

老石旦煤矿 031601 工作面自然发火 的原因分析与灭火实践

周连春¹, 王 滨²

(1. 神华乌海能源有限责任公司 老石旦煤矿, 内蒙古 乌海 016033; 2. 中煤科工集团 工程科技有限公司, 北京 100013)

摘 要:针对老石旦煤矿采空区自燃的事实,认真分析了老石旦煤矿 031601 工作面自然发火的原因,并且根据实际情况采取了井下注液氮、利用井下移动制氮机和地面制氮机向火区注氮气,并在地面填堵采空区上覆地表裂缝等综合防灭火措施,收到了良好的防灭火效果,保证了矿井的安全生产。

关键词:采空区遗煤;自然发火;防灭火;老石旦煤矿

中图分类号:TD752.2

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2016)01-0044-04

Cause Analysis of Spontaneous Combustion of 031601 Working Face in Laoshidan Coal Mine and Extinguishing Practice

ZHOU Lianchun¹, WANG Bin²

(1. Laoshidan Coal Mine, Shenhua Wuhai Energy Co. Ltd, Wuhai, Inner Mongolia 016033, China;

2. Coal Engineering and Trading Co. Ltd, China Coal Technology and Engineering Group, Beijing 100013, China)

Abstract: In view of the goaf spontaneous combustion in Loshidan coal mine, this paper made a deep analysis of the causes for the spontaneous combustion of 031601 working face. According to actual situations, comprehensive measures were taken to prevent and extinguish the combustion such as downhole injection of liquid nitrogen, injection to the fire zone of nitrogen produced by underground mobile nitrogen machine and ground nitrogen machine, and overlying ground cracks in goaf areas. It has been proved that such measures have good fire preventing and extinguishing effects and can guarantee the safety production of mines.

Key words: residual coal in goaf; spontaneous combustion; fire control; Laoshidan coal mine

二十世纪八、九十年代,我国内蒙古自治区阿拉善神宁集团乌兰矿曾发生过数次矿井火灾,火灾致因一度被怀疑是某种硫化物所为,但并没有对其进行深入的研究。随着石油化工行业油气罐在运输、储运过程中发生火灾事故致因研究的不断探索,国内外许多专家学者对 FeS 的自燃特性进行了深入研究,有的学者认为 FeS 自燃过程中如没有其他可燃物支持,将产生白色的 SO₂ 气体,常被误认为水蒸汽,伴有刺激性气味,同时放出大量的热。当周围有其他可燃物存在时,会冒出浓烟,并引发火灾和爆炸^[1]。这些研究为 FeS 自燃引发高硫煤煤矿火灾事故提供了理论基础和事实依据。2015 年 4 月,内蒙古乌海市神华乌海能源公司老石旦煤矿发生了井下火灾事故,事故发生后,采用综合防灭火方法对其进行了治理,在火灾事故处治结束后对事故致因进行了分析,在事发前的 CO 监测中,没有测试出 CO,甚至在矿井下产生“烟气”的时候,监测到的 CO 浓度值仍然为 0,这与常规的矿井火灾致因理论不符,很有可能是其他原因引起的矿井火灾,因此非

收稿日期:2015-08-17

基金项目:内蒙古自治区科技创新引导奖励资金项目(REPORT-52685114930)

作者简介:周连春(1972—),男,河南鹤壁人,高级工程师,主要从事煤矿“一通三防”技术管理和研究工作。

E-mail:zlc200802116@163.com

常有必要对老石旦煤矿火灾致因进行深入的研究,并探讨相应的防灭火措施。

1 矿井概况

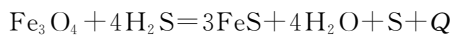
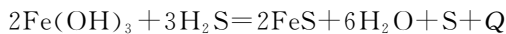
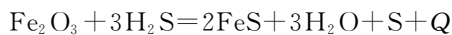
老石旦煤矿位于内蒙古自治区乌海市,核定生产能力 150 万 t/a,矿井防灭火系统以注氮防灭火为主、喷洒阻化剂为辅,并安装了束管监测系统,对易发火地点实时监测预报。2014 年 6 月该矿 12[#]、16[#] 煤层自燃倾向等级鉴定结果均为 II 类自燃煤层;最短自然发火期分别为 12[#] 煤层 59 天,16[#] 煤层 63 天。老石旦煤矿 031601 工作面位于北三井口东北侧,16[#] 煤露头北西 700 m。工作面开采煤层为 16[#] 煤层,为高硫煤,硫含量超过 2%,煤层厚度 8.5 m,走向长 1 370 m,倾斜长 280 m,煤层倾角 5°~30°,煤层赋存较稳定。采煤方法采用走向长壁式全部垮落法综采放顶煤开采。工作面通风方式为 U 型布置,031601 运输顺槽进风,风量为 642 m³/min,031601 回风顺槽回风,风量为 662 m³/min;2014 年 8 月矿井瓦斯等级鉴定为瓦斯矿井,031601 工作面最大绝对瓦斯涌出量为 1.19 m³/min;矿井瓦斯绝对涌出量为 5.49 m³/min,相对涌出量 2.07 m³/t。

2 火灾事故致因分析

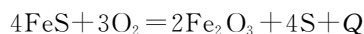
2015 年 4 月 16 日 10:35 分,老石旦煤矿 031601 回风顺槽出现烟气,经检测烟气中 CO 浓度 0.000 4%、CO₂ 浓度 1.3%、O₂ 浓度 18.7%、CH₄ 浓度 0.06%;到 11:30 分,上隅角 CH₄ 浓度为 0.1%,CO 浓度为 0.001 2%、CO₂ 浓度 1.4%、O₂ 浓度 18.1%(由于老石旦煤矿将 CO 作为煤炭自燃标志性气体,所以重点观测 CO 浓度变化情况)。调度值班员立即汇报矿领导,并启动应急预案,通知井下各作业地点撤人、停电。11:48 向公司生产指挥中心汇报。公司领导及相关部室领导专家立即来矿,根据井下现场探查综合分析,决定先封闭该工作面,并进一步采取注气氮、液氮措施进行处理。井下火灾致因分析如下:

1) 矿方对上覆 12[#] 和 9[#] 煤层采空区密闭长期观测,以及事故后对 12[#] 和 9[#] 煤层采空区密闭取样分析均未发现 CO,也未发现邻近采空区 CO 等有害气体侵入 031601 工作面,因此可以排除上覆 12[#] 和 9[#] 煤层采空区自然发火因素。另外 031601 工作面自开采至今,通过束管分析、安全监控系统监测、人工取样分析、人工检测等方法,均未发现工作面采空区、上隅角、回风流出现 CO 及煤的自燃标志性气体。031601 工作面从出现烟气后,CO 气体浓度从初始 0.000 4% 经过 13 h 迅速上升至 0.1% 以上,同时伴随 C₂H₄、C₂H₂ 气体出现,C₂H₄ 气体最大浓度 0.012 2%,C₂H₂ 气体最大浓度 0.052 5%,这些数据不符合煤的自然发火基本规律,所以采空区遗煤自然发火因素可能性不是很大。

2) 老石旦煤矿 031601 工作面开采的 16[#] 煤层为高硫煤,其中 16-1[#] 煤层含硫量 2.94%,16-3[#] 煤层含硫量 1.72%,16-4[#] 煤层含硫量 1.62%。在无氧条件下,工作面回风顺槽遗留的金属棚、金属网等金属物品受水长期侵蚀作用与煤中硫化物结合易形成 FeS^[2-3],并放出热量(Q),其化学反应式为:



根据工作面采空区束管监测数据,回风侧“氧化带”最大宽度约 20 m,且采空区一直采取连续注氮方式,采空区“氧化带”进而缩短;硫化亚铁具有较高的自然氧化活性,极易与空气中的氧气迅速反应快速燃烧^[4]。4 月 15 日,阿拉善左旗发生 5.8 级地震,老石旦煤矿震感明显,031601 工作面对应地表生成多个新的裂缝,最大裂缝的宽度 0.5 m,受采动和地震诱导因素影响,地面与本煤层采空区通过裂隙形成漏风通道,使采空区形成的 FeS 具备了燃烧的条件^[4],其化学方程式为:



由于 FeS 遇氧燃烧进而引燃了周边浮煤或高分子材料,导致 031601 工作面火灾事故。

3 老石旦煤矿防灭火工程实践

1) 封闭工作面

为了防止火灾事故蔓延,威胁全矿井的安全,首先封闭 031601 工作面,即在 031601 运输顺槽皮带机尾

处和 031601 回风防火墙处各施工一道防火密闭。4 月 17 日 11:47 分 031601 运输顺槽密闭和回风防火墙处施工的密闭开始同时封闭,12:50 分上下顺槽密闭同时封闭完毕;4 月 18 日,决定在 031601 回风顺槽原密闭前 7 m 处施工第二道防火密闭,4 月 19 日 18:00 密闭施工及喷浆工作完成,密闭施工位置示意图如图 1 所示。通风队在 031601 运输顺槽安排专职瓦检员检查气体情况,每隔 30 min 汇报一次气体情况;031601 回风顺槽由救护队负责检查气体情况,每隔 20 min 汇报一次气体情况;监控中心做好气体监测及分析工作,每 1 h 做一次 031601 上隅角气体分析,及时上报应急指挥部。

2) 注液氮防灭火^[5-8]

2015 年 4 月 17 日矿方在神华宁煤集团灵新矿专业技术人员指导下开始注液氮工作,计划从 031601 回风顺槽密闭处注液氮。老石旦煤矿用卡车从神华宁煤集团拉来 25 t 液氮,交替向两个注液氮罐中注液氮(每个液氮罐能够装 1 t 液氮),然后利用 16# 进风斜井向 031601 回风顺槽运送液氮,最后液氮罐到达 031601 回风顺槽后开始向防火密闭中注液氮,4 月 19 日 20:38 分开始注液氮,4 月 22 日 19:35 分结束,共注液氮 25 t,气化氮气 20 000 m³。注液氮具体步骤及注意事项为:①如图 2 所示,将装注液氮罐的平板车放平稳,固定好防止下滑和移动;②将注液氮软管 5 与注浆管 2 连接好并打开注浆管上的阀门 4,然后将注液氮软管 5 与注液氮管连接并打开注液氮管上阀门 3 开始向防火密闭 1 中注液氮;③现场施工人员必须密切观察压力表 6 的变化情况,当压力表 6 显示的值低于 0.01 MPa 时应立即停止注液氮工作,去掉注液氮软管 5,将注液氮罐提升上井,再开始注另一罐液氮,如此往复不停地向防火密闭内注液氮,以达到防灭火的效果。

3) 利用井下移动制氮机进行注氮防灭火

老石旦煤矿平时利用井下制氮机向 031601 采空区注氮气进行防灭火,此时利用井下制氮机从 031601 运输顺槽密闭处连续不断向火区注氮气进行火区惰化,截止 5 月 6 日,共注氮气 26.261 6 万 m³。

4) 地面制氮机进行注氮防灭火

从技改主运输巷的地面工业广场安装注氮机,注氮设备采用地面 DM 型移动式膜分离制氮机(北京瑞赛长城航空测量技术有限公司生产),本机采用了世界制氮领域的最新技术——中空纤维膜分离注氮技术,主要用于煤矿防灭火。该机注氮压力高,压力损失小,可满足高氮气压力需求的用户。适合远距离输送,并可移动。主要技术指标:氮气产量 1 000 Nm³/h,氮气纯度 ≥ 97%,O₂ 含量 ≤ 3%,氮气出口压力 ≥ 0.8 MPa(可调)。氮气是一种无色无味的惰性气体,不能支持人的生命,同时是一种窒息气体,含 85% 以上的氮气在短时间内导致人体窒息死亡。因此操作此设备的条件是通风良好,要求管路密闭严,严禁任何人员进入布氮区域。连接注氮管路 1 500 m(管路型号为 133 mm)至技改主运输巷 1 200 m 处。4 月 17 日由专业打钻队伍计划从技改主运输巷 1 200 m 及以里位置向 031601 采空区及回风顺槽施工钻孔注氮气进行防灭火工作。4 月 18 日 14 时开始打钻至 24 日 21:30 结束,共施工 6 个钻孔,共计 447 m,其中 1# 孔 77 m,2# 孔 78 m,3# 孔 75 m,4# 孔 74 m,5# 孔 70 m,6# 孔 73 m,另外 1#、2#、3# 孔下套管成功,钻孔示意图如图 1 所示。从 4 月 25 日 12:30 分开始注氮气,共注氮气 6.667 9 万 m³。

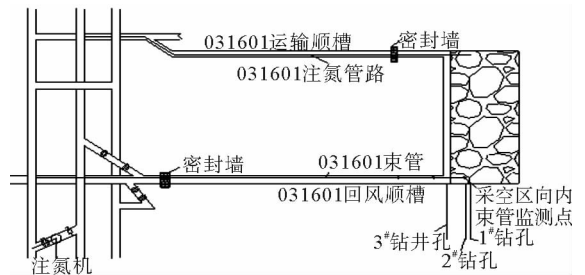
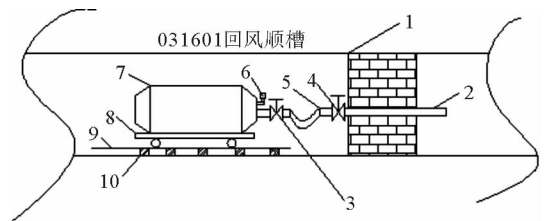


图 1 031601 工作面封闭及钻孔注氮示意图

Fig. 1 Sealing, drilling and nitrogen injection of 031601 working face



1—防火密闭;2—注浆管;3—阀门;4—阀门;5—注液氮软管;
6—压力表;7—注液氮罐;8—平板车;9—轨道;10—枕木

图 2 031601 回风顺槽注液氮示意图

Fig. 2 Schematic diagram of liquid nitrogen injection of 031601 groove

5) 地面填堵地表裂缝

老石旦煤矿 031601 采空区发生火灾后矿方安排专人到采空区对应地表观察后发现,由于地震原因新出现了 10 条裂缝,裂缝最长达到 130 m 左右,裂缝最宽有 500 mm 左右,为了防止地表大气继续从裂缝进入采空区引发次生灾害,矿上决定填堵上述裂缝,截至 4 月 19 日共填堵裂缝 10 条,用沙子 15 t,有效地填堵了大气导入采空区的通道,防止大气通过裂缝进入井下采空区。

4 综合防灭火效果分析

从老石旦煤矿 031601 采空区着火以来,矿方积极采取封闭工作面、在井下对采空区注液氮、利用井下移动制氮机和地面制氮机向封闭火区注氮气、在地面填堵采空区上覆地表裂缝等综合防灭火安全技术措施对火区进行了处治^[9],通过表 1 监测结果可以看出,采取综合防灭火措施后 031601 封闭火区内的 O₂ 浓度从原来的 17.938 2% 降到 2.608 5%,CO 浓度从原来的 0.054 4% 降低到目前的 0,收到了良好的防灭火效果,也为下一步火区启封创造了良好的条件,保证了矿井的安全生产^[10]。

5 结论

1) 对老石旦煤矿井下火灾事故调查分析,提出 FeS 自燃进而引燃了周边浮煤或高分子材料,导致 031601 工作面火灾事故的推断。

2) 采取封闭工作面、在井下对采空区注液氮、利用井下移动制氮机和地面制氮机向封闭火区注氮气、在地面填堵采空区上覆地表裂缝等综合防灭火安全技术措施对火区进行处治,有效抑制了火区扩展。

3) 采取综合防灭火措施后,031601 封闭火区内的 O₂ 浓度从原来的 17.938 2% 降低到 2.608 5%,CO 浓度从原来的 0.054 4% 降低到 0,收到了良好的防灭火效果。

参考文献:

[1] 刘静云. 硫化亚铁的产生及自燃预防[J]. 化学工程与装备, 2009, 23(8): 73-75.
LIU Jingyun. The formation of ferrous sulfide and the prevention of spontaneous combustion[J]. Chemical Engineering & Equipment, 2009, 23(8): 73-75.

[2] 岑可法, 姚强, 骆仲泱, 等. 燃烧理论与污染控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004: 3-23.

[3] 叶威, 张振华, 李萍, 等. 硫化亚铁绝热氧化反应的影响因素研究[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2003, 20(1): 19-21.
YE Wei, ZHANG Zhenhua, LI Ping, et al. The influence factors of ferrous sulfide adiabatic oxidation reaction[J]. Petroleum & Chemical Corrosion and Protection, 2003, 20(1): 19-21.

[4] 张振华, 陈世醒, 李萍, 等. 油品储罐中硫化亚铁自然氧化倾向性[J]. 石油化工高等学校学报, 2004, 17(3): 27-29.
ZHANG Zhenhua, CHEN Shixing, LI Ping, et al. Natural oxidation tendency of ferrous sulfide in oil tank[J]. Journal of Petrochemical Universities, 2004, 17(3): 27-29.

[5] 常鸿, 周连春, 王雪芹, 等. 采煤工作面回撤期间有害气体超限的防治措施[J]. 煤矿机电, 2011(3): 96-98.
CHANG Hong, ZHOU Lianchun, WANG Xueqin, et al. Prevention measures of harmful gas excess the withdraw of coalface [J]. Colliery Mechanical & Electrical Technology, 2011(3): 96-98.

[6] 王慧欣. 硫化亚铁自燃特性的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006: 42-53.

表 1 031601 采空区束管监测部分气体浓度变化表

Tab. 1 Change of partial gas concentration in the beam tube monitored at 031601goaf

监测日期	气体浓度(体积分数)/%	
	O ₂	CO
2015-04-17	17.938 0	0.054 4
2015-04-18	14.032 0	0.042 8
2015-04-22	2.816 3	0.009 7
2015-04-23	1.897 9	0
2015-04-27	3.859 6	0
2015-04-28	3.200 4	0
2015-04-29	3.739 9	0
2015-04-30	3.588 7	0
2015-05-01	1.999 8	0
2015-05-02	4.121 1	0
2015-05-03	2.531 6	0
2015-05-04	2.926 1	0
2015-05-05	2.608 5	0