



上岗之路

磨工

技能实战训练

机械工业职业教育研究中心 组编

提高版

上岗取证之法宝
学习技能之锦囊



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本系列丛书分入门版和提高版,书中以技能训练实例为主,遵循由浅入深、由易到难、由简单到复杂循序渐进的规律,以提高读者的综合技能水平。本书是提高版,主要内容包括:精密轴类、套类零件磨削,薄壁、薄片零件磨削,复杂形状零件磨削,刀具刃磨,专用磨床磨削;中等技术等级典型零件磨削,工艺分析能力训练,书末还附有技能考核自测题。

本书图文并茂、形象直观,文字叙述简明扼要、通俗易懂,可供中级技术工人培训和自学之用,也可作为技工学校、职业技术学校的生产实习教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

磨工技能实战训练:提高版/机械工业职业教育研究中心组编. —2版. —北京:机械工业出版社,2004.9
(上岗之路)

ISBN 7-111-04824-5

I. 磨... II. 机... III. 磨削—基本知识 IV. TG58

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 088565 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王英杰 版式设计:冉晓华 责任校对:张媛

封面设计:鞠杨 责任印制:李妍

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 9 月第 2 版·第 1 次印刷

850mm × 1168mm ¹/₃₂ · 6 印张 · 157 千字

定价:12.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面防伪标均为盗版

出版说明

为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革和发展的决定》精神，满足企业职工学习技能的需要，我们组织出版了这套“上岗之路”丛书。

本套丛书共 30 本，包括 15 个工种的入门版和提高版，是根据原机械工业部统编的《机械工人操作技能培训教材》重排修订而成的。原教材作为我国第一套操作技能培训教材，以其内容实用，训练实例典型、通用、可操作性强，立体插图形象直观，文字叙述简明扼要、通俗易懂等特点，在工矿企业的技能培训，技工学校、职业技术学校的实习教学等方面发挥了很大的作用，受到了广大读者的好评，直到现在仍有不少读者订购。但由于原教材采用铅排印刷，不便于再版。为使这套教材更好地发挥其作用，经与编委会协商，决定对其进行重排修订。

为保持本套书的特色，本次修订仅对原教材中结构安排不合理之处进行调整，删去部分意义不大、代表性不强的内容，并适当补充一些必要的新知识，全面采用新的技术标准。为便于读者携带，开本由原来的 16 开改为大 32 开。

本套丛书可供初、中级技术工人培训和自学之用，也可作为技工学校、职业技术学校的生产实习教学用书。

本书由薛源顺、朱根福、宋秋云、鲍慧莉编著，宋秋云审稿。

由于修订时间仓促，书中难免有缺点和错误，恳切希望广大读者批评指正，以便下次修订时参考。

目 录

出版说明

单元 1 精密轴类零件磨削	1
技能训练 1 磨细长轴	1
技能训练 2 磨台阶轴	10
技能训练 3 磨带孔轴	16
单元 2 精密套类零件磨削	21
技能训练 1 磨多台阶套筒	21
技能训练 2 磨精密深孔	28
技能训练 3 磨具有高精度孔的套筒	31
单元 3 薄壁、薄片零件磨削	36
技能训练 1 磨薄壁零件	36
技能训练 2 磨薄片零件	42
单元 4 刀具刃磨	48
技能训练 1 立铣刀的刃磨和开刃	48
技能训练 2 三面刃铣刀的刃磨	54
技能训练 3 插齿刀的刃磨	58
单元 5 专用磨床磨削	62
技能训练 1 磨花键轴	62
技能训练 2 磨曲轴	68
技能训练 3 磨导轨面	72
技能训练 4 磨螺纹	80
单元 6 复杂形状零件磨削	95
技能训练 1 磨成形面	95

技能训练 2 磨偏心轴和坐标孔系	98
技能训练 3 磨 V 形块	102
单元 7 工艺分析能力训练	108
技能训练 1 主轴磨削工艺分析	108
技能训练 2 套类零件磨削工艺分析	117
单元 8 中级技术等级典型零件磨削	120
技能训练 1 磨钻床主轴	120
技能训练 2 磨磨床主轴	123
技能训练 3 磨套类零件	127
技能训练 4 磨车床床身导轨	128
技能训练 5 磨偏心套	132
技能训练 6 磨合成零件	134
技能训练 7 磨精密丝杠	137
技能考核自测题	140
1. 磨分度板	140
2. 磨内、外锥套	142
3. 磨样板	144
4. 磨细长轴	146
5. 磨物镜筒	148
6. 磨空心轴	150
7. 磨套	152
8. 磨轴	154
9. 磨双锥套	156
10. 磨滑板	158
11. 磨 V 形架	160
12. 磨磨头架导轨	162
13. 磨偏心轴	164
14. 磨合成件 (一)	166
15. 磨合成件 (二)	168
16. 磨 V 形槽	170

17. 磨合成件 (三)	173
18. 磨曲轴	175
19. 磨花键轴	177
20. 磨键槽铣刀	179
21. 磨丝杠	181

精密轴类零件磨削



技能训练 1

磨细长轴

1. 用中心架支承磨细长轴

(1) 分析图样和技术要求 图 1-1 所示为精密细长轴。这类零件的特点是轴的长度与直径的比值（简称长径比）大于 15 ~ 20，工件的刚度较低，在磨削力的作用下，工件易产生弯曲变形和振动，使磨出的工件呈腰鼓形或竹节形，工件表面还会产生波纹。本零件的长径比为 1:20； $\phi 40 \pm 0.008 \text{ mm}$ 外圆的圆柱度公差为 0.008 mm； $\phi 40 \pm 0.008 \text{ mm}$ 外圆轴线的直线度公差为 0.007 mm；表面粗糙度值为 $R_a 0.4 \mu\text{m}$ 。加工本零件的关键是设法减小工件的弯曲变形，以保证细长轴的加工精度。减少工件的弯曲变形主要应从两方面着手：一方面可用中心架增加工件的刚度；另一方面是减小磨削的径向力。

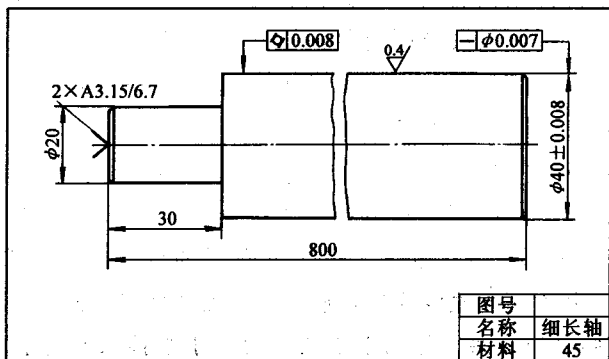


图 1-1

(2) 调整中心架 用中心架支承可以提高工件的支承刚度。操作时,应根据工件的尺寸和加工精度,合理使用中心架。

1) 中心架的选择 如图 1-2 所示,通常用一个中心架支承磨削细长轴,将中心架安装在工作台上,并支承在工件中部位置。如图 1-2b 所示,工件的支承圆应有一定的精度,以保证中心架能良好地支承。磨削 ($\phi 75 \sim \phi 100$) mm $\times$ 1050mm 的细长轴时可选择两个中心架支承,但调整较复杂。

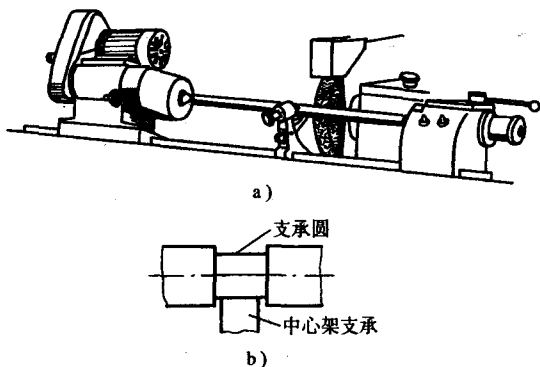


图 1-2

2) 磨削中心架的支承圆 为了保证中心架能良好地支承,工件的支承部位应为一理想的圆,故在中心架支承前,应将工件的支承部位预先磨削至一定的精度。通常支承圆应选择在工作件的中部,用切入法磨削至径向圆跳动误差在 0.005mm 内,留精磨余量 0.05 ~ 0.08mm; 表面粗糙度值达到 $R_a 0.4 \mu\text{m}$ 。支承圆的长度略大于中心架支承宽度即可。

支承圆是工件刚度最低的部位,且工件毛坯有较大的径向圆跳动误差,故磨削支承圆时,工件会产生较大的变形和断续磨削所造成的振动。为此,必须将磨削划分成粗、精磨两步。粗磨时,砂轮切入速度要尽量慢,以控制支承圆的精度。

3) 调整中心架 开式中心架主要由水平撑块和垂直支持块等组成。调整时,可用百分表来控制中心架支持块和撑块的移

动量。

图 1-3 所示为调整水平撑块的方法。调整时,把百分表的测量头放在支承圆的侧素线上,回转捏手使水平撑块移动。当百分表指针偏摆时,则说明水平撑块已与工件接触,百分表偏摆量以 1~2 格为宜。然后调整垂直支持块,如图 1-4 所示,将百分表的测量头放在工件支承圆的上素线上,转动螺杆使支持块与工件接触,百分

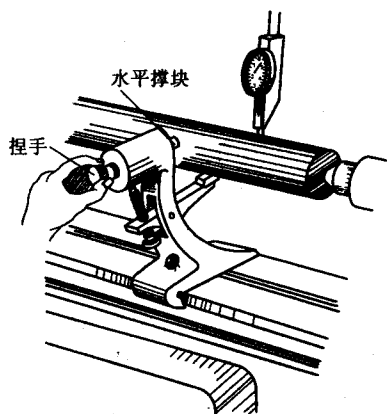


图 1-3

表的偏摆量以 1~2 格为宜。调整时要防止支承歪斜 (图 1-5b)。

(3) 磨细长轴的操作步骤 工件的弯曲变形是细长轴磨削的难点。工件在用中心架支承后,其刚度虽有所提高,但由于其它力的作用,特别是磨削径向力的作用,细长轴还会产生一定的变形。故在磨削操作中,如工件的装夹、磨削用量的选择、砂轮的使用诸方面都应注意使工件的变形为最小值。

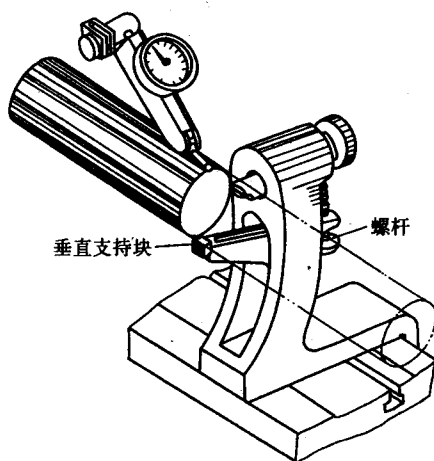


图 1-4

1) 校对头架、尾座中心 清理工作台移置导轨表面,移动尾座,校对头架、尾座中心,尾座顶尖与头架顶尖不允许有明显的偏斜。

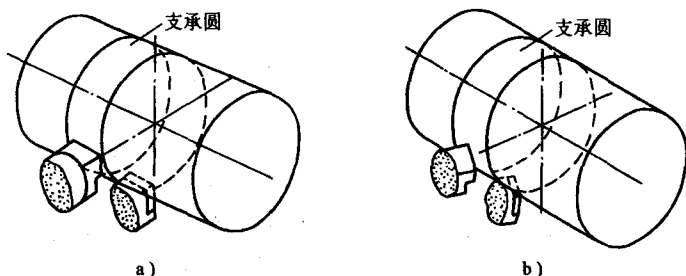


图 1-5

2) 装夹工件 工件中心孔的表面粗糙度值为 $R_a 0.4\mu\text{m}$, 用自用顶尖涂色法检验, 中心孔与顶尖的接触面应大于 85%。选用硬度合金顶尖装夹工件, 顶尖的表面粗糙度值为 $R_a 0.4\mu\text{m}$ 。工件中心孔内应涂充足的润滑脂。

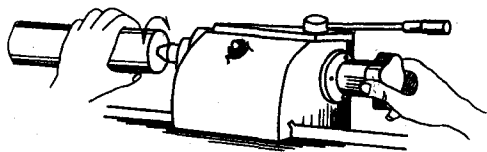


图 1-6

调整顶尖的顶紧力, 调整后顶尖的顶紧力要小。如图 1-6 所示, 调整时用手轻轻转动工件, 手感应较轻松; 松手后, 工件不会因鸡心夹头的偏重而自转, 则说明顶尖的顶紧力已经调整适当。

由于磨削过程中各种力的作用, 工件的顶紧力还会发生变化, 所以操作时应时刻注意顶紧力的变化, 及时调整, 以防止产生虚顶紧现象。

3) 调整中心架 根据磨削步骤, 需在粗、精磨时分别调整一次。在磨削过程中要随时注意中心架支承的情况, 发现接触不良时, 应及时调整。通常在中心架支承处注入润滑油, 以减小支承处的摩擦阻力, 减小其对中心孔定位处的影响。

4) 粗磨 $\phi 40 \pm 0.008\text{mm}$ 外圆 粗磨时留精磨余量 $0.07 \sim$

0.08mm, 工件 $\phi 40 \pm 0.008\text{mm}$ 外圆轴线的直线度误差在 $\phi 0.015\text{mm}$ 内。

① 选用砂轮特性为 WA46K 或 WA60K, 以保证砂轮具有较强的磨削性能。一般不能用粒度为 F80 或 F100 的砂轮。

② 合理修整砂轮。应选用 0.7 克拉 (1 克拉 = 0.2g) 左右 of 的金刚石, 金刚石的夹角为 80° 左右, 以保证修整后的砂轮具有较强的磨削性能, 使磨削力减小至最小数值。修整时背吃刀量取 0.03mm 左右, 纵向进给速度取 400mm/min 左右。

③ 背吃刀量取 0.01 ~ 0.015mm; 工件转速取 70r/min; 纵向进给量视磨削部位而变化, 靠近工件两端可用较大的进给量, 磨削工件中部时, 则取较小的进给量, 并适当增加行程次数。

④ 要随时检测工件的圆柱度误差, 并相应地修正中心架水平撑块的调整量。例如, 工件中部尺寸较两端大时, 可适当顶紧水平撑块。

5) 精磨 $\phi 40 \pm 0.008\text{mm}$ 至尺寸 修整砂轮后, 精磨 $\phi 40 \pm 0.008\text{mm}$ 外圆至尺寸。

① 重新磨削支承圆至 $\phi 40_{-0.01}^{+0.015}\text{mm}$ 。支承圆的径向圆跳动误差在 0.004mm 内。

② 取背吃刀量 0.005mm 左右, 用纵向法磨削外圆, 并适当增加行程次数。当磨削至极限尺寸时, 要仔细调整中心架, 并增加测量次数, 以便随时掌握工件各部位直径尺寸的变化, 把圆柱度误差控制在 0.008mm 内。

工件局部尺寸的误差, 可采用控制纵向进给量, 在直径较大处作多次往复行程,

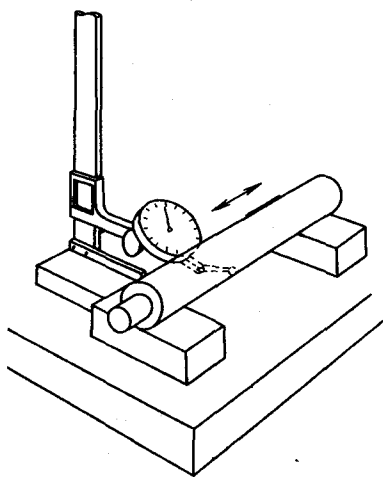


图 1-7

以增加磨削时间来消除。

③ 可适当减低乳化液的浓度，以改善冷却条件。切削液要充分，但水流不宜太急。

④ 测量工件的直线度误差时，把工件放在平板的两平行块上，转动工件，用百分表测出最大误差即为直线度误差，见图 1-7。

⑤ 要把直线度误差控制在 0.007mm 内。当工件弯曲变形较大时，可增加半精磨工序。

⑥ 工件磨好后要垂直吊放，以免工件因自重产生弯曲变形。

2. 磨细长台阶轴

(1) 分析图样和技术要求 图 1-8 所示为细长台阶轴，其主要技术要求为：外圆的尺寸公差等级为 IT7 级，表面粗糙度值为 $R_a 0.4\mu\text{m}$ ，1:5 圆锥用涂色法检验，接触面大于 80%，各表面的径向圆跳动公差为 0.005mm 。

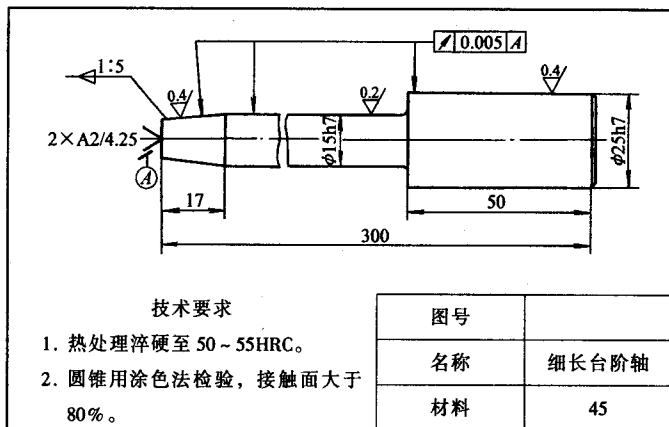


图 1-8

磨削台阶细长轴的关键问题是如何减小弯曲变形。由图 1-9 所示的工件受力状态可知，工件中部所受的弯矩最大，而工件两端处的弯矩最小。因此，为了保证工件的加工精度，在最后精磨时，不能出现较大的弯矩。故不能在最后磨削处于中部位置的 $\phi 15h7$ 外圆。

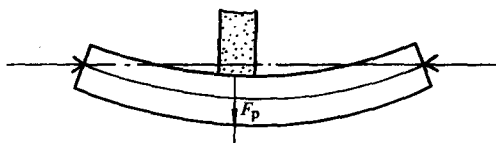


图 1-9

(2) 磨细长台阶轴的操作步骤 与训练 1 相同的步骤从略。操作时要注意合理安排磨削顺序，使工件的弯曲变形为最小。

1) 粗磨外圆 先粗磨 $\phi 15h7$ 外圆，留精磨余量 $0.08 \sim 0.09\text{mm}$ ；后粗磨 $\phi 25h7$ 外圆，留精磨余量 $0.07 \sim 0.08\text{mm}$ 。

① 粗磨时要经常保持砂轮的锋利，不能用磨钝的金刚石修整砂轮。如图 1-10a 所示，用磨钝的金刚石所修整的砂轮，没有锋利的微刃；用带有尖角的金刚石所修整的砂轮，则能获得锋利的微刃（图 1-10b），使砂轮具有良好的切削性能。

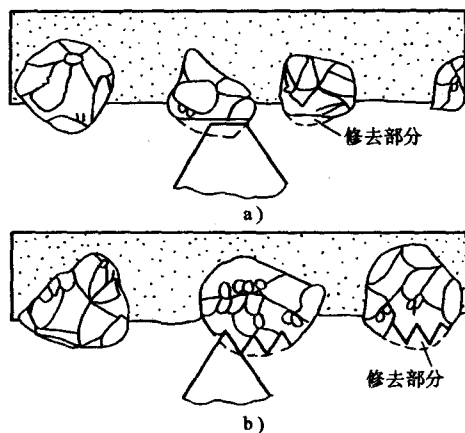


图 1-10

② 工件两端 $\phi 25h7$ 外圆和 $1:5$ 圆锥处，应安排在最后磨削，以防止径向圆跳动误差的累积。

③ 影响径向圆跳动误差的因素还有：磨削温度太高、砂轮磨钝、工件中心孔磨损变形等，磨削时要注意充分冷却，磨钝的砂轮要及时、合理地修整，并防止工件中心孔磨损变形，

损坏的中心孔需及时修研后再使用。

2) 精磨外圆至尺寸 修整砂轮后, 按下列顺序精磨外圆至尺寸要求。

① 精磨 $\phi 15h7$ 外圆至尺寸要求。

② 复测 $\phi 15h7$ 外圆的径向圆跳动误差在 0.005mm 内, 精磨 $\phi 25h7$ 至尺寸要求。

③ 精磨 1:5 圆锥至尺寸要求。圆锥用涂色法检验, 接触面大于 80%。

3. 不用中心架支承磨细长轴

(1) 分析图样和技术要求 图 1-11 所示为一小直径的精密细长轴。 $\phi 10h7$ 外圆轴线的直线度公差为 $\phi 0.02\text{mm}$; 表面粗糙度值为 $R_a 0.2\mu\text{m}$ 。加工本零件的关键是在不用中心架支承的条件下, 使工件的弯曲变形减至最小程度。磨削力是引起细长轴弯曲变形最关键的因素。

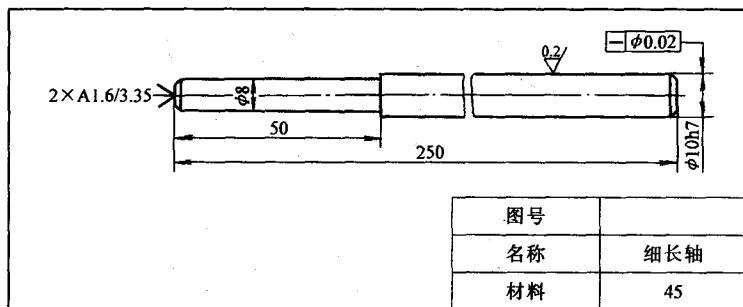


图 1-11

(2) 磨削操作步骤 用粗磨、半精磨、精磨加工工件至尺寸要求。

1) 粗磨 $\phi 10h7$ 外圆 磨削时, 需减小砂轮宽度和减小顶尖的顶紧力。留半精磨余量 0.15mm , $\phi 10h7$ 外圆轴线的直线度误差控制在 $\phi 0.015\text{mm}$ 内。

① 在砂轮宽度一定的条件下, 可修改砂轮工作面的宽度, 以减小磨削的径向力。为此, 有两种方案可供选择。如图 1-12a

所示为凹型工作面，砂轮实际磨削宽度为 $1/3 B$ (B 为砂轮宽度)。图 1-12b 所示为双台阶型工作面，砂轮磨削宽度为 $1/3 B$ ，应用较广泛。型面深度取 0.4mm 左右。图 1-12 示砂轮型面数据是按砂轮宽度 $B = 40\text{mm}$ 时制订的，操作时可按工件实际弯曲程度加以修正。当工件弯曲变形仍很明显时，可再减小砂轮的工作宽度值。

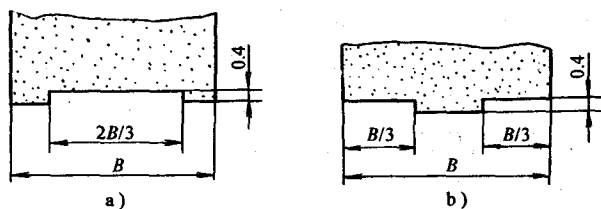


图 1-12

② 机床的型号规格不同，顶尖的顶紧力也不相同。在 M1432A 型万能外圆磨床上磨削小直径尺寸的工件时，其尾座的顶紧力就显得较大。为此可采用特殊结构的顶尖。图 1-13 所示为小弹性顶尖，顶尖所用弹簧的弹力较小，小顶尖与顶尖体的内孔有较小的间隙，且有较高的同轴度要求。如结构设计得当，可获得较好的使用效果。

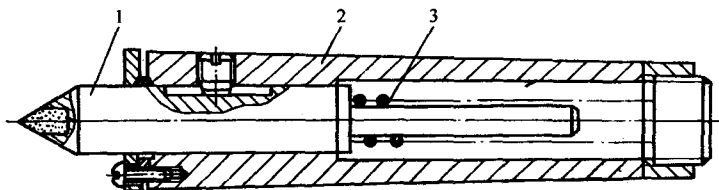


图 1-13

1—小顶尖 2—顶尖体 3—弹簧

③ 粗磨时，背吃刀量取 0.01mm 以下。

2) 半精磨 $\phi 10\text{h}7$ 外圆。复测工件的直线度误差在 $\phi 0.015\text{mm}$ 内；如直线度误差大于 $\phi 0.02\text{mm}$ ，则需增加校直工序。半精磨 $\phi 10\text{h}7$ 外圆，留精磨余量 0.05mm 。

① 半精磨时,要注意检查工件中心孔的精度,发现磨损要及时修研后再使用。

② 半精磨时,需把工件 $\phi 10h7$ 外圆轴线的直线度误差控制在 $\phi 0.01\text{mm}$ 内。影响工件变形的因素,除了顶紧力和砂轮磨削宽度外,砂轮的特性往往也起很大作用。例如用白刚玉 WA 或用铬刚玉 PA 代替棕刚玉 A;用硬度 J 级的砂轮代替硬度 K 级的砂轮都可取得明显的磨削效果。同时砂轮尖角处微刃的切削性能也对细长轴的磨削有较大的影响。如图 1-14a 所示,磨削力集中在尖角处,工件所产生的变形就会很大;在条件允许的情况下,将砂轮的尖角修成适当的台阶,从而形成多尖角状(图 1-14b),这有利于分散磨削力,从而有利于减小工件的弯曲变形。

3) 精磨 $\phi 10h7$ 外圆 修整砂轮后,精磨 $\phi 10h7$ 外圆至尺寸要求。

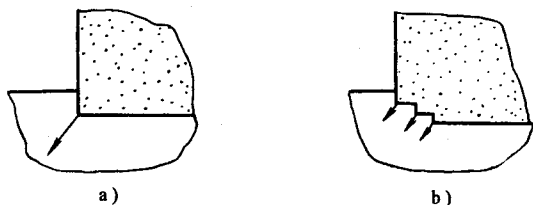


图 1-14

- ① 精磨背吃刀量取 0.005mm 。
- ② 磨削时注意充分冷却。



技能训练 2

磨台阶轴

1. 磨双向台阶轴

(1) 分析图样和技术要求 图 1-15 所示为双向台阶轴,各外圆的径向圆跳动公差为 0.002mm ;主要表面的表面粗糙度为 $R_a 0.1\mu\text{m}$ 。径向圆跳动公差为一个综合性的公差,工件的圆度误

差和同轴度误差都会使工件表面产生径向圆跳动误差。影响径向圆跳动误差的因素主要有：中心孔的圆度误差，包括中心孔在使用过程中的磨损和变形；中心孔与顶尖接触不良；机床头架顶尖与尾座顶尖没对准；工件的弯曲变形；工件磨削表面的热变形等。操作的关键是注意工件中心孔的精度，并把工件的圆度误差控制在 0.001mm 内。

(2) 磨台阶轴的操作步骤 磨削前要仔细对准头架与尾座的顶尖中心，以保证工件调头装夹时，所产生的径向圆跳动误差最小。

1) 粗磨各外圆 先用纵向法粗磨 $\phi 50 \pm 0.005\text{mm}$ 外圆，圆柱度误差控制在 0.003mm 内，然后用切入法粗磨 $\phi 40_{-0.006}^0\text{mm}$ 、 $\phi 40_{+0.006}^0\text{mm}$ 、 $\phi 30_{-0.004}^0\text{mm}$ 、 $\phi 30_{+0.004}^0\text{mm}$ 外圆，留精磨余量 $0.06 \sim 0.07\text{mm}$ 。

2) 精磨各外圆 磨削前，用涂色法检验中心孔与顶尖的接触面在 85% 以上，中心孔和顶尖均无磨损现象。

① 用纵向法精磨 $\phi 50 \pm 0.005\text{mm}$ 至尺寸，径向圆跳动误差控制在 0.002mm 内。如发现超差，应检查中心孔与顶尖的接触情况，并重新修整砂轮，使产生的磨削热为最小，以消除工件的热变形。

② 用切入法精磨一端 $\phi 30_{-0.004}^0\text{mm}$ 、 $\phi 40_{-0.006}^0\text{mm}$ 外圆至尺寸。磨削时先复测 $\phi 50 \pm 0.005\text{mm}$ 外圆的径向圆跳动误差在 0.002mm 内。砂轮切入的速度要慢些，并注意充分的冷却，以消除工件的热变形。用切入法精磨时，要注意精细地修整砂轮表面，要防止误差的复映，以保证表面粗糙度值达到 $R_a 0.1\mu\text{m}$ 。

③ 用切入法精磨另一端 $\phi 30_{+0.004}^0\text{mm}$ 、 $\phi 40_{+0.006}^0\text{mm}$ 外圆至尺寸。调头装夹工件时，也可将头架顶尖与尾座顶尖对调，这样可使中心孔与顶尖的接触保持在最理想的状态中，以消除调头装夹所产生的误差，把工件的径向圆跳动误差控制在 0.002mm 内。