

普通高等教育“十二五”规划教材

互换性与测量技术 实训教程

刘丽丽 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

互换性与测量技术 实训教程

主 编 刘丽丽

副主编 林家春

参 编 史淑熙

段志坚

吴喜文

王秀敏

参 编 庞荣辉

赵建琴

冯晓梅

主 审 石照耀

实验报告内容

- 1) 实验目的
- 2) 实验所用仪器
- 3) 测量方法
- 4) 实验记录
- 5) 数据处理和误差
- 6) 实验结果
- 7) 思考题

本书由北京工业大学刘丽丽主编，北京工业大学林家春、史淑熙、吴喜文、王秀敏、庞荣辉、赵建琴、冯晓梅任参编。北京工业大学石照耀教授任主审，石照耀教授以严谨治学的精神认真审阅了本书，并对本书的内容编写、整体设计等提供了大量的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了国内外相关资料，在此向有关作者和同仁表示感谢。由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。



机械工业出版社

TG801-43

S4S830410

《互换性与测量技术实训教程》是在北京工业大学精密测试技术与仪器专业编著的《互换性与测量技术基础实验指导书》以及《几何量测量实验指导书》的基础上,结合普通高等院校教学大纲以及研究生部分实践教学需要进行编写的。本书可作为机械、材料及建工等机械类和近机类专业本科生和研究生实验用书,同时也可作为高职、高专教材及技术培训的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术实训教程 / 刘丽丽主编. —北京:机械工业出版社, 2013.8

普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-43125-1

I. ①互… II. ①刘… III. ①零部件—互换性—高等学校—教材②零部件—测量技术—高等学校—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第146130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:余 皞 责任编辑:余 皞 杨 茜

版式设计:常天培 责任校对:张 征

封面设计:陈 沛 责任印制:刘 岚

北京玥实印刷有限公司印刷

2014年4月第1版第1次印刷

184mm×260mm·10.75印张·262千字

标准书号:ISBN 978-7-111-43125-1

定价:28.00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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

第一部分 前言 长度尺寸测量

《互换性与测量技术实训教程》是在北京工业大学精密测试技术与仪器专业编著的《互换性与测量技术基础实验指导书》以及《几何量测量实验指导书》的基础上,结合普通高等院校教学大纲以及研究生部分实践教学需要进行编写的。本实训教材主要有以下特点:

1. 本书内容多于目前各校大纲规定的实验学时,目的是便于教师根据各校教学课时不同以及实验室仪器设备情况选择使用。

2. 考虑目前大多数学校尚无单独开设精密仪器专业常用仪器设备的基本知识和操作技能的课程,本教材以大量篇幅,由浅入深,从量具到量仪,详尽讲述了精密测量大部分常用设备的主要用途、技术参数、仪器工作原理、机械结构、光路设计、误差分析、数据处理及使用注意事项等。

3. 本书内容由验证型实验到综合型实验,再到综合创新型实验,环环相扣。对使用者在动手能力、综合应用、创新思维、团队合作等方面进行培养和锻炼。

4. 教材最后备有附录,内容包括:量块的使用与维护,常用仪器的保养与维护及实验报告。

实验报告内容包括:

1) 实验目的。

2) 实验所用仪器设备。

3) 测量方法及原理。

4) 实验记录。

5) 数据处理和误差分析。

6) 实验结果。

7) 思考题。

本书由北京工业大学刘丽丽主编,北京工业大学林家春任副主编,北京工业大学史淑熙、吴喜文、王秀敏、庞荣辉、赵建琴,解放军军事交通学院段志坚、冯晓梅任参编。北京工业大学石照耀教授任主审,石照耀教授以严谨的科学态度和高度负责的精神认真审阅了本书,并对本书的内容编写、整体设计等提供了大量的帮助,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,参考了国内外很多相关书籍和资料,在这里向有关作者和同仁表示感谢。由于作者水平有限,书中难免有很多不妥之处,望广大读者提出宝贵意见。

编者

仪器分度值: 0.001mm

目 录

前言

第一部分 孔轴及长度尺寸测量	1	第五部分 螺纹测量	78
实验1 立式光学比较仪测量塞规	1	实验1 螺纹综合测量——螺纹量规的使用	78
实验2 测量误差及等精度测量	4	实验2 螺纹单项测量——在大型工具显微镜上测量螺纹	80
实验3 内径指示表测量孔径	8	实验3 用三针法测量螺纹中径	85
实验4 卧式测长仪测量内孔	11	第六部分 齿轮测量	88
实验5 阿贝比长仪鉴定线纹尺	15	实验1 齿距偏差与齿距累积偏差的测量	90
实验6 接触式干涉仪鉴定量块	17	实验2 齿轮齿厚偏差测量	93
第二部分 角度锥度测量	22	实验3 齿轮齿圈径向跳动的测量	96
实验1 游标万能角度规检测角度	22	实验4 齿轮公法线长度变动量及公法线平均长度偏差的测量	97
实验2 正弦规测量外锥体	24	实验5 用基节仪测量齿轮基圆齿距偏差	99
实验3* 光学分度头的使用	27	实验6 用齿轮跳动检查仪测量螺旋线偏差	101
实验4* 测角仪测量棱镜角度及折射率	32	实验7* 齿轮综合偏差测量	103
第三部分 形状和位置测量	37	第七部分 综合实验	108
实验1 平直度测量仪测量导轨直线度	37	实验1 万能工具显微镜综合测量	108
实验2 圆度与圆柱度测量	40	实验2 三坐标测量机的应用	113
实验3 平板的平面度测量	49	实验3* 复杂零件测量	124
实验4 平行度测量	53	附录	126
实验5 位置度测量	55	附录1 量块的使用与维护	126
实验6* 圆度误差分析	59	附录2 常用仪器的保养与维护	129
第四部分 表面粗糙度测量	63	附录3 实验报告	131
实验1 表面粗糙度标准样板评定工件表面粗糙度	66	参考文献	166
实验2 双管显微镜测量表面粗糙度	67		
实验3* 干涉显微镜测量表面粗糙度	72		
实验4 表面粗糙度测量仪检测表面粗糙度	75		

测量时首先要用量块调整光学比较仪零点,即分度尺像零mm与0刻线重合。测量时,当测杆因工件尺寸变化而上下移动一个距离 δ 时,分度尺像移动一个距离 δ' ,代表被测尺寸的变动量,其大小可直接从分度尺像上读出,如图1-3b所示。

第一部分 孔轴及长度尺寸测量

精密测量技术是机械工业发展的基础和先决条件,而长度尺寸检测在精密测量技术中是最为基础和重要一节。长度尺寸一般可分为内尺寸和外尺寸,两类尺寸各有特点,测量方法也各不相同。但按其测量方法大致可分为两大类:一是用极限量规检验;二是利用各种通用量具或仪器进行测量。在选择计量器具时,应考虑:1) 测量准确度的要求。2) 被测对象的尺寸大小、形状结构及其他特点,即所选用的量具仪器,能方便地实现测量。3) 被测工件的批量大小。对大批量生产的被测件,要选用检测效率高的量具仪器。4) 检测成本,忌用高精度的计量器具去大量检测低精度的或测量面粗糙不洁的被测件。本部分介绍几种常用的测量长度和角度的仪器和量具,并详细介绍这些仪器的使用方法和测量原理等。

实验1 立式光学比较仪测量塞规

一、实验目的

1. 掌握外径比较测量的原理。
2. 了解立式光学比较仪的构造原理及应用场合。
3. 学会调节立式光学比较仪的零位及测量方法。
4. 了解量块的使用及维护方法。
5. 掌握数据处理方法及判断被测件合格性的原则。

二、实验设备

1. 被测件: 光滑圆柱塞规或圆柱形工件。
2. 量具及仪器: 立式光学比较仪、量块。

三、仪器说明

光学比较仪主要用作相对法测量(也可在 $\pm 0.1\text{mm}$ 范围内用作绝对测量)。测量前用量块(或标准件)对准零位,被测尺寸和量块尺寸的差数可以在仪器的刻度尺上读出,因此称为光学比较仪,简称光较仪,通常也叫光学计。

光学比较仪由光学比较仪管和支架座组成,光学比较仪管可以从仪器上取下,装在其他支架座上,可做其他精密测量之用。按照光学比较仪管安放在支架座上位置的不同,可分为立式光学比较仪和卧式光学比较仪。本实验主要对立式光学比较仪进行详细讲解。

立式光学比较仪是一种精度较高,结构简单的常用计量光学仪器。用来测量圆柱形、球形、线形等工件的直径或板形工件的厚度,可检定五级精度的量块或一级精度的圆柱形量规。

仪器的基本参数如下: 仪器分度值: 0.001mm

标尺示值范围: $\pm 0.1 \text{ mm}$

仪器测量范围: $0 \sim 180 \text{ mm}$

测量误差: $\pm \left(0.5 + \frac{L}{100} \right) \mu\text{m}$ (被测尺寸 L , 单位为 mm)

图 1-1 为立式光学比较仪的外形结构图。

立式光学比较仪是利用光学杠杆的放大原理(通过光线反射产生放大作用)进行测量的仪器,其光学系统如图 1-2 所示。

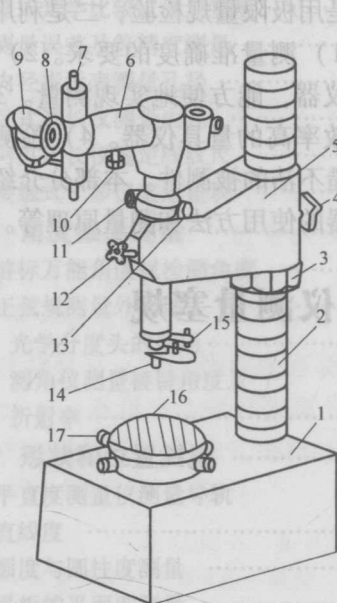


图 1-1 立式光学比较仪

- 1—底座 2—立柱 3—横臂升降螺母 4—横臂锁紧螺钉
5—横臂 6—直角光管 7—公差指示调节器 8—目镜
9—反射镜 10—零位微调螺钉 11—托圈锁紧螺钉
12—直角光管锁紧螺钉 13—微动手轮 14—测量头
15—测头提升杠杆 16—工作台 17—工作台调整螺钉

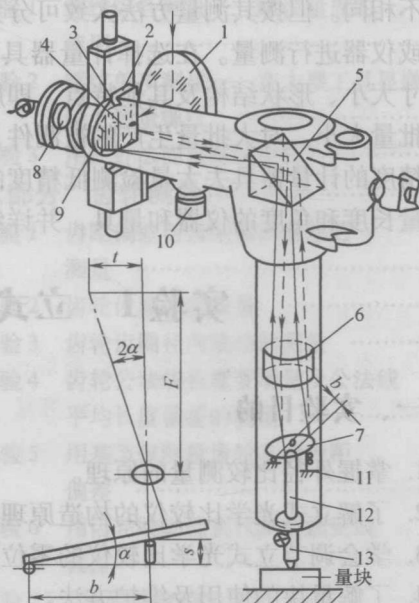


图 1-2 光学系统

- 1—反射镜 2—折光棱镜 3—分划板
4—分度尺 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—测量头

如图 1-2 所示照明光经反射镜 1 及折光棱镜 2 照亮了位于分划板 3 左半部(从目镜中看)的刻线尺 4(也称标尺,共 200 格)。光线从分度尺 4 继续出发,经直角棱镜 5 及物镜 6 后成为平行光束(因为分划板 3 位于物镜的焦平面上),此光束被平面反射镜 7 反射回来,再经物镜 6,直角棱镜 5,在分划板 3 的右半部成标尺像,即分度尺 4 成像在成像面 9 上。该分度尺像可通过目镜 8 进行观察。

反射镜 7 由三个直径相同的钢球做支承,其中两个钢球为转动支承,另一个钢球固定在测杆 12 的顶端,反射镜 7 的下面用两个小弹簧钩住,保证反射镜和测杆顶端钢球的接触,同时使测杆产生测量力。当平面反射镜 7 处于水平位置时,分划板 3 左半部分的分度尺与右半部分的分度尺像位置是对称的,如图 1-3a 所示。分划板右半部分中间有一条固定分度线,称为指示线。

测量时首先要用量块调整光学比较仪零点,即分度尺像零点与分划板上的指示线重合。测量时,当测杆12因工件尺寸变化而上下移动一个距离 s 时,如图1-2所示,反射镜面随之绕固定支点转动一个角度 α ,则反射光相对入射光偏转了 2α 角度,从而使分度尺像产生位移量 t , t 代表了被测尺寸的变动量,其大小可直接从分度尺像零点偏离指示线的格数读出,如图1-3b所示。

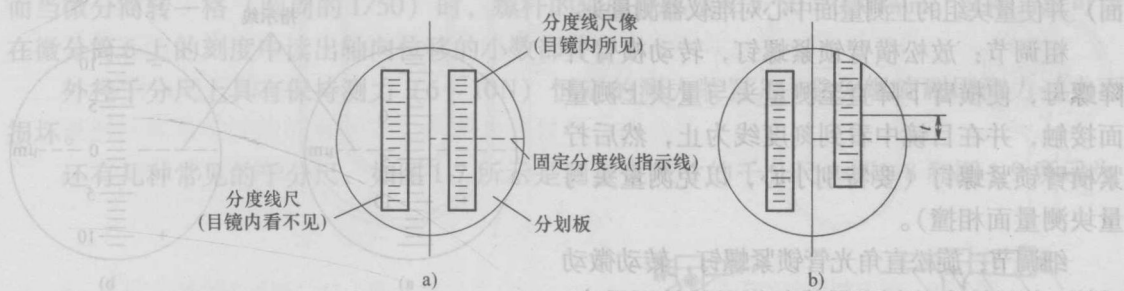


图1-3 刻线尺成像示意图

由上述可知,直角光管的放大倍数为

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

式中, f 为物镜至分度尺的距离,即物镜焦距($f=200\text{mm}$); b 为测杆中心至反射镜固定支点间的距离($b=5\text{mm}$);则 $K=80$ 。

分度尺的刻线间距 $c=0.08\text{mm}$,则分度尺的分度值为

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

刻线尺上有200格,故其示值范围为 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

由于目镜放大12倍,故在目镜中人眼看到分度尺像的视间距为 $0.08\text{mm} \times 12 = 0.96\text{mm}$ 。

四、测量头的选择

选择测量头的原则是被测工件与测量头的接触面必须为最小,因此在测量圆柱形零件时应选择使用刀刃形测量头,如图1-4a所示;测量平面形零件时选择使用球面测量头,如图1-4b所示;测量球形零件时,选择使用平面测量头,如图1-4c所示。

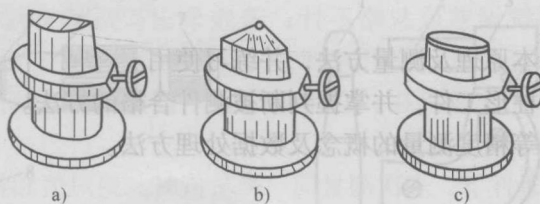


图1-4 测量头

五、测量步骤及要求

1. 要求对塞规进行三个截面测量,每个截面要求测量四个点(最好相隔 90° 设一个测量点)。

2. 根据被测件的形状, 正确选择测量头。
3. 工作台的调整: 测量时工作台是基准面, 应保证台面与测量头运动方向垂直, 调整时选择一组量块配合工作台调整螺钉进行 (此项调整由老师进行)。
4. 调整零点。根据塞规的公称尺寸选好量块组 (量块的使用方法可参考书后附录“量块的使用与维护”中内容), 组合好后置于工作台上, (注意勿将量块来回移动, 以防损伤量块的测量表面) 并使量块组的上测量面中心对准仪器测量头。

粗调节: 放松横臂锁紧螺钉, 转动横臂升降螺母, 使横臂下降直至测量头与量块上测量面接触, 并在目镜中看到刻度线为止, 然后拧紧横臂锁紧螺钉 (要特别小心, 以免测量头与量块测量面相撞)。

细调节: 旋松直角光管锁紧螺钉, 转动微动手轮, 使目镜内的刻度零线与指示线接近重合, 如图 1-5a 所示。然后拧紧直角光管锁紧螺钉 12。

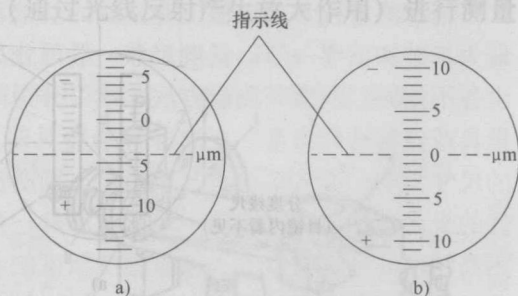


图 1-5 细调节示意图

微调节: 轻轻按动测头提升杠杆, 使测量头起落数次, 待零线位置稳定后, 轻轻转动零位微调螺钉, 使刻度零线与指示线完全重合。如图 1-5b 所示。

5. 将被测塞规放在工作台上, 滚动进入测头下方, 在测头下慢慢前后滚动塞规, 读出光学比较仪指示的最大值 (估读 1/10 格), 即为被测塞规的实际偏差。按实验报告要求分别测量塞规上 12 个部位的直径。

6. 将测量结果记入实验报告, 根据塞规公差要求, 做出被测件合格性结论。

六、思考题

1. 能否用千分尺、游标卡尺测量塞规, 为什么?
2. 根据什么原则来选择测量头?
3. 立式光学比较仪测量塞规属于什么测量方法?

实验 2 测量误差及等精度测量

一、实验目的

1. 掌握千分尺的基本原理及测量方法, 并练习使用。
2. 用千分尺测量圆柱形工件, 并掌握判断被测件合格的方法。
3. 了解测量误差及等精度测量的概念及数据处理方法。

二、实验设备

0~25mm 外径千分尺、 $\phi 20h15$ 圆柱形零件。

三、仪器说明

外径千分尺是螺旋副量具的一种, 螺旋副量具是利用精密螺旋副原理制成的测量工具。

它通常有分度值为 0.01mm 的千分尺和分度值为 0.002mm 的杠杆千分尺两类。本次实验选用的是量程为 $0 \sim 25\text{mm}$ 、分度值为 0.01mm 的外径千分尺。

图 1-6 所示为外径千分尺的外形图, 在固定套筒 5 上有刻线, 其分度间距等于螺旋副的螺距 (0.5mm)。在微分筒 6 的圆周上有 50 等分的刻度。微分筒与测微螺杆 3 是固定在一起的。测微螺杆的螺纹是单线的, 所以当微分筒转动一圈时, 测微螺杆的轴向位移是 0.5mm , 而当微分筒转一格 (圆周的 $1/50$) 时, 螺杆的轴向位移是 $0.5/50 = 0.01\text{mm}$ 。这样, 就可以在微分筒 6 上的刻度中读出轴向位移的小数部分。

外径千分尺上具有保持测力 ($6 \sim 10\text{N}$) 恒定的测力装置 7, 避免螺旋副因测力过大而损坏。

还有几种常见的千分尺, 如图 1-7 所示是测量大尺寸的千分尺; 图 1-8 和图 1-9 所示为

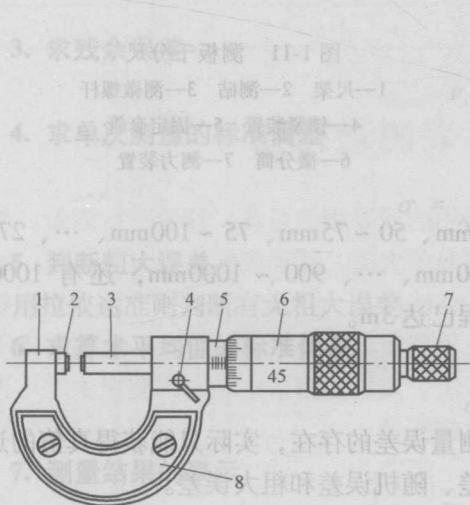
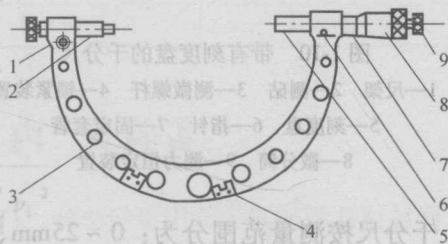
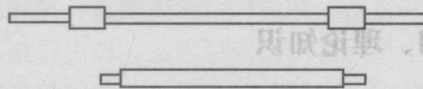


图 1-6 外径千分尺

- 1—尺架 2—测砧 3—测微螺杆
4—锁紧装置 5—固定套筒 6—微分筒
7—测力装置 8—隔热装置



测砧为可换式或可调式的千分尺



校对用的量杆

图 1-7 测量大尺寸千分尺

- 1—测砧紧固螺钉 2—测砧 3—尺架
4—隔热装置 5—测微螺杆 6—锁紧装置
7—固定套管 8—微分筒 9—测力装置

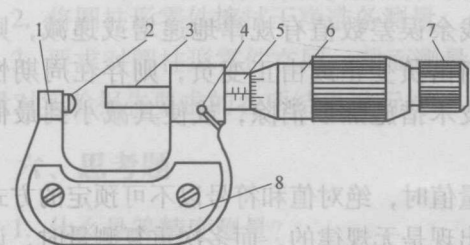


图 1-8 I 型壁厚千分尺

- 1—尺架 2—测砧 3—测微螺杆
4—锁紧装置 5—固定套管 6—微分筒
7—测力装置 8—隔热板

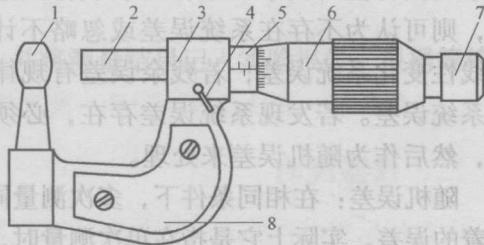


图 1-9 测管壁厚千分尺

- 1—测砧 2—测微螺杆 3—尺架
4—锁紧装置 5—固定套管 6—微分筒
7—测力装置 8—隔热板

测管壁厚千分尺；图 1-10 是带有刻度盘的千分尺，可以提高读数精度；图 1-11 为加长弓形架的测板千分尺，可以测量板状工件或工件上的板状边缘。

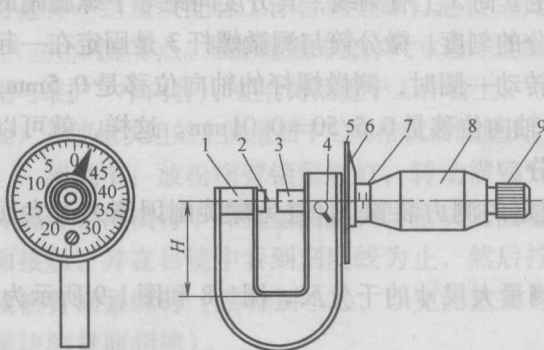


图 1-10 带有刻度盘的千分尺

- 1—尺架 2—测砧 3—测微螺杆 4—锁紧装置
5—刻度盘 6—指针 7—固定套管
8—微分筒 9—测力恒定装置

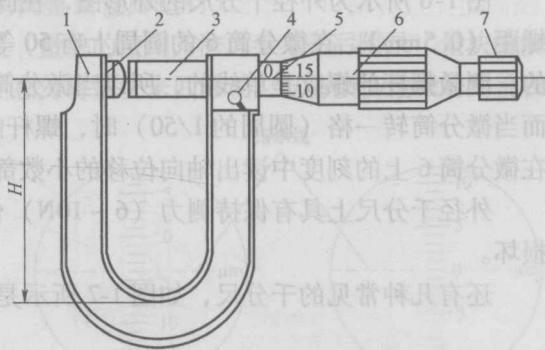


图 1-11 测板千分尺

- 1—尺架 2—测砧 3—测微螺杆
4—锁紧装置 5—固定套管
6—微分筒 7—测力装置

千分尺按测量范围分为：0 ~ 25mm、25 ~ 50mm、50 ~ 75mm、75 ~ 100mm、…、275 ~ 300mm、300 ~ 400mm、400 ~ 500mm、500 ~ 600mm、…、900 ~ 1000mm，还有 1000 ~ 1200mm、1200 ~ 1400mm 等。目前千分尺最大量程已达 3m。

四、理论知识

测量的目的在于获得被测件的真值，但由于测量误差的存在，实际只能获得真值的近似值。按照误差出现规律，误差一般可分为系统误差、随机误差和粗大误差。

系统误差：对同一量进行重复测量时，它的大小和符号是固定不变的，或者是按照一定规律变化的误差。系统误差产生的原因有：1) 量仪设计、制造、装配和使用调整的不正确而引起的误差。2) 测量方法的不完善而引起的误差。

系统误差的数值往往比较大，因而在测量数据中发现和消除系统误差是提高测量精度的一个重要问题。发现系统误差的方法有多种，直观的方法是“残余误差观察法”，即根据系列测得值的残余误差，列表或作图进行观察，若残余误差大体正负相同，无显著变化，则可认为不存在系统误差或忽略不计；若残余误差数值有规律地递增或递减，则存在线性变化系统误差；若残余误差有规律地逐渐由负变正或由正变负，则存在周期性变化系统误差。若发现系统误差存在，必须采取技术措施加以消除，或使其减小到最低限度，然后作为随机误差来处理。

随机误差：在相同条件下，多次测量同一测量值时，绝对值和符号以不可预定的方式变化着的误差。实际上它是指在单次测量时，误差出现是无规律的，而多次重复测量时，误差服从统计规律。随机误差产生的原因主要是由许多暂时不可控制的连续变化的微小因素造成的。如仪器传动链的间隙、联接件的弹性变形、油层带来的停滞现象和摩擦力的变化等。同时还有测量者的原因以及测量时的周围条件变化的影响等。

粗大误差：由于测量不正确等原因引起的大大超出规定条件下预计误差限的那种误差。

例如工作上疏忽、经验不足、过度疲劳以及外界条件变化等引起的误差。粗大误差会对测量结果产生明显歪曲,因此必须在测量结果中加以剔除。凡超出随机误差分布范围的误差,都可视为粗大误差。

测量中真值的近似值与真值的接近程度取决于可能出现的测量误差,所以测量的最终结果不但要给出被测件的大小,而且要给出测量极限误差。本实验只分析直接测量的测量结果。

等精度测量是对某一零件在同一部位进行多次重复测量。测量结果要进行以下处理:

1. 判断系统误差

根据发现系统误差的有关方法判断是否存在系统误差。

2. 计算算术平均值

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_i$$

3. 求残余误差

$$\nu_i = l_i - \bar{L}$$

4. 求单次测量的标准偏差

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \nu_i^2}$$

5. 判断粗大误差

用拉依达准则判断有无粗大误差。

6. 求算术平均值的标准偏差

$$\sigma_{\bar{L}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

7. 测量结果的表示

$$L = \bar{L} \pm 3\sigma_{\bar{L}}$$

五、测量步骤及要求

1. 选择 0~25mm 的外径千分尺(见图 1-6),旋转测力装置 7,使千分尺调零(如微分套筒 6 与固定套筒 5 零位不重合,记下相差数,以便数据处理时将相差数目加进测量结果中)。

2. 将圆柱形零件擦拭干净准备测量。

3. 要求对圆柱形零件在同一截面测量 10 次。并将测量结果记入实验报告。根据等精度测量对实验报告要求的各项结果进行处理。

六、思考题

1. 什么是等精度测量?

2. 测量误差产生的原因是什么?怎样减少这些误差?

3. 根据表 1-1 中所给测量数据,试求测量结果。

表 1-1 测量数据

序号	l_i	$\nu_i = l_i - \bar{L}$	ν_i^2
1	30.049		
2	30.047		
3	30.048		
4	30.046		
5	30.050		
6	30.051		
7	30.043		
8	30.052		
9	30.045		
10	30.049		

实验 3 内径指示表测量孔径

圆柱体孔径的测量除用量规法外,广泛使用通用的或专用的量具、仪器进行测量。根据孔径测量的主要特点,可分为接触测量和非接触测量两大类。接触测量主要有点、线、面三种测量方法;而非接触测量主要有气动法和光学影像法两种。在接触测量中,以小孔测量最为困难和复杂。在内径指示表测量孔径和卧式测长仪测量内孔两个实验当中,分别安排了实际工作中最为常用的测量方法,即内径指示表测量法、双测钩测量法和电眼测量法对小孔进行测量练习。主要对深孔或公差等级较高的孔作比较测量。

一、实验目的

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。
3. 了解内缩原则并掌握孔的公差带分布。
4. 了解安全裕度知识及上下检验极限的确定。
5. 加强量块附件的使用练习。

二、实验设备

内径指示表、量块及量块附件、被测件。

三、仪器说明

内径指示表由百分表(千分表)和杠杆系统组成。它是采用相对比较法测量孔径的常用量具,可测量 6~1000mm 的孔径,特别适于测量深孔。

内径指示表的测量范围有:6~10mm,10~18mm,18~35mm,35~50mm,50~100mm,100~160mm 等规格。百分表的分度值有 0.01mm 及 0.001mm 两种。示值范围有:3mm,5mm 和 10mm 三种。

内径指示表结构如图 1-12 所示。其固定测量头 1 和活动测量头 2 与孔壁接触，活动测头被压缩，则推动等臂直角杠杆 3 绕固定转轴转动，使推杆 4 向上压缩弹簧 5，并推转百分表 9 的指针顺时针转动，指针的转动量即为活动测量头移动的距离。弹簧 5 的反力使活动测头向外，对孔壁产生测力。

在活动测量头的两侧有弦板 6，它在两弹簧的作用下，对称的压靠在孔壁上，以保证测量杆的中心线通过被测圆柱孔的轴线。测量时应找正测位，如图 1-13 所示。测量时应按图中所示左右摆动，找准正测位，同时注意表盘上指示针的摆动，应读取其最小示值（转折点）为测量结果。

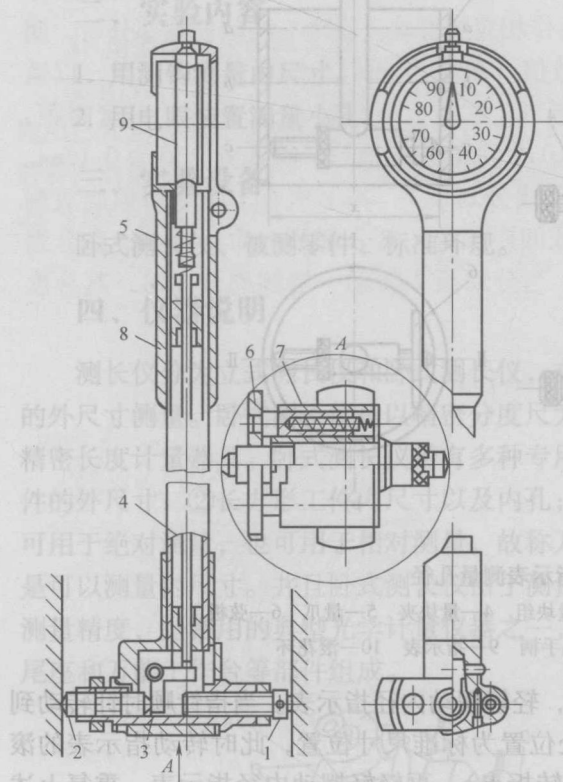


图 1-12 内径指示表结构

- 1—固定测量头 2—活动测量头 3—等臂直角杠杆
4—推杆 5、7—弹簧 6—弦板
8—隔热手柄 9—百分表（千分表）

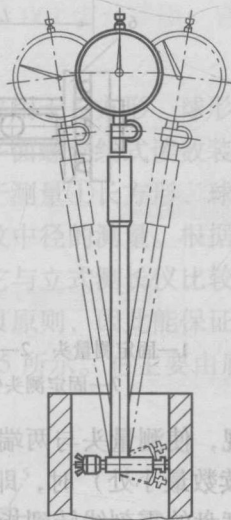


图 1-13 内径指示表测量孔径找正测位

四、测量步骤及要求

1. 根据被测孔径的公称尺寸 L ，选择量块组，如图 1-14a 所示将量块组 3 和专用量爪 5 一起放入量块夹 4 内加紧，构成标准内尺寸卡规。
2. 根据被测孔径尺寸，选择固定测量头，装在内径指示表上。
3. 用标准内尺寸卡规调整指示表零位。手持仪器隔热手柄，将仪器测头压缩后放入标

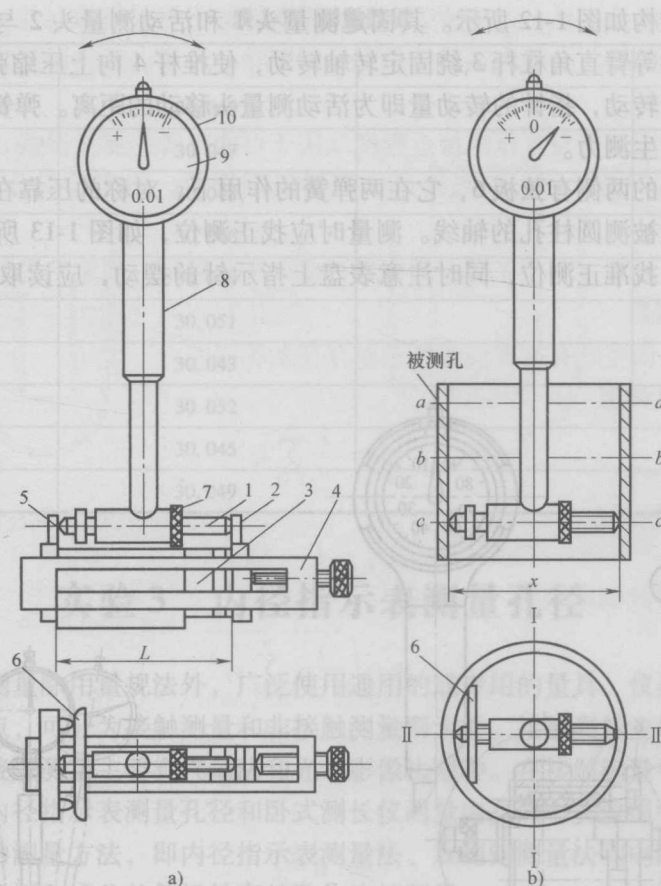


图 1-14 内径指示表测量孔径

1—固定测量头 2—活动测量头 3—量块组 4—量块夹 5—量爪 6—弦板
7—固定测头锁紧螺母 8—隔热手柄 9—指示表 10—滚花环

准内尺寸卡规,使测量头与两端的量爪相接触,轻轻摆动内径指示表。当指针顺时针转动到转折点(指读数最小处)时,即表示仪器所处位置为标准尺寸位置,此时转动指示表的滚花环,使刻度盘的零刻线转到指针所指位置(转折点)。再轻轻摆动内径指示表,重复上述过程,直至指针准确地刻度盘零位处转折为止,即定好仪器零位。

4. 测量孔径。将内径指示表放入被测孔,如图 1-14b 所示,轻轻摆动仪器,找其转折位置,记下指示表读数(注意“+”、“-”),即为该处的孔径实际尺寸与标准尺寸的偏差。同样地,依次测量孔内三个横截面,两个互相垂直方向的孔径。将测量结果记入实验报告。

5. 测量完毕后,重复步骤 3,看指示表指针是否回“零位”,若不回“零位”,误差超过一定限度时应重测。

6. 处理数据,判断被测工件合格性。

五、思考题

1. 内径指示表测量工件属于什么测量方法(从读数值和测量力来看)?

2. 使用内径指示表测量时为什么必须要摆动指示表?测量时如何读数?

实验4 卧式测长仪测量内孔

一、实验目的

1. 熟悉并正确掌握测长仪的原理及结构。
2. 加深对内尺寸测量特点的了解。
3. 了解平面螺旋线式读数装置。

二、实验内容

1. 用测钩测量内尺寸。
2. 用电眼装置测量小孔。

三、实验设备

卧式测长仪、被测零件、标准环规。

四、仪器说明

测长仪分为立式测长仪和卧式测长仪，立式测长仪主要用于长方形、球形、圆柱形工件的外尺寸测量。卧式测长仪是以精密分度尺为基准，利用平面螺旋线式读数装置进行读数的精密长度计量器具。卧式测长仪带有多种专用附件，可用于测量①长方形、球形、圆柱形工件的外尺寸；②长方形工件内尺寸以及内孔；③内、外螺纹中径的测量。根据测量需要，既可用于绝对测量，也可用于相对测量，故称万能测长仪。它与立式测长仪比较，其最大特点是可以测量内尺寸。并且卧式测长仪由于测量方法符合阿贝原则，因此能保证仪器有较高的测量精度，是常用的典型光学计量仪器之一，外观如图 1-15 所示。它主要由底座，测量座，尾座和万能工作台等部件组成。

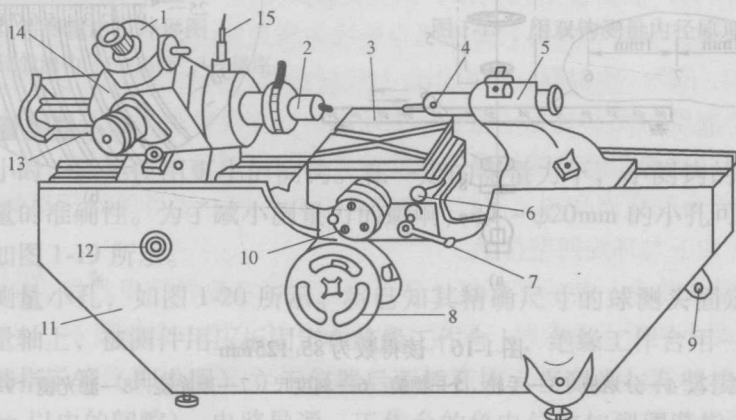


图 1-15 万能测长仪外形图

1—读数显微镜 2—测量轴 3—万能工作台 4—微调螺钉 5—尾座

6—工作台转动手柄 7—工作台摆动手柄 8—工作台升降手轮 9—平衡手轮

10—工作台横向移动手轮 11—底座 12—电源开关 13—微动手柄 14—测量座 15—照明装置

图 1-15 左侧测量座 14 和右侧尾座 5 都安装在底座导轨上, 可以左右移动和固定, 以适应不同大小尺寸的测量。测量座由读数显微镜 1、测量轴微动装置和照明装置 15 所组成, 测量轴可在测量座中的滚动轴承上轻快地移动, 100mm 的标准玻璃刻尺固定在测量轴 2 内, 其刻面与测量时的轴线重合。通过灯泡照明, 在螺旋读数显微镜 1 中可以读出测量轴移动的距离, 即可得出被测工件尺寸。尾座上装置尾管, 尾管通过微调螺钉 4 可实现微动, 使不同类型的零件均能找到正确的测量位置。在底座中部安装有万能工作台 3, 可做五个自由度的运动。即工作台的径向升降 (行程 0~150mm), 工作台横向运动 (范围 0~25mm), 工作台绕其垂直轴线旋转 $\pm 4^\circ$, 工作台绕其水平轴线旋转 $\pm 3^\circ$, 工作台测量方向可自由“浮动” $\pm 5\text{mm}$ 。

光学系统及读数装置: 光学系统如图 1-16a 所示, 在测量过程中, 镶有一条精密毫米分度尺的测量轴随着被测尺寸的大小在测量轴承内作相应的滑动。当测头接触被测部分后, 测量轴就停止滑动。从目镜 1 中可以观察到毫米数值 (单位为 mm), 但还需细分读数, 以满足精密测量的需求。微观目镜中有一固定分划板 4, 它的上面刻有 10 个相等的分度间距, 毫米分度尺的一个间距成像在它上面时恰与这 10 个间距总长相等, 故其分度值为 0.1mm。同时, 还有一块通过手轮 3 可以旋转的平面螺旋线分划板 2, 其上刻有十圈平面螺旋双刻线。螺旋双刻线的螺距恰与固定分划板上的刻线间距相等, 其分度值也为 0.1mm。在分划板 2 的中央, 有一圈等分为 100 格的圆周分度。当分划板 2 转动一格圆周分度时, 其分度值为

$$\frac{0.1\text{mm}}{100} \times 1 = 0.001\text{mm}$$

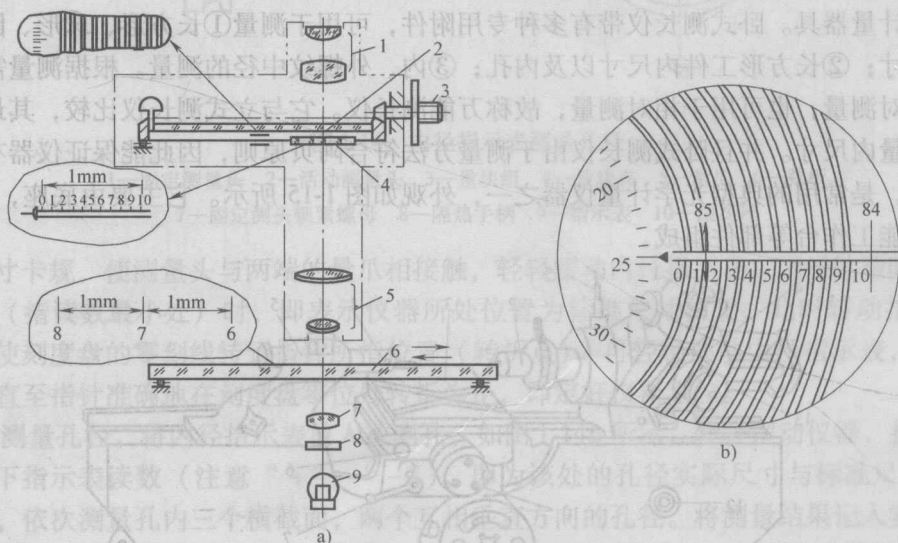


图 1-16 读得数为 85.125mm

1—目镜 2、4—分划板 3—手轮 5—物镜 6—刻度尺 7—聚光镜 8—滤光镜 9—光源

这样就可达到细分读数的目的。读数时, 从目镜中观察, 可同时看到三种刻线 (图 1-16b), 垂直目镜的刻线 (如 85) 为毫米值, 水平方向的为十分之一毫米值, 左侧圆形排列的为微米值。读数时, 先读毫米值 (85mm), 转动手轮 3, 使最靠近分度值的一圈平面螺旋双刻线夹住毫米刻线, 然后读出与毫米分度线相邻的较小的数记为零点几毫米