



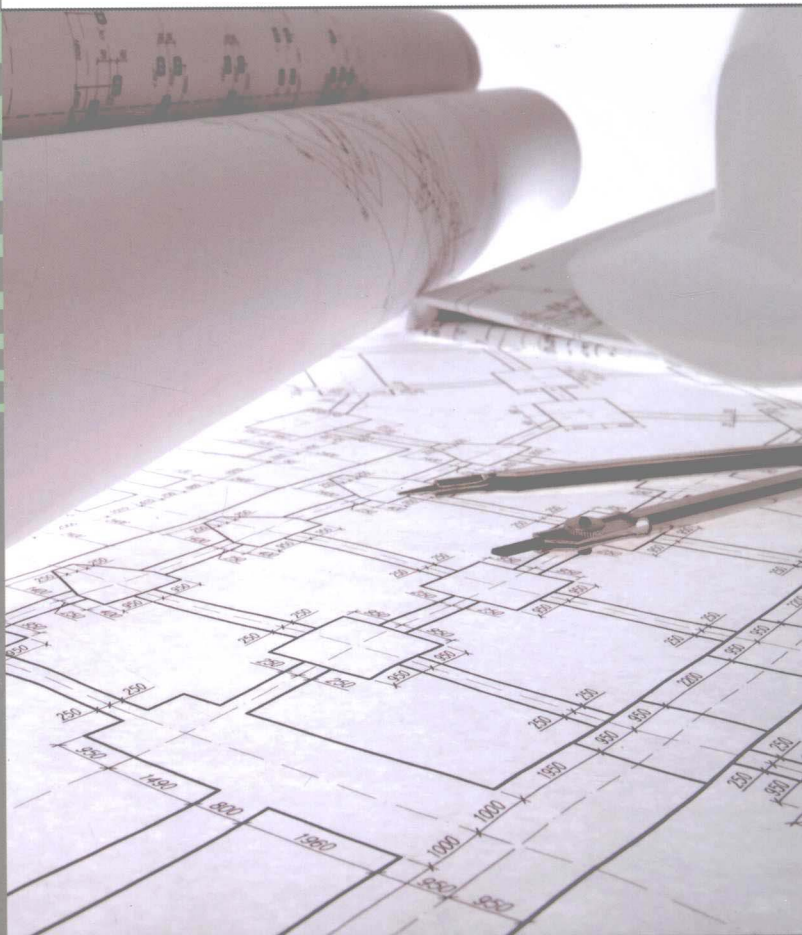
高等院校土建类专业“十二五”（精品）规划教材

李楠 于淑清 张旭光 ■ 主编

工程测量



GONGCHENG CELIANG



西北工业大学出版社



高等院校土建类专业

规划教材

工程测量

GONGCHENG CELIANG

李楠 于淑清 张旭光 ■ 主编
燕燕 徐智 ■ 副主编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是一本以项目化教学为导向的教材,在内容编排上,充分考虑教学与工程实践相结合,以任务为驱动,以工程测量的基本理论、基本知识作为学生学习的基础内容,以任务或工程的实际应用作为学习的主要目的。本书共分为9个部分,包括课程导入、水准测量、角度测量、距离测量、施工区域控制测量、全站仪测量与GPS测量、建筑施工测量、道路(市政)施工测量、园林施工测量。每个任务中都附有任务要求、方法、注意事项、学生自评表、学生互评表、教师评价表等内容。

本书可供工程类院校、建筑工程技术、工程监理、工程造价、工程管理、道路与桥梁、市政、给排水、园林、城市规划等从事测量方面工作的技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/李楠,于淑清,张旭光主编. —西安:西北工业大学出版社,2012.9

ISBN 978-7-5612-3473-0

I. ①工… II. ①李… ②于… ③张… III. ①工程测量

IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 223638 号

出版发行: 西北工业大学出版社

通信地址: 西安市友谊西路 127 号 邮编: 710072

电 话: (029)88493844 88491757

网 址: www.nwpup.com

印刷者: 北京彩虹印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 27.25

字 数: 675 千字

版 次: 2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 42.00 元

前言

本书是编者按行动导向教学法的思路,以任务式教学为主要方式,在总结教学改革成功经验的基础上,结合教学实践中的具体应用,按照技术型、实用型人才培养的特点来编写的。

本书在内容编排上,充分考虑教学与工程实践相结合,以任务为驱动,以工程测量的基本理论、基本知识作为学生学习的基础内容,以任务或工程的实际应用作为学习的主要目的。本书共分为9个部分,包括课程导入、水准测量、角度测量、距离测量、施工区域控制测量、全站仪测量与GPS测量、建筑施工测量、道路(市政)施工测量和园林施工测量。附录包括测量实习指导书、重庆某高层测量方案以及工程测量规范(摘录)三个部分。

各模块的编写思路是首先把基础知识介绍清楚,使学生通过学习建立扎实的理论基础,然后加以任务进行练习。每个任务中包括任务书,任务书中包括任务的要求、目的、方法过程、注意事项、外业测量所用的表格等基本内容,每个任务后附有学生自评表、小组互评表、教师评价表,以此作为给定成绩的标准,然后在每个模块的最后有“知识检验”,让学生加以练习。

本书由黑龙江建筑职业技术学院李楠、于淑清和重庆城市科技学院土木工程学院张旭光担任主编,由哈尔滨工业大学华德学院徐智、黑龙江建筑职业技术学院燕燕担任副主编。具体编写分工为:课程导入、道路(市政)施工测量由李楠编写,水准测量由于淑清编写,角度测量由燕燕编写,距离测量、施工区域控制测量由徐智编写,全站仪测量与GPS测量由张旭光编写,建筑施工测量由黄河水利职业技术学院土木工程系王斌编写,园林工程测量由黄河水利职业技术学院王冬梅编写,附录由燕燕、李楠编写。

本书可供工程类院校、建筑工程技术、工程监理、工程造价、工程管理、道路与桥梁、市政、给排水、园林、城市规划等从事测量方面工作的技术人员使用。

本书编写过程中参考了大量文献资料,在此谨向这些文献的作者表示衷心感谢。除参考文献中所列的署名作品之外,部分作品的名称及作者无法详细核实,故没有注明,在此表示歉意。由于编者水平有限,在课程改革方面也处于摸索阶段,书中可能存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2012年5月

目录

M U L U

课程导入	1
知识检验	15
模块 1 水准测量	17
项目 1.1 普通水准测量	18
1.1.1 水准测量原理	18
1.1.2 水准测量仪器	19
1.1.3 水准测量工具	21
1.1.4 水准仪的使用及两点高程测量	21
项目 1.2 高程控制测量	23
1.2.1 水准点及水准路线	23
1.2.2 水准测量的外业施测	25
1.2.3 水准测量内业计算	27
1.2.4 精密水准仪与水准尺精密水准仪	29
1.2.5 水准测量误差	31
1.2.6 三、四等水准测量	31
项目 1.3 测设已知高程	35
1.3.1 已知高程的测设方法	35
1.3.2 测设已知坡度的方法	36
任务一 水准仪及地面两点高差测量	36
任务二 水准路线测量	42
任务三 水准路线的高程控制测量及内业成果计算	47
任务四 三、四等水准测量	52
任务五 已知高程的测设	57
任务六 已知坡度线的测设	62
知识检验	66



模块 2 角度测量	69
项目 2.1 角度测量的概念	70
2.1.1 角度测量原理	70
2.1.2 经纬仪的认识与使用	71
2.1.3 经纬仪的使用	77
2.1.4 水平角观测	79
任务一 用测回法对 $\angle AOB$ 进行角度测量	82
2.1.5 竖直角观测	87
任务二 竖直角的观测练习	91
2.1.6 仪器误差	96
2.1.7 电子经纬仪	97
项目 2.2 测设角度	99
任务一 测设 $\angle AOB=90^\circ$,并找出其角平分线方向	101
知识检验	107
模块 3 距离测量	108
项目 3.1 距离测量的基础知识	109
3.1.1 钢尺量距	109
3.1.2 钢尺量距精密方法	111
3.1.3 视距测量	113
3.1.4 已知水平距离测设	115
3.1.5 距离测量误差	116
3.1.6 手持测距仪	117
任务一 用钢尺测量一条路线总长度	118
任务二 测设一条路线长度为 52m	122
项目 3.2 直线定向	127
3.2.1 直线定向	127
任务一 用罗盘仪测量一条路线的磁方位角	130
知识检验	134
模块 4 施工区域控制测量	135
项目 4.1 地形图的识读	136
4.1.1 地形图的概念	136
4.1.2 比例尺和比例尺精度	136
4.1.3 地形图图名、图号、图廓及接合图表	138
项目 4.2 地物符号	140
4.2.1 地物符号与地貌符号	140
4.2.2 地貌符号	140
4.2.3 地形图的基本应用	147

项目4.3 小地区平面控制测量	149
4.3.1 小地区控制网	149
4.3.2 各等级控制测量的要求及应遵循的原则	150
4.3.3 小地区平面控制测量	151
4.3.4 交会定点	161
任务一 识读××地形图	162
任务二 闭合导线的控制测量	166
知识检验	170
模块5 全站仪测量与GPS测量	171
项目5.1 全站仪测量	172
5.1.1 全站仪简介	172
任务一 用全站仪进行角度测量	175
任务二 用全站仪进行距离测量	181
任务三 用全站仪进行坐标测量	187
任务四 用全站仪进行距离放样	192
任务五 用全站仪进行三维坐标放样	197
项目5.2 GPS测量	202
5.2.1 GPS测量应用	202
任务一 GPS的使用	205
知识检验	210
模块6 建筑施工测量	211
项目6.1 施工测量概述	212
6.1.1 施工测量的目的和内容	212
6.1.2 建筑工程测量的原则	212
6.1.3 施工坐标系与测量坐标系的坐标转换	213
6.1.4 施工测量准备工作	213
6.1.5 地面点的平面位置测设方法	214
项目6.2 施工控制测量	218
6.2.1 概述	218
6.2.2 建筑基线	218
6.2.3 建筑方格网	219
6.2.4 高程控制测量	221
项目6.3 多层民用建筑施工测量	225
6.3.1 熟悉图纸	225
6.3.2 主轴线测设	226
6.3.3 定位测量	227
6.3.4 基础施工测量	228

6.3.5	主体施工测量	228
任务一	一般民用多层建筑物的定位放线	230
项目6.4	高层建筑施工测量	235
6.4.1	概述	235
6.4.2	桩位放样及基坑标定	235
6.4.3	基坑支护工程监测	236
6.4.4	轴线的竖向投测	238
6.4.5	高程传递	240
任务一	一般民用高层建筑物的定位放	240
项目6.5	工业建筑施工测量	246
6.5.1	工业厂房柱列轴线的测设	246
6.5.2	工业厂房柱基施工测量	246
6.5.3	工业厂房构件的安装测量	247
任务一	一般工业建筑物的定位放线	249
项目6.6	烟囱或水塔施工测量	255
6.6.1	基础定位测量	255
6.6.2	基础施工测量	255
6.6.3	筒身施工测量	256
项目6.7	建筑物的变形观测	257
6.7.1	沉降观测	257
6.7.2	位移观测	259
6.7.3	倾斜观测	260
6.7.4	裂缝观测	261
任务一	一般建筑物的沉降观测	262
项目6.8	竣工总平面图的编绘	267
6.8.1	编绘竣工总平面图的意义	267
6.8.2	编绘竣工总平面图的方法和步骤	267
6.8.3	竣工总平面图的附件	268
任务一	竣工测量及平面图绘制	268
知识检验	273
模块7	道路(市政)施工测量	275
项目7.1	概 述	276
7.1.1	线路测量概述	276
7.1.2	线路测量的任务和内容	276
7.1.3	线路测量的基本特点	277
项目7.2	中线测量	277
7.2.1	路线交点和转点的测设	278

7.2.2	测定路线的转折角	281
7.2.3	中线里程桩的设置	282
项目7.3	圆曲线测设	285
7.3.1	圆曲线的主点测设	285
7.3.2	圆曲线的详细测设	287
7.3.3	遇到障碍时圆曲线的测设	292
项目7.4	缓和曲线的测设	294
7.4.1	缓和曲线公式	294
7.4.2	带有缓和曲线的平曲线的主点测设	296
7.4.3	带有缓和曲线的平曲线的详细测设	298
项目7.5	路线纵、横断面测量	302
7.5.1	基平测量	302
7.5.2	中平测量	303
7.5.3	纵断面图的绘制	306
7.5.4	横断面测量	308
项目7.6	路线施工测量	312
7.6.1	道路施工测量	312
项目7.7	管道施工测量	315
7.7.1	施工前的测量工作	315
7.7.2	管道施工测量	316
7.7.3	顶管施工测量	317
任务一	圆曲线主点的测设	318
任务二	切线支距法详细测设圆曲线	323
任务三	偏角法详细测设圆曲线	328
任务四	用全站仪测设平曲线	333
任务五	基平测量	338
任务六	中平测量	343
知识检验	348
模块8	园林工程测量	350
项目8.1	园林工程测量的概述	351
8.1.1	规划设计前的测量	351
8.1.2	规划设计测量	353
8.1.3	施工放样测量	353
8.1.4	竣工测量	353
项目8.2	园林场地平整测量	353
8.2.1	整成水平地面	353
8.2.2	平整成具有一定坡度的地面	354



任务一 园林某场地平整	355
项目8.3 园林建筑施工测量	359
8.3.1 园林建筑物的定位	359
8.3.2 园林建筑主轴线的测设	360
8.3.3 基础施工放样	362
8.3.4 墙身施工放样	363
项目8.4 其他园林工程施工放样	364
8.4.1 园路施工放样	364
8.4.2 堆山施工放样	365
任务一 堆山施工放样	366
8.4.3 挖湖的施工放样	370
任务二 挖湖施工放样	370
8.4.4 园林植物的施工放样	374
任务三 园林植物的施工放样	375
8.4.5 园林渠道施工测量	379
项目8.5 园林工程竣工测量	380
8.5.1 园林建筑、构筑物及边界围墙角的测量	380
8.5.2 地下管线测量	381
8.5.3 园路测量	381
8.5.4 竣工总平面图的制作	381
知识检验	381
附录A 《测量实习》指导书	382
附录B 重庆某高层测量方案	400
附录C 工程测量规范(摘录)	413
参考文献	433

1. 测量学及其分类

测量学的概念:研究地球的形状和大小以及确定地面点之间的相对位置的科学。它的主要工作有两个方面:一是将地貌等用图形和数据表示出来,为规划设计和管理等提供依据,称为测绘或测定;二是将规划或设计的图纸上的建筑物等在地面现场标定出来。

(1) 测量学的不同种类

①大地测量学(Geodesy)——是研究和确定地球形状、大小、重力场、整体与局部运动和地表面点的几何位置以及它们的变化理论和技术的学科。近年来随着空间技术的发展,大地测量正在向空间大地测量和卫星大地测量方向发展。其基本任务是建立国家大地控制网,测定地球的形状、大小和重力场,为地形测图和各种工程测量提供基础起算数据;为空间科学、军事科学及研究地壳变形、地震预报等提供重要资料。按照测量手段的不同,大地测量学又分为常规大地测量学、卫星大地测量学及物理大地测量学等。

②摄影测量与遥感学(Photogrammetry and remote sensing)——是研究利用电磁波传感器获取目标物的影像数据,从中提取语义和非语义信息,并用图形、图像和数字形式表达的学科。其基本任务是通过摄影像片或遥感图像进行处理、量测、解译,以测定物体的形状、大小和位置进而制作成图。根据获得影像的方式及遥感距离的不同,本学科又分为地面摄影测量学、航空摄影测量学和航天遥感测量等。

③地图制图学(Cartography)——是研究模拟和数字地图的基础理论、设计、编绘、复制的技术、方法以及应用的学科。它的基本任务是利用各种测量成果编制各类地图,其内容一般包括地图投影、地图编制、地图整饰和地图制印等。

④工程测量学(Engineering Surveying)——工程测量学是研究在工程建设的设计、施工和管理各阶段中进行测量工作的理论、方法和技术。工程测量是测绘科学与技术国民经济和国防建设中的直接应用,是综合性的应用测绘科学与技术。

(2) 测量学的规类

1) 按测量的方法

①普通测量(经典测量):用水准仪、经纬仪、平板仪等仪器来测量地面点的高程及平面坐标。

②遥感摄影:通过航天器等获得地面的各种图像,再经过处理、量测、解译等手段得到需要的图。

③现代测量学:通过全球卫星定位系统,即GPS等,来进行的实时测量,此种方法的特点是测量的精度高,时间性强,能现测现用。



2) 按测量的任务

①控制测量:为了保证测量的精度及速度,测量工作必须遵循“先整体到局部,先控制后局部”的原则,即在测区范围选一定的控制点,先对控制点进行测量。

②地形测量:一般把地形测量又称为碎步测量,顾名思义就是把地貌、地物的具体形状、位置测量出来。

③工程测量:这是研究的主要内容,它贯穿于工程的全部过程,其目的就是为工程的顺利进行提供服务。

3) 按测量的性质

①大地测量学:把地球看成是实实在在的椭球,而不是将其简化为圆球。

②普通测量学:这就是在小范围内进行测量,将地球的曲面简化为平面进行测量。

(3) 建筑工程测量的任务与内容

建筑工程测量属于工程测量学范畴,它主要面向土木建筑、环境、道路、桥梁、水利等学科。主要任务是:

①研究测绘地形图的理论和方法。

②研究建(构)筑物施工放样、建筑质量检验的技术和方法。

③对大型建筑物的安全性进行位移和变形监测。

④研究在地形图上进行规划、设计的基本原理和方法(补充)。

按工程测量所服务的工程种类,也可分为建筑工程测量、线路测量、桥梁与隧道测量、矿山测量、城市测量和水利工程测量等。此外,还将用于大型设备的高精度定位和变形观测称为高精度工程测量;将摄影测量技术应用于工程建设称为工程摄影测量;而将以电子全站仪或地面摄影仪为传感器在电子计算机支持下的测量系统称为三维工业测量。

对具体的建筑物,按工程建设的进行程序,工程测量可分为规划设计阶段的测量,施工兴建阶段的测量和竣工后的运营管理阶段的测量。规划设计阶段的测量主要是提供地形资料。取得地形资料的方法是,在所建立的控制测量的基础上进行地面测图或航空摄影测量。施工兴建阶段的测量的主要任务是,按照设计要求在实地准确地标定建筑物各部分的平面位置和高程,作为施工与安装的依据。一般也要求先建立施工控制网,然后根据工程的要求进行各种测量工作。竣工后的运营管理阶段的测量,包括竣工测量以及为监视工程安全状况的变形观测与维修养护等测量工作。

(4) 测量学在国家经济建设和发展中的作用

测量学是国家经济建设的先行。随着科学技术的飞速发展,测量学在国家经济建设和发展的各个领域发挥着越来越重要的作用。工程测量是直接为工程建设服务的,它的服务和应用范围包括城建、地质、铁路、交通、房地产管理、水利电力、能源、航天和国防等各种工程建设部门,可列举一些如下:

①城乡规划和发展。

②资源勘察与开发。

③交通运输、水利建设。

④国土资源调查、土地利用和土壤改良。



(5) 工程测量学的历史与发展概况

工程测量学是一门历史悠久的学科,是从人类生产实践中逐渐发展起来的。在古代,它与测量学并没有严格的界限。到近代,随着工程建设的大规模发展,才逐渐形成了工程测量学。

2. 地球的形状与大小

测量工作是在地球表面上进行的,其基本任务是地面点位置的确定。点是地球表面上形成地物和地貌最基本的单元,合理的选择一些地面点,对其进行测量,就能把地物和地貌准确地表现出来,因此测量工作中最基本的工作就是地面点位的确定。

为了确定地面点位,就需要相应的基准面和基准线作为依据,测量工作是在地球表面进行的,那测量工作的基准面和基准线就和地球的形状和大小有关。

地球的自然表面是很不规则的,其上有高山、深谷、丘陵、平原、江湖、海洋等,最高的珠穆朗玛峰高出海平面 8 844. 43m,最深的太平洋马里亚纳海沟低于海平面 11 022m,其相对高差不足 20km,与地球的平均半径 6 371km 相比,是微不足道的,就整个地球表面而言,陆地面积仅占 29%,而海洋面积则占 71%。因此,我们可以设想地球的整体形状是被海水所包围的球体,即设想将静止的海水向整个陆地延伸,用所形成的封闭曲面来代替地球表面,如图 0-1 所示,此封闭曲面称为大地水准面。由大地水准面所包围的形体称为大地体。通常用大地体来代表地球的真实形状和大小。研究地球形状和大小,就是研究大地水准面的形状和大地体的大小。

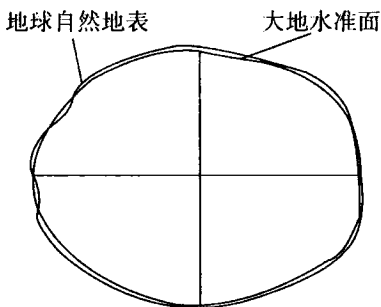


图 0-1 地球自然表面

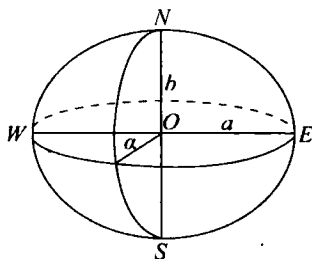


图 0-2 旋转椭球体

水准面的特性是处处与铅垂线相垂直。大地水准面和铅垂线就是实际测量工作所依据的面和线。

由于地球内部质量分布不均匀,致使地面上各点的铅垂线方向产生不规则变化,所以,大地水准面是一个不规则的无法用数学式表述的曲面,在这样的面上是无法进行测量数据的计算及处理的。因此,人们进一步设想,用一个与大地体非常接近的又能用数学式表述的规则球体即旋转椭球体来代表地球的形状。如图 0-2 所示,它是由椭圆 NESW 绕短轴 NS 旋转而成。旋转椭球体的形状和大小由椭球基本元素确定,即

长半轴: $a=6\ 378.140\text{km}$

短半轴: $b=6\ 356.755\text{km}$



$$\text{扁率 } \alpha = \frac{a-b}{a}$$

某一国家或地区为处理测量成果而采用与大地体的形状大小最接近,又适合本国或本地区要求的旋转椭球,这样的椭球体称为**参考椭球体**。确定参考椭球体与大地体之间的相对位置关系,称为**椭球体定位**。参考椭球体面只具有几何意义而无物理意义,它是严格意义上的测量计算基准面。

我国 1954 年北京坐标系采用的是克拉索夫斯基椭球,1980 年国家大地坐标系采用的是 1975 国际椭球,而全球定位系统(GPS)采用的是 WGS-84 椭球。

由于参考椭球的扁率很小,在小区域的普通测量中可将地(椭)球看做圆球,其半径 $R = (a+b)/2 = 6371\text{km}$ 。当测区范围更小时还可以把地球看做平面,使计算工作更为简单。

3. 确定地面点位的方法

一个点的位置需用三个独立的量来确定。在测量工作中,这三个量通常用该点在参考椭球面上的铅垂投影位置和该点沿投影方向到大地水准面的距离来表示。其中,前者由两个量构成,称为坐标;后者由一个量构成,称为高程。也就是说,我们用地面点的坐标和高程来确定其位置。

(1) 确定地面点位的坐标系

1) 大地坐标系(地理坐标系)

以参考椭球面为基准面,地面点沿椭球面的法线投影在该基准面上的位置,称为该点的**大地坐标**。该坐标用大地经度和大地纬度表示。如图 0-3 所示,包含地面点 P 的法线且通过椭球旋转轴的平面称为 P 的大地子午面。过 P 点的大地子午面与起始大地子午面所夹的两面角就称为 P 点的**大地经度**。用 L 表示,其值分为东经 $0^\circ \sim 180^\circ$ 和西经 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。过点 P 的法线与椭球赤道面所夹的线面角就称为 P 点的**大地纬度**。用 B 表示,其值分为北纬 $0^\circ \sim 90^\circ$ 和南纬 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

2) 高斯平面直角坐标系

当测区范围较大时,要建立平面坐标系,就不能忽略地球曲率的影响,为了解决球面与平面这对矛盾,则必须采用地图投影的方法将球面上的大地坐标转换为平面直角坐标。目前我国采用的是高斯投影,高斯投影是由德国数学家、测量学家高斯提出的一种横轴等角切圆柱投影,该投影解决了将椭球面转换为平面的问题。从几何意义上看,就是假设一个圆柱横套在地球椭球体外并与椭球面上的某一条子午线相切,这条相切的子午线称为中央子午线。假想在椭球体中心放置一个光源,通过光线将椭球面上一定范围内的物象映射到圆柱的内表面上,然后将圆柱面沿一条母线剪开并展成平面,即获得投影后的平面图形,如图 0-3 所示。

该投影的经纬线图形有以下特点:

① 投影后的中央子午线为直线,无长度变化。其余的经线投影为凹向中央子午线的对称曲线,长度较球面上的相应经线略长。

② 赤道的投影也为一直线,并与中央子午线正交。其余的纬线投影为凸向赤道的对称曲线。



③经纬线投影后仍然保持相互垂直的关系,说明投影后的角度无变形。

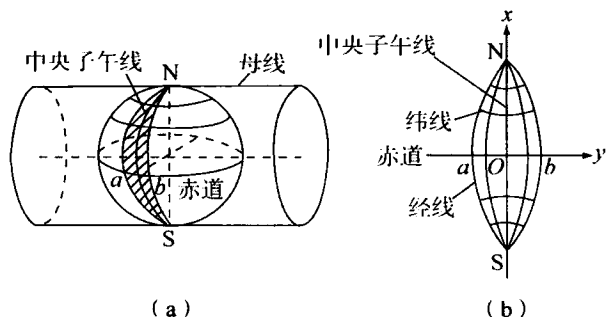


图 0-3 高斯投影概念

高斯投影没有角度变形,但有长度变形和面积变形,离中央子午线越远,变形就越大,为了对变形加以控制,测量中采用限制投影区域的办法,即将投影区域限制在中央子午线两侧一定的范围,这就是所谓的分带投影,如图 0-4 所示。投影带一般分为 6° 带和 3° 带两种,如图 0-5 所示。

6° 带投影是从英国格林尼治起始子午线开始,自西向东,每隔经差 6° 分为一带,将地球分成 60 个带,其编号分别为 1, 2, ..., 60。每带的中央子午线经度可用下式计算:

$$L_6 = (6n - 3)^\circ$$

式中 n 为 6° 带的带号。 6° 带的最大变形在赤道与投影带最外一条经线的交点上,长度变形为 0.14%,面积变形为 0.27%。

已知某点大地经度 L ,可按式计算该点所属的带号:

$$n = L/6 (\text{的整数商}) + 1 (\text{有余数时})$$

3° 投影带是在 6° 带的基础上划分的。每 3° 为一带,共 120 带,其中中央子午线在奇数带时与 6° 带中央子午线重合,每带的中央子午线经度可用下式计算:

$$L_3 = 30^\circ n'$$

式中 n' 为 3° 带的带号。 3° 带的边缘最大变形现缩小为长度 0.04%,面积 0.14%。

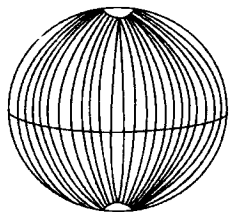


图 0-4 投影分带

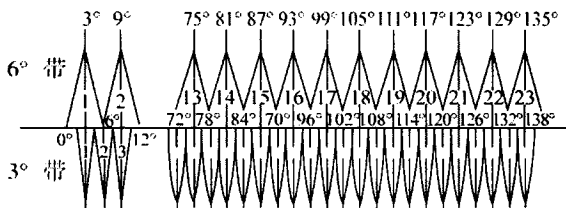


图 0-5 6° 带和 3° 带投影

我国领土位于东经 $72^\circ \sim 136^\circ$ 之间,共包括了 11 个 6° 投影带,即 13~23 带;22 个 3° 投影带,即 24~45 带。成都位于 6° 带的第 18 带,中央子午线经度为 105° 。

通过高斯投影,将中央子午线的投影作为纵坐标轴,用 x 表示,将赤道的投影作为横坐标轴,用 y 表示,两轴的交点作为坐标原点,由此构成的平面直角坐标系称为高斯平面直角坐标系。如图 0-6 所示。对应于每一个投影带,就有一个独立的高斯平面直角坐标系,区分



各带坐标系则利用相应投影带的带号。

在每一投影带内, y 坐标值有正有负, 这对计算和使用均不方便, 为了使 y 坐标都为正值, 故将纵坐标轴向西平移 500km(半个投影带的最大宽度不超过 500km), 并在 y 坐标前加上投影带的带号。如图 0-6 中的 A 点位于 18 投影带, 其自然坐标为 $x=3\ 395\ 451\text{m}$, $y=-82\ 261\text{m}$, 它在 18 带中的高斯平面直角坐标则为 $X=3\ 395\ 451\text{m}$, $Y=18\ 417\ 739\text{m}$ 。

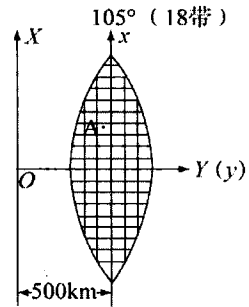


图 0-6 高斯平面直角坐标

3) 独立平面直角坐标系

当测区的范围较小, 能够忽略该区地球曲率的影响而将其当做平面看待时, 可在此平面上建立独立的直角坐标系。一般选定子午线方向为纵轴, 即 x 轴, 原点设在测区的西南角, 以避免坐标出现负值。测区内任一地面点用坐标 (x, y) 来表示, 它们与本地区统一坐标系没有必然的联系而为独立的平面直角坐标系。如图 0-7 所示。如有必要可通过与国家坐标系联测而纳入统一坐标系。经过估算, 在面积为 300km^2 的多边形范围内, 可以忽略地球曲率影响而建立独立的平面直角坐标系, 当测量精度要求较低时, 这个范围还可以扩大数倍。

X 轴与 Y 轴和数学上规定的互换, 象限顺时针编号, 原点 O 一般都选在测区的西南角。

4) 建筑坐标系

在建筑工程中, 为了便于对建(构)筑物平面位置的施工放样, 将原点设在建(构)筑物两条主轴线(或其平行线)的交点上, 以其中一条主轴线作为纵轴, 可以用 A 来表示, 顺时针旋转 90° 方向作为横轴, 一般用 B 表示, 这样建立的一个平面直角坐标系, 称为建筑坐标系。

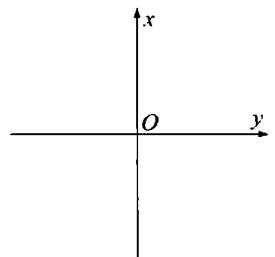


图 0-7 测量平面直角坐标系

建筑坐标系和高斯坐标系的互换: 这两种坐标系的一个相同点就是同样是直角坐标系, 而不同的仅仅是它们的原点不同, 以及坐标轴之间存在一个夹角, 而且不同处之间是有关系的, 我们就根据这些关系, 可以进行两种坐标之间的互换。

(2) 高程系统

1) 绝对高程

在一般的测量工作中都以大地水准面作为高程起算的基准面。因此, 地面任一点沿铅垂线方向到大地水准面的距离就称为该点的绝对高程或海拔, 简称高程, 用 H 表示。如图 0-8 所示, 图中的 H_A, H_B 分别表示地面上 A, B 两点的高程。我国规定以 1950—1956 年间青岛验潮站多年记录的黄海平均海水面作为我国的大地水准面, 由此建立的高程系统称为“1956 年黄海高程系”。新的国家高程基准面是根据青岛验潮站 1952—1979 年间的验潮资料计算确定的, 依此基准面建立的高程系统称为“1985 国家高程基准”。并于 1987 年开始启用。

2) 相对高程

当测区附近暂没有国家高程点可联测时, 也可临时假定一个水准面作为该区的高程起



算面。地面点沿铅垂线至假定水准面的距离,称为该点的相对高程或假定高程。如图 0-8 中的 H'_A, H'_B 分别为地面上 A, B 两点的假定高程。

相对高程系统和黄海高程系统联测后,就可以推算出相对高程系统所对应的假定水准面的绝对高程,进而把地面点的相对高程换算成绝对高程,当然也可以把绝对高程换算成为相对高程。显然地面点 A 的换算关系为:

$$H_{A\text{相}} = H_A - H_0$$

$$H_A = H_{A\text{相}} + H_0$$

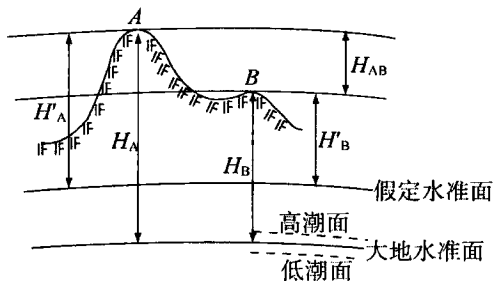


图 0-8 地面点的高程

3) 高差

地面上两点之间的高程之差称为高差,用 H_{AB} 表示,例如, A 点至 B 点的高差可写为

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

由上式可知,高差有正、有负,并用下标注明其方向。两点间的高差与高程起算面无关。在土木建筑工程中,又将绝对高程和相对高程统称为标高。

4. 用水平面代替水准面的限度

在前面我们就讲到了,当我们的测区范围较小时,可以将大地水准面近似的用水平面来代替,以便简化测量技术工作。这里我们就要讨论一下这个“较小”要小到什么样的程度时,就可以用平面来代替曲面,当然这种用平面代替曲面产生的误差又要小于我的允许范围。这里呢,我们不要大家来计算这个范围,我们只需要知道,这个范围具体是多少就行,以便来指导我们的测量工作。

(1) 平面代替曲面产生的距离误差

由计算表明,当距离 D 为 10km 时,所产生的相对误差为 1:1 220 000,小于目前最精密的距离测量误差 1:1 000 000。因此,对距离测量来说,我们就把 10km 为半径的范围作为水平面代替曲面的限度。

(2) 平面代替曲面产生的高程误差

通过测算发现,用水平面代替曲面,对高程的影响是很大的,当距离为 200m 时,就有 3mm 的误差,所以,高程的起算不能用切平面来代替,应使用大地水准面。如果我们的测区里面没有国家高程控制点,那就要采用通过测区内某点的水准面作为起算面,也就是说要采用相对高程来对测区进行测量。