

文章编号:1673-9469(2010)03-0057-05

## 沁水盆地高家庄区块高煤阶煤吸附特征及控制因素

田蕾<sup>1</sup>,郑柏平<sup>2</sup>,袁同星<sup>2</sup>

(1.河北工程大学 资源学院,河北 邯郸 056038;2.中国煤炭地质总局 第一勘探局,河北 邯郸 056004)

**摘要:**基于煤储层对甲烷吸附特征在煤层气勘探开发中的重要性,采用等温吸附试验,对高家庄区块高煤阶煤储层吸附特征进行研究,并分析其控制因素。结果表明:高家庄区块主煤储层兰氏体积大于 $26\text{cm}^3/\text{g}$ ,兰氏压力中等,具有较强的煤层甲烷吸附和储集能力;其中,15<sup>#</sup>煤储层对甲烷的吸附能力要明显好于山西组3<sup>#</sup>煤储层,但吸附能力区域差异较大;煤阶和煤岩有机显微组分是研究区煤储层甲烷吸附特征的重要控制因素,水分和灰分在一定程度上降低了煤储层吸附能力。

**关键词:**等温吸附;吸附特征;兰氏体积;兰氏压力;高家庄区块;沁水盆地  
**中图分类号:** TD712 **文献标识码:** A

### Adsorption characteristics and influence factors of high-rank coal bed methane in the Gaojiazhuang area of Qinshui Basin

TIAN Lei<sup>1</sup>, ZHENG Bai-ping<sup>2</sup>, YUAN Tong-xing<sup>2</sup>

(1. College of Resource, Hebei University of Engineering, Hebei Handan, 056038, China; 2. The First Exploration Bureau, CNACG, Hebei Handan 056004, China)

**Abstract:** The methane sorption characteristics of the coal bed is important for the exploration and development of coalbed methane (CBM), therefore the adsorption characteristics and influence factors of high-rank coal is conducted by the isothermal adsorption test in Gaojiazhuang area, Qinshui basin. The results show that the main coal reservoirs have strong capacity to adsorb and accumulate CBM in Gaojiazhuang area, with the Langmuir volume  $26\text{cm}^3/\text{g}$  and moderate langmuir pressure; between the the 3rd and 15th coal reservoirs, the latter has a better adsorption capacity and more different in the spatial distribution; the coal rank and maceral composition are controlling factors of adsorption capacity for CBM, and the moisture and ash content decrease the adsorb ability for CBM of reservoir to a certain degree.

**Key words:** isothermal adsorption; adsorption characteristics; Langmuir volume; Langmuir pressure; Gaojiazhuang area; Qinshui Basin

煤层气在煤储层中主要以吸附态的形式赋存,因此煤储层的吸附能力直接影响到煤层气井的产能;实践表明煤阶是煤储层吸附特征的主要控制因素之一,不同煤阶煤储层的吸附特征存在显著差异。马京长等<sup>[1]</sup>通过对沁水盆地山西组、太原组主要煤层进行研究,分析了高煤阶煤的吸附特征及其控制因素;陈振宏等<sup>[2-3]</sup>在分析煤储层物性基础上对高、低煤阶吸附特征进行对比,指出了高、低煤阶煤储层吸附特征的差异性。本文结

合高家庄区块3<sup>#</sup>煤储层和15<sup>#</sup>煤储层样品的等温吸附试验测试数据,对研究区内高煤阶煤储层吸附特征及控制因素进行分析。

### 1 研究区地质概况

沁水盆地高家庄区块位于山西省左权县境内,南北长约15km,东西宽约9km,呈梯形,面积约128km<sup>2</sup>,属于沁水煤田东部边缘中段,主要含煤地

层为石炭系的太原组和二叠系的山西组。区内含煤地层埋藏较深,保存完整,其中山西组 3<sup>#</sup> 煤和太原组 15<sup>#</sup> 煤,煤层稳定、厚度较大,变质程度高,镜质组反射率  $R_0$  为 1.978% ~ 2.655%,属高煤阶煤,煤类以高变质无烟煤为主,为本区主要煤层气储层。

## 2 样品采集和实验方法

从 7 个典型钻孔点中选取 3<sup>#</sup>、15<sup>#</sup> 煤层的 11 个煤样进行等温吸附实验,其中 3<sup>#</sup> 煤层 4 个,15<sup>#</sup> 煤层 7 个。采用美国 Terratek 公司的 IS-100 型高压等温吸附实验装置进行样品测试;采用平衡水法,研究煤对甲烷的吸附性,煤的粉碎粒度为 0.25~0.18mm,温度采用煤储层温度,根据 Langmuir 单分子层吸附理论,计算求出表征煤对甲烷吸附特性的吸附常数及等温吸附曲线。

## 3 结果与分析

### 3.1 煤储层甲烷吸附特征

兰氏体积 ( $V_L$ ) 反映了煤储集层最大吸附能力, $V_L$  值越大表示煤储层储集性越好,表 1 为沁水盆地高家庄区块煤储层等温吸附实验数据。以可

燃基煤样为例,3<sup>#</sup> 煤储层兰氏体积为 27.02 ~ 30.29cm<sup>3</sup>/g,平均为 28.78cm<sup>3</sup>/g;15<sup>#</sup> 煤储层兰氏体积为 26.19 ~ 45.59cm<sup>3</sup>/g,平均 32.14cm<sup>3</sup>/g。可见,15<sup>#</sup> 煤储层对甲烷的吸附能力要明显好于山西组 3<sup>#</sup> 煤储层,其储集性相对更好,但是,15<sup>#</sup> 煤储层样品测试数据离散程度大,说明在区域上 15<sup>#</sup> 煤储层吸附能力差异较大。另外兰氏体积不代表含气饱和度和,高家庄区块需要其它成藏条件的适当配置才能有利于煤层气的富集成藏。

兰氏压力 ( $P_L$ ) 反映了储层吸附气体的难易程度,当兰氏体积较高,兰氏压力大于 3 MPa 时煤储层具有高产条件<sup>[4]</sup>。以可燃基煤样为例:3<sup>#</sup> 煤储层兰氏压力为 2.40 ~ 3.11MPa,平均 2.74MPa;15<sup>#</sup> 煤储层兰氏压力为 2.18 ~ 3.24MPa,平均 2.78MPa,表明高家庄区块主煤层兰氏压力中等。从层位上看,3<sup>#</sup>、15<sup>#</sup> 煤储层兰氏压力差别不大,15<sup>#</sup> 煤储层兰氏压力略大,高家庄区块主煤层均较有利于煤层气开采。

沁水盆地高家庄区块 3<sup>#</sup>、15<sup>#</sup> 煤层样品的等温吸附曲线如图 1 所示,该区煤储层具有较强的煤层甲烷吸附和储集能力,在其它成藏条件配置有利的情况下,有利于煤层气开发。总体上,15<sup>#</sup> 煤层吸附能力较 3<sup>#</sup> 煤层吸附能力强,但 15<sup>#</sup> 煤层吸附能力区域差异性较大。

表 1 沁水盆地高家庄区块煤储层等温吸附实验综合数据

Tab.1 The aggregate experimental data of coal reservoir in Gaojiazhuang Area

样品	层位	镜质组最大 反射率/%	水分 /%	灰分 /%	显微组分/%		$V_L/(cm^3 \cdot g^{-1})$		$P_L/MPa$	
					镜质组	惰质组	原煤	可燃基	原煤	可燃基
Zc-5-3	3 <sup>#</sup>	2.631	1.23	37.11	74.7	25.3	-	27.02	-	2.69
Zc-5-15	15 <sup>#</sup>	2.528	2	21.04	78.2	21.8	21.71	27.76	2.83	2.83
Zc-1-1	15 <sup>#</sup>	2.251	1.36	15.17	70.7	29.3	27.44	32.87	2.18	2.18
Zc-1-2	15 <sup>#</sup>	2.345	1.53	14.70	82.1	17.9	34.70	41.43	2.57	2.57
Zc-1-3	15 <sup>#</sup>	2.487	1.74	16.50	79.7	20.3	36.16	45.59	3.21	3.21
Zc-1-15	15	2.487	1.58	16.22	77.5	22.5	-	39.96	-	2.65
13-6-3	3 <sup>#</sup>	2.525	1.58	23.19	75.6	24.4	21.23	28.23	3.11	3.11
13-6-16	15 <sup>#</sup>	2.569	1.54	19.97	76.4	23.6	19.85	26.5	3.24	3.24
19-4-3	3 <sup>#</sup>	2.511	2.42	19.18	76.2	23.8	25.51	30.29	2.4	2.4
19-4-15	15 <sup>#</sup>	2.556	2.46	15.63	74.5	25.5	-	27.63	-	2.38
19-5-3	3 <sup>#</sup>	1.978	1.32	38.95	75.2	24.8	-	29.57	-	2.76
19-5-15	15 <sup>#</sup>	2.523	1.88	67.37	79.6	20.4	-	29.14	-	3.04
7-6-15	15 <sup>#</sup>	2.655	2.03	19.36	75.8	24.2	20.35	26.19	2.82	2.82

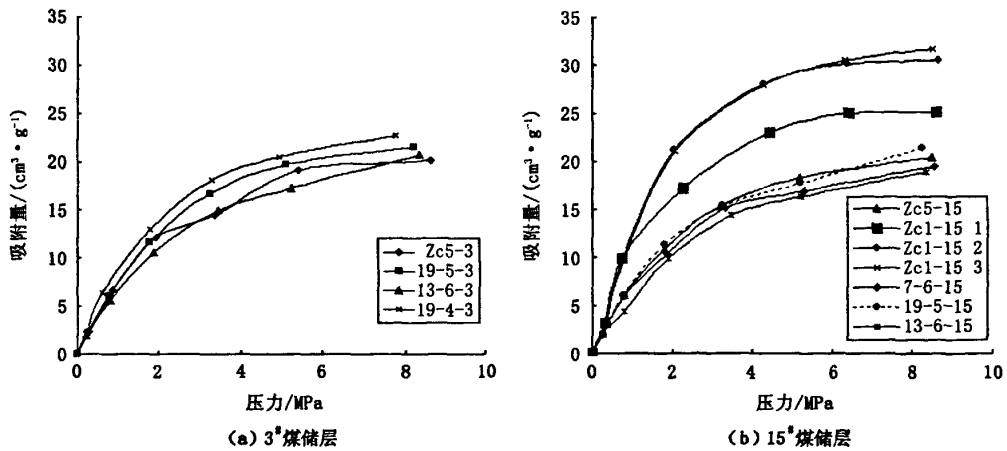


图1 沁水盆地高家庄区块主煤储层甲烷等温吸附曲线

Fig.1 Absorption isotherm of the main coal reservoirs in Gaojiazhuang Area of Qinshui Basin

较大的吸附能力反映出较大的开发潜力,较高的兰氏压力反映良好的开采条件<sup>[4]</sup>。由图1可见,兰氏压力越大曲线斜率越小,说明煤储层在低压区吸附量越小,高压区吸附量越大,在含气饱和度较高的情况下越有利于开采,反之则不利于生产;13-6井的3#煤储层解吸压力与解吸压力相似,Zc1井15#煤储层等温吸附曲线弯曲程度小煤层气解吸相对更容易。综合表1、图1可知,等温条件下,吸附量与储集层压力呈正相关:随着压力增高,吸附量变大,压力较低时,曲线以较高的斜率呈近似线性增长,此后曲线斜率变小,增长逐渐变慢,煤的吸附达到饱和状态。

### 3.2 煤层气吸附特征的影响因素

1)煤阶。煤阶是影响储层吸附能力的重要因素之一。煤化作用影响基质孔隙发育,进而影响煤的吸附能力;煤化作用过程中煤分子基团也在不断变化,影响对甲烷的亲合力,进而影响储层吸附能力。但煤的吸附能力不总是随煤阶的增高而增加,Yee等<sup>[5]</sup>认为吸附能力随煤阶增高呈U型变化,在高挥发份烟煤A阶段出现最小值。随煤阶的增高,煤储层的吸附能力在 $R_0 < 4\%$ 时逐渐增加, $R_0 > 4\%$ 时急剧减小<sup>[6,7]</sup>。田永东等<sup>[8]</sup>等认为成岩作用阶段褐煤的吸附能力明显低于其他各变质阶段的煤,长焰煤至肥煤3个煤阶吸附量增加得缓慢,焦煤之后,煤的吸附量开始快速增加,无烟煤2#煤的吸附能力最强。高家庄区块主煤层变质程度高,多为无烟煤,煤变质程度对煤吸附能力有明显的影 响,随着煤变质程度的增加,煤的吸

附能力下降(图2)。

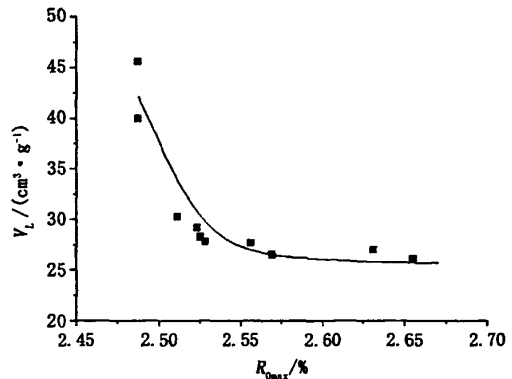
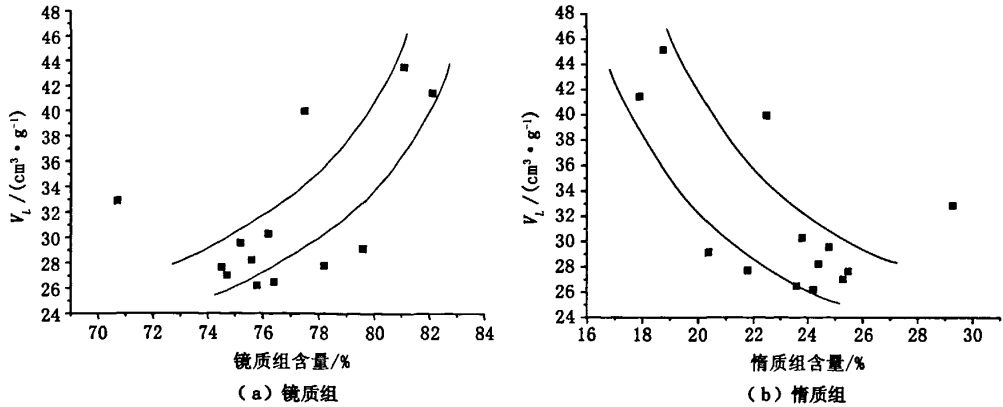


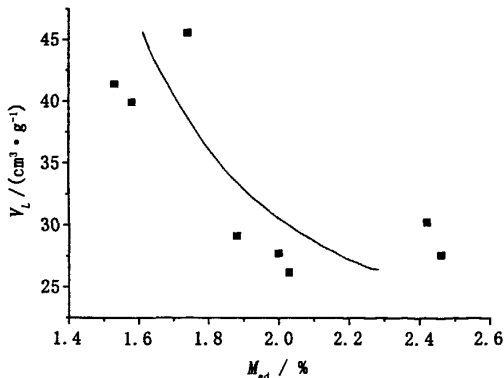
图2 沁水盆地高家庄区块主煤储层 $R_{0max}$ 与 $V_L$ 关系

Fig.2  $R_{0max}$  vs  $V_L$  of the main coal reservoirs in Gaojiazhuang Area of Qinshui Basin

2)煤岩有机显微组分。煤的有机显微组分包括镜质组、惰质组和壳质组。一般认为镜质组和惰质组吸附能力较强,对煤吸附能力有显著的影响作用,而壳质组吸附能力较弱,对储层吸附能力影响较弱。有机显微组分对煤吸附能力的影响较复杂,应该考虑煤阶、灰分、水分、储层温度压力等因素<sup>[9-11]</sup>。从实验测试结果可以看出,兰氏体积随镜质组含量的增大而增大,而随惰质组含量的增加而降低(图3)。这种变化与显微组分对孔隙发育程度的影响有关,镜质组中微孔的发育程度比惰质组中微孔的发育程度高,因此具有较大内表面积,吸附能力较强。

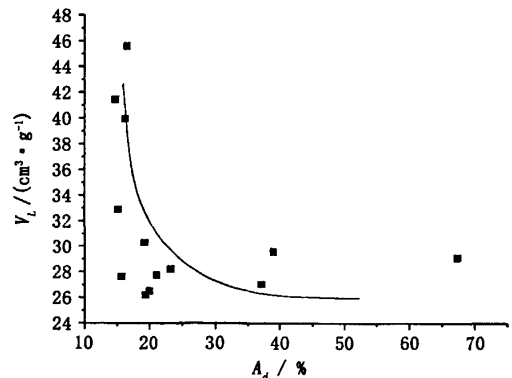
图3 沁水盆地高家庄区块主煤储层显微组分与 $V_L$ 关系Fig.3 Maceral composition vs  $V_L$  of the main coal reservoirs in Gaojiazhuang Area of Qinshui Basin

3) 水分。煤中水分是影响煤储层吸附能力的主要因素之一。水分存在于基质孔隙中,将减小甲烷的存储空间,并减少吸附甲烷的有效孔隙表面积,使甲烷吸附量变小。水分对吸附量的影响与临界水分值有关,水分含量小于临界水分值时,随水分的增加甲烷吸附量增大;达到或大于临界水分值时,水分只是覆盖在煤的颗粒外表面,甲烷吸附量不再随水分的增加而变化<sup>[12]</sup>。从测试结果看,高家庄区块煤储层水分的存在总体上与吸附能力呈负相关关系(图4),但其对吸附量的控制作用并不明显,说明水分并不是该区煤储层吸附能力的主要影响因素。

图4 沁水盆地高家庄区块主煤储层 $M_{ad}$ 与 $V_L$ 关系Fig.4  $M_{ad}$  vs  $V_L$  of the main coal reservoirs in Gaojiazhuang Area of Qinshui Basin

4) 灰分。灰分的吸附能力比较微弱,它通过影响煤中有机组分的含量和结构来影响煤的吸附能力。另外,灰分的存在还堵塞一些微孔隙,造成有效吸附表面积变小,吸附能力降低。从实验测

试结果来看,灰分的存在降低了煤储层的吸附能力(图5)。表1中原煤兰氏体积总是小于可燃基煤样兰氏体积,同样说明灰分对煤储层的吸附能力产生了负面影响。

图5 沁水盆地高家庄区块主煤储层 $A_d$ 与 $V_L$ 关系Fig.5  $A_d$  vs  $V_L$  of the main coal reservoirs in Gaojiazhuang Area of Qinshui Basin

## 4 结论

1) 高家庄区块主煤储层兰氏体积大于  $26\text{cm}^3/\text{g}$ ,兰氏压力中等,具有较强的煤层甲烷吸附和储集能力,在其它成藏条件的适当配置下,有利于煤层气富集成藏。

2) 研究区山西组 3# 煤储层兰氏体积平均为  $28.78\text{cm}^3/\text{g}$ ,太原组 15# 煤储层兰氏体积平均为  $32.14\text{cm}^3/\text{g}$ 。15# 煤储层对甲烷的吸附能力要明显好于山西组 3# 煤储层,但 15# 煤储层甲烷吸附和储集能力区域差异较大。

3) 煤阶和煤岩有机显微组分是研究区煤储层

甲烷吸附特征的控制因素,水分和灰分在一定程度上降低了煤储层吸附能力。

#### 参考文献:

- [1] 马京长,王勃,刘飞,等.高煤阶煤的吸附特征分析[J].天然气技术,2008,2(6):31-34.
- [2] 陈振宏,王一兵,宋岩,等.不同煤阶煤层气吸附、解吸特征差异对比[J].天然气工业,2008,28(3):30-32.
- [3] 陈振宏,贾承造,宋岩,等.高煤阶与低煤阶煤层气藏物性差异及其成因[J].石油学报,2008,29(2):179-184.
- [4] 蔚远江,汪永华,杨起,等.准噶尔盆地低煤阶煤储集层吸附特征及煤层气开发潜力[J].石油勘探与开发,2008,35(4):410-416.
- [5] YEE D, SEIDL E J P, HANSON W B. Gas sorption on coal and measurement of gas content[C]// Law B E, Rice D D. Hydrocarbons from Coal: AAPG Studies in Geology. OK, U. S.: American Association of Petroleum Geologists, 1993.
- [6] 钟玲文,张新民.煤的吸附能力与其煤化程度和煤岩组成间的关系[J].煤田地质与勘探,1990,27(4):29-35.
- [7] 苏现波,张丽萍,林晓英.煤阶对煤的吸附能力的影响[J].天然气工业,2005,25(1):19-21.
- [8] 田永东,李宁.煤对甲烷吸附能力的影响因素[J].西安科技大学学报,2007,27(2):247-250.
- [9] KROOSS B M, BERGEN F, GENSTERBLUM Y, et al. High-pressure methane and carbon dioxide adsorption on dry and moisture-equilibrated Pennsylvanian coals[J]. International Journal of Coal Geology, 2002, 51: 69-92.
- [10] GARETH R L CHALMERS, R MARC BUSTIN. On the effects of petrographic composition on coalbed methane sorption[J]. International Journal of Coal Geology, 2007, 69: 288-304.
- [11] 张丽萍,苏现波,曾荣树.煤体性质对煤吸附容量的控制作用探讨[J].地质学报,2006,80(6):910-915.
- [12] 沈丽惠,齐俊启,赵志义,等.煤层气生成及含气量控制因素[J].河北工程大学学报(自然科学版),2010,27(1):81-84.

(责任编辑 马立)

(上接第45页)

## 5 结论

1) 赣州地区的高档装修与普通装修的住宅建筑内甲醛、苯、二甲苯等污染物的浓度均普遍超过国家关于污染物浓度的相应标准。

2) 通过对比分析可知,作为室内主要污染物的甲醛和苯,高档装修的甲醛浓度和苯的浓度比普通装修的要高,也就是对于高档装修而言,室内两种污染物的污染程度更严重。

3) 通风是改善室内空气品质的最佳途径。

#### 参考文献:

- [1] 王焯.冬季自然通风对住宅室内空气品质的改善性能评价[J].安全与环境学报,2008,8(5):104-108.
- [2] 于美静.民用建筑室内空气品质及其评价方法[J].住宅科技,2007(7):48-52.
- [3] 谢丽君.测量住宅室内空气品质的新方法[J].制冷空调与电力机械,2007,117(28):87-89.
- [4] 兰信颖.民用建筑室内空气品质与人体健康[J].环境保护科学,2003(2):7-10.
- [5] 耿世彬,杨家宝.室内空气品质及相关研究[J].建筑热能通风空调,2001(2):29-33.
- [6] 易金萍.住宅室内空气品质及其改善途径[J].住宅科技,2002(6):44-48.
- [7] 沈晋明.室内污染物与空气质量评价[J].通风除尘,1995(4):10-13.
- [8] 赵运超.连续输冰条件下片冰融解过程的实验研究[J].江西理工大学学报,2009,30(4):4-8.

(责任编辑 刘存英)

[1] 王焯.冬季自然通风对住宅室内空气品质的改善性

# 沁水盆地高家庄区块高煤阶煤吸附特征及控制因素

作者: [田蕾](#), [郑柏平](#), [袁同星](#), [TIAN Lei](#), [ZHENG Bai-ping](#), [YUAN Tong-xing](#)  
作者单位: [田蕾, TIAN Lei \(河北工程大学, 资源学院, 河北, 邯郸, 056038\)](#), [郑柏平, 袁同星, ZHENG Bai-ping, YUAN Tong-xing \(中国煤炭地质总局, 第一勘探局, 河北, 邯郸, 056004\)](#)  
刊名: [河北工程大学学报 \(自然科学版\)](#) ISTIC  
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)  
年, 卷(期): 2010, 27 (3)  
被引用次数: 1次

## 参考文献(12条)

1. 马京长;王勃;刘飞 [高煤阶煤的吸附特征分析](#) 2008(06)
2. 陈振宏;王一兵;宋岩 [不同煤阶煤层气吸附、解吸特征差异对比](#)[期刊论文]-[天然气工业](#) 2008(03)
3. 陈振宏;贾承造;宋岩 [高煤阶与低煤阶煤层气藏物性差异及其成因](#)[期刊论文]-[石油学报](#) 2008(02)
4. 蔚远江;汪永华;杨起 [准噶尔盆地低煤阶煤储集层吸附特征及煤层气开发潜力](#)[期刊论文]-[石油勘探与开发](#) 2008(04)
5. YEE D;SEIDL E J P;HANSON W B [Gas sorption on coal and measurement of gas content](#) 1993
6. 钟玲文;张新民 [煤的吸附能力与其煤化程度和煤岩组成问的关系](#)[期刊论文]-[煤田地质与勘探](#) 1990(04)
7. 苏现波;张丽萍;林晓英 [煤阶对煤的吸附能力的影响](#)[期刊论文]-[天然气工业](#) 2005(01)
8. 田永东;李宁 [煤对甲烷吸附能力的影响因素](#)[期刊论文]-[西安科技大学学报](#) 2007(02)
9. KROOSS B M;BERGEN F;GENSTERBLUM Y [High-pressure methane and carbon dioxide adsorption on dry and moisture-equilibrated Pennsylvanian coals](#)[外文期刊] 2002
10. GARETH R L CHALMERS;R MARC BUSTIN [On the effects of petrographic composition on coalbed methanesorption](#) 2007
11. 张丽萍;苏现波;曾荣树 [煤体性质对煤吸附容量的控制作用探讨](#)[期刊论文]-[地质学报](#) 2006(06)
12. 沈惠惠;齐俊启;赵志义 [煤层气生成及含气量控制因素](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2010(01)

## 本文读者也读过(10条)

1. [崔永君](#) [煤吸附多组分气体的特征及模型研究](#)[会议论文]-2004
  2. [李祥春](#). [聂百胜](#). [LI Xiang-chun](#). [NIE Bai-sheng](#) [煤吸附水特性的研究](#)[期刊论文]-[太原理工大学学报](#)2006, 37(4)
  3. [崔永君](#) [煤吸附多组分气体的特征及模型研究](#)[期刊论文]-[煤田地质与勘探](#)2004, 32(z1)
  4. [张时音](#). [桑树勋](#). [ZHANG Shiyin](#). [SANG Shuxun](#) [液态水影响不同煤级煤吸附甲烷的差异及其机理](#)[期刊论文]-[地质学报](#)2008, 82(10)
  5. [姚艳斌](#). [刘大猛](#). [YAO Yan-bin](#). [LIU Da-meng](#) [华北重点矿区煤储层吸附特征及其影响因素](#)[期刊论文]-[中国矿业大学学报](#)2007, 36(3)
  6. [苏现波](#). [林晓英](#). [赵孟军](#). [宋岩](#). [柳少波](#). [Su Xianbo](#). [Lin Xiaoying](#). [Zhao Mengjun](#). [Song Yan](#). [Liu Shaobo](#) [储层条件下煤吸附甲烷能力预测](#)[期刊论文]-[天然气工业](#)2006, 26(8)
  7. [王月红](#). [郭立稳](#). [刘永新](#). [张九零](#). [WANG Yue-hong](#). [GUO Li-wen](#). [LIU Yong-xin](#). [ZHANG Jiu-ling](#) [煤层中CO<sub>2</sub>吸附模型](#)[期刊论文]-[河北理工学院学报](#)2006, 28(3)
  8. [傅雪海](#). [秦勇](#). [权彪](#). [范炳恒](#). [王可新](#). [FU Xuehai](#). [QIN Yong](#). [QUAN Biao](#). [FAN Bingheng](#). [WANG Kexin](#) [中煤级煤吸附甲烷的物理模拟与数值模拟研究](#)[期刊论文]-[地质学报](#)2008, 82(10)
  9. [梁涛涛](#). [罗海珠](#). [高成梁](#). [LIANG Yun-tao](#). [LUO Hai-zhu](#). [GAO Cheng-liang](#) [煤吸附氧的过程特性研究](#)[期刊论文]-[中国安全科学学报](#)2005, 15(1)
- [苏现波](#). [陈润](#). [林晓英](#). [郭盛强](#). [SU Xian-bo](#). [CHEN Run](#). [LIN Xiao-ying](#). [GUO Sheng-qiang](#) [煤吸附13CH<sub>4</sub>与12CH<sub>4</sub>的](#)

引证文献(1条)

1. 何俊宏, 巫晓兵, 刘强, 刘茜, 贾泽红, 尹中山 川南古叙矿区石宝矿段煤层气地质主控因素分析[期刊论文]-中国煤层气 2012(5)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_hbjzkjxyxb201003015.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb201003015.aspx)