

煤储层固—液—气相间作用的 等温吸附实验研究

张时音¹,桑树勋¹,刘长江¹,黄华州¹,周效志¹,张明波²

(1.中国矿业大学资源与地球科学学院,江苏 徐州 221008;

2.吉林省煤田地质局203队,吉林 四平 136100)

摘要:在介绍体积法等温吸附实验原理的基础上,阐述了平衡水煤样等温吸附实验方法,重点探讨了煤的注水实验和注水煤样的等温吸附实验技术,讨论了等温吸附实验结果的信息提取和意义。研究表明:液态水对煤基质吸附气体有显著影响,作用机理与甲烷气体同时运动于气液界面和固气界面之间有关。

关键词:干燥煤样;平衡水煤样;注水煤样;等温吸附实验;煤层气

中图分类号:P618.11

文献标志码:A

长期以来,我国用于等温吸附实验的煤样一直是干燥煤样。但自从近年由国外引进先进的高压吸附实验设备后,即开始模拟煤储层温度和平衡水条件测定平衡水煤样对甲烷等气体的吸附量,即平衡水煤样等温吸附实验。因为,平衡水煤样等温吸附实验结果比起干燥煤样在目前技术条件下更接近原位地层条件。对比干燥煤样和平衡水煤样的等温吸附实验结果,可以发现煤样中所含水分对气体吸附量影响很大。甲烷等气体是以微弱的范德华力(London力)吸附在煤中,而极性水分子与煤分子间则为Keelson力,此力比London力大得多,与甲烷相比,水分子优先吸附于煤中,从而占据了甲烷的部分位置^[1]。由此,水分子在煤层气吸附过程中起着极其重要的作用,气态水的存在,降低了煤对甲烷的吸附量。

Joubert等的研究发现^[2]:只有在未达到临界水分含量时,水分含量的增加使甲烷的吸附量降低,超过临界水分含量时,水分的增加不再影响煤层对甲烷的吸附量。煤中超过临界水分的水为液态水,液态水真的对煤储层中煤基质吸附气体没有影响吗?还是前人的实验设计出了问题?为此,我们设计了煤的注水实验,就是将采自同一地点的煤样先放在封闭的器皿中抽真空,然后分别放在8MPa、12MPa、16MPa、20MPa的压力下,向煤样中注水3h,使煤样中含水量达到各个压力下的最大值。对注水煤样做等温吸附实验。实验完成后将煤样倒出烘干,测量不同注水压力下煤的含水量。对比不同注水压力下煤样对甲烷的吸附量,探讨液态水对煤储层固—气作用的影响。

1 等温吸附实验过程

我们对采自沁水盆地的同一煤级(无烟煤)煤进行了等温吸附实验,与前人不同的是,对于同一煤样,我们将其分为若干份,对其做不同的等温吸附实验,对各个不同粒度煤我们均对其干燥样、平衡水样和注水样进行了等温吸附实验。

干燥煤样等温吸附线的测量,多采用体积法。当温度一定时,煤吸附的甲烷量与气体压力之间的关系符合朗格缪尔方程。

平衡水煤样的等温吸附实验代表了等温吸附曲线测量技术的发展趋势,所得结果是目前技术条件下最接近于原位地层条件。在模拟储层温度条件下,煤的吸附甲烷量与气体压力之间的关系符合朗格缪尔方程。

我们设计的煤的注水实验基本过程是:将煤样破碎至不同粒度:0.1~0.3mm、0.3~0.5mm、0.5~1mm、1~2mm、2~5mm、5~10mm;将煤样置入105℃恒温的干燥箱内进行烘干2~4h,使煤样充分干燥并称重;对每个煤样用真空泵进行抽真空,每次抽真空的时间均为8h,以保证所有煤样的真空度相同;将抽真空后的煤样直接放入到蒸馏水(为保证实验的可比性,蒸馏水均为同样方法制取)中,用大气压进行注水,每次放入蒸馏水的时间均为15h,称重得大气压下注水量;在伺服仪(电液伺服岩石力学实验系统,MTS815.02)上用不同的压力(8MPa、12MPa、16MPa和20MPa)对煤样进行注水,注水时间均控制在3h,称重后可以得到此时的注水量;将从伺服仪上拿回的煤样装入IS-100型等温吸附仪进行等温吸附实验。

2 实验结果

等温吸附实验设备为美国TerraTek公司生产

基金项目:国家重点基础研究发展规划资助项目(2002CB211703)。

作者简介:张时音(1980—),江苏常熟市人,硕士,地球化学专业。

收稿日期:2004-11-28

责任编辑:雷小乔

的 IS-100 型等温吸附解吸仪,等温吸附实验的操作流程可见相关文献^[1]。

实验条件:实验温度为 25℃,初始压力为 12MPa,平衡压力约为 10MPa,样品粒度为 5mm~10mm,样品采自晋城矿区成庄煤矿 3[#] 煤。表 1 列出了干燥样、平衡水样和水压为 16MPa 和 20MPa 的注水样所做的等温吸附实验结果。

表 1 等温吸附实验结果			
Table 1 Results of isothermal adsorption experiments			
煤样类型	等温吸附实验参数 ($V_L, \text{cc} \cdot \text{g}^{-1}; P_L, \text{Mpa}$)		试样的灰分 与水分/%
	全煤基	无水无灰基	
干燥样	$V_{L1}=131.21$ $P_{L1}=0.33$	$V_{L2}=0.33$ $P_{L2}=0.33$	- 灰分=5.64
平衡水样	$V_{L1}=22.30$ $P_{L1}=1.87$	$V_{L2}=25.00$ $P_{L2}=1.87$	平衡水=5.47 灰分=5.33
注水样	16MPa $V_{L1}=28.38$ $P_{L1}=3.86$	$V_{L2}=34.89$ $P_{L2}=3.86$	平衡水=13.02 灰分=5.64
	20MPa $V_{L1}=26.01$ $P_{L1}=2.71$	$V_{L2}=31.65$ $P_{L2}=2.71$	平衡水=12.17 灰分=5.64

3 固—液—气作用实验的信息提取及意义

煤的内表面上可供甲烷气体分子“滞留”的有效吸附位是一定的,煤中气态水分越高,可能占据的有效吸附位就越多,相对留给甲烷分子“滞留”的有效位就会减少,煤的饱和和吸附量就会降低,因而随着煤基质气态水分的增加,Langmuir 体积呈减小趋势^[3]。

从分子运动论的观点来看,气体扩散的本质是气体分子不规则热运动的结果,在固液气三相同同时存在的情况下,甲烷气体同时运动于气液界面和固气界面之间,其间的作用是非常复杂的,液体容易形成表面张力,从而阻止气体的进一步运移,气体有可能吸着在液体的表面,也有可能在一一定的压力下得到足够的能量而“穿墙”而过,从而吸附在煤的内表面。同时,压力过大也有可能破坏煤中的毛细孔,也会很大程度上影响到煤对甲烷的吸附能力和吸附量。从实验结果来看,注水煤样 Langmuir 体积与平衡水煤样相差悬殊,而与干燥样更为接近;注水煤样

Langmuir 压力与平衡水煤样更为接近,而与干燥煤样存在较大差距。说明液态水对煤基质吸附气体有显著影响,变化规律有待更多实验样品的支持,具体的作用机理也有待进一步的研究。

地层条件下,煤储层中煤、水、气共存,构成固—液—气三相耦合体系。原位煤储层处于水饱和状态,水主要呈液态,液态的水由于重力作用和润湿作用赋存于煤储层的裂隙和大孔隙中,占据这些孔裂隙的自由空间和煤表面,少量的气态水和绝大部分煤层气以物理吸附的形式赋存于煤的中孔和微孔中。部分煤层气溶解在液态水中或以游离相与混合流体共存。煤层气存在吸附相、游离相和溶解相三种赋存形式^[4]。固—气吸附体系、固—液润湿体系、煤层气赋存相变体系受到统一的煤储层温度、压力控制,体系间相互牵制和影响,随着储层稳压变化,体系间维持动态平衡。前人对煤储层的固—气体系吸附理论和吸附水对煤层气吸附的影响做了大量研究工作。但煤储层润湿相对煤层气吸附相的影响及其引起的煤层气赋存相变未见成果报道。

4 结论

- ①干燥样、平衡水煤样、注水煤样等温吸附实验对照是研究煤储层固—液—气相间作用的有效方法。煤样注水实验和注水煤样等温吸附实验可以揭示液态水对煤基质吸附气体的影响。
- ②液态水对煤基质吸附气体有显著影响,变化规律有待更多实验样品的支持,作用机理与甲烷气体同时运动于气液界面和固气界面之间有关。

参考文献:

[1]钱凯,赵庆波,汪泽成,等.煤层甲烷气勘探开发理论与实验测试技术[M].北京:石油工业出版社,1996:119-142.
[2]Joubert J I,Grein C T,Biebstock D.Effect of moisture on the methane capacity of Amercian coals[J].Fuel,1974,53:54-67.
[3]马东民.煤储层的吸附特征实验综合分析[J].北京科技大学学报,2003,25(4):292-293.
[4]苏现波,等.煤层气地质学与勘探开发[M].北京:科学出版社,2001:45-54.

A Study on Isothermal Adsorption Experimental Methods
Concerning Phase Interaction in Coal Reservoirs

Zhang Shiyin¹, Sang Shuxun¹, Liu Changjiang¹, Huang Huazhou¹, Zhou Xiaozhi¹ and Zhang Mingbo²

(1. College of Mineral Resource and Earth Science, CUMT, Xuzhou, Jiangsu 221008;
2. No.203 Team, Jilin Bureau of Coal Geology, Siping, Jilin 136100)

Abstract:The coal isothermal adsorption experiment and its gained parameters played an important role in resource assessment and development of coalbed methane.The theory and equipments of the isothermal sorption experiment of the volume method were introduced,the isothermal sorption experiments of dry and equilibrium water coals were described,the technique of the experiments of isothermal sorption of injection water coals and the injecting water of coals were emphasized and explored, and the information extraction and data disposal of results of the isothermal sorption experiments were discussed.By the above researches,the following conclusion was drawn that the liquid water affects coal matrix absorbing gases markedly, and the function mechanism relates to the fact that the methane moves between the gas-liquid interface and the solid-gas interface.
Keywords:dry coal sample;equilibrium water coal sample;injection water coal sample;isothermal adsorption experiment;coalbed methane