

水电水利设施的智能化管理与监测技术探讨

秦宏军

中国水利水电第七工程局有限公司

DOI:10.32629/hwr.v10i4.6946

[摘要] 由于数字经济与新型基础设施建设正在深度融合,故智能化技术对水电水利项目建设、运维及管理模式都有直接、深刻的改变,因此本文从水电水利行业高质量发展的角度出发,系统、有层次地梳理智能化技术在设施管理及监测中的主要应用场景,厘清技术应用中所涉诸种问题,明确突破方向,再结合行业发展诉求,自然、妥帖地推导出未来演进路径,由此为智能化技术与水电水利设施管理监测深度融合提供切实可行的理论参考,也有利于促进行业向精细化、智能化、可持续化方向良性转型。

[关键词] 水电水利设施; 智能化管理; 监测技术; 物联网; BIM技术

中图分类号: TV5 文献标识码: A

Intelligent Management and Monitoring Technologies for Water Conservancy and Hydropower Facilities

Hongjun Qin

Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd.

[Abstract] Due to the deep integration of the digital economy and the construction of new infrastructure, intelligent technology has brought direct and profound changes to the construction, operation, maintenance, and management modes of water conservancy and hydropower projects. Therefore, from the perspective of high-quality development in the water conservancy and hydropower industry, this paper systematically and hierarchically sorts out the main application scenarios of intelligent technology in facility management and monitoring, clarifies various issues involved in technology application, identifies breakthrough directions, and then combines industry development demands to naturally and appropriately deduce the future evolution path. This provides a practical theoretical reference for the deep integration of intelligent technology with water conservancy and hydropower facility management and monitoring, and is also conducive to promoting the industry's benign transformation towards refinement, intelligence, and sustainability.

[Key words] hydropower and water conservancy facilities; intelligent management; monitoring technology; Internet of Things; BIM Technology

1 引言

水电水利设施关乎国民经济发展与人民生命财产安全,承担水资源调配、防洪减灾、电力供应等职能。然而,传统管理与监测模式依赖人工巡检和经验判断,存在响应滞后、数据碎片化、管理效率低、监测精度差等问题,难以满足新时期行业高质量发展需求。幸运的是,物联网、大数据、人工智能等智能化技术迅猛发展,将其融入水电水利设施管理与监测,可打破时空限制,实现全生命周期数字化、可视化、精准化管控,构建一体化管理监测体系,推动行业从“粗放式管理”向“精细化管控”转变。此外,国家正大力推进新型基础设施建设及数字水利发展,为水电水利设施智能化转型提供政策和技术支撑,也对智能化应用提出更高要求,本文讨论由此展开。

2 水电水利设施智能化管理与监测的核心内涵

2.1 智能化管理的核心定义

水电水利设施智能化管理是以行业高质量发展的需求为根本导向,以各种智能化技术为手段,对水电设施规划设计、施工建设、运行维护、报废退役的全生命周期加以协同管控,因此其基本要义就是以数据驱动决策,主动破除各环节间的信息壁垒,系统、有层次地推进管理流程自动化、规范化、智能化,由此自然、合理地引出核心目标:提高管理效率,降低运营成本,保证设施安全稳定运行,又切实兼顾水资源合理调配及生态保护。与传统管理模式不同,智能化管理更重视全流程协同、数据共享,故而更有利于从“被动应对”转向“主动防控”,也因此具备明显的系统性、持续性、智能化及精细化诸种特性^[1]。

2.2 智能化监测的核心要求

智能化监测是智能化管理的基础支撑,其根本目的是建立覆盖全面、精度优良、响应及时的监测网络,对水电水利设施各重要参数、运行状态予以动态采集、智能分析、及时预警,因此其核心要求可以十分自然、妥帖地归纳为三个方面:第一是全面性,即要对大坝、引水系统、厂房、输电线路诸种设施都予以监测,同时采集水位、流量、渗压、位移、水质诸种关键参数。第二是精准性,采用高精度传感器并辅以先进的数据处理方法,最大限度地降低监测误差,保证所获数据真实可靠。第三是实时性,做到监测数据实时采集、实时传输、实时分析,遇设施异常能第一时间预警,切实为应急处置赢得宝贵时间。

3 智能化技术在水电水利设施管理与监测中的核心应用

3.1 BIM技术在全生命周期管理中的应用

BIM(建筑信息模型)技术作为工程数字化的核心,对水电水利设施全生命周期管理有十分明确、实在的技术支撑作用:即以设施三维数字化模型为基础,把工程设计、施工、运维各环节的信息自然、充分地集成起来,由此实现设施信息的可视化及全流程共享。具体而言,在设计阶段,BIM技术有利于开展多专业协同设计,用三维建模做方案比选、碰撞检查,因而能优化设计方案,提高设计效率,也更有利于消除设计阶段的种种漏洞及返工问题。施工阶段可直接利用模型对施工进度、施工质量做动态、精确的控制,严格保证施工符合设计规范。运维阶段更可借助BIM模型直观、清晰地展示设施结构细节及运行参数,因此设备管理、检修计划制定都可智能化,彻底解决传统运维中信息分散、沟通困难的老大难问题。但毋庸讳言,BIM技术真正的价值只有在与各类智能化技术深度融合、数据彼此贯通时方能充分发挥出来^[2]。

3.2 物联网技术在实时监测中的应用

物联网技术的发展为水电水利设施监测带来了充分、成熟的多种技术支撑,因而自然、合理地突破了传统监测模式的种种限制,也由此使实时化、精准化监测都成为现实。具体而言,就是部署各类高精度传感器(水位计、流量计、渗压计等),建设“端-边-云”三层分明、各层协同的监测网络,系统、有序地完成监测数据的采集、传输、处理。终端层所用传感器可视为监测系统的“神经末梢”,直接布置于设施要害部位,实时采集运行参数,边缘层对原始数据作预处理,剔除无效或冗余数据,减轻传输负担,云端层以云计算平台为载体存储海量数据,开展深度分析及异常检测。因此物联网技术真正让水电水利设施监测摆脱对人工的依赖,做到监测过程自动化、全天候可靠监测,也因而成为设施安全运行最有力的技术保障。

3.3 大数据与人工智能在调度预警中的应用

大数据与人工智能深度融合,是以数据驱动推进管理、监测智能化升级,形成从采集到决策的完整闭环。大数据技术可整合设施运行、气象、水文等数据,打破“数据孤岛”,经清洗、融合、建模处理后挖掘内在规律,为管理决策提供支撑。人工智能

则以机器学习算法挖掘历史数据,预判设施运行风险,如设备故障、水位异常等,主动触发预警,增强风险防控主动性。二者结合能实现基于数据的精准水资源调度,根据实时变化动态调整方案,优化配置,减少浪费,提高利用效率。此外,人工智能还有利于设备运维智能化,故障诊断算法可快速定位隐患,降低检修成本,延长设备寿命^[3]。

4 智能化管理与监测技术应用中的关键问题

4.1 技术融合度不足

由于目前智能化技术在水电水利设施管理及监测中的应用有十分明显的“碎片化”特征,故各技术之间缺乏应有的协同衔接,尚不能自然地形成一体化管理监测体系:具体而言,BIM技术与物联网、大数据技术的数据标准不统一,因此二者数据不能互通,BIM模型所含信息的价值无法充分发挥。更严重的是,目前不少技术应用仅做到监测数据采集,而没有与预警、调度、检修诸环节真正深度融合,故技术应用的综合效益不能显现。因此,碎片化的应用模式既是技术资源的极大浪费,也直接限制了智能化管理监测水平的整体提高。

4.2 标准体系不完善

由于智能化管理及监测技术的规范化应用必然要以完备、成熟的标准体系为前提,故而可以很自然、妥帖地看到,水电水利行业目前还没有形成统一的智能化技术应用标准,数据采集、存储、传输诸种标准,以及技术应用、系统建设诸种规范,都尚不健全或未统一。因此不同厂商的设备接口不兼容,不同系统不能互联互通,数据格式不统一致使数据共享、深度分析困难,技术应用规范不明确又导致各单位应用水平参差不齐,部分应用偏离行业发展实际,甚至潜含安全风险。故而标准体系的不完善,就是制约智能化技术规模化、规范化应用的最大瓶颈。

4.3 技术落地成本较高

智能化技术的落地应用必然要经历设备采购、系统建设、技术研发、人员培训诸多环节,因而不可避免地带来较大的成本压力,对中小型水电水利项目来说尤为明显:第一,高精度传感器、智能化管理平台等核心设备及系统价格昂贵,又多数依赖进口,故前期投入成本极大。第二,智能化技术的应用必然要求有既精通水利工程技术,又熟悉信息技术及智能化技术的复合型人才,但毋庸讳言,目前此类人才极度稀缺,因此要实现技术落地,势必要投入额外资金用于人才培养或人才引进,直接推高总体成本。第三,不少老旧设施建成年代久远,结构复杂,智能化改造时既要保证设施的安全性,又要做到技术方案与设施特性的高度适配,故改造难度大、成本高,而改造之后的运维成本也相应地更高,这是智能化技术全面推广时十分现实而突出的障碍^[4]。

5 优化水电水利设施智能化管理与监测的路径

5.1 强化技术融合,构建一体化平台

打破技术应用的碎片化困境,首先要主动、有计划地促进各类智能化技术的协同融合,建设一体化管理监测平台,具体而

言: 第一, 统一数据标准, 厘清BIM技术、物联网、大数据诸种技术的数据格式及接口, 由此做到数据互通共享, 各技术彼此取长补短。第二, 以一体化平台为枢纽, 把监测、预警、调度、检修、管理诸种功能自然、合理地整合在一起, 实现对设施全生命周期的有效协同管控。第三, 抓住关键环节推进技术创新, 系统、扎实地开展高精度监测技术、数据融合技术、智能预警算法等核心技术的研发, 真正让智能化技术发挥最大效益。

5.2 完善标准体系, 规范技术应用

从行业发展的实际需要出发, 有计划、有系统地完善智能化管理及监测技术的标准体系, 先制定统一的数据采集、存储、传输、分析各环节的标准, 规范数据管理流程, 由此自然、妥帖地保证数据的真实性、完整性、可用性, 再据此制定技术应用、系统建设、设备选型各方面的规范, 明确技术应用的具体要求及实现标准, 切实引导各单位规范有序地开展智能化建设。更重要的是, 主动促进企业、科研机构、行业协会各方协同参与标准制定, 让所制定的标准真正科学、实用、前瞻, 也完全契合行业高质量发展的需要。

5.3 优化成本管控, 推动技术普及

针对技术落地成本高的问题, 系统、有层次地采取多种措施优化成本管控, 切实推进智能化技术的普及应用: 第一, 加大政策扶持力度, 以政府补贴、税收优惠、专项资金支持等手段降低企业前期投入成本, 由此自然、有力地鼓励企业加大智能化技术研发及应用投入。第二, 大力推进核心设备及技术的国产化研发, 培育本土优质企业, 打破进口技术垄断, 直接降低设备采购成本, 又因国产化而提高技术的性价比及本地适配性。第三, 重视复合型人才培养, 以校企合作、专项培训、人才引进补贴等方式, 培养大批既懂水利工程又懂智能化技术的专业人才, 从而降低人才引进及培养成本。第四, 对老旧设施的智能化改造制定差异化、有重点的改造方案, 优先改造要害部位及薄弱环节, 采用模块化、轻量化的改造技术, 最大限度减少改造工程量, 做到成本与效益的最佳平衡^[5]。

6 结论

智能化技术融合应用为水电水利设施管理及监测带来机遇, 是行业高质量发展的根本动力。本文对相关技术进行了系统梳理: 先明确核心内涵与典型场景, 再客观讨论技术融合不足、标准不健全、成本较高等问题, 并提出优化路径。需注意, 水电水利设施智能化转型是长期、渐进过程, 需技术创新、标准完善、成本优化、人才培养等要素协同共进。未来应把握技术迭代节奏, 促进技术深度融合, 完善标准体系, 优化成本管控, 提升智能化管理监测水平, 保障设施安全高效运行。同时, 要实现智能化技术与生态保护有机衔接, 促进水资源可持续利用, 为国家水资源安全和能源保障提供支撑, 这才是行业高质量绿色发展的落点。

[参考文献]

- [1]史佳婧. 水利水电项目中的智能化技术应用与发展趋势[A]. 中国智慧工程研究会, 2025工程创新与可持续发展经验交流会议论文集(上)[C]. 杭州中蓝工程有限公司; 中国智慧工程研究会, 2025: 424-426.
- [2]陈设忠. 水利水电工程物联网智能化运行监测系统的构建[J]. 中国战略新兴产业, 2025, (21): 122-124.
- [3]魏萌. 水利水电工程中的水资源管理方法与调度策略研究[J]. 水上安全, 2025, (10): 163-165.
- [4]唐云清. 重大水利水电工程全生命周期质量管理探索与实践[J]. 中国水利, 2025, (09): 42-49+27.
- [5]陆海. 智能化水利水电工程设计中的先进技术应用[A]. 重庆市大数据和人工智能产业协会、重庆建筑编辑部、重庆市建筑协会, 智慧建筑与智能经济建设学术研讨会论文集(一)[C]. 广西南宁天海测绘科技有限公司; 重庆市大数据和人工智能产业协会, 2025: 824-827.

作者简介:

秦宏军(1987--), 男, 重庆忠县人, 工程师, 本科, 研究方向或从事工作: 施工测量, 施工监测, 试验检测。