



汉江兴隆枢纽库尾航道新河口河段 碍航机理分析

漆炼勇¹, 杨宇平², 李求生¹

(1. 湖北省航道工程有限公司, 湖北 武汉 430050;

2. 交通运输部天津水运工程科学研究院, 港口水工建筑技术国家工程研究中心, 天津 300456)

摘要: 自2018年9月以来, 兴隆枢纽长期处于死水位以下运行, 致使新河口河段航道条件发生显著变化, 碍航现象频繁发生。针对此问题, 基于汉江皇庄站、沙洋站水文数据及新河口河段实测地形资料, 运用数据分析与对比研究的方法, 系统分析兴隆枢纽非正常运行情况下该河段水沙特性的变化规律, 并探讨其对碍航险情形成的内在影响机制。结果表明: 兴隆枢纽长期低水位运行导致新河口闸附近航槽水深不足; 同时, 受河道地形及上游水沙条件的共同约束, 淤积泥沙难以有效输移, 最终造成枯水期该河段碍航现象频发。通过实施河道整治与靶向疏浚工程, 可有效改善滩槽格局, 保障枯水期通航安全, 实现航道治理与生态稳定的协同提升。

关键词: 兴隆枢纽; 河床演变; 非正常运行; 碍航特性

中图分类号: U612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2026)01-0181-08

Navigation obstruction mechanisms in new estuary reach at reservoir tail of Xinglong Hub, Hanjiang River

QI Lianrong¹, YANG Yuping², LI Qiusheng¹

(1. Hubei Port Road Survey and Design Consulting Co., Ltd., Wuhan 430050, China;

2. National Engineering Research Center for Port Hydraulic Construction Technology,
Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, MOT, Tianjin 300456, China)

Abstract: Since September 2018, the persistent operation of the Xinglong Hub below the dead water level has significantly altered the navigation conditions of the new estuary reach, resulting in frequent occurrences of navigation obstruction phenomena. To address the problem, we employ comprehensive data analysis and comparative research methodologies to analyze the variations in flow-sediment characteristics under abnormal hub operations on the basis of hydrological data of Huangzhuang and Shayang stations in Hanjiang River, along with measured topographic data of the new estuary reach. We further elucidate the underlying mechanisms by which these changes contribute to navigation obstruction risks. The results demonstrate that prolonged low-water-level operation of the Xinglong Hub has led to insufficient channel depth near the new estuary sluice. Furthermore, constrained by both channel morphology and upstream flow-sediment conditions, accumulated sediment cannot be effectively transported downstream, resulting in frequent navigation obstructions during dry seasons. Through the implementation of river channel regulation and targeted dredging projects, the beach-trough pattern can be effectively improved, navigation safety during the dry season can be ensured, and the collaborative improvement of waterway governance and ecological stability can be achieved.

Keywords: Xinglong Hub; riverbed evolution; abnormal operation; navigation obstruction characteristic

收稿日期: 2025-05-08 录用日期: 2025-06-17

作者简介: 漆炼勇(1982—), 男, 高级工程师, 研究方向为港口与航道工程。

兴隆枢纽是南水北调中线汉江中下游四项治理工程之一，同时也是汉江中下游水资源综合利用的一项重要工程，开发任务主要是灌溉和航运，同时兼顾发电。自2013年运行以来，其中下游水位在枯水期相较于建坝前发生不同程度地下降^[1]，导致船闸附近航槽水深不足，影响船舶顺利通航^[2-3]，如在2022—2023年间兴隆船闸的断航，造成上下游近200艘船舶长时间滞留^[4]，给航运安全带来了严重影响。近年来，在兴隆水利枢纽工程背景下，汉江下游河段的水沙情势、河床演变和工程整治受到了众多学者的广泛关注。温国楠^[5]通过系统分析1970—2022年汉江下游水文站、水位站的流量与水位特征等变化，为汉江下游兴隆—蔡甸河段2000吨级航道整治工程提供水位参数的参考；吴娱等^[6]基于兴隆—新泗港河段观测资料，分析该河段的冲淤情况，并进一步阐述该河段浅滩的碍航机理；杨洪祥等^[7]通过分析汉江现状水文泥沙特性和枯水水文情势，运用水沙数学模型计算水位变化情况，为汉江兴隆枢纽坝下河段相关工程设计水位的确定提供参考；刘志强等^[8]通过三维数值模拟对兴隆水利枢纽下游河道的水位下降进行分析，并对其应对措施进行研究；杨阳等^[9]基于原型观测资料，分析多种涉水工程对汉江兴隆枢纽下游河势的影响。

为深入剖析兴隆枢纽下游河段碍航现象背后的科学机理，本文结合多年水文实测数据和地形资料进行分析，系统揭示兴隆枢纽上游新河口河段河床演变规律，阐明其碍航作用的内在机制，为航道整治与通航条件优化提供科学依据与工程指导。

1 概况

1.1 河道概况

汉江中游碾盘山枢纽—兴隆枢纽河段长约110 km，现状航道等级为Ⅲ₍₂₎，航道维护尺度2.4 m×90 m×500 m(水深×双线航宽×弯曲半径)，

可通航1000吨级货船及1000吨级船队。本文研究的河段位于兴隆枢纽库尾段的新河口河段，其河道形态与演变特征对区域生态环境及航运发展具有关键作用。该河段上起马良、下至姚集村，全长18.3 km，呈现出较为显著的分段特征，见图1。上半段为顺直河段，而下半段则演变为反S形弯道。新河口顺直河段长期处于宽浅状态，河道流路呈散乱分布，洲滩演变过程复杂且频繁，多个江心洲的存在进一步加剧河势的不稳定性，这种不稳定的河道格局给区域防洪、生态及航运安全带来诸多挑战。



图1 兴隆枢纽库区新河口河段位置
Fig. 1 Location of new estuary reach in Xinglong Hub reservoir area

兴隆枢纽为汉江流域重要的水利工程，于2009年2月正式开工建设，历经4 a，于2013年4月建成正常蓄水，其正常蓄水位设定为36.2 m。基于库区泥沙淤积与回水特性的系统分析，兴隆枢纽建成运营后，使得汉江马良—兴隆长达55.3 km的河段转变为常年库区航道。2017年以来，受水沙条件变化及河道演变的影响，枢纽下游河床发生显著下切，根据文献[1]可知，兴隆枢纽坝下流量在500~800 m³/s时，2019年实测水位与建坝前相比累计下降2.00~2.18 m，2021年实测水位较建坝前累计下降2.47~2.55 m，且存在继续下降的趋势，下游水位最低值一度触及设计最低水位29.05 m，较设计工况出现明显偏离。下游水位的大幅降低，使枢纽上下游水头差显著增大，超出设计控制指标范围，对枢纽工程的安全稳定运行构成潜在威胁。为保障其运行安全，采取降低上

游水位的调控措施,通过减小上下游水头差,使其回归至设计允许范围。

兴隆枢纽坝上、坝下 2013 年 5 月—2020 年 1 月水位过程线见图 2。可以看出,自 2018 年 9 月起,兴隆枢纽长期处于非正常水位运行状态,2018 年 9 月—2020 年 1 月,下游水位低于设计最低水位 29.05 m 的运营时间为 423 d,占总统计时间的 92.37%,上游水位低于库区死水位 35.9 m 的运营时间为 427 d,占总统计时间的 92.62%。兴隆枢纽长期处于非正常水位运行状态引发新河口河段水位显著下降,致使新河口闸附近航道宽度不足,引发碍航问题。该碍航现象严重影响船舶的正常航行,大型船舶需通过减载降低吃水深度才可通航,部分时段甚至出现船舶搁浅事故。上述情况导致大量上下游船舶在新河口河段滞留,显著降低内河航运的运输效率,对区域水上交通运输系统的正常运转产生不利影响。

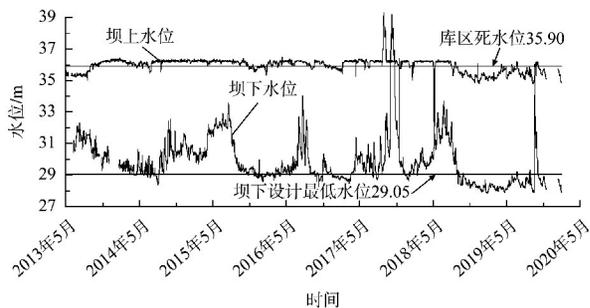


图 2 2013 年 5 月—2020 年 1 月兴隆枢纽坝上、坝下水位过程线

Fig. 2 Water level hydrograph at upstream and downstream of Xinglong Hub during May 2013–January 2020

1.2 兴隆水利枢纽水沙情势

皇庄水文站作为汉江碾盘山—兴隆段上游直河口滩段的重要监测站点,上距碾盘山枢纽约 7 km,因其所处河段无较大支流流量汇入,该站流量变化特征能够有效反映碾盘山—兴隆段的来流状况。自 2013 年 5 月兴隆水利枢纽建成后,皇庄水文站的流量数据见图 3。

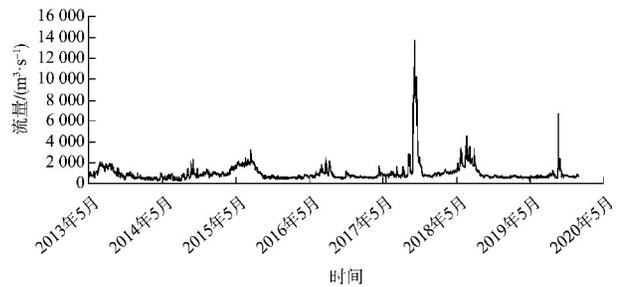


图 3 皇庄水文站 2013 年 5 月—2020 年 1 月流量
Fig. 3 Discharge of Huangzhuang Hydrological Station during May 2013–January 2020

经分析可知,除 2017 年 10 月遭遇特大秋汛外,其余年份洪峰流量普遍较小且持续时间较短。2013—2018 年,大部分洪峰流量集中在 2 000~4 500 m³/s。以流量大于 1 800 m³/s 的时间为例,2015 年最长达 72 d,2014 年最短仅 3 d,其间,年平均为 36 d。河道退水过程同样表现出快速的特点。2015 年最大洪峰流量 3 170 m³/s 退至 800 m³/s 以下,历时 54 d;2017 年特大秋汛后从洪峰流量 13 700 m³/s 降至 800 m³/s 以下仅用 39 d;2018 年洪峰流量 4 480 m³/s 退水至 800 m³/s 以下则耗时 66 d。此外,枯水期历时较长,成为该河段流量变化的突出特征。2013—2018 年,流量小于 800 m³/s 的时间最少为 2013 年的 108 d,最多为 2014 年的 269 d,平均为 186 d。

丹江口水库建成前,汉江中下游输沙量年内分配极不均衡,7—9 月汛期输沙量占全年来沙量 80%以上,12 月—次年 2 月枯水期输沙量不足全年 1%。而丹江口水库建成后,其强大的调蓄功能显著改变了流域输沙格局,大量泥沙被拦截于库内,坝下呈现清水下泄态势。据卢婧等^[10]研究统计,建库前黄家港、襄阳、皇庄、沙洋和仙桃站多年平均含沙量分别为 3.09、2.57、2.50、2.13 和 1.45 kg/m³,水库蓄水后则锐减至 0.019、0.130、0.354、0.345 和 0.550 kg/m³,且含沙量自大坝至河口呈沿程递增趋势。

2 河床演变分析

本文选取2009年9月、2017年4月和2018年11月共3个不同年份的测图对兴隆枢纽建库前、后与枢纽非正常运行情况下新河口河段河床进行对比分析；选取2018年11月、2019年8月—2020年1月(逐月)共7个不同时间的测图对兴隆枢纽长期非正常运行情况下不同水期的河床进行对比分析。

2.1 兴隆枢纽建库前后

2009年9月—2018年11月新河口河段深泓线变化见图6。可以看出，深泓线呈现出显著的时空演变特征。在平面形态上，2009年9月(枢纽建设前)，新河口河段的深泓线自马良弯道右岸侧切入，在杨树林段向左侧凹岸偏移，随后在保堤观—旧口河段呈现左右往复摆动态势。随着兴隆枢纽的建成运行，2017年4月深泓线形态发生明显调整。在杨树林—新河口闸河段，深泓线逐渐由左岸向右侧主槽迁移；保堤观—旧口区间，深泓线则向左岸方向摆动；旧口—王家湾段深泓线呈现向右侧凸岸偏移趋势；王家湾以下河段深泓线摆动幅度明显减小，而姚集村弯道深泓线开始向右侧凹岸方向发展。

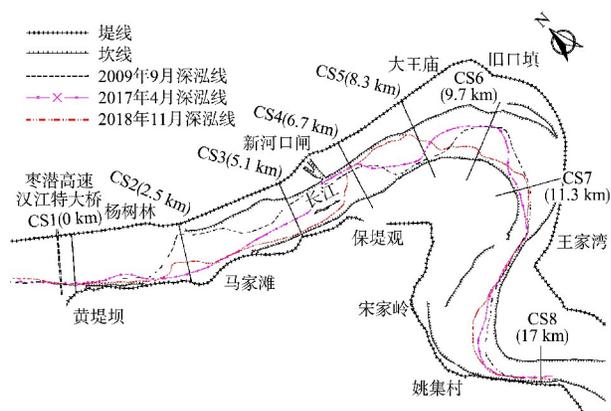


图4 2009年9月—2018年11月新河口河段深泓线变化
Fig. 4 Thalweg variation of new estuary reach during September 2009–November 2018

2009年9月—2018年11月新河口河段深泓线纵断面变化见图5。可以看出，在兴隆枢纽建成

并运行后，该河段作为常年库区航道，其深泓线纵断面呈现冲淤交替的演变特征。2009年9月—2017年4月期间，河段整体呈现淤积态势，其中CS2、CS5和CS8等断面附近的深坑航槽淤积尤为显著；2017年4月—2018年11月期间，冲淤格局发生明显转变，CS3断面上游和CS7断面下游区域整体呈现冲刷特征，平均冲刷幅度约1.5 m，并在CS7断面下游的王家湾和姚集村两处形成明显的冲刷坑。值得注意的是，新河口闸—王家湾的中段区域在此阶段仍保持持续淤积状态，其中新河口闸处最大淤积幅度达7 m。

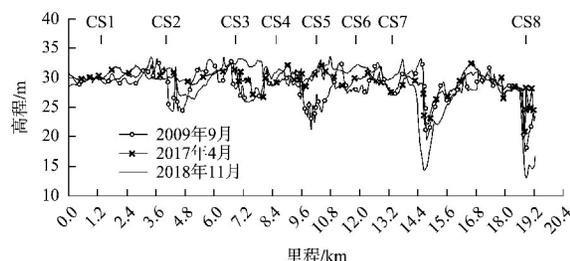
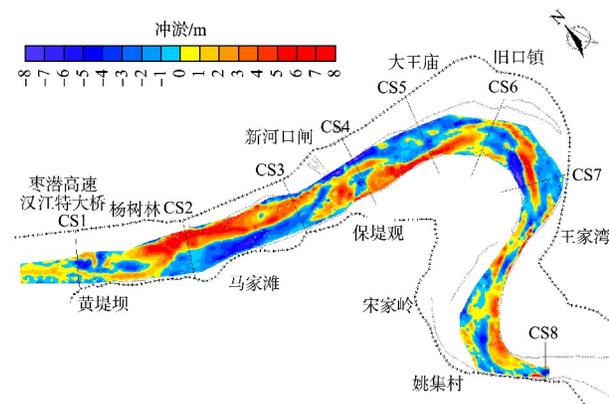


图5 2009年9月—2018年11月新河口河段深泓线纵断面变化

Fig. 5 Vertical section variation of thalweg in new estuary reach during September 2009–November 2018

2009年9月—2018年11月新河口河段冲淤变化见图6。可以看出，新河口河段表现出显著的时空分异冲淤特征。2017年4月—2018年11月期间，河段呈现“两端冲刷、中间淤积”的格局：上下游两端冲刷强度显著大于淤积区，而新河口闸—王家湾弯道段淤积普遍超过2 m。



a) 2009年9月—2017年4月

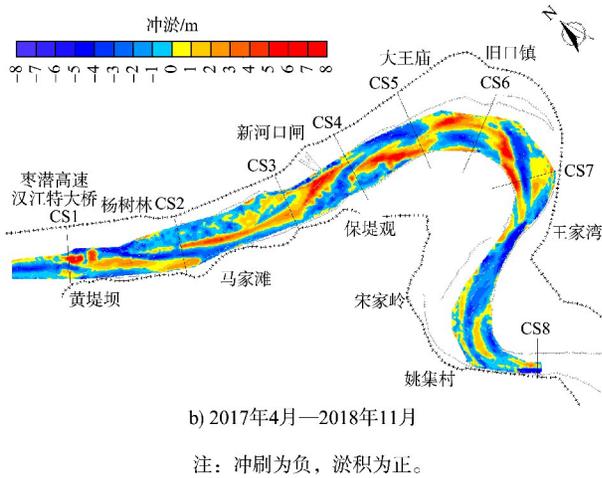


图 6 2009 年 9 月—2018 年 11 月新河口河段冲淤变化
Fig. 6 Erosion and deposition variation in new estuary reach during September 2009–November 2018

2.2 兴隆枢纽非正常运行情况

自兴隆枢纽长期处于非正常运行状态(2018 年 11 月)—2020 年 1 月新河口河段深泓线变化见图 7。在平面形态上, 新河口河段深泓线在不同时期呈现出明显的摆动变化特征。对比 2019 年 8 月和 2018 年 11 月两个时段的数据可知, 该河段深泓线的摆动主要集中于新河口闸段, 具体表现为从河段右岸侧逐渐摆动至左岸侧, 而其余河段的深泓线摆动幅度相对较小。进一步观察 2019 年 8 月—2020 年 1 月期间的深泓线变化情况, 发现该时段内深泓线基本保持稳定, 未发生明显摆动。

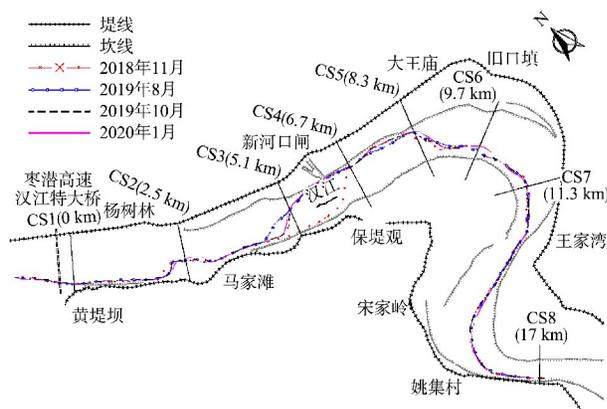


图 7 2018 年 11 月—2020 年 1 月新河口河段深泓线变化
Fig. 7 Vertical section variation of thalweg in new estuary reach during November 2018–January 2020

2018 年 11 月—2020 年 1 月新河口河段深泓线纵断面变化见图 8。可以看出, 新河口河段深泓

纵断面呈现出冲淤交替的变化特征, 但总体变化幅度相对较小。其中, 新河口闸—旧口镇区间的深泓纵断面变化较为明显。具体而言, 对比 2019 年 8 月与 2018 年 11 月的数据, 新河口闸以上区域呈现出小幅度的淤积状态; 新河口闸—王家湾河段则以冲刷为主; 王家湾以下河段的冲淤变化幅度较小。进一步对比 2019 年 10 月与 2019 年 8 月的数据可知, 该河段整体呈现出小幅度的冲刷现象, 平均冲刷幅度约为 1 m。

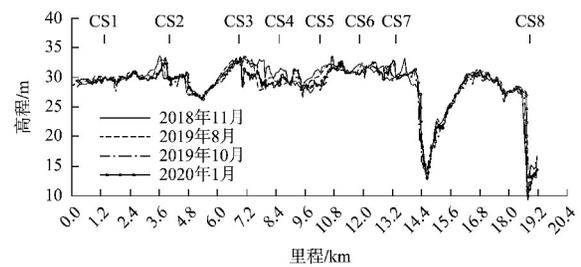


图 8 2018 年 11 月—2020 年 1 月新河口河段深泓线纵断面变化

Fig. 8 Vertical section variation of thalweg in new estuary reach during November 2018–January 2020

新河口段冲淤量计算结果见表 1。在 2018 年 11 月—2019 年 8 月期间, 新河口河段呈现出冲淤交替的状态, 冲淤幅度大多维持在 0.5 m 左右, 整体上以淤积为主。2019 年 9 月底, 汉江实施了生态调度, 在 2019 年 8 月—2019 年 10 月期间, 皇庄水文站的平均流量分别为 870、1 613 和 830 m³/s。受此影响, 该河段在这个时期整体表现为冲刷状态, 冲刷幅度约为 0.5 m。然而, 新河口闸附近以及旧口弯道顶部附近的部分河段出现了淤积现象, 其中最大淤积幅度约达 2.5 m。从 2019 年 10 月—2020 年 1 月期间, 全河段再次呈现出淤积状态, 淤积幅度介于 0.2 ~ 0.4 m。综合来看, 在 2018 年 11 月—2020 年 1 月这个时间段内, 新河口河段整体上以淤积为主导。

进一步分析新河口河段在 2018 年 11 月—2020 年 1 月期间各断面每千米的淤积变化情况, 发现河段上游段的沿程淤积量相对较大, 至河段放宽段的断面 CS3~CS4 之间, 每千米平均淤积量达到了最大值, 随后逐渐减小。此外, 在断面

CS6~CS7 之间, 也出现了较为显著的淤积情况。这表明在兴隆枢纽非正常运行的状态下, 库尾段

受到库区壅水作用的影响愈发明显, 导致水流流速减缓, 泥沙在该区域大量落淤。

表 1 新河口段冲淤量变化
Tab. 1 Sediment volume variation in new estuary reach

断面 区间	间距/ km	2018年11月—2019年8月			2019年8月—2019年10月			2019年10月—2020年1月		
		淤积量/万 m ³	冲刷量/万 m ³	合计/万 m ³	淤积量/万 m ³	冲刷量/万 m ³	合计/万 m ³	淤积量/万 m ³	冲刷量/万 m ³	合计/万 m ³
CS1~CS2	2.5	68.1	28.1	40.0	33.8	84.8	-51.0	41.5	26.3	15.3
CS2~CS3	2.6	84.1	27.0	57.1	43.3	98.9	-55.6	42.3	23.0	19.3
CS3~CS4	1.6	41.7	29.5	12.1	30.6	56.9	-26.4	28.9	26.9	2.0
CS4~CS5	1.6	30.2	19.2	11.0	23.6	51.2	-27.7	32.3	16.2	16.1
CS5~CS6	1.6	16.0	16.6	-0.6	17.2	39.9	-22.6	24.7	4.8	19.9
CS6~CS7	1.6	30.5	18.4	12.1	22.7	34.0	-11.3	32.9	7.5	25.4
CS7~CS8	5.4	103.2	53.2	50.0	33.1	146.8	-113.7	95.9	27.9	67.9
合计	16.9	373.9	192.2	181.7	204.3	512.5	-308.2	298.5	132.6	165.9

注: 2019年11月新河口闸进行了应急保通, 2019年10月—2020年1月断面CS3~CS4淤积量减小。

3 碍航现状分析及整治方案

3.1 碍航原因分析

自2018年9月起, 汉江马良以下的新河口河段(马良—姚集村)出现显著的泥沙淤积现象。其中, 新河口河段的新河口闸至保堤观段尤为突出, 形成了多处浅滩群, 进而引发了航深不足、航宽受限等碍航问题, 严重影响该河段的通航能力。

一方面, 通过对新河口河段冲淤情况的深入剖析可知, 近年来该河段冲淤变化最为剧烈的时段集中在2017年4月—2018年11月两次测图期间。从空间分布来看, 冲淤变化较为显著的区域主要位于新河口闸附近(断面CS2~CS4)。进一步

对新河口河段在碾盘山—兴隆段航道整治工程设计最低通航水位条件下, 各断面在不同测量时间的可航水域宽度进行统计分析, 结果见表2。可以看出, 在2017年4月—2018年11月期间, 断面CS3(新河口闸附近)的淤积程度最为严重, 满足航道维护水深2.4m的水域宽度大幅缩减, 减少量约达280m, 满足1000吨级船舶通航的宽度仅为53.68m, 达到航道维护尺度要求。这个数据清晰地表明, 在2017年4月—2018年11月, 新河口闸附近河段的大量泥沙淤积对该水域的航宽产生显著的负面影响, 极大地压缩船舶的通航空间, 给航运安全与效率带来了严峻挑战。

表 2 设计最低通航水位条件下新河口河段满足 2.4 m 航道维护水深的宽度
Tab. 2 Navigable widths meeting 2.4 m channel maintenance depth under design minimum navigation water level in new estuary reach

时间	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	CS7	CS8	m
2009年9月	207.76	266.56	378.96	284.80	208.00	131.04	277.12	23.68	
2017年4月	206.16	385.20	349.12	245.76	360.72	79.60	237.28	143.28	
2018年11月	363.52	202.72	53.68	367.76	377.52	371.84	298.24	159.36	
2019年8月	376.00	202.00	378.96	346.56	385.12	364.88	273.44	147.20	
2019年9月	377.60	202.00	203.68	375.68	444.24	362.40	244.56	148.08	
2019年10月	367.52	267.36	203.84	329.52	638.24	362.64	301.68	152.40	
2019年11月	366.24	238.64	215.52	320.80	640.40	365.76	317.28	154.80	
2019年12月	366.56	255.52	214.72	321.68	643.92	358.24	247.76	151.04	
2020年1月	359.44	383.36	287.20	308.08	637.92	354.88	250.24	151.60	

另一方面, 由于兴隆枢纽长期处于非正常水位运行状态下, 库区尾端出现下移现象。新河口河段在天然状态下, 其河道地形条件相对复杂, 并且受到上游来水来沙条件的严格限制。在这种双重约束之下, 该河段的航槽凭借自身条件, 难以产生显著的冲刷调整变化, 因此造成新河口闸附近河段在枯水期水位较低时持续碍航。同时, 随着时间的推移, 新河口闸附近的泥沙不断累积, 逐渐形成了碍航浅滩, 造成该区域航道水深不足, 从而持续对船舶的正常通航产生阻碍, 进一步严重地影响了该河段的航运通行能力和效率。

3.2 整治方案

为有效缓解新河口闸附近浅滩的通航阻碍问题, 本文提出采用整治工程布置与疏浚工程协同治理的方案。其中, 整治建筑物采用丁坝结构形式, 规划整治线宽度设定为 260 m, 旨在通过工程措施系统性优化该河段通航条件。在整治工程方面, 根据河道演变和水文观测结果综合分析, 结合心滩消长动态及右汊河槽受洪水影响显著的特点, 为优化河势, 在右岸马家滩—保堤观河段布置 5 座丁坝, 通过封堵右岸支汊、束窄并调顺右汊河槽水流, 增强主流对左侧主航槽的冲刷作用, 从而达到稳定航道条件的目的。同时, 针对大王庙附近主流向右岸过渡的河势特点, 在左岸凹岸段布置 3 座丁坝以稳固边滩发育, 并在新河口闸上下游布置 1 处连续护岸工程, 其结构形式与下游丁坝护岸相协调, 确保岸坡稳定。此外, 考虑到大王庙右岸已有水利部门实施的岸坡防护工程, 本文设计不再重复建设, 以保障工程实施的协调性和经济性。

疏浚工程方案包含两处重点疏浚区见图 9: 位于马家洲河段 CS2 断面处的新 W1 疏浚区(长 660 m), 主要清除 2017 年以来形成的持续性淤积; 布置在新河口闸上游主流过渡段的新 W2 疏浚区(长 1 500 m), 该段采用顺应航槽走向的弧形布置方式, 重点清除洪水过后形成的短期淤积。

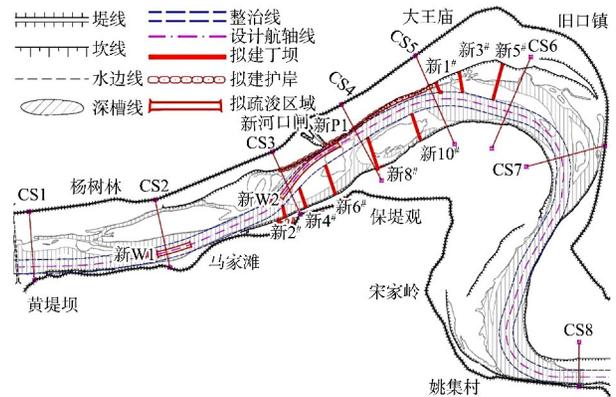


图 9 整治工程方案平面布置

Fig. 9 Layout plan of river regulation project

本文方案通过河道整治工程与疏浚工程的系统集成, 构建多目标协同的河势调控体系。工程实施后能够稳定中枯水期河势格局, 精准调控水流动力条件, 显著减小各水文期主流动力轴线的平面摆动幅度, 增强河道平面稳定性; 同时通过优化水流冲刷能力, 促进滩槽系统有序调整, 有效改善泥沙淤积的空间分布特征, 形成具有持续性的河床演变调控机制。既确保了航道的长期畅通, 又实现了河势稳定的治理目标, 最终达成综合整治效益的最大化。

4 结论

1) 新河口河段在 2009 年 9 月—2018 年 11 月, 深泓摆动频繁且幅度大, 滩槽位置变换频繁, 整体呈淤积状态, 新河口闸附近年际持续淤积, 航槽变窄变浅; 2018 年 11 月—2020 年 1 月(兴隆枢纽进入非正常运行期后), 河段演变趋于稳定, 深泓摆动小; 上游来流量大时冲刷, 枯水期水流分散、动力弱, 泥沙难冲刷, 河段整体发生累积性淤积。

2) 兴隆枢纽长期低水位运行影响导致航道水深变浅, 新河口闸附近已造成碍航现象; 在天然河段状态下, 淤积泥沙受地形和来水约束难以有效输移, 进一步加剧枯水期航槽水深不足的碍航问题。

3) 通过河道整治与疏浚工程结合的整治方

案,构建多目标协同的河势调控体系,可稳定中枯水河势、减小主流摆动幅度,增强河道平面稳定性;同时优化水流冲刷能力,改善泥沙淤积分布,形成长效调控机制,既保障航道畅通,又维持河势稳定,实现综合效益最大化。

参考文献:

- [1] 陈柯兵,高玉磊,朱玲玲,等.汉江兴隆水利枢纽下游近坝河段枯水位下降及成因分析[J].湖泊科学,2024,36(4):1220-1231.
CHEN K B, GAO Y L, ZHU L L, et al. Analysis of the low water level decline and its causes in the downstream section of Hanjiang River Xinglong Water Control Project near the dam [J]. Journal of lake sciences, 2024, 36(4): 1220-1231.
- [2] 黄建成,黄雪颖,周银军,等.汉江兴隆水利枢纽下游近坝段水位下降成因及防治对策[J].长江科学院院报,2022,39(7):13-16,22.
HUANG J C, HUANG X Y, ZHOU Y J, et al. Causes and preventive measures of water level drawdown downstream near the dam site of Xinglong Hydrojunction Project on Hanjiang River [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2022, 39(7): 13-16, 22.
- [3] 由星莹,王祖卿,彭翔鹏,等.汉江兴隆枢纽坝下枯水位下降成因浅析[J].长江科学院院报,2023,40(11):9-15.
YOU X Y, WANG Z Q, PENG X P, et al. Cause analysis of decline of low water level downstream the dam of Xinglong Hydro-junction on Hanjiang River [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2023, 40(11): 9-15.
- [4] 徐秀枝,张芹,郭敏.兴隆枢纽下游河段近年河床演变分析[J].水运工程,2024(7):150-156.
XU X Z, ZHANG Q, GUO M. Riverbed evolution in lower reaches of Xinglong Hub in recent years[J]. Port & waterway engineering, 2024(7): 150-156.
- [5] 温国楠.兴隆水利枢纽运行后汉江下游枯水位变化及长江顶托关系调整[J].水运工程,2024(7):117-123.
WEN G N. Changes in low water level of lower reaches of Han River and adjustments of the Yangtze River water level uplift relationship after operation of Xinglong hydraulic complex [J]. Port & waterway engineering, 2024(7): 117-123.
- [6] 吴娱,陈立,桂波,等.汉江兴隆至新泗港河段河道演变及浅滩碍航机理分析[J].水运工程,2008(4):76-79.
WU Y, CHEN L, GUI B, et al. Analysis of river-course evolution and mechanism of shoal's navigation-obstruction on the reach from Xinglong to Xinsigang of Hanjiang River [J]. Port & waterway engineering, 2008(4): 76-79.
- [7] 杨洪祥,孙保虎,白国文,等.汉江兴隆枢纽坝下河床冲刷引起的水位变化[J].水运工程,2024(9):166-172.
YANG H X, SUN B H, BAI G W, et al. Water level changes caused by riverbed erosion under Xinglong Hub of Han River [J]. Port & waterway engineering, 2024(9): 166-172.
- [8] 刘志强,晏光辉,陈崇德.兴隆水利枢纽下游河道水位下降的原因分析及应对措施研究[J].中国水能及电气化,2024(12):44-50.
LIU Z Q, YAN G H, CHEN C D. Analysis of the causes of water level decline in the downstream river of Xinglong water conservancy project and countermeasures [J]. China water power & electrification, 2024(12): 44-50.
- [9] 杨阳,孙亚婷,邹振华.多种涉水工程对汉江兴隆水利枢纽下游近坝段河势影响分析[J].水利水电快报,2025,46(2):31-36.
YANG Y, SUN Y T, ZOU Z H. Impact analysis of various water engineering projects on river regime at near-dam reach of Xinglong key water control project in Hanjiang River [J]. Express water resources & hydropower information, 2025, 46(2): 31-36.
- [10] 卢婧,许朝勇.兴隆水利枢纽坝下游河段河床演变分析[J].水利水电快报,2018,39(10):46-50,60.
LU J, XU C Y. Analysis of riverbed evolution in the downstream reach of the Xinglong Hub [J]. Express water resources & hydropower information, 2018, 39(10): 46-50, 60.