

江汉盆地丫角低凸起油源剖析

江继纲 严叔澜

(江汉石油管理局勘探开发研究院)

江汉盆地丫角低凸起潜江组生油岩尚未成熟。丫角油田原油与清水口洼陷潜江组原油不同源,而可能来自潜江凹陷高场、浩西一带的潜3、4段。

丫角低凸起位于江汉盆地潜江凹陷与江陵凹陷之间。七十年代在丫角构造潜江组中发现了油田,原油为重质油。本文利用生物标记物、碳同位素及正构烷分布特征等多项地球化学资料,结合地质资料,试图从研究生油条件入手,通过油-油对比和油-岩对比,探讨本区石油的来源,以利于制订油气勘探规划。

一、丫角低凸起潜江组生油岩特征

1. 生油母质多为混合型

潜江组沉积时期,丫角一带属于滨浅湖滩坝沉积区,湖水相对淡化,湖生生物较为发育(见有大量介形虫、轮藻以及有孔虫等化石)。另一方面,由于该区靠近借粮湖三角洲前缘,还有较多的陆生有机质输入。镜下主要见到两种形态迥然不同的有机质,一种呈云雾状(无定形),另一种呈块状或长条状,轮廓清晰。不成熟生油岩的饱和烃色谱图多为双峰型(图1),也明显地反映出生油母质为混合型。

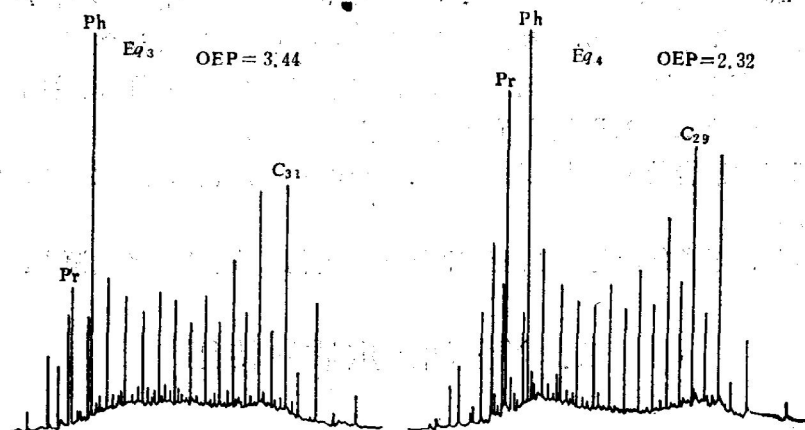


图1 丫角潜江组未成熟生油岩饱和烃色谱图

2. 有机质丰度较低

丫角低凸起在潜江组沉积时期, 虽然有机质有多种来源, 但该区经常处于波基面以上, 湖水动荡, 对有机质的堆积、保存极为不利。尽管本区潜江组暗色泥岩厚达 600 m 左右 (约占地层厚度的 70%), 但有机碳含量一般小于 0.40%, 平均为 0.34%, 沥青 A 含量一般小于 0.02%, 平均为 0.0182%, 烃含量一般小于 30 ppm, 平均为 28 ppm (表1)。

表1 丫角低凸起潜江组有机质丰度

层 位	有 机 碳 (%)	沥 青 A (%)	烃 (ppm)
Eq ²	0.27/9	0.0115/7	23/5
Eq ³	0.33/28	0.0205/20	27/15
Eq ⁴	0.61/3	0.0189/2	51/2
Eq	0.34/40	0.0182/29	28/22

分母为样品数

3. 埋藏浅, 未成熟

据潜江凹陷潜江组地温梯度平面变化规律, 推算丫角低凸起地温梯度约为 3.8℃/100 m。潜江凹陷潜江组混合型生油母质的生油门限温度为 89℃。丫角低凸起相应于 89℃ 的深度约为 1900 m, 这一深度大体上接近该区生油门限深度。但丫角低凸起潜江组生油岩实际埋深几乎都小于 1600 m, 所以没有成熟。

有人认为, 烃/C 达 3% 以上的生油岩才能称为成熟生油岩^[1]。丫角低凸起生油岩烃/C 一般不到 2%, 仅个别样品达到 3%, 22 块样品平均为 1.16%。

丫角低凸起潜江组生油岩饱和烃色谱, 在高碳数部分具有极明显的奇碳优势, 主峰碳数为 C₂₉、C₃₁, OEP 值大于 2; 在低碳数部分, 植烷峰和姥鲛烷峰很高 (图1)。

本区潜江组生油岩, C₂₈、C₂₉ 甾烷和 C₃₂ 藿烷以 R 构型占优势, S 构型很少。特别是 C₃₃—C₃₅ 藿烷只有 R 构型, 无 S 构型。但见到 C₃₁—C₃₅ ββ 型藿烷。这些都是未成熟生油岩最显著的特征^[2] (江陵凹陷清水口洼陷宋 7 井低成熟生油岩与丫角未成熟生油岩明显不同, C₃₂—C₃₅ 藿烷的 22S/22R 值接近于 1, ββ 型藿烷已完全消失)。

丫角潜江组生油岩的镜质体反射率为 0.40—0.42%, 也未达到生油门限的一般标准 (0.50%)。

由上述可见, 丫角低凸起潜江组生油岩尚未成熟, 不是本区的油源岩。

二、丫角油田重质油特征

1. 烷烃特征

丫角油田原油的全烃色谱图 (图 2) 呈双峰型, 最高主峰为 C₁₄, 次主峰为 C₁₈, nC₁₁ 与 nC₂₂⁺ 之比小于 0.6, 高碳部分显偶碳优势。异戊间二烯类烷烃峰 (iC₁₃—iC₂₀) 都高

于相邻的正构烷烃峰。正构烷含量只占烷烃总量的56—59%，而支链烷烃加环烷烃含量占41—44%（表2）。

甾烷以 $5\alpha 14\alpha 17\alpha 20R$ 构型为主。 C_{29} 甾烷 $20S/20R$ 为0.41—0.69，远未达到异构化终点值。 C_{32} 藿烷 $22S/22R$ 一般小于1.0。重排甾烷含量很低。

2. 其他特征

丫角原油具有高比重（ >0.91 ）、高粘度（ $>0.1Pa\cdot s$ ）、高含硫（ $>1\%$ ）、低饱和烃（ $<38\%$ ）、高非烃（ $>44\%$ ）的特点。

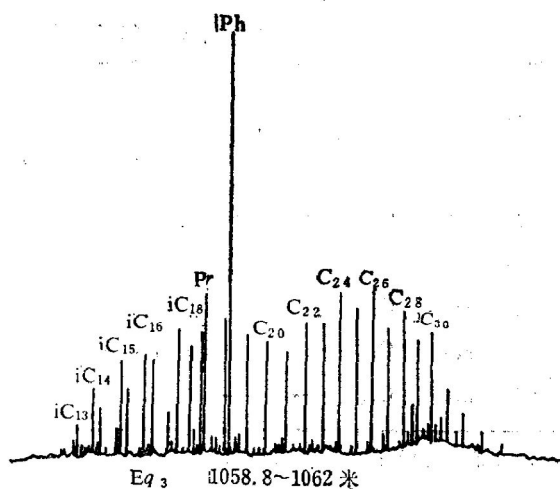


图2 丫角原油全烃色谱图

表2 丫角原油中各类烷烃相对含量

井 号	层 位	正 构 烷 (%)	支 链 烷 加 环 烷 (%)	成 熟 度
丫5—6	Eq ³	56	44	低 成 熟
丫6—10	Eq ³	58	42	低 成 熟
丫27	Eq ³	59	41	低 成 熟
宋3	Eq ³	58	42	低 成 熟

三、原油与原油对比

1. 丫角潜3上原油与潜3下原油差别较大

丫角油田有潜3上和潜3下两个主要产油层。这两个产层的原油， $\delta^{13}C$ 值相近，但其他方面差别较大（表3、4）。

表3 丫角及其邻区潜江组原油甾烷萜烷参数

地 区	层 位	甾 烷		萜 烷	
		$5\alpha 20R \frac{C_{27}}{C_{28}}$	$C_{29} \frac{20S}{20R+20S}$	$\frac{C_{29}+C_{30}}{C_{27}}$	$\frac{Tm}{Ts}$
丫 角	潜3上	2.73	0.29	10.74	7.50
丫 角	潜3下	1.96	0.41	3.75	5.85
浩 西	潜3下	2.08	0.46	3.62	5.25
高 场	潜4上	1.73	0.35	4.19	5.00
清水口	潜4上	0.79	0.29	5.39	4.75

潜3上原油甾烷 $5\alpha C_{27-20R}/5\alpha C_{28-20R}$ 、藿烷 $(C_{29}+C_{30})/C_{27}$ 和 Tm/Ts 都比较高，潜3下原油则比较低。

表4 丫角及其邻区潜江组原油地化特征

地 区	层位	饱和烃色谱					族 组 分 **			物 性 **			$\delta^{13}\text{C}$ (‰) (PDB)
		主峰	C_{21} 前 C_{22} 后	$i\text{C}_{18}$ Ph	Pr Ph	$\frac{\text{Pr}+\text{Ph}}{n\text{C}_{17}+n\text{C}_{18}}$	总烃 (%)	非烃加 沥青质 (%)	饱和 芳	比重 (D_4^{20})	粘度 (厘泊)	硫 (%)	
丫 角	潜3上	C_{24}	0.24	0.01	0.06	6.25	15.62	84.38	1.50	0.9721	1329	7.01	-24.95
丫 角	潜3下	C_{24}	0.53	0.22	0.37	2.51	43.76	56.24	4.17	0.9299	251	3.27	-25.26
浩 西	潜3下	C_{24}	0.62	0.24	0.38	2.13	30.33	69.67	3.96	—	—	—	-24.96
高 场	潜4上	C_{44}	0.37	0.13	0.24	2.47	41.06	58.94	4.61	0.9045	79	3.74	-25.50
清水口	潜4上	C_{30}	—	—	0.11	—	26.08	73.92	1.83	0.9380	3152	2.09	-27.74

* 1泊=0.1帕秒 ** 平均值

潜3上原油和潜3下原油相比,前者正烷烃偶碳优势更为明显,轻重组分比值较低,二者的 $i\text{C}_{18}/\text{Ph}$ 、 Pr/Ph 以及 $(\text{Pr}+\text{Ph})/(n\text{C}_{17}+n\text{C}_{18})$ 亦有差别。

潜3上原油芳烃红外光谱, $720\text{ cm}^{-1} > 740\text{ cm}^{-1}$, $1660\text{ cm}^{-1} > 1600\text{ cm}^{-1}$ 。潜3下原油则相反。

潜3上原油,饱和烃含量低($<10\%$),非烃加沥青质含量高($>80\%$),比重大于0.96,含硫量大于5%。而潜3下原油,饱和烃含量为30—38%,非烃加沥青质含量为53—61%,比重一般小于0.95,含硫量不到5%。

以上所述潜3上原油与潜3下原油的差异,可能是水洗作用或生物降解作用造成的,也可能是埋藏深度不同引起的。

2. 丫角原油与清水口洼陷原油不同源

丫角油田位于清水口断层的上升盘,其下降盘为江陵凹陷清水口洼陷(图3)。清水口

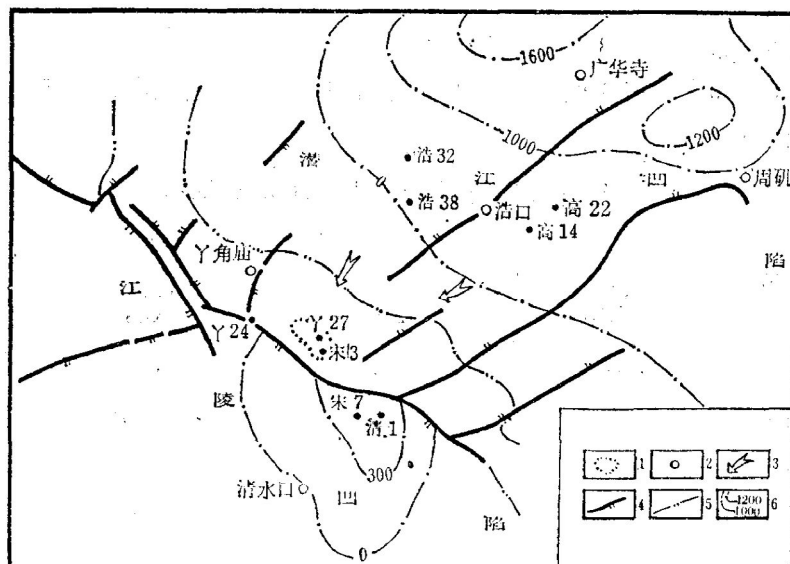


图3 丫角及其邻区潜江组油源关系图

1—构造, 2—井位, 3—油气运移方向, 4—断层, 5—二级构造单元界线,
6—成熟生油岩等厚线

洼陷内,潜江组厚度上千米,其底界最大埋深达 2450 m,成熟生油岩分布面积为 58 km²,具有一定的生油潜力。洼陷内已钻有宋 7、清 1 两口探井,清 1 井潜 4 段上部有 3 层油斑油迹,试油结果产少量油流,原油各项地化指标与丫角油田原油明显不同。

丫角宋 3 井潜 3 下原油, $C_{27}-20R$ 甾烷 $> C_{29}-20R$ 甾烷,清 1 井潜 4 上原油则相反。这说明前者生油母质以水生浮游生物为主,后者则以陆生高等植物为主。宋 3 井潜 3 下原油 C_{32} 、 C_{33} 藿烷 R 构型含量与 S 构型相近,清 1 井潜 4 上原油 C_{32} 、 C_{33} 藿烷 R 构型高于 S 构型。这反映埋藏较深的清 1 井原油,其成熟度反而低于埋藏较浅的宋 3 井原油。

丫角潜 3 段原油的 $\delta^{13}C$ 值为 -24.95 至 -25.26% ,清 1 井潜 4 上原油为 -27.74% 。

宋 3 井原油,饱和烃从低碳数到高能数保存完整。而清 1 井原油,碳数分布范围很窄,低碳数正烷烃已全部损失,异戊间二烯类烷烃只剩下植烷(这可能是原油遭受较强烈水洗作用的结果)。

在芳烃红外光谱图上,丫角原油 1380 cm^{-1} 和 1460 cm^{-1} 吸收峰较强。清 1 井原油, 1380 cm^{-1} 和 1460 cm^{-1} 吸收峰很弱, 720 cm^{-1} 和 1660 cm^{-1} 吸收峰却很突出。这说明清 1 井原油芳环上长链烷基和酰基比丫角原油多,芳烃的取代程度低。

综上所述,丫角油田的原油与清水口洼陷的原油有明显的差异,可以认为二者来自不同的母岩。

3. 丫角潜 3 下原油与浩西潜 3 下及高场潜 4 上原油同源

潜江凹陷潜江组各段地层由浩西、高场地区向丫角低凸起逐渐抬升。潜江凹陷与丫角低凸起之间无大断层分隔(图 3),这对浩西、高场一带潜 3、4 段主力生油层生成的油气沿地层上倾方向运移较为有利。本区潜 3 下和潜 4 上砂岩一般厚 10—30 m,这也有利于油气运移。

丫角潜 3 原油与浩西潜 3 下、高场潜 4 上原油,甾烷和藿烷的分布特征较为相似。甾烷(20R)相对丰度都是 $C_{27} > C_{29} > C_{28}$,丫蜡烷的含量都很高。二者的 C_{29} 甾烷 $20S/(20R+20S)$ 、藿烷 $(C_{29}+C_{30})/C_{27}$ 和 Tm/Ts ,也很接近。

丫角潜 3 下原油的 $\delta^{13}C$ 值介于浩西潜 3 下原油与高场潜 4 上原油之间,差值 $\leq 0.40\%$ (表 4)。

丫角潜 3 下原油的正烷烃分布曲线,与浩西潜 3 下及高场潜 4 上原油相似,主峰均为 C_{24} 。异戊间二烯类烷烃与正构烷的比值,也较为接近。

此外,丫角潜 3 下原油的族组成、物性、芳烃红外光谱特征,也与浩西潜 3 下原油和高场潜 4 上原油有某些相似之处。

由此可以推知,丫角潜 3 下原油与浩西潜 3 下原油、高场潜 4 上原油来自同一套油源层。

四、原油与生油岩对比

1. 丫角潜 3 段原油与本区生油岩无可比性

丫角潜 3 段原油, $C_{32}-C_{35}$ 藿烷的 R 构型峰高与 S 构型相近,无 $\beta\beta$ 型藿烷。而本区潜 3 段生油岩, C_{32} 藿烷 R 构型峰特高, S 构型峰极低,且含有 $C_{31}-C_{35}\beta\beta$ 型藿烷。其他甾烷、萜烷指标,油岩之间也有明显差别(表 5)。

表5 丫角潜3段原油与生油岩甾烷萘烷参数

井号	层位	样品	甾烷		萘烷		
			$C_{28} \frac{20S}{20R}$	$C_{29} \frac{20S}{20R}$	藿烷 $\frac{C_{29}+C_{30}}{C_{27}}$	$\frac{C_{30} \text{藿烷}}{(C_{29}+C_{30}) \text{藿烷}}$	$\frac{T_m}{T_s}$
丫4	潜3上	原油	0.31	0.41	10.74	5.91	7.50
宋3	潜3下	原油	0.61	0.69	3.75	3.81	5.85
丫4	潜3下	生油岩	0.10	0.10	5.02	0.72	3.50

丫角潜3段原油的正构烷分布呈偶碳优势,而本区潜3段生油岩则呈高奇碳优势。由此可见,本区潜3段原油与潜3段生油岩之间,不存在亲缘关系。

该区荆沙组主要为红色碎屑沉积,无生油条件。新沟嘴组和沙市组,暗色泥岩不发育,生油条件很差。因此,也可以排除丫角潜3段原油来自下伏地层(荆沙组、新沟嘴组、沙市组)的可能性。

2. 丫角潜3段原油与清水口洼陷潜江组生油岩不相关

丫角宋3井原油与清水口洼陷宋7井生油岩,二者的 C_{27} 以上环烷烃分布有所不同,宋7井的 C_{30} 藿烷相对强度较高。

丫角原油 $\delta^{13}C$ 值为 -24.95 至 -25.26% ,而宋7井潜江组生油岩为 -32.94% 。

正烷烃主峰位置,丫角原油为 C_{24} ,清水口潜江组生油岩为 C_{19} ,二者明显不同。异构烷烃同正构烷烃的比值,油、岩之间也有较大差别。

由上述资料可以认为,丫角油田的原油并非来自清水口洼陷的潜江组生油岩。

3. 丫角原油来自浩西、高场一带潜江组低成熟生油岩

丫角宋3井原油 C_{27} 以上环烷烃分布特征,与高场高14井潜4段生油岩基本相似。

丫角潜3下原油的正烷烃分布曲线,也与浩西潜3下生油岩、高场潜4生油岩基本相似,主峰位置均为 C_{24} 。异戊间二烯类烷烃的比值,以及异戊间二烯烷烃同正构烷烃的比值,油、岩之间也比较为接近。

可以认为,丫角潜3下原油来自浩西、高场一带的潜江组低成熟生油岩。至于丫角的潜3上原油,其地化特征虽与潜3下原油有所不同,但其来源未必与潜3下原油不同(如上文所述,这两个油组的原油的差异,可能是水洗作用等因素造成的)。

五、结 论

1. 丫角潜江组因有机质丰度低,埋藏浅,不能成为本区的油源岩。
2. 丫角原油成熟度低,可分为潜3下和潜3上两种类型。它们与清水口洼陷的潜江组原油不同源,而与潜江凹陷高场、浩西一带的潜3、4段原油有亲缘关系,均来自高场、浩西一带潜江组的低成熟生油层。
3. 丫角低凸起及潜江凹陷西部地区,是石油勘探的有利地区。

参 考 文 献

- [1] G.T. 菲利浦, 1965, 论石油生成的深度、时间和机理。石油地质学译文集, 第3集, 科学出版社。
[2] 姜乃煌, 1984, 根据萜烷、甾烷地球化学参数确定生油岩成熟门限的方法。大庆石油地质与开发, 第3卷, 第2期。
[3] 范璞等, 1984, 原油碳硫氢稳定同位素研究。石油与天然气地质, 第5卷, 第3期。

ANALYSIS OF OIL SOURCE OF YAJIAO OILFIELD
JIANGHAN BASIN

Jiang Jigang Yan Shulan

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development,
Jianghan Petroleum Administration)

Abstract

Yajiao oilfield is located between Qianjiang Depression and Jiangling Depression of Jianghan Basin in central China. The oil is produced in the Qianjiang Formation of the Eocene. Its specific gravity is more than 0.91, viscosity more than 0.1 Pa.s, sulphur content greater than 1%, saturated hydrocarbon content less than 38%. According to biomarker and other geological-geochemical data, it is inferred that the oil is derived from the Qianjiang Formation of Qianjiang Depression instead of Jiangling Depression.

四川省首届“生物礁与油气藏及其它矿床
学术会议”在重庆召开

由四川省石油学会、四川省地质学会和四川省矿物岩石地球化学学会联合召开的首届“生物礁与油气藏及其它矿床学术会议”于1986年3月29日至4月3日在重庆召开。来自中国科学院、地质矿产部、石油工业部和高等院校等49个单位从事生产科研的地质专家、教授150人出席了这次专门讨论生物礁问题的较大型会议。会上宣读了30多篇论文,放映了两部与生物礁有关的电视录像,基本上反映了四川及邻区生物礁与油气藏研究工作和勘探技术的现有水平。

论文题材广泛,主要讨论了生物礁的沉积环境、发育因素和分布规律,以及生油地化和储集条件。一部分论文讨论了生物礁的地震地层学特征、测井地质特征。

会上著名地质学家曾鼎乾、范嘉松、曾允孚等介绍了他们研究生物礁方面的新成果、新理论、新方法、新技术。与会者扩大了眼界,开阔了思路,沟通了信息,受到了启发。最后,由四川石油管理局总地质师包茨作了大会总结。会期代表们考察了北碚老龙洞、椿木坪的上二叠统长兴组生物礁。

四川上二叠统长兴组生物礁的研究工作起步较晚,但在川东地区钻到礁型气藏之后,在川东北约4万平方公里的碳酸盐台地上,除发现的20个礁点外,又新发现67个地震异常区,可见勘探前景良好。目前急需研究的课题是应用地震地层学手段沿着有利的沉积相带找寻潜伏的生物礁,和通过已知的礁点,结合钻井对比分析,找出生物礁的分布规律,为四川天然气工业开创新局面。

(刘大成)