



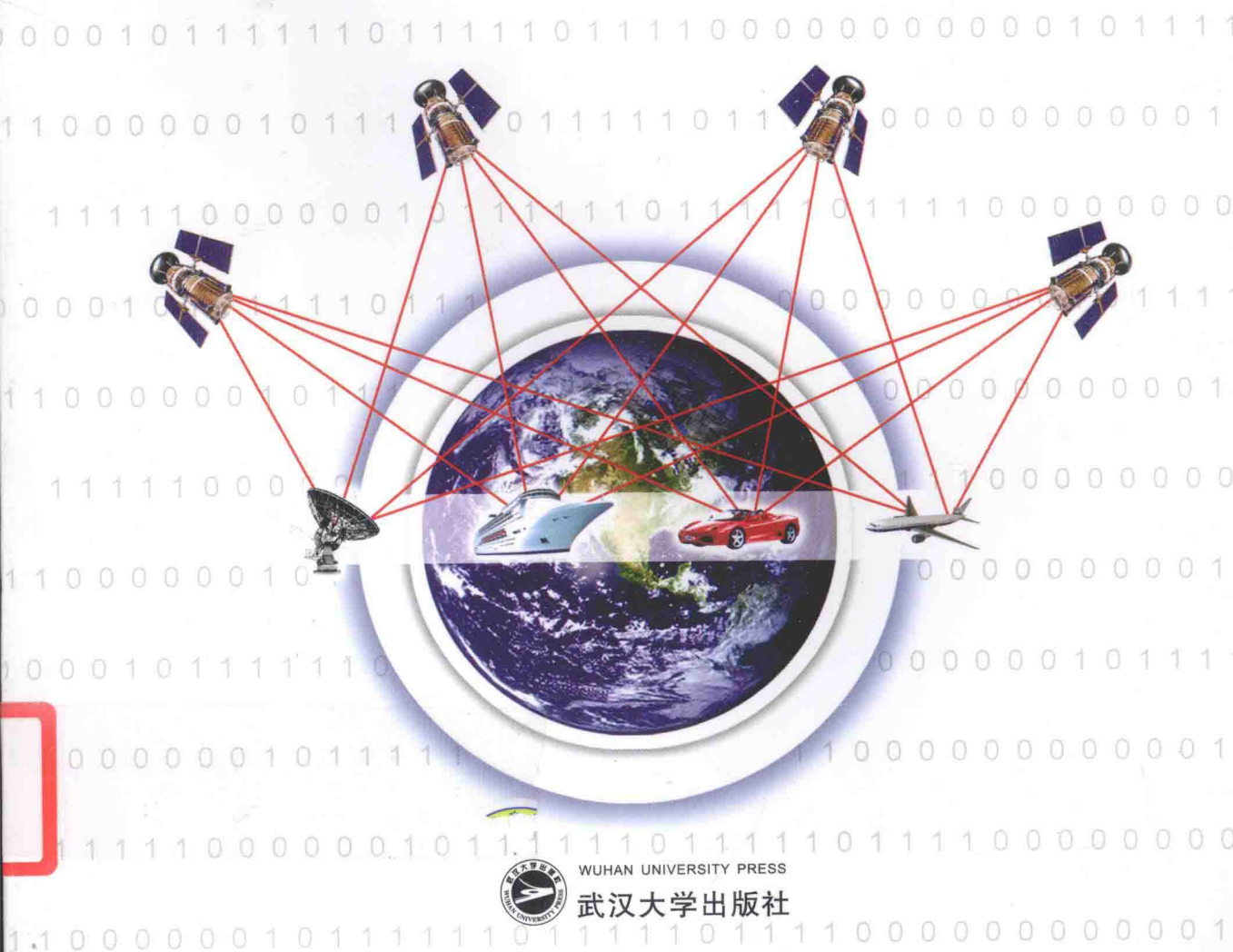
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
国家精品课程教材

高等学校测绘工程专业核心课程规划教材

测绘学概论

(第三版)

宁津生 陈俊勇 李德仁 刘经南 张祖勋 龚健雅 等 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



“十二五”普通高等教育
国家精品课程教材

高等学校测绘工程专业核心课程规划教材

测绘学概论

(第三版)

主编 宁津生

编委 (按姓氏笔画排序)

宁津生 刘经南 李德仁 张祖勋 何宗宜

陈俊勇 姚宜斌 赵建虎 徐亚明 龚健雅



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

测绘学概论/宁津生等编著. —3版. —武汉:武汉大学出版社,2016.9
高等学校测绘工程专业核心课程规划教材 “十二五”普通高等教育本科
国家级规划教材 国家精品课程教材
ISBN 978-7-307-18610-1

I. 测… II. 宁… III. 测绘学—高等学校—教材 IV. P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 219115 号

责任编辑:任翔 责任校对:李孟潇 版式设计:马佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:武汉市洪林印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:20.5 字数:500千字 插页:1

版次:2004年10月第1版 2008年5月第2版

2016年9月第3版 2016年9月第3版第1次印刷

ISBN 978-7-307-18610-1 定价:58.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

高等学校测绘工程专业核心课程规划教材
编审委员会

主任委员

武汉大学

副主任委员

解放军信息工程大学

武汉大学

同济大学

委员

武汉大学

解放军信息工程大学

武汉大学

同济大学

中国矿业大学

海军大连舰艇学院

山东建筑大学

河海大学

辽宁工程技术大学

西南交通大学

长安大学

中南大学

合肥工业大学

北京建筑大学

河南理工大学

武汉大学出版社

序

根据《教育部财政部关于实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的意见》中“专业结构调整与专业认证”项目的安排，教育部高教司委托有关科类教学指导委员会开展各专业参考规范的研制工作。我们测绘学科教学指导委员会受委托研制测绘工程专业参考规范。

专业规范是国家教学质量标准的一种表现形式，并是国家对本科教学质量的最低要求，它规定了本科学学生应该学习的基本理论、基本知识、基本技能。为此，测绘学科教学指导委员会从2007年开始，组织12所有测绘工程专业的高校建立了专门的课题组开展“测绘工程专业规范及基础课程教学基本要求”的研制工作。课题组根据教育部开展专业规范研制工作的基本要求和当代测绘学科正向信息化测绘与地理空间信息学跨越发展的趋势以及经济社会的需求，综合各高校测绘工程专业的办学特点，确定专业规范的基本内容，并落实由武汉大学测绘学院组织教师对专业规范进行细化，形成初稿。然后多次提交给教指委全体委员会、各高校测绘学院院长论坛以及相关行业代表广泛征求意见，最后定稿。测绘工程专业规范对专业的培养目标和规格、专业教育内容和课程体系设置、专业的教学条件进行了详尽的论述，提出了基本要求。与此同时，测绘学科教学指导委员会以专业规范研制工作作为推动教学内容和课程体系改革的切入点，在测绘工程专业规范定稿的基础上，对测绘工程专业9门核心专业基础课程和8门专业课程的教材进行规划，并确定为“教育部高等学校测绘学科教学指导委员会规划教材”。目的是科学统一规划，整合优秀教学资源，避免重复建设。

2009年，教指委成立“测绘学科专业规范核心课程规划教材编审委员会”，制订“测绘学科专业规范核心课程规划教材建设实施办法”，组织遴选“高等学校测绘工程专业核心课程规划教材”主编单位和人员，审定规划教材的编写大纲和编写计划。教材的编写过程实行主编负责制。对主编要求至少讲授该课程5年以上，并具备一定的科研能力和教材编写经验，原则上要具有教授职称。教材的内容除要求符合“测绘工程专业规范”对人才培养的基本要求外，还要充分体现测绘学科的新发展、新技术、新要求，要考虑学科之间的交叉与融合，减少陈旧的内容。根据课程的教学需要，适当增加实践教学内容。经过一年的认真研讨和交流，最终确定了这17门教材的基本教学内容和编写大纲。

为保证教材的顺利出版和出版质量，测绘学科教学指导委员会委托武汉大学出版社全权负责本次规划教材的出版和发行，使用统一的丛书名、封面和版式设计。武汉大学出版社对教材编写与评审工作提供必要的经费资助，对本次规划教材实行选题优先的原则，并根据教学需要在出版周期及出版质量上予以保证。广州中海达卫星导航技术股份有限公司对教材的出版给予了一定的支持。

目前，“高等学校测绘工程专业核心课程规划教材”编写工作已经陆续完成，经审查

合格将由武汉大学出版社相继出版。相信这批教材的出版应用必将提升我国测绘工程专业的整体教学质量，极大地满足测绘本科专业人才培养的实际要求，为各高校培养测绘领域创新性基础理论研究和专业化工程技术人才奠定坚实的基础。



二〇一二年五月十八日

前言

测绘学是一门古老的学科,有着悠久的历史。随着人类社会的进步、经济的发展和科技水平的提高,测绘学科的理论、技术、方法及其学科内涵也随之不断地发生变化。尤其是在当代,由于空间技术、计算机技术、通信技术和地理信息技术的发展,致使测绘学的理论基础、工程技术体系、研究领域和科学目标正在适应新形势的需要而发生深刻的变化。由“3S”技术(GPS、RS、GIS)支撑的测绘科学技术在信息采集、数据处理和成果应用等方面也正步入数字化、网络化、智能化、实时化和可视化的新阶段。测绘学已经成为研究对地球和其他实体的与空间分布有关的信息进行采集、量测、分析、显示、管理和利用的一门科学技术。测绘行业也逐渐成为信息行业中的一个重要组成部分。它的服务对象和范围已远远超出了传统测绘学比较狭窄的应用领域,扩大到国民经济和国防建设中与地理空间信息有关的各个领域。现代测绘学正向着当代刚刚兴起的一门新型学科——地球空间信息学(Geo-Spatial Information Science,简称Geomatics)跨越和融合。

现代测绘学的上述发展和变化,也充分反映出学科的交叉和渗透。我国高等学校设置的测绘工程本科专业,是由传统测绘学中的几个分支学科专业综合而成的,体现了这种学科交叉和渗透。因此测绘工程专业的学科内容是丰富的,新技术的含量是很高的,在社会和经济发展中的地位是明显的。对于一个刚踏入高等学校大门的学生来说,他们最关心的莫过于他将要学习的是一个什么样的专业。我们之所以在测绘工程专业新生中开设这样一门“测绘学概论”课程,其目的就是让他们在入学之始还未接受专业教育之前就先了解测绘工程专业有哪些主要内容,要学习哪些理论和技术,它有怎样的学科地位和社会作用,对测绘工程专业有些概括性的了解,树立学习这门专业的信心,培养他们的学习兴趣,为今后的专业学习从思想认识上打下较稳固的基础。

鉴于此,1998年,全国高等学校测绘学科教学指导委员会在研讨测绘工程专业的教学体系时将“测绘学概论”作为公共专业基础课程之一。它既是一门课程,也是进行专业教育的教材。这门课程首先列入武汉大学(原武汉测绘科技大学)测绘工程专业的教学计划,并安排了五位院士和五位教授分别主讲相关学科领域的教学内容。考虑到新生对测绘学的专业知识知之甚少,因此要求教师以通俗的语言和多媒体的教学方式向学生作科普性质的讲授,同时编写了相应的讲义。经过6年的教学,这门课程深受测绘工程专业新生的欢迎,后来武汉大学除了测绘工程专业外,遥感科学与技术、地理信息系统、固体地球物理等专业也开设此课程。为配合教学,我们于2004年编写第一版教材,由武汉大学出版社出版发行。为了使其使用范围更广一些,教材内容较之教学大纲的规定有所拓展,以便能适用于科研、生产和管理部门从事测绘专业的科技工作者和管理者学习参考。

参加第一版编撰的有:宁津生(第1章)、陈俊勇(第2章)、张祖勋(第3章)、祝国瑞、何宗宜(第4章)、张正禄(第5章)、李明(第6章)、刘经南(第7章)、李德仁(第8章)

和第11章)、龚健雅(第9章)、陶本藻(第10章)。

自1998年至2008年,“测绘学概论”这门课程在测绘工程及其相关的遥感科学与技术、地理信息系统和固体地球物理等专业,以及各种测绘管理干部和专业技术人员培训班、研讨班上整整教学了10年,受到了全国有测绘工程专业的高校师生和测绘生产、研究单位的测绘科技工作者的关注和好评。2008年,在广泛听取了学生和教学单位的意见基础上,我们对第一版教材做了修订,重点在以下几个方面:关注学科前沿动态,补充了若干学科新进展、新内容;考虑到新生对测绘学知识知之甚少的特点,尽量使教学内容更加通俗易懂;鉴于课程的专业技术基础课性质,充分考虑新生的接受能力和程度,删除了第一版教材中一些较难理解的知识,更注重对测绘领域概念、动态、进展方面的阐述。

参加第二版编撰的有:宁津生(第1章)、陈俊勇(第2章)、张祖勋(第3章)、何宗宜(第4章)、张正禄(第5章)、赵建虎(第6章)、刘经南(第7章)、李德仁(第8章和第11章)、龚健雅(第9章)、陶本藻(第10章)。

目前,“测绘学概论”已成为我国测绘类专业及其相关专业的一门重要的入门专业技术基础课程,该课程也先后被教育部列选为国家精品课程、国家精品视频公开课、国家级精品资源共享课程等,武汉大学还将本课程列为全校的通识课。2005—2015年期间,该课程配套的教材《测绘学概论》第一版和第二版先后获批“十五”“十一五”普通高等教育国家级规划教材,本版(第三版)获批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。同时,该教材还获评第六届高等学校优秀测绘教材一等奖、中国大学出版社协会优秀教材一等奖,等等。

本书是教材的第三版,修订内容主要包括:对《第3章 摄影测量学》和《第5章 工程测量学》的章节内容作了较大调整。其他各章节根据学科发展和教学需要,增加或者删除了某些章节内容,如:第2章删除了“2.6.4 其他卫星大地测量技术”;第4章增加了“4.8.5 电子地图的制作”;第7章增加了“7.2.5 BDS全球卫星导航定位系统的概念”;第8章增加了“我国第一颗民用三线阵立体测图卫星——资源三号卫星”的介绍;第9章增加了“天地图”的有关内容;第11章增加了“11.6 从数字地球到智慧地球”一节。另外,还将书中涉及时间和年代的一些表述作了修改,并更新了一些插图。

参加第三版编撰的有:宁津生(第1章)、陈俊勇(第2章)、张祖勋(第3章)、何宗宜(第4章)、徐亚明(第5章)、赵建虎(第6章)、刘经南(第7章)、李德仁(第8章和第11章)、龚健雅(第9章)、姚宜斌(第10章)。

虽然经过多次修订,书中一定还有不完善之处,恳请读者不吝指正。

编著者

2016年6月于武汉

目 录

第1章 总论	1
1.1 测绘学的基本概念与研究内容	1
1.1.1 测绘学的基本概念	1
1.1.2 研究内容	2
1.2 测绘学的历史发展	3
1.3 测绘学的学科分类	8
1.3.1 大地测量学	9
1.3.2 摄影测量学	9
1.3.3 地图制图学(地图学)	11
1.3.4 工程测量学	14
1.3.5 海洋测绘学	15
1.4 测绘学的现代发展	16
1.4.1 测绘学中的新技术发展	16
1.4.2 现代测绘新技术对测绘学科发展的影响	22
1.4.3 测绘学的现代概念和内涵	23
1.5 测绘学的科学地位和作用	23
1.5.1 在科学研究中的作用	23
1.5.2 在国民经济建设中的作用	23
1.5.3 在国防建设中的作用	24
1.5.4 在社会发展中的作用	24
第2章 大地测量学	26
2.1 概述	26
2.1.1 大地测量学的基本任务	26
2.1.2 大地测量学的作用与服务对象	27
2.1.3 大地测量学的现代发展	28
2.1.4 大地测量学的学科体系	28
2.2 大地测量系统与大地测量参考框架	29
2.2.1 大地测量坐标系统和大地测量常数	29
2.2.2 大地测量坐标框架	30
2.2.3 高程系统和高程框架	31
2.2.4 深度基准	32

2.2.5 重力系统和重力测量框架	32
2.3 实用大地测量学	33
2.3.1 实用大地测量学的任务与方法	33
2.3.2 国家平面控制网	33
2.3.3 国家高程控制网	36
2.3.4 国家重力控制网	37
2.4 椭球面大地测量学	38
2.4.1 椭球面大地测量学的基本任务	38
2.4.2 椭球面的大地线及其解算	38
2.4.3 高斯—克吕格投影与地形图分带	39
2.5 物理大地测量学	40
2.5.1 物理大地测量学的任务和内容	40
2.5.2 地球重力场	40
2.5.3 重力测量技术	41
2.6 卫星大地测量学	43
2.6.1 卫星大地测量学的内容、技术特点与作用	43
2.6.2 卫星激光测距技术	43
2.6.3 卫星测高技术	45
2.6.4 甚长基线干涉测量技术	46
2.7 大地测量的时间基准	48
2.7.1 时间系统	48
2.7.2 时间系统框架	49
2.8 我国近六十年大地测量的进展	49
2.8.1 20世纪50~70年代	49
2.8.2 20世纪80年代	50
2.8.3 20世纪90年代	51
2.8.4 2000年以来	52
第3章 摄影测量学	56
3.1 概述	56
3.1.1 什么是摄影测量	56
3.1.2 摄影测量的三个发展阶段——模拟、解析与数字摄影测量	58
3.1.3 摄影测量的分类	60
3.1.4 摄影测量立体观测方法	65
3.2 摄影测量相机	67
3.2.1 小面阵拼接相机	67
3.2.2 三线阵相机	68
3.2.3 旋转扫描摄影	69
3.2.4 倾斜摄影	70

3.2.5 全景摄影	71
3.3 摄影测量基本知识与数据处理	72
3.3.1 数字影像与图像处理	72
3.3.2 摄影测量的两个基本问题	73
3.3.3 计算机识别同名点——影像匹配	74
3.3.4 确定影像与物体的几何关系——三点共线(共线方程)	77
3.3.5 摄影测量的内、外方位元素	78
3.3.6 内、外方位元素的确定	79
3.3.7 空中三角测量与区域网平差	79
3.3.8 数字地面模型(DEM)	80
3.3.9 数字纠正与正射影像图(DOM)	81
3.3.10 数字线划图——地形图(DLG)	82
3.4 激光扫描与激光雷达	83
3.4.1 激光雷达——LiDAR	83
3.4.2 激光扫描的多次回波特性	84
3.4.3 激光测深	85
3.4.4 激光雷达与摄影测量	85
3.4.5 激光雷达的应用	87
第4章 地图制图学	91
4.1 地图的基本概念	91
4.1.1 地图的特性	91
4.1.2 地图的内容	91
4.1.3 地图的分类	92
4.2 地图的数学基础	93
4.2.1 地图投影	93
4.2.2 地图定向	95
4.2.3 地图比例尺	95
4.3 地图语言	96
4.3.1 地图符号	96
4.3.2 地图色彩	97
4.3.3 地图注记	97
4.4 普通地图编制	98
4.4.1 普通地图要素的表示	98
4.4.2 普通地图的制图综合	100
4.4.3 普通地图设计	102
4.4.4 普通地图编制过程	102
4.5 专题地图编制	103
4.5.1 专题地图的分类	103

4.5.2 专题地图的表示方法	103
4.5.3 专题地图的设计与编制	104
4.6 遥感影像地图编制	106
4.7 地图集编制	107
4.7.1 地图集的特点	107
4.7.2 地图集的分类	107
4.7.3 地图集的设计与编制	108
4.8 电子地图	108
4.8.1 电子地图的特点	108
4.8.2 电子地图的技术基础	109
4.8.3 电子地图种类	110
4.8.4 电子地图设计	111
4.8.5 电子地图的制作	112
4.9 空间信息可视化	112
4.9.1 地图可视化	113
4.9.2 多媒体地学信息可视化	113
4.9.3 三维仿真地图可视化	113
4.9.4 虚拟环境	113
4.10 地图的应用	114
4.10.1 常规地图的应用	114
4.10.2 电子地图的应用	115
4.11 地图制图学的发展趋势	116
4.11.1 数字地图制图技术的发展	116
4.11.2 地图学新理论的不断探索	116
4.11.3 地图自动制图综合的发展趋势	116
4.11.4 空间信息可视化的发展趋势	117
第5章 工程测量学	119
5.1 概述	119
5.2 工程测量的特点	120
5.2.1 工程测量学是一门历史悠久的学科	120
5.2.2 工程测量服务面广	121
5.2.3 工程测量贯穿于工程的全生命周期	121
5.2.4 工程测量使用的技术手段灵活多样	125
5.2.5 工程测量与人们的生活直接相关	125
5.2.6 工程测量学紧跟时代科技发展	126
5.3 工程测量的基础理论	126
5.3.1 坐标系	126
5.3.2 控制网的作用与分类	126

5.3.3 测量误差	129
5.3.4 变形预报	130
5.4 工程测量仪器的发展	132
5.5 工程测量学的发展展望	134
5.5.1 多传感器集成技术	134
5.5.2 合成孔径雷达干涉测量技术	134
5.5.3 三维测量技术	134
5.5.4 地下工程测量技术	135
5.5.5 海洋工程测量技术	135
5.5.6 无人机测量技术	135
第6章 海洋测绘	137
6.1 概述	137
6.1.1 海洋与海洋测绘	137
6.1.2 海洋测绘的特点及与其他学科的关系	138
6.2 海洋测绘内容	139
6.2.1 海洋大地控制网	140
6.2.2 海洋重力测量	141
6.2.3 海洋磁力测量	142
6.2.4 海洋定位	144
6.2.5 水深测量与水下地形测量	147
6.2.6 海洋水文要素及其观测	152
6.2.7 海底地貌及底质探测	154
6.2.8 海洋工程测量	156
6.2.9 海洋图形绘制	157
6.2.10 海洋地理信息系统	158
第7章 全球卫星导航定位技术	160
7.1 概述	160
7.1.1 定位与导航的概念	160
7.1.2 定位需求与技术的发展过程	160
7.1.3 绝对定位方式与相对定位方式	161
7.1.4 定位与导航的方法和技术	162
7.1.5 组合导航定位技术	165
7.1.6 区域卫星导航定位技术	166
7.2 全球卫星导航定位系统的工作原理和使用方法	166
7.2.1 概述	166
7.2.2 全球定位系统(GPS)的概念	167
7.2.3 GLONASS全球卫星导航定位系统的概念	168

7.2.4 伽利略(GALILEO)全球卫星导航定位系统的概念	169
7.2.5 BDS全球卫星导航定位系统的概念	170
7.2.6 GNSS卫星定位的基本原理	173
7.2.7 GNSS卫星定位的主要误差来源	175
7.2.8 GNSS卫星相对定位原理和方法	176
7.2.9 GNSS技术的最新进展	178
7.3 全球卫星导航定位系统(GNSS)的应用	183
7.3.1 概述	183
7.3.2 在科学研究中的应用	183
7.3.3 在工程技术中的应用	185
7.3.4 在军事技术中的应用	188
7.3.5 在其他领域的应用	190
第8章 遥感科学与技术	193
8.1 遥感的概念	193
8.2 遥感的电磁波谱	194
8.3 遥感信息获取	197
8.3.1 遥感传感器	197
8.3.2 遥感平台	199
8.3.3 遥感数据的记录形式与特点	200
8.3.4 遥感对地观测的历史发展	202
8.3.5 主要的遥感对地观测卫星及其未来发展	204
8.4 遥感信息传输与预处理	208
8.4.1 遥感信息的传输	209
8.4.2 遥感信息的预处理	209
8.5 遥感影像数据处理	210
8.5.1 概述	210
8.5.2 雷达干涉测量和差分雷达干涉测量	210
8.6 遥感技术的应用	214
8.6.1 在国家基础测绘和建立空间数据基础设施中的应用	214
8.6.2 在铁路、公路设计中的应用	214
8.6.3 在农业中的应用	214
8.6.4 在林业中的应用	214
8.6.5 在煤炭工业中的应用	215
8.6.6 在油气资源勘探中的应用	215
8.6.7 在地质矿产勘查中的应用	216
8.6.8 在水文学和水资源研究中的应用	217
8.6.9 在海洋研究中的应用	218
8.6.10 在环境监测中的应用	219

8.6.11 在洪水灾害监测与评估中的应用	219
8.6.12 在地震灾害监测中的应用	220
8.7 我国航天航空遥感的主要成就	221
8.7.1 我国的航天遥感系统	221
8.7.2 我国的航空遥感技术	229
8.8 遥感对地观测的发展前景	229
8.8.1 航空航天遥感传感器数据获取技术趋向三多和三高	229
8.8.2 航空航天遥感对地定位趋向于不依赖地面控制	230
8.8.3 摄影测量与遥感数据的计算机处理更趋自动化和智能化	230
8.8.4 利用多时相影像数据自动发现地表覆盖的变化趋向实时化	231
8.8.5 航空与航天遥感在构建“数字地球”和“数字中国”中正在发挥越来越大的作用	231
8.8.6 全定量化遥感方法走向实用	231
8.8.7 遥感传感器网络与全球信息网络走向集成	232
第9章 地理信息系统	233
9.1 地理信息系统的概念	234
9.1.1 地理现象及其抽象表达	234
9.1.2 地理信息系统的含义	237
9.1.3 地理空间对象的计算机表达	238
9.2 地理信息系统的硬件构成	239
9.2.1 单机模式	239
9.2.2 局域网模式	240
9.2.3 广域网模式	240
9.2.4 输入设备	242
9.2.5 输出设备	243
9.3 地理信息系统的功能与软件构成	243
9.3.1 概述	243
9.3.2 空间数据采集与输入子系统	244
9.3.3 图形及属性编辑子系统	245
9.3.4 空间数据库管理系统	246
9.3.5 空间查询与空间分析子系统	247
9.3.6 地图制图与输出子系统	248
9.4 地理信息系统的工程建设与应用	249
9.4.1 GIS的应用系统开发	250
9.4.2 GIS工程设计与建设	251
9.4.3 GIS的主要应用领域	252
9.5 地理信息系统的发展	255
9.5.1 地理信息系统的发展过程	255

9.5.2 当代地理信息系统的进展	256
第10章 测量数据处理	263
10.1 概述	263
10.1.1 观测误差理论与测量数据处理的科学任务	263
10.1.2 观测(测量)	263
10.1.3 观测误差	264
10.1.4 测量平差的含义	266
10.2 观测误差理论	268
10.2.1 偶然误差的规律性及其统计分布	268
10.2.2 衡量精度的指标	269
10.2.3 不同精度观测的权	269
10.2.4 协方差与相关系数	270
10.2.5 误差传播	270
10.2.6 误差检验	271
10.3 测量平差	271
10.3.1 多余观测	271
10.3.2 平差模型	272
10.3.3 平差最优化准则	273
10.3.4 直接观测值的平差问题示例	275
10.4 测量平差在现代测绘中的作用	276
第11章 地球空间信息学与数字地球	279
11.1 什么是数字地球	279
11.1.1 资源经济、资本经济和知识经济	279
11.1.2 数字地球的提出	279
11.2 数字地球的技术支撑	282
11.2.1 信息高速公路和计算机宽带高速网	282
11.2.2 高分辨率卫星影像	282
11.2.3 空间信息技术与空间数据基础设施	282
11.2.4 大容量数据存储及元数据	283
11.2.5 科学计算	283
11.2.6 可视化和虚拟现实技术	284
11.3 作为数字地球基础的地球空间信息科学	285
11.3.1 地球空间信息学的形成	285
11.3.2 地球空间信息科学的理论体系	286
11.3.3 地球空间信息学的技术体系	287
11.3.4 GPS、RS与GIS的集成	288
11.3.5 从4D产品到5D产品——可量测实景影像的概念与应用	293

11.4 数字地球的应用	297
11.4.1 数字地球对全球变化与社会可持续发展的作用	297
11.4.2 数字地球对社会经济和生活的影响	298
11.4.3 数字地球与精细农业	298
11.4.4 数字地球与智能化交通	299
11.4.5 数字地球与数字城市	300
11.4.6 数字地球为专家服务	301
11.4.7 数字地球与现代化战争	302
11.4.8 数字地球走进千家万户	302
11.5 发展与展望	303
11.5.1 时空信息获取的天地一体化和全球化	303
11.5.2 时空信息加工与处理的自动化、智能化与实时化	304
11.5.3 时空信息管理和分发的网格化	304
11.5.4 时空信息服务的大众化	304
11.6 从数字地球到智慧地球	305
11.6.1 智慧地球的出现	305
11.6.2 智慧地球的定义	306
11.6.3 智慧地球的特征	306
11.6.4 智慧地球架构	307
11.6.5 智慧地球典型应用	308
11.7 结论和展望	310