

建筑工程测量学



重庆建筑工程学院
哈尔滨建筑工程学院
南京建筑工程学院
西北建筑工程学院
沈阳建筑工程学院
合 编

重庆大学出版社

12
71

建筑工程测量学

重庆建筑工程学院 哈尔滨建筑工程学院

南京建筑工程学院 西北建筑工程学院 沈阳建筑工程学院

合 编

重庆大学出版社

一九八七·重庆

内 容 简 介

本书共分11章。1~8章主要介绍测量基本知识和基本工作、测量仪器操作技能以及大比例尺地形图测绘和应用等；9~11章主要介绍放样基本工作、工业与民用建筑施工测量和线路测量等。书中对光电技术在建筑工程测量中的应用亦作了扼要介绍。

本书供城市规划、建筑学、工业与民用建筑、给水排水等建筑类专业用作教材，亦可工程测量工作者参考。

建 筑 工 程 测 量 学

重庆建筑工程学院 哈尔滨建筑工程学院

南京建筑工程学院 西北建筑工程学院 沈阳建筑工程学院

合 编

责任编辑：周万炎

重庆大学出版社出版发行

新华书店重庆发行所经销

重庆印制第一厂印刷

开本：787×1092 1/16

字数：276千

1987年7月第1版

ISBN7-5624-0011-2

印张：11 插页：2

印数：1—15600

1987年7月第1次印刷

统一书号：15408·18

标准书号：

TU·1

定 价：1.85 元

前 言

本书系参照建筑类各专业“工程测量”课程教学大纲和教学实习大纲的要求编写的。主要供城市规划、建筑学、工业与民用建筑、给水排水等建筑类专业用作“工程测量”课程的教材，故本书定名为《建筑工程测量学》。教学时数为50~60学时，集中教学实习1~2周。

本书由重庆建筑工程学院、哈尔滨建筑工程学院、南京建筑工程学院、西北建筑工程学院和沈阳建筑工程学院合编，重庆建筑工程学院陈福山和哈尔滨建筑工程学院邹瑞坤主编，武汉工业大学沙钟瑞高级工程师（原城市建设部测量公司总工程师）主审，林凤明参加审阅。编写人为彭福坤（第一、二章）、包树英（第三、四章）、胡景恩（第五章）、陈荣林（第六、八章）、邹瑞坤（第七章）、宛梅华（第九、十章）、陈福山（第十一章）。

本书经1983年2月在武汉召开的审稿会审定，1984年1月由哈尔滨建筑工程学院内部出版发行7500册，先后在参加编审的六所高等院校及哈尔滨市、重庆市有关院校中试用。1985年4月又在重庆召开了本书修订讨论会。在试用两年的基础上，对全书进行了较大的修改，删去了第十二章“隧道施工测量”与“测量实验及作业任务书”，并将“管道测量”和新增的“道路测量”合并为一章，更名为“线路测量”。对于其他各章亦作了必要的精简。

本书测绘词汇以《测绘词典》为准，测量技术要求以《测量规范》为准。

本书在编写和试用过程中，承参加编审的六所院校测量教研室同仁以及吕云麟、刘寿生、余顺水等同志提出许多宝贵意见，谨致谢意。

这次修订出版，又承参加编审的六所院校教务处和有关系的负责同志、四川科学技术出版社重庆特约编辑部主任顾恒岳教授、重庆交通学院周万炎工程师等多方帮助与大力支持，编者在此表示衷心的感谢。

由于水平有限，书中难免存在缺点甚至错误，谨请读者批评指正。

编 者
1986年6月

目 录

第一章 绪论.....	(1)
§ 1-1 建筑工程测量学的任务和作用	(1)
§ 1-2 地面点位的确定	(1)
§ 1-3 测量工作概述	(3)
复 习 题.....	(4)
第二章 水准测量.....	(5)
§ 2-1 水准测量原理	(5)
§ 2-2 水准测量的仪器和工具	(6)
§ 2-3 微倾水准仪的使用	(9)
§ 2-4 水准测量的施测方法	(10)
§ 2-5 水准测量的成果计算	(12)
§ 2-6 水准测量的误差及其消除方法	(12)
§ 2-7 微倾水准仪的检验和校正	(14)
§ 2-8 自动安平水准仪简介	(17)
§ 2-9 精密水准仪简介	(17)
复 习 题.....	(18)
第三章 角度测量.....	(19)
§ 3-1 水平角测量原理	(19)
§ 3-2 光学经纬仪	(19)
§ 3-3 经纬仪的使用	(23)
§ 3-4 水平角测量	(24)
§ 3-5 经纬仪的检验和校正	(29)
§ 3-6 竖直角测量及竖盘指标差的检验和校正	(31)
复 习 题.....	(34)
第四章 距离测量和直线定向.....	(37)
§ 4-1 钢尺量距的一般方法	(37)
§ 4-2 钢尺量距的精密方法	(38)
§ 4-3 红外光电测距仪的使用	(42)
§ 4-4 直线定向	(48)
复 习 题.....	(50)
第五章 测量误差的基本知识.....	(52)
§ 5-1 测量误差概述	(52)
§ 5-2 衡量精度的标准	(53)
§ 5-3 观测值函数的中误差	(55)

§ 5-4	算术平均值及其中误差	(58)
§ 5-5	等精度观测值的中误差	(59)
复 习 题	.....	( 61)
第六章	小地区控制测量	(62)
§ 6-1	概述	(62)
§ 6-2	导线测量	(63)
§ 6-3	导线测量内业计算	(65)
§ 6-4	小三角测量外业工作	(70)
§ 6-5	小三角测量内业计算	(72)
§ 6-6	高程控制测量	(76)
复 习 题	.....	( 78)
第七章	大比例尺地形图测绘	(81)
§ 7-1	概述	(81)
§ 7-2	地物和地貌在图上的表示方法	(82)
§ 7-3	小平板仪测量	(85)
§ 7-4	视距测量	(87)
§ 7-5	测图前的准备工作	(90)
§ 7-6	碎部测量的方法	(92)
§ 7-7	地形图的绘制	(94)
§ 7-8	测站点的增补与地形图的修测	(96)
复 习 题	.....	( 98)
第八章	地形图的识读和应用	(99)
§ 8-1	地形图的分幅和编号	(99)
§ 8-2	地形图的识读和地形分析	(102)
§ 8-3	地形图应用的基本内容	(104)
§ 8-4	地形图在规划设计中的应用	(106)
§ 8-5	图上面积的测定	(110)
复 习 题	.....	( 111)
第九章	施工放样的基本工作	(112)
§ 9-1	放样的基本工作	(112)
§ 9-2	点位放样的方法	(115)
复 习 题	.....	( 116)
第十章	工业与民用建筑施工测量	(118)
§ 10-1	建筑场地施工控制网的概念	(118)
§ 10-2	民用建筑放样	(120)
§ 10-3	工业厂房放样	(122)
§ 10-4	烟囱施工放样	(124)
§ 10-5	建筑物的变形观测	(125)
§ 10-6	竣工总平面图的编绘	(128)
复 习 题	.....	( 128)

第十一章 线路测量	(129)
§ 11-1 选线.....	(129)
§ 11-2 中线测量.....	(130)
§ 11-3 圆曲线的详细测设.....	(133)
§ 11-4 纵横断面图的测绘.....	(136)
§ 11-5 城市和厂区道路施工测量.....	(141)
§ 11-6 管道施工测量.....	(143)
§ 11-7 竣工测量.....	(146)
复 习 题	(148)
附 录	(149)
一、PC-1500计算机计算程序举例.....	(149)
二、建筑工程测量学主要名词及术语的汉英对照表.....	(154)
主要参考文献	(159)

第一章 绪 论

§ 1-1 建筑工程测量学的任务和作用

建筑工程测量学是研究建筑工程在规划设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作的学科，其主要任务可归纳为测图、用图和放样三项。测图是使用测量仪器，按照一定的程序和方法，把部分地球表面缩绘成图，供规划设计和建设管理使用。用图是泛指使用图的知识、方法和技能。放样是把图纸上设计好的建（构）筑物的位置标定在实地上，作为施工的依据。

建筑工程测量学在建筑工程建设中有着广泛的应用：在规划设计阶段，要提供足够的测绘资料，使用地选择得当，规划布局合理；在施工阶段，要按照设计的要求，把所要修建的建（构）筑物的位置在实地上标定出来，并且经常对施工与安装工作进行检验、校准，保证所建工程符合设计要求；在管理阶段，对于一些大型的、重要的建（构）筑物还要定期进行稳定性的观测，以监视工程的安全。因此，建筑工程测量学对保证工程的规划质量、设计质量、施工质量与安全营运都有着十分重要的意义。

对于工业与民用建筑、给水排水工程、城市规划等建筑类专业学生学习本课程的基本要求是：掌握本专业所必须的建筑工程测量学的基本理论、基本知识和基本技能，掌握常用测量仪器和工具的使用方法，了解小地区大比例尺地形图的测图程序并初步掌握其测图方法，具有识读、应用地形图和有关测绘资料的能力，具有一般建筑工程施工放样的能力，以及能应用所学的理论、知识和技能为专业工作服务。

现代科学技术的发展日新月异，我国测绘工作正在朝着测图自动化、计算电子化、资料数字化和微型化的方向发展，这就要求我们树立共产主义的远大理想，为振兴中华、实现四化而勇攀科学技术高峰。

§ 1-2 地面点位的确定

为确定地面点的位置，需要建立坐标系，这与地球的形状和大小密切相关。

测量工作是在地球表面进行的，而地球自然表面是很不规则的，有的高出海水面，有的低于海水面，但是这样的高低起伏和地球半径相比可以忽略不计。就整个地球而言，海洋的面积约占71%。因此，我们把地球的形状想象为一个处于静止状态的海水面延伸穿过陆地所包围的形体。

水在静止时的表面叫做水准面。水准面不是唯一的，其中与静止状态的平均海水面相吻合的叫做大地水准面。大地水准面的特点是处处与铅垂线方向保持正交。由于地球自然表面起伏不平 and 内部物质分布不均匀，引起铅垂线方向不规则变化，所以大地水准面实际上是一个略有起伏的不规则曲面，不能用一个简单的几何形体和数学公式表达，于是人们就用一个很接近于大地水准面的旋转椭球面来代替它表示地球总的形状。如图1-1所示，旋转椭球面

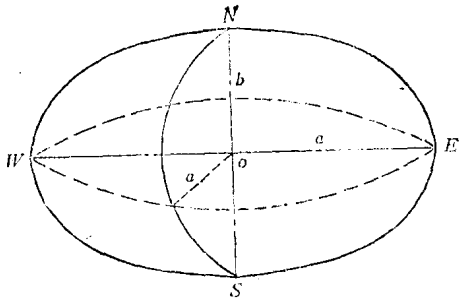


图 1-1

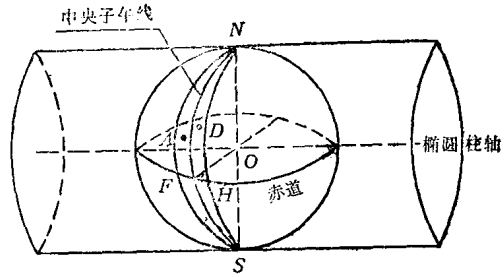


图 1-2

是由椭圆 $NESW$ 绕轴 NS 旋转而成的。旋转椭球的形状和大小，由长半径 a 和短半径 b 或由一个半径和扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 决定。我国建立1980年大地坐标系时，采用的椭球元素为

$$a = 6378140\text{m}$$

$$\alpha = 1:298.257$$

由于椭球的扁率很小，所以在局部范围内可将地球当作半径为 6371km 的圆球。

确定地面点的位置，通常是求出它相对于大地水准面的关系，即确定地面点在大地水准面上的投影位置和到大地水准面的高度。

一、在平面上确定地面点位的方法

地面点在大地水准面上的投影位置，可以用经度和纬度表示。某点的经、纬度，称为该点的地理坐标。小比例尺地图常用地理坐标表示地面点的位置，而工程上用的大比例尺地形图常用平面直角坐标来表示地面点的位置。

(一) 高斯-克吕格坐标

地球的形状接近于椭球，要将椭球面展成平面，必须采用适当的投影方法。对于测图和用图而言，要求投影后的图形与地球自然表面上的图形相似，这就要求投影后的角度保持不变形。我国采用高斯-克吕格投影，简称高斯投影。如图 1-2 所示，高斯投影是设想用一个椭圆柱横套在椭球的外面，使椭圆柱和椭球面上的一条子午线相切，该子午线称为中央子午线，将椭圆柱面沿过南北极的母线剪开展平，即为高斯投影平面。投影后，中央子午线和赤道为互相垂直的直线。以中央子午线的投影为纵坐标轴 X ，赤道的投影为横坐标轴 Y ，两轴的交点 O 为坐标原点，就构成高斯-克吕格平面直角坐标系，如图 1-3 所示。

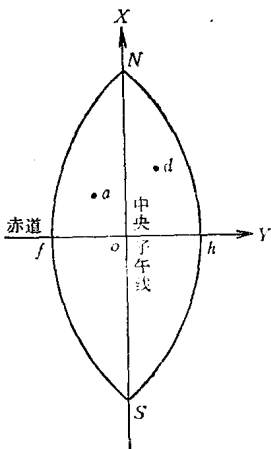


图 1-3

高斯投影的中央子午线长度无变形，离中央子午线愈远长度变形愈大。为了限制变形，必须把投影的瓜瓣形地带限制在中央子午线两侧的一定范围内，即需要分带进行投影。依子午线划分成经差相等的瓜瓣形地带，称为投影带。六度带按经差 6° 进行分带，其第一带为经度 $0^\circ \sim 6^\circ$ ，中央子午线经度为 3° ，向东以此类推，如图 1-4 上半部。若要求长度变形更小，则可以按经差 3° 分带，如图 1-4 下半部分。

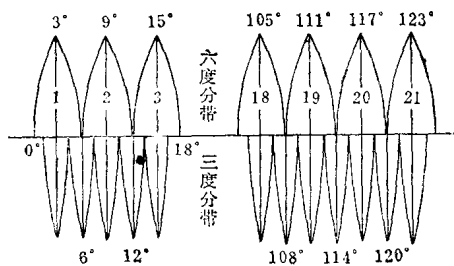


图 1-4

若要求长度变形更小，则可以按经差 3° 分带，如图 1-4 下半部分。

在每个投影带的坐标系内，规定 X 轴向北为正， Y

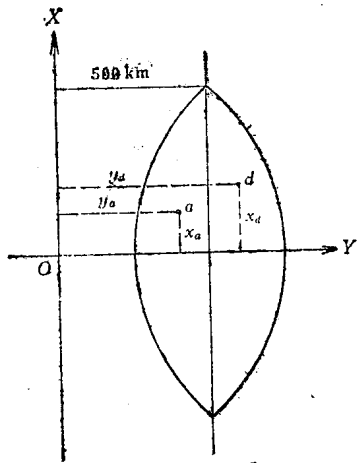


图 1-5

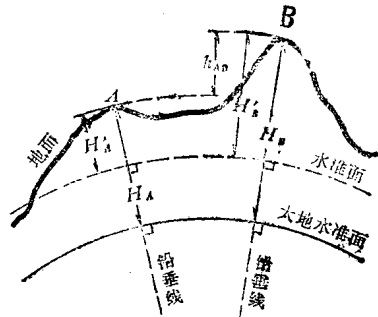


图 1-6

轴向东为正。我国位于北半球，纵坐标均为正值，为了避免横坐标出现负值，规定把坐标纵轴向西平移 500km，如图1-5。同时，为了说明某点所处的六度带，规定在该点的横坐标值前面冠以带号。例如a点的横坐标值为 18254366.15m，其中，18是带号，254366.15m 是坐标值，即a点位于第 18 投影带、中央子午线以西 500000 - 254366.15 = 245633.85m。

(二) 假定坐标

不与该测区统一坐标系相联系的平面直角坐标系，称为假定坐标系。虽然大地水准面是个曲面，但是在面积较小的测区内（一般在半径为 10km 的范围内）可以把大地水准面视为平面。将地面点沿铅垂线方向投影到平面上，并且将坐标原点选在测区的西南角，取过原点的子午线为 X 轴，向北为正，Y 轴向东为正，就可用假定坐标来表示地面点的平面位置。

二、地面点高程

由高程基准面起算的地面点高度，称为高程。由大地水准面起算的地面点高度，称为绝对高程或海拔，以 H 表示，如图1-6中的 H_A 、 H_B 。我国规定采用青岛验潮站求得的 1956 年黄海平均海水面作为全国统一高程基准面，其绝对高程为零，凡由这个面起算的高程，称为“1956 年黄海高程系统”。由任意水准面起算的地面点高度，称为相对高程或假定高程，用 H' 表示，如图1-6中 H'_A 、 H'_B 。在建筑工程中，高程亦称为标高。

两点间高程之差称为高差，用 h 表示。B 点对 A 点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-1)$$

§ 1-3 测量工作概述

本节扼要介绍测图和放样的工作程序和方法。

虽然地球自然表面上各种物体种类繁多，地势起伏千差万别，但是大体上可分为地物和地貌两类。地表面上的固定性物体称为地物，如居民地、建（构）筑物、道路、桥梁、江河、森林等。地貌是地球表面各种起伏形态的统称。地形是地物和地貌的总称。房屋是我们所熟悉的地物之一，它的平面位置决定于房屋轮廓线的交点。在图1-7中，只需测定墙角 1、2、3 等点的位置，这幢房屋的位置也就确定了。道路的边线一般不很规则，但是可以看作是由一些转折点相连接而成的折线所组成，只要测定 4、5、6……各点，这段道路的位置也就确

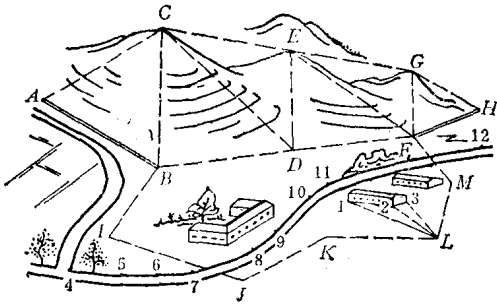


图 1-7

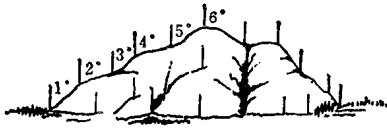


图 1-8

定了。同理，地貌变化的情况可由地面坡度变化点 1° 、 2° 、 3° ……等点所组成的线段来表示（见图 1-8）。由于各段内的坡度是均匀的，所以测定了 1° 、 2° 、 3° ……等点的平面位置和高程后，地貌变化的情况也就确定了。

上述各例中的 1、2、3……和 1° 、 2° 、 3° ……诸点分别称为地物特征点和地貌特征点，它们决定着地物和地貌的位置，统称为碎部点。

测图时，欲在某一点上测绘测区内所有的地形往往是不可可能的，如图 1-7 中的 L 点只能测绘附近的碎部点，对于位于山后面的和较远的就观测不了。因此，测量工作事先应有一个全盘的计划，先抓整体，再搞细部，即先用较精确的方法测定控制点 A、B、C、D……等点的位置，再根据控制点施测碎部点。按一定的规则连接相邻控制点所构成的几何图形，称为

控制网。为测定控制点的平面坐标和高程所进行的测量工作，称为控制测量。测定碎部点的位置，并对照实地以相应的符号在图上进行描绘，称为碎部测量。例如在 L 点安置仪器，以 LK 为基准线，先测定水平角 $\angle KL_1$ 、 $\angle KL_2$ 、 $\angle KL_3$ ，水平距离 L_1 、 L_2 、 L_3 ，再根据规定的符号，按测图比例尺将 1、2、3 点缩绘于图纸上，最后根据控制点 L 的高程，测定碎部点的高程。如果房屋呈矩形，则第四个墙角可用推平行线法确定。这样边测边绘，就可以在图纸上测绘出该房屋的位置。

放样是在实地标定设计建（构）筑物的平面位置和高程，虽与测图的过程相反，但其实质都是确定点的位置。因此，它与测图工作有着相同的程序，类似的方法。

综上所述，为了保证精度，提高工效，测量工作应遵循的准则是：在布局上，“从整体到局部”；在精度上，“由高级到低级”；在程序上，“先控制后碎部”。为了确定地面点的位置，都必须在室外进行测角、量距和测高程等工作，称为外业；在室内进行计算和绘图等工作，称为内业。点位关系是测量上要研究的基本关系，测角、量距和测高程是测量的基本工作，测、算、绘是测量的基本技能。

复 习 题

1. 建筑工程测量学的主要任务是什么？测图和放样有什么区别？
2. 什么是大地水准面？它在测量上有何意义？
3. 绝对高程、相对高程和高差的含义是什么？
4. 测量上使用的平面直角坐标系有哪几种？与数学上使用的有何不同？
5. 在测量工作中，为了防止误差的积累，应该采用怎样的工作程序？
6. 为了确定地面点的位置，应该做哪些基本的测量工作？

第二章 水准测量

为测定地面点高程所进行的测量工作，称为高程测量。水准测量是精确测定地面点高程的主要方法。本章着重介绍水准测量的原理，微倾水准仪的构造、使用与检验和校正，水准测量的方法和成果计算等。

§ 2-1 水准测量原理

如图2-1所示，已知A点的高程 H_A ，欲确定B点的高程 H_B ，只要在A、B两点各竖立一根具有刻划的水准标尺，在其间安置一台能够提供水平视线的水准仪，根据这条水平视线分别读取A、B尺上的读数 a 、 b ，则B点对于A点的高差为

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

如果测量是由A点向B点前进，我们称A点为后视点，B点为前视点， a 、 b 分别为后视读数和前视读数。因此，两点间的高差，等于后视读数减去前视读数。若B点高于A点，则高差为正，反之为负。为了避免搞错正负号，应注意高差的下标， h_{AB} 是表示从高程已知的A点推算至高程未知的B点的高差。B点的高程为

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

或

$$H_B = H_A + a - b$$

式中后视点高程 H_A 与该点后视读数 a 的代数和，称为视线高程，用 H_i 表示，即

$$H_i = H_A + a \quad (2-3)$$

于是

$$H_B = H_i - b \quad (2-4)$$

水准测量是利用水平视线来测定地面点高程的，因此，视线水平是水准测量最重要、最基本的条件。由式(2-2)根据高差推算高程，称为高差法；由式(2-4)利用视线高程推算高程，称为仪高法。当只需安置一次仪器就能确定若干个地面点高程时，使用仪高法比较方便。

每安置一次仪器，称为一个测站。在一般情况下，往往由于A、B两点相距较远或高差较大，一个测站无法测定其高差而需要采用连续转站观测。由图2-2可知，A、B两点间的高

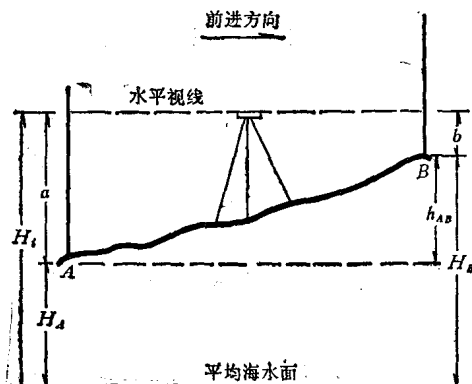


图 2-1

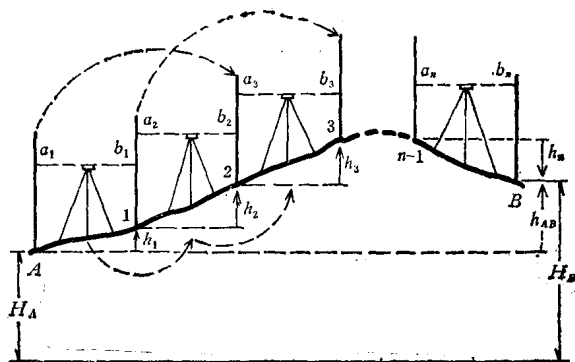


图 2-2

差 h_{AB} 为

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + \dots + h_n = \sum h \quad (2-5)$$

或

$$h_{AB} = \sum a - \sum b \quad (2-6)$$

亦即 A 、 B 两点间的高差，等于中间各段高差的代数和，或者等于各测站后视读数总和减去前视读数总和。

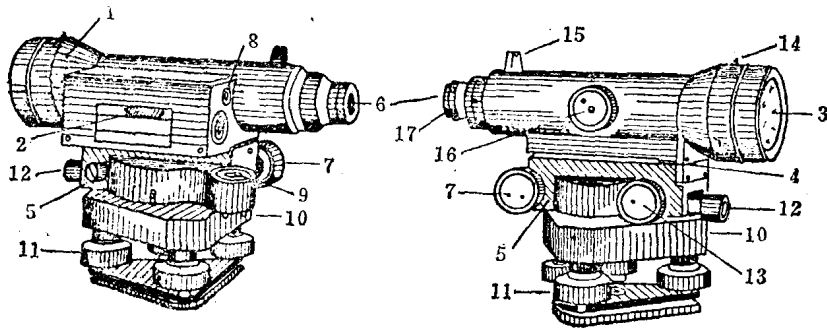
图中1、2、……、 $n-1$ 诸点是在水准测量过程中临时选定的立尺点，其上既有后视读数又有前视读数，称为转点(一般用 ZD 或 TP 表示)。转点衔接着相邻两个测站间的高差，使水准测量得以连续，依次逐点将高程传递至 B 点。因此，转点在水准测量过程中起着重要作用，应该将其选择在坚实稳固的地面上，以防止其发生位移。

§ 2-2 水准测量的仪器和工具

水准测量所使用的仪器和工具有水准仪、水准尺和尺垫。

一、微倾水准仪

水准仪是为水准测量提供水平视线的仪器，图2-3是我国设计制造的微倾水准仪的外形图。望远镜和符合水准器连成整体，在靠近望远镜的物镜一端用连接簧片与支架相连接，在目镜一端有微倾螺旋，并在目镜旁装置了符合水准器气泡观察孔。微倾水准仪的特点是具有微倾装置，转动微倾螺旋，使望远镜连同符合水准器一起作微小的仰俯倾斜，从而精确地把视线调整到水平位置。由于微倾范围有一定的限度，所以应该先使竖轴(仪器旋转轴的几何中心线)大致竖直。为此，在支架上装有圆水准器，转动基座的三个脚螺旋，可以使竖轴大致处于铅垂位置。竖轴是插入基座中的，松开制动螺旋，可以使望远镜在水平方向任意转动，旋紧它即起制动作用，但还可利用微动螺旋使望远镜在水平方向作微小的转动，并且只有制动螺旋固紧时微动螺旋才有效。在望远镜镜筒上装有准星和照门，以便于寻找目标。为了看清楚目标，物镜、目镜分别设有物镜调焦螺旋和目镜调焦螺旋。



1. 望远镜, 2. 符合水准器, 3. 物镜, 4. 连结簧片, 5. 支架, 6. 目镜, 7. 微倾螺旋,
8. 符合水准器气泡观察孔, 9. 圆水准器, 10. 基座, 11. 脚螺旋, 12. 制动螺旋, 13. 微动螺旋, 14. 准星, 15. 照门, 16. 物镜调焦螺旋, 17. 目镜调焦螺旋。

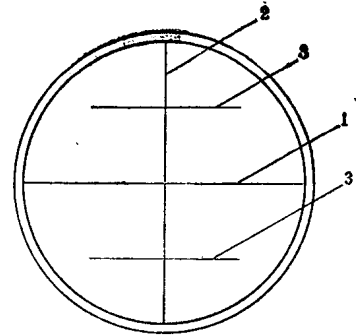
图 2-3

仪器安装在可以伸缩的三脚架上，通过架头上的连接螺旋可以和水准仪的基座相连接。

微倾水准仪的构造，主要包括望远镜、水准器和基座三部分。下面仅对望远镜和水准器作一简要介绍。

(一) 望远镜

测量仪器上的望远镜，除了能通过透镜成象，使人们看清楚远处的目标外，还必须能精确地照准目标。为此，在物镜成象面上装有十字丝网，其形式如图 2-4，由横丝、竖丝和视距丝构成。横丝又称中丝，与竖丝互相垂直，合称十字丝。用望远镜照准目标，以十字丝中心为准。望远镜物镜光心与十字丝中心的连线，称为视准轴，视准轴的延长线就是望远镜的观测视线。



1. 横丝, 2. 竖丝,
3. 视距丝。

图 2-4

内调焦望远镜由物镜、调焦透镜、十字丝网和目镜四部分组成，图 2-5 是其光路图。物镜使远方目标形成一个实象；调焦透镜使不同距离的目标均能在十字丝网平面上清晰地成象；十字丝网是精确照准目标的标志；目镜把十字丝网及其上面的物象同时放大，供人眼观察。

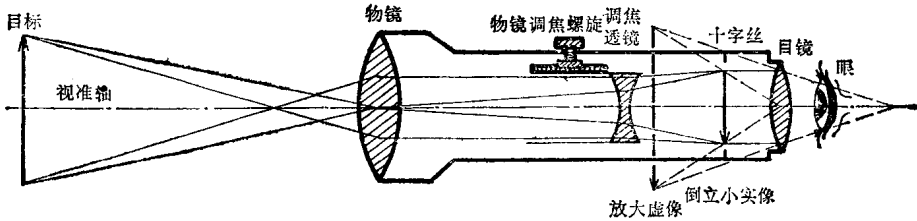


图 2-5

(二) 水准器

水准器是利用液体受重力作用后，气泡恒居于最高处的特性，使仪器上的轴线位于水平位置或铅垂方向的主要部件。水准器分为水准管和圆水准器两种。

1. 水准管

水准管是内表面磨成圆弧形的玻璃管，管壁上刻有对称分划线，其内注满酒精、乙醚、正庚烷等液体或它们的混合液，加热密封，冷却后形成气泡。过水准管圆弧分划中点的纵切线 LL (见图 2-6)，称为水准管轴。当气泡两端与分划中点对称时，称为气泡居中，这时水准管轴水平。若水准管轴平行于视准轴，则气泡居中视准轴也水平。

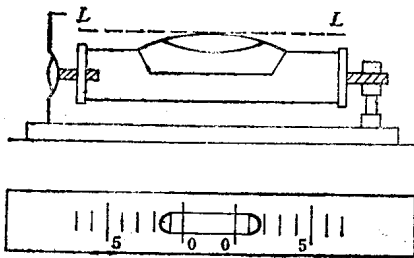


图 2-6

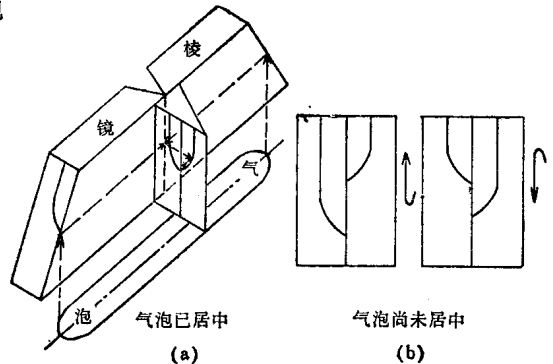


图 2-7

为了提高气泡居中的精度，在水准管上方安装一组棱镜，借反射作用把水准管气泡两端气泡头的一半影象，传递到目镜旁的气泡观察孔中。当气泡居中时，两个半影象符合成一个整气泡头 [见图 2-7(a)]；若两个半影象互相错开，则气泡不居中 [见图 2-7(b)]。这种具有棱

镜装置的水准器，称为符合水准器。

水准器上相邻两分划线之间的圆弧所对的圆心角 τ (见图2-8),即气泡移动一个分划间隔时,水准器倾斜角度的变化值称为水准器角值。设水准管的曲率半径为 R ,管上两相邻分划线间的长度为 2mm ,则

$$\tau'' = \frac{2}{R} \rho'' \quad (2-7)$$

式中 ρ'' 为 $206\,265''$ 。水准器角值愈小,灵敏度愈高。应根据不同精度的仪器,选择适当 τ 值的水准器。

2. 圆水准器

圆水准器用玻璃制成,其顶盖的内表面磨成球面,通过球面中心的半径 $L'L'$ 称为圆水准轴(见图2-9)。当气泡居中时,圆水准轴居于铅垂位置。若圆水准轴平行于竖轴,则气泡居中竖轴就处于铅垂方向。由于圆水准器曲率半径较短,所以其灵敏度较低。

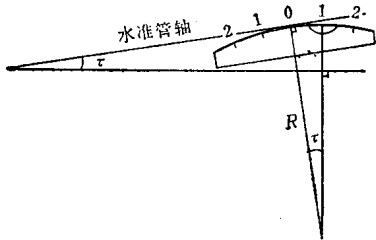


图 2-8

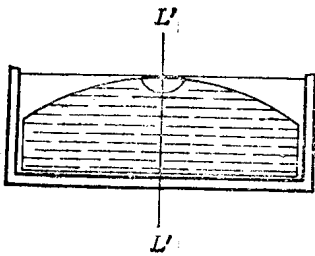


图 2-9

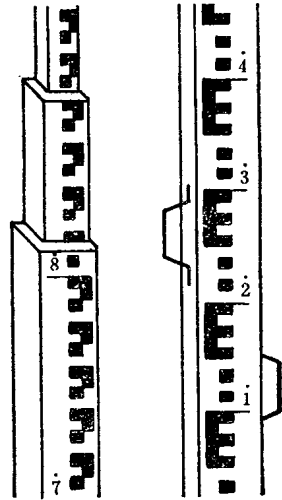


图 2-10

二、水准标尺

水准标尺简称水准尺,一般长 3m 。为了便于扶尺竖直,通常装有扶手把,有的还装有圆水准器。水准尺按其构造形式分为塔尺和直尺(见图2-10),塔尺携带方便,直尺长度比较准确。直尺分为单面尺和双面尺两种。单面尺上绘有黑白相间的分划。双面尺上一面绘有黑白相间的分划,另一面绘有红白相间的分划,黑面分划的起点为零,红面分划的起点为 4687 或 4787mm 。同一根水准尺上,黑、红两面起始分划标记的差数,称为水准标尺常数。水准标尺常数用以检核读数有无错误,并可提高观测精度。

水准尺最小分划值,分为 10mm 和 5mm 两种。每分米注一数字,分米的准确位置有的以字底为准,有的以字顶为准;有的以分米数字上的红点个数表示米数,如 $\dot{7}$ 表示 1.7m ,有的直接标明了小数点,如 1.0 表示 1m ;有的以正字注记,有的以倒字注记。因此,在使用水准尺之前,务必仔细观察,认清分划和注字的特点,以免把数读错。

三、尺垫

尺垫为三角形或圆形的铁座,下面有三个支点,可以插入土中。水准尺竖立在尺垫中央突起部分的球顶上(见图2-11),水准测量时将其作为转点,支承水准尺和传递高程。

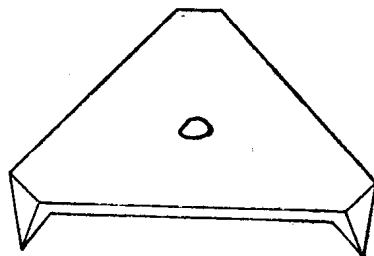


图 2-11

§ 2-3 微倾水准仪的使用

使用微倾水准仪的基本操作程序可分为安置和粗平、调焦和照准、精平和读数。

一、安置和粗平

首先，张开三脚架，使架头大致水平，高度与观测者的身高相适应。然后，从箱中取出仪器安放在架头上，并立即将连接螺旋旋入基座内，使仪器固定在三脚架上，以免摔落损坏。最后，先将三脚架的两条腿踩入土中，用手摆动另一条腿，使圆水准器气泡挨着圆圈，并将此腿踩入土中，再转动脚螺旋使圆水准器气泡居中。

利用脚螺旋使水准器气泡居中的规律是：气泡移动方向与左手大姆指转动脚螺旋的方向一致。其操作步骤如图2-12所示，先用两手按箭头所指的方向转动脚螺旋1和2，使气泡移动到1、2连线的中垂线方向上；再按箭头所指的方向，转动脚螺旋3，使气泡居中。

二、调焦和照准

(一) 目镜调焦 把望远镜对向远处明亮的背景，转动目镜调焦螺旋，使十字丝最清晰。

(二) 概略照准 先松开制动螺旋，旋转望远镜，使照门和准星的连线对准水准尺，再旋紧制动螺旋，把望远镜固定。

(三) 物镜调焦 转动物镜调焦螺旋，使水准尺的象清晰地落在十字丝平面上。

(四) 消除视差 物象与十字丝平面不重合，眼睛对着目镜微动时，物象与十字丝有相对移动[见图2-13(b)]，由此给观测照准带来的误差称为视差。消除视差的方法是继续细心地进行物镜调焦，若仍然不能消除，则再过细地进行目镜调焦，如此反复，直到没有相对移动为止，如图2-13(a)所示。

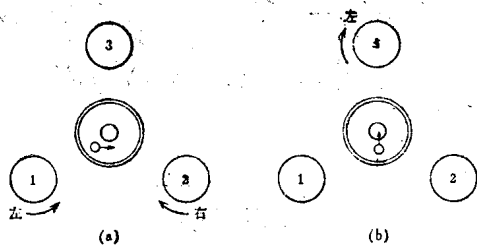


图 2-12

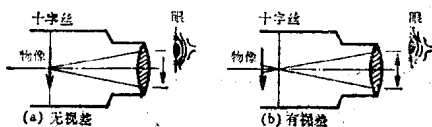


图 2-13

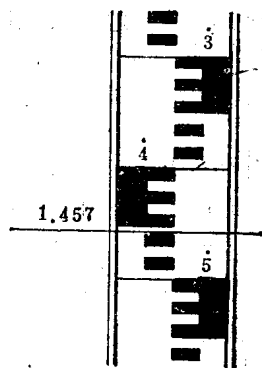


图 2-14

(五) 精确照准 转动微动螺旋，使水准尺的象靠于十字丝竖丝的一侧。

三、精平和读数

由于气泡移动有惯性，所以精平时旋转微倾螺旋要缓慢而均匀。微倾螺旋的旋转方向应与左侧半气泡头影象的移动方向一致，如图2-7(b)所示。

读数要准确而迅速。当符合水准器气泡居中时，应立即根据中丝读取读数。读数宜以注字为准，由小往大读，估读至毫米。在图2-14中，读数为1.457m，不要误读为1.543m。当分

米注字上有红点时，切忌漏读点数，以免读错米数。

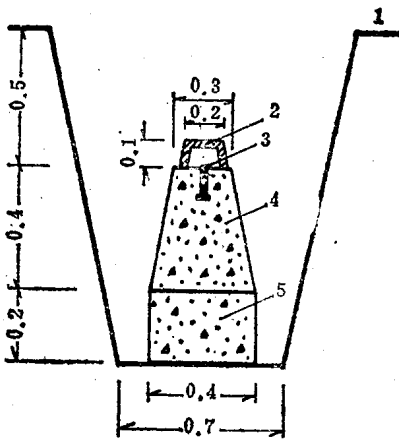
由于微倾水准仪具有微倾装置，并不要求竖轴严格处于铅垂位置，所以精平读数后，当望远镜转动到其它方向观测时，符合水准器气泡必然会偏离居中位置。因此，在每次读数之前，应该先旋转微倾螺旋使符合水准器气泡居中，然后再读数。

§ 2-4 水准测量的施测方法

一、水准点和水准路线

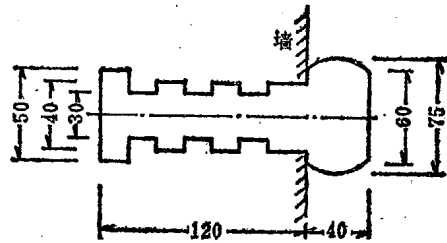
(一) 水准点

水准测量需从高程已知点出发，这种已知高程的固定点称为水准点。永久性水准点，一般用混凝土（见图2-15）或坚硬的石料制成，顶部嵌入水准标志，以标志顶部中央半球状的突出部分表示点的高程和位置，也可在稳定的建筑物墙上埋设水准标志（见图2-16）。在山区，可在坚硬的岩石上钻孔，用混凝土埋入水准标志。临时性水准点，可用大木桩打入地下，桩顶钉圆帽钉，也可利用稳固的地物埋设圆帽钉。



1.地面，2.标志盖，3.标志，
4.柱石，5.底盘。 单位：m

图 2-15



单位：mm

图 2-16

为了便于寻找，水准点埋设后应绘制记载点位情况的资料，称为点之记。其内容包括点号、等级、地点、点位略图、标石的埋设及委托保管等情况。

(二) 水准路线

水准测量所经过的路线，称为水准路线，其形式有如下三种。

1. 附合水准路线 从高级水准点A出发，沿待测高程的1、2、3诸点进行水准测量，最后附合到另一个高级水准点B所构成的水准路线，称为附合水准路线（见图2-17）。

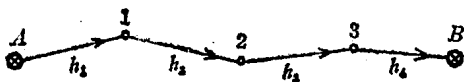


图 2-17

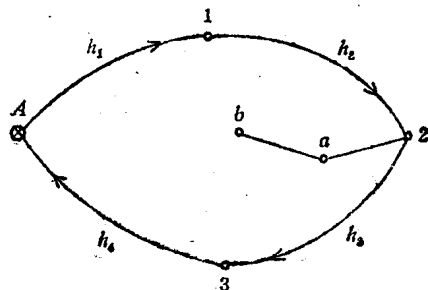


图 2-18