

流域现代水网“生态基流保障+工程韧性安全”一体化运行管控机制研究

贾兴龙

新疆维吾尔自治区艾比湖流域水利管理中心

DOI:10.32629/hwr.v10i8.7098

[摘要] 现代流域水网是协调水资源调配、水生态保护、水安全保障的骨干水利基础设施,生态基流保证河流生态系统健康,工程韧性保障水网系统安全稳定运行,二者协同是现代水网高质量发展的关键。目前我国流域水网运行存在生态基流管控同工程安全调度脱节、协同机制缺乏、风险防范碎片化、落地管控体系不健全等状况,不能适应新时代水安全和水生态协同治理的需求。本文基于水资源系统协同理论、韧性治理理论,从流域水网生态基流保障与工程韧性安全运行的关系出发,对流域水网生态基流保障与工程韧性安全运行的内在联系进行系统的剖析,并总结出目前流域水网生态基流保障与工程韧性安全运行中存在的问题,从调度协同、风险防控、监测预警、制度保障四个方面构建了流域水网生态基流保障和工程韧性安全运行一体化运行的管控机制,提出了流域水网生态基流保障和工程韧性安全运行一体化运行管控机制的相关优化建议,为流域现代水网提质增效、实现生态安全与工程安全双向赋能提供理论依据和实践路径。

[关键词] 流域现代水网; 生态基流; 工程韧性安全; 一体化运行管控; 水网调度; 风险防控

中图分类号: TV213.4 **文献标识码:** A

Research on the integrated operation and control mechanism of "ecological base flow guarantee+engineering resilience and safety" for modern water network in river basins

Xinglong Jia

Aibi Lake Basin Water Conservancy Management Center, Xinjiang Uygur Autonomous Region

[Abstract] Modern watershed water network is a backbone water conservancy infrastructure that coordinates water resource allocation, water ecological protection, and water security guarantee. Ecological base flow ensures the health of river ecosystems, and engineering resilience ensures the safe and stable operation of water network systems. The synergy between the two is the key to the high-quality development of modern water networks. At present, there are problems in the operation of China's watershed water network, such as the disconnection between ecological base flow control and engineering safety scheduling, the lack of collaborative mechanisms, fragmented risk prevention, and an incomplete landing control system, which cannot meet the needs of water security and water ecological collaborative governance in the new era. This article is based on the collaborative theory of water resources systems and the theory of resilience governance. Starting from the relationship between the ecological base flow guarantee of the watershed water network and the resilient and safe operation of the project, the internal connection between the ecological base flow guarantee of the watershed water network and the resilient and safe operation of the project is systematically analyzed. The problems existing in the current ecological base flow guarantee and resilient and safe operation of the watershed water network are summarized. A control mechanism for the integrated operation of ecological base flow guarantee and resilient and safe operation of the watershed water network is constructed from four aspects: scheduling coordination, risk prevention and control, monitoring and early warning, and institutional guarantee. Relevant optimization suggestions for the integrated operation and control mechanism of ecological base flow

guarantee and resilient and safe operation of the watershed water network are proposed, which can improve the quality and efficiency of the modern water network in the watershed, and achieve the two-way empowerment of ecological and engineering safety. Provide theoretical basis and practical path.

[Key words] modern water network in the watershed; Ecological base flow; Engineering resilience and safety; Integrated operation and control; Water network scheduling; risk prevention and control

引言

现代流域水网是水资源分配、水安全保障、水生态修复的主战场,生态基流维持着河湖的生态健康,工程韧性保证了水网系统的稳定性,二者协同是水网高质量运行的本质要求。目前我国流域水网普遍存在生态基流保障和工程安全管控分离运行的现象,调度矛盾、风险叠加、治理碎片化等问题比较突出,不能适应系统治理的要求。本文从流域协同治理的角度出发,剖析二者耦合机理和存在的问题,构建出可以落地的水网生态安全和工程安全一体化运行管控机制,给水网生态安全和工程安全协同提质提供理论和实践上的支持。

1 核心理论与内在协同机理

1.1 核心理论内涵

流域现代水网是以自然水系为基础、人工水利工程为主体、智慧管理为支撑的现代化水利系统,主要功能就是实现流域水资源的优化配置、水安全防控和水生态协同治理。生态基流是保持河道基本生态功能、保证水生生物生存、维持水体自净能力的流量,是河湖生态保护的硬性底线。工程韧性安全不同于传统的静态安全,重视水网工程在极端水文事件、设备老化、突然发生故障等扰动下所具备的抗冲击能力和快速恢复能力,涉及工程结构、调度运行各方面的安全^[1]。一体化运行管控就是冲破部门碎片化管理模式,达成生态基流保证同工程安全运营目标一致、调度同步、风险共治。

1.2 一体化运行内在协同机理

生态基流保障和工程韧性安全存在着高度耦合的协同关系,二者都是流域水网安全稳定的保障。稳定的生态基流可以保持河道常态水文状况,防止岸坡裸露、土体干湿交替现象发生,削减闸坝、堤防等工程结构的磨损损耗,改良工程长久运行的抗风险能力。另外,水库、闸坝等骨干工程有调节洪峰、补充枯水期水量的功能,能减少生态流量骤变、断供等现象的发生,给生态基流稳定达标提供工程支撑。推进两者的协同管理,可以达到生态保护和工程安全的目的,破解传统分治模式下调度的矛盾和治理的不足,达到流域水网综合效益的最大化。

2 流域水网一体化运行管控现存核心问题

2.1 管控体系分割,二元治理矛盾突出

目前流域水网实行分部门、分领域的碎片化管理,生态基流由生态部门管理,侧重于流量达标和生态修复,工程韧性安全由水利运维和防汛部门负责,主要解决工程结构和防洪安全问题,没有形成统一的一体化管控体系。二者的控制目标有显著的矛盾,汛期为了保证工程防洪安全,常常大幅度改变泄洪流量,破坏了河道自然水文节律,影响了水生生态的稳定;枯水期为了满

足生态基流的要求,大量使用工程蓄水,使水库调蓄能力减弱,降低工程抗旱能力。另外两类工作的考核标准和调度时序不统一,生态重年度达标、工程重零事故,目标差异造成常态化的调度冲突,不能达到水网系统最优运行的目的。

2.2 调度机制不完善,协同调控能力不足

目前流域梯级水网的联合调度机制不健全,大多以单个工程、局部区域独立调度为主,缺少全流域生态和工程双重目标统筹的调度系统。大部分地区把生态基流当作辅助调度指标,优先考虑生活用水、生产用水、工程安全,生态保护处于被动应对的状态。上下游、干支流水利工程联动调度衔接不到位,上游蓄水过多会造成下游生态缺水,下游应急补水又会引起上游工程负荷突然变化,影响结构稳定^[2]。现有的调度模式没有实现季节化、差异化的设计,没有根据河段生态节律和工程工况阈值来制定专门的方案,统一调度的方式使生态保障的精准度不高,工程安全运行的冗余空间不足。

2.3 监测预警体系滞后,风险防控碎片化

智慧监测预警是流域一体化管控的重要支撑,但是目前流域水网监测体系存在着数据分割、覆盖面小、预警滞后等主要问题。生态监测和工程监测系统分别独立建成,生态部门主要对河道流量、水质、水生生态指标进行监测,工程部门主要对工程位移、渗流、结构应力、设备运行状态进行监测,两种数据平台不能互通互联,造成无法同步判断生态风险和工程安全风险。监测点位分布不均,远离城镇的河段、小型闸坝、支流末梢等工程未纳入监测范围,导致缺少对小流量突变、工程隐蔽缺陷的感知。而且风险预警体系割裂,生态缺水预警、流量异常预警和工程险情、负荷超限预警各自独立,没有形成一体化的风险研判模型,不能预测生态调度导致的工程风险、工程运维造成的生态风险,大多是事后应对、被动补救,事前预防、事中管控的短板十分明显,极端天气情况下风险叠加的情况更加突出。

3 一体化运行管控落地实施策略

3.1 构建一体化管控体系,破解二元分割治理困境

立足流域系统治理思想,冲破部门割裂、领域割裂的局面,塑造起“统一统筹、分区管控、权责明晰”的一体化运行监管体系,从顶层设计角度解决生态和工程管控的脱节问题。首先设立流域一体化管控专班,由流域管理机构牵头,水利运维、生态环境、防汛抗旱、属地管理等有关部门人员组成,明确该小组统筹协调调度、风险研判、考核监管的核心职责,统一制定全流域水网运行管控总体方案,把生态基流保证指标和工程韧性安全指标融合起来,把它当作水网的主要管控指标^[3],坚决抵制片面追求一个目标造成的管控。其次要重新构建分层管控权责体系,实行

流域统筹、省市落实、站点执行的三级管控模式,流域层面统一划定各个河段生态基流阈值、各个工程安全运行阈值,明确双目标调度红线,地方层面根据区域水系特征、工程布局,细化分段、分工程管控细则,一线站点严格执行一体化调度指令,同步做好生态流量管控和工程运维管护。最后,统一管控考核标准,抛弃单一的考核方式,创建双维综合考核体系,把生态基流达标率,水文节律稳定性,水生态改善成效同工程隐患整改率,风险抵御能力,故障修复效率,长效运行稳定性联系考核,冲破二元治理的矛盾。

3.2 搭建双目标协同调度机制,提升水网联动调控能力

以日常运行、汛期调度、枯水应急、极端工况四个场景为依托,建立全时段、全流域、工程全覆盖的生态和安全双目标协同调度机制,达到精准调度、科学调度、安全调度的目的。一是制定差异化的分级调度方案,根据流域水系特点、水生生物繁殖周期、河道生态要求,分为汛期、枯水期、平水期三个时段,确定各时段生态基流量基准值和波动允许范围,同时考虑各水库、闸坝、堤防工程设计参数、运行年限、安全限值等,确定工程最大调蓄负荷、泄洪上限、水位运行范围等指标,建立“一河一策、一工程一方案”差异化调度台账。二是完善梯级工程联合调度机制,依托流域水网互联互通格局,形成上下游、干支流水库群、闸坝群错峰互补、联动调蓄模式,在汛期、平水期、枯水期均注重控制下游河道水量,使自然水文节律得到保护,生态基流保持稳定,充分发挥工程防洪和生态保护功能^[4]。三是建立调度动态优化机制,根据气象预报、来水预估、工程运作情况、生态监测数据等要素,在每天的基础上对调度方案加以更新改良,从而达到短期精确调度、中期改良调配以及长期综合安排的总体目标,同时考虑生态效益与工程安全效益。

3.3 建设智慧一体化监测预警系统,实现风险全链条管控

以数据融合、风险共治为主轴,创建流域水网生态-工程一体化智慧监测预警平台,打通数据壁垒,创建起全面的、高精度的、全链条的风险防控体系。第一,改善监测站点布局,补足监测短板,对于支流末梢、小型闸坝、偏远河段等地增设生态流量、水位、水质监测仪器并落实小型工程的结构应力、渗流、设备运转状况观测网点,使全流域水系、全骨干工程的监测无盲区、无死角,切实加强基础数据的收集精准度和频次。其次就是推进数据互联互通整合,打破生态、水利、运维等部门的数据壁垒,把生态流量、水生生态、水质数据同工程结构、设备运行、调度负荷、隐患台账数据一并接入一体化平台,形成统一的数据共享机制,实现数据的实时同步、统一分析和联动研判^[5]。再者,创建双风险预警研判模型,研发出生态风险、工程安全风险耦合研判算法,同时监测流量异常、生态缺水、水文节律失衡这些生态风险,又监测工程过载、结构隐患、设备故障这些安全风险,精确找出两类风险的叠加隐患,分级确定蓝色、黄色、橙色、红色四级预警,具体给出各个预警等级对应的处置流程,责任人,整改期限等信息。最后建立预警闭环处置机制,对监测采集、风

险研判、预警推送、现场处置、复核销号等各个环节进行全流程的闭环管控,从源头上杜绝事前预防、事中管控、事后修复的管理空白。

3.4 完善制度与落地保障体系,强化长效运行能力

以机制落地、长效运维、能力提升为落脚点,创建起全方位、可落实、可考核的保证体系,为一体化管控运行打下根基。第一,健全标准化制度体系,按照国家规范(河湖生态流量管理办法试行等),根据流域实际制定流域一体化运行管控管理办法、调度操作规范、风险处置细则、考核奖惩制度,确定跨部门协同流程、调度决策权限、隐患整改标准、责任追究办法,使各项管控工作有章可循、有据可依。二是构建起流域水网运行调度的常态化的联动机制,定时召开流域水网运行调度联席会议,通报生态保护、工程维护、风险防范的情况,协调解决调度出现的冲突,区域补给、工程隐患等难题。第三,加强基层实操能力的建设,对一线的运维人员、调度人员、监测人员等开展生态调度、工程安全管控、智慧平台操作、风险应急处置等方面的专项培训,培育出复合型管控人才,解决基层操作能力欠缺的问题。

4 结束语

流域现代水网生态基流保障和工程韧性安全一体化运行管控,是新时期统筹水生态保护和 water 安全保障、推进流域治理现代化的必然选择。本文对核心理论以及协同机理进行梳理,对目前的管控体系分割、调度机制迟缓、风险防控碎片化、制度保障不足等问题进行了系统的剖析,从体系构建、调度优化、智慧防控、制度保障四个方面提出了一套符合流域实际情况、能够落实、可以操作的管控一体化对策,有效解决生态管控和工程安全运维二元分割问题。未来要持续开展水网双目标协同调度技术研究,不断改进智慧监测预警模型,健全长效协同治理机制,持续加强流域水网生态保障能力及工程韧性水平,推进现代流域水网安全、生态、高效、可持续运行,给区域水生态文明建设与 water 安全高质量发展提供强有力的支持。

参考文献

- [1] 兰康杰.加快建设山西现代水网筑牢水安全屏障[J].前进,2026,(4):41-44.
- [2] 张群波.安徽省“十五五”时期水安全保障形势任务与思路措施[J].中国水利,2025,(23):3-11.
- [3] 刘长升,别君霞,李建乐,等.四川现代水网建设总体思路与布局研究[J].四川水利,2025,46(S1):17-22.
- [4] 刘长余,刘德东.水利发展规划与现代水网建设的认知与思考[J].山东水利,2024,(10):1-4.
- [5] 伍露露.淮南市现代水网规划建设体系及“水网+”研究[J].黑龙江水利科技,2024,52(9):51-54+58.

作者简介:

贾兴龙(1994--),男,汉族,河南商丘人,大学本科,工程师,研究方向水利工程建设、运行、河湖管理。