

中国环境与资源遥感应用

赵 锐 刘玉机 傅肃性 主编



气象出版社

《中国环境与资源遥感应用》编委会

顾问：陈述彭 刘鸿亮 胡如忠

主编：赵 锐 刘玉机 傅肃性

副主编：（按姓氏笔划排列）

王吉信 刘 侠 刘德长 由伯成 孙 涵 乔玉良
李志忠 杨则东 宋利好 陈 彻 赵冬至 姜尚方
黄家柱 韩兆双 黄 签

编委：（按姓氏笔划排列）

丁树柏 于宝山 王长耀 王西华 王光伟 王承安
王均灿 刘 孝 刘 侠 刘玉机 刘宁元 刘秀云
刘德长 邓先明 由伯成 孙 涵 孙静萍 乔玉良
许武德 李 军 李 虎 李成治 李名松 李银海
杨力行 杨则东 杨星卫 杨培森 陈 彻 陈圣波
宋利好 吴信才 吴健平 吴健生 吴敬慈 张永明
张成福 张志文 张昭贵 张晓彤 张崇厚 张淑杰
周月琴 周红妹 陆 贤 罗忠文 郑祖国 屈晓晖
赵 锐 赵冬至 赵英俊 胡如忠 姚国宏 姜尚方
段项锁 侯振挺 郭庆十 陶家声 黄 签 黄海军
黄家柱 龚 强 龚卫红 傅肃性 谢允忠 谢红接
韩兆双 韩玺山 彭望禄 敬明森 霍 亮 戴涌江

序

我国遥感应用经过近 20 多年来的迅速发展,已形成相当规模的产业,渗透到相当广泛的领域,为国家经济建设作出了举世瞩目的贡献。有关资源遥感与环境遥感的论文、专著和图集,为数不少。在国际会议,在 SCI 文献检索中也崭露头角,打开了国际市场与国际合作的新局面。而赵锐、刘玉机、傅肃性三位教授联袂主编的这部新作,推陈出新,不同凡响。在前人工作的基础上,着眼于 90 年代中期以来最新进展的升华,也是长期实践经验更深层次的探讨。可以说,标志着我国环境与资源遥感应用方面世纪之末的系统总结。

技术的开发在于应用,总结的目的在于创新。这部专著的出版,正面临着我国遥感应用的新契机。在环境与资源卫星系列中,我国风云—Ⅱ号气象卫星已顺利入轨。中巴合作的资源卫星将接踵升空。国际海洋卫星更是空前活跃,继美国海洋水色卫星之后,俄罗斯又发射了海洋卫星,台湾发射的中华—Ⅰ号,实质上也是以海洋水色为主体。同时,各国小型卫星计划,开始打破大国在太空俱乐部的垄断,走上专业化的道路,专用于降雨、地震、生态、水稻的小型卫星,雷达卫星系列,尚在继续工作,21 世纪初,卫星遥感及其他对地观测数据,将极大丰富,全面覆盖大气、陆地和海洋。这些,为全球环境变化、资源合理利用、社会经济可持续发展,提供了空前未有的信息;将为高光谱、雷达图像、卫星多源数据的综合分析应用,开拓崭新的应用领域;也将为国土资源综合调查、自然灾害监测与灾区重建、生态与环境保护事业,创造更切实的技术经济效益和更丰富的社会财富。

这部专著,为我们迎接新世纪的机遇与挑战,提供宝贵的经验和案例,提供新的启迪和思路。有幸先睹为快,谨书心得,以致祝贺。

陳述彭

1999 年 7 月

前 言

迈入 21 世纪信息时代,环境、资源与生态依然是社会关注的焦点。《中国环境与资源遥感应用》一书是全国地方遥感应用协会环境遥感分会在多次学术会议交流基础上,由众多参与该领域应用实践的同仁研究之集成。它是一部集体创作的成果,是世纪之交,我国从事环境与资源遥感应用的同仁为呼吁全社会共同关心、保护我们赖以生存的唯一星球,集体谱写的爱护地球之歌,献给灿烂辉煌的新纪元!向自然与社会环境日趋改善和优美的新中国成立 50 周年献礼!

遥感应用领域极为广泛,它伴随着全球性变化的深层次研究和区域持续发展的主题。本书主要汇集遥感技术在环境、资源与生态协调发展中的应用。诚然它只能反映该领域的某些方面,难以涵盖所有方面,但它也涉及到环境、资源遥感应用技术的方方面面。为此,我们将《中国环境与资源遥感应用》归纳成上、中、下三编。

上编为环境遥感应用,是本书的主题。其主要论述近岸海域与陆地环境,包含海岸带、水环境、水土流失、地质环境的遥感分析及其监测系统等方面的应用。

中编是资源遥感应用,为本书占有篇幅较多的部分。重点叙述了我国所开展的国土资源遥感,包括农林遥感、矿产资源遥感以及其它资源综合调查与应用分析研究。

下编则为环境与资源新技术应用。侧重介绍了高新技术在该领域的开发应用,诸如遥感分析新模型、高光谱数据、SAR 图像处理 and 分布式网络系统及其集成技术,以及遥感、地理信息系统与全球定位系统融合的综合体系研制的应用展望。

以上三编构成了本书的基本内容,它较系统地反映出我国环境与资源领域的遥感、信息系统综合调查与监测的应用状况。特别是注重环境与发展的协调持续性,突出遥感在环境保护和国土等空间信息资源中的分析应用。

本世纪末,新兴的环境科学、空间科学与信息科学,显示出方兴未艾的发展潜力。21 世纪将有大量的遥感卫星上天,尤其是超波段高分辨率卫星的出现,对地球信息科学高度融合的需求,遥感等高技术集成体系在我国环境与资源领域的广泛应用,将展示出更为广阔的前景。

本书涉及面较广,研究的程度有异,另因编者的水平和时间有限,难免存在不少问题和错误,恳请读者批评指正。

编 者

1999 年 7 月于北京

目 录

序	(i)
前言	(ii)

上编 环境遥感应用

第一章 近岸海域环境遥感分析应用	(2)
第一节 中国近岸海域环境遥感分析	(2)
第二节 中国近岸海域环境的遥感分区	(8)
第三节 渤海赤潮 NOAA 遥感监测应用	(10)
第四节 海底辐射沙洲不稳定性的遥感评价	(14)
第二章 陆地水域环境遥感	(22)
第一节 浑太流域植被图像解译和水资源功能分区分析应用	(22)
第二节 洞庭湖防洪减灾信息系统的研制	(24)
第三节 江岸稳定性评价中遥感与地理信息系统的应用	(26)
第三章 土地盐渍化和水土流失遥感应用	(30)
第一节 灌区土地盐渍化及其利用的遥感动态监测	(30)
第二节 土壤侵蚀遥感普查应用	(37)
第三节 水土流失遥感调查应用	(42)
第四章 地质环境遥感应用	(47)
第一节 活动断裂及区域构造稳定性遥感评价	(47)
第二节 地质灾害调查中的遥感技术系统的应用	(51)
第五章 环境遥感监测系统	(57)
第一节 山西省能源遥感环境监测信息系统	(57)
第二节 区域生态环境的遥感监测研究	(62)
第三节 洪涝灾害遥感动态监测系统的研制	(65)
第四节 海洋环境污染与灾害遥感业务化监测系统	(68)
第五节 蔬菜暴雨致灾评估的多媒体辅助决策应用	(73)

中编 资源遥感应用

第六章 国土资源遥感综合分析应用	(78)
第一节 我国国土资源卫星遥感的综合调查	(78)

第二节	安徽省国土资源遥感综合调查应用	(80)
第三节	河北省国土资源遥感综合调查应用	(84)
第四节	江苏省国土资源遥感综合调查应用	(89)
第五节	江西省国土资源遥感调查应用	(92)
第六节	湖南省国土资源遥感调查应用	(97)
第七节	宁夏回族自治区国土资源遥感调查应用	(98)
第八节	新疆维吾尔自治区资源环境遥感应用	(105)
第九节	气象卫星数据的小比例尺制图	(108)
第七章	农业遥感应用	(112)
第一节	山西省高中低产田遥感监测应用	(112)
第二节	大豆遥感估产	(118)
第三节	冬小麦气象卫星遥感动态监测	(122)
第四节	水稻遥感监测	(126)
第五节	稻谷遥感估产分析	(129)
第六节	遥感动态求取小麦油菜面积	(133)
第七节	土地利用遥感调查与监测	(136)
第八章	矿产资源遥感调查	(140)
第一节	铀矿遥感影像特征分析	(140)
第二节	铀矿勘查遥感应用	(146)
第三节	铁矿勘查遥感应用	(155)
第四节	石油矿产遥感应用	(158)
第五节	西藏羌塘盆地石油遥感构造解译及油气远景预测	(163)

下编 环境与资源新技术应用

第九章	基于 GIS 的遥感技术应用	(170)
第一节	MAPGIS 及其在城市环境信息管理中的应用	(170)
第二节	3S 技术在海洋资源环境监测与管理中的应用	(183)
第三节	地学资源信息网络管理与应用	(186)
第十章	遥感分析模型应用	(193)
第一节	森林分类的投影寻踪细密回归 (PPDR) 识别模型	(193)
第二节	大型矿床预测中遥感影像模式的应用	(195)
第十一章	遥感新技术应用	(203)
第一节	高光谱数据处理与分析	(203)
第二节	SAR 图像处理技术及其应用	(208)
第三节	分布式遥感图像处理技术及其应用	(211)

上 编

环境遥感应用

第一章 近岸海域环境遥感分析应用

近岸海域环境具有陆地系统与海洋系统融合的特点。系陆地、大气与海洋之间相互作用的自然界面,即海岸带系统:是以海岸为基线向海、陆辐射、扩散的过渡地带。因此,其环境与生态系统受到来自陆地和海洋的双重影响。故而它成为地球系统科学研究的重要组成部分。其对研究海岸带系统物质交换、海陆交互作用以及对全球环境变化的响应和海岸环境管理,近岸区域经济持续发展具有重大的科学现实意义。

近岸海域环境(下称海岸带环境),是全球环境变化的敏感与脆弱地带,其通常是指近岸海域的水深不足20m至陆域10~15km以内的区域,约占地球面积的8%。它具有高度的自然能量和生物生产力,是地球系统中最有生机的一部分。海岸带地区往往是城市、人口分布密集,生产活动频繁,经济发达区。所以,海岸带环境面临着严重的问题:近岸生态环境不断恶化,海岸水域污染,海岸资源过度开发,沿岸灾害频发,等等。

由上可见,海岸带环境的调查与监测,对于海岸带系统的良性生态循环,海岸区域的永续发展是十分重要的。

遥感技术的进步为海岸带、海岛的研究,海滩涂、海岸带环境监测调查,海岸带、河口三角洲环境变迁及其环境质量评价等提供先进的手段。

第一节 中国近岸海域环境遥感分析

海岸带是海陆交汇的过渡地带。其包括陆域的潮上带、海滩涂的潮间带和近海域的潮下带几部分。陆域、滩涂与海域三者之间的面积比约为4:1:5。我国拥有18000km的大陆岸线,其面积占全国陆地面积的1/29,有着独有的优势区位,是我国经济建设的重要资源之一。

一、海岸带的遥感监测

我国海岸带因受地质构造和地貌单元的控制作用,其类型大致有基岩海岸、砂砾质海岸、淤泥质海岸、珊瑚海岸和红树林海岸。可见,研究海岸带及其变化,分析不同海岸类型有重要生产意义。

海岸线的确定,分析潮位高低变化是一个重要依据。对此,遥感图像,尤其是多光谱影像上有较清晰的形迹。比如,资源卫星0.8~1.1 μm 波段图像和0.7~0.8 μm 波段图像对海岸高潮线与其成像时的水边线都有较好的显示,能区分海水与陆地界线,同时,依据验潮站测得的潮汐过程线计算出海岸潮滩的宽度。自然,这也为研究海岛、海岸带的变化提供了可靠的技术途径。

二、海滩涂的调查

滩涂是海岸带系统中可开发利用的丰富资源之一。滩涂或海涂是指淤泥质海岸的潮滩;砂质海岸的潮间带称之为海滩。

海涂是适于开发利用的淤泥质潮滩。其平原淤泥质海岸的海涂,我国主要分布于杭州湾

以北地区, 港湾淤泥质潮滩主要分布于辽东大洋河口至老鹰嘴及浙、闽北, 是海岸带中利用潜力较大的滩涂资源。

海滩是波浪作用下形成的, 它有砾石滩、沙滩之分, 后者宜于土地利用开发。滩涂资源包括海滩涂, 滩涂沼泽地和河滩地, 全国滩涂资源面积为 3256.4 万亩^{*}。其中平原岸段的滩涂资源比基岩岸段丰富。

海滩涂是受海水淹没出露的滩地, 其面积约 2623 万亩, 占全国滩涂面积的 80% 以上。它是被利用面积最大的滩涂主体。主要是贝藻类、鱼类等的海水养殖用地, 大部分分布于南海与渤海沿岸, 是海水养殖业的重要基地之一。

滩涂沼泽地是受海水和咸淡水作用, 分布有湿生植物, 如沼泽草地、芦苇地、红树林等的滩涂地, 占全国滩涂面积的 14.5%。其在黄、渤、南、东海沿岸均有分布, 而黄、渤海沿岸面积最大。该滩涂类型中, 沼泽草地如大米草地, 主要分布于江苏沿海的射阳、启东等地区。它是沿海滩涂的人工栽培植物, 其最终为芦苇等所演替或发展为海滩牧场。芦苇地主要集中分布于上海以北的部分江河口平原岸段: 例如, 辽河三角洲是我国沿海芦苇分布面积最大的产区, 其次是河北、江苏、天津等地。其中天津沿岸多数是分布于海堤内侧的低洼地; 有的地区, 如山东沿岸的芦苇, 已不受海水影响。诸如此类不同生境的芦苇分布在卫星影像上都有不同特征的显示。因此, 在分析芦苇植被时, 应注意上述不同生境条件下的水分状况, 因为海水和无海水影响的影像有一定差异, 前者有芦苇与水体的共同作用, 而后者主要受芦苇的植被反射影响。此外, 它们与水位也有关系。如洪水时高水位, 除了芦苇群落挺于水面色调为红色外, 其它植被被淹没色调呈兰黑色, 故影像标志是有差异的。自然, 不同植物结构、盖度和生长期的芦苇群落, 其影像色调也是不同的, 一般说其色调在假彩色图像上呈鲜红色。这样, 我们就可结合芦苇的生态环境, 据不同饱和度的红色调加以区分。同时也能依据不同岸段土壤的芦苇长势, 通过色调的变化予以识别出: 长势茂盛的呈鲜红色, 长势差的呈橙红色或橙色, 中间一般的呈红色。据此, 不但可将不同沿岸段的芦苇表示出来, 而且能反映出不同地貌、水文和土壤特征的芦苇类型。与此同时可根据分类的结果, 按照一定的算法计算出其面积和产量。

另外, 该滩涂沼泽地在闽、粤、桂、琼等有关岸段为红树林分布区。它是热带、亚热带地区沿岸的一种盐生植物群落。其生境一般是在河口港湾的潮间带高潮区, 宜长于入海处的淤泥质、泥沙质滩涂上, 故称红树林滩涂地。目前, 有些典型的沿岸已建立起红树林自然保护区, 如广西壮族自治区北海市合浦县的英罗港、铁少港湾红树林保护区。

我们知道, 植被在不同波段, 有着不同的反射光谱曲线特征, 即多峰、谷特征: 在可见光谱段, 植被的平均光谱反射率往往高于水体; 在近红外波段, 其比水体更高; 在中红外波段, 其与水体相近。

红树林滩涂地, 因受海水的影响, 其植物叶子的反射率比旱生的要低, 但它又是盐生植物, 其叶子的反射率也会逐渐增加; 此外, 它因受大气或水体污染程度而有变化。受污染的红树林, 其反射率在不同波段是有差异的, 在可见光谱段增高; 在近红外波段降低。当红树林严重污染、叶绿素被破坏的情况下, 其在上述两波段的反射率均会降低。为此, 在解译红树林滩涂地时, 应视其生态因子组合的影响而作具体的地学、生物学分析。

一般情况下红树林滩涂地, 在卫星假彩色影像上呈深品红色或紫红色。另外, 与覆盖度

^{*} 1 亩 $\approx 666.6\text{m}^2$ (下同)。

有关，盖度较大的，呈红色或鲜红色。在间接标志上，应研究红树林的水文因素、滩涂地的土壤特性及其所处的沿岸部位及人类活动的关系等，以区分出红树林滩涂地。

至于受咸淡水淹没出露的河滩地，在我国沿海岸域也有不少分布。例如，钱塘江、瓯江口段和黄河口段等，其仅占我国滩涂总面积的不足 5%。在卫星影像解译时，应考虑其形成的海岸地貌、海水潮差及河口水利工程施工等因素。

从上述可知，应用遥感开展滩涂（含潮下带）利用现状调查是经济实用的一先进技术途径。

三、海岸带河口三角洲的演化研究

海岸带和河口三角洲，随着海流、波浪、潮汐等内外营力的作用，其常发生变化、演替。对此，利用遥感进行动态分析与监测有其明显的效果。

1. 海岸及其环境演变

研究海岸带历史变迁，对其合理开发利用具有重要的科学和生产应用价值。

海岸线的变迁，应分析其不同时期的古海岸线变化。主要是根据所遗留的古海岸河口地貌，对贝壳堤状堆积分布、滨海古洼地等进行地学相关综合分析。

例如，天津、唐山间的渤海沿岸的历史变迁，第四纪期间，多次受到海浸，在全新世中期的海浸达到最大规模，一直影响到丰南、宝坻、武清、文安、沧州一带。目前，在天津市以东平原，尤其是海河以南地区，遗留有标志古海岸的数道贝壳堤，它反映出海岸的间断后拗。其最内的一道贝壳堤，即第四道贝壳堤，因长期受自然和人为活动的影响，地表已残存遗迹很少，部分已被河流淤积物淹埋，在图像上，多是东北—西南向的古河道带分布。第三道贝壳堤在影像上还有较清的形迹，呈现南北走向微弯的平滑弧线。据考古证实，第三道贝壳堤在战国时期已有人类居住生活。第二道贝壳堤，位于南北大港的东侧。在第一至二道贝壳堤之间，较清晰地展示出现代海积平原的低湿特征及海水影响的程度。

以上四道贝壳堤的分布，表明了古海岸的变迁历史。它在卫星影像图上，除了第四道贝壳堤残存遗迹少外，其余均能结合实地调查分析加以识别，详见表 1-1。

表 1-1 渤海湾海岸环境变迁影像特征分析

贝壳堤 项 目	形成年代	分布位置	堤间过渡带	影像特征
第四道	距今 4000~5000 年前	黄骅地区，南大港西侧，北大港与团泊洼之间，乃至天津市	地表残存少，部分埋于河流淤积物下	西南—东北向的古河道带，显示较清楚，局部田块走向上隐约显示出与现代海岸线平行的地面特征
第三道	距今 3000~3800 年前	近南北走向，穿越南、北大港洼地，向北经巨葛庄至张贵庄	距今约 3000~4000 年，黄河从北注入渤海湾，开始了陆地塑造	显示出堤的微弯平滑弧线，其两侧的地物景观差异明显
第二道	距今 1500~2500 年前	位于南、北大港东侧，延伸于歧口、上沽林、杨岑子、白沙岭一线	三、四道堤之间，形成宽约 10km 的差异沉积带	能识别出堤的形迹，二、三道堤之间的 10km 的沉积带
第一道	距今约 500~600 年前	紧靠沿海	一、二道堤间的现代海积平原的低湿地带	废弃的曲流河道，影像上以断续的弯曲图形显示

从下表可以看出,其海岸演变次序反映了渤海湾天津—唐山市沿岸的变迁过程,其各变化阶段均与河流淤积作用有密切关系。它不仅说明其古地理环境的变化,而且也反映出海岸带的内在联系和演化规律。

2. 河口三角洲变化的遥感分析

在我国漫长的大陆海岸线上连续分布有许多大小不一的河口三角洲。其中,由北向南规模巨大的诸如滦河三角洲、黄河三角洲、长江三角洲和珠江三角洲等。

对于河口三角洲的调查研究,以往通常是野外地面调查,随着遥感技术的进步,人们广泛地应用卫星图像进行典型调查分析。

(1) 滦河冲积扇三角洲的演变

滦河一出山口就形成了以滦县为顶点的冲积扇平原,同时分布着许多复合或叠置的冲积扇和三角洲,其表明了滦河的历史变迁。在三角洲前缘分布有不少东北—西南向弧形的滨岸沙堤和泻湖,它反映了沿岸海流的方向和发展趋势。

全新世中、晚期,滦河主要向滦县、滦南一线以东,现代滦河之西南范围活动。在其冲积平原上,滦河故道又枝密布,足见,滦河过去东西不断的摆动,反映了历史上1千多年里,滦河下游河道的游荡性。从其迁移的总趋势来说,在整个扇面上是由西向东摆动。

至于滦河口三角洲的演变,从卫星图像上也有显示,如滦河口呈半圆形突出的冲积扇分布,影像上海陆交界线呈白色弧线状特征。在冲积扇前缘地带北侧较窄,而南端宽敞,可见,该三角洲渐向南方向扩展的趋势。

(2) 黄河口三角洲的变迁

黄河口三角洲是由黄河尾间多次改道演变所致。其间还分布有不同时期的叠置或复式三角洲,表征其分布的古河道和新老沙岗的特征,在卫星影像上均有不同程度的展示。如分流河道是尾间演变后期形成的河型,其影像分流特征,对照地形图,则可较好地识别出黄河三角洲中神仙沟、甜水沟与宋春荣沟的分布特点,从而可分析其与黄河主道及分道的发展趋势。

另外,通过卫星图像上对沙岗的分布及其物质组成的分析可知,它们所集中的顶点是宁海和渔洼,是黄河三角洲新、老两时期形成的中心。同时,据上述黄河三角洲演变的分析,现黄河主要是向东北方向演化,其为黄河三角洲地区的环境整治提供了科学依据。

(3) 长江三角洲的变迁

长江三角洲是由多汊河口,即南槽、北槽、北港和北支四汊道形成的。

通过卫星图像分析可以看出,长江口的北港和北支之间的崇明岛变化迅速,三角洲的发育,有着一定的阶段性。以崇明岛为主体的亚三角洲,北支逐渐衰退,而长兴岛则成为新亚三角洲的主体。这在卫星图像上崇明岛的西北岸有扩充的红色地物影像分布,于是也可依据新老滩地的分布估算出三角洲推进的前景。

从上不难看出,通过沿岸三角洲的变化,对于其河道的历史演变、环境变迁和沿海城市结构与发展方向及其总体规划都有重要价值。

四、海岸带生态环境遥感监测

如前所述,海岸带地区往往是大城市密布区。因此,对海岸带生态环境,尤其是沿岸水环境的监测有重要作用。对其监测一般是采用常规监测方法,即通过现场实地采集样本,然后室内实验分析,进而推断其分布与演化的特点和规律。但该方法受采样点等数目的限制,有其局限性。遥感技术的出现,为其监测的同步性、系统完整性、宏观性、现势性和实时性提

供了可能。例如,水环境污染监测、漏油污染监测、赤潮分析以及水体混浊度与含沙量分析等。此外,对海洋的海浪、海流、海温、海水和海平面形态等的遥感监测都有较明显效果。

1. 近岸海域水体污染监测

沿海地区是人口经济发达区,随着沿海城市的发展,沿岸水体的污染日益严重,比如,沿岸城市生活污水、工业水污染(含热污染)以及近岸海域石油污染等。

沿海城市排出的废水多为混合型的生活工业污水,在卫星影像上一般呈黑色。工业废水,如电力、化工、钢铁等排出的污水,因近岸海域水体升温而成热污染。当流入海洋的水流,在热图像上往往呈现白色的羽状分布,其羽状的色调随离排污口因发射能量的不断减弱而渐变成深色。故此,可以监测污染源、扩散状态和方向,同时还可结合实地采样,区分出一定温差的热污染水体。

至于近岸海域的溢油现象也是海岸港湾常见的一种污染。其在卫星影像上,由于水体上的油膜与水面间有一定的辐射温度差异,同时,因油膜反射率比水体高,故其色调一般为浅色调;可在热红外图像上,色调为深色,这就为监测海岸水体的溢油提供了依据。

另外,近岸海域或港湾区,常出现水体悬浮固体污染物(如浑浊泥沙等)。水体的污染浑浊度与悬浮泥沙含量等有关,而其又影响水中散射光的强度。因为水体中含沙量多,浑浊度就大,故其散射强度也较大。对此采用诸如波长 $0.65\sim 0.85\mu\text{m}$ 的图像,就能识别出不同等级的水体悬浮固体物。

从上可知,我们对近海岸水域的污染物性质、程度和污染类型的研究,能对水域的水质作出评价,划分出污染等级区。

2. 海岸带环境灾害遥感监测

海岸带是社会经济发展的重要区域,但它同时也面临着众多的自然环境灾害。诸如,因全球环境变化而引起的海平面上升,由水体富营养化而产生的赤潮现象以及强台风风暴灾害等。

(1) 海平面上升预测分析

可以设想,我国海岸带上的几大三角洲平原区城市,如营口、天津、上海、广州等,其海拔高度一般为 $1\sim 2\text{m}$ 。如果海平面上升 1m ,那么,凡海拔高度在 $3\sim 4\text{m}$ 的区域都将被淹没。上述四城市和其它大量的中小城市就成为汪洋一片,对沿海城市、工农业生产构成巨大的危害。

对于沿海地区的低海拔的平原和洼地,为了保护海岸和防御海平面上升,有关部门可事先利用 SAR 及高分辨率图像和成像光谱技术,辅助数字高程模型(DEM)预测出可能被淹没的宽度和范围,同时,依据预测淹没面积图调查分析,采取严加保护措施,开展沿海植树造林,建筑抵御海平面上升的天然屏障,加固堤岸。另外,对沿海城市的建设要考虑海平面上升的因素统筹规划,合理布局,长远设计。

(2) 赤潮的遥感监测

近岸海域随着沿海城市工农业生产发展,污水排放、农用化肥流失等使海水含有大量的无机氮、无机磷等营养元素和可溶性有机物,它们为海水藻类繁殖提供了有利的生长环境和条件,极快地促使赤潮的发生。

此类由大量藻类(如硅藻类)繁殖而引发的赤潮,在我国由渤海湾到珠江三角洲沿岸港湾均有分布,几乎发展到世界所有临海地区。所以,它对沿海区域经济形成极大的危害。例如,1998年3月19日香港海域发生赤潮,危及众多的渔场,损失约数千万元。又如,1998

年7~10月渤海发生了5000多 km^2 的赤潮,直接经济损失约5.6亿元;渤海1999年7月中旬,再次发生6000多 km^2 的赤潮,造成巨大经济损失。

可见,赤潮已成为沿海国家重大的环境问题之一。为了监测赤潮,美国等利用陆地卫星图像开展应用研究。实践表明,赤潮区的海水,主要是藻类生物体的影响,因此,它与含泥沙悬浮质的海水,图像的光谱特征是有差异的。故而,就可依据资源卫星图像对水生植物,主要是沉水植物(如轮叶黑藻等)的光谱特征作处理,区分不同密度的藻类。据此周期性的分析制图,还能进行赤潮的动态监测。

五、近岸海域遥感—地理信息系统

海岸带是经济技术与商贸发展最具活力的区域,所以,保持其区域持续发展,开发良性的海岸带生态系统是必要和可能的。为了对海岸带资源与环境的科学管理,实施海岸带的区域系统监测评价、预测规划,建立基于遥感分析基础上的海岸带信息系统是势在必行。

我国的海岸带大致有山地丘陵海岸、平原海岸和生物海岸三大类。它们都有各自的地理特点和分布规律及其利用类型,如:

山地丘陵海岸:具有岬角、海湾,岸线曲折,岛屿罗布特点,主要分布于我国辽东半岛、山东半岛、浙江镇海角之南和广西北仑河口的大部分地区。其中基岩港湾海岸多开发为深水良港,或是滨海旅游胜地,沙质海岸多为砂矿开采地,海湾沙滩是良好的旅游资源,港湾淤泥质海岸往往是养殖、盐业和旅游地等。

平原海岸:其岸滩物质较细,宽阔平缓。它们有滨海平原、三角洲平原和河口湾淤泥质海岸等。主要分布于渤海沿岸,苏北沿岸、长江口、杭州湾和闽、珠江等河口地区。它们多开发为养殖业、种植业或是油气资源的开发区。

生物海岸:是热带海岸的特殊类型,包括珊瑚礁海岸和红树林海岸,而前者主要是由热带造礁珊瑚之遗骸聚积所成。它们主要分布于南海诸岛等地,是重要的水产、旅游观赏资源,其中有些列为自然保护区。

上述海岸资源应如何科学合理的开发利用,必须对海岸带进行综合因素的分析区划。其包括自然地理或人文地理角度的划分,比如,依据其海陆过渡性的内涵,按人文的社会经济海岸带的区划等。诚然,对于海岸带的划分,应视用户的具体目标、对象要求,而选取区划指标,比如,向海侧应考虑国际海洋法领海范围和经济管辖区规定;向陆侧需据沿岸城市或交通通讯网络、经济辐射与吸引范围而设定其门槛值等。诸如此类都能在海岸带信息系统的支持下,实现系统的决策管理。

该系统的设计应以海岸带遥感综合分析为基础,采用全球定位系统(GPS)的数据采集、空间实时定位和数据匹配与更新,建立分布式集成、网络化体系。

1. 海岸带基本信息库

系统的核心部分是海岸带资源与环境信息库:其包括海岸带基本数据、海岸带资源、环境,海岸带社会经济状况和海岸带环境灾害及其它。

海岸带基本数据,如:地理坐标(λ , φ)、岸线长、宽,领海面积,经济专属区面积以及海岸性质、类型等;

海岸带资源与环境数据,如海岸海滩涂种类、面积,海岸潮上带、潮间带、潮下带的范围、资源量、利用程度;海岸污染类型范围、程度整治情况及海岸带生态脆弱度等;

海岸带社会经济数据,如:沿岸城市规模、人口密度、交通通讯网络、海岸土地利用及

其工农业生产值和海岸区划等；

海岸带环境灾害，如海平面变化（如海平面上升）、海岸下沉、沿岸赤潮和台风等。

对此，就可据具体情况拟定系统的评价指标体系，用作海岸带资源环境的监测分析评价，为海岸带区划和开发利用提供基本数据和评价指标。

2. 海岸带评价应用模型

面向 21 世纪，可谓是海洋的时代，是开发利用和保护海洋的新世纪，因此，在《中国 21 世纪议程》中，将海洋资源的可持续开发与保护作为主要行动方案领域之一。所以，研制海岸带综合管理体系是其技术保证，开发海岸带评价应用模型是其重要内容：诸如海岸带测定、演化模型、海岸滩涂开发模型、生产投入/产出模型、海岸带人口迁移模型、城市发展演变趋势分析、海岸带环境质量监测评价模型和海岸带资源、环境综合分析评价与海岸带经济持续发展模型等。它们可以建立起系统的模型库，提供用户作有关决策分析应用。

第二节 中国近岸海域环境的遥感分区

一、近岸海域环境遥感分区的方法

1. 近岸海域环境遥感分区与编码

我国近岸海域环境按自然环境和遥感影像特征及与海陆域诸环境因素、地方政策和长远经济发展规划的相统一等原则，通过遥感分析将其区分为五级：

第一级为环境大区。依据自然环境特征和主要遥感影像特征，将中国近岸海域分为两个大区，即黄渤海近岸海域环境区和东南海近岸海域环境区。

第二级为环境亚区。中国近岸海域环境分为四个亚区，即黄海近岸海域环境亚区、渤海近岸海域环境亚区、东海近岸海域环境亚区、南海近岸海域环境亚区。

第三级为环境功能区。此次根据国家环境保护局与国家海洋局对中国近岸海域分别提出了五类功能分区和三类功能分区的情况，经调正后采用四类功能分区的原则、方法，按每个环境亚区均分为四类环境功能区进行分区。

第四级为环境开发利用区。中国近岸海域环境遥感分区，按其开发利用类型，可有 24 种开发利用区。

第五级为环境开发利用类型。综合中国近岸海域环境遥感分区总共有 775 个开发利用类型。

2. 近岸海域环境遥感分区的代码

中国近岸海域环境遥感分区完整代码注释为 5 位以上。如 11Aa1，第一位为罗马数字符号“1”，表示为一类大区；第二位为阿拉伯数字“1”，表示为该大区第一亚区；第三位为大写英文字母“A”，表示为该亚区第一类近岸海域环境功能区；第四位为小写英文字母“a”（或 ab、ac、…），表示为该功能区开发利用区，若为 ab 或 ac、…，说明其开发使用功能为多种综合类型；第五位为阿拉伯数字“1，2，…”，为中国近岸海域环境开发利用类型序号。

二、中国近岸海域环境遥感分区基础图的编制

1. 近岸海域环境遥感分区基础数据处理加工准备

中国近岸海域环境遥感分区采用卫星遥感数据，通过计算机数字图像处理技术制作的

《中国卫星影像图》和《中国卫星影像地图》为基础底图。它是一个融科学性、实用性为一体的高科技产品,是遥感新技术与地图学、海洋学、环境学的完美结合。这些图件的设计与制作均严格遵循国家地图制图规范,经审核正式由出版社出版的。《中国卫星影像图》是我国第一幅采用全数字化卫星图像数据,经计算机数字图像处理技术制作,具备较高的技术水准和成果质量。

2. 近岸海域典型分区底图的编制

中国近岸海域典型区域(海南岛海岸带环境区域),以1:25万地形图为底图,确定海岸带的范围;卫星遥感信息源选择、采集与处理;有关专题图件资料报告的收集,熟悉全岛及海岸带各种自然和社会经济状况;基础图件及功能分区分类系统的研究。

三、中国近岸海域环境遥感分区

中国近岸海域环境可按五级分区:区、亚区、功能区、开发利用区、开发利用类型。

1. 中国近岸海域环境大区特征

近岸海域环境遥感分区,按气候、植被、土壤、地貌与地质等图像特征,可划分为两个环境大区。

(1) 黄渤海近岸海域环境区特征

黄渤海近岸海域环境区为暖温带湿润、半湿润季风气候,植被为东亚(中国—日本)成分温带落叶阔叶林,土壤为棕壤、褐土、滨海盐土、沼泽土及水稻土、风砂土,地貌为丘陵山地、平原及河流三角洲,地质特征为华北地层区。其影像特征为:海岸线平滑,区域内各河入海口都有一个发育良好的三角洲呈蓝色调,植被呈浅红色影像,滨海盐田为浅蓝色规则块状线条,渤海沿岸海水影像呈浅蓝色调,海滨旅游浴场景观明显。黄河三角洲水系呈浅蓝色调,黄渤海沿岸植被因季节影响,影像上由北向南呈浅红、浅粉红色、红色调斑块及小面积连片状分布。

(2) 东南海近岸海域环境区特征

东南海近岸海域环境区为亚热带湿润季风气候,热带湿润季风气候,植被为东亚成分常绿阔叶林和热带东南亚成分季雨林、雨林,土壤为红壤、赤红壤、滨海盐土和红壤、赤红壤、砖红壤、海滨盐土,地貌为滨海丘陵台地、低山及河流三角洲港湾平原和低山丘陵间的冲积平原,地质特征为扬子地层区及东南沿海地层分区和华南地层区。其影像特征:东海近岸植被茂盛呈红、深红色调,沿海地区丘陵和低山沿岸岩石陡峭港湾明显,海水呈深蓝色调,长江三角洲发育良好植被呈暗红色连片状分布。崇明岛、台湾岛图像清晰。南海近岸植被四季常青,影像呈暗红色调,海南岛植被影像呈鲜红色调。

2. 中国近岸海域各环境亚区特征

中国近岸海域环境亚区特征见表1—2。从上述中国近岸海域环境遥感分区分析看出:中国近岸海域环境污染迅速,生态环境破坏严重;一类环境功能区,大多分布在远离岸边的深水区,而近岸海域的一类环境功能区日益减少;四类环境功能区,以经济开放地区居多;近岸海域污染管理仍存在执法不严,污染尚难控制的状况。为使近岸海域环境分区方案尽快付诸实施,树立近岸海域持续发展的观点,加强近海环保的统一监督管理,推行近海海域污染总量控制,尽快制定出我国近岸海域各类功能区管理条例。

表 1-2 中国近岸海域环境遥感分区特征简表

区	亚区	气候特征	植被特征	土壤特征	地貌特征	地质特征	主要遥感影像特征
黄渤海近岸海域环境区 (I)	黄海近岸海域环境亚区 I ₁	为暖温带湿润、半湿润季风气候	为东亚(中国—日本)成分温带落叶阔叶林	为棕壤、褐土、滨海盐土、沼泽土	为丘陵山地及平原	为华北地层区(包括辽东、鲁东地层分区)及下扬子地层分区	海岸线平滑,区域内各河入海口三角洲呈蓝色调,丛生植被呈浅红色调,滨海盐田为浅蓝色规则块状线条
	渤海近岸海域环境亚区 I ₂	为暖温带湿润、半湿润季风气候	为东亚成分温带落叶阔叶林	为滨海盐土、水稻土、风砂土、褐土	为丘陵山地、河流三角洲平原	为华北地层区,包括辽东下辽河、燕山华北平原地层分区	渤海沿岸海水影像呈浅蓝色调,旅游、浴场景观明显,海岸线平滑,黄河三角洲水系呈蓝色调,沿岸植被受季节影响,由北向南呈线红色、浅粉红色调,表现为斑块及小面积连片状影像
东南海近岸海域环境区 (II)	东海近岸海域环境亚区 II ₁	为亚热带湿润季风气候	为东亚成分常绿阔叶林	为红壤、赤红壤、滨海盐土	为滨海丘陵台地、低山及河流三角洲港湾平原	为扬子地层区及东南沿海地层分区	东海近岸植被茂盛影像呈红、深红色调,沿海地区丘陵和低山沿岸岩石陡峭港湾明显,图像上海水呈深蓝色调,长江三角洲植被呈暗红色连片状
	南海近岸海域环境亚区 II ₂	为热带湿润季风气候	为热带东南亚成分季雨林、雨林	为红壤、赤红壤、砖红壤、海滨盐土	为低山丘陵间的冲积平原	为华南地层区	南海近岸植被四季常青,卫星影像上呈暗红色调,海岸线呈犬牙交错线条,港湾明显,珠江入海口有冲积平原呈浅蓝色调条状交织线条,植被呈鲜红色调

第三节 渤海赤潮 NOAA 遥感监测应用

1998 年夏末秋初,渤海海域发生大面积赤潮,历时两个月,扩散面积最高达 5000 余 km²,其持续时间之久、影响面积之大均为历史罕见。渤海是一个三面环陆的半封闭海域,海水循环交换能力弱、海水自净能力差,而流入渤海的各类陆源污染物却大幅度增加,使得渤海环境质量急剧恶化,海水呈现较强的富营养化状态。据统计仅 1990~1995 年黄渤海地区就发生赤潮 28 次,近几年在渤海海域又发生了 10 多次,而且赤潮发生的频率逐年升高,影响面积逐年增加,这除了与渤海污染的日趋严重这一根本原因有关外,气象条件也是一个不容忽视的诱发因素。

渤海赤潮的发生气象条件的诱发作用是显著的,研究气象条件与赤潮的关系对于预报赤潮、减少赤潮灾害有着重要的意义。

1998 年 8~10 月渤海海域发生大规模的赤潮,特点是范围大、持续时间长,分别波及辽东湾、莱州湾、渤海湾以及渤海中部分海域。在菊花岛附近就形成了两条长约 60km、宽约 40km 的赤潮带,总面积达 3000km²,这是极为罕见的。持续两个月的赤潮已给渤海的海洋渔业造成了重大损失。

8月中旬,兴城市菊花岛一带的渔民就发现海水中出现了零星小块面积的水色异常,葫芦岛海洋办公室的同志怀疑可能是赤潮发生。但当时水色异常范围小,呈零星分布,又距海岸较远,因此没有及时的取样调查和分析。

9月18日,渤海锦州湾东部海面有大面积水色异常,呈棕红色,并以条带状分布,同时在葫芦岛以南的大面积海域上也发现了水色异常,并与锦州湾东部海面连成一片,估算范围有2000km²。此后,水色异常现象仍在继续加剧,颜色更深,多为褐红色或棕红色,形状也由小片状变为大面积的片状形态,水色异常、范围扩大,并缓慢地向南移动。通过采样分析,证实辽东湾发现的褐红色和棕红色水域确实是赤潮发生,赤潮生物为叉状角藻和倒卵形鳍藻。优势种为叉状角藻,最高数量达 1.25×10^9 个细胞/m³,占整个浮游植物群落组成的99.95%,倒卵形鳍藻的平均数量为 2.23×10^5 个细胞/m³,其中倒卵型鳍藻的危害极大,它在水中的数量已足以在贝类体内产生毒性,从面对人体产生危害。据9月22日的现场观察,当时的海水具有浓重的草腥味,无泡沫及漂浮物,见图1-1。



图1-1 9月22日赤潮范围

直到9月26日赤潮才开始减弱,并以不规则的条带状分布,9月30日,赤潮的密度和分布范围已明显减少。之后,赤潮区移至天津新港以东海域。10月3日赤潮的面积约为800km²,呈蓝紫色、条带状分布,主要赤潮生物为膝沟藻和叉状角藻,膝沟藻最大密度为808个/mL,此时已处于赤潮后期,至10月中旬才消失。

一、气象资料的选取

本文取用葫芦岛、兴城、盘锦和营口1998年7~10月的气象资料(与之对比的历年平均资料为1969~1998年该气象要素的累年平均值),分析此次赤潮发生前、中、后期的气象条件与该赤潮的关系。其中葫芦岛、兴城海域均在这次赤潮的范围之内,因此将葫芦岛、兴城的气象条件作为赤潮区的天气条件。而从天气系统的角度以及地理位置上看,盘锦、营口与葫芦岛、兴城相近,但盘锦港和营口港附近海域并未发生赤潮,因此本文将盘锦及营口的气象条件作为临近赤潮区的非赤潮区的气象条件,并与赤潮区进行对比分析。