

机械工人职业技能培训教材

中级

# 磨工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

理论技能尽在其中



机械工业出版社

**机械工人职业技能培训教材**

# **中级磨工技术**

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

**机械工业出版社**

本书是按《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范(考核大纲)》中级磨工的知识要求和技能要求编写的。内容包括:中等复杂零件的磨削、磨削加工常涉及的工、量仪、磨削新工艺、磨床、工艺规程和磨削加工工艺的基本知识等。每章末都附有复习思考题。

本书可作为中级磨工职业技能培训教材,也可供有关工人和工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

中级磨工技术/机械工业职业技能鉴定指导中心编.

-北京:机械工业出版社,1999.9

机械工人职业技能培训教材

ISBN 7-111-07423-8

I. 中… II. 机… III. 磨削-工艺-技术培训-教材 IV. TG58

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 34246 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:荆宏智 版式设计:张世琴 责任校对:申春香  
王听讲

封面设计:姚毅 责任印制:何全君

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 4 月第 1 版第 2 次印刷

850mm×1168mm/32·9 印张·235 千字

5 001—8 000 册

定价:15.00 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、68326677-2527

# 机械工人职业技能培训教材与试题库 编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

|       |     |     |         |     |
|-------|-----|-----|---------|-----|
| 主任委员  | 邵奇惠 |     |         |     |
| 副主任委员 | 史丽雯 | 李成云 | 苏泽民     | 陈瑞藻 |
|       | 谷政协 | 张文利 | 郝广发(常务) |     |
| 委 员   | 于新民 | 田力飞 | 田永康     | 关连英 |
|       | 刘亚琴 | 孙 旭 | 李明全     | 李 玲 |
|       | 李超群 | 吴志清 | 张 岚     | 张佩娟 |
|       | 邵正元 | 杨国林 | 范申平     | 姜世勇 |
|       | 赵惠敏 | 施 斌 | 徐顺年     | 董无岸 |
| 技术顾问  | 杨溥泉 |     |         |     |
| 本书主编  | 殷作禄 |     |         |     |
| 本书主审  | 钱康宁 | 参审  | 顾丹诚     |     |

## 前 言

这套教材及试题库是为了与原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》配套，为了提高广大机械工人的职业技能水平而编写的。

三百六十行，各行各业对从业人员都有自己特有的职业技能要求。从业人员必须熟练地掌握本行业、本岗位的职业技能，具备一定的包括职业技能在内的职业素质，才能胜任工作，把工作做好，为社会做出应有的贡献，实现自己的人生价值。

机械制造业是技术密集型的行业。这个行业对其职工职业素质的要求比较高。在科学技术迅速发展的今天，更是这样。机械行业职工队伍的一半以上是技术工人。他们是企业的主体，是振兴和发展我国机械工业极其重要的技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业之间的竞争，归根结底是人才的竞争。优秀的技术工人是企业各类人才中重要的组成部分。企业必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠，才能保证产品质量，提高生产效率，降低物质消耗，使企业获得经济效益；才能支持企业不断推出新产品去占领市场，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，重视工人培训教材等基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的经验。尤其是在“七五”和“八五”期间，先后组织编写出版了《机械工人技术理论培训教材》149种，《机械工人操作技能培训教材》85种，以及配套的习题集、试题库和各种辅助性教材共约700种，基本满足了机械行业工人职业培训的需要。上述各类教材以其行业针对性、实用性强，职业工种覆盖面广，层次齐备和

成龙配套等特点，受到全国机械行业工人培训、考核部门和广大机械工人的欢迎。

1994年以来，我国相继颁布了《劳动法》、《职业教育法》，逐步推行了职业技能鉴定和职业资格证书制度。我国的职业技能培训开始走上了法制化轨道。为适应新形势的要求，进一步提高机械行业技术工人队伍的素质，实现机械、汽车工业跨世纪的战略目标，我们在组织修改、修订《机械工人技术理论培训教材》，使其以新的面貌继续发挥在行业工人职业培训工作中的作用的同时，又组织编写了这套《机械工人职业技能培训教材》和《技能鉴定考核题库》，共87种，以更好地满足行业和社会的需要。

《机械工人职业技能培训教材》是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的，包括18个机械工业通用工种。各工种均按《职业技能鉴定规范》中初、中、高三级“知识要求”（主要是“专业知识”部分）和“技能要求”分三册编写，适合于不同等级工人职业培训、自学和参加鉴定考核使用；对多个工种有共同要求的“基本知识”如识图、制图知识等，另编写了公共教材，以利于单科培训和工人自学提高。题库分别按工种和学科编写。

本套教材继续保持了行业针对性强和注重实用性的特点，采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语；各工种教材则更加突出了理论和实践的结合，将“专业知识”和“操作技能”有机地融于一体，形成了本套教材的一个新的特色。

本套教材是由机械工业相对集中和发达的上海、天津、江苏、山东、四川、安徽、沈阳等地区机械行业管理部门和中国第一汽车集团公司等企业组织有关专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师编写的。在此，谨向为编写本套教材付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！教材中难免存在不足和错误，诚恳希望专家和广大读者批评指正。

# 目 录

## 前 言

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>第一章 中等复杂工件的磨削</b> .....    | 1   |
| 第一节 细长轴的磨削 .....              | 1   |
| 第二节 深孔的磨削 .....               | 12  |
| 第三节 薄壁和薄片工件的磨削 .....          | 18  |
| 第四节 花键轴的磨削 .....              | 34  |
| 第五节 螺纹的磨削 .....               | 44  |
| 第六节 偏心工件和曲轴的磨削 .....          | 60  |
| 第七节 复杂成形面的磨削 .....            | 70  |
| 第八节 刀具的刃磨 .....               | 98  |
| 第九节 导轨的磨削 .....               | 107 |
| 复习思考题 .....                   | 115 |
| <b>第二章 磨削加工常用的夹具、量仪</b> ..... | 118 |
| 第一节 常用夹具 .....                | 118 |
| 第二节 精密量仪 .....                | 133 |
| 复习思考题 .....                   | 153 |
| <b>第三章 磨削新工艺</b> .....        | 154 |
| 第一节 超精密磨削和镜面磨削 .....          | 154 |
| 第二节 高速磨削 .....                | 179 |
| 第三节 恒压力磨削 .....               | 188 |
| 第四节 深切缓进磨削 .....              | 192 |
| 第五节 砂带磨削 .....                | 201 |
| 第六节 特种材料的磨削 .....             | 205 |
| 复习思考题 .....                   | 209 |
| <b>第四章 磨床</b> .....           | 211 |
| 第一节 M1432A 型万能外圆磨床 .....      | 211 |
| 第二节 M7120A 型平面磨床 .....        | 240 |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 第三节 磨床的常见故障及其排除方法 .....           | 250        |
| 复习思考题 .....                       | 259        |
| <b>第五章 工艺规程和磨削加工工艺的基本知识 .....</b> | <b>260</b> |
| 第一节 工艺规程的基本知识 .....               | 260        |
| 第二节 磨削加工工艺的基本知识 .....             | 266        |
| 复习思考题 .....                       | 278        |



# 第一章 中等复杂工件的磨削

培训要求 了解细长轴、深孔、薄壁和薄片件等各种中等复杂工件的特性、磨削对策和方法，掌握其操作步骤和基本要领。

## 第一节 细长轴的磨削

细长轴通常是指长度与直径的比值(简称长径比)大于 10 的轴。

### 一、细长轴的特性

细长轴刚性差、易变形。其长径比越大,刚性越差,磨削的难度也就越大。在磨削力和夹紧力的作用下,工件会产生弯曲变形,使工件产生形状误差(如腰鼓形、竹节形及椭圆形、锥形等)、多角形振痕和径向圆跳动误差等。磨削时经常会出现磨削火花不均匀、不规则等现象,影响表面加工质量。此外,细长轴对磨削热和材料本身的应力反应也很敏感,这是造成磨削变形的又一原因。

因此,磨削细长轴的关键问题是:如何减小磨削力和提高工件的支承刚度,尽量减小工件的变形。

### 二、磨削细长轴的对策

1. 消除工件残余应力 工件在磨削前和磨削过程中,应增加校直和消除应力的热处理工序,避免磨削时由于内应力而使工件弯曲。

2. 合理选择与修整砂轮 选用粒度较粗、硬度较软、组织较松、厚度较薄的砂轮,以提高砂轮的自锐性,减小磨削抗力,避免砂轮阻塞和改善冷却条件。

粗磨的砂轮要修整得锋利,必须用尖角金刚石及用较大的纵向进给量修整;精磨的砂轮最后一次修整时,应从右向左进给,以使砂轮左缘尖锐。为了减小磨削力,也可以将较宽的砂轮

修窄,并将周边修成凹字形,以减小径向力。

磨削过程中,应经常使砂轮保持锋利状态。

3. 中心孔要有良好的接触面 工件的中心孔应经过研磨,前、后顶尖的  $60^\circ$  外锥面要磨准确,使中心孔有良好的接触。为了减小中心孔与顶尖间的摩擦,磨削过程中应经常添加润滑油。

4. 减小尾座顶尖的顶紧力 尾座顶尖的顶紧力应比一般磨削时小(但不应有轴向窜动),以减小顶紧力所引起的弯曲变形,同时也减小工件在磨削时因热膨胀伸长所引起的弯曲变形。

5. 采用双拨杆拨盘 采用双拨杆拨盘可使工件受力均衡,以减小振动和圆度误差。

6. 合理选择磨削用量 刚开始磨削时,工件呈弯曲状态,砂轮作间断磨削,因此最初进给时要慢而且进给量要小,以减小冲击力。粗磨时,背吃刀量要小,工作台速度要慢,工件的转速要低;精磨时,背吃刀量更小,工件的转速更低,以防止振动。磨削工件全长时,在靠近轴的两端可用稍大的进给量,在磨削中间部位时,进给量应小一些,并可适当增加进给次数。

磨削细长轴时的磨削用量见表 1-1。

表 1-1 磨削细长轴时的磨削用量

| 磨削方式<br>磨削用量                       | 粗 磨         | 精 磨          |
|------------------------------------|-------------|--------------|
| 背吃刀量 $a_p/\text{mm}$               | 0.005~0.015 | 0.0025~0.005 |
| 纵向进给量 $f/(\text{mm}/\text{r})$     | 0.5B        | (0.2~0.3)B   |
| 工件圆周速度 $v_w/(\text{m}/\text{min})$ | 3~6         | 2~5          |
| 砂轮圆周速度 $v_o/(\text{m}/\text{s})$   | 25~30       | 30~40        |

注: B 为砂轮宽度(mm)。

7. 注意充分冷却 磨削过程中要充分冷却,以减小磨削热的影响。

8. 采用中心架支承 当工件加工精度较高、长径比又较大时,可采用中心架支承(见图 1-1)。

9. 防止工件弯曲 工件磨好后应垂直吊挂存放, 以免因自重产生弯曲变形。

### 三、细长轴磨削的方法和步骤

细长轴磨削的方法有两种, 一种是与磨削普通轴类工件相似, 不用中心架支承进行磨削。另一种则是为解决细长轴刚性差这一弱点, 而采用中心架支承进行磨削。

1. 不用中心架支承磨削 不用中心架支承磨削细长轴的关键是减小磨削力。工件采用两顶尖装夹, 装夹前需修研中心孔, 使之与顶尖有良好的接触。可采用双拨杆拨盘带动, 并找正工作台, 使两顶尖的轴心线在同一直线上。装夹后, 调整尾座顶尖的顶紧力, 使工件回转平稳, 无轴向窜动。为了减小尾座顶尖压力, 可使用如图 1-2a 所示的特殊结构的顶尖。

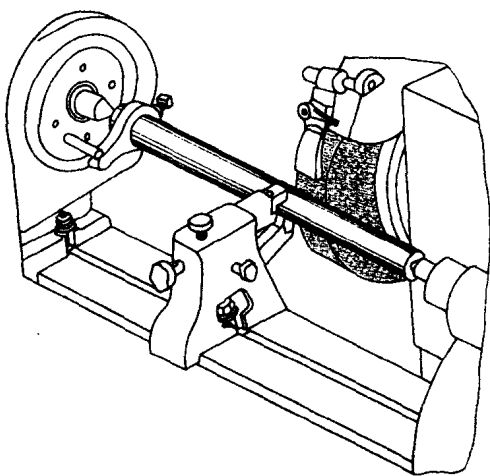


图 1-1 用中心架支承

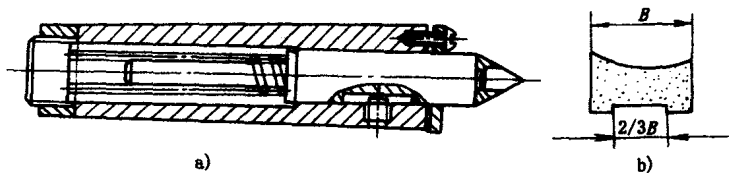


图 1-2 特殊结构的顶尖和凹形砂轮

a) 特殊结构的顶尖 b) 凹形砂轮

磨削细长轴的砂轮要合理选择与修整, 为了减小磨削时的切削力, 可将砂轮修成如图 1-2b 所示的凹形, 以减小工件的受力变形。此时, 砂轮的磨削宽度只有原来的  $1/3$ , 故磨削径向力可大

为减小。

操作前，必须减小工件外圆的径向圆跳动误差，使之不大于所规定的公差。根据工件的总加工余量，合理分配粗、精磨加工余量。

粗磨前，最好先进行初磨。磨削时，工件转速要小，背吃刀量一般为  $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ ，以消除上道工序可能产生的弯曲变形，而且还要注意使砂轮周边磨损均匀。适当磨削后，停机检查工件的磨削状况，若弯曲较大，则应校直工件；若产生锥形或腰鼓形，则应找正工作台或重新调整。调整后，还须进行试磨，直至能均匀磨去  $0.005\text{mm}$  方可进行粗磨。

工件经粗磨、半精磨后再进行精磨。精磨前，还要对工件进行一次全面检测，并有针对性地加以调整。

调整后，还要试磨，直至能均匀磨去  $0.003\text{mm}$  才可进行精磨。最后可做  $1 \sim 3$  个行程的光磨。

2. 采用中心架  
 支承 采用中心架支承磨削细长轴的关键是必须使中心架的支承面与工件的接触面成一个理想的外圆，并做好装夹调整工作。

(1) 用中心架支承的装夹调整  
 万能外圆磨床上磨削细长轴常用开式中心架支承，其结构如图 1-3 所示。

中心架的架体 2 用螺钉 1 固定在磨

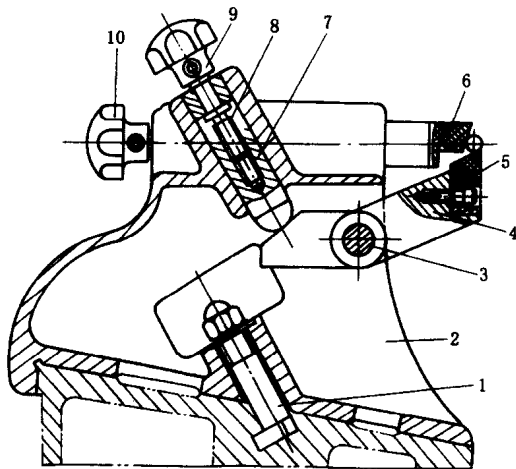


图 1-3 开式中心架结构

- 1—螺钉 2—架体 3—轴销 4—双臂杠杆  
 5—垂直支承块 6—水平撑块 7—套筒  
 8—螺杆 9、10—捏手

床工作台上, 工件由垂直支承块 5 和水平撑块 6 支承着, 水平撑块 6 可用捏手 10 经螺杆和套筒 7 调整到需要的位置, 垂直支承块 5 可用捏手 9 经螺杆 8、套筒 7 和双臂杠杆 4 调整到需要位置, 支承块和撑块用尼龙或硬木块制成。

用中心架支承的装夹调整步骤如下:

1) 检查两顶尖位置。将万能外圆磨床头架上的零位圆柱挡块贴紧, 回转刻度对准零线, 压紧螺钉(普通外圆磨床上无此机构)。擦净工作台导轨面, 将尾座顶尖移至头架顶尖接近处, 检查对合情况, 不允许有明显偏移。

2) 检查工件中心孔。中心孔应光整, 无划痕和毛刺等缺陷, 表面粗糙度应低于  $R_a 0.4\mu\text{m}$ , 用涂色法检验与顶尖接触情况, 接触面不小于 80%。若不符合要求, 则须修研中心孔及修磨顶尖。

3) 装夹工件。先将鸡心夹头装在工件上, 然后将工件装在两顶尖之间。装夹前, 中心孔应涂上适量润滑油。

4) 调整顶紧力。装夹后, 应仔细调整尾座顶尖对工件的顶紧力(如图 1-4 所示)。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, 则说明顶尖对工件的顶紧力已调整适当。若不能满足要求时, 可改用图 1-2a 所示的特殊顶尖。

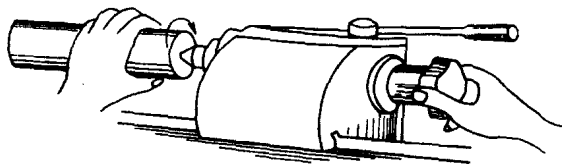


图 1-4 调整尾座顶尖顶紧力

5) 磨削支承外圆。为了保证中心架支承面与工件外圆接触良好, 工件的支承部位应是一个理想的圆柱体。支承前, 应将支承部位预先磨削至一定的精度要求。通常支承外圆选在细长轴的中间部位。磨削时采用切入法, 支承外圆的长度应略大于中心架支承块的宽度(见图 1-5)。其外圆的径向圆跳动误差不大于  $0.003\sim 0.005\text{mm}$ , 表面粗糙度为  $R_a 0.8\sim 0.4\mu\text{m}$ 。粗磨时可留

0.05~0.07mm 余量, 精磨时可磨至尺寸公差上限, 或留 0.005mm 的余量。

支承外圆是细长轴刚性最差的部位, 易使工件断续磨削而导致工件产生较大的振动和变形。因此, 支承外圆一般都分粗、精两步磨削完成。切入磨削时, 切入速度要慢, 切削液供应要充分。

6) 调整中心支承架。中心架固定后, 用红丹粉涂在工件上, 将支承块与工件接触, 转动工件观察其接触情况, 防止歪斜(见图 1-6)。若有歪斜须通过调整水平支撑块和垂直支承块来找正。

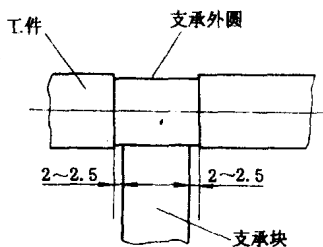


图 1-5 支承外圆的磨削宽度

调整水平支撑块和垂直支承块时, 可用百分表来控制支撑块和支承块的移动量。先调整水平支撑块, 方法是用回转捏手使得支撑块缓慢接近工件, 转动工件。当百分表指针的偏摆量不大于  $\pm 1$  格时, 即可锁紧捏手的止动螺钉(见图 1-7a)。接着用同样的方法调整垂直支承块, 控制百分表指针的偏摆量不大于  $\pm 1$  格, 随后锁紧螺杆上的螺母(图 1-7b)。至此, 用中心架支承装夹调整完毕(见图 1-1), 即可开始进行磨削。

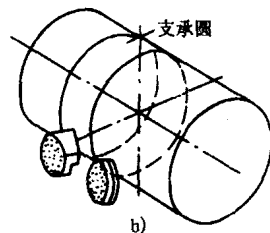
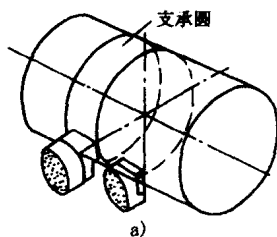


图 1-6 防止支承块歪斜

a) 正确 b) 歪斜

(2) 磨削 细长轴用中心架支承磨削的关键是需要周期调整中心架。因为, 当支承圆和工件全长接刀磨平后, 随着工件直径被不断磨小, 支承圆必须重新磨削, 中心架也要不断调整, 以适应半精磨和精磨的需要。由于磨削力特别是径向磨削力的影响, 工件仍可能产生一定的变形。因此在磨削操作中必须注意预防和控制。

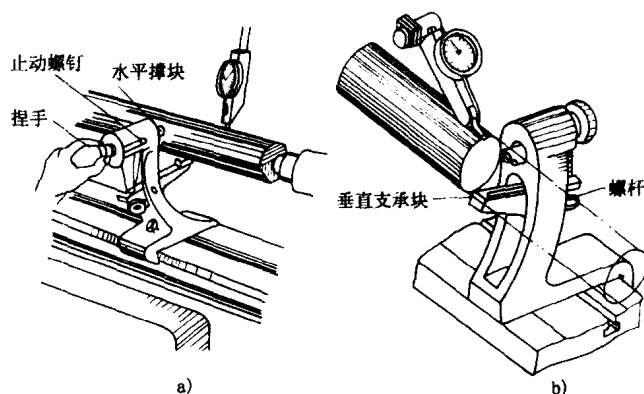


图 1-7 调整中心架支承块

a) 调整水平支撑块 b) 调整垂直支承块

由于工件的长径比不同，有时需要采用两个或两个以上的中心架支承，中心架数目的选择见表 1-2。

表 1-2 中心架数目的选择

| 工件直径/mm | 工件长度/mm   |     |     |     |     |      |
|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|------|
|         | 300       | 450 | 700 | 750 | 900 | 1050 |
|         | 中 心 架 数 目 |     |     |     |     |      |
| 26~30   | 1         | 2   | 2   | 4   | 4   | 4    |
| 31~50   | —         | 1   | 2   | 3   | 3   | 3    |
| 51~60   | —         | 1   | 1   | 2   | 2   | 2    |
| 61~75   | —         | 1   | 1   | 1   | 2   | 2    |
| 76~100  | —         | —   | 1   | 1   | 1   | 2    |

当采用两个或两个以上的中心架时，架设位置应使细长轴工件承受外力的抗衡能力相对均匀。然而使用中心架的数目越多，其调整难度也就越大。因此，选择时必须慎重从事。

采用中心架支承磨削细长轴的步骤除调整中心架外，其余均与不用中心架磨削时相同。

#### 四、细长轴磨削实例

##### 例1 磨精密细长轴

1. 分析图样和技术要求 图 1-8 所示为一精密细长轴，材料为 45 钢，热处理调质至 240HBS，需磨削长度为 360mm、直径为  $\phi 7_{-0.01}^0$  mm 的外圆。其直线度公差为 0.03mm，表面粗糙度为  $R_a 0.1\mu\text{m}$ ，磨削余量为 0.30mm。

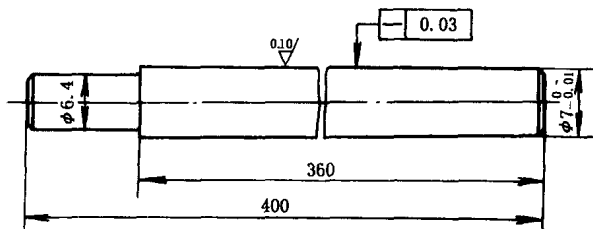


图 1-8 精密细长轴

该工件长径比极大，刚性较差，磨削时极易产生弯曲变形，但由于工件外径小，不宜用中心架支承，故磨削时采取不用中心架支承磨削细长轴的方法，以减小磨削力。

根据工件的材料和加工技术要求，分析如下：

(1) 砂轮的选择与修整 所选砂轮的特性为 WA、60<sup>#</sup> ~ 80<sup>#</sup>、K~L、5~6、V 平形砂轮，粗磨时，粒度可粗一些，组织应松一些；精磨时粒度可稍细一些，硬度应软一些。砂轮用锋利的金刚石修整，为减小磨削力，可将砂轮修整成凹形。在磨削过程中应使砂轮始终保持锋利状态。

(2) 装夹方法 工件装夹于两顶尖之间，在  $\phi 6.4$  mm 外圆一端用双拨杆拨盘，以使工件受力均衡。尾座顶尖可用特殊结构的顶尖，以减小顶紧力。装夹前，须修研工件中心孔，使之与顶尖有良好的接触，并加上润滑油。

(3) 磨削方法 采用纵向磨削法磨削，并划分粗磨、半精磨、精磨等几个加工阶段。粗磨前还需试磨，以检查找正工件的弯曲程度。精磨后需再光磨，以进一步降低工件的表面粗糙度。



为保证工件的直线度公差，必须在粗磨前、后和半精磨后进行校直和热处理除应力工序。磨削时应合理选择磨削用量，背吃刀量应尽量小、工件转速和纵向进给速度都采用低速，适当增加进给次数，以减小因冲击力和磨削力引起的工件弯曲变形。此外，在磨削过程中，还要经常检查工件的尺寸、精度及弯曲情况，以便及时采取必要的措施。

(4) 切削液的选择 采用质量分数 5%~10% 的乳化液切削液。在整个磨削过程中，切削液要始终保证供应充足，以减小磨削热的影响，防止工件因受热变形及产生烧伤等表面缺陷。

2. 操作步骤 在 M1432A 型万能外圆磨床上进行操作。

(1) 操作前的检查、准备 检查工件磨削余量和弯曲情况，检查工件中心孔，检查前、后顶尖同轴度，尾座顶尖采用特殊结构的顶尖。

装夹工件于两顶尖之间，调整尾座顶尖顶紧力，找正工件径向圆跳动误差不大于 0.005mm。

修整砂轮，将其端面修成内凹形。

(2) 试磨 取  $v_w = 5 \sim 6 \text{ m/min}$ ， $f = (0.5 \sim 0.6)B$  ( $B$ ——砂轮宽度)， $a_p = 0.01 \sim 0.02 \text{ mm}$ ，能均匀磨去 0.005mm 即可。试磨时，必须停机检查工件的磨削情况，发现问题，及时纠正。

(3) 粗磨外圆 留精磨余量 0.15~0.20mm，直线度误差不大于 0.03mm，表面粗糙度  $R_a 0.4 \mu\text{m}$  以下。

(4) 校直工件，时效处理 工件弯曲误差不大于 0.03mm。

(5) 半精磨外圆 留精磨余量 0.05mm，直线度误差不大于 0.03mm，表面粗糙度  $R_a 0.2 \mu\text{m}$  以下。

(6) 校直工件，时效处理 工件弯曲误差不大于 0.015~0.02mm。

(7) 精修整砂轮。

(8) 精磨外圆 磨至  $\phi 7_{-0.015}^0 \text{ mm}$ ，直线度误差不大于 0.03mm。磨至  $\phi 7_{-0.010}^0 \text{ mm}$  时，最后做 2~3 个行程的光磨，保证表面粗糙度为  $R_a 0.1 \mu\text{m}$ 。