

教育部高职高专规划教材

建筑工程测量

李生平 主 编
朱爱民 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书是教育部高职高专规划教材,是编者在总结多年的高职高专教学改革成功经验的基础上,结合我国建筑工程测量的基本情况,按照房屋建筑工程专业高职高专人才培养的特点编写的。

本书在内容上力求讲清概念、基本理论知识,并在着重介绍建筑工程各阶段普遍采用的测量技术的基础上,选编了电子经纬仪、电磁波测距仪、全站仪和卫星全球定位系统等现代测绘技术。

本书共 14 章,教学时数按 70 学时分配,其中含 20 学时的实验和习题课。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校土建类专业教材,也可供相关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/李生平主编. —北京:高等教育出版社,2002.7

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-04-010771-6

I. 建... II. 李... 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(2002)第 007087 号

建筑工程测量

李生平 主编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 中国农业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 15.5
字 数 370 000
插 页 1

版 次 2002 年 7 月第 1 版
印 次 2002 年 7 月第 1 次印刷
定 价 18.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书是教育部高职高专规划教材,是编者在总结多年的高职高专教学改革成功经验的基础上,结合我国建筑工程测量的基本情况,按照房屋建筑工程专业高职高专人才培养的特点编写的。

本书在内容上力求讲清基本概念,做到基础理论知识适度,突出理论的应用思路、测绘仪器的操作技能和施工现场的应用方法,并注重运用图表说明内容和作业技巧,使读者易于理解,加深印象,便于应用。每章后均有结合实际的思考题与练习题,便于学生巩固理论知识,培养生产实际应用的综合能力。

本书广泛吸收最新测绘技术。书中选编了电子经纬仪、电磁波测距仪、全站仪和卫星全球定位系统等现代测绘技术。对于地面测量技术进步的重要标志之一——全站仪的应用,本书做了详细介绍,以便读者掌握先进的测量技术和方法。

本书共 14 章,教学时数按 70 学时分配,其中含 20 学时的实验和习题课。

本书由河南城建高等专科学校李生平任主编,济南交通高等专科学校朱爱民任副主编,湖南城建高等专科学校叶巧云、河南城建高等专科学校魏亮参编。第 1,4,14 章由李生平编写,第 2,6,9 章由朱爱民编写,第 5,10,11,12 章由叶巧云编写,第 3,7,8,13 章由魏亮编写。

本书由东南大学庄宝杰副教授主审,并对编写工作提出了宝贵意见,在此表示诚挚的感谢。

本书编者水平有限,难免存在缺点和不当之处,谨请使用本书的教师与读者批评指正。

编者

2001 年 11 月

目 录

第 1 章 绪论	1	思考与练习	75
1.1 建筑工程测量的任务	1	第 5 章 测量误差的基本知识	77
1.2 测量工作的基准面和基准线	1	5.1 测量误差概述	77
1.3 地面点位的确定	3	5.2 衡量精度的标准	79
1.4 测量工作概述	8	5.3 误差传播定律	81
小结	9	5.4 等精度直接观测平差	85
思考与练习	10	小结	86
第 2 章 水准测量	11	思考与练习	87
2.1 水准测量原理	11	第 6 章 小地区控制测量	88
2.2 DS ₃ 水准仪和水准测量的工具	12	6.1 控制测量概述	88
2.3 水准仪的使用	15	6.2 导线测量	90
2.4 水准测量的施测方法	17	6.3 小三角测量	100
2.5 水准测量的内业计算	21	6.4 交会定点	107
2.6 水准仪的检验与校正	23	6.5 高程控制测量	111
2.7 水准测量的误差及注意事项	27	6.6 GPS 控制测量简介	117
2.8 其他水准仪简介	29	小结	119
小结	33	思考与练习	120
思考与练习	33	第 7 章 大比例尺地形图及其测绘	122
第 3 章 角度测量	36	7.1 地形图的比例尺、分幅和编号	122
3.1 水平角和竖直角测量原理	36	7.2 地物符号与地貌符号	127
3.2 DJ ₆ 光学经纬仪和角度测量工具	37	7.3 地形图图外注记	134
3.3 经纬仪的使用	41	7.4 测图前的准备工作	137
3.4 水平角测量	43	7.5 经纬仪测图	139
3.5 竖直角测量	46	7.6 地形图的拼接、检查与整饰	144
3.6 经纬仪的检验与校正	49	小结	145
3.7 角度测量误差与注意事项	54	思考与练习	145
3.8 其他经纬仪简介	56	第 8 章 地形图的应用	147
小结	59	8.1 概述	147
思考与练习	59	8.2 地形图应用的基本内容	149
第 4 章 距离测量与直线定向	61	8.3 面积量算	151
4.1 钢尺量距	61	8.4 工程建设中地形图的应用	154
4.2 普通视距测量	66	小结	159
4.3 光电测距仪	68	思考与练习	159
4.4 直线定向	73	第 9 章 施工测量的基本工作	160
小结	75	9.1 概述	160

9.2 测设的基本工作	161	12.2 厂房控制网的测设	194
9.3 点的平面位置测设方法	165	12.3 厂房基础施工测量	195
9.4 已知坡度直线的测设	168	12.4 厂房结构安装测量	197
9.5 曲线的测设	169	12.5 烟囱、水塔施工测量	200
小结	172	12.6 金属网架安装测量	202
思考与练习	173	12.7 管道施工测量	204
第 10 章 施工场地的控制测量	174	小结	212
10.1 概述	174	思考与练习	212
10.2 坐标系及坐标换算	174	第 13 章 建筑物变形观测与竣工测量	214
10.3 建筑基线	176	13.1 建筑物变形观测概述	214
10.4 建筑方格网	177	13.2 建筑物沉降观测	215
10.5 施工场地的高程控制测量	179	13.3 建筑物倾斜观测	218
小结	179	13.4 建筑物位移与裂缝观测	220
思考与练习	179	13.5 竣工测量	221
第 11 章 民用建筑施工测量	181	小结	223
11.1 概述	181	思考与练习	223
11.2 建筑物的定位和放线	183	第 14 章 全站仪及其应用	224
11.3 建筑物基础施工测量	186	14.1 概述	224
11.4 墙体施工测量	187	14.2 全站仪的结构与功能	224
11.5 高层建筑施工测量	189	14.3 全站仪测量方法	228
小结	191	小结	236
思考与练习	192	思考与练习	236
第 12 章 工业建筑施工测量	193	参考文献	237
12.1 概述	193		

第 1 章 绪 论

学习目标 通过本章学习,要明确测量学的定义和建筑工程测量的主要任务,了解地球形状和大小概念,弄清确定地面点位的测量原理和方法,并对测量工作的基本内容和基本原则有初步的认识。

1.1 建筑工程测量的任务

测量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。从数学原理知,物体的几何形状及它的大小可由此物体的一些特征点位置,如它们在空间直角坐标系中的坐标 x, y, z 值来求得。因此,测量工作的一个基本任务便是求得点在规定坐标系中的坐标值。

建筑工程测量运用测量学的基本原理和方法为各类建筑工程服务。工程建设一般分为勘测设计、施工建设和运营管理三个阶段,在这三个阶段中测量工作的主要任务是:

(1) 依照规定的符号和比例尺,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) 将拟建建筑物体的位置和大小按设计图纸的要求在现场标定出来,作为施工的依据;按施工要求开展各种测量工作;进行竣工测量,为工程验收、日后扩建和维修管理提供资料。

(3) 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,并为建筑结构和地基基础科学研究提供资料。

建筑工程测量工作可分为两类。一类是测定点的坐标,如测绘地形图、竣工测量、建筑物变形观测,这类工作称为测定。另一类是将图纸上坐标已知的点在实地上标定出来,如施工放样,这类工作称为测设。

1.2 测量工作的基准面和基准线

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,所以必须了解地球的形状和大小。地球表面约 71% 的面积被海洋覆盖,虽有高山和深海,但这些高低起伏与地球半径比是很微小的,可以忽略不计。所以人们设想有一个不受风浪和潮汐影响的静止海水面,向陆地和岛屿延伸形成一个封闭的形体,用这个形体代表地球的形状和大小,这个形体被称为大地体。长期测量实践表明,大地体近似于

一个旋转椭球体(图 1.1)。为了便于用数学模型来描述地球的形状和大小,测绘工作便取大小与大地体非常接近的旋转椭球体作为地球的参考形状和大小,因此旋转椭球体又称为参考椭球体,它的外表面又称为参考椭球面。我国目前采用的参考椭球体的参数为:

长半径 $a = 6\,378\,140\text{ m}$

短半径 $b = 6\,356\,755\text{ m}$

扁率 $\alpha = (a - b)/a = 1/298.257$

由于参考椭球的扁率很小,所以在测量精度要求不高的情况下,可以把地球看作是圆球,其半径为 6 371 km。

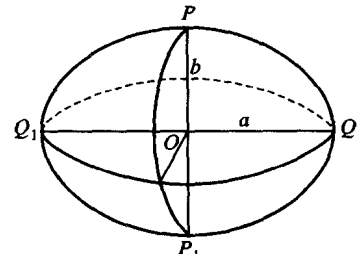


图 1.1

1.2.2 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(图 1.2),细线的延长线通过垂球 G 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。

处处与重力方向垂直的连续曲线称为水准面。任何自由静止的水面都是水准面。水准面因其高度不同而有无数个,其中与不受风浪和潮汐影响的静止海水面相吻合的水准面称为大地水准面(图 1.3)。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变化,致使大地水准面成为有微小起伏的不规则的曲面。



图 1.2

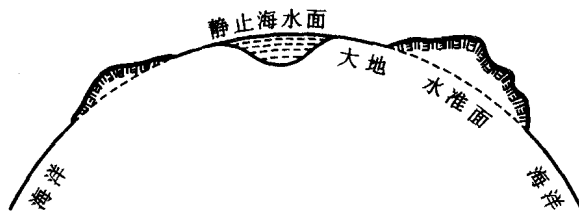


图 1.3

确定地面点的位置需要有一个坐标系,测量工作的坐标系通常是建立在参考椭球面上,因此参考椭面就是测量工作的基准面。建筑工程测量地域面积一般不大,对参考椭球面与大地水准面之间的差距可以忽略不计。测量仪器均用垂球和水准器来安置,仪器观测的数据是建立在水准面上的,这易于将测量数据沿铅垂线方向投影到大地水准面上。因此在实际测量中是将大地水准面作为测量工作的基准面。即使在精密测量时不能忽略参考椭球面与大地水准面之间的差异,也是经由以大地水准面为依据获得的数据通过计算改正转换到参考椭球面上。

由于铅垂线与水准面垂直,知道了铅垂线方向也就知道了水准面方向,而铅垂线又是很容易求得的,所以铅垂线便成为测量工作的基准线。

1.3 地面点位的确定

1.3.1 确定地面点的方法

如图 1.4 所示,设想将地面上高度不同的 A, B, C 三个点分别沿铅垂线方向投影到大地水准面 P' 上,得到相应的投影点 a', b', c' ,这些点分别表示地面点在球面上的相应位置。

如果在测区的中央作水平面 P 并与水准面 P' 相切,过 A, B, C 各点的铅垂线与水平面相交于 a, b, c ,这些点便代表地面点在水平面上的相应位置。

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

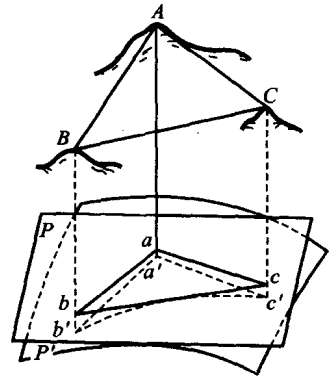


图 1.4

1.3.2 地面点的高程

地面点到大地水准面的铅垂距离称为该点的绝对高程,简称高程,用 H 表示。如图 1.5 所示, H_A, H_B 分别表示 A 点和 B 点的高程。

我国的高程是以青岛验潮站 1953 年至 1979 年验潮资料确定的黄海平均海面为基准,并在青岛建立了国家水准原点,其高程为 72.260 m,称为“1985 国家高程基准”。

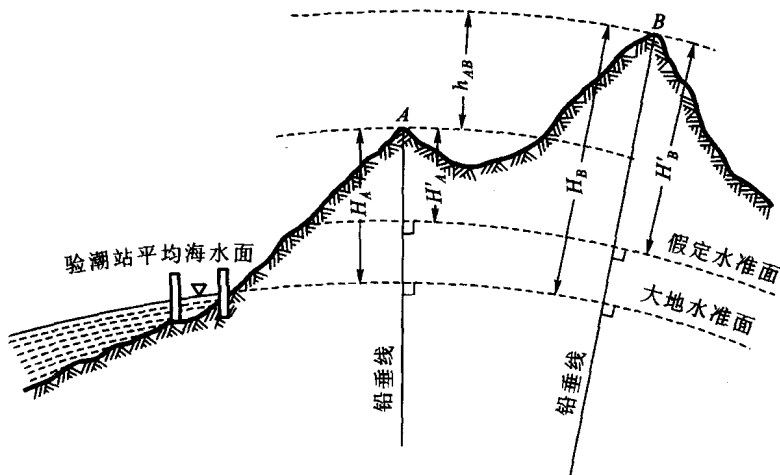


图 1.5

局部地区采用国家高程基准有困难时,也可以假定一个水准面作为高程起算面,地面点到假定水准面的铅垂距离成为该点的相对高程。如图 1.5 所示, H'_A, H'_B 分别表示 A, B 两点的相

对高程。

地面两点之间的高程差称为高差,用 h 表示。A, B 两点之间的高差为:

$$h_{AB} = H_B - H_A \quad (1.1)$$

或

$$h_{AB} = H'_B - H'_A \quad (1.2)$$

B, A 两点之间的高差为:

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

或

$$h_{BA} = H'_A - H'_B \quad (1.4)$$

可见

$$h_{AB} = -h_{BA} \quad (1.5)$$

1.3.3 地面点的坐标

地面点的坐标常用地理坐标或平面直角坐标来表示。

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 1.6 所示, 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 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。

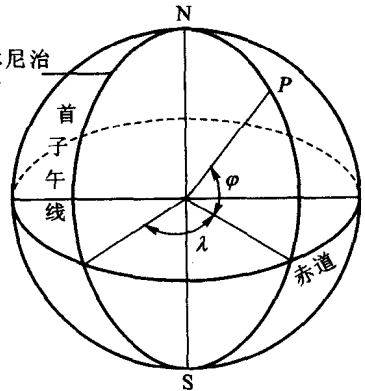


图 1.6

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 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

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,例如北京的地理坐标为东经 $116^\circ 28'$,北纬 $39^\circ 54'$ 。

2. 平面直角坐标

地理坐标是球面坐标,若直接用于工程建设规划、设计、施工,会带来很多计算和测量不便。为此,须将球面坐标按一定数学法则归算到平面上,即测量工作中所称的投影。我国采用的是高斯投影法。

(1) 高斯平面直角坐标。高斯投影法是将地球按 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 1 带, $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第 2 带,依此类推,如图 1.7 所示。

位于每一带中央的子午线称为中央子午线,第 1 带中央子午线的经度为 3° ,各带中央子午线的经度 λ_0 与带号 N 的关系为:

$$\lambda_0 = 6N - 3 \quad (1.6)$$

为便于说明,将地球当成圆球。设想将一平面卷成横圆柱套在地球外面。如图 1.8a 所示,

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1.8b所示,中央子午线与赤道成为相互垂直的直线,其它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,规定 x 轴向北为正, y 轴向东为正,坐标象限按顺时针编号。

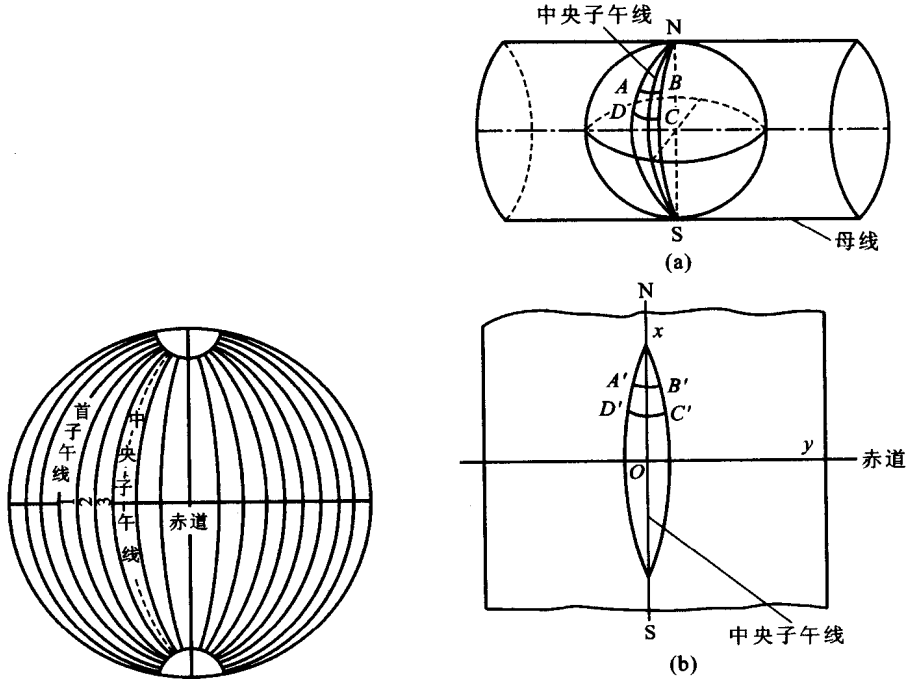


图 1.8

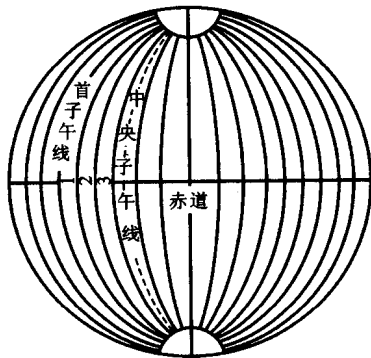


图 1.7

我国位于北半球, x 坐标均为正值, y 坐标则有正有负,如图1.9a所示,设 $y_A = +136\ 780\text{ m}$, $y_B = -272\ 440\text{ m}$ 。为了避免出现负值,将每带的坐标原点向西移 500 km ,如图1.9b所示,纵轴西移后, $y_A = 500\ 000 + 136\ 780 = 636\ 780\text{ m}$, $y_B = 500\ 000 - 272\ 440 = 227\ 560\text{ m}$ 。为了确定某点所在的带号,规定在横坐标之前均冠以带号。设 A, B 点均位于 20 带,则 $y_A = 20\ 636\ 780\text{ m}$, $y_B = 20\ 227\ 560\text{ m}$ 。

在高斯投影中,离中央子午线愈远,长度变形愈大,当要求投影变形更小时,可采用 3° 带投影。

如图1.10所示, 3° 带是从东经 $1^\circ 30'$ 开始,按经差 3° 划分一个带,全球共分为 120 带。每带中央子午线经度 λ'_0 与带号 n 的关系为:

$$\lambda'_0 = 3n \quad (1.7)$$

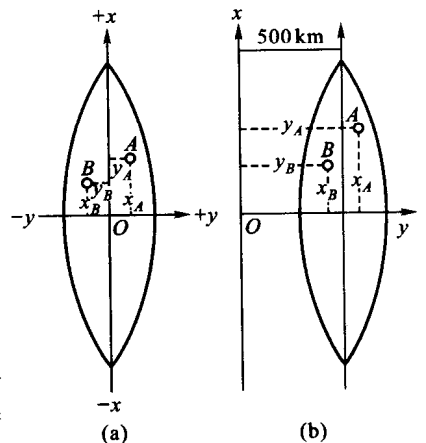


图 1.9

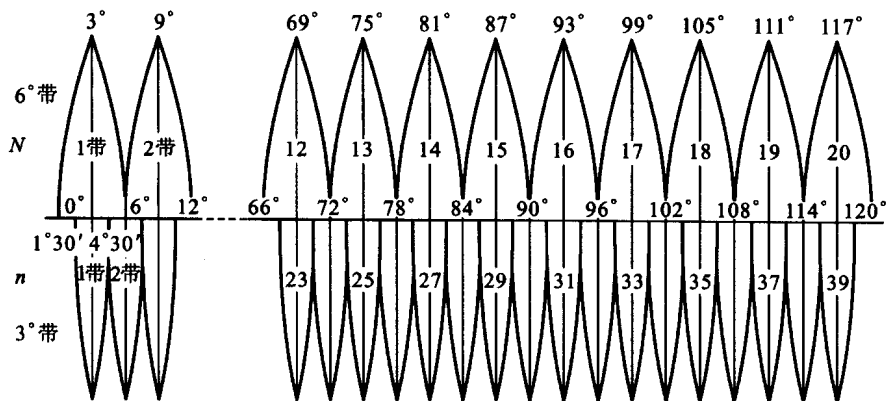


图 1.10

为避免 y 坐标出现负值, 3° 带的坐标原点同 6° 带一样向西移动 500 km, 但加在 y 坐标前的带号应是 3° 的带号。例如 C 点所在的中央子午线经度为 105° , $y_C = 538\ 640\text{ m}$, 该点所在 3° 带的带号为 $n = 105^\circ/3 = 35^\circ$, 则该点加上带号后的 y 坐标值为 $y_C = 35\ 538\ 640\text{ m}$ 。

(2) 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, 并在平面上建立独立平面直角坐标系, 地面点在大地水准面上的投影位置就可以用平面直角坐标来确定。

如图 1.11 所示, 一般将独立平面直角坐标系的原点选在测区西南角, 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 1.12 所示。

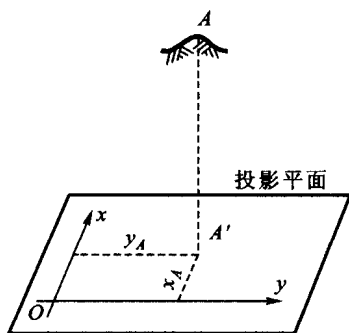


图 1.11

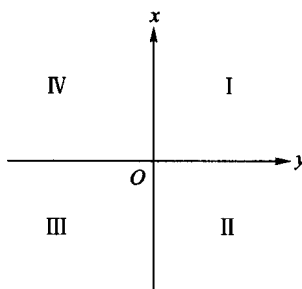


图 1.12

1.3.4 空间直角坐标系

随着卫星定位技术的发展, 采用空间直角坐标来表示空间一点的位置, 已在各个领域越来越多地得到应用。空间直角坐标系是以地球的质心为原点 O , 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 E , 过 O 点与 xOz 面垂直, 按右手规则确定 y 轴方向, 如图 1.13 所示。

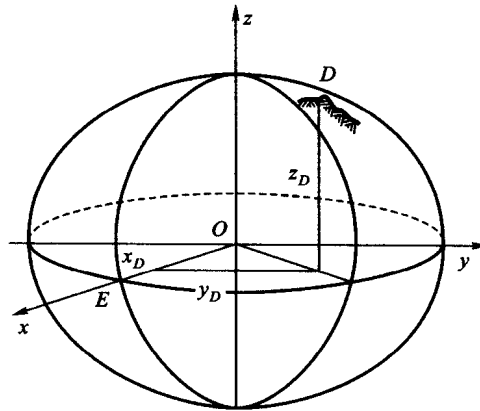


图 1.13

1.3.5 用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才容许这种代替,有必要加以讨论。为讨论方便,假定大地水准面为圆球面。

1. 对距离的影响

如图 1.14 所示,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 , 则用水平长度 D' 代替弧长 D 所产生的误差为:

$$\Delta D = D' - D \quad (1.8)$$

将 $D = R\theta$, $D' = R \tan \theta$ 代入上式,整理后得:

$$\Delta D = R(\tan \theta - \theta) \quad (1.9)$$

将 $\tan \theta$ 展开为级数式

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

因 D 比 R 小得多, θ 角很小,只取级数式前两项代入式(1.9),得:

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

将 $\theta = D/R$ 代入上式,得:

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \quad (1.10)$$

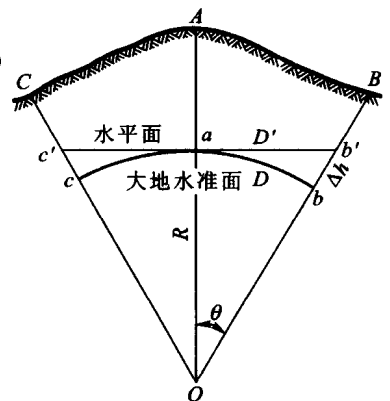


图 1.14

取 $R = 6371 \text{ km}$, 用不同的 D 值代入式(1.10)得到表 1.1 的结果。

当两点相距 10 km 时,用水平面代替大地水准面产生的长度误差为 0.8 cm, 相对误差为 1/1 220 000, 相当于精密测距精度的 1/1 000 000。所以在半径为 10 km 测区内进行距离测量时,可以用水平面代替大地水准面。

表 1.1

D/km	$\Delta D/\text{cm}$	$\Delta D/D$
5	0.1	1/4 870 000
10	0.8	1/1 220 000
20	6.6	1/304 000
50	102.7	1/48 700

2. 对高程的影响

在图 1.14 中,以大地水准面为基准的 B 点绝对高程 $H_B = Bb$,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 就是对高程的影响,也称为地球曲率的影响。在 $\triangle Oab'$ 中:

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

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

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

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1.11)$$

对于不同 D 值,产生的高程影响如表 1.2 所示。

表 1.2

D/km	0.05	0.1	0.2	1	10
$\Delta h/\text{mm}$	0.2	0.8	3.1	78.5	7 850

计算表明,地球曲率对高程的影响较大,进行高程测量时,应考虑地球曲率对高程的影响。

1.4 测量工作概述

1.4.1 测量工作的基本内容

测量工作的主要目的是确定点的坐标和高程。在实际工作中,常常不是直接测量点的坐标和高程,而是观测坐标和高程已知的点与坐标,高程未知的待定点之间的几何位置关系,然后计算出待定点的坐标和高程。

如图 1.15 所示,设 A, B 为坐标,高程已知点, 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, ab 边的长度是已知的,只要测量出一条未知边的边长和一个水平角(或两个水平角、或两个未知边边长),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} (h_{BC}),然后推算出 C 点的高程,所以测定地面点高程主要是测量高差。

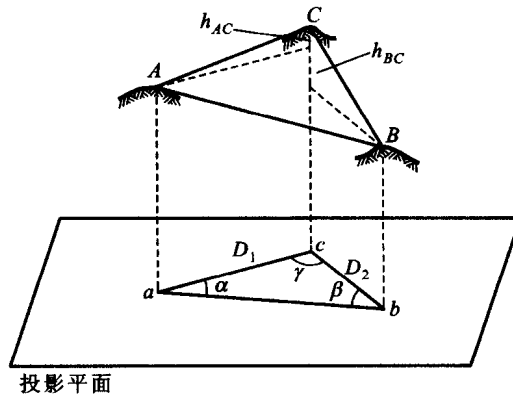


图 1.15

因此,高差测量、角度测量、距离测量是测量工作的基本内容。

测量工作一般分外业和内业两种。外业工作的内容包括应用测量仪器和工具在测区内所进行的各种测定和测设工作。内业工作是将外业观测的结果加以整理、计算,并绘制成图以便使用。

1.4.2 测量工作的基本原则

进行建筑工程测量时,需要测定(或测设)许多特征点(也称碎部点)的坐标和高程。如果从一个特征点开始到下一个特征点逐点进行施测,虽可得到各点的位置,但由于测量中不可避免地存在误差,会导致前一点的测量误差传递到下一点,这样累计起来可能会使点位误差达到不可容忍的程度。另外逐点传递的测量效率也很低。因此测量工作必须按照一定的原则进行。

“从整体到局部、先控制后碎部”是测量工作应遵循的基本原则之一。也就是先在测区选择一些有控制作用的点(称为控制点),把它们的坐标和高程精确测定出来,然后分别以这些控制点为基础,测定出附近碎部点的位置。这种方法不但可以减少碎部点测量误差积累,而且可以同时的各个控制点上进行碎部测量,提高工作效率。

在控制测量或碎部测量工作中都有可能发生错误,小错误影响成果质量,严重错误则造成返工浪费,甚至造成不可挽回的损失。为了避免出错,测量工作就必须遵循“前一步工作未做检核,不进行下一步工作”的原则。

小 结

这一章是学习本课程的预备知识,主要包括:测量学的定义、建筑工程测量的任务、地面点位的确定方法和测量工作的一般概念。对于测量学的定义和建筑工程测量的任务,应该在理解的基础上加以牢记。对地球的形状和大小、旋转椭球体、高斯平面直角坐标等内容,只需一般了解其意义即可,不必深究。对铅垂线、水平线、水平面、水准面、大地水准面、绝对高程和相对高程、高差、经度、纬度、平面直角坐标等测量学的基本词汇,应有清楚的概念并牢记之。第 1.2.3 节的内容可作参考,但其结论十分重要。测量工作的基本内容和基本原则,应结合后续章、节的内容

学习和实践逐步加深理解。

思考与练习

1. 测量学研究的对象是什么？
2. 建筑工程测量的任务是什么？
3. 测定与测设有何区别？
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. 水平面、水准面、大地水准面有何差异？
6. 何谓绝对高程？何谓相对高程？
7. 已知 $H_A = 640.632 \text{ m}$, $H_B = 730.239 \text{ m}$, 求 h_{AB} 和 h_{BA} 。
8. 试述测量平面直角坐标系与数学上的直角坐标系的异同点。
9. 用水平面代替水准面对水平距离和高程分别有何影响？
10. 测量工作的基本内容是什么？测量工作的基本原则是什么？

第2章 水准测量

学习目标 通过本章学习,应了解水准测量原理和水准仪基本构造;掌握 DS₃ 水准仪的使用方法、水准测量的施测方法和内业计算;能够进行 DS₃ 水准仪的基本检验和校正;了解水准测量的误差影响和其他水准仪的基本特点。

在地形图的测绘和工程勘察设计及施工放样中,都需要测定地面点的高程。测量地面点高程的工作,称为高程测量。高程测量按使用的仪器和方法不同,分为水准测量、三角高程测量和气压高程测量。其中,水准测量是高程测量的主要方法。本章主要介绍水准测量。

2.1 水准测量原理

水准测量的原理是利用水准仪所提供的水平视线,通过读取竖立在两点上水准尺的读数,测定两点间的高差,从而由已知点高程推求未知高程。

如图 2.1 所示,欲测定 B 点的高程,需先测定 A、B 两点间的高差 h_{AB} 。为此,可在 A、B 两点上竖立水准尺,并在其间安置水准仪,利用水准仪的水平视线分别在 A、B 点水准尺上读数 a 、 b 。由图可知, A、B 两点间的高差公式为:

$$h_{AB} = a - b \quad (2.1)$$

如果水准测量方向是由已知点 A 到待定点 B 进行的,则 A 点为后视, a 为后视读数; B 点为前视, b 为前视读数。A、B 两点间的高差等于后视读数减去前视读数。当读数 $a > b$ 时,高差为正值,说明 B 点高于 A 点;反之,当读数 $a < b$ 时,则高差为负值,说明 B 点低于 A 点。

如果已知 A 点高程为 H_A 和测得高差为 h_{AB} ,则 B 点高程为:

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (2.2)$$

以上利用高差计算高程的方法,称为高差法。

由图 2.1 可知, B 点高程也可以通过仪器的视线高 H_i 计算:

$$\left. \begin{aligned} H_i &= H_A + a \\ H_B &= H_i - b \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

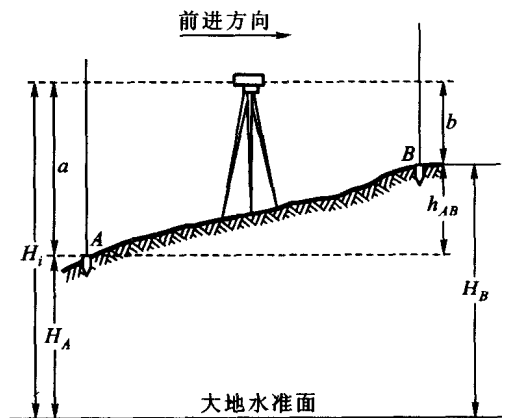


图 2.1

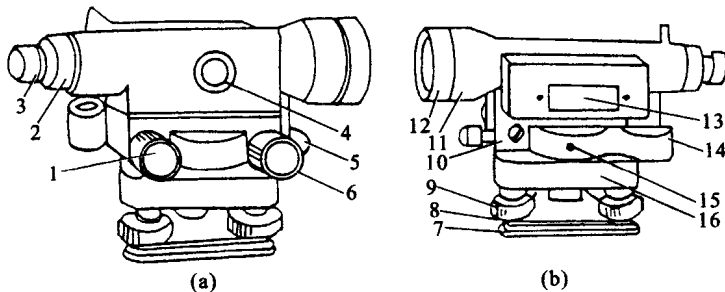
由式(2.3)用视线高程计算 B 点高程的方法,称为视线高程法。当需要安置一次仪器测多个前视点高程时,利用视线高程法比较方便。

2.2 DS₃ 水准仪和水准测量的工具

水准测量所使用的仪器为水准仪,工具有水准尺和尺垫。我国水准仪按其精度分为 DS_{0.5}, DS₁, DS₃, DS₁₀, DS₂₀ 五个等级。“D”和“S”是“大地”和“水准仪”的汉语拼音的第一个字母,其下标数字 0.5, 1, 3, 10, 20 表示该类仪器的精度,即每千米往、返测得高差中数的中误差,以毫米计。数字越小,精度越高。工程测量中常用 DS₃ 型水准仪,使用该仪器进行水准测量,每千米可达 ± 3 mm 的精度,本章重点介绍这类仪器。

2.2.1 DS₃ 水准仪的构造

在水准仪测量中,水准仪的主要作用是提供一条水平视线,并能照准水准尺进行读数。如图 2.2 所示为我国生产的 DS₃ (简称 S₃) 型水准仪的外形。水准仪主要由望远镜、水准器及基座三部分组成。



1—微倾螺旋, 2—分划板护罩, 3—目镜, 4—物镜调焦螺旋, 5—制动螺旋,
6—微动螺旋, 7—底板, 8—三角压板, 9—脚螺旋, 10—弹簧帽, 11—望远镜,
12—物镜, 13—管水准器, 14—圆水准器, 15—连接小螺钉, 16—轴座

图 2.2

1. 望远镜

望远镜是水准仪上的重要部件,用来瞄准远处的水准尺进行读数,它由物镜、调焦透镜、调焦螺旋、十字丝分划板和目镜等组成,如图 2.3 所示。

物镜由两片以上的透镜组成,作用是与调焦透镜一起使远处的目标成像在十字丝平面上,形成缩小的实像。旋转调焦螺旋,可使不同距离目标的成像清晰地落在十字丝分划板上,称为调焦或物镜对光。目镜也是由一组复合透镜组成,其作用是将物镜所成的实像连同十字丝一起放大成虚像,转动目镜螺旋,可使十字丝影像清晰,称目镜对光。

十字丝分划板是安装在镜筒内的一块光学玻璃板,上面刻有两条互相垂直的十字丝,竖直的一条称为纵丝,水平的一条称为横丝或中丝,与横丝平行的上、下两条对称的短丝称为视距丝,用以测定距离。水准测量时,用十字丝交叉点和中丝瞄准目标并读数。