

机械工人学习材料

JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

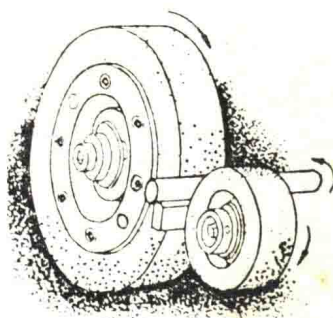
5753

2812

轴类零件的磨削

徐圣群 编著

工



机械工业出版社

内容提要 本书对各种不同形状的轴类工件的装夹、找正、磨削方法、砂轮特性和磨削用量的选择等都作了较详细的叙述，并进行一定的工艺分析。对在普通外圆磨床上进行高光洁度磨削，也作了简要的介绍。

本书可作为磨床工人学习材料。

轴类零件的磨削

徐圣群 编著

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街二号）

（北京市书刊出版业营业许可出字第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 $2\frac{5}{8}$ · 字数 62 千字

1983年4月北京第一版·1983年4月北京第一次印刷

印数 00,001—11,000 · 定价 0.20 元

*

科技新书目：45-108

统一书号：15023·5497

目 次

一 概述.....	1
1 轴类零件的种类、功用和特点(1)——2 轴类零件的技术要求(2)——3 轴类零件的材料(3)	
二 轴类工件的定位和装夹.....	4
1 用顶针装夹工件(4)——2 用卡盘装夹工件(13)——3 用卡盘和顶针装夹工件(14)——4 利用工件莫氏锥度部分在头架主轴锥孔内装夹(14)——5 采用专用夹具装夹工件(14)	
三 光滑轴的磨削.....	15
1 砂轮(15)——2 外圆磨床和机床调整(23)——3 磨削用量(30)——4 光滑轴的磨削方法(34)——5 磨削时的冷却与冷却液(41)	
四 锥形轴的磨削.....	43
1 圆锥体的结构要素和计算(43)——2 标准锥度及标准圆锥(44)——3 圆锥轴和轴上圆锥面的磨削方法(45)——4 圆锥尺寸的控制(48)	
五 阶台轴的磨削.....	50
1 阶台轴的要求、装夹和磨削方法(50)——2 阶台轴的磨削方法(53)	
六 细长轴的磨削.....	56
1 实心细长轴的磨削(56)——2 空心细长轴的磨削(62)	
七 轴类工件的工艺分析.....	63
1 主轴技术要求分析(63)——2 磨削顺序(64)——3 加工工艺特点(65)	
八 轴类零件的高光洁度磨削.....	66

1 改善M 1432 A型万能外圆磨床(67)——2 选择砂轮特性和修整砂轮(69)——3 磨削用量的选择(70)	
九 轴类零件的精度检验	71
1 尺寸精度检验及使用量具(71)——2 形状精度的检验(71)——	
3 位置精度的检验(72)——4 圆锥面的检验(75)——5 表面光洁度检验(76)	
十 轴类零件磨削中产生疵病的原因和防止方法	77

一 概 述

1 轴类零件的种类、功用和特点 轴类零件是旋转体零件，一般由同一轴心的外圆柱面、圆锥面、内孔和螺纹等组成。根据结构形状的不同，轴类零件可分为光滑轴、阶台轴、空心轴和曲轴（图1）。

轴类零件是机械加工中经常碰到的典型零件。在机器中，轴类零件的功用主要有：支承传动零件（如齿轮、皮带轮等）和传递扭矩。

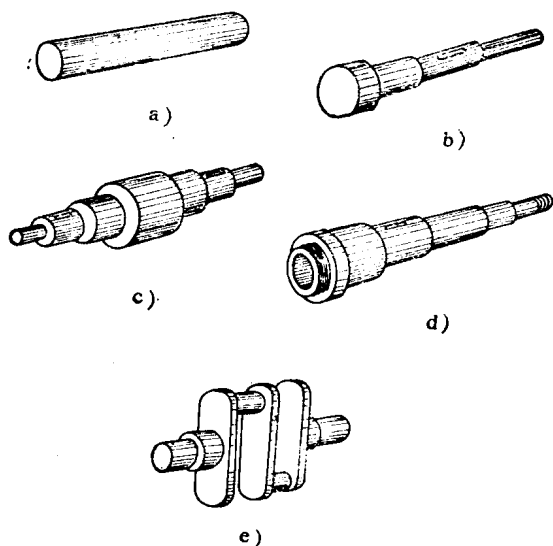


图1 轴的种类

a) 光滑轴 b)、c) 阶台轴 d) 空心轴 e) 曲轴

三、表面光洁度 配合轴颈的光洁度为 $\nabla 6 \sim \nabla 8$ ；支承轴颈的光洁度可达 $\nabla 8 \sim \nabla 10$ 。精密轴类零件的要求高达 $\nabla 11 \sim \nabla 13$ 。

图 2 所示为 MG7132 型平面磨床的主轴，其主要技术要求有：

(1) 支承轴颈 B，其表面光洁度为 $\nabla 10$ ；圆度和圆柱度的允差分别是 0.002 毫米和 0.001 毫米。

(2) 其他配合轴颈的光洁度分别是 $\nabla 7 \sim \nabla 8$ 。

(3) 其他配合轴颈对支承轴颈 B 的径向圆跳动分别是 0.002 毫米和 0.001 毫米。阶台端面对支承轴颈的垂直度允差分别是 0.01 毫米和 0.002 毫米。

(4) 配合轴颈的尺寸精度分别是 2 级 $\sim$ 1 级精度。

(5) 对 1:5 圆锥面的涂色检查要求是：接触面积不小于 80%。

根据轴类零件的主要技术要求，可以确定零件的加工工艺和所需要的工艺装备。

3 轴类零件的材料 一般轴类零件常用 45 号钢，根据不同的工作条件采用不同的热处理规范（如正火、调质和淬火等），以获得一定的强度、韧性和耐磨性。

对于中等精度而转速较高的轴类零件，可选用 40Cr 等合金结构钢。这类钢经调质和淬火后，具有较高的综合机械性能。精度较高的轴，有时还可采用 GCr15 和弹簧钢 65Mn 等材料，它们通过调质和淬火后，具有更高的耐磨性和耐疲劳性能。

对于在高转速、重载荷等条件下工作的轴，可选用 18CrMnTi、20Mn2B、20Cr 等低碳合金钢或 38CrMoAlA 高效氮化钢。低碳合金钢经过渗碳淬火处理后，具有很高的表面硬度、耐冲击韧性和心部强度，但热处理变形较大。而氮化钢经调质和表面氮化后，除有很高的心部强度、优良的耐磨性和耐疲劳性能之外，热处理变形也很小。

二 轴类工件的定位和装夹

在普通外圆磨床和万能外圆磨床上磨削轴类工件的内外圆柱面及阶台端面，是轴类工件精加工的主要方法。它既能加工淬火后的黑色金属零件，也可以加工不淬火的黑色金属和有色金属零件。磨削加工的优点是：可以经济地达到 2 级精度和 $\nabla 7 \sim \nabla 8$ 光洁度。

工件的装夹就是指：将工件预先确定在某一正确的位置上（定位），并且要保证工件在磨削过程中，该位置不会发生任何变化。工件的装夹是否正确、稳固，将会直接影响加工精度、光洁度和操作安全。工件的装夹在正确、稳固的前提下，还要迅速方便，以利于提高生产效率。

工件的形状、尺寸、技术要求以及生产条件等具体情况不同，其装夹方法也不同。在外圆磨床上磨轴类工件时，工件的装夹方法一般有以下几种：前、后顶针装夹，用三爪卡盘或四爪卡盘装夹和用卡盘、后顶针装夹等。

1 用顶针装夹工件 这是轴类工件磨削时最常用的装夹方法。装夹的基准是轴类工件的中心线。磨削时，实际上是轴的两端面上中心孔的连线。这种装夹方法的优点是：加工精度高，装夹迅速，生产效率高。

图 3 所示，装夹时利用工件两端的中心孔，把工件 1 支承在前顶针 2（装夹在头架主轴锥孔内）和后顶针 3（装夹在尾架 4 的套筒锥孔内）上，由磨床头架 5 上的拨盘 6 和拨销 7 经夹紧在工件上的夹头 8 带动旋转，其旋转方向与砂轮旋向相同。

一、顶针 磨床上采用的顶针，都是固定在头架和尾架的锥孔内的，它不与工件一起转动，俗称“死顶针”。采用活顶针装

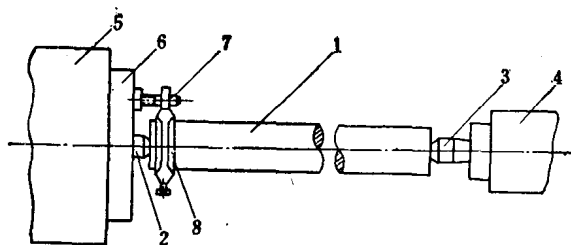


图3 工件装夹在前后顶针上

夹工件时，工件和顶针之间没有相对运动，磨削时顶针随工件一起转动。由于头架主轴和轴承本身的制造误差和顶针本身的同轴度误差等，使顶针在旋转时不可避免地要产生一些跳动，支承在两顶针上的工件也跟着跳动，这样将会影响磨削后工件的圆度和各阶台外圆的同轴度。如采用“死顶针”，上述各种误差就不会反映到工件上来，只要工件上中心孔和顶针形状正确、光洁度好和安装得当，工件的加工精度和光洁度就一定能比采用活顶针时高。

磨床上常用顶针的形状如图4所示。图中a和b为常用顶针，一般由 60° 圆锥、锥形尾部（采用莫氏锥度）和圆柱部分组成；c为半顶针，在磨削直径较小的工件时，作后顶针用，以便砂轮越出工件端面时不受妨碍；d为反顶针（又叫阴顶针），当工件直径太小或受结构限制不能在端面打中心孔时使用，这时工件的一端需要制成 60° 外圆锥形状；e为大头顶针，适用于大中心孔和大孔壁工件。

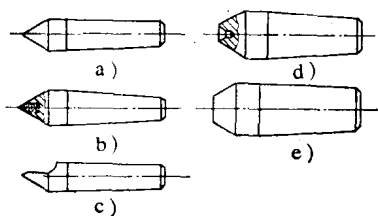


图4 顶针

各种顶针都有一个锥形尾部，很容易插入或拔出头架主轴、尾架套筒锥孔；由于顶针的配合准确牢靠，能始终保证工件在磨削时处于正确位置。顶针的另一端磨成 60° 尖头，用来装夹时放入工件中心孔里，使工件得到准确定位和支承。顶针的尺寸大小用锥度的号码来表示。磨床上常用 3* 和 4* 莫氏锥度。

磨削时，工件中心孔和顶针之间产生了滑动摩擦，使顶针很容易磨损或咬坏。为了提高顶针的耐磨性，顶针常用经淬硬的碳素工具钢制成。由于精密轴类零件增多，用碳素工具钢制成的顶针已不能适应工件的装夹要求，目前广泛采用图 4 b 所示的镶硬质合金的顶针。硬质合金材料一般采用 YG8，镶入顶针体（45 号钢）后，用铜焊焊牢。硬质合金硬度高，耐磨性好，不易产生“咬死”现象，从而提高了工件的加工精度。但它的脆性大，易损坏，要经常注意维护保养。

顶针是用来支承，特别是确定工件在整个磨削过程中都处在一个正确位置的工具，因而顶针本身的制造精度将会直接影响轴类零件的加工精度。所以，除了顶针应具有很高的耐磨性能外，还应该有以下一些要求：

（1）顶针上的 60° 圆锥面与工件的中心孔配合，起着定位作用，因而它的几何形状要求准确。为了保证工件装夹稳固，定位正确， 60° 圆锥面加工时，角度应偏大一些，以保证圆锥大端以下大部分和工件接触。切忌将 60° 圆锥角磨小了，否则将造成顶针 60° 圆锥面的小端部分和工件中心孔接触的不良后果，导致影响工件的加工精度和光洁度。

（2）为了使工件在承受磨削力后仍能保持正确位置，顶针尾部与 60° 圆锥面的同轴度允差应尽可能小，其跳动量一般应不大于 $0.005 \sim 0.01$ 毫米。否则两者将因为同轴度允差 e （图 5）太大，而产生一力矩，迫使顶针尾部与头架、尾架锥孔配合有松动情

况产生。

(3) 为了保证工件支承在顶针间旋转时的平稳性, 顶针表面的光洁度一般要求达 $\nabla 7 \sim \nabla 8$ 。对于精密轴类工件, 60° 圆锥面的光洁度要求在 $\nabla 9$ 以上。

(4) 顶针表面应无拉毛、划痕和碰伤等缺陷。为了妥善保管好顶针, 可做一只木盒, 将顶针直插在木盒格子里(图6)。如发现顶针尾部和 60° 圆锥面有损伤, 应及时修磨。

二、中心孔 中心孔的形状有三种(图7)。图7a是最为常用的中心孔。 60° 圆锥孔是中心孔的工作部分, 它与顶针上 60° 外圆锥配合, 起着对工件定位与支承工件本身重量和承受磨削力的作用。圆锥孔前端的小圆柱孔, 保证顶针 60° 圆锥尖端伸入, 使圆锥孔与顶针 60° 外圆锥配合准确、稳妥; 另外还可以储存润滑油, 以减少顶针和中心孔的磨损。图7b是具有保护锥的中心孔。 120° 的圆锥

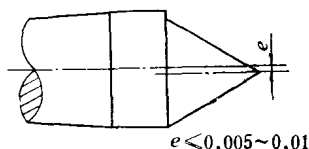


图5 圆锥尾部与 60° 圆锥面的跳动量

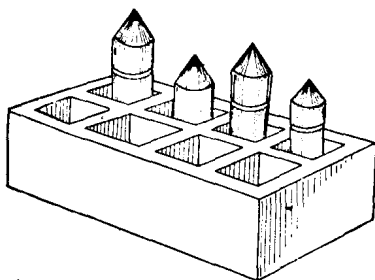


图6 顶针的安置

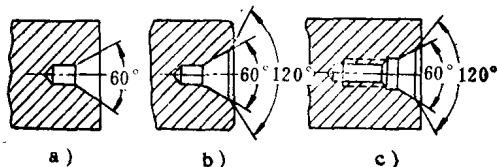


图7 中心孔的形状

孔用以保护 60° 圆锥孔边缘，免遭碰伤。这种中心孔适用于精度要求高，加工工序长的轴类零件和切削工具、夹具等。图 7 c 是具有保护圆锥和内螺纹的中心孔。内螺纹的作用是在磨削加工完了时，供旋入钢塞头用，可以长期保护中心孔，便于零件修磨时使用。这种中心孔适用于加工精度高、制造困难、材料昂贵等重要零件和工具（如拉刀等）。

中心孔是工件的定位基准， 60° 圆锥孔的形状误差和存在其他缺陷：如圆度及碰伤拉毛等，都会直接影响工件的加工质量。因为工件是支承在前、后顶针上，工件的母线实际上是围绕着两个顶针回转，而工件的中心孔就是要保证工件母线在顶针上回转的准确性。为了保证工件质量，对中心孔应有以下要求：

(1) 60° 圆锥孔的圆度要准确，消除圆度误差，否则磨后的工件表面会产生椭圆形、不圆等缺陷。

(2) 60° 圆锥孔的光洁度要好，不能有毛刺、划痕和碰伤等缺陷。

(3) 60° 圆锥孔的角度要准确，两端中心孔应在同一轴线上，否则会使中心孔与顶针接触不良（图 8），容易使中心孔变形并很快磨损。变形和磨损后的中心孔，磨削时会使工件摇晃和产生振动，使工件外圆产生圆度偏差和台阶轴各档外圆的同轴度偏差。

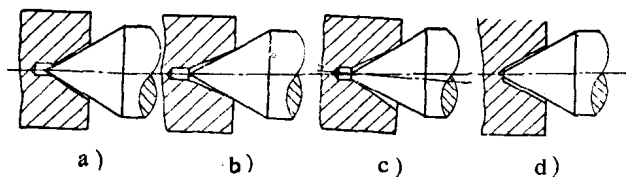


图 8 中心孔与顶针接触不良

a)、b) 圆锥孔角度不准确 c) 中心孔轴线歪斜 d) 圆柱孔太浅

(4) 中心孔各部分的尺寸应与工件的直径大小相适应。直径大而重的工件, 中心孔应较大; 直径小的工件的中心孔应小一些。如果中心孔的尺寸太小, 将会减小与顶针的接触面积, 使中心孔容易磨损, 装夹不稳固, 甚至可能发生因顶针尖部折断而造成工件跌落或飞出的事故。反之, 如果中心孔尺寸太大, 就不容易加工得准确, 从而影响磨削质量。

(5) 中心孔的小圆柱孔不能太浅。如小圆柱孔太浅, 会使顶针尖端抵住孔底, 影响 60° 圆锥之间的正确配合 (图 8 d)。这不但会影响磨削质量, 甚至会造成工件飞出的严重事故。如小圆柱孔直径太大, 会减少 60° 圆锥之间的配合面积, 加速中心孔和顶针的磨损。

经过热处理后的工件和有些中心孔在粗加工时 (如车削) 就有较大磨损或变形的工件, 在磨削前应对中心孔进行修正, 使它恢复正确的几何形状, 并获得较高的表面光洁度。精密轴类零件 (如机床主轴) 的加工精度和光洁度要求高, 修正中心孔应作为一个工序进行。

修正中心孔的方法有以下几种:

(1) 用四棱 (或三棱) 的硬质合金顶针刮研: 刮研用的硬质合金顶针的 60° 圆锥应修磨成角锥形状, 使圆锥面仅留下四条 (或三条) 均匀分布的极狭的棱带 (图 9 a)。刮研中心孔一般可以在外圆磨床、台式钻床或立式钻床上进行。刮研时先在中心孔内加入少量事先用机油调好的氧化铝 (用纱布过滤过), 精研时可以加入少量的氧化铬油膏。

图 9 b 是用台式钻床改装成的中心孔研磨机。四棱硬质合金 2 装在主轴 1 的锥孔中, 顶针座 4 上装有以下顶针 3, 它与顶针 2 在同一轴线上, 顶针座可沿着立柱 5 的导轨垂直移动, 以适应工件长度的变化。刮研时, 先用浸过煤油的棉纱将中心孔擦拭干

净，在孔内加入少量研磨膏，然后将工件顶在下顶针 3 上，并用手把持工件。硬质合金顶针由主轴 1 带动旋转（转速约为 300~400 转/分），同时在轴向要压紧工件。这样上下几次，就能修圆修光中心孔。一端中心孔修好后，可调头刮研另一端中心孔。刮研时，工件如过分发热，可适量加入机油。

(2) 用油石研磨中心孔：研磨时，先将圆柱形油石夹持在车床卡盘上，用装在刀架上的金刚石将它的前端修整成 60° 圆锥，将工件顶在油石顶针和车床尾架顶针之间（图 10），再加入少量润滑油，然后开动车床使油石转动，从后顶针处给工件一定的压紧力，用手把持好

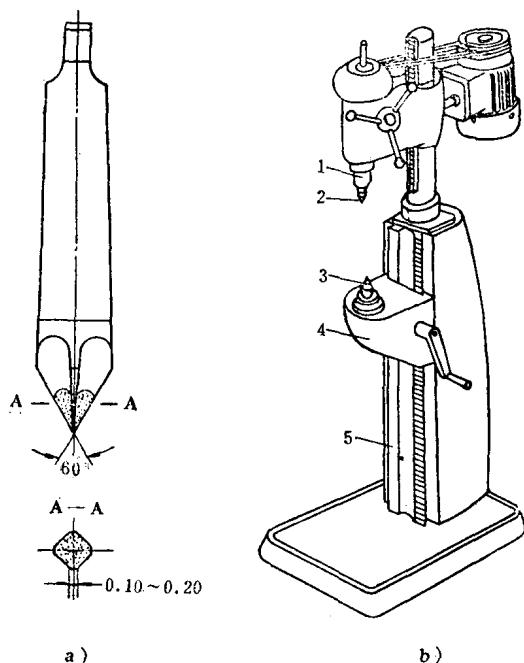


图 9 四棱硬质合金顶针和中心孔研磨机

工件，并使它断续地缓慢地转动，以达到修研目的。

采用这种方法，中心孔质量高，并可以修正尺寸较大的中心孔。但效率比第一种方法低，常用于修正精度要求较高的中心孔。

将上述方法中的油石换成铸铁顶针，并加入研磨剂，也可研磨中心孔，适用于研磨工件精度要求特别高的中心孔。

(3) 在车床上用中心钻或车刀修正：可用中心钻或车刀修正未淬硬工件的中心孔，也可用 YT 硬质合金车刀修正淬硬工件的中心孔。这种方法一般适用于精度要求较高或中心孔尺寸较大的工件。

(4) 配研中心孔：精度要求很高的轴类零件，在最后精磨或超精磨时，可用磨削用的顶针配研工

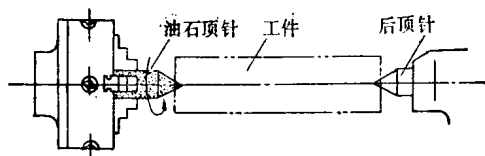


图10 用油石研磨中心孔

件的中心孔（可适量加入纯净的机油），使中心孔的形状和光洁度能更适应磨削要求。配研后，顶针和中心孔都要用绸布擦拭干净，然后试磨工件（将外圆全部磨出），再用千分表测量外圆的径向圆跳动量（用手转动工件），看表的偏摆值是否符合图纸要求。如达不到要求，应重新配研中心孔。

三、夹头 夹头的作用是带动工件旋转。图 11 所示是常用的几种夹头。图 11 a 是环形夹头。图 11 b、c 是鸡心夹头，它们都是用一只螺钉直接夹紧工件，使用方便，但夹紧力小。使用时在螺钉头部与工件表面应垫放铜皮，以免损坏工件表面。当工件直径较大时，可用方形夹头，例如图 11 d。它用两个螺钉对合夹紧工件，所以夹紧力较大，工件受力后不易松动。图 11 e 是一种快速装夹夹头。当夹头套上工件后，由于拉簧 4 的拉力作用，拉杆 3 绕着固定圆环 1 上的销子 2 沿着箭头 A 方向回转，拉杆 3 的偏心面将工件初步夹紧在两个螺钉 5 的顶端上。把工件连同夹头装在两顶针间，开动头架使拨盘转动，拨盘上的拨杆 6 就沿着箭头 A 方向压向拉杆 3，进一步将工件夹紧，而且夹紧力将随着磨削力的增加而增大，所以工件不会打滑。拆卸时，只需沿着箭头 A 的反方向转动拉杆 3，夹头便松开。松开锁紧螺母，可

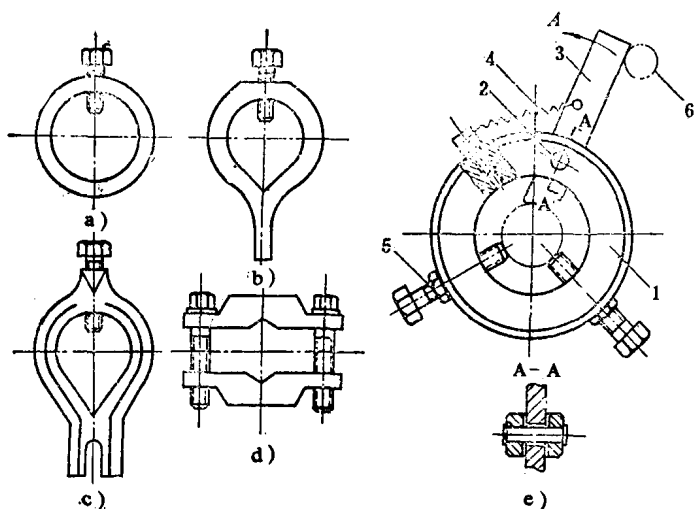


图11 夹头

调节螺钉 5 的位置，以适应规定尺寸范围内不同直径的工件。这种快速夹头适用于直径不大的工件。

无论采用那种夹头，都要尽量注意做到夹头重量分布均匀，否则传动时会产生不均匀的离心力，而影响工件的加工质量。

四、工件装夹时应注意事项

(1) 根据工件中心孔的尺寸大小和形状选择顶针：当使用半顶针时（图 4 c），要注意顶针和中心孔的配合，不要让顶针削扁部分进入中心孔内，否则会刮伤中心孔 60° 圆锥面，而影响工件的正确定位。经淬硬的工件和长轴，最好选用硬质合金顶针，这样可以减少顶针磨损，以保证磨削过程中工件的正确定位。

(2) 中心孔内要加润滑剂：工件中心孔和顶针擦拭干净后，可以在中心孔内加入少量的润滑剂。中、小尺寸的工件可加入机油；大直径或细长工件可加入润滑油脂。

(3) 顶针对工件的夹紧力要适中：夹紧力太大，中心孔 60° 圆锥面与顶针接触面上的润滑剂会被挤掉，形成干摩擦，加剧中心孔的磨损。另外，工件顶得太紧，在磨削过程中，因为磨削热而产生轴向延伸，也会加速中心孔的磨损。夹紧力也不能太小，否则工件在顶针之间会产生微量轴向松动，磨削后会造成工件的圆度和各档外圆的同轴度误差等缺陷。

2 用卡盘装夹工件 外圆磨床用的卡盘有三爪自动定心卡盘和四爪卡盘两种。卡盘一般用来装夹没有中心孔的轴类工件，四爪卡盘特别适用被夹持表面是不规则的工件。

一、三爪卡盘装夹工件 这种卡盘安装在外圆磨床头架上，要在磨削前先检查它是否和头架主轴同心。假如不同心，要检查安装是否正确，直到用百分表找正好为止。

这种卡盘适用于装夹较短的轴。找正时先用肉眼观察工件右端，跳动量一般控制在0.1毫米左右，然后再将百分表放在工件右端找正，表上指针读数最大一点，可用铜棒轻轻敲击工件，使跳动量控制在0.05毫米以内。

这种安装方法，因为工件右端是

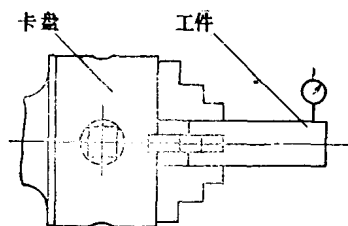


图12 用三爪卡盘装夹工件

悬空的(图12)，所以磨削时不能承受大的磨削力，切削深度要小。

二、四爪卡盘装夹工件 四爪卡盘的四个爪可以单独向心或向外移动，适用装夹夹持表面不规则而且重量较重的轴。装夹工件时，各卡爪的夹紧力要尽量做到均匀，以免在磨削中工件改变原来定位好的正确位置。在找正工件时，应注意：如透光大时，爪不要全部松开，否则工件因为本身重量会产生较大位移或掉下来。如各爪透光或表的读数相差不大时，只要将透光小（表的读