



教育部职业教育与成人教育司推荐教材  
中等职业教育技能型紧缺人才教学用书

# 建筑工程测量放线

( 建筑施工专业 )

本教材编审委员会组织编写

主编 刘晓燕

中国建筑工业出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材  
中等职业教育技能型紧缺人才教学用书

# 建筑工程测量放线

(建筑施工专业)

本教材编审委员会组织编写

主编 刘晓燕

主审 周建郑 于淑清

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑工程测量放线/本教材编审委员会组织编写. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006  
(教育部职业教育与成人教育司推荐教材. 中等职业教育技能型紧缺人才教学用书. 建筑施工专业)  
ISBN 7-112-08074-6

I. 建... II. 本... III. 建筑测量-专业学校-教材 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 061975 号

本书根据中等职业学校建筑施工专业领域技能型紧缺人才培养、培训指导方案研究小组于 2004 年 9 月制定的“测量放线”课题相关内容编写。全书分 4 个单元, 第 1 单元介绍常用建筑施工测量放线仪器的构造和使用; 第 2 单元介绍建筑施工放线的基本知识; 第 3 单元介绍建筑施工放线工作; 第 4 单元介绍高层建筑测量; 附录中包括实测课题参考表格及三周综合实习的参考内容。

本书可作为中等职业学校建筑施工专业“测量放线”课程教学的教材; 也可供施工现场施工人员参考阅读。

\* \* \*

责任编辑: 朱首明 吉万旺

责任设计: 赵明霞

责任校对: 王媛丽

教育部职业教育与成人教育司推荐教材  
中等职业教育技能型紧缺人才教学用书  
建筑工程测量放线  
(建筑施工专业)  
本教材编审委员会组织编写  
主编 刘晓燕  
主审 周建邦 于淑清

\*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)  
新华书店总店科技发行所发行  
霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版  
印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 8 字数: 195 千字  
2006 年 7 月第一版 2006 年 7 月第一次印刷  
印数: 1—2500 册 定价: 12.00 元

ISBN 7-112-08074-6  
(14028)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

此为试读, 需要完整PDF请访问: [www.ertongbook.com](http://www.ertongbook.com)

# 本教材编审委员会名单

## (建筑施工专业)

主任委员：白家琪

副主任委员：胡兴福 诸葛棠

委员：(按姓氏笔画为序)

丁永明	于淑清	王立霞	王红莲	王武齐	王宜群
王春宁	王洪健	王 琰	王 磊	方世康	史 敏
冯美宇	孙大群	任 军	刘晓燕	李永富	李志新
李顺秋	李多玲	李宝英	李 辉	张永辉	张若美
张晓艳	张道平	张 雄	张福成	邵殿昶	林文剑
周建郑	金同华	金忠盛	项建国	赵 研	郝 俊
南振江	秦永高	郭秋生	诸葛棠	鲁 毅	廖品槐
缪海全	魏鸿汉				

# 出版说明

为深入贯彻落实《中共中央、国务院关于进一步加强人才工作的决定》精神，2004年10月，教育部、建设部联合印发了《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》，确定在建筑（市政）施工、建筑装饰、建筑设备和建筑智能化四个专业领域实施中等职业学校技能型紧缺人才培养培训工程，全国有94所中等职业学校、702个主要合作企业被列为示范性培养培训基地，通过构建校企合作培养培训人才的机制，优化教学与实训过程，探索新的办学模式。这项培养培训工程的实施，充分体现了教育部、建设部大力推进职业教育改革和发展的办学理念，有利于职业学校从建设行业人才市场的实际需要出发，以素质为基础，以能力为本位，以就业为导向，加快培养建设行业一线迫切需要的技能型人才。

为配合技能型紧缺人才培养培训工程的实施，满足教学急需，中国建筑工业出版社在跟踪“中等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案”（以下简称“方案”）的编审过程中，广泛征求有关专家对配套教材建设的意见，并与方案起草人以及建设部中等职业学校专业指导委员会共同组织编写了中等职业教育建筑（市政）施工、建筑装饰、建筑设备、建筑智能化四个专业的技能型紧缺人才教学用书。

在组织编写过程中我们始终坚持优质、适用的原则。首先强调编审人员的工程背景，在组织编审力量时不仅要求学校的编写人员要有工程经历，而且为每本教材选定的两位审稿专家中有一位来自企业，从而使得教材内容更为符合职业教育的要求。编写内容是按照“方案”要求，弱化理论阐述，重点介绍工程一线所需要的知识和技能，内容精炼，符合建筑行业标准及职业技能的要求。同时采用项目教学法的编写形式，强化实训内容，以提高学生的技能水平。

我们希望这四个专业的教学用书对有关院校实施技能型紧缺人才的培养具有一定的指导作用。同时，也希望各校在使用本套书的过程中，有何意见及建议及时反馈给我们，联系方式：中国建筑工业出版社教材中心（E-mail: jiaocai@cabp.com.cn）。

中国建筑工业出版社  
2006年6月

# 前 言

本书是根据中等职业学校技能紧缺人才培养、培训指导方案中制定的“测量放线”课程教学大纲编写的中等职业学校建筑施工专业领域“测量放线”（60学时+3W）教材，适用于中等职业教育的建筑施工、工业与民用建筑、建筑工程管理等专业领域，亦可供建筑施工人员参考阅读。

为了实现技能型紧缺人才的培养目标，突出技能型的特点，实现零距离就业上岗的目标，满足企业需求，本教材在编写过程中突出技能的培养，理论以能满足技能掌握要求为度，紧扣现阶段建筑施工现场的具体情况，力求模拟施工现场测量放线的顺序、步骤和要求及常用仪器的操作技能要求编写此教材，适当增加测绘领域新仪器、新方法、新技术等方面的内容，同时把工地上常用的测量放线工具及其使用方法也在教材中体现，这些简单易行而且常用的工具，在施工现场中发挥着重要作用。

本教材由刘晓燕主编，具体分工如下：单元1中课题1、单元2中课题1由河南省建筑工程学校张敬伟老师编写；单元1中课题2、课题3由广州土地房产管理学校刘兆煌老师编写；其余课题由刘晓燕老师编写；实训课题由张敬伟老师和刘晓燕老师共同编写；全书由刘晓燕老师统稿。

在本书的编写过程中，得到广州市建筑工程学校领导的关怀和帮助；广州市建筑工程学校钟铁民老师对全书进行多次审查和修改，同时参与实训课题及实训课题表格的编写；广州珠江建设监理工程公司监理工程师许伟然对本书编写给予大力支持和指导，及时提供施工现场的信息。本书由黄河水利职业技术学院周建郑和黑龙江建筑职业技术学院于淑清两位老师主审。在此诚致深深的谢意；对参考文献的作者诚致深深的谢意。

由于编者水平有限，书中难免有错漏之处，谨请使用本教材的师生与读者批评指正。

编 者  
2005年8月

# 目 录

绪论	1
单元 1 常规测量仪器的使用	3
课题 1 水准仪的使用及水准测量方法	3
课题 2 经纬仪的使用及角度测量	17
课题 3 全站仪及其使用	27
实训课题	47
思考题与习题	48
单元 2 建筑施工放线的基本知识	50
课题 1 放样的基本工作和方法	50
课题 2 建筑施工放线工具	55
实训课题	59
思考题与习题	59
单元 3 建筑施工放线	61
课题 1 建筑施工放线相关图基本知识	61
课题 2 建筑施工控制测量	68
课题 3 建筑物施工过程测量工作	79
实训课题	91
思考题与习题	92
单元 4 高层建筑测量	93
课题 1 高层建筑轴线投测及标高传递	93
课题 2 建筑物变形观测	97
实训课题	103
思考题与习题	103
附录一 测量实训与实习须知	104
附录二 测量实验参考表格	107
附录三 综合实训内容及安排	120
参考文献	121

# 绪 论

## 1. 测量学的基本概念

测量学是研究地球的形状和大小，并确定地面点位置的科学，它的主要内容包括测定和测设两个方面。测定是利用测量仪器和工具，将地球表面的地物（地球表面的自然形成物及建筑物、构筑物）和地貌（地球表面的高低起伏的变化情况）按一定的比例尺缩绘成地形图。地形图是工程规划、设计和建设的重要依据；测设是把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置按一定的精度标定在地面上。测量放线是指工程项目在施工时，将建筑物、构筑物的位置（空间位置）按精度要求在地面上标定出来，作为施工的依据，保证建筑物、构筑物的位置符合相关法规、规范的要求。

## 2. 测量的基准面和基准线

地球的表面凹凸不平，有高山、深谷、河湖、海洋等，海洋面积最大。假设有一个平均、静止的海水面延伸穿过陆地，形成一个封闭的曲面，这个曲面称为“大地水准面”，它是测量的基准面，我国的大地水准面是黄海平均海水面。在小区域范围内进行工程建设，采用大地水准面不方便时，可以利用水准面（地球上自由静止的水面）作为基准面。

大地水准面和水准面都是曲面，点投影在曲面上计算较复杂，当测区面积不大时（一般在半径 10km 的圆面积内），可以将水准面视为水平面（与水准面相切的平面），计算工作可以大大简化。

所以测量的基准面有大地水准面、水准面和水平面。

测量的基准线是铅垂线，它是物体的重力方向线。

## 3. 地面点位置的确定

一个地面点（空间点）位置是由三个量确定的，这三个量是地面点到基准面的铅垂距离（高程）以及该点在基准面的平面位置。

### (1) 高程的种类

根据基准面的不同，高程可分为绝对高程和相对高程。工地上经常把高程称为标高，用  $H$  表示， $A$  点高程表示为  $H_A$ 。绝对高程是指地面点到大地水准面的铅垂距离，例如：黄海高程。若建筑图纸上采用黄海高程为设计标高，则此高程为绝对高程。相对高程是指地面点到任意水准面的铅垂距离。例如：建筑图纸上的  $\pm 0.000$ 。两点的高程之差称为高差，如图 1 所示。高差通常用仪器来测得，若已知一个点的高程（水准点）就可以求得其余各点的高程。我国的水准原点设在青岛的观象山上，其高程（该点到黄海平均海水面的铅垂距离）为 72.260m（1985 年公布并命名为 1985 国家高程基准）。全国各地的高低都是以此点为基准测

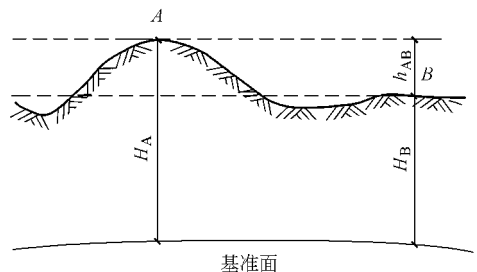


图 1 高程和高差的关系

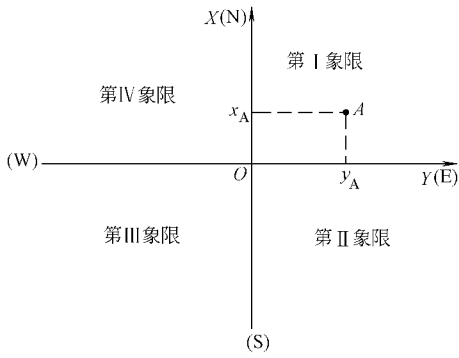


图 2 测量平面直角坐标系

量所得。

#### (2) 点在基准面上的位置

若测区不大，该基准面为平面，点在平面上的位置可以用平面直角坐标系中的  $X$ 、 $Y$  来表示，如图 2 所示，图中  $A$  点的平面位置可以表示为  $(x_A, y_A)$ ，在测量时通常利用一个已知坐标值的点为基准，观测有关的角度与距离，然后通过计算而得待测点的坐标。平面位置中方向通常采用经纬仪获得，水平距离常用钢尺丈量，或采用测距仪、全站仪确定点的位置。

所以地面点的位置由该点在平面直角坐标系上投影点的坐标值和它的高程来确定。

#### 4. 测量的基本工作和工作程序

(1) 测量的基本工作有高程测量、水平角测量、水平距离测量。

(2) 测量的基本原则和工作程序是“从整体到局部，先控制后碎部，边工作边校核”。

例如：要确定一栋建筑物的首层平面位置和建筑物的  $\pm 0.000$ ，首先必须根据规划部门给定的基准点（平面基准点和高程基准点）从建筑物的形状、大小、高低及施工场地情况出发确定建筑控制线（基线或方格网）及水准点（BM 点）。然后进行建筑物定位和标定各轴线位置，并根据设计要求确定其高低位置，建立较为合理的校核条件和方法。若一项测量任务没有校核条件和方法，不算是一个完整的测量方案，假如完成一项测量任务之后，不知道其测量成果产生的误差值是多少或精度是否达到要求，这样的测量成果是不科学的，也是不可取的。

# 单元 1 常规测量仪器的使用

知识点：水准仪的使用及水准测量方法；经纬仪的使用及水平角测量方法；全站仪的基本功能及使用；水准仪和经纬仪检验校正。

教学目标：会用水准仪测定地面上两点间的高差；闭合水准路线的测量和计算；会用经纬仪测量水平角；会用全站仪进行角度、距离和坐标测量。

## 课题 1 水准仪的使用及水准测量方法

水准测量使用的仪器称为水准仪，按仪器精度分，有 DS05、DS1、DS3、DS10 四种型号的仪器。D、S 分别为“大地测量”和“水准仪”的汉语拼音第一个字母；数字 05、1、3、10 表示该仪器的精度。如 DS3 型水准仪，表示该型号仪器进行水准测量每千米往、返测高差精度可达  $\pm 3\text{mm}$ 。DS3 水准仪是测量放线中常用的仪器。图 1-1 是我国生产的 DS3 型微倾式水准仪。

### 1.1 水准仪的使用

#### 1.1.1 DS3 水准仪的构造

根据水准测量原理，水准仪的主要作用是提供一条水平视线，并能照准水准尺进行读数。因此，水准仪主要由望远镜、水准器及基座三部分构成。图 1-1 所示是我国生产的 DS3 型微倾式水准仪。

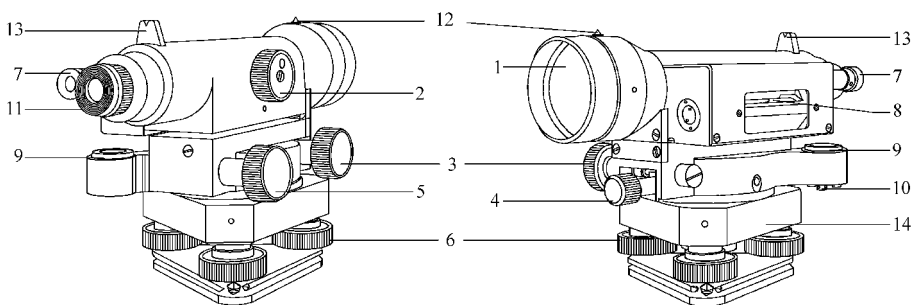


图 1-1 DS3 型微倾式水准仪

1—物镜；2—对光螺旋；3—微动螺旋；4—制动螺旋；5—微倾螺旋；6—脚螺旋；7—符合水准器放大镜；8—水准管；9—圆水准器；10—圆水准器校正螺旋；11—目镜；12—准星；13—照门；14—基座

(1) 望远镜：图 1-2 是 DS3 型微倾式水准仪望远镜的构造图，主要由物镜 1、目镜 2、调焦透镜 3 和十字丝分划板 4 所组成。

物镜和目镜多采用复合透镜组。物镜的作用是和调焦透镜一起将远处的目标在十字丝分划板上形成缩小而明亮的实像，目镜的作用是将物镜所成的实像与十字丝一起放大成

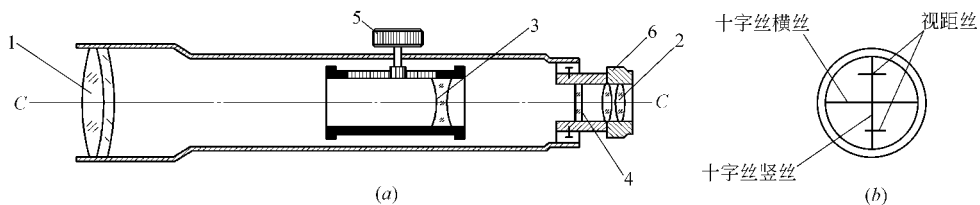


图 1-2 望远镜构造

1—物镜；2—目镜；3—调焦透镜；4—十字丝分划板；5—物镜对光螺旋；6—调焦螺旋

虚像。

十字丝分划板是一块刻有分划线的透明薄平板玻璃片。分划板上互相垂直的两条长丝，称为十字丝。纵丝亦称竖丝，横丝亦称中丝。上、下两条对称的短丝称为视距丝，用于测量距离。操作时利用十字丝交叉点和中丝瞄准目标并读取水准尺上的读数。

望远镜的十字丝交叉点与物镜光心的连线，称为视准轴（图 1-3 中的  $C-C$ ）。延长视准轴并使其水平，即得水准测量中所需的水平视线。

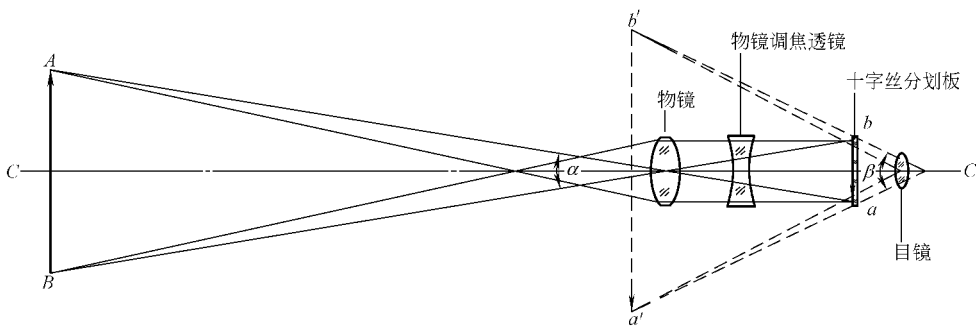


图 1-3 望远镜成像原理

(2) 水准器：是操作人员判断水准仪安置是否正确的重要部件。水准仪通常装有圆水准器和管水准器，分别用来指示仪器竖轴（圆水准器）是否竖直和视准轴是否水平（管水准器）。

1) 圆水准器：如图 1-4 所示，圆水准器顶面的内壁是球面，其中有圆形分划圈，圆圈的中心为水准器的零点。通过零点的球面法线为圆水准器轴线，当圆水准器气泡居中时，该轴线处于竖直位置。水准仪竖轴应与该轴线平行。当气泡不居中时，气泡中心偏离零点 2mm，轴线所倾斜的角值称为圆水准器分划值，一般为  $8' \sim 10'$ 。圆水准器的功能是用于仪器的粗略整平。

2) 管水准器：又称水准管，是把纵向内壁磨成圆弧形（圆弧半径一般为  $7 \sim 20\text{m}$ ）的玻璃管，管内装酒精和乙醚的混合液，加热融封冷却后留有一个近于真空的气泡（见图 1-5）。由于气泡较液体轻，故恒处于管内最高位置。

水准管上一般刻有间隔 2mm 的分划线，分划线的对称中点  $O$  称为水准管零点。通过零点作水准管圆弧的纵切线，称为水准管轴（图 1-5 中  $L-L$ ）。当水准管的气泡中点与水准管零点重合时，称为气泡居中，这时水准管轴处于水平位置，否则水准管轴处于倾斜位置。水准管圆弧 2mm 所对的圆心角  $\tau$  称为水准管分划值，即

$$\tau = \frac{2}{R\rho} \quad (1-1)$$

式中  $\rho$ ——弧度相应的秒值,  $\rho = \frac{180 \times 60 \times 60}{\pi} = 206265''$ ;

$R$ ——水准管内圆弧半径 (mm)。

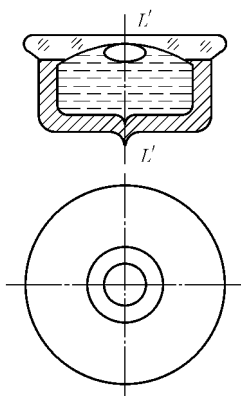


图 1-4 圆水准器

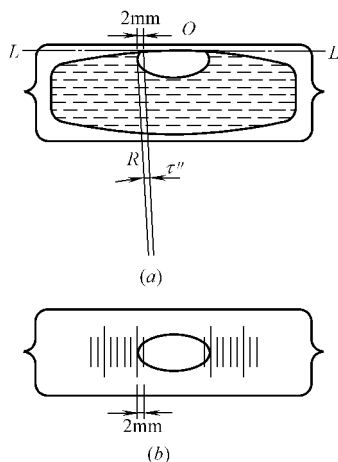


图 1-5 管水准器

DS3 水准仪水准管的分划值为  $20''$ , 记作  $20''/2\text{mm}$ 。由于水准管的精度较高, 因而用于仪器的精确整平。

为提高水准管气泡居中精度, DS3 水准仪在水准管的上方安装一组符合棱镜, 如图 1-6 所示。通过符合棱镜的折光作用, 使气泡两端的像反映在符合气泡观察窗中。若气泡两端的像成吻合状态时, 表示气泡居中; 若成错开状态, 则表示气泡不居中。这时, 应转动微倾螺旋, 使气泡的像吻合。

(3) 基座: 主要由轴座、脚螺旋、底板和三角压板构成 (见图 1-1)。其作用是支承仪器的上部, 即将仪器的竖轴插入轴座内旋转。脚螺旋用于调整圆水准器气泡居中。底板通过连接螺旋与下部三脚架连接。

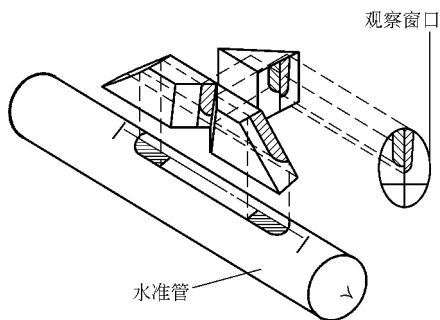


图 1-6 水准管与符合棱镜

### 1.1.2 水准尺和尺垫

水准尺是水准测量时使用的标尺, 常用干燥的优质木料、玻璃钢、铝合金等材料制成。水准尺有塔尺、折尺和直板尺。

塔尺 (图 1-7) 仅用于等外水准测量, 其长度有 3m 和 5m 两种, 分两节或三节套接而成。塔尺可以伸缩, 尺底为零点, 尺上黑白格相间, 每格宽度为 1cm, 有的为 0.5cm, 每米和分米处皆注有数字。数字有正字和倒字两种。数字上加红点表示米数, 如表示 1.8、2.5m 等。

直板尺多用于三、四等水准测量。其长度为 3m, 两根尺为一对, 尺的两面均有刻画, 一面为红白相间称为红面尺, 另一面为黑白相间称为黑面尺, 两面的刻画均为 1cm, 并在分米处注字。两根尺的黑面底部均为零; 而红面底部, 一根尺为 4.678m, 另一根为 4.787m。

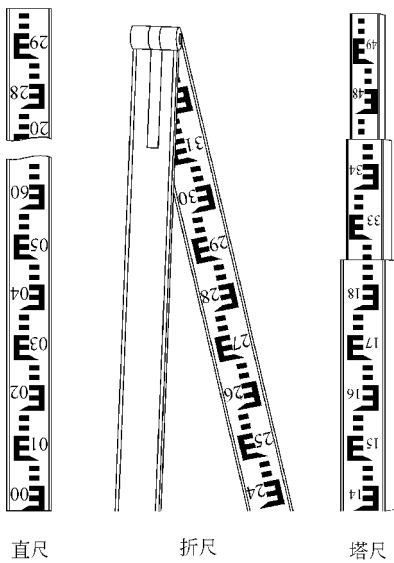


图 1-7 水准尺

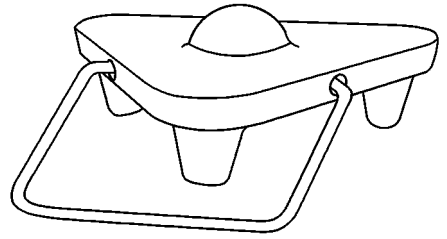


图 1-8 尺垫

尺垫是用生铁铸成，一般为三角形，中央有一凸起的半球体，下部有三个支脚，如图 1-8 所示。水准测量时，将支脚牢固地踩入地下，然后将水准尺立于半球顶上，用以保持尺底高度不变。尺垫仅在转点处竖立水准尺时使用。

### 1.1.3 水准仪的使用步骤

DS3 水准仪的基本操作程序为安置仪器、粗略整平、瞄准水准尺、精确整平和读数。

#### (1) 安置仪器

打开三脚架并使其高度适中，用目估法使架头大致水平，检查三脚架是否安设牢固。然后打开仪器箱取出仪器，用连接螺旋将水准仪连接固定在三脚架上。

#### (2) 粗略整平

粗略整平是借助圆水准器的气泡居中，使仪器竖轴大致竖直，从而使视准轴粗略水平。利用脚螺旋使圆水准器气泡居中的操作步骤如图 1-9 所示，用两手按相对方向转动脚螺旋 1 和 2，使气泡沿着 1、2 连线方向由  $a$  移至  $b$ ，再转动脚螺旋 3，使气泡由  $b$  移至中心。整平时气泡移动的方向与左手大拇指转动脚螺旋的方向一致。

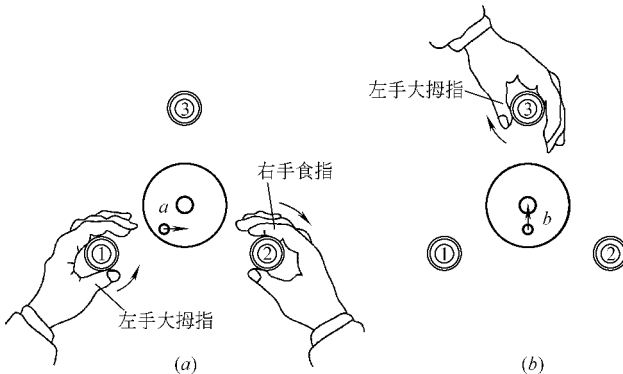


图 1-9 圆水准器气泡整平

### (3) 瞄准水准尺

首先进行目镜调焦，即把望远镜对着明亮的背景，转动目镜调焦螺旋，使十字丝清晰。转动望远镜，使照门和准星的连线对准水准尺，拧紧制动螺旋，转动物镜调焦螺旋，使水准尺的像最清晰。然后转动水平微动螺旋，使十字丝纵丝照准水准尺边缘或中央。

当眼睛在目镜端上下微微移动时，若发现十字丝的横丝在水准尺上的位置随之变动，这种现象称为视差（图 1-10a）。产生视差的原因是水准尺成像的平面和十字丝平面不重合。视差的存在将会影响读数的正确性，应加以消除。消除的方法是重新仔细地进行物镜调焦，直到眼睛上下移动时读数不变为止（图 1-10b）。

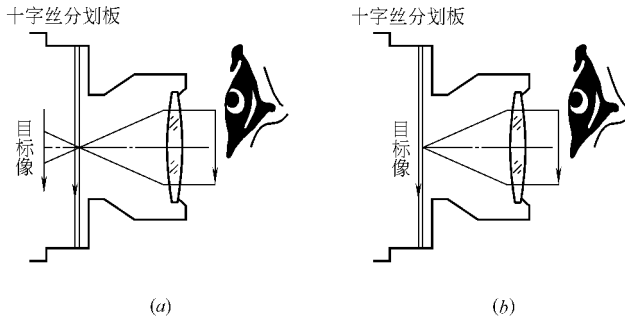


图 1-10 视差现象

(a) 没有视差现象；(b) 有视差现象

### (4) 精确整平

眼睛通过目镜左方符合气泡观察窗观察水准管气泡，用右手缓慢而均匀地转动微倾螺旋，使气泡两端的像吻合（如图 1-6）。

### (5) 读数

当确认水准管气泡居中时，应立即根据中丝在尺上读数，先估读毫米数，然后报出全部读数。如图 1-11 (a) 所示，读数为 1.608，但习惯上只念“1608”四位数而不读小数点，即以毫米为单位。

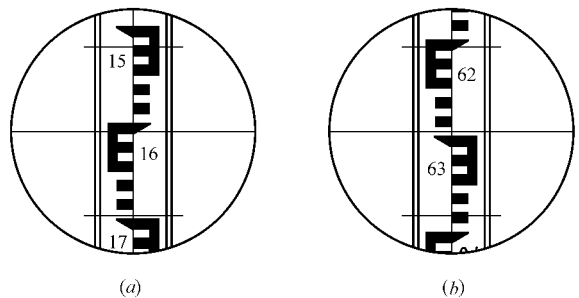


图 1-11 水准尺读数

(a) 黑面读数 1608；(b) 红面读数 6295

精平和读数虽是两项不同的操作步骤，但在水准测量的实施过程中，却把

两项操作视为一个整体。即精平后再读数，读数后还要检查水准管气泡是否符合，只有这样，才能取得正确的成果。

## 1.2 水准测量方法

### 1.2.1 一测站水准测量方法

水准测量是利用水准仪提供的水平视线，借助水准尺读数来测定地面点之间的高差，从而由已知点的高程推算出待测点的高程。

如图 1-12 所示，欲测定 A、B 两点间的高差  $h_{AB}$ ，可在 A、B 两点分别竖立水准尺，

在 A、B 之间安置水准仪。利用水准仪提供的水平视线，分别读取 A 点水准尺上的读数  $a$  和 B 点水准尺上的读数  $b$ ，则 A、B 两点高差为：

$$h_{AB} = a - b \quad (1-2)$$

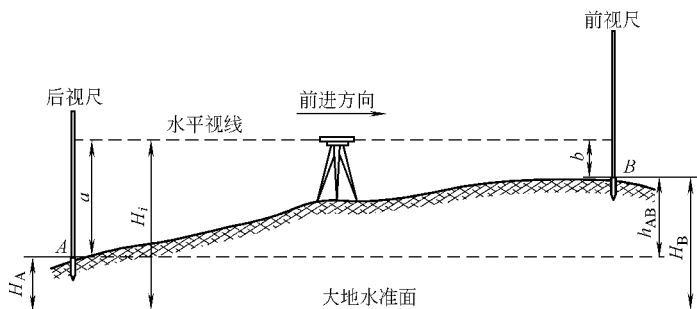


图 1-12 水准测量原理图

水准测量方向是由已知高程点开始向待测点方向行进的。在图 1-12 中，A 为已知高程点，B 为待测点，则 A 尺上的读数  $a$  称为后视读数，B 尺上的读数  $b$  称为前视读数。由此可见，两点之间的高差一定是“后视读数”减“前视读数”。如果  $a > b$ ，则高差  $h_{AB}$  为正，表示 B 点比 A 点高；如果  $a < b$ ，则高差  $h_{AB}$  为负，表示 B 点比 A 点低。

在计算高差  $h_{AB}$  时，一定要注意  $h_{AB}$  下标 AB 的写法： $h_{AB}$  表示 A 点至 B 点的高差， $h_{BA}$  则表示 B 点至 A 点的高差，两个高差应该是绝对值相同而符号相反，即

$$h_{AB} = -h_{BA} \quad (1-3)$$

测得 A、B 两点间的高差  $h_{AB}$  后，则未知点 B 的高程  $H_B$  为：

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + (a - b) \quad (1-4)$$

由图 1-12 可以看出，B 点高程也可以通过水准仪的视线高程  $H_i$ （也称为仪器高程）来计算，视线高程  $H_i$  等于 A 点的高程加 A 点水准尺上的后视读数  $a$ ，即

$$H_i = H_A + a \quad (1-5)$$

则

$$H_B = H_i - b \quad (1-6)$$

一般情况下，用式 (1-4) 计算未知点 B 的高程  $H_B$ ，称为高差法（或叫中间水准法）。当安置一次水准仪需要同时求出若干个未知点的高程时，则用式 (1-6) 计算较为方便，这种方法称为视线高法。此法是在每一个测站上测定一个视线高程作为该测站的常数，分别减去各待测点上的前视读数，即可求得各未知点的高程，这在土建工程施工中经常用到。

### 1.2.2 水准路线的测量和计算

(1) 用水准测量方法测定的高程控制点称为水准点（Bench Mark 记为 BM）。水准点的位置应选在土质坚实、便于长期保存和使用方便的地方。水准点按其精度分为不同的等级。国家水准点分为四个等级，即一、二、三、四等水准点，按国家规范要求埋设永久性

标石标志。地面水准点按一定规格埋设，在标石顶部设置有不易腐蚀的材料制成的半球状标志（图 1-13a）；墙上水准点应按规格要求设置在永久性建筑物的墙脚上（图 1-13b）。

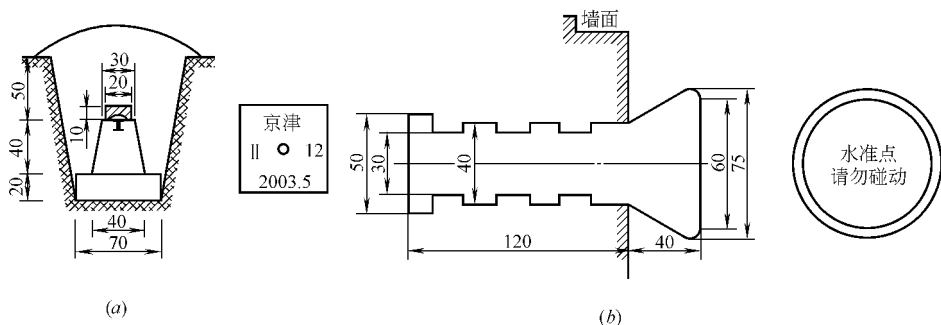


图 1-13 水准点标志埋设图

(a) 混凝土水准点标石（单位：cm）；(b) 墙角水准点标志埋设（单位：mm）

地形测量中的图根水准点和一些施工测量中使用的水准点，常采用临时性标志，可用木桩或铁道的钢钉打入地面，也可在地面上突出的坚硬岩石或房屋四周水泥面、台阶等处用油漆作出标志。

## (2) 水准路线的基本形式

水准测量是按一定的路线进行的。将若干个待测点按施测前进的方向连接起来，称为水准路线。水准路线有附合水准路线、闭合水准路线和支水准路线。

### 1) 附合水准路线

如图 1-14 (a) 所示，从一个已知高程值的水准点（已知高程值的点称为水准点，英文代号 BM）起，沿各待测点进行水准测量，最后联测到另一个已知高程值的水准点，这种形式称为附合水准路线。附合水准路线中各测段实测高差的代数和应等于两已知水准点间的高差。由于实测高差存在误差，使两者之间不完全相等，其差值称为高差闭合差  $f_h$ ，即

$$f_h = \sum h_{测} - (H_{终} - H_{始}) \quad (1-7)$$

式中  $H_{终}$ ——附合路线终点高程；

$H_{始}$ ——起点高程。

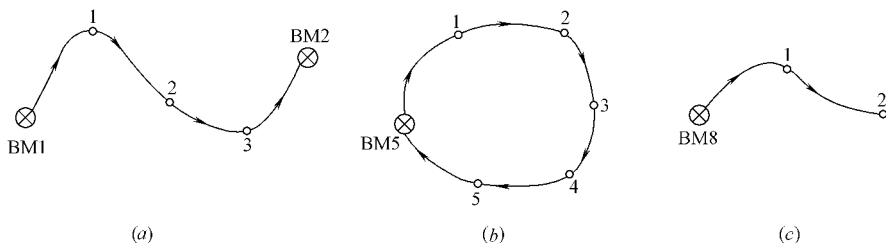


图 1-14 水准路线布设形式

### 2) 闭合水准路线

如图 1-14 (b) 所示，从一已知高程值的水准点出发，沿环形路线进行水准测量，最后测回到原起始水准点，这种形式称为闭合水准路线。理论上闭合水准路线总高差（即各

测段高差的代数和) 应为零, 但实测高差总和不一定为零, 从而产生闭合差  $f_h$ , 即

$$f_h = \sum h_{测} \quad (1-8)$$

### 3) 支水准路线

如图 1-14 (c) 所示, 从已知高程值的水准点出发, 最后没有联测到另一已知水准点上, 也未形成闭合, 称为支水准路线。支水准路线要进行往、返测, 往测高差总和与返测高差总和应大小相等符号相反。但实测值两者之间存在差值, 即产生高差闭合差  $f_h$ , 为

$$f_h = \sum h_{往} + \sum h_{返} \quad (1-9)$$

往返测量即形成往返路线, 其实质已与闭合路线相同, 可按闭合路线计算。

高差闭合差是各种因素产生的测量误差, 故闭合差的数值应该在容许值范围内, 否则应检查原因, 返工重测。

图根水准测量高差闭合差容许值为:

$$\left. \begin{aligned} \text{平地} \quad f_{h容} &= \pm 40 \sqrt{L} \text{ (mm)} \\ \text{山地} \quad f_{h容} &= \pm 12 \sqrt{n} \text{ (mm)} \end{aligned} \right\} \quad (1-10)$$

四等水准测量高差闭合差容许值为:

$$\left. \begin{aligned} \text{平地} \quad f_{h容} &= \pm 20 \sqrt{L} \text{ (mm)} \\ \text{山地} \quad f_{h容} &= \pm 6 \sqrt{n} \text{ (mm)} \end{aligned} \right\} \quad (1-11)$$

式 (1-10) 和式 (1-11) 中:  $L$  为水准路线总长 (以 “km” 为单位);  $n$  为测站数。

### (3) 水准路线的测量和计算

#### 1) 水准路线的测量

当已知水准点与待测高程点的距离较远或两点间高差很大、安置一次仪器无法测得两点间的高差时, 就需要把两点间分成若干测站, 连续安置仪器测出每站的高差, 然后依次推算高差和高程。

如图 1-15 所示, 水准点  $BM_A$  的高程为 100.250m, 现拟测定  $B$  点的高程, 施测步骤如下:

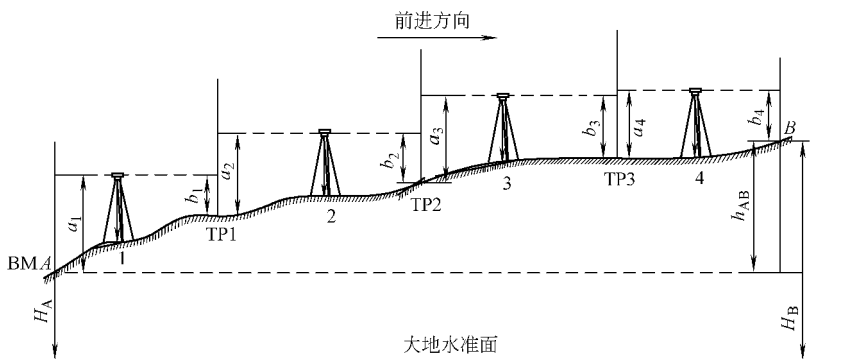


图 1-15