

文登近岸海域表层沉积物分布特征及影响因素

王益民¹, 吴建政^{1,2}, 朱龙海^{1,2}, 胡日军^{1,2}

(1 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100;

2 中国海洋大学海底科学与探测技术教育部重点实验室, 青岛 266100)

摘要:根据 2013 年文登近岸海域 130 个表层沉积物样品资料, 分析了研究区表层沉积物分布特征, 结合表层沉积物起动流速、波浪破碎水深和潮流数值模拟等资料, 初步探讨了表层沉积物分布格局的影响因素。结果表明, 研究区表层沉积物主要包括砂、粉砂、黏土质粉砂等 8 种类型, 由岸向海粒径变细、分选变差。母猪河、昌阳河主要影响研究区东部沉积物的分布, 黄垒河主要影响研究区西部沉积物的分布, 河流的存在控制着研究区沉积物分布的基本格局。“波浪掀沙, 潮流输沙”控制了表层沉积物的分异, 形成了研究区中部颗粒较粗, 东西两侧颗粒较细的沉积物分布规律。

关键词:表层沉积物; 粒度参数; 分布特征; 影响因素; 文登

中图分类号: P736.21

文献标识码: A

文登近岸海域拥有优质的沙滩和天然的海水浴场, 是胶东半岛的滨海旅游区之一(图 1)。随着文登市海洋旅游业的发展, 对近岸海域的开发和利用的力度不断加大, 海滩资源面临着挑战。近年来, 张家埠新港等建设对文登近岸海域的沉积动力环境产生了一定的影响^[1,2]。表层沉积物粒度是反映海底沉积环境的重要参数之一, 其可以分析沉积物分布特征, 判别沉积物来源、沉积环境类型和物质运移趋势^[3-5]。表层沉积物粒度特征受泥沙来源、水动力条件、地貌类型、海平面变化和人类活动等因素控制^[6-8]。本文利用近期表层沉积物取样分析结果, 结合水动力资料, 分析和探讨文登近岸海域表层沉积物的分布特征及影响因素, 对认识文登近岸海域沉积动力特征以及保护沿岸海滩资源具有一定的指导意义。

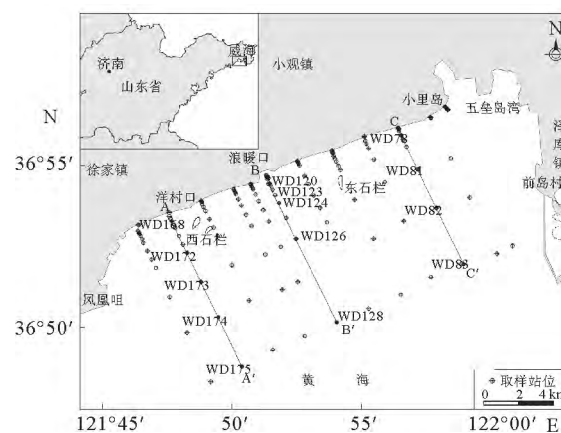


图 1 研究区位置及表层沉积物取样站

Fig. 1 Location of the study area and sampling sites for the surficial sediments

1 研究区概况

研究区构造上属于新华夏系第 2 隆起带之胶北隆起的乳山—威海复背斜。该区处于东亚季风

收稿日期: 2014-05-08

基金项目: 国家自然科学基金(41106039)

作者简介: 王益民(1989—), 男, 硕士, 主要从事海洋地质学研究工作. E-mail: wymouc@163.com

区域,各季盛行风向不同,春季偏南风占优势,秋季偏北风多于偏南风,夏季盛行偏南风,冬季盛行北至北西风。根据张家埠港 1959 年 10 月—1960 年 1 月所观测的潮汐数值计算结果:潮汐类型判别系数为 0.39,属于正规半日潮^[9]。研究区的波浪特征主要以南黄岛的资料为依据,常浪向为 SSW,年出现频率 10.5%,次常浪向是 SSE,年出现频率 8.9%;强浪向为 SSE,最大波高 4.6 m ($H_{1/10}$),次强浪向 S,最大波高 3.9 m ($H_{1/10}$)。

2 资料与方法

2.1 样品采集

中国海洋大学于 2013 年 7—8 月在研究区进行 130 个站位的表层沉积物取样(站位如图 1 所示),其中,沙滩沉积物样品 35 个,海底沉积物样品 95 个。采用自制锚式采样器进行取样、美国 Trimble 公司生产的差分 GPS 进行导航定位。

2.2 分析方法

表层沉积物依据海洋调查规范(GB/T12763.8—2007)^[10]进行粒度分析,在中国海洋大学土工实验室完成,粒径 >0.063 mm 的沉积物采用筛析法,粒径 <0.063 mm 的沉积物采用沉析法(吸管法)。粒级划分采用乌登—温德华氏等比制 Φ 值粒级标准^[11],粒级间隔为 $1/2 \Phi$ 。沉积物分类和命名本采用 Shepard 沉积物粒度三角图解法^[12],以砂、粉砂和黏土为三端元,对沉积物进行分类和命名。

3 结果

3.1 表层沉积物分布特征

3.1.1 表层沉积物类型

研究区沉积物包括砂、粉砂质砂、砂质粉砂、粉砂、黏土质砂、黏土质粉砂、粉砂质黏土和砂—粉砂—黏土等 8 种类型。其中,以粉砂和黏土质粉砂为主。表层沉积物类型分布如图 2 所示。

3.1.2 粒度参数特征

(1) 中值粒径(M_d)

研究区表层沉积物中值粒径由岸向海逐渐变小,介于 $0.077 \Phi \sim 8.658 \Phi$,平均 4.615Φ (图 3)。近岸 1 m 等深线以浅区,中值粒径在 $1 \Phi \sim 4 \Phi$ 之间,粒径相对较粗,反映水动力条件相对较强;1 m 等深线以深区,中值粒径在 $5 \Phi \sim 8 \Phi$ 之间,粒径较细,反映水动力较弱。表层沉积物平均粒径与中值粒径等值线分布趋势大体一致,平均粒径介于 $-0.019 \Phi \sim 8.086 \Phi$,平均值为 4.193Φ 。

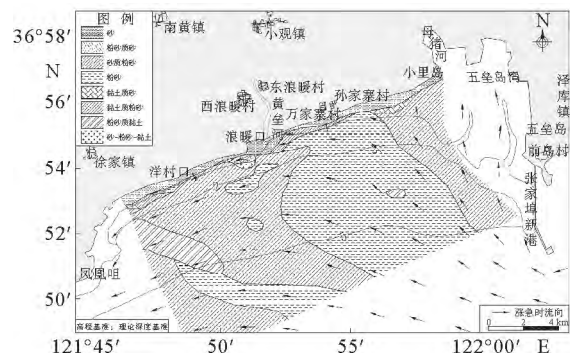


图 2 研究区表层沉积物类型分布

Fig. 2 Distribution map of the surface sediments

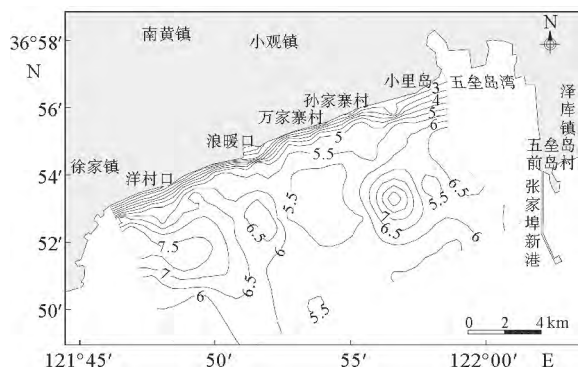


图 3 中值粒径等值线分布

Fig. 3 The distribution of medium sizes(Φ) of the surface sediments

(2) 分选系数

研究区表层沉积物分选系数介于 $0.385 \sim 3.689$,平均 1.801 (图 4)。在近岸 1 m 等深线以浅区,分选系数在 $0.5 \sim 1.0$ 之间,分选较好—中等;1 m 等深线以深区,分选系数在 $1.2 \sim 3.5$ 之间,分选较差—差,附近河流注入是导致分选差的原因之一。

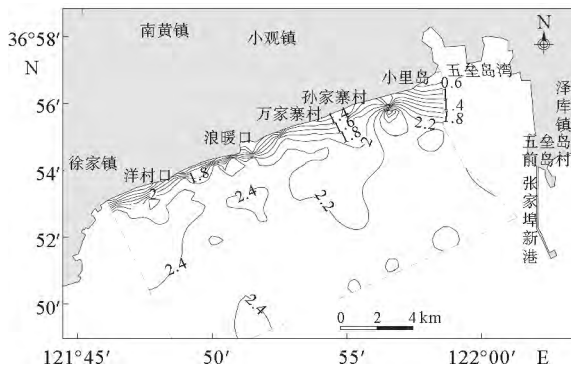


图 4 分选系数等值线分布

Fig. 4 The distribution of the sorting coefficient of the surface sediments

(3) 偏态

研究区沉积物整体上呈正偏态, 偏态变化范围为 $-0.565 \sim 0.822$, 平均 0.304 (图 5)。近岸 1 m 等深线以浅区, 偏态值在 $0 \sim 0.3$, 粒度频率累计曲线为近对称—正偏; 在 1 m 等深线以深区, 偏态值介于 $0.1 \sim 0.8$, 为正偏—极正偏。

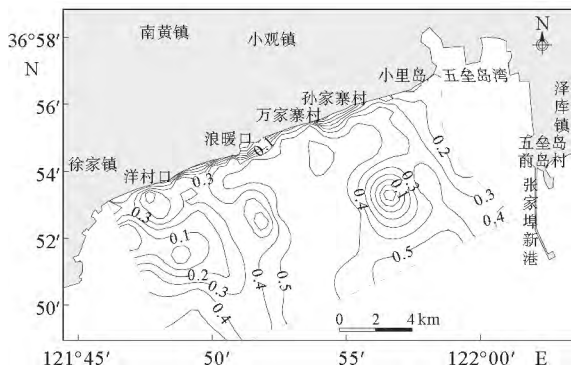


图 5 偏态等值线分布

Fig. 5 The distribution of skewness of the surface sediments

3.2 表层沉积物起动流速

为了说明研究区表层沉积物的运移特性, 在研究区共布设 3 条典型断面 (如图 1 所示), 分别计算了每条断面上各站位表层沉积物的起动流速。表层沉积物起动流速计算采用冀国仁公式^[13]:

$$U_c = k' (\ln 11 \frac{h}{\Delta}) (\frac{d'}{d_*})^{1/6} \cdot$$

$$\sqrt{3.6 \frac{\rho_s - \rho}{\rho} g d + (\frac{\gamma_0}{\gamma_{0*}})^{5/2} \frac{\epsilon_0 + g h \delta (\delta/d)^{1/2}}{d}}$$

$$\Delta = \begin{cases} 1.0 \text{ mm} & \text{当 } d \leq 0.5 \text{ mm 时} \\ 2d & \text{当 } 0.5 \text{ mm} < d < 10 \text{ mm 时} \\ 2d_*^{1/2} d^{1/2} & \text{当 } d \geq 10 \text{ mm 时;} \end{cases}$$

$$d' = \begin{cases} 0.5 \text{ mm} & \text{当 } d \leq 0.5 \text{ mm 时} \\ d & \text{当 } 0.5 \text{ mm} < d < 10 \text{ mm 时} \\ 10 \text{ mm} & \text{当 } d \geq 10 \text{ mm 时;} \end{cases}$$

式中: U_c 为泥沙起动流速;

k' 为系数, 取为 0.32 ;

h 为水深;

Δ 为底面糙率高度, $d_* = 10 \text{ mm}$;

ρ_s 为沙粒的密度;

ρ 为水的密度;

g 为重力加速度;

d 为中值粒径;

γ_0 为底床泥沙干容重;

γ_{0*} 为泥沙颗粒的稳定干容重;

$\epsilon_0 = 1.75 \text{ cm}^3/\text{s}^2$, 为综合黏结力参数;

σ 为薄膜水厚度参数, 其值取 $2.31 \times 10^{-5} \text{ cm}$ 。

计算结果显示, 表层沉积物的起动流速在 $18.0 \sim 115.1 \text{ cm/s}$ 之间。根据潮流场数值模拟结果^[14]提取 3 条断面上各站位涨急和落急时的流速值, 将计算得出的泥沙起动流速与之进行对比 (如图 6 所示), 结果显示, 在研究区的 3 条断面中, 仅有 C—C' 断面上 WD83 站位涨急时和落急时均能起动, 其他断面上的各站位都不能起动, 单纯的潮流作用基本无法起动研究区表层沉积物。

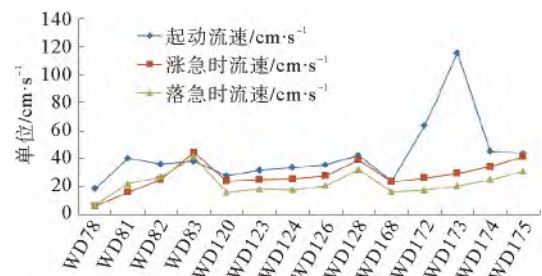


图 6 起动流速与模拟流速对比

Fig. 6 Correlation of initial velocity and simulated velocity

3.3 波浪破碎水深

在砂质海岸的近岸水域, 泥沙运动主要是在

波浪作用下进行的^[15],因此,确定波浪破碎水深对了解泥沙运移特征是非常重要的。本文波浪破碎水深采用 Sunamura^[16]的计算公式:

$$\frac{H_b}{d_b} = 1.09 (\tan \beta)^{0.98} \left(\frac{d_b}{L_0} \right)^{-0.1}$$

$$\frac{H_b}{H_0} = (\tan \beta)^{0.2} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{-0.25}$$

式中: H_b 为破波波高;

d_b 为波浪破碎水深;

H_0 为深水波高;

L_0 为深水波长;

$\tan \beta$ 为海底比降^[2]。

计算所用的波浪资料是用石岛海洋站 1984—1998 年 15 a 的观测资料统计的结果^[14],其计算结果如表 1 所示。

表 1 波浪破碎水深计算结果

Table 1 Water depth of wave break

参数	$H_{1/10}/m$	$H_{1/3}/m$	T/s	参数	H_b/m	d_b/m
统计结果	1.0	0.79	4.6	计算结果	0.91	1.64
	1.1	0.87	4.8		1.00	1.80
	1.4	1.10	5.0		1.23	2.24
	2.3	1.81	7.0		2.11	3.78
	5.0	3.94	12		4.94	8.65

由表 1 可知在一般波浪条件下波浪破碎水深在 2.0 m 左右,当有较大波浪出现时(如 $H_{1/10} = 2.3$ m),波浪破碎水深可达 4.0 m 左右;当有更大波浪($H_{1/10} = 5.0$ m)时,则强烈活动水深可达 8 m 以上。结合波浪统计资料^[14],确定研究区破波水深为 4 m 左右。

4 讨论

4.1 河流对沉积物分布的影响

流入本海域的主要有母猪河、黄垒河及昌阳河等 3 条河流,从河流输沙量^[2]来看(表 2),母猪河的输沙量要远大于黄垒河、昌阳河,说明母猪河对沉积物的分布影响较大。

由图 2 可知,小里岛东侧沿岸分布有宽度在 500 m 左右的带状砂,500 m 以外沉积物类型为黏土质粉砂,这是由于母猪河、昌阳河挟带的大量

泥沙在小里岛东侧流入海,该海域分布有水道^[2],受其影响,使得母猪河流经小里岛东侧时水流动速增大,水动力增强,细颗粒物被水流搬运至五垒岛湾外,而粗颗粒物在此沉积,从而使研究区东侧形成了以下分布规律:沿岸分布条带状的砂,1 m 等深线以深区域分布块状的黏土质粉砂。

表 2 研究区主要河流输沙量

Table 2 Sediment discharges of main rivers

河流	母猪河	昌阳河	黄垒河
流域面积/ km^2	1 115.18	119.23	656.7
输沙量/($\times 10^4 t/a$)	35.89	3.00	16.27

注:母猪河输沙量为 1953—1965 年记录的数据;黄垒河、昌阳河输沙量为侵蚀模数估算得出

黄垒河挟带的泥沙由浪暖口入海,粗颗粒的泥沙主要沉积在 1 m 水深区,呈条带状分布,其宽度为 1 km 左右,较细颗粒的泥沙在潮流和波浪的作用下输运至 1 m 等深线以深的区域,使该区域沉积物颗粒相对较细,主要沉积物类型为黏土质粉砂和粉砂,且分布不规则。

母猪河、昌阳河主要影响着研究区东部沉积物的分布;黄垒河主要影响着研究区西部沉积物的分布;河流影响着研究区总体沉积物的分布规律。

4.2 波浪作用对沉积物分布的影响

研究区波浪以风浪为主,常浪向为 SSW,强浪向为 SSE。偏 S 向的波浪在水深 4 m 左右时发生破碎,形成了 NE 向的沿岸流,将羊村口至孙家寨村沿岸的泥沙向 NE 方向搬运,到达五垒岛湾时,受泽库半岛的阻挡,泥沙卸载堆积至此,形成潮滩^[2]。同时,受母猪河水流作用,在小里岛形成沙嘴,该沙嘴呈长条状,末端指向东,指示了研究区沿岸泥沙由西向东输运。研究区近岸 1 m 等深线以浅区域,波浪破碎强烈,加之有波浪破碎产生的沿岸流,水动力较强,细粒沉积物无法存留,因此,近岸 1 m 等深线以浅区域以分选较好—中等、粒径较粗的砂质沉积物为主,与岸线平行,呈条带状分布,其分布宽度在 100~1 000 m 左右。离岸 1 m 等深线以深区域,随着水深变大,波浪作用相对减弱,沉积物的粒径逐渐减小,分选变差,以粒径较细的粉砂和黏土质粉砂为主的沉积

物占据了研究区的大部分区域,形成了分选较差的细粒沉积物分布区。另外,研究区东侧有张家埠新港,新港建成后向海延伸约5 km,阻挡了研究区偏E向的波浪,在新港的西侧形成波影区,导致波浪对五垒岛湾的作用减弱,降低了泥沙的搬运能力,从而使五垒岛湾内输运至此的细粒物质沉积,形成了研究区东部以黏土质粉砂为主的分布特征(图2)。

4.3 潮流搬运泥沙对沉积物分布的影响

由潮流数值模拟结果^[14]可看出,研究区涨潮流时流向整体由东向西,落潮流时流向整体由西向东,涨潮流流速普遍大于落潮流流速,涨急时潮流流速一般在15~65 cm/s之间,落急时潮流流速一般在10~45 cm/s,而表层沉积物起动流速在18~115 cm/s之间,起动流速普遍大于涨潮流流速,单纯的潮流作用基本达不到表层沉积物的起动条件,因此,研究区泥沙的起动主要受波浪作用。涨急时,潮流整体由东南向西北,潮流在从张家埠新港南侧海域进入研究区,一部分绕过堤头由南向北进入五垒岛湾,另一部分受地形和岸线的影响由东南转向西北流向凤凰咀(图2)。张家埠新港南侧堤头部受潮流与波浪的耦合作用,水流流速较大,涨急时最大流速达65 cm/s,较大的流速造成堤头南侧遭受较强的侵蚀,侵蚀的物质随由南向北的潮流搬运至新港的西侧,由于流速减小而发生沉降淤积。研究区中部沉积物类型主要为粉砂和黏土质粉砂,其分界线的形态大体上与岸线垂直,根据隋倩倩^[2]和张先锋^[14]研究结果,张家埠新港堤头附近主要沉积物类型为砂质粉砂,粒径相对较粗,与研究区中部沉积的粒径较粗的粉砂基本一致,而且堤头东南侧的区域都处于侵蚀状态,结合研究区的潮流涨急时的方向,推测研究区中部沉积物分布的平面形态是由涨潮流搬运东南侧海底侵蚀泥沙沉降至此而形成的。研究区西南侧有呈SE—NW走向的粉砂、黏土质粉砂和粉砂纸黏土,这是东南—西北向的潮流挟带的泥沙与黄垒河挟带的泥沙交汇造成的。研究区单纯的潮流不能起动海底泥沙,当波浪作用搅动海底泥沙后,潮流对泥沙的输运起了主导作用,“波浪掀沙,潮流输沙”控制了研究区沉积物的分异^[17]。

5 结论

(1)研究区表层沉积物主要包括砂、粉砂、黏土质粉砂等8种类型。其中,近岸1 m等深线以浅区域表层沉积物以砂为主,呈条带状平行岸线分布;离岸1 m等深线以深区域以黏土质粉砂和粉砂为主,大体呈块状与岸线垂直分布。

(2)母猪河、昌阳河主要影响研究区东部沉积物的分布;黄垒河主要影响研究区西部沉积物的分布,河流的存在控制着研究区沉积物分布的基本格局,尤其是对近岸砂质沉积起着决定性的作用。

(3)研究区内“波浪掀沙,潮流输沙”控制了表层沉积物的分异,形成了研究区中部颗粒较粗,东西两侧颗粒较细的沉积物分布规律。

参考文献:

- [1] 冯秀丽,隋倩倩,林霖,等.威海靖海湾港区张家埠新港建设对泥沙冲淤影响预测分析[J].海洋科学,2011,35(3):72-76.
- [2] 隋倩倩.张家埠新港建成后的冲淤变化及平衡时的极限冲刷深度预测[D].青岛:中国海洋大学,2009.
- [3] 张先锋.靖表层沉积物粒度特征及沉积为动力环境分区[J].海洋地质前沿,2013,29(10):47-51.
- [4] 董超,吴建政,朱龙海,等.登州浅滩海域表层沉积物分布特征[J].海洋地质前沿,2011,27(8):8-15.
- [5] 胡日军,吴建政,朱龙海,等.东海舟山群岛海域表层沉积物运移特性[J].中国海洋大学学报,2009,39(3):495-500.
- [6] 尹延鸿,周青伟.渤海东部地区沉积物类型特征及其分布规律[J].海洋地质与第四纪,1994,14(2):47-54.
- [7] Brooks G R, Doyl E L J, Davis R A, et al. Patterns and controls of surface sediment distribution: west-central Florida inner shelf [J]. Marine Geology, 2003, 200: 307-324.
- [8] 王伟,李安春,徐方建,等.北黄海表层沉积物粒度分布特征及其沉积环境分析[J].海洋与湖泊,2009,40(5):525-531.
- [9] 中国海湾志编纂委员会.中国海湾志(第四分册)[M].北京:海洋出版社,1993.
- [10] 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[S]. GB/T 12763.8-2007. 海洋调查规范.北京:中国标准出版社,2008-02-01.
- [11] Wentworth C K. A scale of grade and class terms for clastic sediments[J]. Journal of Geology, 1922, 30: 377-392.
- [12] Shepard F P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1954, 24: 151-

- 158.
- [13] 窦国仁. 再论泥沙起动流速[J]. 泥沙研究, 1999, 6: 1-9.
- [14] 张先锋. 靖海湾沉积动力环境研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- [15] 陈子燊. 砂质海岸近岸地形动力过程研究[J]. 热带地理. 2008, 28(3): 242-246.
- [16] Sunamura T. Determination of breaker height and depth in the field[J]. Ann. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba, 1982, 8: 53-54
- [17] 常瑞芳. 海岸工程环境[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1997.

THE DISTRIBUTION PATTERN OF SURFACE SEDIMENTS IN WENDENG OFFSHORE AREA AND INFLUENCEING FACTORS

WANG Yimin¹, WU Jianzheng^{1,2}, ZHU Longhai^{1,2}, HU Rijun^{1,2}

(1 College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;

2 Key Laboratory of Submarine Geosciences and Prospecting Techniques, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: With the 130 surface sediment samples collected from the coastal waters of Wendeng in 2013, we studied the distribution pattern of surface sediments in the study area. Combined with the initiating velocity of the surface sediment, the water depth of wave break and numerical simulation, this paper preliminarily studies the influence factors on the surface sediment distribution pattern. The results show that there are 8 types of surface sediments in the study area, including sand, silt, clay, silt, and so on. In general, the grain size of the surface sediments becomes finer from the shore to the sea, and the sorting becomes worse. The Muzhu River and Changyang River mainly influence the distribution of sediment in the eastern area, and the Huanglei river mainly affects the distribution of sediment in the west of study area. Rivers control the basic pattern of sediment distribution in the study area. The differentiation of surface sediment is controlled by wave and current. The wave is the force to lift the sand and the current the factor to transport the sediment. As the result, the coarse sediment is mainly distributed in the middle of the study area and fine sediments occur on the east and west sides.

Key words: surface sediments; grain size parameters; distribution pattern; influence factors; Wendeng