

金沙江下游梯级水库对三峡水库消落期 水沙条件的影响*

苏丽^{1,2}, 肖毅¹, 刘辛愉², 邵伟峰²

(1. 重庆交通大学, 国家内河航道整治工程技术研究中心, 重庆 400074;

2. 长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 401147)

摘要:金沙江下游梯级水库蓄水运行对三峡库区水沙条件产生明显影响, 进而引起航道条件的改变。利用实测水沙资料, 分析金沙江下游梯级水库对三峡水库消落期水沙条件的影响。结果表明, 2015年1—5月向家坝下泄流量增大, 平均增幅37%, 朱沱站、寸滩站流量也随之增加34%和26%; 向家坝站输沙量减少约98%, 由占寸滩站输沙量比重58%以上减少为1%~5%。水沙条件的改变有利于改善三峡库区航道条件, 特别是朝天门以上库尾河段枯水期的航道最小维护水深由1—4月的2.7 m提升至12月的2.9 m, 而朝天门以下河段航道条件受向家坝下泄流量的影响相对较小。

关键词: 三峡水库; 消落期; 流量变化; 输沙量变化; 航道

中图分类号: U611

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)11-0134-05

Influence of lower Jinsha River terrace reservoirs on water and sand conditions of Three Gorges Reservoir during its waning period

SU Li^{1,2}, XIAO Yi¹, LIU Xinyu², SHAO Weifeng²

(1. National Engineering Research Center for Inland Waterway Regulation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;

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

Abstract: The water storage operation of the lower Jinsha River terrace reservoirs has an obvious impact on the water and sand conditions in the Three Gorges Reservoir area, which in turn causes changes in the navigation channel conditions. Based on the measured water and sand data, this paper analyzes the impact of the lower Jinsha River gradient reservoirs on the water and sand conditions of the Three Gorges reservoir during waning period. The results show that from January to May 2015, the discharge flow of Xiangjiaba increased by 37% on average, and the discharge at Zhutuo station and Cuntan station also increased by 34% and 26%. The sand transport amount at Xiangjiaba station has decreased by about 98%, from over 58% of the sand amount at Cuntan station to 1%-5%. The change of water and sediment conditions is conducive to improving the channel conditions in the Three Gorges Reservoir area. In particular, the minimum maintenance depth of the channel in the lower reaches of Chaotianmen reservoir increases from 2.7 m in January to April to 2.9 m in December, while the channel conditions in the lower reaches of Chaotianmen are less affected by the discharge flow rate of Xiangjiaba.

Keywords: Three Gorges Reservoir; waning period; discharge variation; change in sand transport; channel

金沙江是长江上游的干流河段, 目前三峡水库上游、金沙江下游向家坝、溪洛渡、白鹤滩、

乌东德四级梯级枢纽均已蓄水运行(图1), 对下游三峡库区水沙条件产生了较为明显的影响^[1-5],

收稿日期: 2024-02-06

*基金项目: 国家自然科学基金项目(52179059); 三峡后续工作科研项目(SXHXGZ-2021-1)

作者简介: 苏丽(1985—), 女, 博士研究生, 高级工程师, 从事水沙动力学与航道整治研究工作。

而水沙条件的变化将引起航道条件的改变, 对充分发挥黄金水道航运效益有着重要的意义。本文利用 2010—2020 年的实测流量、输沙量等资料, 从向家坝下泄流量、三峡库区沿程流量变化和输沙量变化等方面分析金沙江下游梯级

水库运行对三峡水库消落期水沙条件的影响, 同时分析水沙条件变化对三峡库区航道的影 响^[6-8], 旨在为长江航道维护及综合治理提供支撑, 同时从航运的角度为长江上游水库群联合调度提供依据。

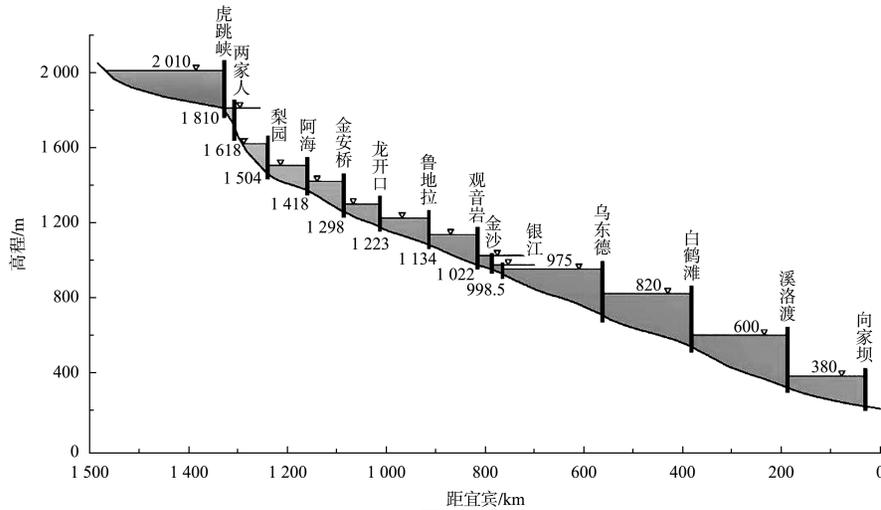


图 1 金沙江中下游梯级电站纵剖面

1 向家坝下泄流量变化

较向家坝水库蓄水初期的 2013 和 2014 年, 2015—2020 年向家坝枯水期 1—5 月平均下泄流量均有所增加, 平均增幅为 37%; 从 1—5 月月平均流量变化来看, 各月平均增幅为 24%~82%, 其中 5 月增幅最大。从 1—5 月最小下泄流量来看, 2014 年起向家坝水库枯水期最小下泄流量为 1 560~1 690 m³/s, 较蓄水初期的 2013 年增加 15%~24%。

1.1 月均下泄流量

向家坝 1—5 月的月均下泄流量变化如图 2 所示, 2013—2014 年 1—5 月的月均流量为 1 735~1 747 m³/s, 而 2015—2020 年为 2 187~2 728 m³/s, 平均增幅 37%。从 1—5 月的月均流量变化来看, 各月平均流量增幅 24%~82%, 其中 5 月增幅最大为 82%。

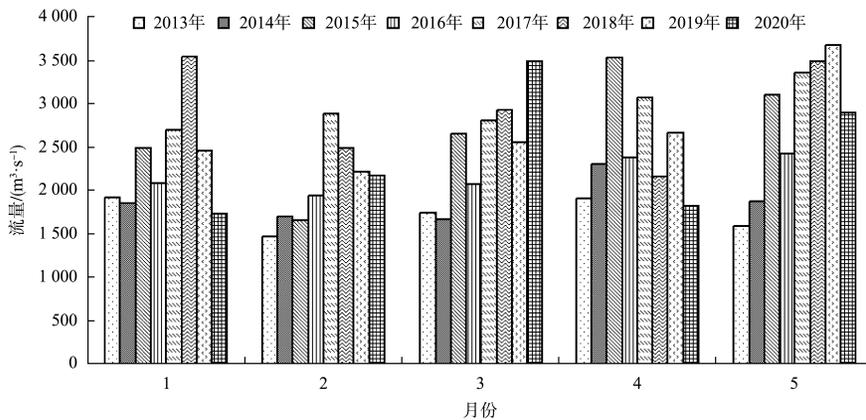


图 2 不同年份向家坝 1—5 月月均下泄流量变化

1.2 最小下泄流量

2013—2020 年向家坝枯水期最小下泄流量见

图 3。2013 年是向家坝水库运行初期, 最小下泄流量仍维持在较低水平, 为 1 360 m³/s; 2014 年起

枯水期最小下泄流量增加, 为 1 560~1 690 m³/s, 增幅为 15%~24%。

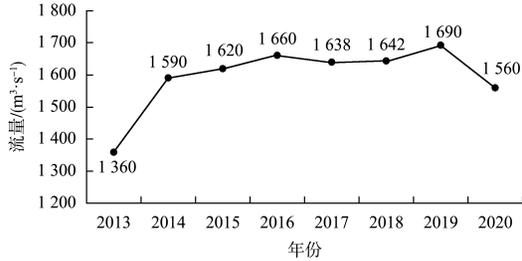


图3 不同年份向家坝枯水期实测最小下泄流量变化

2 三峡库区流量变化

主要分析朱沱站、寸滩站的流量变化特点, 各站位置见图4。在三峡水库消落期1—5月, 朱沱站、寸滩站2015—2020年月均流量均较2010—2014年大, 平均增幅分别为34%和26%; 从月均流量变化来看, 3月流量增幅最大, 分别为42%和31%。从1—5月最小流量变化来看, 朱沱站、寸滩站2015—2020年均较2010—2014年大, 流量均值分别增加867和394 m³/s, 增幅分别为35%和12%。



图4 向家坝—三峡枢纽河势

2.1 月均下泄流量

朱沱站1—5月月均下泄流量变化见图5。2015—2020年1—5月月均流量较2010—2014年大, 2010—2014年1—5月月均流量为3 284~3 938 m³/s, 而2015—2020年为4 364~5 410 m³/s, 增幅为28%~42%, 平均增幅34%, 其中2、3月增幅最

大, 均为42%。

寸滩站1—5月月均下泄流量变化见图6。2010—2014年1—5月月均流量为4 294~5 205 m³/s, 而2015—2020年为5 453~6 542 m³/s, 从1—5月月均流量变化来看, 增幅为22%~31%, 平均增幅26%, 其中3月增幅最大, 为31%。

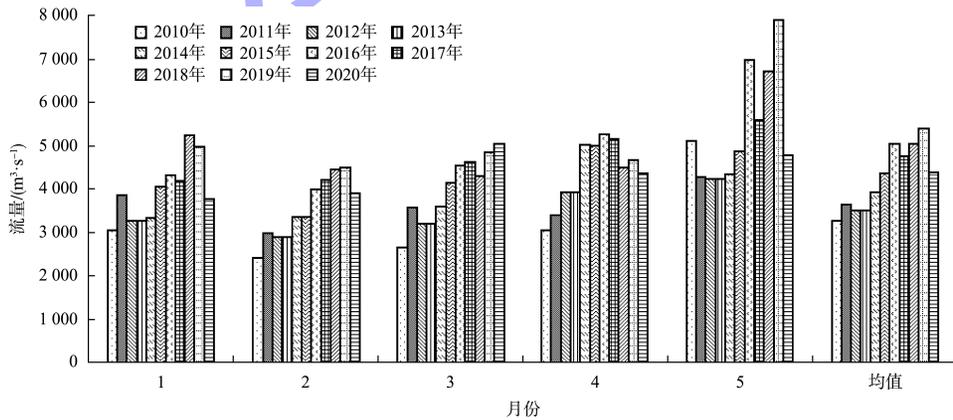


图5 不同年份朱沱站1—5月月均流量变化

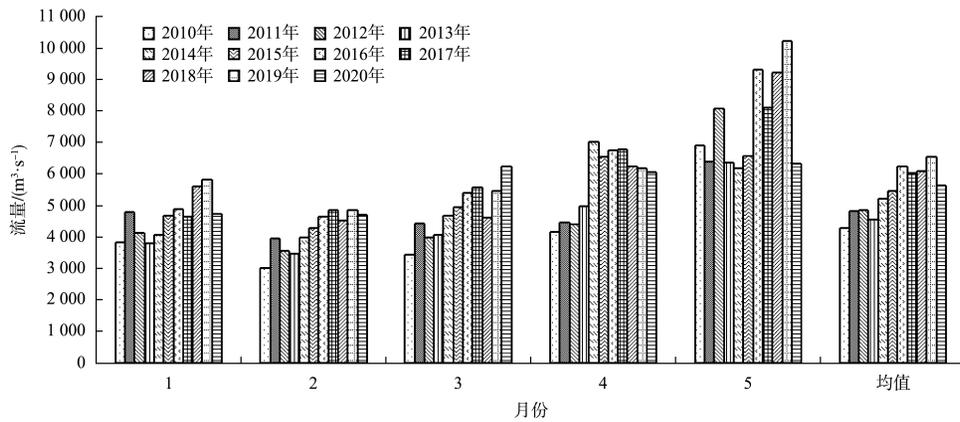


图 6 不同年份寸滩站 1—5 月月均流量变化

2.2 最小下泄流量

2010 年以来朱沱站、寸滩站 1—5 月最小流量见图 7。从图中数据看出, 2010—2014 年朱沱站 1—5 月最小流量平均值为 2 496 m³/s, 而 2015—

2020 年为 3 363 m³/s, 增加 867 m³/s, 增幅为 35%; 2010—2014 年寸滩站 1—5 月最小流量平均值为 3 224 m³/s, 而 2015—2020 年为 3 618 m³/s, 增加 394 m³/s, 增幅为 12%。

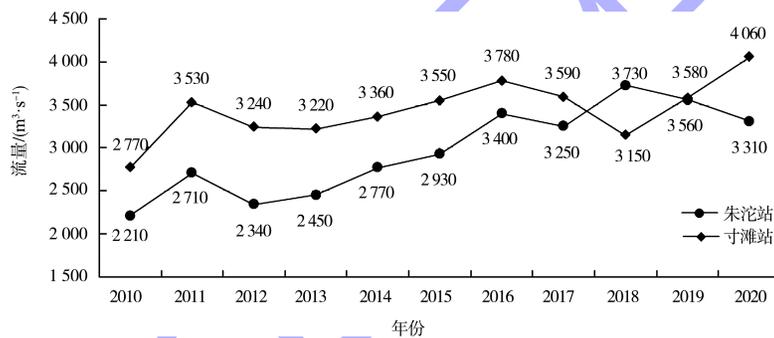


图 7 不同年份朱沱站、寸滩站 1—5 月最小流量变化

3 输沙量变化

受金沙江下游梯级水库蓄水拦沙影响^[9], 向家坝站输沙量减少约 98%, 由占寸滩站沙量比重 58% 以上减少为占比 1%~5%; 朱沱站输沙量也总体减少, 由占寸滩站沙量平均比重 85% 减少为 63%。

为 0.54 亿~2.04 亿 t, 占寸滩沙量的 58%~96%; 2013—2020 年输沙量为 60 万~221 万 t, 比 2008—2012 年平均减少约 98%, 仅占寸滩沙量的 1%~5%。相较于 2012 年以前, 2013 年以来朱沱站输沙量也明显减少, 由 2008—2012 年平均占寸滩站沙量比重 85% 以上减少为 2013—2020 年平均占比 63%。

如图 8 所示, 2008—2012 年向家坝站输沙量

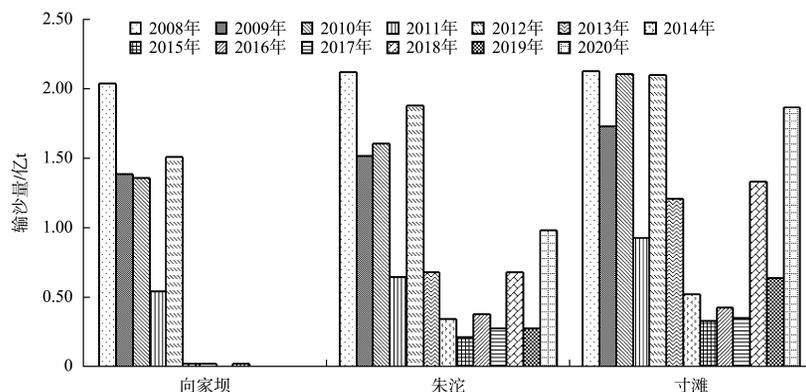


图 8 长江上游主要站点不同年份悬移质输沙量对比

4 水沙变化对三峡库区航道的影响

总体来看，金沙江下游水库蓄水拦沙和增大枯水期下泄流量有利于改善三峡库区航道条件。一方面上游来沙锐减，三峡水库泥沙淤积速度变缓，由于泥沙淤积而碍航的情况得到缓解；另一方面，向家坝增大1—5月下泄流量，三峡库区沿程流量也有不同程度的增加，其中朝天门以上库尾河段的流量增加最为明显，因此该段航道条件得以改善。从2015年起，该河段航道最小维护水深由枯水期1—4月的2.7 m提升至12月的2.9 m^[10]；而朝天门以下河段除了受上游干流来流影响外，还受嘉陵江来流及坝前水位等的影响，其航道条件受向家坝下泄流量的影响相对较小。

根据近年来三峡库区日常航道的维护情况来看，由于重庆朝天门以上库尾河段全年受坝前水位影响时段较短(一般为蓄水期和消落期初期11—2月)，绝大部分时段受上游来流的影响，其航道尺度变化与向家坝下泄流量变化紧密相关。本文统计了三峡水库2019年和2020年消落期1—5月朝天门以上库尾河段的实际维护尺度变化，并与向家坝下泄流量变化进行比较，见图9。由图可见，维护尺度基本是随着下泄流量的变化而变化。同时表1统计了2019年和2020年1—5月向家坝下泄流量持续低于2 000 m³/s时，朝天门以上库尾河段维护尺度情况，由表可见，当向家坝下泄流量持续低于2 000 m³/s时，朝天门以上库尾河段随之出现低水位，该段航道也接近或仅能维持最小维护水深。

表1 2019和2020年1—5月向家坝下泄流量与库尾最小维护水深

时段	向家坝下泄流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	朝天门以上库尾河段最小维护水深/m
2019-01-31—2019-02-14	1 690~1 770	3.0
2019-03-16—2019-03-30	1 740~1 990	3.0
2020-01-01—2020-01-07	1 620~1 760	3.2
2020-01-15—2020-02-19	1 630~1 810	3.0
2020-04-09—2020-05-07	1 560~1 740	3.0

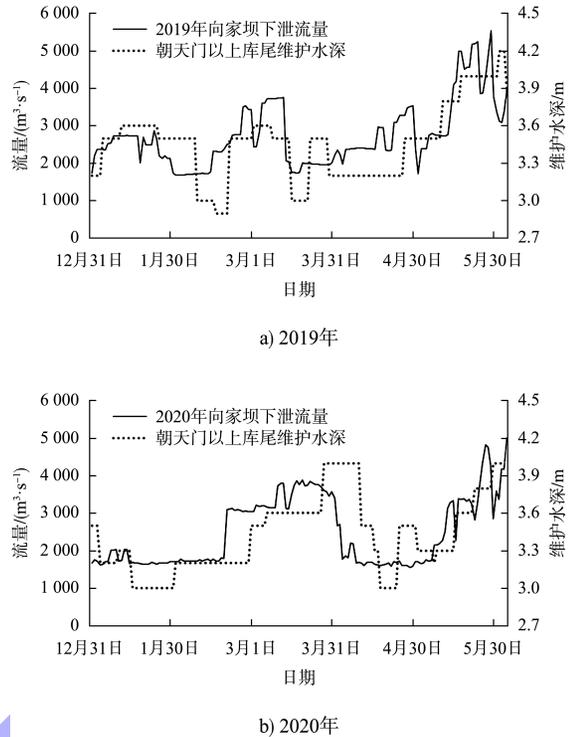


图9 不同年份1—5月向家坝下泄流量与朝天门以上库尾维护水深对比

5 结语

1) 较向家坝水库蓄水初期2013和2014年，2015—2020年向家坝枯水期1—5月月均下泄流量均有所增加，平均增幅为37%；从1—5月月均流量变化来看，各月增幅为24%~82%，其中5月增幅最大。从1—5月最小下泄流量来看，2014年起向家坝水库枯水期最小下泄流量增大，为1 560~1 690 m³/s，较蓄水初期2013年增幅为15%~24%。

2) 三峡水库消落期1—5月，沿程主要控制水文站朱沱站、寸滩站2015—2020年平均流量均较2010—2014年大，平均增幅分别为34%和26%；从月均流量变化来看，3月流量增幅最大，分别为42%和31%。从1—5月最小流量变化来看，朱沱站、寸滩站2015—2020年均较2010—2014年大，流量均值分别增加967 m³/s和394 m³/s，增幅分别为35%和12%。

3) 受金沙江下游梯级水库蓄水拦沙影响，向家坝站输沙量减少约98%，由占寸滩站沙量比重58%以上减少为占比1%~5%；朱沱站输沙量也总体减少，由占寸滩站沙量平均比重85%减少为63%。

(下转第166页)