

遥感在中国

——纪念中国国家遥感中心成立 15 周年

徐冠华 李德仁 刘先林 主编



测绘出版社

遥 感 在 中 国

——纪念中国国家遥感中心成立 15 周年论文集

徐冠华 李德仁 刘先林 主编

测 绘 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是献给国家遥感中心成立 15 周年的礼物。书中比较系统地介绍了我国遥感技术及其应用所取得的成就。内容包括:一般综述,可再生资源与生态环境遥感,灾害遥感,海洋、大气与水文遥感,地质矿产遥感,测量、制图与空间数据分析及基础研究与技术系统等。共收集文章 55 篇。

本书适合从事遥感工作的业务领导、科技人员及有关院校的师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

遥感在中国:纪念中国国家遥感中心成立 15 周年论文集/徐冠华等主编.

北京:测绘出版社,1996.9

ISBN 7-5030-0888-1

I. 遥… II. ① 徐…

III. ① 遥感技术-应用-文集

IV. TP79-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 14175 号

测绘出版社出版发行

(100045 北京市复外三里河路 50 号)

北京盛达激光照排中心照排

北京海淀农科区划印刷厂印刷

1996 年 9 月第 1 版·1996 年 9 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16·印张:24.5

字数:600 千字·印数:0001—1050 册

定价:68.00 元

掌握遙感技術
進入世界前沿

宋健

一九九八年七月

《遥感在中国》

编 委 会

顾问： 陈述彭 陈为江 何昌垂 马俊如 林 泉

冀复生 杨世仁 石玉林

主 编： 徐冠华 李德仁 刘先林

副主编： 郑立中 刘纪远 楚良才 方宗义 黄 绚

编 委：（按姓氏笔划为序）

方宗义 池天河 刘先林 刘纪远 李加洪

李德仁 陈子丹 张巧玲 郑立中 承继成

徐冠华 秦友奎 黄 绚 彭以琪 童庆禧

楚良才

执行编委： 陈子丹 李加洪 秦友奎

编者的话

“六五”至“八五”期间,国家用了三个五年计划,在遥感、地理信息系统和全球定位系统等高技术领域,围绕基础理论、应用研究、设备、相关软件及成套技术研制、技术推广和示范等方面以国家级项目为龙头,在全国范围内组织并带动了大规模的科技攻关,取得了丰硕成果。在“八五”与“九五”之交,值纪念中国国家遥感中心成立 15 周年之际,我们将其中各领域的佳品以文集的形式汇总在一起。通过对近 15 年已有成绩的总结、回顾和对今后工作的展望,如果能使广大新老同行从中得到一些启迪和补益将是我们最大的欣慰。从 1996 年 2 月征文工作开始,这项工作得到了各方同仁的鼎力支持,先后收到作者奉献的稿件近百篇,我们从中分类筛选了 55 篇予以登载,但由于时间紧迫和编者水平有限,加之客观条件的影响,论文集中难免有不足和错漏之处,我们热切欢迎大家给予批评指正。

《遥感在中国》编委会

1996 年 8 月

目 录

遥感信息科学的进展和展望(代序)	徐冠华(1)
发展遥感事业 服务国民经济建设	林 泉 郑立中(14)
国家遥感事业的创业里程	陈为江(19)
宏伟的事业 光辉的历程	马俊如(22)
海岸带及其持续发展	陈述彭(25)
对地观测新技术与社会可持续发展	李德仁(39)
21 世纪空间遥感与信息发展的机遇与挑战	何昌垂(48)
中国农业遥感发展的回顾与展望	林 培 张 玮(57)
中国土地信息系统的发展现状与发展战略	严泰来 程 烨(63)
遥感技术在地质勘查研究中的应用	张 雍等(68)
遥感与地理信息系统在我国煤炭工业应用的分析与展望	党安荣 管海晏(73)
我国在气象卫星非气象领域遥感应用的发展与展望	黄 釜等(79)
卫星遥感在海洋的应用	李允武(84)
地方遥感应应用概况	胡如忠(90)
空间信息系统促进区域可持续发展	李 京 陈秀万(94)
加速 9202 工程建设 为政府首脑机关提供宏观决策服务	张清浦等(100)
应用空间遥感技术开展国家资源环境遥感宏观调查与动态研究	刘纪远(106)
新亚欧大陆桥 (中国段)资源环境综合调查的技术进展和成果	陈昌礼 张志峰(112)
用 NOAA/AVHRR 的积分植被指数估算中国粮食总产的研究	萧乾广等(120)
大面积冬小麦遥感估产运行系统研究	王乃斌等(127)
用遥感和地理信息系统技术评估太湖平原地区水稻产量	江 南 何隆华(136)
新型遥感数据在作物生长监测中的应用	牛 铮等(142)
“三北”防护林地区植被和土地利用变化的动态监测	张玉贵等(147)
多时相 JERS-1 SAR 影像森林类型分类研究	车学俭等(156)
长江三角洲地区城镇发展遥感动态监测	戴锦芳(165)
遥感与 GIS 在洪水灾害监测与评估中的应用研究	周成虎等(171)
全天候实时航空遥感系统及其应用	曹述互(180)

遥感技术在森林虫害监测评价中的应用研究	武红敢	吴 坚	(184)
NOAA 卫星影像在内蒙古草原火灾监测中的应用研究	刘桂香	苏 和	(191)
微波辐射计探测高温目标的试验方法研究	李加洪		(196)
基于人工神经网络的雪灾遥感判别方法研究	张继群		(203)
遥感在地震预报及监测中的应用	强祖基等		(208)
遥感、地理信息系统和水文模型研究	李纪人		(215)
基于知识的 AVHRR 影像的水体自动识别方法与模型研究	周成虎等		(221)
因子分析在估算黄海叶绿素浓度中的应用	傅克忭等		(233)
航天合成孔径雷达(SAR)在我国海洋遥感应用的新进展与潜力	周长宝	黄韦良	(240)
浅海水深遥感模型研究	邱凯昌		(249)
An Introduction to New Satellite Sensors for Ocean and Coastal Zone Study	王钦敏		(255)
东亚地区大气参数物理反演方法研究	张文建等		(264)
遥感地质信息场的数量化分析	王润生		(270)
秦岭成矿带金矿遥感生物地球化学研究	马建伟等		(278)
遥感图像上油气晕的识别研究	金丽芳	刘燕君	(287)
成像光谱遥感技术在油气资源勘探中的应用研究	吕世霖	谭仲军	(293)
相位差分 GPS 用于航空遥感精确定位的方法与试验研究	李德仁等		(300)
干涉雷达数据提取数字高程模型 - 航天飞机成像雷达新疆昆仑山试验	王 超	郭华东	(307)
GPS 在大坝变形监测中的应用研究	马景骅	王金武	(311)
基于交互式环境的地图设计系统	李 霖		(318)
多角度遥感及其应用	李小文	王锦地	(325)
马尔可夫随机场的模型选择及其在影像纹理分类中的应用	黄桂兰	郑肇葆	(329)
区域参数在遥感专题数字制图中的应用	傅肃性	张崇厚	(336)
遥感影像理解专家系统判据研究	马吉革	舒 宁	(341)
基于体划分的三维矢量结构 GIS 拓扑关系	李青元等		(348)
模块式机载成像光谱仪(MAIS)及其应用	王建宇	沈鸣明	(354)
The Development of On-board Imaging Processor for Airborne SAR in China	朱锡兴	朱敏惠	(362)
具有高速处理功能的星载雷达高度计控制系统	李茂堂	姜景山	(367)

Contents

Remote Sensing Information Science: Progress and Prospect	Xu Guanhua(1)
Developing Remote Sensing for National Economic Construction	
.....	Lin Quan Zheng Lizhong(14)
Pioneering Course of National Remote Sensing Center	Chen Weijiang(19)
The Magnificent Cause and the Glorious Progress	Ma Junru(22)
Coastal Zone and Its Sustainable Development	Chen Shupeng(25)
New Techniques in Earth Observation and Sustainable Development	Li Deren(39)
Opportunities and Challenges-----Remote Sensing and Spatial Information	
Technologies in the New Millennium	He Changchui(48)
Development of Agricultural Remote Sensing in China	Lin Pei Zhang Wei(57)
The Current Status and Developing Strategy on Chinese LIS	
.....	Yan Tailai Cheng Ye(63)
Application of Remote Sensing Techniques for Geological Exploration	
.....	Zhang Young <i>et al.</i> (68)
An Analysis on the State and Trends of RS & GIS Application in China Coal Industry	
.....	Dang Anrong Guan Haiyan(73)
The Prospect and Development of Remote Sensing Applications of Meteorological	
Satellites in the Field of Non-meteorology in China	Huang Qian <i>et al.</i> (79)
The Application of Satellite Remote Sensing on Ocean	Li Yunwu(84)
Brief Introduction on Regional Remote Sensing Application	Hu Ruzhong(90)
Spatial Information System Applications for Regional Sustainable Development	
.....	Li Jing Chen Xiuwan(94)
The Establishment of Project 9202 and Its Applications	Zhang Qingpu <i>et al.</i> (100)
National Resources & Environment Macro-investigation and Dynamic	
Study by Using Space Remote Sensing Techniques	Liu Jiyuan(106)
Advance and Results of Comprehensive Resources and Environment Surveys	
along the New Asia-European Continental Bridge(China Section)	
.....	Chen Changli Zhang Zhifeng(112)
A Study on China Total Yield Prediction by Using NOAA/AVHRR	
Integrated NDVI	Xiao Qianguang <i>et al.</i> (120)
A Research on Running System of Winter Wheat Yield Estimation	
by Remote Sensing	Wang Naibin <i>et al.</i> (127)
Evaluation of Paddy Yield in Taihu Lake Plain by using Remote Sensing	
and Geographic Information System Techniques	Jiang Nan He Longhua(136)

Applications of New-type Remote Sensing Data in Crop Growth Monitoring	Niu Zheng <i>et al.</i> (142)
Dynamic Change Monitoring of Vegetation and land-use Pattern	
in the "Three Norths"Protective Forest Region	Zhang Yugui <i>et al.</i> (147)
A Study of Multi-temporal JERS-1 SAR Data for Forest Classification	Che Xuejian <i>et al.</i> (156)
A Study on Urban Dynamic Monitoring by Using Remote Sensing Information	Dai Jinfang(165)
Application of Remote Sensing and GIS to Flood Monitoring	
and Disaster Evaluation	Zhou Chenghu <i>et al.</i> (171)
All-weather Real-time Airborne Remote Sensing Transmission	
System and Its Application	Cao Shuhu(180)
Study on Monitoring and Assessment of Forest Insect Damage with	
Remote Sensing Techniques	Wu Honggan Wu Jian(184)
The Application of NOAA Satellite Image to Monitoring Fire	
Disaster in Inner Mongolian Grassland Region	Liu Guixiang Su He(191)
The Experiment Study for Detecting High-temperature Targets	
with Microwave Radiometer	Li Jiahong(196)
Study on the Method of Snow Disaster Identification Based on Neural Network	Zhang Jiqun(203)
The Application of Remote Sensing in Earthquake Forecast and Monitoring	Qiang Zuji <i>et al.</i> (208)
A Study on RS, GIS and Hydrological Model	Li Jiren(215)
A Description Model Based on Knowledge for Automatic	
Recognizing Water from NOAA/AVHRR	Zhou Chenghu <i>et al.</i> (221)
Application of Factor Analysis in Estimating the Concentration	
of Chlorophyll- α in the Yellow Sea	Fu Kecun <i>et al.</i> (233)
New Progress and Potential of Spaceborne Synthetic Aperture Radar(SAR)	
Remote Sensing Applications in Oceanography in China	Zhou Changbao Huang Weigen. (240)
Remote Sensing Model for Shallow Water Bathymetry	Di Kaichang(249)
An Introduction to New Satellite Sensors for Ocean and Coastal Zone Study	Wang Qinmin(255)
Research on the Physical Retrievals of Atmospheric Parameters	
over East Asia Continent	Zhang Wenjian <i>et al.</i> (264)
Quantized Analysis of Remotely Sensed Geologic Information Field	Wang Runsheng(270)
Study on Bio-geochemistry of Gold Metallogentic Belt Using	
Remote Sensing in Qinling Area	Ma Jianwei <i>et al.</i> (278)

Recognition of Oil-gas Halo on Remote Sensing Image	Jin Lifang Liu Yanjun(287)
Image Spectrometer Remote Sensing Technique for Detecting Oil and Gas Resources	Lui Shilin Tan Zhongjun(293)
GPS Application Investigation on High Precision Point Determination with Airborne Remote Sensing Data	Li Deren <i>et al.</i> (300)
DEM Derived from Interferometric SAR Data----SIR-C Experiment in Kunlun, Xinjiang, China	Wang Chao Guo Huadong(307)
Practical Study on GPS in Dam Monitoring	Ma Jinghua Wang Jinwu(311)
Interactive Map Design System	Li Lin(318)
Multiangle Remote Sensing and Its Application	Li Xiaowen Wang Jindi(325)
The Decision Rule for the Markov Random Field Model and the Application on Image Texture Classification	Huang Guilan Zheng Zhaobao(329)
A Study on the Application of Regional Parameters in Remote Sensing Digital Thematic Mapping	Fu Suxing Zhang Chonghou(336)
A Study of Credence for Remote Sensing Image Understanding Expert System	Ma Jiping Shu Ning(341)
Topologic Relations of 3-D Vector GIS Based on Volume Division	Li Qingyuan <i>et al.</i> (348)
Modular Airborne Imaging Spectrometer and Its Application	Wang Jianyu Shen Mingming(354)
The Development of On-board Imaging Processor for Airborne SAR in China	Zhu Xixing Zhu Minhui(362)
Satellite-borne Radar Altimeter Control System with High Speed Processing Function	Li Maotang Jiang Jingshan(367)

遥感信息科学的进展和展望（代序）^①

徐冠华^②

（国家科学技术委员会）

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。遥感信息科学的形成与发展，它与全球定位系统和地理信息系统科学的融合、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，标志着地学信息获取和分析处理方法的一场革命。

一、遥感信息科学的理论基础、研究对象和内容

遥感的含义是在远离目标、与目标不直接接触情况下判定、量测并分析目标的性质。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。

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三种类型。

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 $8\ \mu\text{m} \sim 14\ \mu\text{m}$ 。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。

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。

1. 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

① 本文引自《地理学报》1996 年 9 月第 51 卷第 5 期（P385～397）。参加撰写人员还有：田国良、于超、牛铮、郝鹏威、黄波、刘震。陈述彭院士、周秀骥院士和李德仁院士审阅了全文并提出了修改意见，在此一并致谢。

② 国家科学技术委员会副主任，中国科学院院士。

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。

2. 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。

3. 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。

4. 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 , N_2O , NO_2 , NH_3 , $(\text{CH}_3)_2\text{S}$, H_2S , COS 和 SO_2 。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温度和 H_2O , CH_4 , HNO_3 的全球信息。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,用以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。其上的微波边缘探测器 (MLS) 可以测量大气层 O_3 , 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 年菲律宾皮那图布 (Pinatubo) 火山喷发所形成的热带区 26 km 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,如欧空局 ERS-2 的 GOME 和 ATSR-2、日本 ADEOS 的 ILAS 和 IMG、欧空局 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百分之百的水平,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 1 K。欧空局 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, 因此, 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, 微波高度计能以数厘米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, 在波浪谱信息的提取、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 年雨云 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、地圈及其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 、甲烷等气体的收支问题、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, 并建立了有关的辐射传输模型, 国际上还开展了北方区生态环境雷达研究计划 (BOREAS)。研究结果表明, 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 Otztal 和美国 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 $\pm 5\text{ m} \sim 10\text{ m}$,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 $\pm 1\text{ cm} \sim 3\text{ cm}$,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。

二、遥感信息科学在地学发展中的意义

遥感、地理信息系统技术和空间定位技术为地学提供了全新的研究手段,导致了地学的研究范围、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。和传统的对地观测手段相比,它的优势表现在:提供了全球或大区域精确定位的高频度宏观影像,从而揭示了岩石圈、水圈、气圈和生物圈的相互作用和相互关系;扩大了人的视野,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定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的革命。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、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:(1)水循环领域;(2)生物地球化学领域;(3)大气领域;(4)海洋领域;(5)岩石圈的地球物理过程领域。从遥感观测内容看,可包括:(1)地球能量收支的全球分布;(2)大气结构、状态变量、组成、运动;(3)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;(4)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;(5)海洋的循环、表面温度、风系统、波浪、生物活动;(6)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;(7)全球范围降水强度、频度与分布;(8)地球动力学。

为了系统地了解固体地球、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作用和地位。

三、遥感信息科学在国民经济发展中的应用

(一)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。

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,提供我国沙漠化的进程、土地盐渍化和水土流失的情况,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基本状况和发展程度的数据和资料,为对资源的管理、环境的治理等进行科学决策提供了依据。

(二)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, 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, 形成遥感与地理信息系统一体化, 实现快速、机动、准确、可靠的目标。

由卫星遥感、航空遥感、图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。

(三) 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和对总产进行估算, 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。