

左权高家庄煤矿煤层气开发前景

李世龙¹, 金喆¹, 张新发²

(1. 河北工程大学 河北省资源勘测研究重点实验室, 河北 邯郸 056038;

2. 中国煤炭地质总局一一九勘探队, 河北 邯郸 056107)

摘要:以左权县高家庄煤矿煤层气普查区内3#和15#煤层为研究对象,研究了该区煤层特征和煤级变化特征,并对煤储层含气性及储层特征进行了分析。结果表明,该区含煤地层地质条件简单,可采煤层厚度大、分布稳定;3、15#为贫煤~无烟煤,变质程度高,煤的变质程度自上而下随煤层层位的降低逐渐增大,煤层生气量大,煤的吸附能力较强;煤层含气量、渗透率等主要储层参数值较高,煤层含气饱和度接近饱和。

关键词:高家庄煤矿;煤层气;储层特征;开发前景

中图分类号:F426.21

文献标识码:A

The development prospect of CBM in the Gaojiazhuang mine

LI Shi-long¹, JIN Zhe¹, ZHANG Xin-fa²

(Key Laboratory for Resource Exploration Research of Hebei Province, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China; No. 119 Prospective Team, China National Administration of Coal Geology, Hebei Handan 056107, China)

Abstract: The No. 3 and No. 15 seams of CBM census area were studied from Gaojiazhuang mine in Zuoquan area. We discuss the growth characteristic of coal seams and the variation of the rank, further analyzes the gas-bearing and reservoir characteristics. And the results show that geological conditions of coal-bearing strata are simple, and minable coal seams are featured by big thickness and relatively stable distribution. Besides, the No. 3 and No. 15 seams belong to lean coal-anthracite coal, which is characterized by high metamorphic degree, coal metamorphic degree of coal gradually increased with the decrease of coal layer from top to bottom, gas content is large and adsorption capacity is high. The main reservoir parameter value of coal is higher, such as gas content, permeability, etc. Gas saturation of seams is close to saturation.

Key words: Gaojiazhuang mine; CMB; reservoir characteristics; development prospect

煤层气是煤化作用过程中形成并且主要以吸附状态储集于煤层中的一种非常规天然气,主要成分是甲烷^[1-4],它是威胁煤矿生产安全的灾害性气体和导致全球气候变暖的温室气体^[5],与此同时也是一种高能、洁净能源^[6],商业化能产生巨大的经济效益。目前,煤层气地质学就煤储层含气性、等温吸附性、孔的隙-裂隙特征、储层渗透性、储层力学性质、煤层气可采性以及成藏机制等方面开展了研究^[3,7-9]。本文通过对煤层特征、煤级变化特征、煤储层含气性及储层特征的分析研

究,预测了左权高家庄煤层气普查区的煤层气资源及开发前景。

1 地质概况

左权县高家庄煤矿煤层气普查区位于沁水煤田东部边缘的中段,太行山之西麓,东经113°16'00"~113°25'49",北纬37°05'30"~37°13'30",面积109.18 km²。属中低山区,区内大部为基岩裸露区,仅在沟谷及局部有第四系黄土覆盖。

收稿日期:2012-12-06

作者简介:李世龙(1988-),男,山东青岛人,硕士研究生,从事煤层气及地球化学研究。

2 煤层特征

研究区内含煤地层为石炭 - 二叠系(图1), 共含煤 11 ~ 15 层, 3[#]和 15[#]可采, 其余为不可采煤层。二叠系山西组 3[#]煤层为局部可采煤层, 煤厚 0.50 ~ 2.47 m, 平均厚度 1.04 m。3[#]煤层顶板一般为粉砂岩或砂质泥岩, 厚度约为 4 m, 底板为砂质泥岩或泥岩, 有时相变为粉砂岩, 厚度一般在 2 m 左右。3[#]煤上距 K8 砂岩 12.77 m 左右, K8 砂岩为中粒细粒石英砂岩, 含菱铁质鲕粒, 具帚状交错层理, 硅质胶结, 是 3[#]煤的辅助对比标志。

石炭系太原组下部的 15[#]煤层为全区可采煤层, 煤厚 2.35 ~ 7.10 m, 平均 5.78 m, 位于 K2 石灰岩之下 9.09 m 左右, 底板为泥岩或炭质泥岩。其厚度最大、分布最稳定, 储藏有丰富的煤层气资源, 是本区煤层气研究的主要目的层。

3 煤级变化特征

煤的变质程度控制煤层含气性的分布, 表现为随煤级升高含气量增加。各煤层显微有机组分

均以镜质组为主, 惰质组、半镜质组次之, 壳质组最少。3[#]煤层镜质组 74.7% ~ 91.0%, 平均 80.0%; 15[#]煤层 62.8% ~ 84.2%, 平均 76.1%。各煤层煤的镜质体平均最大反射率在 1.657% ~ 2.655% 之间, 煤化级别为 IV ~ VII 阶段, 煤类属 PM ~ WY 类。自上而下随煤层层位的降低逐渐增大, 平面上随煤层埋深的增加逐渐增大, 基本符合希尔特定律, 煤层变质成因属区域变质。煤的热模拟试验^[10]和等温吸附试验^[11]表明, 随着煤变质程度的增高, 煤的生气量增大, 煤的吸附能力越强^[12]。该区煤层气含量受煤变质程度影响较大, 区内煤类为贫煤, 变质程度高。因此, 该区煤具有较大的生气潜力及较强的储气能力。

4 煤储层含气性及储层特征

4.1 煤层含气性

4.1.1 气体成分和含气量

勘查区施工煤层气井 6 个, 煤层气成分均以 CH₄ 为主, 少量 N₂ 和 CO₂, 微量重烃类气体。煤心含气量

组	厚度/m	编号	柱状	岩性描述
山西组	23.14 ~ 56.40	2#		为本区主要含煤地层之一, 厚约 38.83m, 岩性主要由灰黑色泥岩, 砂质泥岩, 细~中粒砂岩及煤组成, 含煤3~6层, 其中3 [#] 煤稳定局部可采。底部灰白色细、中粒岩屑石英砂岩(K7)与下伏太原组分界。
		3#		
		4#		
		5#		
太原组	118.78 ~ 166.60	8#		本组为主要含煤地层之一, 地层厚约 117.13 m, 连续沉积于本溪组地层之上, 岩性主要由灰色、灰白色、灰黑色中细粒砂岩、粉砂岩、砂质泥岩、煤和三层石灰岩组成。石灰岩发育稳定, 为全区良好标志层。底部K1砂岩一般为细粒岩屑石英砂岩, 有时为中粗粒砂岩, 与本溪组分界。本组共含煤8~10层, 自上而下编号为8 [#] 、9 [#] 、10 [#] 、11 [#] 、12 [#] 、13 [#] 、14 [#] 、15 [#] 。其中15 [#] 煤全区稳定可采。
		9上		
		9#		
		10#		
		11#		
		12#		
		13#		
		14#		
		15#		

图1 研究区含煤地层综合柱状图

Fig.1 Stratigraphic column of the coal-bearing sequence

测定结果为:3[#]煤层埋深在 424.35 ~ 649.40 m,空气干燥基含气量为 2.48 ~ 12.59 m³/t,平均 6.41 m³/t;空气干燥基甲烷含量 1.60 ~ 12.35 m³/t。15[#]煤层埋深在 577.47 ~ 769.20 m,空气干燥基含气量为 0.73 ~ 14.33 m³/t,平均 7.24 m³/t。空气干燥基甲烷含量 0.48 ~ 14.04 m³/t。垂向上煤层含气量随储层埋藏深度的增加而增大,15[#]煤层含气量高于 3[#]煤层。

4.1.2 含气饱和度

含气饱和度是指实测含气量与在储层温度和压力下的理论含气量之比,是煤层气选区评价与开发的关键参数^[13]。勘查区 3[#]煤理论含气饱和度在 43.83% ~ 118.65% 之间,15[#]煤理论含气饱和度在 10.07% ~ 119.26% 之间。含气饱和度有随埋深增大的趋势,除左参 5、13-6 井 3[#]煤为过饱和和外,本区煤层呈不饱和 ~ 近饱和状态。

4.2 煤的等温吸附特征

3[#]煤平均原煤基 Langmuir 体积为 21.05 m³/t,Langmuir 压力为 2.74 MPa;15[#]煤平均原煤基 Langmuir 体积为 23.22 m³/t,Langmuir 压力为 2.83 MPa。Langmuir 体积越大,表明煤的储气能力越强,在生气及气体保存条件具备的情况下,煤储层中气体就会富集。本区煤的 Langmuir 压力偏高,有利煤层气开发。

4.3 储层压力

勘查区储层压力测试作业按照中联煤层气有限责任公司企业标准《煤层气试井注入/压降试井技术规范(QB/MCQ1003-1999)》要求进行。测试的煤储层压力变化较大。

3[#]煤层储层压力为 1.25 ~ 4.12 MPa,平均

2.76 MPa;储层压力梯度为 0.27 ~ 0.88 MPa/100m,平均 0.55 MPa/100m。

15[#]煤层储层压力为 1.20 ~ 3.50 MPa,平均 2.23 MPa;储层压力梯度为 0.20 ~ 0.53 MPa/100m,平均 0.34 MPa/100m,见表 1。

分析认为,储层压力规律性不明显,储层压力梯度比正常静水压力梯度偏低,储层压力梯度小于分界值 0.93 MPa/100m,说明煤层储层压力总体为欠压状态。

4.4 煤层渗透性

4.4.1 裂隙发育特征

钻孔所采的煤芯样显示(表 2),3[#]煤内、外生裂隙均不发育;15[#]煤内生裂隙不发育,局部 8 ~ 10 条/5 cm,含黄铁矿,以及少量其他填充物。外生裂隙一般 2 ~ 3 条/5 cm,局部 5 ~ 6 条/5 cm,裂隙无填充。

4.4.2 渗透性

煤层的渗透率是影响煤层气可采性的最主要因素,直接影响到煤层气井的采收率和可采资源量,煤层的渗透率越高,煤层气产量越高,可采性越好。

勘查区的渗透率如表 3 所示,3[#]煤层渗透率为 0.041 ~ 10.70 md,除 7-6 孔和 19-4 孔较高外,其他各孔渗透率较低;15[#]煤层渗透率为 0.002 ~ 1.970 md,除 7-6 孔为 1.970 md 外,其他各孔渗透率较低,低于煤层气地质资源量计算指标 0.1 md。

本次渗透率测试方法采用注入/压降法,试井实测的煤层渗透率受到多种因素的限制,只能定性地反映储层的渗透性变化情况,比较可靠的煤层渗透率多是通过煤层井产量的历史拟合获得。

表 1 煤层气井储层压力测试结果

Tab.1 Test results of CBM well reservoir pressure

井号	煤层	测试点深度/m	储层压力/MPa	储层压力梯度/(MPa/100m)
左参 1	15 [#]	646.08	3.50	0.53
左参 5	3 [#]	631.28	4.12	0.65
	15 [#]	759.63	3.14	0.41
19-5	3 [#]	434.91	3.89	0.88
	15 [#]	572.16	2.51	0.43
13-6	3 [#]	423.98	1.33	0.31
	15 [#]	576.08	1.57	0.27
7-6	3 [#]	506.22	3.20	0.63
	15 [#]	636.24	1.43	0.22
19-4	3 [#]	455.21	1.25	0.27
	15 [#]	593.80	1.20	0.20

表2 煤心裂隙观察结果
Tab. 2 Observation results of coal core crack

井号	煤层样品	裂隙密度/(条/5 cm)	煤体结构
左参1	15		碎裂结构
	3		碎裂结构
左参5	15(1)	9	原生结构
	15(6)	13	原生结构
	3		碎裂结构
19-5	15(1)	2~3	碎裂结构
	15(6)	8~10	碎裂结构
13-6	3	3~4	碎裂结构
	15	7~8	原生结构
7-6	3		原生结构
	15	2~11	碎裂结构

表3 煤层气井渗透率测试结果
Tab. 3 Test results of CBM well permeability

井号	煤层	测试点深度/m	渗透率/md	地应力/MPa	地应力梯度/(Mpa/100)
左参1	15*	646.08	0.016	3.43	1.35
左参5	3*	631.28	0.041	4.08	1.75
	15*	759.63	0.002	3.11	2.35
19-5	3*	434.91	0.070	3.84	2.54
	15*	572.16	0.010	2.48	2.03
13-6	3*	423.98	0.067	1.33	2.61
	15*	576.08	0.015	1.54	2.20
7-6	3*	506.22	0.400	3.17	1.69
	15*	636.24	1.970	1.41	1.19
19-4	3*	455.21	10.700	1.24	0.98
	15*	593.80	0.080	1.18	1.47

5 结论

1)左权县高家庄煤矿煤层气普查区煤层厚度大且稳定,特别是3*和15*煤层是煤层气的主要物质来源。

2)3*煤直接顶板多为泥岩、粉砂岩,厚度一般在4 m左右;底板主要为泥岩,有时相变为粉砂岩,厚度一般在2 m左右。顶、底板岩性致密坚硬,透气性差,可以阻挡煤层气向外逸散。15*煤顶板主要岩性为K2灰岩,厚度8 m左右,K2灰岩厚层状,致密,裂隙不发育,透气性差。底板为泥岩,较稳定,有利于气体保存。

3)该区含煤地层地质条件简单,煤的变质程度高,生气及储气条件较好;煤层含气量、渗透率等主要储层参数值较高,煤层含气饱和度接近饱和,煤层同时大部达到了煤层气资源量控制级别,预测该区的煤层气产量很有前景的。

参考文献:

- [1] 魏韦. 沁水盆地煤层气井产能预测研究[D]. 山东: 中国石油大学, 2010.
- [2] 何晓辉, 赵荣, 谢立志. 煤层气储层孔渗性评价研究[J]. 中国煤炭地质, 2011, 22(11): 42-46.
- [3] 王国玲, 秦勇. 煤储层含气性特征及其地质动力学控制因素[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(2): 18-23.
- [4] 沈丽惠, 齐俊启, 赵志义, 等. 煤层气生成及含气量控制因素[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2010, 27(1): 81-84.
- [5] 赵兴龙, 汤达楨, 陶树. 澳大利亚煤层气开发工艺技术[J]. 中国煤炭地质, 2010, 21(9): 67-71.
- [6] 亚会, 鹿爱莉. 政策保护是实现煤层气产业化的前提[J]. 煤炭工程, 2006, (02): 60-62.
- [7] 张胜利, 晓东. 控制煤层气含量及可采性的主要地质因素[J]. 天然气工业, 1997, 17(4): 15-19.
- [8] 高弟, 秦勇, 易同生. 论贵州煤层气地质特点与勘探开发战略[J]. 中国煤炭地质, 2009, 20(3): 38-42.
- [9] 李五忠, 田文广, 陈刚, 等. 不同煤阶煤层气选区参数的研究与应用[J]. 天然气工业, 2010, 30(6): 45-47.
- [10] 解光新, 庄军, 王晓梅. 我国煤层气生储层间的关系类型及特点[J]. 中国煤田地质, 2003, 15(1): 22-24.
- [11] 马京长, 王勃, 刘飞, 等. 高煤阶煤的吸附特征分析[J]. 天然气技术, 2008, 2(6): 31-34.
- [12] 权巨涛, 宋志坚, 刘石铮, 等. 磁西勘查区主采煤层煤层气赋存特征[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2010, 27(2): 63-66.
- [13] 高和群, 韦重韬, 曹佳, 等. 沁水盆地南部含气饱和度和特征[J]. 中国煤层气, 2010, 7(5): 28-31.

(责任编辑 马立)