



高等学校
工程管理专业应用型本科规划教材

工程测量

主 编 贺跃光 高成发

Gong 副主编 徐卓揆 黄孟南

主 审 过静琚

Cheng CeLiang



人民交通出版社

China Communications Press



内容提要

本书为高等学校土建学科工程管理专业应用型本科规划教材。

全书共分 9 章，主要内容有：工程测量学概述、水准测量、角度测量与距离测量、测量误差的基本理论与小区域控制测量、大比例尺地形图的测绘与应用、测设的基本工作、土建类工程建设各阶段的测量工作、工程测量的进展等。

本书贯彻“少而精”的原则，突出非测绘工程专业学习工程测量学知识的应用型定位，注重内容的实践性、系统性和科学性，使学生掌握基本理论的同时，提高分析问题和解决土建工程中实际问题的能力。

本书适用于土建学科工程管理专业和其他非测绘工程专业的工程测量学课程教学，也可作为土建工程技术人员的参考资料。

书 名：工程测量

著 作 者：贺跃光 高成发

责任编辑：王 霞 (wxccpress@126. com)

出版发行：人民交通出版社

地 址：(100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址：<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话：(010) 85285838, 85285995

总 经 销：北京中交盛世书刊有限公司

经 销：各地新华书店

印 刷：

开 本：787×960 1/16

印 张：

字 数：

版 次：2007 年 2 月第 1 版

印 次：2007 年 2 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-114-06313-8

定 价：22.00

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



高等学校工程管理专业应用型本科规划教材编委会

主任委员

朱宏亮

副主任委员

刘长滨 盛承懋 尹贻林 周直 韩敏

委员 (以姓氏笔画为序)

丁晓欣	上官子昌	马斌	马振东	马楠	方俊
王延树	王阿忠	王卓甫	王孟钧	王金凤	王选仓
王恩茂	邓晓盈	邓铁军	石振武	刘元芳	刘伊生
刘津明	刘新社	吕广	朱佑国	齐宝库	余宏
吴飞	吴怀俊	吴信平	宋伟	宋博通	张云波
张泽平	张涑贤	张敏莉	李芊	李建峰	李朋林
李相然	李锦华	杨平	杨少伟	苏有文	苏振民
邵军义	邹坦	陈赞	陈双	陈立文	陈志华
陈起俊	陈德义	周云	周海婷	庞永师	庞南生
赵利	凌天清	唐祥忠	徐永杰	徐学东	栗宜民
袁剑波	郭树荣	陶学明	舒丽雅	董肇君	蒋根谋
赖苕宇	缪晟	臧秀平	谭敬胜	薛姝	



高等学校工程管理专业应用型本科规划教材审稿委员会

主任委员

任宏

副主任委员

成虎

委员 (以姓氏笔画为序)

尹贻林	王建廷	王选仓	王雪青	卢有杰	田金信
申爱琴	石勇民	石振武	刘开生	刘长滨	刘晓君
刘浩学	朱宏亮	过静璐	邬晓光	张建仁	李启明
杨少伟	杨华峰	沈蒲生	邵军义	陈轮	陈忠达
陈起俊	陈锦昌	周直	庞永师	武永祥	袁剑波
盛承懋	黄政宇	黄安永	谭大璐		



工程管理专业自 1998 年设置以来，伴随着国民经济及工程建设的迅猛发展，已逐步成熟完善，目前已有近 300 所院校开设该专业。在这些院校里面，有相当一部分以“应用型”定位为主，各院校结合自身的专业特点，形成了各具特色的教学培养模式。为满足广大“应用型”本科院校的需要，加强特色方向教材的出版，人民交通出版社深入调研，周密组织，在高等学校工程管理专业指导委员会的热情鼓励和悉心指导下，蒙清华大学朱宏亮教授尽心主持，得到了国内近七十余所高校的积极响应，邀请一大批各院校骨干教师参与，由国内一流专家审稿，组织、编写、出版了本套高等学校土建学科工程管理专业应用型本科规划教材。

本套教材以《全国高等学校土建类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求——工程管理专业》为纲，结合专业建设、课程建设和教学改革以及本学科的最新研究成果，设置了技术平台课程、管理平台课程、经济平台课程、法律平台课程，以及工程项目管理方向课程、房地产经营与管理方向课程、投资与造价管理方向课程、公路工程项目管理方向课程，进行了相应的教材开发，供各院校选用。

本套教材以“应用型”定位为出发点，结合教学实际，全面规划成系列开发近 50 个品种。教材编委会、审稿委员会、编写与审稿人员全力以赴，为打造精品教材做出了不懈努力，希望能够以此推动工程管理专业的教材建设。

本套教材适用于高等学校工程管理专业，各高校独立学院、成人教育学院及网络教育中的工程管理、工程造价等相关专业亦可选用。

人民交通出版社

2006 年 12 月

前 言

根据高等学校工程管理专业应用型本科规划教材编写大纲审定会议精神，为了适应 21 世纪人才培养的需要，结合土建学科工程管理专业课程建设和教学内容、方法的改革要求编写，本书由人民交通出版社负责出版，主要供本科院校工程管理专业工程测量教学使用。

本教材力求简单扼要，通俗易懂，在进行教材内容、案例等资料的选取时，兼顾了不同行业背景的土建学科工程管理专业对工程测量学知识的要求。

全书突出应用型定位，介绍工程测量学的基本理论、基本知识、基本技能，使学生掌握基本理论的同时，通过介绍工业企业、道路、隧道、桥梁、水利枢纽工程勘测设计阶段、施工过程的测量和监理测量工作，以及工程运营管理阶段的测量工作，以提高学生分析和解决土建工程建设中实际问题的能力。为供不同行业背景的工程管理专业学生工程测量课程选用，并使之与本学科的发展相适应，本书还阐述了近年来专业发展的最新技术与手段。

在课程内容设置上，本教材结合应用型定位，突显的特色及编写思想体现在以下几个方面：

(1) 教材的深度和广度上区别于测绘类、土建类、交通运输类、水利类、环境与安全类、地矿类等专业的工程测量教材，通过在教材内容的安排上降低深度、增加覆盖面，以突出土建工程管理专业应用型人才培养的特点，达到学以致用、培养应用型人才的目。因此，在有限的教学时间内，本教材不强调测绘仪器制作的原理与测绘学的原理，如简略了经纬仪、水准仪的仪器检验校正过程、视距测量公式推导、误差传播定律、坐标换带计算、地形图的完整分幅与编号等内容，摒弃一些相对过时的知识，如钢尺量距改正等内容，而代之以强调先进测绘技术与方法，及其在土建工程各领域的基本应用与实践性较强的教学内容，如工业与民用建筑、交通（道路、桥梁、隧道）工程、水利枢纽工程的测绘与测设过程中所涉及工程测量的问题。

(2) 教材编写的目的，是通过教学活动，使学生了解工程测量工作基本程序，了解工程测量学在土木工程的勘测设计、施工建造和运营管理各阶段中的地位和作用，掌握测量学的基本原理，并对工程测量学的新理论、新技术、新仪器和新方法

有所了解。掌握常规测量仪器的使用要领，能完成基本测量工作，对测量数据处理基本知识有一般的了解。

(3) 教材编写过程中，关注了测绘学科的发展及其在工程建设、设计、施工和监理中的应用，特别是对 3S 技术以及地面测量先进技术的了解，并在内容中有所体现，以达到与时俱进、不断探索教学新内容、新方法的目的。

基于前述特点，教材设置高等院校土建学科工程管理类专业通用模块与方向模块，以满足不同学科背景的土建类（如交通工程、工业与民用建筑、水利水电工程等）工程管理专业教学的需要，并有利于规范教学质量管理与过程管理，实现资源共享，并力争控制教学课时在 50 学时以内。

本书由贺跃光、高成发担任主编，徐卓揆、黄孟南担任副主编。各章的编写分工如下：贺跃光编写第 1 章，高成发编写第 4 章，徐卓揆编写第 2 章、第 3 章、第 5 章，黄孟南编写第 6 章，贺跃光、徐卓揆共同编写第 7 章、第 8 章、第 9 章，全书由贺跃光负责统稿。

清华大学过静琚教授担任本书的主审工作，为本书提出了许多建设性的意见，在此表示衷心感谢。

在本教材编写过程中，参考了许多文献，谨在此向所参考的文献所有者表示诚挚的谢意。由于编者水平所限，本教材的不当与错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2006 年 12 月

学习导言

各位同学，首先欢迎你们进入工程测量课程的学习，我们希望本教材能够帮助你在学习中获取更多的知识，并能从中得到启发和乐趣。在开始学习这门课程之前，我们想就这些年来来的教学经验把学习《工程测量》的有关要领和大家交流一下，使大家能够做好学精这门课程的充分准备。

工程测量作为测绘科学的一个十分重要分支，是土建工程技术知识中的一个重要内容，因此，工程测量课程是工程管理专业必修的技术基础课，也是一门实践性很强的主干课程。一般说来，因为学校办学的行业背景不同，使不同学校工程管理专业在课程设置上也会有些差异，但工程测量却始终是一门重要的技术基础课。这是因为工程管理专业的培养目标是培养具备工程技术、管理学、经济学及法律知识，能运用现代管理理论方法，在国际国内工程建设领域中，从事投资决策、工程项目建设管理、工程项目监理，政府部门宏观调控管理的应用型复合型人才。而测绘科学则渗透到了土建工程项目建设的规划、勘测设计、施工放样、施工监理、施工质量监督、运营管理的各个过程，因而工程管理与工程测量两者之间具有不可分割的关联作用。通过工程测量课程的讲课、作业、课程试验及总实习等各个教学环节，同学们能掌握工程测量学的基本理论和基本技能，并能学好其他专业课程，在未来所从事工程建设与管理工作中正确运用工程测量这一基本手段奠定坚实的基础。

学习本课程前，同学们需要先修《高等数学》、《计算机基础知识》等课程，并掌握一定的土建工程基础知识。

随着现代工程建设和测绘技术的发展，了解施工测量及大型建（构）筑物运营安全监测的理论和方法，了解应用测量成果，为工程管理服务。同时应根据各学校的工程管理专业服务行业的特点，选择重点，并结合工程管理专业特点，一般地了解工程水准仪、经纬仪、全站仪等仪器的构造原理，并具备一定的操作技能，了解建筑、道路、桥梁、隧道、水利水电等土木工程的测设工作全过程，重视竣工后的营运管理阶段的测量，包括竣工测量以及为监测工程安全状况的变形观测与维修养护等测量工作。因此，教材从学以致用用的原则来考虑，工程管理专业的测量实践教学内容应以用图与施工测量、工程监理、工程运营管理为重点的原则。明确工程管

理专业工程测量教学不是为了培养专门从事测绘工作和测绘科研人才，而是使学生通过对测量学基本理论和技术的学习，了解与工程管理相关的地形图应用和施工测量成果的应用，以及工程建设全过程的工程测量与管理。

为了帮助同学们培养适应变化的能力，本教材前三章的内容分别是介绍工程测量的概况、水准测量的原理与方法、角度和距离测量的基本原理与方法，我们认为，这对于初期涉足工程测量知识的同学来说，将是尤显重要的内容；在第4章中，对复杂的误差理论知识，我们只介绍了基本概念，这已经够了，而导线测量的概念和坐标的正反算则始终是个非常重要而必须弄清的问题，交会测量的重点是前方交会，其他几种交会方法在当今不一定会有较多运用，至于控制测量，土建工程管理专业的同学们在初期仅仅作一般性的了解即可，而对全球定位系统在控制测量中的应用，也是一般了解即可；本教材第5章至第8章的内容，是土建类工程管理专业工作中可能经常会遇到的一些知识，同学可根据自己的学科背景，在任课老师的安排下，有重点有选择地学习；第9章则是为了帮助同学们对测绘科学与技术的发展动态与前景作一般性的了解而编写的。

工程测量学是测绘学科的基础内容，也是许多学科专业所常涉足的内容，有资料分析表明，在我国高等学校本科教育中，已有5个学科门类，17个二级学科中的40余个专业开设了测量学。基于此，工程测量学的参考资料也很多，同学们可以去浏览一些政府网站、知名校（院、所）网站或其他网站，如国家测绘局（<http://www.sbsm.gov.cn/>）、武汉大学测绘学院（<http://www.sgg.whu.edu.cn/>）、中国测绘科学研究院（<http://www.casm.ac.cn/>）、工程测量员（<http://www.surmap.com/>）、测量员（<http://www.surveyor.com.cn/>）等网站，在这些网页中，还可以找到一些学习课件；此外，一些仪器厂家、施工企业的网页上也涉及到了这些方面的知识；同时，可查阅一些期刊：如《测绘学报》、《武汉大学学报（信息科学版）》、《测绘学院学报》、《测绘通报》、《测绘科学》、《测绘工程》等及其他一些工程建设、勘察设计和施工等方面的期刊。

最后，祝同学们圆满完成本课程的学习任务！

编者

2006年12月于长沙

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 地球的大小与形状	3
1.3 地面点位的确定	5
1.4 水平面代替水准面的限度	9
1.5 测量工作的基本内容和程序	10
1.6 土建工程管理与工程测量的关系	13
本章小结	14
练习题	14
参考文献	14
第 2 章 水准测量	16
2.1 水准测量原理	16
2.2 水准测量的仪器与工具	17
2.3 水准仪的使用	21
2.4 水准测量的作业	23
2.5 三、四等水准测量	29
2.6 水准测量误差	33
2.7 自动安平水准仪、精密水准仪及电子水准仪	34
本章小结	38
练习题	39
参考文献	40
第 3 章 角度与距离测量	41
3.1 角度测量原理	42
3.2 经纬仪的构造	43
3.3 水平角观测	46
3.4 竖直角观测方法	51
3.5 角度测量的误差	55

3.6	直线定向	57
3.7	距离测量简介	61
3.8	全站仪概述	70
	本章小结	71
	练习题	71
	参考文献	72
第4章	测量误差与控制测量	73
4.1	测量误差的概念	73
4.2	控制测量的概念	78
4.3	导线测量	81
4.4	交会测量	92
4.5	三角高程测量	100
4.6	全球定位系统 (GPS) 在控制测量中应用	102
	本章小结	109
	练习题	110
	参考文献	111
第5章	大比例尺地形图的测绘与应用	112
5.1	地形图的测绘	112
5.2	地形图的应用	126
	本章小结	136
	练习题	137
	参考文献	137
第6章	测设 (放样) 的基本工作	138
6.1	测设水平距离	139
6.2	测设水平角	140
6.3	测设点的平面位置	141
6.4	测设已知高程	144
6.5	测设已知坡度线	147
	本章小结	147
	练习题	148
	参考文献	148
第7章	工程建设中的测量工作概述	149
7.1	工程建设各阶段的测量工作概述	149
7.2	工程勘测设计阶段的测量工作	151

7.3	工程建设阶段的测量工作	155
7.4	工程运营管理阶段的测量工作	158
	本章小结	160
	练习题	161
	参考文献	161
第8章	各类工程中的施工测量	162
8.1	建筑工程施工测量	162
8.2	道路工程施工测量	178
8.3	隧道工程施工测量	195
8.4	桥梁工程施工测量	204
8.5	水利工程施工测量	210
	本章小结	215
	练习题	215
	参考文献	216
第9章	工程测量进展	217
9.1	工程建设中 3S 技术的应用	217
9.2	工程测量学发展展望	221
	本章小结	225
	练习题	225
	参考文献	225

第 1 章

绪论

本章概要

1. 叙述测绘学及各分支学科情况；
2. 介绍地球形状与大小及地面点位确定的基本原理和方法；
3. 分析水平面代替水准面的限度，介绍测量工作的基本内容和程序；
4. 描述土建工程管理与工程测量学的关系。

1.1 概述

测量学是研究地球的形状、大小，以及确定地面（包括空中、地下和海底等）点位的科学。测量学的主要任务包括测绘和测设。测绘是指使用各种测量仪器和工具，通过观测和计算，得到一系列测量数据，或者经过测量工作把地球表面地物地貌缩绘成地形图供人使用。测设是指把图纸上规划设计好的建（构）筑物或特定的位置在地面上经过测量工作标定出来，作为施工的依据，它是测绘的逆过程。

本书中的测量学指的是普通测量学，即测绘科学各分支学科中通用的基础内容。测绘科学（Surveying and Mapping）是指包括普通测量学在内的以研究实体（包括地球整体、表面以及外层空间各种自然和人造的物体）中与地理空间分布有关的各种几何、物理、人文及其随时间变化的信息采集、处理、管理、更新和利用的科学与技术，简而言之，测绘科学主要研究地球的地理空间信息，同地球科学的研究有着密切的关系，现正在由计算机技术的支持朝着地理空间信息科学（Geo-Spatial Information Science，简称 Geomatics）方向发展和融合。测绘学科（包括测量学）服务的对象非常广泛，包括科学研究、国防建设、经济建设及社会发展规划等各个方面，测绘信息是一个国家最重要的基础设施之一。测绘科学按照研究范围和对象的不同，可以划分为许多分支学科，主要有大地测量学、工程测量学、海洋测绘学、摄影测量与遥感、地图学与地理信息系统等。本书的主要内容包括普通测量学和工程测量学基础。普通测量学主要研究局部地区内（如 10km^2 ）的测绘工

作，常把地球表面当作水平面看待。

下面概略介绍测绘科学的主要几个分支学科。

1.1.1 大地测量学

凡研究对象以地表上一个较大的区域甚至整个地球时，就必须考虑地球的曲率。这种以研究广大地区为对象的测量科学是大地测量学的范畴。大地测量学又可分为卫星大地测量、空间大地测量、几何大地测量（空间大地测量与几何大地测量又称为天文大地测量）、重力大地测量、海洋大地测量等。大地测量主要研究地球的形状与大小（精化水准面）、地球的整体运动（地球的自转和极移等）、地球的局部运动（板块运动和区域性地壳形变等），为地球表面（包括陆地和海洋）进行地表及地物测量提供定位控制。

大地测量为地球动态变化状态以及动力学机制理论研究提供依据；为研究海平面变化，保护人类生存环境，地震中长期预报提供依据和信息；为经济建设提供数据控制；为科学研究、航空、航天、航海提供定轨、定位；为国防建设，提高战略、战术武器的命中精度提供制导手段等。

1.1.2 工程测量学

工程测量学是研究在工程建设和自然资源开发各个阶段进行测量工作的理论和技术的学科，它是测绘学在国民经济和国防建设中的直接应用。对工程项目而言，工程测量可划分为：规划设计阶段的测量、施工兴建阶段的测量和运营管理阶段的测量。每个阶段测量工作的重点和要求各不相同：规划设计阶段的测量，主要是提供地形资料和配合地质勘探、水文测验所进行的测量工作；施工兴建阶段的测量，主要是按照设计要求，在实地准确地标定出工程结构各部分的平面位置和高程，作为施工和安装的依据；运营管理阶段的测量，是指工程竣工后为监视工程的状况和保证安全所进行的周期性重复测量，即变形观测。

1.1.3 海洋测绘学

海洋测绘学是研究以海洋水体和海底为对象所进行的测量和海图编制理论与方法的学科，主要包括海道测量、海洋大地测量、海底地形测量、海洋专题测量以及航海图、海底地形图、各种海洋专题图和海洋图集等图的编制。海道测量，是以保证航行安全为目的，对地球表面水域及毗邻陆地所进行的水深和岸线测量，以及底质、障碍物的探测等工作。海洋大地测量是测定海面地形、海底地形、海洋重力及其变化所进行的大地测量工作。海底地形测量是测定海底地形和地物的测量工作。海洋专题测量是以海洋区域的地理专题要素为对象的测量工作。海图制图是设计、

编绘、整饰和印刷海图的工作，同陆地地图编制基本一致。

1.1.4 摄影测量与遥感

摄影测量与遥感是指利用对研究对象进行摄影或者辐射感应所得到的像片（模拟的和数字的）进行测量工作的测量科学。摄影测量与遥感又可分为航天摄影测量、航空摄影测量、地面立体摄影测量、遥感测量等。

摄影测量可以快速获取地球表面上地貌地物的影像。在当代通讯技术、计算机技术支持下，可以实时地获取各种模拟的和数字的地图。利用遥感技术（电磁波、光波、热辐射等）可以快速获取地球表面、地球内部、环境景象、天体等传感目标的信息特征信号，应用于农业调查、土壤性质分析，以及自然灾害预测、植被分布、地下资源、气象、环境污染调查等。

1.1.5 地图学与地理信息系统

地图学是研究模拟地图和数字地图的基础理论、地图设计、地图编绘和制印的技术方法及其应用的学科。传统地图制图学的研究内容包括：地图投影，即研究如何将地球椭球球面上的内容描绘在地图平面上；地图编绘及设计，即制图资料的分析处理，也就是如何将数据以地图的方式进行表达及制定新编地图的内容、表现形式及其生产工艺程序；地图制印，即研究复制和印刷地图过程中的各种工艺；地图应用，即研究地图分析、地图评价、地图阅读、地图量算和图上作业等。

随着计算机技术的引入，出现了计算机地图制图技术和数字地图。由此进一步发展成为地理信息系统（Geographical Information System，简称GIS），GIS是在计算机软件和硬件支持下，把各种地理信息按照空间分布及属性以一定格式输入、存储、检索、更新、显示、制图和综合分析应用的技术系统。

1.2 地球的大小与形状

测量工作的主要研究对象是地球的自然表面，但地球表面形状十分复杂。通过长期的测绘工作和科学调查，人们了解到地球表面上，海洋面积约占71%，陆地面积约占29%，世界第一高峰珠穆朗玛峰高出海平面8 844.43m，而在太平洋西部的马里亚纳海沟低于海平面达11 022m。尽管有这样大的高低起伏，但相对于地球半径（约6 371km）来说仍可忽略不计。因此，测量中把地球总体形状看作是由静止的海水面向陆地延伸所包围的球体。

由于地球的自转运动，地球上任意一点都要受到离心力和地球引力的双重作用，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。静止的水面称为水准面，水准面是受地球重力的影响而形成的，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。水准面可高可低，因此符合以上特点的水准面有无数多个，其中与平均海水面吻合并向大陆、岛屿延伸而形成的闭合曲面，称为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面。由大地水准面包围的地球形体，称为大地体。

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。用大地体表示地球形体是恰当的，但由于地球内部质量分布不均匀，引起铅垂线的方向产生不规则的变化，致使大地水准面是一个复杂的曲面，如图 1-1a)，而无法在这曲面上进行测量数据处理。为了使用方便，通常用一个非常接近于大地水准面，并可用数学式表达的几何形体（即地球椭球）的外表面来代替地球的形状，如图 1-1b)，作为测量计算工作的基准面。地球椭球是一个椭圆绕其短轴旋转而成的形体，故地球椭球又称为旋转椭球。如图 1-2，旋转椭球体的形状和大小是由其基本元素决定的。椭球的基本元素是：长半轴 a 、短半轴 b 和扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 。测量中，取一个与大地体最为接近的旋转椭球作为地球的参考形状和大小，即确定一个参考椭球近似代替大地体。我国 1980 年国家大地坐标系采用了 1975 年国际椭球，该参考椭球的基本元素是： $a=6\ 378\ 140\text{m}$ ， $b=6\ 356\ 755.3\text{m}$ ， $\alpha=1/298.257$ 。

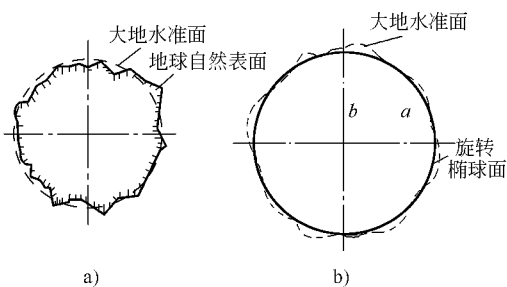


图 1-1 大地水准面

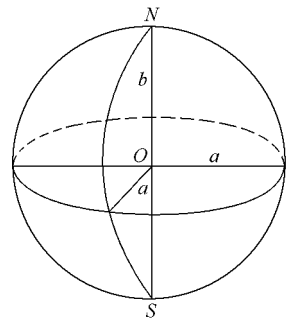


图 1-2 旋转椭球体

根据一定的条件确定参考椭球与大地体之间的相对位置关系，使得参考椭球面与大地水准面之间拟合最好，也就是两个曲面之间的差距尽量最小，这样的工作称为参考椭球体的定位。在椭球定位的工作中，要确定大地原点，以大地原点为基础建立用来确定地面点位置的空间坐标系。我国的大地原点位于陕西泾阳县永乐镇，以此建立的坐标系称为“1980 年国家大地坐标系”。

由于参考椭球体的扁率很小，当测区不大时，可将地球当作圆球看待，其半径近似值为 6 371km。

1.3 地面点位的确定

测量工作的基本任务是在测绘和测设工作中确定地面点的位置，为此，需要建立测量坐标系。一个点在现实三维空间中的位置，需要三个量来表示。

在一般测量工作当中，使用一个二维坐标系（球面坐标系）与一个一维坐标系的组合来表示这个点位在三维空间中的位置，例如，常将地面点的空间位置用经、纬度和高程表示，它们分别从属于地理坐标系和指定的高程系统。在测量工作中，经常用到的坐标系有地理坐标系、空间直角坐标系、独立平面坐标系及高斯平面直角坐标系等。本书中重点介绍地理坐标系、高斯—克吕格平面直角坐标系和高程系统。

1.3.1 地理坐标

一般来说，用经纬度来表示地面点在地球表面这个近似球面上的位置的坐标系称为地理坐标系。地理坐标可分为大地坐标系和天文坐标系，这样的坐标系适合于在全球范围内描述和表示地面点的位置，即球面坐标系。

在大地坐标系中，为了确定地面上一点 P 在地球表面上的二维空间位置，可用大地经度 L 和大地纬度 B 来表示。大地坐标系是以参考椭球面作为基准面，以法线为基准线，以起始子午面（即通过格林威治天文台的子午面）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。

过地面某点的子午面与起始子午面之间的夹角，称为该点的大地经度，用 L 表示（图 1-3）。规定从起始子午面起算，向东为正，由 0° 至 180° 称为东经；向西为负，由 0° 至 180° 称为西经。

过地面某点的椭球面法线 P_p 与赤道面的交角，称为该点的大地纬度，用 B 表示。规定从赤道面起算，由赤道面向北为正，由 0° 至 90° 称为北纬；由赤道面向南为负，由 0° 至 90° 称为南纬。

天文地理坐标系以大地水准面为基准面，以铅垂线为基准线，可以通过天文观测

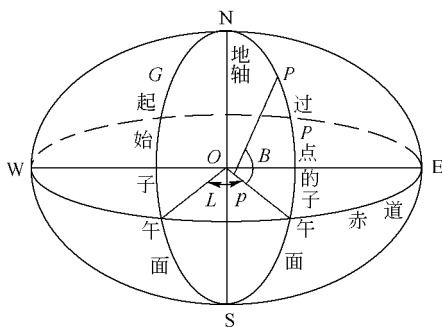


图 1-3 大地坐标