

水利工程中的智能化监测系统研发与应用

潘 锋 王志刚 吴 哲

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘 要：水利工程肩负着防洪、灌溉、供水等重任，关乎国计民生。本文聚焦于水利工程中的智能化监测系统。先阐述其基本概念，介绍了包括传感器技术、通信技术、数据处理与分析技术等关键技术。接着详细说明了该系统在水文、水工建筑物、水环境、灌溉用水管理、水利设施设备运行状态等方面的应用。最后指出其发展趋势为系统集成化、智能化、网络化和可持续化。智能化监测系统对提升水利工程管理水平、保障工程安全和优化水资源利用意义重大。

关键词：水利工程；智能化监测；系统研发；应用

引言：水利工程作为关乎国计民生的重要基础设施，在防洪、灌溉、供水等方面发挥着关键作用。随着科技的迅猛发展，传统的水利工程监测方式已难以满足当下复杂的管理需求。智能化监测系统凭借先进的技术手段，能够实时、精准地获取水利工程的各类数据，为科学决策提供有力支持。深入研究其研发与应用，不仅有助于提高水利工程的安全性和可靠性，还能促进水资源的合理利用和高效管理，对推动水利行业的现代化发展具有重要的现实意义。

1 水利工程智能化监测系统概述

水利工程智能化监测系统，是融合多种先进技术，用于全面、实时、精准监测水利工程运行状态的综合性系统。该系统通过多种类型的传感器，如压力传感器、流量传感器、水质传感器等，分布于水利工程的各个关键部位，像大坝、渠道、水闸等，广泛收集温度、压力、流量、水质等各类数据信息。在数据传输方面，采用有线、无线及卫星通信等多元通信技术，将采集到的数据快速、稳定地传输至数据处理中心。在数据处理中心，运用数据挖掘和人工智能等前沿技术，对海量数据进行深度分析，从中提取有价值的信息，实现对水利工程运行状态的智能评估与预测。此系统具有高精度、实时性强、自动化程度高的显著特点。能及时察觉工程设施的异常状况，提前发出预警，为工程的安全稳定运行筑牢防线。其应用场景涵盖水文监测、水工建筑物安全监测、水环境监测、灌溉用水管理以及水利设施设备运行状态监测等多个领域，对提升水利工程管理效率、保障水资源合理利用和工程安全意义非凡^[1]。

2 水利工程智能化监测系统关键技术

2.1 传感器技术

2.1.1 传感器类型与原理

水利工程智能化监测系统中，传感器类型多样且各司其职。压力传感器，常见的有应变片式与压阻式，应变片式通过压力使弹性元件变形，进而改变应变片电阻值来测量压力；压阻式则基于半导体材料的压阻效应，压力变化导致电阻改变以实现压力监测。流量传感器，如电磁流量计，依据法拉第电磁感应定律，当导电流体通过磁场中的测量管，会产生与流速成正比的感应电动势，从而测量流量。水质传感器，像电化学传感器，利用化学反应中产生的电信号来分析水质成分与浓度。这些传感器凭借独特原理，将水利工程中的物理、化学量精准转换为电信号，为系统提供基础数据。

2.1.2 传感器性能要求

水利工程环境复杂，对传感器性能要求严苛。首先要具备高灵敏度，能精准捕捉微小的物理量或化学量变化，例如大坝微小位移、水质微量污染物变化。高可靠性也至关重要，需在高温、高湿、强电磁干扰等恶劣环境下稳定工作，确保数据持续准确。长期稳定性不可或缺，保证在长时间使用中测量精度不漂移，减少频繁校准维护。良好的抗干扰能力同样关键，可有效抵御外界干扰信号，避免误报。此外，响应速度要快，能及时感知数据变化并输出，满足实时监测需求，全方位保障智能化监测系统可靠运行。

2.2 通信技术

2.2.1 有线通信技术

有线通信技术在水利工程智能化监测系统中占据重要地位。其中，以太网是常用的一种，它通过双绞线、同轴电缆或光纤等介质传输数据。其优势在于数据传输速率高、稳定性强，能够保障大量监测数据的快速、准确传输。在固定监测站点集中的区域，如水利枢纽内部，以太网可构建稳定的局域网络，将各类传感器数据

高效汇聚至数据处理中心。此外,RS-485 总线也较为常见,它支持多节点连接,布线简单,抗干扰能力较强,适用于距离相对较短、节点分布较广的传感器通信场景,能可靠地传输传感器采集到的基础数据,为系统运行提供坚实的数据传输保障。

2.2.2 无线通信技术

无线通信技术为水利工程监测带来了极大的灵活性。Wi-Fi 技术在监测站点分布相对集中且对带宽需求较高的区域应用广泛。它能快速搭建无线网络,方便工作人员现场调试设备与获取数据,例如在水利工程管理区域的办公场所及周边监测点。蓝牙技术则常用于短距离通信,可实现传感器与采集终端的便捷连接,便于对小型、分散的监测设备进行数据收集。而 ZigBee 技术以其低功耗、自组网能力强的特点,适用于大规模、节点众多的传感器网络,像在大面积灌区的分布式监测中,能有效降低能耗,确保系统长期稳定运行,实现数据的无线传输与共享。

2.2.3 卫星通信技术

卫星通信技术在水利工程智能化监测中有不可替代的作用。在偏远、地形复杂且有线和无线通信难以覆盖的区域,如深山峡谷中的水利设施监测,卫星通信成为关键的数据传输手段。它利用卫星作为中继站,实现监测点与数据中心的远距离通信。常见的有北斗卫星通信系统,其具备定位与通信双重功能,不仅能传输监测数据,还可为监测设备提供精准定位服务。卫星通信不受地理条件限制,信号覆盖范围广,即使在极端天气或地面通信中断的情况下,也能保证监测数据的持续传输,保障水利工程监测的完整性与及时性,为水利工程安全运行提供可靠的通信保障。

2.3 数据处理与分析技术

2.3.1 数据挖掘技术

数据挖掘技术在水利工程智能化监测系统中起着关键作用。水利工程监测会产生海量数据,数据挖掘技术能从中提取有价值的信息。通过关联规则挖掘,可探寻不同监测数据间的潜在联系,例如分析水位、流量与降雨数据的关联,预测洪水发生的可能性。聚类分析可将相似特征的数据归为一类,帮助识别异常数据点,像在水质监测数据中找出水质突变区域。分类算法则能依据历史数据,对当前水利工程状态进行分类判断,如判断大坝渗流状态是否正常。数据挖掘技术让繁杂的数据变得有序,为水利工程管理决策提供有力的数据支撑,助力管理者及时发现问题并采取有效措施。

2.3.2 人工智能技术

人工智能技术为水利工程智能化监测注入强大动力。机器学习算法,如神经网络、支持向量机等,可基于大量历史监测数据构建预测模型。以大坝变形监测为例,神经网络模型能学习历史变形数据与各类影响因素(如温度、水位变化)的关系,进而预测未来大坝变形趋势,提前预警安全隐患。深度学习技术中的卷积神经网络,可用于图像识别,在水利工程中对水工建筑物外观进行分析,检测裂缝、破损等状况。自然语言处理技术能对水利工程相关文档、报告进行自动分析,提取关键信息,提升信息处理效率。人工智能技术显著提升水利工程监测的智能化水平,增强工程运行的安全性与可靠性^[2]。

3 水利工程智能化监测系统的应用

3.1 水文监测

在水文监测领域,智能化监测系统展现出卓越效能。通过分布于江河湖泊、水库等水体中的各类传感器,如水位传感器、流速传感器、雨量传感器等,可实时采集水位、流量、降雨量等关键水文数据。传感器将数据经通信技术快速传输至数据处理中心,数据挖掘技术能对长期积累的水文数据进行分析,找出水位变化规律与降雨、流量间的关联。人工智能技术构建的水文预测模型,能精准预测洪水、干旱等水文灾害发生的可能性与规模,为防洪抗旱决策提供科学依据。例如,在洪水来临前,依据准确的水文预测,可提前做好人员疏散、物资调配等工作,有效降低灾害损失。

3.2 水工建筑物监测

对于大坝、水闸等水工建筑物,智能化监测系统是安全运行的“守护者”。应变传感器、位移传感器等安装在建筑物关键部位,实时监测应力、应变、位移等参数。数据处理中心运用数据挖掘技术,对比历史数据,判断建筑物是否处于正常工作状态。利用人工智能中的机器学习模型,可根据监测数据预测建筑物的变形趋势,提前察觉潜在安全隐患。如在大坝监测中,若发现位移变化异常,系统能及时发出预警,便于管理人员采取加固等措施,保障水工建筑物长期稳定运行,确保下游人民生命财产安全。

3.3 水环境监测

智能化监测系统助力水环境监测实现精细化管理。水质传感器可实时监测水体的酸碱度、溶解氧、化学需氧量等指标,传感器数据通过通信网络传输至监测平台。数据挖掘技术分析不同区域、不同时段的水质数据,能确定污染源与分布范围。人工智能的图像识别技术可通过卫星或无人机拍摄的影像,监测水体颜色变

化,辅助判断是否存在大面积污染。一旦发现水质异常,系统迅速报警,相关部门可及时采取治理措施,保护水资源,维护水生态平衡,保障居民用水安全。

3.4 灌溉用水管理监测

在灌溉用水管理方面,智能化监测系统提升了水资源利用效率。土壤湿度传感器、气象传感器部署在农田中,实时监测土壤墒情、气象条件等信息。通过通信技术将数据反馈至灌溉控制系统,数据挖掘技术分析作物生长周期与需水规律的关系,人工智能算法依据监测数据精准计算灌溉用水量与灌溉时间,实现精准灌溉。例如,在干旱季节,系统根据土壤湿度与作物需求,自动控制灌溉设备开启与关闭,既满足作物生长需求,又避免水资源浪费,促进农业可持续发展。

3.5 水利设施设备运行状态监测

对于泵站、水轮机等水利设施设备,智能化监测系统保障其高效运行。振动传感器、温度传感器等监测设备运行时的振动、温度等参数,数据实时传输至管理系统。数据挖掘技术对设备运行数据进行分析,找出设备运行的异常模式。机器学习模型可预测设备故障发生时间,提前安排维护保养,避免设备突发故障。如泵站监测系统发现电机温度异常升高,及时预警,维修人员可提前检修,确保水利设施设备稳定运行,保障水利工程正常发挥功能^[3]。

4 水利工程智能化监测系统的发展趋势

4.1 系统集成化

未来,水利工程智能化监测系统将朝着高度集成化迈进。不同类型的传感器、通信模块与数据处理平台将深度融合,打破现有系统间的信息孤岛。例如,水文监测、水工建筑物监测以及水环境监测等子系统将整合为一个有机整体,实现数据的全方位共享与协同分析。硬件设备也将更加集成化,减少设备体积与安装复杂度,降低成本的同时提高系统稳定性。通过系统集成化,可提升整体监测效率,为水利工程管理提供更全面、精准的数据支持,助力综合决策。

4.2 智能化

智能化程度持续加深是重要趋势。人工智能技术将进一步升级,机器学习算法能更精准地对海量监测数据进行分析,实现故障诊断、趋势预测等功能的智能化。例如,基于深度学习的图像识别技术可自动识别水工建筑物表面更细微的裂缝与缺陷,且准确率大幅提升。自

然语言处理技术使系统能与管理人员自然交互,理解复杂指令,提供智能化建议。智能化发展将极大提升水利工程监测的自动化水平,减少人工干预,提高监测的及时性与准确性。

4.3 网络化

网络化拓展会让水利工程智能化监测系统覆盖范围更广。随着5G等新一代通信技术的普及,监测系统的通信能力将显著增强,实现更高速、稳定的数据传输。偏远地区的水利设施也能顺畅接入网络,保证数据实时同步。此外,物联网技术将使更多设备接入系统,构建庞大的水利工程监测网络。设备之间可实现互联互通,协同工作,如传感器与执行机构联动,依据监测数据自动调节水利设施运行参数,提升水利工程管理的智能化与远程化水平。

4.4 可持续化

可持续化发展在未来至关重要。一方面,系统将更加注重能源利用效率,研发低功耗的传感器与通信设备,利用太阳能、水能等可再生能源供电,降低对传统能源的依赖,减少运维成本。另一方面,在系统设计与建设中,将充分考虑环境友好性,采用环保材料,减少对周边环境的影响。同时,通过优化监测策略,减少不必要的数据采集与传输,降低系统资源消耗,确保水利工程智能化监测系统长期可持续运行^[4]。

结束语

水利工程智能化监测系统的研发与应用,无疑是水利行业发展的重要里程碑。从传感器精准采集数据,到通信技术实现高效传输,再经数据处理与分析技术挖掘数据价值,各关键技术协同运作,为水利工程监测筑牢根基。其在水文、水工建筑、水环境等多领域的应用,极大提升了水利管理水平与安全保障能力。

参考文献

- [1]陈健.智能化预警系统在水利工程中的应用[J].今日自动化,2022(10):105-107.
- [2]陈学森.基于大数据的水利工程安全管理及预警系统设计与实现[J].现代工程科技,2023,2(17):177-180.
- [3]何成斌.小型水库智能化云监测预警分析系统的搭建[J].水科学与工程,2023(3):193-196.
- [4]马颖.基于PSD的水利工程变形监测系统设计与室内检验[J].水利信息化,2023,(03):166-171.