



水准测量和 水准仪检修

山东科学技术出版社

水准测量和水准仪检修

山东省水利学校

《水准测量和水准仪检修》编写组

山东科学技术出版社

一九八一年·济南

编写人：蒋裕民 刘文柱 李大社

水准测量和水准仪检修

山东省水利学校
《水准测量和水准仪检修》编写组

*

山东科学技术出版社出版
山东省新华书店发行
山东新华印刷厂德州厂印刷

*

787×1092毫米32开本 7印张 142千字
1981年6月第1版 1981年6月第1次印刷
印数：1—3,500

书号 16195·59 定价 0.58 元

前 言

为了适应经济建设中工程技术人员使用水准仪和检修水准仪的需要，我们根据测量课教学和校办工厂制造、检修水准仪的经验体会，参考了现行“国家水准测量规范”中有关规定和测量学、测量仪器检修等有关资料，编写了这本书。全书内容包括三个部分：水准测量基本知识和常用水准测量方法，S₃型、威特N₂型等几种常见普通水准仪的基本构造、拆卸安装和常见故障的检查修理方法，两种新型水准仪——YJS₃激光水准仪和DZS₃自动安平水准仪的结构原理、使用方法和检验校正方法。

本书在编写中力求简练扼要，由浅入深，由简到繁。全书插图较多，特别是仪器构造部分均有插图，便于初学者对照实物拆卸安装。

本书可供水利电力、市政建设、铁路公路、农林规划等部门工程技术人员进行水准测量和检修水准仪的参考，亦可做为有关院校测量课和训练班的教学参考或教材。

本书在编写过程中曾得到烟台光学仪器厂等单位热情支持和帮助，在此表示感谢！

编 者

1981年3月

目 录

一、水准测量基本知识	(1)
(一) 水准测量及其应用	(1)
(二) 高程与高差	(2)
(三) 水准测量原理	(4)
(四) 1956年黄海高程系	(7)
(五) 国家高程控制点	(8)
二、水准仪和水准尺的使用	(10)
(一) 水准仪的主要构件及其作用	(10)
(二) 水准仪的使用	(21)
(三) 水准尺和尺垫	(25)
三、普通水准测量	(29)
(一) 水准路线	(29)
(二) 普通水准测量的观测和记录	(30)
(三) 水准测量注意事项	(34)
(四) 普通水准测量的精度要求与校核	(37)
(五) 水准测量的成果计算	(39)
四、三、四等水准测量	(44)
(一) 三、四等水准路线的布设	(44)
(二) 三、四等水准测量的仪器	(45)
(三) 四等水准测量的观测和记录	(46)
(四) 三等水准测量的观测和记录	(56)
(五) 三、四等水准测量的成果计算	(58)

五、路线水准测量	(62)
(一) 量距打桩	(62)
(二) 路线纵断面测量	(65)
(三) 路线横断面测量	(74)
(四) 路线工程土方计算	(81)
六、平整土地中的水准测量	(89)
(一) 测设方格网	(89)
(二) 测量各方格点的水准读数	(91)
(三) 计算方格网的平均水准读数	(92)
(四) 倾斜田面设计	(96)
(五) 计算填挖土方量	(100)
七、已知高程的放样	(105)
(一) 建立施工水准点	(105)
(二) 准备放样数据	(106)
(三) 实地放样	(106)
八、水准仪的拆卸、安装和调整	(111)
(一) 检修工作室	(111)
(二) 常用工具	(114)
(三) 常用材料	(116)
(四) 拆卸方法	(119)
(五) 清洗	(122)
(六) 安装	(123)
(七) 安装后的一般检查	(126)
(八) 水准仪的检验校正	(133)
九、水准仪的常见故障及检修方法	(143)
(一) 基座部件	(143)
(二) 托板部件	(148)
(三) 望远镜部件	(151)

十、几种常见水准仪的维修	(163)
(一) 上海CSZ—1型水准仪的维修	(163)
(二) 南工584型水准仪的维修	(167)
(三) 威尔特N ₂ 水准仪的维修	(176)
十一、自动安平水准仪	(185)
(一) 自动安平水准仪的基本原理	(185)
(二) DZS ₃ 自动安平水准仪	(187)
十二、激光水准仪	(196)
(一) 激光在测量工作上的应用	(196)
(二) 激光水准仪	(199)

一、水准测量基本知识

(一) 水准测量及其应用

在各种建筑工地上，我们经常会看到工程人员用水准仪和两根水准尺，来测定地面上一些点子之间的高低关系，这项工作就是水准测量。

水准测量应用极为广泛。它是测绘地形图的最基本工作之一。不进行水准测量，就很难在地形图上绘出地面的高低起伏状态。

在农田水利建设中，修建沟渠；在交通运输事业中，修建公路、铁路，都要首先应用水准测量测出沿线的高低变化情况，以便确定中线的填高或挖深。在施工过程中，还要经常应用水准测量来校正填高和挖深是否满足要求。

现在，大型机器的安装，也普遍应用水准测量，象造船工业应用水准测量进行船舶放样，比旧的放样方法，不仅减轻了劳动强度，而且也提高了放样的速度和准确度。

在矿藏开采、城市规划、国防建设、地震预报等工作中，也都离不开水准测量。

随着我国四个现代化的迅速进展，不仅水准测量的设备和方法将有很大的改进，而且水准测量的应用也将会愈来愈广泛。

(二) 高程与高差

应用水准测量测定地面上一些点子的高低，必须先研究一下如何来表示地面点多高这样的一个问题，然后才能比较出它们之间的高低。

我们知道，当两个人要比谁高时，通常是两个人站在同一个平面上，自这个平面起到每个人的头顶，谁的这段长度大谁就高。要比较地面上一些点子的高低时，也首先要选择同一个平面。这个同一的平面在水准测量上叫“基准面”。距这个基准面垂直距离长的地面点就高，距这个基准面垂直距离短的地面点就低。每个地面点本身的高度，用它到基准面的垂直距离来表示。在测量上，称地面点到基准面的垂直距离为地面点的“高程”，常以 H 表示。地面上两点高程之差，称为该两点的“高差”，常以 h 表示。

很明显，基准面选择的不同，同一个地面点对于不同的基准面，其高程也就不一样。由于基准面选择的不同，高程又有绝对高程和相对高程之分。

国家为了统一全国的高程，规定我国采用黄海平均海水面作为高程起算的基准面。黄海平均海水面，是指通过黄海海水水位平均位置的静止海水面，简称为“平均海水面”。地面点到平均海水面的垂直距离，称为“绝对高程”，或称为“海拔”。我国珠穆朗玛峰的海拔是8848.14米，就是指珠穆朗玛峰顶至黄海平均海水面的垂直距离为8848.14米。

海水每天不停的上下涨落，当涨落在每一个位置静止时，都可以形成一个静止的海水面。我们将这些静止的海水

面统称为“任意海水面”。在有些地方采用黄海平均海水面作为高程起算的基准面有困难时，可以选择一个合适的任意海水面作为基准面。地面点到这个任意海水面的垂直距离称为“假定高程”。

在实际工作中，我们并不需要先找出一个静止的海水面，而是选择一个固定点，假定出它的高程，然后以这个固定点的假定高程作为起算根据，而推求其他一些点的高程。这实际上就等于选择了该固定点下的一个任意海水面（此任意海水面由大海延展过来的）作为基准面了；这个基准面与固定点之间的垂直距离，等于该固定点的假定高程。

图1为绝对高程和假定高程的示意图。图中 H_A 、 H_B 分别为A、B两点到平均海水面的垂直距离，即A、B两点的绝对高程。 h_{AB} 为A、B两点间的高差。

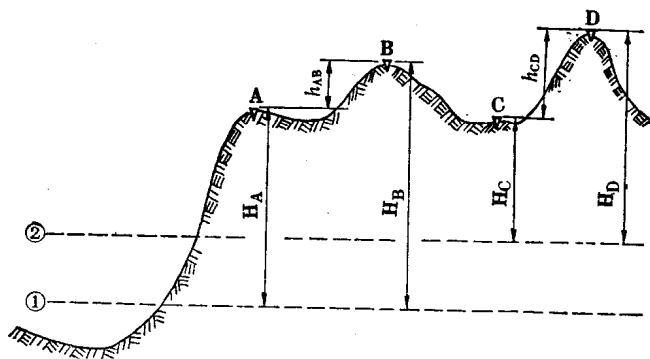


图 1

①平均海水面

②任意海水面

图1中C点为一固定点，假定它的高程为 H_C 。（实际上

也就是选择由C点垂直向下 H_c 深度处的静止海水面作为基准面)。 h_{CD} 为C、D两点之间的高差，以C点的假定高程为起算根据，推求出D点的假定高程为 H_D 。在实际工作中，C点的高程数值应假定得大一些，以免推求其他点的高程时出现负值。

以同一个基准面为高程起算面的一些高程点，称为“同一高程系”；以不同基准面作为高程起算面的高程点之间，称为“不同高程系”。同一高程系的高程点之间才能比较高低；不同高程系的高程点之间不能比较高低。所以，在我们使用高程资料时，一定要弄清楚所属的高程系，以免产生差错。

(三) 水准测量原理

应用水准测量测定地面上一些点的高低，实际上就是测定这些点的高程。但在具体的水准测量过程中，并不是直接丈量地面点到平均海水面的垂直距离，而是逐个的测量出未知高程的地面点对于已知高程的地面点之间的高差，然后在已知的高程上加上所测得的高差，即得出了未知的高程。

应用水准测量又是如何来测定地面上两点之间的高差呢？这可以用图2来加以说明。在图2中，A点为已知高程的地面点，设其高程为 H_A ，B点为未知高程的地面点，现在我们要根据A点的高程测量出B点的高程 H_B 。为此，我们在A、B两点上各直立一根水准尺，在A、B两点之间安置一架水准仪，利用水准仪的结构特点，我们可以获得一条水平视线MN。设这条水平视线在A点尺上截得的一段长度

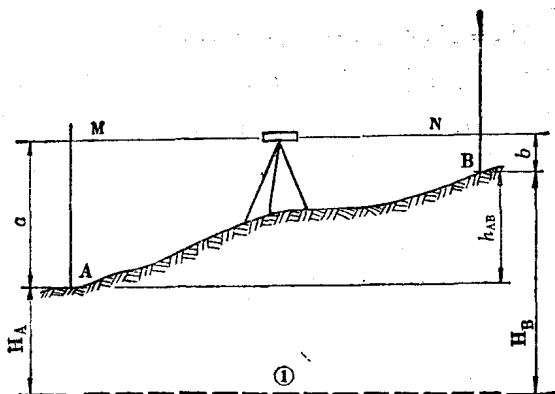


图 2

①平均海水面 MN水平视线 a后视读数 b前视读数

为 a ，在 B 点尺上截得的一段长度为 b ，根据图形的几何关系，我们可以得出 B 点对于 A 点的高差为：

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

由于在测量中我们是从 A 向 B 进行，所以习惯上称 A 点为“后视点”，称 B 点为“前视点”；在 A 点上立的尺子称为“后尺”，在 B 点上立的尺子称为“前尺”。水平视线在后尺和前尺上所截得的 a 、 b 两数值，实际上是从水准仪的望远镜中，根据水准尺的刻划读出来的。所以，我们称 a 为“后视读数”，简称“后视”；称 b 为“前视读数”，简称“前视”。故 A、B 两点间的高差等于后视减前视。

从上式及图 2 中可以看出，高差 h_{AB} 可正可负，若 B 点高于 A 点时，则后视读数 a 大于前视读数 b ， h_{AB} 为正；若 B 点低于 A 点时，则 a 小于 b ， h_{AB} 为负。

有了高差以后，则 B 点的高程为：

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + a - b$$

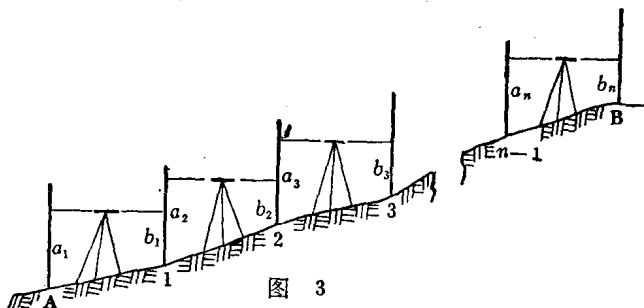
从上式及图 2 中可以看出, $H_A + a$ 就是水平视线 MN 到平均海水面的垂直距离。测量中称这段距离为“视线高程”, 简称为“视线高”, 常以 H_i 表示之。因此, B 点的高程也等于视线高减前视, 即:

$$H_B = H_i - b$$

在渠道、公路等水准测量中, 常采用先求出视线高的办法去求一些地面点的高程。

在图 2 中, A、B 两点相距较近, 而且高差较小, 采用一次水平视线即可以看见两根尺子, 而求出两点间的高差, 进而求出 B 点的高程。这种情况, 称为“简单水准测量”。

在一般情况下, A、B 两点可能很远或高差较大, 只用一次水平视线看不见立在两点上的尺子。为了解决这个问题, 可以在 A、B 两点之间, 选一些临时性的点, 如图 3 中的 1、2、3……等点。这些临时性的点名叫“转点”。在转



点中, 相邻两点之间的距离较近, 而且高差也不大。由 A 点开始, 逐一利用水平视线测定出相邻两点之间的高差, 然后取其高差的代数和, 即为 A、B 两点之间的高差。图 3 所示

的情况，可用下式表示：

$$h_1 = a_1 - b_1$$

$$h_2 = a_2 - b_2$$

.....

$$\begin{aligned} &+ h_n = a_n - b_n \\ \hline \sum_1^n h &= \sum_1^n a - \sum_1^n b \end{aligned}$$

$\sum_1^n h$ 即为A、B两点之间的高差 h_{AB} 。有了 h_{AB} 即可求出

B点的高程，即：

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

在实际工作中，就是根据这个原理，通过多次的水平视线，而求出较远两点之间的高差，进而求出要求的地面点的高程。这种情况称为“复合水准测量”。

(四) 1956年黄海高程系

在使用地形图或使用某些高程资料时，在这些资料中，经常注有“1956年黄海高程系”。凡有这种注明的资料，其高程均属1956年黄海高程系。何谓1956年黄海高程系呢？这要从我国绝对高程起算的基准面谈起。我国采用黄海平均海水面作为绝对高程起算的基准面。但是整个黄海的平均海水面是无法获得的，实际上是采用通过黄海某一点处的平均海水面作为基准面的。为了解决这个问题，在青岛附近的黄海岸边，选择一个合适的地点，设立了一个水位标尺，长期观测其海水面的升降，根据长期观测的结果，求其海水面在这个标尺上的平均位置。通过这一平均位置的海水面，就是我

国采用的绝对高程起算基准面。1955年，我国有关测绘部门，在青岛附近埋设了6个非常精致的标石，其中1个称为“水准原点”，其余5个称为“附点”。这6个点组成了一个水准原点网，并用精密水准测量方法，将原点网与水位标尺相联接。根据测量的成果，于1956年计算出水准原点高出由水位标尺所推出的平均海水面72.289米。以后，根据这个结果，推算出全国其他一些点的高程，故统称为“1956年黄海高程系”。

解放以前，我国的高程系统很不统一，大部分区域都以各自的假定零点为起算根据，而形成各自独立的假定高程系，如废黄河零点高程系、大沽零点高程系等等。这些高程资料，有的一直到现在还在使用。它们和1956年黄海高程系之间有一个换算关系，在使用这些资料时，一定要搞清其高程系统及其换算关系，以免产生差错。

（五）国家高程控制点

国家有关测绘部门除建立了水准原点外，还在全国各地，相隔一定距离埋设了很多标石，以水准原点的高程为根据，采用水准测量的方法，由水准原点起，将各标石的高程逐一引测出来，以备各项工程建设使用。这些标石称为“国家高程控制点”，也称为“水准点”，常用BM表示。

应用水准测量的方法测定水准点的高程时，按照控制顺序和施测精度，分为一、二、三、四等四个等级进行。

一等水准精度最高，凡是用一等水准测量测定的水准点，称为“一等水准点”。二等水准精度次之，凡是用二等

水准测量测定的水准点，称为“二等水准点”。三、四等水准精度更次之，凡是用三、四等水准测量测定的水准点，分别称为“三等水准点”、“四等水准点”。

一、二等水准是国家高程控制的骨干和基础，均采用精密方法进行测量，这里就不介绍了。三、四等水准是直接提供地形测图和各项工程建设所必须的水准点，其观测方法与要求均较一、二等水准为低。有关三、四等水准测量将在第四部分中作进一步介绍。

水准标石的形式较多。正规的水准点，其标石顶部都有一个馒头状凸起，有的标石下部还有一个凸起，上部的凸起称为“上标”，下部的凸起称为“下标”，如图4。测定水

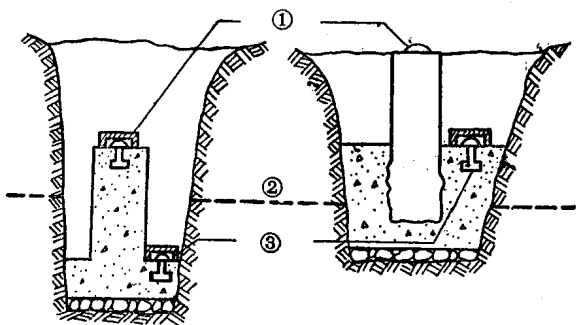


图 4

①上标志

②冰冻线

③下标志

准点的高程，实际上就是测定标石凸起部分最高点的高程。为了防止标石的损坏，正规的水准点，在标石的凸起部分盖上一个保护盖。整个标石埋在地面下适当深度，委托其附近群众保管。在使用水准点时，挖开上部泥土，取下保护盖，将标尺立在凸起部分的最高点上，用完以后，再将保护盖盖上埋好。

二、水准仪和水准仪的使用

(一) 水准仪的主要构件及其作用

测定两点间高差的关键问题是要有一条水平视线。目前，在水准测量中，主要是借助于水准仪来取得水平视线的。

现在所使用的水准仪，由于精度等级和结构的不同，其类型很多。表1是我国第一机械工业部1977年发布的水准仪系列及其基本参数。表内“等级与型号”一栏中，D为“大地测量”汉语拼音的第一个字母；S为“水准仪”汉语拼音的第一个字母；Z为“自动安平”汉语拼音的第一个字母；字母后的数字表示水准仪的精度等级。如DS₃的“3”，表示该类水准仪每公里往返测高差中数偶然中误差不大于±3毫米。

根据水准仪系列标准，我国的水准仪分为5个等级，即DS_{0.5}、DS₁、DS₃、DS₁₀、DS₂₀。目前大批量生产的有DS₃和DS₁₀两个等级，DS₁有小批量生产，自动安平水准仪已有少数工厂投产。

DS_{0.5}、DS₁类型的水准仪，系精密水准仪，供精密水准测量使用，结构比较复杂，在此不作介绍了。

DS₃、DS₁₀这两个等级的水准仪，均属于普通水准仪，对于一般工程建设、地形等测量应用极为广泛。我国的云南