

Research and Application of Smoke Control and Carbon Monoxide Control Technologies in Coal Mine Fires

Pengfei Ma

Jizhong Energy Co., Ltd. / National Mine Emergency Rescue Fengfeng Team, Handan, Hebei, 056201, China

Abstract

Coal mines are relatively closed, easy to produce and accumulate smoke and carbon monoxide and other harmful gases. This paper focuses on the bottleneck problems faced by the existing control technology for harmful gases such as smoke and carbon monoxide in coal mines, and deeply and comprehensively explains the relevant technologies carefully developed by the mine rescue brigade. Not only the research status of this technology is analyzed in detail, but also its specific application scenarios, existing problems, core research contents, key technical indicators and landmark results are deeply discussed. It clearly and intuitively shows the key role of this technology in significantly improving the efficiency of mine emergency rescue and effectively ensuring the life safety of underground personnel, so as to provide a solid and strong support and crucial guarantee for the safe production of coal mine.

Keywords

coal mine; flue gas control technology; carbon monoxide control technology; emergency rescue

煤矿火灾烟气控制和一氧化碳控制技术的研究与应用

马鹏飞

冀中能源股份有限公司 / 国家矿山应急救援峰峰队, 中国·河北 邯郸 056201

摘要

煤矿矿井相对封闭, 极易产生并聚积浓烟以及一氧化碳等有害气体。论文重点着眼于煤矿矿井现有的针对浓烟与一氧化碳等有害气体的控制技术所面临的瓶颈问题, 深度且全面地阐释了由矿山救护大队精心研发的相关技术。不仅对该项技术的研究现状进行了细致剖析, 还深入探讨了其具体的应用场景、现存的各类问题、核心的研究内容、关键的技术指标以及具有标志性的成果。清晰直观地展现出这一技术对于显著提升矿山应急救援的效率、切实保障井下人员生命安全所发挥的关键作用, 从而为煤矿的安全生产提供了坚实有力的支持以及至关重要的保障。

关键词

煤矿矿井; 烟气控制技术; 一氧化碳控制技术; 应急救援

1 引言

煤炭作为重要的能源资源, 在开采过程中, 煤矿矿井的安全问题一直备受关注。其中, 浓烟和一氧化碳等有害气体的产生与聚集, 给井下人员的生命安全带来了极大的威胁。有效的烟气控制和一氧化碳控制技术对于预防事故、保障救援工作的顺利进行以及减少人员伤亡至关重要。

2 研究现状

2.1 烟气控制技术

烟气控制在近年来不断发展, 包括通风系统的优化、新型防火材料的应用等。通风系统的智能化控制水平逐渐提高, 能够根据矿井内的实时情况自动调整通风策略。防火材料的性能也在不断改进, 提高了对火灾的抑制和阻隔能力。

【作者简介】马鹏飞(1987-), 男, 中国河北邯郸人, 本科, 工程师, 从事矿山救援研究。

2.2 一氧化碳控制技术

在一氧化碳控制领域, 新型催化剂和吸附剂的研发取得了显著进展。这些材料具有更高的选择性和吸附能力, 能够更有效地将一氧化碳转化为无害物质。同时, 监测技术也在不断创新, 采用了更灵敏的传感器和智能化的监测系统, 实现了对一氧化碳浓度的实时准确监测。

3 应用场景

3.1 煤矿矿井环境特点

煤矿矿井是一个复杂且危险的工作环境。由于地质条件的复杂性和煤炭开采过程中的各种作业活动, 矿井内容易产生瓦斯泄漏、煤炭自燃等情况, 进而引发火灾和爆炸事故。这些事故往往会导致大量浓烟和一氧化碳的产生, 使得矿井内的空气质量急剧恶化, 能见度降低, 给井下人员的逃生和救援工作带来极大困难。

3.2 事故后的危害

在煤炭自燃发火、瓦斯、煤尘爆炸等事故发生后, 不

仅会产生大量的浓烟,降低巷道的能见度,还会释放出高浓度的一氧化碳。一氧化碳是一种剧毒气体,它能与血红蛋白迅速结合,使其失去携氧能力,导致人体缺氧窒息。由于一氧化碳无色无味,难以察觉,井下人员在不知不觉中就可能中毒,甚至危及生命。

3.3 技术应用的必要性

为了保障井下人员的生命安全,及时有效地控制烟气和一氧化碳浓度至关重要。烟气控制技术能够改善井下的通风状况,减少浓烟的扩散。一氧化碳控制技术则可以将一氧化碳转化为无害物质,降低其对人员的危害。因此,煤矿火灾烟气控制和一氧化碳控制技术的研制和应用具有极其重要的意义。

4 现有瓶颈

4.1 通风系统不足

4.1.1 机械通风设备性能受限

当前煤矿矿井中使用的机械通风设备在功率、风量等方面存在一定的局限性,无法满足大规模浓烟排放的需求。部分通风设备在长时间运行后,性能会出现下降,影响通风效果。

4.1.2 自然通风条件不稳定

自然通风受季节、气候和地理环境等因素的影响较大,稳定性差。在一些特殊情况下,如气压变化、风道堵塞等,自然通风可能会失效,导致矿井内通风不畅。

4.2 一氧化碳监测和消除技术有限

4.2.1 监测仪器精度不足

现有的一氧化碳监测仪器在检测低浓度一氧化碳时,精度往往不够准确,容易导致误判。在高浓度环境下,一些监测仪器可能会出现饱和现象,无法及时反映真实的浓度变化。

4.2.2 消除技术效率不高

传统的一氧化碳消除技术,如吸附法和催化氧化法,在处理大规模一氧化碳泄漏时,效率较低,难以在短时间内将浓度降低到安全范围内。

4.3 烟气难以有效控制

4.3.1 烟气的物理特性

浓烟具有密度大、温度高、流动性差等特点,传统的通风系统难以将其迅速有效地控制。浓烟中的颗粒物容易堵塞通风管道和设备,进一步影响控制效果。

4.3.2 火灾和爆炸的复杂性

在火灾和瓦斯爆炸等事故中,浓烟的产生往往是瞬间的,且伴随着高温、高压等复杂情况,增加了烟气控制的难度。

4.4 设备和系统的可靠性问题

4.4.1 井下恶劣环境的影响

煤矿矿井内湿度大、粉尘多、腐蚀性气体含量高,这些恶劣的环境条件会加速设备的腐蚀、磨损和老化,降低设备的可靠性和使用寿命。

4.4.2 维护和管理难度大

由于煤矿矿井的空间有限,设备的安装、维护和管理难度较大。一些关键设备的故障可能会导致整个系统的瘫痪,

影响烟气控制和一氧化碳控制的效果。

5 研究内容

5.1 烟气控制系统

5.1.1 火场隔离和封闭

在应急救援尤其是救护队的救援行动中,火场的隔离和封闭是控制火灾烟气扩散的关键策略。通过迅速且精准地设置隔离门、构筑防火墙等有力措施,能够有效地限制烟气的扩散范围,为人员开辟出安全可靠的逃生通道。当火灾突发时,救护队能够凭借专业技能,快速安装隔离门,将着火区域与尚未受到影响的区域严格分隔,最大限度地阻挡烟气的肆意蔓延。而坚固的防火墙不仅能抵御高温和火势的侵袭,还能在较长时间内形成一道坚实的屏障,为人员的疏散以及后续的救援工作赢得极其宝贵的时间。

5.1.2 烟气抑制剂

对于救护队在应急救援中的控烟工作而言,烟气抑制剂是不可或缺的重要手段。通过释放特定的化学物质,烟气抑制剂能够改变烟气的物理特性,显著抑制其生成和扩散。在常见的烟气抑制剂中,无水氨和干粉剂等发挥着关键作用。在救援现场,无水氨可与燃烧过程中产生的有害物质迅速发生反应,有效降低烟气的浓度和毒性,为被困人员和救援人员创造相对安全的环境。干粉剂则能通过迅速覆盖火焰以及高效吸附烟气中的颗粒,大幅减少烟气的产生和传播,为救援行动的顺利推进提供有力保障^[1]。

5.1.3 智能通风控制系统开发

构建基于先进传感器和强大计算机技术的智能通风控制系统,对于实现通风设备的自动化精准控制和优化运行具有重要意义,尤其在救护队的应急救援工作中作用显著。这一系统能够实时、灵敏地依据矿井内的烟雾浓度、温度、湿度以及其他关键环境参数,迅速而准确地调整通风设备的工作状态,从而极大地提升烟气控制的效率和效果。

5.2 一氧化碳控制技术

5.2.1 新型催化剂和吸附剂的研究

①特性与作用机制。霍加拉特药剂主要由二氧化锰和氧化铜等成分组成,其对一氧化碳的吸附和转化原理基于化学催化反应。一氧化碳与药剂接触时,氧化铜作为氧化剂将一氧化碳氧化为二氧化碳,自身被还原为铜。同时,二氧化锰也参与反应,促进了氧化过程的进行,使得药剂能够持续有效地处理一氧化碳。这种化学特性使得霍加拉特药剂具有高效、稳定的一氧化碳处理能力,能够在较宽的温度和湿度范围内保持良好的性能。

②优势分析。与传统一氧化碳控制方法相比,霍加拉特药剂展现出诸多优越性。首先,其反应速度极快,能够在短时间内将大量的一氧化碳转化为无害物质,有效遏制一氧化碳的积累。其次,高转化效率确保了一氧化碳的去除效果,降低了残留浓度,为煤矿环境提供更可靠的保障。最后,霍加拉特药剂具有较长的使用寿命和较好的稳定性,减少了频繁更换和维护的成本及工作量。

5.2.2 与煤矿隔爆棚的结合

①结合方式探讨。为了将霍加拉特药剂融入隔爆棚的结构中，研究人员进行了多种尝试。一种常见的方式是将药剂制成颗粒状或片状，并嵌入隔爆棚的过滤层中。这样，当风流通过隔爆棚时，其中的一氧化碳能够与药剂充分接触并发生反应。另一种方法是将霍加拉特药剂涂覆在隔爆棚的表面，形成一层活性涂层，增加与一氧化碳的接触面积，提高处理效率。

②协同作用原理。药剂与隔爆棚在防止瓦斯爆炸、控制一氧化碳扩散方面具有显著的协同效果。隔爆棚本身可以通过水幕或岩粉等方式扑灭火焰，阻止爆炸的传播。而霍加拉特药剂能够迅速降低一氧化碳浓度，减少其引发二次爆炸的风险。两者相结合，形成了一道坚固的防线，有效保障了煤矿井下的安全^[1]。

③应用实例与效果。在实际应用中，在采掘工作面安装了融合霍加拉特药剂的隔爆棚。经过一段时间的运行，统计数据显示，该区域的瓦斯爆炸事故发生率显著降低，一氧化碳浓度始终控制在安全范围内。霍加拉特药剂快速处理了一氧化碳，为救援工作争取了宝贵的时间，提高了救援效率，避免了更大的人员伤亡和财产损失。

5.2.3 与灭火器的融合

①灭火器改进设计。在将霍加拉特药剂添加到灭火器的过程中，对灭火器的结构和配方进行了改进。将药剂以粉末或液体的形式与灭火剂混合，通过特殊的喷头设计，确保在灭火过程中均匀释放。同时，优化了灭火器的内部压力系统，以保证药剂和灭火剂能够稳定、高效地喷出。

②灭火与一氧化碳控制的双重功效。这种融合在应对火灾时展现出了独特的优势。一方面，灭火剂能够迅速扑灭明火，控制火势的蔓延。另一方面，霍加拉特药剂同时发挥作用，将火灾产生的一氧化碳转化为二氧化碳，降低了一氧化碳对现场人员的危害。这一双重功效极大地提高了救援人员在火灾现场的安全性，减少了因一氧化碳中毒导致的伤亡事故^[1]。

③实际应用中的性能评估。通过对多个煤矿使用融合霍加拉特药剂的灭火器的实际数据进行收集和分析，评估其在煤矿环境中的可靠性和有效性。结果表明，在火灾发生时，这些灭火器能够在短时间内扑灭明火，并将一氧化碳浓度控制在安全标准以下。在救护队的实际操作中，改进后的灭火器操作便捷，反应迅速，为救援工作提供了有力的支持。

5.2.4 协同控制技术的研究

结合物理吸附、化学催化和生物降解等多种方法，开发一氧化碳协同控制技术，实现对一氧化碳的高效、全面处理。研究不同控制技术之间的协同作用机制，优化工艺参数，提高控制效果。

5.3 优化通风系统设计

5.3.1 风道布局优化

通过数值模拟和实验研究，优化通风管道的布局和走向，减少风阻和涡流的产生。合理设计风道的分支和汇合点，

确保风流的均匀分布和稳定流动。

5.3.2 通风网络优化

建立煤矿矿井通风网络模型，运用优化算法对通风网络进行分析和优化，提高整个通风系统的性能和可靠性。考虑不同开采阶段和工作区域的需求，实现通风资源的合理配置。

5.4 一氧化碳监测和预警

预警系统的构建，建立基于物联网和大数据技术的一氧化碳监测预警系统，实现对矿井内一氧化碳浓度的实时监测、数据分析和预警发布。通过与通风系统和应急救援系统的联动，及时采取相应的措施，保障井下人员的安全。

6 标志性成果

6.1 技术创新

研发出具有自主知识产权的烟气控制系统和一氧化碳控制技术，在性能和效率方面达到国际先进水平。

6.2 应用效果

①在多个煤矿进行了实际应用，有效控制了矿井内浓烟的扩散和一氧化碳的浓度，提高了井下的空气质量和能见度，为救援工作提供了有力支持。②减少了因浓烟和一氧化碳中毒导致的人员伤亡事故，保障了矿工的生命安全，提高了煤矿企业的安全生产水平。

6.3 经济效益

①新技术的应用降低了煤矿企业的通风和安全设备投入成本，提高了生产效率，为企业带来了显著的经济效益。②促进了相关产业的发展，带动了就业和经济增长。

6.4 社会效益

①提高了社会对煤矿安全生产的关注度，增强了公众对煤矿行业的信心。②为其他行业在处理类似环境问题提供了借鉴和参考，推动了相关技术的发展和运用。

7 结语

煤矿火灾烟气控制和一氧化碳控制技术的研究与应用是保障煤矿安全生产、保护矿工生命健康的重要举措。通过对现有技术的改进和创新，解决了通风系统不足、一氧化碳监测和消除技术有限、烟气难以有效控制以及设备和系统可靠性等问题，实现了高效的烟气控制和一氧化碳控制目标。然而，随着煤矿开采技术的不断发展和环境要求的日益提高，仍需持续开展研究工作，进一步完善和优化相关技术，提高系统的性能和适应性，为煤矿行业的可持续发展提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1] 彭成时.智能迭代学习控制在烟气净化系统中的应用[D].徐州:中国矿业大学,2010.
- [2] 毕玉水,吕功煊.一氧化碳低温催化氧化研究进展[J],2003,4(17): 313-320.
- [3] 毕玉水,吕功煊.一氧化碳低温催化氧化研究进展[J].分子催化, 2003(4).