

沁水盆地寺河煤矿煤岩吸附甲烷规律实验研究

张振兵, 邱小龙, 袁月琴, 李向峰, 郝琦, 王军

(贵州省地质矿产开发局 一一三地质大队, 贵州 六盘水 553001)

摘要: 煤储层具有大量的裂隙和孔隙, 使煤岩具有很大的比表面积, 为煤中甲烷的吸附提供了必要条件。采用自主研发的煤层气吸附装置, 通过对沁水盆地寺河煤矿不同粒径煤粉的吸附性模拟实验, 总结了不同粒径煤粉在吸附甲烷 12 h 内的吸附规律, 计算出其中吸附气量, 研究了吸附速率、吸附量的变化规律。研究认为: 吸附的前 10 min, 吸附量占总吸附量的 40%~60%, 煤粉粒径越小, 所占的比例越大, 吸附越快; 不同粒径煤粉的吸附量为 15.1~29.1 mL/g, 煤粉粒径越小, 单位质量煤粉吸附量越大。通过对煤岩吸附规律的深入研究, 为沁水盆地煤层气的勘探开发提供技术支持。

关键词: 吸附速率; 吸附量; 比表面积; 煤岩; 甲烷; 沁水盆地

中图分类号: TE132.2

文献标识码: A

Experimental study on methane adsorption of coal bed from Sihe Mine in Qinshui Basin

Zhang Zhenbing, Qiu Xiaolong, Yuan Yueqin, Li Xiangfeng, Hao Qi, Wang Jun

(Brigade 113, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Liupanshui, Guizhou 553001, China)

Abstract: Due to abundant racks and pores, coal bed has a huge specific surface area which provides the necessary conditions for the adsorption of methane in coal. A case study was made in the Sihe Mine in the Qinshui Basin. Using the self-developed CBM adsorption experiment instrument, the absorption rules (including rate and amount) within 12 h of methane in coal of different sizes were studied. The absorption amount during the prior 10 minutes accounts for 40%~60% of total absorption amount. Moreover, the smaller the coal particle is, the bigger proportion the small particle accounts for, the faster the methane is absorbed. The adsorption capacities for different coal sizes range from 15.1 to 33.6 mL/g. The smaller the coal particle is, the more methane is absorbed in coal per unit. The study of the adsorption law of coal bed provides technological supports for the exploration and development of the Qinshui Basin.

Key words: adsorption rate; adsorption amount; specific surface area; coal; methane; Qinshui Basin

煤层气是一种赋存在煤中的非常规天然气, 开发和利用煤层气资源不仅能缓解我国能源紧张的局势, 还能有效地减少瓦斯事故的发生率, 是绿色、安全、清洁的后备能源。煤层气以游离态和吸附态赋存, 其中主要以吸附的状态分布在煤岩基质中^[1-10]。前人在 Langmuir 理论基础之上进行了大量的甲烷吸附规律研究^[11-16], 但对煤岩中甲烷吸附规律的深入研究还较少。本文以沁水盆地寺河煤矿煤岩为研究对象, 选取不同尺寸的煤岩颗粒为实验样品, 测试分析了不同尺寸煤岩颗粒的吸附规律, 旨在为煤层气的勘探、开发提供技术支撑。

1 实验

1.1 样品及实验条件

本实验以沁水盆地寺河煤矿煤岩为研究对象,

根据实验的要求将煤块粉碎, 对不同尺寸的煤岩颗粒进行实验, 实验样品编号及基本性质见表 1。

为了模拟现场实际条件下的甲烷吸附状态, 实验采用高纯度的甲烷气体, 甲烷吸附压力为 5 MPa, 实验温度 25 °C, 吸附时间 12 h。

1.2 实验设备及方法

实验使用的煤岩吸附仪(型号为 CBMXF-1)

表 1 实验样品

Table 1 Experimental samples

样品编号	煤粉平均粒径/mm	真实密度/(g·cm ⁻³)	比表面积/(cm ² ·g ⁻¹)
J3-1	5.00	1.07	7.8
J3-2	0.78	1.30	55.1
J3-3	0.32	1.67	95.6
J3-4	0.20	1.94	108.9

为成都理工大学自主研发的实验装置,该装置具有恒温功能,能将整个实验过程中温度恒定在 25 °C;主要由压力容器、测试容器、计量容器、回压阀、数据采集系统组成。

实验方法采用高压容量法。主要实验过程包括以下几个步骤:(1) 首先进行气密性检测,并进行压力容器罐死体积(自由体积)的确定;(2) 开启数据采集系统,启动恒温设备;(3) 接通甲烷气瓶,在 5 MPa 下吸附甲烷 12 h;(4) 吸附甲烷后,导出吸附数据,打开放空阀将甲烷缓慢排出并点燃,清洗压力容器。

2 实验结果及分析

2.1 吸附速率随吸附时间的变化规律

实验测试了 4 种不同粒径的煤粉在相同吸附条件下的吸附速率(图 1)。研究发现,在吸附的前 10 min,煤粉粒径越小,吸附速率越大,后期煤粉粒径对煤岩吸附速率影响较小。主要是由于煤粉破碎后,煤岩孔隙空间破坏,煤粉中甲烷的吸附空间减小,因此不同粒径煤粉后期的吸附速率相差不大。

2.2 不同粒径煤粉吸附量

通过煤粉吸附量计算,得到不同粒径煤粉吸附量(表 2)。从表 2 中可以看出,煤粉粒径越小,煤岩比表面积越大,单位质量煤粉吸附量越大,总体来说不同粒径煤粉的吸附量在 15.1~29.1 mL/g。

分析吸附前 10 min 的压力降,计算吸附的前 10 min 的吸附量,统计分析得到吸附前 10 min 的

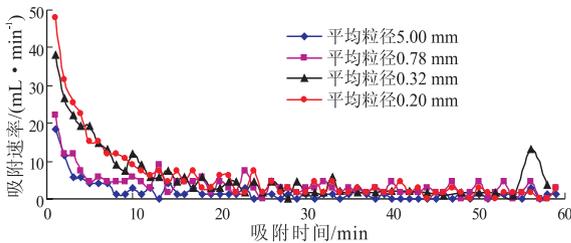


图 1 不同粒径煤粉吸附速率对比

Fig.1 Comparison of methane adsorption rate in coal with different sizes

表 2 不同粒径煤粉的甲烷吸附量对比

Table 2 Comparison of methane adsorption capacity in coal with different sizes

样品编号	吸附初始压力/MPa	吸附 12 h 后压力/MPa	煤粉吸附量/(mL · g ⁻¹)
J3-1	5.446	4.84	15.1
J3-2	5.218	4.76	25.4
J3-3	5.117	4.85	26.2
J3-4	5.326	4.89	29.1

吸附量占总吸附量的 40%~60%(图 2)。

分析最后吸附 30 min 的压力变化,计算出了最后 30 min 内吸附量(表 3)。可以看出,粒径越大,吸附达到饱和的时间也越长,但是总体上煤岩的吸附主要集中在前 10 min,后期吸附较少,可以认为煤岩是准饱和和吸附。

2.3 不同比表面积下甲烷吸附速率

煤粉粒径越小,煤岩中的孔隙和裂隙破坏越多,使煤岩表面裸露的面积增大,比表面积也随之增大。根据实验数据,统计了甲烷与不同粒径煤粉接触时的吸附速率,随着比表面积增大,在单位时间内,甲烷的吸附速率也增大,且呈指数关系变化(图 3)。

3 结论

(1) 通过测试 4 种不同粒径的煤粉在相同吸

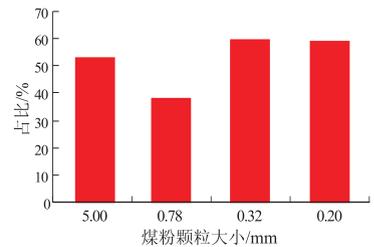


图 2 不同粒径煤粉前 10 min 的吸附量占总吸附量百分比

Fig.2 Methane adsorption amount during prior 10 min vs. total adsorption amount in coal with different sizes

表 3 不同粒径煤粉最后 30 min 的甲烷吸附情况

Table 3 Methane adsorption in coal with different sizes during final 30 min

样品编号	最后 30 min 吸附容器中的压力降/MPa	最后 30 min 煤粉吸附量/(mL · g ⁻¹)	最后 30 min 单位质量煤粉吸附速率/(mL · g ⁻¹ · min ⁻¹)
J3-1	0.4	5.68	0.006
J3-2	0.3	4.41	0.005
J3-3	0.2	3.80	0.004
J3-4	0.2	2.91	0.003

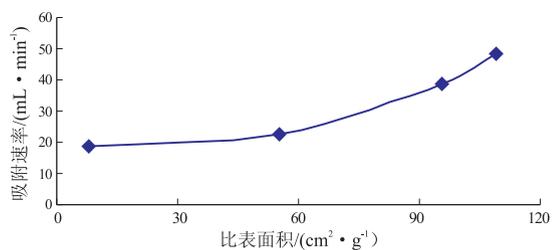


图 3 吸附速率随比表面积变化规律

Fig.3 Methane adsorption rate vs. specific surface area

附条件下的吸附速率,实验数据对比发现,在吸附的前10 min,煤粉粒径越小,吸附速率越大,后期煤粉粒径对煤岩吸附速率影响较小。

(2)通过吸附压力降低计算,得到不同粒径煤粉吸附12 h的单位质量甲烷的吸附量为15.1~29.1 mL/g;煤粉粒径越小,煤岩比表面积越大,单位质量煤粉吸附量越大。

(3)随着比表面积增大,在单位时间内,甲烷的吸附速率也增大,且呈指数关系变化。

参考文献:

- [1] Stevenson M D, Pinezewski W V, Somers M L, et al. Adsorption/desorption of multicomponent gas mixture at in-seam conditions [R]. SPE 23026, 1991.
- [2] Weishauptova J, Medek J. Bound forms of methane in the porous system of coal [J]. Fuel, 1998, 77(1): 71-76.
- [3] Seto C, Jessen K. Compositional streamline simulation of field-scale condensate vaporization by gas injection [R]. SPE 79690, 2003.
- [4] 张群,冯三利,杨锡禄,等.试论我国煤层气的基本储层特点及开发策略[J].煤炭学报,2001,26(3):230-234.
Zhang Qun, Feng Sanli, Yang Xilu, et al. Basic reservoir characteristics and development strategy of coalbed methane resource in China [J]. Journal of China Coal Society, 2001, 26(3): 230-234.
- [5] 贾建称.沁水盆地晚古生代含煤沉积体系及其控气作用[J].地球科学与环境学报,2007,29(4):374-382.
Jia Jiancheng. Coal Depositional System and Its Controlling Role of Coalbed Methane in Late Paleozoic of Qinshui Basin [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2007, 29(4): 374-382.
- [6] 王小洪,刘大锰,姚艳斌,等.鄂尔多斯韩城地区石炭—二叠系含煤沉积体系及其控气作用[J].石油实验地质,2013,35(6):646-650.
Wang Xiaohong, Liu Dameng, Yao Yanbin, et al. Carboniferous-Permian coal-bearing depositional system and its controlling role of coalbed methane in Hancheng area in Ordos Basin. Petroleum Geology & Experiment, 2013, 35(6): 646-650.
- [7] 李景明,巢海燕,李小军,等.中国煤层气资源特点及开发对策[J].天然气工业,2009,29(4):9-13.
Li Jingming, Chao Haiyan, Li Xiaojun, et al. Characteristics of coalbed methane resource and the development strategies [J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(4): 9-13.
- [8] 黄孝波,李贤庆,王萌,等.煤层气储层研究进展[J].断块油

气田,2012,19(3):307-311.

Huang Xiaobo, Li Xianqing, Wang Meng, et al. Research progress in coalbed methane reservoir [J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2012, 19(3): 307-311.

- [9] 杨宇,孙晗森,彭小东,等.煤层气储层孔隙结构分形特征定量研究[J].特种油气藏,2013,20(1):31-33.
Yang Yu, Sun Hansen, Peng Xiaodong, et al. Quantitative study on fractal characteristics of the structure of CBM reservoir [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2012, 20(1): 31-33.
- [10] 韩颖,张飞燕,余伟凡.煤屑瓦斯全程扩散规律的实验研究[J].煤炭学报,2011,36(10):1699-1703.
Han Ying, Zhang Feiyan, Yu Weifan. Experimental study on gas diffusion law from drill cuttings during the whole desorption process [J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(10): 1699-1703.
- [11] 王怀勤,朱炎铭,李伍,等.煤层气赋存的两大地质控制因素[J].煤炭学报,2011,36(7):1129-1134.
Wang Huaimeng, Zhu Yanming, Li Wu, et al. Two major geological control factors of occurrence characteristics of CBM [J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(7): 1129-1134.
- [12] 孙仁远,林李,王宁,等.煤岩吸附性能影响因素评价研究[J].中国煤层气,2012,9(2):10-12.
Sun Renyuan, Lin Li, Wang Ning, et al. Evaluation of factors influencing adsorption property of coal and rocks [J]. China Coalbed Methane, 2012, 9(2): 10-12.
- [13] 胡素明,胥珍珍,任维娜,等.对煤储层基质解吸气扩散理论的再探讨[J].断块油气田,2012,19(6):771-774.
Hu Suming, Xu Zhenzhen, Ren Weina, et al. Recognition to diffusion theory of desorbed gas in coal matrix [J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2012, 19(6): 771-774.
- [14] 张杰,林珊珊,曲永林,等.煤层气气驱吸附及解吸规律实验研究[J].特种油气藏,2012,19(6):122-125.
Zhang Jie, Lin Shanshan, Qu Yonglin, et al. Experimental study on the regularity of absorption and desorption of coal seam gas [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2012, 19(6): 122-125.
- [15] 伊向艺,吴红军,卢渊,等.不同矿化度水对煤层气解吸—扩散影响的实验[J].煤田地质与勘探,2013,41(5):33-35.
Yi Xiangyi, Wu Hongjun, Lu Yuan, et al. Experimental study on the effect of salinity on coalbed methane desorption-diffusion [J]. Coal Geology & Exploration, 2013, 41(5): 33-35.
- [16] 伊向艺,邱小龙,卢渊,等.煤中游离甲烷气含量的模拟试验[J].煤田地质与勘探,2014,42(1):28-30.
Yi Xiangyi, Qiu Xiaolong, Lu Yuan, et al. Experiment of free methane content in coal [J]. Coal Geology & Exploration, 2014, 42(1): 28-30.

(编辑 徐文明)