

基于物联网的水利工程远程检测技术研究

潘逸龙 陈 晨

苏州市水利工程质量检测有限公司 江苏 昆山 215300

摘 要：本文探讨了基于物联网的水利工程远程检测技术。概述了物联网技术与水利工程检测需求，阐述物联网技术在水利工程检测中的优势，如实时性、提高检测精度等。详细介绍了基于物联网的管材远程检测系统设计，包括总体架构及各层设计。还研究传感器技术优化、无线通信技术应用与改进、数据处理与分析技术、系统安全保障技术等关键技术。该研究为水利工程远程检测提供新思路与方法，有助于提升检测效率与准确性。

关键词：物联网；水利工程；远程检测

1 物联网技术与水利工程检测概述

1.1 物联网技术基础

物联网（IoT）作为信息技术领域的核心发展趋向，正深刻改变着各行各业的运作范式。其核心理念在于，通过集成射频识别（RFID）设备、红外传感器、全球定位系统、激光扫描器等传感装置，并遵循既定协议，将实物与互联网紧密相连，从而推动信息互通与交换，实现对物品的智能辨识、精确定位、动态追踪、实时监控及有效管理。物联网体系架构层次分明，感知层居于底层，由传感器、执行器等组件构建而成，专注于捕获温度、湿度、压力、位移等物理世界信息；网络层则扮演着数据传输的核心角色，凭借Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、4G/5G等有线及无线通信技术，确保感知层数据能够高效、稳定地传递至应用层；应用层作为物联网与用户的交互界面，针对不同行业的特定需求，对传输数据进行深度挖掘、处理及应用，进而为用户提供包括智能家居、智能交通、智能医疗在内的多样化智能化服务。物联网技术融合了传感器技术、嵌入式系统设计、网络通信、云计算平台、大数据分析等前沿科技，这些技术相互协同，共同驱动物联网的蓬勃发展。

1.2 水利工程检测需求分析

在长期运行中，水利工程受自然环境（如水流冲刷、地质和气候变化）和人为因素（如施工缺陷、管理不善）影响，易出现病害和安全隐患，及时准确检测至关重要^[1]。水利工程检测需求主要有四个方面，一是结构安全检测，大坝、堤防、水闸等结构物需定期检测变形、裂缝、应力等参数，评估结构稳定性和安全性，如大坝长期蓄水和水流作用可能引发不均匀沉降和裂缝，若不及时处理会引发严重事故。二是渗漏检测，渗漏是常见病害，影响工程使用功能还可能破坏结构，需实时监测渗漏情况，及时发现渗漏点并处理。三是水质监

测，水利工程与水资源管理利用相关，水质影响水资源可持续利用，需监测水温、pH值、溶解氧、化学需氧量等指标，确保水质达标。四是设备运行状态监测，水利工程涉及大量机电设备，其运行状态影响工程正常运行，需实时监测温度、振动、电流等参数，及时发现故障隐患，保障设备可靠运行。

2 物联网技术在水利工程检测中的优势

物联网技术为水利工程检测带来显著优势，有效解决了传统检测方法的弊端，提升检测效率、准确性与智能化水平。物联网技术则通过在水利工程现场部署大量传感器，实时采集各类检测数据，并借助网络及时传输至监控中心。如此一来，管理人员可随时了解工程运行状态，及时察觉异常并采取措施，实现对水利工程的动态监测。物联网传感器具备高精度、高灵敏度特性，能精准测量物理量，减少传统检测中人为因素的干扰，大幅提高检测数据的准确性和可靠性。传统检测需投入大量人力、物力和时间，成本高昂。物联网技术实现自动化检测与远程监控，减少现场检测人员工作量，降低人力成本。同时实时监测和预警能及时发现问题隐患，避免事故发生，减少经济损失，进一步降低检测成本。物联网采集的大量数据为水利工程智能化管理和决策提供有力支撑，通过分析挖掘这些数据，可建立状态评估模型，预测工程发展趋势，为工程维护、加固和改造提供科学依据。

3 基于物联网的管材远程检测系统设计

3.1 系统总体架构

基于物联网的管材远程检测系统总体架构遵循物联网的典型三层架构，即感知层、网络层和应用层。感知层负责采集管材的各种检测数据，网络层实现数据的可靠传输，应用层则对数据进行处理和分析，为用户提供各种服务。在感知层，部署多种类型的传感器，如应变

传感器、温度传感器、压力传感器等,用于实时监测管材的应力、应变、温度、压力等参数。网络层采用无线通信技术,如LoRaWAN或NB-IoT,将感知层采集到的数据传输到远程监控中心。应用层包括数据存储与管理模块、数据分析与处理模块、预警与决策模块以及用户界面模块,实现对管材检测数据的存储、分析、预警和可视化展示。

3.2 感知层设计

感知层是整个系统的数据采集源头,其设计直接影响到系统的检测精度和可靠性。针对管材检测的需求,选择合适的传感器至关重要。(1)应变传感器:用于测量管材的应变情况,通过将应变片粘贴在管材表面,当管材发生变形时,应变片的电阻值会发生变化,从而实现了对管材应变的测量。选择高精度、稳定性好的应变传感器,并确保其安装牢固,以保证测量数据的准确性。

(2)温度传感器:管材的温度变化可能会影响其力学性能,因此需要实时监测管材的温度。采用热电偶或热电阻温度传感器,将其安装在管材的关键部位,能够准确测量管材的温度。(3)压力传感器:对于承受内部压力的管材,压力传感器用于实时监测管材内部的压力变化。选择量程合适、精度高的压力传感器,并做好密封处理,防止介质泄漏影响测量结果^[2]。另外,为了确保传感器的可靠运行,还需要设计合理的传感器供电电路和数据采集电路,并采用防护措施,如防水、防尘、防腐蚀等,以适应管材现场复杂的环境条件。

3.3 网络传输层规划

网络传输层的核心职责在于确保感知层所收集的数据能够稳定且安全地传递至应用层。鉴于管材检测现场往往分布广阔且环境多变,选择合适的无线通讯技术显得尤为关键。LoRaWAN技术,作为低功耗广域网解决方案,凭借长距离传输、低功耗及灵活的组网能力,在管材分散、距离较远的检测环境中表现出色。通过在现场部署LoRa终端,传感器数据将被发送至LoRa网关,进而转发至远程监控中心。若管材检测现场具备良好的蜂窝网络覆盖,则可选择NB-IoT技术。该技术基于蜂窝网络,具备广覆盖、多连接、低成本及低功耗等优势,使得NB-IoT终端能直接通过蜂窝网络向远程服务器发送传感器数据。在网络传输层的设计中,还需加强数据传输的安全性及可靠性,采用先进的加密算法对传输数据进行加密,有效防止数据窃取与篡改。同时,合理的网络拓扑结构及数据传输协议的设计,确保了数据的准确及时传输至应用层。

3.4 数据存储层设计

数据存储层专注于存储并管理来自网络传输层的数据。鉴于管材检测产生数据量庞大且需长期保存,以便后续的历史数据分析及趋势预测,设计高效、可靠的数据存储方案至关重要。本方案结合关系型数据库(例如MySQL)与非关系型数据库(例如MongoDB)的优势,前者用于存储结构化数据,如传感器配置信息、检测时间戳等;后者则负责存储非结构化数据,如原始传感器数据、图像数据等。通过设计科学的数据存储策略,对数据进行分类存储与索引,从而提升了数据查询效率。此外,定期的数据备份机制有效避免了数据丢失的风险。在数据存储前,对原始数据进行预处理,包括数据清洗、去噪及归一化等操作,旨在提高数据质量,为后续的数据分析奠定坚实基础。

3.5 应用服务层构建

应用服务层作为系统的用户界面,向用户提供全方位的功能服务。主要包括:(1)数据可视化:通过直观的图形化界面,展示管材检测数据,如实时曲线、历史趋势图及报表等,使用户能实时掌握管材的应力、应变、温度及压力等参数变化,及时了解管材运行状态。

(2)数据分析与挖掘:运用先进的数据分析算法与模型,对管材检测数据进行深度分析与挖掘,提取有价值信息。(3)预警与决策辅助:根据数据分析结果,当管材检测数据超出预设安全阈值时,系统自动触发预警,通知相关人员采取行动。同时,为管理人员提供决策辅助,如制定管材维护计划及更换策略等。(4)用户管理与权限控制:构建用户管理模块,负责用户注册、登录、信息更新等操作。通过设定不同用户权限,确保各级用户仅能访问和操作其权限范围内的数据与功能,从而强化系统的安全性。

4 基于物联网的水利工程远程检测关键技术研究

4.1 传感器技术优化

传感器作为物联网感知层的关键组件,其效能对水利工程远程监控系统的整体表现具有决定性影响。为增强传感器在水利工程远程监控中的应用性能,首要任务是改进传感器的制造工艺与选用材料,以此来提升传感器的测量精确度。与此同时,实施严格的传感器校准与标定流程,以保障其测量结果的准确无误。鉴于水利工程现场环境的复杂性,传感器必须具备卓越的稳定性,能在极端条件下持续稳定运行。因此,采取密封、防护等手段,有效防止传感器遭受水分、灰尘、腐蚀等不利因素的侵害至关重要^[3]。此外,通过对传感器进行温度补偿与线性补偿处理,进一步提升其在多变环境条件下的稳定性。为了延长传感器的使用寿命并降低电池更换频

次,低功耗设计技术的应用同样不可或缺。

4.2 无线通信技术应用与改进

无线通信技术是物联网网络层的关键,在水利工程远程检测中,需要根据实际场景选择合适的无线通信技术,并进行相应的改进。根据水利工程检测现场的分布范围、环境条件等因素,选择合适的无线通信技术。如前文所述,对于分布范围较广、距离较远的检测场景,可以选择LoRaWAN或NB-IoT技术;对于短距离、高速率的数据传输需求,可以选择Wi-Fi或蓝牙技术。水利工程现场可能存在信号遮挡、干扰等问题,影响无线通信的可靠性。采用信号增强技术,如增加天线增益、采用中继节点等,提高信号的传输距离和质量。设计合理的通信协议,采用重传机制、纠错编码等技术,确保数据的可靠传输。无线通信模块是传感器节点的主要功耗来源之一,为了降低传感器的整体功耗,需要对无线通信模块进行优化。采用低功耗的无线通信芯片,优化通信参数设置,如降低发射功率、减少通信频率等,降低通信功耗。

4.3 数据处理与分析技术

物联网技术所收集的水利工程检测数据,潜藏着宝贵的信息,需要通过高效的数据处理与分析手段来挖掘其中的价值。借助数据挖掘算法,诸如关联规则挖掘、聚类分析及分类算法,我们可以从庞大的数据集里揭示数据间的潜在联系与规律。同时,利用机器学习技术,包括支持向量机、决策树、神经网络等模型,构建水利工程状态评估与故障预测体系。这些模型经由历史数据的训练与学习,能够智能辨识管材的正常与异常状态,并预估潜在的故障情况。深度学习技术,特别是卷积神经网络(CNN)与循环神经网络(RNN),在处理图像数据及时序数据上展现出显著优势,适用于水利工程的图像识别与趋势预测任务。面对水利工程检测数据的海量、多样及高速特性,大数据分析技术,如分布式存储系统与并行计算框架(Hadoop、Spark等),成为提升数据处理与分析效率的关键。此外,数据可视化技术的应用,使分析结果以直观形式呈现给用户,便于用户理解与做出决策。

4.4 系统安全保障策略

物联网技术在水利工程远程检测中的应用涉及众多敏感数据,如工程结构详情、运行状态参数等,系统安全成为核心关注点。第一,实施数据加密措施,对传输与存储的数据进行加密保护,预防数据被非法获取或篡改。结合对称加密算法(例如AES)与非对称加密算法(如RSA),确保数据传输全程的安全性。同时,对数据库内的敏感信息实施加密存储,进一步防范数据外泄风险;第二,强化身份认证与访问控制机制,建立严格的身份验证流程,确保仅合法用户能访问系统资源^[4]。综合运用用户名/密码、数字证书、生物识别等多重认证手段,增强身份认证的稳固性。制定精细的访问控制规则,根据用户角色与权限,严格限制其对系统与数据的访问权限;第三,加强网络安全防护体系,在物联网网络层部署防火墙、入侵检测系统(IDS)、入侵防御系统(IPS)等安全设备,对网络实施持续监控与防护,有效抵御网络攻击与恶意渗透。定期进行系统安全审计与漏洞修复,确保系统安全无虞。

结束语

基于物联网的水利工程远程检测技术研究,为水利工程的安全运行与高效管理提供了有力支持。通过物联网技术的应用,实现对水利工程的实时监测、精准检测与智能化管理。未来,随着物联网技术的不断发展与创新,水利工程远程检测技术将更加成熟和完善,能够更好地应对各种复杂环境和检测需求,为保障水利工程的安全稳定发挥更大作用,推动水利行业向智能化、现代化迈进。

参考文献

- [1]马剑波,董舒.物联网技术在节水建设项目的应用[J].江苏水利,2021(3):44-47.
- [2]崔凯,高塋,王浩.智慧节水监管平台助力节水机关建设[J].水资源开发与管理.2022,8(6).06-09
- [3]王奕伟,张杰,李秋生,等.水利工程物联网技术在水工建筑物运行维护中的应用研究[J].水上安全,2024,(13):56-58.
- [4]万争,洪岱.基于物联网和大数据的水利泵站故障诊断解决方案[J].通信与信息技术,2023,(03):85-88.