

线值计量技术之二



光学和气动计量仪器

上海人民出版社

线值计量技术之二
光学和气动计量仪器

上海人民出版社出版
(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 7.25 字数 159,000
1977年9月第1版 1977年9月第1次印刷

统一书号: 15171·294 定价: 0.43 元

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

出版说明

线值计量技术是保证提高产品质量的一项不可缺少的措施。在一九七三年上海市科学技术交流站曾举办了关于线值计量技术的讲座,在此讲座的基础上组织了有工人、干部、技术人员参加的三结合小组,编写了这套《线值计量技术》,内容包括:计量技术基本知识、光学和气动计量仪器、齿轮测量、螺纹测量、滚刀测量、表面光洁度测量、角度测量、平直度和圆度测量等,按分册陆续出版,供广大从事计量工作的工人、干部和技术人员及有关的同志们参考。在编写过程中,得到了上海市计量测试管理局、上海交通大学、上海机械制造工艺研究所、上海机械学院、新中动力机厂、上海汽轮机厂、上海工具厂、上海光学仪器厂等单位大力支持,在此深表感谢!

由于我们水平有限,书中内容难免有错误和不妥之处,希望读者提出批评和指正。

《线值计量技术》编写组

一九七六年九月

前 言

计量技术对于社会主义建设十分重要。光学计量仪器是国家基准传递以及工厂和科研单位的必需设备。如机械工业中的计量工作大多数属于几何尺寸的测定,这些尺寸的高精度测量工作大量需用光学计量仪器和气动量仪来完成。

在毛主席的无产阶级革命路线指引下,在无产阶级文化大革命的推动下,我国工农业生产获得了蓬勃的发展。随着工农业生产和科学技术的迅速发展,对计量工作提出了愈来愈广、愈来愈高的要求,需要正确掌握和使用各种计量仪器,保证和提高仪器的测量精度,充分发挥现有计量仪器的作用,为社会主义建设多作贡献。

本书是《线值计量技术》这一套书中的一个分册,介绍了几种常用的光学计量仪器和气动量仪的性能、工作原理、结构和作用,供从事计量工作的同志们参考。

本书由上海光学仪器厂测试中心站同志及上海仪表厂计量室同志执笔。由于编者的水平有限,书中难免会有一些错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

《光学和气动计量仪器》编写组

1976年9月

目 录

第一章 光学计量仪器	1
第一节 概述	1
第二节 立式光学计	2
一、仪器规格和主要性能	2
二、光学计管的工作原理	3
三、光学计的光学系统	6
四、仪器的主要组成部分	9
五、使用注意事项	12
六、精度分析	14
第三节 立式接触式干涉仪	43
一、仪器的测量原理	43
二、光学系统	45
三、仪器的主要组成部分	46
四、仪器的调整及注意事项	50
五、精度分析	54
第四节 万能测长仪	67
一、仪器规格和主要性能	70
二、仪器测量原理	71
三、仪器结构	72
四、仪器的调整	83
五、内尺寸的测量	89
六、螺纹中径的测量	91
第五节 万能工具显微镜	103
一、用途	103

二、测量原理和光学系统	103
三、仪器测量精度	106
四、仪器结构	107
五、主要附件	111
六、测量实例	119
七、精度分析	125
第六节 投影仪	164
一、投影仪的光学投影原理和照明方式	165
二、测量方法	166
三、照明要求和照明系统的调节	168
四、放大倍数及其校验	170
五、台式投影仪	172
第二章 气动量仪	181
第一节 概述	181
第二节 气动量仪的种类	182
一、按工作原理分类	182
二、按量仪的工作压力分类	183
三、按指示方式分类	183
第三节 气动量仪的工作原理	184
一、低压水柱式气动量仪	186
二、高压水银柱式气动量仪	187
三、高压浮标式气动量仪	190
四、高压薄膜式气动量仪	197
五、高压波纹管式气动量仪	200
六、带分配阀差动测头的接触式气动量仪	201
七、气动-光学式气动量仪	202
八、其它型式的气动量仪	203
第四节 过滤器和稳压器	204
一、过滤器	204

二、稳压器	205
第五节 气动量仪的静特性曲线	208
第六节 气动测量头	212
第七节 标准规	219
第八节 气动量仪的使用	220

第一章 光学计量仪器

第一节 概 述

利用光学原理对长度、角度和轮廓等几何尺寸进行测量的光学仪器称为光学计量仪器。它广泛应用于计量部门、国防建设和国民经济生产中。目前,世界各国生产的光学计量仪器种类很多,按其用途大致可分为:

一、长度计量仪器,又称端度计量仪器,是一类精密测量长度的光学仪器。主要是测量零件和量具两端面之间的长度,在配置专用附件后可测量环规内孔直径,内外螺纹的中径和螺距等。

二、工具显微镜,是一类高精度多用途的光学仪器,可测量刀具和零件的长度(坐标测量)、角度和形状等。

三、投影仪,是一种高效率的光学计量仪器,对样板、刀具和零件进行长度、角度和形状轮廓测量,特别适宜于对复杂轮廓形状和细小零件的测量。

四、平直度仪器,可测量零部件的不平度、不直度、不平行度和不垂直度,可精密测量微小角度,和多面体相配合可检定分度精度。

五、角度仪器,可测量角度和对圆周进行分度。

六、表面光洁度仪器,是一类测量机械加工零件的表面光洁度的光学仪器。

七、孔径测量仪,是精密测量孔径尺寸的仪器。

第二节 立式光学计

立式光学计是一种长度比较仪器。是利用块规(或标准件)与工件相比较的方法来测量它们外形的微差尺寸,故又称为光学比较仪(简称光较仪)。测量范围可达 180 毫米。由于立式光学计的测量精度相当高,可作为长度基准传递仪器。它可检定五等精度的块规和一级精度柱型量规,是计量室、计量站和精密加工车间内常用的量仪。其具体用途如下:

测量平行平面的工件,如检定块规;

测量球形和圆柱形工件的直径、椭圆度;

测量板形物体的厚度、平行度;

安装到其它设备上(如机床),用以精密控制尺寸。

一、仪器规格和主要性能

光学计管的参数和尺寸:

目镜放大倍数	12 倍
光学杠杆的放大比	80 倍
光学计总放大倍数	960 倍
分划板分度值	0.001 毫米
分划板分度范围	± 0.1 毫米
测量压力	200 克
零位调节范围	± 0.01 毫米
光学计管外径配合尺寸	$\phi 28d$ 毫米

测量范围:

最大测量长度

不装投影设备时	180 毫米
---------	--------

装投影设备时	120 毫米
--------	--------

立柱边缘至测量轴轴线距离	115 毫米
--------------	--------

仪器精度:

光学计管示值的最大不准确度 0.25μ

示值的不稳定性 0.1μ

测量的最大不准确度 $\pm\left(0.5+\frac{5L}{1000}\right)\mu$

(L ——被测工件长度,其单位为毫米。以下同。)

二、光学计管的工作原理

光学计管是立式光学计的主要部件,整个光学系统和测量部件装在光学计管内部。

光学计管的工作原理是光学的自准直原理和机械的正切杠杆原理组合而成。

所谓自准直原理,就是指位于物镜焦平面内的目标,它所发出的光线经过物镜变为一束平行光,在遇到一块平面反射镜后被反射回来,重新进入物镜,光线仍能聚集在焦平面内,并造成目标的实象。

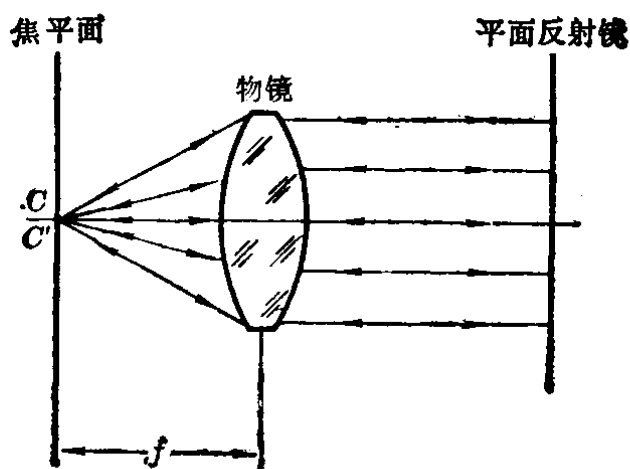


图 1

如图 1 所示,如果目标 C 位于物镜的焦点上。它所发出的光线通过物镜后变为一束平行于光轴的平行光。当遇到垂直于光轴的平面反射镜时,光线按原路被反射回来,重新进入

物镜, 且会聚于原来的焦点上, 则目标象 C' 与目标 C 完全重合。

若使平面反射镜偏转一个微小的角度 α , 如图 2 所示, 光

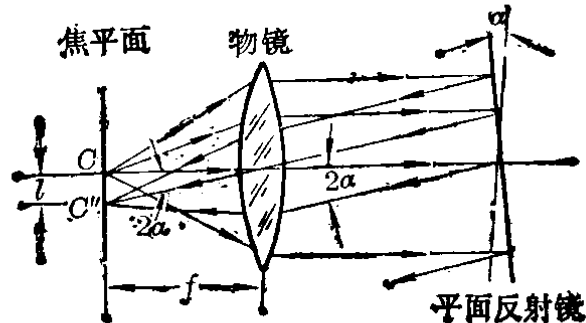


图 2

线就按反射定律反射回来, 反射光线与入射光线的夹角为 2α 。反射光线经物镜后, 会聚于焦平面上的 C'' 处, C'' 是目标 C 的象。 C 和 C'' 相距 l 。从图上可知:

$$l = f \operatorname{tg} 2\alpha$$

如果平面反射镜偏转愈大, 则象 C'' 偏离目标 C 的距离 l 也愈大。

这样, 可以用目标象 C'' 的位置变化量来衡量平面反射镜偏转角的变化。

这就是自准直测微平行光管(简称自准直仪)的工作原理。因此, 光学计的光学系统相当于一只自准直测微平行光管, 如果把测量轴部分和平面反射镜拿掉, 就可作自准直仪用, 格值为 $40''$ 。

假使在光轴轴线上安装一根活动的测量轴 N , 见图 3, 让它的一端与平面反射镜 P 相接触, 同时给平面反射镜 P 安装一根摆动轴线 M 。如果测量轴 N 发生移动, 就推动了平面反射镜 P 围绕轴线 M 而摆动。测量轴 N 的移动量 s 与平面反射镜 P 的摆动角 α 的关系是正切关系, 从图中可见:

式中 a ——测量轴至平面反射镜摆动轴线的距离,通常称为臂长。

通过一块平面反射镜 P 把正切杠杆机构和自准直仪联系在一起。这样, 工件与块规(或标准件)之间微差尺寸 s , 使测量轴移动了距离 s , 推动了平面反射镜 P 偏转了 α 角, 于是目标象 C'' 移动了距离 l 。只要把 l 测量出来, 就得到了测量值 s 。这就构成了光学计管的工作原理。

$$K = \frac{l}{s}$$
$$l = f \operatorname{tg} 2\alpha$$
$$s = a \operatorname{tg} \alpha$$

• 5 •

$$K = \frac{f \operatorname{tg} 2\alpha}{a \operatorname{tg} \alpha}$$

当 α 很小时

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha, \operatorname{tg} 2\alpha \approx 2\alpha$$

简化而得

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

一般光学计的物镜焦距 f 约为 200 毫米, 臂长 a 约为 5 毫米。代入上式, 得:

$$K = \frac{2 \times 200}{5} = 80 \text{ 倍}$$

因此, 光学计的光学杠杆放大比为 80 倍。当测量轴移动 1 微米时, 目标象就移动了 80 微米。为了测量出目标象 C'' 的移动量, 将目标 C 做成分度尺形式。让分度尺的分度值反映测量值 1μ 的数值, 则分度尺的分度间距为

$$1\mu \times K = 1 \times 80 = 80\mu = 0.08 \text{ 毫米。}$$

分度尺共有 ± 100 个分度, 则光学计管的测量范围为 ± 0.1 毫米。

分度尺的象通过一只目镜来观察, 目镜的放大倍数为 12 倍, 见图 6。这样光学计管的总放大倍数为 $12K = 960$ 倍, 也就是说, 测量值 1μ 经过 960 倍的放大后, 相当于人眼在明视距离下看 1 毫米间距的分度线一样。

三、光学计的光学系统

目标 C 做成分度尺形式, 但分度尺和分度尺的象重叠在一起是看不清楚的, 而且分度尺也无法照明, 必须把它们分开, 因而又利用了自准直原理的另一种情况。

如图 4 所示, 目标 C 位于焦平面内, 但不在光轴上, 相距光轴为 b , 它所发出的光线经物镜后还是一束平行光线, 但与

光轴相交 θ 角, 此 θ 角等于目标 C 和物镜主点的连线与光轴的夹角。当遇到垂直于光轴的平面反射镜后, 光线按反射定律反射回来, 被物镜会聚于 C'' , C'' 是 C 的象, 并对称于光轴, 则:

$$b = f \operatorname{tg} \theta$$

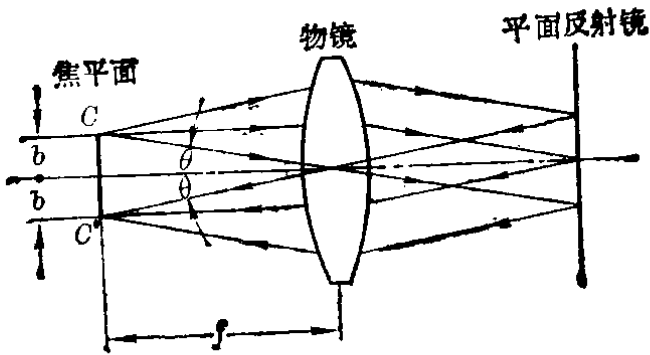


图 4

根据这个自准直原理, 可以把位于物镜焦平面上的分刻板分成两半部, 其中半部上安置一个分度尺, 用照明装置照明, 光线出去再回来, 分度尺的象就成于焦平面的另一半部上, 在此处置一指标线(虚线, 又称 μ 指标线), 见图 5。分度尺和分度尺象相对称, 相距 $2b$ 。利用一只目镜观察分度尺的成像面, 人眼只能看到分度尺的象, 而分度尺是看不见的。如果让平面反射镜只能绕垂直于分度尺的轴线摆动, 那么距离 b 是不会改变的, 而分度尺象相对于指标线发生了移动。

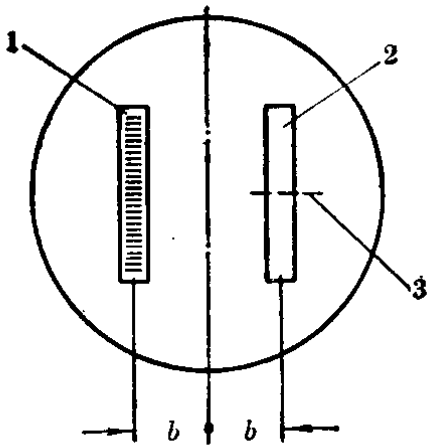


图 5

1—分度尺; 2—分度尺
成像面; 3—指标线

光学计的光学系统如图 6 所示。

光线由进光反射镜1反射进入光学计管中, 由通光棱镜12

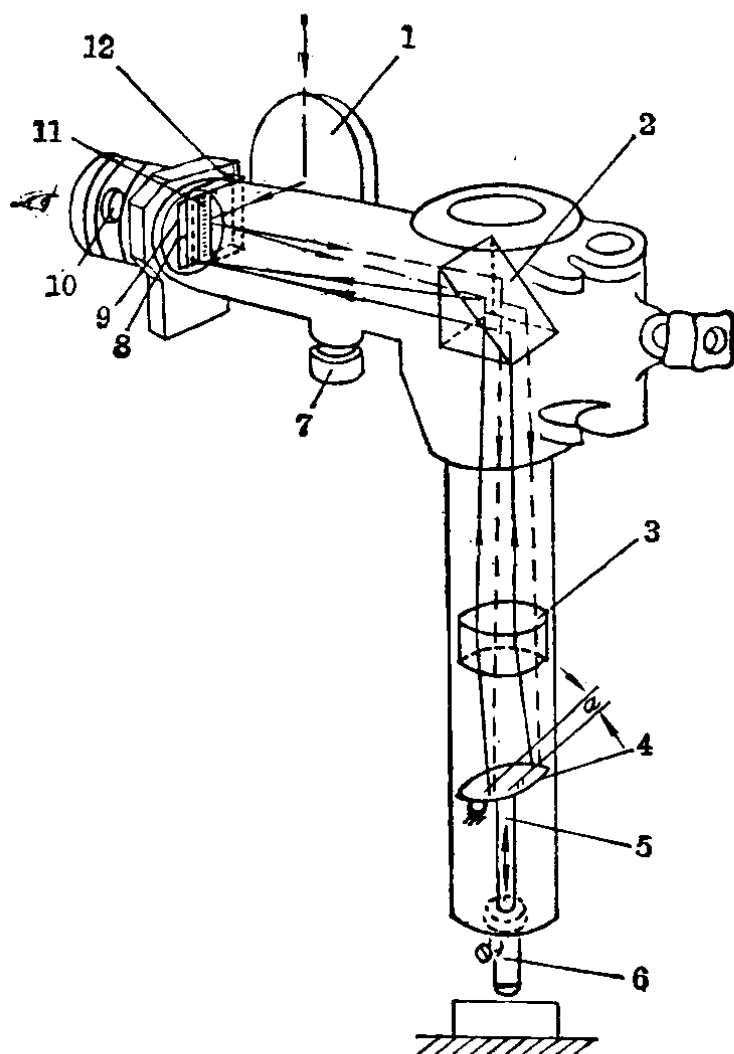


图6 光学系统图

1—进光反射镜；2—棱镜；3—物镜；4—反射镜；5—测量轴；6—测帽；7—零位调节手轮；8—指标线；9—分划板；10—目镜；11—分度尺；12—通光棱镜

将光线转折 90° ，照亮了分划板 9 上的一部分，即分度尺 11（分划板 9 分成两半部，一边是分度尺 11，另一边上有一根指标线 8），分度尺 11 即是 ± 100 格的分划线，此分划线作为目标，位于物镜 3 的焦平面上。因此，由分度尺 11 发出的光线经棱镜 2 后转折 90° ，透过物镜 3 变为平行光线，射向反射镜 4，这平行光线被反射镜 4 反射回来，重新进入物镜 3 中，经过棱镜 2 会聚于分划板 9 的另一半部上，此处有一根指标线 8，

当测量轴 5 上下移动时,就推动了反射镜 4 的摆动,于是分度尺 11 的象相对于指标线 8 产生了一个移动,这个移动量可通过目镜 10 进行读数。

四、仪器的主要组成部分

立式光学计的外形和组成部分见图 7。

立式光学计主要是由光学计管 18,横臂 10,立柱 8,底座

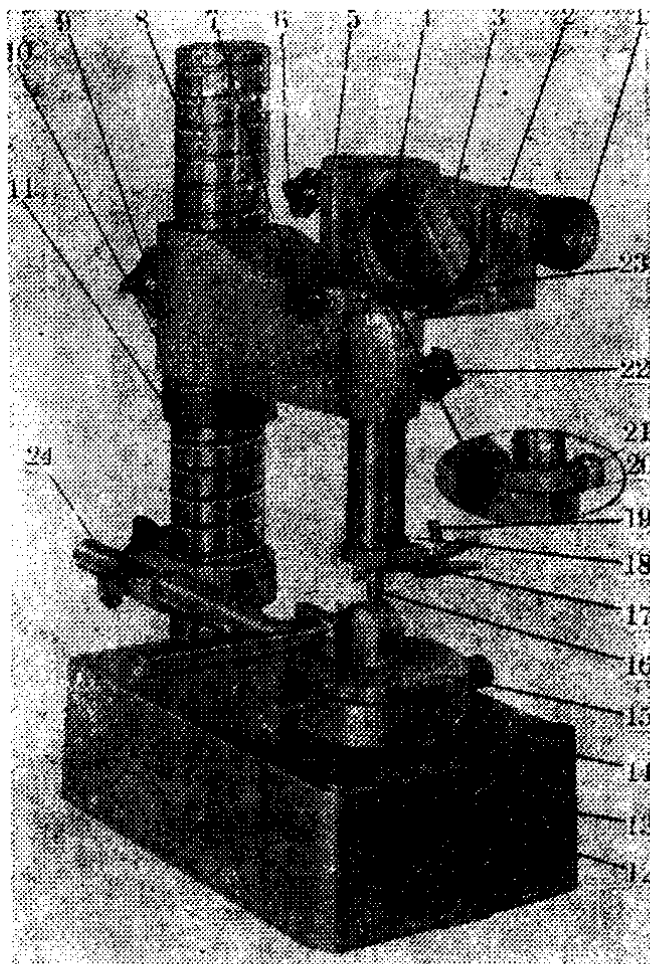


图 7 立式光学计外形图

1—目镜; 2—目镜座; 3—连接座; 4—进光反射镜; 5—投影灯插孔;
6—投影灯固定螺钉; 7—升降微动装置固紧螺钉; 8—立柱; 9—横臂
固紧螺钉; 10—横臂; 11—粗动螺母; 12—底座; 13—螺孔; 14—工
作台调整螺钉; 15—平面工作台; 16—测帽; 17—测帽提升器;
18—光学计管; 19—提升器调节螺钉; 20—微动导向销; 21—微动手
轮; 22—光管固紧螺钉; 23—光管微动装置; 24—工件挡架