

# 煤矿矿井通风及瓦斯防治的措施探讨

路来超 肖卫国 张旭东

山东新查庄矿业有限责任公司 山东泰安 271612

DOI:10.32629/ems.v8i3.18762

**[摘要]** 煤炭作为关键能源,加强煤矿的安全生产管理不仅能够确保能源供应的稳定性,而且有助于维护社会的和谐与安宁。煤炭产业作为我国的基础性产业,其开采过程中常常遭遇瓦斯爆炸、通风不畅等潜在危险,这不仅对矿工的生命构成威胁,还可能带来严重的经济损失。通过实施高效的通风管理和瓦斯控制技术,可以确保矿井的安全,提升生产效率,减少事故的发生。本研究全面剖析了当前的通风管理和瓦斯控制技术,评估了其应用成效与局限性,并提出了相应的改进策略及未来的技术发展趋势,旨在为煤矿的安全生产提供坚实的理论依据和技术支撑。

**[关键词]** 煤矿矿井; 通风; 瓦斯防治

## 引言:

在煤矿的地下开采过程中,井下环境相对封闭,存在瓦斯、一氧化碳等有害气体积聚的可能。地质环境的复杂性可能导致通风状况不稳定,若通风效果不佳,瓦斯浓度可能升高,从而引发爆炸或中毒等严重安全风险。矿井通风系统犹如人体的呼吸系统,对稀释有害气体、调节井下湿度以及提供新鲜空气等方面至关重要。其运行状况的稳定性直接关系到矿工的生命安全以及煤矿生产的连续性。因此,深入研究和强化通风安全技术及瓦斯防治策略,对于推动煤矿行业的安全稳定发展具有极其重要的意义。

## 1. 相关概念分析

### 1.1 煤矿矿井通风系统的重要性

矿井通风系统作为生产体系的核心组成部分,在操作过程中承担着多项职能。首先,它确保向井下作业者持续提供清新空气,维护矿井内空气质量稳定,确保呼吸安全;其次,通过科学的气流布局,能够对瓦斯、一氧化碳、硫化氢等有害物质进行有效的稀释和排放,减少其井下积聚的隐患。此外,通风系统与除尘设备协同工作,降低粉尘对矿工健康的潜在影响,并通过调节温度和湿度,提升作业环境的舒适性,为提高生产效率营造有利条件。

### 1.2 煤矿瓦斯基本概念

煤矿瓦斯是一种主要成分为甲烷的混合气体,在煤炭形成过程中自然释放。甲烷是一种极具易燃性的气体,对煤矿的安全构成重大威胁。在煤炭形成的过程中,有机物质在地下高温高压的环境下经过长时间的演变,逐渐转化为煤炭,并在这个过程中释放出甲烷等气体。虽然大部分瓦斯在成煤过程中得以释放,但仍有一部分瓦斯被吸附在煤层的表面或孔隙中,形成了游离态和吸附态两种存在形式。在煤矿开采

过程中,随着煤层的破坏,原本稳定的瓦斯开始释放。这种释放速度和释放量受到煤体透气性的影响,透气性越好的煤体,瓦斯释放得越快、越多。若采空区没有得到妥善的封闭和密封,瓦斯就可能沿巷道逸出,进入工作面,从而提高矿井内部的瓦斯浓度,对煤矿安全构成严重威胁。此外,采空区中的瓦斯还可能受到地下微生物的作用,这些微生物在分解煤炭的过程中会产生更多的瓦斯。如果采空区的密封措施不当,这些瓦斯可能通过巷道和工作面释放,导致矿井内部瓦斯浓度超标,增加瓦斯爆炸的风险。因此,对煤矿瓦斯的监测和管理是确保安全生产的关键环节。

## 2. 煤矿矿井通风安全技术

### 2.1 通风系统设计与优化

#### 2.1.1 中央式通风

针对井田长度有限(通常不超过4公里)的矿井,中央式通风模式显示出其适用价值。该模式将主要通风设备置于井田中心的风井位置,构建了“进风井-运输巷道-采掘工作面-回风巷道-回风井”的气流循环系统。从实践应用的角度分析,该通风系统结构较为清晰,在项目初期有助于降低投资成本。然而,在长期运行过程中,可能遭遇通风阻力增大的问题,进而引发末端采掘工作面风量供应不足的风险。比如,某小型煤矿在实施中央式通风时,通过在回风巷安装局部通风机的技术措施,成功将工作面风量提升至 $250\text{m}^3/\text{min}$ ,这在一定程度上减轻了通风需求的压力。

#### 2.1.2 对角式通风

对角通风配置方案将主导风扇安装于井田两侧的风井之中,其气流路径为新鲜气流自中央进风井导入,而废气则通过两侧的回风井排出。此通风模式特别适合于走向长度超过4公里的巨型矿井。从技术角度来看,该方案在控制通风阻

力和均匀分配风量方面表现卓越。以某巨型矿井为例, 实施两翼对角通风后, 各作业面的风量波动得以有效控制在5%以内, 同时瓦斯浓度也稳定保持在0.5%以下的安全阈值。

## 2.2 通风设备选型与维护

### 2.2.1 主通风机选型

在矿井通风系统的设计中, 主通风机的选择通常需要综合考虑总风量和总阻力。在具体应用中, 轴流式通风机, 如FBCDZ系列, 因其在高风压和大流量条件下的出色性能, 往往成为大型矿井的首选设备, 其中某些型号的效率甚至超过85%; 相比之下, 离心式通风机更适合于中小规模的矿井。尽管离心式通风机的运行稳定性有保障, 但在调节性能方面存在一定的限制。

### 2.2.2 设备维护机制

为确保通风系统的稳定运作, 科学合理的设备保养措施显得尤为关键。当前, 众多企业普遍实施了“日检+周检+月检”的保养体系: 每天对主轴承的温度(应维持在70℃以下)进行监控, 检查电机电流和风门的开闭情况; 每周进行风量测试及逆风实验(逆风率需达到60%以上); 每月对叶轮和叶片的磨损状况进行彻底检查。值得注意的是, 某矿业公司曾因未及时处理叶片磨损问题, 导致主轴的运行效率下降了大约15%, 进而引发了工作面瓦斯浓度的短暂异常。经过有针对性的整改, 通风系统得以恢复至正常运作状态。

## 2.3 通风系统的监测与管理

通风系统对于矿井安全生产至关重要。首先, 需要建立一个全面的通风监测系统, 能够实时监控矿井内的风量、风速、瓦斯浓度、二氧化碳浓度等关键参数, 确保这些参数符合安全标准。其次, 要定期对通风系统进行检查和维护, 包括通风巷道、通风设备、通风设施等, 及时发现并解决的问题, 以保证通风系统的完好性和稳定性。此外, 还需要加强通风管理规章制度的建设, 规范通风作业流程, 严格执行通风安全操作规程, 避免违规操作。最后, 要加强对矿工的通风安全教育培训, 提高矿工的通风安全意识和自救互救能力。

## 3. 煤矿瓦斯防治技术

### 3.1 瓦斯检测与预警技术

#### 3.1.1 实时监测系统

在矿井关键区域, 如采掘面和回风巷, 部署高精度的瓦斯传感器(测量精度可达 $\pm 0.1\%CH_4$ ), 形成全方位的监测体系。监测数据以每10秒为一个周期进行实时上传至地面控制中心。该中心可设立三级报警系统: 当瓦斯浓度突破0.8%时,

系统将发出预警; 若浓度进一步上升至1.0%, 系统将自动切断作业区域的电源, 并激活声光报警设备。实际应用中, 该系统在瓦斯浓度异常升高时能迅速作出反应。

#### 3.1.2 便携式检测设备

矿工在进行采掘作业前必须使用光干涉瓦斯检定器或催化燃烧式检测仪进行瓦斯浓度检测, 并在作业过程中每半小时复测一次。爆破前必须确保瓦斯浓度低于1.0%, 并严格遵守“三人连锁爆破制”。过往案例显示, 未能规范执行检测流程可能导致瓦斯浓度异常升高, 如某掘进队未按规定操作, 爆破后瓦斯浓度达到2.5%, 虽及时通风未发生事故, 但强调了规范检测的必要性。

#### 3.1.3 超前探测技术

运用瓦斯直接测量技术(诸如DGC脱附设备), 于隧道开挖作业之前对煤层的瓦斯浓度实施检测。一旦发现瓦斯浓度超过每吨8立方米, 必须实施预先抽排处理。辅以地质雷达技术, 对结构煤的分布状况进行侦查, 鉴于结构煤区域的通风性不佳, 往往导致瓦斯积聚。在实际操作中, 前置侦查技术显现出其重要作用, 比如某矿井利用该技术于采掘面揭示出瓦斯积聚区, 通过提前安排抽排孔, 显著减少了瓦斯排放量, 降幅高达60%。

## 3.2 瓦斯积聚预防技术

### 3.2.1 强化通风稀释

分区通风策略在实际运用中表现出了显著的成效, 显著降低了因串联通风而产生的不安全风险; 在采掘面采用双巷掘进时, 通过实施进回风分离的设计, 有效维护了风流的稳定性。面对因顶板塌陷而形成的空洞, 可以通过设置导风板引导气流或者埋设风管进行送风, 以此降低瓦斯积聚的风险。

### 3.2.2 局部瓦斯治理

在采煤作业中, “U型+尾巷”通风模式成为排放采空区瓦斯的可靠途径; 而在掘进作业中, 通过双巷道布局与联络巷结合实现的全风压通风, 配合局部通风机的应用, 显著增强了通风效能。一旦局部瓦斯浓度异常, 可以在巷道中安装风幕机以阻断瓦斯扩散, 并强化瓦斯抽采措施, 这种方法在特定环境下已被证实具有实施价值。

## 3.3 瓦斯抽采技术

在地面作业中, 地面钻孔抽采法被广泛应用, 尤其适合于地表与采空区距离较近的矿井, 其有效抽采范围能够达到数百米。在井下, 抽采方式更为多样, 包括顶板裂隙钻孔抽采, 该方法通过煤体采动后上覆岩层的垮落裂隙来引导瓦斯流动, 通常在距离工作面约10米处实施预抽。还有埋设管道

抽采、水平长钻孔抽采、顶板高抽巷抽采等多种方式,选择时需综合考虑煤层分布、瓦斯来源等多种因素,以确保抽采效果符合安全规范。一般情况下,抽采设备会部署在矿井的特定抽采区域或泵站,以便高效、安全地提取瓦斯。在抽采泵的选择上,需关注其抽气量和抽气压力等关键指标。比如,在井下抽采时,水环式真空泵因其高效性能被广泛采用,其抽气量需满足矿井最大瓦斯涌出量的需求,通常要求抽气量是矿井瓦斯涌出量的1.5至2倍。同时,抽采设备的配置还需确保其稳定性和耐用性,以便于长期、连续的抽采作业。因此,在设备配置上,通常配备备用设备,以便在主设备出现故障时,能够迅速切换到备用设备,保证抽采作业的连续性。

### 3.4 瓦斯发电与民用利用途径

瓦斯作为一种能源,在发电和民用方面具有广泛的应用前景。通过现代化的处理技术,瓦斯可以被净化和利用,从而转化为清洁能源。瓦斯发电站通常建在煤矿附近,利用管道将瓦斯直接输送到发电站,实现高效利用。瓦斯发电的效率因瓦斯纯度和发电设备的不同而有所差异,但总体上可以达到较高水平。此外,经过处理的瓦斯还可以作为民用燃气,供应给居民日常生活使用。为了保证使用安全,民用瓦斯的压力和浓度需要严格控制,以确保燃烧稳定且对人体健康无害。

### 3.5 瓦斯爆炸预防

矿井安全作业中,预防瓦斯爆炸的措施至关重要,其目标是通过综合手段遏制矿井内瓦斯的聚集与爆炸事故。必须保障矿井通风系统稳定高效,以便于适时地排放瓦斯,避免其过量积聚。对通风设备需进行定期的查验与维护,以保障其能够提供足够的通风量及风速,以达到瓦斯的有效稀释和排放。在煤层开采前及开采期间,采取打孔抽排的方式,抽取煤层内的瓦斯,以降低开采过程中瓦斯的释放量。同时,对抽排效果进行监控,确保抽排量达到安全标准。在矿井的重点区域配备瓦斯检测仪器,实施实时瓦斯浓度监控。并且,利用手持式瓦斯检测器对作业面和通道定期进行检查。构建瓦斯监测数据分析系统,对瓦斯浓度的波动趋势进行剖析,以预测可能的安全隐患。严禁在矿井内出现明火行为,例如吸烟或使用非防爆电气设备等。而应使用防爆电气设备和工具,以防火花产生。同时,对机械火花进行控制,比如使用湿式除尘系统降低粉尘爆炸的风险。在特定情况下,可使用化学抑制剂,例如表面活性剂,以降低瓦斯的表面张力,从而促进其释放与扩散。

## 4. 解决煤矿矿井通风安全及瓦斯防治问题的对策

### 4.1 深化安全意识培育

通过实施全面的安全教育体系,对煤矿管理层及一线作业人员逐步深化通风安全与瓦斯治理知识的理解。提倡采用多元化的教育手段,促使全体人员形成“安全至上、预防为主、协同管理”的观念,推动安全操作规程的深入理解和自觉遵循,降低违规操作的可能性。

### 4.2 健全管理监督体系

优化通风安全与瓦斯防控组织结构,明确各个部门与个人的工作职责,打造职责清晰、相互协作的管理体系。从通风系统的规划、设备挑选至施工安装、维护运营,必须强化全程监管,制定规范的审批流程和验收准则,确保各个环节的安全与合规。同时,增强安全监管执法强度,规范企业的安全生产行为,助力企业落实安全主体责任。

### 结束语:

综上,全面审视煤矿通风安全与瓦斯防治技术的关键作用,其对于保障矿井空气质量及生产安全具有不可估量的重大意义。因此,煤矿企业需给予通风安全及瓦斯防治技术的应用与发展以高度重视,深入剖析通风不良及瓦斯浓度超标可能引发的安全风险,结合矿井具体状况,构建完善的通风安全管理体系,针对不同瓦斯类型引入针对性的防治装备,并广泛采用多样化的瓦斯抽采技术,以此充分发挥通风安全与瓦斯防治技术的优势,优化矿井作业流程。

### [参考文献]

- [1]李欢.煤矿通风安全管理及瓦斯防治技术探究[J].能源与节能,2024(04):198-201.
- [2]李少锋,别小辉.煤矿矿井通风安全管理及瓦斯防治技术[J].内蒙古煤炭经济,2023(24):109-111.
- [3]刘海军,孙庆灿,吕超.关于煤矿瓦斯灾害防治技术及其应用[J].内蒙古煤炭经济,2024,(23):139-141.
- [4]毕森浩.煤矿综采工作面通风设计及瓦斯防治探究[J].矿业装备,2024,(12):85-87.
- [5]吕超,刘海军,孙庆灿.矿井瓦斯治理及通风系统的优化研究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(22):32-34.
- [6]王小飞.煤矿通风设计与安全管理[J].内蒙古煤炭经济,2024,(22):90-92.
- [7]赵永,李宁.探究高瓦斯煤矿采掘工程中通风技术和安全管控方式[J].内蒙古煤炭经济,2024,(21):100-102.
- [8]石志芳.煤矿矿井工作中瓦斯防治技术及通风安全管理措施探究[J].山西化工,2024,44(2):174-175.

作者简介:路来超,1991.4,男,汉族,本科,山东省新泰市人,工程师,研究方向:煤炭工程-通防专业。