

建筑工程测量

(第二版)

华南理工大学测量教研组编

华南理工大学出版社
· 广州 ·

建筑工程测量

华南理工大学测量教研组编

责任编辑 李彩英

*

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮码 510641)

各地新华书店经销

江门日报印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 15 字数: 360 千

1985年9月第1版 1997年2月第2版第8次印刷

印数: 54 001—64 000

ISBN 7-5623-0184-0

TU·16 定价: 20.00元

初版前言

本书是根据土建类测量学教学大纲并结合作者多年的教学经验和生产实践的体会编写而成的。全书共十四章，分别介绍测量学的基本知识、基本理论、测量仪器的构造和使用、控制测量、大比例尺地形图的测绘和应用以及有关建筑工地的施工测量等。

本书由冯友蓉、郑炳礼主编。参加编写的同志为：吴潮第（第三、五章）、李植强（第二章）、刘克民（第八章）、杨平（第四、十二、十三章）、郑炳礼（第六、七、九章）、冯友蓉（第一、十、十一、十四章及§4-5）。本书的图大多由李植强描绘。

在本书的编写过程中，得到华南理工大学施工教研组老师们的热诚帮助和指导，在此致以衷心感谢。由于思想和业务水平所限，谬误在所难免，谨请读者批评指正。

编者

1985.3

再 版 前 言

本书自 1985 年出版以来,受到广大读者热情地支持并提出了许多宝贵意见。现根据读者的建议和适应工程建设日益发展的需要,我们对本书作了修改和补充。

主要增加及改写部分是:角度测量一章中增加了电子经纬仪简介;距离丈量 and 直线定向一章中第 5 节改写为光电测距仪;测量误差的基本知识一章中增加了加权平均值及其中误差;小地区控制测量一章中增加了全球定位系统(GPS)测量;施工测量基本工作一章中增加了全站型电子速测仪的应用和圆曲线测设。此外,本书某些部分还作了修改和删减。本书增加及改写部分由郭祥瑞同志执笔编写。

藉此机会,我们向在本书改写过程中给予大力协助,提出宝贵意见和建议的有关单位、兄弟院校和广大读者,致以衷心的感谢!

华南理工大学测量教研室

1996.3

目 录

第一篇 测量学的基本原理和方法

第一章 绪论	(1)
§ 1-1 测量学的一般概念	(1)
§ 1-2 建筑工程测量的任务及作用	(1)
§ 1-3 铅垂线、水平线、水平面和水准面	(2)
§ 1-4 地球的形状和大小	(2)
§ 1-5 地面上点位的确定	(3)
§ 1-6 水平面代替水准面的限度	(5)
§ 1-7 测量工作概述	(7)
思考题与习题	(8)
第二章 水准测量	(9)
§ 2-1 高程测量概述	(9)
§ 2-2 水准测量原理	(9)
§ 2-3 测量仪器和工具	(10)
§ 2-4 水准仪的使用	(13)
§ 2-5 水准测量的基本方法	(15)
§ 2-6 水准测量的精度要求和内业计算	(18)
§ 2-7 地球曲率和大气折光对水准测量的影响	(21)
§ 2-8 水准测量误差及注意事项	(22)
§ 2-9 水准仪的检验校正	(24)
§ 2-10 自动安平水准仪简介	(26)
§ 2-11 精密水准仪简介	(27)
思考题与习题	(28)
第三章 角度测量	(30)
§ 3-1 角度测量的概念	(30)
§ 3-2 DJ ₆ 级光学经纬仪	(31)
§ 3-3 DJ ₂ 级光学经纬仪	(37)
§ 3-4 经纬仪的使用	(40)
§ 3-5 水平角观测	(41)
§ 3-6 竖直角观测	(45)
§ 3-7 经纬仪的检验校正	(49)
§ 3-8 水平角观测的误差及其消减方法	(53)
§ 3-9 仪器的维护	(55)

§ 3-10 电子经纬仪简介	(56)
思考题与习题	(59)
第四章 距离丈量及直线定向	(62)
§ 4-1 距离丈量的工具和直线定线	(62)
§ 4-2 钢尺量距的一般方法	(63)
§ 4-3 钢尺量距的精密方法	(65)
§ 4-4 距离丈量的误差及注意事项	(68)
§ 4-5 光电测距仪	(68)
§ 4-6 直线定向	(74)
§ 4-7 用罗盘仪测定直线的磁方位角	(76)
思考题与习题	(77)
第五章 测量误差的基本知识	(79)
§ 5-1 测量误差及其分类	(79)
§ 5-2 衡量精度的指标	(82)
§ 5-3 算术平均值及其中误差	(84)
§ 5-4 误差传播定律	(88)
§ 5-5 加权平均值及其中误差	(95)
思考题与习题	(98)
第六章 地形图的基本知识	(100)
§ 6-1 地图、平面图和地形图	(100)
§ 6-2 比例尺	(100)
§ 6-3 图幅分幅、图名与图号	(102)
§ 6-4 地形图图式	(104)
§ 6-5 等高线	(107)
§ 6-6 高斯平面直角坐标的概念	(109)
思考题与习题	(111)

第二篇 大比例尺地形图的测绘

第七章 小地区控制测量	(112)
§ 7-1 控制测量概述	(112)
§ 7-2 导线测量的外业工作	(114)
§ 7-3 导线测量的内业计算	(116)
§ 7-4 坐标反算问题	(123)
§ 7-5 小三角测量	(124)
§ 7-6 前方交会法	(129)
§ 7-7 高程控制测量	(132)

§ 7-8 全球定位系统 (GPS) 测量	(136)
思考题与习题	(139)
第八章 大比例尺地形图的测绘	(141)
§ 8-1 视距测量	(141)
§ 8-2 小平板仪测量	(146)
§ 8-3 测图前的准备工作	(149)
§ 8-4 增设测站点的方法	(150)
§ 8-5 碎部测量	(152)
§ 8-6 等高线的勾绘	(156)
§ 8-7 地形图的检查、清绘、拼接与整饰	(158)
思考题与习题	(159)
第九章 地形图的应用	(161)
§ 9-1 地形图的阅读	(161)
§ 9-2 地形图应用的基本内容	(161)
§ 9-3 根据等高线绘制指定方向断面图	(164)
§ 9-4 面积计算	(165)
§ 9-5 建筑场地的平整	(166)
思考题与习题	(170)

第三篇 工业与民用建筑中的施工测量

第十章 施工测量的基本工作	(171)
§ 10-1 施工测量概述	(171)
§ 10-2 测设的基本工作	(172)
§ 10-3 测设点位的方法	(175)
§ 10-4 测设已知坡度的直线	(178)
§ 10-5 圆曲线测设	(179)
§ 10-6 全站型电子速测仪的应用	(183)
思考题与习题	(189)
第十一章 建筑场地的施工控制测量	(190)
§ 11-1 概述	(190)
§ 11-2 建筑基线	(191)
§ 11-3 建筑方格网	(193)
§ 11-4 坐标换算	(195)
§ 11-5 建筑场地的高程控制测量	(196)
思考题与习题	(197)

第十二章 工程建筑物的施工测量	(198)
§ 12-1 民用建筑施工中的测量工作	(198)
§ 12-2 工业厂房的施测	(201)
§ 12-3 高层建筑物的施工测量	(205)
思考题与习题	(208)
第十三章 管道工程测量	(209)
§ 13-1 概述	(209)
§ 13-2 管道中线定位	(209)
§ 13-3 管道纵断面图的测绘	(210)
§ 13-4 管道横断面图的测绘	(213)
§ 13-5 面积和土方量计算	(215)
§ 13-6 管道施工测量	(216)
思考题与习题	(217)
第十四章 建筑物变形观测及竣工总平面图的编绘	(219)
§ 14-1 建筑物变形观测概述	(219)
§ 14-2 建筑物的沉降观测	(219)
§ 14-3 建筑物的倾斜观测	(222)
§ 14-4 建筑物的裂缝观测	(226)
§ 14-5 建筑物的位移观测	(227)
§ 14-6 竣工总平面图的编绘	(228)
思考题与习题	(229)
附录	(230)
一、水准仪系列的技术参数	(230)
二、经纬仪系列及技术参数	(230)
三、测量常用的计量单位	(231)
参考文献	(232)

第一篇 测量学的基本原理和方法

第一章 绪 论

§ 1-1 测量学的一般概念

测量学是一门量测地球表面形状和大小的科学。应用各种测量方法研究施测地区的大小、形状及其有关情况，所得的结果，可以直接用数值表示，也可以将其缩绘成图，以满足生产、科研和国防的需要。

测量学按其研究对象的不同可以分为大地测量学和普通测量学两门主要分支。

大地测量学研究整个地球或地表大区域的形状和大小。因为地球表面是个曲面，大区域测量必须考虑地球曲率的影响。

普通测量学（又称地形测量学）研究较小区域的地面形状和大小。因为涉及的区域相对较小，所以可以把曲面近似地作为平面看待，此时不考虑地球曲率的影响。

工程测量是专门研究将测量学的原理和技术应用于各种工程建设中的实用科学，而建筑工程测量则属于工程测量的范畴。

随着现代科学技术的突飞猛进，建设和国防技术的日益发展，测量内容已由常规的大地测量发展到人造卫星大地测量，由航空摄影测量发展到遥感技术的应用；测量对象也由地球表面扩展到空间星球。测量仪器已广泛趋向电子化和自动化，而测量成果整理则由依靠查表并利用手摇计算机的繁琐手工计算过渡到以袖珍电子计算机、微电脑进行自动计算和绘图，而且正朝着野外自动记录和资料整理全盘自动化的方向发展。

测量科学各个领域的成就为工程测量科学技术的进展提供各种有利的条件，其中尤以新的光电仪器的问世和电算技术的应用，使得工程测量的精度和速度都不断提高。

§ 1-2 建筑工程测量的任务及作用

建筑工程测量是研究工业与民用建筑的勘察、设计、施工和管理等阶段中所需进行的各种测量工作。它的任务是：

(1) 利用各种测量仪器和工具测定地面点的相互位置，将地面的形状和大小按一定比例尺描绘成地形图等供规划设计之用。

(2) 将拟建建筑物的位置和大小按设计图纸的要求测设在地面上以便施工。这种工作通常称为测设，又称施工放样或放线。

(3) 竣工以后，为工程验收、扩建和改建提供可靠资料，需要进行竣工测量。有时为了鉴定建筑物的工程质量及监护建筑物的运营，或为建筑结构及地基基础科学研究提供资

料,还要在施工过程和使用管理各阶段中对这些建筑物进行沉降、位移和倾斜等变形观测。

如上所述,测量工作实际上贯穿于建筑工程的全过程,其质量直接关系到工程建设的速度和质量。随着我国现代化建设事业的蓬勃发展,要求工程建设的速度和复杂程度越来越高,因而测量工作的精度和速度也要相应不断提高。

§ 1-3 铅垂线、水平线、水平面和水准面

铅垂线就是重力方向线,可用悬挂垂球的细线方向来表示。垂球为金属制成的倒圆锥(图 1-1)。将一端打结的细线的另一端穿过一个空心螺旋,并旋于倒圆锥底部用以悬挂垂球。垂球悬挂时细线的延长线应通过垂球尖端。

与铅垂线正交的直线称为水平线;与铅垂线正交的平面称为水平面。

海水面在没有风浪、潮汐影响而处于静止状态时称为水准面。湖泊的水面处于静止状态时也是一个水准面。水准面是一个曲面(图 1-2),其特性是:曲面上任一点的铅垂线都垂直于这个曲面。所有满足这个特性的曲面都是水准面,因此水准面可以有无限多个,其中与静止状态的平均海水面相吻合并延伸到大陆内部的水准面称为大地水准面。

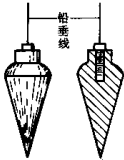


图 1-1



图 1-2

§ 1-4 地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的,所以必须了解地球的形状和大小。众所周知,地球表面是不平坦、不规则的,有高山峻岭,万丈深渊,有一望无际的平原、纵横交错的江河湖泊和浩瀚的海洋等等。其中海洋水面占整个地球表面的 71%,而陆地仅占 29%。世界上最高的珠穆朗玛峰高出海面 8 848.13 m,最低的海底深渊(位于太平洋西部马里亚纳海沟的斐查兹(Vitiaz)海渊)比海面低 11 034 m。但这些高低起伏与地球整个大小比较是微不足道的,可以忽略不计。

如前所述,大地水准面是静止的平均海水面延伸穿过大陆岛屿所形成的闭合曲面,人们将大地水准面所包围的形体称为大地球体,因而用大地球体代替地球形状本来是恰当的,只是由于地球内部质量分布不均匀,所以地面上各点的铅垂线方向随之产生不规则的变化,致使大地水准面成为有微小起伏的、不规则的曲面。如果将地球表面上的图形投影到这个不规则的曲面上,则在制图和测量计算上会造成很大的困难。测量科学工作者根据大量的观测数据,推算了一个非常接近大地水准面,并且可以用数学式表示的几何形体来代替实

实际的地球形体，作为测量工作的基准面，这就是所谓地球椭球体（又称参考椭球体）。如图 1-3 所示，参考椭球体系一椭圆 PQP_1Q_1 绕其短轴 PP_1 旋转而成，故又称旋转椭球体。其大小是由长半轴 a 及扁率 α 所决定的。国内外的测量工作者曾多次测定了这两个元素的数值。我国从 1953 年起至 1975 年间采用苏联克拉斯夫斯基（Ф. Н. Красовский）的旋转参考椭球体，其长半轴与扁率如下

$$a = 6\,378\,245$$

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.3}$$

并建立了“1954 年北京坐标系”。我国目前采用的数值为

$$a = 6\,378\,140 \text{ m}$$

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257}$$

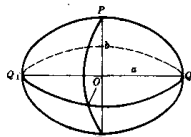


图 1-3

大地原点设在陕西泾阳县永乐镇，由此在参考椭球体上建立了全国统一的坐标系，即目前使用的“1980 年国家大地坐标系”。

地球的扁率是很小的，可以设想，如以 3 m 长作为地球模型的长轴，其短半轴仅比长半轴少 1 cm，这样的形体与圆球体差别很小。因此，当测区面积不大时，可以把地球椭球体（即地球形体）看作圆球体，其半径 R 为 6 371 km。

§ 1-5 地面上点位的确定

一、确定地面点位的方法

众所周知，所有几何形状都是由一系列连续不断的线和面组成的。地球表面形态很不规则，用常规的方法不容易直接测得地表连续的线和面的形状。因此，为了测得地面上各种图形的位置和形状，通常只能适当选择地面上图形的有限个特征点并测定其位置来加以确定。

如图 1-4 所示，设将地面上不同高度的三点 A, B 及 C 分别沿铅垂线方向投影到大地水准面 P' 上可得 a', b' 及 c' 各点。这些点分别表示地面 A, B, C 各点在球面上的相应位置。

可以设想在测区的中央作水平面 P 并与水准面 P' 相切，过地面上 A, B, C 的铅垂线与水平面相交于 a, b, c ，这些交点便代表地面相应点的平面位置。 a, b, c 是地面上 A, B, C 点的水平投影。

由此可见，地面点的空间位置可以用点在水准面上或水平面上的位置及点到大地水准面的铅垂距离来确定。

因此，确定地面上一点的位置通常是指确定点的坐标和点的高程。

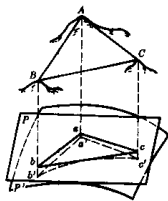


图 1-4

二、地面点的高程

地面点高低的位置是用点的高程表示的。

地面点到大地水准面的铅垂距离,称为该点的绝对高程或海拔。如图 1-5 所示, A、B 点的绝对高程或海拔分别为 H_A 、 H_B 。在 1987 年以前,我国统一的绝对高程是青岛验潮站 1956 年及其以前所测资料,经统计计算后确定的黄海平均海水面作为高程起算面,特称为 1956 年黄海高程系统。广东省假定珠江的平均海水面比黄海的平均海水面高 0.586 m。

目前,我国采用“1985 国家高程基准”,它是采用青岛验潮站 1953 年至 1979 年验潮资料计算确定的,并推算得青岛水准原点高程为 72.260 m,全国各地高程都以它为基准进行测量。利用旧的高程测量成果时,要注意高程基准的统一和换算。

如果以任意一个水准面作为高程的起算面,则由地面点到任意水准面的铅垂距离为该点的相对高程或假定高程,如图 1-5, A、B 的假定高程分别为 H'_A 、 H'_B 。

两个地面点之间的高程差称为高差, A、B 点之间的高差 h_{AB} 为

$$h_{AB} = H_B - H_A$$

或

$$h_{AB} = H'_B - H'_A$$

高差有正负之分,如图 1-5 中的 B 点比 A 点高, AB 的高差 h_{AB} 为正;而 BA 的高差 h_{BA} 则为负。

三、地面点的坐标

点的位置常用坐标值来表示。坐标系统分为地理坐标和平面直角坐标。

1. 地理坐标

地面上点的位置,在球面上通常是用经纬度来表示的。已知任一点的经纬度,就可以确定该点在地球上的位置。经纬度称为地理坐标。

如图 1-6 所示,地球旋转轴为地轴 (PP_1),地轴与地球表面相交于 P、 P_1 点,在北半球的 P 称为北极,在南半球的 P_1 称为南极。地轴的中点 O 称为地心。通过地心与地轴垂直的平面称为赤道面,赤道面与地球表面的交线称为赤道 ($QM_1K_1Q_1$)。其他平行于赤道面的平面与地球表面的交线称为纬线。

通过地球表面上任一点 M 与地轴 PP_1 所组成的平面,称为 M 点的真子午面或地理子午面。真子午面与地球表面的交线,称为真子午线或地理子午线 (PMM_1P_1),又称经线。通过英国格林尼治天文台的子午面,称为本初子午面(或称首子午面),该子午线称为本初子午线 (PKK_1P_1) 或称首子午线。

地面上某点的经度,即通过该点的子午面与本初子午面之间的夹角,用 λ 表示。由本初子午面起算向东或向西量度,向东量度为东经,向西量度为西经,各由 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。如图 1-6

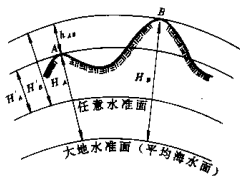


图 1-5

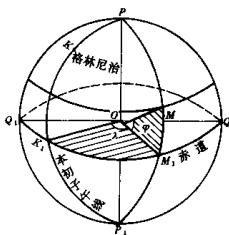


图 1-6

中 M 点的经度为东经 λ 度。

地面上某点的纬度，即通过该点的铅垂线与赤道面间的夹角，用 φ 表示。纬度是从赤道向北或向南量度。向北量度的称为北纬，向南量度的称为南纬。南北纬度各从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。如图中 M 点的纬度为北纬 φ 度。

我国位于东半球和北半球，所以各地的地理坐标都是东经和北纬，例如广州的地理坐标为东经 $113^\circ 08'$ ，北纬 $23^\circ 06'$ 。

2. 平面直角坐标

在小区域的范围内，将大地水准面作水平面看待，由此而产生的误差不大时（即误差在容许范围内），便可以用平面直角坐标来代替球面坐标。这样做可以给测量和计算工作带来方便。

所谓平面直角坐标是由两条互相垂直的坐标轴 X 和 Y 所构成的。如图 1-7 所示， $X-X$ 线代表纵轴， $Y-Y$ 线代表横轴，两轴线的交点 O 称为坐标原点。地面上任一点 M 在平面上的位置，是由该点至纵横轴的垂距 Mm_1 ， Mm_2 来确定的。

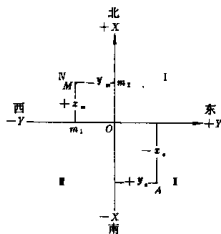


图 1-7

通常纵坐标轴的方向与通过坐标原点的子午线方向重合，即纵轴与南北方向线重合，横轴与东西方向线重合。而且规定纵坐标 X ，从横轴起向北为正，向南为负；横坐标 Y 从纵轴起向东为正，向西为负。如图 1-7 中 M 点， x_m 为正，其 Y 值为负 ($-y_m$)； A 点的 X 值为负 ($-x_a$)， Y 值为正 ($+y_a$)。

象限按顺时针方向编号。其编号顺序与数学上直角坐标系的象限编号顺序相反，且 X 、 Y 两轴线与数学上直角坐标系的 X 、 Y 轴互换。这是为了使测量计算时可以直接应用三角公式，而无需作任何修改。

3. 高斯平面直角坐标

如果测区范围较大，就不能把水准面当作水平面，必须采用高斯投影的方法，建立高斯平面直角坐标系。本书将在 § 6-6 中介绍这一坐标系。

§ 1-6 水平面代替水准面的限度

当测区范围小，用水平面代替水准面所产生的误差超过测量与制图的误差时，允许以水平面代替水准面，允许用平面直角坐标系来代替球面坐标系。那么，这个小区域的范围究竟可以多大呢？它的影响如何？以下将分别讨论这些问题。

一、对距离的影响

如图 1-8 所示， AB 为大地水准面上两点，它们在大地水准面上的长度为 AB 弧长 D ；过切点 A 作一水

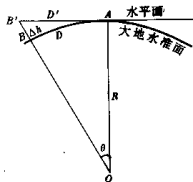


图 1-8

平面, A, B 两点在水平面上的长度为 AB' , 以 D' 表示 AB' 水平直线的长度。 D' 与 D 的差值就是用水平面代替水准面时在距离方面的误差值。

设 R 为地球半径, θ 为 AB 弧所对的圆心角。由图可得

$$AB' = R \operatorname{tg} \theta$$

$$AB = R \theta$$

$$\Delta D = D' - D = AB' - AB = R(\operatorname{tg} \theta - \theta)$$

将 $\operatorname{tg} \theta$ 展为级数式 (1-1)

$$\operatorname{tg} \theta = \theta + \frac{1}{3} \theta^3 + \frac{2}{15} \theta^5 + \dots \quad (1-2)$$

因 θ 角很小, 只取式 (1-2) 的前两项, 并以此代入式 (1-1), 得

$$\Delta D = R \left[\theta + \frac{1}{3} \theta^3 - \theta \right] = R \frac{\theta^3}{3}$$

$$\therefore \theta = \frac{D}{R}$$

$$\therefore \Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad (1-3)$$

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \quad (1-4)$$

表 1-1 水平面代替水准面对距离测量的影响

D (km)	ΔD (cm)	$\frac{\Delta D}{D}$ (相对误差)
10	1	1: 1000 000
20	7	1: 300 000
50	102	1: 49 000

取 $R=6\ 371$ km, 以不同的 D 值代入式 (1-3) 及式 (1-4) 即得表 1-1 所列的数值。

由表 1-1 可以看出, 当 $D=20$ km 时, 用水平面上 D' 的长度代替大地水准面上的弧长 D , 所产生的误差是 7 cm, 相对误差为三十分之一, 对常用的精度测量来说, 这样小的误差是允许的。所以, 对平面位置而言, 在半径 20 km 的圆面积内是可以用水平面代替水准面的。

二、对高程的影响

如图 1-8 所示, A, B 两点均在大地水准面上, 它们的绝对高程应为零, 即 A, B 两点的高差应为零。但用水平面代替大地水准面之后, A, B 两点之高差成为 BB' , 这个差值就是地球曲率对高程的影响, 用 Δh 表示

$$(R + BB')^2 = R^2 + D'^2$$

$$R^2 + 2 \cdot \Delta h \cdot R + \Delta h^2 = R^2 + D'^2$$

$$2 \cdot \Delta h \cdot R + \Delta h^2 = D'^2$$

由于 D' 与 D 相差很小, 在上式中以 D 代 D' , 移项后可得

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R + \Delta h} \quad (1-5)$$

上式中分母 Δh 与 R 相比较, Δh 显得很小, 在分母中略去微量对分式是没有什么影响的, 因而式 (1-5) 可写成

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1-6)$$

取 $R=6\ 371$ km, 以不同的 D 值代入可得表 1-2 数值。

表 1-2 用水平面代替水准面对高程测量的影响

D (km)	0.1	0.2	0.5	1	2	3	4
Δh (mm)	0.8	3.1	19.6	78.5	314	706	1256

从表 1-2 可以看出, 用水平面代替水准面对高程的影响是很大的, 距离仅 100 m 时高程的误差已达 0.8 mm; 对 200 m 的距离, 高程的误差达 3.1 mm。这么大的误差, 是不允许的, 因此在高程测量中, 尽管距离很短, 也应该考虑地球曲率对高程的影响。

§ 1-7 测量工作概述

一、测量工作内容

测量的主要目的是为了确定点与点之间的相对位置, 即是要确定点的平面位置和高程位置。在实际工作中常常不是直接测量点的坐标值和高程, 而是观测点之间的距离、角度(或方向)和高程差。因此, 高程、角度和距离是确定地面点位的三个基本要素, 而高程测量、角度观测和距离丈量则是测量工作的基本内容。

测量工作按其性质可分为外业和内业两种。

外业工作的内容包括应用测量仪器和工具在测区内测绘地面点的相对位置, 或者把已设计的建筑物或构筑物的轴线按设计位置在地面上测设出来。

内业工作则是将外业观测的结果, 加以整理、计算, 并绘制成图以便于使用。

二、测量工作的组织原则

测量工作的基本原则应该是: 从整体到局部, 先控制后碎部(或细部)。



图 1-9

为了测定测区(图 1-9)地面上各点相对位置, 要将房子、道路、耕地、山丘、树林地带等碎部测绘于图上, 其作法如下: 首先在测区内选定一些点(如图 1-9 中的 A, B, C, D, \dots, M 等点)作为控制点, 将这些点连接成多边形或三角形等图形以构成控制网; 用较准确的方法测定控制点之间的距离、角度以及各点的高程差, 并通过内业计算来确定这些点的平面位置和高程位置; 然后根据控制点位置来测定其附近碎部点(房子、道路、山岭、耕地等)的位置。这就是所谓“先控制后碎部”的测量方法, 这样做可以提高控制点位置的准确度并使精度比较均匀。这样, 不但可以减少碎部点测量误差的累积, 而且可以分组同

时在各控制点上进行碎部测量，以便于展开工作，使效率显著提高。

在控制测量或碎部测量的外业或内业工作中都有可能发生错误，小错误影响成果质量，严重的错误则造成翻工浪费，延误工期。因此，为了避免出错，每项测量工作都应该小心从事，并须进行必要的检查和校核。

思考题与习题

- 1-1 测量学研究的对象是什么？大地测量学与普通测量学有何区别？
- 1-2 建筑工程测量研究的内容是什么？
- 1-3 水平面、水准面、大地水准面有何差异？
- 1-4 试述地球的形状和大小；地球的形体是怎样的？
- 1-5 已知北京的地理坐标为 $\lambda = \text{东经 } 116^{\circ}28'$ ， $\varphi = \text{北纬 } 39^{\circ}54'$ ，试绘略图表示其位置。
- 1-6 试述测量平面直角坐标系统与数学上的直角坐标系统的异同点。
- 1-7 什么是绝对高程、相对高程和高差？
- 1-8 用水平面代替水准面对距离的影响如何？对高程的影响又如何？
- 1-9 测量工作的组织原则是什么？

第二章 水准测量

§ 2-1 高程测量概述

在测量工作中，通常要测定地面两点间的高差，根据其中一点已知高程，计算出另一点的高程。

高程测量的方法，常用的有三种：水准测量，三角高程测量，气压高程测量。

一、水准测量

水准测量是应用仪器提供水平视线进行量度，比较出二点间的高差。所用的仪器是水准仪。水准测量是高程测量中最精确的方法，在工程测量中应用很广，本章予以介绍。

二、三角高程测量

三角高程测量是应用仪器和工具，根据两点间的距离 D 和竖直角 α ，应用三角原理，两点间的高差 h 可按公式 $h = D \operatorname{tg} \alpha$ 求得。三角高程测量的精度比水准测量低，但也具有一定的精度，在地形测量等的一些测量工作中应用较多。这在后面介绍。

三、气压高程测量

气压高程测量是应用大气压力主要随地面高程之不同而改变的原理，应用气压计测出地面上两点的大气压力，计算出两点间的高差。气压高程测量精度低，在土建工程中很少使用，本书不予介绍。

§ 2-2 水准测量原理

如图 2-1 所示，已知 A 点的高程为 H_A ，欲测定 B 点对 A 点的高差 h_{AB} ，计算出 B 点的高程 H_B 。可在 AB 之间安置水准仪，在 A, B 点上竖立水准尺。测量方向由 A 至 B ，根据水准仪提供的水平视线截于 A 尺上的读数为 a ， B 尺上的读数为 b ，则 B 点对 A 点的高差为

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

式中 a ——后视读数（简称后视），通常是已知高程点 A 的水平视线截尺读数；

b ——前视读数（简称前视），是未知高程点 B 的水平视线截尺读数。

两点的高差，等于后视读数减前视读数。高差有正值，当后视读数 a 大于前视读数 b （即地面 B 点高于 A 点），高差 h_{AB} 为正值，反之为负值。测得 A 点至 B 点的高差后，可求得 B 点的高程

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

上式是通过高差的计算而求得 B 点的高程。高程的计算也可以用视线高程的方法进行