

水力压裂消突技术在低透气性煤层瓦斯治理的应用

郝良鹏¹ 买忠堂² 付龙飞¹

1. 新疆中泰新能源有限公司 新疆乌鲁木齐 830000

2. 新疆焦煤(集团)有限责任公司 新疆乌鲁木齐 830000

摘要: 水力压裂消突技术在低透气性煤层瓦斯治理中展现出显著的应用前景。本文旨在探讨该技术在低透气性煤层中的应用情况。研究表明,水力压裂技术能够在一定程度上改善低透气性煤层的瓦斯治理问题,提高瓦斯抽采效率,但同时需要注意其对煤层结构和环境可能带来的不利影响。

关键词: 水力压裂消突技术;低透气性煤层;瓦斯治理;应用

在煤矿安全生产领域,低透气性煤层由于其特殊的物理结构特征,使得瓦斯抽采效率低下,且易于发生瓦斯突出事故,给矿井安全带来极大威胁。传统的瓦斯治理方法在这类煤层中往往效果有限,因此,寻求新的技术手段以提高瓦斯抽采效率,降低突出风险成为研究的热点。

一、低透气性煤层瓦斯流动规律

低透气性煤层由于其特殊的物理结构和地质特征,使得瓦斯在煤层中的流动规律表现出显著的复杂性和难以预测性。在这类煤层中,瓦斯的流动主要受到煤层渗透率、裂隙发育程度、地应力条件以及煤层中的瓦斯压力等因素的影响。低透气性煤层的孔隙度通常较小,这意味着瓦斯在煤层内部的扩散和运移受到较大限制。同时,由于煤层的裂隙发育程度较低,瓦斯难以通过裂隙网络进行有效的传输。这些因素共同作用导致瓦斯在低透气性煤层中的流动路径更加曲折,流动速度较慢,从而使得瓦斯抽采难度加大。

二、低透气性煤层瓦斯治理存在的问题

1. 瓦斯抽采效率低

在低透气性煤层中,瓦斯的流动主要受到煤层渗透率的限制。由于煤层的孔隙度小、裂缝不发育,瓦斯在其中的运移受到极大阻碍,导致抽采效果不佳。此外,现有的抽采技术在低透气性煤层中的应用也面临诸多挑战。常用的抽采方法如垂直钻孔、水平钻井等,在这类煤层中往往难以形成有效的抽采影响范围,进一步降低了抽采效率。即使增加了抽采钻孔的数量,由于煤层的低透气性,仍难以实现高效的瓦斯抽采。

2. 突出危险性高

低透气性煤层的一个显著特点是其突出危险性较高。

在这类煤层中,瓦斯压力往往较大,而煤层的透气性又差,这使得瓦斯难以顺利释放。当煤层受到外界扰动或开采活动影响时,聚集在煤层中的瓦斯可能会突然释放,引发突出事故。这种突发性的突出不仅对矿井设施造成破坏,更对矿工的生命安全构成严重威胁。

3. 环境与安全问题

低透气性煤层中的瓦斯治理不仅涉及到煤矿的安全生产,还与环境保护紧密相关。在瓦斯抽采和利用过程中,可能产生的环境污染问题不容忽视。例如,瓦斯的主要成分为甲烷,是一种强效温室气体,其排放对全球气候变暖有着显著影响。在低透气性煤层中,由于瓦斯抽采效率低,大量的瓦斯可能被直接排放到大气中,加剧了温室气体的排放问题^[1]。

三、水力压裂消突技术在低透气性煤层中的应用

1. 压裂液的优化与应用

在低透气性煤层中实施水力压裂时,压裂液的选择、优化和应用至关重要。压裂液不仅需要具备良好的携砂性能,以保证支撑剂能够均匀分布于裂缝中,还需要具有较低的地层伤害特性,以减少对煤层渗透性的损害。因此,研究人员和工程师会依据煤层的物理和化学性质,选择适合的压裂液体系。例如,在某些煤层中,为了降低液体滤失并提高裂缝扩展效率,可能会采用加入特定聚合物的凝胶体系或泡沫压裂液。同时,为了减少对环境的影响,现场还会采取相应措施处理压裂后的返排液,如采用多级沉降、过滤和化学处理等方法。此外,在压裂液的应用过程中,实时监测其性能变化是保证压裂效果的关键。通过分析压裂液中的化学剂浓度、黏度、pH值等参数,可以及时调整压裂液的配方,确保压裂作业

的顺利进行^[2]。

2. 钻孔与完井技术

水平钻井技术是一种有效的手段，通过在煤层中钻设长水平段的井筒，可以显著增加与煤层的接触面积，从而提高压裂作业的效率。在钻井过程中，需要采用高性能的钻机和精密的导向系统，确保钻井轨迹的准确性和稳定性。同时，为了减少钻井过程中对煤层的损伤，需要选用适合的钻头类型和钻井液体系。完井技术同样重要，它涉及到钻孔的封隔、射孔和压裂等多个环节。在低透气性煤层中，为了确保压裂效果，通常采用多段压裂技术。这种技术可以在一个钻井内实施多个压裂段，从而增大煤层的改造体积。在封隔过程中，需要选用合适的封隔材料和工具，确保压裂液能够在目标煤层段精确施加，避免影响其他地层。射孔作业则需要根据煤层的特性和压裂设计，选择合适的射孔参数和弹型，以保证裂缝网络的有效形成。此外，为了提高瓦斯的抽采率，还可以采用定向钻孔技术。这种技术可以从地面或井下钻设定向钻孔，直接指向煤层中的高瓦斯富集区或压裂后的裂缝网络。通过合理布置钻孔位置和角度，可以实现对瓦斯的有效抽采。

3. 压裂施工控制

实时监测与调整是确保压裂施工顺利进行的关键。通过在施工现场部署高精度的压力、温度、流量等传感器，可以实时采集压裂过程中的各项参数。这些数据通过无线传输或电缆传输的方式汇总至控制中心，工程师可以实时监控压裂状态，并根据监测结果对施工参数进行及时调整。例如，当监测到某一压裂段的压力异常时，可以迅速调整泵注速率或压力，以避免裂缝过度扩展或过早闭合。微震监测技术是压裂施工中不可或缺的安全手段。通过在井下布置微震传感器，可以实时捕捉到压裂过程中可能引发的微小地震活动。这些微震信号经过分析处理后，可以揭示裂缝的扩展路径和范围，为施工控制提供重要信息。同时，微震监测还能够预警可能发生的地质灾害，如岩爆、突水等，保障施工人员的安全。裂缝诊断技术则是评估压裂效果的重要手段。通过倾斜仪、温度测井等技术手段，可以对压裂后的裂缝形态进

行诊断。倾斜仪能够反映地层的倾斜变化，从而推测裂缝的高度和宽度；温度测井则能够识别裂缝的位置和长度，因为裂缝的存在会导致地层温度场的变化。这些信息对于评估压裂效果、优化后续施工方案具有重要意义。

4. 增强瓦斯抽采的技术手段

其中之一是压裂与抽采同步进行的技术。在水力压裂作业后，煤层的透气性得到提升，此时立即进行瓦斯抽采，可以利用煤层渗透性提高的优势，增强抽采效果。通过在压裂井附近布置抽采钻孔，或者利用已有的抽采系统，可以实现瓦斯的快速抽采。同时，采用高效抽采设备和智能化控制系统，可以实时调整抽采参数，确保抽采作业的稳定性和高效性。另一种技术手段是定向钻孔抽采。通过地面或井下的定向钻孔技术，可以直接指向煤层中的高瓦斯富集区或压裂后的裂缝网络。这种技术可以根据瓦斯的分布规律和煤层的地质条件，设计合理的钻孔轨迹和布局，从而实现对瓦斯的精准抽采。定向钻孔抽采不仅可以提高瓦斯的抽采率，还能够减少钻孔的数量和施工成本^[3]。

结语

综上所述，水力压裂消突技术在低透气性煤层瓦斯治理中的应用取得了初步成效，其在提升煤层透气性、增强瓦斯抽采效率以及降低突出危险性方面展现出潜在价值。然而，技术的局限性、环境影响以及成本问题仍需进一步研究与解决。未来，随着技术的不断进步和环保意识的提升，水力压裂消突技术有望在低透气性煤层瓦斯治理中发挥更大作用，为煤矿安全生产提供有力支持。

参考文献

- [1] 马德. 高瓦斯低透气性松软煤层瓦斯治理技术研究[J]. 化工设计通讯, 2023, 49(11): 46-48.
- [2] 吴建俊. 水力压裂增透在低透气性煤层瓦斯抽采中的应用[J]. 煤, 2023, 32(05): 103-105.
- [3] 邓强. 水力压裂消突技术在低透气性煤层瓦斯治理的应用[J]. 煤矿安全, 2021, 52(01): 98-102.