

高位钻孔采空区瓦斯抽采与洒浆防灭火技术实践

刘云峰 张巨峰 谢亚东 赵之铭 冯青琦 党 军 杨维泰

(靖远煤业集团有限责任公司 魏家地煤矿,甘肃 白银 730913)

摘 要:以魏家地煤矿 2103 综放工作面采空区为研究对象,对顶板走向高位钻孔采空区瓦斯抽采与洒浆防灭火技术进行了研究。结果表明,顶板走向高位钻孔可以取代顶板巷对采空区瓦斯进行抽采,同时,采空区有自燃迹象时,高位钻孔可以兼作洒浆孔,高位钻孔未洒浆时,采空区 CO 涌入回风巷的最高体积分数为 0.003 6%,洒浆后,CO 体积分数降到 0.000 5% 以下,实现了采空区防灭火。高位走向钻孔在易自燃煤层中进行采空区瓦斯抽采与洒浆防灭火一体化应用具有广阔的应用前景。

关键词:高位钻孔;采空区;洒浆;防灭火;瓦斯抽采

中图分类号:TD712;TD75 文献标志码:A 文章编号:0253-2336(2013)04-0053-04

Integrated Application of High Level Borehole Gas Drainage and Grout Spraying Fire Prevention and Control in Goaf

LIU Yun-feng, ZHANG Ju-feng, XIE Ya-dong, ZHAO Zhi-ming, FENG Qing-qi, DANG Jun, YANG Wei-tai

(Weijiadi Mine Jingyuan Coal Industry Group Corporation Ltd., Baiyin 730913, China)

Abstract: Take the goaf of No. 2103 fully mechanized top coal caving mining face in Weijiadi Mine as a study object, a study was conducted on the gas drainage with high level boreholes along the roof strike in goaf and the grout spraying fire prevention and control. The results showed that the high level boreholes along roof strike could replace the roof gateway for the gas drainage in goaf. Meanwhile, when an indication of spontaneous combustion occurred in goaf, the high level boreholes could be applied to be a grout spraying borehole. Before the high level borehole applied for the grout spraying, the max volume fraction of CO in goaf released to the air retuning gateway was 0.003 6%. After the grout spraying completed, the volume fraction of CO was reduced below 0.000 5% and the fire prevention and control in goaf was realized. The integrated application of gas drainage and the grout spraying fire prevention and control with the high level borehole along the strike conducted in the spontaneous combustion seam would have the good applied prospect.

Key words: high level borehole; goaf; grout spraying; fire prevention and control; gas drainage

0 引 言

我国煤炭地质条件复杂、灾害严重、煤炭安全生产形势非常严峻,瓦斯灾害、火灾时有发生,煤矿百万吨死亡率远高出世界平均水平^[1]。“十一五”期间,全国大中型煤矿中,高瓦斯矿井占 25%,突出矿井占 20%,55% 的矿井具有自燃倾向,有 50% 以上的矿井发火期在 3 个月以内^[2],每年因自燃发生的火灾达 400 次,随着开采深度的继续加大,机械化程度的不断提高,开采强度的继续增强,瓦斯涌出量还会进一步加大,因自燃引起的火灾发生率也会随之升高,矿井灾害的治理难度会继续加大,因此,进行

瓦斯治理和防灭火技术手段和装备一体化研究对煤矿灾害防治尤为重要。国内学者对煤矿瓦斯治理和防灭火技术进行过大量深入的研究^[3-9],取得了可喜的成绩,“十一五”期间,煤矿瓦斯灾害和火灾防治取得了显著效果,煤矿百万吨死亡率降到 0.8 以下^[10]。但是,将瓦斯抽采和防灭火技术实现一体化的研究却很少,笔者以魏家地煤矿 2103 综放工作面采空区为研究对象,进行了高位钻孔采空区瓦斯抽采与洒浆防灭火技术一体化的应用研究。

1 工作面概况

魏家地煤矿 2103 综放工作面位于西二采区东

收稿日期:2012-11-22;责任编辑:王晓珍

作者简介:刘云峰(1962—),男,山西广灵人,工程师,现任靖远煤业集团魏家地煤矿副总工程师。

引用格式:刘云峰,张巨峰,谢亚东,等.高位钻孔采空区瓦斯抽采与洒浆防灭火技术实践[J].煤炭科学技术,2013,41(4):53-56.

翼中部一煤层,煤层自然发火期4~6个月。工作面西端为薄煤区,可采厚度小于0.8 m,煤层沿走向自西向东逐渐增厚,煤层可采厚度0.8~11.0 m,平均为5.9 m。煤层倾角 $15^{\circ}\sim 22^{\circ}$,平均 18° 。煤层结构复杂,夹矸2~10层,厚度0.05~2.00 m,沿倾向向南夹矸厚度逐渐变薄,沿走向向东夹矸层数逐渐增多,厚度逐渐变薄。

煤层顶底板情况如下:①基本顶为厚度8.10~11.10 m的粗粒砂岩,灰白色,成分以石英为主,次为风化长石,含煤屑、煤块和黄铁矿,炭化植物碎片,钙质胶结,局部松散;②直接顶(局部区域无)为厚度2.08 m的细粉砂岩,深灰色、以石英为主,含大量白云母片、植物化石,水平层理明显;③伪顶(局部区域无)为厚度0.10~0.20 m的炭质泥岩或泥质粉砂岩,深灰色,可塑性较好,炭质含量较高,局部夹煤线;④直接底为厚度0.95~5.82 m的细、粉砂岩或炭质泥岩,深灰色炭质泥岩,炭质较高,有明显受挤压现象;灰黑色细、粉砂岩,含白云母片、植物化石碎片、根部化石,夹煤线,裂隙发育;⑤基本底为厚度2.08~6.70 m的粗粒砂岩,灰白色,成分以石英为主,次为长石。有炭质碎屑、煤块及泥岩块。

2 采空区瓦斯抽采

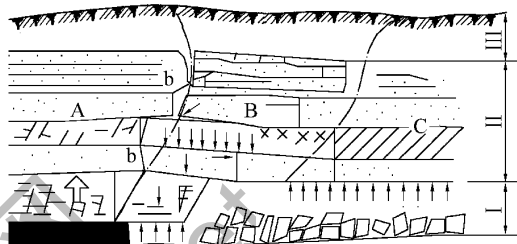
2103工作面煤层瓦斯含量 $9.3\text{ m}^3/\text{t}$,巷道掘进期间,运输巷和回风巷共施工顺层瓦斯抽采钻场46个(390个钻孔),对工作面瓦斯采前进行预抽以及回采期间边采边抽。工作面回采期间,放顶煤和基本顶垮落都会致使采空区瓦斯从工作面上隅角异常涌出,因此,实施高位钻孔采空区瓦斯抽采对工作面正常回采十分重要。

2.1 高位钻孔采空区瓦斯抽采原理

煤层开采后,其后方形成采空区,并出现卸压空间,造成上覆岩层移动,产生卸压作用,在岩层裂隙的垂直方向形成“三带”,即:弯曲下沉带(形成层内层向裂缝网络通道)、断裂带(形成层向与垂向裂缝网络通道),以及垮落带(形成贯通采场的空洞与裂缝网络通道)^[11-12]。“三带”随着采煤工作面的推进发生着动态变化,影响着本煤层以及邻近煤(岩)层瓦斯的涌出。

采空区上方的顶板岩层由于自身重力的作用,弯曲、断裂、破碎成块,并无规则地沉落在采空区内,形成垮落带,其高度一般为采高的3~5倍。垮落岩

块具有一定的碎胀性,由于岩块之间的间隙较大,从而为瓦斯的流通提供了良好的通道。垮落带上方的岩层因失去顶板的支撑作用,出现了较大的弯曲、变形,甚至破坏,在岩体中出现顺着岩层层理面的离层裂隙和垂直于层理面的破断裂隙,形成断裂带,其高度一般为采高的10~30倍。断裂带内的瓦斯通过层间破断裂隙涌入采空区。弯曲下沉带内上覆煤(岩)层附近形成的离层裂隙为该煤层卸压瓦斯聚集和流通的主要通道^[13](图1)。



A—煤壁支撑影响区; b—初始断裂点; B—断裂离层区;
C—重新压实区; I—垮落带; II—断裂带; III—弯曲下沉带

图1 卸压瓦斯原理

大多数矿井采用抽出式通风,在通风负压的作用下,卸压煤岩层的瓦斯就会通过煤岩裂隙或密闭墙涌入采区或矿井巷道中,这给通风造成了负担,同时也给煤矿安全生产增加了不安全因素。因此,采空区瓦斯抽采对煤矿安全生产十分重要。高位钻孔采空区瓦斯抽采就是利用瓦斯在裂隙运移的规律,通过在回风巷内布置高位钻场,向煤层顶板施工钻孔,使钻孔处在O型圈内,当工作面回采时,由于采动影响,在顶板岩层形成的裂隙通道给邻近层以及工作面煤壁的瓦斯释放提供了有利条件^[14]。

2.2 高位钻孔抽采设计与施工

高位钻孔主要借助工作面回采采动顶板形成的裂隙进行瓦斯抽采。据矿山压力研究可知^[15],工作面回采时,在其周围会形成一个采动压力场。高位钻孔终端主要设计在垮落带和裂隙带内,通过钻孔瓦斯抽采负压,采空区内的瓦斯通过岩石裂隙通道流出,实现采空区、煤岩瓦斯抽采。

垮落带高度 H_c 与煤层厚度 h 、上覆岩层的碎胀系数 K_0 、煤层倾角 α 与岩性相关,经验公式为

$$H_c = h / [(K_0 - 1) \cos \alpha]$$

在2103回风巷沿工作面走向每150 m沿顶板岩层向上5 m的范围内施工1处高位钻场,高位钻孔分2排,每排8个,钻孔倾角为 20° 、 24° ,以工作面

走向为中轴线,方位角逆时针为正,顺时针为负,每排钻孔方位角设计为 5° 、 -5° 、 10° 、 -10° 。钻孔内径为108 mm,孔深为150~180 m,以 $\phi 89$ mm的套管进行封孔,各钻孔的终孔垂直位置均处在垮落带和断裂带内。工作面煤层倾角为 18° ,岩石的碎胀系数取1.4,煤层平均厚度为5.9 m,采高为2 m,因此2103工作面的垮落带高度为15.5 m。高位钻孔的具体布置如图2所示。

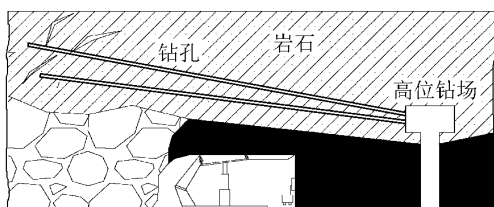


图2 2103回风巷高位钻孔布置

2013工作面回采期间未进行高位钻孔采空区瓦斯抽采时瓦斯相对涌出量达 $15 \text{ m}^3/\text{min}$,回风巷、上隅角多次出现瓦斯超限,回风巷瓦斯最高体积分数达6%。经实施高位钻孔采空区瓦斯抽采后工作面瓦斯相对涌出量一般在 $3 \sim 4 \text{ m}^3/\text{min}$,回风巷瓦斯体积分数约0.2%。同时,高位钻孔采空区瓦斯抽采体积分数15%~30%,瓦斯纯流量 $4 \sim 6 \text{ m}^3/\text{min}$,抽采率(高位抽采量/抽排瓦斯总量 $\times 100\%$)达50%以上,实现了2103工作面的安全高效回采。

3 高位钻孔采空区洒浆防灭火技术

随着采煤工作面的向前推进,其后形成采空区,由于煤岩裂隙或上下隅角密闭漏风,在采空区内部形成了大量供氧通道(漏风风流),使采空区浮煤氧化加剧。同时,由于采空区内煤体低温氧化产生的大量热量不能及时散发,热量的积聚又进一步加剧了浮煤的氧化,从而导致采空区遗煤的自燃倾向加重。为此,在高位钻孔抽采瓦斯之后,可利用高位钻孔洒浆进行采空区防灭火工作^[16]。

3.1 洒浆防灭火技术原理

洒浆防灭火技术的原理是通过浆液覆盖煤体增湿降温、隔绝氧气,减缓煤体氧化速度,而浆液沉淀后充填煤体缝隙,进一步隔绝缝隙漏风,阻止煤体氧化,从而达到防灭火的效果。与回采工艺相关联的洒浆方法有采前预洒、随采随洒、采后重洒;按工艺实施方法可分为埋管洒浆、工作面洒浆、钻孔洒浆与采空区洒浆。黄泥洒浆防灭火技术是防治煤炭自然

发火的一项最经济、最有效的防灭火技术措施之一,在我国许多煤矿得到广泛应用,从20世纪80年代开始,国内外学者进行了大量的矸石粉、页岩粉,以及电厂煤粉代替黄泥洒浆的替代材料研究,且在兖州、芙蓉、平顶山、开滦、抚顺等矿区进行试验,取得了较好的效果^[16]。

3.2 洒浆防灭火技术实施

魏家地煤矿2103综放工作面由于设备陈旧原因,工作面推采进度慢,工作面上下隅角及煤柱产生大量裂隙,漏风非常严重,采空区浮煤氧化自燃,出现高位点。采空区CO涌入回风巷,CO最高体积分数达0.0036%,为此,选择距工作面推采线最近的高位钻孔改接洒浆孔,进行采空区防灭火工作。在回风巷洒浆管甩出的“三通”配接支管路与高位钻孔连接,并附闸阀,以控制浆液流量。开启闸阀洒浆时,浆液从高位钻孔出口喷出,覆盖采空区浮煤较大的范围,使采空区高温点隔绝氧气,降低温度,同时浆液也随高位钻孔裂隙进入煤岩柱缝隙,充填裂隙,能防止煤岩柱进一步漏风,阻止采空区浮煤继续氧化。2103回风巷高位钻孔采空区洒浆如图3所示。

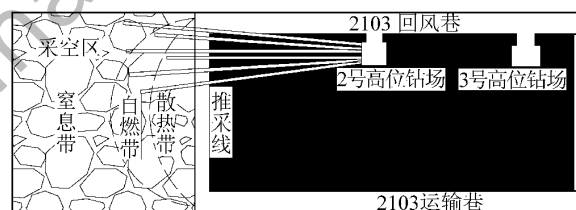


图3 2103回风巷高位钻孔采空区洒浆示意

3.3 洒浆防灭火效果及分析

2012年5月以来,2103综放工作面回风巷内CO浓度出现上升趋势,在6月1日已达到 24×10^{-6} ,6月8日,CO体积分数达 56×10^{-6} ,6月6日开始将瓦斯抽采高位钻孔改接为高位洒浆孔,进行采空区洒浆,经过10多天的洒浆处理,回风巷和采空区CO浓度都大幅度下降,如图4、图5所示。

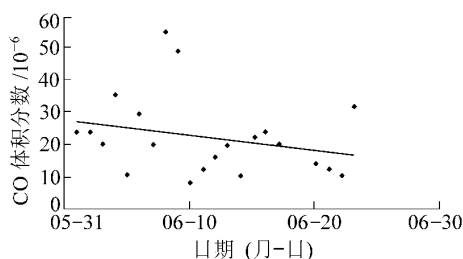


图4 回风巷CO浓度变化

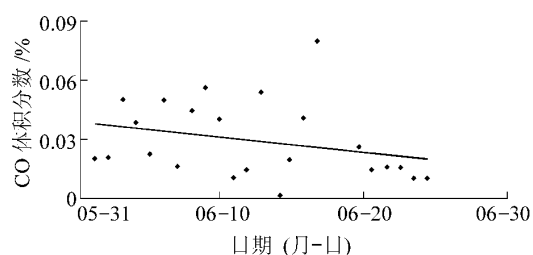


图5 95号液压支架进入采空区4m处CO浓度变化

4 结 语

高位钻孔可以取代顶板瓦斯抽采巷,实现采空区以及上覆煤岩层瓦斯抽采,可缩短工作面接替周期,加快回采工作面投产进度。2103工作面自实施高位钻孔采空区瓦斯抽采以来,工作面瓦斯相对涌出量由原来的 $15\text{ m}^3/\text{min}$ 下降为 $3\sim 4\text{ m}^3/\text{min}$,大幅降低了采煤工作面回采期间的瓦斯异常涌出。高位钻孔可以对采空区进行洒浆防灭火,对采空区浮煤降温,隔绝氧气,以及封堵煤壁漏风裂隙,达到了防止采空区浮煤继续氧化而自燃的目的。同时,高位钻孔采空区洒浆防灭火技术弥补了上隅角注浆只能覆盖底板表层少量采空区浮煤的缺陷,真正实现了采空区大范围覆盖防灭火。

参考文献:

- [1] 周心权, 郭燕云, 朱红青, 等. 煤矿灾害防治科技发展现状与对策分析[J]. 煤炭科学技术, 2002, 30(1): 1-5.
- [2] 国家安全生产监督管理总局. 国有煤矿安全生产状况调查与

预测研究[R]. 北京: 中国煤炭工业发展研究咨询中心, 2004.

- [3] 李贤忠, 朱传杰, 刘洋, 等. 高位钻孔瓦斯抽采技术的应用及研究[J]. 煤炭工程, 2010(6): 38-41.
- [4] 沈广辉, 樊艳虹, 樊斌, 等. 采空区瓦斯分布规律及瓦斯抽采方法的研究[J]. 工矿自动化, 2009(4): 95-96.
- [5] 魏引尚, 梅振华. 采空区瓦斯分布与蓄热区位置判定[J]. 煤矿安全, 2009, 40(11): 32-34.
- [6] 李英华, 张入伟, 代晓亮, 等. 北辛窑矿黄泥灌浆防灭火系统研究[J]. 能源技术与管理, 2011(4): 63-65.
- [7] 卢国斌, 耿铭. 采空区煤自燃机理及其防治技术研究现状[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2009, 28(5): 28-30.
- [8] 刘鑫, 肖旻, 邓军, 等. 粉煤灰灌浆防灭火材料性能研究与应用[J]. 煤炭工程, 2011(5): 119-121.
- [9] 贾学军, 张满圈, 苏现保, 等. 矿井防灭火注浆系统的改造[J]. 矿业安全与环保, 2005, 32(1): 61-62.
- [10] 钱鸣高, 刘昕成. 矿山压力及其控制[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1991.
- [11] 陈金华, 胡千庭. 地面钻井抽采采动卸压瓦斯来源分析[J]. 煤炭科学技术, 2009, 37(12): 38-42.
- [12] 张向东, 范学理, 赵德深. 覆岩运动的时空过程[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(1): 65-68.
- [13] 李霄尖, 姚精明. 高位钻孔瓦斯抽采技术理论与实践[J]. 煤炭科学技术, 2007, 35(4): 78-81.
- [14] 钱鸣高, 石平五. 矿山压力与岩石控制[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [15] 马伟, 杨胜强, 郑万成, 等. 采空区高位钻孔瓦斯抽采与防灭火的一体化应用[J]. 煤炭技术, 2009, 28(10): 69-70.
- [16] 王省身, 张国枢. 中国煤矿火灾防治技术的现状与发展[J]. 火灾科学, 1994, 3(2): 1-6.

(上接第52页)

不超过 24×10^{-6} 。应用局部正压通风系统,要保证通风机开停与风压监控到位,及时调整。另外要做好局部正压通风系统失效后的应急预案、撤退与救灾演习。

参考文献:

- [1] 梁运涛, 罗海珠. 中国煤矿火灾防治技术现状与趋势[J]. 煤炭学报, 2008, 33(2): 126-130.
- [2] 李先才. 均压通风防火的实践与认识[J]. 煤炭科学技术, 1977, 5(8): 35-39.
- [3] 黄国华, 马同福, 刘生忠, 等. 岱庄煤矿下分层工作面综合灭火技术[J]. 煤炭科学技术, 2002, 30(7): 6-9.
- [4] 谢宏, 张斌, 张万奎. 邢台矿煤层自然发火早期发现及治理[J]. 煤炭科学技术, 2003, 31(11): 39-41.
- [5] 张宝民. 用综机回采三面为采空区的工作面[J]. 煤炭科学技术, 1990, 18(6): 10-13.
- [6] 黄光磊. 均压通风在防止矿井漏风中的应用[J]. 中国煤炭, 2010, 36(5): 64-65.

- [7] 马红伟, 张建立, 孙耀峰, 等. 五七煤矿开采后期正压通风的生产实践[J]. 中州煤炭, 2007(4): 91-92.
- [8] 赵斌. 正压通风技术在81201综采工作面的应用[J]. 煤炭技术, 2010, 29(4): 97-98.
- [9] 曹逢春. 下分层放顶煤工作面防火技术[J]. 矿业安全与环保, 2004, 31(5): 53-55.
- [10] 刘江, 张新荣, 潘文耀, 等. 房采采空区火区下正压通风技术. [EB/OL]. [2010-01-01]. http://www.tech110.cn/tech/front/view/production/html/report1_new_n.jsp?keyword=00000000000000691242&title=房采采空区火区下正压通风技术&achivetype=100000.
- [11] 孙占刚, 霍拴文, 单润生, 等. 区域均压通风技术在治理小煤窑有害气体涌出中的应用[C]//开滦矿区采矿技术与实践文集. 北京: 煤炭工业出版社, 2009.
- [12] 吴兵, 郭海, 赵灿, 等. 正压通风矿井自燃防治技术研究及救灾实践[J]. 矿业安全与环保, 2012, 39(5): 69-74.
- [13] 郭海, 吴兵, 王立兵, 等. 正压通风矿井煤层群火区治理技术[J]. 煤矿安全, 2012, 43(5): 33-35.
- [14] 黄显东, 刘志梅, 陈世龙, 等. 矿井通风阻力测定方法及应用[J]. 煤矿安全, 2004, 35(8): 13-15.