



Engineering Surveying

工程测量

郝海森 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

Engineering Surveying

工程测量

郝海森 主 编

王勇智 曹志勇 高永芹 副主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

全书分为三大部分：测量的基本理论、地形测量、施工测量。第一部分包括第1章至第5章，主要对传统测量仪器和当代测绘新仪器的基本概念、基本原理、使用方法及其基本的误差理论进行详细的介绍。第二部分包括第6章至第8章，主要讲述小地区控制测量、大比例尺地形图的测绘和地形图的应用，使读者理解测绘地形图基本原理以及如何使用地形图，同时也介绍全站仪的应用。第三部分包括第9章至第14章，先介绍测设的基本方法，然后根据水利工程、工业与民用建筑、道路与桥梁工程、架空输电线路工程等各行业不同工程类型的具体特点，分别讲述其施工测量方法及新仪器、新技术的应用。

本书可作为高职高专工科类院校非测量专业工程测量课程教材，也可作为测绘工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程测量 / 郝海森主编. —北京：中国电力出版社，2010.9

ISBN 978 - 7 - 5123 - 0814 - 5

I. ①工… II. ①郝… III. ①工程测量 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 166896 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑：王晓蕾 责任印制：甄 茁 责任校对：李 楠

航远印刷有限公司印刷 · 各地新华书店经售

2010 年 9 月第 1 版 · 第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 16.25 印张 · 394 千字

定价：29.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话 (010 - 88386685)

前 言

本书是根据高等职业技术教育和专科的培养目标，以“理论够用、注重专业技能实用”为原则，结合各行业工程特点编写的，可以作为水利工程、工业与民用建筑、道路与桥梁等非测绘类的工程测量教材，也可作为相关工程技术人员的参考书。

本书注重测量的基本理论、基本计算、基本操作，理论联系实际，编写内容贴近工程实际，适应工程需要，兼顾传统技术与新技术的结合，突出“实践、实用”的特点，利于自学，满足一线生产岗位对工程测量技术知识的需要。

本书由郝海森（第1章、第11章前5节、11.7、11.8节、第13章）、曹志勇（第2章、第9章、第12章）、张丽军（第3章、第5章）、周宏达（第4章）、杨晓平（第6章、第7章、第11章第11.6节）、高永芹（第8章、第10章第10.4~10.6节）、姬晓东（第10章第10.1~10.3节）、吴亮清（第10章第10.7节）、王勇智（第14章）编写。全书由郝海森统稿。

在本书的编写过程中，作者收集了大量的资料，借鉴了同类教材的相关内容。由于编者水平有限，书中缺点和不足之处在所难免，恳请使用教材的师生、读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 测量学概述和工程测量的基本任务	1
1.2 地面点位的确定	2
1.3 用水平面代替水准面的限度	6
1.4 测量工作概述	7
第2章 水准测量	9
2.1 水准测量的原理	9
2.2 水准测量仪器和工具.....	10
2.3 普通水准测量.....	14
2.4 三、四等水准测量.....	17
2.5 水准测量的成果计算.....	20
2.6 水准仪的检验和校正.....	23
2.7 水准测量误差及注意事项.....	25
2.8 其他类型水准仪简介.....	27
第3章 角度测量	31
3.1 角度测量原理.....	31
3.2 光学经纬仪及其使用.....	32
3.3 水平角测量的方法.....	35
3.4 竖直角测量.....	38
3.5 经纬仪的检验与校正.....	42
3.6 角度测量误差及注意事项.....	44
第4章 距离测量与直线定向	48
4.1 钢尺量距.....	48
4.2 视距测量.....	52
4.3 光电测距仪及其使用.....	54
4.4 直线定向.....	56
第5章 测量误差理论	60
5.1 测量误差来源与分类.....	60
5.2 衡量精度的指标.....	62
5.3 误差传播定律.....	63
5.4 算术平均值及其中误差.....	66

第6章 小地区控制测量	68
6.1 控制测量概述	68
6.2 导线测量	73
6.3 交会定点测量	82
6.4 高程控制测量	84
第7章 大比例尺地形图测绘	87
7.1 地形图的要素	87
7.2 大比例尺地形图的测绘	94
7.3 全站仪	98
第8章 地形图的应用	102
8.1 地形图的识读	102
8.2 地形图的基本应用	104
8.3 地形图上面积的量算	106
8.4 地形图在平整土地中的应用	110
第9章 测设的基本工作	116
9.1 水平角度测设	116
9.2 水平距离测设	117
9.3 高程及坡度线测设	117
9.4 平面点位的测设	119
9.5 曲线测设	121
第10章 水利工程测量	132
10.1 土石坝施工测量	132
10.2 水闸施工测量	138
10.3 水库淹没界桩的测设	141
10.4 渠道测量	142
10.5 水位测量和水深测量	148
10.6 河道纵横断面及水下地形测量	149
10.7 码头施工测量	153
第11章 工业与民用建筑工程测量	164
11.1 建筑场地上的施工控制测量	164
11.2 一般民用建筑施工测量	169
11.3 工业厂房控制网和柱列轴线测设	174
11.4 高层建筑施工测量	180
11.5 烟囱、水塔施工测量	182
11.6 建筑物变形观测	183
11.7 激光垂准仪的应用	194
11.8 竣工总平面图的编绘	195
第12章 道路与桥梁工程测量	197
12.1 概述	197

12.2	初测阶段的测量工作·····	197
12.3	定测阶段的测量工作·····	199
12.4	道路施工测量·····	206
12.5	桥梁施工测量·····	210
第 13 章	架空输电线路测量 ·····	214
13.1	架空输电线路的基本知识·····	214
13.2	路径方案的选择和定线测量·····	215
13.3	平断面测量·····	216
13.4	杆塔定位测量·····	218
13.5	线路施工测量·····	218
第 14 章	卫星定位技术在测量中的应用 ·····	225
14.1	卫星定位技术概述·····	225
14.2	卫星定位原理·····	230
14.3	GPS 控制测量技术设计与实施·····	234
14.4	GPS 控制测量数据处理·····	243
14.5	GPS 实时动态定位——RTK 技术·····	245
参考文献 ·····		252

第 1 章

绪 论

1.1 测量学概述和工程测量的基本任务

测量学是研究如何测定地面点的平面位置和高程,将地球表面的地物、地貌及其他信息绘制成图,确定地球的形状、大小的科学。它的内容包括两个部分,即测定和测设。测定是指使用测量仪器和工具,通过测量和计算,得到一系列测量数据,或把地球表面的地形缩绘成地形图,供经济建设、规划设计、科学研究和国防建设使用。测设是指把图样上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来,作为施工的依据。

测量学按照研究范围和对象的不同,可分为如下几个分支学科:

大地测量学:研究整个地球的形状和大小,解决大地区控制测量、地壳变形以及地球重力场变化和问题的学科。

普通测量学:不顾及地球曲率的影响,研究小范围地球表面形状的测绘工作的学科。

摄影测量与遥感学:研究利用摄影或遥感技术来测定目标物的形状、大小和空间位置,判断其性质和相互关系的理论技术的学科。

海洋测量学:研究以海洋和陆地水域为对象所进行的测量和制图工作的学科。

工程测量学:研究各种工程建设在设计、施工和管理阶段时的各种测量工作理论和技术的学科。

按工程建设的进行程序,工程测量可分为规划设计阶段的测量、施工阶段的测量和竣工后的运营管理阶段的测量。规划设计阶段的测量主要是提供地形资料。取得地形资料的方法是在所建立的控制测量的基础上进行地面测图或航空摄影测量。施工阶段的测量的主要任务是按照设计要求在实地准确地标定建筑物各部分的平面位置和高程,作为施工与安装的依据。一般也要求先建立施工控制网,然后根据工程的要求进行各种测量工作。竣工后的运营管理阶段的测量,包括竣工测量以及为监视工程安全状况的变形观测与维修养护等测量工作。

按工程测量所服务的工程种类,也可分为建筑工程测量、线路测量、桥梁与隧道测量、矿山测量、城市测量和水利工程测量等。此外,还将用于大型设备的高精度定位和变形观测称为高精度工程测量;将摄影测量技术应用于工程建设称为工程摄影测量;而将以电子全站仪或地面摄影仪为传感器在电子计算机支持下的测量系统称为三维工业测量。

工程测量是直接为工程建设服务的,它的服务和应用范围包括城建、地质、铁路、交通、房地产管理、水利电力、能源、航天和国防等各个工程建设部门。

1.2 地面点位的确定

测量工作的实质是确定地面点的位置。确定地面点的位置要了解地球的形状大小和地面点位的表示方式。

1.2.1 地球的形状和大小

在整个地球表面,陆地面积仅占 29%,而海洋面积占了 71%。因此,可以设想地球的整体形状是被海水所包围的球体,即设想将一静止的海洋面扩展延伸,使其穿过大陆和岛屿,形成一个封闭的曲面,这一静止的海水面称作水准面,如图 1-1 所示。由于海水受潮汐风浪等影响而时高时低,故水准面有无穷多个,其中与平均海水面相吻合的水准面称作大地水准面。由大地水准面所包围的形体称为大地体。通常用大地体来代表地球的真实形状和大小。

水准面的特性是处处与铅垂线相垂直。同一水准面上各点的重力位相等,故又将水准面称为重力等位面,它具有几何意义及物理意义。水准面和铅垂线就是实际测量工作所依据的面和线。

由于地球内部质量分布不均匀,致使地面上各点的铅垂线方向产生不规则变化,所以,大地水准面是一个不规则的无法用数学式表述的曲面,在这样的面上是无法进行测量数据的计算及处理的。因此人们进一步设想,用一个与大地体非常接近的又能用数学式表述的规则球体即旋转椭球体来代表地球的形状,如图 1-2 所示。它是由椭圆 NESW 绕短轴 NS 旋转而成。旋转椭球体的形状和大小由椭球基本元素确定,即

长半轴 a

短半轴 b

$$\text{扁率 } \alpha = \frac{a-b}{a}$$

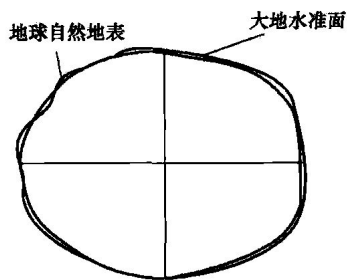


图 1-1 地球自然表面

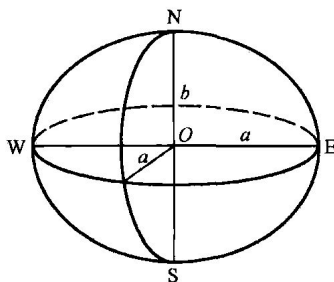


图 1-2 旋转椭球体

某一国家或地区为处理测量成果而采用与大地体的形状大小最接近,又适合本国或本地区要求的旋转椭球,这样的椭球体称为参考椭球体。确定参考椭球体与大地体之间的相对位置关系,称为椭球体定位。参考椭球体面只具有几何意义而无物理意义,它是严格意义上的测量计算基准面。

我国的 1954 北京坐标系采用的是克拉索夫斯基椭球，1980 国家大地坐标系采用的是 1975 国际椭球，而全球定位系统（GPS）采用的是 WGS-84 椭球。由于参考椭球的扁率很小，在小区域的普通测量中可将地（椭）球看作圆球，其半径 $R = (a + a + b)/3 = 6371\text{km}$ 。

2000 国家大地坐标系的原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心，2000 国家大地坐标系的 Z 轴由原点指向历元 2000.0 的地球参考极的方向， X 轴由原点指向格林尼治参考子午线与地球赤道面（历元 2000.0）的交点， Y 轴与 Z 轴、 X 轴构成右手正交坐标系。采用广义相对论意义下的尺度。2000 国家大地坐标系采用的地球椭球参数的数值为：长半轴 $a = 6\,378\,137\text{m}$ ，扁率 $f = 1/298.257\,222\,101$ 。我国自 2008 年 7 月 1 日起启用 2000 国家大地坐标系。上述椭球体参数见表 1-1。

表 1-1 世界上著名的椭球体参数

椭球名称	长半轴 a /m	短半轴 b /m	扁率 α	计算年代和国家	备 注
克拉索夫斯基	6 378 245	6 356 863	1:298.3	1940 前苏联	中国 1954 北京坐标系采用
1975 国际椭球	6 378 140	6 356 755	1:298.257	1975 国际 第三个推荐值	中国 1980 国家 大地坐标系采用
WGS-84	6 378 137	6 356 752	1:298.257	1979 国际 第四个推荐值	美国 GPS 采用
2000	6 378 137		1:298.257	中国	2008.7.1 启用

1.2.2 地面点位置的确定

地面点的位置需用坐标和高程来确定。坐标是指地面点投影到基准面上的位置，高程表示地面点沿投影方向到基准面的距离。根据不同的需要可以采用不同的坐标系和高程系。

1. 地理坐标

当研究和测定整个地球的形状或进行大区域的测绘工作时，可用地理坐标来确定地面点的位置。地理坐标是一种球面坐标，依据球体的不同而分为天文坐标和大地坐标。

(1) 天文坐标。以大地水准面为基准面，地面点沿铅垂线投影在该基准面上的位置，称为该点的天文坐标。该坐标用天文经度和天文纬度表示。如图 1-3 所示，将大地体看作地球， NS 即为地球的自转轴， N 为北极， S 为南极， O 为地球体中心。包含地面点 P 的铅垂线且平行于地球自转轴的平面称为 P 点的天文子午面。天文子午面与地球表面的交线称为天文子午线，也称经线。而将通过英国格林尼治天文台埃里中星仪的子午面称为起始子午面，相应的子午线称为起始子午线或零子午线，并作为经度计量的起点。过点 P 的天文子午面与起始子午面所夹的两面角就称为 P 点的天文经度，用 λ 表示，其值为 $0^\circ \sim 180^\circ$ ，在子午线以

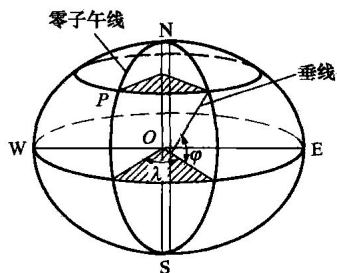


图 1-3 天文坐标

东的叫东经,以西的叫西经。

通过地球体中心 O 且垂直于地轴的平面称为赤道面。它是纬度计量的起始面。赤道面与地球表面的交线称为赤道。其他垂直于地轴的平面与地球表面的交线称为纬线。过点 P 的铅垂线与赤道面之间所夹的线面角就称为 P 点的天文纬度,用 φ 表示,其值为 $0^\circ \sim 90^\circ$,在赤道以北的叫北纬,以南的叫南纬。

天文坐标 (λ, φ) 是用天文测量的方法实测得到的。

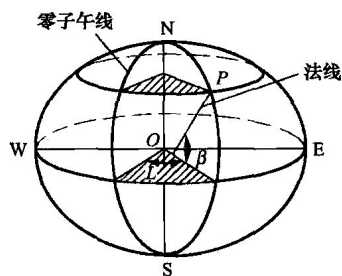


图 1-4 大地坐标

(2) 大地坐标。以参考椭球面为基准面,地面点沿椭球面的法线投影在该基准面上的位置称为该点的大地坐标。该坐标用大地经度和大地纬度表示。如图 1-4 所示,包含地面点 P 的法线且通过椭球旋转轴的平面称为 P 的大地子午面。过 P 点的大地子午面与起始大地子午面所夹的两面角就称为 P 点的大地经度,用 L 表示,其值分为东经 $0^\circ \sim 180^\circ$ 和西经 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。过点 P 的法线与椭球赤道面所夹的线面角就称为 P 点的大地纬度,用 β 表示,其值分为北纬 $0^\circ \sim 90^\circ$ 和南纬 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。我国 1954 年北京坐标系和 1980

年国家大地坐标系就是分别依据两个不同的椭球建立的大地坐标系。大地坐标 (L, β) 因所依据的椭球体面不具有物理意义而不能直接测得,只可通过计算得到。

2. 平面直角坐标

在实际测量工作中,通常是采用平面直角坐标。测量工作中所用的平面直角坐标与数学上的直角坐标基本相同,只是测量工作以 x 轴为纵轴,一般表示南北方向,以 y 轴为横轴一般表示东西方向,象限为顺时针编号,直线的方向都是从纵轴北端按顺时针方向度量的,如图 1-5 所示。这样的规定,使数学中的三角公式在测量坐标系中完全适用。

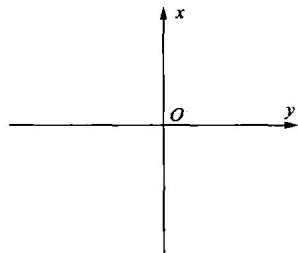


图 1-5 测量平面直角坐标系

(1) 独立测区的平面直角坐标。当测区的范围较小,能够忽略该区地球曲率的影响而将其当作平面看待时,可在此平面上建立独立的直角坐标系。一般选定子午线方向为纵轴,即 x 轴,原点设在测区的西南角,以避免坐标出现负值。测区内任一地面点用坐标 (x, y) 来表示,它们与本地区统一坐标系没有必然的联系而为独立的平面直角坐标系。如有必要可通过与国家坐标系联测而纳入统一坐标系。

(2) 高斯平面直角坐标系。当测区范围较大时,要建立平面坐标系,就不能忽略地球曲率的影响,必须采用地图投影的方法将球面上的大地坐标转换为平面直角坐标。目前我国采用的是高斯投影,高斯投影是由德国数学家、测量学家高斯提出的一种横轴等角切圆柱投影,该投影解决了将椭球面转换为平面的问题。从几何意义上看,就是假设一个椭圆柱横套在地球椭球体外并与椭球面上的某一条子午线相切,这条相切的子午线称为中央子午线。假想在椭球体中心放置一个光源,通过光线将椭球面上一定范围内的物像映射到椭圆柱的内表面上 [图 1-6 (a)],然后将椭圆柱面沿一条母线剪开并展成平面,即获得投影后的平面图形 [图 1-6 (b)]。

高斯投影没有角度变形,但有长度变形和面积变形,离中央子午线越远,变形就越大。

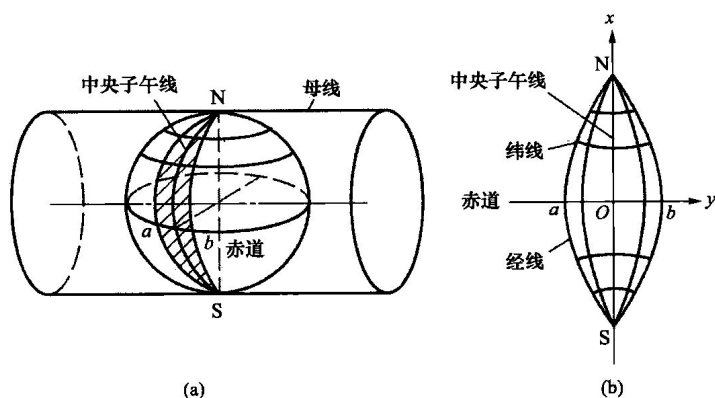


图 1-6 高斯投影概念

为了对变形加以控制, 测量中采用限制投影区域的办法, 即将投影区域限制在中央子午线两侧一定的范围, 这就是所谓的分带投影, 如图 1-7 所示。投影带一般分为 6° 带和 3° 带两种, 如图 1-8 所示。

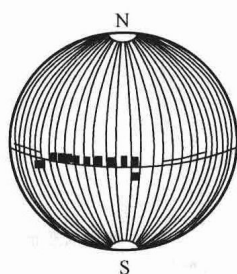
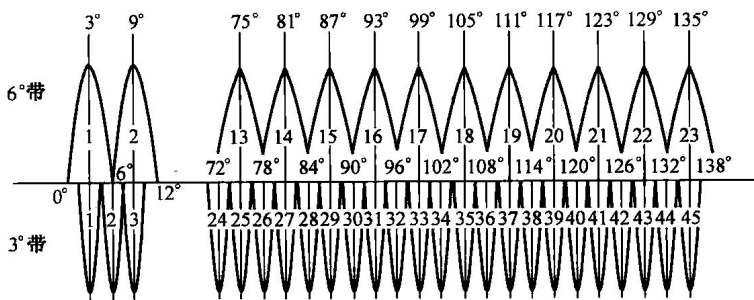


图 1-7 分带投影

图 1-8 6° 带和 3° 带投影

6° 带投影是从英国格林尼治起始子午线开始, 自西向东, 每隔经差 6° 分为一带, 将地球分成 60 个带, 其编号分别为 1, 2, ..., 60。每带的中央子午线经度 L_6 可用式 (1-1) 计算

$$L_6 = (6n - 3)^\circ \quad (1-1)$$

式中 n —— 6° 带的带号。

6° 带的最大变形在赤道与投影带最外一条经线的交点上, 长度变形为 0.14%, 面积变形为 0.27%。

3° 投影带是在 6° 带的基础上划分的。每 3° 为一带, 共 120 带, 其中央子午线在奇数带时与 6° 带中央子午线重合, 每带的中央子午线经度 L_3 可用下式计算

$$L_3 = 3^\circ n' \quad (1-2)$$

式中 n' —— 3° 带的带号。

3° 带的边缘最大变形现缩小为长度 0.04%, 面积 0.14%。

通过高斯投影, 将中央子午线的投影作为纵坐标轴, 用 x 表示, 将赤道的投影作为横坐标轴, 用 y 表示, 两轴的交点作为坐标原点, 由此构成的平面直角坐标系称为高斯平面直角坐标系, 如图 1-9 所示。对应于每一个投影带, 就有一个独立的高斯平面直角坐标系, 区

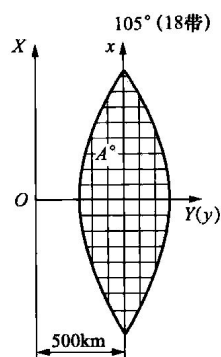


图 1-9 高斯平面
直角坐标

分各带坐标系则利用相应投影带的带号。

在每一投影带内, y 坐标值有正有负, 这对计算和使用均不方便, 为了使 y 坐标都为正值, 故将纵坐标轴向西平移 500km (半个投影带的最大宽度不超过 500km), 并在 y 坐标前加上投影带的带号。如图 1-9 中的 A 点位于 18 投影带, 其自然坐标为 $x = 3\,395\,451\text{m}$, $y = -82\,261\text{m}$, 它在 18 带中的高斯通用坐标则为 $X = 3\,395\,451\text{m}$, $Y = 18\,417\,739\text{m}$ 。

3. 高程

在一般的测量工作中都以大地水准面作为高程起算的基准面。因此, 地面任一点沿铅垂线方向到大地水准面的距离就称为该点的绝对高程或海拔, 简称高程, 用 H 表示。如图 1-10 所示, 图中的 H_A 、 H_B 分别表示地面上 A、B 两点的高程。我国规定以 1950 ~ 1956 年间青岛验潮站多年记录的黄海平均海水面作为我国的大地水准面, 由此建立的高程系统称为“1956 年黄海高程系”。新的国家高程基准面是根据青岛验潮站 1952 ~ 1979 年间的验潮资料计算确定的, 依此基准面建立的高程系统称为“1985 国家高程基准”, 其高程为 72.260m, 并于 1987 年开始启用。

当测区附近暂没有国家高程点可观测时, 也可临时假定一个水准面作为该区的高程起算面。地面点沿铅垂线至假定水准面的距离, 称为该点的相对高程或假定高程。如图 1-10 中的 H'_A 、 H'_B 分别为地面上 A、B 两点的假定高程。

地面上两点之间的高程之差称为高差, 用 h 表示。例如, A 点至 B 点的高差可写为

$$h = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-3)$$

由上式可知, 高差有正、有负, 并用下标注明其方向。在土木建筑工程中, 又将绝对高程和相对高程统称为标高。

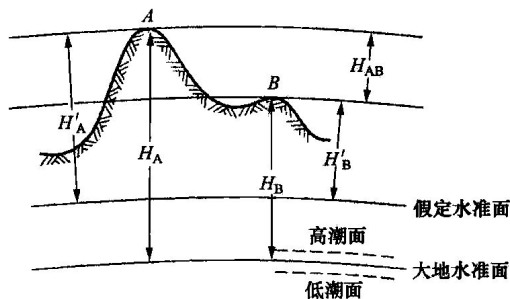


图 1-10 地面点的高程

1.3 用水平面代替水准面的限度

在实际测量中, 在一定的测量精度要求和测区面积不大的情况下, 往往以水平面直接代替水准面, 但是这必定会影响到高程、距离和角度的测量。

1.3.1 水准面曲率对水平距离的影响

如图 1-11 所示, 设 DAE 是水准面, AB 为其上的一段圆弧, 设长度为 S , 其所对圆心角为 θ , 地球半径为 R , 此时假定大地水准面作为一个圆球面。另自 A 点作切线 AC, 设长为 t , 如果将切于 A 点的水平面代替水准面, 即以相应的切线段 AC 代替圆弧 AB, 则在距离方面将产生误差 ΔS , 由图可得

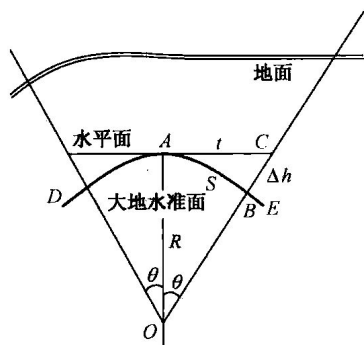


图 1-11 水平面代替水准面的影响

当水平距离为 10km 时，以水平面代替水准面所产生的距离误差为距离的 $1/1\,217\,700$ ，现在最精密距离丈量的容许误差为其长度的 $1/1\,000\,000$ 。因此在半径为 10km 的圆面积内进行长度的测量工作时，可以不必考虑地球曲率，在此范围内把水准面当作水平面看待，其误差可忽略不计。

1.3.2 水准面的曲率对水平角度的影响

由球面三角学可知，同一个空间多边形在球面上投影的各内角之和，较其在平面上投影的各内角之和大一个球面角超 ε 的数值。计算表明对于面积在 100km^2 以内的多边形，地球曲率对水平角度的影响在最精密的测量中才考虑。一般在面积为 100km^2 范围内水平角度测量可不顾及地球曲率的影响。

1.3.3 地球曲率对高差的影响

由图 1-11 可知

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + t^2$$

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

当两点间投影的水平距离与在大地水准面上的弧长相差很小时，可用 S 代替 t ，同时考虑 Δh 比地球半径 R 小得可忽略不计，故式 (1-6) 可写成

$$\Delta h = \frac{S^2}{2R} \quad (1-7)$$

当 $S = 10\text{km}$ 时， $\Delta h = 7.8\text{m}$ ；

当 $S = 100\text{m}$ 时， $\Delta h = 0.78\text{mm}$ 。

从上面计算表明：地球曲率的影响对高差而言，即使在很短的距离内也必须加以考虑。

1.4 测量工作概述

测量工作的基本任务是要确定地面点的平面位置和高程。确定地面点的几何位置需要进行一些测量的基本工作，为了保证测量成果的精度及质量需遵循一定的测量原则。

1.4.1 测量的基本工作

如图 1-12 所示， A 、 B 、 C 、 D 、 E 为地面上高低不同的一系列点，构成空间多边形

$ABCDE$ ，图下方为水平面。从 A 、 B 、 C 、 D 、 E 分别向水平面作铅垂线，这些垂线的垂足在

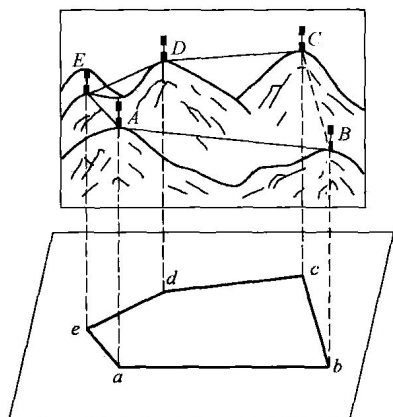


图 1-12 测量的基本工作

水平面上构成多边形 $abcde$ ，水平面上各点就是空间相应各点的正射投影；水平面上多边形的各边就是各空间斜边的正射投影；水平面上的角就是包含空间两斜边的两面角在水平面上的投影。地形图就是将地面点正射投影到水平面上后再按一定的比例尺缩绘至图纸上而成的。由此看出，地形图上各点之间的相对位置是由水平距离 D 、水平角 β 和高差 h 决定的，若已知其中一点的坐标 (x, y) 和过该点的标准方向及该点高程 H ，则可借助 D 、 β 和 h 将其他点的坐标和高程算出。因此，不论进行任何测量工作，在实地要测量的基本要素都是：距离（水平距离或斜距）、角度（水平角和竖直角）、高程（高差）。

1.4.2 测量工作的原则

测量工作必须遵循的第一条基本原则是“从整体到局部”，“先控制后碎部”，“步步检核”的原则。测量工作的目的之一是测绘地形图，地形图是通过测量一系列碎部点（地物点和地貌点）的平面位置和高程，然后按一定的比例，应用地形图符号和注记缩绘而成。测量工作不能一开始就测量碎部点，而是先在测区内统一选择一些起控制作用的点，将它们的平面位置和高程精确地测量计算出来，这些点被称作控制点，由控制点构成的几何图形称作控制网。然后再根据这些控制点分别测量各自周围的碎部点，进而绘制成图。

第 2 章

水准测量

2.1 水准测量的原理

2.1.1 水准测量原理

水准测量的原理是借助水准仪提供的水平视线，配合水准尺测定地面上两点间的高差。图 2-1 中，为了求出 A、B 两点的高差 h_{AB} ，在 A、B 两个点上竖立水准尺，在 A、B 两点之间安置水准仪，分别读得 A、B 两点标尺上读数 a 和 b ，则 A、B 两点的高差为

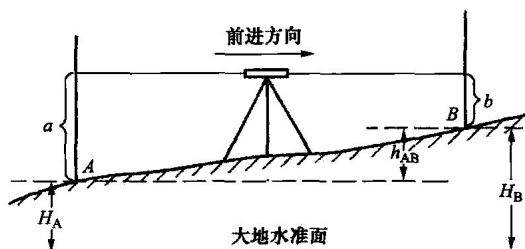


图 2-1 水准测量原理

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

A→B 方向为前进方向，读数 a 称为“后视读数”，读数 b 称为“前视读数”。高差 h_{AB} 可能是正，也可能是负，正值表示点 B 高于点 A，负值表示点 B 低于点 A。此外，高差的正负号又与测量进行的方向有关，例如图 2-1 中测量由 A 向 B 进行，高差 h_{AB} 为正；反之由 B 向 A 进行，则高差用 h_{BA} 表示，其值为负。因此在说明高差时必须标明高差的正负号，并说明测量进行方向。

当两点相距较远或高差太大时，可分段连续进行，从图 2-2 中可得

$$\begin{aligned} h_1 &= a_1 - b_1 \\ h_2 &= a_2 - b_2 \\ &\vdots \\ h_n &= a_n - b_n \\ \hline h_{AB} &= \sum h = \sum a - \sum b \end{aligned} \quad (2-2)$$

即两点的高差等于连续各段高差的代数和，也等于后视读数之和减去前视读数之和。通常要用 $\sum h$ 和 $(\sum a - \sum b)$ 两种方式进行计算，用来检核计算是否有误。

图 2-2 中置仪器的点 I、II、…称为测站。立标尺的点 1、2、…称为转点，它们在前一测站先作为待求高程的点，然后在下一测站再作为已知高程的点，转点起传递高程的作用。每相邻两水准点间称为一个测段。

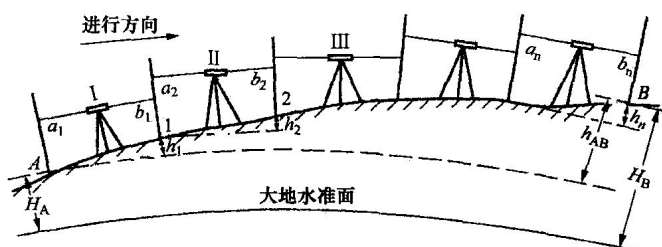


图 2-2 水准测量

2.1.2 高程计算

由图 2-1 可知, 当 A 点高程已知, 求取 B 点高程时, 可以利用视线高程相等的方法计算。即 A 点高程加后视读数 a 与 B 点高程加前视读数 b 相等, 均为仪器视线的高程, 设视线高程为 H_i , 得

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

即

$$H_B = H_A + a - b = H_A + h_{AB} \quad (2-4)$$

因此 B 点的高程等于 A 点的高程加上两点间的高差, 这就是通过水准测量求取未知点高程的方法。

2.2 水准测量仪器和工具

水准测量所使用的仪器和工具有水准仪、水准尺和尺垫。

水准仪可以提供严格的水平视线。目前常用的水准仪有微倾式水准仪——利用水准管来获得水平视线; 自动安平水准仪——利用自动补偿器来获得水平视线; 新型水准仪——电子水准仪、激光水准仪等。

我国的水准仪系列标准一般有 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 和 DS_{10} 几个等级。D 是大地测量仪器的代号, S 是水准仪的代号, 数字表示仪器的精度。其中 DS_{05} 和 DS_1 属于精密水准仪, DS_3 属于一般水准仪, DS_{10} 则用于简易水准测量。

2.2.1 DS_3 微倾式水准仪的构造和使用

1. DS_3 微倾式水准仪的构造

DS_3 微倾式水准仪如图 2-3 所示, 它由三个主要部分组成: 望远镜——用来提供视线, 读取水准尺上的读数; 水准器——用于指示仪器或视线是否处于水平位置; 基座——用于置平仪器, 它支承仪器的上部并使其在水平方向转动。

微倾式水准仪各部分的名称如图 2-3 所示。基座上有三个脚螺旋, 调节脚螺旋可使圆水准器的气泡居中, 仪器粗略整平。望远镜和管水准器与仪器的竖轴连接成一体, 竖轴插入基座的轴套内, 可使望远镜和管水准器在基座上绕竖轴旋转。制动螺旋和微动螺旋用来控制望远镜在水平方向的转动。制动螺旋松开时, 望远镜能自由旋转; 旋紧时望远镜固定不动, 旋转微动螺旋才能起作用, 可使望远镜在水平方向作缓慢的转动, 用来精确瞄准。旋转微倾