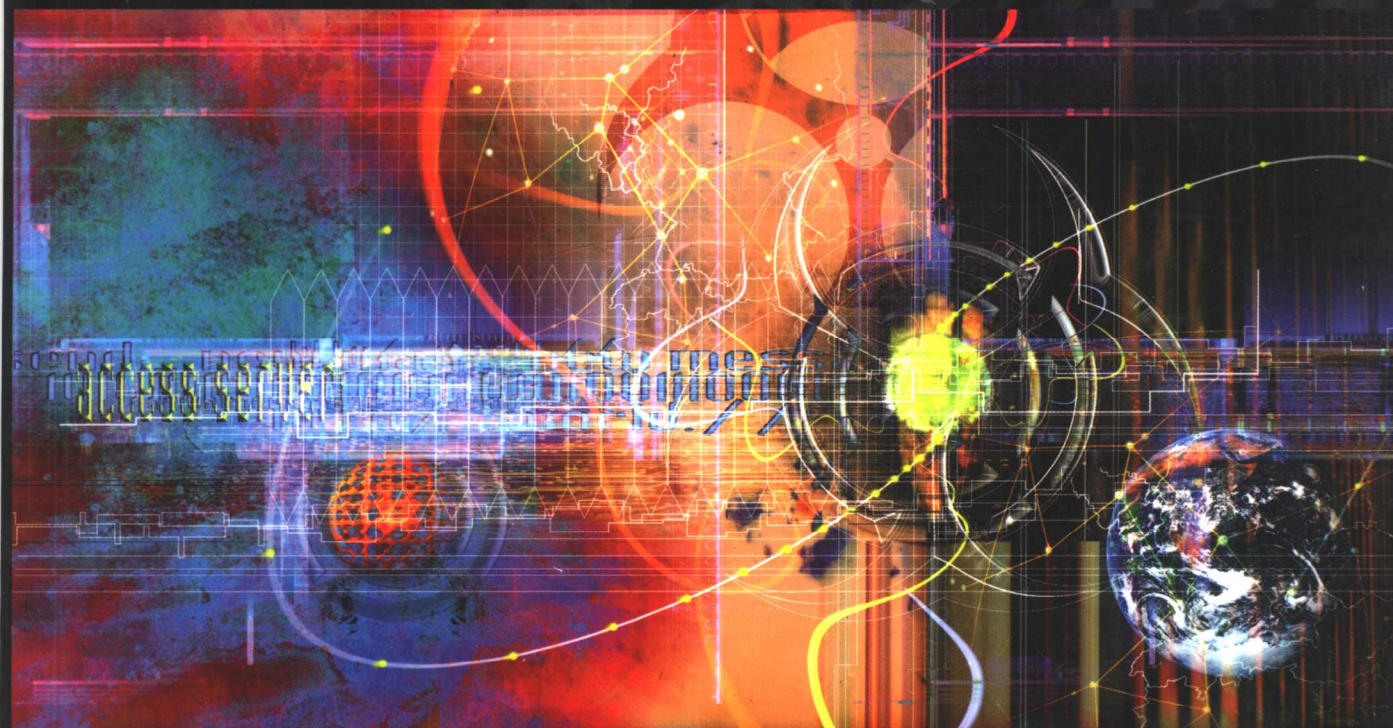


遥感数字影像处理 与地理特征提取

钱乐祥 等编著



科学出版社

www.sciencep.com

内 容 简 介

在对遥感信息科学发展历史、现状和未来趋势系统总结的基础上,结合遥感日趋丰富与完善的相关理论与技术,本书重点叙述了遥感信息提取、分类及地理特征判读方法的基本原理、具体操作步骤和作业流程,并结合具体案例指出了遥感影像处理中的有关理论与技术问题。

本书主要用作地理学专业高年级本科生及研究生教材,也可供资源调查、环境保护等专业的科技或管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

遥感数字影像处理与地理特征提取 / 钱乐祥等编著.

北京:科学出版社,2004.6

ISBN 7-03-013652-7

I. 遥... II. 钱... III. 遥感图像—数字图像处理
—高等学校—教材 IV. TP751.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 054768 号

责任编辑:赵 峰 / 责任校对:连秉亮
责任印制:刘 学 / 封面设计:一 明

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

上海长阳印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 7 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2004 年 7 月第一次印刷 印张:16 3/4 插页 4

印数:1—2 200 字数:385 000

定价:32.00 元

前 言

1957 年第一颗人造卫星升空,标志着人类进入了太空时代。从此,人类以崭新的角度开始重新认识自己赖以生存的地球。遥感信息科学从一形成即与全球定位系统和地理信息系统科学融合、渗透和统一,形成了新型的对地观测信息系统,为地学研究提供了新的科学方法和技术手段,导致了地学的研究范围、内容和方法的重要变化,引起了地学信息获取和分析处理方法的一场革命。

现代科学技术以十分惊人的速度迅猛发展,遥感信息技术尤甚。实践证明,通过遥感方法,人们已经获得了关于地球资源十分惊人、宝贵、难得的地理信息,这些信息已经被地理学界广泛应用。引入遥感技术作为地理学的研究手段也已成为现实。有理由相信,在新的信息时代,地理学也将从传统的束缚下解脱出来,从定性走向定量,从记述走向应用,成为国家经济建设不可缺少的学科。

“遥感数字影像处理与地理特征提取”是地理科学工作者应当拥有的一门专业技能,具有很强的实践性和操作性,是现代地理学发展的重要支撑,关系到对地理工作者素质和技能的提高,以及运用现代信息技术解决地理科学问题的能力,具有重要的实用价值。

遥感数字影像处理技术在地理学研究中有着广泛的应用领域和前景,但与之形成鲜明对比的是:目前还没有一部专门针对地理学应用研究的入门性的著作问世。基于此,结合作者近年所从事的研究和本科生、研究生教学积累,我们编著了本书。本书是为了使应用者打下遥感数字影像处理及其地理应用两方面的坚实基础而设计的。为此,编著者试图综合覆盖遥感与地理应用的主要主题。本书由四部分组成:第一部分(第 1 章)从遥感信息科学的角度论述其理论基础、研究内容、发展历程和发展趋势;第二部分(第 2 章至第 4 章)涵盖了遥感基础、遥感平台与主要的遥感器、数字影像处理所涉及的数据与系统等内容;第三部分(第 5 章至第 7 章)包括遥感数字影像的校正与镶嵌、变换与增强及遥感数字影像的分类方法;第四部分(第 8 章至第 10 章)从地理特征提取角度论述了地理特征的遥感信息表达与模型、地理特征提取与信息复合的方法、遥感影像主要地理特征的提取等内容。

本书是适应地理学专业发展需要而编著的,应该说是地理学各专业的主干课程之一,目前还没有同类书籍可供使用。本书主要特色在于:①系统性较强。以系统科学原理为指导,在章节的编排上遵循事物发展的规律和过程。②内容安排合理。从遥感基础到遥感数字影像的获取、恢复,从几何校正、数字镶嵌到遥感数字影像的增强和遥感分类等数字影像处理的基本过程。这些内容是地理特征提取的基础。然后结合地理学应用要求,分 3 个章节阐述了地理特征的遥感信息表达与模型、地理特征提取与信息复合的方法及如何利用遥感数字影像来提取地理特征的信息等内容。③素材广泛、内容较新。作者广泛收集了国内外新近的有关资料和文献 100 余种,较为准确地把握住了学科发展的最新动向。④实用性强。本书从实用的角度出发,把生硬和难以理解的理论用较为简明的语言加以表达,尽量避免复杂的公式推导过程。因此,本书除适用于高等院校地理科学本科

生、研究生参考外,也可作供国土资源调查、环境监测与保护、城乡规划和农、林、水利、地质等领域研究与应用的院校师生和科技工作者参考。

本书第1、8、9、10章由钱乐祥撰写,第2、7章由李爽撰写,第3、6章由郑明国撰写,第4、5章由许叔明撰写。最后,由钱乐祥统稿。书中插图由河南大学环境与规划学院资源与环境信息系统实验室李斌同志清绘。

本书始终得到科学出版社冯广平先生和赵峰编辑的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。此外,本书在编写过程中,我们还参阅了许多同行学者的学术论文,部分未在书末的参考文献中列出,在此谨向这些文献的作者表示衷心的感谢。

尽管我们十分努力,以求本书在内容和体系上尽善尽美,但由于作者们的水平有限,加之不同作者之间知识结构和理解的差异,书中存在一些错误和不足在所难免,恳请广大读者和同行专家不吝赐教。

钱乐祥

2003年12月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 遥感信息科学的研究对象和研究内容	1
1.1.1 研究对象	1
1.1.2 研究内容	1
1.2 遥感信息科学在地学发展中的意义	4
1.3 遥感信息科学在国民经济发展中的应用	6
1.4 遥感的发展现状	8
1.4.1 发展历程	8
1.4.2 发展现状	11
1.5 遥感信息科学的发展趋势	15
第 2 章 遥感基础	21
2.1 遥感的概念	21
2.2 电磁波谱与大气窗口	23
2.2.1 电磁波的性质与波段	23
2.2.2 电磁波谱	28
2.2.3 大气的透射特性与大气窗口	29
2.3 相关概念	30
2.3.1 辐射量	30
2.3.2 黑体辐射	31
2.3.3 反射率	33
2.3.4 物体的光谱反射特性	34
2.4 遥感成像过程	35
2.5 遥感影像的信息内容	36
2.5.1 遥感影像的波谱信息	36
2.5.2 遥感影像的空间信息	38
2.5.3 遥感影像的时间信息	39
2.6 遥感影像特征的统计分析	39
2.6.1 基本统计分析量	40
2.6.2 影像的直方图特征	40
2.6.3 多波段间的统计特征	41
第 3 章 遥感平台与传感器	43
3.1 遥感平台	43

3.1.1 遥感平台的种类	43
3.1.2 遥感卫星在空间中的位置和姿态	44
3.2 遥感器	49
3.2.1 遥感器的分类及其基本组成	50
3.2.2 光学遥感器的特征	52
3.2.3 成像光谱仪	53
3.2.4 遥感数据的分辨率	55
3.3 几种主要的遥感卫星及其遥感器	55
3.3.1 Landsat 卫星	56
3.3.2 SPOT 卫星	58
3.3.3 NOAA 卫星	59
3.3.4 CBERS	60
3.3.5 MODIS 卫星	62
3.3.6 QuickBird 卫星	64
3.4 高分辨率多光谱数字摄影技术	65
3.4.1 空间分辨率	66
3.4.2 光谱敏感度及分辨率	67
3.4.3 影像数据的传输速度	67
3.4.4 多光谱数字摄影技术	67
3.4.5 数字摄影技术与其他系统的组合	69
第 4 章 数字影像处理的数据与系统	70
4.1 遥感数字影像数据	70
4.1.1 数据源及分类	70
4.1.2 数字数据	73
4.1.3 影像数据的几何特性	75
4.1.4 影像数据的辐射量特性	76
4.1.5 遥感影像的数据格式	77
4.1.6 辅助数据	79
4.1.7 遥感数据的载体与检索	80
4.2 其他数据	81
4.2.1 定标、验证数据	81
4.2.2 地面实况调查	82
4.2.3 地面定位数据	83
4.2.4 地图数据	84
4.2.5 数字地形数据	85
4.3 数字影像处理系统	86
4.3.1 遥感影像处理流程	86
4.3.2 影像处理系统	88
第 5 章 遥感数字影像校正与镶嵌	96
5.1 遥感影像的辐射量校正	96

5.1.1 辐射量校正的内容	96
5.1.2 大气校正	97
5.1.3 照度校正	101
5.1.4 条纹和斑点的判定和消除	103
5.2 遥感影像的几何校正	105
5.2.1 影像的几何畸变	105
5.2.2 影像的几何校正	106
5.2.3 几何校正的计算模型与采点模式	109
5.2.4 遥感影像的匹配	110
5.3 遥感影像的数字镶嵌	110
5.3.1 数字镶嵌的一般工作程序和内容	111
5.3.2 遥感影像数字镶嵌技术	112
5.3.3 色调调整	114
5.3.4 影像镶嵌	115
第 6 章 遥感数字影像的变换与增强	119
6.1 影像变换与增强的方法	119
6.2 影像对比度扩展	119
6.2.1 函数变换	120
6.2.2 直方图调整	123
6.3 彩色变换	128
6.3.1 真彩色增强技术	128
6.3.2 伪彩色增强技术	128
6.3.3 假彩色增强技术	131
6.3.4 IHS 变换增强	134
6.4 滤波增强	135
6.4.1 空间域滤波	136
6.4.2 频率域滤波	139
6.5 影像间运算与多波段组合增强	142
6.5.1 代数运算	142
6.5.2 影像变换	146
6.5.3 多源数据的融合	151
第 7 章 遥感数字影像的分类	155
7.1 关于模式识别	155
7.2 遥感影像分类概述	156
7.2.1 遥感影像分类的概念及原理	156
7.2.2 遥感影像分类的特点和原则	157
7.2.3 遥感影像的分类顺序和方法	158
7.2.4 影像分类统计量	160

7.3	非监督分类	162
7.3.1	特征空间图形识别	162
7.3.2	集群分析和动态聚类	165
7.3.3	多级切割法	168
7.3.4	决策树法	169
7.4	监督分类	171
7.4.1	最小距离分类法	171
7.4.2	最大似然比分类法	172
7.5	模糊分类	176
7.6	专家系统分类	178
7.7	遥感影像分类处理中的几个问题	179
7.7.1	训练场地和训练样本的选择问题	179
7.7.2	地形因素影响	180
7.7.3	混合像元问题	180
7.7.4	特征变量的选择问题	181
7.7.5	空间信息在分类中的应用问题	181
7.7.6	影像分类的后期处理问题	182
第8章	地理特征的遥感信息表达与模型	183
8.1	地物光谱特征分析	183
8.1.1	地物光谱测定	183
8.1.2	典型地物的光谱矢量曲线	184
8.2	地理空间特征分析	189
8.2.1	影像空间特征的描述指标	189
8.2.2	空间特征的描述	191
8.3	地理特征的遥感信息模型	196
8.3.1	遥感模型	196
8.3.2	地理特征遥感信息模型	197
8.3.3	光谱特征模型的建立	199
第9章	地理特征提取与信息复合的方法	203
9.1	地理特征提取的方法选择	203
9.2	处理流程	204
9.2.1	改善影像清晰度处理流程	204
9.2.2	类别信息提取流程	205
9.2.3	线性特征提取流程	206
9.2.4	因子提取流程	208
9.3	信息的复合处理	209
9.3.1	图形覆盖	209
9.3.2	影像组合	210

9.3.3 人工智能控制的信息复合	212
9.4 遥感信息的地理评价	213
9.4.1 地理空间与影像空间	213
9.4.2 遥感影像的复杂性分析	218
第 10 章 遥感影像的地理特征提取	222
10.1 基于 TM 影像的水体信息提取	222
10.1.1 水体及其差异	222
10.1.2 TM 影像上水体的遥感信息机理分析	224
10.1.3 水体及背景地物的光谱值分析	224
10.1.4 水体提取方法的比较	226
10.2 基于 TM 影像的居民地特征提取	226
10.2.1 居民地的地面特征	227
10.2.2 TM 影像在居民地识别提取方面的应用现状	229
10.2.3 居民地在 TM 影像上的机理分析	231
10.2.4 居民地的识别提取	233
10.2.5 基于光谱知识的居民地的提取模型	237
10.2.6 GIS 支持下的居民点知识的发现	237
10.2.7 居民地专题信息提取模型的构建	241
10.3 基于 TM 影像的岩性信息提取	242
10.3.1 影响岩石光谱特征的主要因素	242
10.3.2 岩石遥感影像的基本特征	244
10.3.3 TM 影像岩石特征提取	244
10.4 基于 TM 影像的 LUCC 信息提取	247
10.4.1 土地覆被分类标准与获取 LUCC 数据的技术路线	247
10.4.2 研究区 LUCC 信息提取的具体步骤	247
10.4.3 LUCC 结果	251
主要参考文献	255

第 1 章 绪 论

遥感信息科学的发展,为地学提供了全新的研究手段,导致了地学研究范围、内容和方法的重要变化,标志着地学信息获取和分析处理方法的一场革命及一门新兴学科的兴起。遥感信息科学的理论、技术和方法在国民经济发展中有着广泛的应用,在资源、环境、灾害的调查、监测、分析评估和预测方面发挥着重要作用。它与全球定位系统和地理信息系统科学地融合、渗透和统一,形成了新型的对地观测信息系统,为地学研究提供了新的科学方法和技术手段。

1.1 遥感信息科学的研究对象和研究内容

遥感是泛指各种非直接接触的,远距离探测目标的技术。对目标进行信息采集主要是利用从目标反射或辐射的电磁波。电磁波在介质中传输时,会与介质发生作用而改变特性,如波长、传播方向、振幅和偏振面。因此通过对遥感观测到的电磁波特性的分析,可以反演与之发生相互作用的介质的性质,从而识别目标和周围的环境条件。

1.1.1 研究对象

通常根据所利用的电磁波谱段,遥感主要分为光学遥感、热红外遥感和微波遥感。

1) 光学遥感

光学遥感所观测的电磁波的辐射源是太阳和人工光源(例如激光)等,采用的波长范围,主要为可见光、近红外、短波红外区域。光学遥感主要探测目标物的反射与散射。

2) 热红外遥感

热红外遥感所观测的电磁波的辐射源是目标物,采用的波长范围为 $8\sim 14\mu\text{m}$ 。热红外遥感主要探测目标物的辐射特性(发射率和温度)。

3) 微波遥感

微波遥感观测目标物电磁波的辐射和散射。因此又分为被动微波遥感和主动微波遥感,采用的波长范围为 $1\text{mm}\sim 100\text{cm}$ 。被动微波遥感主要探测目标物的发射率和温度;主动微波遥感主要探测目标物的后向散射系数特征。

1.1.2 研究内容

遥感信息科学主要研究遥感信息形成的波谱、空间、时间及地学规律,研究遥感信息

在地球表层的传输和再现规律。

遥感信息的波谱特性研究 遥感对地表的监测是基于各种地物的物理特征和化学组分决定的波谱特性的,因此各种地物的波谱特性是遥感信息形成的基础,其研究内容是研究地物对可见光、近红外、短波红外的反射特性、热红外的辐射特性、微波的辐射特性、介电特性、后向散射特性和穿透特性等。

遥感信息的空间特性研究 遥感信息除具有波谱特性外,还具有空间特性,其研究范围包括遥感信息形成的几何机理和模型,遥感信息几何特性理论、模型和方法,新型对地定位理论和方法等。

遥感信息的时间特性研究 遥感可以周期地获取地表信息。地物在不同时相表现的波谱和空间特性的差异是对地探测的重要依据,其研究内容是遥感信息波谱特性和空间特性随时间变化的规律。

遥感信息与地学规律研究 根据不同地学研究对象,遥感可分为大气遥感、海洋遥感和陆地遥感三大领域。

1) 大气遥感

大气遥感是利用遥感监测大气结构、状态及其变化。从遥感观测物理量看,主要包括大气温度、压力、风、气溶胶类型及其含量分布、云的结构与分布、水汽含量、大气微量气体的铅垂分布及三维降雨观测等。大气遥感技术对于灾害性天气气候以及全球环境变化的监测和预测,具有极为重要的意义。

全球环境变化监测的一个重要问题是,需要了解大气中具有辐射和化学重要性的微量气体在全球范围的时空分布和变化趋势,特别是 CO_2 、 CO 、 CH_4 、 O_3 、 NO_2 、 N_2O 、 $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ 、 NH_3 、 H_2S 和 SO_2 。20 世纪 70 年代的雨云卫星系列在这方面发挥了重要作用。用雨云系列卫星上搭载的被动式传感器第一次获得了全球的温度和 H_2O 、 CH_4 、 HNO_3 信息。1978 年发射的雨云 7 号上携带了 TOMS(总臭氧量制图光谱仪),观测了全球臭氧分布,在发现臭氧洞方面做出了贡献,取得了与平流层中臭氧层的破坏有关的重要信息。1991 年 9 月发射的上层大气圈研究卫星(UARS)携带 CLAES、ISAMS、HALOE、MLS 等 10 种高灵敏度传感器,测量中上大气层参数,特别是平流层臭氧,以及太阳辐射和影响大气层的能量粒子。其上的微波边线探测器(MLS)可以测量大气层 O_2 、 ClO 、 SO_2 、 HNO_3 水含量。通过对全球 ClO 分布的测量发现, ClO 的升高与臭氧的损耗相关,同时还发现了 1991 年菲律宾皮那图博(Pinatubo)火山喷发所形成的热带区 26km 高度 SO_2 的富集。

近年来发射和即将发射的一系列对地观测平台上,均携带了大气观测传感器,如欧洲空间局(ESA)ERS-2 的 GOME 和 ATSR-2、日本 ADEOS 的 ILAS 和 IMG、欧洲空间局(ESA)ENVISAT 的 MERIS 等等。这些传感器将获得大气中微量气体、气溶胶、水、温度、压力的详细信息。日美热带降雨量测计划(TRMM)利用雨量雷达、TRMM 微波成像仪、可见光红外扫描仪获取全球降雨数据。这些测量为大气的辐射、化学和动力学过程研究提供了参数。

在灾害性天气气候的监测与预测方面,气象卫星遥感发挥了极为显著的作用,对台

风、暴雨、龙卷风等灾害性天气的监测效率提高到100%的水平,使数值天气预报准确率有了明显提高。正在计划中的地球环境卫星,将提供大气圈、水圈、岩石圈、生物圈及其相互作用的探测资料,将把长期数值天气预报与气候预测提高到一个崭新的阶段。

2) 海洋遥感

海洋遥感包括物理海洋学遥感(海面水温、海风矢量、海浪谱、全球海平面变化等)、生物海洋学和化学海洋学遥感(如海洋水色、叶绿素浓度、黄色物质)、海冰监测(海冰类型、分布范围和变化)。

卫星遥感资料中,红外谱段的亮度温度最早应用于物理海洋学研究。利用 NOAA/AVHRR 数据不仅制作了全球海面温度图,而且表面水温预报已进入日常运行阶段。但是,由于红外线不能穿透云层,因此微波遥感技术在物理海洋遥感中显得日益重要。在海面水温测量中,海洋卫星(Seasat)上搭载的扫描多通道微波辐射计(SMMR),测量海面水温精度可达1K。欧洲空间局(ESA)ERS-2、日本 ADEOS 上也均携带有微波辐射计。但由于目前微波辐射计分辨率较低,合成孔径微波辐射计、合成孔径微波干涉辐射计是一发展趋势。在海风矢量测量方面,微波散射计是测量海洋风场的重要手段,Seasat、ERS、ADEOS、EOS 均携带不同天线类型的微波散射计以测量海洋风场。极化微波辐射计也被证明可用来测量海洋风场。在海面高度测量方面,微波高度计能以厘米级的精度测量海面高度,例如,ToPex 微波高度计的测高精度为2 cm。近年来兴起的合成孔径雷达遥感,在海浪谱信息的提取、海洋物理现象的观测、海冰监测方面,发挥了重要作用。物理海洋学遥感的观测与研究,为海洋循环、海洋/大气/海冰的交换过程及在气候变化中作用的研究奠定了基础。目前,利用全球尺度的遥感监测,研究厄尔尼诺现象、黑潮的形成与运动、全球海平面变化等方面已取得重大进展。最近利用新的遥感分析手段发现了中尺度旋涡的“双极圈”现象,改变了长期以来“单极旋涡”的认识。

在海面水色探测方面,1978年风云7号上搭载的 CZCS 是以提取叶绿素浓度为目的而开发的第一个传感器,作为 CZCS 的换代技术 Seawifs 和日本 OCTS 均以提取水质信息为目标。此外,MODIS, MERIS 及机载 AVIRIS, MAIS 成像光谱技术在海洋水色水温探测方面均十分出色。海洋水色的研究是海洋光化学、海洋生物作用、海洋/大气界面生物地球化学通量及对全球气候变化影响研究的重要内容。

利用微波高度计探测海面变化,通过谱分析获取海底地貌信息和大地水准面,是海洋遥感探测海洋深层信息成功例子。利用 SAR 则探测到了内波及浅海水下地形。但通常获取海洋深层信息是困难的,也许这正是海洋遥感面临的一个难题。

3) 陆地遥感

陆地遥感目标的范畴很广,实际上包括了地表生物圈、人文圈、岩石圈、水文圈等领域,也是全球变化中地圈-生物圈、大气圈-地圈相互作用等专业模型的重要组成部分。

生物圈和生态遥感是全球变化研究的主要内容之一。它不仅研究地球生态的变化、全球生物量对大气中 CO_2 、 CH_4 等气体的收支问题、全球生物量变化导致的气候变

化;同时,在土地利用/土地覆盖监测、作物估产、森林蓄积量调查等应用方面也具有实际意义。长期以来,NOAA/AVHRR 数据由于具有全球性的、数十年的观测积累,因此,在全球植被指数变化和全球初级生产力估算方面发挥了重要作用。近年,微波遥感在生物量观测方面取得了重要进展。例如,ERS 卫星微波散射计数据被用于观测全球陆地植被变化。利用 SAR 估算森林生物量已开展多年,并建立了辐射传输模型,国际上还开展了北方区生态环境雷达研究计划(BOREAS)。研究表明,SAR 的 L 波段和 C 波段交叉极化的比值对生物量最敏感,对生物量估测结果表明,其 95%置信度内的误差小于 $\pm 2\text{kg/m}^2$ 。

水文圈是全球能量与水循环的重要组成部分。陆地表面过程,包括蓄积,在全球水文循环中起着重要作用。土壤湿度是研究全球生态环境及大气圈地圈相互作用的重要参数,也是作物估产、旱灾监测等应用领域的监测对象。全球积雪范围、厚度、雪水当量是全球气候变化的敏感因子,也是径流预报、洪灾预防的关键因素。利用 NOAA/AVHRR 数据估算裸露土壤的含水量已进入实用阶段。近年来,微波遥感在这一领域已显示出强大的生命力。各种类型的微波辐射计、散射计、雷达成功地用于土壤水份信息的提取,各种辐射传输模型和经验模型,也迅速发展。P. C. Dubois 等利用 SIR-C 的 L 波段数据通过经验模型,获取试验区土壤湿度数据,与实测数据相比,其 RMS 误差小于 3.5%。J. Shi 和 J. Dozier 利用包含面散射和体散射的一级散射模型,发展了积雪湿度算法,利用 SIR-C 的 C 波段数据,分析了奥地利厄茨河谷(Otztal)和美国马默斯(Mammoth)雪盖上层自由液体水含量,其 95%置信度的误差小于 2.5%。

在地球动力学研究方面,长期以来,利用 GPS 和长基线干涉技术观测板块活动取得了成功。1993 年,Massonnet 等人成功地利用干涉雷达技术测量 1992 年美国 Landers 地震形成的位移。1995 年,利用 SIR-C 干涉数据获取了火山活动过程中岩浆活动信息。目前,干涉雷达(INSAR)技术在地形测量、地壳变形、地震监测等领域的应用显示,该技术正逐渐成为对地观测技术的热点之一。例如,利用干涉雷达技术测定 DEM 的精度达到 $\pm 5\sim 10\text{m}$,利用差分干涉雷达测定大面积水平、垂直位移的精度可达到 $\pm 1\sim 3\text{cm}$,用此方法测定加州地震和意大利火山形变的报道已在 *Nature* 上发表。

1.2 遥感信息科学在地学发展中的意义

和传统的对地观测手段相比,遥感技术的优势在于:提供了全球或大区域精确定位的高额度宏观影像,从而揭示了岩石圈、水圈、大气圈和生物圈的相互作用和相互关系;扩大了人们的视野,从可见光发展到红外、微波等波谱范围,加深了人类对地球的了解;在遥感与地理信息系统基础上建立的数学模型为量化分析奠定了基础。在一些地学研究领域,促进了以定性描述为主到以定量分析为主的过渡;同时,还实现了空间和时间的转移:空间上野外部分工作转移到实验室;时间上从过去、现在的研究发展到在三维空间上定量地预测未来。随着计算机技术、网络技术、通讯技术的迅速发展和遥感科学本身的发展,这种影响的广度和深度将不断深入。

特别值得一提的是,遥感信息科学对地球系统科学的形成和发展起了重要的推动作

用。传统科学思想是建立在牛顿力学体系之上的,表现在科学专业领域的划分上,往往是简单的、机械的、封闭的。进入20世纪以来,科学技术迅速发展,给各个学科带来了深刻的变革。例如,60年代深海钻探技术、古地磁技术、放射性年代学的发展,证实了海底扩张的假说,为板块构造理论的诞生奠定了坚实的基础,给固体地球科学带来了一场深刻革命。地质构造是岩石圈板块相互作用的结果,并受其下的软流圈及地幔活动的控制,而不再单单是一个孤立存在的现象。遥感信息科学的理论、技术和方法,使人类有可能进一步将地球大气圈、水圈、生物圈及固体地球作为一个完整的、开放的、非线性的系统,以全新的方法论为指导,以现代高新技术为手段,全面地、综合地、系统地研究地球系统的各个要素及其相互关系,建立全球尺度上的关系和变化规律。这些规律的研究构成了地球系统科学的重要内容,促进了地球系统科学的诞生和发展。

地球系统科学的组成要素是各类全球专业要素模型和全球专题系统模型。基础物理量是建立各类模型的基本数据和重要参数,遥感是获取这些基础物理量的重要技术手段。

从研究领域看,可包括:

- 水循环领域;
- 生物地球化学领域;
- 大气领域;
- 海洋领域;
- 岩石圈的地球物理过程领域。

从遥感观测内容看,可包括:

- 地球能量收支的全球分布;
- 大气结构、状态变量、组成、运动;
- 包括陆地和内陆水域生态系统在内的地表的、物理的、生物的结构、状态、组成、运动;
- 地球的生物地球化学循环速度、重要的生成源和消亡源、主要的要素和过程;
- 海洋的循环、表面温度、风系统、波浪、生物活动;
- 冰川、雪、海冰的范围、类型、状态、厚度、表面粗糙度、运动以及雪水当量;
- 全球范围降水强度、频度与分布;
- 地球动力学。

为了系统地了解固体地球、大气圈、水圈、冰雪圈、生物圈的各个要素及其相互作用,国际科学界相继提出了一系列国际合作计划,如国际地圈生物圈研究计划(IGBP)、世界气候研究计划(WCRP)、全球能量与水循环实验计划(GEWEX)、气候变化与可预报性计划(CLI-VAR)、中层大气国际合作计划(MAC)、太阳、地球系统能量国际合作研究计划(STEP)等等。在这些计划中,无不以遥感信息科学作为不可缺少的科学和技术基础。同时,针对全球变化与资源环境问题,世界各国也提出了一系列大型国际遥感计划,如美国宇航局(NASA)的对地观测计划(EOS),日本/美国的热带降雨量测计划(TRMM),欧洲空间局(ESA)的极轨平台计划(POEM)等。这些计划充分显示了遥感信息科学在地学研究中的地位和作用。

1.3 遥感信息科学在国民经济发展中的应用

1) 为国民经济持续稳定发展提供动态基础数据和科学决策依据

国民经济持续稳定的发展取决于对资源的合理利用和对环境的保护,其中重要的环节是对资源和环境的了解和掌握。遥感信息科学为资源调查、环境监测提供了强有力的科学技术手段。我国遥感信息科学经过十几年的发展,为国民经济持续稳定的发展不断提供动态基础数据和科学决策依据,在国民经济发展中发挥了重要作用。

20 世纪 80 年代初期,全国土地遥感调查第一次提供了我国国土面积和耕地面积的数据;80 年代末期,黄土高原和“三北”地区遥感调查为该区经济发展和生态建设提供了依据;西藏应用遥感技术在全国第一个完成土地详查,为西藏开发决策创造了良好条件;全国土地利用遥感动态监测和全国土地利用数据库建设也已完成,近日已通过验收,使国家有可能得到我国当前城市化过程、耕地面积减少和生态环境变化的基本数据和图面资料。利用遥感信息科学与技术对环境进行监测,提供我国沙漠化进程、土地盐渍化、水土流失、环境污染(如酸雨对植被的污染、工业废水和生活污水对水体的污染、石油对海洋的污染等)等基本状况和发展程度的数据和资料,为对资源管理、环境治理等进行科学决策提供依据。

2) 为国家重大自然灾害提供及时准确的监测评估数据及图件

我国是一个自然灾害频发、种类繁多、危害严重的国家,每年由于灾害所造成的损失高达千亿元。我国减灾和救灾中面临的主要问题:一是不能及时准确获取灾情现状和发展的信息;二是不同行政、管理部门上报的灾情评估数据差距较大。根据灾害发生的特点和规律,特别是针对突发性的自然灾害,如洪涝、林火、雪灾和地震等灾害的特点,在“八五”期间建立了重大自然灾害遥感监测评估系统。重大自然灾害遥感监测评估的特点是:信息源众多,匹配难度大,需要处理的数据量与信息量非常大;要求作出判断和反应的时间十分短促(几小时到 1~2 天);用以评价分析依据的因素很多,关系复杂;并且,要作出高精度的结果。基于上述特点,把重大自然灾害的遥感监测评估列为国家“八五”攻关内容,旨在以计算机数字处理为核心,促进遥感与地理信息系统的一体化,实现快速、机动、准确、可靠的目标。

由卫星遥感、航空遥感、影像处理和信息系统组成的立体监测综合评估系统,解决了多源遥感信息的快速获取、处理和综合分析等方面的一系列关键技术,在灾害危险程度分区、灾害背景数据库以及灾区土地、社会、经济等数据库的支持下,自 1991 年以来已成功地对我国太湖流域、淮河、黄河、珠江等流域的多次灾害进行了监测,特别是 1995 年对江西鄱阳湖、湖南洞庭湖以及辽宁的辽河和浑河地区特大洪水实施了快速遥感监测,4~10 小时内提供灾区航空遥感数据,两天内作出灾情初步评价,具备了对突发性自然灾害进行快速应急反应的技术能力,并能做到快速、准确地监测评价灾情,这些数据和结果及时地提供给中央和地方有关部门使用,为各级政府救灾减灾决策提供服务。

旱情的监测是采用气象卫星数据和地面气象数据相结合的方法,建立了黄淮海平原旱灾遥感监测评估系统,自1993年开始对黄淮海平原近40万 km^2 发生的春旱进行了监测。不仅每隔10~15天提供该区的旱情分布图,而且可以给出以县为单元的不同受旱等级对应的面积和比例,为农业管理、合理灌溉、抗旱等提供了决策依据。

同时,“八五”期间也对我国一些地区的林火、雪灾、森林虫害、地震和沙漠化灾害等进行了监测评估。遥感信息技术一旦形成运行系统,将在国家对灾情的及时掌握、防灾减灾的部署以及灾害的救援等发挥重要作用。

3) 再生资源的监测、预测和评估

我国是一个耕地面积不足、人均粮食产量较低的国家,从宏观上掌握我国重点产粮区主要粮食作物的种植状况、作物长势,特别是客观地提供粮食的估产数据对国家粮食市场的调节、进出口以及粮食政策均具有直接的意义。

“八五”期间,利用NOAA气象卫星数据对我国13省市小麦的长势进行了监测,并对总产进行了估算,成为掌握我国小麦产量、进行每年夏粮会商的重要依据之一。同时针对国家急需了解农业种植结构变化和种植面积的要求,对小麦、玉米和水稻的遥感估产进行了重点攻关,取得了重要进展与突破,在技术上解决了利用多种遥感信息源,在多级采样框架下小麦、玉米和水稻的识别和种植面积测算、长势监测和单产模型建立等技术问题,完成了吉林省玉米、华北五省二市小麦,以及湖北和江苏的水稻种植面积和产量估测工作。

森林调查是遥感应用的重要领域。“六五”期间,完成了“应用遥感技术进行森林资源动态监测”攻关项目。“七五”期间,“三北”防护林遥感综合调查列为国家重点攻关项目,以航天影像为主要信息源,编制了“三北”重点造林区不同比例尺森林、草场、土地利用专题系列图,对再生自然资源进行了统计和分析,对各地区造林适宜性和管理状况作出科学评价,完成典型地区防护林生态效益分析,建立了“三北”全区和典型县的资源与环境信息系统,实现对森林及其他再生资源的科学管理、动态监测和分析预测。“八五”期间,针对星载SAR这一新兴传感器,国家“863”高技术计划设立了“星载SAR森林应用研究”,开展了星载SAR林地分类、森林蓄积量估算研究,并取得了重要成果,森林蓄积量估测精度满足了二类森林调查的需要。

遥感在草地产草量 and 水面初级生产力调查方面也有着广泛的应用前景。

4) 地质矿产资源调查与大型工程评价

利用遥感技术进行大区域、小比例尺地质调查是遥感最早显示的一个特长。目前1:100万和1:10万区域地质调查中的遥感应用方法已经成熟,被列入工作规范,1:5万区域调查中遥感技术的应用也被列入规范中。遥感技术已逐步应用于地质矿产的勘探中,在有色金属、贵金属、煤炭、建材以及石油、天然气的勘探以及工程选址、地质环境监测方面发挥了重要作用。20世纪90年代兴起的成像雷达和成像光谱技术,在直接探测矿物蚀变带、油气烃类微渗漏等方面具有独特的作用。特别值得一提的是,近年来发展起来的干涉测量雷达技术,能够大面积探测地表厘米级的三维变化,在火山监测、地震断层测量、三峡大

坝等大型工程环境的监测、油气区地面沉降等领域,已开始显示出其巨大的应用潜力。

5) 天气预报与气候预测

利用气象卫星进行天气预报已建成为业务运行系统,并在短期天气预报,特别是灾害天气预报中发挥了重要作用。如对台风、暴雨、雷暴、龙卷、风暴潮等预报方面取得显著成效。地球环境卫星的发展,将为准确的气候预测奠定基础。随着我国气象卫星的发射,气象卫星遥感在天气预报和气候预测中将发挥越来越重要的作用。

6) 海洋监测与海洋开发

我国的海洋辽阔,遥感在海洋调查中显示了它独特的大范围、多时相、高分辨率的特点,在河口泥沙规律研究、海水监测、海温监测、海况监测、海洋初级生产力及渔场监测、海洋污染监测等方面已经发挥着重要作用,在海岸带调查和监测、滩涂资源利用和制图、海港建设和工程中显示出更大潜力。

遥感在国民经济发展中的应用尚处在起步阶段,有些专业应用的关键技术尚须突破,在一些领域的应用还没有达到实用化、产业化的目标。但现有的结果已充分显示了遥感应用的光明前景,广大遥感科学工作者对此充满了信心。

1.4 遥感的发展现状

1.4.1 发展历程

遥感作为一门综合性的技术是 20 世纪 60 年代提出来的。1960 年美国学者 E. L. Pruitt 为了比较全面地概括探测目标的技术和方法,把以摄影方式和以非摄影方式获得被探测目标的影像或数据的技术称作为遥感,这个名词在 1962 年美国密执安大学等单位举行的环境科学讨论会上被正式采用。

航空遥感技术最早用在军事上,1903 年莱特兄弟发明了人类历史上第一架飞机,1915 年底,世界上又有了第一台航空摄影专用相机,此后航空摄影技术被广泛应用于军事侦察领域,直到 1920 年以后,航空摄影方法才开始在地质、土木工程中的勘察和制图、农业中的牧场土地调查等民用领域获得应用。第二次世界大战中,随着伪装技术的不断改进,普通的航空照相技术已不能完全准确地获取敌方目标的信息,因此出现了彩色、红外和光谱带照相技术。

多光谱空中摄影技术是航空遥感技术的重要发展。多波段摄影技术最早是由电影界实现的,20 世纪 60 年代初,科学家们开始把多谱段概念实际应用到地形特征的航空勘测上,最早是采用多相机型传感器获得多光谱影像,然后是采用多镜头型传感器获得多光谱影像,与此同时,还研制成功了多谱段彩色合成系统。

卫星遥感技术的广泛应用始于 20 世纪 70 年代。美国于 1967 年制定了地球资源技术卫星(ERTS)计划,1972 发射了第一颗地球资源技术卫星 ERTS-1,1975 年发射了第