

# Characteristics and Provenance of Surface Sediment in the Northeastern Yangtze River Subaqueous Delta

Jinduo Li, Haijun Yu, Lipeng Yu, Zhineng He

Ningbo Marine Environment Monitoring Center, State Ocean Administration, Ningbo Zhejiang  
Email: [hydcs2010@163.com](mailto:hydcs2010@163.com)

Received: Nov. 13<sup>th</sup>, 2018; accepted: Nov. 29<sup>th</sup>, 2018; published: Dec. 6<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

According to the grain size and clay minerals characteristics in the Changjiang (Yangtze River) North Branch subaqueous estuary and its adjacent sea area, the type, distribution and environmental implications of the surface sediments are discussed. Surface sediments can be divided into medium fine sand, fine sand, sandy silt, silty sand and clayey silt, overall became coarser from sea to land. Combined with topography and geomorphology features, four depositional zones can be identified, including eastern sand ridge and dunes zone, western sandy beach and bar zone, the central sandy sheet zone, and the North Branch estuary muddy deposition zone. Distinguished the environmental sensitive groups from the sediments by particle size standard deviation method, the dominant coarse-grained shelf sand deposits and fine components transported by modern flow systems widespread in eastern sandy zone and central sandy sheet zone, while muddy deposits in the North Branch estuary and mixed sediments deposits in the central part of the area show the influence of silt and clay particles from the Yangtze river. Clay minerals content and distribution indicated that surface sediment was mainly come from Yangtze River and transported by tidal current, Changjiang Diluted Water and coastal current.

## Keywords

Sediment Characteristics, Grain Size, Provenance, Northeastern Yangtze River Sub

---

# 长江口东北海域表层沉积特征及其物源初步研究

李金铎, 余海俊, 虞理鹏, 贺智能

国家海洋局宁波海洋环境监测中心站, 浙江 宁波  
Email: [hydcs2010@163.com](mailto:hydcs2010@163.com)

收稿日期：2018年11月13日；录用日期：2018年11月29日；发布日期：2018年12月6日

## 摘要

根据长江口东北部海域表层沉积物测试分析结果，对表层沉积物的类型分布、沉积环境和物源成因进行分析讨论。结果表明，表层沉积类型可分为中细砂、细砂、砂质粉砂、粉砂质砂、粘土质粉砂。结合地形地貌，可分为东侧沙波砂质沉积区、西侧边滩拦门沙砂质沉积区、中部沙席混合沉积区、北支河口泥质沉积区。粒度-标准偏差法识别出各区环境敏感粒组，东部沙波、中部沙席普遍存在占主导地位的粗粒的陆架砂质沉积和现代流系带来的细粒组分。北支河口的泥质沉积和中部沙席区沉积较多的受到粉砂粒级为主的现代长江入海泥沙的影响。从粘土矿物特征推断，研究区的表层沉积物绝大部分来源于长江物质，随转向东北的长江径流和潮流、风暴流的输运沉积于该区，研究区的北部，有局部区域沙质物质来源于随苏北沿岸流向南侧运移的黄河物质。

## 关键词

沉积特征，粒度，物源，长江口东北部海域

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

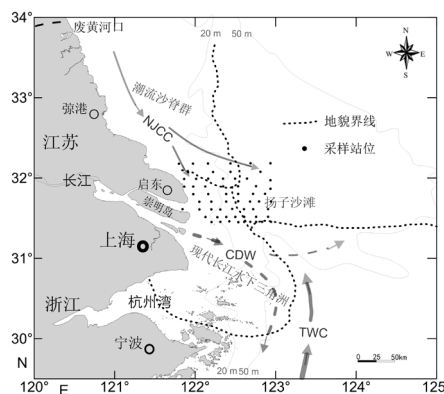
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

海底沉积是水动力条件、物源、初始地形地貌达到动态平衡的结果，分析某个区域的沉积特征及其变化，可以一定程度上反演沉积环境的变化，用来解释成因和预测演化趋势。长江携带大量水、沙入海，主要向东南运移，形成现代长江河口水下三角洲和浙闽泥质带[1] [2] [3]，同时，小部分长江水沙东北向进入南黄海，但由于“水障”作用，长江入海泥沙基本上滞留在 123°30'以西[4] [5]。崇明岛东侧经北支河口外到南黄海潮流沙脊群和扬子沙滩之间的长江口东北部海域(图 1)，海面开阔，河口地形地貌复杂多变，水动力条件较强，受到潮流、风暴流、苏北沿岸流、长江入海径流等的影响[6] [7] [8] [9]，沉积物来源广泛，可能既有长江源，又有黄河源和陆架来源，沉积物的输运和沉积动力过程较为复杂。



地貌界线根据 Liu *et al.* (2007); 章伟艳等(2013)。流系根据韦钦胜等(2011)。NJCC: 苏北沿岸流; CDW: 长江冲淡水; TWC: 台湾暖流

Figure 1. Study area and sediment sampling locations

图 1. 研究区域和沉积物采样站位

长江口及邻近海域的研究有多个成果发表,或从大区域上分析长江水沙及悬浮体自身特征和径流潮流相互作用下的输运扩散机制,论述长江口海域沉积环境和演化特征[1][2][3][4][10],或使用实测粒度、地形地貌、同位素测年等资料,对该海域沉积特征、影响因素和近期变化进行研究[11]-[16],但多集中于长江口东南侧的三角洲主体区域,对东北侧海域的研究鲜见报道。该区又处于北支口外,随着近年来长江水、沙输运量的减少和北支河道整治、崇明和启东岸滩围垦开发等人类活动[16][17],势必对该区沉积物造成影响。

本研究根据 2015 年沉积物采样和粒度、粘土矿物测试资料,分析了最近长江口东北侧海域表层沉积物粒度和分布特征,推断沉积物在物源上受到长江、南黄海、陆架物质的影响程度,为长江口外动力沉积陆海相互作用研究提供一个局部区域的基础资料,也为该区海洋开发利用提供科学依据。

## 2. 材料与方法

沉积物样品来源于 2015 年 5 月国际光缆路由调查项目中 61 个采样站(图 1)。蚌式取样器采样,取表层 0 cm~5 cm 样,置于聚乙烯袋中密封存于 4℃ 的冷藏箱中。样品的采集、贮存、运输、预处理按 GB 12763—2007《海洋调查规范》进行[18]。对于粒度分析,首先用筛析法将粒径>2 mm 的粒级分离,2 mm 以下的粒级组分加入 15 ml 3% 的双氧水浸泡 24 小时,去除有机质;然后加入 5 ml 3 mol/L 的稀盐酸浸泡 24 小时去除沉积物中的钙质胶结物及生物贝壳,加蒸馏水洗盐后加六偏磷酸钠溶液静置一昼夜,超声波振荡充分分散,使用 Microtrac S3500 型激光粒度仪(美国麦奇克公司)测试分析。采用等比  $\Phi$  值粒级标准( $\Phi = -\log_2 D$ ,  $D$  为用 mm 表示的粒径值),采用 Shepard 三角图分类命名,在砂质沉积物中,按照优势粒组法将之细分为细砂、细中砂、中细砂等类型。为便于与区域和历史资料对比,粒度参数计算采用 Folk-Ward (1957 年)图解法公式计算。

利用 Stokes 沉降法吸取按照上述粒度分析制备的悬浮液中<0.002 mm 粒级,采用刮片法制成定向片,使用 X 射线衍射(XRD)分析法进行沉积物粘土矿物测试。使用日本理学的 D/max-2500 型 18 kW 转靶 X 射线衍射仪,连续扫描,扫描速度为 2°/min ( $2\theta$ ),选用乙二醇 24 小时饱和片(EG 片)分析结果用 Biscaye (1965)方法进行粘土矿物含量半定量计算。

## 3. 结果与讨论

### 3.1. 表层沉积物类型及分布

研究区表层沉积物主要分成 5 大类:中细砂(MFS)、细砂(FS)、粉砂质砂(TS)、砂质粉砂(ST)、粘土质粉砂(YT)。

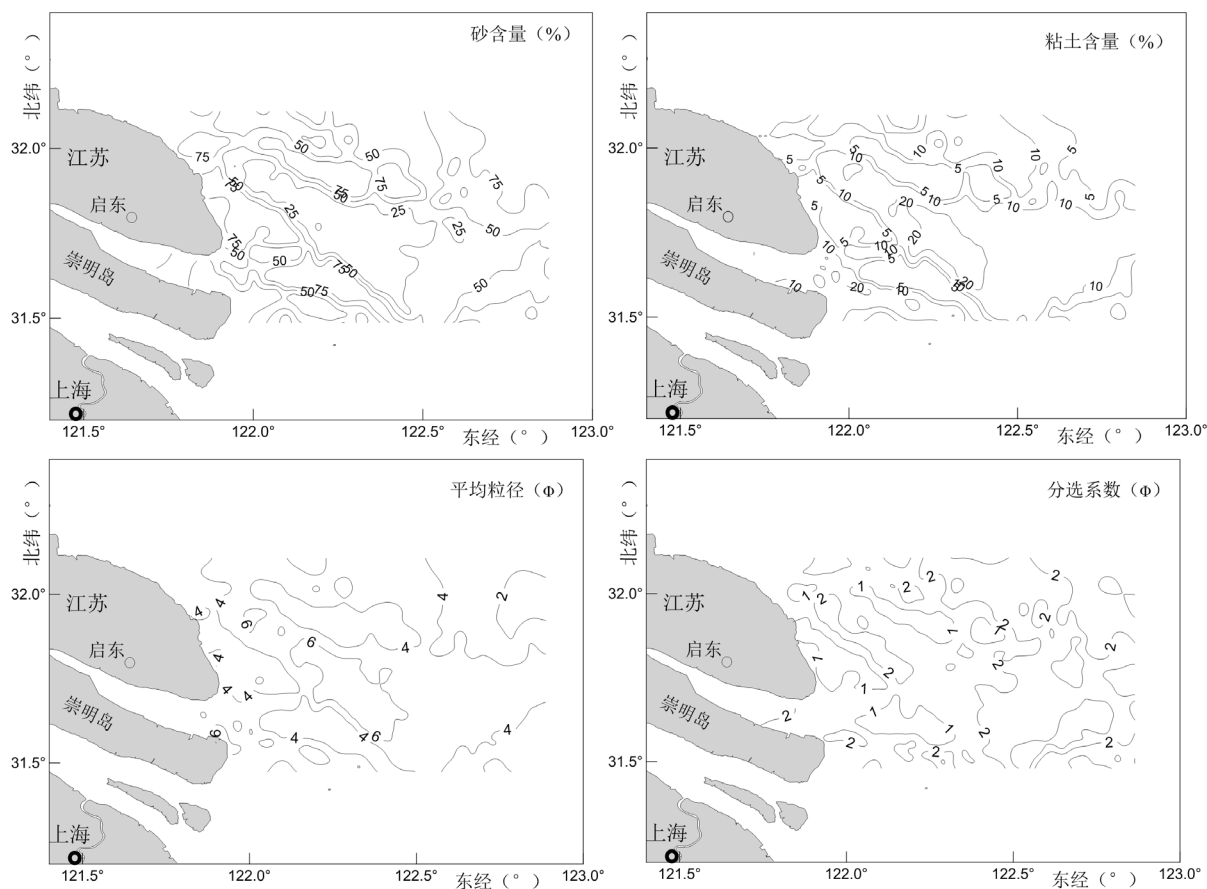
中细砂:主要分布于研究区的东部,以及长江北支口门东侧水下浅滩,中粗砂含量一般在 25%~60% 之间,细砂含量一般在 30%~50% 之间(图 2),另含 10% 和 3% 左右粉砂、粘土颗粒,大都含有贝壳碎片或碎屑。平均粒径大多数在 2.20 $\phi$ ~2.80 $\phi$  之间。分选系数大都 1.00 $\phi$ ~1.50 $\phi$  之间,分选较差。

细砂主要分布于近岸启东边滩、南侧崇明东滩、北支口门沙体(图 3),细砂含量一般在 70%~85% 之间,粉砂和粘土颗粒的含量一般都在 10% 和 1% 以下。平均粒径大多数在 2.50 $\phi$ ~3.20 $\phi$  之间。分选系数大都小于 0.90 $\phi$ ,分选好。

粉砂质砂主要分布于研究区的中东部。砂含量一般在 45%~65% 之间,粉砂含量一般在 30%~40% 之间,粘土颗粒的含量一般都在 5%~15% 之间。平均粒径大多数在 4.00 $\phi$ ~4.60 $\phi$  之间。分选系数基本都在 2.00 $\phi$  以上,分选差。

砂质粉砂主要成片分布于研究海区的中心部位,外(东侧)接粉砂质砂沉积,内(西侧)接粘土质粉砂沉积。砂含量一般在 25%~35% 之间,粉砂含量一般在 45%~65% 之间,粘土颗粒的含量一般都在 10%~15% 之间。平均粒径大多数在 5.00 $\phi$ ~5.80 $\phi$  之间。分选系数基本都在 1.80 $\phi$  以上,分选差。

粘土质粉砂成片发育于两个区域，一是近岸边滩东侧的沙席槽洼中，向东为成片的砂质粉砂沉积，另分布于北支河口两侧冲刷槽中。砂含量一般 5%~10%，粉砂含量一般为 65%~75%，粘土含量 20%~25%，平均粒径大多数在  $6.00\phi\sim 7.00\phi$  之间，分选系数基本都在  $1.60\phi\sim 2.10\phi$ ，分选较差。



**Figure 2.** Distribution of particle concentrations and grain-size parameters of surface sediment in the study area  
**图 2.** 研究区表层沉积物粒级含量和粒度参数分布

### 3.2. 表层沉积分区

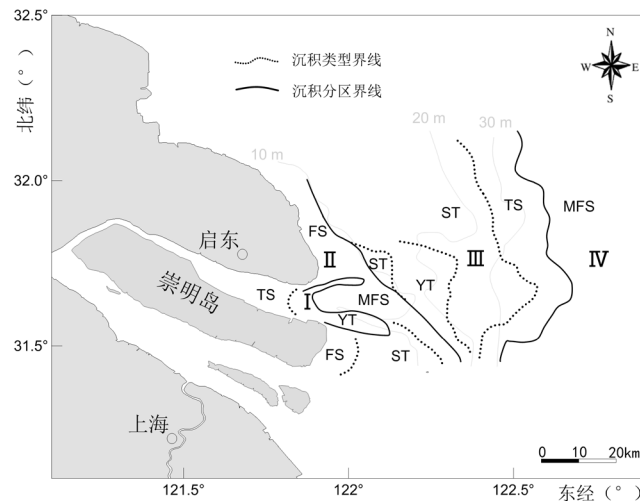
结合地形地貌和沉积物类型分布特征，研究海区可分为四个沉积区(图 3)：北支河口泥质沉积区(I)、西部浅滩砂质沉积区(II)、中部沙席混合沉积区(III)和东部沙波砂质沉积区(IV)。

北支河口外泥质沉积区包括河口的河床和河口沙洲两侧的潮流冲刷槽，沉积物以粘土质粉砂、粉砂以及砂质粉砂为主。西部浅滩砂质沉积区包括启东边滩、崇明边滩、北支口门沙洲浅滩。以分选好的中细砂、细砂沉积为主。中部沙席槽沟混合沉积区从东部外海向西侧近岸依次分布粉砂质砂、砂质粉砂、粘土质粉砂。三者呈渐变过渡关系。东部砂质沉积区位于扬子沙滩(水深 40 m~60 m)西侧，实测相对水深普遍在 35 m 以上，由西向东缓倾，整体上类似沙波底形。表层沉积一般为细中砂或中细砂。

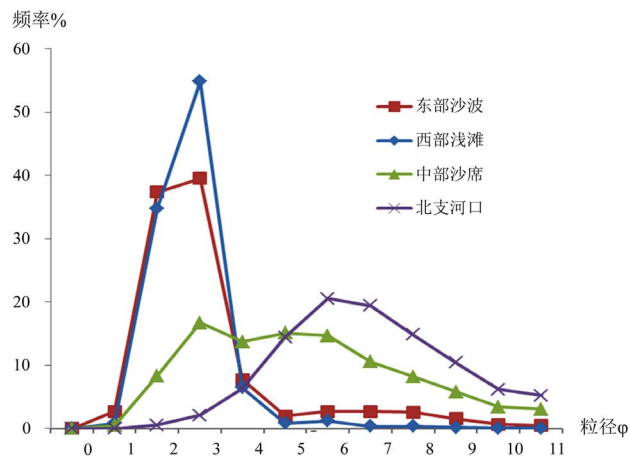
### 3.3. 表层沉积的环境意义

北支河口泥质沉积区(I)以粘土质粉砂为主，频率曲线单峰型(图 4)，峰值在  $4\phi\sim 7\phi$  之间，弱正偏态到常态较常见，峰态较宽平。概率曲线可分 2~4 段，跃移组和悬移组大致相当(图 5)，接近于现代长江河口及水下三角洲沉积[12] [13]。沉积动力分区图上显示水动力条件较弱[19] (图 6)。粒级-标准差曲线(图

7) 显示出  $40.7 \mu\text{m}$  和  $7.3 \mu\text{m}$  附近两个峰值区, 分别代表占优势的涨潮流和较弱的落潮流的影响。长江口北支主要受潮流控制[7], 水、沙、盐倒灌, 口外海域细颗粒泥沙随涨潮流带入, 一部分随落潮流带出, 一部分沉积在河口及两侧潮流通道底部。



**Figure 3.** Surface sediments distribution and partition in the study area  
**图 3.** 研究区表层沉积物类型分布和分区



**Figure 4.** Surface sediments grain size percentage in the study area  
**图 4.** 研究区典型表层沉积频率曲线

西部浅滩砂质沉积区(II)以分选好的中细砂、细砂沉积为主, 频率曲线单峰型为主, 主峰是四个沉积区中最为突出的, 峰值  $2\phi\sim3\phi$  之间, 偏态值接近正态。概率曲线 3 段, 跃移组可分为两段, 第一段显著, 第二段稍弱, 截点  $1\phi$  左右, 显示出双向水流的作用, 悬移组一段, 细截点  $4\phi$  左右, 形态接近于海滩砂沉积[20]。Pejrup 三角图上沉积物投点集中于 A-IV 区附近, 显示研究区水动力条件和介质紊动性都很强, 是四个沉积区中最强的。长江口向东南偏转分叉, 北支逐渐萎缩, 尤其上世纪中期以来大规模的围垦开发活动, 造成北支受潮流控制, 沉积物从外海向西部岸滩运移[16] [21], 浅水区的边滩、沙洲区域海底沉积经过涨落潮流、风浪往复多次淘洗, 表现为分选极好粒级集中于  $2\phi\sim3\phi$  之间的细砂。典型沉积物的粒级-标准差曲线显示出两个峰值, 分别是  $273.5 \mu\text{m}$  和  $112.3 \mu\text{m}$ , 代表本区沉积物两个环境敏感粒组, 二者大致相当, 分别代表涨落潮双向水流沉积。

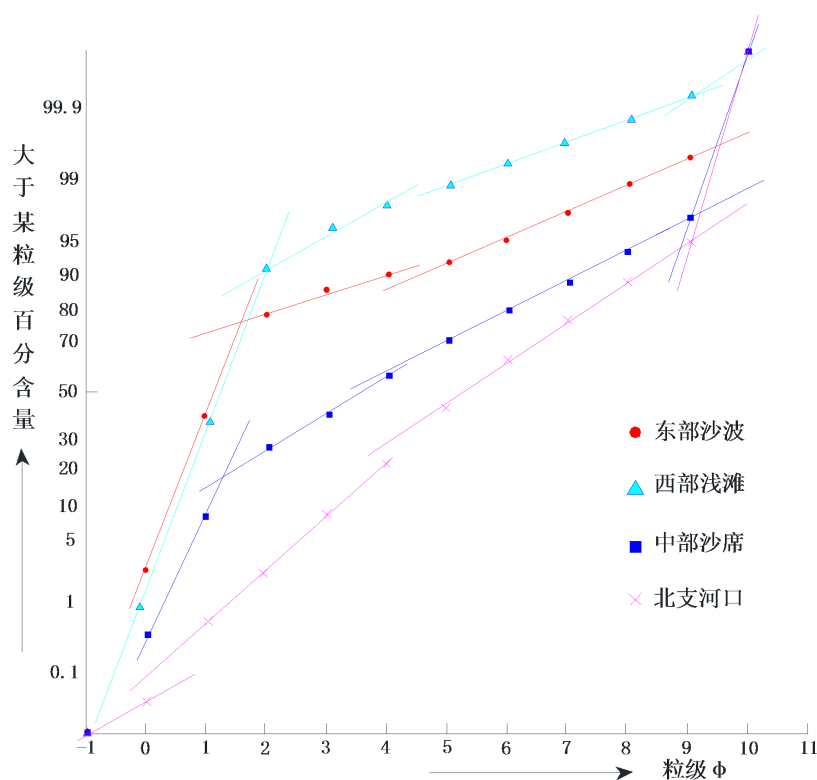


Figure 5. Surface sediments grain size frequency curve in the study area

图 5. 表层沉积概率曲线

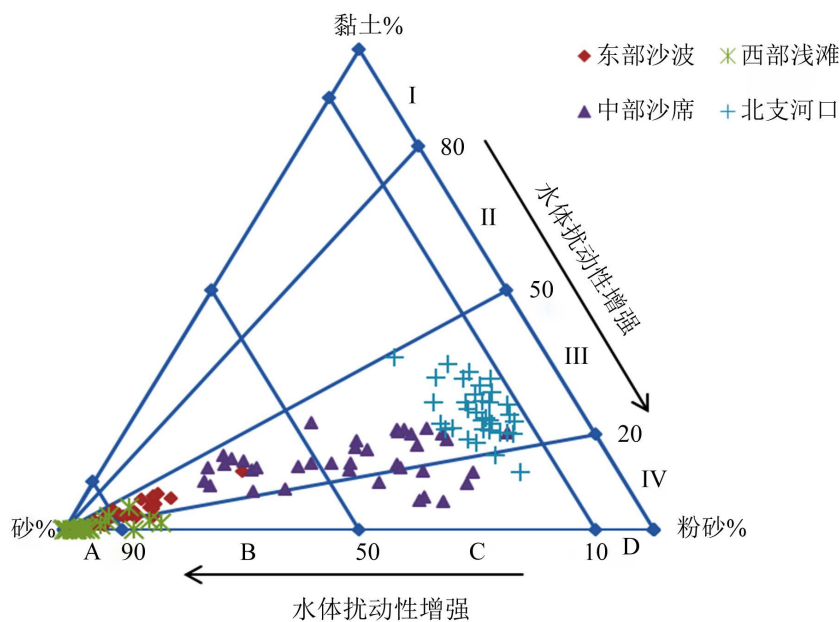


Figure 6. Pejrur ternary diagram for sedimentary environment dynamic classification

图 6. 研究区 Pejrur 沉积环境动力分区

研究区中部为较为平坦开阔地沙席，水动力条件比上述两个区域稍次，沉积物变细，沉积了较多的粉砂粒级，成分复杂，分选差。从东侧到西侧，即从海向陆方向，依次南北向条带状分布粉砂质砂、砂



质粉砂、粘土质粉砂, 沉积物依次变细, 呈渐变过渡关系, 表现出良好的沉积分异。典型沉积物的频率曲线形态多变, 正偏态为主, 概率曲线两段跃移段和悬移段比较明显, 说明沉积物成分和成因复杂, 具有多源或多期改造沉积的特点。Pejrup 图上沉积物动力分区处于 B 和 C 区附近, 显示研究区水动力条件相对较弱。

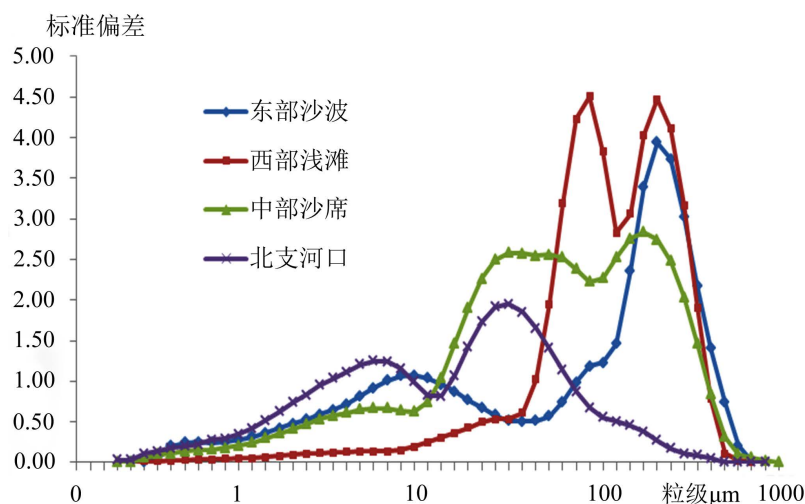


Figure 7. Surface sediments grain size-standard deviation in the study area  
图 7. 研究区粒度 - 标准偏差曲线

典型沉积物的粒度-标准差曲线显示出 230.0  $\mu\text{m}$ 、69.0  $\mu\text{m}$ ~40.7  $\mu\text{m}$  和 7.3  $\mu\text{m}$  附近三个峰值区。本区和 I 区中均存在 40.7  $\mu\text{m}$  和 7.3  $\mu\text{m}$  附近两个峰值区, 说明沉积物较多的受到粉砂级为主的现代长江入海泥沙的影响[11] [22]。而峰值 230.0  $\mu\text{m}$  对应的粒度组分来源于东部沙波沉积区。

东部沙波砂质沉积区(IV)表层沉积以中细砂为主, 典型沉积物粒度频率曲线双峰型为主(图 4), 正偏态, 可见  $1\phi$ ~ $2\phi$  和  $2\phi$ ~ $3\phi$  两个优势粒组, 概率曲线基本可分 3 段(图 5), 接近于河流沉积。沉积物在 Pejrup 三角图上的分区位置显示(图 6), 水动力条件和介质紊动性都比较强。本区地形地貌、沉积物类型特征都很大程度上与外侧扬子沙滩类似, 可以看作现代长江口三角洲沉积与陆架残留砂质沉积区过渡区或混合作用区。现代流系(苏北沿岸流和长江入海径流)带来了主要呈悬浮搬运的细粒物质, 对原来的砂质沉积进行了改造。粒度-标准偏差曲线(图 7)显示出两个峰值, 分别是 273.5  $\mu\text{m}$  和 13.2  $\mu\text{m}$ , 代表本区沉积物两个环境敏感粒组。研究表明, 峰值约为 15  $\mu\text{m}$  左右的近正态分布的粒度, 基本为东海沿岸流以悬移方式输送而沉积[23], 本区峰值 13.2  $\mu\text{m}$  所代表的细粒组分(细粉砂)是现代苏北沿岸流和长江冲淡水悬浮搬运沉积于本区的, 而呈主导地位的峰值约为 273.5  $\mu\text{m}$  的粗粒组分(细中砂), 与现代的沉积环境不太适应, 是全新世早期或以前的老沉积, 水动力比较强, 更像是在单向较强水流条件下形成的, 而不是在往复流条件下形成两个敏感粒组的峰值。

与研究区西部浅滩砂质沉积区(II)相比, 多了弱峰值 13.2  $\mu\text{m}$  所代表的细粒组分, 少了一个强度相当的 112.3  $\mu\text{m}$ (细砂)所代表的跃移组分, 若 II 区沉积物特征代表了典型的现代滨海往复潮流沉积, 研究区东部砂质沉积区则显示出沿岸流沉积的特点。

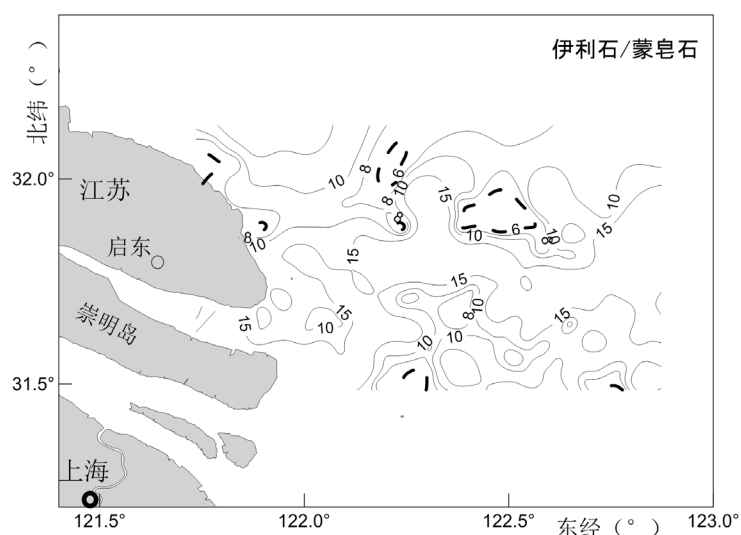
### 3.4. 沉积物粘土矿物特征和物源

粘土矿物特征可以进一步来推断研究区沉积物来源[24] [25] [26]。研究区粘土矿物组合为伊利石 - 高岭石 - 绿泥石 - 蒙皂石, 含量平均值分别为 67.70%、15.38%、11.01%和 5.92%(表 1), 更接近于长江物质。

**Table 1.** Clay minerals content of surface sediment in the study area (unit: %)**表 1.** 研究区表层沉积物粘土矿物含量(%)

	伊利石	高岭石	绿泥石	蒙皂石	资料来源
平均值	67.70	15.38	11.01	5.92	
最大值	78.30	21.45	16.83	25.09	该研究
最小值	53.99	9.50	3.70	0.00	
黄河物质	62.50	9.70	12.50	15.20	范德江等
长江物质	70.80	9.40	13.20	6.60	
南黄海平均	62.20	12.80	9.90	15.10	蓝先洪等
苏北近岸	75.00	12.40	10.30	2.30	项立辉等

伊利石/蒙脱石比值在研究区大部分区域都大于 8 (图 8), 推断物源为长江来源[24]。研究区的中北部有两个蒙皂石高含量区, 伊利石/蒙脱石比值小于 6, 沉积物类型为中细砂(图 2, 图 8), 周围的沉积为粉砂质砂, 地形地貌上似为北部现代潮流沙脊群伸向南部长江口的沙脊末端。从粘土矿物特征推断, 研究区的表层沉积物绝大部分来源于长江物质, 随转向东北的长江径流和潮流、风暴流的输运沉积于该区, 研究区的北部, 有局部区域沙质物质来源于随苏北沿岸流向南侧运移的黄河物质。

**Figure 8.** Distribution of illite/semctite ratio of Surface sediment in the study area**图 8.** 研究区伊利石/蒙皂石比值分布

#### 4. 结论

1) 研究区表层沉积主要为中细砂(MFS)、细砂(FS)、粉砂质砂(TS)、砂质粉砂(ST)、粘土质粉砂(YT), 总体上按照粗细分异的规律呈平行岸线条带状分布, 由外海到近岸沉积物逐渐变细。可分为四个沉积区: 北支河口泥质沉积区(I)、西部浅滩砂质沉积区(II)、中部沙席混合沉积区(III)和东部沙波砂质沉积区(IV)。

2) 北支河口以砂质粉砂和粘土质粉砂为主。西部边滩和沙体分选好, 为涨落潮双向水流以及风浪沉积。中部沙席区沉积物成分和成因复杂, 沉积物较多的受到粉砂粒级为主现代长江入海泥沙的影响。东部沙波砂质沉积分选较差, 陆架砂质沉积占主导, 现代苏北沿岸流和长江冲淡水悬浮搬运的细粒组分对原有沉积物进行了改造。

3) 从粘土矿物特征推断, 研究区的表层沉积物绝大部分来源于长江物质, 随转向东北的长江径流和



潮流、风暴流的输运沉积于该区, 研究区的北部, 有局部区域沙质物质来源于随苏北沿岸流向南侧运移的黄河物质。

## 参考文献

- [1] Milliman, J.D., Shen, H.T., Yang, Z.S., *et al.* (1985) Transport and Deposition of River Sediment in the Changjiang Estuary and Adjacent Continental Shelf. *Continental Shelf Research*, **4**, 37-45. [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(85\)90020-2](https://doi.org/10.1016/0278-4343(85)90020-2)
- [2] 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>
- [3] 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.
- [4] 杨作升, 郭志刚, 王兆祥, 等. 黄、东海陆架悬浮体向其东部深海区输送的宏观格局[J]. 海洋学报, 1992, 14(2): 81-90.
- [5] 韦钦胜, 于志刚, 冉祥滨, 等. 黄海西部沿岸流系特征分析及其对物质输运的影响[J]. 地球科学进展, 2011, 26(2): 145-156.
- [6] Liu, Z.X. (1997) Yangtze Shoal—A Modern Tidal Sand Sheet in the Northwestern Part of the East China Sea. *Marine Geology*, **137**, 321-330. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(96\)00026-6](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(96)00026-6)
- [7] 陈沈良, 陈吉余, 谷国传. 长江口北支的涌潮及其对河口的影响[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2003(2): 74-80.
- [8] 叶银灿, 庄振业, 来向华, 等. 东海扬子浅滩砂质底形研究[J]. 中国海洋大学学报, 2004, 34(6): 1057-1062.
- [9] 张志强, 蒋俊杰, 詹文欢, 等. 长江口北支河口地貌特征及演变趋势分析[J]. 海洋测绘, 2010, 30(3): 37-40.
- [10] 庄克琳, 毕世普, 刘振夏, 等. 长江水下三角洲的动力沉积[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005, 25(2): 1-9.
- [11] 张瑞, 汪亚平, 高建华, 等. 长江口水下三角洲泥质区近期沉积物粒度变化特征及其影响因素[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2011, 31(5): 9-16.
- [12] 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.
- [13] 陈静, 赵宝成, 战庆. 长江口水下三角洲北部近百年沉积物粒度组成及其对水动力环境的响应[J]. 沉积学报, 2014, 32(4): 692-699.
- [14] Yang, S.L., Zhang, J. and Xu, X.J. (2007) Influence of the Three Gorges Dams on Downstream Delivery of Sediment and Its Environmental Implications, Yangtze River. *Geophysical Research Letters*, **34**, L10401.
- [15] 罗向欣, 杨世伦, 张文祥, 等. 近期长江口 - 杭州湾邻近海域沉积物粒径的时空变化及其影响因素[J]. 沉积学报, 2012, 30(1): 137-147.
- [16] 王如生, 杨世伦, 罗向欣, 等. 近 30 年长江北支口门附近的冲淤演变及其对人类活动的响应[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2015(4): 34-41.
- [17] 陈正兵, 陈前海, 谢作涛. 长江口北支近期水沙特性及河道演变特征[J]. 人民长江, 2016, 47(23): 5-9.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 海洋调查规范(第 8 部分): 海洋地质地球物理调查(GB/T12763.8-2007) [M]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [19] Pejrup, M. (1988) The Triangular Diagram Used for Classification of Estuarine Sediments: A New Approach. In: Boer, Ed., *Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 289-300.
- [20] Visher, G.S. (1969) Grain Size Distributions and Depositional Processes. *Journal of Sedimentary Petrology*, **39**, 1074-1106.
- [21] 周开胜, 孟翊, 刘苍宇. 长江口北支沉积特征及北支河道演变[J]. 泥沙研究, 2009(6): 65-73.
- [22] Fan, D.J., Sun, X.X., Qi, H.Y., *et al.* (2011) Annual Lamination and Its Sedimentary Implications in the Yangtze River Delta Inferred from High-Resolution Biogenic Silica and Sensitive Grain-Size Records. *Continental Shelf Research*, **31**, 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2010.12.001>
- [23] 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.
- [24] 范德江, 杨作升, 毛登, 等. 长江与黄河沉积物中粘土矿物及地化成分的组成 C 海洋地质与第四纪地质[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(4): 7-12.
- [25] 蓝先洪, 张宪军, 刘新波, 等. 南黄海表层沉积物粘土矿物分布及物源[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2011, 31(3):

11-15.

- [26] 项立辉, 张晓飞, 刘强, 等. 南通近海表层沉积物粘土矿物含量分布特征及物质来源[J]. 应用海洋学学报, 2015, 34(2): 264-271.

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2376-4260, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ams@hanspub.org](mailto:ams@hanspub.org)