

文章编号: 1000-0550(2008) 04-0709-06

塔北隆起深层海相油藏中原油及族组分碳同位素组成的纵向分布特征及其地质意义^①

张中宁^{1,2} 刘文汇³ 王作栋¹ 郑建京¹ 王琪¹ 陈国俊¹

(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勘探开发研究院无锡石油地质研究所 江苏无锡 214151)

摘要 利用 MAT252 同位素质谱仪分析了塔里木盆地塔北隆起深层海相油藏中原油及族组分的碳同位素组成。研究表明该区深层海相油藏中原油的全油碳同位素组成主要受生源控制, 受热力作用影响较小; 而在继承生源的碳同位素组成的基础上, 热力作用将对原油族组分的碳同位素组成及其逆转和分馏产生重要影响。总的趋势是随着油藏埋藏深度的增大和热力作用的加强, 饱和烃组分的碳同位素组成逐渐变重, 而沥青质组分的碳同位素组成不断变轻, 族组分碳同位素逆转程度和分馏程度有所加强, 并出现饱和烃 > 芳烃 > 非烃 > 沥青质的整体逆转现象。塔北隆起深层海相原油族组分的碳同位素组成的纵向变化特征, 可以反映出热力作用对原油稳定性的影响。

关键词 塔北隆起 深层 海相原油族组分 碳同位素组成

第一作者简介 张中宁 男 1964 年出生 副研究员 博士研究生 油气有机地球化学 E-mail: ldhb@lzh.ac.cn

中图分类号 P593 **文献标识码** A

0 引言

原油运移成藏后会遭受一系列后期次生改造作用^[1,2], 其中对于深层油藏而言, 热力作用是最主要的改造动力。热力作用会使原油发生热裂解, 从而改变原油的组分及其碳同位素组成^[3~5]。塔里木盆地塔北隆起海相油藏的埋藏深度普遍较大, 最深可达到 6 000 m 以下。由于塔北隆起海相原油主要来源于寒武—奥陶系烃源岩, 具有相似的生源构成和形成环境, 在继承生源的碳同位素组成的基础上, 该区深层油藏中原油及族组分的碳同位素变化可以认为主要

与热力作用有关。因此, 本文通过研究塔北隆起深层海相油藏中原油与族组分碳同位素组成在纵向上的变化特征, 探讨自然演化环境中热力作用对原油与族组分碳同位素组成的影响及其地质意义。

1 样品采集与实验分析

1.1 样品采集

研究的原油样品采自塔里木盆地塔北隆起的轮南、解放渠、哈得、东河塘和英买力油田, 各油藏的埋深范围为 4 556~6 144 m, 储层时代为侏罗系、三叠系、石炭系和奥陶系(图 1)。

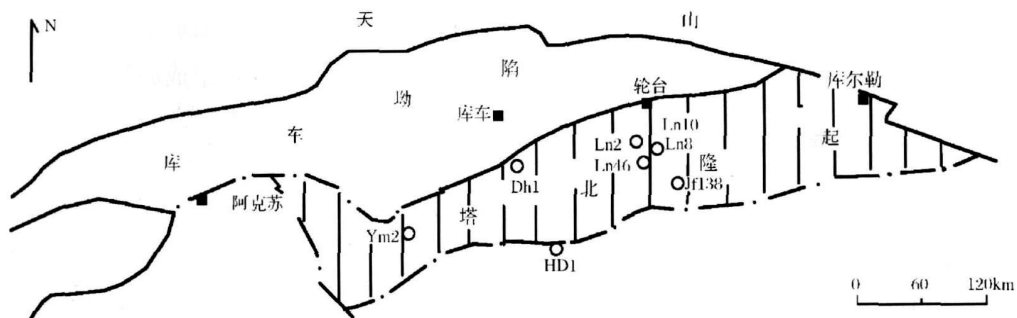


图 1 塔北隆起构造位置及原油样品采样位置

Fig 1 Location of the Tabei Uplift and the crude oil samples

^①国家重点基础研究发展规划项目(编号: 2001CB209102)资助。

收稿日期: 2007-10-12 收修改稿日期: 2007-11-14

1.2 实验分析

原油样品用石油醚沉淀脱去沥青质后进行氧化铝/硅胶柱族组分分离, 分别用石油醚、二氯甲烷和甲醇冲脱饱和烃、芳烃和非烃组分。碳同位素分析在中国科学院气体地球化学重点实验室 MAT252 同位素质谱计上进行分析条件为: 电子能量 68 eV, 质量分辨率 200, 真空度 $< 2 \times 10^{-6}$ Pa, 发射电流 0.800 mA。碳同位素分析标准为 PDB 标准, 其测试误差小于 $\pm 0.3\%$ 。

2 结果与讨论

2.1 塔北隆起深层海相油藏原油碳同位素的纵向分布特征

向分布特征

分析数据表明, 塔北隆起深层海相油藏原油的碳同位素组成普遍偏轻, $\delta^{13}\text{C}$ 值的分布范围为 -33.9% ~ -31.6% , 平均为 -32.7% (表 1), 反映出该区海相原油主要来源于藻类母质, 具有相似的生源构成。

从纵向分布来看, 塔北隆起深层海相油藏原油的全油碳同位素组成是基本相近的, $\delta^{13}\text{C}$ 值稳定分布在 -33.9% ~ -31.6% 区间内, 主峰值在 -32% ~ -33% (图 2), 表明随着油藏埋藏深度的增大和热力作用的加强, 原油的全油碳同位素组成保持相对稳定,

表 1 塔北隆起深层海相油藏原油及族组分的碳同位素组成

Table 1 Carbon isotopic compositions of crude oils and its group components of the deep marine oil reservoirs in Tabei Uplift

井号	层位	深度 /m	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$ (PDB)				
			原油	饱和烃	芳烃	非烃	沥青质
Jf138	T ₃	4556~4563	-32.8	-32.8	-30.8	-32.4	-32.7
Ln2	I ₄	4561~4564	-31.6	-32.1	-30.6	-31.1	-31.6
Ln10	T ₁	4733~4749	-32.5	-32.7	-30.6	-31.4	-32.4
Hd1	C ₁₋₂	5012~5017	-32.8	-33.0	-31.3	-32.6	-33.6
Ln8	O	5167~5230	-31.8	-32.8	-30.4	-31.6	-32.3
Dh1	C ₃	5705~5773	-33.9	-33.0	-31.5	-33.4	-33.8
Ym2	O	5940~5953	-33.6	-31.3	-32.0	-33.4	-34.1
Ln46	O	6119~6144	-32.2	-30.2	-30.3	-31.9	-35.8

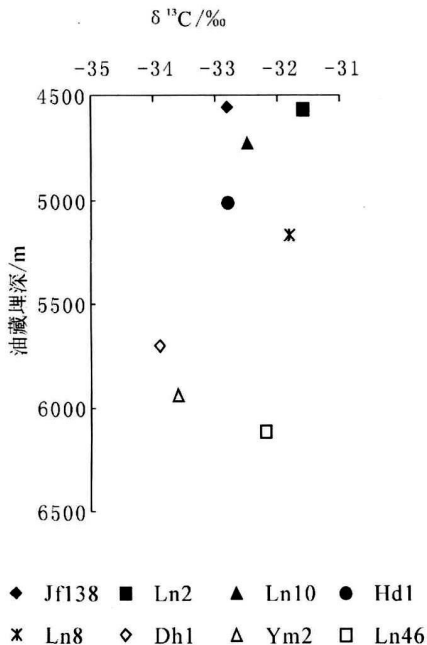


图 2 塔北隆起深层海相原油碳同位素组成的纵向分布特征

Fig 2 Vertical distribution characteristics of carbon isotopic compositions of deep marine oils in Tabei Uplift

没有发生明显的变化。研究证实, 原油的碳同位素组成具有母质继承效应^[6,7], 即不同沉积环境形成的原油具有不同的碳同位素组成。例如松辽、泌阳、陕甘宁、河西盆地典型淡水湖泊相原油的碳同位素组成一般在 -32.0% ~ -27.0% 之间, 柴达木、江汉盆地典型盐湖相原油的碳同位素组成在 -28.3% ~ -24.4% 之间, 陕甘宁、准噶尔盆地与煤系有关的原油的碳同位素组成通常在 -26.0% 左右^[8]。而对于沉积环境相同或相似、但处于不同热演化阶段的原油而言, 原油的碳同位素组成亦具有相似性, 如在松辽、辽河、黄骅、景谷等地区湖泊相未熟—低熟油中, 其碳同位素分布范围为 -34.0% ~ -28.0% ^[9], 在吐哈盆地二叠系湖泊相成熟原油中, 其碳同位素分布范围为 -32.0% ~ -31.0% ^[10]。塔北隆起海相原油主要来自于寒武—奥陶系海相沉积的碳酸盐岩, 运移成藏后又经历了漫长的热演化过程, 特别是随着油藏埋藏深度的增大和热力作用的加强, 其全油碳同位素组成变化不大, 例如埋藏深度在 4556 m 的 Jf138 井原油和埋藏深度在 6119 m 的 Ln46 井原油的全油碳同位素组成基本相近 (分别为 -32.8% 和 -32.2%), 说明

塔北隆起深层海相原油的碳同位素组成主要是继承了生源的碳同位素组成特征, 热力作用对其全油的碳同位素组成影响较小。

2.2 原油族组分碳同位素组成的纵向变化特征

塔北隆起深层海相油藏原油族组分的 $\delta^{13}\text{C}$ 值分布范围为: 饱和烃 $-33.0\text{‰} \sim -30.2\text{‰}$, 芳烃 $-32.0\text{‰} \sim -30.2\text{‰}$, 非烃 $-33.6\text{‰} \sim -31.1\text{‰}$, 沥青质 $-35.8\text{‰} \sim -31.6\text{‰}$ (表 1)。总体特征是原油族组成中芳烃组分的碳同位素组成相对较重, 而沥青质和饱和烃组分的碳同位素组成相对较轻。

图 3 表明, 随着油藏埋藏深度的增加, 原油各族组分的碳同位素组成具有不同的变化特征。约在 $4500 \sim 5500\text{m}$ 的深度范围内, 饱和烃组分碳同位素组成变化不大, 其 $\delta^{13}\text{C}$ 值主要分布在 -32‰ 左右; 当油藏埋深大于 5500m 时, 饱和烃组分的碳同位素组成开始变重, 最重达到 -30.2‰ , 说明饱和烃组分的碳同位素发生了分馏, 最大分馏值达到 2.8‰ 。在 $4500 \sim 5500\text{m}$ 的深度范围内, 该区油藏中沥青质组分的碳同位素组成变化亦不明显, 其 $\delta^{13}\text{C}$ 值主要分布在 -32‰ 左右; 但在油藏埋深大于 5500m 时, 沥青质的碳同位素组成明显变轻, 最轻达到 -35.8‰ , 其最大分馏值达到 4.2‰ 。对于芳烃和非烃组而言, 随着油藏埋藏深度的增大其碳同位素组成变化趋势不明显, 但在油藏埋深大于 5500m 时, 二者也有微弱的变重趋势。可以看出, 当油藏埋深达到 5500m 以下, 原油中饱和烃和沥青质组分的碳同位素组成

明显发生了分馏, 并呈现出互为消长的变化特征。

研究证实, 热力作用能够使有机质中的轻碳同位素发生损耗^[11~13], 并且改变其组分的碳同位素组成^[3,4,14]。由于在原油族组分中, 饱和烃一般以富集 ^{12}C 为特征, 具有轻的碳同位素组成。而且从分子结构和化学键的强弱来看, 饱和烃也是原油组分中化学性质最不稳定的一类化合物, 易于受热力作用而发生裂解^[3], 其中因饱和烃分子中 $^{12}\text{C}-^{12}\text{C}$ 键的键离能相对较低而优先发生断裂, 轻碳同位素从饱和烃分子中逸出, 从而使得饱和烃分子的碳同位素组成变重。因此, 原油组分中饱和烃分子的碳同位素组成的变化, 可以反映出热力作用对原油稳定性的影响。

塔北隆起深部海相原油中饱和烃分子碳同位素组成在纵向上的变化特征说明, 当油藏埋深小于 5500m 时, 饱和烃分子的碳同位素组成变化不大, 表明原油保持着相对稳定, 没有明显发生热裂解作用的迹象; 而当油藏埋深大于 5500m 时, 饱和烃分子的碳同位素组成逐渐变重, 表明原油稳定性受到破坏, 开始在热力作用下发生热裂解, 并且主要是以饱和烃分子发生裂解为主。即对塔北隆起深部海相原油而言, 只有当油藏埋深达到一定深度的时候, 原油才会在热力作用下开始发生热裂解, 而原油中饱和烃分子碳同位素组成在 5500m 上下所反映出的两种明显不同的分布特征, 可能预示着 5500m 为该区油藏中原油开始发生热裂解的大致门限深度。

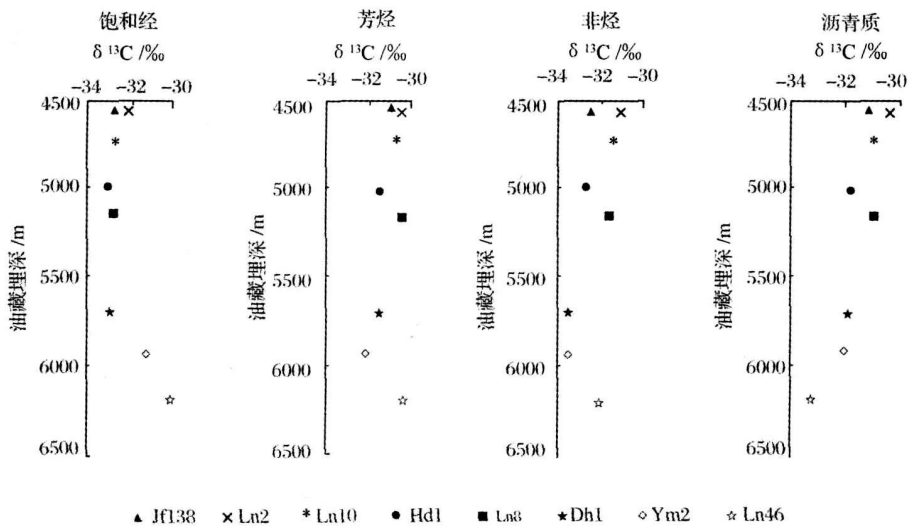


图 3 塔北隆起深层海相原油族组分碳同位素组成的纵向分布特征

Fig 3 Vertical distribution characteristics of carbon isotopic compositions of deep oil group compositions in Tabei Uplift

2.3 原油族组分碳同位素逆转程度及分馏程度的纵向变化特征

原油族组分碳同位素具有随极性增大而富集 ¹³C 的趋势,即族组分 δ¹³C 值的变化规律为饱和烃 < 芳烃 < 非烃 < 沥青质。然而,受到生源、沉积环境、生物和热力作用的影响,在包括原油在内的有机质的形成演化过程中,族组分的碳同位素组成常常出现不同程度的逆转现象^[15-19]。

图 4 为塔北隆起深层海相原油族组分的碳同位素分布曲线,可以看出,该区海相原油族组分的碳同位素组成普遍出现了逆转现象,但逆转的形式有所不同。在埋藏深度小于 5 800 m 的油藏中,原油族组分的碳同位素组成以局部逆转为主,即原油族组分中芳烃一般具有最重的碳同位素组成,非烃次之,而沥青

质或饱和烃具有最轻的碳同位素组成(图 4a);此时原油族组分间的碳同位素最大分馏值主要出现在沥青质和芳烃组分或饱和烃和芳烃组分之间,分布范围在 1.5‰~3.1‰之间。但对于埋藏深度大于 5 800 m 的油藏,如在 Ym2 井和 Ln46 井,原油中饱和烃成为碳同位素组成最重的组分,而沥青质组分却具有最轻的碳同位素组成,即出现饱和烃 > 芳烃 > 非烃 > 沥青质的完全反序排列特征(图 4b);此时原油族组分间的碳同位素最大分馏值只出现在饱和烃和沥青质组分之间,最大可达到 5.6‰。并且在轮南地区,原油族组分间的碳同位素最大分馏值与油藏埋深呈现良好的正相关关系(图 5),说明随着油藏埋藏深度的增大和热力作用的加强,原油族组分碳同位素组成的逆转程度和分馏程度亦有加强的趋势。

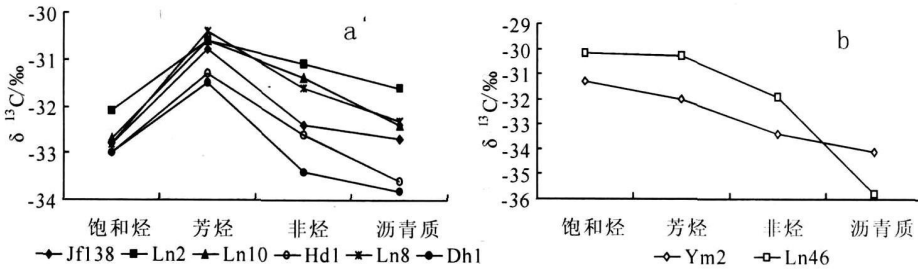


图 4 塔北隆起深层海相原油族组分的碳同位素分布曲线

Fig 4 Carbon isotopic distribution curves of deep oil group compositions in TabeiUplift

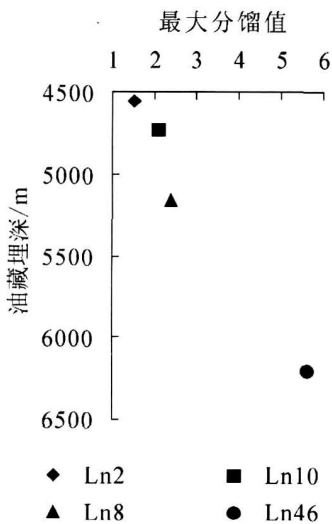


图 5 轮南油田深层原油族组分碳同位素最大分馏值的纵向分布特征

Fig 5 Vertical distribution characteristics of the carbon isotopic biggest fractionation of deep oil group compositions in TabeiUplift

从目前的研究资料来看,原油族组分碳同位素组成发生逆转是一个普遍存在的自然现象。如徐永昌^[9]和沈平^[17]等人的研究发现,湖泊相、盐湖相和沼泽相未熟—低熟油中普遍存在族组分碳同位素的局部逆转现象。碳同位素逆转主要发生在芳烃组分,组分间芳烃和沥青质的碳同位素组成相对较重,非烃次之,而饱和烃基本为最轻组分。族组分间最大分馏主要出现在饱和烃和芳烃之间,但分馏程度较小,一般小于 2‰。由于处于低演化阶段,因此可以认为不同沉积相未熟—低熟油族组分中的碳同位素逆转主要与生源和沉积环境有关。

与不同沉积相的未熟—低熟油相比,塔北隆起海相原油族组分的碳同位素逆转仍以芳烃组分为主,既在高演化原油中芳烃仍可成为碳同位素组成偏重的组分,可见原油中芳烃组分的碳同位素逆转具有普遍性。但高演化原油族组分碳同位素组成的逆转程度和分馏程度有所加强,组分间同位素最大分馏值不仅出现在饱和烃和芳烃之间,还可出现在沥青质和芳烃之间,最大分馏值一般大于 2‰。随着油藏埋藏深度

的增加, 原油中饱和烃和沥青质组分的碳同位素组成将发生逆转, 即饱和烃分子以富集¹³C 为特征, 而沥青质分子以富集¹²C 为特征, 并出现饱和烃 > 芳烃 > 非烃 > 沥青质的碳同位素组成整体逆转现象。

塔北隆起深层海相原油族组分的碳同位素组成、逆转程度和分馏程度的纵向变化特征说明, 在继承生源的碳同位素组成的基础上, 热力作用将对原油族组分的碳同位素组成及其逆转和分馏产生重要影响。而对于该区海相原油中沥青质组分碳同位素组成随油藏埋深增加而变轻的现象, 还有待于进一步的研究以揭示其形成机理。

3 结论

(1) 塔北隆起深层海相原油碳同位素组成的纵向分布特征说明, 原油的碳同位素组成主要受生源控制, 热力作用对其全油的碳同位素组成影响较小。

(2) 塔北隆起深层海相原油族组分的碳同位素组成、逆转程度和分馏程度的纵向变化特征表明, 在继承生源的碳同位素组成的基础上, 热力作用将对原油族组分的碳同位素组成及其逆转和分馏产生重要影响。总的趋势是随着油藏埋藏深度的增大和热力作用的加强, 饱和烃组分的碳同位素组成逐渐变重, 而沥青质组分的碳同位素组成不断变轻, 族组分碳同位素逆转程度和分馏程度有所加强, 并出现饱和烃 > 芳烃 > 非烃 > 沥青质的整体逆转现象。

(3) 原油族组分中饱和烃分子的碳同位素组成的变化, 可以反映出热力作用对原油稳定性的影响。对塔北隆起深层海相油藏而言, 当油藏埋深小于 5 500 m 时, 原油饱和烃分子的碳同位素组成变化不大, 表明原油保持着相对稳定; 而当油藏埋深大于 5 500 m 时, 原油饱和烃分子的碳同位素组成开始变重, 表明原油在热力作用下开始发生热裂解, 并且主要是以饱和烃分子发生热裂解为主。塔北隆起深层海相原油中饱和烃分子碳同位素组成在 5 500 m 上下所反映出的两种明显不同的分布特征, 反映出只有当油藏达到一定深度时, 原油才会在热力作用下明显发生热裂解, 并可能预示着 5 500 m 为该区油藏中原油发生热裂解的大致门限深度。

参考文献 (References)

- 1 Tissot B P, Welte D H. Petroleum Formation and Occurrence [J]. Berlin: Springer-Verlag, 1984: 699
- 2 Larter S R, Applin A C. Reservoir Geochemistry: Methods, Applica-

- tions and Opportunities: The Geochemistry of Reservoirs [M]. London: Special Publication 86 The Geological Society, 1995: 5-32
- 3 张文正. 有机质碳同位素的成熟分馏作用及地质意义 [J]. 石油实验地质, 1989, 11 (2): 177-183 [Zhang Wenzheng. Fractionation of carbon isotopes of organic matter and its geological significance [J]. Petroleum Geology & Experiment, 1989, 11(2): 177-183]
- 4 Price L C. Thermal stability of hydrocarbon in nature: limits, evidence, characteristics and possible controls [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1993, 57: 3261-3280
- 5 张水昌, 王招明, 王飞宇, 等. 塔里木盆地塔东 2 井油藏形成历史——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): 25-31 [Zhang Shuichang, Wang Zhaoming, Wang Feiyu, et al. Oil accumulation history in Tadong 2 oil reservoir in Tarim Basin, NW China—A case study of oil stability and cracking [J]. Petroleum Exploration & Development, 2004, 31(6): 25-31]
- 6 沈平, 徐永昌. 石油碳、氢同位素组成的研究 [J]. 沉积学报, 1998, 16(4): 124-127 [Shen Ping, Xu Yongchang. Study on carbon and hydrogen isotopes composition of crude oil [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1998, 16(4): 124-127]
- 7 徐永昌, 刘文汇, 沈平. 含油气盆地油气同位素地球化学研究概述 [J]. 沉积学报, 2001, 19 (2): 161-168 [Xu Yongchang, Liu Wenhui, Shen Ping. A review of isotope geochemical researches on oil and gas in oil and gas-bearing basins [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(2): 161-168]
- 8 徐永昌, 沈平. 中国化石燃料的同位素地球化学 [J]. 中国科学 (D 辑), 1990, 4: 409-418 [Xu Yongchang, Shen Ping. Isotope geochemistry of fossil fuel in China [J]. Science in China (Series D), 1990, 4: 409-418]
- 9 Xu Yongchang, Shen Ping, Liu Wenhui, et al. Isotopic composition characteristics and identification of immature and low-mature oils [J]. Chinese Science Bulletin, 2001, 46(22): 1923-1929
- 10 徐永昌. 陆相生油及其衍生点 [J]. 第四纪研究, 2000, 20(1): 56-67 [Xu Yongchang. Continental oil generation and hot spots developed from it [J]. Quaternary Sciences, 2000, 20(1): 56-67]
- 11 Simoniet B R T, Brenner S, Peters K E, et al. Thermal alteration of Cretaceous black shale by diabase intrusions in the eastern Atlantic: II. Effects on bitumen and kerogen [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1981, 45: 1581-1602
- 12 Clayton J L, Bostick N H. Temperature effects on kerogen and molecular and isotopic composition of organic matter in Pierre Shale near an igneous dike [J]. Organic Geochemistry, 1986, 10: 135-143
- 13 Saxby J D, Stephenson L C. Effect of an igneous intrusion on oil shale at Rundle (Australia) [J]. Chemical Geology, 1987, 63: 1-16
- 14 徐永昌, 沈平, 申歧祥, 等. 煤系有机质热模拟产物的地球化学特征及地质意义 [C] // 中国科学院兰州地质研究所生物气体地球化学开放实验室研究年报. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1986: 86-105 [Xu Yongchang, Shen Ping, Shen Qixiang, et al. Geochemical Characteristics and Significance of Thermal Simulated Products of Coal-bearing Organic Matter [C] // Annual Research Report Biogeochemistry and Gas geochemistry Laboratory, Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica, Gansu Publishing House of Science and Tech-

- nology, 1986: 86-105]
- 15 张爱云, 蔡云开, 初志明, 等. 沉积有机质中稳定同位素逆转现象初探 [J]. 沉积学报, 1992, 10(4): 49-59 [Zhang Aiyun, Cai Yunkai, Chu Zhiming *et al.* Preliminary study on the reversed distribution of stable carbon isotopes in sedimentary organic matter [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 1992, 10(4): 49-59]
- 16 陈践发, 徐永昌. 煤系地层中有机质碳同位素组成特征 [J]. 沉积学报, 1992, 10(4): 44-47 [Chen Jianfa, Xu Yongchang. Characteristics of organic carbon isotope composition in coal-bearing strata [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 1992, 10(4): 44-47]
- 17 沈平, 徐永昌, 郑建京. 景谷盆地地演化油气的碳同位素地球化学特征 [J]. 沉积学报, 2002, 20(1): 151-155 [Shen Ping, Xu Yongchang, Zheng Jianjing. Isotopic geochemical characteristics of low mature petroleum in Jinggu Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2002, 20(1): 151-155]
- 18 王传刚, 王铁冠, 何发歧, 等. 塔河油田原油稳定碳同位素特征及其成藏意义 [J]. 新疆石油地质, 2005, 26(2): 155-157 [Wang Chuangang, Wang Tieguan, He Faqi *et al.* Stable carbon isotope and its significance in Tahe Oilfield, Tarin Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2005, 26(2): 155-157]
- 19 张中宁, 刘文汇, 郑建京, 等. 塔里木盆地深层烃源岩可溶有机组分的碳同位素组成特征 [J]. 沉积学报, 2006, 24(5): 769-773 [Zhang Zhongning, Liu Wenhui, Zheng Jianjing *et al.* Characteristics of carbon isotopic composition of soluble organic components of deep source rocks in Tarin Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2006, 24(5): 769-773]

Vertical Distribution Characteristics and Its Geological Significance for Carbon Isotopic Composition of Oils and Its Group Components of Deep Marine Oil Reservoirs in Tabei Uplift, Tarim Basin

ZHANG Zhong-n ing^{1, 2} LIU Wen-hui³ WANG Zuo-dong¹
ZHENG Jian-jing¹ WANG Qi¹ CHEN Guo-jun¹

(1. Key Laboratory of Gas Geochemistry, Institute of Geophysics, CAS, Lanzhou 730000)

2 Graduate School of CAS, Beijing 100039

3 Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi Jiangsu 214151)

Abstract The carbon isotopic compositions of the oils and its group components, which collected from the deep marine oil reservoirs in Tabei Uplift of Tarim Basin, were analyzed by the MAT252 Isotope Mass Spectrometer. The results showed that carbon isotopic compositions of these deep oils are mainly controlled by their parent material and less affected by the thermal effects. Reversely, the carbon isotopic compositions and its reversed distributions and fractionations of these deep oil group components, on the basis of inheriting the carbon isotopic composition of parent materials, are evidently affected by the thermal effects. The carbon isotopic compositions of saturated hydrocarbons, with the increasing oil reservoirs depth and the enhancing thermal effect, gradually became heavy, but the carbon isotopic compositions of asphaltenes obviously lighten. The reversed distribution degree and fractionation degree of carbon isotope for these deep oil group components also increased, and there are totally reversed distribution in some samples that the distribution of $\delta^{13}\text{C}$ values of the group components is saturated hydrocarbons > aromatics > non-hydrocarbons > asphaltenes. The vertical distribution characteristics of oil group components of deep marine oil reservoirs in Tabei Uplift may indicate the influences of thermal effects on oil stability.

Key words Tabei Uplift, deep marine oil, group component, carbon isotopic composition