

基于生态流量泄放闸坝调度对下游河道冲刷影响

王 雪¹ 贺仙梅² 倪 霞¹

1.内蒙古河套灌区水利发展中心排水分中心 内蒙古 巴彦淖尔 015000

2.内蒙古河套灌区水利发展中心排水分中心第四排水所 内蒙古 巴彦淖尔 015000

【摘 要】：闸坝生态流量泄放作业会诱发下游河道冲刷病害，文章围绕闸坝调度运行方式与河道冲淤演变的内在关联展开探究，梳理生态泄放调度工作现存核心弊端。河道自然冲淤平衡状态会受固化泄放方式、同质化流量标准及通用调度方案干扰，河床失稳、河道局部冲刷及整体冲淤紊乱等河道问题随之产生。结合现场河道运行实际状况，文章从动态泄放机制构建、流量配比精细化调整、调度方案个性化完善三个层面提出改良思路，依托精准的闸坝调度调控手段管控下游河道非常规冲刷现象，稳固天然河道形态与河势格局，达成河道生态补水功能与工程运行安全的双向适配。

【关键词】：生态流量；闸坝调度；河道冲刷

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.054

引言

流域生态修复工作持续落地推进，常态化的闸坝生态流量泄放已然成为维系河道水生态系统平稳运行的关键手段，水利工程实际调度过程中，多数闸坝沿用标准化、模板化的泄放操作模式，河道地形特质、土层结构特性及冲淤动态演变规律未得到充分考量^[1]。生态泄放调度的不合理开展，会造成下游河道河床下切、岸坡冲刷破损、冲淤结构紊乱等一系列问题，河道行洪安全保障能力与水生态系统稳定性会受到直接影响。文章结合生态流量泄放调度的现存短板，制定具备落地价值的调度优化举措，为流域河道生态治理、闸坝常态化安全调度提供理论与实践参考。

1 研究基础与研究现状

流域生态治理逐步走向常态化，闸坝生态流量泄放成为维系下游河道水生态结构平衡的主要调度手段，国内多数水利工程生态泄放工作参照统一行业标准设置固定调度模式，河床土质特性、水流动力变化规律及河道冲刷演变动态特征未融入差异化调度体系^[2]。现阶段相关研究多集中于生态补水产生的生态效益，泄放模式、流量参数、调度时序和河道冲刷紊乱、河床结构失稳之间的耦合作用机制缺少系统深度挖掘，现有研究成果难以支撑河道防冲刷、稳河势的现场调度需求。

2 生态流量泄放调度模式不合理诱发下游河道异常冲刷

(1) 固定泄放模式脱离河道冲刷演变规律：闸坝生态流量泄放多采用流量与时长恒定的固化调度形式，天然河道水沙运动随季节波动的动态特征未得到有效兼顾。河道冲刷演变规律随汛期与枯水期交替转换产生明显差异，强水流冲击作用会在汛期引发河道溯源冲刷，平缓水流状态下的枯水期河道多以

轻微泥沙淤积为主要演变特征。恒定化泄放操作无法适配河道不同时段冲刷特质，固定河床断面长期承受稳定水流冲刷，河道天然冲淤平衡状态被打破，局部河床出现过度下切、岸坡土体流失等现象，河道原有形态逐步变形，下游河道非常规冲刷问题持续加剧^[3]。

(2) 流量配比单一造成河道整体冲刷失衡：多数闸坝生态泄放工作仅依据基础生态需水数值设定单一流量参数，河道断面宽度、河床土质差异、沿线滩地分布等地形要素未参与流量配比优化设计。单一标准的流量泄放会造成河道水流动力分布不均，狭窄河段水流流速快速提升，水力剪切作用持续冲刷河床与岸坡土体，宽阔河段水流流速衰减，大量泥沙堆积滞留。河道长期存在的局部冲刷与局部淤积现象，会打乱整体冲淤结构，深槽深度持续增加、浅滩高程不断抬升，河道原始规整形态遭到破坏，行洪与输水功能的稳定性大幅下降。

(3) 调度方案未适配河道防冲刷需求：现行生态流量调度方案编制重点聚焦水生生物栖息环境优化、水体水质改善等生态层面目标，河道冲刷防护与河势稳定管控未纳入核心调度指标体系。方案编制多套用流域通用生态调度规范，缺少针对下游河道河床稳定性、水流冲刷耐受极限的专项测算内容，防冲刷调控相关设计存在明显缺失。调度参数不会依据河道冲刷监测数据实时调整，静态固化的调度模式无法适配河道动态变化的冲刷防护需求，不合理的泄放工况长期运行会持续加重河道冲刷损伤，诱发河床失稳、岸坡坍塌等各类河道病害。

3 适配河道冲刷问题的闸坝调度优化对策

3.1 革新固定泄放模式适配河道冲刷演变规律

传统恒定泄放模式无法匹配河道季节性冲淤变化特征，调度工作需要摒弃固化的统一管控形式，搭建分季节、分时段

动态生态流量泄放机制。流域多年水沙监测数据与河道冲刷实测资料可作为调度依据，汛期、平水期、枯水期的阶段性调度标准可结合各时段河道冲刷特质精准划定。汛期可适当下调基础生态泄放流量、压缩持续泄放时长，规避暴雨径流与高流速水流叠加产生的高强度溯源冲刷，保留河道自然冲淤调节空间，平水期采用阶梯式小幅流量波动的泄放形式，复刻天然水流动态变化特征，规避恒定水流对单一河床断面的持续冲刷，枯水期可微调提升微量泄放流量，缓解河道局部泥沙淤积问题，维持冲淤动态平衡。闸坝自动化调度系统可用于设定阶段性泄放阈值，替代全年统一的固定调度参数，从根源上适配河道动态冲刷演变规律，抑制河道异常冲刷问题的持续发展。

3.2 优化流量配比体系改善河道整体冲刷失衡

单一流量配比模式引发的河道局部冲刷、局部淤积失衡问题，可依托下游河道断面形态、河床土质结构、滩槽分布格局等实测地形数据，搭建精细化、差异化的流量配比调度体系加以改善。下游河道可通过实地勘测完成分段划分，依据河道宽窄程度、河床抗冲刷能力区分重点冲刷河段、淤积河段与平稳河段，不同河段匹配对应的分级泄放流量标准。狭窄深槽冲刷河段需要严控泄放流量峰值，削弱水流剪切作用，减缓河床下切速度，宽阔浅滩淤积河段可定期开展短时脉冲式增流泄放，强化水流输沙能力，清除河道堆积泥沙。月度水文变化特征可作为流量配比参数微调的参考依据，摆脱恒定单一的流量调度局限，均衡各河段水流动力分布状态，改善河道冲淤不均的运行现状，修复河道天然规整形态，保障行洪输水功能平稳发挥。



图1 河道差异化流量配比优化调控流程

参考文献:

- [1] 张明.生态流量保障闸坝调度对河流生物完整性的影响研究[J].水上安全,2026,(4):103-105.
- [2] 魏钰洁,左其亨,陶洁.流域生态流量调度体系建设框架及沙颍河应用实践[J].人民黄河,2025,47(11):91-95.
- [3] 钱龙娇.塘西河流域生态流量目标确定以及管理保障措施分析[J].治淮,2024,(2):14-15+18.

3.3 定制专属调度方案满足河道防冲刷需求

流域通用化生态调度模式难以适配特殊河道的冲刷防护需求，调度方案编制工作需要结合下游河道冲刷损伤实际状况，将河势稳定、河道冲刷防护等核心管控目标贯穿方案设计全过程，打造适配河道实际工况的专属调度体系（见图2）。下游河道河床稳定性专项检测工作可提前开展，河床土体抗冲刷极限、岸坡稳定临界水流参数等核心数据能够为方案编制提供精准依据，弥补传统调度方案重生态效益、轻河道稳定的设计短板。河道关键断面可布设流速、河床高程、岸坡位移监测设备，实时捕捉河道冲刷变形动态数据，调度过程可结合监测信息灵活调整泄放流量、时长与频次。调度管控体系可划分多个等级，对应河道轻微冲刷、中度变形、严重失稳等不同工况设置专属应急泄放调控模式，动态化精准调控能够全方位适配下游河道冲刷防护与河床稳定管控需求，实现河道冲刷病害的长效防控。



图2 河道防冲刷专属调度方案构建流程

4 结语

文章以闸坝生态流量泄放诱发的下游河道冲刷问题为核心研究对象，梳理不合理调度模式衍生的各类河道冲刷病害，挖掘固定泄放模式、单一流量配比、通用调度方案与河道异常冲刷问题的内在关联，构建一套适配河道冲刷防护需求的闸坝调度优化体系。动态化泄放调控、精细化流量配比、定制化调度方案的综合应用，能够有效改善河道冲淤失衡状态，管控各类河道冲刷病害，生态补水工作与河道安全防护工作的协同推进路径得以完善，研究结论可为流域闸坝精细化调度、河道长效治理工作提供可靠的实践参考。