



高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

土木工程测量

◎ 主编 王晓明 殷耀国 主审 马 旭



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

土木工程测量

主 编 王 晓 明 殷 耀 国

副主编 韩 俊 强 王 春

李 敏 王 芃

主 审 马 旭



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量/王小明,殷耀国主编. —武汉:武汉大学出版社,2013.8
高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型
ISBN 978-7-307-10072-5

I. 土… II. ①王… ②殷… III. 土木工程—工程测量—高等学校—教材
IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 193364 号

责任编辑:孙 丽 责任校对:王亚明 装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:湖北睿智印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:18.25 字数:482 千字

版次:2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-10072-5 定价:35.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

编审委员会

顾问 王世庆 刘 华 杨家仕 戴运良

主任委员 康志华 张志国

副主任委员 罗特军 李平诗 张来仪 何志伟 邹 皓 杨乃忠

王君来 周家纪 袁自峰

委员(按姓氏笔画排名)

王若志 王星捷 王晓明 王涯茜 白立华 刘 琛

李 然 李忠定 李章政 吴浙文 张士彩 尚晓峰

郝献华 胡益平 段 旻 韩俊强 蒲小琼 蔡 巍

魏泳涛

总责任编辑 曲生伟

秘书长 王 睿

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

基本数字教学资源网站链接:<http://www.stmpress.cn>

前 言

本书为“高等学校土木工程专业‘十二五’系列规划教材·应用型”之一,按照高等学校土木工程学科专业指导委员会颁布的《土木工程卓越工程师教育培养计划专业标准(试行)》和《高等学校土木工程本科指导性专业规范》所要求的知识体系、核心知识领域、核心知识单元相适应的“土木工程测量”课程教学大纲的要求编写而成。

本书在编写过程中体现了以下特色:

①总体结构设计方面,继承、借鉴一些教材良好体系的同时,力求吻合学生的认知和学习规律,满足土木工程建设过程中的测绘实践需要。

②内容筛选方面,在总结教学经验的基础上,广泛征求专家、学者的意见和建议,并结合现代测绘技术的应用和发展,深化了全站仪技术、GNSS 技术和数字化测图技术等内容,对传统内容进行了进一步删减,使之更新、更精、更实用。

③在基本理论和基本技术的基础上,详细介绍了测量技术在地形测绘、建筑工程施工、线路工程、桥梁工程、地下工程和工程变形测量等方面的应用,并贯穿于工程建设的规划设计、工程施工和竣工运营各个阶段,适应卓越工程师教育的需要。

④尽量做到专业术语正确,概念清晰,技术要求符合现行标准和规范。

本书既可作为土木工程专业本科教材,也可作为建筑工程、交通工程、水利水电工程、城市规划、建筑学、道路与桥梁工程、工程管理与造价、地下工程、铁道工程、环境工程等专业方向的教学用书,还可作为相关工程技术人员的参考用书。

本书由中国矿业大学银川学院王晓明和宁夏大学殷耀国担任主编;成都理工大学工程技术学院韩俊强,四川大学锦江学院王春,四川大学锦城学院李敏、王芃担任副主编;宁夏理工学院仇东环,石家庄铁道大学四方学院赵占轻,重庆大学城市科技学院彭文、张旭光,中国矿业大学银川学院李学明担任参编。

具体编写分工为:

中国矿业大学银川学院,王晓明(前言,第 1 章、第 5 章、第 12 章部分内容);

成都理工大学工程技术学院,韩俊强(第 2 章);

宁夏理工学院,仇东环(第 3 章);

石家庄铁道大学四方学院,赵占轻(第 4 章);

宁夏大学,殷耀国(第 6 章、第 7 章、附录 A~附录 D);

重庆大学城市科技学院,彭文(第 8 章);

重庆大学城市科技学院,张旭光(第 9 章);

四川大学锦城学院,王芃(第 10 章);

四川大学锦城学院,李敏(第 11 章);

中国矿业大学银川学院,李学明(第 12 章部分内容);

四川大学锦江学院,王春(第 13 章、第 14 章)。

宁夏回族自治区国土资源调查监测院马旭担任本书主审,对本书的编写提出了许多宝贵意见,特致谢意。

在本书编写过程中编者参阅了大量文献和资料,在此特向相关作者表示由衷的感谢。另外,还要感谢宁夏大学 2010 级硕士研究生蔺琳的帮助。

由于编者水平所限,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2013 年 6 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 土木工程测量学的概念、任务与作用	(1)
1.2 地面点位的表示方法	(2)
1.3 测量工作的基本原则和基本内容	(11)
习题与思考题	(11)
参考文献	(11)
2 水准测量	(12)
2.1 水准测量原理	(12)
2.2 水准测量仪器及工具	(13)
2.3 水准测量施测	(19)
2.4 水准测量的内业计算	(26)
习题与思考题	(27)
参考文献	(29)
3 角度测量	(30)
3.1 角度测量原理	(30)
3.2 测角仪器及工具	(31)
3.3 水平角测量	(37)
3.4 竖直角测量	(40)
习题与思考题	(43)
参考文献	(44)
4 距离测量	(45)
4.1 钢尺量距	(45)
4.2 视距测量	(49)
4.3 光电测距	(52)
习题与思考题	(57)
参考文献	(58)
5 坐标测量	(59)
5.1 直线定向	(59)
5.2 地面定位技术	(62)
5.3 卫星定位技术	(66)
习题与思考题	(73)
参考文献	(73)
6 地形图基本知识	(75)

6.1	概述	(75)
6.2	地形图比例尺	(77)
6.3	地形图分幅和编号	(81)
6.4	地形图图外注记	(84)
6.5	地形图图式	(87)
6.6	数字地图简介	(97)
	习题与思考题	(98)
	参考文献	(99)
7	地形图测绘	(100)
7.1	概述	(100)
7.2	控制测量的分类、技术要求和一般步骤	(102)
7.3	控制测量实施	(108)
7.4	碎部测量	(117)
7.5	地形图测绘的内容与取舍	(130)
	习题与思考题	(133)
	参考文献	(134)
8	地形图的应用	(135)
8.1	地形图识读的基本方法	(135)
8.2	地形图应用的基本内容	(136)
8.3	地形图在工程建设中的应用	(138)
	习题与思考题	(144)
	参考文献	(144)
9	工程放样的基本工作	(145)
9.1	概述	(145)
9.2	放样的三项基本工作	(145)
9.3	点的平面位置放样	(147)
9.4	直线坡度的放样	(151)
	习题与思考题	(151)
	参考文献	(151)
10	建筑工程施工测量	(152)
10.1	概述	(152)
10.2	建筑工程施工控制测量	(152)
10.3	一般民用建筑施工测量	(155)
10.4	高层建筑施工测量	(162)
10.5	工业建筑施工测量	(165)
10.6	建筑竣工测量与竣工总图编绘	(169)
	习题与思考题	(170)
	参考文献	(171)
11	线路工程测量	(172)
11.1	概述	(172)

11.2	线路工程控制测量	(173)
11.3	线路中线测量	(174)
11.4	线路纵横断面测量及纵横断面图绘制	(186)
11.5	线路工程施工测量	(192)
11.6	线路竣工测量	(197)
	习题与思考题	(197)
	参考文献	(198)
12	桥梁工程测量	(199)
12.1	概述	(199)
12.2	水下地形测绘	(200)
12.3	桥梁施工控制测量	(206)
12.4	桥梁施工细部测量	(208)
12.5	桥梁竣工测量	(213)
	习题与思考题	(214)
	参考文献	(215)
13	地下工程测量	(216)
13.1	概述	(216)
13.2	地上、地下控制测量	(217)
13.3	联系测量	(221)
13.4	地下工程施工测量	(229)
13.5	地下工程竣工测量	(232)
	习题与思考题	(232)
	参考文献	(232)
14	变形测量	(234)
14.1	概述	(234)
14.2	沉降观测	(236)
14.3	水平位移观测	(243)
14.4	倾斜观测	(245)
14.5	挠度观测	(249)
14.6	裂缝观测	(251)
	习题与思考题	(252)
	参考文献	(252)
附录 A	测量误差的基本知识	(253)
A.1	观测误差的概念	(253)
A.2	衡量观测值精度的标准	(256)
A.3	误差传播定律	(258)
A.4	等精度直接观测平差	(259)
	参考文献	(260)
附录 B	测量实验与测量实习	(261)
B.1	测量实验与测量实习的一般规定	(261)

B.2	开箱、装箱及其注意事项	(261)
B.3	测量仪器的使用规则及注意事项	(262)
B.4	测量工具的使用规则及注意事项	(262)
B.5	测量记录的若干注意事项	(263)
B.6	测量计算的取位规则与凑整误差	(263)
B.7	测量实验项目	(264)
B.8	集中测量实习的任务与进度安排	(265)
	参考文献	(265)
附录 C	测量仪器的检验与校正	(266)
C.1	一般规定	(266)
C.2	微倾式光学水准仪的检验与校正	(266)
C.3	测角仪器几何条件的检验与校正	(268)
C.4	电子经纬仪的检定项目与技术要求	(270)
C.5	光电测距仪的检定项目与技术要求	(271)
C.6	全站仪的检验	(272)
C.7	GNSS 接收机的检验	(275)
C.8	钢卷尺的检定项目与技术要求	(275)
	参考文献	(276)
附录 D	测量仪器的技术指标	(277)
	参考文献	(280)

1 绪 论

【内容提要】

本章的主要内容包括土木工程测量学的概念、任务与作用,地面点位的表示方法以及测量工作的基本原则和基本内容。本章的教学重点为地面点位确定原理,教学难点为高斯-克吕格平面直角坐标系。

【能力要求】

通过本章的学习,学生应理解土木工程测量学的概念、任务与作用,地球的形状和大小,以及我国常用的测量坐标系统和高程基准,并掌握地面点位确定原理,了解测量工作的基本原则和基本内容。

1.1 土木工程测量学的概念、任务与作用

1.1.1 土木工程测量学的概念

1.1.1.1 基本概念

(1) 测量学

测量学是研究地球形状和大小以及确定地球近地空间(包括空中、地表、地下和海洋)物体的位置,并对这些空间位置信息进行处理、储存、管理的科学。按照研究对象及采用技术的不同,测量学可分为普通测量学、大地测量学、摄影测量学、海洋测量学、工程测量学等多个分支学科。

(2) 工程测量学

工程测量学是研究在工程建设的勘测、规划、设计、施工、竣工和运营管理各阶段所需测量工作的理论和方法的学科。按建设工程具体对象的不同,可分为土木工程测量、矿山工程测量、铁道工程测量等。

(3) 土木工程测量学

土木工程测量学是研究在土木工程建设的勘测、规划、设计、施工、竣工和运营管理各阶段中所需测量工作的理论和方法,是工程测量学学科的重要组成部分。

1.1.1.2 测量学的基本任务

(1) 测定

测定是指使用测量仪器和工具,对地球近地空间已有自然地理要素(如水系、地貌、植被等)和社会经济要素(如人工建筑物、构筑物、行政区划及交通线路等)进行测量,得到一系列测量数据或将其绘制成图,供国民经济建设、国防建设、科学研究以及人们日常生活使用。

(2) 测设

测设是指把图纸上规划设计的建(构)筑物的位置、形状、大小等在地球近地空间中标定出来,

作为施工的依据。测设又称为施工放样,是工程规划设计与工程施工之间的技术纽带。

可见,测定和测设的工作程序和内容相反,但其实质却是一样的,关键问题都是要确定地面点位置。

1.1.2 土木工程测量学的主要任务

土木工程测量学主要面向建筑工程、线路工程、桥梁工程、地下工程等学科,目的是为工程建设服务,根据不同的工程建设对象和阶段,主要包括以下任务:

- ①掌握测量仪器设备的原理和使用方法;
- ②研究测绘地形图的理论和方法;
- ③研究应用地形图的基本原理和方法;
- ④研究建(构)筑物施工放样、质量检验的技术和方法;
- ⑤研究大型建筑物的变形监测。

1.1.3 土木工程测量学的作用

在现代土木工程建设过程中,各类测量技术和测绘成果都得到了广泛应用。在工程建设的规划设计阶段,不同比例尺的数字地形图或相关地理信息系统(GIS)用于城镇规划设计、道路选线以及竖向设计等,以保证工程规划布局科学合理、选址得当,设计成果精确可靠;在施工阶段,特别是大型、特大型工程的施工中,全球卫星定位技术(GNSS)和测量机器人技术用于高精度建(构)筑物的施工放样,并对施工、安装工作进行检验校正,以保证施工符合设计要求;在竣工、运营阶段,竣工测量成果是扩建、改建和管理维护必需的资料;对于大型或重要建(构)筑物还需定期进行变形监测,以确保其安全可靠。因此,土木工程测量学是土木工程建设的重要基础理论,测量技术是土木工程建设项目规划、勘测、设计现代化的基本技术。测量技术是土木工程项目施工顺利进行和质量检验与安全监测的重要技术保证。

1.1.4 土木工程测量学的教学内容和教学环节

为了适应现代测绘技术在现代工程建设中的应用需求,土木工程测量学的教学内容在教学改革与实践中不断得到优化和充实。教学内容主要围绕水准测量技术、全站仪技术、全球卫星定位技术和数字化绘图技术展开,把教学重点集中到测绘技术原理介绍和测绘技术应用、测绘成果应用方面。主要教学环节是理论教学和实践教学,其中实践教学包括与课程内容同步进行的实验教学和课程主体内容结束后集中进行的实习教学。

土木工程技术人員应该明确土木工程测量学在工程建设中的重要地位。通过本课程的学习,学生应掌握土木工程测量学的基本理论和技术原理,熟练使用测量仪器,正确运用基本理论和技术方法,具备测图、用图、放样和变形测量等方面的独立工作能力。教学时应理论与实践相结合,让学生学有所长、学有所用、学以致用,以适应卓越工程师的现实需求。

1.2 地面点位的表示方法

测量的核心问题是确定地面点的空间位置。通常,首先选定基准面和基准线,以基准面和基准线为基础建立坐标系(或高程系),然后以一定的技术方法测量地面点间的相对关系(角度、距离、高差等),将地面点投影到基准面上,在坐标系(或高程系)中计算得到地面点的平面坐标(或高程)。

1.2.1 测量的基准

1.2.1.1 地球的形状和大小

测量的工作对象主要是地球的自然表面,选定的基准面和建立的坐标系直接与地球的形状、大小有关。地球的自然表面是不平坦和不规则的,有高达 8844.43m 的珠穆朗玛峰,也有深至 11034m 的马里亚纳海沟。虽然它们高低起伏悬殊,但与地球的平均半径 6371km 相比较,还是可以忽略不计的。地球表面海洋面积约占 70.8%,陆地面积约占 29.2%。因此,地球总的形状可近似视为由海水面包围着的球体。

1.2.1.2 测量工作基准线和基准面

(1) 基准线和基准面

水在静止时的表面称为水准面。地球表面任一质点都同时受到两个作用力:地球自转产生的惯性离心力和整个地球质量产生的万有引力,其合力称为重力。重力的作用线就是铅垂线,如图 1-1 所示。水准面是一个重力等位面,水准面上的各点处处与铅垂线正交。与水准面相切的平面称为水平面。水准面有无数多个。将静止平均海水面向整个陆地延伸而形成的一个封闭曲面称为大地水准面,它是一个特殊的水准面。大地水准面所包围的地球形体称为大地体,它可代表地球的自然形状和大小。平均海水面可通过在海洋面设立验潮站观测一定时期内的海水面高低,并取一定时期内的平均值来确定。

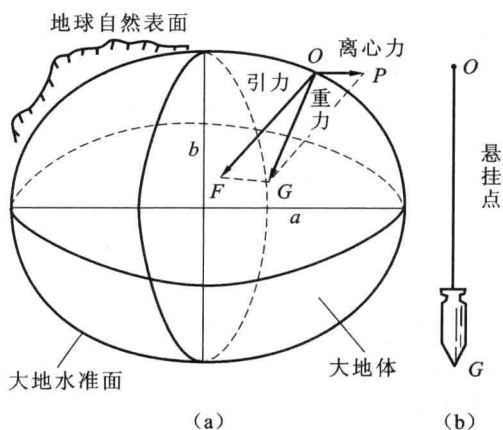


图 1-1 基准线和基准面

实际测量时,仪器的对中以铅垂线为依据,仪器的整平则以水准器气泡居中为依据。所以,铅垂线是测量工作的基准线,水准面是测量工作的基准面,而大地水准面则是绝对高程点的起算面。

(2) 参考椭球体的几何参数

大地体非常接近一个两极扁平、赤道隆起的椭球体。地球内部质量分布不均匀引起的铅垂线方向变化,使大地水准面成为一个复杂而不宜用数学方程式表达的曲面。为了便于计算测量成果,准确地表示地面点的位置,测量上选用一个形状和大小接近大地体的旋转椭球体作为地球的参考形状和大小。这个旋转椭球体称为参考椭球体,它是一个规则的曲面体,可以用数学公式表达为:

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{a^2} + \frac{Z^2}{b^2} = 1 \quad (1-1)$$

式中 a 、 b ——参考椭球体的几何参数, a 为长半径, b 为短半径。

参考椭球体扁率 α 应满足下式:

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

两个多世纪以来,许多学者和机构分别测算出了参考椭球体的参数值,表 1-1 为几次有代表性的测算成果。

表 1-1

参考椭球体几何参数

椭球体名称	时间	长半轴 a/m	扁率 α	附 注
德兰勃参考椭球体	1800	6375653	1:334.0	法国
克拉索夫斯基参考椭球体	1940	6378245	1:298.3	苏联
1975 大地测量参考椭球体	1975	6378140	1:298.257	IUGG 第 16 届大会推荐值
1980 大地测量参考椭球体	1979	6378137	1:298.257	IUGG 第 17 届大会推荐值
WGS-84 参考椭球体	1984	6378137	1:298.257223563	美国,1984 世界大地坐标系
CGCS2000 参考椭球体	2008	6378137	1:298.25722210	中国,2000 国家大地坐标系

(3)我国常用坐标系采用的参考椭球体几何参数

- ① 1954 北京坐标系,采用前苏联克拉索夫斯基参考椭球体参数;
- ② 1980 西安坐标系,采用国际大地测量协会与地球物理联合会(简称 IUGG)在 1975 年推荐的参考椭球体参数;
- ③ WGS-84 坐标系,采用美国 WGS-84 参考椭球体参数;
- ④ 2000 国家大地坐标系(CGCS2000),采用改进后的 WGS-84 参考椭球体参数。

1.2.2 地面点的高程

1.2.2.1 高程的概念

地面点的高程是指该点沿铅垂线到某一高程基准面的距离。由于高程基准面的选择不同,高程系统也就不同。测量常用的高程基准面有大地水准面、参考椭球面和假定水准面,其相应的高程为海拔、大地高和假定高程。

(1)海拔

海拔是指地面点沿铅垂线到大地水准面的距离,也称绝对高程,用 $H^{\text{海}}$ 表示。它是工程建设常用的高程系统。

海水面由于受潮汐、风浪的影响,是个动态曲面。所谓静止海水面是不存在的,常用平均海水面代替。即在海边设立验潮站,进行长期验潮观测,取海水面平均高度作为高程零点。20 世纪中叶,我国采用青岛验潮站的观测资料求得黄海平均海水面作为我国高程基准面,称为“1956 年黄海高程系”。在青岛市观象山建立水准原点,其高程为 72.289m。再后来,又将 1953—1979 年的验潮资料进行归算得到黄海平均海水面,称为“1985 年国家高程基准”,并推算出青岛国家水准原点高程为 72.260m。我国从 1987 年开始至今仍在使用的这个高程基准。

(2)大地高

大地高是指地面点沿法线到参考椭球面的距离,也称正高,用 $H^{\text{大}}$ 表示。卫星定位的高程分量是大地高。

(3)假定高程

个别地区采用绝对高程有困难时,也可以指定一个水准面作为高程基准面,这个水准面称为假定水准面。假定高程是指地面点到假定水准面的铅垂距离,也称相对高程,用 H' 表示。

标高是一种相对高程。例如,房屋建筑中一般把一层室内地坪作为 ± 0.000 ,依此得到的相对高程为标高(不同领域可能有不同要求)。建筑标高包含了装饰面的厚度,如某楼板在结构层上面

要做砂浆垫层、贴地砖,建筑标高就包含地砖和垫层的厚度,结构标高仅表示到混凝土楼板上表面的铅垂距离。

实际测量工程中,通常是在一个高程基准下进行工作,所以高程 H 的上角标省略。

1.2.2.2 高差的概念

地面上两点间的高程之差称为高差,常用 h 表示,如图 1-2 所示。A、B 两点高差为:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-3)$$

由于水准面不是规则曲面,且相互不平行,所以两点间高差不是常数。两点间的大地高之差和海拔之差也是不相同的。工程建设中常用海拔,也就是绝对高程。

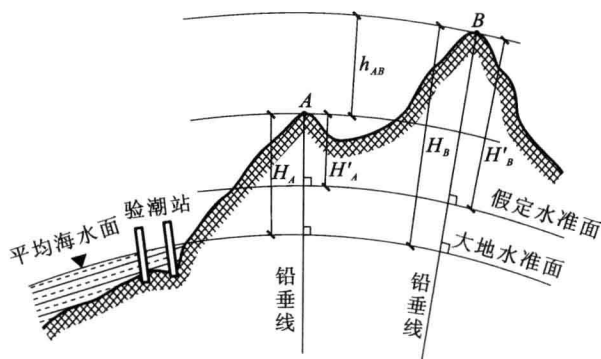


图 1-2 绝对高程与相对高程

1.2.3 地面点的坐标

由于测量基准选取和应用场合的不同,地面点的坐标有地理坐标、空间直角坐标、高斯平面直角坐标、独立平面直角坐标之分。

1.2.3.1 地理坐标

用经纬度表示地面点在基准面上投影点位置的坐标,称为地理坐标,它是一种球面坐标。因采用的基准面和基准线及测量计算坐标的方法不同,地理坐标又可分为大地地理坐标和天文地理坐标。

(1) 大地地理坐标

大地地理坐标简称大地坐标,常用大地经度 L 和大地纬度 B 表示,以参考椭球面为基准面,以法线为基准线。地面上任意点 P 的大地经度 L ,是过该点的大地子午面与首子午面所夹的二面角; P 点的大地纬度 B ,是过该点的法线与赤道面的夹角。大地坐标系如图 1-3 所示。

国际规定,过格林尼治天文台的子午面为首子午面,向东经度为正,向西为负,其值域为 $0^\circ \sim \pm 180^\circ$ 。纬度以赤道面为基准面,向北称为北纬,向南称为南纬,其值域为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。例如,北京位于北纬 40° 东经 116° ,用 $B=40^\circ\text{N}$, $L=116^\circ\text{E}$ 表示,在国内使用常将 N 和 E 省略。

地面点沿法线方向到参考椭球面的距离是大地高。椭球面上的大地高为零。在椭球面外的点

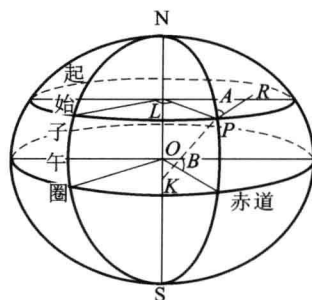


图 1-3 大地坐标系

大地高为正,在椭球面内的为负。

(2) 天文地理坐标

天文地理坐标简称天文坐标,常用天文经度 λ 和天文纬度 φ 表示,以大地水准面为基准面,以铅垂线为基准线。地面上任意点 P 的天文经度 λ ,是过该点的天文子午面与首子午面所夹的二面角; P 点的天文纬度 φ ,是过该点的铅垂线与赤道面的夹角。

天文坐标,可通过天文测量的方法来测定;大地坐标,则要根据大地坐标和大地测量所得的数据推算求得。

各点的天文坐标和大地坐标略有差异,在精度要求不高的情况下,其差异可以忽略不计。

1.2.3.2 空间直角坐标

空间直角坐标 (X, Y, Z) 是坐标的一种,测量学上用于描述任一点的位置。其原点 O 与地球质心重合, Z 轴指向地球北极地原点 (CIO), 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,如图 1-4 所示。空间直角坐标和大地地理坐标可以相互转换。

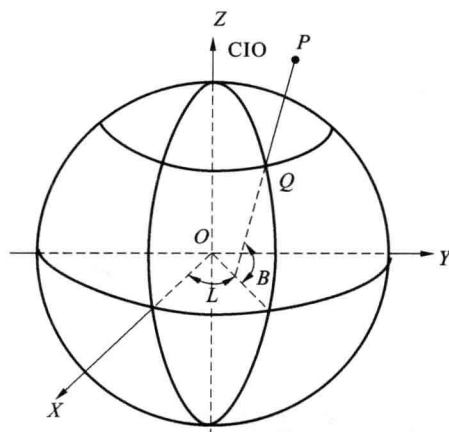


图 1-4 空间直角坐标系

1.2.3.3 高斯平面直角坐标

地理坐标是大地测量的基本坐标,常用于大地测量问题的解算,若将其直接用于工程建设的规划、设计、施工,则很不方便。所以要将参考椭球面上的地理坐标按一定数学规则归算到平面上,才能用于工程建设。这是由德国天文学家高斯于 19 世纪 20 年代提出的,后经德国大地测量学家克吕格于 1912 年对投影公式加以补充、完善,故称为高斯-克吕格投影,简称高斯投影。

(1) 高斯-克吕格投影的概念

将一个横椭圆柱套在地球参考椭球体上,如图 1-5 所示。参考椭球体中心 O 在椭圆柱中心轴上,南北极与椭圆柱相切,并使某一子午线与椭圆柱相切。此子午线称为中央子午线。然后将椭球面上的点、线按正形投影条件投影到椭圆柱上,再沿椭圆柱 N 、 S 点母线割开,并展成平面,即成为高斯投影平面。高斯投影是横椭圆柱投影,是一种正形投影,具有以下特点:

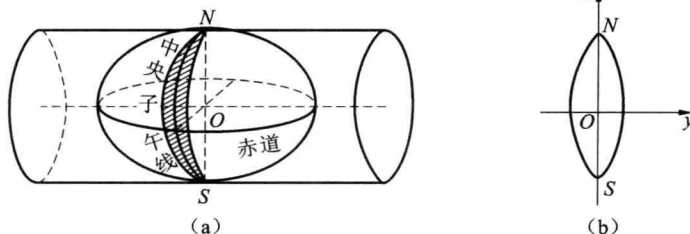


图 1-5 高斯投影

① 中央子午线是直线,其长度不变形,离中央子午线的其他子午线是弧线,凹向中央子午线。离中央子午线越远,变形越大。

② 投影后赤道是一条直线,赤道与中央子午线保持正交。