

# 水利工程运行管理中智慧监测系统的应用效能分析

陈永贵<sup>1,2</sup>

1. 鄂尔多斯市东胜国有资产投资控股集团有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

2. 内蒙古沿河流域生态产业有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

[摘要] 智慧监测技术是水利运维数字化转型的核心手段, 目前已广泛应用于各类水利工程常态化管护工作。本文以水库、堤防、灌区、水闸泵站等基层主流水利设施为研究对象, 从安全防控、运维效率、资源利用等多个维度, 系统剖析智慧监测系统的落地应用效能。结合一线水利运维实操场景, 梳理系统数据适配、预警精度、野外设备管护等方面的现存短板, 针对性提出贴合基层落地的优化举措。研究所得结论可为水利工程精细化、智慧化运维提质增效, 提供切实可行的实践参考。

[关键词] 水利工程; 运行管理; 智慧监测; 应用效能

DOI: 10.64635/ja.2026.1518

中图分类号: TV698

文献标识码: A

## Analysis of the Application Effectiveness of Smart Monitoring Systems in Water Conservancy Project Operation Management

Chen Yonggui<sup>1,2</sup>

1. Ordos Dongsheng State-Owned Assets Investment Holding Group Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia 017000, China

2. Inner Mongolia Yanhe Basin Ecological Industry Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia 017000, China

**Abstract:** Smart monitoring technology is a core means for the digital transformation of water conservancy operation and maintenance, and it has been widely applied in the normalized management and maintenance of various water conservancy projects. Taking primary grassroots water conservancy facilities such as reservoirs, levees, irrigation districts, sluices, and pumping stations as research objects, this paper systematically analyzes the application effectiveness of smart monitoring systems from multiple dimensions, including safety prevention and control, operation and maintenance efficiency, and resource utilization. Combined with practical frontline water conservancy operation and maintenance scenarios, the paper reviews existing shortcomings in system data adaptation, early warning accuracy, and field equipment management and maintenance, and proposes targeted optimization measures suited to grassroots implementation. The conclusions of this study can provide practical reference for improving the quality and efficiency of refined and intelligent operation and maintenance of water conservancy projects.

**Keywords:** water conservancy project; operation management; smart monitoring; application effectiveness

### 引言

水利工程作为保障区域水安全、优化水资源配置、支撑农业生产与生态保护的重要基础设施, 其长效稳定运行是水利行业高质量发展的重要基础。伴随水利设施建设规模持续扩大、运行工况日趋复杂, 传统依托人工巡检、周期性定点监测的运维模式, 逐渐难以适配现阶段精细化、智能化的管护发展需求, 普遍存在监测覆盖不全、风险预判滞后、运维效率偏低等现实问题。智慧监测依托智能感知与实时数据传输技术, 可实现工程运行状态动态监测, 为破解传统运维瓶颈提供全新技术路径。现阶段国内相关研究多聚焦系统架构搭建与技术研发, 针对基层工程落地的实操效能、适配难题的系统性研究较为匮乏。基于此, 本文立足一线运维实际, 系统分析智慧监测系统的应用场景与

多维效能, 梳理现存应用问题并制定优化方案, 以期水利智慧运维体系完善提供实践支撑。

### 1 智慧监测系统在水利工程运行管理中的应用场景

智慧监测系统可适配各类水利设施运维特点, 提供常态化、针对性的智能监测服务, 现已广泛应用于水利工程精细化管理场景。在水库运维中, 现场布设的智能感知设备可自动采集大坝形变、坝体渗流、库区水位雨量、溢洪道运行等实时数据, 能够精准捕捉人工巡检难以发现的毫米级结构形变、隐蔽渗流等微小隐患。运维人员依托实时监测数据动态掌握水库运行状态, 可根据水文变化及时开展调度调整与风险预警, 有效保障水库汛期调蓄与日常蓄水安全稳定运行。

在河道与堤防管护场景中, 系统可全天候采集河

道水位、流速、堤身沉降、渗漏量及岸坡滑移等核心数据，能够快速识别汛期管涌、边坡松动、堤身变形等常见隐患，为防汛抢险、日常管护、生态补水调度提供精准数据支撑<sup>[1]</sup>。在灌区运维中，系统实时监测渠系流量、土壤墒情与灌溉用水量，结合作物生长用水需求动态调整配水方案，有效改善传统粗放灌溉导致的配水不均、水资源浪费等问题，显著提升农业灌溉用水利用率。

水闸与泵站作为输水调度核心设备，运行稳定性直接影响整体调度成效。智慧监测系统可实时记录设备启闭状态、机组负荷、上下游水位差等关键参数，精准识别机组卡顿、参数异常等隐性故障。运维人员依托系统预警快速排查隐患、优化调度逻辑，保障设备稳定运行、调度贴合现场工况。多场景的落地应用，充分体现了智慧监测系统良好的适配性，可为水利工程全方位精细化运维提供有力支撑。

## 2 智慧监测系统的应用效能多维分析

### 2.1 安全防控效能：实现风险精准预判，降低工程安全隐患

水利工程安全管控的核心在于隐患前置处置，防范小型隐患逐步演化成重大工程险情。传统人工巡检采用周期性排查模式，存在监测空档，无法持续跟踪坝体渗流、堤身沉降等缓变性隐蔽隐患，多数安全问题仅在特征明显时被动处置，整体管控较为滞后。相较而言，智慧监测系统可实现全天候不间断动态监测，精准捕捉工程结构与水文工况的细微异常，并分级判定风险等级。运维人员可提前研判隐患发展趋势，有序开展排查处置工作，实现从被动整改到主动防控的模式转型，有效巩固水利工程安全运行基础。

### 2.2 管理效率效能：精简运维流程，提升管控智能化水平

传统水利运维的基础数据采集、台账统计、工况记录等工作高度依赖人工，流程繁琐、耗时费力，且易受人员经验、工作态度等主观因素影响，出现数据错漏、统计偏差等问题。大量机械性事务占用主要人力，导致隐患研判、调度优化等核心工作推进滞后。智慧监测系统可自动完成数据采集、存储汇总、工况展示等基础工作，无需人工重复操作，有效精简冗余运维流程。这一模式转变让基层人员得以剥离机械性工作，聚焦核心运维业务，既提升岗位工作效率，也推动运维管理流程标准化、智能化升级。

### 2.3 资源利用效能：助力水资源精细化调度，实现节水增效

传统水资源调度多采用固定化输水、蓄水模式，

难以适配实时水文动态与差异化用水需求，易出现汛期蓄水冗余、灌溉期配水不足、生态补水错位等问题，造成水资源无谓损耗。智慧监测系统可实时输出库区水位、渠系流量、土壤墒情等精准数据，为动态化、精细化调度提供可靠数据支撑。运维人员可结合当期蓄水工况、农田灌溉进度与生态补水需求灵活调整调度方案，打破传统经验化管控的局限，实现水资源供需精准匹配，有效减少输水损耗，达成节水增效的运维目标。

### 2.4 成本管控效能：降低长期运维成本，提升工程综合效益

传统运维模式需投入大量人力开展常态化巡检与定期检修，人力成本居高不下。同时，人工监测的滞后性易导致隐患处置不及时，诱发设备故障、工程破损，产生高额大修与应急抢险费用，运维成本难以管控<sup>[2]</sup>。智慧监测系统依托自动化监测能力，有效缩减人工巡检频次，节约基层人力成本。同时，系统可提前捕捉结构形变、设备老化、渗漏异常等潜在隐患，便于开展小规模早期整改，规避隐患扩大引发的重大故障与应急支出，有效压降工程长期运维成本，提升工程综合运行效益。

### 2.5 决策支撑效能：提供数据赋能，助力科学精准决策

传统水利运维决策多依托人员从业经验，缺乏连续、系统的数据支撑，主观性较强，难以精准预判工况变化与风险规律，易出现调度、管护方案适配性不足的问题。智慧监测系统可长期积累工程运行实测数据，形成规范完整的工况数据库，为运维决策提供客观依据<sup>[3]</sup>。工作人员依托海量实测数据，可精准分析工程运行规律、水文季节特征及隐患高发规律，科学制定调度计划与整改方案，摆脱单一经验决策的局限，显著提升水利运维管理决策的科学性与精准度。

## 3 智慧监测系统应用现存核心问题

### 3.1 多源监测数据兼容性差，现场数据利用率偏低

结合基层水利运维实操工况来看，智慧监测系统落地应用仍存在诸多短板，整体应用效能未得到充分发挥，核心问题集中体现在数据利用、预警适配与设备管护三个方面。首先是多源监测数据兼容性差、利用率偏低。现阶段多数水利工程监测设备分批次采购布设，设备品牌、规格标准不统一，各类监测终端的数据接口、传输格式存在差异，造成水位、渗流、流量等监测数据相互割裂，难以集中汇总开展联动分析<sup>[4]</sup>。同时，野外复杂的风雨、温差、沙尘环境易干

扰设备采集精度,导致监测数据频繁出现空缺、波动、失真等问题。基层运维人员缺乏专业的数据甄别与修正手段,监测数据仅用于平台实时展示,未能有效应用于工况复盘、隐患溯源和调度优化等核心工作,数据实际利用价值较低。

### 3.2 智能预警模型通用性强,工程场景适配精度不足

其次,智能预警模型通用性过强,场景适配精度不足。当前系统搭载的预警算法多为固定阈值的通用模型,仅适配常规运行工况,未结合不同水利工程的运行特征与区域水文特点针对性优化。山区水库汛期水位波动频繁,固定阈值易触发大量无效预警,增加值守工作负担;灌区四季输水工况差异较大,通用模型难以识别细微渠系渗漏、输水损耗等隐性问题;水闸、泵站工况切换频繁,设备小幅参数异常难以被精准捕捉。整体来看,系统仅能实现数据超标后的被动报警,无法结合水情、雨情变化预判工况走势,与现场防汛值守、隐患排查的实操需求适配度较低。

### 3.3 野外设备运维精细化不足,现场设备稳定性欠佳

最后,野外设备精细化运维缺失,设备运行稳定性欠佳。监测探头、传输网关、监控设备等终端长期暴露在露天复杂环境中,风沙堆积、雨水浸泡、低温霜冻等因素易造成设备积污、受潮、信号衰减、线路老化等故障。基层运维多采用故障后抢修的被动模式,常态化预防性养护工作落实不到位,设备清洁、精度校准、线路检测等基础管护工作存在短板,导致设备长期运行易出现数据偏移、采集中断、监测失效等问题。设备运行稳定性不足,直接破坏监测数据的连续性与精准性,严重制约智慧监测系统长效、稳定运行。

## 4 提升智慧监测系统应用效能的优化策略

### 4.1 规范现场数据标准,细化数据预处理实操流程

针对上述现场设备数据不统一、数据利用率低的实操问题,结合基层运维条件,可通过简单可行的精细化整改方式逐步优化完善。为从源头规范数据标准,后续新增监测设备需优先选用通用接口、标准传输格式的终端设备。针对现阶段在用的老旧、非标设备,无需大规模更换,可通过升级设备固件、加装简易适配模块完成兼容改造,以此实现多源数据统一汇总整合<sup>[5]</sup>。在日常运维工作中,工作人员可依托系统基础工具常态化处理数据,及时清理各类异常、失真数据,定期整理汇总监测台账。同时结合汛期、灌溉期等不同工况时段复盘数据变化规律,深度挖掘实测数据背

后的工程运行问题,让监测数据切实服务于日常运维优化工作。

### 4.2 按需优化预警模型,贴合工程现场实操场景

为有效解决通用预警模型适配性不足的问题,工作人员可结合不同水利工程的运维特征与工况差异,针对性微调优化预警判定规则,全面提升预警精准度与场景适配性。对于山区水库,可整合区域近五年汛期水文实测数据,设置随雨情、水情动态浮动的预警区间,有效规避小幅水位波动引发的无效报警。对于灌区工程,可按照春灌、夏灌、冬灌的差异化输水工况,分段微调流量监测参数,精准捕捉细微输水损耗和渠系渗漏隐患。针对水闸、堤防工程运维需求,可叠加上下游水位差、设备启闭频次等多元联动判断条件,新增短期工况趋势预判功能,让预警输出更贴合现场防汛调度、隐患排查的实际工作需求。

### 4.3 落实精细化现场运维,提升设备长效稳定性

为切实提升野外设备长效稳定性能,基层运维团队需转变故障抢修的被动管护模式,建立常态化预防性设备养护机制。日常工作中,工作人员需按月开展设备清洁、镜头养护、固件加固和接口密封检查等基础工作,从源头规避积污、受潮引发的各类设备故障。每季度需统一开展设备精度校准、传输信号测试、线路隐患全面排查,及时整改线路老化、信号衰减等潜在问题。针对暴雨、霜冻、大风等恶劣天气,需提前做好外露设备加固、防水防护工作,天气结束后第一时间复检设备运行状态。通过全周期精细化管理,最大程度保障设备稳定运行,持续维持监测数据的连续性与精准度。

### 4.4 强化现场实操培训,提升一线人员应用能力

设备与系统的应用效果,与一线运维人员实操能力密切相关,因此强化人员培训是提升系统应用效能的重要保障。基层单位可立足一线运维岗位的实际工作需求,开展轻量化、针对性的实操技能培训。培训内容聚焦设备日常巡检要点、异常数据甄别方法、基础线路故障排查、预警信息研判等实用技能,消除空泛的理论宣讲。同时配套编制图文简易操作手册和常见故障处置流程,有效降低系统操作学习门槛,方便一线人员快速上手实操。此外,可鼓励运维人员在日常管护过程中积累实操经验,及时反馈设备适配、系统运行过程中存在的问题,通过持续优化现场应用方式,逐步提升系统适配效果,最大化发挥智慧监测系统的运维赋能作用。

**5 结论**

本文围绕智慧监测系统在各类水利工程运行管理中的实操应用展开系统性研究，通过多维度效能分析证实，智慧监测技术可有效弥补传统水利运维模式的诸多短板，能够显著提升工程安全防控能力、运维管理效率与水资源利用水平，兼具良好的经济与实操价值。研究结合基层管护工况，总结出系统应用过程中存在数据兼容性不足、场景化预警精度有限、野外设备精细化管护缺失等核心问题，并针对性匹配可落地的优化策略。相关整改方案可有效完善系统现场应用体系，助力水利运维从传统粗放模式向数字化、精细化模式转型。后续可结合不同水利工程的差异化运行特征，持续优化监测与运维模式，进一步释放智慧水利技术的实操赋能价值。

**[参考文献]**

[1] 王佳，郭光智，付永飞，等. 小型水库智慧

监测运行技术探究与应用 [J]. 水利技术监督, 2025(4): 57-61.

[2] 谢亚丽，渠谢雨. 声纹 AI 监测技术在智慧水利工程中的应用 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2024, 36(3): 133-135.

[3] 王荣，李淳，赫邵鹏. 江苏省省属水利工程运行管理信息化系统建设研究 [J]. 水利技术监督, 2025(7): 53-56+80.

[4] 陈勇旭，张红，彭放，等. 基于监测-检测数据的引水隧洞缺陷识别与风险评价 [J]. 科学技术与工程, 2025, 25(33): 14436-14445.

[5] 张家德，刘茂盛，李昆，等. 数字孪生技术在皂市水利枢纽工程安全运行中的应用研究 [J]. 大坝与安全, 2025(5): 23-27.

作者简介：陈永贵（1981.06—），男，汉族，内蒙古东胜人，本科，北京工业大学，水利水电工程。