

苏大鹏, 叶思源, 王 燕, 等. 江苏盐城近岸海域水动力特征[J]. 海洋地质前沿, 2020, 36(8): 1-10.

江苏盐城近岸海域水动力特征

苏大鹏^{1,2}, 叶思源^{1,2}, 王 燕^{1,2}, 王玉海³, 袁红明^{1,2}

(1 中国地质调查局滨海湿地生物地质重点实验室, 青岛 266071; 2 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071;

3 中国水利水电科学研究院, 北京 100048)

摘要:通过 2018 年对江苏盐城近岸海域(射阳港至大丰港之间)布设的 4 个测流站位夏冬两季连续 25 h 海流、悬沙浓度的观测资料,对该地区的水动力特征进行了初步分析,结果表明:新洋港到四卯酉河口沿岸的潮流主轴的方向基本与等深线走向一致,呈现明显的往复流特征,射阳港附近站位(JS-YWPY01 站)涨潮流以 SW 向为主,落潮流以 NNE 向为主;JS-YWPY02、JS-YWPY03 和 JS-YWPY04 3 站涨潮流均以 SE 向为主,落潮流均以 NW 向为主,JS-YWPY03 站和 JS-YWPY04 站涨潮流流速大于落潮流流速;25 h 内出现 2 次涨落潮,落潮历时大于涨潮历时,而涨潮流速大于落潮流速,最大流速一般发生在中潮位时刻,最小流速均发生在高潮或低潮时刻,测区一带潮汐属于正规半日潮,潮流在观测周期内呈现显著的变化特征。

关键词:潮流特征;水动力;辐射沙脊;温盐浊;盐城近岸

中图分类号:P736.2

文献标识码:A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2019.204

0 引言

近海潮汐潮流的研究历来为海洋学家们所重视,这不仅关系到海洋水体运动的刻画,而且对于物质扩散特别是沉积物和溶解物的运动以及相关的海岸和海底沉积地貌演化和生物地球化学循环都有着密切关系^[1]。海流是海洋环境动力研究中的最重要参数之一,是深入了解海洋动力沉积过程的重要因子^[2-3]。南黄海西侧的江苏盐城近岸区域,素以地形复杂、潮流强劲、悬沙输运剧烈著称,潮汐作用是塑造江苏海岸和近海沉积地貌的主控因素,该区域入海河流流量均较小,径流对于海流的影响可忽略不计^[4-5]。近岸浅水区域在沉积物输运研究中具有重要作用,但是观测和模拟资料多在离岸较远、

水深较大的区域^[6-9],对于近岸(<20 km)浅水(<20 m)区域同步潮位和潮流观测数据仍然缺乏。因此,本研究选取盐城近岸浅水海域(15 m 等深线内)开展连续 25 h 潮流观测,试图通过 2018 年夏冬两季的实测海流和悬沙资料,对该地区的水动力学特征做初步研究。

1 研究区概况

1.1 研究区潮汐潮流特征

江苏沿海半日潮波占绝对优势,主要受到东海前进潮波和南黄海旋转潮波的控制,潮波从东海传向黄海时,在江苏南部沿海保持了前进波的特性,在继续北上的过程中,因山东半岛的海岸反射等原因,形成了左旋的旋转潮波。涨潮时,潮流自 N、NE 和 SE 3 个方向涌向弼港海域;落潮时,以弼港为中心,呈 150°扇面向外逸出,形成辐射状潮流场。潮流场基本呈现南北两翼小、辐射沙脊群流速大的格局,除连云港海区为旋转性潮

收稿日期: 2019-12-01

资助项目: 国家自然科学基金(41606082)

作者简介: 苏大鹏(1977—),男,高级工程师,主要从事海洋沉积动力学方面的研究工作. E-mail: wlmz_008@sina.com

流以外,江苏近岸基本呈现出与地形相应的往复流性质。在江苏北部沿海,除无潮点附近为不正规日潮外,其余多属不正规半日潮,小部分地区是正规半日潮^[10]。江苏沿岸北部海域在M2无潮点附近的平均潮差只有0.1 m。苏北辐射沙脊南部地区属规则半日潮,M2分潮潮波在本海区占绝对优势。本海区平均潮差约为5 m,最大潮差可达8 m,最小潮差为2 m。海域潮流性质属正规半日潮流,浅海分潮最为显著。潮流日不等现象较明显。涨潮历时长,落潮历时短,平均落潮历时5 h 57 min,平均涨潮历时6 h 27 min,高潮不等和低潮不等较为明显。潮流弱,平均大潮流速一般在1.8~2.5 kn。平均大潮主流方向为WNW-ESE,或与沙脊水道走向一致,高潮后3~4 h涨潮流场最强。受辐射沙脊群影响,20 m等深线以内的海域潮流性质属正规半日潮流,而近岸和辐射沙脊群中心区附近,浅海分潮最为显著。海域近岸区和辐射沙脊群附近,潮流日不等现象较明显。涨潮历时短,落潮历时长。射阳河口以南,弶港以北水域,在东沙西侧为强流区,平均大潮流速为3 kn以上,主流方向基本上与岸线平行。

南黄海东部海域,余流北上,而在广阔的中、西部海域潮余流一致向东南和南向流动,从而在海的中央区形成一明显的逆时针向环流;在苏北沿海,潮余流的运动比较复杂,在弶港以南海域,余流运动方向基本指向东北;在弶港以北至海州湾一带,余流似乎形成一顺时针方向运动。在南黄海的大部分地区,潮余流的量值很小,一般<2 cm/s,在水深较大的中央开阔区,潮余流值也只有12 cm/s左右。在沿岸水域,潮余流的量值有较明显的增加,一般可达4 cm/s以上,最大值为9.8 cm/s^[11]。

1.2 研究区泥沙特征

江苏海域是黄海水体高含沙量中心海区,尤其是在辐射沙洲地区,整体呈现南北低、中间高的基本态势,辐射状沙脊区的沉积物不断被搅起并来回运动,经过充分分选,成为纯净的细砂和粗粉砂。粒径多在0.5~0.125 mm之间,悬浮搬运的最大颗粒为0.6 mm。沙脊区南部,多为泥质粉砂(0.06~0.04 mm),因动力作用弱,故含沙量较低。沙脊区海水中的含沙量随着季节不同而有很大变化,冬季

含沙量要高于夏季含沙量,相差5~10倍,夏季平均含沙量为0.1 kg/m³,冬季达0.3 kg/m³。含沙量的季节变化主要是由风浪的季节变化决定的(图1);高含沙量区分别位于辐射沙洲中部及废黄河口,实测最大值为1.2 kg/m³,离岸较远区域含沙量较小,且南北趋于均匀,水体含沙量年度变化微弱^[12]。

辐射状沙脊海域泥沙来源可分为陆域来沙、海岸侵蚀来沙和海域来沙。其中海域来沙是主要的泥沙来源,目前江苏沿岸及近海,陆域来沙及海岸侵蚀来沙的数量是很微小。江苏沿海入海河流携带的泥沙仅526万 t/a,现代长江入海泥沙有0.35亿 t沿岸北上进入沙脊区及邻近区域。海岸侵蚀包括废黄河三角洲侵蚀和长江水下三角洲侵蚀。以往研究显示废黄河三角洲在波浪淘刷下不断被侵蚀,岸线后退,泥沙在沿岸流的携带下向南、北2个方向输运,废黄河三角洲侵蚀每年有1.09亿 t泥沙向南进入海底沙脊区域;长江水下三角洲受侵蚀每年有2.02亿 t泥沙,从苦水洋、黄沙洋和烂沙洋进入沙脊区域;沙脊区域每年有1.6亿 t泥沙向东北从平涂洋向外输出。因而,全年约有2亿 t泥沙进入沙脊群海区。目前沙脊群区域靠岸部分堆积增高成出露水面的沙脊,被沙脊群掩护的沿岸滩淤长在淤长。因此,滩淤及近岸沙脊淤长的物质,大部分来自海底及海底沙脊区域的侵蚀,是海底及沙脊沉积物被波浪潮流扰动搬运、重新分配的结果,其海域的高含沙量对辐射沙脊的演变起着决定性的作用。

1.3 研究区位置

实际观测站位位置如图2,站位分别布设在江苏盐城近岸射阳港南10 m以深海域JS-YWPY01站(120°34'27.85"E,33°46'31.17"N)、新洋港外东南10 m等深线附近海域JS-YWPY02站(120°39'54.22"E,33°37'41.11"N)和JS-YWPY03站(120°41'05.82"E,33°36'14.14"N)、斗龙港至大丰港之间15 m等深线附近海域JS-YWPY04站(120°49'04.24"E,33°22'09.07"N)。

2 研究方法

2.1 数据采集

海流观测采用美国RDI公司生产的声学多

普勒流速剖面仪 ADCP600K(最小分层 0.5 m)、ADCP300K(最小分层 1 m), ADCP 顶部约有 1.5 m 的盲区, 底部约有 2.5 m 的盲区, 将探头连接不锈钢管垂直固定于船帮一侧(远离发动机避免受强

磁场干扰), 探头没入水中 1.5 m 左右(以船体晃动不至于使探头露出水面为准), 电缆线平行船体指向船尾, 按预定参数设置进行 25 h 连续测流调查。

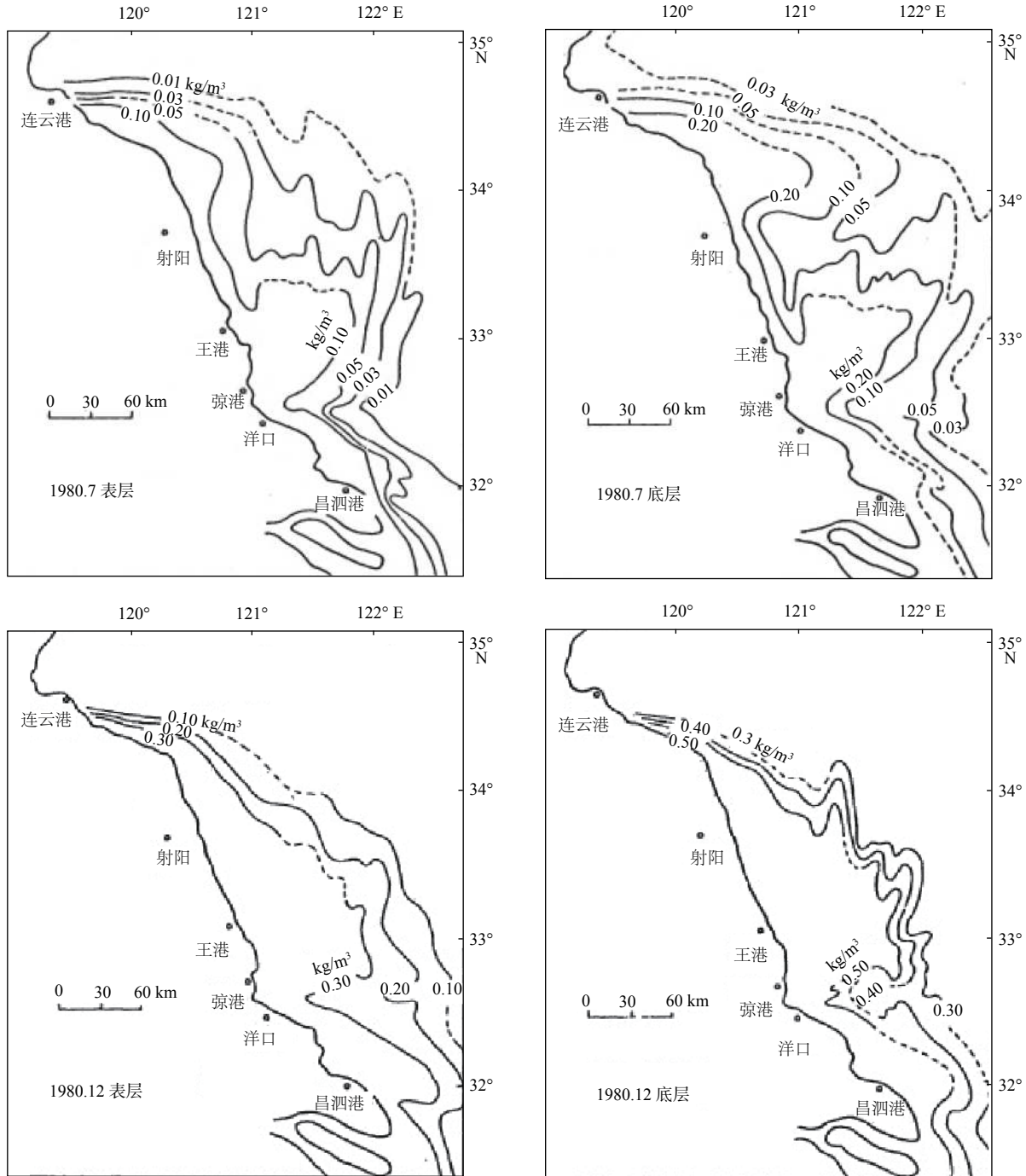


图 1 辐射状沙脊群海域夏冬两季表底层含沙量分布

Fig.1 Distribution of subsurface sediment concentration in sea area of radial sand ridge group in summer and winter

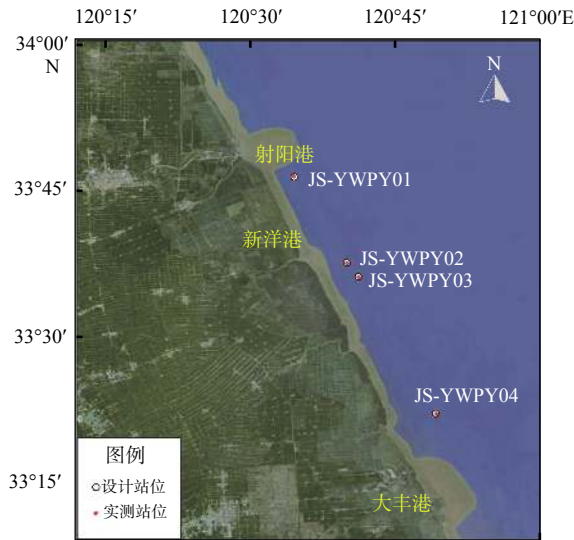


图2 观测站位图
Fig.2 Observation sites

温盐浊观测采用美国 Seabird 公司生产的 SBE19 Plus 多参数水质剖面仪(CTD), CTD 观测为连续剖面观测, 水文参数主要包括温度、盐度、浊度、叶绿素等要素, CTD 记录的浊度是一种光学效应, 指水中悬浮体对光线的阻碍程度, 不仅与悬浮体浓度有关, 而且与悬浮体颗粒大小、形状及折射系数等相关。浊度与悬浮体浓度相关, 在特定海域根据悬浮体浓度和浊度的相关性, 可以通过测定水体的浊度来反映悬浮体浓度分布规律。时间间隔为 1 h(整点采集), 定点观测时每小时下放 SBE19 plus CTD 水质仪一次, 下放速度控制在 1 m/s 以内, 水质仪采用水质仪记录的温度、盐度和浊度数据, 包括下放时的正式观测值、回收时的参考值以及下放前传感器感温阶段的记录值, 原始数据以 .hex 文件保存, 处理时用仪器数据处理软件将 .hex 文件提取出各参数的观测值, 保存为 .asc 文件。悬浮体水样采集采用卡盖式采水器分层(表、底 2 层)采集, 悬浮体水样采集时间间隔为 1 h(整点采集)。

2.2 室内悬浮体浓度测试与计算

悬浮体浓度(SSC)测试采用双膜抽滤、称重、烘干、称重的流程来进行, 采用的是孔径 0.45 μm 的醋酸纤维滤膜, 称重采用精度为十万分之一的电子天平进行, 抽滤前和抽滤后的滤膜都进行了 24 h 的烘干, 烘干温度为 45 $^{\circ}\text{C}$ 左右。悬浮体浓度(SSC)计算公式如下:

$$\text{SSC} = \frac{(\text{上膜后重} - \text{上膜前重}) - (\text{下膜后重} - \text{下膜前重}) \times \frac{\text{上膜前重}}{\text{下膜前重}}}{\text{抽滤水体体积}a} \quad (1)$$

3 结果与讨论

3.1 实测潮流特征

依据 2018 年夏、冬两季水文观测数据, 将实测海流数据的东分量 u 和北分量 v 进行垂向平均和时间平均, 获得每小时平均流速大小及方向数据, 并绘制流速玫瑰图(图 3); 通过对实测潮流数据的处理分析(图 4、5), 结果显示新洋港到四卯西河口沿岸的潮流主轴的方向基本与等深线走向一致, 呈现明显的往复流特征, 射阳港附近站位(JS-YWPY01 站)涨潮流以 SW 向为主, 落潮流以 NNE 向为主; JS-YWPY02、JS-YWPY03 和 JS-YWPY04 3 站涨潮流均以 SE 向为主, 落潮流均以 NW 向为主, JS-YWPY03 站和 JS-YWPY04 站涨潮流流速大于落潮流流速; 25 h 内出现 2 次涨落潮, 落潮历时大于涨潮历时, 而涨潮流速大于落潮流速, 最大流速一般发生在中潮位时刻, 最小流速均发生在高潮或低潮时刻。

2018 年夏季各测站涨、落潮段垂向平均流速分别为 0.6~0.97 和 0.59~0.74 m/s, 最大流速的变化范围分别为 1.05~1.54 和 0.97~1.22 m/s; 冬季各测站涨、落潮段垂向平均流速分别为 0.51~0.59 和 0.39~0.51 m/s 变化, 最大流速的变化范围分别为 0.78~0.94 和 0.61~0.79 m/s。同时, 分层最大流速也呈现出涨潮大于落潮的特征, 2018 年夏季涨潮时段分层最大流速变化范围在 1.43~2.10 m/s, 基本上出现在表层部位, 落潮时段分层最大流速变化范围在 1.27~1.87 m/s; 冬季涨潮时段分层最大流速变化范围在 1.26~1.40 m/s, 也是出现在表层部位, 落潮时段分层最大流速变化范围在 0.97~1.24 m/s, 也基本出现在表层部位。根据 2018 年夏冬两季的全潮水文泥沙定点观测资料并结合新洋港侵蚀区数值模拟结果^[13], 表明测区一带的潮汐属于正规半日潮性质, 从处理的数据来看, 水文环境要素的分布特征主要以河口特征为主, 单周内流速均能达到 4 次峰值, 潮流在观测周期内呈现显著

的变化特征, 涨急、落急流速较大, 最大流速可达 120 cm/s 以上, 涨憩、落憩流速较小; 海流流速、流

向在垂向上变化明显, 特别是涨急期间, 水体上层流速明显高于下层水体。

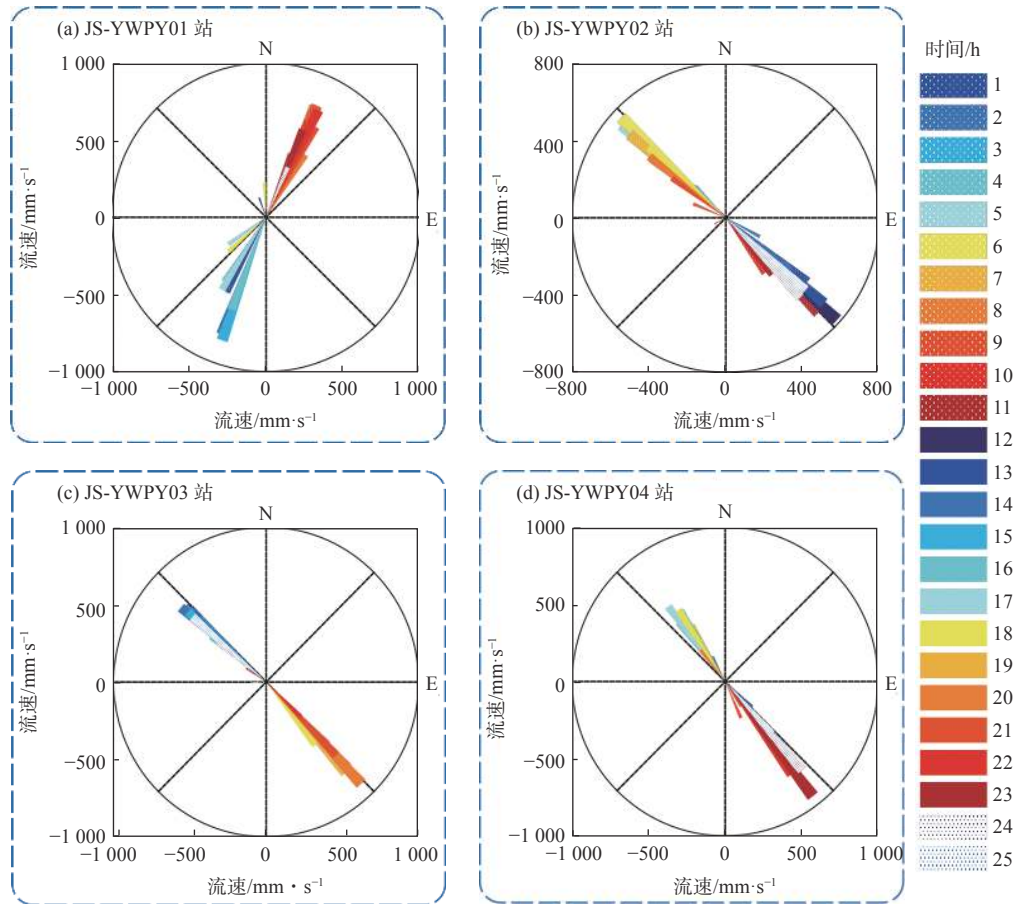


图 3 2018 年冬季各站位每小时垂向平均流速玫瑰图

Fig.3 Rose chart of hourly vertical average velocity of each station in winter of 2018

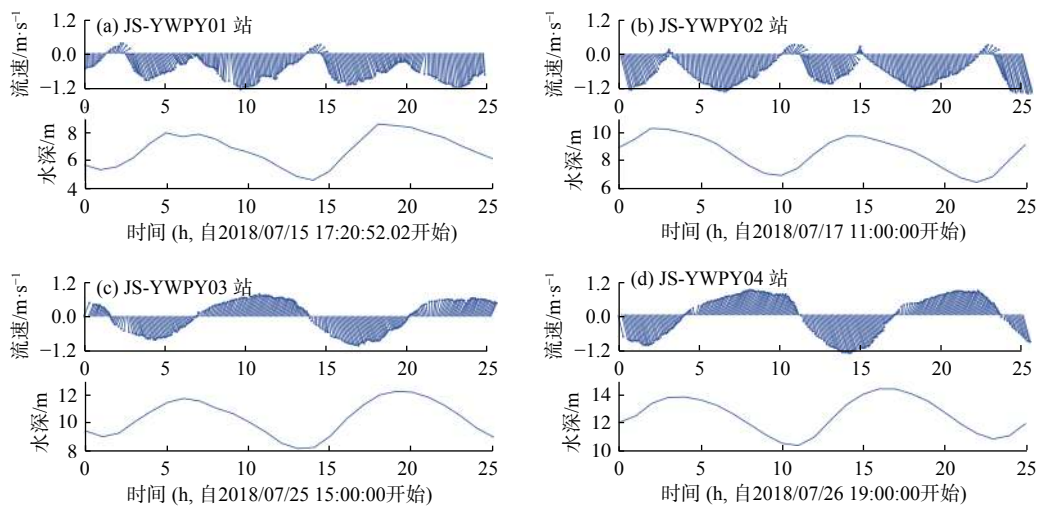


图 4 2018 年夏季定点观测各站位垂向平均流速变化过程

Fig.4 The change process of vertical average velocity of each station in summer of 2018

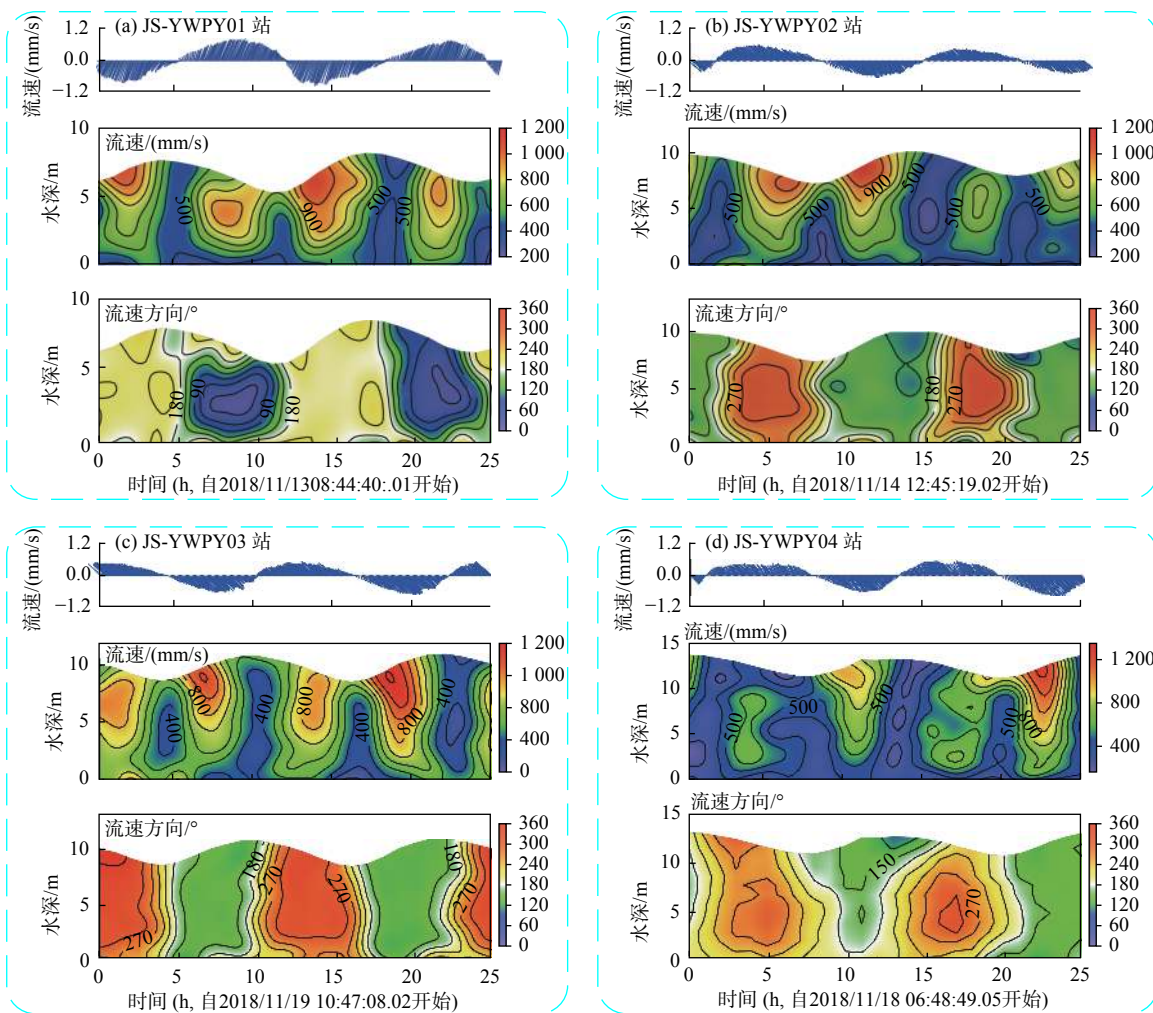


图5 2018年冬季定点观测各站位垂向平均流速流向时空变化过程

Fig.5 Time and space variation process of vertical average velocity and direction of each station in winter of 2018

3.2 温盐油垂向分布规律

对2018年冬季CTD整点观测数据进行处理(图6),总的来看,4个站位水体垂向温盐结构都比较均匀,温度和盐度随水深变深整体上变化较小,尤其是JS-YWPY01站、JS-YWPY02站和JS-YWPY03站,而JS-YWPY04站因水深较深温度垂向梯度变化稍大。整体上呈现出底层温盐油大于表层、温度和盐度随水深变深呈缓慢增加、浊度随水深变深呈逐渐增大的趋势,尤其是JS-YWPY01站浊度垂向梯度变化最大,在距海底5 m以下浊度呈现急剧增大的趋势,温度、盐度在观测周期内呈现较为明显的变化特征。

3.3 悬沙浓度特征

3.3.1 夏季含沙量结果

2018年夏季全潮水文悬沙观测结果(表1、图7)表明,JS-YWPY01站表层含沙量全潮平均值为 0.74 kg/m^3 ,最大含沙量 1.46 kg/m^3 ,而底层含沙量全潮平均值为 0.99 kg/m^3 ,最大含沙量 1.84 kg/m^3 ,表、底层含沙量比为1:1.34,涨潮含沙量略大于落潮含沙量,落、涨比1:1.27(表)~1.58(底)。

JS-YWPY02站表层含沙量全潮平均值为 0.49 kg/m^3 ,最大含沙量 1.04 kg/m^3 ,而底层含沙量全潮平均值为 0.59 kg/m^3 ,最大含沙量 1.26 kg/m^3 ,表、底层含沙量比为1:1.19,涨潮含沙量略大于落

潮含沙量, 落、涨比 1: 1.03(表)~1.21(底)。

JS-YWPY03 站表层含沙量全潮平均值为 0.04 kg/m³, 最大含沙量 0.19 kg/m³, 而底层含沙量

全潮平均值为 0.35 kg/m³, 最大含沙量 0.73 kg/m³, 落潮含沙量略大于涨潮含沙量, 平均落、涨比 1: 0.91(表)~1.28(底), 表、底层含沙量比为 1: 9.05。

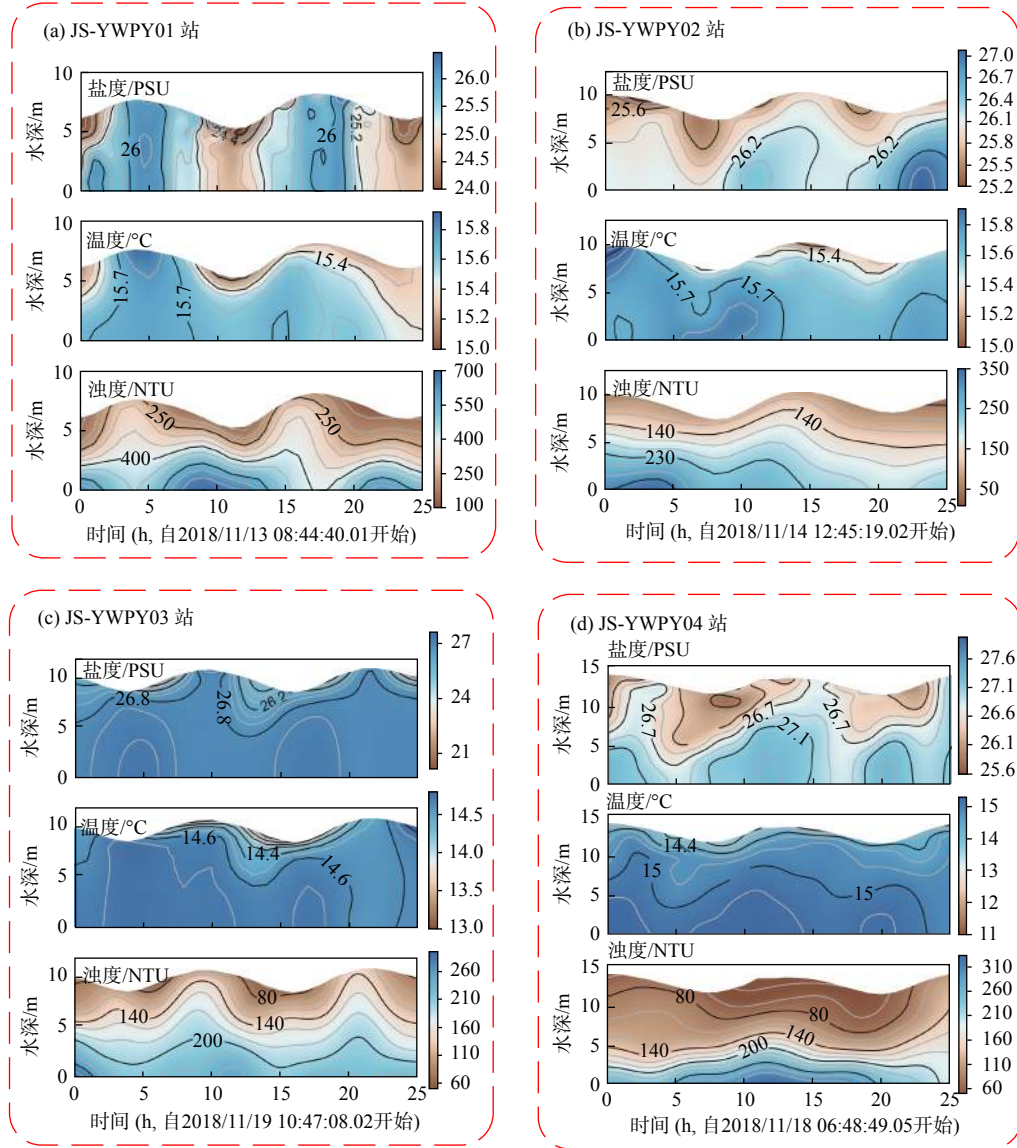


图 6 2018 年冬季各站位盐度、温度、浊度的时空变化过程

Fig.6 Spatiotemporal variation process of salinity, temperature and turbidity at each station in winter of 2018

表 1 2018 年夏季含沙量观测特征值

Table 1 The observed characteristic values of sediment concentration in summer of 2018

站点	表层/(kg/m ³)		底层/(kg/m ³)		表、底比	落、涨比	潮型
	平均	最大	平均	最大			
JS-YWPY01	0.74	1.46	0.99	1.84	1: 1.34	1: 1.27~1.58	大潮
JS-YWPY02	0.49	1.04	0.59	1.26	1: 1.19	1: 1.03~1.21	大潮后中潮
JS-YWPY03	0.04	0.19	0.35	0.73	1: 9.05	1: 0.91~1.28	小潮
JS-YWPY04	0.06	0.33	0.49	2.08	1: 8.17	1: 0.22~0.47	小潮后中潮

JS-YWPY04 站表层含沙量全潮平均值为 0.06 kg/m³, 最大含沙量 0.33 kg/m³, 而底层含沙量

全潮平均值为 0.49 kg/m³, 最大含沙量 2.08 kg/m³, 涨潮含沙量略大于落潮含沙量, 落、涨比 1: 0.22(表)~

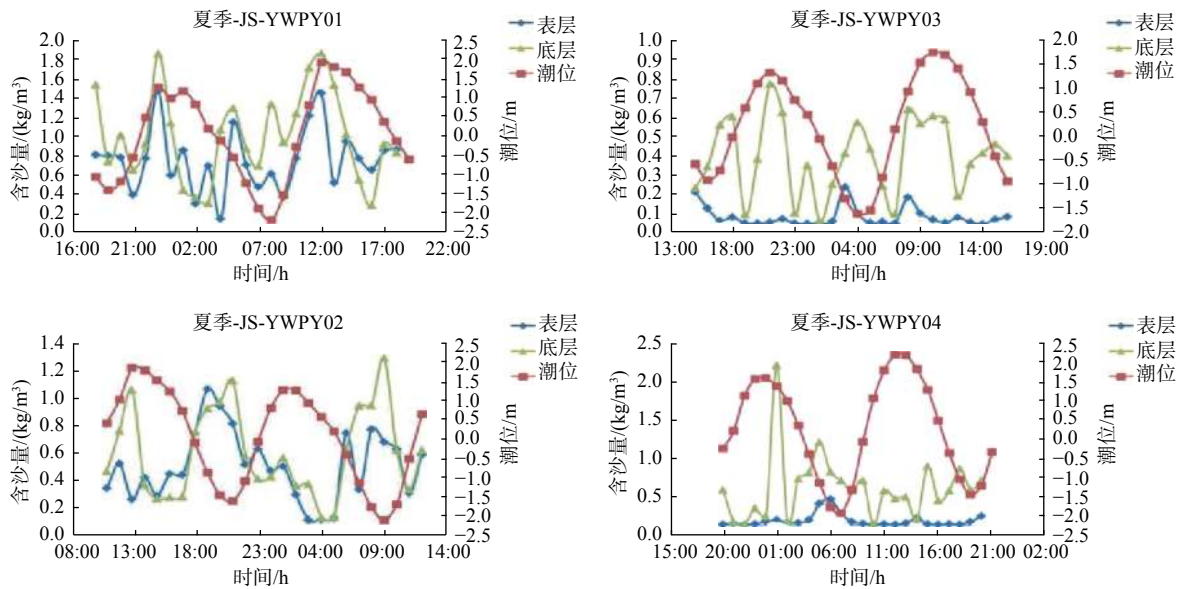


图7 2018年夏季全潮定点观测含沙量变化过程

Fig.7 The change process of sediment concentration was observed at fixed point at full tide in summer of 2018

0.47(底),表、底层含沙量比为 1: 8.17。

从上述统计特征值可以看出,2018年夏季各个站点表层、底层含沙量变化过程基本同步,但是与流速的变化过程存在一定的滞后现象,在转流时刻出现浓度峰值。水体中的含沙量与水动力的强弱密切相关,大潮的含沙量大于中潮的含沙量,小潮次之;新洋港以北水域涨潮含沙量大于落潮含沙量,落、涨含沙量之比在 1: 1.3 左右;新洋港以南水域落潮含沙量逐渐大于涨潮含沙量,落、涨比减小到 1: 1.0 以下。

3.3.2 冬季含沙量结果

2018年冬季水文悬沙观测结果(表2、图8)表明,JS-YWPY01站表层含沙量全潮平均值为 0.33 kg/m^3 ,最大含沙量 0.79 kg/m^3 ,而底层含沙量全潮平均值为 0.78 kg/m^3 ,最大含沙量 1.43 kg/m^3 ,涨潮含沙量略大于落潮含沙量,落、涨比 1: 1.35(表)~1.15(底),表、底含沙量比为 1: 2.35。

JS-YWPY02站表层含沙量全潮平均值为 0.17 kg/m^3 ,最大含沙量 0.38 kg/m^3 ,而底层含沙量全潮平均值为 0.29 kg/m^3 ,最大含沙量 0.82 kg/m^3 ,涨潮含沙量略大于落潮含沙量,落、涨比 1: 0.96(表)~1.44(底),表、底层含沙量比为 1: 1.69。

JS-YWPY03站表层含沙量全潮平均值为 0.14 kg/m^3 ,最大含沙量 0.24 kg/m^3 ,而底层含沙量全潮平均值为 0.31 kg/m^3 ,最大含沙量 0.44 kg/m^3 ,

落潮含沙量略大于涨潮含沙量,落、涨比 1: 0.89(表)~0.97(底),表、底层含沙量比为 1: 1.81。

JS-YWPY04站表层含沙量全潮平均值为 0.10 kg/m^3 ,最大含沙量 0.15 kg/m^3 ,而底层含沙量全潮平均值为 0.25 kg/m^3 ,最大含沙量 0.34 kg/m^3 ,涨潮含沙量略大于落潮含沙量,落、涨比 1: 0.85(表)~0.94(底),表、底层含沙量比为 1: 1.42。

从上述统计特征值可以看出,2018年冬季各个站点表层、底层含沙量变化过程基本同步,同样与流速的变化过程存在一定的滞后现象,中潮含沙量大于小潮的含沙量,新洋港以北水域涨潮含沙量大于落潮含沙量,落、涨潮含沙量之比在 1: 1.2 左右;新洋港以南水域落潮含沙量逐渐大于涨潮含沙量,落、涨比也减小到 1: 0.85 左右。

表2 2018年冬季含沙量观测特征值

Table 2 The observed characteristic values of sediment concentration in winter of 2018

站点	表层/(kg/m^3)		底层/(kg/m^3)		表、底比	落、涨比
	平均	最大	平均	最大		
JS-YWPY01	0.33	0.79	0.78	1.43	1: 2.35	1: 1.15~1.35
JS-YWPY02	0.17	0.38	0.29	0.82	1: 1.69	1: 0.96~1.44
JS-YWPY03	0.14	0.24	0.31	0.44	1: 1.81	1: 0.89~0.97
JS-YWPY04	0.10	0.15	0.25	0.34	1: 1.42	1: 0.85~0.94

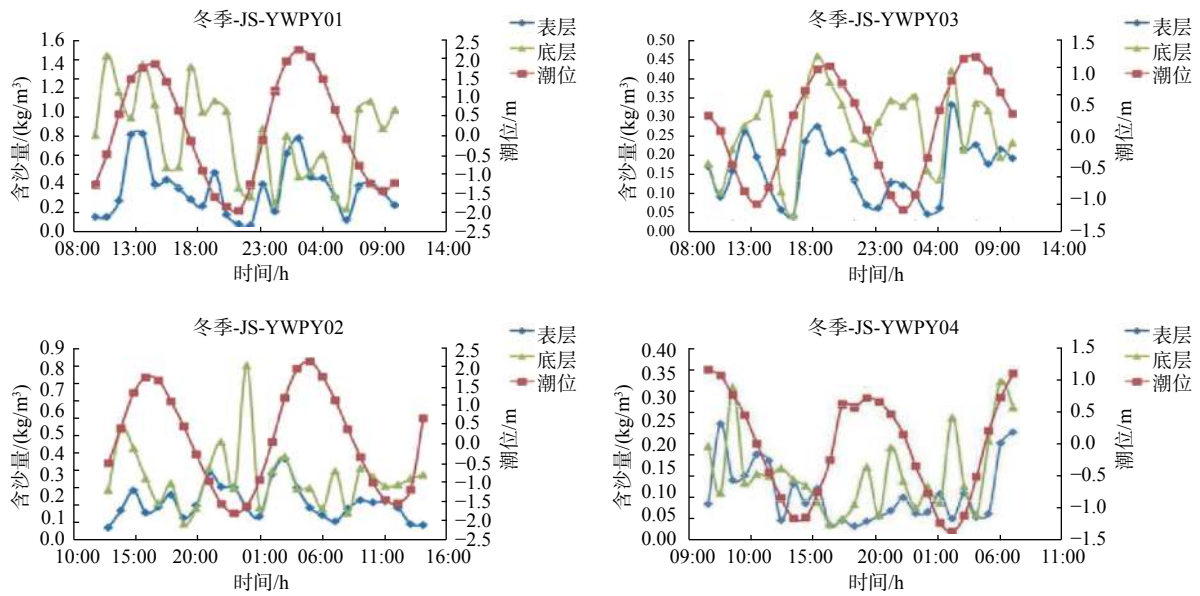


图 8 2018 年冬季全潮定点观测含沙量变化过程

Fig.8 The change process of sediment concentration observed at fixed point at full tide in winter 2018

3.3.3 季节性差异

在正常天气状况下,夏、冬季新洋港以北水域的水体含沙量浓度要比南部水域水体的含沙量要大,其中,射阳港一带的含沙量相对最高,而辐射沙洲的东沙一带的含沙量相对最低。

根据 2018 年夏、冬季定点测站全潮水文悬沙观测的结果,除了小潮期夏季表层悬沙的浓度比冬季表层悬沙浓度要小外,其余潮型各测站表、底层的含沙量均是夏季的要大于冬季的。但这并不能说明在江苏中部海域水体夏季的含沙量大于冬季的含沙量,这是因为夏季各测站观测时段的潮差、潮流动力均显著大于冬季各测站观测时段的潮差和潮流动力。由于动力强度不同,加上影响水体中悬沙浓度季节性变化的因素较多,包括风浪的季节性差异、风暴潮以及季风等,因此二者并不能直接拿来作悬沙浓度的对比。

各测站潮流输沙量存在季节性差异,经过计算位于射阳港附近 JS-YWPY01 站冬季输沙量为 3 728.5 t,输沙方向为 SW,呈现出涨潮流输沙的特点;夏季输沙量为 988.2 t,输沙方向为 SE,与冬季略有不同,可能是因为该站夏季受江苏沿岸流的影响更大;位于新洋港外近岸核心区的 JS-YWPY02 站冬季输沙量为 846.7 t,输沙方向 SE,与涨潮流方向一致,夏季输沙量为 1 424.0 t,输沙方向为 NNW,与落潮流方向一致;与 JS-YWPY02 站相邻的 JS-YWPY03

站冬季输沙量为 1 383.3 t,夏季输沙量为 321.2 t,输沙方向皆为 WN,与落潮流方向基本一致,位于核心区的 JS-YWPY02 和 JS-YWPY03 两站单宽输沙量约为 962.7 t/a,输沙方向与落潮流(NW)方向一致,可以看出潮流输沙主要以落潮流为主导因素;位于大丰港附近的 JS-YWPY04 站冬季输沙量为 1 166.1 t,输沙方向为 SE,夏季输沙量为 3 276.4 t,输沙方向 SE,基本上平行于岸线,可以看出 JS-YWPY04 站夏冬两季输沙方向与涨潮流方向基本一致,但略有不同冬季可能受季风影响更大。综上所述,潮流是影响该区输沙的主导因素,另外季风、地形、河口输沙量以及波浪等也会对输沙产生一定的影响,属于次要因素。

本文主要是根据江苏滨海湿地项目 2018 年夏、冬两季获取的海流观测资料对该海域水动力特征进行的初步分析,调查区地形和动力机制复杂,需通过积累范围更大、时间序列更长的海流及水位同步资料,才能对其动力机制做进一步综合分析和深入研究。

4 结论

(1)测区一带的潮汐属于正规半日潮,测站呈现明显的往复流特征,25 h 内出现 2 次涨落潮,潮周期内涨、落潮流具有明显的不对称性,落潮历时

大于涨潮历时,而涨潮流速大于落潮流速,最大流速一般发生在中潮位时刻,最小流速均发生在高潮或低潮时刻。

(2)测站垂线上的平均流速分布,2018年夏冬两季各测站皆呈现出涨潮段平均流速大于落潮段平均流速的特征,且分层最大流速基本上都出现在表层部位。

(3)测区冬季水体中温盐浊垂向分布具有普遍的规律性,温度随水深变深整体上变化较小,盐度随水深变深呈缓慢增加的趋势,浊度在垂向上可见显著的变化,随着水深变深呈逐渐增大的趋势。

(4)在正常天气状况下,夏、冬季新洋港以北水域的水体含沙量浓度要比南部水域水体的含沙量要大,其中,射阳港一带的含沙量相对最高,而辐射沙洲的东沙一带的含沙量相对最低。

参考文献:

- [1] 王逸涵,王韞玮,于谦,等.江苏海岸中部近岸冬季潮汐和潮流特征[J].海洋科学,2019,43(10):1-9.
- [2] 李鹏,秦渭华.南黄海辐射沙洲海域夏季潮流特征[J].上海国土资源,2012,33(4):34-38.
- [3] 戴志军,施伟勇,陈浩.沙坝-潟湖海岸研究进展与展望[J].上海国土资源,2011,32(3):12-17.
- [4] 任美镔.江苏省海岸带与海涂资源综合调查报告[M].北京:海洋出版社,1986:517.
- [5] 丁贤荣,康彦彦,茅志兵,等.南黄海辐射沙脊群特大潮差分析[J].海洋学报,2014,36(11):12-20.
- [6] 刘志亮,胡敦欣.黄海夏季近岸海区环流的初步分析及其与风速的关系[J].海洋学报,2009,31(2):1-7.
- [7] Yuan D, Zhu J, Li C, et al. Cross-shelf circulation in the Yellow and East China Seas indicated by MODIS satellite observations[J]. *Journal of Marine System*, 2008, 70: 134-149.
- [8] Yuan D, Li Y, Wang B, et al. Coastal circulation in the southwestern Yellow Sea in the summers of 2008 and 2009[J]. *Continental Shelf Research*, 2017, 143: 101-117.
- [9] Tak Y J, Cho Y K, Seo G H, et al. Evolution of wind-driven flows in the Yellow Sea during winter[J]. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2016, 121: 1970-1983.
- [10] 陆勤,陈沈良.废黄河三角洲海域表层沉积物分布特征[J].上海国土资源,2011,32(1):14-19.
- [11] 汤毓祥,姚兰芳.南黄海潮流和潮流余流的数值计算[J].海洋湖沼通报,1989(2):1-7.
- [12] 万延森,张耆年.江苏近海辐射状沙脊群的泥沙运动与来源[J].海洋与湖沼,1985,16(5):392-399.
- [13] 王玉海.新洋港侵蚀区高分辨率泥沙输运数值模型2019年度研究报告[R].中国水利水电科学研究院,2019.

HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF YANCHENG COASTAL AREA IN JIANGSU PROVINCE

SU Dapeng^{1,2}, YE Siyuan^{1,2}, WANG Yan^{1,2}, WANG Yuhai³, YUAN Hongming^{1,2}

(1 Key Laboratory of Coastal Wetland Biogeosciences, China Geological Survey, Qingdao 266071, China; 2 Qingdao Institute of Marine Geology, China Geological Survey, Qingdao 266071, China; 3 China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100048, China)

Abstract: Based on the observation data of current and suspended sediment concentration of four current measuring stations in Yancheng inshore sea area (between Sheyang port and Dafeng port) in 2018 for 25 consecutive hours in summer and winter, the hydrodynamic characteristics of the area are preliminarily analyzed. The results show that the main direction of the tidal current from Xinyang port to simaoyou estuary is basically consistent with the trend of the isobath, showing obvious reciprocating flow characteristics, and Sheyang port is attached in the near station (JS-YWPY01 station), the rising tide is mainly in SW direction, and the ebb tide is mainly in NNE direction; in JS-YWPY02, JS-YWPY03 and JS-YWPY04 stations, the rising tide is mainly in SE direction, and the ebb tide is mainly in NW direction, and the rising tide velocity in JS-YWPY03 and JS-YWPY04 station is greater than the ebb tide velocity; in 25 h, there are two ebb tides, the ebb tide duration is greater than the ebb tide duration, while the rising tide velocity is greater than the ebb tide velocity, and the maximum ebb tide velocity occurs. The velocity generally occurs at the middle tide level, and the minimum velocity occurs at the high tide or low tide. The tide in the survey area belongs to normal semidiurnal tide, and the tide presents significant change characteristics in the observation period.

Key words: tidal characteristics; hydrodynamics; radial sand ridge; temperature-salinity-turbidity; Yancheng coastal area