

普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等院校机电工程类规划教材

互换性与测量技术基础 实验指导书

殷明娟 编著

清华大学出版社

内 容 简 介

本实验指导书主要包括轴孔的测量、表面粗糙度的测量、形位误差的综合测量、螺纹各主要参数的测量、齿轮参数的测量及通用量具的使用方法。本书取材少而精,图文并茂,重点讲述实验目的及仪器的工作原理、操作方法、注意事项等,并配有对应的实验报告。本书注重培养学生的实际动手能力,为学生后续课程的学习或今后从事机械设计、制造、维修打下坚实的技术基础。

本书可供高等院校机械类、机电类、材料类、仪器仪表类、机电设备类等专业的学生使用,也可供机械制造工程人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础实验指导书/殷明娟编著.--北京:清华大学出版社,2012.8

(普通高等院校机电工程类规划教材)

ISBN 978-7-302-29588-4

I. ①互… II. ①殷… III. ①零部件—互换性—实验—高等学校—教学参考资料 ②零部件—测量—实验—高等学校—教学参考资料 IV. ①TG801-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 179488 号

责任编辑:庄红权

封面设计:傅瑞学

责任校对:王淑云

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:4.75 字 数:99 千字

版 次:2012 年 8 月第 1 版 印 次:2012 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:15.00 元

产品编号:046572-01

前 言

在机械设计、制造、测量三大环节中,测量占有极其重要的地位,它是检查、判定产品的几何精度是否达到设计要求的最有效手段。测量的基本任务是保证产品质量、降低成本,实现产品的互换性。通过互换性与测量技术实验,要求学生达到以下教学目的:

- 了解有关测量技术的基本知识;
- 基本掌握典型零件的测量方法;
- 具有操作常用量具和量仪的能力,并了解量具、量仪的选择原则;
- 了解常用精密测量仪器的作用原理及使用方法;
- 能简单处理测量数据,并能根据测量数据判断工件是否合格;
- 熟悉基本公差表格的查阅。

本实验指导书包括以下 5 个部分内容:轴孔的测量;表面粗糙度的测量;形位误差的综合测量;螺纹各主要参数的测量;齿轮参数的测量。

本实验指导书考虑到学生在过去的学习和实践中遇到和使用过的量具如游标卡尺、千分尺等,不再列为实验应做内容。但为了帮助学生了解这些量具,在第 6 章增加了三部分内容:①通用游标量具的使用;②量块的基本知识;③光滑极限量规的基本知识。希望学生在作实验前认真阅读,并熟悉这部分内容。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免出现疏漏和错误,恳请广大读者批评指正,在此深表感谢!

编 者
2012 年 7 月

目 录

学生实验守则	1
第 1 章 轴孔的测量	2
实验一 用数字式立式光学计测量圆柱体直径	2
实验二 用万能测长仪测量孔径	7
第 2 章 表面粗糙度的测量	11
实验三 用光切显微镜测量表面粗糙度	11
实验四 用粗糙度测试仪测量表面粗糙度	14
第 3 章 形位误差的综合测量	22
实验五 直线度误差的测量	22
实验六 位置度误差的测量	25
第 4 章 螺纹各主要参数的测量	29
实验七 用大型工具显微镜测量外螺纹各主要参数	29
实验八 用三针法测量外螺纹中径	36
第 5 章 齿轮参数的测量	38
实验九 用齿圈径向跳动检查仪测量齿圈径向跳动量	38
实验十 用公法线千分尺测量齿轮公法线长度及其变动量	39
第 6 章 通用量具的使用方法	42
6.1 通用游标量具的使用	42
6.2 量块的基本知识	45
6.3 光滑极限量规的基本知识	47
参考文献	49
附录 互换性与测量技术基础实验报告	51

学生实验守则

(1) 测量技术实验室使用的都是精密仪器,要求恒温、恒湿、防尘、防震。学生进入实验室后不能随意操作仪器,不能大声喧哗,严禁吸烟、吐痰、乱扔垃圾;

(2) 实验前学生必须做好预习,明确实验目的,了解仪器工作原理和操作方法,并写出预习报告;

(3) 进入实验室后,要注意听实验指导教师讲解示范,未经许可不能擅自操作仪器;

(4) 实验时保持良好秩序,合理分组、分工协作,注意观察实验现象,对出现的问题认真分析,查明原因;

(5) 实验时严格遵守操作规程,准确记录实验数据,认真填写实验报告、处理实验数据,无故不参加实验或实验成绩不合格者将取消考试资格;

(6) 实验时爱护实验仪器,佩戴手套防止仪器腐蚀,准确填写仪器使用记录本。

第 1 章 轴孔的测量

实验一 用数字式立式光学计测量圆柱体直径

1. 实验目的

- (1) 了解数字式立式光学计的工作原理及其调整和测量方法；
- (2) 掌握根据测量结果判断工件合格性的方法；
- (3) 学会正确使用标准量块。

2. 仪器说明

数字式立式光学计是一种精度较高、结构简单的常用光学仪器,仪器通常用标准器(如量块)作为长度基准,以相对测量法测量被测件的外形尺寸。数字式立式光学计主要用于长度尺寸的精密测量,也可用于检定三等、四等或五等量块;仪器头部还可作为一个独立部件,利用头部数显输出接口同计算机联网,用于科研、生产过程控制及在线检测等方面的精密测量和控制。

仪器的外观如图 1-1-1 所示。

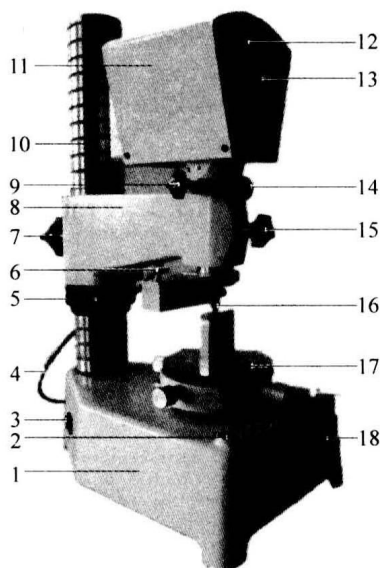


图 1-1-1 数字式立式光学计外观

- 1—底座; 2—方形工作台安装孔; 3—电源开关; 4—电缆; 5—粗调旋钮; 6—测帽提升器;
7—粗调控制旋钮; 8—横臂; 9—光学计管控制旋钮; 10—立柱; 11—光学计管; 12—中心零位指示灯;
13—数显窗; 14—微调旋钮; 15—微调控制旋钮; 16—测帽; 17—可调工作台; 18—清零按钮

仪器各部分的功能说明如下:

- (1) 铸铁底座支撑整台仪器,使之稳定可靠;
- (2) 3只M5螺孔用于固定方形工作台;
- (3) 打开电源开关,电路接通,显示屏点亮;
- (4) 将电缆线一端插入电缆插座内,打开开关,光学计管即可进入工作状态,仪器采用多组电源满足光源、逻辑电路使用;
- (5) 打开粗调控制旋钮,调节粗调旋钮可使横臂升降,在测量过程中用于粗调;
- (6) 捏住测帽提升器可使测帽均匀的抬起和下落,本提升器有一定的阻尼作用以限制升降速度使之不超出电器部分允许的极限响应速度;
- (7) 粗调控制旋钮用于粗调结束时将横臂锁紧在立柱上;
- (8) 横臂通过上面的两个孔分别与光学计管和立柱连接;
- (9) 光学计管控制旋钮用于将微调机构与光学计管刚性连接;
- (10) 立柱与底座连接并与底座严格垂直;
- (11) 光学计管装有成像式光栅读数头、测量杆、照明系统、光电接收器、前置放大器和计数显示逻辑电路,是整台仪器的关键部件,测量杆下端的露出部分用于配置不同测帽;
- (12) 中心指示灯点亮时表明测量杆位于测量范围的中心对称位置,此时仪器的测量范围在正负方向均不小于 $100\mu\text{m}$;
- (13) 数显窗内有符号位和4个数字位,显示单位为 μm ;
- (14) 打开微调控制旋钮,调节微调旋钮可使光学计管在横臂内作微量上下移动,在测量过程中用于微调;
- (15) 微调控制旋钮用于微调结束时将测量机构锁紧;
- (16) 测帽套在测量杆上并由螺钉紧固,仪器配有多种测帽,测量时可根据被测工件合理选取;
- (17) 可调工作台有带筋和平面两种,用于不同测件;
- (18) 清零按钮用于测量时清零。

综上所述,数字式立式光学计实现了光、机、电一体化的协调统一,操作简单方便,数字显示直观,减轻了操作者的劳动强度,提高了工作效率,已被越来越多的人采用。

3. 仪器的技术指标

- (1) 测量范围: 180mm 。
- (2) 示值范围(相对于中心零位): 不小于 $\pm 0.1\text{mm}$ 。
- (3) 最小示值: 0.0001mm 。
- (4) 测量力: $2\text{N} \pm 0.2\text{N}$ 。
- (5) 光学计管配合尺寸: $\phi 28\text{h}6$ 。
- (6) 测量杆外径: $\phi 6\text{g}6$ 。
- (7) 示值误差(相对于中心零位): $\pm 0.00025\text{mm}$ 。
- (8) 示值变动性: $\leq 0.0001\text{mm}$ 。
- (9) 测量的最大不确定度: $\pm (0.5 + 10L)\mu\text{m}$,式中 L 为被测件长度,以米数计。

(10) 外形尺寸: $300\text{mm} \times 170\text{mm} \times 410\text{mm}$ 。

另外需要注意:

- (1) 量块与被测件的温度差应在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以内;
- (2) 量块与被测件的线膨胀系数差应在 $\pm 3.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$;
- (3) 量块应相当于二级。

4. 仪器的工作原理

在图 1-1-2 中光源发出的光线通过聚光镜照射位于物镜焦平面上的标尺光栅, 立方棱镜起转折光线和分光的作用, 它由两块直角棱镜胶合而成。入射光线在胶合面一半透过一半反射, 来自标尺光栅的光线在棱镜面反射后, 经物镜成平行光射出。反射镜使光线折回棱镜面, 其中透射光射向指示光栅, 由于指示光栅也处于物镜的焦平面上, 因此在它上面形成标尺光栅的像, 使指示光栅的刻线与标尺光栅的刻线像平行, 可以得到无限宽的莫尔条纹。

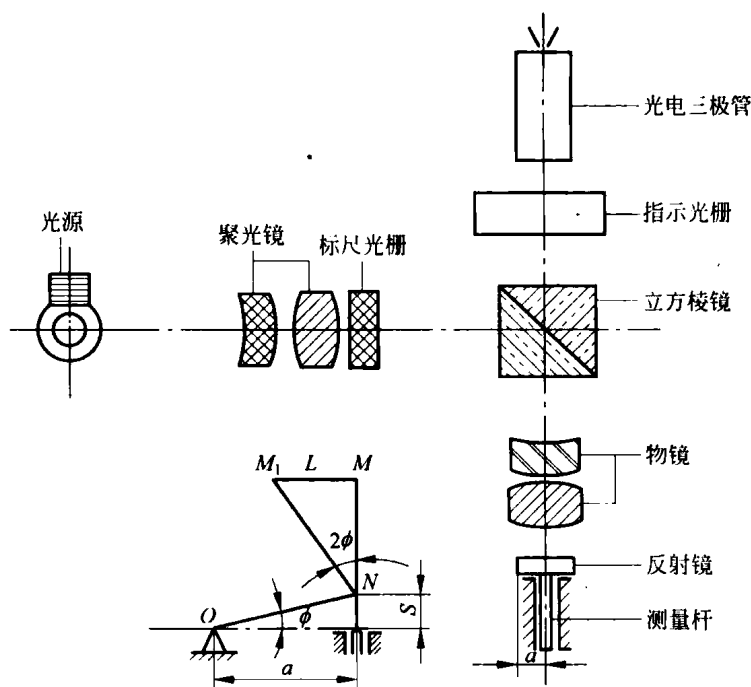


图 1-1-2 光学计管工作原理

当测量杆移动距离 S 时, 顶动反射镜使之绕 O 点摆动 ϕ 角, 设 a 为测量杆到 O 点的距离 $a = 6.4\text{mm}$, 则 $\tan\phi = \frac{S}{a}$ 。图中 MN 所示为沿物镜光轴传输的光线, 当反射镜偏过 ϕ 角时 MN 转到 M_1N 的位置, $\angle M_1NM = 2\phi$ 。

设 $MN = F$, $F = 100\text{mm}$, 为物镜焦距, MM_1 为标尺光栅像移动的距离, 则系统具有光学杠杆的传动比:

$$K = \frac{L}{S} = \frac{F \tan 2\phi}{a \tan \phi} \approx \frac{F 2\phi}{a \phi} = \frac{2F}{a} = \frac{2 \times 100\text{mm}}{6.4\text{mm}} = 31.25$$

仪器采用每毫米 40 对线的黑白光栅, 其节距 $\omega = 0.025\text{mm}$, 当标尺光栅像移动一个

节距时,无限莫尔条纹的亮度相应产生一个周期的变化,这可通过图 1-1-3 加以说明。

在图 1-1-3(a)A 中,刻线重叠,透过的光线最多;在图 1-1-3(a)B 中,光线被遮住一半;在图 1-1-3(a)C 中,光线被完全遮住;图 1-1-3(a)D 和图 1-1-3(a)E 的情况与图 1-1-3(a)B 和图 1-1-3(a)A 相似。这种遮光作用所产生的亮度变化曲线在理论上呈三角波形,由于光的衍射作用,实际亮度近似于按正弦曲线变化,如图 1-1-3(b)所示。

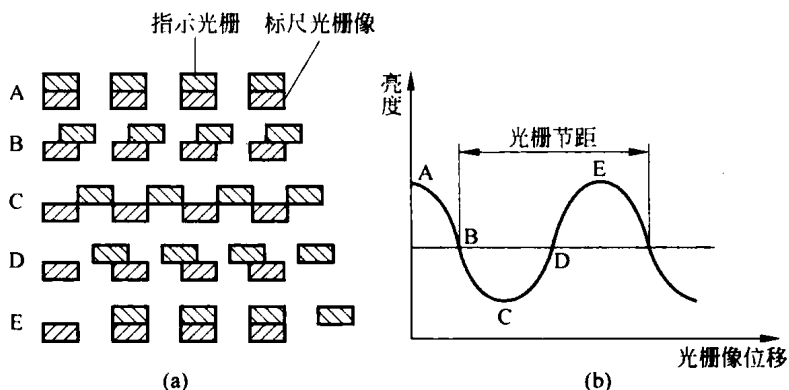


图 1-1-3 光栅周期变化

指示光栅刻成裂相形式,它由四相刻线相互平行但错开四分之一节距的子光栅组成。各组上得到的莫尔条纹信号之间有 $\frac{\pi}{2}$ 的相位差,垂直于纸面排列的 4 只光电三极管放于指示光栅后面直接接收四相条纹信号,经光电转换和前置放大后向逻辑电路输送正弦、余弦两路电信号。

对莫尔条纹亮度一个周期变化(即指示光栅像移过一个节距的测量杆位移量比光栅节距小 K 倍),即 $S = \frac{\omega}{K} = \frac{0.025\text{mm}}{31.25} = 0.0008\text{mm}$,因此当正、余弦信号经八细分电子逻辑电路后,最终能达到 $0.1\mu\text{m}$ 的最小读数显示值。

本仪器的电器部分包括:光电接收和前置放大逻辑电路;八细分和判向电路;计数显示和输出接口三部分。

其中光电接收和前置放大逻辑电路如图 1-1-4 所示。其中图(a)为计量光栅产生的莫尔条纹。图(b)为光电接收元件组:G1、G2、G3、G4 分别处于莫尔条纹信号一个周期信号的 0° 、 90° 、 180° 、 270° 相位的相应位置,输出 U1、U2、U3、U4 四相信号,它们之间的相位差为 90° ,经运算放大器 S 和 C 放大和调整使其分别输出 $U_s \sin\theta$ 、 $U_c \cos\theta$ 和 $-U_s \sin\theta$ 三路信号,以供八细分电子逻辑电路专用。图(c)为运算放大器,这部分调试是仪器调整的关键,它涉及光、机、电的整体调试技术。一经调整好,仪器就处于正常工作状态,各调整环节固定好,不能轻易调整。判断这部分是否调整好,可借用示波器。图(d)为示波器,将 $U_s \sin\theta$ 、 $U_c \cos\theta$ 分别接入示波器 X 轴和 Y 轴,观察李萨如图形是否为圆,并显示在中心显示位置,如果是理想圆,则表示这部分已调整完成。

八细分电子逻辑电路以及计数显示电路均由专用大规模集成电路组成,电路工作稳定可靠。

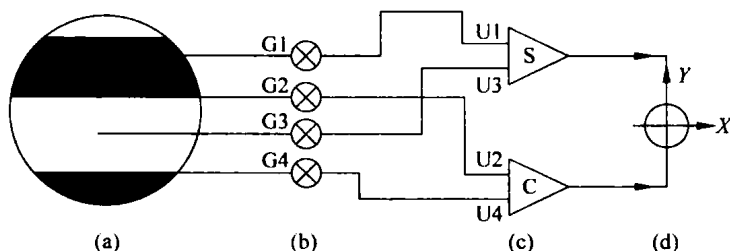


图 1-1-4 光电接收和前置放大逻辑电路

5. 仪器的调整方法

1) 工作台和测帽的选择

仪器有多种工作台和测帽供选择,选择时应以能准确反映被测位置的尺寸偏差为准则,当测量量块时应选择带筋工作台和球面测帽;测量球体直径时选择平面工作台和平面测帽;测量线形零件直径需要选择平面工作台和刀口形测帽。

2) 测帽和测帽提升器的安装

测量前应先将测帽和测帽提升器按图 1-1-5 安装,由于测帽提升器在动作时有一定的阻力,为了保证 $2\text{N} \pm 0.2\text{N}$ 的测量力,安装测帽提升器时必须使提杆既在自由状态下不与测帽接触,又能将测帽提起到最高位置。

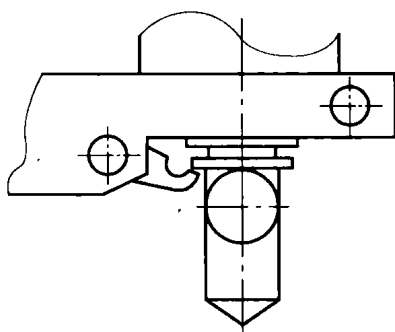


图 1-1-5 测帽和测帽提升器安装

3) 校正可调式工作台

校正工作台的目的是使工作台与测帽平面保持平行。用来校正的量块尺寸应与被测工件的尺寸相同,举例如下:将量块用干布擦净后,大致放于工作台中央,使 $\phi 8$ 平面测帽与量块接触并显示某一读数,旋动工作台上 4 个调节螺钉使工作台前后左右移动,并观察读数变化情况,当示值最小时表明工作台与测帽平行,旋紧工作台调节螺钉将工作台固定。再让测帽平面的一半与量块接触,在测帽的前后左右对量块的同一部位进行测量,读数最大偏差不应大于 $0.3\mu\text{m}$,否则要重新校正。

6. 被测工件

被测工件如图 1-1-6 所示。

7. 实验步骤

(1) 佩戴手套。

(2) 接通电源,松开粗调控制旋钮,缓慢提升粗调旋钮使测帽与工作台之间的距离大于 40mm 。

(3) 将 40mm 量块上测量面朝上放置于工作台上,按下清零按钮,使显示窗显示值为零。

(4) 缓慢向下调整粗调旋钮让横臂下降使测帽与量块接触,当测帽与量块接触后,显示窗显示数据不断增大,增大到一定程度(大约在 $130\mu\text{m}$)时中心指示灯点亮,此时轻轻

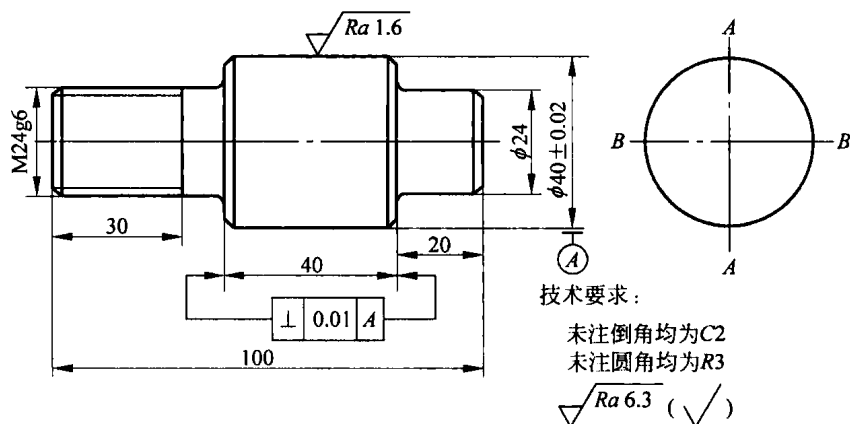


图 1-1-6 被测工件图

锁紧粗调控制旋钮。

(5) 如果锁紧粗调控制旋钮时中心指示灯熄灭,则需松开微调控制旋钮,扭动微调旋钮使中心指示灯重新点亮后锁紧微调控制旋钮。

(6) 记录中心指示灯点亮时显示窗显示值 K 。

(7) 第二次按下清零按钮,使显示窗显示值为零。

(8) 左手捏住测帽提升器右手取出量块。

(9) 左手缓慢松开测帽提升器,观察显示窗显示值,当显示值为 $-K$ 时说明仪器调整完毕,可以对工件进行测量,否则需重复上述步骤重新调整仪器。

(10) 将被测工件置于工作台上,沿直径方向反复推动工件读出最大值,记录到实验报告上。需要按照测量简图(见图 1-1-6)分别在 $A-A$ 面读取 3 组数据,然后将工件旋转大约 90° 到 $B-B$ 面再读取 3 组数据,共计测出 6 组实际偏差。

(11) 填写实验报告(见附录)。

(12) 根据 6 组实际偏差计算出 6 组实际尺寸。

(13) 根据所得实际尺寸,正确判断工件的合格性。

(14) 整理实验台,填写仪器使用记录本。

实验二 用万能测长仪测量孔径

1. 实验目的

- (1) 熟悉万能测长仪的使用方法和应用场合;
- (2) 掌握螺旋读数显微镜的读数原理及方法。

2. 仪器说明

万能测长仪是以精密刻度尺为基准并利用平面双螺旋线显微镜读数的一种高精度计量仪器,是一种集精密机械、光学系统和电气部分相结合的长度测量仪器。仪器的设计完全遵守长度计量中的阿贝原则。仪器带有多种附件,可用于测量外尺寸、内尺寸和内、外

螺纹中径,如采用电眼装置,可测量1~20mm的小孔孔径,该仪器既可进行相对测量,又可进行绝对测量。仪器外观如图1-2-1所示。

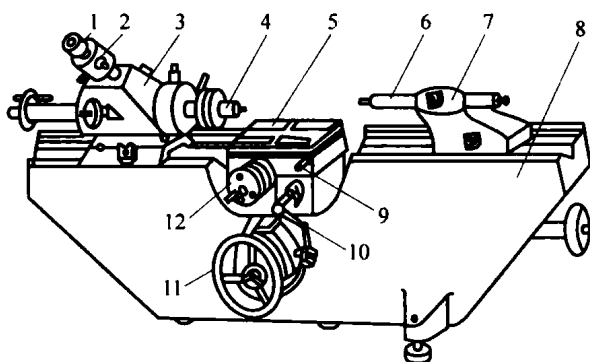


图 1-2-1 万能测长仪结构示意图

1—读数目镜；2—读数回转手轮；3—测座；4—测量轴；5—工作台；6—后座测轴；7—后座；8—底座；9—工作台水平回转手柄；10—工作台垂直摆动手柄；11—工作台升降手轮；12—工作台横向移动手轮

3. 仪器的技术指标

(1) 读数显微镜的分度值：0.001mm。

(2) 工作台上微分筒的分度值：0.01mm。

(3) 直接测量范围：0~100mm。

(4) 相对测量范围：外尺寸0~500mm,内尺寸1~200mm。

(5) 示值稳定性：0.4 μ m。

(6) 测量误差：测量外尺寸时， $\pm \left(1.5 + \frac{L}{100}\right) \mu\text{m}$ ；测量内尺寸时， $\pm \left(2 + \frac{L}{100}\right) \mu\text{m}$ ；

式中， L 为测量值，单位为mm；若用刻度尺的误差修正表时，可以不计 $\frac{L}{100}$ 项。

(7) 万能工作台的调节范围：高度0~105mm；横向0~25mm。

(8) 仪器外形尺寸：950mm×390mm×490mm。

4. 仪器的工作原理

镶有一条精密刻度尺的测量轴又称阿贝测量体，它可以随着被测尺寸大小在测量轴座孔内作相应滑动。测量轴座和尾管座可分别在底座床面的导轨上滑动，并可由手柄固定。如图1-2-1所示，工作台有5种运动：松开紧固螺钉，转动手轮11能使工作台上下升降；转动手轮12能使工作台横向移动；转动手柄9能使工作台绕水平轴转动；转动手柄10能使工作台绕垂直轴摆动；工作台本身可以在纵向自由浮动(范围5mm)。

双螺旋读数显微装置是精密仪器中常见的一种读数装置，其光学系统结构示意图，如图1-2-2所示。主刻度尺6上的毫米刻线经照明灯9投射，通过显微物镜5放大成像于双螺旋线分划板2的刻线平面上，在目镜1中可观察到毫米数值，靠近分划板4平面有一固定标尺，刻有10个相等的间距，其总长恰好与成像于它上面的毫米刻度尺的一个间距相等，故其间距为0.1mm，因此由固定标尺即可读出0.1mm的读数值，双螺旋线分划板2是一个可转动的圆盘，由转动手轮3控制，上面刻有10圈平面螺旋双刻线，螺旋双刻线

的螺距恰好与固定标尺上的刻度间距相等,其间距也为 0.1mm。在分划板中央,有一圆周等分为 100 格的圆周刻尺,当分划板 2 转动一格圆周分度时,其分度值为: $\frac{0.1\text{mm}}{100} \times 1 = 0.001\text{mm}$ 。

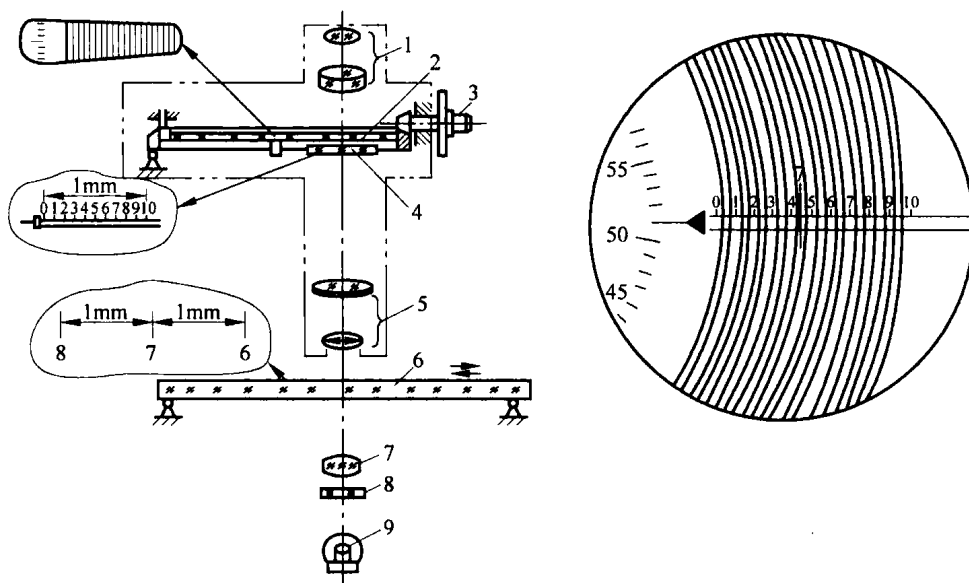


图 1-2-2 双螺旋读数显微装置光学系统结构示意图

1—目镜；2—可转动分划板；3—手轮；4—固定分划板；5—物镜；
6—毫米刻线尺；7—聚光镜；8—滤色片；9—照明灯

因此,双螺旋读数显微装置可直接读出 $1\mu\text{m}$ 。读数时是以毫米刻线夹在双螺旋线中间进行瞄准的。如图 1-2-2 所示,先读出 7mm,然后按毫米刻线在固定尺上的位置读出 0.4mm,再从指标线对准的圆周刻度上读出微米数(0.051mm),在图 1-2-2 中的读数为 7.451mm。

5. 实验步骤

(1) 佩戴手套,接通电源,转动测微目镜的调节环以调节视度。

(2) 松开紧固螺钉,转动工作台升降手轮使工作台下降到较低的位置,在工作台上安装标准环或装有量块组的量块夹子,如图 1-2-3 所示。

(3) 将一对测钩分别安装在测量轴和尾管上(图 1-2-3 所示),测钩方向垂直向下,并将两个测钩靠拢,使两测钩头部的楔槽对齐,然后旋紧测钩上的螺钉,将测钩固定。

(4) 上升工作台,使两测钩深入到标准环内或量块组的挡块之间,再将手轮的紧固螺钉拧紧,移动尾管,并转动微分筒,使测钩的两测头缓慢地与标准环或挡块接触。

(5) 找准仪器对零的正确位置。如标准环,则需转动工作台横向移动手轮找到最大转折点,再扳动工作台垂直摆动手柄找到最小转折点,最后一个转折点位置即为直径的正确位置,如图 1-2-4 所示。如量块组,则需转动工作台水平回转手柄,到最小转折点,再扳动工作台垂直摆动手柄,仍找最小转折点,此位置即为正确位置,要特别注意避免测头滑

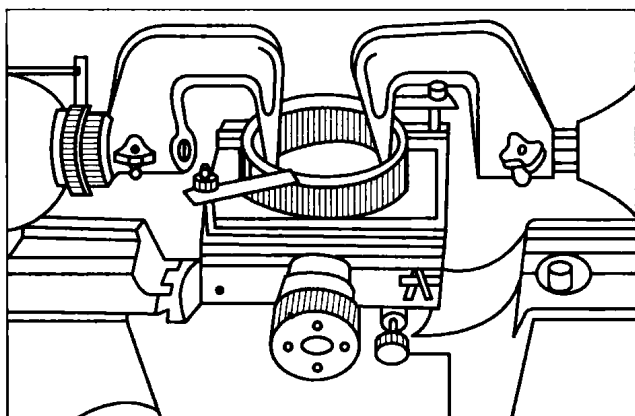


图 1-2-3 测钩安装调整

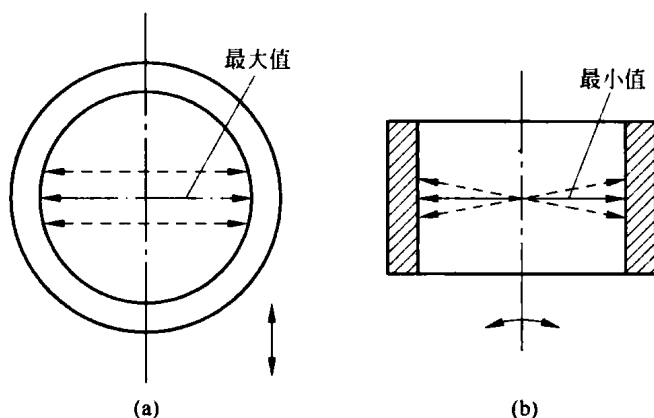


图 1-2-4 仪器对零的正确位置

出挡块,防止毫米刻度尺的损坏。对零后,测量轴座、尾管座、尾管紧固螺钉、尾管微动手柄都不能作任何调整,当零位找准后,即可按前面所述方法读数,记录读数值 L_1 。

(6) 用手扶稳测量轴,使测量轴右移一个距离,拧紧螺钉取下标准环或量块组,安装被测工件,松开螺钉,使测量头与被测工件接触并按前述仪器对零的方法进行调整和读数,记录读数值 L_2 。

(7) 数据处理:

$$D = D_1 + (L_2 - L_1)$$

式中, D 为被测件实际孔径尺寸; D_1 为标准环或量块组尺寸。

(8) 根据测量结果,并按被测孔径的验收极限判断孔径的合格性。

(9) 整理实验台,填写仪器使用记录本。

第2章 表面粗糙度的测量

实验三 用光切显微镜测量表面粗糙度

1. 实验目的

- (1) 了解光切显微镜的测量原理及其主要结构;
- (2) 熟悉用光切显微镜测量表面粗糙度的方法;
- (3) 练习表面粗糙度表格的查阅。

2. 仪器说明

光切显微镜是根据光切原理制成的光学仪器,用于测量和观察机械零件加工表面的微观几何形状误差,一般用于测量表面粗糙度微观不平度十点高度 R_z ,即在不破坏零件表面的条件下测出工件截面轮廓最大高度和沟槽宽度的实际尺寸。此外,还可测量零件表面上个别位置的加工痕迹和破损情况。其测量范围取决于选用的物镜的放大倍数,通常适用于测量 $R_z=0.8\sim 80\mu\text{m}$ 的表面粗糙度。这种仪器只能对外表面进行测量,除对金属进行测量外,也可对纸张、木材以及人工材料进行测量。

仪器的外形如图 2-1-1 所示。底座 14 上装有立柱 1。显微镜的主体通过横臂 6 和立柱连接,转动旋钮 3 将横臂 6 沿立柱 1 上下移动。此时,显微镜进行粗调焦,并用旋钮 5 将

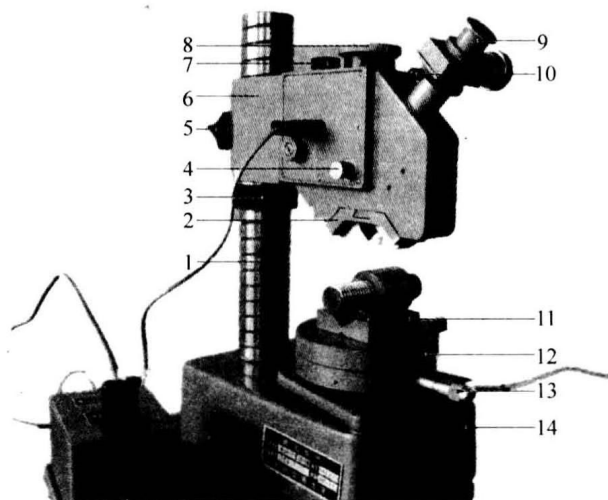


图 2-1-1 光切显微镜外观

- 1—立柱; 2—可换物镜; 3—粗调旋钮; 4—方式转换旋钮; 5—粗调控制旋钮; 6—横臂;
7—照明灯; 8—相机接口; 9—测微目镜; 10—目镜紧固旋钮; 11—V 形块;
12—坐标工作台; 13—坐标工作台移动旋钮; 14—底座

横臂紧固在立柱上,显微镜的光学系统压缩在一个封闭的壳体内,在壳上装有可替换的物镜组 2(它们插在滑板上用手柄固紧)、测微目镜 9、照明灯 7 及相机接口 8 等。微调手轮用于显微镜的精细调焦,仪器的摄影装置可安装在相机接口 8 处,可与测微目镜 9 并用,安装相机后摄影时,只须将旋钮 4 转向摄影部位即可。为了减少摄影时外界的影响,摄影时宜用相机上的快线进行。仪器的坐标工作台 12,利用旋钮 13 可对工件进行坐标测量与调整;工件可放在仪器工作台上的 V 形块 11 上进行测量。

如被测零件较大,不能安放在仪器的工作台上时,可放松旋钮 5,将显微镜主体旋转到仪器的两侧或背面进行测量。

光切法显微镜目镜测微构造如图 2-1-2 所示。

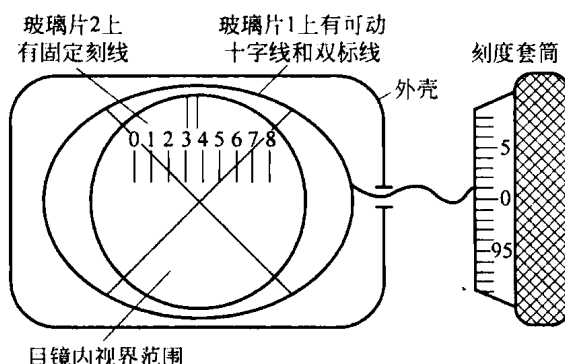


图 2-1-2 光切法显微镜目镜测微构造

3. 仪器的工作原理

如图 2-1-3 所示,由光源发出的光线经聚光镜、狭缝及物镜形成一束光带,以倾斜 45° 方向照射在被测工件的表面上。具有微小峰谷的被测表面被光带照射后,表面的波峰在 S 点产生反射,波谷在 S' 点产生反射,通过观测显微镜的物镜,它们各自成像在分划板的 a 和 a' 点。在目镜中观察到的即为具有被测表面一样的齿状亮带,通过目镜的分划板与测微目镜测出 a 点至 a' 点之间的距离 h'' ,则被测表面轮廓最大高度 h 为

$$h = h' \times \cos 45^\circ$$

或

$$h = \frac{h''}{V} \times \cos 45^\circ \quad (2-1-1)$$

式中, V 为物镜放大倍数; h 为被测表面法向截面上峰、谷间高度; h' 为光切面上峰、谷间高度; h'' 为测微目镜分划板上影像峰、谷间高度。

h'' 的测量,是调整测微目镜中十字水平线与光带走向平行,如图 2-1-4 所示,然后使水平线分别与影像的峰、谷相切,测出十字线移过的距离 H,由于 H 与 h'' 倾斜 45° ,所以有

$$h'' = H \times \cos 45^\circ \quad (2-1-2)$$

由式(2-1-1)、(2-1-2)综合得

$$h = \frac{H}{V} \times \cos^2 45^\circ = \frac{H}{2V} \quad (2-1-3)$$

若 Δa 为目镜中水平线对准峰、谷时目镜千分尺刻度套筒上的刻度差,因为 H 与 Δa

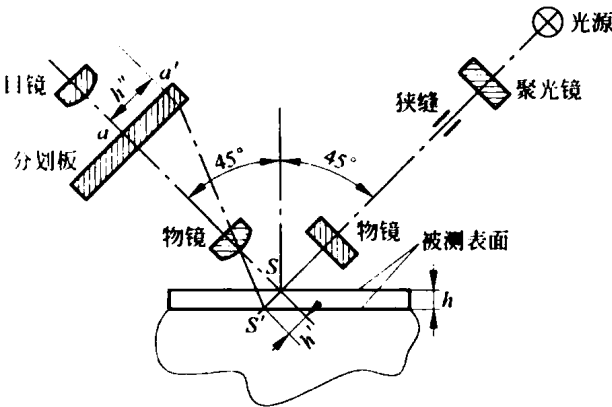


图 2-1-3 光切法显微镜测量原理

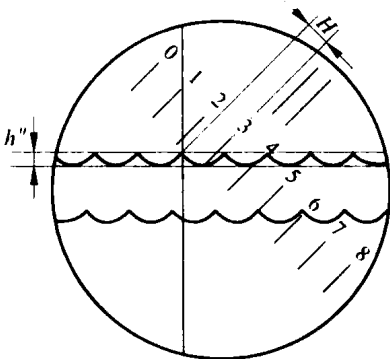


图 2-1-4 目镜十字线移动轨迹

有关,生产中经常用下式计算:

$$h = E \times \Delta a \tag{2-1-4}$$

式中, E 为目镜千分尺刻度的换算系数,它反映了千分尺套筒上刻度移过一格时,十字线水平线在被测表面法向截面上移过的距离。其值与选用物镜的放大倍数及仪器加工、安装精度有关,通常用标准刻度尺来确定其值。

4. 实验步骤

(1) 根据被测零件表面的粗糙情况,按表 2-1-1 选用适当的物镜,将选好的物镜安装在壳体的滑板上,并用手柄锁紧。

表 2-1-1 物镜参数表

物件放大倍数	60×	30×	14×	7×
视场直径/mm	0.3	0.6	1.3	2.5
测量范围 $R_z/\mu\text{m}$	0.8~1.6	1.6~6.3	6.3~20	20~63
总放大倍数	510×	260×	120×	60×
物镜组件与工件距离/mm	0.04	0.2	2.5	9.5
粗糙度等级	9	9~7	7~5	5~3
E 的近似值	0.15	0.29	0.63	1.26