

# 吸附平衡时间对瓦斯放散初速度的影响

谭蓉晖<sup>1</sup>, 王兆丰<sup>1,2</sup>, 杨宏民<sup>1,2</sup>

(1. 河南理工大学 安全科学与工程学院, 河南 焦作 454003; 2. 瓦斯地质与瓦斯防治重点实验室国家培育基地, 河南 焦作 454003)

**摘要:** 安全生产行业标准 AQ 1080—2009 《煤的瓦斯放散初速度指标 ( $\Delta p$ ) 测定方法》中规定的煤样吸附时间为 90 min, 为了验证该标准在具体应用中的局限性, 选用 5 个煤矿挥发分相差较大的煤样进行瓦斯放散初速度测定试验, 分析了吸附平衡时间对瓦斯放散初速度的影响, 研究了不同变质程度煤样的吸附平衡时间对瓦斯放散初速度的影响规律。试验结果表明: 煤的挥发分越低, 所需的吸附平衡时间越长, 瓦斯放散初速度的测值越高; 瓦斯放散初速度受吸附平衡时间的影响较大, 吸附平衡时间超过 90 min 后, 瓦斯放散初速度仍在不断增加, 最终趋于稳定。最后通过试验分析了现用标准对不同煤种的适用性, 说明《煤的瓦斯放散初速度指标 ( $\Delta p$ ) 测定方法》规定的吸附时间具有一定局限性, 尤其对于高变质程度的煤样, 其测值达不到吸附饱和值的要求, 应适当延长吸附平衡时间。

**关键词:** 瓦斯放散初速度; 吸附平衡时间; 变质程度; 挥发分

**中图分类号:** TD712      **文献标志码:** A      **文章编号:** 0253-2336 (2012) 05-0046-03

## Adsorption Equilibrium Time Affected to Initial Velocity of Gas Emission

TAN Rong-hui<sup>1</sup>, WANG Zhao-feng<sup>1,2</sup>, YNAG Hong-min<sup>1,2</sup>

(1. School of Safety Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China;

2. Nurture Base of National Key Lab of Gas Geology and Gas Prevention & Control, Jiaozuo 454003, China)

**Abstract:** The adsorption time of coal sample stipulated in the safety production industrial standard AQ1080—2009 *Measuring Method of Coal Gas Emission Initial Speed Index ( $\Delta p$ )* was 90 min. In order to verify the limitation of the standard in certain application, the coal samples with different relative high volatile matters from five mines were selected to the measuring experiments of the gas initial emission speed. The paper analyzed the adsorption equilibrium time affected to the initial velocity of gas emission and studied the adsorption equilibrium time of different metamorphic degree coal samples to the influence law of the initial velocity of gas emission. The experiment results showed that the lower volatile matter of the coal, the longer of the adsorption equilibrium time required and the higher measured value would be. The initial velocity of gas emission was highly affected by the adsorption equilibrium time. When the adsorption equilibrium time was 90 min, the initial velocity of gas emission would be increased continuously and would be in stable finally. Finally, the suitability of the present available standard to different type coal was analyzed with test. The analysis showed that the adsorption time stipulated in *Measuring Method of Coal Gas Emission Initial Speed Index ( $\Delta p$ )* would have certain limitation. As for the high metamorphic degree coal sample, the measured value would not be reached the requirements of the adsorption saturation value and the adsorption equilibrium time should be properly expanded.

**Key words:** initial velocity of gas emission; adsorption equilibrium time; metamorphic degree; volatile matter

瓦斯放散初速度  $\Delta p$  反映的是煤体中吸附瓦斯向外放散能力的大小, 同时还表征了煤的微观结构, 在突出预测中起着重要的作用<sup>[1-2]</sup>。煤放散瓦

斯的性能是由煤的物理力学性质决定的, 煤的放散速度越大, 煤的破坏程度越严重, 越有利于突出的发生和发展<sup>[3-4]</sup>。我国一直将瓦斯放散初速度作为

收稿日期: 2011-12-05; 责任编辑: 王晓珍

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50974056); 河南省重点攻关资助项目 (092102310037)

作者简介: 谭蓉晖 (1986—), 女, 湖南湘潭人, 硕士研究生。Tel: 15838989413, E-mail: tan51369@163.com

网络出版时间: 2012-05-15 14:31; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kems/detail/11.2402.TD.20120515.1431.013.html>

引用格式: 谭蓉晖, 王兆丰, 杨宏民. 吸附平衡时间对瓦斯放散初速度的影响 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40 (5): 46-48.

煤与瓦斯突出能力鉴定的指标之一，在进行瓦斯放散初速度的测定时，选择合理的试验参数至关重要。安全生产行业标准 AQ 1080—2009《煤的瓦斯放散初速度指标（ $\Delta p$ ）测定方法》中规定，煤样脱气与吸附时间均为 90 min，但在实际测定过程中发现煤样的瓦斯吸附平衡时间对  $\Delta p$  测定结果影响较大，而瓦斯放散初速度测定结果直接影响着煤层突出危险性的鉴定结果，所以笔者探讨了吸附平衡时间对瓦斯放散初速度的影响规律、确定了合理的吸附平衡时间，以期对煤与瓦斯突出危险性预测和鉴定有所帮助。

## 1 吸附平衡时间与瓦斯放散初速度的关系

瓦斯放散初速度表示含有瓦斯的煤体暴露时，放散瓦斯速度快慢（即从吸附状态转为游离状态）的一个指标<sup>[5]</sup>，它的实质是<sup>[6]</sup>：3.5 g 粒度为 60~80 mm 的煤样，经 90 min 抽真空，然后在 0.1 MPa 压力下对纯瓦斯进行 90 min 的吸附平衡后，向固定的真空空间放散 10~60 s 的解吸量的变化值。测定时，前 10 s 瓦斯由吸附状态转变为游离状态产生的压力为  $P_1$ ，60 s 时压力为  $P_2$ ，两者的差值即瓦斯放散初速度  $\Delta p$ ，即： $\Delta p = P_2 - P_1$ 。根据《防治煤与瓦斯突出规定》<sup>[7]</sup>，发生煤与瓦斯突出的瓦斯放散初速度临界值  $\Delta p = 10$ ，当  $\Delta p < 10$  时，煤层发生突出的危险性较小；当  $\Delta p \geq 10$  时，煤层才具有发生突出的潜在危险性。

已有研究表明，影响瓦斯放散初速度的因素很多，有煤体结构、温度、水分、压力、比表面积、吸附平衡时间以及煤的变质程度等<sup>[8~9]</sup>。其中，瓦斯吸附平衡时间是影响煤的瓦斯吸附的重要因素之一，煤吸附瓦斯的整个过程是一个渗流扩散过程<sup>[10]</sup>：在大的孔隙系统中，由瓦斯压力梯度引起渗流；在微孔隙系统中，由瓦斯浓度梯度引起扩散；瓦斯气体分子向煤体深部进行渗流扩散直至达到吸附平衡为止。在吸附过程中，要达到平衡通常需要经过相当长的时间，而且吸附平衡时间越长，煤对瓦斯的吸附越接近饱和状态。在进行瓦斯放散初速度测定时，吸附平衡时间不充足，煤对瓦斯的吸附将达不到饱和状态，那么测出的瓦斯放散初速度有可能会低于实际值，因此，要提高瓦斯放散初速度测值的精度，就必须先确定合理的吸附平衡时间。

另外，煤的瓦斯吸附平衡时间和煤的挥发分存在一定关联。煤的变质程度是决定煤的瓦斯吸附的重要因素<sup>[11]</sup>，随着煤的挥发分降低，即煤的变质程度的提高，煤的比表面积大幅增加，煤对瓦斯的吸附量逐渐增大<sup>[12]</sup>，瓦斯完全扩散到孔隙中所需的瓦斯吸附平衡时间也将延长。即煤样的变质程度影响着瓦斯吸附平衡时间，并进一步影响瓦斯放散初速度的测值。由于存在以上问题，针对不同挥发分的煤样，研究不同吸附平衡时间下煤的瓦斯放散初速度分布特征。

## 2 不同吸附平衡时间下 $\Delta p$ 的测定及分析

分别采集了资江煤矿、润宏煤矿、新元煤矿、东于煤矿、潘北煤矿 5 个矿井煤样，其挥发分分别为 5.96%、9.84%、13.46%、15.16%、43.55%。按照 AQ 1080—2009《煤的瓦斯放散初速度指标（ $\Delta p$ ）测定方法》对 5 个煤样进行瓦斯放散初速度的测定，吸附平衡时间分别为 60、90、120、150、180、210、240 min，结果如图 1 和表 1 所示。

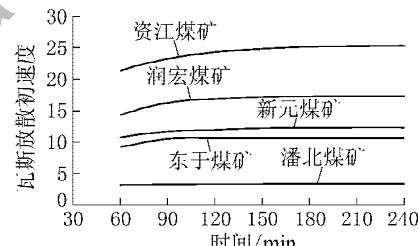


图 1 各煤样吸附平衡时间与瓦斯放散初速度  $\Delta p$  关系

表 1 不同吸附平衡时间下  $\Delta p$  的测值百分比

| 吸附时间/min | 各煤矿煤样 $\Delta p$ 的测值百分比/% |       |       |       |       |
|----------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
|          | 资江煤矿                      | 润宏煤矿  | 新元煤矿  | 东于煤矿  | 潘北煤矿  |
| 60       | 84.18                     | 82.76 | 87.80 | 86.92 | 96.31 |
| 90       | 92.49                     | 93.10 | 94.31 | 98.13 | 99.69 |
| 120      | 95.26                     | 96.55 | 97.56 | 99.07 | 100   |
| 150      | 97.63                     | 98.85 | 99.19 | 99.19 | 100   |
| 180      | 99.60                     | 99.71 | 99.92 | 99.12 | 100   |
| 210      | 99.96                     | 99.94 | 100   | 100   | 100   |
| 240      | 100                       | 100   | 100   | 100   | 100   |

注：假设 240 min 时各煤矿煤样已达到瓦斯吸附平衡状态， $\Delta p$  的测值百分比表示不同吸附时间下  $\Delta p$  测值占 240 min 时  $\Delta p$  测值的百分比。

由图 1 可以看出，煤的挥发分越低，瓦斯放散初速度的测值越高；另外，各个煤矿瓦斯放散初速度在吸附瓦斯 240 min 时已趋于稳定。

由表 1 可以看出，瓦斯放散初速度受吸附平衡

时间的影响较大，当吸附平衡时间超过90 min后，瓦斯放散初速度仍在不断增加，随着吸附平衡时间的延长，瓦斯放散初速度逐渐趋于稳定；当吸附平衡时间为90 min时，挥发分较高的煤样（如潘北、东于煤样）的 $\Delta p$ 已经基本达到或超过最大值的99.50%，而其他煤样则不然，如资江煤矿仅为92.49%，润宏煤矿为93.10%，新元煤矿为94.31%，说明90 min的吸附时间并没有达到真正的平衡。如果把达到饱和值99.50%的时间定为合理的吸附时间，则每个煤矿的吸附时间是不一样的，资江煤矿和润宏煤矿需180 min，新元煤矿需至少150 min，东于煤矿需至少120 min，潘北煤矿需90 min。

排除试验测试过程中的不规范操作以及不可避免的人为误差，造成不同煤样的合理吸附平衡时间不一样的原因主要有：①煤样的挥发分越低，变质程度越高，微孔容积和比表面积越大，孔内势阱也越深，从而达到吸附平衡所需的时间也越长，如果未达到吸附平衡就开始解吸，微孔内的吸附瓦斯脱离表面位垒所需的能量就越大，从而导致瓦斯放散初速度测值变小；②脱气不充分，对于不同变质程度的煤样，煤的孔隙率和渗透率差异很大，残余气体完全从煤的孔隙中解吸和脱附出来所需的时间是不一样的，即对煤样进行90 min的脱气，由于脱气时间有限，有可能对于变质程度高的煤样会残留一部分气体，从而影响瓦斯放散初速度的测定。

由此可见，《煤的瓦斯放散初速度指标（ $\Delta p$ ）测定方法》中规定的充气90 min并不能使所有的煤种都达到了真正的吸附平衡，导致试验测出的瓦斯放散初速度跟实际值有一定差异，因此，在进行瓦斯放散初速度的测定时，要考虑煤样的变质程度来确定合理的吸附平衡时间，尤其是对于高变质程度的煤样，吸附平衡时间应适当增加，从而提高瓦斯放散初速度测值的精度。

### 3 结 论

1) 瓦斯放散初速度受吸附平衡时间的影响较大，吸附平衡时间超过90 min后，瓦斯放散初速度仍在不断增加，最终趋于稳定，对于高变质程度的煤样，90 min的吸附时间不能使其测值达到吸附饱和值的要求，应适当延长吸附平衡时间。

2) 瓦斯吸附平衡时间和煤的挥发分存在关

联，煤的变质程度越高，所需的吸附平衡时间越长，瓦斯放散初速度的测值也越高。

### 参 考 文 献:

- [1] 于不凡. 煤矿瓦斯灾害防治及利用手册 [M]. 修订版. 北京: 煤炭工业出版社, 2005.
- [2] 曹森林. 高压吸附下的瓦斯放散初速度研究 [J]. 煤矿安全, 2004, 35 (9): 4-6.
- [3] 李晓伟, 蒋承林. 温度对瓦斯放散初速度测定的影响研究 [J]. 煤矿安全, 2009, 40 (1): 1-3.
- [4] 马丕梁. 煤矿瓦斯防治灾害技术手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [5] 郑迎春, 宋聪聪. WT-1型瓦斯放散初速度测定仪的应用 [J]. 中国新技术新产品, 2010, 39 (17): 6-7.
- [6] 康建宁. 吸附压力对瓦斯放散初速度( $\Delta p$ )测定的影响研究 [J]. 煤矿安全, 2010, 41 (4): 4-6.
- [7] 孙栋生. 新集二矿9#煤、11#煤突出危险性鉴定 [J]. 黑龙江科技信息, 2010, (32): 20.
- [8] 俞启香. 矿井瓦斯防治 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1992.
- [9] 张占存, 马丕梁. 水分对不同煤种瓦斯吸附特性影响的实验研究 [J]. 煤炭学报, 2008, 33 (2): 144-147.
- [10] 徐乐华, 蒋承林. 煤的挥发分与瓦斯放散初速度的关系研究 [J]. 煤矿安全, 2011, 42 (7): 21-23.
- [11] 张力, 何学秋, 聂百胜. 煤吸附瓦斯过程的研究 [J]. 太原理工大学学报, 2001, 32 (4): 25-27.
- [12] 张力, 邢平伟. 媒体瓦斯吸附和解吸特性的研究 [J]. 江苏煤炭, 2000, 26 (4): 18-20.

(上接第99页)

- [2] 马海涛. “11·6”特别重大坍塌事故矿区采场稳定性三维数值模拟分析 [J]. 中国安全生产科学技术, 2007, 3 (6): 68-72.
- [3] 李德仁, 周月琴, 马洪超. 卫星雷达干涉测量原理与应用 [J]. 测绘科学, 2000, 20 (1): 9-12.
- [4] Rodriguez E, Martin J M. Theory and Design of Interferometric Synthetic Aperture Radar [J]. IEE Proc., 1992, 139 (2): 147-159.
- [5] 周春霞. 星载SAR干涉测量技术及其在南极冰川地貌地形研究中的应用 [D]. 武汉: 武汉大学, 2004: 13-16.
- [6] 魏钟铨. 合成孔径雷达卫星 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 25-30.
- [7] 潘焱清, 颜荣贵, 陈光辉. 矿区GPS变形监测 [J]. 地矿测绘, 2002, 18 (2): 4-6.
- [8] 栾元重, 韩李涛. 矿区GPS变形监测与变形分析 [J]. 测绘工程, 2002, 11 (2): 49-51.
- [9] 陈基炜. 利用GPS/InSAR合成方法进行地面沉降研究的现状与展望 [J]. 测绘科学, 2003, 23 (2): 81-87.