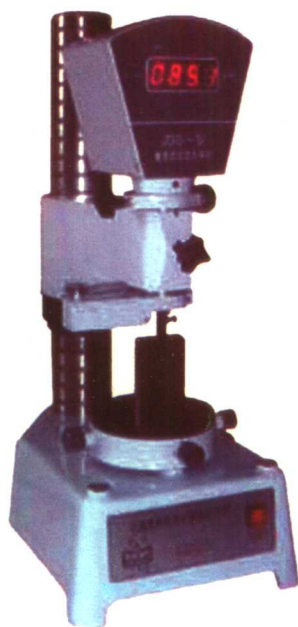


公差配合 与测量技术实训

刘忠伟 主 编
陈义庄 邓 奕 副主编
邓英剑 主 审



国防工业出版社

National Defense Industry Press

公差配合与测量技术实训

刘忠伟 主 编
陈义庄 邓 奕 副主编
邓英剑 主 审

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

全书共分6章,主要内容包括:孔、轴的测量、形状和位置误差的测量、表面粗糙度的测量、角度的测量、螺纹的测量、齿轮的测量。另外,全书简单介绍了量具、量仪维护保养的一般知识,还附有公差配合与测量技术实验报告。

本书所介绍的实验,操作步骤详细,图文并茂,并配有量仪实物照片,学生可借助于本指导书完成各个实验项目。

本书可作为高等院校机械类及近机械类各专业“公差配合与测量技术”课程的实验教材,也可作为几何量检测工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量技术实训/刘忠伟主编. —北京:国防
工业出版社,2007.3

ISBN 978-7-118-05043-1

I. 公… II. 刘… III. ①公差—配合②技术测量 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 024533 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 6 $\frac{3}{4}$ 字数 100 千字

2007 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1~4000 册 定价 15.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本书是《公差配合与测量技术》的配套教材,可作为课程实验教学用,也可供计量检验人员参考之用。

“公差配合与测量技术”课程的实验是机械类及近机械类各专业的技术基础实验,是“公差配合与测量技术”课程学习的重要教学环节。通过实验课,可以使学生熟悉几何量测量的基础知识,加深对基本概念的认识和理解,掌握常用计量器具的工作原理和使用方法,培养学生的基本技能和动手能力。

本书在编写过程中参照了相关院校有关专业的《公差配合与测量技术》课程教学大纲,尽可能满足不同的实践教学要求。

本书由湖南工业大学刘忠伟任主编,湖南工业大学陈义庄、湖南工程学院邓奕任副主编,湖南工业大学邓英剑任主审。第一章、第六章由刘忠伟编写,第二章由陈义庄编写,第三章、第五章由邓奕编写,第四章由中南大学机电工程学院申儒林编写,实验守则及附录由湖南工业大学实训中心李康情编写。全书由刘忠伟统稿,由邓英剑审阅。邓英剑老师对初稿提出了许多宝贵意见,在此谨表谢意。

限于编者的水平,加之时间仓促,书中难免会存在一些错误与不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2007年1月

目 录

实验守则	1
第一章 孔和轴的测量	2
实验 1.1 用内径指示表测量孔径	2
实验 1.2 用万能测长仪测量孔径	6
实验 1.3 用立式光学计测量轴径	13
第二章 形状和位置误差的测量	21
实验 2.1 直线度误差的测量	21
实验 2.2 平面度误差的测量	28
实验 2.3 圆度误差的测量	34
实验 2.4 位置误差的测量	40
第三章 表面粗糙度的测量	46
实验 3.1 比较法测量表面粗糙度	46
实验 3.2 用光切显微镜测量表面粗糙度	47
第四章 角度的测量	52
实验 4.1 用万能角度尺测量工件的角度	52
实验 4.2 用正弦规测量工件圆锥角	54
第五章 螺纹的测量	56
实验 5.1 用螺纹千分尺测量外螺纹中径	56

实验 5.2	用工具显微镜测量螺纹中径、螺距及牙型半角	57
第六章 齿轮的测量		62
实验 6.1	用周节仪检测齿距偏差和齿距累积误差	62
实验 6.2	用径向跳动检查仪检测齿圈径向跳动	65
实验 6.3	用双面啮合仪检测齿轮径向综合误差	67
实验 6.4	用公法线千分尺检测齿轮公法线长度变动量和公法线 平均长度偏差	68
实验 6.5	用基节仪检测齿轮基节偏差	70
实验 6.6	用齿厚卡尺检测齿厚偏差	72
附录 I 量具、量仪维护保养的一般知识		75
附录 II 公差配合与测量技术实验报告		76
实验 1.1	用内径指示表测量孔径	77
实验 1.2*	用万能测长仪测量孔径	78
实验 1.3	用立式光学计测量轴径	79
实验 2.1	直线度误差的测量	80
实验 2.2	平面度误差的测量	82
实验 2.3	圆度误差的测量	83
实验 2.4	位置误差的测量	84
实验 3.1	比较法测量表面粗糙度	86
实验 3.2	用光切显微镜测量表面粗糙度 R_z	87
实验 4.1	用万能角度尺测量工件的角度	88
实验 4.2	用正弦规测量工件圆锥角	89
实验 5.1	用螺纹千分尺测量外螺纹中径	90
实验 5.2	用工具显微镜测量螺纹中径、螺距及牙型半角	91
实验 6.1	用周节仪检测齿距偏差和齿距累积误差	93
实验 6.2	用径向跳动检查仪检测齿圈径向跳动	95
实验 6.3	用双面啮合仪检测齿轮径向综合误差	96

实验 6.4	用公法线千分尺检测齿轮公法线长度变动量 和公法线平均长度偏差	97
实验 6.5	用基节仪检测齿轮基节偏差	98
实验 6.6	用齿厚卡尺检测齿厚偏差	99
参考文献		100

实验守则

(1)实验是巩固课堂教学、培养实际工作能力的重要方面。因此学生在实验前必须复习与本次实验有关的内容和预习实验指导书,熟悉仪器、设备及相关测量器具的工作原理和操作要点,才能达到实验的目的和要求。

(2)学生应在规定时间进入实验室。有特殊情况必须事先请假,并及时与实验室老师联系,尽快补做实验,不能无故缺席。为保证测量结果的正确性和仪器的正常使用,进入实验室前必须先换鞋或穿上鞋套,与实验无关的物品不得带入实验室。入室后必须保持安静、整齐、清洁、卫生,不得随地吐痰,严禁吸烟。

(3)必须爱护仪器设备,严格遵守操作规程,严禁乱动、乱拆。因违反规章制度、不遵守操作规程而造成仪器损坏者,需按规定进行赔偿。要树立认真负责、一丝不苟的工作态度和爱护国家财产的优良品质。

(4)实验所用量具、量仪,在使用中发生故障时,应立即报告指导教师,不得自行处理。

(5)实验时专心、细心。对量仪、量具等要轻拿轻放,调整仪器的活动部分动作要缓慢,对锁紧机构锁紧时用力不宜过大。

(6)实验过程中注意记录数据。每次实验做完后,需先经现场指导教师审查数据并签字,然后将仪器设备按原样整理完毕,并搞好实验室卫生,经教师允许后方可离去。

(7)学生必须认真写好实验报告,在规定的时间内交给指导教师批阅。批阅完的实验报告由学生妥善保管,以备考核。

第一章 孔和轴的测量

圆柱形孔、轴的测量,在长度测量中占很大的比例。根据生产的批量大小、直径精度高低和直径尺寸大小等因素,可用不同的检测方法。成批生产的孔、轴,一般用光滑极限量规检测;中、低精度的孔、轴,通常采用游标卡尺、内外径千分尺、杠杆千分尺等进行绝对测量,或用百分表、千分表、内径百分表等进行相对测量;高精度的孔、轴,则用机械比较仪、立式光学计、万能测长仪、电感测微仪或接触式干涉仪等仪器进行测量。

实验 1.1 用内径指示表测量孔径

1. 实验目的

- (1)了解内径指示表的结构并掌握它的测量原理。
- (2)掌握用内径指示表测量和评定孔径的方法。
- (3)了解量块及其附件的使用方法。

2. 实验仪器简介

内径指示表是生产中测量孔径常用的测量仪,用一般的量块或标准圆环作为基准,采用相对测量法测量内径,特别适合于测量深孔。内径指示表又分为内径百分表和内径千分表,并按其测量范围分为许多挡,可根据尺寸大小及精度要求进行选择。每个仪器都配有一套固定测头以备选用,仪器测量范围取决于测头的范围。

内径指示表由指示表和装有杠杆系统的测量装置所组成,如图 1-1 所示。

在测量装置下端测量套 2 的一端装有可换固定测量头 1,另一端装有活动测量头 8,测杆 3 的管口上端装有指示表 6。测量时,内径指示表的两测头

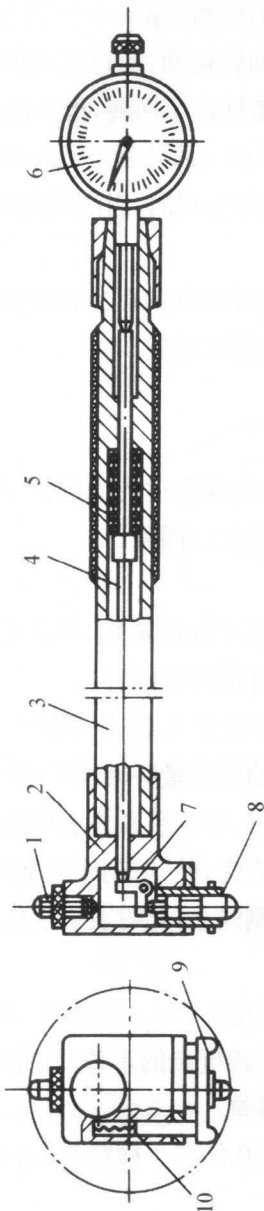


图 1-1 内径指示表

1—可换固定测量头；2—测量套；3—测杆；4—传动杆；5、10—弹簧；6—指示表；7—直角杠杆；8—活动测量头；9—定位装置。

放入被测孔径内,位于被测孔径的直径方向上,这可由定位装置来保证。定位装置借助弹簧 10 的弹簧力始终与被测孔径接触,其接触点的连线和直径是垂直的。可换固定测量头 1 和活动测量头 8 分别与孔壁接触,活动测量头向内移动,推动直角杠杆 7 产生回转运动,通过它又推动传动杆 4 移动并使弹簧 5 压缩,同时推动指示表 6 的指针产生回转,指示出读数值来。

由于直角杠杆 7 的两触点与回转轴心线间是等距离的,因此活动测头移动距离与传动杆的移动距离完全相同,当活动测头上的尺寸变化时,就直接反映到上端的指示表上。

内径指示表附有一套各种长度的可换固定测量头 1,可根据被测尺寸的大小选用长度适当的可换固定测量头。

3. 实验步骤

1) 选择固定测量头

根据被测孔径基本尺寸选择合适的固定测量头,将它拧入内径指示表的测量装置上相应的螺孔中,并加以固紧。

2) 调节零位

(1) 根据被测孔的基本尺寸选取量块,并把它们组合成量块组,装入量块夹中(或使用具有确定内尺寸的标准圆环)。

(2) 将内径指示表的两测量头放入两量爪之间,与两量爪相接触(图 1-2)。为了使内径指示表的两测量头轴线与两量爪平面相垂直(两量爪平面间的距离就是量块组的尺寸),需用手拿住表杆的中部,微微摆动内径指示表,找出表针的转折点,并转动表盘,使“0”刻线对准该转折点。如此反复多次,直到指针的转折点始终在“0”刻线上,此时表明零位已调好。

3) 测量孔径

将内径指示表的两个测量头放入被测孔中,如图 1-3 所示的方法摆动量仪。记下指示表指针回转到转折点的示值(注意正、负号)。该数值就是实际被测孔径对其基本尺寸的偏差。

如图 1-4 所示,在被测孔的三个横截面、两个方面上测出 6 个实际偏差,并记入实验报告中。

4) 评定合格性

若被测孔径(若要求符合包容原则)实际偏差为 E_s ,圆度误差为 f_o ,则满

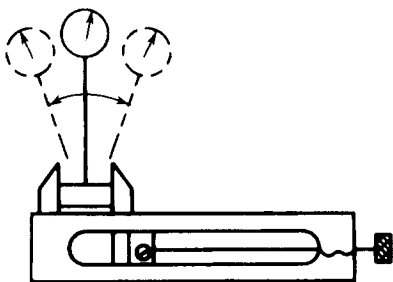


图 1-2 调节零位

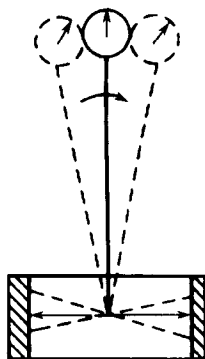


图 1-3 测量孔径

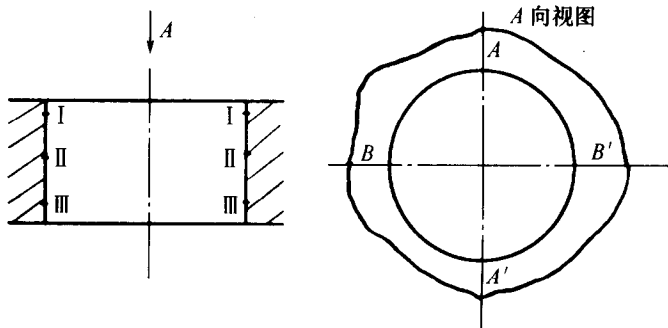


图 1-4 测量点示意图

足以下二式者,即为合格

$$ES - A \geq E_a \geq EI + A$$

式中: A 为安全裕度。

$$f_o \leq t_o$$

式中: t_o 为圆度公差。

其中圆度误差 f_o 是由孔径实际偏差求出的。由于在被测孔的一个截面上只测了相互垂直的两个直径的实际偏差 $E_{AA'}$ 和 $E_{BB'}$, 故圆度误差为

$$f_o = \frac{1}{2} |E_{AA'} - E_{BB'}|$$

4. 思考题

(1) 该测量方法属于绝对测量法还是比较测量法, 有无阿贝误差? 固定测

量头磨损对测量结果是否有影响?

(2)为什么要在摆动内径指示表时对零和读数,指针转折点是最小值还是最大值,为什么?

实验 1.2 用万能测长仪测量孔径

1. 实验目的

- (1)了解万能测长仪的结构原理。
- (2)掌握仪器的基本调正和使用方法。

2. 实验仪器简介

实验用的万能测长仪有 JD15 和 JD18 两种。万能测长仪可用来测量平行平面、球形及圆柱形零件的外形尺寸,也可以使用仪器的附件测量平行平面的内尺寸、内孔尺寸、内外螺纹的中径以及用电眼装置测量小孔尺寸等。仪器的工作台可以升降、前后移动、在水平和垂直方向摆动及沿测量轴线方向自由浮动等,因而测量时,可利用工作台的相对运动将工件调整到正确位置。

JD15 万能测长仪结构如图 1-5 所示。

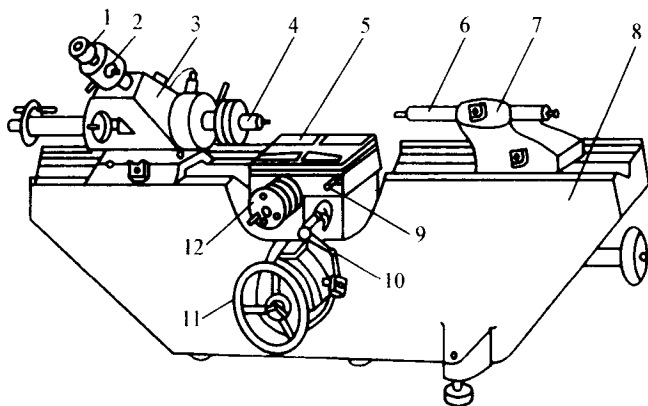


图 1-5 JD15 万能测长仪结构

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—工作台水平回转手轮;

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。

万能测长仪是按照阿贝原理设计的。即被测尺寸线在毫米刻度尺轴线的延长线上,如图 1-6 所示。刻度尺与测量轴一起移动,读数采用平面螺旋线原理。

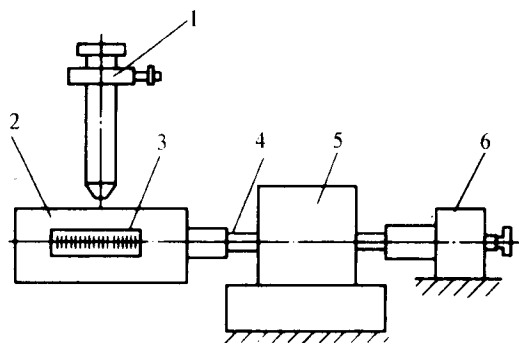


图 1-6 万能测长仪测量原理

1—读数显微镜;2—测量轴;3—精密毫米刻度尺;4—测量头;5—被测工件;6—尾座。

JD15 万能测长仪读数:在测量过程中,镶有一条精密毫米刻度尺如图 1-6 中的测量轴 2,随着被测尺寸的大小在被测工件内做相应的滑动。当测量头接触被测部分后,测量轴就停止滑动,测微目镜 1 的光学系统如图 1-7 (a)所示。在目镜 1 中可以观察到毫米数值,但还需细分读数,以满足精密测量的要求。测微目镜中有一个固定分划板 4,它的上面刻有 10 个相等的刻度间距,毫米刻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。在它的附近,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 10 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度间距相等,其分度值也为 0.1mm。在分划板 2 的中央,有一圈等分为 100 格的圆周刻度,当分划板 2 转动一格圆周分度时,其分度值为 $1 \times (0.1/100)\text{mm} = 0.001\text{mm}$,这样就可达到细分读数的目的。

这种仪器的读数方法如下:从目镜中观察,可同时看到三种刻线,如图 1-7(b)所示,先读毫米数(7mm),然后按毫米刻线在固定分划板 4 上读出小数点后第一位数(0.4mm),再转动手轮 3,使靠近零点几毫米刻度值的一圈平面螺旋双刻线夹住毫米刻线,再从指示线对准的圆周刻度上读得微米数(0.051mm),所以从图 1-7(b)中得到读数是 7.451mm。

JD18 万能测长仪的结构如图 1-8 所示,其实物图如图 1-9 所示。读数

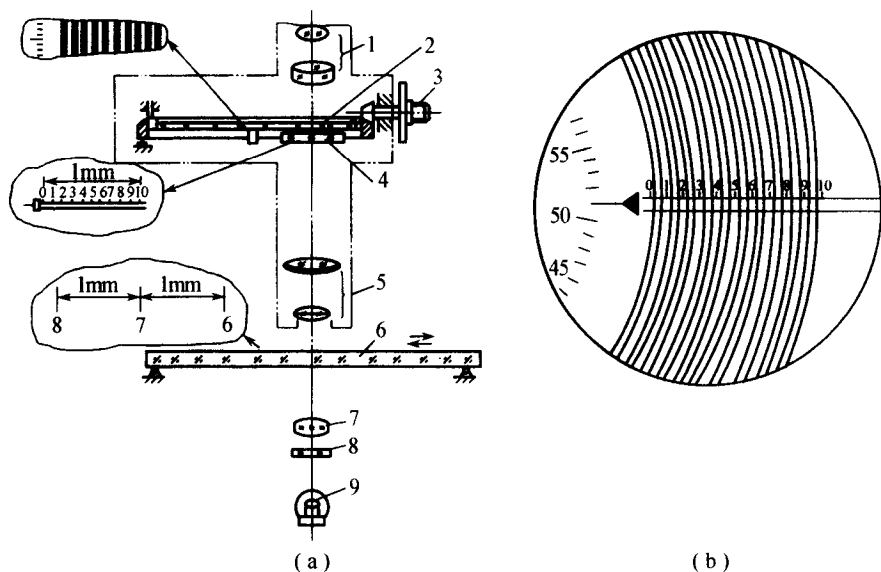


图 1-7 JD15 万能测长仪测量读数原理

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—光源。

(a) 光学系统; (b) 读数 7.451mm。

投影屏 8 上能够显示装在测量主轴 6 上的毫米刻线尺(示值范围为 0mm~100mm)、0.1mm 双纹刻线(示值范围为 0mm~1mm)和微米分划板(示值范围为 $0\mu\text{m}$ ~ $100\mu\text{m}$)的成像。测座 4 内装有测量主轴 6、投影读数光学系统和读数投影屏 8,安装在测量主轴 6 上的毫米刻线尺(刻度间距为 1mm)经过 50 倍的透镜组放大后成像在影屏的下半部,在影屏的下半部刻有 11 对等距的双纹刻线,见图 1-10(a),刻度间距为 5mm,这 10 个刻度间距的长度等于将毫米刻线尺上的 1mm 放大后的长度(50mm),因此双纹刻线每个刻度间距代表毫米刻线尺的 0.1mm。在读数投影屏 8 中的微米分划板固定不动,经 30 倍透镜组放大后成像在影屏的上半部,影屏与 30 倍物镜组是刚性连接在一起的,旋转测微旋钮 9,可使它们同步移动。当影屏移动 5mm(即 0.1mm 双纹刻线的一个刻度间距)时,30 倍物镜组也沿着微米分划板方向移动 5mm。在微米分划板 5mm 范围内有 101 条等距的刻线,将 0.1mm 分成 100 等份,故微米分划板的分度值为 0.001mm。

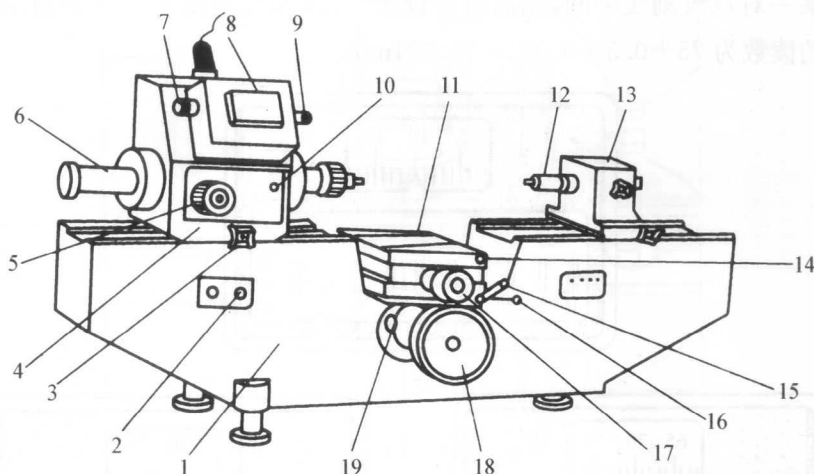


图 1-8 JD18 万能测长仪结构

1—底座；2—电源开关；3—测座锁紧螺钉；4—测座；5—主轴微动手轮；6—测量主轴；
7—微米分划板调节旋扭；8—读数投影屏；9—测微旋扭；10—测量主轴的固定螺钉；11—工作台；
12—尾管；13—尾座；14—工作台水平回转手柄；15—固定手柄；16—工作台垂直摆动手柄；
17—工作台横向移动测微手轮；18—工作台升降手轮；19—固定螺钉。

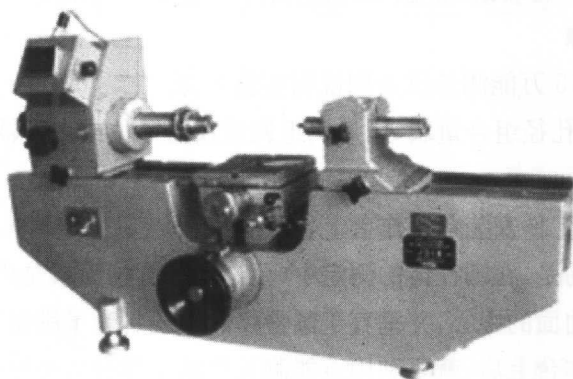


图 1-9 JD18 万能测长仪实物图

JD18 万能测长仪的读数方法如下：如图 1-10(b)所示，测量时在影屏的下半部显示出毫米刻线尺的某一条毫米刻线(75mm)的影像，转动测微旋扭 9 使影屏移动，在微米分划板示值范围内，将该毫米刻线对称地夹在其左、右相

邻的某一对双纹刻线中间,然后进行读数(0.3mm),则图 1-10(c)所示影屏视场的读数为 $75 + 0.3 + 0.021 = 75.321\text{mm}$ 。

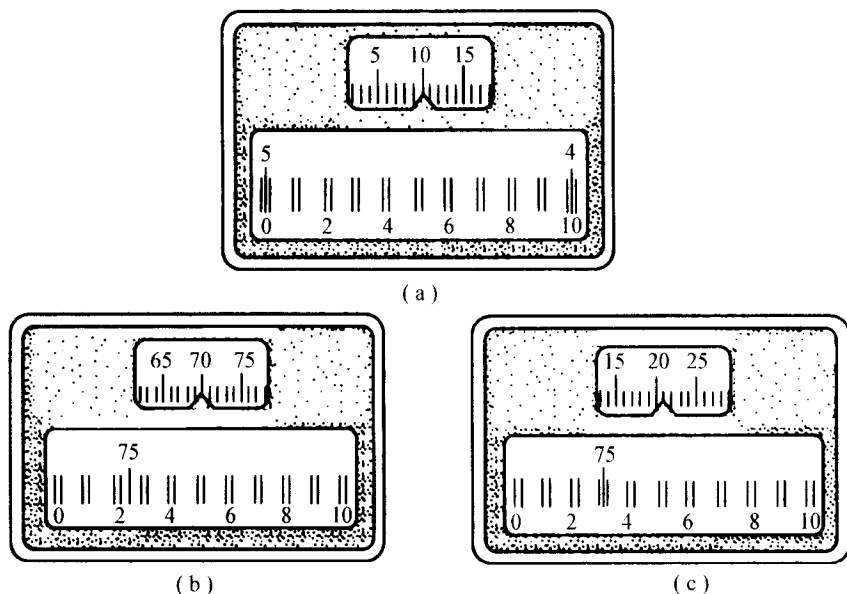


图 1-10 屏动测微器的读数方法

(a)屏动测微器; (b)测量工件; (c)读数 75.321mm。

3. 实验步骤

下面以 JD15 万能测长仪为例说明实验步骤。

(1)按被测孔径组合量块,用量块组调整仪器零位或用仪器所带的标准环调零。

(2)将被测工件安装在工作台上,并用压板固定。

需要说明的是,在圆柱体的测定中(无论是外圆柱面或是内孔),必须使测量轴线穿过该曲面的中心,并垂直于圆柱体的轴线。为了满足这一条件,在被测件固定于工作台上后,就要利用万能测长仪的工作台各个可能的运动条件,通过寻找“读数转折点”,将工件调整到符合阿贝原则的正确位置上。

孔径测量如图 1-11 所示。转动工作台升降手轮,调整工作台的高度,使测轴上的测头位于孔内适当的位置。再慢慢旋转工作台横向移动手轮,同时观察目镜中刻度尺的变化,以读数最大值为转折点,在此处将工作台横向固定。最后再调整工作台垂直摆动手柄,以读数最小值为转折点,在此处将工作