

普通高等教育风景园林类专业“十二五”规划教材

园林工程测量

主编 谷达华

副主编 赵群

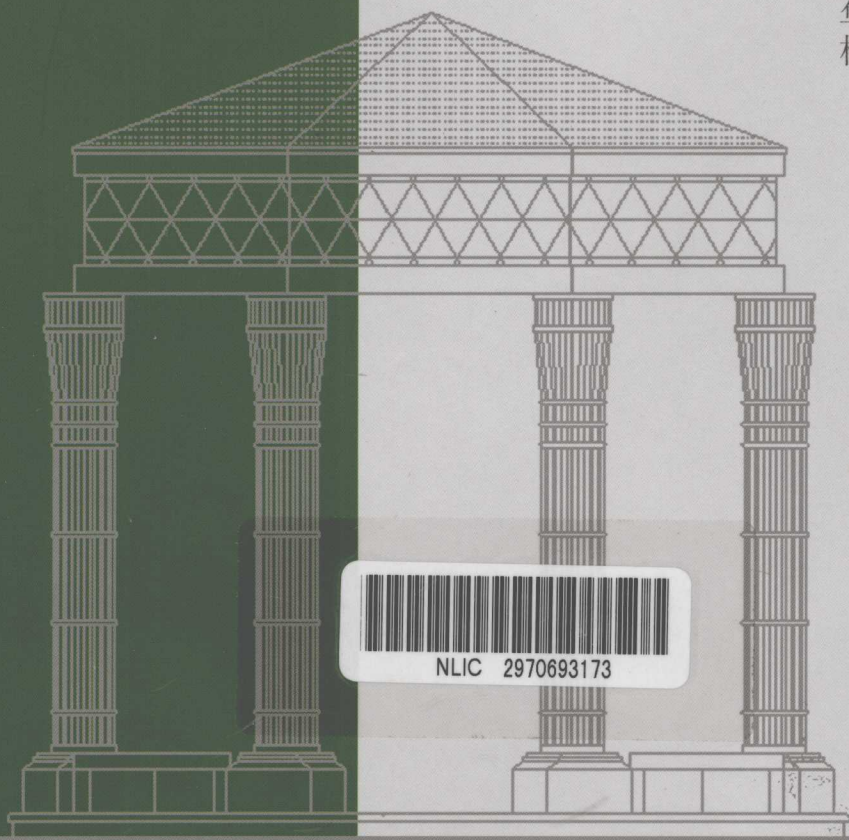
周玉卿

姜华根

主审 陶本藻

汤腾方

尚颖娟



NLIC 2970693173

YUANLIN GONGCHENG CILIANG



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

普通高等教育风景园林类专业“十二五”规划教材

园林工程测量

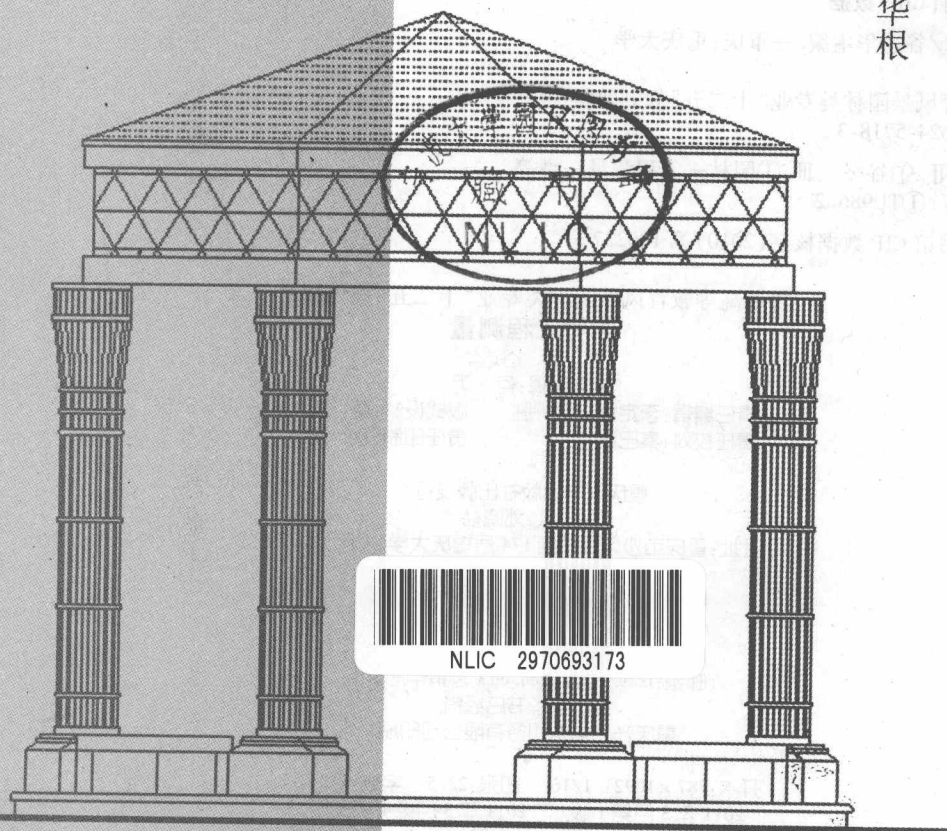
主编 谷达华

副主编 赵群

周玉卿
姜华根

主审 陶本藻

汤腾方
尚颖娟



重庆大学出版社

内容简介

本书是普通高等教育风景园林类专业“十二五”规划教材之一。本教材根据园林工程建设对测量知识与测绘技能的需要,将测绘的基本理论与技术应用到具体的园林工程。全书共分12章,1~10章为测量的基本原理与基本技能的应用,分别介绍了测量学的基本知识、水准测量、经纬仪与角度测量、距离测量与直线定向、测量误差及数据处理的基本知识、小地区控制测量、GPS定位技术应用、大比例尺地形图测绘、数字化测图、地形图的识读与应用等普通测量学的内容;11~12章为普通测量学的知识与技能在园林工程建设中的具体应用,主要介绍了园林规划设计测量与园林工程的施工测量等方面的内容。

本教材具有内容新、理论联系实际、简明扼要、通俗易懂、逻辑推理严密、结构严谨、内容充实等特点。

在写作时尽量用反映常规测绘手段与现代测绘技术的新成果及新发展,体现教材的成熟性和前瞻性。本书配有电子教案,供教师教学参考。

本书可作为高等院校的风景园林、观赏园艺及其相关的林学、果树等专业测量学科课程的基本教材,还可作为园林建设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/谷达华主编. —重庆:重庆大学出版社,2011.3

普通高等教育风景园林类专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5624-5718-3

I. ①园… II. ①谷… III. ①园林—工程测量—高等学校—教材 IV. ①TU986.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 186227 号

普通高等教育风景园林类专业“十二五”规划教材

园林工程测量

主 编 谷达华

策划编辑:何 明

责任编辑:李定群 姚 胜 版式设计:莫 西

责任校对:秦巴达 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:22.5 字数:562千

2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-5718-3 定价:43.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

编委会名单

主任

杜春兰

副主任

陈其兵

编委

(按姓氏笔画为序)

徐海顺	林墨飞	宋钰红	刘磊	许大为	丁绍刚
黄凯	赵九洲	周恒	刘福智	胡长龙	文彤
曹基武	段渊古	武涛	陈宇	刘扬	韩玉林
陶本藻	房伟民	谷达华	祁承经	王霞	雍振华
唐红	杨学成	张建林	刘骏	毛洪玉	管暘
唐建	杨瑞卿	李晖	冯志坚	唐贤巩	杨滨章
李宝印	朱捷	罗时武	朱晓霞	申晓辉	



总序

风景园林学,这门古老而又常新的学科,正以崭新的姿态迎接未来。

“风景园林学(Landscape Architecture)”是规划、设计、保护、建设和管理户外自然和人工环境的学科。其核心内容是户外空间营造,根本使命是协调人与自然之间的环境关系。回顾已经走过的历史,风景园林已持续存在数千年,从史前文明时期的“筑土为坛”“列石为阵”,到21世纪的绿色基础设施、都市景观主义和低碳节约型园林,都有一个共同的特点:就是与人们对生存环境的质量追求息息相关。无论中西,都遵循一个共同的规律,当社会经济高速发展之时,就是风景园林大展宏图之势。

今天,随着城市化进程的飞速发展,人们对生存环境的要求也越来越高,不仅注重建筑本身,更多的是关注户外空间的营造。休闲意识和休闲时代的来临,对风景名胜区和旅游度假区的保护与开发的矛盾日益加大;滨水地区的开发随着城市形象的提档升级愈来愈受到高度关注;代表城市需求和城市形象的广场、公园、步行街等城市公共开放空间的大量兴建;设计要求的居住区环境景观设计;城市道路满足交通需求的前提下景观功能逐步被强调……这些都明确显示,社会需要风景园林人才。

自1951年,清华大学与原北京农业大学联合设立“造园组”开始,中国现代风景园林学科已有58年的发展历史,据统计,2009年我国共有184个本科专业培养点。但是由于本学科的专业设置分属工学门类下的建筑学一级学科中城市规划与设计二级学科的研究方向和农学门类林学一级学科下的园林植物与观赏园艺二级学科;同时本学科的本科名称又分别有:园林、风景园林、景观建筑设计、景观学,等等,加之社会上从事风景园林行业的人员复杂的专业背景,从而使得人们对这个学科的认知一度呈现较为混乱的局面。

然而,随着社会的进步和发展,学科发展越来越受到高度关注,业界普遍认为应该集中精力调整发展学科建设,培养更多更好的适应社会需求的专业人才为当务之急,于是“风景园林(Landscape Architecture)”作为专业名称得到了普遍的共识。为了贯彻《中共中央、国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,促进风景园林学科人才培养走上规范化的轨道,推进风景园林类专业的“融合、一体化”进程,拓宽和深化专业教学内容,满足现代化城市建设的具体要求,编写一套适合新时代风景园林类专业本科教学需要的系列教材是十分必要的。

重庆大学出版社从2007年开始跟踪、调研全国风景园林专业的教学状况,2008年决定启动《普通高等教育风景园林类专业系列教材》的编写工作,并于2008年12月组织召开了“普通

高等院校风景园林类专业系列教材编写研讨会”。研讨会汇集南北各地园林、景观、环境艺术领域的专业教师,就风景园林类专业的教学状况、教材大纲等进行交流和研讨,为确保系列教材的编写质量与顺利出版奠定了基础。经过重庆大学出版社和主编们两年多的精心策划,以及广大参编人员的精诚协作与不懈努力,《普通高等教育风景园林类专业系列教材》将于2011年陆续问世,真是可喜可贺!

这套系列教材的编写广泛吸收了有关专家、教师及风景园林工作者的意见和建议,立足于培养具有综合创新能力的普通本科风景园林专业人才,精心选择内容,既考虑到了相关知识和技能的科学体系的全面系统性,又结合了广大编写人员多年来教学与规划设计的实践经验,吸收国内外最新研究成果编写而成。教材理论深度合适,注重对实践经验与成就的推介,内容翔实,图文并茂,是一套风景园林学科领域内的详尽、系统的教学系列用书,具较高的学术价值和实用价值。这套系列教材适应性广,不仅可供风景园林类及相关专业学生学习风景园林理论知识与专业技能使用,也是专业工作者和广大业余爱好者学习专业基础理论、提高设计能力的有效参考书。

相信这套系列教材的出版,能为推动我国风景园林学科的建设,提高风景园林教育总体水平,更好地适应我国风景园林事业发展的需要起到积极的作用。

愿风景园林之树常青!

编委会

2010年9月

前言

本书是根据普通高等教育风景园林类专业测量学科教学的需要,以园林工程建设对测量知识与测绘技能的需求及测量理论与实践应用到具体园林工程为主体思路编写而成的园林类专业测量学科教学的基本教材。本教材在满足全面培养学生“测、算、绘”三方面能力的同时,考虑到现代测绘科学技术已经进入了电子信息化时代,向数字化、一体化、智能化方向发展的趋势,在内容布局上不仅系统和完整地阐述了测量的基本理论、基本技术及作业方法,而且还重点介绍了数字化测图、GPS 定位等测绘新技术,理论与实践并重,紧密结合具体的园林工程,更能满足园林专业测量教学与园林测量生产的需要。

本教材由西南大学谷达华教授担任主编,负责全书的修改统稿工作。武汉大学陶本藻教授担任主审。全书共分 12 章。参加编写人员及分工如下:谷达华编写第 1 章、第 5 章;北京农学院赵群编写第 11 章、第 12 章;江西财经大学周玉卿编写第 2 章、第 4 章;西南林学院姜华根编写第 8 章、第 10 章;西南大学尚颖娟编写第 7 章、第 9 章;中南林业科技大学汤腾方编写第 3 章;四川省资阳城市规划建筑设计院钟德章编写第 6 章;西南大学龙太会负责全书的插图绘制工作。

在编写过程中,为了使教材内容与现行测绘技术标准紧密结合;全书有关章节参照了 1999 年版《城市测量规范 CJJ8—99》《全球定位系统(GPS)测量规范 GB/T18314—2001》等规程、规范,并参阅了国内外大量的文献资料及国内同类测量学教材,本书编写组对这些文献的作者表示由衷的感谢。

由于作者水平有限,书中难免有缺点和错误,敬请读者批评指正。

谷达华
2011 年 1 月

目 录

1 绪 论	1
1.1 测绘学的任务与作用	1
1.2 地球的形状和大小	5
1.3 地面点位置的表示	8
1.4 地球曲率对测量工作的影响	16
1.5 测量工作的基本内容和程序	18
2 水准测量	23
2.1 水准测量的原理	23
2.2 水准测量的仪器和工具	24
2.3 水准仪的使用	28
2.4 水准测量的实施方法	30
2.5 水准测量的精度要求及高程计算	35
2.6 自动安平水准仪的使用	40
2.7 电子水准仪测量	42
2.8 水准测量的误差分析及减弱措施	45
3 角度测量	51
3.1 角度测量原理	51
3.2 光学经纬仪	52
3.3 电子经纬仪	59
3.4 经纬仪的使用	61
3.5 水平角观测	63
3.6 竖直角观测	67
3.7 水平角观测的误差及其消减方法	70

4 距离测量与直线定向	77
4.1 距离丈量	77
4.2 视距测量	84
4.3 光电测距	87
4.4 全站仪及其使用	94
4.5 直线定向	103
5 测量误差及数据处理的基本知识	111
5.1 测量误差概述	111
5.2 衡量观测值精度的标准	116
5.3 误差传播定律	118
5.4 等精度直接观测平差	122
5.5 不等精度直接观测平差	125
6 小地区控制测量	136
6.1 控制测量概述	136
6.2 导线测量	138
6.3 结点导线网近似平差	149
6.4 小三角测量	158
6.5 交会测量	163
6.6 高程控制测量	168
7 GPS 定位技术及应用	179
7.1 概述	179
7.2 GPS 的构成	180
7.3 GPS 定位原理	183
7.4 GPS 控制测量	187
7.5 差分 GPS	197
7.6 GPS 测量的误差来源及相应措施	199
8 大比例尺地形图测绘	202
8.1 地形图的比例尺	202
8.2 地形图的表示方法	205
8.3 测图前的准备工作	213
8.4 地形图测绘的内容	214
8.5 大比例尺地形图测绘	221
8.6 地形图的拼接、检查和整饰	225
8.7 地形图的修测	227



9 数字化测图	232
9.1 概述	232
9.2 数字化测图的硬件环境	234
9.3 数字化测图的软件环境	237
9.4 数字化测图的作业流程	238
9.5 地图扫描数字化	252
10 地形图的识读与应用	256
10.1 地形图的分幅与编号	256
10.2 地形图的识读	264
10.3 地形图的一般应用	272
10.4 地形图在工程中的应用	274
10.5 地形图的野外应用	277
10.6 在地形图上量算图形面积	279
11 园林规划设计测量	290
11.1 平整土地测量	290
11.2 园路中线测量	299
11.3 线路纵断面测量	304
11.4 线路横断面测量	308
11.5 园林渠道设计	311
12 园林工程施工测量	316
12.1 概述	316
12.2 测设的基本工作	317
12.3 点的平面位置测设	321
12.4 施工控制测量	324
12.5 园林道路施工放样	328
12.6 园林建筑施工测量	332
12.7 公园水体、堆山和平整场地的放样	337
12.8 园林植物种植放样	338
12.9 园林工程的竣工测量	342
参考文献	346

1 绪 论

本章导读 主要介绍了测绘学的概念及测绘学的发展状况;测绘科学的任务与作用;地球的形状和大小;椭球定位;地面点位置的表示方法;地球曲率对测量工作的影响及测量工作的基本内容和程序。通过本章的学习,能掌握测量的基本知识。

1.1 测绘学的任务与作用

1.1.1 测绘学的基本概念

测绘学研究对象是地球整体及其表面和外层空间的各种自然物体和人工物体的有关信息。它研究的内容是对这些与地理空间有关的信息进行采集、处理、管理、更新和利用。由此,测绘学可定义为:测绘学就是研究测定和推算地面及其外层空间点的几何位置,确定地球形状和地球重力场,获取地球表面自然形态和人工设施的几何分布以及与其属性有关的信息,并结合某些社会信息和自然信息,编制全球或局部地区各种比例尺的普通地图和专题地图的理论和技术的学科,是地球科学的重要组成部分。

1.1.2 测绘学的分支学科

测绘学按照研究范围、研究对象及采用技术手段的不同,可分为大地测量学、摄影测量学、地图制图学、工程测量学及海洋测绘学等学科。

1) 大地测量学

研究和确定地球的形状、大小和地球重力场,测定地面点几何位置和地球整体与局部运动的理论和技术的学科。大地测量学由于将地球表面的一个大范围作为一个整体来研究,必须考虑地球曲率的影响。大地测量学的基本任务是在全国范围内布设大地控制网和重力网,精密测定一系列点的空间位置和重力,为地球科学、空间科学、地形图测绘及工程施工提供控制依据,

为研究地球的形状、大小、重力场及其变化,地壳形变及地震预报提供信息。由于人造地球卫星的发射及遥感技术的发展,大地测量学的研究对象已从地球延伸到宇宙空间,可将其进一步分成几何大地测量学、物理大地测量学和卫星大地测量学。几何大地测量是通过几何观测量(距离、角度、方向、高差)来精密测定地面点的平面位置和高程;物理大地测量是用地球的重力等物理观测量通过地球重力场的理论和方法来推求大地水准面相对于地球椭球的距离、地球的扁率(地球的形状)等;卫星大地测量是通过人造地球卫星观测方法和运动规律来解决大地测量问题的现代大地测量。

2) 摄影测量学

摄影测量学是以获取地表摄影像片和辐射能的各种图像记录为手段,经过图像的处理、量测、判释和研究,以测得物体的形状、大小和位置,并判断其属性的一门学科。按获取像片的方法不同,分为地面摄影测量学、航空摄影测量学及航天摄影测量学,其主要任务是测绘地形图。但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化,摄影测量还可用于矿产资源勘察、地球板块运动研究、大型工程建筑物及环境污染的监测、农业估产和农林业灾害预防等。因此,摄影测量与遥感已成为非常活跃和富有生命力的一个独立学科。

3) 地图学

地图学是研究模拟和数字地图的基础理论、地图设计、地图编制与复制的技术方法及其应用的学科。地图是经济建设、国防建设及相关科学研究工作中一种重要的基础图件,也是测绘工作的重要产品形式。地图学由地图的基础理论、制图的方法与技术和地图应用三部分组成。

4) 工程测量学

研究各种工程建设和资源开发在规划、设计、施工和运营管理阶段所进行的各种测量工作的学科。其主要内容包括工程控制网的建立、地形测绘、施工放样、设备安装测量、竣工测量、变形观测和维修养护测量的理论、技术和方法。

工程测量学是一门应用学科,按其研究对象可分为:建筑工程测量、矿山测量、水利工程测量、公路工程测量、铁路工程测量、桥梁工程测量、隧道工程测量、输电线与输油管道测量、三维工业测量等;按各工程要求的测量精度不同,有精密工程测量、特种精密工程测量之分。

5) 海洋测绘学

海洋测绘学是以海洋水体和海底为研究对象所进行的测量和海图编制理论、技术与方法的学科。其主要内容包括海洋大地测量、海洋工程测量、海道测量、海底地形测量和海图编制等。

测量学是各门测绘学科的公共基础。主要研究地球表面局部区域测绘工作的基本理论、技术、方法及应用。测量学是以地球表面小区域为研究对象,因地球曲率半径很大(平均半径为6 371 km),可视小区域的球面为平面而不必顾及地球曲率的影响,其结果使测量的理论和方法都得到简化。

本教材属于工程测量学的范畴,将测量学的基本理论与技术应用于园林工程测量及一般工程测量。其主要讲述测量的基本知识、测量工作的基本技术、测量误差及数据处理的基本知识、

大比例尺地形图测绘、地形图的识读与应用、园林规划设计测量及园林工程施工测量的基本原理与方法等内容。

1.1.3 测绘学的发展状况

1) 测绘学的发展简史

科学技术是生产力。现代科学技术是人类世代同自然界斗争的结晶。测绘科学也不例外,早在远古时代就有夏禹治水时使用的“准、绳、规、矩”4种测量工具和埃及尼罗河泛滥后农田边界整理工作中所产生的原始测量技术。

在天文测量方面,远在颛顼高阳氏时就开始观测日、月、五星来定一年的长短。战国时编制了四分历,一年为365.25日,与罗马人采用的儒略历相同,但比其早四五百多年。南北朝时祖冲之所测的朔望月为29.530588日,与现代值相比仅差0.3s。宋代《信天历》,一年为365.2425日,与现今采用的值也只差26s。可见,天文测量在古代已有很大的发展。汉代张衡改进的浑天仪和他提出的“浑天说”更是加快了天文测量仪器和技术前进的步伐。

在研究地球形状和大小方面,在公元前已有人提出丈量子午线上的弧长,以推算地球的形状和大小。其中最著名的是在公元720年前后,由唐代僧一行主持的用弧度测量的方法丈量了自滑县经浚仪、扶沟到上蔡,直接丈量了长达300km的子午线弧长,以此推算出子午线1°所对的弧长为132.31km,并用日圭测太阳的阴影来定纬度,为人类认识地球作出了贡献。17世纪末,牛顿和惠更斯从力学的观点提出了地球是两极略扁的地扁说,从此与地圆说展开了一场大讨论,直至1739年经过弧长测量才证实了地扁说的正确性,为正确认识地球奠定了理论基础。1743年,法国克莱洛论证了地球几何扁率与重力扁率之间的关系,为物理大地测量打下了基础。1849年,斯托克斯提出利用重力观测资料确定地球形状的理论,他后来提出了用大地水准面来表示地球的形状,从而使人们对地球的形状才有了真正的认识。

17世纪,荷兰人汉斯发明了望远镜,斯纳尔创造了三角测量的方法。之后,法国人将望远镜装置在全圆分度器上用于角度测量,创造了世界上最早的经纬仪,为大地测量创造了条件。18世纪中叶,出现了水准测量,法国地理学家毕阿土在总结前人成果的基础上,提出了用等高线表示地形起伏的高低,绘制地形图。19世纪,德国人高斯提出了最小二乘法原理和横圆柱正形投影。1859年,法国人洛斯达开创摄影测量,并制成了第一台地形摄影仪,用于地面摄影成图。1899年摄影测量的理论研究取得进展,并在1903年飞机发明后,开创了航空摄影测量的先河。

地形图是测绘工作的重要成果,是生产和军事活动的重要工具。在公元前20世纪之前,就有人用陶片作为载体,用柳条做模型制作地图,说明地图早已被人们所重视。我国最早的记载是夏禹将地图铸于九鼎上,这已是地图的雏形。公元前7世纪,春秋时期管仲著的《管子》一书中已论述地图,平山县发掘出土的春秋战国时期的“兆域图”,已经表示了比例和符号的概念;在长沙马王堆发现公元前168年的长沙国地图和驻军图,地物、军事要素都进行了表示。公元224—271年,我国西晋的裴秀总结了前人的经验,拟定了《制图六体》,成为世界上最早的小比例地图制图规范之一。此后,历代都编制过多种地图,使地图制图技术有了较大的发展。

2) 测绘科学发展现状

20 世纪中叶,由于电子学、信息学、计算机科学和空间科学的迅猛发展,微电子技术、激光技术、遥感技术的应用,极大地推动着测绘科学的变革和进步。测绘科学的发展很大部分是从测绘仪器开始的,20 世纪 40 年代光电测距仪的问世,使长期以来艰苦的手工测距工作发生了根本性的变化,高精度高效率的光电测距改变了控制网传统布网方法,三角网已被三边网、边角网、测距导线网所代替;电磁波测距三角高程测量能代替三、四等水准测量。数字化测角仪器——电子经纬仪的出现,逐步将传统的光学经纬仪测角改变为数字化电子测角;光电测距仪与电子经纬仪集成为一体的全站仪,具有自动测角、测距、记录、计算的功能,将传统的点位平面位置与高程位置分离测量转变为融为一体的三维坐标测量,电动全站仪的研制,实现了地面测量技术向数字化和智能化方向发展。激光水准仪、全自动数字水准仪的应用,也实现了几何水准测量的数字化和自动化。

20 世纪 80 年代,全球定位系统(GPS)问世,采用卫星直接进行空间点的三维定位,引起测绘工作的重大变革,由于卫星定位具有全球、全天候、快速、高精度和无需相邻控制点通视的优点,在大地测量、工程测量、地形测量及军事的导航定位中有着广泛的应用。世界上许多国家为了使用全球定位技术,迅速进行了 GPS 信号接收仪器的研制。从 20 世纪 70 年代以来,各国仪器厂家已生产出多种不同精度、不同型号的 GPS 信号接收机。到目前,已生产出第五代具有体积更小、重量更轻、功能更全的 GPS 定位仪器乃至现今推出的 GPS 连续运行参考站系统(简称 CORS)技术及多个单基站通过组网而成的网络 CORS 技术,标志着测绘定位技术迈进了高科技时代。

数字化测绘技术在测量中有着广泛的应用,常规的大比例尺地形图测绘,通常采用的是野外手工图解测图法,具有野外工作量大,测绘产品单一,产品更新难度大的缺点。由于全站仪数字化测量技术及高效率的 GPS 定位技术的广泛应用和数字化测图软件研制的日益成熟,通过借助计算机、数控绘图仪等辅助设备,将形成一个从野外或室内数据采集、数据处理和绘图的数字化自动测图系统,测绘行业已全面进入了信息化时代。

随着测绘科学理论的发展与技术的进步,特别是“5S”技术即 GIS, GPS, RS, DPS(数字摄影测量技术)和 ES(专家系统)的迅猛发展,为测绘科学带来了一场深刻的变革,它将在国民经济建设各领域中发挥更大作用。

1.1.4 测绘科学的作用

1) 测绘科学在国民经济建设中的作用

测绘科学应用范围广泛,在国民经济和社会发展规划中,测绘信息是最重要的基础信息之一。各种工程建设的规划和土地资源管理需要测绘地形图和地籍图,工程建设的施工、竣工阶段及国防建设都需要进行大量的测绘工作。因此测绘工作者常被人们称为各项工程建设的尖兵。测绘工作在国民经济建设中起着十分重要的作用,其主要体现为以下几点:

①为科学研究、地形图测绘和工程施工提供所需点的大地坐标、高程和重力值。



②提供多种比例尺地形图和地图,作为规划、工程设计、施工和编制各种专用图的基础。

③在工程竣工、大型设备安装和工程运营中提供定位依据,确保工程质量和工程建筑物的安全运营。

④在国防建设方面,测绘科学为军事提供地形信息及攻击目标的定位和远程导弹、空间武器的发射提供测绘保障。

⑤为诸如人造卫星发射、宇宙航行等空间技术提供定位基础。

⑥为信息高速公路、空间信息基础设施与数字地球提供基础地理信息。

2) 测绘科学在相关专业知识结构中的作用

测绘科学在资源与环境、城乡规划、土地资源管理、林学、水土保持、水利工程、建筑工程、园林工程等专业领域中有广泛的应用,并且与各专业结合得越来越紧密。这些专业对测绘知识的需求体现在以下几个方面:

①利用测绘获得的地形图进行各种工程的规划与设计。

②借助于相关测绘技术进行各种资源的调查与专题地图的绘制。

③将规划设计图纸通过测量的手段标定到实地。

④利用测量手段标定取样点的位置、监控工程施工质量等。

⑤绘制工程竣工平面图或更新施工区域地形图等。

⑥为各种信息系统提供基础地理信息。

1.2 地球的形状和大小

1.2.1 地球的形状和大小

地球的形状与大小,自古以来为人类所关注,对它的研究从来没有停止过。认识地球的形状和大小是通过测量工作进行的。

地球自然表面是极不规则的,有陆地、海洋、高山和平原。地球上最高的山是我国境内的珠穆朗玛峰,其高程为 8 844.43 m,而在太平洋西部的马里亚纳海沟深达 11 022 m,地形起伏很大,但这样的高低起伏相对于地球的平均半径 6 371 km,是可以忽略不计的,仍可把地球看作为圆滑的球体。

地心有引力,地球上每个质点都受到地心引力而不能脱离地球。地球的自转又使每个质点受到离心力的作用。因地球上每个质点都受到这两个力的作用,其合力称为重力,如图 1.1 所示。重力的方向线称为铅垂线,铅垂线是测量工作的基准线。

地球表面的海洋面积达到 71%,陆地面积仅为 29%。设想将静止的海水面向陆地延伸,形成一个封闭的曲面,称为水准面。水准面具有处处与铅垂线相垂直的特性。与水准面相切的平面称为水平面。由于海水有潮汐变化,时高时低,所以水准面有无限多个,其中通过平均海水面的水准面,称为大地水准面,大地水准面是测量工作的基准面。大地水准面所包围的地球形体

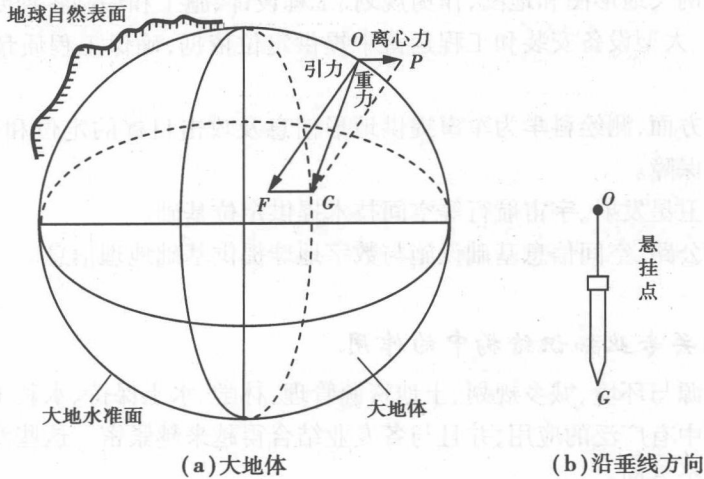


图 1.1 大地体、重力与铅垂线

称为大地体,它表示了地球的形状和大小。

由于地球内部的质量分布不均匀,引起地面上各点沿垂线方向产生不规则的变化,因而大地水准面成为一个有微小起伏的不规则曲面,大地体也并非是一个规则的几何球体,其表面也是一个不规则的数学曲面,测量数据在这个不规则的曲面上是无法运算的,因此,必须寻找一个与大地体十分接近的规则数学球体,才能解决地面点投影、计算的问题。

地球实际上是一个南北极略扁,非常接近数学上的旋转椭球的球体,如图 1.2 所示。旋转椭球的大小和形状由长半径 a 、短半径 b 及由长、短半径确定的扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 3 个参数来确定。几个世纪以来,许多学者曾利用局部资料分别推算出了表达椭球形状大小的参数,见表 1.1。

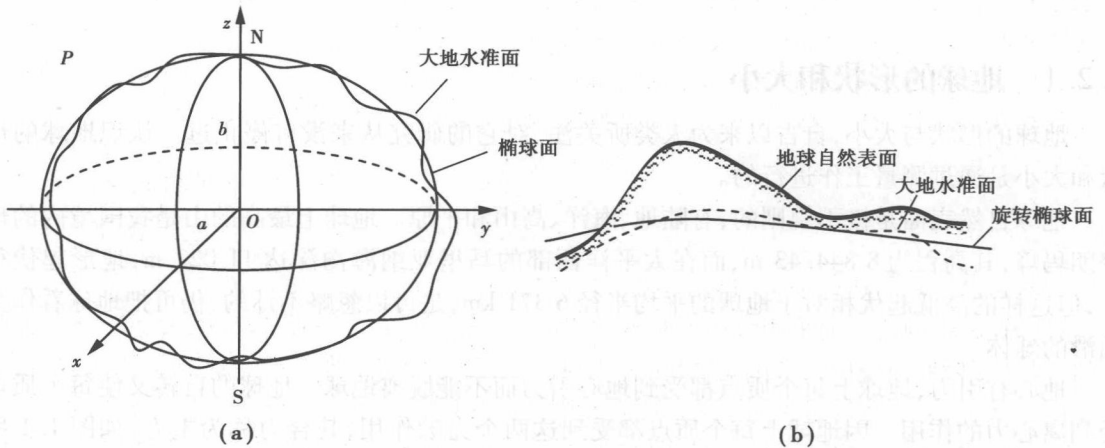


图 1.2 旋转椭球

由于这些参数都具有一定的局限性,只能作为确定地球形状、大小的参考,故称参考椭球。在测量学中,将参考椭球面代替大地水准面作为测量计算和制图的基准面。

表 1.1 各国学者推算的椭球参数

参数推算者	长半轴 a/m	短半轴 b/m	扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$	推算年代和国家
德兰布尔	6 375 653	6 356 564	1 : 334	1800 年法国
贝塞尔	6 377 397	6 356 079	1 : 299.2	1841 年德国
克拉克	6 378 249	6 356 515	1 : 293.5	1880 年英国
海福特	6 378 388	6 356 912	1 : 297.0	1909 年美国
克拉索夫斯基	6 378 245	6 356 863	1 : 298.3	1940 年苏联
IUGG	6 378 140	6 356 755.3	1 : 298.257	1975 年国际大地测量与地球物理联合会
IUGG	6 378 137	6 356 752	1 : 298.257	1980 年国际大地测量与地球物理联合会
中国	6 378 143	6 356 758	1 : 298.255	1978 年中国

注: IUGG 为国际大地测量与地球物理联合会的英文缩写。

1.2.2 椭球定位

确定了椭球的形状和大小后,还必须进一步确定椭球与大地体、椭球面与大地水准面的相关位置,使椭球与大地体间达到最好的密合,才能将地面上的观测成果归算到椭球面上。最简单的是单点定位,如图 1.3 所示,在一个国家的合适地方选择一点 P ,设想在该点把椭球体和大地体相切,切点 P' 位于 P 点的铅垂线上,此时,过椭球面上 P' 点的法线与该点对大地水准面的铅垂线相重合,这样,椭球体与大地体的相关位置就确定了。这项工作称为椭球定位,切点称为大地原点。 P 点的球面位置——大地经度 L 与大地纬度 B 就作为全国其他点球面位置的起算数据。

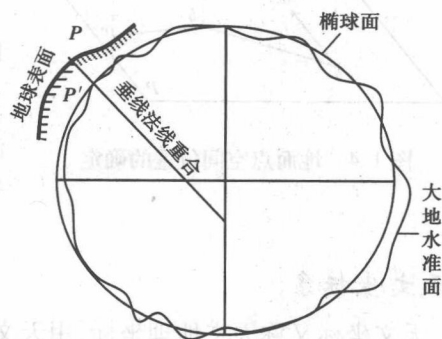


图 1.3 椭球定位

世界各国都采用适合本国的椭球参数和定位方法。

我国在新中国成立前采用海福特椭球,解放后一直用克拉索夫斯基椭球,大地原点在苏联普尔科沃(现俄罗斯境内)。20 世纪 80 年代,我国采用了 IUGG 推荐的总地球椭球,其参数见表 1.1。大地原点选在位于我国中部陕西省泾阳县的永乐镇。

由于地球的扁率很小,接近圆球,因此在测量精度要求不高的情况下,可以视椭球为圆球,其半径采用曲率半径平均值,即:

$$R = \frac{1}{3}(a + a + b) = 6\,371\text{ km} \quad (1.1)$$