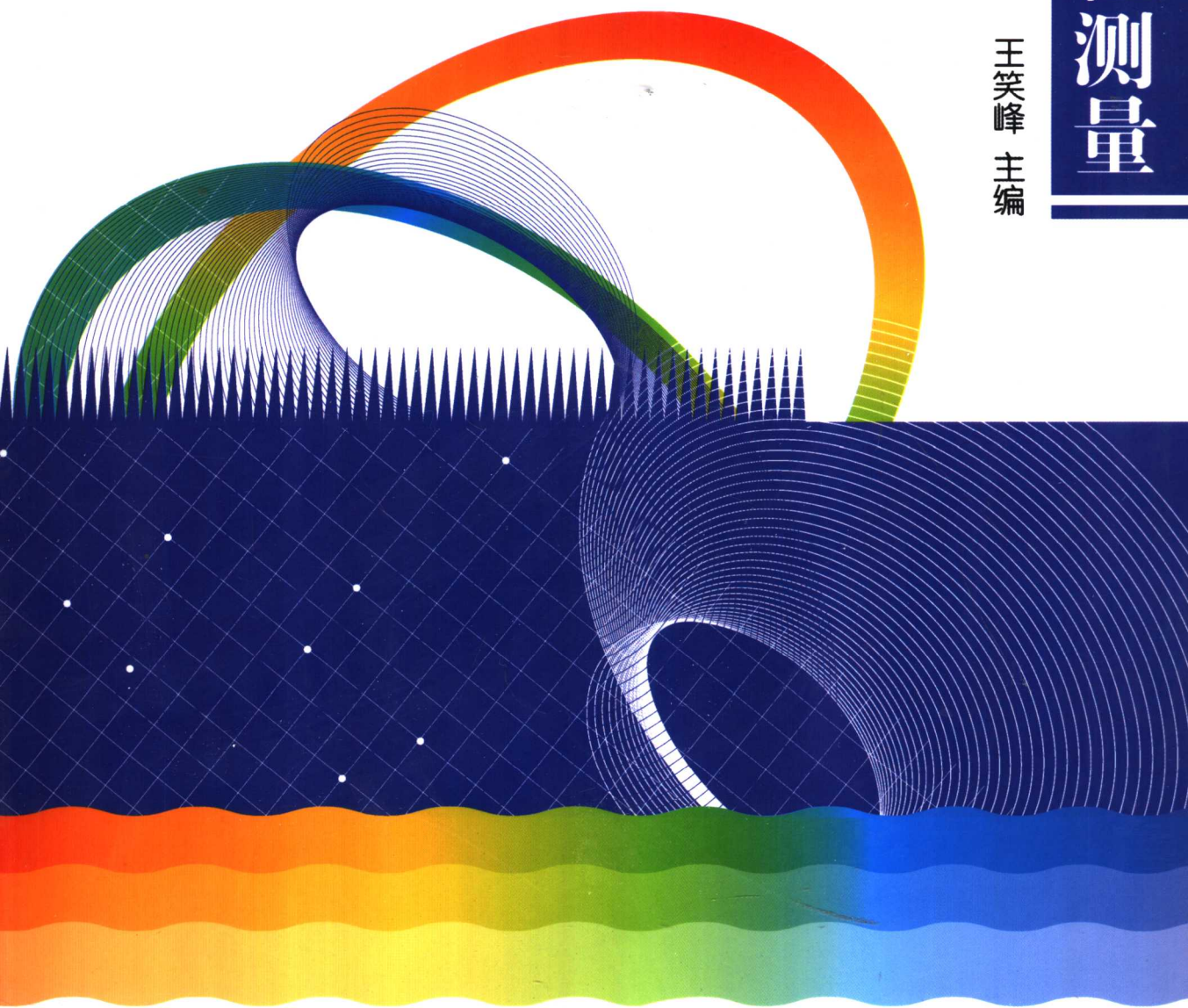


水利工程测量

王笑峰 主编



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

水利工程测量

王笑峰 主编

高等教育出版社

内容简介

本书共 13 章,全面介绍了光学测量仪器、电子水准仪、电子经纬仪、全站仪的基本知识,控制测量和地形图测绘的理论和方法,测量误差的基本理论和在水利工程测量中的应用,以及水利类各专业有关的测绘技术。为适应现代科技的发展,书中对数字化测图及全球定位系统、遥感技术、地理信息系统等内容进行了较详尽的介绍,并在书中提供了部分基本的英文测绘专业词汇和课后习题。本书为求体现高等职业教育教学的特点,适用于高职高专及成人高校水利水电工程、农业水利工程、水利工程施工、水利水电工程规划、水利水电工程管理、水利工程监理、水土保持工程、水文与水资源工程等专业教学使用,也可供从事以上专业的技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水利工程测量 / 王笑峰主编. —北京:高等教育出版社,2007.11

ISBN 978 - 7 - 04 - 021863 - 3

I. 水… II. 王… III. 水利工程测量 - 高等学校 - 教材 IV. TV221.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 153158 号

策划编辑	张骁军	责任编辑	张玉海	封面设计	张志奇	责任绘图	尹 莉
版式设计	马敬茹	责任校对	胡晓琪	责任印制	宋克学		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 14.5
字 数 350 000

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 11 月第 1 版
印 次 2007 年 11 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

物料号 21863 - 00

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,编者结合多年的教学经验和工程实践,并在广泛征求同行和水利工程专家意见的基础上编写而成。

全书共十三章,系统地介绍了常规的工程测量仪器的构造、使用、检验与校正;阐明了控制测量和地形测量的理论及方法;论述了测量误差的基本理论及在测量工作中的应用;对有关水利建筑物的测量技术进行了阐述。结合工程实践及专业的需要,本书对测绘领域的新技术、新仪器、新方法,如电磁波测距、电子水准仪、全站仪、数字化测图及全球定位系统、遥感技术、地理信息系统等都做了较详细的介绍。为方便工程技术人员使用,书中提供了部分基本的英文测绘专业词汇和课后习题。

本书适用于高职高专及成人高校水利水电工程、农业水利工程、水利工程施工、水利水电工程规划、水利水电工程管理、水利工程监理、水土保持工程、水文与水资源工程等专业教学使用,也可供从事以上专业的技术人员参考。

本书由黑龙江大学水电学院王笑峰任主编,黑龙江大学建筑工程学院马学武任副主编。黑龙江大学孔达、周企鹏、龚文峰,广东水利电力职业技术学院张保民,黑龙江农垦林业职业技术学院孙家国等参编。第一、二、四、八章由王笑峰编写,第三、七章由马学武编写,第五章由孙家国编写,第六、十章由周企鹏编写,第九章由孔达编写,第十一、十二章由张保民编写,第十三章由龚文峰编写。

本书由黑龙江大学曲德富教授审阅,并对编写工作提出了宝贵意见,在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,难免存在缺点和不足之处,谨请读者和同仁提出批评与指正。

编 者
2007年3月

目 录

第一章 绪论	1	思考与练习	85
第一节 水利工程测量的任务	1	第六章 控制测量	86
第二节 地面点位的确定	2	第一节 概述	86
第三节 用水平面代替水准面的限度	7	第二节 导线测量	88
第四节 测量工作概述	8	第三节 小三角测量	100
思考与练习	10	第四节 交会法测量	103
第二章 水准测量	11	第五节 高程控制测量	106
第一节 水准测量原理	11	思考与练习	112
第二节 水准仪及其使用	12	第七章 大比例尺地形图测绘	114
第三节 水准测量的施测方法	17	第一节 测图前的准备工作	114
第四节 水准仪的检验与校正	23	第二节 碎部点的测绘原理及方法	115
第五节 水准测量误差及消减方法	27	第三节 经纬仪测绘法	117
第六节 自动安平水准仪与电子水准仪	30	第四节 全站仪数字化测图	120
思考与练习	33	第五节 地形图的拼接、检查和整饰	124
第三章 角度测量	35	思考与练习	126
第一节 角度测量原理	35	第八章 地形图的应用	127
第二节 光学经纬仪	36	第一节 地形图的基本知识	127
第三节 水平角测量	41	第二节 地形图的分幅与编号	131
第四节 竖直角、天顶距测量	45	第三节 地形图的阅读	135
第五节 经纬仪的检验与校正	50	第四节 地形图应用的基本内容	136
第六节 角度测量误差及消减方法	54	第五节 地形图在工程规划中的应用	139
思考与练习	56	第六节 面积量算	142
第四章 直线定向及距离测量	58	思考与练习	146
第一节 直线定向	58	第九章 测设(放样)的基本工作	147
第二节 距离丈量	60	第一节 概述	147
第三节 视距测量	66	第二节 施工控制网的布设	147
第四节 红外光电测距仪原理	70	第三节 测设(放样)的基本工作	150
思考与练习	71	第四节 测设点的平面位置	152
第五章 测量误差的基本知识	72	第五节 已知坡度直线的测设	154
第一节 概述	72	第六节 圆曲线的测设	154
第二节 偶然误差的特性	73	思考与练习	157
第三节 衡量精度的标准	76	第十章 大坝施工测量	159
第四节 误差传播定律	77	第一节 土坝的施工测量	159
第五节 测量精度分析举例	80	第二节 混凝土坝的施工测量	165
第六节 等精度观测的平差	83	第三节 水闸的施工放样	171

思考与练习	174	第二节 全站仪的结构与功能	192
第十一章 渠道测量	175	第三节 全站仪的测量方法	195
第一节 渠道选线测量	175	思考与练习	199
第二节 中线测量	177	第十三章 “3S”技术及其应用	200
第三节 纵断面测量	179	第一节 “3S”概述	200
第四节 横断面测量	182	第二节 全球定位系统(GPS)	202
第五节 土方量计算	185	第三节 地理信息系统(GIS)	214
第六节 渠道边坡放样	187	第四节 遥感技术(RS)	217
思考与练习	190	第五节 “3S”技术的综合应用	221
第十二章 全站仪及其应用	191	思考与练习	223
第一节 概述	191	参考文献	224

第一章 绪 论

第一节 水利工程测量的任务

测量学(surveying)是研究地球的形状和大小及确定空间位置信息的科学。从数学原理可知,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 值来表示。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。

测量学的任务包括测绘(survey and map)和测设(setting out)两个方面。测绘就是使用各种测量仪器和工具,运用各种测量方法测定地球表面的地物和地貌的位置,按一定的比例尺缩绘成地形图。测设是将图纸上设计好的建筑物的平面位置和高程,按设计要求标定在地面上,作为施工依据,又称为施工放样。

测量学按照研究对象和范围的不同,产生了多个分支学科:

1. 大地测量学(geodetic surveying)

研究整个地球的形状和大小,解决大范围控制测量和地球重力场问题的学科。近年来,随着人造地球卫星技术的发展,大地测量学又分为常规大地测量学和卫星大地测量学。

2. 地形测量学(topometric surveying)

研究小区域内测绘地形图的基本理论、技术和方法的学科。可以不考虑地球曲率的影响,把小区域内的地球表面当作水平面对待。

3. 摄影测量学(photographic surveying)

利用摄影相片来测定物体的形状、大小和空间位置的学科。由于获得相片的方法不同,摄影测量学可分为地面摄影测量学、航空摄影测量学、水下摄影测量学和航天摄影测量学。

4. 海洋测绘学(ocean surveying)

以海洋和陆地水域为研究对象所进行的测量和海图编制工作。

5. 工程测量学(engineering surveying)

研究工程建设在勘测、规划、设计、施工、运行管理各个阶段的测量工作的理论、技术和方法的学科。

以上各门学科既自成体系又相互关联,只有密切配合才能更好地为我国的现代化建设服务。

测量工作在水利水电建设中起着十分重要的作用。兴建水利工程,从工程的规划、设计、施工到运行管理的各个阶段都离不开测量工作。例如,在某河流上修建水电站,首先必须根据地形图进行规划设计,选择坝址,从而进行水文计算、地质勘探、经济调查等工作,充分论证规划设计的可行性。坝址选定后,必须有详尽的大比例尺地形图作为坝体、厂房和其他水工建筑物设计布置的依据。在施工过程中,又要通过施工放样指导开挖、砌筑和设备安装。投入运行后,还要进

行变形观测,确保安全运行。因此,从事水利水电建设的工程技术人员,应当具备测量学的基本知识和技能,把测量学作为必需的一门基础技术课程,掌握有关水利水电工程测量的知识。

第二节 地面点位的确定

一、测量学的基准线和基准面

在测量学中,某点的基准线(datum line)就是通过该点的铅垂线(plumb line)。所谓铅垂线,就是地面上一点的重力线方向。

测量工作是以地球为工作对象,地球表面起伏不平,有高山、深谷、平原、海洋等,称为地球的自然表面。由于地球表面约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流和潮汐影响的静止海水面,向陆地和岛屿延伸形成一个闭合的曲面,把这个曲面称为水准面。水准面(level surface)的特点是面上任意一点的铅垂线都垂直于该点的曲面,位于不同高度的水准面有无数个,而与平均海水面相吻合的水准面称为大地水准面(geoidal surface),它就是点位投影和计算高程的基准面(datum surface),如图1-1所示。

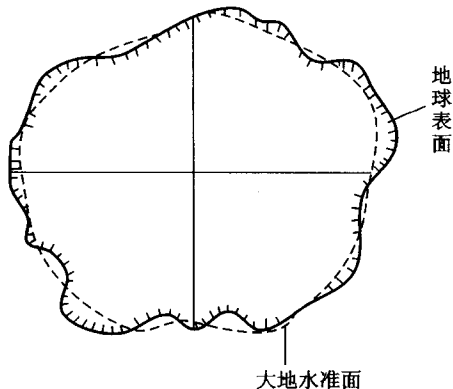


图1-1 大地水准面

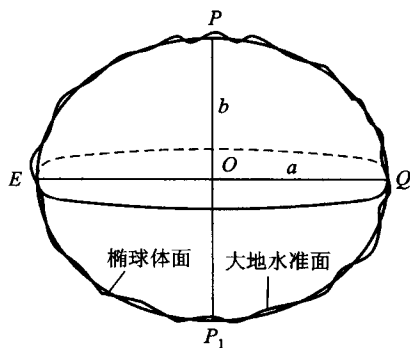


图1-2 旋转椭球体

由于地球内部质量分布不均匀,引起铅垂线方向变化,以致大地水准面的形状相当复杂,为便于计算及制图,测量学上选用一个和大地水准面总的形状非常接近的数学形体来代表地球形体。如图1-2所示,这个数学形体是椭圆 PQP_1E 绕其短轴 PP_1 旋转而形成的旋转椭球体,又称为参考椭球体。它的外表面称为参考椭球面(ellipsoidal surface)。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,可以把地球看做是圆球,其

半径为 6 371 km。

二、地面点的坐标

如图 1-3 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点 a 、 b 、 c ,这些点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。

测量中常用的坐标系如下:

1. 天文地理坐标系

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。它以铅垂线为基准线,以大地水准面为基准面。

如图 1-4 所示, N 、 S 分别是地球的北极和南极, NS 称为地轴。过地面点和地轴的平面称为子午面。子午面与地球的交线称为子午线。通过格林尼治天文台的子午面(又称首子午面)与任意子午面的夹角 λ 称为经度。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。过地面任意点的铅垂线与赤道面的夹角称为该点的纬度。由赤道面向北称为北纬,向南称为南纬,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. 高斯平面直角坐标系

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的数学法则归算到平面上,即测量工作中所称的投影。在测量工作中常用的是高斯投影法,如图 1-5 所示。

如图 1-5a 所示,高斯投影是设想用一个平面卷成一个空心圆柱,把它横着套在地球椭球外面,使空心圆柱的中心轴线位于赤道面内并通过球心,使地球椭球上某投影范围的中央子午线(经线)与圆柱面相切,使椭球面上的图形投影到圆柱面上后保持角度不变(这种投影称为正形投影)。将某区域全部投影到圆柱面上后,再将圆柱沿着通过南北极的母线切开并展成平面,得到某投影区域在平面上的投影(图 1-5b)。综上所述,高斯投影具有如下特性:

(1) 经投影后,中央子午线为一条直线,且长度不变,其他经线为凹向中央子午线的曲线,长度发生改变。

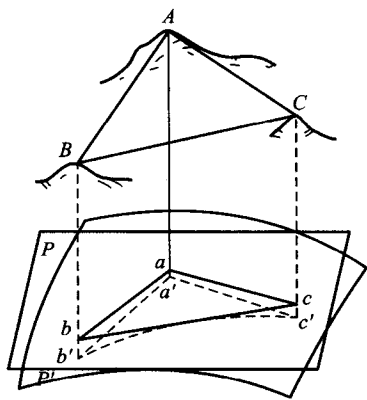


图 1-3 地面点的坐标

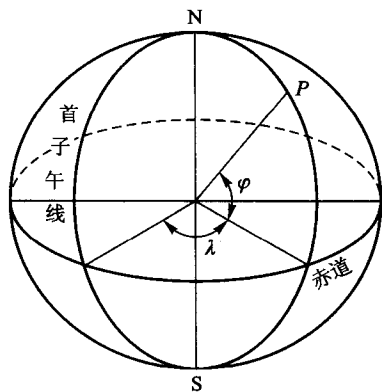


图 1-4 天文地理坐标系

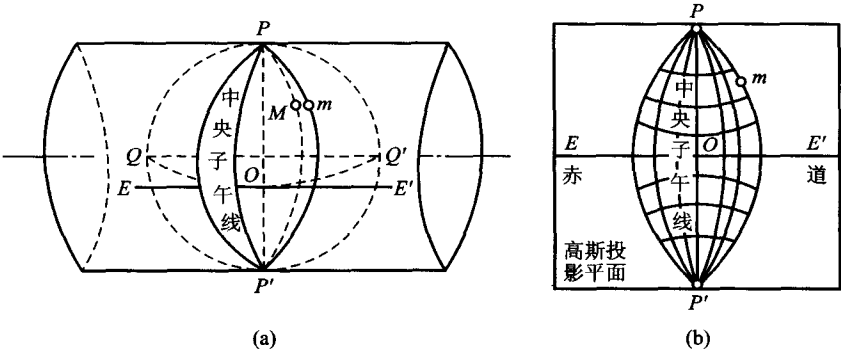


图 1-5 高斯投影法

(2) 经投影后,赤道为一条直线,但长度发生改变,其他纬线为凸向赤道的曲线,且距离赤道越远,长度变形越大。

(3) 中央子午线与赤道投影后仍保持正交。

高斯投影法采用分带投影的方法,包括六度带投影法和三度带投影法。

六度带投影法是将地球按 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 1-6 所示。位于各带边缘的子午线称为分带子午线,位于各分带中央的子午线称为中央子午线,设其经度为 λ_0 ,则在东半球第 N 带中央子午线的经度为

$$\lambda_0 = 6N - 3$$

每带独立进行投影,如图 1-7 所示。中央子午线和赤道为互相垂直的直线,分别建立 x 轴和 y 轴,交点为原点,组成高斯平面直角坐标系(图 1-8)。

投影中,除中央子午线和赤道为直线外,其余各纬线和经线均为曲线,且距中央子午线距离愈大,投影变形愈大,因此,为满足测量工作的要求,控制投影后的投影变形,在 6° 带的基础上进一步划分出 3° 带投影,即每隔 3° 为一带,其中央子午线在奇数带时与 6° 带中央子午线重合,偶数时与 6° 带的边缘子午线重合,全球共分 120 带(图 1-7)。其中央子午线经度为

$$\lambda'_0 = 3n$$

式中 λ'_0 —— 3° 带中央子午线经度;

n —— 3° 带带号。

我国位于北半球, X 坐标均为正值, Y 坐标则有正有负,如图 1-8a 所示,设

$$Y_A = +136\,780\text{ m}, \quad Y_B = -272\,440\text{ m}$$

为了避免出现负值,将每带的坐标原点向西移 500 km,如图 1-8b 所示,纵轴西移后,则

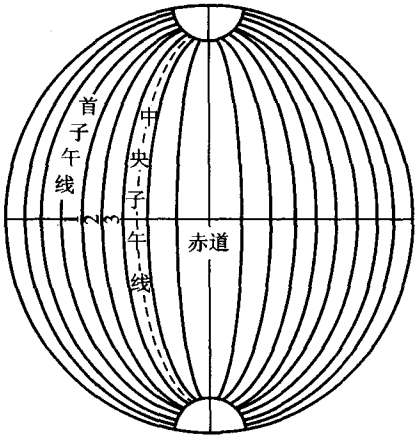


图 1-6 六度带投影法

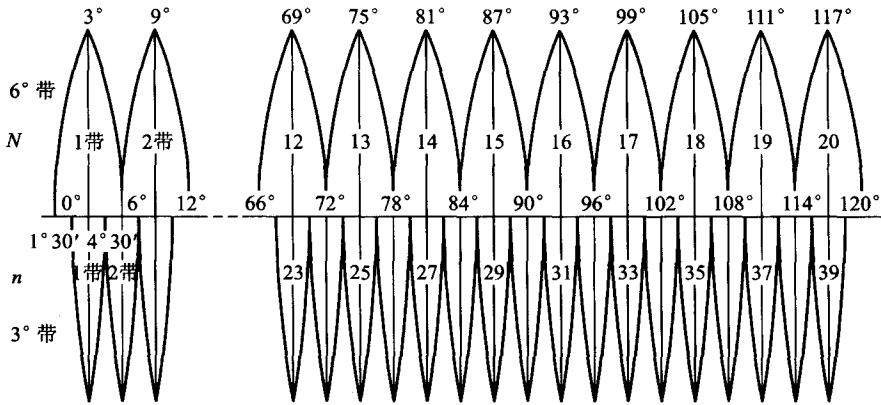


图 1-7 每带独立进行投影

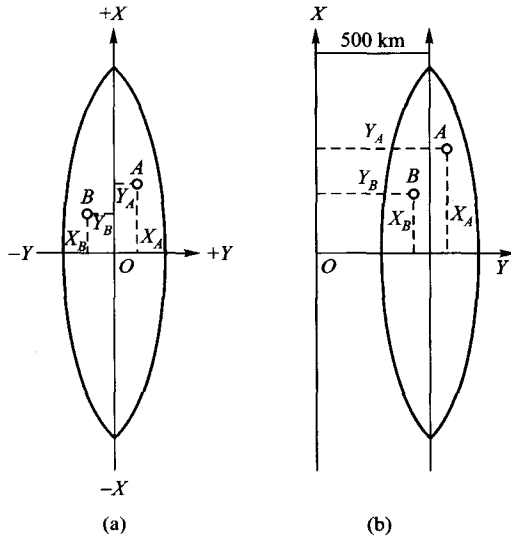


图 1-8 高斯平面直角坐标系

$$Y_A = 500\,000\text{ m} + 136\,780\text{ m} = 636\,780\text{ m}, \quad Y_B = 500\,000\text{ m} - 272\,440\text{ m} = 227\,560\text{ m}$$

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

$$Y_A = 20\,636\,780\text{ m}, \quad Y_B = 20\,227\,560\text{ m}$$

3. 独立直角坐标系

当测区面积较小时(半径小于 10 km),可不考虑地球曲率的影响,就不必进行复杂的投影计算,可以直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上,用平面直角坐标表示其投影位置。如图 1-9 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,坐标象限按顺时针方向编号,如图 1-10 所示。

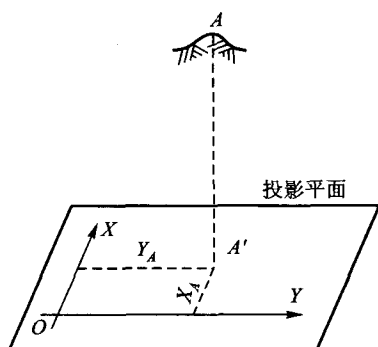


图 1-9 独立直角坐标系

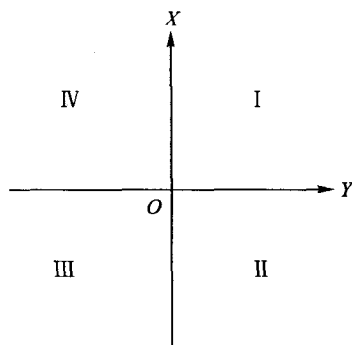


图 1-10 坐标象限的编号

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 1-11 所示。

三、地面点的高程

地面点沿铅垂线方向至大地水准面的距离称为该点的绝对高程, 简称高程 (height), 用 H 表示。如图 1-12 所示, H_A, H_B 分别表示 A 点和 B 点的高程。

过去我国采用青岛验潮站 1950—1956 年的观测成果求得的黄海平均海水面作为高程的零点, 称为“1956 年黄海高程系统”(水准原点高程为 72.289 m)。由于该高程系统的验潮资料时间过短、准确性较差, 国家于 1987 年启用利用青岛验潮站 1950—1979 年的验潮资料重新进行推算的新的 高程系统, 并将其命名为“1985 国家高程基准”(水准原点高程为 72.260 m)。国家水准原点设于青岛市观象山附近, 作为我国高程测量的依据。在使用原“1956 年黄海高程系统”的高程成果时, 应注意将其换算为新的高程基准系统。

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称为该点的相对高程。 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 (altitude difference), 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

$$h_{BA} = H_A - H_B \quad (1-3)$$

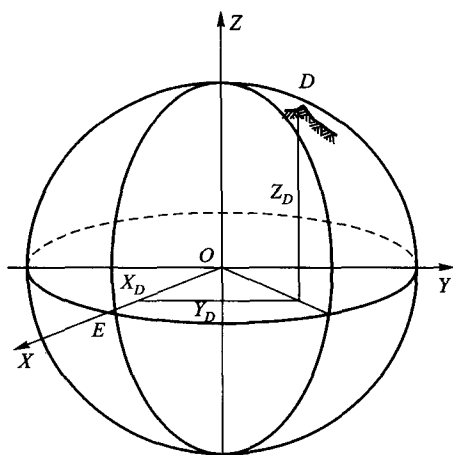


图 1-11 空间直角坐标系

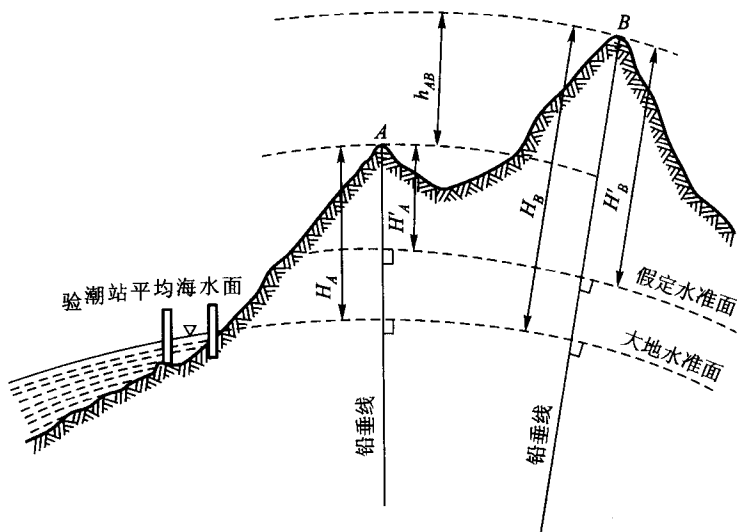


图 1-12 地面点的高程

或

$$h_{BA} = H'_A - H'_B \quad (1-4)$$

可见

$$h_{AB} = -h_{BA}$$

第三节 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。

一、对距离的影响

如图 1-13 所示,设地面上 A、B、C 三个点在大地水准面上的投影点分别为 a、b、c,用过 a 点的水平面代替大地水准面,则地面点在水平面上的投影点分别为 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

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

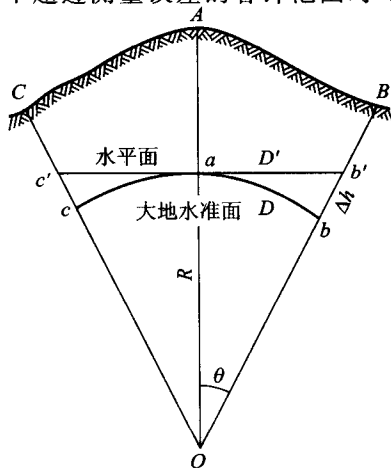


图 1-13 水平面代替水准面限度示意图

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

$$\Delta D = R(\tan \theta - \theta) \quad (1-5)$$

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(1-5),得

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

将 $\theta = D/R$ 代入上式得

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \quad (1-6)$$

取 $R = 6\,371\text{ km}$,用不同的 D 值代入式(1-6),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 的测区内进行距离测量时,可以用水平面代替大地水准面。

二、对高程的影响

在图 1-13 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 $H'_B = Bb'$,二者之差 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

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

对于不同 D 值,产生的高程影响见表 1-1。

表 1-1 不同 D 值产生的高程影响

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,必须考虑地球曲率对高程的影响。

第四节 测量工作概述

一、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和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 1-14 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。

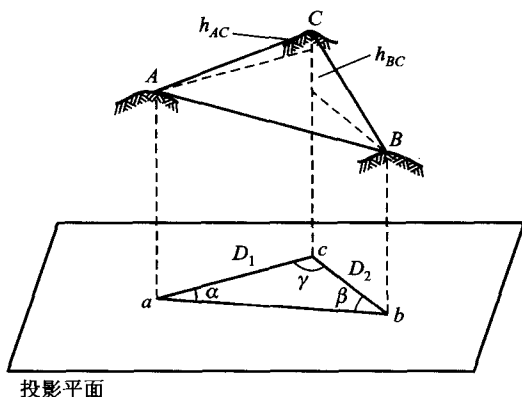


图 1-14 测定地面点的坐标

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。因此,高程测量、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工作和内业工作。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。

二、测量工作的基本原则

进行测量工作时,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,这样累加起来可能会使点位误差达到不可容许的程度。另外,逐点传递的测量方法效率也很低。因此,测量工作必须按照一定的原则进行。

“从整体到局部、由高级到低级,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的累积,而且可以同时在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。

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 $H_A = 640\ 632\ \text{m}$, $H_B = 730\ 239\ \text{m}$ 。试求 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?