

水利工程施工

水利电力部第十四工程局职工中等专业学校 倪庚祥 主编

水利电力出版社

水利工程施工

水利电力部第十四工程局职工中等专业学校

倪庚祥 主编

前 言

本教材系根据1984年技工学校水利电力类第二轮教材编审出版规划组织编写的。全书以水利电力部正式颁发执行的“水利电力技工学校水工建筑专业教学计划”为依据，结合近年来国内外水利水电工程实践和教学实践编写而成。本教材可供技工学校（包括职工中专、职业高中）水工建筑专业施工课程教学使用。

本教材在编写过程中，得到许多工程单位和个人的支持和帮助。1982年5月及1984年3月在昆明召开的“水利工程施工”新教材编写大纲审定会上，部属各工程局技工学校与会教师代表对新教材编写大纲进行了充分、认真地讨论和审查；此外，许多单位和个人为本教材的编写提供了许多宝贵的资料和意见，这些都是为编好本教材创造了极为有利的条件。

全书除绪论外共十章，包括施工测量放样、施工导流与排水、爆破工程、地下洞室开挖、土石方开挖、土石坝工程、混凝土和钢筋混凝土工程、灌浆工程、施工组织与计划、工程概（预）算。

全书由水利电力部第十四工程局技工学校倪庚祥主编，水利电力部第九工程局技工学校陈寿仁主审。

参加本书编写的有：水利电力部第十四工程局技工学校颜瑞佛（第一章），吴毓鸣（第三、四、五、九、十章），倪庚祥（绪论、第二、六、七、八章）。

对在本书编写、出版工作中给予支持和帮助的所有单位和个人，一并在表示衷心的感谢！

限于编者水平，对书中错漏之处，恳请读者批评指正。

编者

1988年9月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 施工测量放样	3
第一节 水准仪及其应用	3
第二节 经纬仪及其应用	21
第三节 直线丈量	44
第四节 施工放样的基本工作	50
第五节 混凝土坝的施工放样	66
第二章 施工导流与排水	75
第一节 施工导流	75
第二节 截流	85
第三节 施工排水	91
第三章 爆破工程	95
第一节 爆破基本理论	95
第二节 爆破材料	99
第三节 起爆方法	101
第四节 爆破基本方法	105
第五节 隧洞开挖爆破	108
第六节 隧洞光面爆破	111
第四章 地下洞室开挖	115
第一节 地下洞室开挖的特点	115
第二节 隧洞开挖	116
第三节 竖井开挖	121
第四节 斜井开挖	124
第五节 地下厂房开挖	127
第六节 地下开挖的辅助作业	130
第五章 土石方开挖	133
第一节 土方明挖	133
第二节 石方明挖	137
第六章 土石坝工程	142
第一节 土石坝基础处理	142
第二节 土料场施工和土料运输	149
第三节 土石坝的填筑	157
第四节 堆石坝施工	169

第七章	混凝土和钢筋混凝土工程	175
第一节	骨料生产及储存	175
第二节	模板作业	186
第三节	钢筋作业	214
第四节	混凝土制备与运输	240
第五节	混凝土的浇筑及养护	265
第六节	混凝土施工质量的控制与检查	282
第七节	混凝土工程的其他施工方法	284
第八节	隧洞混凝土施工	294
第八章	灌浆工程	310
第一节	大坝基础灌浆	310
第二节	坝体接缝灌浆	324
第三节	隧洞灌浆	326
第九章	施工组织与计划	331
第一节	水利水电工程建设程序及施工组织设计	331
第二节	施工进度计划	332
第三节	施工布置	336
第十章	工程概(预)算	341
第一节	工程概(预)算	341
第二节	定额	344

绪 论

水利工程施工是一门理论与实践紧密结合的、实践性又很强的课程。施工学科是认识施工过程的规律,分析研究施工过程中出现的各种矛盾,并提出解决这些矛盾的方法和途径的科学。具体说来,施工课程就是研究并介绍以现代科学为基础的先进施工技术和施工机具、科学的生产组织和经济管理等方面的理论和方法,以便能够多快好省地进行水利水电工程基本建设的一门学科。

一、我国水利水电建设事业的成就

我们伟大的祖国,历史悠久,幅员辽阔,河川纵横,全国有水能蕴藏量1万kW以上的河流3019条,水能蕴藏总量6.56亿kW(未包括台湾省),可开发的为3.78亿kW(含蕴藏量1万kW以下的河流),目前开发的仅占可开发的5.5%,有发展水利水电事业的优越自然条件。

建国以来,全国人民在党的正确领导下,在总结、吸取几千年来前人兴利除害,征服江河的许多宝贵施工经验的基础上,发扬独立自主,艰苦奋斗的革命精神,努力提高水利水电施工技术水平,加快了水利水电建设事业的发展,取得了很大成绩。在水利方面:进行了淮河、黄河、海河等流域的治理;修建了大量的枢纽工程和排灌工程,完成了巨大的工程量,其中土石方以百亿立方米计。在水电方面:建成了刘家峡、丹江口、龚咀、新安江等一些大型水电站;中、小型水电站也迅速发展。施工技术方面:大河流导流截流技术的发展;定向爆破、控制爆破的应用;土石坝施工机械化的配套;混凝土坝快速施工的研究;地下工程施工技术的改进;深层砂砾地基与岩溶地基的处理;以及人工砂制造工艺等。此外,施工技术的提高,促进了水工建筑材料在品种、质量、产量及生产工艺等方面的革新和发展。

特别近年来,在长江干流上完成了葛洲坝水利枢纽工程。其装机271.5万kW,是我国目前规模最大的装机机组。在兴建过程中解决了一系列复杂技术难题,如航道泥沙淤积碍航、河势规划及枢纽合理布置、泥沙夹层的地基处理、大江截流、大单宽流量泄水闸的消能防冲、大型船闸的设计、17万kW低水头转浆水轮机组的研究与安装等。葛洲坝工程的完成,标志着我国水利水电科学进入了一个新的阶段。

为了在本世纪末实现党中央提出的经济建设战略目标,必须加快我国水利水电事业的建设速度,为此,应在总结建国以来水利水电施工经验的基础上,适当引进国外的先进技术和施工机械,学习、推广国内外先进施工组织和管理经验,缩短与国外先进施工技术水平的差距,使我国水利水电施工科学技术有一个大发展。

我国江河正在治理,而水利资源又非常丰富,特别是许多水能资源有待开发。我们坚信,在党中央的领导下,随着国民经济持续、稳定、协调地发展,水利水电建设亦将飞跃前进,施工科学技术亦将赶超世界先进水平。

二、水利水电工程施工的主要特点

水利水电建设一般都要经过勘测、规划、设计和施工四个阶段。各个阶段既有分工，又有联系。施工应以勘测、规划和设计的成果为依据。规划和设计也要认真考虑科研成果、施工条件和施工方法，并受施工实践所检验。在四个阶段中，施工起着将规划、设计的图纸转化为工程实体的作用。

水利水电工程施工的主要特点：一是工程量大、工种繁多，为了及早收到工程效益，常常要求缩短工期，尽快地竣工。因此需要动用大批劳动力和配备大量施工机具，组织一支强大的技术熟练的专业队伍才能及时完成。二是工程地处河谷野外，受自然条件（水流、气温、雨雪等）的影响很大，所以施工方法和施工组织管理都要适应自然条件的变化，抓住有利时机，确保工程进度。此外，由于工程处在交通不便的偏僻地区，工地常常需要建立一整套为施工服务的附属企业和为职工生活服务的临时生活设施，以确保工程建设的顺利进行和职工生活的需要。三是水利水电工程在修建过程中，将可能影响到其他部门（如电力、农业、交通、水产、航运等）的经济利益及上下游地区的人民生命财产的安全。因此规划、设计和施工过程中均应从局部服从全局的原则出发，经过调查研究，与有关部门密切协商，统筹兼顾，在符合开发水利水电建设的方针和政策的条件下，应尽量使其他部门不受损失或少受损失。施工中应树立质量第一的观点，绝对不允许忽视工程质量；同时应制订和采取施工安全技术措施，以保证工程顺利进行。

三、课程任务

“水利工程施工”这门课程着重从施工技术、施工机械、施工组织设计与工程管理等方面讲述水利水电工程施工的基本概念和基本规律、几种基本工种和主要建筑物的施工方法、编制施工组织设计和概算的基本方法、组织安全施工的常识，以使使学生具有水利水电工程施工的基本知识，并为从事水利水电工程施工工作打下初步的基础。

对技工学校而言，水利工程施工是水工建筑专业的专业课之一。在教学过程中应该紧密结合生产实际，除了课堂教学还应通过施工实习、现场教学、课堂作业来加深了解和掌握本课程的内容。在进行课堂教学时，要充分利用挂图、照片、模型、及电视录像等电化教学手段，以增强学生的感性知识，这样就能更好地掌握本课程的内容。

第一章 施工测量放样

建造一座大坝，或一条引水隧洞，或一栋水电站厂房，都有一整套施工图纸。要将设计好的施工图纸建成实际的建筑物，首先要把图纸上建筑物的平面位置和高程标定到施工现场上去，这个工作就叫做施工测量放样。施工测量放样是水利水电建设施工的先行工作，是施工中必不可少的重要一环。它贯穿在整个施工过程中，是质量控制和技术指导的有效手段。

测量放样工作是从已知高程点、已知平面点或线开始，用测量的方法，在施工现场设置便于指导施工的点或线。因此测量放样人员必须对施工现场的已知点及其标志十分熟悉，才能做到应用自如。

开挖、立模、设备安装等施工，都是根据放样设置的线和点来进行的。因此，测量放样质量的好坏，将直接影响建筑物尺寸和位置的准确性。测量放样出了差错，会引起工程返工，延误工期并造成损失。所以说施工测量放样，对于保证工程质量，节约财力和避免返工浪费，加快施工进度，都起着非常重要的作用。

为了做好放样工作，不仅需要掌握放样的基本知识和技能，而且必须具有严肃认真、主动工作、勤勤恳恳的负责精神和一丝不苟、实事求是的科学态度。在放样前，必须先熟悉施工图纸，了解设计意图，听取设计交底，并认真审查图纸的尺寸和高程，如果发现尺寸不相符合或不合理的地方，应立即向设计部门及施工技术负责人提出，取得正确的答复后再进行放样，以避免发生差错。放样人员还应对施工现场和施工方法有较全面的了解，才能使放样所设置的点、线便于各工序施工的需要。

此外，施工测量放样工作有大量的计算工作和繁重的体力劳动。近年来，有的工程较多地应用电子计算机（器）和光电测量技术，以提高作业精度和效率，所以在学习过程中应辅之电子计算机（器）的实际练习，对光电测量技术的应用理论，可根据各校的实际情况，作适当补充。

第一节 水准仪及其应用

一、高程测量的概念

自然地面是起伏不平的。我们常说山岭高，河谷低，这是相比较而得到的结论。我们也常说这座坝多高，那栋房屋多高，这是以当地地面为标准说的。在工程建设中，为了衡量地面上各点的高低，就需要有一个统一的标准来计算各点的高低位置。

经过多年对海水面的观察知道，尽管海水面有升降变化，但是某一点的长年平均海面位置是基本不变的。所以，选用平均的静止海水面作为高程起算的标准是比较理想的，这个面就叫大地水准面。我国规定以青岛验潮站所确定的黄海平均海水面作为大地水准面，

高程确定为零，是全国高程的统一起算面。湖泊、水库等静止的水面叫水准面。水准面和大地水准面具有共同的特点：它是一个曲面，但在小范围内可以认为它是一个水平面。

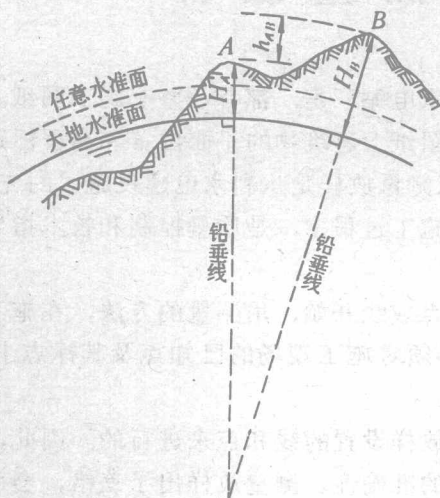


图 1-1 地面点高程示意图

地面上一点到大地水准面的铅垂距离，叫做该点的绝对高程，也叫标高或海拔，如图1-1所示的 H_A 、 H_B 。例如，世界上最高峰珠穆朗玛峰的绝对高程是8848.13m，也就是说它高出大地水准面8848.13m；我国新疆的吐鲁番盆地中部艾丁湖的水面比大地水准面低154m，就是说它的绝对高程是-154m。

在一个工区，为了衡量工程各部位的高低，也可以选一个假定水准面作为高程起算面。这时，地面上一点到假定水准面的铅垂距离叫做相对高程（或叫假定高程）。

如果知道地面上两点的高程，

那么两点的高差也就可以计算出来。

图1-1中，B点对A点的高差

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

A点对B点的高差

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

由上述二式可以知道，高差有正负之分。如 h_{AB} 为正时，表示B点高于A点；如 h_{AB} 为负时，表示B点低于A点。

为确定地面点高程所进行的测量工作，叫做高程测量。高程测量的方法，根据使用仪器的不同，可分为水准测量、三角高程测量和气压高程测量三种。水准测量的方法比较精确，也是工程中常用的方法。水准测量根据其精度又可以分为一、二、三、四等水准测量和普通水准测量。本节主要介绍工程中常用的普通水准测量。

二、水准测量的原理

如图1-2所示，如果我们要测定地面上A、B两点间的高差，可以在A、B两点之间安置水准仪，在A、B两点分别立水准尺，利用水准仪的水平视线，先读出A点水准

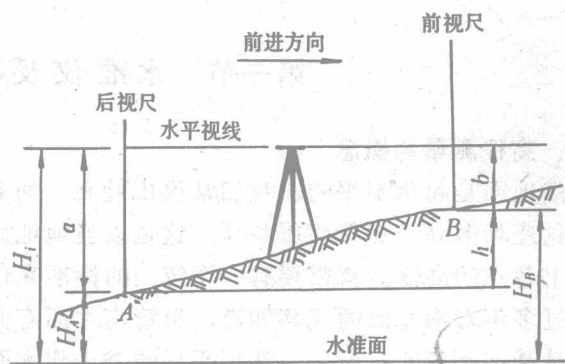


图 1-2 水准测量原理

尺上的读数 a ，然后再读出 B 点水准尺上的读数 b ，则 B 点对于 A 点的高差

$$h = a - b \quad (1-3)$$

由于水准测量是由 A 点向 B 点方向前进的，因此我们把始点 A 称为后视点，读数 a 称为后视读数；终点 B 称为前视点，读数 b 称为前视读数。

从式 (1-3) 可以看出，用后视读数 a 减去前视读数 b 所得到的高差 h ，可以是正数，也可以是负数。它表示以后视点为准，前视点对后视点的高低关系。当 a 大于 b ，即后视读数大于前视读数时，高差为正，这时前视点 B 高于后视点 A ，如图 1-2 所示；反之，当 a 小于 b ，即后视读数小于前视读数时，则高差为负，说明前视点 B 低于后视点 A 。

如果 A 点是已知高程点，其高程为 H_A ，那么 B 点的高程就是

$$H_B = H_A + h \quad (1-4)$$

式 (1-4) 也可以写成 $H_B = H_A + a - b$ ，但是 $H_A + a$ 实际上是水平视线的高程，我们把这个高程称为视线高，用 H_i 表示。那么 B 点的高程也可以由视线高求得，即

$$H_B = H_i - b \quad (1-5)$$

综上所述，水准测量是利用水准仪提供的水平视线，配合水准尺，直接测定两点间的高差，然后根据一点的已知高程推算另一点的高程。

用水准仪测量地面点的高程时，水准仪安置的高低可以任意选择，但是水准仪的视线必须水平。如果视线不水平，利用式 (1-3) ~ 式 (1-5) 所计算出的高差和高程就会发生错误。所以在水准测量中，必须牢牢记住视线水平这个最重要、最基本的要求。

当水准仪在一个测站上不移动时，它的视线高始终是一个常数，因此可以利用它测量和计算周围许多立尺点的高程。这是施工放样中经常使用的一种方法。

图 1-2 中，这种水准测量最多只能测出相距二三百米远的两点间的高差。如果需要测定高程的点，距离已知高程点很远，或者它们之间的高差变化很大，就需要把两点间的距离分成若干段，在两点间设立很多个立尺点和安置很多次仪器，逐段测出高差，这样的水准测量称为连续水准测量。

为了更清楚地说明连续水准测量的实际操作方法，我们选择一段坡地，如图 1-3 所示，

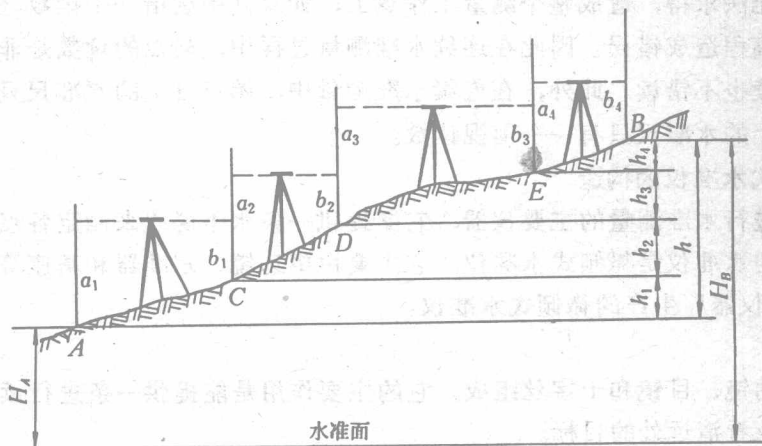


图 1-3 连续水准的实际操作

坡脚处的 A 点是已知高程点，它的高程为 H_A ，坡顶 B 点是我们要测定高程的点。工作时，可以在 A 、 B 两点间选择 C 、 D 、 E 三个立尺点，因而把 A 、 B 两点间划分成 AC 、 CD 、 DE 、 EB 四段。

先把水准仪安置在 A 、 C 之间，在 A 、 C 两点上竖立水准尺，后视 A 点，设读数为 a_1 ，前视 C 点，设读数为 b_1 ，则 C 点对于 A 点的高差为

$$h_1 = a_1 - b_1$$

把 A 点的水准尺转移到 D 点，把水准仪搬到 C 、 D 之间，后视 C 点，设读数为 a_2 ，前视 D 点，设读数为 b_2 ，则 D 点对于 C 点的高差为

$$h_2 = a_2 - b_2$$

用同样方法，可以测定 D 、 E 和 E 、 B 之间的高差，即

$$h_3 = a_3 - b_3$$

$$h_4 = a_4 - b_4$$

从图1-3中可以看出： A 、 B 两点间的总高差 h 等于四段高差 h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 的总和，即

$$\begin{aligned} h &= h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \\ &= (a_1 - b_1) + (a_2 - b_2) + (a_3 - b_3) + (a_4 - b_4) \\ &= (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) - (b_1 + b_2 + b_3 + b_4) \\ &= \Sigma a - \Sigma b \end{aligned} \quad (1-6)$$

由式 (1-6) 可知：终点对于始点的总高差是各段高差的总和，也等于后视读数的总和减去前视读数的总和。

有了终点 B 对于始点 A 的总高差 h ， B 点的高程就等于

$$H_B = H_A + h$$

从图1-3中清楚地看出：终点 B 的高程 H_B 是由始点 A 的已知高程 H_A 经过 C 、 D 、 E 三点依次传递的。在 C 、 D 、 E 三点上都具有一个相同的特点，那就是在相邻的两个测站上对水准尺都进行读数，在前一站上对它读前视读数，在后一站上对它读后视读数。我们把 C 、 D 、 E 三点称为转点。如果由于工作中的疏忽，缺了一个读数，就会使读数前后脱节，终点 B 的高程就无法求得，造成整个测量工作返工；如果其中读错一个读数，依次传递下去，将使终点 B 的高程造成错误。因此在连续水准测量过程中，转点的读数是至关重要的，必须做到既不漏读也不错读。此外，在连续水准测量中，始点 A 上的水准尺只有一个后视读数，而终点 B 上的水准尺只有一个前视读数。

三、微倾式水准仪的构造

水准仪是进行水准测量的主要仪器，它能提供一条水平视线来测定各点间的高差。目前工地上常用的水准仪是微倾式水准仪。它主要由望远镜、水准器和基座等部分组成。图1-4是上海光学仪器厂生产的微倾式水准仪。

1. 望远镜

望远镜由物镜、目镜和十字丝组成。它的主要作用是能提供一条进行读数用的视线，并使我们清晰地看清远处的目标。

物镜装在物镜筒的前面，见图1-5。它的作用是使被观测的目标形成倒立的小实像。由

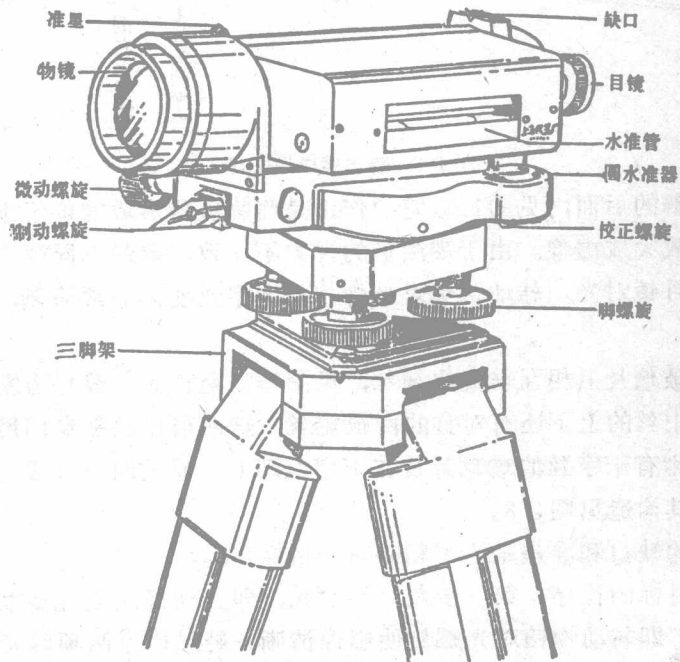
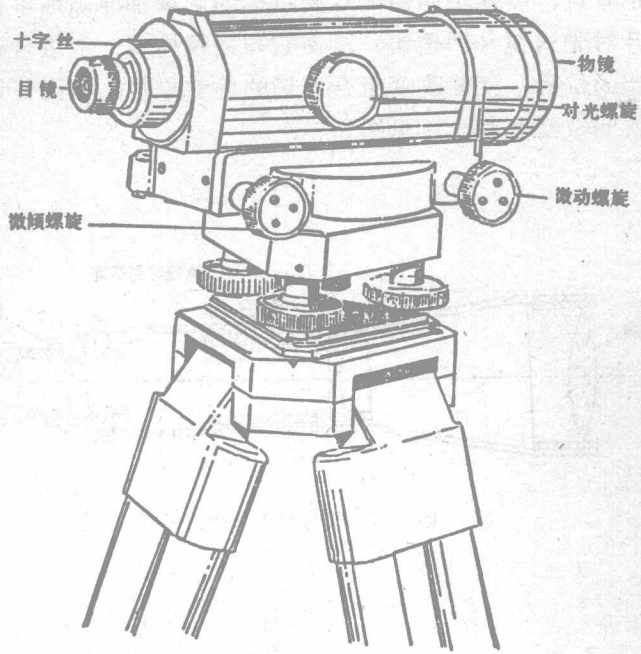


图 1-4 水准仪外形

于观测的目标有远有近，要使不同距离观测目标的影象都准确地落在十字丝平面上，故在镜筒内安装了一片对光透镜（凹透镜），使它与物镜构成一个组合透镜。转动物镜对光螺旋，调整对光透镜的位置，就能改变组合透镜的等效象距，从而使目标影象落在十字丝平面上，这个工作就叫做物镜对光，见图1-6。

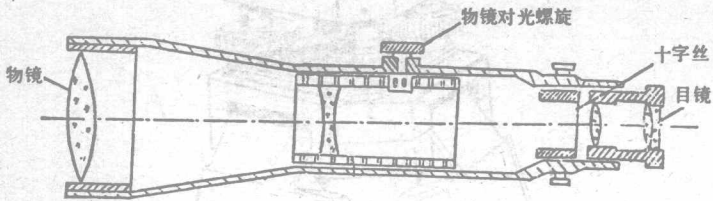


图 1-5 望远镜主要构件位置

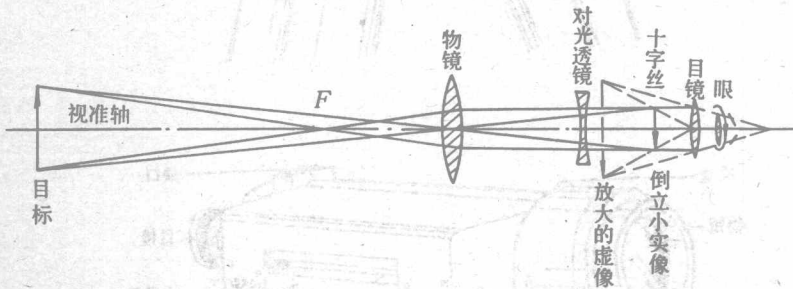


图 1-6 望远镜成像原理

目镜装在目镜筒的后面，见图1-5。它的作用是将物镜所形成的位于十字丝平面上的实像和十字丝的影像放大成虚像。由于观测员的视力不一致，要使不同视力的人都能看清十字丝，就应该进行目镜对光。转动目镜对光螺旋使十字丝变得非常清晰，这个工作就叫做目镜对光。

十字丝是刻在玻璃片上相互垂直的细丝，见图1-7。竖直的一根称为纵丝，中间横的一根长丝称为中丝，中丝的上下还有对称的两根短丝，这两根短丝是专门用来测定距离的，所以称为视距丝。刻有十字丝的玻璃片装在十字丝环上，通过四个（或三个）校正螺丝固定在望远镜筒上，其构造见图1-8。

望远镜镜筒上的缺口和准星是为了粗略对准目标用的。

用望远镜看清目标的程序：第一步是目镜对光，即转动目镜对光螺旋使十字丝清晰；第二步是物镜对光，即转动物镜对光螺旋使影像清晰。经过以上两项对光，我们从目镜中就能同时清晰地看到目标的影像和十字丝。

十字丝交点与物镜光心的连线称为视准轴。当视准轴对准目标时，就叫做照准了。水准测量工作就是视准轴水平时，用十字丝的中丝截取水准尺的读数。

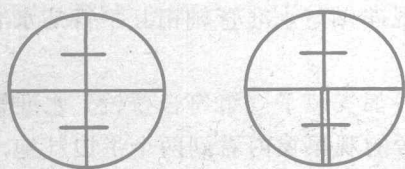


图 1-7 玻璃片上的十字丝示意图

2. 水准器

水准器在水准仪上的作用是使仪器的竖轴处于竖直位置和视线处于水平位置。水准器分管水准器和圆水准器两种。圆水准器用于粗调仪器的水平；而管水准器则可以精确地调平仪器。

(1) 管水准器：管水准器又称水准管，它是用玻璃管制成的。将管的内壁磨成一定半径的圆弧，然后使管内充满热的酒精或乙醚，再把管加热密封，液体冷却后，体积缩小，于是在管内形成一个小空间，这个空间被酒精或乙醚的气体所充满，称为水准管气泡。由于气泡较轻，它永远处于水准管的最高处。

水准管管壁圆弧中点称为水准管零点。通过零点并与水准管圆弧相切的直线叫做水准管轴线，如图1-9(a)中的H-H线。水准管内气泡位于中心位置时，叫做气泡居中，此时水准管轴线就处于水平位置。由于水准管气泡的位置实际上是根据气泡的两端点来确定的，因此有些水准管通常不刻零点，而是由两条到零点的距离相等的起始线向两边每隔2 mm刻一条分划线，当气泡的两端指出对称的分划线时，就是气泡居中了，如图1-9(b)所示。

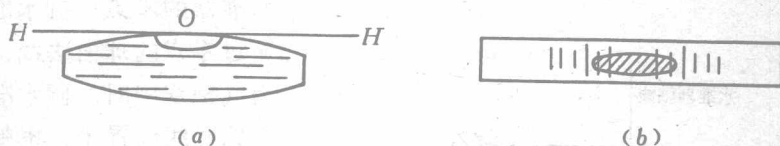


图 1-9 水准管

(a) 水准管轴线；(b) 水准管分划线

水准仪上的水准管安装在望远镜的左侧，用校正螺丝将水准管轴线安装成与望远镜的视准轴相平行，见图1-10。这样，当水准管气泡居中时，水准管轴线即水平，视准轴也就

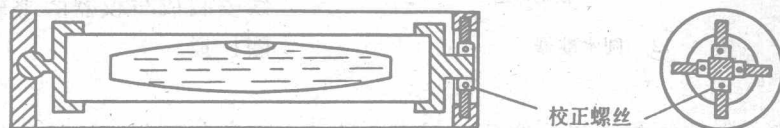


图 1-10 长水准器的校正装置

处于水平位置了。因此，为了保证视准轴的水平位置，视准轴与水准管轴相互平行是水准仪构造上应具备的最重要条件。

为了观察水准管气泡是不是居中，现在的水准仪一般都安装了一组符合棱镜。水准管气泡的影像，通过棱镜的几次折射，可以直接在望远镜左旁的观察窗内看到两个半边气泡，如图1-11 (a) 所示。图1-11 (b) 所示为水准管气泡不居中。这时如果旋转微倾螺旋，就可以使两个半边气泡附合在一起，如图1-11 (c) 所示，标志着水准管气泡居中了。具有这种装置的水准管称为符合水准管，它提高了目估气泡居中的精度，从而提高了测量精度，也提高了工作效率。所谓微倾式水准仪，正是根据水准仪构造上具有微倾螺旋这一特点而取名的。

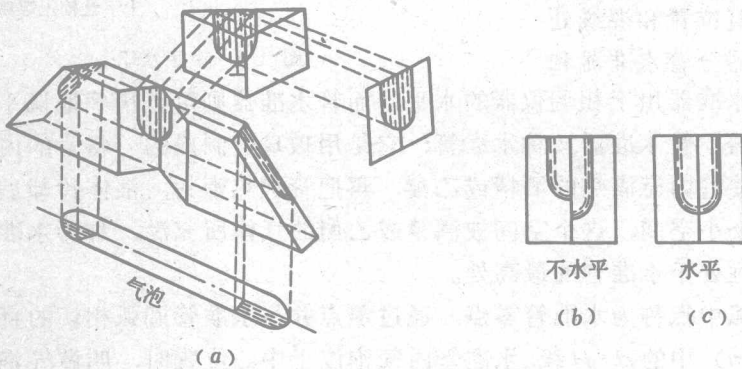


图 1-11 符合水准管工作原理

(2) 圆水准器：圆水准器又称水准盒。它是一个玻璃圆盒，内表面是磨光的球面。盒内同样是装满酒精或乙醚，加热密封，液体冷却后，形成一个圆气泡。球面中心叫做圆水准器的零点。圆水准器的轴线是通过零点的球面法线，见图1-12。当气泡居中时，圆水准器轴线就处于铅垂线位置了，也就是说仪器调平了。

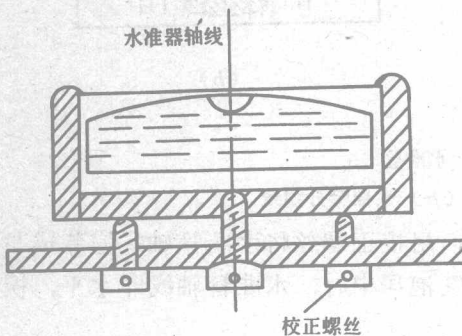


图 1-12 圆水准器

在圆水准器的玻璃盖上面，以零点为中心刻划有一个或两个圆圈，用以检查气泡是否居中。在水准仪上，用校正螺丝将圆水准器轴线安装成与仪器的竖轴相平行，见图1-12。

3. 基座

基座由轴座、脚螺旋和连接板组成，起支承仪器上部和与三脚架连接的作用。转动基座下面的三个脚螺旋，可以使圆水准器的气泡居中。

4. 其他部分

(1) 制动螺旋：一般装在仪器的前方，它是控制仪器水平方向转动的。松开制动螺旋，望远镜可以在水平方向任意转动。拧紧制动螺旋，望远镜就不能转动了。

(2) 微动螺旋：一般装在仪器的右前方。当制动螺旋固定后，如果目标与十字丝还有一些差距，可以稍稍旋转微动螺旋，使望远镜向左或向右作一些微小的转动，以便照准目标。只有当制动螺旋拧紧后，旋转微动螺旋才能起左右微动的作用。制动螺旋松开时，微动螺旋是不起作用的。

(3) 微倾螺旋：一般装在仪器的右后方。使用脚螺旋将仪器基本调平后，用微倾螺旋调整水准管的气泡，使其居中，以达到更精确的目的。

(4) 三脚架：由架头和三支腿组成。连接螺旋从架头中心圆孔穿出，拧入仪器连接板的螺孔内，仪器就固定在三脚架上了。

四、水准尺及其应用

水准尺是用干燥和伸缩性小的木材制成的，它可供读出地面点到仪器水平视线之间的垂直距离。水准尺的长度一般是 3 m 或 5 m。水准尺的式样很多，有直尺、折尺和塔尺三种，见图 1-13。施工放样中常用的是塔尺。

塔尺可以逐节抽出来或缩回去，缩回去后便于携带，抽出来后形似宝塔，所以取名塔尺。

塔尺在测量过程中第二第三节可能下滑，要经常注意检查，以免读数发生错误。塔尺多以尺底为零点，按 1 cm 或 0.5 cm 为一格划分尺面，黑白相间。有些尺把 5 cm 的刻划连成整体，形成黑白相间的 E 字，以便读尺。尺面每分米注有数字，注字有正字和倒字两种型

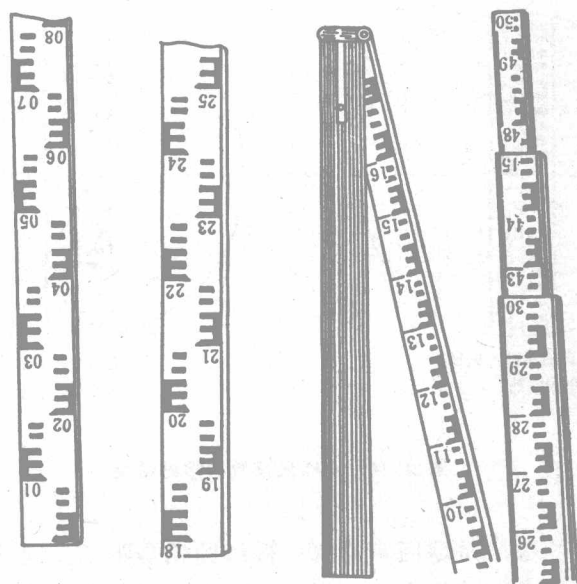


图 1-13 水准尺式样

式。分米的准确位置有以字顶为准的，也有以字底为准的。在分米或整米的地方，都刻划有明显的标志。有的尺子在分米数字上加一点表示整米数，如 $\overset{\cdot}{3}$ 表示 2.3m。有的尺子红字 2 表示 2 m；黑字 2 表示 2 dm。

读尺时应读十字丝中丝所指示的数值，米、分米、厘米都可以从尺上直接读出，毫米只能估读。读尺对初学的人是一个难点，应多作练习。读尺前应先弄清楚尺的刻划和注字的规律。练习时可以随意指尺面一点，逐步做到能迅速准确地读出该点的读数，进一步再用望远镜作读尺练习。由于水准仪的望远镜一般都是倒像，因而在望远镜中，数字通常都是从上向下增加。特别是倒字塔尺，在望远镜的影像中，注字成为正写，但数字却是由上向下增加，这与通常的习惯是相反的，要特别引起注意。只要牢记“从小到大，不分上下”这一规律，读尺时同时兼顾中丝上下的注字，从数字小的往数字大的方向读数，就不致于读错。对于正字塔尺，要特别注意倒象以后将 6 字和 9 字读错。图 1-14 是初学时最容易读错的几种情况。

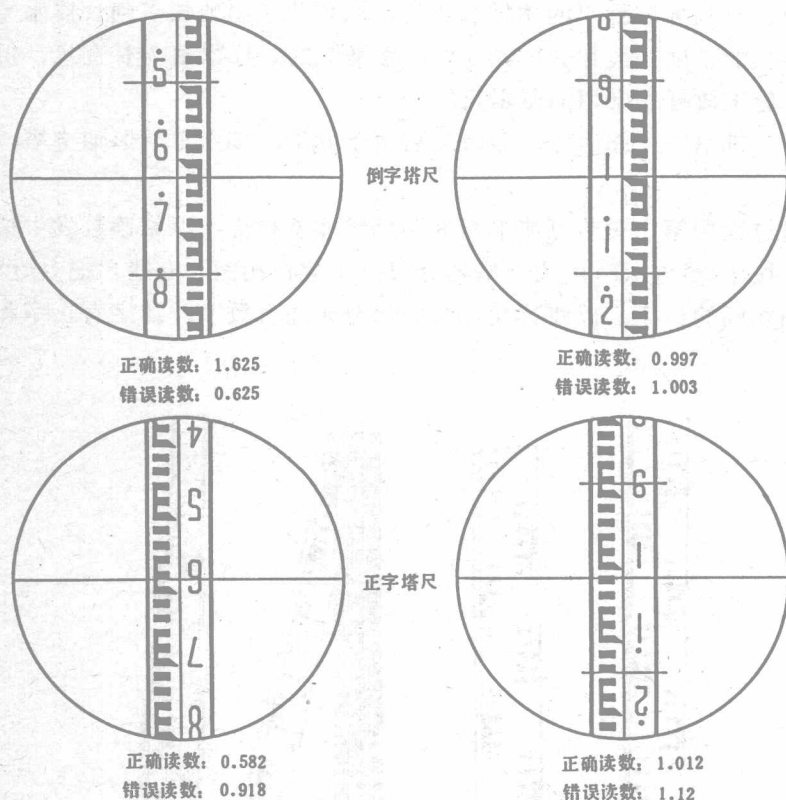


图 1-14 水准尺读数的常见错误

水准测量要求测定的数字是地面点到水平视线的铅垂距离，因此水准尺不允许倾斜，如果尺子倾斜，读出来的数字就偏大，见图 1-15。有些塔尺上安装了水准器，当水准器气泡居中时，标志塔尺处于竖直位置，这种塔尺扶尺时应保证气泡居中。一般情况下，扶尺