



大学文科基本用书·考古文博

DAXUE WENKE JIBEN YONGSHU · KAOGUWENBO

北京大学考古文博学院系列教材

考古测绘、遥感与GIS

刘建国 著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



大学文科基本用书·考古文博

DAXUE WENKE JIBEN YONGSHU · KAOGUWENBO

北京大学考古文博学院系列教材

考古测绘、遥感与GIS

刘建国 著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

考古测绘、遥感与 GIS/刘建国著. 北京:北京大学出版社,2008.8
(大学文科基本用书·考古文博)
ISBN 978-7-301-14107-6

I. 考… II. 刘… III. ①遥感技术-应用-考古学-研究②地理信息系统-应用-考古学-研究 IV. K85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 114805 号

书 名: 考古测绘、遥感与 GIS

著作责任者: 刘建国 著

责任编辑: 张 晗

封面设计: 奇文云海

标准书号: ISBN 978-7-301-14107-6/K·0537

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 电子邮箱: pkuswsz@yahoo.com.cn

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 出版部 62754962

编辑部 62752025

印刷者: 北京汇林印务有限公司

经 销 者: 新华书店

650mm×980mm 16 开本 15 印张 彩插 8 页 230 千字

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子邮箱:fd@pup.pku.edu.cn

目 录

第一章 前言	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 考古中测绘、遥感与地理信息系统的集成	(3)
第二章 地形图测图总论	(6)
2.1 测量学概述	(6)
2.2 地球的形状与大小	(9)
2.3 地面点位的确定	(10)
2.4 水平面代替水准面的限度	(15)
2.5 地图的基本概念	(17)
2.6 地形图的分幅与编号	(18)
2.7 地形图的内容	(22)
2.8 测图原理与测量工作概述	(25)
第三章 卷尺丈量与罗盘仪的使用	(28)
3.1 卷尺丈量距离	(28)
3.2 尺长方程式与钢尺的检定	(31)
3.3 钢尺丈量距离的误差来源	(32)
3.4 直线定向	(33)
3.5 罗盘仪的使用	(36)
第四章 地形图测图原理	(39)
4.1 角度测量概述	(40)
4.2 导线测量	(43)
4.3 交会法和单三角形法	(48)
4.4 三角高程测量	(49)
4.5 传统的碎部测图方法	(51)
4.6 地物的测绘	(55)
4.7 地貌的测绘	(57)

4.8	地形图在考古工作中的应用	(63)
第五章	电子全站仪测图	(66)
5.1	电子全站仪概述	(66)
5.2	拓普康 GTS-211D/GPT-2005 电子全站仪	(74)
5.3	索佳 SET 505/510/530R 电子全站仪	(85)
5.4	EPSW2003 外业测绘系统	(91)
5.5	测量误差分析及注意事项	(93)
5.6	电子全站仪在田野考古中的应用	(96)
第六章	卫星定位系统简介	(99)
6.1	全球定位系统的组成	(100)
6.2	GLONASS、GALILEO 与北斗卫星导航系统	(102)
6.3	GPS 定位原理	(104)
6.4	GPS 接收机的构造和分类	(107)
6.5	GPS 控制测量	(110)
6.6	导航型 GPS 在考古调查中的应用	(113)
第七章	误差理论的基本知识	(115)
7.1	观测误差	(115)
7.2	偶然误差的特性	(116)
7.3	衡量精度的指标	(118)
7.4	误差传播定律	(119)
7.5	同精度观测值	(121)
第八章	摄影测量学	(124)
8.1	概述	(124)
8.2	摄影测量学的基本原理	(126)
8.3	航空影像的特征及其判读	(128)
8.4	航空摄影测量	(132)
8.5	摄影测量产品在考古工作中的应用	(135)
第九章	遥感技术基础	(137)
9.1	遥感概述	(137)
9.2	遥感物理基础	(141)
9.3	遥感影像的分辨率	(146)
9.4	常见卫星成像系统	(148)
9.5	遥感影像的处理	(152)

9.6	遥感影像的解译	(154)
9.7	勘探地球物理学	(156)
9.8	水下遥感考古	(159)
第十章	遥感考古研究	(162)
10.1	考古遗迹的影像特征	(163)
10.2	新疆高昌古城遥感考古研究	(166)
10.3	新疆北庭古城遥感考古研究	(168)
10.4	新疆库尔勒至轮台间古代城址的遥感探查	(171)
10.5	汉长安城遥感考古研究	(179)
10.6	安阳殷墟遥感考古研究	(183)
10.7	南方古城遗址影像分析	(188)
10.8	结语	(189)
第十一章	考古地理信息系统的应用与研究	(191)
11.1	地理信息系统简介	(191)
11.2	地理空间与空间数据	(197)
11.3	空间分析技术	(203)
11.4	GIS 与考古学研究	(216)
11.5	空间分析与研究	(220)
11.6	空间信息的可视化	(230)
11.7	结语	(233)
参考文献		(235)

第一章 前言

1.1 概述

人类社会从远古走来,经历了漫长的发展过程,创造出灿烂的精神文明和物质文明。然而历史的长河深邃、悠长,人们对自身的发展过程却知之甚少,需要通过考古学研究手段,对古人遗留的文化遗产进行复原和研究,揭示古代文明发展和演变的过程。

考古学是通过考察古代人类各种活动遗留下来的实物来研究古代人类社会历史的一门科学。考古学研究就是对古代人类历史活动中残留的遗址、遗迹、遗物等进行田野调查、发掘等,测量和提取各种遗迹和器物的特征及其空间分布状况、周围环境特征等信息。然后运用多种分析手段,对获取的大量数据、资料等信息进行分析和处理,模拟和重建当时的社会、文化特征,探讨历史演变进程。

田野考古调查的基本目的是寻找和发现古代遗址,具有工作周期短、投入小、覆盖面大等优点,可以在较短时间获得大范围的考古资料,已经成为考古学研究的重要部分。田野调查中需要记录调查路线、遗址中心位置、海拔、地形和环境特征、遗址范围等空间信息。对于较为重要的遗址应该测绘遗址的地形图,在较小比例尺地形图上标注遗址的位置以及与水系等的关系,并且表现遗址的微地貌特征、文化堆积暴露的地点、遗迹遗物的分布情况、实施采集的区域和钻探位置等等。后续整理时还需要绘制一些采集的典型器物图形。

考古发掘的最终要求是能够利用发掘资料复原出遗址的形成过程,但受到发掘时技术水平和认识程度的制约,任何一项发掘都可以说是对遗址的破坏,很多空间信息都会随着发掘的进行而消失。所以考古发掘现场空间信息的提取就显得尤为重要,一般都需要测绘遗址地形图、发掘区总平面图、层面图、探方平面图、探方地层剖面图、单项遗迹图、遗迹细部图、遗物图等等,以便精确记录各种遗迹和遗物的位置和形状,弥补文字记录的一些不足之处。

鉴于考古调查和发掘中对空间信息技术的大量需求,很多国家的考古机构都采取相应的方式,记录各种空间数据。日本学者在发掘考古遗址前都会进行控制测量,在统一的坐标系统中对发掘区进行探方布设,然后在整个发掘过程中利用测量控制系统对随时出现的各种遗迹和现象进行空间信息采集。正是由于日本学者在考古发掘时进行了精确的测量控制,一些遗址中经常会在多年之后对同一个探方进行第二次甚至多次发掘。

2000年,瑞典国家遗产部考古发掘局研发了数字田野考古建档系统 Intrasis,各种考古发掘信息都可以存入这个基于地理信息系统(GIS)的数据库之中。针对不同考古发掘计划往往需要不同的数据库,Intrasis系统一般提供几个不同的数据库模板,以备考古学家根据研究项目的需求来进行选择。根据全站仪或GPS测量每个遗迹点的精确坐标,测量的数据可以自动转换并输入到Intrasis的遗址数据库之中,并且能够生成图形文件。田野工作中的各种数据、研究资料和计算结果数据都可以输入到Intrasis中,全部数据整合在一起就有可能进行GIS分析,开展多学科的研究,了解遗迹特征,揭示遗物内涵,实现预期的考古学研究目标。

我国考古调查和发掘中传统的资料信息收集、记录主要依赖简易工具测量、手工绘图和记录,由于因人而异,详略不同,标准很难一致。加之人员更替等原因,同一遗址的不同时期、不同发掘者经手的资料之间往往缺乏必要的连贯性和整体性,显得支离破碎,难以整合。探方的布设与遗迹绘图往往只是使用皮尺等简单测量工具来完成,成图的精度很低,几何变形严重,参与考古发掘的人员几个月后往往很难找到上次发掘探方的具体位置。现在国内很多考古队虽然配备了电子全站仪等先进设备,能够采集精确的点位坐标,但电子全站仪的操作和使用很不规范,数据处理方式落后,不能满足现代考古学研究的需要。而且现在考古研究中很少应用其他先进的测绘技术和设备,很多空间信息不能及时提取,造成极大的信息资源浪费。同时数据之间的检索与查询极为不便,多重信息不能进行空间分析、三维模拟和集成研究,数据的利用率很低。为此,如何更好地将多重空间信息技术有机地集成到考古学研究和文化遗产保护中便具有重要意义。

1.2 考古中测绘、遥感与地理信息系统的集成

1.2.1 测绘技术

测绘技术是信息产业中的重要组成部分,在文物考古工作中同样具有重要的地位。测绘技术的分支学科很多,涉及面较为广泛,考古工作中主要运用其中的电子全站仪测绘、卫星定位技术和数字摄影测量等技术。

电子全站仪是近年普遍使用的一种新型测量仪器,能够方便、快捷地进行高精度的角度、距离、高程、坐标等测量,能够满足各种文物考古测绘工作的需要,并可以与电子计算机联机作业,配合相应的测量软件,自动将电子全站仪测量数据传输到计算机中进行成图。测量的图形能够根据需要以多种形式和多种比例尺打印输出,还能够输入到地理信息系统中作为基本数据底图使用。

卫星定位系统是以人造卫星网为基础的无线电导航定位系统,一般包括空间卫星系部分、地面控制部分和用户接收部分。卫星定位系统通过空间卫星向地面接受设备发送特殊定位信息的无线电信号来实现定位测量工作,地球上任何地点和任何时刻,能同时接收到至少4颗全球定位系统的卫星发出的信号,达到连续定位的要求。

摄影测量技术能够建立数字高程模型(DEM),并由数字高程模型提取等高线和制作正射影像图,进而可以生成三维影像图,进行多图像的无缝拼接。这项技术能够对遗址、发掘区域、石刻、造像、古建筑乃至器物进行测绘,提供地面或石刻、造像、古建筑立面的各种线划图、高程模型、正射影像图和三维影像图等产品,满足各种文物考古工作的需要。

伴随着测绘设备和技术的更新,测绘成果也由单一的线划图发展到数字线划图、数字栅格图、数字正射影像图、数字地面模型等多种品种并存。为考古学研究和文物保护工作信息化进程提供有力的支持。

1.2.2 遥感技术

遥感技术是运用计算机图形图像处理技术,对考古遗址的遥感影像进行增强、处理和分析,判定遗迹或现象的位置、形状、深度等特征,

进行遗址探查、测量、三维建模等工作,为考古勘探和研究提供重要线索。遥感数据处理中的影像纠正技术,还能够用于石窟、古建筑以及文物影像的纠正,得到相应的正射影像图。

考古遗址的遥感影像中包含有丰富的地面信息,通过对其中植被、水体、土壤、岩石等图案特征的分析,可判读出地面或浅表地层中的遗迹情况。这是因为遗迹与其周围环境土壤等在结构方面的差异,导致土壤色泽与含水量的差异、植被生长分布异常、土壤侵蚀差异、特殊的微地貌特征等等,它们在遥感影像中都会以特定的图案显示出来,形成考古遗迹的影像标志,为遥感影像的解译提供了依据。

遥感影像的视野开阔,信息丰富,资料规范,适合于计算机的分析和处理,具有速度快、周期短、方法灵活等特点。

1.2.3 地理信息系统技术

考古调查和发掘中获得的资料都具有空间属性,一个考古遗址的位置和范围可以使用空间数据来表示,考古遗址内的遗迹、现象乃至一件器物或陶片也都可以用准确的数据来表示各自的空间位置。GIS 技术正是从考古遗迹或现象的空间位置出发,建立多重空间信息与属性信息并存的数据库和图形图像库,从而能够方便地进行分层或综合显示、查询、模拟各类数据信息,直观、简洁地复原当时的社会状况。

GIS 技术具有空间信息显示和查询、图文互访、修改编辑、图形图像生成与输出、多重数据的访问和显示等功能,同时还具有多重空间分析功能,特别是在区域考古研究中,可以分析一个完整区域中考古聚落的分布与演变特征,探究古人与自然环境之间的依赖与改造关系。

1.2.4 考古中测绘、遥感与地理信息系统的集成

考古研究中测绘、遥感与地理信息系统三者集成运用,构成整体、实时和动态的观测、分析和应用运行系统。在三者的集成中,测绘、遥感和地理信息系统分别充当不同的角色,相互依存,互为补充,提高了考古资料的精度和利用效率。

遥感技术能够接收高分辨率、高光谱、高时相的遥感影像,对考古遗址进行数字摄影测量,勘探地下未知遗迹,实时掌握考古遗址及其周边环境的变化特征,是信息提取与分析的主要手段,为 GIS 数据的动态更新和综合分析提供保障。遥感能够及时、正确、综合和大范围地为

GIS 提供各种数据,增加考古 GIS 的活力和应用深度,掌握考古遗址随季节的信息变化特征。在区域考古调查与研究中,遥感技术能够迅速获取整个区域的多种遥感影像资料,展示古代聚落与周围环境因素的依存关系。

测绘技术能够获取考古遗迹精确的空间位置数据,与遥感技术获取的数据既具有各自独立的功能,又能够互相补充和完善。测量所得的地面点位坐标数据,能够作为遥感影像的地面控制点信息,对遥感影像进行精确的几何校正与配准,为遥感数据实时、快速地进入 GIS 系统提供了可能,保证考古遗址的遥感数据与地面监测、调查等数据能够动态地配准、动态地进入考古 GIS 数据库。地面测绘获取的地形数据和地学编码信息,以及考古遗迹边界等的测绘数据,输入 GIS 之后可以进行面积、距离的计算,获取不同剖面的图形,进行空间分析与模拟。

GIS 是三者技术的核心和灵魂,能够将遥感的栅格数据与测绘等生成的矢量数据进行空间叠置,具有对多重信息进行存储、检索、分析、模拟、输出等功能,提高了遥感与测绘等数据分析功能和分析精度,实现技术集成的最终功能。

考古测绘、遥感与地理信息系统技术的集成是当前空间信息技术与考古学研究、遗产保护等领域发展的必然趋势,是文化遗产中空间数据采集、更新、处理、分析与研究的强大技术支持体系,能够确保快速准确地获取文化遗产的信息,对数据进行动态更新,产生工作中所需的各种图件,最终提出决策实施方案。

第二章 地形图测图总论

2.1 测量学概述

测量学是研究测定和推算地面点的几何位置、地球形状及地球重力场,据此测量地球表面自然形态和人工设施的几何分布,并结合某些生活信息和自然信息的地理分布,编制全球和局部地区各种比例尺地图的理论和技术的学科。它包括测量和制图两项主要内容,也称为测绘学。测量学是以地球表面为研究对象,为人们提供地表形态和地貌信息的一门应用科学,测量学的研究内容主要包括以下几个方面。

2.1.1 大地测量学

研究测定地球表面较大范围甚至整个地球的形状及地球重力场,地球椭球参数,以及地面点几何位置的理论和方法,分为常规大地测量学和卫星大地测量学。测量学首先要研究和测定地球的形状、大小及其重力场,并在此基础上建立一个统一的坐标系统,用以表示地表任一点在地球上的准确几何位置。地球的外形非常近似于一个椭球,在测绘学中即用一个同地球外形极为接近的旋转椭球来代表地球,称为地球椭球。地面上任一点的几何位置即用这点在地球椭球面上的经纬度和点的高程表示。

2.1.2 普通测量学

研究地球表面局部区域内测量工作的基本理论、仪器和方法的学科,是测量学的基础部分。局部区域是指在该区域内进行测量、计算和制图时,可以不顾及地球的曲率,把该区域内的地面简单地当作平面处理,而不致影响测图的精度。有了大量地面点的平面坐标和高程,就能以此为基础进行地表形态的测绘工作。其中包括地表的各种自然形态,如水系、地貌、土壤和植被的分布;也包括人类社会活动所产生的各种人工形态,如境界线、居民地、交通线和各种建筑物的位置。

普通测量学研究的主要内容,是局部区域内的控制测量和地形图测绘。基本工作包括角度测量、距离测量、高程测量和地形图测绘。此外,应用普通测量学的方法、技术和仪器还可进行考古发掘前探方布设等工作。

2.1.3 摄影测量学

利用光学摄影机摄得的像片,研究确定被摄物体的形状、大小和位置的理论与技术的一门学科。随着遥感技术的发展,摄影测量学的定义应该为:根据摄影像片和各种传感器从宇宙空间对地面进行遥感(可见光、红外和微波等辐射能)所得的各种图像记录,研究对其进行处理、量测和判读的理论和方法,以确定物体的形状、大小、性质、位置及其环境的可靠信息的一门科学。

摄影测量学以前主要用于测绘地形图,即根据从地面上或空中摄站摄得的地表影像进行量测,以获得地物、地貌或解决工程建设中的某些问题。随着科学技术特别是遥感技术的发展,摄影方式和研究对象日趋多样,摄影测量已经在许多领域得到应用。从本质上说,摄影测量学是一门以影像(图像)计算与判读为基础的信息采集与处理的科学。

摄影测量的作业方式一般为立体摄影测量,其中包括模拟式、解析式和数字式三种。模拟式是依据摄影过程中几何反转的原理,按人工立体效应的要求,利用立体像对在仪器上经过相对定向和绝对定向建立起立体几何模式,然后对其进行测量,勾绘等值线,以获得点位坐标 X 、 Y 、 Z 和等值线图等成果。解析式是采用模拟式测量的原理,运用解析测图仪,在计算机的配合下完成立体摄影测量工作。数字式则是运用立体摄影测量软件,在计算机中采用数字影像相关技术来实现立体量测和等值线勾绘。

2.1.4 工程测量学

各项经济建设和国防工程建设的规划设计、施工和部分建筑物建成后的运营管理中,都需要一定的测绘资料或利用测绘手段来指导工程的进行,监测建筑物的变形。这些测绘工作往往要根据具体工程的要求,采取专门的测量方法,有时需要特定的高精密度或使用特种测量仪器。

2.1.5 海洋测绘学

在海洋环境中进行的测绘工作,同陆地测量有很大的区别。测量工作主要在船上进行,并且大多采用声学或无线电方法。所以,海面上的定位、海底控制网的建立、海面形态和海底地形测量、海洋重力测量以及海图编制等都不同于陆地的同类工作。此外,海图同陆地的地图在用途上也不尽相同。

2.1.6 地图制图学

研究地图投影、地图编制、地图整饰和地图制印等项工作的理论和技术。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。测图过程所得到的成果只是地形原图或海图的原图,还要经过编绘、整饰和制印,或增加某些专门要素,才能形成各种比例尺的地形图或海图以及各种专题地图。

2.1.7 测量学发展概况

测量学有着悠久的历史。古代测绘技术起源于水利和农业。古埃及尼罗河每年洪水泛滥,淹没了土地界线,水退以后需要划界,从而开始了测量工作。中国司马迁在《史记·夏本纪》中叙述禹受命治理洪水的情况:“左准绳,右规矩,载四时,以开九州、通九道、陂九泽、度九山”。说明在公元前很久,中国人为了治水,已经开始使用简单的测量工具。17世纪之前,人们使用简单的工具,如中国的测绳、矩尺和圭表等进行测量。约1730年,制成了第一架经纬仪,大大促进了三角测量的发展。18世纪又发明了时钟,解决了经度测定的问题。19世纪中叶创立了摄影测量方法,出现了立体坐标量测仪。到20世纪初,发展了航空摄影测量的方法,野外的部分测量工作转移到室内完成;60年代以后,测绘仪器的电子化和自动化以及多种空间技术的出现,实现了作业的电算化和自动化,提高了测绘成果的质量和精度。特别是近二十年来,电子水准仪、电子经纬仪、电子全站仪、自动绘图仪以及卫星定位系统(SPS)和数字摄影测量等技术的发展,使传统的测绘学理论和方法发生了巨大的变革,测绘的对象由地球扩展到月球和其他星球,测绘的成果也由单一的线划图发展到数字线划图(DLG)、数字栅格图(DRG)、数字正射影像图(DOM)、数字高程模型(DEM)(4D产品)等

多种品种并存。

2.2 地球的形状与大小

测量学的主要研究对象是地球自然表面,地球自然表面有着众多的高山、丘陵、平原、湖泊、海洋等起伏形态,是一个形状极为复杂的曲面。地球上海洋面积约占总面积的 71%,可以说海水的形状表现了地球的基本形状,而且大陆的最高山峰(我国珠穆朗玛峰)高出海水面 8844 米,最深的海沟(太平洋西部的马里亚纳海沟南端)低于海水面 11034 米,它们与地球半径 6300 多公里相比,分别相当于地球半径的 1.5‰和 1.8‰,所以能够简单地定义地球的形状,建立起测量的基准面。在测量学中,设想完全处于静止状态的平均海水面,向大陆下延伸所形成的一个封闭曲面,称为大地水准面,它所围成的形体称为大地体,用来近似表示地球的形状。

由于地球外壳物质分布不均匀以及地面起伏等因素的影响,重力方向常发生局部性的变化,大地水准面也随之产生微小的起伏,成为一个不规则的曲面,如果将地球表面上的点投影到这样的不规则曲面上,计算起来仍然非常困难。因此必须用一个与大地水准面极为近似、并可以用数学公式表示的规则球面来代替,这个规则球面的球体称为地球椭球体(图 2.1)。

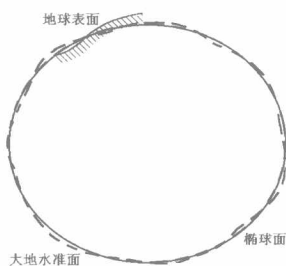


图 2.1 地球表面与
大地水准面

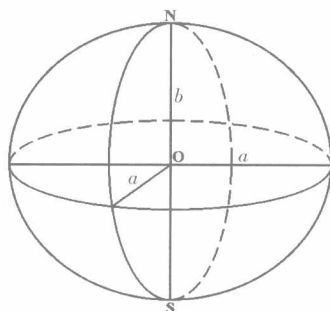


图 2.2 地球椭球体

椭球体是围绕椭圆的短轴 NS 旋转而成的(图 2.2),经过旋转轴 NS 的平面与椭球面相截的曲线是一个椭圆,垂直于旋转轴的平面与椭球面相截的曲线是一个圆。决定地球椭球体的形状和大小的参数为长半轴

a 和短半轴 b , 以及由此计算出的另一参数:

$$\text{扁率 } f = \frac{a - b}{a}$$

由于参考椭球体的扁率很小, 当测区面积较小时, 在一些测量工作的计算中可以把地球当作圆球看待, 其半径为: $R = \frac{1}{3}(2a + b) = 6371$ 公里。

我国目前所采用的参考椭球体为 1980 年国家大地测量参考系, 其中长半轴 $a = 6378140$ 米, 短半轴 $b = 6356755.3$ 米, 扁率 $f = 1:298.257$ 。

2.3 地面点位的确定

地面点的位置用坐标法确定。测量学中常常把地球自然面上的点沿铅垂线方向投影到椭球面上, 并在椭球球面上建立坐标系来确定它们的位置; 再确定地面点到大地水准面的铅垂距离, 即地面点高程。

2.3.1 天文地理坐标系

在图 2.3 中, O 为椭球球心, NS 为椭球的旋转轴, 旋转轴与球面的交点为北极 N 和南极 S 。通过椭球的旋转轴可作无数个平面, 每一个平面都称为子午面, 子午面与球面的交线称子午线。其中通过原格林尼治天文台的子午面为起始子午面, 天文经度向东西计算, 由 0° 到 180° , 起始子午面以东称为东经, 以西称为西经。A 点的天文经度 λ 就是通过该点及其铅垂线的子午面与起始子午面的夹角。同时, 垂直于

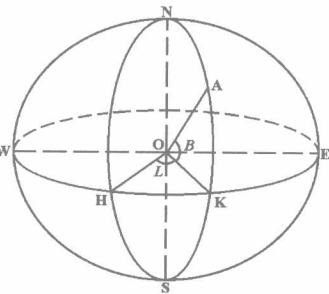


图 2.3 地理坐标系

椭球旋转轴也可作无数个平面, 它们与椭球面的交线称为平行圈或纬线, 其中过球心的垂直面称为赤道面, 赤道面与球面的交线称赤道。天文纬度是以赤道面为纬度起始面, 向两极计, 由 0° 到 90° , 赤道以南称为南纬, 以北称为北纬。A 点的天文纬度 φ 是过 A 点的铅垂线与赤道面之间的交角。天文地理坐标可以在地面点上通过天文测量的方法测定。

2.3.2 大地地理坐标系

在测量学中,点在椭球面上的位置用大地坐标即大地经度 L 和大地纬度 B 表示。图 2.3 中 A 点的大地坐标根据 A 点的椭球面法线确定,即在椭球面上的 A 点作一与椭球相切的平面,再过 A 点作一垂直于该平面的直线,这条直线称为 A 点的椭球面法线。A 点大地经度 L 就是通过 A 点的法线及椭球旋转轴的子午面与起始子午面的夹角;大地纬度 B 就是 A 点的椭球面法线与赤道面的交角。大地经纬度根据一个起始的大地点(称为大地原点,该点的大地经纬度与天文经纬度相一致)的大地坐标,按大地测量结果的数据推算得到。

由于天文坐标和大地坐标选用的基准线、基准面不同,所以同一点的天文坐标与大地坐标不一样,同一点的垂线和法线也不一致,因而产生垂线偏差。采用不同的椭球时,大地坐标也不一样。

2.3.3 球心坐标系

随着卫星大地测量的发展,需要使用球心空间直角坐标系来表示空间一点的位置。这种坐标系的原点设在椭球的中心, x 、 y 轴在椭球的赤道面内,而且 x 轴通过起始子午面, z 轴与椭球旋转轴一致(图 2.4)。所以地球上任意一点 A 点的空间位置都可以用三维直角坐标 x_A , y_A , z_A 表示。

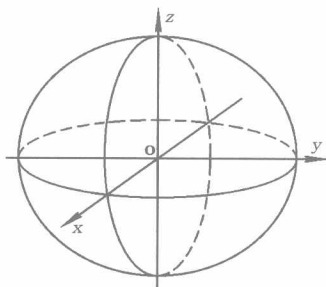


图 2.4 球心坐标系

卫星定位系统一般是采用球心坐标系,即 WGS-84(World Geodetic System 1984)坐标系,是世界大地坐标系,其坐标原点在地心,采用 WGS-84 椭球。

2.3.4 高斯平面直角坐标系

采用球心坐标系或地理坐标系确定的点位一般适用于少数高级控制点,而对于大量的地面点位来说则显得很直观,而且计算极为不便,测量的计算和绘图最好是在平面上进行。但是地球表面是一个不可展开的曲面,球面上的点需要通过地图投影的方法化算到平面上。地图投影的方法很多,我国采用高斯地图投影的方法。