

文章编号:1672-9854(2007)-01-0025-08

苏北盆地盐城凹陷兴桥1井烃源岩特征及气源分析

冯武军, 陈安定

(中国石化江苏油田分公司地质科学研究院)



冯武军

摘要 盐城凹陷兴桥1井钻遇二叠系孤峰组和栖霞组两套烃源岩。孤峰组为暗色泥岩,视厚度11.3m,有机碳最高为1.44%,平均0.74%,有机质类型偏向Ⅲ型;栖霞组为暗色碳酸盐岩,厚度较大,其中 $TOC > 0.4\%$ 的地层的折算厚度大于42m,有机质类型主要为Ⅱ₂型。这两套烃源岩的有机质热演化程度较低,至今仍具一定的生烃能力。兴桥1井上白垩统浦口组及下二叠统栖霞组见到多层气显示,浦口组的气源可能为深部二叠系,栖霞组的气体则可能受到更深部寒武系气源的侵入。

关键词 二叠纪;烃源岩评价;有机质成熟度;气源分析;生烃潜力;盐城凹陷;苏北盆地

中图分类号 TE125.2

文献标识码 A

冯武军 1974年生,2002年石油大学(北京)毕业,硕士,工程师,现从事有机地化研究工作。通讯地址:225009 江苏省扬州市文汇西路1号;电话:(0514)7762383

1 概况

兴桥1井位于苏北盆地盐城凹陷新洋次凹斜坡带(图1),它是由中石化江苏油田分公司提出、南方勘探开发分公司部署实施的一口预探井,于2004年9月开钻,2005年3月完钻,完钻层位为下二叠统栖霞组(P_1q),旨在主探下第三系阜宁组一段(E_1f_1)、上白垩统泰州组(K_2t)的含油气情况,兼探上白垩统浦口组(K_2p)、印支面(T_g)和古生界的含油气性。该井在上白垩统浦口组一段砂岩及下二叠统栖霞组灰岩见多层气显示,虽试气未能取得成功,但烃源岩及气源研究表明该区仍具有较好的油气成藏条件。

本文着重对兴桥1井所揭示的古生界海相烃源岩进行综合评价,并对所见的气显示进行气源分析,以进一步明确研究区的油气勘探前景。

下扬子区震旦纪—志留纪广泛发育陆缘海沉积建造,以浅海台地、浅海陆棚及较深海盆地相沉积为

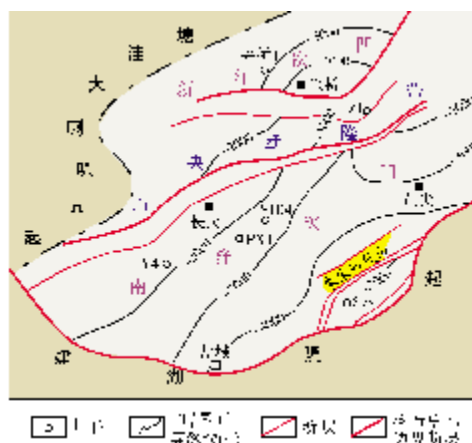


图1 盐城凹陷构造区划图

主,加里东运动使扬子板块与华南板块逐渐拼贴后,全区海退,区域隆起褶皱抬升;晚泥盆世以来进入陆表海阶段,发育滨海相沉积;石炭纪开始下沉接受海侵,以振荡运动为主的海西运动在本区形成以海相碳酸盐岩建造为主的海相构造层,广泛发育了晚古

收稿日期:2006-04-10

生代一中三叠世浅海相稳定地台沉积^[1](表1)。根据以往认识,该区海相中—古生界主要有四套主力生烃层,分别为青龙组(T₁q)、二叠系、高家边组(S₁g)—五峰组(O₃w)及幕府山组(€₁mu)^①。兴桥

1井缺失下三叠统青龙组,仅钻遇下二叠统孤峰组(P₁g;11.3m)与栖霞组(P₁q;278m,未见底)两层暗色岩,有机质丰度相对较高,其中孤峰组为暗色泥岩,栖霞组为暗色碳酸盐岩。

表1 下扬子区中—古生界准地台海相地层简表

地层系统				岩性特征、烃源岩属性	备注
中生界	三叠系	中统	周冲村组(T ₂ z)	灰色灰岩、白云岩与硬石膏互层。厚0~495m	
		下统	青龙组(T ₁ q)	灰色灰岩、灰色薄层泥岩、泥灰岩,揭示厚度0~1189m,底部发育好生烃层,Ⅱ ₁ 型母质	主力生烃层
古生界	二叠系	上统	大隆组(P ₂ d)	灰色灰岩为主,夹白云质灰岩及白云岩,厚0~39m	主力生烃层
			龙潭组(P ₁₋₂ l)	黑色页岩,夹薄层灰岩,长石石英砂岩夹泥岩、炭质页岩及煤;Ⅱ ₂ 型母质,揭示厚度0~572m	
		下统	孤峰组(P ₁ g)	灰黑色硅质泥岩、钙质泥岩,厚度0~76.5m	
			栖霞组(P ₁ q)	深灰色、灰黑色含燧石结核及条带灰岩、生物碎屑灰岩、硅质岩,揭示厚度0~293.5m	
	石炭系	上统	船山组(C ₂ c)	深灰色生物碎屑灰岩、厚层块状灰岩,厚0~57m	
			黄龙组(C ₂ h)	肉红、浅灰色生物碎屑灰岩、灰岩,厚0~115.5m	
			老虎洞组(C ₁₋₂ l)	深灰色白云岩,厚0~8.5m	
		下统	和州组(C ₁ h)	黑色含生物碎屑白云质灰岩,夹钙质泥岩,厚0~22m	
			高骊山组(C ₁ g)	杂色砂、泥岩,厚0~82.3m	
			金陵组(C ₁ j)	灰、灰黑色生物碎屑灰岩、泥质白云质含生物碎屑灰岩,厚0~6m	
	泥盆系	中—上统	五通组(D ₃ w)	灰白、浅灰色石英砂岩、粉砂岩夹灰色、灰黑色泥岩;灰白色、浅灰色、灰色石英岩状中砂岩、含砾石英岩状中砂岩、细砂岩,揭示厚度0~315.5m	
	志留系	上统	茅山组(S ₂ m)	紫红色石英杂细砂岩、紫棕色粉砂质泥岩、泥岩,揭示厚度0~265.15m	
			坟头组(S ₁₋₂ f)	绿灰色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩,厚0~539m	
		下统	高家边组(S ₁ g)	深灰色泥岩,少量粉砂岩。底部发育好生烃层,揭示厚度0~1719.5m,Ⅰ型母质	主力生烃层
	奥陶系	上统	五峰组(O ₃ w)	黑、灰黑、深灰色硅质泥岩、页岩、泥岩。部分地区揭示厚度0~22.3m	主力生烃层
			汤头组(O ₂₋₃ t)	灰色、浅灰绿色瘤状灰岩、瘤状泥质白云质灰岩、夹瘤状白云质灰质泥岩、泥岩,厚0~334m	
		中统	汤山组(O ₁₋₂ t)	灰、深灰色含泥质条带灰岩、含泥质生物碎屑灰岩、生物碎屑灰岩,夹瘤状泥质云质灰岩,厚0~113m	
		下统	红花园组(O ₁ h)	浅灰、深灰色生物碎屑灰岩、藻鲕灰岩及砂屑灰岩,揭示厚度0~241.5m	
			仑山组(O ₁ l)	浅灰—深灰色灰质白云岩、白云岩、白云质灰岩,揭示厚度0~255.14m	
		上统	观音台组(€ ₂₋₃ g)	浅灰—深灰色白云岩、灰质白云岩,含燧石结核和条带,厚0~487.5m	
	寒武系	中统	炮台山组(€ ₂ p)	灰、浅肉红色泥质白云岩,揭示厚度0~460m	
		下统	幕府山组(€ ₁ m)	灰色白云岩夹薄层灰岩、泥岩;灰黑色泥岩、黑色炭质泥岩,揭示厚度0~368m,Ⅰ型母质,为好生烃层	主力生烃层
震旦系	上统		灯影组(Z ₁ dn)	硅质条带状白云岩、藻白云岩,揭示厚度0~903.5m	

① 陈安定,杨芝文,刘子满,等.江苏下扬子区句容断陷二圣桥构造圣科1井烃源岩研究.江苏油田地质科学研究所,1999.

2 烃源岩评价

2.1 有机质丰度

有机质丰度是评价烃源岩生烃能力的重要组成部分,包括有机碳、沥青“A”、总烃、热解生烃潜力 S_1+S_2 等。可溶有机质如沥青“A”、总烃、 S_1+S_2 等受热演化程度影响较大,评价高一过成熟烃源岩时可能造成较大偏差,此时相对稳定的有机碳是评价烃源岩优劣的唯一可行指标。盐城凹陷兴桥 1 井有机碳在纵向上的分布情况如图 2 所示。

对于泥质岩,一般将 TOC 0.5%作为有效烃源岩的生烃下限。关于碳酸盐岩生烃下限的分歧较大,国内学者以前一直把 TOC 0.1%作为有效烃源岩下限^[2],甚至取到 0.05%^[3]。最近有人提出,碳酸盐岩的烃源岩有机碳下限应同泥岩一样定为 0.5%^[4]。陈安定等则强调沉积环境的重要性,给出了如表 2 所示的有机碳丰度标准,对低熟—成熟阶段的烃源岩,有机碳下限定为 0.4%,高成熟阶段为 0.3%,过成熟则为 0.2%^②。鄂尔多斯盆地中部气田的实例也说明,

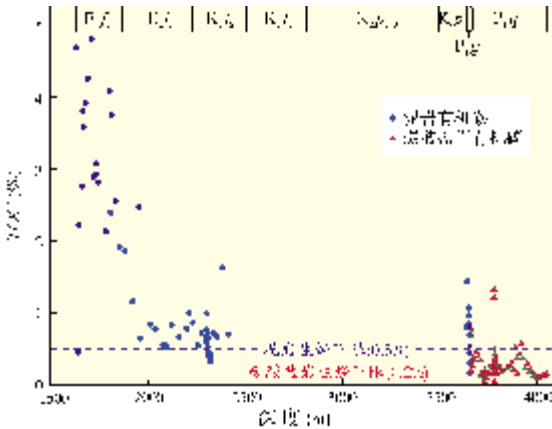


图 2 盐城凹陷兴桥 1 井有机碳纵向分布

对于过成熟阶段的烃源岩,有机碳含量 0.2%为下限已足够了,如略有偏低,也应考虑沉积因素^[5]。本区栖霞组沉积环境有利,主要沉积隐藻碳酸盐,同时成熟度较高,达高成熟。因此,笔者将苏北盆地盐城凹陷兴桥 1 井区的碳酸盐岩有机碳生烃下限确定为 0.2%,当 TOC 达 0.4%时,则认为是较好的烃源岩(表 2)。

表 2 盐城凹陷兴桥 1 井烃源岩有机质丰度

烃源岩层	TOC _m (%)	TOC _c (%)	“A”(%)	总烃(mg/kg)	S ₁ +S ₂ (mg/g)	评价
	范围/均值(样品数)	范围/均值(样品数)	范围/均值(样品数)	范围/均值(样品数)	范围/均值(样品数)	
P _{1g}	0.16~1.44/0.74(13)	—	0.008~0.016/0.013(5)	—	0.07~0.46/0.19(4)	较好~好
P _{1q}	—	0.04~1.33/0.26(72)	0.009~0.048/0.027(7)	254~377/289(4)	0.07~1.88/0.46(16)	较差~较好

注: TOC_m为泥岩残余有机碳; TOC_c为碳酸盐岩残余有机碳。

孤峰组 厚 11.3 m,以灰黑色泥岩及深灰色泥岩为主,夹薄层白云岩。由于该层处于成熟—高熟过渡阶段,饱和烃色谱表明高碳数部分缺损,显示有热裂解作用发生。受热裂解影响,可溶烃类含量较低,沥青“A”平均仅 0.01%, S_1+S_2 小于 0.5 mg/g,在评价有机质丰度时只可用作参考。因此,有机碳是衡量兴桥 1 井烃源岩质量的主要指标。孤峰组烃源岩有机碳最高可达 1.44%,平均 0.74%,属于较好—好烃源岩。

栖霞组 厚 278 m(未见底),以灰色或灰黑色灰岩为主。有机碳变化较大(0.04%~1.33%),以 0.2%~0.4%分布最广,平均仅 0.26%,总体上丰度较低。但由于栖霞组厚度较大,折算较好的烃源岩

(TOC 大于 0.4%的样品所占百分比与栖霞组厚度的乘积)可达 42 m。值得一提的是,栖霞组石灰岩中含有一定可溶有机质含量。对深度 3 782.48 m 及 3785.27 m 岩心样品(TOC 分别为 1.33%和 0.42%)所测沥青“A”分别达 0.035%及 0.039%,总烃 255~268 mg/kg,A/C 高达 9.28%,表明栖霞组烃源岩尚具有一定的生油能力。

2.2 有机质类型

有机质类型是衡量烃源岩质量的一个重要标志,不仅影响烃源岩的产烃能力,而且决定其生成烃类的性质。

有机质类型评价指标主要参照邬立言、黄第藩

② 陈安定.有机地化研究基础.江苏油田地质科学研究院,2005.

及陈安定所用标准^[5-7]。

兴桥 1 井二叠系烃源岩的演化程度相对较高,所以完全依据指标来判别有机质干酪根类型并不十分确切。随着烃源岩成熟度的增加,生烃作用及裂解作用加强, S_2 急剧变小,但 S_3 及 TOC 变化不大,这必然导致类型指数 (S_2/S_3)、降解潜率 (D) 及氢指数 (HI) 等急剧降低,单纯使用指标来划分原始类型,会降低有机质类型,不能反映有机质的真实面貌。所以评价时主要参照那些随演化程度增加而变化不大的指标,如干酪根碳同位素、沥青“ A ”组成中的饱芳比等。同时,为减小热成熟度造成的

影响,引入成熟度指标 T_{max} ,使用 T_{max} — D 图版, T_{max} — HI 图版及干酪根 H/C — O/C 原子比图等来联合确定有机质类型。

如表 3 所示,据 H/C 原子比、氢指数、降解潜率、干酪根碳同位素及饱芳比(岩心样品),孤峰组有机质类型偏向腐植Ⅲ型;据类型指数 S_2/S_3 及饱芳比(岩屑样品),孤峰组可划归Ⅱ₂型;而沥青“ A ”碳同位素则表明孤峰组有机质偏向Ⅱ₁型或Ⅰ型。综合干酪根 H/C — O/C 原子比(图 3)及 T_{max} — D 、 T_{max} — HI (图 4)等资料,孤峰组有机质类型应以Ⅲ型为主,Ⅱ₂型次之。

表 3 盐城凹陷兴桥 1 井二叠系烃源岩有机质类型划分综合数据表

层位	指标	数值范围	平均值	样品数(个)		评 价				综合评价
				岩心	岩屑	I	Ⅱ ₁	Ⅱ ₂	Ⅲ	
P _{1g}	H/C	0.34 ~ 0.42	0.395	3					3	Ⅲ为主, Ⅱ ₂ 次之
	HI(mg/g)	9.38 ~ 68	24.8	4					4	
	D(%)	0.73 ~ 6.15	2.2	4					4	
	S_2/S_3	3.67 ~ 4	3.83	2				2		
	饱芳比	0.42 ~ 2.26	1.67	2	2			2	2	
	$\delta^{13}C_{org}(\text{‰})$	-25.25 ~ -24.89	-25.04	3					3	
	$\delta^{13}C_{沥青}(\text{‰})$	-30.63 ~ -26.47	-28.42	3		2		1		
P _{1q}	H/C	0.67 ~ 0.86	0.76	2	3				5	Ⅱ ₂ 为主, Ⅲ次之
	HI(mg/g)	35.3 ~ 114	80.17	11	4				15	
	D(%)	3.07 ~ 12.5	8.07	11	4			8	7	
	S_2/S_3	3.2 ~ 8.1	5.66	2			1	1		
	$\delta^{13}C_{org}(\text{‰})$	-30.46 ~ -25.19	-27.67	2	3	2		2	1	

注:有机质类型划分主要依据碳同位素、饱芳比等相对稳定的指标。

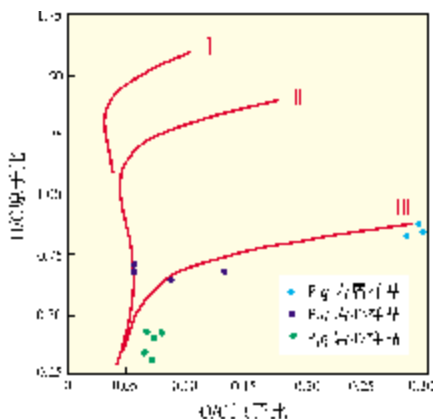


图 3 兴桥 1 井干酪根 H/C — O/C 原子比

H/C 原子比及氢指数表明栖霞组有机质类型偏向腐植型(Ⅲ型)。依据降解潜率,Ⅱ₂型及Ⅲ型所占

比例大致相当。干酪根碳同位素是判别有机质类型的主要依据,然而盐城凹陷栖霞组干酪根碳同位素分析表明,有两个样品可划归为Ⅰ型,两个样品可划归为Ⅱ₂型,一个样品属于Ⅲ型。从 H/C — O/C 原子比图(图 3)及 T_{max} — D 、 T_{max} — HI 资料(图 4)可以看出,部分样品在Ⅰ型及Ⅱ型区域,部分则属于Ⅲ型范围。综合分析,盐城凹陷兴桥地区栖霞组有机质类型以Ⅱ₂型为主。

2.3 热演化阶段划分

胜利油田及长庆油田各测定兴桥 1 井二叠系镜质体反射率样品 4 块。根据胜利油田测定, P_{1g} 及 P_{1q} 烃源岩 R_o 分布范围为 1.08% ~ 1.3%, 用 MPI_3 换算 P_{1q} 烃源岩 R_o 约 1.3%^①, 这与所测定 R_o 值大致

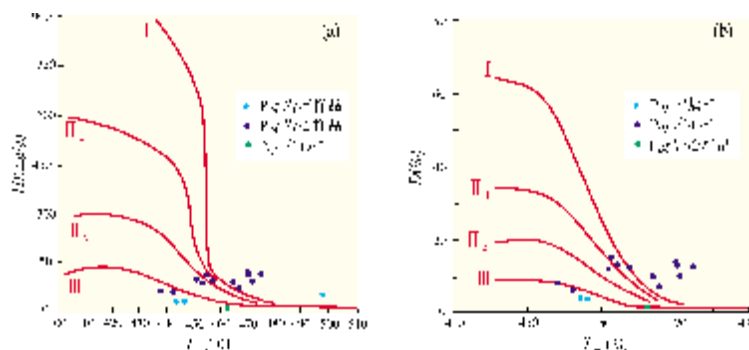


图 4 兴桥 1 井岩石热解资料划分有机质类型
所选样品 $S_2 > 0.1\text{mg/g}$

相当。长庆油田所测 3 780.64 ~ 3 789.4 m 沥青 R_o 为 1.09%, 3 855 ~ 3 880 m 三块煤屑的 R_o 仅 0.8% 左右 (抛光不好, 所测值偏低)。 T_{\max} 为 438 ~ 475 $^{\circ}\text{C}$, 平均约 460 $^{\circ}\text{C}$ 。 $C_{29}\alpha\alpha\alpha$ 胆甾烷 20S/(20S+20R) 为 0.5 ~ 0.57, C_{29} 胆甾烷 $\alpha\alpha\alpha/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$ 为 0.53 ~ 0.67, 都接近平衡值。色谱正构烷烃分布表现为高碳数部分缺损单峰型 (图 5), 表明热裂解已经发生。栖霞组烃源岩的可溶有机质含量仍然较高。深度 3 782.48 m 及

3 785.27 m 岩心样品 (TOC 分别为 1.33% 及 0.42%) 所测沥青 “A” 分别达 0.035% 及 0.039%, 总烃 255 ~ 268 mg/kg, A/C 高达 9.28%。这表明 P_{1q} 烃源岩尚在生油窗中, 仍具有一定的生烃能力。综上所述, 二叠系烃源岩演化阶段处于成熟—高成熟, R_o 约 1.0% ~ 1.3%, 相当于生油晚期。结合其它成熟度指标, 盐城凹陷兴桥 1 井烃源岩有机质演化阶段划分如表 4 所示。

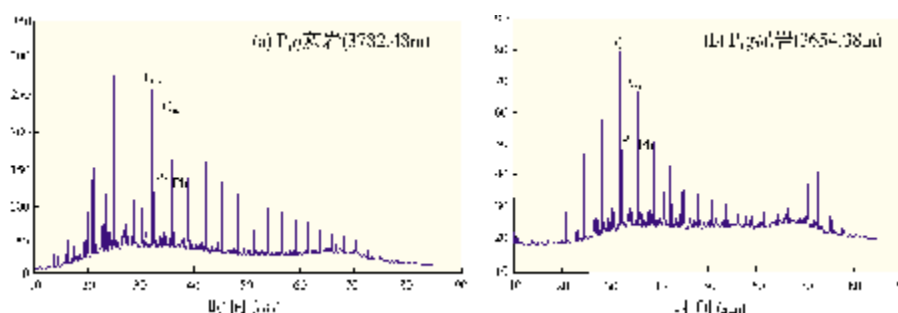


图 5 兴桥 1 井二叠系烃源岩饱和烃色谱图

表 4 盐城凹陷兴桥 1 井烃源岩热演化阶段划分

项 目		P_{1g}		P_{1q}	
		范 围	平均值/(样品数)	范 围	平均值/(样品数)
R_o (%)	胜利油田测量样品	0.88~1.32	1.1/(2)	1.01~1.18	1.1/(2)
	长庆油田测量样品	—	—	0.75~1.09	0.86/(4)
T_{\max} ($^{\circ}\text{C}$)		459~462	460.5/(6)	438~475	459/(11)
$C_{29}\alpha\alpha\alpha$ 胆甾烷 20S/(20S+20R)		0.54~0.59	0.56/(3)	0.5~0.57	0.54/(5)
C_{29} 胆甾烷 $\alpha\alpha\alpha/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$		0.38~0.51	0.44/(3)	0.53~0.67	0.59/(5)
MPI_3	数 值	1.41~1.46	1.43/(3)	1.07~1.3	1.18/(5)
	换算 R_o (%)	1.47		1.3	
A/C(%)		1.65~3.17	2.4/(3)	2.63~18.2	5.53/(2)
OEP		0.83~1.17	1.07/(4)	1.02~1.1	1.05/(6)
H/C原子比		0.34~0.42	0.4/(2)	0.67~0.86	0.76/(5)
演化阶段划分		成熟—高成熟			

注: (1) T_{\max} 取相应 $S_2 > 0.1\text{mg/g}$ 样品; (2) R_o — MPI_3 (甲基菲指数) 关系式: $R_o(\%) = 1.894 \times \log(MPI_3) + 1.18$ ①。

从表中可以看出,虽然孤峰组比栖霞组烃源岩的埋深要浅,但各项指标体现的成熟度却较高,这可能是 P_{1g} 烃源岩以泥岩为主,其粘土矿物的催化作用较强的缘故。

3 气源分析

兴桥 1 井在 3 950.15 m 遇卡(老井眼),后填井至 3 530 m 侧钻(新井眼),完钻井深 4 050 m。在新、

老井眼的白垩系浦口组及二叠系中见到多层气显示(包括气测异常)(表 5,表 6)。

3.1 气体组分

3.1.1 气测录井

盐城凹陷兴桥 1 井气测录井气体组分偏干,与盐城朱家墩气田气体组分相似,与油田伴生气显著不同(重烃的含量较高)(表 7)。

表 5 盐城凹陷兴桥 1 井(老井眼)气测异常

层位	井段(m)	岩性	全烃(%)	C_1 (%)	C_2 (%)	C_3 (%)	解释
K_{2ph}	3 522 ~ 3 540	浅灰色细砂岩	0.044 ↑ 0.09	0.01 ↑ 0.054	0 ↑ 0.002	0	干层
	3 572.47 ~ 3 575.62	灰绿色砂砾岩	0.064 ↑ 0.224	0.016 ↑ 0.048	0 ↑ 0.005	0	干层
P_{1q}	3 632 ~ 3 634	浅灰色含砾细砂岩	0.055 ↑ 0.535	0.021 ↑ 0.362	0 ↑ 0.004	0 ↑ 0.003	干层
	3 779.6 ~ 3 780.64	褐灰色粉晶灰岩	0.180 ↑ 6.448	0.013 ↑ 3.212	0.005 ↑ 0.040	0 ↑ 0.006	低产气层

表 6 盐城凹陷兴桥 1 井(新井眼)气测异常

层位	井段(m)	岩性	全烃(%)	C_1 (%)	C_2 (%)	C_3 (%)	解释
K_{2ph}	3 635 ~ 3 636	砂砾岩	0.088 ↑ 0.119	0.053 ↑ 0.075	0.006 ↓ 0.004	0	干层
	3 639 ~ 3 641	含砂砾岩	0.088 ↑ 0.275	0.045 ↑ 0.160	0.005 ↑ 0.008	0.002 ↑ 0.003	干层
P_{1q}	3 727 ~ 3 729	微晶灰岩	0.073 ↑ 1.192	0.021 ↑ 1.042	0.006 ↑ 0.011	0.003 ↑ 0.004	含气层
	3 764 ~ 3 765	微晶灰岩	0.073 ↑ 2.264	0.019 ↑ 2.011	0.005 ↑ 0.012	0.002 ↑ 0.009	含气层

表 7 盐城凹陷兴桥 1 井气测异常与朱家墩气田及苏北盆地海安凹陷油田伴生气烃类组分特征对比

地区	井号	层位	气测录井 全烃升高值	全烃(%)					备注
				CH_4	C_2H_6	C_3H_8	iC_4	nC_4	
盐城凹陷	兴桥 1	K_2p	0.088 ↑ 0.275	95.2	3.6	1.2	—	—	—
		P_{1q}	0.073 ↑ 2.264	99	0.6	0.4	—	—	—
盐城凹陷 朱家墩气田	盐参 1	K_2t	1.1 ↑ 25.5	96.5	3	0.5	—	—	气层
	盐城 1	E_1f_1	10.73 ↑ 34.71	89.9	1.6	5.1	1.1	2.3	
		K_2t	11.56 ↑ 78.16	86.7	4.8	5.7	1	1.8	
	盐城 3	K_2t	0.63 ↑ 10.98	98	1.6	0.3	0.1	—	含气层
		D_{2-3}	1.45 ↑ 91.54	99.1	0.9	—	—	—	
海安凹陷 油田伴生气	安 3	K_{2d1}	—	55	18	18	3	6	油层
	安 13		—	84.2	10	3.2	—	2.6	
	安 2	E_1f_2	—	43.2	12.4	13.6	12.3	18.5	

3.1.2 轻烃分析

根据兴桥 1 井老井眼第九次取心(3 779.3 ~

3 785 m)气显示段岩心浸泡后的轻烃资料,气体组分较湿(甲烷 70.1%,乙烷 8.4%,丙烷 13%,异丁烷 3%,正丁烷 5.4%),与表 7 中给出的气测录井组分

具有较大的差别。形成这种差别可能是由甲烷散失所造成,需要进一步研究证实。

3.2 酸解烃

酸解烃碳同位素表明,白垩系浦口组及下二叠统栖霞组气体组分差别较大,明显具有不同的母源。浦口组酸解气与塔里木陆相腐殖型气(图 6 中的 E 区)相似,数值上与栖霞组岩心干酪根碳同位素值大致相当,表明浦口组气体有可能来自下部二叠系。栖霞组酸解烃碳同位素值(乙烷 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 为 -44.77‰)表明生烃母质偏向腐泥型,这与二

叠系干酪根碳同位素显著不同(干酪根 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 为 $-30.46\text{‰} \sim -24.89\text{‰}$)(表 8),与塔中地区寒武系来源为主的成熟海相腐泥气具有较大的相似性(图 6 中的 A 区),指示栖霞组气体有可能受到下部寒武系气源的侵入。由于盐城凹陷朱家墩气藏的气源一直认为是古生界烃源岩的二次生烃,且以上古生界烃源岩的二次生烃为主^[9],下古生界的气源并未得到落实。如果兴桥 1 井二叠系中的疑似寒武系气源能进一步得到落实,则可为下古生界烃源岩供烃提供证据,这将对苏北地区盐城凹陷的油气勘探产生重要的指导意义。

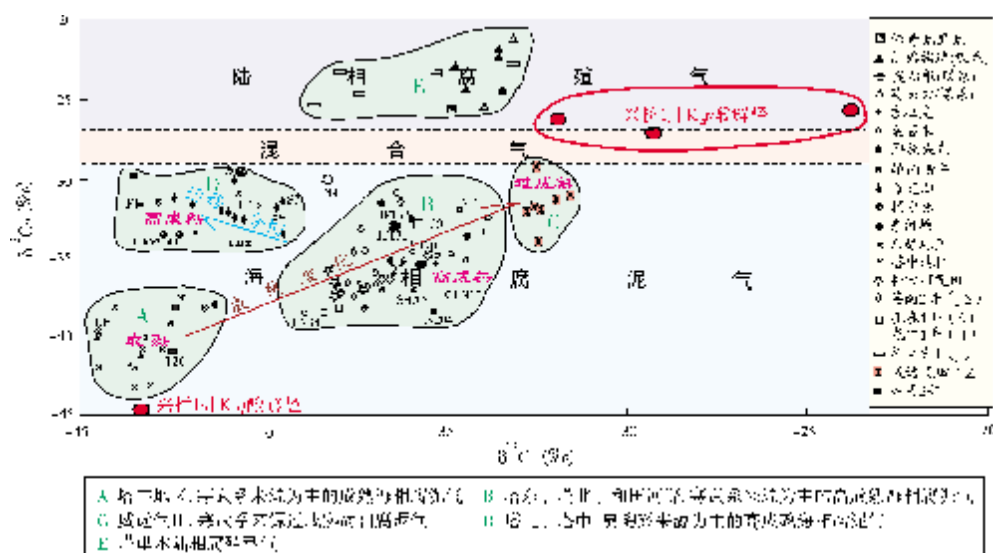


图 6 盐城凹陷兴桥 1 井酸解烃与塔里木、四川盆地寒武系—奥陶系海相腐泥气、陆相腐殖气对比

表 8 盐城凹陷兴桥 1 井酸解烃碳同位素与朱家墩气及二叠系烃源岩干酪根碳同位素对照表

样品深度 (m)	层 位	岩 性	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}(\text{‰})$			备 注
			CH_4	C_2H_6	C_3H_8	
3 547.36	K_2p	灰色砂岩	- 29.20	- 27.26	- 27.11	酸解烃
3 576.82		灰绿含砾细砂岩	- 23.73	- 25.92	- 27.49	
3 583.74		灰色砂岩	- 31.91	- 26.43	- 27.06	
3 780.8	P_1q	方解石	- 43.35	- 44.77	- 42.60	朱家墩气 ^[8]
—	E_1f_1	—	- 37.8	- 27	- 25.6	
3 654.38	P_1g	深灰色泥岩	- 24.89(岩心)			干酪根
3 654.77		黑色泥岩	- 24.97(岩心)			
3 655.02			- 25.25(岩心)			
3 782.48	P_1q	灰黑色灰岩	- 30.46(岩心)			
3 785.27			- 30.25(岩心)			
3 792		石灰岩	- 26.22(岩屑)			
3 850			- 26.23(岩屑)			

4 结 论

(1) 盐城凹陷兴桥1井揭示该区二叠系孤峰组及栖霞组为较好的烃源岩。孤峰组泥岩有机碳最高可达1.44%, 平均0.74%; 栖霞组厚度较大, 折算较好的烃源岩大于42m。孤峰组有机质类型偏向Ⅲ型, 栖霞组主要为Ⅱ₂型。

(2) 二叠系烃源岩演化程度较低, 仍具有一定的可溶有机质含量, 沥青“A”可达0.039%, 尚有一定的生烃能力。

(3) 白垩系酸解气可能来自于下部二叠系, 而二叠系酸解气则指示受到更深部的寒武系气源的侵入。

参 考 文 献

- [1] 杨琦, 陈红宇. 苏北—南黄海盆地构造演化[J]. 石油实验地质, 2003, 25(增刊1): 563-564.
- [2] 傅家谟, 汪本善, 史继扬, 等. 有机质演化与沉积学矿床成因: (1) 油气成因与评价[J]. 沉积学报, 1983, 1(3): 40-58.
- [3] 刘宝泉, 郭树芝. 矿物质对排烃的影响及碳酸盐岩生油岩下限值的确定[J]. 古潜山, 1997, (2): 48-53.
- [4] 张水昌, 梁狄刚, 张大江. 关于古生界烃源岩有机质丰度的评价标准[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(2): 8-12.
- [5] 陈安定. 海相“有效烃源岩”定义及丰度下限问题讨论[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(2): 23-25.
- [6] 邬立言, 顾信章, 盛志伟, 等. 生油岩热解快速定量评价[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 30-35.
- [7] 黄第藩, 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地中部气田气源判识和天然气成因类型[J]. 天然气工业, 1996, 16(6): 1-5.
- [8] 毛凤鸣, 侯建国. 盐城凹陷天然气和凝析油的成因及烃源岩研究[M]// 毛凤鸣, 戴靖. 复杂小断块石油勘探开发技术. 北京: 中国石化出版社, 2005: 141-150.
- [9] 陈安定, 王文军, 岳克功, 等. 盐城朱家墩气田气源及发现意义[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 45-49.

编辑: 吴厚松

Characteristics of Permian Source Rock and Analysis of Gas Source of Well XQ-1 in Yancheng Sag, Subei Basin

Feng Wujun, Chen Anding

Abstract: Permian Gufeng and Qixia source rocks were drilled in Well XQ-1 in Yangcheng Sag, Subei Basin. Gufeng Formation is only 11.3m thickness of dark mudstone with the average 0.74% TOC (maximum 1.44%), which shows Type III kerogen. Qixia Formation is dark carbonate rock with larger than 42m thickness that is converted by TOC>0.4%, mainly showing Type II₂ kerogen. These source rocks are relatively low in thermal maturity and so still within oil-generating window. Several beds of gas showings are met in Upper Cretaceous Pukou and Lower Permian Qixia reservoirs. Research indicates that the gas in Pukou Formation is likely to derive from deep Permian source rock and the gas in Qixia Formation maybe comes from deeper Cambrian source rock, which is significant to oil and gas exploration if it is identified and proved.

Key words: Permian, Source rock evaluation; Maturity of organic matter; Analysis of gas source; Hydrocarbon potential; Yangcheng Sag; Subei Basin

Feng Wujun: male. Master, Geologist. Add: Jiangshu Geology Institute of Jiangshu Oilfield Branch Company, SINOPEC, Wenhui Xi Rd., Yangzhou, Jiangsu, 225009 China