

# Application of New Wireless Sensor Network Technology in Mine Environmental Monitoring

Sutang Xing Linchun Zhou

Beijing Ruisai Great Wall Aviation Measurement and Control Technology Co., Ltd., Beijing, 100176, China

## Abstract

In order to solve many problems existing in mine environmental monitoring, this paper takes the application of new wireless sensor network technology in mine environmental monitoring as an example, analyzes the new wireless sensor network technology such as low-power technology, self-organization technology, data fusion technology, and analyzes the key factors of mine environmental monitoring and the problems existing in traditional mine environmental monitoring. According to the application potential of wireless sensor network technology in mine environmental monitoring, the application strategy of wireless sensor network technology in mine environmental monitoring is proposed from the aspects of system wireless sensor network architecture design, data acquisition and transmission, data processing and analysis, anomaly detection and early warning system, etc.

## Keywords

wireless sensor network technology; mine environmental monitoring; system architecture

## 无线传感器网络新技术在矿山环境监测中的应用

邢素堂 周林春

北京瑞赛长城航空测控技术有限公司, 中国·北京 100176

## 摘要

为解决矿山环境监测存在的诸多问题, 论文以无线传感器网络新技术在矿山环境监测中的应用为例, 分析了低功耗技术、自组织技术、数据融合技术等无线传感器网络新技术, 剖析了矿山环境监测的关键因素、传统矿山环境监测存在的问题, 根据无线传感器网络技术在矿山环境监测中的应用潜力, 从系统无线传感器网络架构设计、数据采集和传输、数据分析和处理、异常检测和预警系统的应用等多方面提出了无线传感器网络新技术在矿山环境监测中的应用策略, 以供相关人员参考。

## 关键词

无线传感器网络技术; 矿山环境监测; 系统架构

## 1 引言

随着采矿规模的不断扩大, 以及人们对环保的重视, 对矿山环境的监控显得越来越重要。常规的监测手段存在着监测点数量少、数据采集难度大、数据传输与处理滞后等问题。无线传感网的兴起为矿井环境监控提供了一种新的途径。无线传感网以其灵活布设、自组织和实时监测等优点, 可实现对矿井环境的全方位、多参量、实时监测。该传感器节点可灵活配置于矿井中的巷道、工作面 and 尾砂堆等重要部位; 污水排水口等, 对矿井内的温度、湿度, 瓦斯浓度进行实时监控; 研究表明, 该方法能有效地解决矿井噪声污染问题, 提高矿井安全生产水平。因此, 对无线传感网络的矿井环境监测系统进行研究, 可以提高矿井环境监测的精度和实时性, 为矿井环境监测的智能化、网络化、信息化提供

科学的参考。基于此, 论文针对煤矿安全生产中存在的安全隐患, 提出了无线传感器网络新技术在矿山环境监测中的应用策略, 以供参考。

## 2 无线传感器网络新技术

### 2.1 低功耗技术

无线传感器网络, 由众多散布空间的微型感应器构建而成, 其核心使命在于实时监控并传输环境数据。然而, 这类网络常常遭遇诸如能源匮乏、通信范围受限以及生命周期短暂等一系列挑战<sup>[1]</sup>。因此, 在无线传感器网络的设计中, 节能技术扮演着至关重要的角色。这涵盖了硬件和软件两个关键层面的创新, 在硬件层面, 需寻求使用高效能的低耗能芯片, 配合轻量级的传感器和节能型无线通信模块, 以显著削减每个节点的能源消耗。而在软件上, 应致力于开发低功耗通信协议, 精细调控数据传输模式, 甚至调整节点的工作频率, 以实现整体能量利用的最大化效率。这些措施的实施, 不仅显著延长了网络的持续运行时间, 增强了其稳定性与可

【作者简介】邢素堂(1983-), 男, 中国山东嘉祥人, 本科, 工程师, 从事煤矿安全测控系统、防爆电气设备研究。

靠性，同时也降低了维护成本和总体能源消耗，为无线传感器网络的可持续应用奠定了坚实基础。

## 2.2 自组织技术

无线传感器网络的自组织技术允许传感器节点在无中央管控的情况下自发地协同工作。相较于依赖中心控制器的网络架构，这种技术更擅长应对变化的环境和节点故障，增强了网络的稳定性和可信度。每个节点具备独立处理事务的能力，能通过与相邻节点的互动和合作来执行网络的共同目标。节点间的交流和决策过程由自组织算法驱动，实现了网络的自动化配置和管控，降低了运营和维护成本<sup>[2]</sup>。此外，这种分布式结构赋予了网络更大的适应性和拓展性。自组织技术使得无线传感器网络更能适应复杂场景和任务要求，提升了其运行效能。它还还为传感器网络的应用开辟了新途径，对推动物联网、智慧城市等新兴领域的进步起到了积极促进作用。

## 2.3 数据融合技术

在无线传感器网络的环境中，数据融合技术扮演着整合多元且异源信息的关键角色。该技术旨在提升数据的质量，包括精确度、完备性和可信度，进而优化网络效能和运作效率。其主要过程涵盖了数据净化、预备性数据分析、信息聚合、数据开采以及推断分析等环节<sup>[3]</sup>。数据净化阶段，主要任务是去除数据中的杂音，应用去噪、滤波和校准手段，以确保数据的精准无误。预备性分析阶段，则涉及数据的规范化和标准化操作，使不同来源的数据能处于同一比较基准，便于后续的深度处理。数据融合技术的运用使得用户能够更高效地管理和解读无线传感器网络中的海量数据，有助于精准监控环境动态，预见发展趋势，并迅速响应，以便制定相应策略。

# 3 矿山环境监测的需求与现状

## 3.1 矿山环境监测的关键因素

矿山环境监测是确保矿山生产活动与环境保护协调发展的重要手段。关键因素包括以下几个方面：首先，废水管理至关重要，因为矿山废水往往携带有毒重金属和有机化合物，可能对周边水源和生物系统产生破坏性影响，所以废水的检测和合规排放必不可少<sup>[4]</sup>。其次，废气控制也是关键，矿山运作常伴生大量含尘和异味气体，对空气质量构成威胁，故需严密监控废气排放，并采取有效治理策略。再者，噪音污染不容忽视，采矿作业产生的噪音可能严重影响附近居民的生活品质，因此噪音监测和控制应确保在法定标准以内。此外，土壤监测同样重要，以防止矿山活动导致的土壤污染，并及时采取防治措施防止污染蔓延。最后，水质检测也不可或缺，以防止矿山废水对周围水体的水质产生不良影响，确保水资源安全。全面监测矿山环境，及时识别问题并采取相应行动，是确保矿业安全和环境保护双重目标得以实现的关键步骤。

## 3.2 传统矿山环境监测存在的问题

在当前的矿山环境监测体系中，存在一些显著的问题，首先，其技术手段显得过时且效率低下。传统的监控方法主要依赖于人工采样和定点观测，这导致数据采集的速度和精确度受到限制，难以确保信息的即时性和有效性。其次，监测视野受限，传统方法往往局限于局部区域，无法全面揭示矿山周边环境的动态变化，缺乏全局视角。再次，数据分析环节也存在问题，由于流程烦琐且耗时，环境变化趋势的实时反映成为一大挑战。最后，监控手段单一性明显，主要依赖于单一的传感器设备，无法全面捕捉环境的多元化变异，导致传统矿山环境监测存在诸多局限。这些局限性表明传统矿山环境监控系统亟待革新，唯有引入先进的技术手段提升监控效率，才能增强数据的精确度和实时性，从而确保矿山环境的可持续管理和发展。

## 3.3 无线传感器网络技术在矿山环境监测中的应用潜力

无线传感器网络技术具备实时监控与远程数据传输功能，显著提升了监控效能与安全性。在矿山环境监测中，利用无线传感器网络技术借助分布在矿场各处的传感器设备，能有效检测矿山的地貌结构、气候条件及气体浓度等多项参数，从而迅速识别出可能存在的安全风险。这些传感器节点利用无线通信技术相互协作，确保数据即时传送到监控中心进行深度分析和处理，从而减少了反应时间。另外，该技术还支持数据的云存储和远程监控，向矿山管理者提供直观且精确的监控信息，协助他们作出基于数据的明智决策。由此可见，无线传感器网络技术在矿山环境监测中的应用是后续研究发展的重要趋势。

# 4 无线传感器网络技术在矿山环境监测中的应用

无线传感器网络技术在矿山环境监测中的应用主要包括无线传感器网络架构设计、强化数据采集和传输、提高数据处理和分析效果，提升异常检测和预警效率。

## 4.1 无线传感器网络架构设计

无线传感器网络架构基于无线传感器网络技术，传感节点主要完成对周围环境信息的收集，而数据传送模块则是将所获得的信息传送到数据处理模块，对其进行处理与分析，最后以人机接口模块的形式向用户显示。通过各个模块的协同工作，建立起一个完备的矿山环境监测体系，实现对矿山环境信息的实时监测，从而提高矿山的安全生产效率。无线传感器网络架构其模块划分内容如下：一是传感器节点，由温度、湿度、气体等多种环境传感器组成，实现对环境信息的获取。二是数据传输模块，利用无线通信模组，将所收集的资料传送给资料处理模组，利用 Wi-Fi 和蓝牙技术进行数据传输。三是数据处理模块，通过对各传感器节点所收集到的数据进行处理，并按照预先设定的算法对其进行

处理,并从中抽取出所需的重要信息。四是用户界面模块,通过图形化、报表化的方式,将环境监测数据以图形和报表的形式显示出来,让使用者可以直接地看到矿山环境的实际情况。

#### 4.2 在数据采集和传输中的应用

在矿产资源管理的环境监测体系中,无线传感网络技术展现出较高的效率,特别是在数据采集和传输环节。通过广泛布设于矿山各区域的微型感应器,能够连续追踪关键环境指标,如空气质量指数、温度、湿度以及振动状态,实时将这些数据转发至核心处理单元进行深度解析。在数据获取策略上,感应器节点具备智能化特性,既能按照预先设定的采样配置定期抓取环境参数,也能根据即时环境变动动态调整数据采集频率。无线传感网络技术不仅支持节点间的高效数据交换和共享,而且促进了大规模数据采集任务的协同执行。这种网络结构允许传感器节点在必要时进行数据交互,形成一个动态的数据流通链路。在数据传输路径上,无线传感网络通过构建层级化的通信模式,使得数据从源头节点逐步传输至中继节点,再递送到中央处理站或者监控中心。这种多层次的传输设计显著降低了能耗,从而显著延长了传感器设备的使用寿命,提升了整个系统的运行效率。

#### 4.3 在数据处理和分析中的应用

无线传感网络技术在矿山环境监测体系中扮演着核心角色,其在数据挖掘与解析中的功能至关重要。它并非单纯地收集信息,而是通过高效的数据处理流程,转化为有价值的洞见。首先,这些技术犹如一双无形的眼睛,实时扫描并记录矿山内部的各种环境指标,包括温度、湿度以及有害气体浓度等关键参数。这些数据通过无线传输设备,即时输送至庞大的数据处理平台,使得管理者能够迅速掌握环境动态,及时响应并调整管理策略。其次,深入的数据分析是揭示潜在问题的关键环节。通过对历史数据的细致比对和深度挖掘,可以揭示出隐藏在海量数据背后的矿山环境隐患。例如,系统可能会揭示出某个区域的温度异常上升,暗示潜在的火灾风险;或者警示某处气体浓度超出正常范围,可能对作业人员的健康构成威胁。同时,数据分析还能揭示环境参数间的复杂关系,揭示其相互影响的模式,帮助构建精准的

环境模型。通过这样的方式,无线传感网络技术不仅提供了实时的环境信息,还为矿山管理层的决策制定提供了前瞻性的依据,提升了环境安全管理的效率和精度。

#### 4.4 在异常检测和预警系统中的应用

矿山环境复杂,在矿山环境监测中,面临诸多困境和不确定因素,导致存在较大安全隐患。通过安装在矿山地下和地面的传感器节点,实时监测矿场的温度、湿度、气体浓度、振动等环境因素,可以及时发现异常情况并预警,有效保障矿山生产安全。传感器网络技术可以实现对矿山环境的全面监测和数据采集,将监测的数据传输到监控中心进行处理分析,通过设定预警阈值,一旦监测到异常情况就会立即发送警报信息,以便采取相应的措施避免事故的发生。例如,当监测到瓦斯浓度超过安全范围时,系统会自动发出警报,提醒矿工撤离现场;当监测到地震振动超过预警值时,系统也会发出预警信息,通知相关人员及时疏散;同时,系统还可以通过数据分析和模型预测,提前发现潜在的安全隐患,为矿山管理者提供决策支持。

### 5 结语

综上所述,矿山环境监测在煤矿安全生产中占有十分重要的地位,关系到煤矿山下作业人员的生命财产和生产效率。传统的矿山环境监测部署难度大,数据传输速度慢,不能很好地满足矿山实时监测的需求。随着科技的发展和智能化水平的提高,无线传感器网络技术已经在各个行业得到了广泛的应用,其中包括矿山环境监测领域。矿山是一个复杂而危险的工作环境,通过将无线传感器网络技术应用于矿山环境监测中,可以大大提高矿工的安全和生产效率。

#### 参考文献

- [1] 秦宁.矿山通风机智能监测系统的研究[J].机械管理开发,2021,36(12):245-247.
- [2] 张志军,马静.煤矿井下作业人员实时安全状态监测系统设计[J].能源与环保,2021,43(11):165-170+176.
- [3] 关金强.基于ZigBee技术的煤矿智能化监测系统设计[J].能源与环保,2021,43(8):225-230+236.
- [4] 蔡勇.无线传感器网络在煤矿安全监测中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2020(4):121.