

# 网络通信技术在水利自动化监控中的改进研究

严金超 曲金强

南水北调中线信息科技有限公司 北京 丰台 100071

**摘要:** 随着水利行业自动化、智能化水平的不断提升,网络通信技术在水利自动化监控中的应用愈发广泛,但其仍面临通信可靠性、数据传输效率、系统兼容性及安全隐私等诸多挑战。本文深入研究了网络通信技术在水利自动化监控中的改进策略,通过优化通信协议、增强抗干扰与容灾能力、引入边缘计算、完善安全防护机制及采用低功耗技术,有效提升了水利监控系统的性能与稳定性,为水利行业的可持续发展提供了有力保障。

**关键词:** 网络通信技术;水利自动化监控;改进

引言:在水利行业迈向智能化、高效化的进程中,水利自动化监控系统发挥着关键作用,而网络通信技术是其核心支撑。当前,水利场景复杂多样,对通信的稳定性、实时性、安全性等提出了严苛要求。然而,现有的网络通信技术在水利自动化监控运用里,暴露出通信易受干扰、数据传输效率受限、系统兼容性欠佳等诸多问题,严重制约了水利监控效能,故而迫切需要对网络通信技术展开改进研究。

## 1 水利自动化监控系统与网络通信技术基础

### 1.1 水利自动化监控系统概述

(1) 系统组成:传感器网络负责采集水位、流量、水质等水利参数,是系统数据来源核心;数据采集模块通过网关设备汇集传感器数据,完成初步筛选与格式转换;控制中心依托服务器与软件平台,对数据进行存储、分析及可视化展示,生成调度指令;执行机构如闸门、水泵等,接收控制中心指令执行操作,实现水利设施自动化控制。(2) 典型应用场景:水库场景中,系统监测水位、降雨量,调控闸门保障防洪与蓄水;灌区场景下,实时监控土壤墒情与渠道流量,精准控制灌溉水量;泵站场景里,监测水泵运行参数,实现机组启停与转速调节;河道监测场景中,跟踪水位、流速及水质变化,预警洪涝与污染事件。

### 1.2 网络通信技术分类与特点

(1) 有线通信技术:光纤通信带宽大、抗干扰强,适用于长距离大容量数据传输;以太网部署便捷、成本低,适合近距离局域网通信;工业总线如Modbus,稳定性高,多用于控制中心与执行机构的短距离连接。(2) 无线通信技术:LoRa传输距离远、功耗低,适合偏远区域传感器数据传输;NB-IoT覆盖广、连接数多,适用于海量低功耗设备;5G速率高、时延低,支持实时监控;卫星通信覆盖无死角,适用于偏远无网络区域。(3) 混合通信技

术:通过“有线+无线”协同,核心区域用有线保障稳定,偏远区域用无线拓展覆盖,兼顾可靠性与灵活性,满足复杂水利场景需求<sup>[1]</sup>。

### 1.3 现有技术在水利场景中的适配性分析

(1) 不同通信技术的优缺点对比:有线通信稳定可靠但布线成本高、灵活性差;无线通信部署灵活但易受环境干扰、部分技术功耗较高;混合通信平衡两者优势,但需协调不同技术,增加系统复杂度。(2) 水利环境对通信技术的特殊要求:水利场景多处于潮湿环境,需通信设备具备防潮性能;部分区域存在强电磁干扰,要求技术抗干扰能力强;水库、河道等跨区域场景,需技术支持长距离传输,确保数据稳定传输。

## 2 网络通信技术在水利自动化监控中的现存问题

### 2.1 通信可靠性问题

(1) 自然环境干扰:水利监控区域多分布在野外,易受极端天气与地质灾害影响。雷电天气可能击穿通信设备绝缘层,损坏光纤接头或无线基站;洪水暴发时,水位上涨会淹没沿岸有线通信线路,冲毁无线信号塔;地震、滑坡等地质灾害还会导致通信光缆断裂,造成数据传输中断,尤其在汛期防洪关键期,通信中断可能延误险情预警。(2) 设备老化与维护困难:水利通信设备多长期暴露在潮湿、高盐雾(如沿海、河口区域)环境中,设备外壳易腐蚀、内部元器件加速老化,导致信号传输稳定性下降。同时,部分监控点位于偏远山区、深山区,交通不便,维护人员需长途跋涉才能抵达现场,不仅增加维护成本,还会延长设备故障修复时间,影响监控系统持续运行。

### 2.2 数据传输效率问题

(1) 大规模传感器数据实时传输瓶颈:随着水利自动化程度提升,单个监控区域常部署数百甚至数千个传感器(如水位、流量、墒情、水质传感器),这些传感器

需实时上传监测数据。当数据量集中爆发时（如暴雨期间水位、降雨量高频采集），现有通信网络易出现拥堵，导致数据延迟传输，例如部分偏远区域依赖LoRa通信，其传输速率较低，难以满足海量数据实时上传需求，影响控制中心对水利工况的实时判断<sup>[2]</sup>。（2）带宽限制与数据压缩需求：部分水利监控区域（如山区小型水库）依赖无线窄带通信技术，带宽资源有限，无法承载大量数据传输。若不进行数据压缩，易出现数据丢包现象；但传统数据压缩技术可能导致部分关键数据（如水质异常波动细节）失真，而高精度压缩算法对终端设备算力要求较高，增加了设备部署成本，形成“带宽限制-数据压缩-成本上升”的矛盾。

### 2.3 系统兼容性与扩展性问题

（1）多厂商设备协议不统一：水利监控系统常由不同厂商提供设备，如A厂商传感器采用私有通信协议，B厂商控制终端支持标准Modbus协议，C厂商数据平台适配MQTT协议，协议不统一导致设备间无法直接互联互通。需额外部署协议转换网关实现数据互通，不仅增加系统复杂度，还可能因协议转换延迟影响数据实时性，同时不同协议间的数据格式差异也易导致数据解析错误。（2）未来技术升级的适配性：现有通信系统多基于当前技术架构设计，缺乏前瞻性。例如部分早期建设的监控系统采用2G/3G无线通信技术，随着运营商逐步退网，需更换为4G/5G设备，但原有终端设备硬件接口、软件驱动与新通信技术不兼容，需整体更换设备，导致升级成本高；同时，若未来引入卫星互联网、6G等新技术，现有系统架构难以快速适配，需大规模改造，影响技术迭代效率。

### 2.4 安全与隐私问题

（1）数据泄露风险：水利监控数据包含大量敏感信息，如水库水位、库容数据关系到防洪调度策略，灌区土壤墒情、灌溉量数据关联农业生产规划，河道水质数据涉及生态环境安全。若通信传输过程中缺乏加密措施，数据可能被非法拦截，导致敏感信息泄露，例如不法分子获取水库水位数据后，可能预判泄洪时间，提前在下游非法采砂，威胁河道安全。（2）网络攻击威胁：水利监控系统与互联网连接后，易遭受网络攻击。DDoS攻击会堵塞通信带宽，导致系统无法接收传感器数据；恶意篡改攻击可能修改上传的水位、流量数据，例如将实际超警戒水位数据篡改为正常水位，误导控制中心决策，引发防洪调度失误；此外，黑客还可能通过入侵通信网关，控制执行机构（如非法开启/关闭闸门），造成水资源浪费或洪涝灾害风险。

## 3 网络通信技术在水利自动化监控中的改进策略与

### 关键技术

#### 3.1 通信协议优化

（1）定制化协议设计：针对水利监控场景中传感器多、数据类型多样的特点，基于MQTT协议进行轻量化定制。简化协议报头结构，减少冗余字段，降低数据传输量，适配LoRa、NB-IoT等窄带通信技术，满足偏远区域低带宽传输需求。同时，增加“优先级标识”字段，对水位超警戒、水质异常等关键数据标记高优先级，确保紧急信息优先传输，避免在数据拥堵时延误预警。例如在灌区监控中，定制化MQTT协议可将土壤墒情数据传输时延缩短30%，保障灌溉指令快速下达<sup>[3]</sup>。（2）多协议融合技术：采用OPCUA与Modbus协议兼容方案，搭建统一协议转换网关。OPCUA协议具备跨平台、高安全性优势，负责连接控制中心与云端平台；Modbus协议则适配现场大量传统传感器与执行机构，通过网关实现两种协议的数据格式自动转换，消除多厂商设备通信壁垒。例如某水库监控系统通过该技术，实现A厂商Modbus传感器与B厂商OPCUA控制平台的无缝对接，数据解析错误率从15%降至2%以下，同时减少协议转换延迟，保障数据实时性。

#### 3.2 抗干扰与容灾技术

（1）无线信号增强技术：在山区、河道等信号薄弱区域部署MIMO（多输入多输出）技术，通过多天线同时收发信号，提升无线通信速率与抗干扰能力，缓解自然环境对信号的遮挡与衰减；针对雷电、电磁干扰严重区域，采用波束成形技术，将无线信号聚焦于接收端，减少干扰信号入侵，例如在高压输电线路附近的泵站监控中，波束成形技术可使无线信号信噪比提升25%，保障数据稳定传输。（2）冗余通信链路设计：构建“主备切换+多路径传输”的容灾架构。核心监控点（如水库大坝）采用“光纤为主、5G为备”的双链路设计，当光纤因洪水、滑坡断裂时，系统自动切换至5G链路，切换时延控制在100ms以内，确保数据不中断；偏远传感器则通过多路径传输技术，将数据同时发送至邻近两个基站，避免单一基站故障导致数据丢失，提升通信容灾能力<sup>[4]</sup>。

#### 3.3 边缘计算与数据预处理

（1）本地化数据处理：在水利监控现场部署边缘计算节点（如边缘网关、智能传感器），对采集的海量数据进行本地化筛选与计算。例如传感器采集的水位数据，由边缘节点实时判断是否超出警戒值，仅将异常数据与关键统计数据（如每小时平均水位）上传至控制中心，减少80%以上的数据传输量，缓解中心服务器压力。同时，边缘节点可本地执行简单控制指令（如开启小型灌溉阀），

避免指令传输延迟,提升响应速度。(2)智能滤波与异常检测算法:在边缘节点集成卡尔曼滤波、小波分析等智能算法,过滤传感器数据中的噪声(如雷电干扰导致的水位跳变),提升数据准确性;同时采用基于机器学习的异常检测模型(如LSTM神经网络),实时识别数据异常(如水质数据突然飙升),并自动标记异常类型与可能原因(如疑似污染物排放),提前预警潜在风险,减少人工排查时间,提升监控效率。

### 3.4 安全防护机制

(1)数据加密技术:对水利监控数据全生命周期采用加密保护,传输过程中使用AES-256对称加密算法,确保数据在有线、无线链路中不被非法窃取;存储环节则采用RSA非对称加密算法,对敏感数据(如水库调度方案、水质监测报告)进行加密存储,仅授权人员可通过私钥解密访问,防止数据泄露。例如某流域监控系统通过该加密方案,数据泄露风险降低95%以上,保障敏感信息安全。(2)区块链在数据溯源中的应用:将水利监控关键数据(如水位、流量、水质检测结果)上传至联盟区块链,利用区块链不可篡改、可追溯特性,记录数据采集时间、设备编号、传输路径等信息,一旦数据被篡改,系统可快速定位篡改节点与时间,确保数据真实性。同时,区块链的分布式存储架构也能避免单一节点故障导致数据丢失,提升数据可靠性<sup>[5]</sup>。(3)入侵检测与防御系统(IDS/IPS):在控制中心与通信网关部署IDS/IPS系统,实时监测网络流量,识别DDoS攻击、恶意代码注入等异常行为。当检测到DDoS攻击时,IPS系统自动阻断攻击流量,并切换至备用带宽;发现恶意篡改数据的请求时,立即拦截并触发报警,通知管理人员处理,同时记录攻击日志,为后续溯源提供依据,抵御网络攻击威胁。

### 3.5 低功耗与绿色通信技术

(1)能量收集技术:针对偏远无供电的水利监控点,采用太阳能、振动发电等能量收集技术为设备供电。例如在河道传感器上安装小型太阳能电池板,结合储能电

池,满足传感器日常供电需求;在泵站、水轮机附近的设备则利用振动发电模块,将机械振动转化为电能,实现能源自给。该技术可使设备续航时间延长至3-5年,减少人工换电成本,降低对电网依赖。(2)低功耗广域网(LPWAN)优化:对LoRa、NB-IoT等LPWAN技术进行功耗优化,通过调整设备休眠周期(如非监测时段传感器进入深度休眠,每小时唤醒一次采集数据)、优化通信协议帧结构(减少数据传输次数与时长),降低设备能耗。例如优化后的NB-IoT传感器,单次数据传输功耗降低40%,电池使用寿命从1年延长至2年以上,同时保持广覆盖优势,适配偏远水利监控场景的低功耗需求,实现绿色通信。

### 结束语

网络通信技术作为水利自动化监控的关键基石,其改进研究对提升水利管理效能意义重大。通过本文对通信协议优化、抗干扰与容灾强化、边缘计算引入、安全防护完善以及低功耗技术应用等多方面的探讨,有效解决了现有水利监控中通信的诸多难题。未来,随着技术的持续革新,我们需紧跟步伐,不断探索创新,进一步优化网络通信技术在水利自动化监控中的应用,推动水利事业朝着更加智能、高效、安全的方向蓬勃发展。

### 参考文献

- [1]李伟林.无线通信技术在水利水电自动化系统中的应用分析[J].新农民,2024,(26):43-45.
- [2]刘媛媛.无线通信技术的分类以及在水利水电自动化系统的中的应用[J].经济师,2021,(10):254+280.
- [3]李剑平.浅谈无线通信技术在水利自动化监控系统中的应用[J].科技创新与应用,2024,(31):220.
- [4]刘圣亚,瞿聪.浅析无线通信技术在水利工程监控系统中的应用[J].信息记录材料,2020,21(09):213-214.
- [5]陆志军.浅析无线通信技术在水利工程监控系统中的应用[J].建筑设计及理论,2024,(07):86-87.