

文章编号:1000-582x(2000)05-0078-04

地球物理场对煤吸附瓦斯特性的影响

✓ TD712.2

刘保县¹, 鲜学福¹, 徐龙君¹, 李秀清²

(1. 重庆大学 矿山工程物理研究所, 重庆 400044; 2. 重庆煤炭设计研究院, 重庆 400037)

摘要: 研究含瓦斯煤层所处的地球物理场对煤瓦斯吸附特性的影响, 对煤矿安全开采、煤瓦斯的抽放利用以及煤瓦斯突出的预测预报具有重要意义。笔者总结了地球物理场对煤吸附瓦斯特性的影响, 认为地电磁场对煤瓦斯吸附作用机理还有待进一步的研究。并重点探讨了在交变电场作用下煤的吸附特性。利用容量法对3种不同煤样在交变电场作用下的吸附特性进行了实验研究。结果表明: 交变电场的作用, 并没有改变煤表面的化学性质和物质成分, 煤的吸附和解吸仍很好地遵从 Langmuir 方程和二常数经验公式, 并且由于交变电场作用使煤的表面势能增大和焦耳热效应使煤体温度增高, 从而减弱了煤的吸附能力, 减缓了解吸过程。

关键词: 地球物理场; 煤; 交变电场; 吸附; 解吸; 瓦斯

中图分类号: TD 712¹ 2

文献标识码: A

通常所说的地球物理场是指地应力场、地温场和地电磁场。地球物理场中的地应力场、地温场和地电磁场对地质体中物质的作用是彼此之间互为影响、互为渗透的一种复杂的物理现象。除地球内部构造异常引起的地球物理场异常外, 地球物理场的变化是有规律的。总的规律是在地壳中地应力随着离开地表面向下的深度增加而增大, 地温在恒温带以下也是随着深度的增加而增高的, 地电磁场在地球上是有区域性的。研究表明, 煤层中 90% 左右的瓦斯以吸附态形式存在, 吸附态的瓦斯服从朗格缪尔 (Langmuir) 方程。包含瓦斯的煤层就处在地球物理场中, 所以研究地球物理场中煤吸附瓦斯特性, 对煤矿安全开采、煤瓦斯的抽放利用以及煤瓦斯突出的预测预报都具有十分重要的意义。

1 地温场对煤吸附瓦斯特性的影响

实验研究表明, 随着温度的升高, 煤对瓦斯气体的吸附量将降低。瓦斯在煤物质表面包括孔隙表面上的吸附是一个放热过程, 解吸是一个吸热过程。自由气体分子的碰撞或温度升高都能够为脱附提供能量。瓦斯气体分子的热运动越剧烈, 其动能越高, 吸附瓦斯分

子获得能量发生脱附的可能性越大, 也表现为吸附性越弱。瓦斯气体温度增高, 以动能增加的形式表现出来, 瓦斯温度越高, 瓦斯气体分子的动能越大, 吸附瓦斯分子获得高于吸附势阱能量的机会越多, 其在孔隙表面上停留的时间越短, 瓦斯吸附量就越少。瓦斯气体分子的热运动减弱或温度降低时情况正好相反^[1]。

2 地应力场对煤吸附瓦斯特性的影响

地应力场是由自重应力场、构造应力场和温度应力场所组成。国内外的研究资料表明^[2], 瓦斯压力场与地应力场之间有着密切的联系。由于地应力的压缩作用, 使孔隙中的瓦斯具有压力, 反过来瓦斯压力又对孔隙壁起着张应力的作用, 力图使孔隙破坏。因此, 瓦斯压力是和地应力相对应的, 地应力场对瓦斯压力场起控制作用。围岩中高的地应力决定了煤层的高瓦斯压力。实验研究表明: 在给定的温度下, 吸附瓦斯量与瓦斯压力的关系呈双曲线变化, 遵从 Langmuir 方程, 随着瓦斯压力的升高, 煤体吸附瓦斯量增大, 并且当瓦斯压力增大到一定值时, 吸附瓦斯量将趋于定值。

3 地电磁场对煤吸附瓦斯特性的影响

· 收稿日期: 2000-02-25

基金项目: 国家教育部博士点基金资助项目 (9561108)

作者简介: 刘保县 (1972-), 男, 河北保定人, 重庆大学博士生。主要从事矿山安全及岩土工程等方面的研究。

3.1 交变电场对煤吸附瓦斯特性的影响

文献[3]研究了外加交变电场条件下煤吸附/解吸瓦斯特性的变化规律及机理分析,研究表明,外加交变电场对煤吸附瓦斯性能的影响程度与煤对瓦斯气体吸附性的强弱成正比,弱吸附性气体对外加电磁场不敏感。突出危险煤在外加电磁场作用下其瓦斯放散速度和解吸速度高于非突出煤;放散过程中,施加电磁场的瓦斯放散量大于未施加电磁场条件下的放散量。这主要是因为外加交变电场的作用使煤表面势能提高,使瓦斯分子被吸附的几率降低,从而使煤与瓦斯间的吸附能力减弱,并且可使瓦斯分子 London 色散势提高,从而使瓦斯分子的动态特性增强,扩散渗透性提高。

3.2 地电场对煤吸附瓦斯特性的影响

矿山开采中的地电场包括大地电场、自然电场、极化电场和工业游散电场。70 年代原苏联学者 Тапачоб^[4]开始研究地电场对煤层瓦斯吸附特性的影响,在煤瓦斯电吸附研究方面进行了开拓性的工作。

3.2.1 静电场作用下煤吸附瓦斯特性的研究

Тапачоб 的研究表明,当通过煤的电流在 0~300 μA 时,煤对瓦斯的吸附量开始是逐步增加的,并且当电流为 150 μA 时增加到最大值,随后吸附量又随电流的增加而减小。不过该文并未描述实验条件,也未对结果进行理论分析。艾鲁尼^[5]、塔拉索夫^[6]等研究认为静电场的作用提高了瓦斯吸附量,而徐龙君^[7]研究表明,四川省芙蓉矿务局白皎矿煤样在静电场作用下,吸附量是减小的。静电场对煤吸附瓦斯的作用机理还有待进一步研究。

3.2.2 交变电场作用下煤吸附瓦斯特性的研究

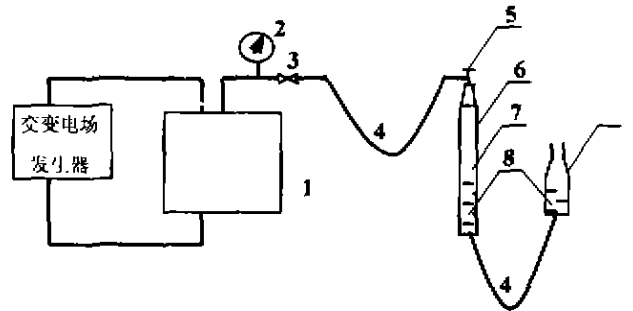
实验煤样分别取自重庆水江煤矿(以下简称水江煤样)、四川省芙蓉矿务局白皎煤矿(白皎煤样)、重庆鱼田堡煤矿(鱼田堡煤样),其工业分析如表 1 所示。本研究采用容量法测定煤样吸附(解吸)甲烷(瓦斯的主要成分为甲烷,本研究用甲烷代替瓦斯)的量,实验温度控制在恒定温度 30 $^{\circ}\text{C}$,实验装置如图 1 所示。外电场施加方式分别为低压吸附和高压解吸阶段施加交变电场。外加电场的频率为 50 Hz,电压分别为 0.8 kV、1.2 kV、1.6 kV。

图 2、图 3、图 4 分别为 3 种煤样在不同交变电场作用下的吸附等温线,表 2 为利用 Langmuir 方程对各煤样的吸附数据,回归分析得到的吸附常数 a 、 b 及相关系数 r 。由此可看出:1)在交变电场作用下,各煤样的吸附仍很好地遵从 Langmuir 方程;2)随着交变电场电压的增大,吸附常数 a 变化不大,而吸附常数 b 却

逐渐减小,这表明交变电场的作用,没有改变煤表面的化学性质和物质成分,但使煤的吸附能力减弱;3)随着交变电场电压的增大,吸附常数 b 呈线性减小的趋势(如图 5 所示)。

表 1 煤样的工业分析

| 煤样 | W/% | A/% | V _d /% |
|-------|------|-------|-------------------|
| 水江煤样 | 0.28 | 17.83 | 14.12 |
| 白皎煤样 | 0.37 | 24.49 | 11.15 |
| 鱼田堡煤样 | 0.35 | 12.76 | 17.73 |



1—吸附缸; 2—精密压力表; 3—高压阀; 4—乳胶管; 5—活塞; 6—量管; 7— CH_4 气体; 8—封闭阀; 9—水准瓶

图 1 交变电场作用下瓦斯吸附实验装置

根据统计热力学的原理^[8], b 常数可表示为:

$$b = b_0 T^{-0.5} \exp(Q/RT) \quad (1)$$

式中: b_0 —与温度无关的常数(与吸附剂分子的质量、凝聚系数、脱附速度有关); Q —微分摩尔吸附热; R —普适气体常数; T —热力学温度。

由于交变电场作用使煤的表面势能增大^[3],从而使瓦斯分子被吸附后放出的热量减小,即 Q 值减小,而使 b 值减小;并且交变电场产生的焦耳热及煤吸附瓦斯放热使煤体温度升高,从而使 b 值减小。

表 2 交变电场作用下各煤样的吸附常数

| 煤样 | 交变电压 /kV | $a/\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$ | b/MPa^{-1} | r |
|-------|----------|-----------------------------------|---------------------|---------|
| 白皎煤样 | 0.0 | 30.427 1 | 1.284 9 | 0.994 8 |
| | 0.8 | 30.476 9 | 1.168 2 | 0.996 9 |
| | 1.2 | 29.453 5 | 1.080 4 | 0.996 9 |
| | 1.6 | 30.680 6 | 0.925 9 | 0.998 9 |
| 水江煤样 | 0.0 | 32.519 7 | 0.700 6 | 0.998 7 |
| | 0.8 | 32.054 4 | 0.626 4 | 0.998 4 |
| | 1.2 | 34.584 0 | 0.549 8 | 0.996 7 |
| | 1.6 | 37.960 8 | 0.486 0 | 0.996 2 |
| 鱼田堡煤样 | 0.0 | 22.190 1 | 0.791 7 | 0.998 3 |
| | 0.8 | 22.681 1 | 0.693 1 | 0.998 5 |
| | 1.2 | 23.339 8 | 0.645 0 | 0.999 7 |
| | 1.6 | 23.291 2 | 0.592 9 | 0.999 8 |

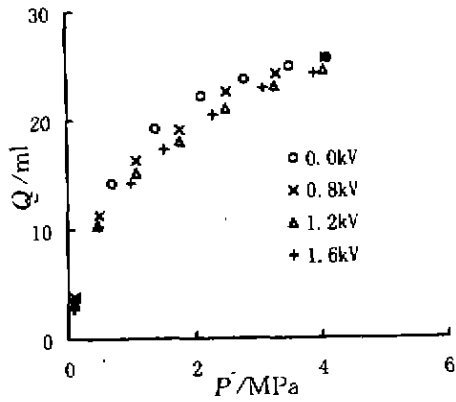


图2 交变电场作用下白皎煤样吸附等温线

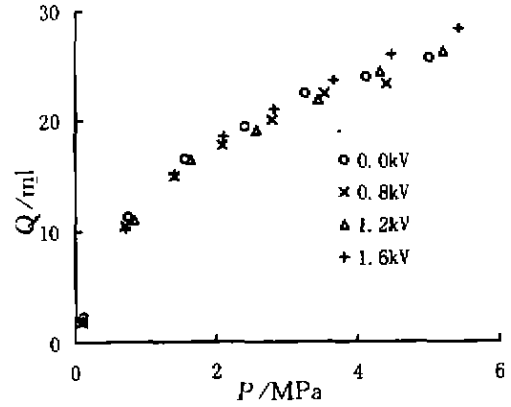


图3 交变电场作用下水江煤样吸附等温线

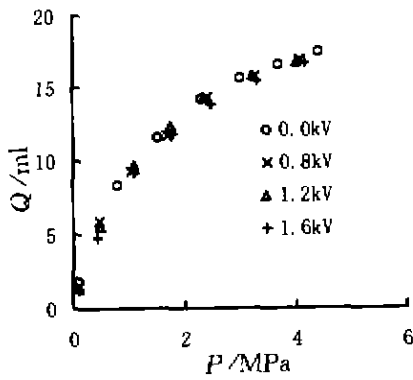


图4 交变电场作用下鱼田堡煤样吸附等温线

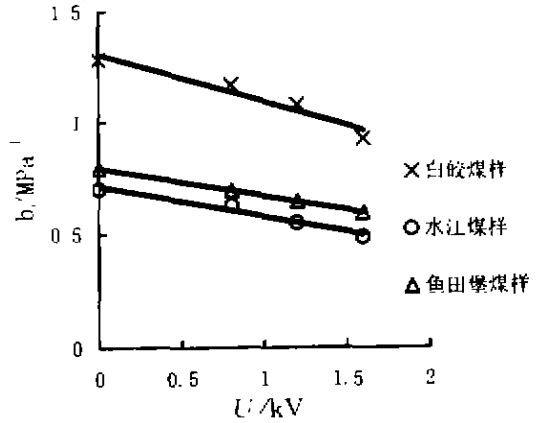


图5 吸附常数b随交变电场变化曲线

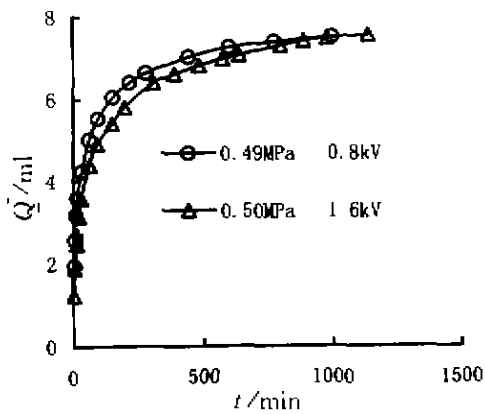


图6 交变电场作用下白皎煤样解吸规律

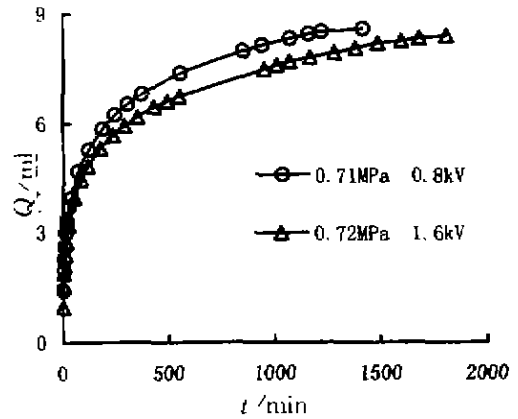


图7 交变电场作用下水江煤样解吸规律

表3 交变电场作用下煤样高压解吸动力学参数

| 煤样 | 交变电压 U/kV | 甲烷压力 P/MPa | 平衡时间 t/min | $\alpha/ml \cdot g^{-1}$ | βmin^{-1} | γ |
|------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|------------------|----------|
| 白皎煤样 | 0.8 | 0.49 | 1000 | 7.573 3 | 0.041 0 | 0.999 2 |
| | 1.6 | 0.50 | 1140 | 7.618 6 | 0.029 3 | 0.999 0 |
| 水江煤样 | 0.8 | 0.71 | 1418 | 8.638 1 | 0.020 2 | 0.997 4 |
| | 1.6 | 0.72 | 1808 | 8.459 1 | 0.013 2 | 0.997 4 |

图 6、图 7 分别为交变电场作用下煤样高压解吸最后一点时解吸量随时间的变化规律(在此仅取压力基本相同的解吸曲线)。由于煤解吸瓦斯的动力学曲线与 Langmuir 吸附等温线极其相似, 因此可用与 Langmuir 方程形式相同的二常数经验公式来描述解吸瓦斯量与时间 t 的关系:

$$Q(t) = \frac{\alpha\beta t}{1 + \beta t} \quad (2)$$

式中: α —最大解吸量, $\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$; β —解吸动力学常数 min^{-1} ; t —解吸时间, min 。

表 3 列出了利用式(2)经回归分析得出的各煤样高压解吸动力学参数, 可以看出, 在交变电场作用下, 随着电压的升高, 常数 α 基本保持不变, 而常数 β 则有减小的趋势, 并且解吸平衡时间增多, 减缓了煤的解吸过程。

4 结论

1) 随着地温的升高, 煤对瓦斯气体的吸附量将降低;

2) 随着地应力的增大, 瓦斯压力也会增大, 从而使瓦斯的吸附量增多, 并最终趋于一定值;

3) 交变电磁场的作用使瓦斯的吸附能力减弱;

4) 交变电场的作用, 没有改变煤表面的化学性质和物质成分, 煤的吸附和解吸仍很好地遵从 Langmuir 方程和二常数经验公式, 并且交变电场的作用减弱了煤的吸附能力, 减缓了瓦斯的解吸过程。

参考文献:

- [1] 王恩元、何学秋、林海燕. 瓦斯气体在煤中的赋存形态[J]. 煤炭工程师, 1996(5): 12-15
- [2] 于不凡. 煤和瓦斯突出机理[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1985.
- [3] 何学秋. 交变电磁场对煤吸附瓦斯的影响[J]. 煤炭学报, 1996, 21(1): 63-67.
- [4] 重庆大学矿山工程物理研究所. 地电场对煤层瓦斯渗流影响的研究[R]. 重庆: 重庆大学建筑工程学院, 1993.
- [5] 艾鲁尼. A. T. 预测和控制煤矿瓦斯泄出量的物理化学原理[A]. 第二十一届国际采矿安全会议论文集[C], 1986
- [6] 塔拉索夫. B. T. 关于突出危险性的标准[A]. 煤与瓦斯突出预测资料汇编[C]. 重庆: 煤炭工业部重庆研究所编, 1987.
- [7] 徐龙君. 突出区煤的超细结构、电性质、吸附特征及其应用的研究[D]. 重庆: 重庆大学建筑工程学院, 1996.
- [8] GASSER P H P. 金属的化学吸附和催化作用[M]. 赵碧英译. 北京: 北京大学出版社, 1991

Study on Adsorption Characteristics of Coal to Gas in Geophysical Field

LIU Bao-xian, XIAN Xue-fu, XU Long-jun, LI Xiu-qing

(Institute of Mining Engineering Physics, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: It is very important to mine safe exploitation, gas drawing and predict of coal and gas outburst that adsorption characteristics of coal to gas in geophysical field are studied. Adsorption and desorption characteristics of coal to gas in geophysical field have been reviewed in detail, then it is obtained that adsorption characteristics of coal to gas in electromagnetic field should be further studied. Adsorption and desorption characteristics of coal to methane in alternating electric field (AEF) have been studied mainly. Adsorption characteristics of three coal samples in AEF have been studied by means of Volume Method. The result shows that chemical properties and matter constituent of coal surface are no changed, adsorption and desorption of the coal samples in AEF well accord with Langmuir equation and two constants empirical formula, and because coal potential energy is increased and coal temperature is raised caused by Joule heat effect, adsorption ability of coal is decreased, and the desorption process is slowed down in AEF.

Key words: geophysical field; coal; alternating electric field; adsorption; desorption; gas

(责任编辑 钟学恒)