



# 长江中游太平口水道 河床演变趋势与模型预测成果对比分析

李文全, 邓晓丽, 雷家利, 王伟峰  
(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

**摘要:** 分析了荆州长江大桥所在沙市河段太平口水道演变特征, 并同模型试验预测的三峡水库蓄水运用后桥区河段演变趋势进行对比分析。实践表明, 利用模型试验手段对该河段河床演变趋势预测是成功的, 为其航道整治方案的制定和工程实施顺序提供了科学依据。

**关键词:** 长江; 太平口水道; 河床演变; 模型试验

中图分类号: TV 85

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)10-0052-05

## Comparative analysis between bed evolution trend with model experiment results of Taipingkou channel on middle reach of the Yangtze River

LI Wen-quan, DENG Xiao-li, LEI Jia-li, WANG Wei-feng

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

**Abstract:** The paper analyzes the evolution characteristics of Taipingkou channel on the middle reach of the Yangtze River, and compares it with the experiment results concerning the evolution trend of the bridge section after the impoundment of the Three Groges reservoir. Practice shows that it is a success to predict the bed evolution trend by the model experiment, which provides a scientific basis for the determination of waterway regulation scheme and engineering implementation.

**Key words:** the Yangtze River; Taipingkou channel; bed evolution model experiment

长江中游沙市河段太平口水道是最早受三峡水库蓄水运用影响的沙质浅滩河段, 为了解决该水道内荆州长江公路大桥与通航安全十分突出的矛盾, 必须首先回答在三峡水库蓄水运用初期新的来水来沙条件下的河床演变趋势。

长江航道规划设计研究院在2001年度承担的西部交通建设科技项目《长江中上游重点清淤工程(一期)关键技术研究》和《恢复荆州长江大桥北汉主通航桥孔通航对策研究》中, 通过河工模型试验, 对此河段河床演变趋势进行了成功的预测。

### 1 河道概况

长江沙市河段太平口水道上起陈家湾, 下止玉和坪, 全长约20 km, 为连接涪市水道与瓦口子水道两个反向弯道之间的长顺直过渡河段。该水道进口北岸有沮漳河入汇, 南岸有太平口分流入洞庭湖。按照河段平面形态特征<sup>[1]</sup>, 以筲箕子为界, 又可将其分为上下两段, 上段为长顺直分汉河段, 江中太平口心滩将河道分为南北两槽, 下段为受人工护岸工程控制的微弯分汉河段, 江中三八滩将河道分为左、右两汉, 河道形势见图1。本河段河床质主要由粒径为0.1~0.5 mm的泥沙组

收稿日期: 2012-07-26

作者简介: 李文全(1966—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事航道整治研究。

成, 河道两岸岸线基本上都进行了人工守护。

### 2 三峡水库蓄水运用前河道演变特征

20世纪80年代以前, 太平口水道上段为单一顺

直河型、主流靠北, 右岸为太平口边滩, 滩头0 m等深线曾经上延至陈家湾附近。其下段为三八滩分汊河段, 绝大多数年份主流与航道居北汊, 个别年份枯水期走南汊(图2)。

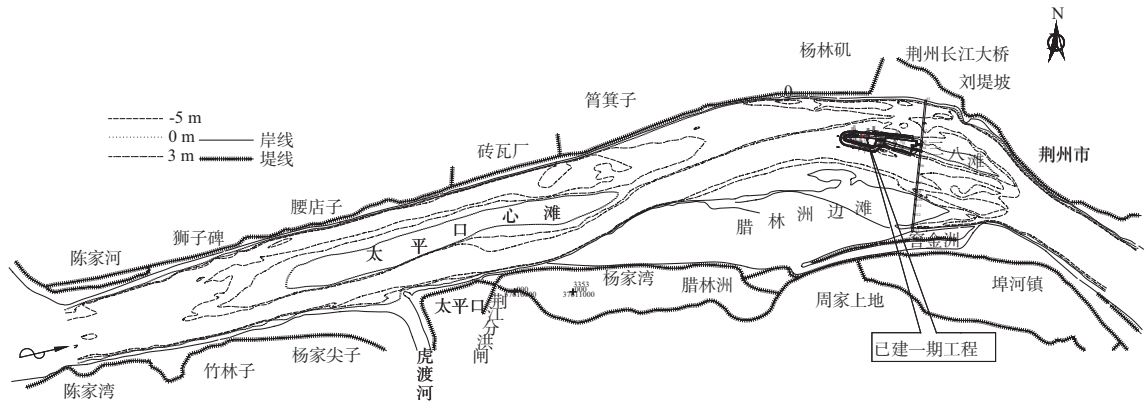


图1 2010年11月太平口水道形势

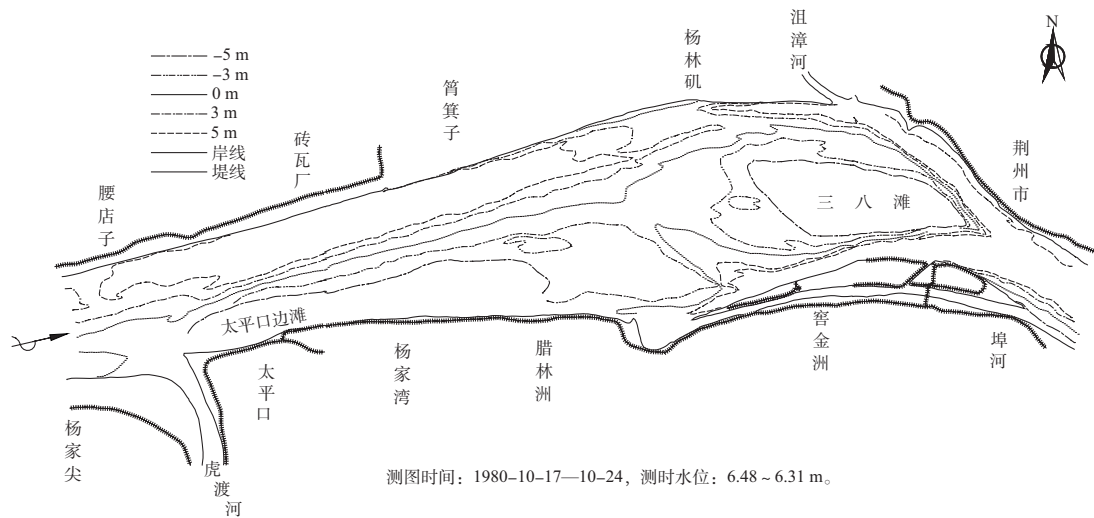


图2 1980年10月沙市河段河势

1980年后, 太平口边滩逐渐冲刷后退, 江面展宽, 至1985年汛后, 江中开始出现太平口心滩, 枯水期将上段河道分为南北两槽, 主流和航道走北槽, 但是, 随着南槽不断冲刷发展, 北槽航道维护愈加困难, 最严重时航道水深仅2.5 m。1997—1998届枯水期, 北槽进出口严重淤积, 航道曾改走南槽。1999年汛后, 长江航道局对南槽虎渡口下游乱石堆进行了基建性清障, 至今南槽航道条件较好。

随着太平口边滩不断冲刷后退, 其下段三八滩逐渐处于迎流顶冲状态。进入20世纪90年代以后, 三八滩北汊河床淤浅, 南汊发展, 枯水期南北汊航槽交替使用几率增大。1998—2000年长江

连续发生大洪水后, 原三八滩冲失, 管箕子边滩下移、切割, 在杨林矶附近淤积形成新三八滩, 主流居南汊(图3), 使在建的荆州长江大桥北通航桥孔进口淤积严重, 枯水期难以维持通航, 而南通航桥孔淤堵, 航道曾一度被迫改走桥墩不满足防撞要求的非通航桥孔, 且主流与航道位置难以稳定, 桥区通航与桥梁安全矛盾十分突出。为了恢复三八滩北汊主通航桥孔通航或延长其枯水期通航时间, 航道部门几乎每年需采取禁航疏浚及清障爆破等超常规维护措施, 动用多艘挖泥船, 但终因疏浚区回淤量大, 收效甚微, 直至春汛水位上涨、北汊进口水深满足通航尺度后, 桥区河段航道维护的紧张局面才逐步缓解。

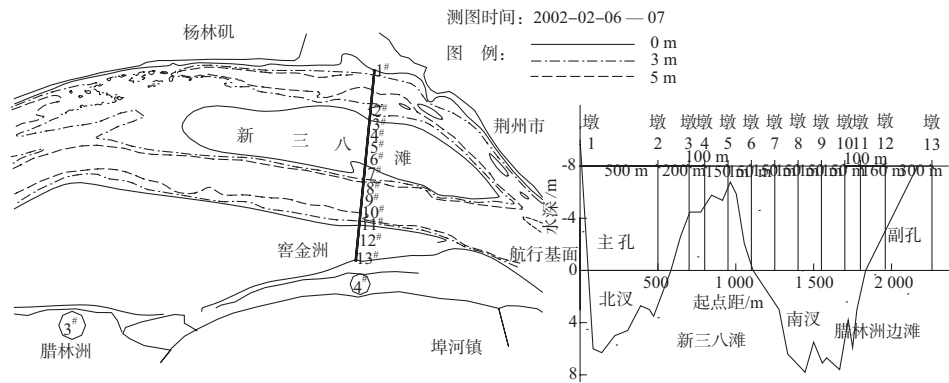


图3 2002年2月桥区河段形势

### 3 三峡水库蓄水后河床演变趋势与模型预测成果对比分析

#### 3.1 原型河道演变特征

三峡水库从2003年6月蓄水运用以来，太平口心滩南、北两槽深泓位置基本稳定，北槽变化不大，南槽展宽冲深的趋势比较明显，至2004年汛后，主流已转移至南槽，枯水期分流比由2001年2月的32%上升到52%，2009年2月达到62%，分沙比上升至50%左右。随着腊林洲边滩上段高滩岸线的崩退，太平口心滩尾部不断下移，两槽出口汇流点位置也出现逐渐下移、右偏现象。

三八滩段主流居南汉。随着新形成的三八滩头部的不断冲刷下移，筲箕子边滩发育，滩面淤高，使北汉进口沿岸航槽（1#槽口）淤塞，枯水期航道维护压力一直较大。三八滩南汉水流弯曲，主流摆动剧烈，枯水期主流通过大桥的位置经历了“先南移，后北摆”的变化过程。即在2003年初，南汉主流过桥位置大约在8#—9#桥孔之间，三峡水库蓄水运用至2004—2005年间，主流过桥位置南移至11#—12#号桥孔，南汉主通航桥孔大部分被打开，航道曾一度改至南汉主通航桥孔。随着三八滩右缘中下段的不断冲刷和腊林洲边滩的淤长，南汉水流逐渐趋直，主流过桥位置又向北摆动，使2004年汛前实施的三八滩应急守护工程右侧护滩带大部分被冲毁，但工程还是在一定程度上增大了南汉水流阻力，使汛后三八滩头部出现由南向北的横向水流，枯水期在滩头冲刷出新的航槽（2#槽口）。2#槽口的冲刷发展，使枯水期北汉分流比约增大10%，达到40%以上，在一定程度上缓解了北汉进口航道维护的

压力。2008年三八滩一期守护工程实施后，基本保持了三八滩中上段滩脊的稳定。从2009年2月河道地形图可以看出，枯水期三八滩北汉进口1#槽口仍然淤积严重，不能通航，但靠近滩头的2#槽口航道条件略有改善，三八滩右缘30 m等高线退至4#桥孔，枯水期南汉主流过桥位置摆至6#和7#桥孔。

#### 3.2 模型预测桥区河床演变趋势

长江航道规划设计研究院在2001年度西部交通科技项目研究<sup>[2]</sup>中，曾根据长江科学院关于三峡工程坝下游冲淤一维数学模型（60系列年）计算成果<sup>[3]</sup>，在2002年1月地形基础上，通过河工模型试验对沙市河段三峡水库运行初期12 a演变趋势进行了预测。模型范围从马羊洲尾至玉和坪，长约22 km。模型平面比尺为300，垂直比尺为100，变率3.0。模型沙采用密度为1.39 t/m<sup>3</sup>的宁夏无烟煤。

模型试验结果表明，在水库运用初期，桥区河段演变特征主要表现为枯水期主流位置的横向摆动和洲滩的剧烈冲淤变形，但主流位置一直居三八滩南汉，北汉因筲箕子边滩淤积下移，枯水期则出现严重碍航甚至于断航局面。

大约在水库135 m水位运用期间，三八滩北汉衰退，南汉发展，但南汉主流位置并不稳定，主流过桥位置经历了如前所述的“先南移，后北摆”的变化过程。即水库蓄水运用后，三八滩头部及右缘首先发生冲刷，使三八滩头部下移并向北摆动，右缘中下段则向南淤长，滩体斜于江中，造成南汉水流更加弯曲，主流过桥位置发生南移，南边12#通航桥孔大部分被冲开，但主流与桥轴线夹角较大，不利于船舶安全航行。之后，

随着三八滩右缘水流顶冲点位置的不断下移, 特别是遇大水年份, 南汉水流曲率半径增大, 三八

滩右缘中下段冲刷后退, 腊林洲边滩尾部相应淤长, 主流过桥位置又随之向北摆动(图4)。

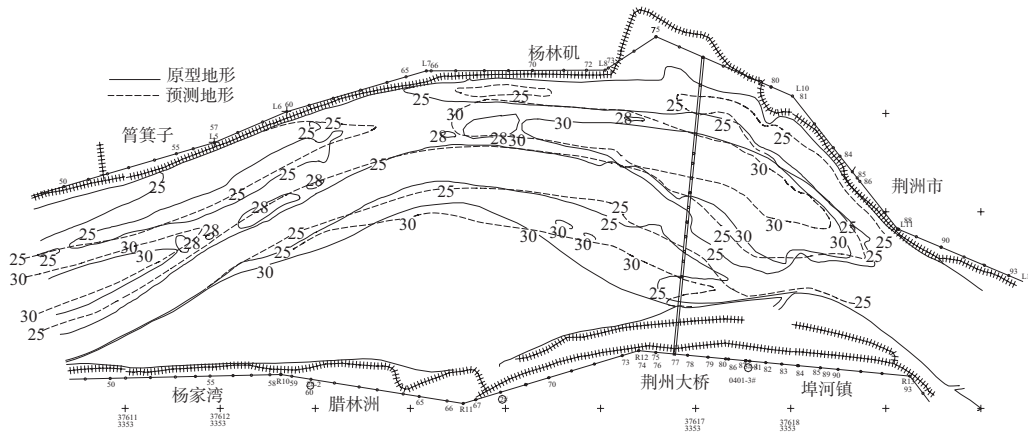


图4 三峡水库运用第2年末模型预测桥区河段变化情况与实测地形比较

河床经过连续几年冲刷调整之后, 大约至水库运用第6年末(相当于2009年), 三八滩右缘30 m等高线从大桥3#和4#桥孔之间穿过, 与上、下游河道左岸线衔接较为平顺, 此后, 三八滩形态与位置趋于稳定, 主流仍在南汉, 北汉进口因汛后筲箕子边滩淤积下移, 若不采取大规模疏浚措施, 便会出现枯水断航现象。因此, 欲通过河床的自然演变恢复三八滩北汉主通航桥孔通航的可能性不大。

### 3.3 原型河道演变特征与模型预测成果对比分析

桥区河段无论是主流位置的变化, 还是三八滩及其南北两汉的冲淤性质, 都与模型预测结果基本一致。特别是模型对三峡水库蓄水运用初期荆州长江大桥桥区河段的演变过程也进行了正确的预报。

但模型中三八滩北汉进口淤积量较原型偏大, 其原因主要是试验条件和边界条件的差异所致, 模型试验采用长江科学院计算的来沙量, 较原型实际来沙量偏大约1/3, 同时, 原型几乎每年汛后都在三八滩北汉进口大量挖槽疏浚, 勉强维持单向通航(上下水船舶需等待时间约2 h), 而模型中未考虑挖槽疏浚问题, 致使模型中筲箕子边滩淤积量偏大。另外, 2004年汛前对三八滩上段实施了应急守护工程, 而在预测本水道演变趋势的模型试验中, 未考虑任何工程的实施, 所以, 模型中三八滩北汉进口未能出现稳定的2#槽

口。事实上, 原型中在三八滩未经守护的情况下, 枯水期随着三八滩的不断冲刷后退, 筲箕子边滩随之淤长、下移、切割, 形成新的槽口, 被切割的滩体下移与三八滩合并, 使滩头上提。之后, 又出现滩头冲刷后退, 筲箕子边滩淤长、下移、切割现象, 北汉进口也未出现过稳定的2#槽口, 枯水碍航现象难以好转。所以, 在2004年汛前, 长江航道局根据当时河床演变趋势分析和模型试验成果, 果断决定首先实施三八滩应急守护工程, 稳定三八滩现状, 然后以此为基础, 再分步实施航道总体治理方案中的其它工程措施。事实表明, 这种决策是完全正确的。模型中曾配合三八滩应急守护工程进行试验研究, 在2004年10月提交的《长江中游沙市河段航道整治控导工程动床模型试验研究阶段报告》中指出, 三八滩应急守护工程实施后, “因滩头冲刷后退受阻, 汛后退水期, 斜向漫滩水流在洲头守护工程前缘冲刷出一串沟, 之后, 该串沟迅速冲刷扩大, 形成新的通航槽口(2#槽), 该槽口的发展, 有利于枯水期形成由太平口心滩南槽过渡至三八滩北汉的‘南-北’航线”。此后, 在2006年7月提交的《长江中游沙市河段航道整治工程工可阶段动床模型试验研究》报告中再次指出, 三八滩控制守护设计方案工程实施后, “在三八滩北汉进口形成两个槽口, 一个是近岸槽, 另一个是洲头槽, 因洲头槽口流速较大, 对近岸槽出流产生顶托作用, 使近



岸槽产生淤积, 3.5 m深航槽断开, 而靠近洲头的3.5 m深航槽上下贯通”。三八滩上段后经航道整治一期工程加固守护后, 原型河床出现的变化也与模型预测结果基本一致, 枯水期航槽由太平口新滩南槽经三八滩头部2#槽口较为平顺地过渡到三八滩北汊(图1)。在实施腊林洲高滩岸线守护后, 2012年初, 当流量为6 000 m<sup>3</sup>/s时, 北汊分流比达到60%以上, 过渡段航槽水深达5 m, 宽度超过300 m, 已基本实现了恢复北汊主通航桥孔通航的目标。

由于模型准确预测了荆州长江大桥桥区河段演变趋势, 为正确制定太平口水道航道整治原则和方案提供了依据, 使部分整治工程实施后枯水航道条件出现了好转, 基本实现了恢复三八滩北汊主通航桥孔通航的任务。

#### 4 结语

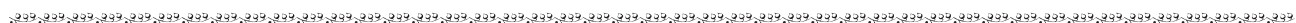
河床演变分析是航道整治方案制定的基础, 成功的航道整治工程都是建立在对河床演变的正确理解及掌握的基础之上。从本文预测三峡水库蓄水运用以来及部分航道整治工程实施后沙市河段演变情况来看, 利用模型试验手段对其航道

演变趋势预测是相当准确和成功的, 为航道整治方案的制定和工程实施顺序提供了可靠依据。当然, 模型对河床演变趋势的预测不等于模型验证, 不能将二者错误地混为一谈, 前者是根据假设的来水来沙及其它边界条件, 对未来河床演变趋势加以研究; 后者则根据已发生的条件, 在模型中复演原型中已发生的情况。由于假设的试验条件很难做到与未来实际发生的情况相同, 所以, 在模型预测试验中对于某个具体水文年来讲, 河床变形偏离原型情况是完全有可能的, 但对于较长系列水文年试验来说, 模型完全能够大致反映原型河床演变趋势。

#### 参考文献:

- [1] 谢鉴衡, 丁君松, 王运辉. 河床演变及整治[M]. 北京: 水利水电出版社, 1990.
- [2] 谢鉴衡. 河流模拟[M]. 北京: 水利水电出版社, 1990.
- [3] 长江科学院. 三峡水库下游宜昌至大通河段冲淤一维数模计算分析(一)、(二)[G]//长江三峡工程泥沙研究, 1996—2000. 第七卷. 北京: 知识产权出版社, 2002: 211—311.

(本文编辑 武亚庆)



(上接第46页)

4) 关于鱼骨坝尾部与其相连洲滩衔接段防冲建筑结构, 应视具体情况而定。本工程鱼骨坝尾部与高滩衔接处, 河床一般在高、中水位时出露, 坡度相对平缓, 因此鱼骨坝尾部防冲建筑物主要在干滩施工, 采用平顺式护岸结构。护坡面层采用17 cm厚钢丝笼护垫, 该结构保留了植物的生长条件, 工程后生态迅速恢复, 基本可免除维护工作; 坡面下部大部分采用X型系混凝土块软体排进行守护; 在临近直水道的坡面下部, 有一定的水深, 因此采用D型系砼软体排加抛石结构进行守护。为了保护衔接段左右端部的稳定, 在其两侧各设长50 m的铺石区进行防护。

#### 参考文献:

- [1] 胡小卫, 王平义, 喻涛, 等. 鱼骨坝水流结构研究[J]. 水运工程, 2011(11): 116—119.
- [2] 蔡大富. 长江中游戴家洲河段戴家洲右缘护岸工程方案研究[J]. 水运工程, 2011(10): 95—99.
- [3] 谭伦武. 长江下游东流水道航道整治工程初步设计[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2008.
- [4] 长江航道规划设计研究院. 长江干线航道发展规划[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2003.
- [5] 刘万利. 长江中游戴家洲河段航道整治一期工程物理模型试验报告[R]. 天津: 天津水运科学研究所, 2008.

(本文编辑 郭雪珍)