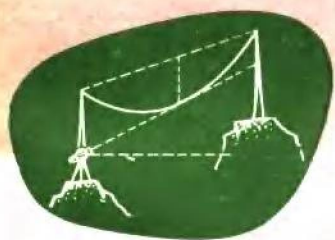


送电线路施工测量

李 柏



水利电力出版社

内 容 提 要

本书内容分为三部分。第一部分，主要介绍经纬仪检验和校正方法，以及测量基本知识；第二部分，简要介绍送电线路设计测量程序和断面测量方法；第三部分，着重讲述送电线路施工测量方法和步骤，这是本书的主要内容。

本书可供从事送电线路建设的工人阅读，也可供有关技术人员参考。

送电线路施工测量

李 柏

*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 7.5 印张 198 千字

1983年8月第一版 1983年8月北京第一次印刷

印数 00001—18130 册 定价 0.75 元

书号 15143·5177

作 者 的 话

本书是为了普及送电线路施工测量技术而编写的，主要供从事送电线路建设的工人阅读，也可供有关技术人员参考。

全书内容分三大部分：第一部分（第一章至第五章）略述测量意义和作用，并介绍经纬仪检验和校正方法以及测量基本知识；第二部分（第六章）扼要地介绍送电线路设计测量程序、断面测量以及杆塔定位等主要方法；第三部分（第七章至第十一章）是本书的主要内容，较详细地讲述了送电线路施工测量、交叉跨越测量的方法和步骤。为了便于学习，内容力求简明易懂，并列举计算和观测实例，使初学者容易理解和应用。在附录中介绍了几种国外光学经纬仪的构造和读角方法，以供参考。

本书在编写过程中，得到吉林省电力局、吉林省送变电工程公司部分同志的帮助，在此特致谢意。

由于水平有限，书中的缺点和错误，希读者批评指正。

作 者

一九八二年三月

目 录

第一章 测量的概念和作用	1
第二章 经纬仪的用途和构造	2
第一节 经纬仪的用途和结构	2
第二节 度盘和游标	4
第三节 望远镜	7
第四节 水准器	8
第五节 经II型光学经纬仪	9
第六节 经纬仪的检验和校正	11
第七节 使用经纬仪应注意的事项	26
第三章 经纬仪测量的基本方法	28
第一节 经纬仪的安置与瞄准	28
第二节 水平角的观测	30
第三节 竖直角观测	35
第四节 直线定线	39
第四章 直线定向	42
第一节 真子午线	42
第二节 磁子午线	43
第三节 罗盘仪	43
第五章 距离和高程的测量	47
第一节 距离测量	47
第二节 高程测量的意义	49
第三节 水准仪	50
第四节 微倾水准仪的检验和校正	53
第五节 水准测量	56
第六节 视距测量原理	64
第七节 三角分析法测距	74
第八节 视差法测距	76
第六章 架空送电线路设计测量简介	79
第一节 路径方案的选择	79
第二节 定线量距	80

第三节	视距断面测量	82
第四节	交叉跨越测量	85
第五节	杆塔定位	87
第七章	线路复测及杆塔基础坑的测定	89
第一节	线路杆塔桩复测	89
第二节	杆塔基础坑的测定	94
第三节	铲除施工基面	110
第四节	拉线坑位测定和拉线长度计算	113
第八章	铁塔基础的操平找正	131
第一节	概述	131
第二节	地脚螺丝基础的操平找正	131
第三节	塔脚插入基础的操平找正	141
第四节	不等高塔腿基础的操平找正	147
第五节	基础检查	148
第九章	钢筋混凝土电杆拨正及杆塔检查	152
第一节	钢筋混凝土电杆拨正	152
第二节	混凝土杆检查	156
第三节	铁塔检查	159
第十章	架空线弛度观测及检查	164
第一节	弛度的概念	164
第二节	弛度观测档的选择和弛度计算	165
第三节	弛度的观测	172
第四节	弛度的检查	197
第五节	弛度调整	203
第十一章	导线对被跨越物垂直距离的测量	205
第一节	交叉跨越测量的技术要求	205
第二节	交叉跨越测量方法	206
第三节	最高温度时导线对被跨越物最小垂直距离的计算	209
附录一	弛度观测档内连耐张绝缘子串几种弛度观测法 观测数据的计算公式汇总	214
附录二	视距计算表	222
附录三	介绍三种光学经纬仪	230

第一章 测量的概念和作用

一、测量的概念

什么叫测量？测量是劳动人民在长期的生产实践中发明创造的一种应用科学。它的主要任务是：一方面用各种仪器和工具测定地球表面上的形状和大小，用比例尺和符号把实际地形缩小绘制成各种地图，供各项经济建设、国防建设，以及为其它科学研究提供技术资料；另一方面是把各种工程建设已设计好的工程图样或建筑物的位置测设在地面上，这就叫做测量。

测量包括的范围很广，如果是在广大地区或整个地球测量它的形状和大小，要考虑地球的曲率和重力等影响，这种测量叫做大地测量。要是在一个小地区内测绘地面上的形状和大小，而不考虑地球表面的曲率，把地面当作平面，这样的测量叫做普通测量。要是专为哪一个建设项目，如为修建铁路、公路、农田水利、各种类型工矿企业的建设等而测量，就叫做工程测量。送电线路施工测量就是工程测量中的一种。

二、测量在送电线路工程建设中的任务

送电线路工程，在初步设计阶段，要用地形图选择路径，经过实际勘测调查研究，找出经济合理的路径方案，测绘平、断面图作为杆塔定位的依据；在施工阶段，要用测量方法测定杆塔基础位置；观测架空线的弛度；在竣工时，要用测量方法检查工程质量，以保证线路安全运行。可以说，在送电线路整个建设过程中，和其它建设一样，都离不开测量工作。所以我们要学习好送电线路施工测量，掌握测量技术，为送电线路建设服务。

第二章 经纬仪的用途和构造

第一节 经纬仪的用途和结构

经纬仪是主要测量仪器之一，用它可以测量水平角、竖直角、距离和高程。有罗盘装置的经纬仪还可以测定方向，它的用途很广。在送电线路勘测设计和施工测量工作中要经常使用它。

经纬仪的种类很多，它的结构也是多种多样的，一般常用的普通经纬仪有游标和光学两种。我们必须了解它的构造，才能很好地使用它和充分发挥它的作用。经纬仪的种类虽多，但不论是哪一种经纬仪都是由轴座、水平度盘、望远镜和竖直度盘（以下简称竖盘）等几个主要部分组成的。此外还装有几个水准管和几组制动和微动螺旋。图2-1是国产的游标经纬仪。图2-2是普通游标经纬仪断面图。

1.轴座 轴座是支撑仪器的底座。它的中心是一个空心圆柱。轴座下面有三个整平螺旋（旧式仪器有四个），用它来整平仪器。轴座下面的三脚架是仪器的附件，用它来支撑整个仪器。架顶有个活动的中心螺旋可以旋进轴座底部，使三脚架与仪器连接一起，如略微松动此螺旋，仪器可在架顶上做小范围移动。

2.水平度盘 水平度盘（也叫下盘）的边缘上刻有度数和分数的刻划线，用它量度水平角度。盘的中心连接着一个空心外轴，这个外轴插在轴座的空心圆柱里。

3.游标盘 游标盘（也叫上盘）直径的两端刻有游标刻划线，用它量度水平度盘上的微小角度。盘的中心连接一个柱形实心内轴，内轴插在外轴里面。内轴的中心线叫做竖轴。游标盘可以单独地或同水平度盘一起绕竖轴左右旋转。游标盘上装有一对支架，用以支撑望远镜的水平轴。

4.望远镜 望远镜是瞄准目标用的，它与水平轴连贯在一

起。水平轴装在支架上。望远镜可随水平轴在竖直方向上下旋转，也可以同游标盘一起左右旋转。

5. 竖盘 竖盘边缘上刻有角度数的分划线，用它来量度竖直角（竖盘注记形式有多种，参阅第三章第三节）。它与水平轴相连，随望远镜旋转。竖盘的游标盘也刻有游标分划线，用它量度微小角度，它紧靠竖盘装置在支架上。

6. 制动螺旋和微动螺旋 从图2-1可以看到仪器上有三组制动螺旋和微动螺旋，另有一个游标盘水准管微动螺旋，它们的名称和作用如下：

（1）水平度盘制动螺旋和水平度盘微动螺旋，它们是控制水平度盘在轴座内的位置的。

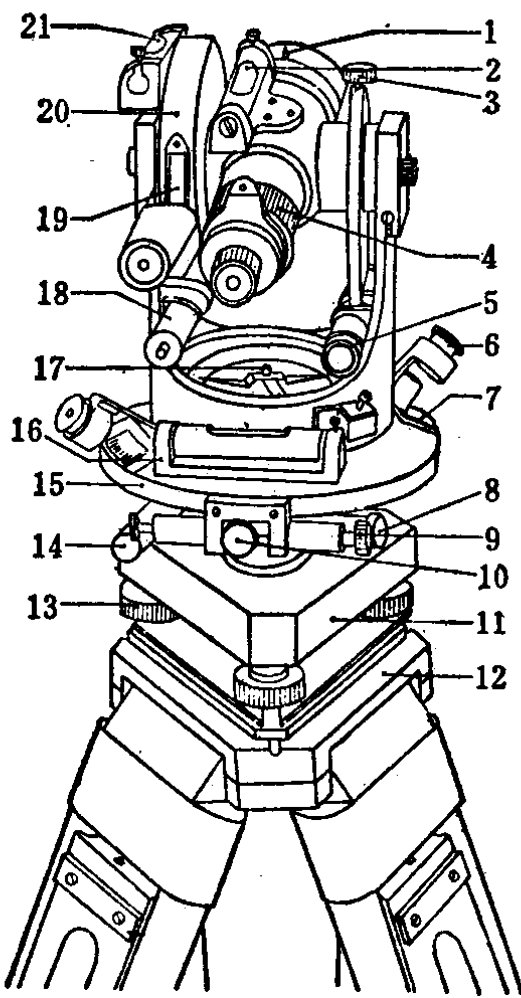


图 2-1

- 1—准星；2—望远镜水准管；3—望远镜制动螺旋；4—望远镜对光螺旋；5—望远镜微动螺旋；6—读数放大镜；7—游标盘读数窗；8—水平度盘制动螺旋；9—游标盘微动螺旋；10—游标盘制动螺旋；11—轴座；12—架头；13—整平螺旋；14—水平度盘微动螺旋；15—游标盘；16—水准管；17—磁针；18—游标盘水准管微动螺旋；19—竖盘读数窗；20—竖盘；21—竖盘游标水准管

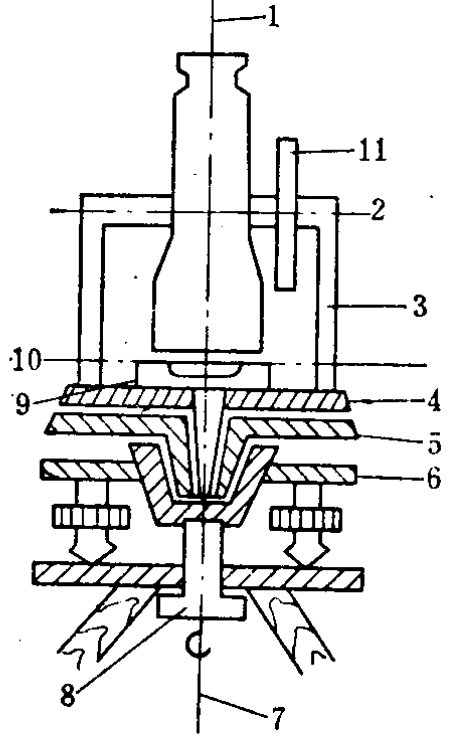


图 2-2

- 1—视准轴；2—水平轴；3—支架；4—游标盘；5—水平度盘；6—轴座；7—竖轴；8—中心螺旋；9—水准管；10—水准管轴；11—竖盘

(2) 游标盘制动螺旋和游标盘微动螺旋, 它们是控制游标盘和水平度盘的相对位置的。

以上两对制动和微动螺旋都可以控制望远镜的左右旋转。

(3) 望远镜制动螺旋和微动螺旋, 它们是控制望远镜和竖盘位置的。

以上三种制动螺旋和微动螺旋的操作步骤, 都是要先松开制动螺旋, 有关部件才可以自由活动。必须先拧紧制动螺旋有关部件制住不动, 再转动微动螺旋, 有关部件才能作微小的运动。也就是说, 只有制动螺旋拧紧后, 微动螺旋才起作用。还有一点要注意, 微动螺旋只能在一个有限度的小范围内起作用, 拧到头或松过头都不起作用。

(4) 竖盘游标水准管微动螺旋 它是调整竖盘游标水准管的, 当测竖直角时, 转动微动螺旋使气泡居中。

第二节 度盘和游标

1. 度盘 经纬仪上有水平度盘和竖盘, 这两种盘都是一个金属圆盘(光学仪器为玻璃盘), 它的边缘上刻有许多间隔相等的分划线。两相邻分划线的延长线在度盘中心所夹的角度, 叫做度盘分划值, 通常有 $10'$ 、 $20'$ 、 $30'$ 几种。水平度盘分划值注记数一般是由 $0^\circ \sim 360^\circ$ 按顺时针方向注记。而竖盘的样式有多种, 将在第三章第三节里介绍。

2. 游标 游标盘是与度盘同一圆心的圆盘, 紧靠度盘转动, 在盘上相隔 180° 的位置处, 装有两个游标, 用它来读出小于度盘分划值的数值。

竖盘游标和水平度盘游标不同, 竖盘游标有固定式和可动式两种。前一种是旧式仪器现在已不多见。近代仪器的游标都是可动式的。游标盘上装水准管和微动螺旋, 转动微动螺旋时, 游标盘和水准管可同时微动。

3. 游标的构造和读数方法 在同一个圆弧上, 从度盘上取 n

格弧长，在游标上分为 $n+1$ 格，设度盘每格分划值为 l ，游标每格分划值为 V ，则度盘上 n 格分划值与游标 $n+1$ 格分划值相等，即

$$nl = (n+1)V$$

$$V = \frac{nl}{n+1} \quad (2-1)$$

设度盘分划值与游标分划之差为 t ，则

$$t = l - V$$

将 (2-1) 式代入本式，则

$$t = l - \frac{nl}{n+1} = \frac{l}{n+1} \quad (2-2)$$

这个 t 值叫做游标最小读数，就是用 t 来读出小于度盘分划值的数值。 t 值越小读数就越精确，所以 t 值也叫游标精密度。

如图2-3，度盘分划值 $l = 1^\circ$ ，度盘格数 $n = 5$ ，按公式 (2-2)，则游标最小读数 $t = \frac{l}{n+1} = \frac{1^\circ}{5+1} = 10'$ ，即游标分划值比度盘分划值小 $10'$ 。

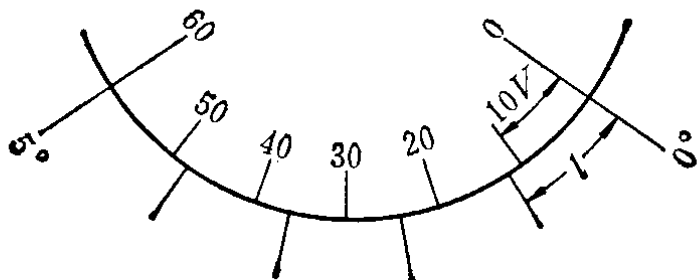


图 2-3

为了读数方便，把游标分划数与游标最小读数 t 的乘积注记在游标分划线上。

当读度盘和游标的读数时，首先读出游标指标线（即零分划线）在度盘上能读出来的整分划数；在度盘上读不出来的小数要到游标上去找，看游标上哪一条分划线正与度盘分划线相重合，就读出游标分划线上的注记数；最后度盘上的读数加上游标上的读数就得出全部读数。

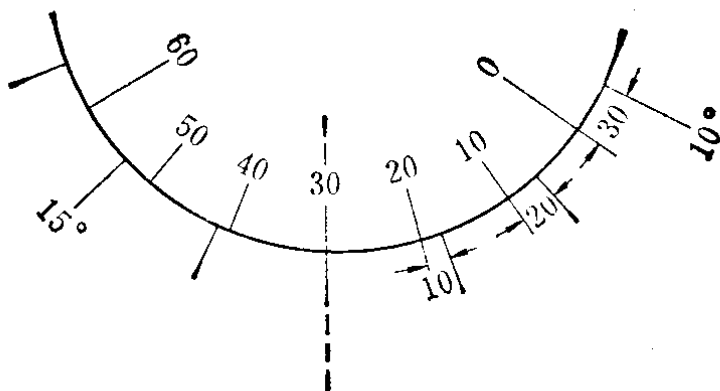


图 2-4

如图2-4，游标指标线（零分划线）指在度盘 10° 和 11° 之间，则度盘上的读数就是 10° ；游标注记 $30'$ 那条分划线正与度盘 13° 分划线重合（图中虚线），游标上的读数就是 $30'$ ，则全部读数为 $10^\circ + 30' = 10^\circ 30'$ 。

那么游标上的 $30'$ 是怎样读出来的呢？我们已经知道游标分划值比度盘分划值小 $10'$ ，从游标与度盘重合的虚线右侧来看，游标 $20'$ 的分划线与度盘 12° 分划线之间相差 $10'$ ；游标上 $10'$ 的分划线与度盘 11° 分划线之间相差 $20'$ ，所以游标指标线（零分划线）与度盘 10° 分划之间就相差 $30'$ 。

送电线路工程常用的经纬仪游标最小读数有 $1'$ 、 $20''$ 、 $30''$ 等几种。在读数之前要根据度盘、游标注记数字用公式（2-2）计算出游标最小读数。如图2-5，度盘 1° 分为三格，每格分划值 $l = 20'$ ，游标的格数 $n + 1 = 40$ ，按公式（2-2）则游标最小读数 t

$$= \frac{l}{n + 1} = \frac{20'}{40} = 30''。$$

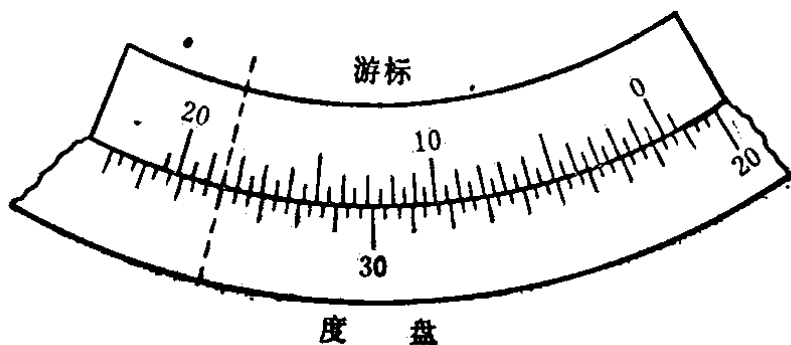


图 2-5

图中度盘上的读数是 $21^{\circ}20'$ ，游标上的读数是 $18'30''$ ，全部读数为 $21^{\circ}38'30''$ 。

第三节 望 远 镜

望远镜是经纬仪的主要部分，用它瞄准目标，并有放大作用，能帮助我们观察一些用眼睛直接看不清和看不见的远处目标。它主要是由物镜、对光螺旋、十字线、目镜等部分组成的（图2-6）。十字线如图2-7所示。

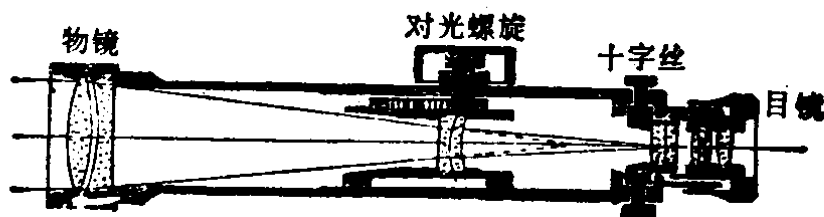


图 2-6

1. 望远镜各部分的作用

- （1）物镜。通过这个透镜得到观测目标的倒立实象。
- （2）对光透镜。对光时，转动对光螺旋使对光透镜在望远镜中前后移动，能使物象清晰。
- （3）十字线。十字线刻有竖线和横线，竖线垂直横线。竖线上下刻有视距线。用十字线瞄准目标，用视距线做视距测量。十字线刻划样式很多，图2-7中是常见的两种。

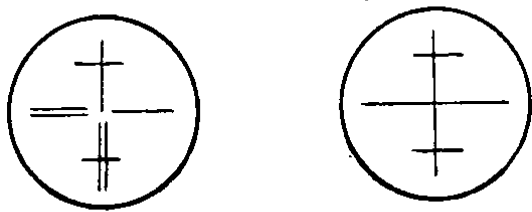


图 2-7

- （4）目镜。目镜象放大镜一样，能把观测目标放大为倒立象。

上面所讲的是内对光望远镜成倒立象。还有一种外对光望远镜成正立象，它是用改变物镜位置来对光的。这种望远镜镜筒长，缺点多，不如内对光望远镜密封好、潮气灰尘不易进入镜筒

内，镜筒短，能使望远镜两端保持平衡。所以外对光望远镜已逐渐淘汰。

2. 望远镜的对光 当进行测量工作时，调节目镜使十字线清晰，调节物镜使观测目标的象清晰，叫做望远镜对光，其进行步骤和方法如下：

(1) 目镜对光。因为每个人的视力不同，所以观测人员必须根据自己的视力来调节目镜。调节时，使望远镜对准天空或其它光亮的地方，缓慢地旋转目镜，使十字线完全清晰为止。同时要记住目镜筒上的刻度数，如下次再用该仪器测量时，使目镜对准上次的刻度，则十字线即已清晰。

(2) 物镜对光。首先用望远镜上的瞄准设备缺口和准星对准观测目标，然后转动物镜对光螺旋，直至观测目标的形象清晰为止。

3. 视差的消除 什么叫视差？当物镜做完对光之后，观测者眼睛接近目镜上下移动，如感觉十字线和观测目标的象有相对移动现象，这种现象就叫视差。视差对测量精度有很大影响，如读视距线在尺上的读数时，因眼睛的位置稍有不同就会引起读数误差。因此必须消除，消除的方法是，再略微转动对光螺旋，调节观测目标的象与十字线面重合，直至观测目标的象稳定而又很清晰为止。如改变距离再测其它目标时，仍应按上述方法重新对光。

第四节 水准器

经纬仪上的水准器是用来指示水平度盘和望远镜视线是否处在水平位置的。水准器有两种，一种是水准管，另一种是圆水准器。

1. 水准管 水准管是用玻璃做的（图 2-8），管的内表面为一定半径的圆弧 2，管中装入易于流动的液体，如酒精或乙醚，其中留有一个气泡。水准管内表面的中点 O 叫水准管的零点，通

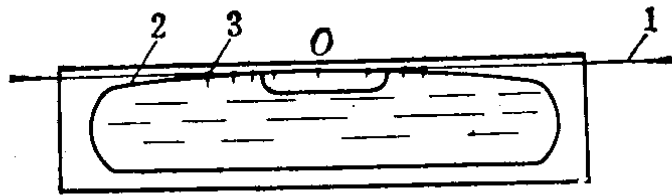


图 2-8

1—水准管轴；2—水准管圆弧；3—一刻划线

过O点与圆弧相切的线1，叫水准管轴。水准管上的分划线3通常每隔2毫米刻划一条，从中点O向两端对称刻划。当气泡两端与中点相对称，即气泡居中时，则水准管轴就在水平位置。

水准管上相邻二分划线间弧长所对的圆心角叫水准管分划值。用分划值来衡量水准管的灵敏度，分划值越大，则灵敏度越低；分划值越小，则灵敏度越高。分划值的大小取决于水准管内表面弧形曲率半径的大小，半径越小则分划值越大；半径越大则分划值就越小。普通经纬仪水准管分划值有 $1'$ 、 $20''$ 、 $30''$ 几种。

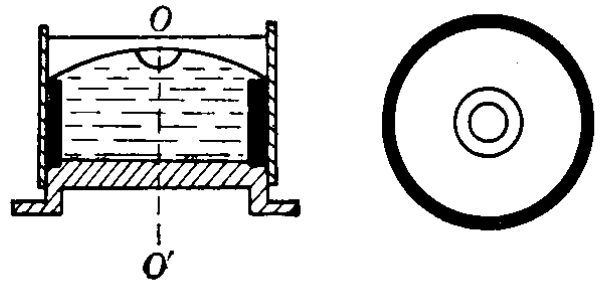


图 2-9

2. 圆水准器 圆水准器是由圆柱形玻璃盒子和玻璃盖组成的（图2-9）。玻璃盖里面是磨光的球面，球面中心刻一个小圆。

其圆心为水准器O点，连接O点和球面的球心 O_1 的直线叫水准器轴。盒中充满酒精和乙醚液体，仅留一个气泡，当气泡恰在小圆内时，即表示仪器处于水平位置。这种水准器灵敏度比较低，一般为 $3' \sim 5'$ ，大多数是装在经纬仪和水准仪上，用它来大致整平仪器。

第五节 经II型光学经纬仪

光学经纬仪在国内外的产品种类很多，在构造上大体相同，都采用光学读数装置，但精密程度不同，各有特色。总的来说，

这种类型仪器和游标经纬仪来比较，它具有小巧轻便、密封性好，读数方便、精确等优点。从发展趋势来看，光学经纬仪将逐渐取代游标经纬仪。

一般工程常用的国外光学经纬仪，按不同测微设备在本书附录里介绍了三种。在这一节里只介绍国产的经II型光学经纬仪。

经II型光学经纬仪是我国西北光学仪器厂生产的J₆级（仪器精度等级）光学经纬仪。它的外型如图2-10(a)、(b)所示。仪器的结构和游标经纬仪基本相同，也是由望远镜、度盘、轴座三个主要部分组成的，其构造特点如下：

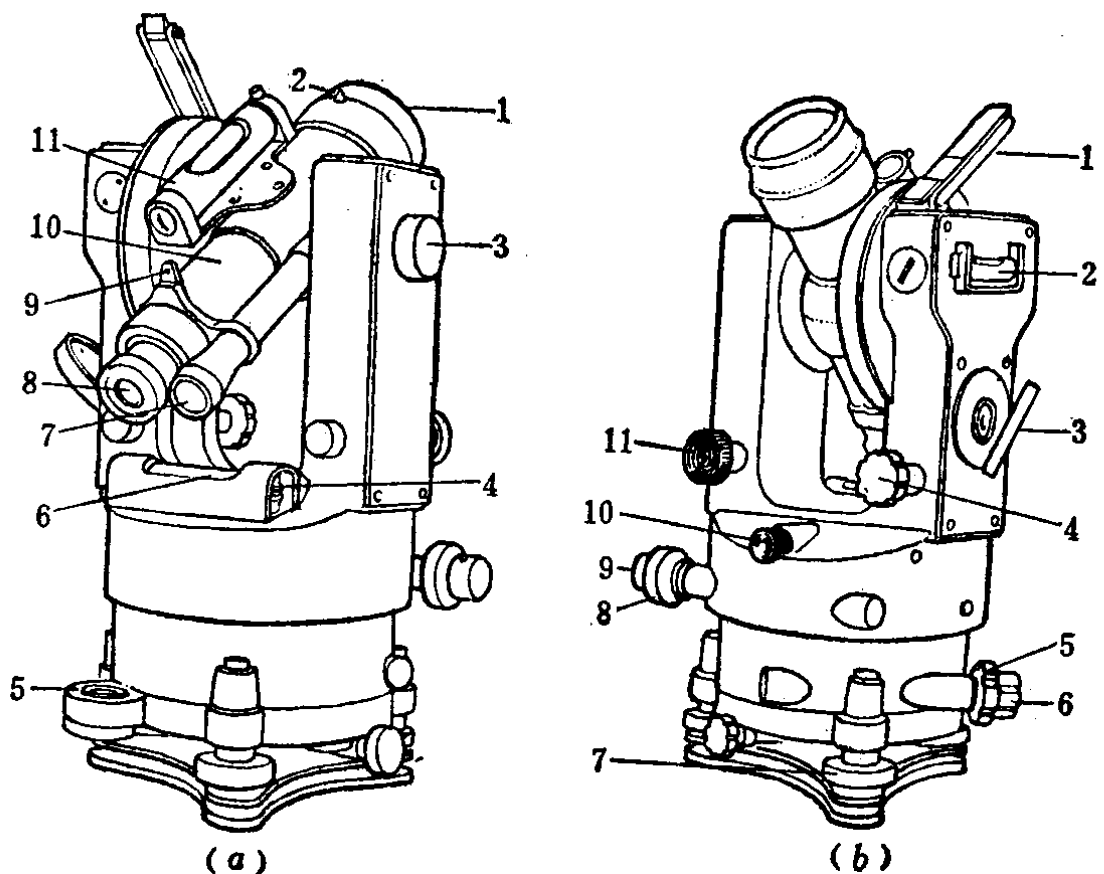


图 2-10(a)

- 1—物镜； 2—准星； 3—望远镜制动螺旋； 4—水准管校正螺旋；
- 5—圆水准器； 6—度盘水准管； 7—读数显微镜； 8—目镜； 9—照门； 10—对光螺旋； 11—望远镜水准管

图 2-10(b)

- 1—水准管反光镜； 2—游标盘水准管； 3—反光镜； 4—游标盘水准管微动螺旋； 5—度盘微动螺旋； 6—度盘制动螺旋； 7—整平螺旋；
- 8—游标盘微动螺旋； 9—游标盘制动螺旋； 10—光学对中镜； 11—望远镜微动螺旋

水平度盘、竖盘都是用光学玻璃制成的，读数装置为测微尺。利用反光镜将外来光线反射到仪器内部，照亮了水平度盘、竖盘和测微尺。再通过一系列的棱镜和透镜将两度盘及测微尺的象折射到望远镜侧读数显微镜内。图2-11是两度盘和测微尺的放大象。观测者在瞄准目标之后，原地不动即可从读数显微镜读数。

水平度盘、竖盘的刻度是按顺时针方向刻划的，由 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ ，每一度分划线上注一数字。度盘上一格之值为 1° 。测微尺的全长，恰等于度盘上一格的长度。测微尺分为60小格，每格为 $1'$ 。读数可直接读出 $1'$ ，估读 $0.1'$ 。

读数时，度数从度盘上读，不足 1° 的数从测微尺上读出。如图2-11，水平度盘上测微尺的0分划线（指标线）指在 215° 与 216° 分划线之间，度数就是 215° ，不足 1° 的数是 215° 分划线与测微尺0分划线之间那段小格数。在本例中那段小格数为 $55.4'$ 其全部读数为 $215^{\circ}55.4'$ 。竖盘读数为 $79^{\circ}08.3'$ 。

仪器有光学对中装置，从光学对中器目镜中可以看到一个小圆圈。对中时，使仪器大致对中和初步整平之后，松开轴座与三脚架的连接螺旋，移动仪器，使对光器中小圆圈与测点正相重合，然后旋紧轴座连接螺旋。在仪器完全整平之后，还应检查一次，看小圆圈是否仍对准测点，如有偏移应再调整。用光学对中器对中，在刮风天不受风吹影响，对中迅速而又准确。

第六节 经纬仪的检验和校正

经纬仪的主要构成部分有度盘、望远镜以及水准管等，已经

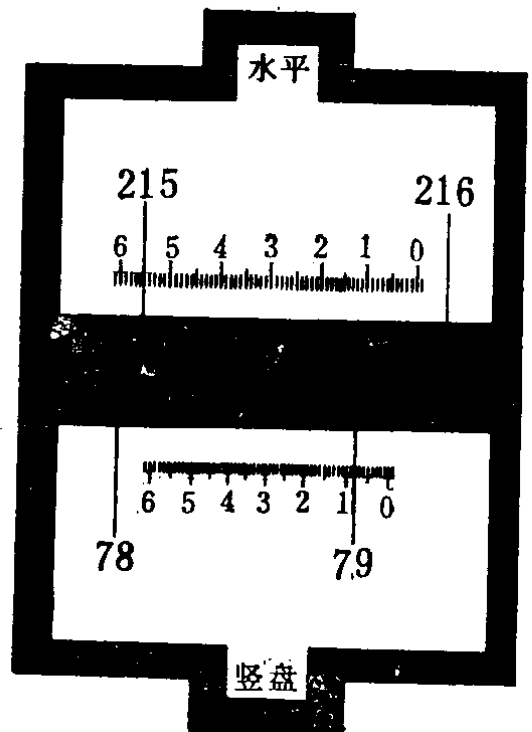


图 2-11

在前面讲过了。这些主要部分应该有机地联系起来，才能起到它应有的作用。图2-12是经纬仪的几个主要轴线的几何关系。

- (1) 水准管轴应垂直竖轴, $HH \perp VV$;
- (2) 视准轴应垂直于水平轴, $CC \perp LL$;
- (3) 水平轴应垂直于竖轴, $LL \perp VV$ 。

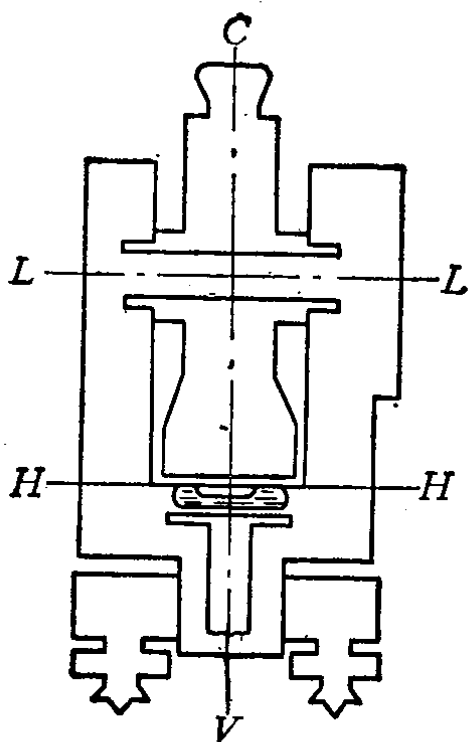


图 2-12

测量工作开始前,除对上述主要条件进行检查外,还要检验望远镜十字线、望远镜水准管、竖盘游标水准管等是否符合技术要求,如不符合时应进行校正,否则,将会产生误差或错误,严重地影响测量成果。

测量人员必须熟悉经纬仪的各部结构以及检验校正方法。通过检验能够发现问题,通过校正使各部之间保持着必要的正常关系,只有这样才能充分发挥它的作用,才能得到精度较高的测量

成果。即使是新出厂的精密仪器,在使用前也必须先进行检验校正而后使用。

1. 检验校正前的准备工作和注意事项

- (1) 地面要坚实,在围绕仪器走动时,不致影响仪器的稳定;
- (2) 仪器上要有遮光设备,以免水准管受强光照射气泡移动。并要避免大风天检验校正仪器;
- (3) 要背着阳光观测,使目标更加清晰;
- (4) 在检验校正之前,必须把各部分检查一遍,在这些部分上不得存留灰尘,各有关螺旋不得有松动现象;
- (5) 为了保持校正结果长久,各部螺旋的松紧要适宜;
- (6) 各项检验和校正都要细致地耐心地反复进行多次,才