

韩志远, 谢华亮, 李怀远, 等. 湛江湾口外落潮三角洲演变特征[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(1): 45-50.

湛江湾口外落潮三角洲演变特征

韩志远, 谢华亮, 李怀远, 谢琳

(交通运输部天津水运工程科学研究所, 港口水工建筑技术国家工程实验室, 工程泥沙交通行业重点实验室, 天津 300456)

摘要: 基于湛江湾口外海图地形资料, 采用 GIS 与动力地貌分析的方法, 研究了近 50 年来湛江湾口外落潮三角洲的冲淤变化特征, 对湛江湾口外落潮三角洲的演变机制进行了探讨。湛江湾口外落潮三角洲体系包括口外东北浅滩、西南边滩及口门通道深槽。近 50 年来, 东北浅滩东缘及滩顶出现了侵蚀后退, 浅滩西缘和南缘呈淤积趋势, 东北浅滩整体有西移南扩趋势; 西南边滩有不同程度的侵蚀后退; 口门通道深槽有所淤积。湛江湾口外落潮三角洲侵蚀与沿岸泥沙供给不足及人类活动影响有关, 口门通道深槽淤积除与落潮三角洲侵蚀泥沙向西搬运有关外, 还可能与湛江湾内围垦导致口门通道潮汐动力减弱有关。航道北侧东北浅滩变化对航道回淤的可能影响值得关注。

关键词: 落潮三角洲; 演变机制; 潮汐通道; 湛江湾

中图分类号: P753; TV148

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2020.010

0 引言

潮汐通道(又称潮汐汉道)地貌系统作为一种重要的海岸类型, 在我国及世界都有广泛分布, 占世界海岸线长度的 12% 以上^[1-3]。潮汐通道地貌系统由纳潮水域、口门深槽及口门内外侧的涨潮三角洲和落潮三角洲构成。潮汐通道系统口门及纳潮水域通常发育水深及掩护条件良好的深槽水道, 在港口航道开发、海产养殖、生态环境保护等方面具有重要的经济价值。潮汐通道口外落潮三角洲是由潮流动力和波浪动力共同作用形成的堆积体, 也是口门深槽和北海之间的拦门浅滩, 其发育演变受水动力条件、泥沙来源、人类活动等影响, 因此, 研究其地貌演变、水沙运移等对航道整治、生态环境保护等具有重要的意义^[4-6]。

湛江湾位于广东省的西南部雷州半岛东侧(图 1), 是全新世中期在遂溪河谷的基础上经海侵发育起来的潮汐汉道型溺谷海湾^[7-8], 湾内深槽水深条件良好, 为华南地区重要的深水良港^[9]。湛江湾主要通

过南三岛和东海岛东部之间口门通道与外海沟通, 口门通道外侧发育较大规模的落潮三角洲, 成为制约湛江港深水航道开发的主要制约因素之一^[10]。因此, 正确认识湛江湾外落潮三角洲的近期冲淤动态及演变机制, 对拦门沙治理和深水航道开发具有重要意义。本文依托近期湛江湾外海图地形资料, 利用 GIS 和动力地貌分析的方法, 对湛江湾口外落潮三角洲的地貌演变特征进行了研究, 并对拦门沙演变机理进行了探讨, 可为拦门沙治理和深水航道开发建设提供科学依据。

1 研究区域概况

湛江湾口外落潮三角洲地貌体系由潮汐通道口门深槽、边缘沙坝(角外沙和崩塘沙)、东北浅滩(包括东心滩)和西南边滩组合构成(图 1)。湛江湾口门通道位于南三岛与东海岛之间, 最窄处宽约 2.2 km, 最大水深超过 30 m, 口门通道出口门后深槽继续向海延伸, 深槽走向由 ESE 向逐渐偏转为 SE 向, 水深则逐渐减至 7 m 左右。湛江湾口门深槽水道南北两侧靠岸部分有边缘沙坝, 主要由角外沙和崩塘沙构成。东北浅滩从南三岛东南角沿 SSE 方向延伸约 14 km, 水深介于 2~7 m, 内外侧有若干横向支叉水道切入。东心滩原与东北浅滩相连, 因航道开发而分开。西南边滩为口门深槽水道南

收稿日期: 2020-02-06

资助项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0402602); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(TKS20200409)

作者简介: 韩志远(1984—), 男, 硕士, 副研究员, 主要从事河口海岸动力地貌及工程泥沙方面的研究工作. E-mail: hzy0616@qq.com

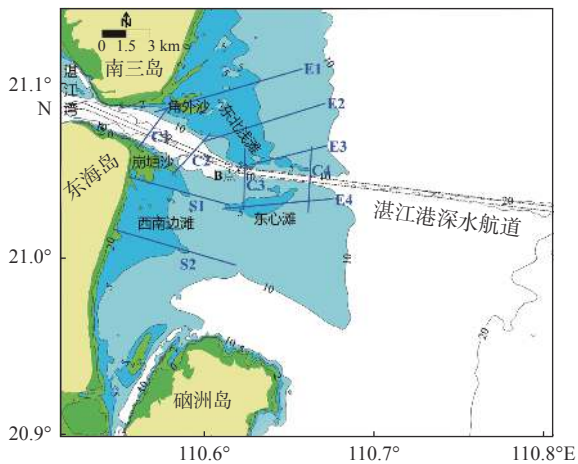


图1 研究区域示意图

Fig.1 A sketch map of study area

侧水深 $<5\text{ m}$ 的近岸浅滩。口门深槽延伸段和东北浅滩的走向反映了落潮三角洲整体向南偏转。湛江港深水航道出湛江湾口后,在东北浅滩和东心滩之间的B点折向ESE方向,目前航道等级为30万吨级单向航道,设计底宽310 m,设计水深为21.6 m(理论最低潮面)。

研究海域的常浪向为ENE向和SE向,出现频率分别为24.2%和20.9%;强浪向为E-SE向,其次为NNE-ENE向, $H_{1/10}$ 波高 $>2.0\text{ m}$ 的频率仅占3.9%^[10]。研究海域的潮汐为不规则半日潮型,多年平均潮差约为1.7 m,最大潮差约为3.9 m,属弱潮海岸。研究海域潮流为正规半日潮流,涨潮时主流向由湾外指向湾口,落潮时则相反,实测最大潮流可达1.1 m/s,口门深槽东部落潮流速略大于涨潮流速,深槽两侧边滩涨潮流速略大于落潮流速。湛江湾外水体含沙量较低,实测含沙量多 $<0.1\text{ kg/m}^3$ ^[11]。湛江湾湾口深槽及周边浅滩底质以中粗砂和粗砂为主,其中值粒径多 $>0.2\text{ mm}$;浅滩外缘底质则以中细砂和细砂为主,其中值粒径多介于 $0.05\sim 0.2\text{ mm}$;航槽及外海深水区则分布着中值粒径 $<0.02\text{ mm}$ 的细颗粒泥沙。本区最大入海河流为东北侧20 km的鉴江,多年平均输沙量为197万t,河口堆积泥沙可随偏北向波浪南下影响湛江湾口水域;20世纪70年代实施塘尾分洪后,分洪入海口位于湛江湾口东北侧39 km,占鉴江年入海沙量的69%^[10],因此,鉴江河口南下泥沙对湛江湾口的影响明显减小。

2 湛江湾外落潮三角洲演变特征

为分析湛江湾外落潮三角洲的演变特征,收集了1969、1986、2002和2015年海图,采用GIS软

件对各个海图进行数字化并统一坐标系及基面,然后用GIS软件提取不同年份等深线,绘制出了2、5、10、20 m等深线变化图(图2)。同时,在东北浅滩、西南边滩、口门通道深槽的不同部位布设了10个地形断面(断面位置见图1),然后提取各个断面的水深数据,绘制断面水深对比图(图3)。

2.1 东北浅滩的变化

东北浅滩2 m等深线(图2A)在南三岛南侧和东侧贴岸分布,向南三岛东南方向突出,并在深水航道北侧有零星分布。南三岛南侧和东侧2 m等深线多年来变化不大。南三岛东南侧角外沙2 m等深线不同年代形态差异较大,总体有向南淤涨趋势。

东北浅滩东缘5 m等深线(图2B)于1969—2002年期间总体呈侵蚀后退趋势,后退距离多介于 $0.3\sim 1\text{ km}$;2002—2015年期间有小幅淤积外移,外移距离为 $0.1\sim 0.2\text{ km}$ 。东北浅滩西缘5 m等深线在角外沙及航道B点附近于1969—2015年期间有淤积南移趋势,其他部位则冲淤相间、变化不大。

东心滩北缘和南缘5 m等深线(图2B)于1969—2002年期间总体呈南移趋势,南移距离为 $0.2\sim 0.7\text{ km}$;2002—2015年期间则变化不大。东心滩东缘5 m等深线在1969—2015年期间总体呈向西移动趋势,向西最大移动距离达1 km。总的来看,东心滩总体呈南移西扩的变化趋势。

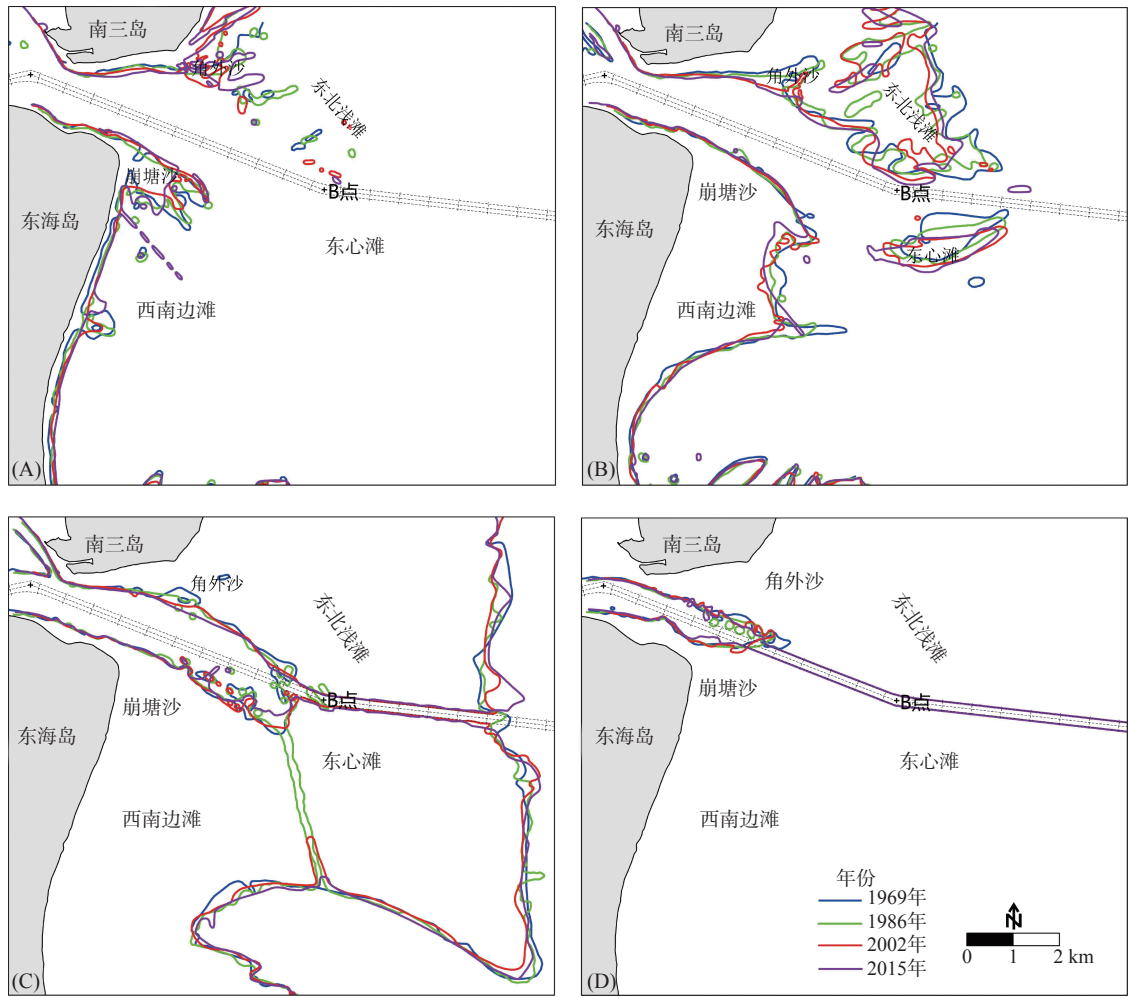
结合东北浅滩断面地形对比可以看出(图3,断面E1—E3),1969—2015年期间东北浅滩东缘及滩顶有冲刷后退趋势,浅滩西缘有淤积西移趋势,浅滩南部东心滩(图3,断面E4)则有显著南移西扩趋势。

2.2 西南边滩的变化

西南边滩2 m等深线(图2A)除崩塘沙附近向海突出外,其他部分多沿东海岛近岸分布。1969—2015年期间,2 m等深线仅在崩塘沙附近有不同程度的冲淤变化,其他岸段总体变化不大。

西南边滩北缘和南缘5 m等深线(图2B)在1969—2015年期间的位置和形状变化不大,保持基本稳定状态;东缘5 m等深线在1969—2002年期间总体侵蚀后退,后退距离为 $0.2\sim 2\text{ km}$,西南角的线状沙咀消失;2002—2015年期间北段5 m等深线继续后退,后退距离为 $0.2\sim 0.5\text{ km}$,南段5 m等深线有小幅淤积外移,外移幅度为 $0.2\sim 0.3\text{ km}$ 。

结合西南边滩断面地形对比可知(图3,断面S1—S2),西南边滩总体呈侵蚀后退趋势,不同部位



(A) 2 m 等深线; (B) 5 m 等深线; (C) 10 m 等深线; (D) 20 m 等深线

图 2 湛江湾外等深线变化

Fig.2 Contour line map outside Zhanjiang Bay

的侵蚀程度有所差异。

2.3 落潮三角洲外缘变化

航道北侧 10 m 等深线(图 2C)于 1969—2002 年期间总体呈北冲南淤的变化特点,最大进退距离约为 0.5 km;于 2002—2015 年期间略有淤积外移,外移距离为 0.1~0.2 km。航道南侧和东心滩南侧 10 m 等深线在 1969—2015 年期间除局部有小幅冲淤变化外,总体保持基本稳定。西南边滩南部 10 m 等深线在 1969—2015 年期间有小幅淤积外移趋势,外移距离为 0.2~0.4 km。总的来看,落潮三角外缘 10 m 等深线除在航道北侧有局部较大冲淤变化外,整体基本保持稳定。

2.4 口门深槽的变化

1969—2015 年期间,口门深槽北侧 10 m 等深

线(见图 2C)有小幅淤积南移,南移距离为 0.1~0.3 km;深槽南侧 10 m 等深线总体变化不大;深槽南北两侧 20 m 等深线(图 2D)总体变化也不大。

由深槽断面地形对比可以看出(图 3,断面 C1—C4): 1969—1986 年,口门深槽(断面 C1—C2)底部具有淤浅缩窄的变化趋势,深槽北边坡也具有淤积外移趋势,而南边坡地形变化不大; 1969—2015 年,口门深槽底部有增深趋势,深槽北边坡 8 m 水深以上有淤积外移趋势,8 m 水深以下及南边坡变化不大。口门深槽水道以东航道(断面 C3—C4),随着航道开发而航槽水深不断增大,航槽南侧边坡上段变化不大,北侧边坡上段则有淤积趋势。

总的来看,口门深槽在 1969—1986 年期间呈现萎缩趋势,1986 年后深槽底部有所加深,但北边坡上段仍有淤积趋势,口门深槽缩窄与北边坡淤积西移的趋势一致。

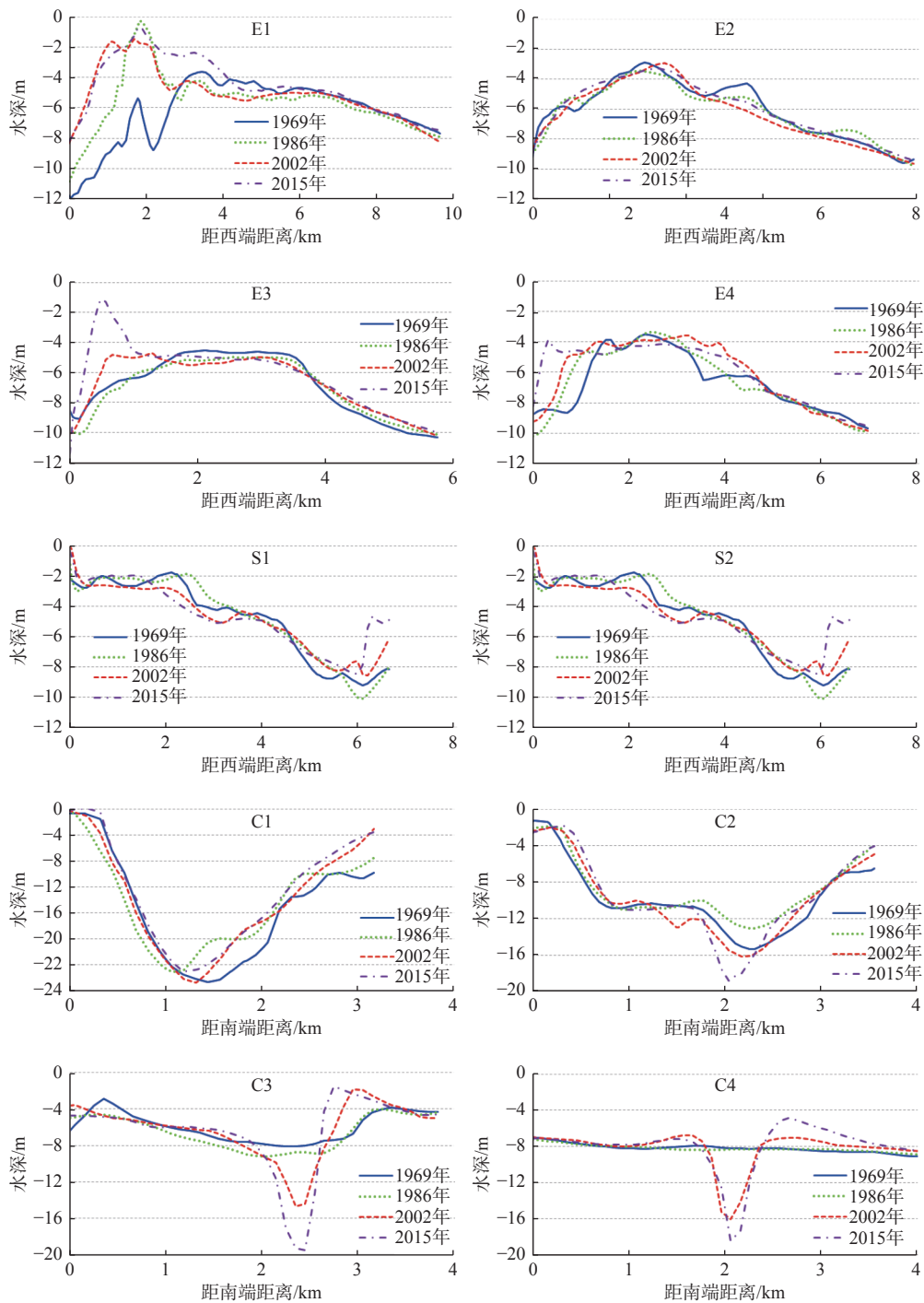


图3 湛江湾外断面水深对比

Fig.3 Depth comparison of cross-sections outside Zhanjiang Bay

3 讨论

3.1 水沙环境变化的影响

潮汐通道地貌体系中落潮三角洲的发育需要较强的潮流动力和足够的粗颗粒泥沙来源,潮流输

运和外坝转运是落潮三角洲泥沙运输的主要形式^[5]。湛江湾为华南海岸最大的潮汐汉道型溺谷海湾,湾内纳潮量巨大,口门通道涨、落潮水流强劲,有利于口门深槽水深的维持及落潮三角洲的发育;海平面上升时由南海北部大陆架向近岸搬运的粗颗粒泥沙、鉴江河口来沙及深槽侵蚀泥沙则为落潮三角洲的发育提供了较丰富的沙源^[4-5, 12],这些泥沙经潮

流动力和波浪动力长期改造后形成如今的地貌形态。

近几十年来, 随着华南沿岸各个主要河流上游闸坝的建设, 河流的入海沙量都有大幅减少趋势, 因此, 沿岸砂质海岸多呈缓慢侵蚀状态^[13]。就湛江湾海域而言, 目前湛江湾内外的河流来沙和深槽侵蚀供沙都较有限, 南三岛及东海岛海岸侵蚀供沙及沿岸泥沙输移量也不大, 因此, 口外落潮三角洲滩面泥沙在波浪和潮流作用下就地起运搬运的泥沙对其地貌演变具有重要的影响。由于口外落潮三角洲滩顶及浅滩外缘近几十年来都存在不同的侵蚀后退, 近年来该海域的沿岸泥沙供给不足导致落潮三角洲滩顶及外缘泥沙随波流向南或向西搬运后缺乏足够的补充, 因此, 落潮三角洲滩顶及外缘泥沙呈侵蚀状态。

3.2 人类活动的影响

潮汐通道地貌系统的稳定受湾内纳潮量(Q)和湾外沿岸总输沙率(M)的关系控制, 据 BRUUN^[14]提出的潮汐通道稳定性判据(Q/M), 湛江湾有巨大的纳潮量和相对不大的沿岸总输沙率, 其比值为 100, 这种潮汐通道具有极高的总体稳定性^[8], 这也是落潮三角洲地貌结构稳定的动力泥沙条件。近年来, 随着 socioeconomic 发展, 围海造地、航道建设和海砂开采等人类活动对潮汐通道及落潮三角洲地貌演变的影响是值得关注的课题。

随着湛江湾内港口建设、石化基地、钢铁基地等围垦工程的实施, 湛江湾内纳潮水域和纳潮容积大幅减少, 仅 2003—2015 年期间湾内纳潮面积和纳潮容积就分别减小了 3.2% 和 3.4%^[15]。湛江湾内纳潮面积和纳潮容积减小后, 势必减小湾内纳潮量和减弱口门通道的潮流动力, 口门通道的潮流转运泥沙的能力也将随之减弱, 使得随涨潮流和波浪作用进入深槽的部分泥沙沉积在深槽边坡和槽底, 导致口门通道深槽呈现淤积趋势。近年来湛江湾口门深槽出现的淤积趋势, 应与湾内围垦减弱、纳潮量减小、口门通道的潮汐动力减弱有关。

湛江港深水航道横穿东北浅滩后形成了新的潮流通道, 这一方面会拦截自北向南的外坝转运的泥沙, 导致航道南侧浅滩泥沙供给减少出现侵蚀, 另一方面也会减弱东心滩和西南边滩之间深槽的潮流动力而导致其出现淤积。近期东心滩不断南移西扩应与此有一定关系。另外, 口门深槽水道内航道的维护疏浚也会减缓深槽的淤积趋势, 这有利

于维护深槽稳定。

湛江湾口外落潮三角洲的砂质沉积物是宝贵的海砂矿产资源, 随着 socioeconomic 发展, 这里的海砂资源也将面临被开采。2019 年 5 月广东省自然资源厅发布了在东心滩及其南侧浅滩 2 个区块的海砂采矿权的公告^[16], 2 个采砂区面积约 2.2 km², 拟开采海砂资源约 2 000 万 m³。海砂开采将会加剧落潮三角洲的泥沙流失, 采砂坑形成后也将改变局部水动力条件, 在目前海域泥沙来源偏少、海岸局部侵蚀后退的背景下, 其对落潮三角洲地貌演变的影响值得关注。

3.3 落潮三角洲演变对航道回淤的影响

湛江港深水航道自 2000 年开通以来, 历经不断拓宽加深, 现状为 30 万吨级单向航道, 目前正在进行双向航道拓宽工程。现状航道回淤最重的区段位于航道 B 点附近, 口门深槽内航道基本不淤^[11]。口门深槽水域落潮流强劲、泥沙不易落淤, 因此, 口门深槽段航道回淤较小。湛江港航道 B 点附近东北浅滩的滩顶及外缘都有不同程度的侵蚀, 侵蚀的泥沙在外坝搬运过程中会进入航道内造成淤积, 而航道 B 点附近回淤物质为砂质沉积物, 与航槽两侧边滩差异不大, 这也说明两侧浅滩的泥沙随波流作用进入航道是航道 B 点附近区段的回淤相对较大的主要原因。目前航道 B 点北侧浅滩有淤积南移趋势, 其对航道回淤的影响不容忽视。

4 结论

根据湛江湾口外落潮三角洲演变特征进行研究, 得到主要结论如下:

(1) 近 50 年来, 湛江湾口外落潮三角洲东北浅滩和西南边滩均出现了不同程度的侵蚀后退, 其中东北浅滩东缘及滩顶均出现了侵蚀后退, 浅滩西缘和南缘呈淤积趋势, 整体有西移南扩趋势; 口门通道深槽有所淤积。

(2) 湛江湾口外落潮三角洲侵蚀, 应与沿岸泥沙供给不足及人类活动影响有关。

(3) 口门通道深槽淤积除与落潮三角洲侵蚀泥沙向西搬运有关外, 还可能与湛江湾内围垦导致口门通道潮汐动力减弱有关。

(4) 湛江港深水航道维护有利于深槽稳定, 需关注航道北侧东北浅滩变化对航道回淤的可能影响。

参考文献:

- [1] HAYES M O. General morphology and sediment patterns in tidal inlets[J]. *Sedimentary Geology*, 1980, 26(1/3): 139-156.
- [2] 张乔民, 郑德延. 潮汐汊道沉积动力与现代地貌过程国内外研究进展[J]. *海洋通报*, 1992, 11(1): 84-92.
- [3] 张忍顺. 中国潮汐汊道研究的进展[J]. *地球科学进展*, 1994, 9(4): 45-49.
- [4] 李春初, 罗宪林, 张镇元, 等. 粤西水东沙坝泻湖海岸体系的形成演化[J]. *科学通报*, 1986, 31(20): 1597-1582.
- [5] 李春初. 华南港湾海岸的地貌特征[J]. *地理学报*, 1986, 41(4): 311-320.
- [6] 张忍顺, 李坤平. 黄渤海沿岸海湾—溺谷型潮汐汊道的地貌结构[J]. *黄渤海海洋*, 1994, 12(4): 1-10.
- [7] 李春初. 一种假说: 湛江港(湾)成因问题之思考[J]. *热带地理*, 2013, 33(5): 636-639.
- [8] 张乔民, 郑德延, 李绍宁, 等. 湛江港潮汐汊道落潮三角洲沉积动力过程[J]. *地理学报*, 1995, 62(5): 421-429.
- [9] 赵冲久. 湛江湾水文泥沙特性分析[J]. *水道港口*, 1999, 20(4): 16-21.
- [10] 蔡嘉熙, 陈炳安, 李孟国. 湛江港深水航道开发的淤积问题[J]. *水道港口*, 1994, 15(1): 15-21.
- [11] 李文丹, 张娜, 谢华亮, 等. 湛江港30万吨级航道改扩建工程B点附近泥沙数学模型试验研究报告[R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2018.
- [12] 黄玉昆, 夏法, 黄导繁, 等. 南海北部沿岸全新世海面变动与近代地壳运动[J]. *海洋学报(中文版)*, 1982, 4(6): 713-723.
- [13] 王文介. 华南入海河流泥沙及其对海岸和陆架的影响初探[J]. *泥沙研究*, 1986(4): 27-36.
- [14] BRUUN P. *Stability of Tidal Inlets: Theory and Engineering* [M]. Amsterdam: Elsevier, 1978.
- [15] 张志飞, 诸裕良, 何杰. 多年围填海工程对湛江湾水动力环境的影响[J]. *水利水运工程学报*, 2016(3): 96-104.
- [16] 广东省自然资源厅挂牌出让海砂开采海域使用权采矿权预告[EB/OL]. [2019-5-8]. http://nr.gd.gov.cn/zwgknew/zdlyxxgk/kcqs/kyqs/content/post_2782839.html.

EVOLUTION OF THE EBB-TIDAL DELTA IN ZHANJIANG BAY TIDAL INLET

HAN Zhiyuan, XIE Hualiang, LI Huaiyuan, XIE Lin

(Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, National Engineering Laboratory for Port Hydraulic Construction Technology, Key Laboratory of Engineering Sediment, Ministry of Transport, Tianjin 300456, China)

Abstract: Based on the bathymetric and hydrological data collected, this paper deals with the seabed erosional and depositional patterns of the ebb-tidal delta in the tidal inlet of Zhanjiang Bay as well as the evolutionary mechanisms of the ebb-tidal delta for the past 50 years. The ebb-tidal delta consists of three components, i.e. the northeast shoal, the southwest shallow, and the deep trough outside the inlet. In the past 50 years, the east edge and the top of the northeast shoal have experienced the process of erosion, while the west and south edge of the shoal remained in siltation. The shoal thus moved westward and expanded southward as a whole; The southwest shoal has been slightly eroded as the deep trough outside the inlet suffered a slight siltation. The evolutionary characteristics of the ebb-tidal delta is influenced by insufficient sediment supply along the coast and human activities nearby, and the silting in the deep trough may be related to the weakening of the tidal dynamics in the tidal inlet caused by reclamation of Zhanjiang Bay; The shallow shoal on north side of the navigating channel has been expanding southward gradually and its impact on back siltation of the channel must be considered.

Key words: ebb-tidal delta; evolution characteristics; tidal inlet; Zhanjiang Bay