

煤矿通风系统对煤矿安全的影响作用

王雅超 郝洪喜

中煤新登郑州煤业有限公司 河南 郑州 452477

摘要: 煤矿通风系统对煤矿安全影响深远。它通过合理输送新鲜空气、排出污浊气体,有效防控瓦斯积聚与爆炸、控制粉尘扩散沉降、抑制火灾蔓延、调节高温热害,还能排放有毒有害气体、提升作业人员生理舒适度。系统设计合理性、运行管理水平及外部环境条件等关键因素,直接影响其效能发挥。通过技术、管理及政策层面的优化,可进一步提升通风系统对煤矿安全的保障能力。

关键词: 煤矿通风系统; 煤矿安全; 影响作用

引言: 在煤矿生产中,安全是重中之重,而通风系统作为煤矿安全保障的关键环节,其重要性不言而喻。煤矿作业环境复杂,瓦斯、粉尘、火灾及高温热害等安全隐患时刻威胁着矿工生命与生产安全。通风系统通过合理调配风流,能有效稀释瓦斯、控制粉尘、抑制火灾蔓延、改善热环境,为矿井构筑起一道安全防线。深入研究煤矿通风系统对安全的影响作用,对提升煤矿安全管理水平、保障生产顺利进行意义重大。

1 煤矿通风系统基础理论

1.1 通风系统的基本组成与功能

(1) 主要设备: 主扇是矿井通风核心动力设备,负责全矿风量供给与负压维持;局扇用于局部通风,保障掘进工作面等独头巷道通风;风门控制风流方向与流量,防止风流短路;风桥实现不同风流交叉通行,避免污风串入新鲜风流区域,各类设备协同保障通风系统稳定运行。(2) 通风方式分类: 按动力来源分为机械通风和自然通风,机械通风依靠通风机强制供风,是矿井主流方式;自然通风借助矿井内外温差产生的自然风压,仅适用于小型浅井。按通风机工作方式分为抽出式、压入式和混合式,抽出式使井下处于负压状态,压入式则使井下呈正压状态。(3) 通风网络结构: 并联网络是多条风道在同一节点分流后于另一节点汇流,具有风阻小、风量分配均匀、可靠性高的特点;串联网络是风道首尾相连形成单一通路,风阻大、通风效率低,故障影响范围广;角联网络存在对角分支,风流方向易受阻力变化影响,稳定性较差,需重点管控^[1]。

1.2 通风系统的核心参数

(1) 风量、风压、风速的测算与控制: 风量通过皮托管、风表等仪器测算,需满足各用风点最低风量要求;风压含静压、动压和全压,通过压差计测量,是通风机选型核心依据;风速需控制在安全范围,采用调节风门、改

变通风机转速等方式调控三者匹配关系。(2) 通风阻力与等积孔计算: 通风阻力分为摩擦阻力和局部阻力,通过阻力定律测算;等积孔是衡量矿井通风难易程度的重要指标,数值越大通风越容易,通过矿井总风量和总阻力计算得出,为通风系统优化提供依据。(3) 通风效率评价指标: 有效风量率是有效风量与总进风量的比值,反映风量利用效率;漏风率是漏风量占总风量的比例,直接影响通风效果,此外还有通风电耗指标等,共同构成通风效率评价体系。

2 煤矿通风系统对煤矿安全的影响作用

2.1 瓦斯防治作用

(1) 瓦斯积聚与爆炸的通风防控原理: 瓦斯积聚是引发爆炸的核心隐患,通风系统通过持续输送新鲜空气、形成稳定风流,打破瓦斯积聚的浓度条件。依据瓦斯爆炸“浓度阈值”特性,通风可将瓦斯浓度严格控制在5%-16%的爆炸极限之外,同时通过定向风流引导,避免瓦斯在巷道死角、盲巷等区域滞留,从源头阻断爆炸风险。(2) 通风系统对瓦斯涌出量的稀释与排放效率: 通风量与瓦斯稀释效率呈正相关,合理匹配风量与瓦斯涌出强度,能快速降低瓦斯浓度至安全标准。高效通风系统可通过优化网络结构减少风流阻力,提升瓦斯抽采巷道的排瓦斯能力,对于高瓦斯矿井,结合分区通风模式可实现瓦斯分源排放,大幅提升整体排放效率。

2.2 粉尘控制作用

(1) 通风对粉尘扩散与沉降的抑制效果: 通风通过形成定向气流,可有效抑制采掘工作面产生的粉尘向作业区域扩散,同时风流的携尘作用能将悬浮粉尘带至除尘设施或回风巷道,减少粉尘在作业空间的停留时间;合理的风速设计可平衡粉尘扩散与沉降,避免风速过高导致积尘二次飞扬。(2) 通风参数与粉尘浓度的量化关系: 粉尘浓度随风量增加呈指数级降低,当风量达到临界值

后,降尘效果趋于平缓;风速控制在1.2-1.5m/s时,对呼吸性粉尘的抑制效果最佳,风速过高或过低都会导致粉尘浓度回升,可通过建立量化模型实现通风参数的精准调控。(3)除尘通风技术的优化应用:湿式除尘通风通过风流携带水雾湿润粉尘,增强粉尘沉降能力,广泛应用于综采工作面;压风除尘通风利用高压气流形成局部正压区,阻挡粉尘向作业人员扩散,配合除尘风机实现粉尘高效收集,两种技术的协同应用可进一步提升粉尘控制效果^[2]。

2.3 火灾与热害防控作用

(1)通风系统对火灾蔓延的抑制机制:通过调节风流方向和风量,可切断火灾区域的氧气供给,降低火势蔓延速度;采用分区隔离通风,在火灾发生时快速封闭火区,利用均压通风技术平衡火区内外气压,减少有毒有害气体外泄,为灭火救援创造安全条件。(2)高温矿井的热环境调节功能:通风系统通过引入地表低温新鲜空气,排出井下高温污浊空气,降低矿井环境温度;对于深部高温矿井,结合降温通风技术,将冷风精准输送至作业面,可有效控制环境温度在30℃以下,保障作业人员正常作业^[3]。

2.4 其他安全影响

(1)有毒有害气体的排放:通风系统通过持续置换空气,可快速排出采掘过程中产生的CO、H₂S等有毒有害气体,将其浓度控制在职业接触限值以下,避免中毒事故发生;针对高浓度有毒气体涌出点,可通过局部强化通风实现定向排放。(2)通风系统对作业人员生理舒适度的影响:适宜的风速和风量可改善井下温湿度环境,减少闷热、憋闷感,提升作业人员注意力和工作效率;稳定的通风环境能避免风流骤变导致的身体不适,降低疲劳作业引发安全事故的风险。

3 煤矿通风系统对煤矿安全影响的关键因素

3.1 系统设计因素

(1)通风网络布局的合理性:合理的通风网络是保障通风效率的基础,需避免过多串联分支和复杂角联结构,优先采用并联网络降低风阻、均衡风量分配。同时,要确保新鲜风流直达各作业面、污风有序排出,杜绝风流短路、死角等问题,否则易导致瓦斯积聚、粉尘滞留,加剧安全风险。(2)通风设备选型与匹配性:主扇、局扇等核心设备的选型需契合矿井风量、风压需求,功率与矿井通风阻力精准匹配。若设备选型过大,会造成能源浪费;选型过小,则无法满足通风要求。此外,设备间的协同匹配度直接影响系统稳定性,如局扇与主扇的风量衔接不当易引发风流紊乱。(3)多级通风系统的协同

控制:高瓦斯、深部矿井常采用多级通风系统,各级系统的风压、风量协同控制至关重要。需通过精准调控各级通风机运行参数,避免出现风压失衡、风流倒流等情况,确保新鲜风流逐级输送至作业点,污风高效排出,保障全矿井通风系统的整体效能^[4]。

3.2 运行管理因素

(1)日常维护与故障排查机制:建立常态化设备维护与故障排查机制,定期检查通风机、风门、风桥等设施的运行状态,及时处理设备老化、密封不严、风道堵塞等问题。若维护排查不到位,易导致设备故障停机或风量泄漏,引发通风系统失效,诱发安全事故。(2)通风参数的动态监测与调整:井下瓦斯涌出、采掘布局变化会导致通风需求动态变化,需实时监测风量、风速、瓦斯浓度等参数,根据监测数据及时调整通风机转速、风门开度等。缺乏动态监测与调整,会导致通风参数与实际需求脱节,无法有效防控安全隐患。(3)应急通风预案的制定与演练:制定完善的应急通风预案,明确瓦斯突出、火灾等突发情况下的通风调整方案,如临时风量调配、风流改向、火区封闭等措施。定期开展应急演练,提升作业人员应急处置能力,确保突发事故时能快速启动应急通风,降低事故危害。

3.3 外部环境因素

(1)地质条件(断层、煤层倾角等)对通风的影响:断层易导致风道密封性下降,出现漏风问题;煤层倾角过大可能加剧风流分层,造成局部风量不足。复杂地质条件还可能增加巷道施工难度,影响通风网络布局合理性,需在系统设计与运行中针对性采取加固密封、优化风道等措施。(2)气候条件(温度、湿度)的适应性:高温气候会降低矿井内外温差,削弱自然通风效果,增加机械通风负荷;高湿度环境易导致设备锈蚀、风道结露堵塞,影响通风设备运行稳定性。通风系统需具备气候适应性,通过优化设备防护、调整通风参数等,保障不同气候条件下的通风安全。

4 煤矿通风系统对煤矿安全优化策略

4.1 技术优化方向

(1)智能通风系统的研发:依托物联网技术构建全矿井通风监测网络,实现通风设备运行状态、风流参数、瓦斯浓度等数据的实时采集与传输;借助大数据分析技术挖掘数据关联规律,精准预判通风系统潜在故障与安全隐患。通过智能调控平台自动优化通风机转速、风门开度等参数,实现通风系统的自适应运行,提升对井下复杂工况的响应效率。(2)新型通风设备与材料的创新:研发高效节能通风机,采用变频调速、永磁驱动等技术提

升风机运行效率,降低能耗的同时保障风量稳定供给;推广低阻力风道材料与施工工艺,减少风道摩擦阻力和局部阻力,提升通风系统整体输送效能。此外,研发耐腐蚀、抗老化的通风设施密封材料,降低漏风率,保障通风系统的密闭性与稳定性^[5]。(3)通风与瓦斯抽采的协同控制技术:建立通风与瓦斯抽采协同调控模型,根据瓦斯涌出动态调整通风参数与抽采强度,实现“通风稀释+抽采减排”双重保障。优化抽采钻孔布局与通风巷道布置,使抽采盲区处于有效通风覆盖范围,避免瓦斯积聚;通过协同控制减少通风与抽采系统的相互干扰,提升瓦斯治理的综合效能。

4.2 管理优化建议

(1)完善通风系统安全标准与规范:结合矿井开采条件、通风技术发展现状,细化通风系统设计、设备选型、运行维护等环节的安全标准。明确通风设施安装精度、参数监测频率、故障处置时限等具体要求,形成全流程、标准化的管理体系,为通风安全管理提供明确依据,杜绝管理漏洞。(2)加强通风安全培训与人员资质管理:建立分层分类的通风安全培训机制,针对管理人员、操作人员开展专项培训,重点提升通风系统运维技能、隐患识别能力与应急处置水平。严格落实人员资质准入制度,对通风作业人员实行持证上岗管理,定期开展技能考核,确保从业人员具备相应的专业能力。(3)建立通风系统风险评估与预警机制:定期开展通风系统风险评估,全面排查通风网络、设备运行、参数匹配等方面的风险点,划分风险等级并制定针对性管控措施。依托监测数据构建风险预警模型,设定参数阈值,当监测数据异常时自动触发预警,及时推送预警信息并启动处置流程,实现风险的超前防控。

4.3 政策与监管建议

(1)强化政府对通风系统安全的监管力度:建立常态化监管执法机制,加大对煤矿通风系统设计备案、设

备检测、运行维护等环节的监督检查力度,严厉查处违法违规行为。推行“双随机、一公开”监管模式,结合智能监测数据开展精准监管,提升监管效能。对高瓦斯、深部矿井实施重点监管,督促企业落实通风安全主体责任。(2)推动通风技术标准化与产业化发展:出台通风技术标准化政策文件,规范新型通风设备、智能调控系统等技术产品的研发、生产与应用标准。加大对通风技术创新的政策扶持力度,鼓励企业与科研院所合作开展关键技术攻关,培育通风技术产业集群。搭建技术推广平台,加速高效、安全的通风技术成果转化与应用,提升全行业通风安全保障水平。

结束语

煤矿通风系统作为煤矿安全的核心支撑,其稳定运行直接关乎矿井安全大局。通过科学设计与合理运行,通风系统有效化解了瓦斯、粉尘、火灾及热害等多重安全威胁,为矿工创造了相对安全的工作环境。然而,面对复杂地质条件与不断变化的开采需求,通风系统仍需持续优化。未来,需进一步融合技术创新、强化管理效能、完善政策监管,以构建更加智能、高效、可靠的通风安全体系,为煤矿安全生产保驾护航。

参考文献

- [1]郭晓辉.安全文化视角下的煤矿安全事故预防研究[J].矿业装备,2022(01):102-103.
- [2]王鹏.煤矿矿井通风安全管理及瓦斯防治技术分析[J].能源与节能,2025,(03):54-56.
- [3]王泽栋.煤矿通风安全管理及通风事故的防范措施分析[J].矿业装备,2023,(06):104-106.
- [4]李杰,亓士和.煤矿通风安全管理与通风事故预防分析[J].内蒙古煤炭经济,2023,(06):89-91.
- [5]李军.煤矿通风安全管理及事故防范措施分析[J].矿业装备,2022,(03):176-177.