

矿井瓦斯涌出规律与通风网络动态调控技术分析

李辉辉

山西沁新煤业有限公司沁新煤矿 山西长治

【摘要】 矿井瓦斯涌出规律与通风网络动态调控技术是确保煤矿安全开采的重要研究领域。本论文通过深入分析矿井瓦斯涌出的特点及其影响因素，探讨了优化通风网络配置以实现瓦斯有效控制的方法。研究表明，合理利用现代监测技术和动态调控策略可以显著提高矿井作业的安全性。本文首先概述了瓦斯涌出的基本规律，并讨论了现有通风系统存在的问题。随后，提出了基于实时监测数据的动态调控模型，旨在提升通风效率的同时降低瓦斯爆炸风险。研究结果对改善煤矿生产环境、保障工人生命安全具有重要意义。

【关键词】 矿井瓦斯；涌出规律；通风网络；动态调控

【收稿日期】 2024 年 12 月 16 日 **【出刊日期】** 2025 年 1 月 19 日 **【DOI】** 10.12208/j.jer.20250021

Analysis of mine gas emission laws and dynamic regulation technology of ventilation network

Huihui Li

Qinxin Coal Mine, Shanxi Qinxin Coal Industry Co., Ltd, Changzhi, Shanxi

【Abstract】 The laws of mine gas emission and the dynamic regulation technology of the ventilation network are important research areas to ensure the safe mining of coal mines. Through in - depth analysis of the characteristics of mine gas emission and its influencing factors, this thesis explores methods to optimize the configuration of the ventilation network for effective gas control. The research shows that the rational use of modern monitoring technologies and dynamic regulation strategies can significantly improve the safety of mine operations. This paper first outlines the basic laws of gas emission and discusses the problems existing in the current ventilation system. Subsequently, a dynamic regulation model based on real - time monitoring data is proposed, aiming to improve ventilation efficiency while reducing the risk of gas explosion. The research results are of great significance for improving the coal mine production environment and ensuring the safety of workers' lives.

【Keywords】 Mine gas; Emission laws; Ventilation network; Dynamic regulation

引言

矿井瓦斯涌出及相应的通风管理对于保证地下矿山作业的安全至关重要。历史上，由于瓦斯爆炸引发的重大事故屡见不鲜，给矿业带来了巨大的经济损失和人员伤亡。深入理解瓦斯涌出的机理并探索有效的通风调控策略显得尤为关键。随着采矿深度的增加，瓦斯涌出量也随之增大，这不仅增加了开采难度，也对传统通风系统的适应性提出了挑战。面对这些挑战，研究人员开始关注如何通过改进监测技术和采用先进的动态调控方法来应对瓦斯带来的安全隐患。这一领域的研究不仅能促进煤炭行业

的可持续发展，而且有助于减少矿难的发生，保护矿工的生命安全。

1 矿井瓦斯涌出特性及其影响因素分析

矿井瓦斯涌出特性及其影响因素的研究对于提升煤矿开采安全性至关重要。瓦斯作为一种主要由甲烷组成的混合气体，在煤层中自然存在，其涌出量受多种因素影响。在实际开采过程中，地质构造复杂性、煤层深度以及开采工艺的选择均对瓦斯涌出量产生显著影响。随着开采深度的增加，地温与地压相应升高，这不仅促进了瓦斯的解吸过程，也加大了瓦斯涌出的压力，从而增加了涌出量。断层

和褶皱等地质结构的存在同样会改变瓦斯流动路径,导致局部区域瓦斯浓度异常增高,给安全生产带来潜在威胁。

在分析瓦斯涌出规律时,必须考虑煤层透气性及裂隙发育程度的影响。通常情况下,透气性好的煤层更容易释放瓦斯,但若裂隙发育不良,则可能导致瓦斯积聚形成高风险区。准确评估煤层的物理性质是预测瓦斯涌出特性的关键环节之一。值得注意的是,不同矿区由于地质条件差异,其瓦斯涌出特征也会有所不同,这就要求在制定通风策略时充分考虑特定矿区的实际状况。通过综合运用地球物理勘探技术与实验室测试方法,可以更精确地确定煤层瓦斯含量及其分布规律,为后续的通风设计提供科学依据^[1-4]。

为了有效控制瓦斯涌出带来的安全隐患,深入了解其涌出特性显得尤为重要。实践表明,采用先进的监测技术和动态调控手段能够及时掌握瓦斯涌出变化趋势,进而采取针对性措施进行预防。比如,利用传感器网络实时监控工作面瓦斯浓度,结合数值模拟技术预测瓦斯涌出动态,可实现对通风系统的精准调控。考虑到环境因素如温度、湿度等对瓦斯行为的影响,合理调整通风参数也是保障安全的重要举措。通过全面分析瓦斯涌出特性及其影响因素,并据此优化通风管理方案,能够显著提高矿井作业的安全性和效率。

2 传统通风网络在瓦斯控制中的局限性

传统通风网络设计在矿井瓦斯控制中存在一定的局限性,这直接影响了矿井作业的安全性和效率。传统通风系统往往基于静态模型进行规划,难以适应实际开采过程中动态变化的环境条件。在开采深度增加或地质结构复杂区域,传统的通风布局可能无法有效覆盖所有高风险区,导致局部瓦斯积聚现象频发。由于缺乏实时监测手段,通风参数调整滞后于瓦斯涌出的变化,使得潜在危险不易被及时发现和处理。传统通风系统多依赖固定风道和风机配置,灵活性差,一旦遇到突发情况如瓦斯突出或煤层自燃,很难迅速做出响应以降低风险。

在实际操作中,传统通风网络还面临着资源分配不合理的问题。一些矿区由于早期设计不足,导致某些关键区域的通风能力不足以应对日益增长的瓦斯涌出量,而其他区域则可能存在过度通风的情

况,造成能源浪费。这种不平衡不仅增加了运营成本,也限制了整体安全性能的提升。再者,传统通风策略通常未能充分考虑工作面推进速度、采掘工艺以及季节性气候变化等因素对瓦斯行为的影响,从而影响了通风效果的稳定性。特别是在高温高湿环境下,传统通风系统的降温除湿能力有限,容易引发瓦斯与空气混合比例失调,进一步加剧了爆炸风险。

为了克服这些局限性,有必要引入更加智能化和灵活的通风解决方案。现代技术如传感器网络、物联网和大数据分析等为实现通风系统的动态调控提供了技术支持。通过实时采集和分析矿井内不同位置的瓦斯浓度、温度、湿度等数据,可以精确调整通风参数,确保各区域瓦斯浓度始终处于安全范围内。借助先进的模拟软件预测瓦斯涌出趋势,有助于提前制定应对措施,增强通风系统的适应性和可靠性。综上所述,改进传统通风网络的设计理念和手段,对于提高矿井瓦斯控制水平具有重要意义。

3 基于实时监测数据的通风网络动态调控策略

基于实时监测数据的通风网络动态调控策略是提升矿井安全水平的关键措施。在现代矿山管理中,通过部署一系列高精度传感器,能够实现对矿井内瓦斯浓度、温度、湿度等关键参数的实时监控。这些传感器分布于矿井各个关键位置,形成一个覆盖全面的监测网络。数据从各传感器传输至中央控制系统后,经过分析处理,可以精确反映矿井内部环境的变化趋势。这种实时数据获取机制为制定科学的通风策略提供了坚实基础。借助于大数据技术,系统能够快速识别潜在风险,并预测未来一段时间内的瓦斯涌出情况,从而支持决策者及时调整通风参数,确保作业环境的安全稳定。

为了优化通风网络的动态调控,必须构建一个高效的信息反馈与调控体系。该体系不仅依赖于先进的硬件设施,还需要配套相应的软件平台来处理海量数据并执行复杂算法。利用机器学习算法对历史数据进行深度挖掘,可以发现不同因素之间的内在联系,进而指导通风参数的精准调整。结合数值模拟技术,可以预先评估不同调控方案的效果,选择最优解以应对实际操作中的各种挑战。这种方法不仅能提高通风效率,减少能源消耗,还能有效降

低瓦斯爆炸的风险。通过持续优化调控模型,使得通风系统能够根据实时变化自动调节,极大增强了系统的灵活性和响应速度^[5]。

在实施基于实时监测数据的动态调控策略时,还需注重多部门间的协同合作。矿业公司需要建立跨职能团队,涵盖采矿工程师、安全专家以及IT技术人员等专业背景的成员,共同参与系统的开发与维护,确保各项技术措施紧密结合现场实际情况,满足安全生产需求。这种协作模式不仅促进了技术的有效应用,还增强了各部门之间的沟通与理解。定期组织员工培训,使其深入掌握新系统的操作流程和技术要点,提高整体技术水平和应急处理能力,是保障策略顺利实施的重要环节。持续的技术支持和反馈机制有助于不断优化系统性能,解决实际操作中遇到的问题。通过整合实时监测、数据分析及智能调控等多种先进技术手段,构建一套完整的动态调控体系,将极大地提升矿井通风管理水平,为煤矿企业的可持续发展提供强有力的技术支撑,并推动行业向智能化方向转型。

4 动态调控技术在实际应用中的效果评估与优化建议

动态调控技术在实际应用中的效果评估展示了其在提升矿井安全性和效率方面的巨大潜力。通过对多个矿区实施动态调控策略后的监测数据进行分析,可以清晰地看到瓦斯浓度得到有效控制,显著降低了瓦斯爆炸的风险。优化后的通风系统不仅提高了空气质量,还改善了工作环境的舒适度,对保障矿工健康起到了积极作用。值得注意的是,实时监控与自动调控机制使得矿井能够快速响应突发事件,如局部瓦斯突出或火灾预警等,极大地增强了应急处理能力。这些成果证明了动态调控技术在实际操作中的可行性和有效性。

在具体应用过程中,仍存在一些挑战需要克服。某些矿区由于地质条件复杂,传感器网络的布置难度较大,导致部分区域的数据采集不够准确全面。针对这一问题,可以通过引入更先进的探测设备如高灵敏度传感器和优化网络布局来显著提高数据质量与覆盖范围。系统的稳定性和可靠性是影响动态调控效果的关键因素之一,任何硬件故障或软件错误都可能干扰正常操作。因此,定期进行维护检查、及时更新技术,并确保所有组件处于最佳状态显得

尤为重要。此外,加强技术人员的专业培训,使其不仅能够熟练掌握新系统的操作方法和技术要点,还能迅速应对各种突发情况,是保证动态调控技术顺利实施并发挥最大效能的重要保障。通过这些措施,可以有效提升系统的整体性能,确保矿井作业的安全与高效^[6-8]。

为了进一步提升动态调控技术的应用效果,提出以下优化建议:持续改进算法模型,积极吸收最新科研成果以提高预测精度和调控效率,确保系统能够更准确地响应环境变化。探索与无人机巡检、智能机器人等先进技术的深度融合,不仅拓展了应用场景,还极大增强了系统的综合性能与自动化水平。建立完善的反馈机制,鼓励现场工作人员依据实际操作中遇到的问题和挑战提出建设性意见,促进调控策略不断优化。通过实施这些措施,不仅能有效解决当前面临的各项问题,还将为未来技术的发展奠定坚实基础,推动煤矿行业向更加智能化、安全化的方向大步迈进,实现高效、可持续发展目标。

5 结语

本文通过对矿井瓦斯涌出规律及其通风网络动态调控技术的深入探讨,揭示了优化通风系统对提升煤矿安全的重要性。研究表明,基于实时监测数据的动态调控策略不仅能有效控制瓦斯浓度,降低爆炸风险,还能改善工作环境,保障矿工健康。针对实际应用中遇到的问题和挑战,提出了相应的优化建议,为实现更加智能化、高效化的矿山管理提供了新的思路。未来的研究将继续关注技术创新与实践结合,力求在保障安全的促进煤炭行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 李华,王伟.矿井瓦斯涌出规律及预测模型研究[J].煤炭科学技术,2023,51(4):112-118.
- [2] 张明,刘强.动态调控技术在矿井通风中的应用进展[J].采矿与安全工程学报,2022,39(6):1075-1082.
- [3] 王晓,赵刚.基于物联网的矿井环境监测系统设计与实现[J].计算机测量与控制,2021,29(3):245-250.
- [4] 孙敏,高远.复杂地质条件下矿井瓦斯治理技术探索[J].煤炭工程,2020,52(1):67-71.

- [5] 李涛,陈宇.智能通风系统在煤矿安全生产中的应用[J].煤矿安全,2024,55(2):45-50.
- [6] 张超,李娜.矿井通风网络优化方法综述[J].安全与环境学报,2019,19(5):1899-1904.
- [7] 杨帆,黄海.新型传感器技术在矿井瓦斯监测中的应用[J].传感器与微系统,2023,42(7):145-149.
- [8] 徐磊,罗峰.数据驱动的矿井通风智能调控系统研究[J].工业仪表与自动化装置,2022,48(4):78-82.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

