

The Application of Intelligent Monitoring Technology in Methane Concentration Early Warning Systems for Underground Coal Mines

Dong Li

Shanxi Shiquan Coal Industry Co., Ltd., Changzhi, Shanxi, 046200, China

Abstract

The safety production of coal mines is of paramount importance to the development of the coal mining industry, and accidents involving excessive gas concentration underground are a major threat to coal mine safety production. Intelligent monitoring technology has the advantages of high precision, strong real-time performance, and high intelligence, and has a wide and important application value in the coal mine underground gas concentration warning system. The author first introduced the application background and significance of intelligent monitoring technology in the coal mine gas concentration warning system. Then, the current application status of intelligent monitoring technology in the coal mine gas concentration warning system was introduced. The specific application strategies of intelligent monitoring technology in the coal mine gas concentration warning system were discussed, such as sensor technology optimization strategy, data transmission and processing technology optimization strategy, and gas concentration warning model establishment and improvement strategy. The application prospects of intelligent monitoring technology in the coal mine gas concentration warning system were also discussed, in order to provide technical support and theoretical basis for improving the level of coal mine gas concentration warning and ensuring coal mine safety production.

Keywords

intelligent monitoring technology; Underground coal mine; Gas concentration warning system; apply strategy

智能监测技术在煤矿井下瓦斯浓度预警系统中的应用

李栋

山西石泉煤业有限责任公司, 中国 · 山西 长治 046200

摘 要

煤矿的安全生产是煤矿行业发展重中之重,而井下瓦斯浓度超标事故是煤矿安全生产的一大威胁,智能监测技术具有精准度高、实时性强、智能化高等优点,在煤矿井下瓦斯浓度预警系统上有着十分广泛又重要的使用价值。笔者首先介绍了智能监测技术在煤矿井下瓦斯浓度预警系统的应用背景及意义,随后介绍了目前智能监测技术在煤矿井下瓦斯浓度预警系统的应用现状,探讨了智能监测技术在煤矿井下瓦斯浓度预警系统中具体的应用策略,如传感器技术优化策略、数据传输与处理技术优化策略、瓦斯浓度预警模型建立与完善策略等,并对智能监测技术在煤矿井下瓦斯浓度预警系统中应用前景做了展望,以期更好地为提升煤矿井下瓦斯浓度预警水平、保障煤矿安全生产提供技术支撑和理论依据。

关键词

智能监测技术; 煤矿井下; 瓦斯浓度预警系统; 应用策略

1 引言

煤炭是我国重要的基础能源,对国民经济意义重大,煤矿井下环境复杂,瓦斯灾害是主要威胁,浓度超标遇火源爆炸,造成人员伤亡和财产损失,虽然近年来事故数量减少,但重大事故仍时有发生。传统的人工巡检和定点采样监测方式,范围小,实时性差,难以满足现代煤矿安全需求。随着信息技术的发展,智能监测技术可以实现瓦斯浓度的实时高

精度监测,及时预警,对降低事故发生概率、保障安全具有重要意义,因此研究其应用很有必要。

2 智能监测技术应用于煤矿井下瓦斯浓度预警系统的意义

2.1 保障作业人员生命安全

煤矿井下作业人员的生命安全是煤矿安全生产的根本目的,瓦斯爆炸事故的危害极大,一旦瓦斯爆炸,会产生高温、高压、冲击波等,会给井下作业人员带来极大的生命危害。智能监测技术可以及时监测井下瓦斯浓度变化情况,一旦发现瓦斯浓度接近或者超过安全阀值时,就可以及时发出

【作者简介】李栋(1994-),男,中国山西昔阳人,助理工程师,从事煤矿安全研究。

警报,给予井下作业人员逃生的充足时间,避免造成人员伤亡事故。如在某煤矿智能监测应用中,智能监测系统发现某工作面的瓦斯浓度突然上升,立即发出预警并发送到井下作业人员身边和地面监控中心,地面调度人员及时指挥井下工作人员撤退,避免一次可能的瓦斯爆炸事件,保障了 20 多名作业人员的人身安全^[1]。

2.2 减少企业财产损失

瓦斯事故造成人员伤亡的同时也会造成煤矿企业的巨大财产损失,瓦斯爆炸会破坏煤矿井下的巷道、设备、通风设施等,使煤矿停产整顿,恢复生产需要投入大量资金和时间。智能监测技术可以提前发现瓦斯浓度异常,帮助企业及时采取有效的治理措施,如加强通风、抽采瓦斯等,防止瓦斯浓度继续上升,避免发生瓦斯事故,减少企业因瓦斯事故造成的财产损失。据估计,一套完整的智能检测预警系统能帮助煤矿企业减少瓦斯事故带来的财产损失约 50% 以上,就拿某大型煤矿来说,该煤矿在没装智能监测系统前,就发生过因瓦斯事故导致停工 3 个月的事,而且直接损失超过了一亿元,但后来装了智能监测系统以后,多次瓦斯浓度超标的情况都被提前检测到并且解决了,并且之后再没有出现过重大瓦斯事故,每年都能省下来好几千万元^[2]。

2.3 推动煤炭行业可持续发展

煤炭行业想要做到可持续发展,就务必要有安全生产的保障,智能监测技术被应用到煤矿井下瓦斯浓度预警系统当中之后,可以有效地削减瓦斯事故发生的几率,缩减人员伤亡以及财产损失,守护煤矿企业平稳前行,而且,经由对瓦斯实施有效的监测与治理,还能把瓦斯变成可回收利用的能源,把本来会引发环境污染的有害气体变成清洁能源,提升煤炭资源的综合利用率,符合国家绿色发展政策的要求,促使煤炭行业朝着安全,高效,绿色,可持续的方向迈进。

3 智能监测技术在煤矿井下瓦斯浓度预警系统中的应用现状

3.1 传感器技术应用现状

传感器是智能监测技术的重要部件,传感器的性能好坏直接决定了瓦斯浓度监测的准确性和可靠性。目前,煤矿井下瓦斯浓度监测常用的传感器有催化燃烧式瓦斯传感器、红外式瓦斯传感器和激光式瓦斯传感器等。催化燃烧式瓦斯传感器具有结构简单、价格便宜、响应速度快等优点,被广泛应用于煤矿井下。但催化燃烧式瓦斯传感器也存在着容易受到硫化氢、二氧化硫等有害气体的中毒影响、稳定性差、使用寿命短(一般为 3—6 个月)、需要定期校准和更换等缺点,增加了企业的运营成本。红外式瓦斯传感器是利用瓦斯气体对一定波长的红外线的吸收特性来检测瓦斯浓度,它具有选择性好、抗干扰能力强、使用寿命长(一般为 2—3 年)等优点,但这种类型的传感器受环境温度、湿度等的影响比较大,在低温、高湿的煤矿井下环境中,其测量精度就会降

低,而且价格比较昂贵,因此在一些中小型煤矿中并不广泛使用。激光式瓦斯传感器利用激光光谱吸收技术,具有测量精度高、响应速度快、抗干扰能力强、使用寿命长等优点,是目前煤矿井下瓦斯浓度监测的发展趋势。但是激光式瓦斯传感器价格昂贵、技术复杂,在一些经济条件较差的中小型煤矿的应用仍受到一定限制^[3]。

3.2 数据传输技术应用现状

数据传输技术是指将传感器采集到的瓦斯浓度数据实时传输到地面监控中心的技术,目前煤矿井下瓦斯浓度监测数据传输主要是通过有线传输和无线传输两种方式。有线传输方式主要以太网、RS485 总线等,以太网传输的优点是传输速率高、传输距离远、稳定性好等,可以满足大量数据的实时传输。RS485 总线传输的优点是结构简单、成本低、抗干扰能力强等,在煤矿井下得到广泛应用。但是有线传输方式需要铺设大量的电缆,施工难度大、成本高,井下环境复杂,电缆容易损坏,影响数据传输的可靠性。无线传输方式有 ZigBee, wifi, 蓝牙, 4G/5G 等, ZigBee 无线传输的优点是低功耗,低速率,低成本,抗干扰能力强,适合井下短距离,小数据量的传输。wifi 无线传输的优点是传输速率高,覆盖范围广,适合井下多媒体数据的传输。蓝牙无线传输的优点是体积小,功耗低,成本低,适合近距离设备之间的数据传输。4G/5G 无线传输的优点是传输速率高,覆盖范围广,移动性强,适合井下数据的远程传输和实时监控。但是无线传输方式受到井下巷道结构,电磁干扰,信号衰减等因素的影响,有些深井,复杂巷道的信号覆盖效果不好,数据传输的稳定性和可靠性得不到保证。

3.3 数据处理与预警技术的应用现状

数据处理与预警技术是智能监测系统的核心技术之一,主要对传感器采集到的瓦斯浓度数据进行分析、处理和挖掘,判断瓦斯浓度是否正常,并及时发出预警信号。目前煤矿井下瓦斯浓度数据处理与预警技术主要有传统的阈值预警技术和基于人工智能的智能预警技术。传统的阈值预警方法就是按照国家有关标准和煤矿企业的实际状况来设定瓦斯浓度的安全阈值和预警阈值,当监测到的瓦斯浓度超过预警阈值的时候就会发出预警信号,如果超过了安全阈值就会发出报警信号,并且会执行一些联动操作,比如切断电源,停止工作之类的动作,这种方法比较简单,直观,容易达成,不过也存在预警精准度低,误报率和漏报率比较高这样的问题,不能很好地应对井下瓦斯浓度复杂多变的情况。

4 智能监测技术在煤矿井下瓦斯浓度预警系统中的应用策略

4.1 优化传感器技术以提升监测精度与可靠性

4.1.1 新型高性能传感器的研发

对于目前常用的瓦斯传感器存在的不足,加大科研力度研发新型高性能瓦斯传感器。如研发抗中毒能力强,稳定

性好使用寿命高的催化燃烧式瓦斯传感器,通过改变催化剂的成分和结构从而提高催化燃烧式瓦斯传感器对有毒气体的耐受性以及使用寿命等;研发适应于低温,高湿,高粉尘等恶劣环境的红外式瓦斯传感器,通过使用新的材料和先进的光学系统设计和处理技术来减少环境中各种因素对红外式瓦斯传感器的影响;进一步提升和完善现有激光式瓦斯传感器,降低成本使其能够在煤矿井下中得到更多的应用;开发多参数一体式传感器,可同时监控煤井下的瓦斯浓度及温度,湿度等井下环境参数,并可以监控风速,粉尘浓度等多种井下环境参数,从而更好地为煤矿安全生产提供更全面的监测数据。

4.1.2 合理布置传感器

依据煤矿井下的地质情况,开采工艺,瓦斯涌出规律等要素,恰当安排瓦斯传感器,保证监测范围包含整个井下作业区域,杜绝监测盲区,在采掘工作面,采空区,回风巷,机电硐室等瓦斯容易积聚和浓度高的地方,可以适当增加传感器数量,提升监测密度,在巷道拐弯处,分叉处等气体流动比较复杂的地方,要合理选定传感器的安装之处,保证传感器能精确搜集到瓦斯浓度数据,而且要定时对传感器执行校准和保养,立即替换老化的,损坏的传感器,维持传感器的测定精确度和可靠性。

4.2 数据传输技术升级以确保数据实时性与稳定性

4.2.1 采用混合传输方式

结合煤矿井下的实际状况,采用有线传输与无线传输相融合的混合传输形式,把两种传输手段的优点发挥出来,针对井下比较主要的巷道,比较重要的设备所在位置等对数据传输的稳定性有较高要求的地方,选用有线传输方式,比如以太网,RS485总线这些,保证数据传输的可靠性;在采掘工作面,临时作业地点之类的地方,因为它们移动性大,布线难,就用无线传输手段,例如 ZigBee, WiFi, 4G 或者 5G 等等,来改善数据传输的灵便性和方便程度,还要加强对传输网络的管理,定时对传输线路以及设备的运作情况实施考察,尽快解决出现的故障,从而保障数据传输做到即时且稳定的状态。

4.2.2 引入边缘计算技术

在井下部署边缘计算节点,将一些数据处理工作放在边缘节点上完成,这样就可以减少数据传输的数量和时间,边缘计算节点可以把传感器收集到的实时数据预先处理一下,筛选出有用的信息,然后再把这些有用的数据传送给地面的监控中心,而不是把所有的数据都传过去,这样就能减轻地面监控中心的工作压力,让数据处理变得更有效率 and 及时,比如说,边缘计算节点可以随时对瓦斯浓度数据进行监测,一旦发现数据有异常情况,就立刻发出本地的警报信号,

然后把那些异常数据以及警报信息一起传送给地面的监控中心,地面监控中心就能根据这些信息赶紧做出决定并采取行动。

4.3 完善数据处理与预警技术以提高预警准确性和及时性

4.3.1 多维度数据融合模型的构建

把传感器搜集到的瓦斯浓度数据,井下地质数据,开采工艺数据,通风系统数据这些各方面数据综合起来,创建一个包含多维度的数据融合模型,借助数据融合技术,可以把来自不同数据源的数据源之间的冗余现象和矛盾消除掉,从而提升数据的精确性以及完整性,拿瓦斯浓度数据和通风系统数据做融合分析,就可以知道通风状况给瓦斯浓度分布带来的影响,从而更精准地判定瓦斯浓度出现异常现象的原因,再把瓦斯浓度数据同开采工艺数据融合起来加以分析,就能够预估各个开采阶段瓦斯涌出量会发生怎样的变化趋势,进而给瓦斯治理给予科学的支持。

4.3.2 先进人工智能算法的应用

加大人工智能算法的研究和应用力度,利用机器学习、深度学习、大数据分析等先进技术,建立更为准确、高效的瓦斯浓度预测模型和异常识别模型,比如,利用长短期记忆网络(LSTM)算法建立瓦斯浓度预测模型,LSTM算法可以有效地处理时间序列数据,把握瓦斯浓度变化的长期依赖关系,从而提升瓦斯浓度预测的精确性;用卷积神经网络(CNN)算法创建瓦斯浓度异常识别模型,CNN算法可以自动找出瓦斯浓度数据里的特性信息,迅速辨别出瓦斯浓度出现的异常波动情况,减小错误报警和漏报的概率。而且,还要对人工智能算法加以改善和改良,提升算法的通用能力和适应能力,让算法能适应井下复杂的环境。

5 结语

煤矿井下瓦斯浓度预警是保证煤矿安全生产的重要部分,智能监测技术的运用给改善预警能力给予了有力支持,经由对智能监测技术应用的意义,现状以及策略加以剖析可以知道,从传感器改良到数据传输更新,从智能预警模型创建到体系联动操控,每一个技术改良都会对减小瓦斯事故危险,保证作业人员安全,优化企业经营水平起到关键作用。

参考文献

- [1] 杨毅,武磊. 隧道瓦斯防治综合检测监控技术实践和分析[J]. 沈阳理工大学学报,2024,43(06):80-84+90.
- [2] 刘利平,高山,齐羽飞. 基于传感器网络的煤矿瓦斯预警系统设计与应用[J]. 中国矿业,2024,33(S2):185-189.
- [3] 王明,房治国,赵文清,等. 掘进工作面煤与瓦斯突出智慧预警技术研究[J]. 科技创新与应用,2024,14(26):66-71.