

高等学校土木工程专业系列教材

工程测量学

● 李朝奎 李爱国 主编

GONGCHENG
CELIANGXUE



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

工 程 测 量 学

主 编 李朝奎 李爱国
副主编 王唤良 蒋利龙 刘正才 于红波

中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

工程测量学/李朝奎,李爱国主编. —长沙:中南大学出版社,2009
高等学校土木工程专业系列教材
ISBN 978-7-81105-870-3

I. 工... II. ①李...②李... III. 工程测量-高等学校-教材
IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 198135 号

工 程 测 量 学

主编 李朝奎 李爱国

☐责任编辑 刘 辉

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙利君漾印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 16.25 ☐字数 408 千字

☐版 次 2009 年 11 月第 1 版 ☐2009 年 11 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-81105-870-3

☐定 价 34.00 元

图书出现印装问题,请与出版社调换

高等学校土木工程专业系列教材

编审委员会

主 任	曾庆元	院士		
委 员	(以姓氏笔画排序)			
	方理刚	王桂尧	刘 杰	刘朝晖
	刘锡军	刘 静	吕 昀	任伯帜
	阮 波	李九苏	李朝奎	余志武
	沈小雄	张向京	杨建军	杨伟军
	周志刚	周建普	周殿铭	钟新谷
	贺跃光	郭少华	徐林荣	高文毅
	唐依民	桂 岚	黄立奎	蒋隆敏
	彭立敏	韩用顺	谭海洋	戴公连
	戴 伟			

出版说明

• • • • •

为了适应培养21世纪复合型、应用型创新人才培养的需要,结合我国高等学校教学现状,立足培养学生能跟上国际经济的发展水平,按照教育部最新制定的教学大纲,遵循“学科属性及好教好学”原则,中南大学出版社组织专家教授编写了这套“高等学校土木工程专业系列教材”。

土木工程专业作为我国高等学校的专业设置仅十年之久,它是我国高等教育专业设置调整后的一个新兴专业,土木工程专业与建筑工程、交通土建和岩土工程等传统专业相比,在培养目标、教学内容和教学方法上都有较大的区别,以“厚基础、宽口径、强能力”作为学生培养目标,理论阐述以“必需、够用”为原则,侧重定性分析和实际工程应用。

鉴于我国行业技术标准和规范不统一的现状,大部分高校将土木工程专业分为几个专业方向或课程群组织教学,本套教材是在调查十几所高校多年教学实践的基础上进行编写,编委会成员均为长期从事专业教学的资深教师,具有丰富的教学经验和科研水平。本套教材具有以下特点:

1. 以理论“必需、够用”为原则,以工程实际应用为重点

改变了过于注重知识传授和科学体系严密性的传统教学思想,注重应用型人才培养的特点,结合现行的人才培养计划,做到理论阐述以“必需、够用”为原则,侧重定性分析及其在工程中的应用,充分利用多媒体教学的特点,扩充工程信息量,培养学生的工程概念。

2. 注重培养对象终身发展的需要

土木工程领域范围广,行业标准多,本教材注重专业基础理论与规范的关系,重点阐述规范编制的基本理论、方法和原则,适当介绍土木工程领域的新知识、新技术及其发展趋势,以适应学生今后职业生涯发展的需要。

3. 文字教材和多媒体教学相结合

随着多媒体教学的发展和应用,综合多媒体教学在教学中的优势,提高教学效率,在编写文字教材的同时,配套编写多媒体教案和相关计算软件,使学生适应现代计算技术的发展和提高学生自我训练的能力。

4. 编写严谨规范,语言通俗易懂

根据我国土木工程最新设计与施工规范、规程和技术标准编写,体现了当前我国土木工程施工技术与管理水平,内容精练、叙述严谨。采取逻辑关系严谨、循序渐进的编写思路,深入浅出,图文并茂,文字表达通俗易懂。

希望本系列教材的出版,能促进土木工程专业的教材建设,为培养符合市场需要的高水平人才起到积极推动作用。

内 容 简 介

.....

本书主要面向高等院校的土木、矿业、水利、国土及交通等领域的相关专业开设的专业基础课程。全书共分12章,第1章至第5章主要介绍工程测量学的基本原理和方法,包括水准测量、角度测量、距离测量及测量误差的基础知识。第6章介绍控制测量。第7章介绍数字测图。第8章至第11章分别介绍道路与桥梁工程测量、建筑工程测量、水利工程测量、地下工程测量。第12章介绍变形观测的理论与方法。本书侧重基本概念与方法,强调典型工程案例分析。为便于学生掌握和加深理解课程内容,每一章均提供了学习指导和练习题。

本书也可作为测绘专业的通识教材,同时可供相关专业的生产技术人员参考。

前言

测量学是一门古老的科学。随着科学技术的发展和社会的进步,工程测量学逐渐从普通的测量学中分离并成为一门相对独立的学科,其目的主要是为各种工程建设进行测量和测设工作,并提供空间位置信息。由于不同领域的工程各有其特点,因此工程测量的方法也就各有千秋。

从工程的角度审视,常见的工程有建筑工程、道路(含公路与铁路)工程、桥梁与隧道工程、港口工程、国土资源工程、水利工程、地下工程、电力工程、大型机电安装工程以及海洋工程等。因此,在同一本教材中同时介绍各类典型工程的测量方法,对于学生面向社会,应对职业变化具有一定的实用性和灵活性。

从应用的角度看,工程测量是一门服务性技术。除了其本身的理论与技术体系外,主要面向广泛的工程应用,为工程建设服务。因此,学生必须具备扎实的测量理论基础,同时还应具备一定的工程知识背景。有鉴于此,本教材第1章至第6章主要介绍测量学的基本知识,包括水准测量、角度测量和距离测量的基本原理和方法,以及测量误差的基础知识,并在此基础上介绍了控制测量的基本理论与方法。第7章至第12章介绍几个典型领域的工程测量应用。教师可以根据学生的专业特点选择几个应用领域的工程测量内容进行讲授,旨在扩大学生视野,同时培养学生的举一反三能力。

本书侧重工程测量的基本原理与技术方法的理解和掌握,强调典型工程案例的分析。为了满足教学的需要,便于学生掌握和理解课程内容,每一章均提供了学习指导和练习题。

本书由湖南科技大学李朝奎教授(第6章、第12章)、河南理工大学李爱国副教授(第3章、第4章、第9章)、广东工业大学张兴福博士(第10章)、魏德宏讲师(第7章)、湘潭大学刘正才教授(第5章)、中南林业科技大学王唤良教授(第1章、第2章)、华南农业大学于红波老师(第8章、第11章)联合编写,由湖南科技大学李朝奎教

授和广东工业大学的蒋利龙教授统稿和主审。

本书在编写过程中得到了湖南科技大学韩用顺博士、韦建超老师、研究生郑拴宁，王宇会老师等的大力支持，在此一并表示感谢，同时对书中的引文作者表示衷心感谢。

由于水平有限，书中定存在不当和错漏之处，恳请广大读者批评指正！

编 者

2009 年 10 月

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 概 述	(1)
1.2 地球几何特征和地面点位确定	(4)
1.3 工程测量工作内容	(9)
1.4 水平面代替水准面的限度	(11)
练习题	(12)
第2章 水准测量	(13)
2.1 水准测量原理	(13)
2.2 水准仪及水准尺	(14)
2.3 水准测量的外业施测	(21)
2.4 水准测量的内业计算	(25)
2.5 三、四等水准测量	(26)
2.6 水准测量误差分析及注意事项	(29)
练习题	(30)
第3章 角度测量	(32)
3.1 角度测量原理	(32)
3.2 光学经纬仪及其使用	(33)
3.3 水平角观测	(39)
3.4 竖直角观测	(42)
3.5 角度测量的误差分析	(46)
3.6 电子经纬仪和全站仪	(48)
练习题	(51)

第4章 距离测量与直线定向	(52)
4.1 钢尺量距	(52)
4.2 视距测量	(56)
4.3 电磁法测距	(58)
4.4 直线定向	(60)
练习题	(63)
第5章 测量误差的基本理论与应用	(64)
5.1 测量误差的基本概念	(64)
5.2 偶然误差的统计特性	(65)
5.3 精度与衡量精度的指标	(67)
5.4 误差传播定律及其应用	(69)
5.5 独立观测值的最可靠值与精度评定	(74)
练习题	(78)
第6章 控制测量	(80)
6.1 控制测量概述	(80)
6.2 导线测量	(84)
6.3 GPS 控制测量	(88)
6.4 控制测量的其他方法	(95)
练习题	(97)
第7章 数字测图	(99)
7.1 数字测图概述	(99)
7.2 全站仪测图原理与方法	(101)
7.3 内外业一体化数字测图	(104)
7.4 GPS - RTK 数字测图	(112)
7.5 数字地形图的应用	(119)
练习题	(131)
第8章 道路与桥梁工程测量	(132)
8.1 概 述	(132)

8.2 新建道路初次测量	(134)
8.3 定线测量	(135)
8.4 曲线测设	(141)
8.5 线路施工测量	(150)
8.6 桥梁工程测量	(154)
练习题	(159)
第9章 建筑工程测量	(161)
9.1 概 述	(161)
9.2 建筑施工控制测量	(162)
9.3 施工放样的基本内容	(165)
9.4 民用建筑施工测量	(169)
9.5 工业厂房施工测量	(171)
9.6 竣工测量和总平面图的编绘	(175)
练习题	(176)
第10章 水利工程测量	(177)
10.1 概 述	(177)
10.2 测深方法及断面测量	(178)
10.3 水位观测及水平测量归算	(183)
10.4 水下地形测量	(185)
10.5 水库测量与库容计算	(194)
练习题	(199)
第11章 地下工程测量	(200)
11.1 概 述	(200)
11.2 联系测量	(200)
11.3 地下控制测量	(206)
11.4 地下施工测量	(210)
11.5 贯通测量	(212)
练习题	(217)

第 12 章 变形观测的理论与方法	(218)
12.1 概 述	(218)
12.2 变形观测的频率与精度指标的确定	(220)
12.3 沉降观测	(221)
12.4 水平位移观测	(224)
12.5 倾斜、裂缝和挠度观测	(231)
12.6 观测数据处理与变形分析	(236)
练习题	(244)
参考文献	(245)

第1章 绪 论

【学习指导】 了解工程测量的研究内容和任务,理解地球形状和大小的概念及研究方法。掌握测量常用坐标系统即地球表面点位置的确定方法及测量原理。了解用平面代替水准面的限度。

1.1 概 述

工程测量学是以测量学为基本理论,研究各种工程在规划设计、施工放样、竣工验收和运营中测量的理论和方法。

测量学是研究地球的形状、大小和确定地球表面(包括空中、地表、地下和海洋等)对象的空间位置,以及对于这些空间位置信息进行处理、存储、管理的基础科学。

测量学的基本内容包括测绘和测设。测绘是指使用各种测量仪器和工具,通过观测、计算,得到一系列测量数据,并将地球表面地物地貌缩小绘制成地形图供人们使用。测设是指将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。

1.1.1 工程测量学的研究内容

工程测量学是测量学科的一个分支,测量学科按照研究范围和对象的不同,可分为以下几个分支学科。

大地测量学:凡研究对象为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影响。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变形等),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。

普通测量学:研究地球表面小范围测绘的基本理论、技术和方法,不顾及地球曲率的影响。把地球局部表面当作平面看待,是测量学的基础。内容主要包括图根控制网的建立、地形图测绘及一般工程测量。

摄影测量与遥感学:摄影测量与遥感是指通过对研究对象进行摄影或者辐射感应所得到的相片(模拟的和数字的)进行测量工作的科学。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。

海洋测量学:海洋测量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。

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,它是测量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、施工建设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、水文测验所进行测量工作;施工建设阶段的测量,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。

地图制图学与地理信息工程:地图制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,即制图资料的分析和处理,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。地理信息系统(Geographical Information System,简称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。地理信息工程注重于将地理信息技术应用于实际工作中,地理信息工程侧重于地理信息系统技术的工程实际应用。

本教材以普通测量学为理论基础,着重讲述各种工程中测量工作的基本原理和方法。

1.1.2 工程测量学的主要任务

1. 研究地形图测绘的理论和方法

地形图是工程勘察、规划、设计的依据。工程测量是研究确定地球表面局部区域建(构)筑物、天然地物和地貌、地面起伏形态的空间三维坐标的原理和方法。研究局部地区地图投影理论,以及将测量资料按比例绘制成地形图或电子地图的原理和方法。

2. 掌握测量仪器设备的原理、使用方法

先进仪器设备的使用促进着测量事业的发展,提高生产效益和减少劳动强度,提高测量精度。

3. 研究地形图上工程规划、设计的基本原理和方法

在地形图上进行土地平整、土方计算、道路选线、房屋设计和区域规划的基本原理和方法。

4. 研究建(构)筑物施工放样、建筑质量检验的技术和方法

施工放样测量是工程施工的依据。工程测量研究如何将规划设计在图纸上的建(构)筑物准确地标定和放样在地面上;研究施工过程及大型金属结构物安装的监测技术,以保证施工质量 and 生产安全。

5. 大型建筑物安全运营和变形监测

在大型建筑物施工过程和竣工后,为确保建筑物的使用安全,应对建筑物进行位移和变形监测。

1.1.3 工程测量学在工程建设中的应用

在土木工程建设的勘测设计、施工建设和运营管理各个阶段,都需要用到测量的基本知

识和技术,测量工作贯穿于工程建设的全过程。在城乡建设规划、国土资源利用、环境保护等工作中,必须进行土地测量和测绘各种地图,供规划和管理使用。在地质勘探、矿产开发、水利、交通等建设中,必须进行控制测量、矿山测量、路线测量和绘制地形图,供地质普查和各种建筑物设计施工用。在军事上需要军用地图,供行军、作战用,还要有精确的地心坐标和地球重力场数据,以确保远程武器精确命中目标。

例如,工程测量学在土木工程建设的应用分下面几个阶段。

1. 勘测设计阶段

每项工程建设都必须按照自然条件和预期目的进行规划设计。在这个阶段中的测量工作,主要是测绘各种比例尺的地形图,另外还要为工程、水文地质勘探以及水文测验等进行测量。对于重要工程(如某些大型特种工程)或地质条件不良地区(如膨胀土地区)的工程建设,则还要对地层的稳定性进行观测。

以长江三峡水利枢纽工程为例进行说明。该工程规模之大、技术之复杂、综合效益之显著、历时之久都堪称世界之最。大坝总长 2 309.47 m,最大坝高 181 m,总混凝土工程量约 1 600 万 m^3 ,库容 393 亿 m^3 ,装机 26 台,总功率 1 820 万 kW;永久船闸是目前世界上规模最大、水头最高的双线连续 5 级船闸,年单向通过能力为 5 000 万 t,船闸人工边坡的最大坡高达 170 m,茅坪溪防护坝顶长 1 062 m,最大坝高 104 m。

对于像三峡水利枢纽工程这样的超级大型建筑物,规划设计阶段的测量历时长达数年或更长,除了大坝选址需要做许多测量供方案比选外,还要做几千公里的水库淹没调查与测量,计算不同设计坝高下的库容、淹没面积、搬迁人口等,并要进行河道比降、纵断面、横断面测量,流速、流量、水深等水文测量,区域和局部的地质测量。对大坝选址的比选区和库区的不良地质区段,还要作地表变形监测,所测绘的各种比例尺的地形图、地质图、水文图以及其他调查与测量资料,是工程各类设计的基础。

2. 施工建设阶段

工程建设的设计经过论证、审查和批准之后,即进入施工阶段。这时,首先要根据工地的地形、地质情况、工程性质及施工组织计划等,建立施工测量控制网;然后,再按照施工的要求,采用不同的方法,将图纸上所设计的抽象几何实体在现场标定出来,使之成为具体几何实体,这就是常说的施工放样。施工放样的工作量很大,是施工建设阶段最主要的测量工作。施工期间还要进行施工质量控制,对于施工测量来说,主要是几何尺寸的控制,例如高耸建筑物的竖直度、曲线、曲面型建筑的形态、隧道工程的断面等。为了监测工程进度,测绘人员要作土石方量测量,还要进行竣工测量,变形测量以及设备的安装测量等。其中,机器和设备的安装往往需要达到计量级精度,为此,需要研究专门的测量方法并研制专用的测量仪器和工具。施工中的各种测量是施工管理的耳目,工程质量、工程加固措施的制定乃至施工设计的部分改变都需要测量提供实时、可靠的数据。在工程进行的中后期,需要做竣工测量,并绘制竣工图。

三峡水利枢纽工程从大坝建设及坝区交通布设、导流围堰施工、大坝基础开挖,厂房、溢洪闸、船闸、副坝施工,至后勤管理及生活区建设,无不经常进行繁杂的施工测量工作。起重机、闸门、水轮机发电机组以及升船机等大型机器设备的安装、调校,都需要精密工程测量来保障。每天的挖填土石方、浇筑混凝土都需要准确地测量计算;在施工建设阶段,为全面、准确地掌握工程各建筑物(含基础与边坡岩体)及近坝区岸坡在施工、蓄水过程

中的形状变化和安全状态,要建立三峡工程安全监测系统,并包含高边坡、建筑物及基础两大部分的各种变形监测,以及近坝区地壳形变监测与滑坡监测。外部要布设变形监测网,在重要部位布置变形监测目标点,进行周期性的观测。内部布设纵横交错的多层观测廊道,安置包括测量水平位移、垂直位移、坝体挠度、坝基倾斜、接缝和裂缝开合度的各种仪器和传感器成千上万。

3. 运营管理阶段

在工程建筑物运营期间,为了监视工程的安全和稳定情况,了解设计是否合理,验证设计理论是否正确,需要定期对工程的动态变形,如水平位移、沉陷、倾斜、裂缝以及震动、摆动等进行监测,即通常所说的变形观测。为了保证大型机器设备的安全运行,要进行经常性检测和调校。为了对工程进行有效的维护和管理,要建立变形监测系统和工程管理信息系统。

对于土建工程技术人员,测量是一门必须掌握的基本技能。学习完本门课程之后,要求掌握测量学的基本理论和知识;能正确使用测绘仪器,完成一般工程测量工作;掌握大比例地形图的测绘方法;掌握地形图的应用知识;了解土木建筑工程项目各过程中测量工作的内容,并具备运用工程测量知识管理土建工程的建设与运营过程的初步能力;同时对现代测绘与更广义的工程测量学有一定的了解。

1.2 地球几何特征和地面点位确定

1.2.1 地球的形状和大小

测量工作是在地球表面进行的,而地球自然表面很不规则,有高山、丘陵、平原和海洋,世界第一高峰珠穆朗玛峰高出海平面 8 844.43 m,而在太平洋西部的马里亚纳海沟低于海平面达 11 022 m。尽管有这样大的高低起伏,但相对于地球半径(约 6 371 km)来说仍可忽略不计。又因为地球表面海洋面积约占 71%,陆地面积约占 29%,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(图 1-1)。铅垂线是测量工作的基准线。自由、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。任一点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。

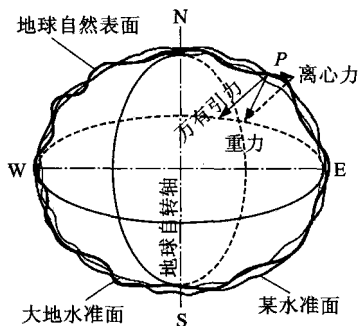


图 1-1 地球重力线

大地水准面和铅垂线是测量作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1-2,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)的表面来代替地球的形状,如图1-3,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。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: $a = 6\,378\,140\text{ m}$, $b = 6\,356\,755.3\text{ m}$, $\alpha = 1/298.257$ 。

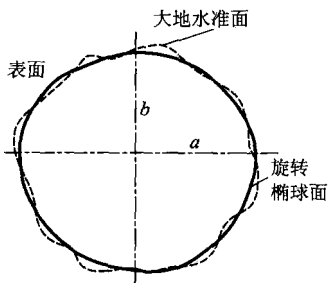


图1-2 大地水准面

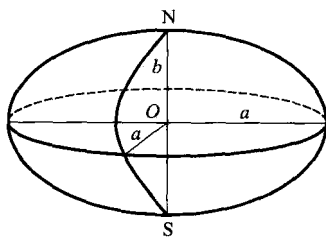


图1-3 地球旋转椭球

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 $6\,371\text{ km}$ 。

1.2.2 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。由于卫星大地测量的迅速发展,地面点的空间位置也可采用三维空间直角坐标表示。

1. 大地坐标系

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(即通过格林尼治天文台的子午面)和赤道面作为在椭球面上确定某一点投影位置的