

工厂几何量计量检验员丛书（第2分册）

常用光学量仪

主 编 何 贡

副主编 许国正 庚以滦 刘瑞清

编 著 顾励生 陈桂贤

中国计量出版社

前 言

产品质量是决定市场竞争成败和企业兴衰的关键因素。产品质量管理离不开计量检测技术，特别是在生产第一线，急需一批既具有一定理论知识又具有实际检测能力的检测人员。

几何量包括长度、角度和两者的综合，由于角度可用长度的比值来表示，故几何量计量人们亦习称长度计量。在各种物理量的测量中，尤其在机械制造等产业部门，几何量计量测试占有重要位置。中国计量出版社最近组编出版了一套《计量测试技术手册》，共 13 卷，字数逾 2000 万，堪称巨著，其中第二卷即为《几何量》卷。在此之前，还组编出版了一套《长度计量测试丛书》，共 20 个分册，属中级读物。本套《工厂几何量计量检验员丛书》为初级读物，主要读者对象是在生产第一线从事几何量计量检测工作的检验人员，特别是参加工作不久的年轻检验人员。丛书亦可供有关专业人员和大中专院校有关专业的师生参考。

本丛书共 9 个分册：即《通用量具与检具》、《常用光学量仪》、《电测技术基础》、《形位误差测量》、《角度测量》、《表面粗糙度测量》、《平台测量》、《螺纹测量》及《齿轮测量》。编写原则是力争全面、系统，又能少而精，突出生产中常用的基本检测技术。考虑到总篇幅的限制，对各种基础理论知识，未作详尽地介绍，对不断涌现的新技术，虽有所涉及但未全面展开叙述。有关这些方面的知识，读者可参阅其他专业书藉。

由于编者水平所限，丛书中不足之处及缺点错误在所难免，尚望广大读者多予批评指正，以便再版时进行修订。

编 者

1998 年 3 月

目 录

第一章 光学计量仪器的基本知识	(1)
一、光学计量仪器及其分类	(1)
二、光学计量仪器的基本技术指标	(1)
三、光学计量仪器的基本组成部分	(2)
(一)标准量部件	(3)
(二)感受转换部件	(3)
(三)转换放大部件	(4)
(四)瞄准部件	(4)
(五)显示部件	(4)
(六)机械结构部件	(4)
四、光学计量仪器中的目镜式测微读数显示装置	(4)
(一)分划板式读数装置	(4)
(二)平板摆动式读数装置	(7)
(三)光楔移动式读数装置	(8)
(四)补偿透镜式测微器	(9)
五、光学计量仪器中的瞄准定位装置	(10)
(一)光学显微镜	(10)
(二)双像目镜	(12)
(三)端面反射式瞄准显微镜	(13)
(四)光学指零器	(13)
六、阿贝原则	(14)
第二章 自准直仪	(16)
一、自准直测量原理	(16)
二、自准直仪的三种基本光学系统	(17)
(一)高斯型	(17)
(二)阿贝型	(17)
(三)双分划板型	(17)
三、HYQ-03型自准直仪	(18)
(一)光学系统	(18)
(二)仪器结构简介	(19)
(三)仪器的操作与使用	(20)
(四)仪器的主要技术参数	(20)
四、光电自准直仪与激光准直仪	(21)
(一)光电自准直仪	(21)

(二)激光准直仪	(21)
第三章 光学计	(23)
一、概述	(23)
二、光学计管的工作原理	(23)
三、光学计的光学系统	(24)
四、立式光学计的结构	(25)
(一)光学计管	(26)
(二)可调节工作台	(26)
五、仪器的使用	(27)
(一)工作台和测帽的选择	(27)
(二)工作台平面与测量轴垂直的调整	(27)
(三)测量圆柱塞规示例	(27)
六、仪器的主要技术参数	(28)
七、影屏式和数显式立式光学计简介	(28)
(一)影屏式立式光学计	(28)
(二)数显式立式光学计	(29)
第四章 测长仪	(30)
一、概述	(30)
二、仪器工作原理	(30)
三、仪器的主要结构及附件	(30)
(一)测量座	(30)
(二)尾座与尾管	(33)
(三)万能工作台	(34)
(四)底座	(35)
(五)其它装置	(35)
四、典型测量方法举例	(35)
(一)用标准环测量内孔直径	(35)
(二)用电眼装置测量内孔直径	(36)
(三)外螺纹单一中径的测量	(37)
(四)内螺纹单一中径的测量	(38)
五、仪器的主要技术参数	(40)
六、立式测长仪简介	(41)
第五章 工具显微镜	(42)
一、概述	(42)
二、仪器的测量原理和光学系统	(43)
三、仪器的结构	(44)
四、主要附件	(45)
(一)测角目镜	(45)
(二)轮廓目镜	(46)

(三)双像目镜	(46)
(四)圆分度台	(47)
(五)圆分度头	(48)
(六)光学定位器(灵敏杠杆)	(48)
(七)测量刀装置	(49)
五、仪器的操作与使用	(49)
(一)仪器使用前的准备	(49)
(二)测量实例	(51)
六、仪器的主要技术参数	(56)
七、19J 万能工具显微镜简介	(57)
八、数字式万能工具显微镜	(58)
第六章 接触式干涉仪	(61)
一、仪器工作原理	(61)
二、仪器结构	(62)
(一)干涉光管	(62)
(二)工作台	(63)
三、仪器的使用调整与操作	(65)
(一)光源的调整	(65)
(二)干涉条纹的调整	(65)
(三)工作台的调整	(65)
(四)定分度值	(65)
(五)测量	(66)
四、仪器的主要技术参数	(66)
五、激光比长仪简介	(67)
第七章 投影仪	(68)
一、概述	(68)
二、投影仪的光学原理	(68)
三、台式投影仪	(69)
(一)光学系统	(69)
(二)主要结构	(70)
(三)仪器的调整与使用	(71)
(四)台式投影仪的主要技术参数	(72)
四、JTT600B ₁ 型卧式投影仪简介	(73)
第八章 光学计量仪器的维护、检定和精度分析	(74)
一、光学计量仪器维护的基本知识	(74)
(一)仪器室基本条件及注意事项	(74)
(二)仪器的开箱及安装的一般注意事项	(75)
(三)日常维护	(76)
二、光学量仪的检定	(76)

(一)导轨直线度的检定	(76)
(二)仪器导轨相互垂直度的检定	(77)
(三)立柱对工作台面垂直度的检定	(77)
(四)示值误差的检定	(78)
三、光学量仪的精度分析	(80)
(一)仪器误差和仪器测量误差的主要来源	(80)
(二)立式光学计的误差计算	(81)
(三)其它误差	(83)
参考文献	

第一章 光学计量仪器的基本知识

一、光学计量仪器及其分类

光学计量仪器是几何量(长度)计量仪器中的一类,是应用光学原理与精密机械结构相结合用于长度计量的仪器,简称光学量仪。在几何量计量仪器中,除机械式量仪外,光学量仪发展较早,品种、规格比较齐全,应用广泛。随着光电技术以及各种微处理机和信息处理方法的迅速发展,光学量仪也在不断地发展和更新,出现了许多机、光、电等先进技术综合为一体的现代量仪。本书所介绍的一些光学量仪尽管大多属于五、六十年代的产品,但还是当前广泛应用的设备,从进一步了解现代量仪所必须的基本知识来看,也应先了解和掌握这些仪器。

光学计量仪器根据其光学系统工作原理的不同,可分为下列四类:

- (1)自准直和光学杠杆类仪器(如准直仪、光学计等);
- (2)显微镜式仪器(如测长仪、工具显微镜等);
- (3)投影类仪器(如各种投影仪等);
- (4)光干涉仪器(如接触式干涉仪等)。

二、光学计量仪器的基本技术指标

仪器的技术指标是仪器工作性能的标志,是使用者选择和应用仪器的依据。光学量仪的基本技术指标有:

1. 分度间隔

分度间隔是刻尺或度盘上相邻两刻线中心之间的距离。对于刻尺为相邻两刻线中心间的距离;对于度盘为相邻刻线中心间的弧线长度。为读数方便,分度间隔一般在 $1 \sim 2.5\text{mm}$ 范围内。

2. 分度值

分度值是对应于一个分度间隔的被测量值,它是一台仪器可能读出的最小读数值(不包括估读值)。对于指示式仪器,分度值是指刻尺或度盘上相邻两刻线所代表的量值之差。如光学计的分度值为 0.001mm 。对于数字式仪器来说,一般不称作分度值,而将仪器所能测得的被测量的最小增量称为分辨力。

3. 测量范围和示值范围

测量范围是指在允许误差极限内仪器所能测出的被测量值的范围。示值范围是指仪器所显示或指示的最低值到最高值的范围。例如,立式光学计的示值范围为 $\pm 0.1\text{mm}$,而测量范围还包括横臂沿立柱的调节范围,为 180mm 。

4. 示值误差

示值误差是指仪器示值与被测量的真值之差。由于真值一般无法知道,通常是以高一级

精度的计量器具测得的量值来近似地代表真值。示值误差的大小可通过对仪器的检定来得到。

5. 示值稳定性

示值稳定性是指在测量条件不变的情况下,对同一量连续多次重复测量时仪器示值的最大变化范围。

6. 回程误差

回程误差是在相同条件下,仪器正反行程在同一点被测量示值之差的绝对值。产生回程误差的主要原因是仪器有关零件之间存在有间隙和摩擦。

7. 修正值

为消除系统误差用代数法加到测量结果上的值,叫作修正值。修正值的大小等于未修正测量结果的绝对误差,但正负号相反。

8. 灵敏度和放大比

灵敏度是指仪器对被测量变化的反应能力,即被观测到的变量的增量与其相应的被测量的增量之比。

$$S = \frac{\Delta l}{\Delta x}$$

式中: S ——灵敏度;

Δl ——被观测到的变量的增量;

Δx ——被测量的增量。

在分子分母是同一类量的情况下,灵敏度也称放大比或放大倍数。

9. 灵敏阈

引起仪器示值可察觉变化的被测量的最小变化值,叫作灵敏阈,也称灵敏限。

10. 测量力

在接触测量过程中发生在仪器测头和被测工件表面间的接触力。测力过大时,会引起被测件或测头的弹性变形,造成测量误差;但测力过小,测量时不能可靠接触,造成示值不稳定。

11. 仪器误差和测量误差

仪器误差是指仪器本身固有的误差,通常是用仪器精度分析的方法求得其理论值,或通过实测检定取得其实际值。测量误差是指测量结果和被测量值之间的差异,它包括仪器误差、测量方法误差、外界环境条件偏离标准状态和测量人员主客观因素等原因造成的误差。

三、光学计量仪器的基本组成部分

光学量仪种类繁多,但我们仍可按它的功能将其划分为若干个基本组成部分。为便于说明,先举一个在工具显微镜上测量工件尺寸的例子(图 1—1)。图中 1 为仪器底座,2 为纵向移动工作台,被测工件 3 安置于工作台上。4 为瞄准显微镜,它的作用是通过非接触的 optical 方法感受被测工件的原始信号,并进行转换放大实现瞄准。5 是刻度尺,用作测量的标准量,6 是读数显微镜,它的作用是通过非接触的 optical 方法感受刻度尺的信号,并进行转换放大和读数。以上测量过程可以用图 1—2 所示的框图来表示。

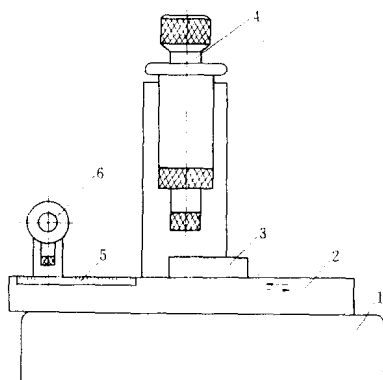


图 1—1

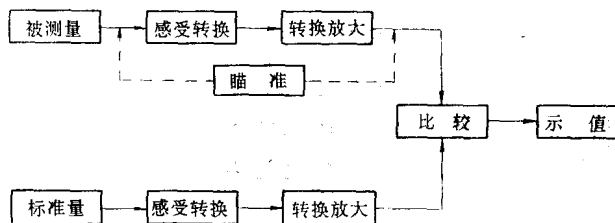


图 1—2

由这个例子分析可知,光学量仪可分为以下几个主要组成部分:

(一)标准量部件

进行测量,就是将被测量与标准量进行比较。光学量仪必须有一个或一个以上的提供标准量的部件。标准量部件是仪器的重要组成部分,是决定仪器精度的主要环节。光学量仪的标准量部件主要有:

1. 量块

在光学量仪中,量块可用来扩大量程,如工具显微镜纵向量程的扩大,常用 25mm 和 50mm 的量块。量块也可用作微差比较测量的标准量。

2. 精密螺纹

精密螺纹作为标准量便于细分,应用较广泛,其缺点是长度及精度均有限。为避免长螺纹加工困难和螺距累积误差的增大,精密螺纹作为测微螺纹,常和其它标准量配合使用。

3. 金属刻尺

金属刻尺的线膨胀系数与被测件接近,为减小温度误差,500mm 以上的刻尺通常是用金属制作。但由于金属的塑性,金属刻尺上的刻线往往两头细中间粗。另外在光学系统中,只能反射,不能透射,视场亮度受限制,因而应用不如玻璃刻尺广泛。

4. 玻璃刻尺

较短的线纹尺(如 300mm 以下)通常用玻璃制作,更长则加工有困难。用 K9 玻璃制作刻尺,加工性能好,有较高硬度,不易碰伤,缺点是其线膨胀系数与钢相差甚远。

此外,在光电式量仪中,还可应用光栅尺、磁栅尺、感应同步器以及光波等作为标准量部件。

(二)感受转换部件

感受转换部件的作用是感受被测的量,拾取原始信号(有时也起信号的一次转换作用)。感受转换部件有接触式和非接触式两大类,接触式感受转换部件一般指各种机械式测头,非接触式感受转换部件如显微镜镜头等等。

(三)转换放大部件

转换放大部件的作用是将感受到的微小信号,通过机、光、电、气等原理进行转换和放大,成为可使观察者直接接收的信息。

(四)瞄准部件

瞄准部件的主要要求是指零瞄准,一般不作读数用。如在图 1—1 中,瞄准显微镜 4 虽然具有对被测量原始信号的感受转换和放大功用,但由于它在这里主要是对被测量起瞄准作用,所以把这类部件习惯地称之为瞄准部件。

(五)显示部件

显示部件的作用是显示测量结果,它的种类很多,如指针表盘、读数目镜和影屏、数字显示器等。

(六)机械结构部件

机械结构部件主要有基座与支架、导轨与工作台、轴系及其它如微调、锁紧、限位和保护等机构。

四、光学计量仪器中的目镜式测微读数显示装置

由标准件提供的标准量,其分度间隔不可能做得很小,因而被测的量总不会正好是标准量分度值的整倍数,因此标准量的分度值无法反映出被测量的细微值。要正确反映出被测的量中小于一个标准量分度值的那部分,必须对标准量的分度值进行细分。光学量仪中的读数显示装置能起这个作用,它是感受标准量的感受转换部件和显示部件的综合,常用的主要有以下几种。

(一)分划板式读数装置

1. 光学游标读数装置

在光学游标读数装置中,刻尺经物镜放大后成像于游标分划板(称游标)上。刻尺和游标都是在涂黑色(或镀铬)不透光玻璃上刻出的亮线,并且将刻尺刻线像的一部分与游标刻线互相迭合。因未迭合部分互相遮挡,看不到光线透过刻线,只有当某两条刻线正好重合时,光线才可以从迭合部分透过而获得一条明显的亮线,这时就可读出游标的数值。粗读数由游标零线所指示的刻尺上读出。

游标读数原理如下:

设游标上 n 格的长度等于刻尺像上 $(n-1)$ 格的长度

$$(n-1)l'_刻 = nl_游$$

式中, $l'_刻$ 是刻尺分度值 $l_刻$ 经物镜放大 β 倍后的间隔,即

$$l'_刻 = \beta l_刻$$

游标的分度间隔 $l_游$ 比刻尺分度值像的间隔 $l'_刻$ 小 Δl :

$$\Delta l = l'_刻 - l_游 = \frac{1}{n}l'_刻$$

由于游标和刻尺像的分度间隔不等,因此不可能使两者的每条线都重合,但其中有一条可能重合。当刻尺像相对游标移动 $\frac{1}{n}l'$ 时,相重合的刻线也正好改变到相邻的另一条线上去,因此可以读出刻尺分度值的 $\frac{1}{n}$,也就是说用了游标以后,其分度值为刻尺分度值的 $\frac{1}{n}$ 。

图 1—3 是光学游标读数的一个实例。上面的刻线是游标,下面的刻线是刻尺像,刻尺的分度值为 0.1mm,游标上 20 格的长度等于刻尺像上(20—1)格的长度,因而游标的分度值为 $\frac{0.1}{20} = 0.005\text{mm}$ 。图中读数为 121.025mm。

2. 带尺读数装置

图 1—4 为工具显微镜的测角目镜系统,是一种带尺读数装置。

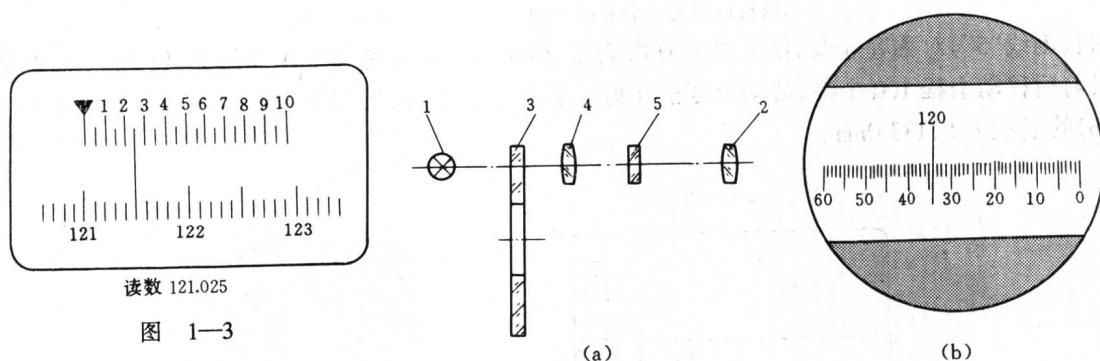


图 1—4

1—光源;2—目镜;3—度盘;4—显微物镜;5—带尺分划板

如图 1—4(a),显微物镜 4 将度盘 3 的刻划线放大成像在带尺分划板 5 上,带尺分划板把刻尺的分度值等分成若干大格,一大格又可分划若干小格,通过目镜 2 直接读数,如图 1—4(b)所示。图中带尺分划板有 61 条刻线,即将度盘 1° 的间隔的像分成 60 等分,每格代表 $1'$,图示读数为 $120^\circ 34'$ 。

这种读数方法的优点是结构简单,直读方便。其缺点是如果要求读数更精确,势必增加刻划数,将使刻划加工及观察都困难,故只使用于读数精度要求不高的场合。

如果要进一步提高细分数,可采用以下结构:

(1) 螺杆式目镜测微器

这种读数原理如图 1—5 所示。在带尺分划板的基础上,再加上一个刻有双刻线的活动分划板 5。分划板 2 上有 0~10 共 11 条刻线,对应于主刻尺上的一格,它是固定不动的,又称固定分划板。活动分划板 5 是由螺杆 3 推动在垂直于目镜光轴且沿标尺刻线方向移动,其双刻线可在整个固定分划板刻度范围内移动,螺杆转动一圈,活动分划板双刻线正好移动固定分划板 2 上的一小格,而与螺杆联成一体鼓轮 4 上等分为 100 格,所以刻尺一格的 $1/10$ 位由固定分划板读出, $1/100$ 和 $1/1000$ 位及估读位由鼓轮上读出。图 1—5(b) 的读数为 5.664 0mm。这种测微器的主要问题是螺杆副磨损较快,不易长期保持精度。

(2) 楔块移动式目镜测微器

如图 1—6 所示,转动测微手轮 3 时,楔块 1 前后移动,使镶有钢球 2 的活动分划板 4(其上刻有分度值为 0.1mm 的 11 对双刻线)左右移动,当某一双刻线与毫米刻尺的刻线像(如图中

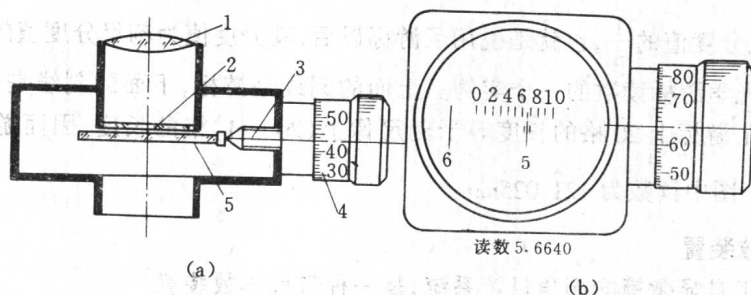


图 1—5

1—目镜;2—固定分划板;3—螺杆;4—鼓轮;5—活动分划板

的长刻线“5”)对称套合时,便可进行测微读数,微读数由固定在楔块 1 上的测微尺读出。测微尺前后移动全程 100 个格,活动分划板正好左右移动一格,故测微分度值为 0.001mm。图 1—6 (b)的读数为 5.183 0mm。

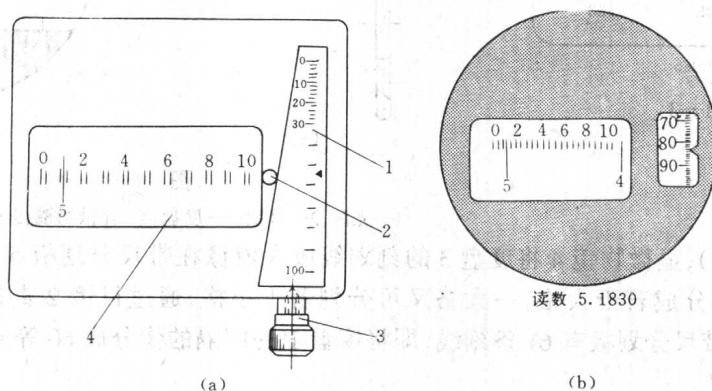


图 1—6

1—楔块;2—钢球;3—测微手轮;4—活动分划板

3. 斜尺读数装置

这种读数装置的原理,如图 1—7 所示。图中两条标有数字“15”、“16”的直线是主刻尺上相邻两分划线经物镜在网状分划板上成的像,其间隔为 C 。分划板的垂直(y)轴分 50 小格,每隔 5 小格作一条平行于水平(x)轴的直线。在 x 轴上将 C 等分 10 格,每格长 $\frac{C}{10}$ 。又在最上方的水平线上先截取 $1.1C$,等分成 11 格,每格也是 $\frac{C}{10}$ 。将上、下这两条线上的点按图所示的方式用平行斜线联接起来,这两组平行线构成网状斜尺分划线;这样,就可用来确定刻尺的精确位置。一般刻尺的分度值 $C = 1\text{mm}$,水平轴上一小格就代表 0.1mm 。刻尺刻线像移过一小格,表示它相对读数系统移过 0.1mm ,这时刻尺像与斜尺的交点 p 在垂直方向正好移过 50 格,故垂直轴上一小格代表 $0.1 \times \frac{1}{50} = 0.002\text{mm}$ 。因此采用这种读数方法其整数由刻尺的刻线读出,小数点后第一位数看 p 点的 x 轴坐标,以后的小数由 p 点的 y 轴坐标确定。图 1—7 所示读数

为 15.856mm。

4. 阿基米德螺旋线测微器

这种读数方法的原理,如图 1—8 所示,它采用一块固定分划板 4 和一块阿基米德螺旋线分划板 3 进行读数。固定分划板上刻有 11 条刻线,其 0~10 首尾两刻线的间隔正好等于主刻尺像的一格。螺旋线分划板上刻有 10 圈螺旋双线,每对双线之间的距离相当于固定分划板上的一格(即转动一圈,双线相对于固定分划板移动一格),而螺旋线分划板的内圈上又刻有 100 条等分圆刻划线,这样每一小格就代表刻尺分度值的千分之一($\frac{1}{10} \times \frac{1}{100}$)。一般主刻尺的刻线(分度

值为 1mm)经物镜成像在分划板上,正好等于固定分划板 10 个等分刻线的总长,固定分划板上每一小格的分度值为 0.1mm。螺旋线分划板上螺旋双线每圈的升程值代表 0.1mm,所以 10 圈螺旋线总升程值与固定分划板上总分度间隔相等。当螺旋线转过一周,它就沿固定分划板上刻线方向移动一小格,相当于 0.1mm,每转过 $\frac{1}{100}$ 圈,相当于 0.001mm,所以圆周上每一小格就代表 0.001mm,图 1—8(b)所示读数为 5.221 0mm。

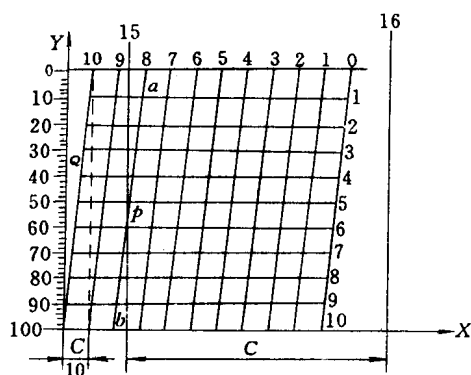
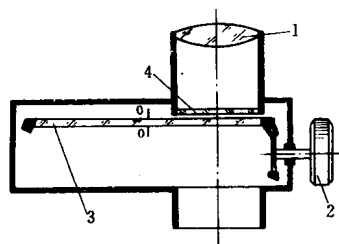
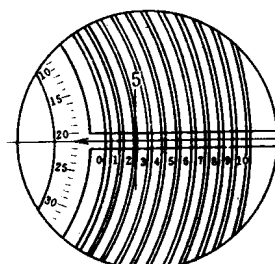


图 1—7



(a)



读数 5.2210

(b)

图 1—8

1—目镜;2—手轮;3—螺旋分划板;4—固定分划板

这种测微器结构复杂,工艺要求高,加工困难。故新设计的光学量仪,很少采用。

(二) 平板摆动式读数装置

这种读数方法是在物镜与固定分划板之间加入一块厚度为 d 的可摆动的平板玻璃,见图 1—9。当平板与光轴垂直时,光线不发生位移,而当平板转动 α 角,刻尺像位移量 Z 为:

$$Z = d \sin \alpha \left(1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right)$$

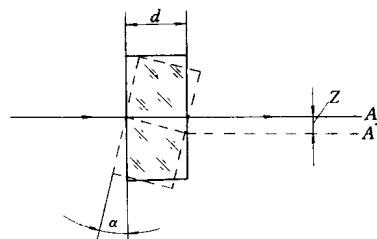


图 1—9

式中： d ——平板玻璃的厚度；
 n ——平板玻璃的折射率。

当 α 较小时,应用数学方法,上式可简化为:

$$Z \approx d \left(1 - \frac{1}{n} \right) \alpha$$

此式表明了刻尺像位移量 Z 与平板玻璃转角 α 间有近似的线性关系。

图 1—10 为平板摆动式读数装置的结构原理图。当转动微动手轮 3 时,经圆锥齿轮 4 传动,使端面凸轮 5 和分度盘 8(活动分划板)一同转动,而端面凸轮通过杠杆 6 使平板玻璃 7 摆动,使在固定分划板 2 上的刻尺刻线像平移(从目镜 1 中观察),从而达到测微的目的。

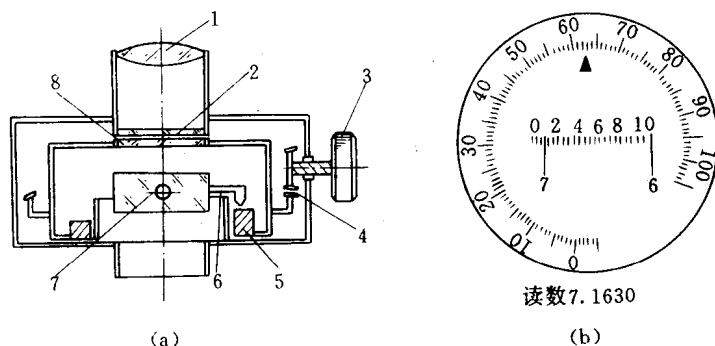


图 1—10

1—目镜;2—固定分划板;3—手轮;4—圆锥齿轮;
 5—端面凸轮;6—杠杆;7—平板玻璃;8—分度盘

图 1—10b 为其视场图。图中,圆分划刻制在活动分划板上,双刻线和圆分划的指标刻制在固定分划板上。读数时,转动手轮 3,使毫米刻尺的刻线像与固定分划板上的某一双刻线对准,即可读出整数与第一位小数的读数值,再从圆分划线上读出其余小数值。图中所示读数值为 7.163 0mm。

由于平板玻璃摆动与刻尺刻线像位移之间不是严格的线性关系,故带来一定的原理误差,精度受到一定限制,但在一般精度仪器中应用还较多。

(三)光楔移动式读数装置

图 1—11 是光楔移动使刻尺刻线像发生位移的原理图。当两光楔板处于实线位置时,刻尺刻线通过双光楔后成像于 A' 点。当双光楔沿垂直于光轴方向移动的同时,下光楔还作沿光轴方向移动,这时双光楔之间的空气间隔由 L_1 变为 L_2 ,像点也由 A' 移至 A'' 点,其距离 Z 可由下式求得:

$$Z = \sin \theta \left(\frac{n \cos \theta}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \theta}} - 1 \right) (L_1 - L_2)$$

式中： θ ——光楔的楔角；

n ——光楔玻璃的折射率。

此式表明了刻尺像位移量 Z 与光楔位移量 $(L_1 - L_2)$ 之间成线性关系。

图 1—12a 是这种测微器的结构原理图。转动测微手轮 2 时,上、下光楔(5 和 4)和移动分划板 6(贴在上光楔 5 上)一起作横向移动,下光楔因受下楔板推动,故同时还沿光轴方向上下移动,使双光楔空气层间隔发生变化,从而引起刻尺像的位移。

这种测微器的读数视场(从目镜 1 中观察)见图 1—12b,图中长刻线是主刻尺的毫米刻线像,11 条双刻线和指标刻在固定分划板 7 上,微米读数测微尺刻制在分划板 6 上。视场中的读数值为 7.295 0mm。

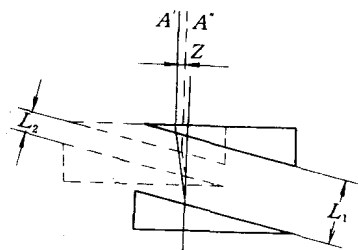
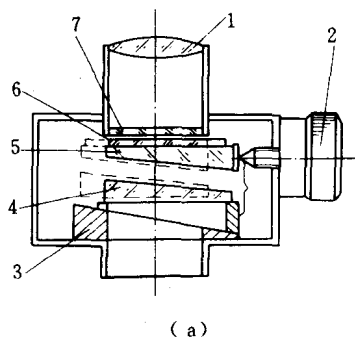
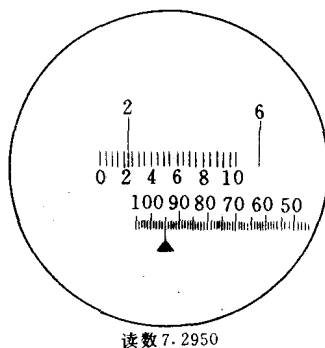


图 1—11



(a)



(b)

图 1—12

1—目镜;2—测微手轮;3—下楔板;4—下光楔;
5—上光楔;6—移动分划板;7—固定分划板

由于光楔的楔角误差难以精确控制,故这种测微器应用较少。

(四)补偿透镜式测微器

这种测微器是在物镜与分划板之间加入一个长焦距透镜。当该透镜沿垂直于光轴方向移动时,能使主光线出射的方向改变,因而使刻尺像在分划板上位移,其光学原理见图 1—13。在图 1—13a 中,当透镜未置入光路时,会聚光束成像在 A 点,透镜放入后则成像在 A' 点。当透镜沿垂直于光轴方向移动 h 后(如图 1—13b),像点由 A' 移至 A'', 因此 A'A'' 即为刻尺像点的位移量,其关系式为:

$$A'A'' = \frac{S'}{f'}h$$

式中: S'——分划板至透镜的距离;

f'——透镜的焦距。

由上式可知,若保持 S' 不变, f' 越大,测微灵敏度愈高,故常采用长焦距透镜。

这种测微器的结构原理图见图 1—14a,当转动测微手轮 2 时,螺杆 3 推动活动分划板 5 和补偿透镜 4 一起横向(垂直于光轴方向)移动。图 1—14b 是从目镜 1 中观察到的视场,图中长刻线是毫米主刻尺的刻线像,11 对双刻线和指标是固定分划板 6 上的刻线,视场上部的刻度是活动分划板的刻线。视场图中的读数为 4.306 0mm。

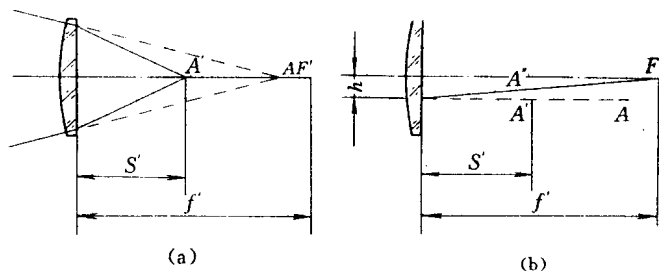


图 1—13

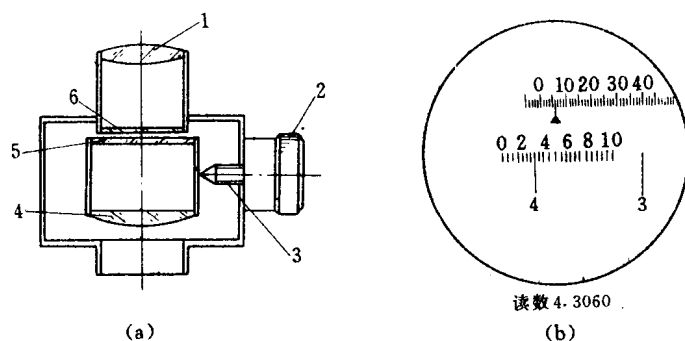


图 1—14

1—目镜;2—测微手轮;3—螺杆;4—补偿透镜;5—活动分划板;6—固定分划板

补偿透镜式测微器结构简单可靠,测微灵敏度高,所以近年来采用它的仪器较多。

为了消除目镜读数时观测者的主观误差和视力疲劳,新型的光学仪器多采用数字显示,或联合计算机打印测量结果。这些内容,可参阅本丛书“电测技术基础”分册。本书后面章节介绍的仪器,有的也简单涉及这些内容。

五、光学计量仪器中的瞄准定位装置

瞄准定位装置的作用是确定被测量相对于标准量的位置,以便进行测量。在光学量仪中常用的瞄准定位装置有光学显微镜、双像目镜、光学灵敏杠杆等。

(一)光学显微镜

图 1—15 为一种典型的光学显微镜的结构示意图(用于工具显微镜)。光源 1 经集光镜 2 使灯丝成像于可变光阑 3 处,再经反射镜 5 和聚光镜 6 后出射为平行光束,使物面(工件)获得均匀照明。为改善视场衬度,设置了滤色片 4。工件放置在工作台玻璃 8 上,未被工件挡住的光线进入物镜 9,经光阑 10(在物镜的后焦面上)和斯米特棱镜 20 成像于目镜分划板 17 上,由目镜组 14、15 进行观测。斯米特棱镜的作用是:把物镜所成的倒像重新转正,并使光路倾斜 45° 便于观测。保护玻璃 19、16 和 7 是为了防止尘土飞入镜管中而设置的。由件 11 ~ 18 组成的

组件称测角目镜可进行角度测量,反射镜11使光线照亮度盘18,以便观察读数。度盘上刻有角度分划线,利用本章前面所叙述的带尺读数装置进行细分读数。

上述这种配置的显微光学系统(将光阑10放在物镜9的后焦面上),称物方远心光路,再配用平行光远心照明系统(光阑3放在聚光镜6的前焦面上),可减少由于调焦误差对测量的影响,其原理在此不再详述。

用显微镜目镜分划线上的分划线去进行瞄准时,大致有以下几种瞄准方式。图1—16a为两直线迭合,瞄准精度约为 $\alpha = 60''$,折合线值为0.073mm;图1—16b为两直线端部对准, $\alpha = 15''$,折合线值为0.018mm;图1—16c为双线对称夹线, $\alpha = 8''$,折合线值为0.01mm;图1—16d为虚线半线重合轮廓边缘, $\alpha \approx 20''$,折合线值为0.024mm。以上所列的瞄准精度都是指在明视距离下肉眼的瞄准精度,用显微镜时则应除以显微镜的放大倍数。

用显微镜目镜分划线上的分划线瞄准被测件的影像轮廓时,按上所述,假设显微

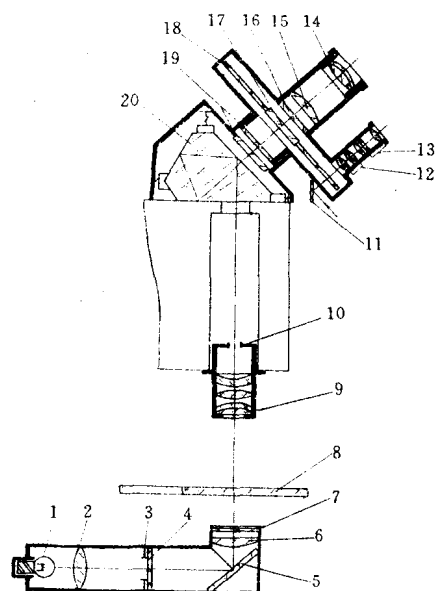


图 1—15

- 1—光源;2—集光镜;3—可变光阑;4—滤色片;5—反射镜;
6—聚光镜;7—保护玻璃;8—工作台玻璃;9—物镜;10—光阑;
11—采光反射镜;12—读数显微镜物镜组;13—读数显微镜目镜组;
14、15—目镜组;16—保护玻璃;17—目镜分划线;
18—度盘;19—保护玻璃;20—斯米特棱镜



图 1—16

镜的放大倍数为 $30\times$,则瞄准误差约为 $0.8\mu\text{m}$ 。但在成像过程中,由于光源斜光束(光源不是一个点而是一条灯丝,因而有斜光束)带来的影像失真,工件轮廓边缘不佳而造成的影像不清晰以及调焦误差的影响等,实际上的瞄准误差要远大于此数值。因此这种直接瞄准影像轮廓的方法,瞄准精度是不高的。

在上述的光学显微镜中,如果将可变光阑3(图1—15)关得很小,则在目镜视场里,可看到一系列平行于工件影像轮廓的明暗交替的干涉条纹,如图1—17所示。最靠近影像轮廓的一条称为一级干涉暗条纹,最为清晰,其余依次为二级、三级……干涉暗条纹。用这种干涉法来瞄准,不是瞄准影像轮廓,而是去瞄准一级干涉暗条纹。这样可免除影像失真,轮廓边缘不佳等的影响,瞄准精度较高。但由于干涉条纹与轮廓边缘之间距离的计算比较复杂,因而干涉法适用于测量角度等参数(角度与干涉条纹和轮廓边缘之间的距离无关),而不适宜于测量直径、长度等尺寸参数。近年来在有的工具显微镜上采用斜照明干涉法,此时干涉条纹与轮廓边缘之间的距离可在仪器设计时定为常量,这样在测量直径、长度等尺寸时可很容易地进行校正,既提高了瞄准精度,又不增加测量中的困

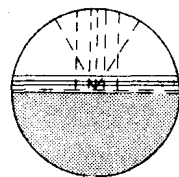


图 1—17