

液态 CO₂ 防灭火技术在矿井火区的应用与分析

Application and analysis of liquid CO₂ fire prevention and extinguishing technology in mine fire area

郭文龙 (山西汾西矿业有限责任公司灵北煤矿, 山西 灵石 031300)

Guo Wenlong (Shanxi Fenxi County Mining Co., Ltd. . Lingbei Coal Mine, Shanxi Lingshi 031300)

摘要: 针对两渡矿突发着火, 根据发火区着火情况和原因分析, 根据液 CO₂ 防灭火技术的原理, 矿井采用集中灌注液 CO₂ 防灭火措施, 有效控制火区的发展, 分析了两渡矿井下防灭火新的技术方法的效果, 为我国碳减排和碳中和的目标开闭新的途径。

关键词: 煤矿井下; 注液 CO₂; 灭火效果分析; 碳减排

Abstract: In view of the sudden fire in Liangdu Coal Mine, according to the fire situation and cause analysis, according to the principle of liquid CO₂ fire prevention and extinguishing technology, in order to control the development of the fire zone effectively, CO₂ injection was used in the mine, and the effect of the new technology was analyzed, opening and closing new ways for China's goal of carbon emission reduction and carbon neutrality.

Key Words: Coal Mine Underground; CO₂ injection; analysis of fire extinguishing effect; carbon emission reduction

1 两渡矿情况及发火区概述

1.1 两渡矿概述

两渡矿位于晋中市灵石县两渡镇境内, 1959 年投产, 生产能力为 120 万 t/a。两渡煤矿井田是由河溪沟井田、崔家沟井田两个井田组成。总体呈“L”形, 面积 84.38 km²。批准开采的煤层为 2 号~11 号煤层, 矿井有序开采 60 多年, 现主要开采 9、10 号煤层。9、10 号煤属于高含硫的动力煤, 煤质差、易自燃, 自燃发火期为 4 个月。在矿井火灾中, 存在自燃煤的燃烧过程按照燃烧状态分为有焰燃烧和无焰发热阶段, 而有焰燃烧前期存在阴燃阶段, 面对采空区条件复杂, 遗煤、可燃物发火难以控制, 使得发现困难、监测难等缺点, 现还没有有效的方法根治自然煤层发火。现开采二采区地质复杂、断层多, 回采推进速度慢; 矿井原采用黄泥灌浆系统和移动式注氮系统, 防灭火效果差; 开采 10 号煤时, 受近距离 9 号煤层开采冒落影响, 10 号煤漏风严重、发火控制难、位置不固定。9、10 号煤开采采空区发火严重、难以预测、来势汹汹, 急需进行有效防灭火措施及设备。

1.2 发火区情况及火源位置分析

1.2.1 发火区情况

2018 年 7 月, 两渡矿井下 10 号煤 21005 工作面多个班组发现 CO 气体超标, 及时进行有效注浆灭火, 效果差。在 24 日晚, 在回风顺槽上余角发现风筒涌出高温烟气, 被迫于 2018 年 6 月 25 日及时施做两道防火密闭

墙, 封闭 21005 工作面回风顺槽和进风顺槽。

1.2.2 发火分析

发火来源分析: 原生火源来自 9 号煤采空区遗煤。由于 9、10 号煤间距 2~3m, 在 21005 工作面遇断层后连通顶板上 9 号煤采空区, 经漏风氧化自热和工作面液压支架挤压生热, 再加上遇断层后工作面组织回采速度缓慢、9、10 号煤属于高含硫的动力煤, 形成火源点。发火程度分析: 火源已经引燃风筒, 已达到明火状态。

2 注液 CO₂ 灭火的原理

CO₂ 气体分子结构稳定, 化学性质不可燃、不爆炸。煤是含有多种无机矿物杂质并被裂隙切割的多孔有机岩石, 是一种天然吸附剂; 煤吸附 CO₂ 气体的能力比其他惰性气体大, 脱附温度高, 能够有效地抑制煤氧化反应, 进而有效地吸附阻化。火区中注入大量 CO₂ 气后, 可以将液态的 CO₂ 迅速转化成气体, 使火区呈现正压状态, 致使新鲜空气难以漏入。液态 CO₂ 含量增加, 氧气含量必然下时, 可完全抑制煤的引燃与复燃。液态 CO₂ 汽化吸收大量的热, 不仅具有对火区气体惰化作用, 而且可以大大降低火区温度; 灭火时具有稀释空气中一定氧, 降低氧气的体积, 抑制燃烧的化学作用, 吸附可燃物表面, 阻止燃烧进行。

液态 CO₂ 灌注系统由井下 CO₂ 惰化灭火装置及井下输送 CO₂ 管路组成。工厂外购的液态 CO₂ 用槽罐车运输到井下 CO₂ 惰化灭火装置附近, 通过 CO₂ 转换器的加热, 液态 CO₂ 转变成气态 CO₂, 再经过调压装置的压力、温

度等控制后经过缓冲装置,然后进入输送管路输送到被处理区域。

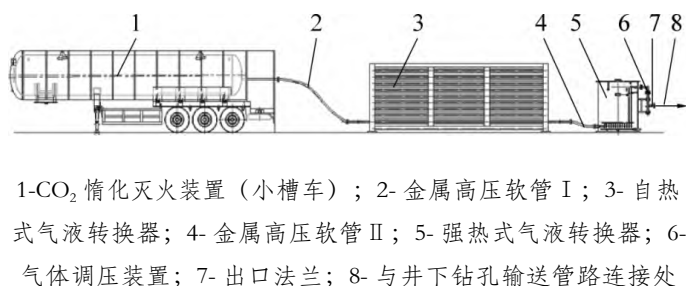


图1 液态CO₂灌注系统

3 灭火方案和实施效果分析

3.1 施工设计

3.1.1 井下钻孔设计

根据火区状况及着火原因、火区位置分析研究,及时增设两道防火密闭墙,封闭火区;利用原井下采空区铺设的注氮花管灌注氮气和CO₂,迅速扑灭10号煤采空区火源;在设置钻机硐室采用KHY-50/38型钻,并配套的外径51mm、内径38mm钻杆,向9号煤采空区快速灌注CO₂。井下钻孔布置在顺槽上余角密闭墙外,沿巷道顶板以30°上仰钻进到9号煤采空区2~5m,共3个钻孔。

3.1.2 灌注液CO₂

井下灌注液CO₂时,液CO₂进入两组气液转换器将液态CO₂时转化成气-液态,钻孔下直径38mm耐低温不锈钢管,管路下至离外套管底部1~2m处,把不锈钢管与液CO₂槽车对接,以0.3~0.5MPa的压力进行释放,注液氮总量为1000m³,直至放完。局部运行的制氮机产生的少量氮气与CO₂同时混合注入10号煤采空区,增加灭火效率。

3.2 灭火效果分析

针对这起发火事件和灌注CO₂,矿井及时监测采空区CO气体浓度和C₂H₄、C₂H₂气体浓度变化,绘制出如下图2、3气体变化图。

由图2、图3可知,采空区内灌注大量液态CO₂后,着火不完全燃烧产生的CO、C₂H₄、C₂H₂气体浓度迅速下降,虽8月中旬火灾标志性气体呈规律性地略上升,但2天后迅速下降到正常数值,下降速度越来越快,并一直维持在较低水平。虽然在15天左右着火区域CO、C₂H₄、C₂H₂体积分数又突然反复上升,但是经过持续的注入液体CO₂,CO、C₂H₄、C₂H₂体积分数又恢复到低水平状态,实现着火区域有效控制灭火的作用。

通过采空区CO等有害气体采集、整理、判断,两渡矿10号煤采空区发火已得到有效治理,经过专家论证并采取防复燃措施后,21005工作面启封恢复生产。用原来移动式注氮灭火和灌黄土泥浆灭火的传统方法灭火至少要用3个月到半年时间才能启封,用液CO₂灭火

一个月就可以启封矿井。

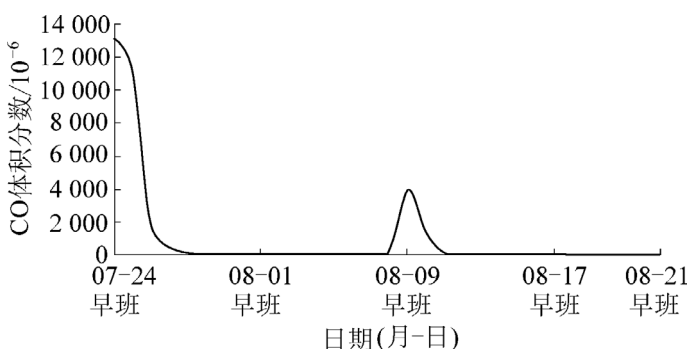


图2 采空区CO气体浓度

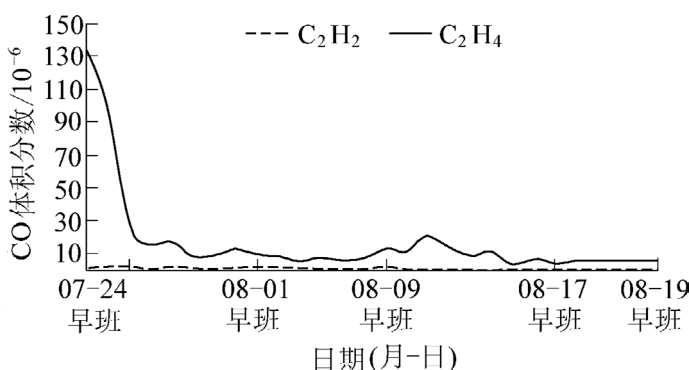


图3 采空区C₂H₄、C₂H₂气体浓度

4 结论

针对两渡矿上覆采空区产生的封闭火区,相较于原来的黄泥灌浆系统和移动式注氮系统,灌注液CO₂具有灭火快,火区降温快,未损坏设备,挽回重大经济损失,节能环保,值得参考和使用。

它可与注氮灭火方法共同使用,液CO₂材料可在周围工厂回收利用,来源广泛,为我国减少碳排放和碳中和开辟新的方向。

参考文献:

- [1] 安世岗,张立辉,秦清河.液氮和液态CO₂防灭火技术在补连塔煤矿的应用[J].煤矿安全,2015:59-62.
- [2] 王少丰,刘伟.矿用液态CO₂压注防灭火技术的研究应用[J].能源技术与管理,2014:57-58.
- [3] 乔宁,李东良.液态CO₂防灭火技术在徐庄矿7139(2)工作面应用[J].能源技术与管理,2012:127-129.
- [4] 刘赛,刘福义,王刚,吴德山,向军文.矿井采空区CO₂防灭火技术发展展望[J].煤炭技术,2014:7-9.
- [5] 解北京,杜玉晶,曾骥.CO₂和ABC干粉灭火剂扑灭火旋风火焰实验对比分析[J].中国安全生产科学技术,2018:33-39.

作者简介:

郭文龙(1984-),男,山西大同人,2007年毕业于山西大同大学,工程师,主要从事井工通风技术管理。