长江中游马家寨水道河床演变特征分析

谢　卫，王小明，朱玉君，常　波
（长江航道规划设计研究院，湖北 武汉 430040）

摘要：三峡水库蓄水运行前后，长江中游荆江河段发生河流再造床过程，河床经历了剧烈的冲淤调整。马家寨水道作为其中重点水道之一，为了解该水道航道条件变化规律，有必要对其开展河床演变分析。利用马家寨水道历年原型观测资料，对该水道进行全面分析。结果表明，该水道河道单一，主槽相对狭窄，航道条件良好；三峡水库清水下泄带来的冲刷总体持续发展，未来一段时间，该河段将依然表现出冲刷为主的变化特点，一般水文年份缓慢冲刷，遇大洪水年右侧边滩体有可能冲刷下移、尾部冲散；由于河宽有限、滩体规模有限，冲刷对于河道及航道的影响总体在可控范围内。

关键词：马家寨水道；河床冲淤；岸线；深泓；洲滩；深槽

中图分类号：U612　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1002-4972(2025)05-0111-05

Riverbed evolution characteristics of Majiazhai Waterway in middle reaches of the Yangtze River

XIE Wei, WANG Xiaoming, ZHU Yujun, CHANG Bo
(Yangtze River Navigation Planning and Design Institute, Wuhan 430040, China)

Abstract: The Three Gorges Reservoir's water storage operation has led to a riverbed reshaping process in the Jingjiang River section of the middle reaches of the Yangtze River, resulting in significant scouring and silting adjustments of the riverbed. The Majiazhai Waterway, as one of key waterways, requires a comprehensive analysis of its riverbed evolution to understand changes in navigation conditions. We utilize the prototype observation data from the Majiazhai Waterway over the years to conduct a comprehensive analysis. The results indicate that the waterway has a single channel with a relatively narrow main channel, offering favorable navigation conditions. The scouring caused by the clear water discharge from the Three Gorges Reservoir is continuously developing. For the foreseeable future, this river section will continue to exhibit characteristics of scouring as the main change. Under normal hydrological years, the scouring will be slow, and during years with major floods, the right bank beach may experience scouring and downstream movement, with the tail end being dispersed. However, due to the limited river width and the limited scale of the beach, the impact of scouring on the river channel and navigation is generally controllable.

Keywords: Majiazhai Waterway; riverbed scouring and silting; shoreline; deep trough; shoals; deep channel

马家寨水道位于长江中游，连接公安河段弯道和郝穴河段弯道，全长约 9.5 km(图 1)。该水道的左岸紧邻荆江大堤，有护岸块石和护堤乱石，右岸则有块石护岸和卵石堆。水道进口段的深泓

收稿日期：2024-08-02

作者简介：谢卫（1978—），男，硕士，工程师，从事港口与航道工程研究。

线从右岸逐渐过渡到左岸。在航道治理方面，刘林双等[1]通过水流连续性方程和运动方程分析，提出结合守护型、调整型和疏浚措施的航道整治方法，有效提升航槽水深并降低水位，实现了通航与防洪的双重目标；雷雪婷等[2]利用数学模型研究熊城段碍航水流问题，指出在特定条件下船舶航行风险增加，需要谨慎航行；方佳敏等[3]通过观测和分析，证实鲤鱼山水道航道整治工程有效控制了河床冲刷，并改善航道条件；余蕾等[4]采用小波分析和滑动平均法研究河床响应调整规律，建立有效的模型；李文全等[5]通过模型试验预测了荆州长江大桥沙市河段太平口水道的演变趋势，为航道整治提供了科学依据；闫军等[6-7]通过分析牯牛沙水道和藕池口水道的河床演变，提出相应的治理措施；渠庚等[8]分析三峡水库运用后荆江河道的变化，指出边滩冲刷和河宽增加对航道条件有不利影响；江凌等[9]预测三峡工程蓄水后荆江河段河床演变趋势及其对航道的影响；张晓红等[10]探讨三峡工程蓄水后上荆江河段河道变化趋势和综合治理任务，为应对清水下泄冲刷的影响和经济社会快速发展带来的需求提供了初步治理设想。

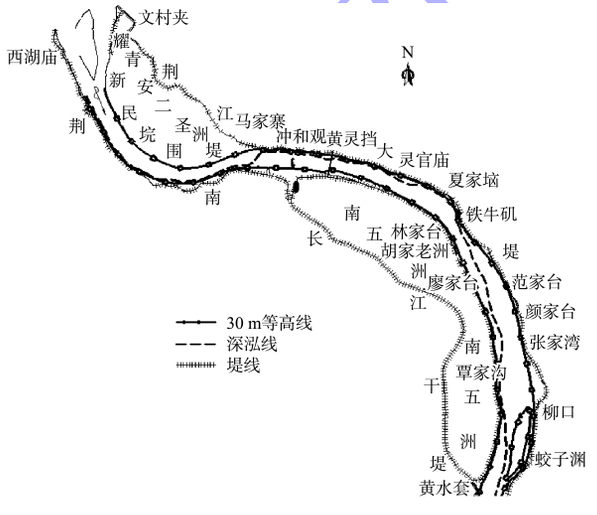


图 1　马家寨水道河势

Fig. 1　River regime of Majiazhai Waterway

本文通过历史数据对比、现场踏勘，研究长江中游马家寨水道的河床演变及其对航道稳定性的影响。研究成果可为长江中游航道的维护和治理提供科学依据，对确保航道安全和促进区域经济发展具有重要的指导意义。

1　水文泥沙特性

沙市水文站位于马家寨水道上游 42 km 处，是监测荆江河段径流和泥沙的关键站点。根据沙市水文站数据资料，在三峡水库蓄水前(1947—2002 年)，沙市站记录的最高瞬时水位为 43.07 m，最低瞬时水位为 28.76 m；蓄水后(2003—2020 年)，沙市站记录的最高瞬时水位为 41.29 m，最低瞬时水位为 28.70 m。

马家寨水道多年水沙数据对比见表 1。三峡水库蓄水运用前，沙市站多年平均径流量为 3 942 亿 m^3，从不同蓄水阶段来看，2003—2007 年(蓄水初期)，沙市站多年平均径流量较蓄水前偏枯 5.63%；2008(175 m 试验性蓄水)—2020 年，三峡水库加大了下泄流量，但沙市站年均径流量仍小于三峡水库蓄水运用前，比初蓄阶段的年均径流增大 7.01%；三峡水库蓄水运用前沙市站多年平均输沙量为 4.34 亿 t，蓄水初期(2003—2007 年)，沙市站输沙量较蓄水前减小 78.56%，进入试验性蓄水期，沙市站输沙量进一步减小，2008—2020 年平均输沙量较蓄水前减小 91.11%、较初蓄阶段进一步减小 58.53%。

表 1　马家寨水道多年水沙数据对比

Tab. 1　Comparison of multi-year water and sediment data of Majiazhai Waterway

时段	径流量/亿 m^3	变化率/%	输沙量/万 t	变化率/%
2002 年前平均	3 942	–	43 400	–
2003—2007 年平均	3 720	−5.63	9 304	−78.56
2008—2020 年平均	3 981	7.01	3 858	−58.53

2　河床演变及趋势预测

2.1　岸线变化

自 1980 年以来，观音寺—郝穴段的河道岸线在护岸工程的作用下保持了相对稳定。尽管局部地区如文村夹段和南五洲段发生了崩岸现象，但整体河段的平面形态未受显著影响。文村夹段特别受主流线摆动的影响，导致 1975—1986 年间岸线向江心移动约 180 m，随后至 2002 年出现轻微崩退。2002 年 3 月，该段发生严重崩岸，崩塌宽度最大达 10 m，距离堤脚仅 44 m。2005 年 1 月，文村夹段再次发生长约 300 m 的崩岸，随后进行了削坡护岸处理。同年 12 月，下游 2 km 处也发生了小范围崩塌。2009 年 4 月，南五洲段出现长 100 m、宽 18 m 的崩岸。尽管如此，自 2011 年以来的近 10 年工程区域岸线整体保持稳定。

2.2　河床冲淤变化

观音寺—郝穴河段 2014 年 2 月—2021 年 3 月的冲淤变化见图 2。可以看出，南星洲分汊段，左淤右冲，左汊及南星洲均表现为淤积，特别是左汊内淤积幅度较大，右汊沿岸槽总体呈冲刷；公安陡湖堤河弯段，张家台以上段左淤右冲，左岸侧二圣洲边滩一带淤积，幅度 1~2 m，右侧深槽冲刷幅度较大，均在 3 m 以上，弯顶一带左冲右淤，沿右岸弯顶一侧淤积幅度在 3 m 左右，左侧冲刷幅度较大，均在 3 m 以上；朱家湾—冲和观跨河段冲淤变化较小；杨家厂—刘家台段，也是本期工程区域，河床总体略有淤积，幅度 1~2 m，但沿右岸侧一带呈冲刷，幅度在 3 m 以上，刘家台以下段河床总体呈冲刷，南五洲边滩滩尾略有淤积。

2019 年 3 月—2021 年 3 月马家寨水道河床冲淤变化见图 3。2019 年 3 月—2020 年 3 月河床总体冲淤变化不大，采石洲以上段微冲微淤，幅度 1~2 m；马家寨区域左右两侧冲刷、中部略有淤积，荆州长江公铁大桥段冲刷，幅度 1~2 m；灵官庙一带左淤右冲，左侧深槽最大淤积幅度约 4 m，右岸侧冲刷幅度 1~3 m；方赵家台—上码头段左冲右淤，冲淤幅度 1 m 左右。2020 年 3 月—2021 年 3 月河床总体呈冲刷状态，杨家厂以上段左淤右冲，左岸二圣洲边滩略有淤积，右侧深槽冲刷幅度较大，沿程冲深约 3 m；杨家厂—荆州长江公铁大桥段总体表现为淤积，特别是马家寨左岸侧深槽淤积幅度均在 3 m 以上，而右岸侧表现为冲刷，最大冲刷幅度达 3 m 以上。荆州长江公铁大桥以下段槽冲滩淤，左侧沿岸槽沿程冲刷，幅度 1~3 m，右侧七姓台—林家台一带滩体淤积幅度较大，在 1~3 m。

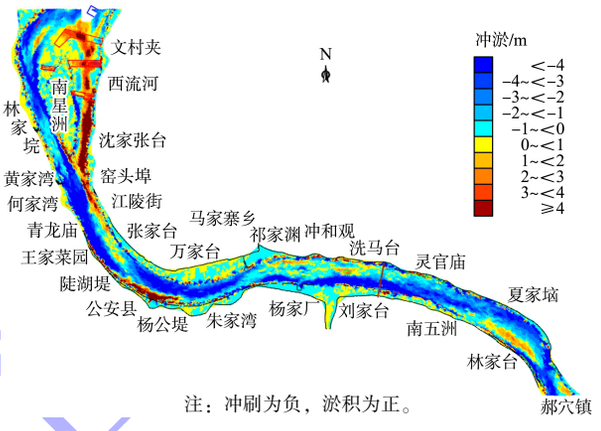
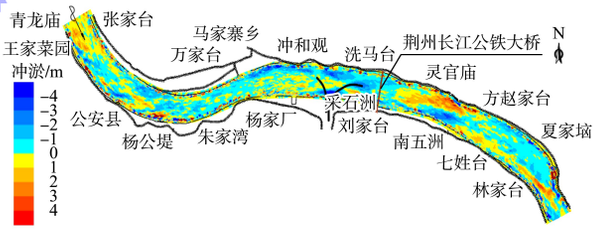
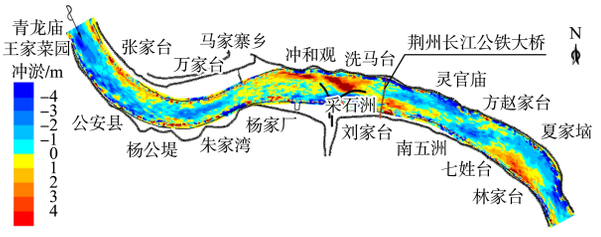


图 2　2014 年 2 月—2021 年 3 月马家寨水道河床冲淤变化

Fig. 2　Changes in riverbed scouring and silting in Majiazhai Waterway from February 2014 to March 2021



a) 2019年3月—2020年3月



b) 2020年3月—2021年3月

图 3　2019 年 3 月—2021 年 3 月马家寨水道河床冲淤变化

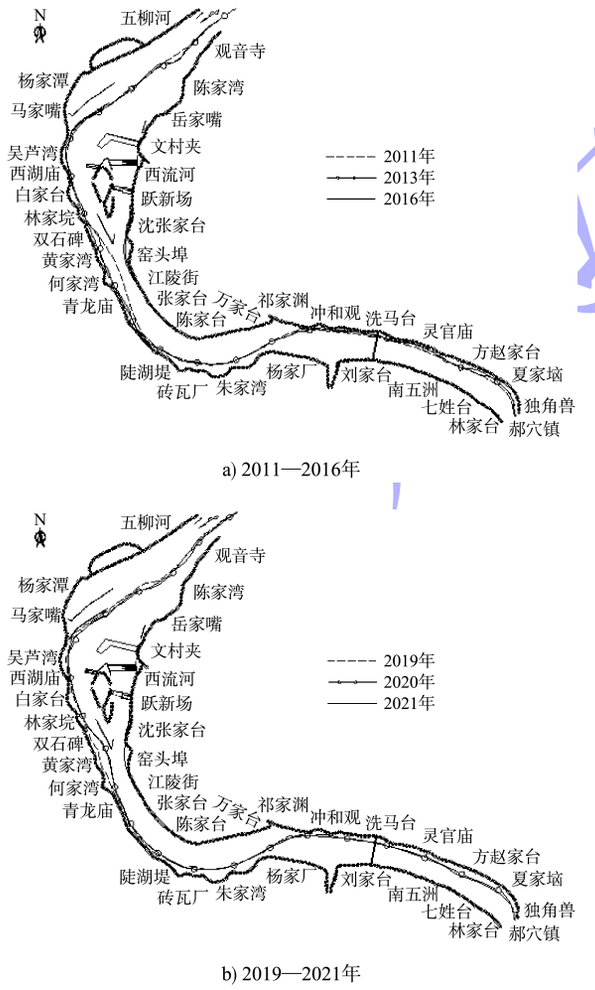
Fig. 3　Changes in riverbed scouring and silting of Majiazhai Waterway from March 2019 to March 2021

从 2020 年 3 月—2021 年 3 月冲淤变化来看，变化幅度较大的区域位于马家寨乡—荆州长江公铁大桥段，该段在涨水期总体表现为淤积(2020 年 3 月—2020 年 8 月)，而且淤积幅度在

2~4 m，汛后退水期该段总体表现为冲刷(2020 年 8 月—2021 年 3 月)，冲刷幅度在 1~3 m，该段年内总体演变呈“涨淤落冲”。

2.3 深泓变化

观音寺—郝穴段年际深泓线变化见图 4。本段平面呈微弯分汊形态，由公安河弯(左)及郝穴河弯(右)组成，过渡段相对较短，主流贴凹岸而行，深泓走向总体稳定。马家嘴水道分、汇流段年际间深泓摆动幅度较大，马家嘴水道分流段深泓整体右移，最大摆幅约 570 m；2011—2021 年，深泓基本顺右岸而行，摆幅减小趋于稳定。汊道汇流段摆动幅度较小；深泓左移，最大幅度约 460 m；至 2021 年，深泓右摆至贴右岸，之后变化较小。工程区域深泓位于左岸侧，年际间较为稳定，平面摆幅较小。



a) 2011—2016年

b) 2019—2021年

图 4 马家寨水道深泓线平面变化

Fig. 4 Planar variation of deep channel of Majiazhai Waterway

2.4 洲滩变化

雷家洲边滩、南星洲、白渭洲边滩、二圣洲边滩和黄水套上边滩均位于长江中游的马家嘴水道，它们的发展与河流的冲淤变化紧密相关。雷家洲边滩历史上经历了扩展和冲刷，大水年后，主泓取直导致其中上部淤积扩展，下部轻微冲刷。航道整治工程使其位置和形态更稳定。南星洲由洲体和洲头低滩组成，护岸工程使其保持稳定，但三峡蓄水后，上游来沙减少，滩体冲刷和岸线崩退问题加剧。白渭洲边滩在三峡蓄水前因大水事件被冲刷，后随着左汊发展而淤积，三峡蓄水后再次遭受冲刷，后续整治工程使其与南星洲头滩体重新连接。二圣洲边滩与南星洲连成一片，后因上游主泓撇弯取直而冲刷缩窄。黄水套上边滩受采石洲消失影响，经历了显著的崩退变化，2011—2021 年主要呈现冲刷状态，近期冲刷减缓。这些边滩的变化主要受河流主流摆动、上游来沙量变化和航道整治工程的影响，洲滩 2 m 等深线平面变化见图 5。

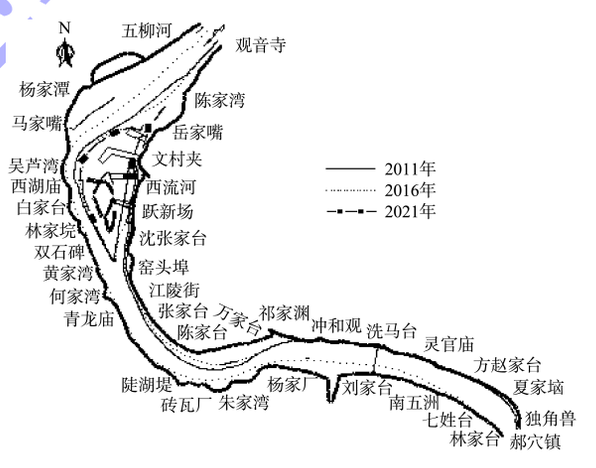


图 5 2011—2021 年马家寨水道滩形(2 m 等深线)平面变化

Fig. 5 Plan variation of Majiazhai Waterway beach shape (2-meter isobath) from 2011 to 2021

2.5 深槽变化

观音寺—郝穴段 7 m 等深线年际变化见图 7。可以看出，马家嘴水道进口顺直段深槽冲刷发展，中间放宽段深槽淤积萎缩，陡湖堤水道进口深槽不贯通；窑头埠—杨家厂深槽冲刷贯通，杨家厂向左岸冲和观过渡段深槽不贯通，冲和观以

下深较为稳定。马家嘴水道进口进口深槽冲刷且尾部下移，中间放宽段深槽冲刷发展，平面位置基本稳定，南星洲左汊出现两处规模较小的深槽。随着系列航道整治工程的实施，2016—2021 年，工程河段观音寺—郝穴段 7 m 等深线全线贯通，马家嘴水道进口顺直段深槽略有左摆，陡湖堤水道深槽冲刷扩宽，南星洲左汊倒套逐渐淤积萎缩。马家寨水道除杨家厂向左岸冲和观过渡段年际间略有上提下移的摆动外，其他段深槽较为稳定。

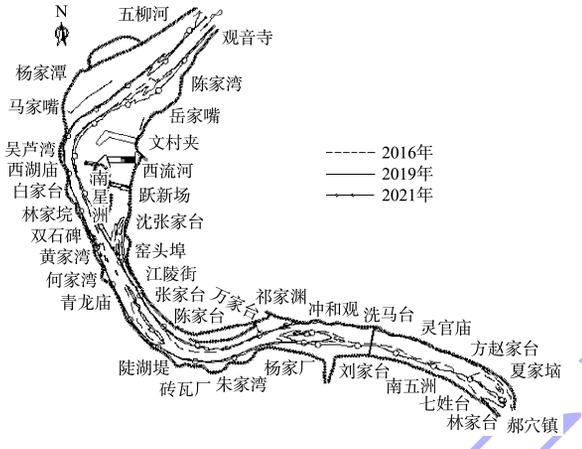


图 6　2016—2021 年马家寨水道深槽变化

Fig. 6　Changes in deep channel of Majiazhai Waterway from 2016 to 2021

3　结论

1）马家寨水道通过荆江大堤等工程保持稳定。我国对沙市河段等进行了航道整治，提升了航道效率。未来，马家寨水道将逐渐减少冲刷，河床演变受径流过程影响。三峡工程将通过调节径流，显著影响河床演变。

2）总体来看，马家寨水道的演变特点为：①河道岸线和深泓基本稳定，滩槽位置变化小，河势总体稳定，枯水河槽河床将继续冲刷下切。②主槽狭窄，航道条件良好，河道深泓稳定，边滩冲刷量大于深槽淤积量；汊道入流条件较差，边滩淤积幅度有限。③未来河段将主要表现为冲刷变化，一般水文年份缓慢冲刷，大洪水年可能导致边滩体冲刷下移，但影响总体可控。

参考文献：

[1]　刘林双, 李明, 江凌, 等. 基于防洪-通航协同的长江中游航道整治方法[J]. 水运工程, 2024(6): 99-106.
LIU L S, LI M, JIANG L, et al. Regulation method in middle reaches of Yangtze River based on coordination of flood control and navigation [J]. Port & waterway engineering, 2024(6): 99-106.

[2]　雷雪婷, 李瀛, 单敏尔, 等. 长江中游熊城段水流特性研究[J]. 水运工程, 2024(4): 114-118.
LEI X T, LI Y, SHAN M E, et al. Flow characteristics of Xiongcheng reach in middle reaches of the Yangtze River[J]. Port & waterway engineering, 2024(4): 114-118.

[3]　方佳敏, 於龙, 田栋. 长江中游鲤鱼山水道航道整治工程效果分析[J]. 水运工程, 2021(11): 153-158.
FANG J M, YU L, TIAN D. Effect analysis of Liyushan waterway channel regulation project in middle reaches of the Yangtze River [J]. Port & waterway engineering, 2021(11): 153-158.

[4]　余蕾, 王加虎, 邹志科, 等. 上荆江沙市河段河床横断面形态的调整规律[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2016, 44(6): 544-549.
YU L, WANG J H, ZOU Z K, et al. Adjustment regularity of cross-sectional morphology of Shashi segment of upper Jingjiang Reach[J]. Journal of Hohai University (natural science), 2016, 44(6): 544-549.

[5]　李文全, 邓晓丽, 雷家利, 等. 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[J]. 水运工程, 2012(10): 52-56.
LI W Q, DENG X L, LEI J L, et al. Comparative analysis between bed evolution trend with model experiment results of Taipingkou channel on middle reach of the Yangtze River[J]. Port & waterway engineering, 2012(10): 52-56.

[6]　闫军. 长江中游牯牛沙水道河床演变及治理措施[J]. 水运工程, 2012(8): 136-140.
YAN J. River-bed evolution and regulation measures of Guniusha waterway in the middle Yangtze River[J]. Port & waterway engineering, 2012(8): 136-140.

[7]　闫军, 付中敏, 陈婧, 等. 长江中游藕池口水道河床演变及航道条件分析[J]. 水运工程, 2012(1): 99-104.
YAN J, FU Z M, CHEN J, et al. River-bed evolution and navigation condition of Ouchikou waterway in the middle Yangtze River [J]. Port & waterway engineering, 2012(1): 99-104.

（下转第 162 页）

水运工程