



长江南京以下12.5 m深水航道建设 一期工程的主要技术问题与研究成果

曹民雄^{1,2}, 应翰海^{1,3}, 钱明霞^{1,2}

(1. 长江南京以下深水航道建设工程指挥部, 江苏南京 210017; 2. 水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院, 江苏南京 210024; 3. 江苏省交通规划设计院有限公司, 江苏南京 210005)

摘要: 提出了工程河段的水沙运动特征与碍航特性、航道整治的时机与关键部位、航道整治方案优化、航道整治建筑物新型结构等长江南京以下12.5 m深水航道建设一期工程建设的主要技术问题, 分析了解决这些问题的思路与成果, 有助于对工程的了解与潮汐河段航道整治技术的认识。

关键词: 航道整治; 长江南京以下深水航道; 潮汐河段

中图分类号: U 617.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)11-0005-09

Main technical problems and research achievement of 12.5 m deep-water channel construction phase I of the Yangtze River below Nanjing city

CAO Min-xiong^{1,2}, YING Han-hai^{1,3}, QIAN Ming-xia^{1,2}

(1. Construction Headquarters of Deep-water Channel of the Yangtze River below Nanjing City, Nanjing 210017, China;
2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210024, China;
3. Jiangsu Province Communications Planning and Design Institute Co., Ltd., Nanjing 210005, China)

Abstract: This paper proposes the main technical problems in the first-stage project of 12.5 m deep-water channel of the Yangtze River below Nanjing city, such as water and sediment movement characteristics and navigation-obstructing characteristics, channel regulation and the timing of key parts, waterway regulation scheme optimization, and waterway's new regulation structures, and analyzes the solutions to these problems and achievements, which are helpful for the acknowledgement of the construction and understanding of tidal river waterway regulation technology.

Key words: waterway regulation; deep-water channel of the Yangtze River below Nanjing city; tidal river

长江南京以下12.5 m深水航道一期工程位于太仓(荡茜闸)至南通(天生港区)河段, 河道全长约56 km, 包括通州沙水道和白茆沙水道两个主要碍航浅段(图1)。工程河段受径流与潮流的双重作用, 江心洲滩冲淤演变剧烈, 航道边界条件极不稳定。随着长江口深水航道的建设, 20世纪90年代航道部门就提出了长江下游“三沙”(福姜沙、通州沙、白茆沙)深水航道整治设想^[1], 多

年来航道部门克服重重困难, 将航道水深逐步从7.0 m, 8.5 m提升到10.5 m。随着长江口12.5 m深水航道上延至太仓, 长江南京以下12.5 m深水航道建设工程列入“十二五”期国家内河高等级航道建设重点工程, 先期开展太仓至南通的一期工程建设。

长江南京以下12.5 m深水航道一期工程建设面临的主要技术问题有: 通州沙水道和白茆沙水

收稿日期: 2012-09-17

作者简介: 曹民雄(1965—), 男, 博士, 教授级高工, 从事港口航道整治与工程泥沙研究。

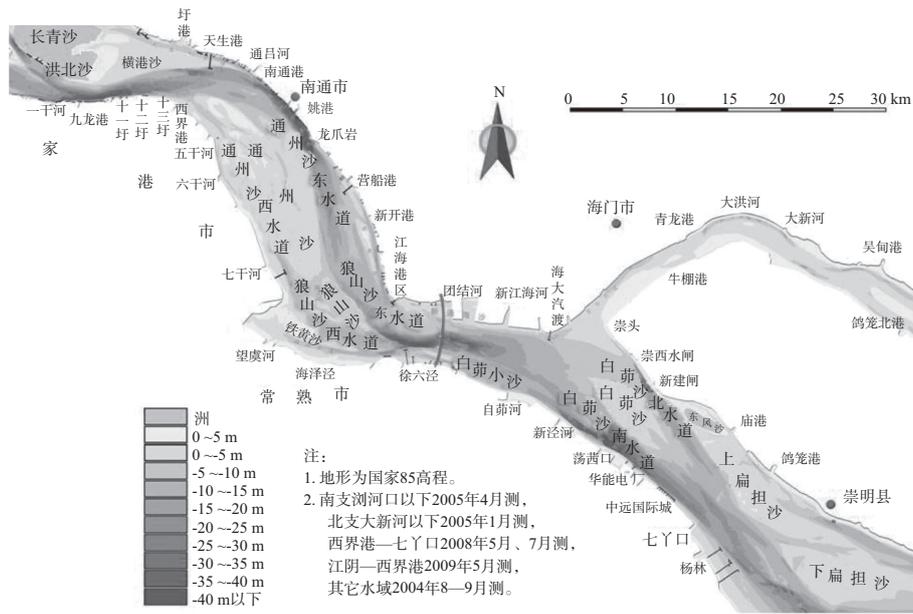


图1 工程河段河势

道位于长江下游的潮汐河段，其水沙运动特征与碍航特性如何是航道整治首先需要弄清的河床塑造动力与存在问题；第二是从历史演变规律与近期演变趋势来看，航道整治的时机与整治的关键部位；第三是航道整治的最优布置方案；第四是针对潮汐河段的水沙运动特点和工程情况，采用什么类型的建筑物结构形式可以达到预期的航道整治效果。

自20世纪90年代以来，本河段的相关研究一直持续，近期配合本工程的工可、初设进一步进行了深入研究。本文结合这些研究成果，分析一期工程主要技术问题的解决思路。

1 工程河段的水沙运动特征与碍航特性

1.1 水沙运动特征

1.1.1 潮流特性

工程河段的水流运动为径流与潮汐相互作用形成的涨落潮流，为中等强度的非正规半日潮。由于径流与潮流强弱交替，动力组合不同，沿程阻力不同，涨落潮流路不尽一致（图2）；加之潮流与潮位存在相位差，产生大面积的横向水流，使水流运动规律更加复杂。相对而言，落潮流对主河槽的塑造作用较为明显，涨潮流对近岸次河槽具有较强的塑造作用，而横向水流（越滩流）往往成为导致河势格局发生重大调整的动力因素^[2]。

1.1.2 泥沙特性

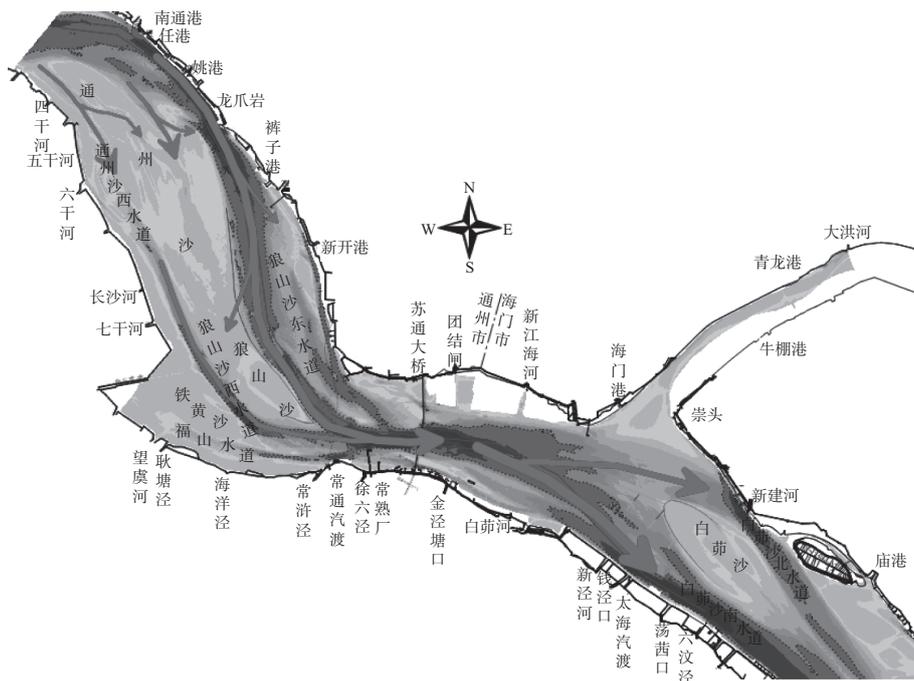
本河段河床质泥沙粒径年内随不同潮量不同潮型而变化，并呈沿程细化趋势。悬沙中值粒径0.006~0.03 mm，悬沙垂向间交换频繁，不同潮型与涨落潮泥沙粒径有一定差异，无明显规律，但含沙量垂线分布随深度变化规律明显，悬沙底层与表层含沙量比值可达20~60倍。床沙中值粒径0.006~0.25 mm，洪、枯季床沙粒径有一定差异。特别在白茆沙河段，洪、枯季床沙粒径变化范围可达3~10倍，悬沙与床沙交换现象明显^[3]。本河段泥沙运动以含沙浓度较高的底沙输移、甚至以暗沙形态大规模输移为主要特点。

近年来，长江水文情势变化对长江河口河床演变产生了趋势性的影响，大通水文站观测资料显示，年径流量基本仍呈周期性变化，但年内枯季流量有所增大；年输沙量自20世纪80年代后期一直呈减小趋势，徐六泾站涨落潮平均含沙量均呈逐年减少趋势，现仅0.5 kg/m³，比历史记载减少50%以上。这一趋势使水流沿程冲刷成为水沙运动的主要特征，太仓—南通河段有利于航槽稳定的洲滩边界正被逐步冲刷破坏^[4]。

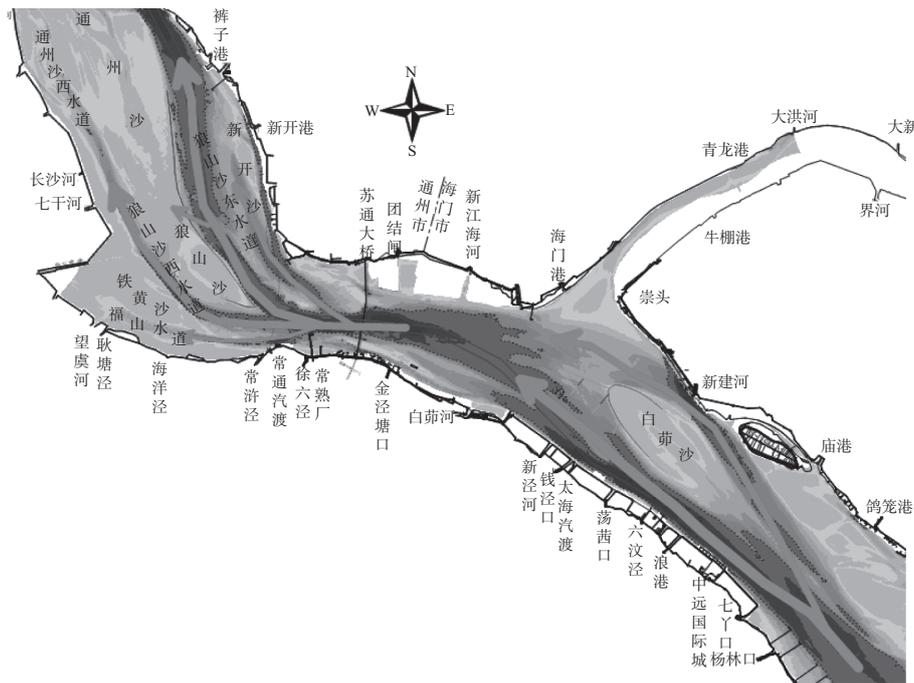
1.2 碍航特性

1.2.1 通州沙水道

通州沙水道碍航浅滩位于通州沙水道中部的南农闸一带。通州沙东水道、狼山沙水道的航



a) 落潮主流路径



b) 涨潮主流路径

图2 通州沙、白茆沙河段涨落潮路径示意图

道主导右边界（通州沙下段与狼山沙沙体左缘）持续冲刷后退，河道展宽，深槽向宽浅方向发展而导致水流分散，新开沙形成并发展，左岸近岸低边滩淤积南压挤压主航槽，在下移过程中边滩切割冲散，江中形成多个孤立-10 m心滩，心滩不断变化，局部水深不足，航道淤浅。

1.2.2 白茆沙水道

白茆沙南水道浅区碍航特性与上游来流特性有关：受徐六泾节点河段主流摆动的影响，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，浅滩形态一般为正常浅滩，航道条件较好，主航道一般位于南水道；

遭大水年时,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,浅滩形态一般为散乱浅滩,航道条件也较差。

白茆沙北水道浅区碍航特性与白茆沙头部的冲刷变化有关: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^[5-7]。

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,但南水道进口段不仅存在航槽平面不稳定的隐患,还存在白茆沙沙头持续冲刷后退,河槽断面扩大,水流分散,断面流速减小,航槽淤浅的可能^[6]。

2 航道整治的时机与关键部位

2.1 工程河段的演变规律与演变趋势

2.1.1 工程河段演变规律

太仓—南通段河道历史演变是伴随着长江口演变而进行的。主要特征是随着长江河口逐步下移(镇江→江阴→徐六泾),暗沙不断出水并岸,河宽不断缩窄,河道逐步向江心洲分汊河型转化,并伴有主支汊的兴衰交替^[6,8]。

近期演变主要受大洪水与人类活动两大因素主导,其演变大致经历了20世纪70年代—90年代—2000年至今等3个阶段。演变的主要特征^[1-2,7-8]是随着人工控制工程的不断实施,逐步形成了多个节点(九龙港、徐六泾、七丫口),主流动力轴线摆动幅度减小,上下游之间的影响不断减弱,总体河势由极不稳定逐步演变为基本稳定。但由于航道关键边界尚未固定,河道的自然演变导致航道条件随之变化。演变主要表现为:1)通州沙河段的狼山沙形成、下移、西偏和新开沙形成,沙

体上移下挫以及相应通州沙东水道、新开沙夹槽的变化,通州沙西水道和福山水道总体上呈缓慢淤积状态。2)徐六泾河段随着苏通大桥的建成、新通海沙围垦工程及常熟边滩围垦工程的进行,河道进一步缩窄、节点控制作用进一步加强。近年来,徐六泾主槽有冲有淤,白茆小沙下沙逐渐冲失。3)白茆沙洲头冲刷后退,南水道进口断面扩大,北水道进口段处于缓慢淤积势态。

近期演变特征为:通州沙的沙头东北侧区域有所冲刷,滩面南北向甬沟有所发育;通州沙的下段—狼山沙北缘冲刷后退、主槽不断走弯,裤子港沙下段南缘淤长南压、北缘甬沟发展;受此影响,狼山沙东水道不断西移,上段主槽淤浅,12.5 m深槽宽度不足。因受下游白茆沙沙头持续下移影响,白茆沙的出口断面河槽坦化,出口段主流摆动空间加大;白茆沙沙头冲刷下移,上游河槽向宽浅型发展;白茆沙南北水道维持“南强北弱”态势:其中南水道冲刷发展,深槽不断向北拓宽,而南水道进口段存在水下浅区,白茆沙头冲刷下泄的泥沙,加剧南支中下段局部深槽淤积;北支水沙倒灌现象减弱,影响范围主要位于北水道进口段及北岸海太汽渡附近。

演变规律为:1)通州沙与狼山沙是主航槽的主导右边界,稳定与否直接关系到航道条件的好坏。从近期演变来看,通州沙中下段和狼山沙左侧滩缘线的持续冲刷崩退,是导致通州沙水道滩槽格局发生变化、航道出浅碍航的最主要原因。2)白茆沙水道航道条件与白茆沙沙头的位置及沙体形态密切相关,白茆沙沙头的冲刷后退是整个白茆沙沙体冲刷散乱的开端,也是航道向宽浅不利方向变化的起因。3)通州沙、狼山沙左缘和白茆沙沙体一旦被严重冲刷甚至切割,沙体变得萎缩散乱,主航道条件将会明显恶化,随着近年来上游来沙量的减少,沙体再次恢复的难度将增大,周期将延长,相应的主航道碍航问题将出现或进一步加剧^[6]。

2.1.2 工程河段演变趋势

随着上游总体河势逐渐趋稳以及人工围垦的作用,徐六泾节点作用逐渐加强,太仓—南通段

河势总体稳定, 将长期维持通州沙东水道→狼山沙东水道→白茆沙南水道为主航道的分汊格局, 具备建设 12.5 m 深水航道的基本条件。

随着通州沙中下段及狼山沙左缘不断崩退, 河道将进一步展宽淤浅, 航道将可能出浅碍航。白茆沙南水道进口展宽, 河床继续向宽浅型发展; 北水道进口 10 m 等深线断开范围将继续加大 (2011 年已达 9 km), 加上北支盐水倒灌影响, 北水道将难以发展^[6]。

2.2 深水航道的整治时机分析

经过多年的自然演变及人工治理, 自 20 世纪 80 年代末, 上游福姜沙水道分流形势逐渐稳定, 通州沙水道上游主流相对稳定, 主航道一直稳定在通州沙东水道—狼山沙东水道。近年来, 通州沙及狼山沙的左缘继续冲刷后退, 深泓随之右摆, 造成通州沙东水道和狼山沙东水道河床淤浅; 白茆沙自 20 世纪 90 年代初发育成完整滩体以来, 自然航道条件良好。但近年来落潮主流出徐六泾节点后南偏, 加之流域来沙减少, 白茆沙洲沙头继续不断冲刷后退, 航道水深逐渐减小, 同时北水道进口-10 m 深槽中断约 4 km, 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, 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。

可见, 目前通州沙水道、白茆沙水道总体河势稳定, 通州沙水道与白茆沙水道之间的徐六泾节点作用逐步加强, 河势变化幅度减小, 这一总体河势为适时实施航道治理工程提供了基础条件。但是, 狼山沙沙体左缘持续冲刷、白茆小沙下沙体冲失、白茆沙南水道进口展宽淤浅, 使得太仓—南通河段航道条件正在向不利方向发展。河床演变历史反复证明, 如不尽早采取工程措施, 很可能丧失 12.5 m 深水航道建设相对有利时机^[6,9]。因此, 通州沙水道、白茆沙水道的深水航道最佳时机虽已错过, 现正向不利的方向发展, 迫切需要及时实施长江南京以下 12.5 m 深水航道 (太仓—南通段) 建设工程, 抓住目前相对有利时机, 稳定较为有利的滩槽格局, 遏制航道条件向不利方向

发展, 保护和利用现有深水航道资源, 以较少的投资发挥较大的效益。

2.3 深水航道整治的关键部位分析

2.3.1 通州沙水道整治关键部位

通州沙水道内左侧新开沙滩体相对高大完整, 且处于淤涨状态, 而右侧通州沙和狼山沙处于不断冲刷崩退的过程中, 应首先考虑对稳定性较差的通州沙和狼山沙左缘进行控制守护。通州沙东水道—狼山沙东水道展宽部位主要位于通州沙下段与狼山沙段, 沙体的左缘主导着航槽边界条件, 相应地深槽偏靠右侧。随着通州沙下段至狼山沙尾左缘持续冲刷后退, 通州沙与狼山沙间甬沟分流, 河道向宽浅的不利方向发展, 部分年份南农闸段水深不足且航宽较窄, 航槽中时有水深不足 10.5 m 浅包出现, 航道呈不利变化趋势。因此, 该段沙体左缘的稳定直接影响着本水道航道条件的好坏。为此, 确定通州沙水道航道整治关键部位为通州沙下段与狼山沙的左缘以及通州沙与狼山沙间甬沟, 需实施关键控制工程^[4,6,10]。

2.3.2 白茆沙水道整治关键部位

从河床演变来看, 本河段演变主要表现为白茆沙的形成—发育—分汊交替发展—白茆沙冲刷后退—冲失—新的心滩形成的演变过程。目前, 自 1954 大洪水冲散白茆沙后, 白茆沙发育, 20 世纪 90 年代, 白茆沙南北贯通, 白茆沙洲头逐渐冲刷下移达 4 km, 近年来, 后退明显趋缓, 这和流域来水过程有关, 随着大洪水的到来, 白茆沙不但有冲刷后退的空间, 仍具有被冲散的可能^[5-7]。可见, 恢复并保持白茆沙的完整是白茆沙河段深水航道整治的关键。为此, 确定白茆沙水道航道整治的关键部位为白茆沙头部与沙体南北边缘, 需实施关键控制工程^[6,11-14]。

3 航道整治方案优化

3.1 航道整治原则

根据前述河床演变规律的分析, 本河段的航道治理原则为“固滩、稳槽、导流、增深”, 即守护洲滩关键部位、稳定深槽、形成稳定的航道边界, 调整工程区域流场、增强浅区动力、为深水航道建设和维护提供保障。

3.2 航道治理思路与方案优化

3.2.1 航道治理思路

水利部门通过多年的观测分析与河道治理方案研究,提出了《长江口综合整治规划》与《澄通河段河道整治规划》,对全面控制长江河口河势变化提出了总体治理方案,航道治理是其中的部分工程^[11,15],航道整治方案需要符合总体规划要求。

太仓—南通段12.5 m深水航道治理需要利用目前相对有利的时机,抓住影响航道稳定的主要矛盾,在“稳定航道主边界、增强浅区落潮动力”的治理认识基础上,选择对航道演变起关键作用的既有洲滩边界为依托,进行人工控制。实施关键部位控制工程,防止出现新的分流通道的,避免局部河势变化引发的大幅调整,保护良好的航道格局,利用落潮流为主的潮流特征,推进未受控河段河床自我调整的速度,依靠水动力创建自然和谐的河床形态^[4,16]。

3.2.2 航道整治方案

依据深水航道整治的关键部位分析及航道治理思路,航道整治方案为:在通州沙—狼山沙窄沟段实施限流潜堤,并在上述护滩限流潜堤的外侧布置丁坝以保护主堤的堤身安全,防止潜堤外侧滩坡冲刷,进而稳定深槽及相邻沙体的不利变化;限流潜堤的上下游分别沿通州沙下段与狼山沙的左缘延伸,以保护沙体、阻止进一步冲刷后退。在白茆沙沙体的南北边缘布置护滩潜堤以固滩防冲、稳定白茆沙体的完整;在白茆沙头部向上游布置潜堤至南北水道分流点附近,以稳定南北水道的分流格局,在白茆沙头部潜堤南侧布置丁坝以增加护滩范围,适当增强浅段落潮动力。

3.2.3 航道整治方案优化

为实现深水航道的整治效果,整治方案的优化原则是:紧紧围绕整治目标,充分利用原型观测资料、数模计算、物模试验等技术手段,分析研究不同方案的整治效果;同时充分考虑整治工程对水流条件的影响,尽量避免非工程目标的水流明显改变,保证工程区域内河势的总体稳定。

1) 通州沙河段航道整治方案优化。

主要优化方向为:潜堤布置在通州沙下段与

狼山沙左缘的横向位置与线型、通州沙潜堤上游端(头部)位置、狼山沙潜堤下游端位置;通州沙下段、窄沟段、狼山沙段、狼山沙尾段等潜堤的高程(-2 m, 0 m, 1 m, 2 m, 0~2 m)、通州沙与狼山沙间窄沟段潜堤过渡长度(2 km, 4 km, 6 km)与方式;通州沙下段与狼山沙间稳堤丁坝的数量(7座、8座、10座和16座)、长度、高程;以及3方面因素的组合方案等^[6,17-21]。

2) 白茆沙河段航道整治方案优化。

主要优化方向为:白茆沙头部潜堤的方位、高程,头部潜堤丁坝的长度与高程;白茆沙南北圈围潜堤的堤线布置与高程(0 m, 1 m, 1.5 m)、南堤长度、北堤长度等^[6,17-21]。

3.3 航道整治方案介绍

3.3.1 总平面布置

经过各方面的优化研究,两水道的航道整治方案^[17]见图3。

通州沙水道采用潜堤和丁坝相结合的整治方案,通州沙下段左缘潜堤长度为4 500 m,堤顶高程为-2.0~-3.0 m(高程以国家85高程为基准面,下同);通州沙与狼山沙过渡段潜堤长度为6 600 m,堤顶高程为-2.0~0.0 m;狼山沙潜堤长度为6 300 m,堤顶高程为0.0 m;狼山沙尾部潜堤长度为600 m,堤顶高程为0.0~-5.0 m。潜堤左侧布置丁坝8座,长度为330~500 m,坝根30 m的高程与潜堤平齐,上游4条坝堤身高度2 m,第5条坝头高程渐变为-7.0 m,第6~8条坝头高程渐变为-5.0 m。

白茆沙水道采用潜堤、丁坝和护堤坝相结合的整治建筑物布置方案。白茆沙南、北潜堤长度分别为8 562 m和4 888 m,堤顶高程均为1.0 m;白茆沙头部潜堤上端延伸至9 m等深线左右,下端与南、北潜堤相接,长度为3 500 m,堤顶高程为-7.0~1.0 m。白茆沙头部潜堤的南侧布置丁坝3座,长度分别为1 300 m,1 600 m和800 m,3条坝根部900 m,700 m,0 m与潜堤齐平、坝头高程渐变至-7.0 m。白茆沙北潜堤北侧布置护堤坝4座,长度均为100 m,坝身高度为2~3 m。新建闸护岸采用抛石护岸与丁坝相结合,护岸加固2 000 m,抛石约1.0厚,加长原4#丁坝50 m,坝头高程1.5 m,坝根高程2.0 m。

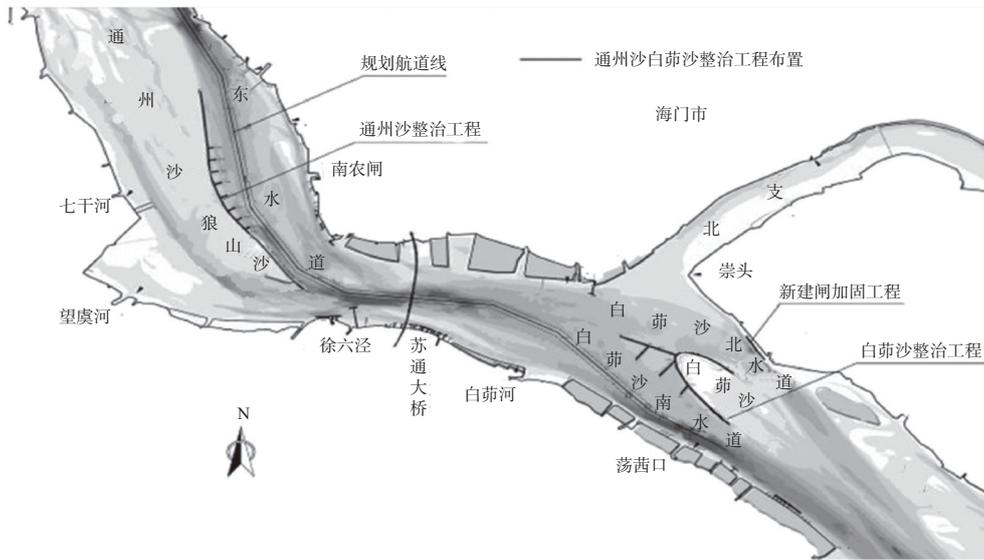


图3 太仓—南通段航道整治工程平面布置

3.3.2 整治建筑物

1) 通州沙整治建筑物。

通州沙潜堤分别采用抛石斜坡堤、半圆形混合堤和齿形构件混合堤结构。堤高小于 4.0 m 的堤段

采用抛石斜坡堤结构，堤高 4.0 ~ 6.0 m 的堤段采用齿形构件混合堤结构（图 4），堤高大于 6.0 m 的堤段采用半圆型混合堤结构（图 5）；潜堤堤头均采用抛石斜坡堤结构；丁坝均采用抛石斜坡堤结构。

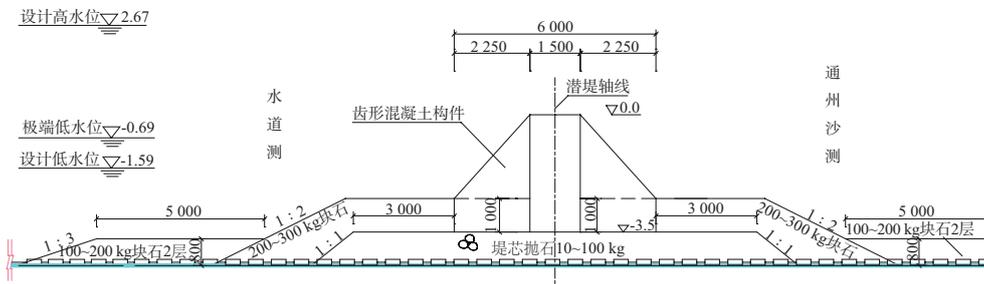


图4 齿形构件混合堤结构断面

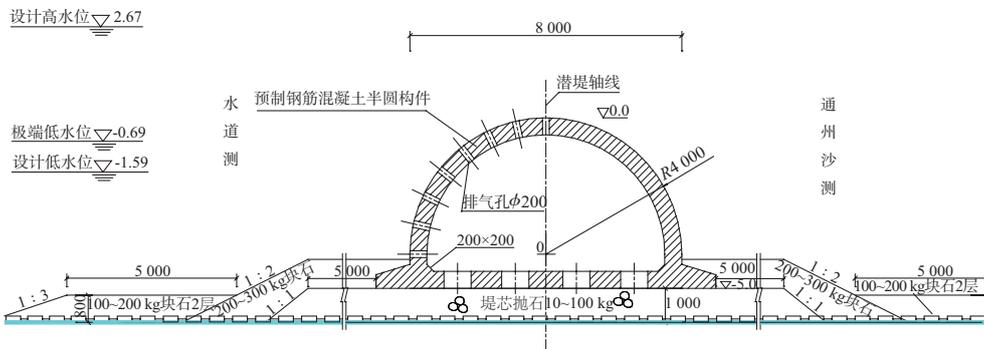


图5 半圆形混合堤结构断面

2) 白茆沙整治建筑物。

白茆沙潜堤分别采用抛石斜坡堤和半圆型混合堤结构。南、北潜堤堤高小于 6 m 的堤段采用抛

石斜坡堤结构，堤高大于 6 m 的堤段采用半圆型混合堤结构（图 5）；头部潜堤采用抛石斜坡堤结构；上游第 1 条丁坝采用抛石斜坡堤结构，第 2 和

第3条丁坝采用半圆型混合堤结构。

4 航道整治建筑物新型结构研究

4.1 对结构的新要求

由于工程河段水流条件复杂、地质条件差、石料来源及其价格尚有诸多制约和不确定性因素,因此除采用传统抛石斜坡堤、连锁块软体排外,研究开发了适应潮汐河段水沙动力条件的新型混合构件(齿形构件、开孔半圆体),在不同堤段采用适宜的结构形式,以降低工程造价,适应工程需求。同时,以往护滩多采用连锁块软体排,本工程拟研究能够有效改善近底水流结构、在工程区近底形成较好的消能促淤条件,具有较好的稳定性、耐久性和经济性并且施工方便的消能促淤结构物(主动式钩连体、透水框架)。本工程的狼山沙潜堤处为芦苇生长区,潜堤护底如采用传统的混凝土连锁块软体排,则可能影响芦苇的生长,因而要求研究开发生态软体排,将工程护滩结构与绿色植物生长结合起来,营造硬质护底和生物耦合的复合系统,实现对航道的生态修复。

软体排护底结构在航道整治工程中的应用广泛,但护底软体排在应用中往往出现排体断裂整体滑入江中、排体边缘撕裂破坏、排体被掀起而丧失守护功能、排体受到锚锭破坏等结构失稳情况;余排宽度确定依赖于一般导堤或丁坝的经验公式计算。本工程中整治建筑物的护底面积达1 700万 m^2 ,软体排工程费用占整个投资的比重较大,达到总投资的50%~60%,需要针对现有软体排结构稳定性与余排宽度计算方法的不足进行相应的研究。

4.2 预期成果

本工程中采用的新型混合堤构件(齿形构件、开孔半圆体)经过了系统的试验研究,成果已直接应用于初步设计中,但消能护滩结构(主动式钩连体、新型透水框架)、生态软体排结构、潮汐河段护底软体排结构稳定性及余排计算方法改进等正在研究之中,预期取得以下成果,并将在本工程中试应用。

4.2.1 潮汐河段新型消能护滩结构研发与应用

为解决特殊部位消能护滩难题,将开展主动式钩连体结构和新型透水框架的研究和开发。通过水槽试验、现场试验及综合分析,预期主要成果有:1)新型消能护滩结构的生产材料、加工生产工艺及相应的力学特性;2)新型消能护滩结构的定型尺寸、抛投层数;3)新型消能护滩结构的稳定性、消能护滩效果及适用条件。

4.2.2 潮汐河段护底软体排结构稳定性及余排计算方法改进

为节约投资,需要深入认识径流和潮流共同作用下软体排失稳机理,提出合理的护底设计参数。通过水槽试验、现场试验及综合分析,预期主要成果包括:1)适用于一期工程,且满足稳定性和经济性要求的软体排结构形式、设计参数的计算方法;2)径潮流共同作用下排体压载重力、余排宽度优化设计的计算方法;3)优化一期工程软体排布置。

4.2.3 潮汐河段生态软体排结构研发与应用

本工程坚持“生态保护与修复并重”的理念,生态软体排的研发正是对生态修复材料的积极创新、对生态航道建设的积极探索。预期成果主要有:1)适应于工程区域生态修复物种;2)生态型软体排的新型结构及施工工艺;3)生态修复效果分析。

5 结语

1)长江太仓—南通河段地处长江潮汐河口的过渡段,径流与潮流强弱交替变化频繁,水沙运动复杂多变,航道条件不稳定,治理难度大。

2)目前,通州沙水道、白茆沙水道总体河势稳定,为实施航道治理工程提供了基础条件。但是,通州沙下段、狼山沙沙体左缘持续冲刷、白茆沙沙头不断冲刷后退、白茆沙南水道进口展宽淤浅,航道条件正在向不利方向发展。为此,应尽快实施深水航道一期工程。

3)通州沙下段与狼山沙左缘、白茆沙头部及沙体是工程河段航道整治的关键部位,需实施控制工程。

4) 本工程整治建筑具有坝体结构长度大、样式多、施工条件复杂; 护底结构工程量大、安全稳定要求高、部分区域需兼具生态修复功能等特点。

5) 针对工程建设的新要求, 一期工程开展多项新型结构研发。

参考文献:

[1] 夏云峰, 曹民雄, 陈雄波. 长江下游三沙(福姜沙、通州沙、白茆沙)水道演变分析及深水航道整治设想[J]. 泥沙研究, 2001(3): 57-61.

[2] 南京水利科学研究院. 长江下游通州沙—白茆沙河段河床演变分析研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2012.

[3] 南京水利科学研究院, 长江口水文水资源勘测局. 长江下游通州沙河段暗沙、浅滩泥沙运移及其对河势和航道影响分析研究报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2012.

[4] 陈晓云. 长江太仓—南通河段河道演变特性与航道治理思路分析[J]. 水运工程, 2012(4): 102-110.

[5] 吕大明, 王广平, 吴众, 等. 通州沙和白茆沙水道碍航特性分析研究[C]// 中国水利学会2007学术年会人类活动与河口分会论文集, 2007: 166-173.

[6] 长江航道规划设计研究院. 长江南京以下 12.5 m 深水航道建设工程一期工程可行性研究报告工报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2012.

[7] 周行特. 长江下游白茆沙水道近年演变浅析[J]. 水运工程, 1988(4): 17-21.

[8] 孙英, 阮文杰. 长江口白茆沙河段的河演分析[J]. 杭州大学学报, 1984(2): 257-268

[9] 姜国栋, 张进, 邱张英, 等. 白茆沙整治工程的必要性分析[C]// 第十四届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集,

2009: 984-989.

[10] 谭伦武, 裴金林, 李靓亮, 等. 长江下游通州沙水道洲滩关键控制工程方案研究[J]. 水道港口, 2011(4): 264-269.

[11] 苏长城, 夏云峰, 吴道文. 长江下游白茆沙河道河势控制工程研究分析[C]// 第十四届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集, 2009: 1 632-1 635.

[12] 刘怀汉, 袁达全, 裴金林, 等. 长江下游白茆沙水道航道整治对策[J]. 水运工程, 2010(11): 68-92.

[13] 孔令双, 王巍, 顾峰峰, 等. 长江口白茆沙河段航道整治方案初步研究[J]. 水道港口, 2010(5): 379-383.

[14] 徐照明, 陈前海. 徐六泾节点及白茆沙河段整治方案研究[J]. 人民长江, 2009(13): 3-5.

[15] 仲志余, 王永忠. 论长江澄通河段的综合治理与开发[J]. 人民长江, 2009(11): 1-4.

[16] 陈晓云. 长江南京以下深水航道治理对策研究[J]. 水运工程, 2011(12): 99-106.

[17] 中交上海航道勘察设计研究院. 长江南京以下 12.5 m 深水航道一期工程初步设计[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院, 2012.

[18] 南京水利科学研究院. 长江南京以下 12.5 m 深水航道一期工程总平面潮流泥沙数学模型研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2012.

[19] 南京水利科学研究院. 长江南京以下 12.5 m 深水航道一期工程总平面动床物理模型研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2012.

[20] 上海河口海岸科学研究中心. 长江南京以下 12.5 m 深水航道一期工程总平面潮流数学模型研究[R]. 上海: 上海河口海岸科学研究中心, 2012.

[21] 上海河口海岸科学研究中心. 长江南京以下 12.5 m 深水航道一期工程总平面动床物理模型研究[R]. 上海: 上海河口海岸科学研究中心, 2012.

(本文编辑 武亚庆)

