

Discussion on Measuring of Effective Boring Time in Coal Seam Gas

Jing Yang^{1,2*}, Dongfang Xu^{1,2}, Yuanyue Huang^{1,2}

¹Hunan Research Institution of Coal Science, Changsha

²Engineering Research Center of Gas Treatments and Utilization in Hunan Province, Changsha

Email: xiaojing-1220@163.com

Received: Jul. 29th, 2014; revised: Aug. 13th, 2014; accepted: Aug. 21st, 2014

Copyright © 2014 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

Abstract

Both of the designs of gas extraction and outburst prevention measure in high gas mine have the same problem in confirming rationally effective boring time. A new measuring method of effective boring time is put forward in the paper; we measure the effective boring time in the different attenuation coefficient by making use of the new method; in the end, the paper discusses the problems in selecting the boring attenuation coefficient and under the natural condition's attenuation coefficient and how to ensure the effective boring time in the live.

Keywords

Boreholes, Flow Attenuation Coefficient, Extremity Gas Emission Quantity, Effective Boring Time

煤层瓦斯有效抽采时间的测算问题探讨

杨 静^{1,2*}, 徐东方^{1,2}, 黄渊跃^{1,2}

¹湖南省煤炭科学研究院, 长沙

²湖南省瓦斯治理和利用工程研究中心, 长沙

Email: xiaojing-1220@163.com

收稿日期: 2014年7月29日; 修回日期: 2014年8月13日; 录用日期: 2014年8月21日

*第一作者。

摘要

高瓦斯及突出矿井在编制瓦斯抽采设计、防突措施设计中,均存在合理确定抽采钻孔有效抽采时间的问题。本文就抽采钻孔有效抽采时间的测算提出了一种新的测算方法,利用新的测算方法对不同衰减系数下钻孔瓦斯有效抽采时间进行了测算,最后对有效抽采时间测算的钻孔流量衰减系数的选择、自然条件下钻孔流量衰减系数代替抽采条件下的衰减系数及现场抽采中有效抽采时间的确定等几个问题进行了探讨。

关键词

抽采钻孔, 流量衰减系数, 极限瓦斯涌出量, 有效抽采时间

1. 引言

随着我国煤矿开采技术的不断发展,瓦斯防治及治理技术也得到了极大程度的提高,尤其是突出矿井的区域综合防突措施及局部综合防突措施逐步体系化。高瓦斯及突出矿井在编制瓦斯抽采设计、“掘、抽、采”平衡规划、防突措施设计中,均面临合理确定抽采钻孔的有效抽采时间问题,多数煤矿没有根据本矿煤层瓦斯赋存实际情况进行测定而随意确定,有些矿井在抽采钻孔有效抽采时间内提前停止抽采致使抽采不达标、防突措施无效,而有些矿井超过了有效抽采时间还继续抽采,浪费了大量人力、物力、财力。因此,急需研究提出一种简单便捷、行之有效的抽采时间测算方法,从而为煤矿抽采达标、防突措施有效、“掘、抽、采”平衡提供科学依据和技术保障。

2. 有效抽采时间的测算

2.1. 有效排放时间的测算方法

煤是一种复杂的孔隙介质,煤体内有庞大的自由空间和孔隙表面。煤中瓦斯的赋存状态一般有吸附状态和游离状态两种。固体表面的吸附作用可以分为物理吸附和化学吸附两种类型,煤对瓦斯的吸附作用是物理吸附,是瓦斯分子和碳分子间相互吸引的结果。在被吸附瓦斯中,通常又将进入煤体内部的瓦斯称为吸收瓦斯,把附着在煤体表面的瓦斯称为吸着瓦斯,吸收瓦斯和吸着瓦斯统称为吸附瓦斯。在煤层赋存的瓦斯量中,通常吸附瓦斯量占80%~90%,游离瓦斯量占10%~20%[1]。

在煤体中,吸附瓦斯和游离瓦斯在外界条件不变的条件下处于动平衡状态,吸附状态的瓦斯分子和游离状态的瓦斯分子处于不断的交换之中;当外界的瓦斯压力和温度发生了变化或给予冲击和振荡、影响了分子的能量时,则会破坏其动平衡,而产生新的平衡状态[1]。

基于以上原理,我们在煤体中施工一个钻孔后,改变了钻孔周围煤体内的瓦斯压力而破坏了吸附瓦斯和游离瓦斯的动平衡状态,游离瓦斯不断渗流入低压区(钻孔内)而流出煤体,吸附瓦斯不断解吸为游离瓦斯至达到一个新的动态平衡,进入钻孔内的游离瓦斯不断涌出钻孔而产生瓦斯流量。

钻孔自然状态下瓦斯流量一般遵循以下规律[2][3]:

$$q_t = q_0 e^{-\alpha t} \quad (1)$$

式中 q_t ——自排时间 t 时的钻孔自然瓦斯流量, m^3/min ;

q_0 ——自排时间 $t = 0$ 时的钻孔自然瓦斯流量, m^3/min ;

α ——钻孔自然瓦斯流量衰减系数, d^{-1} ;

t ——钻孔自排瓦斯时间, d。

对式(1)积分, 可以得到任意时间 t 内钻孔自然瓦斯涌出总量 Q_t :

$$Q_t = 1440 \int_0^t q_t dt = 1440 \int_0^t q_0 e^{-\alpha t} dt = 1440 q_0 (1 - e^{-\alpha t}) / \alpha$$

即:

$$Q_t = Q_j (1 - e^{-\alpha t}) \quad (2)$$

式中 Q_t ——时间 t 内钻孔自然瓦斯涌出总量, m^3 ;

Q_j ——钻孔极限瓦斯涌出量, $Q_j = 1440 q_0 / \alpha$, m^3 ;

1440——单位换算系数, 一天 24 小时换为分钟的系数。

当排放时间 t 为无限长时, 钻孔排放瓦斯的极限量为:

$$Q_j = 1440 q_0 / \alpha \quad (3)$$

若将排放时间为 t 时, 钻孔排放瓦斯的总量 Q_t 和排放时间无限长时的极限瓦斯涌出量 Q_j 的比值 K 定义为钻孔瓦斯排放系数, 则 K 值为:

$$K = \frac{Q_t}{Q_j} = 1 - e^{-\alpha t} \quad (4)$$

根据(4)式, 计算有效排放时间 t 为:

$$t = \frac{\ln(1 - K)}{-\alpha} \quad (5)$$

根据式(5), 当知道钻孔瓦斯流量衰减系数 α , 选定 K 为一定值时, 便可快速计算出排放时间 t 。

为了便于计算, 给出不同 K 值时, 计算 t 值的表达式, 见表 1。

由表 1 可以看出, 钻孔自然排放瓦斯有效排放时间的长短完全取决于钻孔自然瓦斯流量衰减系数的大小。钻孔瓦斯自然流量衰减系数越大, 有效排放时间越短, 反之, 则有效排放时间越长。

2.2. 不同衰减系数下钻孔瓦斯有效抽采时间测算

目前, 我国普遍采用钻孔自然状态下流量衰减系数代替抽采条件下的流量衰减系数, 按煤层钻孔瓦斯流量衰减系数的大小, 将煤层瓦斯抽放难易程度划分为三类[4](见表 2): 衰减系数小于 0.003 为容易抽放煤层, 大于 0.05 的为较难抽放煤层, 0.003~0.05 之间为可抽放煤层。根据多年现场实测情况, 湖南省突出矿井的钻孔瓦斯流量衰减系数均大于 0.05, 为较难抽放煤层, 根据钻孔流量衰减系数 0.003 (容易抽放)、0.05 (较难抽放)和湖南省大多数矿井钻孔流量衰减系数在 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 的情况, 将钻孔流量衰减系数、排放系数和有效抽采时间绘制成曲线图, 见图 1。

可知: 容易抽放煤层瓦斯排放系数达到 0.8 时, 有效抽采时间在 536 天以上, 抽采系数达到 0.99 时, 有效抽采时间在 1535 天以上; 可以抽放煤层瓦斯排放系数达到 0.8 时, 有效抽放时间在 32 天~536 天之间, 排放系数达到 0.99 时, 有效抽放时间在 92 天~1535 天之间; 较难抽放煤层, 排放系数在 0.8、0.99 条件下, 有效抽采时间分别在 32 天、92 天以下。当钻孔流量衰减系数为 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5, 抽放系数为 0.8 时, 有效抽采时间分别为 16、8、5、4、3 天, 抽放系数为 0.99 时, 有效抽采时间分别为 46、23、15、11、9 天。

我省有的煤层透气很低, 虽然瓦斯抽采时间长达 3 年以上, 但防突措施效果检验时打钻喷孔严重, K_1 值或 Δh_2 严重超标, 这就充分说明透气性很低的煤层钻孔抽采影响范围很小, 钻孔极限瓦斯涌出量较小, 靠用延长抽采时间来扩大抽采影响范围是不可行的。

Table 1. Expression of the t -value of different k -value

表 1. 不同 k 值时 t 值的表达式

K	75%	80%	85%	90%	95%	99%
t	$t = \frac{1.386}{\alpha}$	$t = \frac{1.609}{\alpha}$	$t = \frac{1.897}{\alpha}$	$t = \frac{2.303}{\alpha}$	$t = \frac{2.996}{\alpha}$	$t = \frac{4.605}{\alpha}$

Table 2. Complexity of gas drainage in coal seam

表 2. 煤层瓦斯抽放难易程度表

类别	钻孔流量衰减系数 d^{-1}	煤层透气性系数 $m^2/(MPa^2 \cdot d)$
容易抽放	<0.003	>10
可以抽放	0.003~0.05	10~0.1
较难抽放	>0.05	<0.1

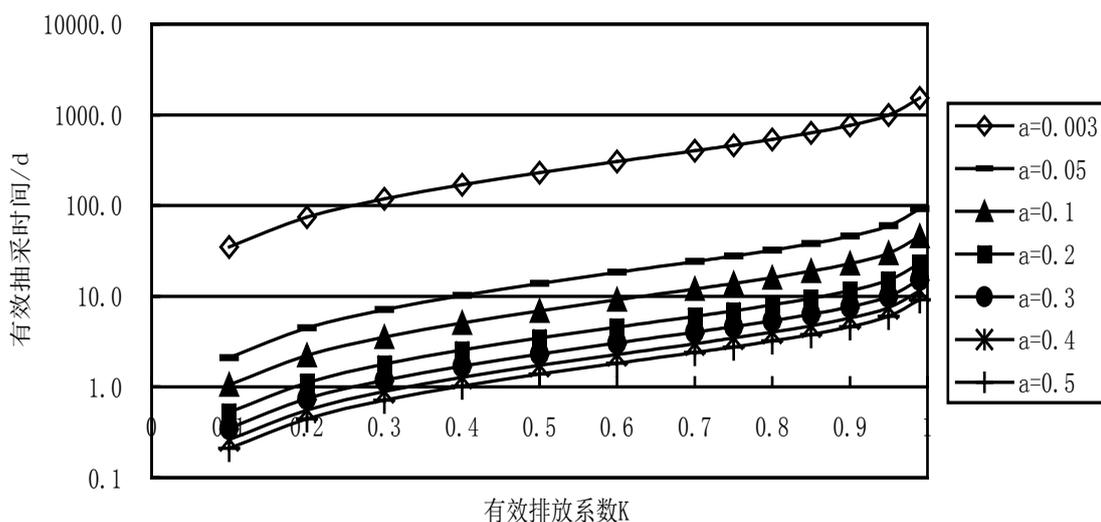


Figure 1. The relationship of different flow attenuation coefficient, discharge coefficient and the effective drainage time
图 1. 不同流量衰减系数、排放系数条件下与有效抽采时间的关系

3. 有效抽采时间测算中几个问题的讨论

3.1. 钻孔流量衰减系数的选择

表征钻孔自然瓦斯涌出特征的参数有两个，它们是钻孔自然初始瓦斯涌出强度 q_0 和钻孔自然瓦斯流量衰减系数 α ，其中钻孔瓦斯流量衰减系数 α 是评价煤层瓦斯预抽难易程度的一个重要指标。

在正常情况下，同一煤层、同一地质单元的煤层透气性是基本相同的。但是，煤层受地质构造的影响、煤层结构的变化及煤层本身的不均质性，透气性在各个方向不尽相同，钻孔流量衰减系数亦各不相同。下面以衡阳市裕民煤矿芋子田矿井实测的钻孔流量衰减系数，按不同的排放系数计算出有效抽采时间，见表 3。

从表 3 可以看出：钻孔瓦斯流量衰减系数变化较大，衰减系数决定了有效抽采时间的长短，如芋子田矿井排放系数达 0.9 时，有效抽采时间最长的达 105 天，最短的 s 只有 6 天，最长时间是最短时间的 17.5 倍。为了达到应抽尽抽、抽采达标的目的，测算有效抽采时间时，应选择最小的衰减系数进行计算。

3.2. 自然条件下钻孔流量衰减系数代替抽采条件下的衰减系数

由于主要受抽采负压的影响，抽采条件下的钻孔瓦斯流量衰减系数与自然条件下的流量衰减系数是

不同的，目前，我国普遍利用自然条件下的流量衰减系数代替抽采条件下的钻孔瓦斯流量衰减系数，建议在有条件的情况下，测定考察抽采条件下的瓦斯流量衰减系数与自然条件下的流量衰减系数之间的相互关系。

下面以湘煤集团白山坪矿业公司白山坪煤矿现场实际测定情况对抽采条件下的瓦斯流量衰减系数与自然条件下的流量衰减系数之间的相互关系进行简要对比分析。白山坪煤矿自然条件下钻孔瓦斯流量衰减系数为 0.27 d^{-1} ，抽放条件下钻孔瓦斯流量衰减系数略有减小，衰减系数在 $0.11\sim 0.16 \text{ d}^{-1}$ 之间，详见图 2 及图 3。

有关研究资料表明，随着抽采时间的延长，抽采流量衰减系数与自然流量衰减系数逐渐接近[2]，因此采用自然流量衰减系数代替抽采流量衰减系数是可行的，是可以满足工程需要的。

因考察抽采条件下的瓦斯流量衰减系数存在一些困难，如瓦斯抽采系统中瓦斯流量、瓦斯浓度准确计量难度大，抽采负压不稳定，抽采时间不连续等因素都影响数据的准确性。但随着瓦斯抽采计量仪器的发展和进步，考察抽采条件下的流量衰减系数将不成问题，届时应该进行考察研究，为抽采设计、“掘、抽、采平衡”规划、防突专项设计提供可靠依据。

3.3. 现场抽采中有效抽采时间的确定

由于煤体本身的不均质性，加之复杂地质构造的影响，煤体各向透气性有一定差别，有效抽采间和抽采影响半径也必有一定差别。每个抽采钻孔均进行流量衰减系数测定是不现实的，实际操作应用中，可测定一定数量的钻孔流量衰减系数，选择最小的流量衰减系数作为测算取值，并结合各个钻孔抽采过程中的瓦斯浓度、瓦斯流量、瓦斯纯度等因素合理确定适合矿井实际的瓦斯有效抽采时间。

Table 3. Calculate of valid drainage time in the Yuzi tian mine

表 3. 芋子田矿井有效抽放时间测算表

地点	α	t/d			
		K = 80%	K = 90%	K = 95%	K = 99%
1465 运巷 1#孔	0.022	73	105	136	209
1465 运输巷 2#孔	0.0586	28	39	51	78
22 采区 2#孔	0.415	4	6	7	11
平均	0.13	12	18	23	35

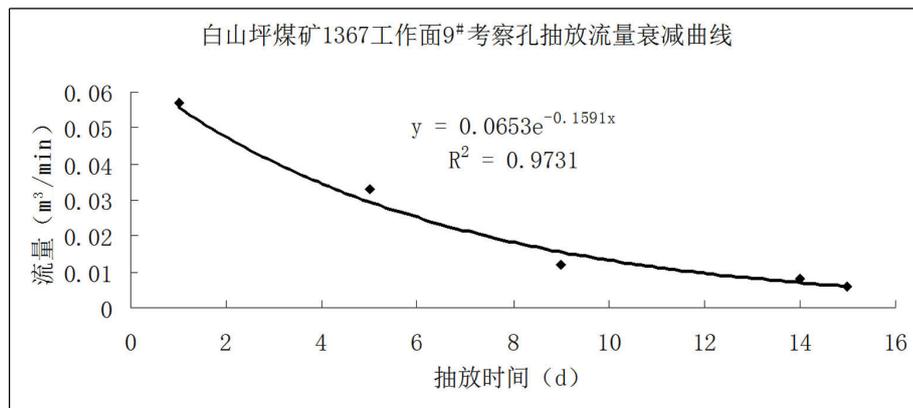


Figure 2. Decay curve of gas flow in Baishan ping 1367 working face in the nine drilling hole

图 2. 白山坪 1367 工作面 9#抽放钻孔瓦斯流量衰减曲线

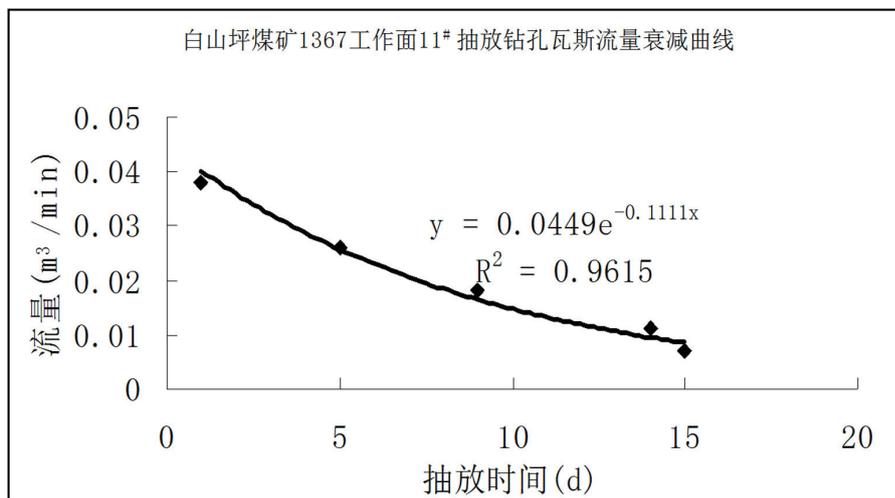


Figure 3. Decay curve of gas flow in Baishan ping 1367 working face in the eleven drilling hole
图 3. 白山坪 1367 工作面 11#抽放钻孔瓦斯流量衰减曲线

4. 结语

钻孔抽采瓦斯有效抽采时间的合理确定，不仅可以为煤层瓦斯抽采达标、防突措施有效提供可靠技术依据，也可以为煤矿节省大量的人力、物力、财力，因此，对于高瓦斯及突出矿井而言，有效抽采时间的合理确定至关重要。通过自然条件下钻孔流量衰减系数来测算钻孔有效抽采时间为有效抽采时间的测定开辟了一条捷径，利用测算结果结合钻孔抽采浓度、抽采流量、抽采纯量等参数来合理确定钻孔有效抽采时间是非常可行的，值得煤矿行业推广应用。

参考文献 (References)

- [1] 周世宁, 林柏泉 (1999) 煤层瓦斯赋存与流动理论. 煤炭工业出版社, 北京.
- [2] 袁亮 (2004) 松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术. 煤炭工业出版社, 北京.
- [3] 于不凡 (2005) 煤矿瓦斯灾害防治及利用技术手册. 煤炭工业出版社, 北京.
- [4] (2006) 中华人民共和国安全生产行业标准, 煤矿瓦斯抽放规范(AQ1027-2006). 国家安全生产监督管理总局.