



岷江连续分汊段河床演变 与航道条件变化分析

赵 江, 林 勇, 贾国珍

(四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610017)

摘要: 岷江大件航道连续分汊河段较多, 近年受采砂影响滩槽演变频繁, 航道条件逐年恶化。收集整理马鞍山—萝卜寺连续分汊群河段近 10 a 的实测水文、地形资料, 分析其滩槽和浅滩的演变特点和影响因素, 揭示滩段碍航特性的变化过程, 以及河床演变、航道条件变化趋势。结果表明, 支汊大规模采砂后, 主汊分流比逐年削弱, 导致主槽易于淤塞; 过渡段的连续分汊交界带因水流分散、床沙较细, 滩槽变化复杂, 影响航行, 必须辅以整治措施。“8.11”特大洪水后, 老江坝左汊分流比继续减小, 王坝子洲头崩退趋势加剧, 连续分汊交界带易形成交错型浅滩, 航道条件呈进一步恶化趋势。

关键词: 连续分汊群; 河床演变; 航道条件变化

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)S1-0056-07

Riverbed evolution and waterway condition variation in continuous branching channel of Minjiang River

ZHAO Jiang, LIN Yong, JIA Guo-zhen

(Sichuan Communication Surveying & Design Institute Co., Ltd., Chengdu 610017, China)

Abstract: There are many continuous branching channels in Dajian channel of Minjiang River, in recent years, due to the influence of sand mining, the shoals and channels evolve frequently, and the channel conditions deteriorate year by year. In this paper, the hydrological and topographic data of Ma'anshan-Luobosi continuous braided shoal group reach in recent 10 years are collected and collated, the evolution characteristics and influencing factors of the bars and channels are analyzed, and the change process of navigation-obstructing characteristics of the shoal section, as well as the change trend of riverbed evolution and channel conditions are revealed. The results show that the split ratio of the main branch decreases year by year after large-scale sand mining in the branch, which leads to the siltation of the main channel, and that the continuous branch junction zone in the transition section affects navigation due to the dispersion of flow, fine sediment and complex changes in the shoal and channel, which must be supplemented by treatment measures. After the “8.11” catastrophic flood, the diversion ratio of the left branch of Laojiangba continued to decrease, the collapse trend of the beach head of Wangbazi intensified, the intersection zone of continuous branches was easy to form staggered shoals, and the waterway condition showed a further deterioration trend.

Keywords: continuous branching channel; riverbed evolution; waterway condition variation

20 世纪 60~70 年代, 岷江大件航道(乐山—宜宾)经历了 3 次较大规模整治, 航道等级由 VI 级提高到 V 级, 航行条件明显改善。1981 年 8 月, 岷江出

现罕见特大洪水, 河段内有 26 座整治建筑物遭到不同程度的水毁, 使其失去导流、束水冲淤等功能, 致使航槽易位、滩险淤积、流态变坏, 航道条

件恶化。为了满足大件运输的要求, 1986—1991 年间, 对该段航道进行了扩建; 1996—2001 年完成续建工程, 扩建后航道达到Ⅳ级标准, 多年历时保证率 95% 和 70% 时的航道尺度分别达到 $1.5 \text{ m} \times 45 \text{ m} \times 500 \text{ m}$ 和 $1.8 \text{ m} \times 50 \text{ m} \times 750 \text{ m}$, 通行 500、750 t 自航机驳, 从此岷江大件航道成为四川连接长江中下游的重要纽带, 是大件装备产品进出川的唯一通道。

1 滩段概况

马鞍山—萝卜寺滩段距上游乐山港约 5.1 km, 上起杜家场马鞍山, 下迄黄天坝, 全长约 5.9 km, 属连续分汊滩群河段, 平面整体上呈两端束窄、中间展宽形态, 其中最宽处河宽约 2 km, 最窄处宽约 0.5 km(图 1)。整个滩群河段分别由老江坝、王坝子和黄天坝分为 4 汉, 分别为老江坝右汊、

老江坝左汊、王坝子左汊和王坝子右汊。其中老江坝右汊河道右向弯曲呈弓形背, 长约 3.8 km; 老江坝左汊为主汊, 该汊在老江坝洲尾受下游王坝子江心洲影响又分为王坝子左汊和右汊。其中, 王坝子左汊主要用于下游五通桥城区及灌溉用水, 为了便于枯水期引水, 王坝子与黄天坝之间的支汊修建了 1 座拦河潜坝, 该汊(涌斯江)直至下游 15.5 km 的桥沟镇才与岷江主流汇合; 而王坝子右汊于牯牛滩心洲折向右岸后与老江坝右汊交汇而下出滩^[1]。

近年来该滩段受挖砂采石影响, 加之大件航道维护力量薄弱, 自 2010 年以来, 滩段曾出现 2 次因航道淤浅、流态散乱而断航。本文拟分析马鞍山—萝卜寺连续分汊滩群河段近期演变特点及碍航特性, 并结合逻辑推理预测近期洲滩演变及航道条件变化趋势。

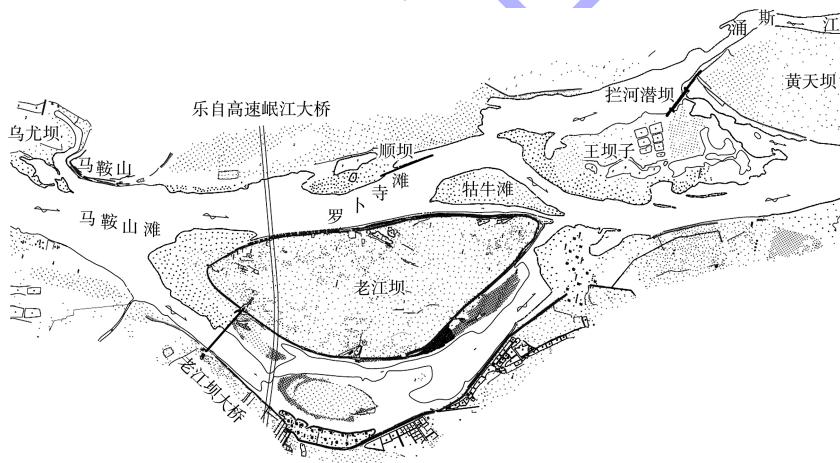


图 1 马鞍山—萝卜寺滩群河势

2 水沙条件

岷江干流分布的水文(位)站主要有彭山、五通桥、高场水文站, 本研究滩段距下游五通桥水文站 23.4 km, 且其间无大的分、汇流口, 可选择五通桥的实测水沙资料分析滩段水沙特征。

根据五通桥资料统计成果可知, 滩段来水来沙年内分配极不均匀, 主要集中在汛期 5—10 月, 约占全年的 79.70%; 7、8 月最大, 约占全年径流量的 35.58%。枯期 11 月—次年 4 月占全年的 20.3%, 每年 1—3 月日均流量均方差计算结果

表明, 枯季流量变幅不大, 这主要是径流补给为地下径流, 而非降水形成。通过统计逐年年平均流量、1—3 月平均流量及保证率 95% 的流量, 分别绘制各特征流量过程及趋势线, 由图 2 可以看出, 该站年内平均流量有减小的趋势, 即岷江流域受气候影响径流量有缓慢的减小趋势; 1—3 月平均流量及保证率 95% 的流量表现为增加趋势, 这主要是上游电站的运行对枯季流量有一定的补偿作用, 特别是紫平铺运行后较为明显^[2]。

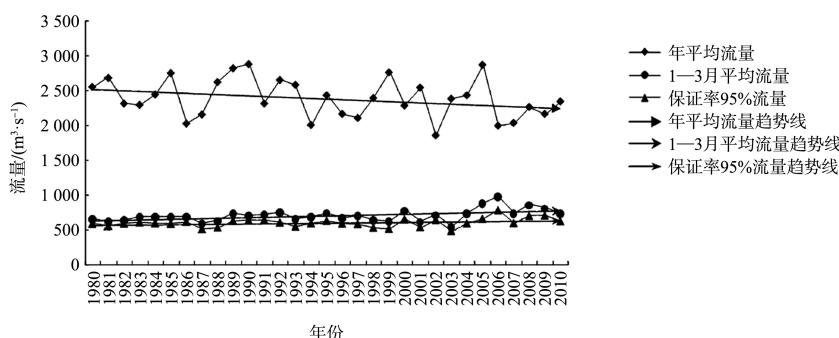


图 2 五通桥水文站特征流量

岷江的泥沙与径流一样,主要来源于支流大渡河和青衣江,沙量年内分配与水量分配规律基本相似,支流年输沙率为干流的 75%以上。泥沙运动主要集中在 6—9 月汛期,约占全年的 96.2%~98.0%,最大月均输沙率达 6 826 kg/s,发生在 7 月;12 月—翌年 3 月枯水期水质清澈,泥沙输移量仅占全年的 0.1%~0.2%,最小月均输沙率达 21 kg/s,发生在 2 月。据统计,该段泥沙平均粒径 0.080 mm,最大粒径 0.655 mm,卵石推移质最大粒径 200~350 mm。

3 河床演变特点及航道条件变化

岷江马鞍山—萝卜寺滩段近期河床演变及航道条件变化主要以 2010 年为界,分为 2 个阶段。2010 年以前,老江坝右汊分流比约 10%,老江坝左汊的主汊地位长期稳固,仅在老江坝洲尾处因枯水出露的牯牛滩浅滩和王坝子江心洲双重影响,导致该处分流多汊,且河床演变频繁;随后通过 2001 年岷江大件航道续建工程对该滩群进行整治,基本解决了王坝子滩水流分散、水浅的问题,使得河道总体河势趋于稳定。2010 年以后,随着沿江无序的挖砂采石影响,加之多年来缺乏系统性维护,其中牯牛滩右岸锁坝已被水毁、不复存在,导致该滩段通航条件逐年恶化。

为深入研究滩段在 2010 年后河床的演变特点及航道条件变化情况,本研究收集 2010、2016、2019 和 2021 年江道测图及水文原型观测资料,分别选取深泓线、典型横断面、特征等深线和分流比等关键因素进行对比分析,以揭示该滩段近期的河床演变、碍航特性和航道条件的变化过程。

3.1 滩槽演变特点及成因分析

1)老江坝左汊的主汊地位日趋萎缩,右汊不断加强,王坝子滩主航槽对应流量逐年减少,导致航槽枯季水深不足而碍航。图 3 为研究滩段近年来各汊道的分流比,由图可见,2010 年以前,通过岷江大件航道整治,老江坝左汊、王坝子右汊主航槽分流比分别为 90% 和 60%,整个滩段滩槽格局主次分明,主航槽水深充裕;2010—2018 年间,老江坝右汊因受采砂区多年采砂影响,导致老江坝右汊分流比不断加强,而左汊主槽地位日趋萎缩,其分流比逐年减小,至 2018 年减少至 40%,进而导致左汊主航槽水流挟沙能力减弱,逐年淤积萎缩,并在老江坝洲头处主航槽因枯季出浅碍航,形成一处新的碍航滩险——马鞍山滩。2018 年汛后,老江坝右汊入口处修筑 1 座锁坝以调整枯季老江坝分流比,工程实施后,老江坝左汊主航槽分流比恢复至 70%。但在 2020 年岷江“8.11”特大洪水后,老江坝右汊锁坝水毁严重,导致老江坝左汊分流比再次逐年减小,至 2021 年初,主航槽分流比再次降至 40%,进而导致洲尾王坝子右汊主航槽一度断航。此外,因老江坝左汊主航槽分流比逐年降低,导致王坝子左、右汊对应的流量相应减少,王坝子滩右汊主航槽分流比由 2010 年的 60% 下降至 22%。

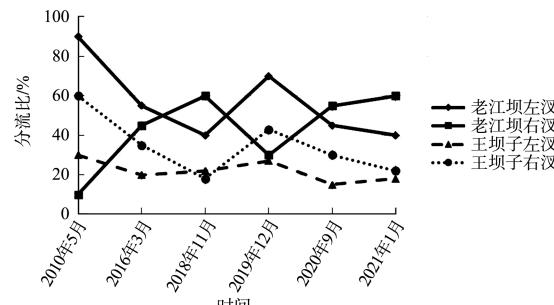


图 3 马鞍山—萝卜寺滩群分流比变化

2) 连续分汊交界带处主泓轴线摆动频繁, 水流弯曲、分散; 滩槽演变强度受支汊采砂强度影响敏感, 且航槽不稳定性加大。图 4 为马鞍山—萝卜寺滩深泓线摆动情况, 可以看出, 在老江坝洲头处深泓轴线平面摆动幅度最大, 其中老江坝洲头处深泓呈淤积上提现象, 2010—2021 年最大上提约 120 m。主要是因为近年来受老江坝右汊挖

沙采石影响, 老江坝洲头呈逐年萎缩后退现象, 其中洲头处右汊 0 m 等深线整体向左岸侧崩退 200 m 左右, 右汊 2 m 等深线由原来的零星深沱演变为全线贯通, 进而导致老江坝左、右汊主汊异位, 主要表现为洲头水面放宽、深泓上提; 左汊主槽淤塞, 2 m 等深线不通, 在乐宜高速岷江大桥上游出现长约 200 m 的缺口。

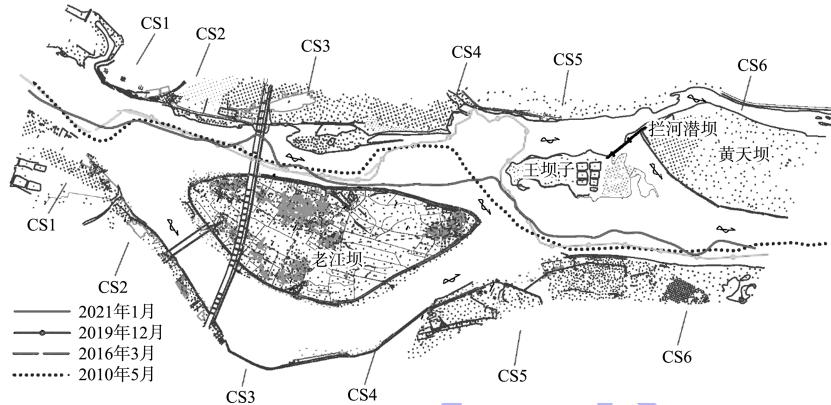
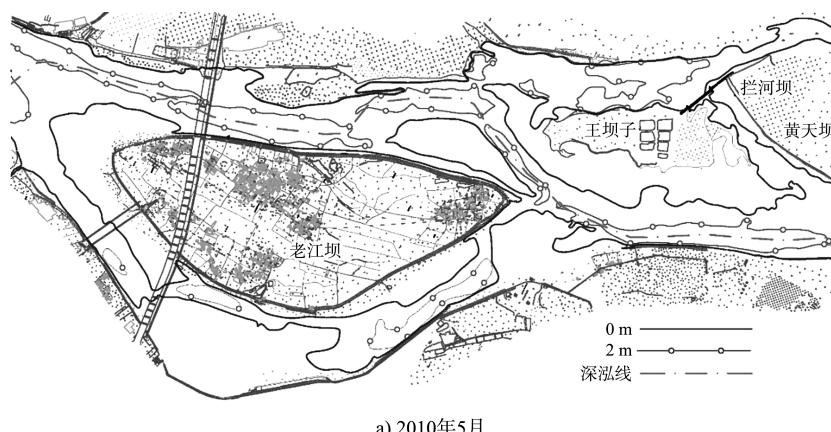


图 4 马鞍山—萝卜寺滩深泓线摆动情况

图 5 为马鞍山—萝卜寺滩特征等深线, 通过分析可知, 老江坝洲尾、王坝子洲头之间连续分汊交界带处深泓线和等深线摆动频繁加剧, 且航道条件向不利的方向演变。在 2010—2019 年间, 王坝子左汊(涌斯江)汊口至拦河潜坝区域为大规模的采砂区, 因挖沙采石导致王坝子左汊(涌斯江)洲头处形成一处深沱吸流影响, 该处河床演变的一个显著特点是王坝子左汊深泓形成鹅头形后, 变形速度减缓并逐渐趋于稳定, 王坝子右汊的主汊地位变为支汊; 从 2019 年的 2 m 等深线可以看出, 该处航槽主流过度弯曲且偏向左岸直至下游深沱, 进而导致过往船舶不得不顺着深泓而下、进入王坝子左汊深

沱区掉头后再顺主流而下, 航行条件非常恶劣。2020 年岷江发生“8.11”特大洪水后, 该段滩槽格局被打乱重组, 洪水后牯牛滩心洲被对开冲开, 深泓线从上游乐宜岷江大桥以下直至王坝子洲头处, 形成 1 段长约 1.8 km 的长直河段, 深泓线由原来偏左岸向老江坝右岸一侧平移, 平面摆动约 440 m, 原有老航槽淤塞废弃, 新冲开的航槽 2 m 等深线贯通, 仅在老江坝洲尾与王坝子右汊间存在局部约 40 m 的缺口。通过对比 2021 年与“8.11”汛前历年的江道测图可知, 汛后老江坝洲尾、王坝子洲头之间的连续分汊河段通航条件总体趋于好转, 但因乐宜岷江大桥以下新形成 1.8 km 航槽, 稳定性较差。



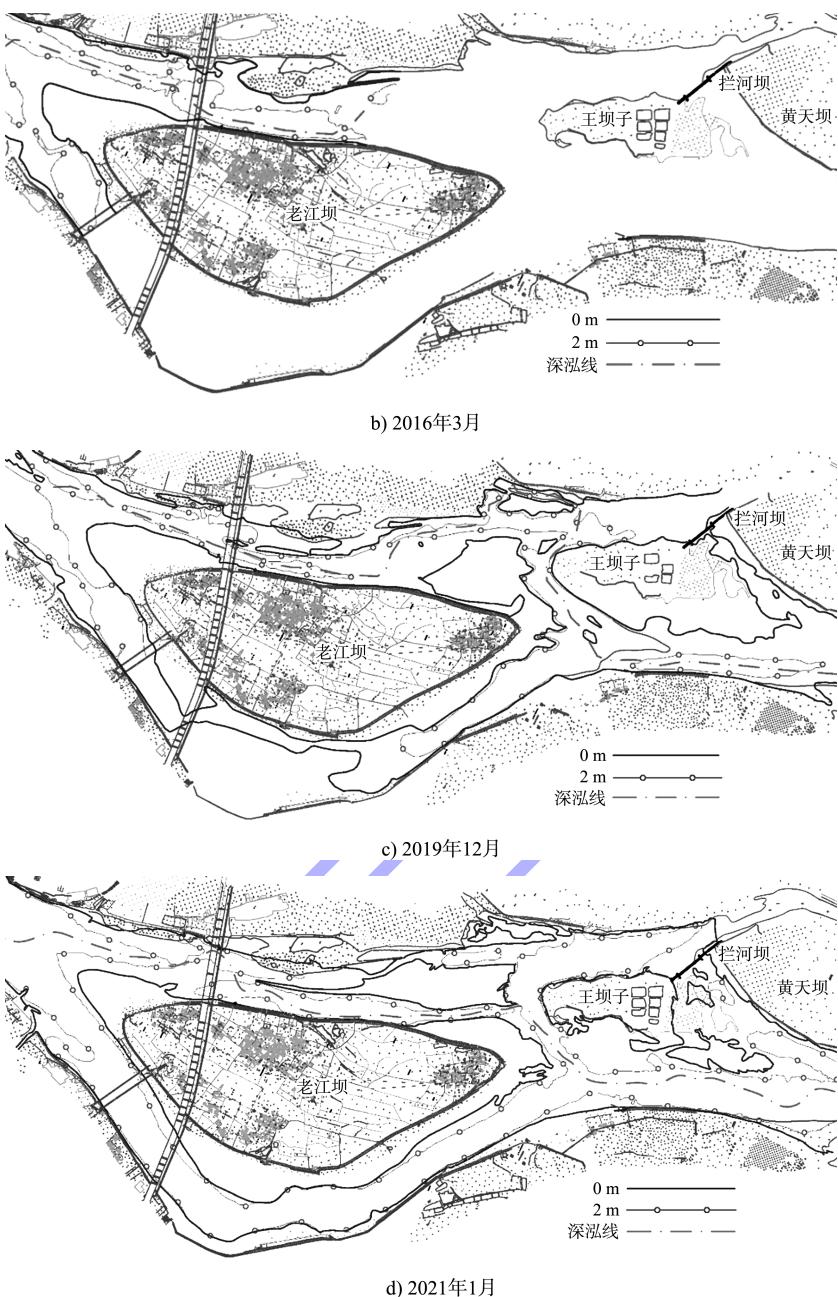
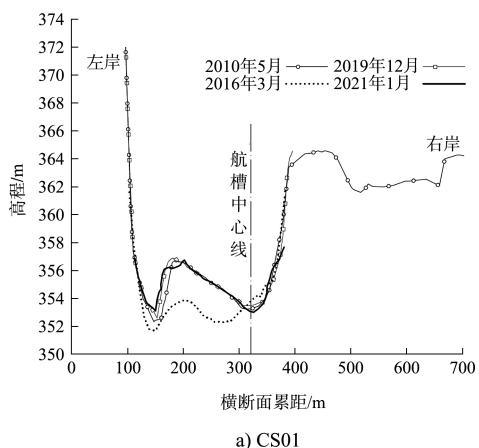


图5 马鞍山—萝卜寺滩特征等深线摆动

3.2 浅滩演变特点及成因分析

利用2010年5月、2016年3月、2019年12月和2021年1月共4次江道测图,对马鞍山—萝卜寺滩典型横断面(图6)进行套绘对比分析(图6)以研究河段近期浅滩演变情况。



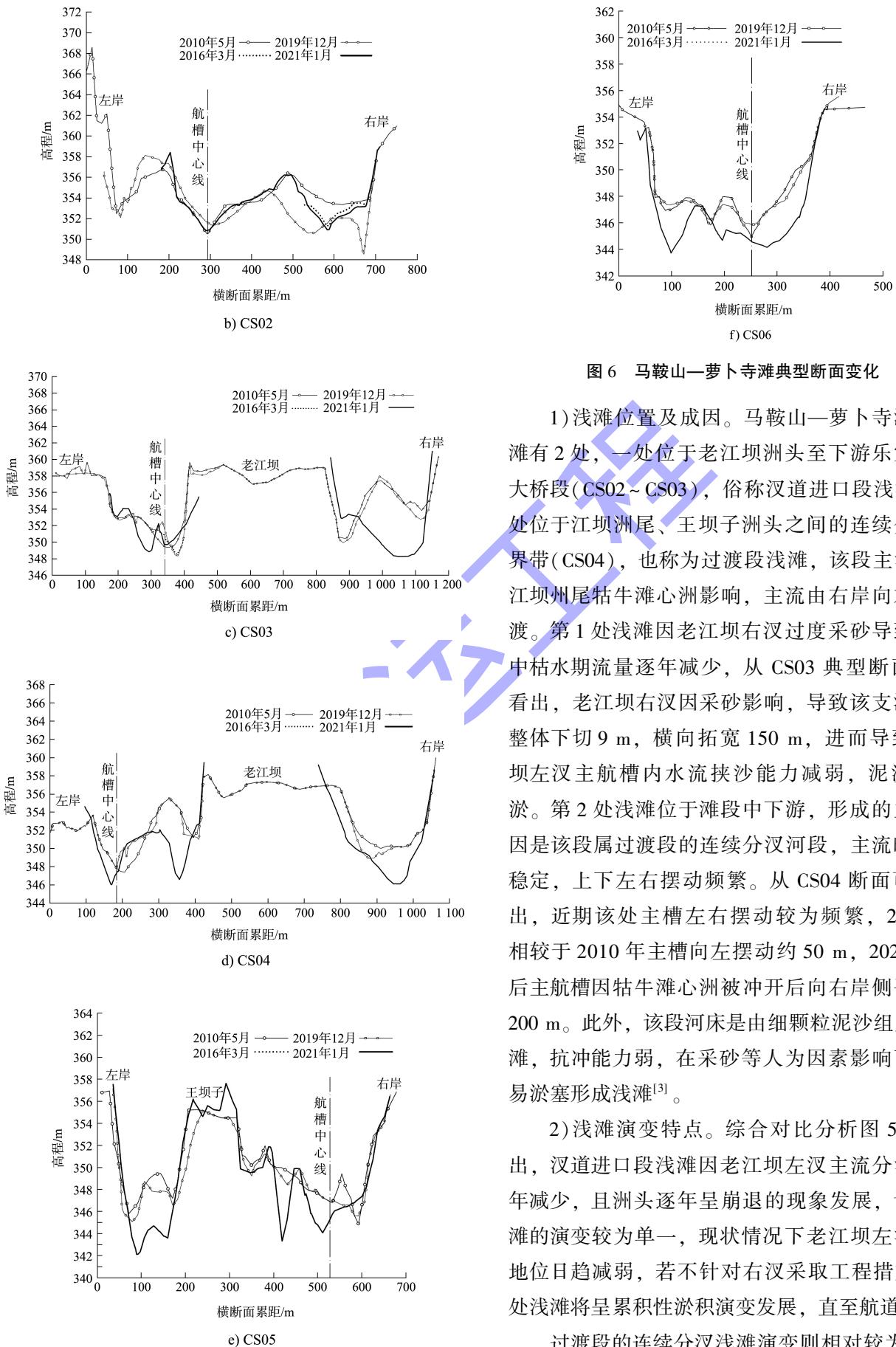


图 6 马鞍山—萝卜寺滩典型断面变化

1) 浅滩位置及成因。马鞍山—萝卜寺滩段浅滩有 2 处, 一处位于老江坝洲头至下游乐宜岷江大桥段 (CS02~CS03), 俗称汊道进口段浅滩; 一处位于江坝洲尾、王坝子洲头之间的连续分汊交界带 (CS04), 也称为过渡段浅滩, 该段主流受老江坝州尾牯牛滩心洲影响, 主流由右岸向左岸过渡。第 1 处浅滩因老江坝右汊过度采砂导致主槽中枯水期流量逐年减少, 从 CS03 典型断面可以看出, 老江坝右汊因采砂影响, 导致该支汊河床整体下切 9 m, 横向拓宽 150 m, 进而导致老江坝左汊主航槽内水流挟沙能力减弱, 泥沙易落淤。第 2 处浅滩位于滩段中下游, 形成的主要原因是该段属过渡段的连续分汊河段, 主流时常不稳定, 上下左右摆动频繁。从 CS04 断面可以看出, 近期该处主槽左右摆动较为频繁, 2019 年相较于 2010 年主槽向左摆动约 50 m, 2021 年汛后主航槽因牯牛滩心洲被冲开后向右岸侧平移约 200 m。此外, 该段河床是由细颗粒泥沙组成的洲滩, 抗冲能力弱, 在采砂等人为因素影响下主槽易淤塞形成浅滩^[3]。

2) 浅滩演变特点。综合对比分析图 5、6 看出, 汗道进口段浅滩因老江坝左汊主流分流比逐年减少, 且洲头逐年呈崩退的现象发展, 该处浅滩的演变较为单一, 现状情况下老江坝左汊主流地位日趋减弱, 若不针对右汊采取工程措施, 该处浅滩将呈累积性淤积演变发展, 直至航道淤塞。

过渡段的连续分汊浅滩演变则相对较为复杂,

2020 年“8.11”特大洪水以前,该处主流过度分散,航槽左右摆动频繁,航槽易于出浅。“8.11”特大洪水后,滩槽格局调整重组,老江坝左汊取直后水流相对集中,形成相对较为正常的浅滩,水深条件趋于好转。但由于该处为连续分汊交界带河段,遇到来水来沙量较大的特殊水文年,王坝子洲头分汊河段易形成交错浅滩,其上游新形成的长直河段主槽左右摆动的可能性较大^[4]。

4 结论

1) 老江坝右汊、王坝子左汊大规模采砂是马鞍山—萝卜寺连续分汊滩群河床演变的直接原因,支汊采砂后导致主汊分流比逐年削弱,主槽航道条件向淤塞不利的方向演变。

2) 老江坝洲尾至王坝子洲头之间位于连续分汊交界带,水流分散、床沙较细,滩槽格局受挖沙采石、来水来沙等边界条件变化较为敏感;近期连续分汊交界带河床演变频繁,主要表现为主泓轴线摆动频繁且幅度较大,心洲冲淤,水流弯曲、分散,通航条件恶劣,航道维护难度大。

3) “8.11”特大洪水后,老江坝左汊取直导致王坝子洲头崩退趋势加剧,连续分汊交界带之

间无固定节点^[5],致使该区域易形成交错型浅滩等一系列新的变化,航道条件呈进一步恶化的趋势。

4) 结合马鞍山—萝卜寺滩群近期河床演变和航道条件变化,该滩群需要辅以整治措施以调整主、支汊分流比,稳定关键洲滩岸线节点和滩槽格局,改善通航条件。

参考文献:

- [1] 四川省交通勘察设计研究院有限公司.岷江(龙溪口至宜宾)航道整治工程可行性研究报告[R].成都:四川省交通勘察设计研究院有限公司,2017.
- [2] 李家世,刘晓帆.梯级水库建设对岷江下游航道通航流量的影响[J].水运工程,2021(6):164-170,193.
- [3] 刘晓帆,胡阳.大规模采沙对弯道滩险的影响[J].水运工程,2015(9):123-128.
- [4] 孙昭华,冯秋芬,韩剑桥,等.顺直河型与分汊河型交界段洲滩演变及其对航道条件影响:以长江天兴洲河段为例[J].应用基础与工程科学学报,2013,21(4):647-656.
- [5] 刘奇峰.长江下游连续分汊段汊道演变的关联性研究[J].水运工程,2019(1):1-5.

(本文编辑 王传瑜)

(上接第 55 页)

4 结论

1) 根据 2013 与 2022 年的测图分析河床演变结果可知,总体河槽有冲有淤,整体形态基本稳定。

2) 通过分析泥沙淤积成因及与实测地形的冲淤变化可知,泥沙淤积易发生于弯道处,除支流汇口处外,淤积多发生在主槽中,边滩淤积较少,模型计算得到的水库泥沙冲淤结果基本合理。

3) 工程位置距离长江口较近,洪水期会受到长江洪水顶托影响。根据一维水动力模型计算结果,受顶托工况下的水面比降明显小于天然情况下的水面比降,顶托的影响在坝前明显比库尾小。

参考文献:

- [1] 四川省交通勘察设计研究院.沱江泸州段高等级航道提升工程项目建议书[R].成都:四川省交通运输厅交通勘察设计研究院,2022.
- [2] 李如钢.《SUSBED-2》数学模型在汉江崔家营航电枢纽工程可行性研究中的应用[J].水运工程,1998(8):51-52.
- [3] 陈进,黄薇.梯级水库对长江水沙过程影响初探[J].长江流域资源与环境,2005(6):786-791.
- [4] 杜泽东,董先勇,张锋,等.金沙江溪洛渡水库水沙特征及泥沙冲淤规律[J].泥沙研究,2022,47(2):22-28.
- [5] 程艳,吴礼国,李泳龙.蓄水初期犍为船闸下引航道及口门区泥沙淤积成因分析[J].水运工程,2021(12):38-42.

(本文编辑 王璁)