

文章编号: 1673-9469(2012)01-0070-04

水文地质条件对白额勘探区煤层气富集的影响

郑柏平

(中国煤田地质总局第一勘探局, 河北邯郸 056004)

摘要: 地下水水动力场对煤层气富集具有明显影响。在研究区东部,煤储层埋藏浅,地下水的径流作用相对较强,煤层气被径流逸散。研究区西南部,煤储层埋藏深,地下水由本区东北浅部向西南深部顺层径流,对煤层中向上扩散的气体起到了封堵作用。矿区西南部为地下水低水位等势面区域,地下水严重滞留,有利于煤层气富集保存,是煤层气富集的有利区域。研究结构显示,地下水化学场特征同样影响煤层气富集。地下水滞留区域与高矿化度中心一致,同样与区域富气中心分布一致。这说明滞留或弱水力交替地下水是煤层气富集成藏的有利水文地质条件。

关键词: 煤储层; 煤层气; 水文地质条件

中图分类号: P618

文献标识码: A

The impact of coalbed methane accumulation by hydrogeological conditions in Baie exploration area

ZHENG Bai-ping

(The First Exploration Bureau, CNACG, Hebei Handan 056004, China)

Abstract: Coal bed methane accumulation is significant impacted by groundwater dynamic field. In the eastern part of the study area, the coal reservoir is buried in shallow, groundwater runoff effect is relatively strong and the dissipation of CBM is easy. In southwest of study area, coal reservoir is buried deeply, groundwater runoff from northeast (shallow position) to southwest (position), which play a blocking role on upward diffusion of CBM. In this area, the groundwater water level is low and groundwater is in retention state, which is the favorable area of coal bed methane accumulation. The characteristics of groundwater chemistry also affect coalbed methane accumulation. The study shows that underground water retention area and high-salinity distribution is consistent, this shows that eigher retention groundwater or weak force alternately groundwater are favorable hydrogeological conditions for coalbed methane accumulation reservoir.

Key words: coal reservoir; CBM; hydrogeological conditions

国内外大量的研究表明,水文地质条件对煤层气的控制作用明显。一般情况下,水文地质条件对于煤层气的影响主要表现在以下两个方面:一是影响煤层气的富集与运移。尽管在静态条件下,煤储层中的煤层气主要以吸附态、游离态和吸收态(即固溶体)存在,呈水溶态只占很小部分(1-3%),但流动状态下水体会带走大量的煤层甲

烷;二是可以影响煤储层的含气饱和度、含水饱和度、压力饱和度(临/储值)和渗透率等^[1]。国外的学者通过研究圣湖安盆地(San Juan)和桑的瓦西盆地(Sand Wash)的煤层气地质学,发现沉积作用、构造条件和热演化背景决定了盆地烃源岩的成熟度和分布,而地下水动力条件直接影响煤层气的保存和逸散,并可以通过地下水压力梯度变

化判断煤层气运移状态^[2-4]。根据水压异常区寻找煤层气的富集地段,并通过地下水化学特征的分析,阐明煤层气的运移和成藏^[5]。作者通过对鄂尔多斯盆地东缘河西煤田白额勘探区煤层气成藏研究,发现地下水补给、径流直接影响到本区煤层气的运移与富集。

1 区域地质概况

白额勘探区位于华北地台鄂尔多斯台坳东缘的河东坳缘带南部。河东坳缘带具有明显的走向分段和倾向分带性:北部为河曲-临县坳陷;中部为离石-柳林鼻状隆起;南部为乡宁-禹门口断陷,为走向NE,向NW倾的单斜,伴有次级宽缓的褶曲。白额勘探区就位于乡宁-禹门口北东向断陷内,由于东带受东侧和南东侧的推挤作用,形成了一系列压性逆断层、倒转或歪斜褶皱及挠曲构造。西带主体构造以走向NE-SW主,向W倾斜的单斜,伴随同向次级短轴状褶曲,构造形变微弱。研究区地层发育较全,地表出露有太古界,古生界寒武系、奥陶系、石炭系和二叠系,中生界三叠系,新生界第三系和第四系等。含煤地层为华北型石炭二叠系,煤系地层总厚91.25-152.08 m,平均120.91 m,含煤5-11层,煤层总厚平均9.73 m。本区主要可采煤层为2#、3#和10#煤层,1#煤层为局部可采煤层。其中2#煤层位于山西组下部,层位稳定,煤层厚度2.09-6.23 m,平均厚度4.10 m,为全区可采的稳定煤层。一般含1-3层泥岩夹矸,属结构较简单煤层。3#煤层为薄煤层,与2#煤层的间距较小,厚度变化不大,仅局部出现不可采点。10#煤层位于太原组下部,上距3#煤层36.13-52.18 m,平均间距44.89 m。煤层厚度1.22-4.50 m,平均厚度2.77 m。煤层偶含夹矸1层,岩性为泥岩。煤层总体厚度变化不大,结构简单,属于全区可采的稳定煤层^[6]。

2 水文地质特征

根据河东煤田地下水的补径排条件及层域特征,研究区属龙门山水文地质单元禹门口岩溶水系统,为一走向NE-SW、倾向NW的单斜蓄水构造。系统东界为与龙子祠泉岩溶水系统的地下分水岭,南界为变质岩及下寒武系隔水层,西界黄河,北界为岩溶含水层深埋区,总面积600 km²,其

中碳酸盐岩裸露面积293 km²,隐伏区面积307 km²。禹门口岩溶水系统内主要含水层组为寒武系与奥陶系灰岩。地下水补给来源以大气降水入渗为主,自东北向西南黄河谷地径流,黄河在禹门口一带斜切单斜蓄水构造,致使岩溶水向黄河谷地排泄,形成禹门口泉群,岩溶水类型为SO₄·HCO₃-Ca·Na型到SO₄·HCO₃·Cl-Ca·Na型,矿化度0.5-1.5 g/L。白额勘探区位于禹门口岩溶水系统的中部地段,水文地质条件简单。

3 水文地质条件对煤层气的控制作用

山西组水动力场特征及其控气作用。下二叠统山西组含水层为2#、3#煤顶、底板砂岩。山西组水动力场受单斜构造控制,地下水水位标高呈现出北高南低、东高西低的总规律。地下水的补给主要为区外侧向径流补给,地下水流主要表现为层向深部流动,并随侧向距离的延长,径流强度逐渐减弱。在研究区东北部接近龙门山水文地质单元与龙祠泉域水系统分水岭区域水位线变化梯度较陡,单位涌水量、渗透系数、抽水影响半径相对较大,地下水的径流作用相对较强,煤层气被径流逸散,2#、3#煤层的含气量普遍较低,为8 m³/t的

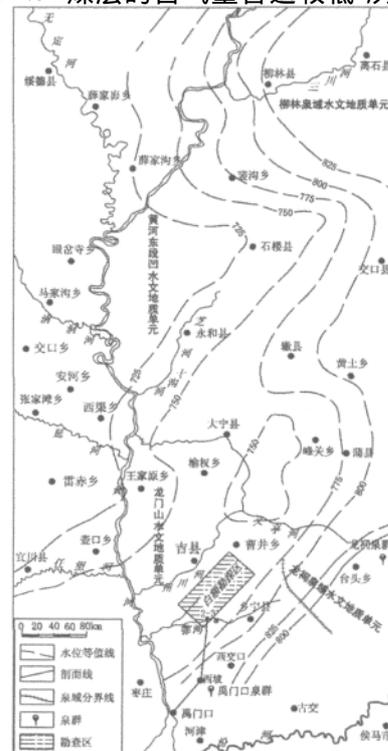


图1 鄂尔多斯东缘太原组水位等值线及水文地质分区图
Fig.1 Groundwater in the Taiyuan Formation, eastern Ordos Basin

相对低气区。同时地下水由本区东北浅部向西南深部顺层径流,这就对煤层中向上扩散的气体起到了一定的封闭作用,对煤层气在本区西南部单斜构造深部聚集起到一定的积极作用。

本区西南部地下水径流距离较远,水位线接近直线,水力梯度变小,地下水径流微弱,形成相对滞留区,极有利于煤层气保存,形成 $12-16 \text{ m}^3/\text{t}$ 的相对高气区(图2)。这些因素,正是本区西南部形成相对高气区的重要原因。

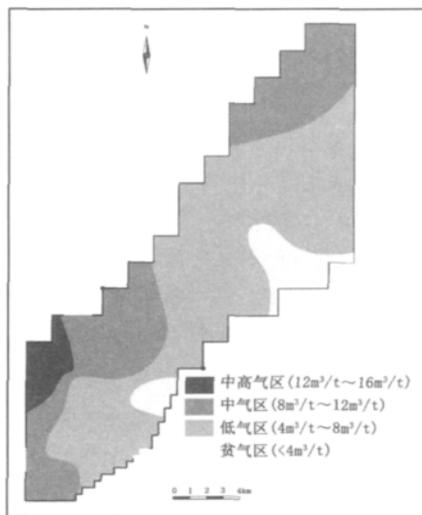


图2 3#煤储层煤层气富集图

Fig. 2 Gas content of the No. 3 coal seam

太原组水动力场特征及其控气作用。上石炭统含水层以太原组灰岩为主。太原组普遍含灰岩1~3层,总厚约8 m。 L_2 灰岩较稳定,为10#煤顶板。据太原组灰岩钻孔抽水试验资料,地下水径流特征与山西组基本一致,即地下水水位标高背景为北高南低、东高西低,总体上由东北向西南径流。随径流距离的加大,径流强度变弱。本组灰岩岩溶裂隙不发育,富水性弱,区内3-5水文孔单位涌水量 $0.00555 \text{ L/s} \cdot \text{m}$,渗透系数 0.0105 m/d ,水位标高803.74 m。为富水性极弱的岩溶裂隙承压含水层。另外10#煤下距奥陶纪灰岩较近,平均19.16 m。奥陶纪灰岩是主要区域含水层,浅部岩溶裂隙发育,富水性较强。相似的地下水动力场特征决定了太原组10#煤煤储层与山西组煤储层煤层气富集分布特征的一致性(图3)。

水化学场特征及其控制作用。①山西组砂岩水化学场及其控气作用:通过山西组砂岩水样系统测试发现,区内矿化度总体上由北向南增高、由东向西变大。西南部3-5孔山西组砂岩水样矿

化度为 1196 mg/L ,并且没有检测出侵蚀性 CO_2 ,这说明地下水对岩石的侵蚀作用很弱,地下水循环交替条件较差。北部、东部径流条件相对较强,水质类型一般为 $\text{HCO}_3-\text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型,向西南部由于径流距离变大、埋藏较深,径流条件减弱,水质类型多为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} \cdot \text{SO}_4-\text{Na}$ 型。②太原组灰岩水化学场及其控气作用:石炭系太原组灰岩岩溶裂隙含水层水化学场主要受单斜构造、侧向补给和径流排泄条件控制,空间上呈现一定的规律性。在本区西南部含水层埋深增大,岩溶水径流条件变弱,矿化度逐渐增高。根据钻孔水样测试,西南部矿化度高达 5152 mg/L , Cl^- 含量增加到 975 mg/L , SO_4^{2-} 含量高达 1029 mg/L ,水质类型变为 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 型。另外水样分析未检测到侵蚀性 CO_2 ,说明太原组灰岩地下水侵蚀作用弱,径流条件差。

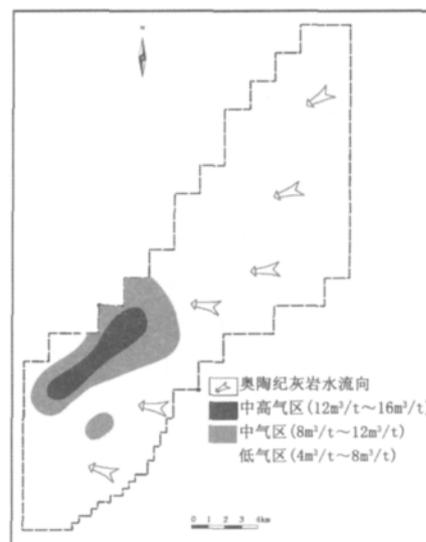


图3 地下水径流与10#煤煤层气富集的关系

Fig. 3 Hydrological section and gas content of the No. 10 coal seam

太原组主要煤层气储层为10#煤,距奥陶纪灰岩较近,这对10#煤含气性有一定影响。据3-5孔和4-2孔水质分析结果,奥陶纪灰岩水水质类型为 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3-\text{Na} \cdot \text{Ca}$ 型, SO_4^{2-} 含量为 $1399.4-1455.8 \text{ mg/L}$,矿化度为 $3248-3495 \text{ mg/L}$ 。说明奥陶纪灰岩水比太原组灰岩水径流能力强。太原组灰岩水在研究区西南部形成高矿化中心并与10#煤储层高气中心高度一致。太原组灰岩含水层水化学场格局与山西组砂岩水化学场格局在一定程度上一致,同时也具差异性,因此3#煤储层含气性与10#煤储层表现出一定相似性的同时也

表现出差异性。

4 结束语

在研究区东北部煤储层埋藏较浅区域,地下水径流能力强,径流方向与煤层气逸散方向相反,对煤层气起到水力封堵控气作用;矿区西南部为地下水低水位等势面区域,地下水严重滞留,有利于煤层气富集保存;含水层渗透系数小、单位涌水量小的区域是煤层气富集的有利区域。地下水化学场特征同样影响煤层气富集。地下水滞留区域与高矿化度中心一致,同样与区域富气中心分布一致。研究区的煤层气分布特征,这进一步佐证了滞留或弱水力交替地下水是煤层气富集成藏的有利水文地质条件。

参考文献:

[1] 朱建刚. 乡宁矿区煤储层地质特征研究[J]. 河北工程

大学学报: 自然科学版, 2010, 27(4): 52-54.

[2] 叶建平, 武强, 王子和. 水文地质条件对煤层气赋存的控

制作用[J]. 煤炭学报, 2001, 2(5): 459-462.

[3] SCOTT A R. Hydrogeologic factors affecting gas content distribution in coal beds [J]. International Journal of Coal Geology, 2002(50): 363-387.

[4] KAISER W R, HAMILTON D S, SCOTT A R, et al. Geological and hydrological controls on the producibility of coalbed methane [J]. Journal of the Geological Society of London, 1994(151): 417-420.

[5] ANNA L O. Groundwater flow associated with coalbed gas production, Ferron Sandstone, east-central Utah [J]. International Journal of Coal Geology, 2003, 56(1-2): 69-95.

[6] 中国煤炭地质总局第一勘探局地质勘查院. 山西省临汾市白额西区煤炭详查地质报告[R]. 河北邯郸: 中国煤炭地质总局第一勘探局地质勘查院, 2006.

(责任编辑 刘存英)

(上接第 69 页)

4 结论

1) 使用数学知识和专家经验模型相结合确定评价因子及其权重,不仅避免了数学方法的机械性,同时也避免了专家的主观性。

2) 在评价过程中引入了 GIS 技术,使评价的过程和结果数据都可以直观的表现,减少了工作时间和工作量,节约了传统评价方法需要的后期人工绘图的人力、财力和物力。

3) 通过主成分分析和层次分析,不仅体现了各评价指标的表面信息,更挖掘了评价指标间的关联关系等深层次信息,使土地节约集约评价更科学,更具说服力。

参考文献:

[1] 肖劲松. 坚持节约集约用地,促进经济可持续发展 [J]. 国土资源导刊, 2006, 3(2): 35.

[2] 魏国锐. 土地节约集约利用面临的问题集对策 [J]. 山东国土资源, 2006, 22(2): 57-59, 62.

[3] 王静, 邵晓梅. 土地节约集约利用技术方法研究: 现

状、问题与趋势 [J]. 地理科学进展, 2008, 27(3): 68-74.

[4] 刘敏. 城市土地集约利用及其评价指标体系构建 [J]. 标准科学, 2009, (9): 38-40.

[5] 周志刚. 开发区土地集约利用评价关键技术集成创新研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2010.

[6] 施建刚, 宋英潇. 城市土地节约集约利用时空评价研究——以上海市为例 [J]. 土地市场, 2010, 8(356): 43-46.

[7] 赵旭, 刘小平, 薛姝. 两型社会视角下湖南城市土地节约集约利用研究 [J]. 城市发展研究, 2010, 17(5): 102-107.

[8] 范杰. 主成分分析法的数值实现算法 [J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2007, 24(4): 103-105.

[9] 冯帆, 朱刚, 高会军. 晋陕蒙接壤地区土地利用/覆盖变化及其驱动力研究——以神华集团大柳塔矿区为例 [J]. 中国煤炭地质, 2011, 23(3): 24-26.

[10] 杨大兵, 李俊付, 王凤. 基于 GIS 的城镇土地潜力评价系统研究 [J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2009, 26(3): 89-92.

[11] 冯帆, 王佟. 基于 GIS 煤炭勘查地测空间信息系统 [J]. 中国煤炭地质, 2011, 23(4): 64-67.

(责任编辑 马立)