

文章编号: 1000-0550(2006) 02-0294-06

塔河油田原油甾萜烷系列化合物地球化学再认识

南青云^{1,2} 刘文汇³ 腾格尔⁴ 范明⁴ 王晓锋^{1,2}

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所气体地球化学重点实验室 兰州 730000; 2 中国科学院研究生院 北京 100039;

3 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院 北京 100083 4 中国石油化工股份有限公司无锡实验地质研究所 江苏无锡 214151)

摘要 生物标志化合物是油气来源、成熟度、运移等领域研究中的一项得力工具。运用生物标志物色谱质谱技术, 对比研究了塔河油田各油区原油生物标志化合物中甾、萜烷系列化合物特征。研究表明, 塔河油田为一由晚期成熟高、轻微改造的原油与早期成熟度低、遭受较强降解原油混合而成的复合油藏, 该油藏各区原油 $C_{27}-C_{29}$ 甾烷同系物以及 $C_{27}-C_{29}$ 重排甾烷特征反映出该区不同成熟度原油来自同一母源, 原油 $Ts/(Tm + Ts)$ 、重排甾烷/规则甾烷和 $\beta\beta/(\beta\beta + \alpha\alpha) C_{29}$ 比值关系立体图指示出原油的充注方向, 印证了“塔河地区的油气主要来自于南部的满加尔拗陷”这一论点。

关键词 甾烷 萜烷 生物标志物 塔河油田 地球化学

第一作者简介 南青云 男 1980 年出生 硕士 地球化学

中图分类号 P593 **文献标识码** A

生物标志化合物在油气源、成熟度、运移等领域研究中起重要作用。一般认为原油性质及组分变化主要受有机质来源及成熟度控制, 但其在运移过程中和成藏后的次生变化也已引起人们普遍关注^[1-6]。塔河油田是我国形成时代最古老(古生界)的特大型海相油气田。由于此类油气田都经历了多期油气生成、运移、成藏过程, 并接受了长期生物降解、地层层效应和溶解等各种次生改造^[3,4], 使原始原油性质发生变化, 其中的大部分生物标志化合物已遭破坏, 用其解决油源、成熟度和运移等油气勘探开发中关键问题时存在局限性。各种生标在油气运移和成藏过程中因对生物降解等次生作用的敏感度不同而所受影响程度亦有显著差异, 且仍有规律可循。因此, 如何选取合理、有效的生标是关键所在。与正构烷烃和类异戊二烯烷烃相比, 甾、萜烷系列化合物因具有较强的抗生物降解能力等原因其应用研究倍受青睐^[6-12]。不少学者已经利用甾、萜烷系列化合物的这种特性对塔河油田油气特征和运移进行的研究, 也得出来了相关的一些结论^[8,9,10]。本研究试图利用甾、萜烷系列化合物之间的一些相关性以及其它的一些反映成熟度和运移的指标来综合判识塔河油田原油的油源特征和运移特性。

起南部, 其东侧与草湖凹陷毗邻, 西面与哈拉哈塘凹陷相接, 北面与雅克拉断凸相连, 南面过渡为大型的满加尔生油凹陷(图 1)。该油田有奥陶系、石炭系、三叠系 3 套含油层系, 主要以下奥陶统大型古岩溶圈闭整体含油为特征, 为海相碳酸盐岩整装大油田, 主力烃源为满加尔拗陷的寒武—奥陶系碳酸盐岩系, 该套烃源岩长期处于生烃阶段, 不断生产大量油气并沿不整合面向阿克库勒凸起运移、聚集成藏, 有海西晚期和燕山—喜马拉雅期两大生烃、运移和成藏期^[13-15]。该区奥陶系油藏不同区块油气性质差异明显, 总体上自西向东, 自北向南重质油 正常油 轻质油 凝析油。这种现象是该区烃源岩长期演化、多期油气聚集成藏和后期改造及储集体分隔等多种因素综合影响的结果^[9,17]。

1 地质背景

塔河油田位于塔里木盆地沙雅隆起阿克库勒凸

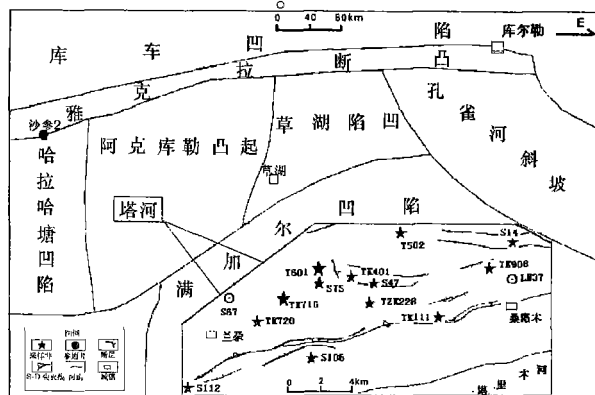


图 1 研究区构造位置及井位分布图

Fig 1 Tectonic setting and well locations in the study area

2 样品及实验

采集原油样品 11 个, 分别来自于塔河 1、2、4、6、7、9 油区及 7 区南部 S112、2 区南部 S106 井 (图 1、表 1)。样品经由柱色谱分离出饱和烃、芳烃、非烃和沥青质组分, 利用 HP6890 色谱仪进行饱和烃分析, 色谱条件: Quadax 色谱柱 (50 m × 0.25 mm), 初始温度 50°C, 恒温 5 min, 升温速率 3°C/min, 升温至 290°C, 恒温 30 min, 检测器 FID。利用 Agilent5973 色谱质谱仪进行饱和烃气相色谱分析, 色谱条件: DB-5MS 色谱柱 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm) 初始炉温 80°C, 恒温 3 min, 升温速率 3°C/min, 升温至 230°C, 然后以 2°C/min 升温至 300°C, 恒温 17 min, 质谱条件: 离子源温度 250°C, 传输线温度 300°C, 离子化电流 150 μA, 电子能量 70 eV, 扫描周期 1 sec。以上分析由中国石油化工股份公司石油勘探开发研究院无锡实验地质研究所测试中心完成。

表 1 塔河油田原油族组成及碳同位素特征表

Table 1 Composition and carbon isotopic characters of crude oil from Tahe oilfield, Tarim basin

井号	井深 /m	层位	区块	原油族组成 %				δ ¹³ C / (PDB) ‰	
				饱和烃	芳烃	非烃	沥青质	全油	
S112	5367~5580	O ₃	7区南	80.65	17.01	2.34	0.95	-32.06	
S106	5910~5925	O ₁₋₂	2区南	72.32	24.82	2.87	1.27	-32.37	
TK720	5735~5742	O ₁	7区	51.74	39.62	8.64	8.20	-31.95	
TK716	5529~5595	O ₁	7区	40.91	45.70	13.39	23.18	-32.40	
S75	4975~4985	C	7区	63.20	26.96	9.84	4.69	-32.11	
T601	5605~5622	O	6区	32.76	50.26	16.98	31.73	-32.30	
TK111	4735~4989	T ₂	1区	56.64	34.45	8.92	7.81	-32.29	
TK228	5624~5685	O	2区	40.98	42.17	16.85	26.67	-32.84	
S47	5344~5497	O	3区	48.21	38.76	13.03	9.30	-32.59	
TK401	5367~5580	O	4区	42.79	40.54	16.67	32.73	-32.62	
TK908	5155~5255	O	9区	53.55	34.19	12.25	8.82	-32.47	

3 结果与讨论

从表 1 可以看出, 各井原油的族组分差异明显, 南部 S112、S106 井原油组分偏轻, 7 区 (S75 和 TK720)、1 区 (TK111)、9 区 (TK908) 次之, 4 区 (T401) 和 6 区 (T601) 偏重, 反映出从南向北、由东向西原油由轻质变重质的分布特征, 与现今塔河油田 1 区、9 区为轻质油藏、凝析气藏, 而 4、6 区为重质油藏为主相吻合。有机地球化学显示了塔河油田形成的下列特征:

3.1 晚期与早期成因原油的复合成藏

25-降萜烷是许多生物降解油中的一种典型化合

物, 它的存在可以揭示原油遭受生物降解, 表明原油中已缺失正构烷烃和类异戊二烯烷烃^[1]。表 2 可知, S112、S106、S75 和 S47 井原油未检测出 25-降萜烷系列化合物, 其余原油普遍检出明显的 C₂₈—C₂₉ 25-降萜烷, 说明该地区原油经受过生物降解等次生改造。然而, 全油饱和烃气相色谱分析表明, 所有样品中尽管部分正构烷烃已被破坏, 但普遍检测出一系列可清晰分辨的连续、完整、高丰度的 C₁₀—C₃₇ 正构烷烃色谱峰, C₁₅—C₂₀ 类异戊二烯烷烃包括姥鲛烷 (Pr) 和植烷 (Ph) 仍无明显改变 (图 2)。这则是原油轻微生物降解的显著特征^[1]。许多学者认为在未改造和轻微改造的原油中出现 25-降萜烷 (10-脱甲基萜烷) 系列化合物, 是因为晚期注入的原油与早期注入并已遭受较强烈生物降解油相混合的缘故^[1, 18-21]。对于塔河原油中 25-降萜烷与高丰度正构烷烃系列伴生的现象, 同样被认为是早期成藏的原油遭受改造后又有一次 (晚期) 的油气充注, 使其混合成藏^[13, 17]。海西晚期, 满加尔坳陷的烃源岩进入生油高峰, 油气大规模向阿克库勒凸起地区运移、聚集。此期, 阿克库勒凸起抬升, 使塔河 3、4、6 区石炭系遭受一定程度剥蚀, 已形成的油气藏遭受生物降解、水洗等次生改造, 形成了现今的重质油藏, 如塔河 4、6 区的重质油藏。燕山—喜山期, 该烃源岩进入轻质油及凝析气为主的生烃阶段, 油气沿奥陶系不整合面运移至塔河南部斜坡地区, 形成轻质油藏、凝析油藏, 如 1 区、9 区油藏, 同时对早期形成的油气藏进行充注, 表现为 25-降萜烷与较为完整的正构烷烃和类异戊二烯烷烃系列的共生。

3.2 原油来自同一母源

原油中 C₂₇—C₂₉ 甾萜烷同系物的相对丰度可以反映其源岩有机质的甾萜烷碳数分布, 并应用 C₂₇—C₂₈—C₂₉ 甾萜烷三角图来反映各种不同沉积环境的原油, 其主要用途是区分不同源岩的石油或相同源岩不同有机相的原油^[1, 22]。

如图 3 (a) 所示, 样品大多集中分布于“海相 > 350 Ma”与“海相碳酸盐岩”交叉区内, 表明这些原油应源自相同的烃源岩 (或生烃灶), 且与 350 Ma 年前的海相碳酸盐岩具亲缘关系。考虑到部分样品已经受生物降解的影响, 笔者应用重排甾萜烷的三角图进行了进一步表征, 二者的分布基本一致 (图 3 (b))。重排甾萜烷一旦形成就比规则甾萜烷稳定, C₂₇—C₂₈—C₂₉ 重排甾萜烷图最重要的用途是: (1) 严重生物降解的油, 即使甾萜烷发生变化, 而重排甾萜烷保持不变; (2) 一些

高成熟原油和凝析油中, 甾烷含量很低, 而重排甾烷含量则较高^[11]。饱和烃色谱分析结果也支持其原油来源的一致性。图 2 中, 各井原油饱和烃质量色谱的形态基本一致, 都表现为前峰型, 碳数分布于 C₁₀—C₃₇, 主峰碳多为 C₁₅, 个别为 C₁₆、C₁₇。全油碳同位素

组成高度的一致性也是一个很好的旁证, $\delta^{13}C$ 值为 - 31. 95‰ ~ - 32. 84‰, 碳同位素差值 $\Delta \delta^{13}C$ 为 0. 89‰, 揭示原油具有一致的母源。据多数学者的油源对比研究^[13 14 16], 研究区原油主要来自满加尔坳陷的寒武—奥陶系碳酸盐岩。

表 2 塔河油田原油生物标志化合物参数特征表

Table 2 Biomarker parameters of crude oil from Tahe oilfield Tarim basin

井名	层位	井深 /m	Ts(Ts+ Tm)	规则甾烷	S(S+ R) C ₂₉	$\beta\beta(\beta\beta+ \alpha\alpha)$ C ₂₉	(C ₂₈ + C ₂₉) 25-降甾烷
T401	O ₁	5367~ 5580	0. 241	0. 257	0. 561	0. 564	0. 724
S112	O _{3l}	6148~ 6200	0. 693	0. 414	0. 554	0. 639	
S75	C _{1k}	4976~ 6984	0. 362	0. 291	0. 529	0. 584	
TK228	O _{1y}	5624~ 5685	0. 270	0. 258	0. 571	0. 577	0. 752
S47	O _{1y}	5344~ 5497	0. 308	0. 280	0. 575	0. 583	
TK908	O ₁		0. 282	0. 272	0. 543	0. 595	0. 727
TK111	T _{2a}	4735~ 4989	0. 333	0. 269	0. 549	0. 592	0. 683
TK716	O _{1y}	5529~ 5595	0. 287	0. 279	0. 531	0. 564	0. 734
TK720	O _{1y}	5735~ 5742	0. 399	0. 299	0. 562	0. 594	0. 718
S106	O _{1y}	5910~ 5925	0. 543	0. 336	0. 530	0. 574	
T601	O _{1y}	5605~ 5622	0. 291	0. 254	0. 559	0. 560	0. 712

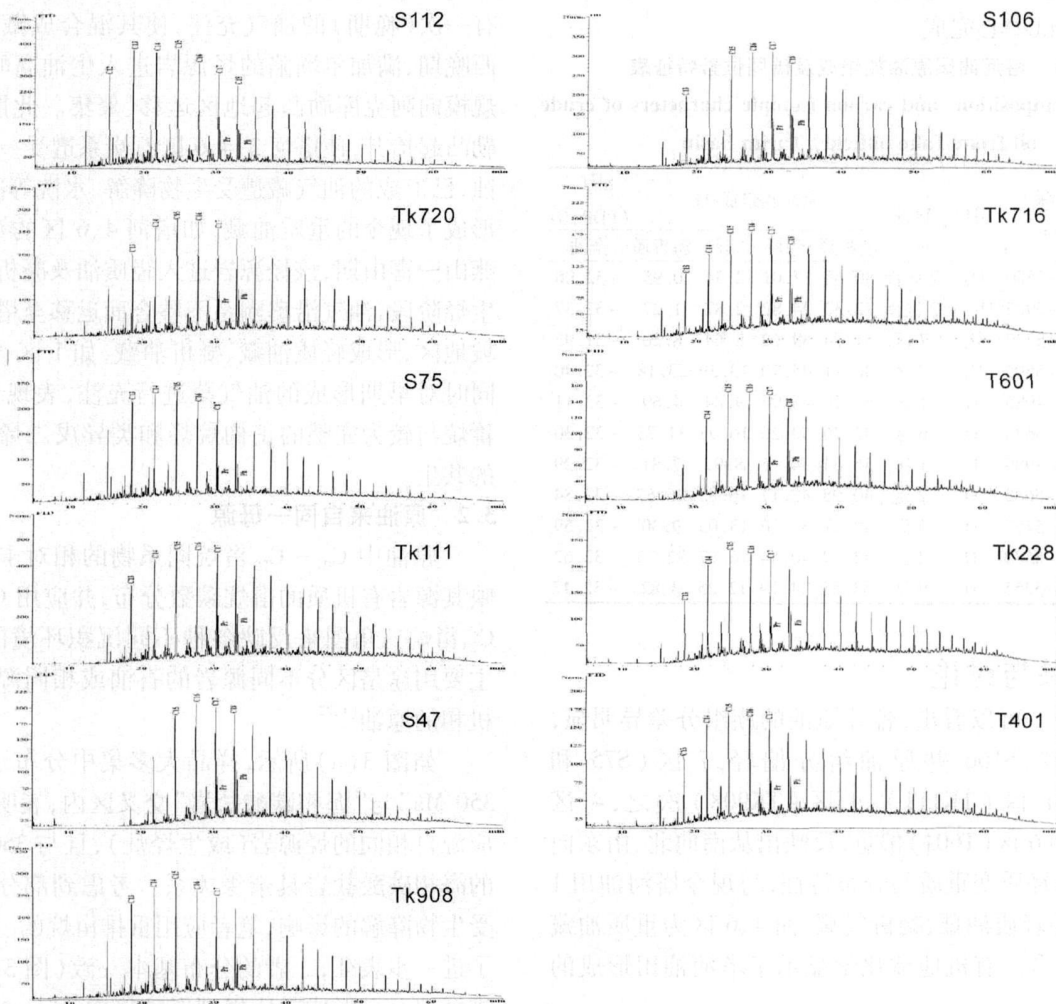


图 2 塔河原油饱和烃气相色谱图

Fig 2 Gas chromatogram of saturated hydrocarbon

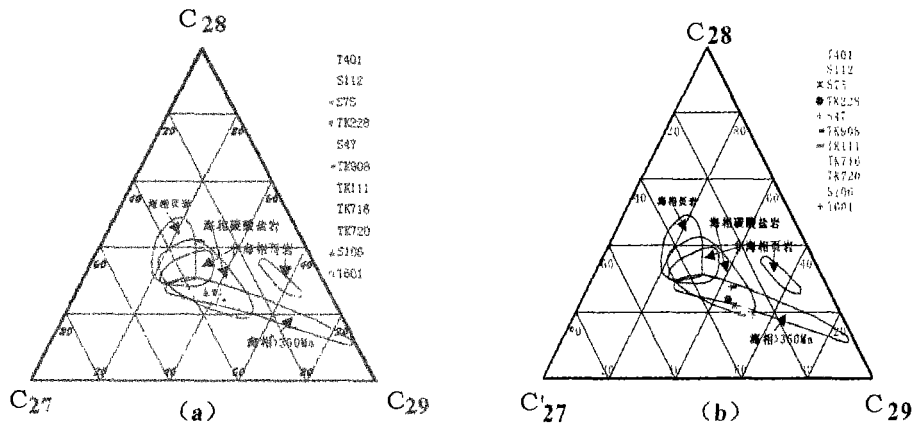


图 3 塔河原油 C₂₇-C₂₈-C₂₉ 甾萜 (a)、重排甾萜 (b) 三角图 (据 Peters (1993) 修改)

Fig 3 Triangular diagrams of C₂₇-C₂₈-C₂₉ sterane (a) and rearranged sterane (b)

3.3 有机地球化学反演的成藏过程

T_s / T_m + T_s和重排甾萜 / 规则甾萜比值是常用的生物标志化合物参数。T_s / (T_m + T_s)不仅与成熟度有关,还与源岩密切相关。Molloyan等认为该比值的变化可能受有机相控制。重排甾萜 / 规则甾萜比值受成熟度和源岩无机特性的影响^[1]。因此,评价来自同一有机相中相同源岩的原油时, T_s / (T_m + T_s)为最为可靠的成熟度指标,重排甾萜 / 规则甾萜也可用于确定成熟度^[1]。随着热演化程度的提高, T_s / (T_m + T_s)比值增加。某些原油具有高重排甾萜 / 规则甾萜比值似乎是归因于高成熟度^[23]。我们注意到研究区原油的 T_s / (T_m + T_s)与重排甾萜 / 规则甾萜比值呈良好的正相关关系,如图 4 所示,相关系数 (Y) 达 0.976。显然,对于来源一致的原油而言, T_s / (T_m + T_s)和重排甾萜 / 规则甾萜的分布特征应主要反映成熟度变化。

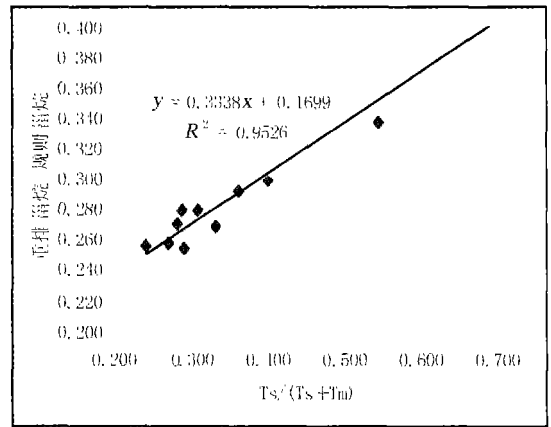


图 4 原油的 T_s / (T_m + T_s)与重排甾萜 / 规则甾萜比值相关关系图

Fig 4 Correlation diagram of T_s / (T_m + T_s) vs rearranged-sterane / sterane

C₂₉甾萜的 ββ / (ββ + αα)对 S / (S + R)曲线在描述源岩或原油成熟度方面特别有效。随着成熟度的增加, S / (S + R) C₂₉比值从 0 升到 0.5 左右 (0.52 ~ 0.55 = 平衡状态), 而 ββ / (ββ + αα) C₂₉达到平衡状态时相对迟缓, 从非零值增加到 0.7 (0.67 ~ 0.71 = 平衡状态), 且与源岩有机质输入无关, 故 ββ / (ββ + αα) C₂₉在高成熟阶段更为有效。遗憾的是, 从本次原油的 GC-MS 分析结果来看, S / (S + R) C₂₉值为 0.53 ~ 0.56 已达到平衡状态, 不利于直接应用二者的曲线来反演成熟度。ββ / (ββ + αα) C₂₉值则变化在 0.56 ~ 0.64 范围内, 仍可有效反映成熟度变化。

原油成熟度和运移问题。

图 5 是用 T_s / (T_m + T_s)、重排甾萜 / 规则甾萜和 ββ / (ββ + αα) C₂₉比值建立的立体图, 反映各井原油的该三项参数变化的综合信息。

基于上述原油的一致性, 同时考虑到次生变化较强烈之特点, 下面尝试以 T_s / (T_m + T_s)、重排甾萜 / 规则甾萜和 ββ / (ββ + αα) C₂₉三项指标的组合来探讨

上述讨论表明, 这个综合信息主要指示原油成熟度的变化特征。如图 5 表 1 所示, S112、S106 井原油成熟度较高, S112 井原油的 ββ / (ββ + αα) C₂₉比值已接近平衡值, 高达 0.639。4 区 (T401) 和 6 区 (T601) 成熟度较低, T601 的重排甾萜 / 规则甾萜和 ββ / (ββ + αα) C₂₉比值在本次测试中均最低, T401 的 T_s / (T_m + T_s)比值最低, 重排甾萜 / 规则甾萜和 ββ / (ββ + αα) C₂₉比值也偏低; 而 7 区 (TK720 和 S75)、1 区 (TK111)、9 区 (TK908) 原油成熟度变化于它们之间。这三项指标的综合演化趋势与上述族组分分布特征相对应, 从南往北、由东向西, 原油由成熟高、凝析油、轻质油过渡为正常油, 至 4、6 区变为成熟度较低的重

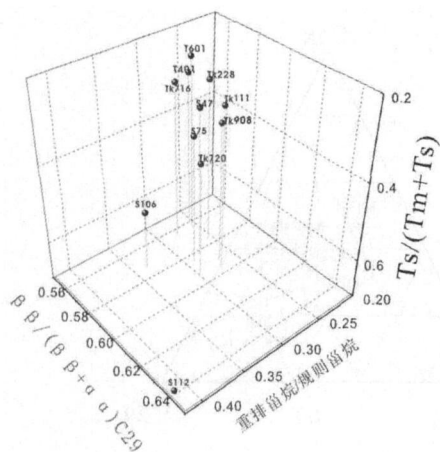


图 5 $Ts/(Tm + Ts)$ 、重排甾烷 规则甾烷和 $\beta\beta/(\beta\beta + \alpha\alpha)$ C_{29} 比值立体图

图 5 Three-dimensional diagram formed by $Ts/(Tm + Ts)$, rearranged-sterane/sterane and $\beta\beta/(\beta\beta + \alpha\alpha)$ C_{29} 质油。究其原因,仍与油气的多期、多阶成藏有关。海西晚期,满加尔拗陷烃源岩处于生油高峰,成熟度相对较低,故早期注入为主的油气藏,其油气成熟度相应地较低;到喜山期,进入轻质油及凝析气为主的生烃阶段,成熟度较高,相应地晚期注入为主的油气藏具有较高的成熟度^[10, 13, 17]。同时,结合各区块(井位)与主力烃源岩之间的空间位置考虑,最靠近满加尔拗陷的 S112 井原油成熟度最高, S106 井次之,然后原油成熟度从塔河西南部的 7 区 (TK720 和 S75)、南部的 1 区 (TK111)、东部的 9 区 (TK908) 向 2、4、6 区逐渐提高。原油成熟度的这种空间上的梯度性变化趋势可能暗示着油气的主要注入和运移方向^[1, 9, 10, 23]。研究区内,满加尔拗陷寒武—奥陶系烃源岩从加里东末期—海西早期开始进入生油阶段以来,油气长期向北部阿克库勒凸起地区即 7、1、9 区至 2、4、6 区方向注入、运移、聚集至今(图 1)。这与“塔河地区的油气主要来自于南部的满加尔拗陷”这一普遍认识是一致的。

4 结语

本文利用原油中甾萜烷系列化合物特征结合原油族组分、同位素以及饱和烃色谱特征来判识塔河油田原油的母源及运移充注等地球化学特征。主要得出以下几点认识:

(1) 25-降萜烷 C_{15} — C_{20} 类异戊二烯烷烃系列化合物显示该区原油为晚期成熟高、轻微改造的原油与早期成熟度低、强烈降解油的混合;

(2) 原油的 C_{27} — C_{29} 甾烷同系物甾烷和 C_{27} —

C_{28} — C_{29} 重排甾烷系列化合物特征指示出该区原油具有一致的母源;

(3) 利用原油的 $Ts/(Tm + Ts)$ 、重排甾烷 规则甾烷、 $\beta\beta/(\beta\beta + \alpha\alpha)$ C_{29} 关系图可以判断原油的运移和充注方向,立体图显示该区原油由南部向北部阿克库勒凸起地区注入、运移、聚集。

参考文献 (References)

- Peters K E, Moldan J M. The biomarker Guide: Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall, 1993. 1~363
- 黄第藩, 赵孟军. 塔里木盆地原油物性及海相原油中含蜡低硫的成因分析. 见: 童晓光, 梁狄刚, 贾承造, 主编. 塔里木盆地石油地质研究进展. 北京: 科学出版社, 1996. 329~337 [Huang Difan, Zhao Mengjun. Physical properties study and genetic analysis of marine waxy low sulphur oils. Beijing: Science Press, 1996. 329~337]
- 黄第藩, 赵孟军, 张水昌. 塔里木盆地满加尔凹陷油气系统下古生界油源中蜡质烃来源的成因分析. 沉积学报, 1997, 15(2): 6~13 [Huang Difan, Zhao Mengjun, Zhang Shuichang. Genetic analysis of the origin of the lower Paleozoic waxy hydrocarbon from the Manjialiar oil-gas system, Tarim basin. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(2): 6~13]
- 张水昌. 运移分馏作用: 凝析油和蜡质油形成的一种重要机制. 科学通报, 2000, 45(6): 667~670 [Zhang Shuichang. Migration fractionation: an important mechanism for condensate oil and waxy oil. Science Bulletin, 2000, 45(6): 667~670]
- 黄海平, 张水昌, 苏爱国. 油气运移聚集过程中的地球化学作用. 石油实验地质, 2001, 23(3): 278~284 [Huang Haiping, Zhang Shuichang, Su Aiguo. Geochemical processes in petroleum migration and accumulation. Petroleum Geology & Experiment, 2001, 23(3): 278~284]
- 包建平, 朱翠山, 马安来, 等. 生物降解原油中生物标志化合物组成的定量研究. 江汉石油学院学报, 2002, 24(2): 22~26 [Bao Jianping, Zhu Cuishan, Ma Anlai, et al. Quantitative study of biomarker composition in biodegraded oils. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2002, 24(2): 22~26]
- 徐冠军, 张大江, 王培云. 用沥青质中生物标志化合物判识生物降解油的油源. 科学通报, 2003, 48(4): 400~404 [Xu Guanjun, Zhang Dajiang, Wang Peiyun. Biodegraded oil sources identification by biomarkers from asphaltene. Chinese Science Bulletin, 2003, 48(4): 400~404]
- 杨杰, 黄海平, 张水昌. 塔里木盆地北部隆起原油混合作用半定量评价. 地球化学, 2003, 32(2): 105~111 [Yang Jie, Huang Haiping, Zhang Shuichang. Semi-quantitative evaluation of mixed oil in northern uplift of Tarim basin. Geochimica, 2003, 48(4): 400~404]
- 顾忆, 黄继文, 邵志兵. 塔河油田奥陶系油气地球化学特征与油气运移. 石油实验地质, 2003, 25(6): 746~750 [Gu Yi, Huang Jiwen, Shao Zhibin. Petroleum geochemistry and hydrocarbon migration in Tare oilfield Tarim basin. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(6): 746~750]

- 10 黄继文. 塔里木盆地塔河油区原油生物标志化合物在运移方面的应用探讨. 石油实验地质, 2003, 25(增刊): 573~577 [Huang Jiwen. An approach to the application of biomarkers to the migration of crude oil in Tahe oil district of the Tarim basin. *Petroleum Geology & Experiment* 2003, 25(Suppl.): 573~577]
- 11 苏爱国, 张水昌, 韩德馨, 等. PVT 分馏实验中甾萜烷分子的行为. 石油勘探与开发, 2004, 31(2): 93~95 [Su Aiguo, Zhang Shuichang, Han Dexin, *et al.* Behavior of sterane and terpane molecular components in PVT fractionation experiment. *Petroleum Exploration and Development* 2004, 31(2): 93~95]
- 12 马安来, 张水昌, 张大江, 等. 塔里木盆地钨离子催化氧化及油源. 石油勘探与开发, 2004, 31(3): 54~58 [Ma Anlai, Zhang Shuichang, Zhang Dajiang, *et al.* Ruthenium ions-catalyzed oxidation of the asphaltenes of oils and oil-source correlation in the Tarim basin. *Petroleum Exploration and Development* 2004, 31(3): 54~58]
- 13 顾忆. 塔里木盆地北部塔河油田油气成藏机制. 石油实验地质, 2000, 22(4): 307~312 [Gu Yi. Forming mechanism of hydrocarbon pools in Tahe oilfield northern Tarim basin. *Petroleum Geology & Experiment* 2000, 22(4): 307~312]
- 14 康玉柱. 海相成油新理论与塔河大油田的发现. 地质力学学报, 2002, 8(3): 201~206 [Kang Yuzhu. New theory of marine oil formation and discover of Tahe oilfield Northern Tarim basin. *Journal of Geomechanics* 2002, 8(3): 201~206]
- 15 王敦则. 塔里木盆地塔河油田下奥陶统油藏特征及成藏条件分析. 石油实验地质, 2003, 25(2): 122~128 [Wang Dunze. Lower Ordovician oil reservoir characters and accumulation condition analysis of Tahe oilfield Tarim basin. *Petroleum Geology & Experiment* 2003, 25(2): 122~128]
- 16 周玉琦, 黎玉成, 侯鸿斌. 塔里木盆地塔河油田的勘探实践与认识. 石油实验地质, 2001, 23(4): 363~369 [Zhou Yuqi, Li Yucheng, Hou Hongbin. The practice and cognition from exploration of Tahe oilfield Tarim basin. *Petroleum Geology & Experiment* 2001, 23(4): 363~369]
- 17 黎玉战, 徐传会. 塔里木盆地塔河油田发现历程及其意义. 石油实验地质, 2004, 26(2): 180~186 [Li Yuzhan, Xu Chuanhui. The discovering course and meanings of Tahe oilfield Tarim basin. *Petroleum Geology & Experiment* 2004, 26(2): 180~186]
- 18 Talukdar S, Gallango O, and Chin A, Lien M. Generation and migration of hydrocarbons in the Maracaibo Basin, Venezuela: An integrated basin study. *Organic Geochemistry*, 1986, 10: 261~279
- 19 Talukdar S, Gallango O, and Ruggiero A. Generation and migration of oil in the Maturin Subbasin, Eastern Venezuelan Basin. *Organic Geochemistry*, 1988, 13: 537~547
- 20 Sofer Z. Biomarkers and carbon isotopes of oil in the Jurassic Smackover Trend of the Gulf Coast States, U. S. A. *Organic Geochemistry*, 1988, 12: 421~432
- 21 Moldovan JM, Seifert W K, and Gallegos E J. Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks. *AAPG Bulletin*, 1985, 69: 1255~1268
- 22 Seifert W K, and Moldovan JM. Applications of steranes, terpanes, and monoterpenes to the maturation, migration, and source of crude oils. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1978, 42: 77~95

Geochemical Characters Recognition for Steranes and Hopanes from Oils of Tahe Oilfield

NAN Qing-yun^{1,2} LU Wen-hui³ Tenger⁴ FAN Ming⁴ WANG Xiao-feng^{1,2}

(1 Key Laboratory of Gas Geochemistry, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000;

2 Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039;

3 Research Institute of Petroleum Exploration and Development, SINOPEC, Beijing 100083;

4 Wuxi Research Institute of Experimental Geology, SINOPEC, Wuxi Jiangsu 214151)

Abstract Biomarker is one of the most effective tools in the study of oil-source correlation, gas-oil maturity and gas-oil migration. By using biomarker GC, GC-MS analysis techniques, the geochemical characters of steranes and hopanes from crude oils of Tahe oilfield were investigated in this paper. The study shows Tahe oilfield is a compound oil reservoir, which is composed of later generated oils with high maturity, lighter biodegradation and earlier generated oils with low maturity, stronger biodegradation. The characters of C₂₇-C₂₉ steranes and hopanes series indicate oils with varied maturities generated from the same sort of mother materials. The three-dimensional diagram formed by Ts/(Tm+Ts), rearranged-sterane/sterane and $\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$ C₂₉ shows that the migration direction of crude oil is from south to north, which confirms the opinion that oil and gas of Tahe oilfield mainly came from Manjiar Depression—an area to the south of Tahe oilfield.

Key words sterane, hopane, biomarkers, Tahe oilfield, geochemistry