

情境二

水准测量



情境引入

广州市轨道交通工程 2010 年建设线路覆盖面大,北至嘉禾,南至南沙黄阁,东至黄埔经济开发区,西至芳村滘口。按设计方案,本工程水准网顾及了地铁的远期规划,如南部的南沙岛、北部的新机场、东部的科学城,留出了拓展延伸的余地。每条地铁线路基本上是一条水准线路的走向。本工程水准网由 16 个广州市二等水准点、已有的 24 个地铁水准点(1 号线、2 号线、3 号线、4 号线、广佛线)和 132 个新埋设的水准点构成。根据二等水准网应布设成闭合环线的原则,新设的水准路线的起、终点均与广州市二等高程基准网的水准点连接。本工程水准网共 172 个水准点,组成 10 个水准闭合环,过河水准 23 处。

广州市轨道交通工程是优化广州交通网络、为广州经济提速的重大举措。该项工程穿越大量繁忙的地段,人多车多,给水准测量工作带来很多困难。



案例导航

水准测量是高程测量中最基本的且精度较高的一种测量方法,被广泛应用于国家高程控制测量、工程勘测和施工测量工作中。如何理解水准测量原理?水准测量仪器和工具有哪些?水准测量的方法是什么?需要重点掌握如下内容。

- (1) 水准测量的原理、仪器和工具;
- (2) 水准仪的构造及各部件的名称和作用;
- (3) 水准仪的基本操作方法;
- (4) 水准线路测量的外业、内业工作方法;
- (5) 水准仪的检验与校正方法。

1 单元1 水准测量仪器和工具的使用

知识目标

- (1) 了解水准测量的原理、仪器和工具；
- (2) 熟悉水准仪的构造及各部件的名称和作用；
- (3) 熟悉水准仪的检验与校正方法。

技能目标

- (1) 具备灵活应用水准测量的能力；
- (2) 能够熟练操作水准仪,并能正确进行检验校正。

基础知识

一、水准仪构造

水准仪是提供一水平视线,经测读水准标尺后测定地面点高差的仪器。水准仪按其精度分为 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 、 DS_{10} 、 DS_{20} 五个等级。“D”“S”分别为“大地测量仪器”“水准仪”汉语拼音的第一个字母,数字表示用这种仪器进行水准测量时,每千米往返观测的高差中误差,以 mm 为单位。建筑工程测量中通常使用 DS_3 型微倾式水准仪。

水准仪主要由望远镜、水准器及基座三部分组成。

水准测量所使用的仪器为水准仪,所使用的工具为水准尺和尺垫。我国生产的某 DS_3 型微倾式水准仪,构造如图 2-1 所示。

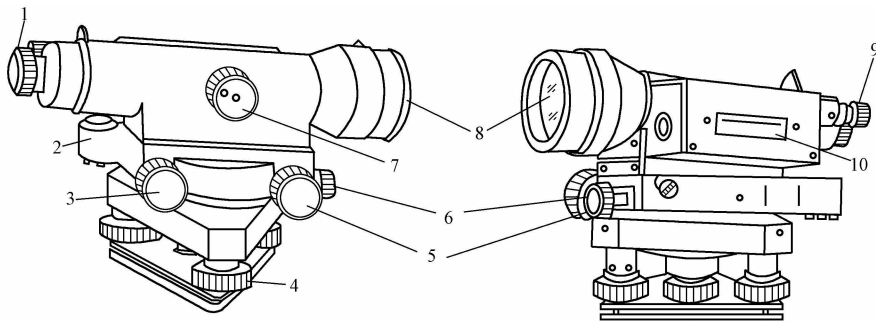



图 2-1 DS_3 型微倾式水准仪

- 扫  1—目镜对光螺旋;2—圆水准器;3—微倾螺旋;4—脚螺旋;
5—微动螺旋;6—制动螺旋;7—对光螺旋;
8—物镜;9—水准管气泡观察窗;10—管水准器

(一) 望远镜

望远镜的光学系统主要由物镜、调焦透镜、十字丝分划板及目镜组成,如图 2-2 所示。其主要作用是使我们看清远处的目标并提供一条照准读数用的视线。

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

chapter 12

chapter 13

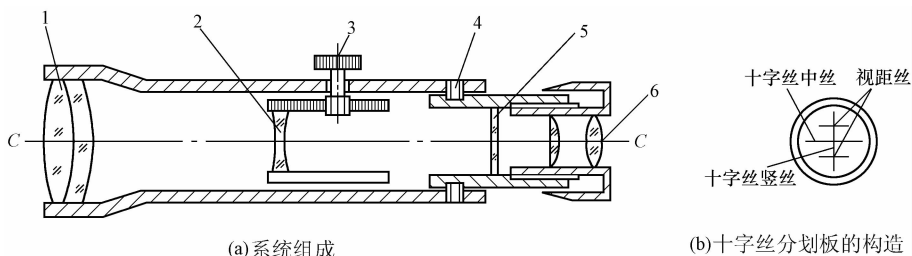


图 2-2 望远镜的光学系统
 1—物镜;2—对光透镜;3—对光螺旋;4—固定螺钉;
 5—十字丝分划板;6—目镜

望远镜的成像原理如图 2-3 所示。望远镜物镜和目镜的主光轴重合,相邻侧的焦点重合在一点。遥远天体 AB 到物镜的距离远大于物镜的二倍焦距,由凸透镜的成像规律知, AB 的像 $A'B'$ 到物镜的距离稍大于物镜的焦距,到目镜的距离稍小于目镜的焦距,所以通过目镜会看到 $A'B'$ 的放大的像。

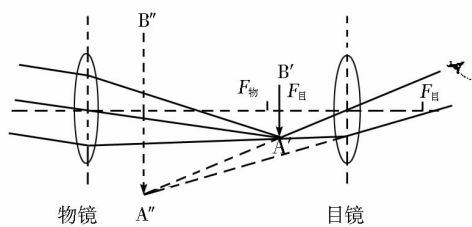


图 2-3 望远镜的成像原理

图左侧为口径极大的物镜,可收集来自远方的微弱光线,右侧为目镜,光线汇聚处为第一次成像处。根据凸透镜成像原理,此时观察的物,距物镜(即物距)大于两倍焦距,成缩小的像,这为第一次成像。

第一次成的像由于望远镜的设计,落在目镜的焦点之内,此时第一次成的像可视为目镜所观察的物。根据凸透镜成像原理,当物距小于一倍焦距时,凸透镜成放大的像,就相当于放大镜。这时,我们就可看清远处的物体了。

十字丝分划板的构造如图 2-2b 所示,在直径约 10 mm 的圆形平板玻璃上刻着互相垂直的两条细线,竖的一条称竖丝,横的一条称中丝,合起来称为十字丝。竖丝用来瞄准水平方向的位置,中丝用来瞄准垂直方向的位置。位于中丝上、下方的两条短横线称为上丝和下丝,统称为视距丝。十字丝的宽度只有千分之几毫米,一定要经目镜放大后,眼睛才能看清。测量望远镜是利用十字丝瞄准目标的,物镜光心和十字丝交点的连线 CC 称为视准轴。瞄准时视准轴方向就是视线。

(二)水准器

水准器是用来指示视准轴是否水平或仪器竖轴是否竖直的装置,有管水准器和圆水准器两种。

1. 管水准器

管水准器又称水准管,用来指示视准轴是否水平。它是一纵向内壁磨成圆弧形

(圆弧半径一般为 7~20 m) 的玻璃管,管内装有酒精和乙醚的混合液,加热融封冷却后留有一个气泡,如图 2-4a 所示。由于气泡较轻,所以其恒处于管内最高位置。圆弧的中点 O 称为水准管的零点,过零点的圆弧切线 LL_1 称为水准管轴。如果气泡中心位于零点,则水准管轴 LL_1 处于水平状态,此时称气泡居中。

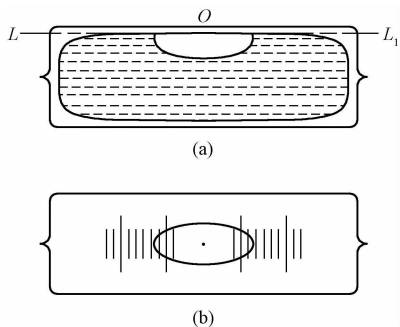


图 2-4 管水准器

在水准管的玻璃外表面刻有分划线,分别位于零点的左右两侧,并以零点为中心对称,如图 2-4b 所示。相邻两条分划线间圆弧长度为 2 mm。2 mm 圆弧所对的圆心角值称为水准管分划值 τ ,即

$$\tau = \frac{2\rho}{R} \quad (2-1)$$

式中 R ——水准管圆弧半径(mm);

$$\rho = 206\,265''。$$

τ 值的大小与水准管圆弧半径 R 成反比,半径愈大, τ 值愈小,灵敏度愈高。水准仪上水准管圆弧的半径一般为 7~20 m,所对应的 τ 值为 $20'' \sim 60''$ 。水准管的 τ 值较小,因而用于精平视线。

为了提高水准管气泡居中的精度,在水准管上方装有一组符合棱镜,如图 2-5a 所示。气泡两端的像通过棱镜的几次反射,到达望远镜目镜旁的气泡观察镜(窗)内,当气泡两端的像成一个光滑圆弧时,气泡正好居中,如图 2-5b 所示。若呈错开状态,则气泡不居中,如图 2-5c 所示。

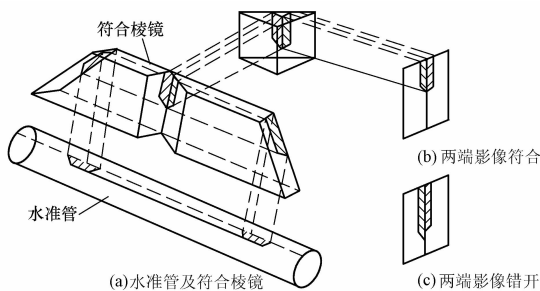


图 2-5 管水准器与符合棱镜

管水准器做俯仰微动,使气泡居中,与管水准器连在一起的望远镜筒也同时微倾,可实现视准轴水平。由于微倾螺旋的调节有一定限度,所以调节前要求仪器粗略水平。仪器要实现粗平,需借助于圆水准器。

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

chapter 12

chapter 13

2. 圆水准器

圆水准器由玻璃圆柱管制成,其顶面内壁为磨成一定半径的球面,中央刻有小圆圈,其圆心 O 为圆水准器的零点,过零点 O 的球面法线 $L'L'$ 为圆水准器轴,如图 2-6 所示。当圆水准器气泡居中时,圆水准器轴处于竖直位置;当气泡不居中,气泡偏移零点 2 mm 时,轴线所倾斜的角度值,称为圆水准器的分划值 τ' 。 τ' 一般为 $8' \sim 10'$ 。圆水准器的 τ' 值大于管水准器的 τ 值,它通常用于粗略整平仪器。

(三) 基座

基座主要由轴座、脚螺旋和底板构成。其作用是支撑仪器上部并与三脚架相连,仪器的上部通过竖轴插入轴座,竖轴在轴座内可以转动,三脚架的中心连接螺旋旋入底板,把基座固定在三脚架上。

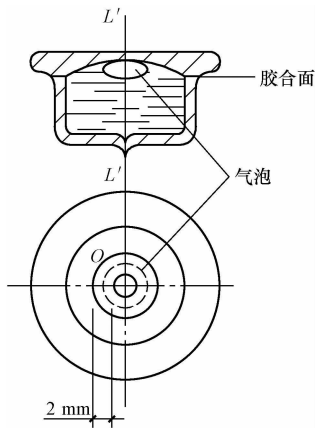


图 2-6 圆水准器

二、水准尺和尺垫

(一) 水准尺

水准尺是水准测量时使用的标尺,是水准测量的重要工具之一。水准尺采用经过干燥处理且伸缩性较小的优质木材制成,现在也有用玻璃钢或铝合金制成的。常用的水准尺有直尺和塔尺两种,如图 2-7 所示。

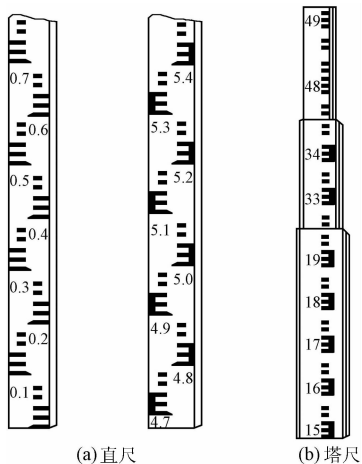


图 2-7 直尺和塔尺

小提示

直尺的尺长一般为 3 m,尺面每隔 1 cm 涂以黑白或红白相间的分格,每 1 dm 处皆注有数字。尺子底面钉有铁片,以防磨损。涂黑白相间分格的一面称为黑面,另一面为红白相间,称为红面。在水准测量中,水准尺必须成对使用。

每对直尺的黑面底部的起始数均为零,而红面底部的起始数分别为 4 687 mm 和 4 787 mm。为使水准尺更精确地处于竖直位置,多数水准尺的侧面装有圆水准器。

塔尺多用于等外水准测量,其长度有 2 m 和 5 m 两种,用两节或三节套接在一起。尺的底部为零点,尺上黑白格相间,每格宽度为 1 cm 或 0.5 cm,每 1 m 和每 1 dm 处均有注记。

(二) 尺垫

尺垫形状为三角形或圆形,一般用生铁铸成或用铁板制成,上有一突起的半圆形圆顶,下面有三个尖的支脚,如图 2-8 所示。在使用尺垫时一定要将三个支脚牢固地踩入土中,以防止水准标尺下沉和尺点变动。水准标尺立在半圆的顶端上,这样才能保证水准尺在转动时尺底和高程不变。

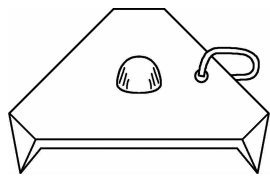


图 2-8 尺垫



三、水准测量原理与水准仪的检验与校正

(一) 水准测量原理

水准测量是利用水准仪提供的水平视线,根据水准仪在两点竖立的水准尺上的读数,先求得两点之间的高差,然后根据已知点的高程,推算出未知点的高程。

如图 2-9 所示,地面上有 A 、 B 两点,设 A 点为已知点,其高程为 H_A ; B 点为未知点,其高程 H_B 待测。在 A 、 B 两点之间安置一台水准仪,并在 A 、 B 两点上分别铅直竖立水准尺。用望远镜分别照准 A 、 B 点上的水准尺,根据水平视线在 A 点的尺上读取读数 a ,在 B 点的尺上读取读数 b ,则 A 、 B 两点间的高差为

$$H_{AB} = a - b \quad (2-2)$$

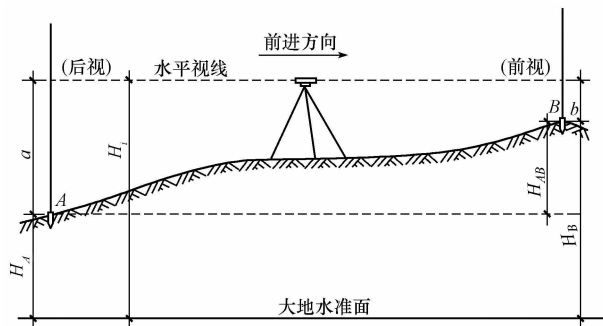


图 2-9 水准测量原理

通常把安置仪器的位置称为测站。在一个测站的水准测量中,高程已知点称为后视点,高程待定点称为前视点。

在图 2-9 中, A 点为后视点,称读数 a 为后视读数; B 点为前视点,称读数 b 为前视读数。则

$$H_{AB} = \text{后视读数} - \text{前视读数}$$

根据式(2-2)计算出的高差可能为正值也可能为负值,因此水准测量求得的高差必须用“+”或“-”号表示。当高差为正值时,说明前视点比后视点高;当高差为负值时,说明前视点比后视点低。在计算高程时,高差值须带符号一起进行运算。

B 点的高程 H_B 可由下式求得

$$H_B = H_A + H_{AB} = H_A + (a - b) \quad (2-3)$$

B 点高程也可用水准仪的视线高程 H_i 计算,即

$$\left. \begin{aligned} H_i &= H_A + a \\ H_B &= H_i - b \end{aligned} \right\} \quad (2-4)$$

在水准测量工作中,如果已知点到待定点之间的距离很远或高差很大,仅用一个

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

chapter 12

chapter 13

测站不可能测得其高差时,则应在两点间设置若干个测站。如图 2-10 所示,这种连续多次设站测定高差,最后取各站高差代数和求得 A、B 两点间高差的方法,叫作复合水准测量。

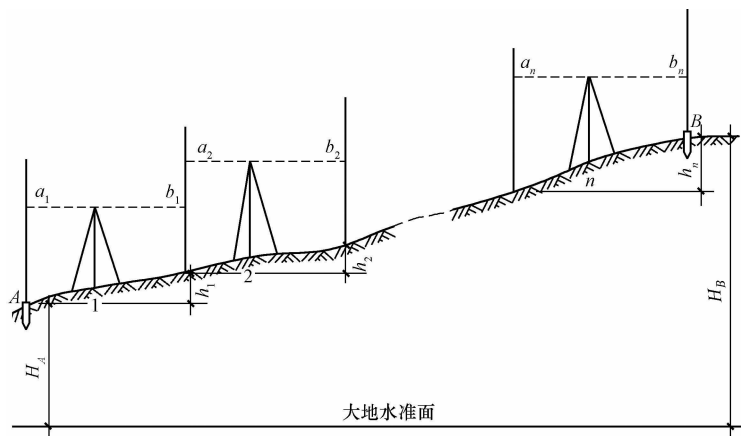


图 2-10 复合水准测量

如图 2-10 所示, A、B 两点间各测站的高差为 h_1, h_2, \dots, h_n 。根据式(2-2)可以计算出

$$\begin{aligned} h_1 &= a_1 - b_1 \\ h_2 &= a_2 - b_2 \\ &\vdots \\ h_n &= a_n - b_n \end{aligned}$$

则 A、B 两点的高差为

$$\begin{aligned} h_{AB} &= h_1 + h_2 + \dots + h_n \\ &= (a_1 - b_1) + (a_2 - b_2) + \dots + (a_n - b_n) \\ &= (a_1 + a_2 + \dots + a_n) - (b_1 + b_2 + \dots + b_n) \\ &= \sum a - \sum b \end{aligned}$$

B 点的高程为

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + (\sum a - \sum b) \quad (2-5)$$



知识链接

水准仪应满足的几何条件

根据水准测量原理,微倾式水准仪有四条主轴线,即望远镜的视准轴 CC 、水准管轴 LL 、圆水准器轴(水准盒轴) $L'L'$ 和仪器的竖轴 VV ,如图 2-11 所示。水准仪必须提供一条水平视线,才能正确地测出两点间的高差。为此,水准仪应满足的条件是:

- (1) 圆水准器轴 $L'L'$ 应平行于仪器的竖轴 VV ;
- (2) 十字丝的中丝(横丝)应垂直于仪器的竖轴;
- (3) 水准管轴 LL 应平行于视准轴 CC 。

上述条件在仪器出厂时一般能够满足,但由于仪器在运输、使用中会受到振动、磨损,轴线间的几何条件可能会发生变化。因此,在水准测量前,应对所使用的仪器按上述顺序进行检验与校正。

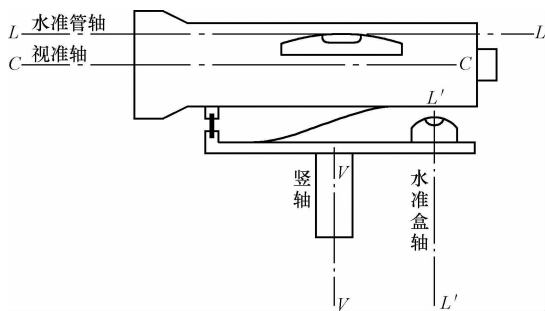


图 2-11 微倾式水准仪的四条主轴线

(二) 水准仪的检验与校正

1. 圆水准器轴平行于竖轴的检验和校正

(1) 检验。安装水准仪后,转动基座脚螺旋使圆水准器气泡居中,则圆水准器轴处于铅垂位置。若圆水准器轴不平行于竖轴,如图 2-12a 所示,设两轴的夹角为 α ,则竖轴偏离铅垂方向的夹角为 α 。将望远镜绕竖轴旋转 180° 后,竖轴位置不变,而圆水准器轴移到如图 2-12b 所示的位置,此时,圆水准器轴与铅垂线之间的夹角为 2α 。此角值的大小是由气泡偏离圆水准器零点的弧长表现出来的。因此,检验时,只要将水准仪旋转 180° 后发现气泡不居中,就说明圆水准器轴与竖轴不平行,需要校正。

(2) 校正。圆水准器的下面有 3 个校正螺钉,如图 2-13 所示,用校正针拨动圆水准器下面的三个校正螺钉,使气泡退回偏离中心距离的一半,此时圆水准器轴与竖轴平行,如图 2-12c 所示;再旋转脚螺旋使气泡居中,此时竖轴处于竖直位置,如图 2-12d 所示。此项工作需反复进行,直到仪器旋转至任何位置圆水准器气泡皆居中为止。

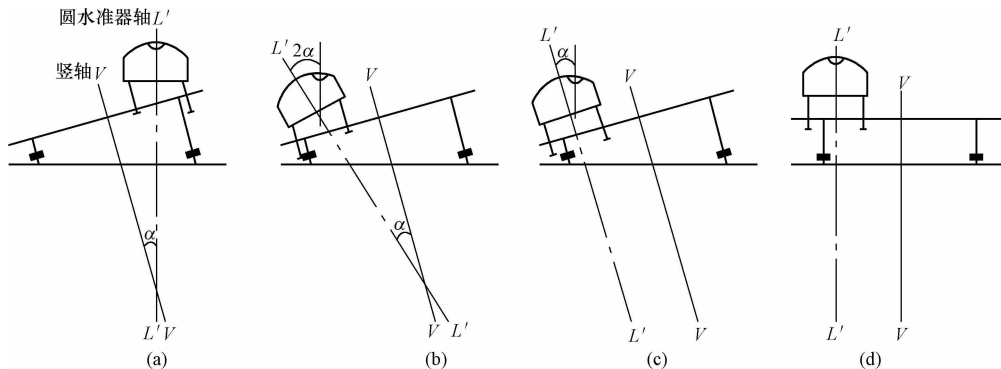


图 2-12 圆水准器轴平行于竖轴的检验与校正

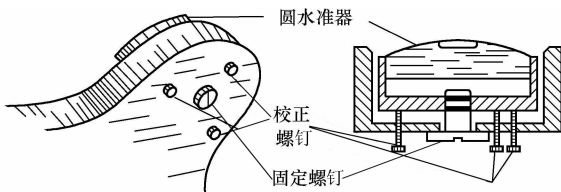


图 2-13 圆水准器的校正螺钉

chapter
01

chapter
02

chapter
03

chapter
04

chapter
05

chapter
06

chapter
07

chapter
08

chapter
09

chapter
10

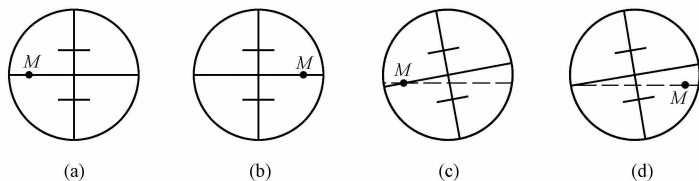
chapter
11

chapter
12

chapter
13

2. 十字丝中丝垂直于竖轴的检验和校正

(1) 检验。安置仪器后,先将中丝一端对准一个明显的点状目标 M ,如图 2-14a 所示;然后固定制动螺旋,转动微动螺旋,如果标志点 M 不离开中丝,如图 2-14b 所示,则说明中丝垂直于竖轴,不需要校正;否则,就需要校正,如图 2-14c、2-14d 所示。



扫一扫



图 2-14 十字丝中丝垂直于竖轴的检验

(2) 校正。旋下十字丝分划板护罩(见图 2-15a),用螺钉旋具松开四个压环螺钉(见图 2-15b),按中丝倾斜的反方向转动十字丝组件,再进行检验。如果 M 点始终在中丝上移动,表明中丝已经水平,最后拧紧四个压环螺钉即可。

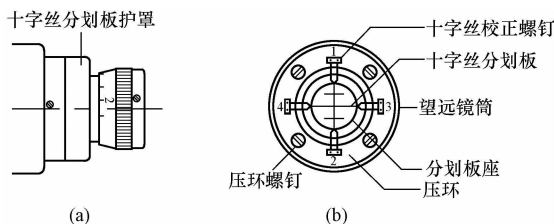


图 2-15 十字丝中丝的校正

3. 水准管轴平行于视准轴的检验和校正

(1) 检验。如果水准管轴与视准轴不平行,就会出现一个交角 i ,由 i 角的影响产生的读数误差称为 i 角误差,此项检验也称 i 角检验。具体检验方法为:在地面上选定两点 A 、 B ,将仪器安置在 A 、 B 两点中间,测出正确高差 h ,然后将仪器移至 A 点(或 B 点)附近,再测高差 h' ,若 $h = h'$,则水准管轴平行于视准轴,即 i 角为零;若 $h \neq h'$,则两轴不平行。

① 在较平坦的场地选择相距约 80 m 的 A 、 B 两点,在 A 、 B 两点放尺垫或打木桩。用皮尺丈量出 AB 的中点 C ,如图 2-16a 所示。

② 将水准仪安置在 C 点,测量高差 h_{AB} 。由于前、后视距相等,因此 i 角对前、后视读数产生的误差都相等,所以计算出的高差 h_{AB} 不受 i 角误差影响,即 $h_{AB} = a_1' - b_1' = (a_1' - x) - (b_1' - x)$ 。为了提高高差的观测精度,可采用两次仪器高差法。当两次高差之差不大于 3 mm 时,取平均值作为观测结果。

③ 将水准仪移到一个立尺点的附近,仪器与近尺的视距应稍大于仪器的最短视距,如图 2-16b 所示。测量 A 、 B 两点高差,读数分别为 a_2' 、 b_2' ,则 $h_{AB} = a_2' - b_2'$ 。若 $h_{AB0} = h_{AB}$,则水准管轴平行于视准轴,否则存在 i 角误差,即

$$i = \frac{|h_{AB} - h'_{AB}|}{D_{AB}} \rho''$$

按测量规范要求,DS₃型水准仪 $i > 20''$ 时,必须校正。

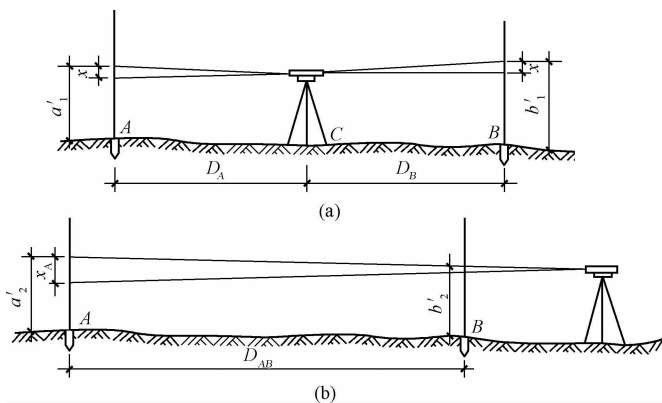


图 2-16 水准管轴平行于视准轴的检验

(2)校正。转动微倾螺旋,使十字丝的中丝对准所测点尺上读数,此时视准轴处于水平位置,而水准管气泡不再居中,如图 2-17 所示。用校正针先拨动水准管左右端校正螺钉,再拨动上、下两个校正螺钉,使偏离的气泡重新居中,最后再将校正的螺钉旋紧。此项校正工作应反复进行,直至达到要求为止。

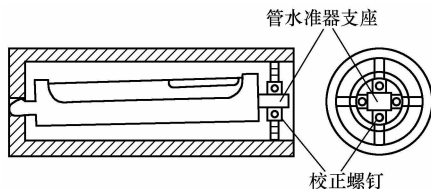


图 2-17 管水准器的校正



课堂案例

水准仪是测量水平高低的仪器,具有精度高、使用方便、快捷、可靠等优点,主要应用于引测、大面积场地测量、楼面水平线标志、沉降观测等方面。某工程在进行测量时需要使用水准仪对楼面水平线标志进行测量。

问题:

该工程中,操作人员应该如何正确使用水准仪?

分析:

水准仪的使用主要包括安置仪器、粗略整平、调焦与照准、精确整平和读数等基本操作步骤。

具体操作如下。

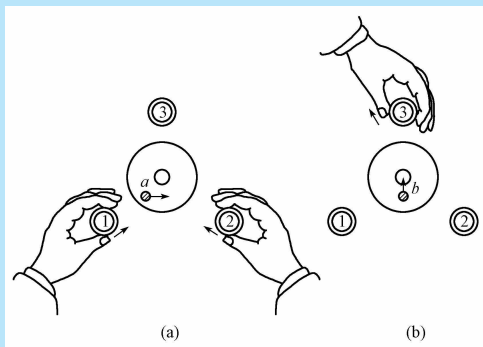
1. 安置仪器


将三脚架架腿固定螺旋松开,按需要将脚架长度调节合适,然后拧紧架腿固定螺旋,踩稳三个架腿。为便于整平仪器,要求在安置三脚架时使其架头大致水平,然后从箱中取出水准仪,用连接螺旋使水准仪与三脚架头紧固地连接在一起。

2. 粗略整平

粗略整平就是使圆水准器气泡居中,仪器竖轴铅垂,视准轴粗略水平。如图 2-18a 所示,当气泡未居中并位于 a 处时,可按图中所示方向用两手同时相对转动脚螺旋①和②,使气泡从 a 处移至 b 处;然后用一只手转动另一脚螺旋③,使气泡居中,如图 2-18b 所示。在整平的过程中,气泡的移动方向与左手大拇指运动的方向一致。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12chapter
13



扫一扫  图 2-18 水准仪粗略整平

3. 调焦与照准

将望远镜对准明亮的背景,转动目镜调焦螺旋使十字丝成像清晰。转动望远镜,利用镜筒上的缺口和准星的连接,粗略瞄准水准尺,旋紧水平制动螺旋。转动物镜调焦螺旋,并从望远镜内观察至水准尺影像清晰,然后转动水平微动螺旋,使十字丝竖丝照准水准尺中央,如图 2-19 所示。

如果调焦不准确,会出现视差现象:当眼睛在目镜端上下稍许移动时,发现十字丝与物像之间有相对移动。这是因为物像与十字丝分划板平面没有重合,如图 2-20a 所示。视差会导致观测误差,因此观测中必须消除视差。消除视差的方法是:反复仔细地调节物镜、目镜调节螺旋,直到眼睛上下移动时读数不变为止,如图 2-20b 所示。

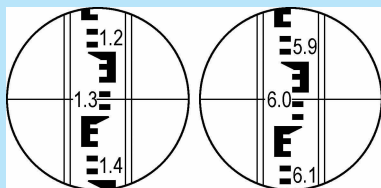


图 2-19 照准水准尺读数图

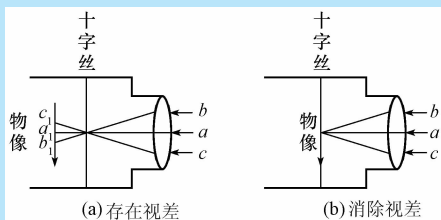


图 2-20 十字丝视差现象

4. 精确整平

望远镜瞄准目标后,转动微倾螺旋,使水准管气泡的影像完全成一光滑圆弧,也就是气泡居中,从而使望远镜视准轴(即视线)处于精确水平状态。

5. 读数

精确整平后,可以读取标尺读数。读数是读取十字丝中丝(横丝)截取的标尺数值。读数时,从上向下(倒像望远镜),由小到大,先估读 mm,依次读出 cm、dm、m,读四位数,空位填零。如图 2-19 所示的读数分别为 1.274 m、5.960 m。为了方便,可不读小数点。读完数后仍要检查管水准气泡是否符合,若不符合,应重新调平,重新读数。只有这样,才能取得准确的读数。

2

单元2 水准测量

知识目标

- (1) 熟悉水准测量的方法；
- (2) 掌握水准线路测量的外业、内业工作方法。

技能目标

- (1) 能够运用水准测量方法进行地面点高程的测量与测设；
- (2) 能够掌握水准误差的种类。

基础知识

一、水准点

为统一全国的高程系统和满足各种测量的需要,测绘部门在全国各地埋设并测定了很多高程标志,这些点称为水准点(benchmark, BM)。在国家高程系统中,按精度要求将测定的水准点分别称为一、二、三、四等水准点。

二、三、四等水准点标志可采用磁质或金属等材料制作,其规格如图2-21和图2-22所示。三、四等水准点及四等以下高程控制点也可利用平面控制点点位标志。墙角水准点标志制作和埋设规格结构图如图2-23所示。

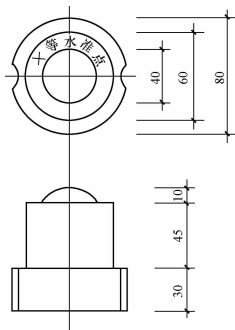


图2-21 磁质水准点标志图

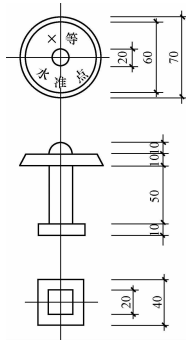


图2-22 金属水准点标志图

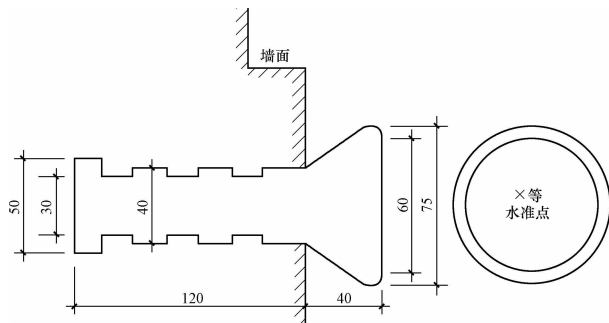


图2-23 墙角水准点标志图

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12chapter
13

(一)水准点标石埋设

二、三等水准点标石规格及埋设结构图,如图 2-24 所示。四等水准点标石规格及埋设结构图,如图 2-25 所示。冻土地区的标石规格和埋设深度,可自行设计。线路测量专用高程控制点结构可按图 2-25 所示制作,也可自行设计。

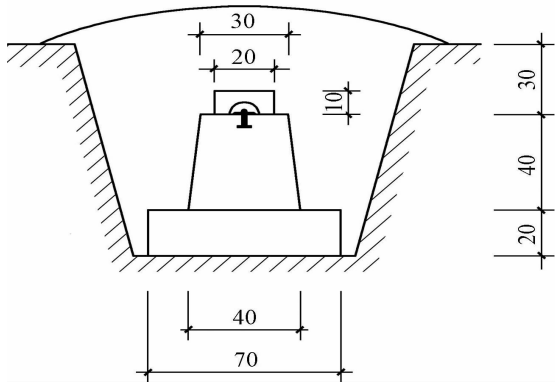
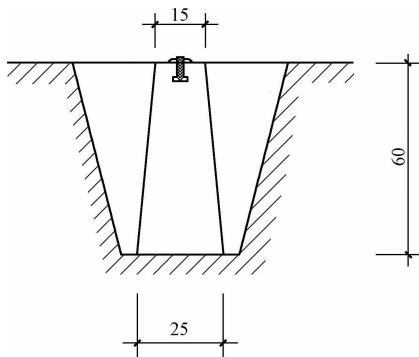


图 2-24 二、三等水准点标石规格及埋设结构图



扫一扫

图 2-25 四等水准点标石规格及埋设结构图

(二)深埋水准点结构图

测温钢管标深埋水准点规格及埋设结构,如图 2-26 所示。双金属标深埋水准点规格及埋设结构,如图 2-27 所示。

为了便于保护和使用时,水准点埋设之后,应给出水准点附近的草图,注明水准点编号,如 1 号水准点可记为 BM_1 。

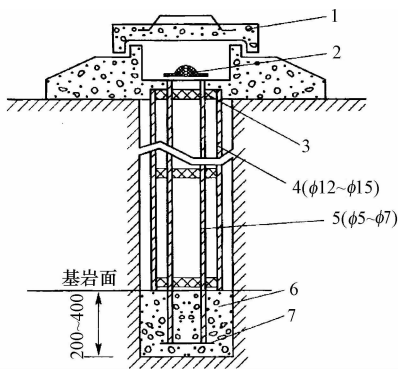


图 2-26 测温钢管标深埋水准点规格及埋设结构剖面图

1—标盖;2—标心(有测温孔);3—橡胶环;
4—钻孔保护钢管;5—心管(钢管);6—混凝土
(或 M20 水泥砂浆);7—心管封底钢板与根络

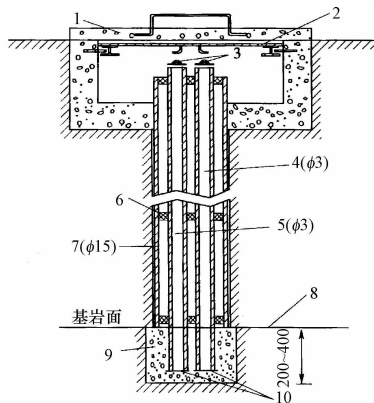


图 2-27 双金属标深埋水准点规格及埋设结构剖面图

1—钢筋混凝土标盖;2—钢板标盖;3—标心;
4—钢管;5—铝心管;6—橡胶环;7—钻孔保护钢管;
8—新鲜基岩面;9—M20 水泥砂浆;10—心管封底板与根络

二、水准路线

水准路线是指在水准点之间进行水准测量所经过的路线。根据已知高程的水准点的分布情况和实际需要,水准路线一般分为闭合水准路线、附合水准路线和支水准

路线。

(一) 闭合水准路线

如图 2-28a 所示,从已知水准点出发,沿高程待定点 1,2,⋯进行水准测量,最后再回到原已知水准点,这种形式的路线,称为闭合水准路线。

(二) 附合水准路线

如图 2-28b 所示,从一个已知水准点出发,沿路线上各待测高程的点进行水准测量,最后附合到另一个已知水准点上,这种水准路线称为附合水准路线。

(三) 支水准路线

如图 2-28c 所示,从已知水准点出发,沿待定水准点 1,2,⋯进行水准测量,其路线既不闭合也不附合,而是形成一条支线,这种路线称为支水准路线。支水准路线必须进行往返测量,以便通过往返测高差检核观测的准确性。

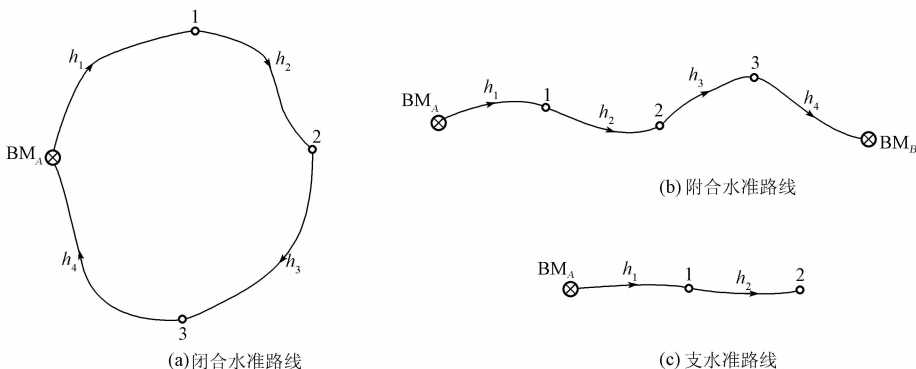


图 2-28 水准路线

三、外业观测

外业观测也叫“连续中间水准测量”。如果 A、B 两点相距较远或高差较大,安置一次仪器无法测得其高差时,就需要采用外业观测法。

(一) 外业观测程序

在选定水准路线并埋设完毕水准点后,即开始进行水准测量的外业观测工作。如图 2-29 所示,在待测高差的水准点 A 和待定点 B 之间,设置若干个转点,经过连续多站水准测量,测出 A、B 两点间的高差。其具体观测程序如下。

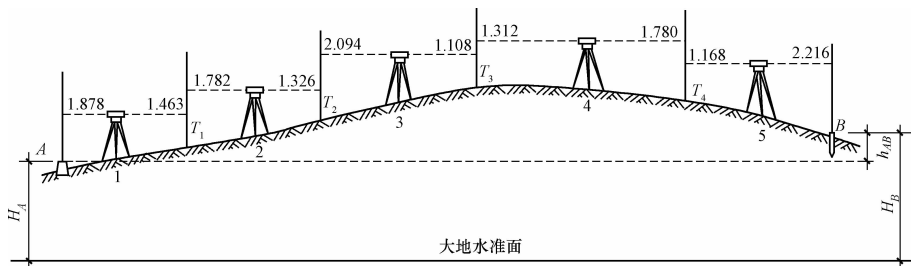


图 2-29 外业观测程序示意图

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

chapter 12

chapter 13

(1)在 A 点前方适当位置,选择转点 T_1 ,放上尺垫,在 A、 T_1 点上分别立水准尺。在距 A 和 T_1 大致相等的 1 处安置水准仪,调节圆水准器,使水准仪粗平。

表 2-1 水准测量手簿

工程名称: _____ 日期: _____ 观测者: _____
 仪器型号: DS₃0418 天气: _____ 记录者: _____

测站	测点	后视读数/m	前视读数/m	高差/m	高程/m	备注
1	2	3	4	5	6	7
1	A	1.878		0.415	76.668	
	T_1	1.782	1.463		77.083	
2	T_2	2.094	1.326	0.456	77.539	
	T_3	1.312	1.108	0.986	78.525	
4	T_4	1.168	1.780	-0.468	78.057	
	B		2.216	-1.048	77.009	
	Σ	8.234	7.893	0.341		
计算检核	8.234 - 7.893 = 0.341			77.009 - 76.668 = 0.341		

(2)照准后视点 A 上水准尺,精确整平,读取 a_1 ,记入表 2-1 中 A 点后视读数栏内。

(3)旋转望远镜,照准前视点 T_1 上水准尺,精确整平,读取 b_1 ,记入 T_1 点前视读数栏内。

(4)计算 A 至 T_1 点高差 h_1 ,记入测站 1 的高差栏内。至此完成第一个测站的观测。

(5)在 T_1 点前方适当位置选择转点 T_2 ,放上尺垫,将 A 点水准尺移至 T_2 点, T_1 点水准尺不动,将水准仪由 1 处移至距 T_1 和 T_2 点大致相等的 2 处。将水准仪粗平后,按 (2)~(4) 所述步骤和方法,观测并计算出 T_1 至 T_2 点高差 h_2 。以此类推,连续设站,直至测出最后一个转点至待定点 B 之间的高差。

(二)测站检核

外业观测结束后,为了保证观测高差正确无误,必须对每测站的观测高差进行检核,这种检核称为测站检核。



知识链接

测站检核常用方法

(1)双仪高法。在每个测站上,利用两次不同的仪器高度,分别观测高差,若差值不超过限值,则取平均值作为该测站的观测高差。

(2)双面尺法。在每个测站上,不改变仪器高度,分别读黑面读数、红面读数,算出黑面高差和红面高差,若两高差之差不超过限差,则取平均值作为该测站的观测高差。



四、水准测量误差及注意事项

(一) 水准测量误差的种类

水准测量的误差主要有仪器误差、观测误差及外界条件影响误差,如表 2-2 所示。

表 2-2 水准测量误差的种类

序号	类别	内容
1	仪器误差	<p>(1) 水准仪的误差。水准仪经过检验校正后,还会存在残余误差,如微小的 i 角误差。当水准管气泡居中时,i 角误差使视准轴不处于精确水平的位置,会造成水准尺上的读数误差。在一个测站的水准测量中,如果使前视距与后视距相等,则 i 角误差对高差测量的影响可以消除</p> <p>(2) 水准尺的误差。由水准尺分划不准确、尺长变化、尺弯曲等原因而引起的水准尺误差会影响水准测量的精度,因此,须检验水准尺每米间隔平均真长与名义长之差。对水准尺的零点差,可在一水准测段的观测中安排偶数个测站予以消除</p>
2	观测误差	<p>(1) 水准管气泡居中误差。水准测量时,视线水平是通过水准管气泡居中来实现的。由于气泡居中存在误差,视线会偏离水平位置,从而导致读数误差。气泡居中误差对读数所引起的误差与视线长度有关,视线长度越长误差越大。因此,水准测量时,每次读数都要注意使气泡严格居中,而且距离不能太远</p> <p>(2) 读数误差。当存在视差时,十字丝平面与水准尺影像不重合,若眼睛观察的位置不同,便读出不同的读数,因而也会产生读数误差。只要将目镜和物镜再次对光,使其成像目标清晰,视差就可消除</p> <p>(3) 水准尺倾斜误差。如果水准尺前后倾斜,在水准仪望远镜的视场中不会察觉,但由此引起的水准尺读数总是偏大,且视线高度愈大,误差就愈大。所以读数时,水准尺必须竖直</p>
3	外界条件影响误差	<p>(1) 仪器和尺垫下沉的影响。仪器或水准尺安置在软土或植被上时,容易产生下沉。采用“后—前—前—后”的观测顺序可以减小仪器下沉的影响,采用往返观测取观测高差的中数可以减小尺垫下沉的影响</p> <p>(2) 地球曲率和大气折光的影响。由于地球曲率和大气折光的影响,测站上水准仪的水平视线,相对于与之对应的水准面,会在水准尺上产生读数误差,视线越长误差越大。前、后视距相等,则地球曲率与大气折光对高差的影响将得到消除或减弱</p> <p>(3) 温度变化的影响。当阳光直接照射在仪器上时,仪器各部件受热后产生变形,从而影响仪器轴线间的几何关系。因此,在阳光较强的天气测量时,应给仪器撑伞遮阳</p>

(二) 水准测量的注意事项

(1) 水准测量过程中应尽量用目估或步测保持前、后视距基本相等来消除或减弱水准管轴不平行于视准轴所产生的误差,同时选择适当观测时间,限制视线长度和高度来减少折光的影响。

(2) 仪器脚架要踩牢,观测速度要快,以减少仪器下沉现象引起的误差。

(3) 估数要准确,读数时要仔细对光,消除视差,必须使水准管气泡居中,读完以后,还应再检查气泡是否居中。

(4) 检查塔尺相接处是否严密,消除尺底泥土。扶尺者要站正身体,双手扶尺,保证扶尺竖直。

(5) 记录要原始,当场填写清楚,在记错或算错时,应在错字上画一斜线,将正确数字写在错数上方。

(6) 读数时,记录员要复读,以便核对,并按记录格式填写,字迹要整齐、清楚、端正。所有计算成果必须经校核后才能使用。

(7) 测量者要严格执行操作规程,工作要细心,加强校核,防止错误。观测时如果

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

chapter 12

chapter 13

阳光较强,要给仪器撑伞遮阳。



五、水准测量成果处理

水准测量外业工作结束后,首先检查原始记录,确认记录中没有错误后,再进行测量成果处理。测量成果处理的目的是估计观测高差的误差,按照一定的原则消除观测误差,计算出待定点的高程。

(一) 水准测量成果处理的步骤

水准测量成果处理过程具体应包括以下 4 个步骤:计算高差闭合差;计算高差闭合差的允许值;调整高差闭合差;计算待定点的高程。

1. 计算高差闭合差

一条水准路线实际测出的高差和已知的理论高差之差称为水准路线的高差闭合差,用 f_h 表示,即

$$f_h = \text{观测值} - \text{理论值}$$

(1) 附和水准路线的高差闭合差为

$$f_h = \sum h_{\text{观}} - (H_{\text{终}} - H_{\text{始}}) \quad (2-6)$$

(2) 闭合水准路线的高差闭合差为

$$f_h = \sum h_{\text{观}} \quad (2-7)$$

(3) 支水准路线的高差闭合差为

$$f_h = \sum h_{\text{往}} - \sum h_{\text{返}} \quad (2-8)$$

2. 计算高差闭合差的允许值

为了保证测量成果的精度,水准测量路线的高差闭合差不允许超过一定的范围,否则应重测。水准路线高差闭合差的允许范围称为高差闭合差的允许值。普通水准测量时,平地 and 山地的允许值按式(2-9)和式(2-10)计算。

$$\text{平地: } f_{h\text{允}} = \pm 40 \sqrt{L} (\text{mm}) \quad (2-9)$$

$$\text{山地: } f_{h\text{允}} = \pm 12 \sqrt{n} (\text{mm}) \quad (2-10)$$

式中 L ——水准路线的总长度,km;

n ——水准路线的总测站数。

3. 调整高差闭合差

当 f_h 的绝对值小于 $f_{h\text{允}}$ 时,说明观测成果合格,可以进行高差闭合差的分配、高差改正。对于附和或闭合水准路线,一般按与路线长 L 或测站数 n 成正比的原则,将高差闭合差反号进行分配。也即在闭合差为 f_h 、路线总长为 L (或测站总数为 n) 的一条水准路线上,设某两点间的高差观测值为 h_i 、路线长为 L_i (或测站数为 n_i),则其高差改正数 V_i 的计算公式为

$$V_i = -\frac{L_i}{L} f_h \text{ (或 } V_i = -\frac{n_i}{n} f_h) \quad (2-11)$$

改正后的高差为

$$h_{i\text{改}} = h_{i\text{测}} + V_i$$

对于支水准路线,采用往测高差减去返测高差后取平均值,作为改正后往测方向的高差,即

$$h_i = (h_{\text{往}} - h_{\text{返}}) / 2 \quad (2-12)$$

4. 计算待定点的高程

对于附和水准路线或闭合水准路线,须根据起点的已知高程加上各段调整后的高

差依次推算各所求点的高程,即

$$H_i = H_{i-1} + h_i (i = 1, 2, 3, \dots) \quad (2-13)$$

式中 H_{i-1} ——起点高程;

h_i ——改正后的测段高差;

H_i ——测段的终点高程。

推算到终点已知高程点上时,应与该点的已知高程相等。否则,说明计算有误,应找出原因,重新计算。

对于支水准路线来说,因无法检核,故在计算中要仔细认真,确认计算无误后方能使用计算成果。

(二) 附合水准路线成果处理

【例 2.1】如图 2-30 所示是一附合水准路线示意图。 BM_A 、 BM_B 为已知水准点,高程分别是 $H_A = 10.723 \text{ m}$, $H_B = 11.730 \text{ m}$,各测段的观测高差 h_i 及路线长度 L_i 如图 2-30 所示,计算各待定高程点 1、2、3 的高程。

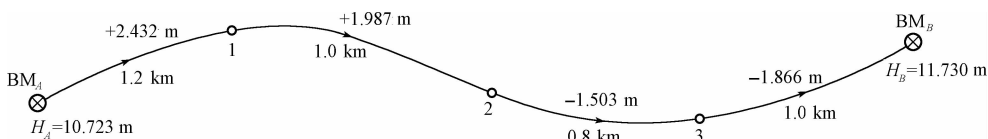


图 2-30 附合水准路线示意图

解:(1) 计算附合水准路线的高差闭合差 f_h :

$$\begin{aligned} f_h &= \sum_{i=1}^4 h_i - (H_B - H_A) = +2.432 + 1.987 - 1.503 - 1.866 - (11.730 - 10.723) \\ &= +1.050 - 1.007 = 0.043 (\text{m}) = +43 (\text{mm}) \end{aligned}$$

(2) 计算高差闭合差的允许值

$$L = \sum_{i=1}^4 L_i = 1.2 + 1.0 + 0.8 + 1.0 = 4.0 (\text{km})$$

$$f_{h\text{允}} = \pm 40 \sqrt{L} (\text{mm}) = \pm 40 \sqrt{4.0} (\text{mm}) = \pm 80 (\text{mm})$$

$f_h < f_{h\text{允}}$, 观测成果的精度符合要求。

(3) 调整高差闭合差:根据测量误差理论,调整高差闭合差的方法是将高差闭合差反号,与各测段的路线长度成正比例地分配到各段高差中。

$$\text{每 1 km 的高差改正数为: } \frac{-f_h}{\sum_{i=1}^4 L_i} = \frac{-(+43)}{4.0} = -10.75 (\text{mm})$$

$$\text{各测段的改正数分别为: } V_1 = -10.75 \times 1.2 = -13 (\text{mm})$$

$$V_2 = -10.75 \times 1.0 = -11 (\text{mm})$$

$$V_3 = -10.75 \times 0.8 = -8 (\text{mm})$$

$$V_4 = -10.75 \times 1.0 = -11 (\text{mm})$$

$$\text{改正数计算检核: } \sum_{i=1}^4 V_i = -13 - 11 - 8 - 11 = -43 (\text{mm}) = -f_h$$

(4) 计算改正后的高差及各点高程:

$$H_1 = H_A + h'_{A1} = H_A + h_{A1} + V_1 = 10.723 + 2.432 - 0.013 = 13.142 (\text{m})$$

$$H_2 = H_1 + h'_{12} = H_1 + h_{12} + V_2 = 13.142 + 1.987 - 0.011 = 15.118 (\text{m})$$

$$H_3 = H_2 + h'_{23} = H_2 + h_{23} + V_3 = 15.118 - 1.503 - 0.008 = 13.607 (\text{m})$$

高程计算检核:

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

chapter 12

chapter 13

$$H_B = H_3 + h'_{3B} = H_3 + h_{3B} + V_4 = 13.607 - 1.866 - 0.011 = 11.730(\text{m}) = H_B(\text{已知})$$

上述计算过程可用表 2-3 的形式完成。首先把已知高程和观测数据填入表中相应的列,然后从左到右,逐列计算。有关高差闭合差的计算部分填在辅助计算一栏。

表 2-3 水准测量内业计算

点号	距离 L/km	实测高差 h/m	改正数 V/m	改正后高差 h'/m	高程 H/m
A	1.2	+2.432	-0.013	+2.419	10.723
1	1.0	+1.987	-0.011	+1.976	13.142
2	0.8	-1.503	-0.008	-1.511	15.118
3	1.0	-1.866	-0.011	-1.877	13.607
B	-	-	-0.043	-	11.730
Σ	4.0	+1.050	-	+1.007	(+1.007)
辅助计算	$f_h = \sum_{i=1}^4 h_i - (H_B - H_A) = +43(\text{mm})$ $f_{h\text{允}} = \pm 40 \sqrt{L} = \pm 40 \sqrt{4.0} = \pm 80(\text{mm})$ 每 1 km 的高差改正数: $-\frac{f_h}{\sum_{i=1}^4 L_i} = \frac{-43}{4.0} = -10.75(\text{mm})$				

(三) 闭合水准路线成果处理

【例 2.2】如图 2-31 所示是一闭合水准路线示意图。水准点 BM_A 高程为 27.015 m, 1、2、3、4 点为待定高程点。现用图根水准测量方法进行观测,各段观测数据及起点高程均注于图上,图中箭头表示测量前进方向,现以该闭合水准路线为例将成果计算的方法、步骤介绍如下。

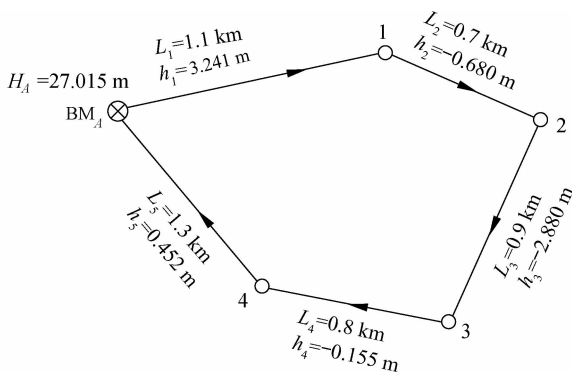


图 2-31 闭合水准路线示意图

(1) 将观测数据和已知数据填入计算表。按高程推算顺序将各测点、各段距离(或测站数)、实测高差及水准点 A 的已知高程填入表 2-4 相应各栏内。

(2) 计算高差闭合差。如前所述,在理论上,闭合水准路线的各段高差代数和应等于零,即 $\sum h_{理} = 0$,实际上由于各测站的观测高差存在误差,观测高差的代数和不能等于理论值,故存在高差闭合差,即

$$f_h = \sum h_{测} = -0.022 \text{ m}$$

(3) 计算高差闭合差允许值。路线总长为 4.8 km,则

$$f_{h\text{允}} = 40 \sqrt{4.8} \approx \pm 88(\text{mm})$$

由于 $|f_h| < |f_{h允}|$ ，故精度合格。在精度合格的情况下，可进行高差闭合差的调整（即允许施加高差改正数）。

(4)调整高差闭合差。根据误差理论，高差闭合差的调整原则是将闭合差 f_h 反号，按与测段长度（或测站数）成正比的原则分配到各段高差中去。公式为

$$V_i = -\frac{L_i}{L} f_h$$

$$V_i = -\frac{n_i}{n} f_h$$

式中 V_i ——第 i 段的高差改正数；

f_h ——高差闭合差；

L ——路线总长度；

n ——路线总测站数；

L_i ——第 i 段的长度；

n_i ——第 i 段的测站数。

图根水准测量计算中取值的精确度为 0.001 m。

按上述调整原则，第一段至第五段各段高差改正数分别为：

$$V_1 = (-0.022)/4.8 \times 1.1 = 0.005(\text{m})$$

$$V_2 = (-0.022)/4.8 \times 0.7 = 0.003(\text{m})$$

$$V_3 = (-0.022)/4.8 \times 0.9 = 0.004(\text{m})$$

$$V_4 = (-0.022)/4.8 \times 0.8 = 0.004(\text{m})$$

$$V_5 = (-0.022)/4.8 \times 1.3 = 0.006(\text{m})$$

将各段改正数记入表 2-4 改正数栏内。计算出各段改正数之后，应进行如下计算检核：改正数的总和应与闭合差绝对值相等，符号相反，即 $\sum V = -f_h$ 。

表 2-4 水准测量成果计算表

测段编号	测点	距离/km	实测高差/m	高差改正数/m	改正后高差/m	高程/m	备注	
1	BM _A	1.1	+3.241	0.005	3.246	27.015	与已知高程相符	
2	1	0.7	-0.680	0.003	-0.677	30.261		
	2					29.584		
3	3	0.9	-2.880	0.004	-2.876	26.708		
						4		26.557
5	BM _A	1.3	+0.452	0.006	+0.458	27.015		
Σ		4.8	-0.022	+0.022	0			
辅助计算	$f_h = \sum h_{测} = -0.022(\text{m})$ $f_{h允} = 40 \sqrt{4.8} \approx \pm 88(\text{mm})$ $ f_h < f_{h允} $ ，精度合格							

(5) 计算改正后的高差。各段实测高差加上相应的改正数,即得改正后的高差:

$$h_{i\text{改}} = h_{i\text{测}} + V_i$$

各段改正后高差分别为:

$$h_{1\text{改}} = 3.241 + 0.005 = 3.246(\text{m})$$

$$h_{2\text{改}} = -0.680 + 0.003 = -0.677(\text{m})$$

$$h_{3\text{改}} = -2.880 + 0.004 = -2.876(\text{m})$$

$$h_{4\text{改}} = -0.155 + 0.004 = -0.151(\text{m})$$

$$h_{5\text{改}} = 0.452 + 0.006 = 0.458(\text{m})$$

将上述结果分别记入如表 2-4 所示的改正后高差栏内。改正后各段高差的代数和值应等于高差的理论值,即 $\sum h_{\text{改}} = \sum h_{\text{理}} = 0$,以此作为计算检核。

(6) 推算各待定点的高程。根据水准点 BM_A 的高程和各段改正后的高差,按顺序逐点计算各待定点的高程,填入如表 2-4 所示的高程栏内,各待定点高程分别为:

$$H_1 = 27.015 + 3.246 = 30.261(\text{m})$$

$$H_2 = 30.261 + (-0.677) = 29.584(\text{m})$$

$$H_3 = 29.584 + (-2.876) = 26.708(\text{m})$$

$$H_4 = 26.708 + (-0.151) = 26.557(\text{m})$$

$$H_A = 26.557 + 0.458 = 27.015(\text{m})$$

此时推算出的 H_A 与该点的已知高程相等,则计算无误,以此作为计算检核。

(四) 支水准路线成果处理

【例 2.3】如图 2-32 所示是一支水准路线示意图。支水准路线应进行往、返观测。已知水准点 A 的高程为 68.254 m,按照等外水准技术要求进行观测,往、返测站共 16 站,求 1 点的高程。

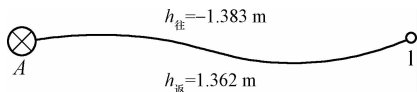


图 2-32 支水准路线示意图

解:计算步骤如下。

(1) 计算高差闭合差:

$$f_h = |h_{\text{往}}| - |h_{\text{返}}| = |-1.383| - |1.362| = 0.021(\text{m})$$

允许闭合差: $f_{h\text{允}} = \pm 12 \sqrt{n} = \pm 12 \sqrt{16} = \pm 48(\text{mm}) = \pm 0.048(\text{m})$

因为 $|f_h| < |f_{h\text{允}}|$,故其精度符合要求,可做下一步计算。

(2) 计算改正后高差。支水准路线往、返测高差绝对值的平均值即为改正后高差,其符号以往测为准:

$$h_{A1\text{改}} = (h_{\text{往}} + h_{\text{返}})/2 = [-1.383 + (-1.362)]/2 = -1.373(\text{m})$$

(3) 计算 1 点高程。起点高程加改正后高差,即得 1 点高程:

$$H_1 = H_A + h_{A1\text{改}} = 68.254 - 1.373 = 66.881(\text{m})$$

学习案例

根据水准测量要求对某附合水准路线进行观测,观测成果如图 2-33 所示。BM-A 和 BM-B 为已知高程的水准点,图中箭头表示水准测量前进方向,路线上方的数字为测得的两点间的高差(以 m 为单位),路线下方的数字为该段路线的长度(以 km 为单位),试计算待定点 1、2、3 点的高程。

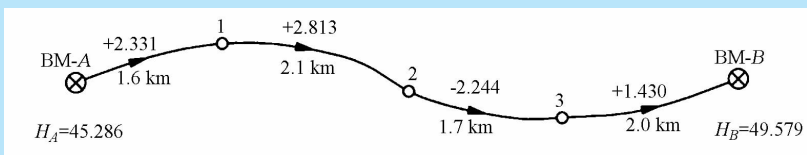


图 2-33 观测成果



想一想

请计算待定点的高程。



案例分析

解析如下：

第一步计算高差闭合差： $f_h = \sum_{i=1}^4 h_i - (H_{终} - H_{始}) = 4.330 - 4.293 = 37 \text{ (mm)}$

第二步计算高差闭合差允许值： $f_{h允} = \pm 40 \sqrt{L} = \pm 40 \sqrt{7.4} = \pm 108.81 \text{ (mm)}$

因为 $|f_h| < |f_{h允}|$ ，说明观测成果的精度符合要求，可进行闭合差分配。

第三步计算每 km 改正数： $V_0 = -f_h/L = -37/7.4 = -5 \text{ mm/km}$

第四步计算各段高差改正数：

四舍五入后得 $V_1 = -8 \text{ mm}, V_2 = -11 \text{ mm}, V_3 = -8 \text{ mm}, V_4 = -10 \text{ mm}$

第五步计算各段改正后高差后，计算 1、2、3 各点的高程。

改正后高差 = 改正前高差 + 改正数

$$H_1 = H_{BM-A} + (h_1 + v_1) = 45.286 + 2.331 - 0.008 = 47.609 \text{ (m)}$$

$$H_2 = H_1 + (h_2 + v_2) = 47.609 + 2.813 - 0.011 = 50.411 \text{ (m)}$$

$$H_3 = H_2 + (h_3 + v_3) = 50.411 - 2.244 - 0.008 = 48.159 \text{ (m)}$$

高程计算检核：

$$H_{BM-B} = H_3 + (h_4 + v_4) = 48.159 + 1.430 - 0.010 = 49.579 \text{ (m)} = H_{BM-B} \text{ (已知)}$$



知识拓展

自动安平水准仪、精密水准仪和电子水准仪

(一) 自动安平水准仪

自动安平原理如图 2-34 所示，若视准轴倾斜了 α 角，为使经过物镜光心的水平光线仍能通过十字丝交点 A，可采用两种方法：

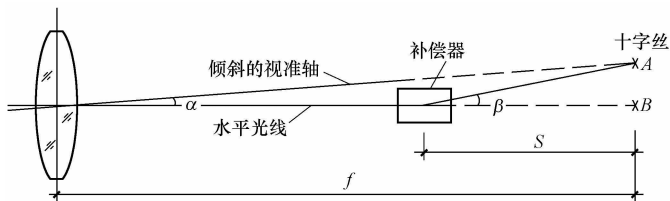


图 2-34 自动安平原理

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

chapter 12

chapter 13

(1) 在望远镜的光路中设置一个补偿器,使光线偏转一个 β 角而通过十字丝交点 A 。

(2) 若能使十字丝交点移至 B ,也可使视准轴处于水平位置而实现自动安平。

(二) 精密水准仪和精密水准尺

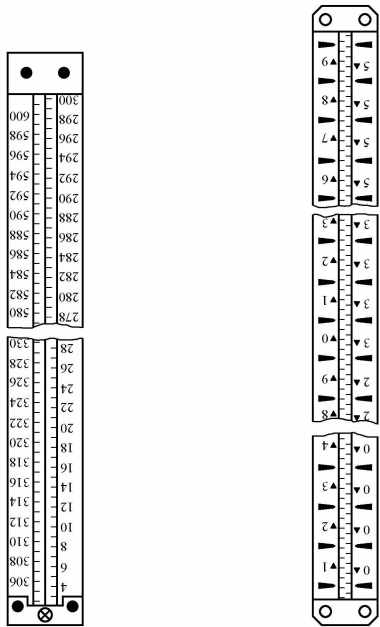
1. 精密水准仪

精密水准仪是一种能精密确定水平视线,精密照准与读数的水准仪,主要用于国家一、二等水准测量和重要建筑物、构筑物或设备的沉降观测等测量工作。精密水准仪的构造与普通 DS_3 型水准仪基本相同。

2. 精密水准尺

精密水准仪必须配有精密水准尺。精密水准尺是在木质尺身的凹槽内引张一根钢瓦合金钢带,其中零点端固定在尺身上,另一端用弹簧以一定的拉力将其引张在尺身上,以使钢瓦合金钢带不受尺身伸缩变形的影响。长度分划在钢瓦合金钢带上,数字注记在木质尺身上,精密水准尺的分划值有 1 cm 和 0.5 cm 两种,如图 2-35 所示。

1 cm 分划的精密水准尺如图 2-35a 所示。钢瓦合金钢带上有两排分划,右边一排注记从 0~300 cm,称为基本分划;左边一排注记从 300~600 cm,称为辅助分划。同一高度的基本分划与辅助分划相差一个尺常数 301.55 cm。尺常数用以检查读数误差 0.5 cm 分划的精密水准尺(见图 2-35b)与 DS_1 型精密水准仪配套。尺面上有两排分划,彼此错开 5 mm,左边注记分米数,右边注记米数。3 米尺的注记范围是 0.1~5.9 m,分划注记值是实际数值的 2 倍。因此,用这种水准尺测得的高差除以 2 才是实际高差。



(a) 1 cm 分划精密水准尺 (b) 5 cm 分划精密水准尺

图 2-35 精密水准尺

(三) 电子水准仪

电子水准仪是近几年发展起来的新型水准测量仪器,它采用电子光学系统自动记录数据,代替了以往的人工读数,从而使水准测量实现了自动化,大大提高了工作效率和测量精度。

电子水准仪采用条纹编码水准尺和电子影像处理原理,用 CCD 行阵传感器代替人的肉眼,将望远镜像面上的标尺显像转换成数字信息,可自动进行读数记录。电子水准仪可视为 CCD 相机、自动安平水准仪、微处理器的集成,它和条纹编码水准尺组成地面水准测量系统。

如图 2-36 所示为徕卡 DNA03 电子水准仪的测量原理示意图。

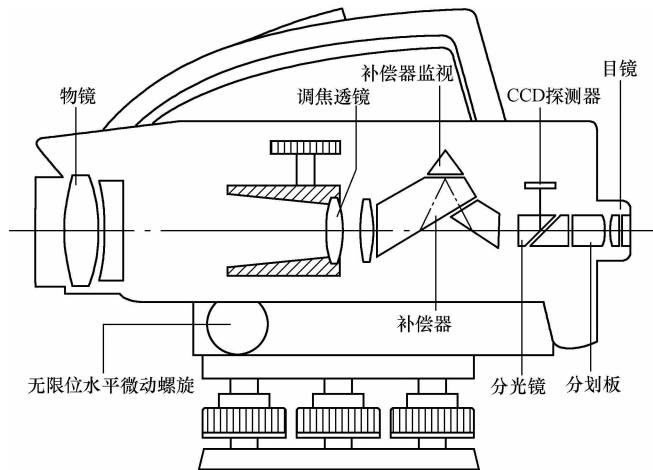


图 2-36 徕卡 DNA03 电子水准仪的测量原理示意图

情境小结

本学习情境主要讲述了水准测量的相关原理和水准测量的常用方法。本学习情境通过图文结合的方式向学生介绍水准测量仪器及其施工测量的方法,重点讲述水准测量成果的计算等内容。

(1) 水准测量是利用水准仪提供的水平视线,根据水准仪在两点竖立的水准尺上的读数,先求得两点之间的高差,然后根据已知点的高程推算出未知点的高程。

(2) 水准测量所使用的仪器为水准仪,工具有水准尺和尺垫。建筑工程测量中通常使用 DS3 型微倾式水准仪。

(3) 水准路线是水准点之间进行水准测量所经过的路线,根据已知高程的水准点的分布情况和实际需要,水准路线一般分为闭合水准路线、附和水准路线和支水准路线。

(4) 水准测量误差的类别有仪器误差、观测误差、外界条件影响误差等。水准测量成果处理过程应包括计算高差闭合差、计算高差闭合差的允许值、调整高差闭合差、计算待定点的高程。

学习检测

填空题

- 水准仪按其精度分为_____、_____、_____、_____、_____五个等级。
- 水准仪主要由_____、_____及_____三部分组成。
- 水准仪的使用主要包括_____、_____、_____和_____等基本

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

chapter 12

chapter 13

操作步骤。

4. 根据水准测量原理,微倾式水准仪有_____、_____、_____和_____四条轴线。
5. 水准仪的圆水准器轴应_____于竖轴。
6. 在国家高程系统中,按精度要求将测定的水准点分别称为_____、_____、_____、_____等水准点。
7. 根据已知高程的水准点的分布情况和实际需要,水准路线一般布设为_____、_____和_____。
8. 水准测量的误差主要有_____、_____及_____三个方面。



选择题

1. 在水准测量中,若后视点 A 的读数大,前视点 B 的读数小,则有()。
 - A. A 点比 B 点低
 - B. A 点比 B 点高
 - C. A 点与 B 点可能同高
 - D. A 、 B 点的高低取决于仪器高度
2. 往返水准路线高差平均值的正负号是以()的符号为准。
 - A. 往测高差
 - B. 返测高差
 - C. 往返测高差的代数和
 - D. 以上三者都不正确
3. 转动目镜对光螺旋的目的是()。
 - A. 看清远处目标
 - B. 看清近处目标
 - C. 看清十字丝
 - D. 消除视差
4. DS_1 水准仪的观测精度要() DS_3 水准仪。
 - A. 高于
 - B. 接近于
 - C. 低于
 - D. 等于
5. 当圆水准器气泡居中时,圆水准器轴处于()位置。
 - A. 竖直
 - B. 水平
 - C. 倾斜
 - D. 任意
6. 水准仪应满足的条件是()。
 - A. 圆水准器轴 $L'L'$ 应平行于仪器的竖轴 VV
 - B. 十字丝的中丝(横丝)应垂直于仪器的竖轴
 - C. 水准管轴 LL 应平行于视准轴 CC
 - D. 十字丝的中丝(横丝)应平行于仪器的竖轴
7. 下列不属于观测误差的是()。
 - A. 水准管气泡居中误差
 - B. 水准尺的误差
 - C. 读数误差
 - D. 水准尺倾斜误差



简答题

1. 水准仪上的圆水准器和管水准器各起什么作用?
2. 什么是水准路线?什么是高差闭合差?如何计算允许的高差闭合差?
3. 自动安平水准仪、精密水准仪和电子水准仪各有什么特点?
4. 哪些外界条件的影响会导致测量结果中产生误差?

