

中等专业学校园林专业系列教材

园林测量学

天津市园林学校 张培冀 主编

中国建筑工业出版社

361
36.2

中等专业学校园林专业系列教材

园 林 测 量 学

天津市园林学校 张培冀 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国建筑工程工业出版社

(京)新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

园林测量学/张培冀编.-北京:中国建筑工程出版社,1999

中等专业学校园林专业系列教材

ISBN 7-112-03645-3

I. 园… II. 张… III. 园林建筑-建筑测量-测量学-专业学校-教材 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 03339 号

本书是中等学校园林专业适用的测量学教材,全书共分十章。前五章介绍了测量仪器的构造和使用等;第六、七、八章讲述了控制测量及地形图的测绘和应用;第九章为园林工程测量;第十章简要介绍了测绘新科技。各章后附有复习思考题,便于读者巩固每章所学内容。

本书在尽力体现测绘学科体系完整性的基础上,注重实用性和园林专业特点。适于从事园林和其它测量工作人员参考。

* * *

责任编辑:王玉容

中等专业学校园林专业系列教材

园 林 测 量 学

天津市园林学校 张培冀 主编

*

中国建筑工程出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市富生印制厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:9¹/₂ 字数:230 千字

1999 年 6 月第一版 1999 年 6 月第二次印刷

印数:3501-6000 册 定价:11.80 元

ISBN7-112-03645-3

G·300 (8928)

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)

前 言

本教材为园林中等专业系列教材之一，是根据建设部颁布的《中等专业学校园林专业教育标准（试行）》及与之相配套的《园林测量教学大纲》的精神组织编写的。

编写过程中，在立足于园林生产实际需要与可能的基础上，尽量体现本学科体系的完整性，既注重实用，又要恰当地反映本学科现代科技状况。

全书共分十章，第一至第五章介绍测量学的基本理论、常用测量仪器的构造和使用等；第六章至第八章讲述了控制测量及地形图的测绘和应用；第九章为园林工程测量；第十章在测量新技术方面简要介绍了电子全站仪及 GPS 全球定位系统在测量中的应用。为了便于教学，帮助学员巩固所学内容，在每章后附有复习思考题。

本书第一至第四章、第六至第十章及第五章第六节由天津市园林学校高级讲师张培冀编写，第五章第一至第五节由北京市园林学校助理讲师邵书何编写，此后由中国测绘学会海洋专业委员会委员、天津测绘学会工程测量专业委员会委员、交通部天津航道勘测设计院测量技术顾问郭文伟高级工程师主审。在编写过程中，参考了有关教材及参考书，并得到了建设部教育司及园林专业指导委员会的指导和帮助，在此一并致谢。

限于编者水平，书中难免存在缺点和错误，敬请各界同仁和读者批评指正。

目 录

第一章 测量的基本知识	1
第一节 园林测量概述	1
第二节 地面点位的确定	1
第三节 测量工作的原则及特点	4
第二章 水准测量	5
第一节 水准测量原理	5
第二节 水准仪和水准尺	6
第三节 水准测量方法	9
第四节 水准测量的校核方法	11
第五节 水准测量的误差和注意事项	15
第六节 水准仪的检验与校正	16
第七节 自动安平水准仪	18
第三章 角度测量	21
第一节 角度测量原理	21
第二节 经纬仪的构造及使用	21
第三节 水平角测量的方法和记录	26
第四节 竖直角测量的方法和记录	28
第五节 经纬仪的检验和校正	32
第六节 角度测量的误差和注意事项	36
第四章 距离测量及直线定向	39
第一节 距离丈量的一般方法	39
第二节 电磁波测距	41
第三节 直线定向	43
第四节 磁方位角的测定与方位角推算	45
第五章 测量误差的基本知识	49
第一节 测量误差的来源及分类	49
第二节 衡量精度的标准	51
第三节 观测值函数的中误差	53
第四节 算术平均值及其中误差	57
第五节 观测值的中误差	59
第六节 权	61
第六章 小地区控制测量	64
第一节 控制测量概述	64
第二节 经纬仪导线测量	66
第三节 导线测量中错误的寻找	71
第四节 高程控制测量	73

第七章 地形图识读及其应用	74
第一节 地形图概述	74
第二节 地形图的比例尺	74
第三节 地形图图式	75
第四节 地形图的分幅与编号	80
第五节 地形图的识读	84
第六节 地形图的应用	85
第七节 地形图在园林中的应用	92
第八章 大比例尺地形图测绘	97
第一节 测图前的准备工作	97
第二节 视距测量	98
第三节 平板仪的构造和安置方法	103
第四节 碎部测量的方法	106
第五节 地形图绘制	109
第六节 地形图的拼接整饰验收	111
第七节 地形图映绘	112
第九章 园林工程测量	114
第一节 园林工程的主要内容	114
第二节 园林工程施工控制测量	114
第三节 测设的基本工作	116
第四节 园林建筑施工测量	119
第五节 其它园林工程施工测量	124
第十章 测量新技术介绍	130
第一节 电子全站仪	130
第二节 GPS 全球定位系统简介	137
参考文献	146

第一章 测量的基本知识

第一节 园林测量概述

一、测量学科简况

测量学是研究地球形状和大小的科学。从大的方面看，它主要是解决三个方面的问题。一是测定地球的形状和大小，二是将地球表面局部范围内的形状和大小测绘成图，三是满足各项工程建设设计施工的需要。

中国作为一个文明古国，在测量学科中也有其重大成就。如夏禹治水时采用的准绳、规、矩等测量工具。历史上劳动人民利用磁石和后来发明的指南针作为测量定向工具。汉代张衡制造了精确的天文测量仪器，当时称为“混天仪”。晋朝裴秀拟定了“制图六体”。以及清朝编制的全国地图等。都为测量学科的发展作出了重大贡献。

国际上各项科学技术的发展也极大地促进了测绘事业的发展。随着数学、物理等基础学科的进展，尤其是望远镜的发明使测量技术产生了新的飞跃。近代光学、电子计算机和航天技术应用于测绘学科，为测量技术的电子化和自动化开辟了广阔的前景。随着科学技术的迅猛发展，测绘技术也在发生着日新月异的变化。

二、测量在园林建设中的作用

在园林绿化的各项建设中，测绘工作发挥着重要作用。在其整体规划、设计之前，需有拟建地区的地形图作为规划或设计的基础材料。如地物的构成、地貌的变化、植被分布以及土壤、水文、地质等状况。只有在此基础上才能做出合理的规划或设计方案。当设计完成之后，施工前和施工中也要借助于各类测绘仪器，应用测量的原理和方法将规划和设计的意图准确地现场反映出来。这项工作也就是常说的放样（也称为测设）。工程结束后，根据需要有时还须测绘竣工图，作为以后维修、扩建的依据。

综上所述，就园林建设的过程来讲，可将其分为规划、设计前的测绘工作和设计完成后施工中的测设工作两类。

第二节 地面点位的确定

一、地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的。而地球表面高低不平很不规则。为了便于测量计算，我们设定了一个标准面，即设想地球上的海水面静止延伸，穿过陆地形成一个闭合的曲面。这个曲面叫做大地水准面。其上的任意点的铅垂线方向（重力方向）都垂直于该点的水准面。与水准面相切的平面即为水平面。根据这一特性，水准面会有无数个。

在测量学中，确定地球的形状和大小，是选择一个与大地水准面十分接近的辅助面，

使其成为一个能用数学式子表示的几何形体，用以表示地球的形状。我们称此为参考椭球体。其形状由长半轴 a 和短半轴 b 所确定。我国曾宣布采用 1975 年国际大地测量与地球物理联合会 16 届大会推荐的大地坐标系椭球元素。

即 长半轴 $a = 6378140\text{m}$
短半轴 $b = 6356755.2882\text{m}$
扁 率 $\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257}$

参考椭球体如图 1-1 所示。

二、地面点位的表示方法

地球表面高低起伏，并分布着许多物体，我们将地球表面高低起伏的形态称为地貌，将地球表面上人工建造或自然形成的固定物体称为地物。它们的外形和轮廓是由一系列连续的点所组成。为了确定和表示这些点的位置，需要设定一个基准面来作为点位的投影面。在大范围内进行测量工作，以大地水准面作为地面点投影的基准面。若在小范围内测量则可用水平面作为地面点投影的基准面。

地面点投影到基准面之后，其位置用坐标和高程来表示。

(一) 地面点的坐标

地面点的坐标因投影面及测量范围的不同而分为地理坐标和平面直角坐标。

1. 地理坐标

地理坐标为球面坐标，表示地面点的位置，采用我们所熟知的经纬度。

如图 1-2 所示， N 、 S 为地球旋转轴，通过地球旋转轴的平面均称为子午面。各子午面与地球表面的交线叫做经线或子午线，如图 1-2 中的 NGS 。过球心且与地球旋转轴正交的平面即为赤道面，此平面与地球表面的交线即为赤道，赤道面作为纬度的起算面。

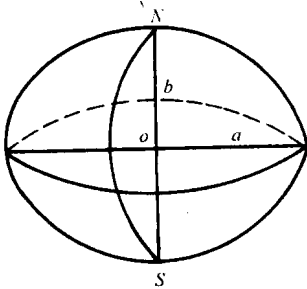


图 1-1 参考椭球体

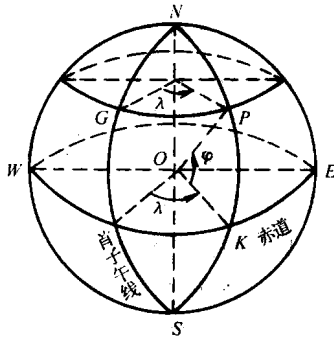


图 1-2 地理坐标示意图

如图 1-2 中， P 点的经度，是指过 P 点的子午面与首子午面所夹的二面角，以 λ 表示。自首子午线向东 $0^\circ \sim 180^\circ$ 为东经，向西 $0^\circ \sim 180^\circ$ 为西经。

P 点的纬度，是指该点的铅垂线 PO 与赤道面之间的夹角，以 φ 表示。自赤道向北 $0^\circ \sim 90^\circ$ 为北纬，向南 $0^\circ \sim 90^\circ$ 为南纬。

2. 平面直角坐标

在较小的范围内进行测绘工作，都采用平面直角坐标表示地面点的位置。但测量的平面直角坐标与数学中的平面直角坐标有些区别。为了测量工作的方便，历史上著名的科学家高斯将数学中的笛卡尔坐标加以改变。其变化过程如图 1-3 所示。

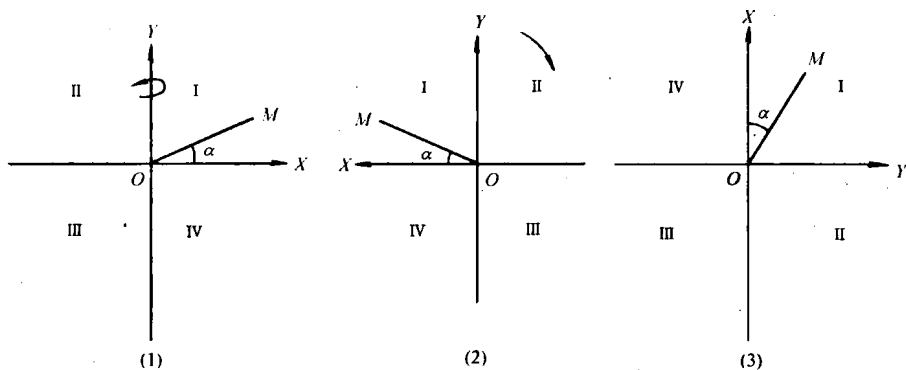


图 1-3 测量中的平面直角坐标与数学中的平面直角坐标之区别

首先将坐标平面沿 Y 轴翻转 180° ，然后整个平面再顺时针旋转 90° 。角度的表示以 X 轴的正向顺时针旋转求得，如图 1-3 的 α 。其象限顺序也依顺时针表示。

某一点的平面位置用一组数表示。如图 1-4 所示， A 点的坐标表示为 X_A 、 Y_A 。

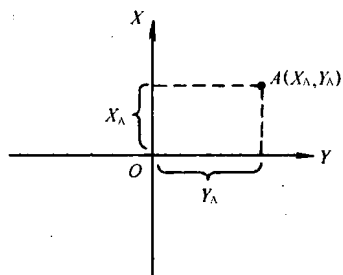


图 1-4 某点平面位置的表示方法

(二) 地面点的高程

地面点的高程可分为绝对高程和相对高程两类。绝对高程是指地面点到大地水准面的垂直距离，也就是大家常说的海拔。我国规定以黄海平均海水面作为我国的大地水准面。由于我国在解放后测绘体制不健全及历史的原因，现在许多地方还在沿用其当地的水准面所确定的高程。如天津的大沽高程系统，上海、大连等旧有的高程系统等。现在的国家高程系为 1985 国家高程基准。

相对高程是在局部地区或某一工程项目当中自行任意选定的某一水准面作为起算面，而将地面点到该任意水准面的垂直距离称为该点的相对高程，或称为假定高程。

两类高程的示意如图 1-5 所示。测量中的高程一般都用 H 表示。

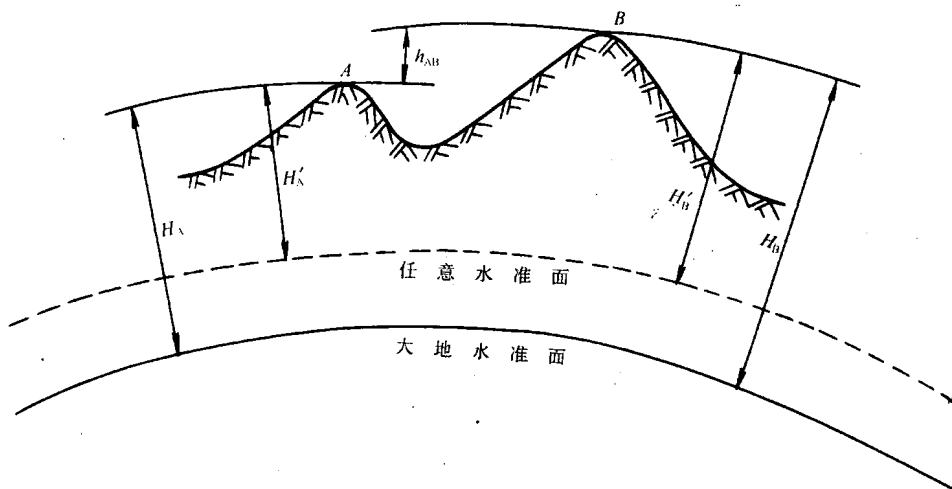


图 1-5 地面点高程的表示方法

地面点间的高程之差称为高差，一般都用 h 表示。

第三节 测量工作的原则及特点

一、测量工作的原则

上节中述及的地物和地貌是我们测绘工作的对象。我们也谈到它们是由一系列连续的点构成。在这些点中有一部分点对我们测绘工作的进行具有重要意义，一般我们称它们为特征点。特征点是指地物和地貌在投影面上方向的转折点和坡度的变化点。如果我们将特征点的相对位置准确地测定出来，那么在我们测绘范围内的地物地貌就会准确地反映出来。

测量也和其它任何度量工作一样，不可避免地存在着一定的误差。如果我们要从某一个特征点开始依次逐点测定其它各特征点，势必使误差逐渐积累，测至最末一点时的累积误差将会大得使我们无法接受。为此，测量工作确定了“由整体到局部”的法则，并按照“先控制后碎部”的原则进行工作。所谓碎部也就是指上述的特征点。控制则是指首先在整个测绘范围内（简称为测区），选定若干对测区整体能起到控制作用的点，以较为精确的测量仪器和方法测定出它们的相对位置，然后在这些控制点上测定各点周围的碎部点，从而达到保证测绘结果应具有的精度。

在测量工作的实施当中还有一个原则应当遵循，即“随时校核”的原则。每一步骤均应及时校核，发现错误及时纠正。前步校核无误方能进行下步工作。

二、测量工作的特点

测量工作是一项脑体并重的工作，就其工作环境来分，可分为外业和内业。外业主要是利用各种测绘仪器工具在野外进行观测、记录、绘图等。内业则主要是依据外业的各项测量成果进行记录的整理和检查，有关的计算，图纸的清绘整理等。

测量工作是一项集体性很强的工作。作业的基本单位一般为小组。小组成员至少三人，多则可达十人。因此团结协作在测量工作中至关重要。

此外，测量工作也是一项非常细致的工作，每一步骤和环节都要求有检查和校核。有的一字之差或一点移位都可能导致重大的错误发生。

复习思考题

1. 测量工作的原则是什么？
2. 测量工作的特点是什么？
3. 绘图表示绝对高程、相对高程、高差？
4. 测量中的平面直角坐标系与数学中的平面直角坐标系有何相同点和不同点？
5. 表示地面点位的方法有哪些？
6. 何谓测绘、测设？简述二者在园林建设中的不同作用。
7. 解释如下几个名词：

(1) 绝对高程 (2) 相对高程 (3) 高差 (4) 地物 (5) 地貌 (6) 特征点

第二章 水准测量

水准测量是测定地面点高程的一种方法。测定地面点的高程主要有三种方法,除本章重点讨论的水准测量外,还有以后章节中论述的三角高程测量。此外在林业资源调查、航空等工作中还有利用气压高程测量方法进行高程的粗略测定。随着测绘新科技的不断发展,GPS定位技术(将在本书第十章中作介绍)已应用于国家四等以下的高程测量中。现在就一般工程部门和园林行业来看,应用最为广泛的当属水准测量这种方法。

第一节 水准测量原理

水准测量的原理就是利用水准仪提供的水平视线测定地面点间的高差,然后再由已知点高程推算未知点高程。

由图2-1可以看出,在AB两点上分别竖立注有刻度的水准标尺,在两点中间安置水准仪,通过水准仪所提供的水平视线在A点尺上读得读数 a ,在B点尺上读得读数 b ;若A点的高程 H_A 已知,则根据此图可以得出如下一组公式:

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

$$H_i = H_A + a \quad (2-2)$$

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_i - b \quad (2-3)$$

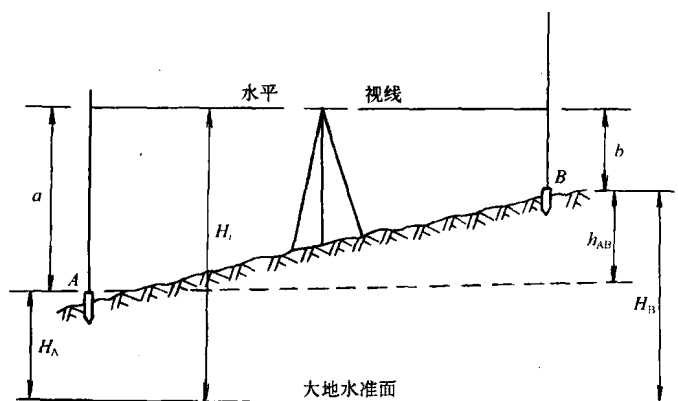


图 2-1 水准测量原理图

一般规定已知点为后视点,未知点为前视点。故公式中的 a 为后视读数, b 为前视读数, h_{AB} 为A到B的高差。 H_i 为水平视线的高程,简称视线高。

高差有正负之分,前进方向上坡高差为正,前进方向下坡高差为负,高差为零时表示两竖尺点同高。两点高差的不同表示有如下关系:

$$h_{AB} = -h_{BA} \quad (2-4)$$

第二节 水准仪和水准尺

水准仪和水准尺类型较多，分类方法主要是依据其测定高程的精度。现在在园林工程中使用较为广泛的 S_3 型微倾式水准仪和普通水准尺做一介绍。

一、 S_3 型水准仪的构造

为了使用的方便，我们将水准仪分做四个部分。水准仪各部位名称如图 2-2 所示。

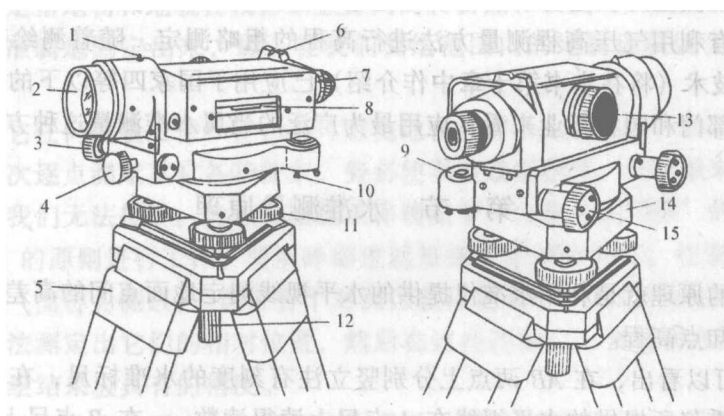


图 2-2 水准仪的构造图 (S_3 型)

- 1—准星；2—物镜；3—微动螺旋；4—制动螺旋；5—三脚架；6—照门；7—目镜；
8—水准管；9—圆水准器；10—圆水准校正螺旋；11—脚螺旋；12—连结螺旋；
13—对光螺旋；14—基座；15—微倾螺旋

(一) 望远镜部分

望远镜是构成水平视线、瞄准目标的光学部件，图 2-3 为内对光望远镜，它由物镜、目镜、对光透镜和十字丝分划板等部分组成。物镜使远方目标成倒立而缩小的实象（也有正立的）。对光透镜（由对光螺旋调节）使成像落在十字丝面上，十字丝用来瞄准目标和读取水准尺上的读数。目镜的作用是将成象和十字丝放大成虚象。

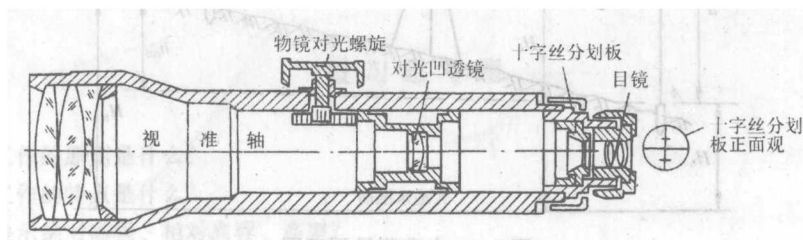


图 2-3 水准仪望远镜构造图 (S_3 型)

图 2-4 绘出了望远镜的成象原理，在望远镜中物镜光心与十字丝交点的连线叫作视准轴，视准轴是水准仪中的一条重要轴线。

(二) 水准器部分

水准仪一般设有两种水准器。一种为圆水准器，另一种为管水准器（也称为水准管）。

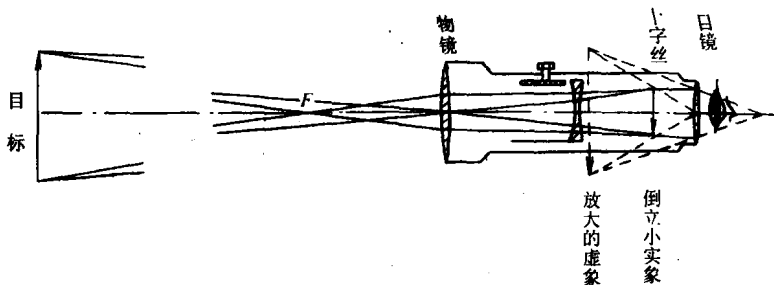


图 2-4 望远镜成像原理

1. 圆水准器

圆水准器装在基座上，主要用于安置仪器时的概略整平。圆水准器顶面玻璃为一球面，过此球面中心的法线叫做圆水准器轴。当圆水准器的气泡居中时，圆水准器轴即处于铅直位置。如图 2-5 所示。

2. 管水准器

管水准器与望远镜固连在一起，可起到置平视线的作用。如图 2-6 所示，水准管内壁磨成圆弧状。我们将通过水准管圆弧中点的切线称为水准管轴。当水准管内气泡两端与圆弧中点对称时称为气泡居中，此时水准管轴处于水平位置。仪器在制做安装时要求应使水准管轴与视准轴平行，所以当水准管气泡居中时，视线也就应当水平了。

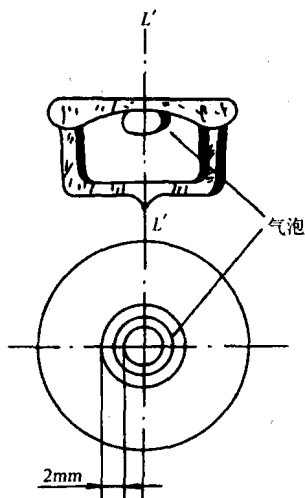


图 2-5 圆水准器及其分划值

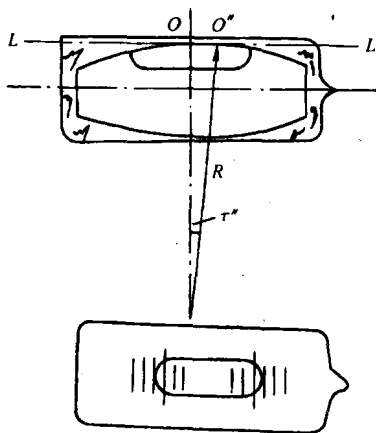


图 2-6 管水准器及其分划值

为了便于观察水准管气泡是否居中并提高观察的准确度，在水准管上方设置了一组符合棱镜，如图 2-7 (a) 所示，经折射后在目镜旁的气泡观察窗中可以看到气泡居中与否，如图 2-7 (b) 为不居中的影象，图 2-7 (c) 为居中时的影象。

3. 水准器的分划值

在水准器上一般刻有等间隔的分划线。分划线与圆弧的中点对称。水准管上 2mm 间隔的弧长所对的圆心角叫做水准器的分划值 (τ)，如图 2-5 和 2-6 所示。 $\tau = \frac{2\text{mm}}{R} \rho''$

上式中 τ 为分划值。R 为圆弧半径，也取毫米 (mm) 为单位。换算为角度值故乘以

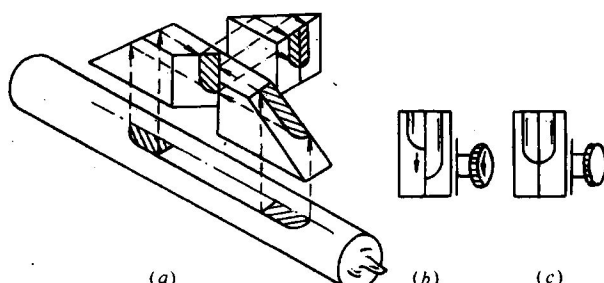


图 2-7 管水准器的符合棱镜装置

ρ'' , ρ'' 为 206265"。 τ 反映出了水准器的灵敏度, 半径 R 愈大则 τ 愈小, 灵敏度愈高, 也即整平的精度也就愈高。但整平时所费时间也就愈长。一般普通水准仪的圆水准器分划值 $\tau = 8'$, 管水准器分划值 $\tau = 20''$ 。显然水准管的整平精度远高于圆水准器。因此水准管的调平过程往往被称为精确整平。

(三) 基座部分

基座的主要作用是支承仪器, 置平仪器及连接三脚架。基座上的三个脚螺旋可旋转使仪器升降, 再借助圆水准器来置平仪器。此外有三个调控仪器的螺旋, 我们也将它们归入此部分。一个是在靠近目镜一端的微倾螺旋, 旋转此螺旋可使望远镜及水准管一起在竖直面内做微小倾斜, 同时致使气泡移动。参见图 2-7 (b) 和 (c)。另两个螺旋为一组, 叫做制动螺旋和微动螺旋。其作用为控制基座以上部分的转动, 停止和微小转动。

(四) 脚架

脚架也称三脚架。普通水准仪配用的三脚架一般为可伸缩式的。其作用为固定和支撑水准仪。

二、水准尺

水准尺是水准测量的重要工具。普通水准尺多为木质, 现在也开始生产合金铝质水准尺。精密水准测量的标尺有些用钢制制成。

图 2-8 为普通水准尺的几种形式。标尺总长一般在 2~5m 之间。尺面的最小刻度一般

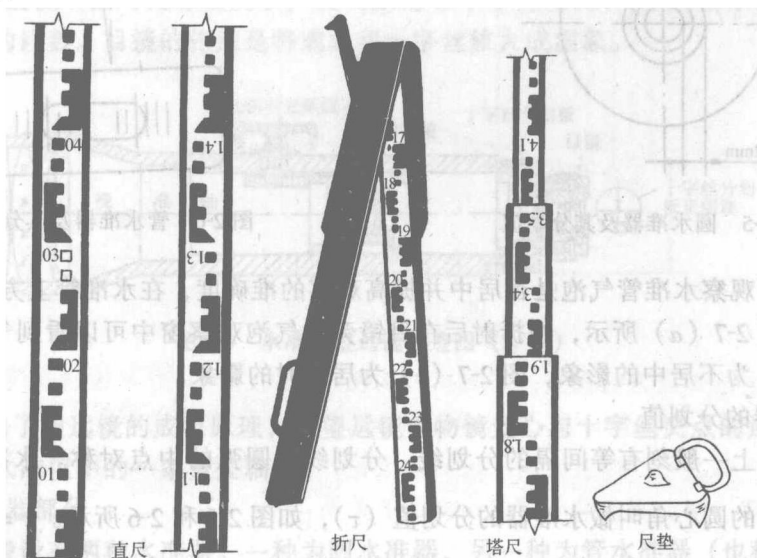


图 2-8 水准尺与尺垫

为厘米。每 10cm 标注出米及分米值，标注数字有正写和倒写的两种，以适应望远镜成象后读数方便。

水准尺一般有无关节的直尺，一个关节的折尺和两个关节的塔尺三种形式。增加了关节主要是为了增加尺长度后便于携带。

三、尺垫

尺垫也是水准测量中的一种工具，一般由铸铁制成。见图 2-8，中央有一凸起的半球形圆顶，用以放置水准尺。底面有三个支脚。尺垫的主要作用是使水准测量转站时能保持尺位准确，避免松软土中尺身下沉从而达到准确传递高程的目的。

第三节 水准测量方法

一、一个测站上的水准测量工作

已知一点高程（如 A 点），欲求另一点高程（如 B 点）。水准仪置于二者之间（如 M 点），且均能通视（通视即能在 M 点看到 A 和 B 两点所竖立的水准尺）。视距不大于规定要求（一般每个测站规定视距 $\leq 100 \sim 150\text{m}$ ）。其基本步骤和顺序如下：

安置仪器（ M 点） $\rightarrow$ 整平仪器 $\rightarrow$ 瞄准后视尺（ A 点） $\rightarrow$ 对光并调平水准管 $\rightarrow$ 读取后视读数（ a ） $\rightarrow$ 瞄准前视尺（ B 点） $\rightarrow$ 调平水准管 $\rightarrow$ 读取前视读数（ b ）。

下面将各主要步骤的操作方法介绍如下。

（一）安置仪器

松开脚架螺旋，按所需高度调好脚架长度并拧紧螺旋。张开三脚架立于前视和后视两点中间。将仪器置于三脚架头上并用连接螺旋拧紧。踩实两脚后，用第三条腿前后左右移动使架头大致水平后，踩实第三条腿。

（二）整平仪器

利用三个脚螺旋和圆水准器进行。其方法如图（2-9）所示。两手以相对方向旋转脚螺旋Ⅰ和Ⅱ，使气泡自 a 移至 b ，再旋转脚螺旋Ⅲ，使气泡自 b 移至 c ，重复上述操作，至气泡居中为止。调平中的规律是气泡的移动方向与左手拇指移动方向一致。

（三）瞄准与对光

先将望远镜对着较明亮的背景，调节目镜头对光，使十字丝成象清晰。（十字丝呈黑色无重影）。然后用望远镜上的照门（或缺口）和准星瞄准水准尺，旋紧制动螺旋。接着在望远镜内观察，调节物镜对光螺旋，使物象清楚。最后再用微动螺旋调节使十字丝对准水准尺。

（四）视差消除

视差是由于对光不完善所致。表现为对光后物象与十字丝随着观测者眼睛上下（或左右）移动而产生相对移动，其原因为物象平面与十字丝平面不重合。如图 2-10 所示。消除的方法仍是再行仔细进行目镜、物镜对光使物象与十字丝同时清晰。

（五）读数

每次读数前必须调节微倾螺旋使水准管气泡完全居中。然后迅速读数。读数是以十字丝中间的横丝在水准尺上截取读数。读数时应注意尺上的分划与注记的特征，以免读错。图 2-11 所示其读数依次为 1.690、1.808 和 2.009。单位为米读至三位小数，最后一位应按

所占基本刻度的比例估计读出。读数后还应检查一下水准管，看其气泡是否仍居中，若偏离过大则应重新调平读数。

上述操作方法为水准仪的基本操作。每个测站都如此进行。

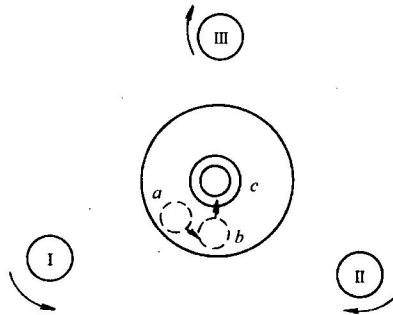


图 2-9 仪器整平方法

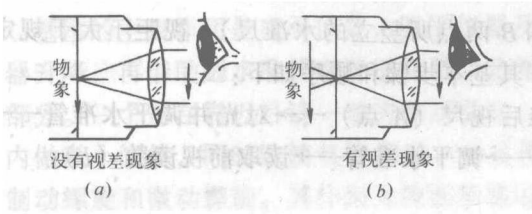


图 2-10 视差现象形成原理

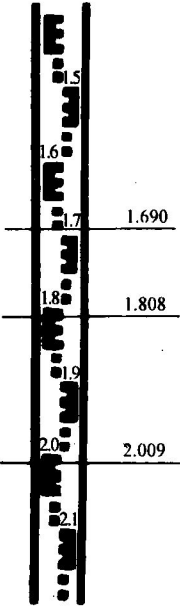


图 2-11 水准尺读数方法

二、连续水准测量

通过前面水准测量原理的介绍，我们已经了解了由一个已知点测定并推算出另一个未知点高程的方法。但当这两个点相距较远或高差较大时，受仪器望远镜放大倍率和水准尺长度所限，仍采用前述一个测站上进行测量则无法达到求出未知点高程的目的，因此必须按下述方法，即连续水准测量来达到目的。

如图 2-12 所示，A 点为已知高程点，B 点为待求未知点。其连续水准测量的步骤，记录及计算如下：

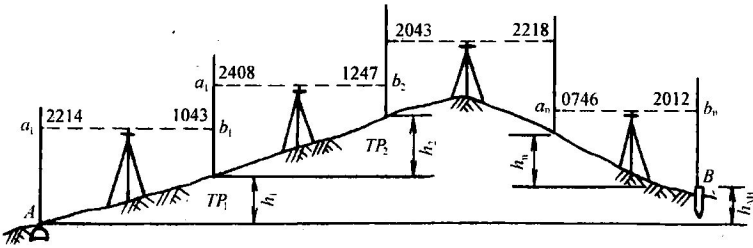


图 2-12 连续水准测量示例

(1) 在 A、B 间设转点 1 (转点起传递高程的作用，一般转点应放置尺垫，在尺垫上竖立水准尺，转点以符号 TP 表示。) 在 A 与 TP1 间安置仪器，且应注意使后视距离和前视距离大致相等。

(2) 在 A 和 TP1 两点上分别竖立水准尺读取后视读数 a_1 及前视读数 b_1 ，求得第一测

站高差 $h_1 = a_1 - b_1$ 。

(3) 继续向前进行第二测站，即设定 $TP2$ 在 $TP1$ 和 $TP2$ 之间安置仪器，同时 A 点的水准尺移至 $TP2$ ，分别读取后视读数 a_2 及前视读数 b_2 ，求得第二测站高差 $h_2 = a_2 - b_2$ 。

(4) 依次继续向前，直至 B 点。

A 、 B 两点间的高差为各测站高差的代数和。可依下式求得。

即：

$$\begin{aligned} h_1 &= a_1 - b_1 \\ h_2 &= a_2 - b_2 \\ &\dots\dots\dots \\ +) \quad h_n &= a_n - b_n \\ \hline h_{AB} &= \sum h = \sum a - \sum b \end{aligned}$$

(2-5)

在观测过程中，应随时将观测数据记录于手簿中，并进行校核计算。上例图 2-12 的手簿如表 2-1。

水准测量手簿

水准路线：仪器：观测者：

观测日期： 年 月 日 天气：记录者：

表 2-1

测 点	水准尺读数		高 差		高 程	备 注
	后 视	前 视	+	-		
A	2.214				16.463	
TP1	2.408	1.043	1.171			
TP2	2.043	1.247	1.161			
TP3	0.746	2.218		0.175		
B		2.012		1.266	17.354	
检查计算	$\sum a = 7.411$	$\sum b = 6.520$	$\sum (+h) = 2.332$	$\sum (-h) = 1.441$	$(H_{终}) 17.354$	
	7.411		2.332		$-(H_{始}) 16.463$	
	<u>-6.520</u>		<u>-1.441</u>		$(\sum h) 0.891$	
	0.891($\sum h$)		0.891($\sum h$)			

在工程测量中，有时会遇到根据一个已知点高程同时测定多个未知点标高的情况。此时可先据已知点求出视线高 $H_i = H_A + a$ ，即视线高等于后视点高程加后视读数。然后用视线高减各欲求点上所竖水准尺的读数即得出各点的高程。即 $H = H_i - b$ 。

第四节 水准测量的校核方法

一、水准测量的等级与水准点

根据国家及有关行业测量规范要求，将水准测量按精度高低依次划分为国家一、二、三、四等四个等级。以下又有等外水准测量和图根水准测量等级别。划分的主要依据是测量精度，而测量精度又取决于仪器精度、操作方法及施测条件等。专业测绘部门和工程单位按照“由高级到低级，逐级控制”的原则，布设一定密度的水准点（Bench Mark），简