

非常规天然气

三塘湖盆地煤层气资源勘探前景分析

黄卫东¹, 李新宁², 李留中², 于法政², 王瑞英², 陈晓红², 苗殿国³

(1. 中国地质大学能源学院, 北京 100083;

2. 中国石油吐哈油田分公司勘探开发研究院, 新疆 哈密 839009;

3. 中国石油吐哈油田分公司销售事业部, 新疆 哈密 839009)

摘要:我国低煤阶含煤盆地煤层气地质勘探和研究的程度较低, 勘探开发试验一直没有取得实质性突破。分析了三塘湖低煤阶盆地的煤层发育、煤层含气性与吸附性等特征, 探讨了水文地质条件对煤层气富集的影响, 结合初步试采成果, 认为该盆地具有一定的煤层气勘探潜力, 条湖—马朗凹陷是盆地内煤层气勘探的首选区块。

关键词:三塘湖盆地; 煤层气; 资源潜力

中图分类号: TE122.1⁺13

文献标识码: A

文章编号: 1672-1926(2011)04-0733-05

引用格式: 黄卫东, 李新宁, 李留中, 等. 三塘湖盆地煤层气资源勘探前景分析[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(4): 733-737.

0 引言

以往经验认为, 具有商业价值的煤层气资源主要存在于中—高煤阶煤层, 煤阶太低, 一般含气量不高, 不具有勘探价值^[1]。但是, 美国的粉河和澳大利亚的苏拉特等低煤阶盆地近年来获得了商业性的气流。中国西北地区侏罗纪盆地含煤层系多, 煤层厚度大, 资源丰度极高, 具有巨大的勘探潜力, 吐哈盆地低阶煤层气已经展示出一定的勘探前景^[2-3]。三塘湖盆地处于新疆维吾尔自治区东北缘, 呈 NW—SE 向展布, 面积约为 $2.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地中广泛发育中生代地层, 其中侏罗系水西沟群是最重要的含煤沉积。前人^[4]对三塘湖盆地侏罗系煤岩的倾油倾气性进行过研究, 但专门的煤层气地质研究几乎处于空白。

1 煤层煤质特征

水西沟群包括西山窑组、三工河组和八道湾组, 均为河湖—沼泽相含煤沉积。三塘湖盆地水西沟群发育有 4 个聚煤中心, 分别位于汉水泉凹陷、条湖凹陷、马朗凹陷及淖毛湖凹陷(图 1)。煤层埋

深在 1 500 m 以浅地带主要分布于盆地凹陷周缘, 面积约为 $3 423 \text{ km}^2$ 。水西沟群煤层分布范围广, 厚度大且稳定, 在条湖—马朗凹陷北缘最发育, 埋藏浅, 单层厚度在 10~51 m 之间。其中, 西山窑组煤层厚度相对较大, 分布广, 单层最大厚度达 51 m; 八道湾组煤层主要发育于条湖凹陷, 煤层累计厚度最高达 48.8 m。

三塘湖盆地煤层以暗淡煤和半暗煤为主, 镜质组反射率一般在 0.39%~0.62% 之间, 以褐煤和长焰煤为主, 气煤较少(表 1)。值得注意的是, 不同钻孔中镜质组反射率随埋深的变化曲线并不完全一致, 表明其可能具有不同的热演化行为。例如, 塘浅 2 井埋深 830 m 处镜质组反射率约为 0.55%, 而塘参 1 井在现今埋深 2 000 m 以下才能达到此值。又如, 塘参 1 井在 3 400 m 埋深处的烃源岩镜质组反射率达 1.20% 以上, 而在塘参 3 井同样埋深水平仅为 0.8% 左右。可见, 三塘湖盆地沉积有机质热演化程度并不严格取决于现今埋深, 表现出热演化的不均衡性^[5]。

受沉积环境影响, 特定的沉积环境中聚集的煤具有特定的显微组分。反之, 通过对煤中显微组分

构成特点的分析,可以进行煤的沉积环境再造。从八道湾组到西山窑组,煤中惰质组、镜质组含量有增加的趋势(表 1),说明八道湾组泥炭沼泽覆水深度总体上大于西山窑组,藻类体及腐泥组等水生生物

生源的显微组分含量差异也表明了这一点。西山窑组煤的流动指数(平均值为 0.18) 小于八道湾组煤的流动指数(平均值为 0.30),表明前者泥炭沼泽水体的流动性相对较强^[6]。

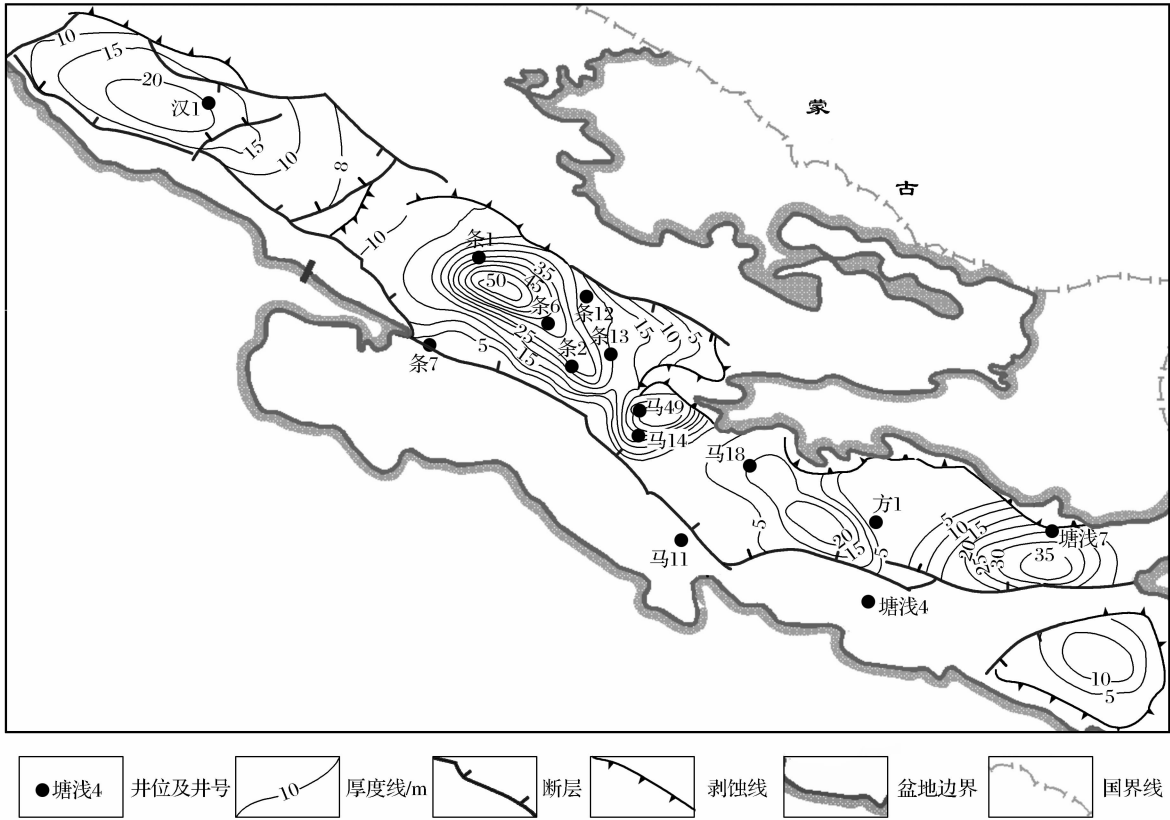


图 1 三塘湖盆地水西沟群煤层厚度等值线

表 1 三塘湖盆地侏罗系煤的镜质组反射率及显微组分组成^[7]

样品	层位	采样深度/m	R ₀ /%	有机碳含量/%	显微组分含量/%			
					镜质组	壳质组	腐泥组	惰质组
S06	J _{2x}	1 914.0	0.55	68.6	59.9	3.4	0.0	23.6
S12	J _{2x}	2 074.0	0.54	56.1	49.0	4.8	0.0	21.0
S15	J _{2x}	2 112.0	0.75	67.3	64.0	2.9	0.0	21.1
S17	J _{2x}	2 142.6	0.58	10.9	7.2	4.0	0.9	0.8
S18	J _{2x}	2 145.0	0.58	39.0	31.3	14.6	5.0	0.2
S25	J _{2s}	2 278.0	0.65	66.2	68.2	7.6	0.2	10.8
S31	J _{1b}	2 517.0	0.72	18.9	11.5	7.7	1.1	1.7
S33	J _{1b}	2 578.9	0.70	12.0	10.6	3.3	0.9	0.8
S34	J _{1b}	2 579.8	0.72	31.9	29.5	5.4	0.9	1.4
S35	J _{1b}	2 606.0	0.75	60.4	52.1	9.2	0.6	9.3
S37	J _{1b}	2 612.0	0.69	63.3	65.9	10.5	2.4	4.3

2 煤层含气性及试采结果

录井资料揭示,盆地煤层段普遍见到较高的气测异常,马 203 井最高值可达 32%,马 37 井气测全

烃值最高达 35%。条 15 井 H 煤层共采集 6 个解吸样品,空气干燥基含气量在 3.09~3.75 cm³/g 之间,平均为 3.41 cm³/g;干燥无灰基含气量在 3.60~4.32 cm³/g之间,平均为 3.93 cm³/g;空气干燥

基甲烷含量在 2.43~3.03 cm³/g 之间,平均为 2.72 cm³/g;干燥无灰基甲烷含量在 2.83~3.48 cm³/g 之间,平均为 3.14 cm³/g(表 2)。其中,甲烷平均浓度为 79.8%。

等温吸附实验表明,条 15 井煤样的平衡水分基 Langmuir 体积在 7.69~9.76 cm³/g 之间,平均值为 7.96 cm³/g;空气干燥基 Langmuir 体积在 9.12~13.89 cm³/g 之间,平均值为 11.14 cm³/g;干燥无灰基 Langmuir 体积在 10.45~15.88 cm³/g 之间,平均值为 12.7 cm³/g;Langmuir 压力在 6.39~9.55MPa 之间,平均值为 7.84MPa(表 3)。可见,三

塘湖盆地煤层具有一定的吸附能力,存在有利于煤层气储集的物性条件。但是,比较实测含气量和 Langmuir 体积,含气饱和度只有 30% 左右,含气性不甚理想。

2006 年 12 月,吐哈石油勘探局对三塘湖盆地马 18 井西山窑组埋深在 1 151.0~1 154.0 m 之间的单煤层进行压裂,至 2007 年 1 月 14 日总共抽排 32 d,期间最大日产水为 3.52 m³,最大日产气为 127 m³,累计产液量为 178.26 m³,累计产气为 3 301.4 m³。初步试采结果显示,三塘湖盆地煤层气具有一定的可采潜力。

表 2 条 15 井 H 煤样煤层气含量测试结果

样品编号	解吸样质量/g		总气含量/(cm ³ /g)		甲烷含量/(cm ³ /g)	
	空气干燥基	干燥无灰基	空气干燥基	干燥无灰基	空气干燥基	干燥无灰基
条 15-H-1	1 256.00	1 102.65	3.22	3.67	2.60	2.97
条 15-H-2	1 201.00	1 048.23	3.39	3.88	2.62	3.00
条 15-H-3	1 214.00	1 055.33	3.75	4.32	2.03	3.48
条 15-H-4	1 318.00	1 147.58	3.66	4.21	2.01	3.46
条 15-H-5	1 302.00	1 115.42	3.09	3.60	2.43	2.83
条 15-H-6	1 256.00	1 078.28	3.35	3.90	2.65	3.08
平均含气量			3.41	3.93	2.72	3.14

表 3 等温吸附试验结果

样品编号	M _{ad} /%	A _d /%	V _{daf} /%	平衡水分 /%	V _L /(cm ³ /g)			P _L /MPa		
					平衡水分基	空气干燥基	干燥无灰基	平衡水分基	空气干燥基	干燥无灰基
条 15-H-1	8.19	4.39	32.26	29.77	7.88	11.26	12.77	7.52	7.52	7.52
条 15-H-2	8.77	4.33	28.65	25.50	8.92	12.03	13.72	8.44	8.44	8.44
条 15-H-3	8.88	4.60	31.35	24.96	6.82	9.12	10.45	6.39	6.39	6.39
条 15-H-4	8.52	4.82	29.70	29.41	9.76	13.89	15.88	9.55	9.55	9.55
条 15-H-5	8.20	6.68	27.56	30.61	6.67	9.66	11.22	7.05	7.05	7.05
条 15-H-6	8.79	5.88	29.30	28.96	7.69	10.89	12.61	8.08	8.08	8.08

3 水文地质条件对煤层气富集的影响

中国西北地区与美国的粉河盆地、尤因塔盆地和澳大利亚的苏拉特盆地相比,在进入第四纪以来气候总体较为干旱,是否具备二次生物气生成的可能,是一个值得探讨的问题^[8],这需要具体分析水文地质条件。

在吐哈盆地沙尔湖凹陷,根据煤心解吸数据,甲烷风化带深度达 500~800 m。经分析认为,西北地区第四纪以来缺乏大陆型的冰川覆盖,蒸发量远大

于降雨量,气候极度干旱,地层水缺乏补给,盐度很高,煤层产甲烷菌无法大量繁殖,无法补充次生物煤层气,造成浅部煤层中甲烷浓度和含量低,形成了较深的风化带下限^[9]。三塘湖盆地与准噶尔盆地、吐哈盆地、塔里木盆地等同位于西北干旱地区,煤层气富集成藏的水文地质条件大面积较差,煤层甲烷风化带都应该较深,可能对煤层气勘探是不利的^[10]。

三塘湖盆地煤田地质勘探程度很低,针对煤层气的勘探研究也刚刚开始,且煤炭资源勘探主要集中于盆地边缘的淖毛湖一带。常规油气钻井揭示,

盆地煤层内皆有大量气测异常显示,但取得具体煤层含气量数据的目前仅条15井1口。从第三纪以来,三塘湖盆地沉积中心集中于条湖和淖毛湖一带,有长期雨水形成的地表浅水湖泊。推测这些地表水可能沿盆地凹陷边缘一些断裂渗入地下煤层,局部应该有一定的后期次生物气源补充。

4 煤层气资源潜力及有利区块

对条湖凹陷、汉水泉凹陷、马朗凹陷等区块的测

算,三塘湖盆地埋深1 500 m以浅的煤层气资源总量为 $1\,729.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。条湖凹陷—马朗凹陷北缘水西沟群煤层发育,单层厚度高达51 m,分布相对稳定,煤层顶部有效盖层厚度大,顶底板岩性以泥岩为主,具有良好的直接顶底板封堵条件,气测普遍见到较高的异常;在1 500 m以浅煤层面积为 868 km^2 ,资源量达 $974.7 \times 10^8 \text{ m}^3$,平均资源丰度为 $1.12 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,煤层气资源相对富集,是三塘湖盆地下一步煤层气勘探的首选区块(图2)。

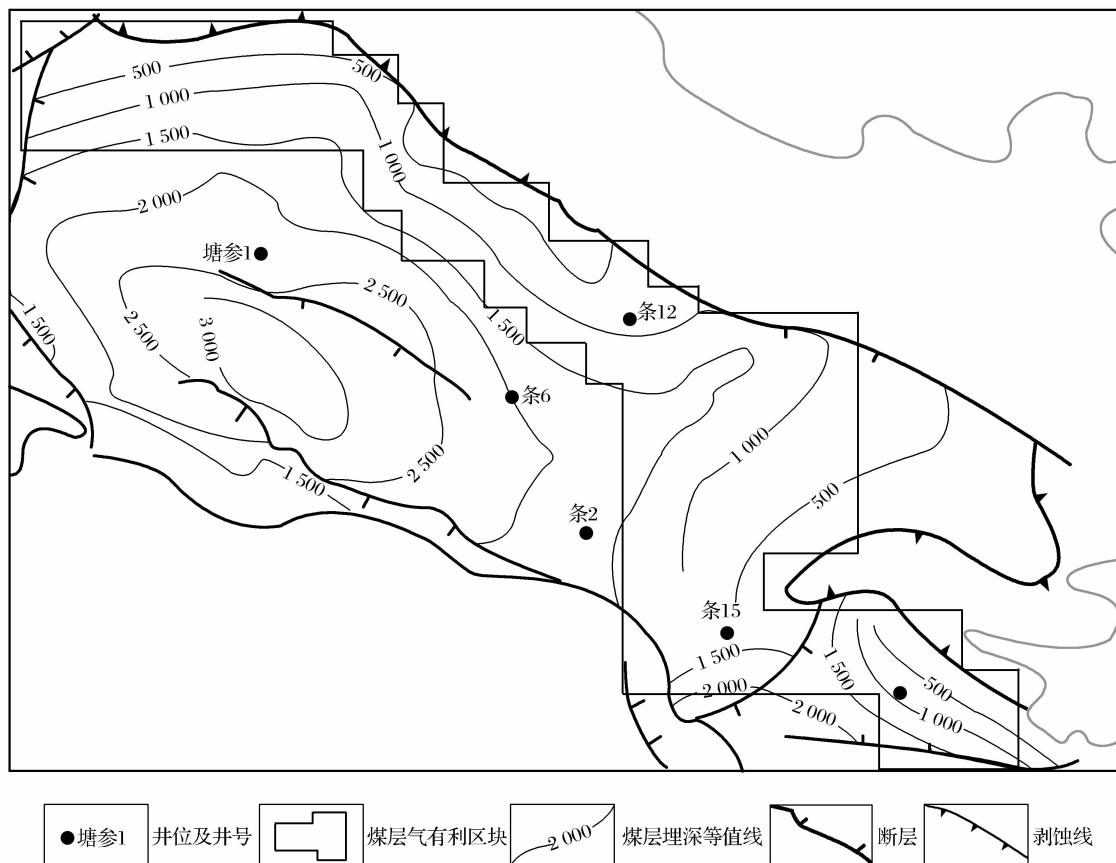


图2 条湖凹陷—马朗凹陷水西沟群煤层埋深等值线特征

5 结论

三塘湖盆地水西沟群煤层厚度大,分布范围广,以褐煤和长焰煤为主,属于低阶煤。煤层吸附能力相对较强,普遍存在气测显示,初步试采情况表明具有一定的煤层气勘探潜力。条湖凹陷、汉水泉凹陷、马朗凹陷煤层气资源量相对较大,条湖凹陷—马朗凹陷北缘1 500 m以浅地段可能是下一步煤层气勘探的首选区块。

参考文献 (References):

[1] Sun Ping, Wang Bo, Sun Fenjin, *et al.* Research on reservoir

patterns of low-rank coal-bed methane in China[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2009, 30(5): 648-652. [孙平, 王勃, 孙粉锦, 等. 中国低煤阶煤层气成藏模式研究[J]. *石油学报*, 2009, 30(5): 648-652.]

[2] Li Qiamei, Wang Ruiying, Hu Jun, *et al.* Prospect of coal-bed gas exploration in Turpan-Hami basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2003, 24(2): 172-176. [李巧梅, 王瑞英, 胡军, 等. 吐哈盆地煤层气勘探前景[J]. *新疆石油地质*, 2003, 24(2): 172-176.]

[3] Liu Honglin, Wang Hongyan, Zhao Qun, *et al.* Geological characteristics of coalbed methane and controlling factors of accumulation in the Tuha coal basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2010, 84(1): 134-137. [刘洪林, 王红岩, 赵群, 等. 吐哈盆地低煤阶煤层气地质特征与成藏控制因素研究[J]. *地质学*

报,2010,84(1):134-137.]

[4] Zhang Bao,Bao Jianping,Jiang Fengmei. The study of the oil-prone & gas-prone for jurassic coals [J]. Natural Gas Geoscience,2006,17(2):183-186. [张宝,包建平,江凤梅. 三塘湖盆地侏罗系煤岩倾油倾气性探讨[J]. 天然气地球科学,2006,17(2):183-186.]

[5] Li Xianqing, Zhong Ningning, Ma Anlai, *et al.* A study on thermal evolution of organic matter in Jurassic coal-bearing source rocks of Santanghu basin [J]. Coal Geology & Exploration,2003,31(1):23-26. [李贤庆,钟宁宁,马安来,等. 三塘湖盆地侏罗纪煤系烃源岩的热演化研究[J]. 煤田地质与勘探,2003,31(1):23-26.]

[6] Huo Yongzhong, Zhong Ningning, Xiong Bo. Organic geochemical significances of the Jurassic coal in Santanghu basin, Xinjiang [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 1998, 20(1):32-36. [霍永忠,钟宁宁,熊波. 新疆三塘湖盆地侏罗系煤有机地球化学特征[J]. 江汉石油学院学报,1998,20(1):32-36.]

[7] Huo Yongzhong, Zeng Fangang, Wang Guanyu. An organic petrological research on rock eval pyrolysis parameters of coal from the Jurassic in Santanghu [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 1998, 34(6):801-806. [霍永忠,曾凡刚,王关玉. 新疆三塘湖盆地侏罗系煤热解参数的有机岩石学研究[J]. 北京大学学报,1998,34(6):801-806.]

[8] Liu Honglin, Liu Chunyong, Wang Hongyan, *et al.* Simulation experiment of biogenic gas in northwest China [J]. Xinjiang Geology,2006,24(2):149-152. [刘洪林,刘春涌,王红岩,等. 西北低阶煤中生物成因煤层气的成藏模拟实验[J]. 新疆地质,2006,24(2):149-152.]

[9] Liu Honglin, Li Jingming, Li Guizhong, *et al.* Discussion on low rank coalbed methane between China and USA from the methane oxidation zone[J]. Natural Gas Geoscience,2007,18(1):125-128. [刘洪林,李景明,李贵中,等. 浅议我国低煤阶地区煤层气的成藏特点——从甲烷风化带的角度[J]. 天然气地球科学,2007,18(1):125-128.]

[10] Liu Honglin, Li Jingming, Wang Hongyan, *et al.* Control of hydrogeological conditions on accumulation of coalbed methane in low-rank coal[J]. Natural Gas Industry. 2008,28(7):20-22. [刘洪林,李景明,王红岩,等. 水文地质条件对低煤阶煤层气成藏控制作用[J]. 天然气工业,2008,28(7):20-22.]

Prospect of Coalbed Methane Exploration in Santanghu Basin

HUANG Wei-dong¹, LI Xin-ning², LI Liu-zhong², YU Fa-zheng²,
WANG Rui-ying², CHEN Xiao-hong², MIAO Dian-guo³

(1. Energy College of China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
2. Exploration and Development Research Institute of Tuha Oil-field Branch, PetroChina, Hami 839009, China;
3. Sales Department of Tuha Oil-field Branch, PetroChina, Hami 839009, China)

Abstract: The Santanghu basin is one of low-rank coal-bearing basins which have become the hotspot of coal bed methane exploration areas. Based on the analyses and discussions of geologic characteristics of this area, such as developmental characteristics of coal, coal evolution characteristics, coal bed methane content, micropetrological unit, the adsorption isotherm characteristics of coal, Hydrogeological conditions of effect and so on, we consider that the basin has abundant coal bed methane exploration foundation and the northern margin of Tiaohu-Malangng sag in Shuixigou Group is the preferred field for coal bed methane exploration.

Key words: Santanghu basin; Coal bed methane; Hydrocarbon resources.