



普通高等学校土木工程专业新编系列教材

测量学

易正晖 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等学校土木工程专业新编系列教材

测 量 学

易正晖 主 编

李 刚 段光耀 副主编

中国铁道出版社

2018年·北京

内 容 简 介

本书为普通高等学校土木工程专业新编系列教材之一,共分十章,主要内容有测量学的基本知识、水准测量、角度测量、距离测量、误差理论与测量数据处理、控制测量、地形图的测绘、地形图的基本知识及应用、施工测量的基本工作、道路桥梁隧道施工测量。

本书可作为本科土建、交通、环境、建筑学类、工程管理、规划类、园林、工程造价、地质工程等非测绘专业学生学习测量学基础知识用的教材。

图书在版编目(CIP)数据

测量学/易正晖主编. —北京:中国铁道出版社,2018.2

普通高等学校土木工程专业新编系列教材

ISBN 978-7-113-24177-3

I. ①测… II. ①易… III. ①测量学—高等学校—教材

IV. ①P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 325933 号

书 名: 测 量 学

作 者: 易正晖 主编

策划编辑: 李丽娟

责任编辑: 陈美玲

编辑部电话: 010-51873240

电子信箱: 992462528@qq.com

封面设计: 薛小卉 王镜夷

责任校对: 王 杰

责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 三河市宏盛印务有限公司

版 次: 2018年2月第1版 2018年2月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 18 字数: 460 千

书 号: ISBN 978-7-113-24177-3

定 价: 48.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

前言

随着测绘技术的日新月异,数字化技术得到了广泛普及,信息化技术逐渐兴起,同时近些年测量规范不断更新,为使测量学紧密联系实际,满足教学和现代土木工程建设需要,培养具有初步测量知识,满足基本施工测量要求人才的需要,特编写本教材。

本书在讲解测绘基本原理和传统测量方法的基础上,还增加了测绘学的发展历程和发展各阶段的特点、电子水准仪的使用、电子测角原理、全站仪的使用、GNSS控制测量、大比例尺数字化测图的方法步骤等内容。

本书由天津城建大学易正晖任主编,天津城建大学李刚、段光耀任副主编。编写分工如下:第一章由易正晖编写,第二章由天津城建大学田金苓编写,第三章由天津城建大学王雪松编写,第四章由天津城建大学魏东英编写,第五章由天津城建大学窦理波编写,第六章由李刚编写,第七章和第八章由段光耀编写,第九章由易正晖和天津市测绘院王文旭编写,第十章由易正晖和天津市测绘院李光编写。在编写过程中得到了石家庄铁道职业技术学院尹辉增教授的大力支持,在此表示感谢!

由于编者水平有限,教材中难免存在疏漏与不足,谨请读者批评指正。

编者

2017年10月

目 录

第一章 测量学的基础知识	1
1.1 测量学科的发展历程及应用	1
1.2 测量学的定义及测量学科的分支	3
1.3 地面点位的确定	6
1.4 地球曲率对测量的影响	15
1.5 测量的基本原则及基本内容	16
习 题	17
第二章 水准测量	18
2.1 水准测量原理	18
2.2 水准仪及其使用	19
2.3 水准测量外业	26
2.4 水准测量的校核方法和成果整理	29
2.5 微倾式水准仪的检验与校正	32
2.6 水准测量的误差分析	35
2.7 精密水准仪和电子水准仪	39
习 题	41
第三章 角度测量	44
3.1 水平角测量原理	44
3.2 光学经纬仪	45
3.3 电子经纬仪	52
3.4 经纬仪的基本操作	53
3.5 水平角测量方法	55
3.6 竖直角测量的方法	58
3.7 经纬仪的检验与校正	62
3.8 角度测量的误差分析	65
习 题	68
第四章 距离测量	69
4.1 钢尺量距	69
4.2 视距测量	72

4.3	光电测距	74
4.4	全站仪	76
4.5	直线定向	84
	习 题	86
第五章	误差理论与测量数据处理	87
5.1	测量误差	87
5.2	衡量精度的指标	92
5.3	误差传播定律及其应用	95
5.4	直接平差及精度评定	101
5.5	测量数据处理	108
	习 题	114
第六章	控制测量	116
6.1	控制测量概述	116
6.2	导线测量	119
6.3	交会定点测量	135
6.4	高程控制测量	140
6.5	GNSS 控制测量	145
	习 题	155
第七章	地形图的测绘	157
7.1	概 述	157
7.2	地面数字化测图	157
7.3	数字化成图	170
7.4	成果的检查与验收	180
	习 题	182
第八章	地形图的基本知识及其应用	183
8.1	地形图的基本概念	183
8.2	地形图的分幅与编号	185
8.3	地物与地貌的表示方法	191
8.4	地形图的判读	199
8.5	地形图的应用	202
	习 题	210
第九章	施工测量的基本工作	211
9.1	施工测量概述	211
9.2	放样(测设)的基本工作	211

9.3	建筑施工放样测量	217
9.4	高层建筑物的轴线投测和高程传递	221
9.5	工业厂房施工测量	223
9.6	建筑物的变形观测	227
9.7	竣工总平面图的编绘	232
9.8	激光在建筑施工测量中的应用	232
	习 题	235
第十章	道路桥梁隧道施工测量	236
10.1	线路工程测量概述	236
10.2	线路中线测量	238
10.3	曲线的测设	244
10.4	线路纵横断面测量	248
10.5	线路工程施工测量	255
10.6	桥梁构造与施工测量	263
10.7	隧道施工控制测量	268
	习 题	278
	参考文献	279

第一章

测量学的基础知识

1.1 测量学科的发展历程及应用

1.1.1 测量学科的发展历程

测量是一门古老的学科,伴随着人类的活动而产生并不断的丰富起来。远在公元前四千多年的古埃及,在尼罗河泛滥后,农田边界的整理过程中,就产生了较早的测量技术。古埃及人通过天文观测,确定一年为 365 天,这是古埃及在古王国时期(公元前 3000 年)通用的历法。他们通过观测北极星,来确定方向;古老的埃及金字塔,每一座都有标准的几何尺寸,说明那时,人们对长度和角度都有比较精确的测量手段。公元前三世纪,希腊的科学家就用天文测量方法测定地球的形状和大小;公元前 340 年,希腊科学家亚里士多德在他的《论天》一书中明确提出地球的形状是圆的,通过在不同纬度上观测北极星,其呈现出位置上的差别,推算出地球的周长。17 世纪初,资产阶级革命的兴起,测绘科学与其他科学一样为适应生产力而有了较大的发展;而后,荷兰人汉斯发明了望远镜,斯约尔创造了三角测量方法;1683 年法国进行弧度测量,证明地球是两极略扁的椭圆形球体,法国人都明特里尔提出用等高线表示地形;德国科学家高斯提出最小二乘法理论,而后他又提出了横圆柱投影学说,使得地图的测量更为精确;18 世纪出现了水准测量方法,提高了地形测图的精度;1875 年国际米制公约的建立,1 m 被定义为巴黎子午线长度的四千万分之一,使国际具有了统一的长度单位。

中国是一个文明古国,测绘技术也发展得相当早,相传公元前两千多年夏代的《九鼎》就是原始地图。《史记夏本纪》中描写大禹治水时测量情景的“左准绳,右规矩,载四时,以开九州,通九道”,“准”是测量高低的,“绳”是量距的,“规”是画圆的,“矩”是画方形和三角形的,那时还有一个测量单位是“步”,折三百步为一里。《山海经》也说,禹王派大章和竖亥两位徒弟步量世界大小,颛顼高阳氏(公元前 2513 年~公元前 2434 年)时,便开始观测日、月、五星,定一年长短,到了秦代(公元前 221~公元前 207 年)用颛顼历定一年的长短为 365 又 $\frac{1}{4}$ 日,公元前 7 世纪前后,即春秋时期,管仲在所著《管子》一书中已汇集了早期的地图多达 27 幅,1973 年长沙马王堆三号汉墓出土的西汉初期的《帛地图》《地形图》《驻笔图》《城邑图》是目前所发现的我国最早的地图,如图 1.1.1 所示,两晋初年裴秀编绘的《禹贡地域图》是世界最早的历史图集,裴秀编绘的《地形方丈图》是中国全国大地图,并且提出世界最早的制图理论,即《制图六体》,六体是“分率、准望、道里、高下、方斜、迁直”。分率—比例尺,准望—测量方法,道里—测量距离,高下—测量高低,方斜—测量角度,迁直—测量曲线与直线。唐代贾耽根据《制图六体》的

理论曾历时 17 年编《海内华夷图》，成图幅面 10 平方丈，这一地图作品，在中国和世界制图学史上具有重要的意义，至今原图已失传，但它的缩印本在南宋刻石为《华夷图》。公元前 3~5 世纪，我国就已利用磁石制成最早的指南工具“司南”，中国最古老的天文算法著作《周髀算经》发表于公元前 1 世纪，书中阐述了利用直角三角形的性质，测量和计算高度、距离等方法；公元 400 年左右，中国发明了计里鼓车，这是用齿轮等机械原理制作的测量和确定方位的工具，每走一里，车上木偶击鼓一下，走十里打镯一次，车上的指南针则记录着车子行走的方向；公元前 720 年前后，唐代僧人一行(张遂)等人，根据修改旧历的需要，组织了我国古代第一次天文大地测量，这次测量北达现今蒙古的乌兰巴托，南达今湖南省的常德，他们在这些地方，分别测量了冬至、夏至的日影长及北极高度，同时还把测量成果绘制成图，他们实测中得出的子午线的长度，是世界上第一次测量子午线的长度。宋代沈括在他的《梦溪笔谈》中记载了磁偏角现象，这在世界上是最早的发现。沈括在地形测量方面也有较大贡献，他主持绘制了《天下州县图》，并使用水平尺、罗盘进行地形测量，制作了地形立体模型。元朝郭守敬用自制的仪器观测天文，发现黄道平面与赤道平面的交角为 $23^{\circ}33'05''$ ，而且每年都在变化，如果按现在的理论推算，当时这个角度是 $23^{\circ}31'58''$ ，可见他当时控制的观测精度是相当高的。郭守敬还发明一些精确的内角、检验公式及球面三角计算公式，给大地测量提供了可靠的数学基础。当时，为兴修水利，郭守敬还带领队伍在黄河下游进行了大规模的工程测量和地形测量。明代《郑和航海图》也是我国古代测绘技术的一大杰作。

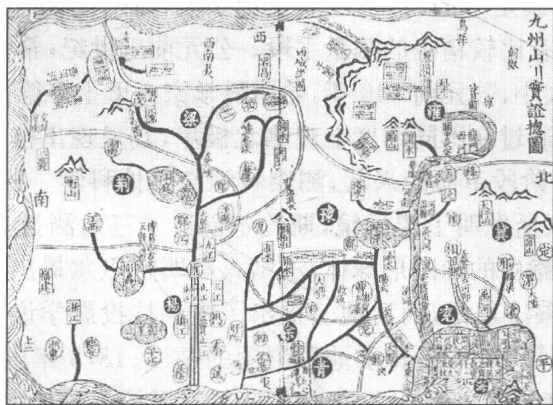


图 1.1.1 禹贡地域图

测绘学科发展至今，根据测量技术和测绘成果可以分为模拟测绘、数字测绘和信息测绘三个阶段。模拟测绘阶段利用模拟方法测定和推算地面及其外层空间点的几何位置，确定地球形状和地球重力场，获取地球表面自然形态、人工设施的几何分布以及与其属性有关的信息，编制全球或局部地区的各种比例尺的普通地图和专题地图，为国民经济建设和国防建设以及地学研究服务，技术特征是生产工具笨重、作业方法陈旧、劳动强度大、工期时间长、成果形式单一等，依赖的仪器设备有光学经纬仪、光学水准仪、平板仪、钢尺，测绘的成果为纸质的、静态的。数字测绘阶段利用地面各种电子测量设备以及星载、空载和船载的传感器获取的地理空间数据通过相关软件进行成图、编辑、管理、分析和应用，技术特征是测绘设备的电子化和自动化、数据处理和成果数字化、数据成果多样化，具体表现为大地测量到 GPS 技术的融合与发展、摄影测量到 RS 的融合与发展、传统地图制图到 GIS 的发展等诸多方面，依赖的仪器设备

有全站仪、电子水准仪、全球定位系统、各种遥感设备。信息测绘阶段是在网络环境下充分利用空间技术和信息技术,实现快速灵活的为现代社会经济提供综合地理信息服务的一种现代化测绘手段,是继模拟测绘和数字测绘后随着各种数据采集手段发展而来的一个新的阶段,技术特征是获取数据实时化、数据处理自动化、信息服务网格化、测绘产品社会化,依赖的仪器设备涵盖各种专业和非专业空间数据获取设备。互联网技术的迅猛发展同时带动了测绘科学的极大变革,每一个个体、每一个终端设备都成为地理信息数据实时获取的工具,因此很多测绘专家认为测绘科学技术已经发展为“互联网+测绘”,也称之为“测绘 4.0”时代。

1.1.2 测量学的应用

测量学作为获取点位信息的关键技术,凡是需要得到空间点位信息的地方均需要测量学的支持,所以在很多地方测量通常可以视为“眼睛”广泛应用在经济建设、科学研究、国防建设的方方面面。在经济建设方面,如制定城市或区域中长期规划或土地利用整体规划之前,首先需要测绘相关部门提供中小比例尺的地形图或土地利用现状图。在科学研究方面,在获取地面或地下物理信息的同时需要该点的空间位置信息,如地球物理勘探部门在找矿或石油时,通常需要测绘部门确定具体的方位和坐标,加上各种电法、磁法、重力场信息综合研判矿物或石油的储藏情况。在国防建设方面,通常说的“天时,地利,人和”是打胜仗的三大要素,其中地利就要了解、利用地利。地图上详细表示着山脉、河流、道路、居民点等地形和地物,具有确定位置、辨识方向的作用。地图一直在军事活动中起着重要的作用,这对于行军、布防以及了解敌情等军事活动都是十分重要的。因此,测量早就成为军事上不可缺少的工具,获得广泛的应用。现在应用广泛的人造卫星定位技术起源于军事部门,后逐步解密才在测绘及其他众多部门中获得应用。海洋测量技术首先也是由航海的需要而产生,而其高速发展的动力主要来自军事部门的需要,至今军事测绘部门仍在测绘领域科技前沿发挥着重要作用。

测绘学科除了其本身为国民经济建设和国防建设服务外,与地球物理科学、建筑学、地质学、天文学、地理学、海洋学、环境科学、计算机科学、信息科学及管理科学产生了密切的联系,测绘学科更倾向于研究地球的固体形态和空间几何特征,进一步与相关学科的交叉融合形成了各种地理信息系统。

1.2 测量学的定义及测量学科的分支

1.2.1 测量学的定义及任务

测量学作为地球科学的一个分支,是研究地球的形状和大小,确定地面(包含空中、地下和水下)点位信息以及对点位信息的存储、管理和分析的科学。因此,测量学的研究内容主要分为以下几个方面:首先需要测定地球的形状和大小及地球重力场,并在此基础上建立统一的坐标系统;其次确定一系列地面控制点的空间坐标,利用控制点坐标测定地表各种形态(自然和人工)的坐标,绘制成各种比例尺的地形图;最后在各种国防建设和经济建设在施工过程中将设计好的特征点位信息通过测量手段在地面上标定出来,在运营管理过程中对各种建筑体或设备进行动态监测,确保建筑体或设备的安全使用。从工程建设的全周期来看测量的主要任务主要包含测定和测设两个任务,测定是指使用测量仪器和工具,通过观测和计算,得到一系列测量数据,把地球表面缩绘成地形图,供经济建设、国防建设和科学研究使用。测设是指

把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来,作为施工的依据。简而言之,测量学的主要内容就是地形信息的采集、处理、应用和工程放样,其过程就是“地球表面——地形图(图纸)——地面建(构)筑物”。下面重点介绍一下测量学在工程建设中的具体过程。

工程测量技术广泛应用于建筑工程、线路工程(如铁路、公路、输电线路和输油管道等)、桥梁工程、隧道工程、矿山开发、市政建设和水利工程等项目。以建筑工程为例,建筑物在建造之前,需要进行设计规划,事先必须进行该地块的测量工作,由测量的成果绘制地形图,在地形图上进行建筑物(群)的布局规划,然后将规划设计好的位置标定在地面上以便进行施工;在施工结束后,还要测绘竣工图,供日后扩建、改建和维修之用;对某些重要的建筑物在建设过程中或建成以后需要进行变形观测,以保证建筑物安全使用。规划设计之前进行的地形图测绘工作,如图 1.2.1 所示为向阳高速带状地形测量。

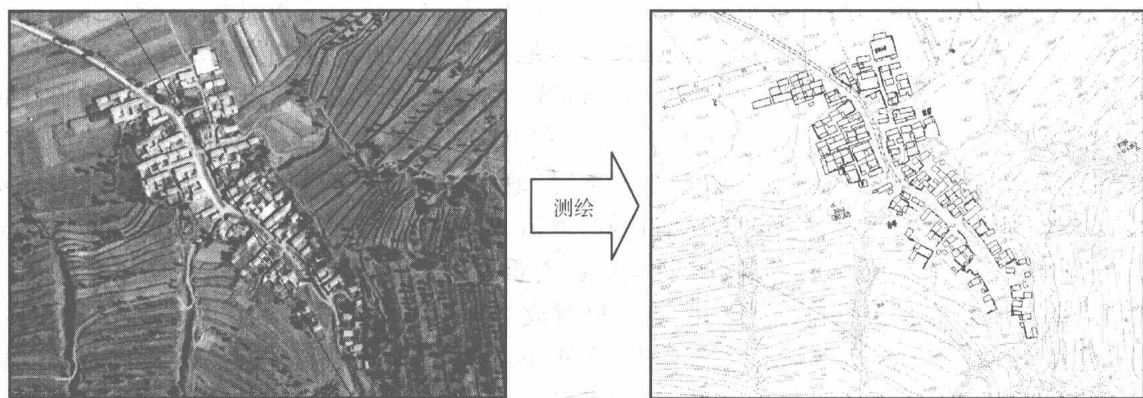


图 1.2.1 向阳高速带状地形测量

施工阶段的放样测量,如图 1.2.2 所示为向阳高速公路施工测量。

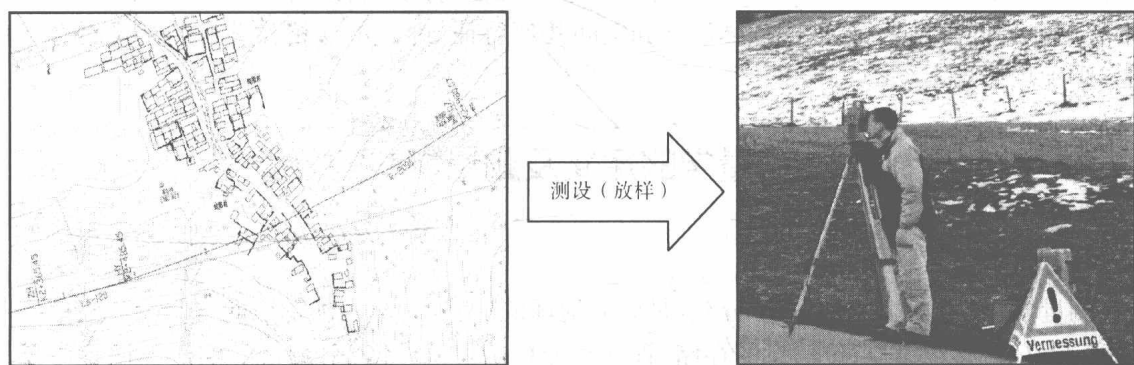


图 1.2.2 向阳高速公路施工测量

运营管理阶段的变形监测,如图 1.2.3 所示为某大桥的变形监测。

1.2.2 测量学科的分支

测绘学主要研究对象是地球及其表面形态。在发展过程中形成大地测量学、普通测量学、摄影测量学、工程测量学、海洋测绘和地图制图学等分支学科。

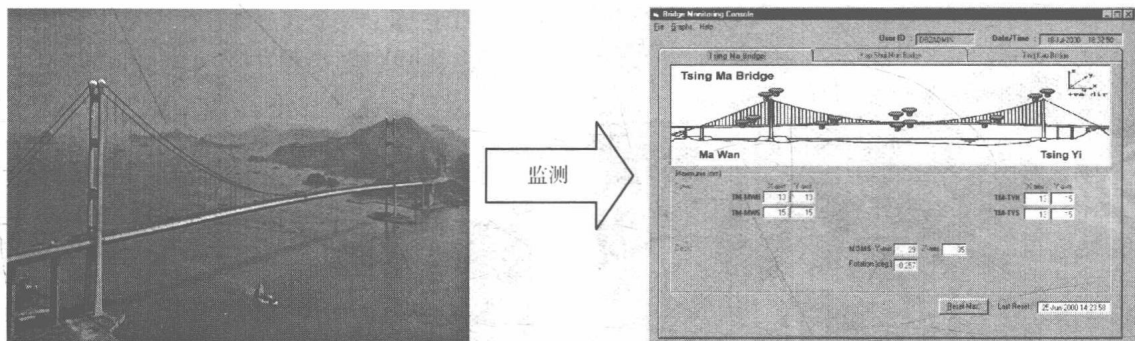


图 1.2.3 某大桥的变形监测

1. 大地测量学

研究和测定地球的形状、大小和地球重力场,以及地面点的几何位置的理论和方法。大地测量学是测绘学各个分支的理论基础,基本任务是建立地面控制网、重力网,精确确定控制点的三维位置,为地形图提供控制基础,为各类工程施工提供依据,为研究地球形状、大小、重力场及其变化、地壳形变及地震预报提供信息。

2. 普通测量学

研究地球表面局部区域内控制测量和地形图测绘的理论和方法。局部区域是指在该区域内进行测绘时,可以不顾及地球曲率,把它当作平面处理,而不影响测图精度。

3. 摄影测量学

研究利用摄影机或其他传感器采集被测物体的图像信息,经过加工处理和分析,以确定被测物体的形状、大小和位置,并判断其性质的理论和方法。按距离可分为:航天摄影测量(图 1.2.4)、航空摄影测量、地面摄影测量、近景摄影测量和显微摄影测量;按技术处理方法可以分为:模拟法摄影测量、解析法摄影测量和数字摄影测量。

4. 工程测量学

研究工程建设中设计、施工和管理各阶段测量工作的理论、技术和方法。为工程建设提供精确的测量数据和大比例尺地图,保障工程选址合理,按设计施工进行有效管理。在工程运营阶段对工程进行形变观测和沉降监测以保证工程运行正常。测量学按研究的对象可以分为:建筑工程测量、水利工程测量、矿山工程测量、铁路工程测量、公路工程测量、输电线路与输油管道测量、桥梁工程测量、隧道工程测量、军事工程测量等。如图 1.2.5 所示为工程施工放样。

5. 海洋测量学

以海洋水体和海底为对象,研究海洋定位、测定海洋大地水准面和平均海面、海底和海面地形、海洋重力以及海洋磁力、海洋环境等自然和社会信息的地理分布及其编制各种海图的理论技术的学科,为舰船航行安全、海洋工程建设提供保障。图 1.2.6 为海洋测量示例。

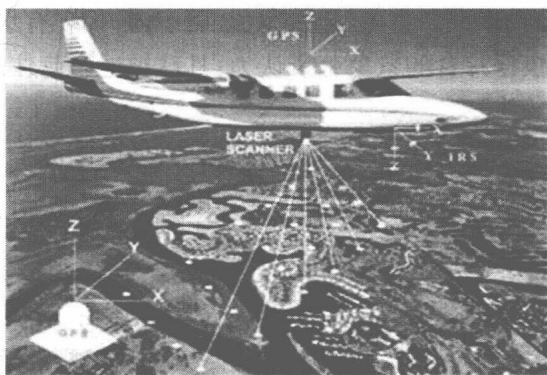


图 1.2.4 航空摄影测量



图 1.2.5 工程施工放样



图 1.2.6 海洋测量

6. 地图制图学

研究地图及其编制和应用的一门学科。它研究用地图图形反映自然界和人类社会各种现象的空间分布、相互联系及其动态变化,具有区域性学科和技术性学科的两重性,亦称地图学。

1.3 地面点位的确定

测量工作主要是在地球表面上进行的,但地球形状十分复杂,了解地球的形状和大小是测量数据获取、数据计算处理等工作的前提。

1.3.1 地球的自然形体

现在人们对地球的形状已有了一个明确的认识:地球并不是一个正球体,而是一个两极稍扁,赤道略鼓的不规则球体。但得到这一正确认识却经过了相当漫长的过程。古代印度人认为,大地被四头大象驮着,站在一只巨大的海龟身上(图 1.3.1)。我国东汉时期天文学家张衡认为:浑天如鸡卵,地如卵黄,居于内;天表有水,水包地,犹如卵壳裹黄。古希腊学者亚里士多德根据月食的景象分析认为:月球被地影遮住的部分的边缘是圆弧型的,所以地球是球体或近似球体。

随着科学技术的发展、人类活动范围的扩大及各种知识的积累,人们运用几何方法、重力方法和空间技术,确定了地球的形状、大小。

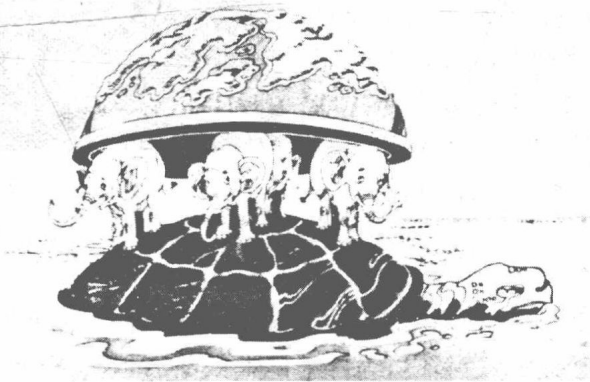


图 1.3.1 古印度认知的地球

地球自然形体(图 1.3.2):是一个不规则的几何体。地球自然表面很不规则,有高山、丘陵、平原和海洋。其中最高的珠峰高出海水面达 8 844.43 m,最低的马里亚纳海沟低于海水面达 11 022 m。但是这样的高低起伏,相对于地球半径 6 371 km 来说还是很小的。因此,地球的表面是高低起伏、有微小变化的不规则的形体。图 1.3.3 为地球的影像模型。

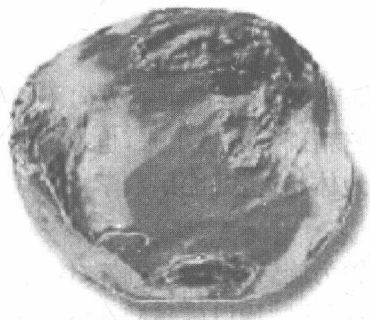


图 1.3.2 地球自然形体



图 1.3.3 地球的影像模型

1.3.2 大地体

假想静止不动的水面延伸穿过陆地,包围整个地球,形成一个封闭的曲面,这个处于自由静止状态的水面称为水准面(level surface)。水准面必然处处与重力方向即铅垂线垂直,否则水面就会流动而不能保持静止状态,所以说水准面是一个处处与重力方向(铅垂线)垂直的连续曲面。由于地球表面附近的空或地球内部,处处都存在重力作用,所以通过不同高度的点,都有一个相应的水准面。因此,水准面有无数多个。

为了使测量成果具有共同的基准面,需要选择一个十分接近地球自然表面又能代表地球形状和大小水准面作为统一的标准。地球上海洋的面积占地球总面积的 71%,所以静止的海水面是地球上最大的水准面。由此可以设想有一个静止的平均海水面,向陆地延伸而形成一个封闭的曲面,这个曲面(水准面)称为大地水准面(图 1.3.4),它所包围的形体称为大地体。大地水准面是地球的物理表面,是测量外业的基准面。大地体是代表地球形状和大小的形体。

地球上任何一点都要同时受到两个力的作用,一个是地球自转而产生的离心力;另一个是地心的引力。两者的合力就是作用于该点的重力(图 1.3.5)。重力的作用线是铅垂线。

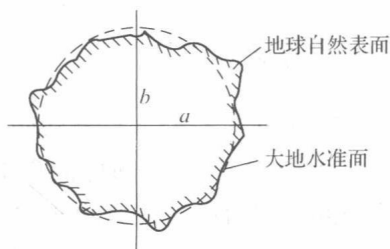


图 1.3.4 大地水准面图

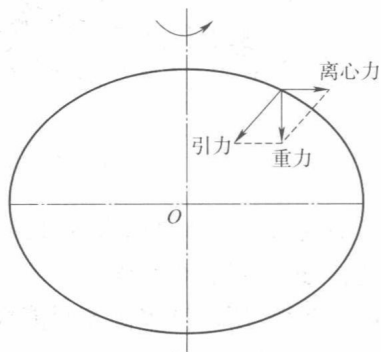


图 1.3.5 重力示意图

由于地球引力的大小与地球内部的质量有关,而地球内部的质量分布又不均匀,这就引起地面上各点的铅垂线方向产生不规则的变化,因而大地水准面实际上是一个有微小起伏的不规则曲面,人们把海水面所包围的地球形体视为地球的形状。地球是一个南北极稍扁,赤道稍长,形状近似于平均半径约为 6 371 km 的旋转椭球。

1.3.3 参考椭球体

大地水准面和铅垂线是测量外业所依据的基准面和基准线,但铅垂线方向不规则的变化导致大地水准面为一个复杂的曲面,无法用数学公式把它精确地表达出来,也就无法在这个面上进行测量成果的计算。由此看来,必须寻找一个与大地体相近,并能用数学模型表示的规则形体,作为进行测量成果计算的基准面。

长期的测量实践研究已证明,大地体与以椭圆的短轴为旋转轴的旋转椭球体极为接近,而旋转椭球体是可以用数学公式严格表示的。因此世界各国通常均以旋转椭球体代表地球的形状,称为地球椭球。如图 1.3.6 所示,地球椭球的大小和形状是以长半轴 a 和短半轴 b 或扁率 α 来表示。地球椭球外表面,是地球的数学表面,也是球面坐标系和测量内业的基准面。地球自然表面、大地水准面与椭球面三者关系如图 1.3.7 所示。

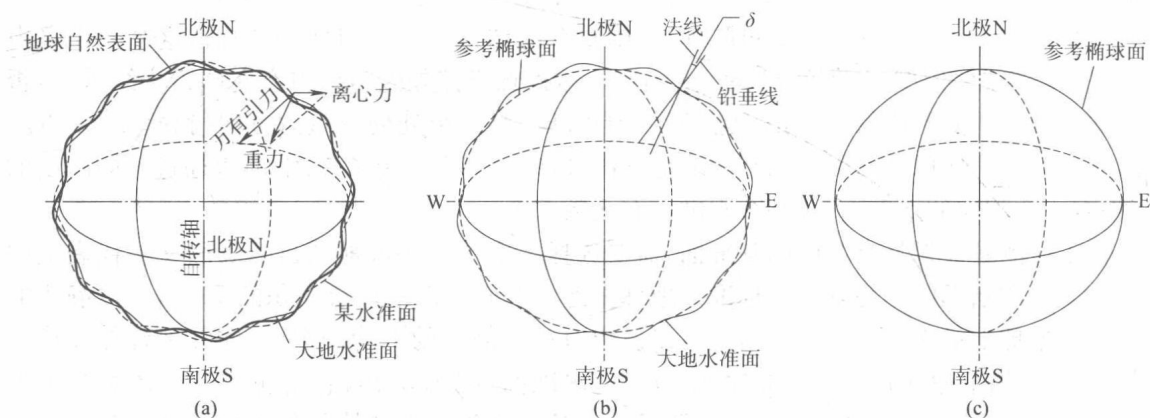


图 1.3.6 地球椭球

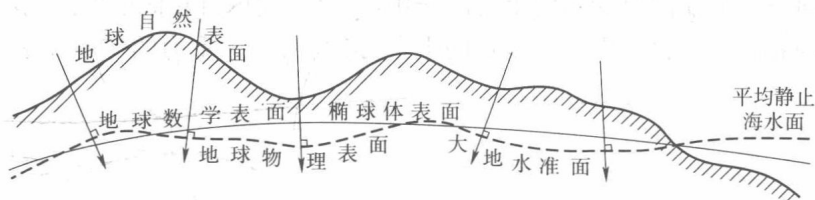


图 1.3.7 大地水准面与椭球面关系

在全球范围内与大地体最密合的椭球称为总地球椭球(图 1.3.8)。总地球椭球必须以全球范围的天文、大地测量和重力测量资料为根据才有可能确定,然而占地球面积 71% 的海洋面上的资料难以获得,所以许多国家只能根据本区域局部的测量资料推算出与本国或本区域大地水准面密切配合的地球椭球,作为测量计算的基准面,这种地球椭球称为参考椭球(图 1.3.9)。

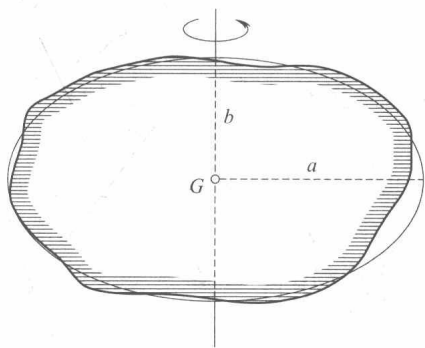


图 1.3.8 总地球椭球

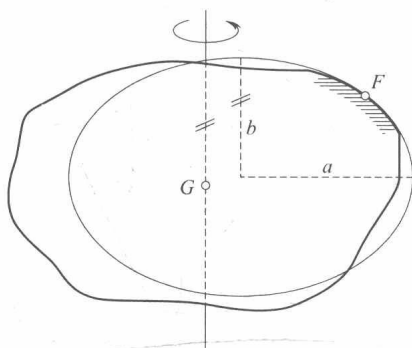


图 1.3.9 参考椭球

参考椭球确定后,即可进行椭球的定位与定向,如图 1.3.10 所示,在地面上选一点 P ,由 P 点投影到大地水准面 P_0 点,使 P_0 上的参考椭球面与大地水准面相切,此时过 P_0 点的铅垂线与 P_0 点的参考椭球面法线重合,切点 P_0 称为大地原点。同时要使参考椭球短轴与地球短轴相平行(不要求重合),达到本国范围内的大地水准面与参考椭球面十分接近。

我国大地原点选在我国中部陕西省泾阳县永乐镇(图 1.3.11)。

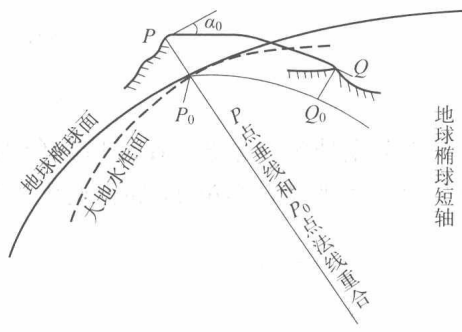


图 1.3.10 地球椭球定位



图 1.3.11 国家大地原点(陕西泾阳)

由此可见,参考椭球有许多个,而总地球椭球只有一个,参考椭球几何图形如图 1.3.12 所示。

我国从 1949 年起采用前苏联的克拉索夫斯基椭球,其长、短半轴及扁率为:

$$a=6\,378\,245\text{ m}$$

$$b=6\,356\,863\text{ m}$$

$$\alpha=1/298.3$$

目前我国所采用的参考椭球为 1980 年国家大地测量参考系(1975 年国际椭球),其长、短半轴及扁率为:

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

$$b=6\,356\,755.3\text{ m}$$

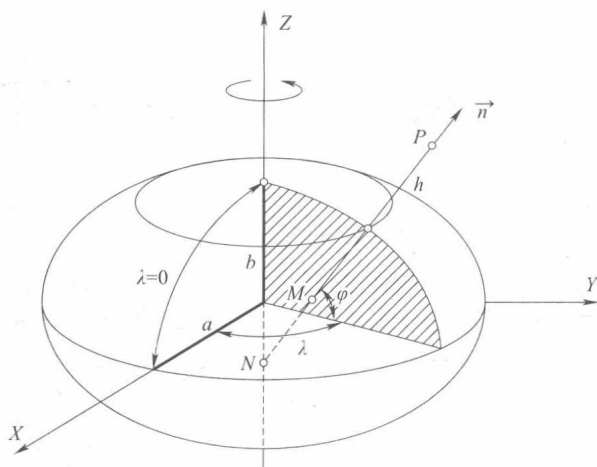


图 1.3.12 参考椭球几何图形

$$\alpha = 1/298.257$$

当前全球定位系统(GPS)所使用的坐标系为 WGS—84。WGS—84 椭球采用国际大地测量与地球物理联合会第 17 届大会大地测量常数推荐值:

$$a = 6\,378\,137 \text{ m}$$

$$b = 6\,356\,752.314\,2 \text{ m}$$

$$\alpha = 1/298.257$$

随着科学技术的不断进步和发展,尤其是人造卫星大地测量技术的运用和提高,已有可能实现全球使用统一的总地球椭球。

1.3.4 常用的坐标系和高程系

测量工作的实质是确定地面点的空间位置,通常是求出该点的二维球面坐标或投影到平面上的二维平面坐标以及该点到大地水准面的铅垂距离,也就是确定地面点的坐标和高程。

地面点的坐标通常可以选用下列坐标系中的一种来确定。

1. 大地坐标系

大地坐标表示地面点在旋转椭球面上的位置,用大地经度 L 和大地纬度 B 表示(图 1.3.13)。P 点的大地经度 L 就是包含 P 点的子午面和首子午面所夹的两面角;P 点的大地纬度 B 就是过 P 点的法线(与旋转椭球面垂直的线)与赤道面的交角。

2. 空间直角坐标系

定义为原点 O 与地球质心重合, 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, Y 轴垂直于 XOZ 平面构成右手坐标系。假设空间存在一点 S , 则 S 点的空间直角坐标用 (x_s, y_s, z_s) 表示。

3. 高斯平面直角坐标系

大地坐标是球面上的坐标,直接应用于工程建设、规划、设计、施工等很不方便,故需将球

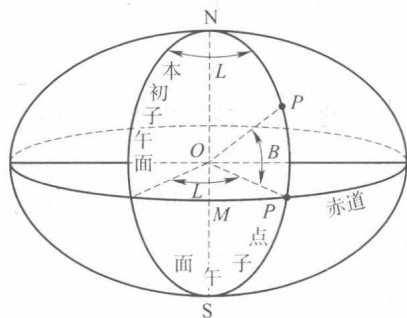


图 1.3.13 大地坐标