



普通高等教育“十三五”创新型规划教材  
理论+实践+数字资源一体化规划教材

紧扣教学大纲，突出重点  
强化应用能力，迁移拓展  
支持教学做考，立体资源



# 互换性与测量技术实验指导书

主审 张明柱 主编 王 樑 王晓晶

HUHUANXING YU CELIANG JISHU SHIYAN ZHIDAOSHU



电子科技大学出版社

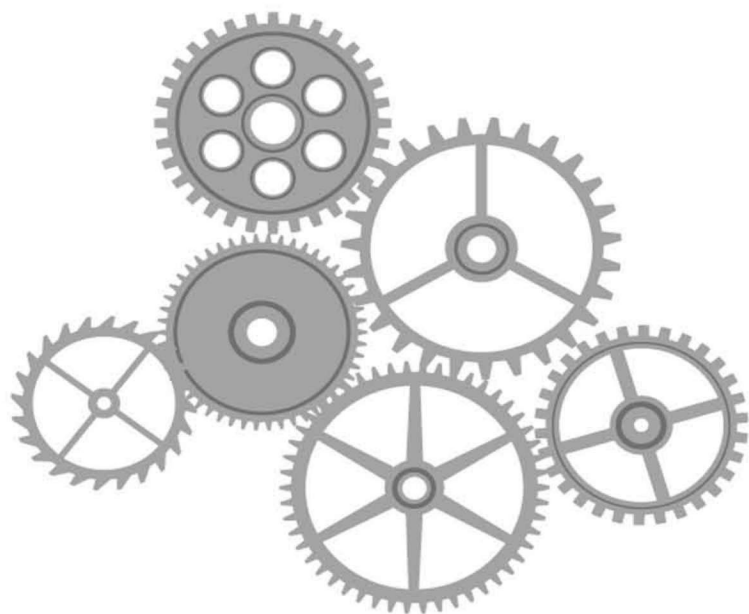


普通高等教育“十三五”创新型规划教材  
理论+实践+数字资源一体化规划教材

主 审 张明柱

主 编 王 樑 王晓晶

副主编 李焕军



# 互换性与测量技术实验指导书

HUHUANXING YU CELIANG JISHU SHIYAN ZHIDAOSHU



电子科技大学出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术实验指导书 / 王樑, 王晓晶主编. —  
成都: 电子科技大学出版社, 2016.7

ISBN 978-7-5647-2692-8

I. ①互… II. ①王… ②王… III. ①零部件—互换性—实验—高等学校—教材②零部件—测量—实验—高等学校—教材 IV. ①TG801—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 175772 号

### 内 容 简 介

本书是“互换性与测量技术”课程的配套教材,内容包括长度测量、几何误差测量、表面粗糙度测量、圆柱螺纹测量、齿轮测量、锥度和角度测量、几何量精度综合实验共 26 个实验,还编写了几何量测量基础知识、量块和常用量具。可以满足不同层次、不同对象的读者需要,各院校可以根据自己的特点灵活选用。

本书供普通高等院校机械类各专业师生在教学中使用,也可作为高职高专机械类各专业的教材。

## 互换性与测量技术实验指导书

主 编 王樑 王晓晶

---

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编:610051)

策划编辑: 杜 倩

责任编辑: 李 鸿

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 天津市蓟县宏图印务有限公司

成品尺寸: 203mm×260mm 印张 7 字数 167 千字

版 次: 2016 年 7 月第一版

印 次: 2016 年 7 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-2692-8

定 价: 16.00 元

---

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话:028-83202463;本社邮购电话:028-83201495。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

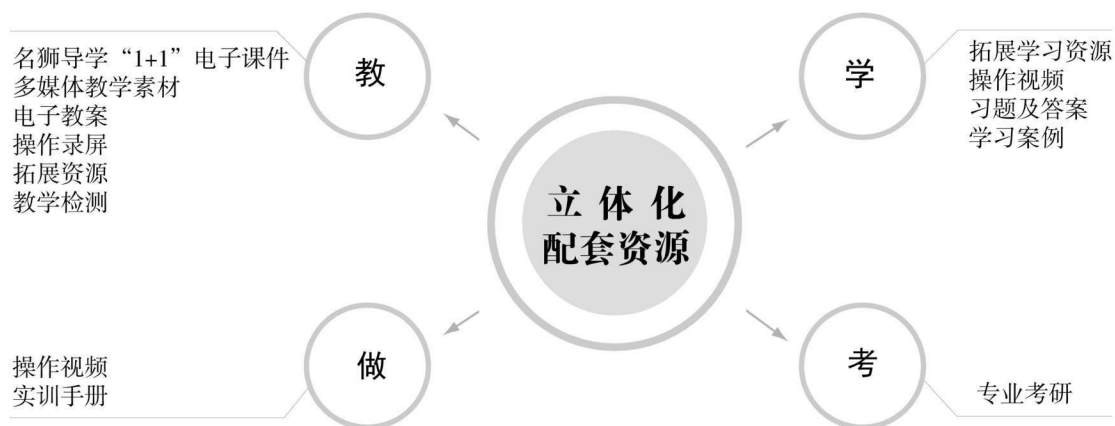
# 前言 PREFACE

“互换性与测量技术”课程的实验是高等院校机械类、近机械类等专业的技术基础实验,是“互换性与测量技术”课程学习的重要教学环节。通过实验课,可以使 学生熟悉有关几何量测量的基础知识、测量方法和常用计量器具的使用方法,同时可以巩固学生在课堂上所学的内容,培养学生的基本技能和动手能力,对从事机械设计、机械制造、计量测试和管理的人员具有重要意义。学生根据该实验指导书能够独立完成实验内容。

本书共 7 章,包括长度测量、几何误差测量、表面粗糙度测量、圆柱螺纹测量、齿轮测量、锥度和角度测量、几何量精度综合实验等方面的 25 个实验,系统地介绍了有关计量器具的测量原理和使用方法。各校根据具体的设备条件和不同专业的教学要求,可选作本书中的一些实验,示范演示另一些实验。

本书由安阳工学院王樑、王晓晶主编,由鹤壁市机电信息工程学校李焕军担任副主编。王樑编写第 1 章~6 章、附录及实验规则等,王晓晶编写第 7 章。全书由河南科技大学张明柱教授主审。

## 丛书立体化配套资源



本书在编写过程中得到了各高等院校的帮助和支持,在此表示衷心的感谢。  
由于编者水平和时间有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

# 目录 CONTENTS

<b>第 1 章 长度测量</b> .....	<b>1</b>
实验 1 用卧式测长仪测量圆孔内径 .....	1
实验 2 用内径指示表测量内孔 .....	6
实验 3 用比较仪测量长度 .....	8
<b>第 2 章 几何误差测量</b> .....	<b>14</b>
实验 1 用合像水平仪测量直线度误差 .....	14
实验 2 用光学准直仪测量直线度误差 .....	18
实验 3 平面度误差测量 .....	22
实验 4 圆度误差测量 .....	26
实验 5 径向和端面圆跳动测量 .....	29
<b>第 3 章 表面粗糙度测量</b> .....	<b>32</b>
实验 1 光切显微镜测量表面粗糙度 .....	32
实验 2 干涉显微镜测量表面粗糙度 .....	36
实验 3 粗糙度仪测量表面粗糙度 .....	40
实验 4 电动轮廓仪测量表面粗糙度 .....	42
<b>第 4 章 圆柱螺纹测量</b> .....	<b>47</b>
实验 1 万能工具显微镜测外螺纹参数 .....	47
实验 2 用三针法测量外螺纹参数 .....	51
实验 3 用螺纹千分尺测量外螺纹参数 .....	56

第 5 章 齿轮测量 .....	58
实验 1 齿轮齿廓总偏差的测量 .....	58
实验 2 公法线长度变动及公法线长度偏差测量 .....	61
实验 3 齿轮齿厚偏差的测量 .....	64
实验 4 齿距偏差与齿距累积偏差的测量 .....	66
实验 5 齿轮齿圈径向跳动的测量 .....	71
第 6 章 锥度和角度测量 .....	74
实验 1 用正弦规测量外圆锥角偏差 .....	74
实验 2 钢球法测量内圆锥锥角 .....	76
实验 3 用圆柱和量块测外圆锥锥角 .....	78
实验 4 用万能角度尺测量角度 .....	79
第 7 章 几何量精度综合实验 .....	82
附录 1 量块的基础知识 .....	92
附录 2 常用长度量具与量仪 .....	96
附录 3 量具、量仪的维护和保养一般知识 .....	103
参考文献 .....	104

# 第1章 长度测量

圆柱体孔径的测量除用量规法测量外,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。在卧式测长仪测量圆孔内径和内径指示表测量孔径两个实验当中,分别安排了实际工作中最为常用的测量方法,即双测钩测量法和内径指示表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做比较测量。

## 实验1 用卧式测长仪测量圆孔内径

### 一、实验目的

- 1.了解卧式测长仪的结构原理。
- 2.掌握仪器的基本调整和使用方法。
- 3.掌握内孔的精度评定方法。

### 二、实验设备

JD15 卧式测长仪或 JD18 卧式测长仪;直径为  $\phi 35$  mm,0 级轴承。

### 三、实验内容

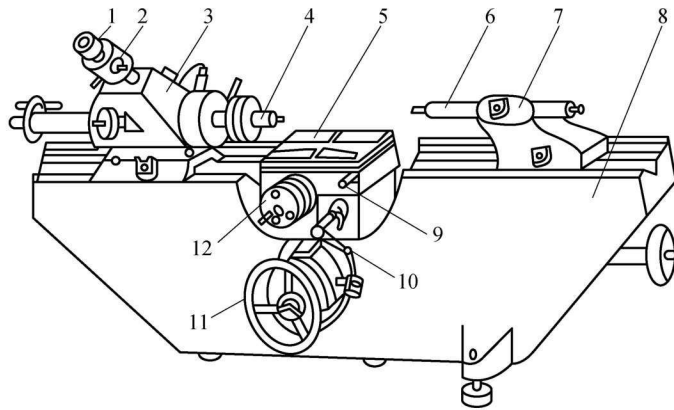
以标准环规或量块(装在专用附件上)为内尺寸的标准量,应用卧式测长仪测量内孔直径为  $\phi 35$  mm,0 级轴承的内径。

### 四、仪器及测量原理说明

JD15 卧式测长仪或 JD18 卧式测长仪的主要技术规格:刻度值 0.001 mm,示值范围  $\pm 100$   $\mu\text{m}$ ,测量范围外尺寸为 0~500 mm,内尺寸为 10~200 mm。

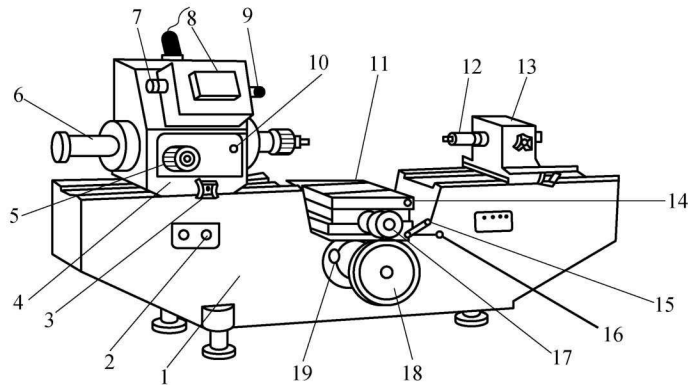
卧式测长仪可以用来测量平行平面、球形及圆柱形零件的外形尺寸,也可以使用仪器的附件测量平行平面的内尺寸,内孔尺寸,内、外螺纹的中径以及用电眼装置测量小孔尺寸等。仪器工作台可以升降、前后移动,在水平和垂直方向摆动及沿测量轴线方向自由浮动等,因而测量时,可以利用工作台的相对运动将工件调整到正确位置。

JD15、JD18 卧式测长仪的结构外形如图 1-1 和图 1-2 所示。



1—读数目镜;2—读数回转手轮;3—测座;4—测轴;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—工作台升降手柄;12—工作台横向移动手柄

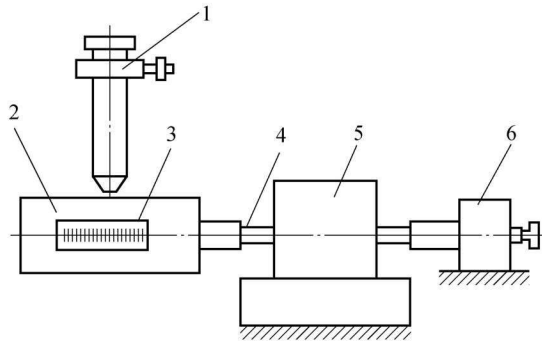
图 1-1 JD15 卧式测长仪结构



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—微米分划板调节旋钮;8—读数显示屏;9—测微旋钮;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 1-2 JD18 卧式测长仪结构

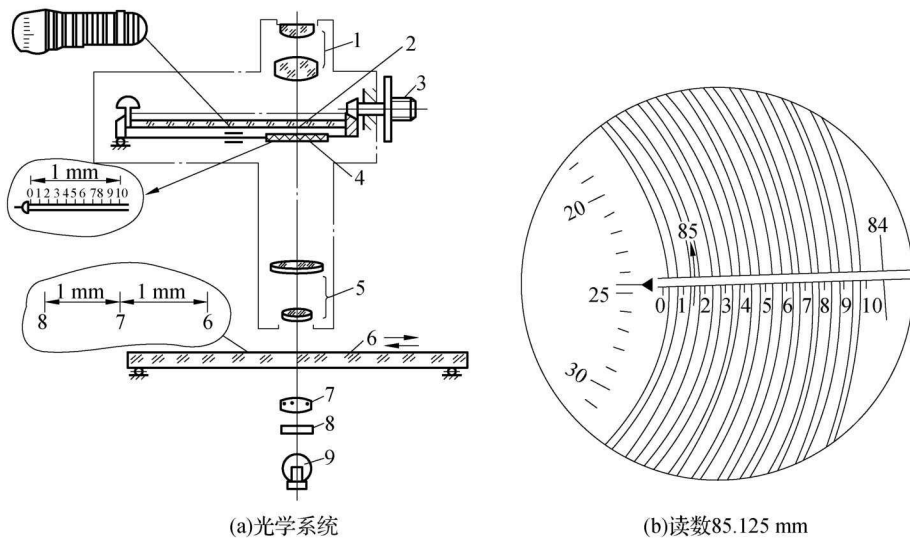
卧式测长仪是按照阿贝原理设计的,即被测尺寸线在毫米刻度尺轴线的延长线上,如图 1-3 所示。刻度尺与测量轴一起移动,读数采用平面螺旋线原理。



1—读数显微镜;2—测轴;3—精密毫米刻度尺;4—测量头;5—被测零件;6—尾座

图 1-3 卧式测长仪测量原理

JD15 卧式测长仪读数,镶有一条精密毫米刻度尺的测量轴,在测量过程中,随着被测尺寸的大小在测量轴承座内做相应的滑动。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 1-4(a)所示。在目镜 1 中可以观察到毫米数值,但还需细分读数,以满足精度测量的要求。测微目镜中有一个固定分划板 4,它的上面有 10 个相等的刻度间距,毫米刻度尺的一个间距成像在上面时恰与这 10 个间距总长相等,故其分度值为 0.1 mm。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 0.1 mm。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  $1 \times (0.1 \times 100) \text{ mm} = 0.001 \text{ mm}$ ,这样就可以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 1-4(b)所示。先读毫米数(85 mm),然后按毫米刻线在固定分划板 4 上的位置读出小数点后第一位数(0.1 mm),在转动手轮 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毫米数(0.025 mm),所以如图 1-4(b)所示中得到的读数为 85.125 mm。



(a)光学系统

(b)读数85.125 mm

1—目镜;2—可移动分划板;3—手轮;4—固定分划板;5—物镜;6—毫米刻度尺;7—聚光镜;8—滤色片;9—光源

图 1-4 JD15 卧式测长仪测量读数原理

JD18 卧式测长仪读数(图 1-2)读数显示屏 8 上能够显示装在测量主轴 6 上的毫米刻线尺(示值范围 0~100 mm),0.1 mm 双纹刻线(示值范围 0~1 mm)和微米分划板(示值范围 0~100  $\mu\text{m}$ )的成像(图 1-5)。测座 4 内装有测量主轴 6 投影读数光学系统和读数显示屏 8,安装在测量主轴 6 上的毫米刻线尺(刻度间距为 1 mm)经过 50 倍的透镜组放大后成像在影屏的下半部。在屏幕的下半部刻有 11 对等距双纹刻线,如图 1-5(a)所示,刻度间距为 mm。这 10 个刻度间距的长度等于将毫米刻度尺上的 1 mm 放大后的长度(50 mm),因此双纹刻线每个刻度间距代表毫米刻度尺的 0.1 mm。读数显示屏 8 中的毫米分划板固定不动,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 5 mm 时,30 倍透镜组也沿着微米分划板方向移动 5 mm。在微米分划板 5 mm 范围内有 101 条等距的刻线,将 0.1 mm 分成 100 等份,故微米分划板的分度值为 0.001 mm。

读数方法如下:如图 1-5(b)所示,测量时影屏的下半部显示出毫米刻度线尺的某一条毫米刻线(75 mm)的影像,转动测微旋钮 9 使影屏移动,在微米分划板的示值范围内,将毫米刻线对称地夹在左、右相邻的某一对双纹刻线中间,然后进行读数(0.3 mm),则如图 1-5 所示影屏视场的读数为

$$75 + 0.3 + 0.021 = 75.321 \text{ mm}$$

用卧式测长仪的双测钩测量孔径。

先将组成标准量的  $L$  在仪器的读数显示屏中读取第一个数  $a_1$ ,然后再测量被测孔径,在读数显示屏中读取第二个数  $a_2$ ,则被测孔径  $D = L + (a_2 - a_1)$ 。

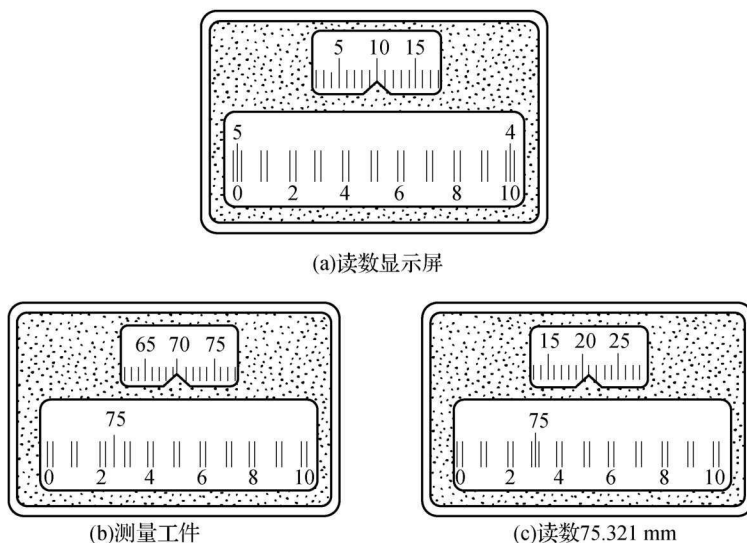


图 1-5 读数显示屏的读数方法

## 五、实验步骤

(1)接通电源,使光源照亮。松开螺钉,转动手轮,使工作台下落到较低的位置,然后在工作台上安放标准环,如图 1-6 所示。

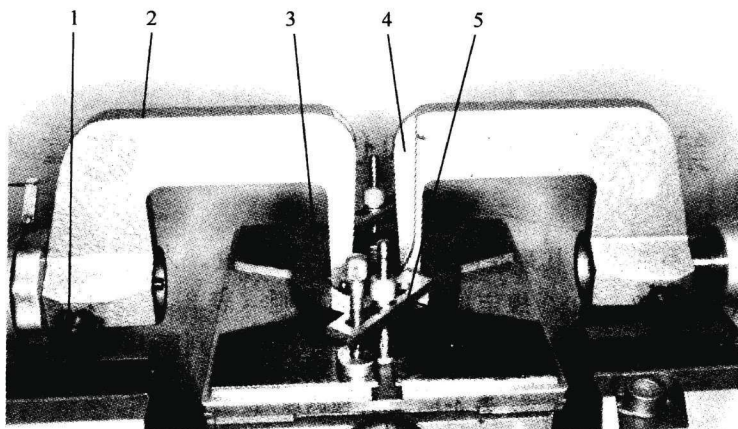
(2)将一对测钩分别安装在测轴和尾座上,沿轴向移动测轴和尾管,使两个测钩头部的楔槽对齐,然后旋紧测钩上的螺钉,将其固定。

(3)转动手轮使工作台上升,同时把两个测钩放入标准环内孔,将螺钉拧紧。移动尾管,转动手轮,使工作台横向移动,从而使测钩头在标准环端面上刻有标准线的直线方向上与标准环内孔接触。再用螺钉锁紧尾管,然后用手扶稳测轴,挂上重锤,使测轴上的测钩头缓慢地与标准内孔接触。

(4)调整量仪零位(即示值为标准环尺寸)。

(5)用手扶稳测轴,使它向右移动一个距离,拧紧螺钉。取下标准环,然后安装被测圆环,松开螺钉,使测钩与该圆环接触。转动手柄找出最小值,进行第一次读数。

(6)沿被测内径的轴线方向,测几个截面,每个截面要在相互垂直的两个部位各测一次。根据测量结果和被测内径的公差要求,判断内径是否合理。



1—紧固螺钉; 2—测钩; 3—标准环; 4—楔槽; 5—弹簧压片

图 1-6 测钩安装

## 六、思考题

1. 卧式测长仪为什么必须有五个自由度?
2. 用双钩测孔径的误差来源有哪些因素? 测量的主要误差是由什么引起的?

## 实验 2 用内径指示表测量内径

### 一、实验目的

1. 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。
2. 掌握用内径指示表进行测量的原理。

### 二、实验设备

实验用内径指示表的主要技术规格:刻度值 0.01 mm,示值范围 0~3 mm,测量范围 50~160 mm;量块; $\phi 70\text{H}7$  或  $\phi 120\text{H}7$  气缸孔。

### 三、实验内容

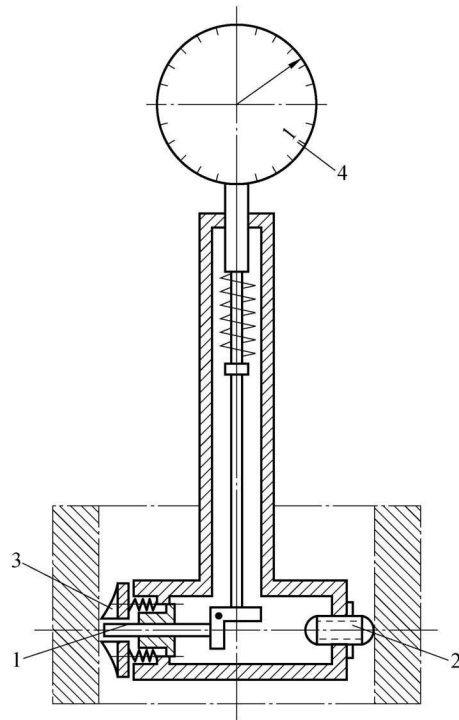
用内径指示表、量块及其附件,测量  $\phi 70\text{H}7$  或  $\phi 120\text{H}7$  气缸孔的内径。

### 四、仪器及测量原理说明

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和双测钩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做比较测量。

内径指示表是测量孔径的常用量仪。它由指示表和装有杠杆系统的测量装置组成,其结构如图 1-7 所示。测量时,活动测头 1 和固定测头 2 分别与孔壁接触,活动测头 1 向内移动,其位移经等臂直角杠杆,推动挺杆向上移动,使弹簧压缩,并推动指示表 4 的指针回转。该弹簧的反作用力使活动测头 1 对孔壁产生测量力。定心板 3 在弹簧的作用下始终对称地与孔壁接触。定心板 3 与孔壁的接触点的连线和被测孔的直径线互相垂直,使两测头位于该孔的直径方向上。测量仪附有一组长短不同的固定测头,可根据被测孔直径的大小来选择使用。

用内径指示表测量孔径,是采用比较测量的方法进行的。可用具有确定内径尺寸  $L$  的标准圆环或用装在量块夹中的量块组成的确定尺寸  $L$ ,来调整内径指示表的示值零位。然后用它测量被测孔径,指示表的示值即为实际被测孔径对确定尺寸  $L$  的偏差  $\Delta L$ 。因此,实际被测孔径  $D = L + \Delta L$ 。



1—活动测头;2—固定测头;3—定心板;4—指示表

图 1-7 内径指示表

## 五、实验步骤

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

(2)根据被测孔的基本尺寸选择合适的固定测头,把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。

(3)按量块组(或标准圆环)的确定尺寸调整指示表示值零位:将内径指示表的两个测头小心地放入量块夹的两个量爪之间(要先放入活动测头,并压紧定心板,然后放入固定测头),按图 1-8 所示的方法摆动量仪。当指示表指针回转到转折点(最小示值)时,这表示测头与两块夹的量爪表面垂直。然后转动刻度盘使指针指向零刻线。如此反复多次,直到指针稳定地在零刻线处转折点为止。

(4)测量孔径。将内径指示表的两个测头放入被测孔中,按图 1-9 所示的方法摆动量仪。记下指示表指针回转到转折点时的示值,它就是实际被测孔径对其基本尺寸的偏差(注意正、负号)。

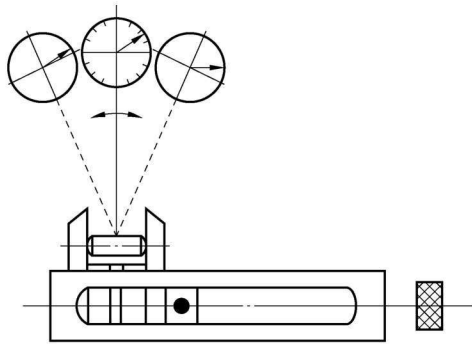


图 1-8 调整内径指示表示值零位

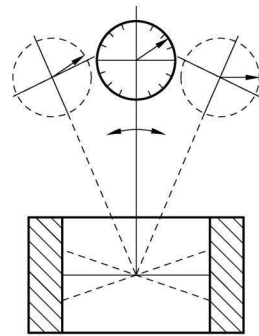


图 1-9 测量孔径

在被测孔中均布的三个横截面上,对相隔  $90^\circ$  的径向位置分别进行测量。根据零件图样上标注的被测孔极限尺寸或极限偏差,判断被测孔径的合格性。

## 六、思考题

- 1.从读数值和测量力来看,内径百分表测量工件属于什么测量方法?
- 2.使用内径百分表测量为什么必须要摆动指示表?

## 实验 3 用比较仪测量长度

### 一、实验目的

- 1.了解比较仪的结构和使用方法。
- 2.掌握长度尺寸的相对测量原理。
- 3.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

立式光学比较仪;量块;被测件。

立式光学比较仪的基本参数如下:

仪器分度值:  $0.001 \text{ mm}$ ;

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:  $\pm (0.5 + \frac{L}{100}) \mu\text{m}$  (被测尺寸  $L$ , 单位为  $\text{mm}$ )。

### 三、实验内容

用比较仪测量。

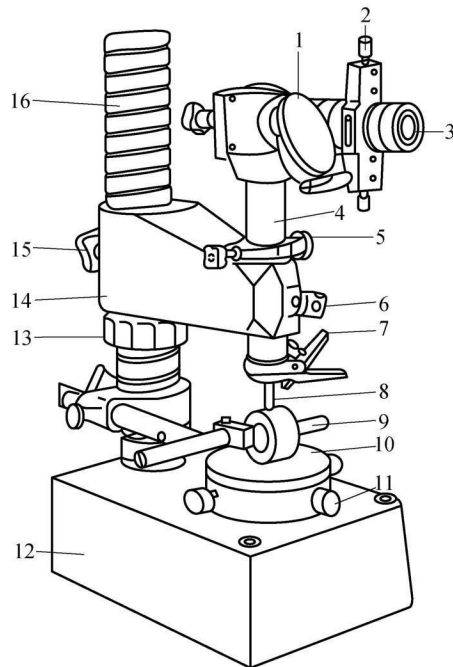
### 四、仪器及测量原理说明

光学比较仪可用于测量精密轴类零件,可用于检定5等量块,可测量圆柱形、球形、线形等工件的直径或板形工件的厚度。

光学比较仪主要用作相对测量(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,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,可作其他精密测量之用。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。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。

图1-10为立式光学比较仪的外形结构。

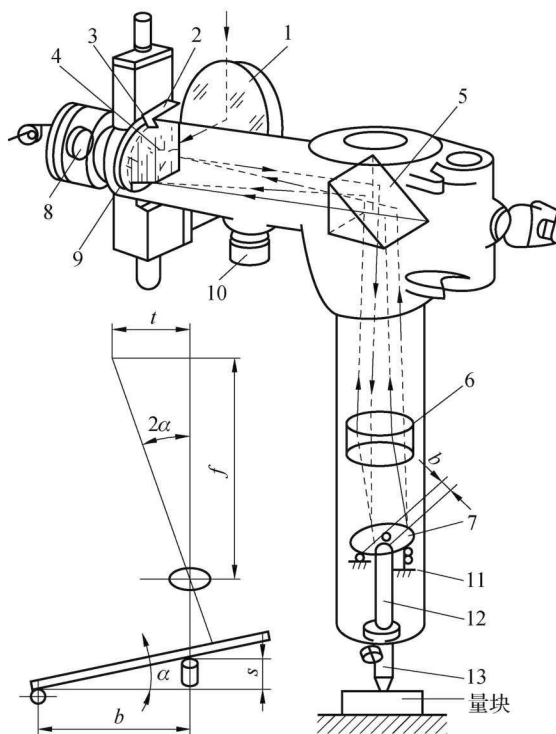


1—反射镜;2—偏差指示界限调节手轮;3—目镜;4—光管;5—光管细调手柄;6—光管紧固螺钉;  
7—测头提升器;8—测杆及测头;9—被测工件;10—工作台;11—工作台调整螺钉;12—底座;  
13—升降螺母;14—横臂;15—横臂紧固螺钉;16—立柱

图 1-10 立式光学比较仪的外形结构

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 1-11 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)的分度尺 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。



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—测头

图 1-11 立式光学比较仪的光学系统

平面反射镜 7 由 3 个直径相同的球做支承,其中两个球为转动支承,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的位置是对称的,如图 1-12(a)所示。分划板右半部分中间有一条固定分度线,称为指示线。

首先要用量块调整光学比较仪的零点,即使分度尺像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 1-11 所示,反射镜面随之绕固定支点转动一个角度  $\alpha$ ,则反射光相对入射光偏转了  $2\alpha$  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零点偏离指示线的格数读出,如图 1-12(b)所示。