

无心外圆磨床的使用和调整

李大椿 编著

机械工业出版社

内容提要 本书从无心磨削的基本原理谈起,介绍了无心外圆磨床的主要结构,着重讲解无心外圆磨床的调整方法和磨削工艺。对于无心外圆磨床主要精度的恢复、常见故障的排除等都作了扼要的说明。

本书可供三级以上操作无心磨床的工人学习。

无心外圆磨床的使用和调整

李大椿 编著

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街1号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $2\frac{3}{8}$ · 字数 57 千字

1981年6月北京第一版·1981年7月北京第一次印刷

印数 00,001—13,500 · 定价 0.20 元

*

科技新书目 5-112

统一书号: 15033·5163

目 次

一 无心磨削的原理及其应用	1
1 通磨法 (1) —— 2 切入法 (3) —— 3 端磨法 (4)	
二 无心磨床的主要部件	6
1 床身 (6) —— 2 砂轮架 (9) —— 3 导轮架 (13) —— 4 进给机构 (15) —— 5 修整器 (20)	
三 无心磨床的调整	21
1 通磨时的调整 (21) —— 2 切入磨时的调整 (43)	
四 无心磨削工艺	47
1 通磨时的磨削工艺 (47) —— 2 切入磨时的磨削工艺 (52) —— 3 工件的冷却 (57)	
五 磨削实例	59
1 细长轴的磨削 (59) —— 2 锥滚子的磨削 (59) —— 3 薄形、盘类和圆板类工件的磨削 (59) —— 4 阶梯轴的磨削 (60) —— 5 多砂轮磨削 (61) —— 6 圆锥形工件的磨削 (61)	
六 无心磨削工件的圆度与测量方法	63
七 无心磨床的精度及其恢复	64
1 砂轮主轴的回转精度及其恢复 (66) —— 2 导轮轴的回转精度及其恢复 (68) —— 3 床身导轨的精度及其恢复 (69)	
八 无心磨床常见故障与排除	70
1 导轮倒拖 (70) —— 2 进给机构的爬行 (71) —— 3 手轮时重时轻 (71) —— 4 修整器的爬行 (72)	
九 无心磨削时工件的缺陷及其消除方法	73

一 无心磨削的原理及其应用

无心磨削是由砂轮、导轮、托板组成的一种磨削方式，其结构如图 1。

砂轮和导轮以不同的圆周速度向同一方向旋转。在一般情况下，砂轮的圆周速度比导轮的圆周速度快 50~80 倍。

当工件通过磨削区时，在高速回转的砂轮作用下，工件本应以接近于砂轮的速度旋转，但因受低速转动的导轮制动和托板摩擦力的影响，工件只以接近于导轮的速度转动。在正常磨削状态时，工件要比导轮的线速度快

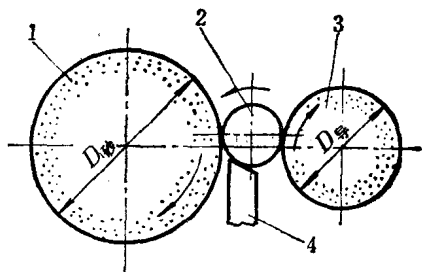


图 1 无心磨削原理

1—砂轮 2—工件 3—导轮 4—托板

2%左右，由此形成了砂轮对工件的磨削。

无心磨削是依靠工件加工面本身作定位基准、用切削力作夹紧力的，因此工件的旋转中心不须固定支承，而是随工件直径、托板与导轮之间的相对位置而变化，因此人们称这种磨削方式为无心磨削。根据这种原理制造的磨床叫无心磨床。

无心磨削的主要加工方法有三种：

1 通磨法（又称贯穿法，纵进给磨削法） 这种磨削方法是把工件从砂轮的一端放入，通过砂轮和导轮组成的磨削区，工件由砂轮的后端溜出后，而获得一定的几何形状和表面光洁度（图 2 a）。

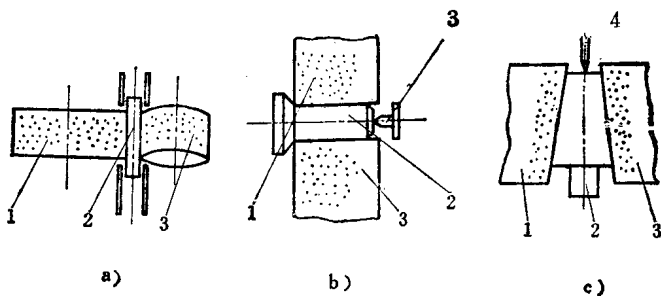


图2 无心磨削的方式

a) 通磨法 b) 切入法 c) 端磨法

1—砂轮 2—工件 3—导轮 4—挡铁

为使工件能顺利地通过磨削区,并具有一定的纵向进给速度,须将导轮轴线相对砂轮轴线在垂直面内倾斜一个角度,如图3所示。

由图3可知,工件的纵向进给速度决定于导轮线速度的水平分量;即

$$V_{\text{纵}} = V_{\text{导}} \sin \alpha \text{ (米/分)}$$

式中 $V_{\text{纵}}$ ——工件的纵向进给速度 (米/分)

$V_{\text{导}}$ ——导轮的圆周速度 (米/分)

α ——导轮轴线和砂轮轴线在垂直面内的夹角 (度)

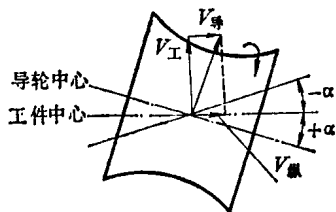


图3 无心磨削的运动分析

不难看出,工件的纵向进给速度除和导轮的圆周速度有直接关系外,还和导轮的倾斜角有关。这就是说,倾斜角 α 越大,工件纵向进给速度也越大。当倾斜角 α 等于零时,即砂轮轴线和导轮轴线相平行时,工件的纵向进给即停止。

在通磨过程中,砂轮、导轴、托板一经调整适当,就不须经

常变动，工件将连续不断的通过磨削区，形成流水作业的生产方式。

通磨法常用来加工圆形工件，除活塞销、光轴和各种圆柱销外，还可加工带阶梯形的轴，但需磨削阶梯形轴的大直径一端，而且重心在大直径长度内。

2 切入法（又称横进给磨削法） 切入法磨削时，工件不穿过磨削区，而是在修整成型的砂轮和导轮以及托板组成的磨削区里，一面旋转一面在导轮（或砂轮）进给作用下，靠近砂轮进行磨削，直到磨去全部余量为止。图 2 b 是这种磨削方式的示意图。

切入磨时，由于工件不必纵向进给，所以砂轮轴线和导轮轴线应当保持平行，但在实际工作中，为了使工件能靠紧定位挡铁，往往将导轮在垂直平面内转动一个很小的角度，如 $\alpha = 1/4^\circ \sim 1/2^\circ$ 。

切入法可以磨削带凸缘的圆柱面、圆锥面或其他外形较复杂的成型回转体工件。但用切入法磨削工件时，其加工范围受到砂轮宽度的限制，即工件的最大磨削长度不能超出砂轮宽度。由于切入法是间断性的生产方式，所以生产效率比通磨法低。

利用切入法磨削薄壁衬套时，进给量稍大，就会使衬套发生挠曲，只好采用小的进给量进行磨削加工，因而效率极低。近年来，国外采用了一种“脉冲切入磨削”的新方法。这种方法是用较大的进给量进行切入磨削，但导轮要做“进给——退开——进给——退开……”的自动循环动作。在循环过程中，进给和退开的时间都是预先调整好的，而且每次进给时导轮都要随着工件直径的减小而逐渐增加进给量，直到达到工件所要求的尺寸为止。

例如，用上述方法磨削直径为 $\phi 133$ 毫米、壁厚为 3 毫米带凸边的薄壁衬套时，一个循环有 6 个脉冲，0.5 毫米的磨削余量

可在 2.4 分钟内磨除，生产效率为每小时 25 件。

3 端磨法 它是通磨法和切入法两种综合的磨削方法（图 3 c）。端磨法以磨削锥形工件最为适宜。磨削时，将砂轮或导轮修成锥形，或者将砂轮和导轮两者同时修成锥形，然后调整导轮在垂直面内的倾角，使得工件能纵向移动，以便压紧定位挡铁。当工件放进磨削区时，工件既作切入磨削，又作通入磨削。

和切入法一样，端磨法也受砂轮宽度的限制，即工件的最大磨削长度也不能超出砂轮的宽度。

无心磨削时，由于工件在磨削区内不受其他条件如顶尖、卡盘等的约束，受磨表面即为装卡表面，因此工件容易产生形位误差。如图 4 所示。

图 4 a 是工件在磨削后产生的端面和外圆不垂直偏差。图 4b 是工件磨削后产生不同轴偏差。图 4 c 是工件磨削后在轴线上产生的位移偏差。

如果机床调整适当，并合理选择磨削余量、或采取其他相应措施，上述缺陷是完全可以克服的。

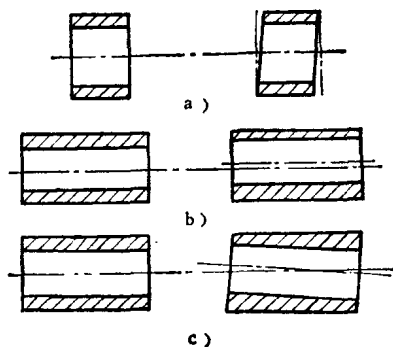


图 4 无心磨削时常产生的形位误差

除一般常见的砂轮和导轮放在水平位置的无心磨削方式外，还有像图 5 所示的几种特殊形式的无心磨削形式。

大型的无心磨床，如 M10400 无心磨床（最大磨削工件直径为 $\phi 400$ 毫米），由于工件重量大，旋转困难，设计时将砂轮和导轮放在倾斜一定角度（ 15° ）的床身上（图 5 a）。

西德 Nomoco 磨床厂制造了世界上唯一的一台立式无心磨床。

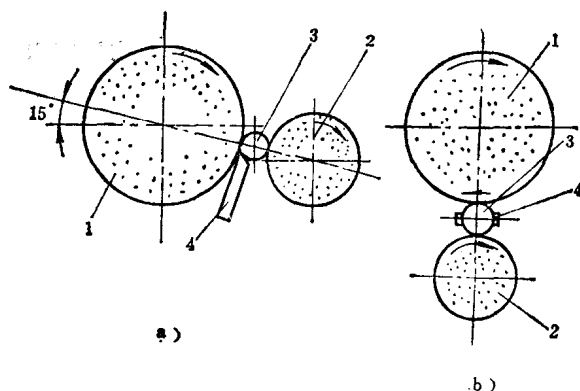


图5 特殊形式的无心磨削

1—砂轮 2—导轮 3—工件 4—托板

其砂轮架是垂直放在导轮的上方（图5 b），工件由两块水平安装的托板支承。砂轮架、导轮架和托板都可以移动调整。这种布局的优点是在磨削阶梯形工件或成型工件时，可以纵向一次磨出。

无心磨削的优点在于它的生产效率高，易于实现自动化。工件不必打顶针孔即可以磨削。另外在磨削时，工件支承在托板上，沿着砂轮和导轮的切削全长上接触，因此可严格控制工件的公差和消除工件的弯曲。

近年来，由于无心磨床的制造水平不断提高，磨削工件的精度可达2~3微米，不圆度在0.5微米以下，光洁度达到了▽12级，一次通磨余量可达到0.5~0.7毫米之多，这些都给无心磨削开辟了广阔的前途。当无心磨床配备自动上下料机构、自动测量装置，以及自动修整自动补偿等先进技术后，它就成为汽车、拖拉机制造业、轴承行业的生产自动线中关键设备之一。

最近世界各国在扩大无心磨削的使用范围方面进行了大量的

工作，如工件的“有中心无心磨削”就是其中之一。过去像套类工件或有同轴度要求的轴套类工件，都是在内圆磨床上或外圆磨床上加工的，效率很低。当用夹具作“有中心无心磨削”加工上述工件时，极为方便，而且效率可大大提高。如磨削外径为 $\phi 122$ 毫米的气缸衬套时，用上述方法磨削后，可保证内外圆的同轴度在0.03毫米以内。纺织机械的长辊轴直径为 $\phi 25.4$ 毫米、914毫米长，当用上述方法磨削时，也能保证几个磨削直径的同轴度要求。

利用无心磨床进行高速磨削，将砂轮圆周速度由原来的35米/秒提高到60~80米/秒，能大大提高生产效率和工件的表面质量。国内许多厂都在进行实验和推广，如此项新技术得以普及，将会给无心磨削的应用创造出新的广阔前景。

从各国无心磨床发展方向来看，加宽砂轮宽度，也是迅速发展趋势之一。砂轮宽度最宽的有的达到800毫米或更多。砂轮加宽后，不但效率大为提高，而且在成型磨削方面应用会更加广泛。

二 无心磨床的主要部件

无心磨床由床身、砂轮架、导轮架、托架、进给机构和砂轮导轮的修整器等主要部件组成。

1 床身 床身是无心磨床的基础部件。国内制造的无心磨床全是用铸铁制成的箱式结构。它具有刚性好，变形小，容易制造等优点。

在床身的内部装有电器、液压箱、电动机等部件。在床身上面安装着砂轮架、导轮架、滑板、修整器、进给机构等部件。它们有的固定在床身上，有的可在床身表面的导轨上滑动。

无心磨床常用的导轨有下列几种:

(1) V-平型组合滑动导轨: 普通精度的无心磨床都是采用这种型式的导轨。如M1020, M1050A, M10100等无心磨床都是这种型式的导轨。

V-平导轨具有制造容易、调整方便、导向性好等许多优点, 所以在普通无心磨床上应用比较普遍。V导轨一般是 90° , 较精密的无心磨床为进一步提高导轨的导向性, 也有用小于 90° 的V型导轨。

滑动导轨最重要的问题是如何长久保持精度的问题。许多制造厂都在导轨表面采用表面淬火、镶钢、贴塑等措施来提高导轨的耐磨性。必须强调指出, 充足的润滑能减少导轨的摩擦, 对提高运动精度, 延长导轨寿命具有重大作用。

导轨的润滑有多种方法, 无心磨床常用压力润滑的方法把压力油注入导轨中达到润滑的目地。图6是压力润滑的原理图。压力润滑是用油泵打出的油液, 经过减压阀进入润滑油稳定器, 然后流入导轨面, 使工作台浮起。

(2) 滚动导轨: 要获得精确的工件几何尺寸, 在很大程度

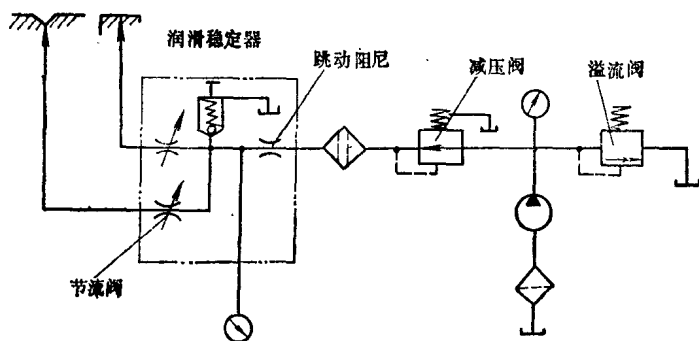


图6 压力润滑原理图

上取决于导轨的精度。滚动导轨具有灵敏度高、移动轻便、润滑简单、维修方便等许多优点，因此在许多无心磨床上或其他类型的磨床上常用滚动导轨。如M1040，M1080，等无心磨床都采用滚动导轨。图7是滚动导轨的示意图。滚动导轨有三种形式：滚柱滚动导轨（图7 a）、滚针滚动导轨（图7 b）和滚珠滚动导轨（图7 c）。滚针、滚柱滚动导轨多用作进给导轨，滚珠滚动导轨的结构紧凑，运动灵活，通常用作高精度无心磨床的修整器导轨。

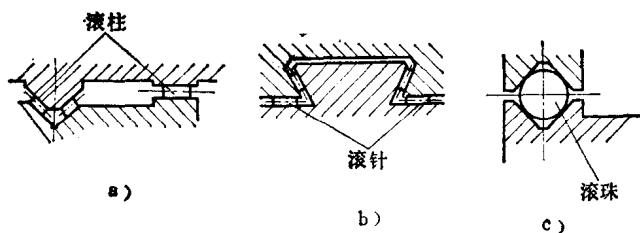


图7 滚动导轨示意图

a) 滚柱滚动导轨 b) 滚针滚动导轨 c) 滚珠滚动导轨

滚动导轨抗振性比较差，而且对导轨表面的硬度要求较高，尤其应注意对导轨的维护。因为无心磨床在磨削时，需要大量的冷却液，当冷却水和水雾冲进导轨时，容易使滚针（柱）生锈，造成运动困难，这样导轨就失去了原来的精度。

（3）静压导轨：静压导轨是在两个相对运动的导轨面间通入压力油，使运动件浮起，形成纯液体摩擦。工作时油腔压力随外载荷的变化而变化，这样就保证了上述摩擦状态的存在。静压导轨可分为开式静压导轨和闭式静压导轨。

开式静压导轨如图8所示，它的油腔开在滑板的导轨面上，因此开式静压导轨只能承受垂直方向的载荷。MGT1050高精度无心磨床都采用了开式静压导轨。

闭式静压导轨如图 9 所示。闭式静压导轨的特点是不仅能承受垂直方向的载荷，也能承受水平方向的载荷，因此在导轨的上面，下面、侧面都开有油腔。闭式静压导轨刚性好、精度高、稳定性好，但其结构较为复杂。

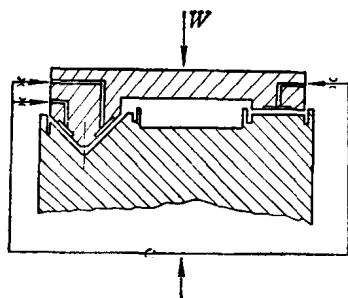


图 8 开式静压导轨

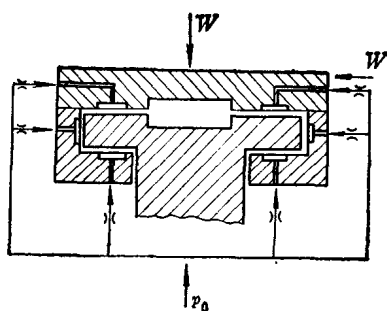


图 9 闭式静压导轨

2 砂轮架（又称为磨架、磨头） 砂轮架是无心磨床上用来带动砂轮作高速旋转的关键部件，因此要求砂轮架具有较高的刚度和回转精度，如砂轮主轴的径向跳动和轴向窜动，在普通无心磨床上，这两项精度都要求在 0.008~0.01 毫米之内。图 10 是砂轮架的结构图。

合理选择砂轮架主轴轴承，是保证砂轮主轴具有高的刚度和好的回转精度的关键问题。考虑到无心磨床砂轮主轴转速较高，动压作用较大，易于得到较高的刚性，同时由于磨削时不需变速，因而轴承的刚性也不会变化，所以普通精度的无心磨床都是用不同型式的滑动轴承，如三片式短瓦球支承油膜轴承（简称三片短瓦），或五片式楔形油膜轴承。后一种轴承制造比较困难，调整不便，自位性差，因此在新设计的无心磨床上已很少采用。前一种轴承由三块扇形轴瓦组成（图 11）。在每块瓦的后面有一球头支

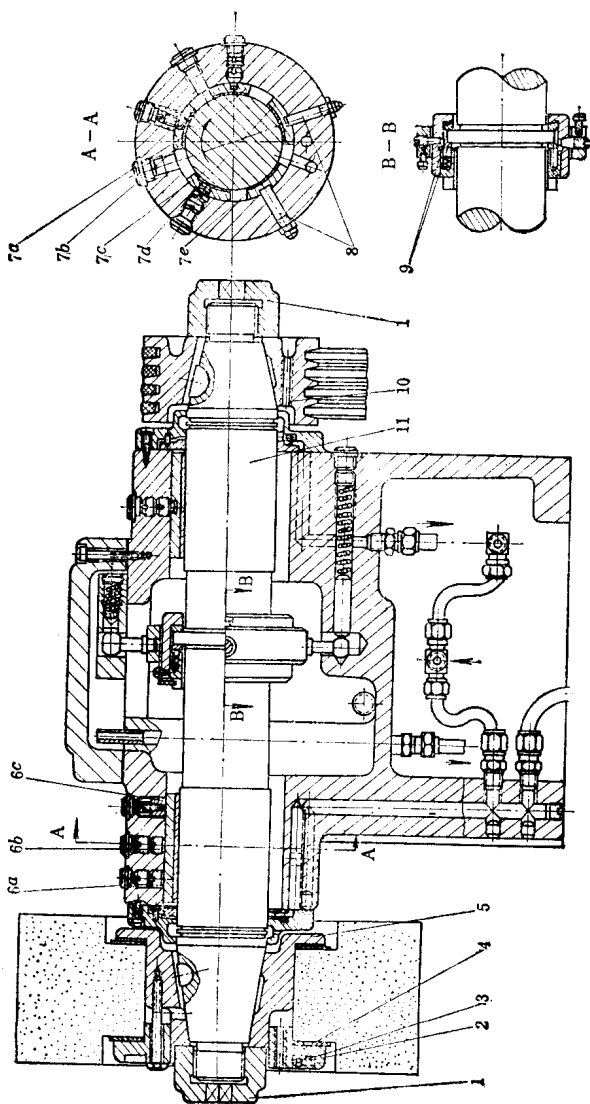


图10 砂轮架结构图

1—螺帽 2—螺钉 3—平衡块 4—砂轮夹盘盖 5—砂轮夹盘
 6a、6b、6c—轴承螺钉 7a、7b、7c、7d、7e—轴瓦
 8—定位销 9—止推环 10—皮带轮 11—主轴

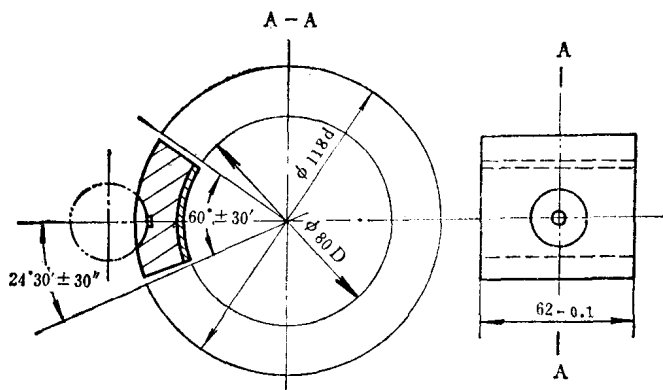


图11 M1050 A 无心磨床三片式短瓦球支承油膜轴承

承螺钉，轴瓦在球头上可以自由摆动。球头的位置不在轴瓦的中心，因此使轴瓦内表面与轴颈之间形成一个斜楔形缝隙（图12）。当润滑油因附着力，被高速旋转的主轴带入这楔形缝隙时，楔形缝隙内油液压力升高，从而使轴颈和轴瓦的接触面分开，并形成一层极薄的压力油膜。由此看来主轴在运转时，只要克服液体分子间的摩擦就可以了。

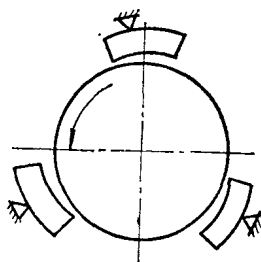


图12 三片短瓦的楔形缝隙

三块短瓦均匀布置在轴颈的周围，当主轴高速旋转时所形成的三个压力油膜使主轴自动定心，即当主轴负荷变化时，由于油膜承载能力大，所以主轴旋转中心的变动也很小。

大规格的无心磨床，由于砂轮较重，为使主轴有良好的回转精度和刚性，将上述三片短瓦增到五片，其结构原理及调整方法

均与三片短瓦相同。

在高精度无心磨床上，或大型无心磨床上常用静压轴承作为砂轮架的主轴轴承。

静压轴承与上述动压轴承有着本质的区别。前者是依靠外部具有一定压力的液体输入轴和瓦之间的摩擦面内，建立承载油膜，使轴和瓦分开，形成纯液体摩擦。

静压轴承在结构上一般有四个对称油腔(但也有多于四个油腔的)。每个油腔的四周有适当宽度的节流道，油腔之间用回油槽分割开。

下面以薄膜反馈静压轴承为例，来介绍静压轴承的工作原理：

压力油 P_s 经过四个节流器（阻力为 $R_{G1} R_{G2} R_{G3} R_{G4}$ ）分别流入轴承的四个油腔（图 13）。油腔压力为 P_r 。油腔中的油又经过轴和瓦之间的间隙流到回油槽，最后再流回到油池。

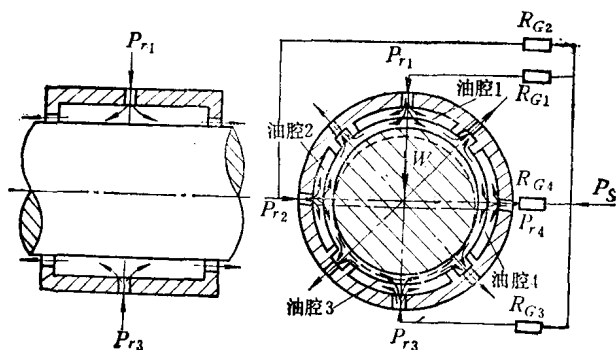


图13 静压轴承的工作原理

当主轴没有承受载荷时，如不考虑轴的自重，主轴不产生偏移，这时四个节流器的阻力相同，即 $P_{G1} = P_{G2} = P_{G3} = P_{G4}$ 。同时四个油腔的压力也应相等，即 $P_{r1} = P_{r2} = P_{r3} = P_{r4}$ 。在这种情况下

下，主轴被浮起在轴承的中心，中间被一层薄薄的油膜分开，形成液体摩擦状态。

假如主轴在外载荷作用下，主轴中心向下产生偏移，使得油腔 1 的间隙加大，回油阻力相应减少，结果造成油腔 1 的压力 P_{r1} 降低，相反油腔 3 的压力 P_{r3} 则增大，直到 $(P_{r3} - P_{r1}) S = W$ 为止。式中 S 表示油腔在水平面内的投影面积。

由此不难看出，无论外载荷作用在主轴的那一方向，都会由于油腔压力的变化，最终使主轴处于平衡的位置。

静压轴承具有下列特点：

1) 由于轴和轴瓦之间是纯液体摩擦，其摩擦系数为 0.001 左右，所以不论在起动或转动时，功率损耗较小，而且具有良好的抗振性能。

2) 静压轴承承载油膜的建立不受主轴转速的影响，即使在极低转速的情况下，仍能正常工作。

3) 静压轴承的回转精度较高。

4) 静压轴承需要单独的供油系统，调整较为困难，对润滑油的清洁程度要求极为严格。

无心磨床的砂轮架，无论采用那一种形式的轴承，在出厂前都经过仔细的调整，在一般情况下，不应随便拆装，以免破坏主轴的回转精度。

砂轮架主轴的轴向止推装置，无心磨床大都布置在前后轴承中间（参看图 10）。向后的轴向力由弹簧支承，其止推环的磨损，由弹簧给与补偿。

顺便提一下，进口的无心磨床，其砂轮主轴除采用上述两种轴承外，还有用精密的锥滚子滚动轴承作为主轴轴承的。如瑞典、法国、英国都有这样的机床。

3 导轮架（也叫回转体） 导轮是工件的支承部分，也是