

Study on Comprehensive Prevention and Control Method of Coal Spontaneous Combustion in Huge Thick Seam

Yuguo Wang, Haijun Zhang, Zhi Hu, Guochen Ji, Huanyuan Song, Xuedong Chen, Yu Zhang

Erdos City Guoyuan Mining Development Co., Ltd., Erdos Inner Mongolia
Email: 455839481@qq.com, 843952711@qq.com

Received: Nov. 23rd, 2018; accepted: Dec. 5th, 2018; published: Dec. 12th, 2018

Abstract

Firstly, the paper analyses the difficulties of preventing and controlling coal spontaneous combustion in the process of fully mechanized top coal caving mining in huge thick coal seam, and tests the change law of index gas of coal spontaneous combustion in 61601 first mining face of Long Wang Gou Coal Mine by experiment, which provides scientific basis for prediction of coal spontaneous combustion in working face. Thereafter, aiming at the problem of large amount of coal left behind and large accumulation thickness in the working face, the methods of high drilling grouting and low pre-buried pipeline filling with Pratt fire-fighting materials were put forward and implemented. Nitrogen foaming is used to prevent and extinguish fire. On the one hand, it improves the diffusion effect, on the other hand, it makes the goaf inert after the release of nitrogen. The technical scheme has effectively prevented the spontaneous combustion of coal in goaf, ensured the safe mining of working face, and provided valuable experience for the follow-up mining of working face.

Keywords

Thick Coal Seam, Large Mining Height, Goaf, Spontaneous Combustion of Coal, Fire Prevention and Control, Pratt

巨厚煤层煤自燃综合防治方法研究

王玉国, 张海君, 胡智, 纪国琛, 宋還元, 陈学东, 张宇

鄂尔多斯市国源矿业开发有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯
Email: 455839481@qq.com, 843952711@qq.com

收稿日期: 2018年11月23日; 录用日期: 2018年12月5日; 发布日期: 2018年12月12日

摘要

文章首先分析了巨厚煤层放顶煤综放开采过程中存在的煤自燃防治的难点,通过实验测试了龙王沟煤矿61601首采工作面的煤自燃指标气体的变化规律,为工作面煤自燃的预测预报提供科学依据。其后,针对工作面遗煤量多,堆积厚度大的问题,提出并实施了高位打钻注浆与低位预埋管路灌注普瑞特防灭火材料的方法,防灭火材料采用氮气发泡,一方面提高了扩散效果,另一方面氮气释放后惰化采空区。该技术方案有效防治了采空区煤自燃,保证了工作面安全回采,为后续工作面的开采提供了宝贵的经验。

关键词

巨厚煤层, 大采高, 采空区, 煤炭自燃, 防灭火, 普瑞特

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

煤炭是我国的主要能源,煤自燃发火严重威胁矿井的安全生产[1]。随着机械化水平的提高,厚煤层放顶煤一次采全高的开采方式大量应用,但随之带来的是采空区的遗煤量大,煤自燃发火危险性大,为了防治煤炭自燃,目前国内外主要采取了注惰性气体(氮气或二氧化碳)、水、黄泥浆、复合胶体、凝胶以及阻化剂等防灭火技术[2][3][4]。

采用注惰性气体技术主要起到降低氧气浓度而窒息火源的目的[5],但是其比热容很小,降温性能差,且工作面很难避免漏风,气体不易滞留火区,其防灭火效果不佳,灭火的周期也较长。Ann G. Kim 等曾试验采用液氮与干冰配合注入火区,采用导热管导出火区热量,但该工艺复杂、成本高,未能得到推广应用。

注水、灌浆是防治煤炭自燃最常规的技术。但水或黄泥浆被注入到防灭火目标区域中,容易顺沟往低处流,不能向高处堆积,无法对目标区域有效覆盖。据统计,灌浆防治煤炭自燃时,有80%以上的水浆起不到吸热降温的作用而白白流失,特别是当工作面俯采时,流失的水或黄泥浆会恶化工作面环境。因此传统注水灌浆的方法不能满足煤炭自燃防治的需要。

凝胶和复合胶体注入采空区后具有良好的覆盖隔氧、吸热降温作用[6]。但其流动性较差,扩散范围较小,不能对防灭火区域内的浮煤进行大范围覆盖,不能很好满足煤炭自燃防治的需求。

下文所述综合防灭火技术研究的方向为整合现有防灭火技术的优点,采取针对性的治理方案,通过现场施工应用,对巨厚煤层工作面采空区大量遗煤起到高、中、低全方位覆盖,隔氧降温[7],持久冷却的效果,能有效保证工作面的安全开采,避免资源的浪费和综采设备的损失。

2. 工作面概况

2.1. 工作面介绍

国源矿业龙王沟煤矿位于内蒙古鄂尔多斯市准格尔旗薛家湾镇南7 km,为新建矿井,设计年产量为1000万吨,61601工作面是该矿的首采工作面,该工作面标高为+847.00 m~+854.40 m。工作面设计推采

长度 615 m, 倾斜长度 254 m。该工作面所采 6 号煤煤厚在 18.8~28.8 m、平均 23.83 m, 平均倾角 2.75°, 煤层稳定但结构复杂。工作面采用长壁后退式全部垮落采煤法, 放顶煤开采工艺, 采高 5.1 m, 放顶煤 17.73 m。该工作面煤层具有自燃倾向性, 为易自燃煤层, 最短自燃发火期为 31 天。

龙王沟煤矿属于低瓦斯矿井, 6#煤层属于自燃煤层, 自然发火期短。工作面具体布置情况如图 1 所示。

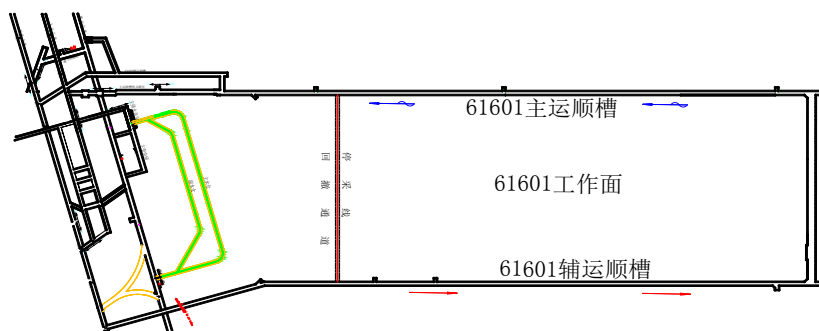


Figure 1. Plan of working face 61601
图 1. 61601 工作面平面布置图

2.2. 煤自燃防治难点

- 工作面平均煤厚 23.83 m, 属于巨厚煤层, 放顶煤开采。由于客观因素影响, 推采过程中放顶煤不完全, 遗煤量大, 遗煤空间广度、高度均突出。
- 由于客观因素影响, 目前处于非正常推采时期(推采速度慢, 临时性停采), 导致采空区大量遗煤长期处在氧化蓄热的有利环境。
- 大采高首采工作面, 工作面上部及四邻无采空区, 都是实体煤岩, 完整性好, 推采过程中顶板垮落困难, 导致采空区很难充分压实, 漏风通道畅通。
- 工作面倾向 254 m, 风流路线长, 工作面两端压差大, 且工作面初采初放时期两巷及开切眼垮落困难, 采空区漏风通道通畅, 工作面采空区漏风量大。
- 工作面走向、倾向角度都很小, 为近水平工作面, 采用常规的防灭火措施(例如黄泥灌浆, 注水、喷洒阻化剂等), 覆盖面积、高度都无法满足此类大采高、巨厚煤层工作面的煤自燃防治要求。

3. 标志性气体测试

3.1. 测试装置及过程

标志性气体实验系统(图 2)主要由程序控温箱、气体分析仪、铜质煤样罐、预热气路、温度控制系统、气体质量流量控制器等组成。

选取粒度为 40~80 目的煤样 50 g 置于铜质煤样罐内, 煤样罐置于程序控温箱内, 将温度探头与进气气路、出气气路连接好, 其中, 探头位置在煤样罐的几何中心, 检查确认管路的气密性良好。开始测试时, 向煤样中通入干空气(50 ml/min), 并对煤样进行加热至指定测试温度, 恒温 5 分钟后抽取气样进行气体成分和浓度分析。

3.2. 测试结果及分析

煤样从 61601 工作面采集并密封保存, 实验室测试前需剥掉煤样外氧化层, 破碎筛分出以上要求大小的颗粒放入实验仪器进行检测。测试结果如图 3~5 所示。

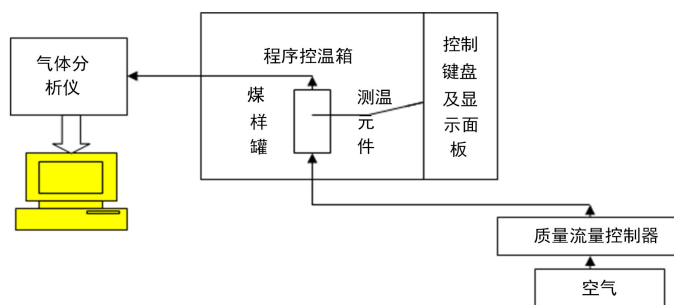


Figure 2. Iconic gas test system diagram
图 2. 标志性气体试验系统图

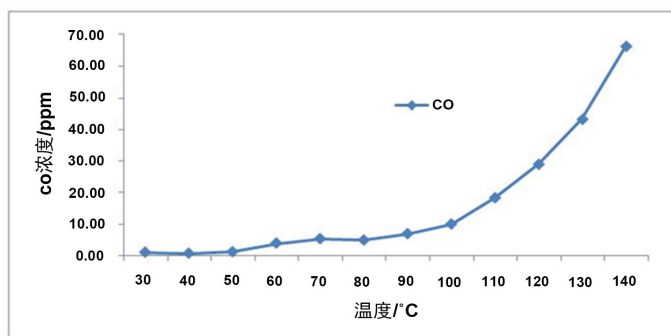


Figure 3. CO changes with temperature
图 3. CO 随温度变化曲线

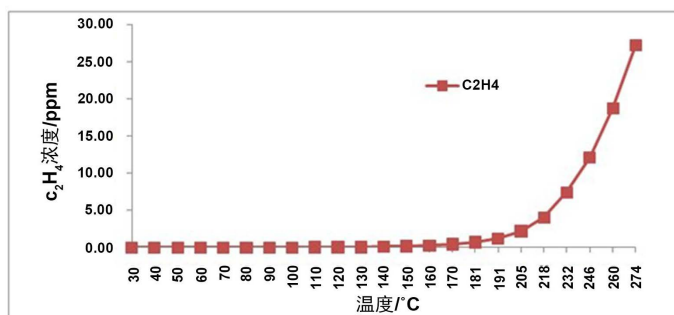


Figure 4. C₂H₄ changes with temperature
图 4. C₂H₄ 随温度变化曲线

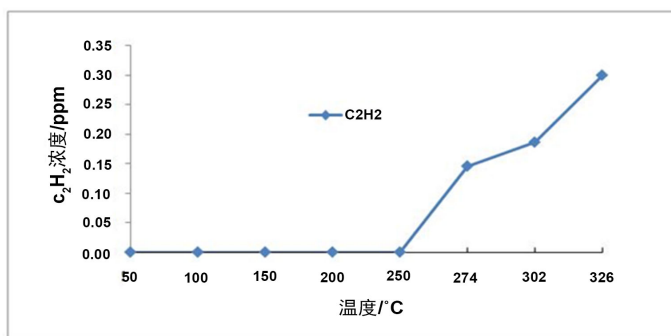


Figure 5. C₂H₂ changes with temperature
图 5. C₂H₂ 随温度变化曲线

如图所示,在 30℃时,CO 即开始出现,说明该工作面煤在常温下就会产生 CO,但低温阶段氧化生成量较小,当温度到 80℃以上时 CO 生成速率增加,可知煤氧化开始加剧,当温度超过 130℃时,开始有少量 C₂H₄ 等煤分子裂解的气体产生,超过 190℃时呈指数规律变化。当温度超过 250℃时,开始产生 C₂H₂,并随温度升高迅速增加。由此可以判断煤氧化的临界温度为 80℃,一旦出现 C₂H₄ 和 C₂H₂,则煤温已超过 130℃后,表明煤已开始剧烈氧化,此时须采取主动的防灭火措施。

4. 高、低位灌浆与氮气惰化结合的综合防灭火技术

4.1. 架间高位钻孔注浆

61601 工作面煤厚平均 23 m,属于巨厚煤层,初采过程中少放或不放顶煤,导致采空区遗煤量大,突出特点为遗煤堆积厚度大。在此情况下,采用一般的喷洒阻化剂、黄泥灌浆措施很难对采空区高位遗煤自燃起到很好的防治作用[8]。

工作面为近水平煤层,在工作面水平或下山推进时,针对高位遗煤自燃的防治提出从架间打设高位钻孔,使钻孔的终孔位置位于煤层顶板附近,然后通过钻孔灌注普瑞特发泡成胶材料,该材料分为 A、B 两种原料,A、B 两组份材料以 2:1 的比例分别与水配比,进入混合器中,通过氮气物理发泡并混合形成胶体,胶体耗水量高,保水性好,以泡沫为载体大范围扩散[9],覆盖包裹遗煤体,缓慢析出水分,持久保持煤体的隔氧冷却,而泡沫破裂后释放的氮气同时能降低采空区氧气浓度,起到很好的窒息作用。

钻孔施工采用注浆专用钻头、钻杆,钻孔施工完成后即可注浆,无需套管,避免塌孔。每隔 10 架一个钻孔,钻孔终孔位置根据氧化带范围,定在架后 20 m 左右,终孔高度在底板以上 10 m 左右,仰角为 15°~20°。为方便注浆施工,提高注浆效率,确定将注浆设备放置在设备列车上,注浆管路沿单轨吊悬挂至工作面,工作面管路则悬挂于电缆槽挂钩上,如此可实现注浆系统随工作面推采一起移动而不需重复拆接。工作面管路则平均每 10 架预留一个三通阀,方便架间快速连接管路注浆。注浆施工采用一台 KHPNZ-1000/0.8 井下移动式注浆装置(技术参数见表 1)进行普瑞特注浆。工作面架间注浆工艺如图 6 所示。

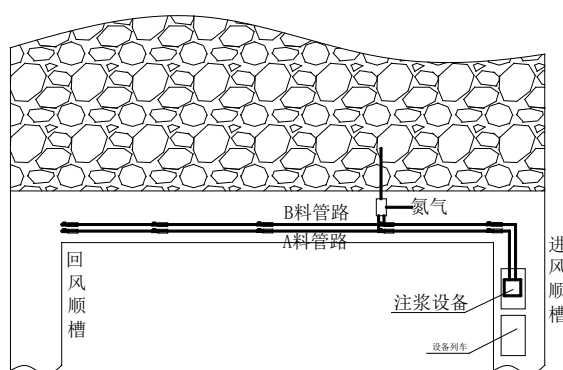


Figure 6. Schematic diagram of drilling arrangement between hydraulic support

图 6. 架间注浆钻孔布置平面示意图

Table 1. Parameters of KHPNZ-1000/0.8 mobile grouting device

表 1. KHPNZ-1000/0.8 井下移动式注浆装置参数

名称	水流量(L/min)	A 料流量(L/min)	B 料流量(L/min)	发泡倍数	泡沫稳定时间(h)	总功率(kW)
矿用泡沫凝胶防灭火装置	150	0~16	0~8	≥20	≥10	9.7

4.2. 预埋管路灌注黄泥浆及普瑞特

为减少工作面架间打钻及注浆的工程量大,同时不影响工作面正常生产,利用工作面的缓倾斜上山开采特点,利用预埋的管路灌注黄泥浆,黄泥浆液中按 1%~2%的比例加入普瑞特防灭火材料。这样利用工作面的高差,保证了黄泥浆液能有效滞留采空区,同时在工作面前端并利用泡沫增大浆液的扩散范围,提高了黄泥浆液的利用率和覆盖率[10],避免了跑浆,拉沟,污染工作面,同时也将大量氮气带入采空区,有良好的防灭火效果。

具体为:地面制浆站配置黄泥浆,浆液流量控制在 $100\text{ m}^3/\text{h}$,通过 $\phi 150$ 钢管从地面输送至井下,在皮带巷机头附近设置普瑞特添加泵并与灌浆管连接,在工作面转载机附近,灌浆输送管改为 $\phi 108$ 的预埋管,并在工作面架前的 $\phi 108$ 管之间用法兰连接一个发泡器,管中的浆液依靠发泡器接入的氮气发泡后,注入采空区。注浆工艺如图 7 所示。

通过以上防灭火技术的研究与应用,61601 工作面在慢速推进及临时停采状态下,采空区 CO 气体始终保持在安全范围内,采空区温度正常,保持在 18°C 左右。工作面采空区的遗煤氧化得到了很好的预防和治理。

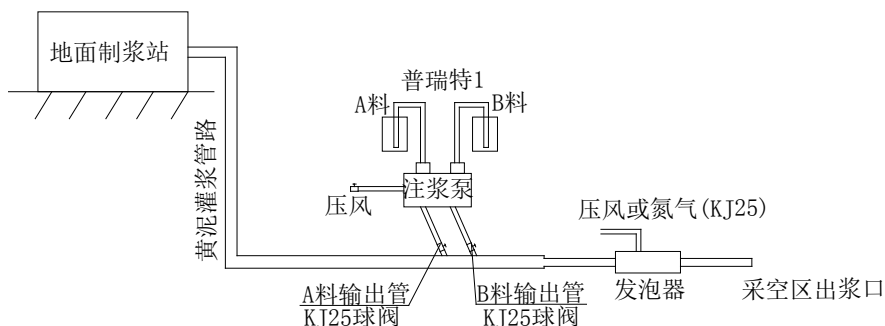


Figure 7. Yellow mud grouting with Pratt construction technology
图 7. 黄泥灌浆添加普瑞特施工工艺

5. 结论

- 首先介绍了 61601 工作面煤层的基本情况,并分析了工作面面临的多种煤自燃防治的难点,主要是巨厚煤层在采空区遗煤大量堆积的问题。
- 通过专业仪器,实验室测试了工作面煤的自然特性,为工作面煤自燃的预测预报提供了科学依据。
- 该文针对工作面的实际开采情况,提出了高、低位灌浆与氮气惰化结合的综合防灭火技术,首先利用架间打设的高位钻孔并利用氮气发泡灌注普瑞特防灭火材料,依靠防灭火材料的高保水性,全面覆盖采空区高位遗煤,并持久隔氧降温,同时氮气释放后也对采空区进行了惰化,防止煤炭自燃;其次,利用工作面缓倾斜上山开采的特点,利用预埋管灌注,并在浆液中添加普瑞特防灭火材料,预埋管中接入氮气使普特发泡,并携带黄泥浆液向采空区高处、远处扩散,在不影响生产的前提下,还提高了黄泥浆液的利用率。
- 该综合防灭火技术在 61601 工作面的实施,有效保证了工作面的安全、顺利推采,防灭火效果良好,同时也为相似工作面的煤自燃防治工作提供了新的材料及技术手段和宝贵的经验。

参考文献

- [1] 王德明. 矿井火灾学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2010.

- [2] 余陶. 采空区瓦斯与煤自燃复合灾害防治机理与技术研究[D]: [博士学位论文]. 合肥: 中国科学技术大学, 2014.
- [3] 秦波涛, 王德明. 矿井防灭火技术现状及研究进展[J]. 中国安全科学学报, 2007, 17(12): 80-85 + 193.
- [4] 鲜学福, 王宏图, 姜德义, 等. 我国煤矿矿井防灭火技术研究综述[J]. 中国工程科学, 2001, 3(12): 28-32.
- [5] 肖旻, 文虎, 马砺. 矿井综合防灭火技术在煤自燃火灾中的应用[J]. 煤矿安全, 2008, 39(4): 49-52.
- [6] 田兆君. 矿用防灭火凝胶的研究[J]. 中国矿业大学学报, 2010, 39(2): 169-172 + 189.
- [7] 任万兴, 巫斌伟. 高瓦斯易自燃超大俯采工作面的防灭火技术研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2009, 36(2): 198-202.
- [8] 任万兴, 周福宝, 别小飞. 松软巨厚煤层高冒区自然发火原因及防治技术[J]. 煤炭科学技术, 2007, 35(5): 24-28.
- [9] 雷雄飞. 大佛寺矿易自燃特厚煤层防灭火技术研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安科技大学, 2018.
- [10] 咎军才, 任万兴, 房树起, 郭庆. 高瓦斯易自燃煤层特殊条件下综合防灭火技术[J]. 煤矿安全, 2015, 46(1): 51-53.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2329-7301, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: me@hanspub.org