

doi:10.13301/j.cnki.ct.2017.08.067

CO₂ 相变致裂增透技术在高瓦斯低渗透性厚煤层应用研究

王 伟¹, 年 军¹, 刘 啸¹, 白 鹏², 付红波²

(1. 煤科集团 沈阳研究院有限公司, 辽宁 抚顺 113122; 2. 山西石泉煤业有限责任公司 通风管理部, 山西 襄垣 046299)

摘要: 针对石泉煤矿 3# 煤层瓦斯赋存高, 较难抽采, 抽采效率低下, 提出应用 CO₂ 相变致裂增透技术, 提高煤层透气性。CO₂ 致裂具有预裂后无炮烟, 不产生一氧化碳、氮氧化物等有毒气体, 不会引起 CO₂ 超限, 也不会对巷道稳定性产生影响的优点, 通过理论分析和实地实验以及石泉矿实际实验情况分析了 CO₂ 相变致裂增透的优势及可行性。

关键词: 制裂原理; 现场应用; 效果分析

中图分类号: TD712 **文献标志码:** A **文章编号:** 1008 - 8725(2017)08 - 0167 - 02

Application of Carbon Dioxide Phase Change Technology in High Gas and Low Permeability Thick Coal Seam

WANG Wei¹, NIAN Jun¹, LIU Xiao¹, BAI Peng², FU Hong-bo²

(1. Shenyang Research Institute Co., Ltd., China Coal Research Institute, Fushun 113122, China; 2. Ventilation Management Department, Shanxi Shiquan Coal Limited Liability Company, Xiangyuan 046299, China)

Abstract: The No.3 Shiquan coal mine coal seam gas occurrence, difficult extraction, extraction efficiency is low, the application of carbon dioxide system transformation technology to increase permeability of crack, improve the permeability of coal seam. Carbon dioxide has no crack in pre split blasting smoke, does not produce carbon monoxide, nitrogen oxides and other toxic gases, will not cause the carbon dioxide overrun, advantages will not influence the stability of roadway, through theoretical analysis and practical experiment of Shiquan mine transformation for the feasibility and advantage of carbon dioxide increase through the crack.

Key words: split principle; field application; effect analysis

0 引言

石泉矿位于山西省襄垣县, 开采 3# 煤层, 煤层平均厚度 6 m, 煤层透气性系数 5.39 m²/(MPa²·d), 煤层透气性较差。为了增强煤层瓦斯的抽采率, 保证矿井安全生产, 将液化 CO₂ 相变致裂技术用于石泉矿, 增强抽采能力。

1 CO₂ 相变制裂原理

1.1 工作原理

CO₂ 致裂器由充装阀、密封圈、储液管、发热装置、定压剪切片、释放管等组成。利用 CO₂ 在 34 ℃ 和 7.4 MPa 压力条件下以液态存在, 而当温度超过 31 ℃ 或压力大于 7.4 MPa 时以超临界状态存在的特征。液态 CO₂ 在 20~40 ms 内可以迅速转化为气态, 其体积最多可膨胀 600 多倍。当储液管内压力大于剪切片的设定压力值时, 将剪切片冲破, 高压 CO₂ 气体瞬间从释放管喷出, 利用高压气体瞬间膨胀作用, 使介质破裂, 从而达到物理爆破的目的。

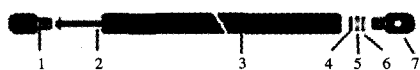


图 1 CO₂ 致裂器结构图

1. 起爆头 2. 发热管 3. 主管 4、6. 密封垫 5. 卸能片 7. 卸能头

1.2 液态 CO₂ 爆破致裂理论基础

液态 CO₂ 相变致裂过程分为液态 CO₂ 爆破产生的应力波扰动作用过程和爆破产生的高压 CO₂ 气体的准静态高压作用过程。

在无限介质中, CO₂ 爆破在钻孔内爆炸后, 产生强烈的应力波和高压气体。爆炸应力波以及高压气体作用下的煤岩破坏可形成粉碎区、裂隙区、震动区。

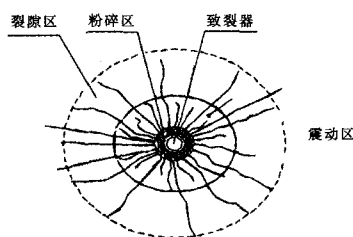


图 2 粉碎区、裂隙区、震动区分布示意图

1.3 高压气体作用机理及破坏准则

当爆破应力波到达自由面时, 会反射成拉伸波, 当拉伸波大于介质的抗拉强度时, 就会产生 Hopkinson 效应。同时反射拉伸波和径向裂隙尖端处的应力场相互叠加, 促使径向裂隙和环向裂隙进一步扩展, 大大增加裂隙区的范围。由于爆破钻孔直径相对于煤层厚度要小得多, 因此可用弹性力学模型进行分析, 爆破应力使爆破钻孔附近产生应力集中。其应力状态力学模型如图 3 所示。

2 CO₂ 相变致裂技术应用

为了试验高压 CO₂ 预裂增透解吸增透煤层技术, 本煤层长钻孔增透预裂。

2.1 本煤层预抽钻孔致裂参数设计

为了试验高压 CO₂ 相变预裂增透技术, 在 30106

带式输送机顺槽施工本煤层预抽钻孔,对本煤层共进行2组致裂试验,本煤层预抽钻孔及致裂孔布置如图4和表1所示。

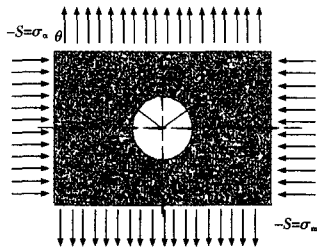
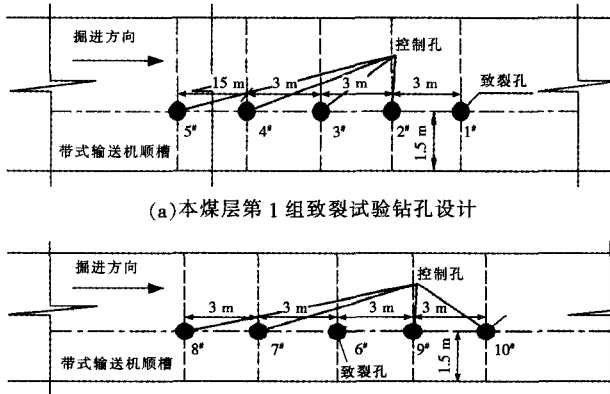


图3 应力状态力学模型



(a)本煤层第1组致裂试验钻孔设计

(b)本煤层第2组致裂试验钻孔设计

图4 本煤层预抽孔CO₂致裂试验钻孔布置
表1 致裂试验钻孔布置参数表

编号	钻孔	孔径/mm	孔深/m	致裂器长度/m	封孔长度/m
1	致裂孔	113	50	30	20
2	控制孔	113	100	无	9

2.2 效果分析

本煤层预抽钻孔致裂试验钻孔参数布置可知,1#孔及6#孔为致裂试验孔,5#距离1#孔24m,可忽略致裂对5#孔的影响,因此5#孔瓦斯抽采参数用于对比分析致裂孔致裂效果;8#孔距离6#孔6m,9#孔距离6#孔3m,6#孔、8#孔及9#孔瓦斯抽采参数用于对比分析致裂增透范围分析。试验效果如图5~图7所示。

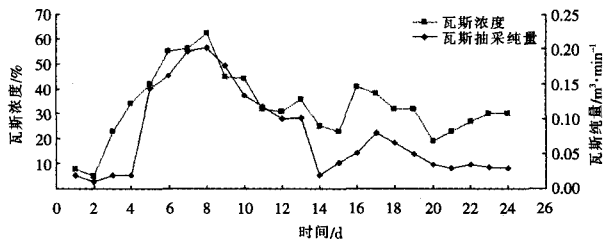


图5 1#致裂孔瓦斯浓度及抽采纯量变化情况

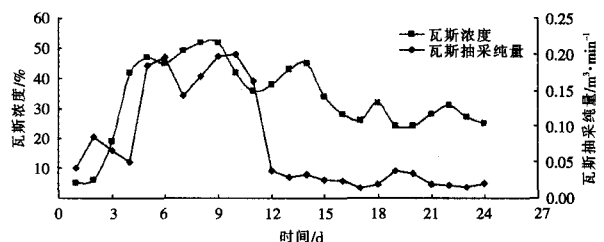


图6 6#致裂孔瓦斯浓度及抽采纯量变化情况

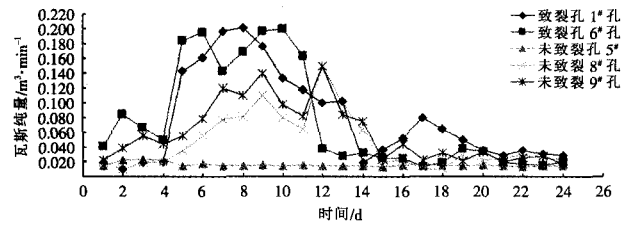


图7 致裂孔与未致裂孔瓦斯浓度及抽采纯量变化情况

由图5、图6可知:1#致裂孔试验后,瓦斯浓度及瓦斯纯量均有明显增加,在致裂后的6d时间内,瓦斯浓度及瓦斯纯量上升明显,且瓦斯纯量在至第8天左右抽采纯量达到最大值0.2m³/min,然后下降至第20天进入平稳期,抽采纯量基本稳定维持在0.03m³/min。

6#致裂孔两边分别布置了预抽孔,致裂试验后,瓦斯浓度及纯量在致裂后的6d时间内,瓦斯浓度与抽采纯量上升速度较快,浓度由5%增加到了45%,纯量由0.041m³/min增加到了0.196m³/min,在第6天~第11天的时间内,瓦斯浓度及纯量均处于高位抽采状态,第15天以后,瓦斯抽采浓度及纯量逐渐趋于稳定,抽采参数稳定在24%及0.025m³/min左右。

图7为致裂孔与未致裂孔及受影响孔对比分析图,由图7可知:致裂后通过对比5#钻孔抽采情况可知,增透后钻孔抽采纯量持续增加,至第5天左右最大值0.2m³/min,然后下降至第15天,抽采纯量逐渐趋于稳定,稳定后抽采纯量也可维持在0.031m³/min上下,而矿井现有本煤层钻孔抽采纯量约0.015m³/min,抽采效果提高显著。受致裂影响,8#与9#孔瓦斯抽采纯量均有所增加,且在致裂后的5~15d瓦斯抽采纯量平均在0.074m³/min,至15d以后,瓦斯抽采纯量逐渐趋于稳定,稳定后参数稳定在0.024m³/min左右。

3 结语

CO₂相变致裂采用CO₂致裂器进行深孔预裂爆破操作过程安全,预裂后无炮烟,不产生一氧化碳、氮氧化物等有毒气体,不会引起CO₂超限,也不会对巷道稳定性产生影响,安全可靠。通过对石泉矿3#煤层实际应用考察可以看出,致裂效果较明显。同时通过试验分析得出了高压CO₂预裂增透解吸增透范围达到了6m左右。

参考文献:

- [1]魏国营,门金龙,贾安立,等.基于上覆基岩特征的赵固一矿井田煤层瓦斯富集区的辨识方法[J].煤炭学报,2012,37(8):1315-1319.
- [2]郭林杰,刘健,姜二龙,等.瓦斯压力对煤体爆破应力影响规律试验研究[J].中国安全生产科学技术,2014,10(10):29-34.
- [3]李重情,盛恒,刘健.深孔预裂爆破对含坚硬顶板高瓦斯煤层的综合作用研究[J].中国安全生产科学技术,2015,11(1):71-76.
- [4]魏国营,郭中海,谢伦荣,等.煤巷掘进水力掏槽防治煤与瓦斯突出技术[J].煤炭学报,2007,32(2):172-176.
- [5]韩颖,宋德尚.低渗透煤层高压水射流割缝增透技术试验研究[J].中国安全生产科学技术,2014,10(12):35-39.
- [6]蔡峰,刘泽功.水不耦合装药对深孔预裂爆破应力波能量的影响[J].中国安全生产科学技术,2014,10(8):16-21.
- [7]岳立新,孙可明,郝志勇.超临界CO₂提高煤层渗透性的增透规律研究[J].中国矿业大学学报,2014,43(2):319-324.
- [8]李志强.CO₂预裂爆破增透技术在瓦斯抽采中的应用[J].山西焦煤科技,2014,38(7):30-31,40.

作者简介:王伟(1988-),山东诸城人,助理工程师,硕士研究生,2014年毕业于辽宁工程技术大学,主要从事瓦斯灾害防治方面研究,电子信箱:wangweiyw@163.com.

责任编辑:郑万才 收稿日期:2016-12-06