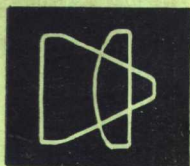


光学仪器丛书



平板仪

叶世鸿 张则训 编

机械工业出版社

光学仪器丛书

平 板 仪

叶世鸿 张则训 编



机械工业出版社

本书在叙述平板仪的工作原理、基本结构等基础上，较详细地介绍了平板仪使用方法、维护保养知识及修理方法。

本书可供工程测量人员及仪器维修人员阅读，有关院校师生亦可参考。

光学仪器丛书

平 板 仪

叶世鸿 张则训 编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $4 \frac{1}{2}$ · 字数 97 千字

1981 年 8 月北京第一版·1981 年 8 月北京第一次印刷

印数 0,001—8,000 · 定价 0.48 元

*

统一书号：15033·5166

目 录

第一章 概述	1
一、平板仪在测量工作中的应用和特点	1
二、平板仪的规格和等级	2
第二章 平板仪的构造原理	4
一、平板仪的望远镜系统	4
1. 透镜	4
2. 透镜的焦点和成象	6
3. 平板玻璃与分划板	10
4. 望远镜成象原理	11
5. 望远镜的放大倍数和视场角	12
6. 望远镜的调焦	14
7. 望远镜物镜	16
8. 望远镜目镜	18
9. 望远镜的瞄准	19
10. 望远镜的视距测量原理	20
11. 自动归算曲线在视距测量中的应用	24
二、平板仪的读数系统原理	29
1. 棱镜	29
2. 光学度盘	32
3. 光学读数原理	32
三、横轴与制、微动机构的工作原理	35
1. 横轴	35
2. 制、微动机构	39
四、基尺和平行尺	41
五、水准器	41
1. 水准器的原理	42

IV

2. 水准器的结构和型式	43
六、平板仪的基座	44
1. 垂直轴系	45
2. 安平机构	46
3. 制、微动机构	47
4. 连接机构	47
第三章 普通大平板仪和自动归算平板仪	49
一、PG 3-X2 型光学大平板仪	49
1. 照准仪	51
2. 图板	63
3. 基座	64
4. 三脚架	65
5. 主要附件	66
二、CPY-3 型光学大平板仪	70
1. 照准仪	71
2. 基座	75
三、自动归算平板仪	76
第四章 平板仪测量	84
一、平板仪操作	84
1. 仪器安置	84
2. 瞄准目标	86
3. 测定距离	86
4. 垂直角度的测量	88
二、平板仪的测量方法	89
第五章 平板仪的检验、校正和维修	101
一、平板仪的检验与校正	101
1. 外表及目视检验项目	101
2. 技术参数及部件性能的检验和校正	101
3. 几何关系的检验与校正	109

二、正常情况下的维护、保养	113
三、常见故障的产生原因及排除	115
1. 照准仪横轴系统	115
2. 望远镜部件	121
3. 读数系统	125
4. 基尺与平行尺	131
5. 基座	133
6. 长方形磁针盒（方框罗针）	135
附录	137
一、国产平板仪技术参数表	137
二、国外生产的各类平板仪技术参数表	138

第一章 概 述

一、平板仪在测量工作中的应用和特点

平板仪的主要应用是测绘地形图。地形图是国民经济建设如铁路、桥梁、矿山、水库等各部门进行规划、设计的一项重要依据，也是编绘地图的基础资料。

在地形图上主要包含：

(1) 相互位置的比例关系。由此可从图上了解到实地的距离、面积。

(2) 代表各种地物的各种符号，例如房屋、农田、河流、道路等。

(3) 表示地形高低起伏的等高线，如山头、山脊、山谷、盆地等。

通过地形图可以反映该地区的真实面貌。

地形图是如何得到的呢？这就要用平板仪。平板仪的平板就象一张小桌子，上面铺上绘图用的白纸，然后用照准仪定出地面上每一点的方向、距离、高程。这样每一点的空间位置就可以比较正确地反映在图纸上了。图纸上各点测出以后，用等高线将各高程相同的点连起来，再画上地物，注上名称，一张地形图就可以在实地完成。经清绘、晒图等工序后，即可供室内设计、规划应用。

因此平板仪的作用就是：在图纸上定向、测距、测高程。它的特点是可以由一个人操作并完成这三项任务，而且操作比较简便。

当然，测地形图并不一定非用大平板仪不可，也可以经纬仪与小平板仪联用。例如用小平板仪定方向，用经纬仪测距离与高程。但这就要两人同时作业，相对来说没有象用大平板仪那样简便迅速。

随着新技术的发展，现在也可以用航空摄影测量和地面摄影测量来获得地形图。后者使用摄影经纬仪，但只适用于人们不易到达的山岳地区。

航空测量分为两类，一类叫地物综合测量：地图中地物部分是根据航空摄影照片在室内绘出的，而地形则用平板仪在野外描绘，这种方法是航空摄影与平板仪的结合；另一类叫立体摄影测量：即地形与地物都是根据航空摄影照片描绘的。

综上所述，虽然随着我国社会主义建设现代化的进程，航空测量必将成为描绘地形图的主要方法，但平板仪测量还将单独地用于小面积测量，而且即使在航空测量中也离不开它。因此，平板仪在我国国民经济建设发展中有它重要的地位与意义。

二、平板仪的规格和等级

平板仪基本上可分大平板仪与小平板仪两类。小平板仪结构比较简单，是由一支平尺与两支竖尺组成，有铜质与木质两种。它没有望远镜，也不用度盘，后端为一小孔，前端按余切刻线，每一小格相当于1%坡度，可以草测高程，但不能测距。所以一般只用于市区小面积测图及农田基本建设。由于小平板仪很简单，故本书不作详细介绍。

大平板仪设置有望远镜及垂直度盘，可以定向、测距、测高等。我国的大平板仪根据第一机械工业部的标准“平板

仪参数”分为 P_3 和 P_5 两级，其主要指标为： P_3 级仪器归算到 100 米测距中误差为 ± 3 分米， P_5 级仪器归算到 100 米测距中误差为 ± 5 分米。代号分别为 DP_3 和 DP_5 。代号中 D 为“大地测量”汉语拼音的第一个字母，P 为“平板仪”汉语拼音第一个字母，3 和 5 分别代表其测距中误差。随着等级不同，对其技术参数要求亦不同。现将两种平板仪的主要技术参数列于表 1-1；

表 1-1 平板仪基本参数表

项 目 \ 等 级	P_3	P_5
归算到 100 米的测距全中误差 (分米/100 米)	$\leq \pm 3$	$\leq \pm 5$
望远镜放大倍数	≥ 24	≥ 16
物镜有效口径(毫米)	≥ 35	≥ 25
垂直度盘长水准器格值(秒/2 毫米)	30" 或 45"	60"
主 要 用 途	测量大比例尺地形图	测量小比例尺地形图 及查勘用

第二章 平板仪的构造原理

一、平板仪的望远镜系统

望远镜是平板仪上起瞄准作用的重要部件，它的作用是精确地瞄准被观测的目标，以进行测量。

望远镜由金属零件和光学零件两部分组成，在光学系统中采用的两种最常见的光学零件是透镜和玻璃平板。

1. 透镜

透镜是由两个球面或一个平面和一个球面构成的圆形透明玻璃零件。按其形状可以分成双凸透镜、双凹透镜、凹凸透镜、凸凹透镜、平凸透镜、平凹透镜几种（图 2-1）。

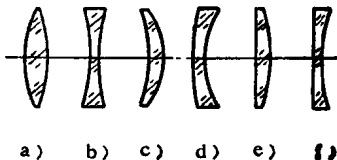


图 2-1

由图可以看出 a、c、e 三种透镜都是中间比边缘厚，称为凸透镜，b、d、f 三种透镜都是中间比边缘薄，称为凹透镜。所以按性质又可分为凸透镜和凹透镜两大类。

（1）凸透镜

这种透镜能使光线向光轴靠拢，所以又称会聚透镜或正透镜，见图 2-2 a 所示。平行光会聚的点 F' 称为焦点，同时通过两个球面中心的直线 CC ，称为光轴。

（2）凹透镜

这种透镜能使光线背向光轴散开，所以又称发散透镜或

负透镜，见图 2-2 b 所示。

不论是凸透镜或凹透镜，沿光轴通过透镜的光线都不改

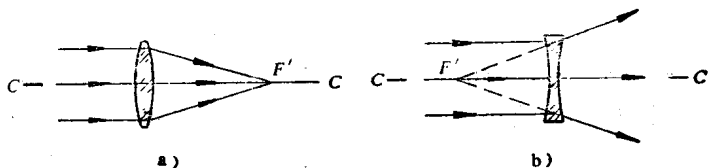


图2-2 凸透镜和凹透镜

变方向。

按透镜的复杂程度又可以把透镜分为单透镜、复合透镜和透镜组三种。

(1) 单透镜

仅由两个球面或一个球面和一个平面构成的透镜称单透镜，如图 2-1 所示的透镜均为单透镜。

(2) 复合透镜

由两个或两个以上的单透镜用冷杉树脂胶（或别的胶）胶合而成的透镜称复合透镜或胶合透镜，两个单透镜胶合而成的复合透镜也称双胶合透镜，如图 2-3 a 所示，三个单透镜胶合而成的复合透镜也称三胶合透镜，如图 2-3 b。

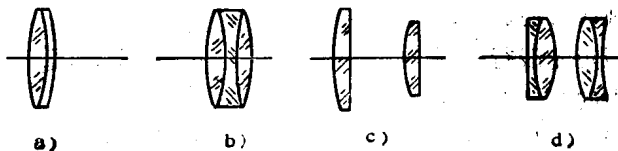


图2-3 透镜形式

(3) 透镜组

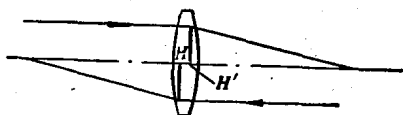
由两个或两个以上，隔开一定距离的单透镜（或复合透镜）组成的系统，称为透镜组，如图 2-3 c，d 所示。

2. 透镜的焦点和成象

（1）焦点和焦平面

一束平行于光轴的光线通过透镜后聚交于一点，如图 2-2 a 中的 F' 点，这个点就称为焦点。通过焦点并垂直于光轴的平面称为焦平面。在作图表示中，我们都把物体放在透镜的左边，所以我们把透镜的左方空间称为物方空间，右方空间称为象方空间。物方空间里的物体经过透镜在象方空间里成象，同样，如将物体放在象方空间里经透镜也就在物方空间里成象。这样对焦点来说也就有两个，如图 2-2 a 所示的，在象方空间里的焦点 F' 称为象方焦点，其焦平面称为象方焦平面，反之，在物方空间里也有一个物方焦点和一个物方焦平面。

对凹透镜来说，平行光线通过透镜后都发散了，在象方空间里没有交点，只有它们的延长线才会相交，如图 2-2 b，其延长线的交点 F' 称为凹透镜的象方焦点。



为了使研究透镜成象规律方便起见，我们假定光线行进到透镜中的某一个面时发生折射，见图 2-4，这个面就称为象方主面，它与光轴的交点 H' 称为象方主点。同样也有一个物方主面和物方主点。

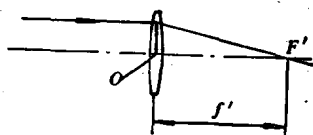


图2-4 透镜的主点、主面和光心

对于很薄的透镜，两个主面离得很近，我们可以假定它们是重合在一起的，也就是 H' 和 H 重合为一点，这一点我们称之为光心，以“O”来表示。

光心（对于厚透镜就是 H' 或 H ）到焦点 F' 或 F 的距离就是焦距，用 f' 表示象方焦距，用 f 表示物方焦距，并以在透镜之右为正，所以对于凸透镜来说象方焦距 f' 是正的。这也就是把凸透镜称为正透镜的原因。

（2）透镜的成像规律

在凸透镜的物方空间里，在一定距离上放一支点着的蜡烛，它发出的光线通过凸透镜成象于象方空间。如在象面上放一纸屏（如图 2-5 a），就可以在纸屏上看到一个倒立的蜡烛象。这个象是由蜡烛发出的光经透镜后实际会聚而成的，称为实象。如将蜡烛移向透镜，并使蜡烛移到焦点 F 以内，则无论把纸屏放在什么位置都不能得到物体的实象，但如果

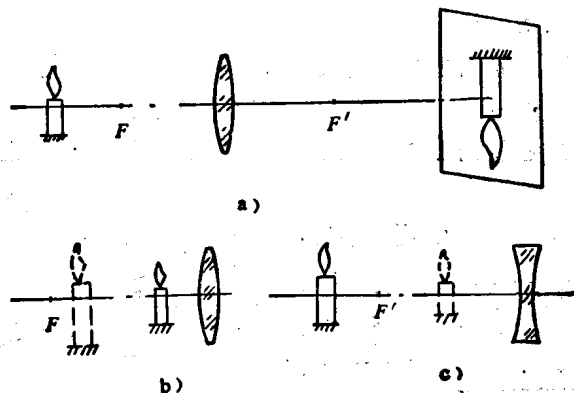


图2-5 透镜成像

我们从凸透镜的右侧向透镜看去，就会看到在蜡烛的同侧有一个正立的放大象（如图 2-5 b）。这个象虽能被眼睛看到，

但不能在纸屏上出现，因为它不是由光线实际会聚而成的，而是由光线的延长线相交而成的，称为虚象。

同样，如上述情况改用凹透镜，则无论蜡烛放在什么地方，都不能得到它的实象，如图 2-5 c 所示。

(3) 透镜成像的作图法

利用作图的方法可以求得透镜所成的象。为了方便，我们用图 2-6 a 的简化画法代表凸透镜，用图 2-6 b 的简化画法代表凹透镜，用“O”代表透镜的光心。

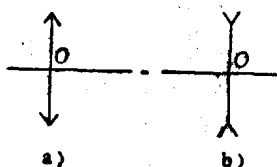


图2-6 透镜的简化画法

从同一个发光点发出的近轴光线，经凸透镜折射成像后交于

一点，如图 2-7 a，要求出 A 点的位置，最简单的方法是作出图中所示的三条光线中的任何两条，求出它们折射后的交点。这三条光线是：

- 1) 与光轴平行的光线，折射后通过焦点 F' 。
- 2) 通过焦点 F 的光线，折射后平行于光轴。
- 3) 通过光心“O”的光线，经透镜后方向不变。

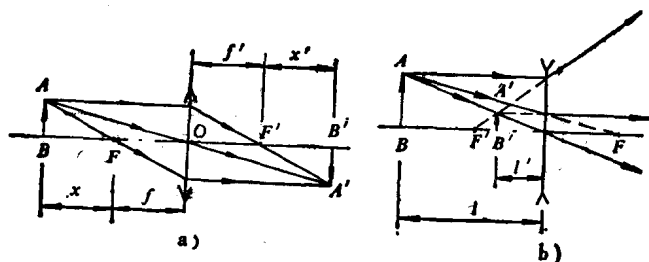


图2-7 透镜成像原理

(4) 透镜成像公式

透镜成象的作图法，简单易懂，但不易获得精确的结果，因此有时就必须用成象公式来计算确定透镜的物象关系。

1) 牛顿公式

设物方空间的座标原点在物方焦点 F 上，象方空间的座标原点在象方焦点 F' 上，如图 2-7 a 所示，则牛顿公式为：

A) 物象位置关系的公式

$$xx' = - (f')^2$$

B) 物象放大关系的公式

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

式中 x ——物距 (F 点算起，向左为负)；

x' ——象距 (F' 点算起，向右为正)；

f' ——象方焦距 (凸透镜为正，凹透镜为负)；

β ——放大率 (即象高与物高之比，正象为正，倒象为负)。

仍以图 2-7 a 为例，若已知 $x = -20$ 毫米， $f' = 20$ 毫米，则

$$x' = \frac{-f'^2}{x} = \frac{-20 \times 20}{-20} = 20 \text{ 毫米}$$

$$\beta = \frac{-x'}{f'} = \frac{-20}{20} = -1$$

β 为负说明象是倒立的。它的绝对值是 1，说明象与物比较既不放大也不缩小。

以上结果与作图法的结果是符合的。

2) 高斯公式

象和物的座标原点都选在透镜的光心上，则高斯公式为：

A) 物象位置关系的公式

$$\frac{1}{l'} - \frac{1}{l} = \frac{1}{f'}$$

B) 物象放大关系的公式

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

式中 l ——物距 (从 O 点算起, 向左为负);

l' ——象距 (从 O 点算起, 向右为正)。

仍以图 2-7 b 为例: 若已知 $l = -30$ 毫米, $f' = -15$ 毫米, 则

$$l' = \frac{l f'}{l + f'} = \frac{(-30)(-15)}{(-30) + (-15)} = \frac{450}{-45} = -10 \text{ 毫米}$$

$$\beta = \frac{l'}{l} = \frac{-10}{-30} = \frac{1}{3}$$

$l' = -10$ 毫米, 说明象成在光心 O 点的左方, 所以是虚象。 β 为正, 说明象是正立的, 绝对值为 $1/3$, 说明象的大小为物体的 $1/3$ 倍, 也就是缩小三倍。

以上结果与作图法的结果也是符合的。

3. 平板玻璃与分划板

在望远镜物镜的焦平面上设有光学玻璃制成的平板, 使远方目标成象在平板上。一般在平板上刻有瞄准目标用的十字线和测量距离用的视距线。这种刻有不同用途分划线条的

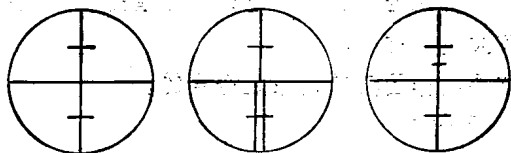


图2-8 分划板

玻璃平板称为分划板。平板仪望远镜的分划板比较常用的有如图 2-8 所示的几种形式。

4. 望远镜成像原理

望远镜的光学系统是由一组物镜和一组目镜组成的。靠近物体的一组透镜称物镜，接近眼睛的一组透镜称目镜。为了便于说明，我们先均以一个单透镜来代表物镜和目镜。

望远镜光学系统的特点是，物镜的象方焦点 F'_1 与目镜的物方焦点 F_2 相重合（见图 2-9），因此由很远物体进入物

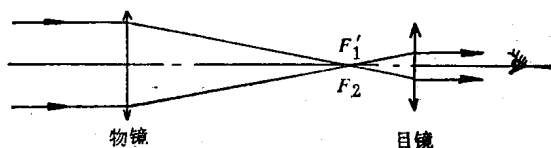


图2-9 望远镜系统

镜的平行光束通过目镜后，仍以平行光束射出。从理论上来说，对于正常人的眼睛应当无需调节就可以接收从目镜射出的平行光束，也就是说通过望远镜光学系统可以看到很远的物体。

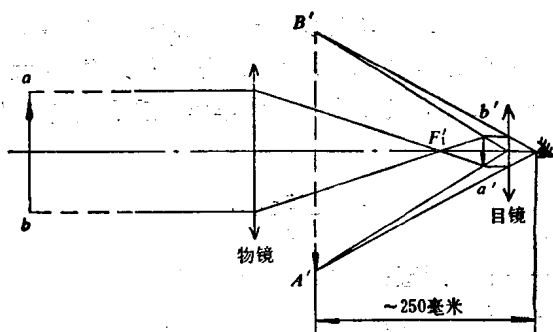


图2-10 望远镜系统的成像原理