

智能化监测技术在水利建设工程安全管理中的应用进展

刘 静 李 浩 杜宇翔

内蒙古河套灌区水利发展中心 内蒙古 巴彦淖尔 015000

【摘要】：智能化监测技术为水利建设工程安全管理提供了全新路径，其深度融合能够提升安全管理的精准性与时效性，保障工程建设全过程安全。阐述智能化监测技术在水利建设工程安全管理中的应用价值，分析技术应用的核心方向与实践模式，探讨应用过程中的关键点与优化路径。明确智能化监测技术在风险预警、过程管控等方面的核心作用，为水利建设工程安全管理的智能化升级提供支撑。

【关键词】：智能化监测技术；水利建设工程；安全管理；应用进展；风险预警

DOI:10.12417/2811-0528.26.05.061

水利建设工程安全管理关乎工程质量与运行稳定，直接影响区域水资源调配与防灾减灾能力。传统监测方式存在响应滞后、覆盖范围有限等不足，难以满足复杂水利工程建设的安全管控需求。智能化监测技术凭借感知全面、分析高效等优势，逐渐成为突破传统管理瓶颈的重要支撑。梳理智能化监测技术在水利建设工程安全管理中的应用逻辑，明确技术应用与安全管理的内在关联，为后续深入探讨技术应用细节、解决实际管理难题奠定基础，衔接技术应用实践与安全管理升级的核心议题。

1 水利建设工程安全管理现存问题及智能化监测技术应用必要性

1.1 水利建设工程安全管理核心痛点解析

水利建设工程多处于复杂地质与水文环境中，安全管理需兼顾施工过程与周边环境的动态变化，核心痛点集中在风险识别的精准度不足与管控的及时性欠缺。工程建设涉及地基处理、主体浇筑、设备安装等多个环节，各环节安全风险相互关联，单一环节的隐患若未及时发现，易引发连锁反应。同时，水利工程多具有规模大、周期长的特点，不同施工阶段的安全重点存在差异，传统管理方式难以实现对全流程、多维度风险的全面掌控，部分隐蔽工程的安全隐患更是难以排查，给工程安全带来潜在威胁。

1.2 传统监测模式在安全管理中的局限凸显

传统监测模式以人工巡检与定点监测为主，受人为因素与设备性能限制，存在诸多局限。人工巡检依赖经验判断，易出现漏检、误判等情况，且难以适应恶劣天气与复杂地形下的监测需求，监测效率低下^[1]。定点监测设备覆盖范围有限，无法实现对工程全域的连续监测，数据采集存在时间间隔，难以捕捉风险突变的关键节点。传统监测数据的处理多依赖人工整理分析，数据传递环节繁琐，导致风险预警滞后，无法为安全管

控决策提供及时有效的支撑。

1.3 智能化监测技术适配安全管理需求的核心逻辑

智能化监测技术通过各类传感设备、网络传输与智能分析算法的协同作用，精准匹配水利建设工程安全管理的核心需求。技术体系能够实现对工程全域的实时感知，打破传统监测的空间与时间限制，全面捕捉工程结构与周边环境的细微变化。通过数据的自动采集与智能分析，能够快速识别潜在安全风险，精准定位隐患位置与发展趋势，为安全管控提供精准依据。同时，智能化监测技术能够实现风险预警的自动化与智能化，缩短风险响应时间，推动安全管理从被动处置向主动预防转变，契合水利建设工程安全管理的本质需求。

2 水利建设工程安全管理中智能化监测技术的应用体系构建

2.1 多维度感知系统的搭建与安全监测覆盖

多维度感知系统的搭建是智能化监测技术应用的基础，需结合水利建设工程的结构特点与施工流程，构建全域覆盖、多参数协同的感知网络。在工程关键部位布设位移、沉降、应力、渗流等各类传感设备，同时整合气象、水文等环境监测数据，实现对工程结构安全与周边环境变化的全面感知^[2]。传感设备的选型需兼顾精度与稳定性，适应水利工程复杂的野外环境与长期监测需求，通过设备的标准化安装与校准，保障监测数据的可靠性，为后续数据处理与分析提供高质量的数据支撑。

2.2 数据传输与处理体系的优化与安全管控衔接

数据传输与处理体系的优化是保障智能化监测高效运行的关键，需构建稳定、高效的传输网络与智能的数据处理平台。依托无线通信、卫星传输等技术，实现监测数据的实时传输，确保数据能够快速送达管控中心，解决传统数据传输滞后的问题。数据处理平台整合数据清洗、融合、分析等功能，通过智

能算法对海量监测数据进行深度挖掘,剔除无效数据,提取关键信息,明确数据背后的安全风险关联规律。同时,推动数据处理体系与安全管控流程的深度衔接,实现数据信息向管控指令的快速转化,提升安全管理的响应效率。

2.3 智能分析决策模块与安全管理流程融合

智能分析决策模块是智能化监测技术赋能安全管理的核心,需实现与安全管理流程的深度融合,提升管控决策的科学性与精准性。模块基于工程安全相关规范与历史数据,构建风险评估模型,能够对监测数据反映的安全状态进行自动评估,精准识别风险等级。针对不同等级的安全风险,自动生成对应的管控建议与处置方案,为安全管控人员提供决策支撑。通过与工程施工进度、质量管控等流程的协同,将智能分析决策结果融入日常安全管理工作,实现安全风险的动态管控,确保工程建设全过程的安全稳定。

3 智能化监测技术在水利建设工程关键环节的应用实践

3.1 地基与基础工程施工安全的智能化监测实施

地基与基础工程是水利建设工程的核心支撑,其施工安全直接决定工程整体稳定性,智能化监测技术在此环节的应用重点在于实时掌控地基变形与承载力变化。通过在地基处理区域布设沉降传感器、孔隙水压力传感器等设备,实时监测地基沉降量、沉降速率与孔隙水压力变化,精准捕捉地基施工过程中的异常变形^[3]。结合地基处理工艺,将监测数据与施工工序同步关联,实时判断地基处理效果,避免因地基不均匀沉降或承载力不足引发安全隐患。针对深基坑、高边坡等复杂地基工程,通过三维激光扫描等技术实现对基坑边坡变形的立体监测,全面保障地基与基础工程施工安全。

3.2 主体结构施工过程中安全的动态监测应用

主体结构施工过程中,结构应力、变形等参数的变化直接关系到工程安全,智能化监测技术通过动态监测实现对施工过程的精准管控。在大坝、水闸等主体结构施工中,在钢筋、混凝土等关键构件上布设应力传感器、应变传感器,实时监测结构在浇筑、养护等过程中的应力变化,确保结构受力符合设计要求。利用视频监控与智能识别技术,对主体结构施工工序的规范性进行监测,及时发现违规施工行为。同时,结合结构施工进度,动态调整监测点位与监测频率,实现对主体结构施工全过程的动态跟踪监测,保障主体结构施工质量与安全。

3.3 临时设施与周边环境安全的智能化管控

临时设施与周边环境的安全是水利建设工程安全管理的重要组成部分,智能化监测技术在此领域的应用实现了风险的

全面管控。针对脚手架、模板支撑等临时设施,布设位移、应力传感器,实时监测设施的稳定性,避免因设施失稳引发安全事故。在工程周边区域,通过布设边坡位移传感器、地下水位监测设备等,监测周边边坡、基坑周边建筑物的变形与地下水位变化,评估工程施工对周边环境的影响。利用智能预警系统,当监测数据超出预警阈值时,自动发出预警信号,及时采取管控措施,保障临时设施与周边环境安全。

4 智能化监测技术应用于水利建设工程安全管理的优化策略

4.1 技术应用过程中核心难题的针对性破解

智能化监测技术在水利建设工程安全管理应用中面临诸多核心难题,需采取针对性措施破解。针对复杂环境下传感器稳定性不足的问题,优化传感器防护设计,选用适应高温、高湿、强腐蚀环境的专用设备,同时建立定期校准与维护机制,保障设备长期稳定运行。针对多源监测数据融合难度大的问题,构建统一的数据标准与融合算法,实现不同类型、不同来源数据的有效整合,提升数据利用效率。针对技术应用成本较高的问题,优化监测点位布设方案,结合工程实际需求精准布设监测设备,避免过度监测,同时推动监测设备的国产化替代,降低应用成本。

4.2 监测系统与安全管理体系的深度协同完善

监测系统与安全管理体系的深度协同是提升安全管理效能的关键,需从流程与机制层面进行完善。安全管理涉及风险排查、隐患识别、应急处置等多个关联环节,各环节对监测数据的需求存在差异,梳理各环节的核心数据诉求与应用场景,将监测系统精准嵌入安全管控全流程,实现监测数据采集、传输、分析与管控流程的无缝对接,让监测结果直接为风险研判提供精准依据,为隐患处置提供科学支撑,切实发挥数据对安全管理的赋能作用。建立健全监测数据共享机制,打破各管理部门之间的信息壁垒与数据孤岛,通过搭建统一的信息共享平台,整合不同部门的监测资源与管理数据,实现监测信息的实时互通与全面共享,提升管理决策的协同性与整体性^[4]。优化监测预警与处置联动机制,依据工程安全风险等级划分标准,明确不同预警等级对应的处置流程、响应时限与责任主体,确保预警信号发出后能够快速触发对应处置措施,形成从监测数据采集到风险预警、再到隐患处置的全链条闭环管理,保障安全管理工作的有序高效推进。

4.3 技术应用质量提升的保障机制构建

构建完善的保障机制是提升智能化监测技术应用质量的重要支撑。建立技术应用全过程的质量管控机制,从监测方案设计、设备选型、安装调试到数据采集、分析等各环节,明确

质量标准与管控要求,确保技术应用的规范性。加强技术应用人员的专业培训,提升其设备操作、数据解读与风险研判能力,保障技术应用效果的充分发挥。建立技术应用评估机制,定期对监测系统的运行效果、数据质量与应用效益进行评估,结合评估结果及时优化技术应用方案,持续提升智能化监测技术在安全管理中的应用质量。

5 智能化监测技术赋能水利建设工程安全管理的长效发展路径

5.1 技术迭代驱动下的安全管理模式升级

技术迭代为水利建设工程安全管理模式升级提供持续动力,需紧跟智能化监测技术的发展趋势,推动管理模式的不断优化。随着物联网、大数据、人工智能等技术的不断发展,积极引入先进的监测设备与分析算法,提升监测的智能化水平,实现从被动监测向主动预测的转变。依托技术迭代推动安全管理模式的数字化转型,构建数字孪生水利工程,实现工程建设全过程的虚拟仿真与实时管控,提升安全管理的精准度与前瞻性。通过技术与管理的深度融合,打造智能化、数字化的安全管理新模式,适应新时代水利建设工程安全管理的发展需求。

5.2 跨领域技术融合助力安全管理效能提升

跨领域技术融合是提升安全管理效能的重要路径,需推动智能化监测技术与其他相关领域技术的深度融合。将智能化监测技术与地理信息系统、全球定位系统相结合,实现对工程空间位置与周边环境的精准监测与可视化管理,提升管理的直观性与高效性。融合云计算技术,构建云端监测数据处理平台,

提升海量监测数据的存储与处理能力,为大数据分析 with 智能决策提供支撑^[4]。推动智能化监测技术与自动化控制技术的融合,实现安全风险的自动处置,提升安全管理的自动化水平,进一步提升安全管理效能。

5.3 技术应用标准化建设推动安全管理规范化

技术应用标准化建设能够推动水利建设工程安全管理的规范化发展,需加快构建完善的标准化体系。结合水利建设工程的特点与智能化监测技术的应用实践,制定监测设备选型、安装调试、数据采集、分析解读等方面的技术标准,明确各环节的操作规范与质量要求。建立智能化监测技术应用的管理标准,规范监测方案设计、预警阈值设定、隐患处置等管理流程,确保技术应用与安全管理的规范性。推动标准化成果的推广应用,引导行业内相关单位按照标准开展智能化监测工作,提升全行业安全管理的规范化水平。

6 结语

本文围绕智能化监测技术与水利建设工程安全管理的深度融合展开,明确技术应用是破解传统管理瓶颈、提升管控效能的核心路径。从应用必要性、体系构建、关键环节实践,到优化策略与长效发展路径的探讨,清晰呈现了技术赋能安全管理的完整逻辑。智能化监测技术推动安全管理实现从被动应对向主动预防的转型,为工程安全提供了精准支撑。未来需持续深化技术创新与跨领域融合,完善协同机制与标准化体系,充分释放技术价值,全面提升水利建设工程安全管理水平,保障工程建设与运行稳定。

参考文献:

- [1] 王文文.智能化监测技术在混凝土结构工程施工安全管理中的应用[J].建设机械技术与管理,2025,38(06):61-63.
- [2] 周跃刚.智能化监测技术在开关柜短路耐受试验中的应用研究[J].张江科技评论,2025,(10):144-146.
- [3] 牛成奇.智能化技术在调蓄水池施工监测中的应用探索[J].产品可靠性报告,2025,(07):41-42.
- [4] 杨云辉.水利工程智能化监测技术的发展与应用[J].农业灾害研究,2025,15(07):211-213.
- [5] 王慧娟.智能化技术在水利工程监测与管理中的应用探索[C]//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).辽宁众例程建筑工程有限公司,2025:1169-1171.