

· “长江南京以下12.5 m深水航道建设”专栏(22) ·



## 口岸直水道物理模型试验研究\*

张明进, 杨燕华, 平克军, 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:** 通过对长江下游口岸直水道碍航特性及河床演变趋势预测分析, 提出该水道航道整治思路, 并在模型试验基础上提出航道整治工程推荐方案。推荐方案对改善落成洲左汉浅区段及鳊鱼沙河段左右两槽的航道条件效果较好, 但经系列年试验后, 三益桥边滩及高港边滩设计航道左边线附近航宽略有不足, 需要配合一定的疏浚来达到设计航道尺度。

**关键词:** 口岸直水道; 模型试验; 航道整治

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)04-0001-06

### Physical model study on Kou'anzhi waterway

ZHANG Ming-jin, YANG Yan-hua, PING Ke-jun, WANG Jian-jun

(Key laboratory of Engineering Sediment of Ministry of Communications,

Tianjin Research Institute of Water Transport Engineering, Tianjin 300456, China)

**Abstract:** Based on the analysis of the navigation obstruction and the tendency of channel change in downstream Yangtze River, we put forward the regulation ideas and give the recommended channel regulation scheme according to the results of model experiments, which bears satisfactory effect in improving the channel condition of Luochenzhou left branch's shallow area and the channels in Manyusha reach, while the area near the left of Sanyiqiao and Gaogang shoals need dredging regulation because the necessary width is slightly smaller.

**Keywords:** Kou'anzhi reach; physical model; navigation regulation

口岸直水道所在的扬中河段属长江下游感潮河段, 其间有支流淮河入汇。受上游径流和下游潮汐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。张幸农等<sup>[1-5]</sup>对本河段历史和近期演变进行了较为全面的分析, 并提出前期已实施的护滩工程方案。口岸直水道现行航道维护尺度标准为 10.5/10.8 m(枯季/洪季) × 500 m × 1 050 m(水深 × 航宽 × 弯曲半径), 其中鳊鱼沙左槽为上行航道, 右槽为下行航道, 维护宽度分别为 300、200 m。为了实现“十二五”期南京以下 12.5 m 深水航道建设的总体目

标, 口岸直水道急需实施一定的航道整治工程。

本文采用动床物理模型研究了长江南京以下 12.5 m 深水航道建设二期工程口岸直水道工程综合整治效果, 为该河段航道整治方案的最终确定提供依据。

### 1 河道概况

根据河道平面特性, 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汉河型, 由落成洲将该段分为左右两汉, 其中左汉为主汉; 下段(高港灯—十四圩)

收稿日期: 2015-09-28

\*基金项目: 国家自然科学基金(51209112); 天津市自然科学基金(15JCYBJC21900)

作者简介: 张明进(1979—), 男, 博士, 副研究员, 从事航道工程研究。

为长顺直段，江中鳊鱼沙心滩将河槽分为左、右两槽，两槽相应冲淤交替发展，目前左槽为主槽。

对 12.5 m 深水航道而言，该水道主要存在 2 处浅滩段<sup>[6]</sup>。落成洲浅滩位于口岸直水道进口段的三益桥附近，属典型的过渡段型沙质浅滩，虽然近年来河床中右侧存在 12.5 m 等深线，但宽度仅在 200 m 左右，且位置偏右，无法与下段三江营下深槽连通，中断的距离达 3~5 km。从多年情况看，过渡段深泓时有摆动、冲淤反复，对于 12.5 m 深水航道，宽度不足而且也不稳定。鳊鱼沙河段河床断面呈不对称的“W”形态，左槽明显较右槽宽、深。目前左槽进口、右槽中段航道水深不够或航道宽度不足，不能满足双槽 12.5 m 水深和左、右槽宽 300、200 m 的要求。泰州大桥的兴建使得该区段通航条件更加复杂。

### 2 物理模型设计

本研究模型进口设在大港镇附近，出口设在天生港附近（航道里程 175 km 处），研究河段全长约 70 km，包括太平洲左右两汊和砲子洲、禄安洲汊道，以及淮河入江水道。模型按潮汐河道水流河工模型进行设计，考虑研究河段宽浅的特点，并满足研究任务的要求，以及模型试验的范围和试验场地条件，各项模型比尺见表 1。

表 1 模型比尺

几何相似			水流运动相似			
水平比尺	垂直比尺	变率	流速比尺	糙率比尺	时间比尺	流量比尺
500	125	4	11.18	1.118	44.72	698 771

#### 2.1 模型选沙

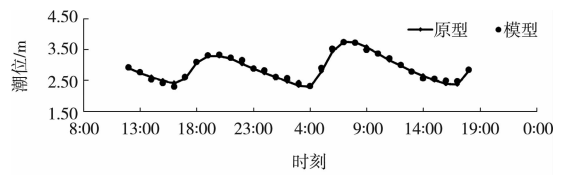
本次试验采用的模型沙为轻质塑料沙，该模型沙具有质轻、性能稳定、成形好、颗粒形态接近天然泥沙等优点，基本物理参数为：密度为 1.15 t/m<sup>3</sup>，干密度为 0.65 t/m<sup>3</sup>。按照泥沙悬移相似可求得模型沙粒径比尺为 0.6~0.9，采用唐存本公式计算起动流速，推求出原型沙和模型沙的起动流速比值在 8.5~13.9，平均值为 10.85，起动流速比尺计算值与流速比尺值基本一致，验证了塑料沙作为模型沙基本满足起动相似的要求，

模型沙粒径比尺选取合理。

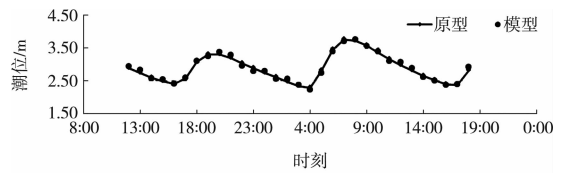
#### 2.2 定床模型验证

2014 年 6 月 28 日—6 月 29 日、7 月 2 日—7 月 3 日及 7 月 5 日—7 月 6 日分别为中水大潮全潮、中水中潮全潮及中水小潮稳定时段水文测验资料。在本模型上开展上述 3 次实测水文资料定床水流验证工作。2014 年 6 月 28 日中水大潮的原型观测中，模型范围内的潮(水)位站共计布置了 19 处，水文测验断面布置了 11 个。图 1 给出了代表站点潮(水)位过程与实测值的比较，表 2 给出了中水大潮统计验证试验的潮位特征值。该测次共进行了 15 个测流断面 117 条垂线的整点观测，表 3 给出了测流断面 KAZ1 中水期的垂线平均流速验证结果。

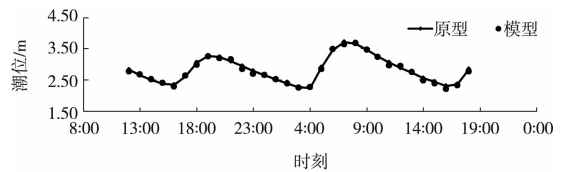
验证结果表明：模型各测站潮位过程潮位值偏差在 10 cm 以内，涨落潮平均流速误差基本在 10% 以内，符合 JTS/T 231-2—2010《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》规定的精度要求。



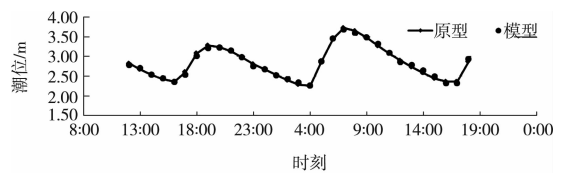
a) 1L



b) 1R



c) 2L



d) 2R



有些淤积,但范围较小,约100 m左右。墩下心滩与先期守护工程之间的鞍槽同样也出现了冲刷,冲刷深度也基本在2.5 m左右;右槽中下部河段心滩右缘处仍然出现淤积,且碍航长度较典型水文年时有所增加,受其影响,心滩右侧下段设计航槽内12.5 m等深线宽度最窄处仅为120 m,心滩尾部滩面冲蚀严重,最大冲深3.0 m。

#### 4 整治工程方案效果试验

##### 4.1 整治思路

根据口岸直水道河床演变规律与趋势<sup>[8]</sup>、无工程演变趋势试验结果、碍航特性,并结合工程外部实施条件,形成的合理的深水航道治理思路为:

##### 1) 落成洲河段。

从浅滩成因及外部条件的限制看,本浅滩段宜采用整治与疏浚相结合的治理原则。在落成洲

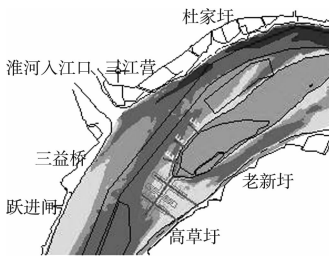
洲头守护工程基础上,通过一定的工程措施加强洲头守护,通过丁、潜坝群适当增强左汉浅滩过渡段水流动力、改善浅区航道条件,并采用护底工程措施限制落成洲右汉冲刷发展。

##### 2) 鳊鱼沙河段。

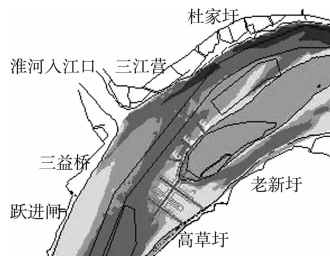
本段实施工程的关键目标是进一步稳定鳊鱼沙心滩。为了限制鞍槽进一步发展和过流,应该上延脊线护(底)滩带,同时强化鳊鱼沙右侧刺坝功能,布置潜丁坝群,增强右槽中部浅区的冲刷能力。

##### 4.2 工程方案比选及效果分析

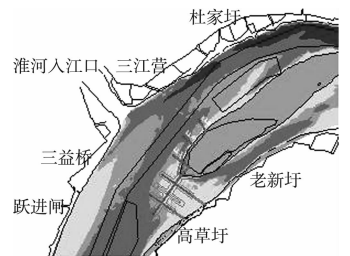
考虑到落成洲河段和鳊鱼沙河段浅滩碍航特性和河床演变趋势,提出了12组整治工程方案(分别为方案1-1、1-2、1-3、1-4、1-5、1-6、2-1、2-2、2-3、2-4、2-5、2-6,其中鳊鱼沙河段方案布置相同),方案布置见图3和图4。针对12个整治方案,围绕着上下两个浅滩段工程实施后的水流特征及河床冲淤变化进行了方案效果试验。



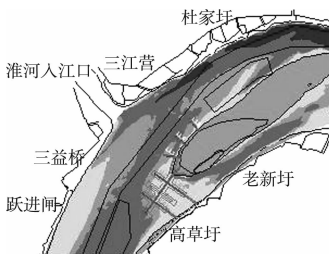
a) 方案1-1



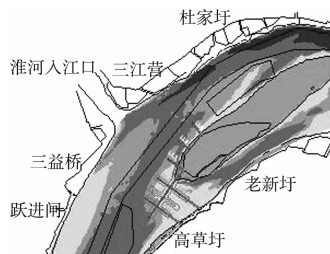
b) 方案1-2



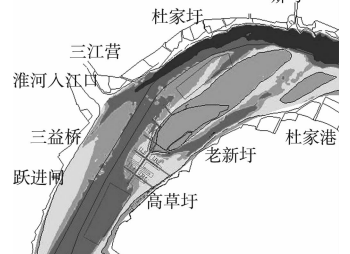
e) 方案1-3



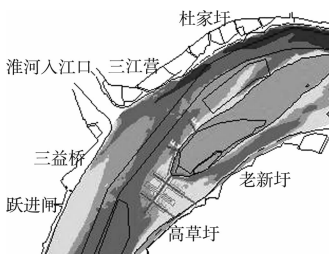
d) 方案1-4



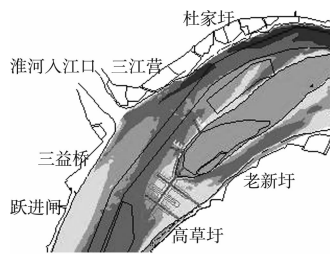
e) 方案1-5



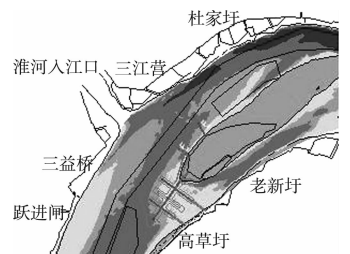
f) 方案1-6



g) 方案2-1



h) 方案2-2



i) 方案2-3

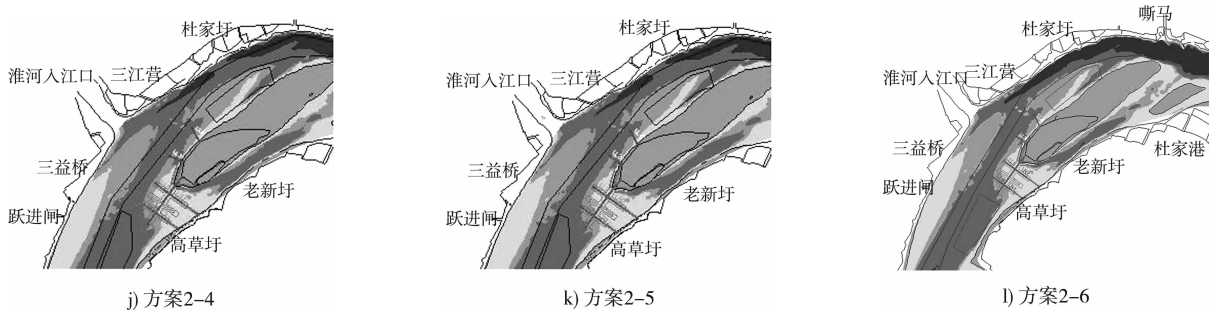


图3 落成洲河段工程方案布置

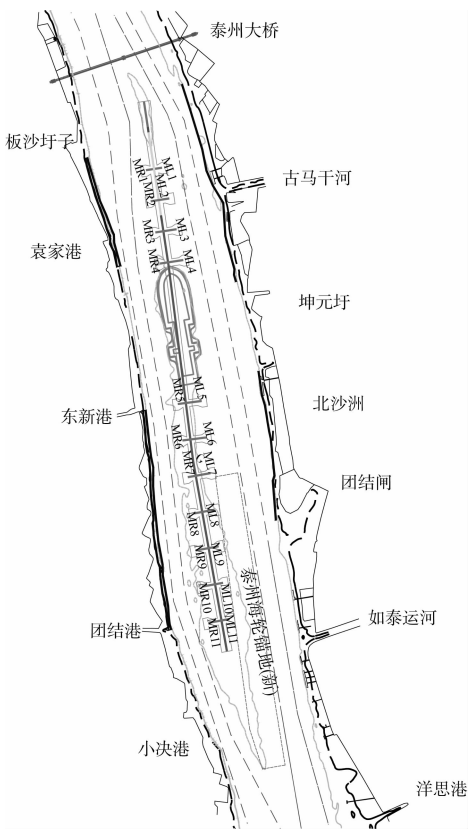


图4 鳊鱼沙河段工程方案布置

动床物理模型试验结果表明:

1) 落成洲河段: 各组方案对改善落成洲左汉设计航道内浅区段航道条件以及抑制右汉冲刷发展具有较好的工程效果。其中方案 1-1 ~ 1-5、方案 2-1 ~ 2-5 经历 2010 年大水年后, 左汉三益桥边滩(上浅区)存在航宽不足。方案 1-6、方案 2-6 对设计航线位置进行调整后, 虽然疏浚量明显减少, 但经过平常水文年、大水年、特大洪水年及长系列水文年后, 三益桥边滩(上浅区)设计航道左边线处航宽略有不足。

2) 鳊鱼沙河段: 方案 1-1 ~ 1-6、方案 2-1 ~ 2-6 中鳊鱼沙河段方案布置相同, 均可达到守护鳊鱼沙心滩的工程目标, 同时均有利于左右两槽航槽的冲刷。其中方案 1-1 ~ 1-5、方案 2-1 ~ 2-5 经历 2010 年大水年后, 右槽下段设计航道内航宽略有不足, 需要配合一定的疏浚来维护设计航道尺度。方案 1-6、方案 2-6 经过平常水文年、大水年、特大洪水年后, 鳊鱼沙右槽下段设计航道内左边线附近航宽不足, 但经过长系列水文年后, 鳊鱼沙两槽均满足设计航道尺度标准。

3) 高港边滩: 分别经过平常水文年、大水年、特大洪水年后及长系列水文年后, 高港边滩设计航道左边线附近航宽略有不足。

方案 1-1 ~ 1-5、方案 2-1 ~ 2-5 均存在坝头流态较差, 坝头局部冲刷坑较大的问题。方案 1-6、方案 2-6 对落成洲左汉设计航线进行调整后, 疏浚量明显减少, 同时方案 1-6 考虑了对落成洲左缘在建水闸的影响, 工程实施条件更好。

依据各个整治工程方案实施后的河道潮(水)位、流速场、近岸流速、汉道分流比及河床冲淤等的变化, 分析论证航道条件的改善和工程对河床变化及其他方面的影响, 动床物理模型将方案 1-6 作为口岸直水道航道整治工程初步设计阶段的推荐方案。

推荐方案在落成洲头部布置了 1 条长 1 700 m 的潜堤; 潜堤左侧布置 5 条丁坝, 坝长 425 ~ 535 m, 工程高程在 2.0 ~ -11.0 m。潜堤右侧布置 2 条丁坝, 长度分别为 320、515 m, 高程在 -1.0 ~ -6.0 m; 右汉布置 2 条护底带, 长度分别为 510、570 m。推荐方案实施后, 各级流量下的落成洲左

汉分流比与工程前相比均有所增加，中枯水流量下，最大增加值为 2.21%，随着流量增加，左汉分流比增加值越来越小，洪水流量下，左汉分流比最大增加值仅为 0.55%，这对改善左汉的航道条件是有利的。

图 5 为推荐方案实施后经长系列水文年后航行基面下水深图。

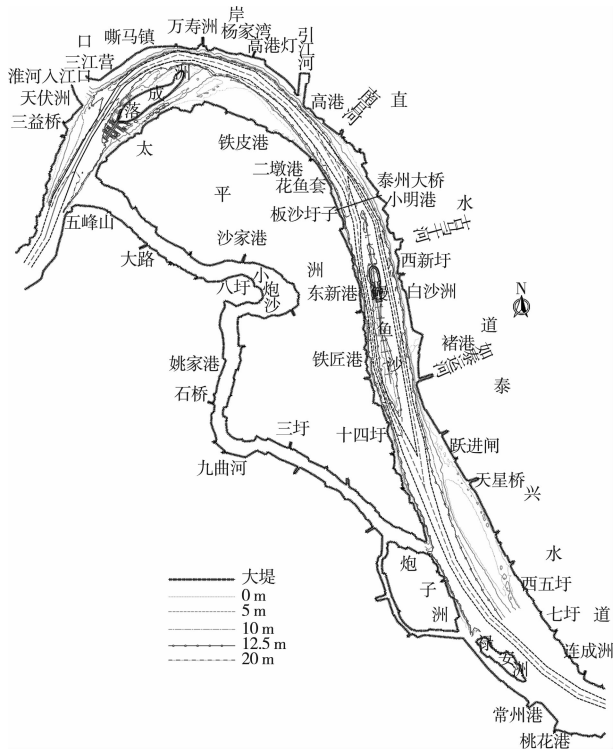


图 5 系列年后工程区河段航行基面下水深

由图 5 可知：1) 工程对落成洲左汉上、下浅区及整个过渡段的改善效果均较好，落成洲河段设计航槽内 12.5 m 等深线贯通，但三益桥边滩设计航道左边线处(上浅区)航宽略有不足，12.5 m 等深线最窄处约 320 m(设计航道宽度 350 m)，浅区最小水深 12.2 m 左右，需要配合一定的疏浚工程，其余河段航道尺度满足设计航道尺度标准。2) 高港边滩设计航槽内最小水深在 12.3 m 左右，12.5 m 等深线宽度最窄处约 170 m(设计航道宽度 230 m)，航宽略有不足，需要配合一定的疏浚工程。3) 鳊鱼沙河段潜堤两侧护滩坝间心滩滩面均处于淤积状态，该方案可达到守护鳊鱼沙心滩的工程目标，同时鳊鱼沙两槽航槽略有冲刷，其中右槽下段设计航槽内冲刷 1.2 m，12.5 m 等深线

能够满足设计航道宽度 230 m 的要求，经过长系列水文年后，鳊鱼沙两槽均满足设计航道尺度标准。从推荐方案效果试验来看，工程实施后，对落成洲左汉上、下浅区及整个过渡段的改善效果均较好，并且方案考虑了在建水闸的外部条件，工程实施条件也较好。

### 5 结论

1) 无工程趋势预测试验表明：在无工程措施的情况下，落成洲河段过渡段位置明显淤积，浅区范围较现状地形条形下有所增加。鳊鱼沙心滩中下段滩面冲蚀散乱，滩槽形态向不利方向发展。

2) 经模型比选和优化确定了推荐方案。推荐方案实施后，对改善落成洲左汉浅区段及鳊鱼沙河段左右两槽的航道条件效果均较好，但经系列年后，三益桥边滩及高港边滩设计航道左边线附近航宽略有不足，需要配合一定的疏浚以达到设计航道尺度。

### 参考文献：

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 雷雪婷, 袁迭全, 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] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 张明进. 口岸直水道航道整治建筑物总平面方案物理模型研究报告[R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2015.
- [8] 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.