

渠道渗漏智能监测技术应用对策讨论

张轩晖

新疆塔里木河流域开都孔雀河水利管理中心解放二渠管理站

DOI:10.12238/hwr.v9i10.6614

[摘要] 下文针对渠道渗漏这一威胁水利设施安全与水资源高效利用的核心问题展开研究。传统监测方法效率低下,难以满足现代水利管理需求。论文构建了包含感知、传输、平台及应用层的智能监测技术体系,剖析了其应用现状与面临的技术融合、成本效益等核心挑战。进而系统分析了推进该技术应用的认识、体制、经济及实施障碍,并据此提出加强顶层设计、构建空-天-地-水下协同监测网络、创新商业模式及推动人才与运维体系建设四大系统化应用对策与实践路径,旨在为推动智能监测技术的规模化、规范化应用提供理论参考与实践指南。

[关键词] 渠道渗漏; 智能监测技术; 应用对策

中图分类号: X924.2 **文献标识码:** A

Discussion on application strategies of intelligent monitoring technology for channel leakage

Xuanhui Zhang

Jiefang Second Canal Management Station, Kaidu Peacock River Water Conservancy Management Center, Tarim River Basin, Xinjiang, Korla City, Xinjiang

[Abstract] The following text focuses on channel leakage, a core issue that threatens the safety of water conservancy facilities and the efficient utilization of water resources. Traditional monitoring methods are inefficient and difficult to meet the needs of modern water conservancy management. This paper constructs an intelligent monitoring technology system comprising perception, transmission, platform, and application layers, and analyzes its current application status and core challenges such as technology integration and cost-effectiveness. Furthermore, it systematically analyzes the cognitive, institutional, economic, and implementation obstacles to promoting the application of this technology. Based on this, it proposes four systematic application countermeasures and practical paths: strengthening top-level design, constructing an air-space-ground-underwater collaborative monitoring network, innovating business models, and promoting the construction of talent and operation and maintenance systems. The aim is to provide theoretical references and practical guidelines for promoting the large-scale and standardized application of intelligent monitoring technology.

[Key words] channel leakage; intelligent monitoring technology; application countermeasures

渠道渗漏是水利设施运行过程中的常见问题,直接关系到工程安全与水资源利用效率。传统监测方法主要依赖人工巡查与简易仪器测量,存在覆盖范围有限、响应滞后、数据精度不足等缺陷,难以满足现代水利管理对实时性与精准性的需求。随着传感技术、物联网及人工智能的不断发展,渠道渗漏监测正逐步向智能化、系统化方向演进,构建多层次的技术体系已成为行业共识。当前,智能监测技术已在部分工程中开展应用试点,表现出良好的技术可行性,但在推广过程中仍面临成本、标准、人才等多重制约。本文围绕渠道渗漏智能监测技术的体系架构、现实障碍及推进路径展开分析,重点探讨其系统构成、应用难点

及实施策略,以期对相关技术体系的规范化、规模化应用提供参考。

1 智能监测技术体系的内涵与现状分析

1.1 技术体系构成

智能监测技术框架属于典型的分层架构,分别为感知层、传输层、平台层和应用层。感知层为前端数据采集层,分布于渠道构造及外部环境中的各类传感器为感知层的技术支撑,分布式光纤传感技术(DTS/BOTDR/BOTDA)通过识别温度或应变场异常变化来监测渗漏,渗流及渗压传感器直接监测渗流量及孔隙水压力大小,高空间分辨率遥感、无人机的热红外图像能够对地表

大规模扫描查找温度异常区域,水下机器人及声呐装置能够对水下结构缺陷进行探测。传输层通过物联网(如NB-IoT、LoRa)及5G网络进行野外复杂环境远程、可靠的数据传输。平台层一般为云架构,可对多源异构数据进行融合、存储、清洗和规范化处理,支持上层应用;应用层即数据分析和价值挖掘阶段,采用机器学习算法及深度学习算法进行数据分析和建模,建立渗漏识别模型及风险预警体系实现数据到决策。

1.2 应用现状与挑战

尽管目前国内和国外一些渠道工程已尝试引进上述技术体系,例如分布式光纤可针对渠道重点区段进行长期监测,或基于无人机热红外巡检进行大量渗漏普查,取得一定的经验,为上述技术路线的应用起到了示范作用^[1]。但部分试点应用和成果推广应用,还存在如下问题:缺少不同监测手段的协同布设方案和综合数据融合框架,导致数据融合及分析解读力度不足;系统初始投入较大,投入资金主要用于长期的降损节流、防患于未然,须建立相应系统全生命周期效益计算模型;缺乏针对设计、建设和运维的标准化方案,在系统集成困难和建设质量参差不齐的情况下,制约系统的深入和持久应用;另缺乏水利工程与信息技术复合型人才,也限制了系统的持久应用与长期推广。

2 推进智能监测技术应用面临的主要障碍

2.1 思想认识障碍

一些工程管养单位对智能监测技术的认识还停留在较为模糊的概念上,不了解其工作原理、功能效果与价值贡献。受到常规工程建设观念的束缚,重视建设、轻视管养的思想比较严重,即舍得资金进行工程建设及加固,但对于属于软硬兼施的建设管养之中的监测预警系统,不认为其是必须购买和使用的,因此购买意愿不强,这种思想滞后直接制约了新技术的推广进程。

2.2 体制机制障碍

存在现有管理模式与智慧运行现状不匹配的问题。传统的管护是按频率组织定期巡检并依靠经验决策的方式,决策的周期较长;而智慧运行的监控方式是受实时数据信息指导的自动快速决策。现有的体制中缺少专门的数据分析、预警公告岗位编制,以及基于监控预警信息的标准化预警状态响应机制,无法形成有效的处置机制^[2]。

2.3 经济成本障碍

经济成本是一道硬约束,高可靠感控器、高精度传感器、智能采集装置、专业数据分析软件、持续在线通信和云服务均需高昂成本投入,后续系统运维、升级改造和电力通信成本也是持续支出。而在公共财政资金预算管理中,该类信息化项目有时会碰到审批繁琐、科目限制等难题;再加上,其投资回收期较长,效益贡献在短期内不明显,对投资决策人的投资信心提出挑战。

2.4 技术实施障碍

技术方面,在具体的野外应用中存在以下几个问题:监测站存在定点长久稳定供电的问题,野外偏远地区无通信信号或信号覆盖差,传感器暴露在风、雨、高温、低温、水汽等环境下,存在耐候性和稳定性的问题。同时,人工智能模型训练需要大量

历史样本,但渠道渗漏历史样本数据积累少且缺乏标注,模型难以训练,预警精度和可靠性较低。

3 系统化应用对策与实践路径

3.1 加强顶层设计与战略规划

3.1.1 制定统一技术标准与建设要求

未来智能渠道监测全面推广的前提条件是制定规范统一的行业标准。因此,应由水行政管理部门主导,组织制定《渠道工程智能化监测技术规范》《智慧渠道网建设规划》,明确智能化监测技术的原则、监测传感器安装布设方法、通信协议及接口规范、信息网络安全要求,同时从区域环境、工程条件出发提供差异化的实施要求,并明确分期分步建设目标及系统要求指标^[3];明确智能化监测系统的配置应作为新建渠道工程建设的配置系统及既有渠道改造的强制性内容,以便从项目源头规避因标准缺失或标准差异造成不同系统无法互联互通与集约。

3.1.2 实践路径

从理论政策到工程实践应用还需要通过项目试验进行验证完善,挑选典型渠段进行示范性工程建设是较为实际的途径。示范工程应具有地域气候、工程规模和运行工况的代表性,验证各类检测手段是否适用、系统集成是否稳定可行、运维方式是否可行;记录建设投资、技术难点、运维负担与运行实际效果,并对成功经验与失败教训加以总结,形成几套经过试用验证、可在同类区域内推广复制的标准建设方案和可持续运行计划,以降低项目推广的风险与不确定性。

3.2 构建“空-天-地-水下”一体化协同监测网络

3.2.1 实施差异化监测布设策略

为应对水闸内部空间环境介质分布不均匀、孔隙度各异带来的均匀化技术叠加问题,同时出于对工程安全风险因素差异和渠道位置重要性差异的控制需求,有必要针对高填方、软基、建筑物连接段等高风险渠道采用分布式光纤传感和点阵式渗压渗流计的方式进行连续动态监测以满足对险情探测信号捕获实时性、渗漏病害隐患识别高分辨率的要求^[4];而对于线路长、地形平缓、等级较低的一般地区则采用无人机搭载光学设备或红外热敏设备进行定期踏勘以精准判断大范围温度异变或植被生态变化等间接渗漏预示。该设计可有效避免资源闲置,高效提高监测覆盖程度和科学控制监测成本,实现了监测资源结构优化。

3.2.2 多源数据融合

针对来自不同平台传感器获取的多源、异构、时空变化监测数据,单纯列表展示无法用于做出直观判断,必须集成到统一的数据中台系统,完成多源数据清洗处理、数据格式统一、空间统一、时间校正、关联分析等工作。基于融合后的传感器监测数据、无人机的热红外影像、历史水情数据和气象环境数据,引入人工智能算法开展多源数据融合验证和综合分析,如结合水温数据异常区域与应变变化模式空间时间耦合关系判断真实渗漏风险,可规避单一因素造成的干扰,提升预警信息的精确性与可依从性^[5]。

3.2.3 实践路径

为了能高效准确地实现渗漏测识与查找,可建立多级递推式的渗漏测识查找技术流程:以无人机或者卫星遥感进行大范围的快速初步查证,发现渗漏异区;以地面移动式监测或者加密布设固定式传感器的方式在找到的异区进行查找,确定异区的异质性及大致范围;以对已查找出的疑点派水下机器人或利用高分辨率物探的手段进行查证与缺陷定位。以此逐步推进,精确定点,查漏补缺,避免盲目性的盲目,查险查漏不盲目。

3.3 创新商业模式与资金筹措机制

3.3.1 量化效益

水资源智能监测项目可实现性评估、经济效益评估是项目推广应用的基础,有必要构建项目全面客观效益评估模型,即通过系统方法揭示和量化项目效益,包括因减少渗漏节约水资源效益、因减少工程灾损节约工程修复资金效益、因自动运转降低运维管理人工开支效益、因延长系统使用寿命提升资产收益效益等,转化为货币化指标与项目初期投资和建成后运维费用进行对比,通过投资回收期、净现值等评估方法使项目经济可持续性一目了然,形成决策参考的支撑论据。

3.3.2 探索新模式

为解决资金约束并促进可持续运营,应当创新项目投融资与运行机制。在政府投资项目中可推行工程信息化模式,要求主体工程阶段即同步规划智能监测系统,实现资金捆绑与建设同步;对于资金压力较大的项目,可引入政府与社会资本合作模式,由社会资本方负责系统建设与运营,并通过绩效付费方式获得回报,或采用合同节水管理模式,由专业公司投资建设并从未来节水收益中分成,从而缓解公共财政的短期投入压力^[6]。

3.3.3 实践路径

为引导渠道智能监测系统规范化应用,建议组织编制《渠道智能监测系统经济效益分析指导手册》,规范效益识别原则、量化方法、取值参数以及分析步骤,形成项目可行性研究、实施方案比选、融资方案设计的基础,提高项目论证的科学性和可比较度,帮助通过项目的审批并争取到资金投入。

3.4 推动人才队伍建设与运维体系革新

3.4.1 培养复合人才

智能化监测系统的建设和使用需要多个领域的技术和知识,现阶段水利行业内工程专业技术人员和信息化人才还比较欠缺,需要与高校、培训机构开展智能水利监测相关专业或者课程的培训,增加工程信息化、传感原理及技术、数据处理、设备与系统的维护等内容;企业也要打造在岗人员培训机制,通过在职人员培训和技术培训、项目实战以及技术人员技能认证来提升从业人员的技能转轨和升级,实现满足系统建设、运行和维护不同层次阶段需求的合理梯队建设。

3.4.2 建立智慧运维中心

现行的以人为主导的运维工作对基于智能监测系统的运维

无法做到实时、准确和专业技术判断,需建立汇聚数据信息,实现智能决策分析以及调度安排的智能调度运行管控中心,综合利用各种监测数据和业务应用,实现渠道运行的集中监测和数据可视化呈现,并根据预先设定的监测规则及智能分析模型自动生成预警提示信息^[7];进而制定分级化的预警动作执行流程与处置策略,划分不同的险情等级,对应的发出调度指令、现场巡查及工程处置要求,形成功能性监测-预警-处置-反馈闭环工作流程,提高运维工作效率与风险管控。

3.4.3 实践路径

在组织方面,在渠道管理平台增加数据处理、智能判断数据分析人员配置,由专人对数据进行核对、分析和汇报,提高数据应用率;将设备厂家、方案服务商、科研院所作为渠道管理平台的长期合作伙伴,利用第三方技术外呼、技术外协和专家外协获取设备技术支撑,确保渠道管理平台系统稳定和可持续发展及迭代。

4 结语

渠道智能监测技术是实现渠道渗漏监测和预警的新方法,以感知-传输-平台-分析的全过程为特色,以多种传感器和遥感为感知手段,以现代通信技术为载体,以云平台 and 智能算法为工具。在推广应用过程中,还存在着思想认识不足、体制机制不适应、成本压力大、技术实现难等因素。下一步,应从管理制度顶层设计入手、制订统一标准,组织示范建设;统筹空天地水下监测资源,构建一体协同感知和多源数据融合机制;创新商业模式以缓解资金约束,加强复合型人才培育与现代化的运维体系。从而实现渠道渗漏智能监测技术从点到面应用的转化,改善渠道运行管理的整体水平和抗灾能力。

[参考文献]

- [1]王凤羽.水利水电工程运行调度中的风险管理探讨[J].水电站机电技术,2024,47(3):105-106.
- [2]匡修程.水利水电工程运行调度中的风险管理探讨[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(8):3.
- [3]刘炳胜.水利工程运行管理方式的创新途径[J].安防科技,2021(14):1.
- [4]闫鹏,冯玉平.中小型水利工程泵站运行调度及现代化管理分析[J].工程建设与设计,2021(24):3.
- [5]沈敏桦.中小型水利工程泵站运行调度与现代化管理研究[J].科学与信息化,2021(15):147.
- [6]鲍建腾,孙勇,黄芳,等.做好新时期江苏水利调度工作的思考[J].江苏水利,2020(4):5.
- [7]贾海峰.水资源调度与水利工程优化运行的智能化技术研究[J].生态与资源,2023(10):99-101.

作者简介:

张轩晖(1984--),男,汉族,甘肃武威人,大专,工程师,研究方向为水利工程运行管理,农业供水方向。