

水准仪经纬仪使用方法详细图解

水准测量

基本知识

1.水准测量原理

工程上常用的高程测量方法有几何水准测量、三角高程测量、GPS 测高及在特定对象和条件下采用的物理高程测量，其中几何水准测量是目前高程测量中精度最高、应用最普遍的测量方法。

如图 2-1 所示，设在地面 A、B 两点上竖立标尺（水准尺），在 A、B 两点之间安置水准仪，利用水准仪提供一条水平视线，分别截取 A、B 两点标尺上读数 a、b，显然

$$H_A - a = H_B - b$$

A、B 两点的高差 h_{AB} 可写为

$$h_{AB} = \tilde{a} - b$$

A 点高程 H_A 已知， 求出 B 点高程

$$H_B = H_A - h_{AB}$$

我们规定 A 点水准尺读数 a 为后视读数，B 点水准尺读数 b 为前视读数。

图 2-1

如果 A、B 两地距离较远时，可以用连续水准测量的方法。中间可设置转点 TP（临时高程传递点，须放置尺垫），如图 2-2 所示

$$h_1 = a_1, \quad h_2 = \tilde{a}_2 - b_2, \quad \dots, \quad h_n = \tilde{a}_n - b_n$$

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + \dots + h_n = \tilde{a}_i - b_i$$

于是，可以求得 A、B 之间的高程差

$$h_{AB} = \tilde{a}_i - b_i$$

B 点高程

$$H_B = H_A - h_{AB}$$

图 2-2

2.水准仪介绍:

水准仪是提供水平视线的仪器，按精度分，水准仪通常有 DS05、DS1、DS3 等几种。其中“D”和“S”分别为“大地”和“水准仪”首字汉语拼音的首字母，而下标是仪器的精度指标，即每千米测量中的偶然误差（以 mm 为单位）。目前常用的水准仪从构造上可分为两大类：利用水准管来获得水平视线的“微倾式水准仪”和利用补偿器来获得水平视线的“自动安平水准仪”。此外，还有一种新型的水准仪——“电子水准仪”，它配合条形码标尺，利用数字化图像处理的方法，可自动显示高程和距离，使水准测量实现了自动化。

水准仪主要由望远镜、水准器、基座三部分组成。

(1) DS3 微倾式水准仪

1.仪器介绍

图 2-3 DS3 微倾式水准仪

1-物镜；2-目镜；3-调焦螺旋；4-管水准器；5-圆水准器；
6-脚螺旋；7-制动螺旋；8-微动螺旋；9-微倾螺旋；10-基座

2. DS3 微倾式水准仪的使用

(1) 安置水准仪

在测站上松开架腿的蝶形螺旋，按需要调整架腿的长度，将螺旋拧紧。将三脚架张开，使架头大致水平，并将架脚脚尖踩入土中。然后把水准仪从箱中取出，将其固连在三脚架上。

(2) 认识水准仪

指出仪器各部件的名称，了解其作用并熟悉其使用方法；同时弄清水准尺的分划与注记。

(3) 粗略整平水准仪

按“左手拇指规则”，先用双手同时反向旋转一对脚螺旋，使圆水准器气泡移至中间，再转动另一只脚螺旋使气泡居中。通常需反复进行。

(4) 瞄准水准尺

瞄准水准尺的步骤是：转动目镜对光螺旋，使十字丝清晰；松开水平制动螺旋，转动望远

镜，通过望远镜上的缺口和准星初步瞄准水准尺，固定水平制动螺旋；转动物镜对光螺旋，使水准尺分划清晰；旋转水平微动螺旋，使水准尺影像的一侧靠近于十字丝竖丝（便于检查水准尺是否竖直）；眼睛略作上下移动，检查十字丝与水准尺分划像之间是否有相对移动（视差）；如果存在视差，则重新进行目镜与物镜对光，消除视差。

（5）精确整平水准仪

转动微倾螺旋，使符合水准器气泡两端的像吻合。注意微倾螺旋转动方向与符合水准管左侧气泡移动方向的一致性。

（6）读数

用十字丝中丝在水准尺上读取 4 位读数。读数时，先估读毫米数，然后按米、分米、厘米及毫米一次读出。

（2）自动安平水准仪

自动安平水准仪与微倾式水准仪的区别在于：自动安平水准仪没有水准管和微倾螺旋，而是在望远镜的光学系统中装置了补偿器。

1. 视线自动安平的原理

当圆水准器气泡居中后，视准轴仍存在一个微小倾角 α ，在望远镜的光路上安置一补偿器，使通过物镜光心的水平光线经过补偿器后偏转一个 β 角，仍能通过十字丝交点，这样十字丝交点上读出的水准尺读数，即为视线水平时应该读出的水准尺读数。

由于无需精平，这样不仅可以缩短水准测量的观测时间，而且对于施工场地地面的微小震动、松软土地的仪器下沉以及大风吹刮等原因，引起的视线微小倾斜，能迅速自动安平仪器，从而提高了水准测量的观测精度。

2. 自动安平水准仪的使用

自动安平水准仪的使用方法较微倾式水准仪简便。安置仪器后，只需用脚螺旋使圆水准气泡居中，完成仪器的粗略整平，即可用望远镜照准水准尺直接读数。由于补偿器有一定的补偿范围，所以使用自动安平水准仪时，要防止补偿器贴靠周围的部件，保证其处于自由悬挂状态。有的仪器在目镜旁有一按钮，它可以直接触动补偿器。读数前可轻按此按钮，以检查补偿器是否处于正常工作状态，也可以消除补偿器轻微的贴靠现象。如果每次触动按钮后，水准尺读数变动后又能恢复原有读数，则表示工作正常。如果仪器上没有这种检查按钮，则可用脚螺旋使仪器数轴在视线方向稍作倾斜，若读数不变则表示补偿器工作正常。由于要确

保补偿器处于工作范围 电子水准仪简介

电子水准仪的主要优点是：

- (1) 操作简捷，自动观测和记录，并立即用数字显示测量结果。
- (2) 整个观测过程在几秒钟内即可完成，从而大大减少观测错误和误差。
- (3) 仪器还附有数据处理器及与之配套的软件，从而可将观测结果输入计算机进入后处理，实现测量工作自动化和流水线作业，大大提高功效。

1. 电子水准仪的观测精度

电子水准仪的观测精度高，如瑞士徕卡公司开发的 NA2000 型电子水准仪的分辨力为 0.1mm，每千米往返测得高差中数的偶然中误差为 2.0mm；NA3003 型电子水准仪的分辨力为 0.01mm，每千米往返测得高差中

数的偶然中误差为 0.4mm。 2. 电子水准仪测量原理简述

与电子水准仪配套使用的水准尺为条形编码尺，通常由玻璃纤维或铟钢制成。在电子水准仪中装置有行阵传感器，它可识别水准标尺上的条形编码。电子水准仪摄入条形编码后，经处理器转变为相应的数字，

在通过信号转换和数据化，在显示屏上直接显示中丝读数和视距。

3. 电子水准仪的使用（以南方电子水准仪 DL301 为例）

www.docin.com

量键来操作。由目标 30

使用方法： 应使用配套的 E 型铝制三脚架或宽框三脚架，或球头铝制三脚架。

1. 伸缩三脚架三条腿到合适的长度，并拧紧腿部中间部分固定螺帽。
2. 固紧三脚架头上的六角螺母，使三脚架腿不致于太松。将三脚架安置在给定点上，张开三脚架，使腿的间距约一米或脚架张角能保证三脚架稳定，先固定一个脚，再动其他二个脚使水准仪大致水平，如有必要可再伸缩三脚架腿的长度。
3. 将三脚架腿踩入地面内使其固定在地面上。

将仪器安装到三脚架头上

从仪器箱内小心取出仪器并安置到三脚架头上

1.将三脚架中心螺旋对准仪器底座上的中心，然后旋紧脚架上的中心螺旋直到将仪器固定在三架头上。

2.如果需要用水平度盘测定角度或设定一条线，则须用垂球将仪器精确地对中。

3.利用三个脚螺旋使圆水准器气泡居中，即置平仪器，若使用球头三脚架，则应先轻轻松开脚架中心螺旋，然后将仪器围绕三脚架头顶部转动使圆水准器泡居中，当气泡位于圈内即可旋紧脚架上的固定螺母。

安置仪器在给定点上(对中)

当仪器用于测角或定线，则该仪器必须用垂球精确安置在给定点上。

1.将垂球钩挂在三脚架中心螺旋的垂球架上。

2.然后将垂球线挂到垂球上，用滑动装置调节线的长度使垂球位于合适的高度上。

3.如果仪器未对准给定点，可将仪器移动到该点上，而无须改变三脚架腿与架头之间的关系。首先将三脚架大致安置到给定点上，使垂球偏离该点约在 1cm 以内，握住三脚架的两条腿，相对于第三条腿进行调节，使架头水平、高度适当，架腿张开合适可触及地面。

4.最后一边观察垂球和架头一边将每条架腿踩入地面内。

5.略微松开三脚架中心螺旋，在架头上轻轻移动仪器，使垂球正好对准给定点，然后将三脚架中心螺旋旋紧。

整平仪器

www.docin.com

1. 转动离圆水准器最远的两个脚螺旋，使圆水准器气泡位于和上述两个脚螺旋中心连线的垂线上(如下图

所示 2.然后旋转第三个脚螺旋，使气泡居中

如果气泡仍未严格居中，则应从头开始重复上述操作注:整平过程中不要触动望远镜

调节目镜

在测量操作之前，必须根据操作员的视力对望远镜目

镜进行调节

1.首先，按反时针方向旋转目镜调节环，此时十字丝可能变得模糊不清。

2.然后，按顺时针方向慢慢旋转目镜环，直到十字丝清晰可见。

照准与调焦

1.将望远镜对准标尺，观察提手把上的粗瞄器，使三角形标志的顶点对准标尺(如图所示)

2.其次，任意方向旋转调焦螺旋直到看清标尺。

3.最后，用水平微动螺旋精确照准标尺，详情见“标尺的调焦与照准”

注:一旦水准仪已经调焦且瞄准标尺，即可一边左、右移动眼睛一边通过望远镜观察，按此此时十字丝和标尺之间不会出现偏离，若有偏离(视差)，则应仔细调焦仪器或调节目镜，以使消除调焦误差。

实验目的

1. 进一步熟悉水准仪的构造及使用方法。
2. 学会普通水准测量的实际作业过程。
3. 掌握水准测量的闭合差调整方法及求出待定点高程。

实验仪器

1. 仪器室领取：S3BZ 水准仪一台，水准尺一把，记录板一块。
2. 自备：铅笔、草纸。

实验 注意事项

1. 水准测量工作要求全组人员紧密配合，互谅互让，禁止闹意见。
2. 每次读数前，要消除视差，并使水准气泡居中。
3. 转点的立尺位置，在本站读出后视与下站读出前视之前不能移动。扶尺者要将尺扶直，与观测人员配合好。
4. 中丝读数一律取四位有效数字，“0”不可省略。
5. 记录手簿数据，如果错误不准用橡皮擦改，可以划掉，在旁边改正。
6. 每站水准仪置于前、后尺距离基本相等处，以消除或减少视准轴不平行于水准管轴的误差及其它误差的影响。

记录表格

表 1-1 水准测量记录表

资环学院__级__班__组 观测者： 仪器： 记录者：

天气： 日期：

表 1-2 水准线路调整和计算

经纬仪的认识与使用

基本知识

1. 角度测量原理

角度测量包括水平角测量和竖直角测量。

(1) 水平角定义

从一点出发的两空间直线在水平面上投影的夹角即二面角，称为水平角。其范围：顺时针 $0^\circ \sim 360^\circ$ 。如图所示，B 点到 A、C 两目标的方向线 AB 和 AC 在某水平面上的垂直投影 B1C1 和 B1A1 的夹角 $\angle C1B1A1$ 即为水平角 β 。由此可见，地面上任意两直线间的水平夹角，就是通过两直线所作铅垂面间的两面角。

(2) 竖直角定义

在同一竖直面内，目标视线与水平线的夹角，称为竖直角。其范围在 $0^\circ \sim \pm 90^\circ$ 之间。如图当视线位于水平线之上，竖直角为正，称为仰角 ($\alpha > 0$)；反之当视线位于水平线之下，竖直角为负，称为俯角 ($\alpha < 0$)。

2. 光学经纬仪

经纬仪是用于角度测量的仪器。所谓光学经纬仪，主要指其度盘和读数系统是采用玻璃制成的。我国生产的经纬仪型号用“DJ”表示，“D”，“J”分别代表“大地测量”和“经纬仪”。紧跟其后的下标阿拉伯数字代表仪器的精度。经纬仪的精度使用测量水平方向一个测回的中误差来表征的。例如：DJ6 表示用此仪器测一个测回的方向中误差为 6"的经纬仪型号。工程测量常用 DJ6 级。

(1) 光学构造

经纬仪的构造可以分为照准部、水平度盘和基座三部分，如图所示为 DJ6 光学经纬仪外形。

1. 照准部

照准部是指经纬仪水平度盘之上，能绕其旋转轴旋转部分的总称。照准部主要由竖轴、望远镜、竖直度盘、读数设备、照准部水准管和光学对中等组成。

(1) 竖轴 照准部的旋转轴称为仪器的竖轴。通过调节照准部制动螺旋和微动螺旋，可以控制照准部在水平方向上的转动。

(2) 望远镜 望远镜用于瞄准目标。另外为了便于精确瞄准目标，经纬仪的十字丝分划板与水准仪的稍有不同，如图 3-3 所示。

图 经纬仪的十字丝分划板

望远镜的旋转轴称为横轴。通过调节望远镜制动螺旋和微动螺旋，可以控制望远镜的上下转动。

望远镜的视准轴垂直于横轴，横轴垂直于仪器竖轴。因此，在仪器竖轴铅直时，望远镜绕横轴转动扫出一个铅垂面。

www.docin.com

(3) 竖直度盘 竖直度盘用于测量垂直角，竖直度盘固定在横轴的一端，随望远镜一起转动。

(4) 读数设备 读数设备用于读取水平度盘和竖直度盘的读数。

(5) 照准部水准管 照准部水准管用于精确整平仪器。水准管轴垂直于仪器竖轴，当照准部水准管气泡居中时，经纬仪的竖轴铅直，水平度盘处于水平位置。

(6) 光学对中环 光学对中环用于使水平度盘中心位于测站点的铅垂线上。

2. 水平度盘

水平度盘是用于测量水平角的。它是由光学玻璃制成的圆环，环上刻有 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 的分划线，在整度分划线上标有注记，并按顺时针方向注记，其度盘分划值，为 1° 或 $30'$ 。

水平度盘与照准部是分离的，当照准部转动时，水平度盘并不随之转

动。如果需要改变水平度盘的位置，可通过照准部上的水平度盘变换手轮，将度盘变换到所需要的位置。

3. 基座

基座用于支承整个仪器，并通过中心连接螺旋将经纬仪固定在三脚架上。基座上有三个脚螺旋，用于整平仪器。在基座上还有一个轴座固定螺旋，用于控制照准部和基座之间的衔接。

(2) 读数方法

图 分微尺测微器读数

度盘上小于度盘分划值的读数要利用测微器读出，DJ6 型光学经纬仪一般采用分微尺测微器。如图 3-4 所示，在读数显微镜内可以看到两个读数窗：注有“水平”或“H”的是水平度盘读数窗；注有“竖直”或“V”的是竖直数窗。每个读数窗上有一分微尺。

分微尺的长度等于度盘上 1° 影像的宽度，即分微尺全长代表 1° 。将分微尺分成 60 小格，每 1 小格代表 $1'$ ，可估读到 $0.1'$ ，即 $6''$ 。每 10 小格注有数字，表示 $10'$ 的倍数。

读数时，先调节读数显微镜目镜对光螺旋，使读数窗内度盘影像清晰，然后，读出位于分微尺中的度盘分划线上的注记度数，最后，以度盘分划线为指标，在分微尺上读取不足 1° 的分数，并估读秒数。如图 3-4 所示，其水平度盘读数为 $164^\circ 06' 36''$ ，竖直度盘读数为 $86^\circ 51' 36''$ 。

2. 电子经纬仪

电子经纬仪与光学经纬仪的根本区别在于它用微机控制的电子测角系统代替光学读数系统。其主要特点是：

(1) 使用电子测角系统，能将测量结果自动显示出来，实现了读数的自动化和数字化。

(2) 采用积木式结构，可与光电测距仪组合成全站型电子速测仪，配合适当的接口，可将电子手簿记录的数据输入计算机，实现数据处理和绘图自动化。

1. 电子测角原理简介

电子测角仍然是采用度盘来进行。与光学测角不同的是，电子测角是从特殊格式的度盘上取得电信号，根据电信号再转换成角度，并且自动地以数字形式输出，显示在电子显示屏上，并记录在储存器中。电子测角度盘根据取得电信号的方式不同，可分为光栅度盘测角、编码度盘测角和电栅度盘测角等。

2. 电子经纬仪的性能简介

电子经纬仪采用光栅度盘测角，水平、垂直角度显示读数分辨率为 1"，测角精度达 2"。DJ D2 装有倾斜传感器，当仪器竖轴倾斜时，仪器会自动测出并显示其数值，同时显示对水平角和垂直角的自动校正。仪器的自动补偿范围为 $\pm 3'$ 。

3. 电子经纬仪的使用（以 DZJ5 为例）

DZJ5 电子经纬仪使用时，首先要在测站点上安置仪器，在目标点上安置反射棱镜，然后瞄准目标，最后在操作键盘上按测角键，显示屏上即显示角度值。

1.提把固定螺钉 2.调焦手轮 3.分划板座 4.目镜座 5.目镜罩 6.垂直微动手轮 7.垂直制动手轮 8.键盘 9.光学对中器 10.三角底板 11、脚螺旋 12、圆水泡 13、基座固定把 14、液晶显示器 15、测距仪接口 16、横轴中心标记 17、粗瞄器座 18、提把 19、粗瞄器 20、照准部 21、物镜

22、电子手簿接口 23、长水泡改正螺钉 24、三角座

25、圆水泡改正螺钉 26、水平制动手轮 27、水平微动手轮 28、电池盒 29、长水泡

30、分划板照明转换手轮

23

27 26 25

注 1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

13 12 11 18 17 16 15 14

19 20 21 22

29 28 30

安放仪器

摆好三脚架，仪器放在三脚架上，拧紧中心螺旋。

圆水泡整平

旋转三个脚螺旋（图一、11），使气泡居中。（如图五）

长水泡整平

使长水泡（图一、29）与任意二个脚螺旋连线平行（如图六），旋转这二个脚螺旋使气泡居中。把长水泡转 90°，与上述二个脚螺旋连线垂直，旋转第三个脚螺旋，使气泡居中。

重复上述步骤，使仪器全周转动时，长气泡居中（允许偏离中心 1/4 格）。

光学对中

轻轻松开中心螺旋，平移仪器，使地面目标与光学对中器（图一、9）分划板中心重合（如图七）。然后

拧紧中心螺旋。

检查长水泡居中

按 6.3 方法检查长水泡，如发现气泡偏离中心，依上述步骤精确整平长水泡居中。即准备工作完成。 视距丝测距

利用望远镜中分划板上的视距丝读取标尺上的读数 L ，用 L 乘以仪器的乘常数 100，即为仪器和标尺实际距离（如图八）。

具体键盘操作方法参加说明书。

www.docin.com

实验目的

1. 认识经纬仪的一般构造。
2. 练习经纬仪对中、整平、瞄准和读数的方法，掌握基本操作要领。
3. 根据本组所测的水平角结果，推算所测变的坐标方位角，起始方向为本组测站和左尺两点连线方向，对应坐标方位角按表 A 给出的成果计算。

实验仪器

1. 仪器室领取：DJ6 型光学经纬仪一台，记录板一块。

2. 自备：铅笔，草纸。

实验内容

1. 实验地点在二馆前，如图一所示。注意各组测站点的位置仍与实验一相同。

2. 在实验场地上选好本组对应点后，以二馆二楼窗棱上三个塔尺中线为瞄准目标方向，并由此进行组合水平角观测。

3. 首先应熟悉经纬仪结构和安置、读数方法，然后每个人选择一个夹角（共有三个夹角可选，1 尺和 2 尺，1 尺和 3 尺，2 尺和 3 尺）用测回法测其水平角一个测回，并完成记录。

4. 本实验学时为 4 学时。

实验步骤

1. 架设仪器：将经纬仪放置在架头上，使架头大致水平，旋紧连接螺旋。

2. 熟悉仪器各部件的名称和作用。

3. 对中：目的是使仪器中心与测站点位于同一铅垂线上。采用光学对中器对中时，整平和对中是相互影响的。首先将仪器大略整平，光学对中器大致在测站点铅垂线上。然后旋转对中器目镜，使十字分划板清晰，再调焦。将仪器在脚架顶上平移，使分划板中心与测站标志中心重合，这时整平必定被破坏，需要再一次整平。注意，这一次不要用脚螺旋整平，而是伸缩三脚架的架腿，这样整平时，基本不会破坏对中（这一点非常重要）。如此反复 2-3 次，最后旋紧中心螺旋。

3. 整平：目的是使仪器竖轴铅垂，水平度盘水平。转动照准部，使水准管平行任意一对脚螺旋，同时相对旋转这对角螺旋，使水准管气泡居中；将照准部绕轴旋转 90° ，旋转第三只脚螺旋，使气泡居中。再旋转 90° ，检查气泡误差，直到小于分划丝一格为止。

4. 瞄准与读数：

① 目镜对光：目镜调焦使十字丝清晰。

② 瞄准和物镜对光：粗瞄目标，物镜调焦使目标清晰。注意消除视差。精瞄目标。转动望远镜和照准部的微动螺旋，使目标被单根竖丝平分，或将目标夹在两根竖丝中央。

③ 读数：调整照明反光镜，使读数窗亮度适中，旋转读数显微镜的目镜使刻划线清晰，然后读数。

4. 测回法测水平角

盘左：虚准左目标 A（左尺 L），进行读数记 a_1 ，顺时针方向转动照准部；虚准右目标 B（右尺 R），进行读数记 b_1 ，计算上半测回角值 $\beta_{\text{左}} = b_1 - a_1$ 。

盘右：虚准右目标 B，进行读数记 b_2 ，逆时针方向转动照准部，瞄准目标 A，进行读数记 a_2 ，计算下半测回角值 $\beta_{\text{右}} = b_2 - a_2$ 。检查上、下半测回角值互差是否超限，如符合要求，则计算一测回角值 $\beta = (\beta_{\text{左}} + \beta_{\text{右}}) / 2$

注意事项

1. 经纬仪是精密仪器，使用时要十分谨慎小心，各个螺旋要慢慢转动。不能大幅度地、快速地转动照准部及望远镜。微动螺旋的有效范围不大，不可一味单向旋进或旋出。使用时应有“轻重感”，如稍有阻滞感，就要反方向适当旋转微动螺旋，然后放松制动螺旋重新瞄准目标。

2. 瞄准塔尺目标时，尽可能瞄准其底部。（即十字丝交点的水准尺读数为 2.1 米附近）
3. 测量过程中，要严格按测回法的要求进行测量，不能随意涂改测量数据。
4. 观测过程中水准管气泡偏离中心应小于 2 格，在一测回观测时，不得用脚螺旋调整气泡位置。
5. 当一个人操作时，其他人员只作语言帮助，不能多人同时操作一台仪器。
6. 没人至少要观测出一个合格的水平角。

记录表格

表 2-1 测回法测量水平角记录表

土木水利学院__级__班__组 仪器： 观测者： 记录者：
根据实测的水平角推算的坐标方位角(平均值): α _____ = _____° _____' _____"

天气： 日期：