

神府区块成煤环境及对煤储层发育影响研究

郭广山 陶宗普 杜希瑶

(中海油研究总院 新能源研究中心 北京 100027)

摘要: 沉积环境控制着煤层气生成和储集的物质基础,同时影响煤层气成藏的储盖组合。研究区含煤层系主要是石炭系本溪组和二叠系太原组。通过岩性、电测、粒度分析以及化石等综合分析认为:本溪组为一套障壁海岸-三角洲沉积体系,太原组为一套受潮汐作用影响的三角洲体系。不同的沉积环境造成了主力煤层4+5号和8+9号煤层稳定性、厚度、煤岩煤质以及封盖保存条件的差异性。通过对比两套主力煤层特征认为:本溪组的沉积相组合较太原组更有利于煤层气藏的富集和保存。

关键词: 神府区块;含煤层系;沉积环境;煤储层发育

中图分类号: P618.11 文献标志码: A 文章编号: 1006-6772(2016)01-0124-05

Sedimentary environment of coal-bearing strata and effects on coal reservoir development in Shenfu Block

GUO Guangshan ,TAO Zongpu ,DU Xiyao

(New Energy Research Center ,CNOOC Research Institute ,Beijing 100027 ,China)

Abstract: Sedimentary environment determines the material basis of CBM generation and accumulation ,it also impacts the combinations of reservoir and cap rock of CBM. The Carboniferous Benxi Formation and Permian Taiyuan Formation are the main coal-bearing strata in the study area. The results showed that the barrier coast-delta deposition was the mainly face in Benxi Formation and Taiyuan Formation was delta system controlled by tide though the comprehensive analysis of formation lithology ,particle size and fossil. The differences of stability ,thickness ,coal quality and preservation conditions between the main coal seam 4+5 and 8+9 were caused by different sedimentary environment. By comparing the characteristics of two main coal seams ,the sedimentary facies of Benxi Formation was more beneficial than Taiyuan Formation for the enrichment and preservation of CBM reservoirs.

Key words: Shenfu Block; coal-bearing strata; sedimentary environment; coal reservoir development

0 引言

构造作用、沉积环境和水文地质条件是影响和控制煤层气富集成藏的三大主要地质因素。其中沉积环境对于煤层气的生成、储集和渗透性能的影响主要是通过控制煤储层物质组成来实现。沉积环境不仅控制着煤层气生成与储集的物质基础,同时对煤层气成藏的储盖条件有重要影响。神府区块作为鄂尔多斯盆地东缘重要的低阶煤煤层气区块,针对煤层气富集高产影响研究直接关系到区块滚动勘探和后期开发。本文从含煤层系沉积环境发育情况出

发,深入剖析了沉积环境对煤储层发育的影响^[1]。

1 地质概况

神府区块位于鄂尔多斯盆地东缘晋西挠褶带北段,行政区划属于陕西省神府县和府谷县管辖。研究区含煤层系为古生界石炭系本溪组和二叠系太原组,其中本溪组钻遇厚度介于45~80 m,煤层总厚度在15~25 m,含煤系数为18%~50%;太原组钻遇厚度介于58~78 m,煤层总厚度在3.0~13.0 m,含煤系数为5%~20%。主要可采煤层主要是太原组4+5号煤层和本溪组8+9号煤层。4+5号煤层

收稿日期: 2015-05-20; 责任编辑: 孙淑君 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2016.01.025

作者简介: 郭广山(1982—),男,河北沧州人,工程师,博士,从事非常规油气地质方面的研究工作。E-mail: guogsh2@cnooc.com.cn

引用格式: 郭广山,陶宗普,杜希瑶.神府区块成煤环境及对煤储层发育影响研究[J].洁净煤技术,2016,22(1):124-128.

GUO Guangshan ,TAO Zongpu ,DU Xiyao. Sedimentary environment of coal-bearing strata and effects on coal reservoir development in Shenfu Block [J]. Clean Coal Technology 2016 22(1) : 124-128.

位于太原组的中部,煤层厚度 1.0~10.0 m,平均厚度 4.0 m,为全区可采的较稳定煤层;8+9 号煤层位于本溪组的上部,距离 4+5 号煤层距离为 50~110 m,煤层厚度 10~25 m,平均厚度 13.5 m,结构简单~较复杂,属于全区可采的稳定煤层。

2 含煤层系沉积环境分析

神府区块本溪期~太原期整体为滨海潮坪—泻湖及三角洲沉积环境,在山西期中晚期过渡为近岸湖泊及三角洲沉积环境。8+9 号煤发育于本溪组,是华北地区从南高北低向北高南低跷跷板变化的海相盆地内最早形成和完整保存的一大套煤层。该盆地经历了中石炭统以前经历了 150 Ma 剥蚀,之后海侵,进行沉积改造和充填。在盆地跷跷板扳平过程中,水体有所下降,同时北部物源尚未大范围推进到海相盆地内,因此形成了在整个华北地区大面积分布、厚度较大的泥炭沼泽环境。在紧随而来的、相当于庙沟灰岩一次海侵,在神府区块多地区泥岩发育或砂体快速堆积,因而聚集和保存了现今 8+9 煤层。该套层常表现为一大套或 1~3 套、总厚度多在 10~25 m。

4+5 号煤层发育于太原组太一段。太一段中上部广泛发育一大套泥岩、部分并发育有砂岩,其上或相邻层位煤层十分发育,上部则为山西组底部的大套砂岩,即北岔沟砂岩。该煤层是仅次于 8+9 煤层的较发育主力煤层,分布较为广泛。该套煤层形成时,华北地区在太二段最大海侵后、总体上处于海退环境;并在相当于东大窑灰岩形成的海侵后、在海退过程中逐渐形成的。因此北部物源已经较大范围推进到该海相盆地内,形成三角洲平原分流河道和分流间湾等沉积环境,分离间湾易于煤层的发育和聚集,并在此后的海退加速、北岔沟砂岩快速沉积背景下得以保存至现今^[2]。

2.1 本溪组沉积环境

本溪组整体分为本一段和本二段两段。本溪组岩性表现为灰黑色泥岩、碳质泥岩与灰色中细砂岩互层,局部夹薄层泥质灰岩,顶两段部发育厚煤层。电性曲线特征表现为中高电阻、自然电位负偏,自然伽马呈现顶底突变中高幅齿化箱状和钟状。

本一段主要发育障壁海岸沉积,海侵转向工区东南部,工区整体向北水体变浅,自南向北发育泻湖、潮间带砂坪、混合坪、泥炭坪及泥坪沉积,如图 1 所示。

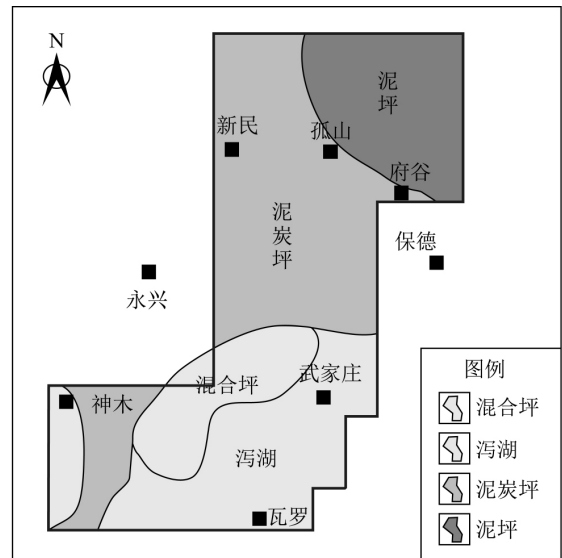


图 1 本一段沉积相平面展布图

Fig. 1 Spatial distribution of sedimentary facies in the 1st section of Benxi formation

本二段总体为海泛沉积,海侵来自工区东部,工区中南部砂坪发育,北部以灰坪和泻湖泥质沉积为主,如图 2 所示。

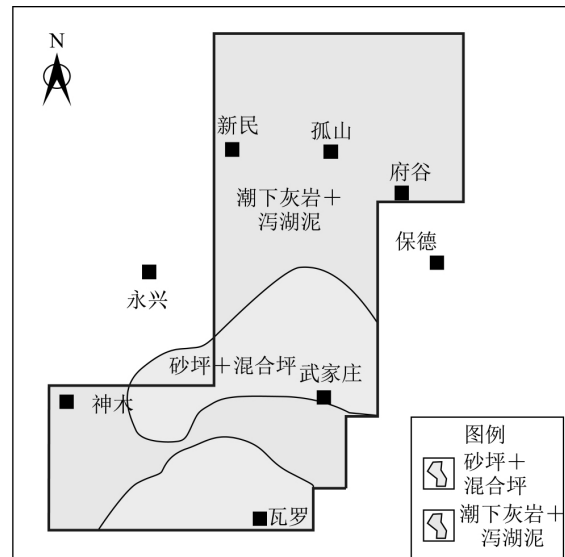


图 2 本二段沉积相平面展布图

Fig. 2 Spatial distribution of sedimentary facies in the 2nd section of Benxi formation

2.2 太原组沉积环境

太原组整体分为太一段和太二段两段,如图 3 和图 4 所示。本组岩性表现为上、下两段:下段以深灰色泥岩、灰黑色碳质泥岩为主,局部夹有灰色细砂岩。该组发育 3~4 套煤层;上段以浅灰色中细砂岩为主。电性曲线特征表现为中高电阻率,自然电位负偏,自然伽马呈现顶底突变中高幅齿化箱形—钟

形组合特征。

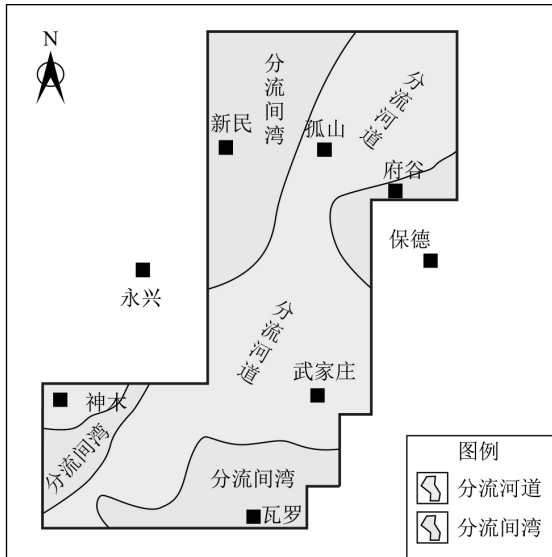


图3 太一段沉积相平面展布图

Fig. 3 Spatial distribution of sedimentary facies in the 1st section of Benxi formation

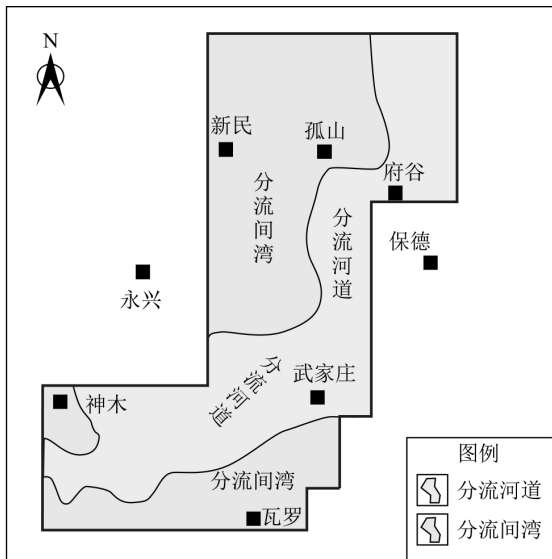


图4 太二段沉积相平面展布图

Fig. 4 Spatial distribution of sedimentary facies in the 2nd section of Benxi formation

太原组总体受北部物源供给,发育受潮汐作用影响的三角洲沉积体系,向南推进。工区内主要为三角洲平原亚相,分流河道和分流间湾相间展布^[3-5]。

3 沉积环境对煤储层发育的影响

沉积环境对煤层气富集主要体现在3个方面:

- ① 不同的沉积环境造成煤层厚度平面分布的差异性和煤体结构的不均一性;
- ② 沉积环境的不同下引

起煤岩煤质特征的分异性;③不同沉积环境直接关系到煤层顶板的岩性和厚度的分布,影响到煤层气的封盖保存条件。

3.1 对煤层厚度与结构的影响

研究区4+5号煤层位于太原组太一段的中下部。全区发育较稳定,平面厚度分异性较大。煤层总厚度在1.0~11.0 m。整体表现出“东南角和西北角薄,其他区煤层较厚”的分布特点,如图5所示。研究出煤层厚度较大的区域主要分布在区块的中西部,最厚煤层达到11.0 m,向北、向南发育两条东西向薄煤层条带,煤层厚度在1.0~2.0 m;向东北角和西南角煤层呈现变厚的趋势,厚度在3.0~6.0 m。煤层的厚度主要是由于沉积环境不同造成的煤层稳定性和厚度的差异。4+5号煤层主要受到海陆交互相三角洲沉积控制的分流间湾沉积环境影响。厚煤带的分布在潮汐作用强烈改造下的三角洲分流间湾沉积环境中。分流河道沉积环境下煤层厚度基本上很小或者表现出很明显的分叉现象,煤体结构变得复杂,一般含泥岩夹矸1~2层,夹矸厚度多为0.2~0.5 m。

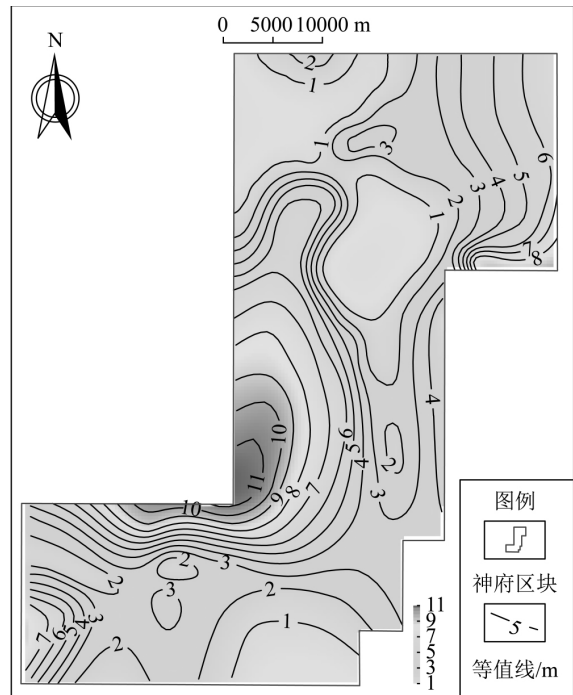


图5 太原组4+5号煤层厚度分布图

Fig. 5 Seam thickness distribution map of 4+5# in Taiyuan group

研究区内8+9号煤层发育在本溪组本一段的顶部,全区稳定发育,总厚度在10~25 m,整体表现为“中部厚,西南和东北薄”的分布特点,如图6所

示。研究区中部煤层发育稳定且厚度较大,最大达到 25 m,基本上在 20 m 以上;向南、向北煤层厚度逐渐变薄,且向北煤层结构逐渐变复杂,含 3~4 层夹矸。煤层稳定性及厚度的变化与沉积环境紧密相关。本一段时期研究区中部主要发育泥炭坪和泥坪沉积亚相,水体稳定,有利于厚煤层的形成。南部主要发育混合坪和泻湖,水体稳定性较泥炭坪较弱,造成煤层厚度变薄。北部主要发育泥坪,水体变浅,造成煤层厚度变薄,且煤层结构变复杂,夹矸相对发育^[6-8]。

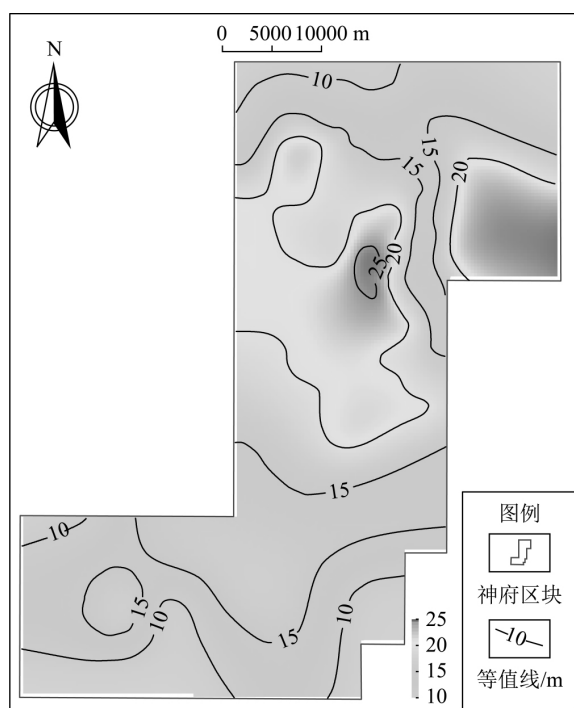


图6 本溪组 8+9 号煤层厚度分布图

Fig. 6 Seam thickness distribution map of 8+9# in Benxi group

3.2 对煤岩与煤质的影响

研究区 8+9 号煤层宏观煤岩类型主要为半暗煤,次为半亮煤和少量的暗淡煤。该煤层煤岩煤质特征主要受到海相控制下的泻湖、泥炭坪和泥坪的影响。通过煤样实验测试和测井综合解释结果对比分析:8+9 号煤层灰分为 9.04%~26.95%,平均为 19.68%;挥发分平均为 11.0%,水分平均为 0.9%,固定碳平均为 70.8%,含硫量平均为 1.24%,8+9 号煤层总体表现为中灰、低含水、中挥发分、低中硫煤岩特征。

4+5 号煤层宏观煤岩类型主要为亮煤-半亮煤,次为半暗煤和少量暗淡煤。该煤层煤岩煤质特征主要受到潮汐控制下三角洲沉积体系的影响。通过煤样实验测试和测井综合结果对比分析:4+5 号煤层

灰分为 16.77%~27.77%,平均 21.97%;挥发分平均为 10.0%,水分平均为 1.0%,固定碳平均为 76.1%,含硫量平均为 0.64%。4+5 号煤层总体表现出中~高灰、低水分、中挥发分、低硫煤岩特征。

对比 4+5 号和 8+9 号煤层煤岩煤质特征发现:前者的灰分高于后者,后者的含硫分高于前者,其差异主要由沉积环境决定的。分析其原因主要有两点:一是海相成煤环境下受咸水影响,造成泥炭植物群落与三角洲间湾淡水沼泽明显不同,植物个体一般较小,植物的分解程度高,沼泽中无机物与有机质混合程度高,因此,海相环境下形成的煤层硫分高于陆相环境形成的煤层硫分;二是不同沉积亚相控制下造成了灰分的不同。4+5 号煤层主要是受到潮汐控制下的三角洲沉积,当三角洲被废弃且间湾被淤浅之后,形成沼泽发育,沼泽中无机物和有机质的混合程度高,因此造成 4+5 号煤层的灰分高于 8+9 号煤层^[9-11]。

3.3 对煤层气储盖组合的影响

研究区 8+9 号煤层直接顶板主要是一套海相沉积的灰岩、碳质泥岩和少量的泥质砂岩。全区绝大部分面积被泥岩或者碳质泥岩覆盖,封盖保存条件较好,只是在区块的东北角和西部很小的面积分别被灰岩和泥质砂岩覆盖。

研究区 4+5 号煤层直接顶板主要是一套三角洲沉积分流河道和分流间湾形成的泥岩和砂岩条带。全区顶板岩性以泥岩为主,局部被两条南北向砂体条带覆盖,整体封盖保存条件较好^[11-14]。

4 结 论

1) 研究区含煤层系主要是一套海相-海陆过渡相的沉积演化模式。本溪组为一套障壁海岸-三角洲沉积体系,主要发育泻湖、潮间坪砂坪、混合坪、泥炭坪和泥坪等沉积亚相;太原组为一套受潮汐作用影响的三角洲体系,主要发育三角洲平原亚相,分流河道和分流间湾相间展布。

2) 本溪组潮坪-潮控三角洲下的 8+9 号煤层发育稳定,厚度较大,煤岩煤质条件较好,封盖保存条件优越;太原组三角洲平原亚相控制下的 4+5 号煤层发育较稳定,厚度平面分异性较大,煤岩煤质较好,封盖保存条件较好。对比两套主力煤层,本溪组沉积体系较太原组沉积体系对煤层气成藏更有利,本溪组煤层发育-煤岩煤质-封盖保存条件较太原组更有利于煤层气富集和保存。

参考文献:

- [1] 冯三利,叶建平,张遂安.鄂尔多斯盆地煤层气资源及开发潜力分析[J].地质通报,2002,21(10):658-662.
Feng Sanli, Ye Jianping, Zhang Suian. Coalbed Methane resources in the Ordos basin and its development potential [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(10): 658-662.
- [2] 鲁静,邵龙义,孙斌,等.鄂尔多斯盆地东缘石炭-二叠纪煤系层系-古地理与聚煤作用[J].煤炭学报,2012,37(5):747-754.
Lu Jing, Shao Longyi, Sun Bin. Sequence-paleogeography and coal accumulation of Carboniferous-Permian coal measures in the Eastern Ordos Basin [J]. Journal of China Coal Society, 2012, 37(5): 747-754.
- [3] 沈玉林,郭英海,李壮福,等.鄂尔多斯盆地东缘本溪组-太原组层序地层特征[J].地球学报,2009,30(2):187-193.
Shen Yulin, Guo Yinghai, Li Zhuangfu. Sequence stratigraphy of Benxi-Taiyuan formation in Eastern Ordos basin [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2009, 30(2): 187-193.
- [4] 叶黎明,齐天俊,彭海燕,等.鄂尔多斯盆地东部山西组海相沉积环境分析[J].沉积学报,2008,26(2):202-209.
Ye Liming, Qi Tianjun, Peng Haiyan. Depositional environment analysis of shanxi formation in eastern ordos basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(2): 202-209.
- [5] 刘钦甫,张鹏飞.湖南测水组沉积环境及其对煤层的控制作用[J].沉积学报,1991,9(4):96-102.
Liu Qinfu, Zhang Pengfei. The sedimentary environment of ceshui formation and its control on Coalbeds, Hunan province [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1991, 9(4): 96-102.
- [6] 曹操明,周绮峰.霍西煤田霍县矿区沉积环境对煤层厚度及分布的控制[J].煤炭学报,1987,9(3):73-83.
Cao Caoming, Zhou Qifeng. Control of thickness and distribution of coal seams by sedimentary environments in mine area of Huo country, Huoxi coal basin, Shanxi Province [J]. Journal of Coal Science & Engineering, 1987, 9(3): 73-83.
- [7] 赵群华,王可,王琳.平顶山二矿山西组沉积环境对煤层厚度的影响[J].焦作工学院学报(自然科学版),2003,22(3):187-189.
Zhao Qunhua, Wang Ke, Wang Lin. The influences of Shanxi formation sedimentary environment in No. 2 coal mine of Pingdingshan [J]. Journal of Institute of Technology (Natural Sciences), 2003, 22(3): 187-189.
- [8] 焦希颖,王一.阳泉矿区含煤地层沉积环境及其对煤层厚度分布控制[J].岩相古地理,1999,19(3):30-39.
Jiao Xiying, Wang Yi. Depositional environments of the coal-bearing strata and their controls on coal seams in the Yangquan mining district, Shanxi [J]. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 1999, 19(3): 30-39.
- [9] 刘占勇.白额勘探区含煤岩系沉积环境及其对煤层气富集的影响[J].河北工程大学学报(自然科学版),2012,29(2):53-56.
Liu Zhanyong. The depositional environment of the coal-bearing strata and its impact on coalbed methane enrichment in Bai'e exploration area [J]. Journal of Hebei University of Engineering (Natural Science Edition), 2012, 29(2): 53-56.
- [10] 邓春苗,汤达祯,许浩,等.彬长地区延安组沉积作用对煤层气赋存的影响[J].洁净煤技术,2011,17(2):82-84.
Deng Chunmiao, Tang Dazhen, Xu Hao. Analysis on the influence of deposition of Yan'an formation in Binchang district on coalbed methane concentration [J]. Clean Coal Technology, 2011, 17(2): 82-84.
- [11] 李增学,余继峰,王明镇,等.沁水盆地煤地质与煤层气聚集单元特征研究[J].山东科技大学报(自然科学版),2005,24(1):8-20.
Li Zengxue, Yu Jifeng, Wang Mingzhen. Research on the coal geology and characteristics of coalbed methane accumulation units in Qinshui basin [J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 2005, 24(1): 8-20.
- [12] 杨克兵,严德天,马凤芹,等.沁水盆地南部煤系地层沉积演化及其对煤层气产能的影响分析[J].天然气勘探与开发,2013,36(4):22-29.
Yang Kebing, Yan Detian, Ma Fengqin. Depositional evolution of coalbed and its effect on CBM productivity, Southern Qinshui basin [J]. Natural Gas Exploration and Development, 2013, 36(4): 22-29.
- [13] 孙钦平,王生维.大宁-吉县煤区含煤岩系沉积环境分析及其对煤层气开发的意义[J].天然气地球科学,2006,17(6):874-879.
Sun Qingping, Wang Shengwei. The deposit environment analysis of the coal-bearing strata and its significance to the coalbed methane development in Daning-Jixian region [J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(6): 874-879.
- [14] 陈莉,傅雪海,彭伦,等.太行山东麓石炭-二叠纪沉积环境与煤层气开发的关系[J].中国煤层气,2009,6(5):3-7.
Chen Li, Fu Xuehai, Peng Lun. Relationship between sedimentary environment in permo-carboniferous period at the Eastern Foot of Haihang mountain and development of CBM [J]. China Coalbed Methane, 2009, 6(5): 3-7.