



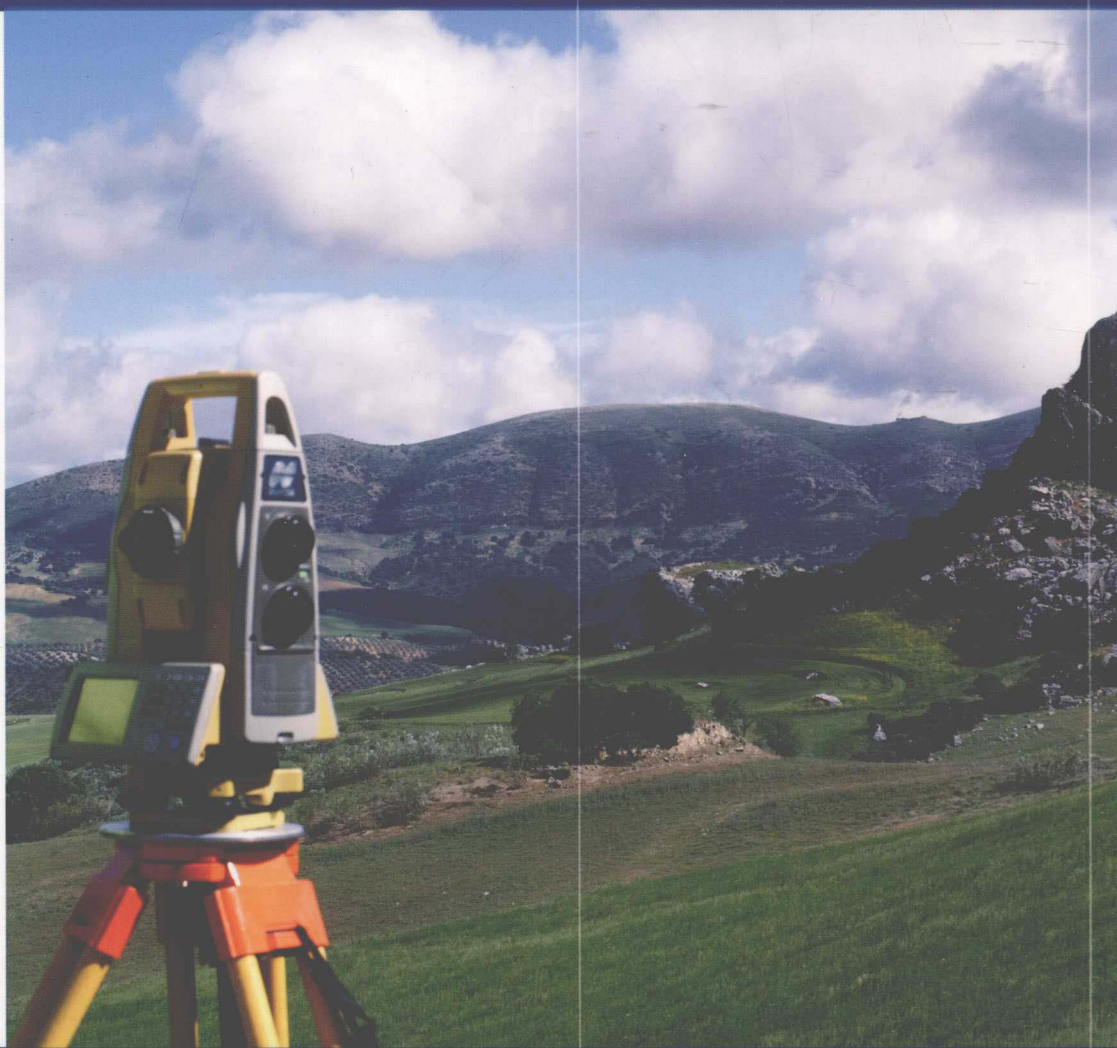
石油高等教育“十三五”规划教材

测量技术基础

Technical Basis of Measurement

主 编 冯翠芹 宋富林

副主编 韩兴辉



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

教育“十三五”规划教材

测量技术基础

主 编 冯翠芹 宋富林

副主编 韩兴辉



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

图书在版编目(CIP)数据

测量技术基础/冯翠芹,宋富林主编. —东营:
中国石油大学出版社, 2018.6

ISBN 978-7-5636-6108-4

I. ①测… II. ①冯… ②宋… III. ①测量学—教材
IV. ①P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 138020 号

书 名: 测量技术基础
主 编: 冯翠芹 宋富林
副 主 编: 韩兴辉

责任编辑: 王金丽(电话 0532—86983567)

封面设计: 赵志勇

出 版 者: 中国石油大学出版社

(地址: 山东省青岛市黄岛区长江西路 66 号 邮编: 266580)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子邮箱: shiyoujiaoyu@126.com

排 版 者: 青岛汇英栋梁文化传媒有限公司

印 刷 者: 青岛国彩印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981531, 86983437)

开 本: 185 mm×260 mm

印 张: 13

字 数: 316 千

版 印 次: 2018 年 6 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5636-6108-4

定 价: 32.00 元

Preface | 前言

当今时代,随着社会信息化的不断进步和发展,人们对地球空间位置及其属性信息的需求不断增加。测绘技术、计算机信息技术和现代通信技术等多种技术集成,为地理空间位置及其属性信息的采集、处理、管理、更新、共享和应用等提供了更系统的解决方案,形成了现代信息化测量技术。

随着测绘科学技术的迅速发展,要求高职高专测绘类专业的广大教师不断探索人才培养模式,不断推进专业教学改革和建设。在专业人才培养中,需要更多更好的教学基础资源,教材是教学中的最基本的需要。

本书是工程测量技术及相关专业学习测绘科学的入门教材,以测绘基本知识、基本理论和常规测量仪器的构造、使用和检校方法为出发点,围绕测绘和测设两大基本任务编写而成,力求理论与实践相结合,由浅入深,循序渐进。

在本书的编写过程中,作者总结了多年的教学经验,本着基础理论与实践并重、传统仪器与现代技术兼顾、内容精而不失系统性的原则,努力使本书做到实用、先进。在内容的选择上力求做到重点突出,简明扼要,概念准确,去旧纳新,循序渐进,便于自学。同时,为满足教学需要,每章之后附有思考题与习题。

本书由天津石油职业技术学院冯翠芹、宋富林任主编,天津大学仁爱学院韩兴辉任副主编。本书共分十章,绪论、第六章、第八章、第九章由冯翠芹编写;第一章、第二章、第三章、第四章、第七章由宋富林编写;第五章、第十章由冯翠芹、韩兴辉共同编写。

本书在编写过程中还得到了天茂数云(天津)科技有限公司的大力支持和帮助,在此表示由衷的谢意。另外,对本书引用参考文献中的资料、插图的原作者表示衷心感谢。

本书适用于高职高专院校工程测量技术、摄影测量与遥感、地理信息系统以及其他相关专业的测量专业基础教学和学生自学用书,也可作为有关技术人员的参考用书。

由于编者水平所限,书中难免存在缺点、疏漏和错误,我们热忱希望读者给予批评指正。

编 者
2018 年 6 月

Contents | 目录

绪 论 1

第一章 测量技术基础知识 5

 第一节 地球形状和地面点位的确定 5

 第二节 测量工作概述 9

 小 结 10

 思考题与习题 11

第二章 水准测量 12

 第一节 水准测量原理 12

 第二节 水准仪的认识和使用 13

 第三节 普通水准测量 20

 第四节 水准仪的检验与校正 25

 第五节 水准测量误差分析 27

 第六节 精密水准仪和电子水准仪 30

 小 结 34

 思考题与习题 34

第三章 角度测量 36

 第一节 角度测量原理 36

 第二节 经纬仪的基本结构 37

 第三节 电子经纬仪 41

 第四节 经纬仪的使用 46

 第五节 水平角观测 49

 第六节 竖直角观测 51

 第七节 经纬仪的检验与校正 55

 第八节 水平角观测的误差来源 58

 小 结 61

 思考题与习题 61

第四章 距离测量	64
第一节 钢尺量距	64
第二节 光电测距	68
第三节 视距测量	73
小 结	78
思考题与习题	78
第五章 点位测定	79
第一节 直线定向与坐标推算	79
第二节 测定地面点的平面坐标	84
第三节 测定点的高程	85
第四节 全站仪坐标测量	89
小 结	93
思考题与习题	93
第六章 测量误差基本知识	95
第一节 概 述	95
第二节 偶然误差的基本特性	96
第三节 衡量观测值精度的指标	98
第四节 误差传播定律	101
第五节 同精度直接观测值的中误差	104
第六节 权	107
小 结	110
思考题与习题	110
第七章 小区域控制测量	111
第一节 控制测量概述	111
第二节 导线测量	114
第三节 三、四等水准测量	121
第四节 全球定位系统(GPS)简介	124
小 结	131
思考题与习题	131
第八章 地形图基本知识	133
第一节 地形图的比例尺	133
第二节 地形图的分幅与编号	136
第三节 地形图的图外注记	139
第四节 地物符号	140



第五节 地貌符号——等高线	143
第六节 地形图的判读	148
第七节 地形图的应用	149
小 结	160
思考题与习题	161
第九章 大比例尺地形图的测绘	162
第一节 概 述	162
第二节 大比例尺地形图测绘的传统方法	165
第三节 数字化测图	169
第四节 CASS 9.0 数字测图软件简介	181
小 结	189
思考题与习题	189
第十章 测设的基本工作	190
第一节 水平距离、水平角和高程的测设	190
第二节 点的平面位置测设	194
第三节 已知坡度直线的测设	197
小 结	199
思考题与习题	199
参考文献	200

绪 论

一、测绘工作的任务及其作用

1. 测绘科学研究的对象

测绘科学主要是研究地球的形状和大小,确定地球表面各种自然和人工物体的形态及其变化,对各种地物和地貌的空间位置与属性等信息进行采集、处理、描绘和管理的一门科学和技术,目的是为人们了解自然和改造自然服务。

测绘科学包括:地形测量学、大地测量学、摄影测量学、工程测量学、制图学。

2. 测绘科学研究的范畴

(1) 地形测量学:小区域地表面各类物体形状和大小的测绘(不考虑地球曲率)。其内容可以用文字和数据记录下来,也可以用图表示。

(2) 大地测量学:以地表广大区域甚至整个地球为研究对象(考虑地球曲率)。任务是建立国家大地控制网,测定地球的形状、大小,研究地球重力场的理论、技术和方法。大地控制网是施测地形图的重要依据。

(3) 摄影测量学:利用摄影像片来研究地表形状和大小。可用来编制小比例尺地图。

(4) 工程测量学:城市建设、大型厂矿建筑、水利枢纽、农田水利及道路修建等在勘测设计、施工放样、竣工验收和工程监测保养等方面的测绘工作。任务是把地面上的情况描绘在图纸上,把图纸上设计的建筑物标定在地面上,以及为建筑物施工过程中和竣工后所产生的各种变化进行变形观测。

(5) 制图学:利用测量所得的资料,经过投影编绘成地图。

3. 测绘科学的任务

测绘科学是研究三维空间中各种物体的形状、大小、位置、方向和分布的学科。

测绘科学的传统任务主要包括两个方面:一是测绘地形图,即测定;二是施工放样,即测设。此外,随着地理信息系统(GIS)技术的发展和推广应用,测定与空间位置相关的各种地理信息也成为普通测量的重要任务之一。

所谓测绘地形图,就是将局部地区的地物、地貌信息依据一定的理论和方法测绘成各种比例尺的地形图,以满足勘察、规划、设计、管理以及与地形条件相关的工程量计算的需要。所谓施工放样,就是将设计图纸上的建筑物或构筑物的空间位置在实地测设出来,以便于施工。而测定与空间位置即三维坐标相关的各种地理信息可以为建立地理信息系统提供必不可少的基础数据。

4. 测绘科学的作用

测绘工作是工程建设的尖兵,无论是国家经济建设还是国防建设,其勘测、设计、施工、

- 竣工及保养维修等阶段都需要测绘工作,且要求测绘工作走在工程建设的前面。
- (1) 经济建设中,从资源勘察、能源开发、城乡建设、交通运输、江河治理、土地整治、环境保护、行政界线勘定直到经营管理都需要测量。
- (2) 国防事业中,国界的勘定、军用地图的测制、航天测控、弹道计算等离不开测量工作。
- (3) 科学研究方面,对地壳升降、地震预测预报、海底资源勘测、近海石油钻探、地下电缆铺设、灾情监视与调查、宇宙空间技术以及其他科学研究等都需要测绘工作的配合。
- (4) 信息领域,测量成果作为地理信息系统的基础,为国家信息高速公路建设、基础地理信息系统建设提供了可共享的测量数据库和测量成果信息,测量成果最可靠、最准确。

二、测量学的发展概况

测量学是一门历史悠久的科学,早在几千年前,由于当时社会生产发展的需要,中国、埃及、希腊等古代国家的人民就开始创造与运用测量工具进行测量,我国发明的指南针、浑天仪等测量仪器今天仍在应用。

测量学最早用于土地整理,随着社会发展,逐渐应用到许多生产部门和领域。测量学发展历史与趋势见表 1。

表 1 测量学发展历史与趋势

发展阶段	测量仪器	测量理论	测量产品
古代 17 世纪前	绳尺、步弓、矩尺 简单机械式	弧形测量、面积测量 理论原始简单	粗糙的地图
近代 17—20 世纪初	望远镜、经纬仪、水准仪、平板仪 光学机械式	三角测量、最小二乘法、地图投影 测量走向精确	实测的地图
现代 20 世纪至今	电子仪器、航空摄影、无人机、GPS 电子智能仪器	GIS、RS、GPS、数字测图 测量走向自动化	数字测图
未来	数字化、自动化、小型化、智能化	数字地球、智慧城市等	多维多样的数字服务

1. 测量仪器的发展

- (1) 望远镜的发明并在测量仪器中得到利用,使测量科学迈进了一大步。
- (2) 光学及电子学理论的应用,创造了一系列激光、红外光、微波测距、测高、准直和定位的仪器。
- (3) 惯性理论的应用创制了陀螺定向、定位仪器。
- (4) 电子计算机技术的飞速发展,促使了自动绘制地形图仪器的出现。
- (5) 人造地球卫星的发射以及遥感、遥测技术的发展,促使测量仪器产生飞跃,能够获得更加丰富的地面信息。

2. 数字化测图技术的应用

计算机技术的发展给测量学的发展带来革命性的变化。地形图由平板仪测量向电子平板测量发展,目前变为全站仪与计算机结合的数字化测图;各种测量软件代替了人工计算,其精度和速度都大大提高。

3. 航空摄影测量、卫星定位技术的应用

小比例尺测图采用航空摄影测量,通过测量软件对摄影像片进行处理得到地形图。

卫星定位系统定位速度快,精度高,不受时间、气候条件和两点间通视的限制,可在同一坐标系中提供三维坐标信息等,因此在小区域控制测量、图根点的测量、地形图数据采集测量中得到广泛的应用。

4. “3S”技术

近20年来计算机科学、信息工程学、摄影测量学、遥感学、工程测量学、地图学与地理信息系统、海洋测量和测绘仪器等学科中出现的新理论和新方法,极大地推进了测绘专业的发展。目前,现代测量学正在努力实现“3S”结合,即GPS(Global Positioning System),DPS&RS(Digital Photogrammetry System and Remote Sensing),GIS(Geographic Information System)的结合与集成。以“3S”技术为代表的测绘新技术打破了传统以大地、航测、制图学科划分的界限,具有观测范围大、速度快、精度高、全天候和部分智能化的特点,正适应了资源与环境调查和监理、自然灾害预测和预报,以及灾情调查、灾后恢复对取得信息快捷准确的要求。“3S”技术的发展使我们有可能对社会、经济发展领域中诸多方面进行动态监测、综合分析和模拟预测,从而成为人类解决全球与区域性环境与发展问题的重要手段。

5. 我国测绘事业的发展

- (1) 建立了全国统一的平面坐标系和高程系统。
- (2) 建立了遍及全国的大地控制网、国家水准网、基本重力网和卫星多普勒网。
- (3) 完成了国家大地网和水准网的整体平差。
- (4) 完成了国家基本图的测绘工作。
- (5) 完成了珠穆朗玛峰的平面位置和高程测量(海拔8 844.43 m)。
- (6) 配合国民经济建设进行了大量的测绘工作。
- (7) 培养了高、中级测绘人才数万名,大大提高了我国测绘科学水平。

相信,随着科学技术的不断应用,测绘学科必将得到发展。同时也对从事测量工作的技术人员提出更加严格的要求。

三、“测量技术基础”主要内容与教学要求

“测量技术基础”是工程测量技术及相关专业的一门专业基础课,该课程的基本教学要求是通过讲课、课间实训和集中综合实训三个教学环节,能够让学生掌握测量的基本理论、技术与方法,使学生掌握测量的基本知识及测量各种要素(高差、角度和距离)的基本方法和技能,并掌握最基本的测量数据的处理方法(简单的平差计算)。此外,还应使学生熟悉各种常规测量仪器及了解现代高新测量技术,并具有灵活运用测量基本知识、基本理论和基本方法于实际的测绘、测设工作的能力,初步了解测绘方面的国家与行业技术标准,并培养学生良好的专业素养,养成吃苦耐劳和团结协作的精神,为进一步学习其他专业课程打下坚实基础。

本书各章主要学习要求如下:

第一章 测量技术基础知识

掌握地球的自然表面、大地水准面、参考椭球面的基本概念和性质。

第二章 水准测量

掌握水准测量的原理、DS3 微倾式和自动安平水准仪的组成与使用;理解水准点、转点的作用,水准路线的布设方法;学会等外水准测量的外业观测及内业计算;理解并掌握水准仪检校的原理、过程和方法;学会对水准测量进行误差分析。

第三章 角度测量

理解水平角和竖直角的概念、经纬仪的基本结构和应满足的几何条件;学会经纬仪的安置(对中、整平、调焦)的过程和方法;掌握经纬仪和全站仪进行角度观测、读数、记录、计算和检核的基本方法和技术规定;理解并掌握经纬仪检校的原理、过程和方法;学会对角度测量进行误差分析。

第四章 距离测量

能使用钢尺和普通经纬仪进行距离测量;掌握视距测量、光电测距的原理及过程;学会消减距离测量误差的措施。

第五章 点位测定

掌握直线定向的方法,理解方位角、坐标方位角、象限角的定义及象限角与坐标方位角之间的换算;掌握相邻坐标方位角推算的方法及坐标正反算;学会点的平面坐标及高程坐标的测定方法;掌握全站仪坐标测量的原理及步骤。

第六章 测量误差基本知识

掌握测量误差的分类;学会评定观测精度的指标、观测中误差、观测值函数中误差的计算方法;能运用误差基本理论计算角度、距离等基本测量观测量的最可靠值并评定其精度。

第七章 小区域控制测量

掌握平面控制测量和高程控制测量的基本概念;掌握导线的布设形式、导线测量的外业实施及内业计算;掌握四等水准测量的观测方法和精度要求、GPS 定位的基本原理和测量方法。

第八章 地形图基本知识

理解地形、地形图、地形图比例尺和比例尺精度的概念;了解地物和地貌在地形图上的表示方法;了解地形图的分幅与编号。

第九章 大比例尺地形图的测绘

了解传统平板仪测图和经纬仪测绘地形图的方法;掌握全站仪、RTK 外业数据采集的方法及要求;了解数字测绘大比例尺的过程。

第十章 测设的基本工作

掌握水平角、水平距离和高程的测设方法;能够使用普通测量仪器进行一般工程的点位测设和施工放样。

第一章 测量技术基础知识

地球表面空间位置的测量需要基于一个参照基准,所以需要确定地球的形状、大小,进而确定一个与地球形状、大小相似的参考椭球,在椭球上确定测量基准面。由此可以定义基于测量基准面的坐标系,基于此坐标系测量空间任何一点的空间位置。

本章还将阐述测量的基本内容和基本原则。测量基本内容包括角度测量、距离测量和高差测量。此外,为了保障测量质量,在测量过程中还应遵循一定的测量原则。

第一节 地球形状和地面点位的确定

一、地球的形状与大小

测量工作是在地球的自然表面上进行的,而地球自然表面是极不平坦和不规则的,它约占 71% 面积的海洋,约占 29% 面积的陆地,有高达 8 844.43 m 的珠穆朗玛峰,也有深达 11 022 m 的马里亚纳海沟。这样的高低起伏,相对于地球庞大的体积来说还是很小的。因此,人们把海水面所包围的地球形体看作地球的形状。

由于地球的自转运动,地球上的任意点都要受到离心力和地心引力的双重作用,这两个力的合力称为重力,重力的方向线称为铅垂线,铅垂线是测量工作的**基准线**(图 1-1)。静止的水面称为水准面,水准面是受地球重力影响而形成的,是一个处处与重力方向垂直的连续曲面,并且是一个重力场的等位面。与水准面相切的平面称为水平面,其水面可高可低,因此符合上述特点的水准面有无数多个,而其中与平均海水面吻合并向大陆、岛屿内延伸而形成的闭合曲面称为大地水准面,是测量工作的基准面。大地水准面所包围的地球形体称为**大地体**。

大地水准面是一个有起伏的不规则的曲面(图 1-2),这是由地球内部质量分布不均匀而使各点铅垂线方向产生不规则变化所致。因此,不可能用数学公式来表达大地水准面,也无法在这个面上进行测量的计算工作。通常用一个非常接近大地体的几何形体,即**旋转椭球体**作为测量计算的基准。该球体是以一个椭圆绕其短轴旋转而成。

根据 1979 年国际大地测量学与地球物理学联合会决议,椭球的元素为:

$$a=6\,378\,140\text{ m}$$

$$b=6\,356\,775\text{ m}$$

$$\alpha=\frac{a-b}{a}=\frac{1}{298.257}$$

其中, a 为长半轴; b 为短半轴; α 为扁率。

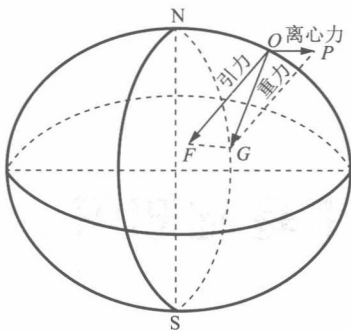


图 1-1 铅垂线

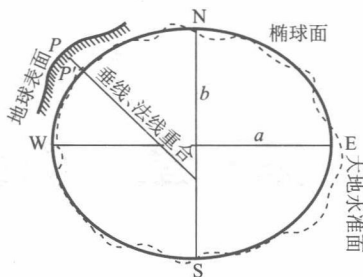


图 1-2 大地水准面

地球的形状确定后,还应进一步确定大地水准面与椭球面的相对关系,才能将观测成果换算到椭球面上。如图 1-2 所示,在一个国家的适当地点,选择一点 P ,设想把椭球与大地体相切,切点 P' 位于 P 点的铅垂线方向上,这时,椭球面上 P' 的法线与大地水准面的铅垂线相重合,使椭球的短轴与地轴保持平行,且椭球面与这个国家范围内的大地水准面差距尽量地小。于是椭球与大地水准面的相对位置便确定下来,这就是参考椭球的定位工作。 P 点称为大地原点。根据定位的结果确定大地原点的起算数据。我国大地原点设在陕西省泾阳县永乐镇,由此建立了国家大地坐标系。由于地球椭球体的扁率很小,因此,在测区范围不大时可将地球视为圆球体,其半径为 6 371 km。

二、地面点位置的确定

研究和确定地球形状和大小都需要测定地面点的位置,而地面点的位置是用三维坐标,也即由平面坐标和高程来表示的。由于地面是地球表面,故它不是平面而应是球面,因而应采用能表示球面上点位置的坐标,测量上通常采用地理坐标和高程这类全球统一的坐标系。若要在平面上表示地面点的位置,则用平面直角坐标和高程表示。那么这些坐标系是怎样建立和确定的呢?现分别介绍如下。

(一) 地面点在投影面上的坐标

1. 地理坐标系

(1) 天文坐标系。

研究大范围的地面形状和大小是将投影面作为球面。在图 1-3 中视地球为一球体, N 和 S 分别是地球的北极和南极,连接两极且通过地心 O 的线称为地轴。过地轴的平面称为子午面,过地心 O 且垂直于地轴的平面称为赤道面,它与球面的交线称为赤道。通过英国格林尼治天文台的子午线称为首子午线,而包括该子午线的子午面称为首子午面。地面上任一点 M 的地理坐标是以该点的经度和纬度来表示的。经度是从过该点的子午线与首子午面的夹角,以 λ 表示。从首子午线起向东 180° 称东经,向西 180° 称西经。 M 点的纬度就是过该点的法线与赤道面的交角,以 φ 表示。从赤道向北由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称北纬,向南称南纬。如北京某点的地理坐标为东经 $116^\circ 28'$,北纬 $39^\circ 54'$ 。经纬度是用天文测量方法测定的。

(2) 大地坐标系。

大地坐标系是用大地经度 L 和大地纬度 B 来表示地面点在旋转椭球面上的位置,它的基准面和基准线分别是参考椭球面和其法线。如图 1-4 所示, P 点沿椭球面法线到椭球面

上的投影是 Q , $PQ=H$, 称为 P 点的大地高程, L 和 B 是 P 点的大地经度和大地纬度。 P 点的大地坐标 (L, B, H) 和地心空间直角坐标 (X, Y, Z) 之间存在着严密的数学关系, 可以互相换算。

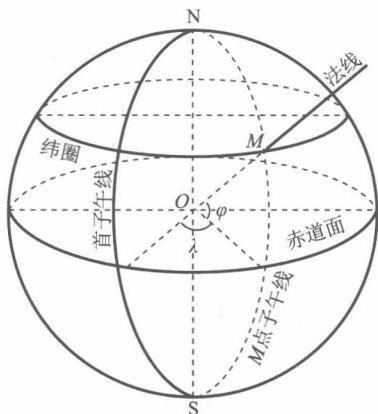


图 1-3 天文坐标系

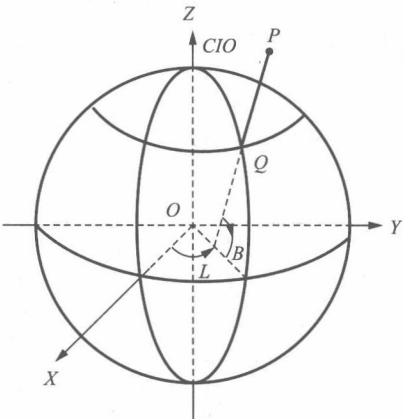


图 1-4 大地坐标系

天文坐标系和大地坐标系的不同点是各自所依据的基准面和基准线不同, 前者是大地水准面和铅垂线, 后者是旋转椭球面和法线。

2. 平面直角坐标系

测量小范围地区, 可将该部分的球面视为水平面。在测区的西南设置一个原点 O , 令通过原点 O 的南北线为纵坐标轴 X , 向北为正; 与 X 轴相垂直的东西方向线为横坐标轴 Y , 向东为正, 如图 1-5 所示。坐标轴将平面分为四个象限, 其象限编号为顺时针方向编号。测量上使用的平面直角坐标与数学上常用的不同, 这是因为测量工作中规定所有的直线方向都是以纵坐标轴北端顺时针方向量度的, 这样的变换, 既不改变数学公式, 同时又便于测量中方向和坐标的计算。

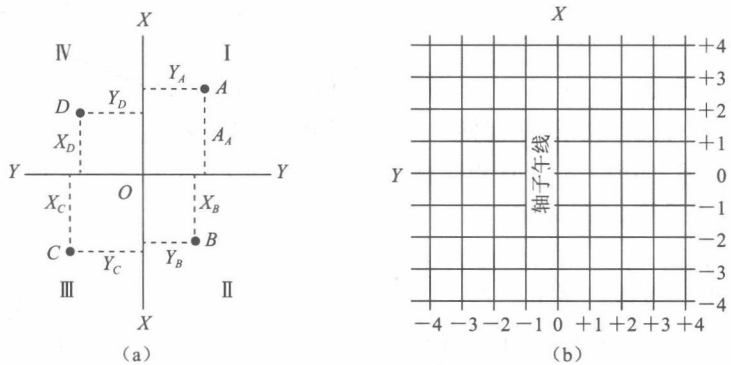


图 1-5 测量计算的平面直角坐标

3. 高斯平面直角坐标系

当测区范围较大时, 须考虑地球曲率的影响, 将椭球(或圆球)上的点位或图形投影到平面上, 然后在平面上进行测量计算。而椭球面是不可展曲面, 要把椭球面上的图形投影在平面上会产生变形, 正如将橘子皮压平, 它不是产生褶皱就是边缘破裂。为使其变形小于测量误差, 测量工作中通常采用高斯投影方法。

高斯投影的方法是将地球划分为若干带,然后将每带投影到平面上。如图 1-6 所示,投影带是从首子午线起,每经差 6° 划一带(称为六度带),自西向东将整个地球划分成经差相等的 60 个带。带号从首子午线起自西向东偏,用阿拉伯数字 1,2,3,...,60 表示。位于各带中央的子午线,称为该带的中央子午线。第一个六度带的中央子午线是东经 3° ,任意带中央子午线经度 L_0 可按式计算:

$$L_0 = 6n - 3 \quad (1-1)$$

式中 n ——投影带的号数。

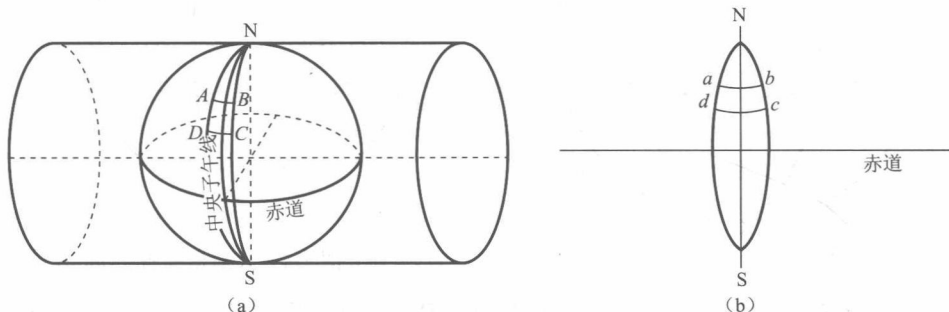


图 1-6 高斯投影

设想用一个平面卷成一个空心椭圆柱套在地球椭球外面,使圆柱的中心轴线位于赤道面内并且通过球心,使地球椭球上某六度带的中央子午线与圆柱相切,在椭球面上的图形与圆柱面上的图形保持等角的条件下,将整个六度带投影到圆柱面上。然后将圆柱沿着通过南北极的母线切开并展成平面,便得到六度带在平面上的投影。

中央子午线经投影展开后是一条直线,以此直线作为纵轴,即 X 轴;赤道投影后是一条与中央子午线相垂直的直线,将它作为横轴,即 Y 轴;两条直线的交点作为原点,则组成高斯平面直角坐标系。纬圈 AB 和 CD 投影在高斯平面直角坐标系内仍然为曲线(ab 和 cd)。将投影后具有高斯平面直角坐标系的六度带一个个拼接起来,便得到图 1-7 所示的图形。

我国位于北半球, X 坐标均为正值,而 Y 坐标值有正有负。为了使计算中避免横坐标 Y 值出现负值,故规定每带的中央子午线西移 500 km,同时为了指示投影带是哪一带,还规定在横坐标值前面加上带号,如图 1-8 中 M 点坐标 $X_M = 543\,721.73\text{ m}$, $Y_M = 20\,732\,478.55\text{ m}$ 。 Y_M 坐标的前两位数 20 表示第 20 投影带。

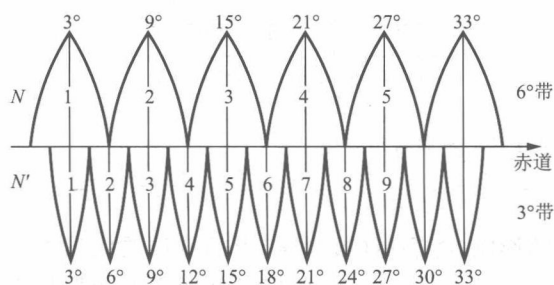


图 1-7 高斯 6° 和 3° 分带投影

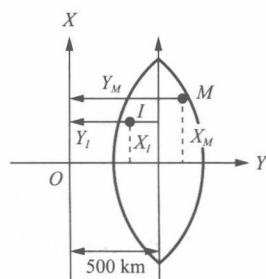


图 1-8 高斯平面直角坐标系

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。

当测绘大比例尺地形图要求投影变形更小时,可采用 3° 分带投影法。它是从东经 $1^\circ 30'$ 开始,每隔 3° 划分一带,将整个地球划分为120个带,任意带中央子午线经度 L'_0 可按式计算:

$$L'_0 = 3n' \quad (1-2)$$

式中 n' ——三度带带号。

(二) 地面点的高程

地面点到大地水准面的铅垂距离称为**绝对高程**或**海拔**,简称**高程**。地面点到假定水准面的铅垂距离称为**假定高程**或**相对高程**,如图1-9中的 H_A , H_B 和 H'_A , H'_B 。地面上任意两点之间的高程之差称为**高差**,两点间的高差与高程的起算面无关。我国大地水准面的确定方法是在青岛市的黄海边设立测定海水高低起落的验潮站,通过长期观测,求得平均海水面,并作为高程基准面,此基准面的高程为零,再用测绘的方法由验潮站引测至青岛观象山上的一个有固定位置的点,求得此点的高程值,并称此点为“**水准原点**”。目前,我国采用青岛验潮站1951—1979年观测成果推算的黄海平均海水面作为高程零点,称为“**1985国家高程基准**”,位于青岛的中华人民共和国水准原点高程为 $H=72.260\text{ m}$ 。1985年以前,我国曾采用“1956年黄海高程系”,水准原点高程为 $H=72.289\text{ m}$,现在已经废止。应用中要注意高程基准的统一和换算。

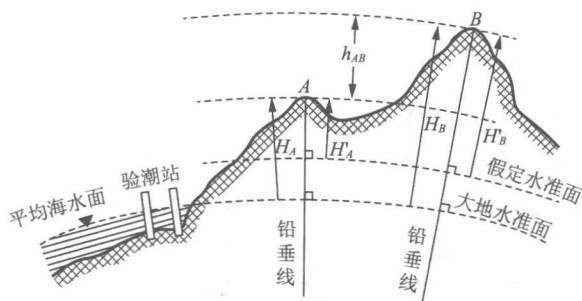


图 1-9 点的高程

第二节 测量工作概述

一、测量的基本工作

测绘工作的主要任务是确定地面点与点之间的平面和高程位置的关系,也可将其分成测定和测设两大部分。测定是将地物和地貌按一定的比例尺缩小绘制成地形图,测设是将图纸上设计好的建筑物和构筑物的位置在实地标定出来。

如图1-10所示,测区内有耕地、房屋、河流、道路等,测绘地形图的过程是先测量出这些地物、地貌特征点的坐标,然后按一定的比例尺、规定的符号缩小展绘在图纸上。在测量工作中,确定地面点的平面位置可通过测定水平角和水平距离来实现。另外,通过高差测量可确定点的高程。因此,水平角、水平距离和高差是确定地面点位置关系的三个基本几何要素。

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。

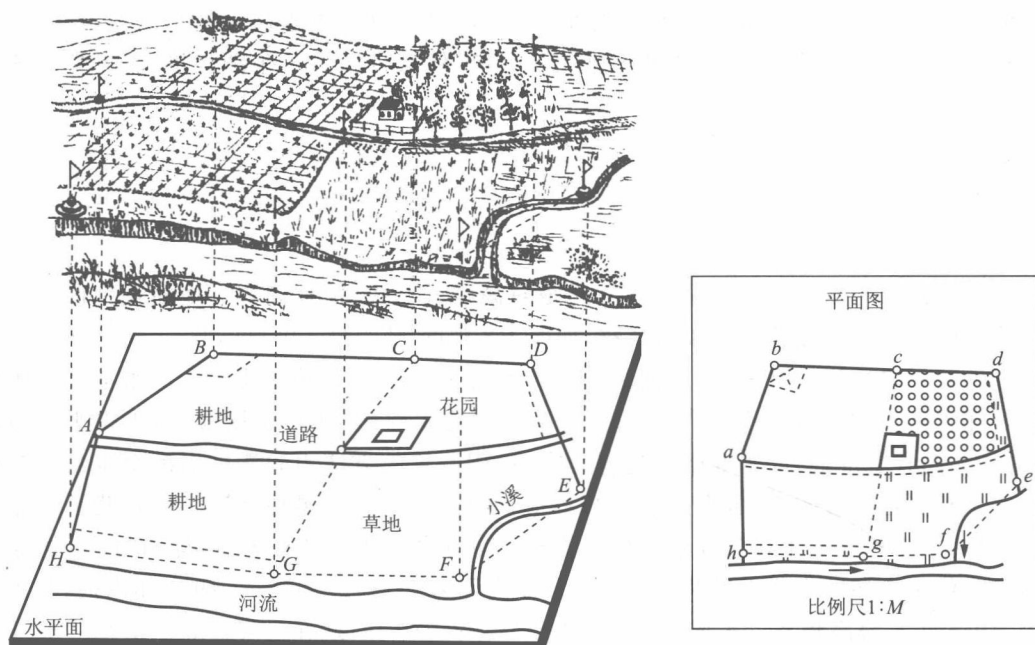


图 1-10 地形图测绘的基本原理

二、测量的基本原则

地表形态和建筑物形状是由许多特征点决定的,在进行测量时就需要测定(或测设)许多特征点(也称碎部点)的平面位置或高程。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,会导致前一点的测量误差传递到下一点,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。在实际工作中应遵循“从整体到局部、先控制后碎部”的基本原则,也就是先在测区内选择一些有控制意义的点(控制点),把它们的平面位置和高程精确地测定出来,测定控制点的工作称为**控制测量**,然后再根据这些控制点测出附近其他碎部点的位置,这项工作称为**碎步测量**。这种测量方法可以减少误差累积,而且可以同时的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产生影响。因此“前一步测量工作未做检核,不进行下一步测量工作”是测量工作应遵循的又一个原则。

小 结

1. 有关水准面和大地水准面、参考椭球的概念。大地水准面是平均高度的水准面。水准面和大地水准面均处处与铅垂线相垂直。因为地球的形状不规则,其形状和大小用参考椭球来描述。
2. 有关平面直角坐标系统和高程系统的概念。大面积范围采用高斯平面直角坐标系,局部地球采用独立平面直角坐标系,我国的高程系统为黄海高程系。
3. 测量的基本工作包括高程测量、距离测量和角度测量。