

江苏岸外辐射沙洲区域动态变化的遥感研究进展

Remote sensing of radiate sandbanks dynamics in Jiangsu(China)

陈 君¹, 张忍顺²

(1. 河海大学 交通与海洋工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 南京师范大学 地理科学学院, 江苏 南京 210097)

中图分类号: TP7 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2004)02-0077-04

江苏近岸海域分布的辐射沙洲, 南北长 200 km, 东西宽 90 km; 以 港为顶点, 由 10 余条呈条带状的大型沙脊向北、东和东南方向伸展而成, 在近岸部分低潮时出露的大小沙洲总计 70 余个, 0 m 以上的沙洲面积达 2 100 km² 多, 是江苏海岸带的重要组成部分^[1]。辐射沙洲作为一个特殊的地貌体系, 以其形态特殊、地形复杂多变而著称, 对其形成演变的研究有着重要的理论意义和生产实践意义。遥感作为一种有效的探测手段在滩涂动态变化研究中起到较为重要的作用, 它具有高分辨率、多时相、多波段等优点, 可对大范围陆地、海域取得同步、直观、长期、连续、动态、实时信息^[2], 可以补充地面常规调查的不足, 是常规调查的一种省时省力的先进补充手段。

1 江苏岸外辐射沙洲区动态变化研究的发展回顾

江苏岸外辐射沙洲区动态变化的研究大体经历了 3 个发展阶段: 第一阶段是进行历史文献的查阅, 并结合野外实地考察, 恢复古地理环境, 掌握环境演化的过程。如张忍顺等通过此方法在对沿海古墩台(烟墩、潮墩及渔墩等)考证和沿海地区地名变化研究等的基础上, 结合一些通潮河流河口的延伸, 对江苏海岸线的历年变迁情况作出了较为精确的判断, 并绘制了一系列较为连续的历时时期海岸线^[3]。同时通过查阅海图资料, 掌握了岸外沙洲的发育过程^[4]。第二阶段是对该区域近岸沙洲进行野外沉积物采样、断面测量、钻孔勘探, 以及进行潮位、流速、流向、含沙量的现场观测, 通过室内分析, 得出滩面及潮沟的沉积动力特征, 并对岸滩演变作出判断。第三阶段是利用遥感图像资料进行判读解译, 并结合必要的野外实地考察, 全面而立体的反映这一区域的近期动态演化。由

于潮滩的某些特征, 如滩面的组成物质、湿度、植被类型及覆盖度等, 能够被可见光和近红外传感器探测并反映到航、卫片上, 通过这些多波段和多时段图像资料就可以对辐射沙洲区域的地貌特征进行定性解译, 对海岸的侵蚀或淤积趋势加以定量或半定量判定, 进行潮滩质量评价和形态量计等。对江苏岸外辐射沙洲区域的遥感研究始于 80 年代, 由于这一时期的技术手段所限, 主要通过遥感卫片目视判读解译, 得到的结论较少且不系统, 通常是一些宏观的定性研究, 这一期间最重要的一次综合调查是江苏海岸带与海涂资源综合考察, 揭示了江苏中部近岸浅海区辐射沙洲的全貌, 并利用航片、卫片绘制了基本地形图, 之后发表了一系列相关成果。随着先进的技术手段的应用, 90 年代至今对此区域动态变化的遥感研究逐渐增加了定量、半定量的方法, 准确性大大提高, 但仍存在一些难以解决的实际问题, 如由于辐射沙洲区域面积较大, 各个方位的潮差不同, 如何确定某一时刻的潮位线问题, 辐射沙洲区域缺少明显的地物点, 如何对卫片精确配准问题、通过卫片量算的准确性问题等等。

收稿日期: 2002-04-17 修回日期: 2002-12-11

基金项目: 江苏省重点项目“条子泥促淤并陆实验工程研究”; 河海大学科技创新基金项目(2003410543)

作者简介: 陈君(1974-), 女(满族), 辽宁丹东人, 理学博士, 讲师, 主要从事海岸地貌过程等方面研究, E-mail: kind-cj@163.com

2 遥感在江苏辐射沙洲区动态变化研究中的主要应用

遥感影像特征是不同地物波谱特性的综合反映,通过航片、卫片能够清晰地表示出多种地物,如堤岸、潮滩、盐田、水系等,为研究评价地质、地貌、土地利用等提供了重要依据。因而采用多卫星、多波段、多时相的磁带、影像研究辐射沙洲区的泥沙扩散、沙洲岸线的变化以及地貌特征等,并对辐射沙洲区沙洲的稳定性进行评价是可行的,并已取得了一系列成果。

2.1 岸线变化及沙洲变化的遥感资料解译

由于潮滩不同地貌部位在沉积物、地貌特征、植被、人为作用程度及生物扰动等方面有差异,因而其光谱特征各不相同,在航、卫片上表现为不同的纹理、色度或灰度,由此可建立地物类型的解译标志,这是进行海岸线及沙洲岸线变化规律研究的至关重要的基础工作,也是目前应用最广泛、最深入的领域。

首先是关于辐射沙洲区主要沉积物类型的遥感影像解译。组成潮滩及沙洲的泥沙因其颜色、粗细及含水量不同而表现出不同的反射光谱特征,通常较干燥的滩面反射率较高,饱含水的滩面反射率较低^[5]。结合卫片解译发现,盐碱地表面呈现霜白色,反射率相当大;贝壳堤是在激浪作用下堆积成的,其主要成分是贝壳和砂,含水量较少,颜色发白,反射率比较大;对于板沙滩而言,反射率随含水量及泥沙粗细的不同而异,通常含水量大的反射率较低,含水量小的反射率高,含水量较高的泥滩反射率最低。

其次是关于海岸带主要植被沉积物类型的遥感影像解译。在海岸带区域内植被的反射光谱特征为:光波波长在 $0.55 \mu\text{m}$ 附近有一个次反射峰值,有枯叶和叶子稀疏的植物反射不很明显,绿叶繁茂的植物则反射较为明显;在 $0.68 \mu\text{m}$ 附近有一个反射谷,这是绿色植物的吸收带,对于长势优良的植物其反射率较小;从 $0.7 \mu\text{m}$ 附近起反射率急剧增大,在 $0.7 \sim 1.1 \mu\text{m}$ 波长范围内其反射率更大一些。但是不同种类的植物由于生态特征的不同,其反射光谱曲线不同;同种植物由于长势不同,其反射光谱曲线也表现出明显差异^[6]。

可见,科学应用沉积物和植物的光谱特性就可以对沙洲区域岸线的变化状况进行判断。李成治等^[7]通过对比 1957 年的沿海暗沙分布图与 1975 年的陆地卫片解译图发现,水下暗沙逐渐向着与潮流、波浪作用方向相适应的方向发展,而形成向岸辐聚的辐射状沙坝群,并逐渐与岸滩相连。申宪忠等选用了 3 个不同时期低潮时卫片,利用图像分析仪 (MAGISCAN) 分

别计算了摄影瞬时出露的沙洲面积,结果发现沙洲低潮时出露面积逐年增大,虽然无法确定淤长中沙脊的年增长率,但是仍能为判断一些较大沙洲的发育演化趋势提供极为重要的依据。周世颐等^[8]根据海岸带各种地物的色调、形状、位置、图形结构以及生态环境等多方面特征,对土地利用程度、土地类型等各类专题内容分类逐项进行分析,在利用卫星图像编制土地利用现状图、土地类型图等制图方面作了探讨。唐文周等^[9]利用多幅不同季节、不同潮位的卫片,通过目视解译判读及光学增强等方法,对江苏海滩进行了分类和制图,将海岸带划分为 4 种岸段(冲淤基本平衡基岩岸段、淤长淤泥质岸段、蚀退淤泥质岸段、蚀退砂质岸段),将岸滩划分为 4 种类型(草滩、盐蒿滩、泥滩、粉沙滩),并大致测算了各种滩地的面积,相对误差小于 6%,因而认为选择低潮位图像求取海滩总宽度时,不作任何潮位校正即可获得比较满意的结果。江苏省滩涂研究所^[10]1986~1990 年采取遥感图像计算机分类、面积量算与野外实地资料定位测量相结合的方法,通过对不同时相的卫星磁带的处理,获取了不同时间的滩涂土壤资源类型及其面积数量,从而比较出不同岸段的土壤资源变化规律。陈乐平^[11]利用航片资料对江苏海岸线的演变进行了多时相动态分析,将江苏海岸划分为 5 种主要类型(稳定基岩港湾式海岸、基本稳定砂质平原海岸、侵蚀型粉砂淤泥质平原海岸、淤涨型粉砂淤泥质平原海岸、前期淤涨后期蚀退或前期蚀退后期淤涨的蚀淤交替型),并对海岸线的演变趋势进行了分析,认为侵蚀岸段和淤涨岸段的蚀淤变化存在着互补关系并趋于单一平直。黄海军等^[12]利用陆地卫星资料通过波段的选择、子区放大、典型地物灰度值取样及其统计分析、几何校正等方法,监测苏北辐射沙洲的冲淤动态,对一些主要沙洲(如亮月沙、东沙、团子泥、扇子地、竹根沙、蒋家沙、北尖子等)近年来的面积变化情况进行了量算,认为本区沙洲具有南迁的趋势,大部分已并入了条子泥。方明等利用全色航片对江苏海岸带的土壤进行了判读,建立了海岸带裸滩土壤及盐土植被的判读标志,探讨了地理景观、影像特征及土壤三者之间的相关性,提高了提取岸滩信息的速度和精度。刘永学等^[13]利用遥感卫片所反应的植被类型的差别,对江苏岸外人工盐沼植被——互花米草的发育和扩展情况进行了定量分析,得出了它的扩展速度、扩展范围等一系列指标。

2.2 沿海悬浮泥沙分布的动态分析

由于水体中的悬沙分布受径流、风浪、潮流等水动力条件的影响,各处的流速、含沙量是不同的,在遥

感图像中就会形成明暗相间的条带,使悬沙成为沿海地区水流形态的良好天然示踪物质^[14],这主要是由于水体对太阳辐射光谱的反射率与水体本身的浑浊度有着密切的关系^[15],通常水体越浑浊对太阳辐射光谱反射率越高。因为浑水水体中含有泥沙、浮微生物和污染物等,在入射光条件一定的情况下,不考虑水深、波浪等因素的影响,水体反射光主要是水中悬浮颗粒所产生的散射的结果。研究表明,浑浊的水体在 0.60~0.70 μm 反射效果最好,在此范围内水体光谱反射率与水体的浑浊度等级(悬移泥沙含量差异的程度)呈线性相关。因而就可以通过对遥感图像进行增强变换,突出水团的分布、运动和流场情况,以反映出悬沙的运动轨迹和特征并计算出悬沙含量。

申宪忠等根据 1978 年 9 月 24 日所摄的废黄河口卫片的 MSS 5 波段的灰度差别,定性描述了该区含沙浓度的分布状况,揭示了古黄河水下三角洲的位置和范围,并指出此区域巨大泥沙储存至今还在苏北沿岸流的作用下向南搬运,为江苏海岸及辐射沙洲提供大量泥沙供给。赵锐等^[16]通过分析由 NOAA 气象卫星 ch1 影像经密度分割后的图像发现,苏北浅滩悬浮泥沙大致以黄河与如东之间的海域为中心,分为三股向北、东和南方向扩散,悬沙分布呈条带辐射状,与此区域的辐射状地形具有极大的相似性;同时指出悬沙的分布受到了水深的限制作用,研究发现浑水团大致分布在水深 30 m 以内的海域,但这一趋势有可能受到潮流、风浪等水动力条件的影响。

2.3 潮滩稳定性的分类研究

对于江苏海岸稳定性划分的探讨较多,但针对辐射沙洲海域各沙洲稳定性的分类研究则较少。具有代表性的如张忍顺^[16]通过历年航片、卫片的解译,对比分析条子泥沙洲潮沟的历年摆动状况,确定沙洲的稳定性系数,将条子泥沙洲分为 4 个稳定性级别:最稳定的一级滩面(即大约需要 30 a 时间才能把滩面扫荡一次),比较稳定的二级滩面(即大约在 8~11 年内将滩面扫荡一次),相对较不稳定的三级滩面(即大约在 5~6 年内将滩面扫荡一次),不稳定的四级滩面(该区没有)。赵锐等^[14]则根据遥感数据处理以及模糊动态分类法,将辐射沙洲的岸滩区及岸外沙洲区划分为 3 个等级——第一类为稳定岸滩,它们主要分布在西洋西岸、条子泥北侧、东沙西岸、东岸、竹根沙、西蒋家沙以及冷家沙、腰沙等大型沙脊及近岸海滩,进一步可再分成 3 个亚类,即微淤进型岸滩、蚀退型岸滩和进退平衡型岸滩;第二类为过渡型岸滩,位于稳定的大沙洲与迁移较快的外围小沙脊之间,进一步可再分为 3 个亚类,即大沙洲强动力型岸滩、小沙洲弱动力型岸滩和小沙洲水下平坦型岸滩;第三类为不稳

定型岸滩,分布在辐射状沙脊区外围较小的沙脊群,如亮月沙、毛鱼玢、黑磕脚、蒋家沙东侧的牛角沙以及太阳沙等,也可再分为 3 个亚类,即亮月沙型、毛竹沙型和太阳沙型。可见,利用遥感方法可以确定潮滩的稳定性特征,从而针对不同的滩面类型可确定不同的开发对策。

3 遥感在辐射沙洲动态变化研究中的应用展望

沙洲及岸滩区的动态变化是滩涂围垦、航道等重大工程建设中必须首先解决的问题。常用的研究方法是对较大范围的研究海域进行现场水文观测,分析所获得的水文泥沙资料,结合多年地形图资料进行对比研究。对于大范围的野外观测即使投入大量的人力、物力,也很难做到时间上和空间上的完全同步,而且还要受观测仪器和气候条件的限制。卫星遥感具有覆盖面积大、同步性好、便于动态监测等优点,利用遥感手段观测岸滩的变化趋势、沿岸水体的悬沙含量与分布规律等,可对海岸工程建设、沿岸土地利用、水域环境管理等起到重要的指导作用。但是遥感也有其不确定性的一面,如在反映地物特征时具有表面性、间接性、多种信息的混合性和统计上的模糊性,再如在科技飞速发展的当今社会,单纯靠遥感这一种手段难免会产生片面性,因而如何使遥感能更准确、更便捷地服务于生产建设,现提出以下建议:首先,提高遥感动态监测处理技术的精确化与定量化。遥感技术在获取海岸带基础数据的实时、大量、广域、多时段对比等方面有绝对优势,但由于各观测对象的特性都通过电磁波的辐射与反射特性间接地反映出来,当存在同物异谱、异物同谱的现象时,则使影像的识别和判读存在一定的难度^[17]。例如,卫星图像中海域影像色调的差异可以由海底反射、悬浮泥沙的后向散射、海水中污染物颜色及其扩散等因素造成,在同一张卫星图像上很难将它们分离开来。因而不仅需要提高遥感监测处理仪器的分辨率,解决精度问题,而且还要深入了解地物的电磁波特性,通过多波段遥感观测手段分离不同观测对象的信息,或者以现有的高精度常规观测资料为基础,对遥感资料中相对应对象的电磁波特性作对应分析,通过类似“监督分类”的方法分离不同观测对象的遥感信息等渠道加以解决。其次,建设沙洲区域遥感信息管理系统。目前,有关沙洲及邻近岸滩的研究数据类型很多,数据量也很大,涉及方面也很广,但是如何将这方方面有机地结合起来,则需要建立一个信息管理系统。沙洲遥感信息管理系统可将沙洲遥感图像系统与地理信息系统有机的集成与结合,使其具有搜集、处理、集成和分发滩涂遥感信息和其

他有关数据的功能,使生产建设单位能充分自如地接受沙洲遥感信息系统提供的遥感信息产品服务。可见它不仅能为沙洲环境特点及其规律的研究提供大量的实时数据,大大提高研究的深度、广度与精度,而且还能成功地应用于海洋环境评价、规划、预测和智能化管理、决策等方面。第三,将野外实际考察与遥感资料分析有机地结合起来,互为补充。目前对于辐射沙洲动态变化的研究往往处于室内卫片处理分析与野外实际考察相脱节的状态,对两方面的研究结果进行相互验证难度较大。今后应注重加强野外测量与卫星过境同步进行的工作,提高精确性。

参考文献:

- [1] 任美镔. 江苏省海岸带与海涂资源调查报告[M]. 北京:海洋出版社,1986. 19-134.
- [2] 林敏基. 海洋与海岸带遥感应用[M]. 北京:海洋出版社,1991. 166-192.
- [3] 张忍顺. 历史时期江苏海岸线的变迁[A]. 中国第四纪海岸线学术委员会. 中国第四纪海岸线学术讨论会论文集[C]. 北京:海洋出版社,1985. 45-58.
- [4] 张忍顺. 历史时期的江苏岸外沙洲及其演变. 历史地理[M]. 第四辑. 上海:上海人民出版社,1990. 45-58.
- [5] 任明达,柳林,王安龙. 粉砂淤泥质潮滩的多波段与多时相卫片译解[J]. 海洋学报,1990,12(6):741-748.
- [6] 梁懋钢,刘太喜. 海岸带地物反射光谱特性研究[J]. 黄渤海海洋,1990,8(4):18-22.
- [7] 李成治,李本川. 苏北沿海暗沙成因的研究[J]. 海洋与湖沼,1981,12(4):321-331.
- [8] 周世颐. 遥感图像在江苏省海岸带资源调查和制图中的应用[A]. 中国地理学会环境遥感分会. 资源遥感研究文集[C]. 北京:科学出版社,1987. 72-81.
- [9] 唐文周,陈丙咸,陈钦峦. 通过目视判读陆地卫星图像对江苏海滩进行分类和制图[A]. 中国地理学会环境遥感分会. 资源遥感研究文集[C]. 北京:科学出版社,1987. 82-89.
- [10] 江苏省滩涂研究所. 江苏滩涂研究[M]. 北京:海洋出版社,1992. 151-208.
- [11] 陈乐平. 江苏省海岸线演变及地质灾害遥感分析[J]. 国土资源遥感,1992(4):12-20.
- [12] 黄海军,李成治. 南黄海海底辐射沙洲的现代变迁研究[J]. 海洋与湖沼,1998,29(6):640-645.
- [13] 刘永学,陈君,张忍顺等. 江苏海岸盐沼植被演替的遥感图像分析[J]. 农村生态环境,2001,17(3):39-41.
- [14] 赵锐,刘玉机,傅肃性. 中国环境与资源遥感应用[M]. 北京:气象出版社,1999. 14-21.
- [15] 张春桂. 福建省海岸带泥沙分布的气象卫星遥感监测[J]. 国土资源遥感,1999,10(2):25-42.
- [16] 张忍顺,陈才俊. 江苏岸外沙洲演变与条子泥并陆前景研究[M]. 北京:海洋出版社,1992. 8-30.
- [17] 谢文君,陈君. 海洋遥感的应用与展望[J]. 海洋地质与第四纪地质,2001,12(3):123-128.

(本文编辑:刘珊珊)