

文章编号: 1000-0550(2011)01-0184-08

东疆地区原油芳烃地球化学特征及其意义^①

王志勇^{1,3} 郑建京² 杜宏宇³ 张品³ 王晓华³

(1. 中国科学院研究生院 北京 100049; 2. 中国科学院油气资源研究重点实验室 兰州 730000;
3. 中国石油吐哈油田公司勘探开发研究院 新疆哈密 839009)

摘要 在对东疆地区(包括吐哈盆地和三塘湖盆地)原油饱和烃生物标志物地球化学特征研究基础上,对原油芳烃馏分进行全面分析及地球化学特征研究;通过深入剖析原油芳烃系列组成,明确东疆地区原油类型划分,根据烷基萘、“三芴”系列及卡达烯、葱烯等化合物的分布特征,进一步揭示三塘湖盆地石炭系原油母源沉积水体盐度低、还原性弱,成油母质中包含丰富陆源输入,沉积相带为海陆过渡相。优选的二甲基菲、三甲基菲两项热演化指标与甾烷异构化指数具有良好相关性和一致性,且能在高演化阶段有效指示;应用该两项指标确定三塘湖盆地石炭系卡拉岗组原油为高成熟原油,哈尔加乌组原油为过成熟原油。

关键词 东疆地区 芳烃 沉积环境 成熟度 石炭系

第一作者简介 王志勇 男 1966年出生 高级工程师 地球化学 E-mail: wangzy877@sohu.com

中图分类号 P593 **文献标识码** A

东疆地区包括吐哈和三塘湖两个含油气盆地,是吐哈油田主要的勘探领域,对东疆地区烃源岩和原油进行了大量的研究,取得了许多重要认识^[1-4]。近年来,东疆石炭系油气勘探已成为吐哈油田“开拓找油新层系、新领域,寻找战略接替资源”的重要工作方向,并且已在三塘湖盆地取得石炭系油气勘探的重大突破。针对东疆地区石炭系海/陆相沉积环境判别、高/过成熟热演化程度界定等方面的地球化学研究,仅仅依靠饱和烃类生物标志物还不能充分揭示其相关信息。芳烃是原油和烃源岩中的主要烃类组分,可以提供烃源岩沉积环境、有机质来源、热演化程度和油源对比等多方面信息,并且芳烃类成熟度参数比饱和烃甾烷异构化参数具有更宽化学动力学范围^[5],在热演化程度确定上具有更宽指示范围的优势。由此开展了对该地区原油芳烃类生物标志物的系统分析,总结其相应地球化学特征及其相关地质意义,重点剖析三塘湖盆地马朗凹陷石炭系原油来源与成因。

1 东疆地区原油生物标志物特征及类型划分

1.1 原油饱和烃生物标志物特征及类型划分

根据饱和烃生物标志物特征可将东疆地区原油划分为三种类型。I类—中生界煤系原油(主要分布在吐哈盆地台北凹陷诸油田和三塘湖盆地北小湖

油田),以水西沟群($J_{1-2}sh$)、小泉沟群($T_{2-3}xq$)煤系源岩贡献为主。其饱和烃生物标志物表现为姥植比(Pr/Ph)均高于2.5、三环萜烷系列呈现 C_{19} 、 C_{20} 高丰度的“前峰”型分布、 C_{24} -四环萜烷丰度远高于 C_{26} -三环萜烷、伽马蜡烷丰度很低、 $C_{27} \sim C_{29}$ 规则甾烷中 C_{29} 甾烷占绝对优势、 C_{27-28} 甾烷丰度低,呈反“L”型分布。II类—中二叠统湖相原油(主要包括吐哈盆地台南稠油油田和三塘湖盆地稠油油田),吐哈盆地油源为桃东沟群(P_2td)、三塘湖盆地为芦苇沟组(P_2l)湖相源岩。其饱和烃生物标志物表现为姥植比低(0.7~1.5)、较高的 β -胡萝卜素含量、三环萜烷系列呈现 C_{21} 、 C_{23} 为主峰的倒“V”字型分布、 C_{24} -四环萜烷丰度与 C_{26} -三环萜烷相当、伽马蜡烷丰度较高、较高 C_{28} 甾烷丰度、 $C_{27} \sim C_{29}$ 规则甾烷整体呈“厂”型分布。III类—石炭系原油,目前仅在三塘湖盆地马朗、条湖凹陷有产出,油源确定为区域石炭系源岩。其饱和烃生物标志物表现为姥植比较低(1.0~2.5)、 β -胡萝卜素丰度较低或缺失、三环萜烷系列呈现 C_{21} 、 C_{23} 为主峰的倒“V”字型分布、 C_{24} -四环萜烷丰度略高于 C_{26} -三环萜烷或相当、伽马蜡烷丰度低—较低; $C_{27} \sim C_{29}$ 规则甾烷中 C_{29} 甾烷仍占优势,但 C_{27} 甾烷丰度较高,多呈不对称“V”型分布。

1.2 三类原油芳烃化合物系列组成

芳烃是分子中含有苯环结构的烃类化合物,按照其结构特点,大体上可分单环、双环和多环芳香烃;原

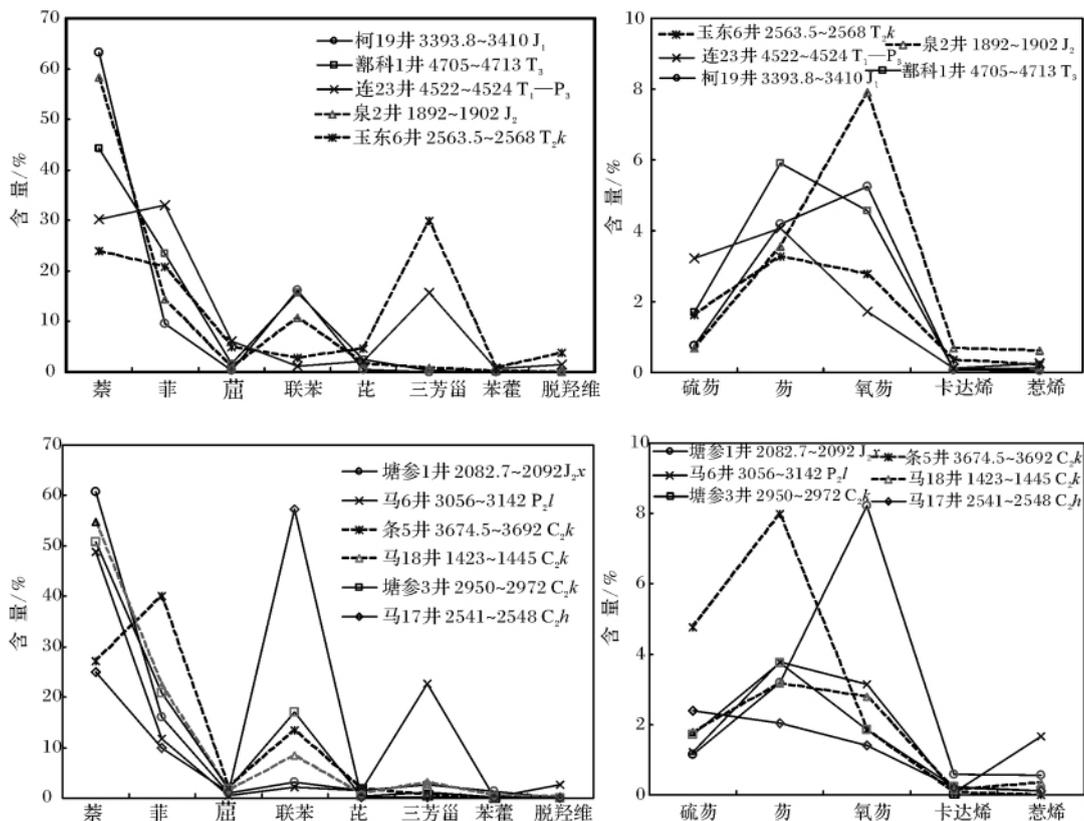


图 1 东疆地区原油样品芳烃各系列化合物含量组成

Fig. 1 The composition of the various series aromatic hydrocarbon of crude oil samples ,Eastern Xinjiang

油、烃源岩中芳烃主要由萘 (N)、菲 (P)、联苯 (Bp)、蒽 (CH)、芘 (Py)、芴 (F)、氧芴 (OF)、硫芴 (SF)、苯并藿烷 (BH)、三芳甙烷 (TA) 等系列的烷基取代同系物组成; 其他化合物如蒽烯、苯并荧蒹、苯并芘、荧蒹、苯并芴等含量少, 只占 1% 左右^[6]。

图 1 显示萘系列、菲系列、联苯系列化合物为原油芳烃中的主要成分, 个别样品中三芳甙烷系列化合物有较高含量; 三芳甙系列化合物也是原油芳烃中的重要成分, 总体含量可达 5% ~ 15%; 大多样品中可检出标志陆生高等植物输入的卡达烯、蒽烯化合物^[7, 8]。

I 类原油(吐哈盆地泉 2 井、柯 19 井, 三塘湖盆地塘参 1 井原油) 芳烃化合物中萘系列含量最高, 达 60% 左右, 其次为菲系列和联苯系列(10% ~ 20%); 氧芴系列含量大于 5%、硫芴系列含量小于 1%, 卡达烯、蒽烯含量相对较高, 显示煤系油源陆源有机质输入丰富、沉积环境偏氧化的特征。

II 类原油(吐哈盆地玉东 6 井、连 23 井原油、三塘湖盆地马 6 井) 为遭受生物降解的二叠系湖相稠油, 其芳烃馏分中萘系列有明显损失而含量偏低, 联

苯系列含量低、三芳甙烷含量高、苯并藿烷与脱羟基维生素明显分布的特点可能与原油成熟度不高有关; 吐哈盆地鄯科 1 井、三塘湖盆地条 5 井原油成熟度较高, 故而表现出联苯系列含量较高、三芳甙烷含量低的迥异面貌。

III 类原油中, 产自上石炭统卡拉岗组 (C_{2k}) 的塘参 3 井和马 18 井的原油, 其芳烃化合物中萘系列、菲系列含量高, 联苯系列含量次之、三芳甙系列化合物总体含量不高且以芴系列含量为最高, 卡达烯、蒽烯有明显检出; 产自上石炭统哈尔加乌组 (C_{2h}) 的马 17 井原油芳烃化合物面貌与卡拉岗组原油有较大差异, 联苯系列含量高达 55% 以上, 萘系列、菲系列含量则较低, 这种面貌可能与该原油高成熟—过成熟的演化程度有关, 三芳甙系列化合物总体含量最低且以硫芴系列含量最高, 说明其油源具有较为特殊的还原性沉积环境。

2 三塘湖盆地石炭系原油相应沉积环境剖析

前人研究认为: 在东准噶尔乃至新疆的广大范围

内,晚石炭世基本结束了深海沉积及洋壳组合的演化,进而形成陆间残余海盆;早二叠世是天山及其邻近地区沉积环境从海相转向陆相的重要时期;从二叠纪开始,盆地进入陆相构造演化阶段,陆相沉积组合占据主要地位^[9,10]。由上可见三塘湖盆地石炭纪沉积环境以海相为主体,但盆地石炭系原油芳烃生物标志物特征反映其沉积环境与典型海相原油存在差异。

(1) 烷基萘异构体分布及其指示意义

烷基萘化合物异构体分布与有机质类型和沉积环境有关^[11]。塔里木盆地海、陆相原油的三甲萘和四甲基萘系列化合物相对含量存在明显差别:三甲萘系列中,陆相油中1,2,5-三甲萘相对含量比海相油高一倍左右,湖相油和煤成油的1,2,5-三甲萘分别占本系列的9.5%和12.5%,而海相中只有5%上下。该化合物是由高等植物中的五环三萜类经降解和重排转变而来,在中生界煤和泥岩芳烃中其含量很高,有的样品芳烃色谱图上这个化合物为主峰,佐证了上述成因;海相油中的该化合物则可能来自二倍半萜烷或藿烷的演化。不同成因原油中该化合物相对含量的不同反映了其生源上的差异。海、陆相原油之间的四甲基萘异构体分布也存在明显差别,主要反映在1,2,5,6-四甲基萘上;陆相油中其含量较高,在湖相油和煤成油中分别占本系列的23.8%和24.4%;而海相原油中均在10%之下。这个化合物

与1,2,5-三甲萘有相同的生物先质,其生源意义相同。

图2展示了在三塘湖盆地石炭系原油中1,2,5-三甲萘、1,2,5,6-四甲基萘化合物的检测情况。图3进一步显示盆地石炭系原油与煤系原油、湖相原油芳烃三、四甲基萘系列化合物中1,2,5-三甲萘、1,2,5,6-四甲基萘相对含量指标的分布;石炭系原油中1,2,5-三甲萘、1,2,5,6-四甲基萘含量较高,均占本系列的10%以上,甚至超过盆地部分煤系、湖相原油中该两化合物含量。以上表现与塔里木典型海相(台地相、局限性海湾相)原油存在显著差异,反映三塘湖盆地石炭系原油母源中包含相当的陆源有机质输入。此外石炭系原油中卡达烯、蒽烯的明显检出,个别样品含量还较高,也是其油源岩不乏陆源有机质输入的又一重要证据。

(2) “三芴”系列化合物组成及其指示意义

“三芴”系列化合物基本骨架相似,可能来自相同的生物先质;该生物先质在沉积演化过程中,环境偏氧化或弱还原则易形成氧芴而导致氧芴含量较高;在正常还原环境中,易形成芴;在咸水湖相或海相等强还原环境中则可被还原成含硫芳烃,以硫芴占优势^[12]。三芴系列的相对组成可作为判别成油环境的良好指标,海相及盐湖相原油中硫芴含量较高,淡水、微咸水湖相原油中芴含量较高,而沼泽相原油和煤系

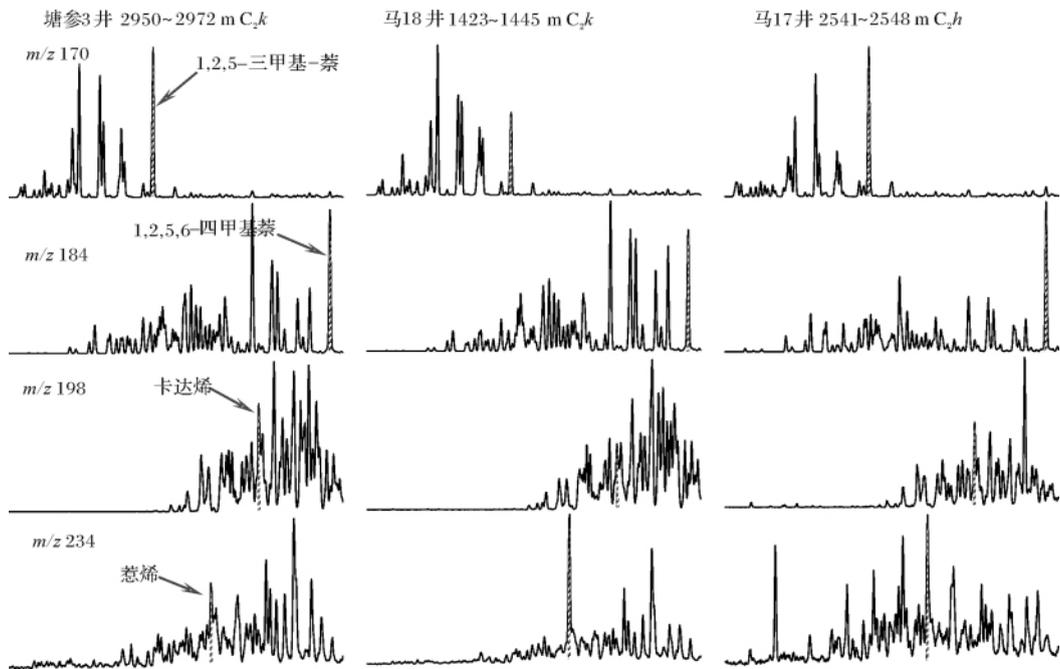


图2 三塘湖盆地石炭系原油中三甲萘、四甲基萘、卡达烯和蒽烯质量色谱图

油中氧芴更丰富。塔里木盆地海、陆相原油之间芳烃各系列化合物含量差别最显著的是含硫化合物^[11], 海相原油中二苯并噻吩(硫芴)系列的含量均较高, 可占到芳烃总量的 7.7%~42.5%。

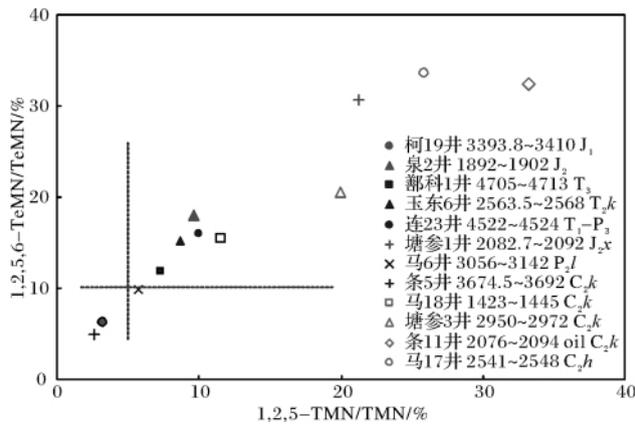


图 3 原油芳烃相对含量分布

Fig. 3 1,2,5-TMN, 1,2,5,6-TeMN distribution of aromatic hydrocarbon in crude oil

图 4 展示了东疆地区原油三芴系列的组成分布。吐哈盆地侏罗系原油、三塘湖盆地塘参 1 井原油三芴系列组成基本都分布在沼泽相原油区域; 两盆地中二叠统湖相原油虽然表现出较高水体盐度, 但总体仍分布在淡水湖相原油区域, 个别显示出咸水湖相分布; 三塘湖盆地石炭系原油多数分布在淡水湖相区域, 个别分布在海相原油区域。

对比塔里木盆地海相原油, 三塘湖盆地目前揭示石炭系原油芳烃组成中硫芴系列丰度不高, 一般在 2% 左右, 氧芴系列丰度较高, 在 1.5%~4.5%; 表明原油成油母质沉积环境与典型海相沉积存在一定差异, 包括水体盐度不高、还原性不强, 陆源有机质输入相对丰富等因素。三芴系列相对组成也显示多数样品未分布在典型海相沉积环境区域, 仅马 17 井 2541~2548 m 原油表现类似海相沉积特点。近期研究认为东疆地区石炭纪一早二叠世南、北分别为北天山洋、克拉美丽洋, 东疆“地块”总体“承载”于洋壳俯冲带之上, 在“张性”(C-P) 环境中地块分裂发育弧后裂谷, 呈现三个“微地块”(即现今三个盆地部位) 与裂谷相间的总体古构造、古地理面貌。现今三塘湖盆地南缘大黑山剖面位置石炭纪一早二叠世表现为陆缘裂谷盆地沉降区, 马朗凹陷则基本处于裂谷盆地与“微地块”的交界边缘, 属于比较典型的海陆过渡沉积区; 该认识与盆地石炭系原油芳烃生物标志物地球化学研究结果基本一致。

3 东疆地区原油芳烃热演化指标筛选及演化阶段判识

对于芳烃生物标志物热演化指标, 国内外学者主要研究应用了萘系列、菲系列、烷基二苯并噻吩系列等相关指标^[5, 13~25], 具体指标包括:

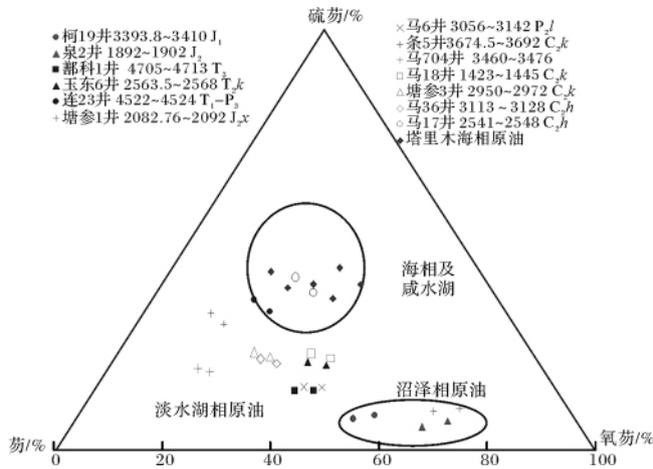


图 4 吐哈、三塘湖盆地原油三芴系列组成分布

Fig. 4 The F₀OF and SF distribution of crude oil in Turpan-Hami Basin and Santanghu Basin

萘系列 甲基萘指数 (MNR): $MNR = (2-MN) / (1-MN)$

三甲基萘指数: $TNR-1 = (2,3,6-TMN) / (1,4,6-TMN + 1,3,5-TMN)$

$TNR-2 = (1,3,7-TMN + 2,3,6-TMN) / (1,3,5-TMN + 1,3,6-TMN + 1,4,6-TMN)$

菲系列

$MPI-1 = [1.5(3-MP + 2-MP)] / (P + 9-MP + 1-MP)$;

$MPI-2 = [3(2-MP)] / (P + 9-MP + 1-MP)$;

$MPI-3 = (3-MP + 2-MP) / (9-MP + 1-MP)$

烷基二苯并噻吩系列

甲基二苯并噻吩比值: $MDR = [4-MDBT] / [1-MDBT]$

DMDBT 参数: $(2,4-DMDBT) / (1,4-DMDBT)$;
 $(4,6-DMDBT) / (1,4-DMDBT)$

以上所列芳烃热演化指标在本次研究中可能因原油母源有机质类型差异、原油后期改造等原因而表现出规律性较差, 应用效果不理想。通过对原油芳烃生物标志物深入细致的对比分析, 发现二甲基菲、三甲基菲的两组异构体转化与原油热演化表现出较好相关性, 且在高演化阶段未出现逆向转化。

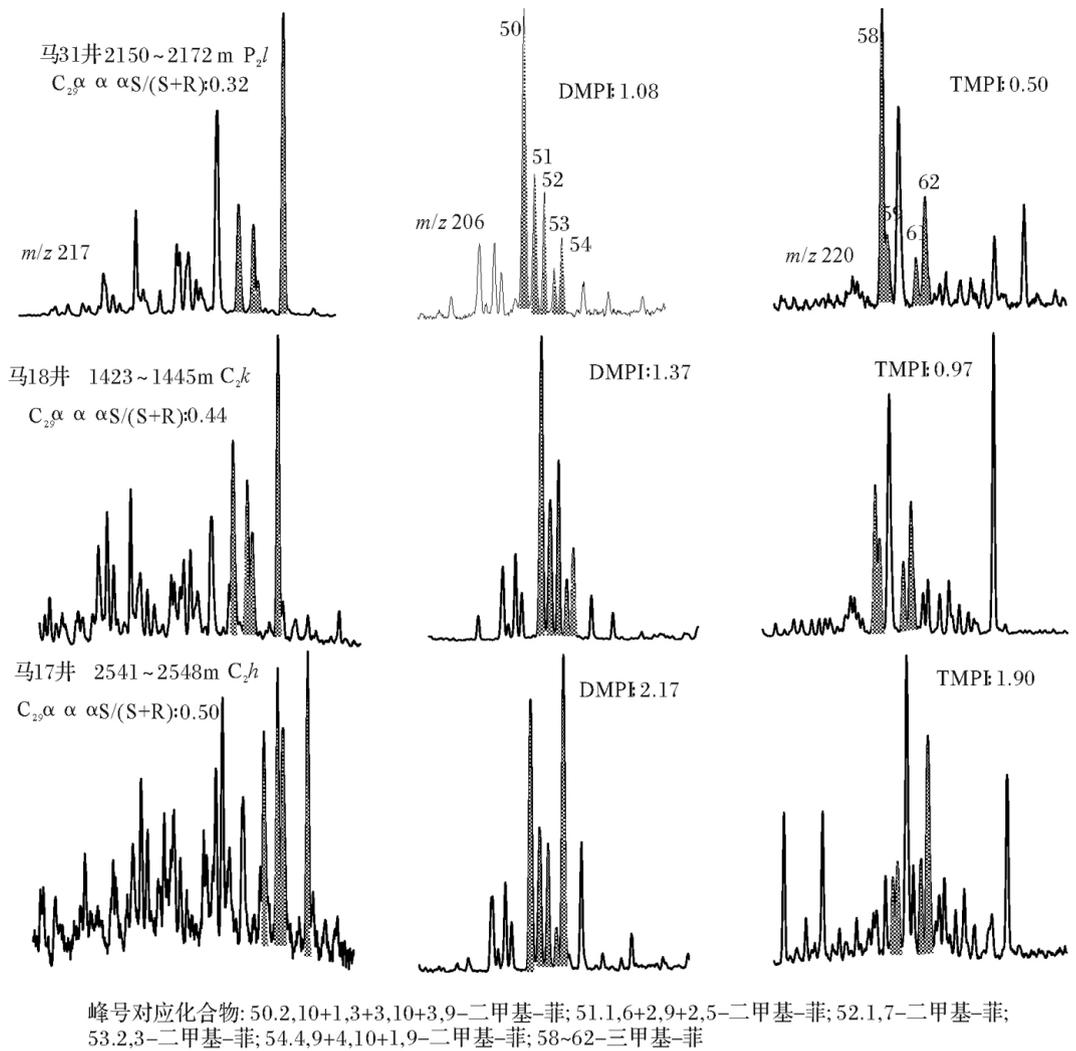


图 5 原油芳烃中二甲基菲、三甲基菲异构体检测与转化现象

Fig. 5 Mass chromatogram of DMP and TMP of aromatic hydrocarbon

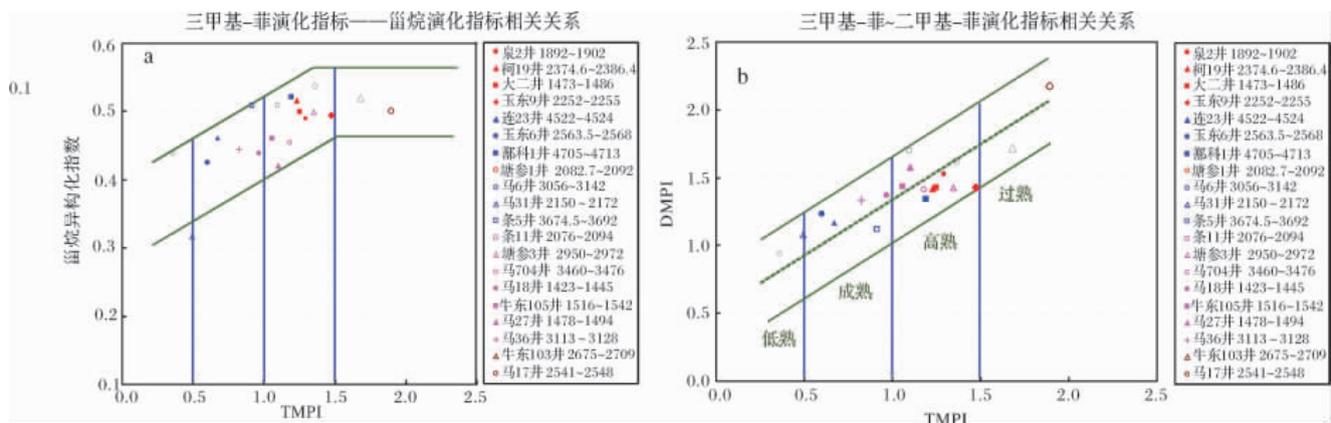


图 6 DMPI、TMPI 热演化相关性分析及演化阶段划分

Fig. 6 Thermal evolution correlation of DMPI, TMPI and evolution of stages

随着原油热演化程度增加——甾烷异构化指数 $[C_{29}\alpha\alpha\alpha 20S/20(S+R)]$ 从 0.32 增大到 0.50 (基本达到演化平衡值), 原油芳烃中二甲基菲、三甲基菲的一些构型发生转化, 进而造成其丰度的相对变化。图 5 显示出原油芳烃中二甲基菲 50~54 号峰、三甲基菲 58~62 号峰的两组构型明显转化表现。根据这两组构型转化特点构造指标:

二甲基菲指标: $DMPI = (51 + 52 + 53 + 54) / (50)$

三甲基菲指标: $TMPI = (61 + 62) / (58 + 59)$

注: 50~62 为图 5 中标注峰号相应的化合物

图 6 中 a 显示三甲基菲指标 (TMPI) 与甾烷异构化指数具有良好的相关性和一致性; b 展示二甲基菲指标 (DMPI)、三甲基菲指标 (TMPI) 联合应用判别演化阶段。

通过对各类型原油成因、成藏基础的全面分析, 认为: 三塘湖盆地马 6 井、马 31 井原油为中二叠统芦草沟组湖相原油, 其油源岩成熟度较低 (R_o 不超过 0.8%) 属低熟原油; 吐哈盆地玉东 6 井、连 23 井为中二叠统桃东沟群湖相稠油, 曾经历生物降解, 因其成藏较早、相应成藏期时其油源岩成熟度不够高 (R_o 不超过 1.0%), 基本属成熟原油; 煤系原油、三塘湖盆地多数石炭系哈尔加乌组来源原油成熟度较高, 其甾烷异构化指数基本达到平衡值, 应该是油源岩生油高峰期的产物 (R_o 在 1.0%~1.2% 左右), 归属为高成熟原油; 三塘湖盆地马 17 井、牛东 103 井原油样品可能来自石炭系深层巴塔玛依内山组 (C_2b) 或姜巴斯套组 (C_{1j}) 岩层, 成熟度很高。根据伴生天然气计算其演化程度相当 R_o 在 1.5% 以上, 基本达到湿气演化阶段、属过成熟原油; 马 17 井、牛东 103 井原油甾烷异构化指数达到平衡值, 无法指示其过成熟的演化程度, 但二甲基菲指标、三甲基菲指标却清楚显示其演化程度大大高于煤系及石炭系哈尔加乌组来源的高熟原油, 充分说明该两项指标在高演化阶段判识的有效性。

4 结论

(1) 通过对原油饱和烃、芳烃生物标志化合物的分析研究, 明确将东疆地区原油划分为三种类型, 揭示了不同类型原油的母源沉积环境、水体盐度、还原性、成油母质性质、原油成熟度等特征。

(2) 东疆地区原油芳烃中各系列化合物分布特征及不同丰度差异是判识母质类型和沉积环境的有

意义参数。淡水、偏氧化煤系地层有机质中以萘、菲、联苯及氧芴相对丰度最高为特征, 咸化、深水还原环境低熟有机质中则以高丰度三芳甾烷及明显脱羟基维生素 E 为特征。三甲基萘和四甲基萘是良好的判识有机质类型、沉积相的参数, 湖相沉积尤其高等植物丰富的有机质中 1、2、5-三甲基萘, 且 1、2、5、6-四甲基萘相对丰度大大高于海相沉积有机质。三芴系列相对丰度是判识有机质形成环境的氧化还原、水体咸淡及沉积环境有意义参数。

(3) 东疆地区原油芳烃中 DMP 和 TMPI 指标是判识有机质进入成熟—过成熟阶段时演化程度高低的良好参数, 它们弥补了饱和烃指标中藿烷 $C_{31}\alpha\beta 22S/22(S+R)$ 和 $C_{29}\alpha\alpha\alpha 20S/20(S+R)$ 在有机质进入成熟—过成熟阶段因达到平衡的终点值而失去判识有机质演化程度差异的缺陷。

参考文献 (References)

- 戴卿林, 郝石生, 盛国英, 等. 吐哈盆地侏罗纪煤系源岩芳烃组成及生源、环境意义[J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 198-201 [Dai Qinglin, Hao Shisheng, Sheng Guoying, et al. Aromatic hydrocarbon compositions and significance of origin and sedimentary environments of Jurassic coal-measures source rocks from the Turpan-Hami Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(2): 198-201]
- 王作栋, 陶明信, 孟仟祥, 等. 吐哈盆地烃源岩研究进展与低演化油气的形成[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(6): 754-760 [Wang Zuodong, Tao Mingxin, Meng Qianxiang, et al. Research progress of source rocks and formation flow evolution oil and gas in Turpan-Hami Basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2008, 19(6): 754-760]
- 王作栋, 孟仟祥, 陶明信, 等. 烃源岩中 $C_{19}-C_{29}$ 甾烷系列和 25-降藿烷系列的检出及地质意义[J]. 沉积学报, 2009, 27(1): 77-82 [Wang Zuodong, Meng Qianxiang, Tao Mingxin, et al. Identification of $C_{19}-C_{29}$ steranes and 25-norhopanes in source rock and geological significance [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(1): 79-82]
- 房嫒, 孟仟祥, 孙敏卓, 等. 吐哈盆地中下侏罗统源岩和油的生物标志物分布特征—饱和烃馏分[J]. 沉积学报, 2008, 26(5): 891-895 [Fang Xuan, Meng Qianxiang, Sun Minzhuo, et al. Characteristics of biomarkers in saturated hydrocarbon in coal of carbonaceous mudstone and oils from the Lower Jurassic coal measures in the Turpan Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(5): 891-895]
- 王传远, 杜建国, 段毅, 等. 芳香烃地球化学特征及地质意义[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(1): 29-32 [Wang Chuanyuan, Du Jianguo, Duan Yi, et al. Geochemical characteristics and significance of aromatic hydrocarbon in oil and gas [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 28(1): 29-32]
- 罗斌杰, 李新宇. 原油中芳烃化合物特征[J]. 地球化学, 1993, 22(2): 127-135 [Luo Binjie, Li Xinyu. Characteristics of aromatic hydrocarbons in crude oils [J]. Geochimica, 1993, 22(2): 127-135]

- 7 张立平,黄第藩,廖志勤. 密执安盆地志留系碳酸盐岩中高含量的萘烯和甲基萘烯化合物[J]. 科学通报,1999,44(13): 1425-1429 [Zhang Liping, Huang Difan, Liao Zhiqin. High levels of Allyl and Methyl-allyl compounds in the Silurian carbonate of Michigan Basin [J]. Science Bulletin, 1999, 44(13): 1425-1429]
- 8 孟江辉,张敏,姚明君. 不同沉积环境原油的芳烃组成特征及其地质地球化学意义[J]. 石油天然气学报,2008,30(1): 228-231 [Meng Jianghui, Zhang Min, Yao Mingjun. Features of aromatic composition in crude under different sedimentary environments and its geochemical meanings [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(1): 228-231]
- 9 李红,柳益群,刘延莉,等. 三塘湖盆地条湖、马朗凹陷沉降史分析[J]. 西北大学学报: 自然科学版,2004,34(6): 721-725 [Li Hong, Liu Yiqun, Liu Yanli, et al. Analysis of the subsidence history of Tiaohu and Malang Sags of Santanghu Basin [J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2004, 34(6): 721-725]
- 10 赵泽辉,郭召杰,张臣,等. 新疆东部三塘湖盆地构造演化及其石油地质意义[J]. 北京大学学报: 自然科学版,2003,39(2): 219-228 [Zhao Zehui, Guo Zhaojie, Zhang Chen, et al. Tectonic evolution of the Santanghu Basin, East Xinjiang and its implication for the hydrocarbon accumulation [J]. Acta Scientiarum Naturalium University Pekinesis, 2003, 39(2): 219-228]
- 11 朱扬明,张洪波,傅家谟,等. 塔里木不同成因原油芳烃组成和分布特征[J]. 石油学报,1998,19(3): 33-37 [Zhu Yangming, Zhang Hongbo, Fu Jiamo, et al. Distribution and composition of aromatic hydrocarbon in various oils from Tarim Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 1998, 19(3): 33-37]
- 12 林壬子,王培荣,藏允键,等. 矿物燃料中多环芳烃的石油地球化学意义[C]//有机地球化学论文集. 北京:地质出版社,1987 [Lin Renzi, Wang Peirong, Zang Yunjian, et al. The petroleum geochemical significance of polycyclic aromatic hydrocarbons in the fossil fuels [C]//. Proceedings of Organic Geochemistry. Beijing: Geological Publishing House, 1987]
- 13 包建平,王铁冠. 甲基菲比值与有机质热演化的关系[J]. 江汉石油学院学报,1992,14(4): 8-13 [Bao Jianping, Wang Tieguan, Zhou Yuqi, et al. The relationship between methyl phenanthrene ratios and the evolution of organic matter [J]. Journal of Jiangnan Petroleum Institute, 1992, 14(4): 8-13]
- 14 包建平,王铁冠. 烃源岩中烷基二苯并噻吩组成及其地球化学意义[J]. 石油大学学报,1996,20(1): 19-22 [Bao Jianping, Wang Tieguan, Chen Fajing. Relative abundance of alkyl dibenzothiophene in the source rocks and their geochemical significances [J]. Journal of the University of Petroleum: Natural Science Edition, 1996, 20(1): 19-22]
- 15 罗健,程克明,付立新,等. 烷基二苯并噻吩-烃源岩热演化新指标[J]. 石油学报,2001,22(3): 27-31 [Luo Jian, Cheng Keming, Fu Lixin, et al. Alkylated dibenzothiophene index—a new method to assess thermal maturity of source rocks [J]. Acta Petrolei Sinica, 2001, 22(3): 27-31]
- 16 Alexander R, Kagi R I, Rowland S J, et al. The effects of thermal maturation on distributions of dimethylnaphthalenes and trimethylnaphthalenes in some ancient sediments and petroleum [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1985, 49: 385-395
- 17 Radke M, Welte D H, Willsch H. Geochemical study on a well in the Western Canada Basin: relation of the aromatic distribution pattern to maturity of organic matter [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1982a, 46: 1-10
- 18 Radke M, Willsch H, Leythaeuser D, et al. Aromatic components of coal: relation of distribution pattern to rank [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1982b, 46: 1831-1848
- 19 Radke M, Welte D H. The methylphenanthrene index (MPI): a maturity parameter based on aromatic hydrocarbons [M] // Björny M, et al. eds. Advances in Organic Geochemistry 1981. John Wiley, Chichester, 1983: 504-512
- 20 Radke M, Welte D H, Willsch H. Maturity parameters based on aromatic hydrocarbons: influence of the organic matter type [M]. Organic Geochemistry, 1986, 10: 51-63
- 21 Ahmed M, Smith J M, George S C. Effects of biodegradation on Australian coals [J]. Organic Geochemistry, 1999, 30: 1311-1322
- 22 Fisher S J, Alexander R, Kagi R I. Biodegradation of alkylnaphthalenes in sediments adjacent to an off-shore petroleum production platform [J]. Polycyclic Aromatic Compounds, 1996, 11: 35-42
- 24 Fisher S J, Alexander R, Kagi R I, et al. Aromatic hydrocarbons as indicators of biodegradation in North Western Australian reservoirs [C] // Purcell P G, Purcell R R, eds. The Sedimentary Basins of Western Australia 2: Proceedings of Petroleum Exploration Society of Australian Symposium, Perth, WA, 1998: 185-194
- 24 Bayona J M, Albaiges J, Solanas, J. et al. Selective aerobic degradation of methyl-substituted polycyclic aromatic hydrocarbons in petroleum by pure microbial cultures [J]. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 1986, 23: 289-303
- 25 Rowland S J, Alexander R, Kagi R I, et al. Microbial degradation of aromatic components of crude oils: a comparison of laboratory and field observations [J]. Organic Geochemistry, 1986, 9: 153-161

The Geochemical Characteristics and Significance of Aromatic Hydrocarbon of Eastern Xinjiang Area Crude Oils

WANG Zhi-yong^{1,3} ZHENG Jian-jing² DU Hong-yu³ ZHANG Pin³ WANG Xiao-hua³

(1. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;

2. Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000;

3. Research Institute of Exploration and Development, Turpan-Hami Oilfield, PetroChina, Hami Xinjiang 839009)

Abstract Based on the research of saturated hydrocarbon biomarkers of crude oils in Eastern Xinjiang area (including the Turpan-Hami Basin and Santanghu Basin), a comprehensive analysis and geochemistry study were carried out on aromatic fractions of crude oils. Through analysis of the composition of aromatic hydrocarbon, types of crude oils were divided. The distribution of compounds (alkyl naphthalene, F, OF and SF', cadalene and retene) shows sedimentary environment of Carboniferous organic matter crude oils in Santanghu Basin were low water salinity, weak reduction, the oil-rich parent materials from terrestrial input, and sedimentary facies transition phase for the land and sea. Optimization of dimethyl phenanthrene, the top three phenanthrene indexes and thermal evolution of the two sterane isomerization indexes have good correlation and consistency, and can effectively indicate the high evolution stage. In addition, application of the two indicators to determine Santanghu Carboniferous Basin Karaoke Gang Unit, department of crude oil is the high maturity crude oil, and Haerjiawu group is overmature crude oil.

Key words Eastern Xinjiang area; aromatic hydrocarbon; sedimentary environment; maturity; Carboniferous