

普通高等教育“十二五”规划教材

数字测图原理与方法

主 编 李长春
何 荣



煤炭工业出版社

· 014039899

P283.7-43
06

普通高等教育“十二五”规划教材

数字测图原理与方法

主 编 李长春 何 荣
副主编 齐修东 强晓焕



煤炭工业出版社

· 北 京 ·



北航

C1727136

P283.7-43
06

图书在版编目 (CIP) 数据

数字测图原理与方法 / 李长春, 何荣主编. -- 北京:
煤炭工业出版社, 2014

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5020-4375-9

I. ①数… II. ①李… ②何… III. ①数字化制图—
高等学校—教材 IV. ①P283.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 280267 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

北京市郑庄宏伟印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 15¹/₄

字数 354 千字 印数 1—1 000

2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

社内编号 7207 定价 27.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

01038822

内 容 提 要

本书共十一章，第一章到第六章为测量学内容，包括绪论，测量基本知识、水准测量、角度和距离测量、测量误差基本知识和小区域控制测量；第七章到第十一章为数字测图内容，包括地形图基本知识、数字地形图绘制基础、大比例尺数字地形图的数据采集、数字地形图的绘制方法和数字地形图的应用。

本书适用于测绘工程、地理信息科学、遥感科学与技术、土地资源管理、自然地理与资源环境等专业，也可以作为其他专业测绘类课程的教学用书，同时也可以供相关技术人员参考。

李 春 主 编
李 春 主 编



地质工业出版社

· 京 北 ·

前 言

《数字测图原理与方法》是测绘工程、地理信息科学和遥感科学与技术等专业的专业基础课，也是后续进行各门测绘类课程学习的入门课程。为了适应现代测绘科学技术数字化、自动化和智能化发展趋势，并根据 21 世纪测绘科学的发展需要和我国测绘工作的实际状况，以及全国测绘教学指导委员会对本门课程提出的指导意见，编者将原《测量学》的内容进行精化提炼，同时结合《大比例尺数字测图》的内容编写成本教材。

本教材在编写过程中，注重加强基础理论教学。同时，为了有利于学生能力培养和知识面的拓展，本书努力做到先进性、通用性和实用性相结合，力争反映当代测绘科学技术发展趋势，符合 21 世纪高等教育改革潮流。

本书由河南理工大学李长春、何荣、齐修东和强晓焕等老师共同编写。具体分工如下：第一章、第二章、第六章（第三节和第四节）、第八章、第十章（第三节）由齐修东老师编写；第三章、第九章由强晓焕老师编写；第五章、第六章（第一节、第五节和第六节）、第十章（第二节）、第十一章由李长春老师编写；第四章、第六章（第二节）、第七章、第十章（第一节）由何荣老师编写。

河南理工大学的郭增长教授、张健雄教授、袁占良教授在本书编写过程中提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢！同时，编者在编写过程中参阅了大量同类文献，在此向有关文献资料的作者表示真诚的谢意！由于编者水平有限，书中可能有不足和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 1 月

目 次

第一章 绪论	1
第一节 测绘学的内容和作用	1
第二节 测绘学的发展	2
第三节 测量的任务与基本原则	4
第四节 测图技术发展及课程学习的目的与方法	5
第二章 测量的基本知识	6
第一节 地球的形状和大小	6
第二节 测量常用坐标系	8
第三节 地图投影和高斯平面直角坐标系	11
第四节 高程基准	17
第五节 用水平面代替水准面的限度	19
第六节 直线定向	21
第三章 水准测量	25
第一节 水准测量原理与方法	25
第二节 水准仪和水准尺	28
第三节 水准测量观测方法	34
第四节 水准仪和水准尺的检验与校正	43
第五节 水准测量误差分析及仪器维护	50
第四章 角度测量与距离测量	55
第一节 角度测量原理	55
第二节 角度测量仪器	56
第三节 角度测量	69
第四节 经纬仪的检验与校正	75
第五节 水平角观测的误差分析及仪器维护	81
第六节 钢尺量距和视距法量距	86
第七节 电磁波测距	90
第五章 测量误差的基本知识	99
第一节 概述	99

第二节	评定精度的指标	102
第三节	误差传播定律	104
第四节	算术平均值及观测值的中误差	107
第五节	广义算术平均值及精度评定	110
第六章	小区域控制测量	115
第一节	控制测量概述	115
第二节	导线测量	118
第三节	卫星导航定位技术控制测量	126
第四节	交会测量	129
第五节	四等水准测量	132
第六节	三角高程测量	138
第七章	地形图的基本知识	142
第一节	地形图概述	142
第二节	地形的表示方法	147
第三节	地形图的分幅与编号	154
第八章	数字地形图绘图基础	161
第一节	计算机绘图概述	161
第二节	地形图地物符号的自动绘制	162
第三节	DTM 的构建	168
第四节	等高线的自动绘制	171
第九章	大比例尺数字地形图的数据采集	177
第一节	数字测图概述	177
第二节	大比例尺数字测图的技术设计	180
第三节	全站仪野外数据采集原理与方法	186
第四节	GPS-RTK 野外数据采集	196
第五节	数字摄影测量数据采集	200
第十章	数字地形图的绘制方法	203
第一节	数字图像基本知识	203
第二节	扫描矢量化成图	204
第三节	数字地形图绘制	210
第十一章	数字地形图的应用	221
第一节	概述	221
第二节	地形图的基本应用	221

第三节	地形图在工程建设中的应用.....	225
第四节	DTM 的应用	229
参考文献	233

第一章 绪 论

第一节 测绘学的内容和作用

一、测绘学的概念及分类

测绘学是研究地理信息的获取、处理、描述和应用的相关理论与技术的一门科学。其主要内容是研究测定、描述地球的形状、大小、重力场、地表形态以及它们的各种变化,确定地物空间位置及属性,制成各种地图。测绘学是“数字地球”的基础。

测绘学研究的内容比较广泛,在发展过程中形成大地测量学、摄影测量学、工程测量学、海洋测绘学和地图制图学等分支学科。

(一) 大地测量学

大地测量学是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、变化理论和方法的科学。

通过研究大地水准面形状,把地球理想化为一个旋转椭球体。地面点的位置用该点沿法线方向投影在椭球面上的大地经度(L)、大地纬度(B)和该点至投影点的法线距离大地高程(H)表示。另外,也可用以地球质心为原点的空间直角坐标系的三维坐标(X, Y, Z)来表示。

大地测量学的主要任务:建立地球参考框架,提供和维持高精度的地面水平控制网与高程控制网,以满足国民经济和国防建设的需要;研究重力网,为重力找矿和发射卫星、导弹和各种航天器提供重力场资料。

现代大地测量又分为几何大地测量、物理大地测量和空间大地测量。随着全球定位系统等高精度测量仪器设备的发展,出现了以地球板块的移动和固体潮等为研究内容的动态大地测量学。

(二) 摄影测量学

摄影测量学是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的科学。

摄影测量根据发展的阶段可分为模拟摄影测量、解析摄影测量和数字摄影测量;根据处理对象可分为航空摄影测量、卫星摄影测量、地面摄影测量、近景摄影测量和显微摄影测量。

摄影测量的主要处理过程:空中三角测量、内定向、相对定向、绝对定向、数字地面模型生成、正射影像生成、等高线测绘和地物测绘。

(三) 工程测量学

工程测量学是研究工程建设和资源开发与环境治理在规划设计、施工和运营管理各阶段测量工作的理论、技术和方法的科学。工程测量学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,并按设计施工和变形监测等要求进行有效管理。

工程测量学主要包括以工程建筑为对象的工程测量和以设备与机器安装为对象的工业测量两大部分。工程测量按行业可划分为线路（铁路、公路等）工程测量、水利工程测量、桥隧工程测量、建筑工程测量、矿山测量、海洋工程测量、军事工程测量、三维工业测量等。

另外，按测量精度可划分为普通工程测量和精密工程测量。其中精密工程测量是工程测量学的发展方向，大型特种精密工程建设是工程测量学科发展的源泉和动力。

（四）海洋测绘学

海洋测绘学是研究对海洋水体和海底进行测量与制图的理论和技术的科学。海洋测绘工作主要在船上进行，并且大多采用声学或无线电方法，其内容主要包括海面形态和海底地形测量、海洋重力测量、海图编制以及海洋地理信息的管理、分析和处理等。

（五）地图制图学

地图制图学是研究地图及其编制的理论和方法的科学。传统的地图制图学由地图学总论、地图投影、地图编制、地图整饰和地图制印等部分组成。随着现代科学技术的发展，地图制图正向自动化、数字化方向发展。

二、测绘学的应用

测绘学的应用范围很广，其渗透到了国民经济建设、国防建设、社会发展和科学研究等各个领域。

（一）国民经济建设中的应用

在城乡建设规划，国土资源合理利用，海洋开发，农、林、牧渔业发展，生态环境保护，地质勘探，矿产开发及水利、交通等项目规划、设计、施工、管理阶段都需要测量工作。

（二）国防建设中的应用

武器的定位、发射和精确制导，以地理空间信息为基础的战场指挥系统，边界谈判、疆界划定和界线管理，缉私禁毒、边防建设中均要应用测绘学。

（三）社会发展中的应用

以地理空间信息为平台，加载大量的经济和社会信息，建立空间决策系统，进行空间分析和决策，以及实施电子政务等，为政府管理和决策的科学化、民主化提供技术保障；为公安部门合理部署警力，有效预防和打击犯罪提供电子地图、GPS 和 GIS 的技术支持。

（四）科学研究中的应用

航天技术、地壳变形、地震监测、气象预报、滑坡监测、灾害预报和防治、资源调查等都需要测绘科学技术的应用。

近年来，随着空间科学、信息科学的飞速发展，全球卫星定位、遥感和地理信息系统技术已经成为当前测绘工作的核心技术。

第二节 测绘学的发展

测绘学有着悠久的历史。古代的测绘技术起源于水利和农业。测绘学的发展从对地球形状认识开始，随着地图制图的进步和测绘方法与仪器工具的变革，其过程可由下面 3 个方面来说明。

一、人类对地球的认识

人类对地球形状的科学认识是从公元前6世纪古希腊的毕达哥拉斯最早提出地球是球形时开始的。公元6—7世纪,中国唐代僧人一行在今河南境内进行了弧度测量,根据测量结果推算出了经度1度的子午弧长。这是世界上最早有记载的实测。

17世纪末,英国的牛顿和荷兰的惠更斯首次从力学观点提出地球是两极略扁的椭球体,称为地扁说。

19世纪初,随着测量精度的提高,人们通过对各处弧度测量结果的研究,发现垂线方向同地球椭球面的法线方向之间的差异不能忽略。接着法国的拉普拉斯和德国的高斯相继指出,地球形状不能用旋转椭球来表示。1873年,利斯廷用“大地水准面”代表地球形状。

人类对地球形状的认识和测定,经过了球—椭球—大地水准面3个阶段。随着对地球形状和大小的认识和测定,测绘学理论也不断得到了丰富。

二、地图制图的演变

据文字记载,中国春秋战国时期地图已应用于地政、军事和墓葬等方面。例如《管子·地图篇》记述:“凡兵主者必先审知地图”。

公元前3世纪,埃拉托斯特尼最先在地图上绘制经纬线。1973年在中国长沙马王堆汉墓中发现了公元前168年绘制在帛上的地图,这些地图已注意到比例尺和方位,要求一定的精度。

公元2世纪,古希腊的克罗狄斯·托勒密在所著《地理学指南》一书中,提出了地图投影问题。100多年后,中国西晋的裴秀总结出“制图六体”的制图原则,从此地图制图有了标准,提高了地图的可靠程度。

16世纪以来,随着三角测量方法的创立,人们开始了大地测量工作,并根据实地测量结果绘制国家规模的地形图。这样测绘的地形图不仅有准确的方位和比例尺,具有较高的精度,而且能在地图上描绘出地表形态的细节,同时还可按不同的用途,将实测地形图缩制编绘成各种比例尺的地图。

20世纪60年代以来,随着计算机的发展,现代地图制图进入了计算机辅助地图制图时代,成图的精度和速度都大大提高。其发展趋势为系统化、自动化、数字化和信息化。

三、测绘技术和仪器工具的变革

(一) 测量技术与仪器

17世纪之前,人们使用简单的工具,例如中国的绳尺、步弓、矩尺和圭表等。1617年,荷兰的斯涅耳首创三角测量法,以代替在地面上直接测量弧长,从此开始了角度测量。1730年前后,英国的西森制成用于测角的第一架经纬仪。经纬度的测定直到18世纪发明时钟之后才得到圆满解决。19世纪50年代初,法国洛斯塔首创摄影测量方法。之后,由于航空技术的发展,出现了航空摄影测量。

20世纪50年代起,测绘技术又朝电子化和自动化方向发展,出现了电磁波测距仪。1957年第一颗人造地球卫星发射成功,开辟了卫星大地测量学这一新领域。同时,利用

卫星设备可从空间对地面进行成像,之后便出现了遥感科学与技术。在这个时期里还出现了全球卫星定位系统,它能实时地进行定位和导航。总体来讲,20世纪50年代以后,测绘仪器的电子化和自动化以及许多空间技术的出现,使得测绘仪器和测绘作业实现了高精度、自动化、遥测和持续观测,提高了测绘成果的质量,而且使传统的测绘技术发生了巨大的变革,测绘的对象也由地球扩展到月球等其他星球。

(二) 测绘学理论

19世纪初,法国的勒让德和德国的高斯发表了最小二乘准则,为测量平差计算奠定了基础。最小二乘准则包括平差、滤波和推估。

现代测量中因变形监测网参考点稳定性检验的需要,促进了自由网平差和拟稳平差的发展;观测值粗差的研究促进了控制网可靠性理论的发展;针对观测值存在粗差,出现了稳健估计;针对法方程系数阵存在病态的可能,发展了有偏估计。稳健估计和有偏估计称为非最小二乘估计。

第三节 测量的任务与基本原则

一、测量的任务

测量的主要任务包括测定和测设。

测定:运用测量仪器和方法,通过测量和计算,获得地面点的测量数据,或者把地球表面的地形按一定比例缩绘成地形图,供科学研究、国民经济建设和规划设计使用。

测设:将规划图纸上设计好的建筑物、构造物的位置(平面位置和高程)用测量仪器和测量方法在地面上标定出来作为施工的依据。

二、基本观测量

确定点与点间的相对空间位置需要角度、距离和高差3个量,这些称为基本观测量。

角度可分为水平角和垂直角:水平角是同一水平面内两条直线的交角,垂直角是在同一竖直平面内倾斜线与水平线之间的交角。

距离包括平距和斜距:平距是指在同一平面内两点间的距离,斜距是不在同一水平面内的两点间的距离。

高差是两点间沿铅垂线方向的距离。

三、测量的基本原则

在完成一项测量任务时,由于仪器的不完善、人为因素和外界条件的影响,每一次操作都不可避免会产生误差。而且连续作业步骤越多,误差积累就越大。所以我们尽可能地减少连续控制,增加平行作业等级。同一级别精度相同,上一级别的误差会向下一级别传播。为了防止误差积累,保证测绘成果的质量,在实际测量工作中应当遵守以下基本原则:在测量布局上应遵循“由整体到局部”的原则,在测量精度上应遵循“由高级到低级”的原则,在测量程序上应遵循“先控制后碎部”的原则,在测量过程中应遵循“随时检查,步步检核,杜绝错误”的原则。

第四节 测图技术发展及课程学习的目的与方法

一、测图技术的发展

传统地形图测绘是利用测量仪器按一定的比例尺将地物、地貌绘制在图纸上,即图解法测图。随着电子、通信技术的发展以及计算机、扫描仪、全站仪和 GPS-RTK 等仪器设备的广泛应用,数字测图得到了快速发展。数字测图与图解法测图相比具有自动化、数字化和高精度的特点。

数字测图技术主要有原图数字化、野外数据采集式测图和数字摄影或遥感测量成图 3 种方法。

利用遥感中的合成孔径雷达干涉技术进行数字成图是目前国内外研究和应用的热点。通过对同一地区的 2 幅图像组合,可建立数字高程模型。

二、课程学习的目的

本门课程主要讲授测量学基本原理,要求学生掌握测量学的基本知识和基本理论,测量工作所使用的仪器构造原理,使用方法及测量方法和技巧;要求学生具备独立完成平面控制测量、高程控制测量及其内业计算、大比例尺数字地形图测绘和识读用地形图的初步能力。

三、课程学习的方法

本门课程是一门实践性强、理论和实践相结合的技术性课程。只有在掌握课堂讲授知识的同时,认真上好实践课,做到理论与实践相结合,才能学好本门课程。



复习思考题

1. 测绘学的主要研究内容是什么?
2. 测绘的应用主要在哪些领域?
3. 测量的主要任务有哪些?
4. 测量的基本原则是什么?

第二章 测量的基本知识

第一节 地球的形状和大小

人类对地球形状的科学认识是从公元前6世纪古希腊的毕达哥拉斯最早提出地球是球形的概念开始的。公元前350年前后,亚里士多德作了进一步论证,称为地圆说。17世纪末,英国牛顿和荷兰的惠更斯首次从力学的观点探讨地球形状,提出地球是两极略扁的椭球体,称为地扁说。

19世纪初,随着测量精度的提高,人们通过对各处弧度测量结果的研究,发现测量所依据的垂线方向同地球椭球面的法线方向之间的差异不能忽略。因此法国的皮埃尔·西蒙·拉普拉斯和德国的卡尔·弗里德里希·高斯相继指出,地球形状不能用旋转椭球来表示。1873年,利斯廷提出“大地水准面”,以该面代表地球形状。1945年,苏联的米哈伊尔·莫洛坚斯基创立了直接研究地球自然表面形状的理论,并提出“似大地水准面”的概念,从而解决了长期无法解决的重力归算问题。

人类对地球形状的认识和测定,经过了球—椭球—大地水准面3个阶段,花去了两千五六百年的时间。随着科学技术的发展,出现了高精度的微波测距、激光测距,特别是人造卫星的上天,人们对地球形状和大小的认识和测定也更加精确,同时也不断丰富了测绘学理论。

一、大地水准面

由于地球自然表面很不规则,既有高达8844.43 m的珠穆朗玛峰,也有深至11022 m的马里亚纳海沟。尽管它们高低起伏悬殊,但与半径为6371 km的地球比较,可以忽略不计。此外,海洋面积约占地球表面总面积的71%,陆地面积仅占29%。因此,在测量中把地球形状看作是由静止的海水面向陆地延伸并包围整个地球所形成的某种形体。

地球表面上的任一质点,受到地球自转产生的离心力和地心引力这两个作用力,其合力称为重力,重力的作用线称为铅垂线,如图2-1所示。

处于自由静止状态的水面称为水准面,是一个重力等位面,水准面上各点的切线与该点的重力方向(铅垂线方向)垂直。在地球表面重力作用的范围内,通过任何高度的点都有一个水准面,因而水准面有无数个。其中,把一个假想的、与静止的平均海水面重合并向陆地延伸且包围整个地球的特定重力等位面称为大地水准面。

大地水准面和铅垂线是测量工作所依据的基准面和基准线。

二、参考椭球及定位

1. 参考椭球

由于地球内部质量分布不均匀,引起了铅垂线方向的变化,致使大地水准面成为一个有微小起伏的复杂曲面,无法用数学公式精确表达。

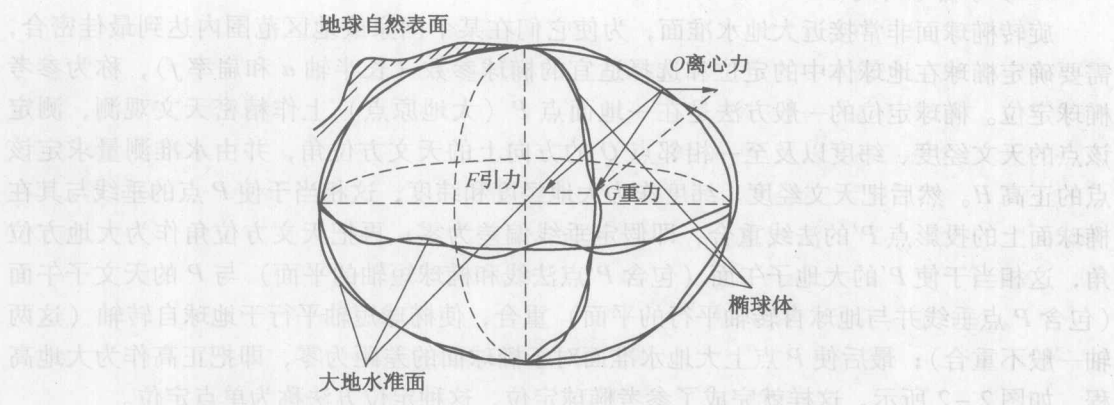


图 2-1 重力与地球形态

表 2-1 代表性的参考椭球的参数值

椭球名称	年代	半长轴 a/m	扁率 f	附注
克拉克	1880	6378249	1 : 293.459	英国
海福特	1909	6378388	1 : 297.0	美国
克拉索夫斯基	1940	6378245	1 : 298.3	苏联
1975 大地测量参考系统	1975	6378140	1 : 298.257	IUGG 第 16 届大会推荐值
1980 大地测量参考系统	1979	6378137	1 : 298.257	IUGG 第 17 届大会推荐值
WGS84	1984	6378137	1 : 298.257223563	美国国防部制图局 (DMA)

注: IUGG—国际大地测量与地球物理联合会。

人们经过长期观测,发现地球非常近似于旋转椭球体。旋转椭球面可以用数学式准确表达,所以,在测量工作中用旋转椭球面替代大地水准面作为测量计算的基准面。代表地球形状和大小的旋转椭球称为“地球椭球”。与大地体最接近的地球椭球称为“总地球椭球”;把与某个区域如一个国家大地水准面最为密合的椭球称为参考椭球,其椭球面称为参考椭球面。参考椭球有许多个,其具代表性的参数值见表 2-1,而总地球椭球只有一个。

在大地测量上,椭球的形状和大小一般是用长半轴 a 和扁率 f 表示,其关系式:

$$f = \frac{a - b}{a} \quad (2-1)$$

式中 a ——椭球长半轴, km;

b ——椭球短半轴, km。

由于地球椭球的扁率 f 很小,当测区面积不大时,可以把地球当作圆球来看待,圆球半径 $R = (2a + b)/3$, 近似值取 6371 km。

2. 参考椭球的定位

旋转椭球面非常接近大地水准面，为使它们在某个国家或地区范围内达到最佳密合，需要确定椭球在地球体中的定位和选择适宜的椭球参数（长半轴 a 和扁率 f ），称为参考椭球定位。椭球定位的一般方法是在一地面点 P （大地原点）上作精密天文观测，测定该点的天文经度、纬度以及至一相邻点 Q 的方向上的天文方位角，并由水准测量求定该点的正高 H 。然后把天文经度、纬度作为大地经度和纬度，这相当于使 P 点的垂线与其在椭球面上的投影点 P' 的法线重合，即假定垂线偏差为零；再把天文方位角作为大地方位角，这相当于使 P' 的大地子午面（包含 P' 点法线和椭球短轴的平面）与 P 的天文子午面（包含 P 点垂线并与地球自转轴平行的平面）重合，使椭球短轴平行于地球自转轴（这两轴一般不重合）；最后使 P 点上大地水准面对于椭球面的差距为零，即把正高作为大地高程，如图 2-2 所示。这样就完成了参考椭球定位，这种定位方法称为单点定位。

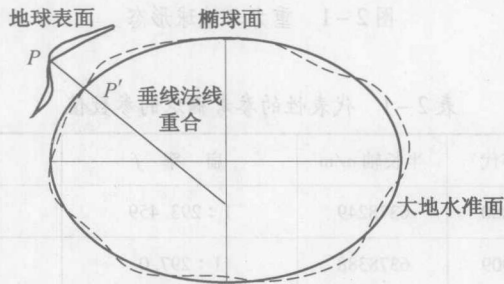


图 2-2 参考椭球定位

对于领土辽阔的国家，相关专家在取得一定数量的几何大地测量和重力测量数据后，利用多点天文观测成果和已有的椭球参数进行椭球定位，这种方法称为多点定位法。多点定位的结果使在大地原点处椭球的法线方向不再与铅垂线方向重合，椭球面与大地水准面不再相切。在定位中所利用的天文大地网的范围内，由于垂线偏差分量的平方和 $\sum (\xi^2 + \eta^2)$ 及高程异常的平方和最小（最小二乘法求极值），因此，椭球面与大地水准面有最佳的密合。按上述方法确定的椭球参数和定位，只是与一个区域的大地水准面最佳拟合，称为参考椭球。

第二节 测量常用坐标系

测量工作的实质是确定地面点的位置，而地面点的空间位置需要用三维坐标表示，即二维的平面（或球面）坐标和一维的高程。因此，必须首先了解测量的坐标系统和高程系统。目前，随着卫星大地测量的发展，空间点的坐标已实现了真三维表达。

一、大地坐标系

根据坐标系原点位置的不同，大地坐标系分为地心坐标系（原点与地球质心重合）和参心坐标系。下面以参心大地坐标系为例进行讲述。

1. 参考椭球基本知识

地轴指地球的自转轴 (NS), N 为北极, S 为南极。

子午面指过地球某点与地轴所组成的平面。

起始子午面指通过英国格林尼治天文台的子午面。

子午线指子午面与地球面的交线, 又叫经线。

纬线指垂直于地轴的平面与地球面的交线。

赤道平面指垂直于地轴并通过地球中心的平面。

赤道指赤道平面与地球面的交线。

2. 地面点的大地坐标

大地坐标是用大地经度 L 、大地纬度 B 和大地高 H 表示, 如图 2-3 所示。大地坐标系是以参考椭球面作为基准面, 以起始子午面和赤道面作为在椭球面上确定某一点投影位置的两个参考面。

过地面某点 P 的子午面与起始子午面之间的夹角, 称为该点的大地经度 L 。规定从起始子午面起向东或向西自 0° 起至 180° , 向东者为东经, 向西者为西经。

过地面 P 点的椭球面法线与赤道面的夹角称为该点的大地纬度 B 。规定从赤道面起, 由赤道面向北或向南自 0° 起至 90° , 分别称为北纬和南纬。

P 点沿椭球面法线到椭球面的距离, 称为大地高 H , 从椭球面算起, 向外为正, 向内为负。

根据大地测量所得数据推算求得大地经度和大地纬度。我国国土均在北半球, 或东半球。例如, 焦作市的大地地理坐标为东经 $113^\circ 12'$, 北纬 $35^\circ 14'$ 。

二、空间直角坐标系

根据坐标系原点位置的不同, 空间直角坐标系分为地心坐标系 (原点与地球质心重合) 和参心坐标系 (原点与参考椭球中心重合), 前者以总地球椭球为基准, 以地心为原点, 后者以参考椭球为基准。

1. 参心空间直角坐标系

以椭球体中心 O 为原点, 起始子午面与赤道面交线为 X 轴, 赤道面上与 X 轴正交的方向为 Y 轴, 椭球体的旋转轴为 Z 轴, 构成右手直角坐标系 $O-XYZ$ 。在该坐标系中, P 点的点位用 OP 在这 3 个坐标轴上的投影 X 、 Y 、 Z 表示, 如图 2-4 所示。

1949 年以后, 我国采用 1954 年北京坐标系和 1980 年国家大地坐标系两种坐标系。

1954 年我国完成了北京天文原点的测定, 采用了克拉索夫斯基椭球体参数, 并与苏联 1942 年坐标系进行联测, 建立了 1954 年北京坐标系。

为适应我国经济 and 国防发展的需要, 我国建立了新的大地基准。大地原点位于陕西省西安市以北 60 km 处的泾阳县永乐镇, 简称西安原点。椭球参数采用 1975 年国际大地测

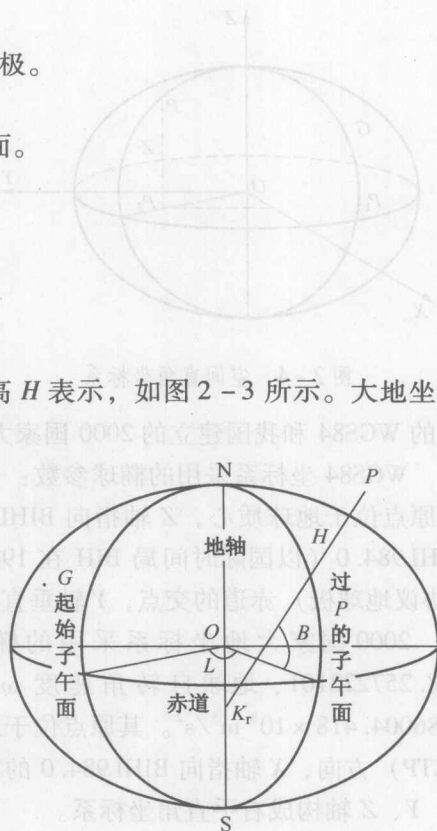


图 2-3 大地坐标系