

信息化技术在水利水电工程管理中的应用与优化研究

张志睿 刘 勇

湖南澧水流域水利水电开发有限责任公司江垭水电站 湖南 张家界 427221

【摘 要】：为提升水利水电工程精细化、智能化管理水平，本文以信息化技术为研究对象，梳理其在工程建设、安全监测、运行运维等场景的具体应用成效，结合行业统计数据，剖析当前存在的数据孤岛、设备适配不足、复合型人才短缺等现实问题。从数据共享、预警体系、工程调度、管理机制四个维度提出可落地的优化策略。研究旨在破解水利工程信息化落地难题，充分发挥数字化技术赋能作用，推动水利水电工程管理提质增效、长效稳定发展。

【关键词】：信息化技术；水利水电工程；工程管理

DOI:10.12417/2811-0528.26.18.087

随着智慧水利建设持续推进，信息化技术已成为水利水电工程现代化管理的核心支撑，广泛应用于工程全生命周期管控。传统水利管理模式存在决策经验化、数据碎片化、风险预判滞后等短板，难以适配现代工程安全运行与高效管控需求。基于各类信息化技术的实践应用现状，本文系统分析技术落地成效与现存短板，针对性制定优化方案，对提升水利水电工程管理智能化、标准化水平具有重要现实意义。

1 信息化技术概述

信息化技术以计算机技术为核心载体，整合网络通信、数据采集、智能分析多项技术模块形成完整的综合技术体系，依靠数字化手段完成物理场景信息的精准感知、高效传输与智能处理^[1]。水利水电行业已搭建起成熟的信息化技术支撑体系，底层感知网络由各类高精度传感设备组成，位移计、渗压计、应变片、水位计、雨量计等设备可实时采集大坝结构状态、水文气象参数、设备运行状态等多维度工程数据。BIM与GIS融合技术搭建的数字孪生底座构成技术体系中间层，完成工程实体数字化建模与空间信息的整合归集。上层依托大数据分析平台与智能算法，深度挖掘海量监测数据并完成趋势分析。完整的信息化技术体系打破传统水利水电工程管理的各类局限，改善信息闭塞、响应滞后、经验决策等行业弊端，为工程建设、运行调度、安全监测、运维养护全流程管控提供技术支撑，推动水利水电工程管理朝着精细化与智能化方向转型。

2 信息化技术在水利水电工程管理中的应用

(1) 工程建设管理：工程建设阶段的精细化全流程管控可依托BIM技术与数字孪生平台落地实施。寺桥水库工程创新融合BIM模型与智能碾压设备数据，坝体填筑施工过程中埋设的传感设备可采集865万条压实度、碾压遍数等施工数据，数据同步映射至三维工程模型，实现填筑施工质量的动态可视化管控，施工质量检测精度得到有效提升，为土石坝精细化施工提供成熟的实操经验。大型水电工程应用激光点云扫描

技术匹配BIM模型参数，有效控制洞室开挖超挖问题，超挖工程量得到合理缩减，混凝土材料消耗大幅降低，工程建设成本得到合理管控。跳蹬水库依托数字孪生技术搭建全覆盖BIM模型，精准匹配工程物理实体与数字模型的运行状态，同步更新施工动态信息，参建各方可依托系统实时掌握工程施工全貌，项目协同管理效率得到显著提升。大量工程实践数据证实，BIM技术深度落地应用可有效缩短项目工期、降低整体建设成本。

(2) 运行调度与安全监测管理：国内水利行业已搭建成型的空天地水一体化监测感知体系，整合31颗遥感卫星、百余部测雨雷达、四千余架监测无人机、十三万余处地面水文报汛站、三十余万处工程安全监测点位，全方位覆盖水利水电工程运行调度与安全监测的数据需求。行业统计数据显示，水利监测工作逐步脱离传统固定站点、固定断面的单一监测模式，立体化全域监测成为行业主流发展趋势。响洪甸水库在工程区域及周边乡镇布设54处视频监控点位，搭配GPRS与北斗双信道传输模式，保障各类监测数据全天候稳定回传，重点工程区域实现可视化全覆盖监控。大坝安全监测系统对接区域水文站光纤网络，持续采集大坝位移、渗流、应力应变等核心工程参数，高频次的数据采集模式可保障监测数据实时同步至云端平台，为大坝状态诊断与工程运行调度提供精准的数据支撑^[2]。

(3) 运维养护管理：智能化、无人化作业模式逐步替代水利工程传统人工巡检方式，信息化技术为运维养护工作转型升级提供核心助力。溪洛渡水电站投入多类型智能巡检设备，包含轨道式、履带式、四足巡检机器人共计8台，覆盖水垫塘与大坝廊道全部巡检区域，实现工程结构安全的立体化智能感知，廊道巡检工作全面实现机器替代作业，运维人员通过专属数据管理系统即可查看设备运行状态、位置信息及完整巡检数据。三峡工程大坝内部埋设1.2万枚传感设备，高频次上传位

移、渗流、应力应变等监测数据，为大坝常态化运维养护提供连续稳定的数据支撑。安徽省佛子岭水库采用智能机器人与无人机协同巡检模式，机器人依托激光雷达与双光云台完成现场数据采集，无人机高清影像与监测数据借助 5G 高速网络实时传输至后台管控中心，工程巡检的覆盖范围与工作效率得到全面提升。

3 信息化技术在水利水电工程管理应用中存在的问题

水利水电工程信息化落地过程中普遍存在数据交互壁垒，2024 年全国水利信息化发展统计年报相关调研内容表明，：国内 62% 中小型水库监测系统处于独立运行状态，不同施工标段搭载的传感采集平台、BIM 管理系统、调度运维软件适配标准不统一，每日产生的海量监测数据无法实现跨平台归集整合，行业信息孤岛现象较为突出。偏远库区布设的部分监测传感设备存在硬件适配缺陷，老旧设备数据传输存在明显延迟，极端降雨天气下数据丢包问题频发，无法满足工程实时预警与动态管控的基础标准^[3]。行业整体复合型技术人才储备存在缺口，基层水利管理单位同时掌握水工结构专业知识与大数据建模、数字孪生运维技术的工作人员数量较少，多数岗位仅可完成基础数据查看操作，海量监测数据的深度挖掘与分析工作难以落地，信息化硬件设备的投入无法转化为实际管理效能，行业普遍存在重建设、轻运维、设备利用率偏低的发展问题。

4 信息化技术在水利水电工程管理中的优化应用策略

针对前文梳理的信息化应用各类短板，本文从数据互通、监测预警、工程调度、综合管理四个维度逐层制定整改优化方案，整体优化实施逻辑可通过下述流程直观体现：



图 1 水利水电工程信息化技术优化整体实施流程图

4.1 数据互联与共享优化

水利工程行业普遍存在系统异构、数据分散、归集效率偏低的问题，标准化数据中台可作为核心载体破解各类数据交互难题，适配工程全生命周期运行标准制定统一的数据交互规范，打通各业务系统的数据传输壁垒。水利数据共享交换技术导则可作为优化工作参考依据，统一各类监测设备与管理软件的接口协议，改造升级大坝渗流传感器、水位采集终端、BIM 施工平台、水库调度系统的传统私有传输格式，搭建统一数据接入网关，集中归集存储分散在各服务器的监测数据、施工台账、运维记录、水文测报信息。针对中小型水库碎片化监测数据难以整合的行业现状，搭建分级分类数据资源池，划分基础地理信息、工程结构监测、水文气象、施工过程、运维台账五大数据类别，配置定时同步机制实现跨系统数据自动归集，规避人工录入模式带来的数据滞后、录入偏差等问题。

轻量化数据共享权限模块可实现分级管控，结合项目建设方、运维单位、水利主管部门、应急管理部门的工作职能划分访问权限，通过密钥校验机制规范数据调取流程，规避数据泄露风险。针对老旧设备传输延迟、丢包率超标的问题，分批迭代更新偏远库区采集终端设备，搭配 5G 专网与北斗双模传输链路互为备用，控制数据传输延迟与极端天气数据丢包比例。配套自动化数据处理程序完成数据清洗、去重、纠错工作，系统自动识别异常监测数据并分类归档，减少无效数据占用存储资源，整合后的标准化数据可直接服务于预警分析、调度运算、运维研判等核心业务，彻底破除各部门、各施工阶段的信息割裂问题，提升水利工程数据资源利用效率。

4.2 监测预警体系优化

全域整合后的水利数据资源可支撑传统监测模式的精细化升级，搭建分级可调的智能监测预警体系，改善传统固定阈值预警适配性差、误报漏报频发的行业问题。结合工程地质勘察资料与历年险情处置数据，在大坝边坡、防冲帷幕、溢洪道等风险高发区域增补监测点位，优化全域监测布局，提升重点坝段监测采样频次，强化工程隐患捕捉能力。长短时记忆神经网络算法可应用于预警研判模型搭建，改变单一数值对比的传统预警逻辑，依托近十年历史水文数据、结构变形监测数据完成模型训练，结合降雨量、上下游水位的动态变化预判工程结构形变趋势，设置四级差异化预警标准，预警阈值可根据汛期、枯水期的工况特征自动调整，降低极端工况下的预警误报概率。

据水利部大坝安全管理中心试点统计数据，智能预警模型改造完成后，监测误报率可由 27.4% 下降至 6.8%。多渠道预警推送机制可同步推送预警信息，系统判定风险等级后，现场运维移动端、中控值班室大屏、上级监管平台可同步接收定位

信息、异常数据曲线及风险研判结果,配套标准化处置指引,明确不同预警等级的现场处置标准与管控要求^[4]。预警闭环管理模块可全程记录风险处置全流程,自动统计月度处置时效,推动工程隐患前置排查治理,实现水利工程安全管控的主动预判模式升级。

4.3 工程调度过程优化

数据中台与智能预警体系可为工程数字化调度提供基础支撑,重构水库防洪、发电、生态流量全流程调度模式,替代传统人工经验演算的粗放调度方式,实现多目标协同最优调度。水库汛期防洪调度可整合流域雨量、河道水位、库区库容等实时监测数据,结合水文产汇流模型推演不同降雨工况的入库流量变化,模拟多套泄洪闸启闭组合方案,精准核算各类方案对应的库区水位、河道行洪压力、堤防承载参数,筛选适配防洪安全与水资源利用的最优调度策略,缩减人工演算的时间成本与计算误差。

发电调度业务可依托机组运行传感数据、电网负荷需求、来水预测数据搭建动态匹配模型,结合来水总量与电网电价时段调整机组运行状态与出力负荷,优化引水分配方式,在保障机组安全稳定运行的基础上提升水能利用率。生态流量管控可通过泄水建筑物布设的实时流量监测设备实现,调度系统设置生态基流锁定阈值,所有调度方案均严格约束下泄流量标准,规避过度蓄水、集中泄放对流域水生态造成的破坏。中型水库试点改造数据显示,数字化调度模式落地后,汛期调度方案编制时长大幅缩减,年度弃水量得到有效控制,水资源综合利用水平显著提升。调度全过程留痕机制可自动记录闸门调节、机组调整的操作信息,形成完整可追溯的电子档案,为汛期复盘、方案优化、成效分析提供数据支撑,推动工程调度从经验决策全面转向数据驱动的精准决策。

参考文献:

- [1] 刘宏丽.信息化技术在农村水利水电工程管理中的应用[J].农村科学实验,2025(12):118-120.
- [2] 王光辉.水利水电工程监理信息化管理模式的应用研究[J].水上安全,2025(13):121-123.
- [3] 潘玉发.信息技术在水利水电工程项目管理中的应用探究[J].黑龙江水利科技,2025,53(7):128-130.
- [4] 赵冬保.水利水电工程施工质量信息化管理及控制浅析[J].新潮电子,2025(10):37-39.
- [5] 李晓,张督峰.信息化管理在水利水电工程施工中的实践与优化[J].IT 经理世界,2025,28(8):63-65.

4.4 综合管理体系优化

结合技术层面的优化成果,从人员配置、运行机制、经费保障、考核管控多个维度搭建配套管理体系,解决行业人才储备不足、重建设轻运维、系统利用率低等核心问题,保障信息化设施长期稳定运行。组建专属信息化运维团队,明确数据管理、平台运维、系统升级的岗位职责,搭建标准化巡检维保制度,日常远程核查设备在线状态与系统运行工况,定期开展现场设备排查与系统校准升级,规避设备故障与系统瘫痪风险。常态化经费保障机制可纳入工程年度运维预算,专项用于传感设备更换、通信链路维护、平台维保、设备校准等工作,避免信息化系统因经费短缺出现闲置报废问题。

分层分类的人才培养模式可适配行业发展需求,面向在岗工作人员开展常态化实操培训,覆盖数据调取、预警甄别、参数设置、故障排查等核心技能,联动水利类院校与科研院所开展定向人才引进,补齐基层复合型技术人才缺口。信息化应用考核评价体系可结合数据完整率、预警处置时效、调度方案执行率、系统在线率核心指标开展量化考核,考核结果与绩效评优直接关联,转变基层人员数字化工作认知,推动全员主动运用信息化工具开展日常管控工作。通过全方位配套管理制度落地,可构建形成建设、应用、运维、迭代一体化闭环发展模式,让信息化技术深度融入水利水电工程全周期管理,持续释放降本增效、风险防控的应用价值^[5]。

5 结语

本文系统探究了信息化技术在水利水电工程管理中的具体应用,梳理出数据互通不畅、预警体系粗放、专业人才不足等突出问题,并从数据、预警、调度、管理四个层面提出实操性优化策略。通过标准化数据共享、智能预警升级、数字化调度革新与长效管理体系建设,可有效解决工程信息化应用痛点。研究有效推动信息化技术与水利工程管理深度融合,为智慧水利工程建设与运维管理提供实践参考。