



长江下游白茆沙水道航道整治对策

刘怀汉, 袁达全, 裴金林, 赵维阳

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

摘要: 针对白茆沙水道航道存在的问题, 通过河床演变分析、数学模型计算、物理模型试验等多途径、多技术手段, 对长江下游白茆沙水道的演变规律及演变趋势进行了深入分析, 并就航道整治对策与措施进行了大量深入研究, 提出了该水道总体治理思路与控导工程方案, 以保护现有较为有利的河势及航道格局, 为后续整治工程实施奠定基础。

关键词: 白茆沙水道; 航道整治; 对策

中图分类号: U 617.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972 (2013) S1-0165-08

Waterway regulation countermeasures of Baimaosha waterway in the lower reach of the Yangtze River

LIU Huai-han, YUAN Da-quan, PEI Jin-lin, ZHAO Wei-yang

(Changjiang Waterway Institute of Planning, Design & Research, Wuhan 430011, China)

Abstract: According to the navigation problem and through riverbed evolution, mathematical model and physical model, etc., we analyzed the rule of riverbed evolution and evolution trend, and carried out an in-depth research on the countermeasures of waterway regulation. The general ideas on the waterway regulation and regulation scheme were recommended to guarantee the existing favorable river regime and waterway pattern, and lay a foundation for the implementation of the follow-up regulation engineering.

Key words: Baimaosha waterway; waterway regulation; countermeasure

白茆沙水道位于长江河口段, 上起徐六泾, 下至七丫口, 全长33.0 km, 为微弯放宽的暗沙分叉型河道。上距南京约270 km, 下距上海约37 km, 航道里程为长江下游游37~70 km, 是长江下游南京-浏河口河段的重点水道之一。河道形势见图1。

长江河口段徐六泾以下, 崇明岛将长江分为南、北两支, 白茆沙水道位于南支进口, 水道进口段为徐六泾节点段, 是长江最后一个束窄段, 江宽约5.7 km, 河道南、北两岸分别为白茆小沙及新通海沙, 两沙均为水下暗沙。徐六泾节点段主流多年贴南岸, 过白茆小沙后北偏进入白茆沙汉道段, 在白茆沙头分为两股水流分别进入白茆沙南、北水道。

徐六泾节点以下江面逐渐展宽, 至崇明岛洲头处河宽达到最大约10 km, 出口段七丫口河宽约9 km。江中暗沙发育且多变, 其中较大的江心暗沙为白茆沙, 将水道分为白茆沙南、北水道。白茆沙沙体滩面受由北向南的漫滩流冲刷, 分布有多条串沟, 其形态不稳定, 主要表现为白茆沙沙体的形成、发展、冲蚀、再形成的周期性变化, 导致主航道在南、北水道以及新南槽之间交替摆动。

历史上, 白茆沙水道江心暗沙冲淤变化剧烈, 河势极不稳定, 主航道平面位置变化频繁, 航道条件十分恶劣。20世纪90年代中期, 白茆沙水道河道条件演变到相对有利时期, 白茆沙体高大完整, 航道条件好转。1996年后, 主航道一直

收稿日期: 2010-01-27

作者简介: 刘怀汉 (1965—), 男, 教授级高工, 从事航道科研与设计工作。

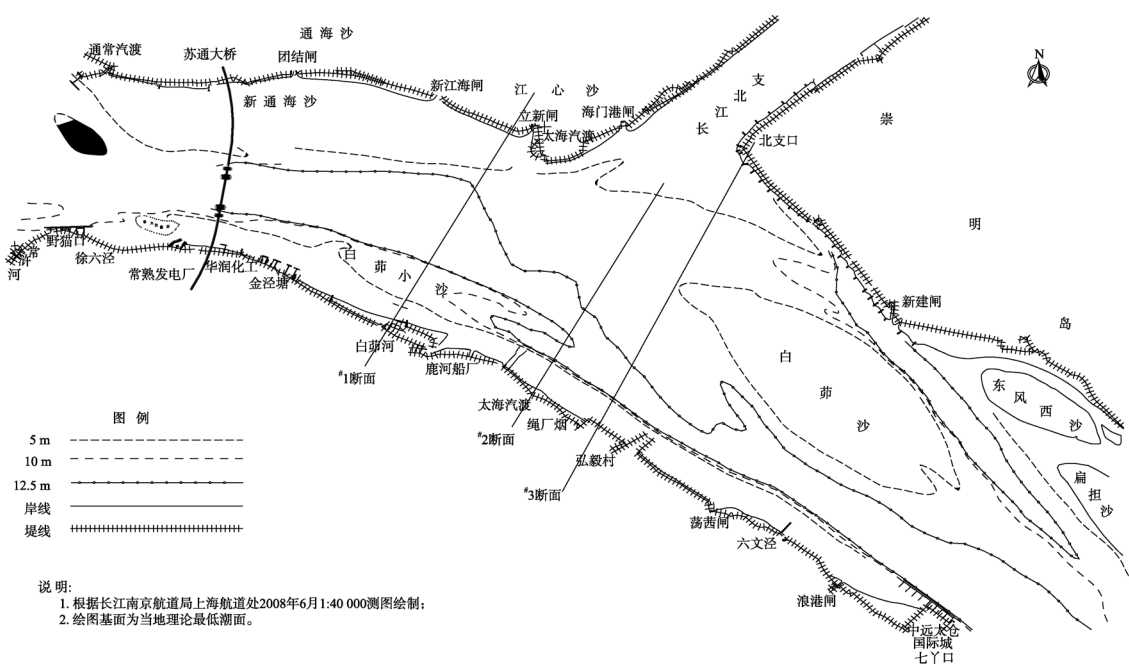


图1 白茆沙水道河道形势

稳定在南水道。目前,白茆沙南水道为海轮航道,维护尺度为 $10.5\text{ m} \times 500\text{ m} \times 1\,050\text{ m}$ (水深 $\times$ 航宽 $\times$ 弯曲半径,下同),白茆沙北水道为江轮航道,维护尺度为 $4.5\text{ m} \times 500\text{ m}$ 。

1 河床演变

1.1 河床演变规律研究的主要结论

1) 随着上游通州沙水道总体河势变化幅度趋缓,以及徐六泾节点的控制作用,近期白茆沙水道总体河势变化幅度趋缓,主流在一个较长时期内稳定于白茆沙南水道,但白茆沙水道进口主流仍发生较大幅度的摆动。

2) 工程河段局部河势仍不稳定,主要表现为白茆沙头部冲刷后退、南侧切割体刷低、白茆小沙基本冲失,加之地方上正在实施北岸新通海沙圈围工程,将造成白茆沙头部进一步冲刷后退,局部滩槽变化较大。

3) 白茆沙水道碍航部位主要位于南水道进口段、北水道进口段及下段处。由于白茆沙水道受长江主流摆动的影响,白茆沙沙头易发生较大冲淤变化,白茆沙南水道进口段淤浅,时常成为南水道的碍航段。近30年来,白茆沙头受冲持续后退,白茆沙沙体面积持续减小,头部两侧局部近

年发生明显冲刷,白茆沙南缘切割体刷低,南水道进口段河槽展宽,有不利变化趋势,加上近年来白茆小沙下沙体基本冲失,对南水道进口段航槽稳定有不利影响。

1.2 航道变迁分析

由于上游总体河势逐渐趋向稳定、白茆沙水域河宽缩窄以及徐六泾节点的形成等因素的共同作用,上游通州沙水道的演变对白茆沙水道的影响逐渐减弱,主流自20世纪50年代以后一直稳定在南水道。

自从1965年白茆沙水道开辟为海轮进江航道以来,受白茆沙和白茆小沙冲淤多变的影响,局部河势仍不稳定,导致航道变化较频繁,曾交替使用过南、北水道和新南槽(见图2和表1)。近年来,白茆沙头部持续冲刷后退,白茆小沙下沙体基本冲失,南水道进口航槽向宽浅方向发展,将影响白茆沙水道现有航道格局的稳定。

1) 与上游主流变化关系。

历史上,白茆沙水道的航道变迁直接受上游通州沙水道进入本水道主流摆动的影响,1958年以前,徐六泾人工节点尚未形成,徐六泾断面宽达 13 km ,主流的平面摆幅达到 6.2 km ,导致白茆沙南、北水道的交替兴衰,主航道也相应变迁。

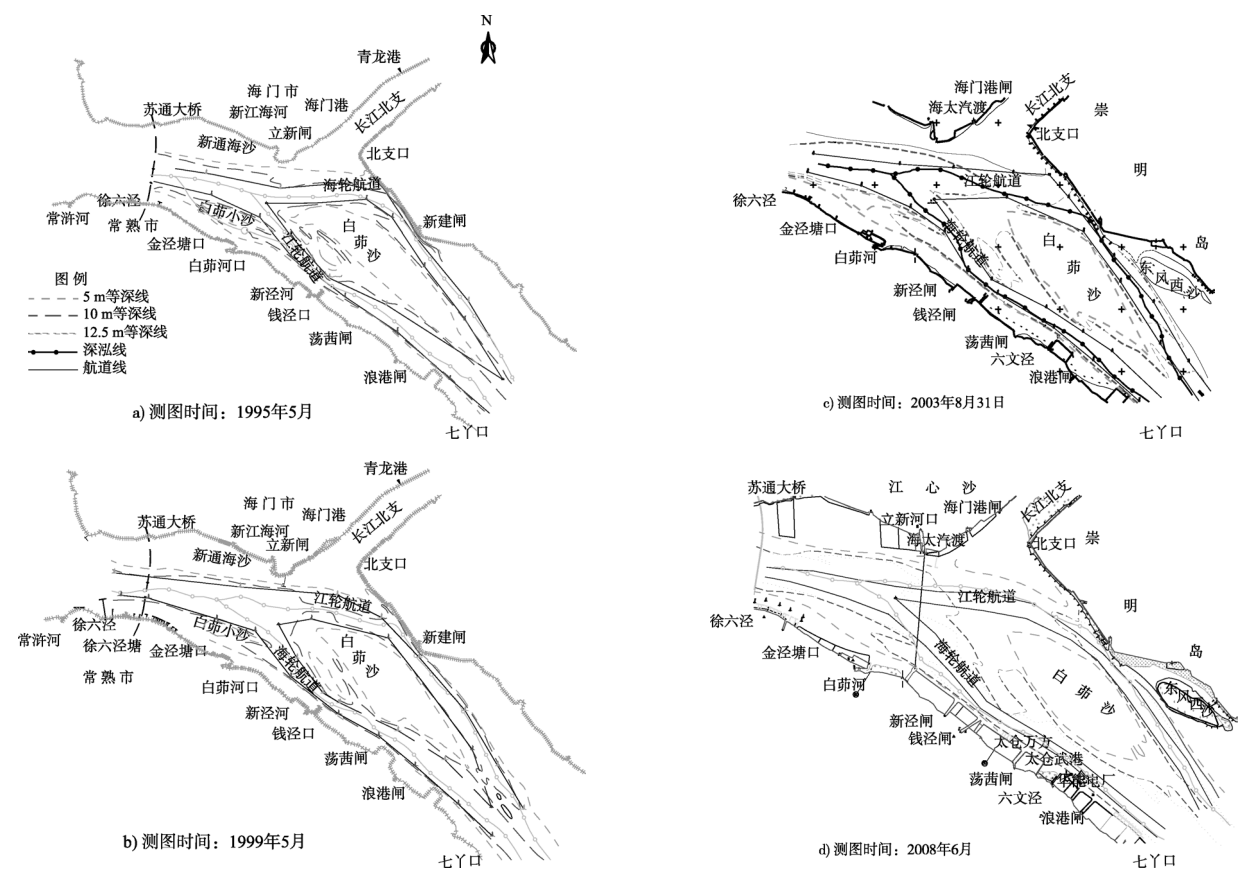


图2 白茆沙水道近期演变与航道变迁

表1 白茆沙水道航道变迁

年份	航道走向		水深及疏浚情况
	海轮	江轮	
1965—1976	南水道	北水道	维护7.1 m水深
1977—1979	交替使用南、北水道		多次疏浚, 难以保证7.1 m水深
1980—1985	新南槽	南水道	1979年9月开辟新南槽, 此后仍需疏浚
1986—1991		北水道	
1992—1996	北水道	南水道	2000年以前维护7.1 m水深, 2004年前维护8.5 m水深, 2005以后维护10.5 m水深
1996至今	南水道	北水道	

1958年以后, 徐六泾人工节点逐渐形成, 通海沙和江心沙围垦并岸, 徐六泾节点束窄至5.7 km, 自此以后, 上游河段的演变对白茆沙水道的影响逐渐减弱。但由于上游主流仍不稳定, 加上徐六泾节点控制作用不够充分, 进口主流摆动对该水道航道变化影响并未消失。

2) 与水道内洲滩的演变关系。

随着上游河段的演变对白茆沙水道的影响逐渐减弱, 该水道的演变主要受水道内的洲滩演变影响, 航道变化仍较频繁。

①与白茆沙体变化密切相关。

白茆沙的沙体高大完整与否以及沙头位置是否适当对白茆沙水道的航道条件起主要作用。白茆沙沙体零乱、矮小或冲失时, 主河槽不明显, 航道易变迁; 白茆沙体高大、完整, 沙头位置适当, 易形成较稳定分汊河型, 航道条件较好, 航道少变迁。近几年, 白茆沙沙头呈现不断后退的趋势, 南水道进口段不断展宽, 航道条件有不利变化趋势, 将威胁到白茆沙水道深水航道的稳定。保持白茆沙体稳定及控制头部位置至关重要。

②白茆小沙冲淤变化对航道条件有一定的影响。

维持白茆沙下沙体相对稳定, 一方面防止其

冲刷、切割、下移的泥沙在南水道进口段落淤，造成主航道淤浅，另一方面可起到稳定主河槽边界，防止河槽展宽淤浅，适当缩窄主航槽低水河宽的作用，对保护深水航道条件较有利。

1.3 碍航特性分析

白茆沙水道在历史上是长江下游严重的碍航河段，历史上出浅碍航部位主要位于南水道进口段、北水道进口段及下段处，其中北水道进口段及下段出浅碍航时间范围较长。由于白茆沙冲淤交替，尤其是头部受上游主流变化、潮流及北支盐水倒灌影响，白茆沙头部产生冲刷、切割、并岸，导致主航道进口展宽淤浅，航道条件较差。

南水道进口段浅区碍航特性主要表现为：浅滩不稳定，主要受长江主流摆动的影响，白茆沙及白茆小沙冲淤多变，边界变化频繁，一般水文年，白茆沙沙体高大完整，航道条件较好，主航道一般位于南水道；遭遇一般大水年，长江径流较大，水流动力增强，白茆沙沙体头部被切割、分离，航道条件较差；遭遇特大洪水年，白茆沙沙体冲散，呈单一河槽，航道条件也较差。

北水道浅区碍航特性主要表现为：在白茆沙体减小的同时，白茆沙头在水流的顶冲作用下持续后退，沙尾也经历了大幅下移及切割的演变过程，同时因受长江主流变化、北支倒灌、扁担沙体边界及白茆沙越滩流的影响，时常在水道的进口段及下段产生碍航浅滩，在一般水文年，当白茆沙沙体高大完整时，航道条件较好；其它水文年，尤其是遭遇大洪水年，白茆沙沙体切割、下移、冲散，同时由于北支盐水倒灌，北水道进口严重淤浅，航道不稳定，航道条件较差。

目前，尽管白茆沙水道总体河势变化幅度趋缓，南水道航道条件较好，但仍不稳定，南水道进口段不仅存在航槽平面不稳定隐患，仍存在白茆沙沙头持续冲刷后退、河槽断面扩大、水流扩散断面流速减小、航槽淤浅的可能。

1.4 演变趋势预测

1) 总体河势格局将长期维持不变。

随着上游澄通河段总体河势逐渐趋向稳定，

同时考虑到新通海沙整治工程加强了徐六泾节点的束流导流作用，白茆沙水道的河势变化幅度将进一步减小。白茆沙水道将长期维持节点段主流偏靠南岸，分汊段两汊并存，主流走南水道的河势格局。

2) 南水道航道条件有向不利方向发展的趋势，北水道逐步衰退。

近30年来，由于白茆沙头受冲持续后退，白茆沙沙体面积持续减小，头部两侧局部近年发生明显冲刷，南水道进口展宽，河床将向宽浅型发展。尤其近年来白茆小沙下沙体冲失，南水道进口河宽将进一步展宽，河道平均水深将进一步变浅，影响南水道进口段的航道稳定，航道条件有向不利方向发展的趋势。

随着白茆沙沙头的持续后退，北水道的进流条件将进一步变差，不利于北水道维持目前的形势。

3) 沙体恢复难度将增大，可能出现碍航问题。

随着白茆沙头受冲持续后退，白茆沙沙体面积持续减小，航道条件将进一步向不利方向发展，且随着上游来沙量的大幅减少，沙体再次被恢复的难度将增大，周期可能延长，主航道碍航问题可能再次出现。

2 整治工程方案^[1-3]

2.1 总体治理原则

因势利导、统筹兼顾，综合整治、突出重点，远近结合、分步实施，固滩稳槽、改善航道。

2.2 汊道选择

根据选汊原则，同时结合该水道河道演变分析，选择南水道作为航道整治工程的海轮通航航道，为适应沿江经济快速发展对航道的迫切要求并结合北水道现航道条件，将北水道作为江轮通航航道。

2.3 设计水位与整治参数

1) 设计水位。本水道设计水位取用当地理论最低潮面值，由推算得，工程处理论最低潮面为1985国家高程基准-1.50 m，即设计水位为1985国

家高程基准-1.50 m。

2) 整治水位与整治线宽度。根据当地水位的洪枯季变化、落急流速出现的水位和数模、物模研究的成果, 综合确定该水道整治水位为1.0 m (1985国家高程基准), 白茆沙南水道下游整治线宽度为2 800 m。

2.4 总体工程方案

1) 总体治理思路。

根据白茆沙水道航道存在的主要问题, 结合发展趋势, 确定整治工程的总体治理思路为: ① 稳定白茆沙沙体, 保持白茆沙沙体的高大完整, 保护现有较为有利的河势及航道条件; ② 恢复航道优良时期白茆沙沙头位置, 控制两汉分流, 维持南汉为主汉的分汉格局; ③ 强化徐六泾节点控制作用, 增强南水道进口水流动力条件, 稳定并改善南水道进口航道条件; ④ 防止整治工程对堤防带来的不利影响, 保持局部边界条件稳定。

2) 总体工程方案。

针对该水道存在问题, 围绕航道治理思路, 遵循航道治理原则, 综合考虑整治参数, 该水道航道总体治理主要从以下几个方面考虑:

① 固定白茆沙体。

固定白茆沙体的工程措施重点考虑鱼骨坝守护与水下圈围潜堤等两种不同布置形式, 水下圈围潜堤或鱼骨坝高程应根据现状地形条件以及整治参数等确定, 通过数学模型计算与物理模型试验的手段对这两种不同布置形式进行比选、优化后确定。

② 固定白茆小沙下沙体。

针对白茆小沙以及该河段存在的问题, 在总体治理方案中应考虑在条件具备时, 实施白茆小沙的治理工程, 进一步巩固并适当加强白茆小沙下沙体的稳定性, 其总体治理方案本阶段重点研究水下圈围潜堤与鱼骨坝方案。水下圈围潜堤以及鱼骨坝头部治导线位置, 根据长江口综合整治开发规划中经多家数学模型研究论证的成果而确定, 潜堤与鱼骨坝高程根据现状地形条件以及整治参数而确定, 白茆小沙治理方案根据多家数学

模型与物理模型试验成果对以上两种布置形式比选后确定。

综合考虑工程措施拟定的依据, 长江航道院、长江设计院、上勘院、南科院等多家单位在前期开展了大量的总体治理方案研究工作, 重点研究了两种治理方案: 总体治理方案1主要包括白茆沙鱼骨坝、白茆小沙下沙体圈围潜堤、崇头护岸加固及上扁担沙潜堤工程; 总体治理方案2主要包括白茆沙圈围潜堤、白茆小沙下沙体鱼骨坝、崇头护岸加固及上扁担沙潜堤工程, 见图3和4。

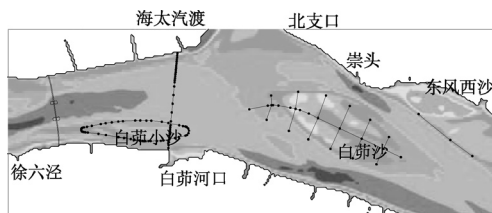


图3 总体治理方案1

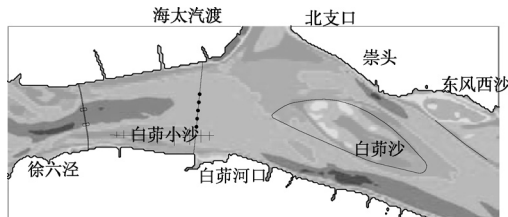


图4 总体治理方案2

3) 总体工程分期实施初步思路。

根据上述总体治理分期实施原则, 结合当前的河势及航道条件, 确定总体方案分步实施思路为: ① 先期稳定白茆沙头及分流点位置, 维持目前较有利的滩槽格局, 为后续整治工程实施奠定基础; ② 在控导工程实施后, 在监测、分析河道变化的基础上, 深入研究后续工程措施, 根据航道条件变化情况, 适时对白茆沙中、下段及白茆小沙实施必要的后续工程, 确保12.5 m深水航道畅通, 实现规划目标。

2.5 控导工程方案

1) 整治目标与原则。

控导工程目标为: 稳定白茆沙头部, 控制分流口位置, 保护现有较为有利的河道及航道格局, 为长江口深水航道逐步向上延伸奠定基础。

控导工程整治原则为：①因势利导、统筹兼顾。利用目前白茆沙水道滩槽形态较好的时机，稳定南水道进口段主流，保护现有较好的航道格局并引导其向有利方向发展。同时，整治建筑物的布置和实施要兼顾沿岸港口码头、取排水及水利设施需要，使工程不对其产生不利影响。②先期控导、保护格局。为了防止航道的不利变化趋势，先期实施白茆沙沙头的控导工程尤其重要，通过控导工程保护目前南、北水道并存，南水道为主汊的航道格局，有利于深水航道的稳定和改善。③抓住关键、稳定洲头。控导工程应对白茆沙水道航道条件起关键控制作用的白茆沙沙头进行守护，抑制其冲刷后退，防止南水道进口航槽向宽浅方向发展。

2) 控导工程实施部位的确定。

由前述河床演变分析成果可知，白茆沙沙头稳定及沙头位置对白茆沙水道航道条件起关键控制作用，因此控导工程实施部位主要确定为白茆沙沙头。由于白茆沙沙体中上段高滩部分冲淤变化大，特别是受水流顶冲及横、斜向水流作用，易于冲刷后退或形成甬沟，影响分汊格局及航道条件稳定，因此，白茆沙沙头守护范围选择中上段高滩部分。

控导工程实施后，新建闸区域近岸流速增加幅值较总体工程小，控导工程中仍需考虑对该区域的防护工程措施，其防护工程量可较总体工程适当减小。

3) 控导工程方案平面布置。

根据白茆沙水道总体整治工程方案平面布置以及前期研究成果，结合白茆沙洲头及沙体的冲淤变化特点，提出以下两个控导工程方案：

控导方案1：为总体治理推荐的方案1的部分工程，即白茆沙头部鱼骨坝工程，同时考虑到水流绕流作用，为增强对白茆沙体的防护，刺坝距离适当减小。平面布置见图5。

控导方案2：总体治理方案研究表明，总体治理方案1对南水道进口流速改善效果明显，但同时由于水流偏转较大，水流不够平顺，且南水道中下

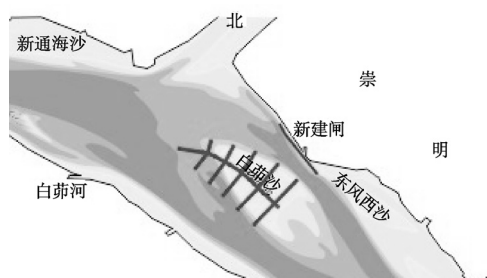


图5 控导工程方案1

段出现了流速减小区域，总体治理方案2对南水道进口流场调整则比较平顺，两方案各有优缺点。为充分利用总体治理方案1与总体治理方案2的各自优点，同时，考虑到分流口位置受迎流顶冲的威胁，结构容易遭受破坏，在控导方案优化中提出了洲头潜堤防护与潜导堤、南缘齿坝相结合的整治工程措施，形成了控导方案2。平面布置见图6。

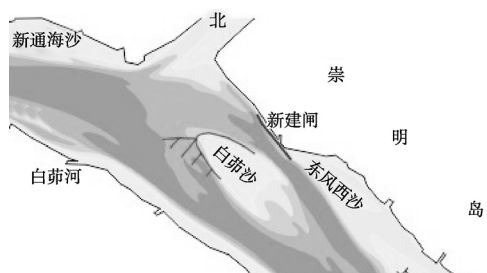


图6 控导工程方案2

4) 控导工程整治效果。

在本次研究中采用了长江设计院、南科院两家二维数学模型，对各种不同控导工程方案进行了模拟计算。综合数学模型计算分析成果（图7，8）表明：两个控导工程方案实施后，均有利于稳定白茆沙沙体中、上部，有利于维持白茆沙头部的高大、完整以及滩槽格局的稳定；白茆沙南水道进口航槽流速增加，有利于航槽的稳定；北水道落潮量与落潮分流比略有增加，有利于维持北水道的分流格局，同时有利于下游南港的进流；长江口北支落潮量有所增加；能实现控导工程目标，即稳定白茆沙头部，控制分流口位置，保护现有较有利的河道及航道格局，为长江口深水航道逐步向上延伸奠定基础。

但从有利于工程稳定、便于分步实施、施工操作简便等方面考虑，方案2要优于方案1。因此，综合各方面因素，本阶段推荐控导工程方案2

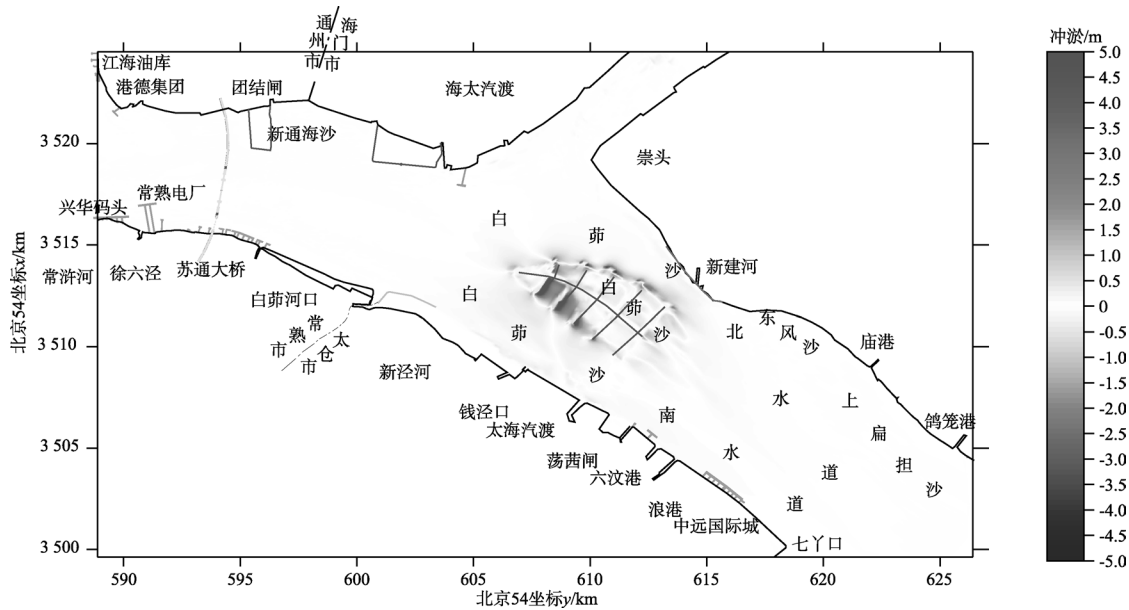


图7 平常水文年方案1引起的地形冲淤变化

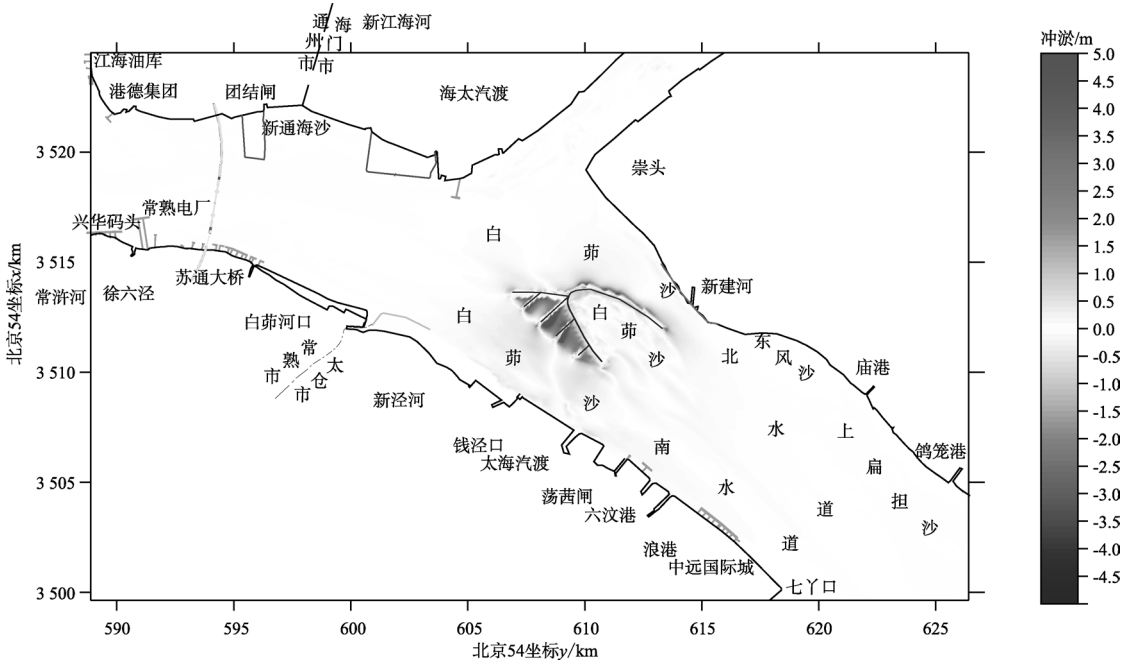


图8 平常水文年方案2引起的地形冲淤变化

作为控导工程推荐方案，即白茆沙采用头部潜导堤、圈围潜堤与南侧齿坝相结合的工程措施。

3 结论

目前，白茆沙水道滩槽形态及航道条件较好，但随着白茆沙头的冲刷后退，航道条件有向不利方向发展的趋势，若任其发展，将破坏现有较有利的航道格局，因此，急需尽快实施白茆沙

水道航道整治控导工程。

研究提出的控导工程方案可以有效解决白茆沙水道航道存在的关键问题，控导工程主要起到稳定白茆沙头部、控制分流口位置、保护现有较有利的河道及航道格局、为长江口深水航道逐步向上延伸奠定基础的作用。

控导工程实施完成后，建议根据工程实施后河道的变化对总体方案进一步研究，适时实施后续

工程,进一步巩固现有河势格局,改善航道条件。

2009年汛期长江水量较大,汛后工程河段滩槽形态可能发生变化,建议加强河道监测,下一阶段根据河床变化,对控导工程平面布置及局部结构进行适当优化,以保证工程效果。

参考文献:

- [1] 长江航道规划设计研究院,长江勘测规划设计研究院,上海勘测设计研究院,南京水利科学研究院.长江下

游白茆沙水道航道整治控导工程预可行性研究报告[R].武汉:长江航道规划设计研究院,2009.

- [2] 长江航务管理局,长江航道局.长江干线航道发展规划[R].武汉:长江航务管理局,2002.

- [3] 长江航道规划设计研究院,长江勘测规划设计研究院,上海勘测设计研究院.长江下游通州沙及白茆沙水道深水航道整治工程技术方案研究[R].武汉:长江航道规划设计研究院,2009.

(本文编辑 武亚庆)

《水运工程》优秀论文评选

评委点评:

潮汐河段受径流与潮流共同作用,水流与泥沙运动复杂,目前大型潮汐河段的航道整治技术有待完善。本文从航道角度(航道变迁与碍航特性),对长江下游白茆沙水道的演变规律及演变趋势进行了深入分析,与此后的河床变形特征基本一致;在此基础上提出了航道总体治理思路与控导方案,并利用数模计算与物模试验进行论证优化,为长江南京以下深水航道一期工程的治理方案奠定了基础。先期稳定白茆沙头及分流点位置,保护现有较为有利的河势及航道格局,为后续整治工程实施奠定了治理思路,丰富了潮汐河段的航道整治理念。缺憾是提出固定白茆小沙下沙体的论证依据尚不够充分。

本文结构合理、论述充分,有一定学术价值与实际参考意义。



2012年12月

评委简介:

曹民雄,博士,教高,南京水利科学研究院河流海岸研究所副所长,河海大学博士生导师。

主要从事水流泥沙运动和河床演变基础理论,河道防洪工程、航道与港口工程、桥梁和取水工程、枢纽运行影响等工程科学研究工作。在国内核心刊物发表论文50余篇,出版学术专著“山区河流急流滩险航道整治技术研究”,参与多本行业技术规范的编写,获省部级科技进步一等奖2项、二等奖1项。