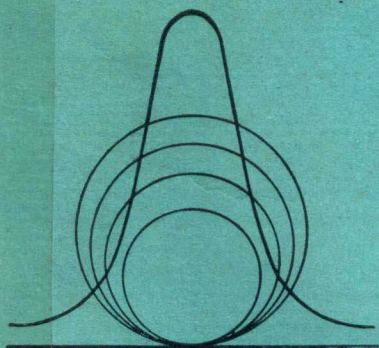


互换性与测量技术基础 实验指导书



华中工学院

标准化与计量测试教研室

目 录

实验规则

实验报告的一般内容及要求

实验一 长度测量

实验1-1 用比较仪测量长度

实验1-2 用卧式测长仪测量内孔直径

实验1-3 用万能测量显微镜测量孔距

实验1-4 用激光测量系统测量线性距离

实验二 表面粗糙度的测量

实验2-1 用双管显微镜测量表面粗糙度

实验2-2 用干涉显微镜测量表面粗糙度

实验2-3 用电感式轮廓仪测量表面粗糙度

实验三 精密螺纹的测量

实验3-1 用三针法测量螺纹中径

实验3-2 用影象法测量螺纹

实验四 角度与锥度的间接测量

实验五 形位误差的测量

实验5-1 圆柱形零件位置误差的测量

实验5-2 导轨直线度误差的测量

实验5-3 平面度误差的测量

实验5-4 圆度误差的测量

实验5-5 线轮廓度误差的测量

实验六 齿轮测量

实验6-1 齿轮齿圈径向跳动的测量

实验6-2 齿轮公法线平均长度偏差与公法线长度变动的测量

实验6-3 齿轮周节偏差与周节累积误差的测量

实验6-4 齿形误差的测量

实验6-5 齿轮基节偏差的测量

实验6-6 齿轮分度圆齿厚偏差的测量

实验6-7 齿轮双面啮合综合测量

实验6-8 计算机辅助齿轮测量

附录

实验一 长度测量

长度尺寸的测量器具和测量方法很多,最简单的方法是用各种极限量规确定被测工件是否在极限尺寸范围内,但用量规检查工件不能测得工件实际尺寸的大小,只能判断是否合格。根据工件的特征和精度要求,常用游标量具、分厘量具、指示表、各种测微仪以及坐标测量仪器来测量工件的实际尺寸或偏差。目前,高精度长度尺寸的测量可采用分辨率为0.01微米的激光测量系统,对三维空间尺寸可用三坐标测量机测量。随着现代科学技术的发展,光栅、激光、感应同步器、计算机技术已广泛用于长度测量中。本实验以学习长度测量中常用的基本仪器为主,并要求对近代新仪器有一般必要的了解。

实验1—1 用比较仪测量长度

一、实验目的

1. 学习机械、光学、电动与气动比较仪的结构原理及其使用方法;
2. 了解测量技术中常用的度量指标;
3. 学习测量结果的处理方法和APPLE—II微型计算机的操作。

二、测量仪器及操作说明

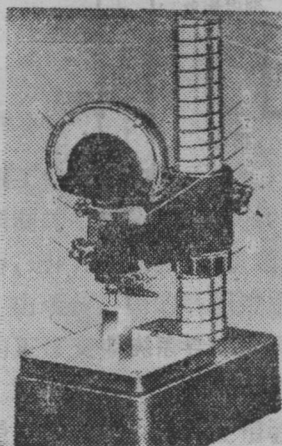
机械、光学、电动与气动比较仪主要用于长度比较测量。用这类仪器测量时,先用量块将仪器标尺或指针调到零位,被测尺寸对量块尺寸的偏差可从仪器刻度标尺上读得。

(一) 机械比较仪

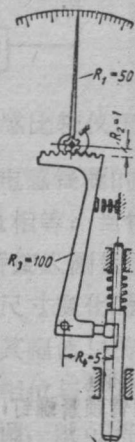
图1-1为杠杆齿轮式机械比较仪,a)为外形结构,b)表示其传动放大系统。仪器的刻度值为1微米,示值范围为±100微米,测量范围为0~180毫米。

仪器的放大比为:

$$K = \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4} = \frac{50 \times 100}{1 \times 5} = 1000$$



a) 外形图



b) 传动系统图

- 1—工作台;2—工件;3—指示表锁紧螺钉;4—细调锁紧螺钉;5—指示表;6—立柱;7—刻度标尺微调螺钉;8—细调手柄;9—横臂;10—横臂锁紧螺钉;11—横臂升降螺母。

← 图1—1 机械比较仪

(二) 立式光学比较仪

光学比较仪的测量原理如图1—2所示，自物镜焦点O发出的光线经过物镜后形成平行光束，照射在平面反射镜上。当平面镜与主光轴垂直时，光线按原路反射回来，光点仍聚集在物镜的焦点O上(图1—2a)。当量杆因被测工件尺寸的变化而产生微小位移S时，平面镜2转动 α 角，使反射回来的光线相对于主光轴成 2α 角，经过透镜折射，像点会聚在焦平面的B点，即像点相对于物点O的位移为b，其大小可在分划板上读得(图1—2b)。光杠杆的放大比为：

$$K = \frac{b}{s} = \frac{Ftg2\alpha}{Ltg\alpha}$$

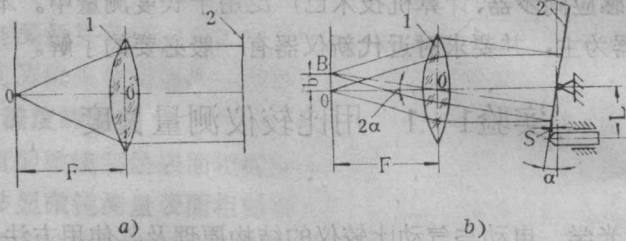
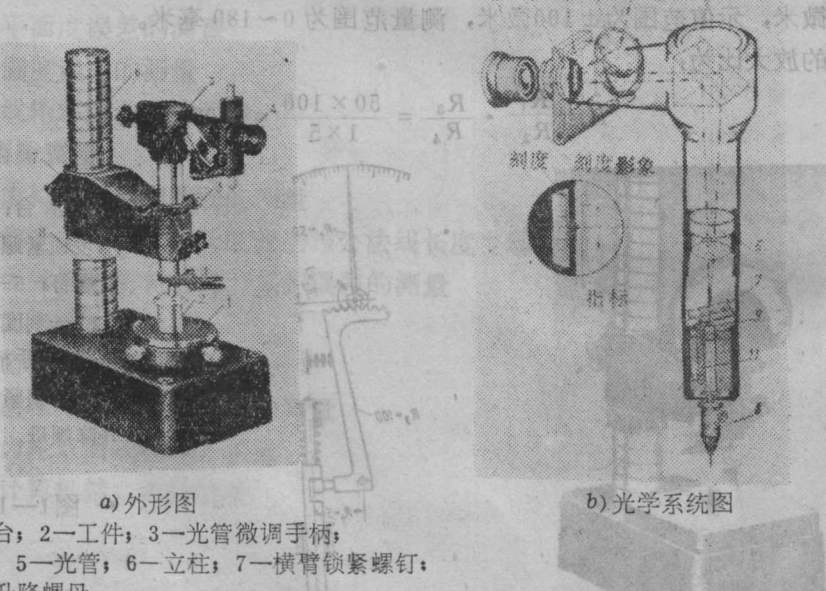


图1—2 光较仪原理

立式光学比较仪的外形和光路系统如图1—3所示。

图1—3b)中，由光源1发出的光线，经反射镜2、物镜焦平面的刻度尺3、棱镜5及物镜6，照射在平面反射镜7上，当量杆有微小位移时，反射镜7绕支点9转动 α 角，从目镜10中可看到反射回来的刻度尺的影像4。根据影像对于固定指标线的位移量，即可判断被测尺寸的偏差。



a) 外形图

b) 光学系统图

- 1—工作台；2—工件；3—光管微调手柄；
- 4—目镜；5—光管；6—立柱；7—横臂锁紧螺钉；
- 8—横臂升降螺母。

图1—3 立式光学比较仪

(三) 卧式光学比较仪

卧式光学比较仪(图1—4)主要由光管3、尾管11、工作台9、支架12与底座6组成。与立式光学比较仪相比较,其特点是工作台可以升降、前后移动、回转、摆动及沿测量轴线自由移动。测量时,使工作作相应的运动,将工件调整到正确的位置。仪器装上1、2所示的内径测量弓架,可进行内尺寸的测量。

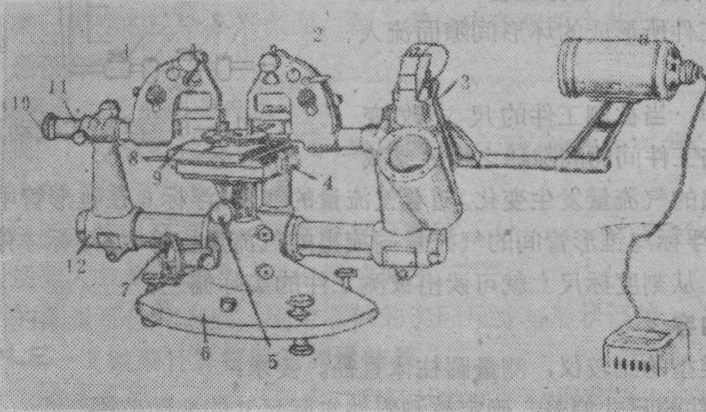


图1—4 卧式光学比较仪

1、2—内径测量弓架; 3—光管; 4—工作台前后移动手柄; 5—工作台摆动手柄; 6—底座; 7—工作台升降手柄; 8—工作台回转手柄; 9—工作台; 10—微调轮; 11—尾管; 12—支架。

(四) 电感比较仪

电感比较仪是把微小位移量转换成电路中电感量的变化,从而实现长度测量的一种电动量仪。

电感比较仪的工作原理如图1—5所示。

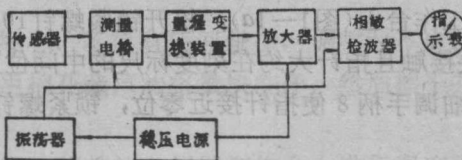


图1—5 电感比较仪工作原理图

被测工件尺寸的微小变化,使测头内电感线圈的铁芯通过测杆作相应的位移。当铁芯处于两线圈的中间位置时,两线圈的电感量相等;当铁芯偏离中间位置时,两线圈的电感量就不相等,这两线圈的电感量通过测量电桥接入测量回路,当测量电桥由振荡器以交流电压供电时,由于传感器的线圈电感量随工件尺寸变化而变化,电桥将输出一个幅值随工件尺寸变化的正弦交变电信号,即调幅信号。其幅值与传感器铁芯相对于平衡位置的偏离位移成正比,频率与供电振荡频率相同,而其相位与铁芯相对平衡位置偏离位移的方向有关。此信号经放大器放大,再经相敏检波器解调,就可将位移信号从调制信号中解调出来,得到一个与铁芯偏离平衡位置成比例的电信号,最后由指示表显示出测量结果。

测量前，仪器需经平衡与放大倍数的调整。

(五) 浮标式气动量仪

浮标式气动量仪的工作原理如图1—6所示。压缩空气经过过滤器1、3，稳压器2、4，进入锥形玻璃管5，经橡皮管7到测量喷嘴8与被测工件所形成的环形间隙而流入大气。

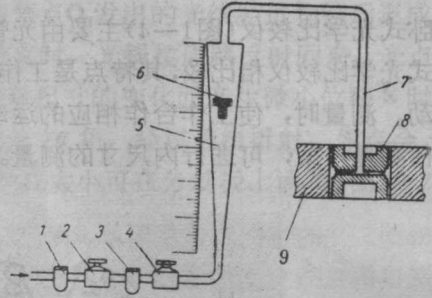


图1—6 浮标式气动量仪原理图

测量过程中，当被测工件的尺寸改变时，测量喷嘴与工件间的间隙随之增大或减小，从而使流出的气流量发生变化。随着气流量的变化，浮标6在锥形管中的位置将相应地改变，直到流过浮标与锥形管间的气流量同流出的气流量相等时，浮标才停止移动。根据浮标所在的位置，从刻度标尺上就可读出被测工件的实际偏差。

三、实验内容

选用一种类型的比较仪，测量圆柱体直径。要求：

1. 测量零件的尺寸偏差，确定被测零件实际尺寸的变动范围。
2. 对某一轴的固定部位进行多次重复测量(例如10次)，计算测量结果。并在APPLE-II微型计算机上进行验算。

四、测量步骤

(一) 用机械比较仪和立式光学比较仪测量外径

1. 选择测量头：量头的形状有球形、刀口形及平面形三种形式，应根据被测工件的形状进行选择，使量头与被测工件的接触为点接触或线接触。

2. 组合量块：按被测零件的基本尺寸或极限尺寸组合量块(组合方法参看量块部分)。

3. 调整仪器

a. 将量块置于比较仪工作台上(图1—1a)，松开锁紧螺钉10，转动螺母11，向上或向下移动横臂，使量头与量块接触且指针大约在刻度标尺的中间位置，锁紧螺钉10。

b. 松开螺钉3，拧动细调手柄8使指针接近零位，锁紧螺钉3，拧动刻度标尺微调螺钉7，使指针对准零位。

c. 按下拨叉，将量头抬起，取下量块。

4. 测量

将被测零件置于工作台上，对所指定部位进行测量，仪器上的读数即为被测零件相对量块尺寸的偏差。

5. 测量同一批零件，判断被测零件是否合格。

6. 对某一个零件的同一部位测量10次，计算算术平均值、标准差及极限误差，按标准形式写出测量结果。

(二) 用卧式光学比较仪测量内径

1. 按工件内径的基本尺寸选用标准环规或组合量块。

2. 将标准环规固紧在工作台9上(图1—4)，用手轮7将工作台调整到适当的高度，

分别调整测量弓架的量爪 1 和 2, 使其与环规内表面接触。

3. 首先用手柄 4 前后移动工作台, 并观察光管中刻线的变化, 找出最大读数; 然后用手柄 5 摆动工作台, 找出最小读数; 最后微调螺钉 10, 将光管中的指标线调到标尺的零位。

4. 取下标准环规, 换上工件, 分别用手柄 4 和手轮 5 找到最大读数和最小读数的位置, 此时, 即可读出工件实际尺寸相对标准环规的偏差。

5. 分别测量某一零件的三个不同截面, 每一截面中各测两个部位。

5. 判断零件是否合格。

(三) 用浮标式气动量仪测量内径

1. 打开气源阀门, 空气经过滤器 1、3, 稳压器 2、4 后, 使气源压力由 $3 \sim 7 \text{ kgf/cm}^2$ 调节至 2.5 kgf/cm^2 的工作压力进入仪器。

2. 将气动塞规插入校对环规中, 调整浮标至零位。

3. 将气动塞规插入被测工件中, 读出尺寸偏差。

4. 改变零件的测量部位和方向, 确定零件的实际尺寸与形状误差。

五、用 APPLE—II 微型计算机验算测量结果

1. 开打印机, 将软盘插入 A 驱动器内, 启动计算机, 使屏幕上出现提示符 \square 。

2. 键入 LOAD EX1—1 \backslash , 将计算程序调入内存。

3. 键入 LIST \backslash , 查看程序清单。

4. 修改 DATA 语句, 用自己的测量数据代替原有的数据。

5. 键入 PR#1 \backslash , 接通打印机。

6. 键入 RUN \backslash , 运行程序, 将计算结果显示在屏幕上并在打印机上打印出来。

7. Ctrl — Reset, 断开打印机。

如果计算程序已调入内存, 则只需进行 3 ~ 7 操作。

六、注意事项

1. 使用仪器要特别细心, 不得有任何碰撞, 调整时不应使指针超出标尺示值范围。

2. 组合量块时, 先用棉花蘸汽油将量块洗净, 然后擦干并将其研合。工作表面上不得沾有尘埃或棉花纤维。

3. 组合好量块后, 应先将其放在仪器工作台上进行温度平衡, 然后再调整仪器。手持量块的时间不宜太长, 否则因热膨胀将引起显著的测量误差。

4. 注意保护量块, 切勿划伤其测量表面。

七、思考问题

1. 用比较仪能否作绝对测量?

2. 产生测量误差的因素有哪些? 哪些是主要因素?

3. 本实验中量块是按“等”使用还是按“级”使用?

4. 什么是示值误差? 什么是校正值? 其意义如何? 能用什么方法确定比较仪的示值误差?

实验 1—2 用卧式测长仪测量内孔直径

一、仪器简介

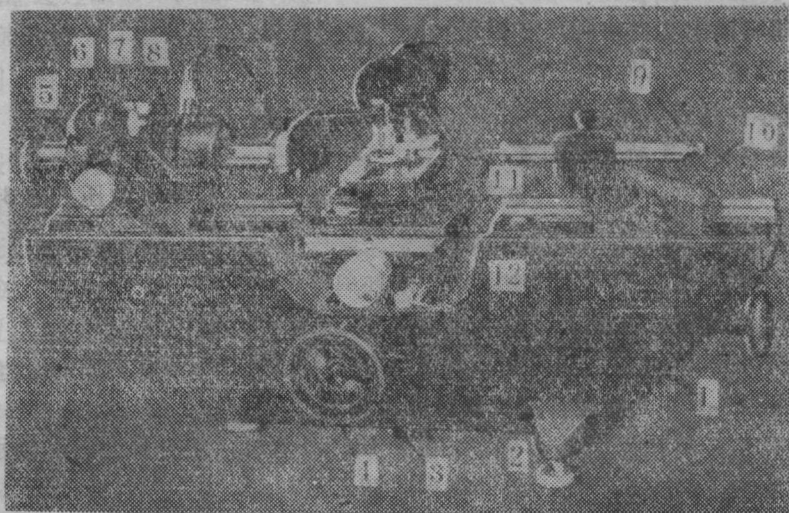


图1—7 卧式测长仪外形

1—底座；2—工作台前后移动百分尺；3—工作台升降手轮；4—工作台升降锁紧螺钉；5—阿贝测体；6—螺旋游标读数显微镜；7—螺旋游标转动手柄；8—测量轴锁紧螺钉；9—微调螺钉；10—尾座；11—工作台回转手柄；12—工作台摆动手柄。

卧式测长仪的外形如图1—7所示，它主要由底座、工作台、阿贝测体以及尾座等组成。工作台的升降由手轮3进行调整，转动百分尺2可使工作台前后移动，手柄11和12分别用来调整工作台绕垂直轴转动和绕水平轴摆动。测量时，只要对工作台作相应的调整，即能准确地找到所需测量的部位。被测工件调整到标准刻线尺的延长线上，因而测量符合阿贝原理。卧式测长仪备有多种附件，除测量一般的圆柱形零件外，还可测量内、外螺纹中径。

卧式测长仪采用螺旋游标读数装置，其读数原理如图1—8所示。图中1为100mm长的可移动刻度尺，其刻度间距为1mm；2是螺旋读数显微镜；3为固定分划板，上面刻有11条线(10个间距)，每个刻度间距代表0.1mm；4是刻有双阿基米德螺旋线(螺距为0.1mm)的可动圆形分划板，在与可动分划板同心的圆周上均匀地刻有100条刻线。当分划板4转动一个圆周刻度时，则螺旋线在半径方向的移动距离为：

$$S = \frac{0.1}{1000} \times 1 = 0.001\text{mm}$$

螺旋游标读数装置的读数方法如下：首先读出活动刻度尺上的毫米级读数(图1—8中读46)，然后按毫米刻线(指46)相对于固定分划板的位置读小数点后的第一位数(图1—8中读0.3mm)。再转动螺旋分划板4，使毫米刻线位于双螺旋线中间，最后从可动分划板上读出小数点后的第二位数与第三位数(图1—8中读0.062mm)。小数点后的第四位数从可动分

刻板上估读(图1—8中约为0.0002mm)。所以图1—8中的读数为46.3622mm。

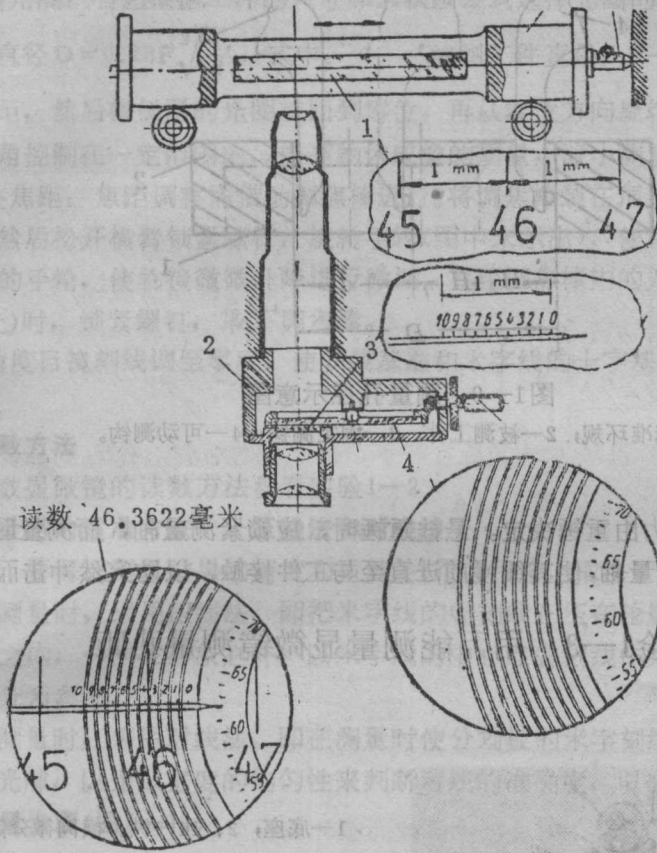


图1—8 螺旋游标读数原理

二、测量步骤

1. 将直径为 d 的标准环规装在工作台上, 松开螺钉 4, 旋转手轮 3, 将其调至适当高度, 然后锁紧螺钉 4;

2. 根据环规大小, 调整好尾座位置, 松开螺钉 8, 移动测量轴, 使测钩与环规接触;

3. 调整测钩与环规接触的位置

a. 一边用百分尺 2 将工作台前后移动, 一边观察读数显微镜, 直至找到最大读数(毫米刻线的转折点)为止;

b. 用手柄 12 摆动工作台, 找出最小读数(毫米刻线的转折点); 反复进行 a、b 调整, 直到找正测量部位后, 转动螺旋分划板, 使毫米刻线位于双螺旋线中间, 记下第一次读数 H_1 ;

4. 取下环规, 换上被测工件, 按上述同样的方法进行调整, 找正测量部位, 记下第二次读数 H_2 。

则被测工件的内孔直径为:

$$D = (H_2 - H_1) + d$$

其中: d 为标准环规的直径。

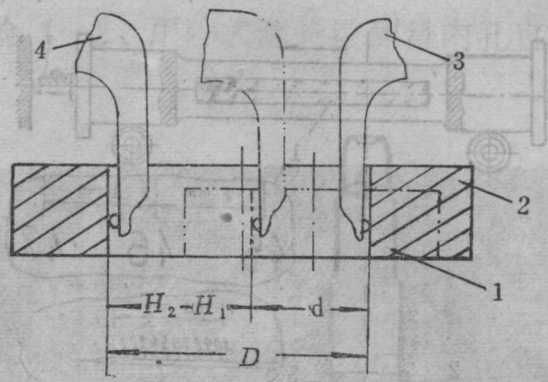


图1-9 测量孔径示意图

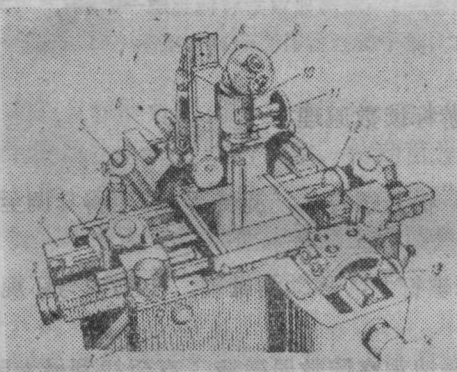
1—标准环规；2—被测工件；3—固定测钩；4—可动测钩。

三、注意事项

卧式测长仪的测量力由重锤决定。悬挂重锤时，应锁紧测量轴，而测量时，则应将其松开。松开时用手扶住测量轴，使其缓慢前进直至与工件接触，以防突然冲击而损坏仪器。

实验1-3 用万能测量显微镜测量孔距

一、仪器简介



- 1—底座；2、14—纵、横向微分筒；
- 3、13—纵、横向导轨；4、12—顶尖座；
- 5、6—螺旋游标读数显微镜；7—立柱；
- 8—横臂；9—测角目镜；10—中央测量显微镜；
- 11—立柱倾斜手轮。

← 图1-10 万能测量显微镜

万能测量显微镜是常用的光学机械仪器，具有一定的通用性和灵活性，它可以根据被测工件的特征及要求，进行各种复杂的测量工作，用途非常广泛。

万能测量显微镜的外形如图1-10所示，它主要由底座、纵、横导轨、工作台、中央显微镜、螺旋读数显微镜及顶尖等组成。其主要附件有光学灵敏杠杆、光学分度头和分度台、测量刀、径向跳动检查装置、高顶尖座等。

仪器测量范围：纵向0—200毫米，横向0—100毫米，刻度值为0.001毫米，角度目镜刻度值为1分。

二、仪器调整

1. 调整灯丝：在工作台上放一圆筒聚光器，调整照明装置上的两个螺钉，使灯丝影

像清晰地位于聚光器中心，视场中具有均匀的照度。

2. 调整光圈：首先根据工件的尺寸和形状按公式选择光圈的直径，对光滑圆柱零件，光圈直径 $D = 0.18F\sqrt{\frac{1}{d}}$ ，式中： d ——被测工件直径， F ——万能显微镜照明光源准直透镜焦距，然后将仪器的光圈旋回到零位，再从零位方向旋转到最佳直径，这样调整使光束发散角控制在一定范围内，提高物体成像的质量，减小测量误差。

3. 调整焦距：焦距调整需借助调焦棒进行。将调焦棒装在顶尖上，先转动目镜，使米字刻线清晰；然后松开横臂锁紧螺钉，旋转手轮(图中未示出)，使横臂升降进行粗调；最后转动物镜处的手轮，使物镜微微升降进行微调，直至调焦棒内的刀口清晰成像在目镜视场(或投影屏上)时，锁紧螺钉，取下调焦棒。

4. 将角度目镜刻线调至零度，使安装基准和米字线的十字基准刻线与纵横导轨移动方向平行。

三、读数方法

螺旋读数显微镜的读数方法参看实验1—2

四、测量时的瞄准方法——压线法和对线法

测量时，要保证测量结果的精度和重复性，很大程度上取决于测量者科学的瞄准方法。

在长度测量时，采用压线法，即把米字线的虚刻线正压在轮廓边缘线上，使虚线的象一半在影象之内，一半在影象之外，以米字线的中心点虚刻线作为决定位置的主要根据，以其延长部分为参考。

在角度测量时，采用对线法，即在测量时使分划板的米字刻线和被测角度之边缘保持一条狭窄的光隙，以光隙宽度的均匀性来判断对线的准确度，以减小压线的散发误差。

五、测量步骤(图1—11)

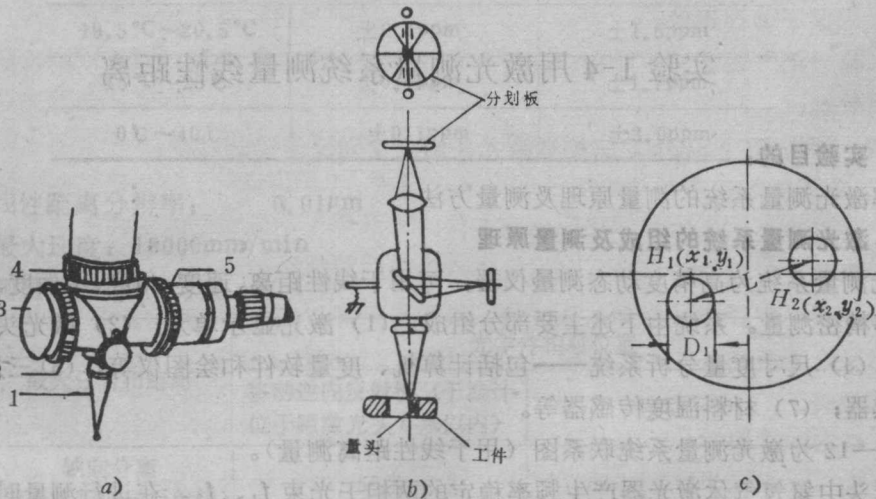


图 1—11 螺旋读数显微镜的测量步骤

1. 旋转灵敏杠杆测压转换环 2 将测头引向孔壁测量面，转换环上与标点同色的箭头表示测量压力方向，异色箭头表示纵导轨移动方向；

2. 移动导轨，将工件上被测孔 H_1 引入灵敏杠杆下、并使测头与孔壁接触；观察显微

镜视场,若灵敏杠杆内三组双刻线不清楚,则用滚花圆环5进行调整;

3. 锁紧横向导轨,微调微分筒,直至观察到双刻线转折点后,再移动纵向导轨,使米字线的竖线落在三组双刻线正中间(如图1-116),从纵、横向读数显微镜中记下第一次读数 A_1 和 B_1 ;

4. 旋转测压转换环,改变测头扛杆方向;

5. 将工件纵向移动,使测头与孔壁的另一面接触,用上述同样方法,找正测量部位后记下第二次读数 A_2 、 B_2 。

计算孔 H_1 的直径 D_1

$$D_1 = (A_2 - A_1) + d \quad d \text{——灵敏杠杆测头直径}$$

计算孔 H_1 的中心坐标 x_1 、 y_1

$$x_1 = \frac{A_1 + A_2}{2} \quad y_1 = \frac{B_1 + B_2}{2}$$

6. 移动导轨,将工件孔 H_2 引入灵敏杠杆下,按上述方法测出孔 H_2 的直径

$$D_2 = (A_4 - A_3) + d$$

计算孔 H_2 的中心坐标 x_2 、 y_2 、

$$x_2 = \frac{A_3 + A_4}{2} \quad y_2 = \frac{B_3 + B_4}{2}$$

7. 计算两孔的中心距 L

$$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (\text{mm})$$

六、注意事项

移动工件时,要特别小心,防止冲击碰撞而损坏测头或影响测量结果的可靠性。

实验 1-4 用激光测量系统测量线性距离

一、实验目的:

了解激光测量系统的测量原理及测量方法

二、激光测量系统的组成及测量原理

激光测量系统为高精度动态测量仪器,可用于线性距离、速度、角度、平面度、平行度和垂直度等精密测量。系统由下述主要部分组成:(1)激光显示单元;(2)激光头;(3)光学组件;(4)尺寸度量分析系统——包括计算机、度量软件和绘图仪等;(5)三角架;(6)空气传感器;(7)材料温度传感器等。

图 1-12 为激光测量系统联系图(用于线性距离测量)。

激光头中氦氖气体激光器产生频率稳定的两相干光束 f_1 、 f_2 。在进行测量时,激光束被导向测量路线中的光学件,并返回到激光头的测量接收器,接收器对返回光束进行检测,如果测量路程中光学件间有相对移动,则返回光束将是 $f_1 - f_2$ 加上多普勒频移频率量分 Δf 。

由于两偏振光彼此相互正交,在光束到达反调制偏振器之前,两频率不会产生干涉条纹。

来自标准接收器和测量接收器的两种信号分别由测量显示单元中的两个脉冲计数器进行计数。测量显示单元接着进行如下的工作：

(1) 连续地从测量接收器的内容中减去标准接收器的内容（其差值为波长数）；

(2) 完成需要的电子功能，进行特殊的测量计算；

(3) 用 **Setup** 键从键盘输入数据和从空气传感器、材料温度传感器输入补偿信息；

(4) 在前面板上显示测量结果。

三、技术规范

(1) 精度

激光测量系统用于线性距离测量时，其精度取决于光速（V.O.L.）补偿法和操作温度（见下表）。

操作温度范围	V. O. L. 补偿法	
	手动	自动
19.5°C~20.5°C	±0.1ppm	±1.5ppm
15°C~25°C	±0.1ppm	±1.7ppm
0°C~40°C	±0.1ppm	±3.0ppm

(2) 线性距离分辨率： 0.01μm

(3) 最大速度： 18000mm/min

(4) 测量范围/轴向分离

最大分离和距离	光学件相对位置	
	移动逆向反射镜（干涉计位于距激光头5米以内）	移动干涉计
轴向分离（激光头距逆向反射镜）	50米	15米
测量范围（移动距离）	40米	15米

四、测量操作

(一) 光学件的安装和校准

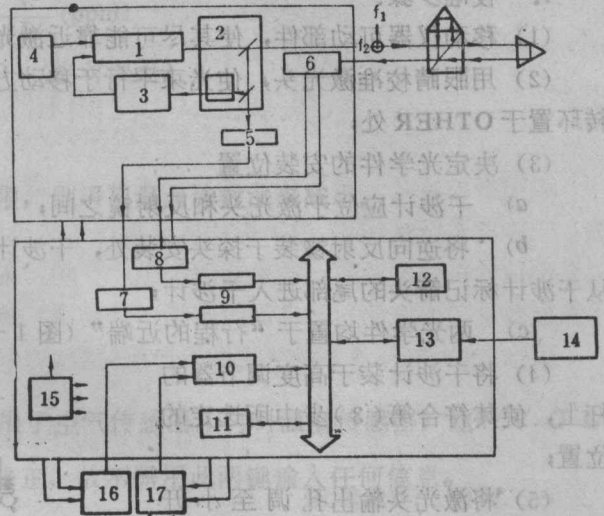


图1-12 激光测量系统联系图

1—激光头；2—采样器；3—激光调制控制；4—高压电源；5—标准接收器；6—测量接收器；7—标准频率16×倍频器；8—测量频率16×倍频器；9—脉冲计数器；10—模数转换器；11—HP-1B接口；12—键盘显示；13—处理器；14—遥控单元；15—电源；16—材料温度传感器；17—空气传感器。

1. 校准步骤:

- (1) 移动仪器可动部件, 使其尽可能靠近激光头;
- (2) 用眼睛校准激光头, 使光束平行于移动方向。将激光头调至适当高度, 同时使旋转环置于 **OTHER** 处;
- (3) 决定光学件的安装位置
 - a) 干涉计应位于激光头和反射镜之间;
 - b) 将逆向反射镜装于探头安装处, 干涉计置于工作台上。来自激光头的光束必须从干涉计标记箭头的尾部进入干涉计;
 - c) 两光学件均置于“行程的近端”(图 1-13)。
- (4) 将干涉计装于高度调节器的杆上, 使其符合第(3)步中所选定的位置;
- (5) 将激光头输出孔调至小开孔, 转动光圈控制器, 使“靶”出现在激光头底部孔中;
- (6) 移动干涉计同时观察激光头的前面, 调整激光头或干涉计的位置使返回激光束对定于激光头返回孔靶上;

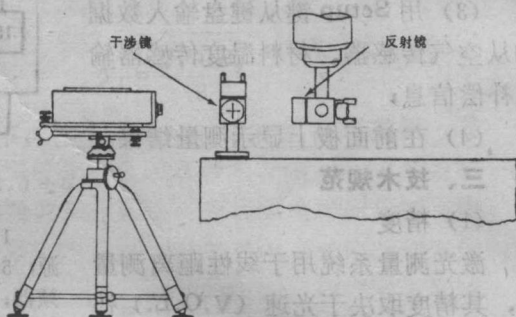


图 1—13

(7) 移动逆向反射镜, 使其尽可能靠近干涉计, 同时观察激光头前面。调整逆向反射镜直到返回光束也射中激光头底部孔靶。挡住干涉计和逆向反射镜间的光路, 以区分两返回光束 (保留在激光头前面的光点为干涉计返回光束);

(8) 固紧干涉计组件;

(9) 将“靶”装于干涉计和逆向反射镜上, 使干涉计的孔靶与逆向反射镜的十字丝靶均与光束对准;

(10) 利用 **GUNSIGHT** 法校准激光头相对逆向反射镜的移动;

2. 光束强度的检查与校准

- (1) 将激光头上、下两孔均调至最大;
- (2) 沿整个行程移动光学件并观察光束强度计, 指针位于绿色区域表示有足够的强度;
- (3) 如果光强计指针指到红色区域, 则将光学件退回到“行程的近端”重新对其定位, 使返回点重合于激光头的十字丝靶上(先要将十字丝靶转入返回孔, 输出孔应转至小开孔)。重复校准检查。

3. COSINE 误差的检查与校准。

- (1) 取下光学件上的靶, 确认输出孔选择了小开孔, 十字丝靶位于返回孔;
- (2) 观察位于激光头返回孔上的两光点 (两光点看起来可能完全重叠);
- (3) 在全行程上移动光学件;
- (4) 观察两光点, 如果光点间有移动, 则会产生 **COSINE** 误差。
- (5) **COSINE** 误差值按下式计算

$$E = \frac{S^2}{8D^2} (\text{ppm})$$

$E \times D$ (绝对误差)

式中 S ——两光点间的移动量

D ——机床或光学件的移动长度

(6) 如 **COSINE** 误差超出了允许极限, 则采用最大读数法来减小。

(二) 测量显示设置

1. MEASUREMENT MODE 键

按 **DISTANCE** 键

2. SET-UP 键

V.O.L. **MATL TEMP** 由于使用了空气传感器和材料温度传感器, 这时 **V.O.L.**

补偿值和材料温度都被自动计入并实时修正, 故不需用此两键输入任何信息。

PRESET 可根据需要输入预置数 (常数), 所预置的数将被加到测量结果上去, 其

总和将被显示。如不输入预置数则零将被自动输入。

DIR SENSE 用于确定哪一个方向为所需要的正向。

EXP COEFF 输入正在进行温度测量的材料的膨胀系数。输入值单位为 $\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。

对于钢, 其膨胀系数为 $11.7 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 。应先输入 11.7, 接着按 **EXP COEFF**。

RESOL 根据所需要的精度确定分辨率, 先输入所希望的位数, 接着按 **RESOL**。

对于米制, 分辨率最多为 5 位 (0.00001)。

(三) 测量操作 (带 DMAS)

1. 系统检查与启动

(1) 确定激光头输出孔和返回孔均位于最大光圈;

(2) 激光头旋转环位于“OTHER”处;

(3) 按下位于测量显示单元左下角处的电源开关。启动激光测量系统 (激光头和测量显示单元)。激光头完成了升温周期和调制后显示出“LASr UP”信息。此时, 系统启动即告完成。

2. DMAS 启动

(1) 将 DMAS 卡式磁带插入计算机磁带驱动器中;

(2) 压下计算机背面右上角处 **ON/OFF** 开关, 接通电源。这时“Autost”程序将自动地由卡式磁带装入计算机内存。屏幕上将显示出询问希望输入的测量单位是什么的信息。可选 **I** 或 **M**。如选定为米制则按 **M** 并 **ENDLINE**。屏幕上接着显示出主程序项目单, 可根据屏幕显示进行人机对话, 完成一系列的信息输入和测量。

实验二 表面粗糙度的测量

表面粗糙度是一种微观几何形状误差，其常用的测量方法有粗糙度样板比较法、光切法、干涉法及针描法等。由于粗糙度样板比较法是用粗糙度样板和被测工件直接对照比较，凭经验估计粗糙度参数，故主要用于生产车间。本实验主要学习用双管显微镜（光切法），干涉显微镜（干涉法）及电动轮廓仪（针描法）测量表面粗糙度。

实验 2-1 用双管显微镜测量表面粗糙度。

实验 1-2 用双管显微镜测量表面粗糙度

一、仪器及测量原理

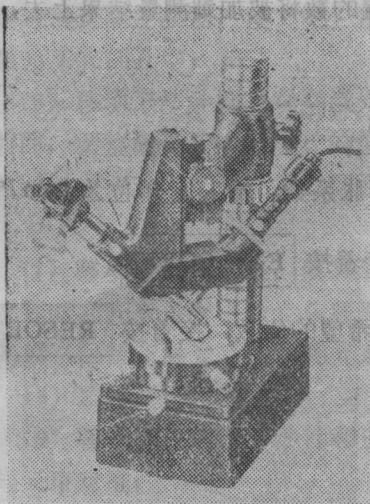


图 2-1 双管显微镜

- 1—光源；2—照明光管微调螺母；3—照明光管摆动螺钉；4—物镜；5—工作台锁紧螺钉；
6—工作台移动百分尺；7—工作台；8—工件；9—物镜；10—目镜测微计；11—目镜；
12—目镜锁紧螺钉；13—支架升降手轮；14—横臂；15—横臂锁紧螺钉；16—横臂升降螺母

双管显微镜如图 2-1 所示，它主要用来测量各种工件外表面的粗糙度，测量参数为微观不平度 R_z ，测量范围为 0.5~50 微米，视场直径为 0.3~2.5 毫米。

双管显微镜工作原理如图 2-2 所示。由光源 1 发出的光线经光栏 2 及物镜 3 形成一扁平的光束，此光束以 45° 角的方向投射到被测工作的表面上而形成一绿色光带。光带边缘的形状即为被测工件在 45° 截面上的表面形状。光带经反射后通过观测显微镜的物镜 5 成像于目镜的分划板 6 上。由于在目镜视场内所看到的影像是与被测表面成 45° 方向截面上的轮廓曲线，并经观测物镜放大了 M 倍，所以表面不平度的实际高度 h 与影像高度 h' 有如下关系

$$h = \frac{h' \cos 45^\circ}{M}$$

为了测量和计算方便，显微镜在结构上使目镜分划板十字线沿着目镜测微计螺杆移动方向成 45° 的方向移动，移动量从目镜测微计上读取，因此在目镜视场内光带峰谷之间的距离 h' 与从目镜测微计上读取的数值 H 之间的关系为：

$$h' = H \cdot \cos 45^\circ$$

所以
$$h = H \cdot \frac{\cos^2 45^\circ}{M} = H \cdot \frac{1}{2M}$$

令
$$\frac{1}{2M} = E$$

则
$$h = E \cdot H$$

物镜放大倍数 M 与系数 E 按被测工件表面粗糙度数值进行选择，其值参看表 2-1。

表 2-1

物镜放大倍数	总放大倍数	视场直径 (毫米)	系数 E 微米/格	测量范围 $R_z (\mu m)$		相当于旧国标	可用下列方法加工得到
60	520	0.3	0.16	0.5	1.5	$\nabla 9$	金刚石精车、精磨、珩磨
30	260	0.6	0.29	1.5	5	$\nabla 8 \sim \nabla 7$	精车、细磨、精镗等
14	120	1.3	0.63	5	15	$\nabla 7 \sim \nabla 6$	光车、光铣、精镗
7	60	2.5	1.28	15	50	$\nabla 5 \sim \nabla 4$	粗车、粗铣、粗磨

二、测量步骤

- 按图纸要求或被测工件粗糙度的估计数值，确定取样长度 l ，按表 2-1 选择适当放大倍数的物镜并装在仪器上；
- 将被测工件安置在工作台上；
- 通过变压器接通电源；
- 调整仪器。
 - 松开锁紧螺钉 15，转动横臂 14 及螺母 16，使镜头对准被测表面上方，然后锁紧螺钉 15；
 - 调节手轮 13，上下移动支架，使目镜视场中出现切削痕纹；
 - 转动螺钉 3，摆动照明光管，使光带与切削痕纹重合；
 - 旋转螺母 2，上下微动照明光管，使其物镜聚焦于工件表面；
 - 转动工作台（或转臂），使加工痕纹与投射在工件表面上的绿色光带彼此垂直，并交错调整手轮 13、螺母 2 与螺钉 3，即可获得具有最大弯曲的清晰光带；
 - 松开螺钉 12，转动目镜，使目镜中的十字线的水平线与光带大致平行。
- 转动目镜测微计，在取样长度 l 范围内，使十字线的水平线分别与五个峰顶和五个谷底相切（图 2-3）。

从目镜测微计上分别读取各峰谷的读数 h_1, h_2, \dots, h_{10} （图 2-4），按下式算出微观不平度十点高度 R_z 。

$$R_z = E \cdot \frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5}$$

式中： h_i 的单位为格数