



调关水道河床演变及治理措施研究

潘美元, 张素雅, 魏国正

(长江航道勘察设计院(武汉)有限公司, 国家内河航道整治工程技术研究中心, 湖北武汉430040)

摘要: 长江中游下荆江调关水道具有典型弯曲河段“凸冲凹淤”的演变特征, 导致弯道段航道弯曲半径日趋紧张、船舶通航安全隐患增大。根据调关水道2002—2021年实测地形资料, 系统分析水道的演变规律、碍航特性, 对演变趋势进行预测。提出季家嘴边滩守护工程治理措施, 并经模型试验验证。结果表明: 弯道段凸岸侧季家嘴边滩中上段冲刷、尾部淤积下延, 滩槽稳定性变差; 凹岸侧潜洲发育、两槽分流, 尾部凸嘴淤积下延, 加剧弯道段弯曲半径紧张态势; 调关码头附近及季家嘴边滩尾部回流区域, 水流紊乱导致通航条件恶化。在季家嘴边滩间隔布置3道护滩带并守护边滩根部高滩岸线的治理措施能形成平顺的滩槽格局和稳定的弯道段航道左边界, 抑制根部串沟形成和发展, 有效改善弯道段航宽和弯曲半径, 从而达到4.5 m×200 m×1 050 m(航深×航宽×弯曲半径)的建设标准。

关键词: 调关水道; 河床演变; 治理措施

中图分类号: U617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2026)03-0144-09

Riverbed evolution and treatment measures of Tiaoguan Waterway

PAN Meiyuan, ZHANG Suya, WEI Guozheng

(National Engineering Research Center for Inland Waterway Regulation,

Changjiang Waterway Survey Design and Research Institute (Wuhan) Co., Ltd., Wuhan 430040, China)

Abstract: The Tiaoguan Waterway in the lower Jingjiang River has the typical evolutionary characteristic of “concave bank deposition and convex bank erosion” in meandering river segments, causing the progressively tightening bend radius and increasing navigational risks in the curved channel section. On the basis of measured topographic data of the Tiaoguan Waterway from 2002 to 2021, the evolutionary patterns and navigation-impeding characteristics of the waterway are systematically analyzed, and future trends are predicted. The treatment measures are proposed involving the stabilization of the Jijiazui Point Bar, and are verified by model test. The results indicate that the middle and upper sections of the Jijiazui Point Bar on the convex bank experience erosion, while the lower section undergoes deposition and downstream extension, leading to reduced stability of the channel and bar. On the concave bank, the development of mid-channel bars and flow division into two channels, coupled with the deposition and downstream extension of the convex bank, exacerbates the tightening bend radius in the curved section. Additionally, turbulent flow near the Tiaoguan Jetty and the recirculation zone at the tail of the Jijiazui Point Bar further deteriorate navigational conditions. The treatment measures involving the stabilization of the Jijiazui Point Bar by constructing three submerged dikes spaced along the bar and protecting the high beach shoreline at the root of the bar can promote a smooth channel-bar morphology, stabilize the left boundary of the curved channel, inhibit the formation and development of chute channels at the root, and effectively improve channel width and bend radius, meeting the design standards of 4.5 m×200 m×1, 050 m (depth×width×bend radius).

Keywords: Tiaoguan Waterway; riverbed evolution; treatment measure

收稿日期: 2025-07-04 录用日期: 2025-08-28

作者简介: 潘美元(1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事航道工程整治与设计工作。

荆江河段位于长江中游, 上起宜昌枝城, 下迄湖南城陵矶, 全长 347.2 km。上荆江为微弯分叉河型, 长 171.7 km; 下荆江为典型的蜿蜒性河型, 长 175.5 km。调关水道位于长江中游下荆江中部, 左岸为湖北省监利县, 右岸为湖北省石首市。上起鲁家湾(中游里程 366.0 km), 下迄八十丈(中游里程 345.0 km), 全长约 21 km, 为典型的弯曲型河段^[1-3]。

“万里长江, 险在荆江”, 一些学者针对荆江河段的治理进行了研究。何传金^[4]提出荆江治理的主要特点为单滩治理、控导先行和守护为主; 余新明等^[5]总结了调关水道弯道段“凸冲凹淤”的态势; 江凌等^[6]指出调关、反嘴弯道切滩撇弯现象逐渐明显, 陆续出现枯水双槽局面。

调关水道自鲁家湾流出碾子湾水道, 经一段顺直过渡段, 随后进入调关弯道段。在调关弯道段, 左侧凸岸发育有季家嘴边滩, 而右岸肖家拐附近则逐渐形成凹岸的河心潜滩, 主流在两滩之间扫湾而下。调关镇一带存在挑流矶头, 河宽急剧缩窄, 水流过矶头后, 经顺直、窄深过渡段, 最终流入莱家铺水道, 见图 1。

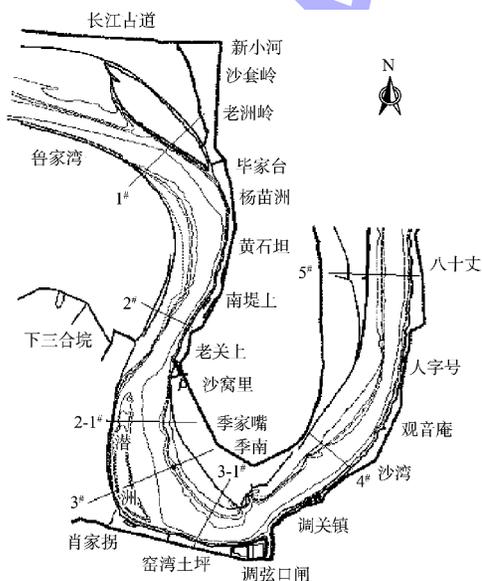


图 1 调关水道河势

Fig. 1 River regime of Tiaoguan Waterway

就航道状况而言, 调关水道上段的顺直过渡段航道相对稳定, 航道问题主要集中在调关弯道

段。具体来说, 洪水期时, 该段扫湾水势强劲, 季家嘴一带会出现大片回流, 调关矶头附近流态紊乱, 给船舶通航带来较大安全隐患; 而到了枯水期, 该段弯曲半径则不断减小。

目前, 调关水道航道维护尺度为 3.8 m×150 m×1 000 m(航深×航宽×弯曲半径)。根据《水运“十四五”发展规划》^[7], 荆江河段建设标准将提升至 4.5 m×200 m×1 050 m(航深×航宽×弯曲半径)。自三峡工程蓄水以来, 来沙大幅减小, 汛期洪峰削减, 中水持续时间延长, 枯水期流量增加, 下荆江弯道段出现了明显的“凸冲凹淤”现象。调关水道因切滩撇弯, 弯道段航道条件和滩槽格局总体变差^[8], 进一步制约了航道尺度的提高, 凸显荆江河段航道尺度的瓶颈效应^[9-10]。虽然现有针对调关水道的研究对其演变特点和初步航道整治方案有所总结, 但对于具体工程建设后的航道治理效果, 以及相应的模型试验研究仍存在欠缺。因此, 本文基于调关水道的三道边滩守护工程以及模型试验, 对水道的整治成果进行分析。此外, 鉴于调关水道具有弯道段航道弯曲半径减小、河槽向枯水双槽方向发展的典型特征, 本文针对典型“凸冲凹淤”河段提出相应的治理思路, 旨在解决其碍航问题, 为相似工程的航道等级提升提供支撑。

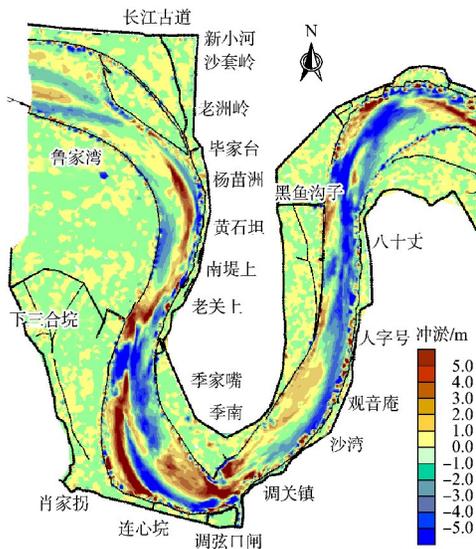
1 三峡工程蓄水以来河床演变及碍航特性

1.1 河床演变

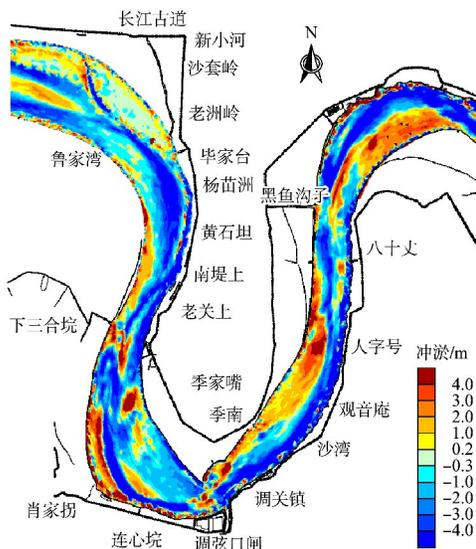
自三峡工程蓄水以来, 调关弯道呈现出显著的冲淤变化特征: 凸岸侧的季家嘴边滩整体以冲刷, 尾部淤积下延的趋势; 凹岸侧则表现为淤积状态。同时, 调关矶头以上的深泓向左摆动, 导致航道弯曲半径逐渐变小。

1.1.1 冲淤变化

从冲淤变化来看, 三峡工程蓄水以来, 调关弯道总体表现为凸岸边滩冲刷、凹岸侧淤积, 不同区域以及不同年份之间的冲淤调整存在一定差异^[11], 见图 2。



a) 2009年1月—2012年2月



b) 2012年2月—2021年3月

注：冲刷为负，淤积为正。

图2 2009年2月—2021年3月调关水道冲淤
Fig.2 Scour and deposition of Tiaoguan Waterway from February 2009 to March 2021

2009年以来，凸岸侧季家嘴边滩中上段冲刷，尾部淤积下延，肖家拐一带凹岸侧持续淤积，凹岸侧的潜洲发育较为明显，特别是尾部调关矶头对开区域的淤积达5 m以上。以2012年为界，调关弯道“凸冲凹淤”的变化规律可分为两个阶段：1)2009—2012年，季家嘴边滩中上段冲刷、尾部淤积下延，潜洲淤积发育明显；2)2012—2021年，水道总体冲刷趋势未改变，季家嘴边滩头部有所

回淤，中下部小幅刷低，尾部冲刷幅度相对较大。季家嘴边滩中下段根部切割，串沟逐渐发展。凹岸侧潜洲发育仍较快、潜洲右侧冲刷、左侧和凹岸侧淤积、尾部淤积下延，主流取直，调关矶头上游侧河心淤积形成浅包，航槽向弯曲方向发展，航道弯曲半径逐渐减小。

1.1.2 季家嘴边滩变化

0 m等深线年际变化见图3。可以看出，自三峡工程蓄水以来，季家嘴边滩出现大幅冲刷后退。具体各阶段变化为：2009—2014年，边滩中上段冲刷后退，最大后退达220 m，下段和尾部0 m等深线则向河槽延伸，最大延伸达550 m；2014—2019年，边滩头部略有冲刷，中上部向河槽略有淤长，中下部至尾部则继续冲刷后退，最大冲刷后退约230 m；2019—2020年，边滩头部略有冲刷后退，上部至尾部则向河槽延伸，最大延伸达320 m；2020—2021年，边滩整体冲刷后退，其中中下部至尾部冲刷后退至(接近)2019年0 m等深线位置。

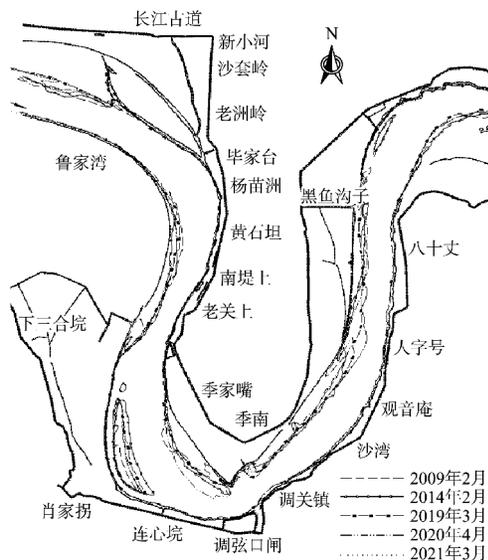


图3 2009年2月—2021年3月调关水道0 m等深线平面变化

Fig.3 Planar changes evolution of 0 m isobath in Tiaoguan Waterway from February 2009 to March 2021

季家嘴边滩0 m等深线面积，见图4。可以发现，三峡工程蓄水以来，季家嘴边滩0 m等深线面积呈缩减趋势。具体而言，2002年10月—2012年

11月, 边滩持续冲刷萎缩, 0 m 等深线面积由 1.64 km² 缩减至 0.53 km²。2012年11月—2021年3月, 边滩呈现出上冲下淤的特征, 边滩面积也随之先增后减, 在2020年8月—2021年3月期间基本维持在 0.51~0.53 km²。

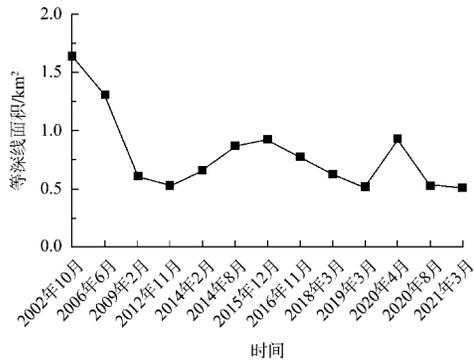


图4 季家嘴边滩0 m 等深线面积

Fig. 4 Area of 0 m isobath of Jijiazui Point Bar

从季家嘴边滩根部0 m 等深线的变化来看, 边滩滩尾根部冲刷切割, 进而形成串沟, 且该串沟呈现出自下而上逐渐发展的态势, 对边滩的稳定性造成影响。2009年之前, 滩尾处0 m 等深线走势基本平顺; 自2009年起, 0 m 等深线开始逐渐向上延伸, 串沟现象变得明显; 至2014年2月, 0 m 等深线向上延伸至边滩滩尾根部, 距离达330 m; 至2020年4月, 串沟在边滩滩尾根部进一步发展, 形成了一个长380 m 闭合的0 m 等深线。

1.1.3 凹岸侧潜洲变化

三峡工程蓄水以来, 在新水沙条件下, 季家嘴边滩整体冲刷降低, 滩尾根部串沟不断发展, 这使得季家嘴边滩对水流的约束能力逐渐减弱。受此影响, 主流左摆、取直, 顶冲点下移, 为弯道凹岸侧肖家拐一带的心滩淤长提供了空间。

2004年8月, 肖家拐一带凹岸侧开始出现潜洲, 其高程处于航基面下4 m 左右; 至2006年6月, 潜洲开始发育, 汛期潜洲最高处高程达到0 m 左右, 枯水期潜洲刷低。自2009年起, 潜洲逐渐发育并形成一定规模。潜洲0 m 等深线面积, 见图5。可以看出, 自2009年2月出现潜洲以来, 其发展经历了3个阶段: 1) 2009—2012年淤长期, 0 m 等深

线面积由0.1 km² 淤长至2012年11月的0.64 km²; 2) 2012—2014年稳定期, 0 m 等深线面积维持在0.60 km² 左右; 3) 2014年以来的萎缩期, 0 m 等深线面积因冲刷而萎缩至0.38 km²。

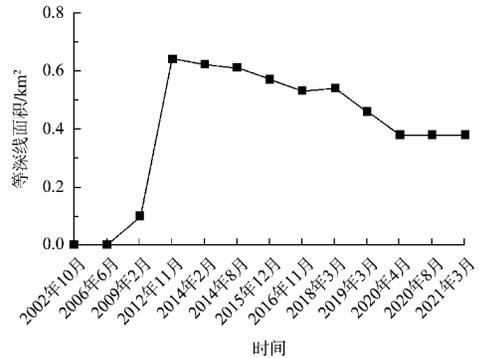


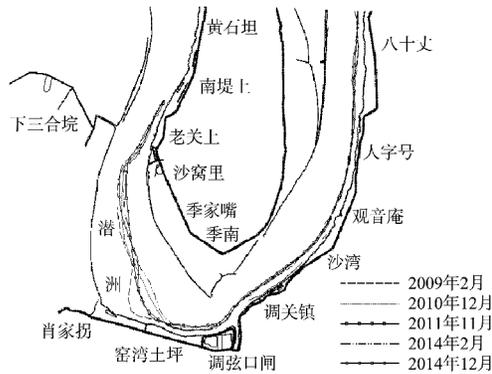
图5 调关弯道凹岸潜洲0 m 等深线面积

Fig. 5 Area of 0 m isobath for hidden bar at concave bank of Tiaoguan Bend

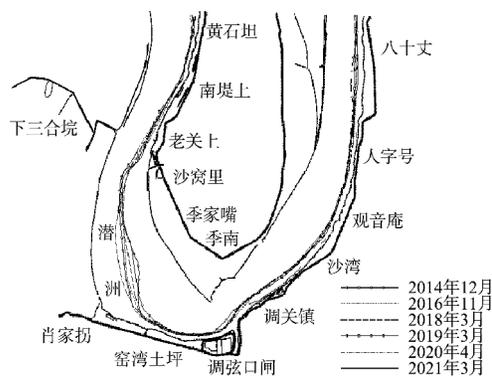
将潜洲0 m 等深线的变化过程与季家嘴边滩0 m 等深线的变化过程对比可以发现, 凹岸侧潜洲和季家嘴边滩保持着此消彼长的关系。由此可见, 季家嘴边滩的稳定仍然是维持调关弯道河势格局稳定的关键因素。随着三峡工程蓄水后季家嘴边滩持续受到冲刷, 凹岸侧潜洲不断淤积, 航道形势逐渐不稳定。

1.1.4 深泓变化

调关水道深泓平面变化见图6。可以看出, 调关弯道处的季家嘴边滩呈现出上冲下淤的态势。受此影响, 上段深泓明显向左摆动, 导致河道稳定性变差, 弯顶段航道的弯曲半径进一步缩小。调关水道深泓沿水流方向可分为4个区域: 进口直线区、横向过渡区、弯顶区以及出口直线区。进口直线区位于弯道进口附近, 多年来深泓稳定, 始终紧贴左岸; 横向过渡区位于下三合垸—窑湾土坪一带, 此区域横向水流较大, 深泓由凸岸侧向凹岸侧过渡, 多年间深泓摆动变幅较大; 弯顶区, 深泓过渡至凹岸一侧后逐渐稳定, 但走向会随河岸走势进一步转向, 弯曲度较大, 在凹岸调关码头限制下, 多年深泓位置相对稳定; 出口直线区位于调关码头以下区域, 深泓依旧紧贴凹岸侧, 多年总体位置稳定。



a) 2009年2月—2014年12月



b) 2014年12月—2021年3月

图6 2009年2月—2021年3月调关水道深泓平面变化
Fig. 6 Planar changes of thalweg in Tiaoguan Waterway from February 2009 to March 2021

由此可见，调关弯道段深泓的变化主要集中在横向过渡段。具体来看，2009—2014年，横向过渡区中上段深泓幅度不大，中下段深泓整体保持稳定；2014—2020年，横向过渡区深泓持续右摆且不断弯曲，调关弯道区弯曲半径持续减小，其中2014年2—12月，年内间右摆幅度较大，最大右摆280 m；2020—2021年，受大洪水的影响，横向过渡区河槽深泓大幅左摆，最大左摆390 m，

深泓恢复至2014年12月的位置。

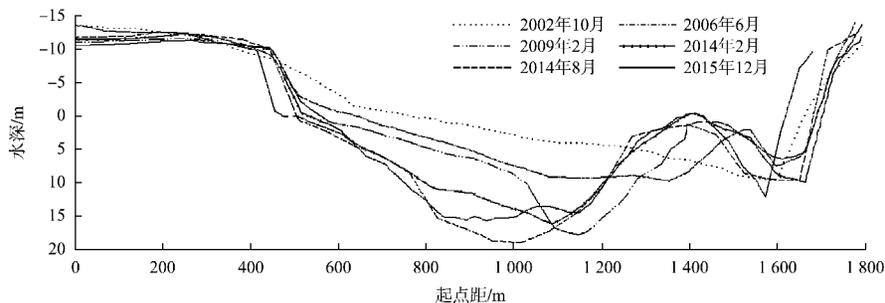
结合冲淤变化与深泓变化可以看出，季家嘴边滩稳定性直接决定了深泓平面的稳定性。当季家嘴边滩头部及中上段冲刷后退，横向过渡区中上段深泓向左摆动，同时边滩尾部淤积下延，这些因素共同作用，使得弯顶段深泓逐渐弯曲，航槽弯曲半径进一步减小。而在弯顶以下区域，由于受到调关矶头的限制作用，多年来深泓摆动变化幅度较小^[12]。

1.1.5 断面变化

调关水道2-1#和3#断面变化见图7和8。可以看出，调关弯道段呈现出鲜明的冲淤变化特征：凸岸季家嘴边滩冲刷，凹岸潜洲形成并逐年淤积长大，断面形态基本呈W形，形成两槽分流的格局；三峡工程蓄水以来，河道内除凹岸潜洲表现为淤积态势，其余各断面总体呈冲刷态势。

季家嘴边滩变化为：2002—2009年，边滩呈逐年冲刷状态，年冲刷幅度超过2 m，累计冲刷幅度达10 m以上；2009—2020年，边滩表现为上冲下淤，深槽冲深、左摆。

潜洲变化为：2012—2014年，潜洲逐年淤积，年淤积幅度在0.5 m以上，累计淤积幅度达10 m以上。到2014年，潜洲淤积至航行基面以上4 m。与此同时，右岸沿岸槽在潜洲形成并迅速发展，导致左侧主航槽稳定性较差。2014—2021年，潜洲达到最高处后趋于稳定。在这个过程中，深槽进一步右摆。整体来看，这个阶段断面变化和河道冲淤变化得出的总体结论是一致的。



a) 2002年10月—2015年12月

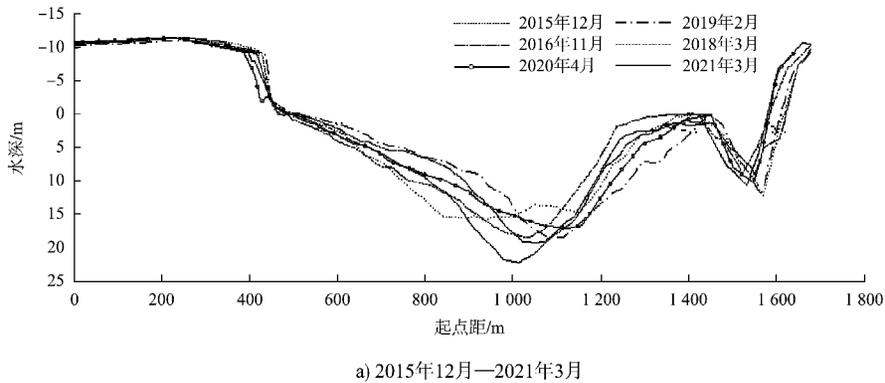


图7 2002年10月—2021年3月调关水道2-1#断面变化

Fig. 7 Cross-sectional change at profile 2-1# in Tiaoguan Waterway from October 2002 to March 2021

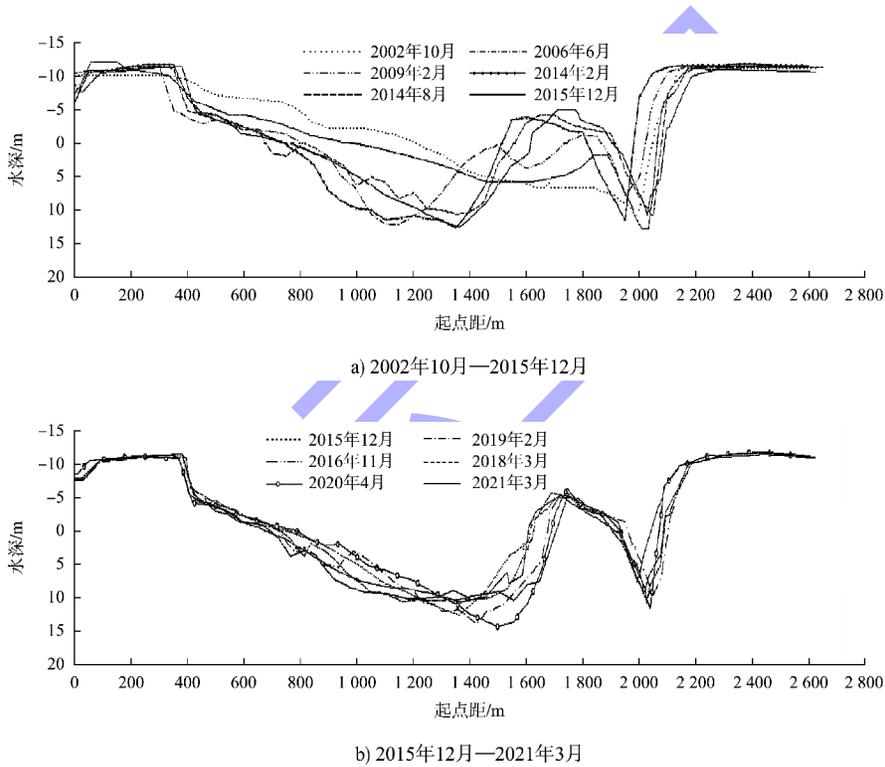


图8 2002年10月—2021年3月调关水道3#断面变化

Fig. 8 Cross-sectional change at profile 3# in Tiaoguan Waterway from October 2002 to March 2021

1.2 碍航特性

调关水道河宽相对较窄, 就弯道段冲淤情况而言, 虽呈现凸冲凹淤的特征, 但并未引起航道内水深、航宽的显著减小。与 4.5 m×200 m×1 050 m (水深×航道宽度×弯曲半径) 的建设标准相比, 当前航道水深和航道宽度均能达标, 不过局部弯曲半径却日趋紧张。其碍航特性主要表现在以下方面。

1) 水流顶冲问题突出。调关水道水流不断取

直, 顶冲调关码头区域。在弯道段, 凸岸侧的季家嘴边滩中上段受到冲刷, 尾部则淤积下延; 边滩根部中下段在枯水期串沟逐渐发展, 导致滩槽稳定性变差。

2) 弯曲半径紧张加剧。凹岸侧潜洲不断发育, 形成两槽分流局面, 同时尾部凸嘴淤积下延, 逐渐加剧了弯道段弯曲半径的紧张态势, 大幅增加了船舶通航的安全隐患。

3) 流态紊乱影响航行。在调关码头附近及矶

头对岸的季家嘴边滩尾部,存在一定范围的回流区域,这里水流紊乱,进一步加剧了调关矾头附近航行条件的紧张状况。

1.3 河床演变趋势预测

三峡工程蓄水后,荆江河段来沙量锐减,滩的淤积能力减弱,枯水期流量增大,使得枯水期主流持续向凸岸侧摆动,而凹岸侧潜洲则持续淤积发育。这个变化导致枯水期航槽趋于不稳定,河道弯曲半径也呈现出减小的趋势。调关水道同样受到这些不利因素的影响,来沙量锐减以及中洪水历时延长,使得弯道段凹岸侧持续淤积,而凸岸的季家嘴边滩则总体处于冲刷状态,特别是在大水年份,季家嘴边滩的冲刷幅度会更加剧烈。

调关水道的碍航问题主要集中在弯道段,而季家嘴边滩的冲刷模式是决定航道条件好坏的关键因素:若弯顶区域平行后退,则有利于改善航道条件;若边滩头部冲刷后退、尾部淤积下延,则会挤压缩窄弯顶区域的航槽。此外,边滩头部后退还会导致弯道进口航槽向凸岸偏移,而弯顶航槽则在边滩挤压下向凹岸偏移,最终导致航道弯曲半径逐渐减小。

三峡工程蓄水以来,在新水沙条件下,季家嘴边滩的演变趋势为头部冲刷后退并伴随尾部淤积下延。若遇到不利水文年,季家嘴边滩根部甚至可能被冲刷切割形成串沟,进而发展成心滩并向河心淤长。这个演变过程将导致弯道段航宽缩减和弯曲半径进一步减小,对保障规划航宽和弯曲半径极为不利。

2 治理措施

2.1 治理思路

根据调关水道现有航道条件、碍航特性、河床演变及趋势预测,针对 $4.5\text{ m}\times 200\text{ m}\times 1\ 050\text{ m}$ 的建设标准提出治理思路:通过工程措施守护季家嘴边滩,稳定弯道段航道左边界和现有滩槽格局,抑制航宽缩减和弯曲半径进一步减小,保障规划航道的稳定。

2.2 治理方案

在季家嘴边滩布置3道护滩带,长度分别为485(含200 m勾头)、520和440 m,头部守护至整治线,形成稳定的航道左边界。其中第1道护滩带设置勾头段,起平顺水流和调整流态冲刷的作用,前两道护滩带还起冲刷潜洲中下段至尾部右缘,防止潜洲尾部凸嘴淤积下延。对季家嘴边滩根部长3 050 m高滩岸线进行守护,稳定高滩岸线,抑制根部串沟的形成和发展,见图9。

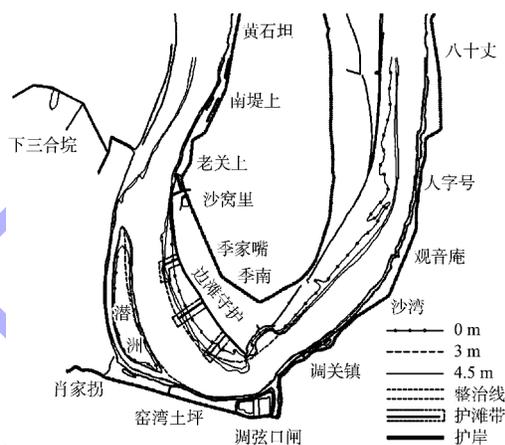


图9 季家嘴边滩守护工程平面布置

Fig. 9 General layout of stabilization works for Jijiazui Point Bar

2.3 治理方案效果试验

2.3.1 典型年治理效果动床试验

选择2019年3月实测地形作为试验起始地形;选择不利水文年中的1998年大水年作为典型年,并对来沙进行减沙处理;模型进口流量为1998年来水经三峡工程调蓄后的监利站流量过程,出口水位根据塔市驿附近水位与流量关系推求得出。

季家嘴边滩守护工程实施后的典型年末,凸岸季家嘴边滩中上段地形抬高,弯顶处航槽一带冲刷明显;季家嘴边滩弯顶处4.5 m航槽贯通,最小航槽宽度由无工程的220 m拓宽至240 m,最小弯曲半径由无工程的1 060 m增大至1 150 m,见表1。典型年动床试验结果表明,季家嘴边滩守护工程抑制季家嘴边滩上冲下淤的不利变化趋势,稳定了弯道段左边界,形成较为平顺的滩槽格局,达到了规划的航道条件。

表 1 典型年末 4.5 m 航槽最小航宽和弯曲半径

Tab. 1 Minimum navigation channel width and bending radius of 4.5 m navigation channel at typical year-end

时间	航宽/m	弯曲半径/m
起始(2019年3月)	260	1 060
无工程典型年末	220	1 000
有工程典型年末	240	1 150

2.3.2 系列年治理效果动床试验

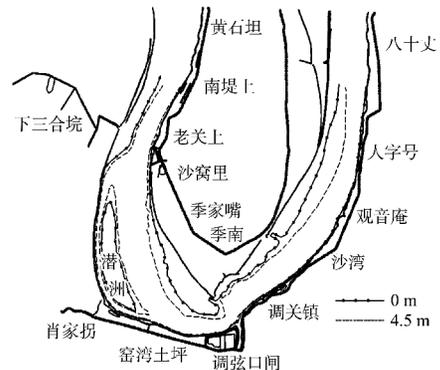
选择 2019 年 3 月实测地形为试验起始地形; 选择 2010—2014 年+1998 年+2010—2013 年作为 10 a 的系列年, 对 1998 年来沙进行减沙处理; 模型进口流量为各年来水经三峡工程调蓄后的监利站流量过程, 出口水位采用塔市驿附近水位与流量关系推求所得。

系列年各年末 4.5 m 航槽情况见表 2, 系列年第 10 年末工程实施前后水深见图 10。与无工程情况相比, 季家嘴边滩守护工程实施后, 边滩头部继续冲退趋势得以缓解, 有利于塑造优良的滩槽格局, 稳定弯道进口入流条件, 至 10 a 系列年末, 边滩中上段淤积, 河槽主流右偏, 凹岸潜洲区域有所冲刷, 未出现季家嘴边滩下段淤积下延现象, 对于改善弯道段航道弯曲半径紧张局面较为有利。

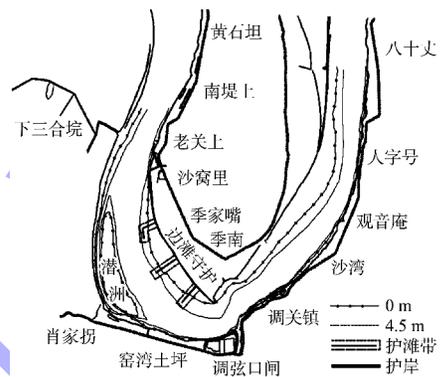
表 2 系列年各年末 4.5 m 航槽情况

Tab. 2 Condition of 4.5 m navigation channel at end of each year in series years

时间	200 m 航宽内最小水深/m		航宽/m		弯曲半径/m	
	无工程	有工程	无工程	有工程	无工程	有工程
第 3 年末	4.8	5.1	230	280	1 090	1 180
第 6 年末	4.6	4.8	210	245	1 030	1 100
第 10 年末	4.7	5.0	225	270	1 050	1 120



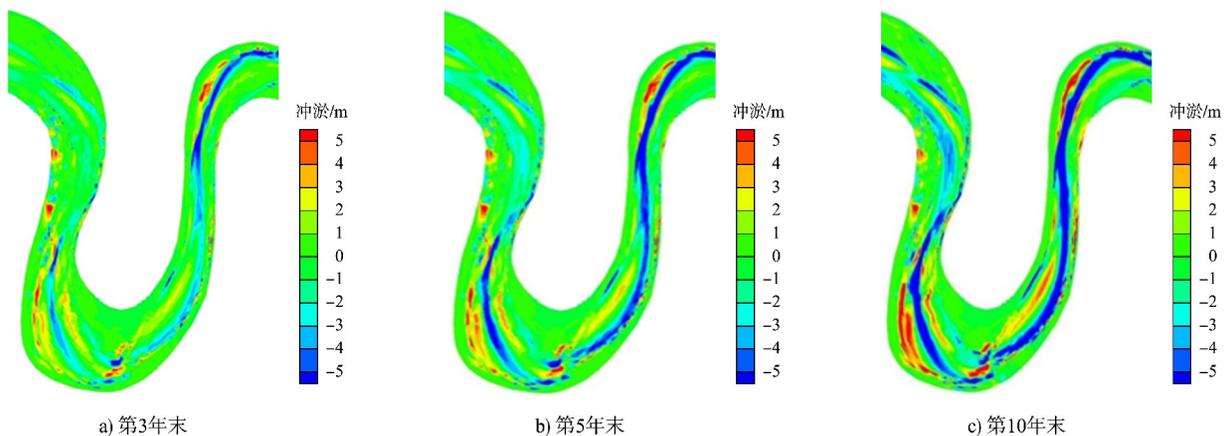
a) 工程实施前



b) 工程实施后

图 10 系列年第 10 年末工程实施前后水深
Fig. 10 Water depth before and after project implementation at end of the 10th year in series years

工程实施前后的冲淤变化, 见图 11。同样可以看出, 季家嘴边滩守护工程实施后, 边滩中上段地形以抬高为主, 季家嘴边滩尾部和潜洲凸嘴下延趋势得到明显缓减, 航道水深增加, 航道条件得到改善。



a) 第3年末

b) 第5年末

c) 第10年末

图 11 工程实施前后各年末冲淤对比

Fig. 11 Comparison of erosion and deposition at end of each year before and after project implementation

从航道条件变化来看, 现状条件下 200 m 航宽内的水深均满足 4.5 m, 最小水深为 4.9 m。在 10 a 系列年过程中, 调关水道 4.5 m 航槽满足规划尺度要求, 200 m 航宽内最小水深由无工程的 4.7 m 提升至 5.0 m, 最小航槽宽度由无工程的 225 m 拓宽至 270 m, 航道弯曲半径与试验初期相比也有所改善, 最小弯曲半径由无工程的 1 050 m 增大至 1 120 m。

系列年动床试验表明, 季家嘴边滩守护工程抑制了季家嘴边滩上冲下淤的不利变化趋势, 稳定了弯道段左边界, 形成较为平顺的滩槽格局, 达到规划的航道条件。

3 结语

1) 三峡工程蓄水后, 调关水道呈现“凸冲凹淤”特征。凸岸季家嘴边滩总体冲刷后退, 尾部淤积下延, 0 m 等深线面积缩减, 滩尾根部串沟发展; 凹岸侧潜洲持续淤积发育, 历经淤长、稳定和萎缩 3 个阶段, 与季家嘴边滩此消彼长; 深泓在横向过渡段摆动明显, 弯顶区弯曲半径减小, 断面呈 W 形, 形成两槽分流格局。这些变化使航道形势不稳定, 航宽缩减和弯曲半径减小问题突出。

2) 调关水道碍航问题集中在弯道段。水流顶冲问题严重, 不断取直顶冲调关矾头区域, 滩槽稳定性变差; 凹岸侧潜洲发育形成两槽分流, 尾部凸嘴淤积下延, 加剧弯曲半径紧张; 调关矾头附近及季家嘴边滩尾部存在回流区, 水流紊乱, 增加船舶通航安全隐患。

3) 蓄水后荆江河段来沙量锐减、枯水期流量增大, 枯水期主流向凸岸侧摆动, 凹岸侧潜洲持续淤积。调关水道弯道段凹岸淤积、凸岸边滩冲刷, 大水年份更甚。季家嘴边滩冲刷模式决定航道条件, 其头部冲刷后退、尾部淤积下延会挤压缩窄弯顶航槽, 使航道弯曲半径减小, 不利于保障规划航宽和弯曲半径。

4) 针对碍航问题, 本文提出守护季家嘴边滩的治理思路, 在边滩布置 3 道护滩带, 守护边滩根部高滩岸线。试验结果表明, 该方案能抑制边滩不利变化, 稳定弯道段左边界, 形成平顺滩槽

格局。工程实施后, 弯顶处 4.5 m 航槽贯通, 最小航槽宽度、弯曲半径和航道水深增加, 航道条件显著改善, 能达到 4.5 m×200 m×1 050 m 的规划要求。

参考文献:

- [1] 刘怀汉, 杨胜发, 曹民雄. 长江黄金航道整治技术研究构想与展望[J]. 工程科学与技术, 2017, 49(2): 17-27.
LIU H H, YANG S F, CAO M X. Advances in 'golden waterway' regulation technologies of the Yangtze River[J]. Advanced engineering sciences, 2017, 49(2): 17-27.
- [2] 彭玉明, 熊超, 杨朝云. 长江荆江河道演变与崩岸关系分析[J]. 水文, 2010, 30(6): 29-31, 36.
PENG Y M, XIONG C, YANG C Y. Analysis of relationship between fluvial process and bank caving in the Jingjiang Reach of Yangtze River [J]. Journal of China hydrology, 2010, 30(6): 29-31, 36.
- [3] 余文畴, 卢金友. 长江河道崩岸与护岸[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.
YU W C, LU J Y. Collapse and revetment of the Yangtze River [M]. Beijing: China Water & Power Press, 2008.
- [4] 何传金. 长江中游荆江河段航道治理思路、对策及初步成效[J]. 水运工程, 2012(10): 11-17.
HE C J. Waterway regulation ideas, countermeasures and initial effects for Jingjiang reach in middle Yangtze River [J]. Port & waterway engineering, 2012 (10): 11-17.
- [5] 余新明, 李雨晨. 长江中游调关水道演变规律及趋势分析[J]. 水道港口, 2015, 36(3): 224-228.
YU X M, LI Y C. Study on waterway evolution and changing trends of Tiaoguan channel in middle Yangtze River[J]. Journal of waterway and harbor, 2015, 36(3): 224-228.
- [6] 江凌, 何碧, 张为. 长江中游荆江河段航道尺度提高标准研究[J]. 中国水运(航道科技), 2016(1): 51-55.
JIANG L, HE B, ZHANG W. Comprehensive research on navigation channel dimension enhancement standards for Jingjiang Reach of middle Yangtze River[J]. China water transportation (science & technology for waterway), 2016(1): 51-55.