

第一章 电力线路施工基础

【导读】

本章重点介绍电力线路施工的基础知识，为后续章节的电力线路的塔杆组立、架线施工、接地装置施工打下良好的基础。通过对以下几个任务的学习，掌握电力线路施工规范，这对保证工程质量至关重要。

课题一 电力线路施工测量

一、光学经纬仪及其使用

【学习目的】

- (1) 了解光学经纬仪的构造。
- (2) 能够正确读出光学经纬仪度盘读数。
- (3) 会进行水平角、竖直角及水平视距测量。

【知识点】

- (1) 光学经纬仪的构造和读数方法。
- (2) 光学经纬仪的使用。

- (3) 水平角测量。
- (4) 竖直角测量。
- (5) 水平视距测量。

【技能点】

- (1) 光学经纬仪的使用。
- (2) 水平角测量方法。
- (3) 竖直角测量方法。

【学习内容】

(一) 光学经纬仪的构造和读数方法

1. 光学经纬仪的主要部件

线路施工测量中，常使用 DJ6 型光学经纬仪和 DJ2 型光学经纬仪，其中 DJ2 型光学经纬仪在测角中误差精度要高于 DJ6 型。图 1-1 所示为 DJ2 型光学经纬仪的外形。该型号的国产光学经纬仪基本部件是类似的，只是结构及细部略有不同，它由照准部、水平度盘、基座等主要部件组成，如图 1-1 所示。

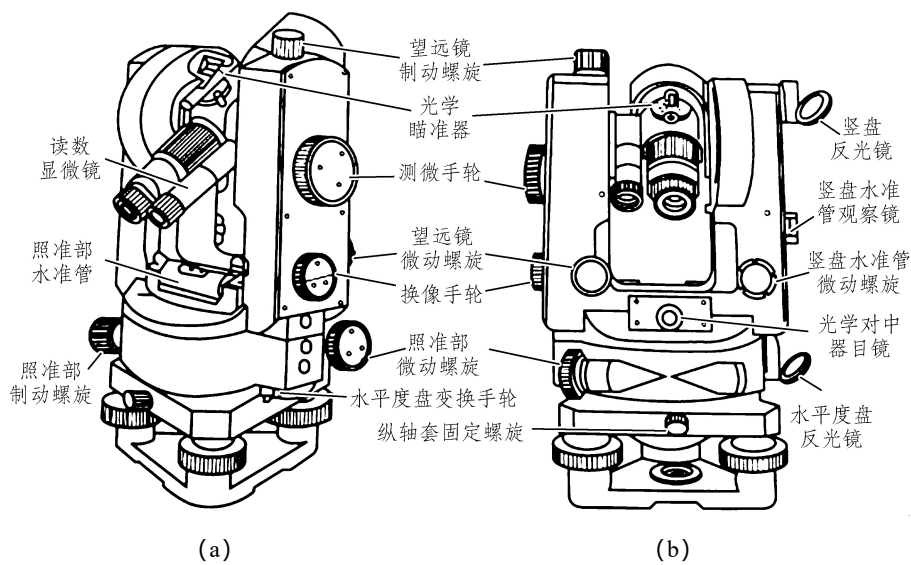


图 1-1 DJ2 型光学经纬仪外形

1) 照准部

照准部是指基座上能绕竖直轴旋转的整体的总称。旋转照准部，可使望远镜照准不同方向上的目标。照准部由望远镜、竖直度盘、照准部水准管、光学读数系统等组成。

照准部可以绕内轴（竖直轴）在水平度盘上转动，并可用水平制动螺旋及水平微动螺旋来控制它的转动。只有将水平制动螺旋旋紧，才可使用微动螺旋。

(1) 望远镜。它是用于照准目标的。

(2) 竖直度盘。它是用光学玻璃制成的圆盘，固定在横轴上，用来测量竖直角。

(3) 照准部水准管。它用来调整平仪器，使水平度盘呈水平状态，并使竖轴呈垂直位置。水准管上刻有分划线，其分划值不大于 $30''$ 。

(4) 光学读数系统。它由系列棱镜和透镜所组成。将水平度盘、竖直度盘的刻度以及分微尺的分划线通过棱镜组的光线折射，成像在读数窗内，在望远镜旁的读数显微镜中读出。

2) 水平度盘

它是用光学玻璃制成的圆盘，在边缘按顺时针方向刻 $0 \sim 360^\circ$ 的分划线，用来测量水平角。

3) 基座

基座是支撑仪器的底座，仪器的照准部连同水平度盘通过轴套固定螺栓固定在基座上。使用仪器时一定要拧紧轴套固定螺栓，以免搬运时上部与基座分离而坠地。

基座上有三个脚螺旋用于调整平仪器，并由连接螺旋使其与三脚架相连。连接螺旋下方设有垂球钩，用于悬挂垂球。将水平度盘中心对准在被测目标中心的铅垂线的操作，称为对中。用垂球对中易受风的影响，光学经纬仪装有光学对点器，对中精度较高

2. 光学经纬仪的两种读数方法

1) 分微尺测微器的读数方法

这种类型的装置在 DJ6 型仪器中广泛采用。通过设置读数光路，使度盘刻线的像通过一组棱镜、透镜的作用传递到读数显微镜内。图 1-2 所示为使用分微尺的 DJ6 仪器读数显微镜中的视场情况。上格 Hz 是水平度盘和测微器的影像，下格 V 是竖直度盘和测微器的影像。

在分微尺上刻有 $0 \sim 60$ 的分划线，这 60 格总的间隔（即分微尺的总长）与水平度盘及竖直度盘上 1° 的间隔经放大后的影像等长。在度盘上的一格为 1° ，而在分微尺上的一格为 $1'$ 。仪器的照准部在转动时，分微尺也随之同步转动。以分微尺的 0 分划线为指标线，当照准某一目标时，指标线所指的度盘分划，就是该目标的方向值。但是指标线不一定指在分划线上，往往指在两条分划线之间，读数时

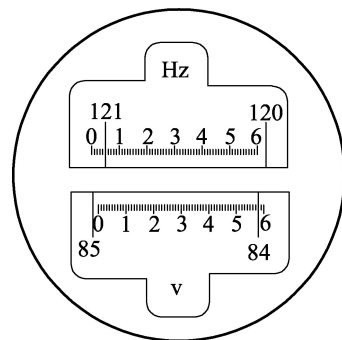


图 1-2 分微尺测微器读数窗

首先从度盘上读出度数，其次在分微尺上读取分数值，分数以下的小数最后估读而成。图 1-2 所示水平度盘读数为 $121^{\circ}05'00''$ ，竖直度盘读数为 $84^{\circ}57'00''$ 。

读数方法归纳如下：

- (1) 目标照准之后，度盘上那条分划线落在分微尺上，此条分划线的值就是度。
- (2) 该条分划线所指分微尺上的分格数，即为分值。
- (3) 该条分划线距分微尺上相邻分格的十分之几，即为估读的十分之几分值。这三项相加就是此方向的全读数。

2) DJ2 型光学经纬仪的读数方法

类似 DJ2 型的各种型号高精度的光学经纬仪，普遍采用光学测微器符合法读数。

如图 1-3 所示，视场分上、中、下三个窗，上窗为数字窗，中窗为符合窗，下窗为秒窗。在读取读数之前应先调节读数目镜，旋转读数目镜，使读数视场的中窗的中间隔离线细而略有发白，此时上、下度盘影像黑而实，观测者头部上、下、左、右晃动时度盘影像与隔离线应无相对位置变动。

当精确瞄准目标后，一般来说上、下度盘影像是参差不齐的，此时上面数字窗中的框也没有框上数字，无法进行读数，如图 1-3 (a) 所示视场，旋转测微手轮，使上、下度盘影像做相对运动，以以达到上、下度盘影像完全对齐。此时框线标志正好框住两个数字，如图 1-3 (b) 所示，此时可以进行读数。

数字窗：框上方表示度数值，如图 1-3 (b) 所示为 90° ；框住的字表示十位分数值，框中 1 表示 $10'$ 。

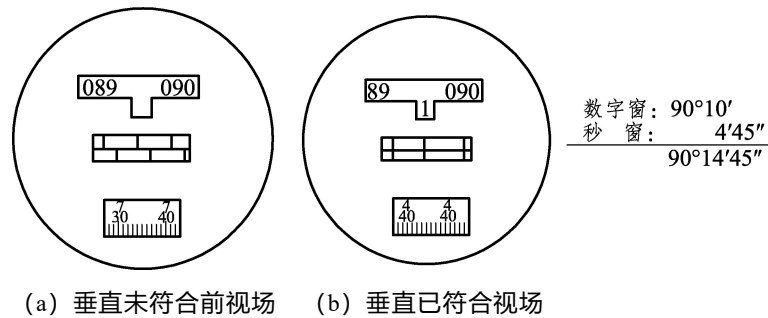


图 1-3 DJ2 型光学经纬仪读数窗

秒框：1~9 表示分数值，如图 1-3 (b) 中所示，4 表示 $4'$ ，秒数值从左向右增大每一小格为 $1''$ ，每 $10''$ 一注记，未注记的中间长线为 $5''$ 值。

图 1-3 (b) 最终读数为 $90^{\circ}14'45''$ 。

3. 使用注意事项

测量仪器属精密设备，要注意爱护和保养。使用时应采用正确的操作方法，以免仪器遭受意外的损伤。因此，在使用仪器时应注意以下事项：

(1) 使用仪器前，应仔细阅读该仪器的使用说明书，了解仪器的构造和各部件的作用及操作方法。

(2) 取仪器前，应记清楚仪器在箱中放置的位置，以便使用完毕后按原样放入箱中。取仪器时，应一手握照准部支架，另一只手握基座，不能用手提望远镜。仪器装箱时，应稍微拧紧各制动螺旋，并小心将仪器放入箱内，如装不合适或装不进去，应查明原因再装，不得强压。装入箱后，盖好箱盖，扣上箱扣。

(3) 架设仪器时，先把三脚架支稳定后，将仪器轻轻放在三脚架上，双手不得同时离开仪器，应一手握着仪器，另一手立即拧紧脚架与仪器连接的中心螺旋。转动仪器时，应手扶支架或度盘，平稳转动，应有松紧感。

(4) 仪器需要搬移时，应拧紧各制动螺旋，以免磨损。若在平坦地面上近距离移动观测点时，应双手抱脚架并贴肩，使仪器稍竖直，小步平稳前进。距离较远或地形不平移动观测点时，应将仪器装入箱中搬运。仪器在运载工具上运输时，应采取良好的防震措施。

(5) 仪器不用时应放在箱内。箱内应有适量的干燥剂，箱子应放在干燥、清洁、通风良好的房间内保管，以免受潮。

(6) 应避免阳光直接暴晒仪器，防止水准管破裂及轴系关系的改变，以免影响测量精度。

(7) 望远镜的物镜、目镜上有灰尘时，不得用手、粗布、硬纸抹擦，要用软毛刷轻轻地刷去。如在观测中仪器被雨水淋湿，应将仪器外部用软布擦去水珠，晾干后再将仪器放入箱内，以免光学零件发霉和脱膜。

(8) 电池驱动的全站仪和 GPS 仪器，若长时间不用，应取出电池，并隔段时间进行充、放电维护，以延长电池使用寿命。

(9) 具有数据储存功能的仪器，测毕后，应及时将数据传送到计算机设备上备份，以免数据意外丢失。

(二) 光学经纬仪的使用

在使用光学经纬仪观测目标前，仪器必须经过对中、整平两个步骤。这两步骤总称为仪器的“安置”，是使用经纬仪的基本技能。

1. 对 中

对中是使经纬仪的竖轴中心线与观测点重合。光学经纬仪可用光学对中器对中。对中的操作步骤及方法如下：

(1) 将三脚架的脚尖安插在观测点桩位的周围土地上, 如图 1-4 所示。调节脚架螺旋, 使三脚架顶面基本水平 (它到地面的高度不宜超过观测者的下颚), 同时使三脚架顶面中心大致对准观测点, 然后再将经纬仪轻轻地放在脚架面上, 并用中心螺旋连接好。

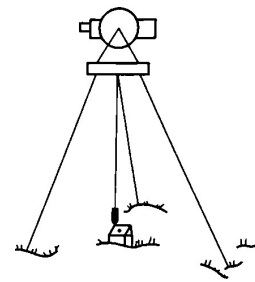


图 1-4 经纬仪对中

(2) 用两手各持三脚架的一脚, 使仪器进退或左右移动, 同时用光学对中器基本对准观测点, 并保持水平度盘略成水平。

(3) 均匀用力依次将三脚架踩入土中, 若光学对中器中心与观测点距离较小, 可松动中心螺旋, 在脚架面上滑动仪器, 用光学对中器对准桩上的小钉, 拧紧中心螺旋。

2. 整 平

整平 (也称置平) 是使照准部上的水准管在任何方位时, 管内的气泡最高点与管壁上刻划线的中点重合, 亦称气泡居中。此时仪器的竖轴垂直、水平度盘居于水平位置。整平的操作方法如下:

(1) 拧松照准部的制动螺旋, 使其水准管大致处于与脚螺旋 1、2 的连线平行的位置, 如图 1-5 (a) 所示, 然后两手同时向内 (或向外) 旋转脚螺旋 1 和 2, 使水准管的气泡居中 (气泡移动的方向与左手拇指运动的方向一致)。

(2) 转动照准部, 使水准管处于垂直脚螺旋 1、2 连线的位置, 如图 1-5 (b) 所示。单独旋转脚螺旋 3, 使气泡居中。上述两个方位的操作须反复多次, 才能使水准管的气泡在任何方位都居中。

对中和整平要反复进行, 直到两项均达到指标为止。

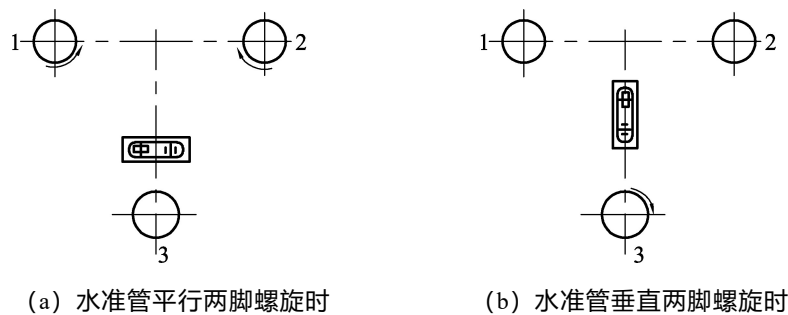


图 1-5 整平时的方法

3. 望远镜的组成与使用

1) 望远镜的组成

望远镜的主要作用是使观测者能清楚地瞄准目标。它由物镜、调焦透镜、十字丝分划板及目镜筒组成, 如图 1-6 所示。

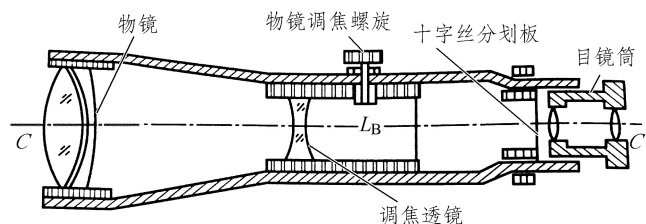


图 1-6 望远镜的组成

物镜面对被观测的物体，由两片或两片以上不同形状的透镜组成，其作用是将远处目标形成缩小的实像。调焦透镜位于物镜与十字丝分划板之间，可使不同距离的目标在十字丝面上清晰的成像。十字丝分划板是安装在望远镜物镜成像面上的固定标志线，一般是在玻璃平板上刻成相互垂直的细线，装在金属的十字丝环上而成，如图 1-7 所示。

十字丝分划板的作用是用来确定视线的位置并精确照准目标用的。通过十字丝中心与物镜光心的连线称为视准轴，通常简称视线。中间的竖丝是用来瞄准目标测定水平方向的位置，横丝是用来测定竖直方向的位置和对标尺读数的。标准位置上、下两条与横丝平行的短丝称为“视距丝”，可以测定距离。望远镜观测时靠近眼睛的透镜称为目镜。它的作用是把十字丝分划板上的影像放大并清晰显示，供人眼观察。

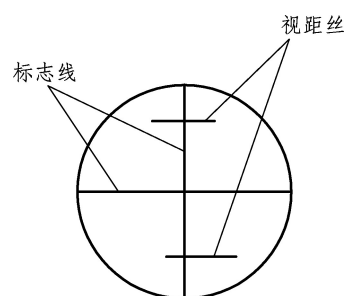


图 1-7 十字丝分划板

2) 望远镜的使用

(1) 照准用望远镜的十字丝（横丝或竖丝）对准观测目标称为照准。照准目标的步骤如下：

① 目镜调焦。把望远镜对着明亮的背景，转动目镜进行调焦，直至十字丝的分划线看得十分清楚为止。

② 照准目标。松开望远镜制动螺旋，转动望远镜，利用望远镜筒上的缺口和准心照准目标后，拧紧制动螺旋。

③ 物镜调焦。从望远镜内观察目标，转动调焦螺旋，使目标成像清楚，再转动微动螺旋，使十字丝精确照准目标。

④ 消除视差。物镜调焦后应使目标的像位于十字丝分划板上，否则，当眼睛靠近目镜上下微微晃动时，可发现十字丝和目标之间有相对移动，如图 1-8 所示这种现象称为视差现象。它会影响读数的正确性，必须加以消除。消除的方法是：仔细反复地交替调节目镜和物镜调焦螺旋，直至成像稳定、读数不变为止。

(2) 精确整平。调节转动微倾螺旋，速度要慢而均匀，使长水准气泡精确居中。

(3) 读数。在精确整平的前提下，方可读数。应注意：转动望远镜后，每次都要重新使用微倾螺旋调整，使长水准气泡居中后，再进行读数。

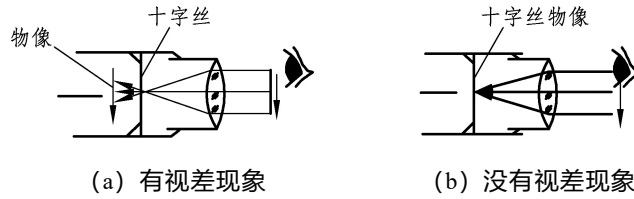


图 1-8 视差现象

(4) 记录和计算。记录工作的基本要求：所测得的数据要记录在规定的表格中，字体端正清楚，记录时间及时，数据真实可靠，计算核对限差无误，数据真实可靠是最基本的要求，只有将后视读数、前视读数分别记入规定位置并绝不容许涂改读数等，才可最大限度地减少各个环节中可能发生的差错，保证结果的精度。

(三) 水平角测量

1. 水平角的概念

水平角是空间两相交直线投影到水平面上所形成的夹角，水平角角值为 $0^\circ \sim 360^\circ$ ，如图 1-9 所示。

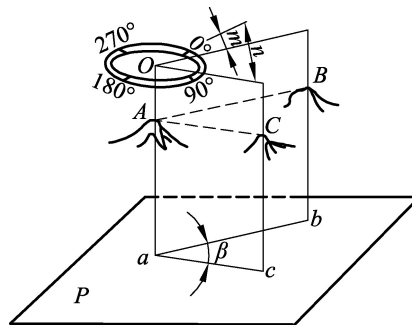


图 1-9 地面点间的水平角

设 A 、 B 、 C 是地面任意三个不同高程的点，自 A 到 B 、 C 两个目标的方向线为 AB 和 AC ，将这三点沿铅垂线方向投影到同一平面 P 上，得 a 、 b 、 c 三点。在 P 平面上 ab 和 ac 的夹角 β ，称为水平角。它等于通过 AB 和 AC 的两个竖直面之间所夹的二面角。二面角的棱线 $A\alpha$ 是一条铅垂线，垂直于 $A\alpha$ 的任一水平面与两个竖直面的交线均可用来量度水平角 β 。设想在两个竖直面的交线上任意一点 O 处水平放置一个带有顺时针刻划的度盘，使度盘中心位于 AO 铅垂线上，通过 OB 和 OC 的两个竖直面在度盘截得读数为 m 和 n ，则两读数之差即为水平角值，即

$$\beta = n - m \quad (1-1)$$

由于经纬仪的望远镜能绕竖轴旋转，其竖丝可以瞄准任何水平方向，因此只要将经纬仪安置在 $A\alpha$ 铅垂线的任意位置，就能够测出两竖直面的方向，由目镜中读出水平角（即两面角）值。

2. 水平角的观测方法

常用的水平角观测方法有测回法和全圆测回法。下面介绍常用的当观测目标不多于 3 个时的测回法测角方法。如图 1-10 所示，要测出 AB、BC 两方向间的水平角 β ，按下列步骤进行观测：

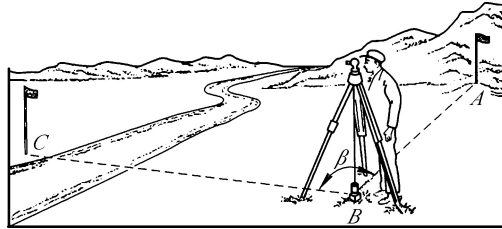


图 1-10 水平角观测

(1) 盘左位置（竖直度盘在望远镜左边）瞄准左目标 C，得读数 c_1 ，或者通过转盘手轮等装置，使读数窗读数为 $0^{\circ}00'00''$ 或接近 $0^{\circ}00'00''$ ，该步骤叫作水平度盘置零。

(2) 松开照准部制动螺旋，瞄准右目标 A，得读数 α_1 ，则盘左位置所得半测回角值为

$$\beta_L = \alpha_1 - c_1 \quad (1-2)$$

(3) 倒转望远镜成盘右位置（竖直度盘在望远镜右边），瞄右目标 A，得读数 α_2 。

(4) 瞄准左目标 C，得读数 c_2 ，则盘右半测回角值为

$$\beta_R = \alpha_2 - c_2 \quad (1-3)$$

对于盘左、盘右的概念要明确，是常用术语。利用盘左、盘右两个位置观测水平角，可以抵消仪器误差对测角的影响，同时可作为观测中是否有错误的检核。对于用 DJ6 级光学经纬仪，如果 β_L 与 β_R 的差数不大于 $40''$ ，则取盘左、盘右角值的平均值作为最后结果。

表 1-1 所示为测回法实测记录。

表 1-1 测回法

测站	目标	竖直度盘位置	水平度盘读数	半测回角值	一测回平均值	备注
B	C	左	$0^{\circ}20'46''$	$125^{\circ}14'14''$	$125^{\circ}14'19''$	
	A		$125^{\circ}35'00''$			
	C	右	$180^{\circ}21'18''$	$125^{\circ}14'24''$		
	A		$305^{\circ}35'42''$			

水平度盘刻度是按顺时针方向注记，因此计算水平角值时，总是以右边方向的读数（设观测者站在欲测角顶点的外面，面对这个角度）减去左边方向的读数。

3. 水平角观测注意事项

(1) 三脚架要踩实，仪器高度要和观测者的身高相适应；仪器与脚架的连接应牢固，操作仪器时不要用手扶三脚架，使用各种螺旋时用力要轻。

(2) 要精确对中，特别是观测短边时，尤其要严格要求。观测短边时的对中精度对角值影响大。

(3) 当观测目标间高低相差较大时，更要注意仪器整平。

(4) 照准标志要竖直，尽可能用十字丝交点瞄准标杆或测钎的底部。

(5) 记录要清楚，不得擦涂，当场计算检核，发现错误需立即重测。

(6) 水平角观测中，不得再调整照准部水准管。若气泡偏离中央 2 格，须重新整平观测。

(四) 竖直角测量

1. 竖直角测量原理

竖直角是同一竖直面内视线与水平线间的夹角，如图 1-11 所示， OO' 为水平线；视线 OM 向上倾斜，竖直角为仰角，用正号表示；视线 ON 向下倾斜，竖直角为俯角，用负号表示。

根据竖直角度的结构特点，经纬仪上的竖直角盘是固定在望远镜横轴一端上的，竖直角度的平面与横轴相垂直。当望远镜瞄准目标面在竖直面内转动时，它便带动竖直角盘在竖直面内一起转动。竖直角盘指标是同竖直角盘水准管连接在一起的，不随望远镜转动。

测竖直角时，在 O 点处设一竖直角盘，竖直角盘水准管气泡居中，视线水平时，“盘左”读数为 90° ，“盘右”读数为 270° 。当观测目标 M 时，“盘左”读数为 L ，“盘右”读数为 R ，则

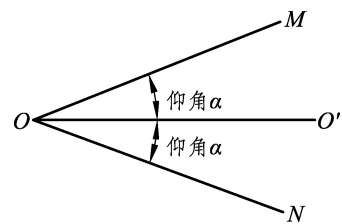


图 1-11 竖直角示意图

$$\alpha_L = 90^\circ - L \quad (1-4)$$

$$\alpha_R = R - 270^\circ \quad (1-5)$$

一测回的竖直角为

$$\alpha = \frac{1}{2}(\alpha_L + \alpha_R) \quad (1-6)$$

2. 竖直角观测方法

1) 安置仪器

如同水平角观测方法安置经纬仪的操作步骤一样，将经纬仪安置于测站点 O 上，进行对中和整平。

2) 照准目标并读数

“盘左”位置，以十字丝横丝精确瞄准目标 M ，调整竖直角盘水准管微动螺旋使水准管