

文章编号: 1673- 9469(2010) 04- 0052- 03

# 乡宁矿区煤储层地质特征研究

朱建刚<sup>1</sup>, 郑柏平<sup>2</sup>, 刘占勇<sup>2</sup>

(1. 河北工程大学 资源学院, 河北 邯郸 056038; 2. 中国煤田地质总局 第一勘探局, 河北 邯郸 056004)

**摘要:** 煤层气富集成藏受煤储层地质特征的制约。通过对大量实验测试数据的分析与对比, 研究了乡宁矿区煤层气成藏基础地质特征, 主要包括煤储层发育特征、煤岩学特征、煤化学与工艺特征及煤级与煤相特征等。结果表明, 本区主要煤层煤空间展布稳定、累计厚度大、煤质好、热演化程度高, 具备煤层气成藏的基础条件。

**关键词:** 煤层气; 煤储层; 地质特征; 乡宁矿区

中图分类号: P618. 11

文献标识码: A

## Geological characteristics of CBM reservoir in the Xiangning mining area

ZHU Jian-gang<sup>1</sup>, ZHENG Bai-ping<sup>2</sup>, LIU Zhan-yong<sup>2</sup>

(1 College of Nature Resource, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China; 2 The First Exploration Bureau, CNACC, Hebei Handan 056004, China)

**Abstract:** Coalbed methane(CBM) reservoirs is greatly affected by geological characteristics of coal seams. Based on analysis of a large number of experimental test's data, we study the geological properties of coal reservoir which include 3D of coal seams, coal petrology, coal chemistry, coal's process feature, coal rank and coal facies, *et al.* The results showed that the key coal seams are stable spatial distribution, the cumulative thickness is huge, coal quality is good and has a high degree of thermal evolution. It has a very good basic conditions for coalbed methane reservoir.

**Key words:** coalbed methane(CBM); coal reservoir; geologic feature; Xiangning mining area

煤层气是否具有开发价值主要取决于煤储层的地质特征、煤储层围岩物性特征及控气地质因素等<sup>[1-3]</sup>, 其中煤储层的地质特征是控制煤层气资源的物质基础<sup>[4-6]</sup>。煤储层地质特征主要包括煤储层的层数与厚度、空间展布、岩石学特征、化学工艺特征、煤级、煤类以及煤相特征等。作者在对乡宁矿区煤层气藏特征分析时, 首先对本区煤储层的地质特征进行了研究。

### 1 煤储层发育特征

#### 1.1 含煤性

研究区为华北型石炭二叠系含煤地层, 煤系地层总厚 91. 25~ 152. 08m, 平均 120. 91m, 含煤 5~ 11 层, 煤层总厚平均 9. 73m, 含煤系数为

8. 05%。其中本溪组平均厚度 8. 72m, 含煤 1 层(12<sup>#</sup>煤层), 含煤系数 1. 83%。12<sup>#</sup>煤层厚度 0~ 1. 50m, 平均厚度 0. 16m, 为偶见可采点的不稳定煤层。太原组平均厚度 54. 66m, 含煤 3~ 7 层, 煤层平均总厚 3. 49m, 含煤系数 6. 38%。山西组平均厚度 57. 53m, 含煤 3~ 5 层, 煤层平均厚度 6. 08m, 含煤系数 10. 57%。

#### 1.2 可采煤层特征

本区主要可采煤层为 2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup> 和 10<sup>#</sup> 煤层(图 1), 1<sup>#</sup> 煤层为局部可采煤层, 2<sup>#</sup> 煤层位于山西组下部, 层位稳定, 煤层厚度 2. 09~ 6. 23m, 平均厚度 4. 10m, 可采系数 100%, 煤层厚度变异系数 27. 5%, 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<sup>#</sup> 煤层为薄煤层, 与

收稿日期: 2010- 09- 20

基金项目: 河北省自然科学基金(D2009000833)

特约专稿

作者简介: 朱建刚(1984- ), 男, 河南南阳人, 硕士研究生, 从事煤地质学研究。

2<sup>#</sup> 煤层的间距较小,厚度变化不大,仅局部出现不可采点。10<sup>#</sup> 煤层位于太原组下部,上距3<sup>#</sup> 煤层36.13~52.18m,平均间距44.89m,煤层厚度1.22~4.50m,平均厚度2.77m。煤层偶含夹矸1层,岩性为泥岩,可采系数100%,煤层厚度变异系数24.4%,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。

组	厚度(m)	岩层编号	柱状	岩性描述
山西组 P <sub>1s</sub>	47.65 ? 71.20	0 <sup>#</sup>		灰、灰黑色粉砂岩、泥岩、砂岩夹煤层2~4层。其中2 <sup>#</sup> 煤层区域性可采。
		1 <sup>#</sup>		
		2 <sup>#</sup>		
		3 <sup>#</sup>		
太原组 C <sub>2s</sub>	28.79 ? 105.44	4 <sup>#</sup>		由灰、深灰色粉砂岩、石灰岩、泥岩,浅灰色细砂岩及煤层组成。
		7 <sup>#</sup>		
		L <sub>4</sub>		
		L <sub>2</sub>		
		10 <sup>#</sup>		
本溪组 C <sub>2b</sub>	1.50 ? 19.60	12 <sup>#</sup>		泥岩、粉砂岩、砂岩及薄煤层。底部为灰色和紫红色铁铝质泥岩。
		13 <sup>#</sup>		

图1 含煤岩系地层柱状图

Fig.1 Stratigraphic column of coal bearing strata in the Xiangning mining area

## 2 岩石学特征

### 2.1 宏观煤岩类型

研究区各煤层宏观煤岩类型以半亮型煤为主,个别点为半暗型煤。宏观煤岩成分大部以亮煤为主,含少量镜煤,少见暗煤及丝炭,镜煤一般呈条带状分布。宏观煤岩类型水平方向及垂向变化不大。

### 2.2 显微煤岩组分及显微煤岩类型

2<sup>#</sup> 煤镜质组含量在66.5%~88.7%间,平均为78.8%,惰质组含量为11.3%~33.5%,平均为21.1%。3<sup>#</sup> 煤镜质组含量为69.9%~90.2%,平均为82.1%,惰质组含量一般在9.8%~30.1%间,平均为18.0%。10<sup>#</sup> 煤层镜质组含量为77.5%~87.8%,平均为82.8%,惰质组含量为12.2%~22.5%,平均为17.2%(图2)。2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup> 煤层镜质组均以基质镜质体为主,次为均质镜质体,有少量的

碎屑体。惰质组中的半丝质体多于丝质体含量,呈过渡型。丝炭胞壁膨胀,胞腔内充有粘土颗粒,有个别的火焚丝质体和丝炭碎屑体。10<sup>#</sup> 煤层镜质组成分主要以均质镜质体为主,基质镜质体次之,有条带状,还有少量碎屑体。丝质体含量较上部各煤层少,常为氧化丝质体,呈透镜状,碎屑状,层状等,有个别的火焚丝质体。

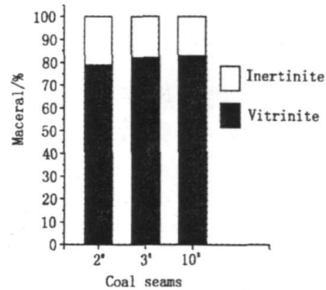


图2 主要可采煤层显微组分含量

Fig.2 Petrographic composition of the main coal seams

## 3 化学与工艺特征

### 3.1 煤的化学性质

水分(M<sub>ad</sub>)。三个主要可采煤层的水分差别不大。2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>和10<sup>#</sup>煤层的原煤平均水分(M<sub>ad</sub>)分别为0.64%、0.55%和0.54%,而浮煤平均水分(M<sub>af</sub>)则分别为0.51%、0.51%和0.40%(图3)。

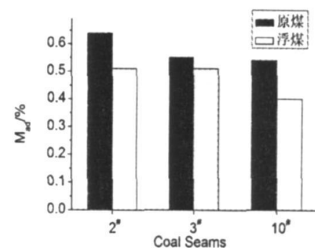


图3 主煤层水分含量

Fig.3 Moisture content (M<sub>ad</sub>) of the main coal seams

灰分(A<sub>d</sub>)。2<sup>#</sup> 煤层的原煤干燥基灰分平均值为18.20%,属低~中灰煤,在研究区总体上呈北高南低的趋势。3<sup>#</sup> 煤层的原煤干燥基平均值为20.19%,属特低~中灰煤。10<sup>#</sup> 煤层的原煤干燥基灰分平均值为16.47%,较2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup> 煤层略低,属特低~中灰煤。浮煤灰分按分选密度1.40计,各煤层灰分大部分小于10%。(图4)。

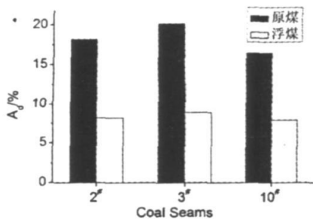


图4 主煤层灰分含量

Fig. 4. Ash content ( $A_d$ ) of the main coal seams

挥发分。各煤层原煤挥发分变化不大,为 17.65% ~ 14.37%, 浮煤挥发分 13.70% ~ 13.03%, 均为低挥发分煤(图 5)。

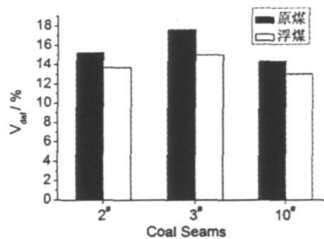


图5 研究区主煤层挥发份含量

Fig. 5 Volatile matter content ( $V_{daf}$ ) of the main coal seams

硫分。原煤全硫( $S_{td}$ )含量自上而下逐渐增高(图 6)。

2# 煤层原煤全硫含量平均 0.73%。属特低硫~中硫煤。3# 煤层原煤全硫含量 0.38% ~ 3.01%, 平均 1.46%, 属特低硫~中高硫煤。10# 煤层原煤全硫 1.04% ~ 7.42%, 平均 3.61%; 变化较大, 以中高硫~高硫煤为主。

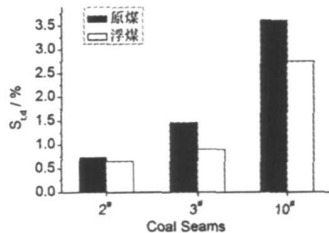


图6 研究区主煤层硫份含量

Fig. 6 Sulfur content ( $S_{td}$ ) the main coal seams

各煤层成分硫测定结果显示, 各煤层硫酸盐硫含量不高。原煤全硫含量较低的点, 有机硫含量较高; 原煤全硫含量较高的点, 硫铁矿硫含量较高。原煤经洗选后, 全硫含量大部分有所降低, 其中以 10# 煤层下降幅度最大。而且, 硫铁矿硫含量越高, 浮煤全硫含量较原煤下降幅度越大; 有机硫

含量越高, 浮煤全硫含量较原煤下降幅度越小, 有的还有所增高。

有害元素与微量元素。对三个主要煤层中的磷、氯、砷、氟等有害元素的分析表明, 其均在安全范围之内。煤层中微量元素锆、镓、铀、钍、钒含量较低, 低于可回收利用的最低工业品位标准。

### 3.2 煤的工艺性能

2#、3#、10# 煤层原煤发热量平均值为 28.183~29.374 MJ/kg; 浮煤干燥基高位发热量平均值为 32.870~33.157 MJ/kg。均为高热值煤。煤层粘结指数较低, 最低为 0, 最高为 17, 粘结性较低或不具粘结性, 属贫瘦煤、贫煤范畴。煤灰结渣对煤炭气化生产或锅炉燃烧产生不利影响。试验结果表明, 2#、3#、10# 煤层均属弱结渣性煤。2#、3#、10# 煤层热稳定性  $TS_{+6} > 0\%$ , 属高热稳定性煤。煤灰成分以  $SiO_2$  (44.94%~48.04%) 和  $Al_2O_3$  (30.48%~32.32%) 为主, 其次为  $Fe_2O_3$  (6.26%~10.69%), 其他组分相对较低。

### 4 煤级与煤相

按现行我国煤炭分类方案, 分类指标主要依据浮煤干燥无灰基挥发分和胶质层厚度, 参考粘结指数、镜煤最大反射率和显微硬度等几项指标。各主要煤层均为贫煤(PM)、贫瘦煤(PS), 以贫煤为主, 个别见煤点为贫瘦煤, 垂向上煤类变化规律不明显。

对 1#、2#、3#、7#、12# 等煤层 20 多个样品的镜质组最大反射率的测试结果表明: 各煤层的镜质组最大反射率变化不大,  $R_{0,max}$  (%) 在 2.20 至 2.50 之间(图 7)。

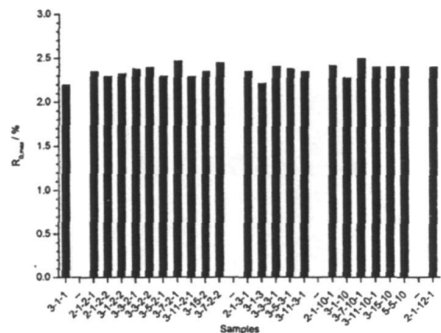
图7 乡宁地区煤岩 $R_{0,max}$ 变化情况

Fig. 7 Vitrinite reflectance (%) of the coal samples

$$\begin{cases} V = \frac{dS}{d\phi} = \frac{v}{h/\varphi_h} = -\frac{\varphi_h}{h} \sum_{j=1}^n \\ j [a_j \sin(j\varphi) - b_j \cos(j\varphi)] \\ A = \frac{d^2 S}{d\phi^2} = \frac{a}{h/\varphi_h^2} = -\frac{\varphi_h^2}{h} \sum_{j=1}^n \\ j^2 [a_j \cos(j\varphi) + b_j \sin(j\varphi)] \\ J = \frac{d^3 S}{d\phi^3} = \frac{j}{h/\varphi_h^3} = \frac{\varphi_h^3}{h} \sum_{j=1}^n \\ j^3 [a_j \sin(j\varphi) - b_j \cos(j\varphi)] \end{cases} \quad (7)$$

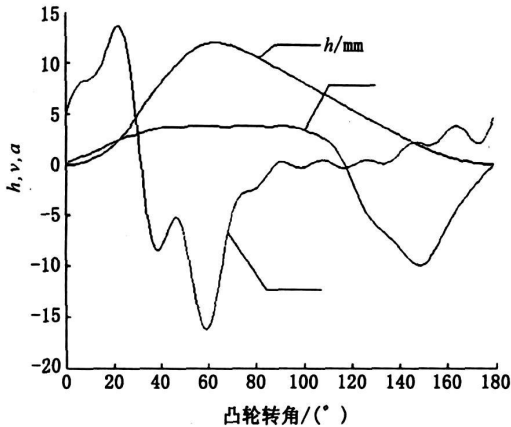


图3 凸轮型线性能分析图

Fig. 3 Performance of analysis cam profile fitting

利用MATLAB软件对位移 $h$ 、速度 $v$ 、加速度 $a$ 的变化规律进行拟合,由图3可以看出,当凸轮参照转速为1500rpm、凸轮转角为 $33^\circ$ 时,速度达到最大值;在上升期,等速度区段较大,即凸轮工作段比较大,此时,速度上升比较平稳,循环喷油量比较稳定,同时加速度最大值也在一定的范围之

内;在下降期加速度变化较小,从动件运行平稳、冲击小。

## 4 结论

1) N次谐波法对凸轮型线所规定的速度和加速度实现了定量控制,可以计算出准确的谐波函数供油凸轮型线。

2) 凸轮升程表的间隔角度影响着N的取值,拟合过程中N的取值受限是造成截断误差的主要原因,因此可以适当地增大N值来获得较高的拟合精度。

3) MATLAB软件编程实现了凸轮型线拟合,可以直观的看出凸轮机构运动规律和特性,从而为凸轮优化提供了理论依据。

## 参考文献:

- [1] 李友锋. N次谐波法拟合供油凸轮型线的讨论[J]. 内燃机车, 2006(4): 15-17.
- [2] 缪雪龙, 张毅华. 数值计算在凸轮型线分析中的应用[J]. 内燃机燃油喷射和控制, 2000(1): 17-18.
- [3] 吴勤. 喷油泵凸轮型线的拟合[J]. 拖拉机与农用运输车, 2001(3): 26-27.
- [4] 严国建, 刘永长, 胡继泽. 谐波函数供油凸轮速度特性的研究[J]. 内燃机学报, 1992(1): 36-40.
- [5] 石永刚, 吴洋芳. 凸轮机构设计与应用创新[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [6] 杨东明. 凸轮机构反求设计、误差分析与检测方法的研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2002.
- [7] 葛正浩, 丁英杰, 徐峰. 平面凸轮精密测量及运动规律反求设计新方法[J]. 机械设计与研究, 2008(1): 32-35.

(责任编辑 马立)

(上接第54页)

## 5 结论

乡宁矿区煤储层基础地质条件较好,具体表现为主要煤层空间展布均匀、累计厚度大、煤质好、煤级高,有利于煤层气生成。

## 参考文献:

- [1] IU D M, YAO Y B, TANG D Z, et al. Coal reservoir characteristics and coalbed methane resource assessment in Huanan and Huabei coalfields, Southern North China [J]. International Journal of Coal Geology, 2009, 79: 97-112.
- [2] ANG S H, WANG Y B, ZHANG D H. A comprehensive appraisal on the characteristics of coal-bed methane reservoir in Turpan-Hami basin [J]. Journal of China University of

Mining & Technology, 2007, 17(4): 0521-0525.

- [3] COTT A R. Hydrogeologic factors affecting gas content distribution in coal beds [J]. International Journal of Coal Geology, 2002, 50: 363-387.
- [4] ARETH R L CHALMERS, BUSTIN R M. On the effects of petrographic composition on coalbed methane sorption [J]. International Journal of Coal Geology, 2007, 69: 288-304.
- [5] USTIN R M, CLARKSON C R. Geological controls on coalbed methane reservoir capacity and gas content [J]. International Journal of Coal Geology, 1998, 38: 3-26.
- [6] AMBERSON M N, BUSTIN R M. Coalbed methane characteristics of the Gates Formation coals, northeastern British Columbia: effect of maceral composition [J]. American association of petroleum geologists bulletin, 1993, 77: 2062-2076.

(责任编辑 马立)