

文章编号: 1001-1986(2001)05-0030-03

# 陕西省煤层气资源与勘探开发前景分析

李建武, 张培河 (煤炭科学研究院西安分院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 陕西省煤层气资源相当丰富, 埋深 2 000 m 以浅的煤层气资源量为 25 624.88 亿  $m^3$ 。通过对五大煤田煤储层展布、煤层气含量、煤层渗透率、煤变质特征、煤的吸附性能等条件的综合分析以及煤层气资源量的计算, 认为陕西省煤层气开发储层条件比较优越, 煤层气勘探开发条件最好的地区为渭北和陕北石炭二叠纪煤田, 韩城矿区可作为煤层气勘探开发的靶区。

**关键词:** 煤层气; 资源评价; 开发前景; 陕西

中图分类号: P618. 11 文献标识码: A

## 1 煤炭资源分布状况

陕西省煤炭资源丰富, 全省近 70 个县(市)不同程度地赋存煤炭, 总含煤面积约  $5 \times 10^4 km^2$ 。主要含煤时代有石炭—二叠纪, 三叠纪和侏罗纪。主要煤炭资源分布于 4 个含煤区的 5 个煤田: 渭北石炭—二叠纪煤田、黄陇侏罗纪煤田、陕北三叠纪煤田、陕北侏罗纪煤田、陕北石炭—二叠纪煤田。这些煤田岩性、岩相以及地层厚度稳定, 含煤性好, 蕴藏着全省 99% 的煤炭资源, 也是本省煤层气勘探开发的重要场所; 陕南煤系分布零散, 含煤性差, 储量较小。全省

1993 年末保有储量 1 613.5 亿 t; 垂深 2 000 m 以浅, 预测煤炭储量 2 031.1 亿 t

## 2 煤层气开发地质条件

### 2.1 煤系发育与构造特征

#### 2.1.1 黄陇含煤区

位于陕西中西部, 鄂尔多斯盆地南缘。含煤地层为中侏罗世延安组, 煤系厚度 80~280 m, 含主要可采煤层 1~8 层, 煤厚 3.0~7.6 m。截至 1993 年底, 保有煤炭储量 140.25 亿 t, 预测煤炭储量 98.70 亿 t。全区构造简单, 为倾向 N—NNW 的单斜。

收稿日期: 2000-10-27

作者简介: 李建武 (1956-) , 男, 陕西礼泉县人, 煤炭科学研究院西安分院高级工程师, 从事石油天然气地质研究工作。

的中间)状态存在的甲烷, 主要赋存在直径较大的孔里(大孔、中孔), 其数量比通常认为的要少得多。

## 4 结束语

通过以上测试和分析, 得到以下几点初步认识:

a. 报道了用低温氮吸附法测试 26 个煤样微孔隙的结果; 测出的最小孔的直径只有 0.6 nm, 比压汞法测试煤样孔直径下限小得多, 有利于更深入地了解煤的微孔隙特征;

b. 低温氮吸附法测试煤中微孔隙的结果表明: 超微孔比微小孔所占比表面积大得多, 占主要地位;

c. 煤层中吸附状态的甲烷应引起重视。游离吸附状态的甲烷比通常认为的要少。

## 参考文献

[1] 郝琦. 煤的显微孔隙形态特征及其成因探讨 [J]. 煤炭学报.

- 1987, 12(4): 51~57.
- [2] 姚多喜, 吕劲. 淮南谢一矿煤的孔隙性研究 [J]. 中国煤田地质, 1996, 8(4): 31~33, 78.
- [3] 吴俊. 中国煤成烃基本理论与实践 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1994, 136~146.
- [4] 李明潮, 张五济. 中国主要煤田的浅成煤成气 [M]. 北京: 科学出版社, 1990, 109~120.
- [5] 张新民, 张遂安, 钟玲文等. 中国的煤层甲烷 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1991, 36~49.
- [6] 严继民, 张启元, 高敬琮. 吸附与凝聚 [M]. 北京: 科学出版社, 1986, 7~13.
- [7] 俞启香. 矿井瓦斯防治 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1992, 1~19.
- [8] 焦作矿业学院瓦斯地质研究室. 瓦斯地质概论 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1990, 9~12.
- [9] 王大曾. 瓦斯地质 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1992, 4~14.
- [10] 艾鲁尼 A.T. (唐修义等译). 煤矿瓦斯动力现象的预测和预防 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1992, 67~69.

## Study of micropore in coal by low-temperature nitrogen adsorption method and its significance

ZHAO Zhi-gen, TANG Xiu-yi (Huainan Institute of Technology, Huainan, 232001, China)

**Abstract** Low-temperature nitrogen adsorption method (LTNAM) is used to detect the micropores of 26 coal samples, and the experimental results are analysed in this paper. The detectable minimal pore by LTNAM is 0.6 nm in diameter, which benefits the research on micropore in coal. The pore between 0.6 and 10 nm in diameter is with more specific surface area than the pore between 10 and 100 nm in diameter, so the former plays a more important role than the latter. More attention should be paid to the absorbed methane, and the contents of free methane and adsorbed methane are fewer than the contents usually understood.

**Key words** coal; low-temperature nitrogen adsorption method; micropore in coal; absorption

## 2.1.2 陕北含煤区

位于陕北中部,与鄂尔多斯盆地北缘相连,包括鄂盆东缘地区。含煤地层为中侏罗世延安组与晚三叠世瓦窑堡组。延安组煤系厚度为 173~402 m,含煤 7~12 层,煤厚 6.1~22.3 m。瓦窑堡组煤系厚度为 250~350 m,含煤层达 32 层,多为不可采或局部可采煤层,煤厚 0.6~2.9 m。截至 1993 年底,保有煤炭储量 1410.76 亿 t,预测煤炭储量 1519.15 亿 t。全区为一单斜构造,构造简单。

## 2.1.3 渭北含煤区

位于渭河北岸,关中平原东北部,含煤地层为石炭—二叠纪太原组、山西组。太原组煤系厚度一般为 20~60 m,最大可达 95 m;山西组一般厚 30~40 m,最大厚度为 60 m。太原组与山西组含可采或局部可采煤层 6 层,单层厚度一般为 2~5 m。截至 1993 年底,保有煤炭储量 62.45 亿 t,预测煤炭储量 413.25 亿 t。全区基本构造特征为一单斜,南部构造相对复杂,中北部地区构造简单。

上述特征表明,陕西省主要煤田含煤层数以及可采煤层数都比较多,而且煤层厚度大、稳定性好,(表 1)有利于煤层气的生成和储存,这对煤层气勘探开发初期的选区是非常有利的。

## 2.2 煤变质特征

陕西省煤种较齐全,但以低变质的长焰煤、不粘煤、弱粘煤为主,主要分布在陕北和黄陇侏罗纪煤田;瘦煤、贫煤次之,多分布在渭北石炭—二叠纪煤田;陕北三叠纪和黄陇侏罗纪煤田的黄陵矿区主要为气煤;省内肥煤、无烟煤甚少。随地质时代由老到新,煤变质程度呈逐渐降低趋势。

## 2.3 煤层气含量

陕西省煤层气含量分布极不均匀,且变化幅度较大,变化幅度在 1.38~20.98 m<sup>3</sup>/t(无灰干燥基)之间(表 2),吴堡、韩城、澄合、蒲白矿区气含量较高,平均气含量大于 5 m<sup>3</sup>/t(无灰干燥基),而黄陵、铜川、焦坪矿区气含量相对较小,平均煤层气含量小于 3.61 m<sup>3</sup>/t(无灰干燥基)。总体特征是:石炭—二叠纪煤田煤层气含量较高,早—中侏罗纪煤田相对较低。

## 2.4 煤层渗透性

在韩城矿区,煤层气勘探实测煤层渗透率在 0.023~16.17 mD 之间。其中韩试 1 井煤层渗透率较高,3# 和 11 号煤层的渗透率值都在 1.9 mD 以上,最高达 16.17 mD(据 186 队资料),而韩试 2 井煤层渗透率较低,说明不同地区煤层渗透率差别较大。通过对影响渗透率的主要地质因素综合分析,笔者认为本省煤层渗透性相对较好。

表 1 陕西省主要煤田煤层特征

| 煤田 | 时代  | 地层   | 煤系 | 一般厚度 /m | 含煤层数 | 煤层总厚度 /m | 煤层稳定性 | 构造复杂程度 |
|----|-----|------|----|---------|------|----------|-------|--------|
| 渭北 | C-P | 太原组  |    | 20~60   |      | 6        | 14.25 | 稳定 简单  |
|    |     | 山西组  |    | 30~40   |      |          |       |        |
| 黄陇 | J-2 | 延安组  |    | 80~280  | 1~8  | 3~7.6    | 稳定    | 简单     |
|    | J-2 | 延安组  |    | 173~402 | 7~12 | 6.1~22.3 | 稳定    | 简单     |
| 陕北 | T   | 瓦窑堡组 |    | 250~350 | 32   | 0.6~2.9  | 不稳定   | 简单     |
|    | C-P | 太原组  |    | 60~137  | 10   | 10.36    | 稳定    | 简单     |
|    |     | 山西组  |    | 35~135  |      |          |       |        |

表 2 陕西省主要矿区煤层气含量

| 煤田 | 矿区 | 气含量 /m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup> (无灰干燥基) |       |       |
|----|----|--|-------|-------|
|    |    | 最小   | 最大    | 平均    |
| 陕北 | 吴堡 | 10.96  | 14.39 | 12.68 |
|    | 铜川 | 1.38   | 1.38  | 1.38  |
|    | 蒲白 | 1.47   | 12.30 | 5.23  |
|    | 韩城 | 1.05   | 20.98 | 7.61  |
|    | 澄合 | 1.18   | 13.15 | 6.87  |
|    | 黄陵 | 1.17   | 7.26  | 3.61  |
|    | 黄陵 | 1.10   | 6.35  | 2.90  |

a. 裂隙是煤层渗透性存在的前提条件,裂隙的发育程度一定程度上决定了煤层的渗透率大小。本省煤层以长焰煤、气煤、肥煤为主,主要为原生结构煤,且煤层孔裂隙普遍发育,煤层渗透率相对较好。

b. 全省各煤田构造都比较简单,因此构造运动对煤层以及裂隙系统的破坏程度不严重。

c. 根据中国大陆现代地壳应力场分布特征,鄂尔多斯以及陕北煤田处于拉张应力区域,这有利于煤层裂隙的开启,有利于改善煤层的渗透性。

d. 煤层埋藏浅,也是煤层渗透率较高的有利条件之一。据统计,全省煤田中有超过 8% 的煤炭资源分布于 1500 m 以浅,由此分析,全省煤田的大部分地区煤层的渗透率应是比较好的。

e. 黄陇及陕北侏罗纪煤田,煤层时代较新,遭受沉积演化的时间较短,而且构造运动作用期次少,时间短,煤的原生结构保存较好。

## 2.5 煤的吸附性

陕西省原煤的吸附量为 10.49~21.94 m<sup>3</sup>/t,可燃基吸附量在 12.89~26.83 m<sup>3</sup>/t 之间,煤的朗格缪尔压力为 1.68~3.83 MPa。随煤变质程度的增高,煤的吸附量增大(表 3)。

## 3 煤层气资源状况

陕西省不仅煤炭资源丰富,而且也蕴藏着巨大的煤层气资源。据计算,全省 2000 m 以浅煤层气资源量约为 25624.88 亿 m<sup>3</sup>(表 4)。

根据目前煤层气开发技术、经济情况以及国际国内煤层气开发的经验看,煤层气商业性开发最有

表 3 陕西省煤吸附参数测定结果

| 含煤区 | 矿区 | 位置    | 煤层  | $M_{ad}$ % | $A_d$ % | $R_{o, max}$ % | $V_L / m^3 \cdot t^{-1}$ |       | $P_L / MPa$ |
|-----|----|-------|-----|------------|---------|----------------|--------------------------|-------|-------------|
|     |    |       |     |            |         |                | 原煤                       | 可燃质   |             |
| 渭北  | 韩城 | 韩试 1井 | 3   | 0.54       | 17.78   | 2.12           | 21.28                    | 26.46 | 1.68        |
|     |    | 韩试 2井 | 3   | 0.85       | 16.75   | 2.29           | 21.94                    | 26.83 | 3.13        |
| 陕北  | 府谷 | 澄合    | 权家河 | 5          | 1.17    | 15.72          | 1.65                     | 19.26 | 23.18       |
|     |    | 五一    | 3   | 4.27       | 13.16   | 0.72           | 12.38                    | 14.99 | 3.14        |
|     |    | 风场沟   | 3   | 3.31       | 15.09   | 0.62           | 10.49                    | 12.89 | 3.83        |

表 4 陕西省煤层气资源量预测结果

| 煤田时代 | 合计               | 煤炭资源量 亿 t |                |                |        |           | 煤层气资源量 亿 m <sup>3</sup> |                |                |        |  |
|------|------------------|-----------|----------------|----------------|--------|-----------|-------------------------|----------------|----------------|--------|--|
|      |                  | < 1 000 m | 1 000~ 1 500 m | 1 500~ 2 000 m | 2 000~ | 合计        | 300~ 1 000 m            | 1 000~ 1 500 m | 1 500~ 2 000 m | 2 000~ |  |
| 渭北   | C-P              | 475.7     | 164.53         | 116.54         | 194.63 | 7 009.91  | 1 209.23                | 2 133.85       | 3 666.83       |        |  |
| 黄陇   | J <sub>1-2</sub> | 238.95    | 208.59         | 9.74           | 20.62  | 768.56    | 625.77                  | 40.33          | 102.46         |        |  |
|      | J <sub>1-2</sub> | 2 171.06  | 1 577.21       | 593.85         |        | 11 618.99 | 7 886.05                | 3 732.94       |                |        |  |
| 陕北   | T                | 47.49     | 29.32          | 18.17          |        | 255.62    | 146.6                   | 109.02         |                |        |  |
|      | G-P              | 710.6     | 209.55         | 148            | 353.05 | 5 971.8   | 1 257.3                 | 1 184          | 3 530.5        |        |  |
| 总计   |                  | 3 643.8   | 2 189.2        | 886.3          | 568.3  | 25 624.88 | 11 124.95               | 7 200.14       | 7 299.79       |        |  |

利的深度为 500~ 1 500 m 而陕西省内埋深 1 500 m 以浅的煤层气资源量为 18 325.09 亿 m<sup>3</sup>, 占 2 000 m 以浅煤层气总资源量的 71.5%, 是目前煤层气勘探开发的主要资源。

#### 4 煤层气开发有利区块选择

##### 4.1 有利区选择

通过地质条件综合研究, 考虑煤层厚度及煤层稳定性、煤级、煤层气含量、煤层渗透性以及煤层气资源量等因素, 优选出全省煤层气勘探开发条件最好的地区为渭北及陕北石炭—二叠纪煤田, 其中以韩城矿区最为有利。其它地区则因煤阶低、含气量小、保存条件差或煤层埋藏较深等原因只能作为远景开发区。

##### 4.2 韩城有利区简介

韩城地区含煤面积约 1 120 km<sup>2</sup>, 煤炭储量约  $150 \times 10^8$  t, 全区煤层气总资源量为  $1 289.18 \times 10^8$  m<sup>3</sup>, 相当于一个中等—大型规模的气田。其中煤层埋深小于 500 m 的资源量为  $97.39 \times 10^8$  m<sup>3</sup>, 500~ 1 000 m 的资源量为  $758.10 \times 10^8$  m<sup>3</sup>, 1 000~ 1 500 m 的资源量为  $433.69 \times 10^8$  m<sup>3</sup>。

在韩城矿区中部偏南, 韩城市西北薛峰乡一带, 煤层埋深 500~ 1 000 m; 平均含气量达  $15.44 \text{ m}^3 / \text{t}$ ; 煤层总厚 8 m 左右; 煤层气资源密度平均高达 1.73

$\times 10^8 \text{ m}^3 / \text{km}^2$ ; 该处构造简单, 煤层原生结构保存较好, 张性裂隙发育, 煤层渗透性好, 可作为煤层气勘探开发的靶区。

#### 5 煤层气开发前景分析

陕西省煤层气资源非常丰富, 然而这种潜在资源目前尚未被有效地开发利用, 却成为危及煤矿生产的严重隐患。因此, 有必要对这一重要资源进行研究开发, 使其得到有效的利用, 从而起到变废为宝、变害为利的作用。

##### 5.1 陕西省煤储层条件较好

- a. 煤炭资源分布广泛, 煤层多、厚度大, 而且稳定性好, 煤层气资源量雄厚;
- b. 煤级多为低—中等变质程度的烟煤, 煤层渗透性条件较好;
- c. 韩城、澄合、吴堡等矿区的煤层气含量较高, 是煤层气富集区。

##### 5.2 煤层气开发外部条件较好

随国家西部大发展战略的实施, 陕西省发展速度是不容置疑的。西部大发展战略实施为煤层气勘探开发带来大好机遇, 必将推动煤层气产业的发展, 煤层气产业发展又必将推动其相关产业的发展, 为其他经济发展注入活力。

### Coalbed methane resource and development prospect of Shaanxi Province

LI Jian-wu, ZHANG Pei-he (Xian Branch, CCRI, Xi'an 710054, China)

**Abstract** The CBM resource in Shaanxi Province is evaluated as  $25 624 \times 10^8 \text{ m}^3$  at shallower than 2 000 m. The comprehensive study, covering five coal fields, includes coal reservoir distribution, gas content, coal seam permeability, coal ranks and adsorption properties, in conjunction with resource calculation. It is considered that the potential of CBM development in Shaanxi is very large, especially in Permio-Carbon coal fields in Weibei area and Northern Shaanxi. The Hancheng mining area is an optimum target area for development.

**Key words** coalbed methane resource evaluation; development prospect; Shaanxi