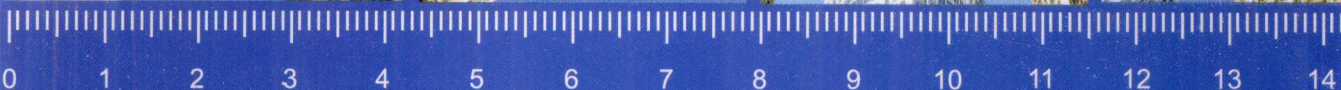




黄羚 李琳 主编

实用建筑测量技术

SHIYONG JIANZHU CELIANG JISHU

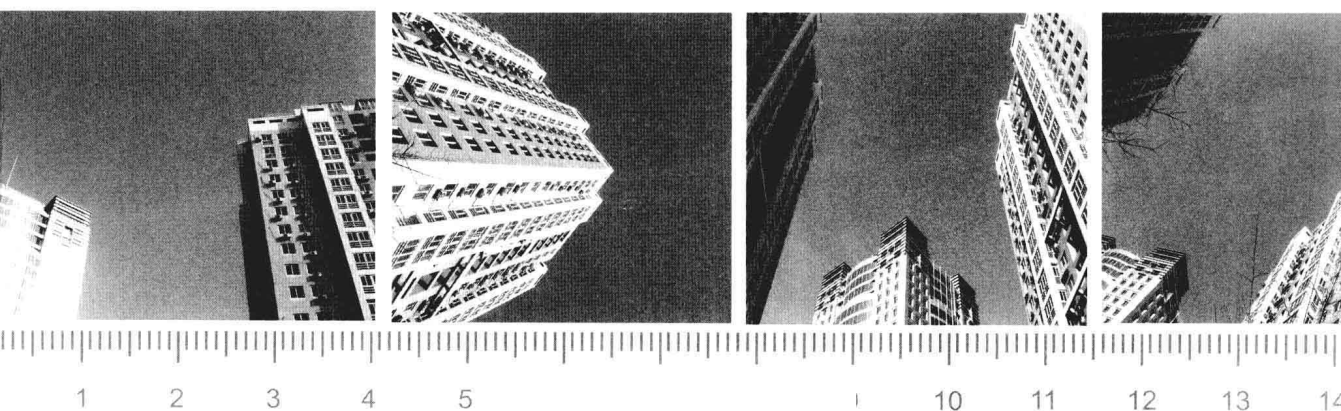


化学工业出版社

黄 羚 李 琳 主编

实用建筑测量技术

SHIYONG JIANZHU CELIANG JISHU



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书系参考住房和城乡建设部土建测量规范标准及高职高专和应用型本科教育土建类各专业测量学基本要求编制而成。内容涵盖测量基本知识、水准测量、角度测量、距离测量、方向测量、测量误差简介、小区域大比例尺地形图测量实操技术、建筑工程测量的工作内容、建筑施工现场控制测量实操技术、民用建筑施工测量实操技术、建筑工业厂房施工测量实操技术、管道工程施工测量实操技术、建筑物变形观测、电子全站仪及 GPS 卫星定位简介等。

本书可供城乡建设领域测绘人员参考,也可供高职高专院校、职大、夜大及函大建筑等相关专业师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

实用建筑测量技术/黄玲,李琳主编. —北京:化学工业出版社, 2010.12

ISBN 978-7-122-09625-8

I. 实… II. ①黄…②李… III. 建筑测量 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 197005 号

责任编辑:袁海燕

文字编辑:荣世芳

责任校对:宋 玮

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:北京市兴顺印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 11 $\frac{3}{4}$ 字数 304 千字 2011 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

在土木工程建设领域，测量是贯穿于全过程、实践性强、操作性要求高的基本技术，是从事土木工程规划设计与施工技术工作的基础。测量广泛应用于基础建设领域的房屋建筑、交通、能源、水电等工程的勘测设计、施工和管理各阶段，是建筑工程人员必备的专业技能。

随着技术的进步，测绘高新技术已经在建筑领域内获得广泛的应用。在建设规划设计阶段，各种比例的地形图、数字地形图或地理信息系统（GIS），用于城镇规划设计、管理、道路选线以及总平面和竖向设计等；在施工阶段，特别是大型工程的施工，全球定位系统（GPS）技术和测量机器人技术已经用于高精度建（构）物的施工测设；在管理方面，竣工测量资料是扩建、改建和管理维护所必需的资料。因此，测量技术人员也要与时俱进，不断学习、掌握、应用这些新技术。

同时，为了贯彻《国务院关于大力发展职业教育的决定》的精神，提高我国土建领域的职业技术水平，培养出适应新时期职业需要的高素质人才，我们组织有教学和实践经验的教师，在综合调研的基础之上，编写了本书。

测量技术是实践性非常强的技术，因此，在编写时注意深浅适当，概念准确，方法力求简单和实用。对于常用的、基本的测量方法，主要从原理、测量方式及检验与校正几个方面分别阐述，而实际应用较多的测量仪器，则进行了重点介绍和论述，对于不太常用的新仪器仅作适当介绍。在内容安排上，为了使读者能够更好地理解和掌握新的测量技术方法，在每一章后配有技能性训练题，增加了大量施工测量实操技术，无论是对于刚参加工作的技术人员还是在校学生都有很好的参考价值。

总之，本书本着简明实用、去粗取精的编写理念，对每一类测量、每一种测量方法、每一种测量仪器进行了简洁实用的讲述，实用性和适用性强。

在编写本书时，得到了有关领导和学者的鼎力支持，同时杨晓方、刘彦林、张计英、徐树峰、黄胜敏、孙兴雷、李志刚、李朝红、陈长明等参与了本书的编写工作，在此深表感谢。

限于编者水平，书中不足之处在所难免，热忱希望广大读者朋友批评指正。

主 编

2010年11月10日

第一章 测量的基本知识

1

第一节 测量工作简介	1
第二节 地面点位置表示	3
强化训练题	8

第二章 水准测量

9

第一节 水准测量原理	9
第二节 水准测量所用仪器	9
第三节 水准测量实操技术	16
第四节 水准仪的检验与校正	20
第五节 水准测量误差原因分析及消减	23
强化训练题	24

第三章 角度测量

25

第一节 水平角测量原理	25
第二节 角度测量所用仪器	25
第三节 用经纬仪测量水平角	31
第四节 用经纬仪测量竖直角	33
第五节 经纬仪的检验与校正	36
第六节 角度测量误差原因分析及消减	39
强化训练题	40

第四章 距离测量

41

第一节 距离测量用工具和仪器	41
第二节 钢尺量距实操技术	44
第三节 视距测量实操技术	48
第四节 光电测距实操技术	50
强化训练题	53

第五章 方向测量 54

第一节 方向测量所用仪器	54
第二节 直线定向	55
第三节 坐标正、反算	59
强化训练题	60

第六章 测量误差简介 61

第一节 测量误差产生的原因及种类	61
第二节 衡量测量精度的指标	63
第三节 误差传播定律	65
强化训练题	68

第七章 小区域大比例尺地形图测量实操技术 69

第一节 平面控制测量	69
第二节 高程控制测量	78
第三节 碎部测量	82
第四节 地形图的应用	94
强化训练题	101

第八章 建筑工程测量的工作内容 102

第一节 建筑施工测量概述	102
第二节 点的平面位置测设	106
第三节 已知坡度的测设	108
第四节 圆曲线测设	109
强化训练题	110

第九章 建筑施工场地控制测量实操技术 111

第一节 建筑施工控制网的建立	111
----------------------	-----

第二节	建筑施工坐标系统与测图坐标系统	112
第三节	建筑基线测设	113
第四节	建筑方格网的测设	114
第五节	建筑施工场地高程控制测量	117
	强化训练题	117

第十章 民用建筑施工测量实操技术 118

第一节	建筑施工测量准备	118
第二节	建筑物的定位和放线	120
第三节	建筑物基础施工测量	123
第四节	建筑物墙体施工测量与轴线投测	125
第五节	高层建筑测量	126
	强化训练题	129

第十一章 建筑工业厂房施工测量实操技术 130

第一节	厂房矩形控制网测设	130
第二节	厂房预制构件安装测量	132
第三节	厂房烟囱、水塔施工测量	135
	强化训练题	136

第十二章 管道工程施工测量实操技术 137

第一节	管道中心线测量	137
第二节	管道纵、横断面测量	138
第三节	管道施工测量	142
第四节	顶管施工测量	142
第五节	管道竣工测量	143
	强化训练题	145

第十三章 建筑物变形观测 146

第一节	建筑物变形观测概述	146
-----	-----------------	-----

第二节 建筑物的沉降观测	146
第三节 建筑物的倾斜观测	149
第四节 建筑物位移观测与裂缝观测	151
第五节 竣工平面图的编绘	152
强化训练题	153

第十四章 电子全站仪及 GPS 卫星定位简介 **154**

第一节 全站仪的构造及使用原理	154
第二节 GPS 卫星定位技术应用原理	156
强化训练题	159

附录 **160**

附录 A 实验教学指导	160
附录 B 综合实习指导	174

参考文献 **177**

第一章

测量的基本知识

第一节 测量工作简介

一、测量的基本工作

1. 测定地面点平面位置

测定地面点平面位置时，通常不直接来测，而是通过测量水平角和水平距离并经计算而求得。

如图 1-1 所示，在图中的坐标系中，如果能测得原点 O 附近 A 点的位置，那么只要能够测得水平角度 α_1 （也叫方位角）及距离 D_1 ，用三角公式可算出点 A 的坐标， $x_1 = D_1 \cos \alpha_1$ ， $y_1 = D_1 \sin \alpha_1$ 。如此再测得角度 α_1 、 β_1 、 $\beta_2 \cdots$ ，测得 D_1 、 D_2 、 $D_3 \cdots$ ，利用数学中极坐标和直角坐标的互换公式，即可推算出 B 、 $C \cdots$ 点的坐标数值。

因此，测定地面点平面位置，只要从坐标原点开始，逐点测得水平角和水平距离，就可推算出所测点的坐标，确定其平面位置。

2. 测定地面点的高程

要想测定地面点的高程，只要测得两点之间的高差，进而便可推算出欲求点的高程。

如图 1-2 所示，设 A 为已知高程点， B 为待定点。利用高差公式 $H_B = H_A + h_{AB}$ ，如果测得 A 、 B 之间的高差 h_{AB} ，即可算出 B 点的高差。

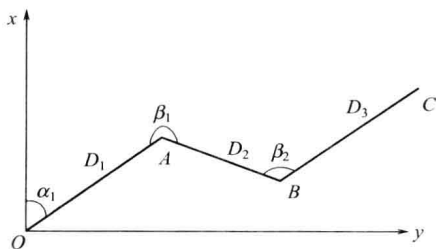


图 1-1 测定地面点位置

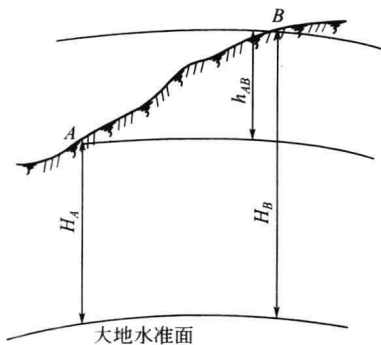


图 1-2 测定点的高程



因此,测定地面点的高程的主要测量工作即是测量高差工作了。

小总结

测量的基本工作也就是水平角测量、水平距离测量及高差测量。

二、测量工作的基本要求

1. 质量第一

测量工作的精度会影响施工质量,要想确保施工质量符合设计要求,施工测量工作必须要求质量第一位。

2. 测量人员要有严肃认真的态度

在测量工作中,为避免产生差错,应进行相应的检查和检核,杜绝弄虚作假、伪造成果、违反测量规则的错误行为。因此,施工测量人员应有严肃认真的工作态度。

3. 测量人员要爱护测量仪器及工具

每一项测量工作,都要使用相应的测量仪器,且测量仪器相对建筑施工其他用具比较精密和贵重,测量仪器的状态也将直接影响测量观测成果的精度。因此,施工测量人员应爱护测量仪器与工具。

4. 测量成果应真实、客观和原始

测量成果是施工的依据资料,需要长期保存,因此,测量成果应具有真实、客观及原始性的特点。

三、测量工作应坚持的基本原则

(1) 由整体到局部的原则 将测区的范围按一定比例尺缩小成地形图时,通常不能在一张图纸上表示出来。测图时,要求在一个测站点(安置测量仪器测绘地物、地貌的点)上将该测区的所有重要地物、地貌测绘出来也是不可能的。在进行地形测图时,只好连续地逐个测站施测,然后再拼接出一幅完整的地形图。即当一幅图不能包括该地区面积时,必须先在该地区建立一系列测站点,再利用这些测站点将测区分成若干幅图,且分别施测,再拼接成该测区的整个地形图。

这种先在测区建立若干测站点,然后分别施测地形、地貌的方法即是先整体后局部的的方法。

(2) 先高级再低级的原则 在测地形图中,应首先选择一些具有控制意义的点(称为控制点),用较精密的仪器和控制测量方法把它们的位置测定出来,这些点就是测站点。在地形测量中称为地形控制点,或称为图根控制点。然后再根据它们测定道路、房屋、草地、水系的轮廓点,轮廓点即为碎部点。从精度上来讲就是“先高级再低级”的测量原则。

四、测量常用的计量单位

1. 角度单位

测量上常用的角度单位有度分秒制和弧度制两种。



(1) 度分秒制。1 圆周角 = 360° , $1^\circ = 60'$, $1' = 60''$ 。

(2) 弧度制。弧长等于圆半径的圆弧所对的圆心角, 称为一个弧度, 用 ρ 表示。

$$1 \text{ 圆周角} = 2\pi$$

$$1 \text{ 弧度} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57.3^\circ = 3438' = 206265''$$

2. 长度单位

测量常用到的长度单位有: $1\text{m}(\text{米}) = 10\text{dm}(\text{分米}) = 100\text{cm}(\text{厘米}) = 1000\text{mm}(\text{毫米}) = 10^6\mu\text{m}(\text{微米}) = 10^9\text{nm}(\text{纳米})$; $1\text{km}(\text{千米}) = 1000\text{m}(\text{米})$ 。

3. 面积单位

测量常用的面积单位有: $1 \text{ 公顷} = 10000\text{m}^2 = 15 \text{ 市亩}$, $1\text{km}^2 = 100 \text{ 公顷} = 1500 \text{ 市亩}$, $1 \text{ 市亩} = 666.67\text{m}^2$ 。

4. 体积单位

测量常用的体积单位有 m^3 , 工程上也叫“立方”或“方”。

五、建筑测量的任务

建筑工程测量学是运用测量学的基本原理和方法为各类建筑工程服务的一门学科。具体说就是研究建筑工程在勘测设计、施工建设和运营管理阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法的学科。

建筑测量的主要任务如下。

(1) 勘测设计阶段测绘地形图 这一测量工作是把工程建设区域内的各种地面物体的位置和形状以及地面的起伏状态, 依照规定的符号和比例尺绘成地形图, 为工程建设的规划设计提供必要的图纸和资料。例如, 公路建设要在设计阶段收集一切相关的地形资料以及地质、经济、水文等其他方面的情况, 在设计图上选择几条有价值的线路, 然后测量人员去测定所选线路上的带状地形图。最后设计人员根据测得的现状地形图选择最佳路线以及在图上进行初步的设计。

(2) 建筑施工测量 是指在工程施工建设之前, 测量人员要根据设计和施工技术的要求把建筑物的空间位置关系在施工现场标定出来, 作为施工建设的依据, 这一步也就是我们所说的施工放样。施工放样是联系设计和施工的重要桥梁, 精度要求也比较高。

(3) 建筑物的变形观测 主要是指在工程运营阶段, 为了监测建筑物的安全和运营情况, 验证设计理论的正确性, 需要定期地对工程建筑物进行位移、沉陷、倾斜等方面的监测, 通常以年为单位。

第二节 地面点位置表示

一、地球的形状

测量要在地球表面进行, 地球表面是不平的, 也是不规则的, 例如我国西藏的珠穆朗玛峰高 8844.43m , 太平洋西部的马里亚纳海沟深达 11022m , 此两者高度差近 2 万米 。虽然地球表面深浅不一, 但相对于半径为 6371km 的地球来说还是很小的。就整个地球而言, 71% 是被海洋所覆盖, 因此人们把地球总的形状看成是被海水包围的球体。如果把球面设想成一



个静止的海面向陆地延伸而形成的封闭的曲面。那么这个处于静止状态的海水面我们就称为水准面，它所包围的形体称为大地体。

通常，人们取地球平均的海水面作为地球形状和大小的标准，把平均海水面称为大地水准面，见图 1-3，测量工作是在大地水准面上进行的。

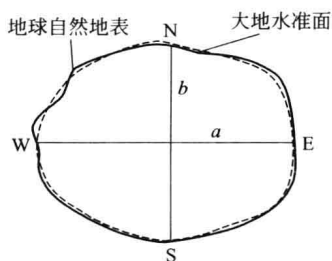


图 1-3 地球形状示意图

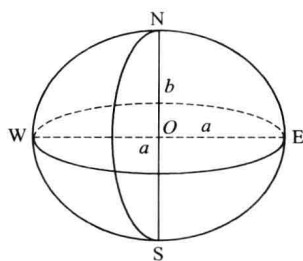


图 1-4 地球椭球体

静止的水准面受重力作用处处与铅垂线正交，由于铅垂面也是不规则的，因此大地水准面也是一个不规则的曲面。测量工作通常要用悬挂锤球的方法确定铅垂线的方向，垂线的方向也就是测量工作的基准线。

由于大地水准面是个不规则的曲面，在其面上是不便于建立坐标系和进行计算的，所以我们要寻求一个规则的曲面来代替大地水准面。测量实践证明，大地体与一个以椭圆的短轴为旋转轴的旋转椭球的形状十分相似，而旋转椭球是可以用公式来表达的。这个旋转椭球可作为地球的参考形状和大小，称为参考椭球体，如图 1-4 所示。

决定地球椭球体形状和大小的参数是椭圆的长半轴 a 、短半轴 b 及扁率 α ，关系式为：

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

由于地球椭球体的扁率 α 很小，当测量区域不大时，可将地球看作圆球，即半径取作 6371km。

二、地面点位置的表示方法

1. 地面点坐标

(1) 大地坐标系 在测量工作中，点在椭球面上的位置用大地经度和大地纬度来表示。经度即为通过某点的子午面与起始子午面的夹角，纬度即是指经过某点法线与赤道面的夹角。这种以大地经度和大地纬度表示某点位置的坐标系称为大地坐标系，也是全球统一的坐标系。

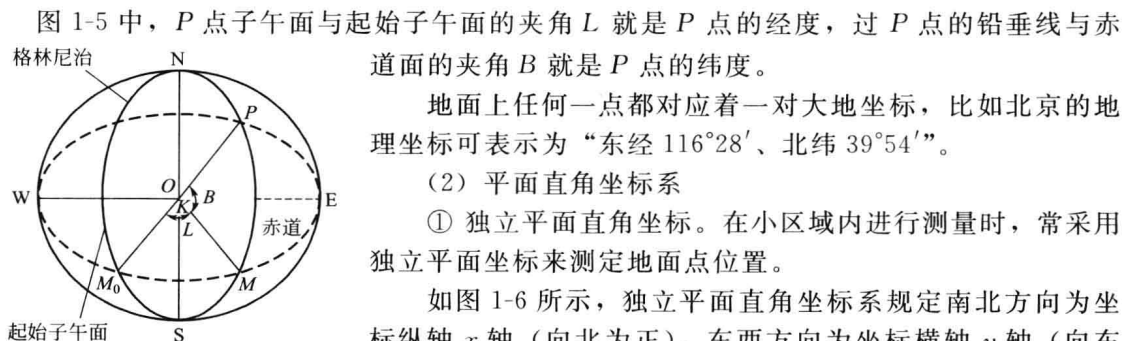


图 1-5 大地坐标系

图 1-5 中， P 点子午面与起始子午面的夹角 L 就是 P 点的经度，过 P 点的铅垂线与赤道面的夹角 B 就是 P 点的纬度。

地面上任何一点都对应着一对大地坐标，比如北京的地理坐标可表示为“东经 $116^{\circ}28'$ 、北纬 $39^{\circ}54'$ ”。

(2) 平面直角坐标系

① 独立平面直角坐标。在小区域内进行测量时，常采用独立平面坐标来测定地面点位置。

如图 1-6 所示，独立平面直角坐标系规定南北方向为坐标纵轴 x 轴（向北为正），东西方向为坐标横轴 y 轴（向东为正），坐标原点一般选在测区西南角以外，以使测区内各

点坐标均为正值。其与数学上的平面直角坐标系不同,为了定向方便,测量上,平面直角坐标系的象限是按顺时针方向编号的,将其 x 轴与 y 轴互换,目的是将数学中的公式直接用到测量计算中,见图 1-7。

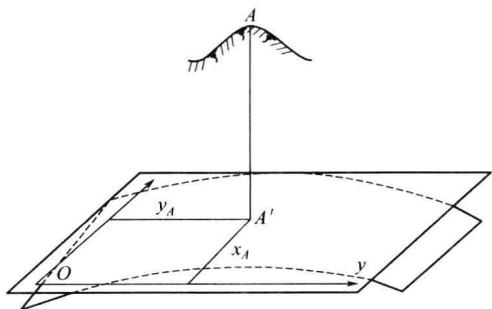


图 1-6 独立平面直角坐标系

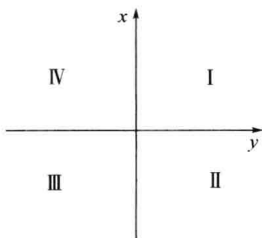
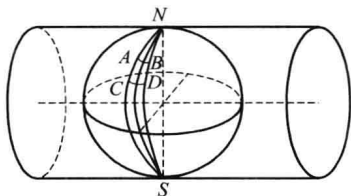


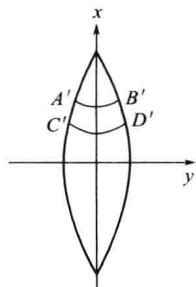
图 1-7 独立坐标象限

② 高斯平面直角坐标系。当测区范围比较大时,不能把球面的投影面看成平面,测量上通常采用高斯投影法来解决这个问题。利用高斯投影法建立的平面直角坐标系,称为高斯平面直角坐标系,大区域测量点的平面位置,常用此法。

a. 高斯平面直角坐标的形成如图 1-8 所示,假想一个椭圆柱横套在地球椭球体上,使其与某一条经线相切,用解析法将椭球面上的经纬线投影到椭圆柱面上,然后将椭圆柱展开成平面,即获得投影后的图 1-8(a) 的图形。



(a)



(b)

图 1-8 高斯平面直角坐标系

中央子午线投影到椭圆柱上是一条直线,把这条直线作为平面直角坐标系的纵坐标轴,即 x 轴,表示南北方向。

赤道投影后是与中央子午线正交的一条直线,作为横轴,即 y 轴,表示东西方向。这两条相交的直线相当于平面直角坐标系的坐标轴,构成高斯平面直角坐标系,见图 1-8(b)。

b. 高斯投影分带。高斯投影将地球分成很多带,为了限制变形,将每一带投影到平面上。

带的宽度一般分为 6° 、 3° 和 1.5° 等几种,简称 6° 带、 3° 带、 1.5° 带,如图 1-9 所示。 6° 带投影是从零度子午线起,由西向东,每 6° 为一带,全球共分 60 带,分别用阿拉伯数字 1、2、3、...、60 编号表示。位于各带中央的子午线称为该带的中央子午线。每带的中央子午线的经度与带号有如下关系:

$$L = 6N - 3$$

由于高斯投影的最大变形在赤道上,且随经度的增大而增大。 6° 带的投影只能满足 1:25000 比例尺地图,如果要得到大比例尺地图,则要限制投影带的经度范围。 3° 带投影是从 $1^\circ 30'$ 子午线起,由西向东,每 3° 为一带,全球共分 120 带,分别用阿拉伯数字 1、2、3、...、120 编号表示。 3° 带的中央子午线的经度与带号有如下关系:

$$L = 3N'$$

反过来,根据某点的经度也可以计算其所在的 6° 带和 3° 带的带号,公式为:

$$N = [L/6] + 1$$

$$N' = [L/3 + 0.5]$$



式中, N 、 N' 表示 6° 带、 3° 带的带号; $[\]$ 表示取整。

【例 1-1】 已知 $\times\times$ 地经度为东经 $116^\circ 26'$, 试计算此地的 6° 带和 3° 带的带号以及中央子午线的经度。

解: 此地的 6° 带的带号及中央子午线的经度分别为:

$$N = [116^\circ 26' / 6] + 1 = 20$$

$$L = 6 \times 20 - 3 = 117^\circ$$

此地的 3° 带的带号及中央子午线的经度分别为:

$$N' = [116^\circ 26' / 3] + 0.5 = 39$$

$$L = 3 \times 39 = 117^\circ$$

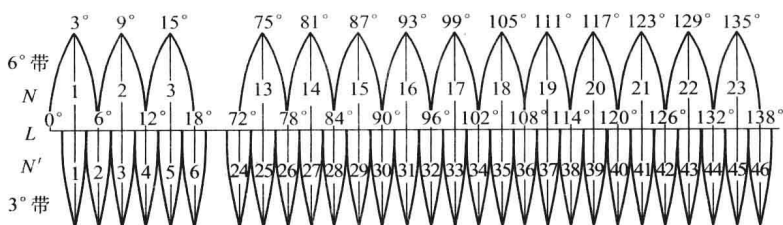


图 1-9 高斯投影分带

我国位于北半球, 为避免坐标值出现负值, 我国规定把纵坐标轴向西平移 500km, 这样全部横坐标值均为正值。此时中央子午线的 Y 值不是 0 而是 500km。

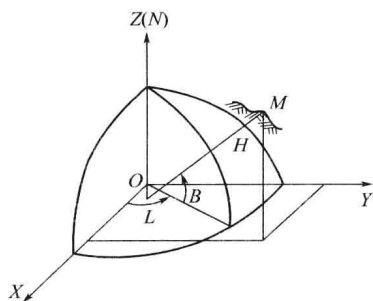


图 1-10 地心坐标系

(3) 地心坐标系 地心坐标系是指利用空中卫星位置来确定地面点位置的表示方法, 见图 1-10。

① 地心空间直角坐标系。如图 1-10 所示, 坐标系原点 O 与地球质心重合, Z 轴指向地球北极, X 轴指向格林尼治子午面与地球赤道的交点, Y 轴垂直于 XOZ 平面构成右手坐标系。

② 地心大地坐标系。如图 1-10 所示, 椭球体中心与地球质心重合, 椭球短轴与地球自转轴重合, 大地经度 L 为过地面点的椭球子午面与格林尼治子午面的夹角, 大地纬度 B 为过地面点的法线与椭球赤道面的夹角, 大地高 H

为地面点的法线到椭球面的距离。

在地心坐标系中, 任意地面点的地心坐标即可表示为 (x, y, z) 或 (L, B, H) , 二者之间可以换算。

2. 地面点高程

(1) 绝对高程 地面点到大地水准面的铅垂距离称为绝对高程, 简称高程, 或叫海拔。用 H 表示, 图 1-11 中的 H_A 、 H_B 分别为 A 点和 B 点的高程。

我国的绝对高程是由黄海平均海水面起算的, 该面上各点的高程为零。水准原点是指高程系统起算点, 我国的水准原点建立在青岛市观象山山洞里。根据青岛验潮站连续 7 年的水位观测资料 (1950~1956 年), 确定了我国大地水准面的位置, 并由此推算大地水准原点高程为 72.289m, 以此为基准建立的高程系统称为“1956 黄海高程系”。后来根据验潮站 1952~1979 年的水位观测资料, 重新确定了黄海平均海水面的位置, 由此推算出大地水准原点的高程为 72.260m。此高程基准称为 1985 年国家高程基准。

(2) 相对高程 水准点是指在全国范围内利用水准测量的方法布设的一些高程控制点。

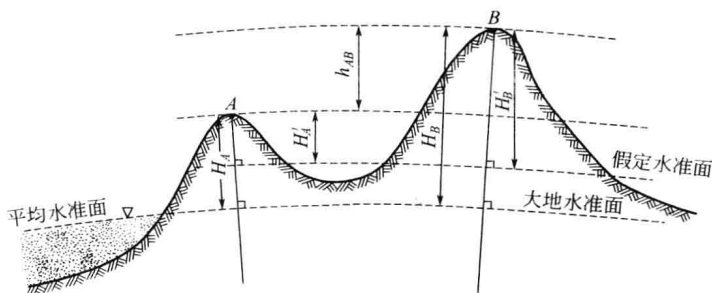


图 1-11 地面点高程

在一些远离已知高程的国家控制点地域，可以假定一个水准面作为高程起算基准面，地面点到假定水准面的铅垂距离称为相对高程，图 1-11 中的 A、B 两点的相对高程为 H'_A 、 H'_B 。

(3) 地面点间的高差 地面两点之间的高程或相对高程之差，称为高差，用 h 来表示。图 AB 两点间的高差通常可表示为 h_{AB} ，即：

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

由此可以看出，地面两点之间的高差与高程的起算面无关，仅取决于两点的位置。

三、实际测量时用水平面代替水准面的影响

1. 测量距离时，用水平面代替水准面的影响

见图 1-12，有地面上两点 A、B，其在大地上水准面上的投影为 a 、 b ，如果用过 a 点的水平面代替大地水准面，那么 a 、 b 点在大地上水准面上的投影为 a 、 b' ，地面 A、B 两点在水平面与大地水准面的距离分别为 D' 、 D 。

图 1-12 中，用 ΔS 表示 D' 代替 D 所产生的误差，那么：

$$\Delta S = D' - D$$

由 $D = R\theta$ ，且在 $\triangle aOb$ 中， $D' = R\tan\theta$ ，所以

$$\Delta S = D' - D = R\tan\theta - R\theta = R(\tan\theta - \theta)$$

将 $\tan\theta$ 按级数展开即为：

$$\tan\theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \frac{2}{15}\theta^5 + \dots$$

因为面积不大，所以 D' 不会太长，且 θ 角很小，故略去 θ 五次方以上各项，并代入上式得

$$\Delta S = \frac{1}{3}R\theta^3$$

将 $\theta = \frac{D}{R}$ 代入上式即得，

$$\Delta S = \frac{D^3}{3R^2}$$

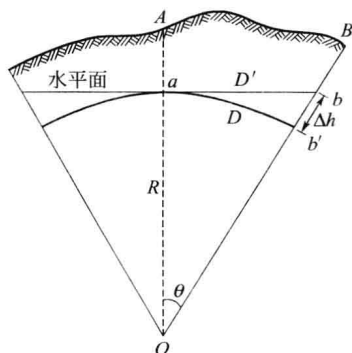


图 1-12 水平面代替大地水准面图示

以 $R = 6371\text{km}$ 和不同的 D 值代入公式 $\Delta S = \frac{D^3}{3R^2}$ ，算得相应的 ΔS 及 $\Delta S/S$ 值见表 1-1。

从下表中可以看出，即使地面距离远为 10km ，用水平面代替大地水准面所产生的距离误差也仅仅为 8.2mm ，相对误差仅为 $1/1220000$ 。在实际测量距离时，大地测量中使用的精密电磁波测距仪的测距精度为 $1/1000000$ （相对误差），地形测量中普通钢尺的量距精度约为 $1/2000$ 。因此，只有在大范围内进行精密测距时，才考虑地球曲率对距离测量的影响。而在一般地形测量中，可不必考虑这种误差的影响。



表 1-1 地球曲率对水平距离和高程的影响

距离/m	距离误差/mm	距离相对误差	高程误差/mm	距离/m	距离误差/mm	距离相对误差	高程误差/mm
100	0.000008	1/1250000 万	0.8	10000	8.2	1/122 万	7850.0
1000	0.008	1/12500 万	78.5	25000	128.3	1/19.5 万	49050.0

2. 测量高程时用水平面代替水准面的影响

测量高程时的起算面是大地水准面，当用水平面代替大地水准面进行高程测量时，测得的高程一定存在因地球弯曲而产生的高程误差的影响。

如图 1-12， a 点和 b' 点在同一水准面上，它们的高程是相等的。

当以水平面代替水准面时， b' 点升到 b 点， bb' 即 Δh 就是产生的高程误差。由于地球半径很大，距离 D 和 θ 角一般很小。因此 Δh 可以近似地用半径为 D ，圆心角为 $\theta/2$ 所对应的弧长来表示。即：

$$\Delta h = \frac{\theta}{2} D$$

由于 $\theta = \frac{D}{R}$ ，代入上式可得：

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R}$$

由表 1-1 可以看出，如果用水平面代替水准面来测算高程，其影响还是非常大的，例如，当距离仅为 1km 时，高程误差就为 78.5mm，这么大的误差，在高程测量中是绝对不允许的。

所以，进行高程测量，即使距离很短，也应用水准面作为测量的基准面，即应顾及地球曲率对高程的影响。

在实际测量水平角的过程中，用水平面代替水准面测算产生的误差非常小，常忽略不计，这里也不再做介绍。

小总结

在实际测量时，若测区范围面积不大，往往以水平面直接代替水准面，就是把球面上的点直接投影到平面上，不考虑地球曲率。但是到底多大面积范围内容许以平面投影代替球面，还应具体对待。

强化训练题

1. 测量的基本工作都有哪些？
2. 测量的基本原则是什么？
3. 何为大地水准面？
4. 高程指的是什么？高差又是什么？
5. 建筑工程测量的任务是什么？
6. $\times\times$ 地经度为东经 $115^\circ 18'$ ，试计算此地所在 6° 带和 3° 带的带号及相应带号内的中央子午线经度。
7. 用水平面代替水准面对测量水平距离及高程影响有何区别？

第二章

水准测量

第一节 水准测量原理

水准测量的原理即是已知某点高程，利用水准仪提供的水平视线测得已知点与欲求点两点的高差，从而计算欲求点的高程的方法。

如图 2-1，已知 A 点的高程，求 B 点的高程。可以在 A、B 两个点上竖立带有分划的标尺——水准尺，在两点之间安置可提供水平视线的仪器——水准仪。当视线水平时，在 A、B 两个点的标尺上分别读得读数 a 和 b ，则 A、B 两点的高差等于两个标尺读数之差。即：

$$h_{AB} = a - b$$

则 B 点的高程为：

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

将在已知高程点上的水准尺读数称为“后视读数”，那么在欲求点 b 高程点上的水准尺读数称为“前视读数”，高差的后视读数减去前视读数即为高差。A、B 两点的高差值如果是正值，则表示 B 点高于已知点 A，负值则表示待求点 B 低于已知点 A。高差值的正负值与测量方向有关，计算高差应表明正负号，说明测量方向。

图 2-1 中，A 点的高程 H_A 加后视读数 a 就是仪器架设高程（也叫视线高），通常用 H_i 表示，那么 B 点高程，也可以用 H_i 减前视读数求得，即：

$$H_B = H_i - b = (H_A + a) - b$$

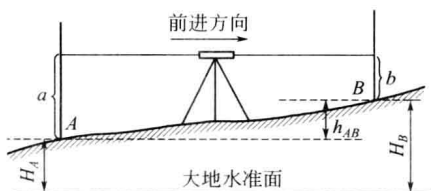


图 2-1 水准测量原理图

第二节 水准测量所用仪器

小说明

水准测量所使用的仪器为水准仪，它可以提供水准测量所需的水平视线。国产水准仪按其精度分，有 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 及 DS_{10} 等几种型号。D、S 分别为“大地测量”和“水准仪”的汉语拼音第一个字母，05、1、3 和 10 表示水准仪精度等级。目前在工程测量中常使用 DS_3 型水准仪。