

智能化监测在水利工程施工安全管理中的应用

张 信

江苏省水利建设工程有限公司 江苏 扬州 225000

摘 要：水利工程施工安全管理受环境复杂、工序繁琐等因素影响，传统管理模式存在效率低、覆盖不全等问题。本文结合水利工程施工安全管理特点，梳理智能化监测核心技术体系，设计智能化监测应用框架、监测指标及软硬件配置，阐述无人机、物联网、大数据与人工智能技术的具体应用，明确系统实施流程与保障措施。研究表明，智能化监测技术可实现施工安全全方位、实时化监测，有效弥补传统管理不足，提升安全管理精准度与效率。

关键词：智能化监测；水利工程；施工安全管理；应用设计；具体应用

引言：水利工程是国民经济基础设施的重要组成部分，其施工安全直接关系到人员生命财产、工程结构及周边环境安全。当前，水利工程施工环境复杂、隐患隐蔽性强，传统人工监测与管理模式已难以满足现代化施工安全管控需求，安全管理效率与精准度亟待提升。随着物联网、无人机、大数据等技术的快速发展，智能化监测成为破解水利施工安全管理难题的有效路径。基于此，本文围绕智能化监测在水利工程施工安全管理中的应用展开研究，结合实际应用场景，完善应用设计与实施流程，为水利施工安全管理提供技术参考。

1 智能化监测与水利工程施工安全管理概述

1.1 水利工程施工安全管理核心内涵与特点

水利工程施工安全管理是水利工程建设全过程中，通过制定制度、落实责任、采取防护措施，防范安全风险，保障施工人员生命财产、工程结构及周边环境安全的管理活动，核心是“预防为主、防治结合”。其特点突出：一是施工环境复杂，多涉及河道、边坡等区域，受水文、地质、气象影响大，易受暴雨、滑坡等自然灾害威胁；二是施工工序繁琐，土方开挖、混凝土浇筑等各环节均有安全隐患；三是作业范围广、人员流动大，大幅增加了安全管理难度。

1.2 智能化监测核心技术体系

智能化监测核心技术体系以现代信息技术为支撑，整合多种技术实现精准高效监测，主要包括三大核心：

（1）物联网技术，通过部署传感器、采集终端，实时采集传输施工参数与环境指标，构建“感知-传输-处理”闭环；（2）遥感与无人机技术，借助无人机航拍、卫星遥感，实现施工区域大范围无死角巡查，快速识别边坡滑坡等隐患；（3）大数据与人工智能技术，通过分析监测数据构建预警模型，实现隐患预判和智能告警，为管理决策提供支撑。

1.3 智能化监测与水利施工安全管理的适配性

智能化监测与水利施工安全管理高度适配，可弥补传统管理不足。从管理需求看，智能化监测能24小时不间断监测，捕捉隐患细微变化，解决人工监测效率低、误差大、覆盖不全的问题；从场景适配看，其可深入人员难以抵达的危险区域，实现全方位监测；从管理目标看，其通过数据化手段推动安全管理从“被动处置”转向“主动预防”，与“预防为主”的核心要求高度契合，能显著提升安全管理效率，降低事故发生率^[1]。

2 智能化监测技术在水利工程施工安全管理中的应用设计

2.1 应用总体框架构建

智能化监测技术在水利工程施工安全管理中的应用总体框架，应构建“感知层-传输层-处理层-应用层”四级架构，实现监测数据从采集到应用的闭环管理，具体设计如下：（1）感知层设计：结合水利工程施工核心场景，针对性部署监测终端，重点覆盖边坡施工、基坑开挖、混凝土浇筑、河道作业四大关键区域，部署位移传感器、应力传感器、水位传感器、温湿度传感器等设备，明确各传感器部署点位、安装规范及采集频率，确保监测数据全面覆盖施工安全核心管控点。（2）传输层设计：采用“无线+有线”双重传输模式，无线传输以5G、LoRa技术为主，适用于户外分散监测点位的数据传输，保障复杂施工环境下的传输稳定性；有线传输用于监测中心与核心设备的连接，提升数据传输速率和安全性，构建全覆盖、无死角的传输网络。（3）处理层设计：搭建数据处理终端，对采集的原始数据进行降噪、校准、整合，剔除异常数据，统一数据格式，建立标准化数据库，实现监测数据的分类存储、查询及调用，为后续应用层提供高质量数据支撑。（4）应用层设计：聚焦施工安全管理实际需求，设计隐患预警、数据查询、

设备管控三大核心模块,实现监测数据可视化展示、安全隐患智能告警、设备运行状态监控等功能,适配水利工程施工安全管理的实操需求。

2.2 监测指标筛选与优先级确定

结合水利工程施工安全管控重点,筛选贴合实际、可量化、易监测的指标,按管控优先级分类,明确各指标的监测标准,具体如下:(1)核心优先级指标:聚焦工程结构安全和人员生命安全,包括边坡位移、基坑沉降、混凝土应力、施工区域水位,此类指标直接关系施工安全核心,监测频率设定为每15分钟1次,异常阈值严格参照水利工程施工安全规范,一旦超标立即触发告警。(2)重要优先级指标:涵盖施工设备运行状态、施工区域温湿度、暴雨预警信息,此类指标影响施工安全稳定,监测频率设定为每1小时1次,重点跟踪设备运行参数异常及极端天气变化,提前做好防控准备。(3)一般优先级指标:包括施工区域粉尘浓度、噪声值、人员在岗数量,此类指标影响施工环境及人员舒适度,监测频率设定为每4小时1次,定期汇总分析,作为安全管理辅助参考。

2.3 智能化监测系统硬件与软件配置

结合应用框架和监测指标需求,配置适配水利工程施工环境、性价比高、易运维的硬件与软件,具体配置如下:(1)硬件配置:核心配置位移传感器、应力传感器、水位传感器各若干,适配不同监测点位需求;部署无人机2-3台,用于大范围施工区域巡查;配置数据采集终端、5G传输模块、服务器,保障数据采集、传输与存储的稳定性;配备监测终端显示屏,实现数据实时可视化。(2)软件配置:核心搭载监测数据管理系统,实现数据分类存储、查询、统计分析功能;配置智能预警软件,可自定义异常阈值,支持短信、平台弹窗双重告警;搭载无人机航拍处理软件,实现巡查影像的快速解析与隐患标记;配套设备运维管理软件,实时监控监测设备运行状态,提醒设备校准、维护。(3)辅助配置:配备备用电源,应对施工区域突发停电情况,保障监测系统不间断运行;安装数据加密软件,保护监测数据安全,防止数据泄露、篡改^[2]。

3 核心智能化监测技术在施工安全管理中的具体应用

3.1 无人机遥感监测在施工区域巡查中的应用

无人机遥感监测结合水利工程施工区域广阔、部分区域人员难以抵达的实际,聚焦巡查实操环节,应用如下:(1)巡查区域划分:结合水利工程施工分区,将巡查范围划分为边坡施工区、基坑开挖区、河道作业区、临时设施区四大板块,明确各区域巡查边界、巡

查频次,边坡施工区、基坑开挖区每日巡查2次,河道作业区、临时设施区每日巡查1次,恶劣天气后增加1次专项巡查。(2)设备选型与参数设置:选用多旋翼无人机,搭载高清可见光相机、红外热成像相机,可见光相机分辨率不低于1080P,红外热成像相机测温范围-20℃~150℃,飞行高度控制在50-100米,飞行速度不超过15m/s,确保巡查影像清晰、无遗漏。(3)巡查操作与数据处理:巡查前核对无人机电池电量、相机参数,规划飞行航线,采用自动飞行模式沿预设航线巡查,同步拍摄影像资料;巡查后将影像数据导入专用处理软件,标注异常区域,生成巡查报告,明确异常点位坐标、具体情况,同步推送至安全管理终端。(4)特殊场景应用:针对高边坡、深水作业区域,采用无人机悬停拍摄模式,重点捕捉边坡裂缝、河道水位变化等细节,替代人工登高、涉水巡查,降低作业风险^[3]。

3.2 物联网技术在施工参数实时监测中的应用

物联网技术聚焦施工参数实时采集、传输,贴合水利工程施工各环节实操需求,具体应用设计如下:(1)监测点位部署:根据施工工序及管控重点,在边坡、基坑、混凝土浇筑区、泵房等关键点位部署传感器,边坡区域每50米部署1台位移传感器,基坑底部及周边部署沉降传感器,混凝土浇筑区部署温度、应力传感器,泵房部署水位、压力传感器,确保点位覆盖所有核心监测区域。(2)数据采集规范:明确各传感器采集参数,位移传感器采集精度不低于0.1mm,温度传感器采集精度不低于±0.5℃,采集频率根据施工阶段调整,施工关键阶段每15分钟采集1次,常规阶段每1小时采集1次,确保数据实时性。(3)数据传输与终端对接:采用LoRa+5G双重传输模式,传感器采集的数据经传输模块加密后,实时上传至监测中心数据库,同时对接施工现场安全管理终端,实现数据同步展示,确保管理人员实时掌握施工参数变化。(4)设备运维管理:安排专人负责传感器日常检查,每周校准1次传感器精度,每月排查传输模块运行状态,及时更换损坏设备、补充电量,确保监测系统稳定运行。

3.3 大数据与人工智能在安全风险预警中的应用

大数据与人工智能技术聚焦风险预警实操,结合水利施工安全隐患特点,具体应用如下:(1)数据库搭建:整合无人机巡查数据、物联网监测数据,构建标准化数据库,分类存储位移、沉降、温度、水位等各类数据,建立数据关联关系,确保数据可查询、可追溯,数据库定期备份,防止数据丢失。(2)预警模型构建:基于历史监测数据、施工安全规范,构建多维度风险预警

模型,针对边坡滑坡、基坑坍塌、混凝土开裂等常见隐患,设定不同预警等级,明确各等级预警阈值,确保预警精准性。(3)预警处置流程:当监测数据达到预警阈值时,系统自动触发告警,通过短信、平台弹窗等方式,推送至安全管理人员终端,明确告警点位、预警等级、异常数据;管理人员接到告警后,及时赶赴现场核查,同步记录处置过程,形成闭环管理。(4)模型优化调整:定期汇总预警数据及处置结果,分析模型预警偏差,优化预警阈值及模型参数,适配不同施工阶段、不同地质条件下的安全风险特点,提升预警准确性^[4]。

4 智能化监测系统的实施流程与保障措施

4.1 智能化监测系统实施流程

结合水利工程施工进度及现场实际条件,制定标准化实施流程,确保系统部署有序、调试到位,流程如下:(1)前期准备:成立实施专项小组,明确小组分工,包括技术部署、设备调度、现场协调等岗位;核对施工区域监测点位图纸,确认传感器、无人机等设备的型号、数量,完成设备进场验收,检查设备完好性及参数适配性;清理监测点位周边障碍物,平整安装场地,做好施工安全防护,避免实施过程中发生安全事故。

(2)现场部署:按照应用设计方案,依次完成感知层、传输层、处理层设备安装,先部署核心监测点位传感器,再安装数据采集终端、传输模块及服务器;无人机完成航线规划并进行试飞调试,确保飞行范围覆盖全部监测区域;连接各设备线路,搭建传输网络,完成设备间的互联互通。(3)系统调试与试运行:启动监测系统,对各设备运行状态、数据采集精度、传输稳定性进行全面调试,剔除异常设备并更换。

4.2 智能化监测系统保障措施

聚焦系统稳定运行、规范操作及数据安全,制定全方位保障措施,具体如下:(1)人员保障:开展专项技术培训,针对设备操作、数据解读、故障排查等内容,对安全管理人员、现场操作人员进行培训,考核合格后

方可上岗;制定岗位操作规程,明确各岗位职责,安排专人负责设备日常操作及巡查,做好操作记录。(2)设备与运维保障:建立设备定期巡检制度,每周对传感器、传输模块、无人机等设备进行全面检查,校准传感器精度,排查线路故障;配备备用设备及配件,针对突发设备损坏情况,及时进行更换,保障系统不间断运行;定期对服务器进行维护,清理冗余数据,优化系统运行速度。(3)数据安全保障:搭建加密数据存储系统,对监测数据进行分类加密存储,定期进行数据备份,防止数据泄露、篡改或丢失;设定数据访问权限,明确不同岗位人员的访问范围,严禁无关人员操作数据^[5]。

结束语:本文系统研究了智能化监测技术在水利工程施工安全管理中的应用,从技术体系、应用设计、具体实施到保障措施,形成了一套贴合实际的应用方案,明确了无人机、物联网等核心技术的实操应用路径。智能化监测技术的应用,有效解决了传统施工安全管理的痛点难点,实现了安全管理从被动处置向主动预防的转变。未来,需结合不同水利工程特点,优化监测模型与设备配置,推动智能化技术与施工安全管理深度融合,持续提升水利工程施工安全管理的智能化、标准化水平,助力水利工程高质量建设。

参考文献

- [1]金鹏举.智能化监测在水利工程施工安全管理中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2025(7):181-183.
- [2]喻宗喆.智能化技术在工程安全监测中的应用研究[J].科技信息与研究,2026,6(2):52-54.
- [3]马新江.智能传感技术在水利工程安全监测及数据管理中的应用[J].大众标准化,2025(6):48-50.
- [4]张慧.水利工程施工中信息化监测系统的构建与应用成效分析[J].石化技术,2026,33(2):379-380.
- [5]黄炜.智能监测系统在水利工程施工变形监测中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(3):111-114.