

SHEBEI ANZHUANG JISHU SHIYONG SHOUCHE

安装工程技术实用手册系列丛书

设备安装 技术实用手册



中国建材工业出版社

设备安装技术实用手册

龚克崇 盖仁柏 主编

下

册

中国建材工业出版社

第七篇

设备安装工艺

第一章 金属切削机床

第一节 金属切削机床的类型、结构和工作原理

一、机床的分类

机床主要是从加工性质和使用切削刀具进行分类，共分为十二类。

1. 车床 (C) — 加工不同旋转表面的机床。
2. 钻床 (Z) — 主要用于钻削的机床。
3. 镗床 (T) — 加工工件重量和尺寸较大，且对孔的位置精度要求较高的孔加工机床。
4. 磨床 (M) — 利用磨料磨具（如砂轮、砂带、油石、研磨料等）磨削各种表面的精加工机床。
5. 齿轮加工机床 (Y) — 加工齿轮轮齿的机床。
6. 螺纹加工机床 (S) — 加工螺纹表面的机床。
7. 铣床 (X) — 用铣刀对工件进行加工的机床。
8. 刨床 (B) — 用刨刀对工件进行加工的机床。
9. 拉床 (L) — 用拉刀对工件的内、外表面进行加工的机床。
10. 电加工及超声波加工机床 (D) — 利用电效应（如电热作用、电化学反应等）来成形金属零件的机床。
11. 切料机床 (G) — 切断和锯断金属材料的机床。
12. 其他机床 (Q) — 不属于上述各类的机床。

除上述分类方法外，还可按机床使用的可能性程度分为通用机床和专用机床；按操作又分为手动、半自动和自动机床。按机床的重量又可分为中、小型机床、大型（重型）机床和仪表机床；按机床主要部件结构分为单轴、多轴、单刀、多刀机床；按加工

精度不同要求，有普通机床、精密机床等。

二、机床型号表示方法

机床型号的表示，采用汉语拼音字母和阿拉伯数字来组合。如 CM6132 型精密普通机床，其代号和数字意义表示如下：见表 7-1。

（一）机床类别代号

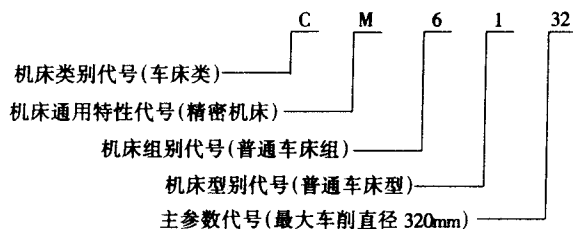
用汉语拼音字母（大字）来表示。如车床—C，铣床—X 等。

（二）机床特性代号

也是用汉语拼音字母表示。主要是通用性能和结构性能。它在类别代号后面。

（三）机床组别代号

表 7-1



用阿拉伯数字表示。按用途、性能、结构分若干组，如车床分为 10 组，用阿拉伯数字“0—9”表示。

（四）机床型别代号

也是用阿拉伯数字表示，按用途、性能、结构分为 10 型，用阿拉伯数字“0—9”表示。

（五）主要参数代号

用阿拉伯数字表示，排在型号中第三、四位数字。

(六) 机床重大改进序号

用汉语拼音字母 A、B、C、D、……表示，排在型号的末尾。

三、机床的结构及工作原理

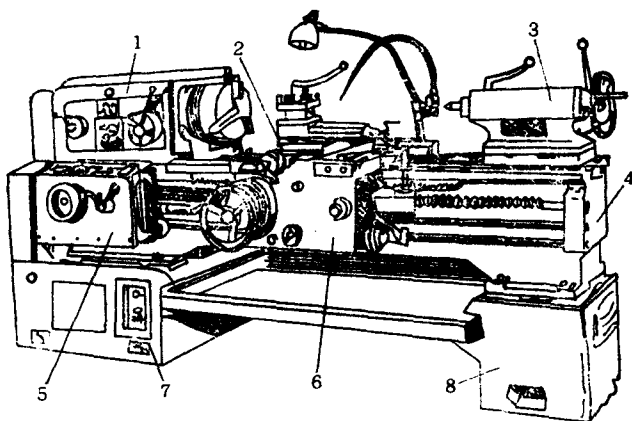


图 7-1 CA6140 型普通车床结构

1—主轴箱；2—刀架；3—尾架；4—床身；5—进给箱；
6—溜板箱；7—左床腿；8—右床腿

(一) 结构组成 (见图 7-1)

1. 主轴箱

其功能是通过主轴带动工件作旋转运动。它是机床中较为复杂的部件。主要由箱体、主轴、主传动机构等组成。它固定在床身 4 的左面，正面右侧有两个重叠的操作手柄，使主轴有 10~1400r/min，共 24 级转速。主轴箱正面左侧有一操作手柄，用来调整螺距，螺纹的加工。

2. 刀架部件

主要由床鞍、横刀架、转盘、小刀架和方刀架等组成。它的功能是装夹刀具，并使其作纵向、横向、斜向运动。刀架装在床身 4 的刀架导轨上，并可沿此导轨纵向移动。

3. 尾架

由尾架体、尾架导筒、手轮、快速紧固手柄、压板等组成。它的功能是用尾架导筒安装顶尖用来支承长工件的一端，也可安装孔加工工具加工孔。尾架装在床身 4 的尾架导轨上，并可沿此导轨纵向调整位置，用快速紧固手柄加以紧固。

4. 进给箱

主要由箱体、进给传动变速机构、操纵机构等组成。它的功能是变换被加工螺纹的螺距或机动进给量。进给箱固定在床身 4 的左前侧。

5. 溜板箱

由箱体、纵、横向机动进给机构、对开螺母、互锁机构、快速移动机构等组成。它的功能是把进给箱传来的运动传递给刀架，实现刀架的纵、横向机动进给、快速移动或车削螺纹。溜板箱固定在刀架 2 的底部、床身 4 的前面。

6. 床身

床身是机床主要支承。床身的前、后壁之间用“Π”形截面的筋相连接，在“Π”形截面间有空隙，用以排除切屑。床身上有两条棱形（山形）导轨和两条平导轨，此外，还有两条下导轨。它支承机床的绝大多数部件，并保持相互位置的精度。床身固定在左床腿 7 和右床腿 8 之上。

7. 床腿

它是空心铸铁件。在左床腿 7 的内部装有驱动电机及润滑油箱；右腿 8 内装有冷却液泵及冷却液箱。床腿功能是支承床身和其它零、部件。

（二）工作原理

1. 工作的旋转运动

工作的旋转运动是机床的主运动，以 n (r/min) 表示。它的作用是使工件与刀具间作相对运动，以获得所需的切削速度。工作原理见图 7-2。

运动由主电动机经三角皮带传动至主轴箱中的轴 I；在轴 I 上装有双向多片式摩擦离合器 M_1 ， M_1 的作用是使主轴（轴 VI）实现正转、反转和停止。 M_1 的左、右两部分分别与空套在轴 I 上的两个齿轮块连在一起。当压紧 M_1 左部的摩擦片时，轴 I 上的运动经 M_1 的左部及齿轮副 56/38 或 51/43 传给轴 II；轴 II 的运动可分别通过三对齿轮副 22/58、30/50 和 39/41 传给轴 III；当主轴（轴 VI）上的滑移齿轮 Z50 移至左端位置，使齿轮离合器 M_2 脱开时，轴 III 的运动可经齿轮副 63/50 直接传给主轴，使主轴带动工件实现高速正转。当需要使主轴带动工件实现低速正转时，只需将主轴上的滑移齿轮 M50 移至右端位置，使齿轮离合器 Z_2 合上，于是轴 III 的运动经齿轮副 20/80 或 50/50 传给轴 IV，再由轴 IV 经齿轮副 51/50 或 20/80 传给轴 V，再由轴 V 经齿轮副 26/58 及 M_2 传动主轴。

当压紧离合器 M_1 右部的摩擦片时，轴 I 的运动经 M_1 的右部及齿轮副 50/34、34/30 传给轴 II，使轴 II 转动。由于这时轴 I 传给轴 II 的运动多经过了一个中间齿轮

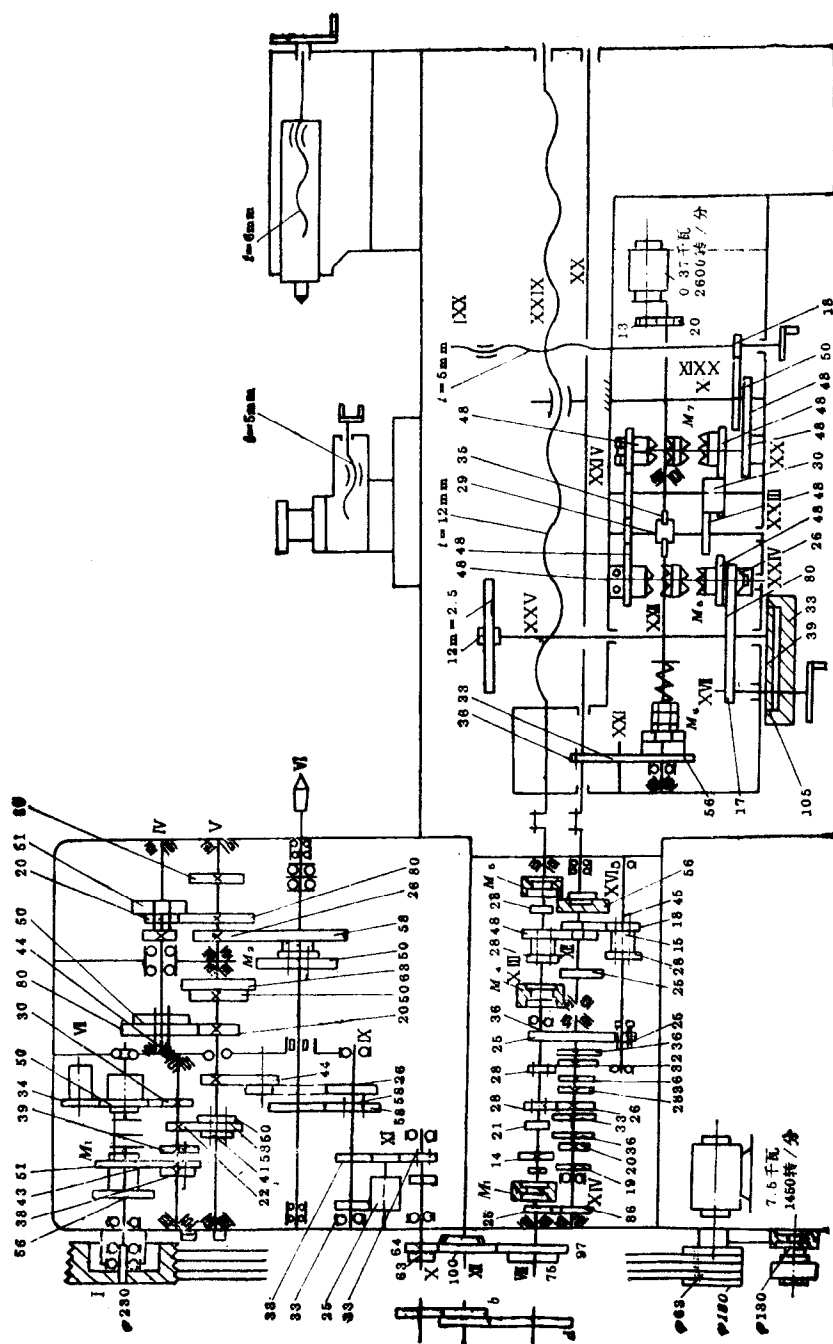


图 7-2 CA6140 型普通车床传动系统图

Z34, 因此, 轴 II 的转动方向与经 M_1 左部传动时相反, 即运动经 M_1 右部传动时, 则使主轴实现反转, 从而使工件反向旋转。

为了便于说明和了解机床的传动路线，通常用传动路线表达式（也称传动结构式）来表示机床的传动路线。下面列出 CA6140 型普通车床主运动传动链的传动路线表达式

看懂传动路线是认识机床运动和分析机床运动的基础。通常，看懂机床传动路线的方法是“抓两端，连中间”，也就是说，在了解某一件传动链的传动路线时，首先应搞清楚该传动链两头的末端件是什么？然后再找它们之间的传动联系，就可容易地找出传动路线。例如，为了了解车床主运动传动链的传动路线时，首先应找出它们的两个某端件——电动机和主轴，然后再找出它们之间的传动联系，这样就能较容易地认清这条传动路线。

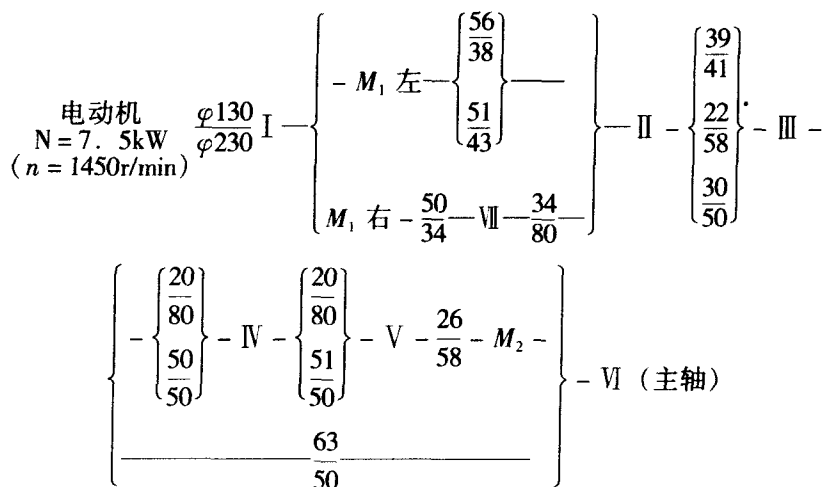


图 7-3 CA6140 型普通车床主运动传动链传动路线

也称为进给运动,用走刀量 S (mm/r) 来表示。它的功用是使刀架带动刀具实现刀纵向进给运动和横向进给运动(分别以 $S_{\text{纵}}$ 、 $S_{\text{横}}$ 来表示),从而使毛坯上的新金属断地投入切削。其工作原理是(见图 7-2):

运动从主轴Ⅵ经轴Ⅸ（再经Ⅺ上的中间齿轮 Z25）传至轴Ⅹ，再经过挂轮（交换齿轮）传至轴ⅩⅢ，然后传入进给箱，经变换选择后，由轴ⅩⅧ传至丝杠ⅩⅨ带动溜板箱，使刀架带动刀具实现纵向运动。这是车削螺纹的传动路线；或经过变换选择后，由轴ⅩⅧ传至光杠ⅩⅩ和溜板箱内的一系列传动机构，带动刀架作纵向或横向的进给运动，这是完成一般切削加工的传动路线。

第二节 主要部件安装

一、机床主轴组件的安装

主轴组件主要是使机床实现旋转运动,同时它又是工件(或刀具)的支承件,承受切削力、进给力、驱动力和工件(或刀具)的重力等。并保持与其它部件精确的相对位置。

主轴组件由主轴、主轴支承和安装在主轴上的传动件、密封件等组成。

由于各类机床的工艺特点不同,主轴组件要传递的转速、承受的工作载荷等工作条件也各异。即使同一种机床,由于工艺范围、加工精度和生产率等要求不同,主轴组件在结构上也有差异。但是,任何主轴组件,都要求带动工件(或刀具)旋转,要求传递力和直接承受切削力,要求其轴线的位置准确稳定,以保证工件的加工精度和表面粗糙度,这些是它与一般传动轴的不同之处。

各种主轴组件都有其共同点:在使用上都要求它具有与该机床工作性能相适应的旋转精度、刚度、抗振性及耐磨性等,还要求温度低、热变形小等。

(一) 主轴组件的典型结构——CA6140 型普通车床主轴组件

车床的主轴组件带动工件旋转,进行各种车削加工。CA6140 型普通车床的主轴组件主要由主轴、主轴支承和传动件等组成,见图 7-4。

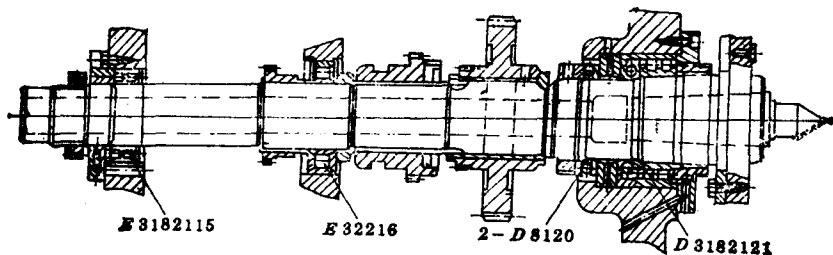


图 7-4 CA6140 型普通车床主轴组件

1. 主轴

主轴是一个空心的阶梯轴。内孔用于通过长的棒料或穿入钢棒打出顶尖，也可用于装设气动卡盘等自动夹紧工件装置的拉杆等。主轴前端锥孔采用莫氏 6 号锥度，有自锁作用，可以借摩擦力传递扭矩、直接带动顶尖或心轴转动。主轴后端锥孔是加工用的工艺基面。主轴尾部的圆柱表面用作各种辅具（电、液、气动卡盘装置）的安装基面。主轴前端采用短锥式法兰结构，用于安装卡盘或拨盘，由主轴端面上的圆形拨块传递扭矩。

2. 主轴支承

该车床主轴组件有前、中、后三个支承，保证主轴具有较好的刚性。这种支承方式要求箱体上的三个支承座孔的同心性好，否则不但装配困难，还将影响主轴的工作性能。

前支承采用了三个滚动轴承，前面是 D 级精度 3182121 型圆锥孔双列向心短圆柱滚子轴承，用于承受径向力。后面是两个 D 级精度的 8120 型推力球轴承，用于承受左右两个方向的轴向力，并将主轴沿轴向固定在箱体上。

上述三个轴承若间隙过大，须进行调整，否则将直接影响加工精度。轴承的调整也不能过紧，否则轴承工作时发热量过大，影响轴承寿命，甚至调螺时在轴承滚道上出现压痕。

主轴前轴承的调处方法是：松开主轴前端双列轴承右端螺母，拧动推力球轴承左端带锁紧螺钉的调整螺母，这时 D3182121 型轴承的内环就相对于主轴锥面向右移动，由于轴承内圈很薄，而且内孔锥面与主轴锥面一致，具有 1:12 的锥度，因此，内圈在轴向移动同时作径向弹性膨胀，以调整轴承径向间隙或预紧的程度，调整妥当后，拧紧前端螺母，然后稍微松动后端螺母，以免推力轴承过紧，最后拧紧调整螺母的锁紧螺钉。

主轴中间轴承采用一个 E 级精度的 32216 型单列向心短圆柱滚子轴承，用来承受径向力，可用螺母调整轴承间隙。

CA6140 所采用的三支承主轴结构，当主轴长时间运转发热膨胀时，由于中间支承和后支承都没有对主轴进行轴向固定，主轴可以向后微量伸长。

主轴前后支承的润滑，是由润滑油泵供油，润滑油通过进油孔对轴承进行充分的润滑，并带走轴承运转所产生的热量。为了避免漏油，在前后支承处采用了油沟式密封，主轴旋转时，由于离心力的作用，油液沿着斜面（朝箱内方向）被甩到法兰盘的接油槽里，经回油孔流到箱底，然后再流回左床腿内的油池中。

主轴上装有三个齿轮。右端的斜齿圆柱齿轮空套在主轴上，中间齿轮能够在主轴上滑移，主轴左端的齿轮固定在主轴上。

（二）主轴组件的安装与调整

主轴轴承的安装与调整对其工作性能有直接影响。

1. 安装注意事项

(1) 安装前必须测量轴承及其主要相配零件(主轴、壳体、套筒等)的精度,并作好记号,以便装配时选配。必要时须设法提高零件的有关精度。

(2) 安装过程中,需要对零件进行加工时,应离开装配场所,以防切屑破坏主轴部件的精度。并应严格作好零件的清洗,轴承清洗后不应应用压缩空气吹干,因压缩空气含有杂质及水分。

(3) 主轴、轴承、壳体、套筒等都是精密零件,装配时应妥善安置,不允许用力敲打,轴承装入应采用“温差法”。

(4) 精密主轴部件装配场所,应尽可能符合表 7-2 推荐的环境条件。

表 7-2 精密主轴部件安装的环境要求

轴承精度等级	主轴部件回转精度要求 (mm)	装配环境温度、湿度	
		恒温 (°C)	相对湿度 (%)
C 级、B 级	0.002 ~ 0.01	夏季 23 ± 1	40 ~ 60
		冬季 17 ± 1	
		春、秋季 20 ± 1	
特殊精密轴承	< 0.002	20 ± 0.5	45 ± 5

(5) 按机床工作性质的要求,主轴部件大都具有不同程度的预紧,以提高主轴部件的回转精度及主轴系统的刚性和抗振性。但有些精密主轴部件负荷较小,转速甚高,并要求维持较低的工作温度,在装配时应考虑适应的游隙。

2. 轴承与相配零件的选配及调整

精密机床主轴部件对轴承与相配零件的精度及相互之间的配合精度要求很高,而加工精度往往不能满足需要。因此,在装配时要进行选配(选配项目见表 7-3),必要时应提高某些零件的精度。

表 7-3 轴承与相配零件的选配项目及推荐精度 (μm)

轴承精度等级 及公称直径 (mm)		装于同一孔 内轴承内外 径等尺寸 允差	配合精度		配合表面 形状精度		同轴度		定位 肩面 跳动	垫圈两 端面的 平行度
			轴承内圈与轴 配合(过盈或 间隙)	轴承外圈与壳 体孔配合(间 隙)	轴	壳体孔	轴	壳体孔		
D 级与 C 级	≤ φ80	2	5	2 ~ 6	2	3	3	5	3	3
	> φ80	3	8	3 ~ 10	3	5	5	8	5	5
B 级①	≤ φ80	1	3	1 ~ 5	1	1	1	3	1	1
	> φ80	2	5	1 ~ 8	2	2	2	5	2	2

① B 级精度轴承可根据企业标准选用。

(1) 轴承内、外圈与轴颈及壳体孔配合精度的选择。

表 7-3 给出了一定的范围,应根据主轴部件的精度要求、受力大小、转速高低、

允许温升、壳体孔壁厚、散热条件等因素合理选择。

(2) 轴承内、外径等尺寸的测量方法。

同一壳体內的几个轴承内、外径尺寸的选择,是保证轴承对于轴及壳体孔配合精度的基础,即使采用高精度轴承也不能忽视。轴承外径等尺寸的选择,通过测微仪能方便地达到 $1\mu\text{m}$ 的精度。轴承内径尺寸的选择可用图 7-5 所示测量心轴进行测量。测量心轴制成每一阶梯相差 $1\mu\text{m}$ 或 $2\mu\text{m}$ 的阶梯轴。不可制成 $1:10000 \sim 1:20000$ 的锥度心轴,直径每差 $1\mu\text{m}$ 刻一标线。使用锥度心轴测量时,轴承套入心轴的力不能过大。

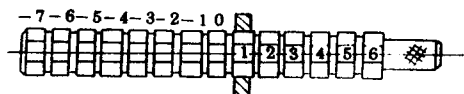


图 7-5 用心轴测量轴承内径尺寸

用内径比较仪与内径标准规校正正好零位,然后再与轴承内径作比较的测量方法,同样能测出轴承内径的实际尺寸。

(3) 主轴承壳体孔尺寸精度的测量与提高。

为保证轴承内、外圈的配合精度,主轴颈及壳体孔一般都在轴承选择后,以轴承内、外径实际尺寸为基准最后精加工。主轴精度检查方法见图 7-6,测出主轴径向跳动的最高点。必要时可用研磨工具将主轴提高到装配所需要的精度。

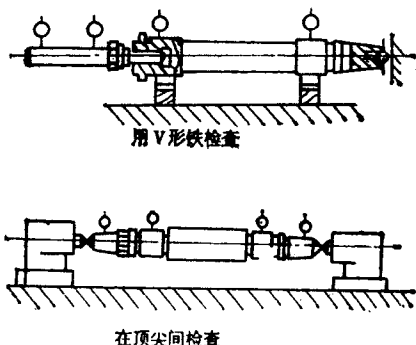


图 7-6 检查主轴精度方法

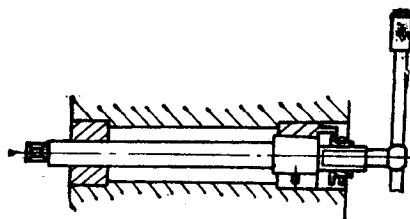


图 7-7 校正壳体孔不同轴度的研磨工具

对于套筒型壳体,用 V 型磨具在精密磨床上能得到 $1\mu\text{m}$ 的精度。对于箱体型壳体,常需在精镗后用研磨工具精研(见图 7-7),可用任一孔导向研磨另一孔。研磨套沿磨杆锥颈作轴向位移能使研磨套直径涨大。检查工具见图 7-8。

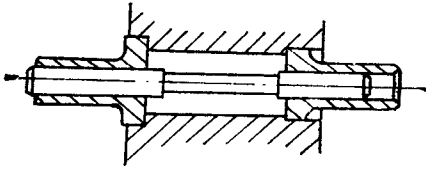


图 7-8 检查壳体孔不同轴度的工具

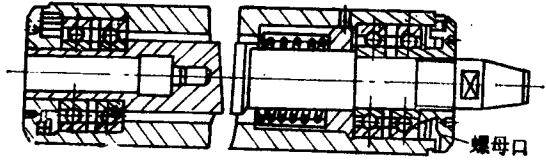


图 7-9 高精度内圆磨具结构

(4) 轴承锁紧螺母的调整。

精密主轴轴承锁紧螺母的端面与其螺纹中心线的不垂直度及螺纹齿形误差，在螺母拧紧后，很可能造成主轴弯曲及轴承内、外圈倾斜，对主轴回转精度有很大影响。图 7-9 是高精度万能外圆磨床的内圆磨具。拧紧螺母后，应测量主轴的回转精度，找出主轴跳动的最高点，并在其反向 180° 处于螺母上作出标记，拧下螺母，在作标记处修刮螺母的结合面，再装上螺母重复测量调整，直至主轴回转精度合格为止。此外，螺母与主轴螺纹的配合应松些，使其有较大间隙，以便螺母在拧紧时能自动调位，避免造成主轴弯曲。绝不允许用敲打锁紧螺母的方法来达到主轴的回转精度。

采用阶梯套筒（见图 7-10）代替锁紧螺母可克服上述缺陷。图中阶梯套筒先热套在主轴上，调整时在阶梯套筒中通高压油使其胀大，用后面的螺母（图中未画出）调整好轴承的游隙，卸掉高压油，拆下螺母，由阶梯套筒承受轴向力锁紧轴承。拆下时，只需在阶梯套筒上接高压油，由于套筒两端受压面积不同，套筒会自行轴向退出。

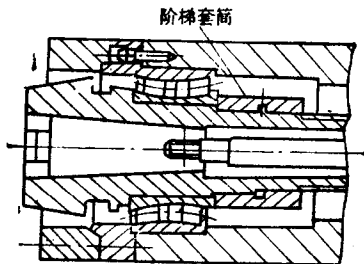


图 7-10 用阶梯套筒锁紧轴承

3. 轴承的定向安装

滚动轴承的内、外圈都具有不同程度的径向跳动，主轴轴端如有定心锥孔，锥孔与轴颈也容易产生一定的偏差。因此，在轴承部件装配时可采用定向装配，以提高主轴的回转精度。装配时轴承内圈径向最大跳动点应和轴端孔中心线的最大偏差置于同一轴向剖面内，其方向见图 7-11，在前后轴承径向跳动量及主轴锥孔中心线偏差不变的条件下，不同方向装配，主轴检验处的径向跳动量 δ 数值不同，按图 7-11 (a) 装配， δ 最

小,此时,前后轴承内圈的最大径向跳动点在主轴中心线的同一侧,且在主轴锥孔中心线最大偏差的相反方向。同样,轴承外圈也应按上述方法定向装配。对于箱体型壳体,测量轴承孔偏差较费时,可只将前后轴承外圈的最大径向跳动点在壳体孔内装成一直线。另外,内圈径向跳动量较大的轴承一般安装于部件的后支承上。

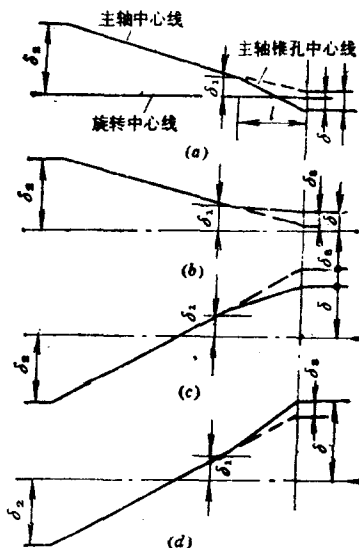


图 7-11 轴承定向装配示意

(a) δ 最小; (b)、(c)、(d) δ 较大 δ_1 、 δ_2 一分别为前后轴承内圈的径向跳动量;
 δ_3 一主轴锥孔中心线的偏差

二、接长导轨的安装工艺

机床借导轨来保证刀具或工件的运动方向而进行工作,用导轨来支承和引导运动部件沿着一定的轨迹准确地运动。实现直线运动的称为直线运动导轨;实现圆周运动的称为圆周运动导轨,导轨结合面是滑动摩擦的称为滑动导轨。是滚动摩擦的称为滚动导轨。

导轨须保证运动部件的运动方向,因而有较高的导向精度。导轨受力后的变形会影响运动部件与固定部件的相对位置,因而要求导轨有高的刚度。相配合的导轨面因相对运动而造成导轨的磨损,将影响加工精度,所以要求导轨有高的耐磨性。此外,运动部件低速移动时易产生爬行,这就要求导轨能保持低速的均匀性。

导向精度主要是指运动部件沿导轨运动的直线性(对直线运动导轨)或真圆性(对圆周运动导轨)。导轨的几何精度直接影响导向精度,因此,在机床检验标准中,对导

轨的纵向不直度及横向不直度(扭曲)都有规定。如车床纵溜板对主轴中心线的不平行度,在垂直平面内为 $0.03/300$;在水平面内为 $0.015/300$ 。

工作部件沿导轨面长期运行会引起导轨不均匀的磨损,破坏导轨的导向精度。有些普通车床的铸铁导轨,在润滑较差时,前导轨在靠近床头箱的一段里,每年磨损量达 $0.2 \sim 0.3\text{mm}$,这样就破坏了刀架的移动直线性及对主轴中心线的平行度,加工精度也就下降。与此同时也增加了溜板箱上开合螺母与丝杠的不同心度,加剧了螺母和丝杠的磨损,使机床工作性能恶化。因此,要提高导轨的耐磨性,应尽可能减少导轨的磨损,并且在磨损后能自动补偿或调整。

导轨变形包括导轨受压后的接触变形、受力后的扭转变形以及由于支承件的变形而引起的导轨变形。导轨的变形主要取决于导轨的型式、尺寸及支承件的连接方式与受力情况等。

精度保持性取决于导轨的设计、制造和安装,故保持导轨的高精度,一方面必须提高导轨材料的耐磨性,另一方面则取决于两导轨接触的情况。

(一) 导轨的截面形状

1. 滑动导轨

(1) 直线滑动导轨。直线滑动导轨,只允许运动部件有一个自由度,即在一个方向移动。导轨必须限制运动部件其它五个自由度。母线与移动部件平行的任意形状的封闭平面都可以满足这个要求。从制造、装配和检验来说,平面的数量应尽可能少,常用的有三角形、燕尾形和矩形截面(见图7-12)。它们分别是由3至4个平面组成,各个平面所起的作用也有所不同。如矩形导轨, M 、 J 面保证在垂直面内的直线移动精度, M 面是承受主要负荷的支承面, J 面是防止运动部件抬起的压板面; N 、 K 面是保证水平面内直线移动精度的导向面。在三角形和燕尾形导轨中, M 、 N 面兼起支承和导向的作用。

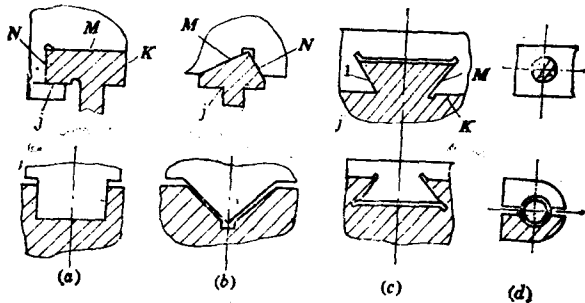


图7-12 直线滑动导轨截面形状

(a) 矩形; (b) 三角形; (c) 燕尾形; (d) 圆形