

文章编号:1671-251X(2019)05-0022-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.17403

# 大采高综采工作面采空区自燃“三带”研究

屈世甲<sup>1,2</sup>, 安世岗<sup>3</sup>, 武福生<sup>1,2</sup>, 李鹏<sup>3</sup>

- (1. 中煤科工集团常州研究院有限公司, 江苏 常州 213015;
2. 天地(常州)自动化股份有限公司, 江苏 常州 213015;
3. 神华神东煤炭集团有限责任公司, 陕西 榆林 719315)



扫码移动阅读

**摘要:**针对上湾煤矿12401大采高综采工作面采空区煤自燃防治,通过程序升温氧化实验确定CO作为煤自燃预报指标气体,并辅以C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>来掌握煤自燃情况;在工作面采空区回风侧铺设束管对采空区气体进行监测,根据监测结果划分了采空区自燃“三带”:距工作面0~32 m处为散热带,32~225 m处为自燃带,225 m以外为窒息带;依据散热带和自燃带总长度及煤最短自燃发火期,计算出工作面最小安全推进速度约为6.4 m/d。该研究结果为工作面防灭火措施制定提供了可靠依据。

**关键词:**煤炭开采;煤自燃;自燃“三带”;指标气体;大采高综采工作面;采空区;推进速度  
中图分类号:TD752 文献标志码:A

Research on spontaneous combustion "three zones" in goaf of fully mechanized working face with large mining height

QU Shijia<sup>1,2</sup>, AN Shigang<sup>3</sup>, WU Fusheng<sup>1,2</sup>, LI Peng<sup>3</sup>

- (1. CCTEG Changzhou Research Institute, Changzhou 213015, China;
2. Tiandi(Changzhou) Automation Co., Ltd., Changzhou 213015, China;
3. Shenhua Shendong Coal Group Co., Ltd., Yulin 719315, China)

**Abstract:**In view of goaf spontaneous combustion prevention of 12401 fully mechanized working face with large mining height in Shangwan Coal Mine, CO is determined as prediction index gas of coal spontaneous combustion and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> is used as auxiliary index gas to master coal spontaneous combustion through temperature programmed oxidation experiment. Gas in goaf is monitored by laying beam tubes on air return side in goaf of the working face, and spontaneous combustion "three zones" in goaf were divided according to monitoring results. Heat dissipation zone is 0-32 m away from the working face, spontaneous combustion zone is 32-225 m away from the working face, and suffocation zone is 225 m away from the working face. According to total length of heat dissipation zone and spontaneous combustion zone and the minimum coal spontaneous combustion period, the minimum safe advancing speed of the working face is about 6.4 m/d. The research results can provide reliable basis for formulation of fire prevention measures on the working face.

**Key words:**coal mining; coal spontaneous combustion; spontaneous combustion "three zones"; index gas; fully mechanized working face with large mining height; goaf; advancing speed

收稿日期:2019-01-29;修回日期:2019-04-27;责任编辑:盛男。

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFC0801804);神华神东煤炭集团有限责任公司科技创新资助项目(201592548008-4)。

作者简介:屈世甲(1984—),男,陕西铜川人,副研究员,硕士,主要从事煤矿安全技术应用及通风、瓦斯分析预警方面的研究工作,E-mail: qushijiaz@sina.com。

引用格式:屈世甲,安世岗,武福生,等.大采高综采工作面采空区自燃“三带”研究[J].工矿自动化,2019,45(5):22-25.

QU Shijia, AN Shigang, WU Fusheng, et al. Research on spontaneous combustion "three zones" in goaf of fully mechanized working face with high mining height[J]. Industry and Mine Automation, 2019, 45(5): 22-25.

## 0 引言

煤自燃引起的火灾是煤矿主要灾害之一,不仅浪费大量煤炭资源,甚至威胁井下人员生命安全<sup>[1-3]</sup>。据统计,煤自燃火灾事故80%以上发生在厚煤层开采过程中<sup>[4]</sup>。易自燃厚煤层大采高综采过程中,采空区特别是工作面进回风侧遗煤往往较多,煤自燃火源隐蔽,加大了矿井火灾防治工作难度。准确划分煤自燃“三带”(散热带、自燃带、窒息带)分布范围,可及早采取预控措施,降低采空区自燃危险性,对于煤矿安全生产具有现实的指导意义<sup>[5-6]</sup>。本文针对神华神东煤炭集团有限责任公司上湾煤矿12401大采高综采工作面采空区煤自燃防治,通过实验研究和现场监测相结合的方法,确定了煤自燃预报指标气体,划分了采空区自燃“三带”,研究结果可为12401综采工作面防灭火措施制定提供可靠依据。

## 1 工作面概况

上湾煤矿12401综采工作面是1<sup>-2</sup>煤四盘区首采工作面,可采面积为1 572 236.16 m<sup>2</sup>,可采煤量为1 754.6万t,走向长度为299.2 m,推进长度为5 254.8 m。工作面采用倾斜长壁后退式一次采全高综合机械化采煤法开采,采高为8.6 m。工作面煤厚为7.56~10.79 m,平均煤厚为9.16 m,煤呈黑色、条痕褐黑色,煤的粘结性和结焦性均较差,煤的密度为1.3 t/m<sup>3</sup>,煤的普氏系数为1~3。煤层有自然发火倾向,最短自然发火期为35 d。

综采工作面直接顶为灰白色细粒砂岩,抗压强度为13.3~15.2 MPa,普氏系数约为1.35,坚固性较强,属坚硬类不稳定型;直接底为黑灰色泥岩,抗压强度为14.5~36.6 MPa,普氏系数约为2.32。综采工作面沿煤层走向布置,由切眼、主运输巷、回风巷、辅运输巷、主回撤通道、辅回撤通道、联络巷等组成。综采工作面采用“U”型负压通风,风量为2 500 m<sup>3</sup>/min。

## 2 指标气体

遗煤低温氧化过程中会释放CO、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>等气相产物,其浓度与煤温紧密相关。因此,通过程序升温氧化实验对综放工作面煤样进行升温过程中气体浓度的测定<sup>[7-8]</sup>,得到CO、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>体积分数随温度变化曲线,如图1所示。可看出CO、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>体积分数随着温度升高而增大,基本呈指数型上升;在30℃时,煤氧化释放CO气体,90℃以后CO体积分数迅速增大;在100℃时,煤氧化释放C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>气体,表明煤

已开始进入加速氧化阶段。因此,以CO作为煤自燃预报指标气体,并辅以C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>来掌握煤自燃情况。

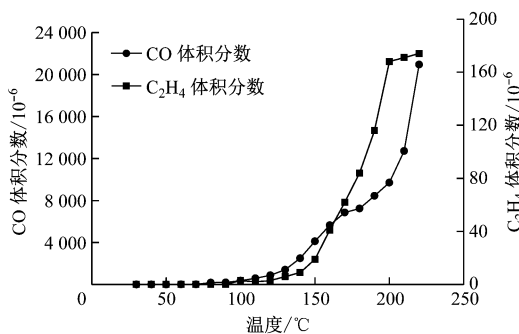


图1 CO、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 体积分数随温度变化曲线

Fig. 1 Curves of CO and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> volume fraction with temperature change

## 3 采空区气体现场监测

### 3.1 监测方案

在综采工作面采空区回风侧布置4个测点对气体进行采样分析,相邻测点间隔50 m,如图2所示。在各测点处安装束管并在末端连接束管采样器,束管采用φ60 mm钢管保护。利用红外束管分析仪分析气体浓度,可获得采空区内气体浓度随工作面推进距离的变化规律。

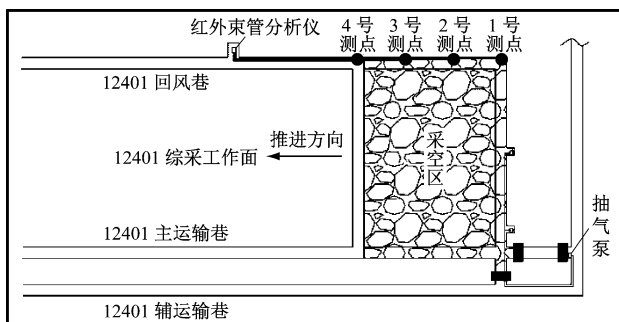


图2 测点布置

Fig. 2 Measuring point layout

### 3.2 监测结果

采空区内各测点实测CO、O<sub>2</sub>体积分数变化规律如图3所示。可看出:①随着测点距工作面距离不断增加,CO体积分数总体上先递增后递减,整体呈倒“U”型变化;1,3,4号测点分别距工作面75,96,125 m时,CO体积分数达到峰值,分别为185×10<sup>-6</sup>,136×10<sup>-6</sup>,140×10<sup>-6</sup>,然后总体上开始呈下降趋势;2号测点CO体积分数一直在30×10<sup>-6</sup>左右波动。②随着测点距工作面距离不断增加,各测点O<sub>2</sub>体积分数总体呈下降趋势,1,4号测点分别距工作面203,198 m时,O<sub>2</sub>体积分数分别下降至10%,9.6%,2,3号测点O<sub>2</sub>体积分数较高,分别距工作面333,327 m时,O<sub>2</sub>体积分数分别下降至11.57%,12.06%。

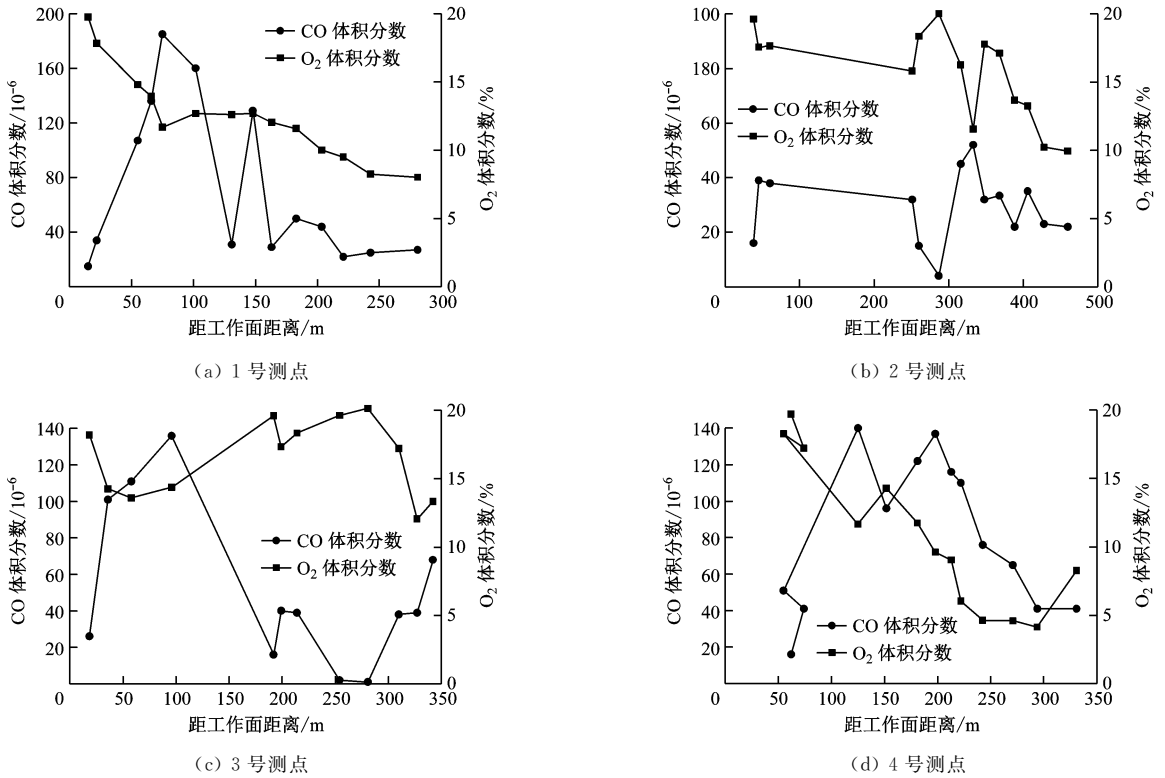


图3 各测点气体体积分数变化曲线

Fig. 3 Gas concentration change curve of each measuring point

### 4 采空区自燃“三带”划分

采空区遗煤发生自燃需要同时满足以下条件：煤本身具有自燃倾向性；持续供氧；稳定的蓄热环境；前3个条件同时存在时间大于煤自然发火期。目前主要根据采空区漏风风速、O<sub>2</sub>浓度和温度指标来划分采空区自燃“三带”<sup>[9-12]</sup>。其中采空区O<sub>2</sub>浓度指标最常使用，一般按O<sub>2</sub>浓度划分“三带”：O<sub>2</sub>体积分数大于18%时为散热带；O<sub>2</sub>体积分数为10%~18%时为自燃带；O<sub>2</sub>体积分数小于10%时为窒息带。

根据12401综采工作面现场监测结果，采空区自燃“三带”分布范围如图4所示。采空区散热带和自燃带总长度为225m，在该范围内氧气供应充足，蓄热环境适宜；顶板为粉砂岩，漏风量大，为煤自燃

提供了有利条件，实际开采过程中应提前制定防火措施，以免发生采空区自燃事故。

### 5 工作面最小安全推进速度计算

工作面最小安全推进速度为<sup>[13-15]</sup>

$$V = \frac{L}{T} \tag{1}$$

式中： $L$ 为散热带和自燃带总长度，m； $T$ 为最短自然发火期，d。

12401综采工作面最短自然发火期为35d，则生产过程中工作面最小安全推进速度约为6.4m/d。当工作面推进速度大于最小安全推进速度时，遗煤自然发火可能性较小，此时以预防为主、治理为辅；当工作面推进速度小于最小安全推进速度时，应严格关注采空区O<sub>2</sub>和温度变化情况，及时采取防火措施。

### 6 结论

(1) 通过程序升温氧化实验得出CO可作为煤自燃预报指标气体，并辅以C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>来掌握煤自燃情况；CO出现说明煤已经发生氧化反应，C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>出现表明煤温已经达到100℃以上。

(2) 沿综采工作面采空区回风侧铺设束管监测采空区气体，根据监测结果划分了采空区自燃“三带”范围：距工作面0~32m处为散热带，32~225m处为自燃带，225m以外为窒息带。

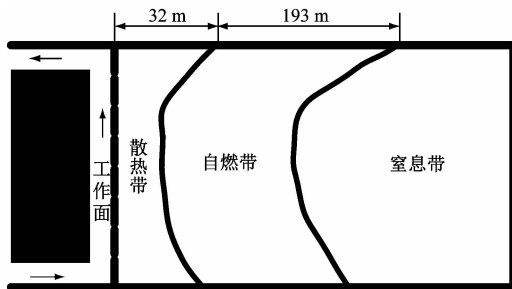


图4 采空区自燃“三带”分布范围

Fig. 4 Distribution range of spontaneous combustion "three zones" in goaf

(3) 根据自燃“三带”分布范围,计算得出工作面最小安全推进速度约为 6.4 m/d,当工作面推进速度大于 6.4 m/d 时,可确保煤矿安全开采。

#### 参考文献(References):

[1] 王德明. 矿井火灾学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2008.

[2] 谢军,薛生. 综放采空区空间自燃三带划分指标及方法研究[J]. 煤炭科学技术,2011,39(1):65-68.  
XIE Jun, XUE Sheng. Study on division index and method of three spontaneous combustion zones in goaf of fully mechanized top coal caving mining face[J]. Coal Science and Technology,2011,39(1):65-68.

[3] 邓军,李贝,李珍宝,等. 预报煤自燃的气体指标优选试验研究[J]. 煤炭科学技术,2014,42(1):55-59.  
DENG Jun, LI Bei, LI Zhenbao, et al. Experiment study on gas indexes optimization for coal spontaneous combustion prediction[J]. Coal Science and Technology,2014,42(1):55-59.

[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] 武建军,蒋卫国,刘晓晨,等. 地下煤火探测、监测与灭火技术研究进展[J]. 煤炭学报,2009,34(12):1669-1674.  
WU Jianjun, JIANG Weiguo, LIU Xiaochen, et al. Innovative technologies for exploration, monitoring and extinction of underground coal fires[J]. Journal of China Coal Society,2009,34(12):1669-1674.

[6] 文虎,程小蛟,许延辉,等. 特厚煤层综放工作面不同漏风源位置对自燃带分布的影响[J]. 煤矿安全,2018,49(2):138-142.  
WEN Hu, CHENG Xiaojiao, XU Yanhui, et al. Influence of different air leakage locations on spontaneous combustion distribution in fully mechanized caving face of extra-thick coal seam[J]. Safety in Coal Mines,2018,49(2):138-142.

[7] 刘乔,王德明,仲晓星,等. 基于程序升温的煤层自然发火指标气体测试[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2013,32(3):362-366.  
LIU Qiao, WANG Deming, ZHONG Xiaoxing, et al. Testing on indicator gases of coal spontaneous combustion based on temperature program [J]. Journal of Liaoning Technical University (Natural Science),2013,32(3):362-366.

[8] 武福生. 预测煤自燃的复合气体指标优选实验研究

[J]. 工矿自动化,2018,44(7):61-65.  
WU Fusheng. Experimental study on composite gas indexes optimization for coal spontaneous combustion prediction[J]. Industry and Mine Automation,2018,44(7):61-65.

[9] 宫彪. 特厚综放面采空区自燃“三带”的分布规律研究[J]. 中国煤炭,2018,44(3):132-135.  
GONG Biao. Study on the distribution laws of three zone of spontaneous combustion in gob of extra-thick fully mechanized caving face[J]. China Coal,2018,44(3):132-135.

[10] 孟宪锐,常振兴,王永望,等. 综放面采空区自燃“三带”分布规律研究[J]. 煤炭技术,2015,34(9):128-130.  
MENG Xianrui, CHANG Zhenxing, WANG Yongwang, et al. Research on spontaneous combustion "three zones" distribution regularity in goaf of full-mechanized caving face [J]. Coal Technology,2015,34(9):128-130.

[11] 余明高,晁江坤,贾海林. 综放面采空区自燃“三带”的综合划分方法与实践[J]. 河南理工大学学报(自然科学版),2013,32(2):131-135.  
YU Minggao, CHAO Jiangkun, JIA Hailin. Comprehensive dividing method and practice of spontaneous combustion "three-zone" in goaf on fully mechanized coal face [J]. Journal of Henan Polytechnic University (Natural Science),2013,32(2):131-135.

[12] 王亮,张人伟,裴晓东,等. 综放工作面采空区自燃“三带”的试样研究[J]. 煤矿现代化,2005(5):21-22.  
WANG Liang, ZHANG Renwei, PEI Xiaodong, et al. Trials & study on "three zones" for spontaneous combustion in complex mechanized mining workplace [J]. Coal Mine Modernization,2005(5):21-22.

[13] 何俊,牛帅,陈亮. 大倾角综放面采空区自燃“三带”分布规律研究[J]. 煤炭技术,2014,33(9):54-56.  
HE Jun, NIU Shuai, CHEN Liang. Research on spontaneous combustion "three zones" distribution regularity in goaf of full-mechanized caving face in large dip seam[J]. Coal Technology,2014,33(9):54-56.

[14] 陈龙,仲晓星,李虎,等. 新集二矿 111300 工作面采空区自燃“三带”研究[J]. 煤矿安全,2017,48(12):164-167.  
CHEN Long, ZHONG Xiaoxing, LI Hu, et al. Study on spontaneous combustion "three-zone" in gob of 111300 mining face in Xinji No. 2 Coal Mine [J]. Safety in Coal Mines,2017,48(12):164-167.

[15] WANG Lanyun, JIANG Shuguang, WU Zhengyan, et al. Oxidation kinetics regularity in spontaneous combustion of gas coal [J]. International Journal of Mining Science and Technology,2010,20(1):59-63.