综放工作面高抽巷合理位置的研究*[1]

安 然[1,2], 王文才[1]

(1. 内蒙古科技大学矿业研究院, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢金属制造有限责任公司, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 针对高抽巷抽采瓦斯条件下诱发采空区自燃发火问题, 以某矿综放工作面实际开采的技术条件构建采空区气体渗流模型, 结合实际高抽巷布置要求, 利用 Fluent 数值模拟软件分析高抽巷不同平距和垂距条件下的采空区氧化带宽度, 结果表明: 当高抽巷垂距为 35 m、平距为 25 m 时, 采空区氧化带宽度最小。高抽巷合理位置的确定, 在提高瓦斯抽采效率、减小煤自燃发火的危险性、保证综放工作面的绿色、安全、高效等方面具有实际的指导意义。

关键词: 高抽巷; 合理位置; 采空区自燃; 数值模拟
中图分类号: TD712.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 - 5438(2019)02 - 0084 - 04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.02.024

Study on Reasonable Position of High Drainage Tunnel in Fully Mechanized Top - coal Caving Face

An Ran[1,2], *Wang Wen - cai*[1]

(1. *Mining Research Institute of Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Inner Mongolia Baotou Steel Metal Manufacturing Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, it is elaborated the gas seepage model of goaf was established with the technical conditions for actual mining of fully mechanized top - coal caving face of a mine as well as the widths of oxidized zone of goaf with different horizontal distances and vertical distances of high drainage tunnel were analyzed with the Fluent numerical simulation software combining with the actual layout requirements of high drainage tunnel aiming at the autoignition of goaf caused by gas extraction in high drainage tunnel. The results showed that when the vertical distance of high drainage tunnel was 35 m and its horizontal distance was 25 m, the width of the oxidized zone of goaf was the smallest. The determination for reasonable position of high drainage tunnel is with the practical guiding significances in improving the gas extraction efficiency, reducing danger of autoignition of coal and ensuring green, safe and efficient fully mechanized top - coal caving face.

Key words: high drainage tunnel; reasonable position; autoignition of goaf; numerical simulation

矿井开采过程中, 随着开采深度的不断加大, 煤层的赋存条件更趋于复杂多变, 煤层瓦斯涌出量会逐渐增大, 而且随着地应力的增大, 采空区的遗煤破碎度增加, 煤自燃危险性相应加大, 矿井开采过程中

* 收稿日期: 2018 - 12 - 12
作者简介: 安 然(1987 -), 女, 内蒙古包头市人, 在读硕士, 工程师, 现从事安全管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

会面临瓦斯、煤自燃等双重灾害的威胁[1-2]，高抽巷作为治理上隅角瓦斯超限的有效技术手段得到广泛应用，但抽采同时可能诱导工作面空气向采空区内部纵深发展，加剧漏风，使自燃带范围变宽，并加快遗煤的升温速率，从而有可能引发采空区自燃，所以高抽巷合理位置的选择，是影响采空区“三带”(根据经典矿压理论，受采动影响采空区在竖直方向形成弯曲下沉带、断裂带和垮落带)的分布范围关键因素，只有确定了高抽巷合理参数才能进一步改进防灭火技术措施，完善防灭火设计方案，使各种防灭火措施做到有的放矢[3-5]。

1　渗流及数学模型的建立

高抽巷抽采条件下，对采空区氧气体积分数分布规律的深入研究，是确定采空区遗煤自燃危险性区域的必要条件，为缩小自燃隐患区域提供理论基础，也为确定高抽巷合理抽采负压提供数据支持，同时对制定瓦斯与煤自燃协同防治措施意义重大。

采空区内煤岩因其固有的结构被视为多孔介质，整个采空区内气体密度不发生变化，其流体运移规律符合达西定律[6]。空气中的氧气与煤发生化学反应被消耗，但气体总量不变，各组分按照 Fick 定律有浓度较高区域流向浓度较低区域，过程相对较缓慢，是一个动态平衡过程。采空区内不考虑能量方程的情况下，气体渗流控制方程如下[7]：

$$Q_x \cdot \frac{dC}{dx} + Q_y \cdot \frac{dC}{dy} + Q_z \cdot \frac{dC}{dz} = D_x \cdot \frac{d^2C}{dx^2} + D_y \cdot \frac{d^2C}{dy^2} + D_z \cdot \frac{d^2C}{dz^2} - V(T) \quad (1)$$

式中，Q_x、Q_y、Q_z 分别为 x、y、z 方向的漏风量，m/s^3；D_x、D_y、D_z 分别为 x、y、z 方向的扩散系数；C 为组分的浓度，%；$V(T)$ 为耗氧速度，m/s。

2　采空区气体渗流及数学模型

2.1　工作面概况

某矿 401102 综放工作面煤层倾角 3°～5°、倾斜长 200 m、走向长 1 300 m，为高瓦斯易自燃煤层，采用综采全部垮落法管理顶板，通风方式为 U 型 + 高抽巷处理采空区瓦斯的技术方式；矿井最大绝对瓦斯涌出量为 1 528.5 m^3/min，相对瓦斯涌出量为 59 m^3/t；煤层吸氧量为 0.81 cm^3/g；工作面风量为 1 800 m^3/min。

2.2　物理模型建立

根据工作面实际情况建立简化物理模型，如图 1 所示。工作面风流为自由紊流、采空区风流多孔介质渗流。具体尺寸见表 1，边界条件参数设置见表 2。

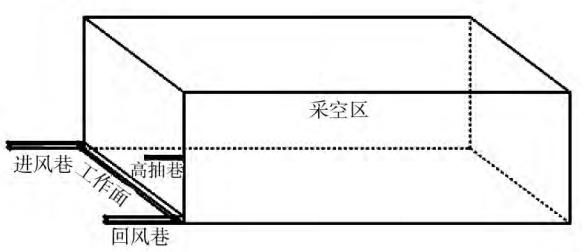


图 1　采空区物理模型

表 1　模型具体参数

名称	尺寸
工作面/(m×m×m)	200×5×5
进、回风巷/(m×m×m)	10×5×5
高抽巷/(m×m×m)	30×4×4
自然堆积区/m	0～30
载荷影响区/m	30～130
压实稳定区/m	130～400
冒落带/m	0～25
断裂带/m	25～60

表 2　边界条件设置参数

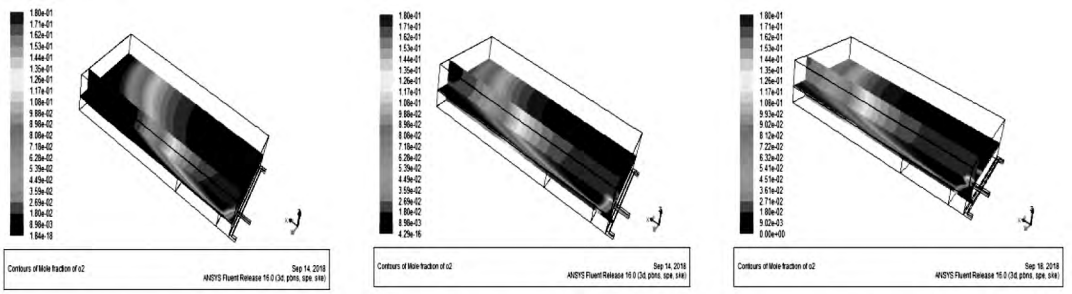
名称	煤壁	自然堆积区	载荷影响区	压实稳定区	裂隙带
碎胀系数		1.60	1.20	1.10	0.01
孔隙率		0.38	0.17	0.09	0.01
粘性阻力系数/m^{-2}		110 000	45 000	560 000	960 000
惯性阻力系数		320	240	180	140
瓦斯源项/($kg \cdot m^{-3} \cdot s^{-1}$)	2.6×10^{-6}	9.4×10^{-9}	3.6×10^{-8}	9.1×10^{-8}	8.0×10^{-8}

中国知网　https://www.cnki.net

3 数值模拟结果分析

3.1 定垂距变平距结果分析

研究高抽巷抽采条件下对采空区自燃的影响，主要研究采空区自燃三带的分布范围，重点分析氧化带宽度。本文以氧气浓度为判定指标，氧气浓度为8% ~ 18%为氧化带。模拟设定高抽巷垂距25 m，平距分别为20 m、25 m、30 m，高抽巷不同位置时的氧气浓度分布如图2所示。



（a）平距20 m （b）平距25 m （c）平距30 m

图2 不同平距下的氧气浓度分布

从图2中可以看出，高抽巷平距变化时，采空区氧气浓度分布也发生明显变化。对模拟结果结算得出氧化带具体范围及宽度见表3。

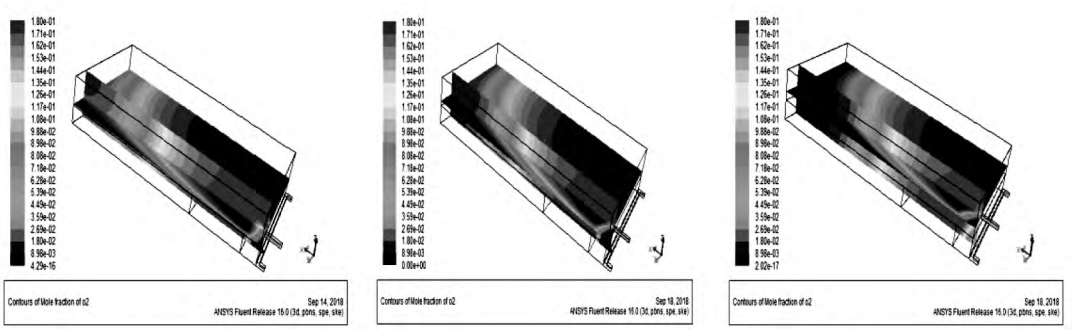
表3 模拟结果相关数据 m

垂距	平距	氧化带范围	氧化带宽度
25	20	40 ~ 122	82
	25	39 ~ 114	75
	30	45 ~ 123	78

从表3数据得出，高抽巷平距不同，氧化带宽度也不同。考虑采空区自燃危险性，氧化带宽度越小，综合考虑瓦斯抽采与采空区防灭火两方面因素，高抽巷最佳平距为25 m。

3.2 定平距变垂距结果分析

在确定了最佳平距为25m的前提下，分别对垂距为25 m、30 m、35 m位置时高抽巷抽采条件下采空区氧气浓度分布进行数值模拟，计算结果如图3所示。



（a）垂距25 m （b）垂距30 m （c）垂距35 m

图3 不同垂距下的氧气浓度分布

从图3可以看出，高抽巷垂距变化时，采空区氧气浓度分布也发生明显变化。对模拟结果结算得出氧化带具体范围及宽度见表4。

表4 模拟结果相关数据 m

平距	垂距	氧化带范围	氧化带宽度
25	25	39 ~ 114	75
	30	40 ~ 113	73
	35	45 ~ 127	82

中国知网 https://www.cnki.net

从表 4 数据得出，高抽巷垂距不同，氧化带宽度也不同。氧化带宽度越小，采空区自燃危险性越低，确定高抽巷最佳垂距为 30 m。

4　结论

(1) 根据采空区内煤岩结构形态构建流体渗流控制方程，为数值模拟提供了理论基础。

(2) 利用 Fluent 数值模拟软件模拟了高抽巷不同位置时的采空区氧气浓度分布规律，从而确定采空区氧化带范围及宽度。

(3) 综合考虑瓦斯抽采和采空区防灭火两方面的因素，确定高抽巷最佳抽采位置为平距 25 m、垂距 30 m，对高瓦斯易自燃煤层的高抽巷布置具有一定的实践指导意义。

参　考　文　献

[1] 袁亮. 我国深部煤与瓦斯共采战略思考 [J]. 煤炭学报，2016，(01)：1－6.

[2] 李树刚. 综放开采围岩活动影响下瓦斯运移规律及其控制 [J]. 岩石力学与工程学报，2000，19(06)：809－810.

[3] 李树刚，钱鸣高. 综放采空区冒落特征及瓦斯流态 [J]. 矿山压力与顶板管理，1997，24(3)：76－78.

[4] 李树刚，钱鸣高，石平五. 综放开采覆岩离层裂隙变化及孔隙渗流特性研究 [J]. 岩石力学与工程学报，2000，19(5)：604－607.

[5] 李树刚，林海飞，成连华. 综放开采支承压力与卸压瓦斯运移关系研究 [J]. 岩石力学与工程学报，2004，23(19)：3288－3291.

[6] 杨胜强，张枚润，王大强. 瓦斯高抽巷抽采系统中采空区漏风实测及模拟研究 [J]. 煤炭科学技术，2013，41(03)：63－65.

[7] 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，2009，11(06)：769－773.

(上接第 59 页)

的污垢，同时在冷却套管循环水入口前增加过滤器，降低循环冷却水中所带的杂质；冷却套管单独设置冷却水循环系统，采用除盐水进行冷却，保证水质满足要求，但是生产成本较高，目前正处在讨论阶段。

3　结束语

目前干熄焦生产过程中的一次除尘器冷却套管放灰时间已重新优化设定排灰时间和排灰间隔，高温焦粉下落到冷却套管底部的情况得到缓解；循环水加大排污量及在冷却套管冷却水管道上加设过滤网，提高循环水的洁净度，上述各项改进措施实施后，冷却套管的使用寿命延长至 1 年以上，降低事故率，提高干熄率，增加干熄焦装置经济效益，同时节约备件费，降低企业生产运行成本。

参　考　文　献

[1] 卢培山. 干法熄焦工 [M]. 北京：冶金工业出版社，2015.

[2] 马庆芳. 实用热物理性质手册 [M]. 北京：中国农业机械出版社，1986.

中国知网　https://www.cnki.net