

文章编号: 0253-9993(2011)06-0964-04

综放工作面连续注氮下采空区气体分布及“三带”变化规律

吴玉国 鄢剑明 张东坡 周春山

(太原理工大学 矿业工程学院 山西 太原 030024)

摘 要:介绍了同煤集团塔山矿 8202 综放工作面开采过程中,采用埋管、连续注氮方式向采空区注氮,防止采空区遗煤自燃。同时在采空区预埋束管,测量连续注氮前后各测点氧气和一氧化碳浓度的变化,并结合采空区遗煤自燃理论,得出了采空区自燃“三带”的分布变化。结果表明:综放工作面采空区在连续注氮下,氧气浓度随采空区深度的增加明显降低,最终稳定在 5% 左右;一氧化碳浓度随采空区深度的增加稳定在 50×10^{-6} 以下;注氮量越大,氧气和一氧化碳浓度下降的幅度越大;由于工作面供风量和漏风量都较大,对散热带宽度影响不大,氧化带在注氮后缩短了约 60 m,窒息带前移了约 70 m。

关键词:综放工作面;连续注氮;采空区;自燃“三带”;防火

中图分类号:TD752.2 **文献标志码:**A

Distribution law of gas and change rule of “three zones” in the goaf of fully mechanized top-coal caving working face under the continuous nitrogen injection

WU Yu-guo, WU Jian-ming, ZHANG Dong-po, ZHOU Chun-shan

(College of Mining Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: During the mining of the fully mechanized top-coal caving working face 8202 in Tashan Mine of Datong Coalmine Group, the nitrogen was injected continuously into the buried pipelines in the goaf to prevent from the spontaneous combustion of the missed coal in the goaf. At the same time, the concentration of oxygen and carbon monoxide before and after nitrogen injection was measured by the buried beam tubes in every measuring point, combining with the theory of the spontaneous combustion of missed coal in the goaf, the distribution change of “three zones” of coal spontaneous combustion in the goaf was got. The results show that in the continuous nitrogen injecting into the goaf, the concentration of oxygen decline significantly as the goaf depth increase, at last stabilize at 5% or so, and the concentration of carbon monoxide stay below 50×10^{-6} as the goaf depth increase. More nitrogen injection, more decline of concentration of oxygen and carbon monoxide. With much air-supplying and air-leaking volume in the working face, the width of heat dissipation zone was impacted little. After the nitrogen injection, the oxidation zone shorten about 60 m and the suffocation zone move ahead 70 m around.

Key words: fully mechanized top-coal caving working face; continuous nitrogen injection; goaf; three zones of coal spontaneous combustion; fire prevention and extinguishing

采用综采放顶煤开采方法开采大采高、特厚煤层时,往往在采空区留有大量的松散遗煤,这些遗煤很容易与采空区漏风流中的氧气发生氧化反应,从而导致采空区自燃火灾的发生,严重威胁矿井生产^[1-4]。

目前,注氮是防止综放工作面采空区自然发火的有效措施之一。随着注氮工艺、技术装备的日趋成熟,注氮防火技术的应用将更为广泛^[5-6]。本文通过对同煤集团塔山矿 8202 综放工作面采空区气体参数长时

收稿日期:2010-08-28 责任编辑:毕永华

基金项目:国家科技部国际合作重点资助项目(2008DFB70100)

作者简介:吴玉国(1978—),男,湖南汨罗人,讲师,博士研究生。Tel:0351-6187815, E-mail: tyutwyg@126.com。联系人:鄢剑明(1964—), Tel:0351-6066518, E-mail: tyutwjmg@163.com

间的连续观测分析,得出了综放工作面采空区连续注氮条件下气体的分布规律以及注氮前后采空区“三带”的变化。

1 采空区注氮预防煤自燃作用规律

注氮从理论上分析是改变了采空区漏风流态,降低了采空区风流中的氧浓度,缩小了氧化带宽度,促使采空区遗煤的吸氧速率降低,减少遗煤氧化产生的热量,使煤自然发火期延长,从而达到预防采空区自然发火的目的。

目前,采空区“三带”主要按各带间的氧浓度来划分。散热带内由于漏风充分,其氧浓度偏高,常取大于18%;窒息带的氧浓度小于10%;氧化带内的氧浓度为10%~18%^[7-9]。通过采集采空区各部位的气体进行分析,可以比较真实地代表各个区域的气体组分。束管监测系统可以连续监测各个区域内的氧浓度变化,方法简单易行,而且较为合理可靠。因此,可通过束管监测系统抽样分析氧浓度,以确定“三带”范围。在综放工作面向前推移过程中,尽管氮惰化带与综采工作面向同步向前推移,但所选定的注氮口位置、孔间距、注氮量及注氮半径等参数是相对稳定的,如何使动态氧化自燃带能够被惰化覆盖,这是注氮工艺过程中必须加以解决的关键^[10-12]。因此,应根据采空区“三带”动态变化规律,结合煤层最短自然发火期和工作面日推进速度,合理确定注氮条件、注氮口间距、注氮时间和注氮口转换周期,使氧化自燃带始终处于被注入氮惰化覆盖的状态,从而有效抑制采空区自然发火。注氮量越大,采空区浮煤的氧化放热强度越小,煤自燃所需蓄热时间越长,最佳注氮量与遗煤自燃的最小氧浓度、注入氮气中的氧浓度及采空区漏风量等有关;实践表明综放工作面采空区漏风量大时,须采用连续注氮才能充分惰化采空区抑制遗煤自燃。注氮口位置不同,注氮后氧化带宽度不同,注氮口位于氧化带内时,氧化带缩小的范围取决于注氮口处注氮前、后的氧浓度之比。

2 8202 工作面概况

塔山矿位于山西省大同煤田东翼中东部边缘地带,走向长度24.3 km,倾向宽度11.7 km,面积174.2 km²。可采煤层5层,分别是4、2、3、5、8号煤层。各煤层都有自然发火倾向性和爆炸性,自然发火期为6个月,设计生产能力为1 500万 t/a。

8202工作面位于马淋涧沟支沟、双井沟、马口沟支沟上游的沟谷与山坡地段。井下位于本井田的东南部,东北部与F1392断层相邻,西北部与F1388断

层相邻,南部为实煤区,东南部为二盘区回风巷、胶带巷及辅运巷。工作面走向长1 375.65 m,工作面倾斜长230.50 m,煤层平均厚度14.21 m,煤层倾角2°~6°。工作面开采程序为单一走向长壁后退式综合机械化低位放顶煤开采,开采煤层为3~5号煤层,采高3.5 m,放顶煤厚度为8.7 m。工作面巷道采用“一进二回三巷”布置方式,工作面进风巷为2202巷,同时2202巷为工作面运输巷,回风巷为5202巷兼作辅助运输巷,8202高抽巷,为沿煤层顶板布置,主要用于瓦斯抽放。其余巷道沿煤层底板布置。根据地质说明书,相对瓦斯涌出量为2.21 m³/t,绝对瓦斯涌出量为44.6 m³/min。煤尘爆炸指数为37%,具有爆炸危险。综放工作面采用“U”型通风方式,风量为2 500 m³/min(高抽巷未导通前,导通后风量为3 970 m³/min)。

3 注氮及束管监测系统布置

3.1 注氮系统布置

8202工作面采空区采用跨步埋管注氮工艺。具体作法是在8202综放工作面的进风端头沿采空区埋设1条159 mm钢丝缠绕管路,并与进风巷主注氮管路对接,在工作面头尾部每隔20 m各构筑一道粉煤灰墙,头部每3~5 m吊挂一道风障;当管路埋入古塘50 m后开始注氮,同时又埋入第2条注氮管路(注氮管口的移动步距为50 m),当第2条注氮管口埋入古塘50 m后向采空区注氮,同时停止第1条管路的注氮,并又重新埋设注氮管路,如此循环,直到工作面停采线为止。注氮量约2 500 m³/h,24 h连续注氮,出口压力约0.12 MPa,移动步距50 m。注氮机安设在盘道地面,注氮路线为:盘道地面制氮机房→盘道进风立井→进风联巷1→1070回风巷→二盘区集中回风巷→二盘区回风巷→5202回风巷→8202工作面→2202进风巷→古塘氧化带,如图1所示。

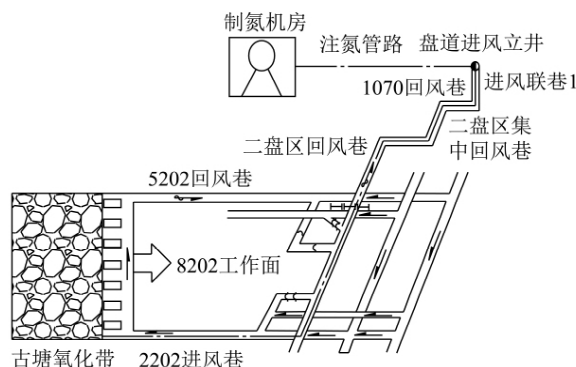


图1 注氮系统布置

Fig. 1 System layout of nitrogen injection

3.2 束管监测系统布置

采空区束管布置在 5202 回风巷,从工作面开切眼处开始布置,监测距离约 1 000 m,各采样点间隔距离 120 m。采样观测采用埋管法,8 芯束管埋设在 8202 回风巷右帮水沟底并用砂袋掩埋,在采样点设置的地点引出单芯束管并套上 PE 管以保护单芯束管,然后将束管沿巷帮抬高 2.5 m 并固定在巷帮,并用木垛支护以保护束管,单芯束管末端接上束管采样器,以防止粉尘进入。当采样点进入采空区时开始对该采样点进行取样分析,以此类推依次启用下一个采样点。各采样点具体位置如图 2 所示。

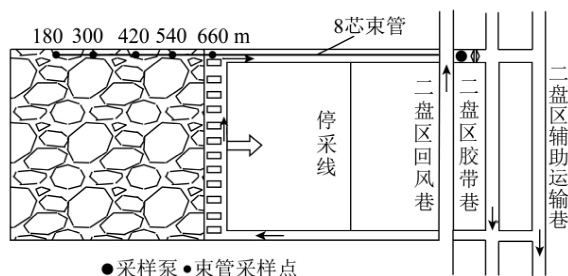


图 2 束管监测系统布置

Fig. 2 System layout of beam tube measurement

4 采空区气体测定结果分析

4.1 连续注氮前后综放工作面采空区一氧化碳浓度的变化规律

对于开采易自燃特厚煤层的高产高效综放工作面,存在采空区范围大、浮煤多,综放工作面采空区一氧化碳浓度随距工作面的距离变化趋势如图 3 所示。由图可知:连续注氮前后在工作面开采初期未形成氧化带前,采空区均存在少量的一氧化碳,系煤层的原始赋存一氧化碳以及少量浮煤缓慢氧化产生所得;随着工作面的推进至形成氧化带后,一氧化碳浓度逐渐增加,注氮前一氧化碳浓度最大达 100×10^{-6} ,注氮后一氧化碳浓度最大为 50×10^{-6} ,此时的一氧化碳主要来自采空区氧化带内浮煤长时间的氧化。在综放工作面继续推进过程中,注氮前后采空区一氧化碳均呈现出上升趋势,而后又下降趋于平缓。其原因主要是在综采工作面推进过程中,氧化带范围变大,浮煤量增多,缓慢氧化产生的一氧化碳增加,也可能是由于推进速度减慢,增加了采空区浮煤的缓慢氧化时间。在此后的综采工作面推进中,采空区依次进入窒息带,一氧化碳浓度逐渐趋于平缓,同时综放工作面回风流中一氧化碳也保持一定的稳定浓度^[13-15]。因此,在连续注氮条件下,综放开采采空区氧化带缩短,采空区浮煤氧化产生的一氧化碳浓度下降幅度较大,但由于综放开采浮煤多,始终不能杜绝浮煤氧化,采

空区一氧化碳浓度稳定在约 30×10^{-6} ,但并没有发生大面积的煤层自燃。

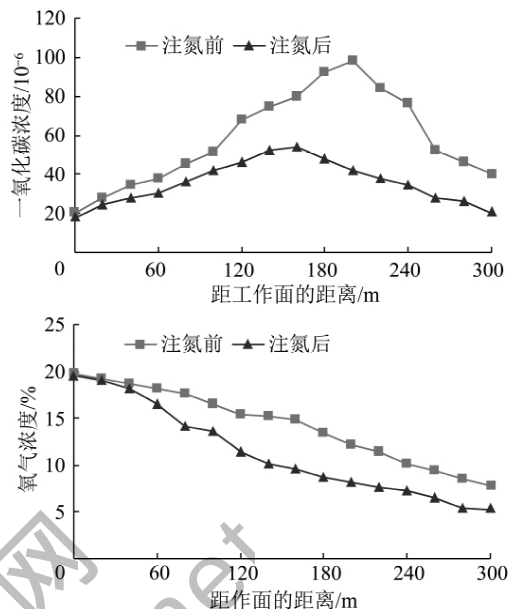


图 3 采空区一氧化碳浓度、氧气浓度随距工作面距离的变化曲线

Fig. 3 The change curves of the concentration of CO and O₂ in the goaf with the distance from the working face

4.2 连续注氮前后综放工作面采空区氧气浓度的变化规律

由图 3 可知:在综采工作面采取连续注氮后,采空区氧气浓度下降速度较注氮前快,氧化带宽度明显缩短,起到了较好惰化采空区作用;但在此过程中,存在一个氮气惰化作用的时间段,注氮量越大,时间段越短;同时考虑到工作面漏风的稀释、运移作用及氮气中氧气含量大小等因素的影响,注氮对氧气浓度的影响程度是有一定范围的。

4.3 连续注氮前后“三带”分布的对比

综合分析采空区氧气及一氧化碳的变化规律,综采工作面注氮前后采空区“三带”分布对比情况见表 1。

表 1 塔山矿 8202 综采工作面采空区注氮前后“三带”分布对比

Table 1 Distribution comparison of three zones in the goaf of fully mechanized top-caving working face 8202 of Tashan Coal Mine before and after nitrogen injection

三带	散热带	氧化带	窒息带
氧气浓度/%	> 18	10 ~ 18	< 10
注氮前带宽/m	50 ~ 60	130 ~ 180	距综采工作面 240 m 以外
注氮后带宽/m	40 ~ 50	80 ~ 120	距综采工作面 170 m 以外

从表 1 可知:在连续注氮条件下,采空区“三带”

宽度分布为:散热带 40 ~ 50 m,氧化带 80 ~ 120 m,窒息带距工作面 170 m 以后;由于工作面供风量和漏风量都较大,对散热带宽度影响不大,氧化带在注氮后缩短了约 60 m,窒息带前移了约 70 m。

5 结 论

(1) 采用综采放顶煤技术开采特厚、大采高、易自燃煤层时,综采工作面回风流中常出现一定浓度的一氧化碳;但采用连续注氮后,可以快速地降低采空区的氧气浓度,较好地惰化采空区,为高产高效综放工作面开采提供可靠的安全保障。

(2) 塔山矿 8202 综采工作面在连续注氮情况下,氧气浓度随采空区深度的增加明显降低,最终稳定在 5% 左右,保证了综采工作面的顺利推进;注氮量越大,氧气浓度下降的速度越大;且影响较大的区域是距工作面距离 80 ~ 120 m 的采空区。

(3) 在连续注氮条件下,采空区“三带”宽度分布为:散热带 40 ~ 50 m,氧化带 80 ~ 120 m,窒息带距综采工作面 170 m 以后;由于工作面供风量和漏风量都较大,对散热带宽度影响不大,氧化带在注氮后缩短了约 60 m,窒息带前移了约 70 m。

参考文献:

- [1] 王省身,张国枢. 矿井火灾防治[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1990.
- [2] 王德明. 矿井火灾学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2008.
- [3] 郭剑明. 煤自燃火灾防治新技术及矿用新型密闭堵漏材料的研究与应用[D]. 太原:太原理工大学,2008.
- [4] 王俊峰,郭剑明,靳钟铭. 一种预测采空区自燃危险区域的新方法——CFD 技术的应用[J]. 煤炭学报,2009,34(11):1483-1488.
Wang Junfeng, Wu Jianming, Jin Zhongming. A new method to predict the coal spontaneous combustion zone in goaf: the application of CFD technology[J]. Journal of China Coal Society, 2009, 34(11): 1483-1488.
- [5] 郝宇,刘杰,王长元,等. 综放工作面超厚煤层注氮防灭火技术应用[J]. 煤矿安全,2008(7):41-43.
Hao Yu, Liu Jie, Wang Changyuan, et al. Application of feeding nitrogen in extra-thick coal seam of comprehensive mechanized and breaking props coal mining[J]. Safety in Coal Mines, 2008(7): 41-43.
- [6] 李宗翔. 综放采空区防灭火注氮数值模拟与参数确定[J]. 中国安全科学学报,2003,13(5):53-57.
Li Zongxiang. Numerical simulation of nitrogen injection process for fire prevention and extinguishment in fully mechanized longwall top coal goaf[J]. China Safety Science Journal, 2003, 13(5): 53-57.
- [7] 丁广骥. 三维采空区瓦斯、氮气的扩散运动及有限元解法[J]. 煤炭学报,1996,21(4):411-414.
Ding Guangxiang. Diffusion of methane and nitrogen in 3D goaf and the finite element solution[J]. Journal of China Coal Society, 2001, 21(4): 411-414.
- [8] 杨胜强,徐全,黄金,等. 采空区自燃“三带”微循环理论及漏风流场数值模拟[J]. 中国矿业大学学报,2009,38(6):769-773.
Yang Shengqiang, Xu Quan, Huang Jin, et al. The “three zones” microcirculation theory of goaf spontaneous combustion and a numerical simulation of the air leakage flow field[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2009, 38(6): 769-773.
- [9] 王俊峰,李有忠. 注氮防火时采空区气体变化与“三带”分布状况的检测[J]. 太原理工大学学报,2000,31(6):638-641.
Wang Junfeng, Li Youzhong. Examination of gas change and distribution of thriples at the goaf while injecting nitrogen[J]. Journal of Taiyuan University of Technology, 2000, 31(6): 638-641.
- [10] 朱毅,邓军,张辛亥,等. 综放采空区抽放条件下自燃“三带”分布规律研究[J]. 西安科技大学学报,2006,26(1):15-19.
Zhu Yi, Deng Jun, Zhang Xinhai, et al. Distribution of spontaneous combustion three zone in fully mechanized gob under the conditions of gas drainage[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2006, 26(1): 15-19.
- [11] 徐精彩,张辛亥,邓军,等. 常村煤矿 2106 综放工作面采空区“三带”规律及自燃危险性研究[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2004,19(3):1-4.
Xu Jingcai, Zhang Xinhai, Deng Jun, et al. Study on three zones of mined out area and spontaneous combustion danger of workplace 2106 in Changcun Coal Mine[J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2004, 19(3): 1-4.
- [12] 徐精彩,余锋,李树刚,等. 石嘴山二矿 2268 综放采空区自燃危险区域划分研究[J]. 煤炭学报,2003,28(3):256-259.
Xu Jingcai, Yu Feng, Li Shugang, et al. Study on compartmentalizing danger zone of coal spontaneous combustion at 2268 working face of Shizuishan No. 2 Mine[J]. Journal of China Coal Society, 2003, 28(3): 256-259.
- [13] 吴吉南,冯学武,胡光伟. 综放工作面采空区区域划分实用性分析[J]. 安全与环境学报,2003,3(6):44-47.
Wu Jinan, Feng Xuewu, Hu Guangwei. On practicability analysis of spontaneous combustion areas to be classified in mined areas of fully mechanized caving face[J]. Journal of Safety and Environment, 2003, 3(6): 44-47.
- [14] 文虎. 煤自燃全过程实验模拟及高温区域动态变化规律的研究[J]. 煤炭学报,2004,29(6):689-693.
Wen Hu. Experiment simulation of whole process on coal self-ignition and study of dynamical change rule in high temperature zone[J]. Journal of China Coal Society, 2004, 29(6): 689-693.
- [15] 余明高,常绪华,贾海林,等. 基于 Matlab 采空区自燃“三带”的分析[J]. 煤炭学报,2010,35(4):600-604.
Yu Minggao, Chang Xuhua, Jia Hailin, et al. Analysis of spontaneous combustion three zone in goaf based on Matlab[J]. Journal of China Coal Society, 2010, 35(4): 600-604.