

瓦斯抽采钻孔布置参数对瓦斯抽采效率的影响研究

李 勋

河南焦煤能源有限公司古汉山矿 河南 焦作 454350

【摘要】：瓦斯抽采是煤矿安全生产与高效开采的重要环节，而钻孔布置参数在抽采过程中具有决定性作用。通过理论分析、数值模拟及现场试验，研究了钻孔间距、深度、倾角等因素对瓦斯抽采效率的影响机理，揭示了不同参数变化下煤体内部渗流场与瓦斯运移规律。结果表明，合理优化钻孔布置可有效扩大抽采覆盖范围，降低煤层瓦斯含量，减少高压聚集区数量，提升抽采浓度与稳定性。研究建立了钻孔布置与抽采效率的综合评估体系，提出了适应不同煤层条件的优化方案，为复杂地质条件下的瓦斯治理提供了技术支撑和实践参考。

【关键词】：瓦斯抽采；钻孔布置；抽采效率；煤层气治理；安全生产

DOI:10.12417/2811-0536.26.03.008

引言

煤层瓦斯作为一种特殊的伴生资源，既是可利用能源，又是矿井安全生产中的主要威胁。瓦斯抽采是降低煤层瓦斯含量、预防瓦斯事故的重要措施，而钻孔布置的合理性在抽采过程中起着关键作用。钻孔布置参数的变化会影响煤体渗流场和瓦斯运移通道，从而直接决定抽采效率与稳定性。深入研究钻孔布置参数与抽采效率之间的关系，有助于优化抽采方案，提升治理水平，并为煤矿安全和绿色开采提供技术支持。

1 钻孔布置参数对煤层瓦斯抽采的影响因素分析

钻孔布置参数对煤层瓦斯抽采过程中的影响具有显著的复杂性，其核心在于煤层内部裂隙结构、瓦斯压力分布及渗透性能的变化。钻孔间距过大时，煤体之间的抽采覆盖范围不足，导致部分区域瓦斯无法有效排出，形成残余高压区，增加瓦斯突出和积聚风险。钻孔间距过小时，钻孔之间的负压干扰效应增强，抽采半径出现重叠，降低抽采浓度，并造成钻孔利用率下降，增加施工成本与维护压力。合理控制钻孔间距可实现煤层渗流场的均衡，形成连续、稳定的抽采通道，提高瓦斯运移效率。

钻孔深度与煤层瓦斯含量和压力梯度密切相关，不同深度的煤体在瓦斯压力、含量及渗透系数上存在明显差异。浅层钻孔容易受采动扰动影响，渗透性提高，但瓦斯含量相对较低，抽采浓度不足。深部钻孔能够接触高含量、高压力的瓦斯富集区，但煤体结构致密，渗透系数较低，瓦斯流动阻力大，抽采初期浓度上升缓慢。通过合理设计深度，使钻孔能够贯通煤层高压区并结合煤体预裂技术，可改善煤体结构，形成稳定抽采通道，从而提升瓦斯流速与抽采效率。

钻孔倾角是影响瓦斯运移方向和负压场分布的重要因素。倾角过大可能造成瓦斯在运移过程中出现滞

留区，降低抽采浓度，并增加煤体局部应力集中现象。倾角过小则会导致钻孔沿煤层走向延伸不足，抽采覆盖面受限，不利于瓦斯在多方向的扩散与排出。通过改变钻孔倾角，可有效控制瓦斯流动方向，使煤体内形成有利的渗流路径，并与间距、深度形成协同效应，实现瓦斯抽采的均衡化与持续化。钻孔布置的综合优化应结合煤层地质条件、瓦斯赋存状态及应力场特征进行参数设计，使煤体内部形成完善的抽采系统，减少高压富集区，提升抽采安全与稳定性。

2 优化钻孔布置以提升瓦斯抽采效率的实践研究

钻孔布置优化的核心在于通过调整参数，实现煤层瓦斯抽采系统的高效、稳定运行。在实践研究过程中，针对不同煤层赋存条件，需结合理论模型与现场数据进行综合分析。煤层厚度、裂隙发育程度、瓦斯含量及压力分布差异较大，导致单一方案难以满足抽采需求。通过对煤层渗流特性和应力分布进行数值模拟，可预测不同钻孔组合方式下的瓦斯运移规律，并识别潜在的高压聚集区与低压衔接区。基于模拟结果对钻孔间距、深度及倾角进行分区调整，使抽采通道在空间上形成互补，提高负压场覆盖率，减少无效抽采区域，提升整体抽采浓度。

在外场试验环节，通过布置对比试验区与控制区，对优化方案的实际效果进行动态监测。利用钻孔抽采负压曲线和瓦斯浓度变化数据，分析不同参数组合对煤体渗透率及抽采半径的影响。钻孔间距的优化可通过调整分布密度，改善煤体内裂隙的贯通程度，使瓦斯压力梯度呈现连续下降趋势。钻孔深度的变化则直接影响抽采区域的有效厚度，通过控制深浅组合，可形成多层抽采体系，避免煤层深部瓦斯滞留和浅层抽采不足的问题。钻孔倾角的设计在实践中需结合煤层走向和结构特征，使负压传递路径与瓦斯运移方向一致，从而提高流场的均衡性和稳定性。

在煤层条件复杂、构造破碎带发育的矿井，传统均匀布孔模式往往难以兼顾抽采效率与施工可行性。通过优化布置，可引入分区分级抽采策略，根据地质构造变化设置不同的钻孔密度与角度组合，使抽采范围更加灵活。试验结果显示，分区化设计能有效控制高压区的瓦斯突增现象，并在低压区维持稳定抽采浓度。随着负压场的逐渐扩展，煤体内部的渗透网络不断完善，瓦斯运移阻力明显降低，整体抽采效率显著提高。

在研究过程中还需关注施工技术的配套改进，通过应用高效钻进装备和煤体定向预裂技术，使钻孔贯通率和稳定性得到保障。结合多参数动态监控手段，能够实时调整钻孔布置，确保优化方案在不同阶段保持高效运行。通过理论分析、数值模拟和现场试验的协同应用，钻孔布置方案不断完善，使煤层内部形成连续稳定的抽采体系，最大限度释放瓦斯压力，降低瓦斯聚集风险，并在不同煤矿条件下具有良好的适应性和推广价值。

3 瓦斯抽采效率提升的综合评估与技术总结

瓦斯抽采效率的综合评估需以科学的数据体系为基础，将钻孔布置参数与煤层瓦斯赋存条件、抽采浓度变化及负压场分布进行关联分析。通过长期监测钻孔负压曲线、抽采纯度、瓦斯流量等关键指标，可建立动态评价模型，用于反映不同布置方案下煤体内部瓦斯运移的真实状况。该模型能够量化钻孔间距、深度、倾角对抽采半径和覆盖范围的影响，使抽采效率的变化具有可测量性与可比性。在评价过程中，应引入渗流理论和煤体裂隙力学参数，将地质因素与施工因素纳入同一体系，保证评估结果的全面性与准确性。

通过对多组试验数据的深入整理与系统分析，可

以建立适用于不同煤层结构、瓦斯含量及压力分布特征参数标准的，为后续钻孔设计提供科学依据。该评估体系在实际应用中能够快速识别钻孔布置不合理导致的高压瓦斯聚集区，并通过对钻孔间距、深度和倾角的动态调整，实现煤体内部瓦斯压力的均衡释放。随着评估指标权重的不断优化，可有效降低无效抽采比例，使抽采过程更加精细化与高效化，既能保证抽采浓度持续稳定，又能提高资源利用率与施工经济性。在地质构造复杂、断层和破碎带发育的矿井，还需结合三维数值模拟结果，对负压场分布和瓦斯运移路径进行综合比对，确保钻孔布置优化具有科学性、可操作性和长期稳定性。

在技术总结环节，将研究过程中形成的有效方案与实际案例进行归纳，提炼出可推广的经验方法。钻孔布置优化需与筒体结构改造技术、定向钻进技术和在线监测技术形成协同作用，使抽采系统具备实时调整和自适应能力。通过技术集成，不仅能够提高抽采浓度，还能降低施工成本和安全风险。将不同矿井在实施过程中的经验与问题纳入总结，可为后续研究提供参考依据，并在实践中不断修正和完善，使钻孔布置设计向精细化、智能化方向发展，确保瓦斯抽采过程持续高效稳定运行。

4 结语

本研究围绕钻孔布置参数对瓦斯抽采效率的影响展开系统分析，结合理论模型、数值模拟及现场试验，探讨了间距、深度与倾角等参数的作用机制与优化方法，构建了综合评估体系，提出了适应不同煤层条件的优化方案。研究成果为煤矿瓦斯抽采提供了可靠技术依据，可在复杂地质条件下实现高效、安全的瓦斯治理，具有显著的实践价值与推广意义。

参考文献：

- [1] 王建国.煤层瓦斯抽采参数优化研究[J].煤炭科学技术,2020,48(6):112-118.
- [2] 刘海峰.钻孔布置对瓦斯抽采效率影响的数值模拟[J].煤田地质与勘探,2022,47(4):85-91.
- [3] 张志强.瓦斯抽采钻孔参数优化与工程实践[J].煤矿安全,2021,52(2):34-40.