

基于物联网的水利施工现场安全监控系统构建与实践

李思源

盐池县融盐国有资本投资集团有限公司 宁夏 吴忠 751500

摘要: 本文聚焦于基于物联网的水利施工现场安全监控系统的构建与实践。首先介绍了物联网技术在水利施工现场安全监控系统中的关键作用,包括传感器技术、网络通信技术等。然后从系统架构设计、功能模块设计等方面论述了系统的构建过程,并通过实际案例展示了系统的实践应用效果。最后对系统的发展前景进行了展望,旨在为水利施工现场安全管理提供更高效率、智能的解决方案,推动水利行业的安全发展。

关键词: 物联网;水利施工现场;安全监控系统;系统构建;实践应用

1 引言

水利工程对国家发展意义重大,但施工现场环境复杂、危险因素多,易引发安全事故,加强安全监控是重要任务。传统安全监控依赖人工巡查和定期检查,存在效率低、难全面实时监控、易遗漏隐患、结果缺乏客观准确及信息传递不及时、决策滞后等问题。随着信息技术发展,物联网技术为水利施工现场安全监控提供新思路。通过部署传感器采集信息,利用网络传输至监控中心,实现全方位实时监控,再经智能分析发现隐患并预警,可提升安全管理水平与效率。

2 物联网技术在水利施工现场安全监控中的关键作用

2.1 传感器技术

传感器技术作为物联网的基础,能将各种物理量、化学量等非电信号转换为电信号以便后续处理和传输。在水利施工现场安全监控中,需使用多种类型传感器采集不同信息:环境参数传感器可监测施工现场温度、湿度、风速、风向、水位等环境参数,如深基坑施工中安装水位传感器可实时监测水位变化防止基坑坍塌,高温天气下温度传感器可监测温度并提醒施工人员防暑降温;设备状态传感器能监测施工设备振动、转速、压力、温度等运行状态,实时监测可及时发现设备故障隐患并提前维护保养,如在塔式起重机上安装振动和转速传感器可实时监测其运行状态,异常时及时预警防止起重机倾覆;人员行为传感器可监测施工人员行为和位置信息,如通过设置人员定位系统实时掌握施工人员位置分布以便紧急情况时迅速救援,安全帽检测传感器可检测施工人员是否佩戴安全帽确保其遵守安全规定。

2.2 网络通信技术

网络通信技术能将传感器采集的数据可靠传输至监控中心,在水利施工现场,鉴于环境复杂,对其可靠性与稳定性要求颇高,常用的网络通信技术涵盖有线通信

和无线通信两种方式:有线通信,像以太网、光纤通信等,具备传输速率高、稳定性好、抗干扰能力强等优势,适用于对数据传输要求较高的场景,在水利施工现场可将传感器以有线方式连接现场监控设备,再经光纤把数据传至远程监控中心;无线通信,如ZigBee、Wi-Fi、4G/5G等,有着部署灵活、成本低、易于扩展等特点,适用于施工现场环境复杂、布线困难的状况,例如在一些偏远地区的水利施工现场,就可采用4G/5G通信技术把传感器数据传输到监控中心,达成对施工现场的远程监控。

2.3 智能分析技术

智能分析技术能对采集到的大量数据进行分析处理,挖掘潜在信息以支持安全决策,常用的智能分析技术涵盖数据挖掘、机器学习、深度学习等:数据挖掘可从大量历史数据中发现潜在模式和规律,为安全预警与决策提供依据,比如通过对历史安全事故数据及施工现场环境参数、设备状态等数据挖掘分析,找出致灾关键因素、建立预测模型以提前预警;机器学习能让计算机自动学习数据特征和规律,实现对数据的分类、预测等任务,在水利施工现场安全监控中,可利用其算法对传感器采集的数据实时分析,判断是否存在安全隐患,如训练模型识别施工人员异常行为并及时预警;深度学习作为机器学习的分支,通过构建深度神经网络模型,能自动学习数据中的复杂特征和模式,具备更强分析与处理能力,在水利施工现场安全监控中可应用于图像识别、视频分析等领域,例如利用其算法分析监控视频,实现施工人员行为识别、设备故障检测等功能。

3 基于物联网的水利施工现场安全监控系统构建

3.1 系统架构设计

基于物联网的水利施工现场安全监控系统通常采用分层架构设计,主要包括感知层、网络层、平台层和应用层四个层次。

感知层：是系统的底层，主要由各种传感器组成，负责采集施工现场的环境参数、设备状态、人员行为等信息。感知层的传感器种类繁多，需要根据不同的监控需求进行合理选择和部署^[1]。

网络层：负责将感知层采集到的数据传输到平台层。网络层可以采用有线通信和无线通信相结合的方式，根据施工现场的实际情况选择合适的通信技术，确保数据传输的可靠性和稳定性。

平台层：是系统的核心，主要负责对采集到的数据进行存储、管理和分析处理。平台层包括数据中心、数据分析模块、安全预警模块等。数据中心用于存储传感器采集到的历史数据和实时数据；数据分析模块利用智能分析技术对数据进行分析处理，挖掘数据背后的潜在信息；安全预警模块根据数据分析结果，当发现安全隐患时及时发出预警信息。

应用层：是系统的上层，主要为用户提供各种应用服务，如安全监控界面、报表生成、决策支持等。应用层可以通过Web端、移动端等多种方式为用户提供便捷的访问途径，方便用户随时随地了解施工现场的安全状况。

3.2 功能模块设计

基于物联网的水利施工现场安全监控系统主要包括以下几个功能模块：

数据采集模块：负责与感知层的传感器进行通信，实时采集施工现场的各种数据，并将采集到的数据进行初步处理和封装，然后发送到网络层进行传输。

数据传输模块：根据网络层的通信技术选择，将数据采集模块发送过来的数据可靠地传输到平台层的数据中心。数据传输模块需要具备数据加密、错误重传等功能，确保数据传输的安全性和准确性。

数据存储与管理模块：负责对平台层接收到的数据进行存储和管理。数据存储可以采用数据库技术，如MySQL、Oracle等，根据数据的特点和访问需求选择合适的存储方式。数据管理模块负责对数据进行分类、索引、备份等操作，方便数据的查询和使用。

数据分析与处理模块：利用智能分析技术对存储在数据中心的数据进行分析处理，挖掘数据背后的潜在信息。数据分析与处理模块可以包括数据挖掘、机器学习、深度学习等算法库，根据不同的分析需求选择合适的算法进行分析。

安全预警模块：根据数据分析与处理模块的结果，当发现施工现场存在安全隐患时及时发出预警信息^[2]。安全预警模块可以设置不同的预警级别，根据隐患的严重程度采取不同的预警方式，如短信通知、声光报警等。

用户管理模块：负责对系统的用户进行管理，包括用户注册、登录、权限分配等功能。用户管理模块可以根据用户的角色和职责分配不同的权限，确保系统的安全性和数据的保密性。

可视化展示模块：将系统的运行状态和数据分析结果以直观的图表、地图等形式展示给用户，方便用户了解施工现场的安全状况。可视化展示模块可以采用Web前端技术，如HTML、CSS、JavaScript等，结合可视化库，如ECharts、D3.js等，实现数据的可视化展示。

3.3 系统安全设计

由于水利施工现场安全监控系统涉及到大量的敏感信息，如施工现场的实时数据、人员信息等，因此系统的安全设计至关重要。系统安全设计主要包括以下几个方面：

数据安全：采用数据加密技术对传输和存储的数据进行加密处理，防止数据在传输和存储过程中被窃取或篡改。同时，建立数据备份机制，定期对数据进行备份，以防止数据丢失。

网络安全：采用防火墙、入侵检测系统等网络安全设备，对网络进行防护，防止网络攻击和非法访问^[3]。同时，对网络通信进行身份认证和授权管理，确保只有合法的用户和设备能够访问系统。

应用安全：对系统的应用程序进行安全编码和测试，防止应用程序存在安全漏洞。同时，建立用户认证和授权机制，确保用户只能访问其具有权限的功能和数据。

物理安全：对系统的硬件设备进行物理保护，如安装在专门的机房内，采取防雷、防火、防水等措施，确保硬件设备的安全运行。

4 基于物联网的水利施工现场安全监控系统实践应用

4.1 项目背景与需求

某大型水库位于长江流域，总库容达12亿立方米，承担着防洪、灌溉、供水及发电等多重功能。由于建设年代久远，水库大坝出现渗流异常、坝体裂缝等安全隐患，需进行除险加固。传统安全监测依赖人工巡检，存在数据滞后、精度不足、恶劣天气无法作业等问题，难以满足现代水利工程对实时性、精准性的要求。项目方引入物联网技术，构建智能化安全监控系统，实现施工期大坝安全的动态感知与风险预警。

4.2 系统架构设计

系统采用“感知层-网络层-平台层-应用层”四层架构，覆盖数据采集、传输、处理与决策全流程。

4.2.1 感知层

在坝体关键断面布设300+监测点，采用正弦式渗流

计、硅压式扬压力计、振弦式应变计等设备，实时采集渗流量、渗压、位移等参数。例如，在上游入水口设置高精度水位计，监测水位变化；在坝体内部埋设渗压计，钻孔深度达40米，确保数据准确性。为挖掘机、装载机等重型机械安装北斗定位终端与倾角传感器，实时监测设备位置、运行状态及倾斜角度，防止因操作不当引发次生灾害。在施工现场布设温湿度传感器、风速仪及雨量计，监测气象条件，为施工调度提供环境依据。

4.2.2 网络层：混合通信保障数据畅通

在控制中心与近端监测站之间铺设光纤，确保核心数据高速稳定传输。针对偏远监测点，采用LTE-6584GDTU设备，通过4G网络将数据上传至云端。该设备支持多中心备份，主中心故障时可自动切换至备用中心，保障数据不丢失。在跨河监测场景中，使用无线网桥连接两岸设备，传输距离达2公里，避免光缆敷设的高成本与施工难度。

4.2.3 平台层

集成阿里云物联网平台，实现设备管理、数据清洗、协议转换等功能。例如，将渗压计的原始电压信号转换为实际压力值，统一数据格式后存储至时序数据库。基于机器学习算法构建大坝安全模型，对历史数据与实时监测值进行对比分析，预测潜在风险。如通过LSTM神经网络预测未来72小时渗流量变化趋势，提前发出预警。利用BIM+GIS技术构建大坝三维模型，将监测数据映射至虚拟场景中，实现可视化监控。管理人员可通过PC端或移动端查看任意位置的结构状态，如点击坝体某点即可显示其渗压、位移等参数。

4.2.4 应用层

设定三级预警阈值（黄色、橙色、红色），当监测数据超限时，系统自动通过短信、APP推送及声光报警器通知相关人员。例如，若某断面渗流量连续2小时超过设计值的80%，系统立即触发橙色预警，并推送至项目经理与安全主管。结合气象数据与设备状态，动态调整施工计划。如遇暴雨预警，系统自动建议暂停土方作业，并调度排水设备至低洼区域。通过AR实景指挥系统，专家可远程查看施工现场画面，并在画面上标注问题点，指导现场人员处理。例如，在处理坝体裂缝时，专家通过AR眼镜实时指导施工人员填充材料与压实工艺。

4.3 实施效果

系统运行以来，成功预警3次渗流异常事件，避免潜

在溃坝风险；施工期间零安全事故发生，较传统项目安全投入降低40%。监测频率从人工巡检的每日1次提升至每5分钟1次，数据精度提高至0.1级；管理人员可通过移动端随时查看数据，决策响应时间缩短至10分钟内。通过优化施工调度，减少设备闲置时间15%，节约成本约200万元；系统可复用于后续水库运维，延长设备使用寿命。

5 基于物联网的水利施工现场安全监控系统发展前景展望

5.1 技术融合趋势

随着信息技术的不断发展，物联网技术将与大数据、云计算、人工智能等技术深度融合。例如，利用大数据技术可以对海量的施工现场数据进行存储和分析，挖掘更深层次的信息；云计算技术可以为系统提供强大的计算能力和存储资源，降低系统的建设和运营成本；人工智能技术可以进一步提高系统的智能分析能力和决策水平，实现对安全隐患的自动识别和预警。

5.2 标准化和规范化趋势

为了促进基于物联网的水利施工现场安全监控系统的健康发展，需要制定相关的标准和规范^[4]。例如，制定传感器接口标准、数据传输协议标准、系统安全标准等，确保不同厂家生产的设备和系统能够互联互通、互操作，提高系统的兼容性和可扩展性。

结语：

基于物联网的水利施工现场安全监控系统，是利用现代信息技术提升安全管理水平的重要手段。它实时采集传输环境、设备、人员等信息，经智能分析及及时预警，为管理提供决策依据。实际应用显示，该系统能提高安全管理效率，预防事故，保障人员安全，促进工程安全发展。随着技术进步，系统将不断完善，与其他技术融合提升性能，为水利安全发展助力，建设单位应积极引入应用。

参考文献：

- [1]侯玉欧,水利水电工程施工安全动态监控管理系统.河南省,南阳宏源水利水电工程有限公司,2022-04-01.
- [2]闫大杰.基于物联网和BIM技术的水利工程建筑施工危险源辨识方法[J].物联网技术,2025,15(04):46-47+51.
- [3]芦琴,朱显国.基于物联网的水利施工安全管理系统设计[J].自动化与仪器仪表,2021,(07):164-167.
- [4]胡燕妮,黄铂.物联网终端管理系统在水利工程中的应用[J].集成电路应用,2024,41(08):268-269.