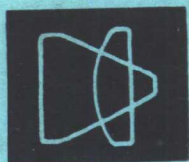


光学仪器丛书



水准仪

《水准仪》编写组 编著

机械工业出版社

~~8939.1~~ TH74
3353

光学仪器丛书

水准仪

《水准仪》编写组 编著



机械工业出版社

本书在叙述水准仪的工作原理及其基本结构的基础上，介绍了水准仪的使用方法及其在土地平整、造船等方面的部分应用，同时对水准仪的修理也作了较为详细的介绍。

本书可供工程测量人员阅读。

光学仪器丛书
水 准 仪
《水准仪》编写组 编著

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $4 \frac{1}{16}$ · 字数 87 千字

1979 年 1 月北京第一版·1979 年 1 月北京第一次印刷

印数 00,001—25,000 · 定价 0.34 元

*

统一书号：15033·4578

前 言

为了普及光学仪器知识，使广大工农兵能更好地使用光学仪器，特由上海光学仪器研究室组织有关单位编写了《光学仪器》丛书。

此丛书包括显微镜、光学计量仪器、物理光学仪器、测绘仪器等几方面，将按产品陆续分册出版。书的主要内容包
括原理、结构、使用、维修等。

本分册由江西光学仪器总厂、武汉测绘学院、靖江测绘仪器厂执笔。在编写过程中曾得到有关单位的大力协助，在此表示感谢。

由于水平有限，书中难免有错误之处，望广大读者批评指正。

目 录

前 言

第一章 概述	1
1. 水准仪的用途	1
2. 地面的高程系统和水准测量原理	2
3. 水准仪的要求	4
第二章 水准仪构造原理	8
一、工作标准器	10
二、望远镜	14
1. 望远镜的成象	14
2. 望远镜的光学结构	15
3. 望远镜的性能	16
4. 内调焦望远镜	18
5. 视距测量原理	20
三、安放系统	21
第三章 水准仪的使用	22
一、水准尺和尺垫	22
二、水准仪的使用	24
1. 架设仪器	24
2. 粗整平	25
3. 瞄准	26
4. 精平	28
5. 读数	29
三、国家三等水准测量	30
1. 选点和埋石	30

2. 三等水准测量的仪器	30
3. 三等水准测量的观测	31
4. 一测站的操作程序	32
5. 水准测量的注意事项	37
四、土地平整测量	38
1. 布设方格	38
2. 面水准测量	39
3. 确定平整高程	43
4. 计算填、挖土方数	45
五、水准仪在造船方面的部分应用	47
1. 船舶放样中的水准测量	47
2. 装配中的水准测量	50
3. 船体变形测量	54
六、误差概念	55
1. 测量误差的来源与分类	55
2. 衡量精度的标准	57
3. 极限误差	59
4. 水准测量的精度评定	60
5. 水准仪的作业性能试验	61
第四章 水准仪的检校与修理	62
一、水准仪的一般检视	62
1. 仪器的检视	62
2. 脚架的检视	63
二、水准仪的校正	63
1. 圆水准器的校正	64
2. 长水准器的校正	65
3. 各种改正套的校正	72
三、水准仪性能指标的测定	72
1. 望远镜性能指标的测定	73

VI

2. 水准器角值的测定	80
四、水准仪的修理	82
1. 望远镜的修理	82
2. 长水准器组的修理	92
3. 圆水准器组的修理	95
4. 微倾机构的修理	96
5. 微动机构、制动机构及轴系的修理	98
6. 脚螺旋的修理	100
7. 脚架的修理	103
8. 木箱的修理	105
五、仪器维护与保管	105
第五章 水准仪产品简介	106
一、水准器式水准仪	106
1. DS10 水准仪	106
2. DS3 水准仪	107
3. DS1 精密水准仪	110
二、自动安平水准仪	117
1. 自动安平原理	117
2. 补偿器结构及常见类型	118

第一章 概 述

水准仪是一种测绘仪器，用于测量地面点之间的高低关系，和其他测绘仪器（经纬仪、平板仪等）配合使用，可以测绘出地形图。它被广泛地用于国民经济建设和国防等各个领域。

1. 水准仪的用途

在农业上，为了建设现代化农业，实现农业机械化，水利化和园田化，首先需要规划农田基本建设的蓝图——地形图。有了图，心中就有数。大图墙上一挂，山山水水一目了然，在搞农田基本建设时就有主动，有自由，就可以把冲天的革命干劲和科学态度结合起来，避免由于不搞测量而引起的返工、费工等问题，使农田基本建设获得尽可能大的效益。

为了测绘和编制全国各种比例尺的地形图，并为了给国防、各项经济建设和科学技术问题提供有关的地面点精确位置和高程资料，必须在全国领土上布设整体的、具有均匀密度的精密的国家大地控制网，包括平面控制网和高程控制网。水准仪在国家经济建设中的一主要用途就是建立国家的高程控制网。

在地震预报方面，水准仪也可发挥作用。比如，在横跨地层断裂层两边布设短水准线路，每天用精密水准仪进行精密水准测量，可以监视地形倾斜的速度和幅度突变现象，为地震预报提供可靠资料。

在修建铁路、公路、机场、城市建设、开矿和国防上都需要了解地面的高低起伏，便于选线设计，组织施工。每一项工作除了使用其他测量仪器之外，也都需要用水准仪进行测量。几乎从事任何一项基本建设都离不开水准仪。

水准仪在大型机器安装方面应用也很普遍。在造船工业中，过去沿用“吊铅垂、拉钢丝、摆水管”一套旧的测量划线找正方法，现在采用激光水准仪（该仪器具有水平准直定向和导向性能）而大大减轻了劳动强度，提高了工程质量，缩短了船台周期，为实行先进的“公差造船”工艺创造了条件。

水准仪在科学考察中也是不可缺少的工具。例如测量珠穆朗玛峰峰顶的海拔高度为八千八百四十八点一三米的测量工具就包括了水准仪。

2. 地面的高程系统和水准测量原理

地面点的高度是用高程表示的。所谓地面点的高程是指该点到平均海水面的铅垂距离。而平均海水面即海平面是指海水水位的平均位置。如图 1-1 所示，取海平面的高度为零，地面上 A 点和 B 点的高程相对它说来为 H_A 和 H_B ，而 A 、 B 两点间的高程差数 h 称为 A 、 B 两点间的高差。从海平面起算的高程称为绝对高程，或称海拔。如果以地面上某一点作为

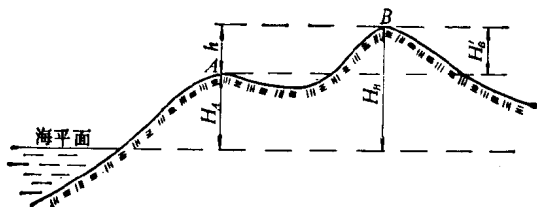


图 1-1

高程的起算点，并由此推算出其他各点的高程，称为相对高程或假定高程。图 1-1 中 H'_B 就是以 A 点作高程起算点时， B 点的相对高程或假定高程。

水准仪就是借助光学方法测量地面上两点之间高差的仪器。利用水准仪所给出的一条水平视线进行地面上两点之间高差的测量方法称为水准测量法。

以图 1-2 为例，设欲测 A 、 B 两点间的高差 h 。在 A 、 B 两点分别竖立有分划的标尺，中间安放水准仪。沿水准仪给出的一条水平视线，在 A 点标尺上读得读数 a ，在 B 点标尺上读取读数 b ，则 A 、 B 两点的高差 h 为

$$h = a - b$$

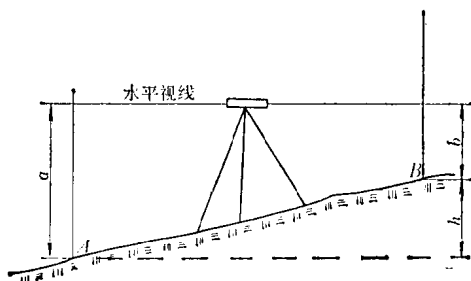


图 1-2

若已知 A 点的高程，则 B 点的高程为

$$H_b = H_a + h$$

当水准测量路线的方向是从 A 点到 B 点，则 a 称为后视读数，简称后视； b 为前视读数，简称前视，因此高差等于后视减前视。正号高差表示由 A 到 B 的地面是上升的。

上面是安置一次仪器来测量地面上两点间高差的方法。如果欲测高差的两点相距过远或高差太大时，就不可能通过

一次测量而获得高差。这时可将高差分为许多段，依次将仪器及标尺（图 1-3）安置在每一段上，按图 1-2 的方法求出每一段的高差，取各段高差的总和则为欲测两点间的总高差，即

$$\Sigma h = h_1 + h_2 + h_3 = \Sigma (a - b)$$

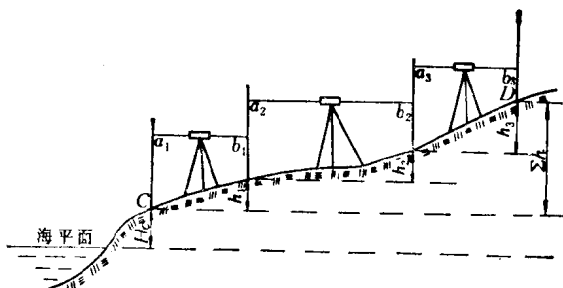


图 1-3

每安置一次仪器称为一个测站，测站之间竖标尺的点称为转点。转点是进行水准测量时临时安设的点，是专为传递高程用的。通常使用尺垫作为转点，使用完毕即由扶尺者带走。

如果测得 C 、 D 间高差 Σh 后，则可根据 C 点高程 H_c 求出 D 点的高程 H_D 。

$$H_D = H_c + \Sigma h$$

珠穆朗玛峰离黄海很远，高差又很大，测量它的海拔高程就是由青岛水准原点一站一站测量到离珠峰不到 14 公里、高程为 5683 米（概值）的水准点，然后再用经纬仪进行三角高程测量、最后推算出来的。

3. 水准仪的要求

国民经济建设对水准测量往往提出高精度的要求，所以对仪器和仪器的零部件也提出了较高的要求。例如，当标尺

距仪器的距离 L 为 70 米时 (图 1-4), 如果要求在标尺上读数不应产生 1 毫米的误差 (图中以 Δl 表示), 则相应于仪器视线在高低方向上的误差为

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta l \rho}{L} = \frac{1 \times 206265}{70000} \approx 3 \text{ 秒}$$

这就是说要求仪器各零部件不能引起视线在高低方向上产生 3 秒左右的误差。如果水准仪在长度方向上的零件为 100 毫米, 那么相应于高低方向上不能变化 1.5 微米左右, 才能保证视线不引起 3 秒左右的变化, 从而保证标尺上的读数准确到 1 毫米。对于更精密的水准仪要求更高。此外, 为了保证正确观察, 仪器的光学零件要有很高的表面光洁度, 例如分划板上麻点的直径、擦痕的宽度都要求在几个微米以内。

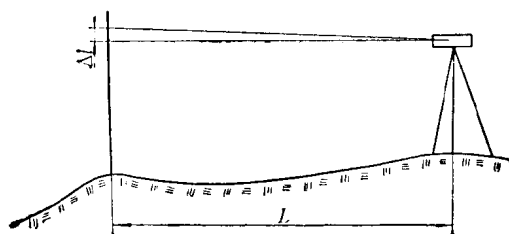


图 1-4

水准仪是一种野外工作的仪器, 因此, 它应能在 $-25^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内正常工作; 不受干燥和潮湿气候条件的影响; 经受得起风沙和各种运输工具在很差的路面上行驶所产生的振动; 保证在作业期间不产生故障, 不需要经常拆修; 体积小, 重量轻, 维修方便等。

水准仪的类型很多, 我国的水准仪均按第一机械工业部制定的水准仪系列型谱进行生产。该系列型谱是按精度等级

表1-1 水准仪系列及基本参数

项 目	等级与型号									
	DS05	DSZ05	DS1	DSZ1	DS3	DSZ3	DS10	DSZ10	DS20	DSZ20
水准器 角 值 不大于	每公里往返测高差中数偶然中误差 (毫米/公里)									
	± 0.5	± 0.5	± 1	± 1	± 3	± 3	± 10	± 10	± 20	± 20
	望远镜放大率不小于(倍)									
	45		38		30		20		15	
测 微 器	望远镜物镜有效孔径不小于(毫米)									
	55		47		40		28		20	
	长水准器 (秒/2毫米)									
	10		10		20		45			
测 微 器	普通式									
									45	
	十字式									
	3		3							
测 微 器	圆水泡									
					8		8		15	
	量测范围(毫米)									
	5	5	5	5						
用 途	最小分划值(毫米)									
	0.05	0.05	0.05	0.05						
	国家一等水准 测量及地震水准 测量									
					国家二等水准 测量及其他精密 水准测量	国家三、四等 水准测量及工程 水准测量	一般工程水准 测量	建筑及简易农 田水利工程水准 测量		

进行分类的。各精度等级的型号及基本参数列于表 1-1。

表中“等级与型号”这一栏中，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”汉语拼音的头一个字母；字母后的数字表示水准仪的精度等级。如 05 表示该仪器每公里往返测高差中数偶然中误差不大于 ± 0.5 毫米。

下面以 DS3 为例介绍水准仪的构造原理，使用方法、检验校正、修理等知识。

第二章 水准仪构造原理

由第一章水准测量原理知道，只要设计出一种仪器，建立一条水平视线，就可测得两点间的高差。最简单的方法是用一只盛满水的碗，放在支架上（图 2-1），就可进行测量。端平这碗水，用眼睛瞄准碗的边缘，使视线通过 O 点与 K 点，在 A 点读取后视 a ；再从相反方向，通过 K 点和 O 点在 B 点读取前视 b 。 $a - b$ 之差就是 A 点和 B 点的高差 h 。这里，这碗水的平面起水平标准的作用，用它将测量人员的视线放在水平位置，求出地面上任意两点位置的高差。水准仪就是基于这一原理。

由此可见，一台水准仪应包括以下三个部分（图 2-2）：

工作标准器：长水准器 1、圆水准器 2；

瞄准读数机构：望远镜 3；

安放系统：微倾机构 4、竖轴 5、制微动机构 6、脚螺旋 7、脚架 8。

为了保证仪器的正常工作，它的各部分都要求一定的几何关系。如图 2-2 所示，长水准器给出的水准轴 ll 应与望远镜视准轴 LL （望远镜物镜光心与分划板中心的连线）平行；

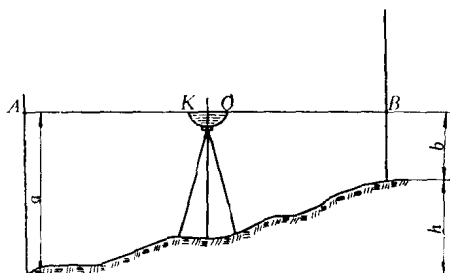


图 2-1

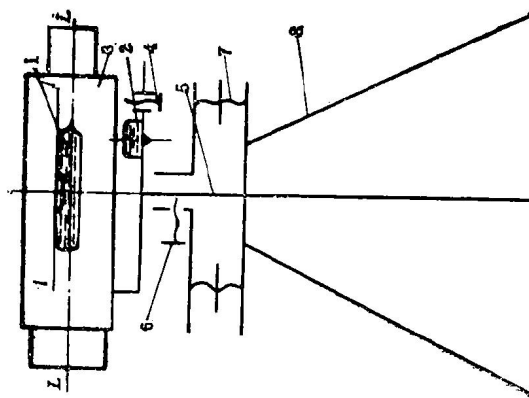


图2-2 水准仪结构示意图

- 1—长水准器 2—圆水准器 3—望远镜
4—微倾机构 5—竖轴 6—制动机构
7—脚螺旋 8—脚架

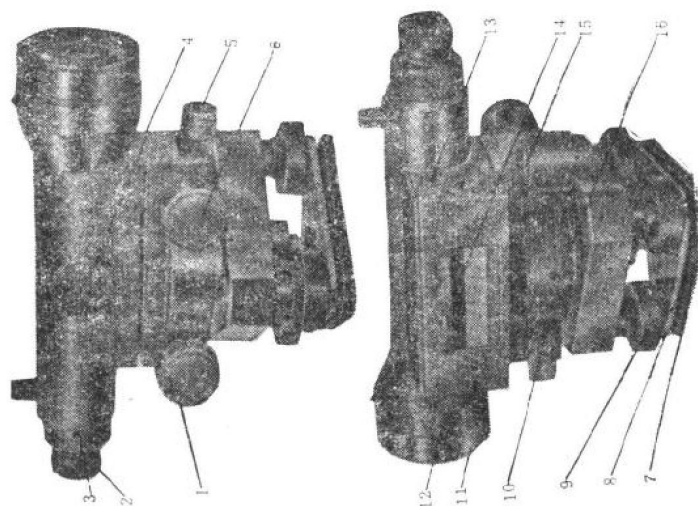


图2-3 DS3

水准仪

- 1—微倾手轮 2—目镜外罩 3—紧固螺钉 4—调焦手轮 5—制动手轮 6—微动手轮 7—底板 8—三角压板 9—脚螺旋 10—弹簧帽 11—物镜罩 12—紧固螺母 13—放大镜 14—长水准器 15—圆水准器 16—紧固螺钉

圆水准器轴线垂直于望远镜分划板十字丝的横丝，并与仪器竖轴轴线平行。

图 2-3 是江光仪器总厂生产的 DS3 水准仪。

一、工作标准器

水准仪的工作标准器就是水准器。它的作用是为测量提供一个水平基准。水准器的构造和精度直接关系到仪器的测量精度。

水准器由水准管(或盒)和金属框组成。金属框用于安放水准管(盒)。图 2-4 是水准管的结构。水准管一般用热膨胀系数小、机械强度高的玻璃制成。管的内壁为工作面，是以一定曲率半径 R 研磨成的球面或旋转圆弧面。管内盛有液体(一般为流动性较好的甲醇、乙醚等)，留有一定空间，形成气泡。在重力作用下，该气泡必定位于液体的顶部。气泡顶点的切线叫水平线。水准管工作面的中点 O 为水准管的零点，由零点所作的切线 II 为水准器的水准轴。当气泡顶点位于水准管零点时，水准轴处于水平位置。

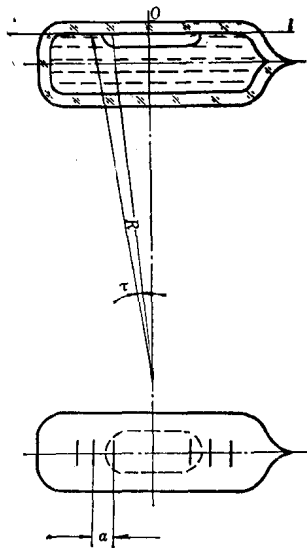


图 2-4 水准管结构

水准管外表面刻有分划格线，刻线间隔为 2 毫米。气泡移动 2 毫米时水准轴的倾斜角 τ 叫水准器角值。它是表示水准器质量的一个指标。由图 2-4