

*

生辉煤业 20106 放顶煤工作面 回撤期间防灭火措施的应用研究

王 瑞

(山西临汾西山能源有限责任公司, 山西 临汾 041099)

摘 要: 生辉煤业 20106 工作面采煤方法为低位放顶煤机械化开采, 而放顶煤工作面遗煤过多易发生自燃, 造成拆架前出现温度异常区域及 CO 异常涌出。同时, 顶板压力大、支架老化等问题使拆架进程缓慢, 难以在规程要求的时限内完成封闭。为保证拆架期间的人机安全, 生辉煤业调整了通风系统, 两巷同时拆架, 并采取注氮、注浆等防灭火措施, 确保了在封闭时限内安全完成拆架工作。

关键词: 自燃; 拆架; 人机安全; 防灭火; 封闭

中图分类号: TD75

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application of Fire Control Measures during Withdrawal of 20106 Top Coal Caving Face in Shenghui Coal Industry

WANG Rui

(Fenxi Energy Co., Ltd., Linfen 041099, China)

Abstract: Lower position top-coal mechanized mining is used on 20106 working face in Shenghui Coal Industry. However, excessive residual coal in the caving face is prone to spontaneous combustion, causing abnormal temperature and CO emission before dismantling. Meanwhile, problems such as high pressure on roof and aging supports slow down the dismantling process and make it difficult to complete the sealing within the required time limit. In order to guarantee human and machine safety during the demolition, Shenghui Coal Industry adjusted the ventilation system. The two roadways were dismantled at the same time and fire control measures, such as nitrogen injection and grouting, were taken to ensure the completion of the dismantling work within the time limit.

Key words: spontaneous combustion; dismantling; human and machine safety; fire prevention; sealing

综放工作面采空区遗留煤容易引起自然发火, 这是综放开采存在的主要问题之一^[1-3]。遗煤自燃会产生大量一氧化碳、二氧化碳气体, 不仅会使人员中毒窒息, 而且还会引发粉尘、瓦斯爆炸, 使灾害进一步扩大。近年来, 因煤炭自燃造成的瓦斯爆炸事

故也有增多的趋势^[4]。在浅埋深条件下, 由于采空区塌陷与地表沟通漏风, 更容易引起自然发火^[5]。综放工作面拆架期间为了防治煤自燃, 国内外目前广泛采用注水、黄泥灌浆、喷洒阻化剂、注入惰性气体等技术^[6]。其中, 注水和注浆是经典有效的防灭

* 收稿日期: 2020-12-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(52074188)

作者简介: 王瑞(1987—), 男, 山西代县人, 硕士, 工程师, 从事矿井通风、防灭火工作, E-mail: 29429855@qq.com

火措施,但由于重力作用,对高位火灾的处理还是存在一定缺陷的。注胶对封堵煤体裂隙、固化煤体都有显著的作用,其材料耐高温,但凝胶反应多数为放热反应,产生的热量在煤氧反应初期对煤炭自燃有促进作用。阻化剂喷洒技术可以在煤体表面形成水膜,阻滞煤氧接触,但理论上来说,该技术仅能隔绝表面煤体的氧化,由于采空区遗煤裂隙发达、不能从根本上对防灭火工作起到实质作用。注入惰性气体可以降低采空区氧气浓度,但易受风流影响,需确定埋管深度及注入量,防止溢入采空区,且该技术成本较高。生辉煤业工作面在拆架前出现了 CO 浓度超限现象,针对工作面实际情况,通过调整通风系统,降低供给风量,结合注水、注浆、喷洒阻化剂的综合防灭火措施,有效防治了采空区遗煤自然发火,确保了拆架工作的安全进行,并在规定时间内完成了封闭工作。

1 工作面概况

生辉煤业开采煤层为 9+10+11# 煤层,煤层赋存稳定,盖山厚度 213~264 m,平均 238 m,倾角 $0^{\circ} \sim 6^{\circ}$,结构复杂,层间含 2~7 层夹石。顶板为石灰岩,底板为泥岩、砂质泥岩、粉砂岩,为井田范围内稳定全区可采煤层。采用低位放顶煤综合机械化采煤方法,一次性采全高。煤层属于 II 类自燃煤层,最短自然发火期 82 天。

20106 工作面开采 9+10+11# 煤层时采取低位放顶煤综合机械化采煤方法,沿底板掘进运输顺槽、回风顺槽和开切眼,工作面走向长 625 m,倾斜长 180 m,工作面煤厚为 6.8 m,工作面采高为 2.5 m,放顶煤 4.3 m,采放比为 1:1.72,绝对瓦斯涌出量 $1.78 \text{ m}^3/\text{min}$,相对瓦斯涌出量为 $1.23 \text{ m}^3/\text{t}$ 。工作面即将回采至停采线附近时,由于地方政策影响停产 27 d,后部采空区发生一氧化碳涌出异常及温度异常区域,且由于顶板压力过大和支架老化,使得拆架过程中安全隐患增大。

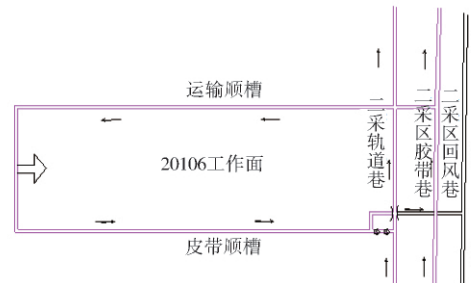
2 拆架工作中的通风安全

2.1 拆架期间的通风系统调整

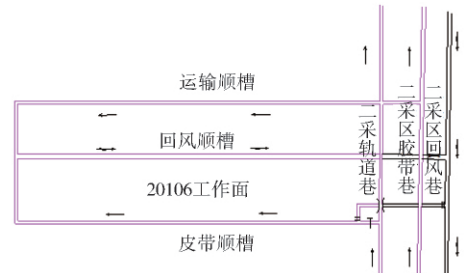
由于扩循环时间过长,顶板压力大,支架老化,导致拆架工作存在很大困难,加之工作面存在自然发火危险,必须尽快完成拆架工作,及时封闭工作面,保证人机安全。因此,基于目前防灭火工作存在的问题,制定了调整通风系统,两巷同时拆架的措施。

采机及运输机拆除过程中,在皮带顺槽安设轨

道,同时用风镐掘进回风联巷至工作面切眼位置,原回风联巷口做密闭,皮带顺槽口及新回风联巷末端做调节,控制系统形成后两巷的风量。通过调节通风系统,使 20106 拆架工作面由运输顺槽进风、皮带顺槽回风的 U 型通风变为两巷进风、回风联巷回风的 Y 型通风。通风系统调整后,两巷均可独立拆架,进而缩短了拆架时间。20106 工作面通风系统调整前后示意图,如图 1 所示。



(a) 20106 工作面调整前通风系统示意图



(b) 20106 工作面调整后通风系统示意图

图 1 20106 工作面通风系统调整前后示意图

Fig. 1 Schematic diagram of ventilation system before and after adjustment on 20106 working face

2.2 拆架期间的风量控制

2.2.1 风量调整

拆架前发现 CO 涌出异常,表明采空区遗煤有自然危险,风量过大会加剧遗煤自燃。因此拆架过程中,在保证人员呼吸安全的情况下须尽量降低风量。拆架开始时将风量由 $860 \text{ m}^3/\text{min}$,降低到两巷风量为 $280 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

2.2.2 人员控制

支架运输及顶板垮落影响通风断面、采空区漏风等都是难以控制的风量损失。考虑到供风富余系数,在供风条件下必须控制拆架空间内的人员数量,每班存在于工作面的各工种人员(包括瓦斯员、安全员、拆架工、打钻工、注浆人员、值班人员等)不得超过 15 人,并由专人在两巷口设置警戒,统计进出人员数量。

2.2.3 风量监测

每班由测风员进行测风,并在两巷设置风速传感器,确保供风稳定,风流新鲜。

2.2.4 其他控风措施

1)工作面上部地表裂隙如图2所示。裂隙与采空区形成漏风通道,加速了采空区的遗煤自燃,须派专人对地表裂隙进行填埋。



图2 工作面上部地表裂隙

Fig. 2 Surface fissures above working face

2)工作面上下端头靠采空区侧进行煤袋墙建设,其厚度要控制在1 m以上,并且要采用黄泥,完成全断面的涂抹。工作面进风隅角处挂挡风帘,既增加风阻,又不会导致隅角处瓦斯超限,尽量减少进风侧新鲜风流进入采空区。

3)为防止拆架时顶板垮落封闭堵塞回风风流,待拆支架前方至煤壁范围内用单体及木垛支护巷道。

4)两巷巷道口安设2X30KW的局部通风机并保证处于待开启状态,风筒延至拆架工作面,防止顶板垮落堵塞通风通道,现场人员清理落煤保证风流通畅。

3 拆架期间的防灭火措施及数据收集

3.1 拆架期间的防灭火措施

1)在两巷措施巷安设制氮机,注氮管路自两端头延伸至采空区25 m,注氮量为800 m³/h,自拆架开始时持续注氮,并配备备用制氮机。

2)在支架架缝及前梁处打钻注浆,架缝处打钻深度10 m,前梁处打钻角度17°,深度15 m(按采煤期间采高及放顶煤量估算采空区上部空洞范围)。注浆施工支架延后拆架3架。每班(8 h)注浆300 m³,注浆应秉承多轮少量的原则,注浆前后均用清水冲洗,防止管路堵塞。注浆过程中浆液在缺氧环境下与高温煤体接触极易生成水煤气,瞬间释放大量的CO,故在此期间应加强CO监测工作,防止造成人员伤害。

3)在拆架期间,发现部分支架后方有热异常区域,必须提前拆除该位置支架,支架空间用单体及木垛支护,以便于固定位置煤体的散热。对该特定区域的煤体进行表面洒水,内部注浆的方法,及时控制温度异常区的温度,防止煤体自热或自燃进一步蔓延。

4)回风巷口安设CH₄、CO、烟雾、氧气、风速、温

度传感器,数据实时传输至地面监控机房。监控数据与人员实测数据差别大于10%时,及时调校设备,保证数据的真实性。注浆材料及监控设备需满足20%备用量直至工程结束,以防止材料设备因不可抗力引发的短缺而影响工程进度。20106拆架工作面防灭火措施示意图如图3所示。

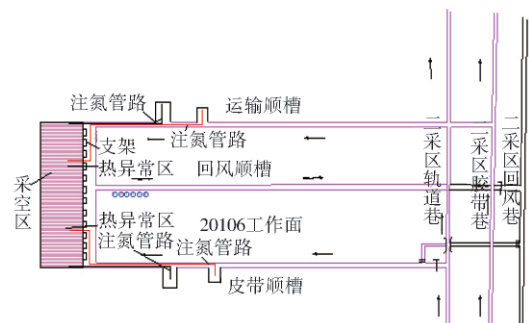


图3 20106拆架工作面综合防灭火示意图

Fig. 3 Comprehensive fire prevention during dismantling of 20106 working face

3.2 拆架期间的数据收集

由瓦斯员、测风员完成拆架区域内的数据采集工作,使用红外热成像仪(某日热成像如图4和表1所示)完成拆架区域内煤体的温度测量工作,使用CO便携仪及CO传感器对拆架空间内的CO浓度进行测量。每班测定2次,原始数据存档,最大数值及位置上报,数据分析使用每日最大值(便携设备与监控设备对比的最大值)。

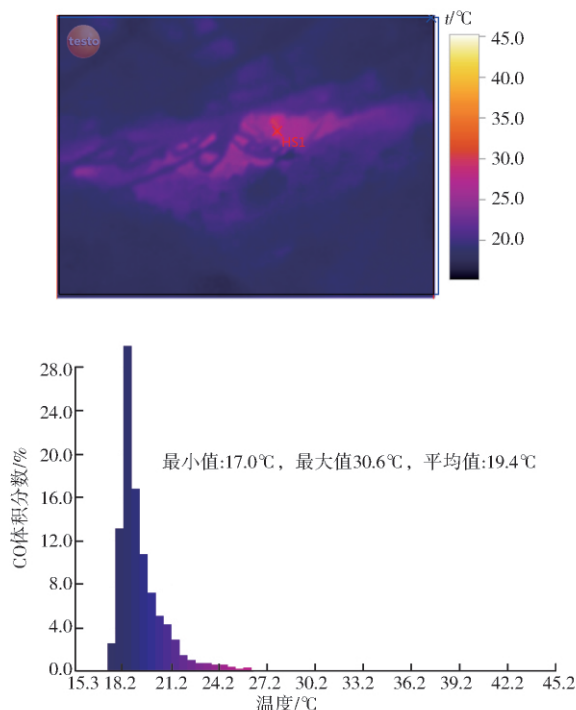


图4 某日90#支架后方底部温度

Fig. 4 Temperatures at the bottom behind No. 90 support on one day

表 1 某日 90# 支架后方底部热成像温度数据
Table1 Thermal imaging temperature data
at the bottom behind No. 90 support on one day

架数	高低温点	温度 / $^{\circ}\text{C}$	辐射率	反射温度 / $^{\circ}\text{C}$	平均温度 / $^{\circ}\text{C}$
90# 支架 后方底部	CS1	17.0	1.00	20.0	19.4
	HS1	30.6	1.00	20.0	

4 数据整理与效果分析

数据采集过程中未发现烯烃、炔烃气体,表明在执行综合防灭火措施后采空区范围内无明火生成,证明防灭火工作遏制了火情的发展。

由于采空区遗煤自燃治理是隐蔽工程,温度及 CO 数据变化在一定程度上反映出防灭火措施的执行效果。通过执行上述防灭火措施 28 d,20106 工作面顺利完成了拆架工作,每日温度及 CO 体积分数的变化趋势如图 5 所示。

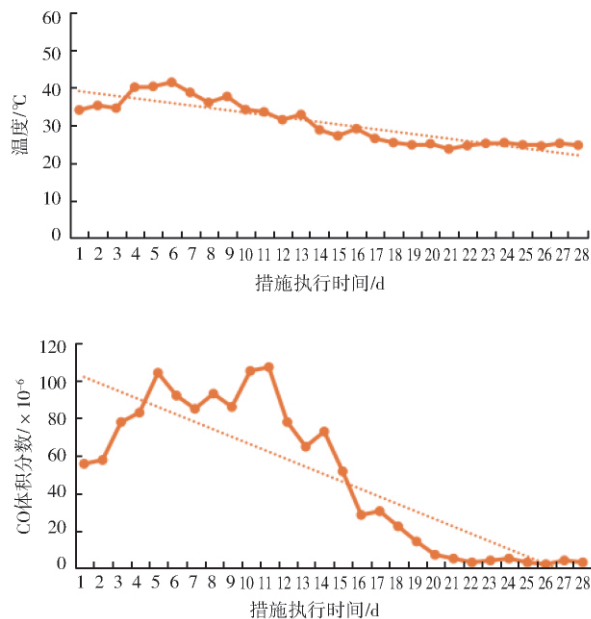


图 5 温度-时间变化曲线和 CO 体积分数-时间变化曲线

Fig. 5 Temperature-time curve and CO volume fraction-time curve

通过图 5 可以看出,煤体表面温度呈先上升后下降的趋势。采空区煤体裂隙发达,空间范围广泛,注氮在煤氧反应初期不能有效遏制遗煤自燃,但随着防灭火措施的持续进行,氮气的注入降低了采空区的氧气浓度,阻滞了煤氧反应,使煤体的温度降低,直至拆架范围内的煤体表面温度降低到 25°C 以内。回风流内的 CO 体积分数也呈现出先上升后下降的趋势。一方面,防灭火措施执行初期未达到有效位置,使煤氧反应加剧;另一方面,浆液与高温煤体在缺氧条件下接触会生成水煤气使 CO 体积分数升高^[7],但随着防灭火措施的有效执行,煤氧反应得到控制,CO 体积分数呈下降趋势。在防灭火工程实践中,由于数据采集的局限性,指标气体(CO 体积分数)变化总是比温度变化灵敏,采空区裂隙发达高温煤体不一定能够捕捉到,而煤氧反应初期就有 CO 生成,所以图 5 的曲线显示 CO 体积分数在温度下降之后下降,直至降至 6×10^{-6} 以下。

拆架工作后期,回风流 CO 含量、煤体表面温度都达到安全值,防灭火工作取得了极好的效果,使 20106 工作面在规程规定的时限内完成了永久性封闭。

5 结论

通过调整通风系统,使单巷拆架变为双巷拆架,促使拆架时间大大缩短,及时拆除设备的同时也为工作面及时封闭争取了时间。两巷同时拆架,既可以比较拆架速度增强劳动积极性,也可以通过对比拆架空间内的温度、CO 含量来衡量防灭火措施执行效果。通过注浆-注氮联合防治、人员-设备联合监控的综合防灭火措施,使得拆架空间内的温度、CO 含量控制在安全水平内,并保证拆架过程中的人员、设备安全,对类似条件的矿井有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 程卫民,张孝强,王刚,等.综放采空区瓦斯与遗煤自燃耦合灾害危险区域重建技术[J].煤炭学报,2016,41(3):662-671
CHENG W M, ZHANG X Q, WANG G, et al. Reconstruction technology of gas and coal spontaneous combustion coupled hazard in fully mechanized caving goaf[J]. Journal of China Coal Society, 2016, 41(3): 662-671.
- [2] 康健婷,王俊峰,邬剑明,等.浅埋深 L 型综放工作面采空区自燃防治技术研究[J].煤炭科学技术,2018,46(4):129-134.
KANG J T, WANG J F, WU J M, et al. Study on goaf spontaneous combustion prevention and control technology of L type fully-mechanized top coal caving mining face in shallow depth seam[J]. Coal Science and Technology, 2018, 46(4): 129-134.
- [3] 张春,题正义,李宗翔.综放采空区遗煤自燃的三维数值模拟研究[J].中国安全科学学报,2013,23(5):15-21.
ZHANG C, TI Z Y, LI Z X. Three-dimension numerical simulation of residual coal spontaneous combustion in goaf in fully mechanized caving face[J]. China Safety Science Journal, 2013, 23(5): 15-21.
- [4] 丁百川.我国煤矿主要灾害事故特点及防治对策[J].煤炭科学技术,2017,45(5):109-114.
DING B C. Features and prevention countermeasures of major disasters occurred in China coal mine[J]. Coal Science and Technology, 2017, 45(5): 109-114.

- [5] 孟璋,李正东,王新旺.浅埋深易燃特厚煤层综放工作面火灾综合防治技术应用[J].矿业安全与环保,2008(5):53-55.
- [6] 褚廷湘,余明高,王少坤.高温煤体注气降温及自然抑制实验研究[J].中国安全科学学报,2016,26(3):64-70.
CHU T X, YU M G, WANG S K. Experimental study on cooling high temperature coal and inhibiting its spontaneous combustion under injected inert gas[J]. China Safety Science Journal, 2016, 26(3): 64-70.
- [7] 王瑞,邬剑明,吴玉国.永红火区燃烧动力系统的研究及治理措施[J].煤矿安全,2014,45(2):108-110.
WANG R, WU J M. Study on combustion dynamical system and appropriate control measures in Yonghong Fire Area[J]. Safety in Coal Mines, 2014, 45(2): 108-110.

(编辑:安娜)