



国家职业资格培训教材
理论鉴定培训系列

磨工 (高级) 鉴定培训教材

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
薛源顺 主编

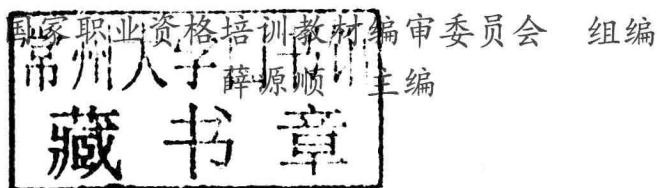
依据 **人力资源和社会保障部 2009**
制定的《国家职业技能标准》要求编写



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家职业资格培训教材
理论鉴定培训系列

磨工（高级） 鉴定培训教材



机械工业出版社

本教材是以《国家职业技能标准》磨工（高级）的知识要求为依据，紧扣国家职业技能鉴定理论知识考试的要求编写的，主要内容包括：精密主轴的磨削、精密套类零件的磨削、精密平面的磨削、复杂刀具的磨削、精密丝杠的磨削、导轨的平面磨削、特种零件的磨削、齿轮的磨削、磨床、工艺规程及磨削工艺、精密量仪、特殊难磨材料的磨削。每章前有培训目标，章末有复习思考题，以便于企业培训和读者自测。

本教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习用书，还可作为职业技术学院、技工院校的专业课教材。

图书在版编目（CIP）数据

磨工（高级）鉴定培训教材/薛源顺主编；国家职业资格培训教材编审委员会组编. —北京：机械工业出版社，2011.9
国家职业资格培训教材. 理论鉴定培训系列
ISBN 978-7-111-35653-0

I. ①磨… II. ①薛…②国… III. ①磨削-职业技能-鉴定-教材
IV. ①TG58

中国版本图书馆CIP数据核字（2011）第166503号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：邓振飞 责任编辑：邓振飞

版式设计：霍永明 责任校对：刘秀丽 张莉娟

封面设计：饶微 责任印制：杨曦

北京京丰印刷厂印刷

2012年2月第1版·第1次印刷

148mm×210mm·12印张·343千字

0 001—3 000册

标准书号：ISBN 978-7-111-35653-0

定价：26.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010)68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010)88379649

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

国家职业资格培训教材

编审委员会

主 任	于 珍		
副 主 任	郝广发	李 奇	洪子英
委 员	(按姓氏笔画排序)		
	王 蕾	王兆晶	王英杰
	田力飞	刘云龙	刘书芳
	朱 华	沈卫平	汤化胜
	李俊玲 (常务)	李家柱	李晓明
	李超群	李培根	李援瑛
	何月秋	张安宁	吴茂林
	张敬柱 (常务)	张吉国	张凯良
	陈建民	陈玉芝	陈业彪
	周新模	郑 骏	杨仁江
	杨君伟	卓 炜	周立雪
	周庆轩	施 斌	荆宏智 (常务)
	柳吉荣	徐 彤	黄志良
	潘 茵	戴 勇	
顾 问	吴关昌		
策 划	荆宏智	李俊玲	张敬柱
本 书 主 编	薛源顺		
本 书 参 编	吴国兴	朱根福	张尚义
本 书 主 审	朱根福		

序

为落实国家人才发展战略目标，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了与原劳动和社会保障部《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。这套教材涵盖41个职业，共172种，2005年出版后，以其兼顾岗位培训和鉴定培训需要，理论、技能、题库合一，便于自检自测的特点，受到全国各级培训、鉴定部门和技术工人的欢迎，基本满足了培训、鉴定、考工和读者自学的需要，为培养技能人才发挥了重要作用，本套教材也因此成为国家职业资格培训的品牌教材。JJJ——“机工技能教育”品牌已深入人心。

按照国家“十一五”高技能人才培养体系建设的主要目标，到“十一五”期末，全国技能劳动者总量将达到1.1亿人，高级工、技师、高级技师总量均有大幅增加。因此，从2005年至2009年的五年间，参加职业技能鉴定的人数和获取职业资格证书的人数年均增长达10%以上，2009年全国参加职业技能鉴定和获取职业资格证书的人数均已超过1200万人。这种趋势在“十二五”期间还将会得以延续。

为满足职业技能鉴定培训的需要，我们经过充分调研，决定在已经出版的《国家职业资格培训教材》的基础上，贯彻“围绕考点，服务鉴定”的原则，紧扣职业技能鉴定考核要求，根据企业培训部门、技能鉴定部门和读者的不同需求进行细化，分别编写理论鉴定培训教材系列、操作技能鉴定实战详解系列和职业技能鉴定考核试题库系列。

《国家职业资格培训教材——鉴定培训教材系列》用于国家职业技能鉴定理论知识考试前的理论培训。它主要有以下特色：

- 汲取国家职业资格培训教材精华——保留国家职业资格培训教材的精华内容，考虑企业和读者的需要，重新整合、更新、补充

和完善培训教材的内容。

- 依据最新国家职业标准要求编写——以《国家职业技能标准》要求为依据，以“实用、够用”为宗旨，以便于培训为前提，提炼重点培训和复习的内容。

- 紧扣国家职业技能鉴定考核要求——按复习指导形式编写，教材中的知识点紧扣职业技能鉴定考核的要求，针对性强，适合技能鉴定考试前培训使用。

《国家职业资格培训教材——操作技能鉴定实战详解系列》用于国家职业技能鉴定操作技能考试前的突击冲刺、强化训练。它主要有以下特色：

- 重点突出，具有针对性——依据技能考核鉴定点设计，目的明确。

- 内容全面，具有典型性——图样、评分表、准备清单，完整齐全。

- 解析详细，具有实用性——工艺分析、操作步骤和重点解析详细。

- 练考结合，具有实战性——单项训练题、综合训练题，步步提升。

《国家职业资格培训教材——职业技能鉴定考核试题库系列》用于技能培训、鉴定部门命题和参加技能鉴定人员复习、考核和自检自测。它主要有以下特色：

- 初级、中级、高级、技师、高级技师各等级全包括。

- 试题可行性、代表性、针对性、通用性、实用性强。

- 考核重点、理论题、技能题、答案、鉴定试卷齐全。

这些教材是《国家职业资格培训教材》的扩充和完善，在编写时，我们重点考虑了以下几个方面：

在工种选择上，选择了机电行业的车工、铣工、钳工、机修钳工、汽车修理工、制冷设备维修工、铸造工、焊工、冷作钣金工、热处理工、涂装工、维修电工等近二十个主要工种。

在编写依据上，依据最新国家职业标准，紧扣职业技能鉴定考核要求编写。对没有国家职业标准，但社会需求量大且已单独培训

VI

和考核的职业，则以相关国家职业标准或地方鉴定标准和要求为依据编写。

在内容安排上，提炼应重点培训和复习的内容，突出“实用、够用”，重在教会读者掌握必需的专业知识和技能，掌握各种类型试题的应试技巧和方法。

在作者选择上，共有十几个省、自治区、直辖市相关行业的 200 多名从事技能培训和考工的专家参加编写。他们既了解技能鉴定的要求，又具有丰富的教材编写经验。

全套教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习和自测使用的复习用书，也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考，还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到许多企业、鉴定培训机构有关领导、专家的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

虽然我们在编写这套培训教材中尽了最大努力，但教材中难免存在不足之处，诚恳地希望专家和广大读者批评指正。

国家职业资格培训教材编审委员会

前 言

本书是根据中华人民共和国人力资源和社会保障部制定的《国家职业技能标准磨工》（2009年修订）编写的，为理论鉴定培训教材。本教材的特点是紧紧抓住磨床、砂轮和磨削工艺三大知识点，内容联系生产实际，重点突出，少而精。在教材的编写中，注意基本理论阐述的启发性，注重对学员在磨削方法与工艺分析能力方面的培养。教材中的磨削实例取自国内外企业的磨削工艺精华，如圆度误差在 0.0003mm 以内的磨削技术等，这些宝贵经验对于提升学员的技术水平是至关重要的。特此谨向有关企业表示最诚挚的谢意。

鉴于磨削加工的多样化，以及磨削新工艺的飞速发展，本书按新标准对知识点作适度调整、修改，编入了35种关键零件的磨削工艺，还编入了有关磨削新工艺的内容，如超精密磨削、高速磨削、恒速磨削、恒压力磨削、深切缓进磨削和砂带磨削等。以使教学能体现当今我国现代磨削技术的实际发展水平，满足国家职业技能技术理论培训的要求。

本书由薛源顺主编，吴国兴、朱根福和张尚义参加编写。具体编写分工如下：第一、二、四、五、六、七、九、十一、十二章由薛源顺编写，第三章由吴国兴编写，第八章由朱根福编写，第十章由张尚义编写，全书由朱根福主审。

编 者

目 录

M U L U

序

前言

第一章 精密主轴的磨削	1
第一节 精密主轴的种类和加工要求	1
第二节 精密主轴的精度分析	2
第三节 高精度万能外圆磨床	7
第四节 低表面粗糙度值磨削	14
第五节 带孔主轴的装夹方法	21
第六节 主轴磨削工艺分析	25
复习思考题	35
第二章 精密套类零件的磨削	37
第一节 精密套类零件的种类和加工要求	37
第二节 精密套类零件的磨削方法	38
第三节 精密套类零件磨削工艺分析	44
复习思考题	52
第三章 精密平面的磨削	54
第一节 MM7120A 型精密平面磨床	54
第二节 平面精密磨削工艺	66
复习思考题	70
第四章 复杂刀具的磨削	71
第一节 拉刀的磨削	71

第二节 滚刀的磨削	86
第三节 铲齿铣刀的磨削	105
第四节 复合刀具的磨削	107
复习思考题	109
 第五章 精密丝杠的磨削	112
第一节 螺纹磨床	112
第二节 丝杠的磨削	125
复习思考题	148
 第六章 导轨的平面磨削	150
第一节 导轨的种类和技术要求	150
第二节 导轨的平面磨削方法	151
复习思考题	182
 第七章 特种零件的磨削	184
第一节 特种轴的磨削	184
第二节 齿条、分度板、多齿盘等特种零件的磨削	196
第三节 简单冷冲压模具的成形磨削	205
第四节 斜槽、连杆、球面阀瓣等特种零件的磨削	208
复习思考题	220
 第八章 齿轮的磨削	222
第一节 齿轮磨削的方法	222
第二节 砂轮的选择和平衡	225
第三节 齿轮磨床的传动系统	226
复习思考题	230
 第九章 磨床	231
第一节 磨床精度	231
第二节 磨床新结构	247

第三节 数控磨床	265
第四节 数控系统简介	286
复习思考题	299
第十章 工艺规程及磨削工艺	301
第一节 基准	301
第二节 工艺规程及磨削工艺分析	303
第三节 磨削加工精度的分析	310
第四节 提高劳动生产率的方法	313
第五节 典型零件的磨削工艺分析	320
复习思考题	323
第十一章 精密量仪	324
第一节 圆度仪	324
第二节 表面粗糙度量仪	327
第三节 在线自动测量装置	338
第四节 齿轮测量仪器	348
复习思考题	351
第十二章 特殊难磨材料的磨削	352
第一节 概述	352
第二节 难磨材料的种类及磨削	353
第三节 超硬磨料磨具的应用技术	367
复习思考题	369
参考文献	371

第一章

精密主轴的磨削



培训目标 掌握精密主轴的磨削工艺，了解高精度磨床的结构和精密主轴的装夹方法及其特点。理解超精密磨削的原理，初步掌握用 MGA1432A 型高精度万能外圆磨床低表面粗糙度值磨削工艺。会分析主轴的磨削工艺。

第一节 精密主轴的种类和加工要求

一、主轴的种类

主轴是机器中的重要零件，如汽轮机主轴、机床主轴、柴油机车主轴、圆度仪主轴等都有较高的加工精度要求。机床主轴的精度直接影响机床的加工精度，如磨床主轴、坐标镗床主轴等都有很高的圆度公差要求。汽轮机主轴则为重型主轴，要用重型数控专用磨床加工。

二、主轴的技术要求

精密主轴对圆度、圆柱度、径向圆跳动和表面粗糙度有较高的技术要求。精密主轴的支承轴颈按主轴结构功能有不同的技术要求，如装配滚动轴承的轴颈要求圆柱度公差为 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 。在磨削时，若该轴颈为内圆磨削的定位基准，则还要规定圆度公差，以满足内圆磨



削的精度要求。精密主轴的圆度公差在 $2 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 之间。对动压滑动轴承的主轴颈的圆度取较小的圆度公差。因为轴颈的圆度误差会直接影响动压滑动轴承主轴的回转精度。对于主轴的内圆锥面或外圆锥面，其锥度用涂色法检验，接触面应在 80% 以上，表面粗糙度值低于 $Ra0.4 \mu\text{m}$ 。锥孔对支承轴颈的径向圆跳动公差为 $1 \sim 3 \mu\text{m}$ 。主轴轴向支承面对支承轴颈中心的轴向圆跳动公差为 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 。各主要表面的表面粗糙度值为 $Ra0.4 \sim 0.05 \mu\text{m}$ 。精密主轴的材料及热处理见表 1-1。这些材料有较高的力学性能和热处理性能。热处理安排在零件加工工艺过程的合适位置上。精密主轴主要表面的硬度为 $50 \sim 65\text{HRC}$ 。磨削时，需要采用高精度外圆磨床作低表面粗糙度值磨削。

表 1-1 精密主轴的材料及热处理

材料牌号	硬 度	特 征
20Cr	渗碳淬硬， $56 \sim 62\text{HRC}$	低碳合金钢，有较好机械强度和耐磨性
40Cr	高频感应淬火淬硬， $50 \sim 58\text{HRC}$	中碳合金钢，有较好机械强度
9Mn2V	$790 \sim 810^\circ\text{C}$ 油淬， $56 \sim 62\text{HRC}$	合金工具钢，机械强度和硬度均较高，淬透性好，淬火变形较小
38CrMoAlA	渗氮，大于或等于 65HRC	中碳合金渗氮钢，热处理变形小，尺寸稳定性好，高硬度，高耐磨性
18CrMnTi	渗碳淬硬，大于或等于 56HRC	具有较高的表面硬度，较高的冲击韧度和心部强度。用于高速重载的主轴
20Mn2B	渗碳淬硬， $56 \sim 62\text{HRC}$	

第二节 精密主轴的精度分析

一、中心孔的定位精度

应注意中心孔的定位精度及中心孔的加工方法，及常用研磨中心孔的方法

中心孔作为定位基准对精密主轴加工的圆度公差等技术要求影

响极大。因此,正确分析中心孔的定位精度具有很重要的意义。用中心钻修整的中心孔,其误差以五棱多角形误差居多,其次是双棱形和三棱形误差。中心孔的圆度误差约以 1:20 的比例传递给工件外圆。图 1-1a 所示为中心孔的圆度误差与同轴度误差,体现了三棱形误差的传递,在传递至外圆时有一相位角 φ 。这说明中心孔的定位误差是由中心孔的误差所致。经热处理的主轴在精磨前需研磨或磨削中心孔,其加工方法见表 1-2。

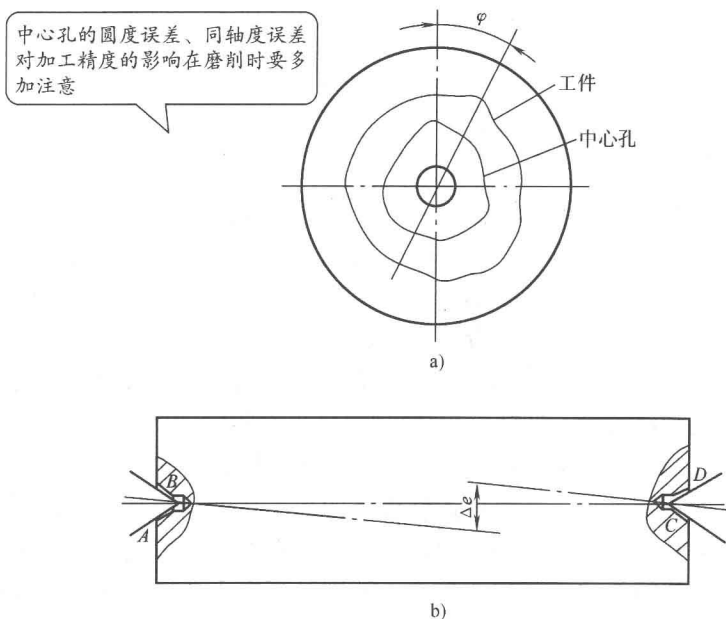


图 1-1 中心孔的圆度误差与同轴度误差
a) 中心孔的圆度误差 b) 中心孔的同轴度误差

表 1-2 中心孔的加工方法

序号	中心孔的加工方法	特 点
1	单头研磨中心孔	60°锥形研具全面接触, 工件不旋转。修研速度 $v = 3 \sim 6\text{m/s}$, 中心孔的同轴度误差无法修正
2	双头研磨中心孔	工件在研具上旋转, 可减小微量同轴度误差



(续)

序号	中心孔的加工方法	特 点
3	磨削中心孔	砂轮与中心孔成线接触。工件在卡盘或中心架上旋转。磨削速度 $v_s = 25\text{m/s}$ ，可修正中心孔同轴度误差。成形砂轮角度影响中心孔 60° 圆锥角精度
4	振动磨削中心孔	同磨削法。砂轮沿中心孔素线方向有振动
5	行星式磨削中心孔	工件固定或旋转。砂轮绕自身轴线旋转，并作行星运动和进给。可修正中心孔同轴度误差。中心孔圆度取决于机床轴承精度。工件旋转磨削，加工精度可提高 10 倍左右，是先进的磨削方法
6	圆弧形中心孔的滚动研磨	工件不旋转，研具回转且作行星运动

由表 1-2 可见，方法 3、4、5 三项中心孔的加工精度较高。研磨中心孔是最常用的中心孔精加工方法，精度次于行星式磨削法。

单头行星磨削可采用中心孔磨床，如图 1-2 所示。中心孔磨床的磨头主轴除由电动机带动作自转运动外，主轴与斜导轨套轴间有偏心距 e ，当另一电动机带动斜导轨套轴旋转时，主轴则获得行星运动。主轴经凸轮、杠杆、 30° 斜导轨还可获得沿 30° 方向的往复进给运动。当采用单头行星式磨削时，砂轮行星机构的误差在工件旋转时多次相互抵消，从而可达到极高的加工精度。若在中心孔磨床上对中心孔采用粗、精两次磨削，可进一步提高其精度。研磨中心孔的误差比行星式磨削中心孔大，特别是当中心孔原始误差较大或热处理硬度不均匀时，都会影响研磨的精度；同时研磨的主要缺点是不能修正两中心孔之间的同轴度误差。两中心孔的同轴度误差对磨削的精度也有影响。如图 1-1b 所示，当主轴两端的中心孔不同轴而产生偏移 Δe 时，会使 A 、 D 两点产生接触应力，而在 B 、 C 两点则产生间隙，工件轴线将漂移。通常，精密主轴中心孔的同轴度误差应限制在 0.05mm 以内。缩短 60° 圆锥面长度可减小中心孔同轴度误差对定位精度的影响。除上述方法外，采用锥角为 $60^\circ 4'$ 的单叶双曲线中心孔也能提高主轴的加工精度，如图 1-3a 所示。特殊情况下可采用人造定位基准或中心孔堵头。图 1-3b 所示为中心孔堵头的一种



结构，用于大型转子外圆的磨削中。中心孔堵头经过热处理淬硬，故可防止外圆磨削时中心孔的磨损，以保证外圆的加工精度。

中心孔磨床可获得高的加工精度。中心孔磨床砂轮作行星磨削

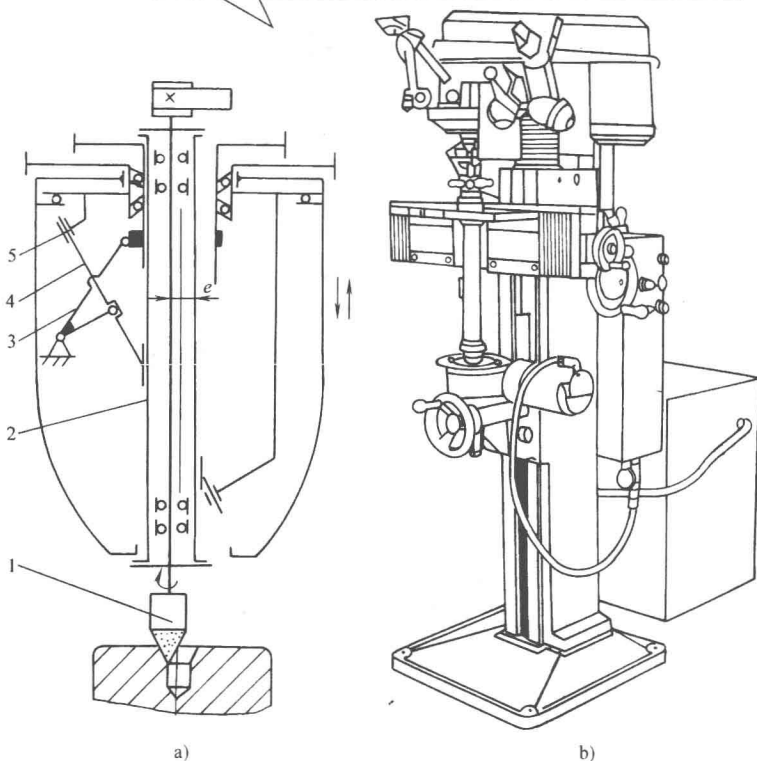


图 1-2 中心孔磨床及磨头结构

1—砂轮 2—主轴套 3—杠杆 4—内斜导轨 5—外斜导轨

中心孔的圆度可用专用仪器测量。图 1-3c 所示为一种圆度仪的工作原理图。固定的顶尖 1 有三条棱互成 120° ，可移动测量爪 2 将中心孔误差值传至指示器或记录装置。下顶尖 3 由弹簧 4 支承，能保证被测零件与测量顶尖的接触压力。精密主轴中心孔的圆度公差为 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 。

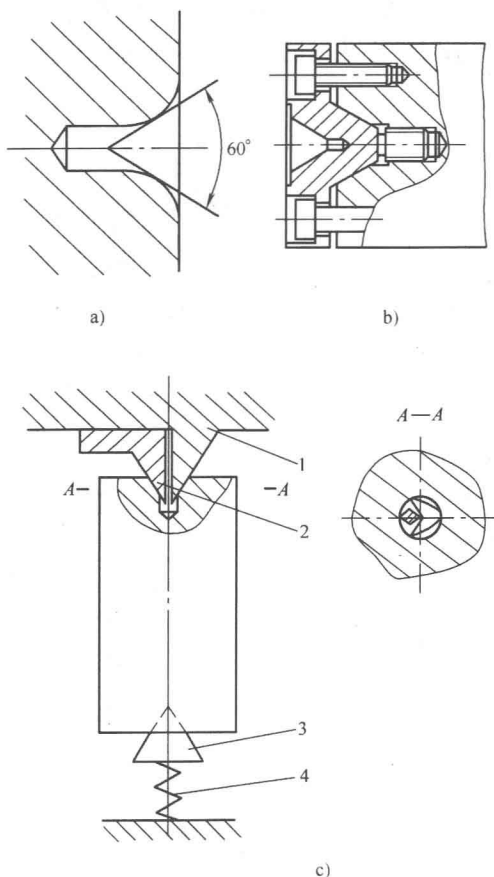


图 1-3 中心孔及其圆度仪

a) 单叶双曲线形中心孔 b) 中心孔堵头 c) 中心孔圆度仪的工作原理图

1—顶尖 2—可移动测量爪 3—下顶尖 4—弹簧

二、主轴内圆磨削的精度分析

主轴内圆磨削时，要设出满足主轴内圆锥与外圆间的同轴度精度要求。内圆磨削工件以外圆为定位基础，用夹具装夹，注意减小定位误差。影响定位精度的因素是外圆定位圆柱面的形状误差及其工件在夹具上的位移误差。不同的装夹方法，其加工精度也不同。