



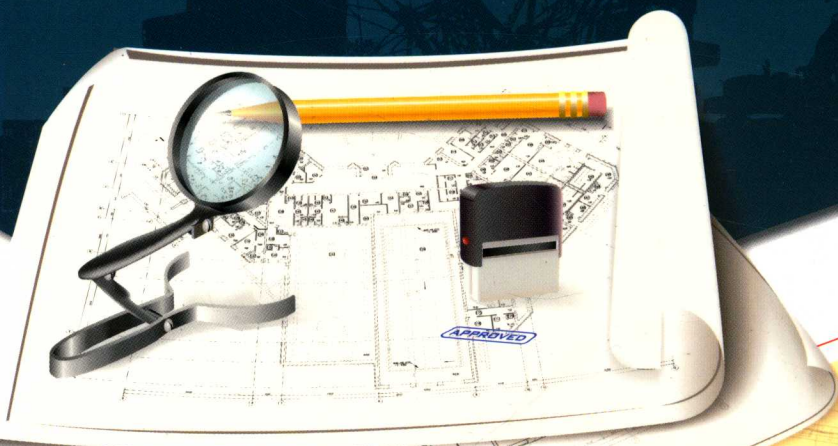
北大版·高职高专土建系列规划教材

21世纪全国高职高专土建 **立体化** 系列规划教材
数字测图技术国家级精品课程配套材料
浙江省高校重点教材建设项目

数字测图技术

SHUZI CETU JISHU

主 编 赵 红



· 建筑施工 ·

- ◎ 按照项目化、任务化的组织形式，突出了技能训练的职业教育特点
- ◎ 培养测绘行业具备数字测图理论、知识和技能的高等技术应用型人才



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是根据教育部颁布的《中等职业学校教学大纲》和《中等职业学校专业目录》的要求，结合当前测绘技术的发展，参照国外先进教材编写而成的。本书可作为中等职业学校测绘专业及相关专业的教材，也可供从事测绘工作的工程技术人员参考。



21 世纪全国高职高专土建立体化系列规划教材
数字测图技术国家级精品课程配套教材
浙江省高校重点教材建设项目

数字测图技术

主 编 赵 红
副主编 钭祖民 黄伟朵 杨一挺
参 编 毛迎丹 江金霞
主 审 吕 慧



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以数字测图工作过程为主线,系统介绍了数字测图的理论、技术和方法。其内容包括:测量基础知识、测量误差的基本知识、角度测量、距离测量、GPS 定位系统及其工作原理、导线测量、水准测量、三角高程测量、编制技术设计书、数字地形图测绘、成果检查验收和地形图的应用。本书基于工作过程,按照项目化、任务化的组织形式,优化了知识结构,突出了能力培养和技能训练的职业教育特点。本书共分为 12 个学习项目,每个项目后还附有习题。学生通过对本书的学习,能参与完成数字测图生产任务,并能在工作中解决出现的问题。

本书可作为高职高专院校测绘类和地理信息系统专业的教材,也可作为交通工程、水利工程、建筑工程等土建施工类专业及工程技术人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字测图技术/赵红主编. —北京:北京大学出版社, 2013. 6

(21 世纪全国高职高专立体化系列规划教材)

ISBN 978-7-301-22656-8

I. ①数… II. ①赵… III. ①数字化制图—高等职业教育—教材 IV. ①P283.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 129277 号

书 名: 数字测图技术

著作责任者: 赵 红 主编

策 划 编 辑: 赖 青 王红樱

责 任 编 辑: 王红樱

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-22656-8/TU·0334

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> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京宏伟东华印刷有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 423 千字

2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 36.00 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 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

北大版·高职高专土建系列规划教材

专家编审指导委员会

主 任：于世玮（山西建筑职业技术学院）

副 主 任：范文昭（山西建筑职业技术学院）

委 员：（按姓名拼音排序）

丁 胜（湖南城建职业技术学院）

郝 俊（内蒙古建筑职业技术学院）

胡六星（湖南城建职业技术学院）

李永光（内蒙古建筑职业技术学院）

马景善（浙江同济科技职业学院）

王秀花（内蒙古建筑职业技术学院）

王云江（浙江建设职业技术学院）

危道军（湖北城建职业技术学院）

吴承霞（河南建筑职业技术学院）

吴明军（四川建筑职业技术学院）

夏万爽（邢台职业技术学院）

徐锡权（日照职业技术学院）

杨甲奇（四川交通职业技术学院）

战启芳（石家庄铁路职业技术学院）

郑 伟（湖南城建职业技术学院）

朱吉顶（河南工业职业技术学院）

特邀顾问：何 辉（浙江建设职业技术学院）

姚谨英（四川绵阳水电学校）

北大版·高职高专土建系列规划教材
专家编审指导委员会专业分委会

建筑工程技术专业分委会

主任：吴承霞 吴明军
副主任：郝俊 徐锡权 马景善 战启芳 郑伟
委员：(按姓名拼音排序)
白丽红 陈东佐 邓庆阳 范优铭 李伟
刘晓平 鲁有柱 孟胜国 石立安 王美芬
王渊辉 肖明和 叶海青 叶腾 叶雯
于全发 曾庆军 张敏 张勇 赵华玮
郑仁贵 钟汉华 朱永祥

工程管理专业分委会

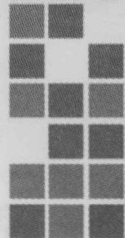
主任：危道军
副主任：胡六星 李永光 杨甲奇
委员：(按姓名拼音排序)
冯钢 冯松山 姜新春 赖先志 李柏林
李洪军 刘志麟 林滨滨 时思 斯庆
宋健 孙刚 唐茂华 韦盛泉 吴孟红
辛艳红 鄢维峰 杨庆丰 余景良 赵建军
钟振宇 周业梅

建筑设计专业分委会

主任：丁胜
副主任：夏万爽 朱吉顶
委员：(按姓名拼音排序)
戴碧锋 宋劲军 脱忠伟 王蕾
肖伦斌 余辉 张峰 赵志文

市政工程专业分委会

主任：王秀花
副主任：王云江
委员：(按姓名拼音排序)
俞金贵 胡红英 来丽芳 刘江 刘水林
刘雨 刘宗波 杨仲元 张晓战



前言

本书为北京大学出版社《21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材》之一,也为浙江省重点建设教材。为适应 21 世纪职业技术教育发展需要,培养测绘行业具备数字测图理论、知识和技能的高等技术应用型人才,编者结合多年教学经验特编写了本书。

本书内容共分 12 个学习项目,主要包括:测量基础知识、测量误差的基本知识、角度测量、距离测量、GPS 定位系统及其工作原理、导线测量、水准测量、三角高程测量、编制技术设计书、数字地形图测绘、成果检查验收和地形图的应用。

本书内容可按照 120~140 学时安排,推荐学时分配:项目 1 为 8~10 学时,项目 2 为 4~6 学时,项目 3 为 18~20 学时,项目 4 为 6~8 学时,项目 5 为 4~6 学时,项目 6 为 16~18 学时,项目 7 为 22~24 学时,项目 8 为 2~4 学时,项目 9 为 28~30 学时,项目 10 为 2~4 学时,项目 11 为 10 学时,项目 12 为 10 学时。教师可根据不同的专业灵活安排学时。

本书编写的主要技术依据有《城市测量规范》(CJJ/T 8—2011),《工程测量规范》(GB 50026—2007),《国家基本比例尺地图图式 第 1 部分:1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》(GB/T 20257.1—2007)等。

本书既可作为高职高专院校测绘类相关专业的教材和指导书,也可以作为交通工程、水利工程、建筑工程等土建施工类及工程技术人员的学习参考书。

本书由浙江水利水电专科学校赵红担任主编;丽水职业技术学院斜祖民、浙江省第一测绘院总工杨一挺、浙江水利水电专科学校黄伟朵担任副主编;全书由浙江水利水电专科学校赵红负责统稿。本书具体章节编写分工为:项目 1 的任务 1.1~任务 1.4、项目 7、项目 8 由浙江水利水电专科学校赵红编写;项目 2、项目 3 由浙江水利水电专科学校黄伟朵编写;项目 1 的任务 1.5、项目 4 由浙江水利水电专科学校毛迎丹编写;项目 5、项目 12 由丽水职业技术学院江金霞编写;项目 6 由丽水职业技术学院斜祖民编写;项目 9、项目 10、项目 11 由浙江省第一测绘院总工杨一挺编写。浙江工业大学吕慧老师对本书进行了审读,并提出了很多宝贵意见,在此表示感谢!

由于编者水平有限,本书难免存在不足和疏漏之处,敬请各位读者批评指正。

编者

2013 年 3 月

目 录

第一篇 基础篇 1

项目 1 测量基础知识 3

任务 1.1 测绘学的任务及作用 5

任务 1.2 测量基准面 8

任务 1.3 测量常用坐标系与地面点位的确定 10

任务 1.4 测量的基本工作与基本原则 17

任务 1.5 认识地形图 20

项目小结 40

习题 40

项目 2 测量误差的基本知识 44

任务 2.1 误差的基本概念 45

任务 2.2 评定精度的标准 48

任务 2.3 误差传播定律 51

任务 2.4 平差值的计算及精度评定 53

项目小结 59

习题 59

第二篇 平面控制测量 61

项目 3 角度测量 63

任务 3.1 经纬仪角度测量 65

任务 3.2 经纬仪的检验和校正 81

任务 3.3 全站仪的测量原理 85

任务 3.4 全站仪角度测量 88

任务 3.5 角度测量误差来源及消减方法 91

项目小结 94

习题 95

项目 4 距离测量 97

任务 4.1 钢尺量距 98

任务 4.2 视距测量 101

任务 4.3 电磁波测距 104

任务 4.4 全站仪距离测量 108

项目小结 109

习题 109

项目 5 GPS 定位系统及其工作

原理 111

任务 5.1 GPS 定位系统概述 112

任务 5.2 GPS 定位的基本原理及定位方法 117

任务 5.3 GPS 测量的实施 123

项目小结 127

习题 127

项目 6 导线测量 128

任务 6.1 全站仪导线测量 129

任务 6.2 交会测量 150

项目小结 154

习题 154

第三篇 高程控制测量 157

项目 7 水准测量 159

任务 7.1 高程控制测量概述 161

任务 7.2 水准测量原理 161

任务 7.3 水准仪及其使用 163

任务 7.4 水准测量方法 169

任务 7.5 水准路线高差闭合差的调整与高程计算 174

任务 7.6 三、四等水准测量 176

任务 7.7 水准仪的检验与校正 180

任务 7.8 水准测量误差产生的原因及消减方法 184

项目小结 186

项目 10 数字地形图测绘 204

参考文献 280

第一篇

基础篇

能力目标

了解测绘工作的任务、作用及分类

了解地形图的基本要素

了解测绘工作的主要内容、目的、方法、工具等

了解测绘工作的基本程序及意义

了解地形图的基本要素

了解地形图的基本要素

了解地形图的基本要素

了解地形图的基本要素

了解地形图的基本要素

了解地形图的基本要素

了解地形图的基本要素

了解地形图的基本要素

了解地形图的基本要素

了解地形图的基本要素

了解地形图的基本要素

项目1

测量基础知识

教学目标

通过对测绘学的任务及作用的学习,了解测绘学的任务及作用、测绘学科的分类及数字测图的历史发展,明确本课程的学习内容、学习方法及要求。通过对测量基准面、坐标系、测量工作内容及基本原则的学习,掌握测量工作的基准面、基准线;掌握测量坐标系及地面点的确定;掌握测量的三要素及基本工作的内容;掌握测量工作应遵循的程序、原则及地球曲率对测量工作的影响;掌握比例尺的概念和比例尺精度的意义;掌握地形图分幅与编号的方法;掌握地物、地貌概念与表示方法,以及等高线特性,能进行地形图的识读。

教学要求

能力目标	知识要点	权重
了解测绘学的任务、作用及分类	测绘学的任务、作用、分类	5%
了解数字测图发展概况	数字测图发展概况	5%
明确课程学习内容、目的、方法及要求	课程学习内容、目的、方法及要求	5%
掌握测量工作的基准面及基准线	大地水准面的定义、性质及作用,铅垂线(重力方向线)的定义及作用	10%
掌握测量坐标系的定义及应用	大地坐标系,高斯平面直角坐标系,独立平面直角坐标系,空间直角坐标系,我国的大地坐标系	10%
掌握高程及高差的定义	绝对高程,相对高程,高差,我国的高程基准	10%
掌握测量工作内容	测量的三要素,测量的三项基本工作	5%
掌握测量工作的基本原则	测量工作的基本原则	10%
熟悉地球曲率对测量工作的影响	地球曲率对水平距离、水平角及高差的影响	5%
掌握比例尺的概念和比例尺精度	比例尺概念、分类,比例尺精度	5%
熟悉地形图的分幅与编号	梯形分幅、矩形分幅	5%
掌握地物表示方法	地物概念、地物符号、地形图图示	10%
掌握地貌表示方法	地貌概念、等高线概念、种类、特性	10%
掌握地形图识读	图框外注记,如图号、图名、接图表、图廓、坐标格网、三北方向线和坡度尺	5%



项目导读

测绘学的研究对象是地球,人类对地球形状认识的逐步深化,要求对地球形状和大小进行精确的测定,因而促进了测绘学的发展。人类对地球形状的科学认识,是从公元前6世纪古希腊的毕达哥拉斯最早提出地球是球形的概念开始的。两个世纪后,亚里士多德作了进一步论证,支持这一学说,称之为地圆说。又一个世纪后,亚历山大的埃拉托斯特尼采用在两地观测日影的办法,首次推算出地球子午圈的周长和地球的半径,以此证实了地圆说。这也是测量地球大小的“弧度测量”方法的初始形式。世界上有记载的实测弧度测量,最早是公元8世纪南官说在张遂(一行)的指导下在今河南省境内进行的,根据测量结果推算出了纬度 1° 的子午弧长。

17世纪末,英国的牛顿和荷兰的惠更斯首次从力学的观点探讨地球形状,提出地球是两极略扁的椭球体,称之为地扁说。1735—1741年间,法国科学院派遣测量队在南美洲的秘鲁和北欧的拉普兰进行弧度测量,证明牛顿等的地扁说是正确的。

1743年,法国A.C. 克莱洛证明了地球椭球的几何扁率同重力扁率之间存在着简单的关系。这一发现,使人们对地球形状的认识又进了一步,从而为根据重力数据研究地球形状奠定了基础。

19世纪初,随着测量精度的提高,通过对各处弧度测量结果的研究,发现测量所依据的垂线方向同地球椭球面的法线方向之间的差异不能忽略。因此法国的P.S. 拉普拉斯和德国的C.F. 高斯相继指出,地球形状不能用旋转椭球来代表,指出地球的非椭球性,现在的研究结果也证明地球总体是一个梨形。1849年英国的斯托克斯提出利用地面重力观测资料确定地球形状的理论。1873年,利斯廷创造出“大地水准面”一词,以该面代表地球形状。自那时起,弧度测量的任务,不仅是确定地球椭球的大小,而且还包括求出各处垂线方向相对于地球椭球面法线的偏差,用以研究大地水准面的形状。直到1945年,前苏联的莫洛坚斯基创立了用地面重力测量数据直接研究真实地球自然表面形状的理论。

人类对地球形状的认识和测定,经过了圆球—椭球—大地水准面—真实地球自然表面的过程,花去了约二千五六百年的时间。随着对地球形状和大小的认识和测定的愈益精确,测绘工作中精密计算地面点的平面坐标和高程逐步有了可靠的科学依据,同时也不断丰富了测绘学的理论。



知识点滴

测绘学的发展简史

测绘学有着悠久的历史。古代的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,水退以后需要重新划界,从而开始了测量工作。公元前2世纪,中国司马迁在《史记·夏本纪》中叙述了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。”这些说明在公元前,中国人为了治水,已经会使用简单的测量工具了。

测绘学的研究成果是地图,地图的演变及其制作方法的进步是测绘学发展的重要标志。公元前25世纪至公元前3世纪开始出现画在或刻在陶片、铜板等材料上的地图,公元前168年之前,中国长沙马王堆汉墓出土了绘在帛上的地图。从20世纪50年代开始,地图制图方法出现了巨大的变革,开始了计算机辅助地图制图的研究,到70年代已由实验试用阶段发展到较为广泛的应用。进入80年代,开始研究机助制图软件,建立地图数据库。在此基础上,由单一的机助制图系统发展为多功能、多用途、综合性的地图信息系统或地理信息系统。

测绘学获取观测数据的工具是测量仪器,测绘学的形成和发展在很大程度上依赖测绘方法和测绘仪器的创造和变革。17世纪之前,人们使用简单的工具,例如中国的绳尺、步弓、矩尺和圭表等进行测量,以量距为主。17世纪初发明了望远镜。1617年,荷兰的斯涅耳为了进行弧度测量而首创三角测量法,以代替在地面上直接测量弧长,从此测绘工作不仅量测距离,而且开始了角度测量。约于1640年,英国的加斯科因在两片透镜之间设置十字丝,使望远镜能用于精确瞄准,这就是光学测绘仪器的开端。

约于1730年,英国的西森制成测角用的第一架经纬仪,大大促进了三角测量的发展,使它成为建立各种等级测量控制网的主要方法。在这一段时期里,由于欧洲又陆续出现小平板仪、大平板仪以及水准仪,地形测量和以实测资料为基础的地图制图工作也相应得到了发展。19世纪50年代,法国洛斯达首创摄影测量方法。随后,相继出现立体坐标量测仪、地面立体测图仪等。到20世纪初,则形成比较完备的地面立体摄影测量法。由于航空技术的发展,1915年出现了自动连续航空摄影机,因而可以将航摄像片在立体测图仪器上加工成地形图。从此,在地面立体摄影测量的基础上,发展了航空摄影测量方法。可以说,从17世纪末到20世纪中叶,测绘仪器主要在光学领域内发展,测绘学的传统理论和方法也已发展成熟。

从20世纪50年代起,测绘技术又朝着电子化和自动化方向发展。首先是测距仪器的变革。1948年起陆续发展起来的各种电磁波测距仪,由于可用来直接精密测量长达几十千米的距离,因而使得大地测量定位方法除了采用三角测量外,还可采用精密导线测量和三边测量。大约与此同时,电子计算机出现了,并很快应用到测绘学中。这不仅加快了测量计算的速度,而且还改变了测绘仪器和方法,使测绘工作更为简便和精确。例如具有电子设备和用电子计算机控制的摄影测量仪器的出现,促进了解析测图技术的发展,继而在60年代,又出现了计算机控制的自动绘图机,可用以实现地图制图的自动化。所以50年代以后,测绘仪器的电子化和自动化以及许多空间技术的出现,不仅实现了测绘作业的自动化,提高了测绘成果的质量,而且使传统的测绘学理论和技术发生了巨大的变革,测绘的对象也由地球扩展到月球和其他星球。

任务 1.1 测绘学的任务及作用

1.1.1 测绘学的任务

测绘学是研究测定和推算地面的几何位置、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,并结合某些社会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的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。

测绘学按照研究范围、研究对象及采取的技术手段的不同,分为大地测量学、摄影测量学、工程测量学、地图学、海洋测量学等分支学科。

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。它是测绘学各分支学科的理论基础,其基本任务是建立国家大地控制网、重力网,精确测定控制点的空间三维位置,为地形测图和各类工程施工提供测量依据,为研究地球形状、大小、重力场及其变化和地壳形变等提供信息。

2. 摄影测量学

摄影测量学是研究利用摄影或遥感的技术手段获取目标物的影像数据,从中提取几何或物理的信息,以确定被摄物体的形状、大小和空间位置,并用图形、图像和数字形式表达测绘成果的学科。

3. 工程测量学

工程测量学是研究工程建设在规划、勘测设计、施工和运行管理各个阶段进行的测量工作的理论、技术和方法的学科,进行的测量工作主要有控制测量、大比例尺地形测绘、

施工放样、设备安装、变形监测等。

4. 地图学

地图学是研究地图的基础理论、设计、编绘、复制和应用的学科。它研究用地图图形信息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。

5. 海洋测量学

海洋测量学是以海洋水体和海底为对象,研究海洋定位、测定海洋大地水准面和平均海面、海底和海面地形、海洋重力、海洋磁力、海洋环境等自然和社会信息的地理分布及编制各种海图的理论和技术的学科。

地形测量学是研究地球表面局部地区内测绘工作的基本理论、技术、方法及应用。由于地球半径很大,可以不考虑地球曲率的影响,把这块球面当做平面看待。20世纪80年代,由于全站仪以及计算机软、硬件的迅速发展,大比例尺地形图测绘技术由传统的手工白纸测图向自动化、数字化方向迅猛发展。到80年代后期,出现了以全站仪为主体的地面数字测图系统。现在,地面数字测图技术已经取代了传统的白纸测图方法,广泛应用于大比例尺地形图、地籍图和房产图的测绘中。本书的目的就是阐述地形测量的理论、技术和方法,地面数字测图系统的构成以及大比例尺数字测图的原理、方法和过程。

1.1.2 测绘学的作用

测绘工作常被人们称作国家建设的尖兵,不论是国民经济建设还是国防建设,其勘测、设计、施工、竣工及保养维修等阶段都需要测绘工作,而且都要求测绘工作走在这类工作的前面。

在国民经济建设方面,测绘信息是国民经济和社会发展规划中最重要的基础信息之一,它为工业、农业、交通、水利、林业、通信、地矿、国土资源开发与利用等各部门提供地形图和测绘资料。

在工程建设方面,工程的勘测、规划、设计、施工、竣工及运营后的监测、维护都需要测量工作。

在国防建设方面,首先由测绘工作提供地形信息,在国防工程的规划、设计和施工,以及战略部署、战役指挥都离不开地形图。远程导弹、空间武器、人造地球卫星以及航天器的发射等,都要随时观测、校正飞行轨道,保证它精确入轨飞行。

在科学研究方面,如航天技术、地震预测预报、灾情监测、空间技术研究、海底资源探测等,以及其他科学研究方面,都需要测绘工作提供基础数据信息。

此外,建立各种地理信息系统(GIS)、数字城市、数字中国等,都需要现代测绘科学提供基础数据信息。

从以上测绘学在国民经济建设和国防建设中的应用可以看到,随着空间科学、信息科学的飞速发展,以及3S技术的应用,测绘学的服务范围和对象正在不断扩大,不再是原来单纯从控制到测图,为国家制作基本地形图,而是扩大到国民经济和国防建设中与地理空间数据有关的各个领域,测绘技术体系从模拟转向数字、从地面转向空间、从静态转向动态,并进一步向网络化和智能化方向发展;测绘成果已经从三维发展到四维、从静态发展到动态。测绘学为研究地球的自然和社会现象,解决人口、资源、环境和灾害等社会可持续发展中的重大问题,以及为国民经济和国防建设提供技术支撑和数据保障。

1.1.3 数字测图发展概况

传统的地形测量实质上是图解法测图,就是利用测量仪器对地球表面局部区域内的各种地物、地貌特征点的空间位置进行测定,然后以一定的比例尺按图示符号将其绘制在图纸上,通常称之为白纸测图。在测图过程中,点位的精度由于刺点、绘图及图纸伸缩变形等因素的影响会有较大的降低,而且工序多、劳动强度大。特别是在当今的信息时代,纸质地形图已难以承载更多的图形信息,图纸更新也极为不便,难以适应信息时代经济建设的需要。

随着科学技术的进步、计算机技术的迅猛发展及其向各个领域的渗透、制图自动化的发展,以及电子全站仪和 GPS-RTK 等先进测量仪器的广泛应用,使得数字测图技术得到了迅猛发展,并以高自动化、高精度、全数字化的显著优势逐步取代了传统的手工图解法测图的方法。

数字测图实质上是一种全解析机助测图方法。在地形测量发展过程中它是一次根本性的技术变革,这种变革主要体现在:图解法测图的最终目的是地形图,图纸是地形信息的唯一载体;数字测图地形信息的载体是计算机的存储介质(磁盘或光盘),其提交的成果是可供计算机处理、远距离传输、多方共享的数字地形图数据文件,通过数控绘图仪可输出地形图。另外,利用数字地图可以生成电子地图和数字地面模型(DTM),可实现对客观世界的三维描述。更具深远意义的是,数字地形信息作为空间数据的基本信息之一,已成为地理信息系统(GIS)的重要组成部分。

广义的数字测图包括地面数字测图、地图数字化和数字摄影测量等方法。本书仅介绍地面数字测图和地图数字化的内容。

地面数字测图是利用全站仪或其他测量仪器在野外进行数字化地形数据采集,在成图软件的支持下,通过计算机加工处理,获得数字地形图的方法。地面数字测图的成果是以数字形式储存在计算机存储介质上的数字地形图,它可供计算机处理、远距离传输、多方共享;需要时可通过数控绘图仪输出纸质地形图。

地图数字化方法是对已有的纸质地形图利用数字化仪或者扫描矢量化方法将其数字化,转换成计算机能存储、处理的数字地形图。

数字化成图技术是由制图自动化开始的。20 世纪 50 年代美国国防制图局开始研究制图自动化问题,1950 年,世界上第一台图形显示器在美国麻省理工学院诞生,它可以显示一些简单的图形。1962 年,麻省理工学院的 I.E. 萨瑟兰德开发了 SKETCHPAD 图形系统。70 年代初,制图自动化已形成规模生产,在美国、加拿大及欧洲各国,各相关重要部门都建立了自动制图系统。当时的自动制图系统主要包括数字化仪、扫描仪、计算机及显示系统四个部分。其成图过程是将地形图数字化,再由绘图仪在透明塑料片上回放地形图,并与原始地形图叠置以修正错误。

大比例尺地面数字测图是 20 世纪 70 年代电子速测仪问世后发展起来的,80 年代初全站型电子速测仪的迅猛发展加速了数字测图技术的研究和应用。我国对数字测图技术的研究工作开始于 1983 年。90 年代,我国的数字测图技术无论在理论上还是在实用系统开发上都得到了迅速发展。目前,数字测图技术在国内已经成熟,它已作为主要的成图方法取代了传统的图解法测图。其发展过程大体上可分为两个阶段。

第一阶段主要利用全站仪采集数据,电子手簿记录,同时人工绘制标注测点点号的草

图,到室内将测量数据直接由电子手簿传输到计算机,再由人工按草图编辑图形文件,并键入计算机自动成图,经人机交互编辑修改,最终生成数字地形图,需要时由绘图仪绘制输出地形图。

第二阶段仍采用野外测记模式,但成图软件有了实质性的进展。一是开发了智能化的外业数据采集软件;二是计算机成图软件能直接对接收的地形信息数据进行处理。目前,国内已经广泛采用利用全站仪配合便携式计算机或掌上计算机,以及直接利用全站仪内存存储测量数据的大比例尺地面测图方法。

20 世纪 90 年代出现了载波相位差分技术,又称 RTK 实时动态定位技术,这种测量模式能够实时提供测点在指定坐标系的三维坐标成果,在 20km 测程内可达到厘米级的精度。随着 RTK 技术的不断完善和价格更低廉的轻小型 RTK 模式 GPS 接收机的出现,可以预料, GPS 数字测图系统将在开阔地区成为地面数字测图的主要方法。

1.1.4 本课程的内容及学习要求

1. 本课程的主要内容及与其他课程的关系

本书以大比例尺数字测图为主线,在阐述测量的基本原理、基本知识的基础上,按照数字测图的工作过程,基于项目化、任务化组织教材内容,对大比例尺数字测图的原理、方法及应用进行了全面介绍。

数字测图技术是测绘专业的一门重要的专业技术基础课程,也是一门实践性非常强的课程。它与其他课程,如计算机应用基础、CAD 技术、地籍测量等课程有着密切的联系,也是学好控制测量、工程测量等后续课程的基础。

2. 学习本课程的目的和方法

学习本课程的主要目的是:掌握测量的基本理论、基本知识和基本技能,具有使用常规测量仪器的操作技能,具有进行水准测量、距离测量、角度测量等基本测量工作的技能。学习大比例尺地形图测绘的原理和方法,掌握地面数字测图和地图数字化的全过程,具有进行大比例尺数字地形图测绘的技能。掌握处理测量数据的基本理论和方法,在工程建设中能正确应用地形图和测绘资料,完成规划、设计和施工各阶段中的量测、计算和绘图等工作。

要学好数字测图,首先在课堂上要认真听讲,课后按要求认真完成练习题,以加深对基本概念和理论的理解。其次,要注重实际操作能力的培养,认真参加实践课,按要求掌握每一个实践项目的操作技能,以巩固和验证所学理论。教学实习是巩固和深化课堂所学知识的一个重要的实践环节,是理论知识和实践技能的综合运用,对系统掌握测量基本理论、基本知识和基本技能具有非常重要的作用,因此要认真完成各项实习任务,通过实习培养理论联系实际、分析问题、解决问题的能力,以及团结协作、吃苦耐劳的精神,为今后从事测绘工作打下良好基础。

任务 1.2 测量基准面

测量工作的主要研究对象是地球的自然表面,即岩石圈的表面。地球自然表面是不规则的,世界第一高峰珠穆朗玛峰高达 8840 多 m,而太平洋西部的马里亚纳海沟深达

11022m。尽管有这样大的高低起伏，但相对于庞大的地球来说仍可忽略不计。地球的表面形状十分复杂，不便于用数学公式来表达。地球表面上的海洋面积约占61%，陆地面积约占29%，因此人们把地球总的形状看做是被海水包围的球体，也就是设想有一个静止的海水面，向陆地延伸而形成一个封闭的曲面，称为水准面。由于海水有潮汐，时高时低，所以水准面有无数个，其中与平均静止的海水面相吻合的水准面，称为大地水准面，如图1.1所示。它所包围的形体称为大地体。大地水准面是唯一的。在测量工作中，将大地水准面作为测量工作的基准面，用大地体代表地球的形状和大小。

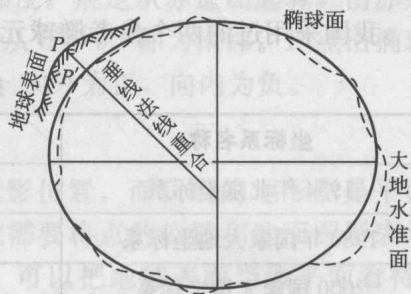


图1.1 大地水准面

水准面的特性是处处与铅垂线垂直，即与重力方向垂直。重力的作用线又称为铅垂线，用细绳悬挂一个垂球，其静止时所指示的方向即为铅垂线方向，如图1.2所示。铅垂线是测量工作的基准线。重力是地球吸引力与离心力的合力，由于地球吸引力的大小与地球内部的质量有关，而地球内部的质量分布又不均匀，这就引起地面上各点的重力方向产生不规则的变化，因而与重力方向垂直的大地水准面也就成为一个无法用数学公式表达的不规则曲面。这给实际应用带来了困难。因此，人们采用一个与大地水准面非常接近的旋转椭球面所包围的形体作为地球形体。这个旋转椭球面是由长半轴为 a ，短半轴为 b 的椭球绕其短轴NS旋转而成的，如图1.3所示。

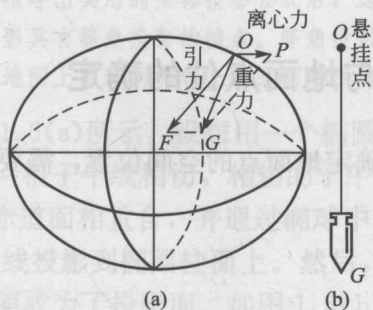


图1.2 重力线方向

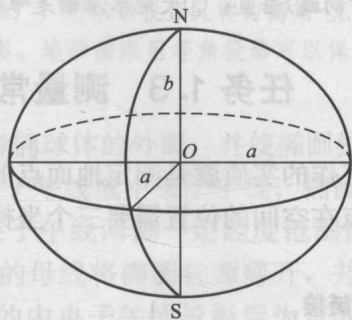


图1.3 旋转椭球体

代表地球形状和大小的旋转椭球称为“地球椭球”。与大地水准面最接近的地球椭球称为总地球椭球；与某个区域如一个国家大地水准面最为密合的椭球称为参考椭球，其表面称为参考椭球面。由此可见，参考椭球面有许多个，而总地球椭球只有一个。参考椭球面可以用数学公式准确地表达，因此，在测量工作中，用参考椭球面代替大地水准面作为测量计算工作的基准面。

如图1.1所示，确定大地水准面与参考椭球面的相对关系，可在适当地点选择一点 P ，设想把椭球体和大地体相切，切点 P' 位于 P 点的铅垂线方向上，这时，椭球面上 P' 的法线与该点大地水准面的铅垂线相重合，并使椭球的短轴与地球自转轴平行，且椭球面与这个国家范围内的大地水准面的差距尽量小。这项确定椭球体与大地体之间相互关系并固定下来的工作，称为参考椭球体的定位， P 点则称为大地原点。

椭球体的形状和大小通常用长半轴 a 和扁率 f 来表示：