

# 煤矿通风系统安全问题及稳定性分析

郑翔宇

河南焦煤能源有限公司中马村矿 河南 焦作 454100

**摘要:** 煤矿通风系统对保障井下作业安全及生产顺利进行起着至关重要的作用。本文聚焦煤矿通风系统, 深入分析其存在的安全问题, 涵盖通风设备故障、网络不合理、构筑物问题以及瓦斯、粉尘相关隐患等方面。同时, 对通风系统稳定性展开探讨, 明确其概念、评价指标、影响因素与分析方法。在此基础上, 提出了相应的安全与稳定性保障措施, 旨在为煤矿通风系统优化管理提供参考, 助力提升煤矿安全生产水平, 减少安全事故发生。

**关键词:** 煤矿; 通风系统; 安全问题; 稳定性分析

引言: 在煤矿生产领域, 通风系统犹如命脉一般关键。它不仅关乎井下空气质量, 能及时稀释并排出瓦斯、粉尘等有害气体, 还可调节井下气候, 为作业人员提供适宜的工作环境, 是保障人员生命安全和生产正常开展的基础。然而, 实际中煤矿通风系统面临诸多安全问题, 且其稳定性也受多种因素影响, 这对煤矿安全生产造成严重威胁。故而, 深入分析其安全问题与稳定性并探寻保障措施, 有着重要的现实意义。

## 1 煤矿通风系统的重要性

第一, 它能有效保障井下空气质量。通过持续的空气循环, 将瓦斯、一氧化碳、粉尘等有害气体和污染物稀释并排出井外, 使井下氧气含量维持在适宜水平, 为矿工创造可正常呼吸的环境, 预防中毒和窒息事故。第二, 通风系统对矿井气候起着关键调节作用。可带走采掘作业产生的热量, 调节井下温度与湿度, 避免高温高湿环境引发矿工中暑、疲劳等问题, 提升工作舒适度与效率。第三, 良好的通风能抑制煤炭自燃发火。合理的风流分布可降低煤层氧化速度, 减少自燃风险, 同时在火灾发生时, 可控制火势蔓延方向, 为救援争取时间。第四, 稳定可靠的通风系统是煤矿正常生产的前提。确保各作业区域风量充足、风流稳定, 维持井下生产设备正常运行, 避免因通风不良导致设备故障或停机, 保障煤炭开采、运输等作业有序进行, 提高煤矿生产效益与经济效益<sup>[1]</sup>。

## 2 煤矿通风系统安全问题分析

### 2.1 通风设备故障

通风设备故障是煤矿通风系统常见安全隐患。通风机作为关键设备, 其故障类型多样, 如机械故障中轴承磨损、叶轮失衡或损坏, 会导致通风机振动加剧、噪音增大, 严重时无法正常运转, 使井下风量骤减。电气故障如电机短路、断路或过载, 会造成通风机突然停机。

故障原因主要包括设备长期连续运行产生疲劳磨损、缺乏定期维护保养、零部件质量不佳以及供电系统不稳定等。此外, 通风设备老化问题也不容忽视, 老旧设备性能衰退, 风量风压难以满足矿井通风需求, 不仅影响通风效率, 还可能引发风流紊乱, 增加瓦斯积聚、粉尘超标等安全风险, 给煤矿安全生产带来极大威胁。

### 2.2 通风网络不合理

通风网络不合理严重影响煤矿通风系统安全。复杂的通风网络, 尤其是分支众多、角联巷道存在时, 会导致风流稳定性变差。角联巷道风流方向与风量受相邻分支风阻影响大, 易出现风流紊乱, 使得部分区域风量不足, 瓦斯等有害气体无法有效排出而积聚, 同时可能造成其他区域风量过剩, 增加通风能耗与粉尘飞扬。通风阻力过大也是突出问题, 巷道变形、支护损坏、堆积物增多等会使摩擦阻力增大; 不合理的通风线路布局、过多的弯道与变径处会产生局部阻力。过大的通风阻力降低通风效率, 可能致使通风机工况点偏移, 甚至引发喘振现象, 严重时破坏通风设备, 威胁整个通风系统安全稳定运行, 进而引发瓦斯爆炸、人员窒息等重大事故。

### 2.3 通风构筑物损坏或设置不当

通风构筑物在煤矿通风系统中起着调节与控制风流的关键作用, 其损坏或设置不当极易引发安全问题。通风构筑物损坏原因众多, 长期受矿山压力作用, 如风门可能出现变形、墙体开裂, 风桥可能发生垮塌; 频繁的风流冲击会使通风构筑物的密封材料老化、脱落, 导致漏风; 此外, 人为的破坏或维护不及时也会造成其损坏。一旦通风构筑物损坏, 如风门漏风会使风流短路, 部分区域得不到有效通风, 瓦斯浓度升高; 风桥垮塌会破坏通风网络完整性, 造成通风紊乱。而通风构筑物设置不当同样危害严重, 位置选择错误可能使风流无法按预期路径流动, 数量或规格不合理会导致风量分配不

均,局部通风不畅,这些都为瓦斯积聚、粉尘超标创造了条件,极大地增加了煤矿安全事故发生的可能性。

#### 2.4 瓦斯超限与积聚

瓦斯超限与积聚是煤矿通风系统面临的严峻安全挑战。瓦斯主要来源于煤层,其赋存状态与含量决定了瓦斯涌出量。在采掘过程中,煤层被破坏,瓦斯大量涌出,且涌出量随采掘进度、开采方法等动态变化。瓦斯超限与积聚原因多方面,当通风系统风量不足、风速过低时,无法及时稀释涌出的瓦斯,致使其在巷道、采空区等部位积聚。例如,在通风死角、盲巷等区域,风流难以到达,瓦斯容易积聚形成高浓度瓦斯区。此外,瓦斯抽采系统不完善或抽采效果不佳,也会使大量瓦斯残留在矿井空气中。瓦斯超限与积聚一旦遇到火源,极易引发瓦斯爆炸,其强大的冲击力和破坏力可摧毁巷道、设备,造成大量人员伤亡,严重威胁煤矿安全生产和井下作业人员生命安全。

#### 2.5 粉尘危害与防治不力

煤矿生产过程中产生的粉尘给通风系统带来诸多安全问题。粉尘产生环节众多,采煤时的割煤、落煤,掘进中的凿岩、爆破,以及煤炭运输、转载等作业都会产生大量粉尘。其种类繁多,包含煤尘、岩尘等,不同粒径粉尘危害各异,细微粉尘可长期悬浮于空气中,被矿工吸入后损害呼吸系统,引发尘肺病等职业病。通风系统对粉尘防治存在局限性,传统通风方式难以完全控制粉尘扩散,如压入式通风可能使粉尘在巷道内飞扬距离加长,抽出式通风在局部区域易形成负压导致粉尘二次飞扬,通风系统与喷雾降尘、除尘设备等防尘措施配合不当,喷雾效果不佳、除尘设备选型不合理或运行故障等,都使得粉尘浓度难以有效降低<sup>[2]</sup>。

### 3 煤矿通风系统稳定性分析

#### 3.1 稳定性的概念与评价指标

通风系统稳定性指在各种工况及干扰下,能持续、可靠地为矿井各区域提供适宜风量与稳定风流的能力。其评价指标包括风量变化率,反映不同位置风量波动情况,变化率越小越稳定;风压变化率,体现通风系统压力的稳定程度;风流紊流度,衡量风流的有序性,紊流度低则稳定性好。还有如通风网络的灵敏度,表征网络对参数变化的敏感程度等。这些指标从不同角度量化通风系统稳定性,为评估和优化通风系统提供了科学依据,有助于提前发现潜在不稳定因素并及时处理。

#### 3.2 影响通风系统稳定性的因素

##### 3.2.1 内部因素

内部因素主要涉及通风系统自身组件与结构。通风

设备性能参数如通风机的功率、转速、效率等,若与矿井需求不匹配,会使风量风压不稳定。通风网络结构复杂程度,像角联分支、多分支回路易引发风流波动。再者,通风构筑物的密封性、调节灵活性以及通风管道的漏风情况等,均可能破坏风流的均衡性与稳定性,进而影响整个通风系统的可靠运行。

##### 3.2.2 外部因素

外部因素多源于矿井所处环境与生产活动变化。地质条件变动,如煤层赋存深度改变、断层出现使岩层破碎,会导致通风阻力突变。采掘作业推进,新工作面开拓或旧采区封闭,使通风网络布局动态变化。另外,自然灾害如地震可能损坏通风设施,火灾产生的高温浓烟改变风流走向,这些外部干扰都可能打破通风系统原有的稳定状态,带来安全隐患。

### 3.3 通风系统稳定性分析方法与模型

通风系统稳定性分析方法多样,通风网络解算方法应用广泛,基于基尔霍夫定律建立数学模型,通过计算各分支风量、风压等参数,分析不同工况下系统稳定性,可直观呈现风流变化规律。动态模拟技术借助计算机仿真,依据实际通风系统参数构建模型,模拟通风系统随时间和工况变化的动态过程,能预测稳定性变化趋势并评估通风方案优劣。

## 4 煤矿通风系统安全与稳定性保障措施

#### 4.1 通风设备的维护与管理

通风设备的良好维护与科学管理是煤矿通风系统安全稳定运行的基础。首先,应建立严格且详细的设备定期维护保养制度,明确规定通风机、电机等设备的日检、周检、月检及年检项目与标准,如检查通风机叶轮磨损情况、电机轴承润滑状态等,并形成规范的操作流程。同时,落实维护保养工作的责任主体,设立监督考核机制,对执行不到位的情况进行严肃处理。其次,借助先进的监测技术,如安装高精度的振动传感器、温度传感器、电气参数监测仪等,实时在线监测通风设备的运行状态,及时采集设备运行数据并进行分析。一旦发现异常,迅速启动故障诊断系统,结合专家知识库,精准定位故障原因,提前预警可能出现的重大故障,以便及时安排维修。

#### 4.2 优化通风网络与降低通风阻力

在通风网络优化方面,依据矿井实际生产布局与地质条件,运用专业的通风网络分析软件,以通风系统安全性、稳定性以及经济性为目标函数,综合考虑风量分配均匀性、通风阻力最小化等约束条件,进行通风网络的优化设计。例如,简化复杂的通风网络结构,减少不

必要的分支和角联巷道,避免风流紊乱;合理规划通风线路,缩短通风流程,降低通风能耗。对于降低通风阻力,可采取多种工程措施。定期对巷道进行维护,修复变形、破损的支护结构,保证巷道断面形状规则且尺寸符合设计要求,减少摩擦阻力;及时清理巷道内的堆积物、积水、淤泥等,确保通风断面畅通无阻,降低局部阻力。根据通风系统的实际运行情况,科学调整通风机的转速、叶片角度等运行参数,使通风机工作在高效稳定的工况点,从而实现通风系统整体通风阻力的有效降低,提高通风效率。

#### 4.3 加强通风构筑物的管理与维护

在管理方面,制定严谨的通风构筑物设计规范与施工标准,确保其结构强度、密封性、耐久性等性能指标满足矿井通风要求。在施工过程中,加强质量监督与管理,严格把控每一道工序,例如,对于风门的安装,要保证门框与墙体紧密贴合,门缝密封严实,开关灵活;风桥的建造要确保其结构稳固,通风断面合理,能有效引导风流。在维护方面,建立定期巡检制度,安排专人按照规定的巡检路线和周期,对通风构筑物进行全面细致的检查,重点检查构筑物是否有损坏、漏风、变形等情况。一旦发现问题,及时记录并制定详细的维修方案,组织专业维修人员尽快进行修复。对于损坏严重的通风构筑物,如出现大面积墙体垮塌、风桥断裂等情况,要立即启动应急预案,采取临时通风措施,防止风流短路或紊乱,保障矿井通风安全,同时迅速开展修复重建工作,确保通风系统尽快恢复正常运行。

#### 4.4 瓦斯与粉尘综合防治

对于瓦斯防治,构建完善的瓦斯抽采系统是关键。根据煤层瓦斯赋存特征,优化抽采工艺,确定合理的抽采钻孔布置参数、抽采负压及抽采时间等,提高瓦斯抽采率,降低煤层瓦斯含量与瓦斯涌出量。同时,强化瓦斯监测监控,在井下采掘工作面、回风巷、采空区等重点部位安装高灵敏度的瓦斯传感器,实现瓦斯浓度的实时、连续监测,并将监测数据传输至地面监控中心。设定严格的瓦斯超限报警阈值,一旦瓦斯浓度超标,立即启动报警装置,并采取相应的应急处理措施,如切断电源、停止作业、组织人员撤离等。此外,加强通风管理,确保井下各区域有足够的风量和适宜的风速,有效稀

释和排出瓦斯,防止瓦斯积聚。对于粉尘防治,从源头抓起,优化采掘工艺,采用先进的采煤机、掘进机等设备,减少煤炭破碎过程中产生的粉尘量。在运输、转载等环节,设置有效的喷雾降尘装置,增加空气湿度,使粉尘沉降,根据矿井实际情况,合理选择并安装除尘风机、布袋除尘器等除尘设备,进一步净化风流中的粉尘<sup>[3]</sup>。

#### 4.5 通风系统安全监控与应急管理

通风系统安全监控是保障煤矿安全生产的关键防线。构建完善的监控体系,在井下关键位置合理布置瓦斯传感器、风速传感器、风压传感器等各类监测设备,它们能实时精准采集通风系统运行参数,并通过稳定的传输网络将数据传至地面监控中心。监控中心利用先进软件对数据深度分析处理,一旦参数偏离安全阈值,如瓦斯浓度超标、风速异常等,系统立即声光报警,同时记录数据以便后续分析事故原因。应急管理方面,需精心编制详尽且实用的通风系统事故应急预案,明确针对通风机故障停机、瓦斯泄漏爆炸、火灾浓烟蔓延等各类突发状况的应对策略。成立专业应急组织机构,清晰界定指挥、救援、医疗、后勤等各小组职能。定期组织应急演练,模拟真实事故场景,训练人员快速响应、协同作战及正确操作应急设备的能力,确保在事故发生时,能迅速启动预案,有序开展救援行动,如快速恢复通风、疏散受困人员、扑灭火源等,最大程度降低事故危害,保障人员生命与矿井财产安全。

#### 结束语

在煤矿生产中,通风系统的安全与稳定意义非凡且任重道远。通过对其安全问题深入剖析,涵盖通风设备、网络、构筑物及瓦斯粉尘隐患等方面,并对稳定性从概念到影响因素、分析方法进行探讨,提出相应保障措施。但煤矿地质条件复杂多变,开采技术不断发展,通风系统仍面临新挑战。

#### 参考文献

- [1]元继光.制约煤矿通风安全的因素与对策[J].科技创新与应用,2019,(25):22-23.
- [2]王占青,郑宝,史卫明,等.煤矿安全通风管理及通风事故的防范措施[J].中国能源,2019,33(6):37-39.
- [3]雷五洲.煤矿井下通风安全隐患的排查及管理建议[J].质量探索,2019(5):29-30.