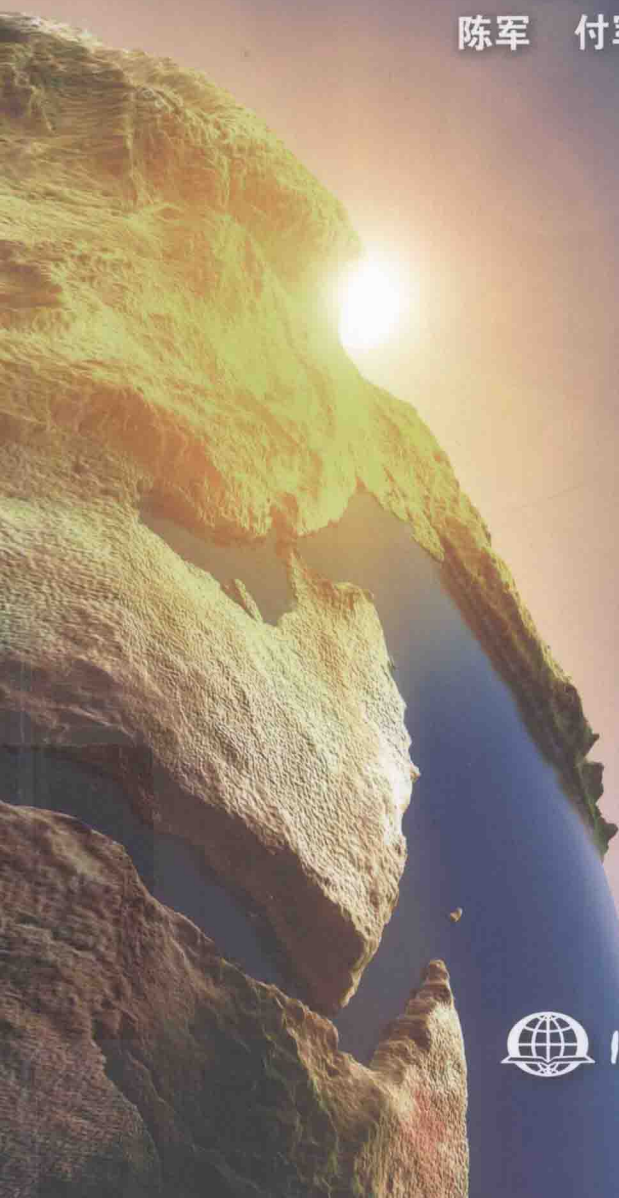


海岸带环境遥感原理与应用

THE PRINCIPLE AND APPLICATION OF THE COASTAL
ENVIRONMENTAL REMOTE SENSING

陈军 付军 盛辉 等著



海洋出版社

海岸带环境遥感原理与应用

陈军 付军 盛辉 等著



海洋出版社

2013年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

海岸带环境遥感原理与应用/陈军等著. —北京: 海洋出版社, 2013. 9
ISBN 978 - 7 - 5027 - 8627 - 4

I. ①海… II. ①陈… III. ①海岸带 - 环境遥感 - 研究 IV. ①X87

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 176246 号

责任编辑: 方 菁

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店经销

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

开本: 797mm × 1092mm 1/16 印张: 13.5

字数: 300 千字 定价: 60.00 元

发行部: 62132549 邮购部: 68038593 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

此书献给：

致力于中国留守儿童和环境污染引起的食品安全问题的“北京市博士爱心基金会”的全体筹备委员会工作人员！

A handwritten signature in black ink, appearing to be the name '陈琳' (Chen Lin), written in a cursive style.

北京市博士爱心基金会理事

2013年08月08日

序

作为对地观测的重要技术手段，卫星遥感技术在探测地球资源与环境等方面表现出强大的生命力，方兴未艾。根据研究对象的不同，出现了诸多学科分支，海岸带环境遥感即是其一。与遥感卫星获取数据的能力相比，遥感数据的自动化、定量化处理乃至对遥感数据信息的理解能力却远远不足，自动实现规模处理流程、定量反演海岸带环境参数和积极引进遥感数据智能处理算法的要求突显出来。

本书针对海岸带环境遥感的研究现状，内容涵盖了海岸带环境遥感各个方面，按照数据获取、校正、参数反演、信息提取、多学科交叉的主线展开论述，读者从中会品味到海洋水色遥感的深奥机理和复杂的反演模式，以及尺度效应与不确定性等前沿问题，同时介绍了对地观测技术、水色遥感机理、大气校正、海岸线与浅海地形信息提取等相关知识，较为系统地论述海岸带环境遥感的原理、技术、方法和模型，既立足基本原理与基本方法，又面向学科前沿和发展趋势，是作者们将多年点滴辛勤汗水洒在海洋水色遥感机理、反演模型以及算法研究中，集累知识的硕果于一册，欲以此为媒传播知识。

宫辉力

首都师范大学常务副校长

俄罗斯工程学院院士

2013年06月08日

前 言

海岸带是海洋与陆地相互作用的交汇地带，是人类社会繁荣发展最具潜力和活力的地区。海岸带具有重大的生态效应，又具有重大的经济效益。由于近年人口不断地向海岸带地区聚集，使海岸带面临的压力越来越大，资源和环境问题越来越严重。卫星遥感技术的发展，为监测海岸带资源环境状况提供了有效手段。如何利用多源、多时相、多通道的星载遥感数据获取海岸带及毗连海域资源环境信息是我们亟须了解的问题。

本书基于海岸带环境遥感的现状，从一些重要概念和基本理论入手，有针对性地选择了海岸带水质、海岸线与浅海地形、海岸带生态景观，以及大气校正、尺度效应与不确定性等问题进行了论述和探索，系统地综合、总结了海岸带环境遥感领域的许多最新成果。本书的内容是由多位研究员的最新研究成果组成，即：第1章、第5章和第6章由陈军博士撰写，第7章和第8章由青岛海洋地质研究所付军研究员撰写，第3章和第9章由中国石油大学（华东）盛辉教授撰写，第4章由陕西省农业遥感信息中心权文婷工程师撰写，第2章由中国石油大学（华东）崔建勇博士撰写，第10章由香港理工大学徐前祥博士撰写。

由于作者水平有限，书中难免存在一些缺点甚至错误，诚挚欢迎读者和同行专家批评指正。作为中国地质调查局100名青年地质英才计划项目的成果之一，全体作者感谢课题组成员在成书过程中给予的帮助，特别感谢张训华研究员、张志珣研究员、温珍河研究员以及孙军、祁江豪同学给予本书的支持。

陈军 cjun@cgs.cn

2012. 10. 20

目 次

第1章 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 国际海岸带环境遥感研究现状	(1)
1.3 我国海岸带环境遥感研究水平	(2)
1.4 海岸带环境遥感的特点	(3)
第2章 遥感的物理基础	(5)
2.1 电磁波与电磁波谱	(5)
2.1.1 电磁波及其特性	(5)
2.1.2 电磁辐射源	(9)
2.2 电磁辐射的大气传输	(20)
2.2.1 地球大气概况	(20)
2.2.2 大气传输特性	(21)
2.2.3 大气透射和大气窗口	(24)
2.2.4 辐射大气传输的计算	(26)
2.3 地物的光谱特性	(27)
2.3.1 地物的反射光谱特性	(27)
2.3.2 典型地物的光谱特征	(29)
2.3.3 影响地物光谱反射率变化的因素	(32)
第3章 对地观测技术	(34)
3.1 概述	(34)
3.2 对地观测技术的研究现状	(34)
3.2.1 国外对地观测技术发展现状	(34)
3.2.2 美国对地观测技术发展现状	(35)
3.2.3 俄罗斯对地观测技术发展现状	(35)
3.2.4 法国对地观测技术发展现状	(35)
3.2.5 日本对地观测技术发展现状	(36)
3.2.6 中国对地观测技术发展现状	(36)
3.3 对地观测系统及关键技术	(38)
3.3.1 对地观测系统	(38)
3.3.2 对地观测系统的关键技术	(38)

3.4	对地观测技术的发展趋势	(39)
3.4.1	对地观测在国家安全中的作用日益显著	(39)
3.4.2	高分辨率仍将是世界各国竞相追求的目标	(39)
3.4.3	对地观测卫星向网络化发展	(40)
3.4.4	国际合作进一步加强	(40)
3.5	我国对地观测技术存在问题及发展建议	(41)
第4章	海岸带水色遥感大气校正	(42)
4.1	概述	(42)
4.2	水色遥感大气校正发展现状	(43)
4.3	水色遥感大气校正基本原理	(46)
4.3.1	MODIS 传感器的特点	(46)
4.3.2	MODIS 大气校正的原理	(49)
4.3.3	单次散射近似	(50)
4.3.4	CZCS 的大气校正算法	(50)
4.3.5	MODIS 的单次散射大气校正算法	(51)
4.3.6	多次散射的影响	(52)
4.4	“白帽”校正算法	(53)
4.5	地球曲率对大气校正的影响	(54)
4.6	偏振对大气校正的影响	(55)
4.7	ACES 大气校正算法	(55)
4.7.1	ACES 大气校正原理	(55)
4.7.2	典型 II 类水体光谱特征	(58)
4.8	浑浊水体大气校正	(60)
4.9	结论与展望	(61)
第5章	海岸带水色遥感	(64)
5.1	概述	(64)
5.2	水色传感器发展现状	(65)
5.3	水体光学特性	(67)
5.3.1	“清洁”水体	(69)
5.3.2	黄色物质	(70)
5.3.3	悬浮物质	(71)
5.3.4	叶绿素	(72)
5.4	水色遥感原理	(74)
5.4.1	经验模型	(75)

5.4.2	半经验模型	(75)
5.4.3	机理模型	(76)
5.5	经典的光学成分反演算法	(76)
5.5.1	SeaWiFS 叶绿素 a 浓度全球算法	(77)
5.5.2	MODIS 叶绿素 a 浓度全球算法	(78)
5.5.3	叶绿素 a 浓度的多波段模型	(80)
5.5.4	悬浮泥沙浓度的双波段算法	(83)
5.6	水体的二向散射特征	(85)
5.7	光学浅水区底质的影响	(87)
5.8	结论与展望	(88)
第 6 章	海岸带水色遥感尺度效应	(90)
6.1	概述	(90)
6.2	尺度的研究现状	(91)
6.2.1	自然科学中的尺度问题	(91)
6.2.2	社会科学中的尺度问题	(92)
6.2.3	遥感信息尺度问题	(92)
6.2.4	遥感模型的尺度问题	(93)
6.3	尺度的研究内容	(93)
6.3.1	尺度转换问题	(93)
6.3.2	尺度选择问题	(94)
6.3.3	尺度模型的特征描述	(95)
6.4	水色遥感的尺度理论	(96)
6.4.1	悬浮泥沙单波段模型的尺度效应	(96)
6.4.2	悬浮泥沙浓度的尺度转换	(98)
6.4.3	几何校正对尺度效应的影响	(99)
6.4.4	$R(\lambda_r)/R(\lambda_{mir})$ 尺度效应	(100)
6.5	“伪暗像元”反射率的尺度效应	(101)
6.5.1	研究区域与研究数据	(101)
6.5.2	“伪暗像元”尺度特性	(102)
6.5.3	理论验证与分析	(103)
6.6	结论与展望	(104)
第 7 章	海岸带景观生态健康	(106)
7.1	概述	(106)
7.2	海岸带景观生态学特征	(107)

7.2.1	景观结构的复杂性	(107)
7.2.2	景观功能的多样性	(108)
7.2.3	景观生态的易变性和脆弱性	(108)
7.3	景观生态学的基本理论和原理	(109)
7.3.1	景观的生态学含义	(109)
7.3.2	景观生态学研究概述	(110)
7.3.3	遥感与GIS技术在景观生态学中的应用	(112)
7.3.4	景观格局的结构、功能及其生态学意义	(113)
7.3.5	景观格局分析方法及指标	(114)
7.3.6	关于景观格局形成机制的讨论	(118)
7.3.7	景观格局在海岸带生态系统健康评价中的作用	(119)
7.4	海岸带景观生态健康评价	(119)
7.4.1	海岸带生态子系统划分	(119)
7.4.2	指标体系与评价方法	(120)
7.5	海岸带景观生态规划	(121)
7.5.1	海岸带景观规划的内涵	(121)
7.5.2	海岸带景观生态规划的原则	(121)
7.5.3	景观生态规划的方法	(122)
7.5.4	海岸带生态保护建议	(123)
第8章	浅海水深光学遥感探测	(124)
8.1	概述	(124)
8.2	水深反演模型的构建	(126)
8.2.1	水深反演机理	(126)
8.2.2	水深反演模型	(127)
8.3	光学遥感测深数据处理方法	(130)
8.3.1	大气校正	(130)
8.3.2	底质类型分区	(130)
8.3.3	光学遥感测深波段选取	(130)
8.3.4	遥感影像平滑处理	(131)
8.3.5	水深控制点数据分组平均	(131)
8.3.6	潮位校正	(131)
8.4	东沙环礁水下地形高分辨率遥感	(132)
8.4.1	数据采集与预处理	(132)
8.4.2	水深模型的建立	(133)

8.4.3	精度验证	(134)
第9章	海岸线信息提取与海岸线演变的模拟	(135)
9.1	概述	(135)
9.2	研究现状与发展趋势	(135)
9.2.1	数据源	(136)
9.2.2	水边线卫星遥感提取算法	(136)
9.2.3	海岸线的提取	(137)
9.2.4	海岸线演变模拟	(138)
9.2.5	发展趋势	(139)
9.3	海岸线基本概念与遥感成像原理	(139)
9.3.1	海岸线的内涵	(139)
9.3.2	海岸线遥感成像原理	(139)
9.3.3	海岸线的分类与遥感解译标志	(140)
9.3.4	淤泥质岸线的提取	(141)
9.4	海岸线自动提取及其演变模拟的经典方法介绍	(142)
9.4.1	小波变换原理	(142)
9.4.2	数学形态学	(145)
9.4.3	灰色系统理论 GM(1,1) 模型	(147)
9.5	前沿性理论方法及其实现	(147)
9.5.1	种子点增长法	(147)
9.5.2	基于数学形态学的细化算法	(149)
9.5.3	细化算法的改进	(151)
9.5.4	典型海岸带像素特征分析	(152)
9.5.5	海岸线自动提取流程	(155)
9.5.6	地理元胞自动机	(156)
9.5.7	海岸线演变趋势元胞自动机模型	(158)
9.6	应用实例	(161)
9.6.1	基于小波变换的形态学自动算法海岸线提取实例	(161)
9.6.2	基于元胞自动机模型黄河口海岸线演变模拟	(163)
9.7	本章小结	(165)
第10章	海岸带遥感的不确定性	(167)
10.1	概述	(167)
10.1.1	不确定性的相关概念	(167)
10.1.2	不确定性研究的简要回顾	(168)

10.1.3	不确定性处理框架	(168)
10.2	不确定性数学处理方法与评价	(169)
10.2.1	不确定性数学处理方法	(169)
10.2.2	遥感数据不确定性的评价	(171)
10.3	海岸带及海岸带遥感	(173)
10.3.1	海岸带	(173)
10.3.2	海洋遥感卫星	(175)
10.3.3	海岸带遥感应用	(178)
10.4	遥感数据的不确定性特征及形成机理	(180)
10.4.1	同物异谱与同谱异物	(180)
10.4.2	混合像元	(181)
10.4.3	空间相关性	(181)
10.4.4	尺度效应	(182)
10.5	海岸带遥感不确定性的分析	(183)
10.5.1	海岸带数据辐射校正的不确定性	(183)
10.5.2	海岸带概念的不确定性	(185)
10.5.3	海岸带遥感数据存储的不确定性	(186)
10.5.4	海岸带数据处理的不确定性	(187)
10.6	结论与展望	(189)
参考文献		(190)

第1章 绪论

1.1 概述

海岸带是我国经济发展程度最高、资源开发利用最频繁、生态环境最脆弱的区域。我国大部分人口集中在该区域，海岸带生态状况是关系到我国经济社会可持续发展的重大战略问题。过去的几十年，在气候和人类活动的双重影响下，我国海岸带的空间结构发生了很大的变化，对海岸带的服务功能产生了深刻影响。近年来，海平面上升与海岸侵蚀的共同作用造成海岸带大面积陆地丧失，危及滨海居民的生存发展空间；局部岸段海水入侵严重，造成地下淡水资源可利用程度降低，土壤的沙尘暴携带的物质沉降入海，对近海生态系统产生了影响；极端天气气候与海洋灾害（台风、风暴潮、赤潮、绿潮等）的频率和幅度变异，对海岸带生态环境造成破坏；大规模城市群改变了海岸带陆地的下垫面，严重干扰了陆地和大气水汽、热量的传输，影响了区域气候；海滨湿地面积不断减少，其固碳、防风浪、减轻污染等生态服务功能正在下降；大规模的围填海、港口建设、核电项目等土地利用、海域使用活动，造成天然岸线资源缩减、海湾属性脆化、海洋污染加剧。

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，传统的海岸带调查手段存在一定的局限性，无论监测手段和调查强度都难以满足海岸带开发、环境和灾害实时监控的需求。遥感是20世纪50年代末期发展起来的一种从太空观测地球和探索宇宙的新技术。遥感作为一种新技术，具有大面积同步数据获取、实时动态监测的独特优势，已在海岸带资源开发、环境监测、管理、规划及评价、保护海洋环境及海上航行、生产安全灯方面显示出无可比拟的优势，为我国经济可持续发展提供了强有力的科技支撑和服务。运用这项新技术，人们对全球范围的陆地和海洋进行实时、全方位的立体监测，获得长期稳定可靠的多种观测资料。海岸带遥感观测资料是人类开发、利用和保护海岸带环境的重要信息保障。遥感资料能够提供对重大海岸带自然灾害进行动态监测和灾害损失评估所需要的信息，特别是能够提供长时间序列的海岸带环境监测数据，具有常规调查方法不能替代的优势。

1.2 国际海岸带环境遥感研究现状

国际上涉及海岸带环境状况的大型研究计划主要包括 IGBP 和 IHDP 等，并形成了相对完整的研究体系。作为 IGBP 和 IHDP 的核心内容，LOICZ 研究计划关注海岸带子系统在整个地球中的作用和地位以及将来可能的变化，重点强调陆-海相互作用对生态

系统的影响，其核心内容包括海岸带区域海洋 - 陆地 - 大气间的物质能量交换及其影响机制与环境效应；海岸带系统对全球变化的响应及其对人类居住和海岸带环境利用的影响等。美国、欧洲积极跟进、制定与其相应的执行计划，相关的研究工作向纵深发展。全球变化导致的海岸带脆弱性评估，受到了政府间气候变化专门委员会（IPCC）和众多学者的关注，所开展的工作主要针对海平面上升和海洋生态环境变化的影响，也考虑了人类活动的影响，侧重于对可能或者将来的趋势所造成的损害进行评估。

由于遥感数据具有覆盖面积广、空间尺度多样性、时间尺度连续、光谱信息丰富、观测灵活便捷等优势，成为上述国际大计划的重要数据源，使得海岸带环境遥感在应对全球气候变化中占有一席之地。遥感技术在海岸带环境研究中的应用最早可以追溯到1972年 Landsat 卫星的成功发射。该卫星在水质参数定量、陆地资源调查、环境监测和生物多样性等方面的应用研究中的成功，为海岸带环境遥感研究奠定了理论和经验基础。此后，各国先后组织了大量的人力、物力和财力，投入到环境卫星的研究中。先后上天的包括 NASA 的 CZCS 传感器、SeaWiFS 传感器和 MODIS 传感器、法国的 SPOT 传感器、美国的 QuickBird 传感器、印度的 AWiFS 和 LISS 传感器、欧空局的 MERIS 和 HYPERION 高光谱传感器。逐步形成了空间分辨率和时间分辨率互补的格局，实现满足基本的海岸带环境研究的需求。

1.3 我国海岸带环境遥感研究水平

海岸带问题是各国政府关注的热点问题之一，并在政策上给予了一定的导向作用。《中国中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020）》提出，开展“全球变化与区域响应”、“人类活动对地球系统的影响机制”等面向国家重大战略需求的基础研究。根据《国务院关于印发中国应对气候变化国家方案的通知》（国发〔2007〕17号）印发的《中国应对气候变化国家方案》中，将海岸带地区列为适应气候变化的四大重点领域之一，并加大研究力度。

我国最早参与了相关领域的一系列国际大型科研，也先后实施了一系列相关重大科学研究计划。近年来科技部启动并完成的相关“973”项目有：“中国典型河口—近海陆海相互作用及其环境效应”（2003—2007）、“中国陆地生态系统碳循环及其驱动机制研究”（2003—2007）、“我国重大气候和天气灾害形成机理和预测理论的研究”（2000—2004）、“中国东部陆架海海洋物理环境演变及其环境效应”（2006—2010）、“亚印太交汇区海气相互作用及其对我国短期气候的影响”（2006—2010）等。在研的“973”相关项目有“北太平洋副热带环流变异及其对我国近海动力环境的影响”（2007—2011）、“中国近海碳收支、调控机理及生态效应研究”（2009—2013）、“我国陆架海生态环境演变过程、机制及未来变化趋势预测”（2010—2014）、“中国陆地生态系统碳 - 氮 - 水通量的相互作用关系及其对环境变化的响应和适应机制”（2010—2014）、“我国东部沿海城市带的气候效应及对策研究”（2010—2014）、“重大水利工程影响下长江口环境与生态安全”（2010—2014）、“河口环境与生态系统对流域大型水利工程的响应过程和机制”（2010—2014）等。上述项目的启动及积累的大量历史资料和

现场观测资料，为深入地开展海岸带环境研究奠定了理论基础。

中国遥感技术起步于 20 世纪 70 年代末。40 多年来，国家非常重视遥感技术的发展，连续 4 个五年计划都把发展遥感技术列为国家重点科技攻关项目，把遥感技术作为国民经济建设 35 项关键技术之一。在海岸带环境领域，遥感为海岸带环境监测、岸线变迁机理、海岸带生态环境脆弱性、近岸水体环境监测、海岸带自然灾害监测与评估等方面的研究提供了重要的数据源。我国遥感事业是在党和国家领导的关怀下，坚持为国民经济建设服务指导方针，沿着不断进取、不断改革、不断创新的道路，取得一个又一个重要成果。20 世纪 90 年代初开始，随着国际上以 SeaWiFS 为代表的第二代水色传感器应用研究的广泛开展，中国建立了 SeaWiFS 地面接收站，并开展了相关的应用研究。之后更多的研究人员参与了 EOS-MODIS 和中国载人航天飞船“神舟 3 号”民用遥感器中分辨率成像光谱仪前期应用的研究工作，在大气校正以及水色要素反演模型方面都有所建树，为中国海洋遥感的发展奠定了良好的基础。2002 年 5 月 15 日中国第一颗海洋卫星“海洋一号 A”卫星（HY-1A）成功发射，开启了中国海洋遥感的新阶段。HY-1A 海洋遥感器的研制，使得中国研制高精度遥感器的水平有了大幅度提高，且在海洋卫星地面应用系统建设支持下，初步建立了中国海洋遥感地面接收处理系统、水色数据处理与应用体系以及相对完备的海洋遥感实验装备，使得中国的水色遥感能力上升了一个新台阶。此外，陆续发射的中巴资源卫星、环境小卫星等进一步丰富了海岸带环境研究的遥感数据源，将海岸带环境遥感研究推向了一个新高潮。

1.4 海岸带环境遥感的特点

海岸带环境的科学问题粗略地归纳为海岸带区域海洋的环境特征、海岸线动态变迁、海岸带脆弱性、海-陆相互作用机制、海岸带地形状况等方面。海岸带环境遥感的特点是由海岸带环境研究所包含的科学问题决定的。因此，通过总结可以得到海岸带环境遥感的主要特征。

(1) 空间尺度多样性：不同的研究对象和研究内容，需要不同空间尺度的遥感数据。港口、湖泊等局部水域的水质参数监测、沿海湿地生态群落调查、大比例尺海岸带专题制图、大比例尺海岸带景观格局分析制图等，则需要空间分辨率较高的遥感影像；与之相反，小比例尺专题制图、大区域海岸带区域海域水质参数调查、大区域海岸带环境参数监测等，则需要低分辨率的遥感影像，以便体现出研究对象的宏观格局特征。值得一提的是，影像像是像元覆盖范围内地物综合的结果，而像元内部的地物分布往往存在异质性，进而导致不同分辨率遥感影像观测得到结果存在尺度误差，需要进行尺度校正。

(2) 时间连续性强：海岸线变迁、海岸带生态环境动态变化、海-陆相互作用机制与过程以及自然灾害等现象具有时间上的连续性与反复性。这就要求我们的观测手段具备可持续性，进而有利于从复杂的自然现象中，统计与总结出自然规律与特点来，以便全面了解与掌握海岸带生态现象的动力机制、演化过程和可能造成的影响，进而为人类改造环境和适应环境、海岸带环境保护和经验建设等方面服务。

(3) 丰富的光谱分辨率：地物的物理结构和几何形状，导致光谱特性的不同，而光谱特性则主要由光谱的形态特征体现，如波峰、波谷、斜率、导数、吸收带宽、吸收深度、荧光峰高度等。对于不同的研究对象，其光谱形态所对应的光谱分辨率不同，如水体反射峰的光谱和植被的分辨率可能只有 10 nm。在这种情况下，用 Landsat/TM、SPOT 以及 QuickBird 等宽波段传感器，显然无法合理地体现水体的光谱特征，而 MODIS、SeaWiFS 等窄波段传感器则具有较好的优势。

(4) 数据精度要求高：数据的科学价值取决于数据的精度。对于海洋遥感，在蓝光波段，总信号的 80% 以上来自于大气辐射的贡献，绿光波段则更少。当大气校正的误差为 5% 时，则可能引起 35% 的叶绿素 a 浓度反演误差。因此，为了实现 NASA 关于全球 35% 的叶绿素 a 浓度反演精度目标，大气校正精度必须控制在 5% 以内。

(5) 多源数据的综合性强：海岸带环境科学研究所需的数据可以包括遥感数据、走行采样数据、实验室分析数据、计算机模拟数据和历史数据等。即使是单一的某一数据源，也将存在很大的不同。例如，同样是遥感数据，则可能为不同传感器、不同分辨率和不同时期的数据。这就需要多源数据有效地整理与综合，充分挖掘数据的价值，为海岸带环境科学研究服务。

第2章 遥感的物理基础

遥感技术是建立在物体电磁波辐射理论基础上的。不同物体具有各自的电磁辐射特性，遥感技术探测和研究远距离的物体的理论基础。遥感的物理基础涉及面广，本章根据遥感成像过程（图2.1），介绍有关遥感资料应用中所涉及的主要物理基础知识，涉及的电磁波与电磁波谱，太阳辐射与大气影响及地物的光谱特性等。

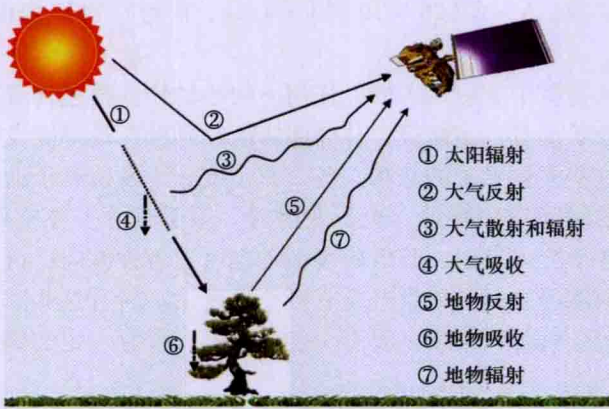


图 2.1 遥感过程示意图

本章主要使读者了解电磁辐射与地物波谱特性以及度量方式，理解电磁辐射与地物波谱特性在遥感中的作用与基础地位，内容主要有：电磁波谱、电磁辐射、黑体辐射及黑体辐射规律、实际物体辐射规律、太阳光谱、大气吸收、大气散射（瑞利散射、米氏散射、无选择性散射）、大气窗口及投射分析、地表自身的热辐射、反射率、反射的类型及地物反射波谱特征和地物波谱特性。

2.1 电磁波与电磁波谱

2.1.1 电磁波及其特性

电磁辐射是遥感的能源，是传感器与远距离目标联系的纽带。遥感的本质是通过探测器接收物体或现象反射、发射的电磁辐射信息，进而转变成影像或磁带。所以我们要应用遥感技术，首先必须了解电磁辐射的基本性质，及其物体的波谱特性。

电磁波定义

电磁波（又称电磁辐射）是由同相振荡且互相垂直的电场与磁场在空间中以波的