

文章编号:1673-9469(2010)01-0081-04

## 煤层气生成及含气量控制因素

沈丽惠<sup>1</sup>, 齐俊启<sup>2</sup>, 赵志义<sup>1</sup>, 徐飞<sup>1</sup>, 乔军<sup>2</sup>

(1.河北工程大学 资源学院,河北 邯郸 056038;2.河北省煤田地质局水文队,河北 邯郸 056201)

**摘要:**利用 EASY%Ro 数值模拟法,对峰峰东部矿区 2 号煤煤层热演化史进行模拟及恢复,探讨了峰峰东部矿区 2 号煤煤层气的生成和演化特点,认为峰峰东部矿区受构造运动及岩浆活动的影响,经历二次生气阶段,早期以区域深成变质作用为主,煤中有机质在深成变质作用下发生一次生气;晚期受岩浆活动的影响,促使该区的煤层进一步变质及煤层气第二次生成。在此基础上分析了研究区含气性及含气性的主要控制因素,包括煤储层层顶底板岩性、分布特征、地质构造、岩浆侵入及水文地质条件等引起本区煤层甲烷含量在平面及剖面上分布的不均一性。

**关键词:**峰峰东部矿区;煤层气;含气量;控制因素

**中图分类号:** P618.11

**文献标识码:** A

### The coal - bed gas generation of the No. 2 coal in eastern Fengfeng and controlling factors on gas content

SHEN Li-hui<sup>1</sup>, QI Jun-qi<sup>2</sup>, ZHAO Zhi-yi<sup>1</sup>, XU Fei<sup>1</sup>, QIAO Jun<sup>2</sup>

(1. College of Natural Resource, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China;

2. Hydrological Team, Bureau of Coal Geology of Hebei Province, Hebei Handan 056201, China)

**Abstract:** The numerical simulation method by EASY% Ro is used to simulate and reiterate the thermal evolution history of the No.2 coal mine in eastern Fengfeng, and the characteristics of the coal's generation and evolution are discussed. The coal mine in eastern Fengfeng, which is influenced by the structure movement and the magmatic activity, is thought to experience two stages that the gas generated. In the early stage, it is mainly affected by the region plutonic metamorphism, and the organic matter of the coal is generated gas under the plutonic metamorphism function; while in the late stage, it is influenced by the magmatic activity, and the coal seam in the area is further deteriorated, then coal - seam gas is generated again. Accordingly, gas - bearing property and its major control factors in the research area are analyzed, such as the lithology of the coal reservoir roof and floor, the characteristics of the distribution, the geologic structure, the magmatic intrusion and the hydrogeological conditions and so on, which lead to uneven distribution of the methane content of the coal - seam in the plane and the section planes.

**Key words:** mining area of eastern Fengfeng; coal - bed gas; gas content; controlling factors

煤层气以吸附态为主要赋存形式储存在煤中,是一种非常规天然气,CH<sub>4</sub>含量大于90%,发热量大于 $3.494 \times 10^7 \text{ J/m}^3$ ,是优质的能源和化工原料。我国煤层气的储量相当丰富,是目前良好的天然气后备资源。同时,煤层气又是造成煤矿安全隐患的重大因素,而且大量的煤层气流失又是

温室气体的主要来源之一<sup>[1,2]</sup>。所以,开发利用煤层气,对于优化我国的能源结构、减少环境污染、解决煤矿安全隐患等都具有重要意义。本文探讨了峰峰东部矿区 2 号煤煤层气的生成和演化特点,分析了研究区含气性及含气性的主要控制因素,为评价研究区煤层气资源的赋存特征和今后进行工业化开发作好技术准备。

收稿日期:2009-12-08

作者简介:沈丽惠(1984-),女,山西临汾人,硕士研究生,从事沉积盆地分析与成矿规律方面的研究。

## 1 概况

峰峰东部矿区位于河北省南部,太行山东麓鼓山背斜以东。研究区总体为一单斜构造,地层走向 NNE,倾向 SE,倾角平缓,一般为  $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ,因燕山运动影响,区内断裂构造发育,以高角度正断层为主。含煤地层为华北型石炭、二叠纪含煤建造,主要含煤地层为太原组、山西组,共含煤 10~26 层,其中 2 号煤位于山西组,其厚度大,横向相对稳定。

## 2 煤层气的生成与演化

研究区经历海西至印支期的快速埋藏,地壳持续下降,煤层埋深较大,以区域深成变质作用为主。古地温梯度在  $3^{\circ}\text{C}/\text{hm}$  左右,煤级进展是正常古地热场的产物,煤中有机质在深成变质作用下发生一次生气,一次生气期间,该区煤层普遍经历了生物气阶段。燕山期,受华北板块与太平洋板块之间的相互作用及郯庐断裂大规模左行走滑的影响,地质构造发育,并伴随大规模的岩浆活动。大规模的岩浆侵入促使该区的煤层进一步变质及煤层气第二次生成,此时,古地温梯度达  $8^{\circ}\text{C}/\text{hm}$  左右,生烃的强度最大,历经湿气生气高峰和干气生成高峰阶段,至阶段末期基本上完成了煤化作用历史上的整个生烃过程。

区内煤层一次生气作用显著弱于二次生气。二次生气作用特征是影响煤层气现今含气量的最重要因素之一。然而二次生气强度在空间上的分布也具有较大的非均一性。表现为现今煤级越高,二次煤化作用越强,二次生气作用的强度越大。二次生气作用的这一特征与本区的煤层含气量的现代分布格局基本一致。

根据构造演化特征及残余地层厚度得出 2 号

煤层平均埋藏深度。在查明埋藏史的基础上,用 EASY%Ro 数值模拟法对煤层热演化史进行了模拟及恢复(表 1)。从埋藏史和热演化史分析,峰峰东部矿区 2 号煤层有效生气阶段为早侏罗世至白垩世末,其有效生气阶段的起始煤级为气煤。早侏罗世至白垩世时期的燕山运动在该区表现最为强烈,加之岩浆岩侵入,造成区内煤层煤级的区域变化。在白垩末,煤化作用就已经终止,而有效生气阶段的终止煤级为现今煤级。

## 3 煤储层的含气性分析

本区 2 号煤煤层气成分以  $\text{CH}_4$  为主,其次为  $\text{CO}_2$  及  $\text{N}_2$ ,少量孔含有重烃。其中  $\text{CH}_4$  浓度  $5.39\% \sim 98.87\%$ ,平均  $71.13\%$ ;  $\text{CO}_2$  浓度  $0.36\% \sim 86.72\%$ ,平均  $20.23\%$ (见表 2)。煤层气成分总的变化趋势为,随煤层埋深的加大, $\text{CH}_4$  浓度逐渐增高。但平面上存在显著的不均一性。

## 4 煤层气含量的控制影响因素

煤层气含量的大小受多种因素的综合控制。本研究区断裂构造较发育,含煤地层受多层厚度不等的岩浆岩侵入破坏,煤的变质程度高,因此引起本区煤层甲烷含量在平面及剖面上分布的不均一性。

### 4.1 煤层厚度

从生气源的角度分析,煤层越厚生气量越大。煤形成以后至今,经过漫长的历史时期,在其它地质条件相同条件下,一般煤层气储层厚度越大,煤层气储层含气量越高,反之则越低。本区羊渠河矿一坑开采的实际资料也表明,二号煤层分层为顶大煤和底大煤两层的瓦斯涌出量要比不分层时小三分之一到二分之一。

表 1 研究区煤层埋藏史和热演化史恢复结果

Tab. 1 Restoration results of the burial history and thermal history about study area coal bed

埋藏阶段	地质时代	构造期	埋深/m	地温梯度 $/(\text{C} \cdot \text{hm}^{-1})$	受热温度/ $^{\circ}\text{C}$	$R_{o_{\max}}/\%$
第五阶段	N-Q	喜马拉雅期	700	3	41	2.25
第四阶段	E		600	3	38	2.25
第三阶段	K	燕山期	1 100	8	108	2.25
	J		2 000	8	180	1.79
第二阶段	T	印支期	2 080	3	100.4	0.68
第一阶段	$P_1 - P_2$	海西期	880	3	46.4	0.41

表2 峰峰东部矿区2号煤钻孔实测煤层气统计表  
Tab.2 Drilling measurement tables of the No. 2 coal in eastern Fengfeng

采样地点	煤层	深度/m	样数	CH <sub>4</sub> 含量 /%	CO <sub>2</sub> 含量 /%	N <sub>2</sub> 含量 /%	重烃含量 /%	CH <sub>4</sub> 含量 >80%样数	
大淑村	2	528.27~672.65	9	50.92~97.57	0.36~6.85	2.07~25.57		6	
	4		45.05~93.75	1.29~7.38	3.81~43.05		3		
	6		29.16~96.73	1.09~11.81	2.18~44.35		6		
淑1井	2	574.86~579.11	1	97.71		2.05			
	4	648.06	1	78.89	1.09	20.02			
羊东井田	2	386.00~1252.07	32	11.08~96.01	0.68~86.72	0~21.74	0~21.6	12	
	4		504.00~1127.10	22	4.42~87.03	1.03~84.96	2.08~48.03	0~7.94	2
	6		541.00~1160.32	20	15.77~82.26	2.20~49.71	4.30~46.31	0~25.36	2
	7		680.00~845.00	3	48.65~76.85	7.76~50.40	0.96~15.83		
	9		678.50~1215.47	9	4.90~76.85	17.26~70.07	4.48~30.55	0~6.68	
九龙口	2	480.3~551.20	5	5.39~98.87	0.41~16.38	0.72~90.22		3	
	4		713.9	1	60.13	1.17	38.70		
	9		545.7	1	5.18	32.78	62.04		
梧桐庄	2	657.72~794.56	4	3.32~95.93	2.92~41.83	0.19~96.23		1	
	4			1	66.75	18.73	14.52		

4.2 岩浆活动与煤的变质程度

煤的变质程度对煤层甲烷的生成、煤的孔隙性、吸附能力等都起到了较大的控制作用。在同等条件下,一般随煤变质程度的增高,甲烷生成量逐渐增加;煤吸附甲烷的能力也不断加大;煤层甲烷含量也逐渐增高。但煤变质程度达到超无烟煤阶段时,煤层气的含量反而会减少<sup>[3,4]</sup>。本区由于受燕山运动岩浆侵入的影响,导致煤层的变质程度在区域深成变质作用的基础上又叠加了岩浆热变质作用。总体来看,在平面上区内呈现煤级明显分带,由南向北煤级逐渐增高,依次出现肥煤—焦煤—瘦煤—贫煤—无烟煤,呈NW~SE向条带状展布,在靠近岩体附近煤变质程度显著增高,可达无烟煤,局部变成天然焦。2号煤由南向北镜质组最大反射率( $R_{max}$ )的范围为0.9%~10.302%;挥发分为29.695%~6.93%;固定碳含量为56.28%~77.28%。形成煤层气赋存的明显分区性(图1、图2)。

4.3 地质构造作用

研究区其构造演化与华北板块构造演化相关联,亦经历了多期的构造变动,形成不同构造组合特征的构造格架,在断层发育的地区,断层破坏了地层原有的平衡条件,一般来讲,压性构造对煤层气有聚集作用,而张性构造对煤层气的保存不利,地堑型构造比地垒型构造煤层气保存条件好<sup>[5]</sup>。

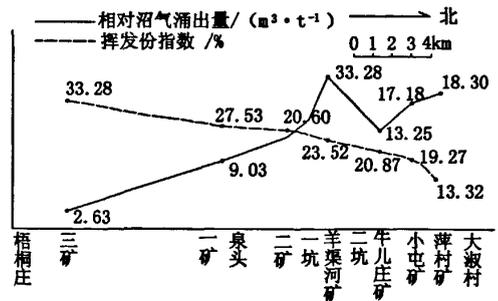


图1 峰峰东部矿区煤变质程度与生产矿井瓦斯涌出量关系  
Fig.1 Relationship between production of coal metamorphism degree and coal mine gas emission about the No.2 coal in eastern Fengfeng

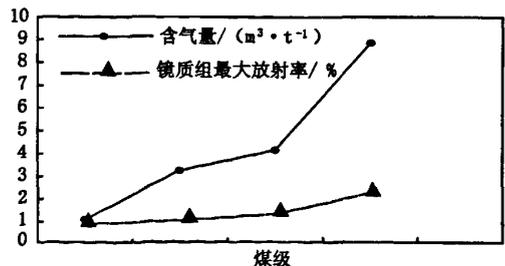


图2 峰峰东部矿区煤级与含气量关系图  
Fig.2 Relationship between coal rank and the gas content about the coal in eastern Fengfeng

研究区煤层埋深大,构造以断裂和断块组合为主,断块四周被断层所围限,周边断层大都表现为正

断层性质,断块内部构造相对简单。一般在周边断层附近,煤层气沿断层逸散,含气量较低;在断块中部,煤层气保存条件较好,含气量相对较高,随埋深的加大含气量稳步增高。例如,羊东井田位于  $F_1$  与  $F_{10}$  断层所围限的断块中,山西组 2 号煤层的甲烷含量在中部 1303 孔为  $12.3\text{m}^3/\text{t}$ ,而在断层附近(上盘)的 1204 孔和断层分叉处 1109 孔均低于  $4\text{m}^3/\text{t}$ 。

#### 4.4 埋深与盖层条件

通过对本区地质发展史及煤层含气量与构造、煤层埋深等的关系分析,在同一断块内含气量随埋藏深度增加而增高,但这种增高趋势并非线性变化,基本符合朗格缪尔吸附定律<sup>[6]</sup>。在浅部,随煤层埋深的增加煤层含气量增高很快,达到一定深度后,随埋深的增加煤层含气量增高变小,而当到达 1 200m 深度后,煤层含气量随深度的增加就变得非常缓慢(图 3)。随着开采深度的加大,瓦斯递增率呈减小趋势。

封盖层对于煤层气的保存与富集具有十分重要的作用,特别是煤层的直接顶底板,它们对煤层气的封存起决定性的作用<sup>[7]</sup>。峰峰东部矿区 2 号煤层的直接顶底板以砂质泥岩、粉砂岩为主。泥岩、砂质泥岩及粉砂岩致密,封盖性能强,有利于煤层气的保存。因此,研究区山西组煤层气的保存条件比较好,煤层气含量较高。

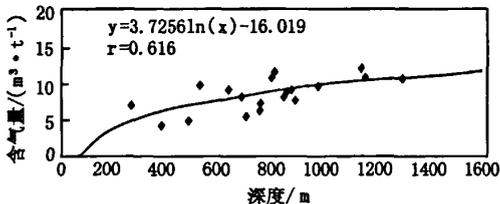


图3 峰峰东部矿区2号煤埋藏深度与含气量关系曲线

Fig.3 Relationship between the gas content and burial depth about the No. 2 coal in eastern Fengfeng

#### 4.5 水文地质作用

水文地质控气作用主要有:①水力运移逸散作用;②水力封闭作用;③水力封堵作用。其中,第1种作用导致煤层气运移、散失,后两种作用则有利于煤层气保存、富集<sup>[8]</sup>。

峰峰矿区为一伸展断块构造,张性断层发育。对煤层气的作用主要是散逸作用。地下水流动方向与断裂平行或近近平行,形成了地下水的强径流带。煤系地层与下伏中奥陶系灰岩含水层之间

存在水力联系。随着储层压力降低,导致煤层吸附气解吸,并随强烈的地下水径流发生运移地下水径流或含水层遇巨大隔水断裂阻隔时,地下水上升流出地面,携带煤层气逸散,造成地下水补给区至隔水断裂之间地带煤层的含气量降低。如峰峰东部矿区黑龙洞一带煤层气含气量较低。

## 5 结论

1)研究区受构造运动及岩浆活动的影响,经历二次生气阶段,海西至印支期的地壳持续下降,煤层埋深较大,以区域深成变质作用为主,煤中有机质在深成变质作用下发生一次生气。燕山期的岩浆活动,促使该区的煤层进一步变质及煤层气第二次生成,然而二次生气强度在空间上的分布也具有较大的非均一性,表现为现今煤级越高,二次煤化作用越强,二次生气作用的强度越大,二次生气作用的这一特征与本区的煤层含气量的现代分布格局基本一致。

2)研究区煤层气含量受多种因素的综合控制。煤储层顶底板岩性、分布特征、地质构造、岩浆侵入及水文地质条件等都影响到煤层气含量;特别是断裂构造的发育,含煤地层受多层厚度不等的岩浆岩侵入破坏,煤的变质程度增高,引起本区煤层甲烷含量在平面及剖面上分布的不均一性。

#### 参考文献:

- [1] 田乾乾,黄健,良牛欢,等.煤层气的赋存特征及其控制因素[J].煤矿现代化,2009(4):78-79.
- [2] 杨永辰,尹博,高永格,等.综放面煤层自然发火区域划分的理论研究[J].河北工程大学学报(自然科学版),2009,26(4):76-79.
- [3] 方爱民,侯泉林,雷家锦,等.煤的变质作用对煤层气赋存和富集的控制—以沁水盆地为例[J].高校地质学报,2003,9(3):378-383.
- [4] 赵俊楼,张香玲,张立华,等.煤巷锚网索支护矿压显现规律数值模拟研究[J].河北工程大学学报(自然科学版),2009,26(4):80-82.
- [5] 胡忠亚,孙娇鹏,郭炜,等.构造运动对煤储层控气性影响[J].科技创新导报,2009(22):123.
- [6] 吴晓东,张迎春,李安启.煤层气单井开采数值模拟的研究[J].石油大学学报(自然科学版),2000,24(2):47-53.
- [7] 桑树勋,范炳恒,秦勇,等.煤层气的封存与富集条件[J].石油与天然气地质,1999,20(2):104-107.
- [8] 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,2001,26(5):63-67.

(责任编辑 马立)