

# 新疆吉音水库 2025 年排沙调度策略优化研究及实践评估分析

王荣勇

新疆维吾尔自治区塔里木河流域吉音水利枢纽管理中心 新疆 和田 848000

**摘要:** 吉音水库作为克里雅河流域控制性工程,自2016年蓄水后泥沙淤积问题突出,年均淤积速率 $226 \times 10^4 \text{m}^3$ ,远超设计预期。为保障灌溉、防洪、发电综合效益,基于2017-2024年水沙资料与排沙实践,优化制定2025年排沙调度策略。通过精准把控排沙时段、水位流量控制指标,采用“敞泄排沙+底孔冲沙”组合方式,实施后累计排沙520.9万t,恢复库容627.5万 $\text{m}^3$ ,排沙比达239%,有效改善了库区淤积形态。研究表明,入库流量、坝前水位是排沙效果关键影响因素,低水位大流量持续泄洪是干旱区多沙河库高效排沙的核心技术路径,可为同类工程提供参考。

**关键词:** 吉音水库;排沙调度;策略优化;淤积治理;实践评估

## 引言:

我国西北干旱区水库多以冰雪融水为主要补给,来水来沙年内分配极不均匀,沙量集中程度高,水库淤积问题尤为突出。吉音水利枢纽作为以灌溉、防洪为主,兼顾发电的综合性工程,坝址以上控制流域面积6375 $\text{km}^2$ ,多年平均入库输沙总量 $310.5 \times 10^4 \text{t}$ ,6-8月输沙量占比达92.57%,库沙比仅20,属严重淤积水库。截至2024年6月,水库正常蓄水位以下库容淤损23%,死库容淤损高达98%,直接威胁工程安全与综合效益发挥。

当前新疆地区冰雪融水型多沙河库排沙研究相对薄弱,现有调度模式难以适配复杂水沙条件。2023-2024年排沙实践虽取得一定成效,但存在排沙时机与洪水过程匹配度不足、电力供应与排沙时间冲突等问题。基于此,本文结合2025年自治区水库排沙清淤工作要求,系统优化排沙调度策略,通过实践验证其有效性,为水库长效运行提供技术支撑,也为干旱区同类水库排沙减淤提供借鉴。

## 1 水库淤积现状与排沙制约因素

### 1.1 淤积现状与演变特征

吉音水库自2018年达到正常蓄水位以来,淤积呈阶段性变化:2020-2022年淤积量持续上升,分别为1844.57万 $\text{m}^3$ 、1986.28万 $\text{m}^3$ 、2417.8万 $\text{m}^3$ ,2022年因汛末高水位运行导致泥沙无法有效排出,淤积量达峰值;2023年经科学调度后淤积量降至2106.2万 $\text{m}^3$ ,呈下降趋势。截至2024年5月,死水位2470m处库容仅33.81万 $\text{m}^3$ ,较初设值1760万 $\text{m}^3$ 衰减98%,正常蓄水位2509m处库容5993万 $\text{m}^3$ ,淤损1807万 $\text{m}^3$ ,淤积速率 $226 \times 10^4 \text{m}^3/\text{年}$ ,远超可研报告的 $66 \times 10^4 \text{m}^3/\text{年}$ 。淤积形态上,库区以坝前三角洲淤积为主,

近坝段淤积厚度大,形成“高滩浅槽”格局,导致过流能力下降。水下地形测量显示,距坝0.6km范围内主槽宽度仅20-30m,滩槽差4-6m,制约了排沙效率<sup>[1]</sup>。

### 1.2 排沙制约因素分析

自然条件方面,克里雅河流域年降水量仅129.7mm,蒸发量达2379mm,径流补给高度依赖冰雪融水,汛期6-8月来水量占全年66.41%,且洪水历时短(3-7天)、流量波动大,难以形成持续稳定的排沙动力。同时,6月为下游灌区用水高峰期,8月需为冬灌及春灌蓄水,有效排沙窗口期狭窄。工程运行方面,水库缺乏专用排沙设施,依赖底孔泄洪冲沙放空洞排沙,且发电与排沙存在调度冲突。2024年因电力供应限制,原计划15天的排沙时间缩减至10天,影响了排沙效果。此外,入库含沙量监测数据不足,给排沙时机精准判断带来困难。

## 2 2025年排沙调度策略优化

### 2.1 优化思路与目标

基于“因地制宜、因沙施策”原则,结合历年排沙经验与2025年水情预测,确定优化思路:一是精准匹配排沙时段与洪水过程,最大化利用天然洪水动力;二是优化水位流量调控指标,构建“低水位、大流量、长历时”排沙模式;三是协调灌溉、发电与排沙关系,减少相互干扰。

排沙目标设定为:实现年度冲淤平衡,恢复有效库容不少于200万 $\text{m}^3$ ,排沙比不低于180%,保障下游灌区用水安全,将发电损失控制在合理范围。

### 2.2 核心调度参数优化

排沙时段优化紧密结合流域水沙节律与工程运行需求,6月作为下游灌区春灌用水高峰期,需保障3.19亿 $\text{m}^3$

年均供水量,8月则需为冬灌及来年春灌储备水源,均无法大规模开展排沙作业,因此确定7月为核心排沙窗口。该时段既避开用水关键期,又契合流域大流量洪水频发特征,据2017-2024年实测数据,7月日均流量大于 $90\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水过程年均超3次,且沙量占汛期总沙量的45%,具备充足排沙动力。为进一步提升排沙与洪水过程的匹配度,将7月划分为上旬(1-10日)和下旬(20-31日)两个集中排沙时段,合计排沙15天,避免单一时段排沙导致的动力不足问题<sup>[2]</sup>。

水位控制上,结合库区淤积分布特征,排沙期坝前水位严格控制在2470m以下,该水位低于死水位基准,可最大限度暴露库底淤积区域,为冲刷创造空间,最低水位降至2454m左右,通过前期预泄逐步降低水位,避免水位骤降引发库区边坡稳定风险。流量控制采用“阈值启动、适度约束”原则,当入库流量达到 $100\text{m}^3/\text{s}$ 以上时启动敞泄排沙,此流量阈值经测算可形成足够冲刷流速,同时控制最大下泄流量不超过入库最大流量,防止下泄流量过大对下游河道造成冲刷破坏,兼顾排沙效率与河道安全。

排沙方式采用“底孔为主、表孔辅助”的组合模式,底孔作为主要排沙通道,其过流能力与冲沙效率更优,表孔则在极端洪水时辅助泄洪,避免水位超限。调度中根据来水动态调整底孔开启度:来水增加阶段,底孔局部开启,平衡排沙与下游用水需求;来水减少阶段,底孔全开确保冲沙洞持续满流,利用高速水流将洞门前淤积的粗颗粒泥沙彻底排出,避免形成局部淤堵<sup>[3]</sup>。

### 2.3 调度方案细则

前期降水阶段(6月27-30日):将坝前水位从2480.92m降至2470.78m,提前腾出库容,平均出库流量控制在 $96.27\text{m}^3/\text{s}$ ,保障下游用水。

泄空排沙阶段(7月1-21日):实施两次回蓄-降水过程,最高水位2478.44m,最低水位2459.72m,平均入库流量 $71.45\text{m}^3/\text{s}$ ,出库流量 $73.91\text{m}^3/\text{s}$ ,利用异重流将悬移质泥沙输送至坝前排出。

集中排沙窗口期(7月22-8月3日):针对 $100\text{--}230\text{m}^3/\text{s}$ 的大流量洪水,保持坝前水位在2470.71-2474.09m之间,平均出库流量 $143.55\text{m}^3/\text{s}$ ,冲刷边滩淤积,拓宽主槽。

结束条件设定为:入库流量小于 $120\text{m}^3/\text{s}$ ,或出库含沙量与入库含沙量差值衰减至 $2\text{kg}/\text{m}^3$ 以内时停止排沙。

## 3 2025年排沙实践过程

### 3.1 排沙实施概况

2025年排沙调度历时64天(6月27日-8月31日),分三个阶段实施。降水阶段(6月27-30日)持续3天,坝

前水位下降10.14m,平均入库流量 $82.81\text{m}^3/\text{s}$ ,出库流量 $96.27\text{m}^3/\text{s}$ ,入库含沙量 $12.31\text{kg}/\text{m}^3$ ,出库含沙量 $10.76\text{kg}/\text{m}^3$ ,水库冲刷2.84万t。

泄空排沙阶段(7月1-21日)经历两次水位波动,最大出库流量 $138.10\text{m}^3/\text{s}$ (7月12日),最大出库含沙量 $56.00\text{kg}/\text{m}^3$ (7月15日),入库沙量41.73万t,出库沙量248.43万t,冲刷206.70万t。

集中排沙窗口期(7月22-8月3日)遭遇最大入库流量 $226.72\text{m}^3/\text{s}$ ,最大出库流量 $207.16\text{m}^3/\text{s}$ ,入库含沙量 $11.39\text{kg}/\text{m}^3$ ,出库含沙量 $22.18\text{kg}/\text{m}^3$ ,入库沙量56.14万t,出库沙量170.92万t,冲刷114.78万t。

### 3.2 关键调控措施落实

排沙前与下游灌区四座平原水库协调联动,提前蓄水保障排沙期间用水;排沙期间关闭发电洞闸门,避免泥沙堵塞,减少发电损失。同时,采用华微3Pro无人测量船进行实时水下地形监测,结合数字正射影像技术,动态调整调度参数,确保排沙效果。针对克里雅河“一日一峰”的来水规律,灵活调整底孔开启度:来水上升段局部开启,控制下泄流量;来水下降段全开,维持冲沙洞流量稳定,实现“涨水排沙、落水拉沙”的连续调度。

## 4 排沙实践效果评估

### 4.1 排沙减淤效果

沙量平衡法计算显示,2025年6月1日-8月3日,水库入库总沙量217.63万t,出库总沙量520.9万t,净冲刷303.23万t,排沙比239%,超额完成自治区300万 $\text{m}^3$ 的排沙清淤任务。其中,敞泄排沙期间(7月13-20日)排沙322万t,恢复库容247万 $\text{m}^3$ ,占总恢复库容的39.4%。

泥沙粒径分析表明,出库泥沙中值粒径 $21.34\mu\text{m}$ ,远大于入库泥沙的 $7.576\text{--}8.569\mu\text{m}$ ,说明排沙过程有效冲刷了库底淤积的较大颗粒泥沙,改善了淤积结构。断面地形对比显示,距坝1km范围内主槽宽度扩展至60-100m,滩槽差增至10-15m,形成“高滩深槽”的良性格局,过流能力显著提升<sup>[4]</sup>。

### 4.2 库容恢复与工程效益

2025年8月实测数据显示,死水位2470m处库容130.447万 $\text{m}^3$ ,较2024年5月的33.81万 $\text{m}^3$ 增加96.637万 $\text{m}^3$ ;正常蓄水位2509m处库容6368.974万 $\text{m}^3$ ,较2024年5月增加375.914万 $\text{m}^3$ ,总恢复库容627.5万 $\text{m}^3$ ,达到预期目标。

防洪效益方面,调洪库容增至1185.88万 $\text{m}^3$ ,较初设值增加13.57%,下游防洪标准维持在20年一遇。灌溉效益上,排沙后水库调节能力提升,保障了3.19亿 $\text{m}^3$ 的年均农业供水量,灌溉保证率稳定在75%。发电方面,虽排沙期间停机21天造成直接经济损失108万元,但库容恢复后

年发电量提升约10万元,且避免了因淤积导致的长期发电效益衰减。

#### 4.3 存在的问题

尽管当前所采取的排沙举措成效显著,有效改善了河道泥沙淤积状况,但不可忽视的是,其仍存在一些亟待解决的不足。其一,部分河段岸边存在死滩问题,在冲刷期内,由于部分时段来水量偏少,水流动力不足,无法对死滩区域进行全面且彻底的冲刷,导致仍有泥沙残留。其二,在水位回蓄-降水的动态变化过程中,出库含沙量会出现短暂的衰减现象,这一情况直接干扰了排沙的连续性和稳定性,进而影响了整体排沙效率。其三,入库含沙量监测数据不够充足、全面,这使得在精准判断排沙时机时缺乏可靠依据,容易出现一定误差,影响排沙效果。

### 5 结论与建议

#### 5.1 主要结论

吉音水库2025年优化后的排沙调度策略成效显著,通过“7月窗口期+低水位敞泄+大流量持续冲沙”模式,实现排沙比239%,恢复库容627.5万 $m^3$ ,有效缓解了淤积压力,验证了该策略在干旱区多沙河库的适用性。入库流量是影响排沙效果的关键因素,大流量(100-230 $m^3/s$ )长历时(5天以上)洪水过程能显著提升冲刷效率,而坝前水位作为核心调控指标,控制在2470m以下可最大化排沙效果,人为制造水位回蓄-降水过程则会降低排沙效率。同时,底孔泄洪冲沙放空洞全开模式可有效排出库底粗颗粒泥沙,形成“高滩深槽”的良性淤积形态,为后续排沙创造有利条件<sup>[5]</sup>。

#### 5.2 优化建议

为进一步提升排沙调度的科学性与长效性,需细化排沙时机研判,加强与气象、水文部门联动,结合冰雪融水预测与洪水预报,精准把握排沙启动时间,确保与最大洪峰流量同步;优化水位调控模式,排沙期间尽量维持稳定低水位,避免频繁回蓄-降水,确需回蓄时应控制水位涨幅不超过5m,并缩短回蓄时间;完善监测体系,增设入库含沙量监测站点,运用无人机、无人测量船等技术手段,实现水沙、地形实时监测,为调度决策提供坚实数据支撑;协调发电与排沙调度,提前制定电力供应应急预案,预留排沙专用时段,避免因电力需求压缩排沙时间;开展长期跟踪研究,持续监测淤积演变规律,结合水沙条件变化动态调整排沙策略,建立“监测-评估-优化”的闭环管理机制。该研究成果可为我国西北干旱区同类冰雪融水型多沙河库的排沙减淤提供技术参考,对保障水库综合效益长效发挥具有重要意义。

#### 参考文献

- [1]裴柯雄,史红玲,陈建国,等.三门峡水库汛期壅水排沙影响因素分析[J].泥沙研究,2025,50(01):61-67.
- [2]任智慧,马怀宝,孙超,等.万家寨水库排沙效果及影响因素分析[J].人民黄河,2024,46(07):29-33.
- [3]王强,李丽珂,罗强,等.海勃湾水库2019—2022年排沙调度实践与排沙影响因素研究[J].人民黄河,2024,46(08):49-53.
- [4]邓安军,陈建国,胡海华,等.我国水库淤损情势分析[J].水利学报,2022,53(03):325-332.
- [5]尔肯·买合木提.吉音水利枢纽运行调度及初期蓄水分析[J].吉林水利,2021,(12):53-56.