

Yuanlin Gongcheng Celiang

园林工程 测量

赵 群 © 主编

 气象出版社
China Meteorological Press

园 林 工 程 测 量

主 编 赵 群
副主编 杨 艳 戴智勇
参编者 王艳东



 气象出版社
China Meteorological Press

内 容 简 介

本书主要讲述了测量工作的基本内容、基本原理及其在园林建设中的应用。全书共分十二章,具体内容包括:园林工程测量的基本工作;园林工程测量及其误差的基本知识;常规及新型仪器的使用方法;小地区控制测量;地形图测绘及其应用;现代测绘技术;园林规划设计测量;园林工程施工测量等。本书可作为高等院校园林、林学、果树等有关专业的测量学课程的基本教材,也可作为园林规划、设计及管理单位工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

园林工程测量/赵群主编. —北京:气象出版社,2009.8

ISBN 978-7-5029-4869-6

I. 园… II. 赵… III. 园林-工程测量
IV. TU986.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 207958 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:方益民 王小甫

封面设计:博雅思企划

印 刷:北京昌平环球印刷厂

开 本:750mm×960mm 1/16

字 数:310 千字

版 次:2009 年 8 月第 1 版

印 次:2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价:25.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@263.net

终 审:纪乃晋

责任技编:吴庭芳

印 张:13.75

印 数:1~4000

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

前 言

本教材在广泛收集和查阅了大量测量及在园林应用方面的相关资料的基础上,结合现代测绘技术的发展趋势,对传统和现代的测量仪器及园林工程测量技术做了适当的介绍。

本教材针对园林、园艺专业人才的需要而编写。教材主要内容注重基本理论与实践应用的介绍,尤其是将测量在园林中应用分为园林规划设计测量和园林工程施工测量来编写,使学生及工程技术人员能够更好地学习和掌握这门技术。本教材内容在选材和表达上尽量做到简明通俗,注重实用性,适合于初、中、高级技术人员和大专院校师生参考和阅读。

本书共分十二章,第一章到第三章由戴智勇编写,第四章到第六章由北京昌平区园林规划处杨艳编写,第七章由北京昌平园林规划处王艳东编写,第八章到第十二章由赵群编写。书中部分图、表和统稿由赵群、戴智勇、杨艳、王艳东整理。

由于编者水平和时间有限,书中难免有错误和不当之处,敬请读者给予批评指正。

编 者

2009年6月1日

目 录

前言

第一章 绪论	(1)
第一节 测量学概述	(1)
第二节 地面点位置的确定	(7)
第三节 测量工作的基本内容和原则	(11)
第二章 距离丈量与直线定向	(13)
第一节 距离丈量	(13)
第二节 视距测量	(20)
第三节 直线定向	(25)
第三章 水准测量	(31)
第一节 水准测量原理	(31)
第二节 水准仪和水准尺	(32)
第三节 水准测量的方法	(35)
第四节 水准测量的校核方法	(38)
第五节 水准仪的检验与校正	(41)
第六节 水准测量的误差及注意事项	(44)
第七节 各种水准仪简介	(46)
第四章 角度测量	(51)
第一节 水平角测量原理	(51)
第二节 光学经纬仪	(51)
第三节 经纬仪的使用	(54)
第四节 水平角测量	(55)
第五节 竖直角测量	(58)
第六节 经纬仪的检验	(60)
第七节 角度测量误差及注意事项	(62)

第五章 测量误差基本知识	(66)
第一节 测量误差	(66)
第二节 衡量观测值精度的标准	(70)
第三节 误差传播定律	(72)
第四节 等精度直接观测平差	(76)
第五节 测量平差与最小二乘法原理	(80)
第六章 小地区控制测量	(85)
第一节 控制测量概述	(85)
第二节 导线测量	(88)
第三节 交会测量	(99)
第四节 高程控制测量	(105)
第七章 大比例地形图测绘	(113)
第一节 地形图的基本知识	(113)
第二节 地形图测量	(118)
第三节 地形图绘制	(121)
第八章 地形图及其应用	(123)
第一节 概述	(123)
第二节 地形图的一般应用	(128)
第三节 地形图在工程中的应用	(129)
第九章 全站仪	(137)
第一节 全站仪构造	(137)
第二节 全站仪的使用	(139)
第三节 全站仪测量	(147)
第十章 现代测绘技术	(151)
第一节 概述	(151)
第二节 全球定位技术及应用	(152)
第三节 手持 GPS 机使用	(159)
第四节 静态 GPS 机使用	(161)
第五节 地理信息系统	(163)
第十一章 园林规划设计测量	(168)
第一节 土地平整测量	(168)
第二节 线路中线测量	(172)
第三节 线路纵断面测量	(178)

目 录

第四节	线路横断面测量·····	(181)
第五节	园林渠道设计·····	(184)
第十二章	园林工程施工测量 ·····	(188)
第一节	测设的基本工作·····	(188)
第二节	点的平面位置测设·····	(191)
第三节	施工控制测量·····	(194)
第四节	园林道路施工放样·····	(195)
第五节	园林建筑施工测量·····	(200)
第六节	公园水体、堆山和平整场地的放样 ·····	(205)
第七节	园林植物种植放样·····	(206)
第八节	园林工程的竣工测量·····	(210)
参考文献	·····	(212)

第一章 绪 论

第一节 测量学概述

一、测量学的定义

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面、水下及空间点位的科学。它的主要内容包括两部分,即测定和测设。测定是指用测量仪器对被测点进行测量、数据处理,从而得到被测点的位置坐标,或根据测得的数据绘制地形图;测设是指把图纸上设计好的工程建筑物、构筑物的位置通过测量在实地标定出来。

自 20 世纪 90 年代起,世界各国将大学里的测量学(Surveying 或 Geodesy)专业、测量学机构和测量学杂志都纷纷改名为 Geomatics。Geomatics 是一个新造出来的英文名词,以前的英文词典中找不到此词,因此也没有与之对应的汉译名词。1993 年 Geomatics 才第一次出现在美国出版的 Webster 词典(第 3 版)中,其定义为:Geomatics 是地球的数学,是所有现代地理科学的技术支撑。接着,1996 年国际标准化组织(ISO)对 Geomatics 定义为:Geomatics 是研究采集、量测、分析、存储、管理、显示和应用空间数据的现代空间信息科学技术。Geomatics 由 Geo 和 matics 两部分构成,根据上述两个定义,Geo 可以理解为地球或地学,更准确地应理解为 Geo-spatial(地球空间)的缩写,matics 可以理解为 Informatics(信息学)或 Mathematics(数学)的缩写。从 Geo-matics 的兴起可以看出,借助现代科学技术且适应现代社会需求,测量学已发展成为另外一门新的科学:地球空间信息学。我国权威部门对 Geomatics(测绘学)的定义是,研究与地球有关的基础空间信息的采集、处理、显示、管理、利用的科学与技术(全国科学技术名词审定委员会公布《测绘学名词》,2002)。这是对 Geomatics 的更全面阐述。

二、测量学的任务与作用

测量是国家经济建设和国防建设的一项重要基础性、先行性工作,通过测量,对地球的形状、大小、地壳形变及地震预报等进行科学研究,建立国家基本控制网,提供各种地形图,为各项工程建设提供基本定位控制、地形测图和施工放样,为空间科技和国防建设提供精确的点位坐标和图纸资料。

在经济建设中,资源勘察、城乡建设、交通运输、江河治理、土地整治、环境保护、行

政界线勘定都需要测量,例如,港口、水电站、铁路、公路、桥梁、隧道的建造,给水排水、燃气管道等市政工程的建造,工业厂房和民用建筑的建造等。在它们的规划设计阶段,需要测绘各种比例尺的地形图,以供工程的平面和竖向设计之用;在它们的施工阶段,必须通过测量将设计好的构筑物的平面位置和高程在实地标定出来,作为施工的依据;在它们竣工以后,需测绘竣工图,以供日后进行扩建、改建和维修之用;在它们运营管理阶段,还需要进行长期的变形观测,以保证工程的安全。在国防建设中,国界勘定、军用地图测制、航天测控等都离不开测量。例如,远程导弹、人造卫星或航天飞船的发射,必须通过测量保证它们精确入轨,在飞行过程中根据测量随时校准轨道位置,最后准确地命中目标或就位。在科学研究方面,对地壳升降、海陆变迁、地震监测、灾害预警、宇宙探测等的研究,高能物理研究中的巨型粒子加速器和质子对撞机的精密安装等,也都依赖于测量技术。另外,目前地理信息系统正广泛地应用于各行各业,测量成果作为地理信息系统的基础,提供了最基本的空间位置信息,同时,测量也是将来不断更新基础地理信息必不可少的手段。

三、测量学的分类

测量学包括普通测量学、大地测量学、摄影测量学、工程测量学和海洋测量学等分支学科。

普通测量学是在不顾及地球曲率的情况下,研究地球表面较小区内测绘工作的理论、技术和方法的学科,是测量学的基础。

大地测量学是研究整个地球的形状、大小和地球重力场,在考虑地球曲率的情况下,大范围建立测量控制网的学科。根据测量的方式不同,大地测量学又分为常规大地测量学和卫星大地测量学。

摄影测量学是通过摄影、扫描等图像记录方式,获取目标模拟的和数字的影像信息,并对这些影像信息进行处理、判释和研究,从而确定被摄目标的形状、大小、位置、性质等理论、技术和方法的学科。根据摄影的方式不同,摄影测量学又分为地面摄影测量学、航空摄影测量学和遥感学。

工程测量学是研究各种工程建设在勘测、设计、施工和运营管理阶段所进行的测量工作的学科。根据测量的工程对象不同,工程测量学又可分为土木工程测量、水利工程测量、矿山工程测量、线路工程测量、地下工程测量和精密工程测量等。

海洋测量学是研究测量地球表面各种水体(包括海洋、江河、湖泊等)的水下地貌的学科。

四、测量学的发展简史与趋势

测量学是伴随人类对自然的认识、利用和改造过程发展起来的。中国是一个文明古国,测量技术在中国的应用可追溯到 4000 年以前。在 2000 多年以前,我国古代人已

经认识并利用天然磁石的磁性,制成了“司南”(磁罗盘)用于确定方向;相传大禹治水时就已经制造出“准绳”、“规矩”等测量工具,用于治水工程测量中。这说明 2000 多年前中国已经开始使用测量工具。

在地形图测绘方面,早在公元前 2 世纪,我国古人就已经能在锦帛上绘制有比例和方位的地图。长沙马王堆汉墓出土的公元前 2 世纪的地形图、驻军图和城邑图,是迄今发现的世界上最古老、翔实的地图。魏晋的刘徽在《海岛算经》中阐述了测算海岛之间距离和高度的方法。我国西晋初年裴秀编绘的《禹贡地域图》被认为是世界上出现最早的地图集。

公元 724 年,唐代高僧一行主持了世界上最早的子午线测量,在河南平原地区沿南北方向约 200 km 长的同一子午线上选择 4 个测点,分别测量了春分、夏至、秋分、冬至 4 个时段正午的日影长度和北极星的高度角,且用步弓丈量了 4 个测点间的实地距离,从而推算出北极星每差 1 度相应的地面距离。在阿拉伯地区,尼罗河泛滥也促进了测量的发展,由于尼罗河河水泛滥后恢复农田地界,就需要进行简单的土地测量。在 8 世纪,我国的南宫说在今河南境内进行了子午圈实地弧度的测量;在 16 世纪,随着制造技术的发展,已经开始利用仪器直接测绘图件,再缩绘为不同比例的地图。例如,我国清初康熙年间,首次用仪器测绘完成了《皇舆全览图》。

人类对地球的认识也是一个逐步完善的过程。在西方早在公元前 6 世纪,古希腊的毕达哥拉斯就提出了地球体的概念;200 多年后,亚里士多德进一步论证了地球体的形状;到 17 世纪末,牛顿和惠更斯提出了地扁说,在 18 世纪中期得到法国科学院的测量证实,使人类认识到地球为一椭球体;1873 年利斯廷提出了大地水准面的概念,以大地水准面形成的封闭球体来描述地球形状;1945 年,前苏联的莫洛斯基创立了用地面重力测量数据直接研究真实地球表面形状的重力测量理论。由此,人类对地球的认识,经历了由粗浅到逐渐精确的过程。

近代测绘学是随着经纬仪和水准仪等测量仪器的出现而由西方国家率先建立和发展起来的。在新中国成立以前,我国的测绘技术曾长期处于落后状态。1933 年,同济大学在国内设立了测量系,以培养测绘专门人才。解放后,测绘科学技术得到了快速发展。1954 年,我国建立了 1954 北京坐标系,1956 年建立了黄海高程系统;1958 年,我国颁布了 1:1 万,1:2.5 万,1:5 万,1:10 万比例尺地形图测绘基本原则(草案);自 1988 年起,我国采用了新的国家高程基准,并在青岛建立了国家水准原点(见图 1-1)。同时,在陕西泾阳县永乐镇建立了新的大地坐标原点(见图 1-2),采用 IUGG75 参考椭球,建立了我国独立的参心坐标系(称为 1980 西安坐标系),为建立全国测绘控制网奠定了基础。

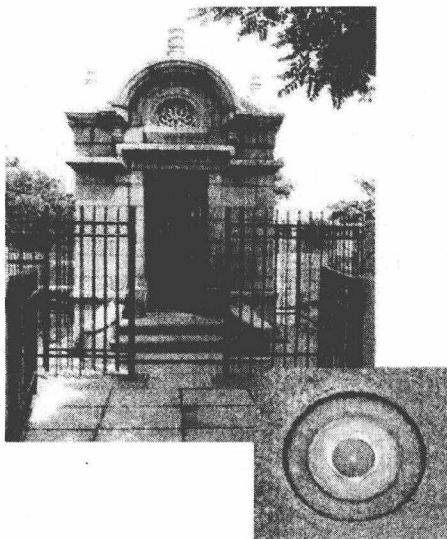


图 1-1 国家水准原点

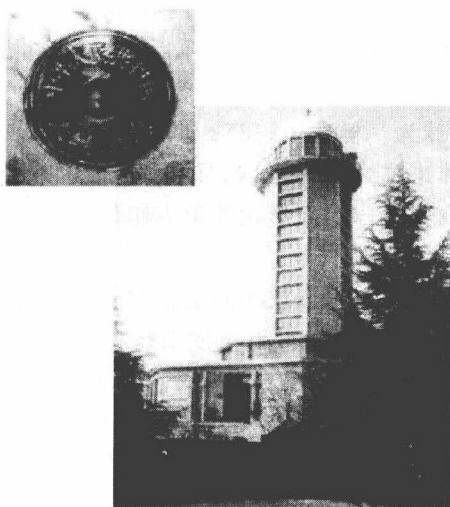


图 1-2 国家大地坐标原点

20 世纪 70 年代以来,随着电磁波测距技术、激光技术和航空摄影技术的发展,以光电测距仪、电子经纬仪、激光指向仪、陀螺定向仪、全站仪、立体摄影量测仪等为代表

的现代测绘仪器的出现,使测绘技术和手段取得了突破性进展,极大地提高了测绘工作的精度和作业效率。进入 90 年代后,随着空间科学技术、计算机技术和信息科学的迅速发展,以全球定位系统(GPS)、遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术为代表的“3S”高新技术,推动现代测绘科学进入飞速发展阶段,当代测绘学无论从数据采集、处理、储存、图形显示等各个方面都发生了根本性的变革,测绘科技的服务领域已从专业部门和单位服务,开始拓展到面向公众服务。下面简单介绍“3S”测绘新技术及其应用。

全球卫星定位系统(GPS)是 20 世纪 70 年代美国军方组织开发的军事导航和定位系统,80 年代初开始用于大地测量。其基本原理是电磁波数码测距定位,即利用分布在 6 个轨道上的 24 颗 GPS 卫星(见图 1-3),将其在参照系中的位置及时间数据电文向地球播报,地面接收机如果能同时接收 4 颗卫星的数据,就可以解算出地面接收机的三维位置及接收机与卫星时差 4 个未知数。由于其作业不受气候影响,定位精度高且非常可靠,已被广泛地用于测绘领域。



图 1-3 GPS 卫星系统示意图

遥感(RS)是利用电磁波对观察对象进行非接触的感知,获取其几何空间位置、形状、物理特征等信息。由于遥感设备大多安置在飞机和卫星等高速运转的运载工具上,因此,可在大范围内采集地球上的相关信息,为全面和高效率地观察地球提供了新的技术手段。近年来随着遥感图像分辨率的不断提高,民用遥感图像的几何分辨率已经达到分米级,显示出遥感技术在测绘领域的巨大应用前景。图 1-4 为北京奥体中心的遥感图像。

地理信息系统(GIS)是在计算机技术支持下,将各种地理空间信息进行输入、存储、检索、更新、显示、制图,并与其他相关专业系统和咨询系统相结合建立的综合应用系统。通过 GIS 系统,利用互联网可实现地理信息数据共享,为政府、各种社会经济组织,乃至个人的地理信息需求提供服务。图 1-5 为一种提供定位导航服务的车载 GPS 系统示意图。

所谓“3S”技术集成,是利用 GPS 实时高精度定位,RS 获取大面积的遥感图像,构成实时动态地理空间信息,采用 GIS 技术构建地理空间信息综合系统,通过互联网提供实时高效的地理空间信息服务。因此,“3S”技术集成是国内外测绘学科发展的趋

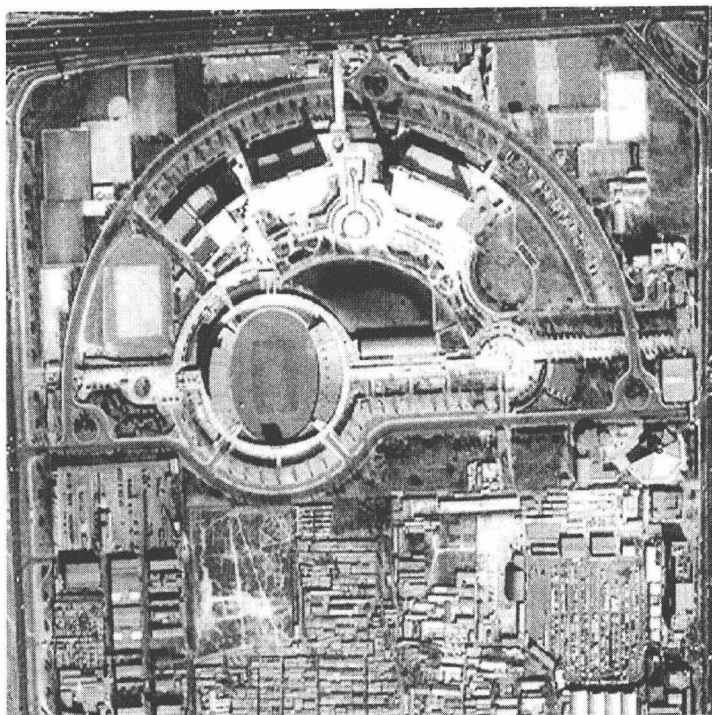


图 1-4 北京奥体中心遥感图

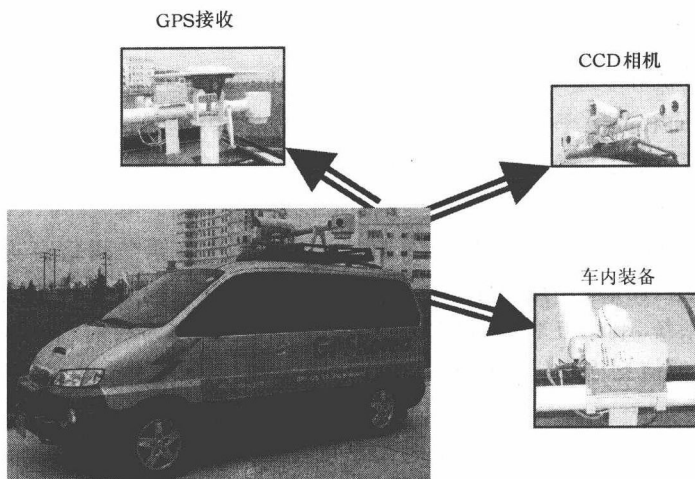


图 1-5 车载 GPS 系统示意图

势,将使测绘科技在社会经济发展中的作用和地位得到空前的提升,并最终发展成为完善的地球空间信息科学。

第二节 地面点位置的确定

一、地球的形状和大小

地面点位置的确定,需要建立全球性的参照系。要确定全球参照系,就要研究地球的形状和大小。地球表面分布着高山、丘陵、平原、海洋等复杂的地形地貌。地球上最高的珠穆朗玛峰,高出平均海平面 8844.43 m(2005 年 10 月公布),最低的马利亚纳海沟,大部分低于平均海水面 8000 m。然而,这种起伏程度与地球半径(平均为 6371 km)相比,几乎可以忽略不计。地球表面大部分为海洋所覆盖,海洋面积约占地球表面积的 71%,陆地面积仅占 29%。因此,地球可以视为是被海水面所包围的球体。

假设一个自由静止的海水面延伸,包围整个地球,形成一个闭合曲面,我们称之为水准面;而过水准面上任意点且与水准面相切的平面,我们称为过该点的水平面;地球上任意点受到地球引力和离心力的合力,我们称之为重力,重力的方向线称为铅垂线,任意点的铅垂线均与水准面正交,且与过该点的水平面相垂直。因此,重力方向线(铅垂线)是测量工作的基准线。由于水面的高低是可变化的,因而水准面有无数个,其中与平均海洋水面重合并向陆地延伸所形成的封闭曲面,称为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面。由大地水准面所围成的地球形体称为大地体。它可以近似地代表地球的形状,如图 1-6 所示。图中 P_1P 为地球自转轴。

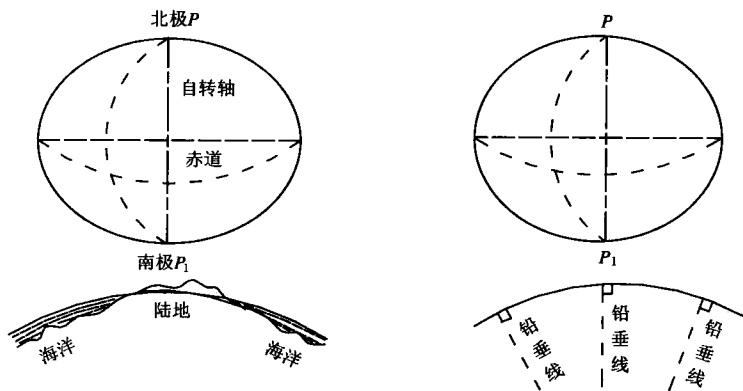


图 1-6 大地水准面示意图

由于地球内部质量的不均匀分布和地球运动的影响,使得铅垂线的方向产生不规则的变化,使大地水准面成为一个不规则的、复杂的曲面。因此,大地体是一个无法用数学公式精确描述的物体。为了测量计算和绘图的方便,可选择是一个非常接近大地水准面并可用数学方法表示的规则几何曲面来描述大地体的形状,我们将这个曲面称为地球椭球体面,或称为旋转椭球面或参考椭球面,地球椭球体的形状(见图 1-7)由长半径 a 和短半径 b 确定,也可用长半径 a 和扁率 $\alpha (\alpha = (a - b)/a)$ 来确定。

世界许多国家都有本国的地球椭球体参数。目前,我国“1980 年国家大地坐标系”采用的地球椭球体参数为

长半径	$a = 6378140 \text{ m}$
短半径	$b = 6356755 \text{ m}$
扁率	$\alpha = 1/298.257$

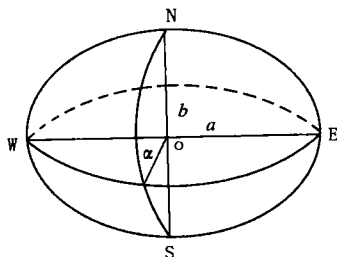


图 1-7 地球椭球体

由于地球椭球体的扁率很小,在测区面积不大时,可近似地将地球视作圆球,其平均半径 R 可按下式计算

$$R = \frac{1}{3}(2a + b) \quad (1-1)$$

在测量精度要求不高时,其近似值为 6371 km。

二、测量坐标系

在测量工作中,通常用下面几种坐标系作为参照系来确定地面点的平面位置。

1. 地理坐标系

地理坐标系又分为大地地理坐标系和天文地理坐标系。如图 1-8 和图 1-9 所示, N 、 S 分别是地球的北极和南极, NS 称为自转轴。包含自转轴的平面称为子午面。子午面与地球表面的交线称为子午线。通过英国格林尼治天文台的子午面称为首子午面。通过地心垂直于地球自转轴的平面称

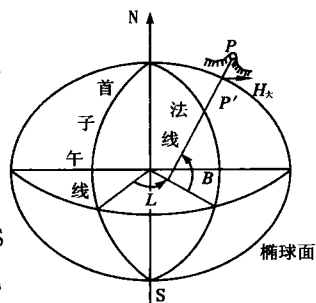


图 1-8 大地地理坐标系

为赤道面,赤道面与椭球面的交线称为赤道。

大地地理坐标系是以通过地面点作椭球面的法线为依据,以地球椭球面为基准面的球面坐标系。地面点的大地地理坐标用大地经度 L 和大地纬度 B 来表示。地面点 P 的大地经度为过 P 点的子午面与首子午面的夹角 L ;其大地纬度为 P 点处椭球面的法线与赤道平面的夹角 B (见图 1-8)。

天文地理坐标系是以通过地面点的铅垂线为依据,以大地水准面为基准面的球面坐标系。地面点的天文地理坐标用天文经度 λ 和天文纬度 φ 来表示。地面点 P 的天文经度为过 P 点的子午面与首子午面的夹角 λ ;其天文纬度为 P 点处的铅垂线与赤道平面的夹角 φ (见图 1-9)。

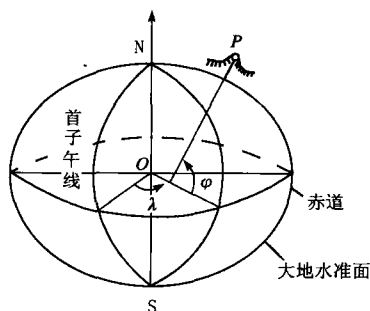


图 1-9 天文地理坐标系

经度是从首子午线起,向东 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 称为东经,向西 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 称为西经。纬度是从赤道起,向北 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 称为北纬,向南 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 称为南纬。例如,北京市某点的大地地理坐标为东经 $L = 116^{\circ}28'$,北纬 $B = 39^{\circ}54'$ 。

2. 高斯平面直角坐标系

地理坐标是球面坐标,因而不便于直接进行角度和距离等各种计算。由于工程设计与计算大多范围不大,且是在平面上进行的,地形图也是平面图纸,因此,需要将地面点位和地面形状表示在平面上,也就是将球面上的图形展绘到平面上,这需要采用适当的投影方法,测量上采用高斯投影法来建立平面直角坐标系。

高斯投影方法先将地球椭球体用经线按照 3° 或 6° 的经差划分成带,称为投影带;每一投影带中央的子午线称为中央子午线。例如, 3° 带中第一带的中央子午线经度为 1.5° 。所谓高斯投影,就是假设用一个空心圆柱与地球椭球上某带的中央子午线相切,如图 1-10 所示。在球面图形与柱面图形保持等角的条件下,将球面上的图形投影到柱面上,然后将圆柱沿着通过南、北极点的母线切开,并展开成平面。在这个平面上,中央子午线与赤道线成为相互垂直的直线,而且中央子午线的长度在投影后未发生变化,其他子午线和纬线成为曲线。取中央子午线为坐标纵轴 X ,赤道为坐标横轴 Y ,两轴的交点 O 为坐标原点,组成高斯平面直角坐标系,并规定 X 轴向北为正, Y 轴向东为正。我国位于北半球, X 坐标均为正值, Y 坐标则有正有负,位于任一投影带中央子午线以东的点 Y 坐标为正,以西的点 Y 坐标为负,但为了避免坐标为负,通常将每个投影带的坐标原点向西移 500 km,即所有点的 Y 坐标均加上 500 km,并在 Y 坐标前冠之以投影带的带号,以此确定该点在地球椭球体上的投影带位置。例如, $Y = 36465280$ m 表示该点位于 3° 带的第 36 带上,距该带中央子午线以西的距离为

$(500.000 - 465.280) = 34.720 \text{ km}$ 。

在高斯投影中,离中央子午线近的部分投影变形较小;离中央子午线愈远,其投影变形愈大。

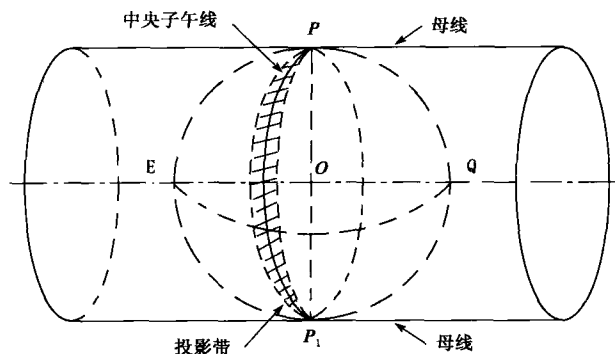


图 1-10 高斯投影示意图

3. 任意平面直角坐标系

地球椭球体和大地水准面虽然都是曲面,但当测量范围较小(例如半径小于 10 km 的范围)时,可将大地水准面近似地看成平面,在该平面上可建立任意平面直角坐标系。通常将任意直角坐标系的原点选在测区的西南角, X 轴选在测区的南北方向,指向北为正; Y 轴选在东西方向,指向东为正。

三、高程系统

地面点的绝对高程(或海拔)是指地面点至大地水准面的铅垂距离,我国的高程起算面是以青岛验潮站历年观测得到的黄海平均海水面为大地水准面的基准,据此推求青岛国家水准原点的高程为 72.260 m,这一系统称为“1985 年国家高程基准”。

地面点的绝对高程用 H 表示。如图 1-11 所示。 H_A , H_B 分别为 A 和 B 点的绝对

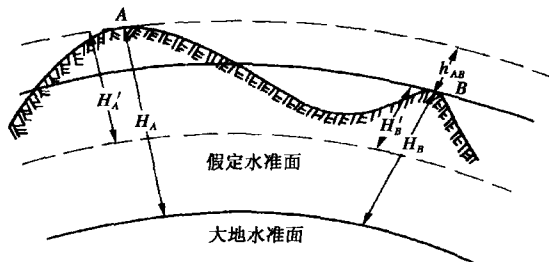


图 1-11 高程系统示意图