

青岛市灵山湾海水浴场表层沉积物粒度冬季变化特征及其原因

赵永芳^{1,2}, 徐方建³, 刘清容⁴, 李安春¹, 王心怿³, 吴锦祥³, 刘航宇³,
陈 铭³, 李丽君³

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 胶州湾海洋生态系统国家野外科学观测研究站, 山东 青岛 266071; 3. 中国石油大学(华东) 地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580; 4. 国家海洋局北海预报中心, 山东 青岛 266061)

摘要: 于2013年11月、2014年1月及3月在青岛市灵山湾海水浴场进行了3次表层沉积物采样, 对粒度组分和粒度参数平面分布的变化进行了分析。结果表明, 本区沉积物整体有变粗的趋势, 细砂组分特别是极细砂和粉砂组含量下降明显, 分选性变好, 正偏态及高峰分布区扩大, 粒度参数高值分布区被消除。粒径趋势分析表明, 在涨潮流与强盛的冬季风驱动的风浪、沿岸流的综合作用下, 研究区沉积物总体呈北东-南西向沿岸输运, 运移趋势变化受到波浪、潮流水动力条件与地形相互作用的影响。短期的波能变化足以改变沙滩地貌, 从而影响表层沉积物的分布。可为浴场维护提供理论依据。

关键词: 表层沉积物; 粒度趋势分析; 灵山湾浴场; 青岛

中图分类号: P736.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2016)03-0108-10

doi: 10.11759/hyxx20150507001

海岸带是海陆交汇和地质作用极为活跃的地带, 在潮汐、波浪等作用下处于动态变化中。砂质海滩是重要的矿产资源和旅游资源, 作为天然的缓冲器还保护着海岸免受强烈的波浪侵袭。近几十年来, 海滩资源开发、保护与管理需求迫切, 国内外海滩研究日益深入, 在海滩沉积物分布、运移趋势、海滩质量评价、海滩动力地貌过程等方面已经取得了丰富的研究成果^[1-9]。

青岛市管辖海域面积 $1.38 \times 10^4 \text{ km}^2$, 海岸线 863.3 km ^[10], 海湾多处, 浴场众多, 比较著名的有第一海水浴场、第二海水浴场、石老人海水浴场、金沙滩、银沙滩以及灵山湾海水浴场等, 其沉积物分布及搬运得到了一定的关注^[6, 11-13]。相对来讲, 针对某个海滩或浴场某个季节内变化的研究却非常少。本文以灵山湾海水浴场为例, 在冬季对表层沉积物进行了间隔2个月的3次采样, 通过粒度分析探讨了冬季沉积物分布及输运趋势变化特征。这可以为进一步了解海滩沉积物分布及演变提供基础资料, 也为砂质海滩的利用与保护提供科学依据。

1 材料与方 法

灵山湾海水浴场位于黄岛区东部, 北依小珠山, 西南临琅琊台, 东南与灵山岛相望, 在海岸地貌上属于大、小珠山之间的耳形海湾, 风景十分优美。本

区域内第四系地层贫薄。海岸总体延伸呈北东-南西向。自20世纪90年代以来, 灵山湾每年蚀退可达 7 m ^[14]。2013年以来, 随着青岛经济开发区(黄岛区)的建设发展, 浴场周边也逐渐建立了诸多旅游场所和酒店等, 人类活动干预不断加强。

研究区地处典型的东亚季风气候区, 冬季多西北风, 夏季多东南风, 风向 SE、N、NNW 出现的频率高, 年平均风速为 5.5 m/s ^[15]。累计年平均气温为 12.3°C , 年平均降水量为 775.6 mm , 夏、秋季降水量较多^[15]。受季风的影响, 波浪具有一定的季节性变化, 全年强浪向都集中在 E ~ NNE, 春夏季常浪向为 SE 向, 秋冬季常浪向为 NW 向。其中, 夏季波高最大, 春季的最小, 平均分别为 3.1 m 、 1.4 m , 秋、冬季的波高平均分别为 2.1 m 、 1.9 m 。该区潮流属正规半日

收稿日期: 2015-05-05; 修回日期: 2015-09-12

基金项目: 国家自然科学基金(41430965, 41106040); 青岛市基础科学研究计划项目(13-1-4-197-jch); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(12CX02003A); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05030401)

[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41430965, No.41106040; Qingdao Science and Technology Development Plan Projects, No.13-1-4-197-jch; Fundamental Research Fund for the Central Universities, No.12CX02003A; Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences, No.XDA05030401]

作者简介: 赵永芳(1981-), 女, 山东临沂人, 工程师, 主要从事近海沉积物和海洋 GIS 研究, E-mail: yfzhao@qdio.ac.cn; 徐方建, 通信作者, 副教授, E-mail: xufangjiang@163.com

潮流,基本属于往复流;年平均高潮位为 3.5 m, 平均低潮位为 0.9 m。在湾口和岬角处的流速出现明显增大的现象,最大流速的流向与海岸线基本平行,近海的余流流速一般小于 20 cm/s^[6, 15]。

表层沉积物样品分别于 2013 年 11 月 5 日(农历

十月初三, 127 个)、2014 年 1 月 2 日(农历十二月初二, 140 个)和 2014 年 3 月 2 日(农历二月初二, 144 个)潮位最低时获取, 共计 411 个(采样站位见图 1)。定位采用美国 Magellan eXplorist 500 手持 GPS, 定位精度 <7 m。

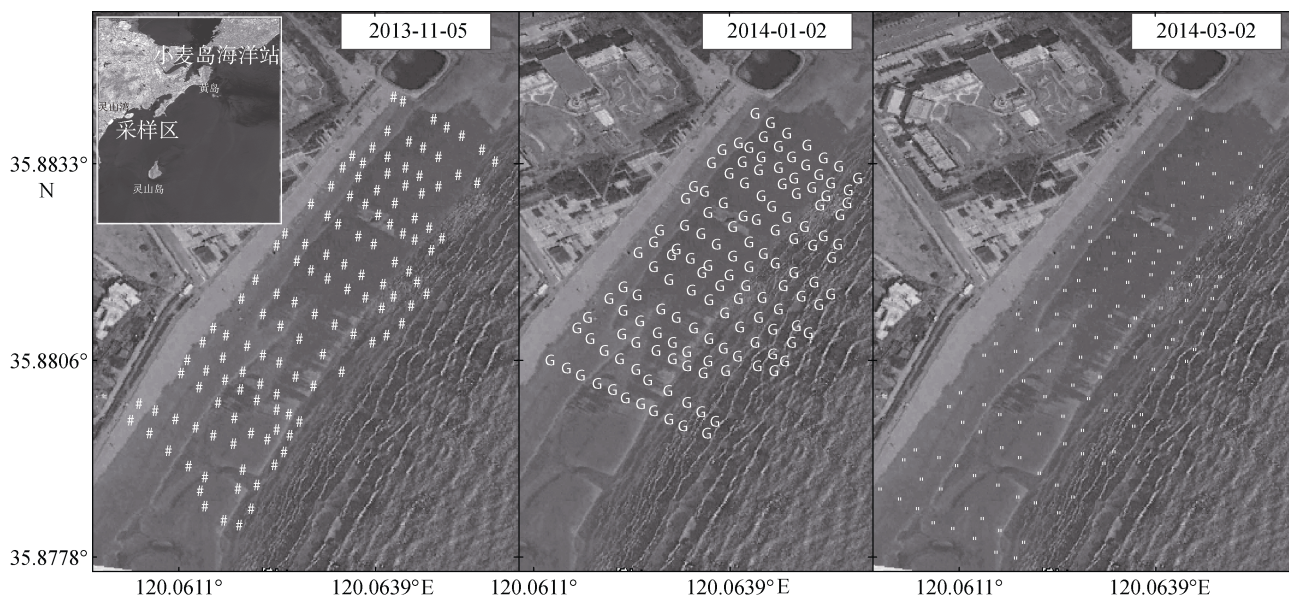


图 1 青岛市灵山湾海水浴场采样站位图

Fig. 1 Sampling stations of Lingshanwan Beach, Qingdao

样品分别经过量 30%双氧水和 1 mol/L 盐酸处理去除沉积物中的有机质及碳酸盐^[16], 其后将样品离心 3 次, 处理后的样品经超声波振荡分散后在中国石油大学(华东)进行测试。分析所用仪器为 BT-2002 型激光粒度仪, 测量范围为 1~2 600 μm , 重复测量相对误差 <3%。采用矩法^[17]计算了各粒度参数。

采样期间波浪和潮位资料来自于青岛小麦岛海洋站。

底图遥感影像来自 Google Earth 截图, 在 Envi5.0 中与来源于地理空间数据云的 Landsat8 影像进行校正后使用。

2 结果与讨论

2.1 沉积物粒度参数

分别对 3 次采集的沉积物粒度参数(平均粒径、分选系数、偏度和峰度)进行数理统计, 获取了各参数平均值、中位数和众数的变化趋势(图 2)。平均粒径的平均值、中位数和众数先降低后略有升高, 表明本区沉积物先变细后变粗。沉积物颗粒大小主要受到物源和流水营力的控制, 然而, 研究区内并无河流注入本区, 因此物源变化影响可以忽略。因此, 沉

积物颗粒大小变化主要反映了采样区水动力条件的波动^[12], 沉积物平均粒径总体变粗表明水动力条件略有增强。分选系数的平均值、中位数和众数前两次采样变化甚微, 2014 年 1 月到 3 月间下降明显, 表明本区表层沉积物分选性变好。偏度和峰度变化趋势相似, 整体上平均值、中位数和众数都略有升高, 表明本区沉积物整体趋向正偏态和高峰值。

将沉积物划分为砂组分(62.5~2 000 μm)和粉砂组分(4~62.5 μm)^[18], 对其体积百分含量进行统计, 获取了相应的最大值、最小值、平均值、中位数及众数变化趋势(图 3)。根据 Folk 沉积物分类, 研究区沉积物为砂。本区域表层沉积物以砂组分为主, 体积分数可达 92%以上, 波动不大, 自 2013 年 11 月到 2014 年 3 月呈整体上升趋势。粉砂体积分数多数在 5%以下, 不超过 10%, 其含量波动与砂组分相反, 整体呈下降趋势。从百分比区间最大值和最小值来看, 砂体积分数区间有变小的趋势, 以最小值变化最为明显, 粉砂体积分数区间也有变小趋势, 以最大值变化最为明显。由于研究区缺乏河流物质输入, 物质来源的影响有限, 因此推测研究区可能存在粉砂迁移的情况。

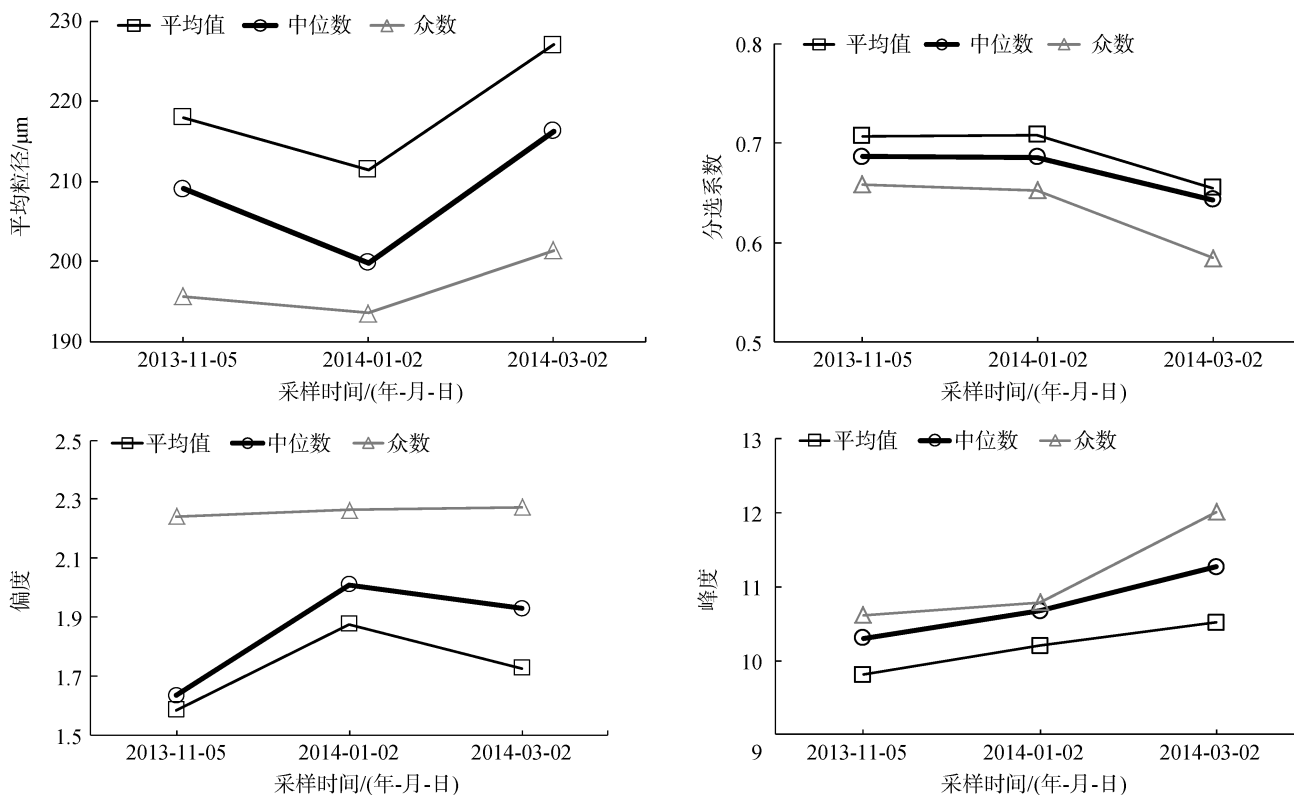


图 2 粒度参数统计信息变化图

Fig. 2 Statistical changes in grain-size parameters

将砂组分细分为极细砂(62.5~125 μm)、细砂(125~250 μm)、中砂(250~500 μm)、粗砂和极粗砂(500~2000 μm)^[18]。沉积物以细砂为主,多数在 60% 以上,中砂体积分数变化较大,在 10%~60%,粗砂&极粗砂体积分数较少,多数在 5% 以下,极个别站位含量达到 20% 以上。从图 3 来看,极细砂最大值、细砂最小值、中砂最大值、粗砂和极粗砂变化明显,中砂体积分数上升,其它下降明显,说明本区整体沉积物粒度有均匀化趋势,即粒度更为集中统一,极大值和极小值的站位减少。中砂体积分数略有升高,极细砂和细砂体积分数略有降低,说明本区沉积物较细粒物质被带走,留下较粗的粒度组分。从沉积物组分统计参数变化来看,本区沉积物整体上有变粗趋势,细粒组分特别是极细砂和粉砂组体积分数下降明显,表明本区水动力条件略有增强,细粒物质可能被带到内滨区。

2.2 沉积物粒度参数平面分布变化

从表层沉积物平均粒径分布图来看(图 4),以平行于海岸的 210 μm 等值线为界,近岸平均粒径增大,平行于岸线具有均匀化的趋势,离岸平均粒径也略有增大,平均粒径在 190~210 μm 的沉积物分布区域

变得广泛,而小于 190 μm 的沉积物不断向海后退。整体来看,本区沉积物变粗,近岸原有的粗粒物质聚集区被改造,条带状分布变的明显。

分选系数平面分布图显示(图 5),整体上本区域沉积物分选系数变小,分选性变好,并在 190~210 μm 分布区有一个分选相对较好的区域。2014 年 3 月比 1 月分选明显变好,原来在近岸存在的分选差的两个高值区域发生明显变化、基本消失(图 5)。

偏度和峰度平面分布图显示(图 6、图 7),本区域沉积物粒度以正偏为主,峰值较高,粗粒部分相对集中,细粒部分相对分散,正偏的分布区域有扩大的趋势,说明细粒尾部更为宽泛。偏度和峰度的变化趋势与平均粒径相一致,局部极值区被消除,沿岸条带状特征增强,正态区和高峰值区的分布变得宽广。

2.3 沉积物运移趋势分析

沉积物随水动力条件的变化会发生再悬浮,随水体扩散、输运以及在适合的条件下沉降,引起沉积物粒度趋势的平面变化,反过来粒度趋势也能提供沉积物的输运信息,由此可以根据沉积物粒度参数的平面变化规律提取沉积物净输运方向的信息。

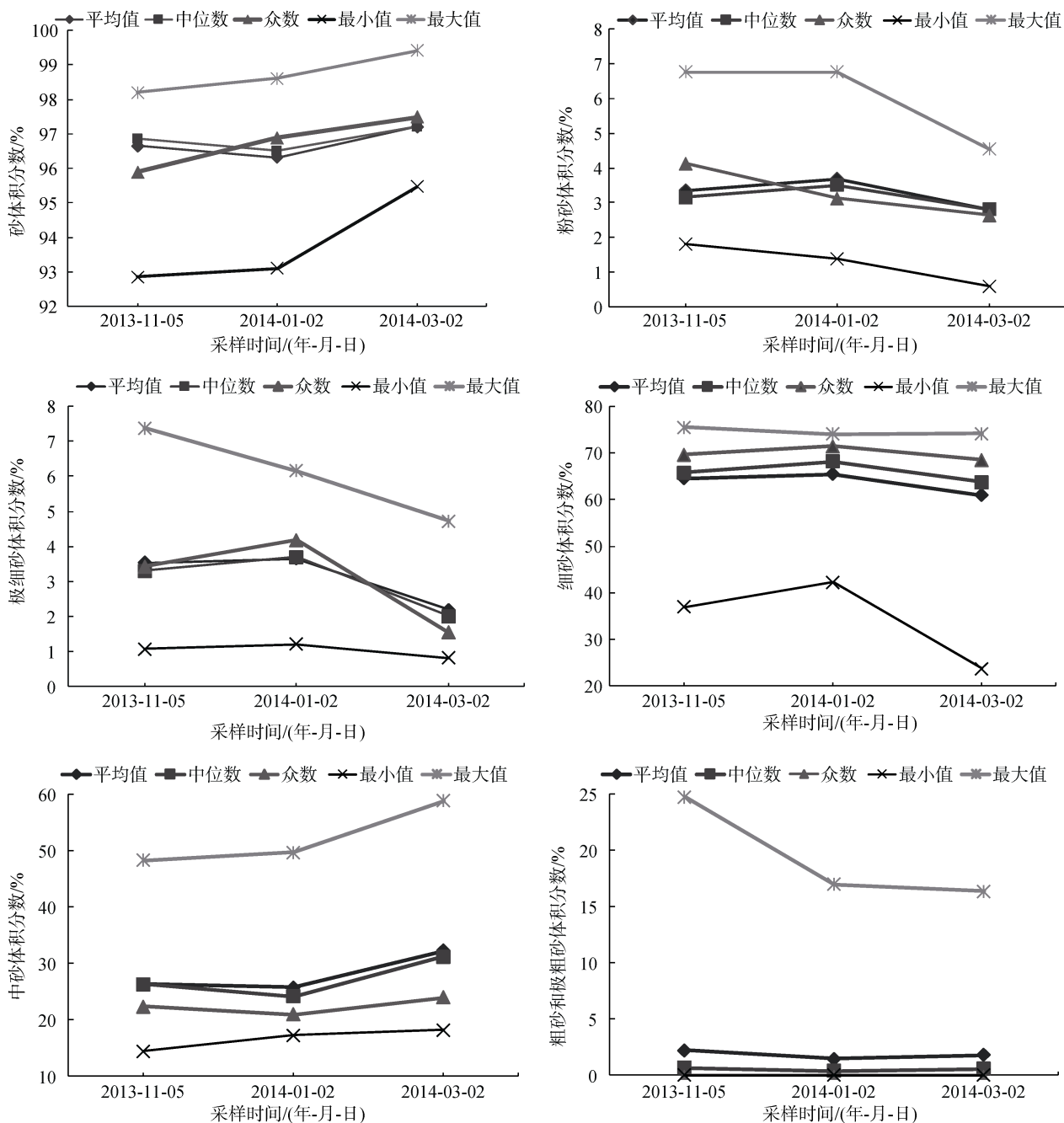


图3 表层沉积物组分统计信息变化图

Fig. 3 Statistical changes in the components of surface sediment

在近海环境中, 由于动力和物源的复杂性, 判断沉积物的输运方向并不容易, 在一维分析的基础上, Gao 和 Collins^[19]发展了二维粒度趋势分析方法, 使得利用粒度参数反演海洋沉积物的净搬运方向成为可能, 该分析模型在近海、海湾及潮间带沉积动力学中已经得到了广泛的应用^[7, 20-22]。本文直接运用 Gao^[20]的 FORTRAN 程序计算出研究区 3 次采样沉积物的输运趋势。

粒度趋势分析结果显示(图 8), 前两次调查运移趋势基本相同, 沉积物整体沿岸由东北向西南运移。以平均粒径 210 μm 等值线为界, 靠海侧沉积物有向海搬运的趋势, 靠岸侧沉积物在调查区中部有向陆运移后沿岸南北分流趋势。第三次采样运移趋势较为杂乱, 但总体上仍表现出东北-西南向运移的趋势。研究区属东亚季风区, 冬季盛行北风或西北偏北风, 前两次采样时间在冬季, 北风强盛, 极大风速可

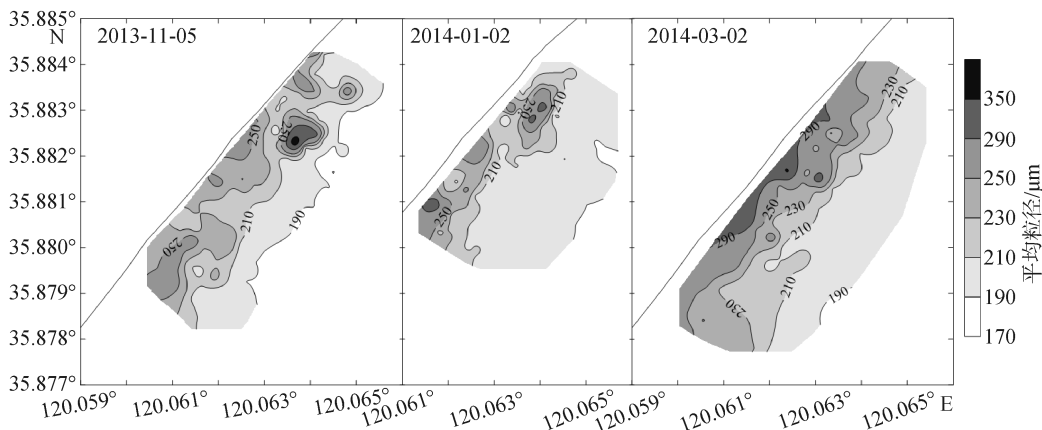


图 4 平均粒径平面分布图
Fig. 4 Distribution of mean sizes

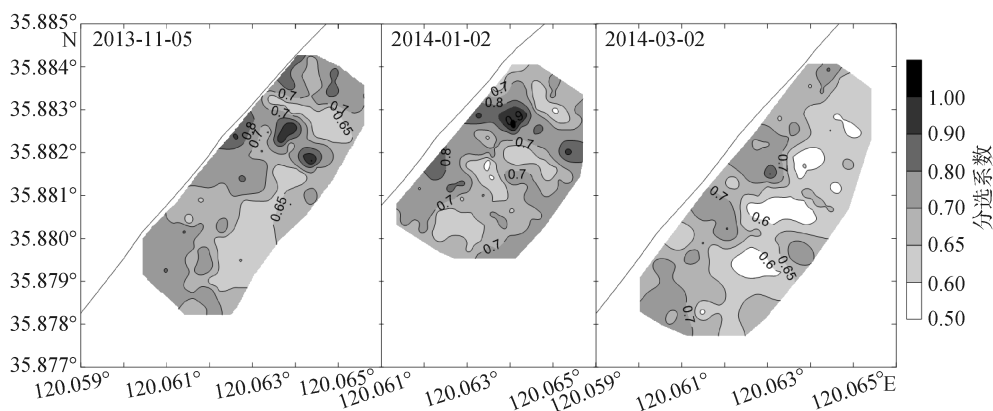


图 5 分选系数平面分布图
Fig. 5 Distribution of sorting coefficients

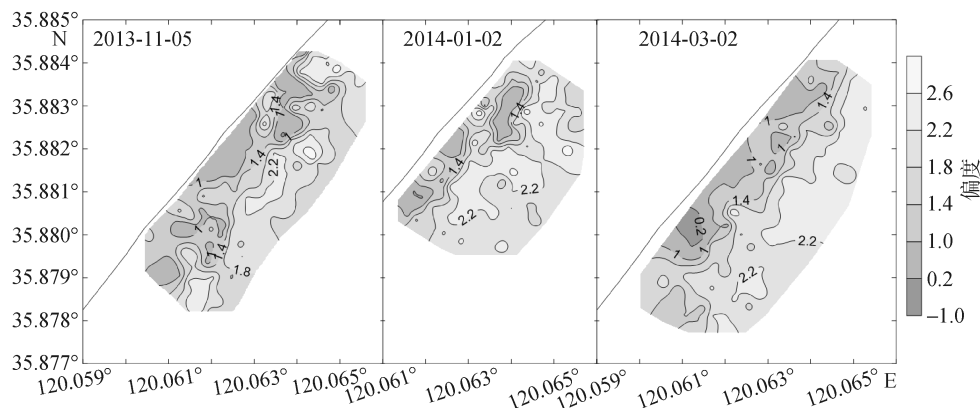


图 6 偏度平面分布图
Fig. 6 Distribution of skewness

达 44.2 m/s^[23]。研究区的波浪以波高小于 1.5 m 的中小型波浪为主，冬季偏北向浪占优势，并且是全年风浪出现最多的季节^[23]。对黄岛区海域表层流场的研究认为，本海域为正规半日潮，黄岛站的平均潮差为 279 cm，最大潮差可达 422 cm^[23]。利用海域实

测海流及三维质点追踪模型对胶南(注：现合并为黄岛区)海域进行的研究认为，本区海流逆时针方向旋转，以往复流为主，海域涨潮期间的主流向为西南向，落潮期间主流向为东北向，涨潮流明显大于落潮流，入海污染物也会沿岸由北向南发生迁移^[24-26]。

这与本文研究结果也十分相符。因此，强盛的冬季风驱动的风浪、沿岸流与涨潮流可以引起研究区沉积

物总体东北-西南向的沿岸运输，可能对研究区物质的运移起到主导性作用。

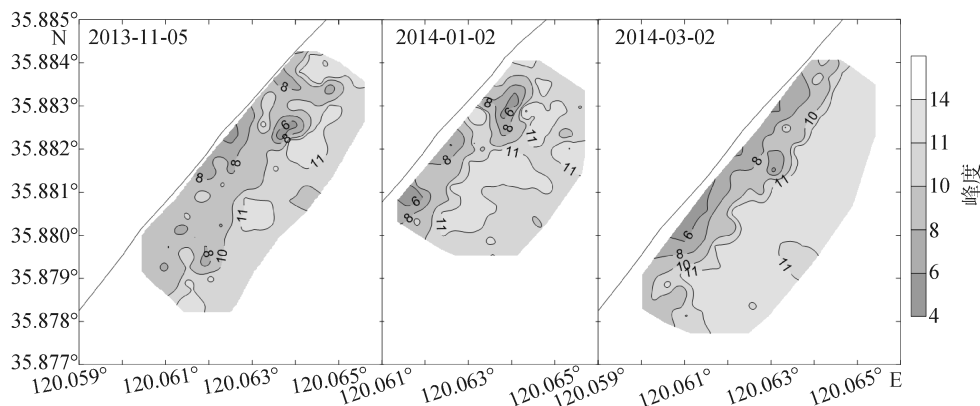


图 7 峰度平面分布图

Fig. 7 Distribution of kurtosis

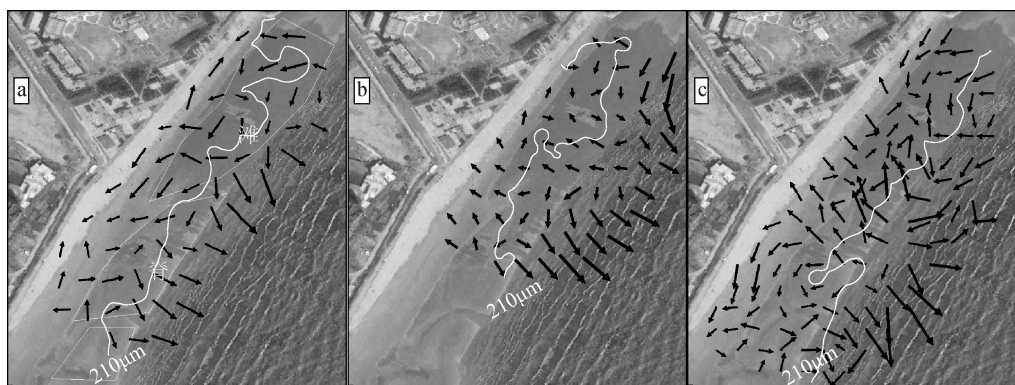


图 8 运移趋势影像叠加图

Fig. 8 Image overlays of sediment transport trends

a. 2013 年 11 月趋势叠加 2013-08-21 日影像; b. 2014 年 1 月趋势叠加 2013-08-21 日影像; c. 2014 年 3 月份趋势叠加 2014-05-03 日影像

a. Images of August 21 2013 overlay sediment transport trends of November 2013; b. Images of August 21 2013 overlay sediment transport trends of January 2014; c. Images of May 3 2014 overlay sediment transport trends of March 2014

选取与采样期最相近的两幅遥感影像(2013 年 8 月 21 日和 2014 年 5 月 3 日), 将 2013 年 11 月份运移趋势叠加在 2013 年 8 月 21 日遥感影像上, 可以看出, 沉积物沿岸向南运移受到滩脊-沟槽地貌影响明显(图 8a)。滩脊平行于海岸, 离岸区受到潮汐往复流的影响, 沙滩细粒物质被带到深水区, 近岸区在沟槽区形成两侧分流, 导致细粒物质的搬运。将 2014 年 1 月和 3 月运移趋势分别叠加在两个时期的影像(图 8b 和 8c), 可以看出, 5 月滩脊-沟槽地貌不复存在, 变为平坦斜坡式海滩, 沉积物运移趋势杂乱可能是由于水动力条件与沙滩地貌演变相互作用的结果。

青岛小麦岛浮标观测显示, 前两次采样期间无明显天气过程影响, 波高平均较小, 增减水变化不大,

在第三次采样前 1 个月始, 波高和潮位比采样期其它时间都有明显增大(图 9), 说明本海区在 2 月潮位高, 高潮线向岸推进, 波高增加, 波浪作用增强, 表层沉积物中的极细砂组分被带到外海, 含量整体下降, 中砂组分升高, 潮间带表层沉积物粒径增大, 分选变好, 条带性明显。从图 9 中可见, 2014 年 5 月也存在一次中浪过程, 高潮位期波高较高, 增减水变化明显, 两次水动力条件的变化将原有沉积物格局打破, 原有滩脊-沟槽地貌(2013 年 8 月)不复存在, 变为平坦斜坡式海滩(2014 年 5 月), 3 月采样正处于变化期, 因此表层沉积物运移趋势杂乱。实际上, 由波浪作用造成的海滩沉积物运输、地貌变化和淤积与侵蚀已经得到了一定关注, 程林等^[27]对浙江朱家尖岛东沙海滩的研究也认为, 在波浪和潮汐等的作用下, 海滩地貌呈现季

季节性调整, 冬季为滩脊-沟槽地貌, 夏季为平坦缓坡 地貌, 水下岸坡表现为冬淤夏冲。

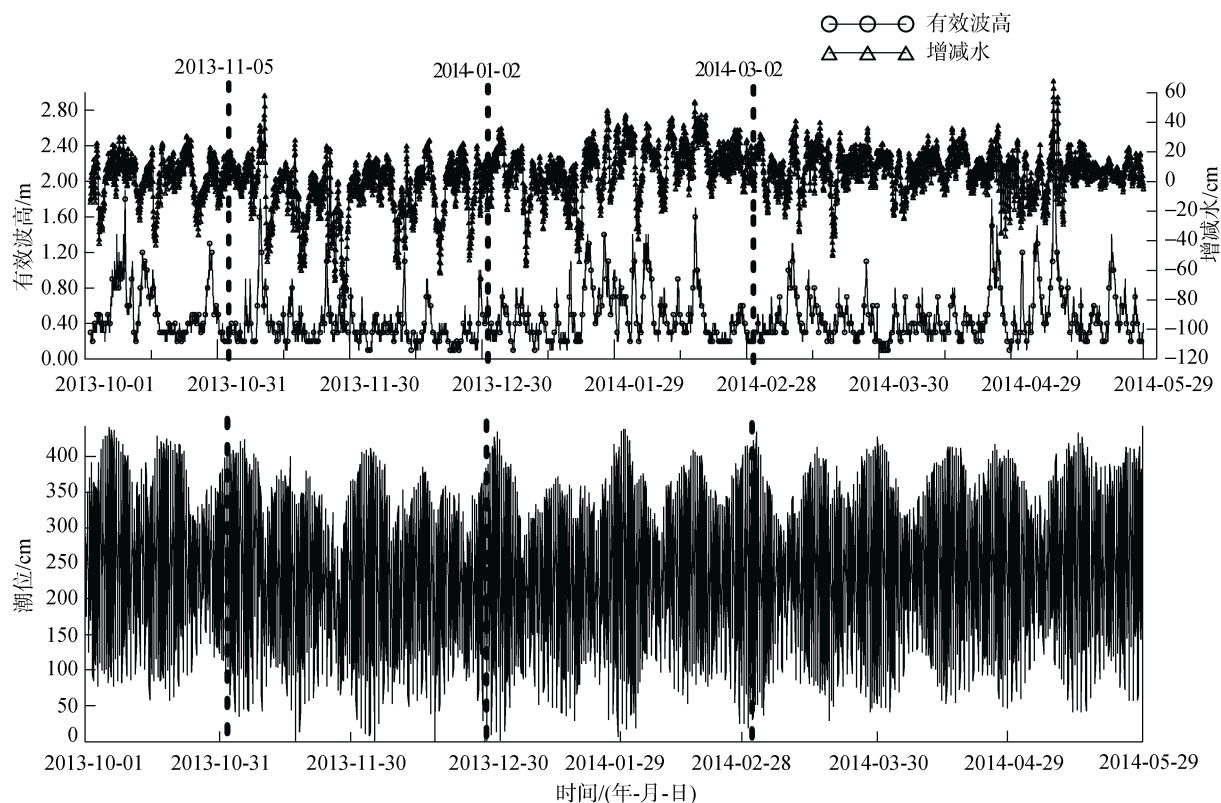


图 9 研究区采样期间有效波高、增减水、潮位图

Fig. 9 Changes of significant wave height, wave set up and set down, tide during sampling

2.4 表层沉积物平均粒径差异

如图 10a 所示, 2014 年 1 月份与 2013 年 11 月份

平均粒径的平面变化以斑点状为主, 并且变化幅度不大, 采样区中部和东北部有变小趋势, 与沟槽地

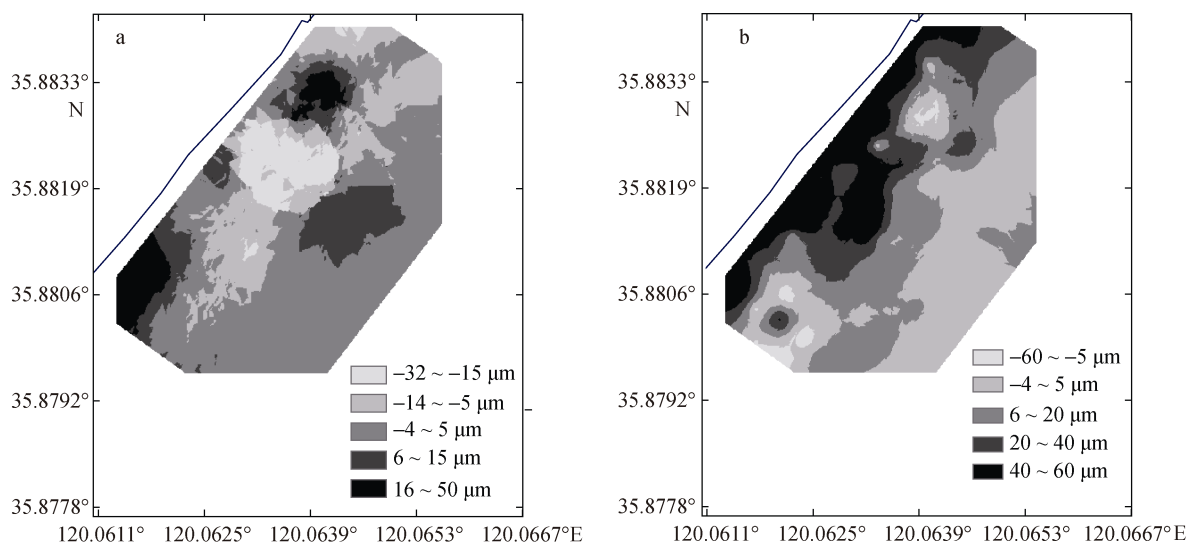


图 10 表层沉积物平均粒径差异

Fig. 10 Mean particle size differences of surface sediment

a. 2014 年 1 月与 2013 年 11 月差异; b. 2014 年 3 月与 1 月差异

a. difference between January 2014 and November 2013; b. difference between March 2014 and January

貌单元相吻合,其西南地区有变粗的趋势。2014年3月比2014年1月粒径变化明显具有条带特征,整体增大为主,可能是2月有效波高和潮位都相对变大,区域水动力条件变强,将沉积物中细粒组分带到外海,沙滩组分整体变粗。

3 结论

1) 青岛市灵山湾海水浴场表层沉积物为砂,在2013年11月至2014年3月间沉积物整体有变粗趋势,细粒组分特别是极细砂和粉砂含量下降明显,分选性变好,正偏态及高峰度分布区扩大。以平行于海岸的210 μm等值线为界,近岸粒径大、分选差、偏态和峰度的高值区域被改造,平行于岸线条带状特征增强。

2) 粒度趋势分析表明,本区冬季沉积物整体输运趋势一致。强盛的冬季风驱动的风浪、沿岸流与涨潮流对研究区物质的运移起到主要作用,引起研究区沉积物总体东北-西南向沿岸输运,其运移趋势变化可能主要受到波浪、潮流与地形相互作用的影响,短期的波能变化足以改变沙滩地貌从而影响表层沉积物的分布。

3) 采样期间表层沉积物平均粒径差异表明,前两个月表层沉积物变化幅度不大并呈斑点状,区域水动力条件变化不明显,后两个月,平均粒径变化明显,呈条带状变粗趋势,本时期水动力条件变强,打破了原有滩脊-沟槽地貌,形成了沉积物平均粒径由陆向海变细,平行于海岸呈带状分布。

致谢:文中遥感影像配准底图数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>)。感谢编辑老师和两位审稿专家的意见,使得本文质量得以很大提升。

参考文献:

- [1] Medina R, Losada M A, Losada I J, et al. Temporal and spatial relationship between sediment grain size and beach profile[J]. *Marine Geology*, 1994, 118(3-4): 195-206.
- [2] Rodriguez A B, Rodriguez P L, Fegley S R. One-year along-beach variation in the maximum depth of erosion resulting from irregular shoreline morphology[J]. *Marine Geology*, 2012, 291: 12-23.
- [3] Voudoukas M I, Velegrakis A F, Karambas T V. Morphology and sedimentology of a microtidal beach with beachrocks: Vatera, Lesbos, NE Mediterranean[J]. *Continental Shelf Research*, 2009, 29(16): 1937-1947.
- [4] Warrick J A, George D A, Gelfenbaum G, et al. Beach morphology and change along the mixed grain-size delta of the dammed Elwha River, Washington[J]. *Geomorphology*, 2009, 111(3): 136-148.
- [5] Wright L D, Short A D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis[J]. *Marine Geology*, 1984, 56(1): 93-118.
- [6] 孙静. 青岛市海滩沉积物地貌及质量评价[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [7] 孙静. Sedimentary geomorphology of beaches in Qingdao city and their quality rating[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2012.
- [7] 贾建军, 汪亚平, 高抒, 等. 江苏大丰潮滩推移质输运与粒度趋势信息解译[J]. *科学通报*, 2005, 50(22): 2546-2554.
- [8] 贾建军, 汪亚平, 高抒, 等. Bedload transport and grain size trend information interpretation of tidal flat in Jiangsu Dafeng[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2005, 50(22): 2546-2554.
- [8] 周晗宇, 陈沈良, 钟小菁, 等. 海口湾西海岸海滩沉积物与海滩稳定性分析[J]. *热带海洋学报*, 2013, 32(1): 26-34.
- [9] 周晗宇, 陈沈良, 钟小菁, 等. Sedimentary characteristics and stability analysis of the beach in west coast of Haikou Bay[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2013, 32(1): 26-34.
- [9] 钟小菁, 陈沈良, 陈燕萍, 等. 海南高隆湾海滩生物碎屑分布及其对沉积物粒度特征的影响[J]. *沉积学报*, 2012, 30(5): 891-899.
- [10] 钟小菁, 陈沈良, 陈燕萍, 等. Biodetritus distribution and its effect on sediment size characteristics on Gaolong Bay Beach[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2012, 30(5): 891-899.
- [10] 杨波. 青岛市海洋开发和海域管理综合研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- [11] 杨波. Development and Sea area synthetic management research on Qingdao[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2010.
- [11] 韩宗珠, 徐翠玲, 周艳芝, 等. 青岛仰口湾海滩沉积物粒度特征及动力环境响应[J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2013, 43(11): 77-81.
- [12] 韩宗珠, 徐翠玲, 周艳芝, 等. Gran-size characteristics and dynamic environment of surficial sediment in Yangkou Bay Beach in Qingdao[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2013, 43(11): 77-81.
- [12] 王潇潇, 周旻玥, 韦龙明, 等. 青岛汇泉湾海滩地貌与沉积物变化特征探讨[J]. *桂林理工大学学报*, 2013, 33(2): 266-272.
- [13] 王潇潇, 周旻玥, 韦龙明, 等. Beach morphology and sediment change characteristics of Huiquan Bay in Qingdao[J]. *Journal of Guilin University of Technology*, 2013, 33(2): 266-272.
- [13] 杨俊生, 葛毓柱, 吴琼, 等. 黄岛金沙现代波痕沉积特征与水动力关系[J]. *科技导报*, 2014, 32(1):

- 22-29.
Yang Junsheng, Ge Yuzhu, Wu Qiong, et al. Characteristics of ripples both in morphology and sediments in Golden Beach coastal zone, Huangdao and the relationship with hydrodynamics[J]. Science & Technology Review, 2014, 32(1): 22-29.
- [14] 杨鸣, 夏东兴, 谷东起, 等. 全球变化影响下青岛海岸带地理环境的演变[J]. 海洋科学进展, 2005, 23(3): 289-296.
Yang Ming, Xia Dongxing, Gu Dongqi, et al. Geographic environmental evolution in the Qingdao coastal area under the influence of global change[J]. Advances in Marine Science, 2005, 23(3): 289-296.
- [15] 中国海湾志编辑委员会. 中国海湾志第四分册[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
Compilation Committee of Bays in China. Bays in China(Vol.4)[M]. Beijing: Ocean Press, 1993.
- [16] 李欢, 张东, 张鹰. 基于线性光谱分解的潮间带表层沉积物分类[J]. 海洋科学进展, 2010, 28(3): 382-388.
Li Huan, Zhang Dong, Zhang Ying. Classification of surface sediments from intertidal flat area by means of linear spectral unmixing technology[J]. Advances in Marine Science, 2010, 28(3): 382-388.
- [17] 国家海洋局, 908 专项办公室. 海洋底质调查技术规程[M]. 北京: 海洋出版社, 2006: 4-7.
State Oceanic Administration Peoples Republic of China, 908 Project Office. Oceanic sediment survey technology regulations[M]. Beijing: China Ocean Press, 2006: 4-7.
- [18] 何起祥, 李绍全, 刘健. 海洋碎屑沉积物的分类[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 22(1): 115-121.
He Qixiang, Li Shaoquan, Liu Jian. Classification of marine clastic sediments[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2002, 22(1): 115-121.
- [19] Gao Shu, Collins M. Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of "transport vectors" [J]. Sedimentary Geology, 1992, 81(1): 47-60.
- [20] Gao Shu. A Fortran program for grain-size trend analysis to define net sediment transport pathways [J]. Computers & Geosciences, 1996, 22(4): 449-452.
- [21] 乔淑卿, 石学法, 王国庆, 等. 渤海底质沉积物粒度特征及输运趋势探讨[J]. 海洋学报, 2010, (4): 139-147.
Qiao Shuqing, Shi Xuefa, Wang Guoqing, et al. Discussion on grain-size characteristics of seafloor sediment and transport pattern in the Bohai Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2010, (4): 139-147.
- [22] 汪亚平, 高抒, 贾建军. 胶州湾及邻近海域沉积物分布特征和运移趋势[J]. 地理学报, 2000, 55(4): 449-458.
Wang Yaping, Gao Shu, Jia Jianjun. Sediment distribution and transport patterns in Jiaozhou Bay and adjoining areas[J]. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(4): 449-458.
- [23] 李乃胜, 于洪军, 赵松龄, 等. 胶州湾自然环境与地质演化[M]. 北京: 海洋出版社, 2006.
Li Naisheng, Yu Hongjun, Zhao Songling, et al. Natural environment and geological evolution of Jiaozhou Bay[M]. Beijing: Ocean Press, 2006.
- [24] 张学庆, 孙英兰. 胶南近岸海域三维潮流数值模拟[J]. 中国海洋大学学报 (自然科学版), 2005, 35(4): 579-582.
Zhang Xueqing, Sun Yinglan. Numerical simulation of 3D tidal current in the offshore area of Jiaonan[J]. Periodical of Ocean University of China, 2005, 35(4): 579-582.
- [25] 刘伟峰, 孙英兰, 陈时俊, 等. 胶南东部近岸海域实测海流分析及潮流场数值模拟[J]. 海洋科学, 2008, 32(8): 9-12.
Liu Weifeng, Sun Yinglan, Chen Shijun, et al. Analysis of observed tidal current and numerical model of tidal current in the offshore area of eastern Jiaonan[J]. Marine Sciences, 2008, 32(8): 9-12.
- [26] 张学庆, 孙英兰. 三维质点追踪模型及其在胶南海域的应用[J]. 水科学进展, 2006, 17(6): 873-876.
Zhang Xueqing, Sun Yinglan. 3-D particle tracer model and its application in Jiaonan sea area[J]. Advances in Water Science, 2006, 17(6): 873-876.
- [27] 程林, 时连强, 夏小明, 等. 浙江朱家尖岛东沙海滩沉积与地貌动态变化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2014, 34(1): 37-44.
Cheng Lin, Shi Lianqiang, Xia Xiaoming et al. Sedimentation and recent morphological changes at Dongsha Beach, Zhujiajian Islan, Zhejiang Province[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2014, 34(1): 37-44.

Variation in characteristics of surface sediment particle size and influencing factors in winter at the Lingshanwan Beach, Qingdao

ZHAO Yong-fang^{1, 2}, XU Fang-jian³, LIU Qing-rong⁴, LI An-chun¹, WANG Xin-yi³, WU Jin-xiang³, LIU Hang-yu³, CHEN Ming³, LI Li-jun³

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Jiaozhou Bay Marine Ecosystem Research Station, Qingdao 266071, China; 3. School of Geosciences, China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, China; 4. North Sea Forecasting Center of State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

Received: May 5, 2015

Key words: surface sediment; grain size trend analysis; the Lingshanwan Beach; Qingdao

Abstract: In this study, we sampled surface sediments three times at the Lingshanwan Beach, Qingdao in November 2013, and January and March 2014. We then examined the particle size compositions and grain size distributions of the surface sediment. Results show that the grain size of the surface sediment became coarser and the sorting became better over the study period. The fine sand components decreased significantly, especially the very fine sand and silt. The region of positive skewness and high kurtosis expanded and the high-value area of the grain size parameters changed significantly, and was ultimately eliminated. Our grain-size trend analysis results indicate that the sediments were transported from the NE to the SW along the coast, which is affected by wind-driven waves in winter, coastal currents, and flood currents. Short-term fluctuations of wave energy can reshape the beach topography and affect the distribution of surface sediments. These results provide a theoretical basis for beach management.

(本文编辑: 刘珊珊)