



# 窑监河段航道整治一期工程方案 试验研究和效果分析

赵德玉, 付中敏, 王 涵

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

**摘要:** 在对窑监河段河床演变特征和碍航原因分析的基础上, 通过河工模型试验, 对不同类型多个航道整治方案进行研究, 最终确定了一期工程推荐方案。该方案于2008—2009年实施后, 工程河段航道条件明显改善, 枯水航道保持畅通, 已取得初步整治效果。

**关键词:** 航道整治; 模型试验; 工程方案; 效果分析

中图分类号: U 617.6

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)10-0057-05

## Experimental research on first phase of Yaojian reach regulation project and analysis of regulation effect

ZHAO De-yu, FU Zhong-min, WANG Han

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

**Abstract:** Based on the analysis of the bed evolution characteristics and causes of navigation obstruction of the Yaojian river course, and by the river model experiment, this paper studies a variety of regulation schemes and at last determines the recommended scheme for the first phase project. After implementation of the project during 2008 and 2009, the waterway condition has been improved obviously and the dry-water channel has been keeping smooth.

**Key words:** waterway regulation; model test; engineering scheme; effect analysis

窑监河段位于长江中游下荆江河段的中部, 由窑集佬水道和监利水道组成, 两水道约成 $60^\circ$ 交角, 前者河床顺直放宽, 后者河床弯曲分汊。该河段上段左侧有洋沟子边滩, 右侧为清泥湾沿岸深槽, 下段乌龟洲将河道分为左右两汊, 右汊又称乌龟夹, 出口为太和岭矶头(图1)。

在三峡水库蓄水运用初期, 窑监河段出现严重碍航局面, 枯季航道维护十分困难。如2003—2004届枯水期: 投入挖泥船2艘、冲沙船1艘, 大型改槽2次, 清障254炮, 挖泥疏浚 $36.8 \text{万m}^3$ ; 2004—2005届枯水期: 投入“航浚20号”、“航浚6号”及测量船、清障艇、交通艇、指挥船等9艘船艇, 大型改槽2次, 清障180炮、挖泥疏浚

$32.0 \text{万m}^3$ , 并于2005年10—11月在乌龟洲头串沟内实施了试验性航道维护应急工程; 2005—2006届枯水期: 投入2艘挖泥船, 3艘站艇、测量艇、交通艇各1艘, 共7艘船舶, 大型改槽2次, 疏浚挖泥 $18.4 \text{万m}^3$ 。由此可见, 窑监河段已成为制约长江中游航运事业发展的“瓶颈”<sup>[1]</sup>, 对其进行航道整治十分必要。

### 1 碍航原因分析

窑监河段演变的主要特征为乌龟洲主支汊的周期性易位, 由此引起航道条件变差, 出现碍航问题, 历史上这种现象曾发生过多。次。

20世纪50—60年代, 主流自右岸万家台至青

收稿日期: 2012-07-31

作者简介: 赵德玉(1960—), 男, 高级工程师, 主要从事航道整治工程模型试验研究工作。

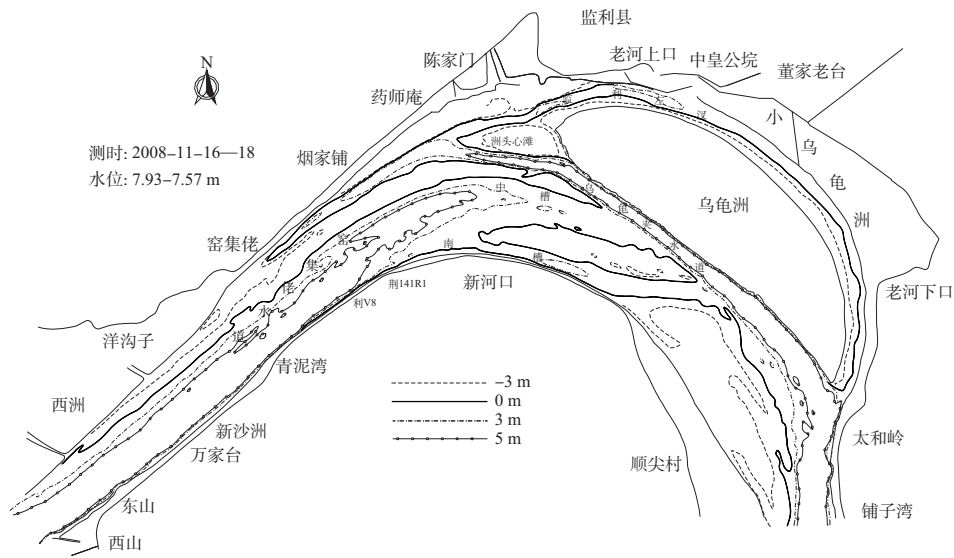


图1 窑监河段河势

泥湾一带向对岸窑集佬至烟家铺一带过渡，进入乌龟洲左汊后贴左岸下行，左岸岸线崩退，左汊发展。至1970—1974年，主流走乌龟夹，由于乌龟夹心滩、窄沟较多，水流较为分散。至1976年，主流又恢复到乌龟洲左汊。1989年汛后，窑监河段形成两汊相持、争流局面。1995年以后，主航道由乌龟洲左汊移至乌龟夹，并于乌龟夹入口处形成了北槽、中槽、南槽，其中，北槽即乌龟洲头串沟，中槽为主航槽，南槽为汛后退水初期习惯

维护航槽。

随着窑监河段河势控制工程的陆续实施，本河段总体河势趋于稳定，主流可能在较长时期处于乌龟夹内。但受三峡水库“清水下泄”和弯曲分汊河道自身河床演变的影响，乌龟洲洲头逐年崩退，乌龟夹入口处河床过于放宽，枯季易形成散乱浅滩，进而出现多槽争流、出浅碍航等局面。窑监河段的碍航原因由以往主支汊易位引起，已逐渐转变为由乌龟夹进口段河道宽浅、多槽争流引起（图

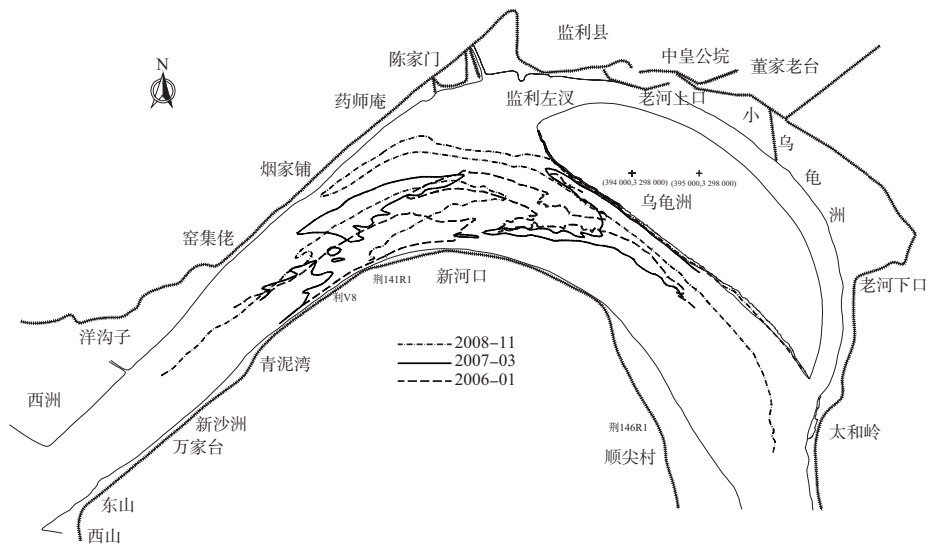


图2 工程前3 m航槽变化

2)。

## 2 整治原则及参数

窑监河段航道整治一期工程<sup>[1]</sup>以稳定河道基本格局、缓解航道维护困难、保障枯水航道畅通为

主要目的。整治原则为：塑造良好的洲滩形态，巩固以乌龟夹为主汊的分汊格局；整治与清障相结合，改善右汊进出口航道条件；立足当前，兼顾长远。整治标准为：2.9 m × 80 m × 750 m（水深

× 航宽 × 弯曲半径), 保证率由 95% 提高到 98%。

整治线布置原则及走向为: 充分利用上下游稳定的河岸及深槽, 并尽可能利用已存在的洲滩, 使主航道稳定在乌龟夹内。参照中枯水期乌龟夹水流流向, 上段以右岸西山至青泥湾的稳定岸线作为控制主导岸线, 过青泥湾后主流从右岸过渡到江心沿乌龟洲洲头心滩右缘(即中槽)进入下深槽, 并沿乌龟洲右缘下行, 至太和岭沿左岸进入下游水道。

本河段设计水位为 20.92 m (黄海高程); 整治水位拟定为设计水位上 3.0 m, 即黄海高程 23.92 m, 对应流量为 7 000 m<sup>3</sup>/s; 一期工程整治线宽度拟定为 1 000 m。

### 3 整治方案研究

鉴于窑监河段航道整治问题的复杂性, 采用河工模型试验对该河段的整治措施进行研究, 为该河段航道整治一期工程的实施提供技术支撑和科学依据。

#### 3.1 模型设计

为确保进入窑监河段的水流和泥沙运动相似<sup>[2]</sup>, 便于相似验证, 模型上游进口上延至五马口, 包含西山节点以上的微弯段河道; 模型下游出口延长至大马洲水道的丙寅洲边滩中部, 模型制作范围全长约 25 km; 动床范围从窑集佬水道的万家台至太和岭稍下的铺子湾, 长约 16 km, 将乌龟洲洲头低滩以及整治水位以下的河床全部做成动床, 可基本反映工程段河床演变特点。模型设计平面比尺  $\lambda_L=300$ , 垂直比尺  $\lambda_H=100$ , 变率 3.0。模型按照 2006 年 1 月实测河道地形采用断面法塑造。模型沙选用密度  $\rho_s=1.05 \text{ t/m}^3$  的聚苯乙烯塑料沙。

#### 3.2 定床模型试验研究

定床模型<sup>[3]</sup>相似验证后, 首先对堵塞乌龟洲洲头与洲头低滩之间的窄沟、在新河口边滩修建丁坝、在洲头低滩上修建梳齿坝以及拆除太和岭部分码头等单项整治工程措施进行试验研究, 在判明各单项整治工程措施的作用后, 提出如图 3 所示的 4 个组合工程方案继续进行试验研究。

通过在定床模型中对上述组合方案进行洪、中、枯水流量试验, 结果表明: 各方案对乌龟

洲头部窄沟(北槽)的封堵, 减少了枯水汊道数目, 增大了洲头心滩右侧流速和乌龟洲头部右缘近岸流速, 提高了浅滩冲刷能力。方案 1, 2 中在新河口边滩建丁坝, 束窄乌龟夹进口河宽, 挑流冲刷中槽有一定作用; 方案 3, 4 在洲头心滩上建围堰鱼嘴和梳齿坝工程, 可集中心滩右缘部分分散水流就近冲刷中槽, 对提高浅区流速较为显著。经综合比较, 认为方案 3, 4 在守护乌龟洲洲头心滩, 稳定过渡段航槽左边界与下游乌龟夹深槽衔接, 以及提高中枯水期浅区流速等方面优于方案 1, 2, 而方案 3 中鱼嘴右侧存在明显的沿体流冲刷, 坝体的稳定性相对较差, 故推荐方案 4 (梳齿坝) 作为动床模型进一步试验研究的基础方案。

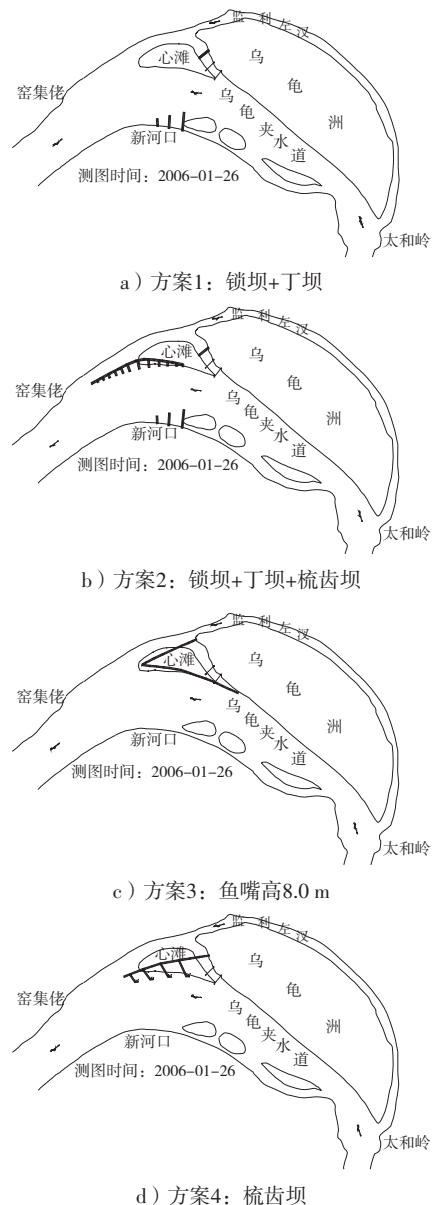


图3 定床方案工程布置比较

### 3.3 动床模型试验研究

动床模型<sup>[3]</sup>相似验证后,以定床推荐的方案4(即动床方案I)为基础,施放2007典型年水沙过

程,对在心滩上修建梳齿坝、新河口边滩上修建顺格坝及其组合工程等进行优化试验研究,动床工程方案(I~XII)效果分析见表1。

表1 动床方案工程效果分析

方案	工程布置	工程效果
I	心滩上建梳齿坝(4条齿坝),坝高3 m(设计水位以上、下同)	汛期中槽淤积有所减少,汛后枯水期中槽雏形已形成,浅区范围减小
II	新河口边滩建顺格坝,顺坝高3 m,格坝高2 m	格坝对中槽与南槽间心滩冲刷有一定作用,能起到守护边滩作用,但对洲头心滩右缘浅区作用有限
III	I+II组合	汛后枯水期形成了比较明显的中槽航道
IV	心滩上建梳齿坝(4条齿坝,坝头高分别为3, 4, 5, 6 m)	中槽浅区淤积明显减少,汛后枯水期心滩右缘冲刷,形成了比较明显的中槽航道,浅区范围缩小
V	心滩上建梳齿坝(5条齿坝,坝高分别为3, 4, 5, 6, 7 m)	效果稍好于方案IV
VI	心滩上建梳齿坝,在心滩右侧建3条齿坝,齿坝伸入中槽100 m(缩窄整治线宽)、坝头高3 m	汛后枯水期坝头冲刷,汛后中槽已有一定的吸流能力,浅区范围有所缩小
VII	心滩上建梳齿坝,在心滩右侧浅区建3条齿坝,齿坝按整治线控制、坝头高3 m	汛后坝头冲刷,形成了明显的中槽航道,具有一定的吸流能力,浅区范围有所缩小
VIII	心滩上建梳齿坝,新河口边滩建顺格坝(VII+II组合)	汛后形成了明显的中槽航道,起到了稳定规划航槽左、右边界的作用,浅区范围明显缩小
IX	甬沟内建锁坝(坝高3 m),心滩上建4条护滩带(由一纵三横组成)	汛后形成了中槽航道雏形,中槽吸流能力增强,心滩右缘较稳定
X	甬沟内建锁坝(坝高3 m),心滩上建4条护滩带(布置同IX),新河口边滩护滩	汛后形成了中槽航道的雏形,心滩和新河口边滩均较稳定
XI	心滩上建梳齿坝(5条齿坝,齿坝头部和脊坝头部高均为3 m,脊坝尾部高程与心滩脊齐平)	沿心滩右缘(齿坝头部)形成中槽航槽,汛后水流归中槽冲刷较明显,枯季2.9 m水深线贯通,水深最小处位于心滩右侧护滩带上游(略大于2.9 m)
XII	心滩上建6条护滩带(布置同XI,护滩带轴线抛石棱体厚0.5 m),甬沟内脊坝与心滩脊齐平	沿心滩右缘(护滩带头部)基本形成中槽航槽,汛后水流归槽,航槽不再摆移,枯季2.9 m水深线基本贯通,水深最小处位于护滩带上游

各工程方案都是为了改善洲头心滩右缘(中槽)的航道条件,除方案II, III, VIII, X采取修建新河口边滩工程以增加浅区流速和冲刷能力外,其它各方案都是通过乌龟洲头心滩上布置整治工程,集中局部分散水流就近冲刷中槽航道。模型试验结果表明,汛后退水期,各方案工程效果逐渐显现,但也存在一些问题。

从初始进行的方案I, II, III的试验认识到:仅依靠按整治线布置的低水整治建筑物,很难达到形成单一稳定航槽的目的,仍需要配合挖槽疏浚措施,才能达到航道维护尺度。

方案IV, V通过逐渐抬高齿坝高程,使汛后水流及早归槽冲刷浅区,但因齿坝在短期内作用力度有限,仍需在汛后对心滩右缘浅区进行一

定的疏浚,才能达到航道维护尺度。

方案VI, VII, VIII, IX, X为仅控制心滩中下段右缘的整治方案,其中方案VI缩窄整治线宽度,方案VIII, X同时对新河口边滩进行控制,试验表明,仅依托心滩中下段的整治工程,心滩中上段存在冲刷向左摆移的可能,不利于上下深槽过渡段的平顺衔接。

由于乌龟夹内南槽为目前汛后退水初期习惯维护航槽,汛期流速大,且冲淤幅度大,在新河口边滩上(南槽内)实施整治工程,虽有利于河段向单一河槽发展,但在中槽航道条件没有改善和稳定之前,存在一定的风险。考虑到防洪安全问题,模型以方案V的工程布置为基础,降低齿坝高程或改齿坝为护滩带,优化出方案XI和XII,并

对其进行系列年试验研究。试验表明, 在各试验年汛后至枯水期, 工程效果逐渐显现, 过渡段浅区冲刷, 均能达到设计航道尺度要求。方案 XI 与 XII 相比, 各有优缺点, 方案 XI 齿坝高出设计水位 3.0 m, 工程作用力度较大, 但方案 XII 在心滩上建 6 道护滩带, 工程易于稳定和实施, 考虑到一期工程主要为缓解航道维护困难, 工可阶段曾倾向于方案 XII 作为一期工程方案, 通过初步设计阶段的研究, 最终采用方案 XI 作为一期工程实施方案。

#### 4 整治效果分析

窑监河段航道整治一期工程于 2008—2009 年施工, 工程实施后, 乌龟洲洲头心滩得到守护, 洲头崩退得到遏制, 枯水期水流集中冲刷航槽, 沿心滩右缘形成了稳定的凹岸深槽, 并与下深槽平顺衔接。2010 和 2011 年枯水测图表明, 工程河段枯水期航道条件明显改善, 航道畅通, 已取得初步整治效果 (图 4)。

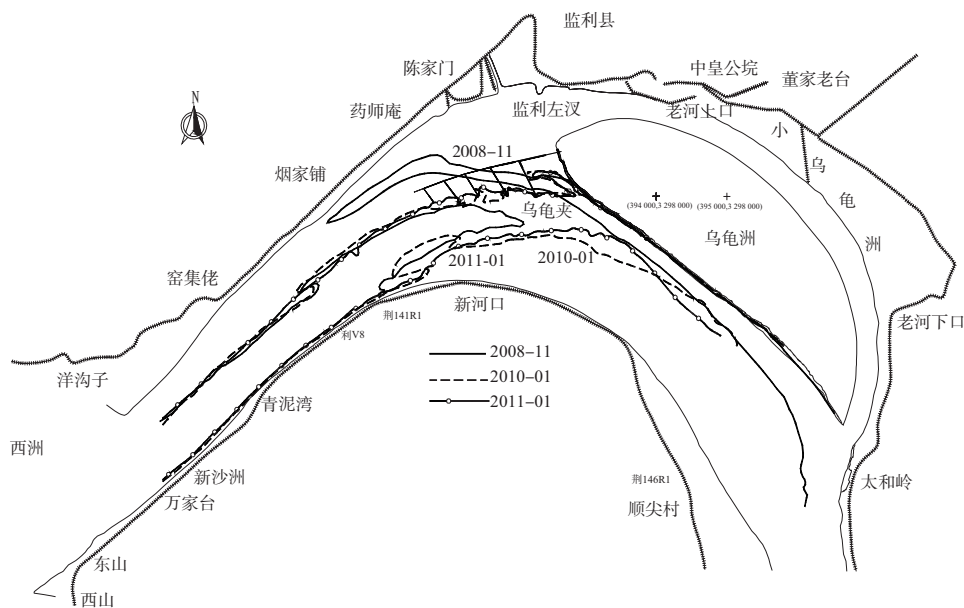


图4 工程实施前后3 m航槽变化

#### 5 结语

模型试验表明, 一期工程方案依托乌龟洲洲头心滩, 沿整治线塑造稳定的过渡段岸线, 能逐步形成走向与水流归槽方向基本一致的航槽。工程实施后, 乌龟夹深槽左摆趋势被控制, 深槽沿齿坝头部往上游延伸, 上下深槽之间的过渡段浅区缩短, 汛后水流归槽明显, 水深增加, 航道条件明显改善, 达到了缓解航道维护困难, 保障枯水航道畅通的目标。其成功经验可被类似急弯分

汊河道航道整治工程所借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 付中敏. 长江中游窑监河段航道整治一期工程可行性研究报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2008.
- [2] 谢鉴衡. 河流模拟[M]. 北京: 水利水电出版社, 1990.
- [3] 赵德玉. 长江中游窑监河段航道整治工程工可阶段模型试验研究报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2008.

(本文编辑 武亚庆)