

丛帅, 宋艳伟, 辛姿仪, 等. 琼海沿海海洋动力过程的月际变化及其对海床冲淤的影响[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(11): 1-10.

琼海沿海海洋动力过程的月际变化 及其对海床冲淤的影响

丛帅¹, 宋艳伟^{2*}, 辛姿仪³, 王程浩¹, 符国伟², 袁坤²

(1 中国海洋大学海洋地球科学学院, 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 青岛 266100;

2 中国地质调查局海口海洋地质调查中心, 海口 570100; 3 中国海洋大学海洋与大气学院, 青岛 266100)

摘要:采用区域海洋模型 ROMS 在琼海沿岸建立了三维动力模型, 在水动力验证的基础上模拟了琼海沿海海洋动力过程的月际变化, 研究了季节性风场作用下海洋动力结构的响应过程与机制, 揭示了琼海沿岸上升流的季节性发育特征, 探讨了海洋动力结构的特征对琼海沿海地区海床冲淤的影响。结果表明, 琼海沿海海洋动力过程具有明显的季节性特征, 冬、夏季强, 春秋弱; 冬季表层流场与底层流场的结构和流向基本一致, 表层流速远高于底层流速; 夏季, 由于风生上升流的发育, 表层流场与底层流场结构发生显著差异。沿岸地区波致剪应力较强, 南北两侧流致剪应力较强, 使得琼海沿岸和滨海区南北两侧成为易受冲刷的高风险区, 研究区中部和东南部外海是主要的淤积区域。

关键词: 琼海; 海洋动力; 月际变化; ROMS

中图分类号: P736.21

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2020.194

0 引言

海岸带资源丰富、环境宜人、交通便利, 是经济发展、城市化建设最为集中的区域, 成为拉动国民经济建设的重要引擎。与此同时, 由于地处海陆交界、人口密度大, 海岸带地区也成为人类活动最为密集、生态环境最为脆弱的区域^[1]。近些年来, 由于人类活动的强烈影响, 加之气候变化等不同规模的全球变化的影响, 海岸带受到人类活动和气候变化双重影响下的强烈冲击, 如何合理的保护利用海岸带资源, 已经成为人类社会可持续发展的重要课题之一^[2]。地貌稳定是海岸带发展的重要基础, 滨海区岸线蚀退与水下区域冲刷极为普遍, 对海岸带环境变迁、工程建设和城市发展带来巨大威胁和经济损失风险, 因此, 在人类活动和气候变化的综合影响下海岸带地区冲淤变化问题已经由单纯的自

然变异过程上升为一种地质灾害问题, 引起人们的广泛重视。

滨海区的海洋动力过程变化是港湾冲淤的重要动力机制, 对地貌冲淤演化起到至关重要的作用, 厘清滨海区的海洋动力过程变化是系统研究滨海区冲淤变化与地貌稳定的关键^[3]。对于滨海区海洋动力过程的研究除采用野外观测手段外, 还利用卫星遥感技术对海岸带区域的泥沙扩散路径等进行研究。近些年来, 随着数值模拟技术的发展, 利用数值模型结合野外观测数据, 成为研究滨海区海洋动力过程的重要手段。相比野外观测, 数值模拟手段具有时空分辨率高、可视化、成本低等优势, 近年来得到广泛应用。张世民等^[4]利用区域海洋模型 ROMS (Regional Ocean Modeling System) 研究了东碇倾倒区冬、夏季潮流和风场作用下海床冲淤变化。CHENG 等^[5]利用 ROMS 研究了北部湾海域的季节环流和地貌演变过程。Hu 等^[6]基于 Delft3D 模型, 建立了长江口二维/三维水动力及泥沙运输模型, 开展了长江口风暴潮以及长江九段沙浅滩的地形演化研究。

海南省琼海市位于海南岛东部, 万泉河中下游, 具有丰富的自然资源, 2019 年琼海市生产总值 283.3 亿元, 在海南东部发展中具有重要的产业带

收稿日期: 2020-12-03

资助项目: 中国地质调查局地调项目 (DD20208012)

作者简介: 丛帅 (1994—), 男, 在读博士, 主要从事海洋地质方面的研究工作. E-mail: congshuai2737@stu.ouc.edu.cn

* 通讯作者: 宋艳伟 (1988—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事地质工程方面的研究工作. E-mail: 823810405@qq.com

动作用、人口聚集作用和政策示范作用。因此,琼海沿海的海洋动力过程与地貌稳定对湾区工程建设与经济发展具有重要意义。本文利用区域海洋模型 ROMS 构建了琼海沿海海洋动力数值模型,对海区温盐特征、流场结构、波浪特征、海床变化进行了系统研究,揭示了琼海沿海风生上升流的变化情况,探讨了海洋动力对琼海沿海海床冲淤变化的影响机制,为琼海市滨海区地貌稳定与可持续发展提供科学参考。

1 研究区域概况

海南岛琼海市地处海南岛东部沿海,区内分为4个地貌类型:山前剥蚀堆积波状平原、火山岩台地、河流侵蚀堆积区、滨海堆积平原。琼海市背山面海,地形相对较为平缓,沿海有龙湾、潭门、博鳌、青葛4个港口,属热带季风及海洋湿润气候区,夏季长、冬季短,气候宜人,年均气温 24 °C,年平均日照 2 155 h,年均降雨量 2 072 mm,雨量充沛。区内发育的万泉河是海南最重要的河流之一,万泉河全长 163 km,流域面积 3 682 km²,洪枯季明显,5~10月降水占全年雨量的 80%~90%^[7]。研究区风场结构具有明显的季节性特征,夏季以南向风为主,冬季以北向风为主。海区波型以风浪为主的混合浪为主,频率高达 69.6%,其次是涌浪为主的混合浪,频率约为 25.5%;纯风浪和纯涌浪的出现频率都很低,仅为 0.17%^[8]。

2 模型的建立与设置

2.1 模型简介

本研究采用三维区域海洋模型 ROMS 进行琼海海域水动力及温盐结构的数值模拟研究。ROMS 是由罗格斯大学、加州大学洛杉矶分校联合开发的,基于原始方程的自由表面、三维非线性的斜压模型,目前被广泛应用于国内外的各个港湾和河口区域研究。该模型在水平方向使用曲线正交的笛卡尔坐标系、垂向使用地形拟合坐标系-Sigma 坐标系,在时间算法上采用时间分裂技术,对内、外模态独立求解。

ROMS 模型在笛卡尔坐标下的三维原始控制方程包括动量方程、连续性方程、温度方程、盐度方程以及密度方程。

动量方程

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - fv = \\ - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_m \frac{\partial u}{\partial z} \right) + F_u \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + fu = \\ - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_m \frac{\partial v}{\partial z} \right) + F_v \end{aligned}$$

连续性方程

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

温度方程

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_h \frac{\partial T}{\partial z} \right) + F_T$$

盐度方程

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_h \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F_S$$

密度方程

$$\rho = \rho(T, S, P)$$

式中: x 、 y 和 z 分别为笛卡尔坐标系中东、北和垂直方向的坐标;

u 、 v 和 w 分别为东、北和垂直方向的速度分量;

T 、 S 、 P 和 ρ 分别为海水温度、盐度、压强及海水密度;

f 为科氏力参数;

K_m 为垂向涡动黏性系数;

K_h 为热力垂直涡动扩散系数;

F_u 、 F_v 、 F_T 、 F_S 分别为水平动量、温度、盐度扩散项。

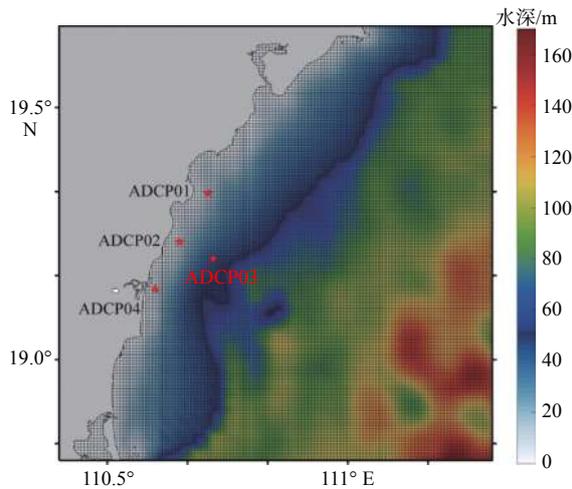
为涵盖浅海的风浪过程对海底沉积物再悬浮的重要作用,计算过程中与第3代波浪模型 SWAN 双向耦合,以期两种模型在同一风场强迫中同时运行,在特定时间间隔里进行数据交换。通过数值耦合工具 MCT, ROMS 模型将水位、流场等模拟结果传入 SWAN 模型中,后者再将计算出的波、波向、波周期等结果耦合入 ROMS 模型的底边界层以及沉积物模块,进而对泥沙输运过程进行数值模拟。

为涵盖浅海的风浪过程对海底沉积物再悬浮的重要作用,计算过程中与第3代波浪模型 SWAN 双向耦合,以期两种模型在同一风场强迫中同时运行,在特定时间间隔里进行数据交换。通过数值耦合工具 MCT, ROMS 模型将水位、流场等模拟结果传入 SWAN 模型中,后者再将计算出的波、波向、波周期等结果耦合入 ROMS 模型的底边界层以及沉积物模块,进而对泥沙输运过程进行数值模拟。

为涵盖浅海的风浪过程对海底沉积物再悬浮的重要作用,计算过程中与第3代波浪模型 SWAN 双向耦合,以期两种模型在同一风场强迫中同时运行,在特定时间间隔里进行数据交换。通过数值耦合工具 MCT, ROMS 模型将水位、流场等模拟结果传入 SWAN 模型中,后者再将计算出的波、波向、波周期等结果耦合入 ROMS 模型的底边界层以及沉积物模块,进而对泥沙输运过程进行数值模拟。

2.2 模型建立

本文研究区域设定为琼海沿海 18.7°—19.7°N, 110.4°—111.4°E(图1),西侧为陆地,南侧、东侧、北侧为开边界。平面上 ROMS 采用的曲线正交网格将研究区域划分成 202×202 个网格(图1),水平网格分辨率约为 500 m,垂向分为 20 层。模型地形数据利用来自 NGDC 美国地球物理中心的 ETOPO1



标记为定点海流观测站位

图 1 研究区地理位置及水深分布

Fig.1 Geographical location and water depth of the study area

和 2020 年中国地质调查局海口海洋地质调查中心近岸实测站位。初始场和边界场数据来自于 HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) 全球模型中的后报数据, 空间分辨率为 $1/12^\circ$, HYCOM 考虑了多种海气要素 (如风场、热通量、蒸发和降水、海冰以及河流淡水的输入等) 的作用, 使得模拟结果更

为可靠, 近年来被广泛地用于大洋和区域海洋的研究中^[9]。模型的潮汐驱动数据来自于 TPXO9 和 TPXO8 全球潮汐模型的数据, 为 ROMS 提供了 M2、S2、N2、K2、K1、O1、P1、Q1 8 个半日分潮及全日分潮数据。大气强迫为欧洲中期天气预报中心 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) 提供的 ERA5 全球大气再分析资料, 空间分辨率为 0.125° , 以往对比研究表明 ECMWF 产品与实测风场具有良好的相关性^[10-11], 被广泛应用于中低纬度海洋动力过程的研究。

2.3 模型验证

模型率定主要通过潮位验证和流速验证。本文选取了清澜港 2019 年 9 月 1 日—10 月 1 日实测水位资料对数值模型进行验证, 潮位验证对比结果见图 2, 结果显示模式结果能够很好的反映该区域水位的潮汐变化, 并且模拟潮位与实测潮位具有较高的吻合度, 振幅与迟角均相差较小, 在可接受范围之内。模拟结果与实测资料的相关性系数 R^2 达到 0.92, 说明模型具有较高的潮位模拟精度。

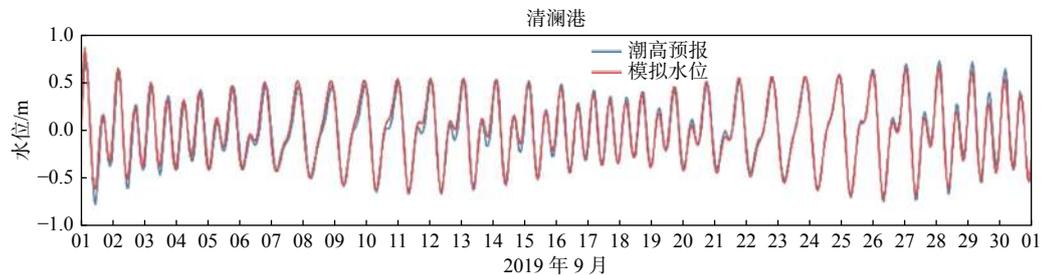


图 2 模拟潮汐水位及实测水位对比

Fig.2 Comparison between the modelling and measured water levels

流速验证主要通过 u 分量和 v 分量验证, 本文采用的流速验证数据取自中国地质调查局海口海洋地质调查中心 2020 年 7 月在研究区进行 ADCP 定点海流观测的数据, 站位见图 1。通过对比实测流速数据与模式输出结果显示, 模式结果能够较好反映该区域流场趋势, 整体结果对应较好。在 u 分量及 v 分量上均表现良好, 模拟结果与实测资料的相关性系数 >0.9 (图 3)。

3 结果与讨论

3.1 月际风场变化

2018—2019 年, ECMWF 的月均海表风场结果

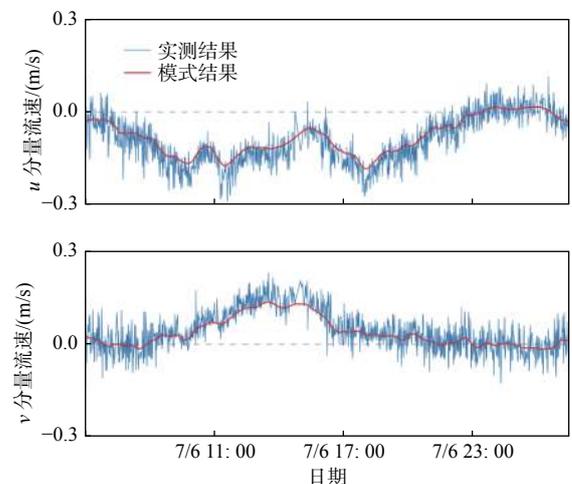


图 3 实测流场与模式结果对比

Fig.3 Comparison between modelling and measured currents

显示研究区风场结构具体明显的季节性特征(图4), 秋冬季主要为东北风, 春夏季转变为南风。1月份研究区大部分为偏北风, 风速大小约为6~7 m/s, 最大风速可达到8 m/s; 2、3月份风向逐渐略向东偏, 风速较1月份有所减弱, 约为5~6 m/s; 4月份风向较为紊乱, 5月份多为南向风, 6月份南向风力逐渐增强, 局部超过8 m/s; 7月份开始风力逐渐减弱; 8月份风场结构开始发生偏转, 至9月风向已由南向风完全转为东北风, 风力持续降低; 10月份开始东

北风逐渐增强, 最大风速可以达到7 m/s以上; 11和12月份为全年东北风最为强劲的时段, 近一半的研究区风力达到8 m/s以上, 最大风速可以达到10 m/s, 11月份风速略大于12月份风速。

3.2 月际流场变化

整个研究区在冬季受强劲而稳定的东北风影响, 表层流场整体以西南向流为主, 夏季在西南风的强烈作用下, 研究区表层流场呈现出稳定的东北

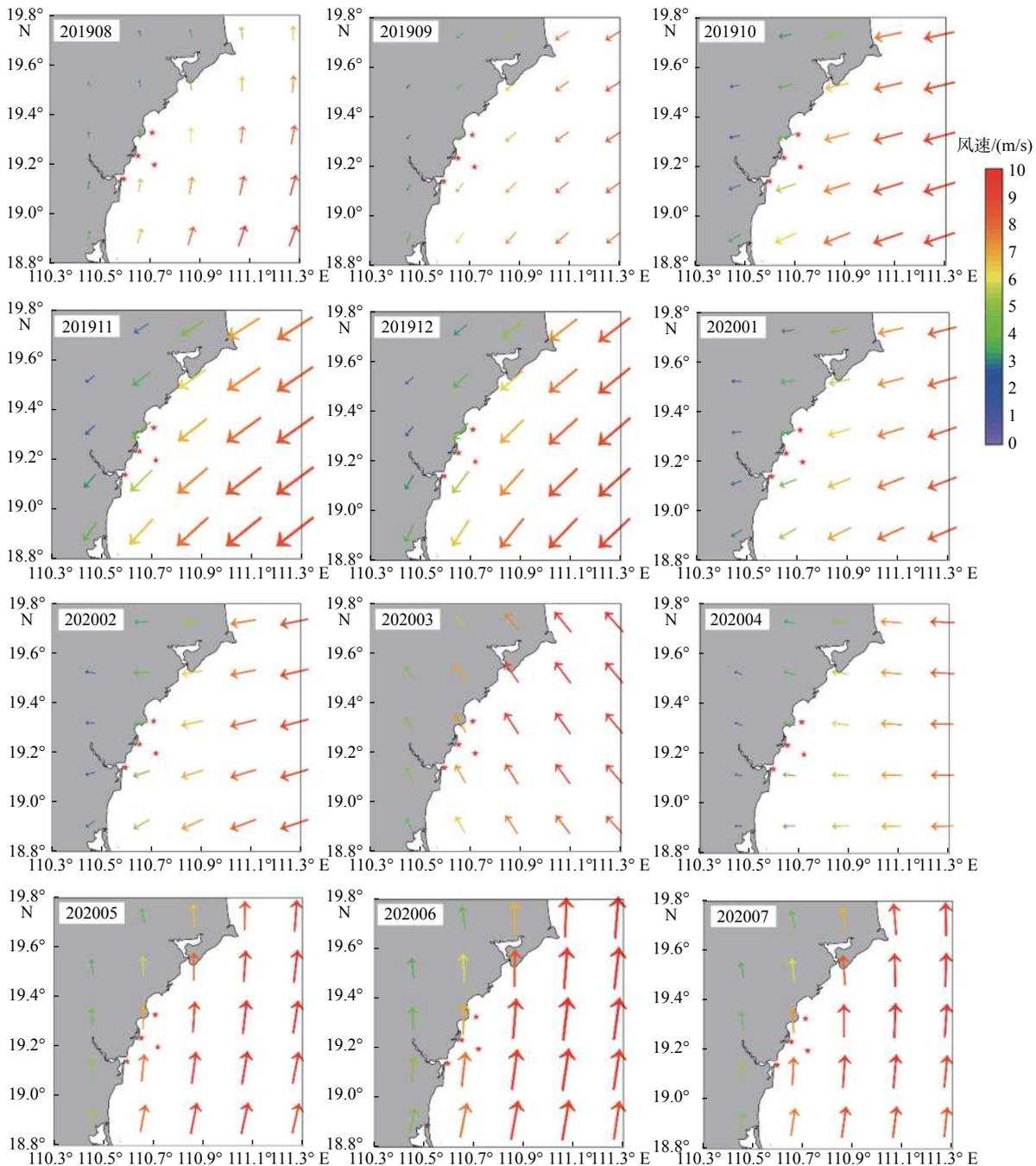


图4 研究区月均海表风场图

Fig.4 Monthly wind field of the study area

向流的特征, 整个海域空间分布较为一致, 春季和冬季则处于过渡季节(图 5)。1—2 月份, 研究区表层流以西南向流为主, 流速约为 0.2~0.3 m/s; 3—4 月份, 随着风向逐渐东偏转为东向风, 且风力逐渐减弱, 表层流由西南向逐渐转为西向, 流速约为 0.1~0.2 m/s; 5 月份南向季风开始生成并逐渐增强, 研究区表层流场结构逐渐转为稳定的东北向流, 且随着风力不断增强流速不断增加, 在 6—7 月份达到最大,

超过 0.6 m/s; 7 月份开始风力逐渐减弱并由南向风逐渐转为东北季风, 海表流场转为以西南向为主; 随着进入冬季, 在强劲、稳定的东北季风作用下, 近一半的研究区风力达到 8 m/s 以上, 最大风速可以达到 10 m/s, 西南向表层流不断加强, 流速在 11 月份达到最大, 平均流速约为 0.5 m/s, 最大流速可达 0.6 m/s。

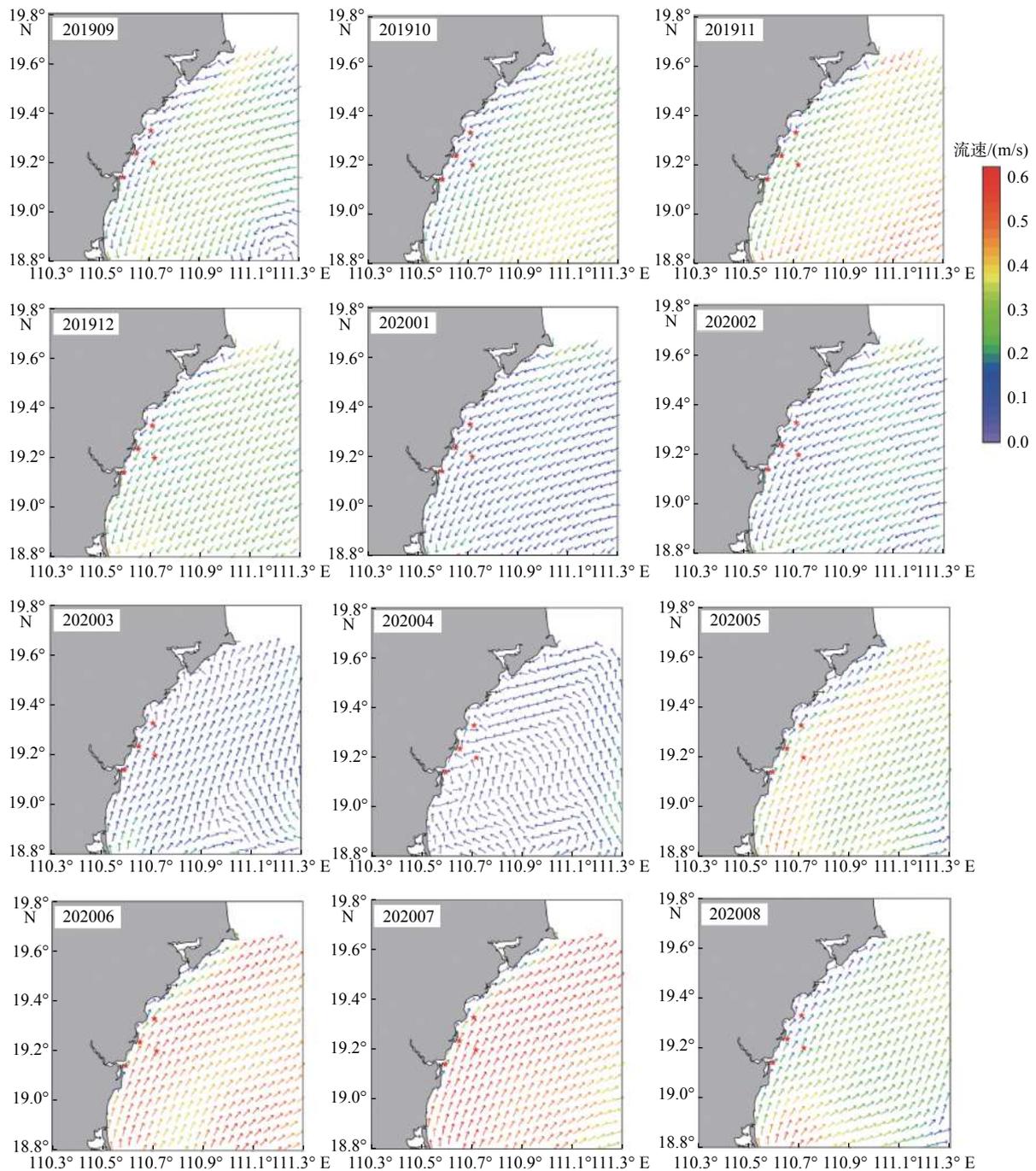


图 5 研究区月均表层流场空间分布

Fig.5 Spatial distribution of the monthly surface current in the study area

研究区底层流场要远远小于表层(图6)。冬季仍表现为与表层一致且区域均一的沿岸西南向流,平均流速约为0.3~0.4 m/s。夏季底层流显著低于冬季,约0.1 m/s,且与表层流有所差异,研究区南侧表现为与表层流相反的西向流。

这是由于夏季盛行平行于等深线的西南向风,在偏南向风场作用下,Ekman Transport 驱动近海水体向外海输运,近海形成低水位区,同时随着夏季水体不断暖化,密度逐渐减小,为沿岸上升流的产

生提供了有利的条件^[12-14]。深水区底部低温高盐的水体沿地形爬升对近岸区域进行补充,形成典型的风生上升流,因此研究区底层流场结构在夏季呈现出与表层流场相反的结构特征,即底层形成由深水区向岸运输的西向流。上升流在6-7月份最为发育,上升流驱动深水区底层低温高盐水体向近岸输运^[15],对研究区底层水体温度的空间分布产生显著影响。8月份,随着南向风力减弱和风向的转向,风生上升流逐渐减弱直至消失,底部冷水区域向深

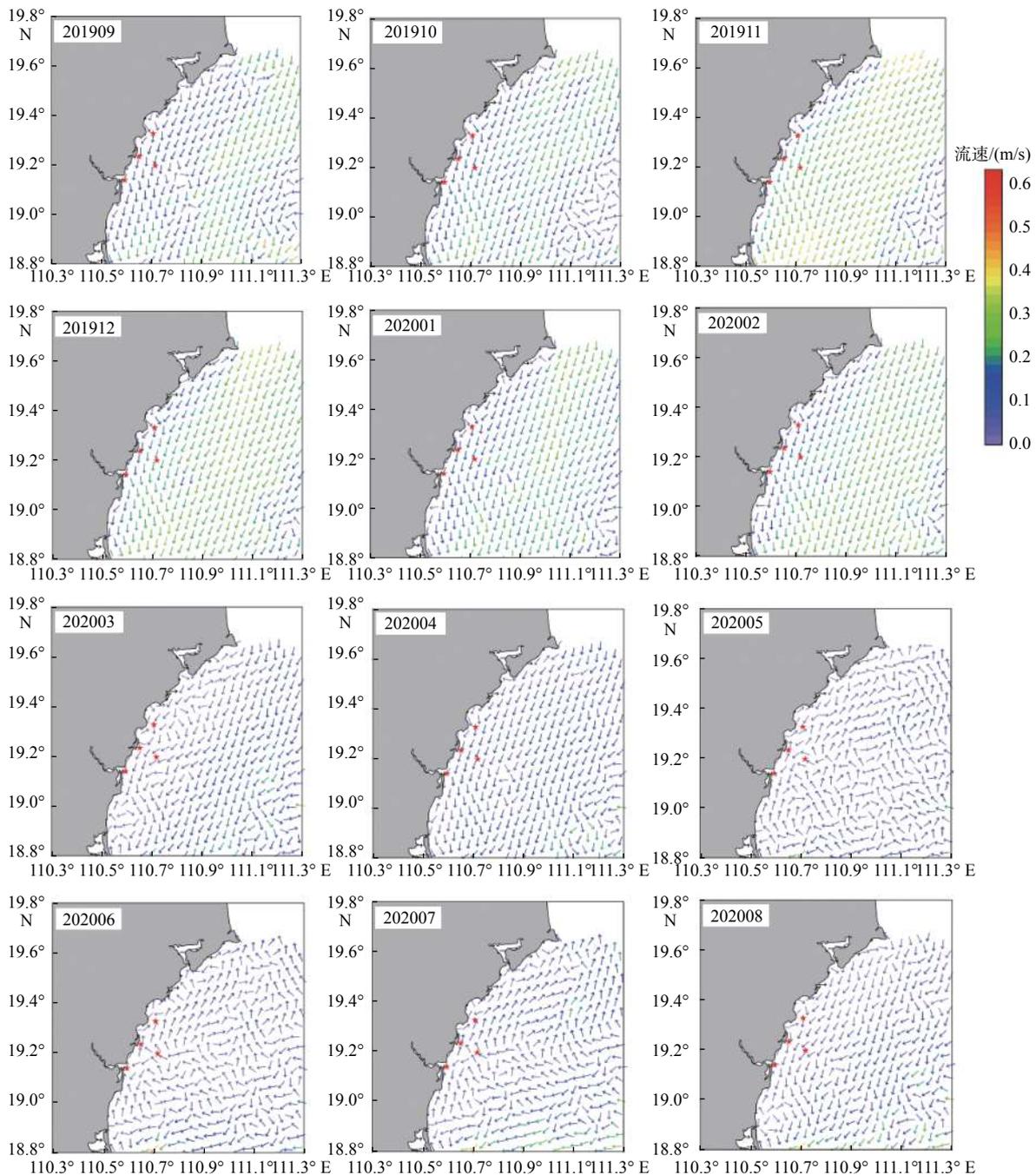


图6 研究区月均底层流场空间分布

Fig.6 Spatial distribution of the monthly bottom current in the study area

水区开始快速收缩。至 9—10 月份, 底层冷水团继续向西南方向收缩直至完全消失, 沿岸海域出现全年最高温度(图 7)。

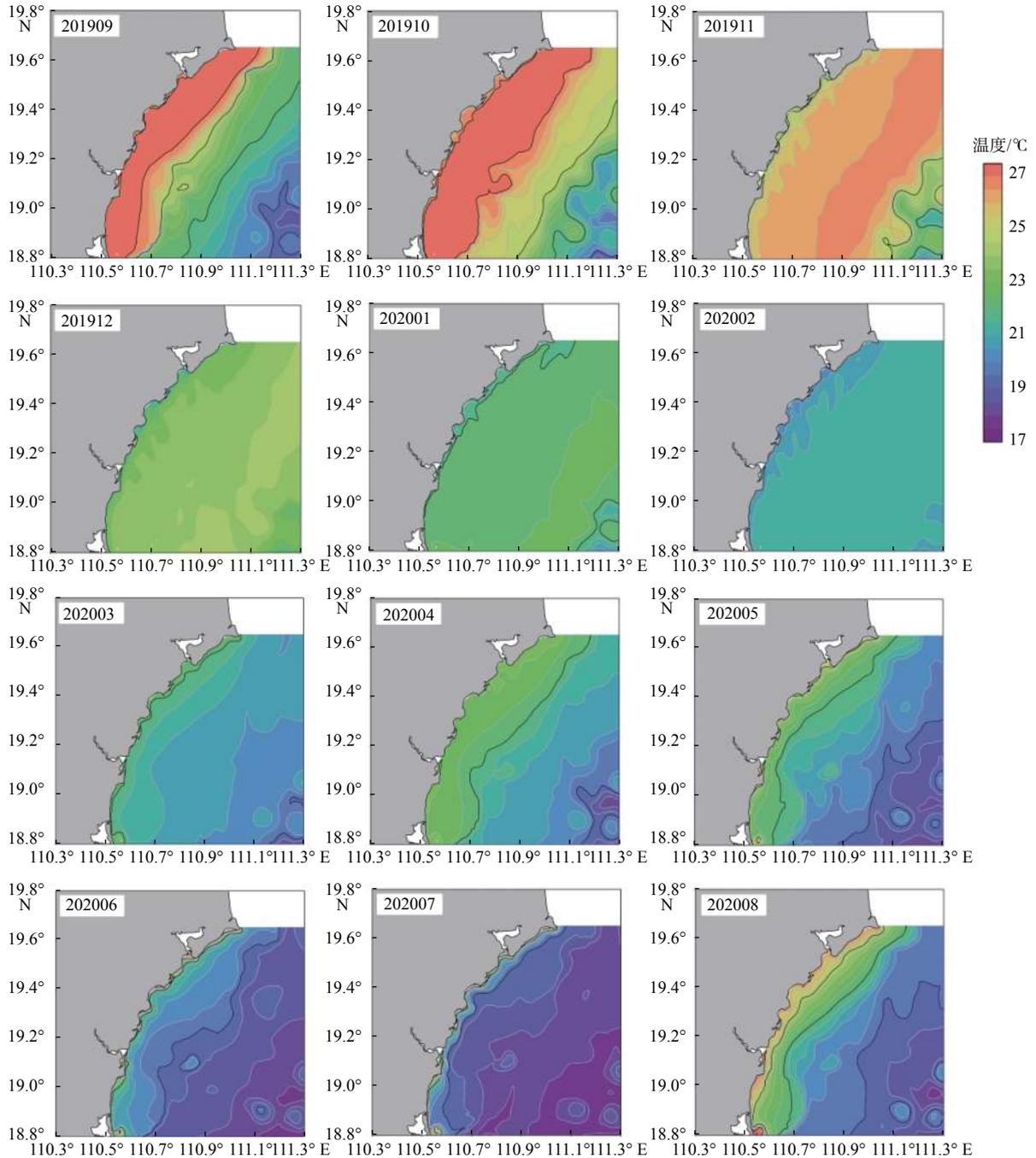


图 7 研究区月均底层温度空间分布

Fig.7 Spatial distribution of the monthly bottom temperature in the study area

3.3 月际波浪特征

研究区全年平均有效波高为 0.58 m, 最大有效波高 1.1 m(图 8)。有效波高(Hs)年内变化幅度较大, 在春季最低, 夏秋季随着季风的逐渐增强, Hs 不断上升; 受夏季强烈的南向季风和冬季强烈东北向

季风影响, Hs 在 6 月和 11 月分别达到最大, 月平均有效波高和最大有效波高在 6 月和 11 月分别为 0.75 和 0.95 m 以及 0.8 和 1.1 m, 强浪区均存在于研究区的西南侧海区。春秋季节研究区波浪场处于较为稳定的状态, 波浪强度较低, 平均有效波高 < 0.6 m。研究区年平均周期为 7.2 s。年内各月平

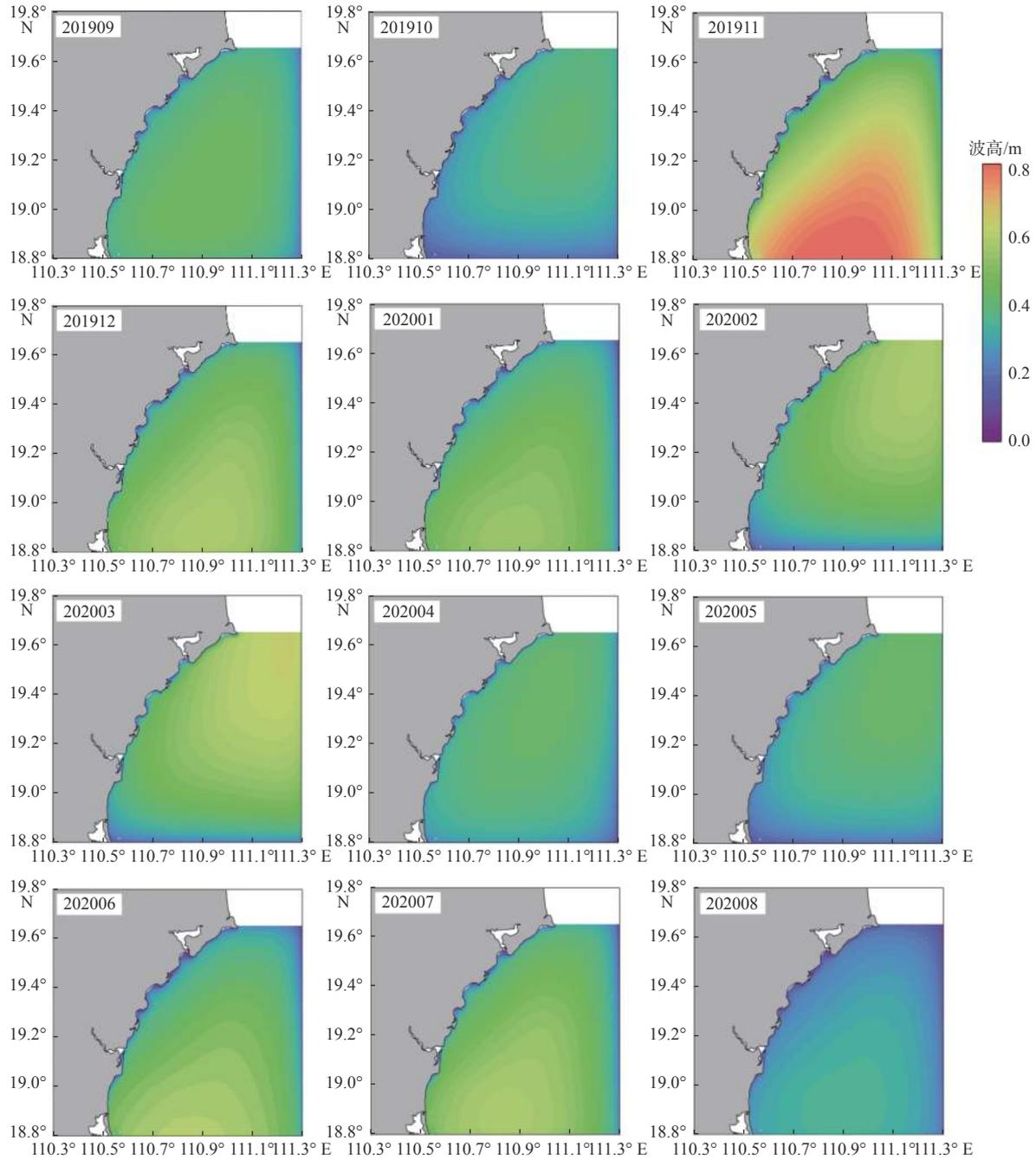


图 8 研究区月均有效波高空间分布

Fig.8 Spatial distribution of the monthly significant wave height in the study area

均周期相差不大,夏秋季高、冬夏季低,以风浪为主。其中月最大周期为 13.0 s,出现于 9 月份。

3.4 海洋动力过程对海床冲淤的影响

海底剪切应力是反映海洋水动力强弱的重要指标,同时也是区域海底冲淤演化直接影响因素之一,决定了区域地形地貌的演化特征。海底剪切应力是海流和波浪与海底相互作用产生的剪切,根据其性质不同分为波致剪应力、流致剪应力及波流合

致剪应力。波致剪应力的高值区主要分布与琼海沿岸向海突出的陆地区域,如东坡村、南兴村及石国岭区域;水深越浅,受波浪作用越强,波致剪应力最大超过 0.1 N/m^2 (图 9)。同时,这些区域流致剪应力也相对较强,波流的共同作用导致这些区域海底侵蚀显著(表 1)。而在沿海区域的海湾内,波致剪应力及流致剪应力均处于较低水平,是沉积物沿岸的主要堆积区域。此外,在研究区南北侧蛟螺头及大花角地形的影响下,区域流速较大,使得研究

区南北两侧海域成为强流致剪应力的作用区域(图 9), 终年均在 0.1 N/m^2 , 局部区域达到 0.2 N/m^2 , 这 2 个区域亦是研究区的主要侵蚀区(表 1)。万泉河口附近海域受河流来沙影响, 成为研究区淤积最为强烈的区域, 但由于受到流域内牛路岭水库建设和天然林破坏活动影响, 万泉河入海输沙率显著降

低^[16-17], 相较前人研究结果, 河口处淤积范围缩小, 淤积速率降低^[18]。同时, 在研究区东南部较深海域, 一方面受近岸侵蚀及河流来沙的沉积物供给, 另一方面整体水动力较弱, 使其成为研究区沉积物的主要淤积区。

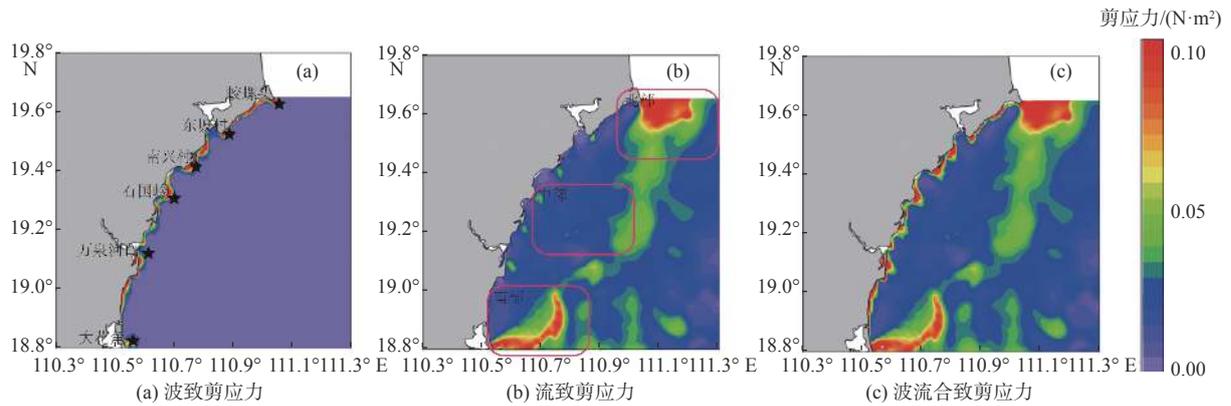


图 9 研究区不同剪应力空间分布特征

Fig.9 Spatial distribution characteristics of different shear stresses in the study area

表 1 典型区域年内空间平均冲淤模拟结果
Table 1 Spatial-averaged erosion and deposition characteristics in a typical area

区域	冲淤速率/m	区域	平均冲淤速率/m
蛟螺头	-0.03	北部海域	-0.02
东坡村	-0.02		
南兴村	-0.15	中部海域	+0.06
石国岭	-0.02		
万泉河口	+0.13	南部海域	-0.01
大花角	-0.10		

注: 琼海沿岸站位及区域划分见图9。

4 结论

受季风影响, 琼海沿海海洋动力过程具有明显的季节性特征, 冬半年表层流场与底层流场的结构和流向基本一致, 由于风应力作用和底摩擦作用, 表层流速远高于底层流速; 但夏半年, 尤其是夏季, 表层流场与底层流场结构发生显著差异, 这主要是由于研究区夏季盛行与等深线大致平行的南向季风, 南向季风的经向风应力的作用下, Ekman 输运驱动近岸水离岸运动, 近岸由于净损失产生低水位区, 为维持质量守恒, 上层的海水辐散迫使底层海水向上涌升进行补充, 深水区底层水体沿地形向近岸爬升, 在研究区形成风生沿岸上升流, 上升流中

心位于离岸 10 km、水深 15 m 以浅的水域。受沿岸上升流的影响, 深水区底层低温高盐水体向近岸输运, 对研究区底层水体温度的空间分布产生显著影响。8 月份, 随着南向风力减弱和风向的转向, 风生上升流逐渐减弱直至消失, 底部冷水区域向深水区开始快速收缩。琼海沿岸波浪作用明显, 南北两侧受地形影响, 流致剪应力较强, 使得琼海沿岸和滨海区南北两侧成为研究区冲刷高风险区, 而在研究区中部和东南部区域, 海洋动力较弱, 和万泉河河口一起成为研究区的主要淤积区。

参考文献:

- [1] 骆永明. 中国海岸带可持续发展中的生态环境问题与海岸科学发展[J]. 中国科学院院刊, 2016, 31(10): 1133-1142.
- [2] 熊永柱. 海岸带可持续发展研究评述[J]. 海洋地质前沿, 2010, 26(2): 13-18.
- [3] 李炎. 均衡态: 动力-沉积-地貌系统的跨尺度联系[J]. 海洋学报, 2018, 40(7): 40-44.
- [4] 张世民, 陈德文, 邓兆青. 东碇倾倒地疏浚泥悬沙输移和海床冲淤数值模拟[J]. 海洋通报, 2014, 33(5): 541-551.
- [5] CHENG G, GONG W, WANG Y, et al. Modeling the circulation and sediment transport in the Beibu Gulf[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2017, 36: 21-30.
- [6] HU L, DING P, WANG Z, et al. A 2D/3D hydrodynamic and sediment transport model for the Yangtze Estuary, China[J]. Journal of Marine Systems, 2009, 77(1): 114-136.
- [7] 梁蓓, 叶长青. 热带岛屿性河流万泉河入海径流量变化及影响因素[J]. 中国农村水利水电, 2015, 1: 47-50.

- [8] 黄宝霞, 龚文平, 温晶. 海南岛万泉河口博鳌潮汐道演变及沿岸输沙率的计算[J]. *海洋学研究*, 2012, 30(3): 63-72.
- [9] GAO S, LV X, WANG H. Sea Surface temperature simulation of tropical and North Pacific Basins using a Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM)[J]. *Marine Science Bulletin*, 2008, 10(1): 1-14.
- [10] WALLCRAFT A J, KARA A B, BARRON C N, et al. Comparisons of monthly mean 10 m wind speeds from satellites and NWP products over the global ocean[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2009, 114, D16109: 1-14.
- [11] WU X, WU H, WANG H, et al. Novel, repeated surveys reveal new insights on sediment flux through a narrow strait, Bohai, China[J]. *Journal of Geophysical Research:Oceans*, 2019, 124(10): 6927-6941.
- [12] 谢玲玲, 宗晓龙, 伊小飞, 等. 琼东上升流的年际变化及长期变化趋势[J]. *海洋与湖沼*, 2016, 47(1): 43-51.
- [13] 邓松, 钟欢良, 王名文, 等. 琼海沿岸上升流及其与渔场的关系[J]. *台湾海峡*, 1995, 14(1): 51-56.
- [14] 谢玲玲, 张书文, 赵辉. 琼东上升流研究概述[J]. *热带海洋学报*, 2012, 31(4): 38-44.
- [15] 李凯, 高璐, 董旭, 等. 2014年与2015年夏季琼东上升流的年际变化及其成因分析[J]. *海洋学报*, 2019, 41(1): 1-10.
- [16] 张亮, 贾建军, 高建华, 等. 海南博鳌海域的沉积物输运趋势与沉积速率[J]. *热带海洋学报*, 2011, 30(2): 123-130.
- [17] 杨志宏, 贾建军, 王欣凯, 等. 近50年海南三大河入海水沙通量特征及变化[J]. *海洋通报*, 2013, 32(1): 92-99.
- [18] 张亮, 汪亚平, 崔振昂, 等. 海南博鳌海域冲淤灾害地质及其环境稳定性分析[J]. *地质学刊*, 2015, 39(1): 86-90.

MONTHLY VARIATION OF OCEAN DYNAMICS ALONG QIONGHAI COAST AND ITS INFLUENCE ON SEABED EVOLUTION

CONG Shuai¹, SONG Yanwei^{2*}, XIN Ziyi³, WANG Chenghao¹, FU Guowei², YUAN Kun²

(1 College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Key Laboratory of Submarine Geosciences and Prospecting Technique, Ministry of Education, Qingdao 266100, China; 2 Haikou Marine Geological Survey Center, China Geological Survey, Haikou 570100, China;

3 College of Oceanic and Atmospheric Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: The Regional Ocean Modeling System (ROMS) is used in this paper to construct a three-dimensional dynamic model for the Qionghai coast. Based on hydrodynamic verification, the monthly variations of coastal marine dynamic process are simulated, and the response process of the marine dynamic structure to the seasonal wind fields studied. The study revealed the seasonal upwelling current along the Qionghai coast, and discussed the influence of the spatial marine dynamic structure on the erosional and depositional pattern of the coastal area. The results show that the Qionghai coastal ocean dynamic process has obvious seasonal features. It is strong in winter and summer, but weak in spring and autumn. In winter, the structure and direction of the surface and bottom flow fields are basically the same, but surface velocity is much higher than the bottom. In summer, however, due to the development of wind-induced upwelling, the surface flow field and the bottom flow field structure are significantly different. The wave-induced shear stress is relatively strong in the coastal area, and the current-induced shear stress is relatively strong on the north and south sides, making the Qionghai coast and the north and south sides of the coastal area a high-risk area vulnerable to erosion. The central and southeastern part of the study area, however, remain under deposition.

Key words: Qionghai coast; ocean dynamic; monthly variation; ROMS