

全国高职高专园林类专业“十二五”规划教材



园林测量

(含实训)

主编 陈 涛 李桂云

主审 陈盛彬



黄河水利出版社

全国高职高专园林类专业“十二五”规划教材

园林测量

主 编 陈 涛 李桂云
副主编 姚忠臣 于晓伟 范兰军 马 伟
主 审 陈盛彬

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本教材按照全国高职高专园林类专业“十二五”规划教材《园林测量》的课程教学大纲进行编写。全书共分为十章,主要内容为测量的基础知识、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差的基本知识、小区域控制测量、大比例尺地形图测绘、地形图的识读与应用、园路测量、园林工程测量等。

本教材可供高职高专院校园林技术、园林工程技术、园艺技术、城镇规划等专业教学使用,也可作为成人高等教育和中等职业学校园林类专业的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

园林测量/陈涛,李桂云主编. —郑州:黄河水利出版社,
2010.7

全国高职高专园林类专业“十二五”规划教材
ISBN 978 - 7 - 80734 - 630 - 2

I. ①园… II. ①陈… ②李… III. ①园林 - 测量学
IV. ①TU986

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 096827 号

策划编辑:韩美琴 李洪良 马广州 0371 - 66024331 66023343

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:20.5

字数:474 千字

版次:2010 年 7 月第 1 版

印数:1—4 100

印次:2010 年 7 月第 1 次印刷

定价:38.00 元

全国高职高专园林类专业“十二五”规划教材

编审委员会

主任	肖创伟			
副主任	张树宝	陈涛	柴长宏	梁本国
委员	江建国	潘自舒	巨荣峰	王金贵
	王国东	王敏强	龚守富	杨向黎
	宁妍妍	左金森	许桂芳	周淑香
	欧阳汝欣	文益民	李国庆	耿忠义
	张晓鸿			

参编院校

湖北生态工程职业技术学院	河南科技大学林业职业学院
黑龙江林业职业技术学院	甘肃林业职业技术学院
信阳农业高等专科学校	辽宁农业职业技术学院
长沙环境保护职业技术学院	郑州牧业工程高等专科学校
黑龙江农垦农业职业技术学院	黑龙江生物科技职业学院
商丘职业技术学院	周口职业技术学院
泰山职业技术学院	潍坊职业学院
湖北城市建设职业技术学院	黑龙江农业经济职业技术学院
山东省农业管理干部学院	衡水学院
河南质量工程职业学院	山东水利职业学院
佛山科学技术学院	河南科技学院

出版说明

近年来,随着社会的进步和人们生活水平的提高,人类对生存环境的质量要求越来越高,园林作为生态环境建设的重要组成部分和提高人类生存环境质量的重要凭借手段,越来越受到环境决策者和建设者的重视,特别是在城市,生态园林建设已成为解决社会快速发展所带来的环境问题的主要方式之一,因而以服务 and 改造室内外环境为基本内容的园林专业也随之迅速发展,新观念、新技术不断涌现,社会对园林工程专业高素质技能型人才的要求也不断提高。

为了配合全国高职高专园林类专业的教学改革与教材建设规划,按照国家对高职高专园林专业人才培养目标定位和市场对园林专业人才生态知识及实践技能的要求,在对现有园林工程专业教材出版情况进行深入调研并充分征求了各课程主讲老师意见的基础上,我社组织出版了这套“全国高职高专园林类专业‘十二五’规划教材”。教材的编写立足于高起点、出精品,本着知识传授与能力培养并重的原则,以培养园林高级专业技术人才为目标,着重加强职业教育的技能培养特色,重点突出实验、实训教学环节。

本系列教材的编写和出版得到了全国 20 多所园林类高职高专院校的大力支持,我们特别邀请了多所高等院校相关专业的老师对稿件进行了严格审查把关。正是由于他们的辛勤工作和无私奉献,才使得这些教材能够在最短的时间内付梓印刷,并有效保证了教材的整体水平和质量。在此,对推进此次教材编写与出版工作的各院校领导、参编和审稿的老师表示衷心的感谢和诚挚的敬意。

诚然,人才的培养需要教育者长期坚持不懈的努力,好的教材也需要经过时间的考证和实践的检验。希望各院校在使用这些教材的过程中提出改进意见与建议,以便再版时不断修改和完善。

黄河水利出版社

前 言

本教材为全国高职高专园林类专业“十二五”规划教材。根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件精神,按照高职高专人才培养目标和要求,本教材在编写过程中紧密结合园林工作实际,突出实践能力的培养,并力求体现测绘学科体系的完整性,做到测绘名词规范、定义准确、语言通畅。为了便于读者对所学知识的理解、思考及巩固,本教材在每章开头都编配有本章提要,并根据教学需要在各章设置了相关实例,各章后均附有复习与思考题;为提高园林测量人员的实践操作技能,切实做到理论与实践的有机结合,各章还安排有若干操作性强、具有实用性和代表性的实训项目。

本教材由陈涛(河南科技大学林业职业学院)和李桂云(泰山职业技术学院)担任主编,由姚忠臣(河南科技大学林业职业学院)、于晓伟(周口职业技术学院)、范兰军(商丘职业技术学院)、马伟(郑州牧业工程高等专科学校)担任副主编。具体分工为:陈涛编写第一章、第六章;李桂云编写第三章、第八章;姚忠臣编写第四章;于晓伟编写第二章、第五章;范兰军编写第七章、第九章;马伟编写第十章。

本教材由陈涛提出编写提纲并负责全书统稿,由湖南环境生物职业技术学院陈盛彬教授担任主审,并提出了许多宝贵意见。在编写过程中,编者参阅了众多有关专家、学者的专著及教材,在此一并表示诚挚的谢意。

鉴于编者水平有限,加之时间仓促,本书中难免存在错漏之处,敬请读者批评指正。

编 者
2010年3月

目 录

出版说明

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 园林测量概述	(1)
第二节 地面点位的确定	(5)
第三节 测量的基本内容与基本原则	(9)
复习与思考题	(10)
第二章 水准测量	(11)
第一节 水准测量原理	(11)
第二节 水准测量仪器、工具及其使用	(13)
实训 2-1 微倾式水准仪的构造与使用	(18)
第三节 水准测量的外业观测	(20)
第四节 水准测量的内业计算	(24)
实训 2-2 闭合水准路线的测量与成果整理	(30)
第五节 自动安平水准仪	(31)
第六节 电子水准仪	(32)
第七节 微倾式水准仪的检验与校正	(34)
复习与思考题	(39)
第三章 角度测量	(41)
第一节 角度测量原理	(41)
第二节 光学经纬仪及其使用	(42)
实训 3-1 DJ ₆ 级光学经纬仪的构造及使用	(49)
第三节 水平角测量	(51)
实训 3-2 水平角的观测	(57)
第四节 竖直角测量	(59)
实训 3-3 竖直角的观测	(63)
第五节 电子经纬仪	(65)
第六节 光学经纬仪的检验与校正	(72)
复习与思考题	(77)
第四章 距离测量与直线定向	(79)
第一节 钢尺量距	(79)
实训 4-1 钢尺的一般量距方法	(89)

第二节	视距测量	(90)
实训 4-2	视距测量的方法	(94)
第三节	电磁波测距	(95)
第四节	电子全站仪测量	(98)
第五节	直线定向	(117)
实训 4-3	罗盘仪观测磁方位角	(123)
复习与思考题	(124)
第五章	测量误差的基本知识	(126)
第一节	测量误差概述	(126)
第二节	衡量观测值精度的指标	(128)
第三节	误差传播定律	(130)
第四节	算术平均值及其中误差	(133)
复习与思考题	(136)
第六章	小区域控制测量	(137)
第一节	控制测量概述	(137)
第二节	导线测量	(144)
第三节	图根控制点的加密	(156)
第四节	高程控制测量	(158)
实训 6-1	经纬仪闭合导线测量与成果整理	(165)
第五节	全球定位系统(GPS)	(166)
复习与思考题	(175)
第七章	大比例尺地形图测绘	(177)
第一节	比例尺及其精度	(177)
第二节	地形图图式	(179)
第三节	测图前的准备工作	(187)
第四节	碎部测量的方法	(189)
第五节	地形图的拼接、检查与整饰	(196)
实训 7-1	用经纬仪测绘地形图	(197)
第六节	数字化地形图的测绘	(199)
复习与思考题	(206)
第八章	地形图的识读与应用	(208)
第一节	高斯投影概述	(208)
第二节	地形图的分幅与编号	(211)
第三节	地形图的识读	(216)
第四节	地形图的室内应用	(220)
实训 8-1	地形图的室内应用	(224)
第五节	地形图的野外应用	(225)

第六节 图形面积的测定	(227)
实训 8-2 图形面积的测定	(232)
复习与思考题	(233)
第九章 园路测量	(234)
第一节 园路中线测量	(234)
实训 9-1 园路中线测量	(247)
第二节 园路纵断面测量	(249)
实训 9-2 园路纵断面测量	(256)
第三节 园路横断面测量	(258)
实训 9-3 园路横断面测量	(261)
第四节 园路路基设计与测设	(262)
第五节 园路土石方的计算	(266)
复习与思考题	(268)
第十章 园林工程测量	(270)
第一节 园林工程测量概述	(270)
第二节 测设的基本工作	(271)
实训 10-1 测设水平角、水平距离和高程	(276)
第三节 平面点位的测设方法	(278)
第四节 平整土地测量	(283)
实训 10-2 方格法平整成水平地面	(290)
第五节 园林建筑施工测量	(292)
第六节 挖湖、堆山与地下管道施工测量	(306)
第七节 园林植物种植测量	(310)
复习与思考题	(313)
参考文献	(315)

第一章 绪 论

本章提要

测量工作的实质就是确定地面点的位置。本章主要讲述测量的概念及其学科分类、园林测量的任务与作用、测量学科的发展情况、地球的形状与大小、地面点的标志、地面点的坐标与高程、测量工作的三要素与基本原则等内容。

第一节 园林测量概述

一、测量学的概念与分类

测量学是研究地球的形状、大小以及确定地表、地下和空中等空间点位并对这些位置信息进行研究、处理、存储、管理和应用的科学。

根据研究范围、应用领域和采用的技术手段,迄今测量学已经形成以下几个分支:

大地测量学——研究地球形状、大小、地球重力场以及建立国家大地控制网的理论、技术和方法的科学。大地测量学可分为几何大地测量学、物理大地测量学和卫星大地测量学或空间大地测量学。

普通测量学——研究地球表面小区域内测绘工作的理论、技术、方法和应用的学科,是测量学的基础。在测绘过程中不考虑地球曲率的影响,用水平面代替地球曲面,并根据需要建立小区域的控制网,进行大比例尺地形图测绘及一般工程的施工测量。具体工作有距离测量、角度测量、高程测量、观测数据的处理和绘图等。

工程测量学——研究工程建设在勘测、设计、施工和管理阶段所进行测量工作的理论、方法和技术的学科。工程测量学的应用领域非常广阔,根据专业和工程的不同,工程测量学可分为土木工程测量、铁道工程测量、矿山工程测量等。

摄影测量学——研究利用摄影或遥感的手段获取被测物体的影像和辐射能的各种图像,经过对图像的处理、量测和判释,以确定物体的形状、大小和位置,并判定其性质的学科。由于摄影方式的不同,摄影测量可分为地面摄影测量、航空摄影测量、航天摄影测量及水下摄影测量。

地图制图学——利用测量获得的资料,研究地图及其制作的理论、工艺和应用的学科。其任务是编制与生产不同比例尺的地图。

二、园林测量的任务与作用

(一) 园林测量的任务

在园林工程中,测量工作主要有测定和测设两项任务。

1. 测定

利用测量仪器和工具,对小区域的地物、地貌等地面现状进行测量和计算,得到一系列测量数据,或把地球表面的地形按一定比例缩绘成地形图,作为总体规划、工程设计及竣工验收等工作的依据。

2. 测设

以规划设计施工图为依据,建立施工控制网,将设计图上规划设计好的建筑物、构筑物,按设计与施工的要求,把各单项工程的位置和高程准确地标定到预定的实地上,以便据此施工,又称为放样或放线。

(二) 园林测量的作用

园林工程是一门研究园林工程原理、工程设计、施工技术及养护管理的学科。园林工程的实施包含了众多专业技术的应用,其中测量工作是一项不可或缺的组成部分。

1. 提供图面资料

在规划设计前,规划设计人员为全面地了解地面的高低起伏、坡度变化、地物分布、可能涉及的市政管线、具有特殊意义的文物古迹或古树名木等工程用地的基本情况,需要使用地形图。根据工程的要求,应选用不同比例尺的地形图,如在总体规划中常用1:1 000~1:5 000的地形图,而单项工程专用的地形图常用1:500。在规划设计过程中,设计师在地形图上对绿地、园路、假山、园林小品、水景、照明等各单项工程进行平面设计及用地的竖向设计,从而形成设计施工图。

2. 进行施工测量

园林建设中施工测量包括施工前的测量和施工过程中的测量。

施工前的测量工作又包含施工控制网的建立、建筑物主轴线的定位、园林地物放样、园路与水系中线测量、树木定植点的测设等。

施工中的测量是随着工程的进展,在每道工序之前进行的测量工作。如建筑物基槽底部设计高程的测设、堆山设计高程的测设、挖湖等深线标志的测设、园路工程中路面设计高程的测设、给排水工程中管道施工测量等。

3. 进行竣工测量

园林中竣工测量是对规划设计施工完毕后的绿地进行验收测量。一方面检查各项工程是否达到了预期目的;另一方面,将验收测量所得到的图纸和资料存档,以作为将来利用、改建的基础。此阶段的测量工作包括竣工图纸的测绘、各项具体工程的标准验收测量、各种表格和文字说明书的编写等。

三、测量学科的发展简史

(一) 测量学在我国的发展

测量学是一门古老的学科,它是在人类征服自然和改造自然的过程中产生、发展起来的。测量学在我国有着悠久的历史,早在公元前21世纪夏禹治理黄河水患时,就已发明并使用了“准、绳、规、矩”四种测量工具和方法。公元前7世纪前后,春秋时期的管仲在

其《管子》一书中就收集了我国早期的地图 27 幅,并谈到了地图的作用。公元前 5 世纪至公元前 3 世纪的战国时期,我国就有用磁石制成的世界上最早的定向工具“司南”。公元前 130 年,西汉初期编制的《地形图》、《驻军图》及《城邑图》于 1973 年从长沙马王堆汉墓出土,为我国发现最早的局部地域地形图。公元 2 世纪,东汉张衡创造了“浑天仪”和“地动仪”。

到了公元 3 世纪,三国时期的刘徽著有《海岛算经》一书,论述了有关测量海岛距离和高度的方法;西晋初年,京相璠和裴秀著《禹贡九州地域图记》十八篇,并绘制了“一寸为百里”的全国地图《方丈图》,裴秀还创立了“制图六体”,即分率(比例尺)、准望(用以确定地貌、地物彼此间的相互方位关系)、道里(用以确定两地之间道路的距离)、高下(相对高程)、方邪(地面坡度的起伏)、迂直(实地高低起伏与图上距离的换算),这是世界上最早的制图理论。

公元 724 年,唐代天文学家张遂在河南地区从滑县经浚仪、扶沟到上蔡直接丈量了长达 300 km 的子午线弧长,并用日圭测太阳的阴影来定纬度,得出纬距每度长 351 里 50 步,这是世界上最早的子午线弧长测量。公元 9 世纪,唐李吉甫所撰的《元和郡县图志》为我国现存最早和记载全面的一部代表性图志,其中包括了世界上最完善的全国性古地图。

11 世纪,北宋沈括在他的《梦溪笔谈》中记载了磁偏角现象,后又使用水平尺、罗盘进行地形测量,并绘制了《天下州县图》,为当时最好的全国地图。

18 世纪初,清代进行了大规模的大地测量工作,于 1708 ~ 1719 年先后在全国测定了 630 个测绘点,编制出当时最详细的地图《皇舆全览图》。

中华人民共和国成立后,测绘学科进入了一个新的发展阶段。1956 年成立了国家测绘总局,中国科学院系统成立了测量及地球物理研究所,测绘机构和测绘院校也纷纷设立。全国绝大部分地区的大地控制网业已建成,并对天文大地网进行了整体平差。根据 1975 年国际大地委员会和国际地球物理联合会联合推荐的椭球参数,建立了新的坐标系(1980 年国家大地坐标系);在 1956 年黄海高程系基础上重建了国家高程基准和国家重力基准。我国实施了珠穆朗玛峰和南极长城站的地理位置与高程测量,配合经济建设进行了大量的测绘工作;完成了大量不同比例尺的地形图,各种工程建设的测量工作取得了显著成绩。在仪器制造方面,我国已能自制航空摄影机、红外摄影机、立体测图仪、多倍投影仪、投影纠正仪、激光测距仪、微波测距仪、红外测距仪、全站仪、高精度经纬仪、普通水准仪、精密水准仪、航天遥感传感器、多普勒接收机、GPS 接收机等,其他测绘工具及仪器绝大部分已能自给。

特别是近几年来,我国测绘科技发展较快,开展了“数字地球”的研究工作,广泛应用了“3S”技术即 GPS(全球定位系统)、GIS(地理信息系统)、RS(遥感)。随着我国经济社会又好又快发展,我国的测绘科技水平正在迅速赶上并在某些方面开始领先于国际测绘科技水平。

(二) 测量学在国外的的发展

在公元前四千多年,古埃及尼罗河泛滥后,需要重新划分土地的界限,就进行了土地

丈量,从而产生了最初的测量技术;古希腊人也在很早就掌握了土地的测量方法,希腊文中“测量学”的含义就是“土地划分”。

17 世纪初期,由于资产阶级革命的兴起,测量科学与其他科学一样为适应生产力的发展而有较大的发展。1608 年,荷兰人汉斯发明了望远镜。1617 年,荷兰人斯纳尔创造了三角测量方法。1672 年,法国人里歇通过观测钟摆周期的实验,推论地球是椭球;1683 年,法国人卡西尼父子总结多年弧度测量结果,断定地球为一极半径小于赤道半径的椭球;1687 年,英国人牛顿根据万有引力定律证明了地球是旋转椭球的理论。1794 年,德国科学家高斯提出最小二乘法理论,而后他又提出了横圆柱正形投影学说,使得地图的测量更为精确。法国人都明·特里尔于 1791 年最早用等高线表示陆地地貌,同时期,出现了水准测量方法。1875 年,国际米制公约的建立,使国际上具有了统一的长度单位,1 m 被定义为通过巴黎子午线长度的四千万分之一。1899 年,摄影测量理论研究取得进展;1903 年,飞机的发明促进了航空摄影测量学的发展,开始用航空摄影测量方法测绘地形图。

20 世纪 50 年代前后,电子学、信息学、电子计算机科学、近代光学和航天技术的迅速发展,为测绘科学的发展开辟了新的途径,推动着测绘仪器和技术的进步。1947 年,电磁波测距仪的面世,使距离测量工作产生了较大的革新。1957 年,苏联第一颗人造卫星上天,1966 年便开始进行人造卫星大地测量,它可全天候观测,速度快、精度高,解决了洲际大陆与岛屿之间的联测问题,并通过人造卫星利用黑白、单光谱段和多光谱段及彩色红外线等拍摄地球照片供研究之用。20 世纪 60 年代末出现了电子经纬仪,它应用编码和光栅度盘,测角精度高,而且能自动记录测量数据;1968 年,德国将电子经纬仪与电磁波测距仪设计为一体,研制了全站型电子速测仪;此后数字化仪、扫描仪、绘图仪等仪器设备的相继出现、AutoCAD 等计算机辅助制图软件的不开发为自动化数字测图奠定了坚实的基础。

从 20 世纪 70 年代开始,美国经过 20 年的研制,于 1994 年全面建成了具有在海、陆、空进行全方位实时三维导航与定位能力的 GPS 全球卫星定位导航系统,成功地应用于大地测量、工程测量、航空摄影测量、运载工具导航和管制、地壳运动监测、工程变形监测、资源勘察、地球动力学等多种学科。

20 世纪 90 年代初,电子水准仪的问世改变了传统意义上的水准测量,数字摄影测量系统的应用则使传统摄影测量发生了深刻的变革。

(三) 测量学的发展趋势

随着科学技术的不断进步,测量学的发展趋势将是:

(1) 电子学、计算机技术进一步渗透到测绘领域,电子仪器得到广泛应用,并有基本取代光学仪器的趋势。

(2) 测绘方法和技术手段得到更新,数字化、自动化程度越来越高,测绘将朝着数据的自动获取、自动记录和自动处理方向发展。

(3) 测绘工作周期进一步缩短,测绘精度和效益也将得到较大提高。

第二节 地面点位的确定

一、地球的形状与大小

地球的形状和大小,一直是测量人员研究的重点之一,这不仅因为地球是我们赖以生存的家园,而且也因为测量学的实质就是确定地面点的空间位置。要测量地球表面上点的相互位置,必须首先建立一个共同的坐标系统,而测量工作是在地球表面上进行的,因此测量的坐标与地球的大小、形状有密切关系。地球的自然表面极其复杂,有高山、丘陵、平原、盆地、江、河、湖泊和海洋;有高于海平面 8 844.43 m 的珠穆朗玛峰,也有低于海平面 11 034 m 的马里亚纳海沟,地形起伏很大,但与地球的平均半径 6 371 km 相比,地表的起伏微不足道,再顾及海洋面积约占整个地球表面面积的 71%,因此从宏观上来看,可以把海水面所包围的地球形体看做是一个类似于椭球的球体。为了满足测量工作中观测、计算和绘图的需要,人们设想找一个与地球表面非常接近的数学上可表达的规则曲面来代替地球不规则的表面,如用椭球面或具有典型物理特征的曲面作为定位的基准面。

任何物体之间都存在吸引力,因此地球对地表上的物体都有引力作用,而与此同时,地球的自转对地表上的物体又产生了离心力的作用,这两个力的合力形成了重力,如图 1-1 所示;如果悬挂一个垂球,当它静止时所指的方向就是重力方向。假想地球上海水处于“完全静止”状态,将静止不动的水面向大陆、岛屿内延伸而形成的闭合曲面,称为水准面。地球表面上的每个水分子都会受到重力的作用,当水面静止时,每个水分子的重力位相等,所以水准面是重力等位面,

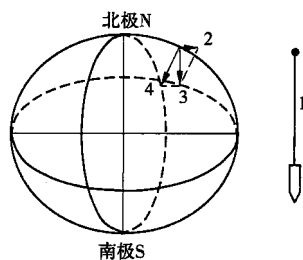


图 1-1 地球重力

1—铅垂线;2—离心力;3—重力;4—引力

这表明水准面处处与其重力方向垂直。由于水面有高有低,高低面上的重力位不同,所以水准面有无穷多个,而且互不相交,其中与平均海水面相吻合的水准面称为大地水准面,如图 1-2 所示。大地水准面是一个特殊的水准面,它所包围的形体称为大地体。从宏观上来看,大地体可以代表整个地球的形状,对地球形状和大小的研究也往往是指对大地水准面的形状和大地体的大小的研究。重力方向线又称为铅垂线,它和大地水准面一起构成测量的一对基准;重力线也常常是测量仪器进行野外测量时所参照的基准线。

由于地球内部质量分布不均匀,重力也受其影响,引起铅垂线方向的变动,致使大地水准面成为一个复杂的曲面。如果将地球表面上的图形投影到这个复杂的曲面上,在计算上是非常困难的。为了解决这个问题,选用一个非常接近大地水准面,并可用数学式表示的几何形体来代表地球总的形状。这个数学形体是由椭圆旋转而成的旋转椭球体,又称地球椭球体。其旋转轴与地球自转轴重合,其表面称为旋转椭球面,也叫参考椭球面,如图 1-3 所示。

决定地球椭球体的大小和形状的元素为椭圆的长半轴 a 、短半轴 b 、扁率 f ,其关系式

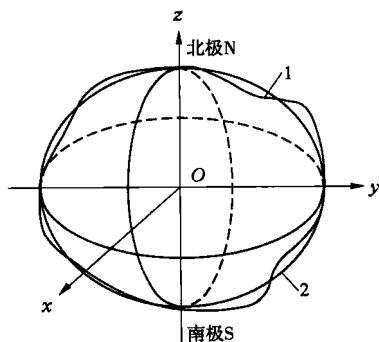


图 1-2 大地水准面与地球椭球

1—大地水准面;2—地球椭球

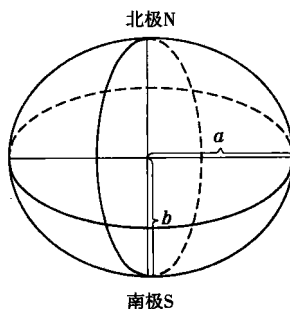


图 1-3 旋转椭球面

为

$$f = \frac{a - b}{a} \tag{1-1}$$

随着测绘科学技术的进步,可以越来越精确地确定椭圆元素,目前我国采用的地球椭球体的参数为: $a = 6\,378.140\text{ km}$, $b = 6\,356.755\,3\text{ km}$, $f = 1:298.257$ 。

由于地球椭球体的扁率很小,当测区面积不大时,可以将其当做圆球看待,其半径 R 可按下式计算

$$R = \frac{2a + b}{3} \tag{1-2}$$

R 的近似值为 $6\,371\text{ km}$ 。

二、地面点位的标志

由于测量的实质就是确定地面点的位置,因此在测量工作中,对三角点、导线点和水准点等重要的点位必须进行实地标定,以便明确表示它们的位置,并作为后续测量任务的基础。用于标定地面点标志的种类和形式较多,根据用途及需要保存的期限长短,可分为永久性标志和临时性标志两种。

永久性标志一般采用石柱或混凝土桩,桩顶刻上“+”字或将铜、铸铁、瓷片等做成的标志镶嵌在标石顶面内,以标志点位;标石的大小及埋设要求,在测量规范中均有详细的说明,如图 1-4(a)所示;如点位处在硬质的柏油或水泥路面上,也可用长 $5 \sim 20\text{ cm}$ 、粗 1 cm 左右、顶部呈半球形且刻画“+”字的粗铁钉打入地面。

临时性标志,可用长 $20 \sim 30\text{ cm}$ 、顶面 $4 \sim 6\text{ cm}$ 见方的木桩打入土中,桩顶钉一小钉或用红油漆画一个“+”字表示点位,如图 1-4(b)所示;如遇到岩石、桥墩等固定的地物,也可在其上凿个“+”字作为标志。

地面点的标志都应具有编号、等级、所在地以及委托保管情况等资料,并绘制有草图,注明其到附近明显地物点的距离,这种记载点位情况的资料称为点之记,如图 1-5 所示。

三、地面点位的表示方法

测量工作的基本任务是确定地面点的空间位置,而确定空间位置通常需用三个量,即

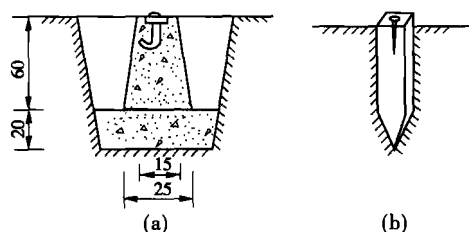


图 1-4 地面点标志 (单位:cm)

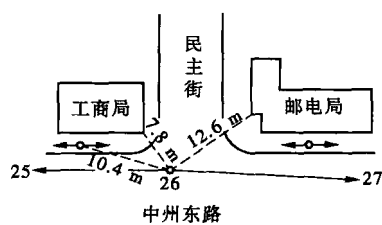


图 1-5 点之记

该点的二维球面坐标或投影到平面上的二维平面坐标,以及该点到大地水准面的铅垂距离,也就是确定地面点的坐标和高程。

(一) 地面点的坐标

地面点平面位置是用地面点在一定基准面上的坐标表示的。当地面点投影到椭球面上时,其平面位置用大地地理坐标表示;当投影到水平面上时,则用平面直角坐标表示。

1. 大地地理坐标系

地面点的大地坐标用“大地经度”和“大地纬度”表示。在图 1-6 中, N 、 S 分别为地球的北极和南极, NOS 为地球的短轴, 又称地轴。通过球心 O 并垂直于地轴的平面称赤道平面, 它与椭球面的交线称为赤道。由地面上任一点和椭球短轴决定的平面称该点的子午面, 子午面与椭球面的交线称子午线。地面上任意一点 P 的子午面与本初子午面之间的夹角, 就是 P 点的大地经度, 通常用符号“ L ”表示。大地经度自本初子午面起向东 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称东经, 向西 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称西经。过 P 点作椭球的法线, 在 P 点的子午面内, P 点的法线与赤道平面所成的角就是 P 点的大地纬度, 用符号“ B ”表示。大地纬度自赤道起向北 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称北纬, 向南 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称南纬。

1968 年以前, 将通过英国格林尼治天文台的子午线规定为本初子午线(即首子午线), 以此作为度量经度的起始子午线。由于极移的影响和格林尼治天文台迁址, 1968 年国际时间局改用经过国际协议原点(CIO)和原格林尼治天文台的经线延伸交于赤道圈的一点作为经度的零点。1977 年我国决定采用过该经度零点与极原点 1968.0(1968 年 1 月 1 日零时瞬间)的子午线作为本初子午线, 包含该子午线的子午面称为本初子午面。

目前我国常用的大地地理坐标系有以下几种。

1) 1954 年北京坐标系

新中国成立初期, 为了迅速开展我国的测绘事业, 以满足经济建设和国防建设的迫切需要, 我国于 1954 年利用东北边境的呼玛、吉拉宁、东宁三个点与苏联大地网联测后的坐标作为起算数据, 然后通过我国的天文大地网推算国家平面控制点的坐标, 如此取得的坐标系统称为“1954 年北京坐标系”。该坐标系采用克拉索夫斯基椭球, 大地原点在今俄罗斯的普尔科沃。

2) 1980 年国家大地坐标系

1978 年 4 月, 国家测绘总局和总参测绘局在西安召开全国天文大地网整体平差会议时, 选用国际大地测量学协会 1975 年推荐的椭球, 大地原点位于陕西省泾阳县永乐镇北横流村, 并按照与我国范围内大地水准面最佳拟合的条件进行椭球定位, 建立了“1980 年

国家大地坐标系”。

2. 平面直角坐标系

用大地坐标表示大范围内地球表面的点位是很方便的,在小区域内进行测量时,用经纬度表示点的平面位置则十分不便。但如果把局部椭球面看做一个水平面,在这样的水平面上建立起平面直角坐标系 xoy ,则点的平面位置就可用该点在平面直角坐标系中的直角坐标 (x,y) 来表示,如图 1-7 所示。

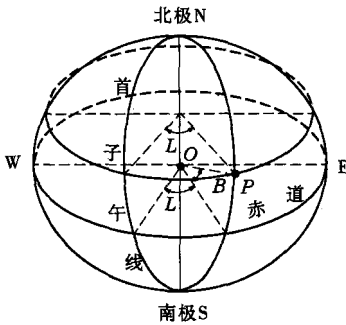


图 1-6 大地地理坐标系

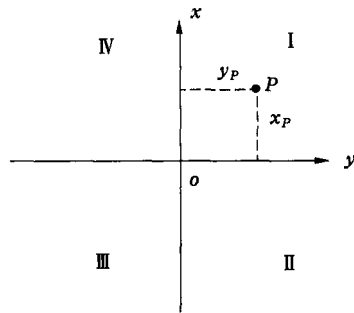


图 1-7 平面直角坐标系

在测量学中,平面直角坐标系的安排与数学中常用的笛卡儿坐标系不同,它以南北方向为 x 轴,向北为正;而东西方向为 y 轴,向东为正。象限顺序按顺时针方向计。这种安排与笛卡儿坐标系的坐标轴和象限顺序正好相反。这是因为在测量中南北方向是最重要的基本方向,直线的方向也都是从正北方向开始按顺时针方向计量的,但这种改变并不影响三角函数的应用。平面直角坐标系的坐标轴和原点可根据需要选择。

对于大范围的测量工作,应采用与大地坐标有联系的高斯平面直角坐标系统。

(二) 地面点的高程

地面任意一点沿铅垂线到大地水准面的距离称为该点的绝对高程,简称高程,亦称绝对标高或海拔;两点之间的高程差称为高差。如图 1-8 所示, H_A 、 H_B 分别是 A 点和 B 点的高程,而 h_{AB} 是 A、B 两点之间的高差,即 $h_{AB} = H_B - H_A$ 。

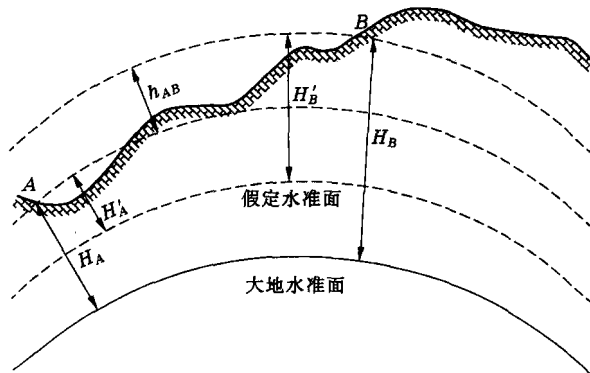


图 1-8 高程和高差

过去我国采用的“1956 年黄海高程系”是根据青岛验潮站 1950 ~ 1956 年对黄海水面