



全国高职高专土木工程专业系列规划教材



JIANZHU GONGCHENG CELIANG

©周文国 郝延锦 主 编 王晓峰 梁 勇 副主编

建筑工程测量

(第二版)



科学出版社

www.sciencep.com

全国高职高专土木工程专业系列规划教材

建筑工程测量

(第二版)

周文国 郝延锦 主 编

王晓峰 梁 勇 副主编

科学出版社

北 京

内 容 提 要

本书为《全国高职高专土木工程专业系列规划教材》之一。本书主要介绍了测量的基本知识、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差的基本知识、控制测量、大比例尺地形图的测绘、地形图的应用、测设的基本工作、工业与民用建筑施工测量、曲线型建筑施工测量和管道工程施工测量、道路桥梁和隧道施工测量,另外还有八个测量实验等内容。

本书具有较宽的专业适用面,在内容组织上按照必需、够用的原则,注意反映概念和基本理论,注重实用性,力求体现职业教育的特点,可以作为土建类各专业、城市规划、市政工程、给水排水、房地产经营与管理 and 供热与通风专业教材,也可供广大工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/周文国、郝延锦主编. —2版:北京:科学出版社,2005

(全国高职高专土木工程专业系列规划教材)

ISBN 7-03-015164-X

I. 建… II. ①周…②郝… III. 建筑测量-高等学校:技术学校-教材
IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 019971 号

责任编辑:童安齐 彭明兰

责任印制:吕春眠 / 封面设计:东方上林

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年7月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005年4月第 二 版 印张:18 1/2

2005年4月第六次印刷 字数:355 000

印数:15 001—19 000

定价:22.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<环伟>)

(销售部电话:010-62136131 销售部电话:010-62137026) (VA04)

《全国高职高专土木工程专业系列规划教材》

编委会

主任委员 沈养中

副主任委员 (以姓氏笔画为序)

王志军 邓庆阳 司马玉洲 李继业
李维安 董 平 童安齐

委 员 (以姓氏笔画为序)

王长永 王振武 石 静 史书阁
付玉辉 田云阁 刘正保 刘念华
李洪岐 李树枫 肖 翥 陈守兰
张力霆 张丽华 张献奇 孟胜国
郝延锦 郭玉起 袁雪峰

第二版前言

《建筑工程测量》自 2001 年出版以来,经过各兄弟院校的教学实践,证明它符合高等职业技术教育和专科教育的培养目标与教学计划,是符合教学规律的,因此本书保留了原教材的基本结构,在广泛征求意见的基础上,为满足不同院校的教学要求、扩大使用范围、适用更多的工程建设项目,本书增加了道路、桥梁和隧道施工测量的内容,进一步扩大了知识面。

本书在阐述该学科基本理论的同时,注重理论与实践相结合,并着重培养学生分析与解决实际问题的能力。其主要内容包括:测量的基本知识、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差的基本知识、小区域控制测量、大比例尺地形图的测绘、地形图的应用、测量的基本工作、工业与民用建筑施工测量、曲线形建筑施工测量和管道工程测量、线路桥梁和隧道施工测量等。

在本书的编写过程中,作者收集了大量的资料,并借鉴了同类教材的相关内容。在总结实践经验的基础上,注重体现高职高专教育重在实践、实用的特点。

本书由华北科技学院周文国(第三、五章、第十三章的第 6、7、8 节、实习)、郝延锦(第一、二、四、六章、第十三章 1 至第 5 节、附录)、山东农业大学土木工程学院梁勇(第七、八章)、邢台职业技术学院王晓峰(第九章、第十章的第 4 至 9 节)、河北工程技术高等专科学校付铁链(第十二章)、河北工程技术高等专科学校王勇智(第十章的第 1、2、3 节)、南阳理工学院马中军(第十一章)编写。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

第一版前言

本书是根据高等职业技术教育和专科教育的培养目标与教学计划编写的,可作为工业与民用建筑、城乡规划、市政工程、给水排水和供热与通风专业的教材,也可以作为相关工程技术人员的参考书。

本书在阐述该学科基本理论的同时,注重理论与实践相结合,并着重培养学生分析与解决实际问题的能力。其主要内容包括:测量的基本知识、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差的基本知识、小区域控制测量、大比例尺地形图的测绘、地形图的应用、测量的基本工作、工业与民用建筑施工测量、曲线形建筑施工测量和管道工程测量等。

在本书的编写过程中,作者收集了大量的资料,并借鉴了同类教材的相关内容;在总结实践经验的基础上,注重体现高职高专教育重在实践、实用的特点。

本书由太原理工大学阳泉学院郝延锦(第一、二、四、六章、附录)、华北矿业高等专科学校周文国(第三、五章)、山东农业大学土木工程学院梁勇(第七、八章)、邢台职业技术学院王晓峰(第九章、第十章的第4、5、6、7、8、9节)、河北工程技术高等专科学校付铁链(第十二章)、河北工程技术高等专科学校王勇智(第十章的第1、2、3节)、南阳理工学院马中军(第十一章)编写。

太原理工大学康建荣、葛永慧副教授审阅了本书书稿,并提出了许多宝贵意见。在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中的缺点和错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

目 录

第二版前言

第一版前言

第一章 绪论	1
1.1 建筑工程测量的基本任务	1
1.2 地面点位的确定	2
1.3 测量工作概述	8
思考题和习题	10
第二章 水准测量	11
2.1 水准测量的基本原理	11
2.2 水准测量的仪器和工具	13
2.3 DS ₃ 型水准仪的使用	15
2.4 水准测量施测与记录	17
2.5 水准测量内业计算	20
2.6 水准测量的误差与注意事项	24
2.7 水准仪的检验与校正	26
2.8 自动安平水准仪、精密水准仪和激光水准仪	30
思考题和习题	31
第三章 角度测量	33
3.1 水平角观测的基本原理	33
3.2 J ₆ 级光学经纬仪	33
3.3 J ₂ 级光学经纬仪	37
3.4 光学经纬仪的使用	38
3.5 水平角观测方法	40
3.6 垂直角观测方法	43
3.7 水平角观测误差及其减弱措施	45
3.8 经纬仪的检验和校正	47
3.9 电子经纬仪测角原理	49
思考题和习题	52
第四章 距离测量	54
4.1 地面点的标定与直线定线	54
4.2 钢尺量距的一般方法	55

4.3	钢尺量距的精密方法	57
4.4	直线定向	60
4.5	罗盘仪及其使用	62
4.6	光电测距简介	63
4.7	视距测量	64
	思考题和习题	65
第五章	控制测量	66
5.1	控制测量概述	66
5.2	导线测量外业	68
5.3	导线测量内业计算	70
5.4	小三角测量	80
5.5	交会定点	87
5.6	高程控制测量	89
5.7	卫星定位系统简介	90
	思考题和习题	94
第六章	测量误差的基本知识	97
6.1	概述	97
6.2	测量误差的分类及其特性	98
6.3	评定精度的指标	99
6.4	误差传播定律	100
	思考题和习题	102
第七章	大比例尺地形图的基本知识与测绘	104
7.1	概述	104
7.2	地形图的图名、图号和图廓	105
7.3	地物符号和地貌符号	107
7.4	测图前的准备工作	112
7.5	碎部测量	114
7.6	电子平板测图系统简介	124
7.7	地形图的数字化	134
	思考题	137
第八章	地形图的应用	138
8.1	地形图应用的基本内容	138
8.2	地形图在工程设计中的应用	140
	思考题	144
第九章	施工测量的基本工作	146
9.1	水平距离、水平角和高程的测设	146

9.2 平面点位的测设	149
9.3 测设已知水平线及已知坡度线	152
思考题和习题	152
第十章 建筑施工测量	154
10.1 施工测量概述	154
10.2 施工控制网的建立	156
10.3 民用建筑施工测量	161
10.4 工业建筑施工测量	170
10.5 高层建筑施工测量	175
10.6 激光垂准仪的应用	177
10.7 烟囱、水塔施工测量	178
10.8 建筑物变形观测	180
10.9 竣工总平面图的编绘	184
思考题	185
第十一章 曲线形建筑施工测量	186
11.1 弧形建筑物的施工测量	186
11.2 椭圆形建筑物的施工测量	189
11.3 双曲线形建筑物的施工测量	192
11.4 三角形建筑物的施工测量	194
11.5 齿形建筑物的施工测量	194
思考题	196
第十二章 管道工程测量	197
12.1 中线测量	197
12.2 纵、横断面图的测绘	199
12.3 管道施工测量	205
12.4 管道竣工测量	212
思考题	212
第十三章 道路、桥梁和隧道施工测量	213
13.1 道路工程测量概述	213
13.2 道路中线测量	213
13.3 圆曲线测设	217
13.4 缓和曲线测设	223
13.5 路线纵、横断面测量	228
13.6 道路施工测量	230
13.7 桥梁施工测量	234
13.8 隧道施工测量	241

思考题和习题.....	249
测量实验	251
测量实验须知.....	251
实验一.....	254
实验二.....	255
实验三.....	256
实验四.....	258
实验五.....	259
实验六.....	261
实验七.....	261
实验八.....	262
附录	264
参考文献	282

第一章 绪 论

本章主要介绍建筑工程测量的基本任务、地面点位的表示方法以及测量工作的基本原理和程序等内容。

1.1 建筑工程测量的基本任务

随着科学技术的日益发展,测绘科学在国民经济建设和国防建设中的作用也日益增大。测绘工作常被人们称为是“建设的尖兵”,不论是经济建设还是国防建设,在每一项工程的勘测、设计、施工、竣工以及保养维修等阶段都离不开测绘工作,而且都要求测绘工作走在前面。建筑领域同样离不开测绘工作,从建筑工程的特点来看,建筑工程测量的内容大体包括两个方面:测定和测设。测定是指利用测量仪器和工具,通过一系列的观测和计算,获得确定地面点位置的数据,或把将要建设区域的地形测绘成一定比例的地形图,供建筑工程规划和设计时使用。测设是指把图纸上设计好的建筑物或构筑物的位置,按照设计与施工的要求在地面上标定出来,作为施工的依据。具体来说,建筑工程测量有以下几方面的任务:

1) 测绘大比例尺地形图。把将要进行工程建设的地区的各种地物(如房屋、道路、铁路、森林植被与河流等)和地貌(地面的高低起伏,如山头、盆地、丘陵与平原等)通过外业实际观测和内业数据计算整理,按一定的比例尺绘制成各种地形图、断面图,或用数字表示出来,为工程建设的各个阶段提供必要的图纸和数据资料。

2) 建筑物或构筑物的施工放样。将图纸上设计好的建筑物或构筑物,按照设计与施工的具体要求在实地标定出来,作为施工的依据。另外,在建筑物施工和设备的安装过程中,也要进行各种测量工作,以配合和指导施工,确保施工和安装的质量。

3) 绘制竣工总平面图。为了检查工程施工、定位质量等,在工程竣工后,必须对建(构)筑物、各种生产生活管道等设施,特别是对隐蔽工程的平面位置和高程位置进行竣工测量,绘制竣工总平面图。为建(构)筑物交付使用前的验收以及以后的改建、扩建和使用中的检修提供必要资料。

4) 观测建筑物的沉降、变形。在建筑物施工和使用阶段,为了监测其基础和结构的安全稳定状况,了解设计施工是否合理,必须定期对其位移、沉降、倾斜以及摆动进行观测,为工程质量的鉴定、工程结构和地基基础的研究以及建筑物的安全保护等提供资料。

总之,建筑工程测量在城乡规划、工业与民用建筑、土地管理、地下工程、给水排水、建筑学等专业领域有着重要的作用,所以从事工程建设的科技人员,必须掌

握一定的测量知识和测量技能。

本书主要介绍各类测绘仪器的使用、基本的测绘方法和手段、建筑物的施工放样技术和大比例尺地形图的测绘方法与程序等内容。学习本书后要达到的基本要求是：

- 1) 掌握工程测量的基本理论、基本知识和基本技能。
- 2) 了解常用测量仪器的一般构造与组成,重点掌握仪器的使用与基本操作方法。
- 3) 掌握建筑工程测量的主要内容和方法,并具有完成一般工程施工放样的能力。
- 4) 基本掌握大比例尺地形图的测绘过程,并初步掌握大比例尺地形图的测绘方法。
- 5) 学会阅读和应用地形图。

1.2 地面点位的确定

地球自然表面的形状是极其复杂的,要将地面上的各种物体(称为地物)和地面高低起伏的形态(称为地貌)用特定的符号表示在图纸上,就需要在地物和地貌的轮廓线上选择一些具有表形特征的点,只要将这些点测绘到图纸上,就可以参照实地情况比较准确地将地物、地貌描绘出来,从而得到地形图。从图 1.1(a)中可以看出,房屋的平面位置是由点 1、2、3...表示房屋轮廓的转折点的连线构成的。因此,只要将 1、2、3...点的平面位置测绘在图纸上,相应地连接这些点,就可以获得房屋在图上的平面位置。如图 1.1(b)所示的一条道路,其边线是不规则的,但弯曲部分可以看成是由许多短直线组成的,若能确定如 1、2、3...道路两旁转折点在图上的位置,同时考虑路宽以及道路形状的变化,就可以在图上描绘出这条道路的平面位置了。如图 1.1(c)所示,地面起伏形态可以用地形特征线上的坡度变化点所组成的线段来表示,也就是可以把各线段内的坡度看成是大体一致的[如图 1.1(c)所示的立尺点],首先把各个高低起伏的立尺点的位置测绘在平面图上,再根据各点所测的高程,用等高线的形式就可以把地貌描绘出来。

由此可见,测量工作的基本任务就是确定地面点的位置,无论是测绘地形图还

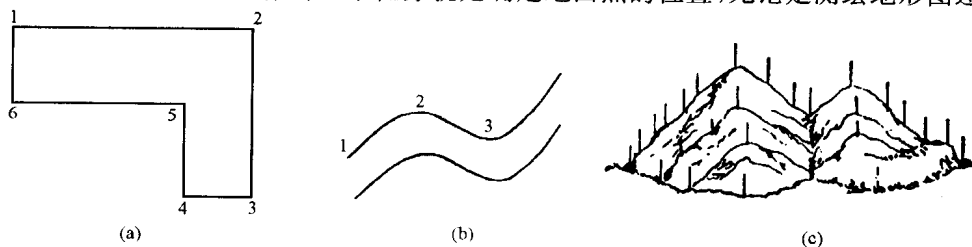


图 1.1 地物和地貌的特征点

是做建筑物的施工放样,都可以归结为确定地面点的位置的问题。下面讨论地面点的表示方法。

1.2.1 地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的,测量成果又需要归算到一定的平面上,才能进行计算与绘图,因此首先应当对地球的形状和大小有所了解。地球是一个表面形状极不规则的球体,其自然表面高低起伏,如世界上最高的我国的珠穆朗玛峰,它高出海水面 8848.13m,最底的太平洋中的马里亚纳海沟,其深达 11 022m。地球表面有陆地和海洋,其中陆地约占 29%,海洋约占 71%,因此我们可以把地球总的形状看作是被海水包围起来的球体,也就是设想有一个静止的海水面延伸后,穿过大陆和岛屿形成闭合曲面,这个封闭的曲面被称为水准面。水准面有无数多个,其中通过平均海水面的水准面叫做大地水准面,它是一个封闭曲面,并处处与铅垂线垂直,它所包围的地球形体称为大地体。过水准面上任意一点与水准面相切的平面称为水平面。地球内部质量分布的不均匀引起铅垂线方向的变化,使大地水准面成为一个十分复杂而又不规则的曲面,在这个曲面上是无法进行数学计算的。在实际中,常以与大地水准面逼近的地球椭球体的表面来代替大地水准面,以便把测量结果归算到地球椭球体上进行计算和绘图。

地球椭球体面是一个数学表面,它与大地水准面不完全一致,有的地方稍高一些,有的地方稍低一些,但其差数一般不超过 $\pm 150\text{m}$ 。地球椭球体的形状和大小,由长半轴 a 、短半轴 b 和扁率 α 来表示。1980 年以后我国采用的数值为

$$a = 6\,378\,140\text{ m}, \quad b = 6\,356\,755.3\text{ m}, \quad \alpha = \frac{1}{298.257}$$

由于地球椭球体的扁率很小,十分接近于圆球,因此在建筑工程测量中可以将其当成圆球体来看待,半径采用与椭球等体积的球体半径,即取地球椭球体三个半径的平均值作为该球体的半径:

$$R = \frac{a + a + b}{3} = 6371\text{ (km)}$$

1.2.2 确定地面点位的方法

测量的基本工作是确定地面特征点的位置。在数学上,一个点的空间位置,一般用它在三维空间直角坐标系中的 x 、 y 、 z 三个量来表示,测量上也采用同样的方法来确定点的空间位置,即确定一点在平面上的位置(平面直角坐标)和该点到大地水准面的垂直距离(高程)。

1. 地面点的平面位置

(1) 假定平面直角坐标系

在小范围内(如较小的建筑区域或厂矿区等)进行测量时,由于测量区域较小又相对独立,可以把球面当作平面来看待,地面点在水平面内的铅垂投影位置,可

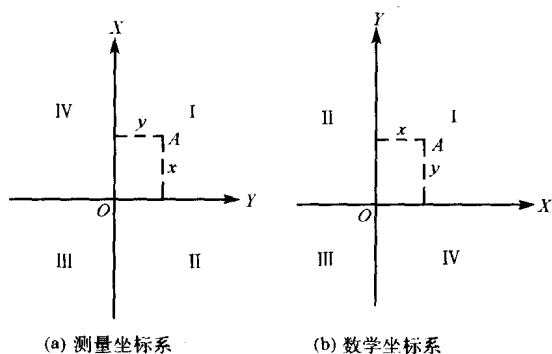


图 1.2 测量坐标系和数学坐标系

以用该平面内假定坐标系中的 x, y, z 三个量来表示。

测量中所用的平面直角坐标系和数学中的相似,只是坐标轴互换,而象限顺序相反(图 1.2)。测量工作中规定所有直线的方向都是从坐标纵轴北端顺时针方向度量的,这样既不改变数学计算公式,又便于测量中方向和坐标的计算。

坐标纵轴 X 通常与某子午线方向一致,以它来表示南北方向,指北者为正,指南者为负;以横坐标轴 Y 表示东西方向,指东者为正,指西者为负。平面直角坐标系的原点,可以按实际情况选定,通常把原点选在测区的西南角,其目的是使整个测区内各点的坐标均为正值。

(2)高斯平面直角坐标系

在解决较大范围的测量问题时,应将地面上的点投影到椭球体面上,再按一定的条件投影到平面上,形成统一的平面直角坐标系,通常采用高斯投影的方法来解决这一问题。

高斯投影是将地球按一定的经度差(如每隔 6°)划分成若干个投影带,如图 1.3(a)所示,然后将每个投影带按照高斯正形投影条件投影到平面上。投影带是从通过英国格林威治天文台的首子午线起,经度差每隔 6° 为一带(称为六度带),自西向东将整个地球分为 60 个投影带,带号从首子午线起向东,用阿拉伯数字 1、2、3...60 表示。位于各投影带中央的子午线称为该带的中央子午线,第 N 个投影带的中央子午线的经度 L_0 为

$$L_0 = 6N - 3$$

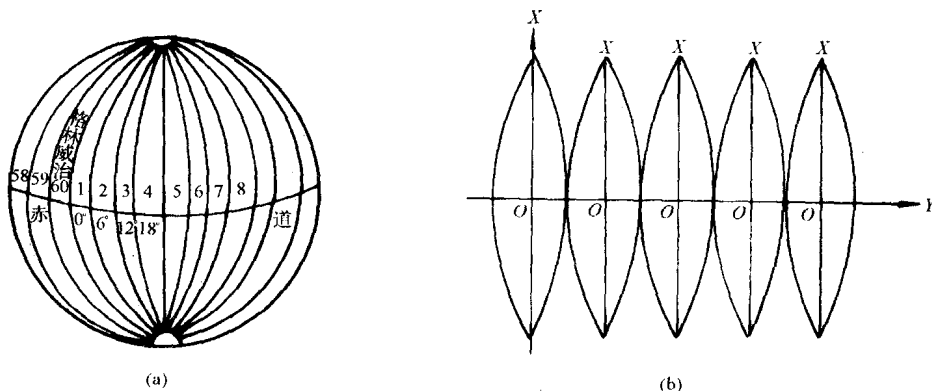


图 1.3 地球分带与高斯投影

式中: N ——投影带的带号。

分带以后,每一个投影带仍是一个曲面,为了能用平面直角坐标表示点的位置,必须将每个曲面按高斯正形投影条件转换成平面。其基本方法是:把地球当作圆球看待,设想把一个与地球同直径的圆柱套在地球上,使圆柱内表面与某个六度带的中央子午线相切,在保持角度不变的条件下将该投影带全部投影到圆柱内表面上,然后将圆柱沿着通过南北两极的母线剪开并展成平面,便得到该六度带在平面上的投影。用同样的方法可以得到其他每个投影带的平面投影,如图 1.3(b)所示。

投影以后,在高斯平面上,每带的中央子午线和赤道的投影成相互垂直的直线,取每带的中央子午线为坐标纵轴(X 轴),赤道为横轴(Y 轴),它的交点 O 为坐标原点,纵轴向北为正方向,横轴向东为正方向,从而组成投影带的高斯平面直角坐标系,在其投影带内的每一点都可以用平面坐标 X 、 Y 值来表示。由于我国位于北半球,纵坐标 X 均为正值。为了使每带的横坐标 Y 不出现负值,在测量中规定每带的中央子午线的横坐标都加上 500km,也就是把纵坐标轴向西移 500km,如图 1.4 所示。

如上所述,每带都有相应的直角坐标系。为了区别不同投影带内的点的坐标,规定在横坐标值前加注投影带号,这种增加 500km 及有带号的横坐标值称为通用值;未加 500km 和带号的横坐标值称为自然值。例如, A 、 B 两点位于第 36 带内,其横坐标的自然值为

$$Y_A = +36\ 210.14\text{ m}$$

$$Y_B = -41\ 613.07\text{ m}$$

将 A 、 B 两点横坐标的自然值加上 500km,并加注带号后便得到横坐标的通用值,即

$$Y_A = 36\ 536\ 210.14\text{ m}$$

$$Y_B = 36\ 458\ 386.93\text{ m}$$

在高斯平面直角坐标系中,离中央子午线愈近的区域其长度变形愈小,离中央子午线愈远的部分其长度变形愈大。在工程测量中要求长度变形较小时,应采用高斯投影三度带坐标系。三度带是从东经 $1^\circ 30'$ 起,每隔经差 3° 划分一带,将整个地球划分为 120 个投影带。三度带中的单数带的中央子午线与六度带的中央子午线重合,而双数带的中央子午线则与六度带的边界子午线重合。三度带中央子午线的经度 L'_0 可按下式计算:

$$L'_0 = 3n$$

式中: n ——三度带的带号。

我国规定分别采用六度带和三度带两种投影带。

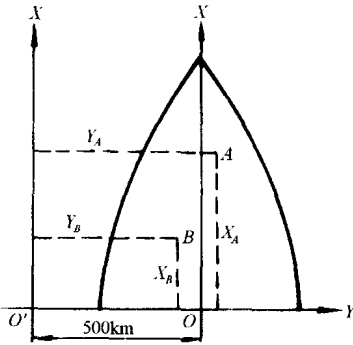


图 1.4 测量平面坐标值的构成

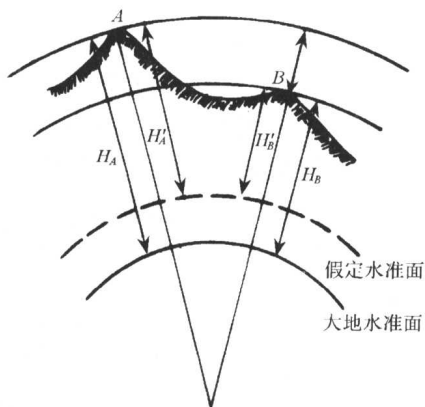


图 1.5 地面点的高程表示

要表示地面点的空间位置,除了应确定它在投影面上的平面位置外,还应确定它的沿投影方向到基准面的距离。在一般测量工作中都以大地水准面作为基准面,把某点沿铅垂方向到大地水准面的距离,称为该点的绝对高程或海拔,简称高程。如图 1.5 所示,一般用符号 H 表示高程,如图中 A 、 B 点的绝对高程用 H_A 和 H_B 表示。如果是距任意一个水准面的距离,则称为相对高程,如 H'_A 和 H'_B 。我国的绝对高程是以青岛港验潮站历年记录的黄海平均海水面为基准,并在青岛市内一个山洞里建立了水准原点,其高程为 72.260m(被称为 1985 年国家高程基准),全国各地的高程都以它为基准测算(停止使用 1956 年高程基准 72.289m)。

地面上两点间的高程差称为两点间的高差,用 h 表示,高差有正、负之分。例如 A 、 B 两点的高差 h_{AB} 为

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

当 h_{AB} 为正时,说明 B 点高于 A 点;当 h_{AB} 为负时,说明 B 点低于 A 点;当 h_{AB} 为零时,说明两点在同一水准面上(高程值相等)。

当使用绝对高程有困难时(如无法与国家高程系统联测),可采用任意假定的水准面为高程起算面,即为相对高程或假定高程。在建筑工程中所使用的标高,就是相对高程,它是以建筑物地坪(± 0.000 面)为基准面起算的。

不论采用绝对高程还是相对高程,其高差值是不变的,均能表达两点间的高低相对关系。例如

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

1.2.3 用水平面代替水准面的限度

在实际测量工作中,在一定的测量精度要求或测区面积不大的情况下,往往以水平面直接代替水准面,即把较少的地球表面上的点投影到水平面上来确定其位置。那么在多大范围内才能允许用水平面代替水准面呢?下面就它对距离、角度和高程的影响进行分析(为了方便,假设地球是一个圆球体)。

1. 水准面的曲率对水平距离的影响

如图 1.6 所示, DAB 为水准面, AB 是水准面上的一段弧,弧的长度是 S ,所对的圆心角为 θ ,地球半径为 R ,过水准面上的 A 点作切平面,即 A 点的水平面。如果用 A 点的水平面来代替水准面,那么 AC 直线(长度为 t)就代替了 AB 弧,则在距离方面就会产生误差 $\triangle S$,由图可知

$$\Delta S = AC - \widehat{AB} = t - S$$

其中

$$AC = t = R \cdot \tan \theta$$

$$\widehat{AB} = S = R \cdot \theta$$

则

$$\Delta S = t - S = R(\tan \theta - \theta)$$

$$= R \left(\frac{1}{3} \theta^3 + \frac{2}{15} \theta^5 + \dots \right)$$

因 θ 角一般较小, 所以可以略去五次以上各项, 并以

$$\theta = \frac{S}{R} \text{ 代入, 可以得到}$$

$$\Delta S = \frac{1}{3} \frac{S^3}{R^2}$$

或者

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{3} \left(\frac{S}{R} \right)^2 \quad (1.1)$$

一般情况下, 最精密距离丈量时的容许误差为其长度的 $1/1\,000\,000$, 而根据上式计算当水平距离为 10km 时 ($R = 6371\text{km}$), 以水平面代替水准面所产生的距离相对误差是 $1/1\,217\,700$, 因此可以得出这样的结论: 在半径为 10km 的圆的面积内进行距离测量工作时, 可以不必考虑地球曲率, 也就是说可以把水准面当作水平面来看待, 即实际沿圆弧丈量所得距离作为水平距离, 其误差可以忽略不计。

2. 水准面的曲率对水平角的影响

根据球面三角学知道, 同一个空间多边形在球面上投影所得到的多边形内角之和, 要大于它在平面上的投影所得到的多边形内角之和, 所大的这个量就是球面角超。由计算可知, 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只有在最精密的测量中才需要考虑, 一般的测量工作是不必考虑的。

因此可以得出这样的结论: 在面积为 100km^2 范围内, 不论是进行水平距离测量还是水平角度测量, 都可以不考虑地球曲率的影响; 在精度要求较低的情况下, 这个范围还可以相应扩大。

3. 水准面的曲率对高差的影响

由图 1.6 可知

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

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

$$\Delta h = \frac{t^2}{2R + \Delta h}$$

根据前面所述, 在一定范围内两点间在水平面上的投影长度可以代替其在水准面上投影的弧长, 即可用 t 来代替 S , 同时由于 Δh 与 2 倍的 R (地球半径) 相比可忽略不计, 所以上式可以写成

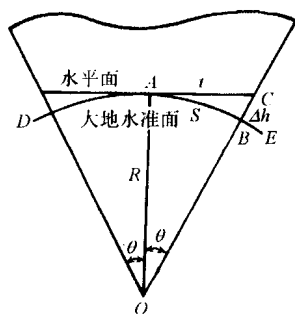


图 1.6 地球曲率对水平距离的影响