

文章编号:1002-3682(2015)04-0011-12

# 波流共同作用下大型离岸人工岛群 工程海床冲淤预测\*

许 婷<sup>1,2</sup>, 刘国亭<sup>1</sup>, 温春鹏<sup>1</sup>

(1. 交通运输部 天津水运工程科学研究所 工程泥沙交通行业重点实验室, 天津 300456;

2. 天津大学 环境科学与工程学院, 天津 300072)

**摘 要:**采用波流共同作用下平面二维水沙数学模型, 基于三角形网格剖分模式, 对位于韩江河口附近海域的汕头市东海岸新城大型离岸人工岛群规划工程做潮流及泥沙数值模拟。研究表明: 规划的人工岛群“白海豚”身体轴线布置方向与工程海域往复流主流向趋于一致, 涨落潮流态平顺, 该规划方案实施后对周围海域水动力的影响范围主要集中在人工岛群附近海域, 流速有增有减, 但变化幅度较小。规划方案实施后海床冲淤变化规律: 人工岛群波影区以淤为主, 迎浪侧以冲为主, 局部区域最大冲深可达 2 m 以上, 应注意采取护底措施。由于韩江河口属于强浪区, 应关注大浪引起的坡底淘刷。

**关键词:**韩江河口; 离岸人工岛群; 数值模拟; 波流; 海床冲淤

**中图分类号:** P736

**文献标识码:** A

**doi:** 10.3969/j.issn.1002-3682.2015.04.002

人工岛(群)就是为了一定的目的和用途在海中人工建造的岛屿<sup>[1]</sup>。自 1960 年以来, 随着人口数量日益增加与土地资源紧缺的矛盾越来越凸显, 向海洋要地成了人类满足对土地资源需求的一种重要方式, 因此人工岛(群)工程应势而生<sup>[2]</sup>。人工岛(群)的开发建设会导致原有海洋水动力环境产生改变, 继而会引起海床冲淤, 甚至破坏海洋生态环境, 除此之外, 人工岛(群)的不合理设计、施工等问题也会加剧对海洋环境造成各种不利影响, 针对人工岛(群)的设计、影响评估、施工等, 国内外学者已经开展了大量的研究工作<sup>[3-5]</sup>。BAYYINAH SALAHUDDIN 研究了位于波斯湾的迪拜棕榈树人工岛工程建设实施后对周围海域生态环境和泥沙环境的影响情况<sup>[6]</sup>; 陈可锋等针对西太阳沙人工岛工程开展了物理模型试验研究, 预测分析了人工岛建设完成后其潮流场和泥沙场变化情况和海床局部冲刷情况, 并提出了海床护底防冲的相关措施<sup>[7]</sup>; 方伟采用数学模型手段研究了滩海人工岛(群)的开发建设对水动力和海床冲淤的影响, 并提出了相关的防冲措施<sup>[8]</sup>;

\* 收稿日期: 2015-04-08

**资助项目:**国家自然科学基金项目——粉沙质海岸潜提防淤减淤机理研究(51209111); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项——南中国海及其附近海域中尺度多因素海洋环流数值模拟关键技术研究(Tks150210)

**作者简介:**许 婷(1985-), 女, 副研究员, 博士研究生, 主要从事海岸河口水动力泥沙及水环境数值模拟方面研究. E-mail: xuting1228@163.com

(陈 靖 编辑)

安永宁等开展了龙口湾人工岛群工程数学模型研究,预测分析了岛群工程引起的水动力和海床冲淤变化情况<sup>[9]</sup>。

汕头市东海岸新城离岸人工岛群规划工程位于汕头市澄海区及龙湖区东南端,西北与汕头市东海岸新城隔海相望,南起汕头角,北至南澳岛西端,位于著名的韩江河口三角洲海区(图1)。人工岛群的开发建设,可能会引起一系列的海洋水动力变化、泥沙运动变化、海床冲淤变化,也可能对海洋生态环境产生不利影响。因此,合理预测评估汕头市东海岸新城离岸人工岛群规划工程对周围水动力环境及海床冲淤变化可能产生的影响具有重要的积极意义。基于三角形网格剖分模式,本文采用波流共同作用下平面二维水沙数值模拟手段,预测分析离岸人工岛群规划工程实施后其水动力变化和海床冲淤变化。

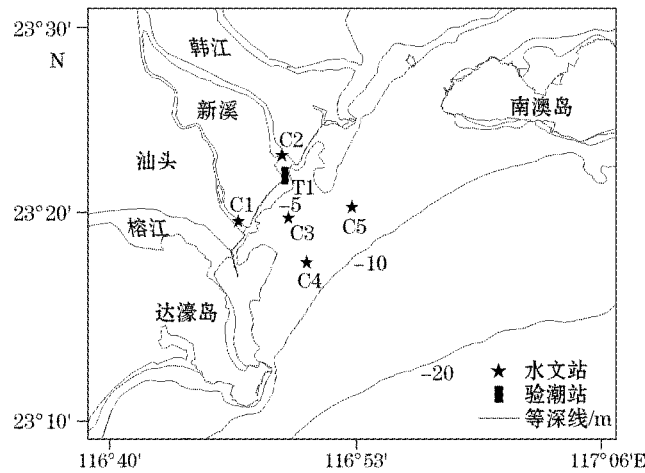


图1 工程海域地形和观测点布置图

Fig. 1 Sketch of topography and station locations in the project area

## 1 工程海区概况

### 1.1 潮汐和潮流

韩江河口潮汐属不规则半日潮,即在每天当中出现2次高潮和2次低潮,且2次相邻高低潮位不等,该河口属弱潮河口,平均潮差1.24 m,最大潮差2.06 m。

根据2013-10实测海流资料分析,填海区附近半日潮流在整个潮流中占主导,其中外海区域潮流方向NE—SW向,河口区域方向NW—SE向,均基本呈往复流。从垂向平均的大潮潮段平均流速来看,涨潮时,潮段平均流速为0.13~0.25 m/s;落潮时,潮段平均流速在0.18~0.37 m/s。从垂向平均的小潮潮段平均流速来看,涨潮时,潮段平均流速在0.14~0.22 m/s;落潮时,潮段平均流速为0.10~0.25 m/s。从垂向平均的大潮潮段最大流速来看,涨潮时,潮段最大流速为0.20~0.40 m/s;落潮时,潮段最大流速为0.33~0.63 m/s。从垂向平均的小潮潮段最大流速来看,涨潮时,潮段最大流速为0.24~0.37 m/s;落潮时,潮段最大流速为0.17~0.47 m/s。

## 1.2 波 浪

韩江河口面临南海,海域开阔,是华南沿海强浪区之一,波浪动力较强;据 1962—1975 年南澳岛云澳站(117°06'E,23°24'N)波浪观测资料统计结果,韩江河口以风浪和风浪为主的混合浪为主,其中风浪频率占 87%,秋、冬季出现频率较高,春、夏季出现频率略低,方向呈 NE—E 向;涌浪频率在混合浪中约占 54%,方向多介于 SSE—SSW 向;云澳站各月平均波高多为 0.9~1.3 m,年平均波高以 NE、ENE 向最大,约 1.3 m,ESE、SSE 和 S 向最小,约 0.7 m,其余各向约 0.8~1.0 m;工程海域在 6—11 月期间有热带气旋现象出现,其中 SSW、SW 向最大波高可达 6.5 m,SSE 向、NE—SSE 向多介于 4.0~5.1 m,其余各向多为 1.7~3.5 m;工程海域年平均波周期 SE—SSW 向略大些,多为 4.3~4.4 s,其余各向略小,多为 3.2~3.8 s,年最大周期为 11.5 s<sup>[10]</sup>。

## 1.3 含沙量特征

根据 2013-10 交通运输部天津水运工程科学所在工程海域所获得的大、小潮含沙量资料统计分析,大潮期间,各测层含沙量范围 0.008~0.225 kg/m<sup>3</sup>,由表层至底层含沙量逐渐加大,各层平均值在 0.031~0.093 kg/m<sup>3</sup>;小潮期间,各测层含沙量范围在 0.008~0.114 kg/m<sup>3</sup>,由表层至底层含沙量逐渐加大,各层平均值在 0.021~0.072 kg/m<sup>3</sup>。大、小潮期间的垂线平均含沙量分别为 0.053 和 0.038 kg/m<sup>3</sup>。

由丁晓英和许祥向<sup>[11]</sup>应用遥感技术分析的韩江河口悬沙特征可知,韩江河口含沙量整体较低,表层含沙量普遍小于 0.3 kg/m<sup>3</sup>;由于受上游河道下泄径流的影响,工程海域洪、枯季悬沙含量差异较大,其中洪季表层含沙量可达 0.3 kg/m<sup>3</sup>,枯季表层含沙量仅 0.025 kg/m<sup>3</sup>;悬沙分布规律呈近岸浅水区含沙量较大,越往外海深水区含沙量越小的特征;泄洪期间以河口高含沙量为中心呈辐射状扩散开,含沙量逐渐变低,枯季近岸以风浪掀沙为主,近岸浅水区含沙量稍大;整体来看,韩江属丰水少沙河流,韩江河口区含沙量整体较低,仅近岸浅水区含沙量稍高些,而外海水深较大的区域含沙量普遍较低。

## 1.4 底质特征

2013-10,水下沉积物样品分析结果表明,本海区沉积物粒径粗细相间,细颗粒物物质居多,泥沙中值粒径 0.004 3~0.560 3 mm,粒径变幅较大。粒径分布呈北粗南细的分布格局,澄海区南侧河流底质泥沙中值粒径为 0.481 7 mm,汕头市南侧河流底质泥沙则为 0.014 4 mm。澄海区南侧河流及出口区和南澳岛以东区域,泥沙粒径为 0.2~0.6 mm,中部广大区域泥沙粒径在 0.01~0.03 mm 变化,物质较细。向南物质更加趋细,中值粒径在 0.01 mm 以下变化;濠江区南端西岸泥沙粒径在 0.02~0.04 mm 变化。

本区近海水域沉积物黏土质粉砂所占的比例最大,为 57.41%,其次是砂-粉砂-黏土占 14.81%,粗中砂占 12.96%,其余物质为 1.85%~5.56%。澄海区南侧河流及出口处,物质偏粗,多为粗中砂;南澳岛以西近岸为粗中砂,向南至河口区为中细砂分布;濠江区最南端近岸分布有细砂和中粗砂;近岸一侧为砂-粉砂-黏土分布;汕头市南侧河道及向外大片区域为黏土质粉砂分布。经比对,大范围海域泥沙中值粒径有变粗的趋势,沉积类型由粉砂质黏土变为黏土质粉砂;受吹填工程影响,工程区近岸沉积物由细砂变为砂-粉砂-黏土。

## 2 波流共同作用下泥沙数学模型的建立

### 2.1 潮流数学模型

二维浅水控制方程:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} = & \bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \\ & \frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy}) + hu_s S \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} = & -\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \\ & \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy}) + hv_s S \end{aligned} \quad (3)$$

式中,  $h = \eta + d$ ,  $\eta$  和  $d$  分别表示水面高度和静水深;  $x$  和  $y$  分别表示横轴和纵轴坐标;  $t$  为时间;  $g$  为重力加速度;  $\bar{u}$  和  $\bar{v}$  分别为沿  $x$  和  $y$  方向的深度平均流速;  $f$  为柯氏力系数;  $\rho$  为流体密度;  $\rho_0$  为参考密度;  $S$  为点源流量;  $u_s$  与  $v_s$  为点源流速;  $T_{ij}$  为应力项, 包括黏性应力、紊流应力和对流等, 根据水深平均的流速梯度计算。

### 2.2 波浪数学模型

波浪模型在这里主要是给泥沙运动和海底冲淤计算提供波浪动力条件, 控制方程如下:

$$\begin{cases} \frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma} \\ (c_x, c_y) = \frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{c}_g + \vec{U} \\ c_\sigma = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left[ \frac{\partial d}{\partial t} = \vec{U} \cdot \nabla_x d \right] - c_g \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial s} \\ c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{k} \left[ \frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial m} \right] \end{cases} \quad (4)$$

式中,  $N$  为动谱密度;  $t$  为时间;  $\vec{x}$  为笛卡尔坐标系;  $\vec{v}$  为波群速度;  $S$  为能量平衡方程中的源项;  $\nabla$  为微分算子;  $s$  为波浪的传播方向;  $\theta$  和  $m$  为垂直于  $s$  的方向;  $\nabla_x$  为在  $\vec{x}$  空间上的二维微分算子。

### 2.3 泥沙运动数学模型

$$\begin{aligned} \frac{\partial [(h + \zeta)S]}{\partial t} + \frac{\partial [(h + \zeta)uS]}{\partial x} + \frac{\partial [(h + \zeta)vS]}{\partial y} + F_s = \\ \frac{\partial}{\partial x} [(h + \zeta)D_x \frac{\partial S}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [(h + \zeta)D_y \frac{\partial S}{\partial y}] \end{aligned} \quad (5)$$

式中,  $S$  为铅直方向积分的水体含沙浓度;  $D_x$ 、 $D_y$  分别为  $x$ 、 $y$  方向的泥沙扩散系数;  $F_s$  为泥沙源汇函数或床面冲淤函数, 按下面方法确定:

$$F_s = \alpha\omega(S - S_*) \quad (6)$$

式中,  $S_*$  为水体的挟沙力, 一般采用经验公式法或半理论方法确定;  $\omega$  为泥沙沉降速度;  $\alpha$

为泥沙沉降几率。

## 2.4 海床冲淤数学模型

悬沙运动造成的海床冲淤方程:

$$\gamma_0 \frac{\partial \eta_s}{\partial t} = F_s \quad (7)$$

式中,  $\eta_s$  为海底床面悬沙引起的冲淤厚度;  $\gamma_0$  为床面泥沙干容重。

底沙(推移质)造成的海床冲淤方程:

$$\gamma_b \frac{\partial \eta_b}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0 \quad (8)$$

式中,  $\eta_b$  为底沙引起的海床冲淤厚度;  $\gamma_b$  为床面底沙干容重;  $q_x$  和  $q_y$  分别为单位时间内单宽底沙输移量  $q_b$  沿  $x$  和  $y$  方向的分量。

$q_b$  采用考虑波浪作用的公式:

$$q_b = \frac{k_2}{c_0^2} \frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma} m \frac{|\vec{V} + \vec{V}_w|^3}{\omega_b} \quad (9)$$

其中, 当  $V_k \leq |\vec{V}| + |\vec{V}_w|$  时,  $m = |\vec{V}| + |\vec{V}_w| - V_k$ , 当  $V_k > |\vec{V}| + |\vec{V}_w|$  时,  $m = 0$ ;  $k_2$  为系数;  $c_0$  为无量纲谢才系数;  $\gamma$ 、 $\gamma_s$  分别为水容重和泥沙颗粒容重;  $\omega_b$  为底沙颗粒的沉降速度;  $\vec{V}$  为水流平均速度矢量;  $\vec{V}_w$  为波浪平均特征速度矢量;  $V_k$  为底沙颗粒的临界起动流速。

## 2.5 模型范围及网格

模型计算域北至东山岛附近,南至海湾石附近,开边界位于-35 m 等深线附近。计算域呈以工程区域为中心的扇形分布,沿岸方向约 130 km,垂岸方向最远距离约 60 km。

采用三角形网格剖分模型计算域,这样可以较好地概化陆域、岛屿等复杂边界,也可对重点关心区域进行合理加密,本模型网格节点 19 852 个,最小空间步长 3 m,最大空间步长 2 000 m,计算时间步长从 0.1~5.0 s 自适应调节。计算域及网格剖分详见图 2。

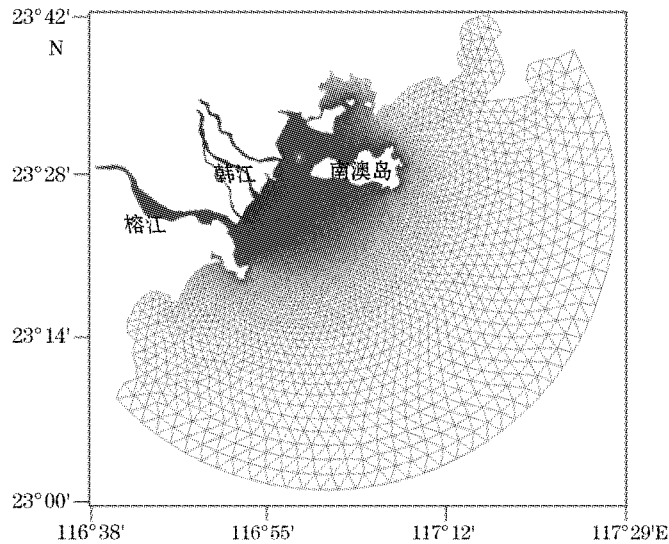


图 2 模型范围及网格剖分

Fig. 2 Model scope and grid generation

## 2.6 海床冲淤计算动力条件

为了考虑波流共同作用下海床冲淤变化,在泥沙数学模型计算时潮流动力按照实测大、小潮进行组合,波浪条件考虑年均波浪场的影响,根据广澳测波站多年实测波浪资料,过滤掉对泥沙运动作用轻微的波浪数据(即波高小于 0.5 m 的数据),进行各波向年平均波高统计,将其作为波要素进行波浪场推算,为泥沙数学模型提供波浪条件。从本工程所在地理位置来看,本工程所在海域主要受 E—SSW 向浪影响,因此本模型根据主要浪向合并为以下 3 个来浪向:E—ESE、SE—SSE、S—SSW 浪向,总出现频率在 60% 以上。

针对泥沙作用相对较大的 0.5 m 以上的波浪统计结果,对该海域的 E—ESE 向、SE—SSE 向、S—SSW 向浪分别进行了计算,各向年均波高分布见图 3。从计算结果看,各方向波浪场的波高均呈现外海大、近岸小的分布规律,较好地反映了该海域波浪自海向岸的传播过程。各向浪年平均波浪作用下,工程区域年均波高约介于 0.9~1.0 m。

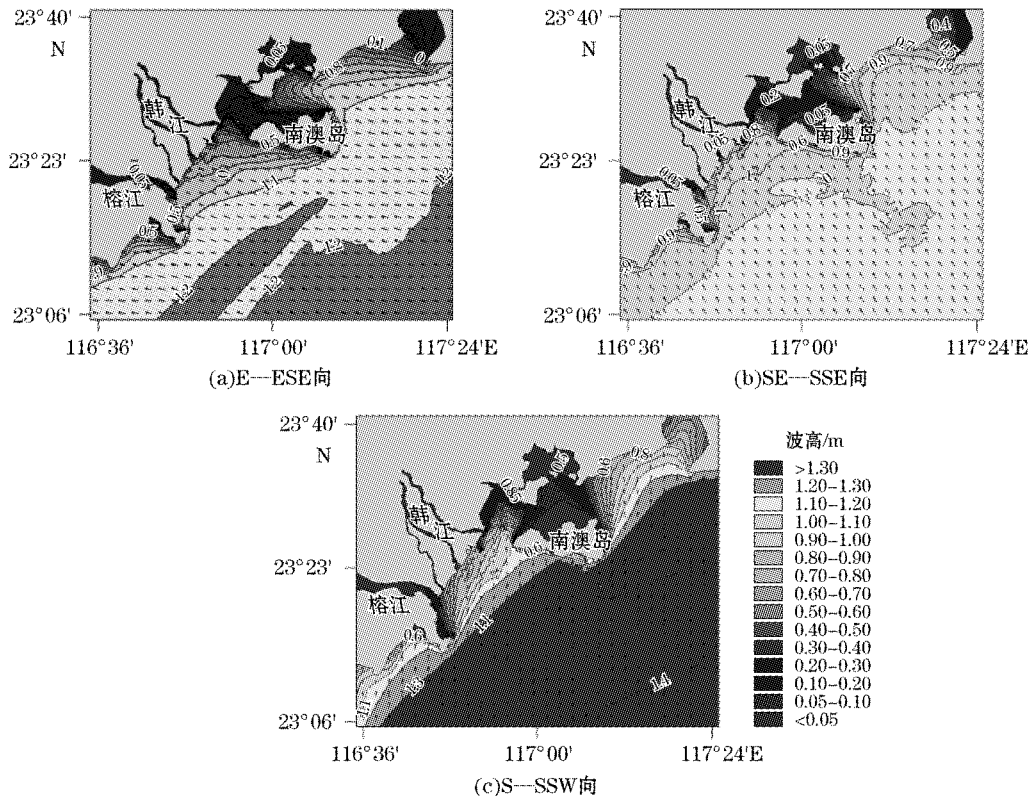


图 3 各向年均波浪场分布

Fig. 3 Distributions of annual average height of waves with different directions

## 2.6 模型的验证

### 2.6.1 潮位、流速、流向验证

为了验证潮流模型的合理性,采用 2013-10 大、小潮水文观测资料对模型潮位、流速、流向进行了验证。图 4 给出了 T1 站大、小潮实测潮位与计算结果的比较,图 5 给出了大、小潮代表测点实测流速、流向与计算结果的比较情况。由实测与计算结果比较可见,

测站的计算与实测潮位、流速、流向在连续的变化过程中均比较接近,计算值与实测值吻合较好,满足精度要求,可以用于工程海域潮流场计算分析。

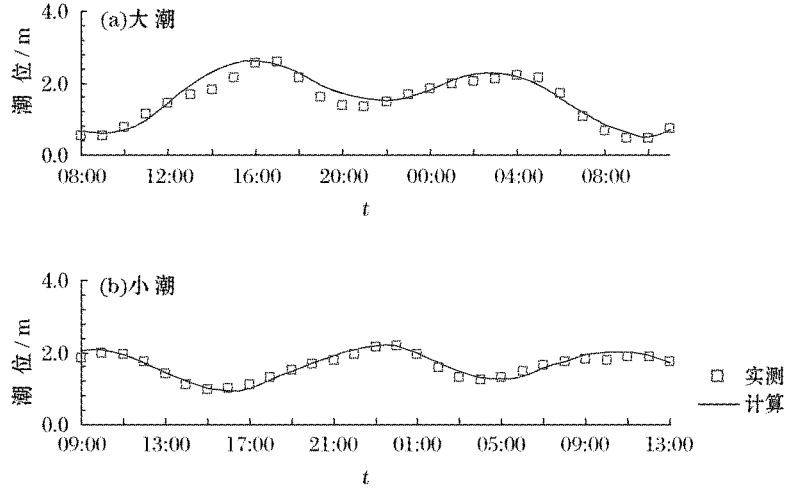


图 4 潮位验证

Fig. 4 Verification of tidal level

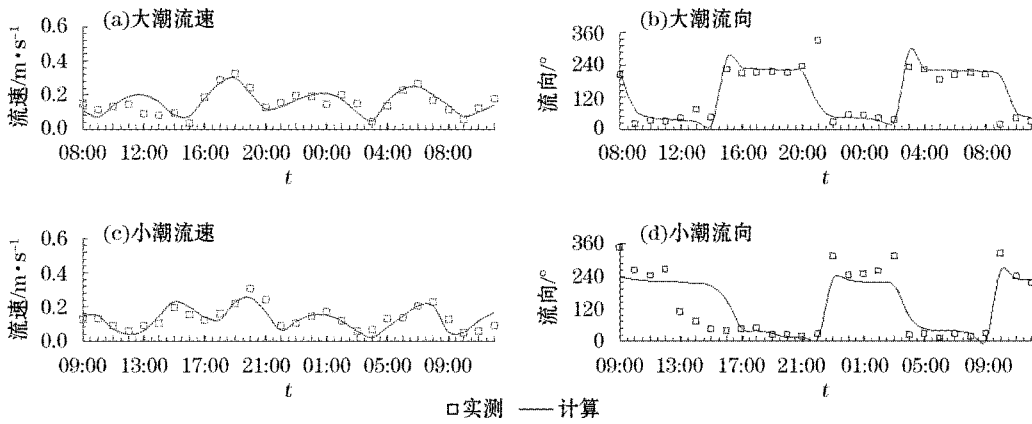


图 5 C3 站点流速、流向验证

Fig. 5 Verification of speed and direction in C3 station

### 2.6.2 含沙量验证

2013-10 大、小潮含沙量观测资料与潮流同步,大潮、小潮含沙量过程验证曲线见图 6,从实测值和计算值对比结果来看,泥沙数学模型验证结果良好,可以进一步用于工程海域泥沙运动和海床冲淤的预测。

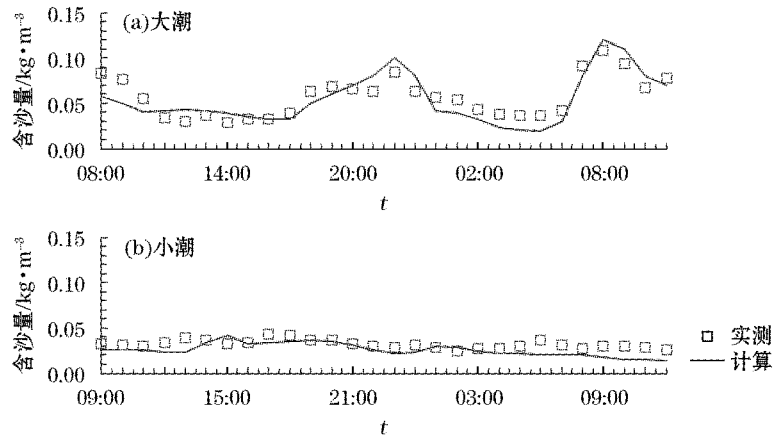


图6 C3站点含沙量验证

Fig. 6 Verification of sediment concentration in C3 station

### 3 试验结果分析

#### 3.1 人工岛工程概况

汕头市东海岸新城离岸人工岛形态设计以白海豚形态为基础,离岸人工群岛总面积为 12.60 km<sup>2</sup>,形态上取小白海豚追随北侧大海豚之意,其背部岸线与汕头角岸线形态上整体呼应、凹凸有致,既增加了汕头角岸线沙滩区域的长度,又能与整体填海区域形成完整构图。共布置 A、B、C 三个主岛及两个小岛,A 岛在西侧海豚头部通过桥梁与东海岸新城连接,东侧通过轮渡连接莱芜半岛;B、C 分别通过桥梁与东海岸新城及汕头角连接,并通过跨海桥梁连接两岛及岛间的附属小岛,A 岛及 B 岛之间的小岛仅保留轮渡交通方式。

#### 3.2 人工岛对潮流场的影响

现状条件下,工程海域总体表现为顺岸往复流特征,涨潮流向主要呈 NE 向,落潮流主要呈 SW 向,主流向与岸线或等深线基本平行(图 7)。涨、落潮平均流速约介于 0.05~0.20 m/s,涨、落潮最大流速约介于 0.1~0.4 m/s,涨、落潮流速强度差异较小。

规划方案人工岛群“白海豚”身体轴线布置方向与岸线走向基本保持一致,且离岸距离较远,约介于 300~1 500 m。从工程方案实施后流场图看,岛群与岸之间的水体通道内涨、落潮期间均呈顺岸方向的往复流运动,流态整体较平顺(图 8)。从 A 岛与 B 岛大岛布置方式来看,规划方案实施后流场平顺,未改变现状情况下的整体流态。岛离岸距离整体较远,通道内水流呈往复运动,十分通畅。A 岛与 B 岛中间的小岛其面积较小,且位于外砂河口入海中心处,应从行洪影响、建设成本等角度考虑该小岛的取舍。B 岛南侧的小岛虽未处于河口中心处,但距离新津河入海口也较近,也应关注行洪影响。总得来讲,人工岛平面布置位置应尽量避让入海口处,以免影响行洪,C 岛尾端应控制在汕头角现有挑流区范围内,避免进一步扩大影响范围。

规划方案实施后,流速影响范围主要集中在人工岛群附近海域,人工岛群与主陆之间的通道水域流速有增有减,但平均流速变化幅度基本在 0.10 m/s 以内。榕江河口附近平



均流速增加幅度约  $0.02\sim 0.15\text{ m/s}$ ,这与汕头角区域围垦有关。韩江河口区附近流速减弱幅度约  $0.02\sim 0.10\text{ m/s}$ 。

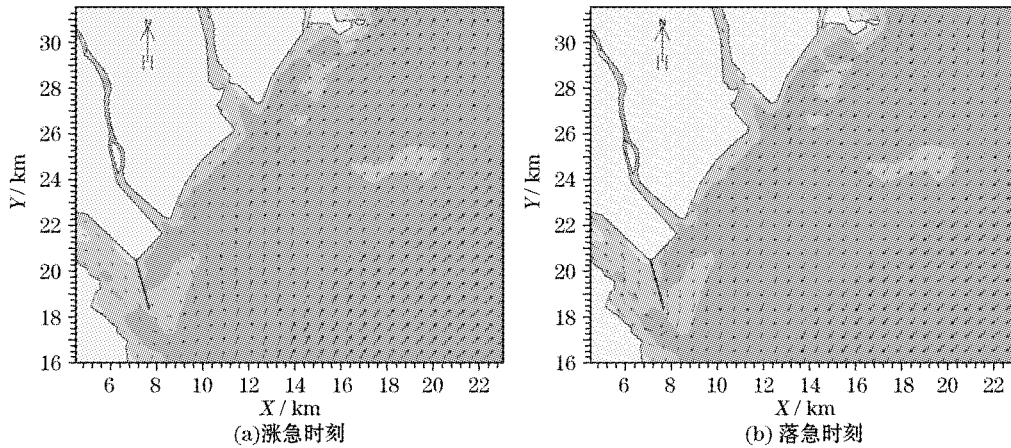


图 7 工程方案实施前涨落急时刻流场图

Fig. 7 Flow field before the implementation of engineering scheme

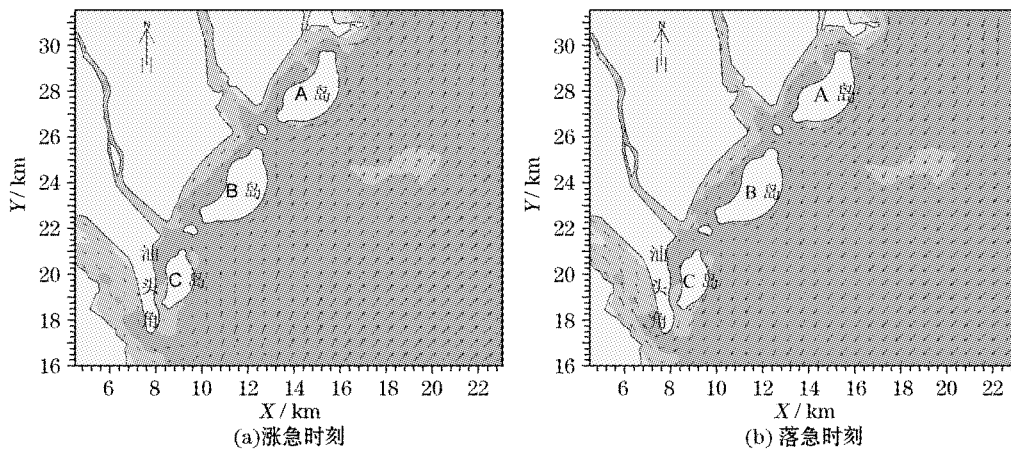


图 8 工程方案实施后涨落急时刻流场图

Fig. 8 The changes of the seabed scouring and silting after the project

### 3.3 人工岛对海床冲淤的影响

在相对稳定的海岸上,一般情况下,海床处于冲淤相对平衡状态,一旦修筑人工岛等建筑物后,会使得原本相对平衡的水沙环境被打破,局部地区或较宽范围内的岸滩剖面与外力之间的平衡受到破坏。当波浪、潮流等通过构筑物时,在迎流面上将产生一个滞压梯度,其压力由上而下逐渐减小,压力的大小与速度的平方成正比,在构筑物表面形成一个流向底面的二次流,使底面流的剪切压力增强。当作用在地基上的剪切力大到足以带动泥沙颗粒运动时,便会产生冲蚀。而有些区域,待人工岛建成后,水动力条件(包括波浪和潮流等)明显减弱,水体含沙量增高,引起海床淤积。

人工岛群方案实施后,海床地形会发生一定程度的冲淤变化,但主要集中在工程区附近海域(图 9)。人工岛群南侧迎浪面多呈冲刷态势,冲刷幅度多介于  $0.1\sim 0.8\text{ m}$ ,但局部

区域最大冲深可达 2.0 m 以上,应注意采取护底措施。人工岛西侧处于波影区范围,又临近河口区,岛群与岸之间的通道内多呈淤积态势,但淤积幅度多在 0.3 m 以内,少部分区域淤积厚度在 0.5~1.0 m。榕江河口区汕头角附近有局部冲刷,冲刷幅度多介于 0.1~0.6 m,这与汕头角附近围垦区有关系,使得该河口区域流速有一定程度增大<sup>①</sup>。根据以往大量工程经验,平衡时间约 8~10 a,其中前 3 a 为冲淤变化发展的迅速期,第 4~6 年为缓慢期,第 7~10 年则趋于稳定。从工程角度出发,第 5 年可认为冲淤变化基本趋于稳定状态。

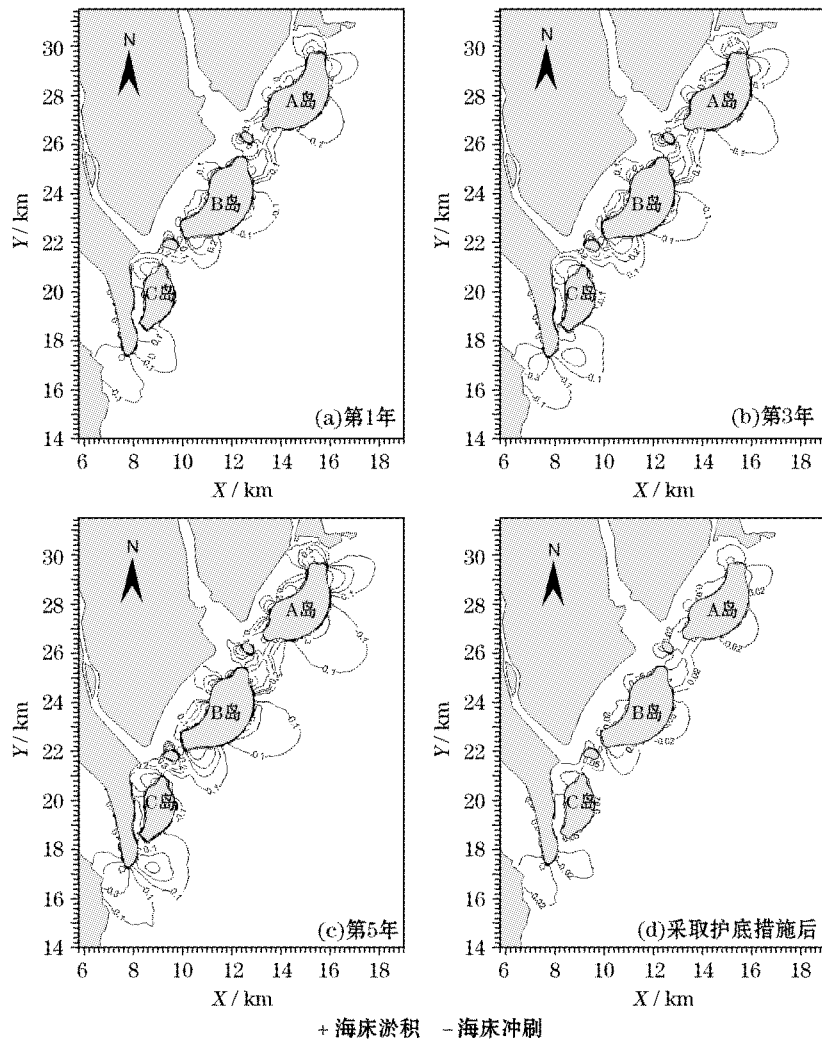


图9 工程方案实施后海床冲淤变化

Fig. 9 The thickness change of the seabed of erosion and deposition after the project

<sup>①</sup> 许婷,刘国亭,温春鹏. 汕头市东海岸新城白海豚群岛项目潮流泥沙及水体交换数学模型试验. 交通运输部天津水运工程科学研究所,2014.

根据人工岛周围冲刷带的分布,人工岛南侧迎浪面呈普遍冲刷态势,局部区域最大冲深可达 2 m 以上,应重点采取护底防护措施,建议人工岛南侧迎浪面护底宽度 20~30 m,拐角处附近护底宽度可适当放宽些,而人工岛北侧以淤积态势为主,可适当采取相对简单的护底措施,以保证护底整体稳定性。

#### 4 结 语

通过建立波流共同作用下的平面二维水沙数学模型,对汕头市东海岸新城大型离岸人工岛群规划工程开展了数值模拟计算研究,分析了规划方案建设对工程海域潮流场及海床冲淤影响情况。从数值模拟计算结果来看,人工岛群“白海豚”身体轴线布置方向与工程海域往复流主流向趋于一致,规划方案实施后,涨落潮流态平顺,岛与岸之间的通道内水流呈往复运动,十分通畅。

人工岛群规划方案实施后对周围海域的影响范围主要集中在人工岛群附近海域,流速有增有减,但变化幅度较小。海床冲淤变化规律岛后波影区以淤为主,迎浪侧以冲为主,局部区域最大冲深可达 2 m 以上,应注意采取护底措施。由于韩江河口属于强浪区,应关注大浪引起的坡底淘刷。除此之外,该岛群工程恰位于韩江河口区,涉及到多条河流入海,应关注对行洪的影响。

#### 参考文献:

- [1] 严恺. 海岸工程[M]. 北京:海洋出版社,2002,120-130.
- [2] 季荣耀,徐群,莫思平,等. 港珠澳大桥人工岛对水沙动力环境的影响[J]. 水科学进展,2012,23(6):829-836.
- [3] CUOMO G, AAASOP W, TAKAHASHI S. Scaling wave impact pressures on vertical walls[J]. Coastal Engineering,2010,57(6):604-609.
- [4] GERRITSEN H, SUTHERLAND J, DEIGAARD R, et al. Composite modelling of the interactions between beaches and structures[J]. Journal of Hydraulic Research,2011,47(1):2-14.
- [5] 谢世楞. 人工岛的设计进展[J]. 海岸工程,1995,14(1):1-7.
- [6] BAYYINAH SALAHUDDIN. The marine environmental impacts of artificial island construction [D]. Durham:Duke University,2006.
- [7] 陈可锋,陆培东,王艳红,等. 江苏如东人工岛建设对周边水动力及泥沙冲淤的影响[J]. 中国港湾建设,2008,(1):8-12.
- [8] 方伟,蔡正银,张桂荣,等. 波流共同作用下滩海人工岛工程周边冲淤分析[J]. 水运工程,2008,(3),27-32.
- [9] 安永宁,吴建政,朱龙海,等. 龙口湾冲淤特性对人工岛群建设的响应[J]. 海洋地质动态,2010,26(10):24-29.
- [10] 马毅. 广东省防潮警戒水位核定研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2005.
- [11] 丁晓英,许祥向. 应用遥感技术分析韩江河口悬沙的动态特征[J]. 国土资源遥感,2007,73(3):71-74.

## Prediction of Seabed Scouring and Silting Around Large Offshore Artificial Islands Under Wave-Tide Co-action

XU Ting<sup>1,2</sup>, LIU Guo-ting<sup>1</sup>, WEN Chun-peng<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Engineering Sediment of Ministry of Communications,

Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, M. O. T, Tianjin 300456, China;

2. School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** Based on the two-dimensional tidal current and sediment mathematical model under wave-tide co-action and the triangular mesh subdivision mode, the numerical simulation of tidal current and sediment is carried out for the project of large offshore artificial islands, an eastern coastal new town of Shantou City, located in the sea area around the Hanjiang River estuary. The research results indicate that the body axis direction of the planned artificial islands "White Dolphin" is almost accordant with the major direction of the reciprocating flow in the engineering area. The fluctuating tide state is smooth and the influence on the hydrodynamic force within the surrounding area focuses mainly on the sea area around the artificial islands. The flow velocity varies within a small range. The variations of the seabed erosion and siltation after the implementation of the planned scheme are as the followings: The wave shadow area of the artificial islands is dominated by siltation and the head wave side is dominated by erosion, with the maximum scouring depth being more than 2 m. Therefore, the measures for bottom protection should be considered. As the Hanjiang River estuary is a strong wave area, attention should be also paid to the slope base undermining.

**Key words:** Hanjiang River estuary; offshore artificial islands; numerical simulation; wave-tide co-action; seabed erosion and siltation