

# 温度对平衡水分煤样吸附常数影响的实验研究\*

程根银<sup>1,2\*\*</sup> 陈绍杰<sup>3</sup> 马玉姣<sup>3,4</sup>

1. 华北科技学院科技管理处, 北京 101601; 2. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084; 3. 华北科技学院安全工程学院, 北京 101601; 4. 中国矿业大学, 徐州 221008

**摘要** 基于两组平衡水分煤样的高压等温吸附实验, 探讨了煤的吸附常数与温度的关系, 并与前人的研究结果进行了对比. 实验表明: 平衡水分煤样条件下, 饱和吸附量随温度的升高变化趋势不明显, 总体略有下降; 干燥煤样条件下, 饱和吸附量随温度的升高变化幅度较大, 下降明显. 平衡水分煤样和干燥煤样得出的结果相差较大. 由于平衡水分煤样更接近实际煤储层, 因此研究煤的吸附性能时, 建议采用平衡水分煤样.

**关键词** 温度 平衡水分 等温吸附 吸附常数 饱和吸附量

煤是一种多孔介质, 具有发达的孔隙系统, 属于天然吸附剂. 煤对甲烷的吸附属于物理吸附, 其本质是气体分子和煤分子相互吸引的结果<sup>[1]</sup>. 煤对甲烷有很强的吸附力, 已有资料表明, 煤层中 90% 以上的瓦斯(甲烷)以吸附态存在于煤过渡孔和微孔中<sup>[2]</sup>. 我国对煤层瓦斯含量即将制定国家标准: 当煤层瓦斯含量大于  $8 \text{ m}^3/\text{t}$  时, 要采取抽放措施, 降到  $8 \text{ m}^3/\text{t}$  以下才能开采, 标准与澳大利亚的相仿. 这一要求促使我们必须研究快速、简便而准确的煤层瓦斯含量测定方法, 才能使国家标准顺利实施. 目前国内外测定煤层瓦斯含量仍主要采用间接法, 并且应用于对直接法的验证. 煤的吸附常数是间接测定法的重要参数, 本文考察了温度单一因素对煤吸附甲烷参数的影响, 对于进一步完善煤层瓦斯含量测定方法具有一定意义.

## 1 实验煤样及测试

选择峰峰羊渠河矿煤和铜川玉华矿煤进行不同温度下的等温吸附甲烷实验, 对实验用的煤样做了饱和(平衡)水分处理, 煤样的工业分析参照国家标准(GB212/T-2001). 煤样的工业分析结果及平衡水

分含量见表 1.

表 1 实验用煤样的工业分析及平衡水分含量

煤样编号	采样地点	$M_{\text{ad}}/\%$	$A^1/\%$	$V^1/\%$	$M_c/\%$
1 <sup>#</sup>	峰峰羊渠河	0.95	9.64	15.78	2.23
2 <sup>#</sup>	铜川玉华	0.64	26.34	12.53	1.20

表中  $M_{\text{ad}}$  为煤中水分含量,  $A^1$  为煤中灰分含量,  $V^1$  为煤中挥发分含量,  $M_c$  为恒温条件下测得的水分含量.

实验方法采用高压容量法. 将预先制备的平衡水分煤样准确称重, 迅速装入煤样罐. 首先进行系统气密性检查, 之后进行煤样罐死体积(自由体积)的确定, 记录不同温度下的吸附数据, 整理吸附实验数据, 进而得到煤的吸附常数.

## 2 实验结果及分析

通过实验得出了不同温度、不同压力下煤样吸附瓦斯的量, 两种煤样不同温度下的吸附等温线如图 1(a), (b) 所示. 由图可知: 温度对煤的吸附能力起着负面影响, 随着温度的升高, 煤的吸附能力降低.

煤吸附常数通过等温吸附实验或解吸实验获

2009-06-01 收稿, 2009-08-20 收修改稿

\* 国家重点基础研究发展计划资助项目(批准号: 2005cb221504)

\*\* E-mail: gycheng@ncist.edu.cn

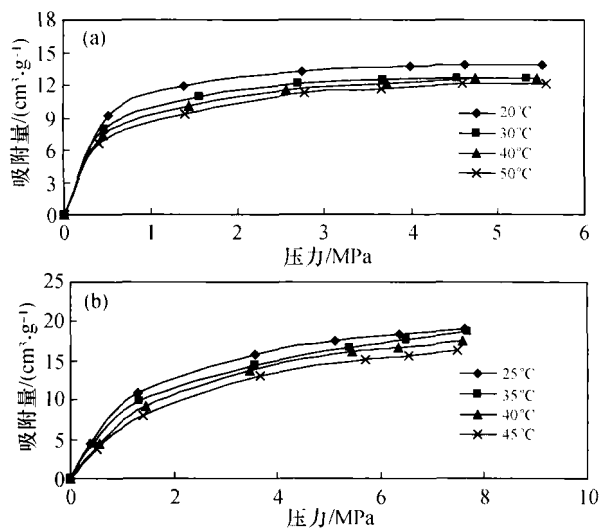


图1 不同温度下的吸附等温线  
(a) 峰峰羊渠河矿煤; (b) 铜川玉华矿煤

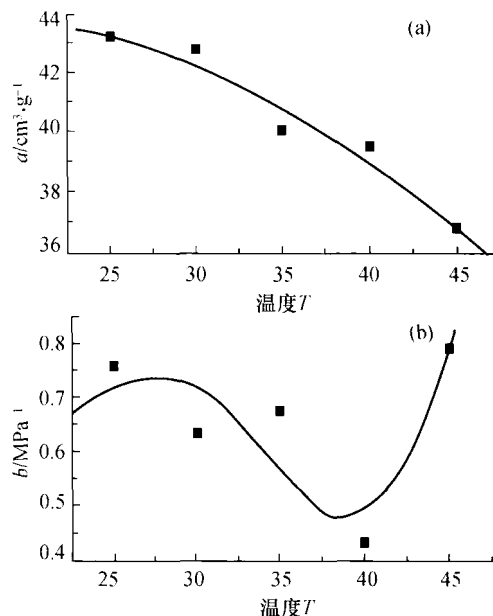


图2 温度与吸附参数的变化关系  
(a) 最大吸附量与温度关系;  
(b) b系数与温度关系

得,  $a$  值代表最大吸附量或理论饱和吸附量,  $b$  为取决于实验温度和煤质的系数<sup>[3]</sup>. 为了探讨煤的饱和吸附量  $a$  以及系数  $b$  随温度的变化情况, 利用最小二乘法求出了两种煤样不同温度下的吸附常数  $a$  和  $b$  以及相关系数  $r$ , 见表 2. 由表可知, 相关系数  $r$  在 0.9984—0.9999 之间, 两种平衡水分煤样在不同温度下的等温吸附数据仍很好地符合 Langmuir 吸附模型.

表2 不同实验温度煤样吸附实验测定结果表

煤样编号	实验温度/°C	$a/\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$	$b/\text{MPa}^{-1}$	$r$
1 <sup>#</sup>	20	14.73	3.12	0.9999
1 <sup>#</sup>	30	13.51	3.01	0.9996
1 <sup>#</sup>	40	13.70	2.18	0.9994
1 <sup>#</sup>	50	13.21	2.11	0.9989
2 <sup>#</sup>	25	22.83	0.66	0.9995
2 <sup>#</sup>	35	22.47	0.56	0.9984
2 <sup>#</sup>	40	22.32	0.48	0.9987
2 <sup>#</sup>	50	21.60	0.41	0.9997

### 3 温度与煤吸附常数的关系

梁冰<sup>[4]</sup>研究了干燥煤样不同温度下(25°C—45°C)的等温吸附实验结果, 认为: 随着温度的升高, 饱和吸附量  $a$  下降十分明显, 吸附常数  $b$  的变化幅度也比较大, 并且变化规律不明显, 如图 2(a), (b)所示.

赵志根等<sup>[5]</sup>对吐哈 A8 三组干燥煤样进行了较高温(30, 50, 70°C)下的等温吸附实验, 如图 3 所示, 并根据实验结果, 建立了温度与饱和吸附量  $a$  的回归方程.

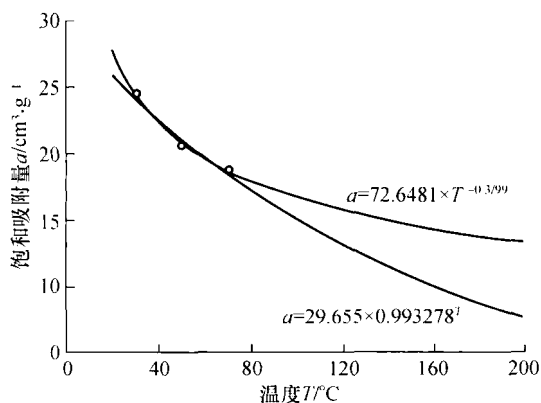


图3 吐哈 A8 煤样饱和吸附量  $a$  值与温度关系

本文的两组煤样在不同温度下的等温吸附实验结果表明: 在 20°C—50°C 范围内, 随温度升高, 饱和吸附量  $a$  变化趋势并不明显, 总体略有下降, 说明温度对煤的饱和吸附量影响不大, 见图 4. 系数  $b$  值随温度的升高下降明显, 说明温度升高, 解吸过程增强. 实验结果与文献[4, 5]使用干燥煤样所得

研究结果相差较大,而与文献[6,8](采用平衡水分煤样)的研究结果相一致.

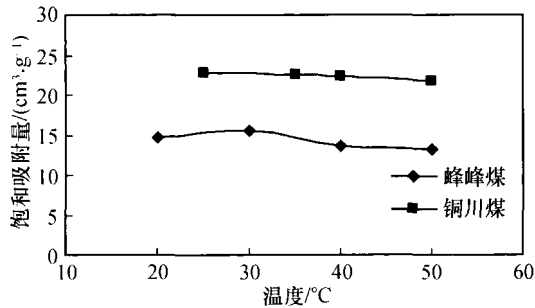


图4 煤样饱和吸附量与温度的关系

#### 4 结论

温度升高,煤的吸附能力降低.平衡水分煤样和干燥煤样得出的饱和吸附量 $a$ 及系数 $b$ 与温度的关系差别较大,平衡水分煤样条件下,饱和吸附量随温度变化趋势并不明显,系数 $b$ 值随温度的升高下降明显.由于平衡水分煤样比干燥煤样更接近煤

储层实际情况,因此建议在研究温度对煤的吸附特性影响以及间接法测量煤层瓦斯含量确定 $a$ , $b$ 值时,采用平衡水分煤样.

#### 参 考 文 献

- 1 周世宁,林柏泉著.煤层瓦斯流动与赋存理论.北京:煤炭工业出版社,1997
- 2 许龙君,张代钧,鲜学福.煤的吸附特征及其应用.煤炭转化,1997,20(2):25-31
- 3 周荣富,傅学海,秦勇,等.我国煤储层等温吸附常数分布规律及其意义.煤田地质与勘探,2000,28(5):23-26
- 4 梁冰.温度对煤的瓦斯吸附性能影响的实验研究.黑龙江矿业学院学报,2000,10(1):20-22
- 5 赵志根,唐修义,张光明.较高温度下煤吸附甲烷实验及其意义.煤田地质与勘探,2001,29(4):29-30
- 6 钟玲文,郑玉柱,员争荣,等.煤在温度和压力综合影响下的吸附性能和气含量预测.煤炭学报,2002,27(6):581-585
- 7 钟玲文.煤的吸附性能及影响因素.地球科学——中国地质大学学报,2004,29(3):327-332
- 8 张群,崔永君,钟玲文,等.煤吸附甲烷的温度-压力综合吸附模型.煤炭学报,2008,33(11):1272-1278