

物联网在水利工程信息化监测中的应用与展望

李淑祎

杭州鲁尔物联科技有限公司 浙江杭州 310000

摘要：本文旨在研究物联网在水利工程信息化监测中的应用和前景。通过综合分析水利工程信息化监测的背景和挑战，结合物联网技术的特点和优势，系统阐述了物联网技术在水文、水质、工程安全、设备状态和灾害监测等方面的应用，并分析了其在智能化水利工程管理、先进技术融合以及在水利其他领域的应用前景。分析研究结果表明，物联网技术能够有效提升水利工程监测精度和运行管理智能化水平，为推动水利高质量发展提供有力支撑。

关键词：物联网技术；水利工程；信息化监测；智能化管理；大数据与人工智能

引言

随着社会的发展和经济的不断增长，水资源的合理利用和管理成为了当今社会亟需解决的问题之一。水利工程作为维护水资源安全和保障社会发展的重要基础设施，其监测与管理显得尤为重要。然而，传统的水利工程监测方式存在着监测数据获取困难、信息传输不畅、监测精度不高等问题。为了解决这些问题，物联网技术的引入成为了一种重要的解决方案。本文将探讨物联网技术在水利工程信息化监测中的应用现状与发展趋势，为水利工程的智能化管理和信息化建设提供理论和实践指导。

一、水利工程信息化监测概述

（一）水利工程信息化监测的背景和意义

随着人口增长和工业化进程的加速，水资源的有效、高效和可持续利用面临着日益严峻的挑战，传统的人工监测和水利工程运行管理方式已经难以满足实时监测和预测预警需求。在这种背景下，信息化监测的优势逐渐显现。水利工程信息化监测利用先进的传感器、数据采集和通信技术，对水文、水质、形变等多维度数据的实时采集、传输和分析，实现水资源管理、水灾害预警、水环境监测和水利工程运行维护等方面的信息化、数字化和智能化，为相关部门提供了准确、及时的数据支持，有助于提高水利工程的运行效率、精细化管理水平和应对水旱灾害风险的能力^[1]。

（二）目前水利工程监测中存在的问题和挑战

目前，水利工程传统的监测手段存在着数据采集不及时、信息传输不稳定、监测范围有限等问题，往往受限于人员的数量和精力，无法实现全天候、全方位的监测，容易造成监测盲区，难以实现对水利工程运行状态

的实时掌握和快速响应。监测数据的处理和分析手段相对滞后，缺乏有效的数据挖掘和分析技术，使得监测数据无法得到充分利用和价值发挥。水利工程监测中常常存在人力成本高、管理效率低等管理方面的问题，缺乏智能化、自动化的管理手段，导致监测体系的运行效率不高。水利工程所处环境复杂多变，自然因素和人为因素的影响较大，监测数据易受到干扰和误差，导致数据的不准确和不可靠，需要进一步加强质量控制和数据验证手段。随着水利工程运行管理要求的不断提高，对监测手段和技术水平也提出了更高的要求，如实时监测、精准预警、智能决策等方面的需求日益突出。

二、物联网技术在水利工程监测中的应用

（一）水文监测

在水文监测领域，我们借助物联网技术，通过集成各类水文监测传感器和通讯模块，实现了对水库、河道、渠系、湖泊的水位、降水量、流量等水文要素的实时感知和监控，这些水文监测要素在保障水利工程的安全运行、促进水资源的合理分配以及防汛抗旱等方面，均发挥着至关重要的作用。常用的水位传感器包括压力式水位计、浮子式水位计、雷达式水位计、超声波水位计、电子水尺、视频水尺球机等；常用的降水量传感器包括翻斗式雨量计、压电式雨量计等；常用的流量传感器包括雷达流量计、超声波流量计、多普勒流量计、ADCP、电磁流量计等。这些传感器各有特点，可根据具体的应用场景选择合适的传感器对水文要素进行监测，实现空地一体化感知覆盖和要素提升^[2]。

恶劣天气情况下的水文监测数据对于水旱灾害防御和应急指挥具有重要指导意义。北斗卫星覆盖范围广、可靠性高，即使在天气恶劣、环境复杂的情况下，依然

能够保持通信的稳定性和可靠性，因此，水雨情监测站通常采用“4G+北斗”双保障的通信模式，以保障极端天气下数据传输的可靠性。LoRa和NB-IoT是针对大范围覆盖、低功耗的物联网应用设计的通信技术，特别适用于水文野外监测中网络信号差、有低功耗需求的场景。

(二) 水质监测与水环境保护

在水质监测与水环境保护领域，根据监测指标特点不同，选用不同原理的物联网传感器对水体的多项关键指标进行监测，如水温、PH值、溶解氧、浊度、电导率、氨氮等。这些传感器的安装部署方式灵活多样，可直接安装在水体中，也可以通过搭载浮标、无人船等进行悬挂监测。借助物联网和通信技术，将水质监测数据实时传输至监测中心或云端服务器进行存储和分析处理，能够及时发现水质异常情况并报警，实现对水环境事件的快速响应和处置。结合人工智能、大数据分析、数值模拟等技术，对物联网感知数据进行深度挖掘和分析，建立水质预测模型，对水质变化规律和趋势进行预测，为水环境保护和水资源管理提供科学依据。

(三) 水利工程安全监测

在水利工程安全监测领域，水工结构安全监测是重中之重。通过对水库大坝、堤防、渡槽、泵闸站、水电站厂房等水工建筑物的结构进行实时监测，可以及时发现可能存在的安全隐患，如变形、渗流、裂缝等问题。传统的变形观测通常采用人工观测墩和水准、全站仪测量相结合的方式，虽然精度较高、数据可靠性较好，但由于监测范围大、点位多，存在观测周期长、自动化程度低、数据整理分析工作量大的问题。近年来，基于北斗卫星定位技术的GNSS监测、基于机器视觉和边缘计算等技术的视觉形变监测、基于干涉测量技术的合成孔径雷达（InSAR）等先进技术逐步应用于水工结构的变形监测中。随着物联网和通信技术的迅猛发展，传统的观测设施也开始进行了自动化改造。在大坝安全监测领域，许多传统的观测设施如垂线装置、引张线仪、双金属管标、水管式沉降仪、静力水准仪等，通过采集端-分布式数据采集单元-中心站的数据传输链路，实现了全面自动化监测，大坝各个关键部位的状态信息可以被全天候远程实时监测并传输至中央控制系统，实现了大坝安全状态的长期跟踪监测和预测预警，大大提高了观测系统的实时性与可靠性^[3]。

(四) 设备状态监测与预防性维护

物联网技术的运用不仅实现了对设备状态的实时监控，而且能够显著提升设备的可靠性与安全性，确保水

利设备的高效稳定运行。通过在水闸、泵站、水电站厂房的关键设备部位部署物联网传感器，能够对设备运行温度、压力、振动、电流等关键参数进行实时监测，从而精确掌握水利工程设备的运行状况。例如，振动传感器可以精准捕捉水泵、涡轮机等旋转设备的振动情况，持续的异常振动可能预示着轴承磨损、平衡失调或部件松动等问题；闸门开度传感器则能够实时监测闸门的启闭状态；电流传感器能够实时监测电机、泵组等设备的运行状态。利用数据挖掘和分析算法，对采集到的设备运行数据进行实时处理和分析，建立预警机制和维护响应系统，当监测到设备状态异常时，立即通过物联网平台发送异常类型、位置信息和具体参数等预警信息至相关管理人员，及时对异常设备进行检修维护，提高水利工程设施的维护效率和管理水平。具体的监测与维护流程如图1所示。

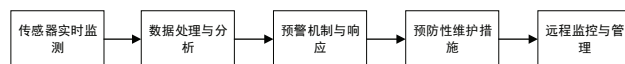


图1 设备状态监测与预防性维护流程

(五) 灾害监测与预警

在灾害监测与预警方面，物联网技术的应用极大地提高了灾害监测感知与预警能力，能够有效减少自然灾害带来的损失。结合灾害形成机理和演化规律分析研究成果，充分利用传感器、卫星遥感、地理信息、5G等技术，建立空、天、地一体化全域覆盖的灾害监测预警网络，对降雨、河道水位、库水位、地表变形、坝体渗流等指标进行感知监测，结合洪水预报、淹没分析、灾害预警等专业模型，实现“预报+监测”多手段防灾预警，有效提升预警时效性和精确性，为风险评估、抢险救灾提供决策依据。

三、物联网技术在水利工程信息化监测中的展望

(一) 智能化水利工程管理

随着物联网技术的不断深入应用，水利工程正逐步实现自动化、智能化、精细化管理。借助多种物联网设备的精准部署，我们能够实时采集水位、流量、工情等关键要素，从而实现对水利工程运行管理状态的全面感知。物联网技术不仅支持对水闸、泵站、水泵等设备运行状态的远程监控与参数调节，实现远程开关、定时控制等智能化功能，也能根据实时监测数据进行精准预测和分析，对水利工程进行智能优化调度，最大化提升水资源利用效率。在紧急情况下，还可以通过物联网远程控制迅速响应，及时干预，有效降低灾害风险。通过可视化的界面和数据分析工具，管理者可以直观地了解水

利工程的运行状态和趋势，快速发现问题并做出决策，推动水利工程自动化、智能化、精细化管理的全面实现。

（二）融合先进技术，推动水利创新发展

通过深度融合大数据和人工智能等先进技术，对采集到的物联网数据进行深度处理和分析，充分挖掘历史数据和实时监测数据中的潜在信息，揭示数据间的相关性和规律性，可以对未来的水文趋势、灾害风险、水资源供需状况等进行预测，为水利工程的规划、设计和运行管理提供科学的决策支持，提高水资源的利用效率和水利工程的运行效率^[4]。大数据、人工智能等先进技术的广泛应用，将推动水利工程信息化监测向自动化、智能化方向发展，为水利工程的安全运行和水资源的可持续发展提供强有力的支持。

（三）物联网技术在水利领域的其他应用

随着物联网技术的普及和成熟，其在水利业务领域的应用范围将进一步扩大。除了传统的水库大坝、堤防、闸泵站等水利工程的运行管理，物联网技术还可应用于应急水文监测、水旱灾害防御、水污染防治、农田灌溉、城市供水、生态修复等诸多领域，实现水资源的全生命周期管理，为水资源的合理配置与高效利用、保障水安全、促进生态文明建设提供数据支撑和决策依据^[5]。

四、案例分析

（一）应用案例概况

某水库位于山区，是当地的重要水源地和防洪控制工程。水库管理局充分利用物联感知技术，全面采集涉及水库大坝渗流、沉降、位移等安全运行关键要素，建立水库大坝安全分析评估模型，打造了一套智能化水利工程运行管理系统，对水库安全状况的动态研判与预警，实现安全预警闭环管控。通过布置水位计、雨量计、水质监测仪、GNSS、渗压计、闸门开度仪等监测设施，对库区雨水情、结构安全和工情进行监测感知，实现对水库安全和闸门运行状态的实时在线远程监控，为水库大坝安全在线实时研判提供数据基础。在物联网监测数据的基础上，融合水库基本资料、巡视检查结果等多源数据，进行数据汇聚和数据治理，利用多指标、多层次、多准则的综合评价方法对水库大坝安全状况进行评估，指导水库工程运行和应急管理，确保水库大坝安全运行、发挥效益。

（二）应用效果分析

水利工程运行管理系统在该水库工程中取得了良好的应用效果，具有较高的监测精度和预警能力，部分数据统计结果如表1所示。在监测数据方面，系统能够较好地对接水库的水位、雨量、水质等情况进行监测。例如，

3月20日降雨量达到55毫米，库水位上升至13.5米，数据显示出现了较大的降雨，导致库水位上涨；水质指数变化不大，表明水质状态相对稳定，但仍需要持续监测和管理。在水库安全评价和预警方面，系统利用大坝安全评价模型，从结构安全、防洪能力、现场检查等方面综合进行水库大坝安全在线实时研判和风险预警。例如，3月20日突降大雨，库水位快速上升，系统大坝安全在线实时研判评价为90分，发出预警4次，提醒水库管理人员加强巡视检查和防范，有效提高了对潜在风险的感知和应对能力。

表1 系统应用效果

日期	水位 (m)	雨量 (mm)	水质指数	评价打分	预警次数
2023年6月5日	13.2	20	6.9	97	2
2023年6月10日	11.8	3	7.2	100	0
2023年6月15日	12.9	6	7	99	1
2023年6月20日	13.8	65	6.8	90	4

结语

在水利工程中，物联网技术的应用为信息化监测带来了革命性的变革，通过对水文、水质、工程安全、设备状态和灾害等多个方面的监测与预警，极大地提高了水利工程的运行效率、精细化管理水平和应对水旱灾害风险的能力。未来，可以期待物联网技术在水利工程管理中的进一步智能化应用，通过大数据和人工智能等技术手段的深度融合，物联网在水利工程领域的应用将会更加广泛和深入。物联网技术的应用将不断提升水利数字化、网络化、智能化水平，为推动水利高质量发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 许建平, 陆赵锋, 陈伯进. 物联网在水利信息化中的应用——评《水利信息监测及水利信息化》[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(09): 149-150.
- [2] 毕庶刚, 江龙, 韩康. 基于物联网技术的水文监测控制系统及应用[J]. 山东水利, 2021(12): 7-811.
- [3] 孙玉光. 蓁窝水库安全监测自动化系统改造技术研究[J]. 内蒙古水利, 2021, (06): 37-39.
- [4] 王良泽南. 水利工程数字化与智能化发展趋势研究[J]. 长江工程职业技术学院学报, 2023, 40(03): 75-78.
- [5] 崔庆光, 尉海霞. 信息化技术在农业水利工程中应用现状与分析[J]. 农业工程技术, 2023, 43(14): 66-67.