煤矿通风安全隐患排查及治理对策

孙家恒
永煤集团股份有限公司新桥煤矿　河南　商丘　476600

摘　要：煤矿通风系统是保障矿井安全生产的关键环节，其运行状态直接影响作业环境安全。本文围绕煤矿通风安全隐患排查及治理展开研究，详细分析通风系统基础构成，包括通风动力源、通风网络及通风参数；系统梳理通风动力、网络、管理及作业环境等隐患类型；提出日常巡查、专项检查、技术检测与数据分析等排查方法；从通风动力优化、网络改造、管理强化、环境改善及应急响应等方面制定治理对策，为提升煤矿通风安全管理水平提供理论支持。

关键词：煤矿通风；安全隐患排查；隐患治理对策；通风系统优化；应急响应机制

引言：煤矿开采环境复杂，通风系统稳定可靠是防范瓦斯、煤尘等灾害事故的关键，关乎井下人员生命安全与矿井生产推进。随着开采深度增加、生产布局调整，通风系统工况愈发复杂，各类隐患易滋生，若排查治理不及时，极易引发事故。因此，精准梳理隐患类型、探索排查方法、制定治理措施，强化通风安全管控，对防范煤矿通风安全风险、提升安全生产水平意义重大。

1 煤矿通风系统基础构成

1.1 通风动力源

煤矿通风系统核心动力由主通风机与局部通风机共同构成。主通风机作为全矿井通风的主导设备，通常安装于地面或井下专用硐室，通过持续运转形成贯穿矿井的稳定风流[1]。其选型需综合考量矿井深度、开采规模及瓦斯涌出量等因素，一般采用轴流式或离心式通风机，前者适用于风压变化大、风量需求高的场景，后者则更适应于风阻稳定、长距离通风需求。局部通风机主要用于掘进工作面等独立区域通风，其配置需与主通风机形成有效协同，避免出现风流紊乱或短路现象。在通风机选型过程中，需严格遵循矿井通风设计规范，确保设备额定风量满足作业面最大需风量要求，同时预留一定调节余量以应对生产布局调整。通风机运行参数需与矿井通风网络特性相匹配，通过计算通风机工况点确保其始终处于高效运行区间，避免因设备选型不当导致能耗过高或通风效果不足。

1.2 通风网络

矿井通风网络由进风巷与回风巷共同构建形成完整风流路径。进风巷作为新鲜空气输送通道，其断面设计需满足最大风量需求并预留安全系数，巷道支护形式应确保长期稳定性以减少风阻变化。回风巷承担污浊空气排出任务，其布局需与采掘活动保持合理距离，避免因巷道变形或维护不当影响通风效果。通风网络中各类构筑物发挥着关键调控作用，风门通过启闭控制风流方向，其密封性能直接影响漏风率指标；风桥用于分隔上下层巷道风流，结构强度需满足矿车通行等动态荷载要求；风窗通过调节开度实现风量分配，其调节机构应具备可靠锁定功能防止误操作。这些构筑物的设置位置需经过精确计算，确保在满足通风需求的同时不形成通风死角或短路区域。

1.3 通风参数

风量作为衡量通风效果的核心指标，其计算需综合考虑作业面人数、瓦斯涌出量及粉尘浓度等因素，确保达到稀释有害物质至安全浓度的最低要求。风速控制需兼顾通风效率与作业安全，进风巷风速过低易导致粉尘沉积，过高则可能扬起沉积粉尘形成二次污染；回风巷风速需满足瓦斯等气体快速排出需求，同时避免因流速过快增加通风阻力。风压分布直接影响风流运动方向，需通过通风机工况调节与网络优化确保各用风地点风压梯度合理。通风阻力由摩擦阻力与局部阻力共同构成，前者与巷道长度、周长及风速平方成正比，后者主要产生于风门、弯道等构筑物位置，需通过改善巷道光滑度或优化构筑物设计降低阻力损失。通风效率评价需综合考量有效风量率与风机能耗比，通过定期检测各用风地点实际风量与理论需求值的匹配程度，判断通风系统运行状态，为后续优化提供数据支撑。

2 通风安全隐患类型

2.1 通风动力隐患

通风机作为矿井通风系统的核心动力源，其运行状态直接影响风流稳定性。通风机故障多源于设备长期运转导致的机械磨损，如轴承损坏、叶轮失衡等问题，这类隐患会引发通风量骤减或风流紊乱[2]。设备老化则表现为电机绝缘性能下降、传动部件疲劳裂纹等现象，在高温高湿环境下的矿井中，此类问题发展速度加快。通

风机能力不足往往出现在矿井生产规模扩张阶段，原设计选型参数无法满足新增采掘工作面需风量要求，导致部分区域供风不足。冗余备用通风机失效属于隐蔽性较强的隐患，由于长期处于待机状态，缺乏定期运行测试，在主通风机突发故障时无法及时投入使用，造成通风系统瘫痪风险。

2.2 通风网络隐患

巷道断面不足多由地质条件变化或支护失效引发，在软岩巷道中，围岩变形会持续挤压通风空间，当有效断面缩小至设计值70%以下时，将显著增加通风阻力。通风构筑物损坏常表现为风门变形、风桥裂缝等现象，这类问题会破坏原有风流路径，在采掘工作面衔接区域易形成短路风流。构筑物设置不当包括位置选择错误或结构参数不合理，例如风门间距过近会导致启闭时风流冲击过大，风窗调节面积不足则无法实现精准控风。漏风现象严重主要发生在密闭墙、风门等部位，由于施工质量缺陷或材料老化，在正负压差作用下形成隐蔽漏风通道，不仅降低有效风量率，还可能造成瓦斯异常积聚。

2.3 通风管理隐患

通风系统调整不及时体现在对生产布局变化响应滞后，当采掘工作面推进或巷道贯通时，未及时重新计算需风量并调整通风设施，导致部分区域出现微风或无风状态。通风参数监测缺失表现为关键地点未安装传感器或监测设备故障，在瓦斯涌出异常或风量突变时无法及时预警。监测数据不准则与传感器校准周期过长、安装位置不当有关，例如风速传感器设置在涡流区会导致测量值偏离真实值。通风设施维护不到位包括维护计划执行不严、维修标准不清晰等问题，风门轴销缺油、风筒补丁脱落等细节疏忽，在长期积累后可能引发重大事故。

2.4 作业环境隐患

瓦斯浓度超限通常发生在通风不良的采空区或地质构造带，当瓦斯涌出量超过稀释能力时，会在巷道顶部形成积聚层。煤尘积聚多源于综采工作面产尘点除尘效果差，在巷道底板、支架等部位形成厚度超过2mm的粉尘层，遇火源可能引发爆炸。作业区域温度过高主要出现在深部矿井，由于地温梯度影响，当通风降温能力不足时，工作面温度可能超过30℃，不仅影响作业效率，还可能引发中暑等健康问题。这类环境隐患需通过实时监测与动态调节相结合的方式加以控制，建立环境参数与通风系统的联动控制机制。

3 通风安全隐患排查方法

3.1 日常巡查

通风设施完好性检查需覆盖全矿井通风系统关键节点，重点核查风门启闭灵活性、风窗调节机构可靠性及风桥结构完整性。检查人员应通过目视观察与手动操作相结合的方式，确认通风构筑物是否存在变形、裂缝或密封失效等问题，对发现的问题需立即记录并标注位置信息。通风参数现场测量包含风速、风压及温度等指标，使用经校准的机械式或电子式测量仪器，在采掘工作面、回风巷等代表性地点进行多点位测定[3]。测量过程中需避开涡流区等特殊位置，确保数据真实反映通风状态。作业环境状态观察需关注瓦斯涌出异常迹象、煤尘积聚程度及巷道顶板淋水情况，通过嗅觉判断是否有瓦斯积聚，通过敲帮问顶确认顶板稳定性，对积水区域需测量水深并评估对通风的影响。

3.2 专项检查

通风系统合理性评估需结合矿井生产布局变化，运用通风网络解算软件分析各用风地点风量分配是否满足规程要求。重点检查是否存在串联通风、循环风等违规现象，评估通风设施设置位置对风流导向的影响。通风设备性能测试针对主通风机、局部通风机等核心设备，通过现场运行试验测定实际工况点参数，与设备铭牌标注性能进行比对。测试内容包括风量-风压曲线、效率特性及振动噪声指标，对偏离设计值较大的设备需分析原因并制定整改方案。通风网络阻力测定采用气压计基点法或倾斜压差计法，在进风巷、回风巷及主要用风地点布置测点，通过同步测量静压差计算各段巷道通风阻力。测定结果需绘制通风阻力分布曲线，识别高阻力区段并制定降阻措施。

3.3 技术检测

瓦斯浓度连续监测依托安全监控系统实现，在采掘工作面、回风隅角等关键位置安装激光甲烷传感器，设置两级报警阈值并实现数据实时上传。系统需具备自诊断功能，定期对传感器进行零点漂移校正，确保监测数据准确性。煤尘浓度定期检测采用滤膜称重法，在综采工作面、转载点等产尘源下游布置测点，使用粉尘采样器收集空气样本。检测周期根据产尘强度确定，对超标区域需增加检测频次并分析粉尘来源。通风机运行状态监控通过安装振动传感器、温度传感器等设备实现，对电机轴承温度、叶轮振动幅度等参数进行24小时连续监测。设置异常阈值并接入矿井自动化控制系统，当参数超限时自动触发报警并停机保护。

3.4 数据分析

通风参数历史数据对比需建立数据库存储风速、风压等监测值，按日、周、月周期生成变化曲线。通过对比不同时段数据波动情况，识别通风系统异常变化趋势，

例如风量持续下降可能预示巷道变形或漏风加剧。隐患发展趋势预测运用时间序列分析方法，对瓦斯浓度、煤尘浓度等关键指标建立预测模型。结合生产计划调整预测参数变化范围，提前制定防控措施避免隐患升级。隐患根源分析采用鱼骨图等工具，从设备、管理、环境等多维度剖析隐患产生原因。例如针对瓦斯超限问题，需分析通风能力不足、监测系统失效及地质构造影响等因素的关联性，为制定系统性整改方案提供依据。

4 通风安全隐患治理对策

4.1 通风动力优化

针对通风机运行效率低下问题，需根据矿井通风需求开展设备更新或技术升级。主通风机选型应结合矿井深度、瓦斯涌出量等参数，优先选用节能型轴流式通风机，对服役年限超过10年的老旧设备实施分批更换[4]。通风机配置需建立动态调整机制，根据采掘工作面推进情况增设局部通风机，确保各用风地点风量满足规程要求。应急预案制定需涵盖设备故障、停电等突发场景，明确备用通风机启动流程与人员职责分工，定期开展无脚本实战演练验证预案可行性。

4.2 通风网络改造

巷道断面修复需采用锚网喷联合支护工艺，重点治理因地压作用导致的巷道变形问题，修复后巷道有效通风断面应满足设计要求。通风构筑物重建应遵循"先拆除后重建"原则，风门安装须配置反向风门与机械闭锁装置，风桥构造采用钢筋混凝土整体浇筑工艺确保结构稳固性。漏风治理需开展全矿井系统性排查，对密闭墙、风筒接头等易漏风部位采用新型密封材料进行封堵处理，建立漏风点动态管理机制，通过持续治理提升矿井有效风量率。

4.3 通风管理强化

制度完善需修订通风管理实施细则，明确各级管理人员巡查频次与考核标准，将通风设施完好率纳入安全生产责任制考核。监测数据记录应采用电子化台账系统，实现风速、瓦斯浓度等参数实时上传与趋势分析，对异常数据自动触发预警信息推送。管理人员培训需增加通风网络解算、通风机工况调节等实操课程，每年组织不少于16学时的专项培训并通过理论实操双重考核。

4.4 作业环境改善

瓦斯抽放系统建设需根据煤层瓦斯赋存规律制定针对性抽放方案，抽放管路铺设应避开机电设备集中区域并保持合理坡度，系统运行负压维持在有效抽放范围。煤尘治理应实施"水、密、风、护"综合防控措施，采煤机内外喷雾装置需保持完好状态，转载点安装自动喷雾降尘装置，主要进风巷道设置多道净化水幕。通风布局优化需运用数值模拟技术，对采掘工作面通风方式进行科学设计，通过合理配置进回风巷道数量与位置，实现作业区域风流稳定可控。

4.5 应急响应机制

应急预案编制需区分瓦斯超限、通风机停运等不同事故类型，明确应急指挥体系与处置流程，绘制应急处置流程图并制作成卡片发放至岗位人员[5]。应急设备配备应包括便携式通风机、快速密闭装置等，在采掘工作面、避难硐室等场所储备不少于30分钟的应急风量。应急演练需采用"双盲"模式，每年组织不少于2次包含夜间场景的实战演练，演练后48小时内完成评估总结并修订完善预案内容。

结束语

煤矿通风安全隐患治理需建立"预防-监测-处置"的全周期管控体系。通过优化通风动力配置、重构通风网络结构、强化监测数据应用，可显著提升系统抗风险能力；实施瓦斯抽放强化、煤尘综合防控等环境改善措施，能有效降低事故发生概率；完善应急预案与实战演练机制，可确保突发情况下快速恢复通风功能。治理实践中需注重技术措施与管理流程的深度融合，通过动态调整治理策略适应矿井生产条件变化，最终实现通风系统本质安全水平的持续提升。

参考文献

[1]陈铎.煤矿井下通风安全隐患排查探讨[J].山西化工,2024,44(9):193-194,203.

[2]宁建平,白恩强,贺鹏飞,等.煤矿井下通风系统故障隐患排查及应对措施[J].能源与节能,2024(9):204-206,210.

[3]王涛.关于加强煤矿通风质量安全隐患管理措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(6):75-77.

[4]荆景云.煤矿矿井通风安全管理及通风事故的预防[J].矿业装备,2023(10):108-110.

[5]张曼.煤矿通风系统隐患智能监测系统应用分析[J].当代化工研究,2021(13):119-120.