

文章编号: 1000-0550(2009) 04-0732-08

塔中奥陶系原油的地球化学特征及其来源

郭建军¹ 陈践发² 师生宝² 段传丽³ 谢恒恒²

(1 中国石油勘探开发研究院 海外中心 北京 100083

2 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室 北京昌平 102249 3. 渤海钻探油气合作开发公司 天津 300280)

摘要 塔中奥陶系的油气资源十分丰富,是塔里木盆地油气勘探的重点层系之一,但油源仍是困扰地质勘探家的重要问题。通过系统分析塔中奥陶系原油的地球化学特征,进行了原油族群划分和油源判识。原油以轻质油为主,轻烃分析表明,原油没有发生大量裂解,原油的生成温度介于 115~129℃,表明其主体成分形成于生油窗阶段。运用特征性生物标志物系统分析表明,原油可分为三个族群,分别来源于中—上奥陶统源岩、寒武系源岩及混合来源。在“三萜”组成上,原油均以较低的氧萜含量和较高的硫萜含量为特征。原油中饱和烃的碳同位素比值均轻于 -31.2‰,平均值为 -32.8‰,芳烃的碳同位素比值均轻于 -30.4‰,平均值为 -31.7‰,这些特征明显与塔东 2 井和塔深 1 井的寒武系原油不同。分析认为,碳同位素明显偏重的原油应来源于寒武系源岩,但碳同位素较轻的原油可能来源于中—上奥陶统源岩,也可能来源于寒武系源岩。

关键词 塔里木盆地 塔中 奥陶系原油 来源

第一作者简介 郭建军 男 1974 年出生 工程师 博士 石油地质 E-mail: jianjun_guo@126.com

中图分类号 P593 **文献标识码** A

塔中奥陶系的油气资源和油气勘探成果十分丰富,是油气勘探的重点层系之一。目前已在塔中 4 井区、塔中 1 号带、塔中 10 号带以及塔中南坡均取得了一系列的突破或进展。从已发现的油气藏来看,不仅油气藏的类型多样,油气的性质和分布规律也十分复杂,表明油气的成藏条件和成藏过程十分复杂;同时塔里木台盆区的油源问题仍是困扰地质勘探家的重要问题之一。本文通过系统分析塔中奥陶系原油的地球化学特征,进行了原油族群划分和油源判识。

1 原油的族组成特征

塔中奥陶系既有轻质油也有重质油,但以轻质油为主。族组成中,除塔中 1、塔中 122 和塔中 168 井原油中饱和烃的含量小于 66% 外,其它各井奥陶系原油中饱和烃的含量均大于 73%,塔中 82 井区(除塔中 823 井)原油中饱和烃的含量大于 90%,饱/芳比值最高可达 42.5(表 1)。由于塔中奥陶系的原油大多为轻质油,因此沥青质的含量极低或未测出。

2 原油中轻烃的组成特征

轻烃是天然气的主要组成部分,也是原油的重要组成部分。轻烃的形成、运移、聚集和破坏既相似于原油

但又有一些独特的特征。在油气勘探中,轻烃指标的首要功能是用来检测油气显示、预测油气显示层段,还被广泛用于研究烃类的生成与演化,能为评价探区的油气生成条件提供重要信息。

2.1 原油的生成温度

Mango 提出,轻烃参数“2,4-二甲基戊烷/2,3-二甲基戊烷”(简称为 2,4-/2,3-DM P)的对数值与烃类的生成温度呈线性函数关系^[1]。Bement 等在 4 个不同构造类型的盆地中,采用 5 套不同时代生油岩的 C₇轻烃资料,利用镜质组反射率(R_o)作为地质温度计,对 2,4-/2,3-DM P 轻烃组分的温度参数进行了地质校正,求取生油层的最大埋深温度,建立了生油层最大埋深温度与 2,4-/2,3-DM P 的函数关系式,并认为该项轻烃温度参数不受盆地类型、热史(有效受热时间)、生油层时代、干酪根类型和岩性等因素的影响^[2]。

Mango 推导出了生油层最大埋藏温度(T)与 2,4-/2,3-DM P 的函数方程,即

$$T(^{\circ}\text{C}) = 140 + 15(\ln(2,4-/2,3\text{-DM P}))^{[3]}$$

本次研究运用上述函数方程,计算了塔中奥陶系原油的生成温度。结果表明,塔中奥陶系 19 件原油的生成温度介于 115~129℃,平均为 124℃(图 1),

¹ 国家重点基础研究发展规划项目 973 课题(批准号:2006CB202307)。

收稿日期:2008-08-20 收修稿日期:2008-10-20

表 1 塔中奥陶系原油的族组分

Table 1 Ordovician oil group components of Tazhong Uplift

井号	层位	样品	井深 /m	饱和烃 /%	芳烃 /%	非烃 /%	沥青质 /%	饱 芳比
塔中 26	O ₃ l	原油	4392.5~4402	73.30	16.00	4.60	2.42	4.6
塔中 44	O ₃ l	轻质油	4857~4888	86.40	7.20	1.84		12.0
塔中 45	O ₃ l	轻质油	6020~6150	78.00	12.70	2.04	1.13	6.1
塔中 54	O ₃ l	轻质油	5828.5~5895	86.50	7.12	1.54		12.1
塔中 824	O ₃ l	褐色原油	5744.69~5750	95.20	3.95	0.56	0.28	24.1
塔中 823	O ₃ l	褐色原油	5369~5550	73.27	3.96	3.63	19.14	18.5
塔中 821	O ₃ l	轻质油	5212.64~5250.20	97.20	2.29	0.51		42.5
塔中 82	O ₃ l	轻质油	5349.52~5385	95.30	3.73	0.96		25.5
塔中 82	O ₃ l	轻质油	5430~5487	93.00	5.35	1.65		17.4
塔中 62	O ₃ l	轻质油	4700.5~4758	81.70	12.60	1.30	1.30	6.5
塔中 52	O ₃ l	轻质油	3808.46~3835.5	75.95	9.01	5.71	3.00	8.4
塔中 58	O ₃ l	轻质油	4710.6	75.87	9.94	4.49	3.21	7.6
塔中 71	O ₃ l	轻质油	5020~5037	79.48	8.77	6.49	2.27	9.1
塔中 122	O ₃ l	原油	4707.07~4733.94	65.99	21.46	8.91	3.64	3.1
塔中 451	O ₁₊₂ y	轻质油	6229~6297	86.10	6.60	2.03		13.0
塔中 162	O ₁₊₂ y	轻质油	5048~5070	82.20	8.59	1.25		9.6
塔中 168	O ₁₊₂ y	原油	4374.5~4370	60.70	18.30	3.51	3.98	3.3
中 1	O ₁₊₂ y	轻质油	5359.5~5373.5	75.90	19.20	4.11	0.07	4.0
塔中 1	O ₁	轻质油	3577~3649	64.30	16.50	6.40	1.90	3.9
塔中 1	O ₁	褐色稠油	3755~3768.5	16.30	28.60	8.60	43.80	0.6

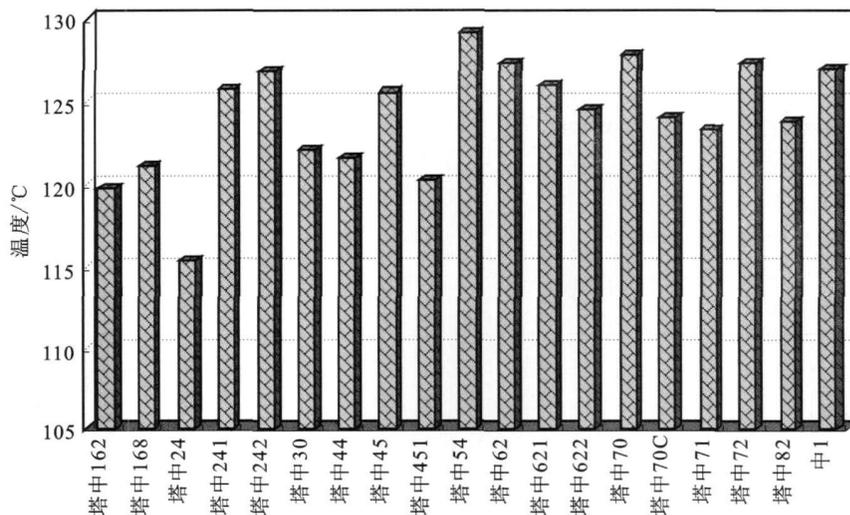


图 1 塔中奥陶系原油的生成温度分布

Fig 1 Generation temperature of Ordovician oils of Tazhong Uplift

表明原油的主体成分可能形成于生油窗阶段。

2.2 C₇环烷烃的相对组成特征

不同类型原油轻烃组成的变化,可反映其演化过程中各种化合物形成的反应速率。在一定的热演化程度下,原油轻烃组成受烃源岩沉积环境中催化剂种类的制约。原油 C₇轻烃主要包含有正庚烷 (nC₇)、甲基环己烷类 (MC₇C₆) 和二甲基环戊烷类 (DMC₇C₅)。Ten Haven 发现,在陆生高等植物为主要生源的陆相

原油轻烃组分中,环己烷占相对优势;而在水生生物占优势的海相原油中,环戊烷则相对较为丰富^[4]。因而可依据 C₇轻烃异构烷烃、环戊烷和环己烷的组成来推测原油的来源。

由图 2 可见,塔中奥陶系的原油聚类成一个点群,表明原油的生源构成和成熟度差别不大,这主要是由于原油均来源于海相烃源岩,有机质来源具有相似性。

2.3 轻烃的成因判识

胡国艺等在开放体系下,用实验模拟了典型干酪根裂解气和原油裂解气中轻烃的组成特征,并认为两种裂解气在轻烃组成上确实存在差别,主要表现在甲基环己烷/正庚烷和(2-甲基己烷+3-甲基己烷)/正己烷两项指标上:原油裂解气的这两项指标均较高,甲基环己烷/正庚烷大于 1.0(2-甲基己烷+3-甲基己烷)/正己烷大于 0.5;干酪根裂解气的这两项比值均较低^[5]。从图 3 可以看出,塔中奥陶系的轻烃主要为干酪根裂解成因,原油裂解生成轻烃的量可能很少。

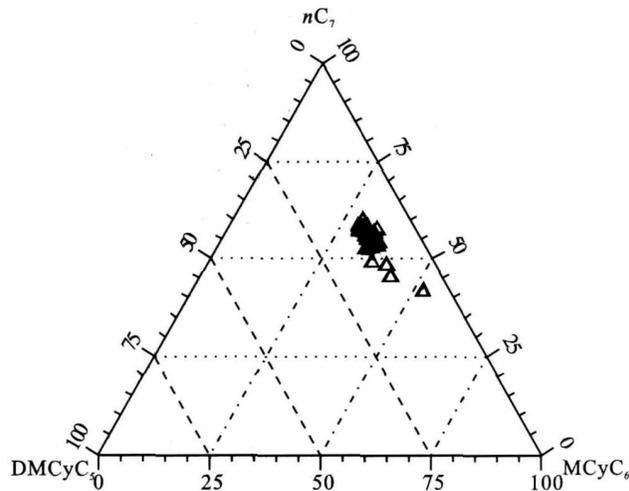


图 2 塔中奥陶系原油的轻烃组成三角图
Fig. 2 Triangle diagram of Ordovician light hydrocarbons of Tazhong Uplift

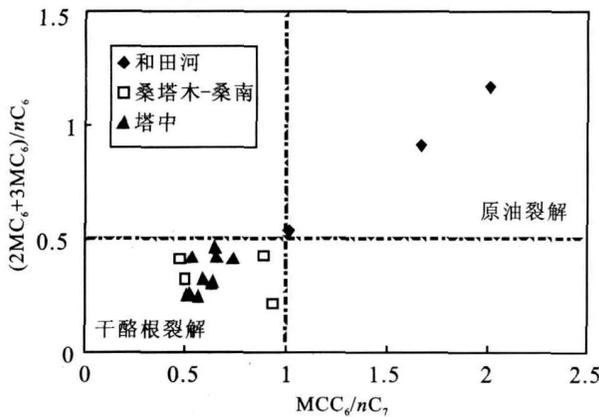


图 3 塔中奥陶系轻烃的成因判识
Fig. 3 Genetic differentiation of Ordovician light hydrocarbons of Tazhong Uplift

Tampson^[6]用实验模拟结合地质过程研究的基础上,提出了蒸发分馏作用。蒸发分馏作用主要是由

于构造抬升或断裂活动,或由于有天然气注入到液相原油中,使得天然气从液相原油中析出时,将低分子量或中等分子量的烃类从液相原油中带出,使得液相原油或凝析油中缺失了轻组分,却异常富集了低分子量的芳烃,特别是苯和甲苯;同时有高含量的环烷烃,特别是甲基环戊烷、环己烷和甲基环己烷。蒸发分馏作用形成的凝析油,在垂向上其成熟度表现为颠倒现象,即最深处的原油成熟度最低;在垂向上凝析油的密度表现为下重上轻。塔里木盆地轮南地区既存在正常油,又存在凝析油和蜡质油,且凝析油和部分高蜡油的碳同位素比正常原油的重 1‰左右。张水昌研究认为,轮南凝析油和蜡质油并不是原生的,而是由多步的运移分馏作用形成的^[7]。

图 4 为甲苯/nC7与 nC7/MCyC6的关系图,从图可以看出,参数甲苯/nC7在样品中的变化较大,即轻芳烃的富集程度存在较大的差异,表明塔中奥陶系的原油发生了一定的运移分馏作用。

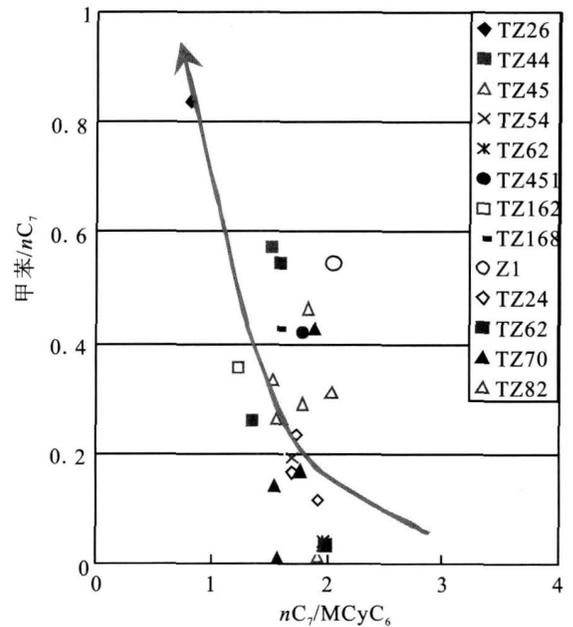


图 4 塔中原油中轻烃的运移分馏特征
Fig. 4 Fractionation of Ordovician light hydrocarbons of Tazhong Uplift

3 原油中甾、萜生物标志物特征及族群划分

塔里木台盆区下古生界的油气主要来源于两套烃源岩:寒武系与中—上奥陶统。塔东 2 井寒武系的原油被公认为只能来源于寒武系源岩的原油^[8-12]。对塔东 2 井寒武系原油和尉犁 1 等井寒武系的源岩

研究表明, 萘烷中三环萘的相对含量较高, 且以 C_{20} 或 C_{21} 为主峰, 伽马蜡烷的含量较高 (峰高与 $C_{31}H$ 十分接近); 甾烷中孕甾烷的含量较高, $C_{27}-C_{28}-C_{29}$ 甾烷呈“V”字型分布; 三芳甾烷以 $C_{26}(20R) + C_{27}(20S)$ 为主峰, 三芳甾烷 $C_{26}-C_{27}-C_{28}$ 相对组成中, $C_{26}(20S)$ 、 $C_{26}(20R) + C_{27}(20S)$ 以及 $C_{27}20R$ 呈山峰型分布, 且 $(C_{26}20R + C_{27}20S)$ 与 $C_{28}20S$ 的峰高呈上升趋势, 即 $(C_{26}20R + C_{27}20S)$ 与 $C_{28}20S$ 的峰面积之比大于 1.0 (图 5)。

对塔中地区中—上奥陶统源岩的研究表明, 萘烷

中三环萘的相对含量也较高, 伽马蜡烷的含量相对较低 (远低于 $C_{31}H$ 的峰高); 甾烷中孕甾烷的含量也较高, 规则甾烷 $C_{27}-C_{28}-C_{29}$ 甾烷呈“V”字型分布; 三芳甾烷以 C_{28} 为主峰, 三芳甾烷 $C_{26}-C_{27}-C_{28}$ 相对组成中, $C_{26}(20S)$ 、 $C_{26}(20R) + C_{27}(20S)$ 以及 $C_{27}20R$ 呈山峰型分布, 且 $(C_{26}20R + C_{27}20S)$ 与 $C_{28}20S$ 的峰高呈上升趋势, 即 $(C_{26}20R + C_{27}20S)$ 与 $C_{28}20S$ 的峰面积之比小于 1.0 (图 5)。

基于以上寒武系和中—上奥陶统有机质地球化学特征的差别, 本研究对塔中奥陶系的原油样品 (表 2)

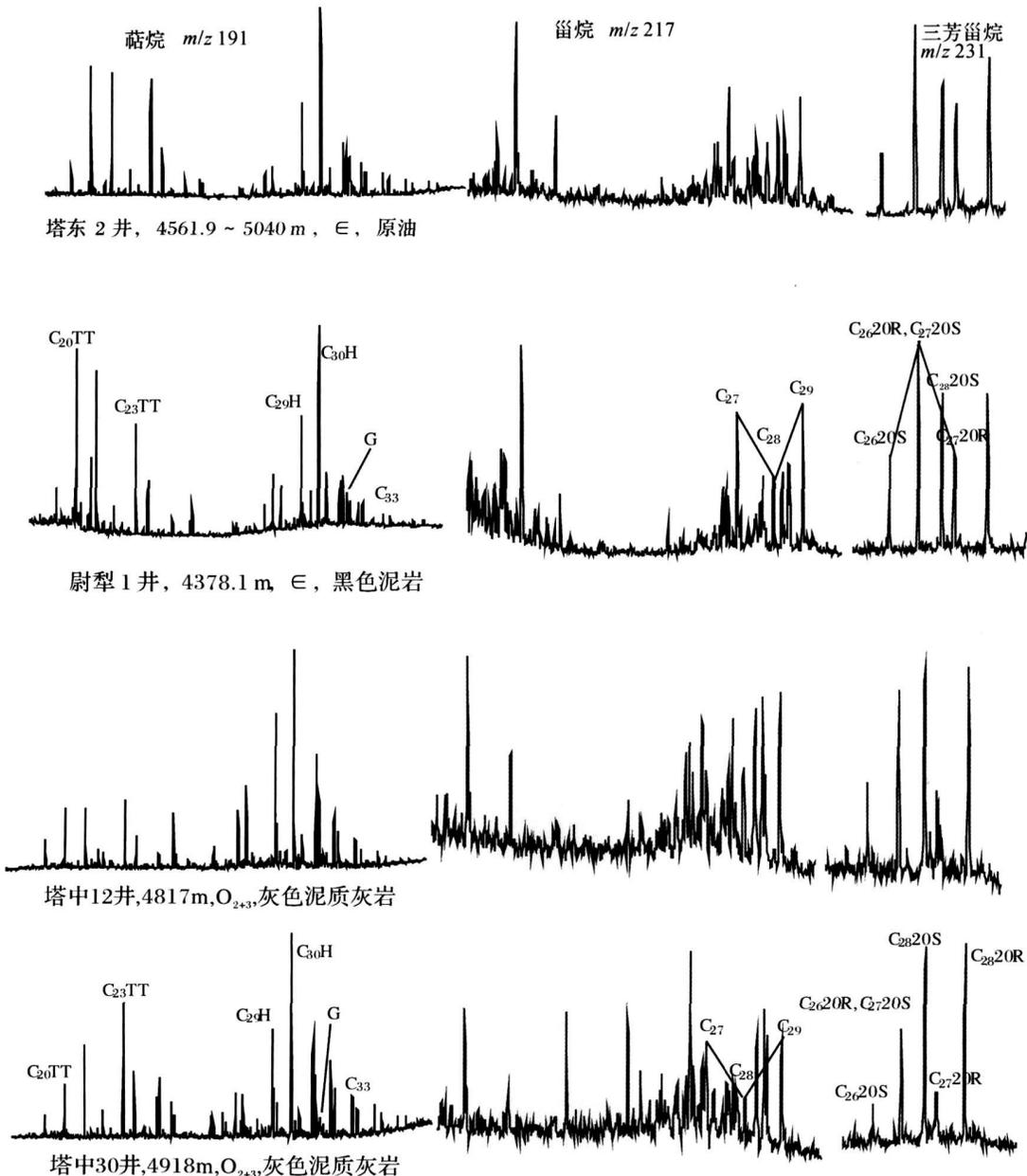


图 5 塔里木盆地中—上奥陶统源岩中甾、萘烷及三芳甾烷的分布特征

Fig 5 Biomarker character of Middle-Upper Ordovician source rocks of Tarim Basin

表 2 塔中奥陶系原油的地球化学参数

Table 2 Geochemical characters of Ordovician oils of Tazhong Uplift

井号	岩性	层位	井深 /m	Pr/Ph	G/C ₃₀ H	G/C ₃₁ H	TT	三芳甾	(C ₂₆ 20R + C ₂₇ 20S)	(3MP+ 2MP) / (9MP+ 1MP)	甾烷 ααα	判别
TZ122	原油	O	4707.07~ 4733.94	0.77	0.11	0.27	C ₂₃	I	0.32	0.81	8	O ₂₊₃
TZ162	轻质油	O _{1Y}	5048~ 5070	1.13	0.24	1.04	C ₁₉	II	0.59	0.64	28	∈
TZ168	原油	O _{1Y}	4374.5~ 4370	1.00	0.05	0.11	C ₂₃	I	0.28	0.69	-	O ₂₊₃
TZ26	原油	O _{3l}	4392.5~ 4402	1.12	0.24	0.83	C ₂₃	II	1.01	1.27	28	∈
TZ44	轻质油	O _{3l}	4857~ 4888	0.90	0.18	0.34	C ₂₃	I	0.45	0.69	12	O ₂₊₃
TZ451	凝析油	O _{1Y}	6229~ 6297	0.90	-	-	C ₂₀	-	-	0.67	-	混源
TZ45	轻质油	O	6020~ 6150	0.93	0.18	0.45	C ₂₃	II	0.77	0.61	28	混源
TZ52	原油	O	3808.46~ 3831.5	0.90	0.11	0.31	C ₁₉	I	0.31	1.04	14	O ₂₊₃
TZ54	轻质油	O _{3l}	5828.5~ 5895	0.96	0.10	0.27	C ₂₀	-	-	0.59	26	混源
TZ58	原油	O	4710.6	0.83	0.15	0.39	C ₂₃	I	0.44	0.70	11	O ₂₊₃
TZ62	轻质油	O	4700.5~ 4758	0.93	0.14	0.41	C ₂₃	I	0.41	0.71	26	O ₂₊₃
TZ71	原油	O	5020~ 5037	0.86	0.09	0.30	C ₂₃	I	0.36	0.81	8	O ₂₊₃
TZ70c	原油	O ₃	4754~ 5830	0.89	0.08	0.18	C ₂₃	-	-	-	29	混源
TZ73	原油	O ₃	4761~ 4775	0.85	0.05	0.09	C ₂₃	-	-	-	8	O ₂₊₃
TZ74	原油	O ₃	4633.4~ 4099.05	0.88	0.27	1.17	C ₂₃	-	-	-	24	∈
TZ824	原油	O ₃	5744.69~ 5750	0.86	0.14	0.57	C ₂₃	II	1.34	0.75	15	混源
中 1	凝析油	O ₁₊₂	5394.5~ 5373.5	0.68	0.12	0.22	C ₂₃	I	0.38	0.87	14	O ₂₊₃
中 4	油砂	O ₂₊₃	4902	0.90	0.13	0.23	C ₂₃	I	0.30	0.71	14	O ₂₊₃

注: I为三芳甾具有中—上奥陶统的特征, II为具寒武系的特征。

进行了族群划分和来源分析, 结果认为塔中奥陶系的原油可分为三个族群: 第一个族群包括塔中 122 塔中 168 塔中 44 塔中 52 塔中 58 塔中 62 塔中 71 塔中 73 以及中 1 井、中 4 井的原油, 这些原油来源于中—上奥陶统源岩; 第二个族群包括塔中 162 塔中 26 以及塔中 74 井的原油, 这些原油来源于寒武系源岩; 其余样品即塔中 451 塔中 45 塔中 54 塔中 70c 和塔中 824 井的原油划为第三个族群, 为混合来源 (图 6)。

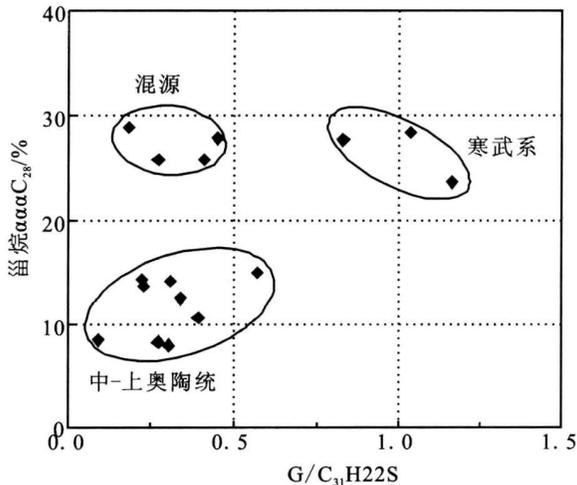


图 6 塔中奥陶系原油的来源判别

Fig 6 Genetic differentiation of Ordovician oils

4 原油中“三芴”的组成特征

从图 7 可以看出, 中—上奥陶统源岩中“三芴”的组成比较相似, 以较高的硫芴含量为特征; 而寒武系源岩中“三芴”的组成差别较大, 硫芴的含量既有很高的, 也有很低的。从塔中奥陶系原油的“三芴”组成 (图 7) 来看, 除塔中 168 井的原油外, 其它原油

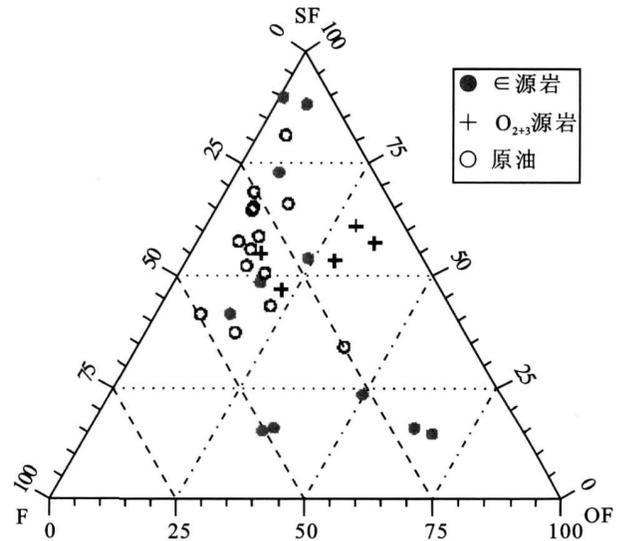


图 7 塔里木台盆区烃源岩与塔中奥陶系原油的三芴组成图

Fig 7 Triangle diagram of fluorine-dibenzofuran-

中氧芴的相对含量均小于 25%; 同时所有样品中硫芴的相对含量均大于 34%, 说明这些原油均以较低的氧芴含量和较高的硫芴含量为特征, 利用“三芴”的组成不好判别原油的来源。

5 原油的碳同位素组成特征

寒武系的源岩抽提物中, 饱和烃的碳同位素均重于 -30‰ , 芳烃的碳同位素接近或重于 -28‰ 。从表 3 和图 8 可以看出, 塔东 2 井和塔深 1 井寒武系的原油均具有较重的碳同位素组成, 与寒武系的源岩相近, 并且塔深 1 井原油的碳同位素更重, 表明可能经历了更高的热演化过程。塔中奥陶系原油中饱和烃的碳同位素比值均轻于 -31.2‰ , 平均值为 -32.8‰ , 芳烃的碳同位素比值均轻于 -30.4‰ , 平均值为 -31.7‰ 。这些特征明显与塔东 2 井和塔深 1 井的寒武系原油不同。

寒武系的源岩抽提物具有较重的碳同位素, 这可能主要是由于有机质经历了很高的热演化过程。塔东 2 井和塔深 1 井原油均产自寒武系储层, 同样经历了高温蚀变作用, 因此碳同位素偏重。而塔中 162 和塔中 26 (塔中 74 井无碳同位素数据) 的奥陶系原油, 虽然从生标来看也来源于寒武系的烃源岩, 但可能是寒武系源岩在早期生成的, 同时原油在储层中也没有

经历高温蚀变作用, 因此碳同位素没有明显偏重的现象。因此我们认为, 碳同位素明显偏重的原油应来源于寒武系源岩, 但碳同位素较轻的原油可能来源于中—上奥陶统源岩, 也可能来源于将寒武系源岩。

6 结论

(1) 塔中奥陶系的原油以轻质油为主; 轻烃分析表明, 原油的生成温度介于 $115 \sim 129\text{°C}$, 表明原油的主体成分形成于生油窗阶段, 并且原油没有发生大量裂解。

(2) 通过生物标志物系统分析表明, 塔中奥陶系的原油可分为三个族群: 第一个族群包括塔中 122 塔中 168 塔中 44 塔中 52 塔中 58 塔中 62 塔中 71 塔中 73 以及中 1 井、中 4 井的原油, 这些原油来源于中—上奥陶统源岩; 第二个族群包括塔中 162 塔中 26 以及塔中 74 井的原油, 这些原油来源于寒武系源岩; 其余样品即塔中 451 塔中 45 塔中 54 塔中 70c 和塔中 824 井的原油划为第三个族群, 为混合来源。

(3) 在“三芴”组成, 塔中奥陶系的原油均以较低的氧芴含量和较高的硫芴含量为特征, 利用“三芴”的组成不能明确判别原油来自哪一套源岩。

表 3 塔中奥陶系原油的碳同位素组成

Table 3 Carbon isotopic composition of Ordovician oil of Tazhong Uplift

井号	层位	井深 /m	饱和烃	原油	芳烃	非烃	沥青质
			$\delta^{13}\text{C} / \text{‰}$				
TZ168	O	4374 5~ 4370	- 32. 6	- 32. 2	- 33. 2	- 32. 7	- 33. 3
TZ45	O	6020~ 6150	- 32. 5	- 32. 3	- 32. 1	- 32. 0	- 31. 8
TZ52	O	3808 46~ 3831. 5	- 33. 7	- 33. 3	- 31. 3	- 32. 1	-
TZ54	O	5828 5~ 5895	- 31. 2	- 32. 4	- 30. 8	- 30. 0	-
TZ26	O	4392 5~ 4402	- 32. 2	- 32. 4	- 31. 7	- 31. 3	- 29. 6
TZ62	O	4700~ 4758	- 33. 1	- 32. 9	- 31. 8	- 32. 9	- 30. 4
TZ58	O	4710. 6	- 32. 8	- 32. 2	- 32. 0	- 31. 7	-
TZ122	O	4707. 07~ 4733. 94	- 32. 9	- 33. 0	- 31. 6	- 32. 3	- 31. 6
TZ44	O	4857~ 4888	- 33. 2	- 32. 2	- 32. 9	- 32. 4	-
TZ71	O	5020~ 5037	- 32. 6	- 32. 6	- 32. 0	- 31. 3	-
TZ451	O	6229~ 6297	- 33. 0	- 31. 9	- 31. 5	- 31. 0	-
TZ162	O	5048~ 5070	- 32. 6	- 31. 3	- 30. 4	- 29. 6	-
中 1 井	O	5394 5~ 5373. 5	- 32. 6	- 33. 7	- 32. 6	- 30. 4	- 31. 1
TZ82	O	5430~ 5487	- 32. 8	-	- 31. 8	- 31. 8	-
TZ82	O	5349. 52~ 5385	- 33. 4	-	- 31. 3	- 30. 1	-
TZ821	O	5212. 64~ 5250. 20	- 32. 8	-	- 31. 3	- 30. 3	-
TZ823	O	5369. 0~ 5550. 0	- 33. 7	-	- 31. 9	- 31. 5	- 31. 2
TZ824	O	5744. 59~ 5750	- 33. 3	-	- 31. 0	- 31. 3	- 31. 8
塔东 2	€	4562~ 5054	- 29. 3	- 28. 5	- 28. 1	- 27. 9	- 27. 4
塔深 1 井	€	8406. 4	- 29. 1	-	- 25. 1	- 26. 1	- 25. 8

(注: 塔深 1 井数据据中石化西北局, 2007)

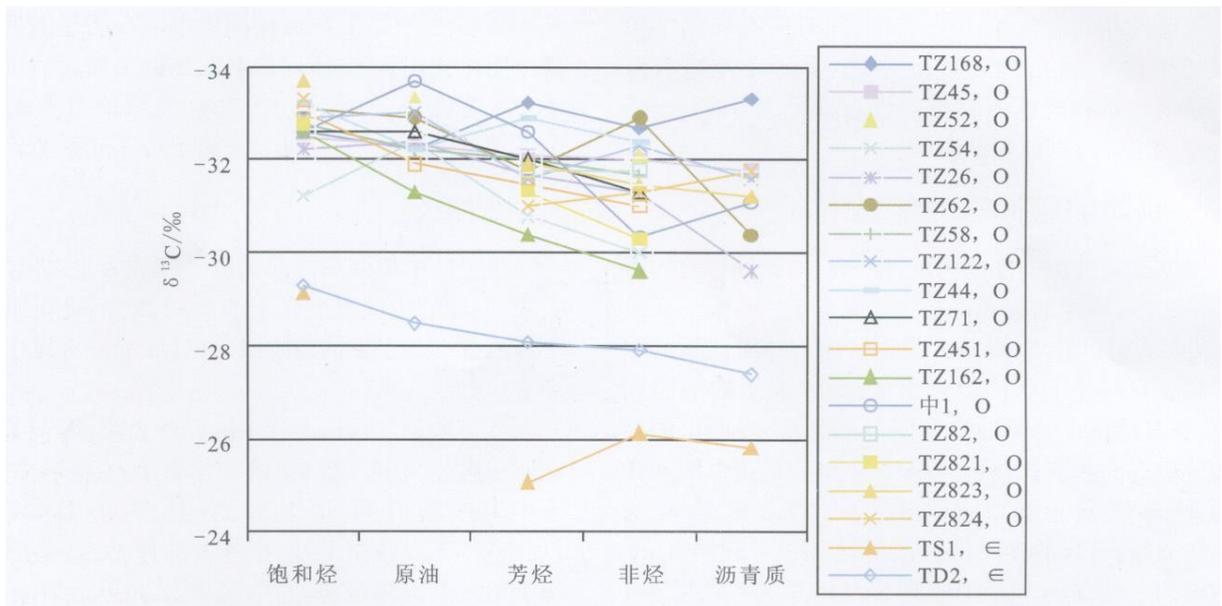


图8 塔中原油的碳同位素组成特征

Fig 8 Carbon isotopic character of Ordovician oils of Tarim Uplift

(4) 塔中奥陶系原油中饱和烃的碳同位素比值均轻于 -31.2‰ , 平均值为 -32.8‰ , 芳烃的碳同位素比值均轻于 -30.4‰ , 平均值为 -31.7‰ , 这些特征明显与塔东2井和塔深1井的寒武系原油不同。我们认为, 碳同位素明显偏重的塔中奥陶系原油应来源于寒武系源岩, 但碳同位素较轻的原油可能来源于中—上奥陶统源岩, 也可能来源于寒武系源岩。

参考文献 (References)

- Mango F D. An invariance in the isohexanes of petroleum [J]. *Science*, 1987, 273: 514-517
- Balent W O, Levey R A, Mango F D. The temperature of oil generation as defined with C_7 chemistry maturity parameter (2,4-DMP/2,3-DMP ratio) [C]// Grimalt J O, Dorranso C. *Organic Geochemistry: Development and applications to Energy, Climate, Environment and Human History*. Aigoa, Donostia-San Sebastian, Spain, 1995: 505-507
- Mango F D, Hightower J. The catalytic decomposition of petroleum into natural gas [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1997, 24: 5347-5350
- Ten Haven H L. Applications and limitations of mango's light hydrocarbon parameters in petroleum correlation studies [J]. *Organic Geochemistry*, 1996, 24: 957-976
- 胡国艺, 肖中尧, 罗霞, 等. 两种裂解气中轻烃组成差异性及其应用 [J]. *天然气工业*, 2005, 25(9): 23-25 [Hu Guoyi, Xiao Zhongyao, Luo Xia, *et al.* Light hydrocarbon composition difference between two kinds of cracked gases and its application [J]. *Natural Gas Industry*, 2005, 25(9): 23-25]
- Thompson K F M. Fractionated aromatic petroleum and the generation of gas-condensates [J]. *Organic Geochemistry*, 1987, 11(6): 573-590
- 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 [J]. *科学通报*, 2000, 45(6): 667-670 [Zhang Shuichang. The migration fractionation: an important mechanism in the formation of condensate and waxy oil [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2000, 45(6): 667-670]
- 马安来, 张水昌, 张大江, 等. 塔里木盆地塔东2井稠油地球化学研究 [J]. *地质科技情报*, 2004, 23(4): 59-63 [Ma Anlai, Zhang Shuichang, Zhang Dajiang, *et al.* Geochemistry of the heavy oils from Well TD2 in Tarim Basin, NW China [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2004, 23(4): 59-63]
- 肖中尧, 黄光辉, 卢玉红, 等. 塔里木盆地塔东2井原油成因分析 [J]. *沉积学报*, 2004, 22(增刊): 66-72 [Xiao Zhongyao, Huang Guanghui, Lu Yuhong, *et al.* Origin of oils from Well Tadong2 in Tarim Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 22(suppl): 66-72]
- 张水昌, 王招明, 王飞宇, 等. 塔里木盆地塔东2油藏形成历史——原油稳定性与裂解作用实例研究 [J]. *石油勘探与开发*, 2004, 31(6): 25-30 [Zhang Shuichang, Wang Zhaoming, Wang Feiyu, *et al.* Oil accumulation history in Tadong oil reservoir in Tarim Basin, NW China: a case study of oil stability and cracking [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2004, 31(6): 25-30]
- 郭建军, 陈践发, 王铁冠, 等. 塔里木盆地寒武系烃源岩的研究新进展 [J]. *沉积学报*, 2008, 26(3): 518-524 [Guo Jianjun, Chen Jianfa, Wang Tieguan, *et al.* New progress in studying Cambrian source rock of Tarim Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2008, 26(3): 518-524]
- Zhang S C, Huang H P. Geochemistry of Paleozoic marine petroleum from the Tarim Basin, NW China. Part I Oil family classification [J]. *Organic Geochemistry*, 2005, 36(8): 1204-1214

Origin and Geochemical Characteristics of Ordovician Oils from Tazhong Uplift

GUO Jian-jun¹ CHEN Jian-fa² SHI Sheng-bao² DUAN Chuan-li¹ XIE Hen-hen²

(1. CNPC International Research Center, PetroChina Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083;

2. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249;

3. Petroleum Exploration and Cooperation Development Corporation, Tianjin 300280)

Abstract Ordovician of Tazhong Uplift had abundant petroleum resources and was main exploration Formation in the Tarim Basin. However, the origin of oils was the problem which bothered the oil explorers all along. By systematic geochemical analysis of Ordovician oils in Tazhong Uplift, the paper discriminated oils into populations and determined their origins. Most of oils belong to light oils, light hydrocarbon shows that oils were generated in oil generating window and oils were not cracked in large amount. According to biomarker, the oil can be discriminated into three populations, one population originated from Middle-Upper Ordovician source rocks, the other population originated from Cambrian source rocks, and the third population had mixed origin. All the oils had higher content of dibenzothiophene and lower content of dibenzofuran in relative composition of Fluorene-dibenzofuran-dibenzothiophene. Carbon isotope of saturate and aromatics in oils were lighter than -31.2% and -30.4% , separately, which were apparently lighter than Cambrian oils from wells of Tadong-2 and Tashen-1. It shows that oils with heavier carbon isotope came from Cambrian source rocks, but oils with lighter carbon isotope came from Cambrian source rocks or Middle-Upper Ordovician source rocks.

Key words Tarim Basin, Tazhong Uplift, Ordovician oils, origin