



长江口南槽航道治理二期工程实施 效果预测及对周边影响*

李文正

(交通运输部长江口航道管理局, 上海 200003)

摘要: 针对长江口南槽航道治理二期工程实施效果及影响, 采用数学模型进行预测分析。结果表明: 工程后护滩导流堤南侧及拦门沙主槽落急流速显著增大, 为打通拦门沙浅段、保障 8 m 主航道贯通提供了关键动力支撑。导流堤工程使北侧江亚北槽潮动力减弱, 形成掩护区, 有效稳定了南槽航道及九段沙湿地的河势边界。工程实施后, 拦门沙段河势趋于稳定, 主槽动力增强、冲刷发展, 深泓稳定, 进一步提升了航道稳定性与建设维护条件。试验验证了“护滩、稳槽、导流、挡沙”治理思路的正确性与可行性。工程对周边涉水工程、北槽深水航道影响甚微, 对南港、南槽沿岸及主要水文设施、防汛闸口基本无影响。

关键词: 长江口; 南槽航道治理二期工程; 水沙; 数学模型

中图分类号: U617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2026)04-0167-09

Prediction of implementation effect of the Phase II Project of the South Passage Channel Regulation in the Yangtze Estuary and its impact on surrounding areas

LI Wenzheng

(Yangtze Estuary Waterway Administration Bureau, MOT, Shanghai 200003, China)

Abstract: A mathematical model is employed to predict and analyze the effectiveness and impacts of the Phase II Project of the South Passage Channel Regulation in the Yangtze Estuary. The results indicate that, after the project implementation, the ebb current velocities significantly increase along the south side of the spur dike and in the main channel of the bar area, providing critical hydrodynamic support for dredging the shallow section of the bar and maintaining an 8-meter-deep main channel. The spur dike reduces tidal dynamics in the Jiangya North Passage to the north, forming a sheltered area that effectively stabilizes the hydrodynamic boundaries of the South Passage and the Jiuduansha Wetland. Following the project, the channel morphology in the bar area becomes more stable, with enhancing flow dynamics in the main channel, promoting scouring, and a stabilized thalweg—collectively improving channel stability and facilitating construction and maintenance. The results validate the correctness and feasibility of the regulation strategy focusing on “nourishing shoals, stabilizing channels, guiding flow, and blocking sediment.” Moreover, the project shows negligible impacts on adjacent hydraulic structures and the North Passage deepwater channel, with minimal influence on the South Harbor, the South Passage coast, major hydrological facilities, and floodgates.

Keywords: the Yangtze Estuary; the Phase II Project of the South Passage Channel Regulation; water and sediment; mathematical model

收稿日期: 2025-08-11 录用日期: 2025-09-19

*基金项目: 国家重点研发计划项目(2024YFB2605900)

作者简介: 李文正(1976—), 男, 硕士, 正高级工程师, 从事港航工程技术研究工作。

长江口南槽航道是长江口“一主两辅一支”航道规划体系中重要的辅助航道^[1]。长江口南槽航道位于长江口南槽河段,见图1,上起南北槽分流口圆圆沙灯船,下至口外南槽灯船,河段全长约86 km。南槽航道治理一期工程已于2018年12月底正式开工建设,2020年4月进入试运行期,形成6 m水深、600 m宽人工航道。通过南槽航道自进入试运行期以来的资料分析认为,长江口南槽航道治理一期工程达到了原有的预期效果^[2-3],先期实施的江亚南沙护滩堤功能及位置相对独立。一期工程整治建筑物的功能主要为稳定南槽入口段河势,其实施后,水流动力及河床地形的变化

主要体现在南槽上段,南槽拦门沙段变化不明显,不会影响后续拦门沙段整治建筑物的实施。一期工程的实施,遏制了江亚南沙局部不利河势的发展,为南槽上段航道提供了稳定的北侧边界,也为南槽航道治理二期工程方案的实施奠定了基础。为满足经济社会发展需要,在南槽航道治理一期工程发挥预期效果的基础上,急需开展长江口南槽航道治理二期工程方案研究。

本文采用潮流泥沙数学模型,预测分析南槽航道治理二期工程方案的治理效果以及对周边河势及重大涉水工程等的影响,为设计、施工等提供重要支撑。

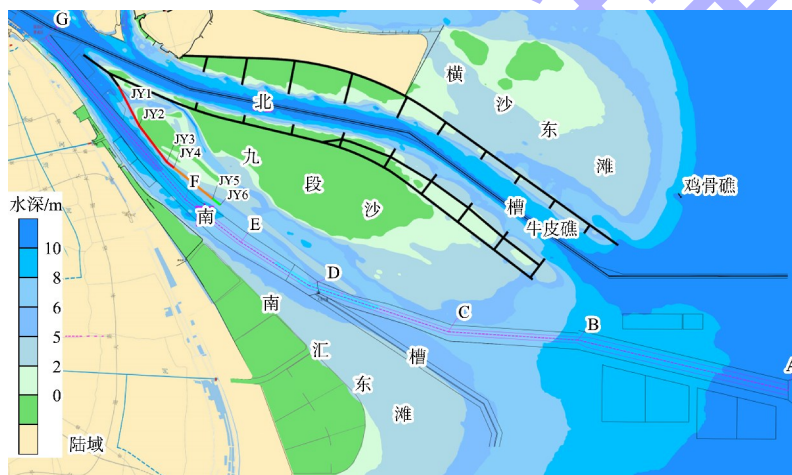


图1 长江口南槽航道

Fig. 1 South Passage Channel, the Yangtze Estuary

1 长江口南槽航道自然条件

1.1 水文特征

以2021年洪季大潮水文测验为例,南槽上段主槽、江亚北槽、南汇东滩沿岸受地形约束影响,往复流性质明显,涨、落潮流的流向与主流的走向基本一致;南槽下段至口外NCH7垂线及以外旋转流特征逐渐明显,见图2。从垂线平均流速纵向分布来看,南槽主槽沿程整体表现为上段流速强于中下段。尤其落潮期,“上大下小”现象更为明显。从垂线平均流速横向分布来看,2020洪季

大潮期,南槽上段主槽涨、落潮流速深槽处比较大,两侧相对较小,且整个断面上落潮流速均大于涨潮流速,落潮流占优;南槽下段近口门处,流速在横向断面分布比较一致,落潮流速略大于涨潮流速。从涨、落潮平均流速的垂向分布来看,南槽主槽中上段(NCH1~6)落潮垂向流速整体大于涨潮,落潮期表、底层流速差异也大于涨潮期;主槽中下段至口外(NCH7~9),涨潮垂向流速逐渐大于落潮流速,且涨潮期表底层流速差异要大于落潮期。

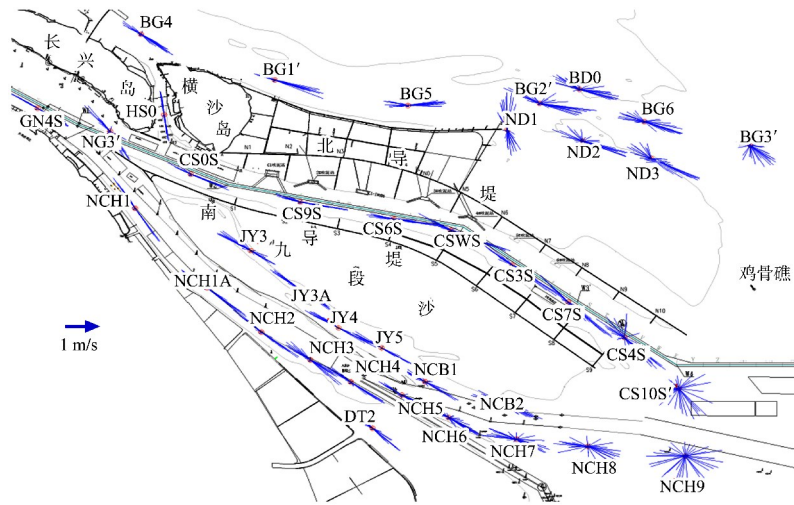


图 2 2021 年长江口水域洪季大潮平均流速玫瑰图

Fig. 2 Rose diagram of average flow velocity in the Yangtze Estuary of spring tide during flood season in 2021

1.2 南槽演变特征

1998 年长江口深水航道治理工程开工建设，南北槽分流口鱼嘴工程遏制了工程前江亚南沙头部冲刷后退的不利局势变化，稳定了南北槽分流口总体河势^[4-6]。受长江口深水航道治理工程建设影响，

南槽落潮分流比增加，主槽进口及上段流速动力增强，中上段主槽冲深、展宽且向下延伸，河槽容积持续增加，见图 3；南槽拦门沙浅段长度缩短，但滩顶水深有所淤浅，南汇东滩及九段沙下沙体向主槽侧淤进，江亚南沙整体淤长且沙尾持续淤积下延。

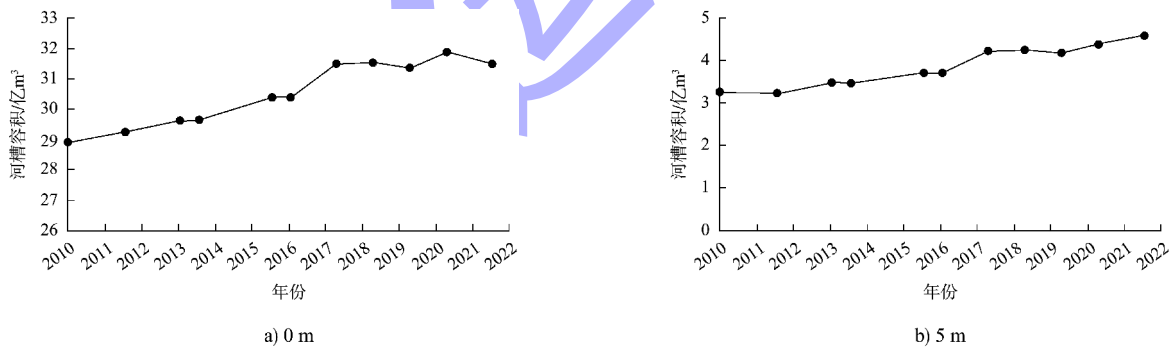


图 3 南槽河槽容积变化

Fig. 3 Fluvial channel volume change of South Passage

南槽航道治理一期工程建设前(2013 年 8 月—2018 年 11 月)，南槽主槽、南汇东滩促淤圈围工程外侧滩面及江亚北槽微冲，见图 4a)，江亚南沙头部窄沟及九段沙中部南沿窄沟冲刷发展；江亚南沙南沿及沙尾淤积下延、九段沙高滩总体淤积。南槽航道治理一期工程建成以来(2020 年 5 月—2021 年 8 月)，江亚南沙护滩堤封堵了江亚南沙窄沟、守护了沙体滩面，头部窄沟持续冲刷发展不

利态势得到遏制，工程实施效果已初步显现，促进了南北槽分汉口局部河势的稳定，南槽进口段形成稳定的北边界。同期，南槽进口段及中上段主槽延续 2013 年以来的冲刷态势，8 m 河槽向下延伸，江亚北槽中下段继续有所冲刷；江亚南沙沙尾仍保持淤积下延态势；九段沙中部南沿窄沟略有萎缩、沙尾南沿微淤；南汇东滩促淤堤外整体微淤，见图 4b)。

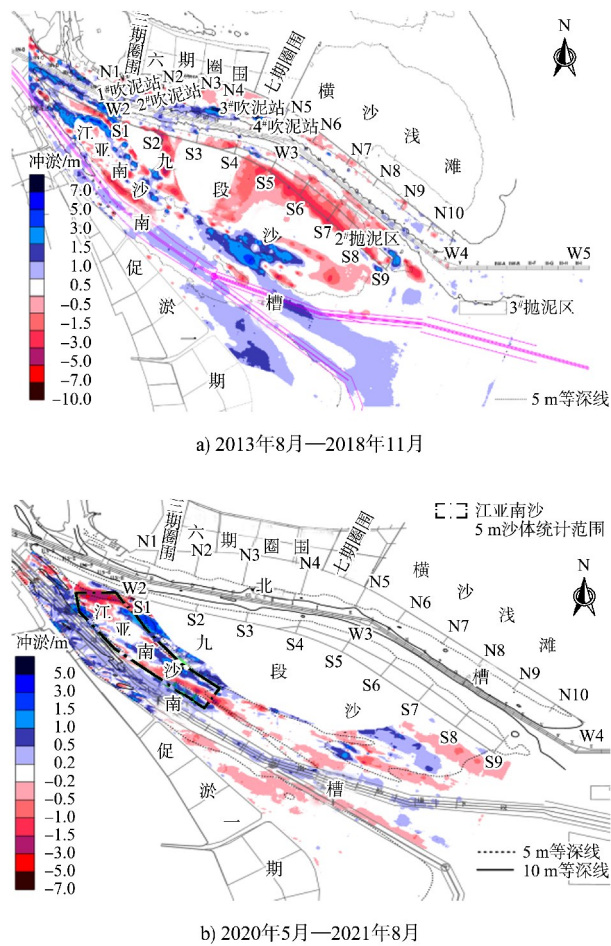


图4 南槽水域冲淤变化
Fig. 4 Erosion and siltation in South Passage waters

总体上,南槽河段局部河势仍存在以下变化趋势或碍航特性,不利于南槽航道进一步建设和维护。

- 1) 江亚南沙上沙体虽然得到稳定,但江亚南沙沙尾仍然持续向下游淤涨,入侵航道,影响航道建设和维护。
- 2) 南槽拦门沙河段涨落潮流路分歧,目前航道处于南侧主槽(落潮槽)内,而北侧江亚北槽(涨潮槽)中下段持续增深发展,不利于拦门沙段主槽航道水深的增深和维护。
- 3) 南槽主槽拦门沙段仍然较长,8 m 以浅的浅滩段长达 36 km、滩顶水深为 5.5~6.0 m,航道建设和运维条件较差。
- 4) 南槽水域滩槽相间,中下段主槽两侧滩面

宽浅,主槽增深后,滩槽高差增大,台风期航道内易产生浮泥骤淤。

南槽航道治理二期工程建设需要结合以上局部河势和水沙条件,分析采取对应措施。

2 南槽航道治理二期工程方案

2.1 治理思路

根据长江口 12.5 m 深水航道的已有建设经验,工程整治可以改变拦门沙的形态,改善水沙条件,减小最大浑浊带对航道回淤的不利影响,航道整治后最大浑浊带也仍将长期存在。南槽航道治理二期工程宜借鉴北槽深水航道建设经验,采用整治与疏浚相结合的治理方法,同时充分考虑南槽航道治理与北槽深水航道、周边涉水工程,防洪防潮、水资源利用和生态环境保护等关系和影响,以稳定南槽滩槽格局,实现航道治理目标并保障航道以较小的维护量稳定运行。基于南槽河床演变特征和航道碍航特性,南槽航道治理二期工程宜采取“护滩、稳槽”“导流、挡沙”的治理思路^[7-9],实现航道治理目标,具体如下。

1) 护滩、稳槽。在九段沙国家级自然保护区外侧,建设护滩导流堤稳定江亚南沙下沙体和九段沙南缘,遏制江亚北槽涨潮槽进一步冲刷发展,稳定航道北侧边界,增强主槽稳定性;同时遏制九段沙南缘的进一步冲刷发展,实现航道治理与生态环境保护共赢发展。

2) 导流、挡沙。通过护滩导流堤稳定江亚南沙下沙体,减少了沙尾淤涨对航道回淤的不利影响;遏制了江亚北槽涨落潮流发展,归顺涨落潮流,增强主槽涨落潮流动力和输沙能力,增加拦门沙航道水深,并形成有利于航道维护的流场、盐度场和含沙量场;降低台风大浪期间,主槽与浅滩之间近底高含沙水体的交换。

2.2 方案布置

本文经多方案比选,提出长江口南槽航道治理二期工程平面布置方案^[10],见图 5。

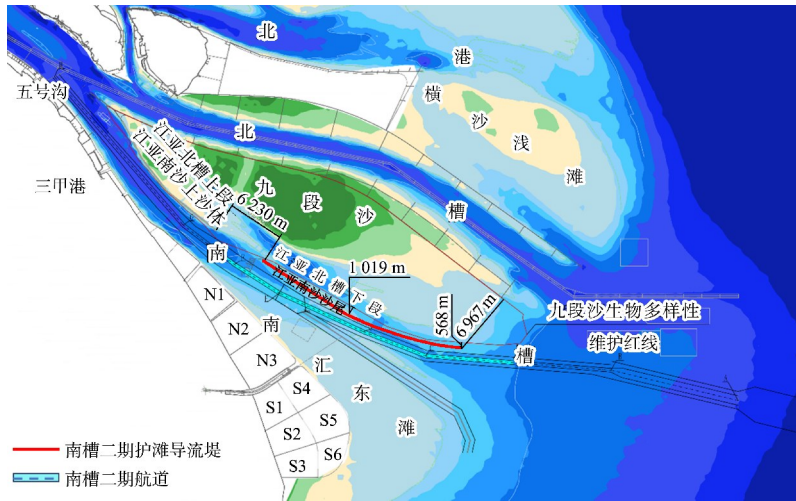


图 5 长江口南槽航道治理二期工程平面布置方案

Fig. 5 Layout plan for the Phase II Project of the South Passage Channel Regulation in the Yangtze Estuary

2.2.1 整治建筑物平面布置(NGC5)

沿江亚南沙沙尾、江亚北槽下段、九段沙南缘布置长约 24.4 km 的护滩导流堤, 根据南槽航道浅段位置水位流速关系及已有长江口整治工程布置经验、前期方案比选结果, 护滩导流堤高程取 2.0 m(上海吴淞高程基准)。整治建筑物轴线与九段沙生物多样性维护红线(简称“红线”)之间留有一定的施工安全作业距离, 上端点避让红线后尽可能上提, 并与一期工程江亚南沙护滩堤线形整体平顺, 堤轴线自上端点起向下游沿江亚南沙沙尾南侧 5 m 等深线布置, 至沙尾尾端堤轴线走向北偏, 跨越江亚北槽下段, 沿九段沙南缘红线外布置至 6.5 m 水深附近, 堤尾沿北槽深水航道南导堤垂线方向与其东端基本齐平。

2.2.2 航道平面布置

南槽航道总长约 86 km, 南槽上段和口外段人工航道总体按现有一期 6.0 m 航道轴线进行布置, 拦门沙段人工航道段在满足船舶定线制要求的基础上, 充分利用现有自然深槽以减少疏浚工程量, 并充分考虑航道与整治建筑物之间的相关关系, 留有一定安全距离, 对部分轴线进行优化调整。南槽二期人工航道在现有一期人工航道口内段(6 m 深、600 m 宽)的基础上, 将中间 400 m 宽浚深至 8.0 m(两侧剩余各 100 m 宽度范围内仍按

一期航道 6.0 m 水深运行维护); 口外段衔接利用现有一期航道口外段, 利用自然水深通航, 宽度保持现状 1 000 m。

3 数学模型

3.1 模型控制方程

本文采用数学模型的浅水控制方程为:

$$\begin{cases} \frac{\partial \eta}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{Q} = 0 \\ \mathbf{Q} = \int_{-k}^{\eta} \mathbf{u} dz \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt}(D\mathbf{u}) = -gD\nabla\eta - D\mathbf{f} \cdot \mathbf{u} + \nabla \cdot$$

$$[DA_H(\nabla\mathbf{u} + \nabla^T\mathbf{u})] + \frac{\partial}{\partial\sigma}\left(\frac{A_V}{D} \cdot \frac{\partial\mathbf{u}}{\partial\sigma}\right) \quad (2)$$

式中: η 为自由水面; t 为时间; $\partial\eta/\partial t$ 表示水面随时间变化; \mathbf{Q} 为流量矢量; k 为水底深度; \mathbf{u} 为流速矢量; z 为垂直方向; D 为水深; \mathbf{f} 为柯氏力参数; ρ 为水的密度; A_H 、 A_V 分别为水平、垂直涡黏系数; σ 定义为 $(z-\eta)/D$ 。

水底摩阻应力由下式计算:

$$\rho A_V \frac{1}{D} \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by}) \quad (\sigma = -1) \quad (3)$$

$$(\tau_{bx}, \tau_{by}) = \rho C_{Db} \sqrt{u_b^2 + v_b^2} (u_b, v_b) \quad (4)$$

$$C_{Db} = \max \left\{ \left[\frac{\kappa}{\ln(\delta_b/z_0)} \right]^2, C_{Db, \min} \right\} \quad (5)$$

式中： u 、 v 为 x 、 y 方向流速； τ_{bx} 、 τ_{by} 为底部 x 、 y 方向应力； u_b 、 v_b 为底部东方向和北方向流速（假定边界），且流速呈对数分布； C_{Db} 为底部拖曳系数； κ 为常数取 0.4； z_0 为 $k_s/30$ ，其中 k_s 为局部底摩阻； δ_b 为底部计算网格的半厚； $C_{Db,\min}$ 取值为 0.001~0.002 5。

σ 坐标系的垂向流速 ω 方程为：

$$\omega = w - \mathbf{u} \cdot \nabla (\sigma D + \eta) - \frac{\partial (\sigma D + \eta)}{\partial t} \quad (6)$$

式中： w 为 z 坐标系下的垂向流速。

水平涡黏系数 A_H 和水平扩散系数 K_H ，定义如下：

$$A_H = C_H \delta_a \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right] \quad (7)$$

式中： C_H 取值 0.1； δ_a 为网格面积。

本文采用的物质运输的守恒型控制方程可描述如下：

$$\frac{\partial (DC)}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{QC}) + \frac{\partial (D\omega C)}{\partial \delta} = D(F_v + F_h) \quad (8)$$

式中： C 为运输物质浓度； δ 为尺寸； F_v 为垂直紊动扩散和物质源项； F_h 为水平紊动扩散和物质源项。

本文研究区域受到悬沙和推移质输沙的共同

作用，因此全沙地形冲淤厚度 Z 计算公式如下：

$$Z = Z_s + Z_b \quad (9)$$

式中： Z_s 为悬沙冲淤厚度； Z_b 为推移质冲淤厚度。

3.2 模型设置与验证

本文模型采用的网格见图 6，网格数约 17 万个，横沙区域网格尺寸 30~80 m。其中，上游流量：采用 2003—2021 年洪季流量平均值 (38 706 m³/s)，枯季流量平均值 (18 114 m³/s)。外海边界：根据南槽东 2016—2019 年和中浚站 2018—2020 年的完整潮汐数据，本文计算外海边界取全年潮差的 90%，南槽东潮差为 4.08 m，中浚站潮差为 3.87 m，与以往计算边界保持一致。计算地形：南槽用 2021 年 5 月份地形；南港、北槽用 2021 年 11 月份地形；南支、北港采用 2021 年 11 月地形；北支、口外采用 2019 年 11 月长江口大范围实测地形资料。模型验证采用 2021 年 7—8 月实测潮位、流速、盐度和含沙量资料。测点位置见图 7，考虑篇幅仅列工程邻近的南槽东潮位站及 NCH3、NCH5 固定水文测点的验证结果见图 8。可以看出，潮位、流速、盐度和含沙量的计算值和实测值基本一致。上述结果验证了本文构建的模型具有较高预测精度，可用其进行工程效果的评价和分析。

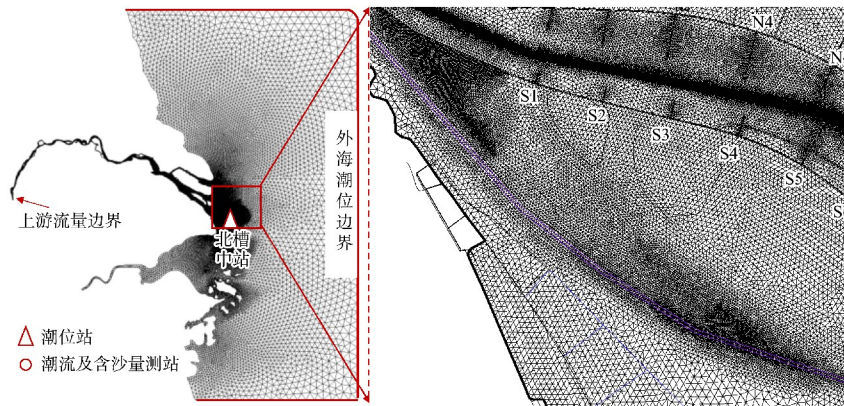


图 6 网格及边界布置

Fig. 6 Grid and boundary arrangement

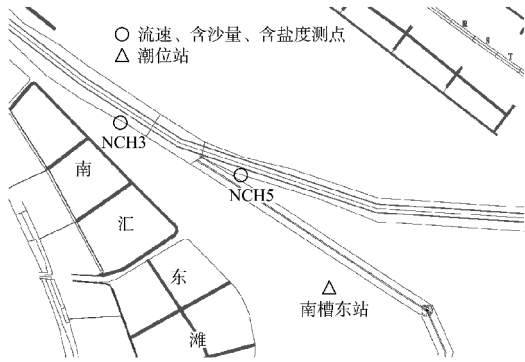
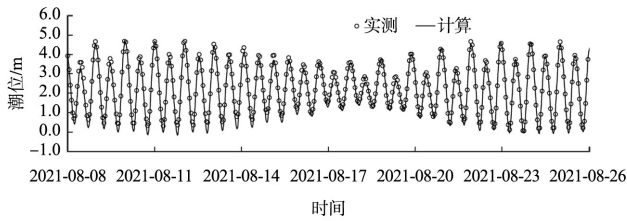
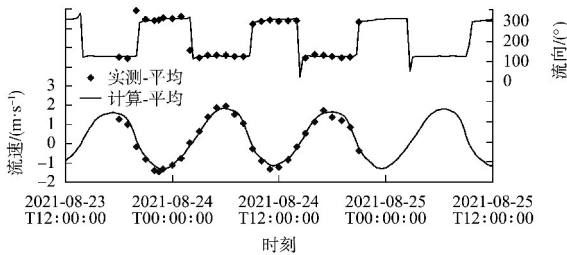


图 7 测点位置

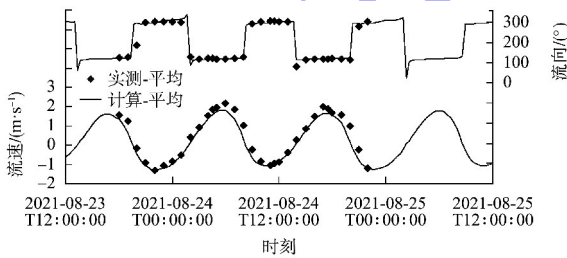
Fig. 7 Measurement points location



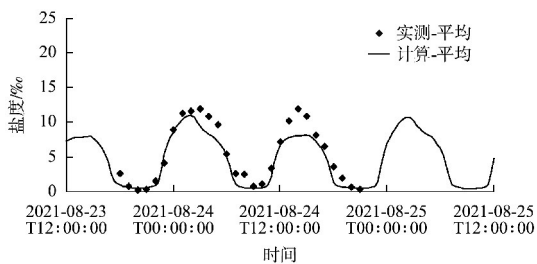
a) 潮位



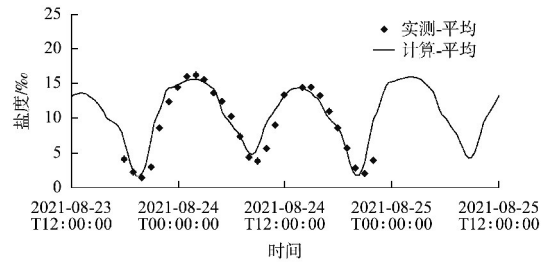
b) NCH3大潮-流速流向



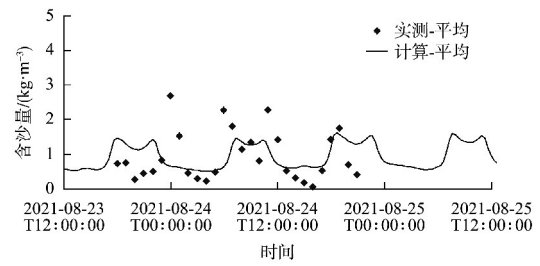
c) NCH5大潮-流速流向



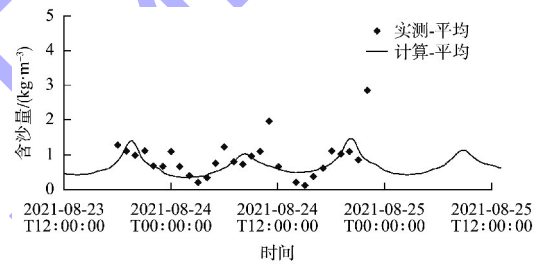
d) NCH3大潮-盐度



e) NCH5大潮-盐度



f) NCH3大潮-含沙量



g) NCH5大潮-含沙量

图 8 模型验证结果

Fig. 8 Model validation results

4 工程实施效果

4.1 工程治理效果

工程方案能够将江亚南沙沙尾主体包裹在堤身北侧，有效稳定了江亚南沙沙尾，能够减少沙尾对二期 8.0 m 航道回淤的影响。工程方案实施后能够归顺涨落潮流路，增大南槽拦门沙段落急动力，稳定江亚北槽下段和九段沙南缘河势边界。预测的治理效果见图 9。可以看出，护滩导流堤南侧南槽主槽落急流速增加、涨急变化不大，其中落急流速增幅最大可达 0.29 m/s，增幅超过 0.20 m/s 的长度(沿航道)为 6.2 km，为南槽二期 8.0 m 航道的顺利开通提供了有利的动力条件；拦门沙下游区域的落急流速有所减小，该区域水深相对较好。护滩导流堤北侧江亚北槽下段落急流速减小，

减幅在 0.40 m/s 以内, 形成了一个较好的掩护区域; 堤尾北侧局部区域, 涨落急流速有所增强, 推荐采取一定的守护布置。

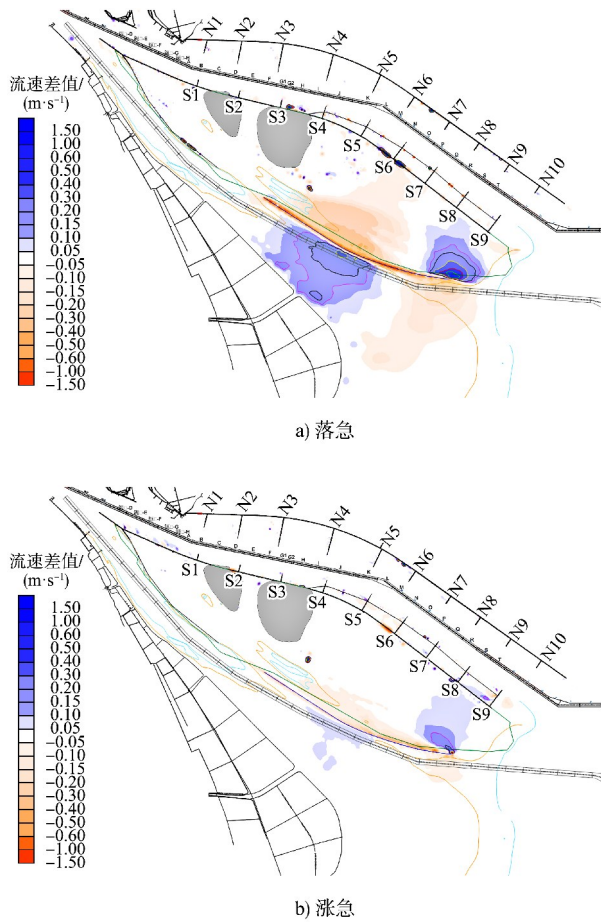


图9 工程方案涨落急流速差值

Fig.9 Rising and falling rapid flow rate difference in engineering scheme

工程方案实施后, 江亚北槽下段和九段沙滩面涨落潮潮量有所减小, 动力均有所减弱, 落潮量减幅可达 14.1%, 能够起到遏制江亚北槽下段冲刷, 归顺水流、稳定主槽的作用。工程方案实施后能够形成航道稳定的北边界, 稳定主槽深泓, 增强主槽动力和输沙能力(拦门沙区段航道落急最大增加 0.32 m/s)刷深拦门沙河床, 改善航道建设和维护条件。

工程方案的实施能够减小主槽和北侧九段沙滩面的水沙交换, 有效减少台风等极端天气引起的航道骤淤。二期工程的整治工程堤线长度基本覆盖了江亚北槽下段与九段沙南缘, 可以降低北侧滩面泥沙掀扬后与主槽的水沙交换。同时, 主

槽净向下输沙能力的增大, 也有利于大风天浮泥向口外输运, 减小大风天回淤对航道水深的影响。工程方案实施后, 拦门沙段河势进一步稳定, 航道具有较为稳定的北边界, 主槽深泓进一步稳定, 有效增强了航道的稳定性。

4.2 工程对周边的影响

工程方案对南北槽、南北港的涨落潮分流比影响不大, 见表 1。南北港、南北槽的涨落潮分流比变化在 0.35% 以内。工程方案对南港河段及横沙浅滩的动力影响较小, 南港段落急流速变化在 0.02 m/s 以内, 涨急流速及涨落均流速变化均更小; 横沙浅滩的动力变化微小。方案对周边水域高低潮位影响较小, 高水位变化微小, 工程上游低水位略有升高, 抬升幅度最大为 3 cm (中浚站), 南槽东边低水位有所降低, 降低幅度为 3 cm。总体上对主要水文设施和防汛闸口基本无影响。

表 1 工程方案实施后主要河道涨落潮分流比变化

Tab.1 Changes in diversion ratios of rising and falling tides in main branch channels after implementation of engineering scheme

断面	落潮	涨潮	%
南港	-0.05	-0.12	
北港	0.05	0.12	
南槽上	-0.18	-0.12	
北槽上	0.18	0.12	
南槽中	-0.05	-0.35	
北槽中	0.05	0.35	

5 结论

1) 通过数学模型试验研究得出, 南槽航道治理二期工程实施后护滩导流堤南侧、南槽拦门沙段的主槽落急流速增加明显, 增幅最大可达 0.29 m/s, 增幅超过 0.20 m/s 的长度(沿航道)为 6.2 km, 为 8 m 主航道的贯通提供了有力支撑; 护滩导流堤北侧江亚北槽涨落潮动力有所减弱, 减幅在 0.40 m/s 以内, 形成了明显的掩护区域, 并提供了较好河势控制边界, 预测工程后水动力场有利于南槽航道建设和维护。工程方案实施后, 南槽拦门沙段河势得到稳定, 航道具有稳定的北边界, 主槽冲刷、深泓进一步稳定, 有效增强了航道的稳定性、

改善航道建设和维护条件, 总体验证了“护滩、稳槽、导流、挡沙”的治理思路是正确可行的, 工程方案可达到治理效果。

2) 南槽航道治理二期工程实施对周边涉水工程与北槽深水航道基本无影响, 南北港、南北槽的涨落潮分流比变化在 0.35% 以内, 对南港、横沙浅滩影响均较小, 对周边高低潮位影响较小, 总体上对主要水文设施和防汛闸口基本无影响。

参考文献:

- [1] 交通运输部长江口航道管理局. 长江口航道发展规划[R]. 上海: 交通运输部长江口航道管理局, 2010.
Yangtze Estuary Waterway Administration, MOT. Development plan of the Yangtze Estuary channel [R]. Shanghai: Yangtze Estuary Waterway Administration, MOT, 2010.
- [2] 郭凤萍. 长江口南槽航道一期工程试通航期经济社会效益分析[J]. 财经界, 2023(9): 24-26.
GUO F P. Analysis of social-economic benefits during the trial navigation period of Phase I project of the South Passage channel in the Yangtze Estuary [J]. Money China, 2023(9): 24-26.
- [3] 赵德招, 储华军. 长江口南槽航道治理一期工程基建性疏浚特点分析[J]. 水运工程, 2021(6): 97-103.
ZHAO D Z, CHU H J. Analysis on characteristics of capital dredging for first phase of South Passage navigation channel regulation project in the Yangtze Estuary [J]. Port & waterway engineering, 2021(6): 97-103.
- [4] 汤宇. 长江口 2015—2020 年河床冲淤演变[J]. 中国水运, 2024(3): 112-114.
TANG Y. Erosion and deposition evolution of the Yangtze Estuary from 2015 to 2020 [J]. China water transport, 2024(3): 112-114.
- [5] 付桂, 应铭, 左书华, 等. 长江口深水航道减淤工程实施效果评价[J]. 水运工程, 2022(12): 134-139, 203.
FU G, YING M, ZUO S H, et al. Evaluation on effect of silting reduction project in deep-water channel of Yangtze Estuary [J]. Port & waterway engineering, 2022(12): 134-139, 203.
- [6] 刘汝兰, 李俊花, 程海峰, 等. 1998—2023 年长江口南槽河床演变特征及其影响因素[J]. 水利水电工程学报, 2025(1): 37-46.
LIU R L, LI J H, CHENG H F, et al. Bed evolution characteristics and influencing factors of the South Passage of the Yangtze Estuary(1998-2023) [J]. Journal of hydroelectric engineering, 2025(1): 37-46.
- [7] 陈复奎. 长江口南槽河床演变特征及航道治理策略研究[J]. 水道港口, 2025, 46(3): 398-406.
CHEN F K. Study on morphological evolution characteristics and navigation channel regulation strategies of the south passage in the Yangtze Estuary [J]. Journal of waterway and harbor, 2025, 46(3): 398-406.
- [8] 上海河口海岸科学研究中心. 长江口南槽航道治理二期工程方案三维潮流泥沙数学模型专题研究报告[R]. 上海: 上海河口海岸科学研究中心, 2025.
Shanghai Estuarine and Coastal Science Research Center. Special research report on three-dimensional tidal current and sediment mathematical model of the second phase project of the Yangtze Estuary south channel regulation[R]. Shanghai: Shanghai Estuarine and Coastal Scientific Research Center, 2025.
- [9] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 长江口南槽航道治理二期工程总平面布置方案研究报告[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2025.
Shanghai Waterway Survey and Design Research Institute Co., Ltd. Research report on the general layout scheme of Phase II project of South Passage channel regulation in the Yangtze Estuary [R]. Shanghai: CCCC Shanghai Channel Survey and Design Institute Co., Ltd., 2025.
- [10] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 长江口南槽航道治理二期工程工程可行性研究报告[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2025.
CCCC Shanghai waterway survey and design research Institute Co., Ltd. Feasibility study report on Phase II project of South Passage channel regulation in the Yangtze Estuary [R]. Shanghai: CCCC Shanghai Channel Survey and Design Institute Co., Ltd., 2025.