

# 高负压抽采工艺在突出煤层瓦斯治理中的应用研究

李 勋

河南焦煤能源有限公司古汉山矿 河南 焦作 454350

**【摘要】**：高负压抽采工艺在突出煤层瓦斯治理中的应用为煤矿安全生产提供了新思路。该工艺通过提高抽采负压，促进煤体内瓦斯的快速解吸与高效迁移，缩短抽采时间并显著提升抽采浓度，达到降低突出风险的目的。本文基于煤层瓦斯赋存特征与突出机理，分析高负压抽采在控制瓦斯压力、增加抽采半径及稳定煤体结构方面的作用，提出优化参数配置与现场应用策略，为煤矿瓦斯治理提供可行性参考。

**【关键词】**：高负压抽采；突出煤层；瓦斯治理；安全生产；参数优化

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.020

## 引言

在煤矿开采过程中，瓦斯灾害一直是影响安全生产的主要威胁，尤其在突出煤层中，其瓦斯含量高、渗透性差，易引发重大事故。传统瓦斯抽采方法在降低瓦斯压力和浓度方面效果有限，难以满足高强度开采条件下的安全需求。高负压抽采工艺因其在强化瓦斯流动与抽采能力方面的显著优势，逐渐成为瓦斯治理领域的研究热点。该工艺在增加瓦斯抽采量、提高抽采效率及降低煤层瓦斯突出的风险方面展现了独特潜力，为构建高效、安全的煤矿瓦斯治理体系提供了新的技术路径。

## 1 突出煤层瓦斯灾害特征与治理挑战

突出煤层因瓦斯含量高、煤体结构破碎且渗透性差，极易在采掘活动中形成高应力、高瓦斯压力的复杂环境，导致瓦斯大量聚集，形成突出的危险条件。在煤层受到扰动后，瓦斯与煤体能量释放迅猛，若治理措施不到位，极易引发大规模喷出事故，对矿井安全生产造成严重威胁。突出煤层通常具备高瓦斯含量、高初始瓦斯压力以及低渗透性的典型特征，这些因素使得瓦斯抽采难度大，传统负压抽采方式无法有效降低煤体内部的瓦斯压力，致使治理效果不理想。煤层中瓦斯的赋存状态与煤体孔隙结构密切相关，当煤体微孔隙闭合或堵塞时，瓦斯流动路径受阻，瓦斯迁移速度明显降低，在开采过程中极易出现局部高压集聚区。这类区域在外界应力或采掘扰动作用下，会迅速释放能量，造成突发喷出。加之深部煤层埋藏条件复杂，地应力水平高，煤体在受压过程中表现出明显的脆性破坏特征，进一步增加了治理难度。

在实际生产过程中，突出煤层治理常面临抽采浓度低、范围不足及时间长等问题。传统治理方法在控制瓦斯浓度方面存在滞后性，无法形成持续有效的安全防护屏障。采掘作业推进速度不断加快，对瓦斯治

理的效率提出更高要求，尤其在高瓦斯矿区，高风险作业与低抽采效率的矛盾日益突出。这种情况下，如何提高抽采速度、扩大影响范围并降低瓦斯突出危险，成为煤矿安全技术研究的重要方向。随着矿井开采深度不断增加，温度、压力及应力条件的变化使瓦斯治理难度进一步加大。高瓦斯突出煤层不仅需要技术手段的升级，还需合理设计抽采工艺参数，以确保煤层瓦斯压力在短时间内降至安全范围。

## 2 高负压抽采工艺的优化与技术实践

高负压抽采工艺在突出煤层瓦斯治理过程中，通过调节负压参数强化瓦斯解吸与运移能力，使煤体内部瓦斯能够快速释放并被高效抽采。工艺核心在于建立稳定的负压梯度，通过增大抽采井筒与煤体孔隙之间的压差，促使瓦斯沿裂隙网络迁移，克服煤层低渗透性带来的流动阻力。为了保证抽采效果，需要在煤层结构特征、瓦斯含量分布及埋藏条件的基础上进行参数优化，确定合适的抽采负压范围与管路配置方式。若负压过低，瓦斯无法充分解吸迁移，抽采浓度不足；若负压过高，可能导致煤体结构失稳或形成漏气通道，降低抽采效率并增加安全风险，因此参数控制至关重要。

在技术实践中，负压水平的确定通常通过现场监测与试验手段进行综合分析。通过布置多点压力传感器和瓦斯浓度检测装置，实时掌握煤体内部瓦斯压力变化情况，并结合煤层渗透系数、初始含气量和瓦斯解吸指数等地质参数，计算最优负压区间。抽采过程中，需不断调整负压以适应采掘扰动造成的煤体变化，使抽采系统保持稳定运行。同时，合理选择钻孔布置方式和间距，对扩大抽采范围、提高整体治理效果具有关键作用。对于突出煤层，常采用高密度布孔与分级抽采技术，通过先行预抽降低区域瓦斯压力，再施加高负压进行深层瓦斯抽采，形成多级压力梯度，提升抽采半径和瓦斯流动速度。

高负压抽采工艺的实施还需配合完善的密封措施,确保抽采系统的密闭性和负压维持能力。煤层内部常存在裂隙发育不均及应力集中区域,若密封不严,负压传递将受到破坏,导致瓦斯泄漏或外界空气进入,影响抽采效果。密封材料的选择应考虑筒体结构和井筒条件,一般采用高分子膨胀材料、气凝胶封堵剂等新型密封介质,以提高封孔稳定性和耐久性。在技术装备方面,抽采泵站须具备大功率和多级调压功能,通过变频控制实现负压的精细化管理。管路系统应采用高耐磨、高密封性的材料,减少漏气损失,并配置自动监控系统,对抽采流量、浓度和负压变化进行实时记录与反馈,以便进行工艺调整和安全预警。随着智能化矿山建设的发展,高负压抽采系统逐步与大数据分析、智能控制技术融合,通过算法模型预测瓦斯运移趋势,优化抽采工艺,实现精细化管理与高效治理,为突出煤层瓦斯治理提供更加科学可靠的技术支撑。

### 3 高负压抽采在瓦斯治理中的成效与综合评估

高负压抽采工艺在突出煤层瓦斯治理过程中表现出显著的安全与经济效益,通过对不同矿井应用数据的跟踪分析可以发现,该工艺能够在较短时间内显著降低煤体内部瓦斯压力,使瓦斯含量迅速下降至安全临界值以下,有效缓解突出危险区域的应力集中状态。负压作用增强了煤体裂隙网络中的瓦斯解吸速率,并加快了瓦斯的运移速度,使抽采浓度和抽采总量大幅提升,抽采半径明显扩展,从而形成更广范围的低瓦斯压力保护区。在高瓦斯矿区的深部采掘中,这一作用尤为明显,为井下作业创造了更加稳定的环境,减少了突发喷出事件的发生频率。

通过长期监测结果可以看出,高负压抽采不仅在短期内提高了瓦斯抽采效率,还对煤层结构产生持续影响。瓦斯压力的持续降低促使煤体应力重新分布,

#### 参考文献:

- [1] 王建国.高负压抽采技术在突出煤层瓦斯治理中的应用研究[J].煤炭科学技术,2023,51(4):112-118.
- [2] 刘志强.瓦斯治理技术进展与高负压抽采工艺优化[J].煤矿安全,2022,53(7):45-50.
- [3] 陈永辉.高负压抽采在深部煤层瓦斯治理中的应用效果分析[J].中国煤炭,2021,47(5):87-93.

裂隙通道逐渐稳定,改善了煤层整体透气性。随着瓦斯解吸与迁移过程的加速,煤体内部的封闭裂隙逐步连通,形成连续的渗流通道,使后续抽采更加顺畅。这一过程提高了瓦斯治理的持续性和长效性,为采掘活动提供可靠保障。对于突出煤层治理而言,煤体物理结构的改善能够降低后续瓦斯积聚的速度,从根本上减弱突层形成条件的形成。

在综合评估阶段,通过采集瓦斯浓度变化曲线、抽采负压记录、钻孔负压传递速度和抽采量等多项数据进行分析,可全面反映工艺实施效果。结合数值模拟与现场实测结果,对治理区域的瓦斯运移过程进行定量评价,并通过指标体系对工艺优劣进行判定。评估结果显示,高负压抽采工艺在提高单孔抽采浓度、降低区域瓦斯压力以及缩短预抽时间方面均优于传统工艺,尤其是在深部低渗透煤层中表现出更高适应性。

在安全管理方面,高负压抽采为瓦斯防治提供了实时监控依据。通过监控系统的数据分析,可在抽采过程中发现异常负压波动或瓦斯浓度突变情况,及时调整工艺参数,避免治理过程中出现漏气或抽采不均等问题。结合智能化管理平台,还能够对不同煤层赋存条件下的瓦斯治理效果进行动态评估,形成可追溯的数据模型,使工艺优化和安全控制更加科学化、精准化。

### 4 结语

高负压抽采工艺在突出煤层瓦斯治理中展现出良好的适应性与推广价值,通过强化负压作用促进瓦斯解吸和运移,显著提升抽采效率并降低突出风险。该工艺在优化煤层结构、扩大抽采范围和缩短治理周期方面效果突出,为深部复杂煤层提供了安全保障。通过参数优化与科学评估,可为煤矿瓦斯治理提供可靠技术支撑,保障矿井安全稳定生产。