

全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材

建筑工程测量

李生平 主编

武汉工业大学出版社



全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材

建筑工程测量

李生平 主编

陆国胜 主审

武汉工业大学出版社

· 武 汉 ·

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/李生平主编. —武汉:武汉工业大学出版社,1999.3 重印
全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材
ISBN 7-5629-1212-2

I. 建… II. 李… III. 建筑测量-高等学校:专业学校-教材 IV. TU198

内 容 简 介

本书是高等专科学校房屋建筑工程专业系列教材之一,依据建设部印发的对本门课程的教学基本要求编写。全书共14章,内容包括绪论、水准测量、角度测量、距离测量、直线定向、测量误差、小地区控制测量、大比例尺地形图测绘及应用、施工场地控制测量、民用及工业建筑施工测量、建筑物变形观测及竣工总平面图编绘。各章后附思考题与习题。

本书除作房屋建筑工程专业专科教材外,还可供专科层次的相关专业及函授、自学、岗位培训作教材。

武汉工业大学出版社出版发行

(武昌珞狮路122号 邮编:430070 电话:027—87884412)

各地新华书店经销

武汉工业大学出版社印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:12.5 插页:1 字数:300千字

1997年12月第1版 1999年3月第3次印刷

印数:25 001—35 000 定价:12.00元

(本书如有印装质量问题可向承印厂调换)

全国建筑高等专科学校 房屋建筑工程专业新编系列教材

编审委员会

顾 问:滕智明 李少甫 甘绍熺 罗福午

陈希天 卢 循

主 任:齐继禄 袁海庆

副主任(按姓氏笔划排列):

李生平 孙成林 张协奎 张建勋

武育秦 侯治国 胡兴国 廖代广

委 员(按姓氏笔划排列)

甘绍熺 乐荷卿 孙成林 齐继禄

卢 循 李少甫 李生平 张协奎

张建勋 张流芳 陈书申 陈希天

武育秦 陈晓平 周绥平 罗福午

胡兴国 侯治国 袁海庆 高琼英

舒秋华 董卫华 简洪钰 廖代广

滕智明 蔡德明 蔡雪峰 聂旭英

魏万德

秘书长:蔡德明

出 版 说 明

武汉工业大学出版社 1998 年组织出版的“高等专科工业与民用建筑专业系列教材”至今已近十年了。这套教材对于我国工民建专业的专科教育,包括成人教育、函授教育和自学考试等都起到了不可磨灭的历史作用。同时,我们也看到由于当时条件的局限,这套教材不可避免地存在着种种缺陷。随着社会主义市场经济体制的建立,迅速发展的建筑业和建筑工程技术以及其对人才的需求形势已远非十年前的情况可以比拟,加上高等专科教育教学改革的不断深入,迫切需要更加明确地针对专科教育的培养目标,适合专科教学规律,符合专科教学基本要求的教材。在这种形势下,武汉工业大学出版社得到建设部院校处的支持,与“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业指导小组”密切合作,特聘清华大学土木系四位著名教授为顾问,以建设部和中建总公司所属的重点建筑高等专科学校的教师为主,联合九所院校共同编写了这套“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材”。

按照教材组织过程中召开的“专科教学及教材研讨会”的精神,本套教材力求体现如下特点:

1. 统一性。成套教材不是单本教材的简单叠加,各门课程之间必须按照教学要求有机地联系,在内容的取舍、分配和衔接,编写体例,规范的运用以及加强实用性等方面力求全套书统一。

2. 创新性。编写人员吸收了近年来专科教育教学改革的阶段性成果,制订出全套教材的编写原则:基础理论的教学以应用为目的,以必须、够用为度;专业课教学加强针对性和实用性,增加计算机应用的内容,力求编出新意。

3. 普适性。本套教材以培养高等工程技术应用型人才为目标,不仅适宜于全日制高等专科学校,也适用于大学函授教育、成人教育和自学考试,对当前从事工程建设的建筑工程技术与管理人员也有较好的参考价值。

4. 持久性。一套水平高、实用性强、有新意的教材决不可能一蹴而就,它必然是高等专科学校教师长期教学实践的结果。本套教材第一版出来后,编委会将立即组织使用教师收集反馈意见,准备修订,然后再使用,再修订,保证教材不断提高质量,与专科教育的改革和发展同步。

参加本套教材编写的主要是重庆建筑高等专科学校、长春建筑高等专科学校、福建建筑高等专科学校、湖南城建高等专科学校、河南城建高等专科学校、武汉工业大学、武汉冶金科技大学和武汉水利电力大学等学校长期从事专科教学的教师,并聘请清华大学滕智明教授、李少甫教授、甘绍堉教授、罗福午教授和“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业指导小组”组长、长春建筑高等专科学校陈希天教授以及福建建筑高等专科学校卢循教授为顾问。尽管全体编审人员殚精竭虑,不敢稍有懈怠,但由于时间仓促,错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正,以利我们修订重印。

武汉工业大学出版社

1997. 10

前 言

本书是根据建设部印发的普通高等专科学校房屋建筑工程专业《建筑工程测量》课程教学基本要求编写的。在内容上注意体现概念准确、方法简单、注重实用的专科特点,基本理论以必需、够用为度,着重介绍建筑生产第一线正在使用和近期有可能使用的技术。本书主要适用于高等专科学校房屋建筑工程专业,也可选作其他土建类专业的专科教材。

本书由河南城建高等专科学校李生平主编。参加编写的有李生平(1、4),河南城建高等专科学校曹恒慧(2、5、6、8),湖南城建高等专科学校陈伟清(3、7、9、10),武汉冶金科技大学张从海(11、12、13、14)。全书由武汉测绘科技大学陆国胜教授主审。

为了便于使用本书组织教学,建议教学时数分配如下:

序号	内 容	学时	讲课	实验	习题课
1	绪论	2	2		
2	水准测量	10	5	5	
3	角度测量	11	5	6	
4	距离测量与直线定向	6	4	2	
5	测量误差的基本知识	3	3		
6	小地区控制测量	6	4		2
7	地形图的基本知识	2	2		
8	大比例尺地形图测绘	2	2		
9	地形图的应用	4	3		1
10	施工测量的基本工作	6	4	2	
11	建筑施工场地的控制测量	2	2		
12	民用建筑施工测量	4	4		
13	工业建筑施工测量	4	4		
14	建筑物变形观测和竣工总平面图编绘	2	2		
合计		64	46	15	3

由于编者业务水平所限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者予以指正。

编 者
1997.2

目 录

1 绪论	(1)
1.1 建筑工程测量的任务	1
1.2 地面点位的确定	1
1.3 测量工作概述	7
思考题与习题	7
2 水准测量	(9)
2.1 水准测量原理	9
2.2 水准测量的仪器和工具	9
2.3 水准仪的使用	12
2.4 水准测量的实测方法	14
2.5 水准测量的成果计算	17
2.6 水准仪的检验与校正	20
2.7 水准测量误差与注意事项	22
2.8 其他水准仪简介	24
思考题与习题	27
3 角度测量	(30)
3.1 水平角和竖直角测量原理	30
3.2 DJ6 光学经纬仪	31
3.3 经纬仪的使用	34
3.4 水平角测量	36
3.5 竖直角测量	39
3.6 经纬仪的检验与校正	42
3.7 水平角测量误差与注意事项	47
3.8 其他经纬仪简介	50
思考题与习题	53
4 距离测量与直线定向	(55)
4.1 钢尺量距	55
4.2 普通视距测量	60
4.3 光电测距	62
4.4 直线定向	66

思考题与习题	68
5 测量误差的基本知识	(70)
5.1 测量误差概述	70
5.2 衡量精度的标准	72
5.3 误差传播定律	74
5.4 算术平均值及其中误差	78
5.5 用观测值的改正数计算中误差	79
思考题与习题	80
6 小地区控制测量	(81)
6.1 控制测量概述	81
6.2 导线测量的外业	82
6.3 导线测量的内业计算	86
6.4 小三角测量简介	93
6.5 交会定点	98
6.6 高程控制测量	101
思考题与习题	105
7 地形图的基本知识	(107)
7.1 地形图比例尺	107
7.2 地形图图名、图号、图廓及接合图表	108
7.3 地物符号	111
7.4 地貌符号	114
思考题与习题	118
8 大比例尺地形图测绘	(119)
8.1 测图前的准备工作	119
8.2 经纬仪测图	120
8.3 地形图的拼接、检查与整饰	124
8.4 全站式电子速测仪测图简介	126
思考题与习题	127
9 地形图的应用	(129)
9.1 地形图的识读	129
9.2 地形图应用的基本内容	130
9.3 地形图在工程建设中的应用	132
思考题与习题	139

10 施工测量的基本工作	(140)
10.1 施工测量概述	140
10.2 测设的基本工作	140
10.3 测设点位的方法	143
10.4 已知坡度直线的测设	146
10.5 圆曲线的测设	147
思考题与习题	153
11 建筑施工场地的控制测量	(154)
11.1 概述	154
11.2 建筑基线	155
11.3 建筑方格网	156
11.4 施工控制点的坐标换算	157
11.5 施工场地的高程控制测量	158
思考题与习题	158
12 民用建筑施工测量	(160)
12.1 概述	160
12.2 建筑物的定位和放线	161
12.3 建筑物基础施工测量	163
12.4 墙体施工测量	164
12.5 高层建筑施工测量	165
思考题与习题	168
13 工业建筑施工测量	(169)
13.1 概述	169
13.2 厂房矩形控制网的测设	170
13.3 厂房柱列轴线与柱基测设	170
13.4 厂房预制构件安装测量	171
13.5 烟囱、水塔施工测量	174
13.6 管道施工测量	176
思考题与习题	179
14 建筑物变形观测和竣工总平面图编绘	(181)
14.1 建筑物变形观测概述	181
14.2 建筑物沉降观测	181
14.3 建筑物的倾斜观测	184
14.4 建筑物的裂缝与位移观测	186

14.5 竣工总平面图的编绘	187
思考题与习题	188
参考文献	189

1 绪 论

1.1 建筑工程测量的任务

测量学(亦称测绘学)是研究地球的形状、大小和地表(包括地面上各种物体)的几何形状及其空间位置的科学。它的内容包括测定和测设两部分。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的数据,再把地球表面的地物和地貌缩绘成地形图,供规划设计、经济建设、国防建设和科学研究使用。测设是指将图上规划设计好的建筑物、构筑物位置在地面上标定出来,作为施工的依据。

建筑工程测量是测量学的一个组成部分。它包括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。它的主要任务是:

(1)测绘大比例尺地形图 把工程建设区域内的地貌和各种物体的几何形状及其空间位置,依照规定的符号和比例尺绘成地形图,并把建筑工程所需的数据用数字表示出来,为规划设计提供图纸和资料。

(2)施工放样和竣工测量 把图纸上设计的建(构)筑物,按照设计要求在现场标定出来,作为施工的依据;配合建筑施工,进行各种测量工作,保证施工质量;开展竣工测量,为工程验收、日后扩建和维修管理提供资料。

(3)建筑物变形观测 对于一些重要建(构)筑物,在施工和运营期间,定期进行变形观测,以了解建(构)筑物的变形规律,监视其安全施工和运营。

由此可见,测量工作贯穿于工程建设的全过程,其工作质量直接关系到工程建设的速度和质量。因此,房屋建筑工程专业的学生必须掌握必要的测量知识和技能。

1.2 地面点位的确定

1.2.1 地球的形状和大小

由于地球的自转,地球上任一点都受到离心力和地心吸引力的作用,这两个力的合力称为重力。重力的作用线常称为铅垂线,这是因为测量工作取得重力方向的一般方法是用细绳悬挂一个锤球(过去称为铅锤)G(图 1.1),细绳即为悬挂点 O 的重力方向。铅垂线是测量工作的基准线。

处处与重力方向垂直的连续曲面称为水准面。任何自由静止的水面都是水准面。与水准面相切的平面称为水平面。水准面因其高度不同而有无数个,其中与平均海水面相吻合的水准面称为大地水准面。大地水准面包围的形体称为大地体。为了确定地面点的位置,必须有一个参照基准面,在实际测量工作中,是以大地水准面作为测量的基准面。

地球表面约 71% 的面积被海洋覆盖,地面高低起伏与地球半径相比很微小,所以人们

通常把大地体当作地球的形体。由于地球内部质量分布的不均匀,导致地面上各点的铅垂线方向产生不规则变化,因而大地水准面是一个有微小起伏的不规则曲面,不能用数学式子来表述(图 1.2)。长期测量实践表明,大地体与一个以椭圆的短轴为旋转轴的旋转椭球体的形状十分近似,所以测绘工作便取大小与大地体很接近的旋转椭球作为地球的参考形状和大小(图 1.3)。我国目前采用的旋转椭球体的参数值为:

$$\begin{aligned} \text{长半径} \quad a &= 6378140\text{m} \\ \text{短半径} \quad b &= 6356755\text{m} \\ \text{扁率} \quad \alpha &= (a - b)/a = 1/298.257 \end{aligned}$$

由于旋转椭球的扁率很小,所以在测量精度要求不高的情况下,可以近似地把地球当作圆球,其平均半径 R 为 6371km。

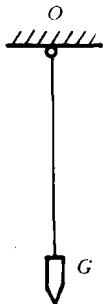


图 1.1

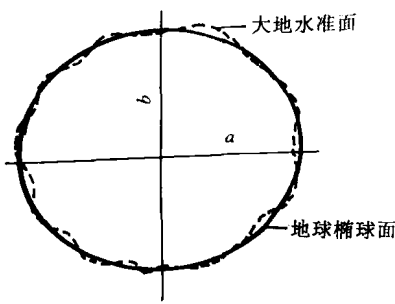


图 1.2

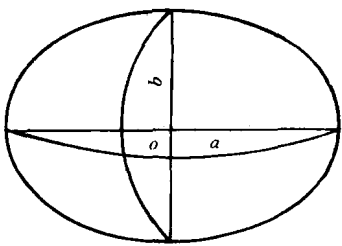


图 1.3

1.2.2 确定地面点位的方法

1.2.2.1 地面点的高程

地面点到大地水准面的铅垂线长称为该点的绝对高程,简称高程,用 H 表示。如图 1.4, H_A 、 H_B 分别表示 A 点和 B 点的高程。

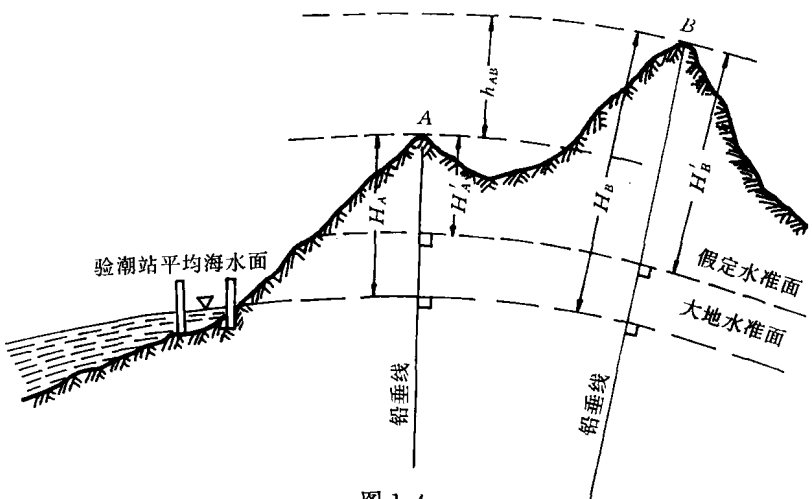


图 1.4

我国的高程是以青岛验潮站历年记录的黄海平均海水面为基准,并在青岛建立了国家水准原点,其高程为 72.260m,称为 1985 年国家高程基准。

局部地区采用绝对高程有困难时,也可假定一个水准面作为高程起算面(指定某个固定点并假设其高程为零),地面点到假定水准面的铅垂线长称为该点的相对高程。如图 1.4, H'_A 、 H'_B 分别表示 A 点和 B 点的相对高程。

地面两点之间的高程差称为高差,用 h 表示。A、B 两点的高差为:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1.1)$$

B、A 两点的高差为:

$$h_{BA} = H_A - H_B = H'_A - H'_B \quad (1.2)$$

可见

$$h_{AB} = -h_{BA} \quad (1.3)$$

1.2.2.2 地面点的坐标

(1) 地理坐标

地面点在球面上的位置常采用经度(λ)和纬度(φ)来表示,称为地理坐标。

如图 1.5, N、S 分别是地球的北极和南极, NS 称为地轴。包含地轴的平面称为子午面。子午面与地球表面的交线称为子午线。通过原格林尼治天文台的子午面称为首子午面。过地面上任意一点 P 的子午面与首子午面的夹角 λ , 称为 P 点的经度。由首子午面向东量称为东经, 向西量称为西经, 其取值范围为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。

通过地心且垂直于地轴的平面称为赤道面。过 P 点的铅垂线与赤道面的夹角 φ , 称为 P 点的纬度。由赤道面向北量称为北纬, 向南量称为南纬, 其取值范围为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

地面上每一点都有一对地理坐标, 例如北京某点的地理坐标为东经 $116^\circ 28'$, 北纬 $39^\circ 54'$ 。

(2) 高斯平面直角坐标

地理坐标是球面坐标, 不便于直接进行各种计算。在工程建设的规划、设计与施工中, 宜在平面上进行各项计算, 为此, 须将球面上的图形用平面表现出来, 这就必须采用适当的投影方法。我国采用的是高斯投影法。

高斯投影方法是按 6° 的经差分成 60 个带, 从首子午线开始自西向东编号, 东经 $0^\circ \sim 6^\circ$ 为第一带, $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第二带, 依此类推, 如图 1.6。位于每一带中央的子午线称为中央

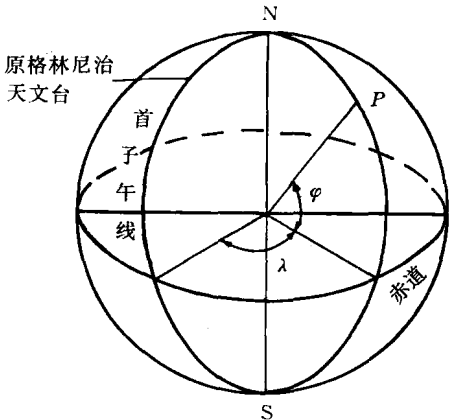


图 1.5

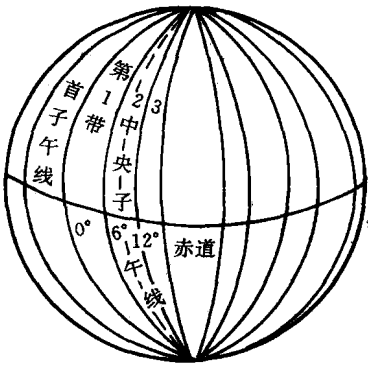


图 1.6

子午线, 第一带中央子午线的经度为 3° , 任意一带的中央子午线经度为:

$$\lambda_0 = 6^\circ N - 3^\circ \quad (1.4)$$

式中 N 为 6° 带的带号。

为了便于说明,将地球当成圆球。设想将一个平面卷成横圆柱,套在地球的外面,如图 1.7(a),使圆柱的轴心通过圆球的中心,将地球上某 6° 带的中央子午线与圆柱面相切。在球面图形与柱面图形保持等角的条件下,将球面上的图形投影到圆柱面上,然后将圆柱体沿着通过南、北极的母线切开、展平。投影后如图 1.7(b),中央子午线与赤道成为相互垂直的直线,其他子午线和纬线成为曲线。取中央子午线为坐标纵轴 x ,取赤道为坐标横轴 y ,两轴的交点为坐标原点 o ,组成高斯平面直角坐标系。在坐标系内,规定 x 轴向北为正, y 轴向东为正,坐标象限按顺时针编号,以保证三角计算公式在测量计算中能够应用。

我国位于北半球, x 坐标均为正值, y 坐标则有正有负,如图 1.8(a), $y_A = +136780\text{m}$, $y_B = -272440\text{m}$ 。为了避免出现负值,将每带的坐标原点向西移 500km ,如图 1.8(b),纵轴西移后, $y_A = 500000 + 136780 = 636780\text{m}$, $y_B = 500000 - 272440 = 227560\text{m}$ 。为了确定该点所在的带号,则在横坐标值前冠以带号,如 A 、 B 均位于 20 带,则 $y_A = 20636780\text{m}$, $y_B = 20227560\text{m}$ 。

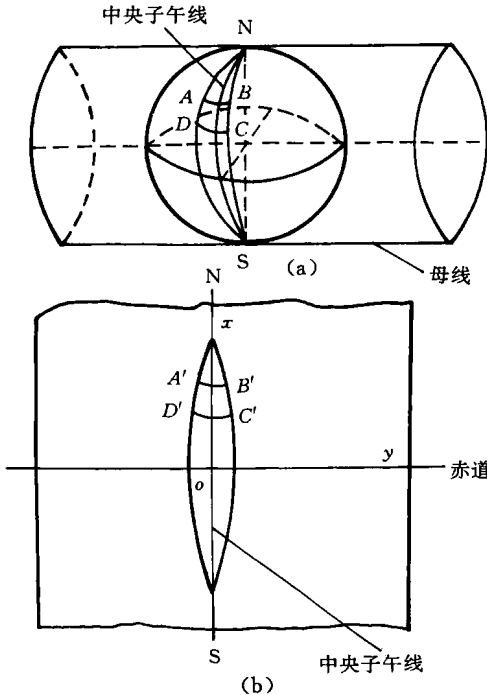


图 1.7

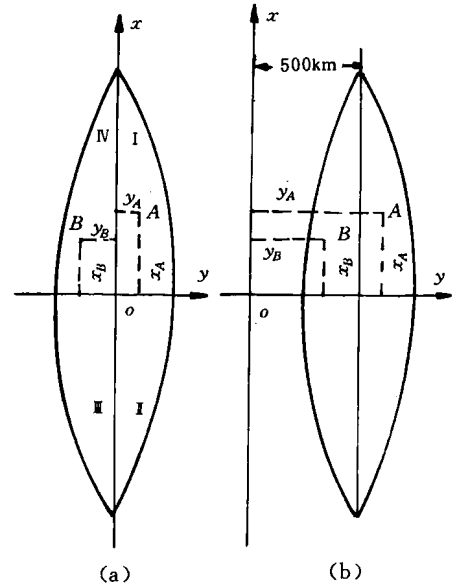


图 1.8

在高斯投影中,离中央子午线近的部分变形小,离中央子午线愈远变形愈大,两侧对称。当要求投影变形更小时,可采用 3° 带投影。

如图 1.9, 3° 带是从东经 $1^\circ 30'$ 开始,按经差 3° 划分一带,全球共分 120 带。每带中央子午线经度 λ'_0 与带号 n 的关系为:

$$\lambda'_0 = 3n \quad (1.5)$$

(3) 独立平面直角坐标

当测区范围较小时,可以将大地水准面当作平面看待,并在该面上建立独立平面直角坐

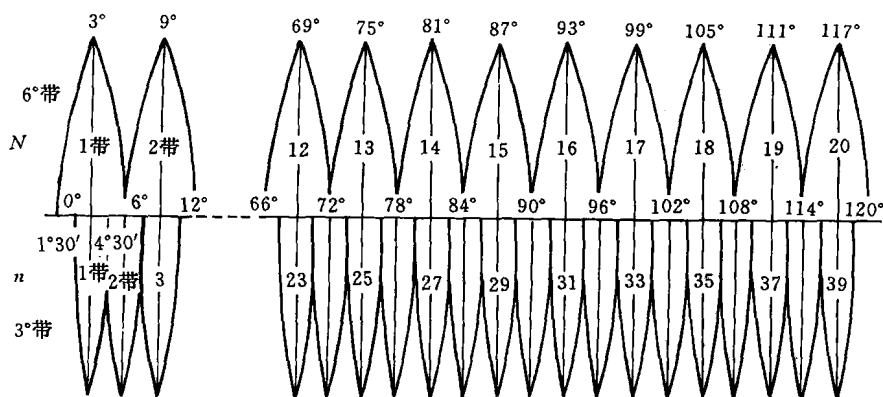


图 1.9

标系。地面点在大地水准面上的投影位置就可以用该平面直角坐标系中的坐标值来确定,如图 1.10 所示。

一般将独立平面直角坐标系的原点选在测区西南方向之外,以使测区内任意点的坐标均为正值。坐标系原点可以是假定坐标值,也可采用高斯平面直角坐标值。规定 x 轴向北为正, y 轴向东为正,坐标象限按顺时针编号,如图 1.11 所示。

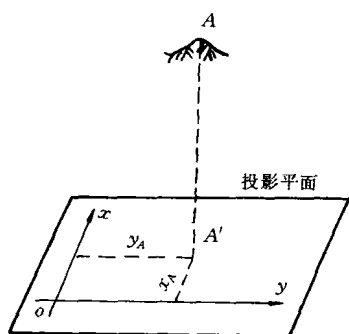


图 1.10

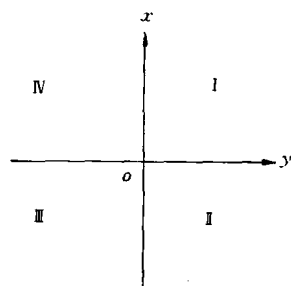


图 1.11

1.2.3 用水平面代替水准面的限度

水准面是一个曲面, 曲面上的图形投影到平面上, 总会产生一定的变形, 当变形不超过测量误差的容许范围时, 可以用水平面代替水准面。但是在多大面积范围内才容许这种代替, 有必要加以讨论。为叙述方便, 假定大地水准面为圆球面。

1.2.3.1 对水平距离的影响

如图 1.12, 设地面上 A, B, C 三个点在大地水准面上的投影点是 a, b, c , 用过 a 点的切平面代替大地水准面, 则地面点在水平面上的投影点是 a, b', c' 。设 ab 的弧长为 D , ab' 的长度为 D' , 球面半径为 R , D 所对的圆心角为 θ , 则以水平长度 D' 代替弧长 D 所产生的误差为:

$$\Delta D = D' - D = R \tan \theta - R \theta = R(\tan \theta - \theta) \quad (1.6)$$

将 $\tan \theta$ 用级数展开为:

$$\tan \theta = \theta + \frac{1}{3} \theta^3 + \frac{5}{12} \theta^5 + \dots$$

因 θ 角很小,只取前两项代入式(1.6)得:

$$\Delta D = R(\theta + \frac{1}{3}\theta^3 - \theta) = \frac{1}{3}R\theta^3$$

以 $\theta=D/R$ 代入上式,得:

$$\begin{aligned}\Delta D &= \frac{D^3}{3R^2} \\ \frac{\Delta D}{D} &= \frac{D^2}{3R^2}\end{aligned}\tag{1.7}$$

取 $R=6371\text{km}$,以不同的 D 值代入式(1.7),得到表 1.1 所列的结果。当 $D=10\text{km}$ 时,以水平面代替大地水准面所产生的距离相对误差为 $1:1220000$,这样小的误差,对于精密量距来说也是允许的。因此,在半径为 10km 的面积范围内进行距离测量时,可以不考虑地球曲率,把水准面当作水平面看待。

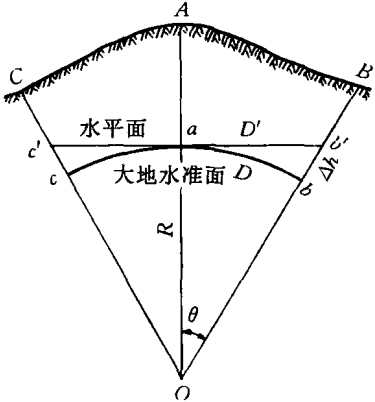


图 1.12

表 1.1

$D(\text{km})$	$\Delta D(\text{cm})$	$\Delta D/D$
5	0.1	$1:4870000$
10	0.8	$1:1220000$
20	6.6	$1:304000$
50	102.7	$1:48700$

1.2.3.2 对高程的影响

在图 1.12 中,地面点 B 的绝对高程 $H_B=Bb$,用水平面代替大地水准面时, B 点的高程 $H'_B=Bb'$,两者之差 Δh 即为对高程的影响。由图 1.12 得:

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + D'^2$$

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

前已证明 D' 与 D 相差很小,可用 D 代替 D' ,同时 Δh 与 $2R$ 相比可忽略不计,则

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R}\tag{1.8}$$

当 $D=0.1\text{km}$ 时, $\Delta h=0.078\text{cm}$;

当 $D=1\text{km}$ 时, $\Delta h=7.8\text{cm}$;

当 $D=10\text{km}$ 时, $\Delta h=785\text{cm}$ 。

上述计算表明,进行高程测量时,应考虑地球曲率对高程的影响。

1.3 测量工作概述

1.3.1 测量工作的基本内容

在实际测量工作中,一般不能直接测出地面点的坐标和高程。通常是求得待定点与已测出坐标和高程的已知点之间的几何位置关系,然后再推算出待定点的坐标和高程。

如图 1.13,设 A 、 B 为坐标、高程已知的点, C 为待定点,三点在投影平面上的投影位置分别是 a 、 b 、 c 。在 $\triangle abc$ 中,只要测出一条未知边和一个角(或两个角、或两条未知边),就可以推算出 C 点的坐标。可见测定地面点的坐标主要是测量水平距离和水平角。

欲求 C 点的高程,则要测量出高差 h_{AC} (或 h_{BC}),然后推算出 C 点高程。所以测定某点高程的主要测量工作是测高差。

综上所述,高差测量、水平角测量、水平距离测量是测量工作的基本内容。

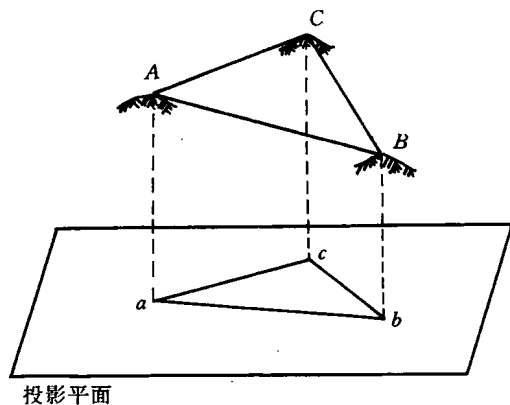


图 1.13

1.3.2 测量工作的基本原理

地表形态和建筑物形状是由许多特征点决定的,在进行建筑工程测量时,就需要测定(或测设)许多特征点(也称碎部点)的平面位置和高程。如果从一个特征点开始逐点进行施测,虽可得到欲测各点的位置,但由于测量工作中存在不可避免的误差,会导致前一点的量度误差传递到下一点,这样累积起来,最后可能使点位误差达到不可容许的程度。因此,测量工作必须按照一定的原则进行。

在实际测量工作中,应遵循的原则之一是“从整体到局部、先控制后碎部”。也就是先在测区内选择一些有控制意义的点(称为控制点),把它们的平面位置和高程精确地测定出来,然后再根据这些控制点测定出附近碎部点的位置。这种测量方法可以减少误差积累,而且可以同时几个控制点上同时进行测量,加快工作进度。此外,测量工作必须重视检核,防止发生错误,避免错误的结果对后续测量工作的影响。因此,“前一步工作未做检核不进行下一步工作”,这是测量工作应遵循的又一个原则。

思考题与习题

- (1)测量学研究的对象是什么?
- (2)测定与测设有何区别?
- (3)建筑工程测量的任务是什么?
- (4)为何选择大地水准面和铅垂线作为测量工作的基准面和基准线?
- (5)何谓绝对高程?何谓相对高程?两点之间的绝对高程之差与相对高程之差是否相同?