

文章编号:1002-3682(2016)04-0010-09

东海岛东北部砂质岸滩年度冲淤变化 及沉积物运移分析^{*}

李天光^{1,2,3}, 高 伟^{1,2,3*}, 周庆杰^{1,2,3}, 杨庆乐^{1,2,3}, 杨奇铮^{1,2,3},
张彤辉⁴, 瞿洪宝^{1,2,3}

(1. 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室, 山东 青岛, 266061; 2. 国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛, 266061; 3. 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋地质过程与环境功能实验室, 山东 青岛, 266061; 4. 广东省海洋与渔业环境监测中心, 广东 广州, 510222)

摘 要:东海岛是全国第五大岛, 其东部长达 28 km 的海滩是“中国第一长滩”。近年来因海平面上升和人类开发, 该海滩局部出现较为严重的海岸侵蚀。基于高精度 GPS 监测结果及表层沉积物粒度测试结果, 使用 GSTA 趋势分析模型, 研究了东海岛东北部砂质岸滩的季节性冲淤变化及沉积物运移趋势, 探讨了海岸侵蚀机制。结果表明, 研究区岸滩沉积物的运移主要受潮流的控制, 以沿岸向北运移为主。研究区南部岸滩紧邻低滩灯塔形成的波影区, 沉积物供应较少, 岸滩以侵蚀为主; 研究区北部沿岸流搬运的沉积物能从南侧得到补给, 加之向岸运移的沉积物, 岸滩多处于淤积状态。

关键词:东海岛; 冲淤; 沉积物运移

中图分类号: P736

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1002-3682.2016.04.002

我国砂质海岸分布范围较广, 沿海各省市均有砂质海岸分布, 但是随着人类对海岸带的无序开发, 砂质海岸正遭受缓慢持续的破坏, 我国 70% 左右的砂质海岸遭受侵蚀^[1-2]。我们以东海岛砂质海岸的侵蚀研究为基础, 研究了东海岛东北部砂质岸滩的季节性冲淤变化及沉积物运移趋势, 探讨了海岸侵蚀机制。

东海岛是中国“第五大岛”, 位于雷州半岛东部, 总面积约 248.85 km², 是我国与印度洋、太平洋沿岸国家和欧洲海陆的重要交汇点。其岸线总长约 140 km, 发育有粉砂淤泥质、砂质、生物及人工岸线等多种岸线类型。海岛东侧砂质海岸发育, 长约 28 km, 宽 150~300 m, 是仅次于澳大利亚黄金海岸的世界第二长滩, 是湛江新八景之一。近年来, 东海岛东北部砂质岸线遭受较为严重的侵蚀, 岸线后退, 海岸沙丘呈陡崖, 防风林倒伏。有关学者已对该区域的地质地貌及潮流场进行深入研究^[3-7], 但少有学者从海岸侵蚀的角度

^{*} 收稿日期: 2015-09-17

资助项目:国家自然科学基金委员会-山东省人民政府联合资助海洋科学研究中心项目——海洋地质过程与环境(U1606401); 海洋公益性行业科研专项——我国典型海岛地质灾害监测与预警示范研究(201005010);

作者简介:李天光(1990-), 男, 硕士研究生, 主要从事海洋地球物理及海洋地质方面研究. E-mail: tianguang-li@163.com

通讯作者:高 伟(1983-), 男, 副研究员, 主要从事海洋地质与灾害地质方面研究. E-mail: gaoweigeo@fio.org.cn

(陈 靖 编辑)

研究其海滩沉积物的运移。本文将东海岛东北侧砂质海岸作为研究对象,布置监测剖面并对海滩砂进行采样和粒度测试,研究岸滩的冲淤变化,分析沉积物的运移趋势,以期为湛江港深水航道的保障和东海岛万米长滩的保护开发提供科学依据^[8]。

1 区域概况

东海岛地处广东省西南部的雷州半岛东部,位于($20^{\circ}54' \sim 21^{\circ}08' \text{N}$, $110^{\circ}09'11'' \sim 110^{\circ}33'22'' \text{E}$),其东出太平洋,南下东南亚,西倚大西南,是我国与印度洋、太平洋沿岸国家和欧洲海陆的重要交汇点,是中国大西南金三角经济区的进出口咽喉。

东海岛岸线平直,东侧发育有大型海岸风成沙地和海滩,图 1 为湛江湾口门潮汐地貌体系示意图,本文选取落潮三角洲的西南边滩为研究区,该区沙滩长约几千米,滩面最大宽度约 200 m,坡度较平缓,主要为砂质海滩,基本无砾石。海滩顶部远海方向发育有风成沙丘,高约 5~8 m,该区南侧低滩近海处有人工修建的灯塔,受常年海岸侵蚀影响其基座已严重损坏。此外,研究区附近海域潮汐为不正规半日潮,由于湛江港口门地形因素的制约,涨潮历时大于落潮历时,在该区涨潮流近 NW 向,落潮流近 SE 向。

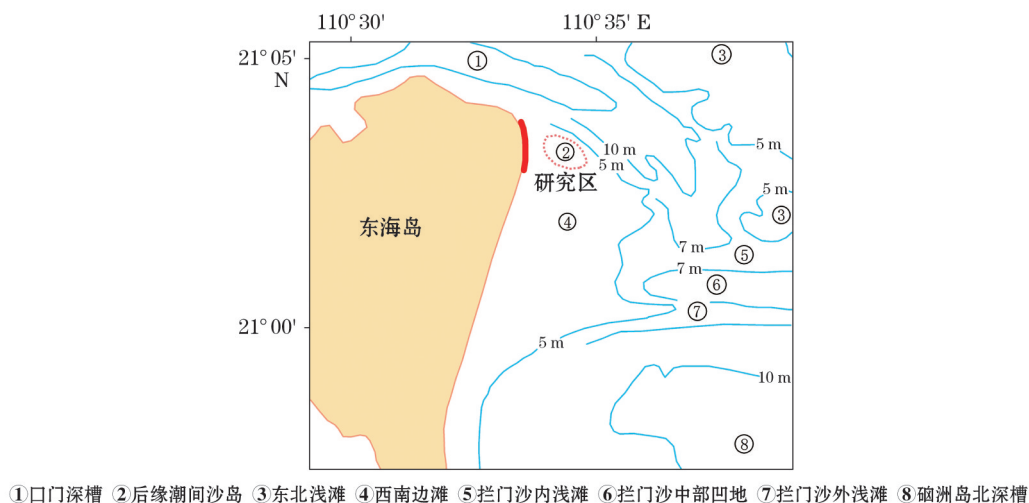


图 1 湛江湾口门潮汐地貌体系

Fig. 1 The tidal geomorphological system at the entrance of the Zhanjiang Bay

2 方法与样品

研究区域内共布设 6 条监测剖面(图 2),监测剖面自高滩沙丘底部垂直于海岸线延伸至低潮时水边线处,长约 80~150 m。基于 GPS-RTK 技术和载波相位动态实时差分技术,分别于 2013-01,2013-07,2013-12 月初低潮时,沿剖面每隔一定距离进行定点测量滩面高程,精度可达到厘米级。在剖面 P1,P3 和 P5 的高滩、中滩和低滩处自海向陆分别安置了 3 个监测桩,依次编号 1,2 和 3 号,对监测桩的高度及 1 号监测桩到高滩沙丘底部的距离进行定期测量,用以验证 GPS 定位数据。

每年夏季(7 月)和冬季(12 月)分别在 6 条监测剖面的高滩、中滩、低滩附近取其表层厚约 2 cm 砂样,每个部位取样 2~3 个,共取样 64 个。所有样品在湛江市海洋与渔业环

境监测站粒度实验室进行测试。测试方法为筛析法:1)取样 200 g 左右,经蒸馏水洗盐后置于 105 °C 恒温箱 3 h 以上;2)置于干燥器中冷却后在感量为 0.001 g 的天平上称量总重;3)之后使用孔隙间隔 1Φ 的标准粒度筛由粗至细振筛 15 min;4)将各粒级样品分别称重,求出其质量分数。

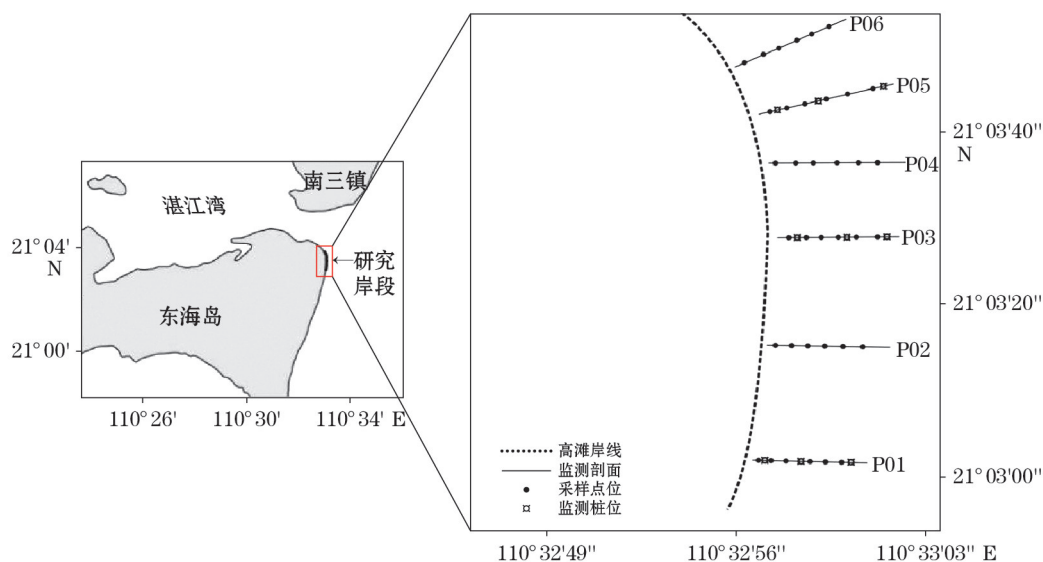


图2 监测剖面布设及监测桩分布

Fig. 2 The monitoring profile layout and the monitoring pile distribution

3 结果与讨论

3.1 岸滩冲淤变化

监测区域内海滩剖面大部分不发育滩肩,仅少数发育窄而尖的风暴滩肩,前滨滩面则往往较缓。各剖面的冲淤情况也不尽相同(图3)。P01剖面是监测区域内唯一一条1—7月、7—12月均全面下蚀的剖面,其下蚀速率约为0.5 m/a。该剖面监测桩数据如表1所示。1—7月,监测桩的桩顶部与滩面距离变大,表明海滩遭受侵蚀,且侵蚀速率大约为0.6 m/a。通过测量高滩监测桩与沙丘坡脚的距离变化,可以表征沙滩是否有后蚀现象发生。P01剖面3号监测桩距坡脚的距离无明显变化,表明沙滩后蚀现象不明显。监测结果与GPS测滩剖面结果相符。

表1 P01剖面监测桩2013年测量数据(m)

Table 1 Data from the monitoring pile stations along Profile P01 in 2013(m)

桩号	2013-01		2013-07		2013-12	
	桩高	坡脚距	桩高	坡脚距	桩高	坡脚距
1	1.50	—	1.95	—	1.70(新)	—
2	1.42	—	1.95	—	2.20(新)	—
3	1.34	2.56	1.40	2.50	0.91(新)	3.03

注:“—”表示无数据

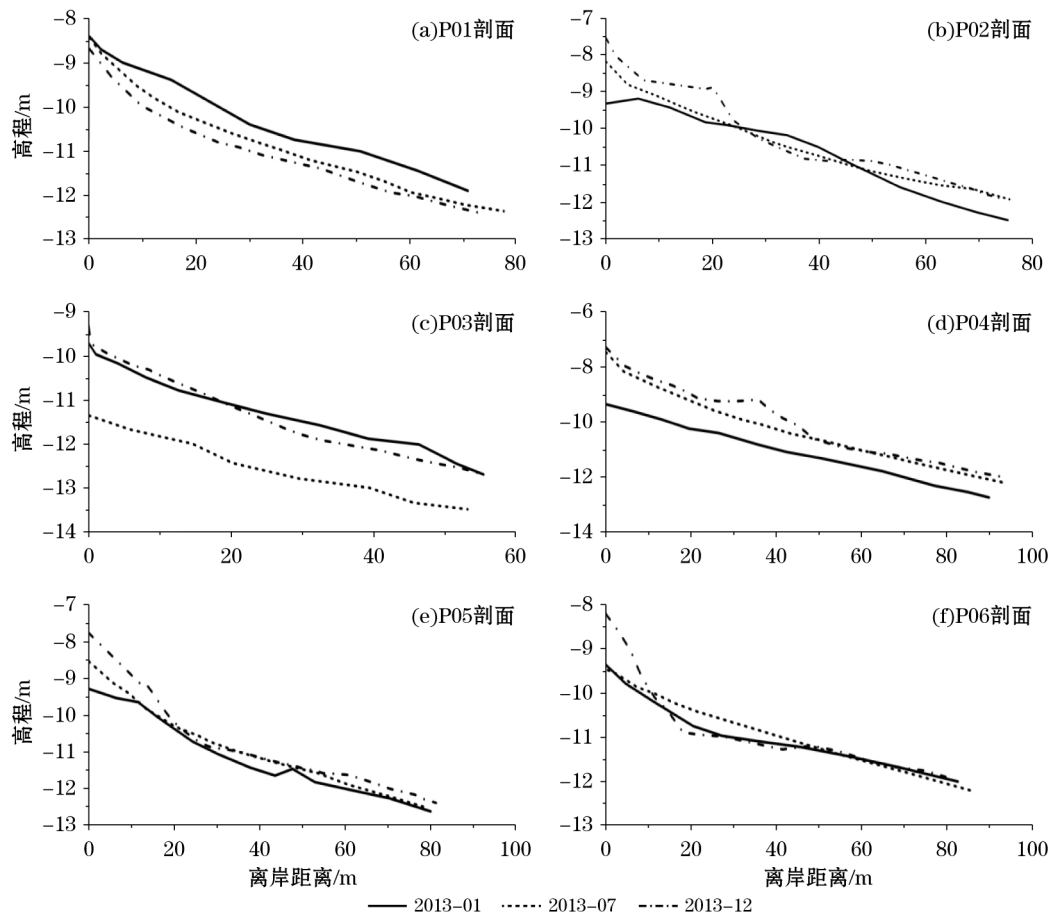


图 3 监测剖面年度冲淤变化
Fig. 3 The annual variations of erosion and deposition of the monitoring profiles

P02,P05 和 P06 剖面的冲淤变化比较相似,1—7 月多处于淤积状态,仅 P02 剖面中滩遭受侵蚀。7—12 月剖面中滩侵蚀,高滩淤积。剖面的后蚀现象也比较明显,起始点的高程逐月上升,监测发现高滩沙丘崩塌后退严重。其中 P05 布设的监测桩,其数据如表 2 所示。1—7 月中高滩监测桩桩高变小,表明中高滩发生不同程度的淤积,高滩监测桩距坡脚的距离变大表明沙滩显示后蚀现象发生。7—12 月仅 2 号监测桩数据可用,其桩高变大表明中滩处于侵蚀状态,与 GPS 监测结果相符。

表 2 P05 剖面监测桩 2013 年测量数据(m)

Table 2 Data from the monitoring pile stations along Profile P05 in 2013(m)

桩号	2013-01		2013-07		2013-12	
	桩高	坡脚距	桩高	坡脚距	桩高	坡脚距
1	1.87	—	倒伏	—	0.98(新)	—
2	1.16	—	1.04	—	1.11	—
3	1.50	2.33	1.39	3.20	0.87(新)	4.05(新)

注:“—”表示无数据

P03 剖面 1—7 月下蚀严重,下蚀速率约 2.8 m/a,7—12 月海滩发生淤积,且侵蚀速率与淤积速率大致相同。该剖面监测桩于 2013-01 之后全部倒伏,未获得有效数据。P04 剖面全年处于淤积状态,且 1—7 月的淤积速率约 2 m/a,7—12 月仅中滩发生淤积,高滩沙丘亦有崩塌现象发生。

3.2 沉积物粒度分布

研究区表层样品的砂(粒径 $>0.063\text{mm}$)质量分数占 95%以上,极少砾或泥质成分,均值粒径介于 $0\Phi\sim1\Phi$,主要为粗砂。粒度频率曲线大致成正态分布,多为单峰。分选性好、较好和极好的总和为 95%。分选性中等或较差仅为 5%,表明沉积物物源单一或其沉积作用受稳定的水动力条件控制^[7]。

沉积物的粒度参数在不同沉积环境中具有差异性变化。因此,沉积物搬运过程中的差异性也可以通过沉积物粒度参数(如平均粒径、分选系数等^[10-11])在空间上的变化进行反演。所以,可利用 7 月和 12 月研究区内表层样品粒度参数分布图研究分析该区采样前期阶段内的水动力状况及沉积物的搬运趋势。

7 月所采的 28 个样品的粒度参数分布如图 4 所示。个别站位的沉积物与周边略有差异,可能是由于其采样点附近粒度参数偏大或偏小,在成图时导致平面分布图上形成异常“斑块”^[12-13]。总体上看,样品的平均粒径、分选系数都存在“南北差异”。沉积物 Φ 值粒径在研究区南部相对较大,沿岸向北具有变大的趋势,以细砂为主;分选相对北部较差,但其变化趋势更为明显,自陆向海,分选系数变小,沿岸向北,分选系数亦变小,反映出沉积物分选有变好的趋势。沉积物 Φ 值粒径在研究区北部沿岸呈条带状分布,向海方向逐渐变小,沉积物颗粒逐渐变粗,且总体上,北部沉积物相对于南部,粒径更粗一些;分选系数较南部更大,且变化趋势不明显,反映出北部沉积物分选更差一些。

沉积物沿运移的方向逐渐变细,分选性越来越好。根据区域内沉积物粒度参数的分布特征及其变化趋势分析可知:研究区南部沉积物有沿岸运移以及向海运移的可能,总体应处于侵蚀状态,结合 2013-01—07 剖面图变化,可验证该推断;研究区北部沉积物有向岸运移的可能,总体应处于淤积状态,与该区同时段剖面图变化一致。

12 月所采的 36 个样品的粒度参数分布如图 5 所示。与 7 月样品粒度参数分布图相似,其粒度参数也表现出“南北差异”。沉积物 Φ 值粒径南部大于北部,在中低滩沿岸向北具有变大的趋势;分选系数自陆向海,逐渐变小,分选性逐渐变好。研究区北部, Φ 值粒径沿岸呈条带状分布,向海逐渐变粗;分选系数总体仍较南部低,且向陆分选逐渐变好。粒度参数平面分布趋势反映出该区的沉积物运移与 7 月相同,南部有沿岸向北运移的趋势,北部有向陆淤积的趋势,与剖面图反映的滩面冲淤变化相符。

纵向比较研究区 7 月与 12 月沉积物粒度变化:南部沉积物粒度有变粗的趋势;反映出研究区南部遭受侵蚀,沙滩有粗化的趋势;北部沉积物变细,在中高滩尤其明显,反映出北部沙滩多以淤积为主。

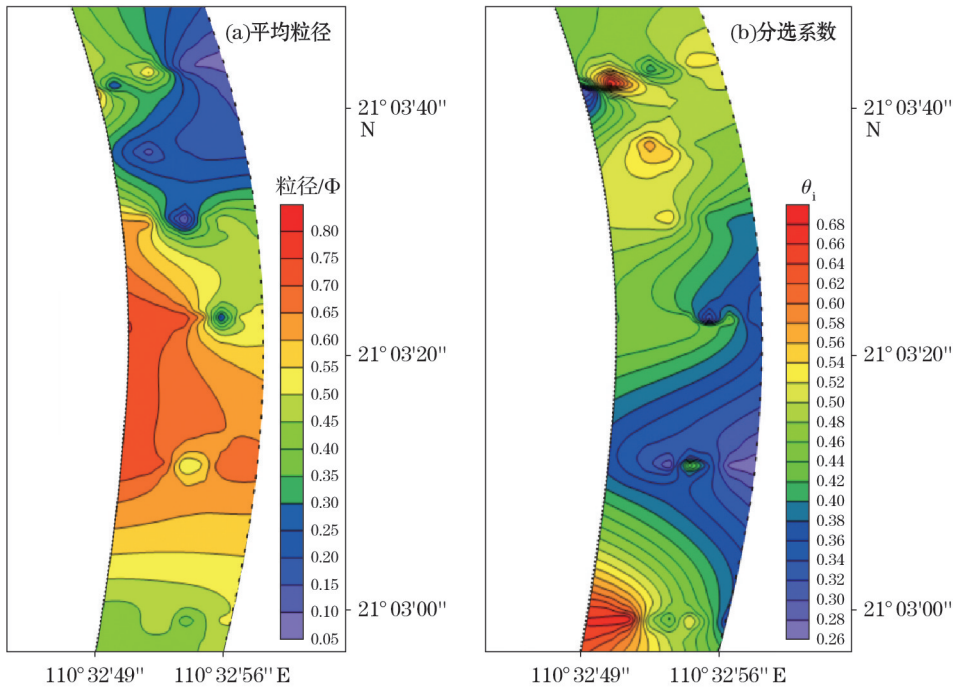


图 4 7 月份样品粒度参数空间分布

Fig. 4 The spatial distribution of grain—size parameters of the samples in July

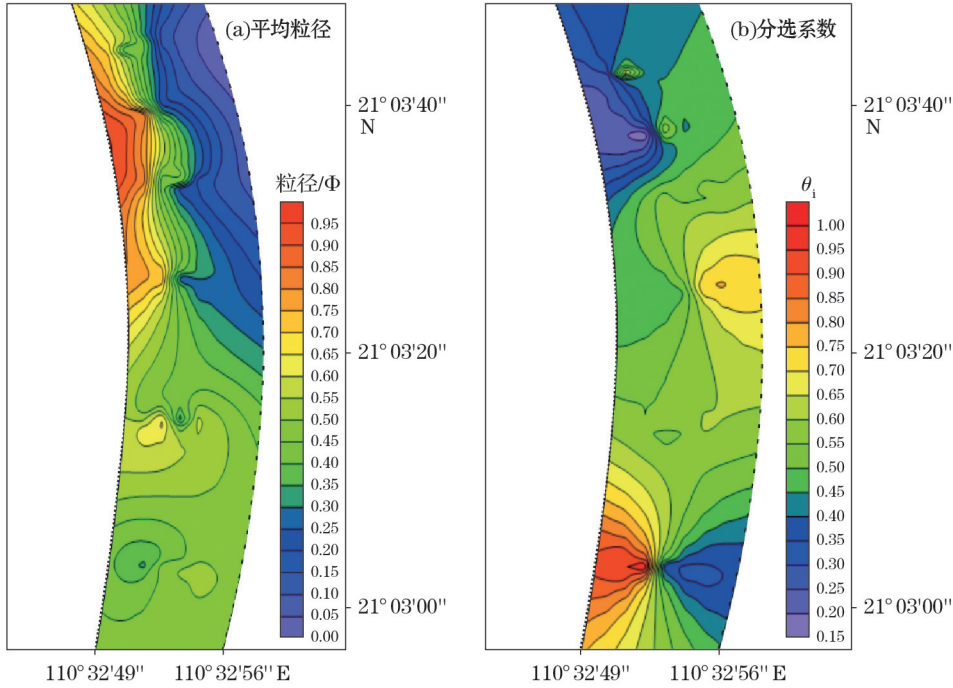


图 5 12 月份样品粒度参数空间分布

Fig. 5 The spatial distribution of grain—size parameters of the samples in December

3.3 沉积物输运趋势

沉积物粒度数据除了可以用来识别沉积环境的类型或判定物质的运动方式外,还可以用于海洋环境中沉积物输运方向的研究,即将沉积物净输运方向与粒度参数的空间变化相联系。基于沉积动力学假设:某种粒径出现的概率在净输运方向远高于其他方向上出现的概率,可通过粒径趋势矢量的各向异性进行分析,可反演出沉积物的净输运方向^[14]。通常情况下,沉积物在运移方向上分选更好、粒径变细或更加负偏和沉积物在运移方向上分选变好、粒度变粗或更加正偏^[13]。基于以上假设和经验理论,Gao等^[16]发展的二维粒度趋势分析方法,使得利用粒度参数空间分布反演海洋沉积物的净搬运方向成为可能^[17]。GSTA(Grain Size Trend Analysis)模型在近海和海湾沉积动力学中得到广泛应用。本研究使用高抒编制的 FORTRAN 程序^[18],计算研究区的沉积物输运趋势,结果如图6所示。

由图6可知,研究区南部沉积物沿岸搬运的分量更大,使得南部岸滩处于侵蚀状态;研究区北部沉积物多为向岸搬运,且垂直于岸线的分量更大一些,使得北部多处于淤积态势。

研究区位于湛江湾口门潮滩体系西南,沉积物搬运主要受涨落潮流的控制。海水将海底或离岸沙坝的泥沙向岸搬运,上冲流覆盖滩面时,大部分水体通过沙的空隙下渗到水平面下,而相邻两次波浪上冲之间有一段间隔,因此,滩面沉积物中的水体一直处于非饱和的状态。上冲流受渗透作用的影响,每次波动的回返水流变小,加上沉积物的启动流速要大于其沉积流速,回流无法将上冲水流带至滩肩的泥沙全部带回到外海滨,造成泥沙在滩面堆积^[15-16]。研究区 P01 剖面以南的低滩有废弃灯塔,由于灯塔基底的阻碍,波浪破碎产生“激浪拍”,对灯塔基底造成破坏。与此同时,波浪绕射,在灯塔后方产生波影区。研究区内主浪向为 NW 向,沉积物既有向岸运移的趋势,也有沿岸向北运移的趋势。由于其南侧沙滩处于灯塔形成的波影区,沿岸沉积物的补给变少,使得 P01 剖面附近沙滩处于侵蚀状态。研究区北部沿岸运移的沉积物多能从其南侧得到补给,加之向岸运移的沉积物,沙滩多处于淤积状态,因此造成研究区内沙滩存在“南北差异”。

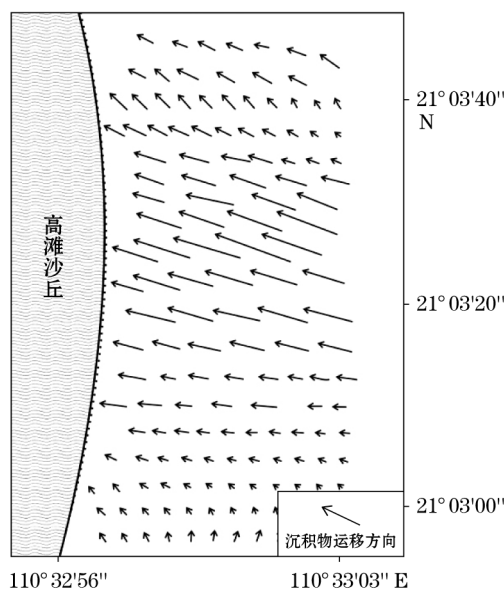


图6 研究区沉积物输运趋势示意图

Fig.6 The sediment transportation trend in study area

4 结 论

1) 研究区沙滩的冲淤变化存在“南北差异”,除南部 P01 剖面全年处于下蚀状态外,其他剖面均处于淤积状态,个别剖面中低滩略有侵蚀高滩淤积。

2) 研究区沉积物的运移主要受潮流的控制,具有沿岸向北和向岸运移的趋势。但受岸滩构筑物影响,沉积物的运移存在局部差异,南部紧邻低滩灯塔形成的波影区,沉积物供应较少,导致岸滩发生侵蚀;北部沿岸运移的沉积物多能从其南侧得到补充,加之向岸运移的沉积物,岸滩多处于淤积状态。

参考文献:

- [1] KOMAR P D. Beach processes and sedimentation[M]. New Jersey:Prentice Hall, 1976.
- [2] 刘世昊,丰爱平,杜军,等. 莱州湾东岸三山岛段砂质海岸沉积物运移动力机制[J]. 海洋科学进展, 2014, 32(3):343-354.
- [3] LU X B, SUN X Y, YU H M. Numerical study of the Donghai Dam impact on the hydrodynamic environment of Zhanjiang Bay[J]. Marine Science Bulletin, 2010, 12(1):16-29.
- [4] 叶春池,黄方. 湛江港口门潮汐地貌体系的沉积环境和沉积作用[J]. 海洋通报, 1994, 13(1):51-58.
- [5] 李国杰,胡建平. 湛江东海岛近岸潮流场数值模拟[J]. 水道港口, 2007, 28(5):325-330.
- [6] 彭亚非. 砂质海岸溅浪带表层沉积物粒度特征及其与水动力环境的关系[D]. 广州:华南师范大学, 2007.
- [7] 李栓虎. 填海工程对湛江湾外口门处的冲淤影响研究[D]. 青岛:国家海洋局第一海洋研究所, 2013.
- [8] 于晓晓,谷东起,闫文文,等. 山东半岛东部南北岸典型砂质海岸沉积、地貌的横向差异及成因分析——以海阳万米海滩岸段和威海国际海水浴场岸段为例[J]. 海岸工程, 2016, 35(1):33-46.
- [9] 徐方建,赵永芳,李传顺,等. 青岛市灵山湾海水浴场沉积物分布特征与影响因素[J]. 海洋通报, 2014, 33(2):157-161.
- [10] 褚智慧. 日照市海滩沉积地貌及质量评价[D]. 青岛:中国海洋大学, 2013.
- [11] 刘志杰,公衍芬,周松望,等. 海洋沉积物粒度参数 3 种计算方法的对比研究[J]. 海洋学报, 2013, 35(3):179-188.
- [12] 杨奇铮,李萍,高伟,等. 东海岛东北部典型岸段短期冲淤变化及影响因素分析[J]. 海洋科学进展, 2016, 34(4):532-541.
- [13] 王元磊. 粒度趋势分析方法的研究进展[J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2008, 02:81-84.
- [14] 高抒, MICHAEL C. 沉积物粒径趋势与海洋沉积动力学[J]. 中国科学基金, 1998, 12(4):241-246.
- [15] GAO S. A FORTRAN program for grain-size trend analysis to define net sediment transport pathways[J]. Computers & Geosciences, 1996, 22(4): 449-452.
- [16] GAO S, COLLINS M B, LANCKNEUS J, et al. Grain size trends associated with net sediment transport patterns: An example from the Belgian continental shelf[J]. Marine Geology, 1994, 121(3-4):171-185.
- [17] 李琰,于洪军,易亮,等. 渤海南部 Lz908 孔海陆交互沉积的粒度特征及其对沉积环境的指示[J]. 海洋科学, 2014(5):107-113.

- [18] 曹鹏,石学法,李巍然,等. 安达曼海东南部海域表层沉积物稀土元素特征及其物源指示意义[J]. 海洋地质与第四纪地质,2015(5):57-67.
- [19] 于吉涛,陈子荣. 砂质海岸侵蚀研究进展[J]. 热带地理,2009,29(2):112-118.
- [20] 陈吉余. 中国海岸侵蚀概要[M]. 北京:海洋出版社,2010.

Annual Variation of Erosion and Deposition and Sediment Transportation Along the Northeastern Sandy Coast of the Donghai Island

LI Tian-guang^{1,2,3}, GAO Wei^{1,2,3}, ZHOU Qing-jie^{1,2,3}, YANG Qing-le^{1,2,3},
YANG Qi-zheng^{1,2,3}, ZHANG Tong-hui⁴, QU Hong-bao^{1,2,3}

(1. *The First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China*; 2. *Key Laboratory of Marine Sedimentology and Environmental Geology, Qingdao 266061, China*; 3. *Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061, China*; 4. *Guangdong Ocean and Fishery Environmental Monitoring Center, Guangzhou 510222, China*)

Abstract: The Donghai Island is the fifth largest island in China. The 28 km-long beach in the east of the island is the "First Long Beach of China" and can be comparable to the "Golden Beach" of Italy. However, this beach has been locally eroded more seriously in recent years due to the sea-level rising and the human exploring. Based on the data from high-precision GPS monitoring and the grain-size analysis of surface sediments and by using the GSTA model, the seasonal variations of erosion and deposition and the tendency of sediment transportation in the sandy beach along the northeastern coast of the Donghai Island are studied and the coastal erosion mechanism is discussed. The results reveal that the sediments of the coastal beach are dominantly transported along the coast and dispersed to the north, which is mainly controlled by the tidal current. Along the southern coast of the island, beach erosion is dominant since the lighthouse located nearby prevents the sediment supply. Along the northern coast, the beach is in a depositional state at many places, because the sediment transported by the alongshore current can get supply from the south and there is also a sediment supply from the sea toward the land.

Key words: Donghai Island; erosion and deposition; sediment transportation