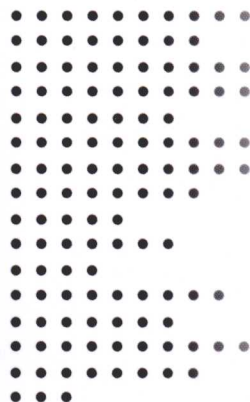




李京 陈云浩 刘志刚 周冠华 著
孟俊敏 马毅 邓磊

海岛与海岸带 环境遥感

Remote Sensing of Island and Coast Environment



 科学出版社
www.sciencep.com

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

海岛与海岸带环境遥感

Remote Sensing of Island and Coast Environment

李 京 陈云浩 刘志刚 周冠华 著
孟俊敏 马 毅 邓 磊

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是一本有关海岛与海岸带环境遥感研究的专著,较为系统地论述海岛与海岸带环境遥感的原理、技术、方法和模型。本书既立足基本原理与基本方法,又面向学科前沿和发展趋势,是作者们多年相关研究的系统总结和提高。

全书从海岛与海岸带环境遥感的发展谈起,以海岛与海岸带遥感监测为主要内容,全书共9章,包括三大部分内容。第一部分为第1~3章,分析目前海岛、海岸带遥感监测的发展历程与主要发展趋势,介绍支撑项目研究的飞行实验及主要设备;第二部分为第4~7章,以近岸水质、悬浮泥沙、珊瑚礁、红树林等为研究目标,从数据处理、理论算法、模型设计、案例研究等方面,详细介绍对海岛与海岸带环境开展遥感监测的技术与方法;第三部分为第8、第9两章,针对海岸带变化和海洋溢油问题,探讨利用多时相遥感数据构建遥感监测模型的方法。

本书既可作为海洋、测绘、环境、资源、空间信息等领域的研究生教材和本科生参考书,也可作为有关高校师生及相关专业领域遥感科学工作者的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

海岛与海岸带环境遥感/李京等著. —北京:科学出版社,2010

ISBN 978-7-03-027396-3

I. ①海… II. ①李… III. ①环境遥感-应用-岛-环境监测②环境遥感-应用-海岸带-环境监测 IV. ①X834②X87

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第078813号

责任编辑:赵峰 刘希胜 / 责任校对:刘小梅

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王浩

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>

北京天时彩色印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010年6月第一次印刷 印张:10 1/4

印数:1—2 000 字数:243 000

定价:69.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

地球是人类赖以生存的美丽家园，同时也是一个不断动态演化的复杂系统。全球变化问题、资源能源问题、生态环境问题、自然灾害问题等已经成为当前乃至今后相当长一段时间内，地球系统科学所关注的最为重要的研究领域。多年的研究表明，要破解上述问题，不仅需要从宏观的视野来考量，更需要从系统的角度加以论证和认识。可谓“治百里之河者，目光应及千里之外；治目前之河者，推算应至百年之后”。

毫无疑问，以遥感（remote sensing）技术为核心的对地观测系统，正在帮助人类实现“登高望远”的愿望。自 20 世纪 60 年代以来，空间分辨率、光谱分辨率与时间分辨率不断提高，使得遥感已成为记录、观测、发现和研究地表过程及其次生现象的重要手段和方法。

经过 30 多年的发展，我国已成为具较强对地观测能力的国家。到目前为止，我国自行研制并发射 50 余颗不同类型的对地观测卫星，形成气象、海洋、资源和环境等多个系列。2007 年 10 月“嫦娥一号”探月卫星的成功发射，标志着我国深空探测能力的初步形成。

遥感技术不仅是我国国民经济和国防建设的重要保障，同时也是开展科技外交、促进国际合作、提升国家软实力的重要组成部分。早在 1989 年，中国和马来西亚就着手开展在遥感领域的合作，共同完成联合国亚洲及太平洋经济社会委员会（United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, ESCAP）“应用遥感与 GIS 技术建立热带雨林地区土壤侵蚀信息系统”项目，该项目取得令联合国及合作双方都十分满意的结果。1994 年，中国和马来西亚政府第一次科技联合委员会将遥感领域的合作项目列入第一批政府间科技合作项目，从此双方开始这一领域富有成果的合作。以北京师范大学国家遥感中心全球变化与可持续发展部李京教授为首的课题组，经过多年始终如一的不懈努力，取得一系列出色的成果，受到马来西亚的高度评价，在亚太国家特别是东盟国家中产生很好的影响。完成的基于空间模型库的“马来西亚国家资源与环境管理计划”，在 2001 年获得该国 IT 界最高奖——首相奖，联合国考察团曾评价这次合作是“南南合作的典范”。

此后在国家科技部领导下、中国驻马来西亚大使馆的关心和支持下，于 2003 年 9 月举行中国国家遥感中心和马来西亚遥感中心“关于执行马来西亚-中国机载遥感合作计划的谅解备忘录”的签字仪式，时任国务院副总理黄菊和马来西亚副首相 Yab Datuk Seri Abdullah Ahmad 应邀出席。该谅解备忘录的主旨在于实现国产 L 波合成孔径雷达系统（CASSAR-EL01）和实用型模块化成像光谱仪（OMIS II）对马来西亚的出口。该谅解备忘录另一项重要内容是由北京师范大学负责执行的意在提升马来西亚遥感综合应用能力的 MARS（macro airborne remote sensing）计划。MARS 计划分为地形制图（terrain mapping）、灾害管理 [disaster management（forest fire、flood、landslide、

oilspill)]、城市规划 (urban planning)、海岛发展 (islands development) 以及航空飞行任务 (flight mission) 5 个部分。该计划以北京师范大学为主, 国家遥感中心、中国矿业大学、中国林业科学研究院、国家海洋局第一海洋研究所、首都师范大学、成都理工大学等单位派出多名专家共同参与该计划的实施, 前后历时 5 年。

本书主要以 MARS 计划中海岛发展模块的研究内容为依托, 并结合该领域的最新发展综合集成而成。主要分析目前海岛与海岸带遥感监测的主要发展趋势, 介绍支撑项目研究的飞行实验及主要设备; 以近岸水质、悬浮泥沙、珊瑚礁、红树林等为研究目标, 从数据处理、理论算法、模型设计、案例研究等方面详细介绍开展遥感监测的技术与方法; 针对海岸带变化和海洋溢油问题, 探讨利用多时相遥感数据构建遥感监测模型的方法。

本书由北京师范大学李京、陈云浩、刘志刚、周冠华、邓磊, 国家海洋局第一海洋研究所孟俊敏、马毅等共同撰写, 由李京、陈云浩拟定提纲并统稿、定稿。几年来参加此项研究工作的师生还有: 何政委、王平、杜培军、宫阿都、蒋卫国、陈路遥、王圆圆、易文斌、窦闻、胡德勇、沈蔚、彭光雄、史晓霞、蒋金豹、占文凤、权文婷、赵祥等。在此我们对上述师生对本书的完成所作出的贡献表示衷心感谢。

此外, 本书的部分内容还来源于作者主持和参加的国家高技术研究发展计划 (2007AA120205、2007AA120306)、国际科技合作计划项目 (2007DFA20640)、国家“十一五”科技支撑计划课题 (2006BAJ05A01、2008BAC44B03、2008BAC34B03、2006BAJ09B06) 和国家自然科学基金项目 (40901168) 以及对发展中国家科技援助项目。在项目研究和本书写作过程中, 得到北京师范大学史培军教授、李晓兵教授, 科技部国际合作司徐捷博士, 国家遥感中心金逸民博士、景贵飞博士、张松梅博士, 马来西亚国家遥感中心 Nik 等领导和专家的帮助, 在此一并谢忱。

本书中的少部分成果已在国内外刊物发表。在本书撰写过程中参考了国内外大量优秀教材、研究论文和相关网站资料, 在此我们表示衷心感谢。虽然作者试图在参考文献中全部列出并在文中标明出处, 但难免有疏漏之处, 我们诚挚希望相关同行专家谅解。

感谢中国科学院电子学研究所、中国科学院上海技术物理研究所提供有关 OMIS II 和 CASSAR-EL01 系统的相关参数。感谢中国矿业大学郭达志教授通读初稿, 并给予大量细致的修改和指导。

本书的出版得到地表过程与资源生态国家重点实验室、教育部-民政部减灾与应急管理研究院、北京师范大学资源学院和科学出版社的大力支持。感谢国家科学技术学术著作出版基金的资助。

作 者

2010 年 5 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 海岛与海岸带遥感的需求与意义	2
参考文献	3
第 2 章 海岛与海岸带环境遥感概述	4
2.1 海岛与海岸带环境遥感发展历程与现状	4
2.1.1 海岛与海岸带环境遥感研究的发展历程	4
2.1.2 海岛与海岸带环境遥感监测数据与应用现状	4
2.1.3 海岛与海岸带环境遥感技术现状	8
2.2 海岛与海岸带环境遥感研究不足与展望	9
2.2.1 海岛与海岸带环境遥感研究的不足	9
2.2.2 海岛与海岸带环境遥感研究的展望	10
参考文献	11
第 3 章 海岛与海岸带航空遥感监测平台与飞行实验设计	12
3.1 系统简介	12
3.1.1 实用型模块化成像光谱仪系统	12
3.1.2 机载 L 波段 SAR 系统	12
3.1.3 主要机载平台	12
3.2 OMIS II 系统	13
3.2.1 OMIS II 传感器	13
3.2.2 地面设备	14
3.3 CASSAR-EL01 系统组成及性能	14
3.3.1 机载雷达系统	14
3.3.2 地面数据处理系统	14
3.3.3 地面维护系统	14
3.4 实验区及飞行实验设计	15
3.4.1 雕门岛飞行实验设计	15
3.4.2 凌家卫岛飞行实验设计	17
3.4.3 邦吉岛飞行实验设计	17
3.5 本章小结	19
参考文献	19
第 4 章 近岸水质遥感监测	20
4.1 水体光学特性	20

4.1.1	水体固有光学特性	20
4.1.2	水体表观光学特性	31
4.1.3	AOP 与 IOP 的关系	34
4.2	水体光谱测量及数据处理	35
4.3	水质参数测量	36
4.3.1	Hydrolab 多参数水质监测仪介绍	36
4.3.2	叶绿素 a、混浊度和温度的测量	36
4.3.3	透明度的测量	36
4.4	卫星影像预处理	37
4.4.1	几何校正	37
4.4.2	辐亮度转换	38
4.4.3	云掩模	38
4.4.4	陆地掩模	40
4.5	水质参数遥感反演模型	41
4.5.1	叶绿素浓度遥感反演模型	41
4.5.2	水体透明度反演模型	42
4.5.3	水体悬浮物浓度反演模型	43
4.6	水质遥感监测实例	43
4.6.1	珍尼湖	43
4.6.2	凌家卫岛近岸海域	46
4.6.3	雕门岛近岸海域	47
4.7	本章小结	49
	参考文献	49
第 5 章	悬浮泥沙遥感模型	51
5.1	悬浮泥沙水体的光谱特征	51
5.1.1	纯水光谱特征	51
5.1.2	悬浮泥沙浓度与光谱反射率	52
5.1.3	粒径对悬浮泥沙水体反射光谱的影响	54
5.2	悬浮泥沙遥感经验与半经验模型	55
5.2.1	线性关系式	55
5.2.2	对数关系式	56
5.2.3	多波段关系式	56
5.2.4	Gordon 关系式	57
5.3	悬浮泥沙遥感理论模型	58
5.3.1	理论模型的建立	58
5.3.2	理论模型与经验模型之间的关系	62
5.4	透视深度与最佳波段选择	62
5.4.1	透视深度的确定	62

5.4.2 最佳波段的选择	63
5.5 本章小结	64
参考文献	64
第6章 珊瑚礁遥感监测	66
6.1 珊瑚礁遥感	66
6.1.1 珊瑚礁简介	66
6.1.2 珊瑚礁遥感研究	68
6.2 珊瑚礁光谱反射率测量方法	72
6.2.1 影响因素	72
6.2.2 现有水下光谱反射率测量方法分析	73
6.2.3 对比分析	77
6.3 珊瑚礁遥感反射率测量与分析	78
6.3.1 研究地点	78
6.3.2 遥感反射率	78
6.3.3 水表天空光反射光剥离	79
6.3.4 数据测量与处理	80
6.3.5 结果分析	82
6.4 本章小结	86
参考文献	87
第7章 红树林遥感监测	89
7.1 红树林简介与红树林遥感研究现状	89
7.1.1 红树林简介	89
7.1.2 红树林遥感研究现状	90
7.2 实验数据与数据处理	91
7.2.1 研究区	91
7.2.2 遥感影像数据	91
7.2.3 类别定义及样本选取	92
7.3 分类方法	93
7.3.1 分类方式	94
7.3.2 分类特征	94
7.3.3 分类算法	95
7.4 分类实验	97
7.4.1 利用光谱特征的像素级分类	97
7.4.2 利用光谱、纹理和空间统计特征的像素级分类	97
7.4.3 对象级分类	98
7.5 分类结果与分析	99
7.5.1 精度分析	102
7.5.2 可分性分析	106

7.6	结果分析	107
7.7	本章小结	111
	参考文献.....	111
第8章	海岸线遥感监测.....	113
8.1	研究区概述	114
8.2	海岸线提取方法概述	115
8.2.1	平均低潮线法	115
8.2.2	一般高潮线法	116
8.3	海岸线专题信息提取	116
8.4	海岸线变化趋势预测	117
8.4.1	灰色理论与 GM (1, 1) 模型	117
8.4.2	辽河三角洲海岸线变化灰色模型	119
8.5	本章小结	122
	参考文献.....	122
第9章	海洋溢油遥感监测.....	124
9.1	海洋溢油遥感监测研究现状	124
9.1.1	常用海洋溢油遥感	124
9.1.2	海洋溢油遥感监测研究	126
9.2	研究区选择	127
9.3	研究方法	129
9.3.1	数据收集及准备	129
9.3.2	潮汐潮流数值模拟	133
9.3.3	海上溢油漂移速度模型	134
9.4	马六甲海峡潮汐潮流研究	135
9.4.1	潮位模拟结果	135
9.4.2	潮流模拟结果	136
9.5	风和潮流对溢油漂移的影响	136
9.5.1	不同风速的情况	136
9.5.2	不同风向的情况	137
9.5.3	无风的情况	138
9.5.4	无潮流的情况	139
9.5.5	不同潮流时发生溢油的情况	140
9.6	溢油扩散模拟研究	141
9.7	海上溢油漂移扩散研究实例	142
9.8	本章小结	146
	参考文献.....	146
附录	到 2020 年可用于海洋研究的卫星及其参数列表	

第 1 章 绪 论

1.1 引 言

随着社会经济的快速发展,人们的物质生活水平得以不断提高,但与此同时,各种资源、能源的大规模开发,加之环境保护措施缺乏,使得陆地表面的自然环境破坏状况日益显著,严重威胁了人类的生存与可持续发展。现阶段,人口问题、能源短缺、环境恶化已成为困扰人类社会的三大难题。在巨大压力面前,人类已经逐渐把海洋作为解决所面临困境的重要途径,海洋将成为人类赖以生存的新区域。

海洋是生命的摇篮、风雨的故乡、五洲的通道、资源的宝库。海洋在一定程度上主宰着一个国家的兴衰。早在 2500 年前,古希腊海洋学者狄米斯托克利就预言:谁控制了海洋,谁就控制了一切。国际社会普遍认为:21 世纪是海洋世纪。这一国际社会公认的结论有着丰富的内涵。研究海洋、开发利用海洋对国家的可持续发展战略的实施具有重要意义。早在 2002 年,加拿大制定了《加拿大海洋战略》;2004 年,美国出台了 21 世纪的新海洋政策——《21 世纪海洋蓝图》,公布了《美国海洋行动计划》;同年,日本发布了第一部海洋白皮书,提出对海洋实施全面管理;韩国也出台了《韩国 21 世纪海洋》国家战略。发达国家依靠在海洋高科技中的领先地位实施海洋产业发展战略,不仅抢占海洋空间和资源,而且把发展海洋高科技作为海洋开发的重中之重。

由于世界海洋经济的迅猛增长,海上工业活动日益频繁,特别是海上石油的开发高潮迭起。海洋开发活动在为人类带来巨大的能源和财富的同时,也对海洋环境造成了很大的影响,产生了诸多问题,包括近海水质的恶化、珊瑚礁的消失、红树林的破坏、海岸线的变迁与海洋溢油污染等。1994 年,第 49 届联合国大会向全世界宣布 1998 年为国际海洋年,以提高人们对海洋重要性的认识与海洋生态环境保护的自觉性。

海岛与海岸带是海洋系统与陆地系统紧密连接的纽带,研究与其相关的生态系统和周边的环境特性及变化具有十分重要的意义。一般来讲,海岛是海洋中四面环水并在高潮时露出海平面自然形成的陆地,是散布于广大海域中的天然镶嵌体。在现代国际海洋法律制度下,海岛与内海、领海、专属经济区、大陆架一起,构造成沿岸国的“海洋国土”(李德潮,1999)。海岛环境特殊,特别是中、小型岛屿和岛群,作为沿海国家的一项特殊的资源和国土,在资源开发和国土安全方面发挥着重要作用。

海岸带是陆地和海洋的交汇地带,是海岸线向陆、海两侧的扩展,它包括海岸环境及其毗连的水域,并在浪、潮、流与入海河流动力作用下不断演化(王明山等,2006)。它是陆地系统和海洋系统的一个敏感的过渡带,也是海洋与大陆两个不同属性的地貌单元相互连接的地带。而海岸带资源的多样性、生态环境的复杂性与脆弱性,则形成了一个特殊的海陆作用地域系统——海岸带地域系统(杨晓梅等,2005)。通常情况下,海岸带是人口聚集、资源丰富、开发程度较高、生态环境脆弱的地区,也是国家经济建设

和社会发展的中心与策源地。

海岛与海岸带既是地球表面最为活跃、各种现象与过程最为丰富和复杂的自然区域,也是资源类型、开发区位与环境条件最为优越的区域。我国沿海地区以 13% 的陆地面积承载着 42% 的人口,创造的产值占国内总产值的 60% 以上,是国民经济和社会发展最为先进的地区,具有港口、航道、海盐、生物资源、海岸湿地、海滨旅游、海洋空间以及相关的海洋化工、海洋药物等特有的资源产业结构。随着各国沿海地区经济高速发展,海岛资源的不断开发不仅改变了沿海土地利用类型和产业结构,而且使海岛与海岸带及其近海的生态环境状况发生显著变化(安鑫龙等, 2005)。海岛与海岸带资源环境面临严峻挑战:污染与日俱增,环境质量急剧下降;大量不合理的人为活动破坏了典型的海洋生态系统,许多海洋生物濒于绝迹,渔业产量大幅度下降;海岸带灾害频发、损失严重。这些都已成为目前海洋经济可持续发展的严重障碍。

1.2 海岛与海岸带遥感的需求与意义

海岛与海岸带是实施海洋资源综合管理的关键地带,是海洋开发利用的核心区域。要实现对海岛与海岸带地区的综合管理和有效开发利用,必须动态地掌握该地区的地理条件、自然资源情况、社会经济发展状况等信息(陈智为和张连秋, 2003)。因此,对海岛与海岸带进行实时、动态的监测对其合理开发与利用十分重要。作为海陆相互作用的交汇区,海岸带具有复杂性和多变性的特点,传统的海岛与海岸带调查手段存在一定的局限性,无论监测手段还是调查强度都难以满足海岛与海岸带资源开发、环境与灾害监测的需求。遥感技术被引入海岛与海岸带环境的监测中,已成为海洋资源及海洋环境监测的有效手段。

遥感技术与常规的海洋调查手段相比,具有许多独特的优点(姜杰, 2006):第一,遥感监测不受地表、海面、天气和人为条件的限制,可以探测地理位置偏远、环境条件恶劣的海区;第二,遥感监测的宏观特性使它能够进行大范围的海岛与海岸带资源的同步调查与监测;第三,能够周期性地观测海洋,实现对海洋污染物的扩散、海洋生态系统的动态变化等实时监测;第四,多波段与高光谱遥感数据可以提取丰富的海洋信息,使大幅提升海岛与海岸带研究水平成为可能。总之,遥感技术可用于研究近岸水域地形地貌特点、浅部构造、海岸类型、海岸线变化及发展趋势、滩涂演变、岛礁分布、航道变迁、海水悬浮物及叶绿素分布、海流及波浪状况、海洋溢油污染及其分布等诸多海岛与海岸带环境问题。但如何利用多源、多时相、主被动相融合的航空与航天遥感数据,获取海岛与海岸带及其近海资源环境信息并建立相关研究模型,仍是海岛与海岸带遥感应用中的一项重要任务。

海岛与海岸带遥感信息是国家重要的战略资源,是实现海岛与海岸带动态信息共享和环境状况的定量分析及综合评价的基础,也是实现我国海洋可持续发展的重要保障,能为我国经济社会的可持续发展、战略资源管理、生态环境保护提供科学依据和技术支持。

参 考 文 献

- 安鑫龙, 张海莲, 闫莹. 2005. 中国海岸带研究 (I): 海岸带概况及中国海岸带研究的十大热点问题. 河北渔业, (4): 4~17
- 陈智为, 张连秋. 2003. 试论海岸带海岛综合调查档案的开发. 档案与建设, (1): 34~36
- 姜杰. 2006. 遥感技术在海岸带海洋地质环境综合调查中的应用. 海洋地质动态, 22 (5): 30~32
- 李德潮. 1999. 中国海岛开发的战略选择. 海洋开发与管理, 4 (4): 22~26
- 王明山, 高俊国, 卢毅. 2006. 海岛管理信息系统用户需求分析. 海岸工程, 25 (2): 86~92
- 杨晓梅, 周成虎, 杜云艳等. 2005. 海岸带遥感综合技术与实例研究. 北京: 海洋出版社

第2章 海岛与海岸带环境遥感概述

2.1 海岛与海岸带环境遥感发展历程与现状

2.1.1 海岛与海岸带环境遥感研究的发展历程

为了加快沿海经济的发展,实现海洋产业由传统的海洋捕捞、海水制盐、船舶制造、港口与海洋航运等到海水养殖、油气开采、海水化工、海水淡化、滨海旅游、海洋药物等新兴海洋产业的转变,确保以海洋资源合理开发利用为载体的海洋经济持续、稳定、协调发展,采用科学有效的方法来加强和改善海洋资源监测和管理显得尤为重要。

传统的海岛与海岸带信息提取是通过历史海图、地形图和实地调查结果对比分析得到的。这种常规的调查方法由于观测难度大、耗资多与周期长等缺点,已经远远不能满足海岛与海岸带经济的发展以及现代化管理的需求。自从 Landsat 系列卫星成功发射以来,遥感、地理信息系统以及空间定位技术的不断发展,为海洋科学研究提供了全新的研究手段,为海岛和海岸带的全面调查与开发、资源管理、海洋工程建设等提供了坚实的基础。研究表明,遥感资料是海洋研究的重要数据源,是建立多种模型的基本依据,尤其是遥感具有大范围、多时相、多光谱、高分辨率、多传感器等优势,使其对海岛与海岸带状况的监测更具实时性和科学性。

在 20 世纪,国内外对海岛与海岸带的研究工作开展得比较少。到了 20 世纪末,世界各国加强了对这一领域的重视,相继开展了近海环境监测、海岛环境评价、海洋河口泥沙的形成和演变规律、海水污染状况以及海岸带的土地利用/土地覆盖变化等研究。研究成果在海岸的蚀退、悬浮泥沙的扩散和淤积,以及海况、海洋污染、海洋工程、鱼情预报等方面显示出巨大的应用潜力。2003 年 9 月经国务院批准立项,由国家海洋局组织实施的“我国近海海洋综合调查与评价专项”(简称“908 专项”),是自新中国成立以来,继 1960 年进行的“全国海洋综合普查”与 20 世纪 80 年代进行的“全国海岸带和海涂资源综合调查”之后,在我国近海区域开展的第三次大规模的海洋调查。在项目组织实施的过程中,编写了各类海洋、海岛与海岸带的调查规范,如《海洋调查规范》、《海岛调查技术规程》、《海岸带调查技术规程》、《海洋灾害调查技术规程》、《海洋生物生态调查技术规程》、《海洋水文气象调查技术规程》、《海域使用现状调查技术规程》、《地球物理调查技术规程》与《海洋底质调查技术规程》等,还针对新型遥感技术的应用和调查编写了《海岛海岸带卫星遥感调查技术规程》、《海岛海岸带航空遥感调查技术规程》与《海洋光学调查技术规程》等(刘宝银和苏奋振,2005)。

2.1.2 海岛与海岸带环境遥感监测数据与应用现状

在数据源方面,用于海岛与海岸带监测的卫星,大体上可以分为三大类:①海洋水色卫星,主要用于探测海洋水色要素,如叶绿素浓度、悬浮泥沙含量、有色可溶性有机物

等,此外也可获得浅海水下地形、海冰、海水污染以及海流等信息;②海洋地形卫星,主要用于探测海表面拓扑,即海平面高度的空间分布,以及探测海冰、有效波高、海面风速和海流等;③海洋动力环境卫星,主要用于探测海洋动力环境要素,如海面风场、浪场、流场、海冰等,还可以获得海洋污染、浅水水下地形与海平面高度等信息。

2.1.2.1 国外主要海洋卫星

1) 美国“海洋卫星”

1978年6月26日,美国发射了第一颗海洋卫星 SEASAT-1,其轨道是近极地近圆形太阳同步轨道,高度790km,倾角 108° ,绕地球周期是100min,刈幅为1900km。卫星能探测南北纬 72° 之间的地区,可覆盖95%的地球面积。该卫星上载有5种传感器,其中3种是成像传感器,即合成孔径侧视雷达(SAR-A)、多通道微波扫描辐射计(SNMR)和可见光-红外辐射计(VIR)。SAR-A工作频率为1.27GHz,波长为23.6cm,属L频段,HH极化,扫描带宽100km,空间分辨率25m;SNMR是一种被动式成像微波传感器,有5个微波通道,波长分别为0.81cm、1.43cm、1.67cm、2.81cm和4.54cm,空间分辨率为22~100km,扫描带宽600km;VIR有两个通道,分别为 $0.52 \sim 0.73\mu\text{m}$ 和 $10.5 \sim 12.5\mu\text{m}$,它可以获得可见光和热红外影像,空间分辨率为2~5km,带宽1900km。该海洋卫星虽然只工作了105天,但它开创了海洋遥感的新阶段,为人类观察海况,研究海面形态、海面温度、海面风场、海冰和大气含水量等开辟了新途径。

2) 日本“海洋观测卫星”

日本的海洋观测卫星一号(MOS-1)于1987年2月19日发射上天,该卫星发射后改名为桃花一号(MOMO-1)。海洋观测卫星一号B(MOS-1B)于1990年2月7日发射成功,后改名为桃花一号B(MOMO-1B)。这两颗卫星的星体主要参数基本相同。MOMO-1轨道为近圆形近极地太阳同步轨道,高度907.8km,倾角 99.1° ,绕地球周期6190.5s,每天绕地球13.958圈,回归周期为17天。卫星载有3种传感器:多波段电子自扫描辐射计(MESSR)、可见光-热红外辐射计(VTIR)和微波辐射计(MSR)。其中,MESSR是由CCD构成的自扫描推帚式多谱段扫描仪,其地面分辨率为50m,可获得立体图像。VTIR有一个可见光波段和3个热红外波段,主要用于监测海洋水色和海洋表面温度,其地面分辨率为900m(可见光)或2700m(热红外),地面扫描宽度为1500km。MSR为K频段的双频微波辐射计,主要用于水汽含量、冰量、雪量、雨量、气温、锋面、油污等的监测。

3) 欧洲遥感卫星(ERS)系列

ERS系列主要用于海洋学、冰川学、海冰制图、海洋污染监测、船舶定位与导航、水准面测量、海洋岩石圈的地球物理及地球固体潮等领域。ERS-1和ERS-2分别于1991年7月17日和1995年4月20日发射升空,其轨道为圆形极地太阳同步轨道,高度为782~785km,绕地球周期为100min,回归周期为3天。卫星上载有7种仪器:有

源微波仪、测风散射计、雷达测高仪、轨道跟踪扫描辐射计、微波探测器、精密测距测速仪和激光反射器。雷达地面分辨率可达 30m, 雷达的扫描带狭窄, 要经过 35 天才能完成对全球的观测。

4) 加拿大雷达卫星

加拿大雷达卫星 (RADARSAT) 是加拿大的第一颗雷达遥感卫星, 由加拿大、美国、德国和英国合作研制, 于 1995 年 11 月发射, 其轨道为圆形近极地太阳同步轨道, 轨道高度 798km, 倾角 98.6° , 周期 101min, 回归周期 24 天。携带的传感器有合成孔径雷达、多波段扫描仪、先进的甚高分辨率辐射计及散射计。该雷达卫星主要应用于农业、海洋、冰雪、水文水资源、渔业、航海业、环境监测、极地和近海勘测等。

2.1.2.2 中国海洋卫星

中国海洋卫星 (HY-1A) 卫星是中国第一颗海洋监测试验型业务卫星, 于 2002 年 5 月发射升空, 主要用于探测海洋水环境要素、水温、污染物以及浅海水下地形等。其主要功能有: 掌握海洋初级生产力分布、海洋渔业和养殖业资源状况和环境质量等, 为海洋生物资源合理开发与利用提供科学依据; 了解重点河口港湾的悬浮泥沙分布规律, 为沿岸海洋工程及河口港湾治理提供基础数据; 监测海面赤潮、溢油、海面温度、海冰、浅海地形等, 为海洋环境监测与保护、海洋资源开发与管理、海洋权益维护与海上执法提供信息, 为研究全球环境变化提供大洋水色资料。

HY-1A 卫星轨道为近圆形太阳同步轨道, 轨道高度为 798km, 设计工作寿命为两年。该卫星有效载荷为十波段海洋水色扫描仪和四波段 CCD 成像仪。十波段海洋水色扫描仪主要用于探测海洋水色要素 (叶绿素浓度、悬浮泥沙浓度和可溶性有机物浓度) 及温度场等; 四波段 CCD 成像仪主要用于获得海陆交互作用区域的实时图像资料以进行海岸带的动态监测。卫星观测区域分为实时观测区 (渤海、黄海、东海、南海和日本海及海岸带区域) 和延时观测区 (我国地面站覆盖区外的其他海域) 两种。HY-1A 卫星有效载荷参数见表 2-1。

表 2-1 HY-1A 卫星有效载荷参数 (国家海洋局, 2004)

十波段海洋水色扫描仪 (COCTS)			
波段	波长/ μm	动态范围	监测内容
1	0.402~0.422	40%	黄色物质、水体污染
2	0.433~0.453	35%	叶绿素吸收
3	0.480~0.500	30%	叶绿素、海水光学、海冰、污染、浅海地形
4	0.510~0.530	28%	叶绿素、水深、污染、低含量泥沙
5	0.555~0.575	25%	叶绿素、低含量泥沙
6	0.660~0.680	20%	荧光峰、高含量泥沙、大气校正、污染、气溶胶
7	0.730~0.770	15%	大气校正、高含量泥沙
8	0.845~0.885	15%	大气校正、水汽总量
9	10.300~11.400	200~320K	水温、海冰
10	11.400~12.500	200~320K	水温、海冰

续表

四波段 CCD 成像仪			
波段	波长/ μm	目标反射率	监测内容
1	0.42~0.50	0.20	污染、植被、水色、冰、水下地形
2	0.52~0.60	0.50	悬浮泥沙、污染、植被、冰、滩涂
3	0.61~0.69	0.35	悬浮泥沙、土壤、水汽总量
4	0.76~0.89	0.50	土壤、大气校正、水汽总量

HY-1B 卫星于 2007 年 4 月发射升空,标志着我国海洋卫星和卫星海洋应用向系列化和规模化方向迈进了一大步。作为 HY-1A 的后继星,同属于海洋水色系列卫星, HY-1B 载有一台十波段的海洋水色扫描仪和一台四波段的海岸带成像仪,基本延续了 HY-1A 的主要设计,但其观测能力和探测精度得到了进一步增强和提高。

2.1.2.3 未来海洋卫星发展计划

根据国际对地观测卫星的发展计划,到 2020 年共有 170 颗左右的卫星进行对地观测,其中大约有 45 颗卫星可以用于海岛与海岸带的监测研究(附录:到 2020 年可用于海洋研究的卫星及其参数列表)。值得一提的是,美国航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)、国家海洋大气局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)和海军共同提出了一个带探索性质的实用业务计划——国家海洋卫星系统。它包括海军海洋遥感卫星(Naval Ocean Surveillance Satellite, NROSS)、海洋拓扑实验卫星(Topography Experiment, TOPEX)、海洋水色成像仪卫星(Ocean Color Imager, OCI)等同步观测海洋的专用卫星。其传感器性能在 SEASAT-1 的传感器基础上有所提高,可为天气、气候、海冰、海浪、海风、海温、海面起伏、叶绿素含量等研究提供实时资料。我国计划发射的海洋动力环境卫星(HY-2),其搭载的主要有效载荷为微波散射计、雷达高度计与微波辐射计,可以全天候探测海面风场、海面高度、海面温度。海洋监视监测卫星(HY-3)系列的有效载荷为合成孔径雷达,能够全天时、全天候以高空间分辨率方式获取我国海洋专属经济区和近海的相关数据。

可见,未来的海洋卫星将会在空中形成一个全方位、多尺度、高精度、实时的观测网络,为海洋减灾防灾、海洋资源合理开发利用、海洋生态环境保护等提供强有力的支撑。

2.1.2.4 新型遥感数据在海岛与海岸带环境监测中的应用

近年来发展起来的高光谱遥感在海岛与海岸带环境监测的应用主要集中在赤潮与溢油的监测、浅海水域珊瑚礁和湿地植被的监测、浅海地形测量等领域。

机载激光雷达(light detection and ranging, LiDAR)是一种主动遥感技术,能以低成本进行高动态环境下的常规基础海岸线测量,且具有一定的水下探测能力,可测量近海水深 70m 内水下地形。因此 LiDAR 可应用于海岸带、海边沙丘、海边堤防和海岸森林的三维测量和动态监测。

2.1.3 海岛与海岸带环境遥感技术现状

从技术手段来看,海岛与海岸带的遥感应用已经从定性阶段走向定量阶段。在我国已经有很多省市建成或是正在建设关于海岛与海岸带信息系统。另外,在许多具体应用技术方面已取得一定的进展。

2.1.3.1 海岛遥感研究

在海岛遥感研究方面,发达国家如美国、英国、澳大利亚、韩国、日本等开展较早,研究工作也比较系统,很多国家都相继制定了有关海岛开发与保护的管理法规和法律条令。在我国,海岛尤其是无人岛的开发秩序混乱,使其生态系统遭到严重破坏。在具体研究上,很多国内的学者或是利用 Landsat/TM 遥感数据进行海岛的位置、形态、面积、海岸线长度等信息的识别与量算,分析岛屿地表过程的变化机理;或是利用 IKONOS 等高空间分辨率卫星数据监测海岛的土地利用与土地覆盖变化信息等。

2.1.3.2 淤泥质潮滩遥感研究

滩涂是沿海地区的主要资源之一,处于陆地向海洋过渡的特殊地带,具有养殖、种植、围垦和旅游等重要经济价值。用常规方法进行海岸滩涂调查,不仅时间长、进度慢、费用高、劳动强度大,而且有些潮滩还难以到达,无法及时掌握大范围的动态变化。遥感实时、大面积监测的特点为滩涂的动态监测研究与制图提供了一种方便和重要的现代化手段。

早在 20 世纪 70 年代 Landsat 卫星成功发射起,淤泥质潮滩的遥感应用研究就已经开始。例如,Donoghue 等(1994)利用遥感技术对英国东海岸潮间带进行制图与监测。很多学者应用航空或航天遥感影像进行海岸线、水体边界的提取以及海岸线变化信息的提取(Frihy et al., 1998);White 和 Asmar(1999)对比分析了 1984 年、1987 年、1990 年和 1991 年尼罗河海岸的 TM 影像,研究了区域快速变化的影像分割制图方法,能够很好地识别海岸线的变化;Chen 等(1995)利用阈值法从 SPOT 全色光谱影像中提取海岸线,发现在研究区海岛的东部和西部海滩侵蚀率最大分别可达 193m/a 和 89m/a;Chen 和 Rau(1998)还应用 SPOT 的时间序列数据来研究海岸线的变化现象,发现在 7 年半的时间内由于海浪的侵蚀,使得 Wai-San-Ting 损失了 174 500 000m²,这相当于整个面积的 38.64%;Albertanza 等(1999)利用机载传感器可见/近红外多光谱成像仪(multi-spectral infrared and visible imaging spectrometer, MIVIS),进行海藻的自动识别研究。前人的研究工作都为未来的相关研究奠定了良好的基础。

2.1.3.3 悬浮泥沙遥感研究

悬浮泥沙浓度的遥感监测是海岸带遥感领域的一个重要研究方向。掌握近海水体悬浮泥沙浓度和运移特征是分析河口形态和演变规律的重要方面。悬浮泥沙的含量直接影响到水体的透明度和水色等光学性质,同时也影响到水生生态环境和河口海