨对提高刀具质量、方便管理、降低刀具费用等方面都有利。例如刨刀要求大刃倾角、小后角,选用机夹式效果较好。

目前可选购的机夹车刀、刨刀种类较多。它们的选用特点首先是要根据刀具结构来合理选择重磨刀面,其次是刀片进行体外刃磨的角度需按刀片安装与重磨结构进行计算。这些特点在焊接车刀与可转位车刀中都是没有的。所以,机夹车刀的使用技术更为复杂。

机夹车刀结构特点如下:

(一)刀片夹紧方式

图 4-7-5 所示几种典型的机夹外圆车刀。其中图 a 为上压式,利用螺钉、压板将刀片压紧在刀槽中,压板上可装挡屑块以控制断屑。图 d 为立装刀片斜楔侧压式,它适合重切削。图 b 为靠切削力夹紧的自锁式,它是利用切削合力将刀片夹紧在 1:30 的斜槽中。这种结构简单,使用方便。但要求刀槽与刀片配合紧密,切削时无冲击振动。切削力夹紧形式也可附加一些简单的夹紧元件,如图 e 中的削扁楔销等,这些结构可适当降低对刀槽制造精度的要求。图 c、f 所示为利用刀柄上开的弹性槽夹紧刀片,使刀片装卸调整方便。

(二)刀面重磨数量与类型

只磨后面,不磨前面的机夹刀称定前角结构,如图 4-7-5a、e。只磨前面,不磨后面的机夹车刀称定后角结构,如图 4-7-5d、f。定前角结构由于前面不需磨出断屑槽,因此重磨简单,一般平装刀片的外圆、内孔、螺纹、车槽车刀等均可采用这种结构。刀片能从前面伸出调节,多次重磨使用。前面不磨的优点是通过刀片倾斜安装可获得大前角、大刃倾角,而不影响刀片的强度。如需断屑,可在前面上装置可调节的断屑块,效果也很好。

定后角结构只磨前面,适用于立装刀片的结构。刀片立装的优点是可增大刀片的承载能力,还可减少前面的重磨面积。这种结构适合于重切削、刨、铣等有冲击工作的刀具。刀片沿后面伸出调节,也可经多次重磨使用。

机夹车刀一般需重磨两个面,但也可选用重磨三个面的车刀(图 4-7-5b),甚至只磨一个刀面的车刀(图 4-7-5e、f)。

重磨三个面的车刀所有角度都是通过刃磨得到的,变化几何角度灵活方便,刀槽

不需倾斜,设计制造简单,但由于刃磨带来的热裂缺陷可能性较大,一般使用较少。

只磨一个刀面的车刀,重磨工作量最小,便于实现机械化刃磨。但不磨刀面的倾斜角度必须通过刀片的安装来形成。因此,这种机夹车刀设计制造较复杂。同时刃倾角与倾斜安装形成的后角有关,不能随意变化。

四、可转位车刀

如图 4-7-6 所示,可转位车刀由刀片、刀垫、刀柄及杠杆、螺钉等元件组成。刀片上压制出断屑槽,周边经过精磨,刃口磨钝后可方便的转位换刃,不需重磨。

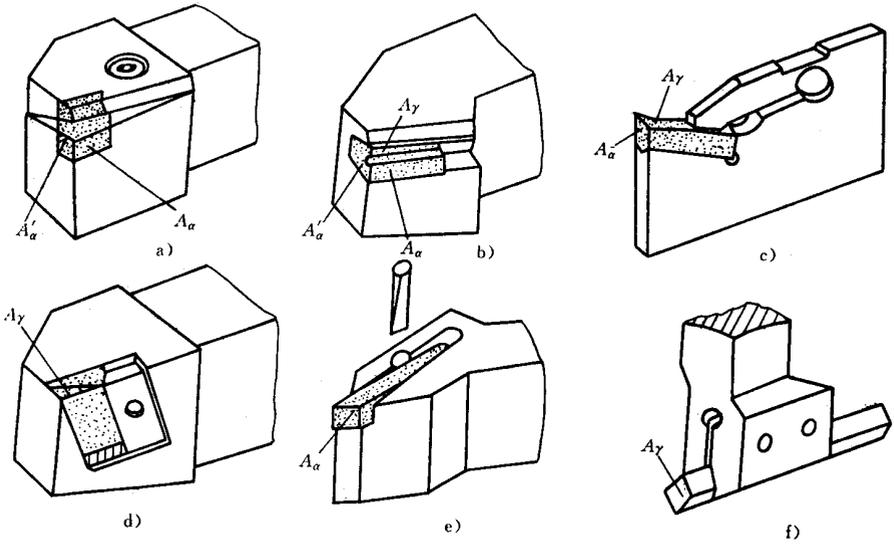


图 4-7-5 机夹车刀的结构形式

- a)上压式机夹车刀 b)切削力自锁车刀 c)弹性夹紧式割刀
d)侧压立装式重切车刀 e)削扁销机夹螺纹车刀 f)弹性夹紧式机夹刨刀

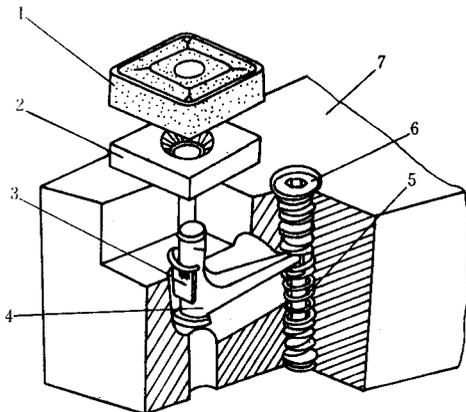


图 4-7-6 可转位车刀的组成

- 1—刀片 2—刀垫 3—卡簧 4—杠杆 5—弹簧 6—螺钉 7—刀柄

可转位刀具是国家重点推广的项目之一。因为它与焊接车刀比较有一系列的优点：

- 1) 避免焊接、刃磨引起的热应力,提高刀具耐磨及抗破损能力;
- 2) 可使用涂层刀片,有合理槽形与几何参数,断屑效果好,能选用较高切削用量,提高生产率;
- 3) 刀片转位、更换方便,缩短了辅助时间;
- 4) 刀具已标准化,能实现一刀多用、减少储备量,简化刀具管理等工作。

可转位刀具尚不能完全取代焊接与机夹刀具,因为在刃形、几何参数方面还受刀具结构与工艺的限制。例如尺寸小的刀具常用整体或焊接式;大刃倾角刨刀,可转位结构也难以满足要求,选用机夹式效果较好。

(一) 可转位车刀刀片

1. 刀片形状、代号及其选择

可转位车刀刀片形状、尺寸、精度、结构等在国标 GB2076—87 至 GB2081—97 中已有详细规定。共用 10 个代号表示,其标注示例如图 4-7-7 所示。图中:

号位 1 表示刀片形状。常用的刀片形状及其使用特点如下:

正三角形(T)多用于刀尖角小于 90° 的外圆、端面车刀。但刀尖强度差,只宜用较小的切削用量。

正方形(S)刀尖角等于 90° ,通用性广,可用于外圆、端面、内孔、倒角车刀。

有副偏角的三边形(F)刀尖角等于 82° ,多用于偏头车刀。

凸三边形(W)刀尖角等于 80° ,刀尖强度、寿命比正三角形刀片好。应用面较广,除工艺系统较差者均宜采用。

棱形刀片(V、D)适合用于仿形、数控车床刀具。

圆刀片(R)适合用于加工成形曲面或精车刀具。

号位 2 表示刀片后角。其中 N 型刀片后角 0° ,使用最广。

号位 3 表示刀片尺寸公差等级,共有 11 种,其中 U 为普通级, M 为中等,其余 A、F、G、... 均属精密级。

号位 4 表示刀片结构类型。其中

A——带孔无屑槽型,用于不需断屑的场合。

N——无孔平面型,用于不需断屑的上压式。

R——无孔单面槽型,用于需断屑的上压式。

M——带孔单面槽型,一般均使用此类,用途最广。

G——带孔双面槽型,可正反使用,提高刀片利用率。

号位 5、6 表示切削刃长度与刀片厚度。它们可由刀柄尺寸标准选择。刀片廓形的基本参数用内切圆直径 d 表示。 d 的尺寸系列是: 5.56、6.35、9.52、12.7、15.875、19.05、22.225、25.4mm。切削刃长度可由内切圆直径与刀尖角计算得到。

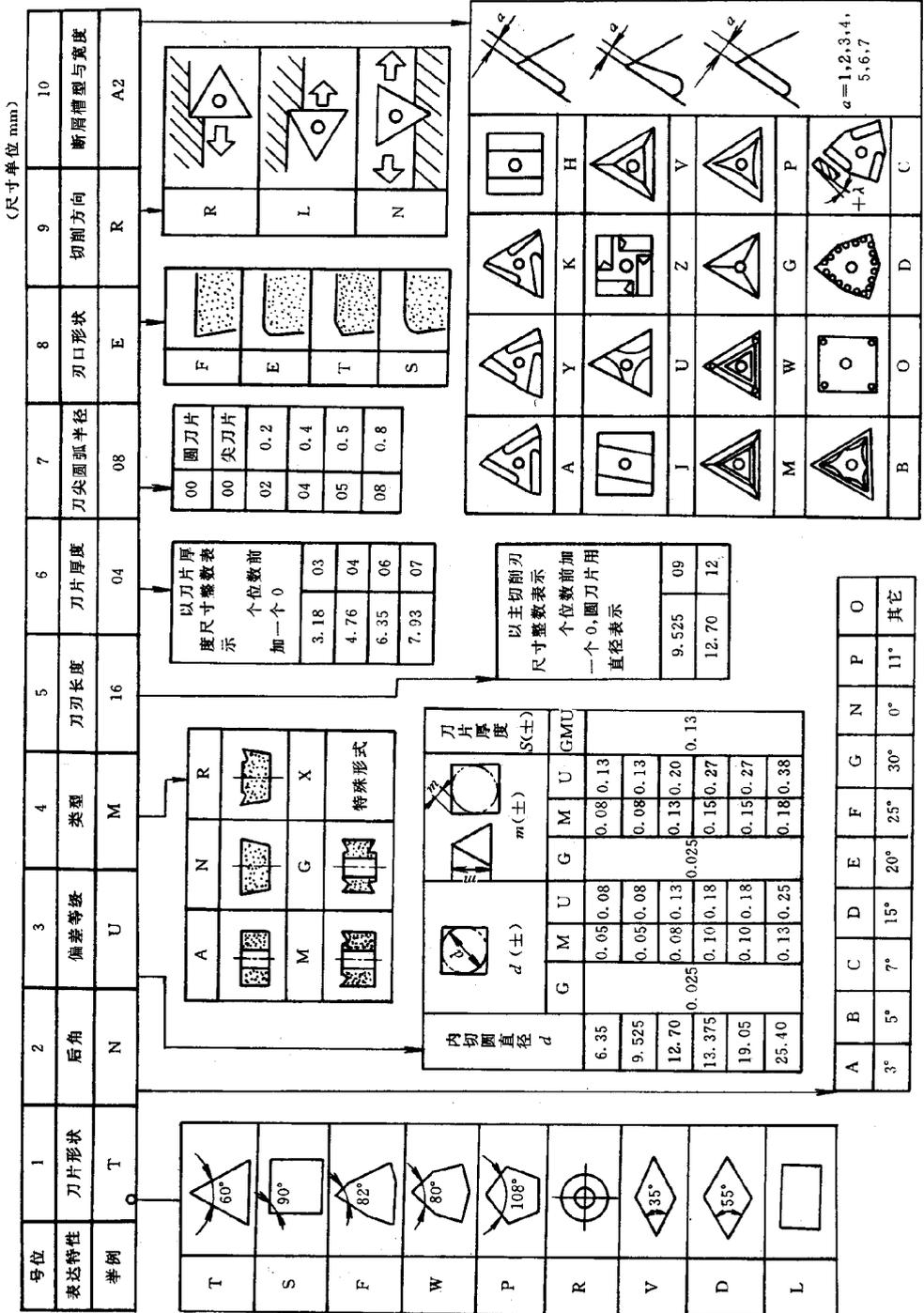
号位 7 表示刀尖圆弧半径,由刀具几何参数选定。

号位 8 表示刃口形式：

F—锐刃, E—钝圆刃, T—倒棱刃, S—钝圆加倒棱刃。

号位 9 表示切削方向：

R—右切, L—左切, N—左、右均能切。



号位 10 表示断屑槽型与槽宽。

刀片标记方法举例 SNUM150612 - V4 代表正方形、零后角、普通级精度、带孔单面 V 形槽型刀片,刃长 15.875mm,厚度 6.35mm,刀尖圆弧半径 1.2mm,断屑槽宽 4mm。

2. 刀片断屑槽型与应用特点

国标中推荐的刀片槽型主要有 16 种,如图 4-7-7 中号位 10 所示。这些槽型中可按结构特点或槽型截面形状分为以下几类:

(1) 按结构特点可分为两大类

① 开口式断屑槽 如图中 A、Y、H、K、J 等。断屑槽一边或两边开通,保证主切削刃获得大前角,切削力小。但刀尖强度低,断屑范围窄,多用于切削用量变化不大的情况。开口式断屑槽有左切、右切两种,两者不能通用。

② 封闭式断屑槽 如图中 V、M、W、G 等,断屑槽不开通,左、右、切削刃角度相同,可以通用,刀尖强度高,适应性较广。但切削力较大,要求机床有较大功率与刚性。

(2) 按截面形状及几何角度特点可分为三大类

① 正前角零刃倾角槽型 如图中 A、Y、K、V、M、W 等。此类属常用简单槽型,刃倾角为 0° ,切削刃上各点前角相同。

② 正前角正刃倾角槽型 如图中 C。由于刀片作出正刃倾角,使切削背向力减少。

③ 变截面槽型 如图中 U、P、B 等。这类槽型纵、横截面均为圆弧,切削刃各点槽深、槽宽、刃倾角都不同。使得切削力不大,断屑稳定,切屑不易飞溅,适用范围较广。常用断屑槽特点与适用场合见表 4-7-4。

表 4-7-4 常用断屑槽特点与适用场合

槽型分类与名称		槽型代号	刀片角度				特点及适用场合
			γ_{nt}	α_{nt}	λ_{st}	ϵ_t	
开式 断屑 槽	直槽	A	20°		0°	由刀片形状决定	槽宽前、后相等。用于切削用量变化不大的外圆车削与内孔车削
	外斜槽	Y					槽前宽后窄。切屑易折断。宜用于中等切深
	内斜槽	K					槽前窄后宽,断屑范围宽,能用于半精和精加工
	直通槽	H					适用范围广。能用于 45° 弯头车刀,进行大用量切削
	外斜通槽	J	0°	具有 Y、H 型特点,断屑效果好			
	平面型直槽	Z		16°	前面呈折线。用于加工铸铁等脆性材料,排屑好		
	变截面槽	U		10°	断屑范围广,粗、精加工,余量不均匀都能适用		
	正刃倾角型	C		20°	6°		加大刃倾角,径向力小。用于系统刚性差的情况
	切口圆窝槽	D		—	—		刃口均匀分布半球面小圆窝。用于钻头镗孔刀,断屑好

槽型分类与名称		槽型代号	刀片角度				特点及适用场合
			γ_{nt}	α_{nt}	λ_{st}	ϵ_t	
封闭式断屑槽	一级断屑槽	V	15°	0°	由刀片形状决定	应用面广,适用外圆、端面、内孔刀粗车	
	二级断屑槽	M	12°			断屑范围比V型宽,用于切深变化较大的仿形车	
	三级断屑槽	W				断屑范围最宽,粗、精加工均适用。要求系统刚性好,功率大	
	平面型槽	G	16°			0°	无反屑面。用于铸铁等脆性材料加工,排屑好
	小圆窝槽	O	—			—	小凹坑槽,用于精加工
	单凹弧变截面槽	P	15°			0°~10° 变值	具有双重前角变刃倾角。断屑范围广,适用于零度或正刃倾角车刀
	双凹弧变截面槽	B	20°			>0° 变值	一条刀刃有两段参数相同圆弧,用于精加工半精加工,断屑稳定

(二)可转位车刀的选用

1.可转位车刀几何角度的选择

如图 4-7-8 所示,可转位车刀的几何角度是由刀片角度与刀槽角度综合形成的。

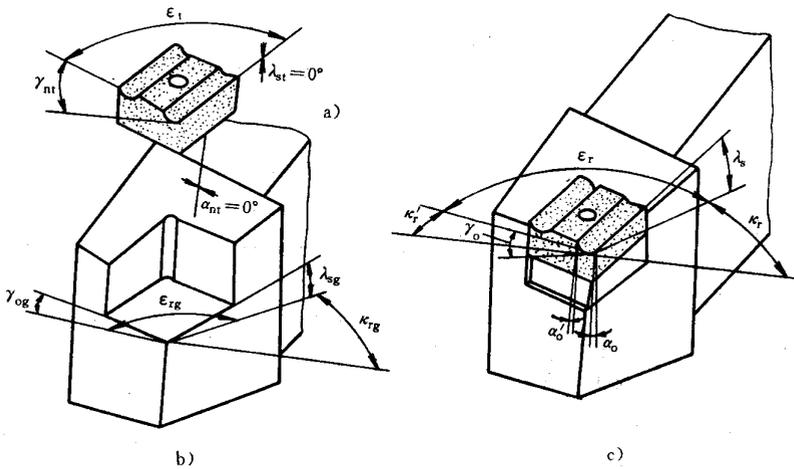


图 4-7-8 可转位车刀几何角度的形成
a)刀片角度 b)刀槽角度 c)车刀角度

刀片角度是以刀片底面为基准度量的,安装到车刀上相当于法平面系角度。刀片的独立角度有:刀片法前角 γ_{nt} ,刀片法后角 α_{nt} ,刀片刃倾角 λ_{st} ,刀片刀尖角 ϵ_t 。常用的刀片 $\alpha_{nt} = 0^\circ$ 、 $\lambda_{st} = 0^\circ$ 。

刀槽角度以刀柄底面为基面度量,相当于正交平面参考系角度。刀槽的独立角

度有：刀槽前角 γ_{og} ，刀槽刃倾角 λ_{sg} ，刀槽主偏角 κ_{rg} ，刀槽刀尖角 ϵ_{lg} 。通常刀柄设计成 $\epsilon_{lg} = \epsilon_r$ ， $\kappa_{rg} = k_r$ 。

选用可转位车刀时需按选定的刀片角度及刀槽角度来验算刀具几何参数的合理性。验算公式如下：

$$\gamma_o \approx \gamma_{og} + \gamma_{nt} \quad (7-4)$$

$$\alpha_o \approx \alpha_{nt} + \gamma_{og} \quad (7-5)$$

$$\kappa_r \approx \gamma_{og} \quad (7-6)$$

$$\lambda_s \approx \lambda_{sg} \quad (7-7)$$

$$\kappa'_r \approx 180^\circ - \kappa_r - \epsilon_t \quad (7-8)$$

$$\tan \alpha'_o \approx \tan \gamma_{og} \cos \epsilon_r - \tan \lambda_{sg} \sin \epsilon_r \quad (7-9)$$

例如选用的刀片参数为：

$$\alpha_{nt} = 0^\circ, \lambda_{st} = 0^\circ, \gamma_{nt} = 20^\circ, \epsilon_t = 60^\circ$$

选用的刀槽参数为：

$$\gamma_{og} = -6^\circ, \lambda_{sg} = 0^\circ, \kappa_{rg} = 90^\circ, \epsilon_{lg} = 60^\circ$$

则刀具的几何角度为：

$$\kappa_r = 90^\circ, \lambda_s = 0^\circ, \gamma_o \approx -6^\circ, \alpha_o \approx 6^\circ, \kappa'_r \approx 30^\circ, \alpha'_o \approx 2^\circ 12'$$

2. 可转位车刀类型与夹紧结构的选择

可转位车刀形式有外圆车刀、端面车刀、内径车刀和螺纹车刀等。其选用方法与焊接车刀相似。图 4-7-9 列举几种形式的适用场合。

刀片的夹紧结构很多，表 4-7-5 为各种夹紧结构的特点

表 4-7-5 可转位车刀类型与夹紧结构特点

名称	结构示意图	定位面	夹紧件	主要特点	
杠杆式	图 4-7-10a	底面周边	杠杆螺钉	定位精度高,调节余量大,夹紧可靠,拆卸方便	
杠销式	图 4-7-10b		杠销螺钉	杠销比杠杆制造简单,调节余量小,装卸刀片不如杠杆方便	
斜楔式	图 4-7-10c		楔块螺钉	定位准确。刀片尺寸变化较大时可夹紧。定位精度不高	
上压楔块式			带斜度楔形压板螺钉	定位准确。夹紧可靠,刀片尺寸有变动时仍可夹紧	
上压式	图 4-7-10d		压板螺钉	元件小,夹紧可靠,装卸容易,排屑受一定影响	
偏心式	图 4-7-10e		偏心螺钉	元件小,结构紧凑,调节余量小,要求制造精度高	
拉垫式	图 4-7-10f		拉垫螺钉	夹紧可靠,允许刀片尺寸有较大变动。刀头刚性弱不宜用于粗加工	
压孔式	图 4-7-10g		底面锥形	沉头螺钉	结构紧凑,简单,夹紧可靠,刀头尺寸可做得较小

3. 可转位车刀形式尺寸的选择

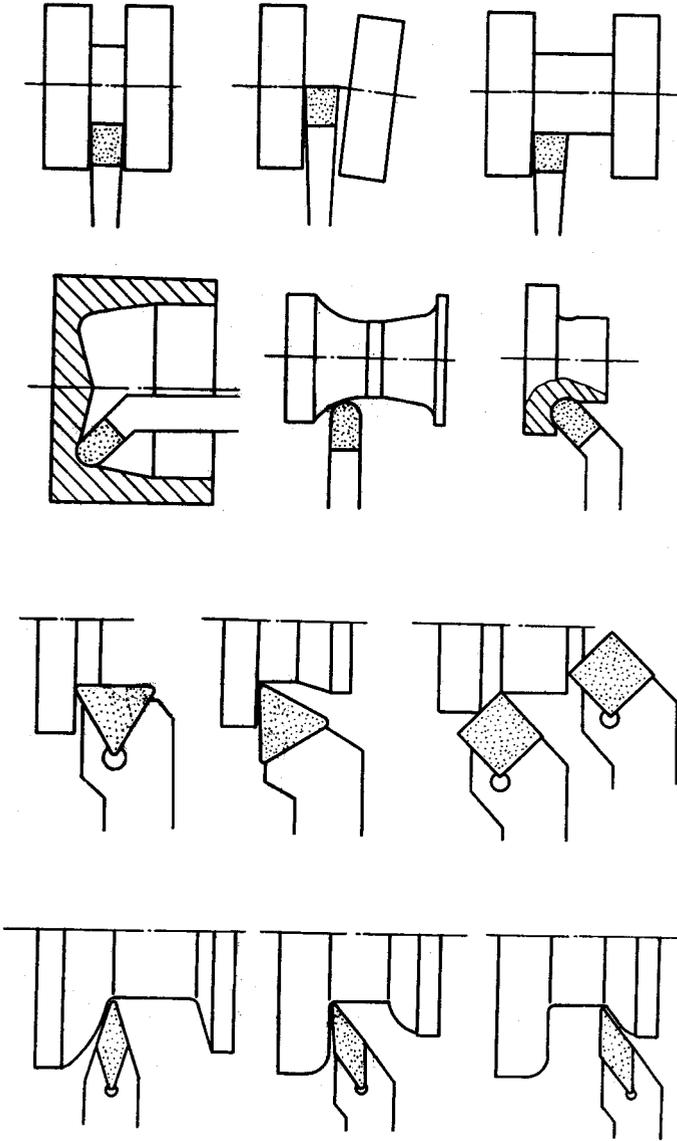


图 4-7-9 可转位车刀的适用举例

可转位车刀形式尺寸已标准化了,可参照国标 GB/T5343.1.2—93 及 GB/T14297—93 或有关生产工厂的样本选购。标准中推荐了多种结构、形式尺寸、及选配刀片的类型。选用者可按其用途选择结构类型,按机床中心高或刀架尺寸选择相应的尺寸规格。

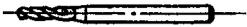
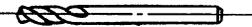
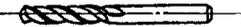
第二节 钻 头

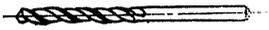
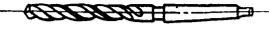
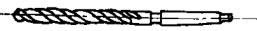
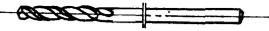
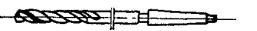
一、钻头的类型和用途

钻头是最常用的孔加工刀具。主要用于无孔材料(原先没有孔限)上钻孔,或在原已有孔眼的基础上把孔扩大。

国家标准中规定的常用麻花钻的类型和用途见表 4-7-6。麻花钻直径公差见表 4-7-7。

表 4-7-6 高速钢麻花钻的类型和用途

标准代号	品种	直径范围 (mm)	简 图	用 途
GB6135—85	粗直柄 小麻花钻	0.1~0.35		在自动机床上可用同一种规格的弹簧夹头装夹不同直径的麻花钻钻微孔
CB6134—85	直柄小 麻花钻	0.2~1.95		在台钻床或车床上用钻夹装夹麻花钻钻孔,可用钻模
CB1435—85	直柄长 麻花钻	0.5~40		在自动机床、六角车床或手动工具上钻浅孔或打中心孔
CB1436—85	直柄麻 花钻	2~20		直柄麻花钻的基本品种适用在各种机床上,用钻模或不用钻模钻孔
	直柄左 旋麻花 钻	2~20		在主轴左旋的自动机床上钻孔用

标准代号	品种	直径范围 (mm)	简 图	用 途
CB1437—85	直柄长 麻花钻	1 ~ 31.5		在各种机床上用钻模钻孔或不用钻模钻较深孔
GB1438—85	锥柄麻 花钻	3 ~ 100		锥柄麻花钻的基本品种， 适用在各种机床上不用 钻模钻孔
CB1439—85	锥柄长 麻花钻	6 ~ 50		在各种机床上用钻模钻孔或不用钻模钻较深孔
GB1440—85	锥柄加 长麻花 钻	6 ~ 30		在各种机床上用钻模钻 较深孔或不用钻模钻深 孔
CB1441—85	粗锥柄 麻花钻			在有振动和较强负荷的 条件下钻孔用
—	方斜柄 麻花钻	9.5 ~ 40		在手板钻具上钻轨道上 的孔
—	接长杆 直柄麻 花钻			用一般直柄麻花钻钻削 不到的箱体零件上的较 浅孔
—	接长杆 锥柄麻 花钻			用一般锥柄麻花钻钻削 不到的箱体零件上的较 浅孔

表正 4-7-7 麻花钻直径公差 (mm)

钻头直径	偏 差		公 差
	上偏差	下偏差	
< 0.5	0	-0.010	0.010
0.5 ~ 3	0	-0.014	0.014
> 3 ~ 6	0	-0.018	0.018
> 6 ~ 10	0	-0.022	0.022
> 10 ~ 18	0	-0.027	0.027
> 18 ~ 30	0	-0.033	0.033
> 30 ~ 50	0	-0.039	0.039
> 50 ~ 80	0	-0.046	0.046
> 80 ~ 100	0	-0.054	0.054

二、高速钢麻花钻的修磨

(一) 麻花钻的结构要素和几何参数

麻花钻的结构要素和几何参数见图 4-7-10。

麻花钻工作部由切削部和导向部组成。切削部也称钻尖,它是麻花钻刃磨的端部,包括切削刃、前面、后面及横刃等。导向部的作用是当切削部切入孔后起引导作用,又是重磨的储备部分。为了减少导向部与孔壁的摩擦,在国家标准中,规定直径大于 0.75mm 的麻花钻在导向部上制有两条窄的刃带,还规定直径大于 1mm 的麻花钻,直径自钻尖向柄部方向减小,每 100mm 长度上为 0.1mm,以形成副偏角。

(二) 麻花钻的修磨

1. 修磨横刃

修磨横刃是把横刃修短和增大横刃的前角值(图 4-7-11)。目的是减少钻削轴向力和加强定心作用。如工件材料较软,横刃可修磨得短些,如工件材料较硬,则横刃应少修磨些。

修磨横刃是最主要的一种修磨方式,一般直径大于 5mm 以上的钻头均修磨横刃。

2. 修磨前面

修磨前面是修磨外缘处的前面,以减小前角(图 4-7-12)。目的是在加工硬材料时可增加主切削刃外面部分的强度,避免崩刃。加工黄铜时,可避免钻头“梗入”工件。

3. 修磨分屑槽

修磨分屑槽是在主后面上修磨出错开的屑槽。目的是加工钢材时,能使原来较

宽的切屑分成几条窄切屑,达到顺利排屑的目的。

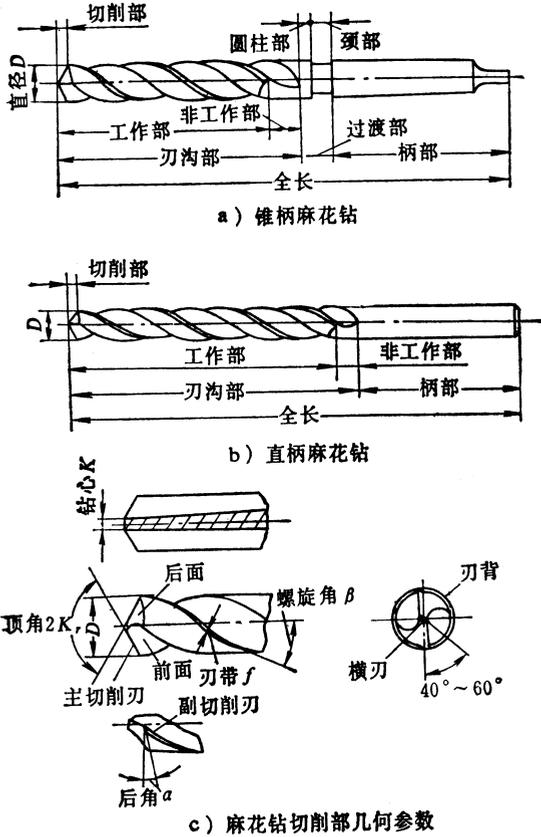


图 4-7-10 麻花钻的结构要素和几何参数

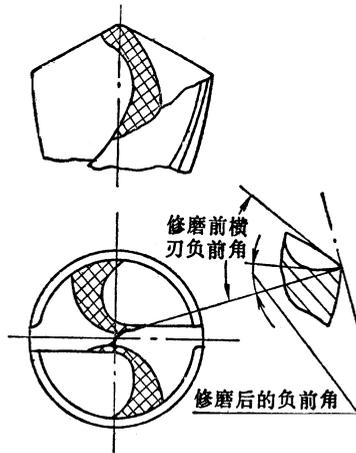


图 4-7-11 修磨横刃

分屑槽各部尺寸参见表 4-7-8。

4. 修磨顶角

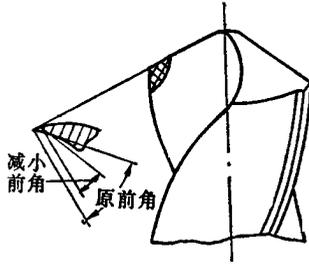
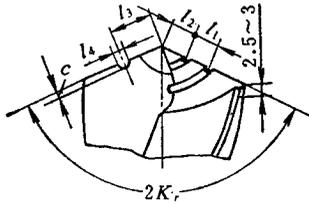


图 4-7-12 修磨前面

修磨顶角是主切削刃磨成双重顶角,以增加刀刃长度和刀尖角 β_0 (图 4-7-13)。目的是在钻削铸铁时改善散热条件,使主切削刃与棱刃交角处抗磨性好,提高钻头耐用度。一般 $2K_{r2} = 70^\circ \sim 75^\circ$ $f_0 = 0.2D_0$ 。

表 4-7-8 分屑槽钻头的几何参数



麻花钻 直 径 D	l_1			l_2			l_3			l_4			c ①			b ②			z	$2K_r$			
	不 锈 钢	碳 钢	合 金 结 构 钢		总 槽 数	不 锈 钢	碳 钢	合 金 结 构 钢															
	mm																		条	度			
12~18	2.3	4.6		2.3	2.3	3.5	~			0.85	~		0.6	~	0.45			0.75	2	140			
>18~35	3.5	7.2	3.5	3.6	5.3	7.2	~	~	1.5	1.3	0.5	0/9	0.6	~	0.75	1.5	~	1.5	3	135	118		
									1.75	2.1	0.6	1.5											
>35~50	6.5	10	6.5	5	9.8	10 ^③				2.1	~		1.5	~	0.75			1.5	5	130			

①分屑槽深度“ c ”应大于进给量。
 ②横刃“ b ”修磨时应注意对称。
 ③若有二条槽时,则槽距也应为 10mm。

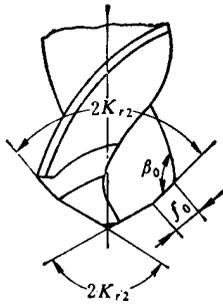


图 4-7-13 修磨顶角

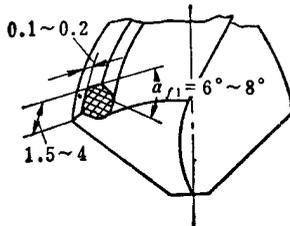


图 4-7-14 修磨刃带

5. 修磨刃带

修磨刃带是在刃带前端磨出后角 α_{f1} (图 4-7-14)。目的是在钻削一些较软的材料和精加工件时,减少刃带与孔壁的摩擦,降低工件的表面粗糙度。

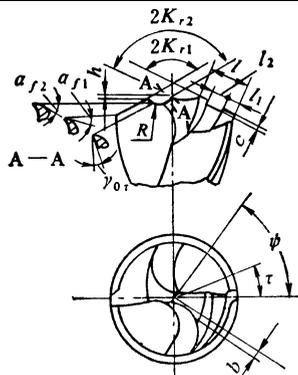
(三) 群钻

群钻是一种先进钻头,它的最大特色是磨出月牙槽,形成凹圆弧刃。这种弧刃有很多优点:

- 1) 能够分屑、断屑;
- 2) 切削省力;
- 3) 有利于提高走刀量和降低表面粗糙度。

下面选择一些有代表性的群钻,供选用时参考(表 4-7-9)至表 4-7-12。

表 4-7-9 基本型群切削部的几何参数



第四篇 机械加工机床夹具与刀具

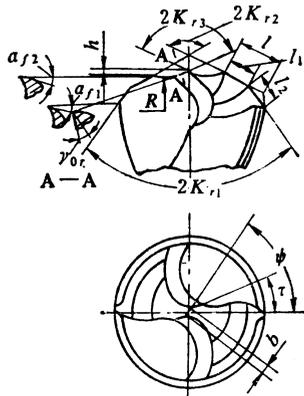
钻头直径	钻尖高	圆弧半径	外刃长	槽距	槽宽	横刃长	槽深	槽数	外刃顶角	内刃顶角	横刃斜角	内刃前角	内角斜角	外刃后角	圆弧后角
D	h	R	l	l_1	l_2	b	c	z	$2K_{r1}$	$2K_{r2}$	φ	γ_{0r}	τ	α_{r1}	α_{r2}
mm								条	度						
5~7	0.2	0.75	1.3			0.2									
>7~10	0.28	1	1.9			0.3							20	15	18
>10~15	0.36	1.5	2.7			0.4									
>15~20	0.55	1.5	5.5	1.4	2.7	0.5			125	135	65	-15			
>20~25	0.7	2	7	1.8	3.4	0.6									
>25~30	0.85	2.5	8.5	2.2	4.2	0.75	1	1					25	12	15
>30~35	1	3	10	2.5	5	0.9									
>35~40	1.15	3.5	11.5	2.9	5.8	1.05									
<40~45	1.3	4	13	2.2	3.25	1.15									
>45~50	1.45	4.5	14.5	2.5	3.6	1.3	1.5	2					30	10	12
>50~60	1.65	5	17	2.9	4.25	1.45									

注 参数值按直径范围的中间值决定,允许偏差为±。

2. 本表图形系直径 15~40mm 的中型标准群钻。

3. $h \approx 0.03D$ $R \approx 0.10D$ $l \approx 0.2D (D \leq 5)$ $l \approx 0.3D (D > 15)$ $b \approx 0.03D$ 。

表 4-7-10 铸铁群切削部的几何参数表



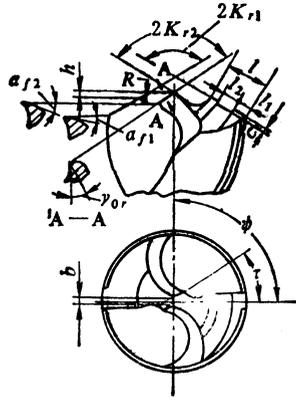
钻头直径	尖高	圆弧半径	横刃长	总外刃长	分外刃长	分刃顶角	第二顶角	内刃顶角	横刃斜角	内刃前角	内刃斜角	外刃后角	圆弧后角
D	h	R	b	l	l_1, l_2	$2K_{r1}$	$2K_{r2}$	$2K_{r2}$	φ	γ_{0r}	τ	α_{r1}	α_{r2}
mm							度						

5~7	0.11	0.75	0.15	0.15	$l_1 = l_2$	120	70	135	65	-10	20	18	20
>7~10	0.15	1.25	0.2	2.6							25	15	18
>10~15	0.2	1.75	0.3	4							30	13	15
>15~20	0.3	2.25	0.4	5.5									
>20~25	0.4	2.75	0.48	7									
>25~30	0.5	3.5	0.55	8.5									
>30~35	0.6	4	0.65	10									
>35~40	0.7	4.5	0.75	11.5									
<40~45	0.8	5	0.85	13									
>45~50	0.9	6	0.95	14.5									
>50~60	1.0	7	1.1	17									

注 1. 参数按直径范围的中间值来定, 允许偏差为 ±。

2. $h \approx 0.02D$ $R \approx 0.12D$ $b \approx 0.02D$ $l \approx 0.30D$ 。

表 4-7-11 紫铜群钻切削部的几何参数



钻头直径	钻尖高	圆弧半径	横刃长	外刃长	槽距	槽宽	槽数	外刃顶角	内刃顶角	横刃斜角	内刃前角	内角斜角	外刃后角	圆弧后角
D	h	R	b	l	l_1	l_2	z	$2K_{t1}$	$2K_{t2}$	φ	γ_{0r}	τ	α_{p1}	α_{t2}
mm							条	度						
5~7	0.35	1.25	0.15	1.3				120	115	90	-25	30	15	12
>7~10	0.5	1.75	0.2	1.9										
>10~15	0.8	2.25	0.3	2.6										
>15~20	1.1	3	0.4	3.8										
>20~25	1.4	4	0.48	4.9										
>25~30	1.7	4	0.55	8.5	2.2	4.2	1							
>30~35	2	4.5	0.65	10	2.5	5								
>35~40	2.3	5	0.75	11.5	2.9	5.8						35	12	10

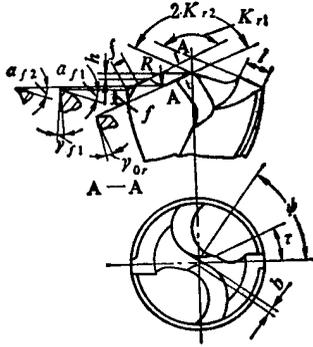
注 1. 参数按直径范围的中间值来定, 允许偏差为 ±。

2. $h \approx 0.06D$ $R \approx 0.2D$ ($D \leq 25$) $R \approx 0.15D$ ($D > 25$)

$b \approx 0.02D$ $l \approx 0.2D$ ($D \leq 25$) $l \approx 0.3D$ ($D > 25$)

表 4-7-12

黄铜群钻切削部的几何参数



麻花钻直径	钻头高	圆弧半径	横刃长	外刃长	修磨长度	外刃顶角	内刃顶角	横刃斜角	外刃前角	内刃前角	内刃斜角	外刃后角	圆弧后角
D	h	R	b	l	f	$2K_{r1}$	$2K_{r2}$	φ	γ_{fl}	γ_{or}	τ	α_{fl}	α_{r2}
mm						度							
5~7	0.2	0.75	0.15	1.3	1.5	125	135	65	8	-10	20	15	18
>7~10	0.3	1	0.2	1.9									
>10~15	0.4	1.5	0.3	2.6									
>15~20	0.55	2	0.4	3.8	3	125	135	65	8	-10	25	12	15
>20~25	0.7	2.5	0.48	4.9									
>25~30	0.85	3	0.55	6									
>30~35	1	3.5	0.65	7.1									
>35~40	1.15	4	0.75	8.2									

注 1. 参数按直径范围的中间值来定, 允许偏差为 \pm 。

2. γ_{fl} 指外缘点侧前角, 便于观察控制。

3. $h \approx 0.03D$ $R \approx 0.10D$ $b \approx 0.02D$ $l \approx 0.2D$ 。

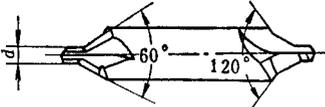
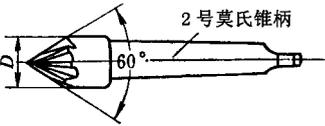
三、中心钻的类型和用途

中心钻是加工中心孔的刀具。根据不同情况可选用表 4-7-13 所示的各种类型的中心钻和中心铤钻。

表 4-7-13

中心孔刀具的类型

标准号	名称	简图	尺寸范围 (mm)
GB6078-85 (A型)	不带护锥的中心钻		$d = 0.5 \sim 10$

标准号	名称	简图	尺寸范围 (mm)
GB6078-85 (B型)	带护锥的中心钻		$d = 1 \sim 10$
GB1143-84	60°锥柄锥面锪钻		$d = 20 \sim 31.5$

在轴上加工 $d = 1 \sim 10\text{mm}$ 的中心孔时,一般采用不带护锥的 A 型中心钻钻出。对于工序长、精度高的工件,为了避免 60° 定心锥在加工搬运过程中被碰坏,一般采用带护锥的 B 型中心钻。

大尺寸的中心孔($d > 6.3\text{mm}$)可用钻头和 60° 锥柄锥面锪钻先后分两次钻出。

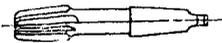
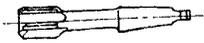
第三节 铰 刀

一、铰刀的类型和用途

为了提高未淬火零件孔的精度和降低表面粗糙度,可采用铰削加工来达到。铰削工件的孔径大于 10mm 时,须经过镗孔或扩孔预加工,预加工孔的表面粗糙度值不高于 $Ra6.3$ 。常用铰刀的类型和用途见表 4-7-14。修理拖拉机用汽门座铰刀见表 4-7-15。

表 4-7-14 常用铰刀的类型和用途

标准代号	品种	直径范围 (mm)	简图	用途
GB1131-84	手用铰刀	1~75		在单件或小批生产加工和装配工作中使用

标准代号	品种	直径范围 (mm)	简 图	用 途
GB1132—84	直柄 机用铰刀	1 ~ 20		成批生产条件下在机床上使用
GB1133—84	锥柄 机用铰刀	5.3 ~ 50		成批生产条件下在机床上使用
GB1134—84	带刃 倾角锥柄机用铰刀	7.5 ~ 40		成批生产条件下在机床上铰余量较大的通孔
GB1135—84	套式 机用铰刀	23.6 ~ 100		成批生产条件下把铰刀套在专用的 1:30 锥度心轴上铰较大直径的孔
GB1137—84	手用 长刃 1:50 锥度销子铰刀	0.6 ~ 50		装配工作中铰削, 配较长 1:50 圆锥销的锥度孔

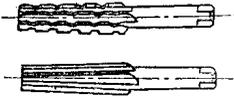
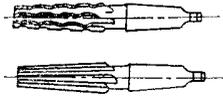
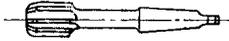
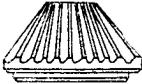
标准代号	品种	直径范围 (mm)	简 图	用 途
GB1138—84	锥柄 机用 1: 50 锥度 销子铰 刀	5 ~ 50		装配工作中在机床上铰削 配较大直径圆锥销的锥度孔
GB1139—84	直柄 莫氏圆 锥铰刀	莫氏 0 ~ 6 号		手工铰削莫氏圆锥孔
GB1140—84	锥柄 莫氏圆 锥铰刀	莫氏 0 ~ 6 号		成批生产条件下在机床上铰莫氏圆锥孔
—	圆锥 管螺纹 底孔铰 刀	6 ~ 60		铰削圆锥管螺纹 1:16 锥度孔
JB3869—85	可调节手用 铰刀	6.5 ~ 54		修配时铰削工件上通孔
	汽门 座铰刀	15° ~ 75° 38 ~ 63		铰削汽车、拖拉机气缸体的汽门座

表 4-7-15

修理拖拉机用汽门座铰刀

套 号	气 门 座 铰 刀				刀 杆 规 格 d)	本套号适用农业发动机				刀 具 总 数
	工作角用		上倒角用	下倒角用		机 型	适用拖拉机	气门头尺寸		
	规 格	刃 别	规 格	规 格				气 门 类 别	直 径 (mm)	
237-001	42×45°	粗	42×75°	40×15°	8	285(南昌) 490 (洛阳南阳) 490(湖北)	东方红-40 襄江-40 红卫-40 东方红-30 东方红-20 工农-12 工农-10 190(广东)	进气	38	3
		精						排气	34	
	36×45°	粗	36×75°	34×15°	9	490(广东) 390 (湖北、山西) 290 (湖北、天津) 190W(北京) 190W(浙江)		进气	39	
精		排气						33		
237-002 (TQJ-009)	45×45°	粗	45×75°	43×15°	9	495(江苏) 295(山东) S 195(浙江) S 195(常州) S 195(安徽) X 195(郑州) L 195(沈阳) 495 A(上海)	东风-50 泰山-25 工农-12 工农-12 工农-12 江淮-12 红卫-12 518-12 上海-50	进气	42	8
		精						40×45°	40×75°	
	43×15°	粗	47×57°	40×75°	10	195-1(上海) 195-2(上海)	工农-7 工农-11			
237-003		精						40×60°	40×75°	

套号	气门座铰刀				刀杆规格 (d)	本套号适用农业发动机				刀具总数
	工作角用		上倒角用	下倒角用		机 型	适用拖拉机	气门头尺寸		
	规格	刃别	规格	规格				气门类别	直径 (mm)	
237-004	48×45°	粗	48×75°	48×15°	9	2100(大连) 4100(大连) 1105-10马力 (天津, 新乡) 2105-20马力 (南昌、蚌埠、韶关) 4105-40马力 (南昌, 云南)	铁牛-60	进气	44	8
		精						排气	40	
	48×45°	粗	48×75°	48×15°	9			进气	46	
		精						排气	40	
237-004	42×45°	粗	42×75°	42×15°	11	1105-12马力 (天津) 2105-24马力 (富锦、南昌) 4105-48马力 (南昌) 4105-60马力 (哈尔滨)	铁牛-60	进气	46	8
		精						排气	40	
237-005	52×45°	粗	52×75°	52×15°	11	2110(大连) 4110(新) (上海) 6110(新) (上海) 4110(老) (上海) 6110(老) (上海) 3110 (无锡) 4110 (无锡) 4115(北京)	铁牛-55 集材-50	进气	49	8
		精						排气	43	
	48×45°	粗	48×75°	46×15°				进气	50	
		精						排气	45	
237-006	56×45°	粗	56×75°	56×15°	12	3120(无锡) 4120(常州) 4125A	东方红-75	进气	52	8
		精						排气	47	
	50×45°	粗	50×75°	50×15°				进气	54	
		精						排气	48	
237-007	58×45°	粗	58×75°	56×15°	12	4120 F (无锡)	新曙光80	进气	54.5	8
	54×45°	精	54×75°	52×15°				排气	50.5	

第四篇 机械加工机床夹具与刀具

套 号	气 门 座 铰 刀				刀 杆 规 格 (d)	本套号适用农业发动机				刀 具 总 数
	工作角用		上倒角用	下倒角用		机 型	适用拖拉机	气门头尺寸		
	规 格	刃 别	规 格	规 格				气 门 类 别	直 径 (mm)	
237-008 (TQJ-010)	63×45°	粗	63×75°	60×15°	12	2136 G 4135 G 4135 G-4 6135 G 6135 G-4 12 V 135(上海)		进气	60	8
		精						粗	56×75°	
237-009	63×60°	粗	63×75°	60×30°	12	6135ZG(上海)		进气	60	8
		精						粗	56×75°	
237-010 (TQJ-001)	63×45°	粗	63×75°	60×15°	12.7	1140(上海) 4146/6146 (定型) 4160/8160 (济南)	后红旗80/100 斯大林80/100 4160 A 武汉 3160, 6160 660 A 潍坊	进气	60.9	4
		精			13			排气	60.9	
237-011 (TQJ-004)	45×45°	粗	40×75°	43×15°	11		铁牛-40 英特兹-2-5 尤别兹2-, 尤别 兹-45 特德特-40 克德迫-35 凯狄-35 凯狄皮-35	进气	41	
		精						粗	40×75°	
237-012 (TQJ-005)	48×45°	粗	48×75°	46×15°	10		热托-25N, 25A, 25K 迫-46	进气	45	8
		精						粗	45×75°	
237-013 (TQJ-002)	50×45°	粗	50×75°	48×15°	12	1125	东方红-54 东方红-28 德特-54 特-28	进气	47.5	4
	精	排气						47.5		

套号	气门座铰刀				刀杆规格 (d)	本套号适用农业发动机				刀具总数
	工作角用		上倒角用	下倒角用		机型	适用拖拉机	气门头尺寸		
	规格	刃别	规格	规格				气门类别	直径 (mm)	
237-014 (TQJ-008)	42×45°	粗 精	42×75°	40×15°	10		K-55	进气 排气	40 40	4
237-015 (TQJ-008)	45×60°	粗 精	42×75°	43×30°	10		热托-35(轮式)	进气	40	7
	45×45°	粗 精		43×15°				排气	40	
237-101 (综合套号)	36×45°	粗 精	36×75°	34×15°	8	适用于从285~ 4125A等机型				30
	40×45°	粗 精	40×75°	38×15°	9					
	45×45°	粗 精	45×75°	43×15°						
	48×45°	粗 精	48×75°	46×15°	10					
	52×45°	粗 精	52×75°	50×15°	11					
	56×45°	粗 精	56×75°	54×15°						
	40×60°	粗 精	—	38×30°						
	45×60°	粗 精	—	43×30°						
237-102	40×45°	粗 精	40×75°	38×15°	10		尤特兹45/45E 莫特5/2, 尤特兹 兹2 铁牛-40 热特-35 (轮, 履带) 热特25(A、K、 H)	进气	44	12
	45×45°	粗 精	45×75°	43×15°				排气	37	
					进气			41		
	48×45°	粗 精	48×75°	46×15°	排气			37		
					进气			40		
					排气			40		
进气					45					
						排气	41			

二、铰刀的精度等级和公差

按照国家标准生产的手用铰刀和高速钢机用铰刀,其直径偏差分为三种精度等级,即 H7、H8、H9 级,分别用于铰削 H7、H8、H9 级精度的孔。若须加工精度高的孔,用

户可把铰刀自行研磨到所需尺寸。各级精度铰刀的直径偏差见表 4-7-16。

表 4-7-16 铰刀直径偏差 (mm)

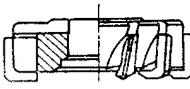
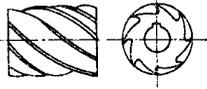
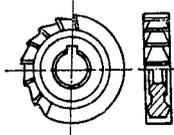
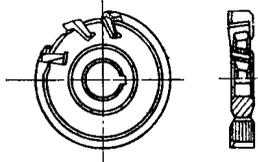
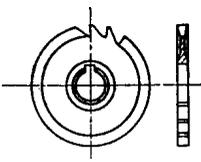
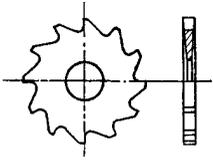
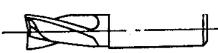
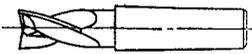
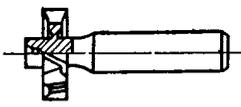
铰刀 直径	精度等级								
	H7 级			H8 级			H9 级		
	上偏差	下偏差	公差	上偏差	下偏差	公差	上偏差	下偏差	公差
1~3	+0.008	+0.004	0.004	+0.011	+0.006	0.005	+0.021	+0.012	0.009
>3~6	+0.010	+0.005	0.005	+0.015	+0.008	0.007	+0.025	+0.014	0.011
>6~10	+0.012	+0.006	0.006	+0.018	+0.010	0.008	+0.030	+0.017	0.013
>10~18	+0.015	+0.008	0.007	+0.022	+0.012	0.010	+0.036	+0.020	0.016
>18~30	+0.017	+0.009	0.008	+0.028	+0.016	0.012	+0.044	+0.025	0.019
>30~50	+0.021	+0.012	0.009	+0.033	+0.019	0.014	+0.052	+0.030	0.022
>50~80	+0.025	+0.014	0.011	+0.039	+0.022	0.017	+0.062	+0.036	0.026

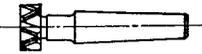
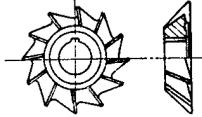
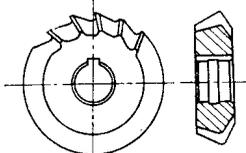
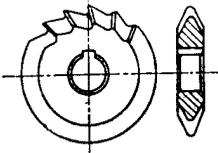
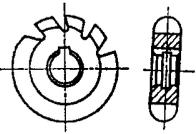
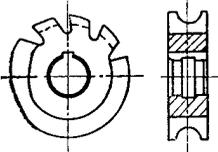
第四节 铣 刀

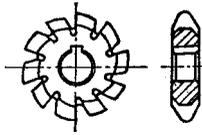
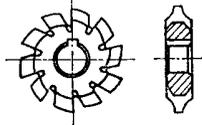
一、铣刀的类型和用途

表 4-7-17 常用铣刀的类型和用途

标准号	品种	简图	用途
GB1110—85	直柄立铣刀		用于铣削平面和台阶。该铣刀分细齿和粗齿两种，细齿用于半精铣平面和台阶，粗齿用于粗铣平面和台阶。
GB1105—85	锥柄立铣刀		用于半精铣平面
GB1114—85	套式立铣刀		用于半精铣平面

标准号	品种	简图	用途
GB1129—85	镶齿套式面铣刀		用于铣切较宽的平面。刀齿磨损后,可以调节径向伸出量。
GB1115—85	圆柱形铣刀		用于铣削平面。圆柱形铣刀分细齿和粗齿两种,细齿用于半精铣平面,粗齿用于粗铣平面
GB1117—85 GB1118—85	三面刃铣刀		用于加工凹槽和台阶。该铣刀分直齿和错齿两种,直齿用于半精铣凹槽和台阶,错齿用于粗齿槽和台阶
GB1128—85	镶齿三面刃铣刀		用于加工凹槽和台阶。铣刀宽度可以调整。
GB1120—85 GB1121—85 GB6120—85	锯片铣刀		用于铣削窄而深的槽或锯断工作。分细齿、中齿和粗齿三种,细齿适用于铣削黑色金属,粗齿适用于铣削轻金属
GB1119—85	尖齿槽铣刀		用于加工 H9 级轴槽
GB1112—81	直柄键槽铣刀		用于加工圆头封闭或半封闭式的键槽,键槽铣刀在圆周上及端面上都有切削刃,工作时它能垂直进给及沿轴向进给
GB1113—81	锥柄键槽铣刀		
GB1127—81	半圆键槽铣刀		用于铣削半圆键槽

标准号	品种	简图	用途
GB1126—85 GB6123—85 GB6124—85	T形槽 铣刀		用于加工 T形槽
GB6338—86 GB6339—86	燕尾槽 铣刀		用于加工燕尾槽
GB6126—85	单角铣 刀		用于铣切角度槽
GB6127—85	不对称 双角铣刀		用于加工各种刀具的刃 沟
GB6128—85	对称双 角铣刀		用于加工有螺旋沟的尖 齿及铲齿铣刀的刃沟
GB1124—85	凸半圆 铣刀		用于铣削半圆槽
GB1125—85	凹半圆 铣刀		用于铣削凸半圆形的工 件

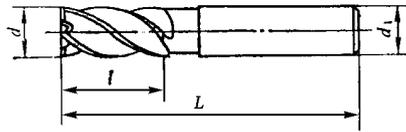
标准号	品种	简图	用途
JB2498—78	齿轮铣刀		主要用于加工精度较低的直齿圆柱齿轮,有时也用于加工斜齿圆柱齿轮、齿条以及有空刀槽的人字齿轮。刀号选用见表4-7-27
	直齿锥齿轮铣刀		用于加工精度较低的直齿圆锥齿轮。为与齿轮铣刀区别,在铣刀端面上标有“△”标记。刀号选用见表4-7-28
	链轮铣刀		用于加工套筒滚子链链轮

二、常用铣刀的规格和尺寸

表 4-7-18

直柄立铣刀

(mm)



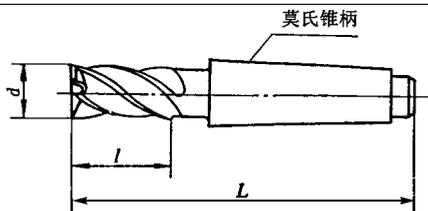
d	d ₁	L		l		齿数		
		标准型	长型	标准型	长型	粗齿	中齿	细齿
3	4	40	44	8	12	3	4	—
3.5		42	47	10	15			
4		43	51	11	19			
5	5	47	58	13	24			
6	6	57	68					
7	8	60	74	16	30			
8		63	82	19	38			
9	10	69	88					
10		72	95					
11		79	102					
12	12	83	110	26	53			
14								
16	16	92	123	32	63			
18								
20	20	104	141	38	75	6		

注 本表摘自 GB1110—85。

表 4-7-19

莫氏锥柄立铣刀

(mm)



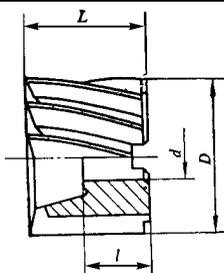
d	L		l		莫氏 锥柄号	齿 数				
	标准型	长 型	标准型	长 型		粗齿	中齿	细齿		
14	111	138	26	53	2	3	4	5		
16	117	148	32	63				3	4	6
18										
20	123	160	38	75						
22	140	177								
25	147	192	45	90	4	4	6	8		
28										
32	155	208	53	106						
36										
40	188	250	63	125						
45										
50	200	275	75	150						

注 本表摘自 GB1106—85。

表 4-7-20

套式立铣刀

(mm)



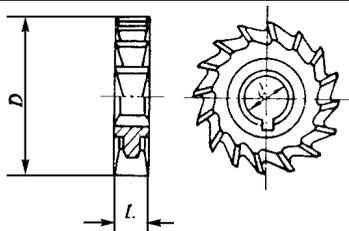
D	L	l	d	齿 数
40	32	18	16	6~8
50	36	20	22	6~8
63	40	22	27	8~10
80	45	22	27	8~10
100	50	25	32	10~12
125	56	28	40	12~14
160	63	31	50	14~16

注 本表摘自 GB1114—85。

表 4-7-21

直齿三面刃铣刀

(mm)



D	L	d	齿数	D	L	d	齿数
63	4	22	16	80	14	27	18
	5				16		
	6				18		
	7				20		
	8			6	100	32	20
	10			7			
	12			8			
	14			10			
	16			12			
80	5	27	18	14			
	6			16			
	7			18			
	8			20			
	10			22			
	12			25			

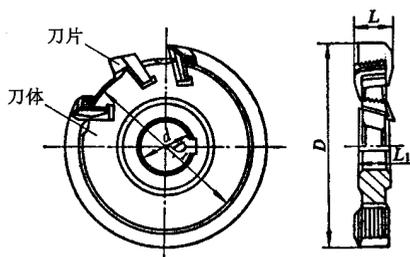
注 1. 铣刀分普通级和精密级。精密级铣刀主要用于加工 H9 级轴槽。

2. 本表摘自 GB1117—85。

表 4-7-22

镶齿三面刃铣刀

(mm)



D	L	d	D_1	L_1	齿数	刀片 GB1130—85	
						右	左

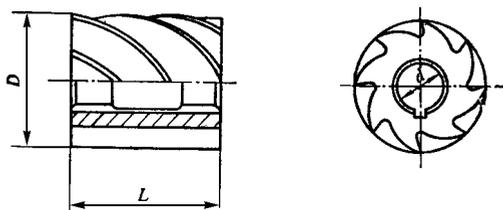
100	12	27	91	8.5	12	1-10-1	1-10-2	
	14			11		1-13-1	1-13-2	
	16			13		1-15-1	1-15-2	
	18			14.5				
	20		86	15	10	1-18.5-1	1-18.5-2	
	22			17		1-22.5-1	1-22.5-2	
	25			19.5				
125	12	32	114	9	14	2-11-1	2-11-2	
	14			11		2-13-1	2-13-2	
	16			13		2-15-1	2-15-2	
	18			14.5				
	20		111	15	12	3-18.5-1	3-18.5-2	
	22			17		3-22.5-1	3-22.5-2	
	25			19.5				
160	14	40	146	11	18	2-13-1	2-13-2	
	16			13		2-15-1	2-15-2	
	20			15		3-18.5-1	3-18.5-2	
	25		144	19.5	16	3-22.5-1	3-22.5-2	
	28			22.5		3-26.5-1	3-26.5-2	
200	14	50	186	10	22	2-13-1	2-13-2	
	18			13		20	3-15-1	3-15-2
	22			15.5			3-18.5-1	3-18.5-2
	28		184	22.5	18	3-26.5-1	3-26.5-1	
	32			24				

注 本表摘自 GB1128—85。

表 4-7-23

圆柱形铣刀

(mm)

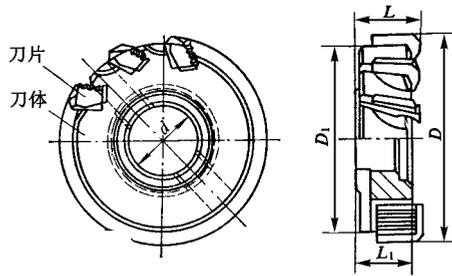


D	L	d	齿 数	
			粗 齿	细 齿
50	50	22	6	8
	63			
	80			
63	50	27	6	10
	63			
	80			
	100			

80	63	32	8	12
	80			
	100			
	125			
100	80	40	10	14
	100			
	125			
	160			

注 本表摘自 1115—85。

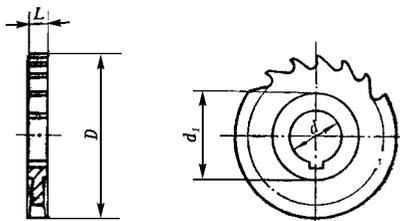
表 4-7-24 镶齿套式面铣刀 (mm)



D	L	d	D_1	L_1	齿数	刀片 GB1130—85
80	36	27	70	30	10	3-15-2
100	40	32	90	34		3-18.5-2
125		40	115		14	3-22.5-2
160	45	50	150	37	16	4-25.5-2
200			186		20	
250			236		26	4-32.5-2

注 本表摘自 GB1129—85。

表 4-7-25 锯片铣刀 (mm)



D	L	d	d_{1min}	齿数		
				粗齿	中齿	细齿
				GB1120—85	GB6120—85	GB1121—85

第四篇 机械加工机床夹具与刀具

63	0.8	16	—	32	48	100			
	1								
	1.2			24	40	80			
	1.6								
	2								
	2.5								
	3						20	32	60
	4								
	5						16	24	48
	6								
80	0.8	22	34	40	64	128			
	1								
	1.2			32	48	100			
	1.6								
	2								
	2.5						24	40	80
	3								
	4						20	32	64
	5								
	6								
100	0.8	22 (27)	34 (40)	40		128			
	1								
	1.2			32	48	100			
	1.6								
	2								
	2.5								
	3						24	40	80
	4								
	5						20	32	64
	6								
125	1	22 (27)	34 (40)	48	80	160			
	1.2								
	1.6			40	64	128			
	2								
	2.5						32	48	100
	3								
	4						24	40	80
	5								
	6								

160	1.2	32	47	48	80	160
	1.6					
	2			40	64	128
	2.5					
	3			32	48	100
	4					
	5					
	6					
200	1.6	32	63	48	80	160
	2					
	2.5			40	64	128
	3					
	4			32	48	100
	5					
	6					

注 本表摘自 GB1120~21—85 和 GB6120—85。

表 4-7-26

链轮铣刀

(mm)

链条节距	链条套筒直径	铣刀号	铣刀外径	铣刀孔径
9.525	6.35	1~5	70	27
12.7	8.51	1~5	80	27
15.875	10.16	1~5	85	27
19.05	11.91	1~5	100	32
25.4	15.88	1~5	100	32
31.75	19.05	1~5	115	40
38.1	22.23	1~5	125	40
44.45	25.4	1~3	140	40
44.45	25.4	4~5	145	40
50.8	28.58	1~3	150	40
50.8	28.58	4~5	160	40

注：一套铣刀由五把组成，各号铣刀加工链轮齿数范围如下：

- 1 号铣刀 7~8 齿
- 2 号铣刀 9~11 齿
- 3 号铣刀 12~17 齿
- 4 号铣刀 18~34 齿
- 5 号铣刀 ≥ 35 齿

表 4-7-27 齿轮铣刀刀号选用表

铣刀号		1	1 ^{1/2}	2	2 ^{1/2}	3	3 ^{1/2}	4	4 ^{1/2}
加工齿数 范 围	8 把一套	12 ~ 16		14 ~ 16		17 ~ 20		21 ~ 25	
	15 把一套	12	13	14	15 ~ 16	17 ~ 18	19 ~ 20	21 ~ 22	23 ~ 25
铣刀号		5	5 ^{1/2}	6	6 ^{1/2}	7	7 ^{1/2}	8	
加工齿数 范 围	8 把一套	26 ~ 34		34 ~ 54		55 ~ 134		≥ 135	
	15 把一套	26 ~ 29	30 ~ 34	35 ~ 41	42 ~ 54	55 ~ 79	80 ~ 124	≥ 135	

表 4-7-28 直齿锥齿轮铣刀刀号选用表

铣刀号	铣切锥齿轮的假想齿数	铣刀号	铣切锥齿轮的假想齿数
1	12 ~ 13	5	26 ~ 34
2	14 ~ 16	6	35 ~ 54
3	17 ~ 20	7	55 ~ 134
4	21 ~ 25	8	≥ 135

注：直齿锥齿轮的假想齿数可按下式计算：

$$z' = \frac{z}{\cos \varphi}$$

式中 z' ——假想齿数；

z ——实际齿数；

φ ——节锥角。

第五节 丝 锥

一、丝锥的类型和用途

丝锥是加工内螺纹时用得最为广泛的螺纹刀具，根据使用的目的不同有各种不同性能的丝锥。常用丝锥的类型和用途，见表 4-7-29。

二、丝锥的选择

(一) 丝锥各部分名称

丝锥各部分名称见图 4-7-15。

(二) 等径和不等径成组丝锥

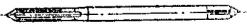
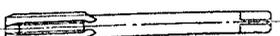
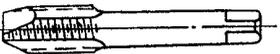
所谓成组丝锥就是把切削负荷分配在一组丝锥上,按成组丝锥切削负荷的分配图形(见图 4-7-16)分为等径成组丝锥和不等径成组丝锥。

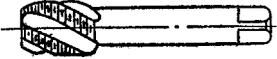
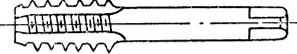
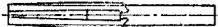
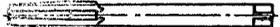
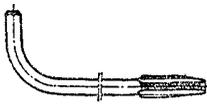
所谓等径成组丝锥,即在一组丝锥中,各支丝锥的大径、中径、小径均相等,仅切削锥角和切削锥长度不等。

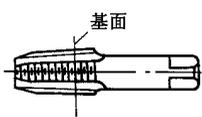
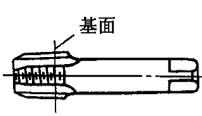
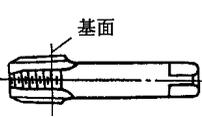
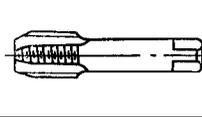
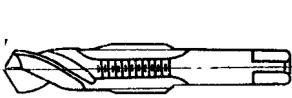
所谓不等径成组丝锥,即在一组丝锥中,各支丝锥的大径、中径、小径、切削锥角和切削锥长度均不相等,只有精锥才能切出完整的牙型。不等径成组丝锥,在第一、第二粗锥柄部分别切削一条、二条圆环或以顺序号标志以示区别。

通常,螺距 $P \leq 2.5\text{mm}$ 的丝锥采用等径设计,按需要也可以采用不等径设计, $P > 2.5\text{mm}$ 的丝锥采用不等径设计。

表 4-7-29 常用丝锥的类型和用途

标准号	品种	直径范围 (mm)	简图	用途
GB3464—83	粗柄机用和手 用丝锥	1~7.5		这是最普通的一种丝锥,可用于各方面。在齿尖强度上比螺旋槽丝锥优越,适合于不容易发生堵屑的条件下应用 机用丝锥通常是指高速钢磨牙丝锥,分 H1、H2、H3 三种公差带。用手用丝锥是指碳素工具钢或合金工具钢的滚牙(或切牙)丝锥,公差带为 H4
	粗柄带颈机用 和手用丝锥	3~10		
	细柄机用和手 用丝锥	3~100		
	螺尖丝锥			用于在碳素钢、合金钢、有色金属等制件上对通孔的攻丝,切屑呈螺旋状向前排出

标准号	品种	直径范围 (mm)	简图	用途
CB3506—83	螺旋槽丝锥	3 ~ 33		通常用于韧性金属制件上对盲孔或断续表面孔的攻丝。切屑呈螺旋状向柄部方向排出,加工碳钢、合金结构钢选用 $30^\circ \sim 35^\circ$ 螺旋角,加工不锈钢,轻合金选用 $40^\circ \sim 45^\circ$ 螺旋角
	挤压丝锥			适用于延伸性大的低碳钢、低碳合金钢、不锈钢和铝、镁、锌、铜及其合金等有色金属制件上的螺孔成形
	跳牙丝锥			用于材质表面易形成加工硬化层的不锈钢、耐热合金钢等,以及易于产生粘着的难加工材质制件上的攻丝
JB/GQ5025—86	接柄用螺母丝锥	6 ~ 24		按需要焊接成直柄或弯柄螺母丝锥,丝锥用碳素工具钢或合金工具钢制造,公差带为 H4
CB967—83	短柄螺母丝锥	2 ~ 52		可在钻床和攻丝机上使用,也可焊上长柄或弯柄作长柄螺母丝锥或弯柄螺母丝锥使用
GB3466—83	长柄螺母丝锥	3 ~ 52		用于钻床或立式攻丝机
CB1578—79	弯柄螺母丝锥	5 ~ 24		用于自动螺母攻丝机

标准号	品种	直径范围 (mm)	简图	用途
GB1578—79	米制锥螺纹丝	6 ~ 10		用于加工米制锥度螺纹
	锥管螺纹丝锥	1/8" ~ 2"		用于加工锥度管螺纹
	管接头用锥管螺纹丝锥	1/4" ~ 2"		主要用于加工材料为可锻铸铁的管接头
	圆管螺纹丝锥	1/8" ~ 2"		用于加工圆柱管螺纹
	钻头丝锥	3 ~ 16		前端用钻头钻出螺纹底孔,接着攻螺纹,效率高。主要用于在厚度小于 d 的板上或壳壁上加工通孔螺纹

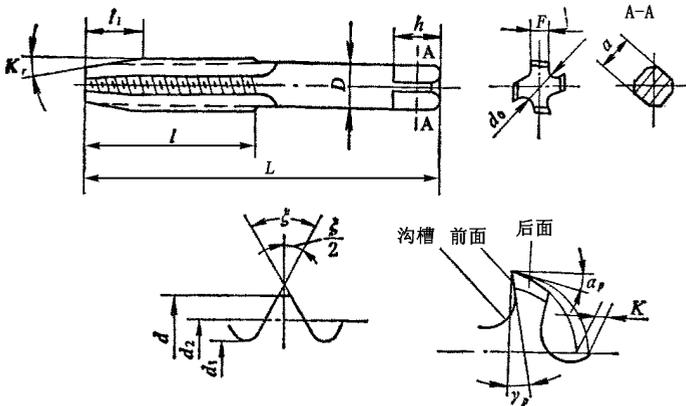


图 4-7-15 丝锥各部分名称

L —丝锥总长 l —工作部长度 l_1 —切削锥部长度 d —丝锥大径
 d_2 —丝锥中径 d_1 —丝锥小径 ζ —牙形角 γ_p —前角 α_p —后角
 K_1 —切削锥角 K —后面铲背量 d_0 —芯部直径 F —刃瓣宽度
 a —方头厚度 h —方头长度

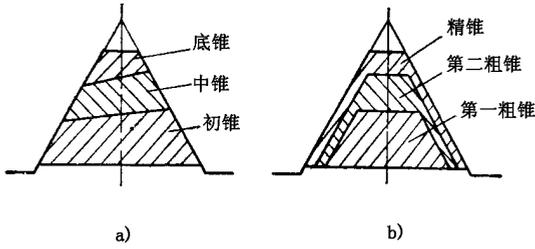


图 4-7-16 成组丝锥切削负荷分配方式
a)等径 b)不等径

一般情况下,加工直径 2~22mm 的通孔或不通孔螺纹,采用两支一组的丝锥,加工直径 24~52mm 的通孔或不通孔螺纹,采用三支一组的丝锥。在螺距 $P \leq 2.5$ mm 时,加工不通孔螺纹,建议采用两支丝锥,而加工通孔螺纹,可以采用单支丝锥。

(三) 丝锥切削锥部长度的选择

丝锥切削作用是由切削锥部进行的。切削锥部的锋利性、耐磨性会影响攻出螺纹精度和表面粗糙度。使用时,选择切削锥长度极为重要。一般情况下,通孔或者是盲孔,只要底孔有足够的空间,切削锥部较长者性能较好。盲孔若攻到根部时,则需要选用成套丝锥或者用底锥进行攻丝。各种丝锥的标准切削锥部长度和切削锥角见表 4-2-30。

表 4-7-30 各种丝锥的切削部长度和切削锥角

丝锥种类		切削锥长度	切削锥角
成组(等径) 机用和手动丝锥	初锥	8 牙	4°30'
	中锥	4 牙	8°30'
	底锥	2 牙	17°
成组(不等径) 机用和手动丝锥	第一粗锥	6 牙	6°
	第二粗锥	4 牙	8°30'
	精锥	2 牙	17°
螺母丝锥	螺距 $P \leq 1.5$	螺纹部分长度的 2/3	
	螺距 $P > 1.5$	螺纹部分长度的 3/4	
螺旋槽丝锥		2.5 牙	12°30'
螺尖丝锥		4 牙	8°30'
米制锥螺纹丝锥		3 牙	

(四) 丝锥螺纹公差选择

国家标准 GB968—83 适用于加工普通螺纹(按 GB192~193—81, GB196~197—81)用的丝锥螺纹公差。丝锥螺纹公差带共分四级:H1、H2、H3 和 H4,其中 H1、H2、H3 适用于磨牙丝锥,H4 适用于滚牙(或切牙)丝锥。一般情况下,各种公差带的丝锥所

能加工的内螺纹公差带如表 4-7-31 所示。由于影响攻丝尺寸的因素很多,诸如工件材料性质、机床条件、丝锥装卡方法、切削速度、润滑冷却液种类等。因此,表 4-7-31 所列各种公差带的丝锥所能加工的内螺纹公差带等级,只能做为选择丝锥时的参考,使用者可按加工条件根据生辛经验或通过试验,在标准所列范围内选用最适当的丝锥。

表 4-7-31 丝锥公差带选择

丝锥公差带代号	适用于内螺纹公差带等级
H1	4H、5H
H2	5G、6H
H3	6G、7H、7G
H4	6H、7H

第六节 滚刀

一、滚刀的类型和用途

滚刀是按展成原理工作的切齿刀具,由于滚刀加工齿轮的精度和生产率都较高,所以广泛应用于加工齿轮、蜗轮和花键轴等,见表 4-7-32。

表 4-7-32 常用滚刀的类型和用途

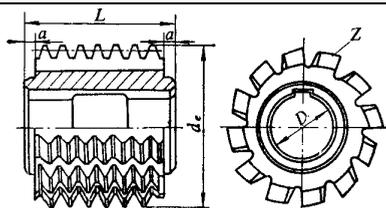
标准号	品种	规格	用途
CB6083—85	齿轮滚刀	m1 ~ 10	适用于滚切压力角 20° 的直齿或斜齿渐开线圆柱齿轮
	磨前齿轮滚刀		用于滚切磨齿前的渐开线圆柱齿轮齿形
JB4103—85	剃前齿轮滚刀	m1 ~ 8	用于滚切剃前的渐开线圆柱齿轮齿形
	杆式蜗轮滚刀	m2 ~ 6	用于加工压力角为 20° 的蜗轮
	孔式蜗轮滚刀	m5 ~ 8	用于加工压力角为 20° 的蜗轮
	链轮滚刀		适用于滚切套筒滚子链链轮
	矩形齿花键滚刀		A 级滚刀用于精加工外径定心的矩形齿花键轴 B 级滚刀用于粗加工外径定心并键侧留有磨量的矩形齿花键轴

二、常用滚刀的规格和尺寸

表 4-7-33

AA、A、B、C 级齿轮滚刀

(mm)



模数系列		d_c	l	d	a_{min}	Z		
1	2							
1	1.75	50	32	22	5	12		
1.25			40					
1.5		63	50	27				
2		71	56					
2.25			63					
2.5		80	71					
3		3.75	90	80			32	
				4.5				90
				5				100
6		6.5	112	112			40	10
	7			118	118			
				125	125			
	8			125	132			
9		140	150					
	10	150	170	50				

- 注 1. 滚刀作成单头、右旋 容屑槽为平行于轴线的直槽
2. 键槽的尺寸和偏差按 GB 6132—85《铣刀和铣刀刀杆的互换尺寸》

表 4-7-34 杆式蜗轮滚刀 (mm)

模数	压力角	一 头		二 头		柄 部 莫氏锥度
		节 径	螺纹升角	节 径	螺纹升角	
2	20°	26	4°24'	26	8°45'	No.4
2.5		30		30		
3		36	4°46'	36	9°28'	
3.5		45		40		
4		44		44		
4.5		49.6	5°12'	49.5	10°18'	
5		50	5°43'	50	11°19'	
5		54	6°21'	54	12°32'	

表 4-7-35 孔式蜗轮滚刀 (mm)

模数	压力角	一 头		二 头		孔 径
		节 径	螺纹升角	节 径	螺纹升角	
5	20°	60	4°46'	60	9°28'	22
6		66	5°12'	66	10°18'	27
7		63	6°21'	63	12°32'	22
		77	5°12'	77	10°18'	27
9		64	7°08'	64	14°02'	22
		88	5°12'	88	10°18'	32

表 4-7-36 链轮滚刀 (mm)

链条节距	链条滚子直径	滚刀外径	滚刀总长	滚刀孔径
9.525	6.35	70	60	27
12.7	8.51	80	70	27
15.875	10.16	90	85	32
19.05	11.91	100	100	32
25.4	15.88	115	115	32
31.75	19.05	125	135	32