



潮流泥沙数学模型在码头平面布置 和码头等级确定中的应用

禹化强¹, 陈月新²

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 上海交通建设总承包有限公司, 上海 200136)

摘要: 为保证国家宝贵的岸线资源能得以充分利用, 确定合理的码头平面布置方案和码头等级是码头工程设计的重点。采用平面二维潮流泥沙数学模型对拟建码头的不同前沿线位置和码头等级进行多方案计算, 模拟得出各方案实施后的流速流向、疏浚区域冲淤变化情况, 以及码头水域和航道的泥沙回淤量, 通过计算分析并结合经济效益、港口发展、周边影响等因素提出推荐方案。

关键词: 潮流; 泥沙; 数学模型; 平面布置; 码头等级

中图分类号: U 652.7+2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)11-0047-05

Application of tidal current and sediment mathematical model in determining layout and grade of wharf project

YU Hua-qiang¹, CHEN Yue-xin²

(1. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China;

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

Abstract: To ensure the country's precious coastal resources can be fully utilized, it's crucial in wharf design to determine the reasonable layout and grade of a wharf project. Sveral tidal current and sediment mathematical models are built to imitate the schemes of a wharf with different fornt-line positions and grades, study the change of current, erosion and siltation of dreging area, and get the siltation volume of basin and channel. Finally, the recommended plan is presented by calculating and considering the factors of economic benefit, port development, as well as influence on the surroundings.

Keywords: tidal current; sediment; mathematical model; layout; wharf grade

1 工程概况

泰兴裕兴港务有限公司通用码头处于长江微弯河段的凸岸, 根据历年测图显示, 该位置处于轻微淤积环境^[1]。拟建码头位置距离岸线 250 ~ 350 m, 长江水域现状泥面高程为 -8.5 ~ -10.0 m, 现状水深不能满足万吨级以上码头水深要求, 码头前沿停泊水域、回旋水域及局部进港航道需要开挖。为保证国家宝贵的岸线资源得以充分利用, 采用潮流泥沙数学模型对拟建码头不同码头前沿位置

和码头等级进行了多方案计算, 为合理确定码头平面布置方案和等级提供科学依据 (图 1)。

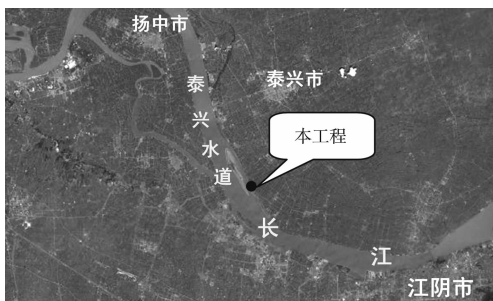


图 1 工程位置

收稿日期: 2015-04-06

作者简介: 禹化强 (1982—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口工程总平面规划设计、水工结构设计工作。

2 模型简介

建立平面二维潮流泥沙数学模型，计算方法采用有限差分法，潮流方程采用 DSI 法（Double-Sweep-Implicit Method）求解，悬沙、推移质运动方程采用显式逆风差分格式求解，河床变形方程采用一般显格式求解。

2.1 模型网格剖分

模型上游起自五峰山，下游至肖山^[2]。模型网格采用任意曲线划分，可较好地拟合岸边界及工程方案，提高计算精度，网格最小空间步长 30 m(图 2)。

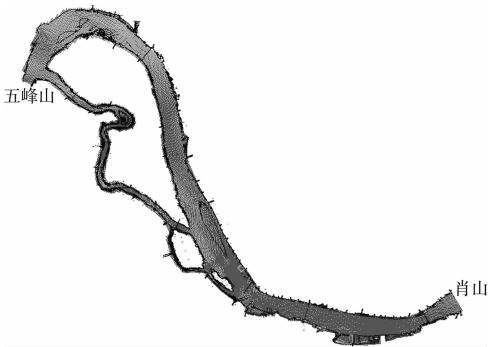


图 2 模型计算范围及网格剖分

2.2 模型验证

采用实测资料对潮位、流速、流向、含沙量及地形冲淤进行验证（图 3~7），验证结果良好，符合相关规范精度要求^[3]。

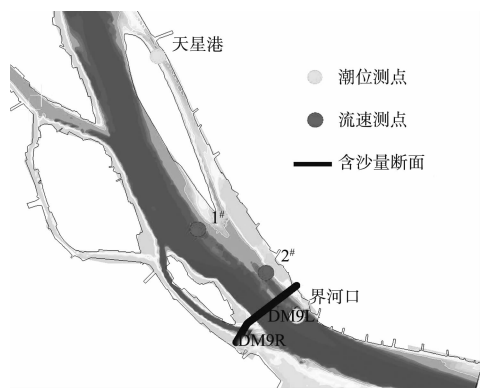
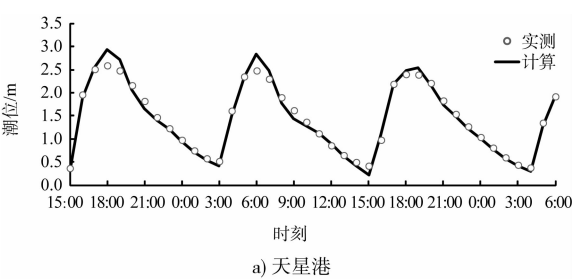
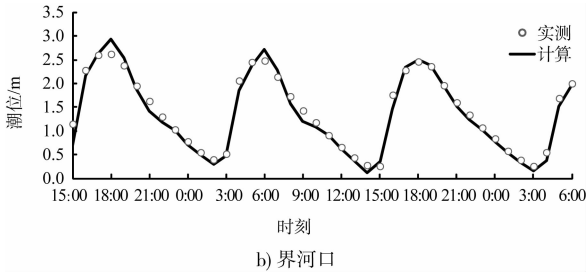


图 3 水文测点及断面布置

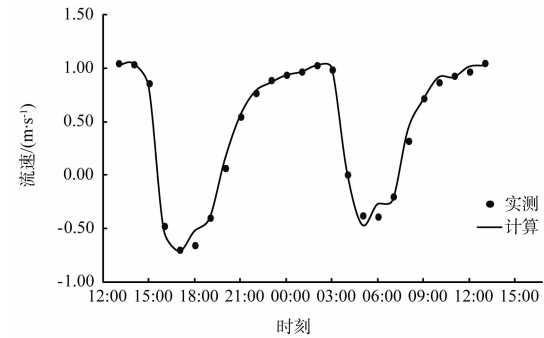


a) 天星港

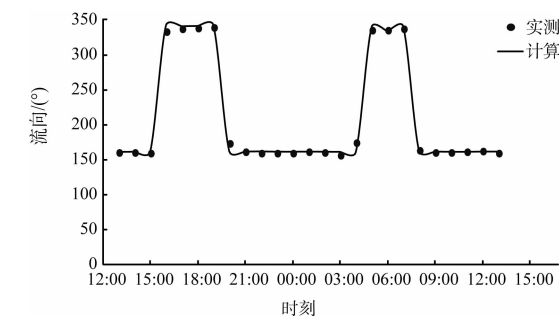


b) 界河口

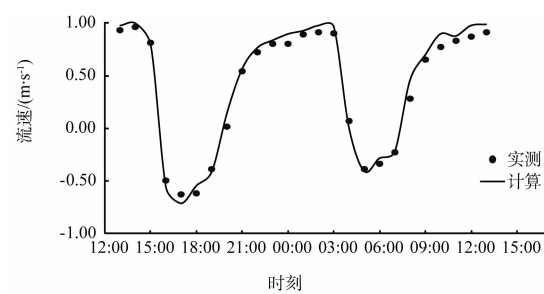
图 4 潮位验证



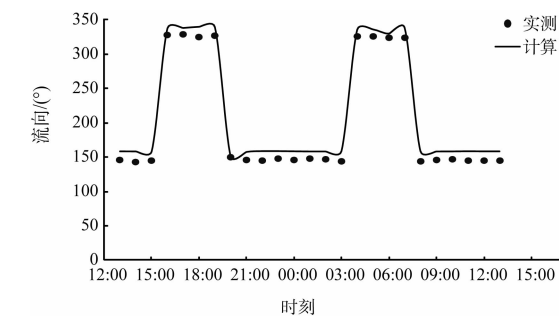
a) 1#流速



b) 1#流向



c) 2#流速



d) 2#流向

图 5 流速、流向验证

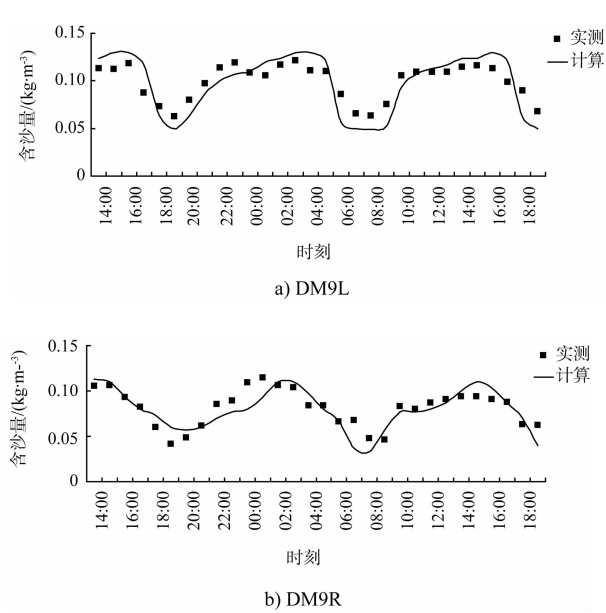


图 6 含沙量过程验证

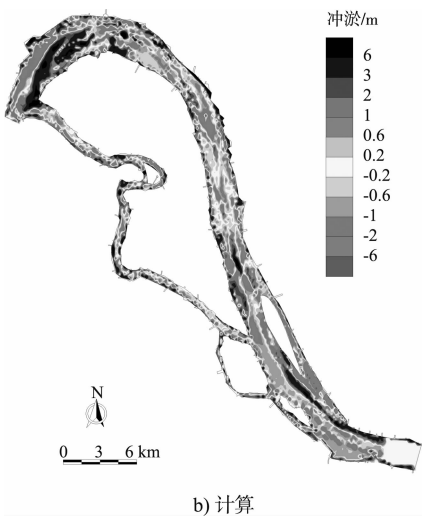
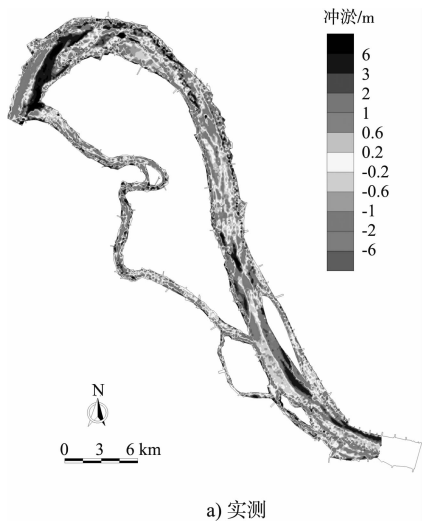


图 7 地形冲淤变化验证

3 计算方案

为论证不同等级码头水域流场变化规律、冲淤变化规律,合理确定码头建设规模,根据码头等级不同,拟定如下 3 个方案:方案 1 为 2 万吨级码头,码头外伸 275 m;方案 2 为 3.5 万吨级码头,码头外伸 275 m;方案 3 为 5 万吨级码头,码头外伸 275 m。

为了横向比较码头前沿线位置变化对流场变化规律、冲淤变化规律的影响,基于 3.5 万吨级码头,增加方案 4 和方案 5。方案 4 为 3.5 万吨级码头,码头外伸 375 m;方案 5 为 3.5 万吨级码头,码头外伸 200 m。各方案码头前沿停泊水域、船舶回旋水域、进港航道等设计尺度见表 1^[4]。

表 1 不同方案水域尺度

码头及 航道等级	码头前沿停泊水域			回旋水域			进港航道			
	泊位 宽度/m	泊位 长度/m	设计底 高程/m	调头圆 长轴/m	调头圆 短轴/m	设计底 高程/m	有效 宽度/m	设计底 高程/m	边坡	转弯 半径/m
2 万吨级	51	206	-11.8	415	250	-11.1	130	-11.1	1:7	830
3.5 万吨级	61	230	-13.3	480	288	-11.6	160	-11.6	1:7	960
5 万吨级	65	270	-14.6	558	335	-13.6	175	-13.6	1:7	1 115

4 模型计算成果分析

4.1 流速变化

各方案实施后,疏浚区内流速有所减小,随着疏浚深度变大流速减小幅度逐渐变大,从流速减小区域来看,码头前沿、内档水域、回旋水域减小幅度较大,而外航道减小幅度较小(图 8)。

受疏浚工程影响,在疏浚区域上下游两侧,涨落急流速均有所增加,增加幅度随码头吨级增加逐渐增大,5 万吨级码头方案最大增加约 0.10 m/s。

方案 1 即 2 万吨级码头方案实施后,涨落潮流速变化不大,疏浚区内流速减小幅度在 0.10 ~ 0.15 m/s。

方案2即3.5万吨级码头方案实施后,涨落潮流速变化相比2万吨级码头方案略大,疏浚区内流速减小幅度基本与2万吨级码头方案相当,码头前沿水域减小最大,约0.16 m/s。

方案3即5万吨级码头方案实施后,涨落潮流速减小幅度更为明显,在回旋水域及码头前沿,涨落潮流速最大减小达0.20 m/s。

方案4为3.5万吨级码头方案,与方案2相比,码头前沿线与直立式驳岸距离更大,码头布置更靠近深水一侧,相比方案2疏浚幅度略小,方案实施后涨落潮流速变化也相比方案2更小,涨落潮流速变化均在0.15 m/s以内。

方案5为3.5万吨级码头方案,与方案2相比,码头前沿线与直立式驳岸距离更小,码头布置更靠近岸线一侧,相比方案2疏浚幅度增加(码头前沿增加尤为明显),方案实施后涨落潮流速减小幅度和范围也相比方案2略大,涨落潮最大流速变化约0.20 m/s。

各方案实施后,工程疏浚区域附近流向略有变化,各方案变化趋势和幅度基本一致,落潮流向均有所向外侧偏转,涨潮流向则向里侧偏转,偏转幅度小于2°。

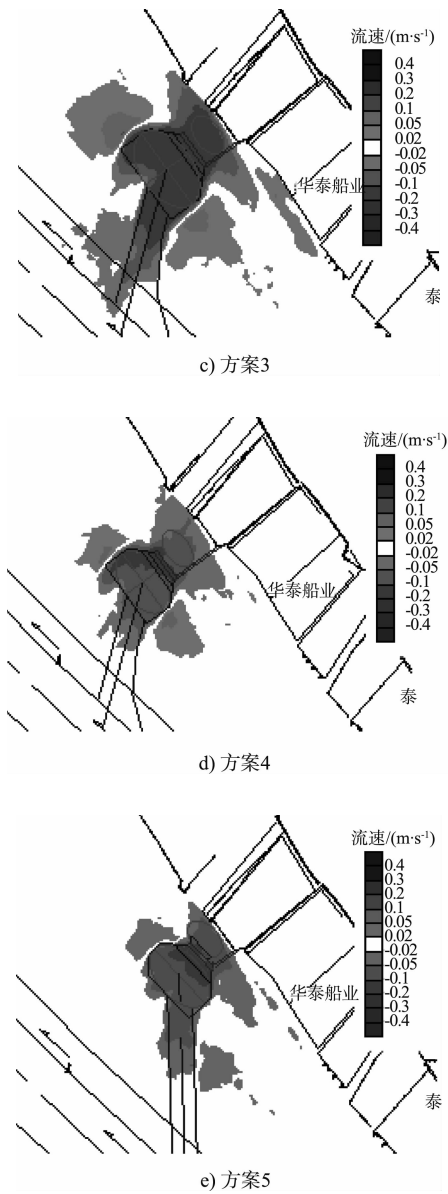
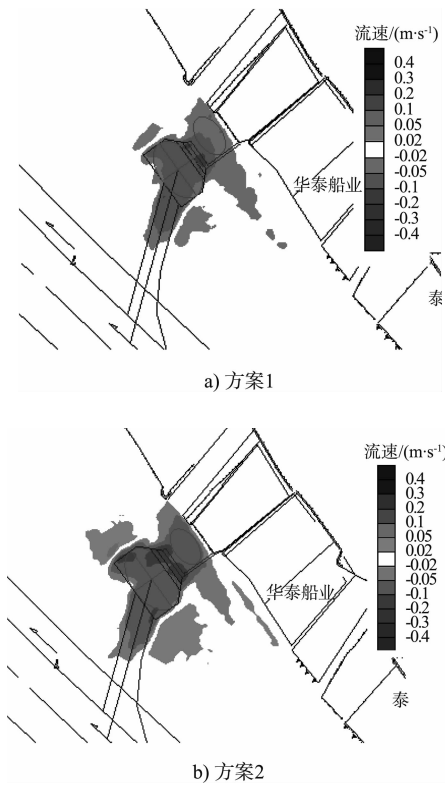


图8 不同方案实施后涨落急流速变化

4.2 冲淤变化

统计进港航道、回旋水域、码头前沿及内档水域的回淤量见表2,主要表现如下:

- 1) 近年来,码头所在水域基本处于淤积环境,港区的疏浚使得涨落潮流速呈减小趋势,这有利于泥沙在港区内落淤,各方案实施后回旋水域及码头前沿水域均有所淤积,而外侧进港航道近年来一直呈冲刷状态,港区疏浚后该段回淤不大。
- 2) 各方案实施后,回淤最大区段基本位于码头前沿和回旋水域,方案1~5 码头前沿水域淤积厚度分别约1.1、1.5、2.0、1.3、2.0 m。其余水

域回淤幅度略小。各方案内档水域、码头前沿、回旋水域及航道合计年回淤总量分别为 18.5 万、30.1 万、42.4 万、23.4 万、45.5 万 m³。

3) 方案 4 与方案 2 相比, 仅码头前沿线与直立式驳岸距离不同, 方案 4 更靠近深水区一侧, 自然水深条件更好, 相对疏浚深度略小, 两方案实施后回淤幅度基本相当, 方案 4 回淤范围略小, 总体回淤量略小; 方案 5 码头前沿线与直立式驳岸距离更小, 码头更靠近岸侧, 工程实施后, 由于疏浚幅度增加, 回淤量相比方案 2 有所增加。

表 2 各方案回淤量对比

方案	码头吨级	回淤量/万 m ³			
		外航道	回旋水域及码头前沿	内档水域	总回淤量
1	2 万吨级	1.2	12.4	4.9	18.5
2	3.5 万吨级	3.5	20.3	6.3	30.1
3	5 万吨级	5.7	30.5	6.1	42.4
4	3.5 万吨级	2.3	15.2	5.9	23.4
5	3.5 万吨级	6.5	32.3	6.7	45.5

5 结语

本文利用潮流泥沙数学模型对不同码头等级和位置方案进行比较分析, 经分析可知, 随着码头等级提升, 航道浚深增加, 工程实施后流速减小幅度增大, 回淤厚度增大, 各方案淤积幅度最

大区段基本位于码头前沿和回旋水域; 同时, 随着码头前沿线外移, 航道及回旋水域自然水深条件变好, 开挖后回淤幅度减小。

通过利用潮流泥沙数学模型计算分析, 结合经济效益及港口发展需求等综合比选, 方案 4 相对较优, 方案实施后涨落潮流速变化均在 0.15 m/s 以内, 流速变化不大; 内档水域、码头前沿、回旋水域及航道合计年回淤总量约 23.4 万 m³, 年回淤量适中; 同时, 该方案对相邻工程影响较小、后期维护相对较低, 而且保证了国家宝贵的岸线资源能得以充分利用, 因此推荐采用该平面布置方案。

参考文献:

[1] 余文畴, 卢金友. 长江河道演变与治理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.

[2] 王建军, 张明进. 长江南京以下 12.5 m 深水航道二期工程口岸直河段选槽数学模型[J]. 水运工程, 2013(12): 1-7.

[3] JTS/T 231-2—2010 河口与海岸潮流泥沙模拟技术规程[S].

[4] JTS 165—2013 海港总体设计规范[S].

(本文编辑 武亚庆)

(上接第 32 页)

3) 介电常数是地质雷达探测数据分析中的一个重要物理量, 本次探测介电常数取 14 ~ 18, 可供地质条件类似的工程参考。

4) 海水的高电导率和高损耗性对探地雷达电磁波的吸收影响较大, 对于此类工程在满足深度的前提下应尽量选择频率较低的天线进行探测。

5) 地质雷达作为海堤抛石检测的方法, 其本身影响因素较多, 如何更准确地将其应用到抛石深度和形状检测中, 需要进一步研究和试验。

参考文献:

[1] 温世儒, 吴霞, 杨晓华, 等. 基于地质雷达预报的隧道施工风险评估[J]. 西南大学学报, 2014, 36(8): 201-205.

[2] 周文轩, 李菁, 郭辉. 探地雷达在隧道衬砌无损检测中的应用[J]. 施工技术, 2014, 43(11): 85-99.

[3] 芮永强, 王健祥, 孙雨涵. 连云港港 30 万吨级航道一期工程爆破挤淤质量控制方法[J]. 水运工程, 2013(10): 239-243.

[4] 余海忠, 胡荣华. 爆破挤淤技术的研究与应用现状[J]. 施工技术, 2009, 38: 1-5.

[5] 宋华. 海堤工程探地雷达检测技术应用基础研究[D]. 杭州: 浙江大学. 2010.

(本文编辑 郭雪珍)