

文章编号: 1000-0550(2004)02-0348-06

# 塔北、塔中地区碳酸盐岩及其原油中的 二苯并噻吩类化合物

李景贵 郑建京 刘文汇 陈国俊 孟自芳

(中国科学院兰州地质研究所气体地球化学开放实验室 兰州 730000)

**摘要** 塔里木盆地塔北、塔中地区四口井(库南 1 井, 轮南 46 井, 塔中 12 井和塔参 1 井)寒武 - 奥陶系 12 个碳酸盐岩烃源岩(泥灰岩, 泥质灰岩和云岩)岩芯样品抽提物芳烃组分中的二苯并噻吩类化合物组成和丰度变化特征可分为三种类型: 二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩型; 二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩、二甲基二苯并噻吩 + 三甲基苈混合物型; 二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩、二甲基二苯并噻吩和三甲基二苯并噻吩型。研究的塔北、塔中隆起 11 个海相油二苯并噻吩类化合物分布类型均为二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩、二甲基二苯并噻吩和三甲基二苯并噻吩型, 和海相烃源岩二苯并噻吩类化合物第一种分布类型完全相同。据此推断: 塔北隆起 8 个海相油可能主要来源于塔北轮南地区下奥陶统; 塔中隆起 3 个海相油可能来源于塔中地区中 - 上奥陶统。

**关键词** 塔里木盆地 碳酸盐岩烃源岩 原油 油源对比 二苯并噻吩类化合物

**第一作者简介** 李景贵 男 1943 年出生 研究员 油气有机地球化学

**中图分类号** P593 **文献标识码** A

塔里木盆地海相油气藏主要分布在塔北和塔中隆起区。其烃源岩为寒武 - 奥陶系碳酸盐岩。

国内许多石油地球化学家和国际一些石油地球化学家对塔里木盆地寒武 - 奥陶系碳酸盐岩及其原油饱和烃组分中的生物标记化合物进行了大量的研究和报导<sup>[1~5]</sup>。但对塔里木盆地寒武 - 奥陶系碳酸盐岩烃源岩及原油中的芳烃化合物却报导得很少。芳烃化合物是各类烃源岩和原油的重要组成部分, 可以提供烃源岩沉积环境、有机质来源、油运移、热成熟度和油源对比等许多信息。本文分析了塔北、塔中地区寒武 - 奥陶系海相碳酸盐岩烃源岩抽提物及其原油芳烃组分中的 10 种重要芳烃化合物(萘、联苯、氧苈、苈、二苯并噻吩、菲、蒽、蒾、蒹、蒽和苯并蒽系列化合物)。研究发现: 萘和联苯系列化合物丰度在烃源岩样品芳烃总离子流图中普遍很低, 但在原油样品芳烃总离子流图中却普遍很高; 菲系列化合物在烃源岩样品芳烃总离子流图中(除个别样品外)普遍为最高峰群, 但在绝大多数原油样品芳烃总离子流图中最高峰群却被萘、联苯系列化合物所代替; 蒽系列化合物在烃源岩样品中普遍存在, 并在有些样品中丰度较高, 但在原油样品中丰度普遍很低; 苯并蒽系列化合物在研究的半数烃源岩样品中存在, 但在原油样品中普遍缺失。以上这些芳烃化合物在岩、油芳烃总离子流图中的不同丰度变化

可能主要是受油运移影响的结果。蒾在研究的多半数烃源岩样品中存在, 但在原油样品中普遍缺失, 这可能是由于具异丙基的蒾的热动力学的不稳定性所致。随原油成熟度增高, 蒾易被降解为 7-乙基-1-甲基菲和 1,7-二甲基菲<sup>[6]</sup>。蒽系列化合物在库车坳陷煤样中丰度较高, 但在研究的塔北、塔中地区寒武 - 奥陶系海相烃源岩及原油中均不存在这类以高等植物为母质来源的芳烃化合物。因此, 上述这些芳烃类化合物在塔里木盆地寒武 - 奥陶系海相碳酸盐岩烃源岩及其原油油源对比研究中没有实际地球化学意义。但研究表明二苯并噻吩类化合物是进行塔里木寒武 - 奥陶系海相碳酸盐岩烃源岩及其原油油源对比研究较为有用的芳烃化合物。本文报导了二苯并噻吩类化合物在塔北、塔中地区寒武 - 奥陶系碳酸盐岩烃源岩及原油中的分布特征, 并进而首次提出了利用二苯并噻吩类化合物进行塔北、塔中地区碳酸盐岩烃源岩及其原油油源对比研究的新看法。

## 1 样品和实验

### 1.1 样品

本文共采集和分析了塔北、塔中地区四口井(库南 1 井, 轮南 46 井, 塔中 12 井和塔参 1 井)(图 1)寒武 - 奥陶系碳酸盐岩岩芯样品(泥灰岩、泥质灰岩和云岩)

12 块。库南 1 井寒武系烃源岩沉积环境为欠补偿盆地相;轮南 46 井、塔中 12 井和塔参 1 井奥陶系烃源岩沉积环境为台缘斜坡灰泥丘相;塔参 1 井寒武系为泻湖边缘相。分析的 12 块碳酸盐岩样品的 TOC 值比较低,只有库南 1 井中-下寒武统两个样品 TOC 值超过了 0.5% (分别为 0.63% 和 2.04%),其余样品 TOC 值仅变化于 0.09% ~ 0.21% 之间。分析的 12 块碳酸盐岩岩芯样品的沥青反射率值被测定了。据转换式 ( $R_o = 0.668 R_b + 0.346$ )<sup>[7]</sup>,这些岩芯样品的等效镜质体反射率值也被计算了。采集和分析的全部岩芯样品基础地质、地化资料列在表 1 中。

本文共采集和分析海相油样 11 个。塔北隆起 8 个,塔中隆起 3 个(图 1)。其基础地质、地化资料见表 2。

1.2 实验

岩芯样品去掉表层污染后粉碎至 100 目,用精制的氯仿抽提 72 小时(在 70 温度下)。抽提液和原油样品均用正己烷沉淀沥青质后,在 SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 柱上分离。用正己烷分离饱和烃,用二氯甲烷分离芳烃,用甲醇分离非烃。浓缩后的芳烃组分进行色-质仪分析(用选择离子和全扫描方式)。质谱仪型号为 HP5973,色谱仪型号为 HP6890,毛细管柱为 SE-54

表 1 研究的塔北、塔中地区岩芯样品基础地质、地化资料

Table 1 Basic geological and geochemical data for core samples in Tabei and Tazhong areas studied in this paper

样品号	井号	岩性	井深 / m	时代	TOC <sup>a</sup> / %	T <sub>max</sub> /	S <sub>1</sub> / (mg/g)	S <sub>2</sub> / (mg/g)	S <sub>1</sub> + S <sub>2</sub> / (mg/g)	R <sub>b</sub> / % <sup>b</sup>	R <sub>o</sub> / % <sup>c</sup>
KL-10	库南 1	黑色泥灰岩	4886	3	0.14	493	0.02	0.01	0.03	2.42	1.96
KL-12	库南 1	黑色泥灰岩	5189	1+2	0.63						
KL-13	库南 1	黑色泥灰岩	5503	1+2	2.04						
KL-15	轮南 46	灰色泥灰岩	5570	O <sub>2+3</sub>	0.08						
KL-16	轮南 46	灰色泥灰岩	5900	O <sub>2+3</sub>	0.08						
KL-17	轮南 46	黑色泥灰岩	6160	O <sub>1</sub>	0.21	430	0.15	0.24	0.39	0.67	0.79
KL-22	塔中 12	深灰色泥灰岩	4669	O <sub>2+3</sub>	0.15						
KL-23	塔中 12	深灰色泥灰岩	4968	O <sub>2+3</sub>	0.18						
KL-25	塔参 1	灰色泥质灰岩	4006	O <sub>3</sub>	0.18	430	0.07	0.14	0.21	0.51	0.69
KL-26	塔参 1	深灰色云岩	5774	O <sub>1</sub>	0.10	599	0.05	0.01	0.06	-	-
KL-27	塔参 1	深灰色云岩	6421	3	0.09	556	0.02	0.01	0.03	-	-
KL-28	塔参 1	深灰色云岩	7124	1	0.12	510	0.06	0.01	0.07	-	-

- a TOC 值和 Rock - Eval 数据的测定在中国石油勘探开发研究院(北京)完成;
- b 沥青反射率 (R<sub>b</sub> %) 的测定在中国科学院广州地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室完成;
- c 等效镜质体反射率值 (R<sub>o</sub> %) 由刘德汉等(1994)建立的转换式 (R<sub>o</sub> = 0.668 R<sub>b</sub> + 0.346) 计算得出。

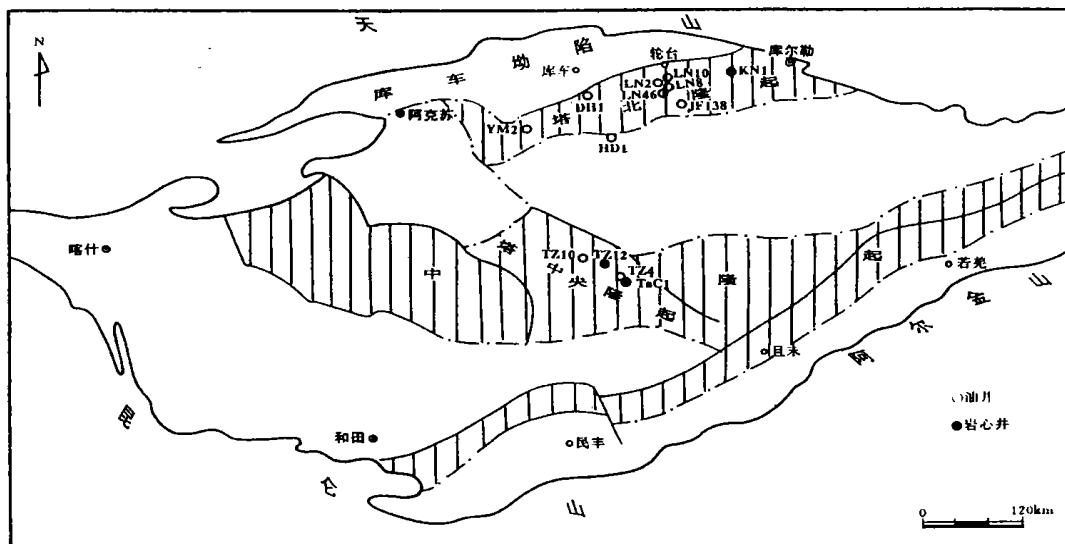


图 1 本文研究的塔北、塔中地区岩芯、原油样品采集位置图(塔里木盆地构造地质图据黄第藩、梁狄刚,1995)  
Fig. 1 Location of the wells in Tabei and Tazhong uplifts from which core and oil samples were collected for this study

表 2 分析的塔北、塔中隆起海相原油样品基础地质、地化资料

Table 2 Basic geological and geochemical data for analysed marine crude oil samples in Tabei and Tazhong uplifts

地区	样品号	井号	深度/m	储层时代	<sup>13</sup> C/ ‰
塔北 隆起	Tm-01	轮南 10	4743.00 ~ 4749.00	T <sub>1</sub>	- 32.5
	Tm-07	轮南 2	4561.50 ~ 4564.50	J <sub>1</sub>	- 31.6
	Tm-19	哈德 1	5011.45 ~ 5012.80	C <sub>1</sub> 、C <sub>2</sub>	- 32.8
	Tm-20	解放 138	4556.00 ~ 4563.00	T <sub>3</sub>	- 32.8
	Tm-22	东河塘 1	5751.00 ~ 5773.00	C <sub>3</sub>	- 33.1
	Tm-26	轮南 8	5167.23 ~ 5230.00	O	- 31.8
	Tm-27	轮南 46	6119.00 ~ 6144.00	O	- 32.2
	Tm-28	英买 2	5940.00 ~ 5953.00	O	- 33.6
塔中 隆起	Tm-11	塔中 4-401	3724.02	C <sub>3</sub>	- 31.8
	Tm-12	塔中 4-7	3608.00 ~ 3626.00	C <sub>3</sub>	- 32.9
	Tm-29	塔中 10	4227.00 ~ 4234.00	C <sub>3</sub>	- 33.7

(30 m × 0.25 mm i. d.); 程序升温为 60 (恒温 10 min) 160 (5 ·min<sup>-1</sup>) 270 (2 ·min<sup>-1</sup>, 恒温 20 min); He 气为载气, He 气流速 0.2 ml/min; 注射器温度 250, 离子源温度 230, 电子碰撞电流 34.6 μA, 电能 70 eV。

## 2 结果和讨论

### 2.1 塔北、塔中地区寒武 - 奥陶系海相碳酸盐岩烃源岩二苯并噻吩类化合物分布特征

三芬系列化合物(氧芬、芬、硫芬 - 二苯并噻吩)被普遍认为是烃源岩沉积环境的良好指标。陆相淡水烃源岩及原油含氮含量高, 沼泽相煤及煤成油氧芬含量高, 盐湖相、海相碳酸盐岩烃源岩及原油二苯并噻吩类化合物含量高<sup>[8]</sup>。但本文研究的塔北、塔中地区四口井寒武 - 奥陶系 12 个海相碳酸盐岩样品中的二苯并噻吩类化合物的组成和丰度变化特征与以前的报导不完全相同。研究的塔北、塔中地区四口井碳酸盐岩样品二苯并噻吩类化合物的丰度变化存在低、中、高三种情况。

据芳烃总离子流图中二苯并噻吩类化合物的组成和丰度特征可将塔北、塔中地区四口井寒武 - 奥陶系 12 个海相碳酸盐岩烃源岩样品二苯并噻吩类化合物的分布分为三种类型:

二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩型(缺失二甲基二苯并噻吩)(图 2)。这种分布类型的样品有 2 个, 即: KL - 12, 库南 1 井, 5 189 m, 黑色泥灰岩, <sub>1+2</sub>; KL - 13, 库南 1 井, 5 503 m, 黑色泥灰岩, <sub>1+2</sub>。在该二样品芳烃总离子流图中只存在二苯并噻吩和甲基二苯并噻吩, 并且它们的相对丰度都很低, 类似于库车坳陷三叠、侏罗系湖相泥岩和煤样品中二苯并噻吩类化合物之丰度。该二海相烃源岩样品二苯并噻吩类化合物的低丰度可能是由于库南 1 井中 - 下寒武统两个样品(KL - 12, KL - 13)具有研究样品中最高的有机质成熟

度( $R_o > 2.0\%$ )(表 1), 致使样品中二苯并噻吩类化合物发生去甲基化反应, 结果在这些样品芳烃总离子流图中只存在很低丰度的二苯并噻吩和甲基二苯并噻吩;

二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩、二甲基二苯并噻吩 + 三甲基芬混合物型(二甲基二苯并噻吩与三甲基芬丰度都较低, 二者共逸出)(图 3)。这种分布类型的样品有 6 个, 即: KL - 10, 库南 1 井, 4 886 m, 黑色泥灰岩, <sub>3</sub>; KL - 15, 轮南 46 井, 5 570 m, 灰色泥灰岩, <sub>O<sub>2+3</sub></sub>; KL - 16, 轮南 46 井, 5 900 m, 灰色泥灰岩, <sub>O<sub>2+3</sub></sub>; KL - 22, 塔中 12 井, 4 669 m, 深灰色泥灰岩, <sub>O<sub>2+3</sub></sub>; KL - 25, 塔参 1 井, 4 006 m, 灰色泥灰岩, <sub>O<sub>3</sub></sub>; KL - 28, 塔参 1 井, 7 124 m, 深灰色云岩, <sub>1</sub>。第 种分布类型 6 个海相烃源岩样品中的二苯并噻吩类化合物的相对丰度不高, 但比第 种分布类型 2 个样品(图 2)要高些;

二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩、二甲基二苯并噻吩和三甲基二苯并噻吩型(图 4)。这种分布类型的样品有 4 个: KL - 17, 轮南 46 井, 6 160 m, 黑色泥灰岩, <sub>O<sub>1</sub></sub>; KL - 23, 塔中 12 井, 4 968 m, 深灰色泥灰岩, <sub>O<sub>2+3</sub></sub>; KL - 26, 塔参 1 井, 5 774 m, 深灰色云岩, <sub>O<sub>1</sub></sub>; KL - 27, 塔参 1 井, 6 421 m, 深灰色云岩, <sub>3</sub>。这种分布类型样品的突出特征是在样品芳烃总离子流图中普遍存在高丰度的完整系列的二苯并噻吩类化合物。在这种分布类型 4 个样品的芳烃总离子流图中不但有二苯并噻吩和甲基二苯并噻吩, 而且还有二甲基和三甲基二苯并噻吩。第 种分布类型二苯并噻吩类化合物的丰度变化顺序在它们的选择离子( $m/z 184$ ,  $m/z 198$ ,  $m/z 212$  和  $m/z 226$ )质量色谱图中普遍为 MDBT > DMDBT > TMDBT > DBT(但在它们的芳烃总离子流图中由于有少量的三甲基芬异构体与二甲基二苯并噻吩共逸出和少量的二甲基菲异构体与三甲基二苯并噻吩共逸出,

导致芳烃总离子流图中的二甲基和三甲基二苯并噻吩化合物的相对丰度比它们选择离子质量色谱图中的相对丰度要高些)。在它们芳烃总离子流图中,甲基、二甲基和三甲基二苯并噻吩相对丰度都比较高,致使二

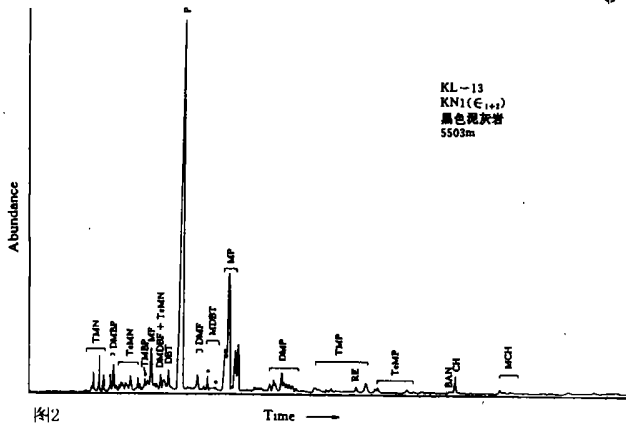


图 2 塔北隆起库南 1 井中 - 下寒武统泥灰岩 (KL - 13) 抽提物芳烃总离子流图

(示海相碳酸盐岩烃源岩二苯并噻吩系列化合物分布类型 :二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩型) (N = 萘, BP = 联苯, DBF = 氧芴; F = 芴; DBT = 二苯并噻吩; P = 菲; RE = 萘烯; CH = 蒽; BAN = 苯并蒽)

Fig. 2 TIC of aromatic hydrocarbon of Lower-Middle Cambrian marl from KN1 well (KL - 13) in Tabei uplift, showing distribution characteristics of I type of dibenzothiophene series from marine carbonate source rocks: dibenzothiophene, methyl dibenzothiophene type

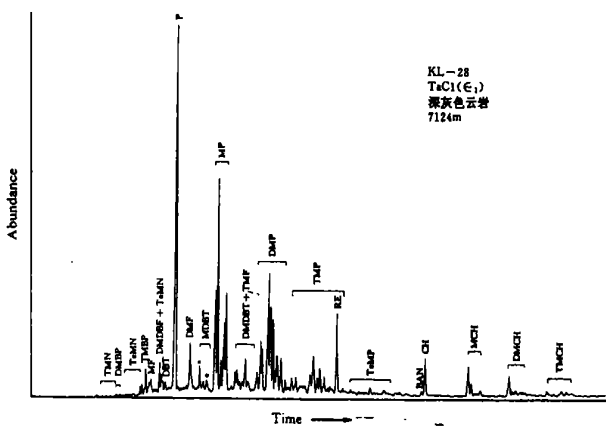


图 3 塔中隆起塔参 1 井下寒武统云岩 (KL - 28) 抽提物芳烃总离子流图(示海相碳酸盐岩烃源岩二苯并噻吩系列化合物分布类型 :二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩、二甲基二苯并噻吩 + 三甲基芴混合物型)

Fig. 3 TIC of aromatic hydrocarbon of Lower Cambrian dolomite of TaCl well (KL - 28) in Tazhong uplift, showing distribution characteristics of type of dibenzothiophene series from marine carbonate source rocks: dibenzothiophene, methyl dibenzothiophene, dimethyl dibenzothiophene + trimethylfluorene mixture type

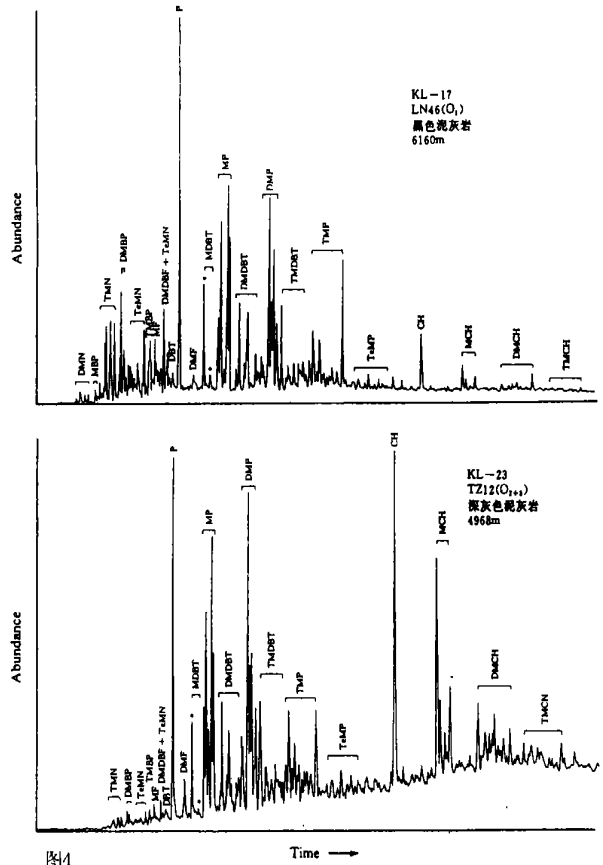


图 4 塔北隆起轮南 46 井下奥陶统泥灰岩 (KL - 17) 和塔中隆起塔中 12 井中 - 上奥陶统泥灰岩 (KL - 23, 4 968 m) 抽提物芳烃总离子流图(示海相碳酸盐岩烃源岩二苯并噻吩系列化合物分布类型 :二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩、二甲基二苯并噻吩和三甲基二苯并噻吩型)

Fig. 4 TICs of aromatic hydrocarbons of Lower Ordovician marl of LN46 well (KL - 17) in Tabei uplift, and Middle-Upper Ordovician marl of TZ12 well (KL - 23) in Tazhong uplift, showing distribution characteristics of type of dibenzothiophene series from marine carbonate source rocks: dibenzothiophene, methyl dibenzothiophene, dimethyl dibenzothiophene and trimethyl dibenzothiophene type

苯并噻吩类化合物成为某些样品芳烃总离子流图中的最高峰群 (KL - 26, 塔参 1 井, O<sub>1</sub>)、第二高峰群 (KL - 17, 轮南 46 井, O<sub>1</sub>; 菲系列化合物为最高峰群) 或第三高峰群 (KL - 23, 塔中 12 井, O<sub>2+3</sub>; KL - 27, 塔参 1 井, <sub>3</sub>; 菲系列化合物为最高峰群, 蒽系列化合物为第二高峰群)。很明显, 第 种分布类型 4 个样品芳烃总离子流图中甲基、二甲基和三甲基二苯并噻吩的高丰度是前两种分布类型样品无法比拟的。第 种分布类型样品二苯并噻吩类化合物组成分布的完整以及它们非常高的相对丰度反映塔北轮南地区下奥陶 (KL - 17, 轮南 46 井, O<sub>1</sub>)、塔中上寒武统 (KL - 27, 塔参 1 井, <sub>3</sub>)、塔中下奥陶统 (KL - 26, 塔

参 1 井, O<sub>1</sub>) 及塔中中 - 上奥陶统 (KL - 23, 塔中 12 井, 4 968 m, O<sub>2+3</sub>) 地质时期海相烃源岩沉积环境 (强还原咸水或高盐环境及适当的成熟度) 最有利于二苯并噻吩类化合物的形成和保存。

### 2.2 塔北、塔中隆起海相原油二苯并噻吩类化合物分布特征及油源对比

研究的塔北、塔中隆起 11 个海相原油样品的二苯并噻吩类化合物的分布类型普遍为二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩、二甲基二苯并噻吩和三甲基二苯并噻吩型 (图 5, 6), 和研究的上述属第 一种分布类型 4 个海相烃源岩样品 (KL - 17, KL - 23, KL - 26, KL - 27) 二苯并噻吩类化合物分布完全相同。11 个原油样品二苯并噻吩类化合物分布的突出特征是: 和第 一种类型海相烃源岩一样, 在原油芳烃总离子流图中普遍存在高丰度的完整系列的二苯并噻吩类化合物 (二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩、二甲基二苯并噻吩和三甲基二苯并噻吩)。它们的丰度变化顺序在它们的选择离子质量色谱图中除个别样品 (Tm - 27, 轮南 46 井为 DMDBT > MDBT > TMDBT > DBT) 外, 均和上述第 一种分布类型的 4 个海相烃源岩相同为 MDBT > DMDBT, 但部分油样以二苯并噻吩丰度为最低, 部分油样以三甲基二苯并噻吩丰度为最低 (在它们芳烃总离子流图中由于有少量二甲基菲异构体与三甲基二苯并噻吩共逸出, 导致芳烃总离子流图中三甲基二苯并噻吩相对丰度略高于其选择离子质量色谱图中相对丰度)。在 11

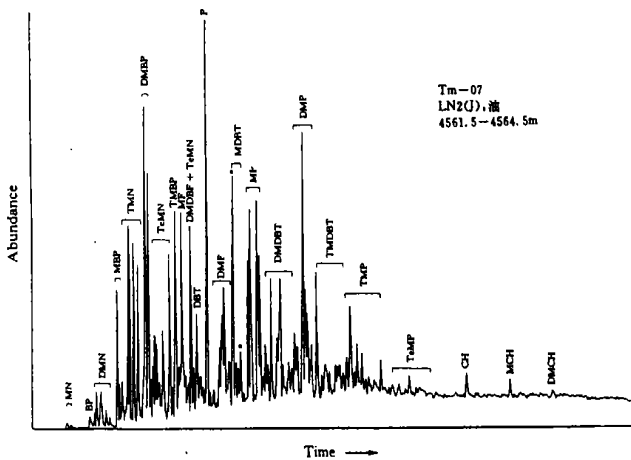


图 5 塔北隆起轮南 2 井侏罗系海相原油 (Tm - 07) 芳烃总离子流图 (示塔北隆起海相原油二苯并噻吩系列化合物分布类型普遍为: 二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩、二甲基二苯并噻吩和三甲基二苯并噻吩型)

Figs. 5 TIC of aromatic hydrocarbon of marine crude oil sample from LN2 Well (J), Tabei uplift, showing that distribution patterns of dibenzothiophene series of the marine crude oil samples from Tabei uplift all are dibenzothiophene, methyl dibenzothiophene, dimethyl dibenzothiophene and trimethyl dibenzothiophene types

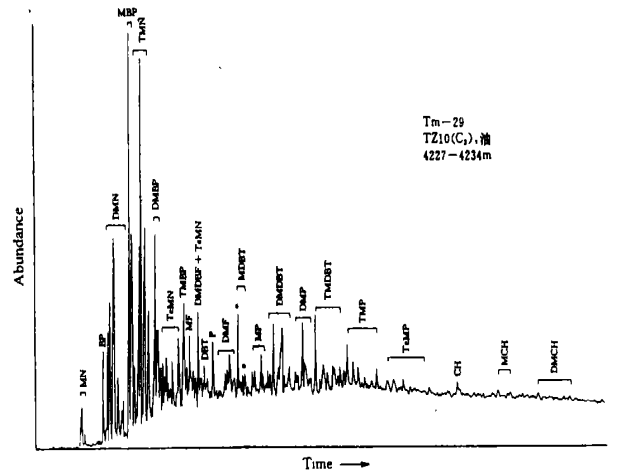


图 6 塔中隆起塔中 10 井石炭系原油 (Tm - 29) 芳烃总离子流图 (示塔中隆起海相原油二苯并噻吩系列化合物分布类型也普遍为: 二苯并噻吩、甲基二苯并噻吩、二甲基二苯并噻吩和三甲基二苯并噻吩型)

Fig. 6 TIC of aromatic hydrocarbon of crude oil sample from TZ10 well (C3), Tazhong uplift, showing that distribution patterns of dibenzothiophene series of the marine crude oil samples from Tazhong uplift all are also dibenzothiophene, methyl dibenzothiophene, dimethyl dibenzothiophene and trimethyl dibenzothiophene types

个原油样品芳烃总离子流图中二苯并噻吩类化合物在 2 个油样中为最高峰群 (Tm - 11, Tm - 12), 在另 2 个油样 (Tm - 07, Tm - 27) 中为第二高峰群, 在 4 个样品 (Tm - 01, Tm - 19, Tm - 22, Tm - 29) 中为第三高峰群 (表 3)。对比研究发现, 研究的塔北隆起 8 个海相油与塔北轮南 46 井下奥陶统黑色泥灰岩 (KL - 17, 属第 一种分布类型海相烃源岩 - 二苯

表 3 塔北、塔中隆起海相原油芳烃总离子流图中主要芳烃化合物相对丰度

Table 3 Relative abundances of main aromatic hydrocarbon compounds in TICs of the marine crude oil samples in Tabei and Tazhong uplifts

地区	样品号	井号	产层时代	最高峰群 (系列)	第二高峰群 (系列)	第三高峰群 (系列)	第四高峰群 (系列)	第五高峰群 (系列)
	Tm - 01	LN10	T <sub>1</sub>	萘	联苯	二苯并噻吩	菲	芴
	Tm - 07	LN2	J <sub>1</sub>	菲	二苯并噻吩	联苯	萘	芴
	Tm - 19	HD1	C <sub>1,2</sub>	萘	联苯	二苯并噻吩	菲	芴
塔北隆起	Tm - 20	JF138	T <sub>3</sub>	联苯	萘	菲	二苯并噻吩	芴
	Tm - 22	DH1	C <sub>3</sub>	萘	联苯	二苯并噻吩	菲	芴
	Tm - 26	LN8	O	萘	菲	联苯	二苯并噻吩	芴
	Tm - 27	LN46	O	菲	二苯并噻吩	萘	芴	联苯
	Tm - 28	YM2	O	萘	联苯	菲	二苯并噻吩	芴
塔中隆起	Tm - 11	TZ4 - 401	C <sub>3</sub>	二苯并噻吩	萘	芴	联苯	菲
	Tm - 12	TZ4 - 7	C <sub>3</sub>	二苯并噻吩	萘	联苯	芴	菲
	Tm - 29	TZ10	C <sub>3</sub>	联苯	萘	二苯并噻吩	菲	芴

并噻吩、甲基二苯并噻吩、二甲基二苯并噻吩和三甲基二苯并噻吩型)的二苯并噻吩类化合物分布类型相同。因此推断,塔北轮南地区下奥陶统泥灰岩(KL-17,  $O_1$ , TOC=0.21%)可能为塔北隆起8个海相油的主要油源层;塔中隆起3个海相油二苯并噻吩类化合物分布特征与塔中12井中-上奥陶的深灰色泥灰岩(KL-23, 4968 m,  $O_{2+3}$ ;属第1种分布类型海相烃源岩)相同。由此推断塔中地区中-上奥陶统(KL-23, 4968 m,  $O_{2+3}$ , TOC=0.18%)可能是塔中隆起3个海相油的主要油源层。

### 3 结语

二苯并噻吩类化合物是进行塔里木盆地塔北、塔中地区寒武-奥陶系海相碳酸盐岩烃源岩及其原油油源对比研究较为有用的芳烃化合物。据塔北、塔中地区寒武-奥陶系碳酸盐岩烃源岩及原油二苯并噻吩类化合物分布类型对比研究判识,塔北隆起海相油可能主要来源于轮南地区下奥陶统;塔中隆起海相油可能来源于塔中地区中-上奥陶统。

致谢 中国科学院兰州化学物理研究所杨宏洲、乔波涛博士对本文研究的全部岩、油芳烃样品的色-质仪分析;我所李振西、张中宁、张殿伟和妥进才博士帮助采集部分岩、油样品。

#### 参考文献(References)

1 Hanson A D, Zhang S C, Moldovan J M, *et al.* Molecular organic geo-

- chemistry of the Tarim basin, Northwest China. *AAPG Bulletin*, 2000, 84(8): 1109~1128
- 2 Cheng J, Fu J, Sheng G, *et al.* Diamond hydrocarbon ratios: novel maturity indices for highly mature crude oils. *Organic Geochemistry*, 1996, 25(3/4): 179~190
- 3 Zhang S, Moldovan J M, Bian L, *et al.* Biological and molecular geochemical evidence for dinoflagellate ancestors in the Upper Sinian - Cambrian. *Acta Geologica Sinica*, 2000, 74(4): 740~747
- 4 Zhang S, Hanson A D, Moldovan J M, *et al.* Paleozoic oil - source rock correlations in the Tarim basin, NW China. *Organic Geochemistry*, 2000, 31(4): 273~286
- 5 黄第藩, 赵孟军. 下古生界海相原油之中蜡的成因分析 - 干酪根 PY- GC 分析提供的证据. *沉积学报*, 1996, 14(2): 12~19 [Huang D, Zhao M. The genesis of marine oils with middle wax from Lower Palaeozoic - evidences obtained from kerogens PY- GC analysis. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1996, 14(2): 12~19]
- 6 Wilhelms A, Telnaes N, Steen A, *et al.* A quantitative study of aromatic hydrocarbons in a natural maturity shale sequence - the 3 - methylphenanthrene/retene ratio, a pragmatic maturity parameter. *Organic Geochemistry*, 1998, 29(1~3): 97~105
- 7 刘德汉, 史继扬, 郑旭明. 高演化碳酸盐岩的地球化学特征及非常规评价方法的探讨. *天然气工业*, 1994, 14(增刊): 62~66 [Liu D, Shi J, Zheng X. A discussion on the geochemical characteristics and unconventional evaluation method of high altered carbonate rocks. *Natural Gas Industry*, 1994, 14(suppl.): 62~66]
- 8 Fan P, Philp R P, Li Z, *et al.* Geochemical characteristics of aromatic hydrocarbons in crude oils and source rocks from different sedimentary environments. *Organic Geochemistry*, 1990, 16(1~3): 427~435

## Dibenzothiophene Series from the Carbonate Rocks and Their Crude Oils in Tabei and Tazhong Areas, Tarim basin

LI Jing-gui ZHENG Jian-jing LIU Wen-hui CHEN Guo-jun MENG Zi-fang

(Key Laboratory of Gas Geochemistry, Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

**Abstract** According to characteristics of compositions and abundances, the dibenzothiophene series of Cambrian and Ordovician carbonate source rocks (marls, muddy limestone and dolomites) from four wells (KN1, LN46, TZ12 and TaCl) in Tabei and Tazhong areas, Tarim basin can be divided into three different types. They are: dibenzothiophene, methyl dibenzothiophene type; dibenzothiophene, methyl dibenzothiophene, dimethyl dibenzothiophene + trimethylfluorene mixture type; and dibenzothiophene, methyl dibenzothiophene, dimethyl dibenzothiophene and trimethyl dibenzothiophene type. The distribution patterns of dibenzothiophene series of eleven marine crude oil samples from Tabei and Tazhong uplifts are, without exception, dibenzothiophene, methyl dibenzothiophene, dimethyl dibenzothiophene and trimethyl dibenzothiophene types, which are very identical to types of above Cambrian and Ordovician marine carbonate source rock samples. Hence, it is inferred that the eight marine crude oil samples from Tabei uplift are thought mainly to possibly derive from Lower Ordovician marine source rocks of Tabei Lunnan area, the three marine crude oil samples from Tazhong uplift possibly from Middle-Upper Ordovician marine source rocks of Tazhong area.

**Key words** Tarim basin, carbonate rocks, crude oils, dibenzothiophene, oil-source rock correlation