

水利水电工程安全管理信息化建设

李 明

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

摘 要：水利水电工程安全管控场景复杂、风险多元、周期漫长，传统人工管理模式存在诸多短板，难以适配现代化建设需求。本文梳理其安全管理信息化建设的内涵、必要性与发展现状，深入剖析数据孤岛、技术应用浅显、系统适配不足、保障体系薄弱等核心问题。从数据体系、智能技术、平台优化、保障机制四个维度提出针对性优化策略，为水利水电工程安全管理数字化、智能化转型升级提供参考。

关键词：水利水电工程；安全管理；信息化建设

引言：水利水电工程高危作业多、风险随机性强，全生命周期安全管控难度极大，传统经验式管理易出现管控滞后、隐患漏判、追溯困难等问题。随着智慧水利政策落地与数字技术迭代，信息化转型成为工程安全提质增效的核心路径。为破解当前建设中的各类痛点问题，推动安全管理从经验驱动转向数据智能驱动，本文系统探究其信息化建设现状、问题及优化对策，助力工程安全管控高质量发展。

1 水利水电工程安全管理信息化建设概述与需求

1.1 水利水电工程安全管理特点

（1）管控场景复杂。水利水电工程建设涉及高边坡开挖、深基坑支护、水下基础施工、大型机电设备安装等多种高危作业场景，不同施工阶段作业面交错、工序衔接紧密。自然环境和施工工况动态变化，地质条件、水位波动、气候因素相互叠加影响，安全风险随机性强、不可预见性突出，现场安全管理面临较大挑战。

（2）风险类型多元。工程风险涵盖地质条件突变、施工操作偏差、大型设备运行故障、水文气象骤变等多种类别，各类风险相互耦合叠加，一种风险往往触发多种次生风险，连锁反应概率较高，协同处置难度大，对安全管理的前瞻性和系统性提出较高要求。（3）管理周期漫长。安全管理贯穿工程勘察设计、施工建设、竣工验收及后期运维全生命周期，时间跨度常达数年至数十年不等。各阶段安全管控的侧重点各异，勘察阶段重地质风险识别，施工阶段重现场作业安全，运维阶段重结构健康监测，管控连续性要求极高，需要建立起覆盖全生命周期的长效安全管理机制^[1]。

1.2 安全管理信息化建设核心内涵

（1）信息化建设定义。依托物联网、大数据、云计算、数字孪生等现代信息技术，全面整合工程安全管控各类资源与要素，构建覆盖安全数据采集、传输、存

储、分析、预警、处置、归档全链条的数字化管理体系，实现安全管理从传统经验驱动向数据驱动转型。

（2）信息化建设核心目标。构建安全风险动态感知、隐患精准排查、预警及时高效、管理全程溯源、决策科学智能的现代化安全管控体系。通过实时监测掌握工程安全态势，通过数据分析识别潜在风险，通过智能预警实现关口前移，全面提升安全管理效能。（3）信息化建设核心价值。有效突破传统人工管理模式在信息获取、传递、处理等方面的固有局限，规避人为疏漏与响应滞后问题，推动安全管理向标准化、精细化、智能化方向系统升级，切实筑牢水利水电工程安全防线。

1.3 安全管理信息化建设必要性与可行性

（1）建设必要性。传统安全管理模式存在信息传递滞后、管控覆盖片面、责任追溯困难等明显短板，难以满足现代水利水电工程建设安全管理要求。信息化建设是防范重大安全事故、落实行业安全规范、推动水利工程高质量发展的必然要求与关键抓手，对于提升本质安全水平具有重要意义。（2）政策可行性。近年来国家及水利部密集出台智慧水利建设、工程数字化转型等相关政策文件，明确将信息化作为提升水利工程安全管理水平的重要途径，为信息化建设提供了明确的政策支撑与行业导向，实施环境日趋成熟。（3）技术可行性。物联网智能感知、大数据挖掘分析、数字孪生仿真推演等关键技术日趋成熟，已在相关领域取得验证，具备适配水利水电工程复杂场景安全管控实际需求的技术能力，为信息化建设落地实施提供了可靠技术保障。

2 水利水电工程安全管理信息化建设现状及现存问题

2.1 信息化建设整体发展现状

（1）硬件设备逐步普及。多数大中型水利水电工程已部署各类传感器、智能监控摄像头、无人机巡检等感知设备，涵盖位移监测、应力应变监测、水位水压监

测、视频监控等多种类型,实现关键部位安全数据的初步采集与实时回传,感知终端覆盖面持续扩大,现场物联感知网络骨架基本形成,为后续数据深度应用奠定了硬件基础。(2)管理平台初步搭建。各类工程安全管理信息化平台陆续投入使用,功能覆盖隐患上报与闭环处置、设备全生命周期管理、人员实名制与培训管控等基础业务,部分平台已集成移动端应用,线上化办公模式初步确立,信息流转效率较传统纸质管理模式有所提升,部分项目已实现业务流程在线化全覆盖。(3)智能化应用逐步落地。部分重点工程先行引入智能预警、线上巡检、数字化台账等功能模块,以信息化手段替代部分传统人工管理流程,安全管理数字化转型取得阶段性进展,管理精细化程度逐步提高,为全面智能化升级积累了实践经验。

2.2 信息化建设现存核心问题

(1)数据体系不完善,数据孤岛突出。各部门、各系统之间数据标准不统一、接口不互通,采集频次与更新时效性不足,系统间耦合度低、解耦难度大,难以实现跨系统、跨层级的数据共享与综合分析,数据资产价值未能有效释放,安全管理决策缺乏充分的数据支撑。

(2)技术应用深度不足。多数项目仍停留于基础数字化记录层面,对大数据智能分析、数字孪生仿真推演、风险主动预判等高端技术应用深度有限,数据利用效率较低,智能化管控水平与实际需求之间仍存在明显差距,信息化建设“重记录、轻分析”的倾向尚未根本扭转。

(3)系统适配性较差。部分信息化平台通用化程度偏高,未充分结合水利水电工程高边坡、深基坑、水下施工等特殊施工场景及风险特征进行定制开发,系统功能与实际业务需求脱节,现场实操性不足,一线管理人员使用意愿偏低,影响系统实际应用效果^[2]。

2.3 信息化管理保障体系存在短板

(1)制度规范不健全。当前缺乏统一的信息化安全管理标准、操作规范及配套考核评估机制,各项目信息化建设标准不一、流程不规范,信息化主管部门职责界定模糊,管理规范化程度有待提升。(2)专业人才匮乏。兼具水利安全管理业务知识及信息化技术能力的复合型人才严重短缺,基层管理人员在设备运维、平台操作、数据分析等方面能力不足,人才培养周期长、引进难度大,人才来源渠道狭窄,制约信息化系统效能充分发挥。(3)资金投入不均衡。资金配置呈现重硬件采购、轻运维升级与人才培养的倾向,后期维护资金紧缺,信息化系统迭代更新投入不足,年度维护预算占比偏低,难以适配工程动态变化的安全管控实际需求,影

响系统持久生命力。

3 水利水电工程安全管理信息化建设优化策略与保障措施

3.1 构建一体化数据共享与采集体系

(1)统一数据标准规范。制定覆盖工程安全数据采集、录入、传输、存储全链路的统一标准,明确监测数据、隐患数据、人员设备数据等各类核心数据的格式要求、字段定义与编码规则,统一数据接口协议与交换规范,建立数据质量校验机制与异常数据识别规则,从源头保障数据完整性、一致性、准确性,消除因标准不一、口径差异导致的数据壁垒,为跨系统数据互联互通奠定坚实基础^[3]。(2)搭建全域数据共享平台。整合施工、运维、监管等多部门数据资源,构建统一数据中台与数据湖,采用分布式存储与高效检索架构,打通各系统数据壁垒,实现跨部门、跨层级数据互联互通与实时共享,建立数据分级分类管理机制与细粒度权限控制体系,在保障数据安全的前提下最大限度释放数据综合价值,为安全管理决策提供及时准确、全面可靠的数据支撑。(3)优化全域数据采集网络。按照“重点密布、过渡适量、外围稀疏”原则,科学规划传感器、智能监控、智能巡检设备布局,针对高边坡、深基坑、水下施工等关键风险部位加密布设感知终端,对一般区域合理覆盖,建立设备定期巡检与计量校准制度,确保采集数据真实可靠,实现工程安全态势全方位、全时段、多维度感知覆盖,确保数据采集完整准确、无盲区、不间断。

3.2 深化核心信息技术智能化应用

(1)基于大数据构建智能预警体系。搭建安全风险分级预警模型,深度融合历史数据与实时监测数据,运用机器学习算法不断优化预警准确率,降低误报漏报率,实现边坡滑移、设备故障、水文风险等隐患的精准预判与分级预警推送,建立预警信息分级响应、闭环处置与效果评估机制,有效提升风险防范前瞻性与应急处置效率。(2)引入数字孪生仿真管控。构建工程安全管理数字孪生场景,开展工程性态多工况仿真模拟、风险可视化管控及处置方案智能匹配,以虚拟仿真指导实际管控,实现工程安全状态实时映射、异常态势推演预判、应急预案优化比选,通过虚实交互迭代不断提升管理水平,全面提升安全管理决策科学性与精准性。数字孪生平台应具备实时数据驱动能力,确保虚拟模型与物理实体状态同步,为安全管控提供精准映射^[4]。(3)完善全流程信息化管控功能。持续优化平台隐患排查、线上审批、应急调度、台账溯源、人员实名制管控等功能模块,打通各业务环节数据链路,实现安全管理全流程数字化闭环,确保每个环节有记录、

可追溯、能考核,切实提升安全管理整体效能,形成"发现-处置-验收-归档"的完整业务闭环。同时,引入流程自动化技术,减少人工干预环节,提升业务处理效率与标准化水平。

3.3 优化信息化管理平台适配性建设

(1) 定制化开发功能模块。结合水利水电工程施工、运维特殊场景,针对性开发风险辨识、水文监测、高空及水下作业安全管控等专属模块,深度贴合业务实际需求,集成施工进度安全联动、地质灾害预警联动等特色功能,采用模块化设计便于灵活配置与扩展,提升系统与现场管理的匹配度。各功能模块应支持按需启用和个性化配置,满足不同规模、不同阶段工程项目的差异化需求。(2) 简化平台操作流程。优化系统界面设计与操作逻辑,充分适配一线管理人员操作习惯,精简数据录入与审批流转环节,支持移动端便捷操作,降低信息化操作门槛与学习成本,提高现场使用积极性与实效性,确保系统真正用得上、用得好、用得惯。建立用户反馈快速响应通道,及时收集和解决操作中遇到的困难与问题,持续优化用户体验。(3) 建立平台动态迭代机制。结合工程建设进度推进、行业技术更新及政策调整,建立常态化需求反馈与版本迭代机制,定期收集一线用户意见与使用数据,持续优化升级平台功能,保持系统持续适配性与先进实用性,避免平台建设"一次性交付、长期不更新"的突出问题。迭代周期原则上不超过半年,重大安全需求实现快速响应上线^[5]。

3.4 完善信息化建设全方位保障体系

(1) 健全制度保障体系。制定信息化安全管理操作规范、数据管理制度及考核奖惩制度,规范信息化管理工作流程,明确各级职责分工与协同机制,将信息化应用成效纳入绩效考核体系,建立定期检查与评估机制,确保各项工作有章可循、有据可查、责任到人、落实到位。制度体系应覆盖信息化建设、运维、使用、考核全生命周期,形成闭环管理。(2) 强化人才队伍建设。开展分层级信息化技能培训,针对管理人员、技术人员、

一线操作人员分别设计培训内容与考核标准,引进兼具水利安全管理与信息化技术能力的复合型专业人才,组建专属信息化运维与管理团队,建立人才梯队培养机制与激励政策,持续提升团队整体素质与业务能力,筑牢信息化建设智力基础。年度培训计划应覆盖全员,重点岗位人员持证上岗率力争达到100%。(3) 优化资金与运维保障。合理分配建设资金,建立信息化专项资金保障机制与预算管理制度,加大系统运维、技术升级及人才培养投入,设立年度运维专项预算并纳入工程整体预算体系,建立常态化设备检修与系统维护机制,及时更换老旧设备、修复系统漏洞、升级软件版本,确保信息化系统持续稳定运行,为安全管理信息化纵深发展提供坚实保障。运维资金占信息化总投资比例应逐年提升,确保系统长期健康运行。

结束语

综上,信息化建设是破解水利水电工程安全管理难题、筑牢工程安全防线的关键举措。本文针对当下信息化建设的数据、技术、平台、保障四大短板,构建了全方位、全流程的优化体系。未来需持续深化数字技术融合应用,完善长效保障机制,动态迭代优化管理平台,持续提升安全管控精细化、智能化水平,推动水利水电工程安全管理实现长效、高质量发展。

参考文献

- [1]李长青,马宏元.智慧水利在水利水电工程安全管理中的应用研究[J].水上安全,2025,14(09):132-135.
- [2]李文杰,王利庆.基于在线监控系统的水电站工程安全信息化管理应用[J].四川水力发电,2025,44(01):112-115.
- [3]刘六宴,李宏恩.智能大坝研究进展与发展路径思考[J].岩土工程学报,2024,46(08):91-97.
- [4]王军胜.智能化监测技术在水利工程安全信息化管理中的运用[J].水电水利,2025,9(10):56-60.
- [5]尹建部,李振卿,赵香玲.BIM技术在水利水电工程施工安全信息化管理中的应用[J].中国设备工程,2022,11(05):88-90.