

广东博贺潟湖潮滩的冲淤变化及其动力作用分析

戴志军¹, 韩震², 陈锦辉¹

(1. 华东师范大学 河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062; 2. 上海水产大学 海洋学院, 上海 200090)

摘要: 基于遥感技术, 对反映 17 a 来博贺潟湖的 5 景遥感影像定量反演潮滩水边线, 在此基础上推算潟湖潮滩的沉积与冲刷速率, 同时对引起潮滩变化的动力作用进行探讨, 结果表明博贺潟湖的潮滩以淤展为主, 其中处于开敞地段的潟湖潮滩出现冲刷, 遮蔽岸段的潟湖潮滩淤积, 控制潟湖潮滩变化的主要因子是包括围围潮滩成盐田、虾池以及鱼塘等的人类活动。

关键词: 冲淤变化; 潟湖潮滩; 遥感影像; 动力作用; 广东博贺

中图分类号: P737.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2009)04-0029-05

滩涂有着规模很大的潜在的土地资源, 滩涂围垦为人类提供了广阔的生存空间^[1]。然而, 对于潟湖内滩涂的围垦, 将可能对整个沙坝-潟湖海岸带来一系列灾害性的影响, 如围垦后导致潟湖萎缩, 进而潟湖内的纳潮量将减少, 并危及潮汐通道的稳定, 最终整个沙坝-潟湖海岸将消亡。近百年特别是近期世界上此类海岸因潮滩大量围垦而导致其消亡的数目正在持续增加^[2,3]。此外, 滩涂地处陆海相互作用的前沿地带, 是第二期海岸带陆海相互作用(LOICZ)的重点之一^[4], 从地球系统科学的观点探讨其演化、冲淤稳定对未来海岸的开发具有重要的意义^[4,5]。因此, 作者通过对博贺潟湖内潮滩近十几年的冲淤变化及其原因进行分析, 为有关管理决策部门在实施对此类潮滩围垦时提供有意义的借鉴和实践指导作用。

由于滩涂坡度平缓, 大部分滩涂又位于潮间带, 滩涂的沉积层相对松软, 因此对滩涂面积或高程的现场测量一直是当前难以攻克的课题之一。遥感作为一种高效的信息采集手段, 具有高分辨率、大范围、空间连续性特点, 因而在海岸带潮间带专题制图与监测、潮滩冲淤变化等方面得到迅速的推广^[6~8]。因此, 作者将利用遥感技术提取多时相遥感影像的潮滩信息, 并对潮滩影像进行反演, 以实现对研究区潮滩的冲淤定量分析。

1 区域概况

博贺潟湖为博贺沙坝-潟湖海岸的主要地貌单元。在 NE-SW 构造断裂的影响下, 博贺港东南方的连岛沙坝, 自电白城东面的鸡打港, 经爵山, 把东阁岭、莲头岭等原属沿海岛礁与陆地连起来, 它从东北向西南延伸, 屏障了博贺港, 将沿海低地形成一个

海湾——博贺湾, 其中博贺潟湖即为博贺湾内海水域所及的区域, 包括两个部分: 以博贺镇为界, 其北由横山-博贺大沙坝拦起来的老潟湖, 潟湖中有 3~4 条窄浅的潮沟, 其余为低潮时可以出露的泥质潮坪。博贺镇以南, 是由莲头岭连岛大沙坝从 NE-SW 向拦截大海, 经博贺沙咀和莲头岭沙咀围封形成的博贺港新潟湖^[9,10](图 1)。

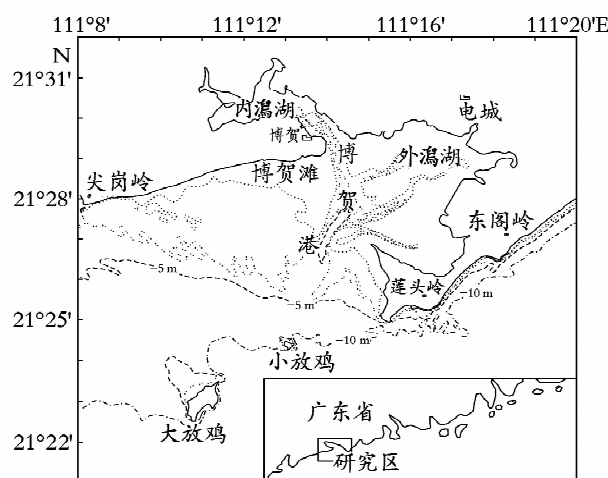


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location of study area

博贺潟湖主要为细颗粒的粉沙质黏土, 潮沟则为黏土质粉沙。研究区为不正规半日混合潮类型, 日不等现象明显, 平均潮差 1.76 m, 实测最大潮差 3.79 m。

收稿日期: 2007-09-30; 修回日期: 2008-06-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40771200)

作者简介: 戴志军(1973-), 男, 湖南邵阳人, 副教授, 博士, 主要从事河口海岸动力地貌、岸滩稳定和海岸带资源遥感等方面的研究, E-mail: zjdai@sklec.ecnu.edu.cn

由 1990 年 3 月在莲头岭外海的测验资料表明,外海涨潮流向西,落潮流则偏东,涨潮平均历时大于落潮平均历时。海区主要以风浪为主,近岸水域常浪向为 SE 向,年平均波高为 0.68 m,年平均周期为 3.4 s,其中夏季在西南风的影响下,波浪以 S、SSW 和 SW 向为主,合计频率为 26.5%^[9,10]。

2 资料收集与研究方法

2.1 资料收集

利用遥感技术进行潮滩冲淤定量反演的影像有严格的要求,这主要包括:不同时相的遥感影像反映的研究区潮情必须相近,如都为涨潮或落潮;不同时相的遥感影像成像时,研究区的潮位必须相近;南海海岸位于亚热带,多云多雨,厚而广的云层可能将研究区屏蔽而不能在影像上反映,因而必须选择无云层遮盖的影像。可见,即使当前已有不同卫星拍摄的影像,如 Spot、TM 以及 ETM 等,但真正可供用于反演的影像相对来说还是较少。因此,经过反复挑选和比较,能合适上述要求和适合研究区、并能利用遥感技术进行潮滩冲淤分析的影像包括 5 景(表 1),时间跨度为 17 a,空间分辨率为 28.5 m。

表 1 多时相遥感影像资料概况

Tab.1 Situation of multi-images

传感器类型	成像日期(年-月-日)	农历	潮情	博贺潮高(cm)
TM	1987-09-10	七月十八日(大潮)	涨潮后 2 h	217
TM	1988-12-17	十一月九日(小潮)	小潮落潮后 3 h	128
TM	1992-11-10	十月十六日(大潮)	大潮涨平	220
TM	1999-11-14	十月七日(小潮)	小潮涨平	112
TM	2004-02-13	一月二十三日(小潮)	小潮落潮后 3 h	113

注:潮情是利用当地的潮位预报变化和卫星成像的当地时刻推算而得

对选择的研究区 5 幅遥感影像和北京坐标体系的当地 2000 年测量的 1:30 000 海图进行几何精校正,然后经过图像增强处理,使其尽可能地突出水陆边界信息,并按不同潮情勾绘出潮滩和水体的边界,对这些边界线之间的位移距离进行量算,得到不同部位不同年份潮滩的水边线变化^[11](表 2)。为进一步求得研究区潮滩的冲淤速率,在此根据不同年份相同高程的水边线位移距离和潮滩坡度进行推求,推求表达式为

$$y = \tan(\theta)x \tag{1}$$

2.2 研究方法

在本研究中,采用水边线高程反演技术对博贺湾的潮滩进行冲刷和淤涨变化的计算。其技术流程如图 2,不同潮位的实测水位为每隔 1 h 测量 1 次,精度到厘米。

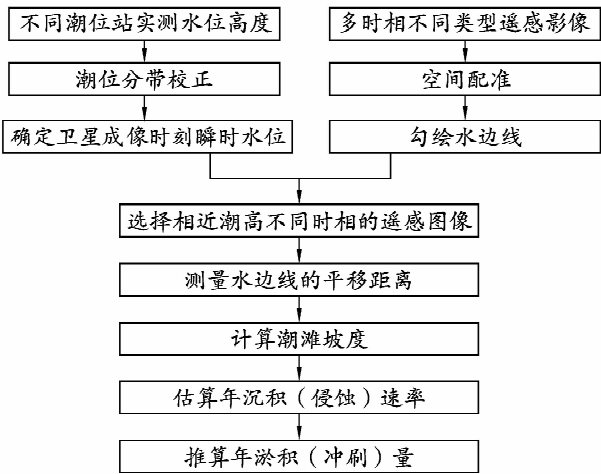


图 2 潮滩冲淤计算流程

Fig. 2 Calculated program for scouring and silting of tidal-flat

式中, y 为年冲淤速率; θ 为潮滩坡度角; x 为水边线年变化率。

3 结果分析和讨论

3.1 潮滩近期冲淤变化的遥感图像分析

根据博贺潮位站和水东潮位站不同卫星成像时刻实测的水位高度,通过潮位分带校正,得到研究区的具体部位卫星成像时刻瞬时水位高度(具体数据见表 1)。为了保证演算精度,在选取遥感信息样本时,像素点误差控制在 0.5 个像元内,供校正的参考

点为公路汇合点、水库、坝位等所在地,水位高程误差原则限定在 20 cm 范围以内^[7,8]。在结合研究区卫星成像时刻潮情和研究区水位高度的基础上,选择了相近潮高的卫星遥感图像的水边线进行对比分析(图 3~图 5)。

由图 3 博贺 1987 年和 1992 年 5 年尺度反映的平均中潮位时,遥感影像反演水边线平移距离对比知:(1) 内瀉湖潮滩中潮位的位置线向瀉湖内转移,潮滩面积可能呈扩大趋势,如内瀉湖西北部不同年份的水边线最大位移距离为 712.5 m,在内瀉湖的南部和北部,1992 年的水边线亦都有不同程度的向瀉湖内移动,平均位移达 200 m,这表明了 1987~1992 年因潮滩扩大、瀉湖淤积而导致内瀉湖处在萎缩状态;内瀉湖自北部向东部过渡的部位,1992 年的水边线居于 1987 年水边线北侧,即该岸段潮滩呈冲刷或侵蚀状态,瀉湖面积有所扩大;(2) 外瀉湖潮中潮位位置线后退,潮滩面积可能呈缩小状态,外瀉湖 1992 年的水边线基本位于 1987 年的水边线外侧,二者之间的水平位移平均约为 120 m。

由图 4 平均低潮位时 1999 年和 2004 年水边线反演位移表明,内瀉湖平均低潮位线向瀉湖内迁移,瀉湖呈缩小状态,其中内瀉湖的西北部水边线迁移最大,达 1 621.7 m;内瀉湖水边线位移类似 1987~1992 年的水边线移动,即瀉湖北部的 2004 年水边线由向瀉湖内移动转而后退并居于 1999 年水边线的外侧,水平平均后退距离超过 150 m。

对跨度为 17 a、处于平均低潮位时,两景影像的潮滩水边线反演分析说明,17 a 期间,内、外瀉湖潮滩平均低潮水边线位移的总趋势是向瀉湖内迁移,并有冲刷后退和淤涨前移交替现象。其中内瀉湖西部水边线迁移达 2 291.7 m,内水边线迁移最小位移也有 200 m,与内瀉湖比较,外瀉湖潮滩低潮水边线迁移位移相对较小,平均迁移不到 300 m。

通过对内、外瀉湖的影像作典型断面以统计两个瀉湖潮滩的平均冲刷和平均侵蚀距离,并进一步利用公式(1)推算潮滩的沉积和侵蚀速率(表 2)表明,博贺潮滩在 5 a 的短时间尺度,冲淤交替、以淤为

主,但从 17 a 的长时间尺度分析说明瀉湖的潮滩水边线位移较大,扣除侵蚀幅度以后的年淤积幅度约 2 cm/a。

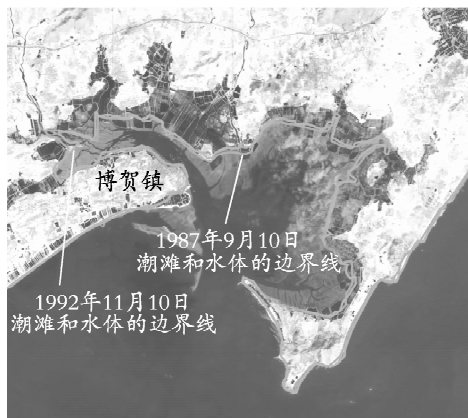


图 3 1987 年 9 月和 1992 年 11 月潮滩和水体的边界线
Fig. 3 Boundary between mud-flat and water in September, 1987 and November, 1992



图 4 1999 年 1 月和 2004 年 2 月潮滩和水体的边界线
Fig. 4 Boundary between mud-flat and water in November, 1999 and February, 2004

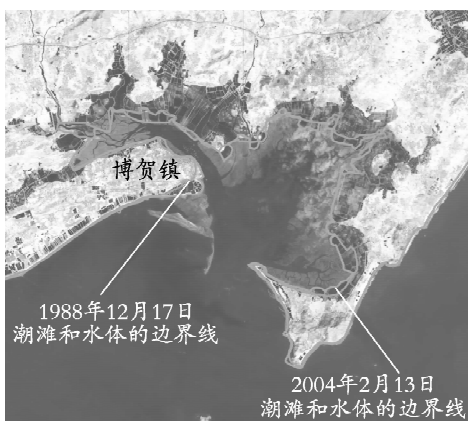


图 5 1988 年 12 月和 2004 年 2 月潮滩和水体的边界线
Fig. 5 Boundary between mud-flat and water in December, 1988 and February, 2004

表 2 博贺潮滩冲淤速率估算表

Tab. 2 Evaluation of rates for scouring and silting of tidal-flat in Bohe

水边线高程 (理论基面) (cm)	年限	水边线平移距离 (m)	年平均冲刷 (淤涨) (m/a)	多年平均冲刷 (淤涨) (m/a)	平均坡度	年侵蚀速率 (淤涨) (m/a)
217~220	1987~1992	-66(+97)	-13.2(+16.2)			
128~113	1988~2004	-145(+681)	-9.1(+42.6)	-10.8(+25.7)	0.001 413	-1.53(+3.68)
112~113	1999~2004	-51(+92)	-10.2(+18.4)			

注：“+”为淤涨、沉积，“-”为冲刷、侵蚀

3.2 博贺潮滩近期冲淤变化的动力作用分析

海岸潟湖潮滩的沉积地貌是岸滩动态过程的综合反映,其岸滩的冲淤变化为一种复杂的物理过程,它包括许多自然因素和人类诱发因素:如研究区域的地质过程和海平面升降;水动力条件;泥沙来源及沉积物变化;滩涂围垦、水产养殖、潮汐通道开挖、港口、码头及防波堤建设、航道疏浚、潮滩及近岸取沙等,因而这也增加了对博贺潟湖潮滩变化原因分析的困难。

从地质演变过程来看,博贺内潟湖目前处于潟湖形成和演变的老年期,外潟湖尚处在形成发育期间,潟湖内存在 3~4 条潮汐汉道^[9]。可见从演变的角度,内潟湖正走向衰亡阶段。基于自然状况下的沙坝—潟湖海岸,常因高能量和高物质输入致使沉积物缓慢充填潟湖而衰亡^[12],这是潟湖衰亡的主要途径。因此,客观上,博贺内潟湖的潮滩水边线向潟湖内位移距离增大并导致潮滩面积扩大、潟湖淤浅是必然的结果。

从水动力条件来看,内潟湖在博贺滩延伸的沙嘴和莲头岭西部延伸沙嘴的遮蔽下,波浪基本对潟湖内潮滩沉积物的悬浮不起作用;就外潟湖而言,西南向的波浪能将泥沙带动并越过湾口以西沙嘴而带进湾内,实地考察偶有水花在潟湖内破碎,可见波浪对外潟湖的泥沙输入和沉积物再悬浮有一定的作用。潮流是塑造潮汐通道、维持潟湖纳潮流的主要动力因子,但在内潟湖受相向沙嘴的遮蔽作用下,内潟湖的平均水深不到 1 m,潮汐汉道-2 m 等深线仅延伸到内潟湖口门处,而外潟湖基本处在开敞的条件下,潮流可自由进出,已发育形成的几条潮汐汉道,-2 m 等深线甚至延伸到外潟湖内的东阁岭西北角,显然,在不同的潮流动力作用下,博贺内潟湖已没有足够的潮流动力塑造、刷深,潟湖内的潮滩因悬沙沉降而淤积延展,尤其对于内潟湖西北侧的潮滩岸段,动力作用极其微弱,水边线前展的位移也最大;而外潟湖则在潮流动力的塑造下,潟湖在某些阶段有所扩大(图 3)。

最后,博贺潟湖受人为作用的活动主要表现为:

潟湖潮滩围垦成农田、盐田以及开挖形成牡蛎、虾养殖区,如内潟湖西北大片水域为牡蛎养殖区,内潟湖北部大片开辟为盐田、虾池,莲头岭内侧则还直接在沙坝上开挖形成鱼塘、虾塘(图 6),对 1987~1992 年内潟湖西北侧圈围成滩的面积初步统计达 40 万 m²。潟湖潮滩圈围的直接影响是潟湖水域缩小,并导致潟湖动力作用的减弱;反过来,动力作用减弱后,泥沙的收支平衡破坏,因涨潮流带入潟湖内的泥沙很难再次被落潮流带出,加之遍及在水域的网箱对落潮流的动力作用存在较大的阻滞,因而致使潮滩淤展;此外,潟湖内中高潮滩的圈围导致潮滩的水沙交换被阻隔,这不仅对潟湖纳潮量的迅速减小有重要的作用,同时也使进入中高潮滩的泥沙难以再次进入潟湖,而潟湖内的泥沙亦进一步在较低位置形成新的滩地,即通常的促淤成陆。因而,在近十几年的圈围过程中,内潟湖因受外界动力作用小,从而是首先被圈围形成盐田、养殖的对象;由于博贺当地的经济的发展,对养殖的需求扩大,圈围逐渐转移到动力作用较强的外潟湖,即尚处在形成阶段的外潟湖亦因大量的圈围活动,水深逐渐由深变浅、潮滩面积由小扩大,潟湖水域亦趋缩小,外潟湖最终也将面临衰亡,可见人类活动作用应是控制潟湖潮滩变化的主要因子。

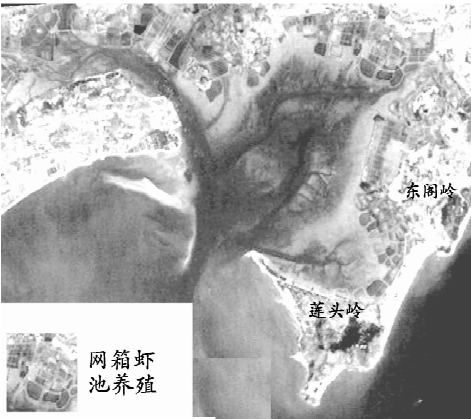


图 6 2004 年 2 月博贺潟湖养殖区分布
Fig. 6 Distribution areas of the cultivation in lagoon of Bohe harbor in February, 2004

4 结论

作者利用遥感技术定量反演博贺潟湖潮滩水边线的变化,并推算潟湖潮滩的沉积速率,同时就引起潟湖潮滩变化的因子进行了分析,主要结论有:博贺潟湖的潮滩以淤积为主,遮蔽岸段的潮滩淤展,开敞岸段的潮滩冲刷,不同岸段存在冲刷与淤积交替的现象,其中内潟湖的潮滩主要呈现淤展趋势,外潟湖潮滩在淤展的总趋势下,存在潟湖潮滩冲刷缩小的状态;控制潟湖潮滩变化的因子主要是波浪、潮流和人类活动,其中人类活动作用是潟湖潮滩向潟湖内迁移、导致潟湖萎缩的主要因子;因人为作用导致潮滩淤展、潟湖变浅甚至衰亡的例子不仅仅出现在广东博贺,在中国其他沙坝-潟湖海岸也是一种普遍性的现象,理应引起中国广大科研工作者的重视和加深对此类海岸研究的必要性。

参考文献:

[1] 陈吉余. 开发浅海滩涂资源, 拓展我国的生存空间 [J]. 中国工程科学, 2000, 2(3): 27-31.

[2] 高抒. 潮汐汊道开发中的水环境问题 [J]. 水资源保护, 2002, 3: 18-21.

[3] Davis R A. Barrier island stratigraphy and Holocene history of west-central Florida [J]. *Marine Geology*, 2003, 200: 103-123.

[4] 王爱军, 高抒. 江苏王港海岸湿地的围垦现状及湿地资源可持续利用 [J]. 自然资源学报, 2005, 20(6): 822-829.

[5] LOICZ IPO. Science Plan and Implementation Strategy [R]. Sweden: IGBP Secetariat, 2005, 60.

[6] Donoghue D N M, Thomas D C R, Zong Y. Mapping and monitoring the intertidal zone of the east coast of England using remote-sensing techniques and a coastal monitoring GIS [J]. *Marine Technology Society Journal*, 1994, 28(2): 19-29.

[7] 韩震, 恽才兴. 伶仃洋大铲湾潮滩冲淤遥感反演研究 [J]. 海洋学报, 2003, 25(5): 58-64.

[8] 韩震, 恽才兴, 蒋雪中, 等. 温州地区淤泥质潮滩冲淤遥感反演研究 [J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(6): 31-35.

[9] 罗章仁, 杨干然, 应秩甫, 等. 华南港湾 [M]. 中山大学出版社, 1992. 1-39.

[10] 杨干然, 李春初, 罗章仁, 等. 海岸动力地貌学研究及其在华南港口建设中的应用 [M]. 中山大学出版社, 1995. 1-313.

[11] 戴志军, 恽才兴, 韩震, 等. 卫星遥感与数字化地形信息复合在港口选址中的应用 [J]. 海洋工程, 2006, 1: 115-121.

[12] Beets D J, Roep T B, Westerhoff W E. The Holocene Bergen inlet, closing history and relate barrier progradation [J]. *Mededeingen Rijks Geologische Dienst*, 1996, 57: 97-131.

Analysis on scouring and silting of tidal-flat change and its dynamic action, Bohe, Guangdong

DAI Zhi-jun¹, HAN Zhen², CHEN Jin-hui¹

(1. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. Ocean College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Received: Sep. , 30, 2007

Key words: change of scouring and silting; lagoon tidal-flat; remote image; dynamic action; bohe in Guangdong province

Abstract: Based on the remote technique and 5 remote images, waterline of qualitative reversion during the 17 years' time span was obtained and the rate of scouring and silting of lagoon tidal-flat was also further calculated. Moreover, the dynamic actions resulted in the changes of tidal-flat in the present paper were discussed. The results showed that the main trends of the changes of tidal-flat existed were silting spreads, where the open segment occurred by scouring and the shadow zone occurred by silting. It is a key factor for human activity to control the changes of tidal flat, which showed that the mud-flat turned into salt soils, shrimp pools and fish reservoirs, etc.

(本文编辑: 谭雪静)