

494240

514
13121.4

农田水利工程测量

武汉水利电力学院测量教研室编



测绘出版社



514
13121,4

514
13121,4

农田水利工程测量

武汉水利电力学院测量教研室编

测绘出版社

行房

查到
中仪
建图

度
巨内

件,
散
反, 再

保持
是
反晒。

于

我适

三程佳

为宣

本书详细叙述了渠道、渡槽、隧洞、土坝和混凝土坝、农田土地平整的施工测量方法以及水库、坝址地形图的测绘等。内容由浅入深，结合实际，适合地、县级和人民公社测绘人员进行农田基本建设的需要。也可作为水利院校教学参考书。

农田水利工程测量

武汉水利电力学院测量教研室编

测绘出版社出版

装甲兵工厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $11 \frac{1}{4}$ · 字数 255 千字

1977 年 11 月北京第一版 · 1977 年 11 月北京第一次印刷

印数 1—40,000 册 · 定价 1.00 元

统一书号：15039 · 新 53

前 言

遵照毛主席关于“教育要革命”，“教材要彻底改革”的教导，伟大的无产阶级文化大革命运动以来，我们到三大革命斗争第一线实行开门办学，在农业学大寨群众运动中向工农兵学习，并与他们一起大搞农田基本建设，一起批判修正主义教育路线，对旧的《测量学》教材进行分析批判，根据政治统帅业务，理论联系实际，少而精，便于学员自学等原则编写了《农田水利工程测量》试用教材。在当前，全党动员，大办农业，为普及大寨县而奋斗的运动正在全国蓬勃开展的时候，为了适应新形势的需要，我们对试用教材进行修改补充，编成此书。在内容安排上力图由浅入深，学以致用，把基本知识与实际工作相结合，把仪器的构造、使用与渠道测量和地形测图相结合，并主要考虑“农田水利”专业的需要，以适应农田基本建设的要求。

本书在编写和修改过程中，得到了广大工农兵和许多水利工地、工程测量单位，省、地、县水电局以及兄弟院校的热情指导和帮助，在此表示衷心的感谢。由于我们政治水平和业务水平所限，书中缺点和错误在所难免，殷切地期望广大读者批评指正。

武汉水利电力学院 测量教研室

一九七六年一月

目 录

第一篇 渠道测量

第一章 水准仪及其使用	1
§ 1-1 水准测量概念	1
§ 1-2 水准仪和水准尺	3
§ 1-3 水准测量的基本方法	6
§ 1-4 四等水准测量	7
§ 1-5 水准测量的校核方法和闭合差的调整	10
§ 1-6 水准仪的检验和校正	13
§ 1-7 水准测量的误差及其消减方法	16
第二章 渠道测量	18
§ 2-1 概述	18
§ 2-2 渠道选线	19
§ 2-3 中线测量	21
§ 2-4 纵断面测量	21
§ 2-5 横断面测量	25
§ 2-6 土方计算	27
§ 2-7 边坡桩的放样	30

第二篇 地形测量

第三章 经纬仪及其使用	32
§ 3-1 水平角测量的概念	32
§ 3-2 光学经纬仪的构造	33
§ 3-3 水平角测量	36
§ 3-4 竖直角测量	38
§ 3-5 视距测量的原理	40
§ 3-6 视距测量的方法	43
§ 3-7 游标经纬仪	45
§ 3-8 经纬仪的检验和校正	47
§ 3-9 经纬仪的测量误差及其消减方法	52
第四章 控制测量	54
§ 4-1 概述	54
§ 4-2 小三角测量	56
§ 4-3 导线测量	67

§ 4-4 高程控制测量	77
§ 4-5 控制点成果的整理和控制点的展绘	77
第五章 地形测图	79
§ 5-1 地形图的认识	79
§ 5-2 经纬仪测绘法	86
§ 5-3 平板仪测图	90
§ 5-4 地形图的拼接、整饰、检查与验收	94
§ 5-5 中型水库库区地形测量	95
§ 5-6 小型水库库区地形测量	100
§ 5-7 坝址地形测量	103

第三篇 水利工程施工测量

第六章 渡槽施工测量	105
§ 6-1 渡槽基础的中心定位	106
§ 6-2 渡槽基础的施工放样	108
§ 6-3 排架和槽身的施工放样	111
第七章 隧洞施工测量	113
§ 7-1 概述	113
§ 7-2 洞外定线测量	114
§ 7-3 洞内定线及断面放样	117
§ 7-4 隧洞水准测量	118
§ 7-5 由竖井传递高程和开挖方向	119
第八章 土坝施工测量	120
§ 8-1 坝轴线的测定	120
§ 8-2 高程控制点的布设	121
§ 8-3 清基开挖线和坡脚线的放样	122
§ 8-4 坝体填筑时的边坡放样和修整	124
第九章 混凝土坝施工测量	126
§ 9-1 施工控制网概述	127
§ 9-2 清基开挖线的放样	128
§ 9-3 坝体立模线的放样	129
第十章 农田土地平整测量	133
§ 10-1 水田的土地平整测量	133
§ 10-2 不设计纵坡的土地平整测量	138
§ 10-3 设计有纵坡的土地平整测量	145
§ 10-4 修筑梯田的土地平整测量	146
附录 I 求积仪的使用	150
§ I-1 求积仪的构造	150
§ I-2 求积仪的使用	151

§ I-3 求积仪 K 值的检定	152
§ I-4 使用求积仪应注意事项	152
附录 II 圆曲线测定	153
§ II-1 曲线主点的测设	153
§ II-2 曲线的细部测设	155
附录 III 土坝变形观测	160
§ III-1 概述	160
§ III-2 观测点的布设与观测设备	160
§ III-3 观测方法及要求	162
§ III-4 观测成果整理	164
附录 IV 测量仪器的保养	167

第一篇 渠道测量

我们伟大的社会主义祖国，土地辽阔，河流密布，蕴藏着极为丰富的水利资源。解放以来，在毛主席革命路线指引下，广大工人、贫下中农以“愚公移山，改造中国”的英雄气概，大搞水利水电建设，把水害变为水利，使水按照人的意志为人民服务。例如，河南林县人民，为实现重新安排林县河山的宏伟理想，改变那里水贵如油的长年缺水状况，发扬“自力更生”，“艰苦奋斗”的革命精神，开山劈岭，凿洞架槽，在层峦叠嶂的太行山上修建了一条“人造天河”——红旗渠，实现了“引漳入林”的巨大灌溉工程，成为全国水利战线的一面红旗。

当前，在全党动员，大办农业，为普及大寨县而奋斗的群众运动中，我国农村正在掀起以改土、治水为中心，实行山、水、田、林、路综合治理的新高潮。在这些工程中，也经常要修建各种渠道，在修建渠道时，为了决定渠线的走向和渠道沿着什么高度开挖等等，都需要进行各种测量工作。本篇将首先介绍怎样使用水准仪测定地面的高低起伏，然后叙述渠道测量的各项作业方法。

第一章 水准仪及其使用

§ 1-1 水准测量概念

毛主席教导我们：“人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。”兴建各种水利工程，首先是利用水的一个重要规律：“水往低处流”。因此掌握地面的高低起伏情况，是水利水电建设中十分重要的一环，而水准测量则是精密测定地面点高程的主要方法。

什么是地面点的高程呢？为了便于比较高低，地面点的高程，应从统一的起算面计算，一般是采用平均海面作为高程起算面。如图 1-1 所示， P_1 点离开平均海水面的铅垂距离为 35.5 米，即 P_1 点的高程为 35.5 米； P_2 点离开平均海水面的铅垂距离为 49.6 米，即 P_2 点的高程为 49.6 米。所以地面某点的高程就是该点到平均海水面的铅垂距离，亦称海拔。例如，1975 年我国测绘工作者精确测得我国珠穆朗玛峰峰顶高程为 8848.13 米，是指峰顶到我国黄海平均海水面的铅垂距离为 8848.13 米。

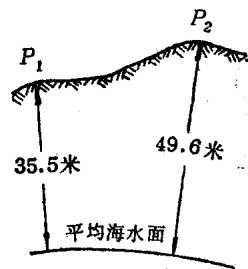


图 1-1

两点高程之差称为高差。如图 1-1， P_2 点高于 P_1 点，其高差为 14.1 米。

平均海面是怎样确定的呢？它是在海边设立验潮站，长期观测海水水位的涨落，取其

多年观测的平均值而确定。我国国家测绘总局规定以1956年由青岛验潮站求出的黄海平均海面作为全国的高程起算面。但在过去也曾以长江吴淞口等处的平均海面作为高程的起算面，故在使用高程资料时，应注意其起算面问题。

各旧高程系统与黄海新高程系统的换算见表1-1：

表 1-1

旧起算面的名称	将旧系统化成黄海新系统应加入的改正数 (米)
1954年黄海平均海面	+0.083
吴淞零点	-1.807
坎门平均海面	+0.237
废黄河零点(新)	-0.063
大沽零点	-1.296

解放后，我国已用精密水准测量方法在全国各地测设有永久保存的已知高程的点子，即国家水准点，以满足各种工程建设、国防建设和科研的需要。这些水准点均以黄海平均海水

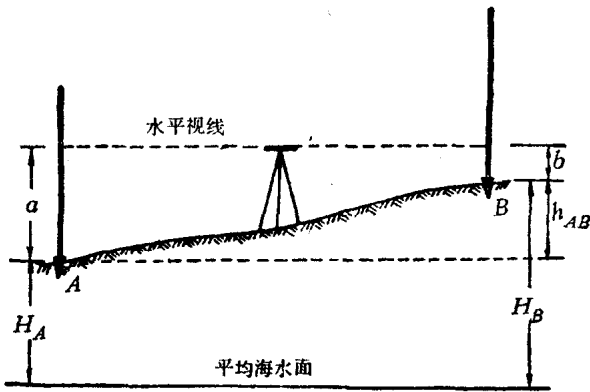


图 1-2

面为起算面。如在某些偏僻地区，附近没有国家水准点，我们也可假定某一点的高程作为高程起算点。为了区别，在测量上规定：从平均海面起算的高程称为绝对高程；由假定高程点起算的高程称为相对高程。

地面点的高程如何测定呢？广大劳动人民在生产实践中创造了许多测定地面点高程的方法，其基本原理可以图1-2来说明。

在图1-2中，假定地面点A的高程 H_A 为已知，需要测定B点的高程 H_B 。我们可在A、B两点间安置一个能够提供水平视线的仪器，并在A、B两点竖立尺子，然后根据水平视线在A点尺上读得读数 a ，在B点尺上读得读数 b ，从下面两式即可分别算出A、B两点的高差 h_{AB} 和B点的高程 H_B ：

$$h_{AB} = a - b \quad (1-1)$$

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (1-2)$$

由上可知，要测量地面点间的高差，关键在于如何获得一条水平视线。下面介绍的水准仪就是根据这个要求而制成的。

§ 1-2 水准仪和水准尺

一、水准仪的构造

解放前我国所用的水准仪全靠进口。解放以来，在毛主席“独立自主，自力更生”的方针指引下，目前我国已能大批生产各种类型的水准仪。图 1-3(a) 是上海光学仪器厂生产的 CSZ-1 型水准仪的外形，图 1-3(b) 是这类水准仪的构造示意图。

水准仪主要包括下列几部分：

1. 望远镜 望远镜由物镜、对光透镜、十字丝分划板和目镜等部分组成，如图 1-3(b)，其中十字丝交点和物镜光心的连线称为望远镜的视准轴，也就是用以瞄准和读数的视线。由于要瞄准的目标离开望远镜的远近不同，借转动对光螺旋使对光透镜在镜筒内前后移动，可使目标呈象清晰。利用目镜则可使成象放大。因此望远镜的作用，一方面提供一条瞄准目标用的视线，另一方面将远处的目标成象放大，提高瞄准和读数的精度。

2. 水准器 水准器是用以整平的器具，分为管水准器和圆水准器两种。管水准器亦称水准管，是用一个内表面磨成圆弧的玻璃管制成，(图 1-3(a) 和 1-3(b))，一般规定以圆弧 2 毫米长度所对的圆心角表示水准器的分划值，分划值越小，灵敏度越高，普通水准仪水准管的分划值一般为 $20''$ — $25''/2\text{mm}$ 。水准管内盛满乙醚等液体，仅留一个气泡，管内圆弧中点处(圆弧最高点)的切线称为水准管轴。当气泡居中时，即表示水准管轴处于水平位置。从图 1-3(b) 可知，水准仪上的水准管是与望远镜连在一起的，而水准管轴与望远镜的视准轴又是互相平行，我们转动微倾螺旋可使望远镜连同水准管绕微倾轴作微小的俯仰，当水准管的

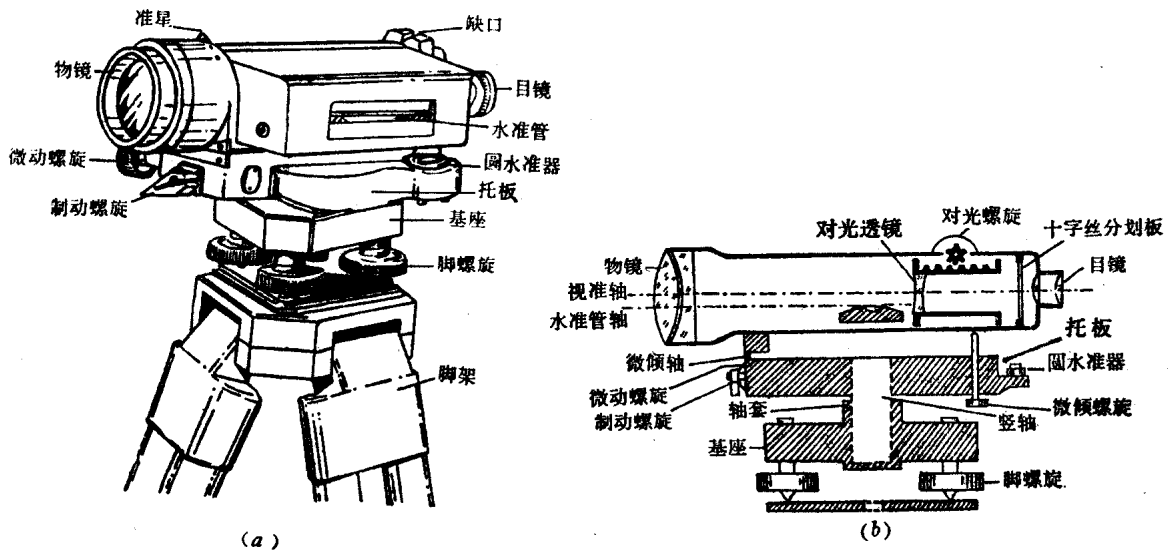


图 1-3

气泡居中，视线也就水平了。因此，水准管和望远镜是水准仪的主要部件，水准管轴与视准轴互相平行是水准仪构造的主要条件。

圆水准器如图 1-4 所示，它是用一个玻璃圆盒制成，装在金属外壳内。玻璃的内表面磨成球面，中央刻有一小圆圈，圆圈中点与球心的连线叫做圆水准轴 (L_f, L_f)。当气泡位于小圆圈的中央时，圆水准轴处于铅垂位置。普通水准仪圆水准器的分划值一般是 $8'/2\text{mm}$ ，它是安装在托板上，其轴线是与仪器的竖轴互相平行，所以当圆气泡居中时，表示仪器的竖轴已基本处于铅垂位置。由于圆水准器的精度较低，它主要用于水准仪的粗略整平。

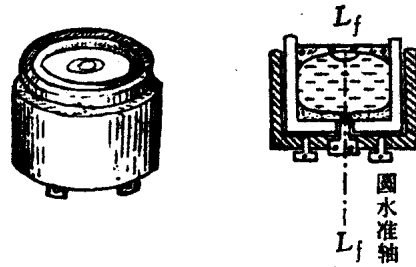


图 1-4

3. 托板 托板通过微倾轴等与望远镜相联结，在该部分有圆水准器、微倾螺旋、竖轴、制动螺旋及微动螺旋等，如图 1-3(b)。转动微倾螺旋可使望远镜的目镜端作微小的升降，以使长水准管气泡精确居中。竖轴是仪器的旋转轴，它插入基座的轴套中，利用制动和微动螺旋使望远镜能在水平方向旋转，以便瞄准目标。

4. 基座 基座包括轴套和脚螺旋。旋转脚螺旋可使圆水准器的气泡居中，以致仪器粗略整平。

二、水准尺和尺垫

水准尺是水准测量中重要工具之一，常用干燥而良好的木料制成，尺的形式有直尺、折尺和塔尺(图 1-5)。

尺垫又称尺台，其形式有三角形、圆形等。测量时为了防止尺子陷入土中，常常将尺垫放在地上踩稳，然后把水准尺竖立在尺垫的圆球顶上(图 1-5)。

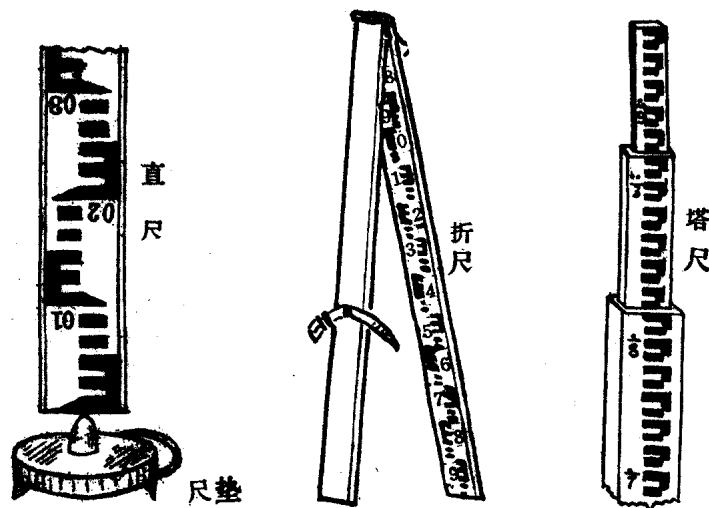


图 1-5

三、水准仪的使用

“一切客观事物本来是互相联系的和具有内部规律的。”上面我们已分别介绍了水准仪各部分的构造和作用，下面我们将各部分联系起来，论述水准仪的使用。

1. 安置和整平仪器 支开三脚架，将三脚插入土中，并令架头大致水平。利用连接螺旋使水准仪与三脚架固连，然后旋转脚螺旋使圆水准器的气泡居中。其方法如下：

如图1-6(a)，气泡不在圆水准器的中心而偏到1点，这表示脚螺旋A一侧偏高，此时可用双手按箭头所示的方向旋转脚螺旋A和B，即降低脚螺旋A，升高脚螺旋B，则气泡便往脚螺旋B方向移动(气泡总是随着左手拇指移动的方向而移动)，直至2点位置为止。再旋转脚螺旋C，如图1-6(b)所示，使气泡从2点移到圆水准器的中心，这时仪器的竖轴大致竖直，亦即视线大致水平。

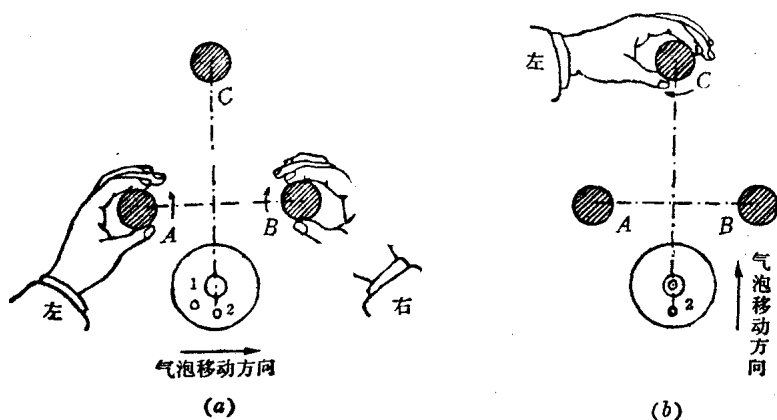


图 1-6

2. 瞄准 当仪器整平之后，松开望远镜的制动螺旋，利用望远镜筒上的缺口和准星概略地瞄准水准尺，然后转动目镜使十字丝的呈象清晰，再转动对光螺旋，使水准尺的刻划呈象清晰。对光完毕后，旋紧制动螺旋，如发现望远镜的十字丝还未准确对准水准尺，则可利用微动螺旋使十字丝的竖丝对准水准尺(图1-7)。

3. 读数 在读数之前应转动微倾螺旋使水准管的气泡居中。目前生产的水准仪，其水准管一般带有棱镜装置，称为符合水准器。我们从望远镜旁的小孔中可观察到气泡是否居中，如两个弧段未连成光滑的圆弧，说明气泡尚未居中(图1-8(a))；当两个弧段吻合成圆弧

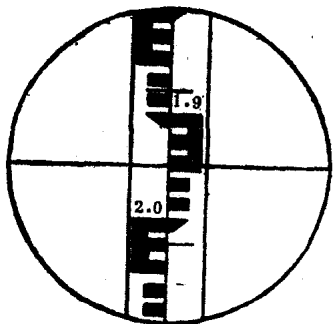


图 1-7

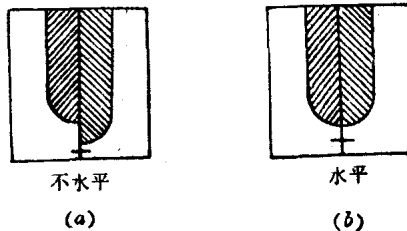


图 1-8

时(图 1-8(b)), 则说明气泡已居中了。水准器的气泡居中后, 应立即利用十字丝的中丝读取尺上读数。因为水准仪的望远镜一般是倒象, 所以水准尺倒写的数字从望远镜中看到是正写的数字, 同时看到尺上刻划的注记是从上至下递增的。在图 1-7 中, 从望远镜中读得的读数为 1.948 米。

§ 1-3 水准测量的基本方法

毛主席教导我们: “马克思主义的哲学认为十分重要的问题, 不在于懂得了客观世界的规律性, 因而能够解释世界, 而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。”前面我们介绍了水准测量的原理和水准仪的构造, 本节主要解决如何利用水准仪来测定地面点之间的高差问题。

如图 1-9 所示, 欲测定 A、B 两点之间的高差, 在一般情况下, A、B 两点相距很远, 必须分段进行测量。我们首先将水准仪安置在 A 点与 TP_1 点之间, 按照上节介绍的水准仪的使用方法, 瞄准 A 点的水准尺, 转动微倾螺旋使气泡居中, 读取读数 a_1 , 接着瞄准 TP_1 点的水准尺, 再转动微倾螺旋使气泡居中, 读取读数 b_1 。这样便求得 A 点和 TP_1 点之间的高差 $h_1 = a_1 - b_1$; 然后将水准仪安置于 TP_1 点与 TP_2 点之间, 以同样方法读取读数 a_2 和读数 b_2 , 求得 TP_1 与 TP_2 两点间的高差 $h_2 = a_2 - b_2$; 如此继续下去, 直至 B 点为止。

在水准测量中, 按照测量的前进方向, 背向者为后视, 顺向者为前视。如图 1-9, 由 A 点向 B 点方向观测, 当仪器安置在第一站时, 已知高程点 A 在前进方向的背后, 故其读数 a_1 称为后视读数; 待测点 TP_1 在前进方向的前面, 其读数 b_1 称为前视读数。依此类推。

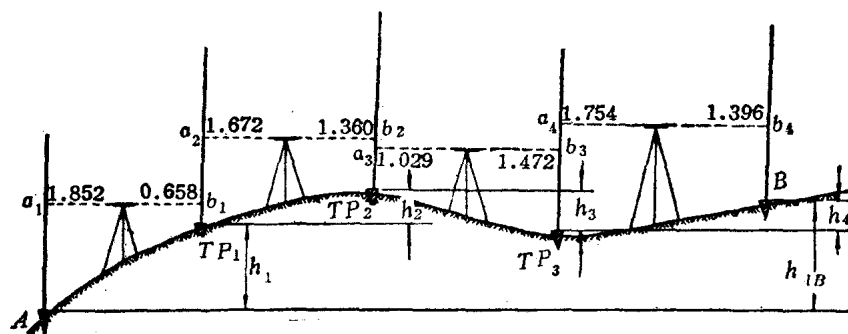


图 1-9

由图 1-9 可以看出:

$$\begin{aligned} h_1 &= a_1 - b_1 \\ h_2 &= a_2 - b_2 \\ h_3 &= a_3 - b_3 \\ h_4 &= a_4 - b_4 \end{aligned} \quad (1-3)$$

取上列各式的总和即得 A、B 两点高差:

$$\begin{aligned} h_{AB} &= h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = \sum h \\ &= (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) - (b_1 + b_2 + b_3 + b_4) \\ &= \sum a - \sum b \end{aligned} \quad (1-4)$$

从上式可知, A 、 B 两点的高差等于其中各段高差的总和, 亦即等于“后视读数总和”减去“前视读数总和”。如 A 点的高程 H_A 已知, 则 B 点的高程 H_B 可按式求得:

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (1-5)$$

从上例中可知, 通过 TP_1 、 TP_2 ……等点, 把高程从 A 点传递到 B 点, 他们起着传递高程的作用, 故 TP_1 、 TP_2 ……等点称为转点。对于转点必然既有前视读数, 也有后视读数。

在实际作业中, 应按照一定的记录格式随测、随记、随算。图 1-9 中观测的数值分别记在表 1-2 中, 并算出其高差和高程, 在计算高差时应注意其正负问题, 后视读数大于前视读数时, 则高差为正, 反之为负。

水准测量记录

表 1-2

测站	测点	后视读数(米)		高 差 (米)		高 程 (米)	备 注
		前视读数(米)		+	-		
1	A	后	1.852	1.194		71.632	高程以黄海零点起算。
	TP ₁	前	0.658			72.826	
2	TP ₁	后	1.672	0.312		73.138	
	TP ₂	前	1.360				
3	TP ₂	后	1.029		0.443	72.695	
	TP ₃	前	1.472				
4	TP ₃	后	1.754	0.358		73.053	
	B	前	1.396				
计算的校核	和	Σ后	6.307	1.864	0.443	73.053	
		Σ前	$\frac{-)4.886}{+ 1.421}$	$\frac{-)0.443}{+ 1.421}$		$\frac{-)71.632}{1.421}$	

表中“计算的校核”是校核计算是否有误, 是根据(1-4)式和(1-5)式计算的, 即:

$$(\Sigma \text{后视} - \Sigma \text{前视}) = \Sigma \text{高差} = (\text{终点高程} - \text{始点高程})$$

§1-4 四等水准测量

在上节我们介绍了水准测量的基本方法, 还未谈及水准测量的精度问题。但实际上, 因用途不同, 对水准测量的精度要求也不同。按照规范规定国家水准测量分为四个等级, 其中一、二等水准测量精度要求高, 使用的仪器和施测方法也比较精密, 称为精密水准测量, 大多作为高级控制及科研之用。三、四等水准测量精度稍低, 在中、小型水利工程中, 应用比较广泛, 除此以外, 还经常应用等外水准测量, 亦称五等水准测量。本节着重介绍四等水准测量, 有关五等水准测量的内容将在本节末提及。

一、四等水准点

水准测量是要测定一些点子的高程, 并且往往要求把这些点子固定和保存下来。在测量

之前, 应选好这些点子的位置并埋设标石。用四等水准测量的方法及其相应的精度来测定高程的点子, 称为四等水准点。

永久性的四等水准点, 要长期保存, 因此多用石桩或水泥桩埋入地下(图 1-10(a)), 桩顶嵌入金属标志, 其顶部为半圆球形, 水准点的高程是指圆球顶的高程。为了保护桩顶, 在其上加上护盖, 并注明水准点的等级。如图 1-10(b)中, BM_{II-1} 表示三等水准点第 1 号。临时水准点可以选在坚固的岩石、桥墩等固定地物上, 刻上记号。两水准点的间距, 根据工程需要而定, 一般在 1—2 公里左右。

二、四等水准测量所用的仪器

四等水准测量按规定应使用 S_3 型水准仪(望远镜放大率 ≥ 30 倍, 符合水准器分划值 $\leq 20''/2mm$)。为了检查读数的错误和提高测量精度, 水准尺应采用双面尺, 一对双面尺的黑面起始读数均为零, 而红面起始读数通常是一把为 4.687 米; 另一把为 4.787 米。

三、四等水准测量施测方法

四等水准测量方法与上节介绍的水准测量方法比较起来, 主要区别是: 由于采用双面水准尺, 因此, 在每个测站上除读出前、后尺的黑面读数外, 还要读出前、后尺的红面读数, 以供校核和提高观测精度; 另一方面, 由于四等水准测量要求仪器至前、后尺的距离大致相等, 其差数不得大于 3 米, 所以在每个测站上还要测定仪器到水准尺的水平距离。水平距离的测定, 一般利用水准仪十字丝分划板的上丝和下丝(该二丝是专供测距用的, 称视距丝)进行。方法是: 仪器安置好后, 瞄准水准尺, 读取下丝和上丝的读数, 则:

仪器到水准尺的水平距离 $= 100 \times (\text{下丝读数} - \text{上丝读数})$ 。

其中上、下丝读数之差称为“视距间隔”, 100 是仪器的“视距常数”。其原理将于第三章介绍。

现将四等水准测量的观测和计算方法略述如下:

1. 一个测站上的观测顺序

- (1) 瞄准后视尺黑面, 读取下丝、上丝和中丝读数, 分别记入表 1-3 第①、②、③项;
- (2) 瞄准后视尺红面, 读取中丝读数, 记入表格第④项;
- (3) 瞄准前视尺黑面, 读取下丝、上丝和中丝读数, 分别记入表格第⑤、⑥、⑦项;
- (4) 瞄准前视尺红面, 读取中丝读数, 记入表格第⑧项。

在观测时应当注意: 在读取视距丝读数时, 气泡不必要求很严格居中, 而读取中丝读数时必须注意使气泡严格居中。仪器至水准尺的距离不应大于 100 米。在观测过程中, 记录员应随即进行计算并及时校核。

2. 测站上的计算及校核

(1) 视距部分

四等水准测量要求仪器到后尺和前尺的距离大致相等, 其差数不得大于 3 米; 各测站的累积差数不大于 10 米。因此, 应根据视距丝读数计算后距、前距、后、前距差 d 及后、前距差累积值 $\sum d$ 。即:

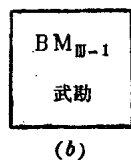
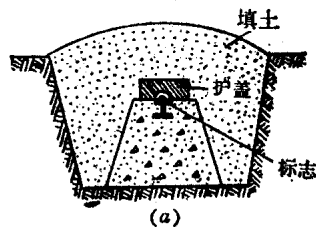


图 1-10

(①项-②项)×100=后距, 记入第⑨项;

(⑤项-⑥项)×100=前距, 记入第⑩项;

⑨项-⑩项=后、前距差 d , 记入第⑪项(应不大于3米);

首站的后、前距差累积值 Σd =本站的后、前距差 d , 记入第⑫项;

第二站以后的后、前距差累积值 Σd =前站的⑫项+本站的⑪项(应不大于10米)。

四等水准测量记录

表 1-3

测站 编 号	点 号	后尺下丝	前尺下丝	方 向 及 尺 号	水准尺读数		K+黑 减 红	高 差 中 数	高 程
		后尺上丝	前尺上丝		黑 面	红 面			
		后 距	前 距						
		后前距 差 d	累积差 Σd						
		①	⑤	后	⑧	④	⑬	⑮	
		②	⑥	前	⑦	③	⑭		
		⑨	⑩	后-前	⑮	⑯	⑰		
		⑪	⑫						
1	BM ₁	1.571	0.744	后 47	1.384	6.171	0	+0.8325	43.578
		1.197	0.358	前 46	0.551	5.239	-1		
	TP ₁	37.4	38.6	后-前	+0.833	+0.932	+1		
		-1.2	-1.2						
2	TP ₁	2.121	2.201	后 46	1.934	6.621	0	-0.0745	
		1.747	1.816	前 47	2.008	6.796	-1		
	TP ₂	37.4	38.5	后-前	-0.074	-0.175	+1		
		-1.1	-2.3						
3	TP ₂	1.919	2.053	后 47	1.726	6.513	0	-0.1405	
		1.534	1.676	前 46	1.866	6.554	-1		
	TP ₃	38.5	37.7	后-前	-0.140	-0.041	+1		
		+0.8	-1.5						
4	TP ₃	1.965	2.141	后 46	1.832	6.519	0	-0.1745	
		1.700	1.874	前 47	2.007	6.793	+1		
	TP ₄	26.5	26.7	后-前	-0.175	-0.274	-1		
		-0.2	-1.7						

(2) 高差部分

四等水准测量采用双面水准尺, 因此应根据红、黑面读数进行下列校核计算:

a. 同一把水准尺的黑面读数+K值减去红面读数应为零。即:

后视尺 ③项+K-④项=⑬项;

前视尺 ⑦项+K-⑧项=⑭项。

其中K为水准尺红、黑面起始读数的差值,系一常数值。在本例中47号尺K=4.787米;46号尺K=4.687米。由于测量有误差,⑬项和⑭项往往不为零,但其不符值应小于±3毫米。

b. 用黑面尺测得的高差与用红面尺测得的高差应相等。即:

③项-⑦项=⑮项(黑面尺高差);

④项-⑧项=⑯项(红面尺高差)。

因为两把尺的红面起始读数各为4.787米和4.687米,两者相差100毫米,所以在⑮项上加或减去100毫米之后与⑯项之差应为零,但由于测量有误差,往往不为零,其不符值应小于±5毫米,并记入第⑰项。即:

⑰项=⑮项-[⑯项±100毫米]

表中第⑰项除了检查用黑、红面测得的高差是否合乎要求外,同时也用作检查计算是否有误,这是因为:

⑰项=⑮项-[⑯项±100毫米]
=⑬项-⑭项

当以上计算合格后,再按下式算出高差中数:

高差中数⑱项= $\frac{1}{2}$ [⑮项+⑯项±100毫米]。

这一站的观测与计算工作结束后,方可把仪器搬到下一站进行观测。以后各站的观测程序和计算、校核与上相同。

五等水准测量所使用的仪器是S₁₀型(望远镜放大率≥20倍,符合水准器的分划值≤25"/2mm)或S₃型水准仪,用双面水准尺施测时采用后、后、前、前的观测程序,同一把尺红黑面读数之差与常数K的差数不得超过4毫米;红、黑面算得高差之差不得超过6毫米。五等水准测量应起始于高级水准点,形成闭合或附合线路。

§1-5 水准测量的校核方法和闭合差的调整

在水准测量中,测得的高差总是不可避免地含有误差。那么,我们怎样判断测量的成果是否符合要求呢?

一、测站校核

1. 双面尺法

如上节所述,采用双面水准尺,在每个测站上,读取后视尺的黑、红面读数和前视尺的黑、红面读数进行下列两项校核:

(1) 同一把水准尺的黑面读数和红面读数的差数在四等水准测量中不得超过3毫米;对五等水准测量不得超过4毫米。

(2) 用黑面尺测得的高差与用红面尺测得的高差应相等,其差数在四等水准测量中不得超过5毫米;对五等水准测量不得超过6毫米。

如误差在允许范围内,则取其平均值作为观测成果。