



条子泥匡围工程二维潮流数值模拟

钱晨^{1,2}

(1. 河海大学 港口海岸与近海工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 上海交通建设总承包有限公司, 上海 200136)

摘要: 基于 MIKE21 软件建立起条子泥匡围工程二维潮流数学模型, 研究工程建成前后附近区域流场变化, 特别是匡围工程龙口口门内外的流场变化, 以期为该地区后续工程的建设提供技术支持。

关键词: 条子泥; MIKE21; 数值模拟; 流场

中图分类号: TV 135

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)09-0043-04

Two-dimensional tidal current numerical simulation to reclamation engineering in Tiaozini

QIAN Chen^{1,2}

(1. College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Shanghai Communications Construction Contracting Co., Ltd, Shanghai 200136, China)

Abstract: The 2D tidal current mathematical model is built with MIKE21 software to the reclamation engineering in Tiaozini to study the changing of flow field near the project after completion of the reclamation engineering, especially changes in the flow field of the closure gap, so as to provide a technical support for the future development of Tiaozini.

Keywords: Tiaozini; MIKE21; numerical simulation; flow field

中国沿海地区滩涂分布面积很广, 上至辽宁, 下至广西, 总面积约 22 万 km²^[1]。其中, 江苏省的滩涂面积约为 6 520.6 km², 占全国总滩涂面积的 25% 左右, 是全国沿海省市中面积最大的^[2]。2009 年 6 月国务院批准的《江苏沿海地区发展规划》, 为江苏沿海大开发提供了千载难逢的机遇, 而《江苏沿海滩涂围垦开发规划 (2009—2020)》更明确提出了 1 800 km² 的匡围远期目标。其中辐射沙脊群核心区的条子泥 266.7 km², 高泥 186.7 km², 东沙 213.3 km², 构成了“百万亩滩涂匡围综合开发试验区”。

条子泥所处的南黄海辐射沙脊群是江苏沿海所独有的滩槽-沙洲系统, 水沙动力环境极为复杂。该地区研究者众多, 王颖等^[3]认为该地

区由辐射潮流沙脊、改造的古河道堆积沙体和侵蚀-堆积成因的沙体所组成, “海侵-动力-泥沙”是其得以形成发育的基本成因。张东生等^[4]指出南黄海的后继前进潮波及山东半岛南侧的逆时针旋转潮波在弥港外海辐聚形成的辐射状潮流场为形成并维持辐射沙脊群提供了所需的动力环境。以上研究都表明, 条子泥所处的南黄海辐射沙脊群泥沙交换十分活跃, 水下地形极其多变, 在该地区实施匡围工程需要克服极为复杂的潮流和泥沙条件。本文在前人研究基础上, 基于 MIKE21 商业软件, 建立二维潮流数学模型, 具体研究了条子泥匡围工程建成前后附近区域流场变化, 特别是匡围工程龙口口门内外的流场变化, 以期条子泥匡围后

收稿日期: 2014-02-24

作者简介: 钱晨 (1987—), 女, 硕士, 助理工程师, 主要从事港口、航道及海岸工程的建设管理工作。

续工程的施工建设提供技术支持。

1 条子泥二维潮流数学模型

1.1 二维潮流数学模型

1.1.1 基本方程

模型基于 Navier-stokes 方程组建立。

$$\text{连续性方程: } \frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\text{动量方程: } \frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial U_j} = X_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_j^2} \quad (2)$$

式中： U_i 为*i*方向上的速度分量； P 为压力； X_i 为*i*方向上的体积力分量； ν 为动力黏性系数；角标*i, j* = 1, 2, 3 分别表示 x, y, z 轴方向。

1.1.2 定解条件

1) 初始条件。

本文在模拟计算之初并没有进行初始计算，故采用冷启动方式，即初始水位及流速均取为零： $\zeta(x, y)|_{t=0} = \zeta_0(x, y)$ ； $u(x, y)|_{t=0} = 0$ ； $v(x, y)|_{t=0} = 0$ 。

2) 边界条件。

开边界条件：采用水位边界条件 $\zeta|_{r_0} = \zeta_a(t, x, y)$ 。

闭边界条件： $\mathbf{V} \times \mathbf{n} = 0$ ， \mathbf{V} 为流速矢量， \mathbf{n} 为闭边界法向矢量。

动边界处理：采用干湿网格法进行控制，对干水深 h_{dry} 、淹没水深 h_{flood} 以及湿水深 h_{wet} 进行设置。

1.2 条子泥匡围工程二维潮流数值模拟

1.2.1 计算区域及网格划分

模型包含南黄海辐射沙脊群海域，南北范围为 31.9° N ~ 34.0° N，东西范围为 121.0° E ~ 123.0° E。近岸区域网格尺寸为 1 000 m，外海区域网格尺寸为 6 000 m，工程区域进行局部加密，最小网格步长 50 m，整个计算区域包括 17 291 个网格点，33 576 个网格单元，时间步长取 30 s。选用 908 实测数据叠加海图数据作为模型计算的地形资料，基准面为 1985 国家高程基准（图 1）。

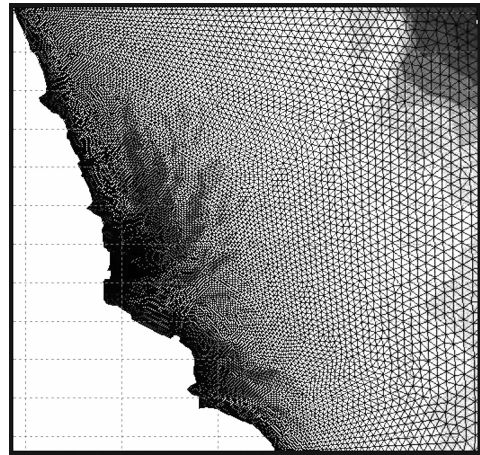


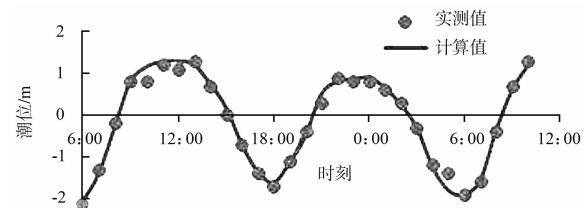
图 1 二维数学模型计算范围及网格划分

1.2.2 边界条件

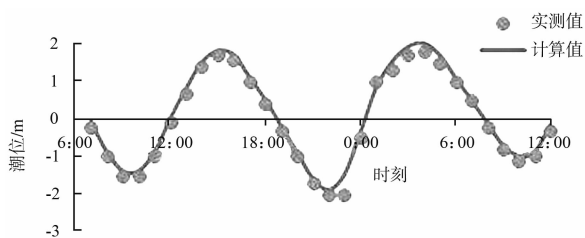
模型北边界、南边界及东边界为水边界，其边界条件由东中国海潮波数学模型提供。

1.2.3 模型验证

利用数学模型计算出 2006-08-24—08-25 大潮及 2006-08-31—09-01 小潮期间各测站对应网格的潮位、流速、流向，并与相同时刻的实测值进行比对。由图 2 ~ 5 知，各测点高低潮时间的相位偏差在 0.5 h 以内，潮位值偏差在 10 cm 以内，流速过程线形态基本一致，涨、落潮垂向平均流速偏差基本上在 10% 以内，平均流向偏差基本上在 10° 以内，辐射沙脊群流态与文献[5]一致，满足潮流数学模型验证的精度要求。



a) R10



b) Y9

图 2 大潮、小潮潮位验证

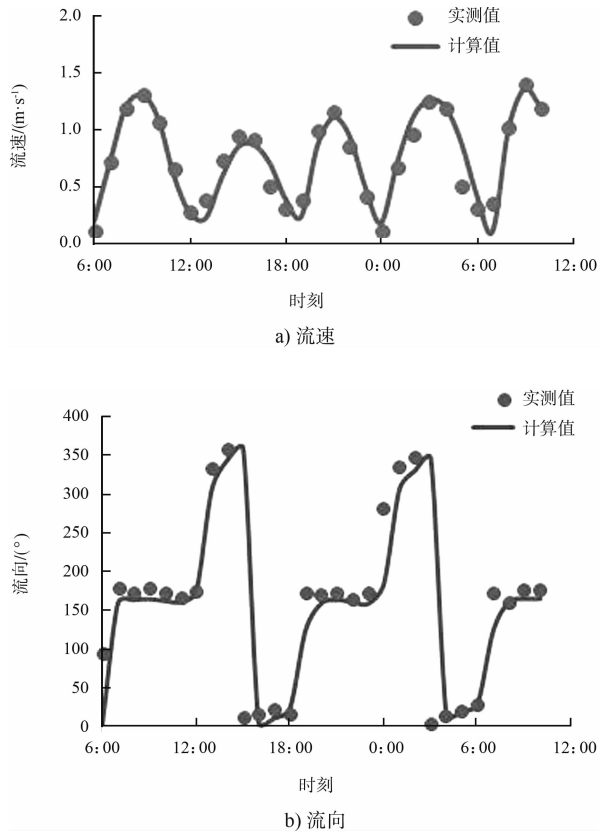


图3 R10大潮流速、流向验证

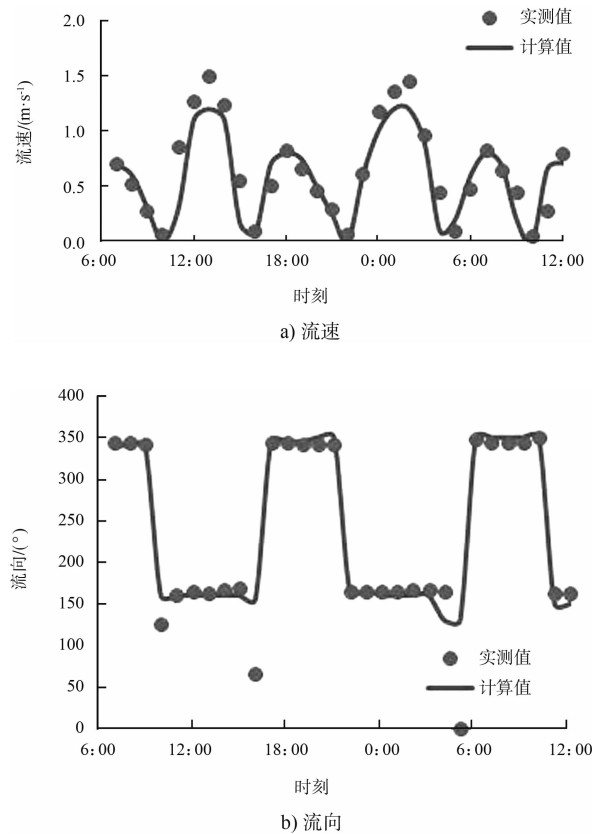
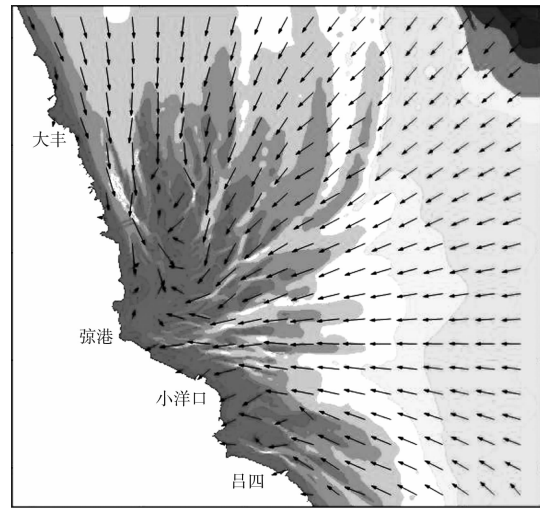
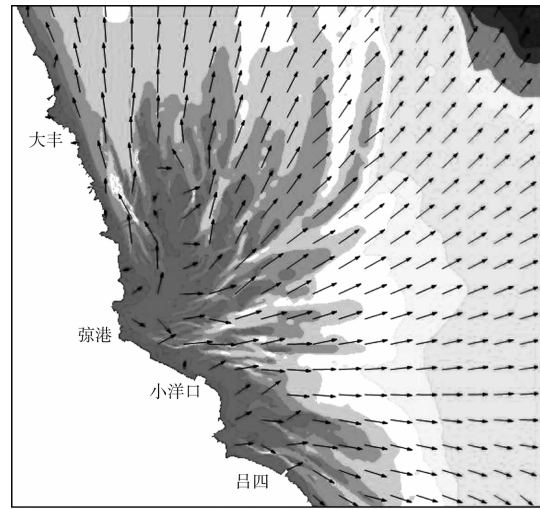


图4 Y9小潮流速、流向验证



a) 涨急



b) 落急

图5 涨、落急流场验证

2 条子泥匡围工程对施工区域附近流场影响分析

2.1 匡围区域附近流场变化

条子泥匡围工程建成后，工程附近涨潮与落潮流场发生了较大的变化（图6）。在流速方面，可以发现距离施工区域越近，流速变化越大；距离施工区域越远，流速变化越小。流速变化较大的区域主要位于条子泥匡围工程围堤北侧与西洋汇聚的潮沟通道附近区域以及条子泥沙洲与高泥沙洲中间的东大港潮沟周围。在流向方面，由于条子泥匡围工程已构筑围堤的影响，工程附近水域流向变化十分明显。在大潮涨急时刻，水流分别通过西洋、条鱼巷以及烂沙洋、黄沙洋等通道

向条子泥匡围工程施工区域运动，并且沿着水道分别向着东北和东南两个方向前进，随即在已构筑围堤的东侧区域汇合，部分水流通过匡围工程龙口涌入库区。在大潮落急时刻，由于库区外侧水位降低较快，库区内水流通过龙口大量涌出，并沿着工程区域附近的潮沟通道逐渐向东南和东北两个方向运动。

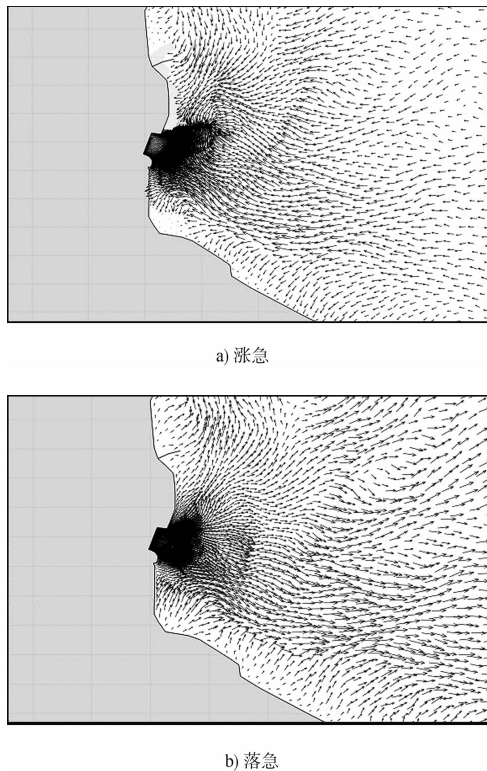


图6 工程实施后涨、落急流场

2.2 匡围工程龙口附近流场变化

取龙口中心线位置特征点进行流速计算，该位置大潮汛时期最大涨潮流速为 2.63 m/s，最大落潮流速为 2.55 m/s；小潮汛时期最大涨潮流速为 1.95 m/s，最大落潮流速为 1.61 m/s（图 7）。大潮流速大于小潮流速，涨潮流速大于落潮流速。流速的水平面分布为抛物型扩散，出现楔形水流。涨潮时，最大流速出现在口门内 100 m 处，100 ~ 300 m 流速逐渐减小；落潮时，最大流速出现在口门外 50 m 处，50 ~ 200 m 流速逐渐趋缓。因为最大流速出现在口门内外，因此龙口两侧需增强护底防护措施，最危险的龙头位置应增设高强度龙头包并做好防护工作。

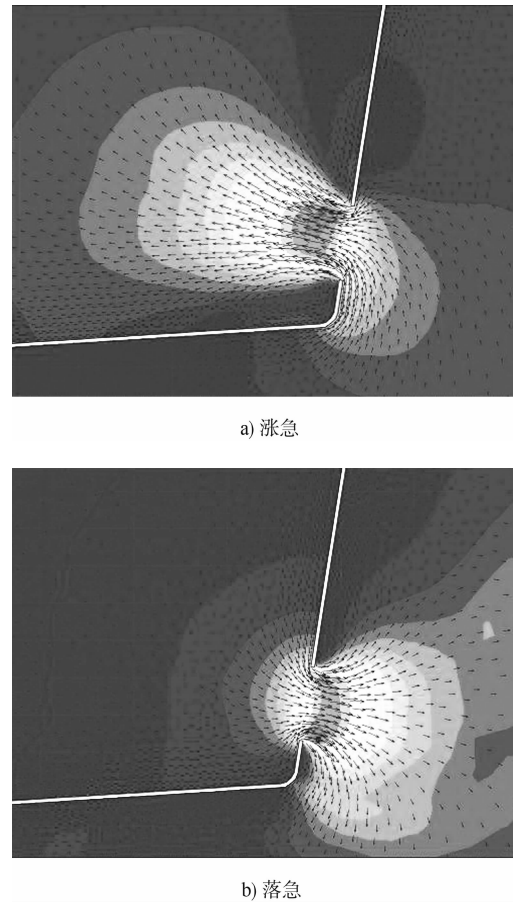


图7 围堤龙口附近涨、落急流场

3 结论

由于条子泥匡围工程的建成，工程附近水域流场变化十分明显。龙口位置大潮流速大于小潮流速，涨潮流速大于落潮流速。最大流速出现在口门内外，因此龙口两侧需增强护底防护措施。

参考文献：

- [1] 任美镔. 中国滩涂开发利用的现状与对策[J]. 中国科学院院刊, 1996(6): 440-443.
- [2] 王芳, 朱阅华. 江苏省沿海滩涂资源开发模式及其适宜性评价[J]. 资源科学, 2009, 31(4): 619-628.
- [3] 王颖, 朱大奎, 周旅复, 等. 南黄海辐射沙脊群沉积特点及其演变[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 1998, 28(5): 385-393.
- [4] 张东生, 张君伦, 张长宽, 等. 潮流塑造-风暴破坏-潮流恢复——试释黄海海底辐射沙脊群形成演变的动力机制[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 1998, 28(5): 394-402.
- [5] 张东生, 张君伦. 黄海海底辐射沙洲区的 M2 潮波[J]. 河海大学学报, 1996, 24(5): 35-40.

(本文编辑 武亚庆)