

# 开平—涧河地区煤层气勘探前景

汪泽成 (石油勘探开发研究院廊坊分院 廊坊 065007)  
郑红菊 范文科 (冀东石油勘探开发公司 唐山 063200)

**摘要** 开平—涧河地区石炭二叠系煤层以 9<sup>#</sup>和 12<sup>#</sup>煤层分布最稳定,煤岩组分以镜质组为主,平均达 70%以上。煤热演化成熟度  $R_o$  值在 0.85%~1.26%之间,煤阶分布具有从北往南、向斜轴部向两翼降低的特点。煤层割理倾向稳定,不受构造线影响,大多未被充填。等温吸附实验表明,煤的兰氏体积和兰氏压力分别为 30.05 m<sup>3</sup>/t, 3.13 MPa。煤微孔结构根据吸附等温线和孔径分布特征可分为 3 类。煤层上覆地层有效厚度具有由北向南减薄特点,北部向斜两翼断层带附近水体交替活跃,矿化度低,南部水体不活跃,矿化度高。煤层瓦斯分化带下限为 600 m。煤层含气量 6~12 m<sup>3</sup>/t,估算煤层埋深在 600~1 500 m 范围内煤层气资源量为  $705 \times 10^8$  m<sup>3</sup>。城坨—小营地区可作为煤层气试验区。

**关键词** 煤层气 等温吸附线 资源量 开平—涧河

**中国图书资料分类法分类号** P618.11

**作者简介** 汪泽成 男 33 岁 博士后 石油煤层气地质

## 1 引言

煤层气作为非常规能源已日益引起人们的高度重视。开平—涧河地区地处京津唐经济发达地区,能源需求紧张。该地区的煤层气勘探对缓解该区能源紧张状况、大力发展国民经济具有重要意义。本文从煤层分布、煤储层特性以及煤层气的保存条件等方面,分析煤层气勘探的资源前景。

## 2 区域地质背景

开平—涧河地区地处燕山南麓,南邻黄骅拗陷,是一个由古生界、中生界及新生界覆盖的构造盆地。北部开平地区构造简单,呈向斜形态;南部涧河受后期构造运动破坏严重,断层发育,第三系厚度相对较大。从现今的构造单元来看,开平地区位于燕山褶皱带的南端,而涧河地区位于黄骅拗陷的北端,因此前

用,煤层压裂的处理压力梯度往往高于 0.022 6 MPa/m。

e. 根据小型压裂最终关井闭合压力梯度可以大致判断裂缝是否延伸出了目标层,但这只是条参考经验,决定裂缝高度是否超出煤层的因素是应力差、模量差和内部抗剪强度。在现场最好采用物探的手段对裂缝发育情况进行观测。

## 参考文献

1 王鸿勋,张琪等.采油工艺原理.北京:石油工业出版社.1986

2 王鸿勋.水力压裂原理.北京:石油工业出版社,1986

3 刘长延等.煤层压裂改造配套工艺技术.煤层气,1998;(2):19~21

4 尹清奎,李玉魁等.煤层压裂施工过程中压力分析及应用.煤层气 1998;(2):27~30

5 Acharga A. R. 低压油气井的泡沫压裂.天然气勘探与开发,1990;(1):63~69

6 Durucan S et. Numerical Modelling and Verification of Stress and Pore Pressure Dependent Dynamic Permeability Behaviour of Coal Seams Around Wellbores, INTERGAS'95

(收稿日期 1999-06-22)

## THE COMPLETION AND STIMULATION OF CBM WELL WITH RESPECT OF FRACTURING OF XS-02 WELL

Xi Xianwu Song Shengyin Zhang Qun Han Baoshanch(Xi'an Branch of CCRL)

**Abstract** Based on the summary of completion and fracturing of XS-02 well, three completion patterns and the adaptability of three fracturing fluids for CBM well are analyzed. Combining with the concrete situation of fracturing operation of XS-02 well, the causes for high fluid loss and high operation pressure during fracturing of CBM well are explained, providing the reference for the well construction in the future.

**Keywords** coalbed methane; completion; fracturing

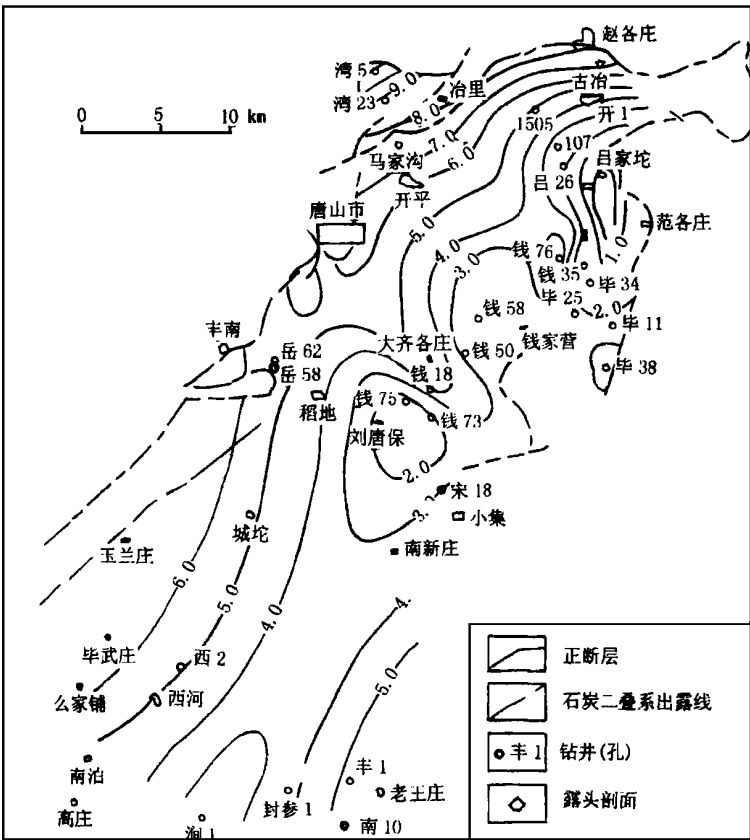


图 1 开平—涧河地区 9<sup>#</sup>煤层厚度等值线图

人多认为两者分属不同的构造单元,其间可能存在宝坻—昌黎大断裂。作者从重力、磁力等值线图、地震剖面解释以及地层分布、构造演化等方面论证了开平、涧河两地区之间不存在区域性大断裂,实为统一的构造单元。它在古生代至中三叠世接受地台型沉积;在印支—早燕山期受北西—南东向挤压,发生褶皱—冲断作用;晚燕山—喜山期的拉张作用,使得该区发生构造反转,在南部涧河地区广泛发育正断层,并接受第三系沉积。

3 煤层与煤质

3.1 煤层厚度

本区含煤地层为石炭二叠系,包括中石炭统唐山组、上石炭统开平组、赵各庄组,下二叠统的大庙庄组、唐家庄组。赵各庄组的 12<sup>#</sup>煤层和大苗组 9<sup>#</sup>

表 1 开平矿区主要煤层有机地化指标

煤层	有机碳 C/%	氯仿“A” /%	总烃 /%	“A”/C	烃/C
5 <sup>#</sup>	76.4	3.19	0.70	0.042	0.003
8 <sup>#</sup>	70.0	1.85	0.36	0.026	0.005
9 <sup>#</sup>	67.3	2.35	0.57	0.035	0.008
12 <sup>#</sup>	62.6	1.99	0.44	0.032	0.007

煤层是主要开采煤层。  
开平—涧河地区煤层累计厚度最大可达 25 m,煤层分布总体为西北厚东南薄。其中 9<sup>#</sup>、12<sup>#</sup>煤层在开平、涧河地区稳定分布,且厚度大,(图 1、图 2)总趋势是西北厚东南薄。9<sup>#</sup>煤最大厚度分布在马家沟矿区,厚度为 8 m,12<sup>#</sup>煤最大厚度分布在钱家营矿区,厚度为 7 m。

3.2 煤的显微组分和地化指标

开平矿区煤以镜质组为主,含量为 54.21%~90.33%,平均 71%;惰质组次之,含量为 6.85%~65.85%,平均为 23%;壳质组含量最少,平均为 2.49%。镜质组中常见结构镜质体、基质镜质体。壳质组以角质体为主,孢子体不常见,角质体荧光强度较强,以黄色、棕色为主。惰质组中以弧状、岛状丝质体为主,含有一定量菌类体。

开平矿区煤的有机碳含量较高,均在 60%以上,(表 1)其中 9<sup>#</sup>、12<sup>#</sup>煤的有机碳含量较 5<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>煤低。氯仿“A”和总烃含量以 5<sup>#</sup>煤最高,分别为 3.19%和 0.7%;9<sup>#</sup>煤次之。

开平矿区石炭二叠系以烟煤为主,实测 R<sub>o</sub> 在 0.85%~1.26%之间,挥发分在 19.0%~30.4%之间。低演化程度气煤主要分布在开平向斜西北翼及涧河地区,肥煤分布在开平向斜的东南翼及城坨—毕武庄一带,瘦煤和焦煤主要分布在向斜的轴部。煤阶分布具有从向斜轴部向两翼降低的特点。

4 煤储层特征

煤储层特征是煤层气地质选区评价的重要参数之一,包括宏观参数和微观参数两个部分。宏观参数包括煤层厚度、连续性、裂缝及煤层割理等,微观参数主要有煤层的吸附特征、煤层孔隙形态等。

4.1 煤层割理和裂缝

开平地区矿井煤层割理统计表明,(表 2)各主要矿区的面割理倾向基本一致,不受构造线影响,频度不一。比较而言,钱家营矿割理不甚发育。端割理倾向较稳定,为 150°左右,频度大于而延伸小于面割理。除东欢坨矿外,割理均未被充填。此外各矿并非镜煤中割理发育程度不及镜煤。

由于构造引起的煤层裂缝对煤层的渗透性也起到重要的改善作用,视为煤层气产出的“高速公路”。煤层裂缝受构造应力大小和方向的影响。本区发育

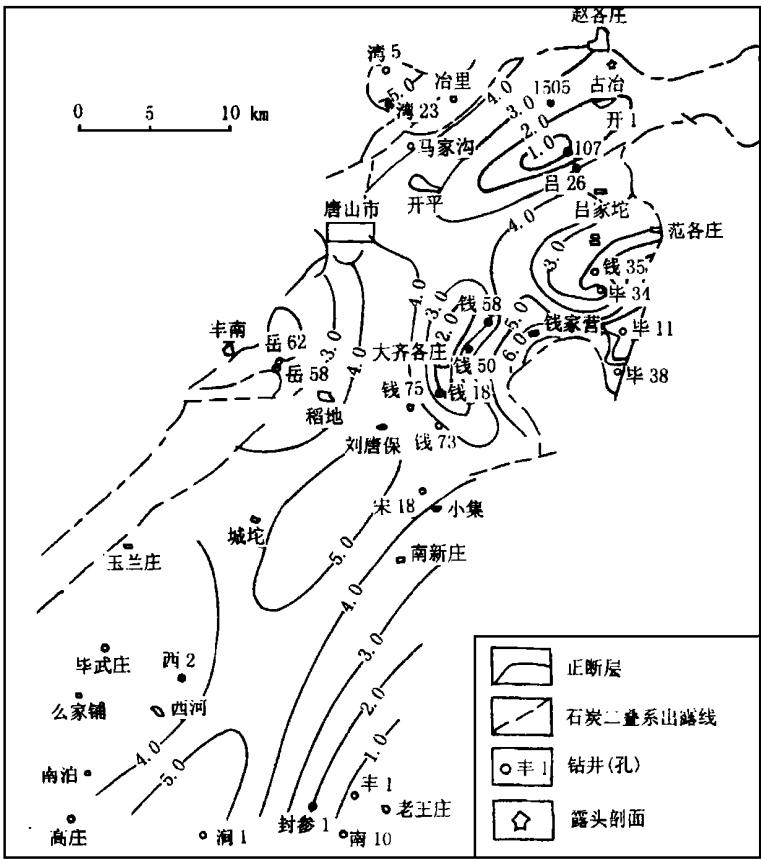


图2 开平—涧河地区12<sup>#</sup>煤层厚度等值线图

两组剪切裂缝,而且多未被充填。向斜的西北翼裂缝在频度和延伸距离上都比东南翼强,与西北翼地层陡倾、断层发育有关。

4.2 煤吸附特征

实验结果表明,开平地区的兰氏体积在 27.25~49.75 m<sup>3</sup>/t 之间,平均值为 30.05 m<sup>3</sup>/t。兰氏压力值在 1.75~5.18 MPa 之间,平均值为 3.13 MPa。与大城、柳林相比,本区的兰氏体积要高,但兰氏压力要低,因而吸附量要大一些。

煤层气的吸附除受煤岩组分、煤阶、气体成分影响外,温度和水分对吸附的影响也很大。实验表明,在 30℃ 和 45℃ 下,后者的吸附量明显下降;(图 3) 吸附量随含水量变化而变化,含水量增大,吸附量降低。(图 4)

表2 开平地区煤矿井割理统计

采样地点	面 割 理					端 割 理				
	倾向 /(°)	倾角 /(°)	频度 /条·m <sup>-1</sup>	延伸 /m	充填	倾向 /(°)	倾角 /(°)	频度 /条·m <sup>-1</sup>	延伸 /m	充填
东欢坨矿	210~278	50~59	31~58	0.5~5	半充填	150	60	137	0.1	半充填
钱家营矿	340	40	18	0.5	未填充	170	26	40	0.04	未充填
范各庄矿	300~330	38~60	19~80	0.5~2	未充填	160	35	90	0.2	未充填
唐山矿	300~340	60	11~110	0.3~0.5	未充填	90~140	35~40	25~52	0.25	未充填

4.3 煤层微观孔隙特征

扫描电镜观察表明本区发育多种类型的煤孔隙,主要有裂隙孔、粒间孔、植物残体的胞腔孔、微孔等,但主要以微孔为主。

微孔的孔径分布可经氮气吸附测定得到。根据吸附回线特征,可将该区的微孔分布划为 A、B、C 3 种类型。(图 5)

A 类以范各庄 12<sup>#</sup> 煤为典型,比表面积为 2.696 m<sup>2</sup>/g,孔容为 0.011 94 mL/g,中值半径为 13.329 nm。从吸附等温线与孔径分布曲线中可看出微孔和大孔均有分布,表现出随压力增加吸附量增加的特点。

B 类以东欢坨 8<sup>#</sup> 煤为典型,比表面积为 1.449 m<sup>2</sup>/g,孔容为 0.003 45 mL/g,中值半径为 6.556 nm。该类型以中、小孔为主,大孔相对较少,表现出随压力增加,吸附量大幅度增加的特点。

C 类以钱家营 12<sup>#</sup> 煤为典型,比表面积为 0.117 m<sup>2</sup>/g,孔容为 0.000 362 mL/g,中值半径为 32.52 nm。该类型以大孔为主,微孔相对较少,表现出随压力增加,吸附量基本不增加,但当压力达到 0.9 MPa 时吸附量有急剧增加的特点。

5 煤层气保存条件

煤层气能否被保存取决于封盖层的封盖能力、水文地质环境和构造运动等。良好的封盖层可阻止煤层气的垂向逸散,维持地层压力及气体相态的相对平衡;适当的水文地质条件可形成水压封闭,有利于煤层气的保存;构造运动的影响一方面表现在地壳的抬升与剥蚀会改变地层的温压条件,打破原有的动平衡;另一方面断裂活动可使封盖层遭到破坏。只有三者的有机配合,并在适当的生储条件下,才能形成煤层气藏。

5.1 上覆地层有效厚度及封盖条件

本区石炭二叠纪煤系在中生代经历了印支、燕山运动,造成了地层抬升和剥蚀。南部涧河地区抬升剥蚀强烈,煤层上覆地层有效厚度较小,煤层埋深较浅的西河凸起上覆地层有效厚度仅为 200 m。北部开

平地区煤层上覆地层有效厚度较大,均在 200 以上,且向向斜轴部逐渐增大。(图 6)

泥岩封盖能力的实验分析表明,平均渗透率为  $0.089 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均孔隙度为 1.97%,平均突破压力为 20.6 MPa,平均扩散系数为  $1.33 \text{E} - 5$ ,说明该区泥岩具有较强的封盖能力。

5.2 水文地质条件

水化学分析表明,向斜西北翼的煤层水矿化度普遍较低,且逆断层上盘煤层水矿化度比下盘要低,如断层上盘的唐 4 井为 520~710 mg/L,水型为  $\text{NaHCO}_3$ ,断层下盘的唐 5 井矿化度达到 2 050 mg/L,水型为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 。南部涧河地区煤层水矿化度明显增大,可达 4 700~5 700 mg/L,水型主要为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 。总体上,从北到南从向斜翼部到轴部水动力(水体交替)由强到弱。

5.3 瓦斯分化带

瓦斯分化带是指煤层气含量小于  $2 \text{ m}^3/\text{t}$  或瓦斯组分中甲烷含量小于 30%的地带,它是反映煤层气保存条件的综合指标。统计历年来煤矿瓦斯含量及瓦斯组分结果表明,瓦斯中甲烷含量随埋深的增大而增大,当埋深超过 600 m 时;甲烷含量均超过 60%。因此将埋深 600 m 作为瓦斯分化带的下限,在此埋深以上为瓦斯分化带,在煤层气选区时应避开。

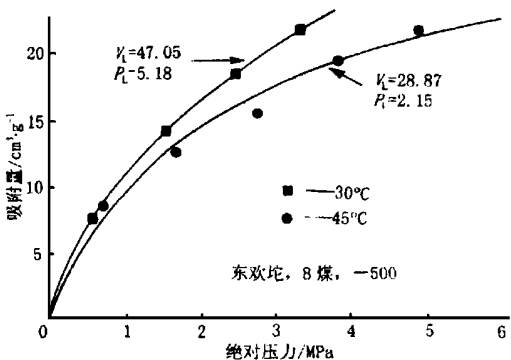


图 3 开平地区煤层不同温度条件下甲烷吸附图

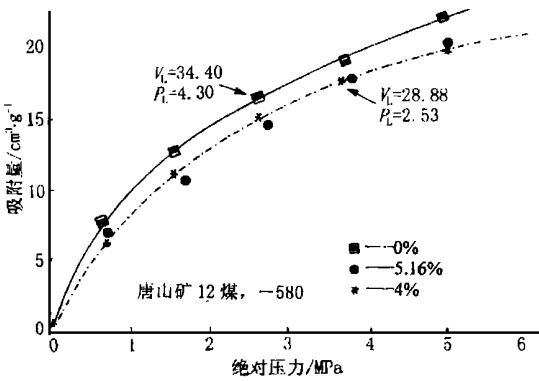


图 4 开平地区煤层不同水分含量甲烷吸附图

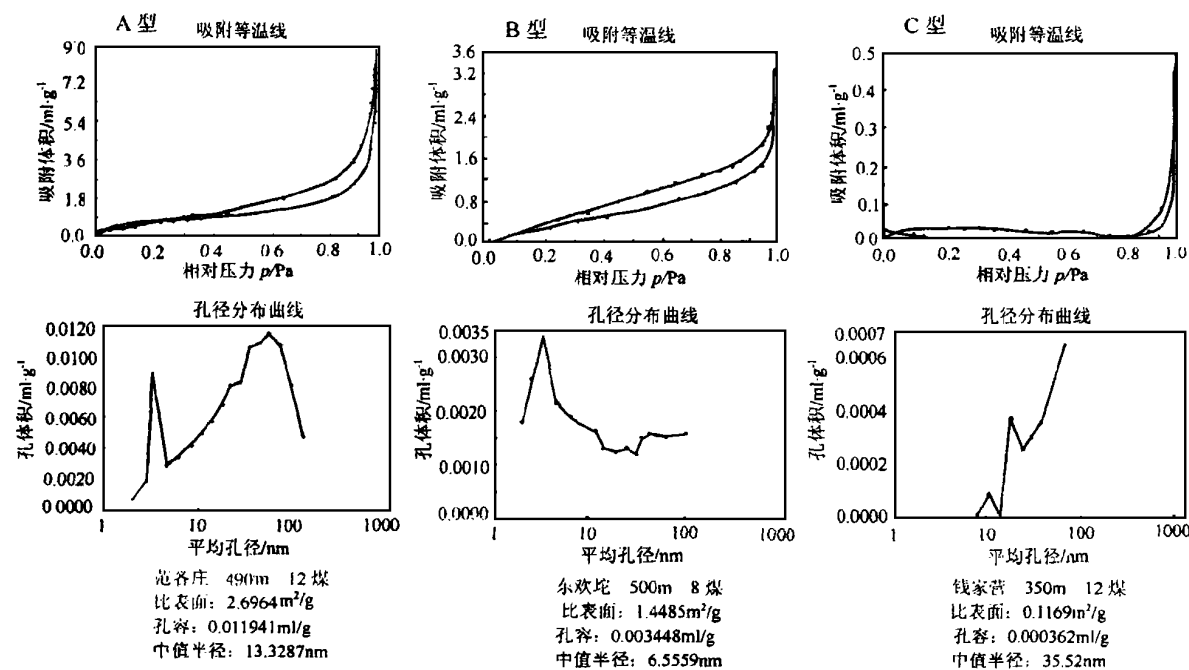


图 5 开平地区煤储层吸附回线与孔径分布特征图

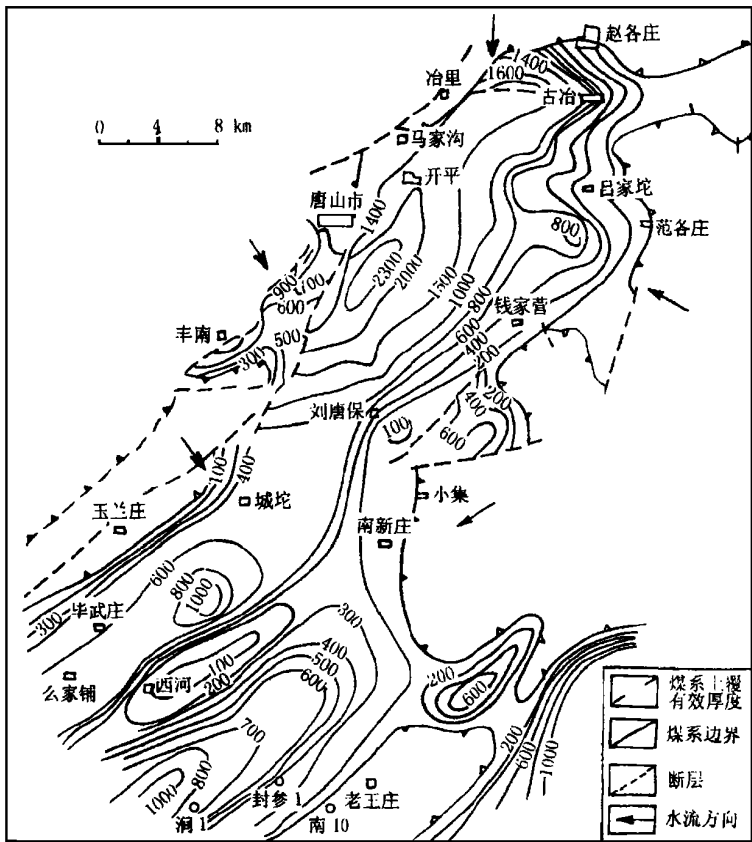


图 6 开平—涧河地区石炭二叠系煤层气保存条件综合图

表 3 开平—涧河地区煤层气资源量估算结果表

埋深/m	面积/km <sup>2</sup>	资源量/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>
>1 500	754	2 483
800~1 500	305	589
600~800	75	116
<600	125	99
总计	1 259	3 287

6 煤层气勘探前景分析

6.1 煤层气资源量估算

目前国内计算煤层气资源量常用方法为: *GIP*

ANALYSIS OF COALBED METHANE EXPLORATION  
PROSPECT IN KAIPING-JIANHE

Wang Zecheng (Langfang of The Research Institute of Petroleum Exploration and Development)

Zheng Hongju Fan Wenke (Jidong Petroleum Exploration and Development)

**Abstract** Permo-Carboniferous 9<sup>#</sup> and 12<sup>#</sup> coal beds are distributed steadily in Kaiping-Jianhe Area. The vitrinite of maceral is more than 70%. The coal maturation are changed, Ro is between 0.85% and 1.26%, the higher rank distributed in the northwest part of this area and become lower to the southeast. The cleats developed with similar dip, and most of them are unfilled by mineral matter. The sorption isotherm shows that the Langmuir sorption is 30.03 m<sup>3</sup>/t, the Langmuir pressure is 3.13 MPa. The thickniess of overlying rock is becoming thinner form northto south. The underground water in the syncline banks near the faults is active and the degree of mineralization is lower than in the southeast. The coalbed methane reserve in depth between 600 meters and 1500 meters is 705×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>; the gas content is between 6-12 m<sup>3</sup>/t. Chengtuo-Xiaoying block may become coalbed methane experimentation aera.

**Keywords** coalbed methane; sorption isotherm; reserve; Kaiping-Jianhe

$(h \times A) \times d \times Gc$ 。该公式中最重要的参数为含气量值。根据室内测定的含气量值,一般在 6~12 m<sup>3</sup>/t,平均值为 8 m<sup>3</sup>/t。按深度计算煤层气资源量结果如表 3。

6.2 煤层气勘探前景

煤层气的开发利用是综合性较强的工程,既要考虑经济效益,又要考虑社会效益。因此在勘探过程中既要考虑煤层气地质条件、资源前景,同时必须考虑经济效益和社会效益。综合前文所述的各因素,作者认为开平—涧河地区具有煤层气开发利用前景,但当务之急是搞好地质选区评价工作。根据本文的研究成果,可在开平向斜的东南翼以及其南部的城坨—小营区块进行评价研究和煤层气试验,以此作为打开开平—涧河地区煤层气勘探开发的突破口。

参考文献

1 钱凯,赵庆波,汪泽成等.煤层甲烷气勘探开发理论与实验测试技术.北京:石油工业出版社,1996  
2 秦勇,曾勇.煤层甲烷储层评价及生产技术.徐州:中国矿业大学出版社,1996  
3 汪泽成,刘和甫.黄骅坳陷中新生代构造负反转分析.地球科学.1998;23(3):289~293  
4 Ayers W B,kaiser W R,Levine J R.Coal as source rock and gas reservoir. Short Course 1<sup>#</sup> for the 1993 Coalbed Methane Symposium Birmingham, Alabama, 1993  
5 Olszewski A J, Schraufnagel R A. Development of formation evaluation technology for coalbed methane. Chicago: Gas Research Institute(Contract No. 5090-214-2098)

(收稿日期 1999-09-10)