



复杂动力环境海峡填海工程环境影响研究

许力源, 陈国平, 严士常, 陈凯华

(河海大学港口海岸及近海工程学院 海岸灾害与防护教育部重点实验室, 江苏南京 210098)

摘要: 以琼州海峡白沙浅滩海上人工岛工程为研究对象, 在实测资料分析的基础上, 基于非结构网格建立潮流数值模型, 分析了工程前后的流场动力变化特征, 同时采用悬沙模型和底沙模型预测工程实施后工程海域的地形演变特征, 研究了如意岛工程对周边海域的动力变化影响, 对工程海域泥沙冲淤进行了分析和预测。

关键词: 如意岛; 潮流数值模型; 悬沙模型; 底沙模型; 预测分析

中图分类号: P 751

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)08-0025-08

Environmental impact of strait reclamation engineering in complex dynamic environment

XU Li-yuan, CHEN Guo-ping, YAN Shi-chang, CHEN Kai-hua

(Key Laboratory of Coastal Disaster and Defence, Ministry of Education, College of Harbor,

Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Taking the offshore artificial island project of Qiongzhou Strait's white sand shoal as the research object, on the basis of the analysis of the measured data, we establish the tidal current numerical model based on unstructured grid, and analyze the dynamic variation characteristics of the flow field before and after the engineering. Using the model of suspended load and the model of the bottom sand, we predict the characteristics of the terrain evolution after implementation of the engineering, research the impact of dynamic changes in the water surrounding of Ruyi island project, and forecast the sediment scouring of the engineering sea area.

Key words: Ruyi island; tidal current numerical model; suspended load model; bottom sand model; prediction analysis

鉴于海南国际旅游岛的发展需要, 为充分发挥海口市的热带滨海旅游优势, 增强海口市滨海旅游吸引力, 海口市依托铺前湾内的白沙浅滩进行海上人工岛——如意岛工程建设^[1]。工程所在水域北侧面琼州海峡, 20~50 m等深线呈WSW-ENE走向, 近乎平行于白沙浅滩的长轴方向。本文结合数学模型从水动力变化、泥沙冲淤的角度对方案进行深入论证, 分析工程实施对周边海域水动力环境的影响, 为今后类似复杂动力环境海峡内围填海工程提供参考。

1 海域背景

海峡平均水深约40 m, -40 m深水盆地发育-80 m

和-100 m(最大达-120 m)的深槽, 深水盆地的南、北坡有陡坎, 其坡面相向, 坡度一般为 $6^{\circ}\sim 8^{\circ}$, 局部 $11^{\circ}\sim 14^{\circ}$, 最大 $2^{\circ}\sim 24^{\circ}$ ^[2]。

1.1 潮位

琼州海峡的潮汐比较复杂, 琼州海峡受其东口来向潮波和经绕海南岛南部进入北部湾来的西向潮波的共同影响, 使得沿岸的潮汐类型和潮流流向变化复杂。本海区复杂的动力特征表现为: 琼州海峡东半部水域的潮汐类型为不规则日潮, 西半部为全日潮, 平均潮差小于 2 m ^[3]。

1.2 潮流

潮流以往复流为主, 顺时针方向旋转。琼州

收稿日期: 2012-12-14

作者简介: 许力源(1989—), 女, 硕士研究生, 主要从事港口、海岸工程研究。

海峡风海流的季节性明显：春、秋、冬季总趋势是由东向西流动，夏季由东南向西北流动^[4]。

1.3 泥沙

悬沙中值粒径 $\Phi=0.01\sim 0.03\text{ mm}$ ，本次测量资料显示，大、中、小潮期悬沙中值粒径对应 Φ 的平均值分别为 $6.60\Phi, 6.35\Phi$ 和 6.27Φ ，大、中、小潮期悬沙平均中值粒径 d 对应 Φ 值分别为 $6.58\Phi, 6.33\Phi$ 和 6.25Φ ，海区悬沙中值粒径的平均值表现为大潮期>中潮期>小潮期。

2 水动力模型建立

2.1 水流运动方程

在笛卡尔直角坐标系下，根据静压和势流假定，沿垂向平均的二维波流基本控制方程^[5]可表述为如下形式：

连续方程：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial \tau} + \frac{\partial hu}{\partial hv} + \frac{\partial hv}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

动量方程：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\tau_x}{\rho(h+\zeta)} + \frac{1}{\rho(h+\zeta)} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) - \frac{C_a \rho_a}{\rho(h+\zeta)} |W - U| \cdot$$

$$(W_x - u) = \epsilon_x \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - fu + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\tau_y}{\rho(h+\zeta)} + \frac{1}{\rho(h+\zeta)} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) - \frac{C_a \rho_a}{\rho(h+\zeta)} |W - U| \cdot$$

$$(W_y - v) = \epsilon_y \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

式中： u, v 分别为流速在 x, y 方向的分量； h 为全水深； ζ 是平均海平面起算的水位； $f=2\omega \sin\phi$ 为柯氏力系数，其中 ω 为自转角速度， ϕ 为计算水域的地理纬度； g 为重力加速度， c_a 为水面的风摩阻系数， ϵ_x, ϵ_y 为 x, y 方向紊动黏滞系数； W 为风速， W_x, W_y 为其 x, y 方向分量； τ_x, τ_y 为包含波流与潮流综合作用床面摩阻应力； $S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy}$ 为波浪辐射应力在平面上的张量。

模型采用Casulli等^[6]提出的非结构型的有限体积差分格式进行数值离散，模型具有以下特点：

1) 模型针对连续方程采用有限体积方法离散，确保了流量的守恒。

2) 离散格式中隐格式的使用：动量方程的梯度项及连续方程的通量项采用半隐格式，动量方程的底部边界条件采用全隐格式，所有其他项如扩散项采用显格式离散以保证稳定性及计算效率。

3) 水平动量方程与沿深度积分的连续方程同时求解，法向速度的全导数利用拉格朗日逆向追踪方法离散，从而使对流项的稳定条件对时间步长无限制要求，在实际的求解过程中，只需要求出水位值，即可推求出相关流速^[7]。

2.2 模型验证

模型验证资料采用2008年8月夏季和2012年3月冬季两次资料，对模型中相关参数进行合理的确定。

2.2.1 潮位验证

鉴于本海区复杂的潮波动力特征，同时考虑到测点位置相对靠近工程区，为验证模型的可靠性，结合2008-08-01—2008-08-04水文测验的实测资料，首先验证了2008年琼洲海峡内沿岸的其他几个主要潮位站潮位资料，2012年潮位站主要集中在铺前湾沿岸T1~T5。

图1对应2008年的潮位验证，图2为2012年测量资料的验证，历时近10 d潮位验证过程，覆盖了大潮、中潮和小潮，从验证结果可以看出，实测值与计算值吻合较好，符合相关规范的要求。

2.2.2 流速验证

图3对应2008年夏季实测潮流资料的验证，图4对应2012年冬季测流资料。从图中可以看出，模拟值与实测值趋势比较一致，模拟与实测的流速过程线形态相符，涨、落潮相位基本一致，流速大小也比较吻合。模型能够客观反映当地的流态特征，可为后续的泥沙回淤分析提供合理的依据。

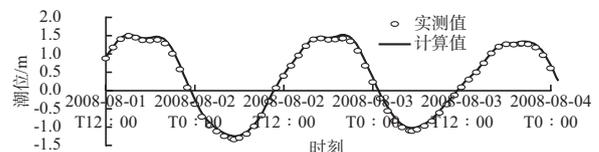


图1 灯楼角潮位验证

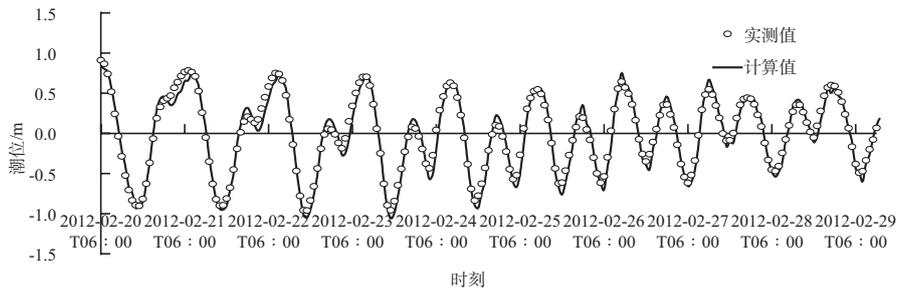
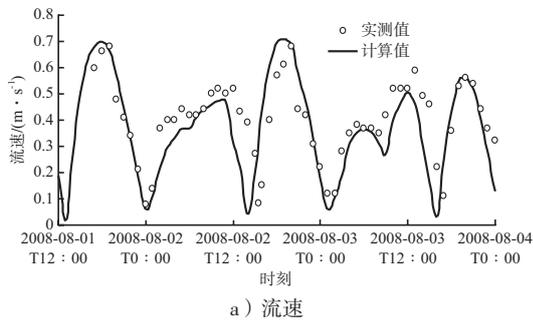
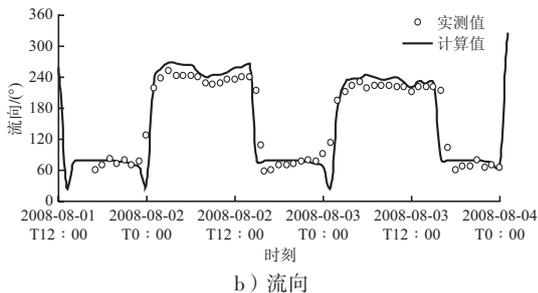


图2 T1站潮位验证

从各测站的验证结果可以看出, 实测值与计算值总体上吻合较好, 达到相关规范的要求。

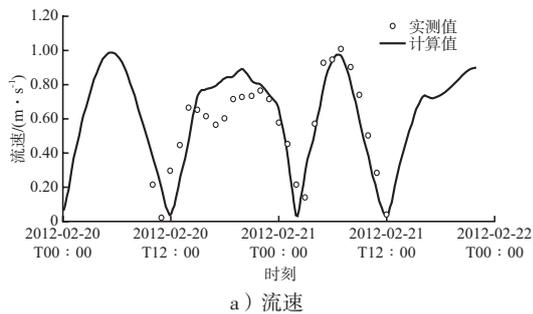


a) 流速

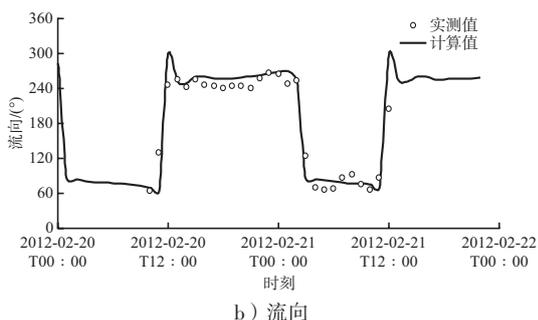


b) 流向

图3 1#点流速、流向验证



a) 流速



b) 流向

图4 大潮期C1站流速、流向验证

3 工程后潮流变化特征

为分析工程实施对周边海域水动力环境的影响, 利用建立的二维潮流模型模拟天然情况和工程方案实施后港区水域的流态特征, 对比、分析工程实施前后潮流场的分布情况, 评估工程实施后对周边海域水动力环境的影响程度。

3.1 方案介绍

如意岛工程规划用海面积约6.12 km², 岸线长度20.4 km, 东西最长7.9 km, 南北最宽1.6 km, 距离陆地岸线为4.4 km, 方案布置见图5。

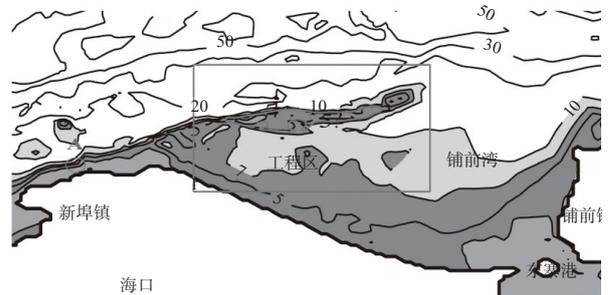


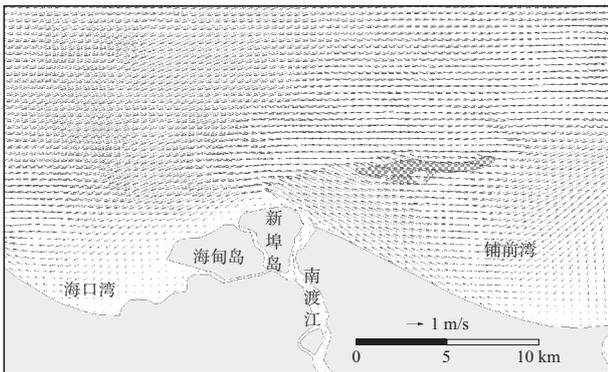
图5 方案总体规划布置

3.2 工程后流场变化

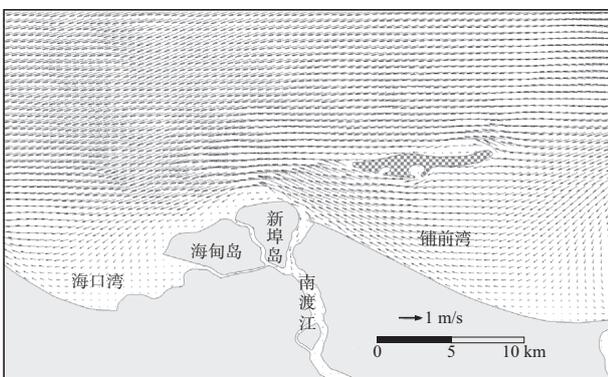
琼洲海峡潮流运动形式为近东、西向往复流为主, 为强潮海区。受西侧全日潮和东侧半日潮的共同影响, 在海峡内存在涨潮西向流、涨潮东向流、落潮西向流和落潮东向流。

对比最大西向流时刻工程前后的流场, 从图6可以看出, 自东向西进入铺前湾的潮流被如意岛分成两股, 近岸处潮流流路与岸边平行, 与工程前流路基本一致, 在如意岛南岸原先越过白沙浅滩的西北向流逐渐调整为东西向。对应最大东向流时刻, 如意岛南岸, 原先东南向的流路逐渐调整为东西向, 与岛屿边壁走向平行(图7)。

对应最大西向流时刻, 在西港池和东港池内

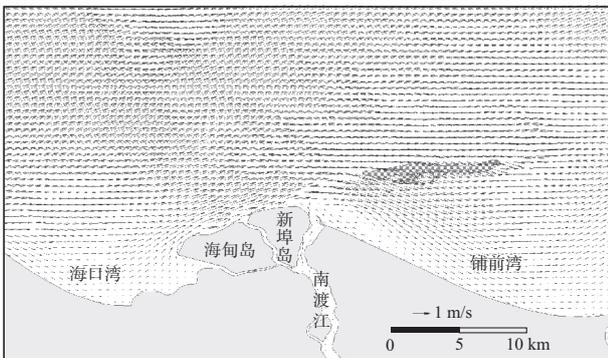


a) 工程前

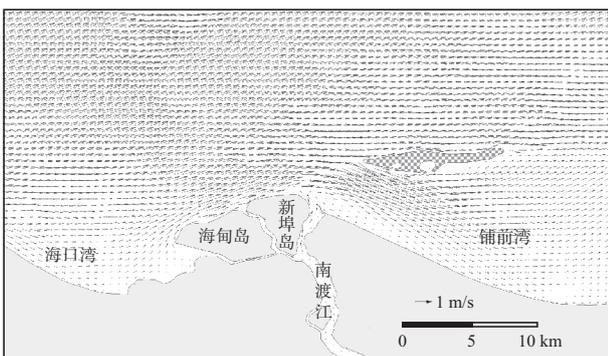


b) 工程后

图6 方案实施前、后最大西向流时刻流场



a) 工程前



b) 工程后

图7 方案实施前、后最大东向流时刻流场

水流呈现顺时针环流特征，由于口门处流路较为平顺，港内形成很好的隐蔽区，水流流速较弱，流速在0.20 m/s以下；而当港外东向流最大时，西港池和东港池内呈现逆时针环流特征，流速也较弱，对港内船舶泊稳不会产生不利影响。

考虑到船舶进出港时航行方向与东、西的涨、落潮流路存在一定夹角，横流问题也应当考虑。由于港内存在闭合环流，在口门处流向与船舶走向接近垂直，一定强度的横流对游船进出泊位势必会产生不利的影响，应引起必要的重视，今后在设计防波堤时，堤头位置处的冲刷也应注意。

3.3 动力特征变化

如意岛工程实施后，铺前湾沿岸东西向的涨、落流通道被如意岛分为南北两岔，潮流动力在湾内重新进行调整，为了评价工程实施对周边海域水动力环境的影响，鉴于本海域存在涨潮西向流、涨潮东向流、落潮东向流、落潮西向流这4种不同的流态特征，从东、西向平均流速变化、最大流速的变化来深入展开分析与评价。

针对各方向平均流速变化趋势来看，以大潮期为例，西向流阶段，琼州海峡东侧向西进入铺前湾时，潮流受阻，一部分原先进入湾内的潮流被挤向如意岛北岸，导致在如意岛东侧头部平均流速有所增大，增幅在0.05~0.15 m/s，同时如意岛东侧头部存在挑流效应，在如意岛北岸形成动力隐蔽区，近岸处流速减弱，最大减幅达0.20 m/s。如意岛南侧因过水量较工程前减少，流速减弱，减幅在0.05~0.25 m/s，湾内大部分海域流速减幅在0.05~0.15 m/s。西向流途经新埠岛北侧时，流速加大，这主要源于新埠岛与白沙浅滩之间的过水断面面积突然缩窄所致，在新埠岛北侧平均流速增幅在0.05 m/s。

东向流阶段，潮流沿新埠岛北岸进入铺前湾，一方面受如意岛围填区西侧头部顶托效应，流速有所减弱；另一方面因白沙浅滩与新埠岛之间的过水断面缩窄，流速增大，在两者共同作用下流速表现为增大趋势，流速增大区的位置不同于西向流阶段，流速增大区的位置主要贴近如意岛工程区的南岸，增幅在0.05~0.15 m/s，而在如意

岛东侧也存在一流速增大区, 这主要是因为原先东向流阶段, 部分涨潮流可以越过白沙浅滩向南运动, 工程实施后, 这部分水体被顶托到如意岛北岸, 增大了浅滩东侧的过水流量, 因而流速也略有增大, 流速增幅在 0.05~0.10 m/s。工程实施后导致原先偏东南方向这股水流被阻隔, 因而沿此方向上的潮流动力有所减弱, 动力减弱区的形态呈现东南走向长条带状分布, 减幅在 0.05 m/s 以上的范围可以向东南方向延伸至文昌沿岸。

从流速动力变化趋势来看, 在如意岛的东、西两侧易形成流速增大区, 西向流阶段流速增大区偏于新埠岛一侧; 而东向流阶段, 流速增大区偏于如意岛工程区一侧; 如意岛的东南、东北两侧因阻流、岬角掩护效应, 流速有所减弱。

针对最大流速作进一步分析, 工程实施后, 在如意岛与铺前湾北岸之间的潮汐通道流速较大, 西向最大流速时刻, 新埠岛以北的最大流速可达 1.4 m, 较未建工程前增大了 0.10~0.15 m/s, 而在如意岛东北角, 最大流速增大了 0.20 m/s, 达 1.2 m/s, 而如意岛南、北两侧, 流速有所减弱, 尤以如意岛围海区的东半部分最为显著, 最大流速减少约 0.50 m/s, 在如意岛南、北侧最大流速介于 0.6~0.8 m/s, 流速变化见图 8。

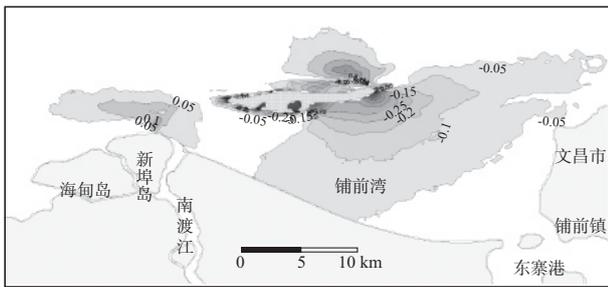


图 8 方案实施后大潮期西向流最大流速变化 (单位: m/s)

东向最大流速时刻, 如意岛西南侧的最大流速可达 1.4 m, 较未建工程前增大了 0.20~0.25 m/s, 而在如意岛东北角, 最大流速增大了 0.05~0.10 m/s, 达 1.1 m/s, 而如意岛南、北两侧, 流速有所减弱, 最大流速减少约 0.45 m/s, 在如意岛南、北侧最大流速介于 0.6~0.8 m/s, 流速变化见图 9。

4 泥沙冲淤计算与分析

海岸工程中可能造成泥沙冲淤的原因通常

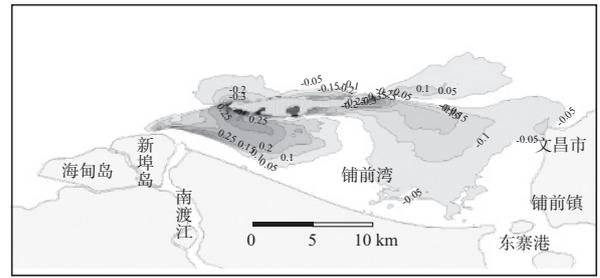


图 9 方案实施后大潮期东向流最大流速变化 (单位: m/s)

是泥沙在风浪作用下被掀起, 并在潮流作用下输移, 即所谓的风浪掀沙潮流输沙。在未建工程的条件下, 岸滩一般处在动态平衡之中。当涉海工程实施后, 当地水动力环境发生了改变, 原先动态平衡的动力格局需要重新调整, 伴随复杂的泥沙冲淤过程^[8]。

泥沙冲淤主要包括悬沙和底沙冲淤, 可分别采用悬沙模型和底沙模型预测工程实施后工程海域的地形演变特征。

4.1 悬沙冲淤预测

平面二维悬沙输移扩散方程:

$$\frac{\partial}{\partial \tau} [(h + \xi)s] + \frac{\partial}{\partial x} [(h + \xi)us] + \frac{\partial}{\partial y} [(h + \xi)vs] + F_s = \frac{\partial}{\partial x} [(h + \xi)D_x \frac{\partial s}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [(h + \xi)D_y \frac{\partial s}{\partial y}] \quad (3)$$

河床变形方程:

$$\rho_0 g \frac{\partial z_{bs}}{\partial \tau} - F_s = 0 \quad (4)$$

式中: h 为水深; s 为垂向平均含沙量; D_x, D_y 分别 x 向和 y 向悬沙扩散系数; ρ_0 为底部泥沙的干密度; z_{bs} 为悬沙造成的冲淤厚度变化值; $F_s = \alpha \omega_s (S - S^*)$ 为海底泥沙冲淤函数, α 为悬沙颗粒沉降到海底的概率, 即每一计算时段, 由水体中沉降并脱离水体达到海底的百分比, ω_s 为泥沙沉降速率。

结合悬沙模型, 预测工程实施后的悬沙冲淤分布。预测结果表明, 在正常天气条件下, 铺前湾内的悬沙所导致的地形变化量不大, 在南渡江口至如意岛之间的潮汐通道因动力增强, 存在一定的冲刷, 最大冲刷深度在 0.04 m, 冲刷范围也仅仅集中在南渡江口门外的 5 km 范围内, 呈扇状

分布向东延伸至铺前湾内。而铺前湾中部海域，因潮流动力较工程前有所减弱，悬沙回淤强度在0.02~0.04 m。由于原先越过白沙浅滩的涨、落潮流围垦后被阻隔，导致围垦区南北两侧潮流动力明显减弱，被冲刷掀起的底部细颗粒粉沙在此落淤，岛屿北侧悬沙落淤量较南岸少，落淤强度在0.04~0.06 m，如意岛南侧，特别是东南侧，悬沙落淤量相对较大，最大淤积处可达0.12 m，平均落淤强度也在0.08~0.10 m。

总体来看湾内淤积量有限，这与本海湾水体较为清澈、上游南渡江口入海悬沙浓度不高、湾外沙源较少有一定的联系。鉴于海区为典型的沙质海岸，当地潮流、波浪动力较强，更应重视对底沙运动的分析，并预测由此造成的地形冲淤演变。

4.2 底沙输运模型

波流共同作用下的底床变形输运方程可表示为^[9]：

$$\rho_0 g \frac{\partial z_0}{\partial \tau} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

式中： q_x, q_y 分别对应 x 和 y 方向的单宽输沙率，罗肇森在窦国仁底沙输沙率公式的基础上，改进提出了考虑波-流共同作用的底沙输沙率公式^[10]，在防城港航道工程（沙质海岸 $d_{50}=0.18\sim 0.34\text{ mm}$ ）得到了很好的验证，该公式的形式同窦国仁提出的底沙输沙公式形式比较接近，但考虑到了波浪半周期平均的轨道速度对底沙的起动作用，即，

$$q_{sb} = \frac{K_b}{C_0^2} \frac{\rho_s \rho}{\rho_s - \rho} (\mu_{bmax} - \mu_c) \frac{\mu_b^2 v_m}{g_{co}} \quad (6)$$

式中： q_{sb} 为近底泥沙单宽输沙率，方向与合成流速 v_m 方向一致； C_0 为无量纲谢才系数 (C/\sqrt{g}) ， C -Chezy系数； ρ_s, ρ 分别为泥沙和水的密度； v_m 是合成流速。

结合已率定的底沙数学模型，对底沙运移进行模拟，从模拟结果看出，工程实施后，在铺前湾内海底存在一定的淤积和冲刷，工程实施导致空间上的动力变化差异，铺前湾内地形冲淤变化呈现出强烈和一般的不同趋势，见图10。

在如意岛北侧，防波堤对入射波形成反射作用，沿岸波高增大，近底层波浪水质点轨道速度提高，底沙较工程前更易于起动，在潮流共同作

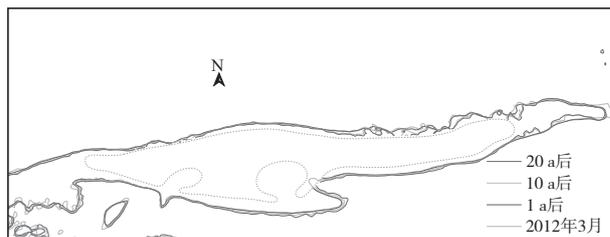


图10 如意岛工程实施后-8 m等深线变化趋势预测

用下侵蚀作用加剧，形成了沿如意岛北岸长条状分布的显著冲刷区。在如意岛北岸的中部凸起处由于波浪辐聚作用，波能增大明显，底床侵蚀明显，局部最大冲刷深度达2 m以上。若以2012年3月为现状本底地形，底沙模型模拟1 a后的等深线分布见图11，可以看出，如意岛北岸-8 m等深线向南回撤，在如意岛北侧岸线的中段、东段最为显著，局部区域回撤达100 m，而如意岛南侧水深变化相对稳定，未见明显的冲刷迹象，呈现略淤的趋势。历时10 a和20 a后，这种趋势更为明显，在如意岛北侧中段-8 m等深线已接近围垦线，如意岛南侧-8 m等深线略有南移。这是因为在如意岛的南岸波影区，因波高显著减弱，底沙输沙能力减弱，过境泥沙沿岸线形成落淤。

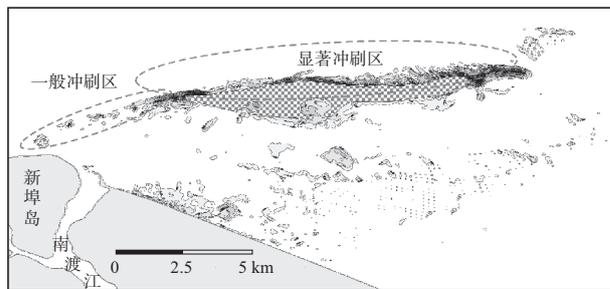
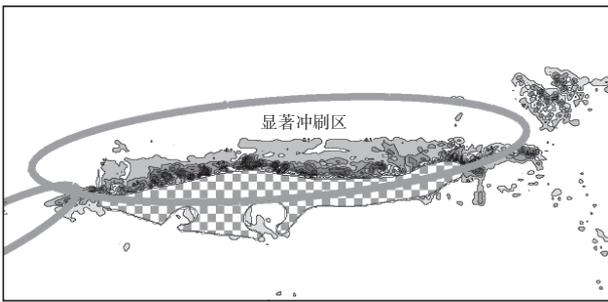


图11 工程实施1 a后铺前湾内底沙冲淤分布

针对50 a一遇大风浪天气作用12 h的预测结果表明，在如意岛北侧显著冲刷区，最大冲刷深度在0.80 m左右，在如意岛南侧淤积强度在0.10~0.25 m，铺前湾西岸西岸淤积区最大淤积强度在0.13 m，而在湾中水域最大淤积在0.09 m左右，见图12。

总体来看，底沙的落淤分布同波能变化的趋势比较一致，波影区底沙出现淤积，而波能增大区，由于波浪反射，在如意岛北岸出现明显的冲刷趋势。新埠岛与如意岛之间的过水通道，因水流流速增大，底沙输沙率增加，出现了冲刷。在铺前湾中海域，存在长条状的水下沙坝，这主要



注: 50 a一遇波浪, 作用12 h。

图12 工程实施后如意岛海域底沙冲淤分布

是由于如意岛对常向浪NNE向波浪的屏蔽作用, 导致波能减弱、输沙能力降低、过境底沙落淤。

针对白沙浅滩南侧底沙淤积的分析认为: 白沙浅滩北侧底沙被起运后, 涨潮西向流阶段输运至如意岛西侧头部, 由于流速较大, 该处泥沙不易落淤, 部分底沙被随后的涨潮东向流输送到白沙浅滩南侧落淤, 落潮东向流阶段白沙浅滩北侧底沙被输运至如意岛东侧头部时, 被随后的落潮西向流带入白沙浅滩南岸, 这就导致白沙浅滩南岸形成淤积态势, 同时铺前湾内的少量过境底沙也因波影区波能减弱在此落淤。此外, 在南渡口入海口东侧5 km范围内, 存在明显的淤积区, 今后有形成沙嘴的趋势。

4.3 海岸变形计算

1) 沙质海岸岸线变形后的控制方程。

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{1}{d} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) \quad (7)$$

式中: Q 为沿岸输沙率, 与近岸破波要素有关; q 为沿岸输沙以外的其他泥沙来源(如河流来沙、海滩采沙、横向输沙等造成)的海滩单宽来沙或损失率; y 为垂直岸线距离, 向海为正; x 平行于岸线分布^[11]。

在沙质海岸, 由于波浪破碎产生的沿岸流能够带动泥沙运动形成沿岸输沙, 未建工程前, 沿岸输沙达到动态平衡, 一旦实施工程后原有的平衡输沙环境被破坏, 造成海岸的淤积或者侵蚀, 导致岸线形态发生改变。

波浪传播至铺前湾沿岸, 出现破碎, 产生沿岸输沙, 破波带内的底沙输沙机制更为复杂, 因此针对上文利用底沙模拟预测的铺前湾西侧出现沙嘴这一演变趋势, 进一步结合岸滩演变模型(一

线模型)做长期演变的预测研究^[12]。

2) 预测分析。

通过一线模型的长时间模拟, 结果表明, 工程实施后, 在铺前湾西岸的南渡口东南侧7 km范围内, 岸线淤涨形成沙嘴, 与上文底沙模型预测的趋势一致, 该区域同白沙浅滩的法向距离最近, 也符合沙嘴形成的动力机制。从淤积强度来看, 第1 a沙嘴淤涨速度最快, 以后逐年减弱, 现状动力条件下, 连续模拟5 a后, 沙嘴向海一侧延伸200 m左右, 离白沙浅滩尚有4 km远。随着沙嘴的形成, 沿岸波向将发生偏转, 破波角逐渐减缓, 沿岸输沙趋于平衡, 淤积强度逐年减弱, 中长期来看沙嘴的淤涨幅度有限, 第10 a沙嘴向海延伸至230 m, 第20 a沙嘴向海一侧延伸至300 m, 并趋于稳定, 结合当地动力环境特征, 该海域不会形成连岛沙坝。

总体来看, 如意岛工程实施后, 原先侵蚀的南渡江东南侧0~7 km岸段, 侵蚀现象有所缓解, 离白沙浅滩垂向距离最近的岸段形成沙嘴, 沙嘴头部历时5 a的淤涨仅在200 m, 20 a后沙嘴离岸距离300 m, 且淤涨幅度还将逐年减弱, 沙嘴头部离如意岛较远, 工程后波影区不会形成连岛沙坝, 如意岛工程实施后铺前湾5~20 a后的岸线轮廓见图13, 南渡口东测沙嘴演变见图14。

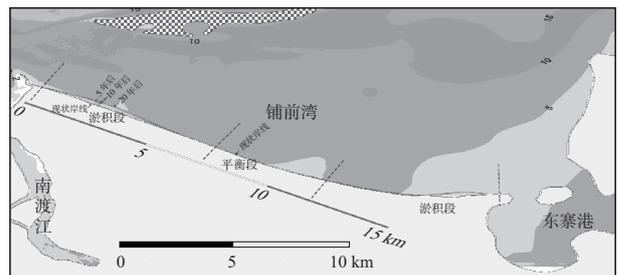


图13 如意岛工程实施后铺前湾5~20 a后的岸线轮廓

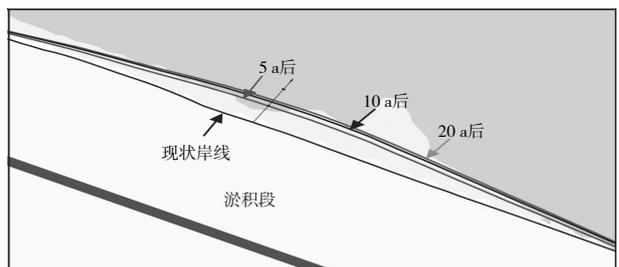


图14 南渡口东侧沙嘴演变过程

4.4 泥沙冲淤结果分析

综合悬沙和底沙数学模型的研究成果,可以看出,工程实施后对海域地形产生的影响,主要表现为底沙的再搬运过程,悬沙由于水体本身含沙量较小,动力变化后引发的地形冲淤小于底沙作用,底沙是造成本海域地形变化的主要因素。

5 结论

1) 本海区受琼州海峡西侧全日潮和东侧半日潮的共同影响,呈现出涨潮西向流、涨潮东向流、落潮东向流和落潮西向流的复杂特征,工程实施后,并不改变所在海域的流态特征。

2) 如意岛工程实施后,原先跨越白沙浅滩的涨、落潮流通道被切断,白沙浅滩周边流向发生改变,流向逐渐调整为东西走向,铺前湾内流向保持不变,仍然表型为顺岸运动。

3) 总体来看,在如意岛的两侧易形成流速增大区,西向流阶段流速增大区偏于新埠岛一侧,而东向流阶段,流速增大区偏于如意岛工程区一侧,如意岛的东南、东北两侧因阻流、岬角掩护效应,流速有所减弱。

4) 在白沙浅滩和新埠岛之间的潮汐通道存在冲刷趋势,历时1 a,冲刷强度在0.03~1.1 m,最大冲刷区位于岛体的西侧头部,该通道的平均冲刷深度在0.31 m;如意岛北岸以冲刷为主冲刷幅度在-0.13~-1.38 m,最大冲刷段位于如意岛东西两头,平均冲刷深度-0.55 m;如意岛南岸以淤积为主,淤积厚度在0.10~0.35 m;铺前湾东岸,南渡江出海口东侧5 km范围内以淤积为主,淤积厚度在0.04~0.25 m,平均淤积厚度在0.12 m;湾中海域淤积厚度在0.05~0.17 m,平均淤积厚度为0.08 m。

5) 如意岛工程实施后,原先侵蚀的南渡江东南侧0~7 km岸段,侵蚀现象有所缓解。离白沙浅滩垂向距离最近的岸段形成沙嘴,沙嘴头部历时

5 a的淤涨仅在200 m,历时20 a的淤涨在300 m左右,沙嘴头部离如意岛较远,工程后波影区不会形成连岛沙坝。

注:本项目为陈国平老师的西部项目。

参考文献:

- [1] 国家海洋局南海海洋工程勘察与环境研究院.海口市如意岛区域建设用海论证报告[R].广州:国家海洋局南海海洋工程勘察与环境研究院,2011.
- [2] 姚清尹.对琼州海峡形成的探讨[J].热带地理,1980,1(1):23-27.
- [3] 叶春池.琼州海峡修建跨海工程可行性初步研究[G]//梁松.南海资源与环境研究文集.广州:中山大学出版社,1999:116-229.
- [4] 柯佩辉.琼州海峡的还留和水体交换的初步分析[J].热带地理,1986,6(4):346-353.
- [5] 陶建华.水波的数值模拟[M].天津:天津大学出版社,2004.
- [6] Casulli V, Zanolli P. High resolution methods for multidimensional advection-diffusion problems in free-surface hydrodynamics[J]. Ocean Modelling, 2005(10):137-151.
- [7] 孔俊,宋志尧.非结构型浅水方程数值模式的建立及应用[J].河海大学学报:自然科学版,2006,34(4):456-459.
- [8] 张镜潮,孙献清,李大山.海南铺前湾琼北港数模计算及港池、航道泥沙淤积计算[R].南京:南京水利科学研究院,1995.
- [9] 窦国仁.河口海岸全沙模型相似理论[J].水利水运工程学报,2001(1):1-12.
- [10] 罗肇森.波、流共同作用下的近底泥沙输移及航道骤淤预报[J].泥沙研究,2004(6):1-19.
- [11] 张长宽,张东生,陈举来.基于长期波浪序列的沙质海岸演变数值模型[J].河海大学学报,1994,22(4):1-7.
- [12] 陈勇,刘家驹.沙质海岸突堤下游岸滩演变数值计算[J].水利水运科学研究,1992(3):221-230.

(本文编辑 武亚庆)