

文章编号: 0253 - 9993(2010)09 - 1506 - 06

## 煤变质作用对煤储层孔隙系统发育的影响

赵兴龙<sup>1,2</sup>, 汤达祯<sup>1,2</sup>, 许浩<sup>1,2</sup>, 陶树<sup>1,2</sup>, 陈贞龙<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质大学(北京) 油气沉积地质教育部创新团队, 北京 100083; 2. 中国地质大学(北京) 海相储层演化与油气富集机理教育部重点实验室 能源学院, 北京 100083)

**摘要:** 为了深入研究煤变质作用对煤储层孔隙系统发育特征的影响, 通过镜质组反射率测试、压汞实验和低温液氮吸附实验等手段, 探讨了 BET 比表面积与微孔体积的关系, 分析了煤变质程度对孔隙度、微孔体积及 BET 比表面积的影响。结果表明: 煤孔隙度随煤级的增高呈现高一低一高的变化规律, 在  $R_o$  值为 2.3% 左右时达到极小值; 微孔体积随煤级的升高亦呈现出高一低一高的变化规律; BET 比表面积随微孔体积的增加呈线性增加趋势, 并且随煤级的升高呈现高一低一高的变化规律, 在  $R_o$  值为 2.5% 时达到最小值。另外, 利用扫描电镜对部分沁水盆地高煤级样品进行观察, 发现热成因孔普遍分布, 这成为高煤级煤孔隙度和 BET 比表面积增大的重要原因。

**关键词:** 煤; 变质作用; 孔隙系统; 孔隙度; 微孔体积; 比表面积

**中图分类号:** P618.11 **文献标志码:** A

### Effect of coal metamorphic process on pore system of coal reservoirs

ZHAO Xing-long<sup>1,2</sup>, TANG Da-zhen<sup>1,2</sup>, XU Hao<sup>1,2</sup>, TAO Shu<sup>1,2</sup>, CHEN Zhen-long<sup>1,2</sup>

(1. Oil and Gas Sedimentary Geology Innovation Team of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. The Key Laboratory of Marine Reservoir Evolution and Hydrocarbon Accumulation Mechanism of Ministry of Education of China, School of Energy Resource, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** In order to research further the effect of coal metamorphic process on pore system of coal reservoirs, through vitrinite reflectance test, mercury intrusion experiment and low temperature liquid nitrogen adsorption experiment, the relationship between BET specific surface area and volume of micropore was investigated, and the effect of coal metamorphic process on porosity, volume of micropore and BET specific surface area was analyzed. The results show that the porosity values of coal samples present a trend of high-low-high variation along with the rising of coal rank, and attain the minimal value when  $R_o = 2.3\%$ ; the micropore volume of coal samples also presents a trend of high-low-high variation along with the rising of coal rank; the BET specific surface area of coal samples presents a linear increase along with the increasing of micropore volume, and presents a trend of high-low-high variation along with the rising of coal rank, and attains the minimal value when  $R_o = 2.5\%$ . Furthermore, utilize scanning electron microscope to observe some high rank coal samples of Qinshui basin, find that thermogenic pores are very widespread in those coal samples, and those thermogenic pores cause the porosity and BET specific surface area of high rank coal enlarged.

**Key words:** coal; metamorphic process; pore system; porosity; micropore volume; specific surface area

煤中孔隙系统的发育特征对煤储层的吸附性和渗透性有着重要的控制作用, 对煤层气的开采有很大影响, 因此在煤层气勘探过程中对煤储层孔隙系统发育特征的研究就显得至关重要。目前, 对煤储层孔隙系统发育特征影响因素的研究主要有 3 方面: ① 煤

的变质作用程度; ② 煤中的显微组分及其组成; ③ 煤中的灰分及矿物赋存特征。其中, 煤的变质作用对煤储层孔隙系统发育的影响在以往的研究成果中比较多, 在某些方面达成了一致, 但在一些方面仍存在较大争议。例如, 许多学者在煤变质作用程度对煤中

孔隙度的控制作用上一致认为: 随着煤级的升高, 煤的孔隙度呈现高一低一高的变化规律<sup>[1-2]</sup>; 在煤的变质作用程度对煤吸附性的影响方面存在不同的认识<sup>[3-5]</sup>。张群等(1999)在平衡水条件下对煤的吸附能力和煤变质程度之间的关系进行了研究, 认为在 $R_o$ 为0.54%~4.25%时, 煤的吸附能力随煤级增高呈增高的趋势<sup>[3]</sup>, 而Laxminarayana等(2002)则认为二者是一个“U”型的关系<sup>[4]</sup>, 即在中挥发分烟煤阶段, 煤的吸附能力取得极小值, 苏现波等(2005)研究认为随煤阶的增高煤的吸附能力先后经历了4个阶段: 快速增加阶段( $R_o < 1.3\%$ )、缓慢增加阶段( $R_o$ 介于1.3%~2.5%)、达到极大值阶段( $R_o$ 介于2.5%~4.0%)和降低阶段( $R_o > 4.0\%$ )<sup>[5]</sup>。

虽然以往在煤变质程度对煤储层孔隙系统发育的影响作用方面取得了丰富的研究成果, 但是大部分

是对煤级与孔隙度、煤级与吸附能力之间关系的研究, 关于煤变质作用程度对微孔体积及孔比表面积影响的研究却比较少。另外, 针对微孔体积与比表面积关系的研究成果也较为鲜见。本文将着重对这些方面进行研究。

## 1 样品采集与实验测试

### 1.1 样品采集

样品主要采集于沁水盆地和鄂尔多斯盆地东缘, 在井下按煤岩类型进行采集, 包括沁水盆地的晋城-阳城矿区、潞安矿区、阳泉-寿阳矿区和沁源矿区; 鄂尔多斯盆地东缘的韩城矿区、澄合矿区、蒲城矿区、柳林矿区、河曲矿区、保德矿区和府谷矿区。样品总计57块, 包括沁水盆地的高煤阶样品15块和鄂尔多斯盆地东缘的中、低煤阶样品42块(表1)。

表1 煤样产出及测试信息  
Table 1 Coal samples' information of output and tests

样号	采样地点	煤层号	层组	镜质组反射率/%	孔隙度/%	微孔体积/ ( $\mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1}$ )	BET比表面积/ ( $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ )
1				3.00	4.6	0.10	0.040
2	阳泉一矿	15	太原组	2.92	5.8	0.25	0.179
3	阳泉石店	15	太原组	1.70	1.1	0.29	0.404
4	寿阳开元	3	山西组	2.70	2.7	0.06	0.528
5	寿阳段王	15	太原组	2.14	1.0	0.13	0.286
6	左权	3	山西组	3.35	2.2	0.20	0.049
7	沁源沁新	3	山西组	1.66	1.3	0.02	0.367
8				1.96	5.1	0.01	0.173
9	长治常村	3	山西组	2.21	5.5	0.09	0.152
10				2.12	3.9	0.18	0.145
11	长治经坊	3	山西组	1.79	5.9	0.37	0.249
12				1.93	2.3	0.49	0.614
13	长治王庄	3	山西组	1.79	3.6	0.53	0.271
14	晋城寺河	3	山西组	3.43	7.6	0.26	0.192
15				3.20	1.5	0.75	0.507
16				0.79	6.8	4.29	2.869
17	保德王家焉矿	13	太原组	0.65	7.8	6.19	1.495
18				0.75	4.2	3.92	2.412
19				0.72	6.7	2.65	3.676
20				0.72	4.6	1.50	0.913
21	保德细线矿	8	山西组	0.71	5.3	4.79	3.276
22				0.74	4.8	0.69	0.619
23	府谷	2	山西组	0.72	5.8	4.77	1.369
24	府谷	5	太原组	0.74	8.3	2.28	4.597
25				0.72	8.5	6.25	4.572
26	河曲火山村矿	8	山西组	0.60	7.1	5.63	4.141
27				0.72	5.4	10.61	9.115
28				0.62	5.7	8.66	5.283
29				0.60	7.2	11.26	6.453
30				0.76	3.9	9.24	7.472
31	河曲刘家塔矿	13	太原组	0.68	7.5	8.19	5.450
32				0.74	6.0	7.57	5.159
33				0.76	4.6	8.47	4.617

续表

样号	采样地点	煤层号	层组	镜质组反射率/%	孔隙度/%	微孔体积/ ( $\mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1}$ )	BET 比表面积/ ( $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ )
34	蒲城金宇矿	5	山西组	1.55	3.2	0.33	0.656
35				1.55	4.8	0.40	0.729
36				1.57	4.5	0.21	0.392
37				1.56	4.2	0.80	1.161
38	澄合权家河矿	5	山西组	1.57	4.5	0.57	0.400
39				1.60	4.5	2.58	1.550
40				1.60	3.9	0.47	0.305
41				1.86	4.0	1.25	0.863
42	韩城桑树坪矿	11	太原组	1.79	2.5	0.48	1.305
43				1.77	2.9	0.10	0.285
44				1.83	2.9	0.15	0.350
45				1.83	3.3	0.25	0.655
46	澄合王村矿	5	山西组	1.76	6.9	0.31	0.557
47	韩城象山矿	3	山西组	1.81	4.9	0.04	0.200
48				1.90	4.9	0.15	0.256
49				1.90	5.2	0.81	1.706
50				1.88	4.2	0.21	0.384
51	韩城下峪口矿	2	山西组	1.76	4.3	0.02	0.183
52				1.80	5.1	0.31	0.462
53				1.83	4.8	0.29	0.738
54				1.78	4.0	0.42	0.605
55	3	3	山西组	1.74	3.4	0.10	0.303
56				1.78	4.6	0.07	0.193
57				1.84	3.7	0.33	0.608

## 1.2 实验测试

对采集的 57 块煤样分别进行镜质组反射率测定、压汞实验和低温液氮吸附实验,以得到各煤样的煤化作用程度、压汞孔隙度、BET 比表面积和微孔体积(低温液氮吸附实验测得)。

镜质组反射率测定采用德国 Leitz MPV-3 显微镜光度计,油浸 50 倍物镜,测得随机反射率  $R_o$  (%)。

样品的压汞测试采用 Micromeritics proesizer 9310 压汞仪,并且压汞样品制备时,尽量剔除了人工微裂隙和天然外生裂隙的影响。本次测试最大压力 200 MPa(测试范围:孔径大于 7.5 nm),汞压力  $P_{Hg}$  由小到大逐渐增大,在某一压力( $P_r$ )下,已注入的水银体积就是煤样中半径大于  $r$  的孔隙的总体积。煤的压汞毛细管压力曲线可以较好地描述孔隙直径大于 7.5 nm 的煤中孔隙的结构特征,反映样品中不同孔隙直径所对应的孔隙容积分布状况。压汞法测定的孔隙度是煤中直径大于 7.5 nm 的孔隙体积所占的比例,是煤的视孔隙度。

煤储层比表面积及孔径分布利用低温氮吸附仪(美国 Micromeritics ASAP2000 型)测定,采用容量法在 77.4 K 以下氮(99.99%)为吸附介质,在相对压力 0.01~1.00 之间测定吸附等温线。根据得到的吸附等温线,按朗格缪尔方程计算出比表面积,再利用

BJH 法计算孔径分布。测试孔径在 1~100 nm 之间,采用 SY/6154-1995 标准。

## 2 实验结果及讨论

经镜质组反射率测试得到该 57 块煤样的  $R_o$  值为 0.60%~3.43%,其中沁水盆地煤样的  $R_o$  值为 1.66%~3.43%;鄂尔多斯东缘北部保德、河曲、府谷、中部柳林、南部韩城、澄合、蒲县各矿煤样  $R_o$  值分别变化于 0.60%~0.79%,1.40%~1.57%,1.55%~1.90%。由压汞实验得到这些样品的孔隙度为 1.0%~8.5%,低温液氮吸附实验得到样品的 BET 比表面积和微孔体积分别为 0.040~9.115  $\text{m}^2/\text{g}$ ,10~11.26  $\mu\text{L}/\text{g}$ (表 1)。

### 2.1 煤变质程度与孔隙度的关系

通过研究得到的煤变质程度与孔隙度的关系与以往的研究结果基本一致,煤的孔隙度随煤级的升高呈现高一低一高的变化规律(图 1(a))。如图 1(a)所示,  $R_o$  值为 0.6%~2.3% 时,孔隙度随  $R_o$  值的增大而不断减小,而且减小速度逐渐变慢;在  $R_o$  值为 2.3% 左右时,孔隙度达到极小值;  $R_o$  值为 2.3%~3.43% 时,孔隙度随  $R_o$  值的增大有所增加。

Gan 等按成因将煤中孔隙划分为分子间孔、煤植

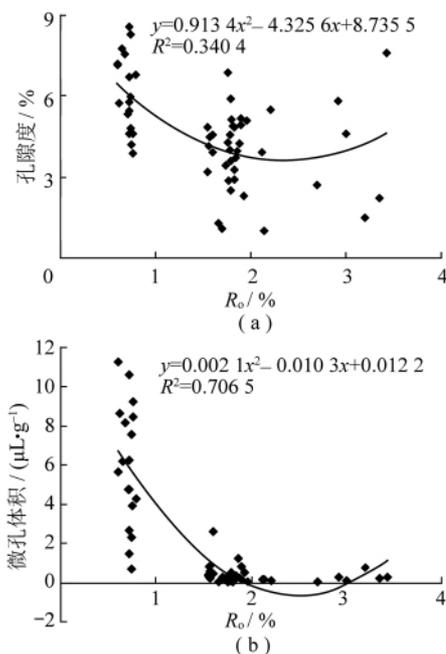


图 1 压汞孔隙度、微孔体积与煤级的关系

Fig. 1 The relationship between mercury injection porosity, volume of micropore and coal rank

体孔、热成因孔和裂缝孔(表 2)<sup>[6]</sup>。其中分子间孔和煤植体孔是原生孔隙,热成因孔和裂缝孔是次生孔隙。原生孔隙在褐煤及高挥发分烟煤阶段占煤中孔隙的最主要地位;随着煤级的增高,大量气体生成,从低挥发分烟煤到无烟煤,煤中的次生孔隙不断增加<sup>[7]</sup>。张慧<sup>[8]</sup>按成因将煤中孔隙划分为原生孔、变质孔、外生孔和矿物质孔。对沁水盆地高煤级样品进行扫描电镜观察,发现变质孔中的气孔,也就是 Gan 所提出的热成因孔在沁水盆地高煤级煤储层中普遍分布,热成因孔<sup>[9]</sup>的存在是煤在高变质阶段孔隙度有所增大的重要原因之一。

表 2 煤孔隙成因类型<sup>[6]</sup>

Table 2 Pore genetic types in coal

类型	简单描述
分子间孔	零点几纳米或几纳米
煤植体孔	源于植物母体,几微米到几百微米
热成因孔	与大量的气体生成有关,可达数十微米
裂缝孔	宽几微米,长可达数米

陈鹏的研究认为,褐煤有着最发达的孔结构,随着煤化程度的增高,孔隙率逐渐变低;到高变质煤阶段,孔隙率又开始增加。这主要是由于煤芳香片层的秩序性增加使孔隙增多<sup>[10]</sup>。

## 2.2 煤变质程度与煤中孔比表面积的关系

由于微孔体积是煤中孔比表面积的主要贡献者,研究过程中将以低温液氮吸附实验得到的微孔体积

为切入点,研究微孔体积与煤级的关系,在此基础上进一步探讨煤级与煤中孔比表面积的关系及其原因。

### 2.2.1 微孔体积与煤级的关系

笔者按照 Ходот<sup>[11]</sup>的孔隙结构分类方案,将煤中孔隙划分为大孔( $r > 1000 \text{ nm}$ )、中孔( $100 \text{ nm} < r < 1000 \text{ nm}$ )、小孔( $10 \text{ nm} < r < 100 \text{ nm}$ )和微孔( $r < 10 \text{ nm}$ ),其中  $r$  为孔隙直径。通过低温液氮吸附实验发现,由该实验测试得到的微孔体积随煤级的升高亦呈现出高一低一高的变化规律(图 1(b))。

陈鹏(2001)运用压汞法探讨了煤中的孔径分布与煤化程度的关系,测试的孔径范围  $2 \sim 100000 \text{ nm}$ ,孔隙类型也是按 Ходот 的方案进行划分。其研究发现,褐煤中不同级别孔隙的分布较为均匀;到长焰煤阶段,微孔显著增加,而大孔、中孔则明显减少。到中等煤化程度的烟煤阶段,其孔径分布以大孔和微孔占优势,而中孔比例较低。到高变质煤阶段如瘦煤、无烟煤,微孔占大多数,而孔径大于  $100 \text{ nm}$  的中孔、大孔仅约占总孔隙的  $10\%$ <sup>[10]</sup>。这只是说明微孔体积占总孔隙的百分比随煤级的升高整体上呈增加趋势,但不能说明微孔体积随煤级升高而不断增加,依据测试结果分析: $R_o$  值为  $0.6\% \sim 2.3\%$  时,随煤级的升高各孔径段孔隙体积均不断减少,只是大孔、中孔体积减小比较快,而微孔、小孔体积减小较慢,才使得微孔比例不断增大; $R_o$  值为  $2.3\% \sim 3.43\%$  时,纳米级热成因孔不断增加,使得微孔的体积不断增大,虽然在此过程中也有一定数量的微米级热成因孔和裂缝孔(大孔)产生,但可能数量有限,使得微孔比例进一步升高。

### 2.2.2 微孔体积与煤中孔比表面积的关系

对 57 个样品的微孔体积及 BET 比表面积进行比较之后得到 BET 比表面积与微孔体积之间呈正相关关系, BET 比表面积随微孔体积的增加呈线性增加趋势(图 2(a))。

### 2.2.3 煤级与煤中孔比表面积的关系

由于孔比表面积与微孔体积有很好的线性关系,而且微孔体积又随煤级升高呈现高一低一高的变化规律,那么孔 BET 比表面积随煤级升高必然也呈现高一低一高的变化规律(图 2(b))。研究发现:在中低煤级阶段,随着煤变质程度的增高,煤的比表面积逐渐降低;到无烟煤阶段,煤的比表面积又开始增加;比表面积的最小值位于  $R_o = 2.5\%$  左右时,烟煤与无烟煤的交界处。Bustin 等(1998)通过对一系列不同煤级和组成的加拿大煤和澳大利亚煤研究后也得到类似的结论,煤样的微孔孔容和表面积先减后增,在烟煤阶段出现最小值,同时指出微孔含量或比表面积

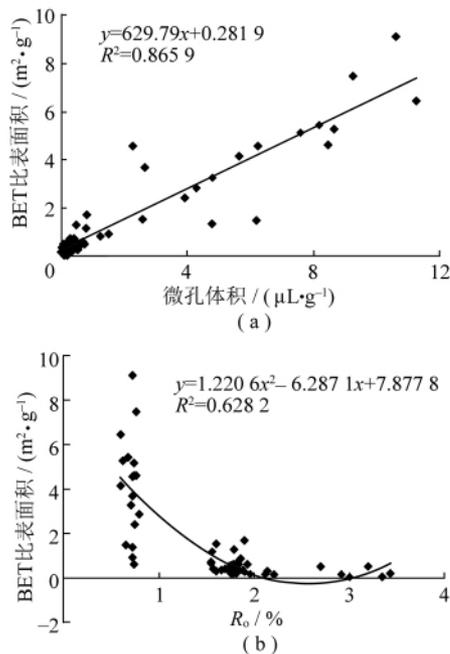


图 2 BET 比表面积与微孔体积、煤级的关系

Fig. 2 The relationship between volume of micropore, coal rank and BET specific surface area

较高的煤,具有较低的甲烷吸附容量<sup>[12]</sup>。但这种结果与以往研究成果有所矛盾。一般认为,随着煤级的升高,煤的吸附能力不断增加,那么其比表面积也应该升高<sup>[13-14]</sup>,但此次研究结果却不是如此。这就说明煤的吸附能力不仅受比表面积的影响,还受其他方面因素的控制,如煤中水分、煤化学成分和分子结构等。

苏现波(2005)<sup>[5]</sup>认为,煤变质作用对煤的吸附能力的影响实质存在 3 个方面:① 煤层气储存空间,即煤的基质孔隙和比表面积;② 影响煤的化学成分、分子结构,进而影响煤的亲甲烷能力;③ 影响平衡水分含量,从而影响煤层气赋存空间。那么这样看来比表面积只是影响了煤层气的吸附空间,煤的吸附能力远不是比表面积一方面能够控制的。那么,到底是何种因素主控着煤的吸附能力,或者说在不同阶段哪种因素对煤的吸附能力起主导作用,这些问题目前仍难以达成共识,不同学者有不同的见解。苏现波(2005)指出,在  $R_0 < 1.3\%$  时,煤的亲甲烷能力是控制吸附能力的主要因素,而  $R_0 > 1.3\%$  时孔隙度和比表面积是主要因素。张群等(1999)<sup>[3]</sup>指出,在平衡水分条件下煤的等温吸附特性主要受煤级影响,其次受煤中矿物和显微组分组成影响;煤的等温吸附特性随煤级和显微组分组成的不同而变化,主要是因为煤级和显微组分组成变化导致煤的分子结构、孔隙结构改变,以及液态烃的形成和裂解引起煤的比表面积、平衡水分和内表面物理化学活性产生差异。但张群

等(1999)并没有探讨在不同煤变质阶段,煤吸附能力的主要控制因素。姚艳斌(2007)<sup>[15]</sup>对华北重点矿区煤储层吸附特征及其影响因素进行了研究,指出影响华北地区煤储层吸附能力的主要因素有煤变质程度、煤岩组分、煤中元素组分等,其中煤变质程度对煤的吸附能力起控制作用,但也未探讨在不同煤变质阶段,煤吸附能力的主控因素。所以从目前的研究成果来看,不同煤变质阶段煤吸附能力的主控因素还需做进一步研究。

### 3 结 论

(1) 煤的孔隙度随煤级的升高呈现出高一低一高的变化规律。 $R_0$  值为  $0.6\% \sim 2.3\%$  时,孔隙度随  $R_0$  值的增大而不断减小,而且减小速度逐渐变慢;在  $R_0$  值为  $2.3\%$  左右时,孔隙度达到极小值;  $R_0$  值为  $2.3\% \sim 3.43\%$  时,孔隙度随  $R_0$  值的增大有所增加。低煤级时原生孔隙被迅速压实是初始阶段孔隙度急剧减小的原因,高煤级时热成因孔和裂缝孔的形成使孔隙度在不断减小之后有所增大。

(2) 由低温液氮吸附实验得到的微孔体积随煤级的升高亦呈现出高一低一高的变化规律。中、低煤级时大、中孔体积减小速度比微、小孔快,高煤级时纳米级热成因孔的大量生成使得微孔体积占总孔容的比例随煤级的升高不断增大。

(3) 煤中孔比表面积取决于微孔体积的大小, BET 比表面积随微孔体积的增大呈线性增加趋势。BET 比表面积随煤级升高呈现高一低一高的变化规律,在中低煤级阶段,随着煤变质程度的增高,煤的比表面积逐渐降低;到无烟煤阶段,热成因孔大量生成,煤的比表面积又开始增加。比表面积的最小值位于烟煤与无烟煤的交界处。

### 参考文献:

- [1] 张新民,张遂安,钟铃文. 中国的煤层甲烷[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1991.
- [2] 唐书恒,蔡超,朱宝存,等. 煤变质程度对煤储层物性的控制作用[J]. 天然气工业, 2008, 28(12): 31-33.  
Tang Shuheng, Cai Chao, Zhu Baocun, et al. Control effect of coal metamorphic degree on physical properties of coal reservoirs [J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(12): 31-33.
- [3] 张群,杨锡禄. 平衡水分条件下煤对甲烷的等温吸附特性研究[J]. 煤炭学报, 1999, 24(6): 566-570.  
Zhang Qun, Yang Xilu. Isothermal adsorption of coals on methane under equilibrium moisture [J]. Journal of China Coal Society, 1999, 24(6): 566-570.
- [4] Laxminarayana C, Crosdale P J. Role of coal type and rank on methane sorption characteristics of Bowen Basin, Australia coals [J]. In-

- ternational Journal of Coal Geology, 1999, 40: 309 - 325.
- [5] 苏现波, 张丽萍, 林晓英. 煤阶对煤的吸附能力的影响[J]. 天然气工业, 2005, 25(1): 19 - 21.  
Su Xianbo, Zhang Liping, Lin Xiaoying. Influence of coal rank on coal adsorption capacity [J]. Natural Gas Industry, 2005, 25(1): 19 - 21.
- [6] Gan H, Nandi S P, Walker P L. Nature of porosity in American coals [J]. Fuel, 1972, 51: 272 - 277.
- [7] 李旭. 不同变质程度煤比表面积与吸附特征关系的研究[D]. 沈阳: 煤炭科学研究总院沈阳研究院, 2007.  
Li Xu. Research on relationship specific surface area to adsorption feature of different rank coals [D]. Shenyang: Shenyang Branch of China Coal Research Institute, 2007.
- [8] 张慧. 煤孔隙的成因类型及其研究[J]. 煤炭学报, 2001, 26(1): 40 - 43.  
Zhang Hui. Genetical type of pores in coal reservoir and its research significance [J]. Journal of China Coal Society, 2001, 26(1): 40 - 43.
- [9] 韩德馨. 中国煤岩学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1996: 59.
- [10] 陈鹏. 中国煤炭性质、分类和利用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 81 - 83.
- [11] Ходот В В. 煤与瓦斯地质[M]. 宋士钊, 译. 北京: 中国工业出版社, 1966: 19 - 28.
- [12] Bustin R M, Clarkson C R. Geological controls on coalbed methane reservoir capacity and gas content [J]. International Journal of Coal Geology, 1998, 38(1-2): 3 - 26.
- [13] 钟玲文, 张慧, 贫争荣等. 煤的比表面积孔体积及其对吸附能力的影响[J]. 煤田地质与勘探, 2002, 30(3): 26 - 28.  
Zhong Lingwen, Zhang Hui, Yun Zhengrong, et al. Influence of specific pore area and pore volume of coal on adsorption capacity [J]. Coal Geology & Exploration, 2002, 30(3): 26 - 28.
- [14] 钟玲文. 煤的吸附性能及影响因素[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2004, 29(3): 327 - 332.  
Zhong Lingwen. Adsorptive capacity of coals and its affecting factors [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2004, 29(3): 327 - 332.
- [15] 姚艳斌, 刘大锰. 华北重点矿区煤储层吸附特征及其影响因素[J]. 中国矿业大学学报, 2007, 36(3): 308 - 314.  
Yao Yanbin, Liu Dameng. Adsorption characteristics of coal reservoirs in North China and its influencing factor [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2007, 36(3): 308 - 314.

## 2011年《JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING (CHINA)》(《煤炭学报》英文版) 征订启事

《JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING(CHINA)》是由中国煤炭学会主办的、向国内外公开发行的英文版煤炭科学技术方面的综合性学术刊物。主要刊载煤田地质与勘探、煤矿开采、矿山测量、矿井建设、煤矿安全、煤矿机械工程、煤矿电气工程、煤炭加工利用、煤矿环境保护等方面的科学研究成果论著和学术论文, 以及煤矿生产建设、企业管理经验的理论总结, 也刊载重要学术问题的讨论及国内外煤炭科学技术方面的学术活动简讯。

《煤炭学报》英文版《JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING(CHINA)》是向世界传播我国煤炭科学技术的重要媒体, 对加强中外科学技术交流, 宣传我国煤炭科学成就, 提高我国煤炭科学技术的国际地位将起到重要的作用。及时报道我国煤炭科技新理论、新技术、新经验也是《煤炭学报》英文版的主要任务。《煤炭学报》英文版和中文版具有不同的刊登内容和各自的特点。

《煤炭学报》英文版为季刊, 每期112页, 每册国内订价28元, 全年共收费112元。订阅者可直接和本编辑部联系, 订单函索即寄, 编辑部随时办理订阅手续。

本刊地址: 北京市和平里煤炭科学研究总院内《煤炭学报》编辑部 邮政编码: 100013

联系电话: (010) 84262930 E-mail: mtbbbyh@126.com mtxb@vip.163.com