阜新盆地东梁区浅层致密砂岩气气源岩特征

朱志敏[1], 陈 岑[2], 孙 祥[3]
(1. 中国地质科学院 矿产综合利用研究所, 成都 610041; 2. 辽宁有色地质勘查研究院, 沈阳 110002; 3. 辽宁工程技术大学 资源与环境工程学院, 辽宁 阜新 123000)

摘 要: 为了解阜新盆地浅层致密砂岩气成藏条件, 应用有机岩石学和有机地球化学方法, 对气源岩特征开展研究。认为该区浅层致密砂岩气气源岩为沙海组四段泥岩、沙海组三段煤层和泥岩; 气源岩厚度大且埋藏浅(< 1500 m), 有机质丰度高(TOC > 2%), 生烃潜力强; 有机质类型沙海组四段为Ⅲ(偏Ⅱ$_B$) 型干酪根, 沙海组三段为Ⅲ型干酪根; 气源对比显示沙海组三段和沙海组四段气源岩与沙海组三段浅层致密砂岩气同源, 浅层致密砂岩气紧邻源岩。表明研究区气源岩能生成大量天然气, 利于形成浅层致密砂岩气藏。

关键词: 浅层致密砂岩气; 气源岩; 沙海组; 阜新盆地
中图分类号: P618.130.21 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2007)01-0071-05

0 引言

阜新盆地位于辽宁省中部, 为中国东北部典型的断陷盆地[1]。东梁区位于阜新盆地中部的东梁构造带(图 1), 面积约 70 km^2。根据以往煤田和油气勘探资料, 在整个阜新盆地东梁区的油气显示最好。前人对于该区的天然气藏研究主要在储层及保存条件方面[2-4], 由于发现该区沙海组三段砂岩储层往往低孔隙度(φ < 10%)、低渗透率($K < 1 \times 10^{-3}$ μm^2)[2], 所以对该层段天然气前景不太乐观。近年来, 随着对致密砂岩气的深入研究, 表明只要有丰富的气源条件, 致密砂岩储层也可以蕴藏丰富的天然气资源。另外, 已有研究证实该区沙海组有丰富的浅层致密砂岩气资源[5], 考虑到如何正确评价该区浅层致密砂岩气资源, 对于气源岩有必要重新认识和研究, 掌握该类气藏的气源岩特征, 进而指导浅层致密砂岩气的勘探和开发。致密砂岩气藏的来源有多种途径, 其气源岩可分别是海陆相暗色泥页岩、煤层、碳酸盐岩或它们的组合[6, 7]。从已知大型致密砂岩气区来看, 烃源岩多为腐殖型泥岩或煤系地层, 以生气为主, 生油次之[8]。但是以往的研究大多集中在"深层致密砂岩气"[6, 7], 浅层致密砂岩气藏发现较少[9], 所以对其气源岩研究非常有限。本文拟就研究区浅层致密砂岩气气源岩进行分析和研究, 获得一些浅层致密砂岩气气源岩的认识。

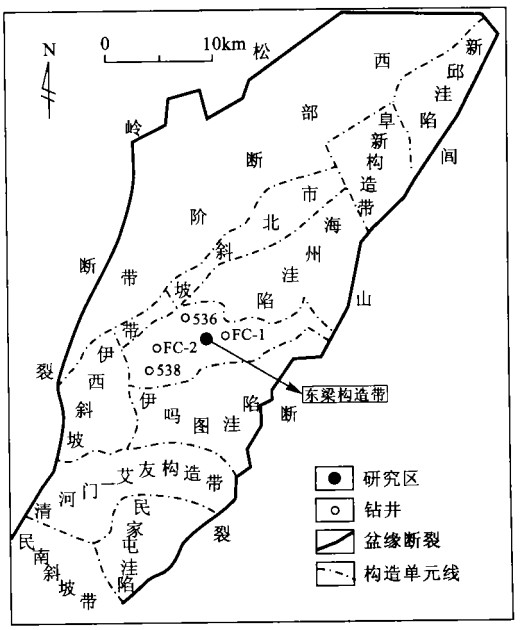

图 1 阜新盆地构造区划和井位置
Fig. 1 The tectonic division in the Fuxin basin and well location

收稿日期: 2006-02-09; 改回日期: 2006-09-11
作者简介: 朱志敏(1978-), 男, 四川绵竹人, 硕士, 2005 年毕业于辽宁工程技术大学, 现从事矿产普查与勘探工作。
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1 地质概况

阜新盆地大致经历了 3 个演化阶段, 即盆地拱张期(义县期) 、盆地深陷期(九佛堂、沙海、阜新组沉积期) 、盆地收缩期(孙家湾期) 。盆地发育与演化阶段形成的构造层序相互叠置, 决定盆地生储盖的配套, 而盆地的同沉积背斜则形成主要圈闭类型。东梁构造带位于伊马图洼陷和海州洼陷之间, 是一同沉积背斜。本区地层以太古界、元古界为基底, 之上沉积了上侏罗统义县组、九佛堂组、下白垩统沙海组、阜新组、孙家湾组及第四系[10], 其中阜新组遭受不同程度剥蚀, 在西北部沙海组也部分出露地表。沙海组按其岩性特征由下而上分为 4 个段: 沙海一、二段为砂砾岩段, 夹泥岩和粉砂岩, 厚约 300 m; 沙海组三段(以下简称沙三段) 为含煤砂岩段, 主要为砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥岩和煤层互层, 厚约 500 m; 沙海组四段(以下简称沙四段) 为泥岩段, 主要为暗色泥岩和粉砂岩, 厚度 400~ 700 m, 该段具有岩性细、厚度大、层位稳定等特点。

2 气源岩类型及空间展布

阜新盆地东梁区浅层致密砂岩气气源岩为沙三段泥岩、煤层和沙海组四段泥岩, 埋深均小于 1 500 m, 产于沼泽或深湖环境。泥岩主要为灰绿、灰、深灰及黑色泥岩和碳质泥岩等。生气能力受演化程度、沉积环境的制约。沙三段为弱氧化- 弱还原环境湖滨沼泽相产物, 暗色泥岩占 28%; 沙四段为还原- 强还原环境浅湖- 半深湖相产物, 暗色泥岩占 42%。

沙三段泥岩全区发育, 厚度 100~ 150 m, 最大厚度 250 m(图 2A) 。沙四段泥岩全区发育, 厚度为 200~ 400 m, 最大厚度 747 m(图 2B) ; 该段富含动、植物化石, 是有机质的主要来源。

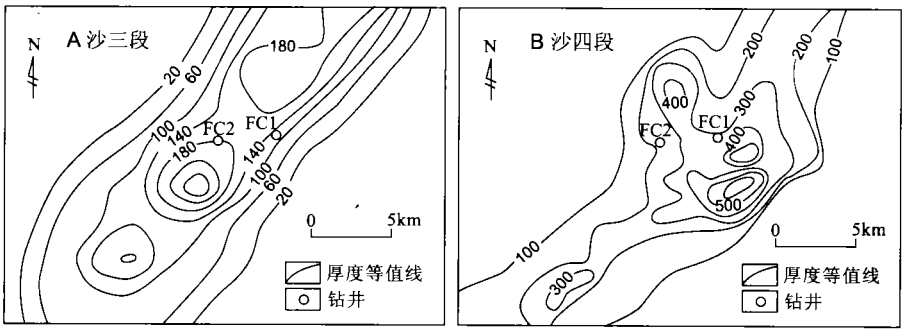

图 2 阜新盆地中部沙海组泥岩厚度等值线

Fig. 2 Thickness contour of mudstone of Shahai Formation in middle of the Fuxin basin

煤层是很好的生气层[11, 12]。研究区主要含煤段为沙三段, 共含 3 个煤层组, 主要可采煤层为 1 煤和 3 煤; 煤的宏观煤岩类型为半亮型; 有机显微组分以镜质组为主, 惰质组次之, 壳质组最少。无机显微组分在油浸反射光下观察主要以石英及粘土矿物为主, 黄铁矿及方解石脉次之。镜煤反射率为 0.67%~ 1.51%。

3 气源岩地球化学特征

3.1 气源岩有机质丰度

有机碳含量(TOC) 是烃源岩有机质丰度评价最重要的指标, 以 TOC 大于 2% 为最好的生油岩[13]。沙四段 TOC= 2.06%~ 2.93%, 属最好的生油岩; 沙三段 TOC= 1.85%~ 2.78%, 只有 1 个样品小于 2% (可能是沙三段含大量砂岩的缘故) , 也是生油最好级别(表 1) ; 表明东梁区沙四段和沙三段岩石生成油气的物质基础雄厚。我国陆相淡水- 半咸水沉积中, 主力生油岩氯仿沥青“A”含量均在 0.1% 以上[13], 沙四段和沙三段“A”值较低(0.047%~ 0.187%) , 大部分在 0.1% 左右; 总烃含量沙四段只有 1 个 538 井样品值为 124, 其余在 295~ 657.49 之间, 沙三段在 96.35~ 313.86 之间, 沙四段明显大于沙三段, 可能是因为沙三段含有大量砂岩、细砂岩、粉砂岩, 从而导致总烃含量远远低于沙四段; 生烃潜量沙四段和沙三段均超过 6.00 kg/t, 表明气源

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

岩生烃潜力大。以上表明浅层致密砂岩气气源岩有机质丰度比较高, 才可能有大量的气体生成进入到致密砂岩储层。

3.2　气源岩有机质类型

表 1　东梁区气源岩有机地化参数

Table 1　The geochemical organic parameter of gas-source rock in Dongliang district

井号	层位	TOC/%	"A"/%	HC/10^{-6}	S_1+S_2/kg/t	I_n/mg·g^{-1}TOC	T_{max}/℃
563	沙四段	2.55	0.089	295	7.36	310	435
	沙三段	2.26	0.085	236	7.06	120	448
FC2	沙四段	2.93	0.106	523.42	12.50	343	432
	沙三段	2.78	0.187	96.35	7.77	130	443
538	沙四段	2.84	0.048	124	6.45	491	
	沙三段	2.50	0.141	512	8.09	309	
FC1	沙四段	2.48	0.096	657.49	9.48	300	440
	沙三段	1.85	0.047	313.86	8.65	65	462

表 2　FC2 井干酪根显微组分

Table 2　The microscopically observed kerogen components from FC2 well

层位	类脂体/%	壳质体/%	镜质体/%	惰质体/%	类型指数/%	R_0/%	类型
沙四段	0	27	65	8	-43	0.41~0.63	Ⅲ
沙三段	0~37	15~76	22~66	0~50	-69~-39	0.67~1.51	Ⅲ
	6.5	39.7	40.8	13	-14.7		

从 FC2 井干酪根镜显微组分来看(表 2), 沙四段的显微组成以镜质体为主(65%), 壳质体(27%)次之, 惰质体(8%)较少, 不含类脂体, 类型指数(T 值)小于 0, 有机质类型为Ⅲ型干酪根; 沙三段显微组成以镜质体(40.8%)和壳质体(39.7%)为主, 惰质体次之(13%), 类脂体较少(6.5%), 类型指数(T 值)小于 0, 有机质类型为Ⅲ型干酪根。据研究[14], 沙四段类烃源岩生气不生油; 沙三段类烃源岩由于含大量壳质体, 生气为主少量生油。

从干酪根氢指数(表 1)来看, 沙四段氢指数较高, 在 343~491 之间, 属于$Ⅱ_B$(偏Ⅲ)型干酪根; 沙三段氢指数低, 在 65~309 之间, 多数在 150 以下, 明显小于沙四段, 属于Ⅲ型干酪根。同时氢指数也指示了沉积时的环境条件[15]。沙三段为弱氧化-弱还原环境湖滨沼泽相的沉积产物, 沙四段为还原-强还原环境浅湖-半深湖相的沉积产物。沙四段较高的氢指数指示了沙四段还原-强还原环境, 此时沉积物中富氢有机质含量较高; 沙三段较低的氢指数指示了沙三段为弱还原-弱氧化环境, 此时的水体相对较浅, 沉积环境较为动荡。

根据干酪根元素分析划分未成熟到低成熟的干酪根类型[16]。在图 3 中, 沙四段干酪根 H/C 原子比落在 0.7~1.1 范围内, O/C 原子比均落在 0.05~0.19 范围内, R_0=0.5%~1.0%, 表明沙四段成熟度较低, 有机质为Ⅱ型, 沙三段干酪根除了 1 个样品异常外, H/C 原子比落在 0.7~1.0 范围内, O/C

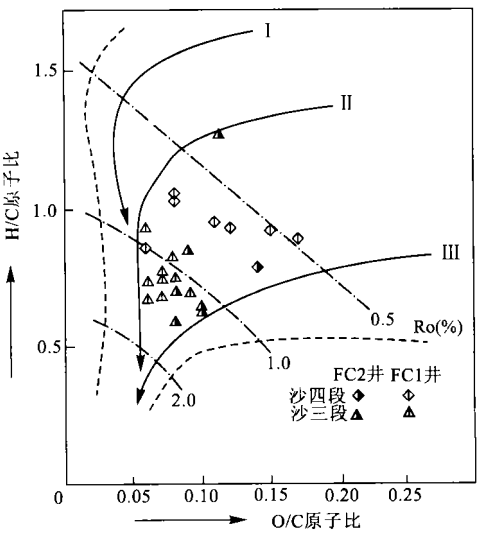

图 3　干酪根元素分析

Fig. 3　Element analysis of kerogen in Dongliang district

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

原子比落在 0.05～ 0.15 范围内, R_0 = 0.8% ～ 1.8%, 表明沙三段成熟度较高, 各类干酪根的演化已经趋于统一, 此时按照干酪根元素分析划分有机质类型已失去意义。

综合以上 3 种分类, 认为沙四段气源岩有机质类型为Ⅲ型(偏ⅡB 型), 沙三段为Ⅲ型。此类气源岩相对贫氢, 生油能力弱, 但是生气能力强[17]。

3.3 气源岩有机质成熟度

镜质组反射率(R_0)是反映有机质成熟度的很好指标[18]。沙四段样品的 R_0 = 0.41% ～ 0.63%, 属未成熟到成熟阶段, 此时有机质在比较低的温度和压力下, 经过发酵菌的生物化学作用可形成大量的生物成因气[19]; 沙三段 R_0 = 0.67% ～ 1.51%, 已进入成熟阶段, 大量生成热解气(表 2)。该区沙三段煤类除了长焰煤之外, 还有肥煤、气煤和焦煤, 煤变质程度较高, 表明沙三段有机质成熟度高, 生气较好。

563 井、FC1 井和 FC2 井沙四段的岩石热解最高峰温(T_{max})为 432～ 440℃, 沙三段为 443～ 462℃, 沙三段的 T_{max} 明显高于沙四段(表 1), 表明有机质成熟度沙三段高于沙四段。这与按照镜质组反射率划分的有机质成熟阶段相一致。

3.4 气源对比

表 3 东梁区天然气组分及 $\delta(^{13}C_1)$

Table 3 Constituent and $\delta(^{13}C_1)$ of gas in Dongliang district

剖面	层位	气体组分					PDB/ 10^{-3}
		C_1H_4	C_2H_6	C_3H_8	CO_2	N_2	$\delta(^{13}C)$
FC2 井	K_1sh^3 上段	91.04	0.49	0.07	2.09	5.84	-58.35
	K_1sh^3 下段	92.26	0.23		2.05	4.89	-57.78
FC1 井	K_1sh^3	94.74	2.22		1.05	1.99	-58.00
	K_1sh^4	94.09	4.40		0.68	0.83	-58.71
转角庙村	地表气苗	94.96			1.97	3.07	-53.20

据李翰忠等, 引自“八五”科技攻关“85-102-20-01”成果(1998)。

从 FC2 井沙三段、FC1 井沙三段及沙四段气样和转角庙村地表气苗测试结果看, 东梁区天然气甲烷含量为 91.04% ～ 94.96%, 含量较高(表 3); 氮气含量较高, 可能是气藏埋深较浅, 空气混入导致; 沙四段甲烷 $\delta(^{13}C) = -58.71\times10^{-3} \sim -58.35\times10^{-3}$, 沙三段甲烷 $\delta(^{13}C) = -58.00\times10^{-3} \sim -57.78\times10^{-3}$, 他们之间的 $\delta(^{13}C)$ 值相差不超过 0.93×10^{-3}, 这个差值有可能是由于样品的细微差别导致, 也可能是成熟度所导致, 总之在沙三段和沙四段的 $\delta(^{13}C)$ 基本接近, 表明其天然气是同一来源。但是气体明显较轻, 已落入生物气范围, 可能是由于该段地层埋深较浅, 沙四段泥岩有机质 R_0 = 0.41% ～ 0.63%, 热演化程度为未熟– 成熟阶段, 此阶段有大量生物成因气生成导致, 有待进一步研究。

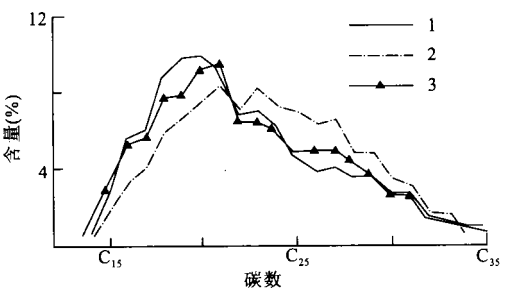

图 4 563 井正烷烃分布曲线对比

Fig. 4 Comparison of nph distribution curve for 563 well

1. 沙四段气源岩 2. 沙三段气源岩 3. 沙三段油砂

图 4 中, 沙三段油砂和沙四段、沙三段气源岩正烷烃分布曲线形态基本相似, 表明三者之间存在良好的亲缘关系, 这也说明了沙三段浅层致密砂岩气来源于紧邻沙三段致密砂岩储层的沙四段气源岩和本段气源岩, 具有明显的“根缘性”, 即浅层致密砂岩气气源岩生成的气体只需要经过简单的短距离运移既可成藏。

4 结论

通过研究, 可以对研究区浅层致密砂岩气气源

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

岩得出以下结论:

(1) 浅层致密砂岩气气源岩为巨厚沙四段的泥岩和沙三段煤层和泥岩, 埋深小于 1 500 m。

(2) 浅层致密砂岩气气源岩有机质丰度高(TOC> 2%), 生烃潜力强, 厚度大, 具有丰厚的生烃物质基础。

(3) 沙四段气源岩有机质类型为Ⅲ(偏ⅡB) 型干酪根, 沙三段为Ⅲ型干酪根, 均以生气为主。

(4) 沙四段有机质成熟度为未成熟到成熟阶段, 沙三段有机质成熟度已进入成熟阶段, 各个演化阶段的气源岩均可以作为浅层致密砂岩气的气源岩。

(5) 气源对比显示沙海组三段、四段气体为同一来源, 且有明显的生物气特征; 气源对比显示浅层致密砂岩气气源岩紧邻储层, 具“根缘性”。

参考文献:

[1] 李思田. 断陷盆地分析与煤聚集规律[M]. 北京: 地质出版社, 1988. 14-44.

[2] 龚建明, 温珍河, 戴春山. 阜新盆地的储层特征及其勘探方向[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1998, 18(2): 81-90.

[3] 王伟锋, 陆诗阔, 郭玉新, 等. 阜新盆地构造特征与圈闭类型[J]. 石油大学学报, 1998, 22(3): 26-30.

[4] 路爱平, 杨子荣, 陈兆山. 阜新盆地油气地质条件分析[J]. 中国煤田地质, 2004, 16(增刊): 28-42.

[5] 朱志敏, 崔洪庆, 宋文杰. 阜新盆地东梁区浅层致密砂岩气成藏特征[J]. 天然气工业, 2006, 26(4): 18-20.

[6] Spencer C W, Mast R F. Geology of Tight gas Reservoirs[J]. AAPG Studies in Geology 1986, 24: 112-299.

[7] 戴金星, 裴锡古, 戚厚发. 中国天然气地质学(卷二)[M]. 北京: 石油地质出版社, 1996. 66-73.

[8] 王金琪. 中国大型致密砂岩含气区展望[J]. 天然气工业, 2000, 20(1): 10-16.

[9] 郭正吾. 四川盆地西部浅层致密砂岩天然气勘探模式[J]. 天然气工业, 1997, 17(3): 5-9.

[10] 中国煤田地质图[Q]. 北京: 地质出版社, 1996.

[11] 戴金星. 加强天然气地学研究, 勘探更多大气田[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(1): 3-14.

[12] 傅家谟, 刘德汉, 盛国英. 煤成烃地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1990. 1-371.

[13] 胡见义, 黄第藩, 徐树宝, 等. 中国陆相石油地质理论基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991. 164-234.

[14] 李荣西. 九十年代煤系烃源岩研究新进展[J]. 地质科技情报, 2000, 19(4): 55-59.

[15] 张平中, 王先彬, 陈践发, 等. 湖相有机质的氢指数及碳同位素组成——湖面波动评价的指标[J]. 科学通报, 1995, 40(18): 1682-1685.

[16] 陆克政, 朱筱敏, 漆家福. 含油气盆地分析[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 351-362.

[17] 戴金星, 裴锡古, 戚厚发. 中国天然气地质学(卷一)[M]. 北京: 石油地质出版社, 1992. 6-15.

[18] 张厚福, 方朝亮, 高先志, 等. 石油地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 83-100.

[19] 徐永昌, 傅家谟, 郑建京. 天然气成因及大中型气田形成的地学基础[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 46-51.

CHARACTERIZATION OF SOURCE ROCK OF SHALLOW TIGHT SAND GAS IN DONGLIANG DISTRICT IN THE FUXIN BASIN

ZHU Zhi-min[1], CHEN Cen[2], SUN Xiang[3]

(1. *Institute of multipurpose utilization of mineral resources, chengdu* 610041, *China*; 2. *Liaoning Nonferrous Eesearch Institute, Shenyang* 110002, *China*; 3. *College of Resource and Environment, Liaoning Technical University, Fuxin* 123000, *China*)

Abstract: In order to know the conditions of shallow tight sand gas reservoir formation, the gas-source rock was studied in Dongliang district in the Fuxin basin on the basis of organic petrological and geochemical study. The source rock is mudstone of the fourth member and mudstone and coal-bed of the third member of Sahai Formation. The source rock is thick and buried shallowly (< 1 500 m) with high organic matter (TOC> 2%) and kerogen type Ⅲ and ⅡB. Gas source correlation shows that the gas of Sahai formation and shallow tight sand is allied. The gas host and the source rocks occur closely together indicating that it is favorable for the huge volume of gas generated by the source rock to form gas reservoir in the shallow tight sand.

Key Words: shallow tight sand gas; gas source rock; Sahai Formation; Fuxin basin

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net