

机械工人学习材料

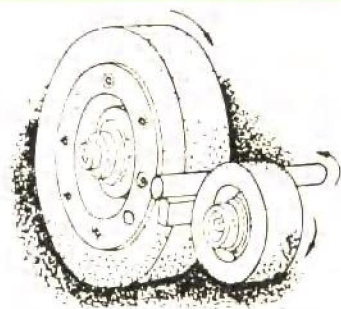
JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

套类零件的磨削

徐圣群 编著

工 磨

580.6



机械工业出版社

内容提要 通过叙述短套、轴套、盘形套、薄壁套和阶台套的磨削,比较系统地介绍了工件的装夹和找正、砂轮的选择及安装、磨削用量的选择、磨削方法和技术测量等,并根据实例对轴套工件进行了工艺分析。

本书内容主要来自生产实践,可供二级以上磨工自学。

套类零件的磨削

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一号)

(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 $2 \frac{1}{2}$ · 字数 58 千字

1983年5月北京第一版·1983年5月北京第一次印刷

印数 00,001—11,550 · 定价 0.20 元

*

科技新书目: 49-91

统一书号: 15033·5537

目次

一 概述	1
1 套类零件的种类和特点 (1) —— 2 套类零件的技术要求 (3)	
二 短套磨削	5
1 内圆磨削 (5) —— 2 外圆磨削 (25)	
三 轴套磨削	27
1 工件的安装和找正 (27) —— 2 磨削方法 (34)	
四 盘形工件磨削	38
1 工件的安装和找正 (38) —— 2 磨削方法 (40)	
五 薄壁套筒磨削	43
1 特点 (43) —— 2 工件的安装和找正 (44) —— 3 磨削方法 (48)	
六 阶台套筒磨削	50
1 工件的安装和找正 (50) —— 2 磨削方法 (52)	
七 套类零件的工艺分析	54
1 零件的技术要求和特点 (54) —— 2 磨削工艺 (56)	
八 套类零件的精度检验及其量具	60
1 尺寸精度检验及其使用量具 (60) —— 2 形状误差测量及其量具 (66) —— 3 位置误差测量及其量具 (67)	
九 套类工件的缺陷分析和防止方法	72
1 工件表面光洁度差 (72) —— 2 工件表面呈棱形波纹 (73) —— 3 表面产生螺旋形痕迹 (73) —— 4 内、外圆表面产生喇叭形 (74) —— 5 端面与孔的垂直误差大 (75) —— 6 端面跳动量大 (75) —— 7 内、外圆同轴度	

一 概 述

1 套类零件的种类和特点 套类零件是机器制造中常用的一种零件，在各种机器上都占有重要的地位。例如：起支承作用的各种形式的轴承、起导向作用的各种形式的导向套、内燃机上的汽缸套以及液压和气压系统中的油(气)缸等，如图 1 所示。

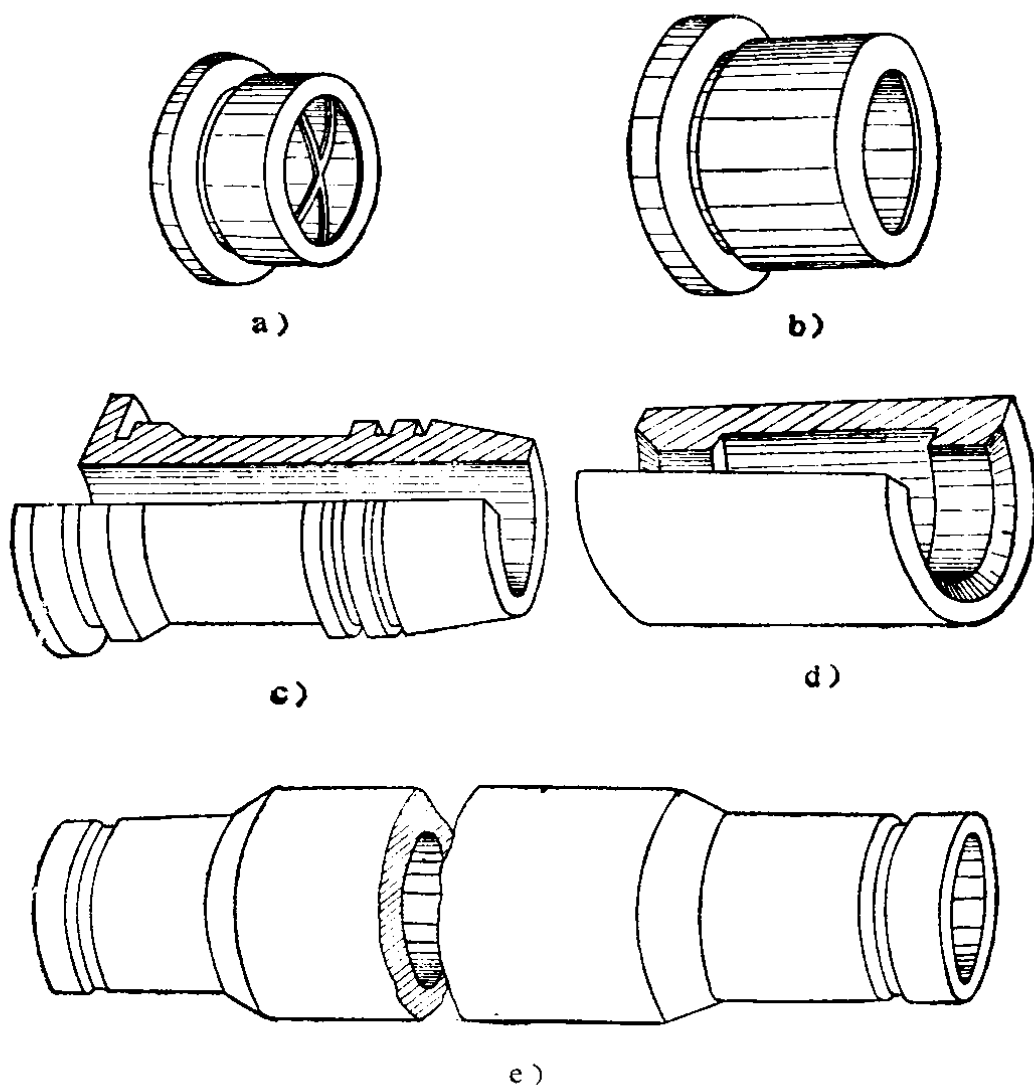


图 1 套类零件种类

a) 滑动轴承 b) 钻套 c) 汽缸套 d) 轴承衬套 e) 油缸

(一) 结构特点 套类零件由于功用不同, 它的形状、结构和尺寸有很大差别, 但是从结构上看仍有它们的共同特点: 零件的主要表面为同轴度要求较高的内、外旋转表面; 零件的孔壁较薄容易变形; 零件的长度一般大于直径等。

(二) 磨削特点 从套类零件的结构看, 它主要是由内、外旋转表面组成的, 外表面的磨削与轴的外表面磨削基本相同, 只有在外表面作为定位基准时, 才对它提出更高的要求。

内表面磨削是套类零件磨削的主要工艺加工部分。它的特点是:

(1) 磨孔时, 砂轮的直径大小受到孔径的限制, 只能使用比孔径还要小的砂轮, 而直径小的砂轮很容易磨钝, 需要经常修整和更换砂轮, 因而增加了辅助时间。

容易磨钝的原因是, 磨粒在单位时间内参加切削的次数大大增加。例如, 一般外圆磨床砂轮的直径为 400 毫米, 而内孔磨削时的砂轮直径一般均在 20~50 毫米或更小些。如果, 磨削时砂轮圆周速度相同, 那么磨内孔时砂轮的转速要比磨外圆时砂轮转速高 10~20 倍左右。由此可见, 磨内孔时砂轮上的磨粒, 在单位时间内参加切削次数, 比磨外圆时砂轮上的磨粒增加 10~20 倍, 因而容易磨钝。

(2) 磨内孔的砂轮直径小, 砂轮的转速又受到内圆磨具的限制(目前内圆磨具转速一般为 10000~24000 转/分), 因而磨孔时砂轮往往达不到正常的圆周速度 (30~35 米/秒)。例如, 用直径为 25 毫米的砂轮, 以 20000 转/分的转速磨削内孔, 砂轮的圆周速度仅为 26 米/秒。当砂轮的直径更小时, 圆周速度就更低了。砂轮圆周速度低, 也是影响磨孔质量的主要原因。

(3) 由于砂轮接长轴的直径受到砂轮直径大小的限制, 因而它的直径比砂轮直径要小, 但它的悬伸长度则较长 (一般均要

超过被磨孔的宽度),所以它的刚性很差,磨削时容易产生弯曲变形(或称让刀)和振动,使孔的精度和光洁度较难控制;同时,也限制了磨削用量的提高,影响了生产效率。

(4) 内圆磨削时砂轮切削表面和孔壁的接触属内切形式,它们的接触弧较磨外圆时大(图2);内圆磨削时冷却条件差,工件容易发热;磨内孔时排屑困难,磨屑容易塞实砂轮,由于以上一些因素构成磨内孔时磨削力和磨削热都较大,造成加工时的困难。

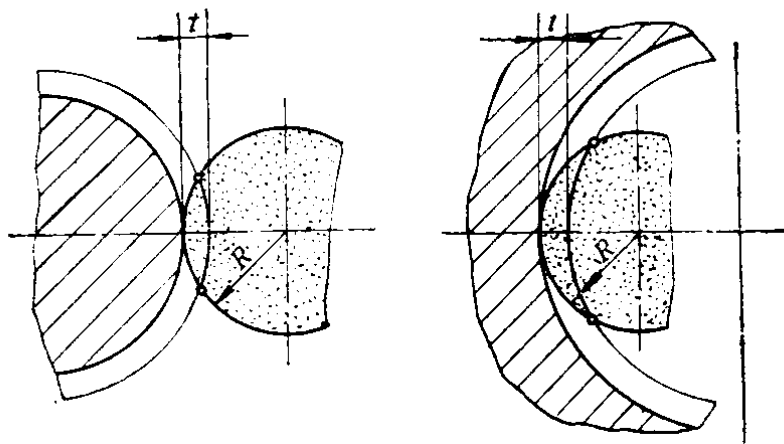


图2 外圆、内圆磨削时砂轮和孔壁的接触弧长

由于套类零件各表面间位置精度要求较高,而内圆表面磨削时又不容易控制加工精度和光洁度,因此增加了套类零件磨削工艺的复杂性。

2 套类零件的技术要求

(一) 内孔 内孔是套类零件起支承或导向作用的最主要的表面,它通常与运动着的轴、刀具或活塞相配合。在滚动摩擦中,运动着的轴往往是通过滚动轴承与轴套内孔的准确配合,来达到支承作用的,这时对内孔提出了更高的要求。内孔直径的尺寸精度一般为2级,精密轴套有时取1级。

内孔的形状精度,一般应控制在孔径公差以内,有的精密轴

为了保证零件的功用和提高其耐磨性，内孔的光洁度一般为 $\nabla 7 \sim \nabla 10$ ，有的高达 $\nabla 12$ 以上。

(二) 外圆 外圆表面一般是套筒零件的支承表面, 常以静配合或过渡配合同箱体或机架上的孔相连接。外圆的尺寸精度通常是 2~3 级, 形状精度控制在外径公差以内; 外圆是定位基准时, 应严格控制其形状误差; 光洁度一般为 $\nabla 7 \sim \nabla 8$ 。

(三) 内外圆之间的同轴度误差 套类零件的同轴度允差一般都在 0.01~0.02 毫米, 精密轴套在 0.005 毫米以内。假如不

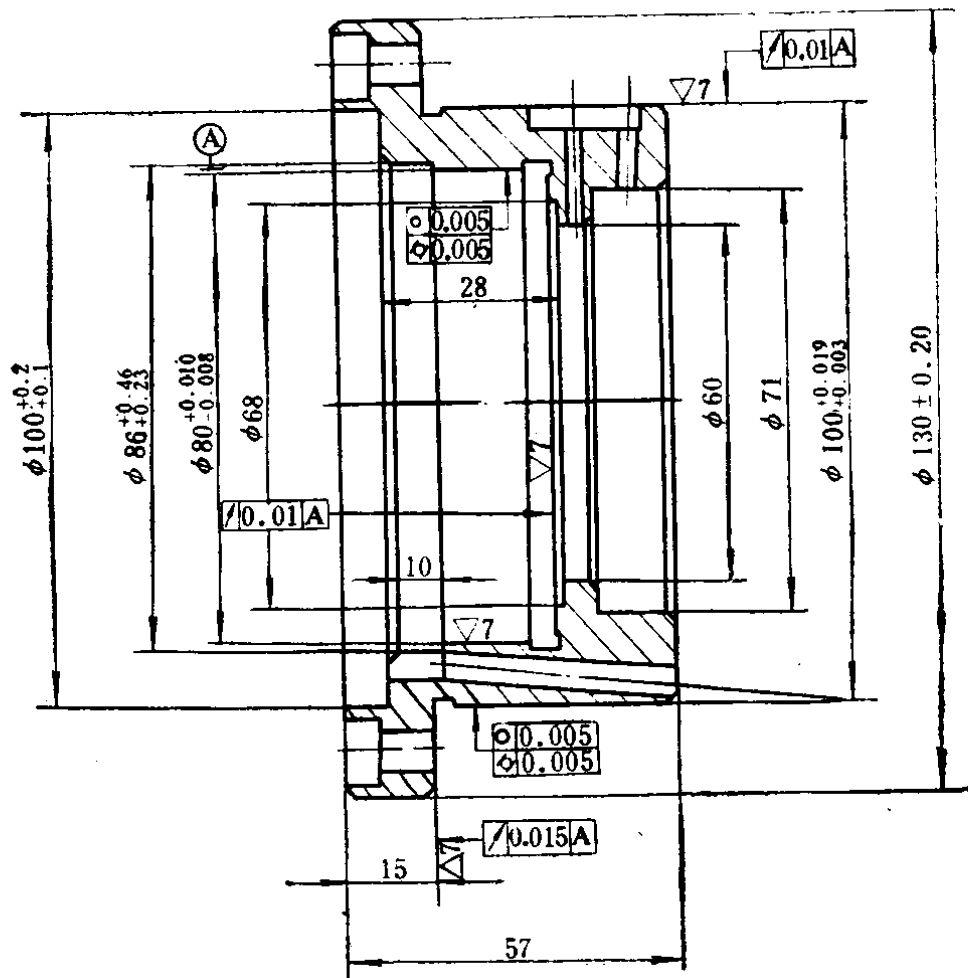


图 3 后衬套

控制同轴度误差，就不能保证装配精度。

(四) 孔与端面的垂直度误差 套筒的端面(包括凸缘端面)如在工作中承受轴向载荷，或虽不承受轴向载荷但在磨削中是作为定位基准的，与孔的垂直度误差应严格控制，一般均为 0.01 毫米，有时更小些。

图 3 为机床上后衬套，其主要技术要求如下：

(1) 内孔 A 的圆度和圆柱度允差为 0.005 毫米。

(2) 外圆 $\phi 100^{+0.010}_{-0.008}$ 的圆度和圆柱度允差为 0.005 毫米；对 A 面的跳动允差为 0.01 毫米。

(3) 内端面和外端面对内孔 A 的跳动允差为 0.01 毫米。

(4) $\phi 80^{+0.010}_{-0.008}$ 和 $\phi 100^{+0.010}_{-0.008}$ 的光洁度为 $\nabla 7$ 。

二 短 套 磨 削

1 内圆磨削

(一) 机床简介 套类零件的内孔可以在万能外圆磨床上磨削。将砂轮架转动 180° (M1420)；或将内圆磨具放下(M1432A)，就可磨内孔。

内孔磨削多数是在内圆磨床上进行。图 4 为 M2110 型内圆磨床，可磨削圆柱孔或圆锥孔。它由床身 12、工作台 2、床头箱 5、内圆磨具 7 和砂轮修整器 6 等部件组成。

床头箱通过底板 3 固定在工作台的左端。床头箱主轴的前端装有三爪卡盘或其他夹具，以夹持并带动工件旋转，见图 5。床头箱可相对于底板绕垂直轴线转动一定角度，以便磨削圆锥孔。底板 3 可沿着工作台面上的纵向导轨调整位置，以适应磨削各种长度不同的套类零件。磨削时工作台由液压驱动，沿着床身上的纵向导轨作直线往复运动（由撞块 4 自动控制换向），使工件实现纵

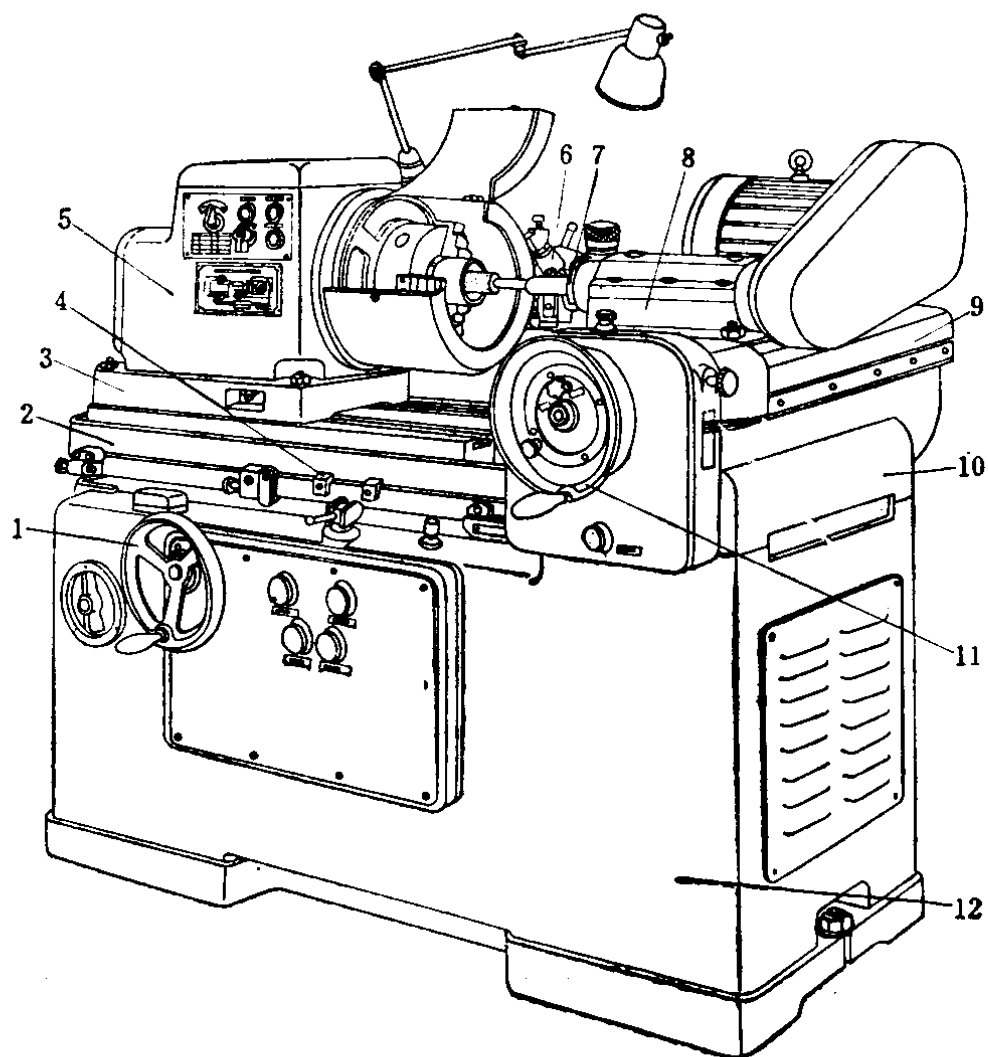


图 4 M2110型内圆磨床

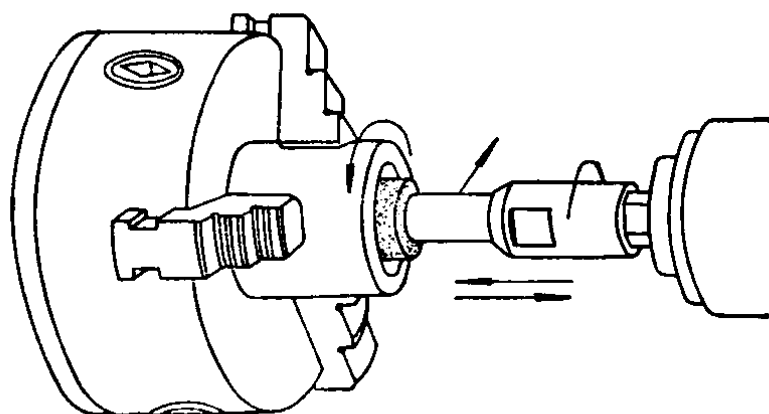


图 5 工件装夹在三爪卡盘上

向进给。装卸工件或磨削过程中测量工件时，工作台需要向左退出较大一段距离。为了缩短辅助时间，当工件退离砂轮一段距离后，安装在工作台前侧的压板，可自动控制油路转换为快速行程，使工作台快速退至左边极限位置。重新工作时，工作台先实现快速向右，而后自动转换为进给速度。工作台也可用手轮 1 实现纵向移动。

内圆磨具 7 安装在磨具座 8 中，它可以根据磨削孔径的大小进行调换（配备有二套不同规格的内圆磨具）。砂轮主轴由电动机经平皮带直接传动旋转。磨具座 8 固定在横拖板 9 上，后者可沿着固定在床身 12 上的桥板 10 上面的横向导轨移动，使砂轮实现横向进给。砂轮的横向进给有手动和自动二种，手动进给由手轮 11 来实现；自动进给由固定在工作台侧面的撞块控制横向进给机构来实现。

修整器 6 是修整砂轮用的，它通常安装在工作台中部台面上，但根据加工需要可在纵向或横向调整位置。修整器上的金刚石杆可随着修整器的回转头上下翻转，修整砂轮时放下，磨削时朝上抬起。

（二）砂轮的选择及其安装方法

（1）砂轮的选择 砂轮磨料的选择主要与被磨工件的材料及其热处理方法有关，表 1 可供选择磨料时参考。其他特性选择与内圆磨削特点有关系。内圆磨削时接触弧面积大，冷却条件差，所以要经常保持砂轮工作面有锋利的切削刃，这样才能减小切削力和降低磨削区域的磨削热。砂轮硬度软一些能适应这一要求。通常内圆磨削用的砂轮较外圆磨削用的砂轮硬度要软 1~2 级。但在磨削长度较长的小孔时，为了避免工件产生锥度，砂轮的硬度可适当提高。

在砂轮和孔壁接触弧较大的情况下，为了有利于采用较大的

切削深度来提高生产效率，同时避免工件烧伤，内圆磨削可采用粒度较粗的砂轮，一般均用 46 号。

表 1 磨料的特点及其适用范围

磨料名称	代号	特 点	适 用 范 围
棕 刚 玉	GZ	有足够的硬度，韧性大，抗弯强度高，价格便宜	磨削碳素钢、一般合金钢、可锻铸铁、硬青铜等，特别适用于磨未淬硬钢和调质钢以及粗磨工序
白 刚 玉	GB	比棕刚玉硬而脆，自锐性好，磨削力和磨削热量较小，价格比棕刚玉高	磨削淬硬钢、高速钢、高碳钢、螺纹、齿轮、薄壁薄片零件以及刃磨刀具等
铬 刚 玉	GG	硬度与白刚玉相近而韧性较好	可磨削合金钢、高速钢、锰钢等高强度材料以及光洁度要求较高的工序，也适用于成型磨削、刃磨刀具等
单晶刚玉	GD	硬度和韧性都比白刚玉高	磨削不锈钢和高钒高速钢等韧性大、硬度高的材料
微晶刚玉	GW	强度高，韧性和自锐性好	磨削不锈钢、轴承钢和特种球墨铸铁等
黑碳化硅	TH	硬度比白刚玉高，但脆性大	磨削铸铁、黄铜、软青铜以及橡皮、塑料等非金属材料
绿碳化硅	TL	硬度与黑碳化硅相近而脆性较大	磨削硬质合金、光学玻璃等
金 刚 石	JR JT	硬度最高，磨削性能好，价格昂贵	磨削硬质合金、光学玻璃等高硬度材料

内圆磨削排屑困难，为了有较大的空隙来容纳切屑，改善磨削区域的冷却条件，避免砂轮过早塞实，内圆磨削可采用较疏松的砂轮。

普通内圆磨削常用砂轮特性选择见表2。

表 2 普通内圆磨削常用砂轮特性表

磨料	结 合 剂	硬 度	粒 度 组 织
棕刚玉(GZ)	陶瓷结合剂(A)	R ₃ 、ZR ₁	36*、46*
白刚玉(GB)	陶瓷结合剂(A)	ZR ₁ 、ZR ₂	60*、70*、80*
碳化硅(TH)	陶瓷结合剂(A)	ZR ₁	60*、80*

内圆磨削使用砂轮的形状，通常有两种：图 6 a 为磨通孔用；图 6 b 为磨不通孔用，此时紧固螺钉应埋在砂轮孔内。

砂轮直径选择 砂轮的圆周速度一般应在20~35 米/秒。采用接近孔径的砂轮，才能获得较理想的砂轮圆周速度，以确保内孔的表面光洁度和较高的生产效率。但是，在磨削

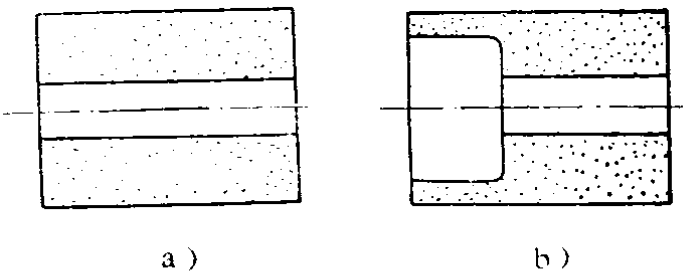


图 6 内圆磨削使用砂轮的形状

a) 磨通孔用 b) 磨不通孔用

较大孔径的工件时，满足了理想的砂轮圆周速度后，砂轮的直径就不宜过大。因为砂轮直径增大后，在磨削深度相同的情况下，它与孔壁的接触弧就增大（图 7），使磨削力和磨削热增大，排屑困难，冷却条件变坏，砂轮容易塞实变钝，工件的光洁度反而下降。另外，目前内圆磨具的主轴转速均在10000转/分以上，

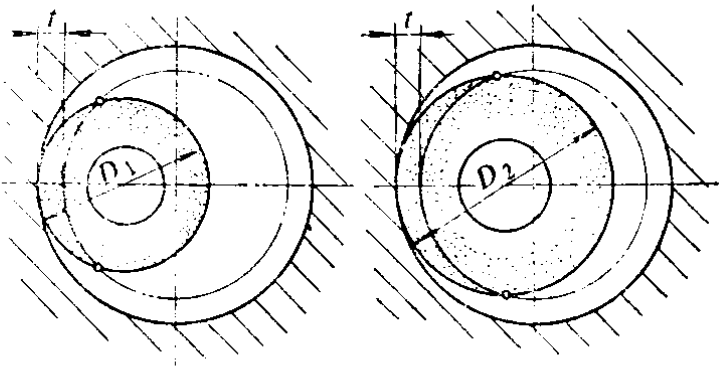


图 7 砂轮直径大小与接触弧关系

在磨削较大的内孔时，要特别注意砂轮的圆周速度不要超过允许

的安全速度。为了获得良好的磨削效果，砂轮直径与工件孔径应有适当的比值，这一比值通常在 0.5~0.9 之间。当工件孔径较小时，可取较大的比值，以解决砂轮圆周速度低和砂轮接长轴刚性差的矛盾；当工件孔径较大时，可取较小的比值，以解决发热量大和排屑困难的矛盾。

砂轮宽度的选择 采用较宽的砂轮后，磨削时可实现较大的纵向进给和缩短工作台的纵向行程长度。另外，宽砂轮可增加同时切削的磨粒数，能提高工件光洁度，并降低砂轮的磨耗。但砂轮宽度增大后，也有其不利的一面：磨削力增大；砂轮接长轴加长，增大了接长轴的弹性变形，工件容易产生锥度；磨削热增加，排屑困难，影响工件的加工精度。

在砂轮接长轴的刚性和机床功率的允许范围内，砂轮的宽度可随着工件长度增大而适当的增加。

内圆磨削用的砂轮宽度见表 3。

表 3 砂轮宽度的选择

被磨孔的长度(毫米)								
20~25	26~30	31~35	36~40	41~45	46~50	51~60	61~75	75以上
砂轮宽度(毫米)								
16~20	20~25	22~28	25~30	30~35	32~40	45~50	50~60	60以上

(2) 砂轮的安装 内圆磨削的砂轮不能直接安装在主轴上，应该在砂轮主轴上先紧固一根接长轴，当使用不同规格的砂轮时，只要更换接长轴或在接长轴上更换砂轮即可。这种将砂轮安装在接长轴上的方法，大大扩大了机床主轴的适用范围。

砂轮接长轴 接长轴的形式如图 8 所示。目前多数采用带外锥的接长轴（图 8a、b），外锥规格一般是莫氏锥度或 1:20 锥体，如 M131W 型万能外圆磨和 M2110、M2120 型内圆磨床上均采用

带外锥的接长轴。因为外锥面容易达到加工精度，从而保证了内外锥的接合刚度，所以使用广泛。

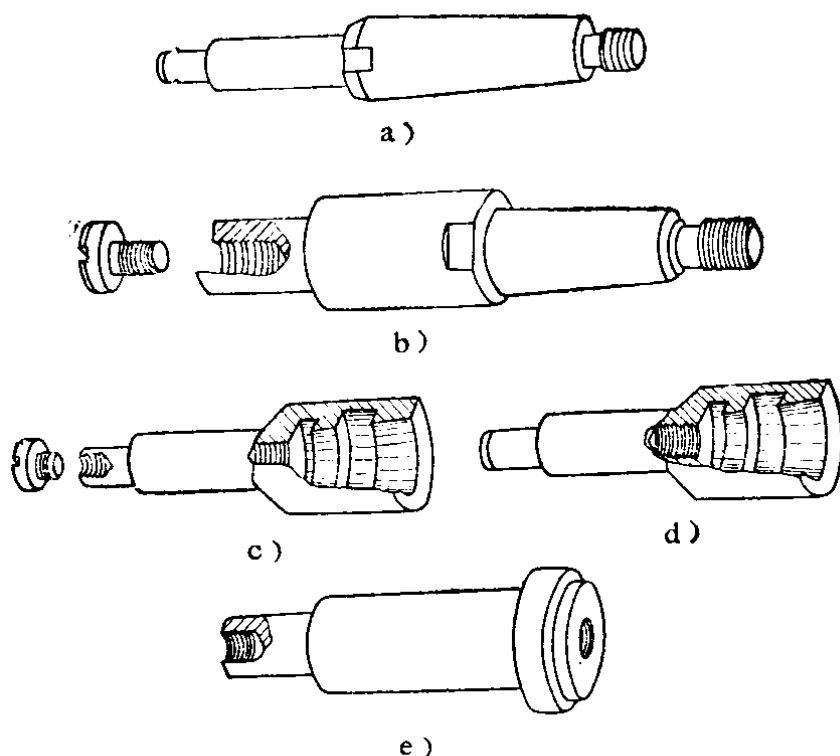


图 8 接长轴的几种形式

有的机床也采用带内锥的接长轴（图 8c、d），内锥规格通常为 1:20 锥体。由于内锥面加工比较困难，所以目前使用较少。

目前有的机床，如主轴磨床采用图 8e 所示的接长轴形式。这种接长轴以外圆和阶台端面定位，不但定位精度高，而且接合刚性也比用外锥面定位好。磨削时接长轴不易产生颤动，工件内孔表面光洁度好；磨小孔修整砂轮时，金刚石尖部不易戳入砂轮表面；加工精度容易保证，而且加工简单、省工，可以广泛采用。

接长轴上应加“扁位”，供上紧接长轴和安装砂轮时用。目前，我国生产的内圆磨床和万能外圆磨床上，磨具主轴的旋转方向均是逆时针旋向，所以接长轴的紧固螺纹应为右旋。从接长轴上更换砂轮，或从主轴上拆装接长轴时，只要搞清楚砂轮的旋向，逆着

砂轮的旋向就可紧固砂轮或接长轴；反之，就可松脱。

对接长轴的要求：

1) 应从工艺上保证接长轴上各挡外圆与锥面或阶台外圆的位置精度。

2) 接长轴锥面的几何形状精度要高，便于与磨具锥面紧密接合，接触面不小于 85%。尽量让锥体大端部分接触好些，这样能保证锥体的接合刚性。

采用阶台外圆配合的接长轴，外圆应达到一级精度第一种过渡配合；阶台与外圆的垂直度允差和跳动允差均应在 0.005 毫米以内。

3) 为了保证接长轴的刚性，接长轴伸出磨具主轴外的杆身，应短而粗。杆身的长短取决于被磨孔的长度和砂轮在孔端的伸出量，还有工作台在往复运动时应保证磨具和接长轴与机床的其他装置不碰撞。

4) 接长轴外端各挡直径的大小，取决于砂轮直径的大小。要注意杆身直径不能过大，否则会影响砂轮的使用寿命。

5) 接长轴材料 可用中碳合金钢或中碳钢，经淬火、回火处理，硬度为 HRC 38~48。磨削精密套类零件时，也可采用 40Cr 钢来制造。当砂轮外径在 $\phi 8$ 以下时，接长轴最好采用 CrWMn 钢来制造。

砂轮的安装方法：

1) 螺钉紧固法 这是常用的安装砂轮的方法（图 9a、b）。这种方法可以保证砂轮有正确的定位和可靠的夹紧。图 9a 为磨通孔的砂轮，紧固螺钉头部可以是六角形或扁位，用扳头紧固。图 9b 为磨不通孔的砂轮，紧固螺钉头部应为圆头内六角，用内六角扳头紧固。

紧固力应适中。

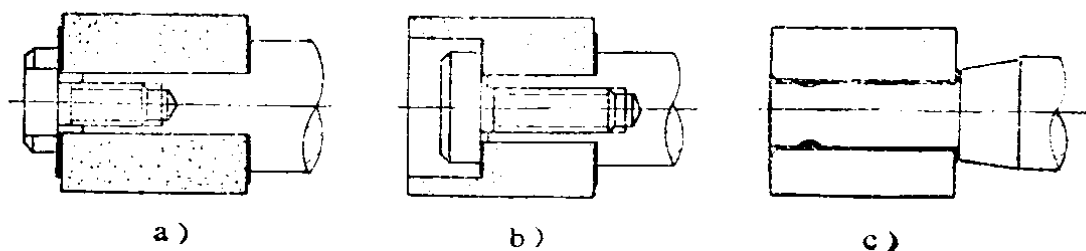


图9 安装砂轮的方法

紧固砂轮时应注意以下几点：

① 紧固螺钉的螺旋方向（左旋或右旋），应与砂轮的旋转方向相反。这样，砂轮在磨削过程中，在磨削力的作用下，紧固螺钉存在着压紧砂轮的趋势，保证砂轮受力后不会松脱。

② 承压砂轮的接长轴端面不能太小，否则会减少摩擦面积，不能保证紧固砂轮的可靠性；但也不能太大，否则会减少砂轮的有效使用直径。

③ 砂轮的两端面必须垫上黄纸板等软性衬垫，厚度以 0.2 ~ 0.3 毫米为宜。

④ 砂轮内孔与接长轴外圆的配合间隙，一般不要超过 0.2 毫米。如果间隙过大，砂轮由于定位不准而产生偏心，砂轮修整后产生壁厚不均匀，在砂轮高速旋转时会产生较大的振动，影响工件加工质量。但间隙也不能太小，特别要注意，不能用力将砂轮硬压进去，以防砂轮受力碎裂。

2) 粘结剂紧固法 磨 $\phi 15$ 以下的小孔时，砂轮常用粘结剂紧固（图 9 c）。由于接长轴安装砂轮处外圆直径太小，一方面无法攻丝；即使攻了丝，因紧固螺钉太小，紧固力也不够，所以改用粘结剂紧固，接长轴形式如图 8 a、d。为了增大粘结强度，紧固砂轮处外圆可磨成四方形带棱边。使用时不要让砂轮受到意外冲击。

粘结剂是用磷酸溶液（ H_3PO_4 ）和氧化铜（ CuO ）粉末调配

而成。调配时先将氧化铜粉末放在瓷质容器内，渐渐注入磷酸溶液，并不断搅拌，成糊状混合物时，即可使用。

用粘结剂紧固砂轮时应注意：

① 接长轴与砂轮内孔应有 0.3 毫米左右的间隙，也可将接长轴外圆磨成带圆弧的棱边。

② 粘结剂应充满砂轮内孔与接长轴外圆之间的间隙，以确保粘结强度。为此，可先在砂轮内孔中涂一层粘结剂，再在接长轴的相应部位也涂上一层粘结剂，然后将接长轴对准砂轮孔的中心徐徐插入，最后刮去砂轮端面多余的粘结剂。砂轮进入接长轴后，接长轴应竖直放置。

③ 凝固后，通常用电炉进行焙干，但时间不宜太长，否则磷酸铜在电炉加热下快速凝固，体积急剧膨胀，砂轮容易碎裂。一般焙干至粘结剂开始显现暗绿色时，即可停止。有时也可在常温下，让粘结剂自然干燥。

（三）工件的安装及找正

（1）卡盘及其安装

1）三爪卡盘 三爪卡盘是一种常用的简单的自动定心夹具（图 10 a）。它适宜装夹中、小型工件。三个卡爪 1 的平面有螺纹，与卡盘体 2 内的圆盘 3 的端面平面螺纹啮合；卡盘体圆周上装有三个小的锥形齿轮 4，与圆盘 3 后面的锥齿啮合。转动卡盘体圆周上任何一个锥形齿轮，圆盘 3 即转动，并带动三个卡爪同时向心或向外移动，达到夹紧或放松工件的目的。

2）四爪卡盘 四爪卡盘上有四个卡爪 1，卡爪 1 的背面有半瓣内螺纹与螺杆 2 啮合，每一个卡爪都单独由一个螺杆 2 来控制移动（图 10 b）。因为四个卡爪的移动是独立的，所以它可以装夹不规则的工件外形或四方形等。它的夹紧力大，而且不受卡爪所处位置的影响。