

提升矿井瓦斯治理能力研究

何模洪 何婧初

四川川煤华荣能源有限责任公司绿水洞煤矿, 四川 广安 638600

[摘要]瓦斯灾害是威胁煤矿安全生产最突出的重大灾害之一, 瓦斯爆炸、煤与瓦斯突出事故具有突发性强、破坏力大、伤亡惨重的特点。随着我国煤矿开采深度逐年增加, 高地应力、高瓦斯、低透气性煤层比例不断上升, 瓦斯赋存条件更加复杂, 瓦斯涌出量增大, 治理难度持续加大。瓦斯治理必须坚持安全第一、预防为主、综合治理方针, 严格执行“先抽后采、以风定产、监测监控、抽采达标”的法定要求。文中从矿井瓦斯治理现状出发, 分析瓦斯治理过程中在地质探查、瓦斯抽采、通风保障、监测预警、现场管理、人才保障等方面存在的短板, 从地质保障、抽采技术革新、通风系统优化、智能监测、风险管控、制度建设、队伍建设等角度提出提升矿井瓦斯治理能力的路径, 为高瓦斯、突出矿井瓦斯灾害防治提供参考, 推动煤矿安全高质量发展。

[关键词]煤矿; 瓦斯治理; 瓦斯抽采; 煤与瓦斯突出; 智能化; 灾害防控

DOI: 10.33142/ec.v9i9.20413

中图分类号: TD712

文献标识码: A

Research on Enhancing the Gas Control Capability of Mines

HE Mohong, HE Jingchu

Lushuidong Coal Mine of Sichuan Chuanmei Huarong Energy Co., Ltd., Guang'an, Sichuan, 638600, China

Abstract: Gas disasters are one of the most prominent major disasters threatening coal mine safety production. Gas explosions, coal and gas outburst accidents have the characteristics of strong suddenness, great destructive power, and heavy casualties. With the increasing depth of coal mining in China year by year, the proportion of high stress, high gas, and low permeability coal seams continues to rise. The conditions for gas occurrence are becoming more complex, and the amount of gas emitted is increasing, making it increasingly difficult to control. Gas control must adhere to the principles of safety first, prevention first, and comprehensive management, and strictly implement the legal requirements of "pumping before extraction, determining production based on wind, monitoring and controlling, and achieving extraction standards". Starting from the current situation of mine gas control, this article analyzes the shortcomings in geological exploration, gas extraction, ventilation guarantee, monitoring and early warning, on-site management, and talent guarantee in the process of gas control. From the perspectives of geological guarantee, extraction technology innovation, ventilation system optimization, intelligent monitoring, risk control, institutional construction, and team building, it proposes ways to improve the ability of mine gas control, providing reference for the prevention and control of high gas and outburst mine gas disasters, and promoting the safe and high-quality development of coal mines.

Keywords: coal mine; gas control; gas extraction; coal and gas outburst; intelligentization; disaster prevention and control

引言

煤炭在我国能源结构中长期占据重要地位, 保障煤炭安全稳定供应对国民经济发展意义重大。我国多数主产煤省份存在大量高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井, 深部开采条件下, 煤层瓦斯压力、瓦斯含量升高, 煤层透气性普遍偏低, 瓦斯抽采难度大, 瓦斯治理已经成为制约煤矿安全生产的关键瓶颈。

近年来, 国家不断强化煤矿瓦斯综合治理, 出台一系

列法规标准, 大力推行瓦斯抽采利用、瓦斯治理示范矿井建设, 瓦斯事故总体呈下降趋势。但部分矿井仍然存在瓦斯地质不清、抽采工程不到位、钻孔质量差、封孔失效、通风不稳、监测失灵、现场管控不严等问题, 瓦斯超限、瓦斯异常涌出时有发生, 重特大瓦斯事故风险尚未完全根除。

瓦斯治理不是单一技术问题, 而是集地质勘探、工程施工、装备技术、安全管理、风险预警、应急保障于一体

的系统工程。只有全方位、系统性提升瓦斯治理能力，构建源头探查-超前抽采-通风稀释-在线监测-风险预警-闭环管控的完整治理链条，才能从根本上遏制瓦斯事故，实现煤矿安全高效开采。

1 矿井瓦斯治理存在的主要问题

1.1 瓦斯地质探查精度不足，超前预判能力薄弱

瓦斯地质是瓦斯治理的基础。部分矿井瓦斯地质工作停留在普查阶段，精细化探查不足：对采掘区域煤层厚度变化、断层、褶曲、陷落柱、煤层破碎带等地质构造控制程度不够；没有精准掌握煤层瓦斯含量、瓦斯压力、透气性系数、瓦斯放散初速度等关键参数的空间分布规律。

很多矿井只在局部测点取样测定瓦斯参数，测点稀疏，难以刻画瓦斯赋存的非均匀性，遇到地质构造异常区时瓦斯突然涌出，容易出现治理方案滞后、措施针对性不强的被动局面。部分矿井瓦斯地质图更新不及时，采掘进度与瓦斯地质探查不同步，地质预报流于形式，不能有效指导瓦斯抽采设计和采掘布置。

1.2 瓦斯抽采工程质量不高，抽采达标难度大

瓦斯抽采是治本之策，但不少矿井存在“重数量、轻质量”的倾向。

1.2.1 钻孔施工质量差

钻孔偏斜、塌孔、孔深不足，穿层钻孔没有穿透目标煤层，本煤层钻孔有效长度不够，大量钻孔达不到设计要求，形成“无效孔”。

1.2.2 封孔质量不过关

封孔段长度不足、封孔材料选择不当、注浆不密实，钻孔周边出现漏气通道，空气大量混入抽采管路，造成抽采浓度低、抽采纯量小，达不到抽采达标准。

1.2.3 抽采系统管理粗放

管路破损、接头漏气、放水排渣不及时、负压调配不合理，管路积水积渣造成阻力过大，降低抽采效率。

1.2.4 低透气性煤层增透手段单一

水力压裂、水力冲孔、深孔预裂爆破等增透技术应用不均衡，有的矿井增透工艺参数照搬经验，没有根据煤层条件优化，增透效果有限，煤层瓦斯难以有效释放。

部分矿井抽采时间不足，存在“边抽边采、抽采不充分就投产”的现象，不能真正落实先抽后采、抽采达标。

1.3 通风系统保障能力不足，难以有效稀释瓦斯

通风是稀释、排出瓦斯的重要手段。一些矿井通风系统老旧、网络复杂，存在角联巷道、风流不稳定区域；采掘接续紧张时，通风系统调整滞后，工作面风量分配不合理。

隅角、巷道高顶、采空区周边等区域容易形成微风区、

涡流区，造成瓦斯局部积聚。通风设施（风门、风墙、密闭、风筒）破损漏风，采空区漏风不仅降低有效风量，还会带出采空区瓦斯，增大回风流瓦斯浓度。个别矿井为追求产量超能力、超强度开采，实际瓦斯涌出量超过通风稀释能力，违背以风定产原则。

1.4 瓦斯监测监控系统应用深度不够，预警能力不足

多数矿井安装了安全监控系统，但应用水平参差不齐。

一是传感器布设不合理：只布置在回风流常规位置，对回风隅角、掘进迎头后方、裂隙发育带等瓦斯易积聚点位覆盖不足；二是传感器调校、维护不及时，存在漂移、失效，出现漏报、误报；三是很多矿井停留在“数据采集、超限报警”初级阶段，缺少大数据分析，只能事后报警，不能提前预警；对瓦斯浓度的趋势性上升、周期性波动、构造扰动引起的异常涌出识别能力弱，难以区分正常波动和灾害前兆。

1.5 现场安全管理存在漏洞，风险闭环不到位

瓦斯治理各项技术措施最终要靠现场落地。现实中存在：瓦斯治理专项方案审批不严；瓦斯抽采、防突措施施工过程监管缺位；过程验收走过场；瓦斯隐患排查发现后整改拖延，没有做到排查-登记-整改-复查-销号闭环；零星作业、巷道修复、密闭启封等非常规作业瓦斯管控薄弱；部分管理人员存在重生产、轻安全的倾向，瓦斯风险意识不强，遇到瓦斯异常时处置流程不规范。

1.6 专业人才短缺，瓦斯治理队伍能力不足

瓦斯治理技术性很强，需要瓦斯地质、钻探、抽采、通风、安全监测等多专业人才。不少煤矿一线钻探工、瓦斯检查工、防突工年龄偏大，技能更新慢；高学历、复合型瓦斯治理技术人才流失严重；企业内部培训多是通用安全培训，缺少瓦斯治理专项实操培训，对新工艺、新装备掌握不足，制约瓦斯治理水平提升。

2 提升矿井瓦斯治理能力的技术路径

2.1 强化瓦斯地质精细化探查，筑牢治理根基

瓦斯治理，地质先行。建立瓦斯地质动态探查体系，做到采掘工程、地质探查、瓦斯参数测定同步推进。

①综合采用地面钻井、井下钻探、物探（瞬变电磁、地震波、槽波、无线电波坑道透视）、取样测试等手段，查清采掘范围内断层、陷落柱、煤层分叉合并、应力异常区分布。

②加密瓦斯参数测点，测定煤层瓦斯含量、瓦斯压力、透气性、吸附常数、坚固性系数、瓦斯放散初速度等，建立煤层瓦斯参数三维数据库，绘制动态更新的瓦斯地质图、瓦斯含量等值线图、瓦斯涌出量预测图。

③完善瓦斯地质预报制度,实行月预报、周预报、工作面专项预报,对地质异常区域提前划定瓦斯风险等级,针对性调整瓦斯治理方案,实现由被动治理向超前预判、超前治理转变。

2.2 多措并举提高瓦斯抽采质量与抽采效率

把提高钻孔成孔率、提高封孔质量、提高抽采浓度作为瓦斯抽采工作核心目标。

2.2.1 严格钻孔施工管控

采用定向长钻孔钻机、随钻测斜装备,实时监测钻孔轨迹,控制钻孔偏斜;优化钻进工艺,采用护壁、排渣工艺减少塌孔;建立钻孔施工视频监控、钻孔轨迹溯源验收制度,不合格钻孔必须补打。

2.2.2 推广高效封孔技术

选用膨胀性好、密封性强的封孔材料,适当加长封孔段长度,采用“两堵一注”带压注浆封孔工艺,封堵钻孔周围裂隙漏气通道,从源头降低空气渗入。

2.2.3 因地制宜实施煤层增透

对于低透气性难抽煤层,根据煤层硬度、顶板条件,选用水力冲孔、水力压裂、二氧化碳致裂、深孔预裂爆破等增透措施,增大煤层裂隙发育程度,打通瓦斯运移通道。

2.2.4 优化抽采系统运行

定期巡检抽采管路,及时修补漏点,完善管路放水、排渣装置;合理调配抽采负压,避免负压过高大量吸入空气;分源抽采,本煤层、邻近层、采空区瓦斯尽量分管路抽采,提升抽采浓度,兼顾瓦斯资源化利用。

2.2.5 严格落实抽采达标评判

建立抽采达标评判制度,采掘作业前必须完成抽采效果检验,瓦斯含量、瓦斯压力降到规定值以下,方可解除抽采限制,坚决杜绝抽采不达标采掘作业。

2.3 优化通风系统,构建可靠的瓦斯稀释排出保障体系

以“系统可靠、风量充足、风流稳定、消除微风死角”为目标优化通风系统。

①从矿井整体布局上简化通风网络,消除不合理串联通风,尽可能实现分区独立通风,降低角联风路风流不稳定风险;老旧矿井实施通风系统改造,更新主通风机,提高通风能力储备。

②根据瓦斯涌出量精准计算各工作面需风量,以瓦斯涌出量核定工作面风量,严格落实以风定产,严禁超通风能力生产。

③加强隅角瓦斯治理:采用风障导流、局部旋流引风、高位钻孔抽采采空区瓦斯等方式消除回风隅角瓦斯积聚;对巷道高顶、裂隙发育带布置专用瓦斯抽采钻孔,治理局

部瓦斯。

④强化通风设施全生命周期管理,定期检查风门、密闭、风筒,封堵漏风通道,减少采空区漏风,降低采空区瓦斯向采掘空间涌出。

2.4 建设智能化瓦斯监测与风险预警体系

推动瓦斯监测从超限报警向风险预警升级。

①优化传感器布设方案,在回风隅角、掘进迎头、裂隙带、密闭内外、抽采管路等关键位置增设瓦斯、一氧化碳、温度、风压、风速传感器,扩大感知覆盖范围。

②建立瓦斯治理大数据平台,汇聚瓦斯浓度、风量、抽采参数、钻孔数据、采掘进度、地质信息,运用机器学习、趋势分析识别瓦斯异常涌出前兆:瓦斯浓度阶梯式上升、周期性突增突降、与采掘扰动同步变化等异常模式,实现超前预警。

③推动监测系统与通风、抽采系统联动:出现瓦斯异常趋势时,自动提示调整风量、调整抽采负压;瓦斯超限时可靠断电、闭锁,防止事故扩大。

④建立传感器智能巡检与远程诊断机制,降低人工校准工作量,提高监测数据可靠性。

2.5 综合防治煤与瓦斯突出,落实区域+局部“两个四位一体”

对于突出矿井,必须严格执行区域四位一体、局部四位一体综合防突措施。

①区域措施优先:优先采用地面井、井下穿层钻孔预抽区域煤层瓦斯,从大范围降低煤层瓦斯含量和突出危险性;

②区域效果检验合格后,在采掘工作面实施局部防突措施(水力冲孔、排放钻孔等),再进行局部效果检验;

③完善突出预测指标体系,不只依靠单一指标,采用多指标综合判识;严格防突措施全过程留痕、验收,杜绝假钻孔、假抽采、假检验。

3 提升矿井瓦斯治理能力的管理保障措施

3.1 健全瓦斯治理责任体系,压实各级安全责任

落实企业主要负责人瓦斯治理第一责任,设立专职瓦斯治理机构,配备专职瓦斯治理副总工程师、瓦斯地质工程师、抽采工程师,明确矿长、总工程师、区队长、技术员、瓦斯检查工、钻探工各岗位瓦斯治理责任清单。

推行瓦斯治理工程化管理,把瓦斯抽采、防突工程纳入矿井年度、月度生产计划,瓦斯治理工程优先于采掘工程,做到抽采工程不到位,采掘工程不开工。建立瓦斯治理专项考核,将瓦斯治理成效纳入管理层绩效,对瓦斯超限、抽采不达标实行责任倒查。

3.2 完善隐患闭环管理, 强化瓦斯专项排查治理

开展常态化瓦斯专项隐患排查, 重点排查: 瓦斯地质资料完整性、钻孔工程质量、封孔质量、抽采系统运行、通风系统稳定性、监测监控有效性、防突措施落实情况。

对排查出的瓦斯重大隐患挂牌督办, 做到隐患编号、责任人、整改措施、时限、验收销号全闭环; 建立瓦斯超限分析制度, 每一次瓦斯超限或异常涌出都要开展溯源分析, 区分通风问题、抽采不足、地质扰动、管理漏洞, 举一反三完善治理方案。

3.3 加强瓦斯治理人才队伍建设

①引进瓦斯地质、定向钻探、智能监测、瓦斯抽采等专业技术人才;

②强化在岗人员专项培训: 针对钻探工、瓦斯检查工、防突工开展实操培训, 定向钻机、封孔装备、智能监测设备操作培训; 定期开展瓦斯灾害事故案例警示教育;

③开展瓦斯治理技能比武, 建立瓦斯治理技能人才激励机制, 提高一线技术工人待遇, 稳定钻探队伍、瓦斯检查队伍。

3.4 加大瓦斯治理安全投入, 推广先进适用装备

企业要保障瓦斯治理专项资金足额提取使用, 优先投入定向长钻孔钻机、随钻测斜系统、高效封孔装备、煤层增透装备、智能瓦斯监控平台等先进装备; 积极推广成熟的新技术新工艺, 淘汰落后低效设备, 依靠装备升级带动瓦斯治理能力升级。鼓励瓦斯抽采利用, 以利用促抽采, 形成安全效益与资源效益双赢。

3.5 强化应急管理, 提升瓦斯灾害处置能力

编制完善瓦斯爆炸、煤与瓦斯突出、大面积瓦斯异常

涌出专项应急预案, 配齐自救器、隔爆设施、应急通讯装备; 定期开展实战化应急演练, 重点演练瓦斯异常时断电、撤人、警戒、处置流程, 坚决杜绝瓦斯异常时冒险组织作业。

4 结论

随着煤矿开采走向深部, 瓦斯治理已经进入地质条件更复杂、治理要求更严格、必须依靠技术进步和精细化管理的新阶段。提升矿井瓦斯治理能力不能只靠单一技术手段, 必须构建一套以瓦斯地质精细探查为基础, 以瓦斯抽采达标为核心, 以可靠通风为保障, 以智能监测预警为支撑, 以严格制度管理为兜底的综合瓦斯治理体系。

煤矿企业要转变观念, 从“被动应对瓦斯灾害”转向源头治理、超前治理、工程治理、智能治理, 补齐地质探查、钻孔质量、封孔工艺、煤层增透、智能预警、专业人才等短板, 严格落实法规标准, 压实全链条安全责任, 才能持续降低瓦斯灾害风险, 保障煤矿安全生产, 推动煤炭行业安全高质量发展。

[参考文献]

[1]国家矿山安全监察局.煤矿安全规程[M].北京:应急管理出版社,2022.

[2]袁亮.淮南矿区的瓦斯治理战略[J].中国煤炭,2023,29(10):3.

[3]程远平.煤矿瓦斯抽采理论与工程[M].徐州:中国矿业大学出版社,2024.

作者简介: 何模洪(1975—), 男, 四川广安人, 通安工程师, 现就职于四川川煤华荣能源有限责任公司, 绿水洞煤矿, 从事一通三防技术工作。