

林春霏,左军成,左常圣,等. 霞浦围江渔港工程对附近海域水文环境的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(2):198-205.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.02.051

# 霞浦围江渔港工程对附近海域水文环境的影响

林春霏<sup>1</sup>, 左军成<sup>1</sup>, 左常圣<sup>2</sup>, 窦明<sup>1</sup>, 吴亚男<sup>1</sup>, 黄超明<sup>1</sup>

(1. 河海大学海洋学院, 江苏南京 210098; 2. 国家海洋信息中心, 天津 300171)

**摘要:**为研究围江渔港工程的建设对周围海域水文环境的影响,应用海洋数值模型(finite volume coast and ocean model,简称FVCOM)建立工程海域三维潮流模型,分别模拟渔港建设前后的潮流场,分析工程前后周边海域潮流场的变化。基于模型计算结果,根据现场调查资料以及历史试验成果对工程周边海域施工期悬浮物分布,工程实施后泥沙冲淤进行计算分析。结果表明,工程建成后流场的变化主要集中在工程区及附近海域,工程区南北两侧流速减小,变化幅度在0.2~0.5 m/s之间,流向与码头走向趋于平行,而工程区以外大范围海域受到的影响则较小。在工程施工期间悬浮物浓度增加10 mg/L的区域最大面积达到0.021 km<sup>2</sup>,在施工期会对周围的海产品养殖业产生一定的影响;根据泥沙冲淤计算结果分析,在工程北侧与岸线交接处将产生最大淤积厚度,达到0.089 m/年,而在东侧会有一定的冲刷。

**关键词:**围江渔港;海洋数值模型(FVCOM);冲淤;水文环境;海洋工程;悬浮物;海产品养殖业;冲刷

**中图分类号:** S931.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)02-0198-07

围江渔港位于福建省霞浦县西南侧的沙江镇围江村,东临东吾洋,该地区的主要产业为渔业以及特色海产品养殖加工业,目前该地区的产业发展遇到了无完备码头、海产品堆放地不足等瓶颈问题,建设围江渔港将解决上述问题并进一步促进当地产业的发展。东吾洋海域潮汐类型属于正规半日潮型,落潮历时略短于涨潮历时。海域潮流是正规浅海潮流类型,潮流运动形式以往复流为主,余流较小。

海洋工程的建设在一定程度上会对周围海域的水文生态环境产生影响,已有较多学者对此展开研究<sup>[1-5]</sup>,而对处于内湾的渔港工程更容易影响到当地脆弱的水文生态环境。为了解围江渔港建设后对水文环境的影响,基于海域实测水文测验资料,应用海洋数值模型(finite volume coast and ocean model,简称FVCOM)以及泥沙淤积强度经验公式,研究围江渔港的建设对周边海域水文泥沙环境产生的影响,该研究结果可为其他地区渔港规划建设提供一定的理论参考。

## 1 材料与与方法

### 1.1 现场观测数据

本研究使用的潮位验证资料是收集了处于计算区域3个长期验潮站为期1个月的潮位观测数据。潮流验证资料采用布设的3个现场定点流速流向水文观测调查站的数据,在大潮期间分别进行25 h以上的周日全潮测验。各站点位置信息分布及观测时间如图1、表1所示。

收稿日期:2017-06-07

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFC1401406、2016YFC1401905);“全球变化与海气相互作用”国际合作专项(编号:GASI-IPOVAI-06)。

作者简介:林春霏(1993—),男,江苏盐城人,硕士研究生,从事海洋工程环境动力学与海平面变化研究。E-mail:linchunfei@hhu.edu.cn。

通信作者:左军成,博士,教授,博士生导师,从事气候与海平面变化研究。E-mail:zuo@ouc.edu.cn。

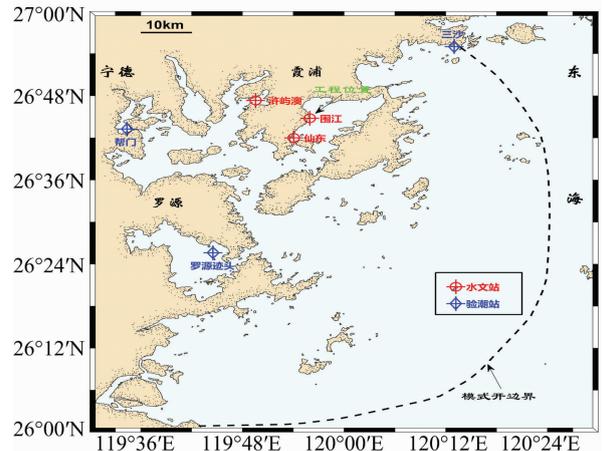


图1 站点位置分布情况

表1 站位信息

站点	经度	纬度	站位性质	资料序列
三沙	120°13'E	26°55'N	潮位验潮站	
帮门	119°35'E	26°45'N	潮位验潮站	2015年9月1日至9月30日
罗源湾(迹头)	119°41'E	26°28'N	潮位验潮站	
围江	119°55'E	26°44'N	潮流水文站	2015年9月14日至9月15日
仙东	119°51'E	26°42'N	潮流水文站	
屿屿澳	119°49'E	26°47'N	潮流水文站	(大潮)

### 1.2 FVCOM 模型简介

应用的FVCOM数值模式是由美国马萨诸塞大学(University of Massachusetts)与伍兹霍尔海洋研究所(Woods Hole Oceanographic Institution)联合开发的三维海洋模式<sup>[6]</sup>,模型在水平方向采用非结构的三角网格,以便更好地拟合围江渔港附近复杂的岸线、岛屿和地形特征,垂直向采用 $\sigma$ 坐标,以模拟不规则的底部地形水深变化,该模式在解决浅海陆架、生态动力学模型中复杂曲折的岸线拟合以及计算有效性等方面具有较强优势。

FVCOM模型控制方程所用的动量方程、连续方程、状态

方程如下:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial Du}{\partial x} + \frac{\partial Dv}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial \sigma} = 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial uD}{\partial t} + \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial uwD}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial \sigma} - f v D = -gD \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{gD}{\rho_0}$$

$$\left[ \frac{\partial}{\partial x} (D \rho_0^0 \sigma) + \sigma \rho \frac{\partial D}{\partial x} \right] + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} (K_m \frac{\partial u}{\partial \sigma}) + DF_x; \quad (2)$$

$$\frac{\partial vD}{\partial t} + \frac{\partial uvD}{\partial x} + \frac{\partial v^2 D}{\partial y} + \frac{\partial vw}{\partial \sigma} + f u D = -gD \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{gD}{\rho_0}$$

$$\left[ \frac{\partial}{\partial y} (D \rho_0^0 \sigma) + \sigma \rho \frac{\partial D}{\partial y} \right] + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} (K_m \frac{\partial v}{\partial \sigma}) + DF_y; \quad (3)$$

$$\frac{\partial TD}{\partial t} + \frac{\partial TuD}{\partial x} + \frac{\partial TvD}{\partial y} + \frac{\partial Tw}{\partial \sigma} = \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} (K_h \frac{\partial T}{\partial \sigma}) + DF_T; \quad (4)$$

$$\frac{\partial SD}{\partial t} + \frac{\partial SuD}{\partial x} + \frac{\partial SvD}{\partial y} + \frac{\partial Sw}{\partial \sigma} = \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} (K_h \frac{\partial S}{\partial \sigma}) + DF_S; \quad (5)$$

$$\rho = \rho(T, S); \quad (6)$$

$$\sigma = \frac{z - \zeta}{H + \xi} = \frac{z - \zeta}{D}$$

式中:  $D$  为整体深度, m;  $u$ 、 $v$  是水平流速分量, m/s;  $w$  是垂向流速, m/s;  $g$  为重力加速度,  $9.8 \text{ m/s}^2$ ;  $T$  为温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $S$  是盐度, ‰;  $\rho$  是海水密度,  $\text{kg/m}^3$ ;  $f$  是科氏参数,  $\text{rad/s}$ ;  $\zeta$  是水位, m;  $K_m$  为垂直旋转黏性系数;  $K_h$  为热量垂直旋转扩散系数。

### 1.3 模型设置

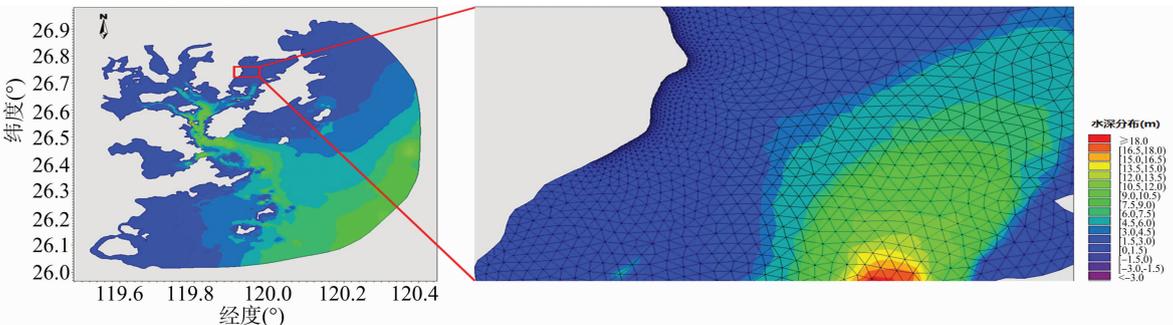


图2 模型计算区域水深分布及工程位置加密网格

## 2 模型验证

为检验模型计算结果的准确性,通过实测的潮位数据对模型结果进行对比验证(以大小潮为例,图3),计算的水位过程与实测资料吻合较好,涨潮历时与落潮历时基本一致,相位误差不超过 0.2 h,潮位最大误差为 15 cm,平均绝对偏差为 9 cm。

同时对计算区域 3 个站点大潮期间的流速、流向进行对比验证,定点站的位置信息如图 1 和表 1 所示,各测站流速、流向的验证结果(图 4,为方便验证,涨潮时流速大小为正值,落潮时为负)表明,整体上流速、流向的模拟结果和实测值基本吻合,涨落潮时最大流速值以及其出现时间点的计算值与实际情况符合良好。

通过误差计算,各站大潮时段流速平均绝对偏差一般在 0.089~0.129 m/s 之间,相对误差在 7.5%~9.5% 之间;平均流向偏差为  $6^{\circ}$ ~ $8^{\circ}$ ,流向相对流速而言,模拟结果符合较好;高低潮及转流的时间也基本一致(表 2)。

通过潮位和潮流的对比验证可以看出,模拟结果与实测过程吻合较好,为满足规范要求<sup>[7]</sup>,所建模型能够较为准确

为保证工程海域流场计算的准确性,本次模拟对模拟区域附近的实测水位资料进行整理,利用基于卫星高度计数据的东中国海潮汐模型中 8 个主要分潮( $M_2$ 、 $S_2$ 、 $K_1$  等)和 3 个浅水分潮( $M_4$ 、 $M_6$ 、 $MS_4$  等)的预报结果作为开边界条件,并利用长期验潮站实测水位进行修订。模型计算采用的岸线来源于美国国家海洋和大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration,简称 NOAA)发布的高精度岸线数据。模型中内湾水深资料采用的是由中国人民解放军海军司令部航海保证部出版的海图资料(1:250 000),外海水深地形数据采用的美国 NOAA 发布的 ETOPO1 地形高程数据(图 2)。

模型中采用无结构三角形网格来剖分计算域,以便更好地模拟复杂岸线边界,为更准确地刻画工程海域地形,根据计算精度要求对工程区域进行逐层加密处理<sup>[7]</sup>(图 2),在小尺度比例下对工程附近的环境影响因子进行模拟,以达到准确的预测效果。整个计算域包括北至福宁湾北岸,西至宁德市东岸,南至闽江口,南北跨度约 98.5 km,东西距离为 88.42 km,模型计算网格最低水平分辨率为 3 400 m,最高水平分辨率为 20 m,整个区域共分成 48 855 个网格,26 025 个节点,重点关注区域(即渔港附近的加密网格区域)的网格数为 2 193 个,垂直向  $\sigma$  坐标均匀分为 6 层,模型计算的最小时间步长为 3 s。

地刻画围江渔港附近海域水动力情况,并为进一步研究海洋水文环境的影响问题提供基础。

## 3 渔港工程对周围海域潮流场的影响

为分析围江渔港工程建成后对周边海域潮流场的影响,依据数值模拟结果给出网格加密区域中工程前后大潮、小潮涨落潮流场(图 5、图 6)。由工程前的模拟结果可知,涨急时刻在沙江镇围江村东侧海域形成比较明显的沿岸流,涨潮流向为北向,但由于受到凸地形的影响,北侧流速较大,南侧流速较小,围江东北侧流速最大,大潮涨潮时达到 1.6 m/s,小潮涨潮时达到 1.2 m/s;落急时刻,流向基本为南向,围江村南侧受地形阻挡,流速较小,在 0.0~0.3 m/s 之间,北侧流速依然较大。总体而言,工程建设前涨急流速大于落急流速。沿岸流的流场特征非常明显。

通过工程实施前后流场对比结果可见,工程建设后对以工程为中心的小区域范围流场有着较大影响,而对外围区域影响较小。工程后涨潮时期由于受到驳岸的阻挡作用流向变化明显,在北侧沿岸海域流速明显减小;落潮时期,在渔港南侧、西南侧较大范围海域流速减小。

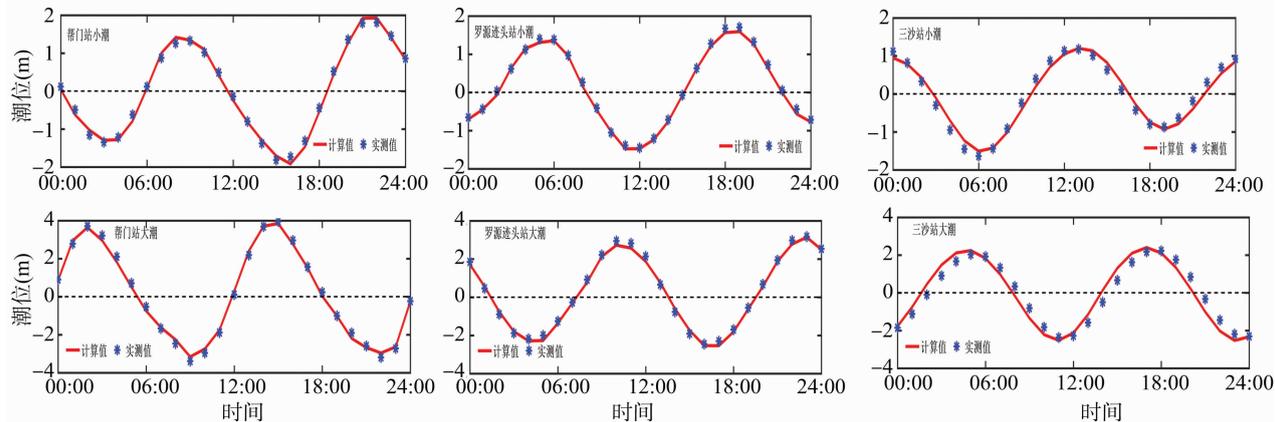


图3 各站大潮、小潮潮位过程验证曲线

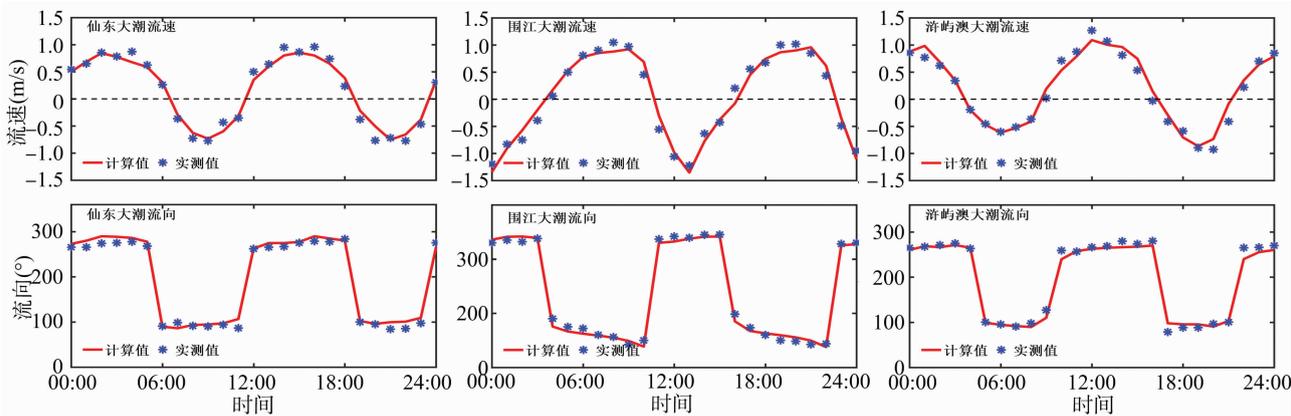


图4 大潮时期各站流速、流向验证曲线

表2 各站流速、流向偏差

测定值	围江		浒屿澳		仙东	
	流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)
平均绝对误差	0.128 5	6.370 0	0.106 0	7.600 0	0.089 0	8.390 0
相对误差(%)	8.50	3.20	7.93	4.70	9.36	5.74
均方根误差	0.140 0	7.300	0.114 0	9.010 0	0.094 0	9.820 0

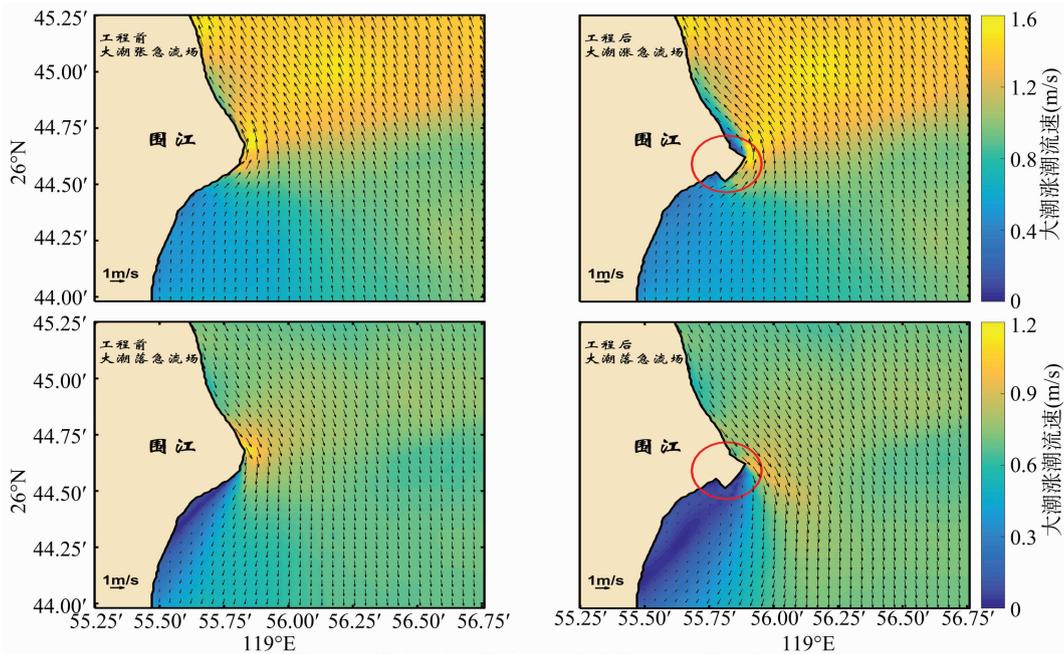


图5 工程前后大潮涨落潮流场(圆圈处为工程位置)

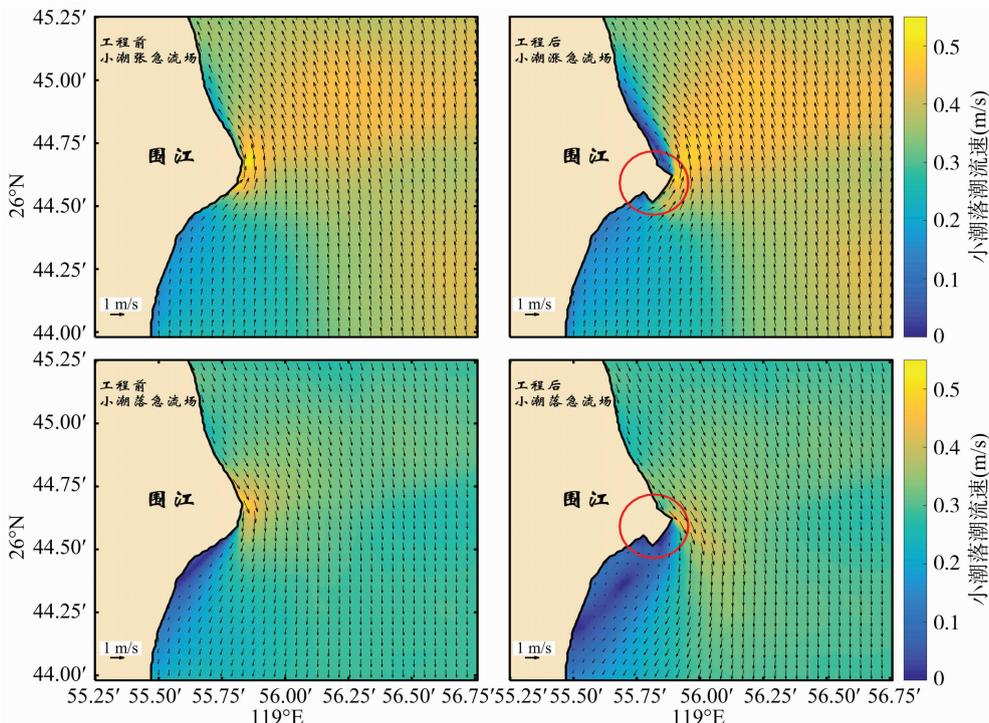


图6 工程前后小潮涨落潮流场(圆圈处为工程位置)

为定量分析工程实施对流场的影响,给出工程建设后流速变化等值线(图7),并在工程周边海域按工程北侧、内圈、南侧、东侧、外围5个区域选取25个特征点(图8),由于篇幅

受限,本研究只对比并分析工程前后大潮流速、流向变化特征(表3、表4)。

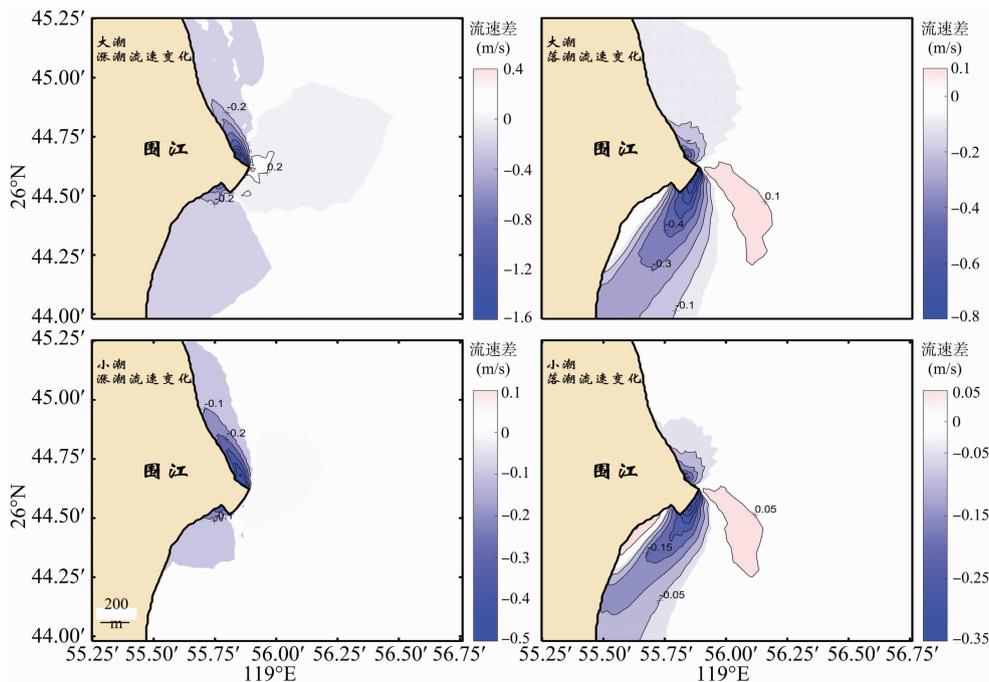


图7 工程建设后流速变化等值线

在涨潮流时,围江渔港的北侧受新建码头驳岸的阻挡作用,往北沿岸流流速流向变化均较大,其流速普遍减小,减小幅度在0.04~0.42 m/s之间,工程后在紧贴码头北侧最里处速度几乎为0,S5特征点处流速由工程前的1.59 m/s减少了1.05 m/s,流向工程前后也变化了27.42°,受工程的影响非常明显。其次在工程东侧以及南侧也有一定的影响,流速较少

了0.1 m/s左右。在工程东南侧主要体现在流速的变化上,流向变化不大。在离工程区较远处区域受工程影响较小,特征点S21~S25,平均流速变化为0.006 cm/s,平均流向变化约为0.636°。

在落潮时,围江渔港南侧的水流受工程的影响尤为明显,由于码头的阻挡作用,在码头建设前其流速大小约在0.26~

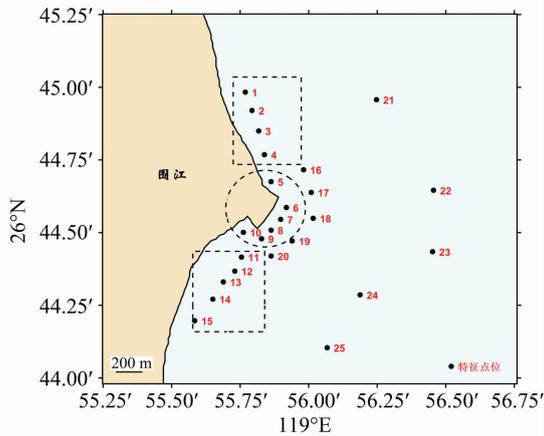


图8 流速流向特征点相对位置

表3 工程建设前后特征点涨急流速流向变化(大潮)

点位	代码	工程前		工程后		前后变化(工程后-工程前)	
		流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)
渔港北侧	S1	1.21	337.00	1.17	334.63	-0.04	-2.37
	S2	1.22	333.03	1.18	329.41	-0.04	-3.62
	S3	1.29	330.60	1.21	325.38	-0.08	-5.22
	S4	1.41	334.05	0.99	323.05	-0.42	-11.00
渔港内圈	S5	1.59	353.87	0.54	326.45	-1.05	-27.42
	S6	1.08	3.36	1.30	8.88	0.22	5.52
	S7	1.01	9.81	1.17	17.93	0.16	8.12
	S8	0.91	17.43	1.10	38.31	0.19	20.88
	S9	0.81	22.32	0.78	49.74	-0.03	27.42
	S10	0.77	37.80	0.51	56.96	-0.26	19.16
渔港南侧	S11	0.62	24.23	0.50	33.58	-0.12	9.35
	S12	0.56	18.59	0.48	24.48	-0.08	5.89
	S13	0.52	15.85	0.46	19.28	-0.06	3.43
	S14	0.52	12.00	0.47	13.97	-0.05	1.97
	S15	0.50	10.20	0.46	10.93	-0.04	0.73
渔港东侧	S16	1.29	342.50	1.44	336.94	0.15	-5.56
	S17	1.09	349.13	1.24	348.74	0.15	-0.39
	S18	0.98	355.57	1.08	0.15	0.10	4.60
	S19	0.84	4.61	0.91	15.66	0.07	11.05
	S20	0.71	13.15	0.65	28.05	-0.06	14.90
外围	S21	1.43	342.05	1.45	340.72	0.02	-1.33
	S22	0.99	345.64	1.00	345.74	0.01	0.10
	S23	0.96	347.53	0.97	348.23	0.01	0.70
	S24	0.86	352.52	0.86	354.45	0.00	1.93
	S25	0.71	355.38	0.70	357.16	-0.01	1.78

0.45 m/s 之间,工程建设后,平均流速不到 0.1 m/s,在贴近工程右侧处的 S8、S9 特征点处流速减小幅度达 0.6 m/s,紧贴工程内圈各点平均流速变化为 0.38 m/s,流向变化在 2° ~ 130° 之间。在工程东侧稍远一点的区域如 S17、S18 由于离岸流的堆积,流速有一定增大,振幅在 0.09 ~ 0.17 m/s 之间。而离工程较远的特征点 S21 ~ S25 流速流向变化较小,流速变化最高为 0.09 m/s,流向变化最高为 3.62°,基本不受工程建设的影响。

总体来看,围江渔港工程建设只对以工程区为中心周围 600 m 海域的水流产生影响。主要变化区域集中在工程南北沿岸两侧,涨潮时刻北侧流速变化相对较大,落潮时南侧流速变化较大,工程东南侧流向变化相对明显,而离港口较远的外围海域流速流向受工程的影响均不明显。

#### 4 围江渔港建设对水质及生态环境影响分析

渔港工程建设后,将会破坏原先海域中水动力的动态平衡格局,从而改变渔港周围水体含沙量,严重时会出现泥沙淤积航道的现象,再加上该海域的水深较浅,航行安全将会受到更大威胁。此外,涉海工程建设后对工程海域的潮流场变化及泥沙输运特征都会产生一定影响,也会在不同程度上改变当地的生态环境<sup>[8]</sup>。因此,渔港工程的建设须控制好对海洋水文环境和生态环境等的影响。

##### 4.1 施工期悬浮泥沙

渔港施工过程中施工人员的生活污水以及施工机械产生的污水经处理后会排放到附近海域产生悬浮物,对海域环境

造成影响。在水动力预测的基础上联合污染物扩散方程,利用 FVCOM 模型对海域悬浮物的分布进行模拟预测。

4.1.1 预测模式 预测模式通过 FVCOM 模型计算,把污染物扩散方程和二维水流预测模式联合求解,从而获得悬浮物浓度的分布情况。

$$\frac{\partial HP}{\partial t} + \frac{\partial HuP}{\partial x} + \frac{\partial HvP}{\partial y} = K_x \frac{\partial^2 (HP)}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 (HP)}{\partial y^2} + M_0 \quad (7)$$

式中:  $P$  表示悬浮物浓度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $H$  为水深,  $\text{m}$ ;  $K_x$ 、 $K_y$  分别是  $x$ 、 $y$  方向的扩散系数,  $\text{m}^2/\text{s}$ ;  $u$ 、 $v$  为水平方向流速分量,  $\text{m}/\text{s}$ ;  $M$  为源项,  $M = M_0 - \alpha \times \omega \times P$ ;  $\alpha$  为沉降系数,取值为 0.52;  $\omega$  为沉速,  $\text{kg}/\text{s}$ ; 其他符号与潮流预测模式相同。

4.1.2 预测条件 按照国家污水排放标准,在三级渔港附近

表4 工程建设前后特征点落急流速流向变化(大潮)

点位	代码	工程前		工程后		前后变化(工程后-工程前)	
		流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)
渔港北侧	S1	0.69	159.96	0.66	159.12	-0.03	-0.84
	S2	0.72	156.28	0.67	155.10	-0.05	-1.18
	S3	0.79	152.88	0.71	151.03	-0.08	-1.85
	S4	0.91	154.58	0.77	150.82	-0.14	-3.76
渔港内圈	S5	1.07	166.50	0.69	143.23	-0.38	-23.27
	S6	0.82	178.31	0.75	159.31	-0.07	-19.00
	S7	0.79	183.83	0.41	181.74	-0.38	-2.09
	S8	0.74	189.29	0.10	174.07	-0.64	-15.22
	S9	0.67	194.00	0.06	129.36	-0.61	-64.64
	S10	0.27	202.93	0.07	73.48	-0.20	-129.45
渔港南侧	S11	0.45	200.67	0.05	129.52	-0.40	-71.15
	S12	0.43	201.22	0.05	154.85	-0.38	-46.37
	S13	0.35	202.82	0.03	151.37	-0.32	-51.45
	S14	0.32	203.50	0.02	201.06	-0.30	-2.44
	S15	0.26	201.15	0.02	266.61	-0.24	65.46
	渔港东侧	S16	0.86	163.57	0.85	151.99	-0.01
S17		0.78	169.09	0.87	155.87	0.09	-13.22
S18		0.75	174.84	0.92	162.47	0.17	-12.37
S19		0.71	183.18	0.61	178.42	-0.10	-4.76
S20		0.67	190.41	0.25	190.12	-0.42	-0.29
外围		S21	0.76	165.37	0.75	162.69	-0.01
	S22	0.65	170.84	0.67	167.93	0.02	-2.91
	S23	0.67	174.21	0.71	172.18	0.04	-2.03
	S24	0.67	178.00	0.76	176.93	0.09	-1.07
	S25	0.64	182.12	0.70	185.74	0.06	3.62

悬浮物的排放浓度人为增加的量应 $\leq 150$  mg/L,而农业区附近的悬浮物排放浓度人为增加的量应 $\leq 10$  mg/L。根据工程分析结果,本项目施工期悬浮物源强为 $0.59$  kg/s,预测中以此作为悬浮物预测源强。

4.1.3 预测结果 由图9可知,最大影响区域出现在落急时刻。还可以看出,施工期悬浮物最大影响区域(即人为悬浮物浓度增加量超过 $10$  mg/L的区域)主要集中在网格加密区。

这里离源强比较近,且靠近岸及驳岸码头,构成了1个狭小区域,使得水动力场在该区域减弱很多,导致悬浮物在这里聚集,并使悬浮物浓度增幅很大。而在涨落潮时码头驳岸的水流来向处由于流速增幅较明显,因此悬浮物浓度有所减小,最大减小幅度达到 $31.2$  mg/L。由此可以认为,此时渔港建设工程对周围海域水质环境有一定的影响。

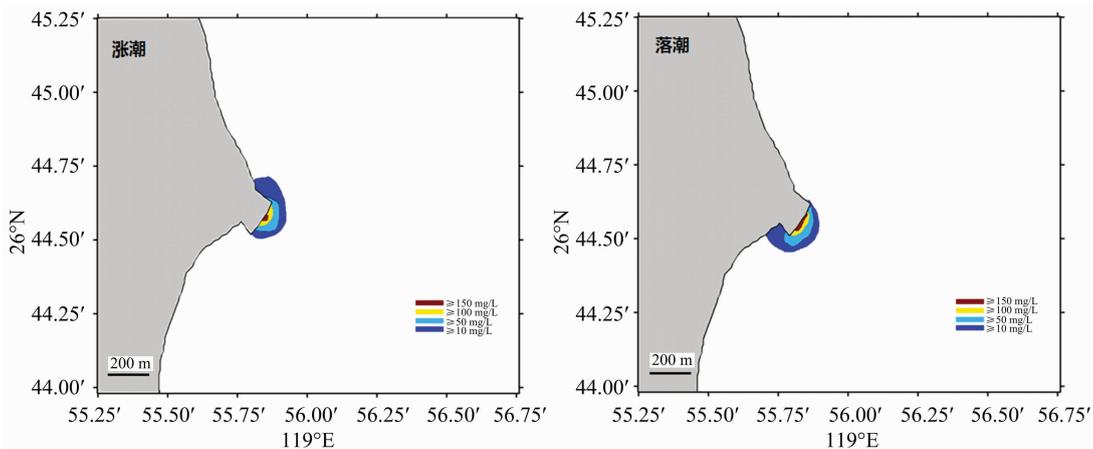


图9 工程施工时涨落急悬浮物最大影响区域

施工期间悬浮物最大可能影响范围,通过计算可知人为浓度增加 $10$  mg/L的最大区域达到了 $0.021$  km<sup>2</sup>。由表5可知,水动力场减弱的区域悬浮物浓度还是有所增加,在水动力场增强的区域悬浮物浓度会有所减弱。施工期间产生的悬浮

物对水体环境的影响有限,仅出现在施工过程和施工结束的短期时间内,当施工结束后,悬浮物对周边工程海域的影响随着潮流运动逐渐消失,不会对该海域内的水质和生态环境产生长远的不良影响。

表5 大潮期涨落急时刻特征点悬浮物浓度变化

特征点序号	悬浮物浓度 (kg/m <sup>3</sup> )					
	涨急			落急		
	工程前	工程后	变化量	工程前	工程后	变化量
1	0.012	0.015	0.003	0.008	0.009	0.001
2	0.018	0.023	0.005	0.010	0.012	0.002
3	0.033	0.064	0.031	0.027	0.058	0.031
4	0.054	0.155	0.101	0.045	0.159	0.114
5	0.026	0.078	0.052	0.034	0.079	0.045
6	0.009	0.013	0.004	0.017	0.028	0.011

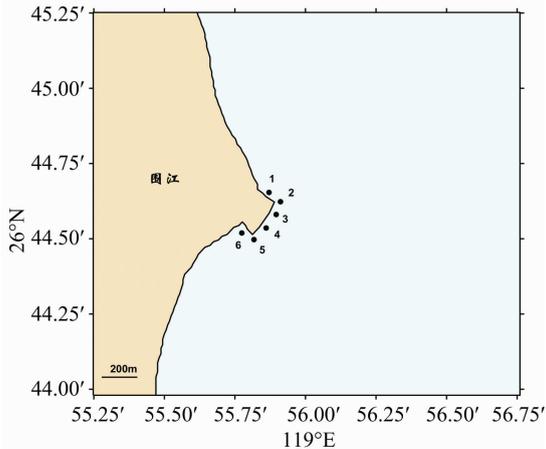


图10 特征点位

#### 4.2 渔港工程对冲淤环境的影响

围江渔港附近的东吾洋海域沿岸海岸稳定,四周植物茂密,水土保持较好,且区域内无大河流汇入,径流来沙有限,水清沙少,随潮流进出的沙量基本平衡,海域泥沙淤积量较小,所以海床较为稳定。渔港工程建设完成后,在一定程度上改变了工程海域的水动力环境,使原先海域潮流场的动态平衡格局发生改变,引发泥沙的冲淤过程。

4.2.1 泥沙淤积计算方法 对泥沙中值粒径小于0.05 mm的淤泥质海岸,采用目前常用的文献[9]的公式进行工程泥沙淤积计算:

$$p = \frac{wS_1t}{\gamma_0} \left\{ K_1 \left[ 1 - \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^3 \right] \sin\theta + K_2 \left[ 1 - \frac{1}{2} \frac{v_1}{v_2} \left( 1 + \frac{d_1}{d_2} \right) \right] \cos\theta \right\} \quad (8)$$

式中: $v_1$ 、 $v_2$ 分别为工程前、后的平均流速(m/s),由潮流数值计算得到。 $p$ 是 $t$ 时段内床面淤积强度,m; $S_1$ 是相对于平均水深的浅滩水域平均含沙量,kg/m<sup>3</sup>; $t$ 是淤积历时,s; $w$ 是细颗粒泥沙絮凝沉降速度,m/s; $\gamma_0$ 是泥沙干密度,kg/m<sup>3</sup>; $d_1$ 、 $d_2$ 分别为浅滩的平均水深和工程后的水深,m; $K_1$ 是横流的淤积系数,为0.35; $K_2$ 是顺流的淤积系数,为0.13; $\theta$ 是工程走向与水流流向间的夹角,°。

4.2.2 泥沙淤积结果 港口工程建设后,码头北侧与马迹山岛西侧形成一缓流区,涨落潮时,该区域受码头的影响,流速较工程前明显减小,淤积也主要发生在该区域(图11)。根据模型预测所得关于泥沙冲淤结论如下:渔港工程的建设,改变了当地海岸线形态,其周边海域的水动环境也出现相应变化。工程后驳岸南北两侧海域附近流速呈减小趋势,将会产生一定的泥沙淤积,工程码头、驳岸外侧的部分区域也会出现不同

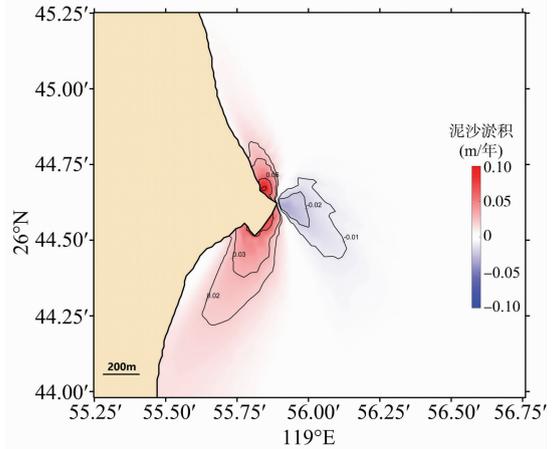


图11 工程建设后年淤积厚度 (左侧圈内为淤积,右侧圈内冲刷)

程度的淤积。工程实施一定时期后,海床冲淤将重新达到平衡,工程建设后的泥沙年淤积厚度分布如图11所示,在工程南北两侧以及右侧贴近工程海域出现淤积,最大淤积厚度发生在工程北侧与岸线交接处,达到0.089 m/年,工程周边平均淤积厚度约在0.035 m/年;工程东侧偏向南侧海域由于平均流速的增大,将会发生冲刷,最大年冲刷厚度0.09 m/年。

#### 4.3 渔港工程对生态环境的影响

工程施工过程中泥沙悬浮物入海降低了海水透明度,海水中浮游植物(如海带、紫菜等)的光合作用和正常生长会受到一定的影响。根据实地调查,在渔港东北侧处有一片开放式海带养殖区,养殖面积为40 hm<sup>2</sup>。海带养殖期为1~6月,施工期后期将产生一定量的悬浮污染物,会导致海带养殖区产量下降。

水体浑浊还可能堵塞水生生物的呼吸系统,影响它们的正常生长繁殖。围江渔港北侧与围江育苗场相连,施工期将产生一定量的悬浮污染物,对于邻近区域对虾等育苗的养殖会造成很大影响。

## 5 结论

针对霞浦县围江渔港工程,利用海洋数值模型FVCOM建立了该区域三维水动力模型,经验证模型能够较为真实地模拟围江周边海域的潮流场,在此基础上,开展研究海域在工程前后潮流场的变化、施工期悬浮物以及泥沙冲淤情况的分析研究,有关结论如下:(1)围江渔港附近海域潮流属于半日潮流,基本呈往复流形式,涨急流速大于落急流速,涨落潮期间北侧流速大于南侧,沿岸流的流场特征非常明显。工程实施后,对以工程区为中心周围600 m海域的水流环境产生影响,主要影响区域集中在工程南北沿岸两侧,涨潮时刻北侧流速变化相对较大,流速减小幅度为0.04~0.42 m/s;落潮时南侧流变化较大,流速减小幅度为0.24~0.40 m/s,工程东南侧流向变化相对明显,最大偏移达到71.15°。而离港口较远的外围海域流速流向受工程的影响均不明显。(2)施工期悬浮物计算结果表明,施工期间码头附近会产生悬浮泥沙,最大影响区域达到了0.021 km<sup>2</sup>,将会对周围海带及对虾养殖产生影响,建议工程施工尽量避开养殖期。(3)工程海域海岸稳定,并且区域内无较大的河流流入,径流挟沙有限,通过

宋宏利, 张晓楠. 我国区域多源土地覆被数据生态系统服务价值比较研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(2): 205-208.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.02.052

# 我国区域多源土地覆被数据生态系统服务价值比较研究

宋宏利<sup>1,2</sup>, 张晓楠<sup>3</sup>

(1. 河北工程大学地球科学与工程学院, 河北邯郸 056038; 2. 河北省煤炭资源综合开发与利用协同创新中心, 河北邯郸 056038;  
3. 河北工程大学矿业与测绘工程学院, 河北邯郸 056038)

**摘要:** 生态系统服务价值是生态保护、生态功能区划、自然资源核算和生态补偿决策的依据和基础。以谢高地提出的我国区域生态系统服务价值计算方法为依据, 从生态系统类型价值、生态服务类型价值 2 个方面对比分析 3 种土地覆被遥感数据的差异。结果表明, 3 种土地覆被数据在生态系统类型价值方面存在较为明显的差异, ESACCI (European space agency climate change initiative, 简称 ESACCI) 的阔叶林和灌木丛的生态服务价值最高, MODIS COLLECTION5 (moderate resolution imaging spectroradiometer collection5, 简称 MODIS COLLECTION5) 的混合林和草原的生态服务价值最高, GLOBCOVER 的针叶林的生态服务价值最高; 除气候调节及水文调节外, 3 种数据的生态服务类型的服务价值差异较小, 尤其食物生产、材料生产及水源供给 3 种服务类型的服务价值比较接近。研究成果将为我国区域用户合理选择数据进行生态系统建模提供一定的参考, 也为未来大尺度生态系统类型制图提供一定的研究方向。

**关键词:** 土地覆被数据; 生态系统类型价值; 生态服务类型价值; 我国区域

**中图分类号:** S127    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1002-1302(2018)02-0205-04

土地覆被是地球表层各种物质类型及其自然属性与特征的综合体<sup>[1]</sup>, 是大气循环、生态环境保护、生物多样性监测、地理国情调查、粮食安全等领域的重要基础信息<sup>[2-6]</sup>。近年来, 随着航空航天遥感技术的发展, 一系列全球或区域尺度的土地覆被数据集相继问世<sup>[7-9]</sup>, 特别是在我国国家科技计划的支持下, 我国国家基础地理信息中心和清华大学率先研制

出代表 2010 年时间基点的 2 套 30 m 分辨率全球尺度土地覆被数据集<sup>[10-11]</sup>。尽管这些数据集的出现为众多科研领域相关理论模型提供了丰富的数据来源, 但由于传感器、分类算法、空间分辨率及分类体系不同, 现有的全球或区域尺度土地覆被遥感数据存在一定的差异。近年来, 国内外学者针对以上问题, 已在全球或区域尺度进行了大量工作, 并取得了重要的成果。经分析发现, 现有的研究工作主要集中于土地覆被遥感产品本身的专题精度的比较和验证, 而关于不同土地覆被数据用于特定应用模型计算结果的比较则鲜有报道。

生态系统是人类生存发展的基础, 是无法替代的自然资源和自然资源, 而基于生态系统类型而产生的服务则具有极高的价值, 对人类生存具有重要的意义<sup>[12]</sup>。因此, 本研究以生态系统服务价值为研究对象, 拟在我国区域对 3 种常用的全球土地覆被数据集 MODIS COLLECTION5 (moderate

收稿日期: 2017-05-01

基金项目: 河北省自然科学基金 (编号: D2013402014); 河北省高等学校科学技术研究重点项目 (编号: ZD2017212)。

作者简介: 宋宏利 (1980—), 男, 河北秦皇岛人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为遥感产品精度验证。E-mail: songholi2003@163.com。

通信作者: 张晓楠, 硕士, 副教授, 主要研究方向为国土资源遥感。E-mail: 360217051@qq.com。

数值模拟和泥沙淤积计算, 整个工程区周边海域淤积量较小, 但由于工程建设后码头凸出, 与南北两侧岸线形成半封闭的内湾, 流速减小, 存在淤积的可能, 最大淤积厚度达到 0.089 m/年, 平均淤积厚度约在 0.035 m/年; 而工程东侧偏向南侧海域由于平均流速的增大, 将会发生冲刷, 最大年冲刷厚度 0.09 m/年。

## 参考文献:

- [1] 张明慧, 陈昌平, 索安宁, 等. 围填海的海洋环境影响国内外研究进展[J]. 生态环境学报, 2012, 21(8): 1509-1513.
- [2] 张玮, 刘燃, 钱伟, 等. 大型海岸工程对水流和泥沙运动的影响研究[J]. 水道港口, 2014, 35(1): 1-7.
- [3] 付桂, 李九发, 戴志军, 等. 长江口南汇咀岸滩围垦工程潮流数

- 值模拟研究[J]. 海洋湖沼通报, 2007(4): 47-54.
- [4] 远航, 于定勇. 潮流与泥沙数值模拟回顾及进展[J]. 海洋科学进展, 2004, 22(1): 97-106.
- [5] 王建锋, 邱桔斐, 丁增明, 等. 洋山深水港区码头导流堤工程对附近海域流场的影响[J]. 海洋湖沼通报, 2014(4): 128-138.
- [6] Chen C S, Liu H D, Beardsley R C. An unstructured grid, finite-volume, three-dimensional, primitive equations ocean model: application to coastal ocean and estuaries[J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2003, 20(1): 159-186.
- [7] 海岸与河口潮流泥沙模拟技术规范: JTS/T 231-2-2010[S].
- [8] 吴楨, 姚炎明. 海岸工程影响下潮间带泥沙冲淤变化计算[J]. 水运工程, 2011(7): 6-10.
- [9] 刘家驹. 淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法[J]. 海洋工程, 2012, 30(1): 1-7.