

互换性与测量技术基础实验

东南大学 范德梁 主编

G801

B

机械工业出版社

互换性与测量技术基础实验

东南大学 范德梁 主编



机械工业出版社

本书经高等工业学校“互换性与测量技术基础”课程教学指导小组同意,作为向全国高校推荐的、与《互换性与测量技术基础》教材配套使用的辅助教材。

本书包括:光滑工件尺寸测量、表面粗糙度测量、形位误差测量、角度测量、圆柱螺旋线测量和圆柱齿轮测量六个方面的20个实验,供选做。

本书也可作为电大和函大的实验教材,同时可供工厂的计量测试人员参考。

互换性与测量技术基础实验

东南大学 范德梁 主编

*

责任编辑:高文龙 版式设计:胡金琰

责任印制:王国光 责任校对:熊天荣

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $5 \frac{3}{4}$ · 字数 134 千字

1989年5月北京第一版·1989年5月北京第一次印刷

印数 0,001—4,900 · 定价: 1.25 元

*

ISBN 7-111-01440-5/TG · 357(课)

前 言

本书由原高等工业学校“互换性与技术测量”教材编审小组根据教学大纲组织编写，经高等工业学校“互换性与测量技术基础”课程教学指导小组同意作为高等工业学校辅助教材出版。

编写本书时，调查了全国 19 所高校所开实验的内容，参考了 20 所高校的实验指导书。根据本课程的教学大纲和各校的现实状况，确定了本书所含实验的项目和设备，每个实验采用一种或两种不同的主要计量器具，共选出 6 类 20 个实验项目。使用时，可根据教学的要求和时数以及设备条件，组合各个实验，选做其中部分内容。其中由课程教学指导小组推荐应确保的基本实验在本书目录中用 * 号注明。

本书将常用计量器具集中介绍于附录，供现场教学和学生自学参考。对直线度误差、圆度误差、齿距误差等典型测量数据的处理，给出了用微型计算机计算和作图的 BASIC 程序，供参考。

本书由东南大学范德梁主编，华中理工大学李柱和重庆大学廖念钊主审。前言和附录由华中工学院汉口分院范治渊编写、实验一由郑州工学院胡林编写、实验二和实验四由昆明工学院谢文藻编写、实验三由华中理工大学李光瀛编写、实验五和实验六由范德梁编写。计算机程序分别由陈于萍、姚彩仙、范敏鑫编制。对本书初稿部分校阅并提出修改意见的有：赵卓贤、王文义、许大全、黄慰远、徐虎等同志，孙自强同志协助整理。

编者衷心感谢全国有关大专院校对本书编写的支持，并热忱欢迎对本书的评论与指正。

编者 1988年7月

序 言

在“互换性与测量技术基础”课程的教学中,实验课教学是重要的组成部分。它对学生巩固课堂知识、培养基本技能起着显著作用。

一、本实验课的目的和要求

1. 了解几何参数测量的基本原理和方法;
2. 了解几何量计量器具的原理和基本测量方法;
3. 初步学会测量几何参数的基本技能;
4. 加深对互换性和公差基本概念感性认识;
5. 初步具有正确使用常用计量器具以及处理测量结果的能力。

二、实验守则

1. 本守则的目的是维护国家财产、培养学生进行实验的正确方法 和对工作一丝不苟的良好习惯,保证实验教学质量。
2. 对学生作实验的要求是:原理清楚、方法正确、数据可靠和报告工整。
3. 按规定时间准时进入实验室。入室前掸去衣帽上灰尘,更换拖鞋。保持安静、禁止喧哗。注意室内整洁、禁止随地吐痰和吸烟。
4. 进实验室前应预习实验指导书,了解实验的目的要求和测量原理。
5. 开始作实验之前,应在教师指导下,对照仪器了解仪器的结构和使用调整方法。
6. 按操作步骤进行测量、记录数据。操作要细心,动作要轻匀,手指勿触摸计量器具的工作面和光学镜片。不要动用与本次实验无关的计量器具。
7. 实验用仪器发生故障时,应立即报告指导教师予以排除,不得自行拆卸修理。因违反操作规程而损坏仪器者,要按章处理。
8. 测量完成后,切断电源。将仪器和工件上测量面用浸汽油的棉花擦净,并涂上防锈油。整理现场,经指导教师检查同意后,方能离开实验室。

三、实验报告的内容和要求

编写实验报告是训练学生撰写科学论文能力、培养良好学风的重要环节。对本课程,实验报告是考核学习成绩的手段之一,是评估教学质量的重要依据。

实验报告应由每个学生个人独立完成,用钢笔或圆珠笔书写。报告内容要层次清楚、文句简明通顺,符合汉字规范和法定计量单位。

实验报告的一般内容如下:

1. 实验名称。
2. 测量对象:写出被测工件的规格、尺寸和技术要求。
3. 计量器具:写出所用仪器和量具的名称和主要计量指标。
4. 测量结果:记录测得的读数,绘制测量简图,进行数据处理,写出最后结果,要注明数据的单位和符号。
5. 合格性结论:按技术要求查出公差或极限偏差,判断被测工件的合格性。
6. 其他:回答思考题,分析测量误差,写出实验心得等。

目 录

序言

- 一、本实验课的目的和要求
- 二、实验守则
- 三、实验报告的内容和要求

实验一 光滑工件尺寸测量	1
实验1-1 用机械比较仪或立式光学计测量外径	1
实验1-2 用内径指示表测量内径	5
实验1-3 用卧式测长仪测量内径	7
实验二 表面粗糙度测量	11
* 实验2-1 用光切显微镜测量表面粗糙度	11
实验2-2 用干涉显微镜测量表面粗糙度	15
实验2-3 用电动轮廓仪测量表面粗糙度	18
实验三 形状和位置误差测量	23
* 实验3-1 导轨直线度误差测量	23
实验3-2 轴的形位误差测量	29
* 实验3-3 箱体位置误差测量	36
实验四 角度测量	41
实验4-1 用正弦尺测量角度	41
实验五 圆柱螺纹测量	43
* 实验5-1 用工具显微镜测量螺纹	43
实验5-2 用三针法测量螺纹中径	49
实验六 圆柱齿轮测量	53
* 实验6-1 齿轮齿距误差测量	53
实验6-2 齿轮基节偏差测量	57
实验6-3 齿轮齿形误差测量	59
* 实验6-4 齿轮齿圈径向跳动测量	62
实验6-5 齿轮齿向误差测量	64
* 实验6-6 齿轮齿厚偏差测量	65
* 实验6-7 齿轮公法线长度测量	68
实验6-8 齿轮双面啮合测量	71
附录 常用计量器具	74
一、量块	74
二、游标尺	76
三、千分尺	79
四、指示表	81

实验一 光滑工件尺寸测量

实验1-1 用机械比较仪或立式光学计测量外径

一、目的要求

1. 掌握外径比较测量的原理。
2. 了解机械比较仪和立式光学计的结构、调整和使用方法。
3. 了解量块的正确使用与维护方法。
4. 理解计量器具与测量方法常用术语的实际含义。

二、测量原理

用机械比较仪和立式光学计测量外径，一般是按比较测量的方法进行的，即先将量块组放在仪器的测头与工作台面之间，以量块尺寸 L 调整仪器的指示表到达零位，再将工件放在测头与工作台面之间，从指示表上读出指针对零位的偏移量，即工件外径对量块尺寸的差值 ΔL ，则被测工件的外径为 $x = L + \Delta L$ 。

三、仪器简介

(一) 机械比较仪

图 1-1 a 为杠杆齿轮式机械比较仪，它由工作台 8、底座 7、立柱 1、横臂 4 和指示表 13 等组成。工作台 8 和带螺纹的立柱 1 固定在底座 7 上。当松开螺钉 3，转动螺母 6，可使横臂 4 带着指示表沿立柱上下移动，以调节测头 9 与工作台面的距离。螺钉 11 将微调框架 12 与指示表 13 固紧为一体。松开螺钉 10 后，转动偏心手轮 5，可使指示表 13 相对于横臂 4 略为升降。转调手轮 2 可使标尺 14 摆动。按下拨叉 15，可将测头抬起。

指示表 13 内部的传动系统见图 1-1 b，当测头 9 向上或下移动时，在弹簧 16 的作用下，杠杆 R_1-R_3 转动，其顶端齿条随着向左或右转动，并带动小齿轮顺时针或反时针转动。指针 R_1 固定在齿轮的端面上。测头 9 向上移动时，指针 R_1 向右转动，指示正值；测头 9 向下移动时，指针 R_1 向左转动，指示负值。因此，测头的位移量 ΔL 通过杠杆和齿轮放大，成为指针末端对标尺 14 的位移量 Δx 。此仪器的放大倍数为

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

因为标尺的刻线间距 $C = 1\text{mm}$ ，所以标尺的分度值为

$$i = \frac{C}{K} = \frac{1}{1000}\text{mm} = 0.001\text{mm} = 1\ \mu\text{m}$$

机械比较仪的测量范围为 $0 \sim 180\text{mm}$ ；其标尺的示值范围为 $\pm 100\mu\text{m}$ 。

(二) 立式光学计

立式光学计亦称立式光学比较仪，如图 1-2 所示，它由底座 1，立柱 2、横臂 5、直角光管 6 和工作台 16 等部分组成。

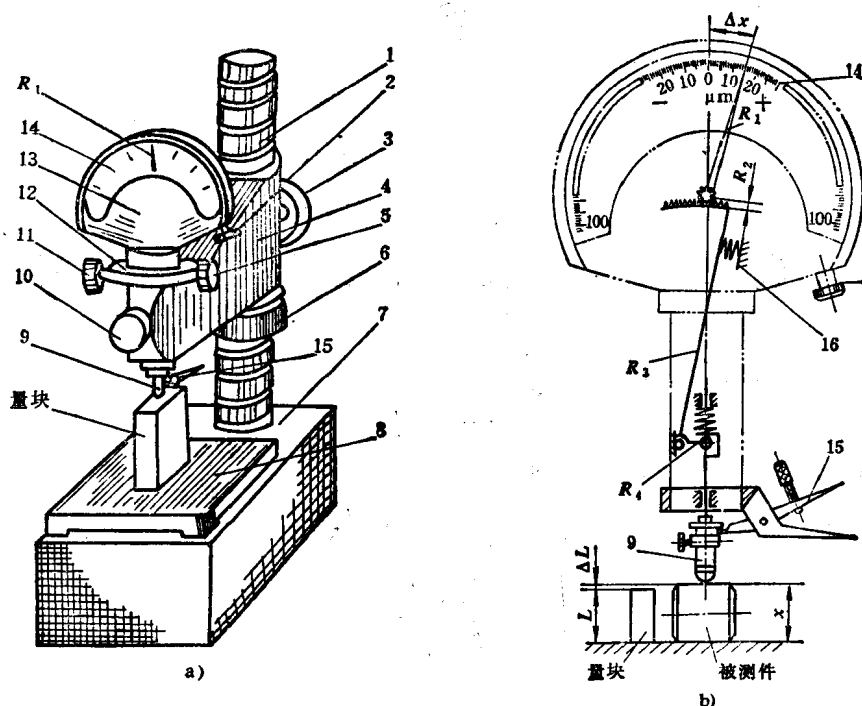


图1-1 机械比较仪

a) 外形 b) 指示表的传动系统

1—立柱 2—标尺微调手轮 3—横臂锁紧螺钉 4—横臂 5—偏心手轮 6—支臂升降螺母 7—底座 8—工作台 9—测头 10、11—螺钉 12—微调框架 13—指示表 14—标尺 15—拨叉 16—弹簧

直角光管是主要部件，它是由自准直光管和正切杠杆机构组合而成的。其光路系统如图1-3所示。光从外面经反射镜1射入光管内的棱镜2，再反射照亮圆分划板3上的刻线尺4。圆分划板的里面半边刻有刻线尺、外面半边是一条空白长框9（作为成像面），框外涂黑，框内刻有一条横的断续线（作为指示线）。分划板3位于物镜6的焦平面上，也在目镜8的物方焦平面上。

当刻线尺4被照亮后，从刻线尺发出的光束经过直角棱镜5和物镜6，成平行光束投射到平面反射镜7上，光线从7上反射回来后，刻线尺4被物镜6成像在与它对称位置的成像面9上，刻线尺4的象可通过目镜8进行观察。

平面反射镜7由三个直径相同的钢球作支承，其中两个作为反射镜的转动支承，而另一个钢球则固定在测杆的顶端12。平面反射镜7的下面用两个小弹簧11钩住，以保证反射镜与钢球接触，并使测头13产生一定的测量力。测量工件前先用量块调整光管上下位置，使刻线尺的象达到零位。此时平面反射镜的镜面与自准直光管的光轴相垂直。

当测杆12因工件尺寸变化而上下移动一个距离 s 时，见图1-3的左下图，反射镜面随之绕支点转动一个角度 α ，则反射光相对入射光偏转了 2α 角度，从而使刻线尺的象产生位移量 t 。因此，直角光管的放大倍数为

$$K = \frac{t}{s} = \frac{F \tan 2\alpha}{b \tan \alpha} \approx \frac{2F}{b}$$

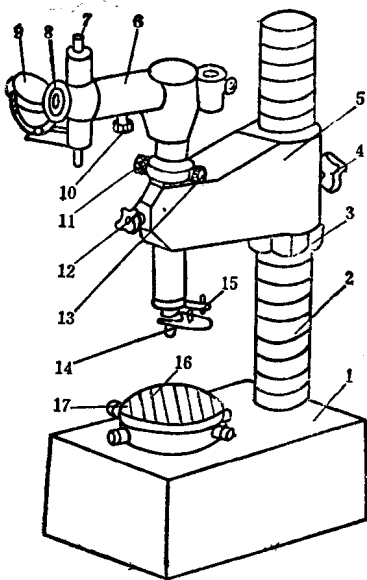


图1-2 立式光学计外形

1—底座 2—立柱 3—横臂升降螺母 4、11、
12—紧固螺钉 5—横臂 6—直角光管 7—上下
偏差调整螺钉 8—目镜 9—反光镜 10—零位
微调螺钉 13—偏心手轮 14—测头 15—拨叉
16—工作台 17—工作台调整螺钉

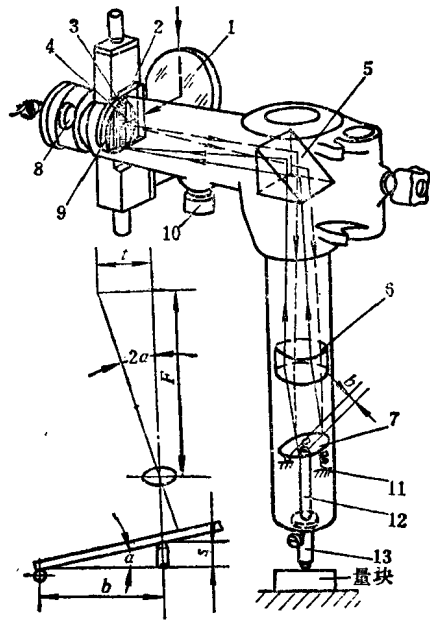


图1-3 直角光管的光路系统

1—反射镜 2—折光棱镜 3—圆分划板 4—刻
线尺 5—直角棱镜 6—物镜 7—平面反射镜
8—目镜 9—成像面 10—零位微调螺钉
11—弹簧 12—测杆 13—测头

物镜至刻线尺的距离为物镜焦距 F ($F = 200\text{mm}$), 测杆中心至反射镜支点间的距离为 b ($b = 5\text{mm}$), 则 $K = 80$ 。

刻线尺的刻线间距 $C = 0.08\text{mm}$, 则刻线尺的分度值为

$$i = \frac{C}{K} = \frac{0.08}{80}\text{mm} = 0.001\text{mm} = 1 \mu\text{m}$$

刻线尺上有 200 条刻线, 故其示值范围为 $\pm 100\text{mm}$, 立式光学计的测量范围为 $0 \sim 180\text{mm}$ 。

由于目镜放大 12 倍, 人眼看到刻线象的刻线间距为 $12 \times 0.08\text{mm} = 0.96\text{mm}$ 。

四、操作步骤

(一) 用机械比较仪测量轴径

1. 根据被测工件的基本尺寸和公差带代号, 查表找出极限偏差、计算最大、最小极限尺寸。查表 1-1, 找出相应的安全裕度 A 、计算上、下验收极限、绘出尺寸公差带图。

2. 按被测件的基本尺寸组合量块组, 方法见本书附录。

3. 调节仪器, 按图 1-1 将量块组置于工作台 8 上, 与台面推合, 并使量块的上测量面中心处在测头 9 下。调节比较仪指针使与零刻线对齐, 调节的步骤如下:

1) 粗调节 松开螺钉 3, 转动螺母 6, 使测头 9 与量块接触, 直到指针大致位于标尺的中间位置, 再紧固螺钉 3。

2) 细调节 紧固螺钉 11, 松开螺钉 10, 慢慢转动偏心手轮 5, 使指针转到零刻度左右, 再轻轻拧紧螺钉 10。

表1-1 安全裕度 (摘自GB3177—82)

工件公差 $T/\mu\text{m}$		安全裕度 $A/\mu\text{m}$
大 于	至	
9	18	1
18	32	2
32	58	3
58	100	6
100	180	10
180	320	18

3) 微调节 微旋手轮 2, 使标尺 14 相对于指针移动, 直至零刻线与 指针 完全对齐。此时, 眼睛要正视标尺 14。

4) 零位检查 按下拨叉 15, 抬起测头 9, 推出量块组; 再推 进 量 块 组, 放下测头, 再微旋手轮 2, 使指针再一次对零。

5) 示值检查 按动拨叉三次, 若指针示值变动不超过半格($0.5\mu\text{m}$), 则该指示表的 示 值 稳定可用。

4. 按图 1-4 分别测量轴上六个部位处的直径 (在三个横截面上沿两个大致互相垂直的方向)。测量时, 用手指捏住轴端, 将轴按在工作台上, 在测头下慢慢移动或滚动, 当圆柱直径通过测头时, 读出指针在标尺转折点处偏离零点的格数 n (可估读到半格), 并注意正、负号。将格数 n 乘以分度值 i , 即得轴的实际偏差值。

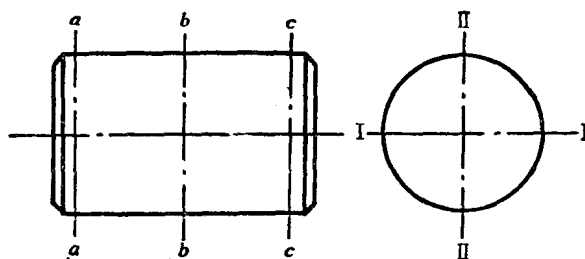


图1-4 测量部位

5. 测量后, 再用量块组校核仪器零点。若差值超过半格, 必须重新对零和测量。

6. 计算测得的实际尺寸, 若六个尺寸均在上、下两个验收极限范围内、则可判 此 轴 径 合格。

(二) 用立式光学计测量塞规直径

1. 测头的选择

测头有球形、平面形和刀口形三种, 根据被测零件表面的几何形状来选择, 使测头与被测表面尽量满足点接触。所以, 测量平面或圆柱面工件时, 选用球形 测 头; 测 量 球 面 工 件 时, 选用平面形测头; 而测量小于 10mm 的圆柱面工件时, 则应选用刀口形测头。

2. 按被测塞规的基本尺寸组合量块组, 方法见本书附录。

3. 调整仪器零位 (看图 1-2)

将量块组置于仪器工作台 16 的中心, 并使测头 14 对准量块组的上测量面的中心。调节 零 位, 步骤如下:

1) 粗调节 松开横臂 5 上的紧固螺钉 4, 转动调节螺母 3, 使横臂缓慢下降, 直到测头与量块的测量面接触, 而在视场中能看到刻线尺的象时, 则将螺钉 4 扭紧。

2) 细调节 松开紧固螺钉 12, 转动手轮 13, 使在目镜中看到的象与指示线接近 (见图

1-5 a), 然后拧紧螺钉 12。

3) 微调节 转动微调螺钉 10, 使刻线尺的零刻线的影象与 μ 指示线重合(图 1-5 b), 然后按下拨叉 15 数次, 使零位稳定。

4) 检查零位 按下拨叉 15, 抬起测头 14, 推出量块组; 再推进量块组, 放下测头, 再微旋螺钉 10, 使零线影象与指示线再次重合。

5) 检查示值 按动拨叉三次, 若零线影象变动不超过 1/10 格, 则表示光学计的示值稳定可用。

4. 按图 1-4 分别测量塞规上六个部位处的直径。测量时, 将被测塞规按在工作台上, 在测头下慢慢滚过, 读出刻线象偏离指示线的最大值(估读 1/10 格), 即为被测塞规的实际偏差。

5. 从国家标准《GB1957—81》中, 查出塞规的尺寸公差和形状公差, 计算塞规的极限尺寸, 根据测量结果判断塞规的合格性。

五、思考题

1. 用机械比较仪和立式光学计测量工件和塞规属于什么测量方法? 绝对测量与相对测量各有何特点?
2. 什么是分度值、刻线间距? 它们与放大倍数的关系如何?
3. 仪器的测量范围和刻线尺的示值范围有何不同?
4. 仪器工作台对测杆轴线的垂直度如何调节?

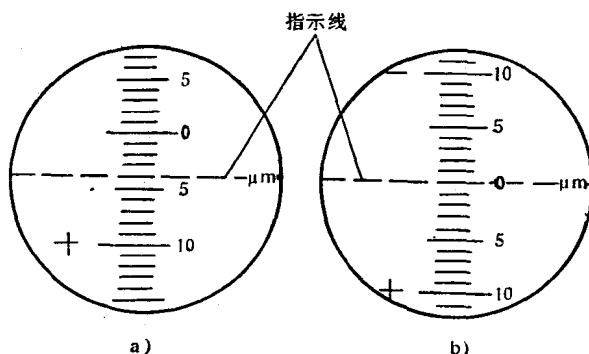


图1-5 光学计的零位调节

实验1-2 用内径指示表测量内径

一、目的要求

1. 掌握内径比较测量的原理
2. 了解内径指示表的结构, 学会用内径指示表测量内径的方法

二、测量原理

用内径指示表测量内径, 是采用比较测量的方法进行的。测量内径与测量外径的比较方法略有不同, 要将量块组装在量块夹子中, 通过卡脚形成内尺寸 L , 再用它来调准内径指示表的指针到达零位, 然后用内径指示表去测量孔径。从指示表上读出的指针偏移量, 即为被测孔径与量块尺寸之差值 ΔL , 则被测孔径为 $x = L + \Delta L$ 。

三、仪器简介

图 1-6 所示的内径指示表是两点式, 它与孔壁接触的是固定测头 1 和活动测头 2, 活动测头向里位移, 通过等臂直角杠杆 3, 推动挺杆 4 向上, 压缩弹簧 5, 并推转指示表 9 的指针顺时针回转, 弹簧反力使活动测头向外, 对孔壁产生测力。

在活动测头 2 的两侧有定心板 6, 它在两只弹簧 7 的作用下, 对称地压靠在孔壁上, 以

保证两测头与孔壁接触的两点落在横截面的直径上。

仪器附有一组长短不同的固定测头，可更换使用，以测量各种大小不同的孔径。

内径指示表的测量范围有 6~10, 10~18, 18~50, 50~100, ...mm 几种规格。指示表采用钟表型百分表，见附图 10，其示值范围有 3、5 和 10mm。

四、操作步骤（参看图 1-7）

1. 根据被测孔径的基本尺寸 L 组合量块，将量块组和专用卡脚 5 一起放入量块夹 4 内夹紧，构成标准内尺寸卡规。

2. 根据被测孔径尺寸，选择合适的固定测头 1，拧入内径指示表的螺孔中，扳紧螺母 7。

3. 用标准内尺寸卡规调准指示表零位，一手握隔热手柄 8，另一手将活动测头 2 压入，使两测头的距离小于量块组尺寸后，放入两卡脚 5 之间，让两测头与卡脚两平面接触，摆动内径指示表，当指针顺时针回到转折点（读数最小）时，表示内径指示表测头与卡脚接触的两个点的连线与卡脚平面垂直，此时，两接触点间的距离等于量块尺寸。转动指示表 9 的滚花环，使刻度盘的零位转到指针的转折点处。再摆动内径指示表，转动滚花环，如此反复几次，直到指针准确地刻度盘的零位处转折为止。

4. 测量孔径：手握隔热手柄，将内径指示表伸入孔中，先伸进定心板和活动测头，再伸进固定测头。当测头达到指定的测量部位时，按图上箭头方向摆动内径指示表，记下指针顺时针回到转折点时的读数，此时表示两测头与孔壁接触在直径上。若读数取偏离零位的格值，乘上指示表的分度值 i ，即为被测孔径的实际偏差。要注意：按顺时针方向超过零点的读数是负值，因为此时，孔径小于量块尺寸，活动测头缩入。将实际偏差加上量块尺寸，得被测孔径的实际尺寸。

按图 1-7 b 测此三个横截面上，两个大致相互垂直方向的孔径 x ，用以代表孔的各处尺寸。

5. 查表 1-1，根据孔径的安全裕度，确定其验收极限，若孔的各处实际尺寸都在验收极限范围内，则可判此孔径合格。

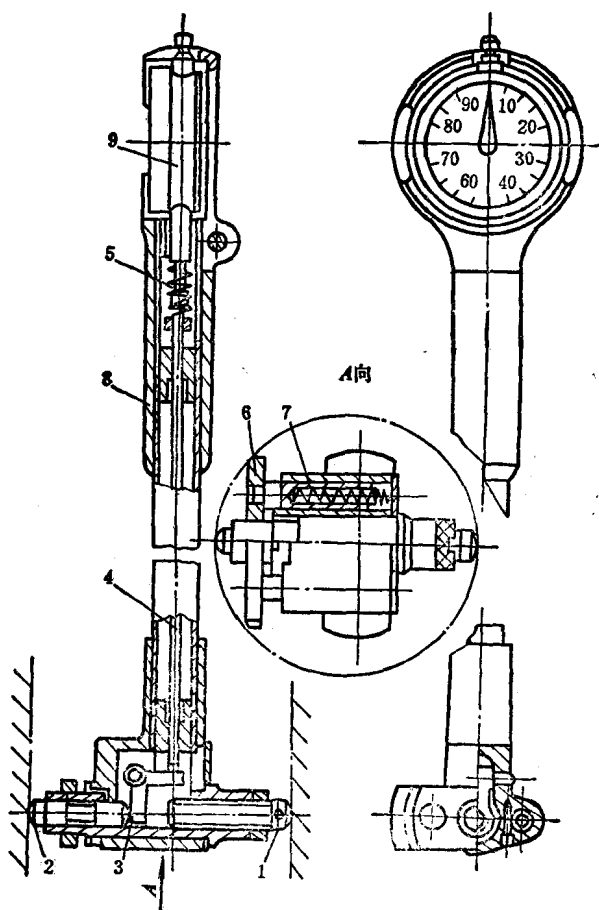


图1-6 内径指示表结构

- 1—固定测头 2—活动测头 3—等臂直角杠杆 4—挺杆
5、7—弹簧 6—定心板 8—隔热手柄 9—指示表

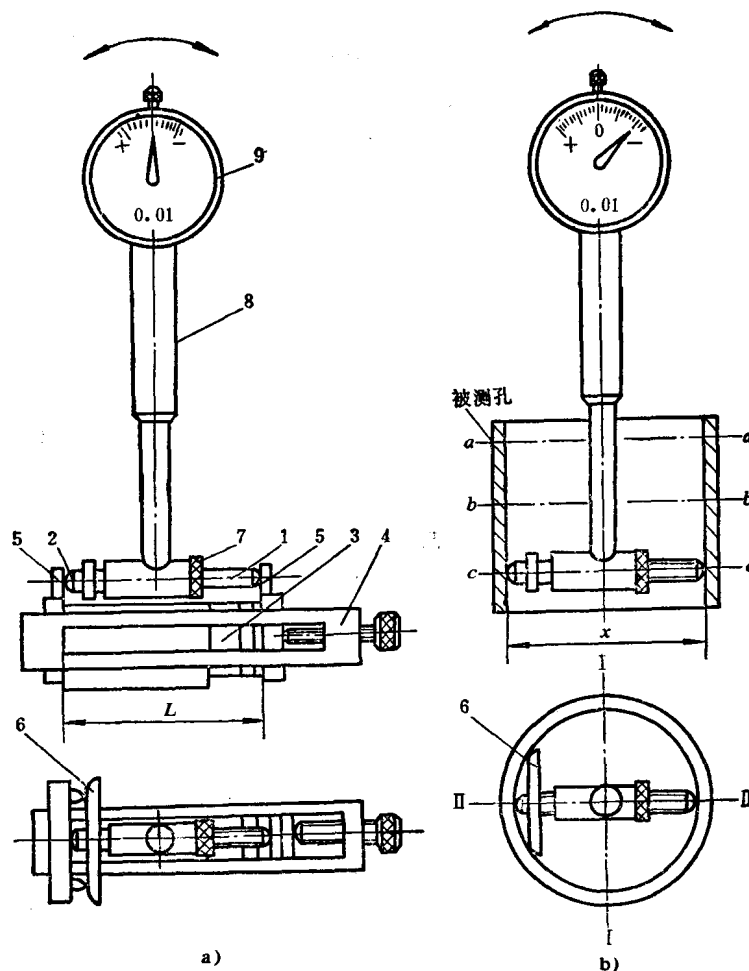


图1-7 用内径指示表测量孔径

a) 调准零位 b) 测量孔径

1—固定测头 2—活动测头 3—量块组 4—量块夹子 5—卡脚 6—定心板
7—固定测头锁紧螺母 8—隔热手柄 9—指示表

五、思考题

1. 试分析用内径指示表测量孔径有哪些测量误差？
2. 用内径指示表与内径千分尺测量孔径，从测量方法上讲有何异同？

实验1-3 用卧式测长仪测量内径

一、目的要求

1. 了解卧式测长仪和读数显微镜的结构；
2. 学会用内测钩测量内径和读数显微镜的读数方法。

二、测量原理

卧式测长仪是按照阿贝原则设计的长度测量仪器，它将被测件上被测长度置于标准器上

标准长度的延长线上, 再将被测长度与标准长度进行比较, 从而确定出被测长度的量值。如图 1-8 所示, 被测件 5 放在工作台 9 上, 精密刻线尺 2 装在主轴 3 的中心, 被测件上与主轴测头 4 和尾管测头 6 接触点间的长度, 就在主轴的轴线即刻线尺长度的延长线上。测量时, 先将主轴测头与尾管测头接触, 从读数显微镜 1 中读取精密刻线尺上的数值; 再以尾管测头定位, 移开主轴测头, 放上被测件, 使之与二测头接触, 再从读数显微镜中读取精密刻线尺上的数值, 两次读数之差, 为主轴测头的位移量, 即被测长度的量值。

上述原理是测量外尺寸的, 如要测量内尺寸, 需要在主轴和尾管上套上内测钩, 见图 1-11。

三、仪器简介

卧式测长仪有几种类型, 其基本结构如图 1-9 所示, 由底座 10、工作台 6、测量头 4 和尾座 9 以及其他附属机构组成。测量头内装主轴 5 和读数显微镜 2。主轴靠测量头内六只精密滚动轴承支撑, 故主轴能沿轴向灵活又平稳地移动。主轴中部镶有 100mm 长的精密刻线尺, 其刻线间距为 1mm。刻线尺所处的位置靠读数显微镜读数和细分。

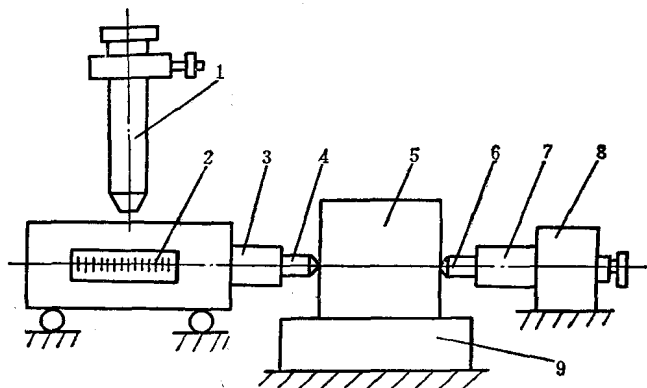


图1-8 卧式测长仪的测量原理

1—读数显微镜 2—精密刻线尺 3—主轴 4—主轴测头 5—被测件 6—尾管测头 7—尾管 8—尾座 9—工作台

主轴中部镶有 100mm 长的精密刻线尺, 其刻线间距为 1mm。刻线尺所处的位置靠读数显微镜读数和细分。

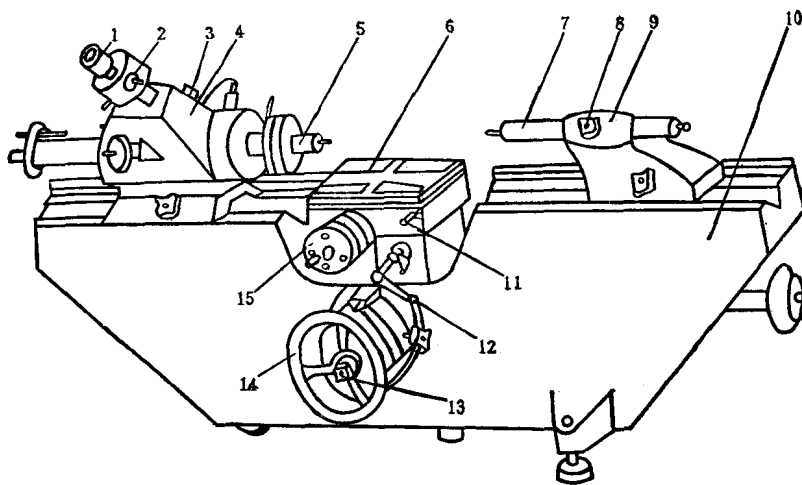


图1-9 卧式测长仪外形

1—目镜 2—读数显微镜 3—紧固螺钉 4—测量头 5—主轴 6—工作台 7—尾管
8—尾管紧固螺钉 9—尾座 10—底座 11—工作台回转手柄 12—工作台摆动手柄
13—手轮紧固螺钉 14—升降手轮 15—横动手轮

读数显微镜有各种型式, 常用的一种型式是平面螺旋细分式, 其光学系统如图 1-10 a 中双点划线框内所示。物镜组 5 将精密刻线尺 6 上相距 1mm 宽的两条刻线放大成象在分划板

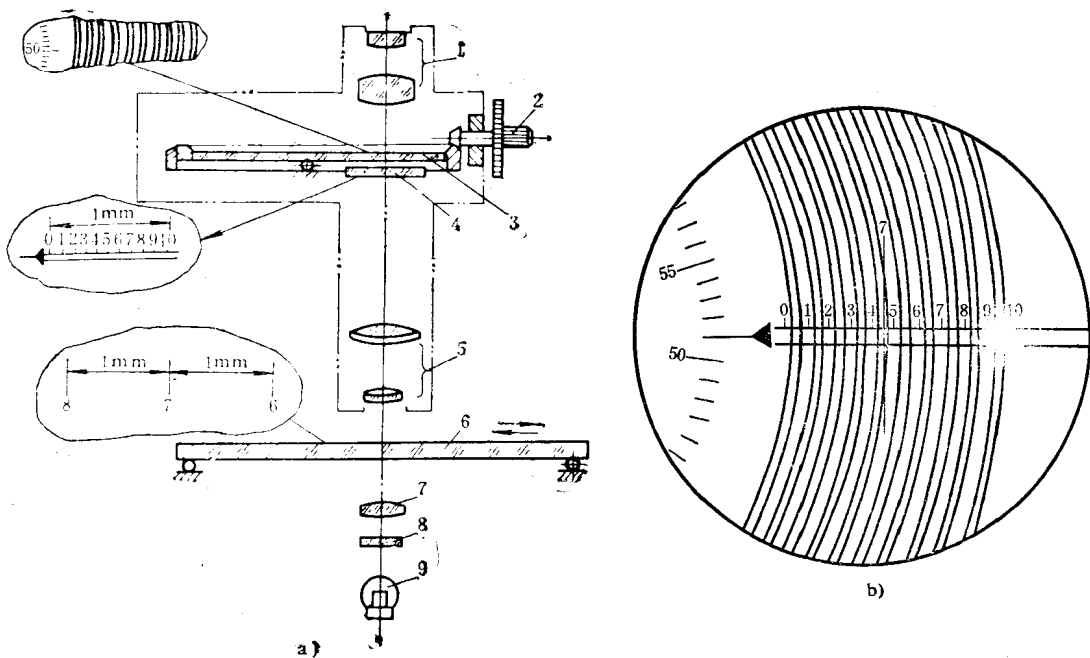


图1-10 读数显微镜的光学系统和目镜视场

a) 光学系统 b) 目镜视场

1—目镜 2—手轮 3—圆分划板 4—固定分划板 5—物镜组 6—精密刻线尺 7—透镜 8—光阑 9—光源

4上。在此分划板上有两条粗的横线,其左端有黑三角形指示线,横线上刻有0~10共11条等距细线,其总宽度等于1mm刻线象的距离,因而11条刻线的分度值为0.1mm。紧靠固定分划板4之上有一块圆分划板3,转动手轮2可使其绕中心回转。在圆分划板上,中部刻有100条圆周等分线,外围刻有10圈阿基米德螺旋双线,螺旋双线的螺距等于固定分划板上的刻线间距。圆分划板每转一转,螺旋双线沿固定分划板上刻线移动一格,相当于移动0.1mm;圆分划板每转一格圆分度,螺旋双线只移动1/100格,相当于移动 $0.1\text{mm} \times 1/100 = 0.001\text{mm}$,故圆周等分线的分度值为0.001mm。

从目镜视场中读数的方法如下:先读精密刻线尺6上毫米刻线象的毫米数(7mm);再从此刻线象在固定分划板4上的位置读出零点儿毫米数(0.4mm);转动手轮使螺旋双线夹住此刻线象(要使在两条粗横线之间的一段刻线象准确地落在螺旋双线的正中间),然后从黑三角尖伸出的指示线所指向的圆分度上读出微米数(0.051mm)。故图1-10b中的读数是7.451mm。

卧式测长仪用精密刻线尺时,其测量范围为100mm,借助量块可扩大测量范围。

卧式测长仪带有各种不同的附件,可以测量内、外尺寸和内、外螺纹的中径,故又称它为万能测长仪。

四、操作步骤 (看图1-9)

1. 接通电源、眼看目镜1中视场,手转目镜上的滚花环,使所见刻线达到最清晰。
2. 将一对内测钩分别套到主轴5和尾管7上,测钩弓部在上方,两测钩前部的楔和槽对齐,而后旋紧测钩上螺钉,将测钩固定在主轴和尾管上。

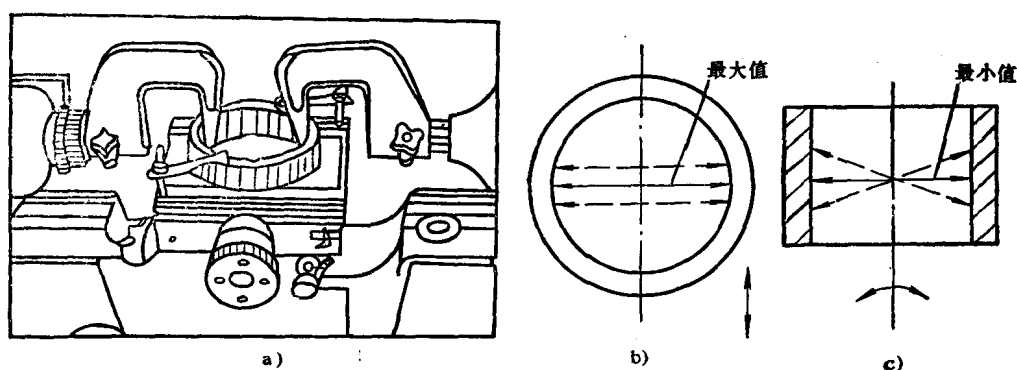


图1-11 用内测钩测量孔径

3. 松开螺钉13, 转动手轮14使工作台6下降到较低的位置。将标准环规放在工作台上, 用压板夹住, 见图1-11 a。

也可将量块组装在量块夹子中构成标准内尺寸卡规 (如图1-7 a 所示), 用来代替环规。

4. 转动手轮14使工作台6上升, 直到测钩伸入环规内壁, 拧螺钉13将手轮14固紧。拧螺钉8将尾管固紧。手扶稳主轴5, 挂上重锤 (在测量头的后面), 使主轴缓慢移动, 直到内测钩上的测头与孔壁接触后放手。

5. 转动手轮15使工作台6横向移动, 直到内测钩与孔壁接触在最大值 (从显微镜中读出) 处, 见图1-11 b; 再扳动手柄12使工作台往复摆动, 直到内测钩与孔壁接触在最小值 (从显微镜中读出) 处, 见图1-11 c。如此反复两次, 此时表示内测钩与孔壁接触点确实位于孔壁的某一直径处, 此直径的精确值已刻写在标准环规的端面上。此时记下显微镜中读数。

如果用内尺寸卡规代替环规, 当内测钩与卡规内平面接触后, 则要扳手柄11使工作台来回转动和扳手柄12使工作台往复摆动, 交替进行, 以便在水平面和垂直面都找最小值, 直到接触两点的连线确实是卡规内平面在该处的最短距离为止, 此距离代表量块的标准尺寸。由于卡规内平面不大, 扳手柄时要控制工作台回转和摆动的幅度, 不能让内测钩滑出内平面。否则, 主轴受重锤作用会急剧后退而产生冲击, 造成损伤事故。

6. 手推主轴5向右, 让内测钩与环规壁脱离接触, 拧紧螺钉3使主轴不能滑动。松开螺钉13、转手轮14使工作台下降, 取下标准环规。尾管测头是定位基准不能移动。然后装上被测孔, 按上述方法 (第3、4、5步) 进行调整, 记下显微镜中读数。

7. 两次读数之差即为被测孔径与标准环规 (或量块组) 尺寸之差。按规定部位测出孔的实际直径, 若在孔的验收极限尺寸范围内, 则可判该孔径合格。

五、思考题

1. 用卧式测长仪测量内径与测量外径有何不同?
2. 用卧式测长仪测量内径与用内径指示表测量内径有何不同?

实验二 表面粗糙度测量

* 实验2-1 用光切显微镜测量表面粗糙度

一、目的与要求

1. 掌握用光切显微镜测量表面粗糙度的原理和方法。
2. 加深理解微观不平度十点高度 R_z 和单峰平均间距 S 的实际含义。

二、测量原理

光切显微镜是利用光切法测量表面粗糙度。见图2-1，由光源1发出的光，穿过狭缝2，形成带状光束，经物镜组 O_1O_2 ，斜向 45° 射向工件，凹凸不平的表面上呈现出曲折光带，再以 45° 反射，经物镜组 O_2O_1 ，到达分划板3上。从目镜里看到的曲折亮带，有两个边界，光带影象边界的曲折程度表示影象的峰谷高度 h' 。 h' 与表面凸起的实际高度 h 之间的关系为

$$h' = \frac{hM}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2} hM$$

式中 M ——物镜组 O_2O_1 的放大倍数。

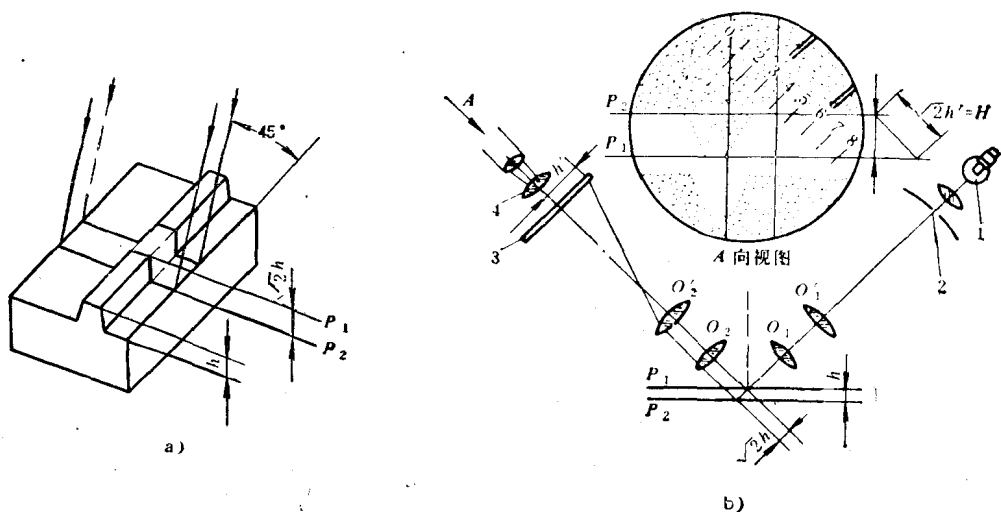


图2-1 光切法原理

a) 光切图 b) 光路图

1—光源 2—狭缝 3—分划板 4—目镜

在目镜视场里，对高度 h' 是沿 45° 方向测量的，设用目镜千分尺3（见图2-2所示的两种结构光切显微镜）读数的值为 H ，则 h' 与 H 之间的关系为

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