

遥感在海岸岸滩稳定性分析中的应用

何 青 恽才兴

(华东师范大学河口海岸动力沉积和动力地貌综合国家重点实验室, 上海 200062)

摘 要 利用多时相航卫片图像信息和现场观测资料相结合的研究方法, 通过对三门湾自然环境、水动力条件、泥沙运动等因素分析, 研究海岸岸滩形态及演变过程, 指出该地区的岸滩稳定性现状和影响因素. 提出利用航卫片技术有空间分布和环境动态分析方面的优势, 结合常规水文地形资料进行海岸岸滩稳定性综合分析的新思路.

关键词 遥感 岸滩稳定性 三门湾

1 引言

岸滩稳定性问题是港口、航道和滨海电厂等重大工程建设中必须首先解决的课题. 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比较研究. 大范围的野外观测即使投入大量的人力、物力, 也很难做到时间和空间上的完全同步, 况且还受观测仪器和气候条件的限制.

卫星遥感可克服上述不足, 它具有覆盖面积大、同步性好、便于动态监测等优点. 利用遥感手段观测水体的现状、分布规律和变化的水体边界, 对河口海岸区域的海岸变迁、海岸工程、近岸浅水地形、沿岸土地利用、水域环境等众多问题的解决愈来愈起重要作用. 河口海岸和河床演变、岸滩变化的研究主要包括海岸带变化的遥感观测. 对盐沼表面沉积过程的分析、三角洲地貌的研究^[1-6]、河口海岸地区水温和表层悬浮物浓度等水环境因素的研究也越来越广泛和深入^[7-12]. 怎样利用遥感手段综合而全面考虑水动力、泥沙因子和岸滩变化特征, 进而考虑其对岸滩稳定性的影响并结合现场资料加以验证, 尚有待深入研究. 本文利用多时相航卫片图像信息, 首先分析直接影响河床演变和岸滩稳定性的水动力场特征、泥沙场特征和岸线演变, 结合现场观测资料, 综合分析、研究海岸岸滩形态及演变过程, 试图在用遥感技术这一新的手段综合分析解决海岸岸滩稳定性问题方面作有益的尝试. 研究表明, 浙江三门湾有良好的水动力条件, 加之陆域来沙少, 外海带入泥沙细, 泥沙不易落淤, 有利于岸滩的稳定. 同时高浑浊水区的存在、泥沙的再悬浮、大规模围涂对纳潮量的减少将对岸滩稳定性产生一定影响.

本文于 1998-02-28 收到, 修改稿于 1998-05-10 收到.

第一作者简介: 何 青, 女, 36 岁, 副教授, 博士, 从事河口海岸研究.

2 遥感在岸滩稳定性分析中的应用

2.1 研究区域概况^[13]

三门湾位于浙江省海岸中部,北与象山港接壤,南邻台州湾.地理坐标为 $28^{\circ}51' \sim 29^{\circ}22' \text{ N}$ 、 $120^{\circ}25' \sim 121^{\circ}58' \text{ E}$.南、西、北三面被群山环抱,岸线曲折,潮滩、港汊发育.东南通过猫头、满山、珠门港及石浦港诸水道与外海相通(图 1).三门湾属基岩港湾海岸,潮差大,涨潮历时大于落潮历时.湾内潮流以往复流为主,潮流流速从湾外向湾内逐渐增大,大潮垂线平均流速为 $40 \sim 80 \text{ cm/s}$,小潮时为 $15 \sim 25 \text{ cm/s}$.湾内波浪影响较小,平均波高为 0.3 m .泥沙以悬沙为主,中径为 $4 \mu\text{m}$ 左右.湾内仅有源近流短的小河流注入,附近水下地形基本上由湾口水下平原、冲刷槽和港汊组成.

2.2 航卫片遥感资料和信息处理

本文采用的航卫片遥感资料为三门湾地区的 NOAA 气象卫星 AVHRR 资料、陆地卫星的 TM 资料 and 不同年代的航片.气象卫星资料以多时相可见光图像为信息源,分析三门湾泥沙来源及表层悬浮泥沙分布状况,技术上进行几何校正及灰度分级处理.陆地卫星图像以悬浮泥沙反映的水色差异为示踪,通过信息提取及增强,确定控制边界、流路特征、锋面及滩涂、港汊分布状况,技术上进行彩色密度分割、线性增强.鉴于海图及陆地地图对滩涂、地貌细节难于反映,研究过程中采用陆地卫星、航片及地形信息的复合.资料的形式为 CCT 遥感数字图像数据,以确保通过计算机遥感图像处理取得高精度的输出图像.数据处理用计算机为 Intergraph 工作站,应用软件为 MGE 软件包.

2.3 遥感图像的流场和流态信息分析

三门湾的流场和流态特征取决于潮汐性质、岸滩形态及水下地形.研究过程中,共搜集了 8 个不同日期拍摄的陆地卫星像片,成像时间分别代表大潮、小潮及寻常潮,潮情大多数为初涨及中涨时段.

1984 年 4 月 23 日的遥感图像成像时间为健跳潮位站低潮后 2 h(见图像 1),湾顶地区尚保留着落潮流流态,三门岛与青门山连线有一条明显的浑浊水区,它是三门湾湾顶地区港汊流系的分界线.可以推断,胡陈港及沥洋港涨、落潮水体交换主要受青门山以东满山水道控制,青门山以西的猫头水道是旗门港、蛇蟠水道、青门港汇流的必经之路.

1976 年 1 月 7 日遥感图像为小潮中涨、流态涨急时刻(见图像 2),三门岛至猫头山嘴水域

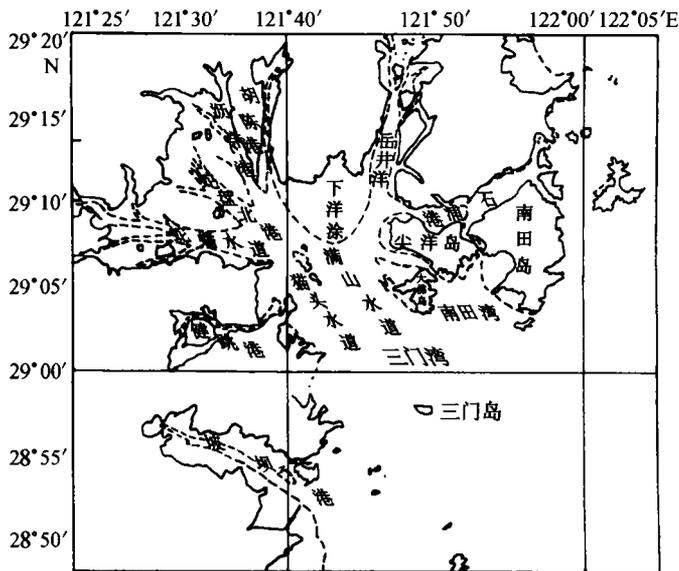
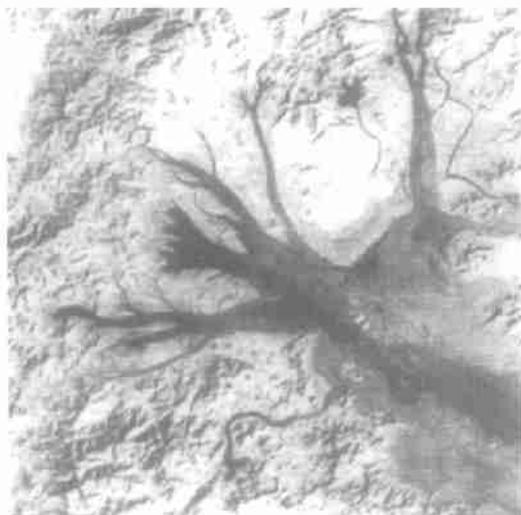


图 1 三门湾形势图

泥沙锋非常明显。



图像 1



图像 2

1982年1月11日拍摄的图像正值健跳潮位站大潮高潮时刻(图像3),由三门岛、五子岛影尾流诱发的高浑浊水带直接延伸至猫头水道。主流流动指向西北,边缘部分绕过猫头山嘴进入蛇蟠水道。泥沙锋面位于小狗山至猫头山嘴连线。

1994年3月2日遥感图像的成像时间为寻常潮涨急阶段(图像4),分析图像并结合1994年冬季的流路追踪资料(图略),反映出猫头山嘴是涨、落潮流路的转折点。涨潮时猫头水道的



图像 3



图像 4

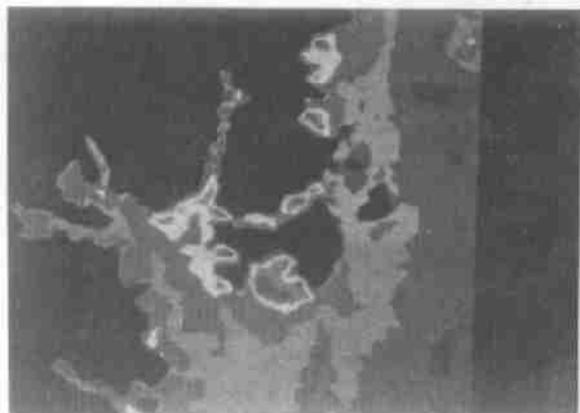
水流向猫头山嘴旁的猫头深潭辐聚,然后向蛇蟠水道方向辐散;落潮时蛇蟠水道的水流先向猫头深潭辐聚,然后沿猫头水道西南侧边坡流向口外。猫头岬角前这种强劲的动力条件是维持深槽稳定的有利条件。同时,图像中猫头山南边滩近岸水体有一部分沿猫头山嘴绕流进入蛇蟠水道,说明边滩附近流态的不稳定现象。

由以上遥感图像显示的信息可见,三门湾附近水域存在明显的水流和泥沙锋面,这是常规水文测验难以观测到的流态.我们认为,它的生成及分布一方面是由岛屿岬角等局部地形分离潮流流场的结果.三门湾地区的猫头山嘴、青门山附近水域正是海湾内的岬角和岛屿地形所在.另一方面,由于潮流的振幅和相位受到水流和底摩擦的影响,浅滩水体和主槽水体之间出现明显的流速切变现象,即锋面.锋面的存在对悬沙输移、沉积过程和海湾环境起着十分重要的作用.

2.4 遥感图像的悬浮泥沙场信息分析

影响海岸岸滩稳定性的主要因子之一是水体中的含沙量.了解和掌握泥沙的分布和运动规律是非常重要的.气象卫星系列资料可以反映三门湾内不同潮情的表层悬浮泥沙的分布状况.研究过程中共搜集了17个不同日期的图像资料,它们分别代表大潮、寻常潮和小潮的不同涨、落潮阶段.

图像处理过程中,通过几何纠正、彩色密度分割及灰度注记,将表层含沙浓度按不同等级分别显示.由于成像时间缺乏三门湾海区同步采样资料,我们以1988年8月1日国家海洋局第二海洋研究所在杭州湾同步采样资料为依据^[14],推算三门湾表层含沙量的相对浓度,图像5为1995年2月1日大潮期三门湾表层含沙量分布状况,含沙量最高区的量值大于 0.6 kg/m^3 ;同样的分析用于寻常潮期和小潮期,表层含沙量最大值分别为 $0.1 \sim 0.5$ 和 0.1 kg/m^3 以下.综合多幅遥感图像的结果表明,三门湾的相对高含沙区主要分布在东北一侧的南田湾、大佛岛及下洋涂浅水水域(图2),这与1994年三门湾附近海域冬、夏季水文泥沙测验的结果相符合¹⁾.在猫头水道及蛇蟠水道,水体含沙量普遍较低,其原因一是锋面的存在限制了泥沙在水体中的交换,阻挡了一部分滩上的泥沙直接输入主槽.其二与三门湾沉积物的颗粒组成有关.三门湾的沉积物以细颗粒的粉砂质粘土和粘土质粉砂为主,中径为 $7 \sim 9\phi$ ($0.008 \sim 0.002 \text{ mm}$),小于 0.001 mm 粘土粒级含量可达 $20\% \sim 30\%$ 以上.在猫头水道及



图像 5

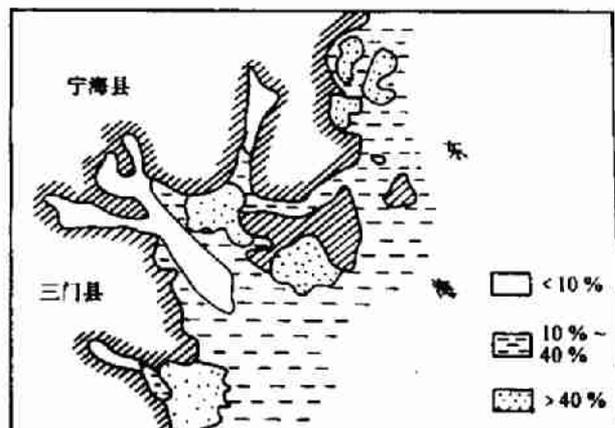


图2 三门湾含沙量高值区的出现率分布

1) 国家海洋局第二海洋研究所. 三门湾附近海域冬、夏季水文泥沙测验和水质分析报告. 1995.

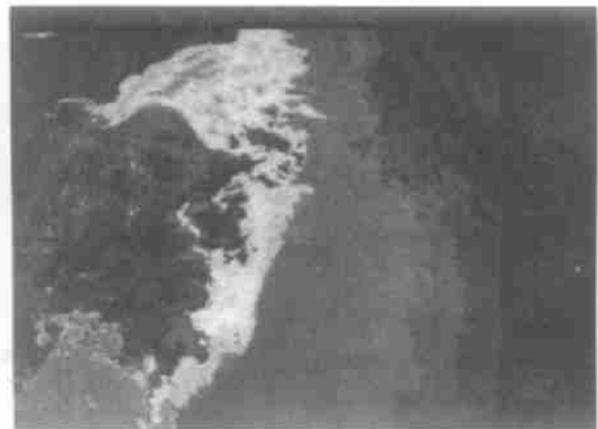
蛇蟠水道, 粘土粒级含量可以超过 40%, 这些粘性泥沙颗粒一定程度上限制了近底泥沙的起动和再悬浮, 有利岸滩保持稳定。

1994 年 3 月 2 日陆地卫星在三门湾的成像时间正值大潮涨急时刻(图像 6), 泥沙分布状况有代表性。图像表明, 胡陈港—青门山以东水域及牛山嘴—三门岛以南水域呈现明显高含沙浑浊水区, 说明泥沙再悬浮对三门湾的含沙量分布亦有一定影响。



图像 6

三门湾泥沙来源不充沛, 这是保持港汊良好水深的物质基础。三门湾周围强大的径流注入, 陆域来沙影响范围小, 仅局限于局部滩涂边缘地区。泥沙来源主要由长江及近海水域供给, 这不仅从沉积物颗粒组成的连续性和矿物组成的一致性可以说明²⁾, 而且长江入海泥沙向南扩散输移影响浙东沿海的现象也可从气象卫星图像信息中得到证实。多张卫星图像显示, 长江口、杭州湾及浙东沿海, 常年分布着狭长的浑浊水体条带, 其宽度由北向南逐渐减小, 水体含沙浓度由岸向外逐渐降低。浑水带的宽度受潮流大小及涨、落潮潮情控制。1993 年 5 月 10 日的图像, 正值大潮落急时刻(图



图像 7

像 7), 三门湾口外浑水区扩大拓宽。1992 年 2 月 25 日的图像为小潮高潮前 2 h(见图像 8), 浑浊水体向港湾及海岸内部逼近。

2.5 遥感图像的岸滩冲淤信息分析

三门湾诸港汊顶端都有一个宽广的蓄潮区, 它们的宽度都比主槽大, 加之潮差大, 使得低潮位以上的潮容量相当大, 这样这些港汊及整个三门湾地区都有落潮最大流速大于涨潮最大流速趋势。涨潮能在整个海湾汊道扩散分布, 落潮能相对集中于主槽, 除汊道边滩有部分泥沙落淤, 在港汊主槽和三门湾深槽区都不利泥沙的淤积而维持良好水深。

比较 1976 和 1984 年卫片呈现的三门湾内湾地区潮滩地形(见图 3), 湾内港汊附近的舌状滩淤涨, 港汊减小, 港汊集水面积因此缩小, 这必然导致纳潮量的衰减。由自然状态下潮汐

2) 曹沛奎等, 长江口泥沙扩散与浙江港湾淤积质海岸发育的关系, 1989。

汉道的控制断面面积和水深状况与该断面上游的集水面积及包容的纳潮量——对应的关系可知道,纳潮量的降低不仅破坏了纳潮量与潮汐港汉断面面积之间的自然平衡状态,使港汉断面积随之减少,而且直接影响潮汐港汉落潮的造床冲刷能力,从而对岸滩稳定性产生影响^[15].我们根据航卫片确定三门湾水域的潮汐水道集水面积,通过对1929、1962和1994年不同年份的大潮纳潮量和主槽控制断面面积的统计分析了解到,三门湾顶西部水域1962年以前基本处于自然状态,纳潮量和各港汉断面积处于长期平衡和相互适应,60和70年代是三门湾大规模围涂造田的年代,反映在纳潮面积和纳潮量上,1994年比1962年分别减少15%和22%.湾内堵汉和围垦导致纳潮量的减小,即使外海潮波的条件不变,三门湾口外的地形不变,湾内本身纳潮能力也将减弱,潮流速必定降低,湾内必然淤积,岸滩稳定性必然受其影响.



图像 8

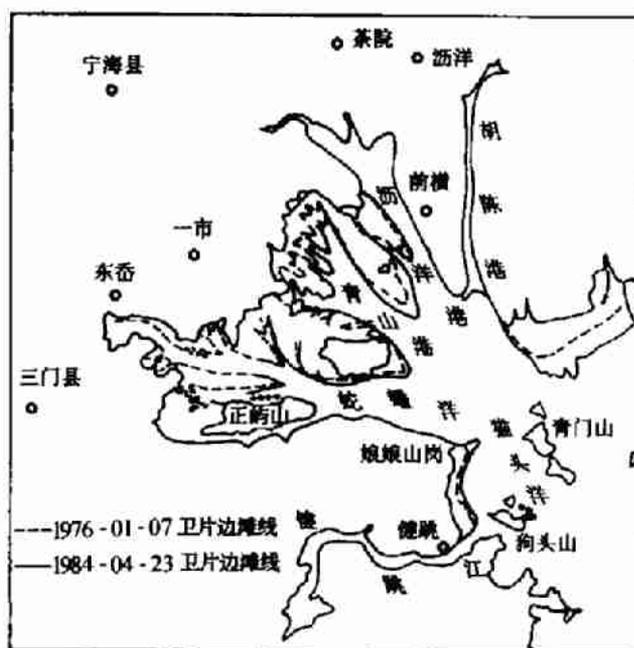


图3 三门湾水域1976~1984年间滩地变化图

3 结论

通过卫星遥感图像反映的三门湾地区水沙因子的空间分布、动态变化和滩地变化特征,并

结合现场观测资料的分析,对三门湾岸滩演变得到的初步结论如下:

3.1 遥感图像显示,湾内水域存在由岬角、岛屿等局部地形和流速不同、位相差异引起的水流和泥沙锋面。锋面的产生对水体的交换产生影响。猫头山嘴是涨、落潮流路的转折点,水流在此辐聚,由此产生的邻近水域强劲的动力条件有利泥沙输移和深槽的稳定。

3.2 泥沙来源不充沛,组成物质较细,锋面的存在一定程度上阻碍了泥沙的交换,所有这些都对岸滩的稳定。在东北一侧的南田湾、大佛岛及下洋涂水域,高浑浊水体经常出现,泥沙再悬浮现象的存在必然对岸滩稳定性产生影响。

3.3 分析图像观测到的滩地的淤涨、结合地形图得到的纳潮量统计表明,该地区大规模的围涂堵港使纳潮面积和纳潮量减少,破坏了原有自然状态的水沙平衡,对岸滩稳定性有消极影响。

研究表明,利用遥感图像对水动力、泥沙场分布特征进行研究,并结合现场观测数据的验证综合分析海岸岸滩稳定性的研究方法是有效和可行的。对锋面的系统观测和深入研究。对泥沙场准确的定量表达等尚有待进一步的工作。

本文在成文过程中,丁平兴和朱慧芳教授提出了宝贵意见,谨致衷心感谢。

参考文献

- 1 Matteson W. Hiland *et al.* Change analysis and spatial information management for coastal environments. *Microstation Manager*, Mar, 1993, 51~58
- 2 Tao Qiang. Change detection using multi-temporal feature space with digital TM data. *ACSM/ASPRS Annual Convention and Exposition Technical Paper*, Vol. 2. New Orleans, 364~373
- 3 Weismiller R A. *et al.* Change detection in coastal zone environments. *Photogrammetric Engineerings and Remote Sensing*, 1977, 43(12): 1 533~1 539
- 4 叶修身. 陆地卫星图像在长江口演变分析中的应用. *泥沙研究*, 1987, 4, 92~99
- 5 恽才兴,蔡孟裔. 利用卫星像片分析长江入海悬浮泥沙扩散问题. *海洋与湖沼*, 1981, 12(5):391~401
- 6 Gumley L E, Moeller C C, Menzel W P. Monitoring of Mississippi Delta coastal geomorphology using high resolution multi-spectral atmospheric mapping sensor (MAMS) data. In: 5th Australian Remote Sensing Conference, 1990, 738~745
- 7 Huh Oscar K, Moeller C C *et al.* Remote sensing of turbid coastal and estuarine waters: a method of multispectral water-type analysis. *Journal of Coastal Research*, 1990, 12(4):984~995
- 8 Moeller C C, Gumley L E *et al.* High resolution depiction of sea surface temperature and suspended sediment concentrations from MAMS data. In: *Proceedings of Fourth Conference on Satellite Meteorology and Oceanography*, 1989, 208~212
- 9 Liedtke J, Robert A, Luternauer J. Practical remote sensing of suspended sediment concentration. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1995, 61(2):167~175
- 10 Baban S M J. Detecting water quality parameters in the Norfolk boards, U. K., using Landsat imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 1993, 14(7):1 247~1 267
- 11 Reddy M A. Remote sensing for mapping of suspended sediment in Krishna Bay estuary, Andhra Pradesh, India. *International Journal of Remote Sensing*, 1993, 14(11):2 215~2 221
- 12 Nanu L, Robertson C. The effect of suspended sediment depth distribution on coastal water spectral reflectance: the oretical simulation. *International Journal of Remote Sensing*, 1990, 14(2):225~239
- 13 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志,第五分册. 北京:海洋出版社,1992, 234~308
- 14 Li Yan, Li Jing, Su Jilian *et al.* Study on fluctuation of plume front and turbidity maximum in the Hangzhou Bay by remote sensing data. *Acta Oceanologica Sinica*, 1992, 12(1):51~62
- 15 高 抒. 东海沿岸潮汐汉道的 P-A 关系. *海洋科学*, 1991, 11(3):1~10

Study of coastal stability in the Sanmen Bay based on the remote sensing data

He Qing,¹ Yun Caixing¹

1. *State Key Laboratory of Estuarine & Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062*

Abstract—An approach combining field data with remote sensing data to study the coastal stability is developed. Problems, such as tide field, sediment movement and distribution and tideland for cultivation are discussed. The results demonstrate that the shore and the beach of the Sanmen Bay are basically steady under the condition of limited cultivation.

Key words Remote sensing, coastal stability, Sanmen Bay