

原油的混源实验及其地质意义

王 峙 涛

(新疆石油管理局勘探开发研究院, 克拉玛依 834000)

准噶尔盆地东部北三台北4井二叠系油源油和阜康凹陷牧3井侏罗系油源的混源地球化学实验结果表明, 北三台西南斜坡的北27井原油与20:80(北4井:牧3井)的混合原油相近, 侏罗系油源为主要贡献; 三台凸起西侧的台22井原油与50:50的混合原油相近, 为二叠系和侏罗系油源的共同贡献。

关键词 准噶尔盆地 原油 生物标志物 混油实验

作者简介 王峙涛 男 34岁 工程师 石油地球化学

准噶尔盆地东部的油气勘探近年来取得了重大突破。在主要聚油区——三台、北三台凸起四周均发现大量工业性油气, 它们均属同源。阜康凹陷古牧地背斜为地化性质截然不同的另一类原油。北三台最西端北27井, 三台凸起西侧台22井的原油地化特征则介于上述两类之间, 推断为两类原油的混合产物。基于这一认识, 笔者欲将异源的两类原油按不同比例混合, 进行族组成、碳同位素及生物标志物的分析, 观察混合后原油的各项地化性质的变化, 并与地质体中可能的混源原油对比, 旨在定量分析混源原油中不同油源的相对贡献。

一、样品及地质概况

(一) 样品选择

为使实验具有可靠性和代表性, 分别采集了工区内北三台南斜坡二叠系油源油和阜康凹陷侏罗系(煤系)油源油^[1,2], 按体积百分比混合, 进行族组成、碳同位素、色谱及质谱等地球化学分析。

(二) 石油地质特征

据前人研究, 工区内主要发育两套生油层。一套为上二叠统芦草沟组(P_2L), 主要分布于山前凹陷和吉木萨尔凹陷; 另一套为下侏罗统煤系生油层, 主要分布于阜康凹陷(图1)。

生油层的热演化史研究表明, 吉木萨尔凹陷上二叠统生油层至今未达到生油高峰期, 故对油气基本没有贡献; 山前凹陷上二叠统生油层在早侏罗世进入生油高峰期并开始排烃; 阜康凹陷下侏罗统煤系生油层在新第三纪进入生油高峰期并开始排烃^[1]。

目前工区内发现的原油主要分布于三台和北三台南斜坡、西南斜坡和阜康凹陷内。原油地化特征及油源对比研究结果表明, 三台和北三台南斜坡原油主要来自湖相腐泥型-偏腐泥混合型的二叠系油源岩; 阜康凹陷原油主要来自湖沼相煤系油源岩^[3]; 北三台西南斜坡介于二者

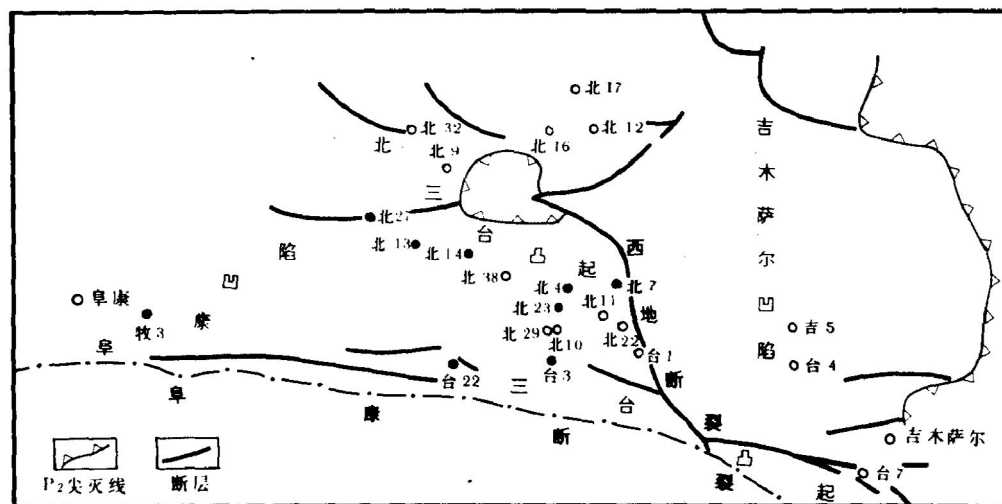


图1 准噶尔盆地东部阜康-吉木萨尔地区构造分区图

之间。

二、分析结果和讨论

(一) 混合原油族组成特征

不同比例混合原油的族组成变化具有较好的规律(表1)。从20:80的混合原油(北4井,牧3井)至80:20的混合原油,各组分的变化呈增高或降低趋势。烷烃由76.70%降至60.60%,变化稳定,各比例混合原油间差值为2.30%—3.00%,芳烃由14.40%增至17.50%,混合原油间差值为0.4%—0.60%;非烃由6.90%增至16.10%,混合原油间差值

表 1 原油碳同位素与族组成数据表

样 品 编 号	井 号	层位	混油比例 (%)	同位素 $\delta^{13}C$ (‰)	族 组 成 (%)			
					烷 烃	芳 烃	非 烃	沥青质
油 90-0175	北 4 井	T _{1s}		-31.384	55.60	18.50	19.10	6.90
油 90-0176	牧 3 井	T _{1s}		-27.251	82.30	13.30	3.70	0.79
油 90-0177	北 4 井、牧 3 井		20 : 80	-28.563	76.70	14.40	6.90	2.10
油 90-0178	北 4 井、牧 3 井		30 : 70	-28.915	73.80	14.90	8.50	2.70
油 90-0179	北 4 井、牧 3 井		40 : 60	-29.365	71.10	15.50	10.10	3.30
油 90-0180	北 4 井、牧 3 井		50 : 50	-29.783	68.50	16.00	11.60	4.00
油 90-0181	北 4 井、牧 3 井		60 : 40	-30.091	65.50	16.40	13.10	4.50
油 90-0182	北 4 井、牧 3 井		70 : 30	-30.487	63.20	17.00	14.60	5.20
油 90-0183	北 4 井、牧 3 井		80 : 20	-30.920	60.60	17.50	16.10	5.80
油 88-013	北 27 井	J _{2t}		-28.931	70.92	14.94	10.87	3.26
油 89-04	台 22 井	J _{1s}		-30.425	66.41	20.15	11.80	1.68

为 1.50%—1.60%；沥青质由 2.10% 增至 5.80%，混合原油间差值为 0.5%—0.70%。对照北 27 井和台 22 井混源原油不难看出，前者各组分的含量与 30:70 和 40:60 的混合原油相近，烷烃含量较高，具煤系成烃特征；后者烷烃和非烃的含量与 50:50 和 60:40 的混合原油相近，而芳烃和沥青质含量异常，可能是由于次生作用或分析误差等原因造成。

(二) 混合原油的碳同位素特征

由表 1 可见，北 4 井原油富集轻碳同位素， $\delta^{13}\text{C}$ 值 -31.384‰ ，为湖相腐泥型的有机质特征；牧 3 井原油富集重碳同位素， $\delta^{13}\text{C}$ 值 -27.251‰ ，为湖沼相腐殖型有机质特征。不同比例混合后原油的 $\delta^{13}\text{C}$ 值亦呈规律性变化，即随二叠系油源油比例的增加，侏罗系油源油比例减少， $\delta^{13}\text{C}$ 值逐渐变轻，由 -28.563‰ 至 -30.920‰ ，各不同比例混合原油间差值为 -0.308‰ 至 -0.45‰ 。由北 27 井和台 22 井原油 $\delta^{13}\text{C}$ 值看出，前者与 30:70 的混合原油相近；后者与 70:30 的混合原油相近。

(三) 混合原油正异构烷烃及胡萝卜烷特征

表 2 各项参数反映北 4 井和牧 3 井原油具有两种不同生源特点。前者表现为湖相还原成油特点；后者明显的轻碳数优势及“两低一高”特征（低 $\text{Pr}/n\text{C}_{17}$ 、 $\text{Ph}/n\text{C}_{18}$ 和高 Pr/Ph ），为典型煤成烃特点。不同比例混合原油其它参数均具有良好的变化趋势，如随二叠系油源油比例逐渐增加和侏罗系油源油比例逐渐减少，轻/重碳比由 1.83 降至 1.11，姥/植比由 2.80 降至 1.62。由于色谱图中相同洗出时间部分混峰的干扰，其定量存在一定误差，故不同比例混合原油间之差值变化比较大。从北 27 井和台 22 井原油的正异构烷烃参数及色谱图（图 2）来看，

油 90-0181	北 4 井、牧 3 井	60:40	1.36	3.32	0.78	0.32	0.54	2.22	0.066
油 90-0182	北 4 井、牧 3 井	70:30	1.20	2.90	0.86	0.41	0.62	1.75	0.070
油 90-0183	北 4 井、牧 3 井	80:20	1.11	2.68	1.00	0.53	0.75	1.62	0.11
油 88-013	北 27 井	J ₂ f	1.83	4.26	0.58	0.30	0.39	2.77	0.014
油 89-04	台 22 井	J ₁ s	1.38	2.96	0.62	0.32	0.46	1.80	0.060

β -胡萝卜烷的变化也较有规律。北 4 井原油中较高丰度的 β -胡萝卜烷显然与较强的还原环境有关；牧 3 井原油中 β -胡萝卜烷的贫乏，说明其沉积环境具有一定程度的氧化^[4]。由 β -胡萝卜烷/ $n\text{C}_{20}$ 可以看到，北 27 井原油和台 22 井原油其比值为 0.014 和 0.060，分别接近于 20

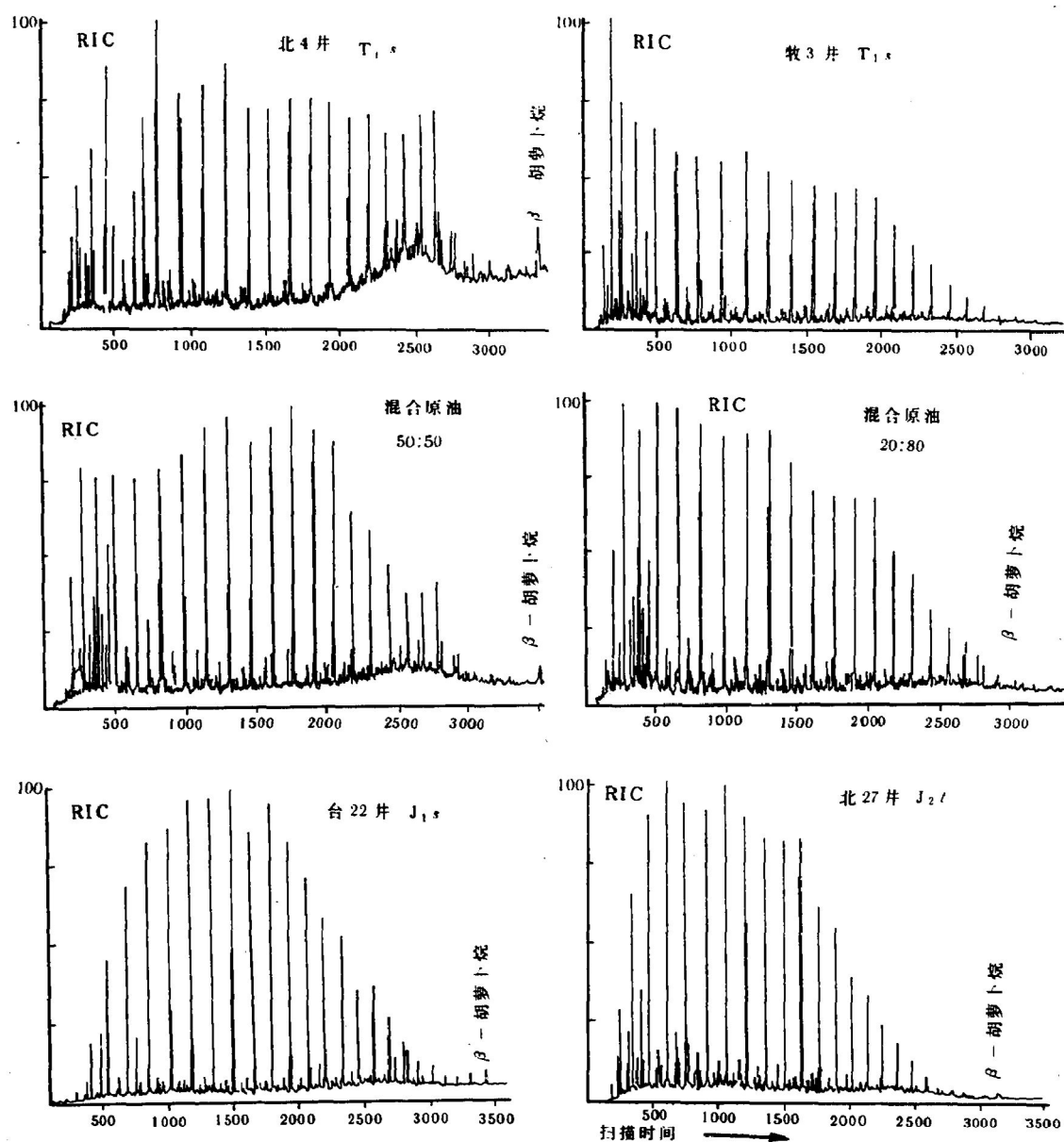


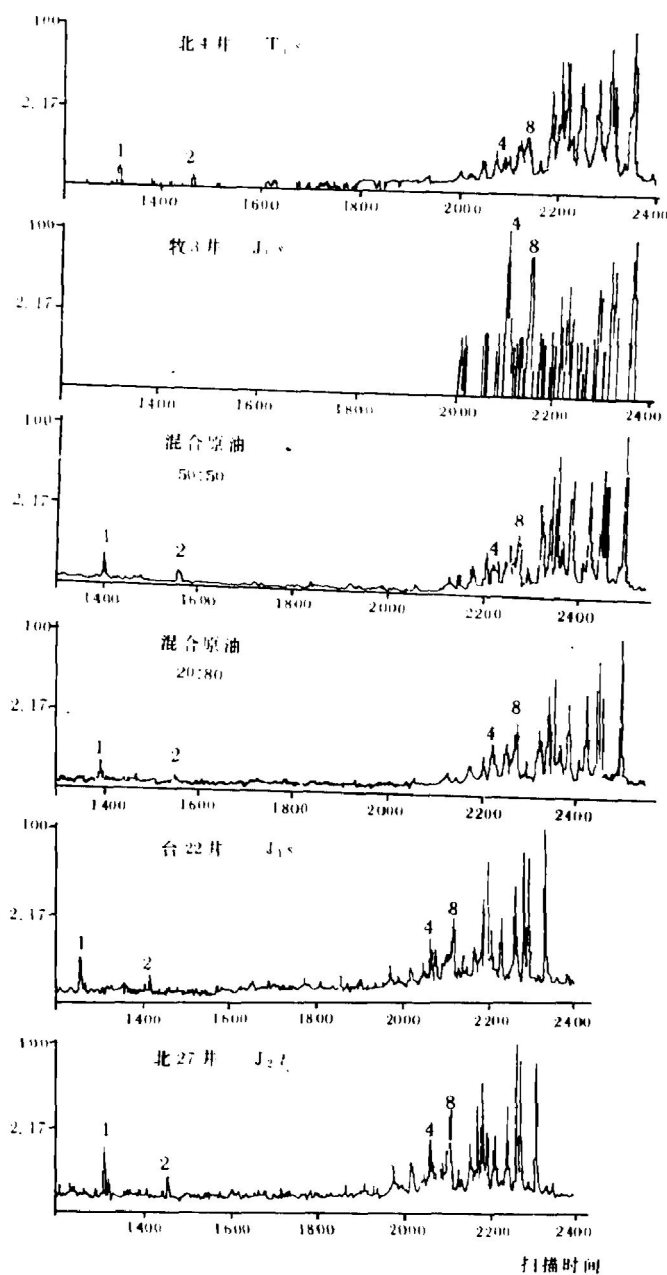
图2 原油饱和烃重建离子流图

: 80 和 50 : 50 的混合原油。

(四) 混合原油的生物标志物特征

1. 甾烷

北4井和牧3井原油甾烷组成上的显著区别是,前者具有一定含量的甾烷和高甾烷, $C_{29}-\beta\alpha$ 重排甾烷含量很低,后者缺乏甾烷和高甾烷, $C_{29}-\beta\alpha$ 重排甾烷在 C_{27} 规则甾烷出峰背景上占绝对优势(图3)。这种差别反映了生源物组成和环境的不同。北4井原油形成于富含藻类、细菌和少量低等水生生物的湖相还原环境;牧3井原油则形成于富含陆生植物的酸

图3 原油 m/e 217 质量色谱图

1—C₂₁妊甾烷, 2—C₂₂高妊甾烷, 4—C₂₉- $\beta\alpha$ (20s), 8—C₂₉- $\beta\alpha$ (20R)

性介质环境^[5]。通过两种原油的混合, 其甾烷变化如表3所示。从(妊甾烷+高妊甾烷)/C₂₉规则甾烷比值来看, 其变化趋势比较明显, 即随二叠系油源油比例的增加, 比值由0.060逐渐增长至0.095。C₂₉- $\beta\alpha$ /C₂₉规则甾烷亦反映了良好的变化趋势, 即由0.24逐渐降至0.09。北27井原油和台22井原油在重排与规则甾烷的比值上, 分别与20:80和50:50的混合原油接近。但从妊甾烷、高妊甾烷与C₂₉规则甾烷比值来看, 北27井和台22井原油明显富含妊甾烷类化合物, 其比值大于0.10, 结合地质条件分析, 可能是由于运移过程中层析效应的结果。

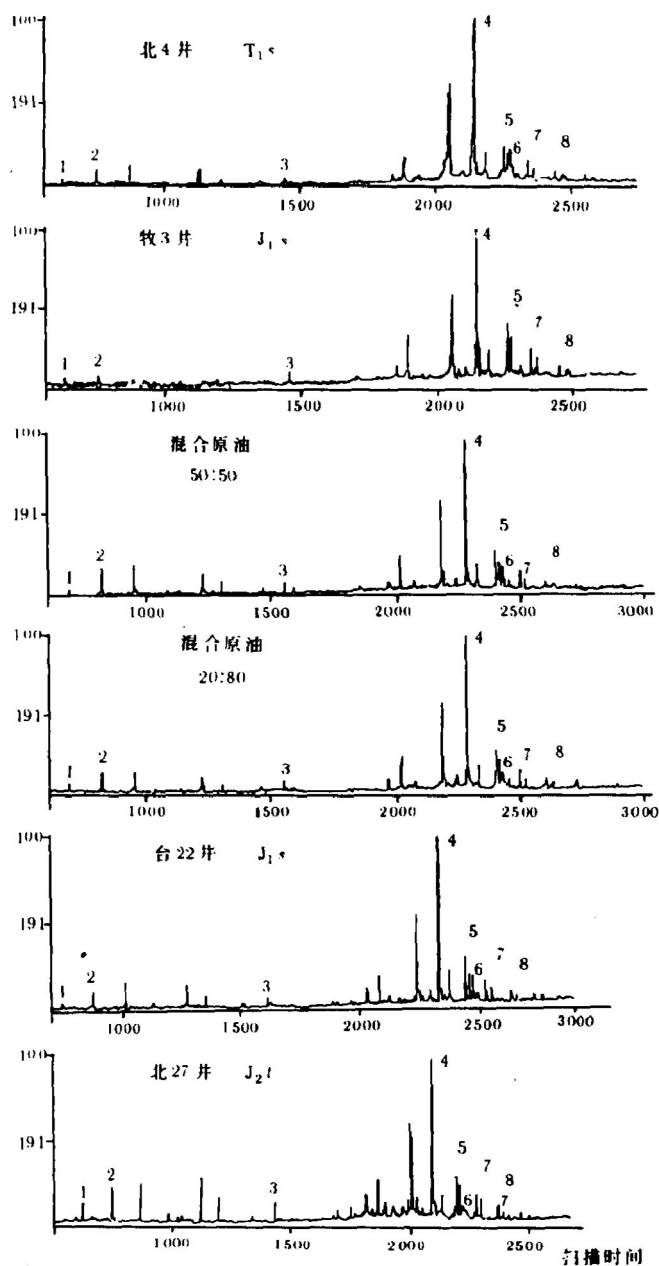
表 3 原油生物标记化合物参数表

样品编号	井 号	层 位	混油比例 (%)	甾烷 $\frac{C_{29}\beta\alpha}{C_{29}\text{规则}}$	甾烷 妊娠+高妊娠 $\frac{C_{29}\text{规则}}$	C_{19} 三环萜 $\frac{C_{20}\text{三环萜}}$	γ -蜡烷 $\frac{C_{31}\text{-蜡烷}}$	C_{15} 倍半萜 锥满烷
油 90-0175	北 4 井	T _{1s}		0	0.096	0.17	0.46	0.086
油 90-0176	牧 3 井	J _{1s}		0.31	0	1.02	0	0.88
油 90-0177	北 4 井、牧 3 井		20 : 80	0.24	0.060	0.36	0.23	0.51
油 90-0178	北 4 井、牧 3 井		30 : 70	0.18	0.064	0.28	0.32	0.49
油 90-0179	北 4 井、牧 3 井		40 : 60	0.17	0.065	0.26	0.35	0.48
油 90-0180	北 4 井、牧 3 井		50 : 50	0.14	0.068	0.25	0.38	0.37
油 90-0181	北 4 井、牧 3 井		60 : 40	0.13	0.082	0.23	0.40	0.31
油 90-0182	北 4 井、牧 3 井		70 : 30	0.10	0.089	0.20	0.40	0.26
油 90-0183	北 4 井、牧 3 井		80 : 20	0.09	0.095	0.19	0.41	0.17
油 88-013	北 27 井	J _{2t}		0.23	0.14	0.54	0.20	0.51
油 89-04	台 22 井	J _{1s}		0.15	0.11	0.25	0.36	0.34

2. 萜烷

萜烷类主要化合物的变化规律与甾烷相同 (表 3, 图 4)。北 4 井原油三环萜烷中, C_{19} 三环萜含量很低, C_{19} 三环萜/ C_{20} 三环萜为 0.17, 而牧 3 井原油中, C_{19} 三环萜含量较高, 其比

2	C_{14} -二环倍半萜烷	$C_{14}H_{26}$	194
3	C_{15} -二环倍半萜烷	$C_{15}H_{28}$	208
4	C_{15} -二环倍半萜烷	$C_{15}H_{28}$	208
5	8β (H) -锥满烷	$C_{15}H_{28}$	208
6	C_{15} -二环倍半萜烷	$C_{15}H_{28}$	208
7	C_{16} -二环倍半萜烷	$C_{16}H_{30}$	222
8	C_{16} -二环倍半萜烷	$C_{16}H_{30}$	222
9	8β (H) -升锥满烷	$C_{16}H_{30}$	222

图4 原油 m/e 191 质量色谱图

1— C_{19} 三环萜, 2— C_{20} 三环萜, 3— C_{24} 四环萜, 4— C_{30} 藿烷,
5— C_{31} 藿烷, 6— γ -蜡烷, 7— C_{32} 藿烷, 8— C_{33} 藿烷

3. 二环倍半萜烷

图5表明, 北4井原油和牧3井原油的主要区别是, 后者富含 C_{15} 二环倍半萜烷 (图5, 3号峰)。据对准噶尔盆地大量煤系抽提物及原油分析, C_{15} 二环倍半萜烷均具有较高丰度, 故可作为区分煤系和非煤系成因的指纹化合物。从 C_{15} 倍半萜/锥满烷比值来者, 北4井原油仅为0.086, 而牧3井原油达0.88。混合后的原油, 随二叠系油源油比例的增加, 其比值由0.51

减少至 0.17。对照北 27 井原油和台 22 井原油， C_{15} 倍半萜/锥满烷分别为 0.51 和 0.34，前者与 20:80 的混合原油吻合；后者介于 50:50 和 60:40 的混合原油之间。

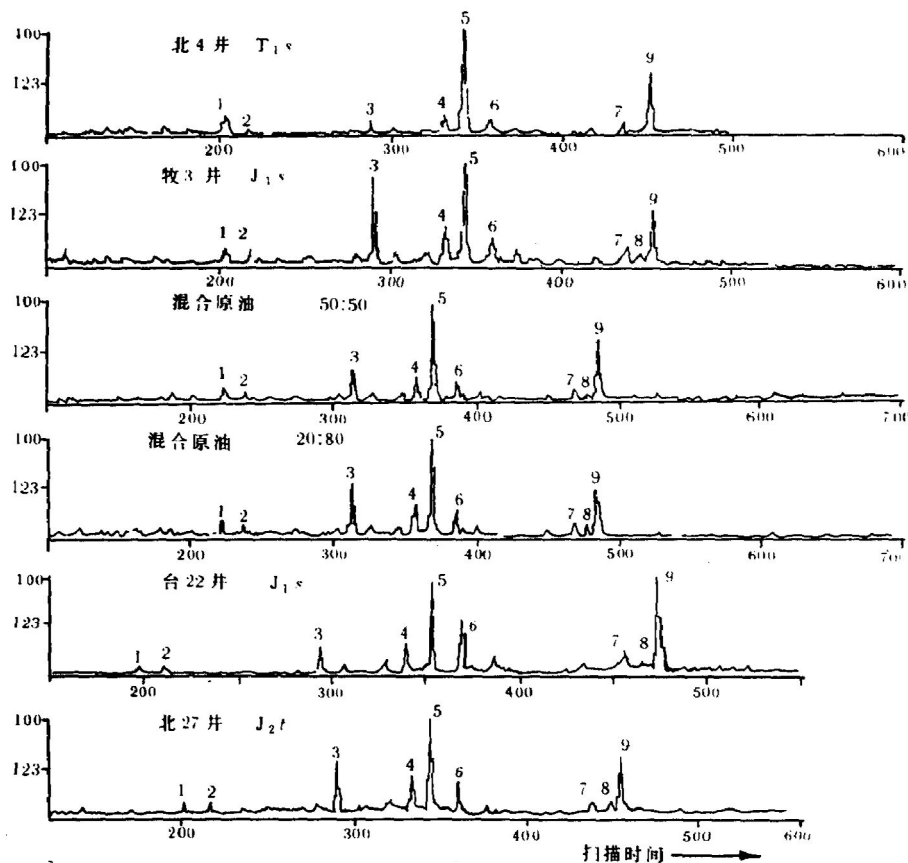


图5 原油 m/e 123 质量色谱图

综上所述，北 27 井原油主要与 20:80 的混合原油相近；台 22 井原油主要与 50:50 的混合原油相近。前者紧邻阜康凹陷，位于该凹陷的上倾方向，为凹陷内侏罗系油气运移的指向地区，故混源原油中主要是侏罗系油源的贡献；台 22 井处于山前凹陷二叠系和阜康凹陷侏罗系油源的双重供油指向地区，因此，混源原油中二叠系和侏罗系油源具有基本相同的贡献。

三、结 论

- (1) 不同比例混合原油的族组成、碳同位素、正异构烷烃及生物标志物的变化基本符合地球化学规律。
- (2) 实验结果与地质体中的混源原油具有可比性。
- (3) 北 27 井原油与 20:80 的混合原油相近；台 22 井原油与 50:50 的混合原油相近。

参 考 文 献

- 1 王屿涛等. 准噶尔盆地东部三台-北三台原油的亲缘性及生油层热演化史. 新疆石油地质, 1990, 11 (1): 50—58.
- 2 陈克迅等. 准噶尔盆地东部上二叠统生油岩地化特征及油源对比. 新疆石油地质, 1989, 10 (4): 74—80.
- 3 王屿涛等. 准噶尔盆地东部原油地球化学特征. 石油与天然气地质, 1990, 11 (1): 16—22.
- 4 蒋助生. 克拉玛依原油中的类胡萝卜烷及其地球化学特征. 石油与天然气地质, 1983, 4 (2): 151—158.
- 5 王启军等. 油气地球化学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988. 121—122.
- 6 李建新. 准噶尔盆地南缘西部煤成油地化特征及其勘探有利地区. 新疆石油地质, 1988, 9 (4): 81—85.
- 7 中国科学院兰州地质研究所. 研究年报. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1986. 34—61.

A TEST ON MIXED SOURCES OF CRUDE OILS AND ITS GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

Wang Yutao

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Xinjiang Petroleum Administration)

Abstract

A geochemical test on mixed sources of crude oils was made. Oil samples used were Permian oil from Bei-4 well in Bei Santai area, East Junggar Basin and Jurassic oil collected from Mu-3 well in Fukang Depression. The result shows that the crude oil from Bei-27 well on the southwest slope of Bei Santai area is similar to the mixed crude oils of 20 : 80 (20 parts of crude oil from Bei-4 well : 80 parts of crude oil from Mu-3 well), and Jurassic oil sources were the major contributor; the crude oil from Tai-22 well on two sides of Santai Uplift is similar to the crude oils of 50 : 50, and Permian and Jurassic oil sources were both the contributors.