



金刚沱泵站取水口建设对航道的影响及 防护方案

刘 岩, 张文江, 庐莜葭

(长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 401147)

摘要: 长江上游河段是长江黄金水道的重要组成部分, 渝西水资源配置工程长江金刚沱泵站取水口位于长江上游重庆段胜中坝水道左岸金刚关刀碛滩。近年来, 关刀碛丁坝后方串沟受洪水影响进一步扩大, 取水口修建后将造成串沟过流, 导致主槽水位降低, 航道出浅碍航, 极端情况下还可能影响取水设施的正常运行。为保证航道通航安全和取水口的取水效率, 提出相应的治理方案。通过抛石回填及抛筑扭王字块固滩可有效稳定河势, 恢复原边滩形态, 抑制后方串沟持续淘刷发展, 降低取水设施建设对航道的影响, 也可达到稳定取水头运行期取水条件和确保取水效率的目的。

关键词: 长江上游; 取水口; 航道影响; 防护方案

中图分类号: U61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)06-0154-05

Impact of construction of water intake of Jingangtuo pumping station on waterway and protection measures

LIU Yan, ZHANG Wenjiang, TUO Youjia

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

Abstract: The upper reaches of the Yangtze River are an important part of the golden waterway of the Yangtze River. The intake of the Jingangtuo pumping station in the Western Chongqing Water Resources Allocation project is located on the left bank of the Shengzhongba waterway in the upper reaches of the Yangtze River. In recent years, the channel behind the Guandaoqi spur dike has been further affected by floods. The construction of the water intake will cause the channel to flow over, resulting in a decrease in the water level of the main channel and shallow navigation obstruction. In extreme cases, it may also affect the normal operation of the water intake facilities. To ensure the safety of waterway navigation and the efficiency of water intake, this paper puts forward the corresponding treatment scheme. Through the riprap backfill and throwing the twisted king block to consolidate the beach, the river regime can be effectively stabilized, the original beach morphology can be restored, the continuous scouring development of the rear ditches can be suppressed, and the impact of water intake facility construction on the waterway can be reduced, and the goal of stabilizing the water intake conditions during the operation period of the water intake head and ensuring water intake efficiency can also be achieved.

Keywords: upper reaches of the Yangtze River ; water intake; channel impact; protection measure

长江上游河段是长江黄金水道的重要组成部分, 上起合江门, 下至鳊鱼溪, 干线全长 899 km。渝西水资源配置工程长江金刚沱泵站取水口位于

长江上游宜宾—重庆段的羊角滩河段胜中坝水道, 该水道目前为Ⅲ级航道, 航道最小维护尺寸为 2.9 m×50 m×560 m (水深×宽度×弯曲半径)。

收稿日期: 2023-10-25

作者简介: 刘岩 (1993—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口与航道工程设计与研究。

取水口下游为金刚关刀碛卵石边滩,枯水期兼具浅、险等碍航特点。从近年测图分析来看,关刀碛心滩地形大幅降低,丁坝后方出现多个串沟过流,滩段水位跌落明显^[1]。取水口(图1)建成后,加剧河床冲刷变形,坝根后方形成串沟过流将进一步引起主槽水面降落,威胁取水设施的正常运行和通航安全^[2]。



图1 拟建取水口地理位置

结合近年的水沙条件、实测资料对河道进行分析,受河床改变远超河道自身调整与航道整治工程的影响,考虑上游水库群的联合调度及河床卵石存量的限制^[3],已破坏的滩面采砂区基本无法恢复至原有形态。目前,在水道河势及水沙条件总体基本稳定的前提下,坝根后方串沟受水流冲刷范围将进一步扩大。因此,通过一定的航道整治措施,维持航道安全畅通,保障取水口正常运行十分必要。

1 河段概况

1.1 水道概况

胜中坝水道(图2)上起羊脑岩,下至燕坝,长8.5 km,属弯曲形河段。左岸有胜中坝、陡沙坎、关刀碛边滩,与右岸孝禄碛、密滩盘等突出礁石相对峙,形成交错性过渡段浅滩。关刀碛碛脑伸出江中甚开,航道弯窄。

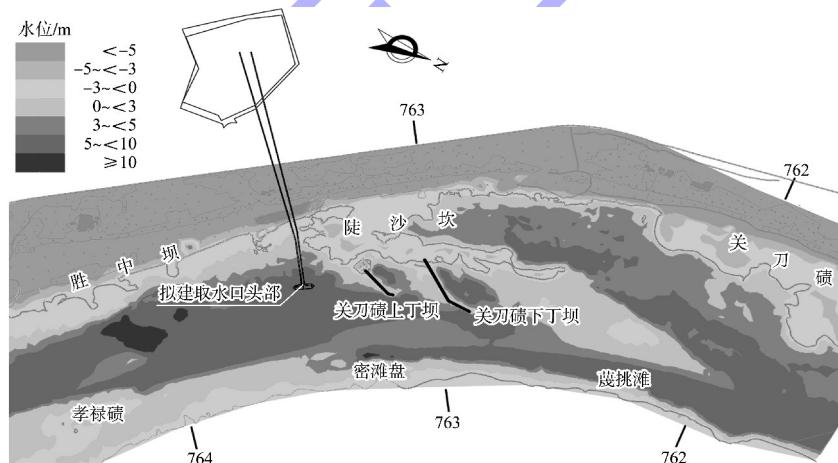


图2 2022年胜中坝水道河势

1.2 航道整治历史

渝泸段航道工程对河段中的关刀碛浅滩进行整治,疏浚伸入河心的关刀碛碛脑,并在左岸陡沙坎建二道丁顺坝,整治后滩段水流向右岸航槽中偏移,水流归顺,横流减弱,关刀碛碛头处的航道水深和宽度增加,使得整个滩段的航道条件得到改善,上下行船舶过滩均较为容易^[4]。

1.3 航道现状

2015年以来由于人为活动影响,浅碛子—胜中坝—关刀碛一带边滩被挖采破坏十分严重,部分碛坝边滩高程降低超过15 m,禁采后,采砂单位多次回填串沟汊道,以恢复边滩滩形。2019年关刀碛丁坝后方边滩破坏后呈心字形态,靠岸侧有约50 m宽串沟过流。2022年心滩部位地形出现

大幅降低, 坝根后方出现多个串沟过流, 持续发展可能引起河段滩槽格局改变, 威胁航道的安全和畅通。目前航道等级为Ⅲ级, 最小维护尺寸为 $2.9\text{ m} \times 50\text{ m} \times 560\text{ m}$, 枯水期仅能通航 1 000 吨级船舶。

另外, 当河道水位在 5 m 以下时, 瓢挑滩—密滩盘、胜中坝—浅碛子为通航受限河段, 孝顺滩、母猪碛水域严禁会船; 其余水域实行分道航行原则, 上行船舶航路在左岸一侧时, 上、下行船舶互会左舷; 上行船舶航路在右岸一侧时, 上、下行船舶互会有舷。

2 水沙条件

2.1 流量变化

拟建取水口位于胜中坝水道左岸侧, 航道里程 763.2 km 处, 距向家坝枢纽约 277.0 km, 上游约 42.5 km 处有长江朱沱水文站。从该水文站多年(2013—2020 年)径流量统计情况看^[5], 向家坝蓄水前、后各年径流量较多年平均值有增有减, 总体较为平稳, 没有趋势性的变化。其中, 2020 年长江发生流域性洪水, 朱沱站径流量较大, 年均增加 19.2%, 较向家坝蓄水后年平均增加 18.0%, 见表 1。

表 1 朱沱站年径流量

| 多年平均 径流量/ 亿 m^3 | 向家坝蓄水 后平均径 流量/亿 m^3 | 2019 年 径流量/ 亿 m^3 | 2020 年 径流量/ 亿 m^3 | 2021 年 径流量/ 亿 m^3 |
|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 2 668 | 2 693 | 2 478 | 3 179 | 2 440 |

注: 多年均值统计年份为 1954—2020 年; 向家坝蓄水后均值统计年份为 2013—2021 年。

2.2 年输沙量变化

长江上游向家坝蓄水前后朱沱站的泥沙资料统计情况来看, 2013 年之后各年的年输沙量较多年平均值大幅减少, 向家坝蓄水对于长江上游河段的输沙量减少影响显著, 见表 2。

表 2 朱沱站年输沙量

| 多年平均 输沙量/ 亿 t | 向家坝蓄 水后平均 输沙量/亿 t | 2019 年 输沙量/ 亿 t | 2020 年 输沙量/ 亿 t | 2021 年 输沙量/ 亿 t |
|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 2.51 | 0.47 | 0.45 | 0.98 | 0.23 |

2.3 水位

以朱沱站水位分析来看, 河段受向家坝枢纽非恒定流下泄影响较小, 长江上游泸州—重庆段仍主要表现为天然山区河流的总体水位变化特性, 水位与向家坝蓄水前相比变化较小, 枯水期持续低水位对取水保证率以及通航条件的制约仍显著存在, 见图 3。

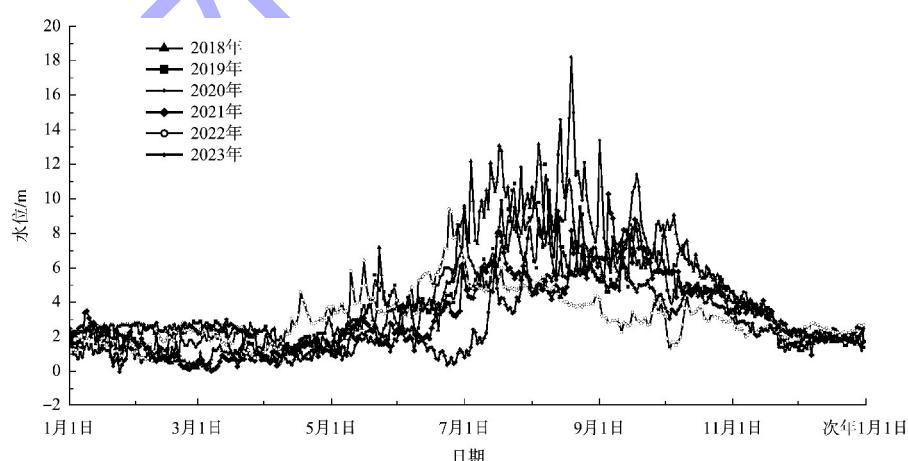


图 3 泸州二郎滩水位过程

3 近期滩槽及航道条件变化

3.1 滩槽变化

从河段近期 3 m 等深线变化来看(图 4), 右

岸槽内 3 m 线无明显趋势性变化, 基本稳定。受采砂影响, 左岸胜中坝 3 m 线后撤约 150 m, 受 2020 年特大洪水的影响, 2 条丁坝之间形成长约

120 m 的冲刷带, 坝根后方形成宽约 166 m 的串沟; 在丁坝挑流影响下, 关刀碛下丁坝下游深槽 3 m 等深线持续下挫。

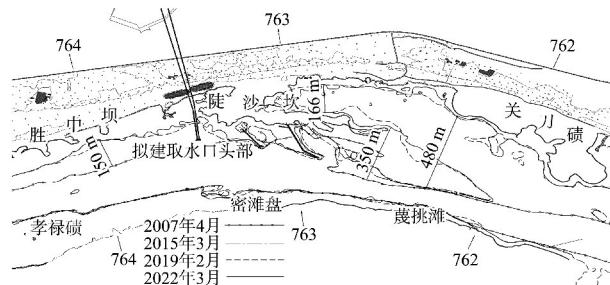


图 4 关刀碛滩段 3 m 等深线平面变化

3.2 深泓变化

从河段深泓线平面变化来看(图 5), 各测次深泓线平面位置相对稳定, 变化受人为采砂影响较大: 滩段进口处, 胜中坝边滩滩缘挖沙采石破坏后, 2019 年后的深泓线相较于 2015 年向左岸摆动约 100 m, 由于关刀碛碛翅破坏, 束水作用减弱, 2007 年后深泓线逐渐向左岸小幅过渡, 最大左摆幅度约 60 m。

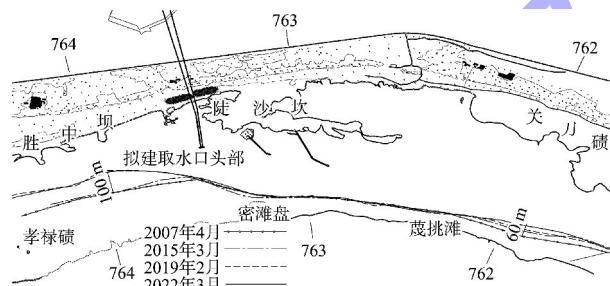


图 5 关刀碛滩段深泓线平面变化

3.3 冲淤变化

从河段 2015 年 12 月—2022 年 11 月的冲淤变化来看(图 6), 受人工挖砂采石及 2020 年特大洪水等影响, 左岸胜中坝、陡沙坎、关刀碛边滩呈现大幅降低的态势, 大部分区域高程降低约 10 m; 其中关刀碛上丁坝后方陡沙坎后方出现串沟分流; 上丁坝坝根经 2019 年维修后, 高程小幅抬高; 上下丁坝之间有明显呈带状冲刷下切的趋势, 冲刷幅度约 6 m。

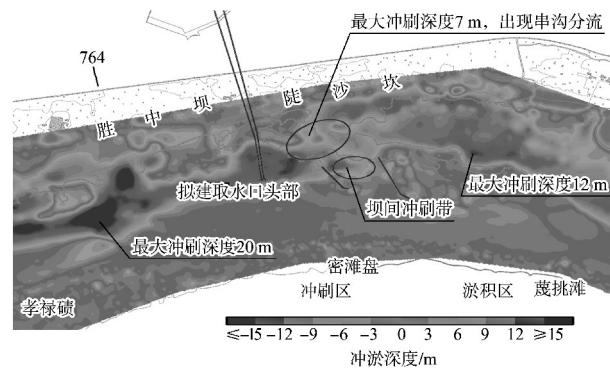


图 6 2015—2022 年关刀碛滩段冲淤变化

3.4 典型断面变化

为进一步分析关刀碛滩段的河床变化情况, 拟在关刀碛上、下丁坝之间布设典型断面, 见图 7。可知 2015 年以后虽对部分因挖采破坏的滩面进行了回填抬高, 但部分回填区域仍较为薄弱, 高程逐年降低; 坝根后方部分区域目前已经形成串沟过流, 上下丁坝之间冲刷明显, 高程降低约 6 m。

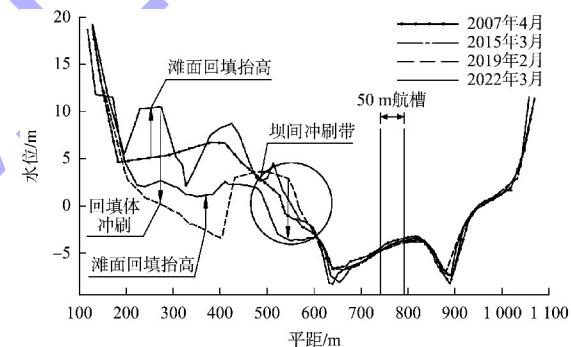


图 7 关刀碛 2#断面

3.5 河道变化及趋势预测

3.5.1 河道变化

河段整体河势目前未发生大的改变, 仍保持左侧边滩、右侧深槽的滩槽形态, 具体演变过程:

- 1) 滩段属山区河流特性, 受河床组成及边界条件的约束, 近年来滩槽等高线及深泓线平面摆动甚小, 河段河势及岸线总体稳定。
- 2) 滩段河床地形在关刀碛、胜中坝、陡沙坎等局部边滩存在一定的河床高程降低现象, 这与该滩的历史采砂活动密切相关。

3.5.2 趋势预测

1) 近年随着上游梯级水电枢纽的建设, 河段上游来沙量进一步减少, 航槽仍以冲刷为主, 单靠自然演变恢复边滩形态可能性较小, 后续很长一段时期内, 河段仍将以冲刷发展为主。

2) 坝根后方回填体破坏以后, 稳定性变差, 汛期出现了明显的冲刷降低, 特别是 2020 年特大洪水后, 陡沙坎滩缘回填体冲刷形成串沟分流, 滩槽格局有进一步恶化的趋势。

3.5.3 可能引起航道问题

1) 随着坝根后方串沟持续过流, 将造成主汊水位降低, 串沟发展到一定规模之后滩段会形成两汊争流的局面, 过流断面面积增加、水位降低。目前主槽蔑挑滩枯水期浅区航道尺度吃紧, 维护困难, 若放任其发展, 将造成航道浅区出浅碍航。

2) 根据河床和航道变化分析, 原航道整治建筑物修建于边滩之上, 当边滩冲刷破坏之后, 两道丁坝也将失去依托, 无法发挥原设计的航道整治功能, 进一步威胁航道的安全和畅通。

4 治理思路及方案

4.1 设计思路

根据最新地形变化, 考虑采取稳固河段河势和航道条件、恢复原滩体形态的设计思路, 共包括两方面的内容:

1) 对关刀碛上丁坝后方串沟进行封堵和守护, 守护方向与原丁坝轴线方向一致, 抑制串沟持续淘刷发展。

2) 对目前出现明显冲刷的丁坝坝根一线冲刷坑进行适当回填和守护, 抑制两坝间冲刷的继续发展扩大。

4.2 治理方案

针对关刀碛滩的演变特点及趋势, 结合已有航道整治建筑物, 从整个滩段河势稳定角度提出加固思路, 方案的平面布置, 见图 8。

1) 根据最新河床地形变化, 对关刀碛上丁坝后方回填体顶面进行守护, 守护方向与原丁坝轴线方向一致, 对原河床进行平整和回填后采用抛扭王字块结构守护现有河床, 抑制串沟持

续淘刷发展。

2) 对目前出现明显冲刷的原河床进行平整和回填后采用抛扭王字块结构进行守护, 抑制两坝间冲刷的继续发展扩大。

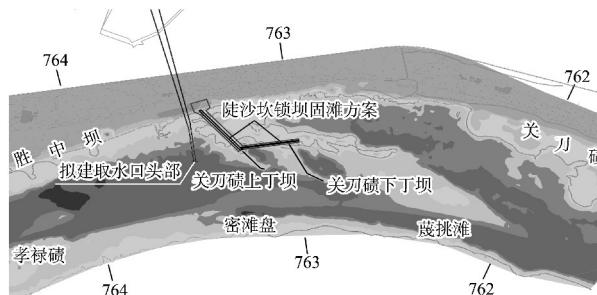


图 8 关刀碛河段治理方案平面布置

4.3 效果分析

总体上, 通过边滩回填一定程度上恢复了边滩滩形, 抛筑扭王字块护面加固松散砂卵石回填的滩面, 有利于滩段河势的稳定, 结合近年长江航道养护成果和经验^[6], 实施后可达到效果: 1) 抑制边滩冲刷、稳定河势、保障航道安全畅通; 2) 通过锁坝固滩, 保证已有丁坝设计功能的正常发挥; 3) 实施锁坝固滩, 有效壅高可取水头位置的水位, 有利于保证取水设施的正常运行。

5 结论

1) 从近年冲淤变化来看, 关刀碛丁坝后方回填体已经出现明显的变形和破坏, 在水流淘刷的作用下, 串沟范围将进一步扩大。拟建取水头位于冲刷带附近, 建成后将加剧下游侧河床的淘刷变形, 造成主槽水位降低。为保障取水设施的正常运行及航道条件的稳定, 须采取固滩措施。

2) 通过抛石回填及抛筑扭王字块固滩可有效恢复原滩面高大完整的地形, 确保河势稳定以及整治建筑物功能的正常发挥, 保障取水设施的正常运行及航道条件的稳定。工程结合近年长江航道养护成果, 吸取松散砂卵石回填易冲刷的经验, 对松散滩面采用扭王字块护面加固, 可有效抵御砂卵石推移质造成的冲刷破坏, 固滩效果明显, 能够满足本滩防护要求。

(下转第 176 页)