

河口海岸遥感的现状和前景

恽才兴

(华东师范大学河口海岸研究所)

随着一些发达国家对海岸带的过度开发,以及人口压力 and 环境污染等多方面的原因,不仅使海岸带地区的资源出现危机,而且使生态环境容易失去平衡。为此,人们迫切要求及时掌握沿海地区的自然资源及环境现状,以便有计划地规划和管理海岸带问题。

海洋遥感是海洋技术中不需要与水体直接接触而能获得大量信息的重要的观测手段。就遥感技术本身来说,其发展过程有两个特点,一是密切结合实际需要,有明确的应用目的;二是技术优于常规观测手段,或比常规调查更为快速、经济。

现就河口海岸遥感有关问题综述如下。

一、应用状况

1. 海岸变迁与海岸防护遥感

三角洲和平原海岸是比较活跃和脆弱的地段,一般常规地形图测量难以赶上岸滩冲淤变化的速度,而利用遥感图象或航空象片所反映的地貌迹象,可以确定海岸演变过程和估算海岸涨坍速度。如,利用墨西哥湾中部沿岸屏障岛、泻湖、河口汉道和河口沙嘴的分布形态和位置,可以区分出密西西比三角洲的不同发育阶段;美国大西洋沿岸中部的平行状滩脊和沿岸沙堤指示着潮汐通道的迁移过程;波士顿附近海岸通过定期航空摄影确定了海岸后退的速度和沿岸泥沙补给的来源;加拿大利用1930—1965年拍摄的四套航空象片分析出重点岸段的历史变迁;我们从陆地卫星象片色调差异、海

滨地区水系及贝堤的分布形态确定了长江口、杭州湾、滦河三角洲等古海岸线的位置,并根据考古资料的验证,推算出海岸伸长的速度。

本世纪以来,由于世界各国在河流上游兴建修水库,或在河口地区挡潮筑闸,致使许多海岸线发生侵蚀后退。如,美国有84000公里长的海洋及大湖岸线,其中25%的岸线正在受到强烈的侵蚀,每年需用作护岸工程费用达20亿美元;为有计划改善海岸防护措施,美国国家宇航局戈达德飞行中心和海岸工程研究中心利用卫星遥感观测沿岸泥沙的运输方向和输移过程,并在暴风和飓风之后,研究屏障海滩及屏障岛屿的掩护效益。

2. 海滩及海岸湿地遥感

海涂是海岸带重要的土地资源,每天潮涨潮落使水边线的位置经常更动,这给地形测量带来极大的困难。由于陆地卫星与波段扫描图象中的7波段和6波段能明显区分出水陆边界,沉积物中的含水量及植被覆盖状况,因此可以利用不同时相拍摄的卫片划分潮上带、潮间带和潮下带,测算潮滩高程、面积和海滩坡度,并通过色调差异估计海滩物质组成及干湿程度。这些参数都是判断海滩通过能力的重要依据。

沿海沼泽湿地是海岸带主要的自然资源库,它不仅提供鱼虾、贝藻和野生动物良好的生态条件,更主要的是沼泽本身就是食物网中初级生产力固定碳的重要来源,因此海岸湿地遥感的目的在于清查植物种类的分布和演替情况,以及估计各类植物提供初级生产力的数

量,从而评价沿海沼泽生态系统的平衡问题。如,美国已利用陆地卫星对23个州的海岸湿地进行分类制图,并根据植物种类区分出淡水沼泽、半咸水沼泽及盐水沼泽三个不同地带;菲律宾在利用遥感图象分析红树林分布的基础上,提供了海岸防护计划;孟加拉国从沿海沼泽植物的演变说明河口滨海盐渍化的影响。海岸湿地遥感方法大多采用彩色和彩色红外航空摄影,并通过不同植物光谱反射特征识别、场地训练、计算机图象自动识别分类和地面验证四个阶段,然后对资源和环境作出确切的评价。

3. 浅水地形遥感

用遥感探测浅水地形比测量水深有效。澳大利亚曾用陆地卫星图象绘制了大堡礁地貌类型图,由于与光谱扫描仪的4、5、7波段在清水中的最大穿透深度分别为20米、2米和20厘米,故可以根据不同波段组合将礁台、礁坪、礁下带、浅水区和深水明显区别开来。美国利用海岸航空摄影分析泻湖、潮汐通道、潮汐三角洲及水下浅滩的变化,以便为通航航道的选择提供水下地貌形态的细节。最近,我们利用多时相的陆地卫星象片分析长江口及钱塘江口的主槽摆动也见成效。

4. 悬浮泥沙遥感

悬浮泥沙遥感涉及到港口航道淤积量的估计、沿岸泥沙输移方向和补给来源的确定,以及河口水体中营养盐的分布状况等。如,加拿大在芬地湾通过陆地卫星数字磁带与地面同步采样相配合的方法,对潮汐电站淤积问题进行了定量分析;美国用陆地卫星象片分析了密西西比河口、亚马逊河口、特拉华湾和切萨皮克湾的悬浮泥沙含量的分布状况;我国利用不同时期的陆地卫星和气象卫星象片,确定了长江口、杭州湾、黄河口、珠江口和鸭绿江口的入海悬浮泥沙扩散范围,以及江苏、浙江沿海近岸泥沙的运输方向。这些大面积同步表层悬浮含沙量资料是任何常规观测手段难以搜集的。

悬浮泥沙遥感定量研究的水平正在逐步提高。初期实验研究时,仅发现卫片底片密度与

水体浑浊度之间的良好的线性关系,后来通过模拟测试及卫星成象与地面同步采样等方法,发现与光谱扫描图象中的5波段与含沙量之间有良好的对应关系,并建立了水体光谱反射率与水体含沙量之间的各种关系式,但这些关系式因受到试验条件和采样环境等因素限制,实际引用时仍缺乏普遍意义。其原因在于涉及大气影响校正和含沙水体光学特征两个技术关键问题。有关大气校正问题,加拿大科学家已利用“色度分析”归一化的办法消除了太阳高度角、大气衰减作用及大气程辐射对反射率的影响;而浑水的光学性质因受到悬浮水体的物质组成、颗粒大小及水色等因素的干扰,使光在浑水中的吸收与散射特性发生变化。目前,更多的学者正以研究体积散射系数入手,用辐射传输模型来推算含沙水体的反射率和含沙量。

5. 水质遥感

泻湖、河口和海湾是鱼虾贝类主要的产卵区和繁殖场。卫星遥感所观测到的河口环流状况及沿岸水体交换,对摸清沿海地区水中营养盐分布及输移过程有极大的帮助,不少研究河口物理的专家已注意到对河口海岸生态动力学的研究。由于工厂废水和城市污水的排放、港口和航道疏浚后泥土的处理,以及油溢和其它物质所造成水污染常分布在河口、港湾、海滩和渔场附近,不仅破坏了沿海地区的水资源,也危及海洋生物资源和人类的健康。因此,水质污染检测已列为遥感研究的重要课题。如,美国纽约港的污染研究工作已达到实时监视水平;我国用彩红外航空摄影与多光谱摄影技术调查城市废水污染和港口油污染的程度也取得了良好的效果。为了选择污水排放口位置,美国弗吉尼亚沿岸用染色浮标飘流航空摄影来确定涨落潮的流迹及水体可能扩散的范围和距离;对于在海中定点抛放的有毒废水,可利用不同时相的陆地卫星图象分析,如发现特拉华湾岸外工业废水投放后的漂移速度和扩散稀释率受风的影响,风暴期水体中的污染废水羽流扩散很快,5级风以上的扩散速率要比无风条件下快2.5倍。从效益角度出发,水体污染遥

感监测的重点今后应放在如何合理选择排污口位置和确定污水扩散稀释速率上。此外，陆地卫星多光谱扫描图象还可以用来识别水中化学成分差异。

6. 海岸水色遥感

早期人们根据实践经验常用颜色来区别海洋环境。近年来水体遥感图象上所反映颜色的差异，往往由太阳高度角、太阳方位角、摄影光轴方向、云层类型及其分布、海况和水体浑浊度等多种因素决定。

海水的光学性质取决于光在水中的穿透深度和光谱合成，它们影响着海水温度、颜色和海洋初级生产力——浮游植物的含量和分布。浮游植物是水中初级生产力的指示物，因此，目前海岸水色遥感的重点放在测定叶绿素的含量上。1978年10月24日发射的雨云卫星-7所携带的海岸带水色扫描仪是专门测定叶绿素、海面温度、海面污染状况的水色遥感器，它在北海及墨西哥湾上空摄取了较清晰的海面水色图象，通过相关分析，已对图象进行了定量解释。1980年以来，美国国家宇航局发展气球荧光遥感，并在纳拉甘西特湾进行浮游植物生产力的测定试验，通过地面观测站采样数据核对，发现海湾中的浮游植物分布呈不均匀的斑点状，而且不同种群其分布的区域也不同，如金褐种群集中分布在海湾西部，绿种群散布在其它区域，有助于生态系统科学家估算海洋初级生产力。

7. 近海渔业遥感

海洋渔业遥感分间接和直接两种形式。它是海洋生物资源调查研究和管理的一种重要手段。海洋环境因素的变化对海洋有机体的分布和富集有重要影响，而影响生物量富集往往发生在有机体生命的早期阶段。如，美国海洋渔业部门研究发现，大西洋鲱鱼冬季几个月中在岸外100公里的墨西哥湾流边缘产卵，而孵化后的幼体又随风游移至海岸河口繁殖场哺育长大，若河口繁殖场遇到极端最低温，则可导致某些鱼种的幼体大批死亡。又如，鲱鱼与海水透明度的关系极为密切，早晨光强较弱，多数

鱼群集中在近岸清水区域；中午光强增加，鱼群游至深水区或浑水区域；夜晚，鱼群又游向近岸区。此外，海水中浮游生物的分布、上升流区的营养盐及强风引起的紊动扩散、河口地区的污染状况等，都可以影响海洋有机体的分布部位和富集量。因此，通过遥感对海水温度、盐度、透光层、叶绿素含量、海面风速与风压、日照与云层覆盖、海况、海洋锋和水体污染等环境条件进行监测，可以为渔业资源的评价、鱼群位置的确定、鱼群洄游路线等提供可靠的情报。

河口海岸水生植物是近岸生态系统的—个组成部分。1978年，美国曾利用I²S公司的多光谱相机对切萨皮克湾的马里兰州沿岸海底水生植物的种类和覆盖率进行过调查，摄影时间选在植物生长盛期，摄影条件为无云、小风、低潮、清水、太阳高度角10°—40°，能见度在16公里以上，摄取的图象以红波段和绿波段效果为好。这次航空摄影为海底水生植物生物量的调查和生产力的估计、动植物区系间的联系和近岸生态基质的选择都提供了重要的参考数据。

8. 海冰监测

海冰除威胁海上交通运输及海洋工程外，还影响冰覆盖区的渔业生产及海-气热交换。七十年代以来，利用卫星遥感技术观测海冰已见成效。美国利用阿拉斯加的冰况图可以划分出坚冰区及无冰区，并通过冰层覆盖度的统计来指导船舰的航行。由于1976年、1978年、1982年、1983年冬季严寒，美国切萨皮克湾许多水道都被坚冰封冻，由卫星象片可形象看出其结冰区域及结冰状况。冰盖的存在影响了牡蛎、兰蛤等的收获量。据马里兰州有关部门估计，1983年冬季牡蛎的产量比一般年份减少40%。此外，低温会影响鱼类的繁殖及导致鱼病的发生。从1984年开始，美国在海岸预报中将根据天气预报冷风降温规律，对沿岸海冰现象进行分析和预测。我国渤海湾和辽宁沿海，冬季常见冰情，近年来，有关单位围绕建港任务已开始利用陆地卫星、气象卫星等，对岸

冰、封冰区及漂浮冰的分布范围、流冰的大小及漂移速度等进行研究。

二、发展前景

研究海岸带对于我们了解整个海洋生态和动力状况极为重要。一些发达国家已把海岸带生态系统列为研究重点。七十年代以来,美国先后制定了海岸带管理法、渔业保护和管理法、海洋污染研究与监制法。执行这些法律必需及时掌握大量的科学数据,并对各种环境要素的分布和变化规律作出相应评价,这就为海洋遥感提出了新课题。一张遥感图片具有极其丰富的信息量,问题是我们如何去发掘和识别这些信息。我国沿海工农业、城市交通和人口分布本来就比较集中,随着许多港口城市的对外开放,预计海岸带开发利用必将加快发展,这里涉及到合理布局和生态平衡问题。因此,开展我国海岸带遥感研究,除应继续深入调查各种地物信息和环境要素外,要结合重点工程建设和区域规划,侧重对沿海的自然资源和环境现状作出综合评价,并以遥感图象作为信息更新的基础,逐步建立起一套适合于规划决策部门应用的海岸带地理信息系统。

为了提高海洋遥感技术和应用研究水平,遥感和遥测系统相结合是今后发展的必然趋势。美国对墨西哥湾沿岸泥沙流的输移量估计及马萨诸塞州科得角的沿岸底沙输移量的估算,都是采用了遥感与遥测相结合的方法。卫星遥感和航空摄影都可以提供地面物分布及其变化的信息,地面定点遥测或自动记录可提供环境参数的物理量。近年来,由于海岸工程的需要,美国国家海洋大气局与陆军工程师团配合,共同研制了海岸海洋动力雷达(CODAR)。这是一种典型的地面遥感仪器,它利用高频散射理论和窄波束岸用环形天线定向发射雷达波的技术,在一个地区同时测量近岸50公里范围

内的风场、流场、波浪、冰况、污染等环境要素。这项研究成果已在阿拉斯加、佛罗里达及乔治亚沿岸推广应用,并测得了墨西哥湾流的分布和运动状况。为了进一步掌握水面以下各海洋要素的垂直变化,美国海军又着手研制一系列海岸水体遥感仪器。如,利用手提式脉冲激光扫描仪与多光谱比值图象相结合探测水深、海底地形和水下障碍物;用CO₂激光源作声能的音响探测仪测水下地形;用拉曼分光光谱激光能两通道辐射计测水下温盐度等。为了实时预报海洋环境状况,一种由卫星转播的海洋漂移遥测发射仪器系统即将投入使用。

轨道卫星遥感技术的出现导致了一门新兴学科“空间海洋学”的诞生。这门学科的开辟首先应归功于一批在天空摄影的宇航员,他们先后在“水星号”、“阿波罗号”及“天空实验室”拍下了极其珍贵的海岸自然现象。如:加勒比海委内瑞拉东湾在5—6级东风吹拂下,海面出现由沙暴和尘暴引起的表面波;南美的巴西大西洋沿岸20—30公里宽的浑浊水体,在移动过程中出现沉积羽流、浑水舌及水体涡动带,并发现里奥圭巴河口北部的水体与南边滩的水体不混渗。这种现象在我国杭州湾和长江口一带的陆地卫星图象也多次见到。

陆地卫星发射以来,近岸水体中存在流线(移动水体的边界)、舌状流、中小尺度涡动及浅水破波带、热带地区的珊瑚礁和红树林分布在图象上一目了然,这为海岸动力学和海岸生态学研究提供了新的课题。目前,气象卫星泰罗斯-N用改进型甚高分辨率辐射计所提供的海面温度场和冰情遥感图象对海况及渔情预报有重要的参考价值。

我们相信,随着欧洲空间局SPOT卫星和九十年代初美国人造空间站的发射成功,空间海洋学能为海岸及近海工程,以至海洋开发提供越来越多的科学数据。

(参考文献略)