

# 玉溪煤矿 CO<sub>2</sub>气相压裂强化消突措施在掘进工作面的应用

吴锦旗 李路广

(山西兰花科创玉溪煤矿有限责任公司)

**摘 要:**随着煤炭产量的提升及开采深度的增加,煤与瓦斯突出的危险性越来越严重。玉溪煤矿将二氧化碳气相压裂技术运用在工作面防突措施中,压裂后钻屑指标 K1 值超标 0 次,工作面瓦斯涌出量在一定程度上得到了均化,工作面平均日进尺由压裂前的日进 3.12m 增加至压裂后的日进 5.96m,掘进速度提高了 91%,有效提高了煤巷掘进速度。同时,为进一步更好的服务矿井安全生产,应进一步考察钻孔布置方式、压裂压力等压参数对不同煤质的影响。

**关键词:**二氧化碳;气相压裂;消突措施;掘进工作面;应用

煤炭是我国国民经济发展的主要能源,长期能源消费以煤炭为主。近年来,随着煤炭产量的提升及开采深度的增加,煤与瓦斯突出的危险性越来越严重,逐步成为制约煤矿安全生产的首要难题。2017 年开始,玉溪煤矿将二氧化碳气相压裂技术运用在工作面防突措施中,部分巷道取得了较好的效果,均化了掘进工作面瓦斯涌出量,确保了掘进工作面的安全,同时有效提高了煤巷掘进速度。

## 1 CO<sub>2</sub>气相压裂强化消突措施工作机理

煤与瓦斯突出是在地应力和瓦斯压力的共同作用下,向采掘空间突然涌出大量的煤与瓦斯的动力现象,为杜绝突出事故的发生,应严格执行“两个四位一体”综合防突措施。但掘进工作面掘进前,工作面前方地应力重新分部,时常造成工作面瓦斯涌出异常。CO<sub>2</sub>气相压裂强化消突措施是利用高压管内液态 CO<sub>2</sub>加热后在 20ms-40ms 内迅速转化为气态,其体积瞬间膨胀对煤层做功,压力剧增至设定压力

压裂煤层,产生不规则的裂隙系统,释放前方工作面瓦斯压力及地应力,使前方煤体压力进一步均化,从而达到工作面强化消突的目的。

## 2 试验矿井及工作面特征

玉溪煤矿3#煤层平均约厚5.85m,中细粒条带状结构,以镜煤为主,亮煤次之,含少量暗煤,阶梯状及贝壳状断口,中间夹矸为碳质泥岩,属不易自燃煤层,且煤尘无爆炸危险性,为煤与瓦斯突出矿井。玉溪煤矿区域防突措施采用多种方法相结合,如底板岩巷穿层钻孔、二氧化碳气相压裂,水力造穴、水力冲孔和定向千米钻机顺层长钻孔等,区域防突措施上均取得了较好的效果,但在区域已经消突的煤巷掘进过程中,仍出现掘进速度慢、瓦斯涌出量高的问题。

本次二氧化碳气相压裂强化消突措施在1301首采工作面回风1巷掘进顺槽工作面642.5米处试验。该工作面已利用底板岩巷施工上向穿层钻孔进行区域消突,并经区域措施效果检验其残余瓦斯含量为 $6.67\text{m}^3/\text{t}$ ,反演残余瓦斯为 $0.28\text{MPa}$ ,为无突出危险性。

1301首采工作面回风1巷掘进顺槽布置在3#煤层中,延煤层顶板掘进,巷道为矩形断面,断面宽5000mm,高3800mm。工作面掘进至巷道里程620m处为S9向斜轴部,巷道西侧为东瓦斯抽放巷,1301回风1巷南侧为1301采煤工作面,北侧35m为1301回风2巷,如图1所示。

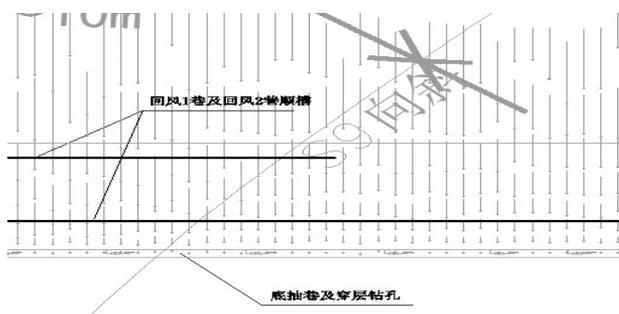


图1 试验巷道回风1巷顺槽位置图

工作面煤体层里清晰,煤体大多坚硬为I、II类镜煤,距顶板0.5m有厚度约为0.1-0.33m的IV、V构煤,煤的坚固性系数为0.6-1.22,掘进过程中容易出现工作面片帮造成瓦斯超限。

## 3 气相压裂工艺及试验方案

在1301回风1巷工作面采用双孔压裂,钻孔开孔位置于巷道中部距离顶板1.8m处,钻孔垂直工作面并平行顶板,孔深60-80m。具体参数见图2所示。

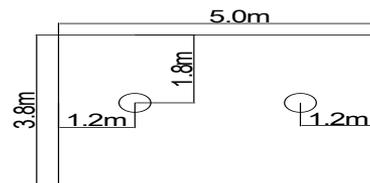


图2 回风1巷气相压裂钻孔布置图

### 3.1 CO<sub>2</sub>气相压裂施工工艺

施工工艺:施工钻孔→验孔及压裂器材检查→压裂器材连接、推进→封孔与打压→压裂→解封、压裂器材拆除→措施效果检验→掘进→防突参数测试和收集

### 3.2 气相压裂相关技术参数

- (1) 钻孔孔径:113mm;
- (2) 钻孔倾角及方位角:沿巷道掘进方向,垂直工作面并平行巷道顶板,钻孔倾角为煤层倾角+1度;
- (3) 钻孔深度:60m-80m;
- (4) 压裂杆直径及长度: $\Phi 72\text{mm}$ ;单根压裂杆1500-2000mm;
- (5) 压裂管数量:20-25根;
- (6) 封孔深度:10m;
- (7) 压力:120MPa-160MPa;

## 4 气相压裂应用效果

在首采工作面回风1巷顺槽掘进工作面累计进行

双孔气相压裂施工6次,共完成335米巷道的掘进。

#### 4.1 回风1顺槽防突指标分析

工作面措施效果检验采用钻屑瓦斯解析指标法,钻屑指标S变化不明显,钻屑指标K1较为明显,实测钻屑指标K1值如图3。由图可知压裂前工作面突出危险性检测K1值超标2次,且多次超过0.4g/ml\*min<sup>1/2</sup>。

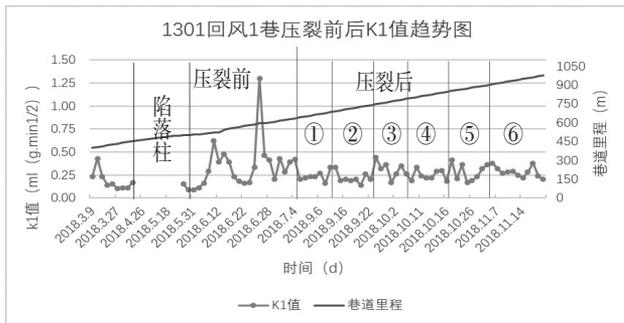


图3 1301回风1巷压裂前后K1值趋势图

实施气相压裂技术后K1值超标0次,且在工作面措施效果检验过程中K1数值较为均匀,基本保持在0.24g/ml\*min<sup>1/2</sup>左右,防突效果明显。

#### 4.2 回风1顺槽瓦斯涌出量分析

工作面瓦斯涌出在风量不变的前提下,采用对比工作面及回风流瓦斯探头曲线变化进行分析。具体如图4所示。

图5可知:压裂后巷道掘进过程中工作面瓦斯

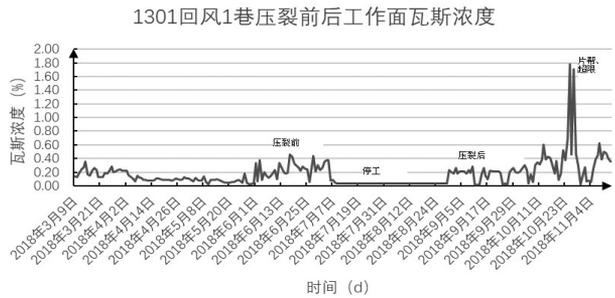


图4 1301回风1巷压裂前后工作面瓦斯浓度

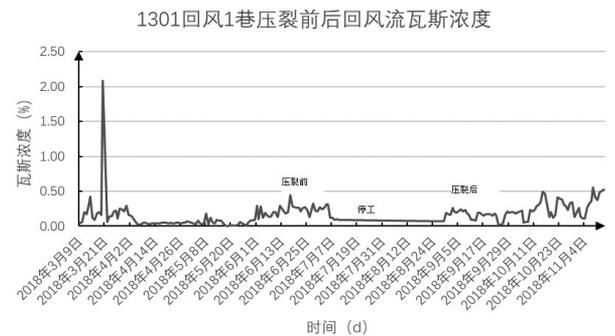


图5 1301回风1巷压裂前后回风流瓦斯浓度

探头变化不明显,期间工作面因迎面片帮造成瓦斯超限两次;回风流瓦斯涌出趋于平稳,瓦斯峰值波动较小,在第1、2、3次压裂后,掘进过程中工作面瓦斯浓度平均保持在0.2%左右;对比后三次压裂掘进期间瓦斯发现瓦斯涌出浮动较大,主要原因是工作面逐渐接近S10背斜,迎面软分层变厚,增加了片帮风险从而增加了工作面落煤量造成瓦(下转第18页)

表1 1301回风1巷压裂前后掘进情况统计

类别	压裂工艺	巷道里程(m)	掘进时间	累计进尺(m)	有效掘进天数(d)	日均进尺(m)	备注
压裂前	无	401-642.5m	3.9-7.5	196.5	64	3.12	排除陷落柱区域
2018年8月开始使用气相压裂技术							
压裂1	60m双孔	642.5-691.5m	8.31-9.9	49	10	4.9	
压裂2	60-66m双孔	691.5-747.5m	9.14-9.22	56	9	6.2	
压裂3	70m双孔	747.5-796.5m	9.27-10.4	49	8	6.13	
压裂4	70m双孔	796.5-852.5m	10.9-10.16	56	8	7	
压裂5	70m双孔	852.5-906m	10.22-10.30	53.5	8	6.69	
压裂6	70m双孔	906-976m	11.5-11.18	70	13	5.38	
合计				333.5	56	5.96	

作面轨道顺槽存在的问题。

(3)对优化后的支护参数进行了安全理论计算与论证,结果表明,新的支护方案是安全且合理的,能更好的为此类地质条件下的巷道支护提供借鉴。

#### 参考文献:

[1]钱鸣高,石平五,许家林. 矿山压力与岩层控制[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2010.  
[2]侯朝炯. 深部巷道围岩控制的关键技术研究[J]. 中

国矿业大学学报,2017,46(5):970-978.

[3]康红普. 我国煤矿巷道锚杆支护技术发展60年及展望[J]. 中国矿业大学学报,2016,45(6):1071-1081.

[4]赵学社. 煤矿高效掘进技术现状与发展趋势[J]. 煤炭科学技术,2007,35(4):5-14.

[5]侯朝炯,勾攀峰. 巷道锚杆支护围岩强度强化机理研究[J]. 岩石力学与工程学报,2000,19(3):342-345.

[6]康红普,王金华. 煤巷锚杆支护理论与成套技术[M]. 北京:煤炭工业出版社,2007.

(上接第21页) 斯涌出量增大,尤其工作面探头更为明显。

#### 4.3 回风1顺槽掘进速度分析

根据表1可知:在使用气相压裂前后,回风1巷顺槽掘进速度明显加快,除去构造影响,队伍影响,工作面平均日进尺由压裂前的日进3.12米增加至压裂后的日进5.96米,掘进速度提高了91%。

#### 5 结论

(1)玉溪煤矿采用二氧化碳气相压裂强化消突措施后,钻屑指标S值变化不明显,K1值变化明显,压裂后K1值超标0次。且在工作面措施效果检验过程中K1数值较为均匀,基本保持在0.24g/ml\*min<sup>1/2</sup>左右,防突效果明显。

(2)玉溪煤矿采用二氧化碳气相压裂强化消突措施后,工作面瓦斯涌出量在一定程度上得到了均化,但不能杜绝工作面瓦斯超限,且会对工作面的落煤量产生影响。

(3)玉溪煤矿采用二氧化碳气相压裂强化消突措施后,工作面平均日进尺由压裂前的日进3.12米增加至压裂后的日进5.96米,掘进速度提高了91%。

综上所述,二氧化碳气相压裂强化消突措施利用高压管内液态CO<sub>2</sub>加热后迅速转化为气态,其体积瞬间膨胀对煤层做功,产生裂隙系统,使前方煤体压力进一步均化,能够达到工作面强化消突的目的。但其消突效果与工作面煤层破坏类型有较为密切的联系,在工作面煤体较为坚硬区域实施效果好于煤体破碎或有软分层区域。此外,将二氧化碳气相压裂强化消突措施运用于工作防突措施,对工作面煤体稳定性有一定影响,应进一步考察钻孔布置方式、压裂压力等压参数对不同煤质的影响,以便更好的服务矿井安全生产。

#### 参考文献:

[1] 王兆丰,孙小明,陆庭侃,韩亚北. 液态CO<sub>2</sub>相变致裂强化瓦斯预抽试验研究[J]. 河南理工大学学报,2015,

[2] 宋显峰. 掘进面迎头CO<sub>2</sub>气相压裂卸压增透技术研究[J]. 现代矿业,2017,

[3] 陈颖辉,白俊杰,申豹刚. 新元煤矿掘进工作面气相压裂效果分析[J]. 煤,2017

[4] 吴锦旗. 液态CO<sub>2</sub>预裂强化预抽消突技术在突出煤层揭煤过程中的应用[J]. 煤炭与化工,2015,