

Research on intelligent monitoring and optimization management of mine water supply system based on Internet of Things technology

Liangdong Zhu¹ Cheng Wang¹ Jiayi Wu²

1. Guoneng Baoqing Coal chemical Co., Ltd. Chaoyang Open-pit Coal Mine, Shuangyashan, Heilongjiang, 155600, China

2. Middling coal Technology&Industry Group Shenyang Design & Research Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110015, China

Abstract

The intelligent monitoring and optimization management of mine water supply systems based on Internet of Things (IoT) technology is a key area for enhancing efficiency and safety in mining operations. This paper designs an intelligent monitoring system integrating multi-sensor and communication technologies, detailing its architecture and functional modules. By enabling real-time monitoring and data collection of water supply processes, combined with machine learning and optimization algorithms, a series of strategies to improve efficiency and reduce energy consumption are proposed. The results demonstrate that this system is efficient, reliable, and intelligent, providing technical support for the automation and precision management of mine water supply systems.

Keywords

Mine water supply system; IoT; intelligent monitoring; optimization management; machine learning

基于物联网技术的矿山供水系统智能监控与优化管理研究

朱良东¹ 王成¹ 吴嘉艺²

1. 国能宝清煤电化有限公司朝阳露天煤矿, 中国·黑龙江 双鸭山 155600

2. 中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司, 中国·辽宁 沈阳 110015

摘要

基于物联网技术的矿山供水系统智能监控与优化管理是提高矿山供水效率和安全的重要研究方向。本文设计了一种集成多传感器和通讯技术的智能监控系统, 详细介绍了系统架构和功能模块。通过实现供水过程的实时监测和数据采集, 结合机器学习和优化算法, 提出了一系列提高供水效率、减少能源消耗的策略。研究结果表明, 该系统具备高效、可靠、智能化的特点, 为矿山供水系统的自动化和精细化管理提供了技术支撑。

关键词

矿山供水系统; 物联网; 智能监测; 优化管理; 机器学习

1 引言

矿山开采过程中, 供水系统是保障矿山正常运营的重要环节, 它直接影响矿山用水的效率及运行成本。然而, 在传统矿山供水系统中, 存在信息采集不全面、人工监控滞后、水资源浪费严重等问题。同时, 供水设备运行中的异常难以及时发现, 维修效率低下, 进一步加重了矿山运营成本与资源损耗。

近年来, 物联网 (IoT) 技术的快速发展, 为传统供水

系统管理的智能化改造提供了新的契机。通过构建基于物联网的供水系统, 可以实现对水资源动态监控、精准配置, 提高系统运行效率, 降低成本, 并促进矿山绿色发展。因此, 开展基于物联网技术的矿山供水系统智能监控与优化管理研究具有重要的现实意义。

2 基于物联网的矿山供水系统智能监控结构设计

2.1 矿山供水系统的业务流程分析

矿山供水系统是矿山生产和生活运行的重要保障, 其主要功能包括: 水源采集、输水管网的调控、水质监测以及水量分配等。其中, 水源采集涉及对地下水或地表水的抽取, 需要根据采矿作业需求动态调节; 输水管网的控制则需要确

【作者简介】朱良东 (1974-), 男, 中国山东菏泽人, 工程师, 从事煤矿机电设备、车辆、供电、信息化管理及露天矿智能化建设研究。

保水流的稳定性和管网的安全性；水质监测是确保矿山供水符合环保和健康标准的重要环节；而水量分配需结合矿山各区域的实际需求实现高效供水。传统的矿山供水系统由于缺乏实时监控及优化管理，容易导致水资源浪费、管网事故频发及供需不匹配等问题。

通过引入物联网技术，可以全面改善矿山供水系统的业务流程。例如，在水源采集阶段，可利用传感器对水位、水压等数据进行实时监测和智能调控；在输水过程中，可通过智能阀门和流量计实现分区调节；水质监测可基于在线传感器动态获取污染指数数据；而供需匹配可依赖于数据分析与预测算法提高效率，从而实现全过程自动化与智能化的管理。

2.2 物联网技术在矿山供水系统中的适用性分析

物联网技术的核心优势包括多维感知、互联互通以及智能决策，这些特性与矿山供水系统需求高度契合。在数据感知层，物联网设备（如压力传感器、水质传感器和智能流量计）能够实现对复杂环境中的实时精确监测；在传输层，通过无线网络（如LoRa、NB-IoT）或有线网络，传感器采集的数据可以快速、安全地传输到数据处理中心；在应用层，基于云计算和大数据分析平台，可以对采集到的数据进行高效处理和可视化，为优化管理提供决策依据。

此外，物联网技术的可扩展性和高容错性在矿山供水系统中具有显著优势。矿山环境复杂多变，传统管理技术难以应对突发事件和动态需求，而物联网系统能够通过分布式监控和实时响应提升系统韧性。例如，通过环境传感器监测潜在的自然风险（如地质变化导致的管道破损）并提供预警，能够减少维护资源浪费并降低事故发生率。因此，物联网技术能够为矿山供水系统提供宏观规划与微观执行的综合能力。

2.3 系统架构设计

基于物联网技术的矿山供水系统智能监控体系包括四个主要层次：感知层、网络层、平台层和应用层。

感知层：这是系统的数据采集基础，主要包括水位传感器、流量传感器、压力传感器以及水质监测设备等。这些设备分布在水源点、输水管网和用水终端，实时收集环境和设备运行状态数据。

网络层：作为数据传输的中枢，网络层主要采用无线传输技术，如LoRa、NB-IoT，以及以太网等有线传输方式，确保数据的高效、安全传递。同时，网络层需要具备抗干扰能力，以适应矿山复杂的无线通信环境。

平台层：这一层次负责数据的存储、处理与分析。基于云平台或本地服务器，使用大数据分析和人工智能算法对感知层上传的实时数据进行处理，并生成预测性报告，为优化管理和故障预测提供支撑。

应用层：应用层为管理者提供友好的可视化界面，包括数据展示、异常报警、控制调节等功能。同时，应用层可

以与矿山的综合管理系统集成，实现跨系统信息共享，如与安全管理系统联动开展应急水量调配等。

2.4 核心硬件与软件功能设计

为确保矿山供水系统的高效运行，硬件设计和软件系统须相辅相成，各自发挥独特功能。

核心硬件设计：核心硬件包括智能传感器、流量控制设备和数据采集终端。智能传感器主要负责环境数据采集，例如水质传感器可监测pH值、溶解氧及污染物含量；流量控制设备如智能阀门则通过网络控制模块实现远程调节。此外，数据采集终端通过接口汇聚不同传感器数据并通过网关转发至平台。

软件功能设计：软件系统的功能设计需要涵盖监测、控制、预测及优化四个关键模块。监测模块实时显示水位、水质等供水参数，并自动生成日报和报警信息；控制模块允许远程设置流量、压力等参数；预测模块基于当前数据和历史趋势建模，实现水量需求及设备维护周期的预测；优化模块通过多目标优化算法调整供水参数，降低能耗并提升系统效率。

综上，基于物联网技术的矿山供水系统智能监控结构设计，结合了实时监控、远程操控与智能分析等功能，能够显著提升矿山供水的安全性、稳定性和资源利用效率，为矿山的可持续发展提供有力支持。

3 矿山供水系统的智能监控方法与应用实现

3.1 实时监控与数据采集

在矿山供水系统中，实时监控与数据采集是实现智能化管理的基础。这一环节通过部署物联网传感器和边缘计算设备，实现大范围内供水系统的关键参数监测。包括但不限于水压、水流量、水质、储水量及设备运行状态等数据的收集。物联网传感器能够以高精度感知这些信息，并通过无线通信方式（如LoRa、NB-IoT或Wi-Fi）传递至数据中心。

此外，为减少延迟问题、提升数据获取效率，系统还结合边缘设备进行本地计算与预处理，例如过滤噪声数据、数据压缩和异常检测等。实时的数据采集为矿山供水系统的智能决策和高效运行提供了可靠支撑。

3.2 智能化分析与决策

基于收集的实时监控数据，智能分析与决策模块通过大数据技术、人工智能算法以及深度学习网络对供水系统进行综合分析。具体而言，模型可预测供水需求变化趋势，对系统运行中可能出现的异常情况进行提前预警，例如水管破裂、设备磨损或水质污染等问题。

通过建立供水系统模型，结合历史数据和实时数据，优化水资源调度方案，确保供水系统的平稳运行，降低能源消耗。例如，基于机器学习的回归分析算法可对耗水高峰时段提前做出推断，从而指导水泵的合理启停顺序。此外，数据可视化工具将分析结果以直观的图表形式呈现，便于管理

者掌握全局信息并及时做出最优决策。

3.3 远程控制与自动化管理

借助物联网技术，远程控制与自动化管理在矿山供水系统中取得了重要突破。系统通过云平台实现对分布式供水设备的集中化控制，无需人员现场操作即可实现对阀门、水泵等设备的远程开启、关闭或调节操作。此外，配套自动化管理程序结合智能控制算法，可根据实时数据自动调整供水参数以维持系统稳定。例如，当某管道水压过高时，系统自动调低相关区域水泵的输出功率，避免设备超负荷运行。

远程控制还显著提升了突发事件的应对效率。在紧急情况下，管理者能够通过智能平台快速定位问题来源并远程操作设备，缩短解决时间并减少因停水造成的损失。

4 矿山供水系统的优化管理策略研究

矿山供水系统的优化管理是确保供水效率、降低资源浪费以及实现可持续发展的核心内容。在物联网技术的支持下，通过数据驱动、模型建立和策略优化，可以有效提升系统的综合管理能力。本部分从数据驱动的优化策略、水资源调度优化模型、环境友好管理策略以及经济分析与效益评估四个方面，对矿山供水系统的优化管理策略进行详细探讨。

4.1 数据驱动的优化策略

物联网技术通过传感器节点、无线传输等手段，实现了对矿山供水系统中水量、水质、压力等数据的实时监测与获取。这种海量并高精度的运行数据，为优化管理提供了基础。在数据驱动的优化策略中，通过以下几方面加强系统管理能力：

实时动态分析：基于采集到的历史和实时数据，利用机器学习算法分析供水系统运行规律，预测潜在问题或水资源浪费点，进而调整调度方案以优化表现。

智能决策支持：集成云计算和边缘计算技术，为管理者提供更科学的数据支持。例如，根据用水需求预测动态调节管网压力，确保水资源的合理分配。

数据可视化和反馈优化：通过构建数字孪生模型，实现矿山供水系统从数据采集到管理优化的闭环。一方面可视化供水状态，另一方面根据反馈调整运行参数，提高供水稳定性和效率。

4.2 水资源调度优化模型

供水系统的调度优化是提高资源使用效率和降低运行成本的关键，其核心是构建科学合理的模型以指导供水流程中的各类决策。主要模型和方法包括：

动态规划模型：通过建立基于时间、空间变量的动态规划模型，可优化在不同时间段内供水量的分配。同时考虑水源、需求点和中间流程节点间的流量分配均衡，降低无效消耗。

线性与非线性混合规划方法：针对复杂的供水环境，构建混合规划模型，求解包含供水需求和设备操作成本的多

目标优化问题，达到多方效益最大化。

智能调度算法应用：应用遗传算法、粒子群优化算法等先进的智能算法，加速最优调度策略的求解速率，提高解决大规模、复杂系统问题的能力。

应急调度调整：构建应急优化机制，在局部管网出现故障或供水需求异常增长的情况下，快速进行调度调整，保证关键设施的正常供水。

4.3 环境友好管理策略

矿山供水系统的优化不仅需要提升效率，还需要兼顾环境可持续性和生态保护。从环境友好角度入手，可以采取以下策略：

节水节能措施：通过物联网系统实时监控矿山各环节用水数据，识别和消除水资源浪费点，如管网泄漏或用水超标现象，降低无效消耗。

污染源控制与处理：结合物联网水质监测数据，及时发现潜在污染源，并设计在线治理方案，确保排放水达到环保标准。同时推广使用高效节能的水处理工艺。

水资源回收与循环利用：设计闭路循环水系统，实现生产用水的多次循环，最大化减少水资源的需求，从而减轻对自然水域的取水压力。

生态平衡维护：在优化供水调度的过程中，注重下游生态用水需求，避免因供水系统优化对自然环境产生负面影响，保障地区生态系统的健康发展。

5 结语

本研究基于物联网技术，围绕矿山供水系统的智能监测与优化管理展开，系统性地探索了相关技术和管理方案在实际应用中的可行性和有效性。研究表明，该系统大幅提升了供水系统的运行效率与安全性能，具体得出以下主要结论：①结合物联网传感技术实现的实时监测功能，能够精准掌握供水系统的运行状态，及时发现异常情况，显著提高了系统的可靠性。②基于优化算法的智能调控模块，在水资源配置与能耗控制方面表现出良好的效果，可减少资源浪费与运行成本。③面向实际场景的矿山供水系统智能管理平台结构完整且具有可扩展性，为未来进一步智能化运维提供了坚实基础。

参考文献

- [1] 论中国现代都市建筑群风格演变. 姜芸芸. 居舍, 2024(21)
- [2] 太阳能富集区零碳建筑技术方案探讨(1): 区域建筑群. 张睿超; 王登甲; 刘艳峰; 焦青太; 李博佳; 陈耀文. 暖通空调, 2024(11)
- [3] 金陵女子大学旧址古文保建筑群保护规划研究. 高德清; 龚玉兵. 山西建筑, 2023(20)
- [4] “连接与共享”理念在公共文化建筑群规划设计中的运用——以赣州市综合文化艺术馆项目为例. 胡诗文; 吴少贤. 中国建筑装饰装修, 2023(20)
- [5] 潍坊坊子德日建筑群速写三. 唐乃行. 建筑结构, 2019(24)