

文章编号: 0253-9985(2007)03-0433-08

准噶尔盆地南缘原油地球化学特征

魏东涛^{1,2}, 贾东¹, 赵应成², 杨海波³, 陈涛², 吴梁宇², 邵宏舜⁴

(1. 南京大学地球科学系, 江苏南京 210093 2. 中国石油勘探开发研究院西北分院, 甘肃兰州 730020)

3. 中国石油新疆油田分公司勘探开发研究院, 新疆克拉玛依 834000

4. 中国科学院兰州地质研究所, 甘肃兰州 730000)

摘要: 通过系统分析区内原油的地球化学特征, 将区内原油划分为三类六型, 分别代表单一成因的煤系油 (侏罗系, iv 型)、湖相油 (二叠系, ㊸型; 白垩系, ㊹型; 古近系, ㊺型) 以及混源油 (侏罗系和古近系, ㊻型; 侏罗系和二叠系, v 型)。平面上不同构造单元的原油类型呈现出一定的差异, 自东向西, 阜康断裂带主要发现了 iv 类、㊸类和 v 类油, 齐古断褶带原油类型与阜康断裂带基本一致, 还发现了 ㊹类油, 霍-玛-吐背斜带原油以 ㊹类为主, 四棵树凹陷原油主要是 ㊻类混源油和 iv 类煤系油, 并提出了 ㊹类白垩系生源油为本区油源的认识。

关键词: 油源分析; 地球化学; 白垩系; 准噶尔盆地南缘

中图分类号: TE112.1

文献标识码: A

Geochemical behaviors of crude oil in the southern margin of Junggar basin

Wei Dongtao^{1,2}, Jia Dong¹, Zhao Yingcheng², Yang Haibo³, Chen Tao², Wu Liangyu², Shao Hongshun⁴

(1. Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093 2. Northwest Research Institute of

Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Lanzhou, Gansu 730020 3. Institute of Petroleum Exploration &

Development, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Karamay, Xinjiang 834000 4. Lanzhou Institute of Geology, Chinese

Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract A comprehensive geochemical analysis of the crude oil samples from the southern margin of Junggar basin helps to classify them into six basic types of three categories. They are oil from the Jurassic coal measure (type iv), and from lacustrine source rocks of the Permian (type ㊸), Cretaceous (type ㊹), and Eocene (type ㊺), and mixed oils from the Jurassic and the Eocene (type ㊻), and from the Jurassic and the Eocene (type v). It is showed that different tectonic units from the east to the west have different types of oils. The type iv, type ㊸ and type v, are found in Fukang fault zones. The Qigu faulted-fold belts have similar oil types to those of the Fukang fault zones but with the additional type ㊹. While the Huoerguosi-Manasi-Tugulu anticline and Sikeshe sag are relatively simple with the former contains mainly type ㊹ and later harbors type ㊻ and type iv. According to the above oil-source analyses, it is suggested that the ㊹ type oil from the Cretaceous should be the source of oil in the study area.

Key words oil-source analysis; geochemistry; Cretaceous; southern margin of Junggar basin

准噶尔盆地南缘前陆盆地是叠置在被动大陆边缘、陆内裂谷、断陷 (拗陷) 基础上的叠加型前陆盆地^[1~5], 具有“东西分段、南北分排”的特征, 自东到西分别包括阜康断裂带、齐古断褶带、霍-

玛-吐背斜带和四棵树凹陷^[6,7]; 由南向北分为逆冲推覆构造带、基底卷入型褶皱-冲断带和滑脱型褶皱-冲断带^[8] (图 1)。区内油气资源丰富, 先后发现了独山子等 5 个油气田和霍尔果斯等诸多含

收稿日期: 2006-07-07

第一作者简介: 魏东涛 (1967-), 男, 高级工程师、博士研究生, 石油地质及构造地质

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目 (2004BA616A-04-09); 国家自然科学基金项目 (40372091)

油气构造^[5 9~11],展示了良好的勘探前景。本文力图通过对区内原油进行系统的地球化学特征分析,划分原油成因类型,并确定不同构造带的主要油源层系,为正确认识油气成藏规律,优选有利勘探目标提供科学的基础信息。

1 原油地球化学特征

准噶尔盆地南缘目前所发现原油的聚集层位从三叠系到新近系皆有分布,不同构造带原油地球化学特征既存在共性,又存在差异(表 1)。研究原油的烃类地球化学特征能够获得有关原油成因、成熟度以及后期蚀变等多方面的信息,这是确定原油成因类型的基本依据。

1.1 链烷烃

准噶尔盆地南缘不同构造单元所产原油在链烷烃组成上的差异比较显著。就阜康断裂带西段原油而言,其正烷烃分布完整,主峰碳靠前(nC_{11}),并显示出低数碳占优势的特征,但姥植比(Pr/Ph)却分布在 1.21~3.82 之间,说明原油来源复杂,既可能有河沼-湖沼环境下煤系地层中的高等植物有机质形成的原油(姥植比高)^[12~14],也不排除有湖相烃源油(姥植比低,主峰碳靠前)的贡献^[15~17]。

齐古断褶带原油正烷烃碳数范围为 $nC_{11} \sim nC_{33}$,主峰碳为 nC_{19} ,类异戊二烯烷烃中姥鲛烷占优势, Pr/Ph 值多数大于 1.00(1.17~3.66),表现出油源与阜康断裂带基本一致的特征。

霍-玛-吐背斜带的原油却具有不同的特征,其原油中类异戊二烯烷烃含量不高, Pr/Ph 比值为 0.42~0.87,植烷占优势,表明成油母质为湖相腐泥型有机质; Pr/nC_{17} 均小于 0.50 说明成油母质的沉积环境为水域较为开阔的还原环境^[15~17]。

四棵树凹陷中的原油地球化学特征与阜康断裂带西段类似,比较复杂。原油的正烷烃碳数范围为 $nC_{10} \sim nC_{32}$,主峰碳为 nC_{19} ,低碳数正构烷烃占绝对优势。此外,古近系储层中的原油还见到了一定量的 β -胡萝卜素,这些都说明原油中有来自湖相烃源岩的贡献^[18~20]。然而,原油的 Pr/Ph 值却较高,分布在 1.48~2.90 之间,表现出一些河沼-湖沼环境下煤系地层中的高等植物有机质(腐殖型)形成原油的特征^[12~14]。综合这些特点,说明四棵树凹陷的油源很可能是混源的。

1.2 萘烷

如同原油的链烷烃组成一样,本区萘烷的组成也在不同构造单元中同样展现出一定的差异性。

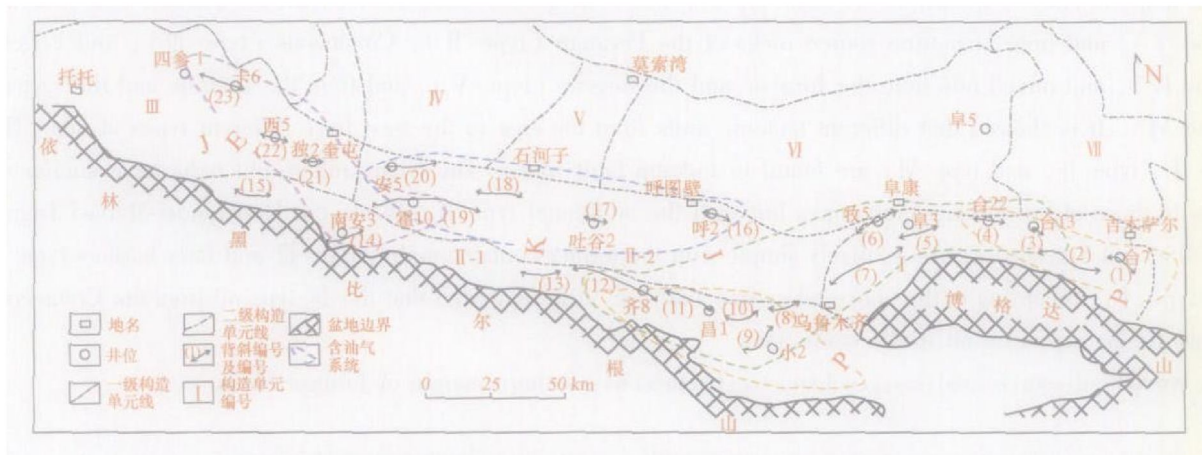


图 1 准噶尔盆地南缘构造纲要及含油气系统分布示意

Fig. 1 Sketch map showing structure outline and petroleum systems in the southern margin of Junggar basin

构造单元: iv. 阜康断裂带; ①-1. 齐古断褶带; ②-2. 霍-玛-吐背斜带; ③ 四棵树凹陷; ④ 沙湾凹陷;

(v). 莫南凸起; v. 阜康凹陷; . 东部隆起

背斜名称: (1)孚远; (2)大龙口; (3)三台; (4)小泉沟; (5)阜康; (6)古牧地; (7)七道湾; (8)西山; (9)小渠子; (10)喀拉扎;

(11)昌吉; (12)齐古; (13)南玛纳斯; (14)南安集海; (15)托斯台构造群; (16)呼图壁; (17)吐谷鲁; (18)玛纳斯;

(19)霍尔果斯; (20)安集海; (21)独山子; (22)西湖; (23)卡因迪克

表 1 准噶尔盆地南缘原油地球化学基本特征参数
Table 1 Basic geochemical parameters of crude oils from the southern margin of Junggar basin

构造单元	井号	层位	样品类型	Pr/ nC ₁₇	Pr/ Ph	三环萘烷		伽马 蜡烷 / C ₃₀ (H)	T _s /T _m	δ ¹³ C, ‰	C ₂₉ -甾烷 20S / (20R + 20S)	C ₂₉ -甾烷 ββ / (ββ + αα)	规则甾烷相对百分含量, %		
						C ₁₉ /C ₂₃	C ₂₄ /C ₂₆						C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉
阜康断裂带	台 22	J _{2x}	原油	0.44	2.21			0.35		- 29.40	0.43	0.59	24.15	24.00	51.59
	台 13	J _{3q}	原油		1.21			0.18	0.38		0.39	0.46	16.00	37.00	47.00
	牧 3	J _{1s}	原油	0.86		1.97	5.80			- 27.25	0.46				
	牧 5	J ₂₋₃	原油		3.82	1.04	2.88	0.06	0.35	- 27.39	0.41	0.54	10.99	17.00	71.77
齐古断褶带	昌 1	J _{2x}	原油	0.27	1.59	0.39	0.93	0.08	1.06	- 28.48	0.48	0.54	13.33	35.00	51.82
	齐 8	T _{2-3xq}	原油		1.17	0.12	15.49	0.14	0.35	- 30.97	0.47	0.52	6.17	43.00	50.90
	齐 8	J _{1b}	原油		3.66	1.01	6.50	0	0.72	- 28.79	0.46	0.47	13.54	20.84	65.62
	齐 34	J	原油		2.56	0.68	2.30	0.04	0.61	- 29.00	0.51	0.53	11.52	27.81	60.66
	齐 1a	J	原油		2.68	0.45	2.24	0.04	0.62	- 28.38	0.51	0.53	11.65	33.00	55.05
	南安 3	E _{2-3a}	原油	0.31	0.74			0.43	1.52	- 29.70	0.42	0.53	33.60	26.54	39.90
霍-玛-吐背斜带	呼 2	E _{1-2z}	凝析油	0.46	0.68	0.48	0.31		1.22	- 29.92	0.55		47.90	26.00	26.04
	吐 001	E _{1-2z}	原油	0.42	0.53	0.32	0.27	0.77		- 30.01	0.46	0.62	31.86	25.00	43.46
	吐 001	E _{1-2z}	原油	0.37	0.54	0.46	0.38		6.80	- 30.08	0.47		33.2	24.00	42.33
	吐 002	E _{2-3a}	原油	0.41	0.55	0.50	0.39		3.22	- 29.30	0.49	0.64	41.73	24.00	34.50
	吐谷 1	E _{2-3a}	原油		0.55	0.52	0.41	0.52	5.28	- 30.02	0.53	0.61	33.16	25.00	42.00
	吐谷 2	E _{1-2z}	原油	0.42	0.60	0.35	0.35	0.64	5.94	- 29.47	0.45		35.82	24.00	40.16
	吐谷 2	E _{2-3a}	原油	0.37	0.51	0.34	0.42	0.58	4.17	- 29.94	0.48	0.63	40.39	23.00	36.45
	霍 8a	N _{1t}	原油	0.34	0.68	0.41	0.72	0.51	1.43	- 30.46	0.46	0.53	33.72	27.8	38.48
	霍 10	E _{1-2z}	原油	0.25	0.79			0.74	2.54	- 28.26	0.48	0.55	34.00	21.00	45.00
	霍 10	E _{1-2z}	原油	0.34	0.84			0.54	1.37	- 28.40	0.47	0.54	38.00	21.00	41.00
四棵树凹陷带	霍 10	E _{1-2z}	原油	0.37	0.87			0.50	1.33	- 30.75	0.53	0.55	37.00	18.00	45.00
	安 5	E _{2-3a}	原油	0.31	0.78	0.39	0.60	0.27		- 28.62	0.49	0.54			
	独 1	N _{1s}	油砂	0.61	1.48	1.40		0.28	0.68	- 27.56	0.30	0.40			
	独 2	N _{1s}	原油	0.29	1.55	1.34	1.90	0.21	1.63	- 27.14	0.36	0.43	23.43	24.00	52.78
	独 50	N _{1s}	原油	0.29	1.79	1.16	1.66	0.29	0.58	- 27.82	0.37	0.46	23.73	25.99	50.28
	独深 1	N _{1s}	油砂	0.26	1.63	1.45	2.63			- 27.54					
	西 4	N _{1s}	油砂	0.24	1.63	0.37	1.42	0.33	0.71	- 27.51	0.34	0.44			
	西 5	E _{1-2z}	油砂	0.30	2.01	2.24	3.52	0	0.49	- 26.82	0.43	0.50	9.97	24.00	65.87
	西 5	K _{1tg}	原油		2.90	4.25	5.51	0.07	0.48	- 26.15	0.45	0.50	10.75	23.00	66.65
	西参 2	N _{1s}	原油	0.23	2.12	1.12	2.28	0.22	0.52	- 27.13	0.37	0.45	16.12	29.87	54.01
	西参 2	N _{1t}	原油	0.24	2.41	2.44	1.42	0.16	0.55	- 27.24	0.36	0.43	17.21	33.00	49.78
	卡 001	E _{1-2z}	油苗			4.51	5.72		0.49	- 26.33	0.45		13.32	26.00	60.75
	卡 002	J _{3q}	原油	0.25	2.66	5.35	10.77		0.49	- 26.48	0.44		8.69	18.00	73.49
	卡 003	E _{1-2z}	原油	0.17	2.08	3.89	7.30		0.58	- 26.31	0.42		11.04	21.00	68.33
	卡 6	E _{2-3a}	原油	0.29	2.18	1.23	1.69	0.25	0.81	- 28.66	0.29	0.37	18.84	27.00	54.41
	卡 6	J _{3q}	原油	0.24	2.50	6.83	12.19	0.04	0.50	- 26.35	0.45	0.52	11.26	21.00	67.75

首先,阜康断裂带西段古牧地原油中三环萜烷系列小于 C_{23} 的低碳数化合物占多数,多以 C_{19} 为主峰, C_{19} -三环萜烷/ C_{23} -三环萜烷比值为 1.04 和 1.97, C_{24} -四环萜烷/ C_{26} -三环萜烷比值为 2.88 和 5.80,这些都是油源母质以陆源高等植物化合物占优势所具有的典型特征^[12~14]。

其次,齐古断褶带原油三环萜烷系列中 C_{19} — C_{21} 的含量小于 C_{23} — C_{29} 的含量,多以 C_{23} 为主峰, C_{19} -三环萜烷/ C_{23} -三环萜烷比值普遍小于 1 (8 个数据中只有 1 个数据大于 1 为 1.01),表现出半深湖—深湖相低等水生生物(如藻类等)为主的成油母质特征。此外, C_{24} -四环萜烷的丰度在不同地段差异较大: C_{24} -四环萜烷/ C_{26} -三环萜烷在小渠子构造为 0.34~0.60,昌吉构造为 0.93,表明来自高等植物的腐殖型有机质含量较少;而齐古地区为 1.81~6.50,小泉沟群原油达 15.49,表明可能有来自侏罗系煤系地层烃源岩形成原油的混入。可见,从原油的萜烷组成来分析,齐古断褶带中的原油成因类型比阜康断裂带还要复杂。

第三,霍—玛—吐背斜带原油中整个三环萜烷系列以 C_{23} 为主峰(只有呼图壁地区的凝析油以 C_{21} 为主峰),表征藻类等低等水生生物烃源的 C_{23} — C_{29} 含量大于 C_{23} 之前的化合物含量,并且 C_{19} — C_{23} 的含量依次递增。 C_{19} -三环萜烷/ C_{23} -三环萜烷、 C_{24} -四环萜烷/ C_{26} -三环萜烷比值都小于 1.00,分别为 0.32~0.52 和 0.27~0.72,展现出半深湖—深湖相以腐泥型为主成油母质所形成原油的特性,这与阜康和齐古地区原油的复杂来源不同。此外,本区原油与其它地区还有明显不同的特征,如伽马蜡烷/ C_{30} -藿烷和 Ts/Tm 的比值明显较其它地区高(表 1),进一步表明源岩沉积于半深湖—深湖相的还原环境,同时水体有一定盐度。此外,原油中含有胡萝卜烷也证明了这一点。

第四,四棵树凹陷的原油来源也比较复杂,根据萜烷组成可将其分为两类。第一类原油主要聚集在侏罗系齐古组、白垩系吐谷鲁群及古近系紫泥泉子组中,其三环萜烷系列中小于 C_{23} 的低碳数化合物占多数,多以 C_{19} 为主峰, C_{19} -三环萜烷/ C_{23} -三环萜烷比值为 2.24~6.83, C_{24} -四环萜烷/ C_{26} -三环萜烷比值为 3.52~12.19,充分表现来自陆源高等植物的化合物占优势,可见原油主要来自侏罗系煤系地层。第二类原油是聚集在古近系安集海河组及新近系中的原油,其三环萜烷中

以 C_{19} 或 C_{20} 为主峰, C_{23} 之前的三环萜烷含量大于 C_{23} — C_{29} 的三环萜烷含量。 C_{19} -萜烷/ C_{23} -萜烷比值一般大于 1.00 (1.12~1.45), C_{24} -四环萜烷含量也超过 C_{26} -三环萜烷含量 (C_{24} -四环萜烷/ C_{26} -三环萜烷在 1.42~2.71)。与前一类侏罗系的单一成因煤系油相比,这些参数值已大大降低,但又高于阜康、齐古和霍—玛—吐等地区湖相生源油的数据,说明原油具有混源特征,即既有来自侏罗系煤系地层的原油,也有来自其它层位湖相暗色泥岩的原油。

1.3 甾烷组成

阜康断裂带不同构造单元原油的规则甾烷组成有所不同,古牧地原油中的 C_{29} -甾烷含量明显要高于甘河油田,这说明古牧地原油中来自于高等植物的成分要比甘河油田高。齐古断褶带规则甾烷中 C_{27} -甾烷含量为 6.17%~33.6%, C_{28} -甾烷含量为 20.84%~43.00%, C_{29} -甾烷含量一般在 50.00% 以上, C_{27} -甾烷/ C_{29} -甾烷比值在 0.12~0.85 之间,大致介于阜康东西构造单元的原油甾烷组成特征之间。霍—玛—吐背斜带规则甾烷中 C_{27} -甾烷和 C_{29} -甾烷含量相对均等,分别为 31.80%~41.73% 和 26.80%~45%, C_{28} -甾烷含量在 30% 以下。 C_{27} -甾烷/ C_{29} -甾烷比值在 1.00 以下(呼 2 井为 1.84)。这些特征说明这里的原油组成上与其它地区的原油有显著差异。四棵树凹陷的原油根据萜烷组成已经分成两类,这两类原油的规则甾烷组成也有所差异。首先,第一类原油(油砂)中的 C_{27} -甾烷含量为 8.69%~13.32%, C_{28} -甾烷含量为 18.00%~23.00%,而 C_{29} -甾烷占明显优势,含量在 65.87%~73.49% 之间, C_{27} -甾烷/ C_{29} -甾烷比值小于 0.20,表明这里的原油很有可能来自母质类型偏腐殖的源岩。相反,第二类原油的最大不同在于 C_{29} -甾烷的相对含量明显下降 (49.78%~54.41%),说明第二类原油与第一类原油的油源有差异,既有可能是混源油,也有可能是来自一类母质类型更好的源岩。

此外,根据甾烷异构体成熟度参数推断(表 1,图 2),淮南地区现今发现的原油基本都已进入成熟阶段,但达到异构化终点的油样不多。不同构造带之间,同一构造带内部不同样品之间的原油成熟度稍有差异,暗示了原油有机相、演化程度和

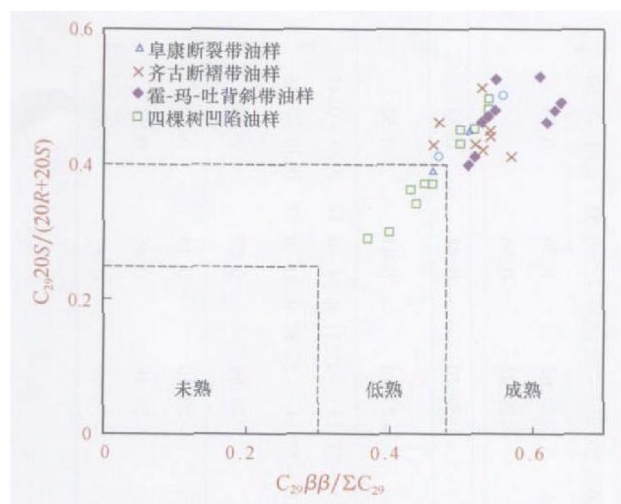


图 2 准噶尔盆地南缘原油甾烷 $C_{29} 20S / (20R + 20S)$ 与 $C_{29} \beta\beta / \sum C_{29}$ 比值的关系

Fig. 2 Sterane $C_{29} 20S / (20R + 20S)$ vs $C_{29} \beta\beta / \sum C_{29}$ of crude oils on the southern margin of Junggar basin

运移效应的差异和影响。特别是霍-玛-吐地区的原油,其原油成熟度较其它地区明显偏高,结合前面论述的地球化学特征,很可能说明这里的油源与其它地区有所不同。

1.4 碳同位素

在阜康断裂带西段的甘河油田,原油 $\delta^{13}C$ 值为 -29.40‰ , 而古牧地原油的两个 $\delta^{13}C$ 值为 -27.25‰ 和 -27.39‰ , 说明这两处的油源母质类型前者较好。齐古断褶带原油(油砂)样品的 $\delta^{13}C$ 普遍较轻 ($-28.38\text{‰} \sim -32.28\text{‰}$), 表明成油母质以藻类等水生生物有机质为主。霍-玛-吐背斜带原油 $\delta^{13}C$ 在 $-28.26\text{‰} \sim -30.75\text{‰}$ 之间, 说明油源母质类型也较好。四棵树凹陷第一类原油的 $\delta^{13}C$ 位于 $-26.15\text{‰} \sim -26.36\text{‰}$ 之间, 而第二类原油的碳同位素组成相对轻一些 ($-27.13\text{‰} \sim -28.66\text{‰}$), 暗示了生烃母质的差异。

2 原油成因分类

根据上述对淮南前陆盆地原油有机地球化学特征的综合分析,可见本区原油成因类型相当复杂,在不同构造单元展现出不同的原油地球化学特征。为了进行深入的油源与成藏研究,必须对这些已发现的原油进行成因分类。鉴于此,本文根据碳同位素、含蜡量、族组成、正烷烃分布、类异戊二烯烃分布、萘烷分布、伽马蜡烷含量、规则甾

烷分布等指标特征同时结合原油的基础地球化学特征(物性和族组成等),将淮南前陆盆地的原油划分为 6 种类型(表 2),并依据原油的成因类型将研究区的含油气系统分布示意性的标示在了图 1 中。

iv 类原油主要分布在阜康断裂带西段古牧地、齐古断褶带齐古(储集层为 J_2)及四棵树凹陷的西湖地区(储集层为 K_1tg, E_{1-2z})、托斯台(储集层为 K_1tg)及卡因迪克(储集层为 J_3q, K_1tg, E_{1-2z})。该类原油碳同位素较重(含量为 $-26.31\text{‰} \sim -29.0\text{‰}$),地球化学特征显示其成油母质为陆生高等植物,与典型的侏罗系煤系地层烃源岩有关^[13-15],表明该类原油为侏罗系生源油。

⑤类原油主要分布在阜康断裂带西段三台油田、齐古断褶带小渠子及喀拉扎构造,储层为中下侏罗统(J_2)。这类原油碳同位素较轻(含量为 $-30\text{‰} \sim -32.38\text{‰}$),与准噶尔盆地西北缘、腹部地区广泛发现的二叠系原油在地球化学特征方面有着良好的可比性^[15-19],成油母质以藻类等水生生物有机质为主,因此,可以认为这类原油为二叠系生源油。

⑥类原油主要分布在霍-玛-吐背斜带,原油储集层位为古近系。原油碳同位素 $\delta^{13}C$ 在 $-28.26\text{‰} \sim -30.75\text{‰}$ 之间,比 iv 类原油轻,但比 ⑦类原油重,根据油源分析(参见后文)推断其源自白垩系。

⑦类原油主要分布在齐古断褶带南安集海构造(储层为古近系)、霍-玛-吐背斜带霍尔果斯地区及西湖构造(储层为新近系),碳同位素含量为 $-27.13\text{‰} \sim -29.7\text{‰}$,比 ⑥类原油略重比 iv 类原油轻,含量为 $1.5\text{‰} \sim 2.5\text{‰}$,源自古近系烃源岩^[20-21],也属于湖相单一成因的烃源油。

⑧类原油主要分布在四棵树凹陷西湖背斜、独山子油田(储层为新近系)及卡因迪克(储层为古近系)。其碳同位素含为 $-27.13\text{‰} \sim -28.66\text{‰}$ 比 ④类原油重;原油中含有侏罗纪和第三纪的孢粉化石以及侏罗系煤系地层中特有的 2-甲基烷烃系列化合物;伽马蜡烷/ C_{30} -藿烷比值为 $0.16 \sim 0.33$,高于 iv 类原油而低于 ⑥类原油。综合上述,认为这类原油的地球化学特征介于 iv 类和 ⑥类烃源油之间,判断其属于侏罗系和古近系的混源油。

v 类原油主要分布在阜康断裂带西段小泉沟

表 2 准噶尔盆地南缘 6 类不同成因原油的地球化学特征
Table 2 Geochemical behaviors of six different types of crude oils on the southern margin of Junggar basin

原油构造 类型名称	层位	含蜡量, %	饱和烃含量, %	Pr/nC ₁₇	Pr/Ph	C ₁₀ -三环萜烷/ C ₂₁ -三环萜烷	C ₂₅ -四环萜 烷/C ₂₆ -三环 萜烷	C ₂₇ -甾烷/ C ₂₉ -甾烷	伽马蜡烷/ C ₃₀ -藿烷	Ts/Tm	δ ¹³ C, ‰	C ₂₉ -甾烷 20S/ (20R+20S)	C ₂₉ -甾烷 ββ/(ββ+αα)	烃 源 岩
I 类	古牧地		83.09~90.75	0.83~0.86	3.82~4.06	1.04~3.11	2.88~5.80	0.15~0.16	0.06	0.29~0.35	-27.25~-27.39	0.41~0.46	0.41~0.46	J
	齐古	47.72	76.37~86.87		2.56~3.66	0.45~1.01	2.24~6.50	0.47	0~0.04	0.62~0.72	-28.38~-29.00	0.47~0.53	0.47~0.53	
	K ₁ tg, E ₁₋₂ z	25.69	58.69~61.83	0.26~0.31	2.01~2.90	2.24~4.25	3.52~5.51	0.15~0.21	0~0.09	0.48~0.49	-26.15~-26.82	0.43~0.48	0.50~0.54	
	托斯台		68.80~78.29	0.22~0.29	2.05~3.18	9.09		0.09	0.09	0.38~0.63	-26.36	0.44~0.50	0.49~0.54	
	卡因 J ₃ q, K ₁ tg, E ₁₋₂ z 迪克	17.52	67.53~76.87	0.17~0.25	2.5~2.66	3.89~6.83	5.72~12.19	0.21~0.27	0.04	0.49~0.58	-26.31~-26.48	0.42~0.45	0.52	
II 类	三台	0.07~7.77			1.21			0.34	0.18	0.38		0.39	0.46	P
	小渠子		87.60~90.32		0.78~1.18	0.07~0.12	0.33~0.60	0.34~0.60	0.12~0.31	1.64~2.63	-30.00~-32.38	0.41~0.43	0.46~0.57	
	喀拉扎		37.79~50.48					0.35	0.18	0.83	-31.32	0.45	0.54	
III 类	霍尔 果斯	7.19	66.99~84.51	0.33~0.37	0.77~0.87	0.41	0.72~0.77	0.87~0.88	0.50~0.74	1.33~2.54	-28.26~-30.75	0.40~0.53	0.51~0.55	K
	E ₂₋₃ z	10.68	72.00~84.67	0.37~0.42	0.51~0.6	0.32~0.52	0.27~0.49	0.73~1.21	0.52~0.77	3.22~6.80	-29.30~-30.08	0.45~0.53	0.61~0.64	
	E ₂₋₃ a	4.38		0.31	0.78	0.39	0.60		0.27		-28.62	0.50	0.54	
	E ₁₋₂ z	3.01	85.84~97.43	0.46	0.68	0.48	0.31~0.59	1.84		1.22	-29.92	0.55		
	呼图壁													
IV 类	南安 集海	15.00	83.81	0.31	0.74			0.85	0.43	1.52	-29.70	0.42	0.53	E
	霍尔 果斯		72.38~75.26	0.29~0.34	0.77			0.88	0.53	0.92	-27.19	0.41	0.52	
V 类	西湖	12.75	63.62	0.23~0.24	2.12~2.41	1.12~2.44	1.42~2.71	0.32~0.39	0.16~0.33	0.53~0.71	-27.13~-27.51	0.34~0.37	0.43~0.45	J + E
	N ₁													
	独山子	<7.60	55.91~79.76	0.26~0.61	1.48~1.79	1.16~1.45	1.66~2.63	0.37~0.83	0.21~0.29	0.58~0.16	-27.14~-27.82	0.30~0.37	0.40~0.46	
	卡因 迪克	9.40	66.93	0.29	2.18	1.23	1.67	0.35	0.25	0.81	-28.66	0.29	0.37	
VI 类	小泉沟		62.39	0.44	2.21			0.47	0.35		-29.40	0.43	0.59	P + J
	J ₂ x													
	昌吉		79.19	0.27	1.59	0.39	0.91~0.93	0.25	0.08	1.06	-28.48	0.45	0.54	
	齐古	10.29			1.17	1.23	15.49	0.12	0.14	0.35	-30.97	0.47	0.52	

构造(储层为 J_2)及齐古断褶带齐古油田(储层为 T_{2-3}), 碳同位素含量为 $-28.48\% \sim -30.97\%$, 比 ㉔类原油重, 比侏罗系原油轻, 结合其他地球化学参数特征(表 2), 认为这类原油为侏罗系和二叠系的混源油。

综上所述, 如图 1 所示, 在阜康断裂带, 东段为 ㉔类源自二叠系湖相泥质烃源岩的原油, 西段为源自侏罗系煤系有机质的 iv 类原油, 而在中段的小泉沟地区, 原油具有 iv 类和 ㉔类原油的混合特征(v 类), 这可能说明本区原油具有自两端向中间运移混合的趋势。在齐古断褶带, 除了发现在阜康断裂带地区识别出的三类不同类型原油之外, 还发现了源自古近系的湖相油。在霍-玛-吐地区, 主要是新发现的一类白垩系生源油(详细分析参见后文), 除此之外, 在霍尔果斯的新近纪储层中, 还发现了古近系的生源油。在四棵树凹陷, 原油主要是侏罗系煤系生源油, 及其与古近系安集海河组湖相泥质烃源岩的混源类型。总的来看, 虽然淮南前陆盆地发育了多套烃源岩, 但根据本文研究结果, 原油的平面分布非均质性很强(图 1), 其中以侏罗系含油气系统的分布范围最广, 而二叠系、白垩系和古近系的含油气系统分布范围都相对比较局限, 这可能说明淡水—微咸水湖盆发育的分隔性较强, 而发育煤系的湖沼环境在侏罗纪分布范围很广。

3 油源分析

对于上面划分的 6 类原油, 前人就其中的 5 类原油已经开展过一些油源对比研究工作^[22~28], 而对 ㉔类油的研究还相对较少。因此, 本文此次重点对 ㉔类原油(源自白垩系烃源岩)进行分析。

㉔类原油主要分布在霍-玛-吐背斜带, 原油储集层位为古近系。根据前面对原油地球化学特征的分析, 这类原油的母质主要为湖相藻类生源, 所以可能来自于二叠系、白垩系和古近系等。鉴于二叠系烃源岩的沉积中心在博格达山前附近, 所以 ㉔类原油最有可能的母质来源是古近系和侏罗系。

古近系安集海河组岩样中的 T_s/T_m 和 C_{27} -甾烷/ C_{29} -甾烷比值与 ㉔类原油较相差较大。安集海河组岩样的这两个比值分别为 $0.13 \sim 0.21$ (少数为 $0.39 \sim 0.74$)和 $0.56 \sim 0.76$ (少数为 $0.33 \sim$

0.45), 而霍尔果斯原油(霍 10 井)比值分别为 $0.82 \sim 1.43$ 和 $0.89 \sim 1.11$, 安集海河原油(安 5 井)比值分别为 1.23 和 0.91 , 吐谷鲁原油比值分别为 $2.75 \sim 5.95$ 和 $0.71 \sim 1.32$ 。此外, 安集海河组岩样中伽马蜡烷/ C_{30} -藿烷比值多数在 $0.15 \sim 0.31$ 之间, 少数为 $0.37 \sim 0.51$, 而霍尔果斯(霍 10 井)、安集海河(安 5 井)及吐谷鲁地区原油中的伽马蜡烷/ C_{30} -藿烷比值分别为 $0.50 \sim 0.74$, 0.27 和 $0.52 \sim 0.77$, 与烃源岩样品的数据相差较大。综合上述两点, 可以认为安集海河组泥岩不是霍尔果斯(霍 10 井)、安集海河(安 5 井)和吐谷鲁地区原油的主要油源。

相比较而言, 下白垩统吐谷鲁群泥质烃源岩样品的 T_s/T_m 和 C_{27} -甾烷/ C_{29} -甾烷比值分别为 $0.22 \sim 0.65$ 和 $0.63 \sim 0.76$ 与霍尔果斯、安集海及吐谷鲁地区的原油相比, 尽管有一些差别但比安集海河组岩样更接近原油。此外, 伽马蜡烷/ C_{30} -藿烷比值多数在为 $0.20 \sim 0.26$ 少数为 $0.38 \sim 0.70$ 也比安集海河组岩样更接近原油。这些都可能说明本区所聚集原油的主要贡献来自于白垩系烃源岩。

断代生标的研究结果对此推断提供了佐证。霍 10 井紫泥泉子组(E_{1-2z})以及安 5 井安集海河组(E_{2-3a})的两个原油样品的色-质分析结果表明, 在五环三萜烷系列中没有检测到奥利烷。奥利烷是具有地质时代特征的生物标记化合物^[20, 21, 29], 来自被子植物中的有机质, 而被子植物是在晚白垩世才开始繁育的, 如柴达木盆地西部古近系原油中普遍含有奥利烷。所以, 这有力地说明了古近系安集海河组作为霍-玛-吐背斜带油源的可能性不大, 而油源来自下白垩统的可能性较大。

综上所述, 从油-岩的地球化学特征对比来看, ㉔类原油主要为来自于白垩系的湖相生源油。

实际上, 从沉积相的研究成果来看, 本区下白垩统吐谷鲁群的沉积中心位于安集海河至呼图壁一带, 为深湖相环境, 而古近系安集海河组沉积中心位于四棵树至独山子一带^[30], 恰好与油源分析的结果一致(图 1)。

4 结论

1) 淮南前陆盆地存在 6 类不同成因的原油, 6 类原油分别为源自侏罗系的煤系(iv), 以及二叠

系(㉔)、白垩系(㉕)和古近系(㉖)的湖相单一成因原油,以及侏罗系和古近系(㉗),侏罗系和二叠系(v)的混源油。本文重点对过去较少讨论的(㉔)类油进行了分析,认为其来自于白垩系湖相烃源岩。

2)不同构造单元的原油分布呈现出一定的差异,自东向西,阜康断裂带主要有iv类、㉔类和v类油,齐古断褶带原油类型与阜康断裂带基本一致,但还存在㉔类油,霍-玛-吐背斜带原油以㉔类为主,四棵树凹陷原油主要是iv类油及㉗类混源油。

致谢: 本文得到南京大学地球科学系曹剑博士、姚素平教授,以及中国石油勘探开发研究院宋岩教授、魏国齐教授、赵孟军博士、柳少波博士及李本亮博士的热情帮助和指导,在此致以衷心的感谢。

参 考 文 献

- 贾承造, 魏国齐, 李本亮, 等. 中国中西部两期前陆盆地的形成及其控气作用[J]. 石油学报, 2003, 24(2): 13~17
- 贾承造, 宋岩, 魏国齐, 等. 中国中西部前陆盆地的地质特征及油气聚集[J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 3~13
- 王庭斌. 中国大中型气田成藏的主控因素及勘探领域[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 572~589
- 王金琪. 准噶尔盆地淮南坳陷侏罗系含气潜力[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(5): 496~500
- 赵桂萍. 准噶尔盆地南缘异常高压及其与油气成藏的关系[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 327~331
- 孙自明, 何治亮, 牟泽辉. 准噶尔盆地南缘构造特征及有利勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 216~221
- 杨海波, 陈磊, 孔玉华. 准噶尔盆地构造单元划分新方案[J]. 新疆石油地质, 2004, 25(6): 686~688
- 汪新伟, 汪新文, 刘剑平, 等. 准噶尔盆地南缘褶皱-逆冲断层带分析[J]. 地学前缘, 2005, 12(4): 411~421
- 贾承造, 何登发, 雷振宇, 等. 前陆冲断带油气勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000, 1~351
- 李耀华. 准噶尔盆地南缘天然气成藏模式及勘探方向[J]. 天然气工业, 2001, 21(4): 27~31
- 柳少波, 宋岩, 洪峰, 等. 中国中西部前陆盆地烃源岩特征与油气资源潜力分析[J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 59~65
- 陈建平, 邓春萍, 梁狄刚, 等. 叠合盆地烃源层混源油定量分析——以准噶尔盆地彩南油田为例[J]. 地质学报, 2004, 78(2): 279~288
- Chen Jianping, Liang Dígāng, Wang Xulong, et al Mixed oils derived from multiple source rocks in the Caiman oilfield, Junggar basin, Northwest China (partiv): genetic potential of source rocks, features of biomarkers and oil source of typical crude oils[J]. Organic Geochemistry, 2003, 34: 889~909
- Chen Jianping, Deng Chunping, Liang Dígāng, et al Mixed oils derived from multiple source rocks in the Caiman oilfield, Junggar basin, Northwest China (part㉔): artificial mixing experiments on typical crude oils and quantitative oil-correlation[J]. Organic Geochemistry, 2003, 34: 911~930
- 王绪龙, 康素芳. 准噶尔盆地腹部及西北缘斜坡区原油成因分析[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(2): 108~112
- 尹伟, 郑和荣, 孟闲龙, 等. 准噶尔盆地中部原油地球化学特征[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(4): 461~466
- Cao Jian, Zhang Yijie, Hu Wenxuan, et al The Permian hybrid petroleum system in the northwest margin of the Junggar basin, Northwest China[J]. Marine and Petroleum Geology, 2005, 22: 331~349
- Clayton J L, Yang J. Geochemistry of oils from the Junggar basin, Northwest China[J]. AAPG Bulletin, 1997, 81: 1926~1944
- Pan Changchun, Yang Jianqian. Geochemical characteristics and implication of hydrocarbon in reservoir rocks of Junggar basin, China[J]. Chemical Geology, 2000, 167: 321~335
- 傅家谟, 盛国英. 中国陆相原油的成因和生物标志物组成特征[J]. 沉积学报, 1991, 9(S0): 1~8
- 陈建渝. 生物标志物地球化学的新进展[J]. 地质科技情报, 1995, 14(3): 35~44
- 郭春清, 沈忠民, 张林晔, 等. 准噶尔盆地南缘烃源岩生源特征及原油分类[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2005, 32(3): 257~262
- 张闻林, 张峭楠, 王世谦. 准噶尔盆地南缘西部地区原油地球化学特征及油源对比[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2003, 30(4): 374~377
- 陈世加, 王绪龙, 阿布力米提, 等. 呼图壁气藏成藏地球化学特征[J]. 天然气工业, 2004, 24(3): 16~18
- 惠荣耀, 张继忠, 孟仟祥. 准噶尔盆地南缘煤成油的地球化学特征[J]. 沉积学报, 1990, 8(1): 29~36
- 范光华, 李建新. 准噶尔盆地南缘油源探讨[J]. 新疆石油地质, 1985, 6(4): 11~18
- Carroll A R. Upper permian lacustrine organic facies evolution, southern Junggar basin, Northwest China[J]. Organic Geochemistry, 1998, 28(11): 649~667
- 王屿涛, 谷斌, 王立宏. 原油的混源实验及其地质意义[J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(1): 34~42
- 王屿涛. 生物标志物的环境特征与油源关系[J]. 新疆石油地质, 1996, 17(2): 130~137
- 阿布力米提, 唐勇, 李臣, 等. 准噶尔盆地南缘前陆盆地白垩系生油的新认识[J]. 新疆石油地质, 2004, 25(4): 446~448

(编辑 武新民)