



长江中游马家咀水道航道整治工程模型 试验研究及工程效果分析

邓晓丽, 雷家利, 张伟, 刘洪春, 李文全

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

摘要: 利用原型河道观测资料分析和河工模型试验手段, 成功地预测了长江三峡水库蓄水运用初期马家咀水道河床演变趋势。在此基础上, 对航道总体治理方案进行试验研究, 提出分期实施整治工程方案的原则及内容。工程实施后, 南星洲右汉近岸航槽不断冲刷发展, 河心槽及左汉淤积, 左汉分流比下降, 基本达到了将主流与主航槽稳定于南星洲右汉近岸槽的整治目标, 航道条件显著改善, 满足近期建设规划尺度。本河段航道治理经验可为长江中下游分汉河段的航道整治提供借鉴, 并对航道整治可能会给相邻河段带来的影响及其解决措施提出建议。

关键词: 长江; 马家咀水道; 航道整治; 工程效果

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)12-0083-04

Model test on channel regulation project in Majiazui channel in middle reaches of the Yangtze River and analysis of engineering effect

DENG Xiao-li, LEI Jia-li, ZHANG Wei, LIU Hong-chun, LI Wen-quan

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

Abstract: Based on the successfully predicted Majiazui waterway riverbed evolution trend using the prototype observation data analysis and model test method, the paper studies the channel regulation measures, and puts forward the principle and contents. After the project, Nanxingzhou right branch channel was scoured, the channel slot and left branch deposited, the left branch diversion ratio decreased, and the channel condition was improved significantly and thus met the channel's planned scale. The successful experience may serve as reference for the middle and lower reaches of the Yangtze River waterway regulation.

Keywords: the Yangtze River; Majiazui waterway; waterway Regulation; engineering effect

马家咀水道是长江中游重点碍航浅水道之一, 在1998—2000年长江连续大水后, 主泓摆动不定, 严重碍航。为了维持南星洲右汉通航, 在2001年汛后实施清淤应急工程, 但因右汉淤积较重, 主流一度摆至左汉, 造成文村夹崩岸, 直接威胁荆江大堤的安全和航道的畅通。随着右汉近岸槽冲刷发展, 主航道搬回右汉近岸槽, 枯水航道条件略有改善。三峡蓄水应用后, 马家咀水道作为紧邻沙市河段下游最早受清水下泄影响的沙质河段之一, 其航道条件变化趋势如何, 是否会再次出现严

重碍航局面, 如何将航槽稳定在南星洲右汉近岸槽, 改善其枯水通航条件, 实现近期航道建设规划标准, 都是模型试验研究的重要问题。

1 河段概况及演变特征

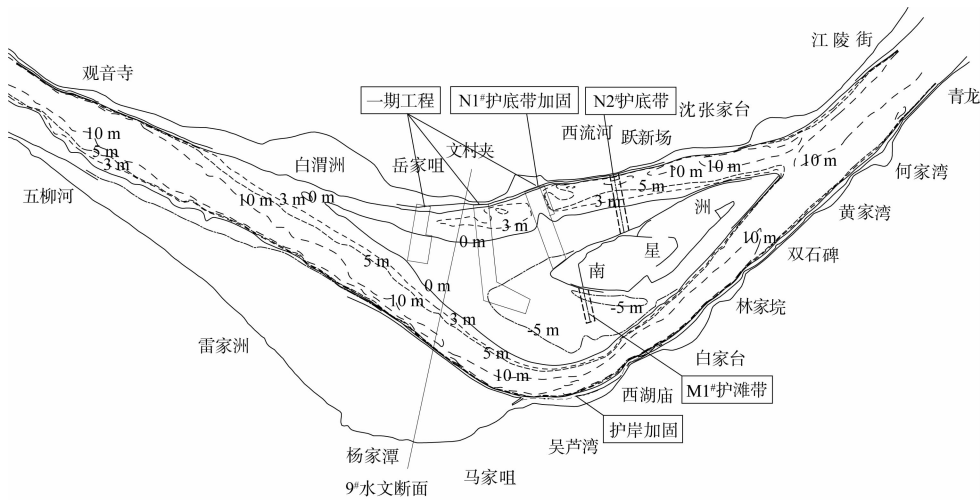
马家咀水道上起湖北省沙市下游约13 km的观音寺, 下至公安县林家垸, 长约12 km, 为连接瓦口子水道和陡湖堤水道两个反向弯道之间的过渡河段。该河段进口宽约1 000 m, 其下顺直放宽, 左岸白渭洲边滩, 右岸雷家洲边滩, 中部宽

收稿日期: 2014-10-10

作者简介: 邓晓丽(1981—), 女, 高级工程师, 从事航道整治研究。

达3 800 m，位于江中的南星洲将河道分为左右两汉，形成微弯分汉河型，航道位于主汉右汉近岸槽，左汉（文村夹）为支汉，南星洲下游河道单一，河宽又逐渐缩窄为1 000 m左右（图1）。本河段观音寺、文村夹及南星洲头部和马家咀下游，有人工护岸，河道平面形态基本稳定。河道主流频繁摆动“大水取直，小水坐弯”，航槽不稳，常常在白渭洲附近航槽跨河过渡段形成浅滩。一般，

当白渭洲边滩和南星洲头低滩连为一体时，航行条件较好，主流走南星洲右汉近岸槽；当白渭洲边滩和南星洲头低滩受冲降低时，主流走河心槽（沿南星洲头右缘通过），但易出现浅埂或心滩，水流分散，航槽不稳；当白渭洲边滩和南星洲头低滩冲散并出现通往左汉的串沟时，右汉和河心槽淤积，航槽改至左汉，航道条件较差，维护十分困难^[1]。



注：测图时间为2010年9月3—6日测图水位为6.13~6.41 m，实线为一期工程，虚线为二期工程。

图1 马家咀水道形势及航道整治工程布置

2 模型趋势预测试验

在2003年初，曾利用模型试验手段对三峡水库蓄水运用初期马家咀水道演变趋势进行预测。模型范围上起观音寺，下至青龙庙，长约17 km。模型平面比尺为300，垂直比尺为100，变率为3。模型沙选用密度 $\rho_s = 1.39 \text{ t/m}^3$ 的宁夏无烟煤。模型经验证相似后，按照长江水利委员会一维数学模型计算成果^[2]，在2003年4月初始地形上，对三峡水库蓄水运用初期12年内该水道河床演变趋势进行试验研究。试验结果表明，在三峡水库135 m水位运用期间（2003—2006年），河段演变基本规律未变，主流“大水取直，小水坐弯”，但由于清水下泄，白渭洲边滩和南星洲前缘低滩冲刷，在流量为 $10\ 000 \text{ m}^3/\text{s}$ 左右时，左汉仍能通过30%以上的流量；遇大水年份，南星洲左汉进口近岸28 m高程深槽上下贯通，形成一条支沟，左汉分流比可增大至40%，若不实施工程措施，存在南星洲左汉冲刷发展、右汉航道条件变坏的可

能。在三峡水库进入156、175 m水位运用阶段，如遇中小水年，航槽基本居南星洲右汉近岸槽，但白渭洲边滩和南星洲头部低滩仍进一步冲刷，流量为 $10\ 000 \text{ m}^3/\text{s}$ 左右时，左汉分流比增至40%以上，航槽过渡段主流位置存在随流量大小而左右摆动的现象。如遇大水年份，洲头低滩冲刷后退速度加剧，河心槽发展，浅滩过渡段河道向宽浅方向发展，左汉仍有可能发展成主汉，出现枯水碍航问题。从原型河段演变情况来看，与模型试验预测结果基本一致。白渭洲边滩和南星洲头部低滩明显冲刷，滩地高程降低1~3 m，南星洲左汉发展，左汉分流由2003年10月的33%增大至2005年11月的42%（表1）。马家咀水道这一变化趋势表明模型试验预测结果基本正确，航道条件正在向不利方向发展，因此，抓紧时机，稳定当时尚好的滩槽形势，限制左汉的冲刷发展，改善右汉近岸槽枯水通航条件，已迫不及待。

表 1 三峡水库蓄水运用初期南星洲左汊分流比统计

测时(年-月)	流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	左汊分流比/%
2003-10	14 904	33.0
2004-06	16 192	34.4
2004-11	10 157	38.0
2005-11	10 256	42.0

3 航道整治方案研究^[3]

3.1 治理标准及原则

马家咀水道当时航道维护标准为: $2.9 \text{ m} \times 80 \text{ m} \times 750 \text{ m}$ (水深 \times 航宽 \times 弯曲半径, 下同), 保证率为 95%。“十二五”期间, 要求其航道建设标准为 $3.5 \text{ m} \times 150 \text{ m} \times 1\,000 \text{ m}$, 保证率为 98%。马家咀水道是上荆江河段在三峡水库蓄水运用后实施的第一个航道整治工程, 整治遵循“维持现状、加强守护、兼顾远期、有利防洪”的原则, 即首先稳定白渭洲边滩与南星洲头低滩相连的有利形势, 限制深泓左摆和左汊发展, 维持右汊近岸槽通航, 再根据三峡水库蓄水运用后的河床变化情况, 进一步采取工程措施, 将航道稳定在右汊近岸槽, 逐步实现近期航道建设标准。

3.2 总体整治方案模型试验研究

模型中在对多种总体治理工程方案进行试验研究后, 提出了推荐方案, 并对其分期实施工程方案进行试验研究。推荐的总体治理方案工程主要有 4 大部分: 1) 白渭洲以下 4 道勾头丁坝; 2) 南星洲左汊内布置 2 道护底带; 3) 南星洲头右侧布置 2 道护滩带; 4) 雷家洲边滩下段主流贴

岸段护岸工程和西湖庙至林家垸护岸加固工程。整治水位为设计水位 (1956 黄海高程 27.6 m) 上 3 m, 整治线宽度 1 000 m (图 2)。模型试验研究表明, 总体治理方案实施后, 航槽过渡段主流仍表现出“大水取直, 小水坐弯”的规律性, 但工程阻止了白渭洲边滩和南星洲前缘低滩的冲刷后退, 并促使其淤积连为一体, 左汊枯水分流比逐渐减小, 右汊近岸槽冲刷发展, 航道条件不断改善。

3.3 分期整治工程方案试验研究

考虑到当时对三峡水库“清水”下泄所产生的影响需要进一步观测研究, 决定分期实施马家咀水道总体治理工程方案。一期整治工程首先集中力量对影响航道条件关键部位: 左汊进口白渭洲边滩进行守护, 即首先实施总体治理方案中白渭洲边滩最下 2 道丁坝的护底带工程 ($L1^\#$ 、 $L2^\#$ 护滩带) 和左汊内 $N1^\#$ 护底带工程, 在工程所经过的左汊沿岸槽适当抛石封堵串沟, 部分恢复工程区域近年来受冲部位的河床高程, 保护文村夹附近荆江大堤安全, 并为二期工程的实施奠定基础。通过模型试确定 $L1^\#$ 护滩带直段长 724 m, 勾头段长 166 m, 沿轴线抛石填筑至黄海高程 28.6 m; $L2^\#$ 护滩带直段长 1 410 m, 勾头段长 570 m, 沿轴线抛石填筑至 28.1 m, $N1^\#$ 护底带长 1 270 m, 沿轴线抛石回填至 27.6 m, 工程平面布置见图 2。

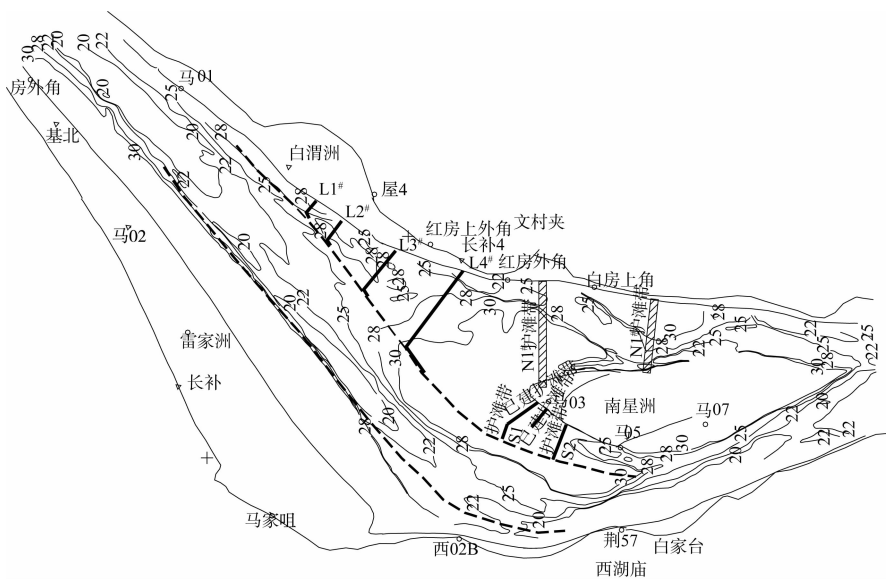


图 2 马家咀水道总体治理方案工程平面布置

4 整治效果分析^[4]

4.1 模型试验成果

一期工程方案整治效果模型试验是在2005年1月初始地形基础上,按照沙市站在三峡水库蓄水运用后实测来沙资料对数学模型计算成果修正后进行试验研究的,试验结果表明:一期工程方案基本能够达到控制左汊发展、将航槽稳定于右汊近岸槽的目标,满足航道建设标准,但因左汊进口存在较大的河床比降,在L2[#]护滩带之下,出现由右向左的串沟,在N1[#]护滩下游,河床冲刷较为严重,有可能影响工程的稳定性,需要实施包括N2[#]护底带、M1[#]护滩带和护岸加固工程在内的二期航道整治工程。二期工程实施后,进一步稳定了本河段滩槽格局,实现了将航道稳定在右汊近岸槽的目标。

4.2 原型整治工程效果

原型航道整治一期工程于2006—2007年枯水期施工完成。一期工程实施后,整治河段变化情况与模型试验结果相近,整治效果逐步显现,左岸白渭洲边滩和南星洲左缘及前缘低滩均呈淤积、并基本保持相连形势。至2009年2月,航行基面下5 m水深航槽已贯通,最窄处在西湖庙一带也超过200 m。工程初步起到了固滩促淤、控制主流位置左摆的效果,基本实现了将航槽稳定于南星洲右汊近岸槽的目标,枯水航道条件得到改善。

表2 马家咀水道航道整治一期工程前后南星洲左右汊分流比统计

工况	施测日期	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	左汊 分流比/%	右汊 分流比/%
工程前	2005-11	10 256	42.0	58.0
	2007-11	8 530	27.0	73.0
一期工程后	2009-02	6 522	11.0	89.0
	2010-02	5 856	1.7	98.3
二期工程后	2012-02	6 178	0.2	99.8

但是,由于左汊进口存在较大的河床比降,在L2[#]护滩带下游出现切割边滩进入左汊的串沟,在左汊N1[#]护底带下游,深槽靠左岸,局部比降

和流速较大,河床冲刷较严重,局部冲刷坑最深点达航行基面下13 m,雷家洲边滩下段因主流逼近,也出现局部崩岸现象。为了维护已实施工程的稳定性和巩固一期工程效果,于2010年10月,实施了马家咀水道航道整治二期工程。如模型试验结果一样,马家咀水道航道整治两期工程的实施,基本实现了将航道稳定在南星洲右汊近岸槽的目标。2012年2月,当流量为 $6\,178\text{ m}^3/\text{s}$ 时,南星洲左汊分流比降至0.2%,几乎所有流量全部集中于南星洲右汊近岸槽通过,5.0 m水深航道贯通整个马家咀水道,最小宽度超过250 m,枯水航道条件大为改善,满足近期航道建设规划标准。

5 结语

1) 从马家咀水道航道整治工程模型试验成果和工程实施后原型观测成果的对比情况可以看出,工程实施后基本实现了模型预测的工程效果,印证了模型试验研究的准确性。

2) 马家咀水道航道整治工程实践表明,进行航道整治工程设计时,在正确认识工程河段河床演变规律的基础上结合模型试验进行方案研究的方法,是必要和行之有效的,可在今后类似的航道整治设计时加以借鉴。

参考文献:

- [1] 肖华,周莉,叶桂花. 1998年洪水对长江中游河道影响及分洪溃口民垸淤积调查——长江三峡工程泥沙问题研究[M]. 北京: 知识产权出版社, 2002.
- [2] 潘庆葵. 三峡工程泥沙问题研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999.
- [3] 李文全, 邓晓丽. 长江中游马家咀水道航道整治动床模型试验研究报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2003.
- [4] 柴华锋, 邓晓丽. 长江中游马家咀水道航道整治一期工程工程效果分析报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2009.

(本文编辑 郭雪珍)