

DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.01.013

柳迎红 杨凯雷 廖夏 等. 沁水盆地重点区块煤储层吸附特征及影响因素[J]. 洁净煤技术 2014 20(1): 49-53.

沁水盆地重点区块煤储层吸附特征及影响因素

柳迎红 杨凯雷 廖夏 房茂军

(中海油研究总院 新能源研究中心 北京 100027)

摘要: 煤储层吸附特征参数是评价煤层气资源和开发潜力的重要参数,煤储层的吸附能力是影响煤层气含量的关键因素之一,也直接影响煤层气井的产能,因此研究煤储层的吸附特征、分析煤储层吸附能力的影响因素对于煤层气的开发具有重要意义。根据等温吸附试验结果,对沁水盆地某区块煤储层的吸附特征进行研究,并探讨煤储层吸附能力的影响因素。结果表明:该区块含气量高,具有较强的吸附能力。煤阶、孔隙率、灰分和煤体结构对煤储层吸附能力有较大影响;孔隙率越大、煤体结构越完整,煤储层吸附能力越强;灰分的增加会降低煤的吸附能力;随煤阶的增加,煤储层吸附能力先增加后减小。

关键词: 吸附特征;含气量;朗格缪尔体积;朗格缪尔压力;煤阶

中图分类号:TD845

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2014)01-0049-05

Adsorption characteristics of coal reservoirs in key block of Qinshui Basin and its influencing factors

LIU Yinghong, YANG Kailei, LIAO Xia, FANG Maojun

(New Energy Research Center, China National Offshore Oil Corporation Research Institute, Beijing 100027, China)

Abstract: The adsorption characteristic parameters of coal reservoirs are important parameters for coalbed methane resources evaluation and development potential. Adsorption capacity of coal reservoirs is one of the key factors influencing the coalbed methane content, which directly affect the coalbed methane well production, so research of influencing factors on adsorption capacity of coal reservoirs affects the coalbed methane development in China deeply. Based on the results of isothermal adsorption experiments, investigate the adsorption characteristics of coal reservoirs in key block of Qinshui Basin, meanwhile, research its influencing factors. The results show that, the coal reservoirs have high gas content and strong adsorption capacity. Coal rank, gas content, porosity and coal structure have great influence on adsorption capacity of coal reservoirs. The adsorption capacity increases with the increase of porosity and completion of coal structure. High ash content lead to poor adsorption capacity. With the increase of coal rank, the adsorption capacity increase first, then decrease.

Key words: adsorption characteristic; gas content; Langmuir volume; Langmuir pressure; coal rank

收稿日期:2013-10-25 责任编辑:宫在芹

作者简介:柳迎红(1968—),女,辽宁阜新,人,博士,毕业于中国矿业大学(北京),现任中海油研究总院新能源研究中心煤层气首席工程师兼煤层气研究室主任,高级工程师,主要从事煤层气勘探开发方面的研究。E-mail: liuyh11@cnooc.com.cn

0 引言

煤层气是煤的共伴生气体资源^[1],是一种自生自储的非常规天然气,主要成分是甲烷。煤层是煤层气的烃源岩又是煤层气的储集岩^[2-3],煤层气在煤层中的赋存状态主要以吸附气为主,同时有少量游离气和溶解气,研究煤储层的吸附能力及影响因素对中国煤层气的开发具有长远意义^[4]。本文基于等温吸附试验,结合煤样工业分析和常规试验参数研究,分析了沁水盆地某区块煤储层的吸附特征,探讨了煤储层吸附能力的影响因素。

1 煤储层吸附特征

煤储层对煤层气的吸附属于物理吸附,符合 Langmuir 单分子层吸附理论^[5],在温度和吸附质一定的条件下,煤对气体的吸附可用 Langmuir 方程描述: $\frac{P}{V} = \frac{P}{V_L} + \frac{P_L}{V_L}$ 。通常用含气量、等温吸附常数(Langmuir 体积和 Langmuir 压力)和临界解吸压力、临储比评价煤储层的吸附特性。含气量是反映煤储层储气能力的参数, Langmuir 体积反映了煤层气储层的吸附能力。 Langmuir 压力反映了煤层气储层吸附气体的难易程度。临界解吸压力是煤层气解吸和吸附达到平衡时对应的压力,即气体开始从煤储层表面解吸时的压力^[6],该值越大,煤层气越容易解吸。临储比是临界解吸压力和煤储层压力的比值,该值越接近 1,煤层气的采收率越高。

选取沁水盆地某区块 3 号煤层和 15 号煤层的等温吸附试验数据进行研究。试验结果表明,沁水盆地某区块具有以下吸附特征: ①煤储层含气量较高。3 号、15 号煤层平均含气量为 14.53、14.05 cm^3/g 。②Langmuir 体积较高,煤储层具有较强的吸附能力。3 号煤层吸附能力高于 15 号煤层。3 号、15

号煤层 Langmuir 体积平均为 31.04、28.95 cm^3/g 。③Langmuir 压力总体偏低,煤储层在低压区吸附较容易。3 号、15 号煤层 Langmuir 压力平均为 2.27、2.16 MPa。④临界解吸压力偏低。3 号、15 号煤层临界解吸压力平均为 2.21、2.28 MPa。⑤临储比偏低,煤层气生产驱动力不足。3 号、15 号煤层的临储比平均为 0.33、0.31。

2 煤储层吸附能力的影响因素

煤层气吸附能力主要受煤的变质程度(煤阶)、沉积作用(灰分)、孔隙率、煤体结构、压力封闭条件(水动力条件和顶底板岩性)和储层温度等的影响^[7-8]。本文重点研究了煤阶、灰分、孔隙率和煤体结构对煤储层吸附能力的影响。

2.1 煤阶对吸附能力的影响

煤阶是影响煤吸附能力最重要的因素之一^[9],通常用镜质体反射率表征。煤化作用控制了煤的孔隙率和表面物理化学性质,进而控制了煤层气的赋存空间和煤的亲甲烷能力^[10],影响其吸附能力。苏现波等^[11]根据实测数据进行研究,发现煤的吸附能力与煤阶呈倒“U”型规律,根据煤的吸附能力随煤阶增加的变化速率可划分为 4 个阶段。

沁水盆地某区块煤体的镜质体反射率介于 2.20%~3.09%,煤阶较为稳定。分别将煤样的等温吸附常数与镜质体反射率(R_o)进行曲线拟合。图 1 和图 2 分别为 Langmuir 体积与煤阶的关系以及 Langmuir 压力与煤阶的关系。由图 1 可以看出,在沁水盆地某区块,随着煤阶的增加, Langmuir 体积先增大后减小,吸附能力较强。由图 2 可以看出, Langmuir 压力逐渐增大,说明初始阶段解吸能力逐渐增强。同时,区内煤储层吸附能力变化不大,总体处于较高水平。

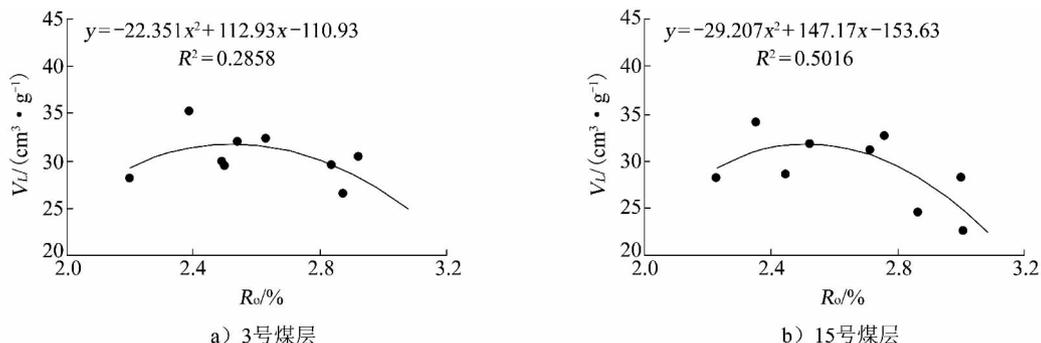


图 1 Langmuir 体积与煤阶的关系

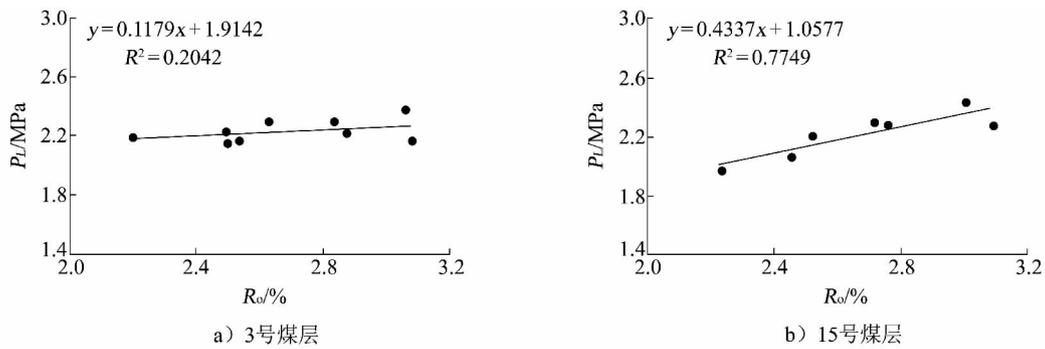


图2 Langmuir 压力与煤阶的关系

2.2 孔隙率对吸附能力的影响

孔隙是煤层气的主要储集场所,煤中孔隙系统的发育特征对煤储层的吸附性能有重要的控制作用^[12]。分别将煤样的孔隙率与镜质体反射率(R_o)、Langmuir 体积进行曲线拟合。图3为孔隙率与煤阶的关系。图4为Langmuir 体积与孔隙率的关系。

由图3可以看出,孔隙率随煤阶的增大呈先增

加后减小的趋势,3号和15号煤层的孔隙率最大值分别位于镜质体反射率 R_o 等于2.6%和2.7%附近。由图4可以看出,随着孔隙率的增大,Langmuir 体积也逐渐增大,煤层吸附能力增强,这主要是因为煤层孔隙率的增大有利于煤储层的吸附和煤层气的扩散。由于15号煤层埋深比3号煤层大,其孔隙率低于3号煤层,也导致了15号煤层吸附能力比3号煤层稍差。

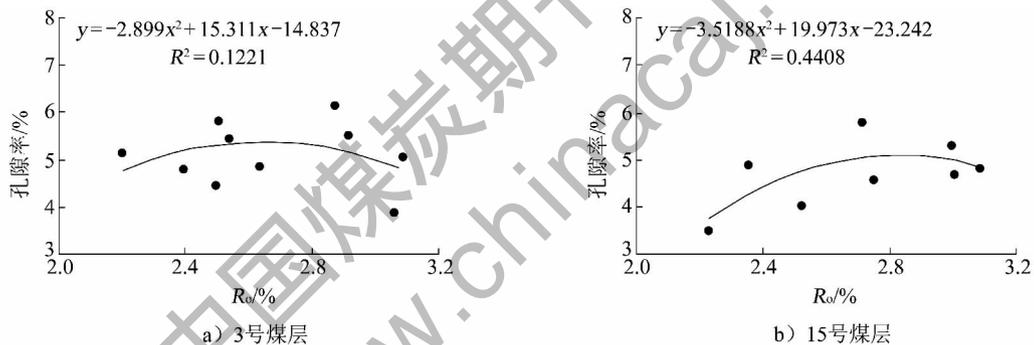


图3 孔隙率与煤阶的关系

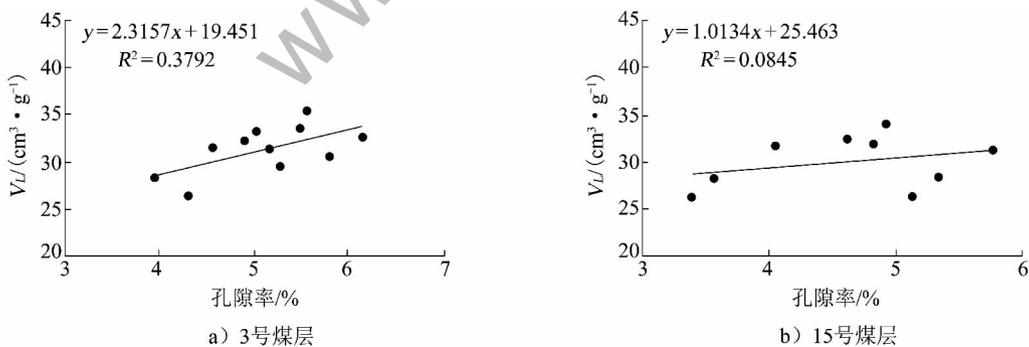


图4 Langmuir 体积与孔隙率的关系

2.3 灰分对吸附能力的影响

煤层灰分是指煤完全燃烧后剩下的残渣,来自煤岩中的矿物质。一般灰分越低越好。分别将煤样灰分与镜质体反射率(R_o)、Langmuir 体积进行曲线拟合。

图5为Langmuir 体积与灰分的关系。由图5

可以看出,随灰分的增大,煤样Langmuir 体积减小,吸附能力变差。这是因为一方面灰分对甲烷的吸附能力较弱,另一方面灰分堵塞了部分微孔,降低了煤对甲烷的吸附性。15号煤层灰分高于3号煤层,反映了15号煤层吸附能力比3号煤层差与灰分有关。

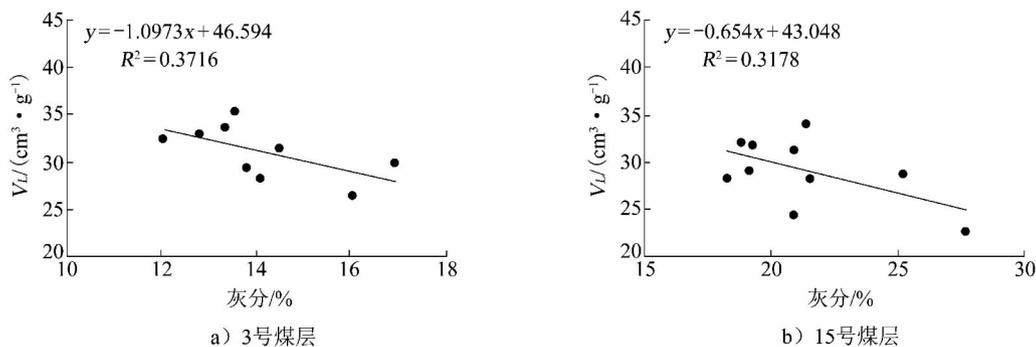


图5 Langmuir 体积与灰分含量的关系

2.4 煤体结构对吸附能力的影响

煤体结构指煤岩受地质构造作用后表现的结构特征。煤体结构不仅可以反映煤的粒度、硬度、坚固性系数、孔隙和裂隙性质等物性特征,同时对煤层的吸附能力也有较明显的影响。煤岩学上将煤体结构划分为原生结构、碎裂结构、碎粒结构和

糜棱结构四类^[13]。

表1为煤体结构与煤芯特征、储层渗透性的对应关系。原生结构和碎裂结构煤的孔隙和裂隙较发育,连通性也较好,吸附能力较强;而碎粒结构和糜棱结构煤的孔隙裂隙则多被破坏,连通性很差,吸附能力较差^[14-15]。图6为3号、15号煤层煤样照片。

表1 煤体结构与煤芯特征、储层渗透性的对应关系

煤岩学划分	钻孔煤芯	渗透性	备注
原生结构	柱状,长短不等的煤柱	对储层渗透率有利	轻度变形
碎裂结构	块状,厘米级块为主,棱角状、厘米级块状、板状颗粒,粒级范围大,粒间没有位移或位移量很小	对储层渗透率有利	构造
碎粒结构	粒状,1~3 mm 颗粒为主,菱形块状、四面体、条板状、饼状、楔状,粒级较均一	粒粉煤,渗透性很差	煤
糜棱结构	粉状、泥状、糊状	粒粉煤,渗透性很差	煤

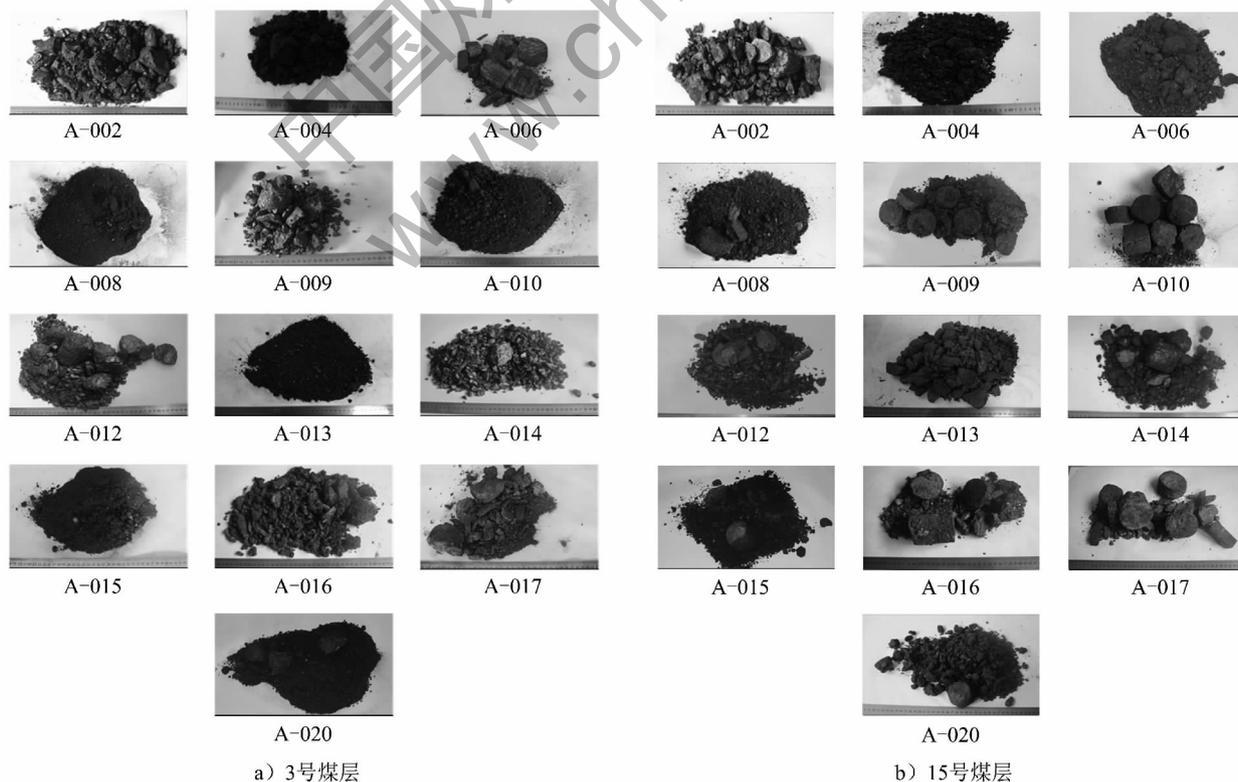


图6 3号和15号煤层煤样

由表 1 和图 6 可以看出,沁水盆地某区块内无原生结构煤,以碎裂结构煤、碎粒结构煤和糜棱结构煤为主,东部主要发育碎裂结构煤,北部和断裂带主要发育糜棱结构煤。

图 7 为 Langmuir 体积与煤体结构的关系。由图 7 可以看出,沁水盆地煤样的 Langmuir 体积随破

坏程度的增大而逐渐减小。说明煤体结构越完整,煤样吸附能力越强。这是因为煤体结构破坏的同时也破坏了煤的孔隙裂隙,连通性变差,降低了煤储层对甲烷的吸附。所以在选区评价中应优选原生结构煤和碎裂结构煤发育区作为煤层气开发的有利地区。

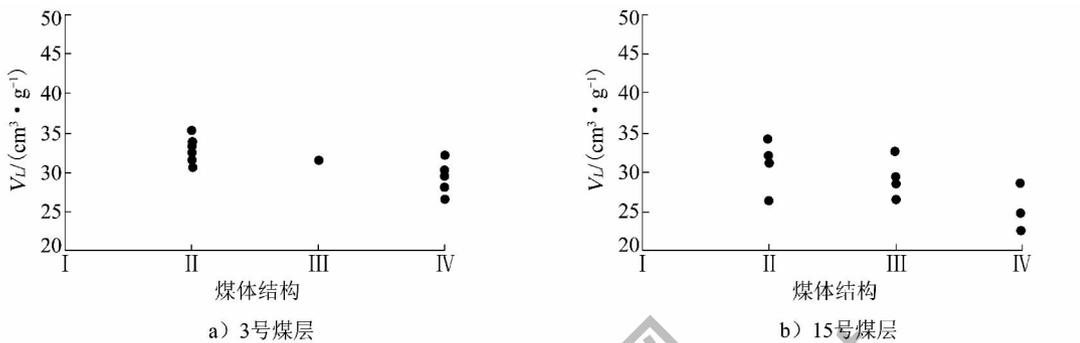


图 7 Langmuir 体积与煤体结构的关系

3 结 论

1) 沁水盆地某区块煤储层具有较强的吸附能力。吸附特征为:①煤层含气量较高,具有较大储量潜力;②Langmuir 体积较高;③Langmuir 压力总体偏低,煤储层在低压区吸附较容易;④临界解吸压力偏低;⑤临储比偏低,煤层气生产驱动力不足。

2) 煤阶、孔隙率、灰分和煤体结构对沁水盆地某区块煤储层吸附能力有较大影响。其中煤储层吸附能力与孔隙率、煤体结构正相关,与灰分负相关;本区块内煤变质程度变化相对较小,一般随着煤阶的增加,煤储层吸附能力呈先增大后减小的趋势。

3) 沁水盆地某区块无原生结构煤,以碎裂结构煤、碎粒结构煤和糜棱结构煤为主。煤体结构越完整,煤样吸附能力越强,在选区评价中应优选原生结构煤和碎裂结构煤发育区作为煤层气开发的有利地区。

参考文献:

[1] 於俊杰,朱玲,周波,等.中国煤层气开发利用现状及发展建议[J].洁净煤技术,2009,15(3):5-8.
[2] 刘洪林,赵国良,门相勇,等.煤层气的富集成藏类型初探[J].辽宁工程技术大学学报,2005,24(2):165-168.
[3] 王涛,刘文斌,张百良.煤层气开发利用的制约因素及对策[J].洁净煤技术,2006,12(4):27-30.

[4] 姚艳斌,刘大锰.华北重点矿区煤储层吸附特征及其影响因素[J].中国矿业大学学报,2007,36(3):308-314.
[5] 刘曰武,苏中良,方虹斌,等.煤层气的解吸/吸附机理研究综述[J].油气井测试,2010,19(6):37-44.
[6] 张永生,孙文卿,高学通.煤储层理论临界解吸压力与实际排采对比研究[J].山西焦煤科技,2011(1):4-7.
[7] 许满贵,马正恒,陈甲,等.煤对甲烷吸附性能影响因素的实验研究[J].矿业工程研究,2009,24(2):51-54.
[8] 张小东,秦勇,桑树勋.不同煤级煤及其萃余物吸附性能的研究[J].地球化学,2006,35(5):567-574.
[9] 田蕾,郑柏平,袁同星.沁水盆地高家庄区块高煤阶煤吸附特征及控制因素[J].河北工程大学学报:自然科学版,2010,27(3):57-61.
[10] 苏现波,刘国伟,郭盛强,等.甲烷在煤表面的吸附势与煤阶的关系[J].中国煤层气,2006,3(3):21-23.
[11] 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.
[12] 张馨元,傅雪海,李一波,等.和顺区块贫煤吸附特征及影响因素研究[J].煤,2011,20(7):5-8.
[13] 陈振宏,王一兵,苏现波.沁水盆地南部煤体变形特征及成因[C]//2011年煤层气学术研讨会论文集.北京:地质出版社,2011:217-224.
[14] 雷崇利.用钻孔煤芯鉴别煤层煤体结构及其应用[J].煤田地质与勘探,2001,29(2):11-13.
[15] 李松,汤达祯,许浩,等.不同煤体结构储层物性差异分析[C]//2011年煤层气学术研讨会论文集.北京:地质出版社,2011:123-129.