

公路工程 常用仪器的 使用与检修

张翠玉 主编
陶大鹏 主审

GONGLU GONGCHENG CHANGYONG YIQI DE SHIYONG YU JIANXIU

人民交通出版社

GONGLU GONGCHENG CHANGYONG YIQI DE
SHIYONG YU JIANXIU

公路工程常用仪器的 使用与检修

张翠玉 主编

陶大鹏 主审

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

公路工程常用仪器的使用与检修/张翠玉主编. —北京:
人民交通出版社, 2000. 3

ISBN 7-114-03552-7

I. 公… II. 张… III. ①道路工程—勘测—测量仪器—使用
②道路工程—勘测—测量仪器—检修 IV. U412

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 71980 号

公路工程常用仪器的使用与检修

张翠玉 主编

陶大鹏 主审

版式设计: 周 园 责任校对: 尹 静 责任印制: 杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 9.625 字数: 249 千

2000 年 1 月 第 1 版

2001 年 8 月 第 1 版 第 2 次印刷

印数: 3501—6500 册 定价: 16.50 元

ISBN 7-114-03552-7

U · 02556

内 容 简 介

正确地使用、检校、维修和保养公路工程仪器，对于提高工作效率、降低建设成本，有着至关重要的作用。本书分12章，分别介绍了公路工程测量仪器和公路工程实验仪器，对传统的公路工程仪器，介绍了使用、保养和维修知识，对新型激光、红外电子仪器，介绍了工作原理、使用和保养知识，并吸收了多位专家的最新成果。全书内容简明扼要、深入浅出、注重实用。

本书可供从事公路工程设计、测量的技术人员使用参考。

前 言

随着我国公路建设事业的飞速发展，公路工程仪器的使用频率也越来越高。正确地使用、检校、维修和保养仪器，对于提高工作效率、降低建设成本，有着至关重要的作用。本书共 12 章，分“公路工程测量仪器”和“公路工程实验仪器”两篇，对传统的公路工程仪器，介绍了使用、保养和维修知识；对新型激光、红外电子仪器，介绍了工作原理、使用和保养知识。全书力求简明扼要、深入浅出、注重实用。

本书由湖北交通学校张翠玉主编，并负责全书统稿。安徽交通学校陶大鹏主审，第九章至第十二章由王冬根审；第一、二、三、四、五、六章由张翠玉编写，第七章由张翠玉、王进思编写，第八章由张翠玉、田文编写，第九章由杨明、王进思编写，第十、十一、十二章由杨明编写，田文参加了绘图。

在本书编写过程中，受到人民交通出版社孙玺同志的指导，并吸收了多位专家的最新成果，在此一并致谢！

由于水平所限，缺点在所难免，希望读者提出宝贵意见，以便再版时修订改正。

编 者

1999 年 2 月

目 录

上篇 公路工程测量仪器

第一章 测量仪器的光电基础知识.....	1
第一节 几何光学.....	1
第二节 透镜与透镜组成像.....	5
第三节 光栏作用	12
第四节 像差简介	14
第五节 电磁波及在大气中的传播	18
第二章 测量仪器检修的基本知识	38
第一节 测量仪器检修的基本要求	38
第二节 测量仪器检修的安全操作规程	39
第三节 验校设备及常用工具	40
第四节 仪器拆装清洗加油的初步知识	45
第五节 测量仪器检修的材料	47
第六节 光学仪器的防霉、防雾和防锈	48
第三章 微倾式水准仪	51
第一节 水准仪的构造 (DS ₃ 微倾式水准仪)	51
第二节 水准仪的使用	54
第三节 水准仪的检验与校正	56
第四节 水准仪的拆卸与维修	59
第四章 自动安平水准仪	79
第一节 自动安平水准仪的结构特点	79
第二节 自动安平水准仪补偿器的检验、校正及维护	85

第三节	数字编码电子水准仪	87
第五章	光学经纬仪	90
第一节	J_6 级经纬仪的基本构造	90
第二节	J_2 级经纬仪与 J_6 级经纬仪的区别	94
第三节	光学经纬仪的使用	97
第四节	光学经纬仪检验和校正	103
第五节	J_6 级光学经纬仪的维修	111
第六节	J_2 级光学经纬仪的维修	119
第七节	度盘偏心差的检查与校正	135
第六章	光电仪器的测量原理	139
第一节	光电测距仪的测距原理	139
第二节	电子经纬仪的测角原理	147
第七章	红外测距仪	152
第一节	红外测距仪的安装和使用	152
第二节	红外测距仪的检验	169
第八章	全站仪	175
第一节	全站仪的结构原理	175
第二节	索佳 SET B 系列全站仪	176
第三节	测量前的准备工作	182
第四节	仪器的操作与使用	186
第五节	GPS 的简介	201

下篇 公路工程实验仪器

第九章	回弹仪	211
第一节	概述	211
第二节	回弹仪的结构	211
第三节	回弹仪的操作、保养及检验	212
第四节	检测及数据整理	214
第五节	强度计算及推定	218

第六节	混凝土回弹仪检定规程·····	222
第十章	核子密度仪·····	228
第一节	使用核子仪测定压实度试验方法·····	228
第二节	MC 核子仪性能简介·····	231
第三节	MC-3 操作大全·····	233
第四节	CPN MC-3 核子仪功能特点总汇·····	254
第十一章	超声波检测仪·····	259
第一节	超声检测仪检测方式·····	259
第二节	HF-D 超声波检测仪开机准备及应知应会·····	265
第三节	计算机使用键说明·····	266
第四节	测试操作·····	271
第五节	数据管理·····	273
第六节	打印及评判·····	277
第七节	简单故障排除方法·····	280
第八节	使用仪器注意事项·····	281
第十二章	几种常用路面质量检测设备及检测评定方法·····	282
第一节	弯沉仪及路面弯沉的测定与评价·····	282
第二节	平整度仪及路面平整度的测定与评价·····	285
第三节	路面抗滑性能测定仪器及测定方法·····	290
主要参考资料	·····	297

上篇 公路工程测量仪器

第一章 测量仪器的光电基础知识

光学可分为物理光学、几何光学和生物光学三部分。物理光学研究光的本性；几何光学研究光的传播及反射、折射定律；生物光学则研究人眼的构造和它的光学性质。光学机械仪器是由一些光学零件（透镜、棱镜、平面镜等）组成的系统，并用一些镜框和机械构件联结起来。测量仪器是光学机械仪器的一大类。光学机械仪器的作用原理是建立在光学基础上的，因此，为了熟悉测量仪器的使用和维修，应具备一定的光学知识。

随着科学技术的飞速发展，多功能、高精度和自动化的光电测距仪和光电化、自动化的测角仪不断涌现。近年出现的全站仪，除把测距和测角的功能结合到一起外，还可通过仪器内部的微处理器直接得到地面点的空间坐标。要学会使用和保养这些高科技测量仪器，还必须具备一定的电子方面的知识。

本章简要地介绍一点使用、保养和维修测量仪器所必备的光学、电子学方面的知识。

第一节 几 何 光 学

能发光的物体称为光源，光源可分为天然光源与人造光源两种。如太阳就是天然光源，蜡烛、电灯等即为人造光源。

研究光的发生、本质、传播规律及它在各方面应用的科学称

为光学。由于研究的内容不同，光学可分为量子光学、物理光学（又称波动光学）及几何光学三门学科。

几何光学是以光的直线传播、光的反射和折射等实践规律为基础，利用光线来研究光在光学系统中的传播和成像规律。

一、几何光学的基本定律

1. 光的直线传播定律

在各向同性的均匀介质中，光是沿着直线传播的，这就是光的直线传播定律。这是一种常见的普遍规律，可用来很好地解释影子的形成、日蚀和月蚀等现象。

2. 光的独立传播定律

从不同的光源发出的光线以不同的方向通过某点时，彼此互不影响，各光线的传播不受其他光线的影响，称为光的独立传播定律。

3. 光的反射定律和折射定律。

当一束光投射到两种透明介质的光滑分界面上时，将有一部分光能反射回原来的介质，称为反射光线；另一部分光能则通过分界面射入到第二介质中去，称为折射光线。光线的反射和折射分别遵守反射定律和折射定律。

(1) 反射定律

在图 1-1a) 中，设 PQ 为一光滑的反射界面，入射光线 AO 和法线 ON 夹角 $\angle AON$ 称为入射角，以 I 表示；反射光线 OB 和法线 ON 夹角 $\angle BON$ 称为反射角，以 I' 表示。反射定律可归纳为：入射光线、反射光线和分界面投射点处的法线三者在同一平面内，入射角和反射角二者绝对值相等而符号相反，即入射光线和反射光线位于法线的两侧。

若规定角度以锐角来量度，由光线转向法线顺时针方向旋转形成的角度为正，反之为负。如图 1-1a) 中， I 角为正， I' 角为负，反射定律可表示为： $I = -I'$ 。

(2) 折射定律

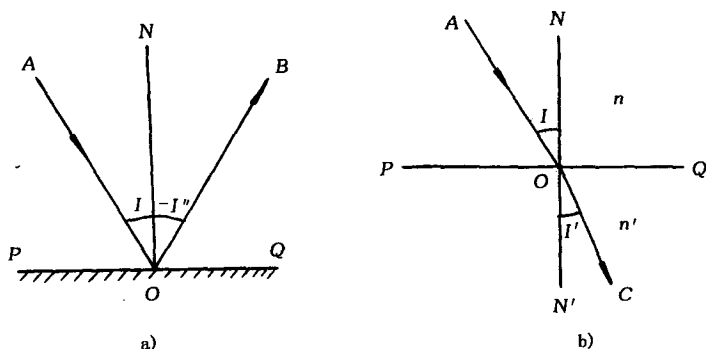


图 1-1

如图 1-1b) 所示, PQ 为两种介质 n 和 n' 的分界面, AO 为入射光线, OC 为对应的折射光线, NN' 为分界面上 O 点处的法线, $\angle AON$ 为入射角, 以 I 表示; $\angle CON'$ 为折射角, 以 I' 表示。折射定律可归纳为: 入射光线、折射光线和分界面投射点处的法线三者在同一平面内, 入射角的正弦与折射角的正弦之比与入射角的大小无关, 而与两种介质折射率有关。设 n 和 n' 为两种介质的折射率, 则折射定律可表示为

$$n \sin I = n' \sin I' \text{ 或 } \frac{\sin I}{\sin I'} = \frac{n'}{n} = K \text{ (常数)}$$

在上式中, 若令 $n' = -n$, 得 $I' = -I$, 这表明反射定律的含意寓于折射定律中。所以折射定律是几何光学中最重要的定律。

二、全 反 射

当光线从两介质分界面折射时, 必然有部分光线的反射, 但在一定条件下, 界面可以把光线全部反射回来, 而不发生折射, 这就是全反射现象。

设光线由光密介质进入光疏介质, 如图 1-2 所示, 因为 $n >$

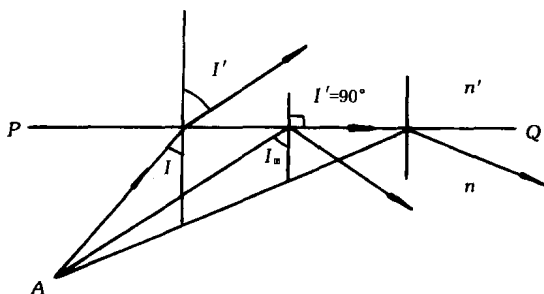


图 1-2

n' ，根据折射定律，折射角 I' 大于入射角 I ，若逐步增大入射角 I 到某一数值时，可使折射光线沿分界面掠射而出，即折射角 $I' = 90^\circ$ 。与此对应的入射角用 I_m 表示，可由下式决定：

$$\sin I_m = \frac{n'}{n} \sin 90^\circ = \frac{n'}{n}$$

这一入射角 I_m 称为临界角。若再继续增大入射角，使 I 大于 I_m ，则按以上公式， $\sin I$ 将大于 1，显然这是不可能的。这就是说，此时折射定律已不适用。实验证明，此时光线不发生折射，而是按反射定律完全被反射回来，此即所谓全反射现象。发生全反射的条件可归纳为：光线由光密介质（折射率高的介质）到光疏介质（折射率低的介质），入射角大于临界角。

全反射优越于一切镜面反射。因为镜面的金属镀层对光有吸收作用，而全反射在理论上可使入射光的全部能量反射回原介质。因而全反射在光学仪器中有着重要的应用。

从物理的观点来说，辐射光能的物体称为发光体，或称为光源。当光源的大小与其辐射光能的作用距离相比可以忽略时，此光源可认为是发光点，或称为点光源。例如，我们在夜间看遥远的星体，就如发光点一样。然而在几何光学中，无论是本身发光的物体或被照明的物体，都称之为发光体。发光点被看作是一个既无大小又无体积的光源。

第二节 透镜与透镜组成像

一、透镜的分类

透镜是由两个折射球面或者一个折射球面和一个折射平面所组成。

透镜按对光的作用和外形来分，可分为两类：第一类是会聚透镜（正透镜），能对光束起会聚作用。其外形特点是中心厚边缘薄，故又称为凸透镜，它可分为双凸、平凸和月凸透镜三种；第二类是发散透镜（负透镜），对光束起发散作用。其外形特点是中心薄边缘厚，又称凹透镜，它可分为双凹、平凹和月凹透镜三种。如表 1-1 所示。

表 1-1 透 镜 形 状

类型	会聚透镜（凸透镜）			发散透镜（凹透镜）		
名称	双凸透镜	平凸透镜	月凸透镜	双凹透镜	平凹透镜	月凹透镜
形状						

通过透镜两球面中心的连线称为透镜光轴。对于平凸或平凹透镜来说，通过透镜的球面中心且垂直于平面的直线称为透镜光轴。

二、透 镜 成 像

如图 1-3 所示，从点光源 A' 发出的各条光线经透镜的前、后两表面相继折射后，向 A' 点会聚，如果所有的出射光线都会聚于 A' 点，我们就称 A' 点为 A 点的像，而 A 点称为物点。

如果光线是真正通过物点 A 和像点 A' ，如图 1-3 所示，就称为实物点和实像点。如果物点和像点是光线的延长线的交点，光线并没有真正通过，如图 1-4 所示，称 A 为虚物点， A' 点为虚像点。

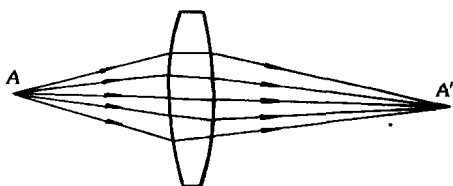


图 1-3

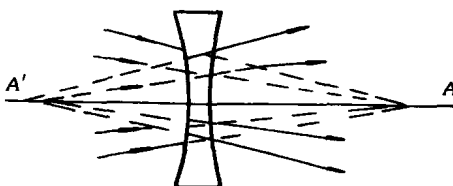


图 1-4

实像会在屏幕上呈现出来，虚像不能在屏幕上显示，但能为人眼所感受。如摄影和投影等记录光学仪器必须成实像；至于望远镜和显微镜等目视光学仪器，最后的像常为虚像，为的是便于观察。

如图 1-3 所示，自一点发出的光束或会聚于一点的光束称为同心光束。如果光学系统能以同心光束成像，就称为完善成像。但是光学系统一般不可能把从同一点发出的所有光线都会聚于同一点，这时成像光束就不是同心光束，而具有较为复杂的结构。

球面透镜被广泛应用在测量仪器上，利用它来使物体成像，这是透镜的主要作用。

为简便起见，我们略去透镜的厚度，把它看成是厚度接近于零的薄透镜。一般情况下，按薄透镜算出的各种量值与考虑厚度时的值相比，差别很小，是可允许的。

三、薄透镜的作图及基本公式

1. 作图法

可应用以下三条特殊光线来作图求像：

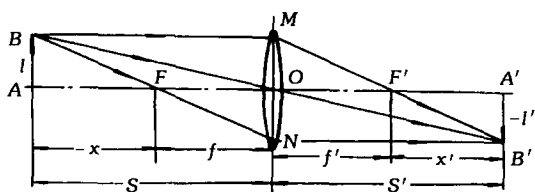
(1) 平行于光轴的入射光线，其出射光线（或其延长线）通过像方焦点 F' ；

(2) 经过前焦点的光线，经透镜成像后平行于光轴；

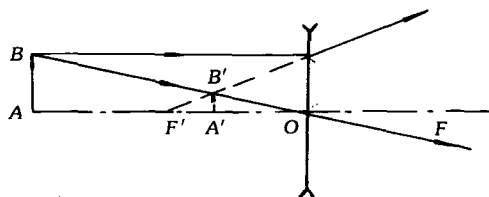
(3) 通过薄透镜中心的光线方向不变。

利用上述三条特殊光线中的任意二条就可进行作图。

如图 1-5 所示的正负薄透镜，焦点 F' 和 F 的位置是已知的，对于给定位置和大小垂直物体 AB ，欲求其像的位置和大小。首先过 B 点作一平行于透镜轴线的光线 BM 经透镜折射后过 F' 。再从 B 点引一条过薄透镜中心的光线，其与出射光线 MF' 的交点 B' 就是 B 点的像，过 B' 点作垂轴线段 $A'B'$ ，就是 AB 的像。



a)



b)

图 1-5

2. 公式法

(1) 牛顿公式：(以焦点为坐标原点的物像位置公式)

已知物体到透镜前焦点的距离，求像的位置。如图 1-5a) 中所示，已知物体 BA 到前焦点的距离为 $-x$ ，焦距 $-f = f'$ 求像的位置。

$$\begin{aligned} \because \quad & \triangle BAF \sim \triangle FON \\ \therefore \quad & \frac{l}{-l'} = \frac{x}{f} \end{aligned} \quad (a)$$

$$\begin{aligned} \because \quad & \triangle MOF' \sim \triangle F'BA' \\ \therefore \quad & \frac{l}{-l'} = \frac{f'}{x'} \end{aligned} \quad (b)$$

由上二式可得：
$$xx' = ff' \quad (1-1)$$

这就是以焦点为原点的物像位置公式，通称为牛顿公式。

(2) 高斯公式：(以光心为坐标原点的物像公式)

已知物体到透镜主平面的距离 $-S$ ，求像的位置（由 S' 来确定）。从图 1-5a) 可知：

$$\text{因为 } -S = -x - f, \quad S' = x' + f'$$

$$\text{所以 } x = S - f, \quad x' = S' - f'$$

将上式代入 (1-1) 式后，得：

$$\frac{f}{S} + \frac{f'}{S'} = 1 \quad (1-2)$$

此公式通称为高斯公式。

(3) 线放大率公式：

物体成像的大小往往用放大率这个概念，它表示物体被透镜在垂直于光轴方向上的放大情况。

由式 (a)、(b) 可得线放大率公式：

$$\beta = \frac{l'}{l} = \frac{f}{x} = \frac{x'}{f'}$$

当 β 的绝对值大于 1 时，所成的像是放大的，反之，所成的像是缩小的。

四、透镜组的成像

为了提高仪器的精度，测量仪器上大量应用的是两块或两块以上的厚透镜组合在一起，即透镜组。根据需要，透镜组有胶合型的和分离型的。

通过引入主平面的概念使厚透镜的成像简单化。同样，通过引入等效主平面和等效光学系统这两个新概念来简化透镜组的成像。如果已知每块厚透镜的主焦点位置及主平面位置，可以通过作图或计算的方法求出两个新的主平面来代替厚透镜组的主平面，物体对这两个主平面的成像与它对每块厚透镜的主平面依次成像的效果是相同的，这两个新主平面叫等效主平面，等效主平面所构成的这个新的光学系统叫等效光学系统。这样就可将多块厚透镜的多次成像简化为对等效系统中等效主平面的一次成像。

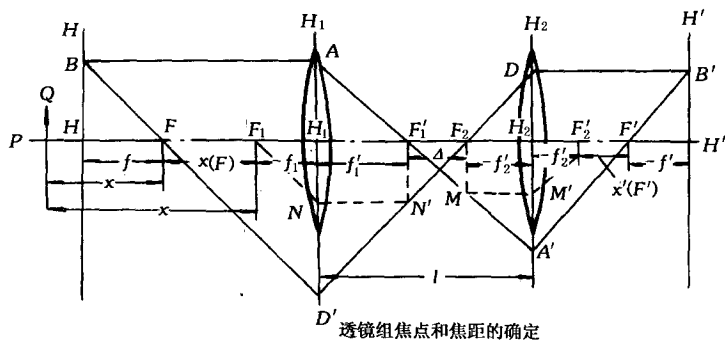
求透镜组成像位置及大小：

1. 用图解法求像

求像的位置及大小之前，首先要确定等效主平面及主焦点位置。

如图 1-6 所示，透镜 H_1 和 H_2 组成透镜组，它们前后焦点分别为 F_1 、 F_1' 和 F_2 、 F_2' 。

平行于光轴的光线 BA 经过透镜 H_1 后通过其后焦点 F_1' ，出射 AM 又是透镜 H_2 的入射光线，它通过透镜 H_2 后出射光线



透镜组焦点和焦距的确定

图 1-6