

高等学校“十一五”规划教材

# 机械精度设计与质量保证 实验指导书

李玉甫 杨玉春 主编

哈尔滨工业大学出版社  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校“十一五”规划教材

# 机械精度设计与质量保证 实验指导书

---

主 编 李玉甫 杨玉春  
副主编 于海波 彭景云 李 闯  
主 审 陶福春

哈尔滨工业大学出版社

“正”一第

## 内 容 提 要

本书是为机械精度设计与质量保证(机械精度设计与检测基础)课程编写的实验指导书。

本书主要内容包括:检测基础知识、孔轴测量、形状和位置误差测量、表面粗糙度测量、锥度测量、圆柱螺纹测量、圆柱齿轮测量、开放实验等 21 个实验,并附有实验报告。

本书可作为高等院校机械类各专业本、专科生的实验教材,也可作为成人教育机械类专业本、专科生的实验教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械精度设计与质量保证实验指导书/李玉甫,杨玉春主编.  
哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2009.2

ISBN 978-7-5603-2802-7

I.机… II.①李…②杨… III.①机械-精度-设计-实验  
IV.TH122-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 211656 号

责任编辑 许雅莹

封面设计 张孝东

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 肇东市粮食印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 6.5 字数 150 千字

版 次 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-2802-7

印 数 1~3 000

定 价 13.80 元

---

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

# 前 言

机械精度设计与质量保证(机械精度设计与检测基础)课程是机械类各专业重要的技术基础课,而实验课是本课程的重要教学环节。通过实验课,可以使 学生熟悉有关几何量测量的基础知识、测量方法及常用计量器具的使用方法,同时巩固学生在课堂上的所学内容,重点培养学生基本技能的训练和动手能力。

本书参考了赵熙萍编写的《机械精度设计与检测基础实验指导书》、徐宏兵编写的《几何量公差与检测实验指导书》、刘品编写的《机械精度设计与检测基础》、姚彩仙编写的《互换性与技术测量实验》,并融入作者多年实验教学经验。本书包含了检测基础知识及孔轴测量、形状和位置误差测量、表面粗糙度测量、锥度测量、圆柱螺纹测量、圆柱齿轮测量、开放实验 7 类实验,共有 21 个实验,并附有实验报告。各院校可根据具体的设备条件和不同专业的教学要求,选做本书中的部分实验。

本书由哈尔滨理工大学李玉甫、杨玉春主编。实验 1 和实验 7 由哈尔滨理工大学李玉甫编写,实验 2 由黑龙江大学彭景云编写,实验 3 由黑龙江工程学院于海波编写,实验 4 由黑龙江工商职业技术学院李闯编写,实验 5 和实验 6 由哈尔滨理工大学杨玉春编写。全书由李玉甫、杨玉春统稿,哈尔滨理工大学陶福春主审。

由于时间和水平所限,书中难免有疏漏和不足,欢迎读者批评指正!

编 者

2008 年 10 月

# 目 录

## CONTENTS

|              |     |
|--------------|-----|
| 学生实验守则 ..... | (1) |
| 检测基础知识 ..... | (3) |

### 实验 1 孔轴测量

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 实验 1.1 用立式光学比较仪测量塞规 ..... | (5)  |
| 实验 1.2 用万能测长仪测量轴径 .....   | (8)  |
| 实验 1.3 用内径百分表测量孔径 .....   | (12) |

### 实验 2 形状和位置误差测量

|                              |      |
|------------------------------|------|
| 实验 2.1 用自准直仪测量平尺的直线度误差 ..... | (14) |
| 实验 2.2 平面度误差测量 .....         | (17) |
| 实验 2.3 圆度误差测量 .....          | (20) |
| 实验 2.4 箱体位置误差测量 .....        | (23) |

### 实验 3 表面粗糙度测量

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| 实验 3.1 用光切显微镜测量表面粗糙度 .....            | (29) |
| 实验 3.2 用干涉显微镜测量表面粗糙度 .....            | (32) |
| 实验 3.3 用 TR240 便携式表面粗糙度仪测量表面粗糙度 ..... | (35) |

### 实验 4 锥度测量

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 实验 4.1 用正弦规测量圆锥塞规 .....  | (40) |
| 实验 4.2 用工具显微镜测量内锥度 ..... | (42) |

### 实验 5 圆柱螺纹测量

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| 实验 5.1 在大型工具显微镜上测量外螺纹主要参数 ..... | (44) |
| 实验 5.2 用三针法测量外螺纹中径 .....        | (49) |
| 实验 5.3 用螺纹千分尺测量外螺纹中径 .....      | (52) |

## 实验 6 圆柱齿轮测量

|        |                           |      |
|--------|---------------------------|------|
| 实验 6.1 | 齿轮单个齿距偏差和齿距累积总偏差的测量 ..... | (53) |
| 实验 6.2 | 齿轮齿圈径向跳动量的测量 .....        | (56) |
| 实验 6.3 | 齿轮径向综合误差的测量 .....         | (58) |
| 实验 6.4 | 齿轮公法线长度的测量 .....          | (59) |
| 实验 6.5 | 齿轮齿厚偏差的测量 .....           | (62) |

## 实验 7 开放实验

|        |                       |      |
|--------|-----------------------|------|
| 实验 7.1 | 轴套组合体机械精度设计及检测 .....  | (65) |
| 附录     | 机械精度设计与质量保证实验报告 ..... | (71) |

## 学 生 实 验 守 则

1. 实验前必须认真预习实验内容,明确实验目的、原理、方法和步骤,准备接受指导教师提问,没有预习或提问不合格者,须重新预习,方可进行实验。

2. 学生必须按规定的时间参加实验课,不得迟到早退或无故缺课。

3. 学生进入实验室必须衣着整洁,保持安静,遵守实验室各项规章制度,严禁高声喧哗、吸烟、随地吐痰或吃零食,不得随意动用与本实验无关的仪器。

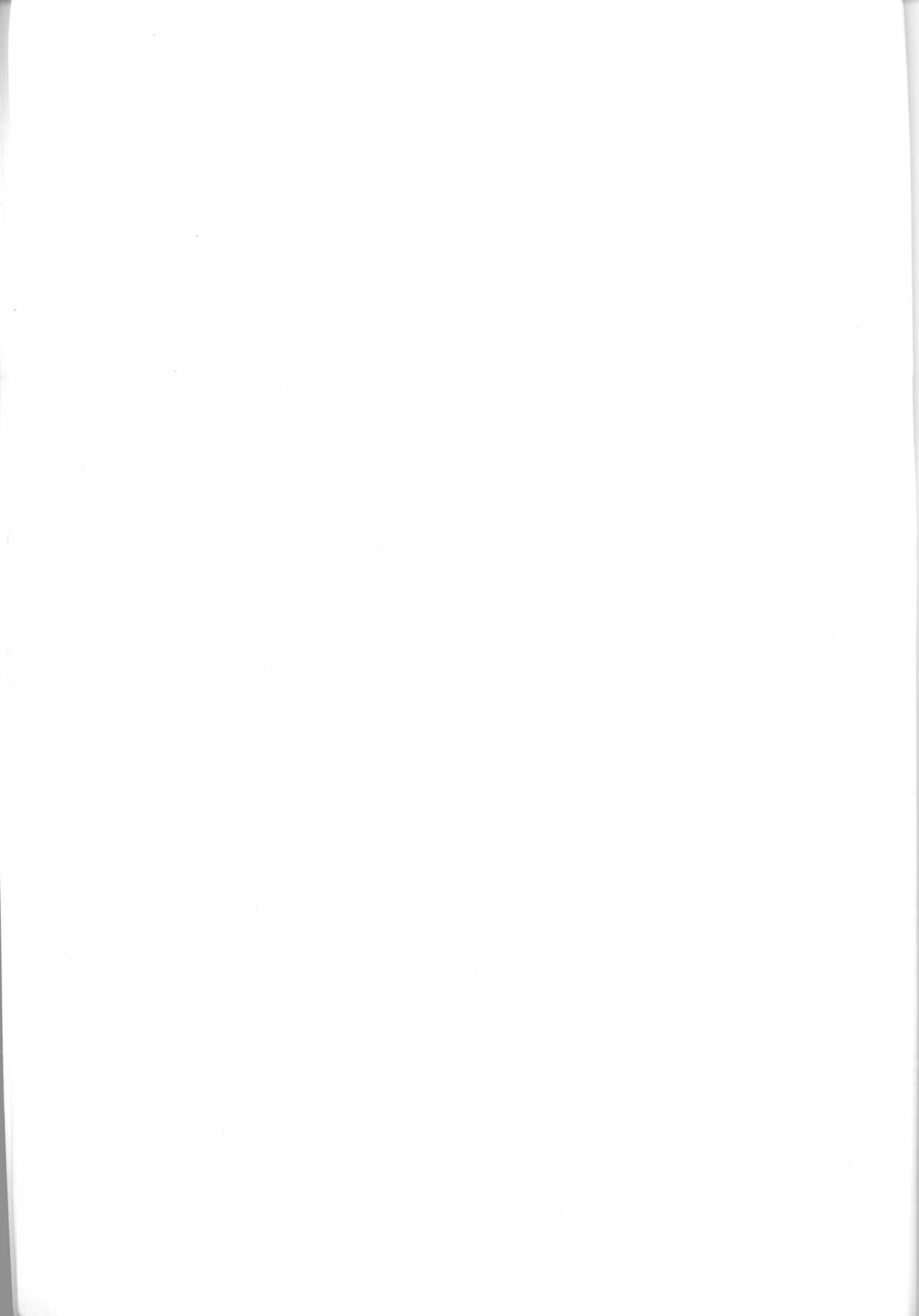
4. 实验准备就绪后,须经指导教师检查同意,方可进行实验。实验中应严格遵守仪器设备操作规程,认真观察和分析现象,如实记录实验数据,独立分析实验结果,认真完成实验报告,不得抄袭他人实验结果。

5. 实验中要爱护实验仪器设备,注意安全,节约水、电、药品、试剂、元件等消耗材料,凡违反操作规程或不听从指挥而造成事故、损坏仪器设备者,必须写出书面检查,并按学校有关规定赔偿损失。

6. 实验中若发生仪器故障或其他事故,应立即切断相关电源、水源等,停止操作,保持现场,报告指导教师,待查明原因或排除故障后,方可继续进行实验。

7. 实验完毕后,应及时切断电源,关好水、气,将所用仪器设备、工具等进行清理和归还,经指导教师同意后,方可离开实验室。

8. 应按实验要求及时、认真完成实验报告。凡实验报告不符合要求者,须重做;实验成绩考核不及格者,不能参加本门课程考试。





# 检测基础知识

## 一、量块的使用与保养

量块是一种无刻度的标准端面量具,在长度计量中作为实物标准。它是单值量具,是以两相互平行的测量面之间的距离来决定其工作长度的一种高精度量具,用以体现测量单位,并作为尺寸传递的媒介。其广泛用于检定和校准计量器具,比较测量时用来调整仪器零位,也可以用它直接测量,还可以用于机械加工中的精密划线和精密机床的调整。

量块的形状为长方六面体,在这个六面体中有两个相互平行且极为光滑平整的测量面,两个测量面之间具有精确的工作尺寸,这个工作尺寸就是两测量面之间的垂直距离。量块是按照一定的尺寸系列成套生产的,国家标准规定,量块共有 17 种套别,要根据实际情况来选取。

量块的精度可按级或等来划分。若按级划分有 00、0、k、1、2、3 共 6 级,其中 00 级精度最高,其他级别精度依次下降;若按等划分有 1、2、3、4、5、6 等,1 等精度最高,6 等最低。

量块的使用有两种情况,一种是按等使用,另一种是按级使用。按等使用时,使用的是量块的实际尺寸,用于精密测量;按级使用时,使用的是量块的标称尺寸,用于一般测量。

量块是单值量具,一个量块只代表一个尺寸。量块的标称尺寸通常是标在非工作表面上,且数字的右侧是上测量面,左侧为下测量面。但是小于 6 mm 的量块,其标称尺寸标在上测量面。在用量块组成尺寸时,首先要从尺寸的最后一位数开始,依次递减。例如

|        |       |         |
|--------|-------|---------|
| 38.895 | ..... | 所需量块尺寸  |
| -1.005 | ..... | 第一块量块尺寸 |
| <hr/>  |       |         |
| 37.89  |       |         |
| -1.39  | ..... | 第二块量块尺寸 |
| <hr/>  |       |         |
| 36.5   |       |         |
| -6.5   | ..... | 第三块量块尺寸 |
| <hr/>  |       |         |
| 30     | ..... | 第四块量块尺寸 |

把这 4 个量块从量块组里找出来,用航空汽油将测量面擦洗干净,用一个量块的上测量面与另一个量块的下测量面研合,使它们吸附在一起,或装在量块架中。在组装量块的时候,为了减小误差,量块的块数一般不能多于 4 块。

## 二、检测常用术语和基本概念

### 1. 测量方法

①绝对测量。直接在计量器具的读数装置上读取被测量的全值。例如用千分尺、测长仪等测量工件的尺寸。

②相对测量。在计量器具的读数装置上只能读取被测量与已知标准量的偏差值。例如光学比较仪测量塞规,先按塞规的基本尺寸组合量块,将光学比较仪调零,然后换上塞规进行测量,此光学比较仪读出的值是塞规的实际值与量块标准值的差,而塞规实际尺寸应为量块标准值与光学比较仪示值的代数和。

③直接测量。在计量器具上能直接测量出被测量的全值或相对于标准量的偏差。例如用游标卡尺测量轴径。

④间接测量。测量与被测量有函数关系的其他量,再通过函数关系式求出被测量。

⑤接触测量。计量器具的测头与被测工件表面接触。例如用便携式表面粗糙度检查仪测量表面粗糙度。

⑥非接触测量。计量器具的测头与被测工件表面不接触。例如用光切显微镜测量表面粗糙度。

## 2. 计量器具的基本技术指标

①分度值。计量器具的刻尺或度盘上两相邻刻线所代表的被测量值。例如千分尺微分筒上的分度值为 0.01 mm,分度值越小,其精度越高。

②刻度间距。量具刻度尺或刻度盘上两相邻刻线的中心距离为刻度间距。

③示值范围。计量器具所指示或现实的最低值到最高值的范围。

④测量范围。计量器具在允许误差范围内,能够测得零件的最低值到最高值范围。

⑤灵敏度。计量器具示数装置对被测量变化的反应能力。

⑥测量力。测量过程中,计量器具与被测表面之间的接触力。在实际测量中,希望测量力为大小适合的恒定值,否则示值不稳定。

⑦示值误差。计量器具示值与被测量真值之间的差值,其数值的大小可由仪器的使用说明书查得。

## 三、仪器的维护与保养

检测仪器和量具应安装在远离灰尘、振动、腐蚀气体、潮气的地方,室内最好恒温,温度在 20℃左右,相对湿度最好不超过 60%,否则仪器量具容易生霉。

仪器应保持清洁,特别是光学零件、测微螺杆、导轨。注意:在清洁时只允许擦拭裸露在外边的零件,不可随意触动仪器上没有相对运动的零部件。

清洁仪器零件时,可用清洁脱脂软毛笔除去上边的灰尘,然后用汽油清拭,并用洁净的软细布蘸上酒精拭擦,最后用脱脂棉擦干。注意:光学镜头应尽量减少擦拭,以免光学表面受到破坏。

使用完毕的仪器和量具,应及时进行清洁有关零部件,如长期不用,可涂一层无酸凡士林,装入箱内保存起来。

# 实验 1 孔轴测量

## 实验 1.1 用立式光学比较仪测量塞规

### 一、实验目的

- (1) 了解立式光学比较仪的测量原理与操作方法。
- (2) 熟悉量规公差标准及精度评定。
- (3) 掌握数据处理方法和合格性判断的原则。

### 二、实验仪器及工作原理

#### 1. 实验仪器简介

立式光学比较仪是一种精度较高而结构简单的常用光学仪器,用量块作为长度基准,按相对测量法来测量各种工件的外尺寸。通常用来检测精密的轴类、量规以及五等和六等的量块。

常见的立式光学比较仪有刻线尺式、投影式及数显式三种结构,前两种的工作原理基本相同,我们以刻线尺式和数显式为例介绍它们的结构。

##### (1) 刻线尺式立式光学比较仪

图 1.1 为立式光学比较仪的外形图,它由底座 1、升降螺母 2、支臂 3、支臂紧固螺钉 4、立柱 5、直角光管 6、光管微动手柄 7、光管紧固螺钉 8、测头提升器 9、测头 10、工作台 11 等部分组成。

仪器的主要技术规格如下:

分度值 0.001 mm

示值范围  $\pm 0.1$  mm

测量范围 0~180 mm

示值误差  $\pm 0.3$   $\mu$ m

##### (2) 数显式立式光学比较仪

图 1.2 为 JDG—S1 数字式立式光学比较仪外形图,它由底座 1、升降螺母 2、横臂紧固螺钉 3、横臂 4、电缆 5、立柱 6、微动螺钉 7、光学计管 8、微动紧固螺钉 9、光学计管紧固螺钉 10、提升器 11、测帽 12、可调工作台 13、方工作台安置螺孔 14、数显窗 15、中心零位指示 16、置零按钮 17、电源插座 18 和电缆插座 19 等部分组成。

仪器的主要技术规格如下:

分度值 0.000 1 mm

示值范围(相对于中心零位)  $\geq 0.1 \text{ mm}$

测量范围  $0 \sim 180 \text{ mm}$

示值误差(相对于中心零位)  $\pm 0.000 25 \text{ mm}$

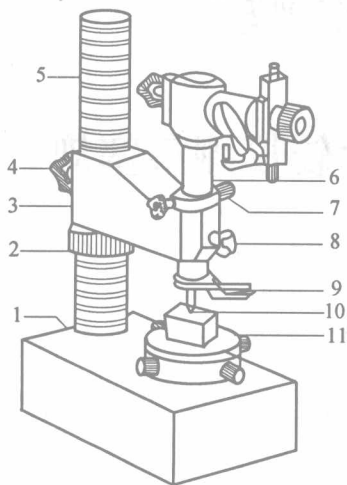


图 1.1 立式光学比较仪的外形图

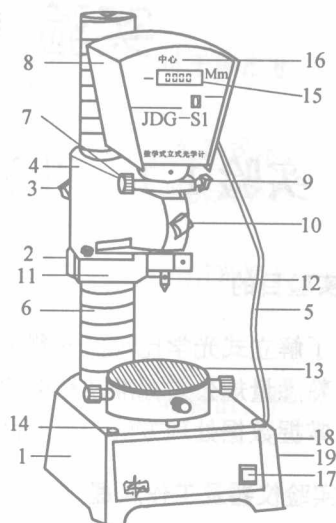


图 1.2 JDG-S1 数字式立式光学比较仪外形图

## 2. 工作原理——光学杠杆放大原理

刻线尺式立式光学比较仪是利用光学杠杆放大原理进行测量的,其光学系统如图 1.3 所示。

照明光线通过反射镜 1 及三角棱镜 2 照亮位于分划板 3 左半部的标尺 4 (共 200 格,分度值为  $0.001 \text{ mm}$ ),再经直角棱镜 5 及物镜 6 后变成平行光束(分划板 3 位于物镜 6 的焦平面上),此光束被反射镜 7 反射回来,再经物镜 6、棱镜 5 在分划板 3 的右半部形成标尺像。分划板 3 右半部上有位置固定的指标尺 8,当反射镜 7 与物镜 6 平行时,分划板左半部的标尺与右半部的标尺像上下位置对称,指标尺 8 正好指向标尺像的零刻线,如图 1.4(a)所示。当被测尺寸变化,使测杆 10 推动反光镜 7 绕其支承转过某一角度时,则分划板上的标尺像将向上或向下移动一相应的距离  $t$ ,如图 1.4(b)所示。此移动量为被测尺寸的变动量,可按指示所指格数及

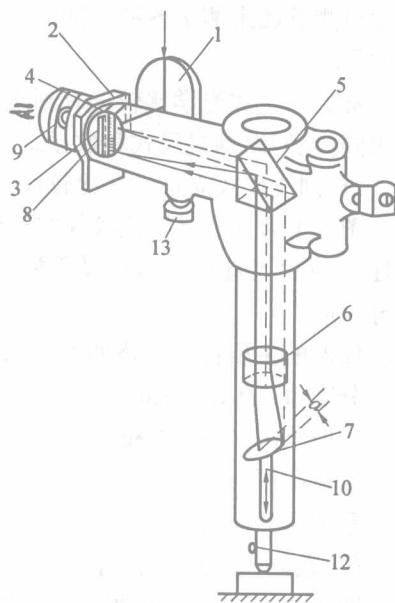


图 1.3 刻线尺式立式光学比较仪的光学系统

光学杠杆放大原理如图 1.5 所示。 $s$  为被测尺寸变动量, $t$  为标尺像相应的移动距离,物镜及分划板刻线面间的距离  $F$  为物镜焦距,该测杆至反射镜支承之间的距离为  $a$ ,则放大比  $K$  为

$$K = \frac{t}{s} = \frac{F \cdot \tan 2\alpha}{a \cdot \tan \alpha}$$

式中  $F$ ——物镜焦距；

$\alpha$ ——测杆与支点间的距离。

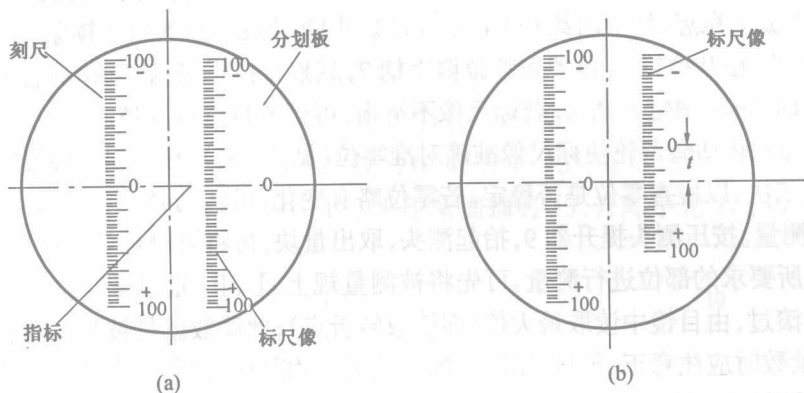


图 1.4 分划板影像示意图

由于  $\alpha$  角一般很小, 可取  $\tan 2\alpha = 2\alpha$ ,  $\tan \alpha = \alpha$ , 所以

$$K = \frac{2F}{a}$$

一般光学比较仪物镜焦距  $F = 200 \text{ mm}$ ,  $a = 5 \text{ mm}$ , 则放大比  $K = 80$ 。用 12 倍目镜观察时, 标尺像又放大 12 倍, 因此总放大比  $n$  为

$$n = 12K = 12 \times 80 = 960$$

当测杆移动  $0.001 \text{ mm}$  时, 在目镜中可见到  $0.96 \text{ mm}$  的位移量。由于仪器的刻度尺刻度间距为  $0.96 \text{ mm}$ , 即这个位移量相当于刻度尺移动一个刻度距离, 所以仪器的分度值为  $0.001 \text{ mm}$ 。

数显式立式光学比较仪读数原理与刻线尺式立式光学比较仪有所不同, 它是采用光栅刻线尺传感器及数字信号处理系统将测头的移动量转化为数字并由显示屏显示出来, 因此测量结果更为直观, 提高了测量精度和测量效率。

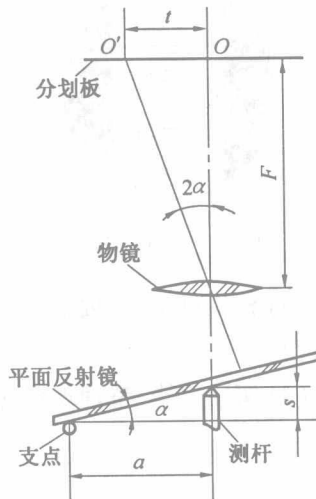


图 1.5 光学杠杆放大原理图

### 三、实验步骤

以刻线尺式立式光学比较仪为例说明其实验步骤(参阅图 1.1)。

(1) 熟悉仪器的结构及工作原理。

(2) 根据被测塞规的基本尺寸及公差等级, 查光滑极限量规公差表, 确定塞规通规、止规的公差并画出公差带图。

(3) 选择测帽。测平面或圆柱面用球形测帽; 测直径小于  $10 \text{ mm}$  的圆柱面用刀口形测帽; 测球面用平测帽。

(4) 按被测塞规的基本尺寸组合量块组(用4等量块),选好的量块用脱脂棉浸汽油清洗,再经干脱脂棉擦净后研合在一起,并将其放在工作台上。

(5) 调节零位。

① 粗调。松开锁紧螺钉4,转动粗调螺母2,使测头10与量块上测量面中心点慢慢靠近,待两者极为靠近时(留出约0.1 mm的间隙,切勿接触),将螺钉4锁紧。

② 精调。松开螺钉8,转动光管微调手柄7,观察目镜视场,直至移动着的标尺像处于零位附近时,再将螺钉8锁紧。若标尺像不清晰,可调节目镜视度环。

③ 微调。转动微调轮使标尺像准确对准零位(见图1.6),然后用手轻轻按压测头提升器9二至三次,以检查零位是否稳定。若零位略有变化,可转动微调轮再次对零。

(6) 测量。按压测头提升器9,抬起测头,取出量块,再将被测量规通规置于工作台上,按图1.7所要求的部位进行测量。可先将被测测量规上I、II、III点靠近测头,并使其从测头下慢慢滚过,由目镜中读取最大值(即读数转折点),此读数就是被测尺寸相对量块尺寸的偏差。读数时应注意正、负号。用同样的方法测量相隔90°的各条素线上的I、II、III点。共测量3条素线上的6个点,并将测量结果依次记入实验报告中。测量止规用同样的方法。



图 1.6 标尺像调零

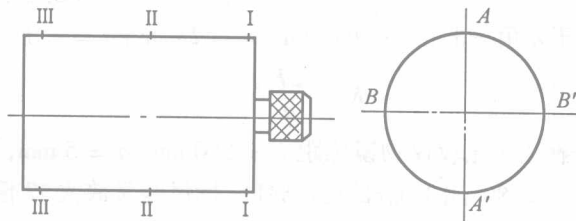


图 1.7 测量示意图

(7) 数据处理。根据测量数据判断塞规通、止端是否合格,画出被测塞规通、止规的公差带图。

(8) 实验完毕,整理现场,完成实验报告。

### 思考题

1. 立式光学比较仪能否作为绝对测量?
2. 量块在使用中的注意事项有哪些?
3. 分析实验产生的误差。

## 实验 1.2 用万能测长仪测量轴径

### 一、实验目的

- (1) 了解万能测长仪的结构与基本原理。
- (2) 掌握仪器的调整和读数方法。
- (3) 掌握数据处理方法。

## 二、实验仪器及工作原理

### 1. 仪器简介

测长仪是一种通用光学仪器,有立式和卧式两种。立式测长仪一般采用绝对测量法测量各种零件的外尺寸;卧式测长仪(万能测长仪)可以测量外尺寸也可以测量内尺寸,本实验以万能测长仪(JD15)测量轴径为例说明其结构与原理。

万能测长仪(JD15)的外形图如图 1.8 所示,由以下几部分构成:目镜 1、读数显微镜 2、紧固螺钉 3、阿贝测量头 4、测量轴 5、万能工作台 6、尾管 7、尾管紧固螺钉 8、尾座 9、底座 10、工作台回转手柄 11、工作台摆动手柄 12、手轮紧固螺钉 13、升降手轮 14、微分筒 15、支架 16。

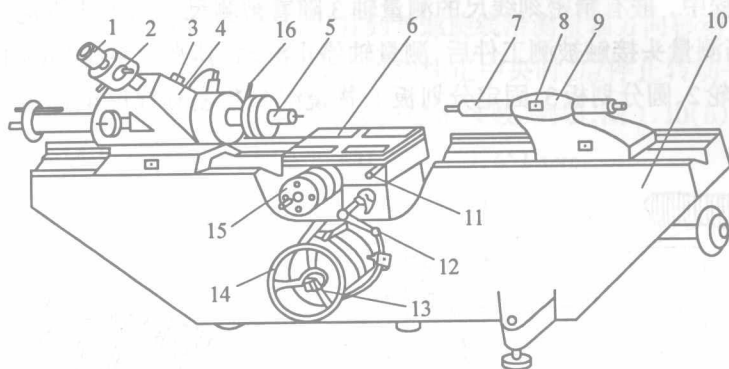


图 1.8 万能测长仪的外形图

主要技术规格如下:

① 测量范围:外尺寸测量(用顶针架时) 0 ~ 180 mm

内尺寸测量 10 ~ 200 mm

直接测量范围 0 ~ 100 mm

② 分度值:读数显微镜 0.001 mm

工作台微分筒 0.01 mm

测量压力(一般情况) 150 g 或 250 g

③ 仪器误差:外尺寸测量  $\pm (1.5 + L/100) \mu\text{m}$

内尺寸测量  $\pm (2 + L/100) \mu\text{m}$

### 2. 工作原理

万能测长仪是按照阿贝原理设计的,如图 1.9 所示。它由读数显微镜 1、精密刻线尺 2、测量轴 3、主轴测头 4、被测件 5、尾管测头 6、尾管 7、尾座 8 和工作台 9 等部分组成。

被测尺寸在精密刻线尺 2 轴线的延长线上,刻线尺与测量轴一起移动,就形成了被测长度与精密刻线尺进行比较,从而确定出被测长度的量值,这个数值用平面螺旋线的原理读出。

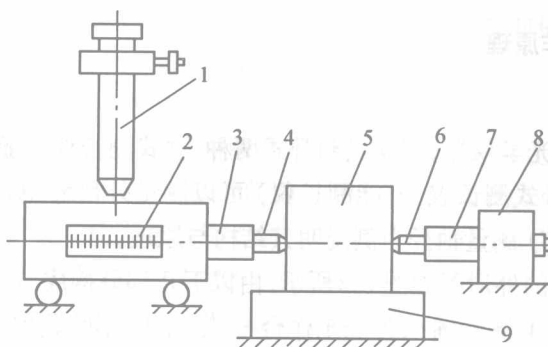
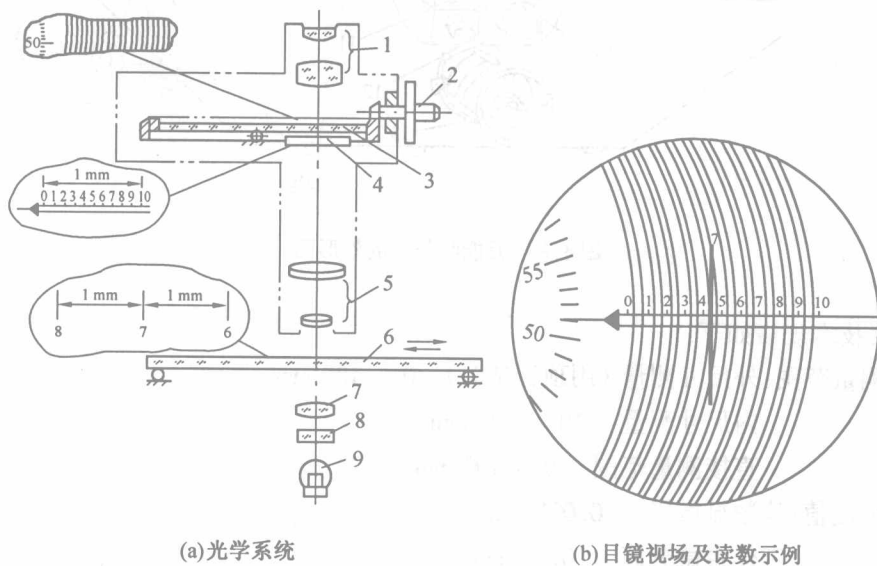


图 1.9 万能测长仪的测量原理图

在测量过程中，嵌有精密刻线尺的测量轴 3 随着被测尺寸的大小在测量轴承座内做相应的滑动，当测量头接触被测工件后，测量轴停止滑动，其光学系统如图 1.10(a) 所示。它由目镜 1、手轮 2、圆分划板 3、固定分划板 4、物镜组 5、精密刻线尺 6、透镜 7、光阑 8、光源 9 等部分组成。



(a) 光学系统

(b) 目镜视场及读数示例

图 1.10 读数显微镜的光学系统和目镜视场

在精密刻线尺 6 上有 100 格，其分度值为 1 mm，这个尺为毫米刻线尺，其数值在目镜里直接读出。读数显微镜目镜中有一个固定分划板 4，它的上边刻有 10 个相等距离的刻线，其分度值为 0.1 mm，这个尺为 0.1 mm 刻线尺。在固定分划板 4 附近有一个圆分划板 3，通过手轮 2 可以使其转动，在圆分划板 3 上刻有 10 圈平面双螺旋线，双螺旋线的螺距与固定分划板 4 的刻线间距相同，其分度值也是 0.1 mm。在圆分划板 3 的中央，有一圈等分为 100 格的圆周刻度，借助手轮转动圆分划板一周时（其上的圆周有 100 个格），平面螺旋线沿径向移动了一个螺距，即 0.1 mm。若圆周刻线只转过一个格，平面螺旋线沿径向移动的位移为 0.001 mm，这个分划板为微米度盘。



因此,当圆分划板 3 回转的位置确定后,双螺旋线沿径向的位移量可由圆周刻度转过的格数确定,这就是平面螺旋线原理。

读数方法如下:

从目镜视场中可以看到毫米刻线尺、0.1 毫米刻线尺和微米度盘三者重合的像。不过在视场中只能看到毫米刻线尺和微米度盘的一小部分,如图 1.10(b) 所示。

第一步先读毫米数,从目镜视场中可以看到某一毫米刻线落在 0.1 毫米刻线尺的 0 ~ 10 的范围内,在图 1.10(b) 中 7 mm 刻线位于此范围内,所以应读作 7 mm。

第二步要读出十分之一毫米数。由图 1.10(b) 可看出,7 mm 刻线落在 0.1 毫米刻线尺的 4 和 5 之间,所以应读作 0.4 mm。

第三步为了读出百分之一和千分之一毫米的读数,需转动图 1.10(a) 所示的手轮 2,使微米度盘回转,此时在目镜视场中可以看到双螺旋线沿测量轴方向移动。当某一双刻线移至恰好夹住了毫米刻线,并使毫米刻线在双刻线正中央时,应停止转动手轮,此时由固定分划板上的箭头所指的圆周刻度的格数读出微米读数。例如,图 1.10(b) 指示箭头指在 51 处,故该例中的整个读数应为  $7 + 0.4 + 0.051 = 7.451 \text{ mm}$ 。

### 三、实验步骤

(1) 熟悉仪器的结构原理。

(2) 选择测帽,测平面或圆柱面用球形测帽;测小于 10 mm 的圆柱面用刀口形测帽;测球面用平测帽。

(3) 仪器的调整。接通电源,调整目镜,使视场内刻线成像清楚。松开测量轴 5 上的紧固螺钉 3,移动测量轴同时转动手轮 2 使其圆分划板 3 和固定分划板 4 上的刻度同时指零;再松开尾管紧固螺钉,移动尾管,使测量轴上的测帽与尾管上的测帽充分接触后固定尾管的位置,此时尾管上测帽的位置为测量的基准(测量起始点)。

(4) 测量轴径。将被测工件放在测长仪工作台上,工件在工作台的装卡有两种形式,当工件直径大于测量轴的直径时,可以直接放到工作台上;若只带有中心孔的工件,可直接装在工作台上的顶尖支架上,其直径的大小可不受测量轴的限制。将工件装卡完毕后,转动工作台回转手柄,使其工件轴线与测量轴线相垂直的位置,松开测量轴 5 上的紧固螺钉 3,测量轴在重锤的作用下缓慢的与工件相接触,当尾管上的测帽、工件、测量轴的测帽相接触后,在读数显微镜里就可以读出工件直径的大小。在测量时要在轴径的不同部位进行测量,方法与测量塞规相同。把测得的数据记录在实验报告中。

(5) 实验完毕,整理现场,完成实验报告。

### 思考题

1. 试述相对测量和绝对测量的区别。
2. 在测量内尺寸时应注意哪些问题?
3. 标准环与量块组的作用有何区别?