

# 吸附作用对煤体瓦斯渗透规律的影响

吴教锟<sup>1,2</sup>, 牟景珊<sup>1,2</sup>, 隆清明<sup>1,2</sup>

(1. 中国煤炭科工集团重庆研究院, 重庆 400037; 2. 瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室, 重庆 400037)

**摘要:** 运用自制的瓦斯渗透率测试装置, 从吸附压力、吸附压差、吸附温度3方面研究了吸附作用对含瓦斯煤体中瓦斯渗透率的影响, 同时试验模拟得出了瓦斯抽采渗透率的变化规律。结果表明: 同一煤样随着吸附压力的增大, 吸附量的增加, 渗透率降低。相同吸附压力下, 随着吸附温度的升高, 渗透率降低。煤层抽采瓦斯以后压力下降, 渗透率提高, 与模拟试验得出的规律一致。

**关键词:** 瓦斯; 吸附作用; 渗透率; 型煤; 吸附压力

**中图分类号:** TD712 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2012)09-0039-03

## Adsorption Role Affected to Gas Permeable Law of Coal Mass

WU Jiao-kun<sup>1,2</sup>, MU Jing-shan<sup>1,2</sup>, LONG Qing-ming<sup>1,2</sup>

(1. Chongqing Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group, Chongqing 400037, China;

2. National Key Lab of Gas Disaster Monitoring and Measuring and Emergent Technology, Chongqing 400037, China)

**Abstract:** A self developed gas permeability test device was applied to study the adsorption role affected to the gas permeability of the gas seam from the adsorption pressure, adsorption pressure difference and adsorption temperature, meanwhile, simulated and analyzed the variation law of the permeability with gas drainage. The results showed that the adsorption value of the same coal samples would increase and the permeability would reduce with the adsorption pressure increased. Under the same adsorption pressure, with the adsorption temperature increased, the permeability would reduce. After the seam gas drained, the gas pressure would reduce, the permeability improved, it was the same to the experiment law.

**Key words:** gas; adsorption role; permeability; brequette; adsorption pressure

瓦斯在煤层中的运移过程异常复杂, 在瓦斯流动过程中, 包括了瓦斯的吸附、解吸、扩散和渗透, 同时在一定程度上会带来煤岩变形、应力变化、温度变化等耦合作用, 瓦斯运移的机理至今尚不够清晰<sup>[1-8]</sup>。渗透率是进行煤层瓦斯运移分析的重要参数, 也是标志瓦斯抽采难易程度的关键参数, 同时也是理论计算瓦斯涌出量的主要参数之一, 所以煤的渗透率是煤层瓦斯的基本参数之一, 也是煤矿瓦斯防治领域的基础参数。国内外学者对于煤渗透率的影响因素进行了大量的研究, 基于应力、水分、温度等因素对渗透率的影响规律方面得出了重要的研究结论。但是, 在煤对瓦斯吸附作用对渗透率影响规律方面的研究较少, 含瓦斯煤的渗透规律需要进一步研究。笔者根据试验测定数据的

分析, 结合现场实践, 研究了吸附作用对型煤渗透率的影响规律。

## 1 试验装置与方法

1) 煤样制备。试验煤样取自天府矿业集团三汇一矿, 煤种为褐煤。将煤样粉碎到粒径0.25 mm以下, 然后在100 MPa恒压4 h一次成型, 制成 $\phi 50$  mm  $\times$  100 mm的标准试样。

2) 试验装置与试验方法。试验采用自行研制的瓦斯渗透装置(图1)在围压一定情况下进行。在不同吸附压力、吸附压差、吸附温度条件下测量试样气体渗透流量的方法测定渗透率。采用排水法与气体微流量计法相结合的方法测量渗透流量。具体步骤如下: ①将装好煤样的渗透装置放入恒温水

收稿日期: 2012-04-11; 责任编辑: 王晓珍

作者简介: 吴教锟(1978—), 男, 江西万年人, 硕士, 工程师。Tel: 13637883922, E-mail: 156794312@qq.com

网络出版时间: 2012-09-17 10:33:18; 网络出版地址: [http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120917.1033.201209.39\\_011.html](http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120917.1033.201209.39_011.html)

引用格式: 吴教锟, 牟景珊, 隆清明. 吸附作用对煤体瓦斯渗透规律的影响[J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(9): 39-41.

浴并加热到设定温度, 然后恒温脱气 30 min; ②恒温状态下先通过轴压泵和围压泵调整试样的应力状态, 然后调节进出口压力控制器, 控制进口和出口气压, 吸附平衡 24 h 后测量气体渗透流量。

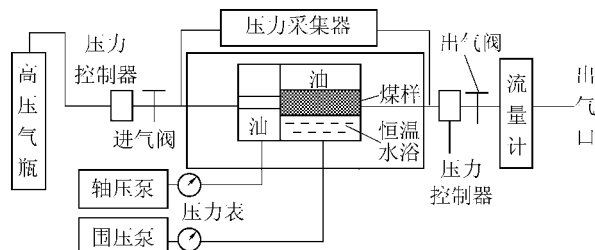


图1 瓦斯渗透装置原理示意

## 2 煤样渗透率计算

在试样径向应变固定约束的情况下, 参照常规岩心分析方法<sup>[9]</sup>, 分别测量试验装置中煤样的进、出气端压差  $\Delta P$  为 0.5、1.0、2.0 MPa 下的气体流量  $Q_0$ , 由式 (1) 计算出每一个压差对应的吸附压力  $P_m$  的渗透率。

$$K_e = P_0 Q_0 L / (F P_m \Delta P) \quad (1)$$

式中:  $K_e$  为煤样渗透率,  $10^{-3} \mu\text{m}^2$ ;  $P_0$  为试验当时的大气压, MPa;  $F$  为渗透有效面积,  $\text{cm}^2$ ;  $L$  为煤体试样长度, cm;  $P_m$  为吸附压力,  $P_m = (P_1 + P_2) / 2$ ,  $P_1$ 、 $P_2$  分别为试验装置的入口和出口压力, MPa。

## 3 试验结果及验证

### 3.1 不同吸附压力和压差下的煤样渗透率

温度恒定为 30 °C, 对不同吸附压力和压差的同一煤样进行渗透率测定, 结果表明, 随着煤样中吸附压力的升高, 吸附量的增大, 煤样的渗透率呈下降趋势 (图 2)。由于煤对瓦斯的吸附作用, 吸附性气体与煤体发生耦合, 使煤样产生吸附膨胀变形, 径向应变无法完全释放, 进而内应力增大、孔隙率降低, 使气体通过面积减小, 从而表现为渗透率随着吸附压力或瓦斯吸附量的增加而降低。由于

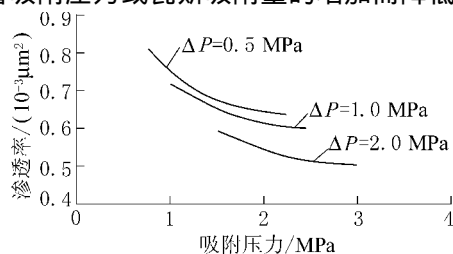


图2 渗透率与吸附压力、压差的关系

吸附作用的存在导致煤样沿轴向变形量不同, 压力非线性降低。目前均采用式 (1) 计算渗透率, 计算出的渗透率为试样在  $L/2$  处, 吸附压力  $P_m$  下的均值。实际的吸附压力  $P_m$  并非存在于煤样的  $L/2$  处, 压差越大  $P_m$  的实际位置越靠近入口。根据式 (1) 计算出的渗透率随着压差  $\Delta P$  的增加而变小。即如果可以测定吸附压力沿着试样轴向的分布, 便可量化计算吸附作用对渗透率的影响。

### 3.2 不同吸附温度下的煤样渗透率

同一煤样在吸附压力 4、6 MPa 下渗透率随吸附温度的变化情况如图 3 所示。

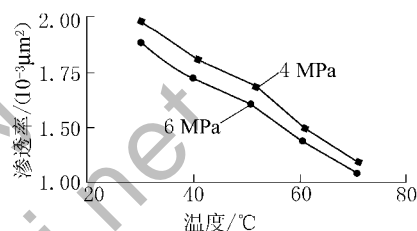


图3 渗透率与吸附温度的关系

由图 3 可以看出, 随着吸附温度的升高, 渗透率不断降低。目前研究<sup>[6]</sup>认为煤吸附瓦斯能力随着温度的升高而减弱, 相同吸附压力下, 吸附量随温度的升高而降低。由试验可知, 吸附温度影响吸附量, 进而影响了渗透率。

### 3.3 实验室模拟地下瓦斯抽采渗透率变化

瓦斯存在于储层条件下, 储层受上覆岩石压力的作用, 该压力与上覆岩石厚度及密度有关, 不随时间而改变。实际瓦斯抽采过程中, 上覆岩石压力即围压为定值, 温度基本保持不变, 储层气体压力逐渐降低。储层所承受的有效围压增加, 同时煤体解吸瓦斯, 体积收缩, 渗流通道变大。在实验室内模拟这种开采过程, 即保持围压不变, 改变气体压力, 研究渗透率的变化。加载轴压 8 MPa、围压 6 MPa 模拟煤层的应力状态, 通入不同压力的瓦斯, 将出口压力调节为 0.5 MPa 以消除外界不同气压的影响。结果表明: 抽采瓦斯后, 试样吸附压力下

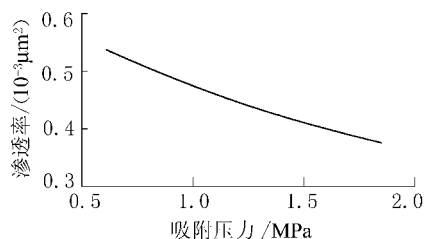


图4 实验室模拟渗透率与吸附压力的关系

降, 渗透率增大, 如图 4 所示。由图 4 可知, 实验室模拟现场情况得到的渗透率与吸附压力的关系和试验结果一致。

## 4 结 语

采用“瓦斯渗透装置”, 在围压一定情况下, 温度恒定为 30 ℃ 时, 考察了试样在不同吸附压力、吸附压差和吸附温度下渗透率的变化情况, 同时对比了现场煤层抽采瓦斯后, 压力下降时渗透率的变化规律。结果表明: 同一煤样随着吸附压力的增大, 吸附量的增加, 渗透率降低; 同一煤样随着吸附压差的增加, 渗透降低; 同一煤样相同吸附压力下随着吸附温度的升高, 渗透率降低; 应用实践表明, 煤层抽采瓦斯以后压力下降, 渗透率提高, 这与试验规律一致。

参考文献:

[1] 周世宁, 林柏泉. 煤层瓦斯赋存及流动规律 [M]. 北京:

(上接第 38 页)

斯积聚。采空区瓦斯浓度分布为: 沿采空区长度方向, 越靠近采空区深部, 瓦斯浓度越大; 沿工作面方向靠近运输巷侧瓦斯浓度低, 靠近沿空留巷侧瓦斯浓度高。

## 4 结 论

1) 采用一进两回 Y 型通风方式时, 一部分风流漏入采空区, 且下隅角附近漏风量较大, 此后随距下隅角距离增大, 漏风量减小, 在上隅角附近漏风量急剧增大。

2) 采空区向沿空留巷的漏风量随着至工作面距离的增大而逐渐减小。

3) 采空区内的瓦斯大部分被工作面向采空区的漏风携带到沿空留巷内排出, 采空区瓦斯浓度较低, 避免了采空区高浓度瓦斯积聚。采空区瓦斯浓度分布规律为: 沿采空区长度方向, 越靠近采空区深部, 瓦斯浓度越大; 沿工作面方向靠近运输巷侧瓦斯浓度低, 靠近沿空留巷侧瓦斯浓度高; 采用一进两回 Y 型通风方式能很好地解决上隅角和回风巷瓦斯超限问题。

参考文献:

[1] 国家安全生产监督管理总局. 河南鹤壁“10·3”特别重大

煤炭工业出版社, 1998: 14-16, 57-58.

- [2] 何 枫, 张锡文, 李 亨. 考虑气体压缩性的多孔材料渗透率和惯性系数的测定 [J]. 实验力学, 2002, 17 (3): 326-332.
- [3] ZHAO Y S, KANG T H, HU Y Q. The Permeability Classification of Coal Seam in China [J]. Int J Rock Mech Min Sci, 1995, 32 (4): 365-369.
- [4] 梁 冰, 章梦涛, 王泳嘉. 煤层瓦斯渗流与煤体变形的耦合数学模型及数值解法 [J]. 岩石力学与工程学报, 1996, 15 (2): 135-142.
- [5] 贺振华, 邓英尔. 岩石弹性参数对渗流测试分析的影响 [J]. 天然气工业, 2006, 26 (6): 44-46.
- [6] 孙培德. 变形过程中煤样渗透率变化规律的实验研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 20 (S): 1801-1804.
- [7] 卢 平, 沈兆武. 含瓦斯煤的有效应力与力学变形破坏特性 [J]. 中国科学技术大学学报, 2001, 31 (6): 687-693.
- [8] Harpalani S, Chen G L. Estimation of Changes in Fracture Porosity of Coal with Gas Emission [J]. Fuel, 1995, 74 (10): 1491-1498.
- [9] SY/T 5336—1996, 岩心常规分析方法 [S].

瓦斯爆炸事故基本情况及处理结果 [EB/OL]. [2011-12-21]. [http://www.chinasafety.gov.cn/2011-12/21/content\\_211531.htm](http://www.chinasafety.gov.cn/2011-12/21/content_211531.htm).

- [2] 陈开岩, 张占国, 林柏泉. 综放工作面抽放条件下瓦斯涌出及分布特征 [J]. 采矿与安全工程学报, 2009, 26 (4): 418-422.
- [3] 李宗祥, 题正义. 回采工作面采空区瓦斯涌出规律的数值模拟研究 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16 (4): 42-45.
- [4] 张必广. 采煤工作面的异常瓦斯活动及其治理 [J]. 煤炭科技, 2004, 23 (2): 53-54.
- [5] 鹿存荣, 杨胜强, 郭晓宇. 采空区渗流特性分析及其流场数值模拟预测 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (9): 55-59.
- [6] 高建良, 王海生. 采空区渗透率分布对流场的影响 [J]. 中国安全科学学报, 2010, 20 (3): 81-85.
- [7] 程 涛, 杨胜强, 徐 全. 采场瓦斯运移规律及其治理措施的模拟研究 [J]. 煤炭科学技术, 2010, 38 (12): 61-64.
- [8] 任占昌. 高产高效综采工作面瓦斯涌出规律分析及综合防治措施 [J]. 煤炭工程, 2005 (6): 72-73.
- [9] 杨开贵, 谢燕孜. 浅谈高瓦斯突出易燃煤层综放工作面通风系统 [J]. 煤炭科学技术, 2004, 32 (12): 3-4.
- [10] 胡千庭, 梁运培, 刘见中. 采空区瓦斯流动规律的 CFD 模拟 [J]. 煤炭学报, 2007, 32 (7): 719-723.
- [11] 高建良, 张艳利. 第 1 层网格节点位置对局部通风流场解算结果的影响 [J]. 安全与环境学报, 2010, 10 (5): 150-152.