

信息化监理技术在水利工程安全管理中的应用研究

肖云华

(江苏国兴建设项目管理有限公司, 江苏 泰州 225400)

摘要 由于水利工程的规模越来越大, 技术越来越复杂, 传统的监理方式已经无法满足现代化安全管理精细化、实时化的要求。信息化监理技术把大数据、云计算、物联网、人工智能等先进信息技术与水利工程安全管理的各个方面融合在一起, 从而实现水利工程安全管理的全面创新。本文从信息化监理技术的定义与内涵、核心要素、流程重构入手, 对信息化监理技术在水利工程安全管理中发挥的作用进行系统的阐述, 对技术应用的实施路径进行深入的分析, 以期为提高水利工程的安全管理智能化水平、增强工程安全保障能力提供借鉴。

关键词 信息化监理技术; 水利工程; 安全管理; 数字孪生; 智能研判

中图分类号: TV523

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.04.035

0 引言

水利工程是国民经济核心基础设施, 水利工程安全运行关系到人民生命财产安全、区域经济发展、生态环境的稳定。当前我国水利工程建设的大型化、跨区域、复杂化趋势越来越明显, 传统的水利工程监理模式主要依靠人工巡视、纸质记录、经验判断, 数据传递滞后、风险预测不充分、协同效率低等问题比较突出, 无法满足工程全周期安全施工管理的需求。信息技术迅速发展, 信息化监理技术随之出现, 给水利工程的安全管理提供新的技术支持和管理模式。该项技术创建智能化监管体系, 可以对工程安全要素实施实时感知、数据融合、智能分析和精准控制, 促使安全管理朝着“事前预防、事中控制”的方向转变。对在水利工程安全监管中的应用情况做详细的研究, 对提高监理效率、保证工程质量、推动水利行业发展具有重大意义。

1 信息化监理技术概述

1.1 信息化监理技术的定义与内涵

信息化监理技术是在水利工程全生命周期管理中, 以工程安全为根本, 把现代信息技术同传统工程监理理论结合起来, 在工程建设及运行过程中, 对涉及工程安全的各类信息实施实时采集、传输、处理并加以应用的技术体系, 目的在于对工程的核心要素实施智

能化、精细化的监督管理^[1]。核心含义主要涵盖平台化建设、智能化处理、现代化监控、科学化决策四方面内容, 平台化建设成为信息管理中枢, 可进行信息共享、协同, 智能化处理采用算法模型, 挖掘数据, 提取安全要素、风险特征, 现代化监控依靠非接触式设备、远程传输技术, 进行全域实时覆盖, 科学化决策依靠数据来形成风险处置方案、管理策略, 使监理工作由传统的经验依赖变为数据驱动。

1.2 信息化监理技术的核心要素

信息化监理技术的有效运转需要技术支撑、数据资源、管理机制这三个主要要素互相配合。技术支撑体系属于基础保障, 全链条技术架构, 感知层用高精度传感器等设备获取工程结构、水文环境等各方面的数据, 传输层依靠 5G 等技术建立通信网络, 保证数据实时、稳定地传输, 平台层用云计算等技术实现数据的存储、加工和调度, 应用层借助数字孪生建模等技术为用户提供可视化监控等服务。数据资源为根本驱动力, 工程设计、施工过程等各种数据类型的数据, 按照统一的数据标准进行融合, 形成工程安全数据链条。管理机制主要是多主体合作、数据安全保障、数据共享、技术应用等方面的一系列制度和规范, 并且把所有主体之间的权责明确化, 通过建立分级授权的数据共享模式和制定具体技术应用等标准规范来实现技术的有序有效。

作者简介: 肖云华 (1972-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 水利工程。

2 信息化监理技术在水利工程安全管理中的功能体现

2.1 实时监测预警功能

实时监测预警属于信息化监理技术在水利工程安全管理中最基本的功能。依靠建立全域覆盖智能感知网络,达成对工程关键安全要素精确监测和风险早期警报。利用部署在工程结构的关键部位、水文沿线以及施工区域等处所传感器来实时采集坝体沉降、渗流量等主要参数,结合气象环境数据,经边缘计算节点预处理之后,剔除掉异常的数据并提取出关键的特征之后传送到云端平台进行深度的分析。平台根据预设阈值以及算法对数据进行研判,参数接近或者超出阈值的时候就发出多级预警,采用各种形式通知责任人,并生成初步的处理意见,提供数据支持。打破以往的人工监测方式,从以前的定点定时监测变为现在全域实时监测,提高了风险识别的及时性和准确性,争取到了隐患早发现、早处理的宝贵时间^[2]。

2.2 协同管控赋能功能

协同管控功能成为信息化监理技术提升水利工程安全管理效率的动力。通过建立统一的云端平台以及多主体交互系统来打破各方面的信息壁垒,从而达到全过程高效协同、闭环管控的目的。该功能以通信网络、数据体系为依托,依靠云端平台构建起信息交互的中枢,按照分级授权来确定各方的职责,使各方按照自己的需求获取工程安全信息。并且有实时交互功能,可以完成在线协同作业,取代线下的低效方式,达到信息实时准确地传递。可以在复杂的管理情况下,协调各个段的配合,共同处理安全隐患,合理调配资源提高应急响应效率。使用移动终端以及5G技术,能够达到现场人员的即时反馈与远程调度的目的,构建起一个立体化的协同管理局面,改善传统管理模式,优化协同效果和响应速度,解决传统模式存在的问题。

2.3 全周期追溯功能

全周期追溯功能依靠创建完整的数字化数据链,达成水利工程安全管理全过程信息的可追溯、可核实,为责任认定与管理优化提供强有力的数据支撑。该功能依靠统一的信息管理平台,将工程从设计、施工到运行维护各阶段所有的安全相关数据整合在一起,包括设计图纸、材料检验报告、施工记录、监理日志、监测数据、隐患处置记录等,经过数据标准化处理和关联建模,建立“数据—事件—责任”的对应关系。工程出现安全问题时,可以借助平台快速追溯问题产生的全过程信息,精确定位问题产生的原因及责任人;

通过统计分析追溯数据可以发现工程安全管理中普遍存在的问题以及薄弱环节,从而给优化监理策略、改善管理流程提供数据支持。该功能所形成的数字化档案可以满足工程竣工验收、审计检查、后期维护等所有数据需求,保证工程安全管理水平的连续性和规范性^[3]。

3 信息化监理技术在水利工程安全管理中的实施路径

3.1 基于数字孪生的可视化监理平台构建

基于数字孪生的可视化监理平台是信息化监理技术应用的主要载体,利用BIM、GIS、实时监测等技术来构建与物理工程精准映射的数字孪生体,从而达到工程安全管理的可视化、透明化控制。在实施时,首先要用BIM技术进行工程三维数字化建模,包含工程结构、管网线路、设备设施等全部要素,再加入GIS地理空间信息,完成工程周边地形地貌、水文环境的一体化呈现;然后,创建数字孪生体与物理工程的实时数据映射机制,把感知网络采集的结构状态、施工工况、环境参数等实时数据接入平台,依靠数据驱动使数字孪生体动态更新,准确地复制出物理工程的运行状态;在此基础上开发可视化管控功能模块,即工程全域三维漫游、关键部位状态实时展示、施工进度动态跟踪、风险区域可视化标注等,使管理人员通过平台可以直观了解工程安全全貌;同时集成模拟仿真功能,可以对极端天气、施工偏差等场景进行模拟分析,预估可能会出现的安全风险,给优化监理决策提供支持^[4]。

3.2 多源感知网络的精准部署与数据融合

多源感知网络精准部署和数据融合是信息化监理技术有效运转的基础,要结合工程类型、结构特点、安全控制重点来创建全域覆盖、精准高效的感知体系,并且把多种类型的数据融合起来。在感知网络部署上按照“关键部位全覆盖、风险区域高精度”的原则,在大坝、堤防、隧洞等核心结构上布设沉降、位移、应力、渗流等高精度传感器,实现结构安全状态的实时监测,在施工区布设视频监控、人员定位、设备监控等设备,实现对施工人员操作规范、设备运行状态、施工工序合规性的动态监管,在水文沿线及周边区域布设水位、流量、降水、风速等环境传感器,实现外部环境影响的实时感知,搭配无人机巡检技术,对大范围、高难度区域开展周期性巡查,弥补固定传感器的覆盖不足。数据融合时先创建统一的数据标准体系,规范不同类型传感器的数据格式、采集频率、精度要求,保证数据兼容,再创建边缘计算和云端协同的处理架构,边缘节点对实时采集的数据进行清洗、降噪、格式转换

等预处理,减轻数据传输的压力,云端平台用大数据融合算法,将结构数据、施工数据、环境数据融合起来,提取出反映工程安全状态的关键特征,给后面的风险研判提供高质量的数据支持。

3.3 AI 驱动的风险智能研判与预警机制构建

创建以 AI 为驱动的风险智能研判和预警系统,是提升信息化监理技术核心作用的有效方式,利用机器学习、深度学习等人工智能算法实现工程安全风险的精准识别、趋势预测、分等级预警。实施时,先做工程安全风险特征提取,根据水利工程常见安全隐患种类(坝体裂缝、堤防渗漏、边坡失稳等),找出各种风险的表征参数及其变化规律,创建风险特征数据库;接着,依靠历史监测数据、隐患处置记录、工程设计参数等数据资源,训练构建多维度风险研判模型,包含风险识别模型、趋势预测模型以及等级评估模型,其中风险识别模型可以比较实时数据和正常阈值,准确找到异常工况,趋势预测模型根据时序数据变化规律,预估风险发展趋向,等级评估模型融合风险影响范围、危害程度等指标,对风险等级做出精确划分。在此基础之上,根据风险等级设定不同的预警阈值和响应程序,对低等级风险直接发送预警信息给现场监理人员,对中等风险发布现场核查命令并限时回复,对于高等级风险启动应急处理程序并同时通知相关责任单位。并且要建立模型动态优化机制,使用越来越多的数据去优化模型参数,从而改善风险研判的准确性以及适应性。如洞庭湖堤防加固工程使用该机制对防渗墙施工的关键参数进行实时监测,实现异常预警,有效杜绝偷工减料现象,保证施工质量和安全。

3.4 云端协同的监理流程数字化管理体系搭建

云端协同的监理流程数字化管理系统的创建是提高监理工作效率的重要保证,借助云端管理平台,达成工程参与者各方的协同工作以及监理流程的完全数字化管控。第一,确定平台核心功能模块,包含合同管理、图纸审核、进度控制、质量监督、安全管理、资料归档等全部监理业务的全流程线上办理,包含监理规划编制、监理日志录入、整改指令下达、验收结果审核等业务的线上办理;第二,建立多主体协同机制,给建设单位、监理单位、施工单位、设计单位等参建方分配不同的平台权限,实现信息实时共享、高效交互,施工单位通过平台提交施工方案、进度报表、隐患整改报告等资料,监理单位在线审核并反馈意见,建设单位随时掌握工程进展和安全状况,克服了传统线下沟通滞后、信息不对称的缺点^[5]。

3.5 技术应用保障体系的协同构建

技术应用保障体系的协同创建是信息化监理技术长期稳定地落地并能够持续运转的关键支撑,主要从标准规范、人才培育、安全防护三个方面创建起一个协同的保障体系。就标准规范而言,依据水利工程的特性以及信息化技术应用的需求,制订完善的技术标准和管理规范,包含感知设备部署标准、数据采集与传输标准、平台建设技术规范、风险研判指标体系、监理流程数字化规范等,明晰各个环节的技术要求和操作准则,保证技术应用的一致性、规范性,推进行业层面标准的协同衔接,达成与已有的水利工程管理标准、信息技术标准的兼容匹配。在人才培养方面创建起“技术+管理”的复合型人才培养体系,一方面加大对已有的监理人员进行信息化技术培训的力度,提升其感知设备的操作水平、平台应用的能力、数据解读的水平、风险研判的水平;另一方面引进信息技术领域的专家人才,充实监理队伍的技术力量,形成相互补充、协作共进的人才结构;并搭建起常态化的培训体系,采用案例教学、实操训练、行业交流等形式不断改善团队技术水平。

4 结束语

信息化监理技术在水利工程安全管理领域的应用,意味着传统的工程监理开始转向智能化与数字化范式的大变革。依靠技术融合创新构建的实时感知、智能研判、协同管控体系,冲破了传统管理模式时空覆盖、风险预判、资源整合方面的限制,也带动了安全管理模式由被动应对转为积极防范。信息化监理会随着技术更新和生态完善不断赋能水利工程全生命周期的安全管控,给智慧水利体系人、机、物深度融合提供关键支持,促进行业的高质量发展和国家水安全战略的深入实施。

参考文献:

- [1] 汤磊,徐晖.基于信息化技术的水利工程施工质量安全管理方法[J].大众标准化,2025(03):170-172.
- [2] 汤荣昌.水利水电工程监理的重点及意义分析[J].中国高科技,2024(16):91-92,95.
- [3] 王磊.水利工程施工监理工作中技术创新与现代化手段的应用研究[J].水上安全,2024(03):178-180.
- [4] 张玉萍.水利工程施工监理技术的创新与发展[J].水上安全,2023(12):151-153.
- [5] 王烁然.水利工程施工监理质量和进度控制对策研究[J].工程建设与设计,2023(04):235-237.