



移动扫码阅读

白利娜,曾家瑶,高为.基于灰色关联分析的盘关向斜煤层气有利井区优选[J].煤炭科学技术,2019,47(4):169-173.doi:10.13199/j.cnki.cst.2019.04.028

BAI Lina,ZENG Jiayao,GAO Wei.Optimization of favorable well for CBM based on Grey Correlation Analysis in Panguan Syncline[J].Coal Science and Technology,2019,47(4):169-173.doi:10.13199/j.cnki.cst.2019.04.028

基于灰色关联分析的盘关向斜煤层气有利井区优选

白利娜^{1,2},曾家瑶^{1,2},高为^{1,2}

(1.贵州省煤层气页岩气工程技术研究中心,贵州 贵阳 550008;2.贵州省煤田地质局,贵州 贵阳 550008)

摘要:为了进一步落实盘关向斜煤层气井开发时序问题,基于前期地质资料和近几年实施的8口煤层气参数井资料,系统总结了盘关向斜煤层特征、含气性及物性特征,通过灰色关联分析法,对盘关向斜8口煤层气参数井从含气量、煤厚、资源丰度、构造复杂程度、埋深、渗透率、临储比7个方面进行了最优关联,并根据其关联度进行排序优选。研究表明:盘关向斜整体上煤层累厚大、含气量高、煤种齐全、煤储层微小孔发育,具有良好的煤层气物源基础,但其单层煤层较薄、渗透率较低,具有较大的非均质性,在开发时序上建议将灰色关联分析法优选出的PG1、PG3、PG2、PG4四个井区作为先导试验井区进行优先开发,其余4个井区作为后备开发井区。

关键词:煤层气;灰色关联分析;有利井区;盘关向斜

中图分类号:TE132.2

文献标志码:A

文章编号:0253-2336(2019)04-0169-05

Optimization of favorable well for CBM based on Grey Correlation Analysis in Panguan Syncline

BAI Lina^{1,2},ZENG Jiayao^{1,2},GAO Wei^{1,2}

(1. Guizhou Provincial Engineering and Technology Research Center of Coalbed Methane and Shale Gas, Guiyang 550008, China;

2. Guizhou Provincial Coalfield Geology Bureau, Guiyang 550008, China)

Abstract: In order to further implement the development timing issue of CBM well area in Panguan Syncline and based on the previous geological data and 8 parameter wells drilled in recent years, the coal seam characteristics, hydrocarbon content and physical properties of the coal seams in Panguan Syncline were summarized. Through the Grey Correlation Analysis Method, the optimal parameters associated with the gas content, coal thickness, resource abundance, structural complexity, buried depth, permeability, and temporary storage ratio of the 8 CBM parameter wells were analyzed and then sorted according to their correlation. The results show that Panguan Syncline has large accumulated thickness of coal seams with high gas content and well-developed micro-pores, but it has high reservoir heterogeneity and low permeability for thin thickness of single coal seam. It is recommended to use PG1, PG3, PG2, PG4 as pilot test well areas for priority in development by using Grey Correlation Analysis Method. The remaining four wells are used as backup development well areas.

Key words: coalbed methane; Grey Correlation Analysis; favorable well area; Panguan Syncline

0 引 言

盘关向斜是贵州六盘水地区最为重要的含煤构造单元之一,晚二叠世含煤地层厚度大、可采煤层多,煤层气资源极为丰富,2 000 m以浅的煤层气地质资源量可达 $0.22 \times 10^{12} \text{ m}^3$,地质资源丰度为 $3.99 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,其煤层气资源量及资源丰度远高于西

南地区其余含煤构造单元^[1-4]。因此,针对盘关向斜的煤层气有利井区优选具有非常重要的现实意义。

目前,针对盘关向斜煤层气资源的研究比较多。易同生等^[5-6]基于煤田地质勘探和矿井瓦斯资料,研究了盘关向斜煤层气地质背景、煤储层特征及含气特征,并从资源量、封盖条件、物性特征等方面系统评价

收稿日期:2018-09-11;责任编辑:曾康生

基金项目:国家科技重大专项资助项目(2016ZX05044-001-005,2016ZX05034-004-007);贵州省地质勘查基金资助项目(2016-03)

作者简介:白利娜(1986—),女,陕西黄陵人,硕士,工程师。E-mail:330818831@qq.com

了盘关向斜煤层气开发地质条件;孙斌等^[7]从构造演化、围岩封闭性、煤层吸附性等方面分析了盘关向斜煤层气成藏控制因素;陈学敏^[8]运用地质、力学理论全面剖析了盘关向斜的构造特征及其成因。现有的研究已经基本摸清了盘关向斜的煤层气地质背景,但尚未有针对盘关向斜内部井区优选的研究。

灰色关联分析法作为一种定量表征系统发展变化态势的方法,其最大的优点在于客观性强,近年来已被广泛应用于煤储层评价中,笔者基于盘关向斜近2年施工的8口煤层气参数井数据系统梳理了盘关向斜煤层气赋存特征,借鉴刘灵童等^[9]提出的有利井区优选概念,通过含气量、煤厚、资源丰度、构造复杂程度、埋深、渗透率、临储比7个优选指标的灰色关联分析,对以8口参数井为基础的8个井区进行了定量排序优选,以期指导盘关向斜煤层气井区有序开发。

1 煤层气地质概况

盘关向斜总体呈现南北凹陷,中部凸起的复式向斜构造形态。向斜内部断层较发育,以东北向为主,且主要集中在向斜北部地区,西翼相对东翼断层较为发育(图1)。为了评价各煤层气区块的煤层气勘探前景,获取准确全面的评价参数,结合区域构造、煤层埋深、地形条件等在盘关向斜内三个煤层气

区块内部署了8口煤层气参数井。其中,PG1位于金佳矿,PG2、PG3、PG4位于火铺矿,PG5位于月亮田矿,PG6位于山脚树矿,PG7、PG8位于老屋基矿。

盘关向斜主要含煤地层为上二叠统龙潭组及长兴组,厚220~260 m,平均240 m。含煤地层主要由粉砂岩、细砂岩、泥岩和煤层组成。上覆地层为飞仙关组的致密粉砂质泥岩、泥质粉砂岩等,具有较好的封盖性,而且该层为隔水层,阻隔了煤层与上覆永宁镇组灰岩含水层的联系;下伏地层也有峨眉山玄武岩作隔水层。因此,含煤地层的富水性弱,对煤层的开采影响不大。盘关向斜上二叠统含煤层27~57层,煤层平均总厚约为34.4 m。全区可采煤层10~20层,平均可采厚度为18.7 m。

2 煤层气赋存特征

2.1 煤层特征

根据前期地质资料和煤层气参数井资料,研究区内煤层多且薄,主采煤层厚度大多为1.03~3.06 m,平均1.61 m,各主采煤层厚度由向斜轴部向两翼逐渐减小,厚煤区主要集中于向斜西翼南端的火烧铺矿区及东翼南端的金佳矿区。尽管单层煤厚小,但研究区内各主采煤层累厚可达22~25 m。区内煤层大部分为原生结构煤,仅17₁煤、18₁煤为碎粒、糜棱煤。因此,就煤体结构而言,向斜内部各井区无明显差异,大部分主采煤层煤体结构均有利于后期的煤层气开发。

盘关向斜内煤类比较齐全,以肥煤、焦煤、瘦煤、贫煤为主,还有少量的气煤、无烟煤分布。由西翼向东翼,煤级逐渐增高,由肥煤逐渐演化成贫煤、无烟煤,指示研究区的煤化作用主要为深成变质作用,叠加部分岩浆变质作用,最终导致其生气量比较大^[10-13]。

2.2 含气性特征

煤层气的化学组分主要包括甲烷、二氧化碳和氮气,还有少量的重烃气体等,统计主要煤层的煤层气化学组分发现,煤层甲烷体积百分数平均为86.04%~99.83%,氮气体积百分数平均为0.17%~6.22%,二氧化碳体积百分数平均为0.01%~4.49%,各煤层其煤层气化学组分浓度差异不大,在区域分布上全区甲烷体积百分数多数在90%以上。

统计研究区内大量的瓦斯数据及上述8口煤层气参数井含气量数据认为,盘关向斜煤层含气量整体较高,平均可达10.82 m³/t。区域上来看,盘关向斜煤层含气量变化不大,同一深度下,东翼含气量略微高于西翼(图2),南部高于北部,东翼平均含气量约为11.66 m³/t,西翼平均含气量约为10.42 m³/t。垂向上来看,在400—500 m以浅范围内,煤层含气

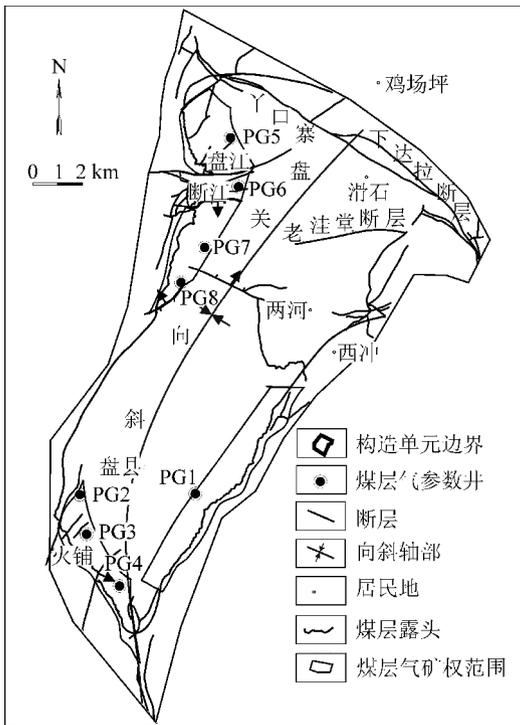


图1 盘关向斜构造纲要及煤层气井位分布

Fig. 1 Structural outline and coalbed methane well locations in Panguan Syncline

量随着埋深的增加呈线性增加,该范围以深,煤层含气量增加变缓,各煤层可能因储层物性条件差异会导致各埋深阶段的含气梯度存在差异。就同一口井来讲,中下部煤层含气量略微高于上部煤层。

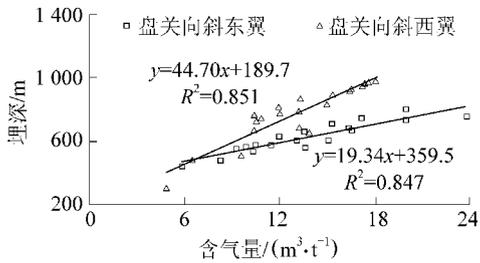


图2 盘关向斜两翼煤层埋深与含气量关系

Fig. 2 Relationships between gas content and depth of both wings in Panguan Syncline

结合各参数井的等温吸附数据可知,盘关向斜各煤层的兰氏体积多为 $15.76 \sim 22.90 \text{ cm}^3/\text{g}$,兰氏压力则为 $1.29 \sim 2.38 \text{ MPa}$,各主采煤层含气饱和度为 $62\% \sim 163\%$,大部分煤层的实测含气饱和度一般在 80% 以上,部分煤层处于过饱和状态,表明煤储层内存在较多的游离态和水溶态气体,有利于煤层气后期的开发。整体来讲,盘关向斜内大部分煤层含气性比较好,但也存在比较大的差异,这将不利于后期煤层气井的合层排采。

2.3 物性特征

煤储层的物性特征主要包括孔渗性、地应力、封盖性等。统计显示,盘关向斜各主采煤层孔隙度为 $2.66\% \sim 4.90\%$,平均为 3.73% ,孔隙度随着埋深增加呈现减小趋势。区内各煤层孔隙主体以微小孔为主,占比高达 $70\% \sim 85\%$,微小孔的发育初步说明该区各煤层吸附能力较强,利于煤层气的吸附,进而为煤层气的开发奠定了良好的条件。根据试井资料可知,区内各煤层渗透率差异性较大,从 $0.002 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 至 $0.573 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 均有分布,总体为低~中渗储层。

根据8口参数井的试井结果,各煤储层地应力为 $15.58 \sim 28.56 \text{ MPa}$,地应力梯度为 $2.00 \sim 2.75 \text{ MPa/hm}$,区域地应力整体较高,且地应力随埋深的增加而增高。各参数井的岩屑录井资料显示,盘关向斜各主采煤层的顶底板以泥岩、粉砂质泥岩及泥质粉砂岩为主,而泥岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩都属于致密性岩性,且单层厚度均大于 1 m ,稳定性也较好。因此,盘关向斜各主采煤层顶底板对煤层气的封盖性能较好。

综上所述,盘关向斜各煤储层具有较好的物源条件,封盖性能也较好,但其物性存在较高的非均质性,不同井位、不同埋深、不同煤层,其物性差异较大,这也为后期的煤层气排采提出了挑战。

3 有利井区优选

3.1 优选方法

灰色关联分析法是一种目前被广泛使用的多因素统计法^[14]。该方法是基于灰色系统理论提出的,若存在2个系统,其中的各因素随着时间或者对象的不同而发生变化的关联性大小的量度,被称为关联度。在系统发展过程中,若2个系统内的因素变化趋势同步程度比较高,则认为二者关联度较高;反之,则较低。利用灰色关联分析法,将研究区内的8口煤层气参数井井区进行定量排序,预测出盘关向斜煤层气开发先导区。

3.2 评价指标体系

经过多年的实践探索,煤层气有利区优选的主要指标参数已经得到多数学者的认可,影响煤层气有利区优选的重要指标被归纳为资源条件、储存条件以及开发条件3个方面^[14]。由于各个参数井的有效数据具有一定的差异性,综合考虑各个参数井数据的一致性及全面性,确定优选指标参数见表1,其中,含气量、煤厚、埋深选取参数井内各煤层平均值,构造复杂程度利用构造分形值来定量表征^[15],渗透率、临储比选取参数井中各煤层渗透率最大值来表征。

表1 煤层气有利井区优选指标参数汇总

Table 1 Summary of optimal parameters for coalbed methane favorable well areas

优选指标	资源条件	储存条件	开发条件
优选参数	含气量煤厚、 资源丰度	构造复杂程度、 埋深	临储比、 渗透率

3.3 优选过程

3.3.1 确定参考序列和比较序列

利用研究区内8口参数井作为8个数据点,每个数据点均有7个参数,即:含气量、煤厚、资源丰度、构造分形值、埋深、渗透率、临储比作为比较序列,亦为子序列;将比较序列中各参数的最优值组成的序列作为参考序列,亦为母序列。其中,含气量、煤厚、资源丰度、渗透率、临储比参数越大,越有利于煤层气资源开发,因此,最优值取各数据点的最大值。构造分形值是利用相似维表征构造复杂程度,该值越大,表明断裂长度较长,断层繁多,构造较为复杂,反之,则表示构造相对简单。因此,最优值取各数据点最小值。根据各参数井的平均埋深可知,盘关向斜各矿区煤层气参数井煤层平均埋深均在 1000 m 以浅,因此,最优值取各数据点中值。综上所述各参数井数据参考序列与比较序列详见表2。

表2 盘关向斜8口煤层气参数井数据参考序列与比较

Table 2 Reference sequence and comparison sequence of data from 8 coalbed methane parameter wells in Panguan Syncline

井名	井号	含气量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	煤厚/ m	资源丰度/ ($\text{亿 m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$)	构造 分形值	埋深/ m ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	渗透率/ 临 储 比	临 储 比
PG1	X_1	9.3	2.74	3.75	0.75	641	0.324	0.28
PG2	X_2	12.8	1.57	1.98	1.10	621	0.116	0.26
PG3	X_3	12.2	1.67	1.98	0.90	444	0.056	0.32
PG4	X_4	15.3	1.83	1.98	0.95	920	0.119	0.27
PG5	X_5	12.1	1.52	1.82	1.15	744	0.573	0.20
PG6	X_6	9.8	1.57	2.62	1.20	771	0.002	0.18
PG7	X_7	10.4	1.48	2.94	0.95	588	0.086	0.25
PG8	X_8	11.7	2.15	2.94	0.96	456	0.167	0.26
最优	X_0	15.3	2.74	3.75	0.75	621	0.573	0.32

3.3.2 无量纲化处理

通常情况下,各参数指标均具有不一样的量纲或者数量级。为了保证分析结果的准确性,需要对各初始变量进行无量纲化处理。其中,初值化法、归一化法、区间值化法等都是比较常用的无量纲化方法。文中采用归一化处理,即采用各参数值除以其均值,具体结果详见表3。

表3 各数据序列归一化统计

Table 3 Normalized statistics for each data sequence

井名	井号	含气量	煤厚	资源 丰度	构造 分形值	埋深	渗透率	临储 比
PG1	X_1	0.77	1.43	1.42	0.77	0.99	1.45	1.08
PG2	X_2	1.06	0.82	0.75	1.13	0.96	0.52	1.00
PG3	X_3	1.01	0.87	0.75	0.93	0.69	0.25	1.23
PG4	X_4	1.27	0.95	0.75	0.98	1.43	0.53	1.04
PG5	X_5	1.00	0.79	0.69	1.19	1.15	2.56	0.77
PG6	X_6	0.81	0.82	0.99	1.24	1.20	0.01	0.69
PG7	X_7	0.86	0.77	1.11	0.98	0.91	0.38	0.96
PG8	X_8	0.97	1.12	1.11	0.99	0.71	0.75	1.00
最优	X_0	1.27	1.43	1.42	0.77	0.96	2.56	1.23

3.3.3 求取灰色关联系数

灰色关联系数是指比较序列与参考序列在各个时刻的关联程度值,设 t 为气井序列号,取 $t=1, 2, 3, \dots, 8$, 即 PG1、PG2、 \dots 、PG8; i 为优选指标序号, $i=1, 2, 3, \dots, 7$, 即表示含气量、煤厚、资源丰度、构造分形值、埋深、渗透率、临储比, 则对于比较序列 $X_i(i, 0)$ 与参考序列 $X_0(i, 0)$, 其在某井号 t 的关联系数 $L_i(i, 0)$ 为

$$L_i(i, 0) = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta_i(i, 0) + \rho \Delta_{\max}}$$

式中: ρ 为分辨系数, 一般在 $0 \sim 1$, 通常取 0.5 ; $\Delta_i(i, 0)$ 表示 i 个指标的子因素与母因素之间的绝对差值; Δ_{\max} 是各子因素与母因素之间的绝对值差的最大值; Δ_{\min} 为其绝对差值的最小值, 其公式分别为

$$\Delta_i(i, 0) = |X_i(i) - X_i(0)|$$

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_t |X_i(i) - X_i(0)|$$

$$\Delta_{\min} = \min_i \min_t |X_i(i) - X_i(0)|$$

根据上述算法, 分别计算求得各序列对应的绝对差值, 并求取 Δ_{\max} 、 Δ_{\min} 分别为 $\{0.50, 0.66, 0.73, 0.47, 0.47, 2.55, 0.54\}$ 和 $\{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$, 进而计算求得其对应的灰色关联系数见表4。

表4 参数井各项指标灰色关联系数统计

Table 4 Statistics of grey correlation number of various indexes of parameter wells

井名	井号	$L_i(i, 0)$						
		含气量	煤厚	资源 丰度	构造 分形值	埋深	渗透率	临储 比
PG1	X_1	0.33	1.00	1.00	1.00	0.87	0.53	0.64
PG2	X_2	0.54	0.35	0.35	0.39	1.00	0.38	0.54
PG3	X_3	0.49	0.37	0.35	0.60	0.47	0.36	1.00
PG4	X_4	1.00	0.41	0.35	0.53	0.34	0.39	0.59
PG5	X_5	0.48	0.34	0.33	0.36	0.55	1.00	0.37
PG6	X_6	0.35	0.35	0.46	0.33	0.50	0.33	0.33
PG7	X_7	0.38	0.33	0.54	0.53	0.82	0.37	0.50
PG8	X_8	0.45	0.52	0.54	0.52	0.48	0.41	0.54

3.3.4 求取关联度及关联度排序

由各子序列与母序列的相关系数即可求取该子序列与母序列的相关度 $r_{i,0}$, 其计算公式如下:

$$r_{i,0} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 L_i(i, 0)$$

由此求取各子序列与母序列的相关度依次为 $\{0.77, 0.51, 0.52, 0.51, 0.49, 0.38, 0.50, 0.49\}$, 各井与最优井的关联度排序结果为: PG1 > PG3 > PG2、PG4 > PG7 > PG5、PG8 > PG6。详见表5。

表5 参数井与最优井关联度及排序统计

Table 5 Statistics of sorting for correlation degree between parameter wells and optimal well

井名	井号	关联度	排序
PG1	X_1	0.77	1
PG2	X_2	0.51	3
PG3	X_3	0.52	2
PG4	X_4	0.51	3
PG5	X_5	0.49	5
PG6	X_6	0.38	6
PG7	X_7	0.50	4
PG8	X_8	0.49	5

3.4 优选结果与评价

依据8口参数井地质资料, 利用灰色关联分析法优选出 PG1、PG3、PG2、PG4 四个井区, 其煤层含气量为 $9 \sim 15 \text{ m}^3/\text{t}$, 煤厚为 $1.57 \sim 2.74 \text{ m}$, 资源丰度为 $1.98 \sim 3.75 \text{ 亿 m}^3/\text{km}^2$, 临储比 $0.26 \sim 0.32$, 且构造比较简单, 埋深适中, 因此, 在后期开发阶段可作为先导试验井区进行优先开发。而向斜北部的 PG7、PG5、PG7、PG6 四个井区, 煤层含气量为 $9 \sim 12 \text{ m}^3/\text{t}$,

煤厚为 1.48~2.15 m,资源丰度为 1.82~2.94 亿 m^3/km^2 ,临储比为 0.18~0.26,构造相对复杂,可作为后备开发井区。

4 结 论

1) 盘关向斜晚二叠世煤层多且薄,但累厚大、煤层含气量高、煤体结构变化不大、煤类发育齐全。区域上,厚煤区主要分布于向斜南端,煤层含气量南端高于北端,东翼略高于西翼,煤变质程度东翼略高于西翼。

2) 盘关向斜内异常高压储层相对发育,部分煤层处于过饱和状态,各储层孔裂隙多以微小孔为主,为煤层气的后期开发提供了良好的物质基础,但其多为低~中低渗储层,且各储层非均质性较高,又为后期排采带来困难。

3) 利用灰色关联分析法,对盘关向斜 8 口煤层气参数井进行了分析,分别从含气量、煤厚、资源丰度、构造复杂程度、埋深、渗透率、临储比七个方面进行了最优关联,获取 8 口井与最优井的关联度,并对其定量排序,优选出 PG1、PG3、PG2、PG4 四个井区,建议在后期开发阶段将其作为先导试验井区进行优先开发,剩余 4 口井区作为后备开发井区。

参考文献 (References):

- [1] 易同生,高为.六盘水煤田上二叠统煤系气成藏特征及共探共采方向[J].煤炭学报,2018,39(11):1507-1516.
YI Tongsheng, GAO Wei. Reservoir formation characteristics as well as co-exploration and co-mining orientation of Upper Permian coal-bearing gas in Liupanshui Coalfield[J]. Journal of China Coal Society, 2018, 39(11): 1507-1516.
- [2] 赵黔荣.贵州六盘水地区煤层气选区及勘探部署[J].贵州地质,2003,20(2):92-98.
ZHAO Qianrong. Selective districts and exploratory distribution for coal-layer gas from Liupanshui Area, Guizhou [J]. Guizhou Geology, 2003, 20(2): 92-98.
- [3] 陈本金,温春齐,曹盛远,等.贵州六盘水煤层气勘探开发有利目标区优选[J].西南石油大学学报:自然科学版,2010,32(3):56-60.
CHEN Benjin, WEN Chunqi, CAO Shengyuan, et al. Determination of favorable target areas of coalbed methane exploration and production in Liupanshui, Guizhou [J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition, 2010, 32(3): 56-60.
- [4] 金军,高为,孙键,等.黔西松河矿区煤中元素地球化学特征及成煤环境意义[J].煤炭科学技术,2017,45(12):166-173,204.
JIN Jun, GAO Wei, SUN Jian, et al. Geochemistry characteristics and coal formation environmental significances of elements in coal from Songhe Mining Area in western Guizhou [J]. Coal Science and Technology, 2017, 45(12): 166-173, 204.
- [5] 易同生,张井,李新民.六盘水煤田盘关向斜煤层气开发地质评价[J].天然气工业,2007,27(5):29-31.

- YI Tongsheng, ZHANG Jing, LI Xinmin. Development geology assessment on coalbed methane in Panguan Syncline of Liupanshui Coalfield [J]. Natural Gas Industry, 2007, 27(5): 29-31.
- [6] 易同生,张井.贵州省六盘水煤田盘关向斜煤层气开发地质评价[J].中国煤田地质,2006,18(2):30-32.
YI Tongsheng, ZHANG Jing. Development geology assessment on coalbed methane in Panguan Syncline of Liupanshui Coalfield, Guizhou [J]. Coal Field Geology of China, 2006, 18(2): 30-32.
- [7] 孙斌,邵龙义,卢霞,等.盘关向斜煤层气成藏条件评价[J].天然气地球科学,2008,19(3):427-432.
SUN Bin, SHAO Longyi, LU Xia, et al. Evaluation of coalbed methane accumulation conditions in Panguan Syncline [J]. Natural Gas Geoscience, 2008, 19(3): 427-432.
- [8] 陈学敏.黔西盘关向斜构造特征及其力学分析[J].中国煤炭地质,2008,20(4):11-16.
CHEN Xuemin. Structural characteristics and mechanical analysis of Panguan Syncline in western of Guizhou [J]. Coal Geology of China, 2008, 20(4): 11-16.
- [9] 刘灵童,王文升,尹彦君,等.灰色关联分析在中阶煤层气有利井区快速优选中的应用[J].长江大学学报:自然科学版,2016,13(10):17-21.
LIU Lingtong, WANG Wensheng, YIN Yanjun, et al. Application of grey correlation analysis in rapid optimization of favorable well areas of medium-sized CBM [J]. Journal of Yangtze University: Natural Science Edition, 2016, 13(10): 17-21.
- [10] 窦新钊,姜波,秦勇,等.黔西地区构造演化及其对晚二叠世煤层的控制[J].煤炭科学技术,2012,40(3):109-114.
DOU Xinzhaio, JIANG Bo, QIN Yong, et al. Structure evolution in west of Guizhou area and control to seam in late Permian [J]. Coal Science and Technology, 2012, 40(3): 109-114.
- [11] 刘照永.六盘水矿区煤层气目标区优选与评价[J].山东工业技术,2015,34(13):54.
LIU Zhaoyong. Optimization and evaluation of coalbed methane targets in Liupanshui Mining Area [J]. Shandong Industrial Technology, 2015, 34(13): 54.
- [12] 杨瑞琴,唐显贵.贵州省六盘水煤田含煤地层特征分析[J].中国煤炭地质,2014,26(7):28-32.
YANG Ruiqin, TANG Xiangui. Coal-bearing strata characteristic analysis in Liupanshui Coalfield, Guizhou Province [J]. Coal Geology of China, 2014, 26(7): 28-32.
- [13] 秦勇,高弟.贵州省煤层气资源潜力预测与评价[M].徐州:中国矿业大学出版社,2012.
- [14] 王安民,曹代勇,魏迎春.煤层气选区评价方法探讨:以准噶尔盆地南缘为例[J].煤炭学报,2017,42(4):950-958.
WANG Anmin, CAO Daiyong, WEI Yingchun. Discussion on methods for selected areas evaluation of coalbed methane: a case study of southern Junggar Basin [J]. Journal of China Coal Society, 2017, 42(4): 950-958.
- [15] 汪宏志,孙林登.基于分形理论的芦岭煤矿 8 煤层顶板断裂构造复杂程度研究[J].中国煤炭地质,2012,24(6):22-25.
WANG Hongzhi, SUN Lindeng. Study on complexity of roof fracture structure of No 8 coal seam in Luling Minefield based on fractal theory [J]. Coal Geology of China, 2012, 24(6): 22-25.