



高等院校风景园林类专业“十三五”规划系列教材·应用类

主 编 谷达华 周玉卿
副主编 肖 扬 徐小博
主 审 陶本藻 汤腾方 尚颖娟

园林工程 测量

YUANLIN GONGCHENG
CELIANG



重庆大学出版社

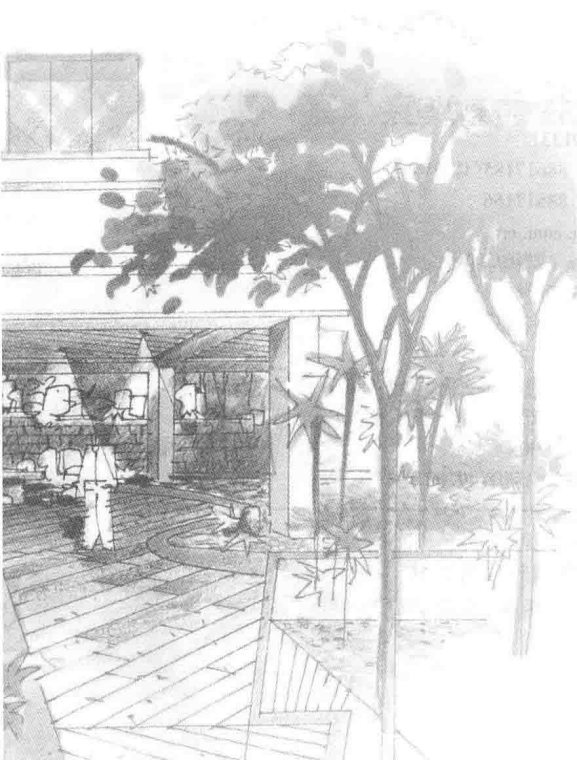
国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

风景园林类专业“十三五”规划系列教材·应用类

园林工程 测量

主编 谷达华 周玉卿
副主编 肖扬 徐小博 汤腾方 尚颖娟
主审 陶本藻

YUANLIN GONGCHENG
CELIANG



重庆大学出版社

内容简介

本书是高等院校风景园林类专业“十三五”规划系列教材之一。本书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—9章为测量的基本原理与测量工作的基本作业方法,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、以GPS为代表的卫星定位技术及其应用、地形图的基础知识与应用、大比例尺地形图测绘等测绘学科公共基础普通测量学的内容;10—11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;12章为课间实习、专业课程实习的实训项目内容。作者在写作时尽力展现常规的测绘手段和现代测绘技术的新成果与新发展,体现了教材的成熟性与前瞻性。

本书可作为高等院校风景园林、园林、观赏园艺及其相关的林学、果树等专业测量学科的课程教材,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, 周玉卿主编. -- 重庆 : 重庆大学出版社, 2019.2

高等院校风景园林类专业“十三五”规划系列教材.
应用类

ISBN 978-7-5689-0814-6

I. ①园… II. ①谷… ②周… 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(2018)第302478号

园林工程测量

谷达华 周玉卿 主编

策划编辑:何明 杨漫

责任编辑:杨漫 版式设计:莫西 黄俊鹏 杨漫

责任校对:邹忌 责任印制:赵晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

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

重庆荟文印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:23.25 字数:580千

2019年2月第1版 2019年2月第1次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5689-0814-6 定价:49.00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 ·

陈其兵	陈 宇	戴 洪	杜春兰	段晓鹃	冯志坚
付佳佳	高 天	谷达华	郭 晖	韩玉林	黄 晖
黄 凯	黄磊昌	吉文丽	江世宏	李宝印	李 晖
林墨飞	刘福智	刘 骏	刘 磊	鲁朝辉	马 辉
申晓辉	唐 建	唐贤巩	王 霞	翁殊斐	武 涛
邢春艳	徐德秀	徐海顺	杨瑞卿	杨学成	余晓曼
袁 嘉	袁兴中	张建林	赵九洲	朱 捷	朱晓霞

· 编写人员 ·

主 编 谷达华 西南大学

周玉卿 江西财经大学

副主编 肖 扬 徐州工程学院

徐小博 新乡学院

汤腾方 中南林业科技大学

尚颖娟 西南大学

参 编 钟德章 四川省资阳城市规划建筑设计院

龙太会 西南大学

主 审 陶本藻 武汉大学

PREFACE / 前言

根据高等教育风景园林类专业测量学科教学的需要,本书是以园林工程建设对测量知识与测绘技能的需求以及测量理论与实践如何应用到具体园林工程为主体思路编写而成的风景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、完整地阐述了水准仪、经纬仪、全站仪等工具在进行各项常规测量及小地区控制测量时的技术与作业方法,而且还对以 GPS 为代表的卫星定位测量技术作了重点介绍。作为测绘工作重要内容之一的大比例尺地形图测绘,本教材对传统的模拟测图以及目前生产上广泛使用的数字化测图的作业方法都做了较详尽的阐述。在内容结构编排方面,本教材将国内同类教材里常规的大比例尺地形图测绘、数字化测图、地形图的识读与应用三章的内容整合为地形图的基础知识与应用、大比例尺地形图测绘两章;将地形图的比例尺、分幅与编号、地物和地貌在地形图上的标识方法,地形图的识读,地形图的基本应用与专业应用等内容整合为地形图的基础知识与应用一章,将地形图测绘的内容、地形碎部点测定的原理、模拟测图和数字化测图的方法技术纳入大比例尺地形图测绘一章,这样的编排使教材的知识结构体系更加紧凑,教学也更加方便。园林规划设计测量和园林工程的施工测量部分的内容体现了测量基本理论与技术在园林工程中的具体应用。同时,为满足风景园林类专业测量实践教学的需要,教材还编排了课间实习、专业课程实习的实训项目内容。通过章节开头的学习目标,提示读者本章需要了解、理解、掌握的知识点和实践技能要求。为了提高读者的学习效果,每章后面有本章核心知识内容的小结和类型多样的复习思考题。

本书由谷达华、周玉卿担任主编,负责全书的修改统稿工作,武汉大学陶本藻教授担任主审。具体编写分工如下:第1章、第5章,谷达华、肖扬;第2章、第4章,周玉卿;第3章,汤腾方、徐小博;第6章,肖扬、钟德章;第7章、第9章,肖扬、尚颖娟;第8章、第10章,徐小博、龙太会、肖扬;第11章,谷达华、徐小博;第12章,谷达

华、肖扬。

在编写过程中,为了使教材内容符合现行测绘技术标准,全书有关章节分别参照了1999年版《城市测量规范 CJJ 8—99》《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2009)、《地形图图式》(GB/T 20257.1—2007)等规程和规范,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。

本书力求简明扼要、通俗易懂、逻辑推理严密、结构严谨、内容充实。在编写时尽力反映常规测绘手段与现代测绘技术的新成果及新发展,体现了教材的成熟性和先进性。但由于作者水平有限,书中难免出现缺漏和错误,敬请读者批评指正。

谷达华

2018年10月

CONTENTS 目录

1 绪论	1	2.3 水准仪的使用	26
1.1 测绘学的分支学科及作用	1	2.3.1 粗平	26
1.1.1 测绘学的基本概念	1	2.3.2 瞄准	26
1.1.2 测绘学的分支学科	1	2.3.3 精平	27
1.1.3 测绘学的发展状况	2	2.3.4 读数	27
1.1.4 测绘科学的作用	4	2.4 水准测量的实施方法	27
1.2 地球的形状和大小	5	2.4.1 水准点	27
1.2.1 地球的形状和大小	5	2.4.2 水准路线的布设形式	28
1.2.2 椭球定位	6	2.4.3 水准测量的方法	28
1.3 地面点位置的表示	7	2.5 水准测量的精度要求及高程计算	31
1.3.1 地面点位置的确定	7	2.5.1 水准测量的精度要求	31
1.3.2 地面点在常用测量坐标系中的表示	7	2.5.2 水准测量的成果校核	32
1.3.3 大地经、纬度坐标(L, B)与高斯平面直角坐标(x, y)之间的转换	11	2.5.3 路线水准测量的高程计算	32
1.3.4 我国目前常用的坐标系	12	2.5.4 路线水准测量的高程计算实例	33
1.3.5 地面点的高程	13	2.6 自动安平水准仪的使用	35
1.4 地球曲率对测量工作的影响	14	2.6.1 自动安平水准仪的原理和构造	36
1.4.1 地球曲率对距离测量的影响	15	2.6.2 自动安平水准仪的使用	36
1.4.2 地球曲率对水平角的影响	15	2.7 电子水准仪测量	37
1.4.3 地球曲率对高程的影响	16	2.7.1 电子水准仪测量原理	37
1.5 测量工作的基本内容和程序	16	2.7.2 条形码标尺	38
1.5.1 测量工作的基本内容	16	2.7.3 电子水准仪的特点	38
1.5.2 测量工作应遵循的原则	16	2.7.4 电子水准仪的使用方法	39
1.5.3 测量工作的实施步骤	17	2.8 水准测量的误差分析及减弱措施	39
本章小结	18	2.8.1 仪器误差	39
复习思考题	18	2.8.2 操作误差	40
2 水准测量	21	2.8.3 外界条件引起的误差	41
2.1 水准测量的原理	21	本章小结	41
2.2 水准测量的仪器和工具	22	复习思考题	42
2.2.1 水准仪	22		
2.2.2 水准尺和尺垫	25		

3 角度测量	45	4.3.2 光电测距仪的使用	80
3.1 角度测量原理	45	4.3.3 光电测距仪测距的误差分析	82
3.1.1 水平角及测量原理	45	4.3.4 光电测距的成果整理	84
3.1.2 竖直角及测量原理	46	4.4 全站仪及其使用	85
3.2 光学经纬仪	46	4.4.1 全站仪的基本操作	86
3.2.1 光学经纬仪的构造	47	4.4.2 全站仪数据采集	89
3.2.2 光学经纬仪的读数方法	49	4.5 直线定向	93
3.3 电子经纬仪	53	4.5.1 标准方向的种类	93
3.4 经纬仪的使用	54	4.5.2 直线方向表示的方法	93
3.4.1 经纬仪的安置	54	4.5.3 几种方位角之间的关系	94
3.4.2 对光和瞄准	55	4.5.4 罗盘仪测定磁方位角	95
3.4.3 读数	56	本章小结	96
3.5 水平角观测	56	复习思考题	97
3.5.1 测回法	56	5 测量误差及数据处理的基本知识	100
3.5.2 方向观测法(全圆测回法)	57	5.1 测量误差概述	100
3.6 竖直角观测	59	5.1.1 测量误差的含义	100
3.6.1 经纬仪竖盘的构造	59	5.1.2 测量误差的来源	100
3.6.2 竖直角的计算	60	5.1.3 观测与观测值分类	101
3.6.3 竖盘指标差	61	5.1.4 测量误差的分类	102
3.6.4 竖直角观测方法	61	5.1.5 偶然误差的特性	103
3.7 水平角观测的误差及其消减方法	63	5.2 衡量观测值精度的标准	104
3.7.1 仪器误差	63	5.2.1 中误差	105
3.7.2 操作误差	64	5.2.2 相对中误差	106
3.7.3 外界条件的影响	65	5.2.3 极限误差	106
本章小结	66	5.3 误差传播定律	106
复习思考题	67	5.4 等精度直接观测平差	110
4 距离测量与直线定向	70	5.4.1 求最或是值	110
4.1 距离丈量	70	5.4.2 精度评定	111
4.1.1 距离丈量的工具	70	5.5 不等精度直接观测平差	113
4.1.2 距离丈量的一般方法	72	5.5.1 权的概念	113
4.1.3 钢尺量距的精密方法	75	5.5.2 测量上常用定权的方法	115
4.2 视距测量	76	5.5.3 求不等精度观测值的最或是值—— 加权算术平均值	117
4.2.1 视距测量的原理	76	5.5.4 不等精度观测的精度评定	117
4.2.2 视距测量的观测与计算	78	本章小结	120
4.3 光电测距	79	复习思考题	121
4.3.1 光电测距仪测距的原理	79		



6 小地区控制测量	124	7.4 GPS 控制测量	174
6.1 控制测量概述	124	7.4.1 GPS 网的技术设计	174
6.1.1 国家基本控制网	124	7.4.2 选点与建立标志	177
6.1.2 图根控制测量	126	7.4.3 外业观测	177
6.2 导线测量	126	7.4.4 观测成果检核	179
6.2.1 导线测量的外业工作	127	7.4.5 重测和补测	180
6.2.2 导线测量的内业计算	128	7.4.6 GPS 网平差	180
6.3 结点导线网近似平差	137	7.4.7 GPS 控制测量示例	181
6.3.1 单结点导线网平差	137	7.5 差分 GPS	183
6.3.2 双结点导线网平差	140	7.5.1 位置差分	183
6.4 小三角测量	145	7.5.2 伪距差分	183
6.4.1 小三角测量的外业工作	145	7.5.3 载波相位差分技术	183
6.4.2 小三角测量的内业计算	145	7.5.4 网络 RTK	184
6.5 交会测量	149	7.6 GPS 测量的误差来源及相应措施	184
6.5.1 前方交会	149	7.6.1 按误差的来源分类	184
6.5.2 侧方交会	151	7.6.2 按误差的性质分类	185
6.5.3 后方交会	151	本章小结	185
6.5.4 自由测站定位法	153	复习思考题	186
6.6 高程控制测量	154	8 地形图的基础知识及应用	188
6.6.1 三、四等水准测量	154	8.1 地形图的比例尺	188
6.6.2 三角高程测量	159	8.2 地形图的分幅与编号	190
本章小结	160	8.2.1 梯形分幅法	190
复习思考题	162	8.2.2 矩形分幅法	197
7 GPS 定位技术及应用	167	8.3 地物地貌在地形图上的表示	198
7.1 概述	167	8.3.1 地物在地形图上的表示	198
7.1.1 GPS 的由来及发展前景	167	8.3.2 地貌在地形图上的表示	201
7.1.2 GPS 定位的特点	167	8.3.3 地形图图式	205
7.2 GPS 的构成	168	8.4 地形图的识读	206
7.2.1 空间部分(卫星星座)	168	8.4.1 地形图的图外注记	206
7.2.2 地面监控部分	169	8.4.2 地物的判读	209
7.2.3 用户部分	170	8.4.3 地貌的判读	209
7.3 GPS 定位原理	170	8.4.4 社会经济要素的阅读	210
7.3.1 伪距测量原理	171	8.5 地形图的基本应用	212
7.3.2 载波相位测量原理	171	8.5.1 点的高程采集	212
7.3.3 绝对定位原理	173	8.5.2 点的坐标采集	212
7.3.4 相对定位原理	173	8.5.3 直线长度、方位及坡度的量测	

.....	214	10.1 平整土地测量	261
8.6 地形图在工程中的应用	215	10.1.1 方格水准测量法测算土方	261
8.6.1 地形图在线路工程中的应用	215	10.1.2 垂直断面法计算土方	266
8.6.2 地形图在水利工程中的应用	216	10.1.3 等高面法(水平断面法) 计算土方	267
8.7 地形图的野外应用	217	10.2 园林线路的中线测量	269
8.7.1 地形图实地定向的方法	217	10.2.1 踏勘选线	269
8.7.2 地形图实地定点的方法	218	10.2.2 交点的实际标定和转角(交角) 测定	269
8.8 地形图上量算面积	219	10.2.3 里程桩的设置	272
8.8.1 解析法	219	10.3 线路纵断面测量	273
8.8.2 图面量算法	220	10.3.1 基平测量	273
8.8.3 面积量算的几项改正	226	10.3.2 中平测量	273
本章小结	227	10.3.3 线路的纵断面图绘制	274
复习思考题	228	10.4 线路横断面测量	276
9 大比例尺地形图测绘	231	10.4.1 横断面方向的测定	276
9.1 地形图测绘的内容	231	10.4.2 横断面测量的方法	277
9.1.1 地物的测绘	231	10.4.3 横断面图的绘制	278
9.1.2 地貌的测绘	234	10.5 园林渠道设计	279
9.1.3 碎部点的选择	238	10.5.1 渠道流量设计	279
9.2 碎部点测量原理	238	10.5.2 渠道横断面设计	280
9.2.1 极坐标法	238	10.5.3 渠道纵断面设计	280
9.2.2 直角坐标法	239	10.5.4 渠道施工土石方量的计算	281
9.2.3 方向交会法	239	本章小结	281
9.3 模拟测图	240	复习思考题	282
9.3.1 经纬仪测绘法	240	11 园林工程施工测量	284
9.3.2 平板仪测绘法	242	11.1 概述	284
9.3.3 地形图的绘制	242	11.1.1 园林工程施工测量的任务	284
9.3.4 地形图的拼接、检查和整饰	244	11.1.2 园林工程施工测量的原则	284
9.4 数字测图	246	11.1.3 园林工程施工放样测量的精度	285
9.4.1 数字化测图的特点	246	11.1.4 园林工程施工测量的特点	285
9.4.2 数字化测图的作业流程	247		
9.4.3 CASS 作图示例	254		
本章小结	258		
复习思考题	259		
10 园林规划设计测量	261		

11.2 测设的基本工作	285	11.8.4 行道树定植放样	311
11.2.1 水平角测设	285	11.9 园林工程的竣工测量	311
11.2.2 水平距离的测设	286	11.9.1 竣工测量	311
11.2.3 高程的测设	287	11.9.2 编绘竣工总平面图	312
11.3 点的平面位置测设	289	本章小结	312
11.3.1 直角坐标法	289	复习思考题	313
11.3.2 极坐标法	289	12 测量实训	315
11.3.3 角度交会法	290	12.1 测量实训须知	315
11.3.4 距离交会法	290	12.2 测量实训项目	317
11.3.5 支距法	290	实训1 水准仪的认识及使用	317
11.3.6 全站仪测设法	291	实训2 水准路线测量与成果整理	318
11.3.7 用GPS RTK放样点位	291	实训3 电子水准仪作业的水准路线测量	321
11.4 施工控制测量	291	实训4 经纬仪的认识及使用	323
11.4.1 施工控制测量坐标系统	292	实训5 测回法观测水平角	326
11.4.2 施工控制测网的布设及		实训6 方向观测法观测水平角	328
测设方法	292	实训7 竖直角测量	331
11.5 园林道路施工放样	295	实训8 距离丈量与罗盘仪测定磁方位角	332
11.5.1 园林道路中线放样	295	实训9 视距测量	334
11.5.2 园林线路平面曲线的测设	295	实训10 全站仪标准测量	335
11.5.3 路基放样	300	实训11 测距图根导线测量	337
11.5.4 竖曲线的测设	301	实训12 四等水准测量	341
11.6 园林建筑施工测量	302	实训13 GNSS(全球导航卫星系统)静态	
11.6.1 园林建筑物的定位	303	相对定位测量	344
11.6.2 园林建筑主轴线的测设	304	实训14 GNSS RTK 测量	346
11.6.3 园林建筑基础施工测设	305	实训15 地形图识读与应用	348
11.6.4 园林建筑墙体施工测设	306	实训16 大比例尺地形图数字化测绘	350
11.7 公园水体、堆山和平整场地的放样	306	实训17 园路纵、横断面测量	353
11.7.1 公园水体的放样	306	实训18 全站仪测设地面点平面位置	355
11.7.2 堆山放样	306	实训19 园路中线测量和圆曲线三主点	
11.7.3 平整场地的放样	307	的测设	357
11.8 园林植物种植放样	307	参考文献	359
11.8.1 园林植物种植的形式	307		
11.8.2 公园树木种植放样	308		
11.8.3 规则的防护林、风景林、果园、			
苗圃的种植放样	310		

1 绪 论

[学习目标]

知识要求:

- (1) 了解测绘学的基本概念及分支学科;测绘学的发展状况。
- (2) 理解测量的基准面、基准线;椭球定位和我国目前常用的坐标系;地球曲率对测量工作的影响;测量工作应遵循的原则和程序。
- (3) 掌握地面点位置表示的方法和高斯分带投影的原理与方法。

1.1 测绘学的分支学科及作用

1.1.1 测绘学的基本概念

测绘学研究的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: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

大地测量学是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。按获取摄像片的方法不同,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

工程测量学是研究各种工程建设和资源开发中,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

海洋测绘学是研究以海洋水体和海底为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。

本书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。本书主要介绍测量的基本知识、测量工作的基本技术、测量误差及数据处理的基本知识、GPS定位技术、地形图的基础知识与应用、大比例尺地形图测绘、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”四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,但比其早四五百年。南北朝时祖冲之所测的朔望月为 29.530 588 日,与现代值相比仅差 0.3 秒。宋代《信天历》,一年为 365.242 5 日,与现今采用的值也只差 26 秒。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 300 km 的子午线弧长,以此推算出子午线 1° 所对的弧长为 132.31 km,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》一书中已论述过地图,平山县发掘出土的春秋战国时期的“兆域图”,已经出现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,对地物、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,都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,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,光电测距三角高程测量可代替四等水准测量。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、地形测量及军事与民用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(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,将在国民经济建设各领域发挥更大作用。

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 相比,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作用而不能脱离地球。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,与水准面相切的平面称为水平面。由物理学可知,同一水准面上各点的重力位能相等,水准面又称为重力等位面,水准面具有处处与铅垂线相垂直的特性。在地球表面重力的作用空间,通过任何高度的点都有一个水准面,因而水准面有无限多个,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(图 1. 2)。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(表 1. 1)。

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

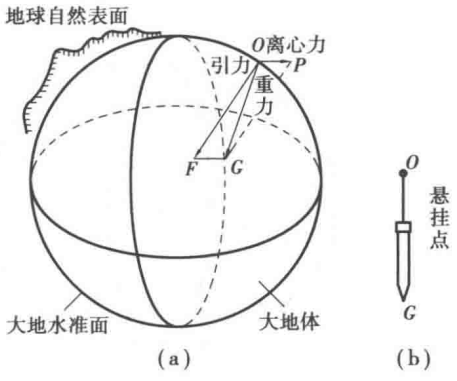


图 1. 1 大地体、重力与铅垂线
(a)大地体;(b)铅垂线方向