

· “长江南京以下12.5 m深水航道建设”专栏(20) ·



口岸直水道治理思路和工程布置

王建军

(交通运输部天津水运工程科学研究所 工程泥沙交通行业重点实验室, 天津 300456)

摘要: 口岸直水道是长江南京以下12.5 m深水航道二期工程重点整治河段之一。基于多年实测地形资料对口岸直水道的河床演变趋势等进行了深入分析, 形成了口岸直水道12.5 m深水航道治理思路, 提出了工程治理方案, 并采用非均匀、不平衡输沙平面二维潮流泥沙数学模型对方案效果进行了计算分析。分析计算表明: 口岸直水道河势总体稳定; 落成洲左汊放宽段存在过渡段浅滩, 过渡段浅滩航道条件随水文年过程的不同而存在好坏变化; 鳊鱼沙心滩在不同水文年冲淤变化频繁, 但受上游来沙大幅减少的影响, 冲刷、萎缩是鳊鱼沙沙体变化的主要方向或趋势。该水道航道治理的基本思路应以稳定落成洲头部和鳊鱼沙心滩的守护工程为主, 并结合丁、潜坝适当增加浅区的冲刷能力。通过工程措施可以达到12.5 m深水航道治理目标。

关键词: 河床演变趋势; 12.5 m深水航道; 治理思路; 口岸直水道; 数学模型

中图分类号: U 617.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)02-0001-09

Regulation ideas and project layout in Kou'anzhi waterway

WANG Jian-jun

(Key Laboratory of Engineering Sediment of Ministry of Communications,
Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, Tianjin 300456, China)

Abstract: Kou'anzhi waterway is an important part in the second phase of the regulation project of 12.5 m deep water channel from Nanjing to mouth in the Yangtze River. According to the measured topographic data in past years, we analyze the riverbed evolution trends in Kou'anzhi waterway and form the treatment thoughts of 12.5 m deep water channel in Kou'anzhi waterway with relevant engineering schemes put forward. Applying the 2-D tidal current and sediment mathematical model, we evaluate the scheme effects. The calculated results reveal that: 1) the river regime of Kou'anzhi waterway is steady substantially; 2) the transition part shoal exists in the broadening segment of the left branch of Luochengzhou, in which, the channel conditions varies with the hydrological processes; 3) the erosion and deposition in Manyusha shoal change frequently in different hydrological years, but the erosion and atrophy are the major prospect of sand variations in Manyusha due to abrupt reduction of the sediment from upstream. Therefore, the essential thoughts of the channel regulation are mainly stabilizing the protective engineering in the head of Luochengzhou and Manyusha shoal, and combining the spur and submerged dike to increase the erosion ability of shallow areas. The objective of 12.5 m deep water channel can be obtained by taking engineering measures.

Keywords: riverbed evolution trend; 12.5 meters deep water channel; idea of regulation; Kou'anzhi waterway; mathematical model

长江南京以下12.5 m深水航道建设工程是国家规划的打造黄金水道、建设长江经济带、助力“一带一路”战略的重点工程项目, 对于服务国家

重大战略部署、促进东中西部协调发展、推动江苏经济社会持续健康发展具有重大意义。目前南京以下12.5 m深水航道二期工程已经开工建设,

收稿日期: 2015-08-10

作者简介: 王建军(1980—), 男, 副研究员, 从事港口航道工程研究工作。

在一期工程(太仓—南通段)建成试运行基础上,二期工程将对南通天生港区至南京新生圩港区全长约227 km的河段进行整治。仪征、和畅洲、口岸直、福姜沙水道将实施洲滩关键控制工程和航道治理工程,并结合疏浚维护措施,初步实现贯通南京以下12.5 m深水航道的建设目标,其中,口岸直水道为重点整治河段之一。本文收集了口岸直水道多年实测地形资料,对该水道河床演变趋势进行了分析^[1-3],形成了口岸直水道12.5 m深水航道治理思路^[4-6],提出了工程治理方案^[7],建立了感潮河段平面二维水沙数学模型^[8],并对方案效果进行计算分析。

1 口岸直水道概况

口岸直水道位于长江下游扬中河段左汊,上

起五峰山,下至十四圩,全长约46 km。是南通—南京段重点碍航水道之一(图1)。口岸直水道所在的扬中河段属长江感潮河段,其间有支流淮汇入。受上游径流和下游潮汐的影响,以及支流汇入等因素的影响,河段水流、泥沙运动特征和河床变化较为复杂。口岸直水道可以分为上下两段:上段(五峰山—高港灯)为中间宽两头窄的弯曲多分汊河型,由落成洲将该段分为左右两汊,其中左汊为主汊。下段(高港灯—十四圩)为长顺直段,长约23 km,江中鳊鱼沙心滩将河槽分为左、右两槽,心滩冲淤频繁,两槽相应冲淤交替发展,航槽不稳,目前左槽为主槽。对12.5 m深水航道而言,该水道中主要存在上、下两处浅区。上浅区位于水道进口落成洲河段,下浅区为鳊鱼沙心滩河段。

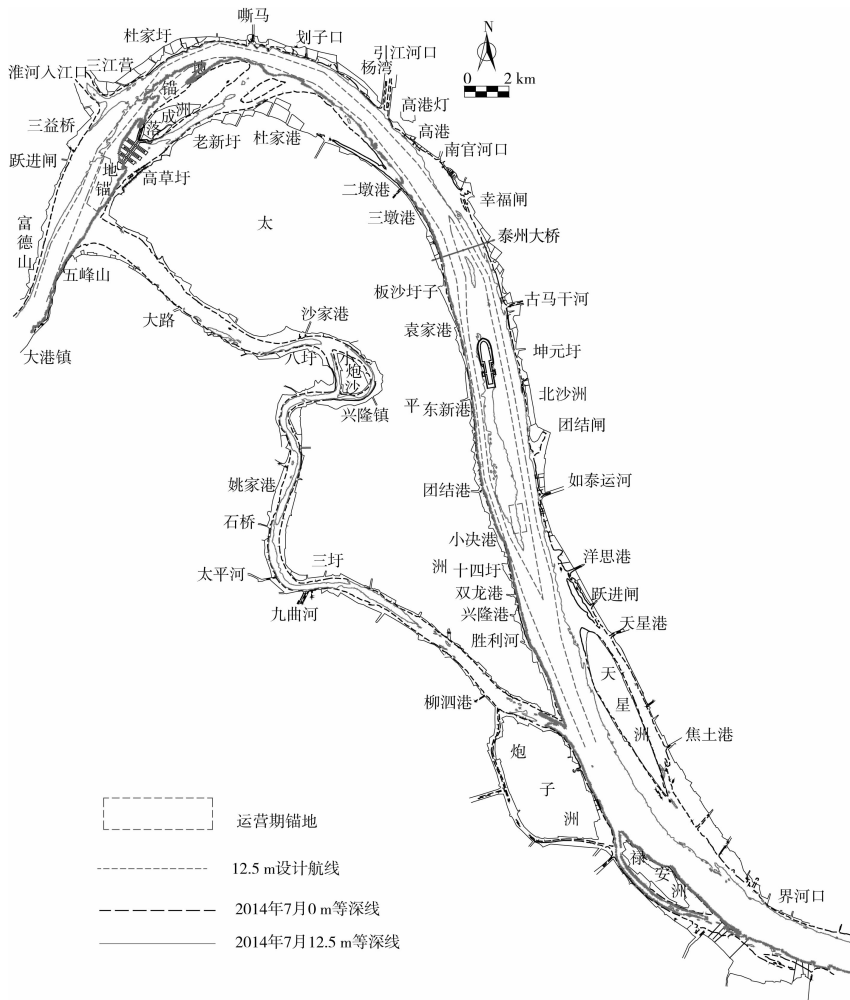


图1 口岸直水道河道概况

为改善口岸直水道的航道条件,并为后续工程打下基础,2011—2012年先后实施了鳊鱼沙心滩头部守护工程和落成洲头部守护工程,均为稳定洲滩的守护工程,对航道水深的改善作用有限。

口岸直水道现行航道维护尺度标准为10.5(10.8)m×500m×1050m(枯季(洪季)水深×航宽×弯曲半径),其中鳊鱼沙左槽为上水航道,右槽为下水航道,维护宽度分别为300、200m。

2 河床演变趋势的主要认识

2.1 对河势的总体认识

口岸直水道河段总体河势将保持相对稳定。上游丹徒直水道中下段稳定少变,进口段在右岸临江五峰山岩石山矾的控制下,形成了较为稳定的太平洲左右汉分流局面。太平洲分流、分沙及主槽走向多年来基本稳定的局面不会改变。左汉口岸直水道在两岸护岸工程及港口码头等工程的强力控制下,河道边界条件已基本稳固,河道横向变形的可能性很小,同时出口段河床冲淤变化也有明显减弱趋势,河道总体格局保持稳定。太平洲右汉多年来入流条件稳定少变,随着护岸工程的实施,河道将保持相对稳定。扬中河段下游江阴水道上有天生港人工节点,下有鹅鼻嘴天然节点,对整个水道的主泓走向有较为重要的控制作用,目前两岸岸线大规模开发也将对该河段河势格局的稳定起到积极的作用。

在上下游河道稳定的情况下,随着沿岸护岸工程不断加强以及岸线开发利用,口岸直水道的河势不会出现较大变化,将继续保持相对稳定的状态。

2.2 对落成洲河段的认识

从河段平面形态看,位于口岸直水道上段的落成洲河段呈顺时针弯曲,太平洲洲头左缘的落

成洲及其右汉和杜家港高边滩构成了这个弯道的凸岸边滩。该弯道进口河段河宽约1000m、出口河段河宽约2000m,中段最宽处约3500m(含洲及其支汉),呈明显的中间宽两端窄的形态特征。同时,五峰山节点河段(丹徒直水道的中下段)呈逆时针微弯、落成洲弯道则呈顺时针弯曲,上、下两弯道中间没有十分明显的过渡段。长江过五峰山后被太平洲分为左右两汉,左汉为主流,右汉支流与左汉主流方向几乎呈正交形势。受五峰山节点河段主流贴右岸的影响,深泓在该河段产生由右而左的过渡,并随河道展宽而扩散,至三江营处主流贴靠左岸。

落成洲河段浅区河道放宽,泥沙易于落淤,在遭遇洪水时,主流右偏使落成洲及其右侧受到冲刷,过渡段则产生淤积,汛后落水期主流又向左回摆,但若不能将洪水期过渡段内的淤沙冲走,必然形成过渡段浅滩,导致航道内水深不足。近年来,主流仍存在右摆趋势,且基本稳定(图2),落成洲河段浅区由正常的过渡段浅滩逐渐演变成上下深槽交错型浅滩。虽然落成洲头部的护滩工程使落成洲洲头冲刷得以抑制,但仍不满足12.5m深水航道的要求。

放宽、分汉、弯曲、汇流是落成洲河段的基本格局,在上深槽右偏(入流条件,进口深槽)且持续的现状条件下,三益桥边滩发育存在、下深槽(弯道段左岸槽)下挫后退,上、下深槽间的过渡段则存在过渡段浅滩。过渡段浅滩航道条件随水文年过程的不同而存在好坏变化,一般而言,小水小沙年航道条件要好,大水大沙年要差,落成洲过渡段浅滩也不例外。另外,由于淮河大流量入汇,引起上游壅水,浅滩区域流速降低也是浅滩形成的重要原因。从变化趋势来看,落成洲河段浅区仍会出现较大冲淤变化,航道存在向不利方向变化的可能。

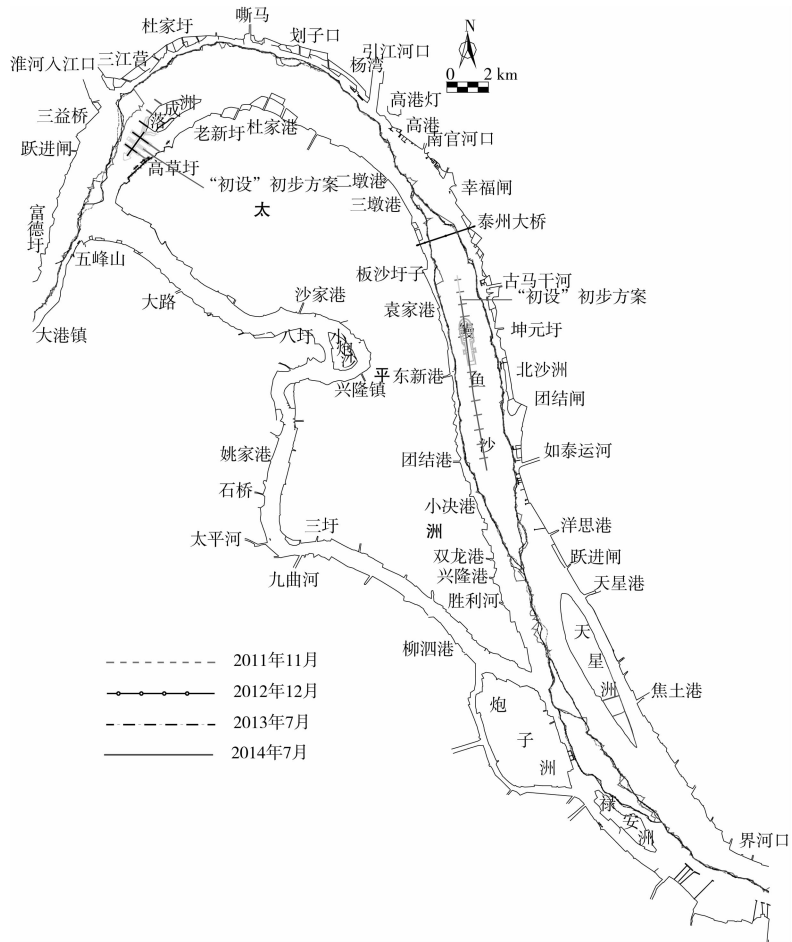


图2 口岸直水道近年来深泓线平面位置变化

2.3 对鳊鱼沙河段的认识

鳊鱼沙河段位于口岸直水道下段，属顺直河型，河宽（0 m 线）一般在 2~2.5 km。鳊鱼沙头部（泰州大桥轴线位置）河床断面呈不对称的“W”形态，右槽明显较左槽宽、深，右槽为主槽，水流动力轴线明显偏右。鳊鱼沙沙体上段的沙脊线明显偏左；中段沙脊线由偏左改变为明显偏右（自鳊鱼沙头部守护工程的上端位置开始偏右），左槽明显较右槽宽、深；至鳊鱼沙尾段，沙脊线居中，两槽宽、深相当。鳊鱼沙心滩滩体上存在明显的斜向水流（图3）。在鳊鱼沙河段上深槽（由高港灯到三墩港的跨河深槽，入流条件）长期相对较为稳定的条件下（图2），泰州大桥断面右侧分流占优的局面将持续，与跨河深槽相适应的高港边滩也将同时存在，并依水沙条件而消长变化，小水沙多则淤积，大水沙少则冲刷。

鳊鱼沙河段的顺直河型属性，决定了河道中间的心滩滩体不稳，历史上主航道多次发生易位，航道在左右两槽中相应改动，不利水文年常发生冲滩淤槽，甚至出现滩槽易位或边滩下移的不稳定现象（图4），左槽进口、右槽中下段航道水深不够或航道宽度不足，对于 12.5 m 深水航道，自然条件下无法满足航道尺度要求。泰州大桥建设后，主桥墩下形成了偏向左槽的心滩，桥上左岸侧高港边滩放宽段缓慢向下发展，桥区限制性河段 12.5 m 深水航道建设条件复杂。

长、顺直是鳊鱼沙河段基本的河型特征，鳊鱼沙随来水来沙而变化，大水年对居河床中部的鳊鱼沙沙体稳定不利。在三峡清水下泄、沙量大幅减小的现状来沙条件下，即便是小水年，鳊鱼沙沙体因沙少也难以壮大，冲刷、萎缩是鳊鱼沙沙体变化的主要方向或趋势。

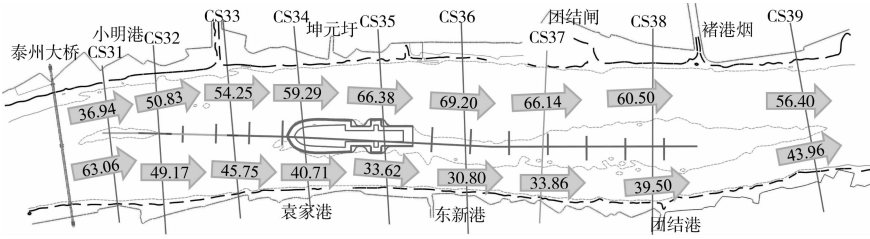
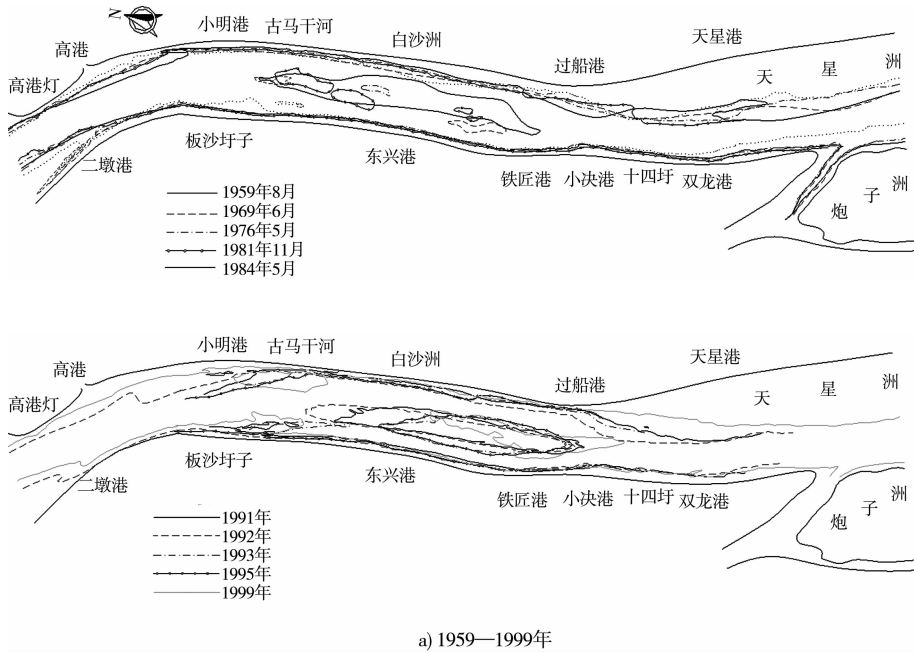
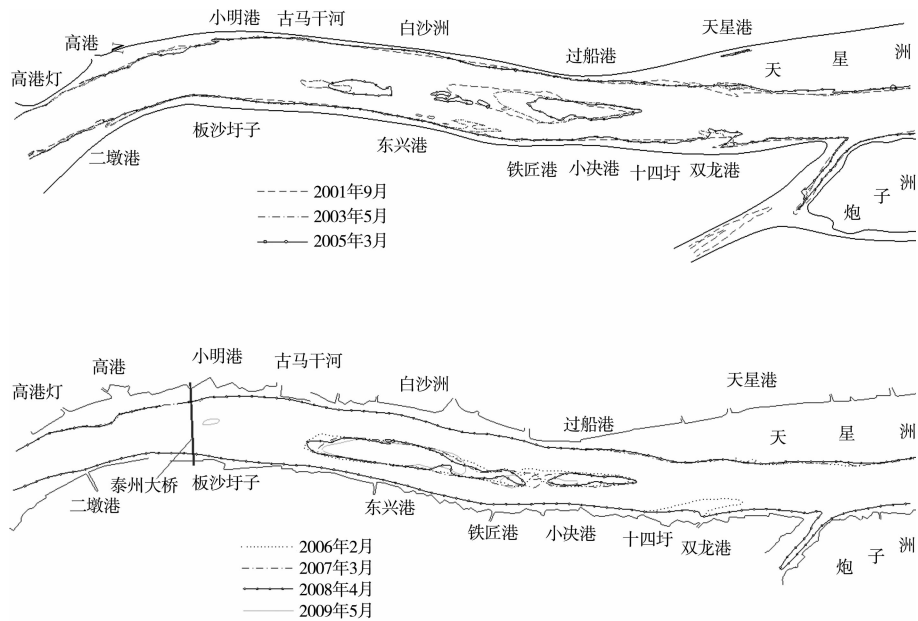


图 3 鳗鱼沙河段 2014 年 7 月地形下两槽分流变化 (以滩脊线为参考轴)



a) 1959—1999年



b) 2001—2009年

图 4 太湖洲左汊 (高港灯—天星洲尾) 10 m 等深线历年变化

3 数学模型介绍

交通运输部天津水运工程科学研究所受长江南京以下深水航道建设工程指挥部委托,开展口岸直水道航道整治工程数学模型研究,为整治工程方案的确定提供依据。

1) 模型范围上起和畅洲两汊汇合口下游(长江下游航道里程约245 km),下至江阴河段鹅鼻嘴(长江下游航道里程约155 km),模拟河段全长约90 km。模型采用贴体正交曲线网格。模型计算空间步长 $\Delta s=2\sim 100$ m,计算网格节点总数为 $745\times 121=90\ 145$ 个。

2) 模型经过枯季、中季、洪季大、中、小潮多次水文测验资料和地形冲淤变形的验证。验证内容包括潮位过程、潮流流速过程、各汊道分流比、冲淤量及河床冲淤变形。

枯水验证(3次验证)包括:①2010年3月17日—3月18日枯水大潮,相应长江流量为 $25\ 200\text{ m}^3/\text{s}$,淮河流量为0;②2011年1月5日—1月6日枯水中潮,相应长江流量为 $16\ 200\text{ m}^3/\text{s}$,淮河流量为0;③2012年11月29日—11月30日枯水大潮,相应长江流量为 $24\ 600\text{ m}^3/\text{s}$,淮河流量为0。

中水验证(2次验证)包括:①2014年6月28日12:00—29日18:00中水大潮,相应长江流量为 $43\ 300\text{ m}^3/\text{s}$,淮河流量为0;2014年7月2日14:00—3日20:00中水中潮,相应长江流量为 $44\ 000\text{ m}^3/\text{s}$,淮河流量为0;2014年7月5日16:00—6日22:00中水小潮,相应长江流量为 $45\ 000\text{ m}^3/\text{s}$,淮河流量为0;②2010年10月9日—10月10日中水大潮全河段全潮水文测验资料,相应长江流量为 $34\ 300\text{ m}^3/\text{s}$,淮河流量为0。

洪水验证(1次验证)包括:2007年8月1日—8月2日全河段洪水水文测验资料,相应长江流量为 $54\ 500\text{ m}^3/\text{s}$,淮河流量为 $6\ 500\text{ m}^3/\text{s}$ 。

河床冲淤变形验证(3次验证)包括:2013年7月—2014年7月起止地形;2009年5月—2010年3月起止地形;2011年1月—2012年12月起止地形。

3) 通过不同水沙条件的验证计算,结果表

明:模型各测站潮位过程、各个大断面垂线潮流流速过程、各汊道分流比等基本与原形偏差较小,符合JTS/T 231-2—2010《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》规定的要求。表明建立的二维潮流数学模型较好地模拟了工程河段潮波传播过程和潮流运动规律;在此基础上,进行河床冲淤变形验证,计算结果基本反映了原形河床地形的冲淤变化规律,说明泥沙模型能够较好地模拟泥沙的输移运动。

4 口岸直水道整治的基本思路及方案布置

4.1 整治思路

1) 落成洲河段。

从浅滩成因及外部条件的限制来看,本浅滩段宜采用整治与疏浚相结合的治理原则。在落成洲洲头守护工程基础上,通过一定的工程措施加强洲头守护,通过丁、潜坝群适当增强左汊浅滩过渡段水流动力、改善浅区航道条件,并采用护底工程措施限制落成洲右汊冲刷发展。

2) 鳊鱼沙河段。

在最新(2014年7月)地形条件下,整个鳊鱼沙河段12.5 m等深线是贯通的,且宽度基本满足设计要求,由于该河段的基本条件,虽本次地形条件下12.5 m等深线贯通,但在没有新的工程措施条件下,要长期保持很难。因此本段实施工程的关键目标是进一步稳定鳊鱼沙心滩。在鳊鱼沙头部守护工程基础上,采取工程措施扩大鳊鱼沙滩体的守护范围,以抑制鳊鱼沙滩体的冲蚀,稳定航道边界条件,维持鳊鱼沙两槽尚较好的航道条件;鞍槽段守护工程适当抬高,以强化守护和控制效果。

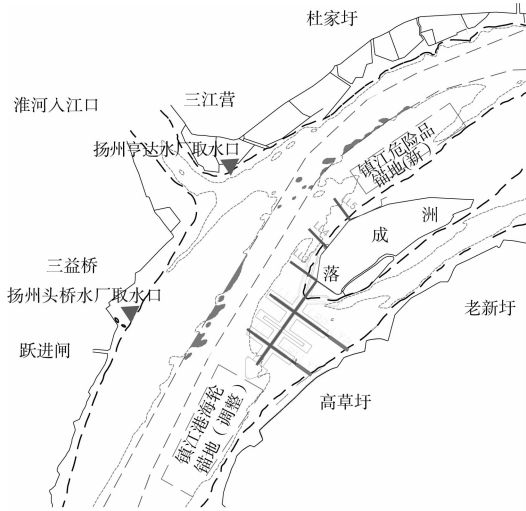
4.2 方案布置

口岸直水道整治工程包括鳊鱼沙和落成洲整治工程(图5)。其中:

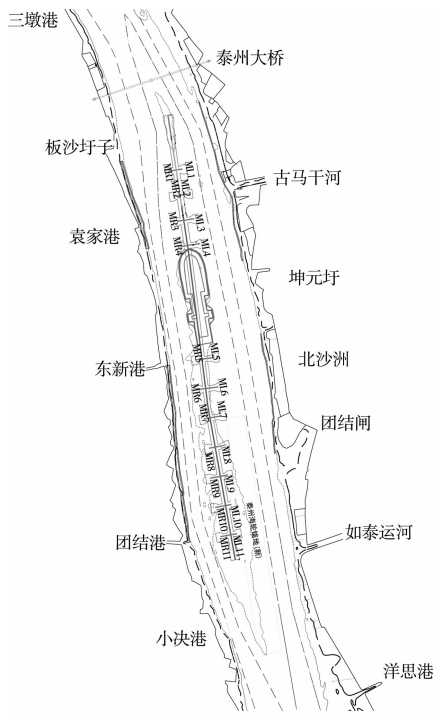
1) 鳊鱼沙整治工程布置在鳊鱼沙心滩,采用护滩潜堤和护滩带相结合的整治建筑物布置方案。潜堤长度为10 600 m,自堤身高度2.0 m过渡至高程-10.0 m,主体堤顶高程为-9.0~-10.0 m。

潜堤两侧各布置护滩带 11 座，长度为 150 ~ 300 m，根部 50 m 范围内与潜堤高程齐平，50 m 以外抛石厚度为 3 m。

长度为 425 ~ 535 m，其中 LL1 丁坝根部平直段顶高程 -5.0 m（长度 200 m）渐变至坝头顶高程 -11.0 m，LL2 根部平直段顶高程 -1.0 m（长度 215 m）渐变至坝头顶高程 -8.0 m，LL3 丁坝根部抛石厚度 1.0 m 过渡至丁坝头部顶高程 -9.0 m，LL4 丁坝根部抛石厚度 1.0 m 过渡至坝头顶高程 -10.0 m，LL5 丁坝由根部抛石厚度 1.0 m 过渡至坝头顶高程 -13.0 m。潜堤南侧布置 2 座丁坝，长度分别为 520 m（LR1）和 700 m（LR2），顶部高程分别为 -5.0 ~ -7.0 m 和 -1.0 ~ -6.0 m。右汊进口布置护底带 2 条，长度分别为 310 m 和 385 m，抛石厚度为 3.0 m。



a) 落成洲河段



b) 鳊鱼沙河段

图 5 工程方案平面布置

2) 落成洲整治工程布置在落成洲洲头及中上段左缘以及右汊进口段，采用潜堤、丁坝和护底带相结合的整治建筑物布置方案。潜堤长度为 1 700 m，堤顶高程为 2.0 ~ -11.0 m（其中堤根段 325 m 堤身高度 1 m）。潜堤北侧布置丁坝 5 座，

5 口岸直水道整治工程方案效果

1) 落成洲左汊 12.5 m 设计航道内流速均有所增加，其中，中枯水流量下，上浅区位置流速增幅 0.01 ~ 0.05 m/s、下浅区流速增幅 0.06 ~ 0.11 m/s；落成洲右汊汊内上段流速减幅 0.06 ~ 0.25 m/s，右汊汊内下段流速减幅 0.03 ~ 0.06 m/s（图 6）；落成洲右汊分流比最大减幅为 3.00%（表 1）。

表 1 工程实施前后汊道分流比变化

流量/ ($m^3 \cdot s^{-1}$)	分流比/%					
	落成洲右汊			太平洲右汊		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
16 500	18.00	15.00	-3.00	9.24	9.62	0.38
28 500	22.39	21.54	-0.85	11.29	11.45	0.16
57 500	24.53	23.93	-0.60	12.52	12.68	0.16

鳊鱼沙河段心滩滩面流速有所减小，同时左右两槽航槽流速均略有增加，左右两槽航槽流速增幅在 0.01 ~ 0.05 m/s（图 6）；鳊鱼沙心滩左右两槽分流比变化在 0.52% 以内。

2) 工程对改善落成洲左汊设计航道内浅区段航道条件及抑制右汊冲刷发展均具有较好的工程效果（图 7），经平常年（2008 年）和系列年（2009、2010、2011、2012、2013 年共 5 年系列）后，落成洲左汊设计航道内航道尺度均满足设计标准，仅经大水年（2010 年）和特大洪水年（1998 年，减沙 40%）后，上浅区设计航道左边线处航宽略有不足。

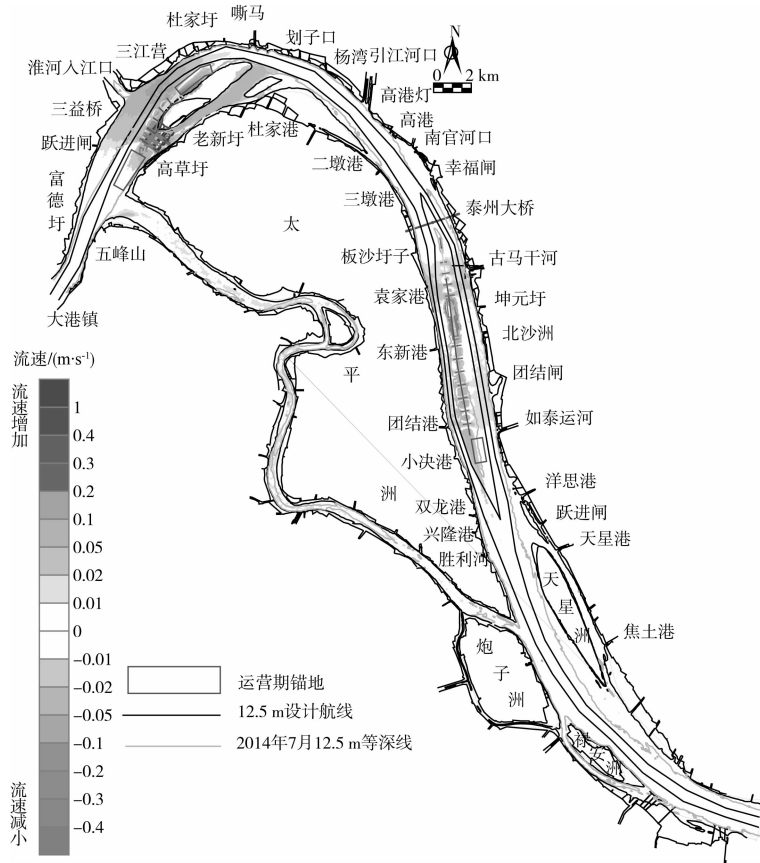


图6 枯水流量下落潮平稳期流速变化

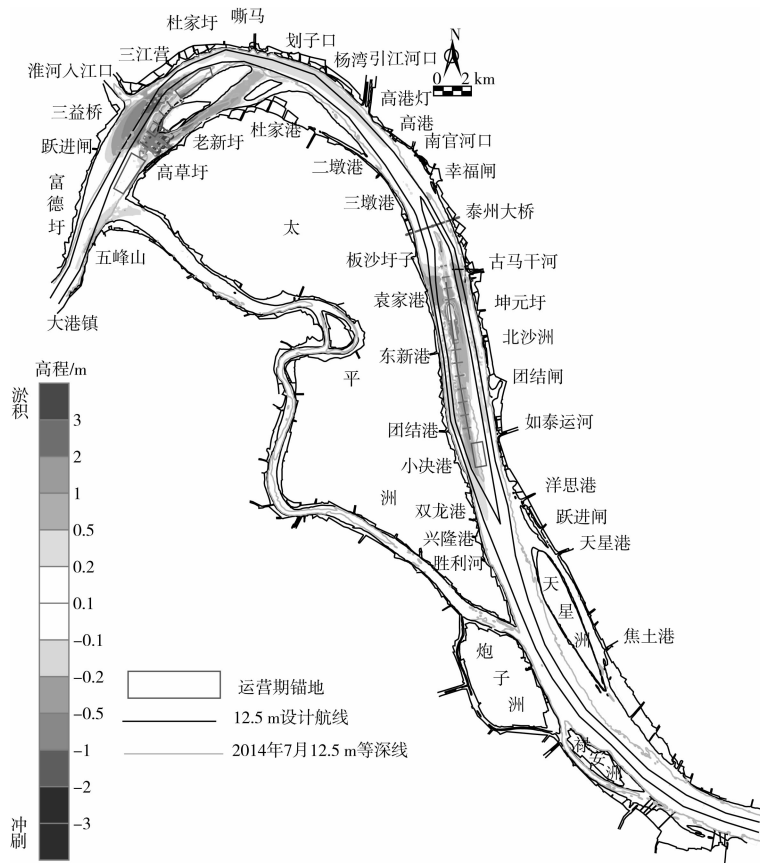


图7 工程引起的相对冲淤变化

鳊鱼沙河段潜堤两侧护滩坝间心滩滩面处于相对淤积状态(图7), 均能起到抑制鳊鱼沙沙体的冲蚀、限制鞍槽段冲刷发展的作用; 分别经平常年和系列年后, 鳊鱼沙两槽航道尺度均满足设计标准, 但经大水年和特大洪水年后, 右槽下段设计航道左边线处航宽略有不足; 高港边滩经各典型年及系列年后, 设计航道左边线处航宽均略有不足。

3) 多年平均洪峰流量(长江流量 57 500 m³/s)和防洪设计流量(长江流量 85 400 m³/s、淮河流域流量 12 000 m³/s)下, 落成洲河段水位最大雍高在 0.01 m 以下, 鳊鱼沙河段水位最大壅高值也都在 0.01 m 以下; 落成洲左岸淮河汇流口下游三江营附近近岸流速最大增幅分别为 0.05、0.04 m/s, 鳊鱼沙河段两侧近岸流速最大增幅分别为 0.02、0.01 m/s。表明工程对口岸直水道的河势和防洪影响较小。

6 结论

1) 口岸直水道所在河段为复杂分汊河段, 支格局分明, 总体河势保持相对稳定。该水道存在上、下两处浅段。其中上浅段——落成洲河段呈放宽、分汊、弯曲、汇流的基本格局, 在放宽段存在过渡段浅滩。过渡段浅滩航道条件随水文年过程的不同而存在好坏变化, 一般而言, 小水小沙年航道条件要好, 大水大沙年要差。从变化趋势来看, 落成洲河段浅区仍会出现较大冲淤变化, 航道存在向不利方向变化的可能。下浅段——鳊鱼沙河段呈长、顺直河型, 江中鳊鱼沙沙体随来水来沙而变化, 大水年对居河床中部的鳊鱼沙沙体稳定不利。在三峡清水下泄、沙量大幅减小的现状来沙条件下, 即便是小水年, 鳊鱼沙沙体因沙少也难以壮大, 冲刷、萎缩是鳊鱼沙沙体变化的

主要方向或趋势。

2) 对于 12.5 m 深水航道而言, 口岸直水道的治理思路应遵循整治与疏浚相结合的原则, 采取守护性的工程措施进一步稳定落成洲、鳊鱼沙心滩, 并辅助一定强度的工程措施增强浅区的冲刷能力。

3) 建立了感潮河段非均匀、不平衡输沙二维潮流泥沙数学模型, 工程方案效果计算表明, 整治工程对改善浅区航道条件、限制落成洲右汊发展、稳定鳊鱼沙心滩具有较好的工程效果, 可以达到工程治理目标。

参考文献:

- [1] 张明进. 长江下游口岸直水道河床演变分析报告[R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2013.
- [2] 张幸农, 陈长英. 长江下游口岸直水道航道整治工程河床演变分析研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2009.
- [3] 雷雪婷, 袁达全, 李冬. 长江下游口岸直水道鳊鱼沙浅滩段河床演变与航道整治思路[J]. 水运工程, 2012(2): 108-118.
- [4] 郑金海, 张宏千, 张明进. 长江下游口岸直水道河床演变和碍航成因分析[J]. 水道港口, 2015(4): 1-10.
- [5] 陈长英, 张幸农, 赵凯. 长江口岸直水道鳊鱼沙浅滩成因分析[J]. 水利水运工程学报, 2010(3): 85-89.
- [6] 陈长英, 张幸农, 谢瑞, 等. 长江下游口岸直水道鳊鱼沙浅滩深水航道整治方案初探[J]. 水运工程, 2013(9): 2-5.
- [7] 雷雪婷. 长江下游口岸直水道落成洲守护工程平面方案优化[J]. 水运工程, 2014(9): 1-10.
- [8] 王建军, 张明进. 长江南京以下 12.5 m 深水航道二期工程(初步设计)口岸直水道航道整治建筑物总平面方案水流泥沙数学模型研究[R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2015.

(本文编辑 武亚庆)