

文章编号: 1001-6112(2006)04-0380-06

# 川东南官渡构造 中侏罗统原油地球化学特征及油源

蔡勋育<sup>1</sup>, 朱扬明<sup>2</sup>

(1. 中国石油化工股份有限公司 南方勘探开发分公司研究院, 昆明 650200; 2. 浙江大学 地球科学系, 杭州 310027)

**摘要:** 根据轻烃、饱和烃、芳烃和碳同位素的系统分析资料, 全面剖析了川东南地区官渡构造中侏罗统原油的地球化学特征, 并通过油源对比确定了其主力烃源层。研究表明, 该原油的 C<sub>5</sub>-C<sub>8</sub> 轻烃中以正构烷烃占优势, 异构和环烷烃相对较少, 几乎不含苯和甲苯, 正庚烷明显高于甲基环己烷; 其 Pr/Ph 值较低(1.56), C<sub>27</sub>-C<sub>29</sub> 甾烷呈“V”字型分布, 伽马蜡烷较高, 表征油源岩为较深湖相沉积, 成油母质生源构成中水生生物占有较高比例; 正烷烃系列分布轮廓线呈上凸状, 且碳同位素随碳数增加呈变轻趋势, 具有一般陆相原油的特征; 经轻烃、生物标志物参数对比, 认为该原油与本区的上三叠统须家河组沥青和天然气没有成因上的联系, 其油源来自下侏罗统烃源层。

**关键词:** 原油; 轻烃; 碳同位素; 中侏罗统; 官渡构造; 川东南

**中图分类号:** TE122.11

**文献标识码:** A

川东南官渡构造带自上世纪 70 年代初开始油气勘探以来, 先后钻探了 7 口井, 其中多口井见有工业气流和油气显示。更可喜的是, 2004 年钻探的官 9 井首次在中侏罗统下沙溪庙组测试获得 90.6 m<sup>3</sup>/d 的高产轻质原油, 该地区的勘探取得了历史性突破, 形成了“海陆兼顾、油气并举”的勘探新局面。目前该构造带的油气成因和来源尚不清楚, 不利于落实本地区中浅层碎屑岩油气资源潜力。本文在系统分析该原油及烃源岩样品生物标志物和碳同位素组成的基础上, 全面揭示其地球化学特征, 明确原油的成因类型; 并通过油/岩对比, 确认其主力烃源层, 为下一步的油气勘探提供科学依据。

## 1 地质地球化学背景

官渡构造带位于四川盆地川东南坳褶带西南部的川南低褶带南缘, 赤水地区东北部边缘, 总体呈北北西向展布, 北邻川南合江构造和塘河构造, 东邻天堂坝构造, 西邻赤水旺隆构造, 向南呈鼻状倾没于大百岩向斜中。该构造带地层可以与四川盆地其它地区对比。震旦纪前的晋宁运动形成了区域变质基底, 基底上沉积了震旦纪、寒武纪、奥陶纪、早一中志留世、二叠纪、三叠纪、侏罗纪及晚白垩世地层; 受历次构造运动的影响, 其间缺失泥盆纪、石炭纪、晚志留世、中三叠世的一部分及早白垩世、

新生代的地质。区内海相地层总厚约 6 000 m, 上三叠统以上的陆相地层在官渡地区保留厚约 2 500 m, 构成了 2 个油气勘探领域和多套勘探层序。

官渡构造所在地区自下而上发育 5 套主要烃源岩, 即: 志留系龙马溪组黑色泥页岩, 下二叠统深灰色含泥质灰岩, 上二叠统龙潭组的灰黑色泥岩、页岩和长兴组的深灰、灰黑色灰岩, 上三叠统须家河组的黑色、灰黑色泥(页)岩夹煤层, 侏罗系黑色泥页岩和深灰色泥岩, 具有较好的油气源条件。志留系龙马溪组暗色泥页岩有机碳平均含量达 1.1%, 有机质类型属腐泥型。下二叠统烃源岩有机碳含量平均为 0.32%, 有机质类型为偏腐泥的过渡型。上二叠统烃源岩有机碳含量为 0.5%~1.5%, 平均值为 1.0%, 有机质类型为偏腐植过渡型。上三叠统须家河组为一套陆相含煤建造<sup>[1]</sup>, 有机碳含量为 1.24%~5.48%, 有机质类型为腐泥偏腐植型。下侏罗统凉高山组和大安寨组泥岩有机碳含量为 0.82%~4.69%, 有机质类型主要为腐植腐泥型。这些烃源层有机质成熟度均较高, 其中下侏罗统 R<sub>o</sub> 值为 1.55%~1.83%, 烃源岩处于凝析油-湿气阶段; 其它层位 R<sub>o</sub> 值均在 2.0% 以上, 已达到过成熟干气演化阶段。

目前官渡构造带及邻近地区已在上三叠统须家河组、中三叠统雷口坡组、下三叠统嘉陵江组、飞仙关组和二叠系龙潭组、阳新统地层中发现工业性

收稿日期: 2005-12-09; 修订日期: 2006-05-16。

作者简介: 蔡勋育(1963-), 男(汉族), 湖南华容人, 博士、教授级高级工程师, 主要从事石油与天然气勘探研究。

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2005CB422100)。

气藏,在官渡构造的须家河组砂岩层中见有大量沥青脉(属焦沥青类)。本研究采集了官渡构造官9井中侏罗统下沙溪庙组原油和官5等井须家河组沥青样品及下侏罗统和上三叠统烃源岩样品。官9井原油油质较轻呈橙黄色,密度为 $0.779\text{ g/cm}^3$ , $50\text{ }^\circ\text{C}$ 温度下测得的粘度为 $1.298\text{ mm}^2/\text{s}$ ,常温下为溶胶状。对这些样品进行了GC,GC/MS和碳同位素等地球化学分析。

## 2 原油地球化学特征

### 2.1 原油全油气相色谱

全油气相色谱分析结果表明,官9井原油 $\text{C}_5\text{—C}_8$ 轻烃中以正构烷烃占优势,异构和环烷烃相对较少,几乎不含苯和甲苯。该原油轻烃另一个重要特征是,它的正庚烷( $n\text{C}_7$ )明显高于甲基环己烷,两者的比值高达1.83。一般认为,甲基环己烷主要来源于高等植物中的木质素、纤维素和糖类<sup>[2]</sup>,因而它可指示陆源有机质生源的比例。原油中轻烃化合物相对较少,意味着其源岩中陆源高等植物对沉积有机质的生源贡献相对较少。据王顺玉等<sup>[3]</sup>发表的资料,在四川盆地中部八角场下侏罗统大安寨一段的凝析油轻烃中也具有类似的分布,它们的甲基环己烷也低于正庚烷(图1)。在图1中还可以看出,总体上,四川盆地侏罗系原油中甲基环己烷含量都相对较低,与嘉陵江和长兴组等海相原油相近;而老关庙、文兴场、中坝等地区上三叠统原油中甲基环己烷的含量非常高,几倍于正庚

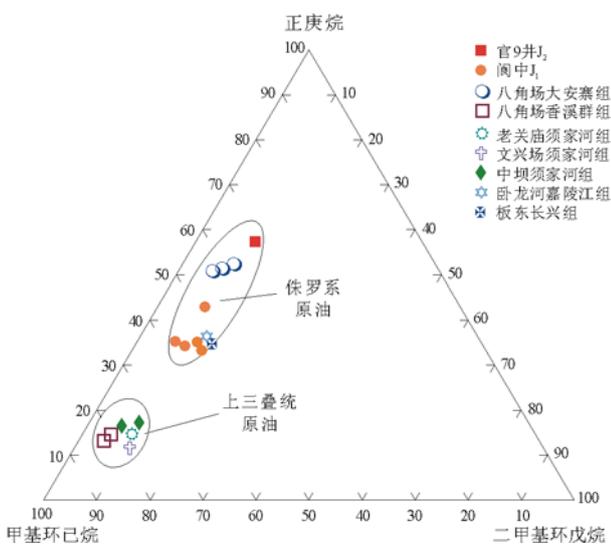


图1 川东南官渡构造官9井与邻区其它原油不同类型 $\text{C}_7$ 轻烃相对组成三角图<sup>[3]</sup>

Fig. 1 Triangular diagram of relative composition of  $\text{C}_7$  light hydrocarbon in oils from well Guan 9 in Guandu structure and adjacent regions of the southeastern Sichuan Basin

烷。由此可见,四川盆地侏罗系烃源岩有机质类型主要以(腐植)腐泥型为主,而上三叠统烃源岩则主要以(腐泥)腐植型为主。

官9井下沙溪庙原油具有轻质油正烷烃的分布特征(图2),其低碳数化合物占优势,主峰碳数在 $\text{C}_7$ ,随碳数增加含量依次减少, $\text{C}_{21}^-/\text{C}_{22}^+$ 值为2.41;高碳数正烷烃的奇偶优势已消失,CPI和OEP值分别为1.08和1.06,说明成熟度较高。正烷烃系列分布轮廓线呈上凸状,显示一般陆相原油的分布特点,表明有较高的含蜡量。该原油的类异戊二烯烃系列化合物含量很低, $\text{Pr}/n\text{C}_{17}$ 和 $\text{Ph}/n\text{C}_{18}$ 值分别只有0.05和0.03,可能与其热演化程度高有关。与四川盆地其它陆相地层原油相比,它的 $\text{Pr}/\text{Ph}$ 值相对较低,为1.56,表征其源岩沉积于弱氧化的沉积环境。

### 2.2 甾、萜烷生物标志物

官9井原油中检出了 $\text{C}_{14}\text{—C}_{16}$ 二环倍半萜烷系列化合物。在 $m/z=123$ 质量色谱图上, $\text{C}_{15}$ 补身烷很少,而2个 $\text{C}_{15}$ 重排化合物含量较高。它的 $\text{C}_{16}$ 升补身烷几乎没有,只有少量的同碳数重排化合物。据文献<sup>[4]</sup>报道,二环倍半萜烷的重排机制类同于重排甾烷,与源岩中的粘土矿物催化及热演化程度有关。该原油二环倍半萜烷系列中以重排化合物占优势主要与其热演化程度较高有关。

可能是成熟度高的原因,它的常规生物标志物含量很低,经GC/MS多离子检测(MID)方式分析,在饱和烃组分中检出少量五环三萜烷和甾烷系列化合物(图3)。在 $m/z=191$ 质量色谱上,它的伽马蜡烷含量较高,与 $\text{C}_{30}$ 藿烷的比值为0.32。因该化合物在咸水沉积环境有机质中异常丰富,因而常被当作沉积水体盐度的标志。实质上,它是指示沉积水体分层的标志<sup>[5]</sup>。在淡水湖盆的深水区域因水体深而静滞也可能出现密度分层,因而在深水湖相沉积中伽马蜡烷有较高的含量。

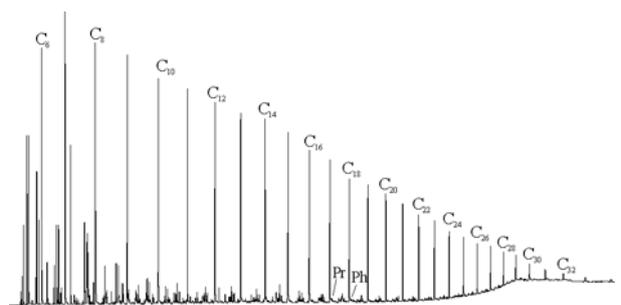


图2 川东南官渡构造官9井原油全油气相色谱

Fig. 2 Gas chromatogram of crude oils from well Guan 9 in Guandu structure of the southeastern Sichuan Basin

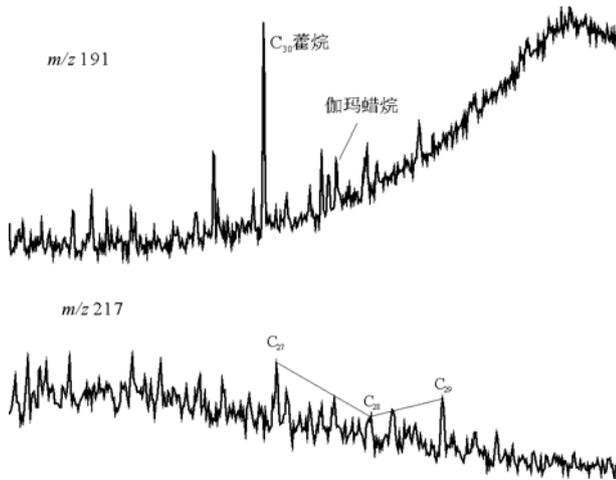


图 3 川东南官渡构造官 9 井原油饱和烃质量色谱  
Fig. 3 Mass chromatograms of saturate fraction in crude oil from well Guan 9 in Guandu structure of the southeastern Sichuan Basin

该原油中这个化合物含量较高,意味着可能来源于深湖相源岩。

原油中甾烷系列化合物极少,其  $m/z$  217 质量色谱图(图 3)上勉强可识别  $C_{27}$ 、 $C_{28}$ 、 $C_{29}$   $\alpha\alpha\alpha R$  等构型化合物,一些异构体似乎分布不正常,如  $\alpha\beta\beta$  构型的化合物异常少。从图 3 中可看出,它的  $C_{27}$ — $C_{29}$  甾烷呈“V”字型分布, $C_{27}$  甾烷稍占优势,表明其成油母质中水生生物有机质生源比例较高,与其轻烃组成所表征的意义相一致。

### 2.3 碳同位素组成

官 9 井原油饱和烃组分的  $\delta^{13}C$  值为  $-29.29\%$ ,与川中八角场大安寨原油相近( $-29.99\%$ ~ $-29.78\%$ ),在四川盆地陆相原油中属偏轻的一类,说明其源岩的有机质类型较好。据研究<sup>[6]</sup>,正烷烃系列的碳同位素分布可识别油气来源。该原油的正烷烃系列  $\delta^{13}C$  值随碳数增加呈平缓的线性降低(图 4),从  $C_{14}$  的  $-30.4\%$ 减小到  $C_{29}$  的  $-31.79\%$ ,减幅约  $1.4\%$ ,意味着其源岩有机质生源中水生生物占优势,但有相当比例的陆源输入<sup>[7]</sup>,与前面的其它地球化学指标相一致。为了进行对比,本研究还分析了川中阆中地区下侏罗统原油的正烷烃碳同位素。如图 4 所示,阆中(川风 50 和石龙 11 井)原油最高与最低碳数正烷烃之间的  $\delta^{13}C$  差值与官 9 井原油相差不多,但其变化的模式有所不同。它们  $\delta^{13}C$  值在  $C_{12}$ — $C_{19}$  范围随碳数增加而急剧下降,从  $C_{12}$  的  $-30.5\%$ 上下减小到  $C_{19}$  的  $-33.5\%$ 左右,变化幅度约  $3\%$ ;在  $C_{19}$  之后其  $\delta^{13}C$  值有所上升。根据笔者掌握的资料,正烷烃碳同位素曲线呈这种分布模式的原油,大多来源于沉积环境氧化性较强、有机质生源以高等植物

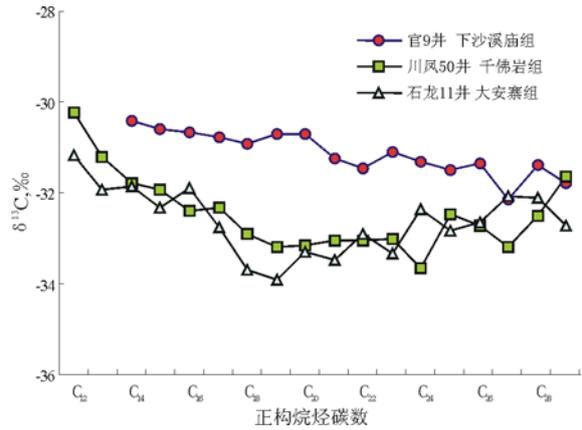


图 4 川东南官渡构造官 9 井和川中阆中地区原油正烷烃碳同位素分布曲线

Fig. 4  $n$ -Alkane carbon isotope profiles for crude oils from well Guan 9 in Guandu structure and the Langzhong region of Sichuan Basin

为主的淡水湖沼相烃源岩<sup>[8]</sup>。

### 2.4 成熟度

从原油物性看,官渡构造所研究的原油并非凝析油,似乎演化程度不太高,但其生物标志物含量极低,并在倍半萜烷中富含重排化合物,表明热演化程度较高。由于常规的甾、萜烷异构化率在四川盆地这种高演化地区已基本失去意义,本文试以综合轻烃和芳烃参数确定其成熟度。依据全油气相色谱分析资料,该原油的轻烃庚烷值和异庚烷值较高,分别为 41.03 和 3.26,按照 Thompson<sup>[9]</sup>提出的这两参数成熟度划分标准,其已达高成熟演化阶段。

菲系列是地质体有机质中含量最丰富的一类芳烃化合物,其分布随成熟度呈规律性变化<sup>[10]</sup>。官 9 井原油的菲系列表现为高演化分布模式,其菲化合物很高,在综合质量色谱图上远高于甲基菲和二甲基菲系列;在甲基菲(MP)系列中,3-,2-MP 显著高于 9-,1-MP;二甲基菲系列较少。根据 Radke 等<sup>[11]</sup>提出的芳烃甲基菲指数(MPI1)与镜质体反射率之间的线性方程,官 9 井原油换算的相当镜质体反射率值为 1.83%。但从其下伏的下侏罗统烃源岩实测的  $R_o$  值(1.55%~1.83%)看,此值似乎偏高。从另外一项由 Kvalheim 等<sup>[12]</sup>提出的甲基菲成熟度参数( $F_1$ )换算的相当镜质体反射率值较低,为 1.22%。

综合上述各项成熟度参数,可认为官渡构造所研究的下沙溪庙原油已达到高成熟演化阶段,相当的镜质体反射率在 1.5%左右。但此成熟度并不一定是其在烃源岩中生成并运移至圈闭中成藏时的演化程度,可能是其成藏后随地层进一步埋深之

后所达到的成熟度。

### 3 油源分析

#### 3.1 与须家河油气的成因关系

官渡构造在上三叠统须家河组发现有工业性气藏,目前已建成具有一定规模的气田,并见有大量沥青。上述的官 9 井中侏罗统原油与这些天然气和沥青有何成因关系,是石油勘探者关注的问题。分析结果表明,原油与天然气的轻烃组成与分布差别很大。如前所述,官 9 井中侏罗统原油 C<sub>5</sub>—C<sub>8</sub> 轻烃中以正构烷烃占优势,异构和环烷烃相对较少,几乎不含苯和甲苯;更具特征意义的是,其正庚烷明显高于甲基环己烷(图 5a)。而官 8,10 井上三叠统天然气轻烃(经浓缩富集)中以富含苯和甲苯为特征,且正庚烷远低于甲基环己烷(图 5b,5c),意味着两者源岩的有机质类型及其沉积环境不同。

如表 1 所列,官 9 井原油的 Pr/Ph 值为 1.56,明显比官 5 井沥青(0.76~1.17)高,表明原油的源

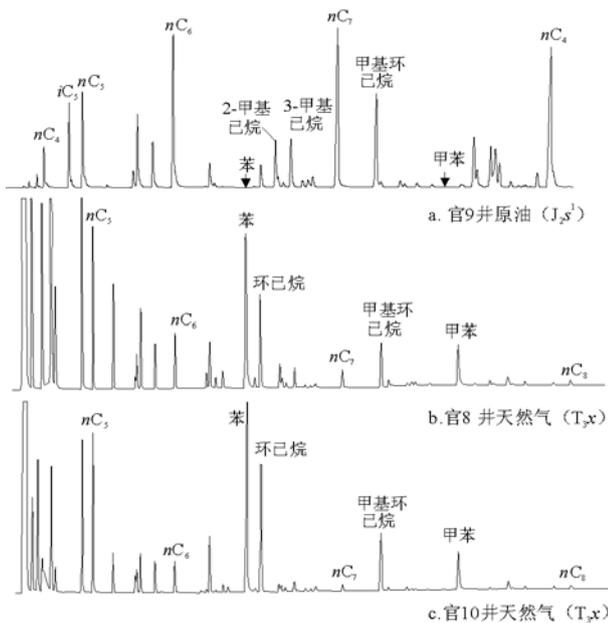


图 5 川东南官渡地区中侏罗统原油与上三叠统天然气轻烃色谱

Fig. 5 Gas chromatograms of light hydrocarbon of Middle Jurassic oil and Upper Triassic natural gas in Guandu region of the southeastern Sichuan Basin

岩形成于弱氧化的沉积环境,而沥青的原始源岩则沉积于弱还原的环境中。两者饱和烃碳同位素也有一定的差别,原油饱和烃的  $\delta^{13}C$  值为 -29.29‰,稍低于沥青饱和烃(-28.43‰),意味着在有机质生源构成上不尽相同。另外,两者甾烷碳数组组成和伽马蜡烷相对含量也存在差异,这说明它们并非来自同一油源。

#### 3.2 与烃源岩的油源对比

经过上述轻烃、生物标志物和碳同位素分析资料的剖析与对比,官渡地区中侏罗统原油可认为是陆相原油,而本区的陆相烃源层主要为下侏罗统和上三叠统暗色泥岩,因而油/岩对比只限于这两套烃源岩与原油之间。由于官 9 井原油中常规的生物标志物很少,在油源对比时可靠性较低,因此笔者主要应用轻烃资料进行对比。对烃源岩进行了热脱附轻烃气相色谱分析,脱附加热温度为 250 °C,样品分析在中国石油勘探开发研究院廊坊分院完成。

在 C<sub>7</sub> 轻烃中的异构烷烃、二甲基环戊烷和甲基环己烷+甲苯的相对含量三角图(图 6)上,官 9

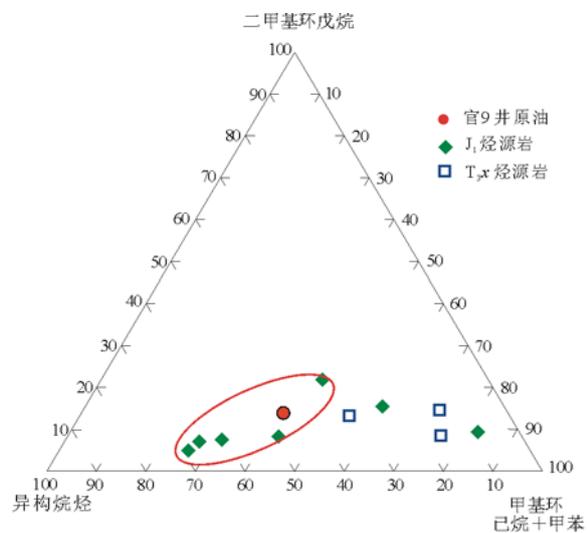


图 6 川东南官渡地区官 9 井原油与 J<sub>1</sub> 和 T<sub>3</sub>x 烃源岩的 C<sub>7</sub> 轻烃组成三角图

Fig. 6 Triangular diagram of C<sub>7</sub> light hydrocarbon composition of well Guan 9 oil and Lower Jurassic and Upper Triassic source rocks in Guandu region of the southeastern Sichuan Basin

表 1 川东南官渡构造原油与沥青地球化学参数对照表

Table 1 Geochemical parameters of crude oil and bitumen in Guandu structure of the southeastern Sichuan Basin

样品	井号	层位	深度/m	Pr/Ph	$\gamma/C_{30}$	Ts/Tm	C <sub>27</sub> , %	C <sub>28</sub> , %	C <sub>29</sub> , %	$\delta^{13}C_{org}$ , ‰
原油	官 9	J <sub>2</sub> <sup>s1</sup>		1.56	0.32	0.56	42.3	19.2	38.5	-29.29
沥青	官 5	T <sub>3</sub> <sup>x2</sup>	2 465.80~2 467.85	0.76	0.29	0.94	36.7	29.3	34.0	
沥青	官 5	T <sub>3</sub> <sup>x2</sup>	2 677.94~2 681.96	1.17	0.29	0.94	35.7	28.7	35.6	-28.43

井原油与下侏罗统烃源岩样品比较接近,而与上三叠统样品相差较大。按照美国学者 Mango<sup>[13]</sup>提出的轻烃生成与演化新理论,图中 3 个端元的轻烃化合物分别代表不同碳环的演化产物。其中,异构烷烃是通过三元环中间体形成的,在深湖相沉积有机质中较为丰富<sup>[14]</sup>。大部分下侏罗统烃源岩样品和官 9 井原油中该类型化合物均较丰富,表明它们在有机质生源构成上相一致,因而可认为该原油主要来源于下侏罗统烃源层。

据前人研究<sup>[15]</sup>,四川盆地在侏罗系地层发现油藏的所在地区,其下侏罗统烃源岩的成熟度都尚在生油窗范围,表明侏罗系地层中的原油主要受下侏罗统生油层演化程度的控制,因而具有自生自储的性质。本区下侏罗统烃源岩的  $R_o$  值在 1.55%~1.83% 之间,与原油比较接近;而上三叠统烃源岩的  $R_o$  值已达 2.0% 以上,远高于原油。另外,前面已指出须家河组沥青与官 9 井原油不同源,若油源来自上三叠统或下部地层的话,两者完全有可能同源。这些因素进一步支持了上述的油源认识。

#### 4 结论

川东南官渡构造带中侏罗统下沙溪庙组原油为高成熟轻质油,综合轻烃、芳烃成熟度参数,其热演化程度相当于镜质体反射率值为 1.5% 上下。该原油源于有机质类型较好的烃源岩,其轻烃中正烷烃占优势,异构和环烷烃较少,正庚烷/甲基环己烷值高于 1.0,几乎不含苯和甲苯;正烷烃系列以低碳数化合物为主;它的 Pr/Ph 值为 1.56,指示其源岩形成于弱氧化沉积环境。五环三萜烷中伽马蜡烷较高, $C_{27}$ — $C_{29}$  甾烷呈“V”字型分布;饱和烃  $\delta^{13}C$  值较低(-29.29‰),表征源岩为较深湖相沉积,有机质生源中水生生物占有较高比例。

该原油正烷烃系列分布轮廓线呈上凸状,呈姥鲛烷优势,正烷烃碳同位素随碳数增加呈变轻趋势,表征陆相油特征;经油/岩的轻烃、生物标志物参数对比和区域性石油地质类比,认为主要来源于下侏罗统烃源层。

#### 参考文献:

- 1 黄世伟,张延生,王顺玉等. 四川盆地赤水地区上三叠统须家河组烃源岩特征及天然气成因探讨[J]. 天然气地球科学, 2004, 15(6): 590~592
- 2 林壬子. 轻烃技术在油气勘探中的应用[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992. 144~154
- 3 王顺玉,王廷栋. 四川盆地凝析油的地球化学特征[J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(4): 454~461
- 4 Alexander R, Kagi R I, Noble R, et al. Identification of some bicyclic alkanes in petroleum [A]. Schenck P A, de Leeuw J W, Lijmbach G W M. eds. Advances in Organic Geochemistry 1983 [C]. Oxford: Pergamon Press, 1984. 63~72
- 5 Damste J S S, Kenig F, Koopmans M P, et al. Evidence for gammacerane as an indicator of water column stratification [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1995, 59(9): 1895~1900
- 6 张义纲. 油气地球化学的若干展望[J]. 石油实验地质, 2005, 27(5): 484~489
- 7 Murray A P, Summons R E, Boreham C J, et al. Biomarker and  $n$ -alkane isotope profiles for Tertiary oils: relationship to source rock depositional setting [J]. Organic Geochemistry, 1994, 22(3-5): 521~542
- 8 Zhu Yangming, Weng Huanxin, Su Aiguo, et al. Geochemical characteristics of Tertiary saline lacustrine oils in the western Qaidam Basin, Northwest China [J]. Applied Geochemistry, 2005, 20 (10): 1875~1889
- 9 Thompson K F M. Classification and thermal history of petroleum based on light hydrocarbons [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1983, 47(2): 303~316
- 10 范善发,周中毅. 塔里木古地温与油气[M]. 北京: 科学出版社, 1990. 52~55
- 11 Radke M, Welte D H. The methylphenanthrene index (MPI): A maturity parameter based on aromatic hydrocarbons [A]. Bjorøy M. ed. Advances in Organic Geochemistry 1981 [C]. New York: Wiley, 1983. 504~512
- 12 Kvalheim O M, Christy A A, Telnaes N, et al. Maturity determination of organic matter in coals using the methylphenanthrene distribution [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1987, 51(7): 1883~1888
- 13 Mango F D. The light hydrocarbons in petroleum: a critical review [J]. Organic Geochemistry, 1997, 26(7/8): 417~440
- 14 Ten Haven H L. Applications and limitations of Mango's light hydrocarbon parameters in petroleum correlation studies [J]. Organic Geochemistry, 1996, 24(10-11): 957~976
- 15 王金琪. 四川盆地油气地质特征——纪念黄汲清先生百岁生日诞辰[J]. 石油实验地质, 2004, 26(2): 115~120

## GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND SOURCE OF MIDDLE JURASSIC OIL FROM GUANDU STRUCTURE IN THE SOUTHEASTERN SICHUAN BASIN

Cai Xunyu<sup>1</sup>, Zhu Yangming<sup>2</sup>

(1. Research Institute of South Exploration and Development Corporation, SINOPEC, Kunming, Yunnan 650200, China;

2. Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China)

**Abstract:** Based on the systematic analytical data of light hydrocarbon, saturate, aromatic fractions and carbon isotopes, the geochemical characteristics of Middle Jurassic oil from Guandu structure in the southeastern Sichuan Basin was investigated, and the source rock for the oil was determined by oil/source rock correlation. The studied results reveal the oil shows a dominance of *n*-alkanes, low amount of branched/cyclic hydrocarbon and a lack of benzene and toluene with a predominance of heptane over methylcyclohexane in C<sub>5</sub>–C<sub>8</sub> light hydrocarbons. Its relative low Pr/Ph (1.56), “V” shaped distribution of C<sub>27</sub>–C<sub>29</sub> steranes and enhanced gammacerane indicate a profundal lacustrine source rock with relatively high contribution of aquatic organisms to deposited original organic matter. The studied oil exhibits common features for a terrestrial oil, as reflected by its waxy *n*-alkane distribution and the isotope profile showing a trend toward isotopically light values with increasing *n*-alkane chain length. According to the correlations based on the parameters of light hydrocarbon and biomarkers, the oil is believed to be not in origin associated with the natural gas and asphalts in Xujiahe stratum (Upper Triassic), and is determined to be derived from Lower Jurassic source rock.

**Key words:** crude oil; light hydrocarbon; carbon isotope; Middle Jurassic; Guandu structure; the southeastern Sichuan Basin

### 盆地原型之理解

威克斯早指出“要了解油的产出,必须回到原始沉积盆地中去”。陈发景等(2000)指出:“盆地原型的恢复具有重要的石油地质意义。在恢复古应力场、古地温梯度和推测有机质成熟度等方面都需要了解盆地原型”。张渝昌(1997)指出:“盆地的原型这一术语,首见于 Klemme(1974),虽然他提出的原型(proto-type)在概念上并不完全与盆地形成的地球动力学相关,特别是他用构造形式(structure form)来区分盆地时更带有形态分类的色彩(Klemme, 1991),但就当时他提出的基本原型包含有时代的观念来说,则同我们的出发点是一致的。实际上这种观念在分析具体盆地时已经见著于国内外大量文献之中(如 Bally, 1980, Porter 和 McCrossan, 1975, Kingston, 1983, Leighton, 1992, 及田在艺、徐旺、胡见义、陈发景、甘克文等, 1990, 1993)。有的学者也已经指出了盆地的这种原型特性,并将它看作是盆地的结构要素(element)或单型(single-phase, Perrodon, 1984, 1992)”。朱夏(1965)认为含油气盆地:是“在地质发展历史一定阶段的一定运动体制下形成发展的统一的沉降大地构造单元,它们的特性,包括沉积构造的发展及其对油气形成、聚集、保存条件的影响,决定于运动的性质、历史与受作用的地壳块段的整体或局部反应的相互作用”。朱夏(1980)提出:“一个盆地,尤其是大型盆地,总是包含着若干个由不同的地球动力学机制产生的不同结构部分,我们称之为‘原型’(prototype)“……”单式的盆地即是这样一个构造沉积体或原型的概念。大而复杂的盆地则包括了几个不同的原型”。朱夏(1982)指出:“按不同的机制成生发展为不同的原型(P-prototype),而几种原型又组合成为不同类型的含油气盆地整体(B)”。张渝昌(1997)的盆地概念为:“盆地既然随地史发展呈阶段性而有世代地演化,那么到现今运动体制下的这一盆地沉降大地构造单元必然包容了历史上众多的,由不同沉降结构所组成的演化实体。它在纵向上具有不同层次的系统,而

(下转 390 页)

- 1023~1036
- 12 Li M, Larter S R, Stoddart D, et al. Practical liquid chromatographic separation schemes for pyrrolic and pyridinic nitrogen aromatic heterocycle fractions from crude oils suitable for rapid characterisation of geochemical samples[J]. Analytical chemistry, 1992,64:1337~1344
- 13 李素梅, 庞雄奇, 金之钧等. 沉积物中 NSO 杂环芳烃的分布特征及其地球化学意义[J]. 地球化学, 2001, 30 (4): 347~352
- 14 Liu K, Kurusingal J, Eadington P J, et al. Quantitative Grain Fluorescence (QGF), A technique to detect (palaeo-) oil zones by measuring trace fluorescence from reservoir grains [R]. CSIRO Petroleum unrestricted report, 2001.01~001

## A NEW APPROACH TO DISCRIMINATE OIL FLUID INCLUSIONS QUICKLY —QUANTITATIVE GRAIN FLUORE SCENCE (QGF) TECHNIQUES AND ITS APPLICATION

Li Sumei<sup>1,2</sup>, Pang Xiongqi<sup>1,2</sup>, Liu Keyu<sup>3</sup>, Fu Xiuli<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism, Ministry of Education, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. Basin and Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing, 102249, China; 3. CSIRO Petroleum, P. O. Box 1130, Bentley WA 6102, Australia)

**Abstract:** A new approach utilizing fluorescence scanning technique to analyze adsorbed hydrocarbons and non-hydrocarbons, identify oil inclusion and fluorescence fingerprint was introduced, and the Hailaer Basin was selected as a case study. Totally 18 samples collected mainly from Mesozoic clastic rock reservoir from the basin were chosen to perform QGF-E (Quantitative Grain Fluorescence on Extract) and QGF (Quantitative Grain Fluorescence) analysis. It was proved that the experimental procedure of QGF-E and QGF analysis is a simple, quick and low cost way. The results of QGF-E showed that the intervals where the samples were collected were once to be pathways of oil migration and/or transited carrying bed of hydrocarbons. The results of QGF indicated that only a little oil inclusions were formed in the reservoir analyzed for some reasons. This study suggests that QGF-E and QGF are able to readily delineate current and paleo-oil column, oil migration pathway, current oil-water and residual oil-water contacts as well as identifying existence of oil inclusions, which would be helpful in reconstructing process of hydrocarbons accumulation.

**Key words:** oil inclusion; QGF-E; QGF; fluorescence analysis; classic rock reservoir; the Hailaer Basin

在横向上则呈现多种型的结构。正是这样的盆地整体,特别是大型盆地,表现出结构上的多样性,生储组合的多相性和盆地不同部位油气聚集条件的可变性,因此必须进行各阶段的结构分析。由此,我们可以从盆地各种结构中按照不同的盆地沉降作用及其组成实体的演化关系划分出若干个单一的结构单元,而每一种结构都是同某一阶段沉降动力机制相关。这种单一的结构单元是一种构造形式,也是一个沉积实体。我们称之为盆地的‘原型’,并认为按地球动力学机制来区分和类比的应当是这些原型,而不是它们的组合——盆地”。何登发、贾承造、童晓光等(2004)的盆地概念为:“相应于盆地发展的某一个阶段(相当于一个构造层的形成时间),有相对稳定的大地构造环境(如构造背景与深部热体制),有某种占主导地位的沉降机制,有一套沉积充填组合,有一个确定的盆地边界(虽然此边界常常难以恢复),这样的盆地实体可以称作该阶段的‘盆地原型’(prototype)或‘原型盆地’”。

目前多数学者已认为:盆地原型是指单一的结构单元,是一种构造形式,也是一个沉积实体,而不是它们的组合——盆地。因此笔者建议:应使用盆地原型(basin prototype)一词,而不使用原型盆地一词,这样概念清晰,免去一些混乱。

(无锡石油地质研究所 高长林)