

象山近海表层沉积物特征及成因

李金铎, 余海俊

国家海洋局宁波海洋环境监测中心站, 浙江 宁波

收稿日期: 2023年3月22日; 录用日期: 2023年6月19日; 发布日期: 2023年6月27日

摘要

根据象山近海沉积物现场地质采样和粒度分析成果, 对其特征和成因进行了探讨。结果表明, 研究区表层沉积类型以粘土质粉砂为主, 砂、粉砂和粘土粒级含量分别为5%~10%、65%~75%和20%~25%, 平均粒径大多数在 $6.00 \phi \sim 7.00 \phi$ (0.016~0.008 mm)之间, 分选较差。沉积物由近岸到外海呈现粗-细-粗的总体分布格局, 西北近岸海域沉积物类型变化稍大, 东南侧外部海域沉积物较为统一。频率曲线呈弱正偏态到常态, 峰态较宽平的单峰型为主, 峰值在 $4 \phi \sim 7 \phi$ 之间。概率曲线可分2~4段。沉积动力分区图显示水动力条件较弱。粒级-标准差曲线识别出四个峰值区, $6 \mu\text{m}$ 和 $29 \mu\text{m}$ 附近峰值突出, 说明研究区沉积物主要来源于长江入海物质向南输运沉积; $460 \mu\text{m}$ 和 $1 \mu\text{m}$ 附近峰值较弱, 分别代表本地海岸岛屿侵蚀物质和外海物质漂移的影响。

关键词

表层沉积物, 粒度分析, 成因, 象山近海

Characteristics and Sedimentary Origin of the Surface Sediment in the Xiangshan Offshore Area

Jinduo Li, Haijun Yu

Ningbo Marine Environment Monitoring Center, State Oceanic Administration, Ningbo Zhejiang

Received: Mar. 22nd, 2023; accepted: Jun. 19th, 2023; published: Jun. 27th, 2023

Abstract

According to the data of grain size and characteristics of the surficial sediments in the Xiangshan offshore sea area, the type, distribution pattern and possible origin of the surface sediments are discussed. Surface sediments are mainly clayey silt, in which the sand, silt and clay particles por-

tions weight 5%~10%, 65%~75% and 20%~25%, respectively. With mean diameter of about $6.00 \Phi \sim 7.00 \Phi$ (0.016 mm~0.008 mm, fine silt), stand deviation coefficient of about $1.60 \Phi \sim 2.10 \Phi$, frequency analysis displays poor sorting and weak-positive skewness with one-dominant peak value ($4 \Phi \sim 7 \Phi$) curve. Probability distribution may be discerned 2~4 sections represented as rolling, skip and suspended sediment transportation patterns. The Pejrup ternary diagram for sedimentary environment classification shows a weak dynamics condition. Distinguished the environmental sensitive groups from the sediments by particle size standard deviation method, the dominant deposits is silt which is widespread in subaqueous delta and adjacent sea areas transported by modern coastal currents systems, while the coarse sandy and fine muddy components show the influence of local lands-islands erosion and marine transportation.

Keywords

Surface Sediment, Grain Size, Provenance, Xiangshan Offshore Sea Area

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近岸海域的沉积物是海洋开发利用和工程建设的载体,其类型、分布特征反映了海域水动力条件、海底地形地貌等沉积环境因素的影响[1][2],通过对海域表层沉积物采样分析,可以了解海域沉积物特征,并在一定程度上推测其搬运沉积过程及其变化,评估现状工程条件和影响因素。

象山近海处于浙江中部近岸开阔海域(图1),位于宁波地区以东和舟山群岛以南。主要来自长江入海物质南向运移沉积形成浙闽泥质区[3],研究区位于该区域内;同时,来自附近杭州湾、宁波和舟山地区的泥沙以及外海物质也必然会对研究区表层沉积物造成影响。研究区外侧为泥沙混合沉积和东海残留砂质沉积[4],内侧为海岸基岩或潮滩沉积。沿岸人类活动和工程建设较多,受潮流、波浪、风暴以及沿岸流等水动力条件的影响,沉积物类型分布和成因来源也较为复杂。2007年宁波市海洋环境监测中心对研究区附近海域进行了调查研究,发现沉积物以泥质为主,局部的水动力条件较为复杂[5],郭志刚等通过表层细粒级沉积物的级配参数的特征分析了其环境意义[6],很多学者根据沉积物粒度特征,建立粒径趋势分析模型,探讨了区域性的沉积物宏观输运格局[1][7],这些研究揭示了大区域沉积物的总体特征,而研究区处于相对开放的近海海域,既受到沿岸流驱动的大区域沉积物搬运沉积模式的控制,又很大程度上受到近岸的潮汐、波浪等复杂水动力条件的影响,海底表层沉积特征及其成因的研究不够深入。

本文根据2022年表层沉积物测试分析资料,分析象山近海海域沉积特征、来源及影响因素,为该区域海洋工程建设和海洋管理提供资料和依据。

2. 样品采集和测试

沉积物来源于浙北海域海洋生态环境监测2022年8月航次和2022年9月海上风电调查项目。共选取其中56个站位表层沉积物样品分析资料(图1)。研究区表层沉积物沉积速率约为1 cm/年[7],沉积物采样的具体层位和扰动情况可能会对分析造成影响。现场使用静力取样器采原状样,去除浮泥,四分法取最表层(0~2 cm)的样品,保证样品的代表性,并严格按照规范的要求置于聚乙烯袋中密封冷藏保存运输至室内实验室[8]。

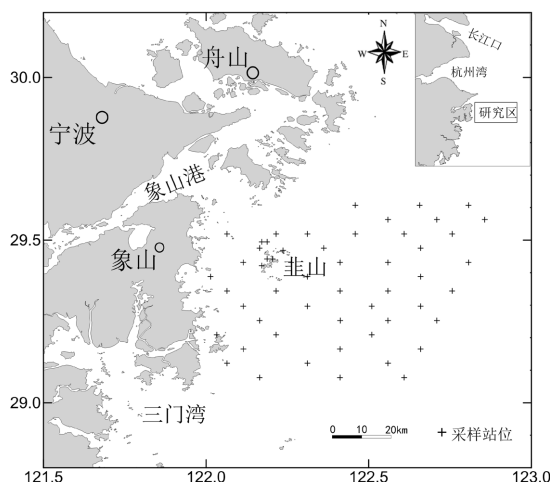


Figure 1. Investigated area and sampling position

图 1. 研究区域位置和采样站位

样品的测试分析在宁波海洋环境监测中心站实验室使用激光粒度仪完成。近海的细粒沉积物由于含有有机质、盐分和颗粒的絮凝作用, 在使用激光粒度仪进行粒度分析时会对测试结果造成影响[9], 因此需要进行前处理。使用双氧水和稀盐酸去除沉积物中的有机质和贝壳碎屑, 使用蒸馏水洗去盐分。加入分散剂六偏磷酸钠溶液静置, 上机测试前使用超声波振荡 15 分钟, 使沉积物颗粒充分分散。粒度分析使用英国 Malvern 公司生产的 Mastersizer 2000 型激光粒度仪进行, 采用平行样品进行质量控制, 平行样误差小于 5%。采用等比 Φ 值粒级标准($\Phi = -\log 2D$, D 为用 mm 表示的粒径值)表示测试结果各粒级含量分数[8]。采用三角图对沉积物分类命名, 图解法进行粒度参数的计算。

3. 结果与讨论

3.1. 沉积物粒度分布特征

根据测试结果, 研究区表层沉积物以粘土质粉砂(YT)为主, 西侧近岸个别站为粉砂质粘土(TY), 北部有个别站为粉砂(T)。粉砂(T)粒级($4.00 \sim 8.00 \Phi$, $0.063 \sim 0.004 \text{ mm}$)含量一般为 65%~75%, 平均 68.2%, 砂(S)粒级($<4.00 \Phi$, $>0.063 \text{ mm}$)含量一般 5%~10%, 平均 8.2%, 粘土(Y)粒级($>8.00 \Phi$, $<0.004 \text{ mm}$)含量 15%~45%, 平均 23.6%, 平均粒径(Mz)大多数在 $6.00 \sim 7.00 \Phi$ ($0.016 \sim 0.008 \text{ mm}$)之间, 平均 6.6Φ 。根据粘土含量和平均粒径(Φ 值)分布(图 2), 沉积物由近岸到外海呈现粗-较细-粗的总体分布格局, 近岸沉积物类型变化稍为明显, 东南侧外部海域沉积物较为统一。

3.2. 粒度参数和沉积动力特征

研究区西部和北部近岸靠近陆地和北部舟山群岛各水道, 西北部为象山港口门, 中部为韭山列岛, 地形地貌和水动力条件比较复杂, 沉积物成分变化比较大。从西北侧到东侧, 粗粒的砂含量逐渐减少, 粘土含量逐渐增加, 沉积物分选逐渐变好。沉积物的典型频率曲线形态多呈双峰型(图 3), 峰值在 $3 \sim 6 \Phi$ 之间, 弱正偏态到常态较常见, 概率曲线(图 4)上有两段跃移段, 截点 4Φ 左右, 悬移段以及部分样品推移段也比较明显, 截点分别在 2Φ 和 9Φ 左右, 说明沉积物可能有多个来源, 成因较为复杂。

东南部开阔海域表层沉积基本上为分选较好的粘土质粉砂, 呈现峰态较尖的单峰型频率曲线(图 3), 在 $4 \sim 7 \Phi$ 之间取得峰值粒径。沉积物质量分数累积概率曲线呈现 2~4 段形式, 跃移组分为两段, 大致相当(图 4), 截点 4Φ 左右, 悬移段较弱, 推移段更弱, 这些特征与长江入海泥沙形成的现代水下三角洲沉积以及浙闽泥质带沉积相似[2][6], 表明长江入海物质在研究区沉积物来源中起控制作用。

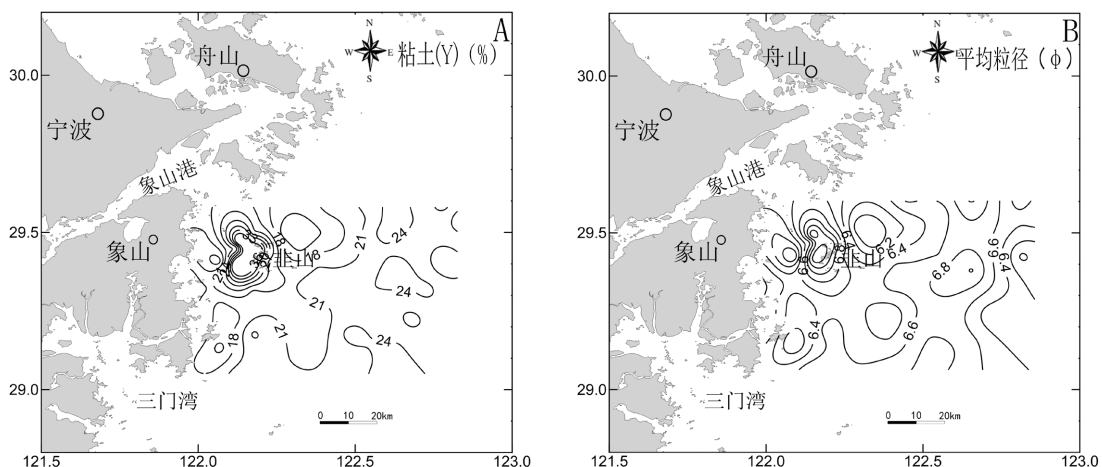


Figure 2. Distribution of clay particle percentage (%) (A) and mean grain-size (Φ) (B) of the surface sediments in the study area
图 2. 研究区表层沉积物粘土颗粒含量(%)分布(A)和平均粒径(Φ 值)分布(B)

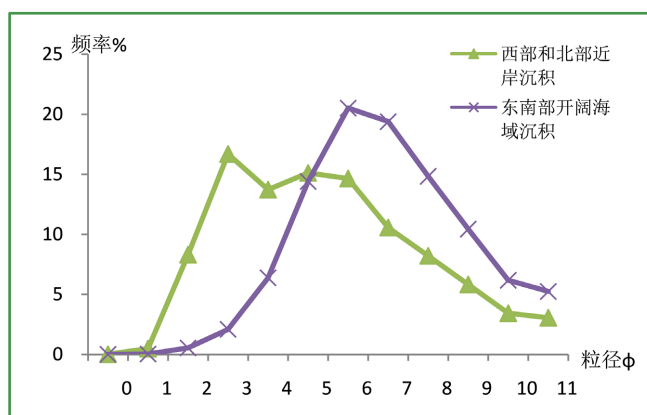


Figure 3. Sediment frequency curves of the surface sediments in the study area
图 3. 研究区表层沉积物频率曲线

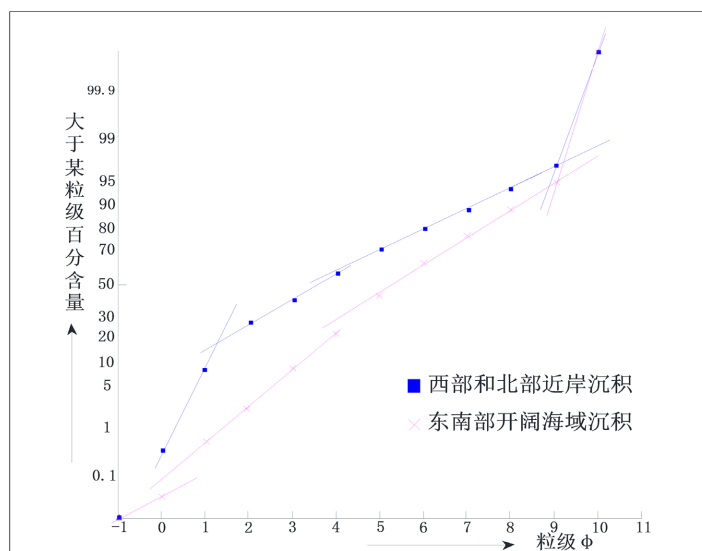


Figure 4. Sediment accumulation-frequency curves of the surface sediments in the study area
图 4. 研究区典型表层沉积概率曲线

研究区表层沉积物按照各粒组含量投射到 Pejrur 动力分区图上, 结果显示沉积物基本上落在 III-C 区内(图 5), 表明研究区沉积的水动力条件流动性不是太强[10], 而介质紊动性较强, 这可能是由于研究区处于近岸海域, 受到多种水流、波浪等动力条件的影响, 造成沉积物质的紊动。

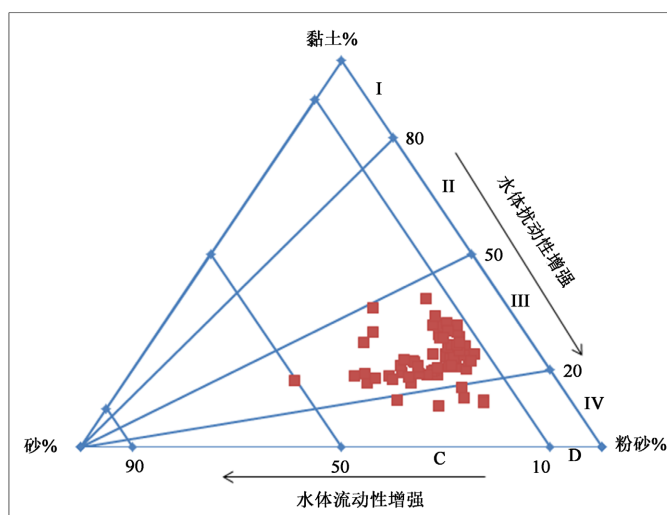


Figure 5. Sedimentary environment dynamic partition of the surface sediments in the study area
图 5. 研究区表层沉积物沉积环境动力分区

3.3. 沉积环境和物源成因分析

研究区近岸没有大的径流输入, 北侧长江和杭州湾、宁波舟山沿岸的陆源入海物质和岛屿冲刷物质为本区沉积物主要来源, 悬浮物质在闽浙沿岸流的控制下主要向南输运[3], 在研究区近岸和东南部海域形成表层泥质沉积, 近岸和外海稍粗, 中部稍细。研究区海域西部和北部为陆地和岛屿阻隔, 主要受到偏东南向的风浪影响[5], 在近岸海域, 水深较浅, 潮汐和波浪动力条件较强, 形成比较粗的沉积物。在研究区中部, 由于西北部的象山港落潮流占优势[11], 泥沙被向东南侧方向净输运, 在韭山列岛附近海域, 涨落潮流的交汇促使悬沙沉降淤积, 同时波浪和潮流由于岛屿的阻隔, 水动力条件较弱, 因此, 在该区域形成较细的表层沉积物。

研究区位于泥质沉积区, 表层沉积物以粘土质粉砂为主, 典型沉积物的粒级 - 标准差曲线(图 6)显示出 460 μm 、29 μm 、6 μm 和 1 μm 附近四个峰值区, 6 μm 峰值区最为突出, 其次为 29 μm 的峰值, 460 μm 和 1 μm 附近峰值弱。

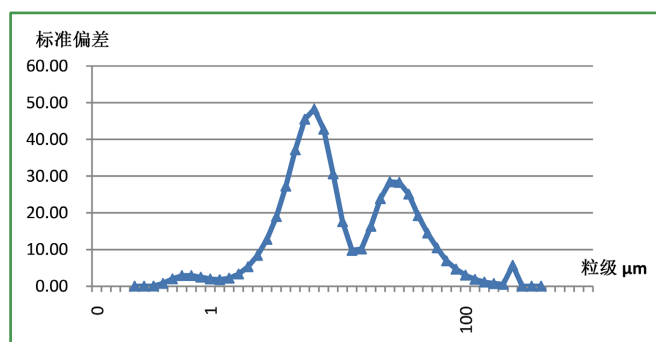


Figure 6. Grain size-standard deviation diagram of the surface sediment in the study area
图 6. 研究区表层沉积物粒级 - 标准偏差曲线

粒度分析成果表明, 研究区沉积以粉砂粒级为主, 分选较差。粒级 - 标准差曲线中 29 μm 、6 μm 附近峰值, 代表本区沉积物两个主要的环境敏感粒组[12]。研究表明, 近正态分布的粉砂粒级, 基本为东海沿岸流以悬移方式输送而沉积, 研究区沉积物最大来源为现代研究区近岸和长江入海泥沙, 经过现代流系悬浮搬运, 沉积于本区, 并对原来沉积进行了改造。本区峰值 460 μm 所代表的粗粒组分(中砂), 来源于本地岸岛侵蚀物质入海, 对应的水动力条件比较强, 可能为风浪沉积。1 μm 附近的弱峰值表明少量物质来源于外海的漂移, 或者本地自生生物化学沉积。

4. 结论

象山东部海域水动力条件较为复杂, 最新的表层沉积物采样和测试分析资料表明, 表层沉积以粘土质粉砂(YT)为主, 砂、粉砂和粘土粒级含量分别为 5%~10%、65%~75%和 20%~25%, 平均粒径大多数在 6.00~7.00 ϕ (0.016~0.008 mm)之间, 与区域水动力和地形地貌条件相符合。沉积物由近岸到外海呈现粗 - 较细 - 粗的总体分布格局, 西北近岸海域沉积物类型变化稍大, 东南侧外部海域沉积物较为统一。频率曲线呈弱正偏态到常态, 峰态较宽平的单峰型为主, 峰值在 4~7 ϕ 之间。概率曲线可分 2~4 段。沉积动力分区图显示水动力条件较弱。粒级 - 标准差曲线识别出四个峰值区, 6 μm 和 29 μm 附近峰值突出, 说明研究区沉积物主要来源于长江入海物质向南输运沉积; 460 μm 和 1 μm 附近峰值较弱, 分别代表本地海岸岛屿侵蚀物质和外海物质漂移的影响。

参考文献

- [1] 高抒. 中国东部陆架全新世沉积体系: 过程-产物关系研究进展评述[J]. 沉积学报, 2013, 31(5): 845-855.
- [2] 梁娟. 浙江近岸海域近现代沉积作用与全新世沉积环境演化[D]: [博士学位论文]. 武汉: 中国地质大学, 2019.
- [3] Liu, J.P., Xu, K.H., Li, A.C., et al. (2007) Flux and Fate of Yangtze River Sediment Delivered to the East China Sea. *Geomorphology*, **85**, 208-224. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.03.023>
- [4] 李家彪. 东海区域地质[M]. 北京: 海洋出版社, 2008.
- [5] 宁波市海洋环境监测中心. 韭山列岛海洋自然保护区建设总体规划[R]. 2007.
- [6] 郭志刚, 杨作升, 范德江. 东海陆架北部表层细粒级沉积物的级配及意义[J]. 青岛海洋大学学报, 2002, 32(5): 741-747.
- [7] 刘升发, 刘焱光, 朱爱美, 等. 东海内陆架表层沉积物粒度及其净输运模式[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2009, 29(1): 1-6.
- [8] 中华人民共和国国家技术监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会. GB/T12763-2007 海洋调查规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [9] 张富元, 冯秀丽, 章伟艳, 等. 南海表层沉积物的沉降法和激光法粒度分析结果对比和校正[J]. 沉积学报, 2011, 29(4): 767-775.
- [10] 章伟艳, 张霄宇, 金海燕, 等. 长江口-杭州湾及其邻近海域沉积动力环境及物源分析[J]. 地理学报, 2013, 68(5): 640-650.
- [11] 周鸿权, 孙昭晨, 李伯根, 等. 浙江象山港海域悬沙浓度分布变化及其水动力影响分析[J]. 海洋通报, 2014, 33(6): 694-702.
- [12] 肖尚斌, 李安春. 东海内陆架泥质区沉积物的环境敏感粒度组分[J]. 沉积学报, 2005, 23(1): 122-129.