

易自燃综放工作面 快速拆架综合防灭火技术措施应用研究

张良飞,张士钰

(山西焦煤集团有限责任公司 官地矿,太原 030022)

摘 要:针对官地矿易自燃煤层 28417 综放工作面拆除期间易着火情形,分析了造成自燃发火的危险因素,提出一条双通道快速拆架综合防灭火新思路,在官地矿 28417 综放拆架面采用人工-传感器联合监测、均压减漏风双通道快拆、注浆降温、注氮惰化、阻化剂喷洒隔绝等综合防灭火技术措施防治矿井火灾。结果表明:通过综合技术措施的实施,支架后部采空区温度控制在 25℃ 左右,回风流 CO 的体积分数控制在了 10×10^{-6} 以下,拆架时间控制在 40 d 之内,确保了人员设备安全,工作面顺利实现了安全撤架封闭。为类似条件的工作面快速拆架综合防灭火工作积累了实践经验。

关键词:自燃发火;快速拆架;CO;综合防灭火

中图分类号:TD753

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application of Comprehensive Fire Prevention during Support Removal of Spontaneous Combustion Coal Seam

ZHANG Liangfei, ZHANG Shiyu

(Guandi Mine, Shanxi Coking Coal (Group) Co., Ltd., Taiyuan 030022, China)

Abstract: The 28417 fully-mechanized working face of spontaneous combustion coal seam in Guandi Mine is easy to catch fire during support removal. Hence, this article analyzes the risk factors of the spontaneous combustion and proposes a new comprehensive fire prevention with dual-channel rapid support removal. The comprehensive fire prevention technology includes manual-sensor monitoring, dual-channel rapid support-removal with equalizing pressure and reducing air leakage, cooling by grouting, inerting by nitrogen injection, and blocking agent spraying isolation. The results show that, the comprehensive fire prevention could control the temperature at the rear of the support in goaf to about 25℃, CO volume fraction in the return air flow below 10×10^{-6} , and removal time within 40 days to ensure the safety of personnel and equipment and realize the safe support withdrawal, which could provide practical experience for the rapid support removal in the similar mines.

Key words: spontaneous combustion; rapid support removal; CO; comprehensive fire prevention

易自燃煤层防发火一直是学术研究热点,注浆、注氮、均压等技术措施被大量适应性地应用于各个矿井自燃防灭火中。综放工艺由于设备笨大复杂、

前期准备长、顶放部分回采率低等原因,极易着火,且发火点隐蔽性强,存在重大安全隐患^[1-2]。西山煤电官地矿 28417 综放工作面放顶部分 8# 煤层为 II

* 收稿日期:2020-10-29

作者简介:张良飞(1992—),男,山西汾阳人,硕士,工程师,从事矿井通风安全工作,E-mail:435004038@qq.com

通信作者:张士钰(1971—),男,山西汾阳人,硕士,高级工程师,从事采矿技术管理工作,E-mail:sck200502@163.com

类易自燃煤层,遗煤多,且在距停采线 15 m 处为拆除支架而铺网,顶煤冒落在网上不能放出,加上工作面支架及后部溜子上方的煤炭,支架后部采空区存在一条宽 20 m 左右的破碎煤条带,具备持续供氧、热量聚集和足够的氧化时间等条件,极易氧化自燃,给工作面设备安全拆除带来了难题。结合以往拆架方面的经验,官地矿 28417 工作面提出了一条双通道快速拆架综合防灭火新思路,取得了良好效果。

1 工作面概况

官地矿 28417 综放工作面开采 8[#]、9[#] 煤层。其中 8[#] 煤层自燃发火倾向性为Ⅱ类自燃煤层,9[#] 煤层自燃发火倾向性为Ⅲ类不易自燃煤层。工作面盖山厚度 314~425 m,平均厚度 369 m。井下位于中四采区,东部为 28412 工作面采空区,西部为 28416 工作面采空区,上部为 16405、16407、23414、23416、23418 工作面采空区。3[#] 煤与 8[#] 煤层间距约 62.29 m,6[#] 煤与 8[#] 煤层间距约 22.56 m,8[#] 煤与 9[#] 煤层间距约 0.2~2.3 m。工作面采用走向长壁后退式采 9[#] 煤、放 8[#] 煤综采低位放顶煤综合机械化采煤方法。工作面采用副巷进风,正巷回风的“U”型通风系统。工作面设计可采走向长 617 m,采长 200 m。8[#] 煤层平均厚度 3.5 m(可采),9[#] 煤层平均厚度 3.21 m,8[#] 煤与 9[#] 联合开采平均厚度 7.64 m,煤层倾角 3°~20°。煤体偏脆,节理层理发育,易碎。

2 自燃发火危险因素分析

2.1 采空区漏风大具备持续供氧条件

拆架期间,通风系统被破坏,为遗煤自燃提供了充足的氧气。当工作面的支架开始拆除后,架顶煤炭随之冒落,堵塞了原有的通风断面,局部阻力加大,迫使工作面的进风流向采空区深部扩散,增大了工作面采空区后方的漏风宽度;且这部分区域内存在大量浮煤,为自燃提供了充足的物质氧化条件。U 型采煤面本在上下隅角就容易出现空顶区,再加上综放面这部分煤难以放出,被大量遗留在采空区,既为采空区提供了漏风通道,又为遗煤自燃提供了蓄热物质条件^[3-4]。

2.2 拆架时间长具备氧化蓄热时间条件

综放工作面工艺复杂、设备笨重,不仅拆架时间长,前期准备也耗时大,为煤炭自燃发火提供了足够的氧化蓄热时间。

2.3 遗煤多具备蓄热物质条件

由于接近停采线,需要撤架,所以在距停采线

15 m 处不放顶煤而为拆架铺网,这就使得在停采线后方采空区内留有一条宽 15~20 m,长与工作面倾斜长等长的破碎煤条带,再加上支架和后部溜子上方的煤炭,采空区内存在大量浮煤,具有持续供氧、热量聚集和足够的氧化时间等条件,极易氧化自燃^[5-8]。

3 拆架期间综合防灭火技术措施

矿井火灾防治作为一项系统工程,只靠单一的措施远达不到预期防火效果,因此,结合官地矿 28417 工作面实际地质条件,提出了一套人工-传感器联合监测、均压减漏风双通道快拆、注浆降温、注氮惰化和阻化剂喷洒隔绝等方法相结合的综合防灭火技术措施。

3.1 人工-传感器联合监测防灭火

工作面拆架期间,加强束管预测预报工作,建立了 28417 工作面防灭火台账。对 1[#]—38[#] 架、39[#]—135[#] 架拆架工作面回风流以及上隅角的气体定期人工取样化验分析,包括 CH₄、CO₂、CO、气温等,并且加大发火标志性气体取样频率。同时,瓦斯员加强对各种气体检查,每天对每个支架后部采空区的遗煤以及支架前、后部间隙的遗煤进行一次全覆盖的温度、CO 检查和测量,并确保拆架工作面、回风流安设的 CH₄、CO、温度传感器准确无误。

3.2 均压减漏风双通道快拆防灭火

拆架前为了减少采空区漏风,防止煤层氧化自燃,工作面距停采线 15 m 开始停止放顶煤工作,并将上、下隅角的堵漏风砂袋墙缩短为 5 m 一组,且改为双排砂袋留入采空区,进一步减少采空区漏风。在工作面收尾扩循环结束后,在上隅角垛双层砂袋对采空区进行彻底封堵,并用黄泥抹严,减少采空区漏风。图 1 为工作面拆架期间通风系统图。

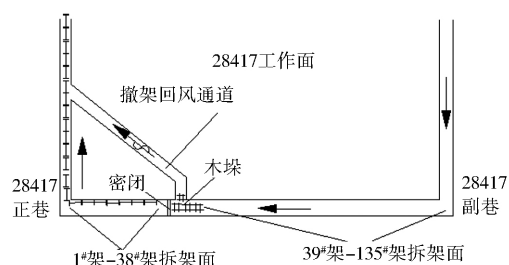


图 1 工作面拆架期间通风系统图

Fig. 1 Ventilation system in support removal of working face

拆架前提前在工作面切眼 60 m 位置,即 40[#] 支架处施工一条回风联络巷,作为正、副巷出架时的回风通道。28417 综放工作面一共有 135 个支架,工作面采用两头同时拆架工艺,1[#]—38[#] 支架经工作

面正巷拆出,39[#]—135[#] 支架经工作面副巷拆出。工作面拆除的第一个支架是 40[#] 支架,然后将 39[#] 支架作为副巷拆架方向木垛架,依次往外进行拆架;将 38[#] 支架拆除后作为正巷拆架方向木垛架,依次往外进行拆架。

工作面拆架期间,在 28417 正巷皮带头,距 28417 正巷小风门 20 m 处安装 2 台功率为 22 kW 的局部通风机,对正巷 1[#]—38[#] 支架拆架工作面的拆架处进行供风;在 28417 副巷,距 28417 副巷口 20 m 处安装 2 台功率为 30 kW 的局部通风机,一旦 39[#]—135[#] 支架拆架工作面顶板垮塌,造成回风通道堵塞,立即启用局部通风机供风进行拆架。

在 28417 工作面 1[#]—38[#] 拆架工作面的支架拆除完毕后,提前在正巷口构筑永久密闭,对 1[#]—38[#] 架拆架工作面及正巷进行永久封闭。而 39[#]—135[#] 架拆架工作面则继续利用全负压通风系统进行供风拆架。拆架结束永久封闭时,采用具有流动性的速凝固化剂代替黄土通过泥浆泵注入双石墙内做为充填材料,提高封闭质量。

工作面采用正、副巷双向拆架作业,加快了工作进度。同时,在拆除 1[#]—38[#] 架时采用局部通风机供风,提高了进风隅角负压,减少了后部采空区漏风,并且在 1[#]—38[#] 架拆除完毕后,提前实施永久密闭,实现了分段提前封闭。拆架期间风量由 1 200 m³/min 降低至 400~500 m³/min,既满足作业要求,又降低了采空区氧化带的含氧量,有效防止后部采空区遗煤自燃发火。

3.3 注浆降温隔绝防灭火

利用采空区注浆,可以润湿煤岩体,增加外在水分,为煤体降温吸热,同时浆液可以充填煤岩体孔裂隙,增大空气流动阻力,进而减少煤与氧气的接触反应面,还使得采空区冒落煤岩快速胶结固化,增加采空区的气密性。因此,在工作面收尾扩循环结束后出支架前,在工作面支架间隙向后部采空区补打注浆钻孔^[9-10]。

开孔位置在工作面支架间隙 9[#] 煤层顶板处,终孔位置在 8[#] 煤层顶板后部支架尾梁后采空区氧化带内。初步先在每两个支架的间隙施工注浆钻孔,共计施工注浆钻孔 135 个,施工后发现若干 CO 涌出点及高温点,故在局部地点施工注浆钻孔,加大注浆量,又施工钻孔 65 个,则共计施工钻孔 200 个。钻孔施工采用 ZDY400 型钻机,钻孔直径 80 mm;封孔管采用 DN40 的钢管,采用聚氨酯进行封孔,封孔深度不低于 6 m。注浆钻孔水平距为 10 m,终孔

垂高 5 m,钻孔水平角垂直于后部采空区,倾角为 27°,深度 12 m。注浆时采用泥浆泵进行注浆,注浆材料为速凝固化剂甲乙料,注浆时与水的质量比例为 1:1.5。注浆时做到每孔都注,注浆量根据实际情况确定,以钻孔注满或泥浆通过裂隙涌出作为停止注浆的依据。图 2 为注浆钻孔示意图。

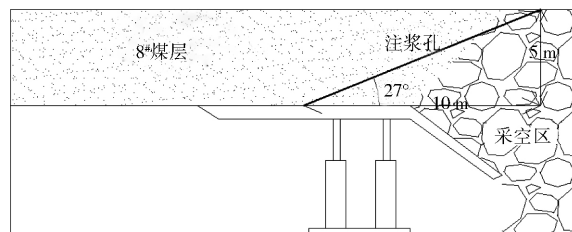


图 2 注浆钻孔示意图

Fig. 2 Schematic diagram of grouting drilling

3.4 注氮惰化采空区防灭火

氮气是一种无毒不可燃惰性气体,采空区注氮可以降低氧气浓度,因此拆架期间,仍使用 28416 副巷联络巷巷道内的两台型号为 DM-1000 型的移动式注氮泵向采空区 24 h 不停注氮。注氮管路从注氮泵站沿 28416 副巷铺设,通过中四区集中皮带巷至 28417 副巷口,之后沿 28417 副巷铺设至工作面机尾端头,埋入下隅角采空区 30 m,并用木垛加以保护,氮气出口处管路采用 1 m 花管,用铁丝网包裹,注氮口距巷道底板高度控制在 1.5 m 以上,向工作面采空区持续不间断地注入体积分数大于 97% 的氮气,注氮流量不低于 870 m³/h。

3.5 阻化剂喷洒隔绝防灭火

利用阻化剂可以增加煤岩体蓄水吸热能力,形成液膜包围煤岩体表面,增加煤岩体化学惰性,提高煤岩体氧化活化能。因此,在工作面回采至扩循环前 30 m 处,利用 28417 副巷控制列车后部设置的移动阻化泵站(阻化泵型号为 BH-160/12.5-G),向工作面全长喷洒阻化剂,充分湿润进入采空区的浮煤。喷洒阻化剂材料为氯化镁,其质量分数由原来的 15% 改为 20%。在拆架过程中每拆除一个支架均对其后部及采空区的浮煤进行一次阻化剂喷洒,以达到最佳阻化防火效果。

4 治理效果分析

图 3 为 28417 及相邻工作面拆架期间的温度变化情况。由图 3 可知,拆架最初 15 d 内,支架后方温度普遍较高,在 50℃ 左右。这是由于拆架初期,后方煤体已暴露一段时间,且进回风隅角漏风大,部分防灭火措施还未执行,所以出现发火蓄热情形。

15 d 之后,温度超过 60 °C,氧化升温减缓,各种防灭火措施也开始发挥作用,温度慢慢下降,自燃现象得到控制。20 d 之后,28417 拆架面温度稳定控制在 25 °C 左右,相比于相邻工作面的 40 °C,表面温度、发火控制良好。

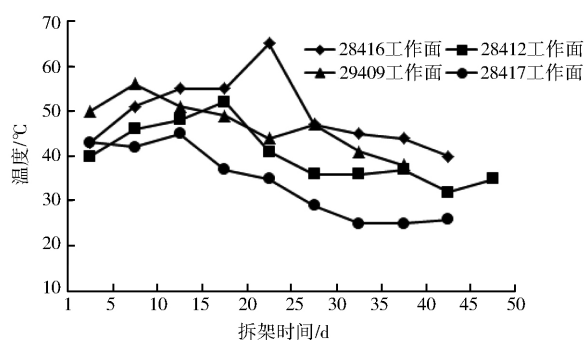


图3 拆架期间温度变化情况图

Fig. 3 Temperature variation during support removal

图4为拆架期间CO的含量随时间变化的情况。从图4中可以看出,与28417相邻的拆架工作面CO的含量皆较高,并且直至拆架结束一直保持在 50×10^{-6} 左右;而28417工作面的CO体积分数最大为 20×10^{-6} ,大部分时间段为 $(8 \sim 9) \times 10^{-6}$,煤体氧化自燃得到控制,确保了工作面拆架安全。

参考文献:

- [1] 赵璇. 官地矿 29406 工作面拆架期间防灭火技术措施[J]. 山西焦煤科技, 2019, 43(9): 34-36, 56.
ZHAO X. Application of fire prevention technology during dismantling support of 29406 working face in Guandi Coal Mine [J]. Shanxi Coking Coal Science & Technology, 2019, 43(9): 34-36, 56.
- [2] 谭辅清. 大倾角综采工作面收作快速拆除技术[J]. 煤矿安全, 2019, 50(4): 95-97, 100.
TAN F Q. Rapid removing technology of fully mechanized mining face with large inclined angle during the period of finishing [J]. Safety in Coal Mines, 2019, 50(4): 95-97, 100.
- [3] 王瑞. 官地矿 28412 工作面拆架期间的防灭火技术措施的应用研究[J]. 山西煤炭, 2017, 37(3): 60-62, 76.
WANG R. Application of fire prevention and control when dismantling in No. 28412 working face of guandi ming [J]. Shanxi Coal, 2017, 37(3): 60-62, 76.
- [4] 张永福, 秦玉金, 魏靖. 综放工作面拆架期间煤层自燃的综合治理[J]. 煤矿安全, 2005(2): 12-13.
- [5] 李腾, 李宗翔, 王继仁, 等. 超长煤巷监测数据背景 CO 筛查及自燃预判研究[J/OL]. 重庆大学学报: 1-9 [2020-10-18]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1044.N.20201016.1440.002.html>.
- [6] 孔庆军, 路庆彬, 吴建宾, 等. 大采高综放工作面停采撤架期间防灭火技术[J]. 矿业安全与环保, 2020, 47(5): 71-76.
SUN Q J, LU Q B, WU J B, et al. Fire prevention and extinguishment technology during the stop-mining and withdrawing in fully mechanized working face with large mining height [J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2020, 47(5): 71-76.
- [7] 李生鑫, 孙珍平, 刘春刚. 基于通风量与推进度的采空区自燃发火数值模拟[J]. 煤矿安全, 2020, 51(9): 196-200.
LI S X, SUN Z P, LIU C G. Numerical simulation of spontaneous combustion in goaf based on ventilation and advancing degree [J]. Safety in Coal Mines, 2020, 51(9): 196-200.
- [8] 曹凯. 复杂环境条件下煤自燃火灾治理技术[J]. 煤矿安全, 2020, 51(9): 85-88.
CAO K. Control technology of coal spontaneous combustion fire in complicated surroundings [J]. Safety in Coal Mines, 2020, 51(9): 85-88.
- [9] 梁涛涛, 王伟. 矿井自燃火灾超前协同防控技术[J]. 煤矿安全, 2020, 51(10): 39-45.
LIANG Y T, WANG W. Advanced cooperative prevention and control technology of mine spontaneous combustion fire disaster [J]. Safety in Coal Mines, 2020, 51(10): 39-45.
- [10] 汤宗情. 煤自燃过程中孔隙演化机制及其对多元气体吸附特性的影响[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2020.

(编辑: 樊 敏)

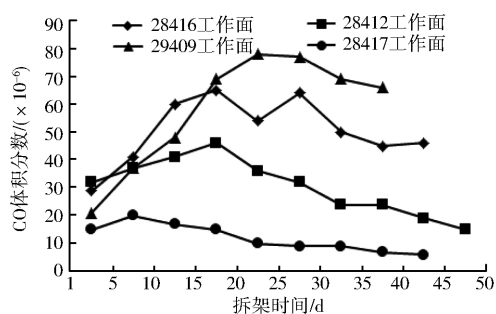


图4 拆架期间CO含量变化情况

Fig. 4 CO volume fraction variation during support removal

5 结论

人工-传感器联合监测防灭火、均压减漏风双通道快拆防灭火、注浆降温隔绝、注氮惰化采空区和阻化剂喷洒隔绝氧气等综合防灭火技术措施的应用,在官地矿 28417 综放拆架面取得了良好的效果。通过上述技术措施的实施,拆架面温度控制在 25 °C 左右,CO 体积分数控制在 10×10^{-6} 以下,工作面在 40 d 内安全顺利地实现拆架封闭工作。该综合技术措施针对性强,实施简单,为同类矿井提供了技术借鉴。