

川南筠连沐爱地区煤层含气量预测及控制因素分析

李金珊¹, 杨敏芳², 朱维耀¹, 孙升林³

(1. 北京科技大学 土木与环境工程学院, 北京 100083; 2. 中国石油勘探开发研究院 廊坊分院, 山东 廊坊 065007;
3. 中国煤炭地质总局, 北京 100038)

摘 要: 利用已有钻孔煤层气资料通过相关关系拟合获得了研究区煤层底板标高与含气量间的预测模型. 利用该模型及地震解释获得的煤层底板标高数据预测了研究区8号主采煤层含气量分布. 经后期煤层气探井实测数据验证, 其预测精度达到85%以上. 预测结果分析表明, 远离断层的井预测精度高, 而靠近断层的井预测误差大, 其误差值在 $-1.86 \sim 4.32 \text{ m}^3/\text{t}$ 之间. 认为研究区煤层含气性总体受煤层底板标高(构造)控制, 但复杂的小规模断层对煤层气具有聚集和散失双重作用, 构造发育和展布规律应该是研究区煤层气靶区优选的首要考虑指标.

关键词: 筠连沐爱地区; 煤层气; 含气量; 地震解释; 控制因素

中图分类号: TD 712.3 文献标志码: A 文章编号: 1005-3026(2015)05-0724-05

Coalbed Gas Content Prediction and Controlling Factors Analysis of Coalbed in Junlian Muai Area at South of Sichuan

LI Jin-shan¹, YANG Min-fang², ZHU Wei-yao¹, SUN Sheng-lin³

(1. Civil and Environmental Engineering School, University of Science and Technology Beijing, Beijing, 100083, China; 2. Langfang Branch, Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Langfang 065007, China; 3. China National Administration of Coal Geology, Beijing 100038, China. Corresponding author: YANG Min-fang, E-mail: yangmf69@petrochina.com.cn)

Abstract: The model to predict the relation between coal seam floor elevation and gas content is established by fitting the existing data of coal seam gas. By using the model, the gas content distribution in main coal seam 8[#] is predicted according to coal floor elevation data obtained through seismic interpretation. Through the latter data validation, the prediction accuracy is found to be above 85%. The result show that the greater the distance to fault the higher the prediction accuracy, in which the error is between $-1.86 \text{ m}^3/\text{t}$ and $4.32 \text{ m}^3/\text{t}$. It is considered that the coal gas content is controlled by coal floor elevation, besides, the complex small-scale faults have two effects that may induce gathering or scattering of coal bed methane. So distribution of geologic structures should be considered as the priority for CBM target in the study area.

Key words: Julian Muai area; CBM; gas content; seismic interpretation; controlling factors

煤层含气量是评价煤层气资源的基础参数之一^[1], 近年来, 国内外许多学者对煤层气选区评价进行了大量的研究并取得了丰富的研究成果. Langenberg 等利用地质参数、GIS 对煤层气潜力进行综合评价^[2-5]. Yao 等利用模糊数学方法、多层次模糊数学方法预测了煤层气靶区^[6-7]. 由于煤层含气量影响因素复杂, 很多地区煤层几乎

无钻孔煤心取样点, 给煤层气分布规律研究及资源量评价带来困难. 目前, 对煤层含气量预测的方法有直接法和间接法, 直接法有高压取芯法和常规直接法, 在钻井过程中现场解析获得的煤层气含量, 能够较真实地反映煤层含气量; 而间接法一般是利用测井资料预测煤层含气量, 较早的是李纪森等应用密度测井值计算煤层含气量^[8], 潘和

收稿日期: 2014-07-02

基金项目: 国家科技重大专项资助项目(2011ZX05033).

作者简介: 李金珊(1972-), 男, 山东日照人, 北京科技大学博士研究生; 朱维耀(1960-), 男, 辽宁沈阳人, 北京科技大学教授, 博士生导师.

平等利用多元线性回归建立煤层气含量与煤质参数、测井曲线值之间的回归方程预测含气量,并利用 BP 神经网络进行校正,提高了预测精度^[9];近几年,学者们利用灰色系统理论对无钻孔煤心取样点的地区进行煤层气含量的预测,即,利用有限的资料通过间接法来预测研究区煤层含气量。

1 地质背景

筠连沐爱地区位于四川省筠连县东部,构造上位于东西向的罗场向斜、落木柔背斜和南北向的筠连鼻状背斜和双河场背斜交汇区,面积约 610 km²,广泛出露的地层为二叠、三叠、侏罗系地层,在构造核部出露有寒武、奥陶系地层.该区含煤地层为上二叠系宣威组,分为上部长兴组和下部龙潭组两段;宣威组的下伏地层为峨眉山玄武岩,上覆地层为三叠系飞仙关组,宣威组主要发育为潮坪-泻湖成煤环境,其中有工业价值的煤层主要分布在长兴组(图 1).长兴组地层厚度平均约 50 m,含煤 10 余层,煤层累厚 1~11 m,一般 3~7 m,可采或局部可采煤层自上而下有 2 号、3 号、7 号及 8 号煤层,其中 8 号全区可采,2 号、3 号及 7 号煤部分可采,可采总厚度平均 6.77 m.筠连地区煤的演化程度高,煤样的镜质体反射率为 2.63%~2.9%,煤级普遍达到无烟煤。

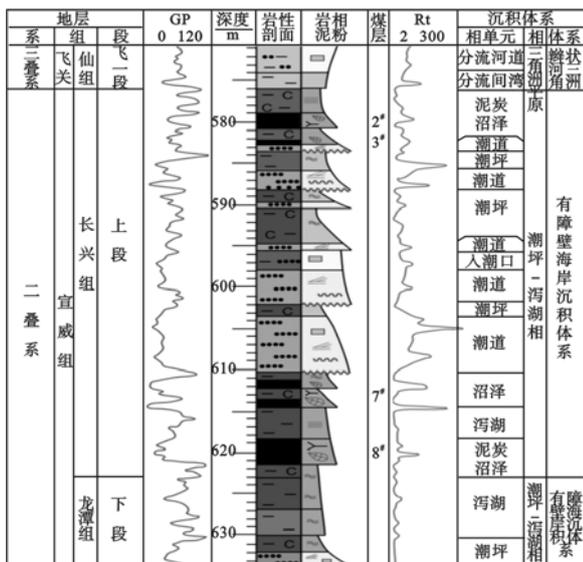


图 1 筠连沐爱地区综合柱状图

Fig. 1 Comprehensive histogram in Junlian Muai area

通过分析收集到的煤田瓦斯资料和新钻井的含气量数据发现,煤层的含气量与煤层底板标高存在一定的线性关系(图 2),预测出煤层底板标高,可以对筠连沐爱地区煤层气资源量进行计算。

筠连沐爱地区有三维地震资料 102 km²,页岩气钻孔 2 口(有声波时差曲线),新钻井位 11 口(无声波时差曲线,其中 8 口在三维工区内),本文通过页岩气井的层位标定,建立地层与地震的关系,然后经过地震资料的精细构造解释获得煤层底板标高数据。

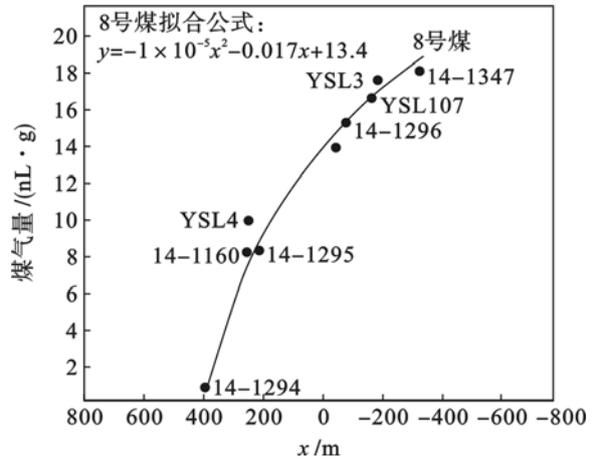


图 2 沐爱地区瓦斯含量与底板标高关系图

Fig. 2 The relationship between the gas content and the bottom elevation in Muai area

2 煤层含气量预测

2.1 构造特征

层位标定是建立地质与地震响应关系的桥梁,通过层位标定赋予地震响应特征某种地质意义.从昭 104 井合成记录结果看出:8 号煤层的顶界(时间界面为 T8t)对应的地震响应特征是由波谷转向波峰的零相位处,而 8 号煤层的底界(时间界面为 T8d)对应的地震响应特征大约是零相位到波峰的中间的位置(图 3)。

利用层位标定结果,对地震资料进行了精细构造解释,对 8 号煤层底板进行了精细追踪,得到了 8 号煤组的底板标高图(图 4a)。

2.2 预测含气量

本文选取离断层较远井的 8 号煤层含气量与底板标高进行二次方关系拟合(式(1)),利用拟合公式对 8 号煤层的含气量进行了预测,并经过实测井解析含气量数据校正,获得本区煤层含气量分布(图 4b)。

$$y = -1 \times 10^{-5} x^2 - 0.017x + 13.4 \quad (1)$$

式中:y 为煤层含气量,m³/t;x 为煤层底板标高,m.

8 号煤层含气量预测为 5~18 m³/t,平均在 10 m³/t 以上,随着地层的起伏有规律变化.有两个聚气带:一为新坊北部呈北东向展布条带;另一为沐爱和镇洲之间的地区,其煤层含气量都在

10 m³/t 以上. 筠连沐爱地区煤层含气量高,煤层气资源丰富,将成为外围煤层气勘探开发的接替区块.

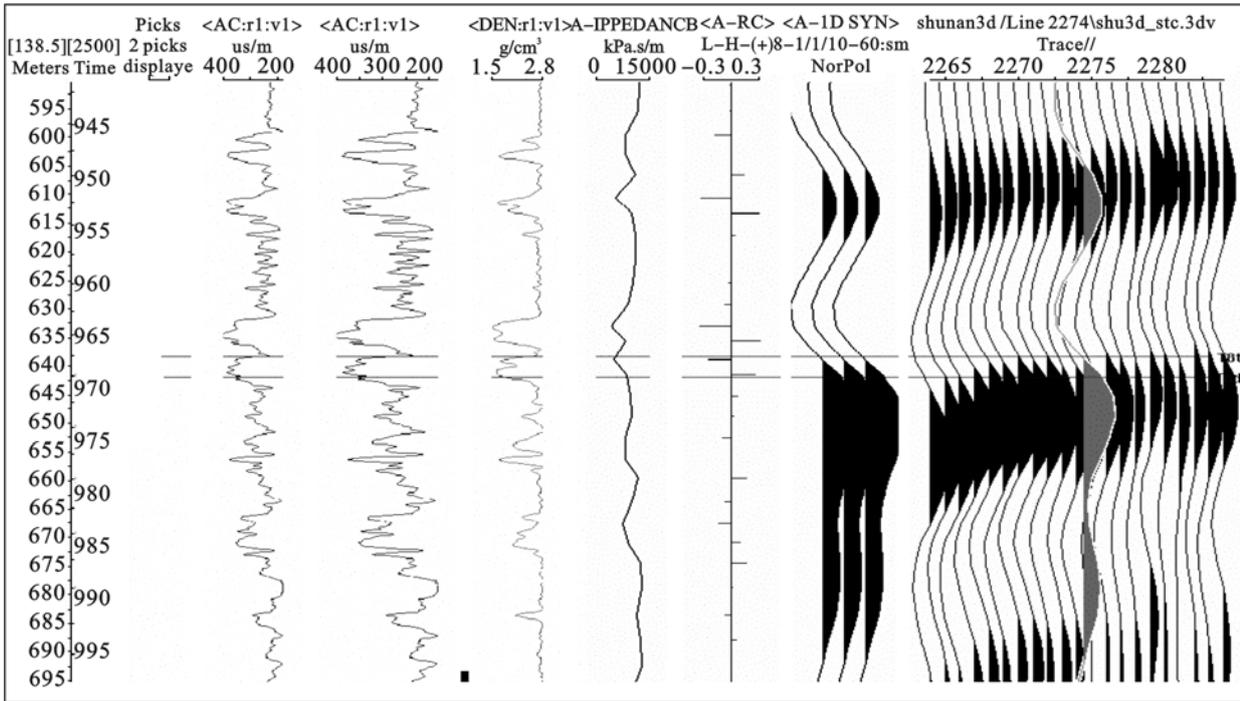


图 3 昭 104 井地震合成记录图
Fig. 3 Seismic synthetic record of Zhao 104 well

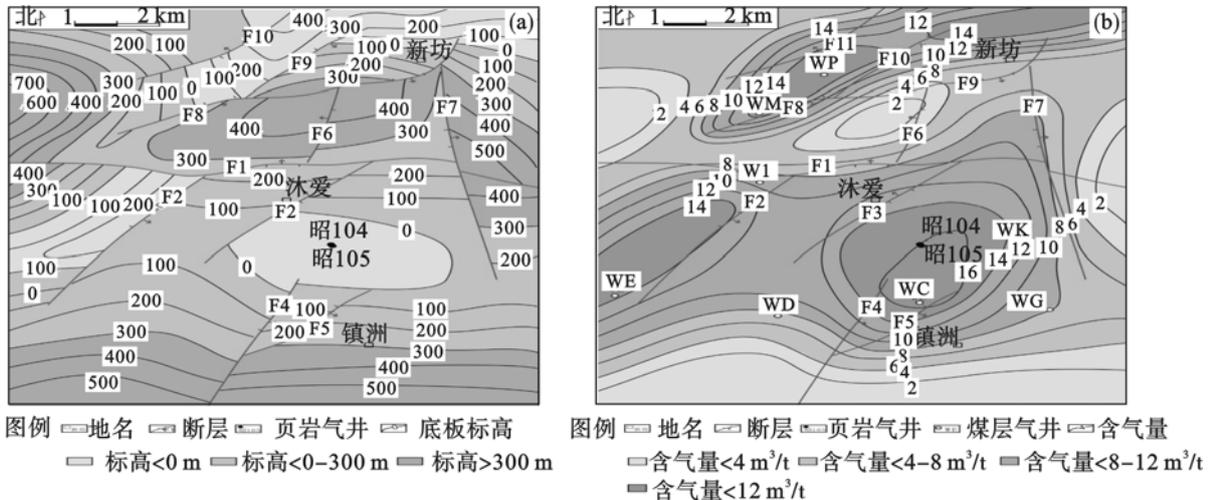


图 4 筠连沐爱地区煤层底板标高及含气量预测图
Fig. 4 The forecast map of the coal seam floor elevation and the gas content in Junlian Muai area

(a)—8 号煤层底板标高等高线图; (b)—8 号煤层含气量预测校正图.

测精度在 85% 以下.

3 预测精度及控制因素

3.1 预测精度分析

通过筠连沐爱地区煤层气井的实测含气量数据验证,其预测精度为 64.5% ~ 99.6%,一般在 90% 以上(表 1),吻合度较高.此结果说明,利用含气量与底板标高的关系这种方法对沐爱地区的煤层含气量预测是行之有效的.从预测结果分析看,对 WI 井的煤层含气量预测的精度较低,其预测精度为 64.5%,其次就是 WG 井和 WE 井,预

3.2 煤层含气量控制因素

煤层气的富集虽受多种地质因素综合控制,但富集性时空分布异于常规,必然意味着某种控制因素起主导作用^[10-11].筠连沐爱地区煤的生气条件好,煤的有机显微组分以镜质组含量最多,为 35.4% ~ 69.9%;煤的演化程度高,镜质体反射率为 2.63% ~ 2.9%,属高阶无烟煤,为煤层气的大量生成提供了物质基础.

随着煤层埋深增大,煤层含气量有增大的趋势,在局部向斜的腹部煤层含气量高(昭 104 井

附近),在单斜构造断块中,煤层标高值越小煤层含气量越高.此外,断层的性质也对煤层气富集起到双重控制作用.从区域构造特征剖面图分析(图 5),F1 断层的北部地层受构造作用影响得到

抬升,使茅口组灰岩含水层与 F1 断层的南部煤系地层接触,导致茅口组灰岩的水向煤系地层流动,可能在 WI 井处形成水文径流区,导致煤层气的散失,这有待进行深入的研究.

表 1 筠连沐爱地区煤层含气量预测表
Table 1 Prediction of gas content in Junlian Muai area

煤层	井名	实测含气量 $m^3 \cdot t^{-1}$	预测含气量 $m^3 \cdot t^{-1}$	误差 $m^3 \cdot t^{-1}$	精度 %
8 煤	WC	17.91	16.05	-1.86	89.6
8 煤	WD	9.90	10.00	0.10	99.0
8 煤	WE	11.40	15.00	3.60	68.4
8 煤	WF	9.29	9.50	0.21	97.7
8 煤	WH	13.35	14.50	0.15	98.9
8 煤	WI	12.18	16.50	4.32	64.5
8 煤	WK	14.51	13.00	-1.51	89.6
8 煤	WM	13.56	13.50	-0.06	99.6
8 煤	WO	13.31	13.50	0.19	98.6
8 煤	WP	16.61	16.50	-0.11	99.3

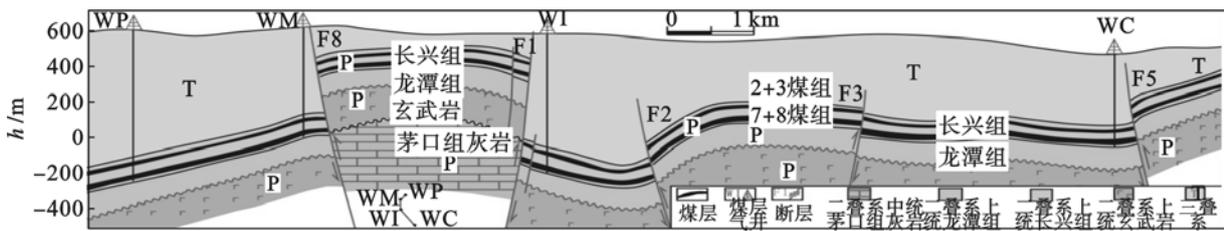


图 5 筠连沐爱地区连井构造剖面图
Fig. 5 The structural section map of wells in Junlian Muai area

对煤层气目标评价区进行井位部署时,不要一味地避开断层,要加强构造特征的研究,判断哪些断层对煤层气的富集是破坏性的.

若对其进行煤层气目标评价,本文可以作为预测煤层含气量的一种参考方法.

4 结 论

1) 通过建立煤层气含量预测模型,预测了筠连沐爱地区煤层含气量的分布规律,经实测数据验证,其预测精度较高,其精度达到 85% 以上.

2) 筠连沐爱地区主要发育逆断层,其断层的性质决定了煤层气的聚集或散失.东西向的 F1 逆断层对煤层气起破坏作用,而北东向的 F5, F8 断层的活动改善了煤储层物性,增加了存储空间.

3) 筠连地区煤的演化程度一般较高,生气能力强,能够形成大量的气.而煤层气的富集主要受构造和水文地质特征的控制.因此对南方盆地进行煤层气目标评价时,要加强构造特征和水文地质特征的研究.

4) 目前,南方大部分地区缺乏煤层气资料,

参考文献:

[1] 张建博,王红岩,赵庆波.中国煤层气地质[M].北京:地质出版社,2000.
(Zhang Jian-bo, Wang Hong-yan, Zhao Qing-bo. Chinese coal-bed methane geology [M]. Beijing: Geological Publishing House,2000.)

[2] Langenberg C W, Beaton A, Berhane H. Regional evaluation of the coal bed-methane potential of the foothills/ mountains of Alberta, Canada [J]. *International Journal of Coal Geology*,2006,65(1/2):114-128.

[3] Boyer C M, Bai Q. Methodology of coal bed methane resource assessment [J]. *International Journal of Coal Geology*,1998,35(1/2/3/4):349-368.

[4] Beaton A, Langenberg W, Pană C. Coal bed methane resources and eservoir characteristics from the Alberta Plains, Canada[J]. *International Journal of Coal Geology*,2006,65(1/2):93-113.

(下转第 732 页)