

文章编号: 1000-0550(2010)02-0380-08

准噶尔盆地莫北—莫索湾地区原油成因分类及运聚特征^①

石新朴^{1,2} 王绪龙² 曹 剑³ 胡文瑄³ 姚素平³ 向宝力² 蓝文芳² 樊太亮¹

(1. 中国地质大学(北京)能源学院 北京 100083 2 中国石油新疆油田公司勘探开发研究院 新疆克拉玛依 834000

3. 南京大学地球科学系 南京 210093)

摘 要 准噶尔盆地腹部莫北—莫索湾地区原油成因类型复杂,通过混源油配比模拟实验,发现原油的一些生物标志物组成随混源油比例呈现有规律的变化,因而可能是判识原油成因类型的有效指标。据此,综合原油的其它地球化学参数,将本区的原油分出 4 种成因类型。根据这些不同类型原油的区域分布特点,结合地质背景,分析了原油的运聚特征。研究结果为区域油源与成藏研究提供了有益的参考信息。

关键词 准噶尔盆地 莫北—莫索湾地区 混源油 原油成因 油气运聚

第一作者简介 石新朴 男 1966 年出生 高级工程师 博士研究生 石油地质 shixinpu@petrochina.com.cn

中图分类号 TE122.1 文献表示码 A

准噶尔盆地莫北—莫索湾地区(图 1)是盆地当前油气勘探的重要对象^[1~3]。区域上因在东、西、南 3 个方向上存在 4 个沉积凹陷(图 1),加之垂向上可能存在石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系等多套烃源岩^[4],所以油源关系复杂。比如,对于目前区内现已发现的原油,普遍认为油源来自二叠系烃源岩为主,并且多具有混源特征^[1];然而,近年来在东道海子—阜康凹陷地区,如图 1 于董 1 井、成 1 井、东道 2 井中新发现了一些原油,其生物标志物组成与区内侏罗系烃源岩有些类似^[4]。由此可见,本区原油成因类型比较复杂。有鉴于此,为了给区域油源及成藏研究提供基础参考信息,本文拟首先通过混源油配比模

拟实验^[5],查明混源油的典型生物标志物组成特征,建立混源油的判识标准,然后将其与原油特征进行对比,进而划分原油的成因类型^[6],讨论原油运聚特征,研究结果对具有相似原油地球化学特征的盆地其它地区也将具有一定参考意义。

1 混源油配比模拟实验及判识

在准噶尔盆地莫北—莫索湾地区,可能存在侏罗系、二叠系下统风城组、二叠系中统下乌尔禾组三种不同端元成因类型的原油,以及这些原油的混源油^[1,4]。据此,本次工作分别进行了二叠系混源油,以及二叠系与侏罗系混源油的配比模拟实验,进而尝试建立油源判识标准^[7]。

1.1 二叠系混源油配比模拟实验及判识

在莫北—莫索湾地区,二叠系的混源油除了油源不同之外,还可能在成熟度上存在差异,通常而言,来自风城组的原油成熟度中等,而来自下乌尔禾组的原油成熟度有差异^[1]。据此,选择了不同油源,不同成熟度的原油分别进行了两组混源油配比模拟实验。如表 1 根据油源判识标准,即 C_{20} 、 C_{21} 、 C_{23} 三环萜烷的分布型态^[8],4 件实验油样分别代表了风城组和下乌尔禾组的典型原油,并且根据甾烷异构体成熟度参数 C_{29} 甾烷 $20S/(20S+20R)$,夏 76 井和石 301 井两井原油的成熟度相仿,而莫 11 井原油的成熟度高于夏 72 井原油。

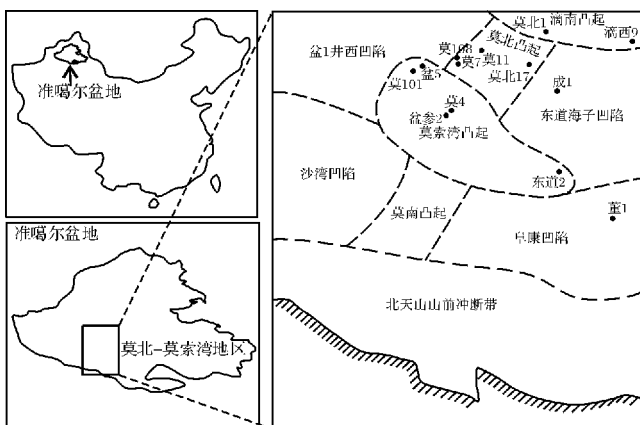


图 1 准噶尔盆地莫北—莫索湾地区构造单元分布示意图
Fig 1 Schematic map showing tectonic units in the Mobei-Mosowan area, Junggar Basin

① 国家自然科学基金(批准号: 40602014, 40872086)资助。

收稿日期: 2009-03-04 收修修改稿日期: 2009-05-05

表 1 二叠系混源油配比模拟实验的端元油样基本特征

Table 1 Basic feature of end-member oils in artificial Permian-sourced oil mixing experiments

| 序号 | 井号 | 深度 /m | 层位 | C ₂₀ , C ₂₁ , C ₂₃ 三环萜烷峰形 | αααC ₂₀ 甾烷 20S/(20S+20R) | 油源 |
|----|-------|-----------|-------------------------------|--|-------------------------------------|-------|
| 1 | 夏 76 | 3638~3648 | P ₁ f | 明显上升型 | 0.46 | 风城组 |
| 2 | 石 301 | 2659 | K ₁ q | C ₂₀ >C ₂₃ 的山峰型 | 0.49 | 下乌尔禾组 |
| 3 | 夏 72 | 4808~4826 | P ₁ f | 明显上升型 | 0.45 | 风城组 |
| 4 | 莫 11 | 4136~4142 | J ₁ s ₂ | C ₂₀ >C ₂₃ 的山峰型 | 0.51 | 下乌尔禾组 |

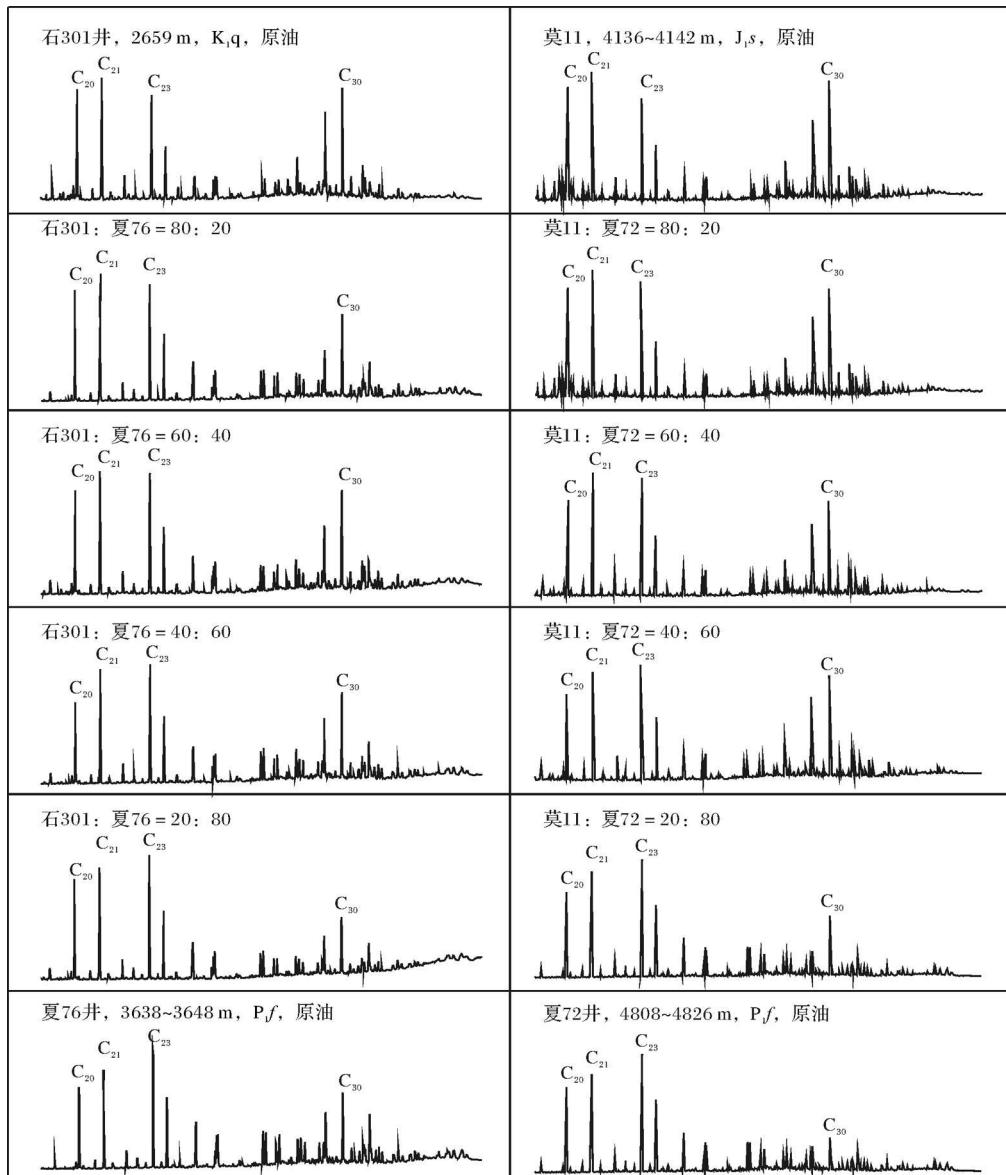


图 2 二叠系混源油配比模拟实验的 m/z 191 质量色谱图 (三环萜烷系列) 样品基本特征参见表 1

Fig 2 m/z 191 mass chromatograms (tricyclic terpanes) of oils in artificial Permian sourced oil mixing experiments See Table 1 for basic features of samples

首先,对于成熟度大致相当的石 301井和夏 76 井原油,根据实验结果,两类原油混合后最明显的变化与判断单一成因原油的标准类似^[8],即突出表现

为 C₂₀、C₂₁、C₂₃三环萜烷的分布形式。石 301 井端元原油的 C₂₀、C₂₁、C₂₃三环萜烷为 C₂₀>C₂₃的山峰型,当石 301 井原油与夏 76 井原油比例为 80 : 20 时, C₂₀

和 C_{23} 三环萜烷的峰高开始接近; 当混合比例为 60 : 40 时, 三环萜烷仍然呈山峰型分布, 但是 C_{21} 与 C_{23} 的峰高差距已经变小; 当混合比例为 40 : 60 时, C_{21} 三环萜烷稍稍超过 C_{23} 三环萜烷, 呈弱上升型分布; 其后, 随夏 76 井原油的混入比例逐渐增高, 三环萜烷的上升型分布越来越明显, 至夏 76 井原油比例占到 80% 时, 三环萜烷的上升型分布形态已比较接近夏 76 井端元原油的特征。因此可见, 当在石 301 井原油中逐渐混入夏 76 井原油时, 其 C_{20} 、 C_{21} 、 C_{23} 三环萜烷峰形随之逐渐变化, C_{23} 三环萜烷的峰高 (相对含量) 逐渐上升。此外, 三环萜烷和五环三萜烷的相对比例随混源油混合比例的变化, 也大致呈现出有规律性的变化, 如图 2 所示, 按三环萜烷最高峰与五环三萜烷最高峰的相对比例, 夏 76 井风城组原油的特征是三环萜烷含量高于五环三萜烷, 而石 301 井下乌尔禾组原油的三环萜烷含量与五环三萜烷含量大致相当, 原油混合过程中, 随下乌尔禾组原油中混入的风城组原油比例逐渐增高, 三环萜烷相对五环三萜烷的含量逐渐增高, 反映这也可能是表征混源油混合比例的一个良好指标。然而, 三环萜烷和五环三萜烷的相对含量还与原油的成熟度具有比较大的相关性, 即随成熟度增大, 三环萜烷含量会逐渐升高^[8], 因此相对而言, C_{20} 、 C_{21} 、 C_{23} 三环萜烷的分布形式是判识油源的好指标。

成熟度有差异的混源油配比模拟实验结果表明, 最明显的变化同样表现在 C_{20} 、 C_{21} 、 C_{23} 三环萜烷的峰形上 (图 2)。在莫 11 井原油中混入夏 72 井原油, 随夏 72 井原油混入比例的变大, 混合油的 C_{23} 三环萜烷峰高相对上升, C_{20} 、 C_{21} 、 C_{23} 三环萜烷峰形由莫 11 井原油的 $C_{20} > C_{23}$ 的山峰型逐渐变化为夏 72 井原油的明显上升型。综合两次实验结果, 可见 C_{20} 、 C_{21} 、 C_{23} 三环萜烷峰形可以较好反映混源油的油源组成比例。 C_{20} 、 C_{21} 、 C_{23} 三环萜烷呈上升型分布, 反映油源主要来自风城组, 但可能有下乌尔禾组原油的混合, 这主要取决于 C_{23} / C_{21} 比值的大小, 其值越大, 则混入的下乌尔禾组原油比例就越小。若 C_{20} 、 C_{21} 、 C_{23} 三环萜烷呈山峰型分布, 则其油源主要来自于下乌尔禾组, 但也可能有来自风城组原油的混合, 其混合程度取决于

表 2 二叠系与侏罗系混源油配比模拟实验的端元油样基本特征

Table 2 Basic features of end-member oils in artificial Permian- and Jurassic-sourced oil mixing experiments

| 序号 | 井号 | 深度 / m | 层位 | 三环萜烷分布 | $\alpha\alpha\alpha C_{29}$ 甾烷 20S/(20S+20R) | 油源 |
|----|---------|-------------|-------------------------------|------------------------------------|--|----------|
| 1 | 石南 8116 | 2643 ~ 2651 | K ₁ q | C_{20} 、 C_{21} 、 C_{23} 山峰型 | 0.52 | 二叠系下乌尔禾组 |
| 2 | 东道 2 | 5401 ~ 5407 | J ₁ s ₂ | 含量低 | 0.44 | 侏罗系 |

C_{23} / C_{21} 的比值, 该比值越大, 那么混入的风城组原油比例越高。

1.2 二叠系和侏罗系混源油配比模拟实验及判识

在二叠系和侏罗系混源油配比模拟实验中, 端元油样分别选取东道 2 井和石南 8116 井的原油, 二者的生物标志化合物组成特征具有显著差异 (表 2, 图 3), 分别主要代表侏罗系和二叠系下乌尔禾组的原油^[4-8]。需要说明的是, 东道 2 井端元原油中实际上有少许二叠系原油的混入, 但因混入量少, 所以不会对实验结果造成大的影响。而反映典型单一成因侏罗系原油的董 1 井、成 1 井皆位于中石化探区内, 不具备样品采集条件。

实验结果显示, 生物标志物组成最明显的变化特点表现在 C_{19} 和 C_{20} 三环萜烷的相对丰度上 (图 3)。如图 3 东道 2 井侏罗系原油的 C_{19} 三环萜烷含量高于 C_{20} 三环萜烷, 当混入的石南 8116 井原油占 20% 的比例时, C_{19} 和 C_{20} 三环萜烷的含量差距开始缩小, 当混入的石南 8116 井原油占 40% 时, C_{19} 和 C_{20} 三环萜烷的含量开始接近, 当混入的石南 8116 井原油占 60% 时, C_{20} 三环萜烷的含量稍稍超过 C_{19} 三环萜烷, 而当混入的石南 8116 井原油占 80% 时, C_{20} 三环萜烷的含量已明显超过 C_{19} 三环萜烷, 但是混源油的 C_{19} 、 C_{20} 三环萜烷含量差距仍然要小于端元的下乌尔禾组原油。所以, 总体上看, 当混源油中侏罗系原油组分超过 50% 时, C_{19} 三环萜烷含量皆一致高于 C_{20} 三环萜烷含量, 这与侏罗系原油一致; 而当侏罗系原油的含量低于 50% 时, C_{19} 三环萜烷含量低于 C_{20} 三环萜烷含量, 这与二叠系原油特征类似。可见, 三环萜烷 C_{19} 和 C_{20} 峰位的相对高低可大致反映二者的混合比例: 当三环萜烷 C_{19} / C_{20} 比值大于 1 时, 侏罗系原油组分占优势, 而当三环萜烷 C_{19} / C_{20} 比值小于 1 时, 二叠系原油组分占优势。

此外, 如表 2 根据甾烷成熟度参数指标 C_{29} 甾烷 20S/(20S+20R), 侏罗系原油的成熟度相对二叠系原油要低, 所以其生物标志物浓度较高^[7]。因此, 当侏罗系与二叠系原油混合时, 混源油会更多地表现出类似侏罗系原油的特征, 比如三、四环萜烷含量通常要明显低于五环萜烷, C_{24} 四环萜烷含量也相对比较

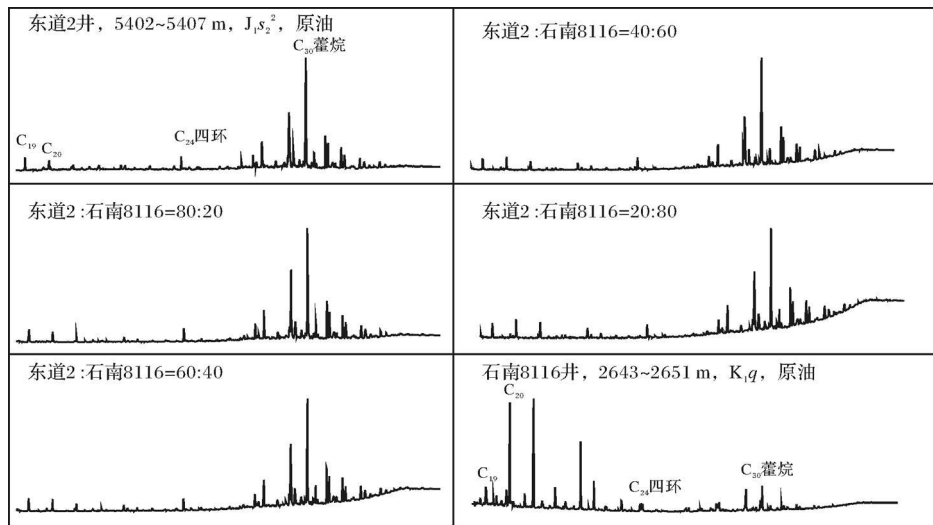


图 3 二叠系和侏罗系混源油配比模拟实验的 m/z 191 质量色谱图 (萜烷系列), 样品基本特征参见表 2

Fig 3 m/z 191 mass chromatograms (terpanes) of oils in artificial Permian- and Jurassic-sourced oil mixing experiments. See Table 2 for basic features of samples

突出, 等等 (图 3)。因此, 如果某原油样品的 m/z 191 色质分析谱图特征与侏罗系原油相似, 但 Pr/Ph 比值、碳同位素略低于侏罗系原油而明显高于二叠系原油, 成熟度略高于侏罗系原油而明显低于二叠系原油, 其它地球化学参数也介于侏罗系和二叠系原油之间, 那么该原油很可能就属于侏罗系和二叠系的混源油。

2 原油成因分类

根据以上建立的混源油生物标志物组成判别标准, 结合原油的其它地球化学参数, 从 8 个角度, 包括碳同位素、三环萜烷、类胡萝卜烷、伽马蜡烷、 Pr/Ph 、 Ts/Tm 、甾烷和轻烃等, 可将本区的原油综合分为 4 种成因类型 (表 3)。这 4 类原油分别是下二叠统风城组、中二叠统乌拉尔组、侏罗系的单一成因原油, 以及混源油。其中, 混源油又可进一步细分为二叠系混源, 以及二叠系 (下乌拉尔组) 与侏罗系混源 2 个亚类, 再依据混源油的模拟实验结果, 还可以将混源油中不同油源的含量比例半定量区分出来, 共计 5 个小类。需要指出的是, 由于地质情况千差万别, 因此应用表 3 中建议的参考标准进行原油成因类型判识时需要结合地质背景具体问题具体分析, 不生搬硬套。

第 I 类原油是单一成因的下二叠统风城组原油, 其分布比较局限, 仅在少数钻井中发现, 并且主要以储层沥青形式存在。如莫 4 井白垩系储层油浸细砂岩 (4 258.02 m) (图 4), 其沥青 “A” 碳同位素为

—30.86‰, Pr/Ph 比值为 0.85 β 胡萝卜烷和伽马蜡烷丰度较高, C_{20} 、 C_{21} 、 C_{23} 三环萜烷呈较大斜率的上升型分布, 表现为典型的风城组原油特征^[8]。甾烷异构体成熟度参数 $C_{29} 20S/(20S+20R)$ 和 $C_{29} \alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$ 值分别为 0.51 和 0.57 接近平衡值, 说明成熟度中等。TIC 图中见 UCM 鼓包, m/z 177 色质图中也检出了 25 降藿烷系列, 说明早期充注的风城组原油后来遭受了较强程度的生物降解。除了莫 4 井的这块样品之外, 在莫北 1 井的侏罗系三工河组 (J_1s) 储层中的也有 I 类原油分布。此外, 油气储层包裹体烃中普遍识别出了风城组的烃类^①, 据此, 可以认为, 本区早期曾广泛接受了风城组原油的充注, 后期因构造运动影响, 地层抬升遭受剥蚀, 或因断层的沟通调整, 油气受到了次生蚀变作用。

第 II 类原油是单一成因的中二叠统下乌拉尔组原油, 主要分布在有凝析油气产出的莫索湾和莫北凸起相邻处。如莫 101 井的 4 173~4 178 m (侏罗系三工河组, J_1s^1) 的原油, 典型生物标志物特征包括 β 胡萝卜烷和伽马蜡烷基本未检出, C_{20} 、 C_{21} 、 C_{23} 三环萜烷表现为 $C_{20} > C_{23}$ 的山峰型分布 (图 4), 说明其油源来自下乌拉尔组^[8]。TIC 图中未发现鼓包, m/z 177 谱图中也未检出 25 降藿烷系列, 表明这类原油记录的可能是原生油气充注。此外, 在莫 11 井侏罗系三工

① 胡文瑛, 张义杰, 姚素平, 等. 盆 1 井西凹陷油气系统成藏序列与油气分布研究 [R]. 新疆油田公司勘探开发研究院, 2006

河组 (J₁^S、J₂^S)、莫 108 井侏罗系三工河组 (J₁^S) 等处也有这类原油发现。

第 II 类原油是单一成因侏罗系原油, 目前主要发现于近年来在东道海子凹陷钻探的成 1 井, 以及阜康凹陷的董 1 井中, 此外, 滴西地区滴西 9 井中也有发现。以董 1 井为例 (图 4), 该井 4 870~4 875 m 原油在萜烷分布上, 三环萜烷 / 五环萜烷小于 10%, 三环

萜烷低丰度背景下 C₁₉、C₂₀三环萜烷峰位明显, 且 C₁₉ > C₂₀, C₂₄四环萜烷 / C₂₆三环萜烷比值在 5 以上, Tm 丰度高, 伽马蜡烷丰度低, C₂₉规则甾烷均大于 70%, Pr/Ph 均大于 3 反映了典型的侏罗系烃源岩的特征, 和二叠系烃源岩差异十分明显^[1-8]。TIC 图中未发现鼓包, m/z 177 谱图中也未检出 25 降藿烷系列, 反映原生油气充注特征。

表 3 准噶尔盆地莫北—莫索湾地区四类不同成因原油的地球化学特征

Table 3 Geochemistry of four genetic types of oils in the Mobei-Mosuwan area Junggar Basin

| 原油类型 | 单一成因原油 | | | 混源油 | |
|--|--|---|---|---|--|
| | I 类 (风城组原油) | II 类 (下乌尔禾组原油) | III 类 (侏罗系原油) | IVa 类 (二叠系混源油) | IVb 类 (二叠系 (下乌尔禾组) 和侏罗系混源) |
| 碳同位素 | -28.665‰ ~ -30.883‰ | -28‰ ~ -29‰ | -25‰ ~ -27‰ | -32‰ ~ -27‰ | -28‰ ~ -30‰ |
| C ₂₀ 、C ₂₁ 、C ₂₃ 三环萜烷 | 较大斜率的上升型 | 山峰型 (C ₂₀ > C ₂₃) | 在三环萜烷含量较低的背景 下, C ₁₉ 、C ₂₀ 三环萜和 C ₂₄ 四 环萜峰形突出, 三环萜烷 / 五 环萜烷多小于 0.1, C ₁₉ 大于 C ₂₀ 三环萜烷, C ₂₄ 四环萜烷 / C ₂₆ 三环萜烷 > 2 高者可达 9 | IVa-1 类, C ₂₀ 、C ₂₁ 、C ₂₃ 三环萜烷呈上升型分 布, 风城组原油占优势; IVa-2 类, C ₂₀ 、C ₂₁ 、C ₂₃ 三环萜烷的分布呈不明 显的山峰或上升型 (C ₂₃ ≈ C ₂₁ > C ₂₀) 风城组和 下乌尔禾组原油呈均势; IVa-3 类原油, C ₂₀ 、C ₂₁ 、C ₂₃ 三环萜烷呈 C ₂₃ ≈ C ₂₀ 的不对称山峰型分布, 下乌尔禾组原油占优势 | 总体面貌与 III 类侏罗系原 油类似。 IVb-1 类, 三环萜烷 C ₁₉ > C ₂₀ 侏罗系原油占优势; IVb-2 类, 三环萜烷 C ₁₉ < C ₂₀ 二叠系原油占优势 |
| 类胡萝卜素 | 富含 | 微含 | 不含 | 含 | 不含 |
| 伽马蜡烷 | 富含 | 微含 | 不含 | 含 | 不含 |
| Pr/Ph | 小于 1.0 | 1.2~2.0 | 通常大于 3.0 | 0.8~2.0 | 1.5~3.0 |
| Ts/Tm | 不含或微含 Ts | 普遍含 Ts | 富含 Tm, 微含 Ts | 含 Ts | 含 Ts |
| 甾烷 | C ₂₇ 甾烷含量相对较高 | C ₂₇ 与 C ₂₈ 甾烷含量相当, 主 要以 C ₂₉ 甾烷占优势 | 以上, C ₂₇ 和 C ₂₈ 甾烷含量低, C ₂₇ 、C ₂₈ 和 C ₂₉ 甾烷呈反“L” 型分布, 孕甾烷含量低 | C ₂₇ 与 C ₂₈ 甾烷含量相当, 主要以 C ₂₉ 甾烷占优 势 | 以上, C ₂₇ 和 C ₂₈ 甾烷含量低, C ₂₇ 、C ₂₈ 和 C ₂₉ 甾烷呈反“L” 型分布, 孕甾烷含量低 |
| 轻烃 | C ₇ 系列化合物中甲基环 己烷相对含量较低, 一 般在 50% 以下 | C ₇ 系列化合物中甲基环己烷 相对含量较高, 一般在 50% 以上 | C ₇ 系列化合物中甲基环己烷 相对含量高, 一般在 75% 以 上 | C ₇ 系列化合物中甲基环己烷相对含量在 50% 左 右 | C ₇ 系列化合物中甲基环己烷 相对含量高, 一般在 60% 以 上 |

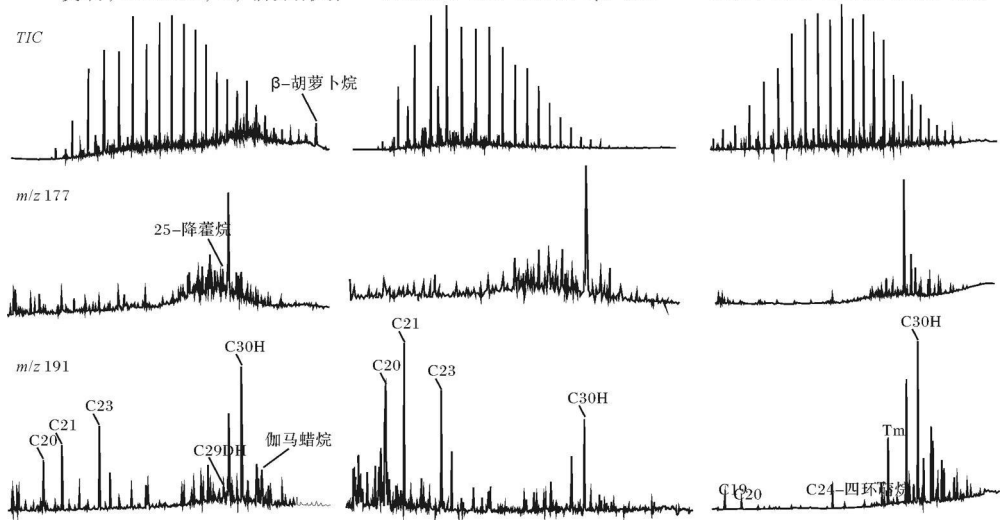


图 4 准噶尔盆地莫北—莫索湾地区典型端元成因类型原油的地球化学特征谱图

Fig 4 Representative geochemical chromatograms of end-member oils in the Mobei-Mosuwan area Junggar Basin

第 IV 类原油是上述三种类型原油的混源油, 按混合对象的不同又分为两个亚类, 风城组和下乌尔禾组的混源油 (IVa), 以及二叠系和侏罗系的混源油 (IVb)。其中, IVa 类原油是本区原油的主体, 在不同地区, 不同层位中皆有分布, 反映了复杂的烃类运聚特征。而 IVb 类原油目前主要发现的是以侏罗系原油占主要优势的成因类型, 典型代表是东道 2 井侏罗系八道湾组原油 (图 3a)。

3 原油运聚特征

以上可见, 在准噶尔盆地腹部莫北—莫索湾地区, 存在二叠系风城组、下乌尔禾组、侏罗系端元成因类型的原油, 以及这些原油的混源油。根据烃源岩的生排烃演化史分析, 风城组、下乌尔禾组、侏罗系这 3 套烃源岩的主力原生排油期分别在三叠纪末、白垩纪、古近纪。东道海子凹陷的二叠系烃源岩沉积规模有限, 而沙湾凹陷二叠系烃源岩的母质类型较差, 所以这两个凹陷在三叠纪和白垩纪时不是本区二叠系

原油的有效供烃凹陷^①。古近纪时, 全区表现为自南向北的单斜构造形态, 本区侏罗系原油的有效供烃凹陷是阜康和沙湾凹陷^①。

风城组烃源岩的生油高峰期在三叠纪末, 因此这是其原生成藏期, 油气主要聚集于前侏罗系储层中 (图 5)。在本区, 前侏罗系地层目前深度通常大于 5 000 m 所以少有钻井钻揭。在邻近的石西地区 (莫北地区北翼), 石炭系火山岩裂缝中的残余固体沥青可能是此次成藏事件留下的痕迹^[9]。对石西油田典型石炭系火山岩储层流体包裹体的研究表明, 在三叠纪存在一次成藏事件, 并以液态烃的注入为主^[1]。王绪龙分析认为, 在三叠纪时, 石炭系火山岩储层的盖层尚未形成, 注入储层中的油气逸散, 导致在现今储层裂缝中仅保留有部分残留沥青^[1]。在邻近达巴松—夏盐地区的二叠系—三叠系储层中, 普遍发现了 C₂₀、C₂₁、C₂₃ 三环萜烷呈上升型分布的原油, 这充分证实了风城组原油的成藏事件^②。

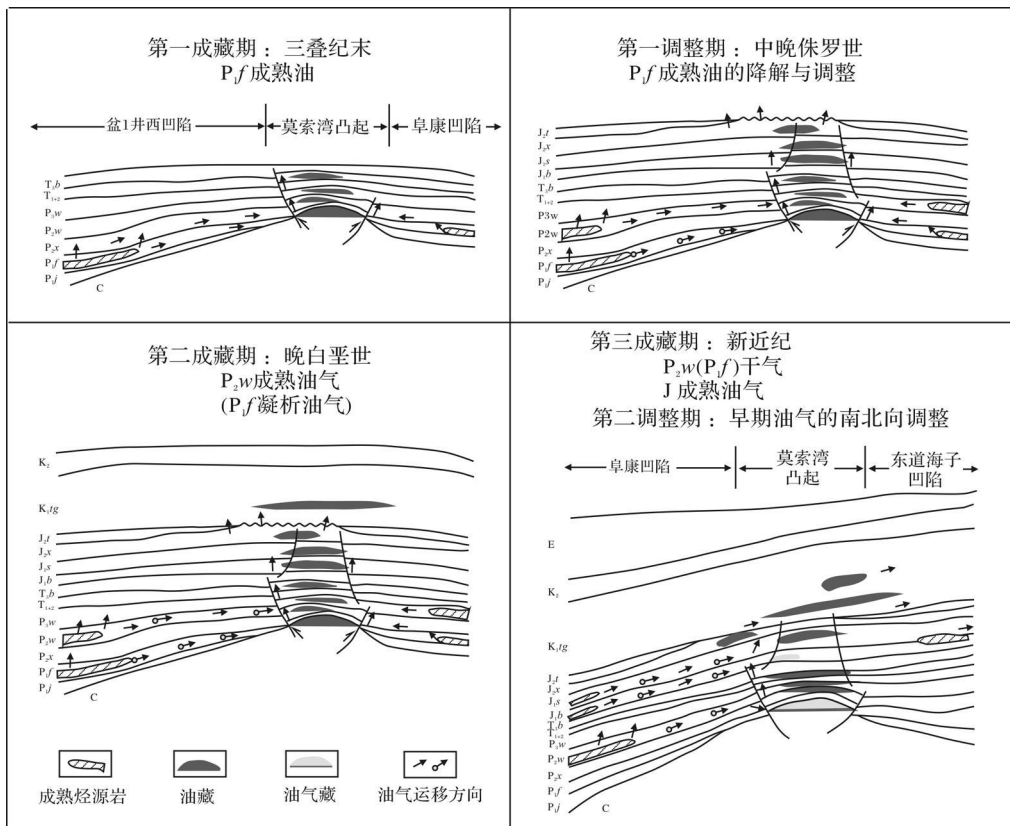


图 5 准噶尔盆地莫北—莫索湾地区油气运聚事件示意图

Fig 5 Schematic map showing petroleum migration and accumulation in the Mobei-Mosuwan area Junggar Basin

①王绪龙, 况军, 杨海波, 等. 准噶尔盆地第三次资源评价 [R]. 新疆油田公司勘探开发研究院, 2000

②王绪龙, 蓝文芳, 康素芳, 等. 准噶尔盆地油气地球化学研究进展 [R]. 新疆油田公司勘探开发研究院, 2003

中晚侏罗世后,油气沿深浅“y”字形断层调整^[10](图5)。中下侏罗统储层的有机包裹体成分分析结果表明,包裹体烃类成熟度中等,C₂₀、C₂₁、C₂₃三环萜烷的分布以上升型为主,其它地化指标也接近风城组的特征。根据烃源岩的演化史,风城组烃源岩在中晚侏罗世后已达高成熟阶段,这与现今储层中的包裹体烃类基本以成熟烃类为主的特征不相符合,表明该期不是原生的原油充注,而是次生调整的结果^②。储层流体包裹体的均一化温度和伊利石测年数据显示油气调整时间发生在中晚侏罗世后^[11]。

第三次成藏事件发生在晚白垩世,是区域第二成藏期。该期储层流体包裹体均一化温度主要分布在90~110℃,自生伊利石的测年结果表明,该期油气的成藏时间为晚白垩世^[11]。由于此时盆1井西凹陷的下乌尔禾组烃源岩进入成熟到高成熟阶段,处于生油高峰期,而风城组烃源岩已处于高熟阶段^[12]。所以该期油气藏主要源于下乌尔禾组烃源岩,普遍存在于本区不同层位的地层中,是主要的油气藏类型^[12~14](图5)。

第四次成藏事件发生在新近纪,是区域上油气的第二成藏调整期和第三成藏期。调整期是指此时盆1井西凹陷的主力烃源岩均已进入过成熟阶段,不可能再形成原生成熟油气藏。因此此次成藏事件是前期油气藏再调整的产物,时间在新近纪^[1]。喜马拉雅运动的掀斜作用为前期成藏的油气向上向北运移提供了运移的动力^[15]。而第三成藏期是指新近纪后,南部阜康和沙湾凹陷中的侏罗系煤系烃源岩开始进入成熟阶段,生成和排出了一定数量的油气^①,储层有机质的红外检测结果表明,莫索湾地区除了发现风城组成熟油和乌尔禾组高熟油之外,还有少量的低熟油气^②,结合东道2井侏罗系中发现侏罗系原油(图3),综合推测该期是原生侏罗系原油的成藏期。

4 结论

(1)在准噶尔盆地莫北—莫索湾地区,根据混源油配比模拟实验,发现原油的某些生物标志物组成可能是判别原油成因类型的有效指标,其中,饱和烃C₂₀、C₂₁、C₂₃三环萜烷峰形较好反映了二叠系下统风城组和中统下乌尔禾组混源油的油源组成比例,而C₁₉、C₂₀三环萜烷比值较好反映了二叠系和侏罗系混源油的油源组成比例。

(2)根据反映混源油混合比例的典型生物标志物参数,综合原油的其它地球化学参数,从八个角度,

包括碳同位素、三环萜烷、类胡萝卜烷、伽马蜡烷、Pr/Ph Ts/Tm、甾烷和轻烃等,将本区的原油分成4种成因类型,分别是来自下二叠统风城组、中二叠统下乌尔禾组和侏罗系的单一成因原油,以及混源油,混源油又可进一步细分为二叠系混源,以及二叠系(下乌尔禾组)与侏罗系混源2个亚类。

(3)根据不同类型原油的区域分布特点,结合地质背景,分析了原油的运聚特征。结果表明,三叠纪末,风城组原生成熟原油主要聚集于前侏罗系储层中;中晚侏罗世后,这些原油主要沿深浅“y”字形断层调整;晚白垩世—古近纪,下乌尔禾组成熟原油开始运聚成藏;新近纪—第四纪,早期原生油藏普遍由南向北发生调整,并且侏罗系原油开始运聚成藏。

参考文献 (References)

- 王绪龙. 准噶尔盆地盆1井西凹陷区油气源与成藏研究[D]. 四川南充: 西南石油学院[博士学位论文]. 2001 [Wang Xulong Oil and Gas Source and Formation in the West Well Pen 1 Sag Area the Junggar Basin]. Xinjiang Karamay. Dissertation of Southwest Petroleum Institute [Ph. D.], 2001]
- 何登发, 陈新发, 张义杰, 等. 准噶尔盆地油气富集规律[J]. 石油学报, 2004, 25(3): 1-10 [He Dengfa, Chen Xinfa, Zhang Yijie et al. Enrichment characteristics of oil and gas in Junggar Basin]. Acta Petroli Sinica, 2004, 25(3): 1-10]
- 周文泉, 崔保生, 张从侦. 盆1井西凹陷东环带油气富集规律[J]. 特种油气藏, 2005, 12(5): 19-22 [Zhou Wenquan, Cui Baosheng, Zhang Congzhen. Regularity of oil and gas accumulation in the east ring zone of Pen 1 Well West Sag]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2005, 12(5): 19-22]
- 尹伟, 郑和荣, 孟闲龙, 等. 准噶尔盆地中部原油地球化学特征[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(4): 461-466 [Yin Wei, Zheng Herong, Meng Xianlong et al. Geochemical behaviors of crude oils in central Junggar Basin]. Oil and Gas Geology, 2005, 26(4): 461-466]
- Chen Jianping, Deng Churping, Liang Digang et al. Mixed oils derived from multiple source rocks in the Cainan oilfield, Junggar Basin, Northwest China. Part II: artificial mixing experiments on typical crude oils and quantitative oil-source correlation[J]. Organic Geochemistry, 2003, 34(7): 911-930]
- 王传刚, 王铁冠, 张卫彪, 等. 塔里木盆地北部塔河油田原油分子地球化学特征及成因类型划分[J]. 沉积学报, 2006, 24(6): 901-909 [Wang Chuangang, Wang Tieguan, Zhang Weibiao et al. Molecular geochemistry and classifications of genetic types of petroleum from the oilfield of the northern Tarim Basin]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(6): 901-909]
- Peters K E, Walters C G, Moldovan J M. The Biomarker Guide: Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments [M]. Second Edition. UK: Cambridge University Press, 2005. 1-1155

- 8 王绪龙, 康素芳. 准噶尔盆地腹部及西北缘斜坡区原油成因分析 [J]. 新疆石油地质, 1999, 20(2): 108-112 [Wang Xulong Kang Su-fang Analysis of crude oil origin in hinterland and slope of northwest margin Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology 1999, 20(2): 108-112]
- 9 王屿涛, 蒋少斌, 刘树辉. 石西油田烃类聚集及成藏史探讨 [J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(2): 13-16 [Wang Yutao Jiang Shaobin Liu Shuhui Hydrocarbon accumulation and pool formation history in Shixi oilfield Junggar Basin [J]. Petroleum Exploration and Development 1995, 22(2): 13-16]
- 10 何登发, 陈新发, 况军, 等. 准噶尔盆地车排子—莫索湾古隆起的形成演化与成因机制 [J]. 地学前缘, 2008, 15(4): 42-55 [He Dengfa Chen Xinfu Kuang Jun et al Development and genetic mechanism of Chepaizi-Mosuwan uplift in Junggar Basin [J]. Earth Science Frontiers 2008, 15(4): 42-55]
- 11 邹华耀, 郝芳, 张柏桥, 等. 准噶尔盆地腹部油气充注与再次运移研究 [J]. 地质科学, 2005, 40(4): 499-509 [Zou Huayao Hao Fang Zhang Baiqiao et al History of hydrocarbon-filling and remigrating in hinterland of the Junggar Basin [J]. Chinese Journal of Geology 2005, 40(4): 499-509]
- 12 廖建德, 王绪龙, 向宝力, 等. 准噶尔盆地莫索湾地区油气成藏分析 [J]. 天然气工业, 15-18 [Liao Jiande Wang Xulong Xiang Baoli et al Oil and gas origin and pool formation analyses of Mosuwan region in Junggar Basin [J]. Natural Gas Industry 2004, 15-18]
- 13 张年富, 张越迁, 姚新玉, 等. 准噶尔盆地莫北凸起油气成藏条件与分布规律 [J]. 新疆石油地质, 2001, 22(2): 103-106 [Zhang Nianfu Zhang Yueqian Yao Xinyu et al Formation condition and distribution regularity of oil-gas reservoir of Mobei arch in Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology 2001, 22(2): 103-106]
- 14 张年富. 准噶尔盆地腹部莫索湾地区油气成藏条件与成藏模式 [J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(3): 17-20 [Zhang Nianfu Fluid compartment and hydrocarbon accumulation in Mosuwan area in central part of Junggar Basin [J]. Petroleum Exploration and Development 2000, 27(3): 17-20]
- 15 陈新, 卢华复, 舒良树, 等. 准噶尔盆地构造演化分析新进展 [J]. 高校地质学报, 2002, 8(3): 257-267 [Chen Xin Lu Hua-fu Shu Liang-shu et al Study on tectonic evolution of Junggar Basin [J]. Geological Journal of China Universities 2002, 8(3): 257-267]

Genetic Type of Oils and Their Migration/Accumulation in the Mobei-Mosuwan Area Central Junggar Basin

SHI Xin-pu^{1,2} WANG Xu-long² CAO Jian³ HU Wen-xuan³
YAO Su-ping³ XIANG Bao-li² LAN Wen-fang² FAN Tai-liang¹

(1 School of Energy Resources China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083

2 Research Institute of Exploration and Development Xinjiang Oilfield Company PetroChina Karamay Xinjiang 834000

3 Department of Earth Sciences Nanjing University Nanjing 210093)

Abstract Origin of oils in the Mobei-Mosuwan area of the central Junggar Basin is complex. In order to reveal this complexity genetic types of the oils were classified in this paper and their migration and accumulation was discussed. Based on artificial oil mixing experiments it is found that some biomarker compositions of oils show regularities along with mixing ratios of oils. Thus these representative biomarkers may be criteria for determining origin of mixed oils. According to the criteria oils in the area were divided into four types. Migration and accumulation of the four type oils were further discussed combined with geological backgrounds. Thus this paper provides valuable information for the study of regional oil source and formation.

Key words the Junggar Basin, the Mobei-Mosuwan area, mixed oil, origin of oil, hydrocarbon migration and accumulation