

高瓦斯煤矿采掘中通风技术与安全管理

苏 瑞 刘自轩

山东能源新汶矿业集团 山东 泰安 271200

摘 要：高瓦斯煤矿采掘过程中，通风技术与安全管理至关重要。通风系统通过合理布局与高效运行，确保矿井空气清新、有害气体排放。均压通风、H型通风等技术有效稀释瓦斯浓度，预防爆炸。安全管理方面，实施瓦斯抽放、钻孔治理、防爆设备选用等措施，强化通风管理，建立监测预警系统，制定应急救援预案，加强安全培训与教育，保障煤矿采掘作业安全。

关键词：高瓦斯煤矿采掘；通风技术；安全管理

引言：在高瓦斯煤矿采掘作业中，通风技术与安全管理是确保矿井安全生产的核心要素。鉴于高瓦斯矿井的特殊地质条件与潜在的安全风险，科学的通风设计与管理策略显得尤为关键。本文旨在深入探讨通风技术的最新进展及其在安全管理中的应用，以期煤矿企业提供有效的安全管理策略和通风技术优化方案，进一步降低事故风险，保障员工生命安全与矿井稳定运营。

1 高瓦斯煤矿通风系统概述

1.1 通风系统的组成与功能

（1）风机、风筒、风井、风流等组成部分：风机分主通风机和局部通风机，主通风机提供全矿风压，局部通风机补充掘进面风量；风筒采用抗静电柔性风筒，直径根据风量选用600-1000mm；风井包括进风井（新鲜空气入口）和回风井（污浊空气排出）；风流在风机驱动下形成循环，按路径分为进风流、回风流和漏风流，共同构成完整通风网络。（2）确保矿井内空气清新、有害气体排放的功能：持续送入新鲜空气，保证氧气浓度不低于20%；高效排出瓦斯、一氧化碳等有害气体，使瓦斯浓度控制在0.5%以下；调节井下湿度至50%-70%、温度不超过26℃，为作业人员创造安全舒适的环境。

1.2 通风系统设计原则

（1）合理布局：进回风巷尽量直线布置，减少拐弯阻力；采掘面、机电硐室等设独立通风支路，消除通风死角，确保风流均匀覆盖所有作业区域。（2）效率优先：风道断面匹配风量需求，主巷风速控制在6-8m/s；定期清理巷道杂物和积水，避免风道堵塞，保证通风机运行效率不低于70%。（3）灵活可调：安装可调式风门、风窗，局部通风机采用双机电源自动切换，可根据瓦斯涌出量和采掘进度实时调整风量分配。（4）安全可靠：通风设备具备Exd I级防爆性能，主通风机配备备用机组；风井选址避开断层和采空区，巷道支护强度满足

抗冲击要求，防止风流中断。（5）节能环保：选用变频调速主通风机，根据实际需求调节功率；采用低风阻风筒减少能耗，建立通风能效监测系统，年节电率不低于10%^[1]。

2 高瓦斯煤矿采掘中的通风技术

2.1 通风技术概述

（1）通风系统的作用与构成：通风系统核心作用是稀释瓦斯、供给氧气、调节气候，由动力装置（主扇、局扇）、导风设施（风筒、风桥）、调控设备（风门、风窗）及通风巷道组成。主扇提供全局风压，局扇负责局部补风，风筒定向导风，风门和风窗控制风量分配，形成“抽-导-调”一体化气流循环网络。（2）通风系统在煤矿采掘工程中的关键作用：在高瓦斯矿井中，通风系统是安全生产的“生命线”。它能将瓦斯浓度控制在0.5%以下的安全阈值，预防爆炸风险；为采掘面提供每人每分钟4m³以上的新鲜空气，保障作业人员健康；同时降低粉尘浓度至2mg/m³以下，改善作业环境，确保设备正常运行。

2.2 均压通风技术

（1）技术原理与实现方法：通过平衡采掘面与相邻区域的气压差（控制在5Pa以内），削弱瓦斯涌出动力。实现方式包括安装调压风机形成压力屏障，设置可调风窗精准分配风量，采用U型通风与尾巷抽采结合模式，实时监测风压数据并动态调整，使区域风压梯度 $\leq 2\text{Pa/m}$ 。（2）风机停风状态下的风量调节门管理：停风后10分钟内关闭主调节门，开启备用调节门，维持基础风量 $\geq 300\text{m}^3/\text{min}$ 。调节门操作遵循“先关后开”原则，每小时检查密封情况，漏风率需 $\leq 3\%$ ，同时记录风压变化，确保风流稳定过渡。（3）作业区域与溜子道风口距离的控制：距离严格控制在8-10米，误差不超过 ± 0.5 米。过近易导致风速骤增（ $> 1.5\text{m/s}$ ）吹散瓦斯监测点，过远则

使溜子道瓦斯积聚,需根据巷道断面每50米设置距离标识,由班组长每班核查^[2]。(4)调节窗面积设定的相关规定及风压均匀分配:单窗面积 $\leq 0.8\text{m}^2$,相邻间距 ≥ 5 米,开启度偏差 $\pm 5\%$ 。通过“多窗联动”调节,使采掘面风压分布偏差 $\leq 3\%$,满足“近区不超、远区不欠”的风量需求,调量窗需张贴面积标识和调节刻度。(5)风门及对风筒的日常维护与管理:风门每日检查开关灵活性,密封条磨损 $> 2\text{mm}$ 立即更换,关闭时漏风 $\leq 2\text{m}^3/\text{min}$ 。风筒每百米破口不超过2处,接头用双反边绑扎,每旬进行风压测试,阻力增量 $\leq 8\text{Pa}/\text{百米}$,维护记录保存3个月。

2.3 H型通风技术

(1)技术特点与应用优势:采用“双进一回”立体布局,形成环形风流,抗干扰能力强。适用于瓦斯涌出量 $> 5\text{m}^3/\text{min}$ 的工作面,可使上隅角瓦斯浓度降低40%,较常规系统响应速度提升25%,尤其适合复杂地质条件下的长壁开采。(2)通风联络巷的架设与联络通道的形成:联络巷与主风巷呈 30° 夹角,断面 $\geq 4\times 3\text{m}$,采用锚网支护+混凝土喷浆(厚度 $\geq 100\text{mm}$)。通道形成后安装自动风门,风速保持 $0.8\text{--}1.0\text{m/s}$,每50米设测风站,确保风流稳定汇入回风巷。(3)风巷阻力增加时的瓦斯控制方法:阻力增幅 $> 15\%$ 时,立即开启减压风窗降低局部阻力,同时启动备用风机提升风压10%-20%。采用分段测压定位阻力点,清淤后风速需恢复至 $\geq 0.8\text{m/s}$,必要时增设临时风筒分流,防止瓦斯超限。(4)瓦斯移动与控制中的溢出现象管理:溢出浓度 $> 0.8\%$ 时,启动分级处置:一级(0.8%-1.0%)增大风量20%;二级(1.0%-1.5%)停止采掘;三级($> 1.5\%$)撤离人员。在溢出点上方2米设导流风障,引导瓦斯向回风巷流动,每10分钟监测一次浓度变化。

3 高瓦斯煤矿采掘中的安全管理

3.1 瓦斯爆炸防治

(1)瓦斯抽放系统的建立与运行。瓦斯抽放系统需根据矿井瓦斯涌出量、煤层赋存条件进行个性化设计,采用“地面钻井+井下钻孔”联合抽放模式。主抽放系统选用高效水环式真空泵,抽放主管路直径不小于350mm,分支管路直径根据采掘面需求配置,确保抽放负压稳定在18-25kPa。系统运行实行24小时实时监控,每小时记录抽放浓度、流量及负压数据,当抽放浓度低于30%时,及时检查管路泄漏点并更换老化部件,保障抽放效率不低于85%。(2)钻孔治理方法的应用。针对不同采掘区域,采用差异化钻孔治理方案。回采工作面采用顺层长钻孔,孔深80-120m,孔间距3-5m,呈扇形布置;

掘进工作面采用超前短钻孔,孔深15-20m,孔间距1.5-2m,形成立体瓦斯抽采网络。钻孔施工使用定向钻机,确保钻孔偏差不超过5%,成孔后采用“两堵一注”封孔工艺,封孔深度不小于10m,保证瓦斯抽采浓度提升至40%以上,有效降低煤层瓦斯含量^[3]。(3)防爆设备的选用与标准。井下所有电气设备必须符合《煤矿安全规程》及GB3836系列标准,掘进面选用Exd I CT5级防爆掘进机,采煤机采用隔爆型电机,开关设备具备过载、短路、漏电保护功能。设备入井前需经防爆检验站严格检测,重点核查隔爆面粗糙度(不大于 $6.3\mu\text{m}$)、间隙(不大于 0.5mm)及电缆引入装置密封性,合格后张贴防爆标识方可下井。使用过程中每月进行一次防爆性能检查,发现问题立即停用维修。

3.2 通风管理

(1)通风规程的制定与执行。制定《矿井通风管理实施细则》,明确“独立通风为主、串联通风严禁”的原则,回采工作面风量按每人每分钟 4m^3 及采煤强度每 $1\text{t}/\text{min}$ 配风 4m^3 的最大值确定,且不低于 $600\text{m}^3/\text{min}$;掘进工作面风量不低于 $300\text{m}^3/\text{min}$,风速不小于 0.25m/s 。通风科每日派专人现场测风,填写《风量检测台账》,发现风量不足、风流反向等问题立即停产整改,并对责任班组进行通报处罚。(2)通风量的增加与调控。采用“双风机双电源自动切换”系统,主备风机切换时间不超过10s,确保采掘面风量稳定。当瓦斯浓度超过0.8%时,自动启动备用风机,通过调节风窗开度增加风量15%-20%;当工作面推进至瓦斯富集区时,提前制定风量调整方案,采用增加局部通风机功率或增设风障等方式,保障风量按需供给。(3)通风设备的定期检查与维护。主通风机每月进行一次性能测试,测量风压、风量、电机温度等参数,保证运转效率不低于90%;局部通风机每旬检查一次,清理叶轮积尘,紧固地脚螺栓,确保无异常振动。风筒采用抗静电、阻燃材料,直径不小于800mm,接头处采用双反边连接并绑扎牢固,每百米漏风率控制在5%以内,每周检查一次风筒完好情况,发现破口及时修补或更换。

3.3 监测与预警

(1)瓦斯监测仪器的安装与使用。采掘工作面安装瓦斯监控系统,传感器布置密度为:掘进头5m范围内1台,回采面每10m1台,采空区隅角增设1台,报警浓度0.8%,断电浓度1.0%,复电浓度0.7%。传感器每7天用标准气样校准一次,误差超过 $\pm 0.1\%$ 立即更换,便携式瓦斯检测仪由作业人员随身携带,每30分钟手动记录一次数据,发现数值异常立即上报。(2)预警机制的建立与响

应流程。建立“三级预警”响应机制：一级预警（瓦斯浓度0.5%-0.8%），现场班组长组织排查瓦斯来源，加强通风；二级预警（0.8%-1.0%），停止采掘作业，撤出非本质安全型设备，加大通风量；三级预警（ $\geq 1.0\%$ ），立即切断区域电源，启动紧急撤人程序，人员沿避灾路线撤离至安全区域，调度中心在15分钟内组织专业人员研判处置^[4]。

3.4 应急救援

（1）应急预案的制定与演练。编制《瓦斯爆炸事故应急救援预案》，明确抢险救援、医疗救护、后勤保障等8个工作组职责，绘制详细避灾路线图，在井下关键位置设置标识。每季度开展一次实战演练，模拟瓦斯爆炸、人员被困等场景，考核救援队伍应急响应速度、搜救能力及协同配合水平，演练后48小时内形成评估报告，针对问题制定整改措施。（2）救援队伍的培训与装备配备。组建专职矿山救护队，队员需通过国家矿山救援培训考核，每年参加不少于200小时的专业培训，掌握瓦斯检测、伤员急救、巷道支护等技能。配备正压氧气呼吸器（续航时间不少于4小时）、生命探测仪、防爆对讲机等装备，每月进行一次装备检查与维护，确保随时可用。（3）紧急情况下的应对措施。发生瓦斯爆炸时，现场人员立即卧倒避灾，佩戴自救器沿逆风方向撤离至最近的避难硐室，并通过井下电话向调度中心报告。调度中心接到报警后，10分钟内启动应急响应，切断事故区域电源，关闭相关风门控制火势蔓延，同时组织救护队按照“先侦察、后救人”的原则开展救援，严禁盲目进入危险区域。

3.5 安全培训与教育

（1）安全教育的定期组织与实施。新员工入矿后必须接受72小时“三级安全教育”（矿级24小时、区队24小时、班组24小时），内容涵盖瓦斯特性、安全规程、避险知识等，考核合格后方可下井。在职员工每月参加8小时安全培训，采用PPT讲解、案例分析、现场问答等形

式，强化“安全第一、预防为主”的理念，培训考核不合格者暂停下井资格，补考通过后方可上岗。（2）技能培训的内容与方法。针对瓦斯检查工、通风工等关键岗位，开展“理论+实操”专项培训，理论学习包括瓦斯检测仪器原理、通风系统构成等，实操训练涵盖传感器标校、风筒安装、应急设备使用等，每半年进行一次技能考核，考核通过率需达100%。采用“师带徒”模式，由经验丰富的老员工指导新员工，帮助其快速掌握实操技能。（3）事故案例警示教育的开展。在井口、井下候车室等场所设置事故案例警示教育栏，展示近年来全国煤矿瓦斯爆炸事故图片、视频及原因分析。每季度组织一次事故案例剖析会，邀请事故亲历者或安全专家现场讲解，组织员工讨论事故教训及防范措施，要求每人撰写心得体会，通过直观生动的教育形式，增强员工安全防范意识。

结束语

综上所述，高瓦斯煤矿采掘中的通风技术与安全管理是保障矿井安全高效运行的重中之重。通过不断优化通风系统设计、应用先进通风技术，结合严格的安全管理措施，可以有效控制瓦斯浓度，预防瓦斯爆炸等事故。未来，随着科技的不断进步，通风技术与安全管理手段将持续创新，为煤矿行业带来更加安全、高效、环保的生产模式。我们将持续关注并致力于推动这一领域的发展，为煤矿安全贡献力量。

参考文献

- [1]张晔.高瓦斯矿井采掘工程中通风技术探究[J].中国化工贸易,2020,12(04):44-45.
- [2]吴然宏.高瓦斯煤矿采掘工程中的通风技术与安全管理研究[J].产城:上半月,2020,(12):115-116.
- [3]项国权.高瓦斯煤矿通风技术要点分析[J].当代化工研究,2021,(16):108-109.
- [4]赵军.新时期高瓦斯煤矿通风措施分析[J].当代化工研究,2021,(12):84-85.