

水准仪与经纬仪的使用及工程测量

麻英暖 梁海华 兰锦添 编



黑龙江科学技术出版社

T22

责任编辑：范震威
封面设计：范庆义

水准仪与经纬仪的使用及工程测量

麻英暖 梁海华 兰锦添 编

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区分部街 28 号)

黑龙江省测绘局 754 印刷厂印刷 · 黑龙江省新华书店发行

开本 787 × 1092 毫米 1/16 · 印张 10 2/8 · 字数 220 千

1983 年 3 月第一版 · 1983 年 3 月第一次印刷

印数：1 — 4,400

书号：15217 · 067

定价：1.20 元

前 言

普通水准仪和经纬仪是我国测量工作中经常使用的仪器，数量多，用途广泛。大家知道，这些常规仪器在设计和制造过程中，不可避免地存在着各种误差。为了消除或减少这些误差对测量成果的影响，则必须采用合理的测量方法。本书的特点是从普通水准仪和经纬仪的设计原理和结构入手，介绍这些仪器的使用方法和操作要领，从结构谈使用，为使用谈结构。目的在于使读者比较深入地了解仪器的结构和性能，有利于正确地操作仪器，从而提高测量精度和作业效率，充分发挥现有设备的潜力，更好地为四化建设服务。

本书共分两篇。第一篇主要介绍一般精度的水准仪（S₃级水准仪）和经纬仪（游标经纬仪和J₆级光学经纬仪）的基本设计原理、结构、性能和使用方法，并且详尽地介绍了这两类仪器的检验和校正方法。对于激光准直、激光测距和自动归零等技术在测绘仪器中的应用，也作了简单的介绍。第二篇是应一些工程测量作业人员的要求，汇编了施工测量的基本方法。可供从事地形测量和工程测量工作的技术人员参考，文字力求通俗易懂，也可以作为测量工人的培训教材。

本书由黑龙江省测绘科学研究所麻英暖主编定稿；哈尔滨冶金测量学校梁海华编写了第六章；黑龙江省测绘局七五四厂兰锦添参加了第二章和第五章的编写；第二篇则选自有关教材，如：合肥工业大学等五院校合编的“测量学”。由于编写匆促，缺点与不当之处，欢迎读者批评指正。

黑龙江省测绘局七五四厂的领导和同志们，对本书的编写印刷工作，给与了很大的支持，特此致谢。

编者

1982年5月26日

目 录

第一篇 水准仪和经纬仪的构造及其使用

第一章 工程测量中使用的测量仪器

§ 1-1 工程测量中使用的仪器分类及用途	1
§ 1-2 三种仪器在结构上的区别	1
§ 1-3 激光在工程测量中的应用简介	2
§ 1-4 其它新技术在工程测量中的应用简介	4

第二章 普通水准仪的构造及其使用

§ 2-1 水准测量的基本原理	6
§ 2-2 水准器的构造和用途	7
§ 2-3 水准仪的分类和用途	8
§ 2-4 微倾式 S_3 水准仪的结构分析	10
§ 2-5 水准测量方法	17
§ 2-6 水准观测要领和注意事项	23

第三章 经纬仪的构造及其使用

§ 3-1 角度测量的基本原理	25
§ 3-2 经纬仪的分类	25
§ 3-3 经纬仪的结构分析	28
§ 3-4 游标读数原理及读数方法	29
§ 3-5 经纬仪轴系及相互间的正确关系	30
§ 3-6 游标经纬仪的构造	32
§ 3-7 游标经纬仪的使用	34

第四章 光学经纬仪的构造及其使用

§ 4-1 光学经纬仪的构造	37
§ 4-2 带尺显微镜的测微装置	42
§ 4-3 单平行平面玻璃板光学测微器	43
§ 4-4 J_6 级经纬仪光路介绍	45
§ 4-5 竖盘指标自动归零经纬仪的特点	47
§ 4-6 水平角观测方法	50
§ 4-7 垂直角观测方法	54
§ 4-8 高提观测精度和工作效率的措施	58
§ 4-9 光学经纬仪的检视	59

第五章 微倾式水准仪的检验和校正

§ 5-1 圆水准器轴平行于竖轴的检验和校正	63
§ 5-2 十字丝横丝垂直于竖轴的检验和校正	64

§ 5-3 水准管轴平行于视准轴的检验和校正·····	64
第六章 经纬仪轴系几何关系的检校及其误差影响	
§ 6-1 概述·····	66
§ 6-2 经纬仪轴系几何关系的检查与校正·····	67
§ 6-3 度盘偏心误差及其检视·····	81
§ 6-4 角度观测的误差影响·····	85
§ 6-5 仪器的使用规则与维护·····	90

第二篇 工程测量的基本方法

第七章 工程测量的基本方法

§ 7-1 工程测量概述·····	94
§ 7-2 测设的基本工作·····	95
§ 7-3 测设点位的方法·····	97
§ 7-4 测设已知坡度的直线·····	99

第八章 工业与民用建筑中的施工测量

§ 8-1 建筑场地上的施工控制测量工作·····	100
§ 8-2 民用建筑施工中的测量工作·····	104
§ 8-3 工业厂房控制网的测设·····	108
§ 8-4 厂房柱列轴线的测设和柱基施工测量·····	109
§ 8-5 工业厂房构件的安装测量·····	110
§ 8-6 烟囱砌筑中的施工测量·····	114
§ 8-7 竣工总平面图的编绘·····	115

第九章 管道工程测量

§ 9-1 概述·····	117
§ 9-2 管道工程测量·····	117
§ 9-3 管道施工测量·····	125
§ 9-4 顶管施工测量·····	128
§ 9-5 管道竣工测量·····	130

第十章 农田水利工程测量

§ 10-1 概述·····	133
§ 10-2 水库工程测量·····	133
§ 10-3 渠道工程测量·····	139
§ 10-4 平整土地测量·····	148

第一章 工程测量中使用的测量仪器

§ 1 — 1 工程测量中使用的仪器的分类及用途

工程测量的主要任务有以下两个方面：其一，使用测量工具测定地面上需要的点、线和角度在水平面或垂直面上的投影，以及它们的高差，为工程设计和施工提供必要的地图或数据。其二，使用测量工具将图纸上已设计好的点、线、角度按设计要求测设到地面上。作为测量工具的测量仪器，可以按其在工程测量中的用途，将一般使用的常规仪器分成三类：

（一）经纬仪：如国产红旗Ⅱ型、经Ⅱ型、KJ—30、KJ—120；瑞士威尔特T₂、T₁；德国蔡司020、030等等。主要用于水平角和垂直角测设以及诸如放样、定向等施工测量。

（二）水准仪：如国产S₃水准仪、瑞士N₂水准仪等。用于测定点位的高程（或高差）以及如抄平等施工测量。

（三）平板仪：如国产24型、威尔特K₂型、苏联KB—1等。它可以利用一定的野外控制点，在野外按规定的比例尺在仪器测板上直接绘制所需要的地图。

应该指出，由于科学技术不断发展的要求，工程测量的精度亦不断提高和更严格。因而高精度的测量仪器在工程测量中使用亦逐日增多，如N₃等精密水准仪可作为“精密定线”的仪器，应用在工业安装、飞机装配、堤坝变形观测等工程测量中；为了工程测量的特殊用途，许多厂家还专门设计并制造出工业用途的高精度测量仪器，如威尔特厂的T_{3A}型经纬仪，其特点是在保持其高精度的同时，增设一些附件来满足精密施工测量的需要。另外，还有诸如激光测距仪、激光准直仪等新技术在工程测量方面应用的仪器。本课程着重讨论用于工程测量的一般精度水准仪和经纬仪结构与使用，介绍一般工程测量中的部分施工测量方法，对于新技术在工程测量中应用或新型产品，只作原理和用途的简单介绍。

§ 1 — 2 三种仪器在结构上的区别

（一）经纬仪与水准仪比较

其相同部分：仪器基座、垂直轴系（照准部转动轴系），望远镜（放大和瞄准目标装置）。

不相同部分：经纬仪—水平度盘、竖直度盘以及其读数设备（测角装置）、横轴系（望远镜转动轴系）；水准仪—设有导致视准轴水平的微倾机构以及水准器符合装置，而无横轴系。

由上面比较看出：在结构上经纬仪较水准仪复杂，但从精度方面比较，它们均有高、中、一般精度之分。故一概认为经纬仪较水准仪精密，那是不严密的。

(二) 经纬仪和平板仪比较

其相同部分：望远镜、竖直度盘及其读数设备。

不相同部分：经纬仪—水平度盘及其读数设备、垂直轴系、仪器基座。

平板仪—设有为绘制地物地貌用的平行规尺以及图板。

从精度上看，平板仪亦有高、低之分。但同经纬仪和水准仪相比，其测量精度低些。

§ 1—3 激光在工程测量中的应用简介

自六十年代中期,激光技术问世以来。国内外相继研制成功了一批采用激光技术的测量仪器。目前在国外激光测距仪、激光定向仪以及激光导向仪已广泛应用在工程测量方面。激光具有方向性和单色性强、高度相干以及能量十分集中的光辐射等特点。因而在测量中利用激光技术，对提高测量精度和实现测量工作自动化，从而提高工效、减少劳动强度有着十分广阔的前途。

在工程测量中，激光目前主要应用在激光准直测量和激光测距二方面。並且考虑到仪器的经济性和通用性，它们大多与经纬仪配合使用而成为激光经纬仪(激光装置亦可与水准仪配合而成为激光水准仪)。如瑞士威尔特厂的DI₁₀、DI₃红外测距仪，都由瞄准头、经纬仪和控制箱组成，工作时与装在目标的反光棱镜配合使用；以 $\pm 0.5\text{ cm} \sim \pm 1\text{ cm}$ 的精度测定1~2000米的距离，又可同时进行水平角与垂直角的量测。瑞士威尔特厂还成功地研制成功了GLOI型激光目镜，它很简易地安装在T_{1A}、T₁₆和T₂型经纬仪上，使它成为激光经纬仪。 国产HCG—1型红外测距仪以及J₂—J_D型激光经纬仪亦采用类似结构，很适用于工程测量工作。此外如日本的LAG—501型激光经纬仪，由于配以五角棱镜、柱面透镜、倾斜支架等附件，大大提高了工作效率，在工程测量也很受欢迎。另外，国内许多工程部门和科研单位亦研制许多激光定向或激光导向仪器，虽未定型，但在工程施工和科研项目中有效地解决了一些工程技术问题。下面仅就它们基本原理和用途，作一简单的介绍。

(一) 激光准直测量的基本原理及用途

用于激光准直测量的激光定向仪（包括激光导向仪）的基本工作原理，是利用激光方向性强这个优异特性，举个简单的例子可以说明这个特性。探照灯本身发出的光已具有一定的方向性，但如果将探照灯的光束射到月球（实际上並不可能），其光束扩散的直径达几百公里，而利用激光束通过发射望远镜把它从地球发射到月球，其光束扩散不到二公里，其发散角小几百倍。激光定向仪就是利用这个特性，从它的激光器中发出的光束可以在很远的地方记录光斑，我们就可以获得在工程施工中需要的竖直方位、水平方位以及空间任何方位的精密方向线，来解决“精密定线”这项基本工程测量工作。如大型建筑物放样、抄平施工测量以及它的沉降、倾斜等变形观测；大型机械安装；铺设地下管道；开凿隧道以及大坝变形观测等等。

更由于科学技术的发展，对定线测量精度要求越来越高，有的高达 ± 0.1 毫米的点位精度或 10^{-6} 的直线度。采用常规的定线测量仪器和方法，如：普通光学经纬仪和水准仪等就很难满足精度要求，只能利用激光准直测量方法解决。

上面介绍激光定向仪利用激光束的方向性强的特性作为准直测量的基准。它还可以与自动控制系统配合使用，而成为激光导向仪。激光导向的工作原理如图 1-3-1 所示。由电源送出的交流高压（ $f_{调} = 500$ 赫， $V = 1840$ V）点燃氦—氖激光管，由激光管射出激光束

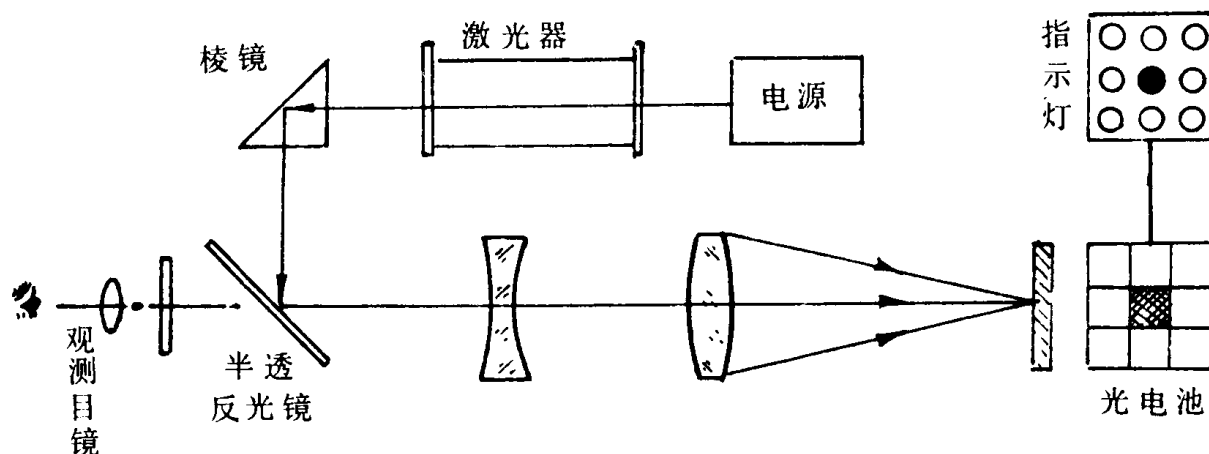


图 1-3-1 激光导向工作原理图

经棱镜折射，半透反光镜转折，再经调焦镜调焦后，由物镜发出对不同距离聚焦的光束，被安装在工作机械上（如掘进机）的光电接收器（由九块光电池组成）接收，换成电讯号，再经选频和放大，点亮与九块光电池一一对应的指示灯指出机头的方位。若激光束照于电池中央，则中间的指示灯发亮，表明机器的方位准确，如果光束照射在旁边任何一组光电池，则送出电讯号给控制线路，驱使控制系统工作来移动机头的方位，直到机器回到正确的位置为止。

（二）、激光测距的基本原理

激光测距是利用方向性强、单色性好，高相干而能量集中光辐射等优异特性的激光光束作为光源，测定光束在待测两点距离之间往返所需要的时间，来计算出两点间的精确距离。

其基本公式为：

$$D = \frac{1}{2} C \cdot t$$

式中 C 为光波在大气中传播的速度， $C = \frac{C_0}{n}$ （ C_0 为光束在真空中传播的速度， $C_0 = 299792458$ 米/秒， n 为大气折射率）， t 为光波在待测距离上往返所需时间。光速是已知的，只要测定 t ，则距离 D 便可换算出来。

普通的光源亦可利用上面的基本公式求出两点间的距离，问题在于与激光束相比，远远满足不了我们所需要的测量精度。其一，普通光源发出的光束不具备激光束那样的方向性强和能量集中特性，因此在某测点发出的光束，由于光束扩散，而无法被测点反射回来或只少数反射而未能被接收装置发现，特别是远距离的测量。其二，光和无线电波一样，也是电磁

波，只是波长不同而已。普通光源发出的光是由不同颜色的光组成的，亦即普通光是由许多波长不同的光混合而成的。而我们说激光单色性好，就是说它颜色单一，用光谱表示，是说它谱线宽度很窄，并且频率单一，有固定的相位差，因而得到加强的相干波，亦即相干性好。这样，由激光发出的光束就比普通光束有一定波长的光波，作为我们测定往返所需时间的计量单位，所测定出时间就更精确，从而计算出精确的距离。这就是激光用于测距的原理。

如上所述，激光测距实质是测定激光在两点传递所需的时间，而换算出距离。按其测定时间方法区分，目前主要有以下几种方法：脉冲测距法、相位法测距、脉冲—相位法测距和干涉测距。方法不同所测的精度和所能的测距离亦不同。如国产激光地形测距仪是采用脉冲法测距；它是由测距仪发出一束激光脉冲，经目标反射后，回到测距仪接收系统，测定其发射光脉冲和接收光脉冲的时间差，即测定光脉冲在待测距离上往返时间。由于脉冲本身有一定的宽度，所以这种方法测距精度很低，其测程范围为40~1000米；测距精度为 $\pm 1 \sim 2$ 米。而国产HG C-1型红外光电测距仪则是采用相位法测距，它是将时间测定转化为光波相位测定，亦即用上面谈到的激光稳定波长作为计量单位，因而其大大提高精度其测程达2000米，精度为 ± 1.5 厘米。

§ 1-4 其它新技术在工程测量中的应用简介

七十年代以来，由于无线电电子技术、精密光学机械和其它近代物理的新成就；特别是电子计算机的应用和微型化，惯性测量系统以及上面提及的激光技术等为测量仪器进一步的发展开辟了广阔的前途。使原来的光学、机械组成的仪器，向光、机、电相结合的方向迅速发展。国内外利用这些新技术已经成功研制了许多半自动化和自动化的仪器，在保证测量精度要求的同时，提高了工作效率和减轻了劳动强度。现仅就工程测量使用的仪器方面简单介绍如下。

(一) 竖盘自动归零经纬仪：它的特点是采用一种光学补偿器代替原来的竖盘的水准器，使仪器的竖盘指标零位在垂直方向自动稳定下来，提高了垂直角观测的速度和精度。至今，几乎国内外经纬仪的新产品大都采用此结构。

(二) 自动安平水准仪：其原理亦是在望远镜光路中采用类似的光学补偿器，直接依靠重力线使水准仪自动获得水平视线。由于免除了每次读数前水准器气泡居中的操作，几乎将水准观测工效提高一倍，并减少了外界条件对观测的影响；所以在精度方面亦超过原来的水准器结构的水准仪，现已在高、中、一般精度水准仪中广泛使用。

(三) 激光测距仪及激光准直仪：上节已介绍。

(四) 陀螺经纬仪：它是利用高速转动的陀螺在没有任何外力的作用时，其旋转轴始终保持在一个固定方位的原理来测定点的方位。由于陀螺经纬仪观测不受时间、气候、地磁影

响、又能迅速判定方向和精度高的特点。在工程测量中适用于矿山井下测量和森林测量。目前它精度最高达10" 以内。

(五) 编码经纬仪：其特点是采用新式的编码盘（或光栅度盘）代替传统的刻划度盘，作业时只需瞄准和按快门，将观测结果记录在胶带上，经显影及其它变换处理送入电子计算机得出成果。它的出现为今后测图的自动化和数字化展示了诱人的前景。

第二章 普通水准仪的构造及其使用

§ 2 — 1 水准测量的基本原理

在生产实践过程中，常常要把高低起伏的地面，整成一个水平面，例如要安装一台机器，使它的床面导轨不能有任何的倾斜；或要建造一条排水道，按一定的坡度下降，使蓄水往外排泄等等，都要使用水准测量方法，去测定各点间的高差。

简单地说，洗脸盆里盛一盆水，静放在一处，水由于地球的地心引力会自成为一个平面，这个平面就是水平面，如果将脸盆慢慢地倾斜，这个平面将不随之倾斜，而始终保持在一个水平的位置上。在水平面上任何线我们称之为水平线。水准测量就是利用这样的水平面（或水平线）来确定任何点的高差。如图2—1—1所示，A点水平面到P点的水平面之间的垂直距离 Δh_1 就是A、P两点之间的高度差（即高差），不难看出，A、B两点间的高差为各分层高差的总和，即

$$\Delta H = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3$$

水准仪便是一种给出这样水平线的仪器，从而能测定点位的高差。如图2—1—2所示，在待测点A、B上竖立标尺，将水准仪安置在A、B之间，当调整视准轴水平后，先照准后视A

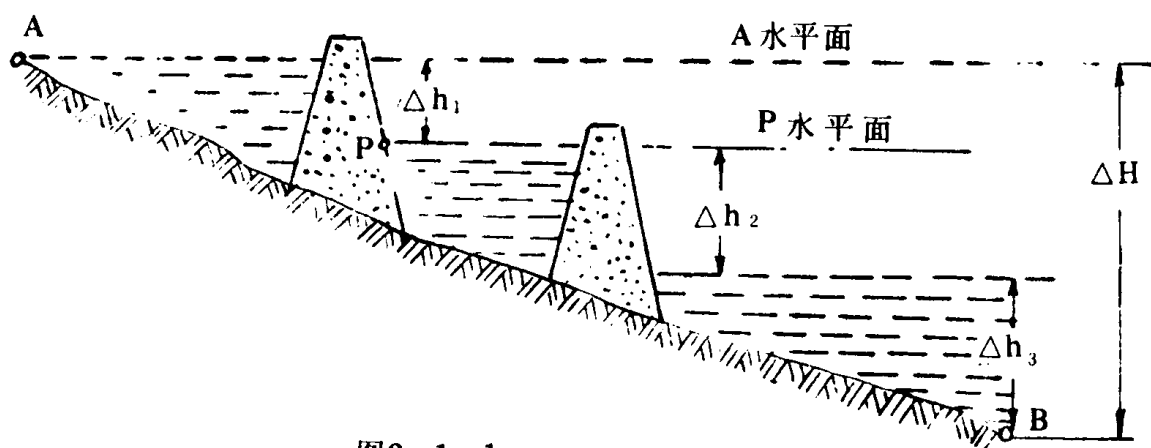


图2-1-1

点标尺1读取读数a，然后旋转仪器照准前视B点标尺2读取读数b，显然后视读数a减去前视读数b就是A、B两点之间的高差，亦即过A、B两间的水平面间的距离：

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

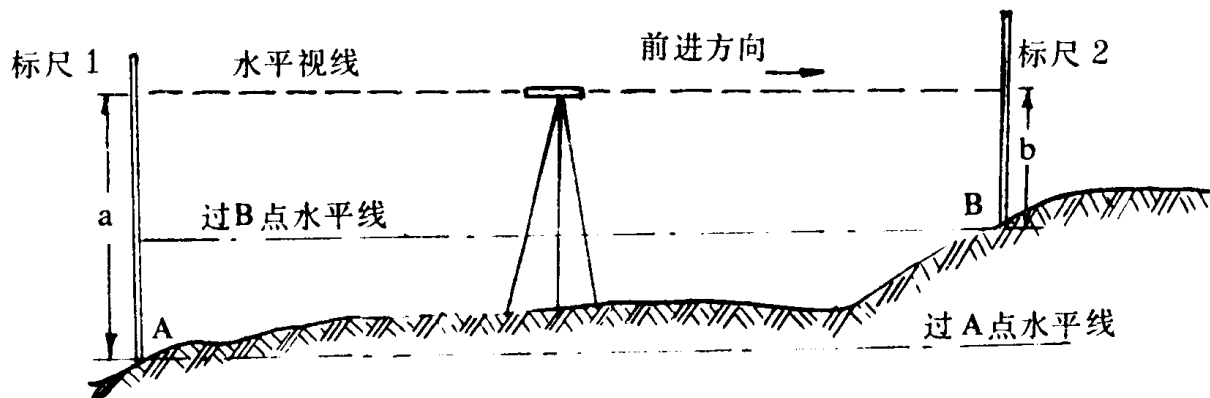


图 2-1-2

如果要测定地面上任意点P对A点的高差(图2-1-3),即可在测定A、B两点之间的高差后,把仪器迁到B点的前面,安置在B、C两点中间,并将A点上的标尺1移到C点上,B点上的标尺2的刻划面转向仪器,同样方法读数,依次类推,一站接一站地测定,则可测得A、P点间的高差为:

$$h_{AP} = h_{AB} + h_{BC} + \dots + h_{iP};$$

由于地形的起伏,在向前测量时,后视的读数大于前视,亦即升高时高差为正;后视读数小于前视读数,即下降时为负,因而整个路线的高差为各分段高差的代数和。

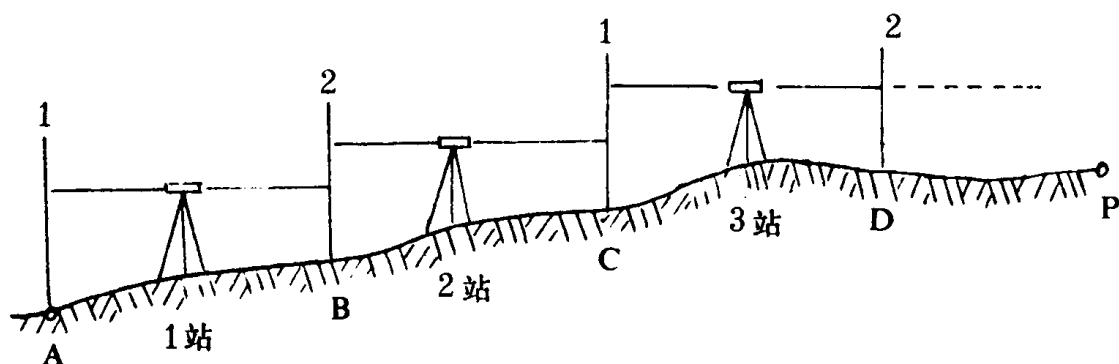


图 2-1-3

若A点的高程 H_A 为已知,则可求得P点的高程 H_P 为:

$$H_P = H_A + h_{AP}$$

所谓高程,即把平均海水面作为O起算,地面上某点对平均海水面的高度,亦即把平均海水面作为高程的基准面。我国1956年以青岛验潮站求出的黄海平均海水面为高程基准面,测出“水准原点”高出黄海平均海水面的高程为72.289^M。我们便把地面上一点到大地水准面的垂直距离,叫做该点的绝对高程,也叫做标高或海拔。以上所述的测量方法称之为水准测量。

§ 2-2 水准器的构造和用途

水准器是根据重力对液体的作用原理制成的,当气体的气泡和液体密封在管内且液体静

止时，气泡永远处于最上部。如图 2-2-1 所示，若装液体的玻璃管的内表面打磨成有一定半径的圆弧，则经过气泡中点 O' 所作的切线 $L'L'$ 称为水准轴，它始终是水平的；通过水准器的零点 O （即水准器的刻划线中点）所作的切线称为水准器轴 LL 。当水准器的零点与气泡中点 O' 重合时，水准轴 $L'L'$ 和水准器轴 LL 也重合，即气泡居中，此时水准器轴线 LL 就处于水平位置。

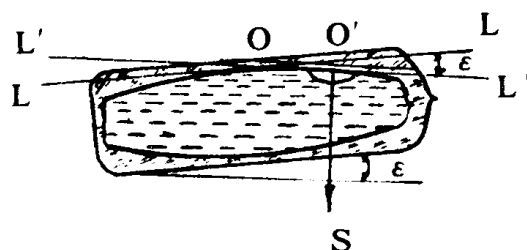


图 2-2-1

利用水准器这个特性，可以将它安装到仪器上，如图 2-2-2 所示， ZZ 为望远镜的视准轴； VV 为仪器的竖轴，并调整 $LL \parallel ZZ$ ， $LL \perp VV$ ，那么当我们利用脚螺旋、调整水准器的气泡居中时，则视准轴 ZZ 便是水平线，竖轴 VV 为铅垂线，这便是水准仪的构造原理；即利用水准仪上的水准器装置来获得一条水平视线来测定点与点之间的高差。

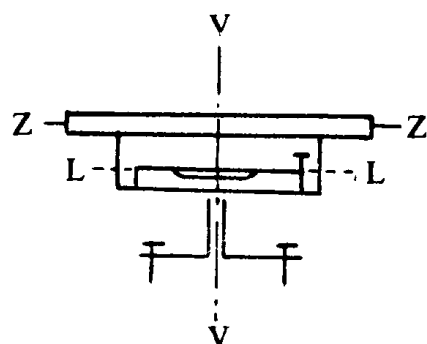


图 2-2-2

水准器按形状区别，有圆水准器和管形水准器（简称水准管）两种。图 2-1-1 为水准管，图 2-2-3 为圆水准器，管水准器（或称水准管）精度较高。圆水准器较低。圆水准器角值有 $30''/2$ 毫米， $15''/2$ 毫米， $8''/2$ 毫米和 $4''/2$ 毫米，一般精度的工程测量经纬仪和水准仪的概略整平水准器都采用 $8''/2$ 毫米。水准管的角值从 $2''/2$ 毫米 $\sim$ $1''/2$ 毫米。亦即当水准器倾斜时，气泡沿水准器轴面移动 2 毫米时水准器倾斜的角值（亦称水准器灵敏度）。在圆水准器中有 2 毫米间隔的同心圆分划线，管水准则有 2 毫米间隔的分划线。工程测量使用的普通 S_3 水准仪采用 $15''/2$ 毫米 $\sim$ $30''/2$ 毫米的水准管。

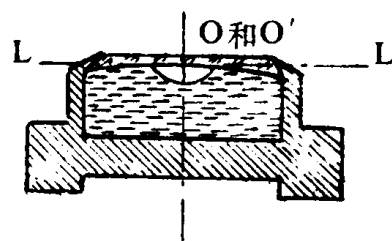


图 2-2-3

§ 2-3 水准仪的分类和用途

如上所述，水准仪是一种用水平视线进行工作的测量仪器，它主要用来测定地面各点之间的高差。用于大地一、二、三、四等水准测量和工程上的水准测量。水准仪按其结构区分，可以分成以下几种类型：定镜水准仪、活镜水准仪、转镜水准仪、倾式水准仪、自动安平水准仪。

定镜水准仪的结构特点是望远镜和水准器均固定在竖轴上，望远镜和水准仪仅能作水平方向的转动，如图 2-3-1 a 所示。活镜水准仪的结构特点是望远镜和水准器亦是固连的，但望远镜和水准器可以从仪器支架中取出，调转 180° 安置，如图 2-3-1 b 所示。这两种

均为老式水准结构，在近代水准仪中已少见。

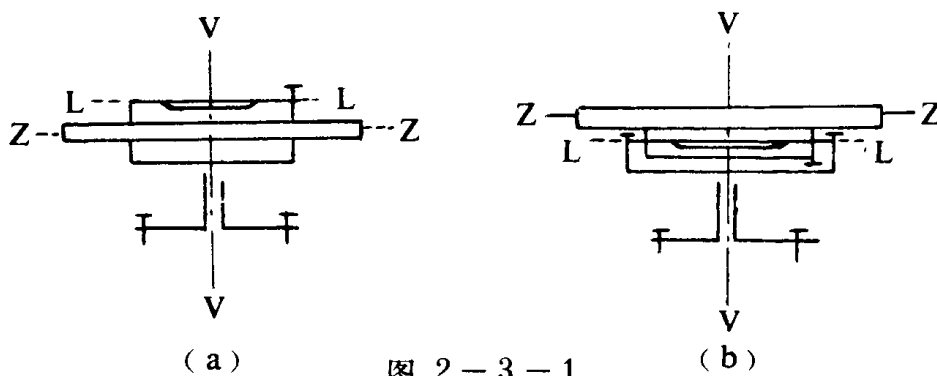


图 2-3-1

在近代水准仪中，大部分采用微倾装置和棱镜组的水准器符合观测设备，称之为微倾式水准仪，其基本结构大部分采用定镜式加微倾装置：如国产的 S_3 水准仪；蔡司 030 型、004 型和威尔特 N_3 型等。亦有采用转镜式加微倾结构的，如威尔特 N_2 型水准仪（转镜式水准仪的特点是望远镜和水准器可以同时支架中转动）。由于采用了微倾装置和符合水准器，从而提高了气泡居中精度并观测更为方便。

六十年代以来，自动安平水准仪有很大的发展。它的特点是借助望远镜光学系统中的光学补偿器代替水准器的安平作用，直接获得水平视线。其原理是当望远镜倾斜时，光学补偿器使望远镜的十字丝自动向水平视线位置移动，从而使望远镜的视准轴始终处于水平视线位置。由于这种水准仪操作方便，使水准测量工效几乎提高一倍，并且在精度方面也超过水准器安平水准仪。在七十年代以来，世界各国生产新产品，无论是高、中、一般精度的水准仪器中、广泛采用此结构，很受测量界的欢迎。

水准仪亦可按其量测精度进行分类，我国为适应测量仪器制造业的发展，已把水准仪的精度等级系列化，按第一机械工业部的部标准规定如下：

$S_{0.5}$ 水准仪 每公里往返测偶然中误差不超过 0.5 毫米；

S_1 水准仪 每公里往返测偶然中误差不超过 1 毫米；

S_3 水准仪 每公里往返测偶然中误差不超过 3 毫米；

S_{10} 水准仪 每公里往返测偶然中误差不超过 10 毫米；

S_{20} 水准仪 每公里往返测偶然中误差不超过 20 毫米；

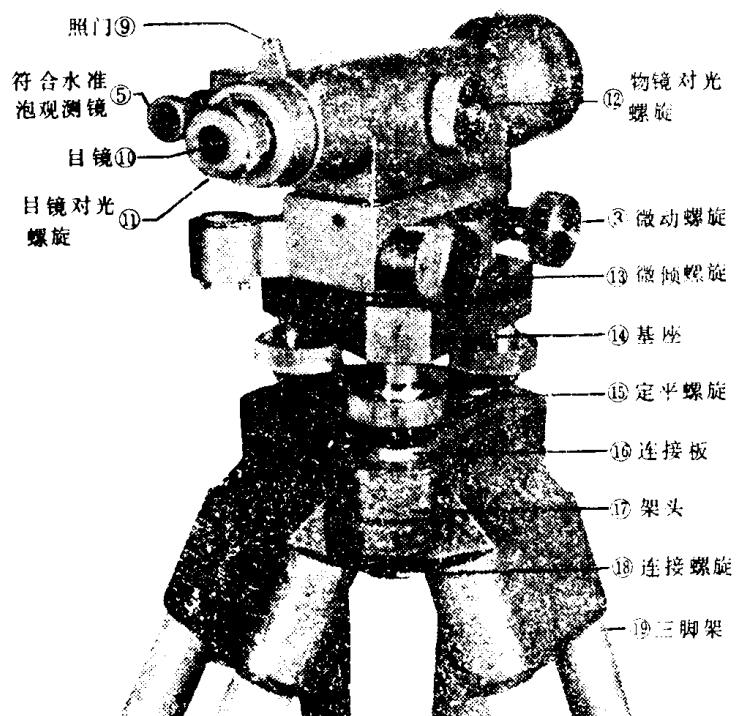
表 2-1 为我国常见的国内外水准仪所属的等级。 S_3 水准仪是测量中应用最广泛的一种，除大地三、四等水准测量外，农林水利工程建设等工程测量都广泛使用。 S_{10} 及 S_{20} 水准仪则在矿山、地质勘测、农林水利、工程施工等一般工程测量中使用，故称“工程水准仪”。 $S_{0.5}$ 和 S_1 精密水准仪，除主要应用于大地一、二等水准测量外，随着科学技术发展要求，它亦被应用在大型机械安装；管道工程；飞机制造等等精密定线的施工测量和大型建筑物和重要工程基础的沉降；堤坝沉降以及地震的观测中。

表 2-1

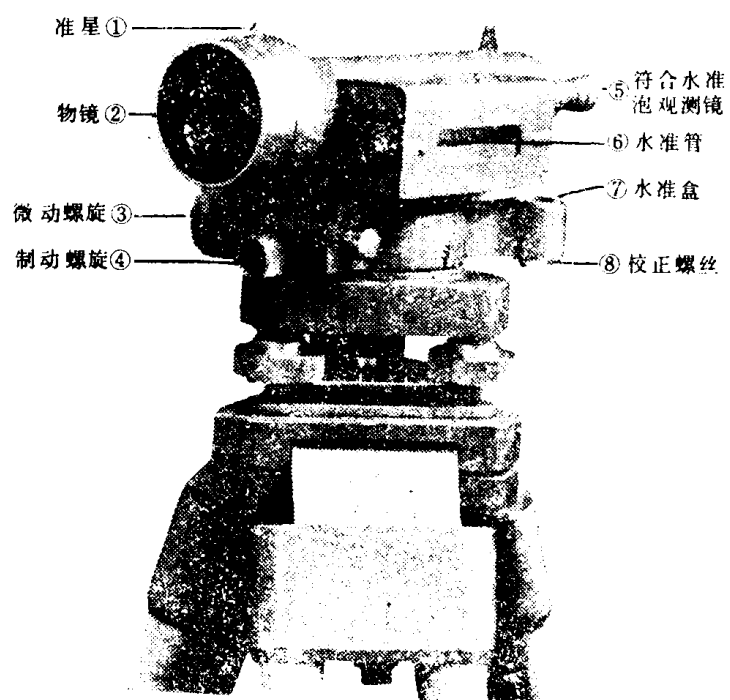
等 级 别	$S_{0.5}$	S_1	S_3	S_{10}	S_{20}
水准器安平水准仪	蔡司 Ni 004	上光精密水准仪	云南 ND ₁	南京水工厂	NI 060
		WILD N ₃	WILD N ₂	Ni030	西德 NI 3
		苏联 H _A -1	Kern GK23	西德 ASKANIA	Kern GK ₀
		苏联 H _B -2	Fennel	Kern GK ₁	WILD N ₁₀
		Watts Prar	Watts A125	Kern GK ₁ -C	WILD NK ₀
		Fennel Plani	苏联 HB-1		
自动安平水准仪	蔡司 Ni 002	Koni 007	Koni 025	意大利 5172	西德 NI ₄
	意大利 5190	NI ₂	Kern GK _{1-A}	苏联 HC-2	匈 GMI-D ₁
			WILD NA-2	苏联 HCM-2	
			西德 INA	西德 BNA	
			Watts No 1		
			匈 NI-B ₄		

§ 2-4 微倾式 S_3 水准仪的结构分析

图 2-4-1 为国产微倾式 S_3 水准仪。它的结构特点是借助微倾螺旋的作用,使水准仪的望远镜连同水准管在垂直面内作微小的俯仰倾斜来获得水平视线,由于它俯仰的旋转中心位于仪器竖轴的中心线上,因此并不影响仪器的视准轴高度有所变更。在仪器轴系关系的几何条件中,它只要求水准管轴平行于视线准轴,至于水准管轴垂直于竖轴的条件,要求并不严格。



(a)



(b)

图 2 - 4 - 1

它主要由望远镜、水准管、基座三个主要部件组成，现将它们的结构分别介绍如下：

一、望远镜

（一）望远镜的成像原理

如图2-4-2所示，设物体 AB 位于物镜前方两倍焦距以外，可以用几何光学成像作图法作图。从 A 点发出平行于光轴的光线 AM 经物镜折射后通过其后焦距 F' 。而通过物镜前焦点 F 的光线 AF 经物镜折射后，平行于光轴射出，这两条折射光线交点 a 就是物点 A 的像。同法可以求得物点 B 的像点 b 。因此， ab 就是物体 AB 经过物镜 O 成像后所得到倒立而缩小的实像。像 ab 应该呈现在十字丝分划板平面上，而十字丝分划板平面又应该位于目镜 O_1 的前焦点内并靠近焦点的适当位置；这些要求可以通过目镜调焦和物镜调焦来达到。由于物像 ab 位于目镜 O_1 与它前焦点之间，并靠近前焦点，所以 ab 再经目镜 O_1 成像后便得到一个仍为倒立而放大的虚像 $a'b'$ ，象 $a'b'$ 位于眼睛的明视距离（250毫米）处，人眼便可以清晰地看到。

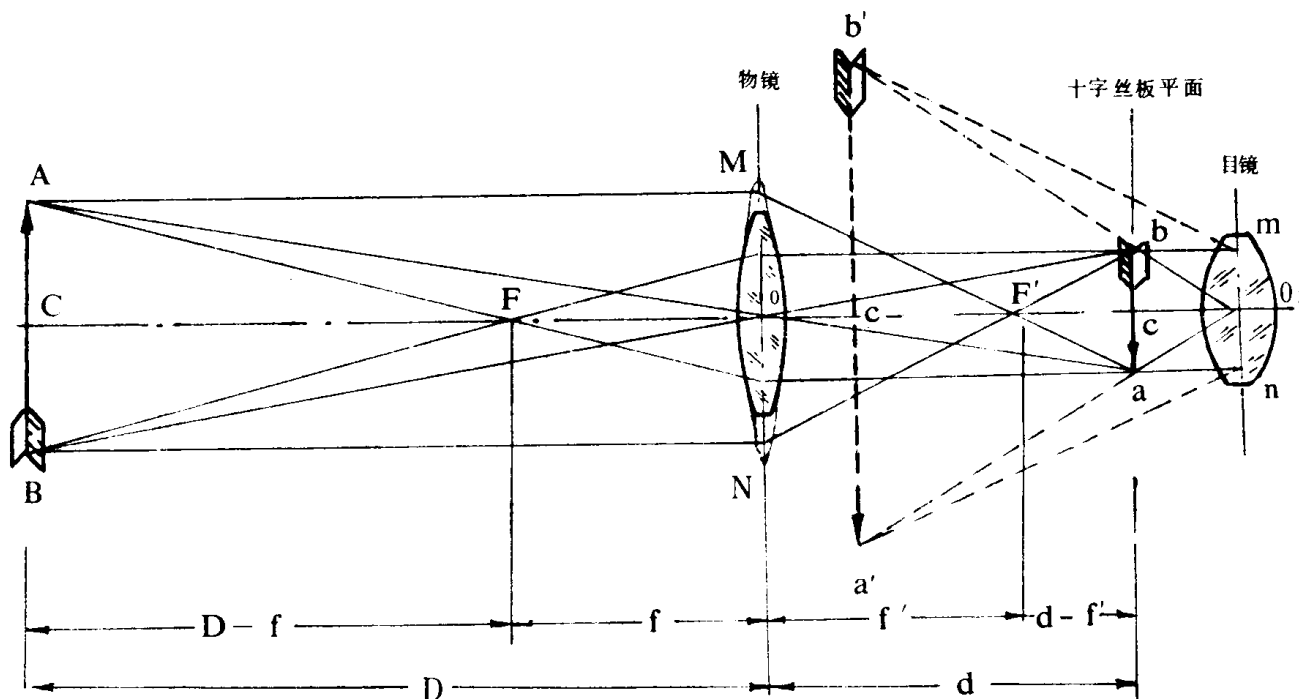


图2-4-2

（二）望远镜的构造

望远镜有外调焦和内调焦两种。由于外调焦望远镜有镜筒太长、移动量大、测距时有加常数加入计算以及摆动量大、不密封、易磨损等缺点，在近代测量仪器中已不使用。本节只介绍内调焦望远镜的结构，如图2-4-3a所示。它是由物镜、目镜、十字丝板和调焦透镜组成。物镜的作用是将目标成象在十字丝板上；目镜的作用是放大目标的影象，通过目