

Optimization of Gas Control Technology for Coal Mining Workface in High Gas Mine

Feng Wu

Shanxi Xiangkuang Shangliang Coal Industry Co., Ltd., Changzhi, Shanxi, 046200, China

Abstract

Gas control in coal mining faces of high-gas mines constitutes a critical component of coal mine safety production, with its effectiveness directly impacting mining efficiency, ventilation stability, and overall mine safety standards. As mining depths increase, coal seam conditions become more complex, and mechanization intensifies, gas emission volumes at working faces continue to rise. Traditional single-control methods have proven inadequate in meeting safety and operational requirements regarding extraction efficiency, system coordination, and dynamic regulation. Addressing these challenges, this study analyzes key factors affecting gas control efficacy in high-gas mining environments, explores optimization strategies for pre-extraction, pressure relief, extraction systems, ventilation systems, and intelligent monitoring technologies, and proposes integrated control approaches through engineering applications. The research aims to provide actionable insights for enhancing gas management capabilities and strengthening coal mine safety management practices.

Keywords

high gas mine; coal mining face; gas control; extraction technology; ventilation management; production safety

高瓦斯矿井采煤工作面瓦斯治理技术优化

武峰

山西襄矿上良煤业有限公司, 中国·山西 长治 046200

摘 要

高瓦斯矿井采煤工作面瓦斯治理是煤矿安全生产的重要内容, 其治理效果直接影响回采效率、通风稳定性和矿井安全水平。随着开采深度增加、煤层条件复杂化以及机械化强度提升, 工作面瓦斯涌出量持续增大, 传统单一治理方式在抽采效率、系统协同和动态调控方面已难满足安全高效生产需求。基于此, 文章围绕高瓦斯矿井采煤工作面瓦斯治理的实际需要, 分析影响治理效果的主要因素, 探讨预抽、卸压、抽采、通风及智能监测等技术的优化方向, 并结合工程应用提出协同治理思路, 以期提升瓦斯治理水平和强化煤矿安全生产管理提供参考。

关键词

高瓦斯矿井; 采煤工作面; 瓦斯治理; 抽采技术; 通风管理; 安全生产

1 引言

随着煤矿开采由浅部向深部延伸, 煤体瓦斯含量、瓦斯压力和煤层透气性条件呈现更加复杂的变化特征, 回采过程中顶板垮落、煤体卸压和应力转移所诱发的瓦斯异常释放风险明显增加。与此同时, 综采设备功率提升、推进速度加快和工作面长度扩大, 也使瓦斯治理面临更高要求。实践表明, 单纯依赖加强通风或局部抽采已难以从根本上解决高瓦斯工作面治理问题, 必须坚持超前预控、区域治理和动态优化相结合的思路, 构建更加系统、精准和高效的瓦斯治理技术体系。基于此, 研究高瓦斯矿井采煤工作面瓦斯治理技术优化, 具有较强的现实意义和工程价值 [1]。

【作者简介】武峰 (1986-), 男, 中国山西长治人, 本科, 工程师, 从事采煤工程研究。

2 高瓦斯矿井采煤工作面瓦斯治理的基本特点与影响因素

2.1 高瓦斯采煤工作面瓦斯灾害具有明显复杂性

高瓦斯矿井采煤工作面的瓦斯治理难度, 首先体现在瓦斯来源的多样性和涌出过程的复杂性。工作面瓦斯既来源于本煤层原始赋存瓦斯, 也包括邻近层卸压释放瓦斯、采空区积聚瓦斯以及围岩裂隙中逸散的瓦斯。随着回采推进, 煤壁暴露面积变化、顶板活动增强、支架后部采空区范围扩大, 都会对瓦斯运移路径和涌出强度产生影响。部分矿井还伴随煤层软硬不均、断层发育、构造煤分布和局部应力集中等情况, 使瓦斯释放呈现突发性、非均匀性和时空变化明显的特征。这种复杂性决定了采煤工作面瓦斯治理不能采用静态思维和单一模式, 而必须根据不同阶段、不同区域和不同涌出来源进行针对性管控。

2.2 地质条件与开采参数是影响治理效果的重要基础

高瓦斯工作面瓦斯治理效果在很大程度上受地质条件和开采参数影响。煤层厚度、埋深、瓦斯含量、瓦斯压力、煤体结构和透气性，是决定抽采难易程度和瓦斯释放强度的基础因素。若煤层透气性差、瓦斯压力高，即使布置钻孔，抽采效果也可能有限；若断层、褶曲和软分层发育，则钻孔成孔质量和抽采稳定性都会受到干扰。另一方面，工作面推进速度、采高、长度、回采工艺和支护方式也会改变瓦斯治理条件。推进过快时，煤体卸压速度和采空区瓦斯积聚速度均会加大，给抽采与通风系统带来更大压力；采高增大和顶板裂隙带扩展，则可能使邻近层瓦斯涌入更加明显。

2.3 传统治理模式在高强度开采条件下面临局限

从实际生产情况看，一些高瓦斯矿井仍延续以通风稀释为主、局部抽采为辅的治理方式，这种模式在一般条件下具有一定效果，但在高强度综采和深部开采背景下，局限性越来越突出。一方面，仅靠增大风量来控制瓦斯浓度，容易造成系统阻力增大、漏风加重和局部风流不稳，难以满足持续高涌出条件下的治理需求；另一方面，局部钻孔抽采若布孔范围不足、封孔质量不高或抽采时机滞后，往往只能降低部分区域瓦斯压力，难以形成整体性治理效果。此外，传统治理方式在监测预警和动态调整方面相对滞后，常常在瓦斯异常出现后再采取补救措施，缺乏前瞻性预控 [2]。

3 高瓦斯矿井采煤工作面瓦斯治理的主要技术类型及应用特点

3.1 本煤层预抽瓦斯技术及其应用重点

本煤层预抽是高瓦斯矿井治理中的基础技术，其核心思路是在工作面回采前，通过钻孔对煤层内原始瓦斯进行提前抽采，降低煤体瓦斯含量和瓦斯压力，为安全回采创造条件。这类技术通常包括顺层钻孔预抽、穿层钻孔预抽以及地面井与井下钻孔联合预抽等方式。其优点在于治理对象明确，能够在源头上削减瓦斯涌出强度，对防止回采期间瓦斯超限和局部突出危险具有明显作用。实际应用中，本煤层预抽效果受钻孔覆盖范围、成孔质量、封孔技术、抽采负压和抽采时间等多因素影响。若布孔参数设计不合理，容易出现治理盲区；若抽采周期偏短，则煤层卸压不充分。

3.2 邻近层与采空区抽采技术的协同作用

高瓦斯工作面瓦斯来源并不限于本煤层，邻近层和采空区往往也是重要瓦斯来源。随着回采推进，顶板裂隙带和卸压区不断发育，上覆或下伏煤层中的瓦斯会沿裂隙通道向工作面及采空区迁移。若仅控制本煤层瓦斯，往往难以解决回采后期和上隅角区域瓦斯积聚问题。邻近层抽采和采空区抽采技术的应用，正是为了解决这一类次生瓦斯来源。常见方式包括高位钻孔抽采、高位巷道抽采、顶板定向长钻孔抽采和采空区埋管抽采等。这些技术能够在顶板裂隙带或采空区瓦斯富集区形成有效抽排通道，降低上隅角和回风流中的

瓦斯浓度。其工程价值在于弥补单一本煤层抽采的不足，形成对多源瓦斯的协同控制。

3.3 通风调控与局部治理技术的辅助保障作用

通风始终是高瓦斯采煤工作面瓦斯治理的重要组成部分，其作用并不局限于稀释瓦斯浓度，更关系到瓦斯运移方向、风流组织稳定性和局部积聚风险控制。合理的工作面通风方式、风量配置和风流路线设计，能够为抽采系统发挥作用创造基础条件。特别是在上隅角、支架后部和回风顺槽等易积聚区域，局部风流组织与导风设施设置尤为关键。常见措施包括优化通风断面、设置挡风帘和导风板、采用局部抽排联动、加强上隅角专门治理等。这类技术虽然不能从源头消除瓦斯，但在高涌出工况下具有重要保障作用。实践表明，若抽采系统效果良好而通风组织不合理，局部瓦斯仍可能超限；反之，仅依赖通风而忽视源头治理，同样难以长期稳定。因此，通风调控和局部治理应被视为系统治理中的必要支撑环节。

4 高瓦斯矿井采煤工作面瓦斯治理技术优化的关键路径

4.1 优化钻孔布置与抽采参数，提高区域预抽效率

高瓦斯工作面瓦斯治理技术优化，应首先从钻孔布置和抽采参数入手。钻孔布置不能只追求数量增加，而应依据煤层赋存条件、透气性分布和回采扰动规律，合理确定孔径、孔深、间距、倾角和覆盖范围，使煤体内高瓦斯区域得到更充分控制。对于低透气煤层，还应考虑采用定向长钻孔、分段压裂或增透措施，提高瓦斯流动条件。抽采参数方面，则应重点优化负压控制、抽采浓度、管网阻力和抽采时长，避免出现抽采负压过大导致漏风、负压不足造成抽采效率低下等问题。同时，封孔质量直接影响抽采成效，必须结合地层裂隙发育情况改进封孔材料和工艺。通过钻孔布置精准化、抽采参数精细化和封孔工艺优化，可显著提高区域预抽效果，为回采期间瓦斯稳定控制奠定基础 [3]。

4.2 强化采前、采中、采后全过程协同治理

高瓦斯工作面的瓦斯治理不能局限于某一阶段，而应建立覆盖采前、采中和采后全过程的技术体系。采前阶段重点在于区域预抽和危险性消减，通过本煤层和邻近层预抽降低煤体瓦斯储量；采中阶段则要围绕工作面推进过程中的卸压瓦斯和采空区瓦斯加强动态抽采与通风协同，重点控制上隅角、回风侧和顶板裂隙带瓦斯积聚；采后阶段还应对遗留采空区和封闭区域瓦斯进行持续管理，防止瓦斯迁移对相邻工作面和巷道系统造成影响。全过程协同治理强调不同阶段技术手段的衔接和转换，避免治理工作前后脱节。实践中，一些矿井存在采前抽采较充分但采中接续不足，或采中控制较严格而采后管理薄弱的问题，均会削弱整体治理效果。因此，建立全过程、分阶段、动态化的瓦斯治理体系，是技术优化的重要方向。

4.3 推进瓦斯治理与生产组织协同匹配

瓦斯治理成效不仅取决于技术本身，还与生产组织是否匹配密切相关。若回采推进速度、检修安排和抽采衔接计划不合理，再先进的治理技术也难以发挥最佳效果。在高瓦斯矿井中，工作面生产组织必须充分考虑瓦斯治理条件，做到“以治理定节奏、以安全定产量”。例如，在预抽达标前不得盲目组织回采，在钻孔施工和抽采衔接不足时应适当调整接续计划；在瓦斯异常升高或抽采系统波动时，应及时优化生产节奏和设备运行方式，防止因追求进尺和产量放大安全风险。与此同时，还应加强采掘衔接与瓦斯治理工程之间的统筹安排，使抽采巷道、钻场布置和回采准备同步推进。瓦斯治理与生产组织协同越紧密，矿井越能在安全前提下实现稳定高效生产[4]。

5 高瓦斯矿井采煤工作面瓦斯治理效能提升的实践方向

5.1 加强监测预警与数据分析，提升治理动态调控能力

现代高瓦斯矿井瓦斯治理不应停留在经验判断层面，而应更加依赖监测预警和数据分析支撑。通过在工作面、上隅角、回风巷、抽采管路和关键设备附近布设监测点，可实时掌握瓦斯浓度、风量变化、抽采负压、抽采浓度和流量等参数，为治理措施调整提供依据。更重要的是，应将监测数据与工作面推进速度、顶板来压情况、钻孔施工信息和通风状态结合起来，开展综合分析，识别瓦斯异常变化的规律和原因。这样既能发现局部治理盲区，也能对抽采系统衰减、漏风加重和高风险区域提前预警。监测预警体系越完善，瓦斯治理就越能由被动应对转向主动调控，从而提高治理措施的时效性和精准性。

5.2 推动治理装备升级，增强抽采系统稳定性

高瓦斯工作面治理效能提升，还离不开装备水平提升。当前一些矿井在抽采管网密封性、钻孔施工装备、封孔材料和高位钻孔成孔能力等方面仍存在短板，影响了治理技术实际发挥。推进治理装备升级，应重点加强定向钻机、高效封孔装置、抽采自动计量设备、负压调控装置和抽采管网监控系统的应用，提高钻孔施工精度和抽采系统运行可靠性。同时，抽采泵站和管路系统应根据工作面变化及时优化，避免因阻力不合理和设备老化导致抽采能力下降。对于上隅角和采空区治理，还可探索更加适应复杂空间条件的抽采与导流

装备。装备水平提升带来的不仅是施工效率提高，更重要的是治理系统稳定性增强，使瓦斯治理能够更连续、更可控地服务于安全生产[5]。

5.3 完善技术管理体系，促进治理措施持续优化

瓦斯治理是一项长期性、系统性工作，仅靠单项技术突破难以实现持续提升，还必须依托完善的技术管理体系。矿井应建立瓦斯治理设计、施工、验收、评价和反馈的闭环管理机制，对钻孔施工质量、抽采达标情况、通风组织效果和治理异常问题进行全过程跟踪。对于不同工作面、不同地质区段和不同阶段的治理效果，要形成及时总结和对比分析，找出制约因素并进行针对性改进。同时，应加强技术人员、通防人员和生产管理人员之间的协同，避免治理工作与生产安排脱节。技术管理体系越完善，瓦斯治理越能从“阶段应付”转向“持续优化”，也更有利于形成适合矿井自身条件的成熟治理模式。

6 结语

高瓦斯矿井采煤工作面瓦斯治理技术优化，是保障煤矿安全高效生产的重要课题。面对深部开采、高强度回采和多源瓦斯叠加释放等复杂条件，传统单一治理模式已难以满足现实需求，必须坚持区域预抽、邻近层抽采、采空区治理、通风调控和动态监测协同推进的思路，构建源头减量、过程控制和系统保障相结合的综合治理体系。实践表明，只有立足矿井具体地质条件和生产组织特点，持续优化钻孔布置、抽采参数、通风结构和监测预警机制，并推动治理技术与装备、管理和生产深度融合，才能不断提高瓦斯治理效能。今后，随着智能化矿山建设持续深入，高瓦斯矿井采煤工作面瓦斯治理将进一步向精准化、协同化和智能化方向发展，为煤矿安全生产和高质量发展提供更加坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 王天民.高瓦斯矿井采煤工作面瓦斯治理策略[J].内蒙古石油化工,2023,49(07):45-48.
- [2] 张亚雷,史晨光.高瓦斯矿井采煤工作面瓦斯综合治理措施[J].内蒙古石油化工,2023,49(06):48-51.
- [3] 刘柏松.高瓦斯矿井综采工作面瓦斯治理技术研究与实践[J].内蒙古煤炭经济,2021,(03):50-51.
- [4] 武光富.高瓦斯矿井综采工作面瓦斯综合治理技术[J].科技创新与应用,2016,(34):95-96.
- [5] 李茂臣.高瓦斯矿井综采采煤工作面瓦斯治理技术[J].山东煤炭科技,2016,(05):61-63.