

水利水闸设备管护与行洪泄流效能提升

张 凯

菏泽市河湖流域工程管理服务中心 山东 菏泽 274400

摘 要：水闸作为流域防洪排涝、水量调控的核心水利设施，其设备运行状态直接决定行洪泄流整体效能。当前多数存量水闸存在设备老化、管护体系不完善、运行适配性不足等问题，制约水利枢纽泄洪排涝能力发挥。本文立足水闸设备运行机理与管护核心痛点，从设备管护优化、运行机制完善、效能提质升级等维度展开分析，提出针对性的管护优化与效能提升路径，为水闸安全稳定运行、泄流效能最大化提供技术支撑。

关键词：水闸设备；设备管护；行洪泄流；效能提升；水利设施

引言：水系防洪减灾与水资源调配工作，都需要依靠水闸设备的稳定运转，来保障水系通行与泄洪通道的通畅；长期运行过程中，水闸各类核心构件容易出现性能下降、工况不稳等问题，进而降低泄洪效率，滋生运行隐患。针对行业普遍存在的管护粗放、泄流能力不足等问题，本文结合设备运行特点，探究科学的管护优化方式，以此提升水闸整体运行与泄洪保障水平。

1 水闸设备管护与泄流效能的内在关联

水闸的整套运行体系，依托启闭传动、止水防渗、状态监测、辅助调控等设备共同协作运转，设备的运行状态和完好水平，会直接绑定水闸的行洪泄流效果，也会影响水闸泄洪速度、调节精度与整体运行安全。行洪作业过程，对设备的反应速度、运行稳定性和工况适配水平都有着较高要求，日常管护的细致程度，很大程度上决定水闸在汛期大流量行洪、突发水位调节时的运行表现；规范的设备养护，能够延缓构件老化，减少设备卡顿、密封漏水、响应延迟等问题，保障闸门运行平稳、泄流状态稳定。粗糙的管护模式，会积攒各类设备隐患，扰乱水流形态、缩减实际泄流面积，加重闸体磨损淤积，因此，常规化、精细化的设备管护，是提升水闸泄洪运行效能的重要基础^[1]。

2 水闸设备管护现存核心问题及效能制约机理

2.1 核心启闭设备性能衰减，调控响应精度不足

启闭设备属于水闸行洪调度的核心执行装置，这套设备主要负责闸门开合、开度调节与流量控制工作，设备的机械状态与反应速度，会直接影响泄流调节的准确度和及时性。启闭系统内部的钢丝绳、传动齿轮、液压推杆等构件，会在长期往复运行中出现缓慢磨损，慢慢产生钢丝锈蚀、齿轮间隙变大、液压泄压、设备卡顿等

隐性问题；日常管护大多只关注明显故障，忽略细微磨损带来的性能下降，会让设备调控精度持续变差。汛期高强度行洪时，设备反应迟缓、开度调节偏差偏大的问题，会造成水流调控不及时，紊乱的水流形态会降低实际泄洪效率，难以适配大流量快速泄洪的工况需求。

2.2 止水防渗构件老化失效，引发泄流异常损耗

水闸止水系统由止水橡胶、固定压板、密封垫层等基础构件组成，这套结构的主要作用是保障闸门闭合严实，减少闸体侧边和底部的渗水问题，是维持稳定泄流状态的重要辅助结构。水流长期冲刷、环境干湿交替、水体腐蚀等外界影响，会让止水构件慢慢出现硬化开裂、弹性变差、变形脱落等问题，进而形成持续渗水的缝隙；止水构件属于管护薄弱环节，设备检测频次普遍偏低，老化失效的构件无法得到及时更换。渗水通道会打乱闸前水流的压力分布，增加水流通行阻力，让实际泄流量达不到设计标准，也会加剧闸体结构的局部冲刷，形成设备损坏与泄流效能下降的恶性循环^[2]。

2.3 监测管护体系精细化不足，隐性缺陷累积叠加

设备工况监测是水闸养护工作的重要支撑，精准的监测数据，能够辅助工作人员掌握设备状态、预判故障隐患，为水流调控和设备维修提供基础依据。多数中小型水闸的监测配置都存在一定短板，监测设备布置数量不足、监测内容较为单一，一般只可以监测水位、闸门开度等基础数据，无法全面捕捉设备振动、构件磨损、液压参数等关键信息。整体管护模式偏向被动补救，大多都是故障出现后再开展维修，缺少提前预判的精细化养护模式；设备性能数据没有形成常态化记录，各类隐性缺陷会不断堆积，在汛期高强度行洪工况下集中爆发，造成泄流工作受阻，监测设备本身的精度偏差，也

会进一步干扰调度调控的整体效果。

2.4 管护运维模式滞后, 设备运行适配性不足

现阶段水闸设备的管护模式普遍较为固化, 运维工作的专业化水平参差不齐, 设备运行状态很难适配各类动态变化的泄流工况。统一化的管护标准, 没有区分汛期、非汛期以及不同流量的运行差异, 工况切换前后的专项检修与设备调试工作普遍缺失; 基层管护人员可以完成基础操作, 但缺少设备状态研判、细微故障调试的专业能力。不少老旧水闸设备超期服役, 设备性能和适配性已经跟不上当下的泄流调度需求, 设备更新改造的推进速度相对缓慢。这种粗放、同质化的管护方式, 会让设备无法发挥最优运行性能, 是限制水闸行洪泄流效能提升的主要人为诱因。

3 水闸设备管护优化与行洪泄流效能提升核心策略

3.1 聚焦核心设备专项管护, 夯实泄流运行硬件基础

核心启闭设备的运行稳定性是保障行洪泄流效能的核心前提, 需针对启闭系统、传动系统、调控系统开展专项精细化管理, 全方位修复设备性能缺陷, 杜绝设备故障引发的泄流效能损耗。针对启闭机械系统, 需建立分构件、分周期的常态化检修机制, 对钢丝绳、传动齿轮、轴承、液压组件等易磨损构件开展周期性探伤、间隙检测、压力校验工作, 精准排查构件磨损、锈蚀、疲劳损伤等隐性问题。针对钢丝绳锈蚀断丝、齿轮间隙超标、液压泄压等轻微缺陷, 及时开展润滑养护、间隙调试、密封更换修复, 杜绝小缺陷持续扩大引发设备故障; 对达到服役年限、性能衰减严重的构件, 建立台账动态更新, 及时完成标准化更换, 保障启闭系统传动顺畅、动力稳定。同时, 优化启闭设备调试流程, 定期开展全行程启闭调试与开度精度校验, 修正调控偏差, 确保闸门启闭响应及时、开度调控精准, 能够根据水位、流量变化实现无级精准调节, 保障泄流断面始终处于最优运行状态。针对电机、控制机柜等电气设备, 重点开展除尘、防潮、接线紧固、绝缘检测等管护工作, 规避电气短路、信号传输卡顿、指令响应失效等问题, 保障设备调控指令高效传导, 提升行洪工况下的设备运行可靠性。通过核心设备专项精细化管理, 全面恢复并提升设备机械性能与调控精度, 为稳定、高效行洪泄流筑牢硬件支撑^[3]。

3.2 强化止水系统运维修复, 消除泄流异常损耗隐患

水闸止水结构的完好状态, 对整体泄流工况的平稳性有着直接影响, 这套结构可以减少无意义的水量流失, 也能避免水流形态出现紊乱, 因此, 止水防渗构件

需要纳入日常核心养护范围, 搭建一套全面的止水运维与修复机制。日常养护工作里, 需要对闸门顶部、侧面、底部的止水结构进行全面排查, 重点检查止水橡胶的弹性状态、密封贴合程度和构件完整情况, 能够精准找出构件开裂、老化脱落、缝隙渗水等各类常见问题。设备出现轻微密封问题时, 可以通过调整压板紧固程度、清理密封接触面淤积杂物、修补局部破损构件等方式, 快速恢复结构密封性能; 老化硬化、失效程度较重的止水配件, 需要做整体标准化更换, 避免局部修补带来的密封不严密问题。水闸可以结合自身运行规律, 灵活调整止水系统的养护频次, 汛期高负荷运行之前, 需要完成专项检测与调试工作, 排查大水位差环境下的渗水隐患; 非汛期可以对止水构件做防腐、防老化处理, 通过涂刷防护涂层等方式, 减缓构件性能衰退的速度。闸体止水基座和接触面出现磨损、凹凸变形等缺陷时, 也需要及时打磨找平, 让止水构件和闸体紧密贴合, 彻底封堵渗水通道。系统化的止水养护工作, 能够有效减少渗漏问题, 稳定水流流态与泄流断面, 切实提升水闸的实际泄洪能力。

3.3 升级智能监测管护体系, 实现设备状态预判管控

智能监测技术的落地应用, 可以完善水闸设备的工况感知体系, 能够有效改善传统运维管护滞后的问题, 对设备故障提前研判、维持稳定泄流效能, 都有着较为关键的作用。传统水闸监测模式存在监测维度少、数据更新慢、检测精度有限等诸多问题, 因此, 原有监测体系需要做全方位升级, 以此拓宽监测覆盖范围, 丰富工况监测内容。系统可以在原有水位、流量、闸门开度基础监测的前提下, 新增设备振动、传动应力、液压压力、构件温度、渗漏流量等监测模块, 能够全面采集水闸设备的实时运行参数与潜在缺陷信息。传感器设备可以结合闸体结构、设备运行路径、水流作用区域进行合理化布置, 能够有效规避监测盲区, 保障采集数据的完整度与准确度。设备运行数据动态分析平台的搭建, 能够持续汇总、对比各类监测数据, 精准判断设备性能衰退趋势与故障前兆, 让管护模式从故障事后维修, 逐步转变为事前预判养护。设备性能动态台账可以整合检修记录、实时监测数据、故障处理信息, 能够清晰梳理各类构件的老化特点与运行短板, 以此制定差异化的检修养护周期。智能化监测体系的升级运用, 可以提前识别设备运行风险, 在故障初期完成隐患整改, 避免汛期高强度行洪时出现设备突发故障, 有效保障水闸泄流调控的连续性与稳定性, 减少设备隐患带来的泄流效能损耗^[4]。

3.4 优化差异化运维机制, 适配动态泄流工况需求

水闸的行洪泄流状态, 会随着汛期时段、降雨强度以及流域来水量产生动态变化, 单一固定的管护模式, 很难适配不同场景下的运行需求, 所以, 分工况、分时段、分阶段的精细化运维机制需要逐步搭建起来, 用来提升设备运行状态和泄流工况的匹配程度。结合水闸全年的运行特点, 运维工作可以划分为汛期高负荷管护、非汛期常规管护、工况切换专项管护三类模式, 各类模式都可以配套对应的管护标准和操作流程。非汛期的常规管护阶段, 主要工作包含设备全面检修、构件日常养护、运行精度核对、系统整体调试等基础内容, 能够修复设备阶段性的性能损耗, 清除各类隐性运行隐患, 让设备保持良好待机状态, 为汛期行洪工作做好铺垫。汛期高负荷运行阶段, 设备巡检频次可以适当加密, 重点核查启闭设备反应速度、止水密封效果以及监测数据的稳定程度, 及时处理设备轻微异常问题, 保障设备可以稳定适配大流量、高水位差的泄洪场景。在不同工况交替的阶段, 需要开展专项设备调试与性能核验工作, 调整设备运行参数, 适配工况变动带来的负荷与水压变化。此外, 完善运维人员培训与台账管理制度, 可以提升管护工作的专业度与可追溯性, 持续优化运维方案, 让设备充分发挥运行性能, 有效提升水闸整体的行洪泄流效能。

3.5 推进设备提质改造升级, 破解固有效能瓶颈

很多老旧水闸设备会存在设计理念落后、运行性能不足、工况适配性较差等固有问题, 设备整体的技术改造与性能升级工作, 可以从根源上缓解设备缺陷对行洪泄流效果的限制。服役时间过长、性能衰退明显、故障频发的启闭、调控与监测设备, 需要结合水闸既定泄流标准和当下的调度运行需求, 开展标准化的设备更换与

改造工作, 以此提升设备运行的稳定性和调节精准度。传统人工操控模式的反应速度较慢, 调节精度也存在明显不足, 逐步升级自动化、智能化调控系统, 可以实现闸门开度自主调节、流量工况智能匹配, 让水闸能够快速适配流域来流变化, 优化整体水流形态。针对设备易冲刷、易磨损、易渗水的部位, 可更换耐磨、防腐、高韧性的新型防护材料, 有效提升设备抗冲击、抗老化能力, 降低设备故障概率; 同步梳理各类设备的联动运行逻辑, 修正系统配合偏差, 让各结构协同稳定运行, 逐步实现水闸泄流效能的整体提升^[5]。

结束语: 水闸设备的养护管理质量, 能够直接影响整体行洪泄流效果, 细致且完善的管护体系, 也是水利设施稳定运行、提升工作效率的重要基础。本文分析了设备管护和泄流效能的关联, 梳理了运维存在的各类问题, 搭建了对应的优化提升方案, 能够有效改善水闸运行状态, 增强流域防洪与水资源调配的整体能力。

参考文献

- [1] 于生蛟, 田海威, 尹勇, 等. 水利水闸电气设备故障诊断与应急处置研究 [J/OL]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2026, (7): 023-026.
- [2] 丛葳, 张昊. 水利水闸电气设备安装及全生命周期养护技术研究 [J]. 流体测量与控制, 2026, 7(4): 101-104.
- [3] 张昊, 王达. 水利工程水闸电气设备故障检测及处理技术研究 [J]. 流体测量与控制, 2026, 7(2): 46-48+53.
- [4] 刘汉印. 水利工程水闸设备的手电两用螺杆启闭机的操作运行和维护研究 [J]. 中国设备工程, 2025, (15): 100-102.
- [5] 王坤. 基于智能化安全监测的水利水闸管理研究 [J]. 奥秘, 2026, (12): 166-168.