

文章编号: 1000-0550(2012)03-0580-08

塔里木盆地一类新海相原油的地球化学特征^①

包建平¹ 孔婕¹ 朱翠山¹ 张秋茶² 李梅² 卢玉红² 张文艳¹

(1. 长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室地球化学系 湖北荆州 434023;

2. 中国石油塔里木油田分公司勘探开发研究院 新疆库尔勒 841000)

摘要 对塔中52等井奥陶系储层产出的原油进行的分析结果表明,它们的三环萜烷系列较为特殊,主要表现为其相对丰度呈 $C_{19} > C_{20} > C_{21} > C_{23} > C_{24} > C_{25} > C_{26}$ 阶梯状的模式, C_{24} 四环萜烷异常丰富,且其丰度远高于 C_{26} 三环萜烷,这一分布模式一般出现在淡水沼泽相和浅湖相沉积地层与原油中。在三萜烷分布特征上,其伽马蜡烷含量很低,甾烷系列和藿烷系列的分布与组成特征与该地区来源于中上奥陶统烃源岩的海相原油十分接近,同时它们的全油均具有轻的碳同位素组成,其 $\delta^{13}C$ 值都小于 -30‰ ,具有海相成因原油的特征。而塔中12井上奥陶统良里塔格组4-5段烃源岩中生物标志物的分析结果进一步证实了该类原油与那些富含宏观藻残片,且有机质类型偏腐殖型的上奥陶统海相烃源岩关系密切,是该地区油气勘探中值得关注的对象。

关键词 塔里木盆地 海相原油 生物标志物 三环萜烷 稳定碳同位素

第一作者简介 包建平 男 1962年出生 博士 教授 油气地球化学 E-mail: bjp405@163.com

中图分类号 P593 **文献标识码** A

塔里木盆地是一个叠合盆地,其中发育有多套形成于不同沉积环境下的烃源岩层,其中包括寒武系一中上奥陶统的海相烃源岩,石炭系的海陆交互相烃源岩和三叠—侏罗系湖沼相烃源岩,并发现了大量与之相对应的油气资源^[1~8]。塔里木盆地的海相油气资源主要分布在塔北隆起和塔中地区,原油的类型主要包括两大类,分别对应于寒武系和中上奥陶统两套烃源岩。由于这两套烃源岩形成于不同的沉积环境^[1],其烃源岩和与之相关的原油均呈现出明显不同的地球化学特征,尤其是在生物标志物的分布与组成特征上^[9~11]。但最近在对塔中地区原油的分析研究中发现了一类与已知文献报道的海相原油中生物标志物的分布与组成特征存在明显差异的原油,尽管所分析的这类原油数量较少,但它所包含的地质地球化学意义值得关注。

1 样品与实验

本文所分析的原油样品均取自塔中地区,其中来源于寒武系烃源岩的原油以塔中30井奥陶系储层和塔中11井志留系储层所产原油为代表,深度分别为4 997~5 026 m和4 301~4 307 m;来源于中、上奥陶统烃源岩的原油以塔中10井石炭系储层和塔中111井志留系储层所产原油为代表,深度分别为4 227~

4 234 m和4 357.5~4 364 m。这两类原油各自的地球化学特征已得到了广泛的认可^[1,4,5]。新发现的原油取自塔中52井和塔中162井的奥陶系储层,深度分别为3 811~3 819 m和5 048~5 070 m,其部分生物标志物的分布与组成特征明显不同于该地区已知的两类海相原油。那么塔中地区奥陶系储层所产的这类原油究竟是属于什么成因类型、它来源于哪套烃源岩层、具有什么地质和地球化学意义则是本文研究的重点。

首先用正己烷沉淀原油中的沥青质,然后采用硅胶/氧化铝柱色谱分离法,把脱沥青质原油分成饱和烃、芳烃和非烃三个馏分,并对饱和烃馏分进行色谱质谱分析。

饱和烃色谱质谱分析条件:仪器为惠普公司5890台式质谱仪,色谱柱为HP-5ms石英弹性毛细柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),升温程序:50℃恒温2 min,从50℃至100℃的升温速率为20℃/min,100℃至310℃的升温速率为3℃/min,310℃恒温15.5 min。进样器温度300℃,载气为氦气,流速为1.04 ml/min,扫描范围为50~550 amu。检测方式为全扫描;电离能量为70 eV,离子源温度230℃。

2 全油色谱特征

在展示原油烃类分布特征的全油色谱图上(图

^①国家重点攻关课题(编号:2004BA616A02-04-01-01)资助。
收稿日期:2011-05-23;收修稿日期:2011-09-02

1) 三类原油中正构烷烃系列具有轻组分的优势特征 C_{21-}/C_{22+} 轻重比大于 5.0 (表 1), 且没有任何碳数优势, 显示出成熟原油的特征。在植烷系列组成特征上, 这些原油的姥植比 Pr/Ph 大多介于 1.0 ~ 1.6 之间, 显示出姥植均势的特点, 反映出各自的烃源岩形成于相对还原的沉积环境, 这与塔里木盆地库车坳陷所产的陆相原油是完全不同的^[2, 12, 13]。但就具体数值而言, 塔中 52 和塔中 162 井原油的姥植比略高于其它原油, 反映出它们之间还是存在细微的差异。在姥烷和植烷与相邻正构烷烃的相对组成上, 已知的两类海相原油中姥烷和植烷丰度相对较高, 而塔中 52 和塔中 162 井原油中姥烷和植烷相对偏低, 表现为不同类型原油中 Pr/nC₁₇ 和 Ph/nC₁₈ 比值存在

一定差异。显然, 塔中地区不同类型原油中在链烷烃系列组成上的细微差异可能是其成因和来源不同的具体反映, 这在其他生物标志物的分布与组成特征上得到了充分的体现。

3 生物标志物的分布与组成特征

烃源岩形成的沉积环境和原始的生烃母质决定了其生物标志物的分布与组成特征, 而原油中的生物标志物的分布与组成特征则继承于各自的烃源岩, 因此对没有遭受生物降解改造的原油而言, 甾萜烷生物标志物的分布与组成特征是确定其成因类型和来源的主要依据。具体就塔里木盆地海相烃源岩而言, 寒武系烃源岩的甾烷组成中以 C₂₈ 甾烷含量高, 孕

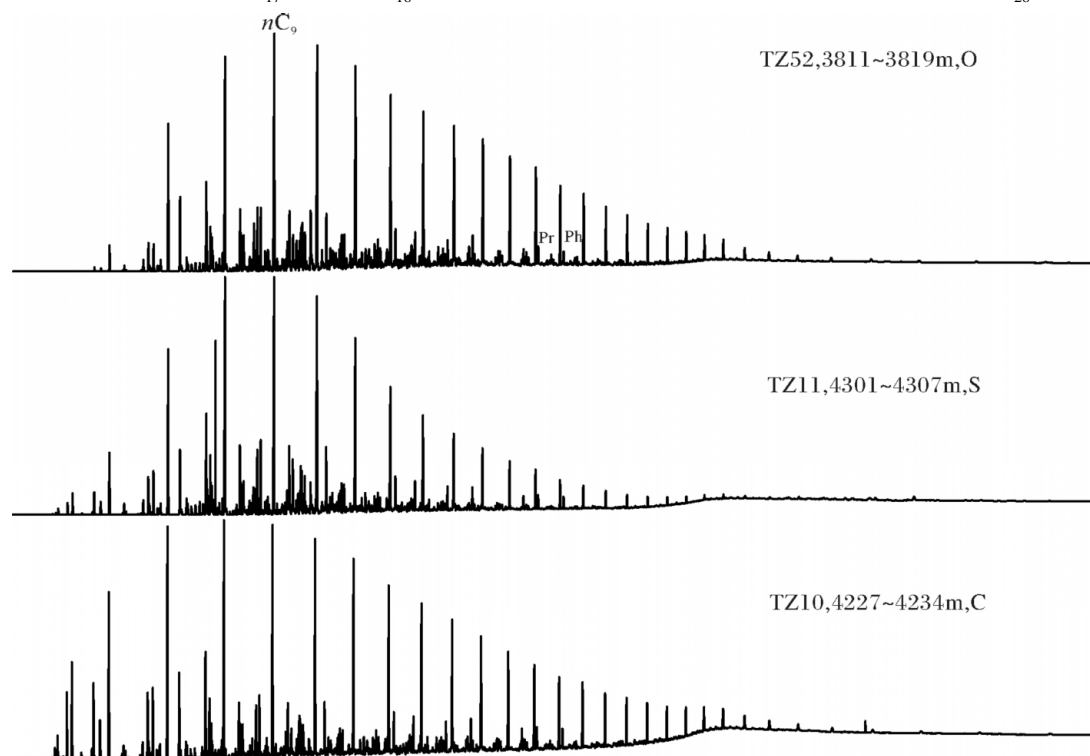


图 1 塔中地区不同类型海相原油全油色谱特征

Fig. 1 The gas chromatograms of whole oils with different marine origin from the middle zone of Tarim Basin

表 1 塔中地区不同类型原油链烷烃系列组成特征

Table 1 The parameters of chain alkanes in different marine oils from the middle zone of Tarim Basin

井号	深度/m	层位	C_{21-}/C_{22+}	Pr/Ph	Pr/nC ₁₇	Ph/nC ₁₈	油源层
TZ30	4997 ~ 5026	O	9.53	1.37	0.32	0.31	寒武系
TZ11	4301 ~ 4307	S	29.44	1.22	0.43	0.49	
TZ111	4357.5 ~ 4364	S	14.31	1.13	0.39	0.43	中上奥陶统
TZ10	4227 ~ 4234	C	6.91	1.11	0.31	0.33	
TZ162	5048 ~ 5070	O	18.26	1.58	0.15	0.13	?
TZ52	3811 ~ 3819	O	9.12	1.46	0.25	0.21	

甾烷和升孕甾烷含量低, $C_{27}R$ 、 $C_{28}R$ 和 $C_{29}R$ 构成反“L”型, 在萜烷组成中伽马蜡烷较为丰富, 其相对丰度高于 C_{31} 升藿烷, C_{29} 降藿烷的丰度明显低于 C_{30} 藿烷, C_{24} 四环萜烷的丰度与 C_{26} 三环萜烷含量相当为特征; 而中上奥陶统烃源岩的甾烷则以 C_{28} 甾烷含量低, $C_{27}R$ 、 $C_{28}R$ 和 $C_{29}R$ 构成“V”型, 孕甾烷和升孕甾烷异常丰富, 萜烷组成中伽马蜡烷含量低, 在 C_{31} 升藿烷后难以观察到明显的峰型, C_{29} 降藿烷的丰度明显偏高, 其相对丰度略低于 C_{30} 藿烷, C_{24} 四环萜烷的丰度高于 C_{26} 三环萜烷为特征, 这一系列特征是目前确定塔里木盆地油源问题的主要依据^[6,11,13]。

3.1 萜烷系列的分布与组成

图2分别是塔中地区三类原油中萜烷系列的分布特征, 其中塔中11井志留系储层所产原油是寒武系烃源岩所生原油的代表, 呈现出伽马蜡烷较为丰富, 其相对丰度高于 C_{31} 升藿烷, C_{29} 降藿烷的丰度明显低于 C_{30} 藿烷, C_{24} 四环萜烷的丰度与 C_{26} 三环萜烷含量相当的寒武系烃源岩的典型特征; 而塔中10井石炭系储层所产原油则是中上奥陶统烃源岩所生原

油的代表, 其萜烷特征表现为伽马蜡烷含量低, 在 C_{31} 升藿烷后难以观察到明显的峰型, C_{29} 降藿烷的丰度明显偏高, 其相对丰度略低于 C_{30} 藿烷, C_{24} 四环萜烷的丰度高于 C_{26} 三环萜烷的丰度, 显然这与塔里木盆地中上奥陶统烃源岩的特征是基本一致的。这两类原油中萜烷类生物标志物的组成特征充分体现出了各自的地球化学特征(表2)。

值得关注的是塔中52井奥陶系储层所产原油其萜烷系列的分布特征明显不同于其它两类原油, 具体而言是这类原油中的三环萜烷系列中各碳数化合物的相对丰度呈现出 $C_{19} > C_{20} > C_{21} > C_{23} > C_{24} > C_{25} > C_{26}$ 的阶梯状分布, 且 C_{24} 四环萜烷的丰度明显高于 C_{26} 三环萜烷, 这一分布模式与组成特征均明显有别于前述两类已知来源的海相原油(表2)。但其藿烷系列的分布模式与典型的来源于中上奥陶统烃源岩的原油基本一致, 组成特征也基本吻合。上述三环萜烷系列阶梯状分布模式和异常丰富的 C_{24} 四环萜烷一般只出现在煤系地层及所生的原油^[14] 和淡水浅湖相烃源岩及所生的原油中^[15], 且这些烃源岩的有机质

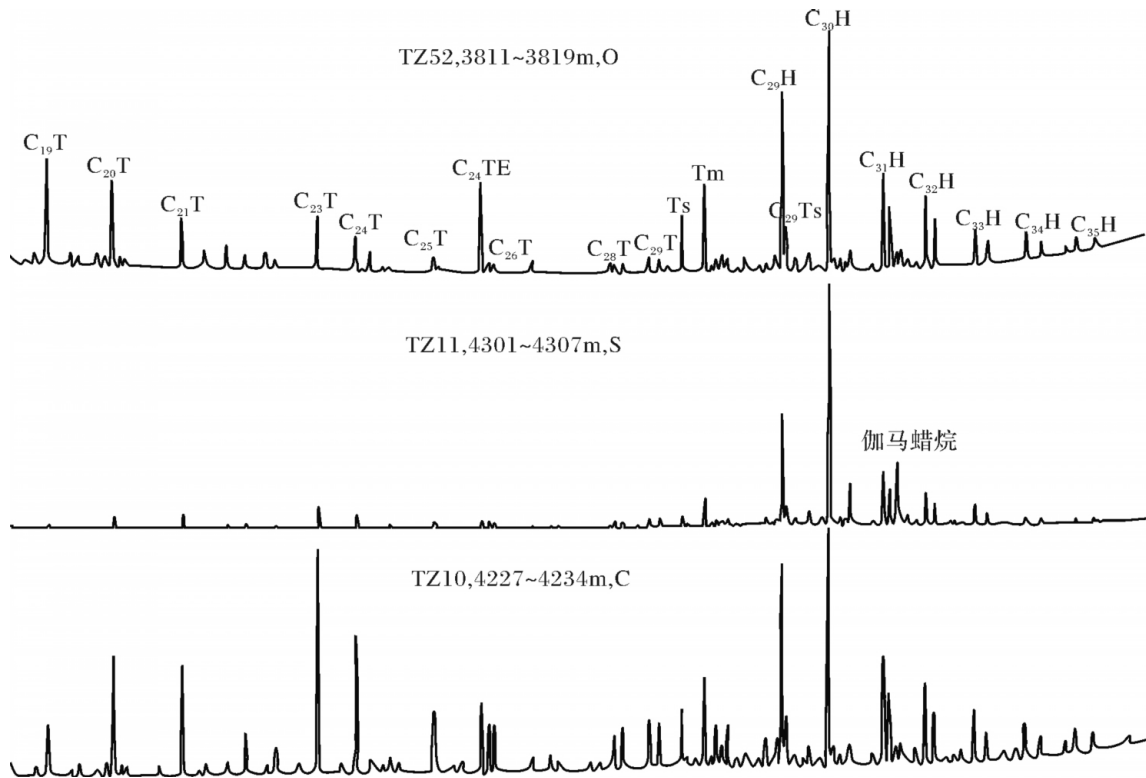


图2 塔中地区三类原油中萜烷系列的分布特征。

其中 T 代表三环萜烷系列, TE 代表四环萜烷, H 代表藿烷系列

Fig. 2 The distributions of terpanes in three kinds of crude oils from the middle zone of Tarim Basin.

T—tricyclic terpanes; TE— C_{24} tetracyclic terpanes; H—hopanes

表2 塔中地区三类原油中萜烷系列组成特征

Table 2 The terpanes parameters in three kinds of crude oils from the middle zone of Tarim Basin

井号	井深/m	层位	$C_{19}T/C_{23}T$	$C_{23}T/C_{30}H$	$C_{24}Te/C_{26}T$	$C_{19-26}T/C_{28-31}T$	$C_{29}H/C_{30}H$	Gar/ $C_{30}H$	油源层
TZ30	4997~5026	O	0.18	0.02	0.53	0.61	0.38	0.38	寒武系
TZ11	4301~4307	S	0.16	0.08	0.64	1.63	0.43	0.36	
TZ111	4357.5~4364	S	0.21	1.01	0.69	3.82	0.91	0.11	中—上奥陶统
TZ10	4227~4234	C	0.23	0.88	0.75	3.40	0.86	0.10	
TZ52	3811~3819	O	1.79	0.21	4.07	4.35	0.76	0.10	?
TZ162	5048~5070	O	2.05	0.15	2.93	3.85	0.51	0.22	

类型一般也是偏腐殖型,那么塔中地区奥陶系储层所产的这类原油究竟属于什么成因类型?它来源于什么地质条件下形成的烃源岩层?它对该地区的油气勘探意义何在?

3.2 甾烷系列的分布与组成特征

在甾烷系列的分布与组成特征上(图3),来源于寒武系烃源岩和来源于中上奥陶统烃源岩的原油呈现出各自烃源岩层的特征,如来源于寒武系烃源岩的塔中11井原油的甾烷系列呈现出 C_{28} 甾烷含量高,孕甾烷和升孕甾烷含量很低, $C_{27}R$ 、 $C_{28}R$ 和 $C_{29}R$ 构成反“L”型,几乎缺乏重排甾烷;而来源于中上奥陶统烃源岩的塔中10井原油则以孕甾烷和升孕甾烷异常丰

富, C_{28} 甾烷含量明显偏低, $C_{27}R$ 、 $C_{28}R$ 和 $C_{29}R$ 构成不对称的“V”型为特征,重排甾烷含量中等,可见它们之间的差异是显而易见的,这在其甾烷组成特征上得到了充分的体现(表3)。对于塔中52井原油而言,其甾烷系列的分布特征与来源于中上奥陶统烃源岩的原油十分相似,也以孕甾烷和升孕甾烷异常丰富, C_{28} 甾烷含量明显偏低, $C_{27}R$ 、 $C_{28}R$ 和 $C_{29}R$ 构成不对称的“V”型为特征,重排甾烷含量中等为特征,可见这类萜烷系列分布较为特殊的原油中其甾烷系列的分布特征与该地区来源于中上奥陶统烃源岩原油之间十分相似,暗示着它们之间应该存在着某种成因上的联系。

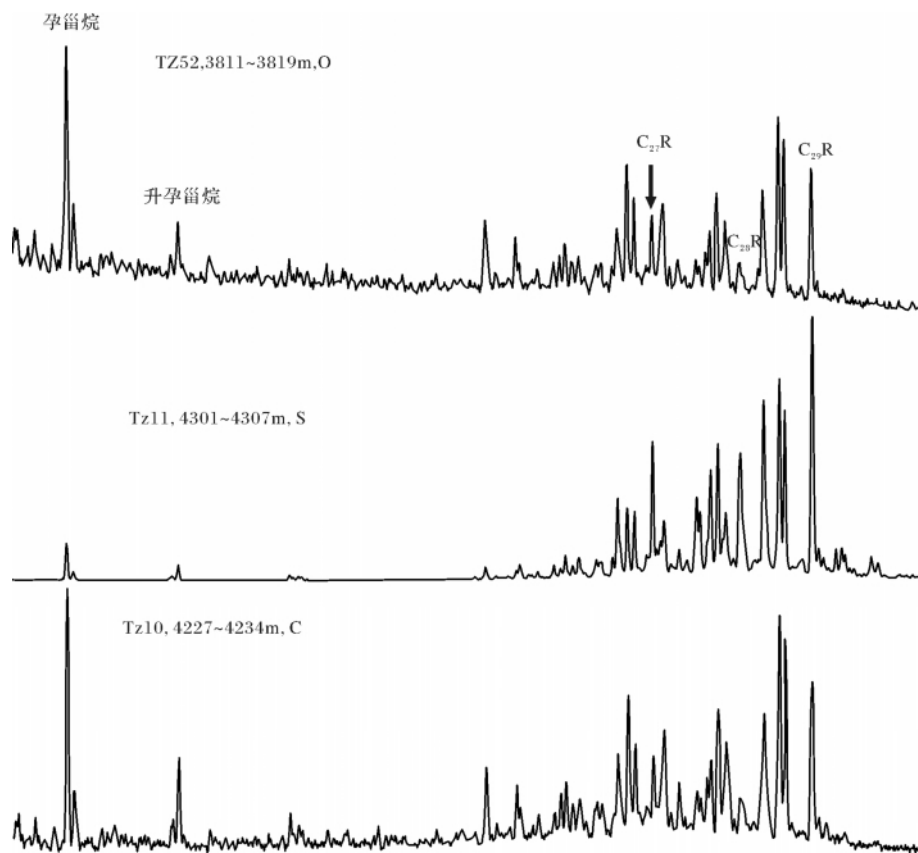


图3 塔中地区三类原油中甾烷系列的分布特征

Fig. 3 The sterane distributions in three kinds of crude oils from the middle zone of Tarim Basin

表3 塔中地区三类原油中甾烷系列组成特征

Table 3 The steranes parameters in three kinds of crude oils from the middle zone of Tarim Basin

井号	井深/m	层位	C_{21-22}/C_{27-29} , /%	重排 C_{27} /规则 C_{27}	重排 C_{29} /规则 C_{29}	$C_{27}R/C_{29}R$	$C_{28}R/C_{29}R$	油源层
TZ30	4997~5026	O	0.55	0.07	0.10	0.43	0.72	寒武系
TZ11	4301~4307	S	2.41	0.13	0.10	0.43	0.67	
TZ111	4357.5~4364	S	15.35	0.34	0.42	0.64	0.28	中-上奥陶统
TZ10	4227~4234	C	15.64	0.33	0.40	0.51	0.26	
TZ52	3811~3819	O	15.57	0.37	0.39	0.60	0.33	?
TZ162	5048~5070	O	6.44	0.19	0.16	0.64	0.65	

由此可见,依据塔中地区原油中生物标志物的分布与组成特征,它们可以明确分成三个类型,其中的两个类型已经明确分别来源于寒武系烃源岩,如塔中11井与塔中30井的原油,和中上奥陶统烃源岩,如塔中10井和塔中111井原油,只有那类具有特殊三环萜烷系列分布特征的原油属于首次报导,因此现在的首要问题是如何确定其成因类型,并追溯其可能的烃源岩层,然后才有可能挖掘其在该地区油气勘探中的价值和意义。

4 全油碳同位素组成特征

原油的碳同位素组成特征是反映其成因类型的有效指标,因为决定原油和烃源岩中有机质碳同位素的主控因素是原始的有机母质。塔里木盆地是一个发育有多套且性质迥异的烃源岩层大型沉积盆地,而由此烃源岩所生的原油也各具特色,这不但表现在生物标志物的分布与组成特征上,同时也体现在其碳同位素组成特征上。已有的研究已经表明塔里木盆地的海相原油与陆相原油的碳同位素组成特征存在本质差异,海相原油以轻碳同位素为特征,其 $\delta^{13}C$ 值基本都小于 -30‰ ,而陆相原油以富含重碳同位素为特征,其 $\delta^{13}C$ 值大多重于 -28‰ ^[1,2,16]。因此,在塔里木盆地,原油的碳同位素组成特征是区分海陆相成因类型的有效手段。

就塔中地区的原油而言,无论其生物标志物的分布与组成特征存在多大差异,但其全油的碳同位素组成特征均十分相似。如图4所示,所分析的三类原油的全油均以轻碳同位素组成为特征,其 $\delta^{13}C$ 值均小于 -30‰ ,由此表明这些原油均具有海相成因,应该来源于海相烃源岩。既然那些三环萜烷系列呈阶梯状分布,且又特别富含 C_{24} 四环萜烷的原油也属于海相原油,那么过去那些区分塔里木盆地海、陆相原油的分子指标或参数就显得不够全面,应随着该地区油气勘探工作的进行和认识程度的加深而加以完善和补充。

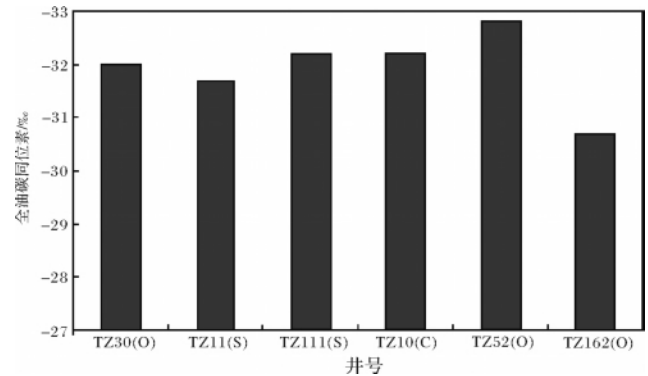


图4 塔里木盆地三类海相原油中全油的碳同位素组成特征

Fig. 4 The stable carbon isotope of the whole oils for three marine oils from the middle zone of Tarim Basin

5 新确认海相原油的来源分析

既然依据原油的碳同位素组成特征可以明确判定那些具有特殊生物标志物分布特征的原油也属于海相原油,那么这类原油究竟是来源于塔里木盆地发育的寒武系烃源岩还是中上奥陶统烃源岩?

根据赵孟军等^①在对塔中地区中上奥陶统烃源岩的有机岩石学特征进行研究时发现其中有部分烃源岩中发育有丰富的宏观藻类的残片,其有机质类型以偏腐殖型为主^[1],并认为它们具有较高的生凝析油和天然气的能力。而对塔中12井上奥陶统良里塔格组4-5段烃源岩中生物标志物的分析结果也揭示出其萜烷系列的分布特征与上述塔中52井海相原油十分相似,它们的三环萜烷系列也呈现出 $C_{19} > C_{20} > C_{21} > C_{23} > C_{24} > C_{25} > C_{26}$ 阶梯状模式,且 C_{24} 四环萜烷也异常丰富,其丰度明显高于 C_{26} 三环萜烷,伽马蜡烷含量也很低(图5),由此反映出塔中地区在晚奥陶世确实发育有以宏观藻为原始生烃母质,有机质类型偏

① 赵孟军,周兴熙.塔里木盆地天然气分布规律及勘探方向(研究报告).塔里木石油勘探指挥部和北京石油勘探开发研究院.1998.

腐殖型, 而其萜烷系列的分布特征又与该地区公认的海相烃源岩存在明显的差异, 从而进一步揭示出这类特殊的海相原油是有其特定来源的。

由此可见, 塔中地区的上奥陶统确实存在具有相似萜烷系列分布特征的海相烃源岩, 再结合这类原油具有与塔里木盆地海相原油同样偏轻的碳同位素组成特征, 由此可以确定塔中地区发育的这类具有特殊生物标志物分布特征的原油属于海相原油, 它应该来源于该地区的上奥陶统烃源岩。鉴于这类原油与以往认识的来源于中上奥陶统烃源岩的海相原油具有明显不同的生物标志物的分布与组成特征, 那么可以预料生成这类原油的相应层位的烃源岩形成时所处的沉积有机相带应该与常见的来源于相应层位的烃源岩的海相原油有所不同, 如沉积水体的深度、氧化

还原性及由此导致的原始生烃母质的不同等。换言之, 特殊沉积有机相带和特定的原始生烃母质可能是这类具有特殊生物标志物分布特征的海相原油形成的重要前提。因此, 在以后的油气勘探过程中关注这类烃源岩的分布及形成的地质条件研究, 可以为寻找这类特殊的海相原油提供有用的线索。

6 结论

塔中 52 等井奥陶系储层产出的原油其三环萜烷系列具有特殊的分布特征, 主要表现为其相对丰度呈 $C_{19} > C_{20} > C_{21} > C_{23} > C_{24} > C_{25} > C_{26}$ 阶梯状的模式, C_{24} 四环萜烷异常丰富, 且其丰度远高于 C_{26} 三环萜烷, 伽马蜡烷含量很低, 甾烷系列和藿烷系列的分布与组成特征与该地区其它来源于中上奥陶统烃源岩

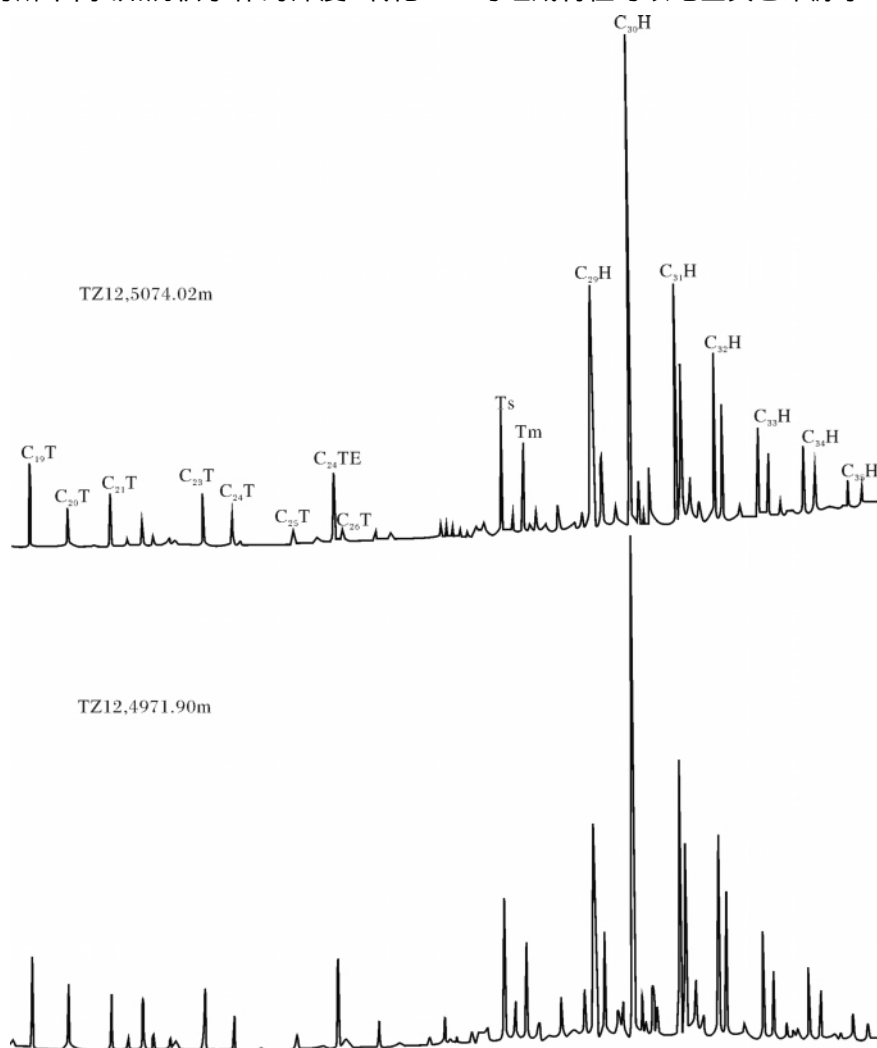


图5 塔中 12 井上奥陶统良里塔格组 4-5 段烃源岩中萜烷系列的分布特征(引自赵孟军和周新熙, 1998)

Fig. 5 The terpane distributions in the source rocks from member 4-5 of Lianglitage Formation of Upper Ordovician in TZ12 well(from Zhao Menjun and Zhou Xinxi, 1998)

的原油十分接近。碳同位素的分析结果表明该原油的全油碳同位素与该地区其它海相原油一样,以轻碳同位素为特征,从而证实了它们具有海相成因。而塔中12井上奥陶统良里塔格组4-5段烃源岩中生物标志物的分析结果进一步证实了该类原油与那些富含宏观藻残片,且有机质类型偏腐植型的上奥陶统海相烃源岩关系密切,是该地区油气勘探中值得关注的对象。

参考文献(References)

- 张水昌,梁狄刚,张宝民,等.塔里木盆地海相油气的生成[M].北京:石油工业出版社,2004:202-235 [Zhang Shuichang, Liang Digang, Zhang Baomin, *et al.* The Generation of Marine Oil and Gas in Tarim Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 202-235]
- 梁狄刚,陈建平,张宝民,等.塔里木盆地库车坳陷陆相油气的生成[M].北京:石油工业出版社,2004:159-188 [Liang Digang, Chen Jianping, Zhang Baomin, *et al.* The Generation of Nonmarine Oil and Gas in Kuqa Depression, Tarim Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 159-188]
- Xiao X, Liu D, Fu J. Multiple phase of hydrocarbon generation and migration in the Tazhong petroleum system of the Tarim Basin, People's Republic of China[J]. *Organic Geochemistry*, 1996, 25(3-4): 191-197
- Zhang S C, Hanson A D, Moldowan J M, *et al.* Paleozoic oil-source correlations in the Tarim Basin, NW China[J]. *Organic Geochemistry*, 2000, 31(2): 273-286
- Zhang Shuichang, Moldowan J M, Zhang Baomin, *et al.* Biological and molecular geochemical evidence for dinoflagellate ancestors in the Upper Sinian-Cambrian[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2000, 74(4): 740-747
- 王招明,肖中尧.塔里木盆地海相原油的油源问题的综述[J].科学通报: D辑,2004,(增I): 1-8 [Wang Zhaomin, Xiao Zhongyao. Summary on marine oil sources in Tarim Basin[J]. *Chinese Science Bulletin: Series D*, 2004, (Suppl. I): 1-8]
- 赵孟军,王招明,潘文庆,等.塔里木盆地满加尔凹陷下古生界烃源岩的再认识[J].石油勘探与开发,2008,35(4): 417-423 [Zhao Mengjun, Wang Zhaoming, Pan Wenqing, *et al.* Lower Palaeozoic source rocks in Manjiaer Sag, Tarim Basin[J]. *Petroleum Exploration & Development*, 2008, 35(4): 417-423]
- 马安来,金之钧,王毅.塔里木盆地台盆区海相油源对比存在的问题及进一步工作方向[J].石油与天然气地质,2006,27(3): 356-362 [Ma Anlai, Jin Zhijun, Wang Yi. Problems of oil-source correlation for marine reservoirs in Paleozoic craton area in Tarim basin and future direction of research[J]. *Oil & Gas Geology*, 2006, 27(3): 356-362]
- 张水昌,梁狄刚,黎茂稳,等.分子化石与塔里木盆地油源对比[J].科学通报: D辑,2002,(增刊): 16-23 [Zhang Shuichang, Liang Digang, Li Maowen, *et al.* Molecular fossils and oil-source correlation in Tarim Basin[J]. *Chinese Science Bulletin: Series D*, 2002, (Suppl.): 16-23]
- 张水昌,张宝民,王飞宇,等.中-上奥陶统:塔里木盆地的主要油源层[J].海相油气地质,2000,5(1-2): 16-22 [Zhang Shuichang, Zhang Baomin, Wang Feiyu, *et al.* Middle-upper Ordovician: the main oil source beds in Tarim Basin[J]. *Marine Origin Petroleum Geology*, 2000, 5(1-2): 16-22]
- 马安来,金之钧,张水昌,等.塔里木盆地寒武-奥陶系烃源岩的分子地球化学特征[J].地球化学,2006,35(6): 593-601 [Ma Anlai, Jin Zhijun, Zhang Shuichang, *et al.* Molecular geochemical characteristics of Cambrian-Ordovician source rocks in Tarim Basin, NW China[J]. *Geochimica*, 2006, 35(6): 593-601]
- 包建平,朱翠山,张秋茶,等.库车坳陷东部阳霞凹陷依南5井原油地球化学特征研究[J].石油天然气学报,2009,31(6): 25-31 [Bao Jianping, Zhu Cuishan, Zhang Qiucha, *et al.* Geochemical characteristics of crude oils from Well YN5 in Yangxia Sag of East Kuqa Depression[J]. *Journal of Oil and Gas Technology*, 2009, 31(6): 25-31]
- 包建平,朱翠山,张秋茶,等.库车坳陷前缘隆起带上原油地球化学特征[J].石油天然气学报,2007,29(4): 40-44 [Bao Jianping, Zhu Cuishan, Zhang Qiucha, *et al.* Geochemical characteristics of crude oil from frontal Uplift in Kuqa Depression[J]. *Journal of Oil and Gas Technology*, 2007, 29(4): 40-44]
- 包建平,马安来,李贤庆,等.三塘湖盆地原油地球化学特征及其成因类型[J].石油勘探与开发,1999,26(4): 25-29 [Bao Jianping, Ma Anlai, Li Xianqing, *et al.* The origin and geochemical characteristics of crude oils from Santanghu basin[J]. *Petroleum Exploration & Development*, 1999, 26(4): 25-29]
- 包建平,朱翠山,倪春华.北部湾盆地不同凹陷原油生物标志物分布与组成特征[J].沉积学报,2007,25(4): 64-70 [Bao Jianping, Zhu Cuishan, Ni Chunhua. Distribution and composition of biomarkers in crude oils from different sags of Beibuwan Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2007, 25(4): 64-70]
- 郑冰,高仁祥.塔里木盆地原油碳硫同位素特征及油源对比[J].石油实验地质,2006,28(3): 281-285 [Zheng Bing, Gao Renxiang. Characteristics of carbon and sulfur isotopes in crude oils and oil-source correlation in the Tarim Basin[J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2006, 28(3): 281-285]

Geochemical Characteristics of A Novel Kind of Marine Oils from Tarim Basin

BAO Jian-ping¹ KONG Jie¹ ZHU Cui-shan¹ ZHANG Qiu-cha²
LI Mei² LU Yu-hong² ZHANG Wen-yan¹

(1. Key Lab of Oil & Gas Resource and Exploration Technology, Geochemistry Department, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023;
2. Exploration and Development Institute, Tarim Oilfield, CNPC, Korla, Xinjiang 841000)

Abstract: The crude oils from Ordovician reservoir in TZ52 and TZ162 well have been analyzed, the results showed that there are some evident differences in the distributions and compositions of their biomarker from two kinds of the known marine oils in the middle zone of Tarim Basin. For example, it is firstly reported that its tricyclic terpane series is of special step-like model with $C_{19} > C_{20} > C_{21} > C_{23} > C_{24} > C_{25} > C_{26}$ in relative abundance, C_{24} tetracyclic terpane is abnormally abundant and its relative abundance is much more than C_{26} tricyclic terpanes, which occurs in those source rocks and the crude oils deposited under fresh water swamp and shallow lacustrine facies. As for their triterpane series, the abundance of gammacerane is much less than C_{31} homohopanes, but the distributions of their sterane and hopane series are very similar to the marine oils derived from middle to middle-upper Ordovician source rocks such as with abnormally abundant pregnane and homopregnane, relatively lower C_{28} sterane in C_{27-29} steranes and more abundant C_{29} norhopane secondary to C_{30} hopane. In addition, their stable carbon isotope of whole oil is very light and their $\delta^{13}C$ values are less than -30% like other marine oils, showing that this kind of crude oil is marine. Based on the biomarker data in the source rocks with abundant benthic macro-algae from 4-5 member of Lianglitage formation of upper Ordovician in TZ12 well, it is found that their distribution and the relative composition of its C_{19-26} tricyclic terpane, C_{24} tetracyclic terpane and gammacerane is very similar to this kind of crude oils, showing that there is a close relationship between this kind of novel crude oils and the source rocks. Therefore, it should pay much more attention to the source rocks and their exploration potential from Lianglitage Formation of upper Ordovician in Tarim Basin.

Key words: Tarim Basin; marine oils; biomarker; tricyclic terpane series; stable carbon isotope