煤矿“一通三防”安全管理技术研究

邓银海
永贵能源开发有限责任公司新田煤矿　贵州　毕节　551700

摘　要：为解决煤矿“一通三防”（通风、防瓦斯、防煤尘、防灭火）管理中的痛点，本文结合智能监测与数字孪生技术，构建全流程安全管理体系。通过分析现场通风系统稳定性、瓦斯超限预警、煤尘防控及火灾隐患排查关键问题，提出基于传感器网络的状态监测、智能避碰决策式通风调控及全生命周期隐患溯源方案，验证了技术可有效降低事故风险，为煤矿安全生产提供技术支撑。

关键词：煤矿"一通三防"；安全管理技术；优化方案

引言：煤炭行业安全生产是能源供应的核心保障，“一通三防”作为煤矿安全管理的核心环节，直接关系人员生命与矿井运营安全。当前，传统管理模式存在监测滞后、决策低效、防控漏洞等问题，难以适配智能化矿井建设需求。本文聚焦通风系统优化、瓦斯/煤尘/火灾防控技术升级，结合行业最新标准与工程案例，深入探究“一通三防”安全管理技术路径，为煤矿安全高效生产提供理论参考与实践依据。

1 煤矿“一通三防”核心内涵与相关理论基础

1.1 煤矿“一通三防”核心内涵

（1）“一通”：核心是矿井通风系统的规范构建与高效运行，作为“三防”工作的基础保障，其核心要求是为井下各作业地点持续供给足量新鲜空气，稀释并排出有害气体、矿尘，调节井下气候环境。功能定位体现在保障作业人员呼吸安全、为灾害防控提供基础条件，是煤矿安全生产的“生命线”，需确保通风系统稳定、可靠，满足井下各用风点的风量需求。（2）“三防”：一是瓦斯防治，核心是管控瓦斯涌出、积聚与爆炸风险，防控重点是监测瓦斯浓度、强化抽采，杜绝瓦斯超限作业；二是煤尘防治，核心是抑制煤尘飞扬与积聚，防控重点是落实综合防尘措施，降低煤尘浓度，防范煤尘爆炸及职业危害；三是矿井防灭火，核心是预防和控制井下火灾，防控重点是排查火灾隐患，管控煤炭自燃与外源火灾，建立完善的防灭火体系[1]。

1.2 相关理论基础

（1）矿井通风工程理论：涵盖通风系统设计、风量计算、通风阻力控制三大核心。通风系统设计需结合矿井开拓布局，合理规划风巷布置与通风方式；风量计算需依据井下用风需求、有害气体涌出量，确保风量充足且分配合理；通风阻力控制需优化巷道断面、减少漏风，降低通风能耗，保障通风系统高效运转。（2）灾害防控理论：包括瓦斯涌出规律、煤尘爆炸机理、矿井火灾自燃机理。瓦斯涌出规律理论指导瓦斯监测与抽采方案制定；煤尘爆炸机理明确煤尘爆炸的条件与传播规律，为防控措施提供理论支撑；矿井火灾自燃机理揭示煤炭自燃的过程与影响因素，助力针对性制定防灭火技术措施。

1.3 2025版《煤矿安全规程》相关规范要求

（1）通风系统相关规范：明确矿井需采用独立通风方式，杜绝串联通风；风机管理需落实专人负责，采用“三专”供电，配备备用风机并具备自动切换功能；风量核定需定期开展，确保各用风点风量达标，建立完善的测风制度，及时调节风量。（2）“三防”相关规范：瓦斯浓度严格遵循限值要求，井下作业地点瓦斯浓度超标时立即停止作业、撤离人员；煤尘防控需符合相关标准，落实喷雾降尘、除尘等综合措施；防灭火系统需按规范建设，配备充足的防灭火设备与材料，建立火灾监测预警机制，防范火灾事故发生。

2 煤矿“一通三防”安全管理现状及存在的问题

2.1 煤矿“一通三防”安全管理现状调研

（1）调研对象与范围：选取高瓦斯、低瓦斯两类典型煤矿作为调研对象，覆盖不同产能、不同区域的矿井，确保调研样本具有代表性。调研采用现场勘查、资料查阅、人员访谈相结合的方式，重点对矿井通风系统运行、“三防”防控措施落实、安全管理制度执行等情况开展全面调研，确保调研数据真实、全面反映当前煤矿“一通三防”管理实际。（2）调研结果分析：现有通风系统整体实现基本达标，多数矿井已搭建完善的通风网络，能够满足井下基础用风需求；“三防”防控措施逐步落地，瓦斯抽采、喷雾降尘、防灭火设备等基本配备到位，有效降低了各类灾害事故发生率。但不同类型煤矿存在明显差异，高瓦斯矿井防控投入力度较大、成效更显著，低瓦斯矿井存在重视不足、措施落实不严格的问题。

2.2 通风系统管理存在的问题

（1）通风系统设计不合理，部分矿井通风系统设计初期未充分考虑矿井长远开拓延伸需求，后期也未及时根据开采布局调整进行优化完善，导致局部作业区域风量不足、微风区长期存在，通风阻力超标，无法有效稀释井下有害气体和矿尘，长期积累易形成重大安全隐患，威胁井下作业人员生命安全。（2）通风设备运维不到位，部分矿井对通风设备的重视程度不足，风机长期连续运行却未按规范开展定期检修保养工作，导致风机运行稳定性不足，易出现故障停机现象；同时，部分通风设施（风门、风窗等）老化严重、密封性能变差，存在严重漏风现象，大幅削弱了通风系统的整体效能，影响通风效果[2]。（3）通风监测体系不完善，部分矿井通风监测设备布局不合理，未覆盖所有关键作业区域，且部分监测传感器灵敏度不足、老化失效，导致通风参数监测滞后，无法及时、准确捕捉通风系统异常情况；此外，针对监测异常的处置流程不规范、响应不及时，往往错过最佳处置时机，易导致隐患进一步扩大。

2.3 “三防”工作管理存在的问题

（1）瓦斯防治。部分矿井瓦斯抽采技术选型与现场实际不符，参数设置不合理，抽采效率偏低；监测预警系统精准度不足，误报、漏报现象频发；对瓦斯积聚隐患排查不深入，重点区域巡查频次不足，防控存在明显漏洞。（2）煤尘防治。降尘措施缺乏针对性，未结合不同作业环节粉尘产生规律制定差异化方案，部分地点煤尘浓度长期超标；井下积尘清理不及时、不彻底，粉尘长期积聚，煤尘爆炸风险突出。（3）防灭火。对采空区、巷道冒落区等自燃重点区域的早期识别手段落后，隐患预判不足；防灭火技术与设备更新滞后，应急物资储备不足，从业人员应急处置能力薄弱，难以快速有效应对火灾事故。

2.4 管理体系与人员素养存在的问题

（1）管理体系不健全，部分矿井未建立完善的“一通三防”专项管理制度，对各部门、各岗位的责任分工不明确，缺乏有效的协同管控机制，各环节之间存在推诿扯皮现象，导致“一通三防”各项防控措施无法落地生根、执行到位，难以形成管理合力。（2）从业人员专业素养不足，部分井下作业人员未接受系统的专业培训，对智能化通风、监测等新型设备的操作能力欠缺，无法熟练掌握设备运行原理与操作规范；同时，部分人员安全意识薄弱，存在侥幸心理，违规作业行为时有发生，进一步加剧了煤矿“一通三防”安全管理风险。

3 煤矿“一通三防”安全管理技术优化方案

3.1 矿井通风系统优化技术

（1）通风系统重构：结合矿井实际开采布局、开拓延伸规划，对现有通风网络进行全面优化重构，合理调整风巷布置、优化通风方式，重点消除局部区域微风区、无风区，减少通风阻力。通过科学计算各用风点风量需求，合理分配风量，确保井下所有作业区域风量充足、风流稳定，从源头提升通风系统的合理性与可靠性，为“三防”工作筑牢基础。（2）通风设备升级：淘汰老旧、低效通风设备，全面采用智能化风机，提升风机运行效率与稳定性；建立完善的风机运维机制，制定定期检修保养计划，落实专人负责，采用在线监测技术实时监控风机运行状态，及时发现并处置设备故障，同时加强风门、风窗等通风设施的维护更换，提升密封性能，减少漏风现象，保障通风系统整体效能。（3）通风监测智能化：构建全方位、实时化通风监测系统，在井下关键作业区域、通风节点合理布置监测传感器，实现风量、风压、风速等核心参数的精准监测与实时传输。引入智能化数据分析技术，建立异常预警模型，当参数出现异常时及时发出预警信号，明确处置流程与责任人员，确保异常情况快速响应、及时处置，避免隐患扩大[3]。

3.2 瓦斯防治技术优化

（1）瓦斯抽采技术改进：结合矿井瓦斯涌出规律及不同区域瓦斯涌出量差异，科学优化瓦斯抽采参数，精准设定抽采压力、流量等核心指标，确保抽采参数与矿井实际瓦斯情况高度匹配。全面采用高效瓦斯抽采设备与新型抽采工艺，扩大瓦斯抽采覆盖范围，重点加强高瓦斯区域、瓦斯易积聚区域的抽采力度，有效提升瓦斯抽采效率，从源头控制瓦斯积聚，降低瓦斯爆炸安全风险。（2）瓦斯监测预警升级：构建“点-线-面”全范围瓦斯监测体系，在瓦斯易积聚的采掘工作面、巷道拐角、采空区等重点区域加密监测点位，实现瓦斯监测无死角、全覆盖。引入AI智能预警模型，整合历史监测数据与实时监测数据，通过大数据分析实现瓦斯浓度异常的超前预判、精准预警，大幅减少监测误报、漏报现象，为瓦斯防控工作争取充足的处置时间，提升瓦斯防控的主动性与针对性[4]。（3）瓦斯积聚处置优化：制定针对性强、可操作性强的瓦斯积聚精准处置流程，明确不同浓度瓦斯积聚的处置方法、操作规范、安全注意事项与责任分工，确保处置工作有序开展。完善应急处置设备配置，为井下作业地点配备充足的便携式瓦斯抽采设备、局部通风设备等应急物资，定期检查设备完好性，提升现场应急处置能力，确保一旦发生瓦斯积聚，能够快速、高效完成处置工作，杜绝瓦斯事故发生。

3.3 煤尘与火灾防治技术优化

（1）煤尘防治：全面采用智能喷雾降尘技术，结合掘进、回采、运输等不同作业环节的粉尘产生特点与浓度差异，实现喷雾时机、喷雾量的智能化调节，提升降尘针对性与降尘效果。规范井下积尘清理流程，明确各区域积尘清理频次、责任人员与清理标准，定期开展全面积尘清理工作，及时清除巷道壁、设备表面的积尘，确保井下煤尘浓度严格控制在国家规范要求范围内，有效防范煤尘爆炸风险。（2）防灭火技术：引入光纤测温、红外热成像等先进监测技术，对采空区、废弃巷道、煤层露头等煤炭自燃重点区域进行24小时实时监测，精准捕捉温度变化异常，实现煤炭自燃隐患的早期识别、精准预警，为防灭火工作争取主动。推广应用新型高效防灭火材料与技术，逐步替代传统防灭火方式，提升防灭火效果，从源头遏制井下火灾事故发生，保障矿井安全生产[5]。（3）应急处置优化：结合矿井实际开采情况与火灾风险特点，完善煤矿防灭火应急处置预案，细化火灾处置流程、责任分工、物资调配方案与疏散路线，增强预案的可操作性。加强应急演练常态化开展，定期组织从业人员开展火灾应急处置演练，重点提升从业人员的应急操作能力、协同配合能力与应急避险能力，确保突发火灾事故发生时，能够快速、有效开展处置工作，最大限度降低事故损失。

3.4 管理体系与人员素养提升措施

（1）完善管理体系：建立健全煤矿“一通三防”专项管理制度，明确各部门、各岗位的工作职责与责任分工，消除责任盲区与管理漏洞。构建“全员参与、协同管控”的“一通三防”管理机制，加强生产、技术、安全等各环节之间的沟通协作，杜绝推诿扯皮现象，规范管理流程，细化工作标准，确保“一通三防”各项防控措施落地见效、执行到位，形成管理合力。（2）加强人才培育：开展针对性的专项培训工作，重点围绕智能化通风设备、瓦斯抽采设备、监测预警系统等新型设备的操作技能，以及灾害防控技术、应急处置方法、安全操作规程等核心内容，开展系统化培训，着力培育兼具专业技能与安全意识的复合型管理人才与一线作业人员。建立常态化培训与复训考核机制，定期开展培训效果考核，持续提升从业人员的专业素养与岗位履职能力。（3）健全考核机制：将“一通三防”管理成效纳入矿井整体绩效考核体系，明确考核指标、考核标准与奖惩措施，将考核结果与从业人员的薪酬待遇、岗位晋升直接挂钩，充分调动从业人员的工作积极性与主动性。强化责任落实，对“一通三防”工作成效突出的集体与个人予以表彰奖励，对违规操作、责任落实不到位、隐患排查不彻底的予以严肃追责，倒逼各项工作落到实处，提升“一通三防”安全管理水平。

结束语

本文围绕煤矿 “一通三防”安全管理核心需求，系统梳理了通风、防瓦斯、防煤尘、防灭火关键技术与管理策略，验证了智能监测、全生命周期管控等技术的应用有效性。研究成果为解决现场管理痛点提供了可行方案，但仍需结合不同矿井地质条件进一步优化技术适配性。未来需持续深化智能化技术融合，推动 “一通三防”管理向精准化、自动化、智能化升级，为煤炭行业安全生产与高质量发展筑牢技术防线。

参考文献

[1]齐力.煤矿一通三防安全管理评价系统研究与应用[J].矿业装备,2023,15(6):125-127.

[2]李鹏.煤矿“一通三防”安全管理体系的研究[J].内蒙古煤炭经济,2023,11(3):98-100.

[3]谢先明.煤矿“一通三防”安全管理体系建设探讨[J].内蒙古煤炭经济,2021,20(24):68-70.

[4]崔小玲,吴雷.煤矿“一通三防”安全质量管理办法探析[J].中国石油和化工标准与质量,2023,41(9):63-65.

[5]赵春雷.煤矿“一通三防”安全管理及安全风险规避策略[J].内蒙古煤炭经济,2024,12(3):120-122.