

文章编号:0253-9985(2001)02-0150-04

塔中北斜坡西部原油类型及主力油源层

林青¹, 林壬子¹, 王培荣², 朱扬明²

(1. 石油大学, 北京昌平 102200; 2. 江汉石油学院, 湖北荆州 434102)

摘要:塔中北斜坡西部原油分为两类: I类原油以相对低的三环萜烷/藿烷、孕甾烷/规则甾烷、重排甾烷/规则甾烷比值和高的 Ts/Tm , C_{30}/C_{31} 藿烷, C_{28}/C_{29} 规则甾烷为特征; II类原油与 I类原油的生物标志物特征相反。这表明北斜坡西部至少存在两个油源。油、源岩对比结果表明, I类原油主要来源于寒武系烃源岩, II类原油来源于中上奥陶统泥灰岩。

关键词:寒武系; 中上奥陶统; 生物标志物; 油源对比; 塔中北斜坡

第一作者简介:林青, 男, 28岁, 博士生, 有机地球化学

中图分类号:TE133

文献标识码:A

1997年6月, 塔中北斜坡西部塔中45井奥陶系产出工业油流, 再次引起石油地质工作者的关注。奥陶系原油究竟来源于寒武系、下奥陶统碳酸盐岩, 还是源自北斜坡中上奥陶统台缘斜坡相烃源岩成为关注的焦点。笔者运用GC/GC/MS定量分析技术, 对原油、源岩进行了详细的地球化学研究, 在对原油进行分类的基础上, 分别与寒武系、奥陶系源岩进行对比, 在油源对比中强调了塔中地区古生界烃源岩有机质构成的复杂性, 利用反映生源构成、源岩岩性特征的生物标志化合物参数确定原油与源岩之间的关系。

1 实验

1.1 样品

5个原油样品来自塔中北斜坡西部塔中45井(O)、塔中35井(S,C)、塔中10井(C)和塔中11井(S)。此外还选取了中央主断垒塔中4井(C)、塔中南斜坡塔中52井(O)、北斜坡东部塔中16井(O)和塔北英买2井(O)4个原油样品。

用于对比的源岩样品10个, 其中寒武系灰岩样品3个(均来自中央主断垒东段塔参1井); 奥陶系源岩样品7个, 分布于北斜坡和塔中主断垒东段, 为泥晶灰岩、泥质灰岩、生物灰岩和普通灰岩(图1)。

1.2 分析条件

原油(抽提物)脱沥青质后, 用中性氧化铝柱层析分离。分别用正己烷、甲苯冲洗, 得到饱和烃、芳

烃。用HP6890配置FID和HP5973MSD检验器进行饱和烃GC/GC/MS分析, 色谱柱为DB-1(30 m × 0.25 mm), 柱温条件: 初始温度60℃, 恒温1min后, 以4℃/min升温至310℃, 恒温20min。载气为He, 质谱条件: 电子轰击70 eV。

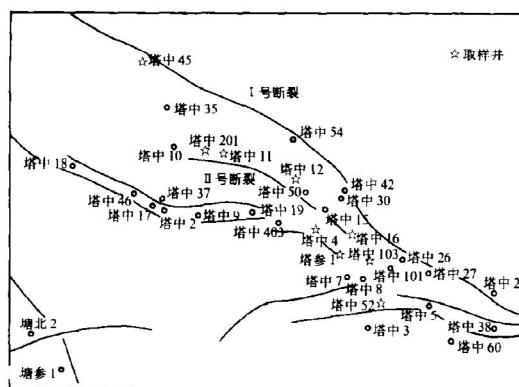


图1 塔中构造、取样井位置分布图(引自杨海军等, 1998, 有改动)

Fig.1 Map of well location and structures in Central Tarim

2 结果与讨论

2.1 原油甾、萜烷分布

北斜坡西部原油色谱特征基本相似, Pr/Ph 介于0.9~1.0之间, 但根据其甾、萜烷分布特征可将北斜坡西部5个原油分为两类(图2, 表1)。

北斜坡塔中45井(O)和塔中35井(O)两样品属于I类原油。它们以相对低的三环萜烷/藿烷、孕甾烷/规则甾烷、重排甾烷/规则甾烷比值和相对较高的 Ts/Tm , C_{30}/C_{31} 藿烷比值和 C_{28}/C_{29} 甾烷比值为特

征。此外,甲萘甾烷和3-甲基甾烷相对含量也比较高。这些生物标志物组合特征与塔中北斜坡东部

塔中16井(O)原油相似,可能意味它们在源岩岩性、沉积环境及生源构成上具某种程度的相似性。

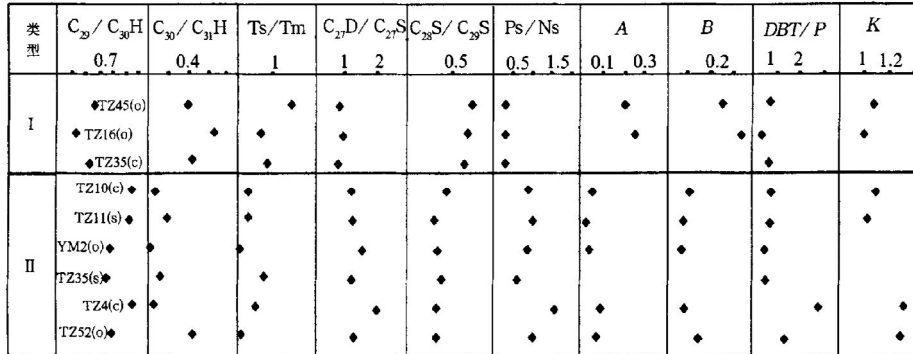


图2 原油样品生物标志物多参数综合分类图

Fig.2 Classification of biomarker parameters in crude samples

A, B数据引自黎茂稳、王培荣等, A: 甲萘甾烷/(甲萘甾烷+4-甲基甾烷); B: 3-甲基甾烷/(3-甲基甾烷+4-甲基甾烷); $C_{30}/C_{31}H: C_{30}/(C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_{34} + C_{35})$ 藿烷; K: (2-甲基己烷+2,3-二甲基戊烷)/(3-甲基己烷+2,4-二甲基戊烷)

塔中10井(O)、塔中11井(S)和塔中35井(S)3个原油样品属于Ⅱ类原油。其生物标志物组成以相对较高的三环萜烷/藿烷、孕甾烷/规则甾烷、 C_{29}/C_{30} 藿烷、重排甾烷/规则甾烷比值和相对较低的 Ts/Tm 、 C_{30}/C_{31} 藿烷和 C_{28}/C_{29} 甾烷比值为特征。甲萘甾烷和3-甲基甾烷的相对含量相对较低。生物标志物化合物组成特征与塔中北英买2井(O)、塔中4

井(C)和塔中52井(O)原油相似,但塔中4井(C)和塔中52井(O)原油噻吩含量和轻烃K值与北斜坡原油相比有明显的区别,反映北斜坡西部原油与塔中4井(C)、南斜坡塔中52井(O)原油源岩沉积环境有别^[1],北斜坡西部原油可能来源于水体开阔的台地相沉积环境,而塔中4井(C)和塔中52井(O)原油可能来源于水体局限的泻湖相环境^[2]。

表1 原油样品主要生物标志物参数表

Table 1 Principal biomarker parameters in crude samples

类型	井号	层位	Pr/Ph	$\frac{C_{29}}{C_{30}H}$	$\frac{C_{30}}{C_{31}H}$	$\frac{T_s}{T_m}$	$\frac{C_{27}Dia}{C_{27}S}$	$\frac{C_{28}}{C_{29}S}$	$\frac{PS}{NS}$	$\frac{DBT}{P}$	K	$\frac{C_{29}S}{S+R}$
I类	塔中45	O ₂₊₃	0.93	0.67	1.32	1.25	0.70	0.78	0.35	0.66	1.07	0.51
	塔中35	C	0.94	0.63	1.53	0.93	0.64	0.67	0.27	0.61	-	0.45
	塔中16	O	1.80	0.53	1.41	0.83	0.83	0.74	0.34	0.25	1.00	0.48
	塔中10	C	1.10	0.95	1.10	0.68	1.06	0.49	0.92	0.68	1.08	0.54
II类	塔中11	S	0.96	0.92	1.10	0.57	1.20	0.32	1.19	0.68	1.03	0.50
	塔中35	S	0.90	0.74	1.30	0.84	1.08	0.40	0.62	0.54	-	0.46
	英买2	O	1.10	0.79	1.10	0.48	1.46	0.37	0.82	0.44	-	0.53
	塔中4	C	1.03	0.94	1.10	0.74	1.99	0.34	1.92	2.72	1.31	0.56
	塔中52	O	1.10	0.79	1.47	0.57	1.23	0.32	1.17	1.2	1.28	0.53

注: Pr/Ph: $i-C_{19}$ 烷/ $i-C_{20}$ 烷; $C_{29}/C_{30}H: C_{29}/C_{30}$ 藿烷; $C_{30}/C_{31}H: C_{30}/C_{31}(S+R)$ 藿烷; $Ts/Tm: C_{27}18\alpha/17\alpha-22, 29, 30$ -三降新藿烷; $C_{27}Dia/C_{27}S: C_{27}18\alpha(S+R)/C_{27}20\alpha R$ 甾烷; $C_{28}/C_{29}S: C_{28}/C_{29}20\alpha R$ 甾烷; $PS/NS: (C_{21} + C_{22})/(C_{27} + C_{28} + C_{29})20\alpha R$; DBT/P : 二苯并噻吩/非; K: (2-甲基己烷+2,3-二甲基戊烷)/(3-甲基己烷+2,4-二甲基戊烷)

2.2 主力烃源岩

从寒武系、中上奥陶统源岩及Ⅰ、Ⅱ类原油甾、萜烷质量色谱图(图3)可以观察到塔中45井(O)Ⅰ类原油与寒武系源岩分布相似(图3a, b), 具有 Ts 和 C_{28} 甾烷丰度较高, 升藿烷 C_{31} 和重排甾烷丰度低的特点, 而塔中10井(C)Ⅱ类原油的甾、萜烷分

布与中上奥陶统源岩共性较大(图3c, d), Ts 和 C_{28} 甾烷丰度低, 而升藿烷和重排甾烷丰度较高。

规则甾烷来源于地质体中的甾醇, 一旦形成在 C_{27} 、 C_{28} 、 C_{29} 甾烷之间不可能发生明显的变化^[3]。藻类是古生代沉积物中甾醇的主要先质, 不同藻类种属含有不同特征的甾醇, 如硅藻、褐藻和绿藻以 C_{29}

甾醇为主,红藻中仅有 C_{27} 甾醇^[4]。原油中甾烷碳数的分布直接受源岩有机质输入的影响。Grantham 等^[5]认为海洋环境中 C_{28}/C_{29} 规则甾烷比值由地质时代所控制,因此利用 C_{28}/C_{29} 甾烷比值可区分不同时代的原油和进行油源对比。在 C_{30}/C_{31} 藿烷与 C_{28}/C_{29} 甾烷相关图上(图4),寒武系和中上奥陶统源岩样品截然分开,I类原油与寒武系源岩位于一组,具有高的 C_{30}/C_{31} 藿烷和 C_{28}/C_{29} 甾烷比值,II类原油与中上奥陶统源岩关系密切, C_{30}/C_{31} 藿烷和 C_{28}/C_{29} 甾烷比值低。这一特征可能与特定的沉积环境、生物组合特征相联系。

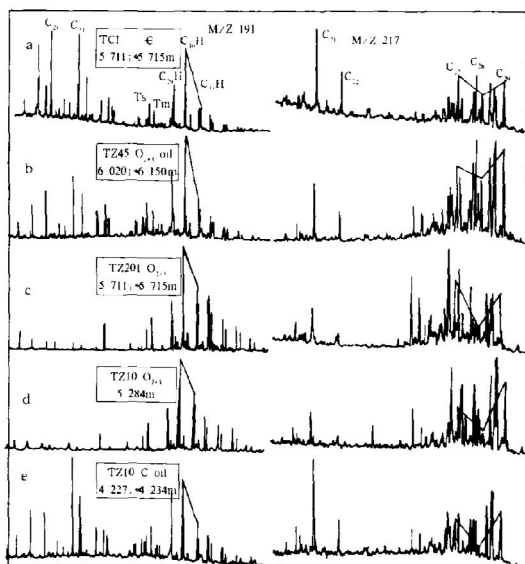


图3 寒武系、中上奥陶统及I、II原油甾烷质量色谱图
Fig.3 Mass spectrometry of steranes and terpanes in type-I and type-II crudes from Cambrian and Middle-Upper Ordovician

重排甾烷的形成受源岩岩性、沉积环境的氧化还原性质及热演化程度的影响^[6],北斜坡西部原油 Pr/Ph , $C_{29}S/S+R$ 比值相差不大,源岩岩性是控制重排甾烷含量的主要因素。I类原油和寒武系源岩表现为低的 $C_{27}DS/C_{27}NS$ 和较高的 Ts/Tm 比值(图5),低的 $C_{27}DS/C_{27}NS$ 与寒武系纯灰岩这一岩性特征相一致,而II类原油与中上奥陶统源岩表现为较高的 $C_{27}DS/C_{27}NS$ 和较低的 Ts/Tm 比值,高的 $C_{27}DS/C_{27}NS$ 与中上奥陶统泥灰岩岩性特征相一致。

张水昌博士*率先利用GC/MS/MS检测分析技术对塔里木盆地寒武系、奥陶系生油岩及海相原油进行研究,发现甲藻甾烷和三芳甲藻甾烷在奥陶

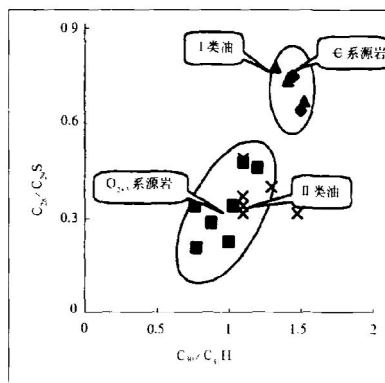


图4 $C_{28}/C_{29}S$ 与 $C_{30}/C_{31}H$ 相关图

Fig.4 Correlatograph of $C_{28}/C_{29}S$ and $C_{30}/C_{31}H$

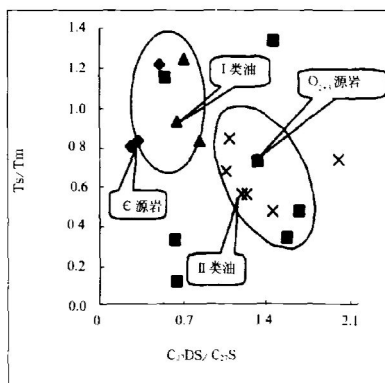


图5 Ts/Tm 与 $C_{27}DS/C_{27}S$ 相关图

Fig.5 Correlatograph of Ts/Tm and $C_{27}DS/C_{27}S$

系生油岩中的相对丰度较低,而寒武系生油岩中,这些化合物相对较丰富。黎茂稳博士**等也发现了类似的规律,此外还发现 C_{28} 规则甾烷的相对含量、重排甾烷的相对含量也呈规律性变化,从寒武系→下奥陶统→中上奥陶统源岩, C_{28} 甾烷相对丰度明显降低,而重排甾烷相对丰度则表现出相反的趋势。这一发现佐证了塔中北斜坡西部塔中45井(O)原油主要来源于寒武系源岩;塔中10井(C)和塔中11井(S)原油可能来源于北斜坡中上奥陶统泥灰岩的观点。

3 结论

(1)根据原油生物标志化合物组合特征,北斜

* 张水昌. 应用特殊不源的生物分子化石区分塔里木盆地寒武系和奥陶系生油岩. 1998

** 黎茂稳,王培荣,林壬子,等. 中国西北部盆地断代生标剖面的建立及其在塔里木盆地油源对比中的应用. 1998

坡西部古生界原油可分为两类:Ⅰ类原油以塔中45井(O)和塔中35井(C)两个原油样品为代表,以低的三环萜烷/藿烷、孕甾烷/规则甾烷、 C_{29}/C_{30} 藿烷、 C_{27} 重排甾烷/ C_{27} 规则甾烷比值和高的 Ts/Tm , $C_{28}/C_{29\alpha\alpha R}$ 甾烷及 C_{30}/C_{31} 藿烷比值为特征;Ⅱ类原油以塔中10井(C)、塔中11井(S)和塔中35井(S)三个原油为代表,其生物标志化合物组成特征与Ⅰ类原油相反。

(2)油源对比结果表明,临近Ⅰ号断裂的塔中45井奥陶系储层原油与寒武系源岩具有成因联系;而临近Ⅱ号断裂的Ⅱ类原油则与中上奥陶统源岩关系密切。

参 考 文 献

1 Huges W B. Use the relative amounts of dibenzothiophene and

phenethrene to infer crude oil source rock depositional environment [J]. *Acta*, 1995, 59: 3 581 ~ 3 589

2 蒂索 B P, 威尔特 D H. 石油的生成与分布[M]. 徐永元, 徐廉, 郝石生, 等译. 石油工业出版社, 1984

3 约翰斯 R B. 沉积物中的生物标志物[M]. 王铁冠, 黄第藩, 徐丽娜, 等译. 北京: 科学出版社, 1991

4 王启军, 陈建渝. 油气有机地球化学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1984

5 Grantham P J, Wakefield L. Variations in the sterane carbon number distribution of marine source rock derived crude oils through geological time[J]. *Org Geochem*, 1988, 12: 61 ~ 73

6 彼得斯, 莫尔多万. 生物标记化合物指南——古代沉积物和石油分子化石的解释[M]. 姜乃煌, 张水昌, 译. 北京: 石油工业出版社, 1995

CRUDE TYPES AND MAIN SOURCE ROCKS IN WEST PART OF NORTH SLOPE, CENTRAL TARIM

Lin Qing¹ Lin Renzi¹ Wang Peirong² Zhu Yangming²

(1. Petroleum University, Beijing; 2. Jiangnan Petroleum Institute, Jingzhou, Hubei)

Abstract: The oil in the west part of northern slope in Central Tarim Basin can be classified into two types (Ⅰ, Ⅱ) based on the distribution and composition of sterane and terpane. Type-Ⅰ oil is characterized by relative low ratio of tricyclic terpanes to hopanes, pregnanes to regular steranes and rearranged sterane to regular steranes, and by relative high ratio of Ts to Tm , C_{28} to C_{29} sterane and C_{30} hopane to C_{31} homohopanes. Type-Ⅱ oil has opposite biomarker characters to the type-Ⅰ oil. The difference implies that there may be at least two oil sources in the study area. The correlation between the oils and source rocks indicates that the oil of type-Ⅰ was derived from the Cambrian carbonate source rock, and the oil of type-Ⅱ was derived from the Middle-Upper Ordovician marl source rock.

Key Words: Cambrian; Middle-Upper Ordovician; biomarker; oil-source correlation; north slope; Central Tarim