

## 塔中82井区原油的特征及成因

郭建军<sup>1</sup>, 陈践发<sup>2</sup>, 王义凤<sup>3</sup>, 师生宝<sup>2</sup>, 苗忠英<sup>2</sup>

- (1. 中国石油勘探开发研究院海外中心, 北京 100083;
2. 中国石油大学油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249;
3. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院, 河北 廊坊 065007)

**摘要:**通过对塔中I号坡折带塔中82井区原油进行地球化学分析(包括分子筛合除去正构烷烃分析)来探讨其特征和成因,结果表明:原油族组成中饱和烃占绝对优势,而饱和烃中以低碳数正构烷烃为主,  $C_{21-}/C_{22+}$  值达 1.4~5.4, 生物标志物的含量极低; 甾烷  $C_{27}-C_{28}-C_{29}$  呈“V”字型分布, 重排甾烷的含量较高; 萜烷中三环萜的含量较高而五环萜含量极低, 且三环萜以  $C_{20}$  或  $C_{23}$  为主峰; 芳烃中三芳甾烷的含量很低, 三萜系列化合物中硫蒽含量较高; 原油碳同位素较轻, 其饱和烃的碳同位素值  $\delta^{13}C < -32.8\text{‰}$  (这些特征有别于塔东2井的寒武系原油); 原油的成熟度  $R_o$  值为 0.8% 左右。推断塔中82井区的原油可能并非是有机质在高成熟阶段生成的凝析油, 而是中等成熟的中—上奥陶统源岩生成的正常原油在成藏后由于寒武系天然气的注入, 发生了蒸发分馏作用并运移至目前的储层中再次成藏。

**关键词:** 塔里木盆地; 塔中82井区; 原油成因

**中图分类号:** TE122.1<sup>+</sup>13

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-1926(2008)06-0770-05

塔中I号坡折带塔中82井区的原油以轻质油为主, 具有凝析油的特征, 深入分析塔中82井区原油的特征及成因, 对下一步的油气勘探具有重要意义。

### 1 地质背景

塔中82井区位于塔中I号坡折带, 塔中I号坡折带东西长约 200 km, 是早奥陶世末至晚奥陶世早期形成的大型逆冲断裂带, 整体向西倾伏, 东西高差大于 1 800 m, 是塔中北斜坡上奥陶统台地边缘礁滩相有利储集相带的发育区, 同时也是塔中地区奥陶系碳酸盐岩油气最富集、勘探地位最重要的一个区带。油气勘探实践证实, 良里塔格组礁滩相灰岩具有良好的储集性能, 并且裂缝和岩溶系统都相当发育, 在泥质条带灰岩段和颗粒灰岩段中都获得了高产油气流(图1), 油气勘探潜力巨大<sup>[1-3]</sup>。

TZ82井于2005年初开钻, 发现的岩性圈闭储层为上奥陶统良里塔格组台缘礁滩相亮晶砂屑灰

岩、砾屑灰岩和生物碎屑灰岩, 基质孔隙度较大, 岩溶较发育, 储层物性好; 顶部盖层为封堵性很好的桑塔木组泥岩, 侧向封堵主要依靠礁滩体相变为台缘内侧丘滩亚相和滩间海亚相, 物性变差。塔中82井区油气藏中原油的密度为 0.81~0.83 g/cm<sup>3</sup>, 气油比为 590 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, 具有凝析气藏特征。

### 2 样品与实验

样品为塔中奥陶系 TZ82井(2件)、TZ821井、TZ823井、TZ824井的原油样品共5件(表1), 样品的分析条件如下: ①族组分分离: 将样品用柱层分析法, 进行族组分分离。②饱和烃色谱分析: 日本岛津公司的 GC-17A 气相色谱仪, 色谱柱为 HP-5 (30m×0.25mm×0.25μm), 柱箱起始温度 100℃, 升温速率 4.0℃/min, 温度终点 300℃, 终点恒温时间 25 min。③络合饱和烃中的正构烷烃: 称取一定量的原油样品, 分离出饱和烃, 挥干溶剂后用异辛烷将饱和烃转入磨口锥形瓶中, 加入饱和烃质量 50 倍

的 5Å 分子筛,加异辛烷并于 70℃ 条件下加热 10h。

④GC-MS 分析:仪器为 Agilent 6890-5973 色谱—质谱仪,色谱柱为 HP-5 (30m × 0. 25mm × 0. 25μm),柱箱起始温度 80℃,升温速率 4. 0℃/min,温度终点 300℃,终点恒温时间 25min,离子源温度 250℃。

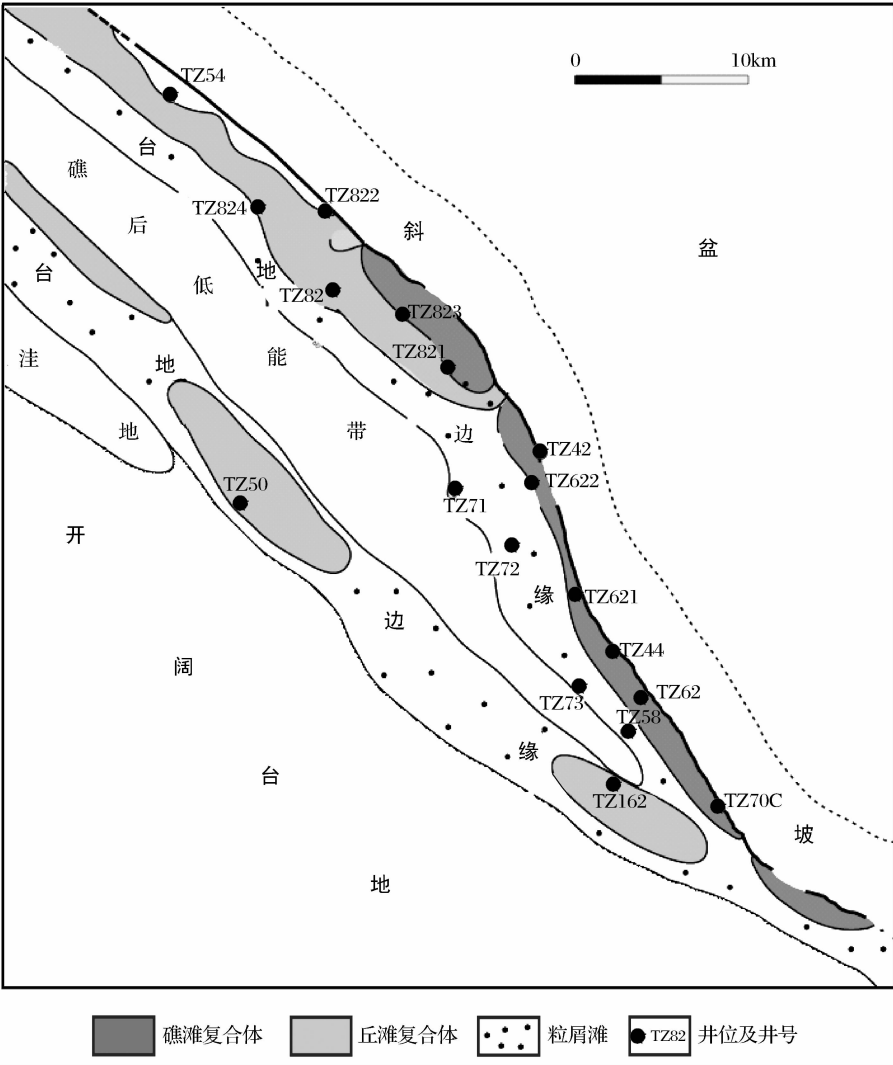


图 1 塔中 I 号坡折带的油气分布特征(据塔里木油田研究院,2006,修改)

表 1 塔中 82 井区原油的组分与色谱参数

井号	层位	井深(m)	饱和烃(%)	芳烃(%)	非烃(%)	沥青质(%)	Pr/Ph	C <sub>21</sub> <sup>-</sup> /C <sub>22</sub> <sup>+</sup>	CPI
TZ824	O <sub>2+3</sub>	5 744. 69~55 750	95. 2	4. 0	0. 6	0. 3	0. 9	1. 4	1. 0
TZ823	O <sub>2+3</sub>	5 369~5 550	93. 3	4. 0	3. 6	/	0. 8	1. 8	1. 3
TZ821	O <sub>2+3</sub>	5 212. 64~5 250. 20	97. 2	2. 3	0. 5	/	1. 0	2. 2	1. 0
TZ82	O <sub>2+3</sub>	5 349. 52~5 385	95. 3	3. 7	1. 0	/	1. 0	5. 4	1. 0
TZ82	O <sub>2+3</sub>	5 430~5 487	93. 0	5. 3	1. 6	/	0. 9	3. 7	1. 1

3 结果与讨论

3.1 原油的组分特征

TZ82 井与 TZ821 井的原油为黄色轻质油,挥发性极强;TZ823 井与 TZ824 井的原油为褐色原油。从 5 件原油样品的族组分特征来看(表 1),饱和烃的含量占绝对优势,除 TZ823 井的原油外,其

他原油的饱和烃含量均达 93% 以上,非烃与沥青质的含量极低。

3.2 饱和烃色谱特征

从 5 件原油样品的色谱特征(图 2)来看,原油以轻组分和正构烷烃为主。正构烷烃的轻重比参数 C<sub>21</sub><sup>-</sup>/C<sub>22</sub><sup>+</sup> 介于 1. 4~5. 4 之间;主峰碳靠前,TZ82 井与 TZ821 井的主峰碳为 C<sub>15</sub>,TZ823 井与 TZ824

井的主峰碳为  $C_{17}$ ; 正构烷烃的奇偶优势已基本消失, CPI 指数为 1.0~1.3 (表 1), 表明 TZ82 井与 TZ821 井的奥陶系原油组成以轻组分含量高为特征。

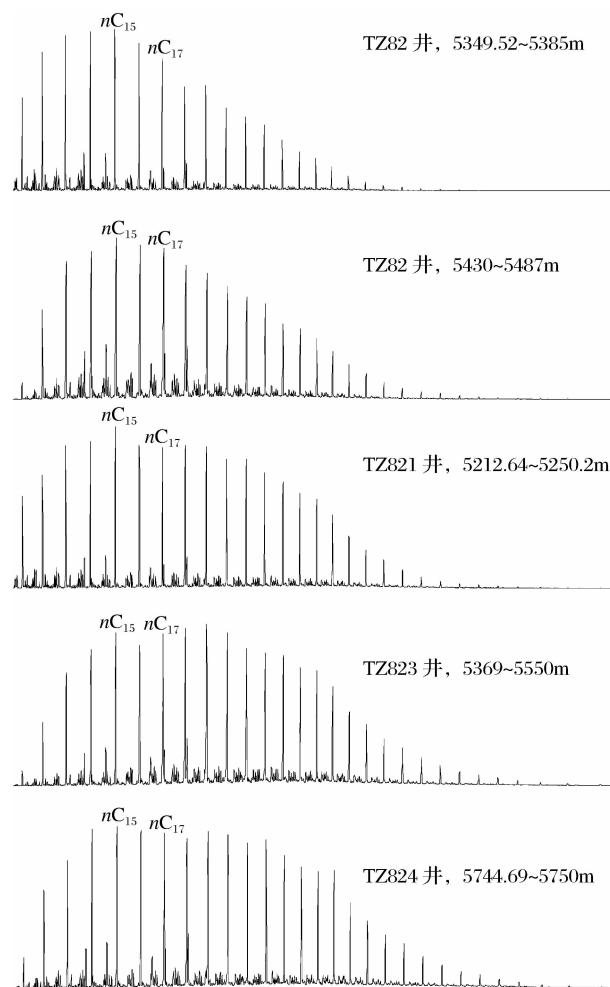


图 2 塔中 82 井区原油饱和烃色谱特征

### 3.3 甾、萜生物标志物特征

很多学者认为利用甾、萜生物标志物可以区分塔里木盆地寒武系与中—上奥陶统的源岩<sup>[4-11]</sup>。本次研究中, 由于 5 件原油样品均为轻质油, 因此生物标志物的含量极低。我们将饱和烃组分进行 GC-MS 分析发现, 甾、萜生物标志物几乎无法分辨。接着, 我们用分子筛络合除去正构烷烃以后, 将饱和烃组分重新进行了 GC-MS 分析。结果表明, 5 件原油样品的甾、萜谱图十分相似, 应具有相同的来源。其中, 萜烷中三环萜的含量较高, 且以  $C_{20}$  或  $C_{23}$  为主峰, 五环三萜含量仍然极低, 几乎无法分辨; 甾烷中重排甾烷的含量较高, 甾烷  $C_{27}$ — $C_{28}$ — $C_{29}$  呈“V”字型分布, 且具有  $C_{27} > C_{29} > C_{28}$  的特征 (图 3)。m/z 177 质量色谱图中 5 件原油样品均不含有 25-

降藿烷, 表明样品没有经历生物降解作用。

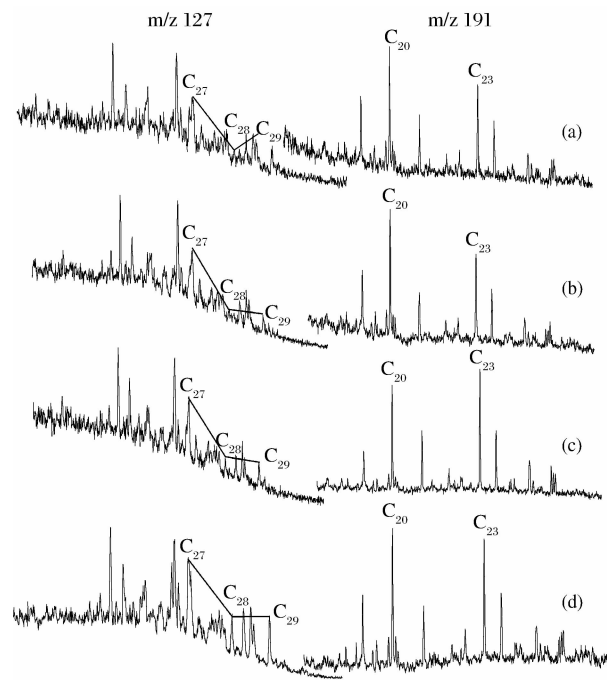


图 3 塔中 82 井区原油生物标志物特征

(a) TZ82 井, 5 349.52~5 385 m,  $O_{2+3}$ ; (b) TZ82 井, 5 430~5 487 m,  $O_{2+3}$ ; (c) TZ823 井, 5 369~5 550 m,  $O_{2+3}$ ; (d) TZ824 井, 5 744.69~5 750 m,  $O_{2+3}$

### 3.4 芳烃组成特征

三芳甾烷 (m/z 231) 与甲基三芳甾烷 (m/z 245) 常用来区分塔里木盆地寒武系与中—上奥陶统的有机质。但本次研究发现, 5 件原油样品的芳烃馏分中三芳甾烷与甲基三芳甾烷的含量均很低, 不能很好地用来区分有机质的来源。

芳烃中三芳的相对组成可以用来推断有机质的沉积环境与沉积相。王铁冠等<sup>①</sup>研究表明, 塔河油田 108 件原油样品的硫茱—茱—氧茱相对组成中, 硫茱的相对含量均大于 50%, 平均值在 75% 左右; 而塔东寒武系的原油中硫茱的相对含量为 25% 左右, 因此塔东寒武系的原油与塔河原油在三芳组成中差别很大, 并认为塔河原油主要来源于中—上奥陶统烃源岩。从图 4 可以看出, TZ82 井区原油的三芳组成中以硫茱含量较高为主要特征, 5 件原油样品中硫茱的相对含量介于 58%~81% 之间, 平均值在 70% 左右, 与塔河原油和 TZ12 井区中—上奥陶统原油的三芳组成相似, 而与 TD2 井寒武系原油和库南 1 井寒武系源岩中三芳的组成相差较大。由此

① 王铁冠, 王春江, 等. 塔河—塔中塔西南地区成藏地球化学与油源对比研究. 研究报告, 2004.

来看,TZ82 井区的原油可能主体来自中—上奥陶统烃源岩。

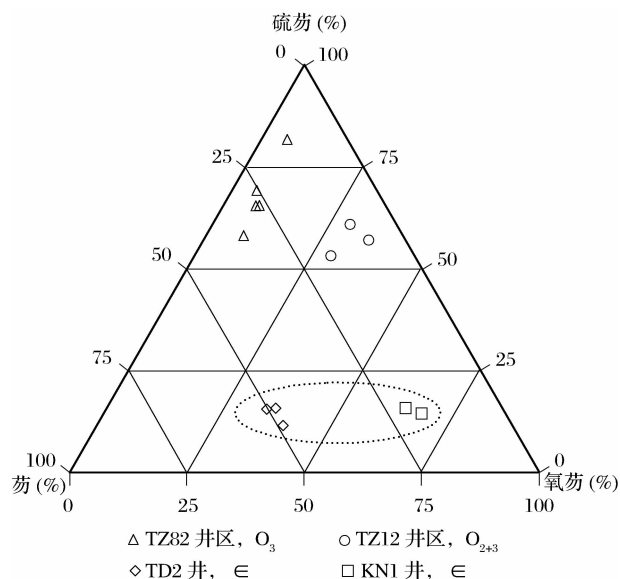


图 4 塔中 82 井区的原油与其它地区原油(抽提物)的三蒽组成特征

### 3.5 原油族组成的碳同位素特征

王铁冠等<sup>①</sup>研究表明,塔河原油中饱和烃的碳同位素  $\delta^{13}\text{C}$  值均小于  $-31.5\text{‰}$ ,非烃和沥青质的碳同位素  $\delta^{13}\text{C}$  值均小于  $-30.5\text{‰}$ ;而塔东 2 井寒武系原油的饱和烃的碳同位素  $\delta^{13}\text{C}$  值大于  $-29.5\text{‰}$ ,非烃和沥青质的碳同位素值更大。我们对塔中原油的碳同位素分析表明,包括塔中 82 井区原油在内的所有奥陶系原油的碳同位素值均较小<sup>[9]</sup>(图 5),饱和烃的碳同位素  $\delta^{13}\text{C}$  值小于  $-32.8\text{‰}$ ,芳烃的  $\delta^{13}\text{C}$  值小于  $-31\text{‰}$ ,与塔东 2 井寒武系的原油有较大的差别<sup>[6-9]</sup><sup>①</sup>,因此认为塔中 82 井区的奥陶系原油主体来源于中—上奥陶统烃源岩。

### 3.6 原油的成熟度

运用一些分子地球化学参数可以计算原油的成熟度。Radke 等(1982)根据菲和甲基菲系列化合物的热演化特征,提出了可用来表征原油成熟度的甲基菲指数 MPI; MPI 指数在  $R_o$  值在  $0.5\% \sim 1.35\%$  范围内呈线性增加,而当  $R_o > 1.35\%$  时则开始呈线性下降,即 MPI 指数在  $R_o$  值为  $1.35\%$  时出现一个极大值,对于一个给定的 MPI 值对应于 2 个不同的热演化阶段。另外三甲基萘参数、金刚烷参数均被认为可以表征原油的成熟度。

本次研究表明,塔中 82 井区原油的参数 MPI-1 值介于  $0.51 \sim 0.71$  之间,其对应的成熟度  $R_o$  值约为  $0.8\%$ ,表明原油生成于中等成熟的有机质,成熟

度并不是很高。

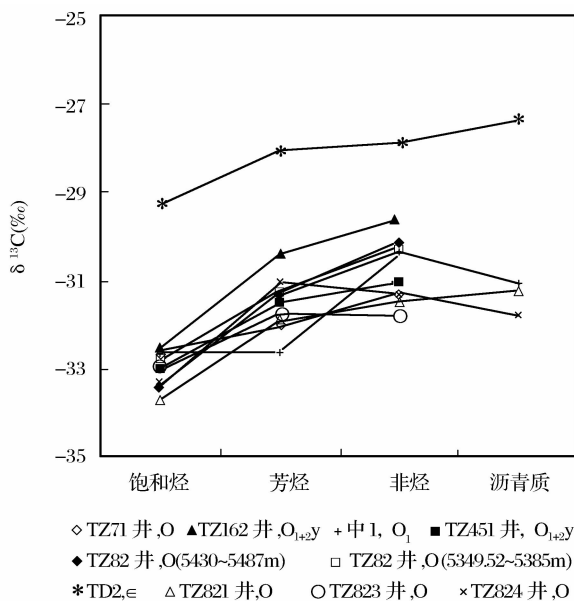


图 5 塔中 82 井区原油的组分碳位素值特征

### 3.7 塔中 82 井区原油的成因探讨

从以上分析可以看出,塔中 82 井区的原油组成中以轻质组分为主,为轻质油,生物标志物的含量极低,似乎表明原油具有很高的成熟度。但运用甲基菲指数计算却表明原油的成熟度( $R_o$ )值为  $0.8\%$  左右,即形成于生油窗阶段。通过芳烃中的三蒽相对组成和原油组分的碳同位素比值来看,原油的主体应来自中—上奥陶统烃源岩,因此推测塔中 82 井区的原油是通过蒸发分馏作用运移至目前储层中形成的<sup>[11,12-14]</sup>,即原油来自中—上奥陶统烃源岩,在聚集之后遭受了寒武系天然气的气侵作用并运移至目前的储层中。

## 4 结论

(1)塔中 82 井区的原油为轻质油,族组成中饱和烃占绝对优势,其含量介于  $73\% \sim 97\%$  之间,且饱和烃中以低碳数正构烷烃为主,  $C_{21-}/C_{22+}$  值达  $1.4 \sim 5.4$ ,生物标志物的含量极低。

(2)用分子筛络合正构烷烃后分析表明,生标的含量仍较低,馏烷  $C_{27}-C_{28}-C_{29}$  呈“V”字型分布,重排馏烷的含量较高;萜烷中三环萜的含量较高而五环萜含量极低,且三环萜中以  $C_{20}$  或  $C_{23}$  为主峰,具有寒武系与中—上奥陶统混源的特征。芳烃中三芳馏烷的含量很低。三蒽系列化合物中硫蒽含量较

① 王铁冠,王春江,等.塔河—塔中塔西南地区成藏地球化学与油源对比研究.研究报告,2004.

高,与中—上奥陶统原油相似;原油碳同位素较轻,其饱和烃的碳同位素  $\delta^{13}\text{C}$  值小于  $-32.8\text{‰}$ ,区别于 TD2 井的寒武系原油。

(3)由甲基菲指数得出原油的成熟度  $R_o$  值为  $0.8\%$  左右,因此推断塔中 82 井区的原油并非是有有机质在高成熟阶段生成的凝析油,而是中等成熟的中—上奥陶统有机质生成的正常原油在成藏后由于寒武系天然气的注入,发生了蒸发分馏作用并运移至目前的储层中再次聚集而成藏。

#### 参考文献:

- [1] 邬光辉,李启明,张宝收,等.塔中 I 号断裂坡折带构造特征及勘探领域[J].石油学报,2005,26(1):27-37.
- [2] 韩剑发,梅康夫,杨海军,等.塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩礁滩复合体油气来源与运聚成藏研究[J].天然气地球科学,2007,18(3):426-435.
- [3] 周新源,王招明,杨海军,等.塔中奥陶系大型凝析气田的勘探和发现[J].海相油气地质,2006,11(1):45-51.
- [4] 梁狄刚,张水昌,张宝民,等.从塔里木盆地看中国海相生油问题[J].地学前缘,2000,7(4):534-547.
- [5] 苗继军,贾承造,邹才能,等.塔中地区下奥陶统岩溶风化壳储层特征与勘探领域[J].天然气地球科学,2007,18(4):497-500.
- [6] 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.
- [7] 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):66-72.
- [8] 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.
- [9] 肖中尧,卢玉红,桑红,等.一个典型的寒武系油藏——塔里木盆地塔中 62 井油藏成因分析[J].地球化学,2005,34(2):155-160.
- [10] 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,2002,47(增):16-23.
- [11] 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.
- [12] Tompson K F M. Fractionated aromatic petroleums and the generations of gas-condensates[J]. Organic Geochemistry, 1987, 11(6): 573-590.
- [13] Graas G W, Gilje A E, Isom T P, *et al.* The effects of phase fractionation on the composition of oils, condensates and gases[J]. Organic Geochemistry, 2000, 31: 1419-1439.
- [14] Masterson W D, Dzou L I P, Holba A G, *et al.* Evidence for biodegradation and evaporative fractionation in West Sak, Kuparuk and Prudhoe Bay field areas, North Slope, Alaska [J]. Organic Geochemistry, 2001, 32:411-441.

## Characteristics and Origin of Crude Oils from Well Tazhong 82 Area of Tazhong Uplift

GUO Jian-jun<sup>1</sup>, CHEN Jian-fa<sup>2</sup>, WANG Yi-feng<sup>3</sup>, SHI Sheng-bao<sup>2</sup>, MIAO Zhong-ying<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China;

2. State Key laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 3. Langfang Branch of Research Institute of Petroleum Exploration &

Development, CNPC, Langfang 065007, China)

**Abstract:** This paper discussed the characteristics and origin of crude oils found in well Tazhong 82 area by systematic geochemical analysis. It shows that saturate fraction is the main component in the oils, while low carbon n-alkanes are the main composition of the saturated hydrocarbon, the ratio of  $\text{C}_{21}^-/\text{C}_{22}^+$  ranging from 1.4 to 5.4 and the biomarker content being very low. After n-alkanes being removed by molecule sieves, the biomarker content is still very low, the sterane contents of  $\text{C}_{27}-\text{C}_{28}-\text{C}_{29}$  have the distribution of “V” style, and the contents of rearranged steranes are high; the contents of tricyclic terpanes are higher and pentacyclic terpanes are very low in terpanes,  $\text{C}_{20}$  or  $\text{C}_{23}$  is predominant in tricyclic terpanes. Triaromatic steranes can not be clearly distinguished; dibenzothiophene present in a higher content, and  $\delta^{13}\text{C}$  ratio is light with a saturate  $\delta^{13}\text{C}$  ratio less than  $-32.8\text{‰}$ . These characteristics are different from Cambrian oils of well Tadong 2. MPI index shows that maturity of oils is about  $0.8\%$  ( $R_o$ ), which indicates that the oils of well Tazhong 82 area are not the products generated by organic matter at higher maturity, but were generated by Ordovician organic matter with moderate maturity, and were flooded by Cambrian natural gas after accumulation, and accumulated again in the present reservoir.

**Key words:** Tarim basin; Tazhong 82 area; Crude oil origin.