

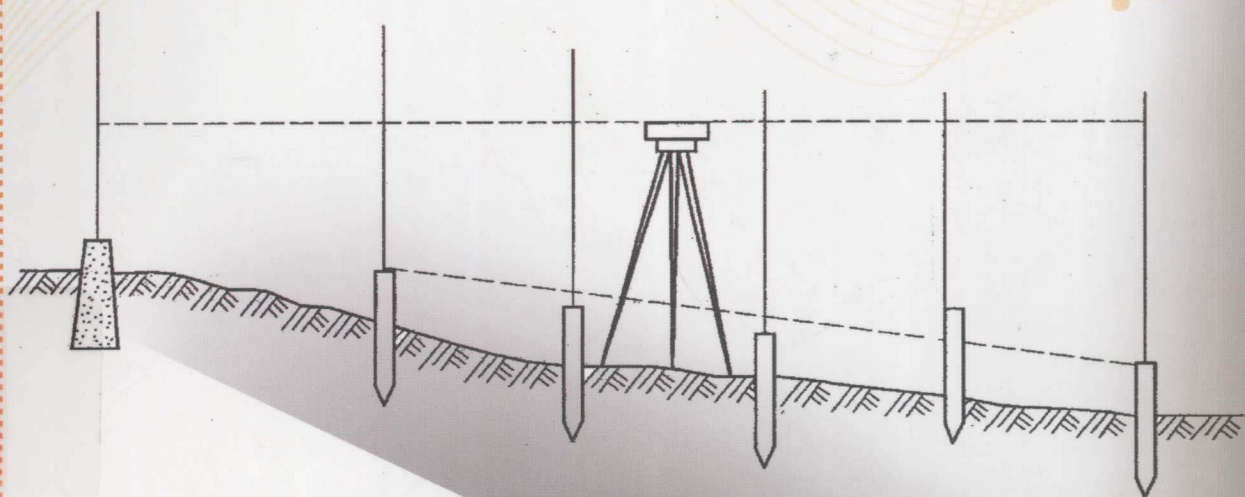
高等院校城建类专业通用教材

工程测量

GONGCHENG CELIANG

主 编 张建甫

副主编 骆社周 袁则循



中国建材工业出版社

高等院校城建类专业通用教材

工 程 测 量

主 编 张建甫

副主编 骆社周 袁则循

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/张建甫主编. —北京:中国建材工业出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-5160-0156-1

I. ①工… II. ①张… III. ①工程测量—高等职业教育—教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 160896 号

内 容 简 介

本教材内容包括:绪论、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差基础知识、小地区控制测量、地形图的测绘、地形图的应用、房产测绘、测设的基本工作、建筑施工测量、园林工程测量、管道工程测量、全站仪及其使用、全球定位系统。本书在编写内容上主要突出基础性和实用性,详略得当,概念准确,重视基本操作,强调测量的方法和精度。章末加习题及实训,以提高实践操作能力。

本书可作为土木工程、园林绿化工程、房地产工程、城市规划、给水排水工程、土地资源管理、资源环境与城乡规划管理等应用型本科专业教学使用,也可作为高等职业教育和成人高等教育类相关专业的参考使用。

工程测量

主 编 张建甫

副主编 骆社周 袁则循

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街6号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:18

字 数:448千字

版 次:2012年8月第1版

印 次:2012年8月第1次

定 价:40.00元

本社网址:www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386906

前言

工程测量是研究空间点位的定位技术,是一门应用较为广泛的工程技术。随着测绘科技的飞速发展,工程测量技术发生了巨大的变化。城市建设规模不断扩大,各种大型建筑物、园林绿化工程以及特种精密建设工程的不断增多,使工程测量的使用范围不断拓宽,同时对工程测量技术提出了新的任务及要求。更多的新技术、新规范、新标准、新法规也不断发布,进一步加快了工程测量的发展。本教材参照应用型本科高等职业院校土木工程专业、园林工程专业、城市规划专业等测量课程的基本要求,依据国家最新的测量规范、标准进行编写。

本书由北京城市学院张建甫主编。全书包括十五章,第一章绪论由张建甫编写,介绍了测量的基本概念及测量工作概述;第二章、第三章、第四章和第十四章由北京城市学院骆社周编写,介绍了水准仪、经纬仪和全站仪的使用和校正;第五章由北京城市学院崔宏伟和张建甫编写,介绍了误差的概念、来源及处理;第六章由张建甫编写,介绍了小地区控制测量的设计及方法;第七章、第八章由北京建筑设计研究院张玉辉编写,介绍了地形图中地物、地貌的表示方法,地形图测绘方法与应用;第九章由北京城市学院雷志轶和张玉辉编写,介绍了界址点、地籍图、宗地图、房产分幅图的测绘和房产面积测算;第十章和第十一章由北京城市学院袁则循编写,介绍了距离、角度、高程、坡度线和点平面位置的测设,施工场地、民用建筑施工、高层建筑施工、工业厂房施工的测量和竣工总平面图的测绘;第十二章园林工程测量由张建甫编写,主要介绍了园路、假山、湖泊和园林植物的测设;第十三章管道工程测量由北京城市学院袁则循编写,介绍了管道中线、管道纵横截面、管道施工的测量;第十五章由张建甫编写,介绍了卫星定位技术原理、控制测量技术设计、实施与数据处理。本书在编写特色上主要突出基础性和实用性,详略得当,概念准确,着重基本操作,强调测量的方法和精度。每章末附有习题及实训,以提高实践操作能力。

本书在编写过程中还得到高艳玲教授、李文利教授、张旭红副教授、郝峻弘副教授、董晓丽副教授的大力指导和帮助;北京城市学院沈然做了大量的文字校对工作,在此谨致感谢。

本书可作为土木工程、园林绿化工程、房地产工程、城市规划、给水排水工程、土地资源管理、资源环境与城乡规划管理等专业本科教学使用,也可作为高等职业教育和成人高等教育类相关专业的参考使用。

由于编者水平有限,书中错误及不当之处在所难免,敬请广大读者和同行给予批评指正。

编者

2012.07

发展出版传媒 服务经济建设

传播科技进步 满足社会需求

我们提供

图书出版、图书广告宣传、企业定制出版、团体用书、
会议培训、其他深度合作等优质、高效服务。



010-68342167



010-68361706



010-68343948



010-68001605

jccbs@hotmail.com

www.jccbs.com.cn



中国建材工业出版社
China Building Materials Press

(版权所有，盗版必究。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。举报电话：010-68343948)

目 录

第一章 绪论	1
第一节 测量学的定义、任务及作用	1
一、测量学的定义	1
二、测量的任务	1
三、测量在工程中的作用	2
第二节 测量工作的基准线与基准面	2
一、基准线	2
二、基准面	2
第三节 地面点位的确定	3
一、空间点位的表示方法	3
二、确定地面点位的三要素	7
第四节 测量工作概述	7
一、测量工作的基本内容	7
二、测量工作的程序与原则	8
【本章习题】	8
第二章 水准测量	9
第一节 水准测量原理	9
第二节 水准仪的分类及构造	11
一、水准仪分类	11
二、DS ₃ 型微倾式水准仪构造	12
第三节 水准仪的使用	14
一、安置水准仪	14
二、粗平	14
三、瞄准水准尺	15
四、精平	15
五、读数	15
第四节 水准测量的外业与内业计算	16
一、水准测量的外业施测	16
二、水准测量的检核	19

三、水准测量内业计算	20
第五节 水准仪的检验与校正	24
一、主要轴线及应满足的条件	24
二、水准仪的检验与校正	24
第六节 水准测量误差分析	27
一、仪器误差	27
二、观测误差	27
三、外界环境影响带来的误差	28
【本章习题】	30
【本章实训】	30
实训一 水准仪的认识与使用	30
实训二 普通水准测量	32
实训三 微倾式水准仪的检校	33
第三章 角度测量	36
第一节 经纬仪角度测量原理	36
一、水平角测量原理	36
二、竖直角测量原理	36
第二节 光学经纬仪的构造与功能	37
一、DJ ₆ 光学经纬仪	37
二、DJ ₂ 光学经纬仪	39
第三节 光学经纬仪读数方法	39
一、DJ ₆ 光学经纬仪操作步骤	39
二、DJ ₆ 光学经纬仪读数方法	41
三、DJ ₂ 光学经纬仪读数方法	43
第四节 水平角的测量方法	43
一、测回法	43
二、方向观测法	44
第五节 竖直角的测量方法	46
一、经纬仪的竖直度盘系统	46
二、竖直角的计算公式	46
三、竖盘指标差	48

四、竖直角观测方法	49	三、象限角和方位角的关系	74
第六节 经纬仪的检验与校正	49	四、方位角的推算	75
一、照准部水准管轴垂直于竖轴 ...	49	第六节 罗盘仪及其使用	75
二、圆水准器轴平行于竖轴	50	一、罗盘仪的构造	75
三、十字丝竖丝垂直于横轴	50	二、罗盘仪的使用	76
四、视准轴垂直于横轴	50	【本章习题】	77
五、横轴垂直于竖轴	51	【本章实训】	78
六、光学对中器的视线与竖轴		实训七 钢尺一般量距	78
旋转中心线重合	52	实训八 视距测量	79
七、竖盘指标差	52	第五章 测量误差基础知识	81
【本章习题】	52	第一节 测量误差概述	81
【本章实训】	53	一、测量误差的含义	81
实训四 经纬仪的认识与使用	53	二、测量误差的分类	81
实训五 方向观测法测量水平角 ...	54	三、测量误差的来源	83
实训六 竖直角观测	56	四、直接观测值函数的中误差	83
第四章 距离测量与直线定向	58	五、误差处理原则	84
第一节 距离测量的工具	58	第二节 衡量精度的标准	85
一、皮尺	58	一、中误差	85
二、钢尺	58	二、容许误差	86
三、标杆	59	三、相对误差	86
四、测钎	59	第三节 误差传播定律	86
五、垂球	59	【本章习题】	88
第二节 钢尺量距	59	第六章 小地区控制测量	89
一、直线定线	60	第一节 控制测量概述	89
二、钢尺的一般量距	61	一、国家基本控制网	89
三、钢尺的精密量距	62	二、小区域平面控制测量	90
四、钢尺量距的误差分析	64	第二节 导线测量	91
第三节 视距测量	65	一、导线的布设形式	91
一、视距测量原理及公式	65	二、导线测量的外业工作	92
二、视距测量的观测与计算	67	三、导线测量的内业计算	95
三、视距测量的误差分析	68	第三节 控制点加密	101
第四节 电磁波测距	69	一、支导线法加密控制点	101
一、电磁波测距的基本原理	69	二、前方交会法加密控制点	101
二、电磁波测距仪	70	第四节 三角高程测量	103
三、电磁波测距的基本操作	71	一、三角高程测量的原理	103
第五节 直线定向	72	二、地球曲率和大气折光的影响 ...	103
一、基本方向的种类	72	三、三角高程测量的主要	
二、直线方向的表示方法	73	技术要求	104

四、三角高程测量的观测与计算	105	【本章习题】	128
第五节 三、四等水准测量	105	【本章实训】	129
一、采用三、四等水准测量的		实训十 用经纬仪测绘地形图	129
规范要求	105	第八章 地形图的应用	131
二、采用三、四等水准测量的		第一节 地形图的阅读	131
观测方法	106	一、熟悉图式符号	131
【本章习题】	108	二、图廓外信息识读	131
【本章实训】	109	三、地物的识读	131
实训九 经纬仪闭合导线测量与		四、地貌的识读	131
成果整理	109	第二节 地形图应用的内容	132
第七章 地形图的测绘	111	一、求图上某点的坐标	132
第一节 地形图基础知识	111	二、求图上某点的高程	132
一、地形图概述	111	三、求图上两点间的距离	132
二、地形图比例尺	111	四、求图上某直线的坐标方位角	133
三、地形图图外注记	112	五、求图上某直线的坡度	133
第二节 地物表示方法	114	六、量测图形面积	133
一、比例符号	114	第三节 地形图在平整土地中	
二、非比例符号	117	的应用	135
三、半比例符号	117	一、方格网法	135
四、注记符号	117	二、断面法	138
第三节 地貌表示方法	117	第四节 地形图在工程建设中	
一、等高线的概念	117	的应用	140
二、等高距和等高线平距	117	一、水平场地平整	140
三、等高线分类	118	二、倾斜平面场地平整	142
四、几种基本地貌及其等高线	119	【本章习题】	143
五、等高线的性质	121	【本章实训】	144
第四节 测图前的准备工作	121	实训十一 地形图面积的测定	144
一、图幅的划分	121	第九章 房产测绘	145
二、平面坐标格网的绘制	122	第一节 房产测绘任务及作用	145
三、控制点的展绘	123	一、房产测绘的概念	145
第五节 测绘地形图的方法	123	二、房产测绘的任务	145
一、碎部点的选取	123	三、房产测绘的作用	146
二、碎部点点位测定的几种方法	124	第二节 界址点的测定	147
三、碎部测量的方法	125	一、界址点的精度	147
第六节 地形图绘制	126	二、界址点的标定、埋设及标志	148
一、地物的描绘	126	三、界址点的编号	150
二、地貌的勾绘	127	四、界址点的测量方法	150
三、地形图的拼接、检查和整饰	127	五、界址点的成果表	151

第三节 地籍图的测绘	151	第十章 测设的基本工作	172
一、地籍图的概念	151	第一节 已知水平距离、水平角和	
二、地籍图比例尺	151	高程测设	172
三、地籍图的分幅与编号	152	一、水平距离的测设	172
四、地籍图的基本内容	153	二、水平角的测设	173
五、地籍图的测绘	154	三、已知高程的测设	174
第四节 宗地图的测绘	157	第二节 已知设计坡度线的测设	175
一、宗地图的概念	157	一、水平视线法	176
二、宗地图的内容	158	二、倾斜视线法	176
三、宗地图的特性	159	第三节 点平面位置的测设	177
四、宗地图的作用	159	一、直角坐标法	177
五、宗地图的测绘技术要求	159	二、极坐标法	178
第五节 房产分幅图的测绘	159	三、角度交会法	178
一、控制点	160	四、距离交会法	179
二、行政境界	161	【本章习题】	179
三、房产区界	161	【本章实训】	180
四、丘界线	161	实训十三 用全站仪测设水平角	
五、房屋权界线	161	和水平距离	180
六、房屋	162	实训十四 测设坡度线	184
七、房屋附属设施	162	第十一章 建筑施工测量	186
八、房屋围护物	163	第一节 建筑施工测量概述	186
九、房产要素和编号	163	一、施工测量的内容	186
十、地形要素	163	二、建筑施工测量的目的及原则	186
十一、地理名称注记	163	三、实用工程测量的特点	187
十二、图廓整饰	163	第二节 施工场地控制测量	187
第六节 房产分丘图与分层分		一、建筑方格网	187
户图的测绘	164	二、建筑基线	190
一、房产分丘图测绘	164	三、高程控制测量	191
二、房产分层分户图测绘	165	第三节 民用建筑施工测量	191
第七节 房产面积测算	167	一、建筑物定位	192
一、一般规定	167	二、设置轴线控制桩或龙门板	193
二、房屋建筑面积测算的规定	167	三、基础施工测量	194
三、用地面积测算	168	四、墙体施工测量	195
四、面积测算方法与精度要求	169	第四节 高层建筑施工测量	196
【本章习题】	170	一、轴线投测	196
【本章实训】	170	二、高程传递	198
实训十二 地籍图测绘	170	三、框架结构吊装测量	199

第五节 工业厂房施工测量	200	四、绘制管线里程桩图	227
一、厂房矩形控制网的测设	200	第三节 管道纵横断面测量	228
二、工业厂房施工测量	201	一、纵断面图的测绘	228
三、柱子安装测量	202	二、横断面图的测量	230
四、吊车梁安装测量	203	第四节 管道施工测量	231
五、吊车轨道安装测量	204	一、地下管道施工测量	231
第六节 建筑物的变形观测	205	二、顶管测量	234
一、建筑物的水平位移观测	205	三、竣工测量	235
二、建筑物的沉降观测	206	【本章习题】	235
三、建筑物的倾斜观测	208	【本章实训】	236
四、建筑物的裂缝观测	209	实训十八 管道纵断面测量	236
五、建筑物的挠度观测	210	实训十九 管道横断面测量	237
第七节 竣工总平面图的编绘	211	第十四章 全站仪及其使用	239
一、竣工测量	211	第一节 全站仪的构造及	
二、竣工总图的编绘	212	辅助设备	239
【本章习题】	212	一、全站仪的组成	239
【本章实训】	213	二、全站仪的构造	239
实训十五 民用建筑定位测量	213	三、全站仪的辅助设备	240
第十二章 园林工程测量	216	第二节 全站仪的精度等级与	
第一节 园路施工测设	216	检定项目	241
一、园路中线测设	216	一、全站仪的精度等级	241
二、园路路基测设	216	二、全站仪的检定	241
第二节 其他园林工程测设	217	第三节 全站仪的使用	243
一、假山与挖湖测设	217	一、测量前准备工作	243
二、园林植物种植测设	218	二、全站仪测量模式	243
【本章习题】	219	三、南方 NTS-352 全站仪的使用	244
【本章实训】	220	第四节 全站仪使用的注意事项	255
实训十六 园路中线测量	220	一、全站仪的保管	255
实训十七 园路纵、横断面测量	221	二、使用时应注意事项	256
第十三章 管道工程测量	224	三、电池的使用	256
第一节 管道工程测量概述	224	【本章习题】	257
一、管道工程测量的任务	224	【本章实训】	257
二、管道工程测量的内容	224	实训二十 全站仪的认识	
三、管道工程测量的准备工作	224	与使用	257
第二节 管道中线测量方法	225	第十五章 全球定位系统简介	259
一、管道主点的测设	225	第一节 卫星定位技术概述	259
二、中桩测设	226	一、GPS 定位系统的特点	259
三、管道转向角测量	227	二、GPS 定位系统的组成	260

三、GPS 卫星信号的组成	262	一、数据传输	269
第二节 卫星定位原理	262	二、数据预处理	269
一、绝对定位和相对定位	262	三、基线向量解算及结果分析	270
二、伪距定位和相对定位	263	第五节 GPS 实时动态定位——	
第三节 GPS 控制测量技术设计		RTK 技术	271
与实施	265	一、基本原理	271
一、GPS 控制网技术设计	265	二、实时动态定位技术在地形图	
二、选点与建立标志	266	测绘中的应用	272
三、外业观测工作	267	【本章习题】	272
第四节 GPS 控制测量数据处理	269	参考文献	273

第一章 绪 论

第一节 测量学的定义、任务及作用

一、测量学的定义

测量学是一门获取反映地球形状、地球重力场、地球上自然和社会要素的位置、形状、空间关系、区域空间结构的数据的学科。根据研究范围、对象和手段不同,形成了许多分支学科:

(1) 研究地球形状、大小和重力场及其变化,通过建立区域和全球三维控制网、重力网以及利用卫星测量,甚长基线干涉测量等方法测定地球各种动态的理论和技术的的天地测量学。

(2) 研究地球表面较小区域内测量工作的基本理论和方法的普通测量学。

(3) 研究利用光学摄影像片或电磁波传感器获取目标物的几何和物理信息,用以测定目标物的形状、大小、空间位置,判释其性质及相互关系,并用图形、图像和数字形式表达的理论和技术的摄影测量学。

(4) 研究工程建设和自然资源开发中各个阶段进行的控制测量、地形测绘、施工放样、变形监测及建立相应信息系统的理论和技术的工程测量学。

工程测量是一门结合工程建设,研究测定地面(包括空中、地下)点位理论和方法的学科,它包括在工程建设勘测、设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作。它是直接为建设项目的勘测、设计、施工、安装、竣工、监测以及运营管理等一系列工程工序服务的。可以说没有测量工作作为工程建设提供可靠的数据、资料,并及时与之密切配合,任何工程建设都无法顺利进行。

二、测量的任务

1. 测定

测定也叫测绘,是指使用测量仪器和工具,通过测量和计算得到地面的点位数据,或把地球表面的地形绘制成地形图。在勘测设计阶段,例如城镇规划、厂址选择、管道和交通线路选线以及建(构)筑物的总平面设计和竖向设计等方面都需要以地形资料为基础,因此需要测绘各种比例尺的地形图。工程竣工后,为了验收工程和以后的维修管理,还需要测绘竣工图。

2. 测设

测设也叫放样,是把图纸上设计好的建(构)筑物的位置,用测量仪器和一定的方法在实地标定出来,作为施工的依据。在施工阶段,需要将设计的建(构)筑物的平面位置和高程,按设计要求以一定的精度测设于实地,便于进行后续施工,并在施工过程中进行一系列的测量工

作,以衔接和指导各工序间的施工。

3. 变形观测

变形观测是利用专用的仪器和方法对变形体的变形现象进行持续观测、对变形体变形形态进行分析和变形体变形的发展态势进行预测等各项工作。对于大坝、桥梁、高层建筑物、边坡、隧道和地铁等一些有特殊要求的大型建(构)筑物,为了监测它们受各种应力作用下施工和运营的安全稳定性,以及检验其设计理论和施工质量,需要进行变形观测。

三、测量在工程中的作用

测量工作对于国家的经济建设和国防建设具有非常重要的作用,在土木工程中有着广泛的应用。土木工程的规划、勘测、设计、施工、竣工及养护维修的各个阶段都离不开测量技术。主要表现在:

(1)测量是土木工程规划选线的重要依据。例如规划一个地区的交通网络、确定一条交通路线走向,必须有测量提供的地形图和有关地理信息参数才能实现。

(2)测量是土木工程勘察设计阶段的重要基础工作。只有经过详细实地测量,掌握大量地面基础信息,才能比较确定出具有一定技术标准、经济合理的设计方案。

(3)测量是土木工程顺利施工的重要保证。道路的中心线、建筑物的实际位置等都需要按规定的精度准确无误地测设于实际地面。施工过程中,还要经常通过各种测量来检查工程的进度和质量。

(4)在工程结束后,要用测量来检查竣工情况,即进行竣工验收,并通过必要的测量来编制竣工图,以满足工程的验收、维护、加固以及扩建的需要。

(5)在投入使用后的营运阶段,要应用测量进行一些常规检查和定期进行变形观测,进行必要的养护和维修,以确保道路、桥梁、隧道和建筑物的安全使用。

第二节 测量工作的基准线与基准面

一、基准线

地球上的任何物体都受到地球自转产生的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。铅垂线是测量工作的基准线。如图 1-1 所示。

二、基准面

测量工作是在地球表面进行的,用作测量的基准面应满足形状和大小既和地球比较吻合,又便于研究的要求。

地球的自然表面既有高山、丘陵,又有盆地、平原和海洋等,高低起伏,很不规则。最高的珠穆朗玛峰高出海水面 8844.43m,最低的马里亚纳海沟低于海水面 11034m,但是这样的起伏相对于平均半径 6371km 的地球

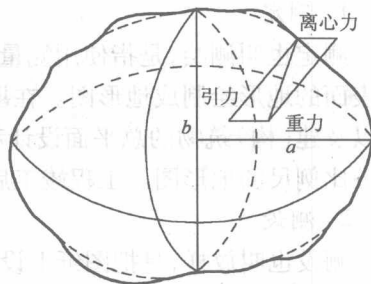


图 1-1 基准线示意图

而言还是微不足道的。而且,地球表面约 71% 是海洋,因此,人们把处于静止状态的平均海水面延伸穿过陆地、岛屿所包围的形体假想为地球的形状。

水在静止时的表面称为水准面。地球上任一质点都受到地球自转的离心力和地球引力的作用,这两个力的合力称为重力,重力方向线称为铅垂线,它是测量工作的基准线。水准面同样受到地球重力的作用,是一个处处与重力方向垂直的连续曲面,并且是一个重力等位面,即物体沿该面运动时,重力不做功(如水在这个面上是不会流动的)。而水平面则是与水准面相切的平面。由于水面高低时刻在发生变化,因此水准面有无数多个。其中由静止的平均海水面并向大陆、岛屿延伸所形成的封闭曲面称为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面。由大地水准面所包围的地球形体称为大地体。

大地体与地球的自然形体是比较接近的,但是由于地球内部质量分布不均匀,致使铅垂线方向产生不规则变化,因此,大地水准面也是一个复杂的曲面,在这样一个复杂的曲面上进行数据处理是不可能的。为了研究方便,通常用一个非常接近大地体,并且可以用数学式表示的几何体来代替地球的形体,即地球椭球。地球椭球是一个椭圆绕其短轴旋转而形成的椭球体,因此地球椭球又称为旋转椭球。

第三节 地面点位的确定

一、空间点位的表示方法

在测量工作中,地面点的空间位置需要用三个量来表示,即将地面点沿铅垂线方向投影到地球椭球面(或水平面)上,用地面点投影位置在地球椭球面上的坐标(两个量)和地面点到大地水准面的铅垂距离(高程)来表示地面点的空间位置。

1. 常见坐标系

(1) 大地坐标系。用大地经度 L 、大地纬度 B 和大地高程 H 来表示空间点位。

1) 经度 L : 过地面任一点 P 的子午面与起始子午面间的夹角。 L 的取值范围: $0^\circ \sim \pm 180^\circ$, 由起始子午面起,向东为正,称为东经,向西为负,称为西经。

2) 纬度 B : 过地面任一点 P 的法线与赤道面的夹角。 B 的取值范围: $0^\circ \sim \pm 90^\circ$, 由赤道面起算,向北为正,称为北纬,向南为负,称为南纬。

3) 大地高 H : P 点沿法线到椭球面的距离 PP' 。由椭球面起算,向外大地高为正,向内为负。

我国的疆域位于赤道以北的东半球,所以各地的大地经度 L 和大地纬度 B 都是正值。

空间点位 P 的坐标如图 1-2 所示,其中:

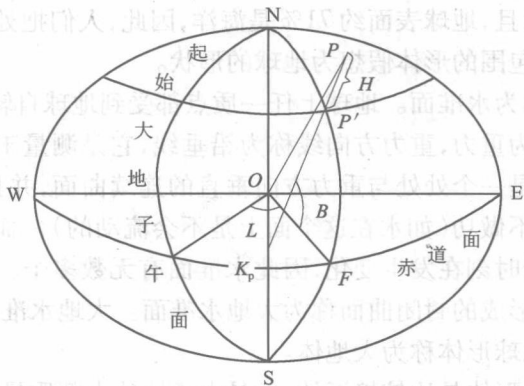
X ——表示 P 点 N (北)方向的坐标;

Y ——表示 P 点 E (东)方向的坐标;

H ——表示 P 点的高程。

(2) 平面直角坐标。在小区域内进行测量工作,通常采用平面直角坐标。

1) 平面直角坐标系: 在没有国家控制点或不便于与国家控制点联测的小地区测量中,允许暂时建立独立坐标系以保证测绘工作的顺利开展。

图 1-2 空间点位 P 的确定

2) 测量坐标系与数学坐标系: 测量工作中所采用的平面直角坐标系与数学中所介绍的相似, 只是坐标轴互易。

(3) 高斯-平面直角坐标系。如果测区范围较大, 就不能再将地球表面当作平面看, 但人们在规划、设计和施工中又习惯使用半面图来反映地面形态, 而且在平面上进行计算和绘图要比在球面上方便。这样就产生了如何将球面上的物体转换到平面上的投影变换问题。在测量工作中, 常采用高斯投影的方法来解决。

1) 高斯投影的概念: 在工程测量中, 常将椭球坐标系按一定的数学法则, 投影到平面上, 成为平面直角坐标系。为满足工程测量及其他工程的应用, 我国采用高斯-克吕格投影, 简称高斯投影。

2) 高斯投影分带: 高斯投影保持了投影前后图形的等角条件, 但除中央子午线投影后为一直线, 且长度不变外, 其他长度都产生变形, 且离中央子午线愈远, 变形愈大。必须对长度变形加以限制, 限制的方法就是采用分带投影法, 如图 1-3 所示。

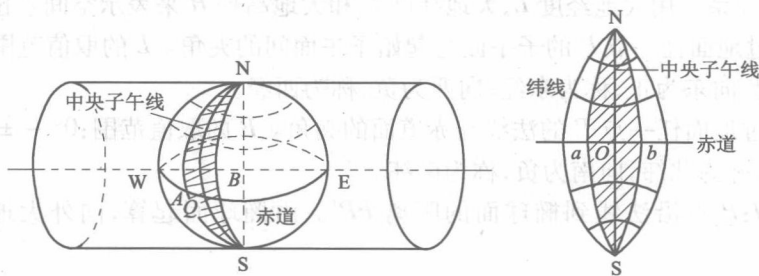


图 1-3 分带投影图

① 6° 带: 将地球分为 60 个带, 带宽 6° , 编号为 1~60; 自起始子午面 (格林尼治) 起, 自西向东每隔经差 6° 划分一带, 则每带中央子午线的经度 L_0 依次为 $3^\circ, 9^\circ, 15^\circ, \dots, 357^\circ$ 。带号 n 与中央子午线经度的关系为 $L_0 = 6n - 3$ 。

② 3° 带: 自东经 $1^\circ 30'$ 开始每隔经差 3° 划分一带, 将地球共分为 120 个带, 带宽为 3° , 编号为 1~120; 各带的中央子午线的经度 L_0 依次为 $3^\circ, 6^\circ, 9^\circ, \dots, 360^\circ$, 带号 k 与中央子午线经度的关系为 $L_0 = 3k$, 如图 1-4 所示。

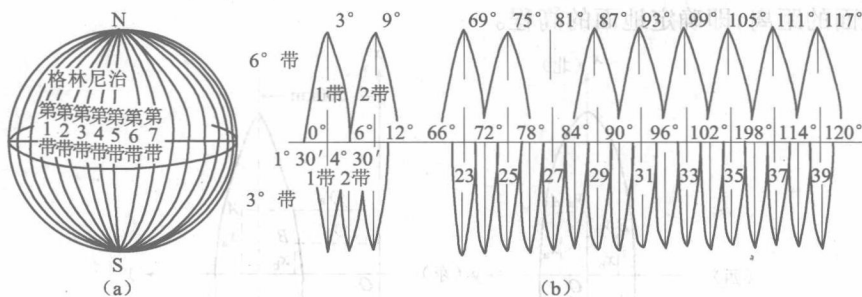


图 1-4 高斯分带图

我国经度: $75^{\circ} \sim 135^{\circ}$, 6° 带带号: 13 ~ 23 带; 3° 带带号: 25 ~ 45 带。两者之间无重叠带号。不难看出 3° 带的中央子午线经度有一半与 6° 带中央子午线经度相同, 另一半是 6° 带子午线的经度。

3) 高斯投影特性。高斯投影特性如下:

① 投影后角度大小保持不变。

② 投影后长度变形只与点的位置有关, 而与方向无关。

③ 中央子午线投影后为一直线, 且长度不变。

4) 高斯平面直角坐标系: 一带一个直角坐标系。中央子午线与赤道投影后为两条正交的直线, 相交于 O 点, 称为坐标原点, 以每一带的中央子午线为纵坐标轴, 用 x 表示, 赤道以北为正, 赤道以南为负; 以赤道为横坐标轴, 用 y 表示, 中央子午线以东为正, 以西为负。这样, 各带就构成了独立的平面直角坐标系, 称为高斯-克吕格平面直角坐标系, 如图 1-5 所示。

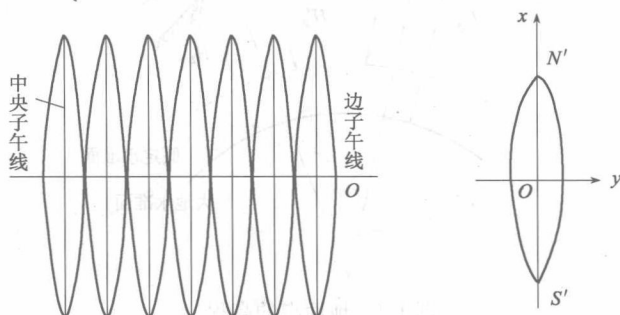


图 1-5 高斯-克吕格平面直角坐标

我国位于北半球, 纵坐标均为正值, 而横坐标则有正有负。

如图 1-6 所示, A 和 B 位于 3° 带的第 38 带内, 横坐标的自然值分别为:

$y'_A = +36210.140\text{m}$, $y'_B = 41613.070\text{m}$, 为了避免横坐标出现负值和表明坐标系所处的带号, 规定将坐标中所有点的横坐标值加上 500km , 并在前面冠以带号, 则通用坐标值为: $y_A = 38536210.140\text{m}$; $y_B = 38458386.930\text{m}$ 。

2. 高程系

为了确定地面点的空间位置, 除了要确定其在基准面上的投影位置外, 还应确定其沿投影

方向到基准面的距离,即确定地面的高程。

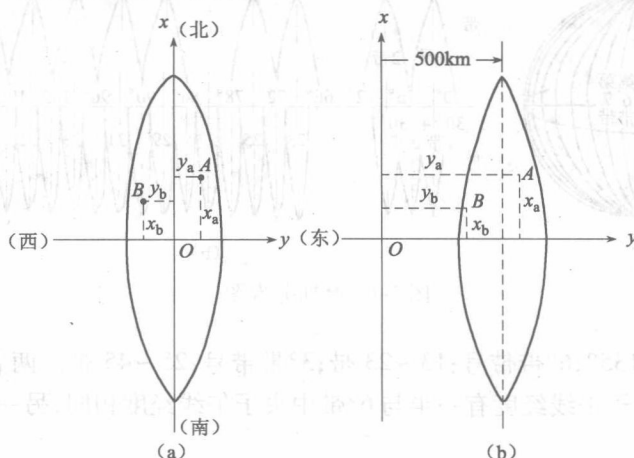


图 1-6 A、B 两点的坐标

1953~1979 年国家根据观测资料重新计算了黄海平均海水面,国家水准原点的高程为 72.2604m,这是目前我国采用的高程基准。

地面点沿铅垂线到大地水准面的距离,称为该点的绝对高程或海拔、标高,简称高程,以 H 表示,如图 1-7 所示。

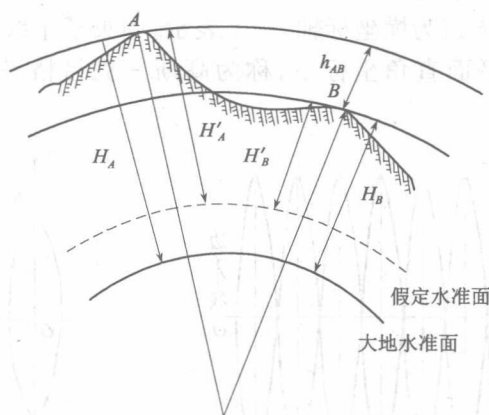


图 1-7 地面点的高程

如果基准面不是大地水准面,而是任意假定水准面时,则点到假定水准面的距离称为相对高程或假定高程,用 H 表示。

高程值有正有负,在基准面以上的点,其高程值为正,反之则为负。

相邻两点的高程之差称为高差,用 h 表示。图 1-7 中 A 点到 B 点的高差为:

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

高差有正负之分,它反映相邻两点间的地面是上坡还是下坡,如果 h 为正,是上坡; h 为负,是下坡。