



# 向家坝蓄水以来宜宾—江津河段 枯水位变化分析\*

朱代臣, 刘勇

(长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 401147)

**摘要:** 长江上游航道宜宾—江津段受向家坝运行及无序采砂活动影响, 在来流量变化、日调节影响、地形变化等单方面基本形成统一认识, 但对于水位这一综合影响结果, 尤其是关系航道畅通的枯期水位研究较少, 缺乏对枯水位变化趋势的总体认识。通过对朱沱水文站和沿程主要航道水尺的水位数据分析和水位流量关系对比, 揭示向家坝蓄水以来宜宾—江津河段枯水位变化情况。2015年(宜宾段2014年)以前, 随着枯水期流量逐年增加, 枯水位同步上涨; 2015—2020年同流量下枯水位显著降低, 最枯流量小幅波动, 但最枯水位总体下降; 2020年后, 枯期流量与水位趋于稳定。向家坝蓄水前后, 截至2024年优良河段98%多年历时保证率水位微涨, 朱沱站增加0.21 m, 最枯水位与蓄水前基本相当; 典型滩段(观音背、郑家梁、黄矸)枯期同流量下水位显著下降, 累计降幅0.60~0.84 m(流量2900 m<sup>3</sup>/s时), 频繁跌破航行基准面, 航道条件恶化。分析结果表明人类活动引起的河床地形变化基本抵消了流量增益, 其可为航道养护与治理提供参考。

**关键词:** 向家坝; 宜宾—江津河段; 水沙条件; 采砂; 枯水位; 水位变化

中图分类号: U612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2026)03-0091-10

## Variations in low-water levels of the Yibin–Jiangjin reach since the impoundment of Xiangjiaba

ZHU Daichen, LIU Yong

(Chongqing Shipping Engineering Survey and Design Institute of the Yangtze River, Chongqing 401147, China)

**Abstract:** The Yibin–Jiangjin reach of the upper Yangtze River navigation channel is impacted by the operation of the Xiangjiaba Dam and unregulated sand mining activities. Although there is a unified understanding of unilateral changes in inflow variation, daily regulation effects, and topographic changes, there is a lack of research on the comprehensive impact of water level, especially the dry season water level that affects the smooth operation of the channel, and a lack of overall understanding of the change trend of low-water level. By analyzing the water level data from Zhutuo hydrological station and comparing the water level and flow rate relationships along the main waterway, this study reveals low-water level variations in the Yibin–Jiangjin reach since the impoundment of Xiangjiaba. Pre-2015 (Yibin section in 2014): Low-water levels increased synchronously with rising dry-season discharges. 2015–2020: Significant reduction in low-water levels occurred under equivalent discharges; while minimum discharges fluctuated moderately, minimum water levels exhibited an overall declining trend. Post-2020: Both dry-season discharges and water levels tend to stabilize. Before and after impoundment in Xiangjiaba, as of 2024, the water level of the excellent river section with a guaranteed rate of 98% over the years has slightly increased, and the Zhutuo Station has increased by 0.21 m. The minimum water level is basically the same as pre-impoundment conditions. In typical shoal sections (Guanyinbei, Zhengjialiang, Huanggan), low-water levels

收稿日期: 2025-07-21 录用日期: 2025-09-02

\*基金项目: 交通运输部重点科研任务暨长江航道局重点科技项目(202430004)

作者简介: 朱代臣(1981—), 女, 硕士, 高级工程师, 从事港口与航道工程设计咨询工作。

decreased substantially, with cumulative reductions of 0.60–0.84 m (at discharge of 2,900 m<sup>3</sup>/s). Water levels frequently fell below the navigation reference plane, indicating deteriorating channel conditions. The analysis demonstrates that anthropogenic riverbed morphological changes have largely offset the benefits of increased flow. These findings provide critical references for channel maintenance and management strategies.

**Keywords:** Xiangjiaba Dam; Yibin–Jiangjin reach; water-sediment condition; sand mining; low-water level; water level change

向家坝枢纽 2012 年 10 月开始蓄水运行后, 长江上游来水来沙条件发生变化<sup>[1]</sup>; 同时蓄水初期河道无序采砂现象较为普遍, 河床边界条件也有所改变<sup>[2]</sup>。在来水来沙与河床边界同期发生非自然演变的情况下, 长江上游河道沿程水位变化更为复杂。宜宾—江津河段属于长江上游天然山区河道, 河床横纵断面不规则, 枯水期航道水浅、流速大、比降陡, 航道尺度与水流条件对来水来沙及边界条件的变化较为敏感, 因此枯水位的变化备受关注。目前相关研究主要集中在向家坝等金沙江枢纽建设后的水沙条件变化<sup>[3]</sup>、河床演变规律<sup>[4]</sup>及单滩航道条件<sup>[5-6]</sup>方面, 对于水位, 尤其是关系航道畅通、影响航道尺度的枯水位研究较少。李文杰等<sup>[7]</sup>对河段内朱沱水文站 2018 年以前水位变化特征进行分析, 揭示近年中枯水位下降的客观现象。但仅对朱沱站一个点进行水位变化分析, 难以体现整个河段的变化情况, 从而缺乏对枯水位变化总体的客观认识。本文基于河段内朱沱水文站和沿程主要航道水位站(宜宾合江门、泸州二郎滩、江津郑家梁等)2024 年以前实测水文资料, 对向家坝蓄水后长江上游宜宾—江津河段的水位变化条件以及枯水位总体变化情况进行分析, 为航道养护与治理提供参考。

## 1 来水来沙条件的变化

### 1.1 月平均流量变化

关于长江上游来流量的分析资料较多, 结论较为明确, 向家坝蓄水前后径流总量变化较小, 年度内月均流量分配变化显著, 枯水期流量增加, 中水期无明显变化, 汛期流量减少, 见图 1。根据王渺林等<sup>[8]</sup>对朱沱水文站流量的分析, 相较于向家坝蓄水前 1954—2012 年, 2013—2021 年枯水期

平均流量涨幅 28.6%, 汛期平均流量降幅 6.2%。本文增加最近 2022—2024 年流量数据进行统计分析, 向家坝蓄水前 10 a(2003—2012 年)与蓄水后至今(2013—2024 年)朱沱站枯水期(12、1—4 月)月平均流量情况见图 2, 由图可见: 1) 蓄水前后均为 2 月平均流量最小, 蓄水前枯水期间 12 月平均流量最大, 蓄水后 4 月份平均流量最大; 2) 枯水期各月平均流量均有所增加, 增加幅度为 18%~34%, 其中 2 月增加幅度最大, 4 月增加量最大, 12 月增加量和增加幅度均最小, 整个枯水期平均流量增加 27.3%。

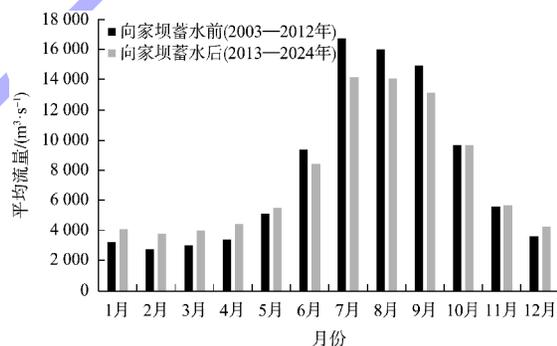


图 1 朱沱各月平均流量对比

Fig. 1 Comparison of monthly average discharge at Zhutuo station

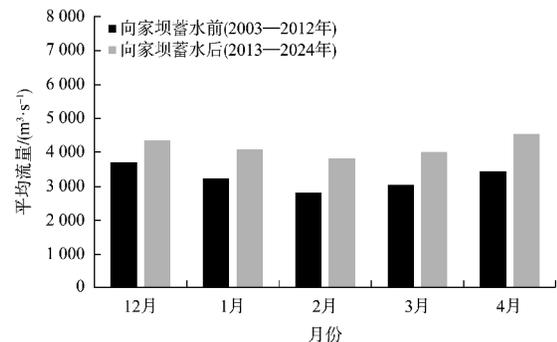


图 2 朱沱枯水期各月平均流量对比

Fig. 2 Comparison of monthly average discharge during dry season at Zhutuo station

### 1.2 最枯流量变化

长江上游干流航道属于国家高等级航道, 是西南地区大宗货物水运主通道, 通过能力主要取决于枯水期小流量下的航道条件, 因此进一步统计分析朱沱最小流量变化情况。向家坝蓄水前后朱沱、向家坝最小流量及出现时间见表 1, 分析最小流量的年际变化过程得出: 1) 20 世纪 90 年代以前总体稳定, 2000 年以后略有增加, 2012—2015 年逐年增加, 而后平稳波动, 见图 3。2) 向家坝蓄水前朱沱多年平均最小流量为 2 363 m<sup>3</sup>/s, 随着向家坝、溪洛渡水利枢纽先后运行, 2012—2015 年朱沱最小流量从 2 370 m<sup>3</sup>/s 逐年增加到 2 970 m<sup>3</sup>/s, 2015 年以后稳定在 3 000 m<sup>3</sup>/s 左右, 最小 2 900 m<sup>3</sup>/s。

表 1 向家坝、朱沱水文站最小流量  
Tab. 1 Minimum discharge at Xiangjiaba and Zhutuo hydrological stations

年份	向家坝		朱沱	
	最小流量/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	时间	最小流量/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	时间
2009	-	-	2 370	3 月 24 日
2010	-	-	2 170	2 月 16 日
2011	-	-	2 580	2 月 9 日
2012	-	-	2 370	2 月 17 日
2013	1 360	2 月 25 日	2 420	1 月 29 日
2014	1 590	2 月 18 日	2 610	2 月 2 日
2015	1 620	2 月 1 日	2 970	2 月 22 日
2016	1 640	4 月 25 日	3 380	2 月 14 日
2017	1 638	3 月 25 日	3 010	4 月 6 日
2018	1 642	2 月 15 日	2 900	3 月 5 日
2019	1 600	11 月 30 日	3 170	2 月 10 日
2020	1 560	4 月 29 日	3 480	1 月 22 日
2021	1 500	4 月 6 日	2 930	3 月 7 日
2022	1 590	2 月 17 日	3 340	2 月 5 日
2023	1 680	1 月 22 日	3 000	1 月 24 日
2024	1 630	4 月 20 日	2 920	2 月 19 日

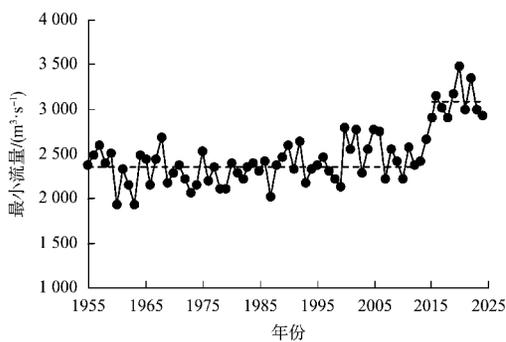


图 3 朱沱最小流量年际变化  
Fig. 3 Interannual variation of minimum discharge at Zhutuo station

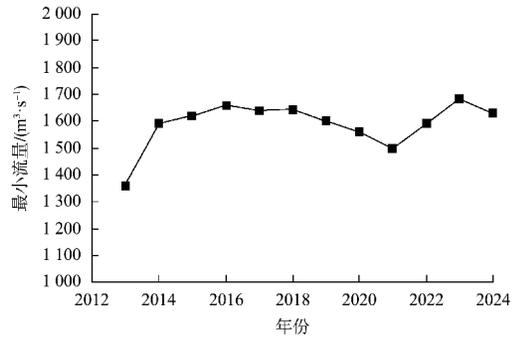


图 4 向家坝下泄最小流量年际变化  
Fig. 4 Interannual variation of minimum discharge released from Xiangjiaba Dam

### 1.3 来沙量的变化

随着金沙江、岷江上水利枢纽的先后建成运行, 长江上游来沙量逐渐减少, 直到 2012 年金沙江末端梯级枢纽向家坝水库蓄水, 长江上游来沙量大幅减少。根据杨成刚等<sup>[9]</sup>对三峡水库试验性蓄水以来长江上游来水来沙变化分析, 三峡入库(朱沱+北碚+武隆)泥沙由 2003—2012 年年均 2.03 亿 t 减至 2013—2020 年的 0.87 亿 t, 沙量减少 57%; 金沙江来沙占比大幅减少, 区间支流来沙占比增大, 主要集中在年内几场暴雨洪水输沙过程中。输沙量中粗颗粒泥沙含量减少, 以粒径很细的冲泻质为主。

### 2 河床边界条件的变化

宜宾—江津河段属于典型的山区河道, 河床为抗冲刷能力较强的砂卵石或基岩, 天然水沙条件下河床自然演变非常缓慢, 年际间河床自然冲淤基本平衡, 滩槽形态基本稳定, 河道边界条件变化主要取决于采砂等人类活动。

2015 年, 《长江上游干流宜宾以下河道采砂规划(2015—2019)》实施, 宜宾—江津河段全面禁止采砂。在这之前, 河道无序采砂现象较为普遍, 采砂量大, 尤其是一些大型边滩或副汊, 出现大量采砂坑。根据文献[2]关于长江上游叙渝段采砂坑分布的统计, 2007—2016 年期间宜宾—重庆河段无序采砂造成地形变化量估算约为 2.34 亿 m<sup>3</sup>, 采砂坑数约为 188 个, 平均 500 m 长河段内就有 1 个采砂坑; 最大采砂坑深度达到 32.9 m, 采砂坑深度超过 20 m 的约有 37 个, 深度 10~20 m 的

约有90个。

长江水文局通过实测断面数据开展的长江上游河道冲淤分析得出<sup>[10]</sup>，2013—2016年，宜宾—重庆河段河床累计冲刷1.86亿m<sup>3</sup>，其中：宜宾—朱沱段共冲刷泥沙7890万m<sup>3</sup>，河床变化主要集中在2013—2015年；朱沱—江津段共冲刷泥沙6013万m<sup>3</sup>，河床变化主要集中在2014—2016年。2017年以后河床有冲有淤，累计淤积681万m<sup>3</sup>。2013—2024年宜宾—江津分段年冲淤量和冲淤强度分别图5、6，由图可见，2016年前后冲刷量和冲刷强度均大幅减小，说明2013—2016年期间冲刷量主要由无序采砂引起，2017年以后的河床变化主要是无序采砂之后河床的冲淤调整。

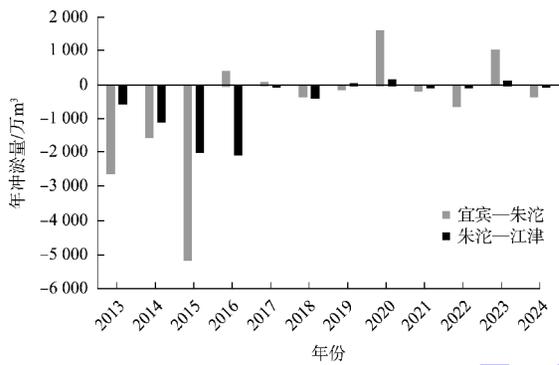


图5 宜宾—江津分段年冲淤量对比

Fig. 5 Comparison of annual sedimentation volumes in sub-reaches from Yibin to Jiangjin

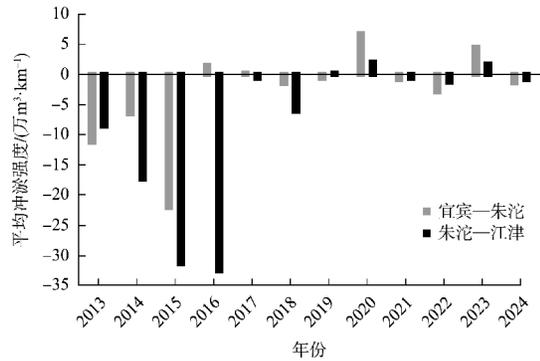


图6 宜宾—江津分段年冲淤量强度对比

Fig. 6 Comparison of annual sedimentation intensity in sub-reaches from Yibin to Jiangjin

对比宜宾—重庆河段采砂坑统计和河道冲淤分析两组数据，2013—2016年期间宜宾—重庆河段累计河床冲刷量约占2007—2016年采砂估算量的80%，说明宜宾—重庆无序采砂主要发生在2013—2016年。大规模的无序采砂致大量边滩与副汊被采，典型河段二龙口—香炉滩水道的地形变比见图7，由图可见河床边界条件发生了较大变化。边滩束水冲槽能力减弱，副汊或副槽分流比增加，主汊或主槽水流分散，从而航槽水位下降。河床边界不规则变化，加上向家坝蓄水后中枯水冲刷能力增强，滩槽势必在短期内发生冲淤调整，枯水位不稳定因素增加。

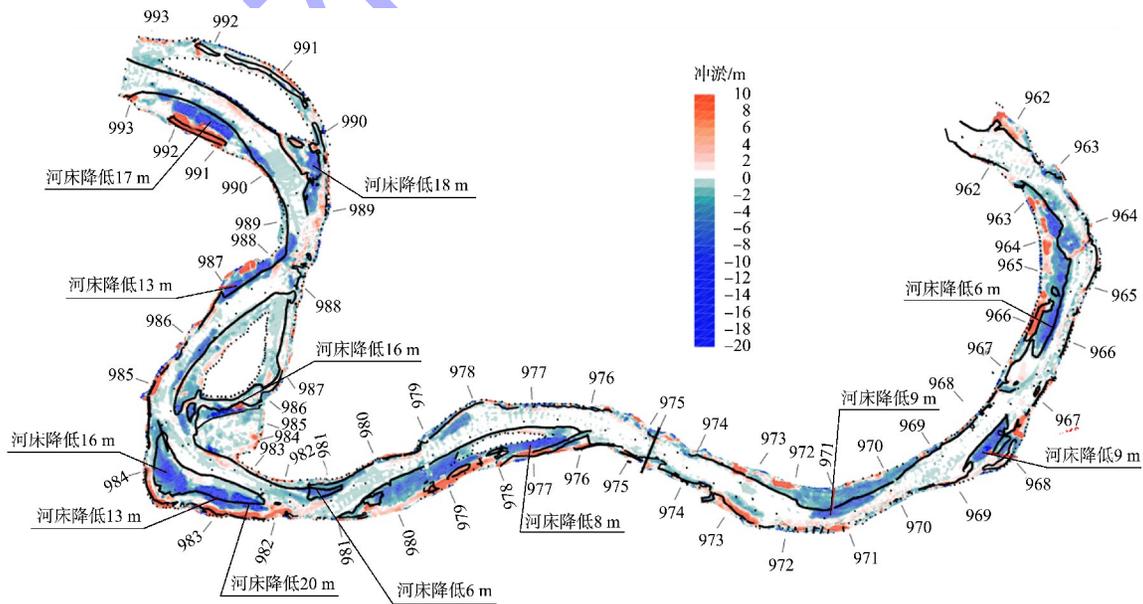


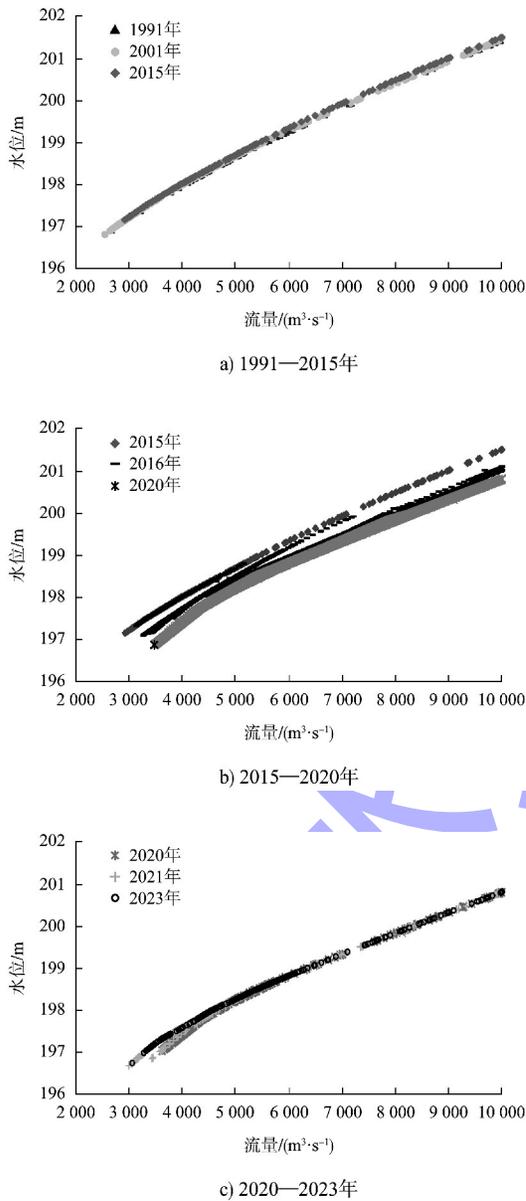
图7 典型河段地形变化(二龙口—香炉滩水道, 2009—2016年)

Fig. 7 Topographic changes in typical reach (Erlongkou-Xianglutan waterway, 2009-2016)

### 3 近期枯水位变化

#### 3.1 水位流量关系变化

朱沱水文站是长江上游控制性水文站, 通过分析 1991 年以来朱沱站实测水位、流量的关系, 中枯水期代表年水位流量关系曲线对比见图 8。



注: 水位以吴淞高程系统为基准。

图 8 朱沱水文站水位流量关系曲线

Fig. 8 Stage-discharge relationship curve at Zhutuo hydrological station

由图 8 可见, 中枯水期同流量下水位变化总体情况为: 2015 年以前水位流量关系基本稳定; 2016 年中枯水位出现明显的下降, 2016—2020 年

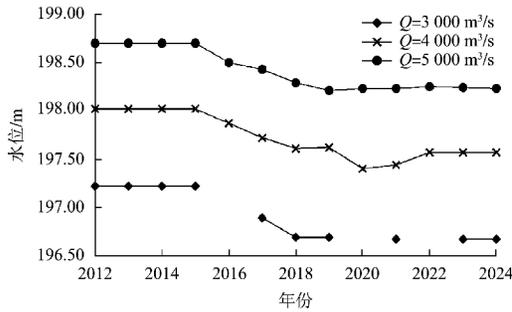
中枯水位有不同程度的下降; 2020 年以后仅最枯流量下的水位略有回升, 水位流量关系基本稳定。初步分析以上变化的原因: 2015 年全面禁采后大量沙场清理, 水流分散, 滩槽适应性调整; 同时向家坝蓄水后冲刷能力增强, 朱沱段局部微冲逐渐表现出来。但长江上游石质河床抗冲刷能力强, 在无人类活动扰动情况下, 河床能够快速恢复稳定状态, 因此, 2020 年以来, 除遭遇特大洪水情况, 河床及水位流量关系基本稳定。

枯水期各级流量条件下朱沱水位值见表 2, 同流量条件下朱沱水位年际变化过程和水位累计下降值分别见图 9、10。由图可见: 1) 向家坝蓄水初期 2012—2015 年各级流量相应水位一致, 没有下降。2) 2015—2020 年枯水流量 3 500 m<sup>3</sup>/s 时, 相较于向家坝蓄水前 2011 年, 水位累计下降 0.74 m, 降幅最大; 流量 4 000 m<sup>3</sup>/s 时水位累计下降 0.62 m; 流量 5 000 m<sup>3</sup>/s 时水位累计下降 0.47 m。这一阶段水位下降幅度与李文杰等基于 2018 年以前序列年朱沱水位变化分析结果基本一致。3) 2020—2024 年, 4 800 m<sup>3</sup>/s 以上的水位流量关系稳定, 流量 4 800 m<sup>3</sup>/s 以下的枯水位有小幅回升, 流量 3 000 m<sup>3</sup>/s 时累计水位下降幅度减小至 0.55 m, 流量 4 000 m<sup>3</sup>/s 时累计水位下降幅度减小至 0.45 m。

表 2 朱沱水文站枯水位特征值  
Tab. 2 Characteristic values of dry season water levels at Zhutuo station

年份	水位/m		
	$Q=3\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$	$Q=4\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$	$Q=5\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$
2012	197.22	198.02	198.70
2013	197.22	198.02	198.70
2014	197.22	198.02	198.70
2015	197.22	198.02	198.70
2016	-	197.87	198.50
2017	196.89	197.72	198.43
2018	196.69	197.61	198.29
2019	196.69	197.62	198.21
2020	-	197.40	198.23
2021	196.67	197.44	198.23
2022	-	197.57	198.25
2023	196.67	197.57	198.24
2024	196.67	197.57	198.23

注: 水位以吴淞高程系统为基准。



注：水位以吴淞高程系统为基准。

图 9 朱沱站枯水期同流量水位年际变化  
Fig. 9 Interannual variation of dry season water levels with identical discharge at Zhutuo station

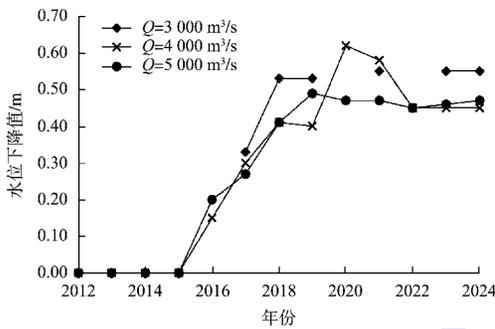
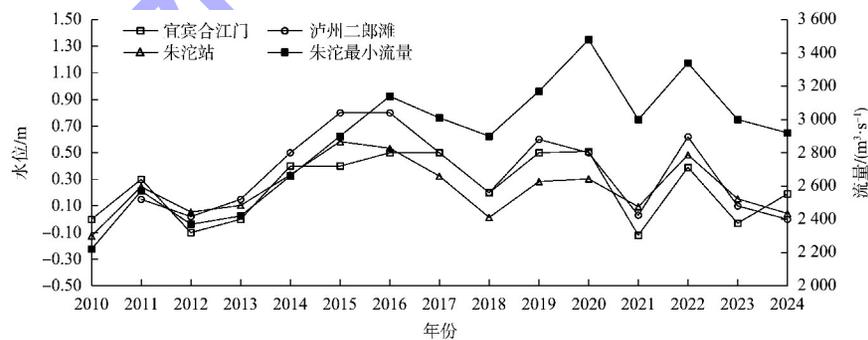


图 10 朱沱站枯水期同流量水位累计下降值  
Fig. 10 Cumulative decline of dry season water levels with identical discharge at Zhutuo station



注：水位以航行基准面为计量基准。

图 11 宜宾、泸州、朱沱年最低水位与朱沱年最小流量年际变化对比  
Fig. 11 Comparative analysis of annual minimum water levels at Yibin, Luzhou and Zhutuo, as well as minimum discharge at Zhutuo

宜宾、泸州、朱沱年最低水位值见表 3。向家坝蓄水前朱沱水文站年最小流量多年平均值约 2 400 m<sup>3</sup>/s，向家坝正常运行后 2015—2024 年共 10 a 时间，朱沱站年最小流量平均约 3 000 m<sup>3</sup>/s，

### 3.2 枯水位总体变化

#### 3.2.1 最枯水位变化

从朱沱站水位流量关系看，中枯水同流量条件下，水位有先下挫后稳定的现象，为进一步分析沿程水位是否有同样的变化规律，本文进一步收集了航道水位站宜宾合江门、泸州二郎滩的水位资料，融合朱沱水文站水位，统一换算成航行基准面上水位进行分析。2010 年以来 3 个站点年最低水位与朱沱年最小流量变化过程见图 11，通过对比分析可以得出最枯水位变化现象：1) 年际间最枯水位有高有低变化情况，3 个站最低水位总体变化区间为 -0.13~0.80 m，其中宜宾 -0.12~0.51 m，泸州 0~0.80 m，朱沱 -0.13~0.58 m。2) 泸州、朱沱年最低水位中的最大值出现在 2015 年，2015 年之前，随着向家坝 2012 年开始蓄水长江上游年最小流量逐年增加，各站年最低水位也随之逐年抬升，最上游宜宾站最低水位抬升趋势只持续到 2014 年。3) 2015 年(宜宾 2014 年)之后，在流量继续增加或者平稳波动的情况下，各站年最低水位转为总体下降，下降的主要阶段为 2015—2020 年，枯水流量 2 900 m<sup>3</sup>/s 时，宜宾、泸州、朱沱下降幅度分别为 0.50、0.60、0.57 m。4) 2020 年以后各站水位跟随流量的变化相应上升或下降，变化趋势和幅度基本一致。

最枯流量增加约 600 m<sup>3</sup>/s，而在枯水位下降后，以上 3 站近年年最低水位与向家坝蓄水前基本相当，差值幅度在 0~0.10 m。如 2023 年，朱沱最小流量为 3 000 m<sup>3</sup>/s，宜宾、泸州、朱沱相应水位

分别为航行基准面上-0.03、0.10、0.15 m, 而向家坝蓄水当年2012年朱沱最小流量为2 370 m<sup>3</sup>/s, 宜宾、泸州、朱沱相应水位分别为航行基准面上-0.10、0.02、0.05 m, 最枯水位差值仅0.07、0.08、0.10 m。

表3 宜宾、泸州、朱沱年最低水位值  
Tab.3 Annual minimum water levels at Yibin, Luzhou and Zhutuo stations

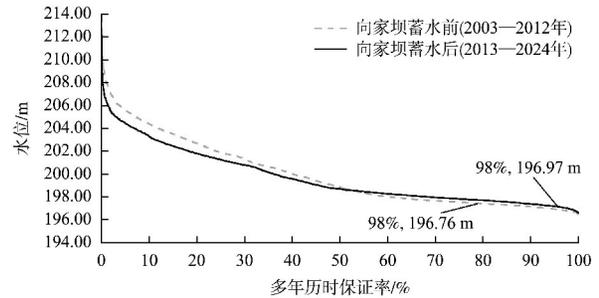
年份	最低水位/m		
	宜宾	泸州	朱沱
2010	0.00	-	-0.13
2011	0.30	0.15	0.24
2012	-0.10	0.02	0.05
2013	0.00	0.15	0.10
2014	0.40	0.50	0.33
2015	0.40	0.80	0.58
2016	0.50	0.80	0.53
2017	0.50	0.50	0.32
2018	0.20	0.20	0.01
2019	0.50	0.60	0.28
2020	0.51	0.50	0.30
2021	-0.12	0.03	0.09
2022	0.39	0.62	0.48
2023	-0.03	0.10	0.15
2024	0.15	0.00	0.04

注: 水位以航行基准面为计量基准。

### 3.2.2 多年历时保证率水位变化

以向家坝开始蓄水运行为时间节点, 分阶段统计长江上游朱沱水文站98%多年历时保证率水位, 并进行枯水位对比, 见图12。向家坝蓄水前10 a(2003—2012年)98%保证率水位为196.76 m, 向家坝蓄水以来2013—2024年98%保证率水位为196.97 m, 98%保证率水位提高0.21 m。水位变化主要为来流量变化和河床边界条件变化共同作用的结果。对比朱沱站流量增加与水位提高的幅度, 结合河势与航道条件分析, 朱沱站所在河段顺直, 长约3 km, 无明显河床变化, 航道条件较好, 但上游东溪口水道和下游温中坝水道为分叉河型, 受采砂影响, 副汊和洲滩河床变化较大, 滩段内水流更加分散, 水位下降, 上、下游水流更加顺畅, 因此关联河段水位也不同程度下降。由此推测, 对于河床边界变化较小的优良河段, 随着向家

坝蓄水后宜宾—江津河段枯期流量增加, 枯水期通航水位有一定的抬升, 但在上下游河段河床边界明显变化的关联影响下, 水位抬升的幅度较小。



注: 水位以吴淞高程系统为基准。

图12 朱沱水位保证率曲线

Fig.12 Water level probability curve at Zhutuo station

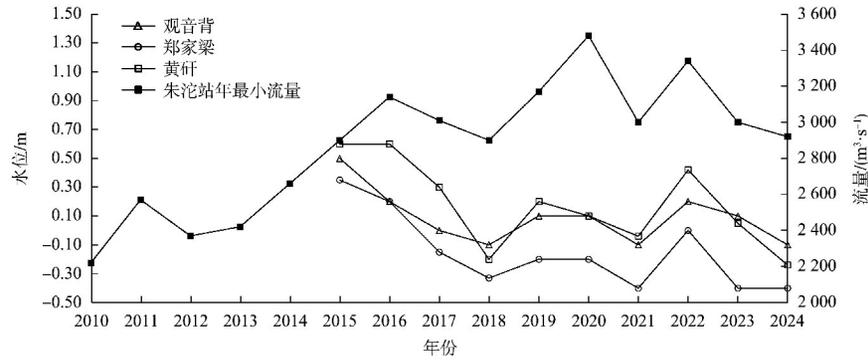
### 3.3 典型滩段枯水位变化

根据近年航道养护情况和实测数据分析, 较向家坝蓄水前天然情况, 宜宾—江津河段部分滩段的枯水位存在较明显的下降。本文收集到观音背、甑柄碛和飘灯碛3个典型滩段分别关联的观音背、郑家梁和黄矸3把航行水尺2015年以来每日08:00:00水位, 各水尺年最低水位与朱沱水文站年最小流量年间趋势性变化见图13, 通过数据分析和对比得出:

1) 2015年朱沱最小流量增加至2 900 m<sup>3</sup>/s, 观音背、郑家梁和黄矸3把水尺最低水位均较高, 分别为航行基准面上0.50、0.35和0.60 m, 2015—2018年, 最小流量保持在2 900 m<sup>3</sup>/s以上, 而水位均呈现明显的下降趋势, 累计下降幅度分别达到0.60、0.68和0.80 m, 分别降至-0.10、-0.33和-0.20 m。

2) 2018—2024年, 流量仍然保持在2 900 m<sup>3</sup>/s以上, 2020年甚至接近3 500 m<sup>3</sup>/s, 但最低水位并没有抬高, 至2024年各年最低水位总体平稳。

3) 2015—2024年, 相同枯水流量2 900 m<sup>3</sup>/s时, 观音背、郑家梁和黄矸水位分别累计下降0.60、0.75、0.84 m, 降至-0.10、-0.40、-0.24 m。这3个滩段水尺的水位下降幅度超过以宜宾、泸州及朱沱水位站为代表的总体水位下降幅度, 出现近年最枯水位频繁低于航行基准面的情况, 从而部分滩段航道条件恶化。



注：水位以航行基准面为计量基准。

图 13 典型滩段水尺近年最低水位与最小流量对比

Fig. 13 Comparison of recent minimum water levels and discharges at typical shoals

#### 4 典型滩段航道条件改善措施

目前，向家坝蓄水运行基本稳定，长江上游河道无序采砂得到抑制，水沙及边界条件基本稳定，通过上述向家坝蓄水以来枯水位变化分析也得出 2020 年以来中枯水位基本稳定的结论。总体上，宜宾—江津航道条件优良或河床边界变化不大的河段流量增益表现出枯水位略有提高，但河床边界变化较大的典型滩段，中枯水位降幅较大，最枯水位频繁降至航行基准面以下，因此浅滩航

道条件恶化，有必要进行针对性治理。

宜宾—江津河段目前主要有余家湾、小米滩等 9 处航道条件恶化的典型浅滩，近年疏浚养护频率较高，见表 4。表中余家湾、风簸碛、小米滩、叉鱼碛、庙角碛和甑柄碛属于已整治滩险，效果较好，但因河床边界与水沙条件改变近年航道条件恶化，需要频繁实施养护疏浚；麻柳碛、温中坝和瓢灯碛属于较典型的河床边界与水沙条件改变后的新增浅滩，需要加强观测，必要时进行疏浚养护。

表 4 宜宾—江津河段目前典型浅滩统计

Tab. 4 Current statistics of typical shoals in the Yibin-Jiangjin reach

序号	滩名	上游航道里程/km	碍航现状	近期疏浚养护年
1	余家湾	982~985	弯曲分汉河段进出口浅滩；弯顶段打鱼碛分河道为两汉，左汉为通航汉道，进口锣锅碛弯曲水浅，两汉交汇段香炉滩水流相互顶托，泥沙落淤，航槽水浅。受余家湾副汉、江中打鱼碛及香炉滩边滩采挖影响，水流更加分散，水位跌落，进、出口浅情加剧	2016、2018、2021、2023、2024、2025
2	风簸碛	957~959.5	弯曲分汉河段进出口浅滩；汉道进口宽浅，经开挖后浅情好转；汉道出口凸岸测蛟鱼嘴浅区呈微淤趋势，航道弯浅情况持续，需要经常性疏浚	2015、2019、2020、2025
3	小米滩	905.5~908	顺直河段过渡段浅滩；上下反向河湾之间的顺直段，左岸王滩石梁与右岸关刀碛大边滩交错，过渡段存在小米滩暗碛，关刀碛遭破坏后，小米滩暗碛及关刀碛碛翅淤积，碍航问题突出，年年需要疏浚养护	2016—2024
4	麻柳碛	893~896	分汉河段汉道浅滩；汉道中段放宽，右侧暗碛与左侧零星礁石相对，往年航道尺度满足要求，江心洲芙蓉坝尾部边滩及副汉出口被大幅采挖后，导致汉道水位降低，航槽水深不足	2018、2021、2022
5	叉鱼碛	868~869	汉道交汇段的过渡段浅滩；上游神背嘴河段左右汉交汇后形成潜洲，左汉为主航槽，受下游左岸临江场大边滩束水作用，在潜洲与边滩之间形成过渡段浅滩。边滩破坏后束水减弱，过渡段淤积加重，基本每年都需要疏浚养护	2016—2018、2020—2025

续表4

序号	滩名	上游航道里程/km	碍航现状	近期疏浚养护年
6	庙角碛	810~812	礁石河段急浅险;庙角碛分河道为左右汊,以左汊为主,受左岸兔脑壳、斗笠子礁石及金堆子边滩束水挑流,主流在左汊中下段向右岸过渡,中上段急险,出口水浅。金堆子边滩及下游东溪口左副汊被采挖后,主流左偏,过渡段出口右侧庙角碛碛尾及左侧金堆子碛翘近年持续淤积,航槽弯曲水浅	2019—2024
7	温中坝	801~803	分汊河段汊道内浅区浅区;温州坝分河道为南部槽,南槽为主航槽,采沙后南槽左侧的温中坝碛翘至碛尾边滩消失,右侧碎米碛至关溪一带地形也有较大变化,南槽拓宽,水位降低,向宽浅方向发展	2019、2021、2023
8	甑柄碛	743~747	弯曲河段过渡段浅滩;受弯曲河势及左右岸石梁与大边滩作用,在弯道进出口段形成过渡段浅滩。凸岸甑柄碛及其下游秤杆碛边滩被大幅采挖形成深坑,水位大幅下降,至上浅区水浅问题加剧	2016、2021
9	飘灯碛	726~728	微湾河型过渡段浅滩;左侧凹岸礁石凸嘴多,岸线不规则,右侧凸岸飘灯碛伸入江心,航槽弯曲狭窄,飘灯碛靠岸侧至碛尾及下游柯家碛被大幅采挖后,水位下降,水流分散,飘灯碛翘淤积外延,航线更趋弯曲狭窄,需要疏浚保畅	2019、2022

航道条件恶化主要由于河床边界不规则变化导致的水流分散,一方面水位降落,部分浅滩航道尺度不足;另一方面主流对航槽的冲刷能力减弱,河床冲淤调整,浅滩淤积。据此,治理思路为恢复边滩形态,或采取整治措施增加航槽分流比,提高浅槽水位,同时加强浅区冲刷。典型滩段航道治理可考虑在年度航道养护项目中实施,但要突破传统单存疏浚养护,在疏挖的同时考虑增加整治措施以及新型养护方式,也可考虑在已规划长河段航道建设工程项目中统一实施。

## 5 结语

1) 向家坝蓄水后较蓄水前朱沱站枯水期平均流量增加约 27%, 年最枯流量平均增加约 600 m<sup>3</sup>/s, 泥沙输移量大幅减少。2013—2016 年无序采砂引起河床边界变化, 滩槽结构被破坏, 边滩束水能力减弱, 副汊分流增加。在水沙与边界变化综合影响下, 宜宾—江津河段枯水期同流量下水位总体下降。

2) 宜宾河段 2012—2014 年、泸州—江津 2012—2015 年, 流量增加水位相应上升, 水沙条件变化与无序采砂尚未引起枯水位下降; 枯水位变化滞后响应, 2016—2020 年枯水位沿程骤降, 最大降幅 0.74 m(流量 3 500 m<sup>3</sup>/s); 2020 年后, 同流量下枯水位趋于稳定。

3) 优良顺直河段枯水位略有抬高, 截至 2024 年朱沱 98% 保证率水位抬高 0.21 m, 最枯水位抬高 0.00~0.10 m; 但弯曲分汊型滩段和宽浅河段枯水位下降, 近年最枯水位与蓄水前基本一致, 甚至更低。典型滩段(观音背、郑家梁、黄矸等)枯水位较蓄水前同流量条件下(流量 2 900 m<sup>3</sup>/s)累计降低 0.60~0.84 m, 频繁跌破航行基准面, 航道条件恶化。

4) 受采砂等人类活动扰动后, 尽管最枯流量增加, 但沿程最枯水位仅与向家坝蓄水前相当, 表明河床地形变化基本抵消了流量增益, 部分滩段通航条件进一步恶化。建议对典型滩段采取恢复边滩形态等方式, 以增加航槽分流的整治措施, 并进行针对性治理。

## 参考文献:

- [1] 陈坤, 刘超. 人类活动影响下长江上游水沙条件变化趋势[J]. 中国农村水利水电, 2021(4): 126-131.  
CHEN K, LIU C. The impact of human activities on the variation of water and sediment conditions in the upper reaches of the Yangtze River[J]. China rural water and hydropower, 2021(4): 126-131.
- [2] 张帅帅. 长江上游叙渝段采砂坑分布及对水位的影响[J]. 水运工程, 2021(6): 135-140.  
ZHANG S S. Distribution of sand excavation pits and its influence on water level in Xuyu section of upper reaches

of the Yangtze River[J]. Port & waterway engineering, 2021(6): 135-140.

[3] 王延贵, 胡春宏, 刘茜, 等. 长江上游水沙特性变化与人类活动的影响[J]. 泥沙研究, 2016, 41(1): 1-8.  
WANG Y G, HU C H, LIU Q, et al. Study on variations of runoff and sediment load in the upper Yangtze River and main influence factors [J]. Journal of sediment research, 2016, 41(1): 1-8.

[4] 颜洪斌. 长江上游温中坝河段河床演变特性分析[J]. 水道港口, 2024, 45(2): 180-185, 205.  
YAN H B. Analysis on riverbed evolution characteristics in Wenzhongba reach of the upper Yangtze River [J]. Journal of waterway and harbor, 2024, 45(2): 180-185, 205.

[5] 樊书刚, 曾涛, 包明金. 长江上游斗笠子滩近期航道条件变化及维护对策分析[J]. 水运工程, 2022(9): 128-134.  
FAN S G, ZENG T, BAO M J. Recent waterway condition changes and maintenance countermeasures of Doulizi Beach in upper reaches of the Yangtze River[J]. Port & waterway engineering, 2022(9): 128-134.

[6] 李俊青, 包明金, 樊书刚. 长江上游叉鱼滩航道特性及维护对策[J]. 水运工程, 2024(7): 157-164.  
LI J Q, BAO M J, FAN S G. Channel characteristics and maintenance countermeasures of Chayuqi beach in upper reaches of the Yangtze River [J]. Port & waterway engineering, 2024(7): 157-164.

[7] 李文杰, 余成凤, 肖毅, 等. 基于时间序列的朱沱和寸滩水位变化特征分析[J]. 应用基础与工程科学学报, 2022, 30(6): 1377-1388.  
LI W J, YU C F, XIAO Y, et al. Characteristics of water level variation at Zhutuo and cuntan stations based on time series analysis [J]. Journal of basic science and engineering, 2022, 30(6): 1377-1388.

[8] 王渺林, 曹磊, 平妍容, 等. 长江上游宜宾至朱沱河段水文要素变化及对河道和水生态影响[J]. 水资源研究, 2023(6): 575-581.  
WANG M L, CAO L, PING Y R, et al. Changes in hydrological elements and their impacts on river channel and aquatic ecology from Yibin to Zhutuo section in the upper reaches of the Yangtze River[J]. Journal of water resources research, 2023(6): 575-581.

[9] 杨成刚, 李圣伟, 董炳江. 三峡水库试验性蓄水以来长江上游来水来沙变化[J]. 水利水电技术, 2022, 53(S1): 38-44.  
YANG C G, LI S W, DONG B J. Changes of runoff and sediment in the upper reaches of the Yangtze River since the trial impoundment of the Three Gorges Reservoir[J]. Water resources and hydropower engineering, 2022, 53(S1): 38-44.

[10] 长江水利委员会水文局. 2024 年度三峡水库入出库水沙特性、水库及中下游河道冲淤分析[R]. 武汉: 长江水利委员会水文局, 2025.  
Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. Analysis of water-sediment characteristics at Three Gorges Reservoir inflow/outflow and reservoir/mid-lower river channel erosion-deposition for 2024 [R]. Wuhan: Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, 2025.

(本文编辑 赵娟)

### 著作权授权声明

本刊已许可《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司、北京万方数据股份有限公司、重庆维普资讯有限公司、北京世纪超星信息技术发展有限责任公司等以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬已包含上述公司著作权使用费, 所有署名作者向本刊提交文章发表之行为视为同意上述声明。

《水运工程》编辑部