

准噶尔盆地东部原油地球化学特征

王屿涛 陈克迅*

(新疆石油管理局勘探开发研究院)

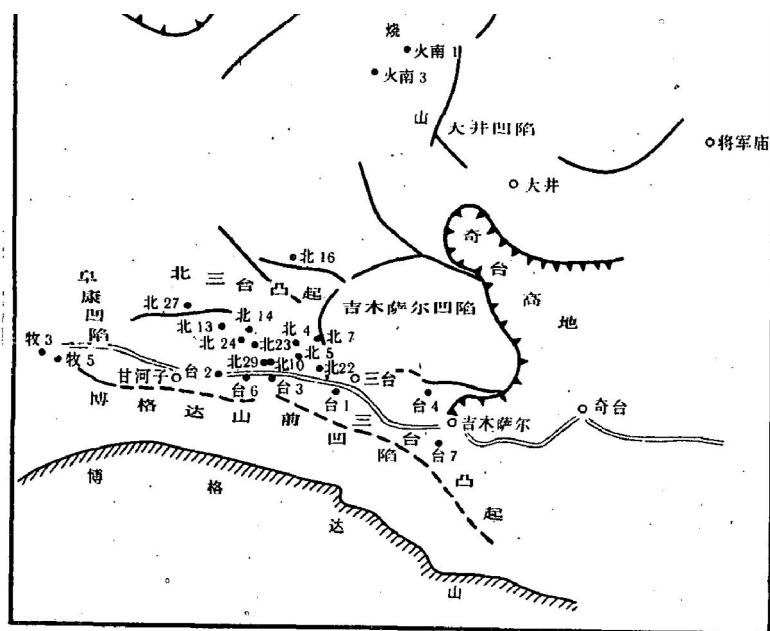


图1 准噶尔盆地东部原油取样井位示意图

等构造单元, 面积大于 20000 km² (图 1)。

中石炭世，准噶尔盆地东部开始接受陆相沉积。到晚二叠世，陆相沉积区扩大，各凹陷中都接受了较稳定的湖相暗色泥岩沉积。中生代沉积起着填平补齐的作用，暗色泥岩不发育。侏罗系为河湖沼泽相含煤地层，中生界其他地层都不利于生油。

目前, 该区二叠系至白垩系都发现了工业性油流。火烧山油田的原油主要储集于二叠系平地泉组 (P_2p) 中, 三台、北三台原油则储集于石炭系至第

本文 1988 年 4 月 20 日收到, 1989 年 8 月 8 日改回。

● 参加研究工作的还有刘勇同志。

三系不同时代的地层中。

一、原油物理性质和化学性质

(一) 原油常规物性

据表1所列几项主要参数,可将原油分为三类。

表1 准噶尔盆地东部原油物性参数表

井 号	井 深 (m)	层 位	密 度 (g/cm ³)	粘度 (50℃) (mPa · s)	凝固点 (℃)	初馏点 (℃)	含蜡量 (%)
火1井	1609—1625	P _{2p}	0.8820	39.41	+17	118	8.83
火2井	1464.20—1461.90	P _{2p}	0.8837	50.87	+9	157	11.59
火5井	1614—1601	P _{2p}	0.8841	53.12	+14	137	8.41
火南1井	1825—1863	P _{2p}	0.8876	45.80	+22	108	8.03
北4井	2172—2178.6	T _{1s}	0.9213	547.20	+20	172	12.40
北5井	3401—3435	C _{2b}	0.8834	74.92	+23	133	13.27
北10井	2110—2107	J _{2t}	0.9223	970.14	+4	193	2.02
北13井	2935.34—3076.13	T _{1s}	0.8975	242.47	+26	166	16.35
北14井	1899.11—1911.20	J _{2t}	0.8735	19.22	+6	124	8.25
北22井	2875.5—2860.5	P _{1j}	0.9192	457.73	+6	210	4.02
北23井	2217.6—2210	T _{1s}	0.929	1290.59	+15	264	0.69
北24井	2219.40—2184	J _{2t}	0.9094	223.58	+8	175	2.73
北41井	1938—1948	J _{2t}	0.8919	46.02	0	140	2.83
台2井	2710—2694	J _{2t}	0.9354	2155.41	+4	176	7.77
台3井	2281—2271	J _{2t}	0.9212	531.17	-10	210	0.87
台4井	2470—2437	T _{1s}	0.9287	1237.81	+16	190	6.32
台6井	2061—2065.2	J _{3q}	0.9396	3255.83	-2	210	1.76
台7井	2399.5—2379.5	T _{1s}	0.9311	1502.07	+20	260	2.62
彩参1井	1808—1839	C _{2b}	0.8613	14.06	+10	145	未测
北27井	2577—2598	J _{2t}	0.8653	10.60	-1.0	162	10.12
牧5井	1300—1700	J _{1s}	0.8116	3.10	+12	118	13.93

1. 二叠系正常原油

主要分布于火烧山地区。物性基本一致,密度在 0.88 g/cm³ 左右,粘度 (50℃时) 一般为 50 mPa · s 左右。含蜡量较高,一般大于 8%。这些数据表明原油具有以陆源有机质为主要生油母质的陆相原油特性。

2. 二叠系生物降解原油

主要分布于三台和北三台南坡。总的特征是:密度高 (一般大于 0.90 g/cm³), 粘度大 (50℃条件下最高达 3255.83 mPa · s), 含蜡量较低 (均小于 8%)。这部分原油普遍受到了一

定程度的生物降解作用, 正构烷烃、甚至类异戊二烯烷烃明显缺乏, 部分原油中甾烷、萜烷也遭到了破坏。这可能是这类原油密度较高而含蜡量偏低的主要原因。

3. 可能的煤成油

五彩湾凹陷彩参1井石炭系巴塔玛依内山组(C_{2b})原油, 和北三台西南斜坡北27井及阜康凹陷古牧地牧5井侏罗系原油, 密度一般在 0.88 g/cm^3 左右, 粘度(50°C)均在 $15 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以下, 而含蜡量较高, 一般大于10%。这与准噶尔盆地南缘煤成油的物性特征是基本一致的^[1]。

(二) 原油的地球化学性质

原油的地球化学性质表明该区存在三种不同性质的原油。

1. 正构烷烃特征

火烧山原油和三台、北三台部分原油正构烷烃碳数范围为 $C_{14}-C_{35}$, nC_{21} 前/ nC_{22} 后比值小于1, 奇偶优势不明显, 为中等成熟的正常原油(简称A类原油)。

分布在三台和北三台南坡的另一种原油, 正构烷烃组分明减少, 奇偶优势不明显, 亦为中等成熟的原油(简称B类原油)。

北27井、牧3井、牧5井等井侏罗系原油和彩参1井石炭系原油, 其正构烷烃分布与A、B类原油不同。碳数分布范围较窄(为 $C_{13}-C_{31}$), 高碳数含量明显降低, 轻组分占优势, (nC_{21} 前/ nC_{22} 后一般为 $1.59-1.96$), 奇偶优势不明显(OEP值一般为 $1.10-1.17$), 与一些煤系地层生成的轻质原油相似(简称C类原油)。

2. 姥鲨烷与植烷比值

Pr/Ph比值受物源和成熟度的影响不大, 主要受沉积-成岩时期古环境条件的控制。梅博文等研究了我国原油中类异戊二烯烷烃的分布后指出, 好的湖相生油岩生成的石油形成于还原环境, Pr/Ph比值为 $1-3$, 而湖沼相的石油生成于弱氧化-还原环境, $\text{Pr/Ph} > 3.0$ ^[2]。A类和B类原油的Pr/Ph比值接近, 为 $0.98-1.41$, 基本呈姥、植均势。C类原油明显地以姥鲨烷占优势, Pr/Ph比值为 $2.0-3.87$ (表2)。

3. 胡萝卜烷丰度

胡萝卜烷的前身物——胡萝卜素在低等和高等植物中较为丰富, 但很容易在植物死后堆积和埋藏过程中被氧化分解。因此, 胡萝卜烷的存在说明沉积环境是利于胡萝卜素保存和转化成胡萝卜烷的还原环境。A类和B类原油中 γ 、 β 胡萝卜烷丰度较高(图2), 成为该两类原油的重要特征之一。相反, C类原油缺乏 γ 、 β 胡萝卜烷。

4. 甾烷分布特征

原油中的甾烷是生物甾醇的成岩衍生物。 C_{27} 胆甾烷主要来自动物, C_{28} 麦角甾烷来自菌类、硅藻及各种植物, C_{29} 谷甾烷则主要来自高等植物。从表2可以看出*, A类和B类原油三种规则甾烷的分布十分相似。C类原油的甾烷组成明显有别于A和B类原油, C_{27} 规则甾烷的四种异构体基本缺失, C_{28} 甾烷含量也较低, 而 C_{29} 甾烷占绝对优势, 其平均含量高达75%左右。C类原油中重排甾烷相对含量与规则甾烷相对含量很相似, $13\beta 17\alpha C_{29}$ 重排甾烷(20S和20R)在质量色谱图上表现为两个高峰, 成为该类原油的一个重要特征。据研究, 多数煤层中, 重排谷甾烷相当丰富, 无论中变质煤或低变质煤都是这样。看来 C_{29} 谷甾烷的结构重排可能在成岩

* 表中 C_{27} 、 C_{28} 、 C_{29} 三种规则甾烷指 5α 、 14α 、 17α (20S或20R) 和 5α 、 14β 、 17β (20S或20R) 甾烷。

表2 准噶尔盆地东部原油饱和烃色谱、质谱综合数据表

井号	层位	井深 (m)	正异构烷烃			甾烷与萜烷						
			$\frac{nC_{21}前}{nC_{22}后}$	OEP	$\frac{iC_{19}}{iC_{20}}$	$\frac{C_{27}}{总规}$	$\frac{C_{28}}{总规}$	$\frac{C_{29}}{总规}$	$\frac{C_{29-\alpha\alpha\alpha}}{20S+20R}$	$\frac{C_{29\alpha\beta\beta}}{\Sigma C_{29}}$	$\frac{C_{29\alpha\beta\beta}(R)}{C_{29\alpha\alpha\alpha}(R)}$	$\frac{\gamma-蜡烷}{C_{31}蜡烷}$
火1井	P _{2p}	1688—1630	0.93	1.20	1.40	0.15	0.37	0.48	0.34	0.38	0.54	0.49
火11井	P _{2p}	1498.28—1498.38	0.94	1.27	1.22	0.16	0.37	0.47	0.36	0.34	0.51	0.61
火南1井	P _{2p}	1863—1791	0.90	1.12	1.41	0.12	0.35	0.53	0.33	0.26	0.30	0.73
火南3井	P _{2p}	2254—2308	0.74	1.27	1.34	0.13	0.34	0.53	0.35	0.28	0.35	0.64
北4井	T _{1s}	2172—2178.6	0.61	1.04	1.28	0.11	0.41	0.48	0.45	0.43	0.76	0.42
北5井	P _{1j}	2852.5—2855.74	1.07	1.14	1.25	0.12	0.41	0.47	0.46	0.42	0.73	0.44
北7井	T _{1s}	2245.19—2249.79	0.66	1.03	1.41	0.10	0.40	0.50	0.41	0.45	0.78	0.46
北10井	J _{2t}	1958.81—1957.81	0.91	1.16	1.10	0.15	0.36	0.49	0.41	0.47	0.54	0.68
北23井	K ₁	1646.42—1651.64	1.13	1.15	1.14	0.11	0.42	0.47	0.42	0.51	0.97	0.45
北29井	J _{1b}	1955—1980	0.90	1.18	1.32	0.14	0.33	0.52	0.52	0.42	0.72	0.51
台3井	J _{3q}	2058.4—2062.3	0.99	1.07	0.98	0.17	0.37	0.46	0.39	0.43	0.64	0.55
台7井	T _{1j}	2392.68—2396.93	0.56	1.02	1.11	0.13	0.38	0.49	0.27	0.34	0.39	0.64
彩参1井	C _{2b}	1834—1838.2	1.59	1.13	2.90	0	0.22	0.78	0.51	0.47	0.81	0
北13井	J _{1s}	2339—2340.98	0.73	1.30	2.00	0	0.24	0.76	0.43	0.52	0.72	0.024
北27井	J _{2t}	2577—2598	1.81	1.10	3.46	0.09	0.30	0.61	0.40	0.57	1.12	0.17
牧3井	J _{1b}	517.8—523	1.68	1.17	3.70	0	0.18	0.82	0.42	0.52	1.05	0.02
牧5井	J _{1b}	1300—1700	1.96	1.16	3.87	0	0.21	0.79	0.50	0.48	1.00	0.03

作用比较低温的条件下就发生了*。

另外,从表2所列的两项甾烷成熟度参数来看,A类原油分别为0.33—0.36和0.26—0.38,表明原油处于低—中等成熟度;B类原油分别为0.27—0.52和0.34—0.51,成熟度较高;C类原油成熟更高,两项参数为0.40—0.50和0.48—0.57,接近热平衡终点值。

W.K.Seifert (1980)认为C₂₉甾烷的5 α 14 β 17 β (20R)/5 α 14 α 17 α (20R)比值可以作为判断原油运移效应的良好指标。由表2看出:A类原油该项参数平均只有0.43;B类原油平均值较大,运移效应明显增大;而C类原油平均值最高,运移效应最强。

5. 萜烷分布特征

A类和B类原油中萜烷、降萜烷、升萜烷及 γ 蜡烷的分布十分相似,这两类原油似乎是相同沉积环境下相同时代油源岩的产物。C类原油与上述原油的显著差别是 γ 蜡烷的含量很低, γ 蜡烷/C₃₁萜烷比值为0.42—0.73。

6. 碳同位素特征

黄汝昌等认为;淡水湖相石油的 $\delta^{13}C$ 值为-26至-30.6‰,淡水浮游生物的 $\delta^{13}C$ 值一般

* 梅博文等,1984,煤系地层中生物标记物的地球化学特征。第二届有机地球化学及陆相生油学术会议论文,第104号。

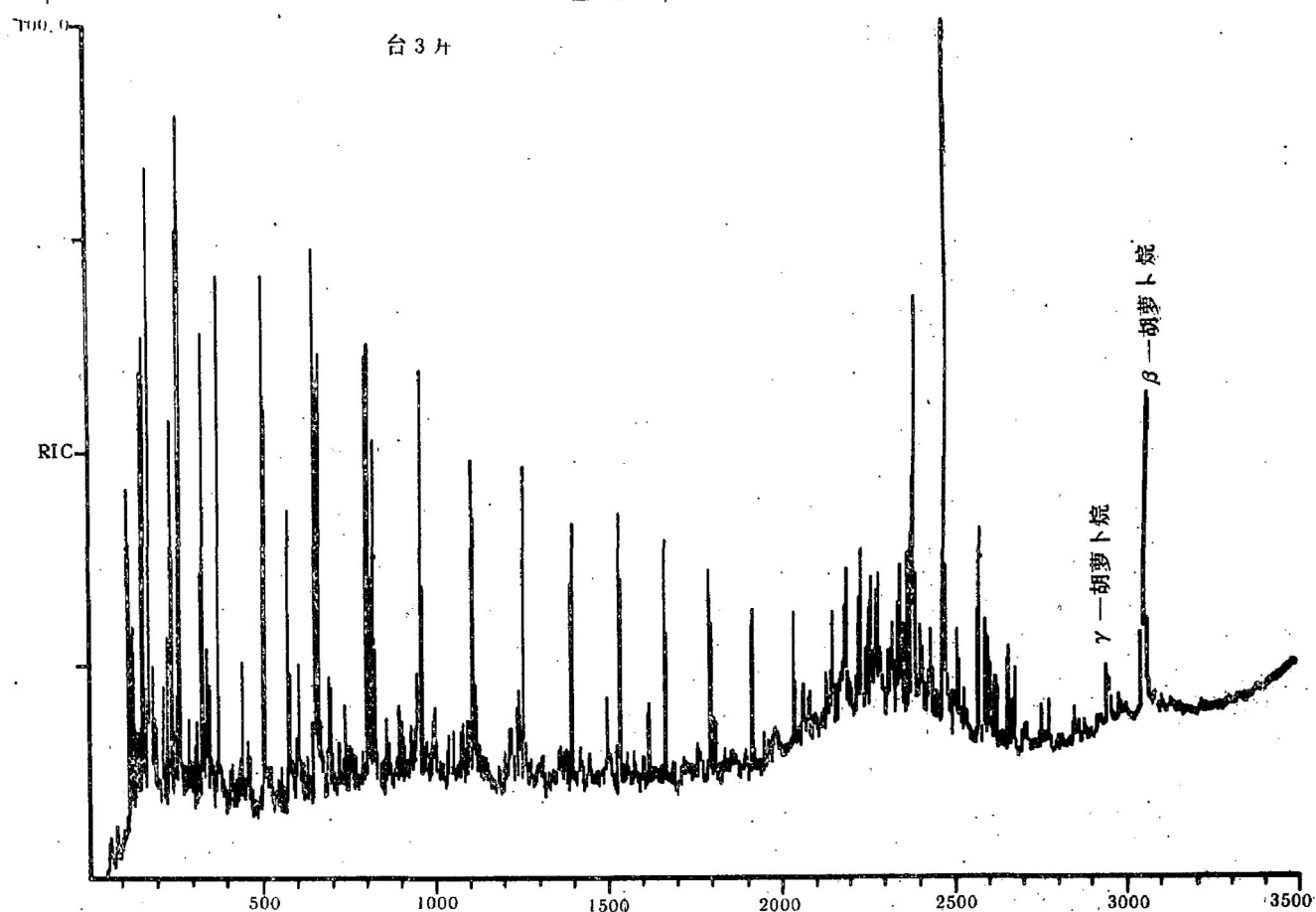


图 2 准噶尔盆地东部台 3 井侏罗系原油饱和烃色谱图

表 3 准噶尔盆地东部原油饱和烃色谱、质谱综合数据表

井 号	层 位	井 深 (m)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)					族 组 成 (%)				镍卟啉 (ppm)
			原 油	烷 烃	芳 烃	非 烃	沥青质	烷烃	芳烃	非烃	沥青质	
火 1 井	P _{2p}	1609—1625	-31.134	-32.128	-30.123	-29.570	-30.680	69.00	19.47	5.36	5.70	6.5
火南 1 井	P _{2p}	1791—1863	-32.201	-33.324	-30.783	-30.261	-30.484	65.21	17.73	15.72	1.34	11.76
火南 3 井	P _{2p}	2254—2308	-32.216	-34.110	-31.490	-30.491	-29.645	51.37	23.92	17.2	7.84	—
火 11 井	P _{2p}	1498.28—1498.38	-32.217	—	—	—	—	65.50	20.51	13.75	0.24	—
北 4 井	T _{1s}	2172—2178.6	-31.305	-32.751	-30.947	-30.240	-29.709	57.90	18.75	14.81	8.55	—
北 5 井	P _{2j}	2852.5—2855.74	-31.396	-32.001	-30.691	-30.550	-30.496	54.05	17.45	14.04	14.47	微量
北 7 井	T _{1j}	2428—2457	-32.168	-33.182	-31.145	-30.329	-29.480	56.46	17.70	20.01	5.74	0.99
北 13 井	T _{1s}	2935.34—3076.13	-31.435	-33.336	-31.258	-30.386	未划	54.28	18.05	13.85	13.85	0
台 3 井	J _{1b}	2441—2451	-31.715	-33.185	-30.467	-30.391	-30.939	42.86	28.20	28.20	0.75	0.30
台 7 井	J _{1s}	2392.68—2396.93	-29.908	-31.061	-29.535	-29.418	-28.802	41.77	16.13	30.88	10.14	3.41
彩参 1 井	C _{2b}	1834—1838.2	-24.562	-24.34	-24.24	-24.24	-24.87	70.45	14.03	6.87	7.76	0
北 27 井	J _{2l}	2877—2598	-28.931	—	—	—	—	70.92	14.94	10.87	3.26	0
牧 5 井	J _{1s}	1300—1700	-27.608	-27.460	-26.550	-27.583	-27.129	83.66	9.26	3.54	3.51	0

为 -27 至 -32‰ *。如表3所示,本区A类原油的 $\delta^{13}\text{C}$ 大多在 -32‰ 左右,B类原油略重于A类原油,C类原油明显富集 ^{13}C , $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -24.562 至 -28.931‰ 。

图3表明,A类和B类原油均与二叠系上统生油岩有关,但分属不同的油源区;C类原油(侏罗系原油)则与侏罗系下统生油岩有关。

7. 原油族组成特征

工区内原油的族组成具有较明显差异(表3)。A类原油烷烃含量较高,一般占原油的50%以上,芳烃含量次之,非烃和沥青质含量较低。B类原油由于普遍遭受了生物降解作用,烷烃含量较低,特别是遭受强烈生物降解的原油,如台7井原油,烷烃含量仅为41.77%(而非烃加沥青质含量达41.02%)。C类原油烷烃含量均达70%以上,表明它与A、B两类原油在成因上有明显差异。

8. 卟啉的丰度

卟啉的前身物叶绿素和血红素易保存于还原环境中。温度高于 250°C 时,卟啉即被分解。由于粘土矿物的吸附,随石油运移距离的增大,卟啉含量有规律地下降。工区内原油均未检测出钒卟啉,只有少量的镍卟啉,表现了陆相原油的特征。由表3可见,A类原油镍卟啉含量较高(为6.5—11.76 ppm),B类原油镍卟啉含量很低(小于3.50 ppm),而C类原油未检测出卟啉类化合物。

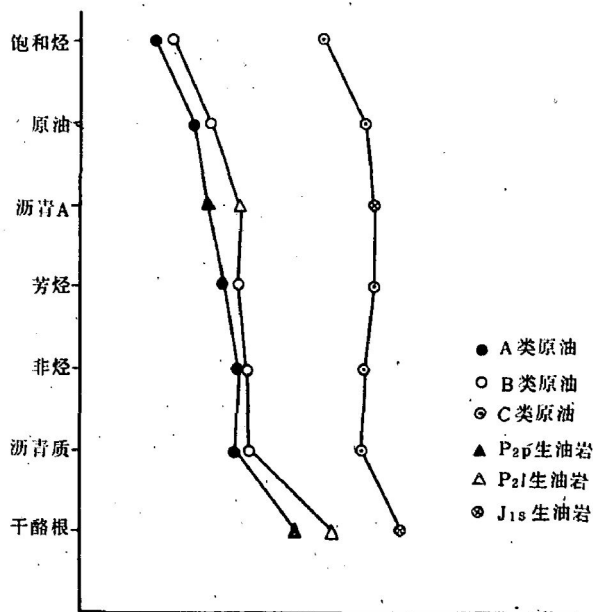


图3 准噶尔盆地东部样品碳同位素曲线

二、原油来源分析

1. A类和B类原油与湖相混合型有机质有关

湖相有机质来源广泛,有河流供给的陆生高等植物,有原地生成的植物和动物。A类原油,类异戊二烯烷烃呈姥、植均势,含有较高丰度的 γ 、 β 胡萝卜烷,镍卟啉含量也较高。这说明A类原油的生油环境,还原性较强。原油中烷烃的含量与一般淡水湖相原油一致。三种规则甾烷之间的相对比例说明,菌、藻类和低等生物对成油的贡献较大。 γ 蜡烷的相对高丰度,亦说明了低等生物的贡献及环境的还原性。原油碳同位素的组成也表明,生油物质中腐泥型有机质占有很大比例。

B类原油生油环境的还原程度比A类原油低,故镍卟啉的含量较小。生油母质中,高等植物所占比例相对增加。

2. C类原油与湖沼相陆源腐殖型有机质有关

湖沼相有机质主要来自原地繁殖的高等植物。C类原油中,姥、植烷多于植烷,缺乏 γ 、 β 胡

* 黄汝昌、王有孝等,1981,不同类型湖相沉积中生油岩及原油地球化学特征。中国科学院兰州地质研究所。

萝卜烷及卟啉类化合物。故C类原油生油环境是一种弱氧化-还原的环境。原油富含脂肪族链烷烃,是以Ⅲ型干酪根为主的煤系干酪根的产物。甾烷的组成很清楚地表明,生油生物为陆生高等植物。特别是C₂₉重排甾烷的高丰度,明显与煤系地层有关。原油的 $\delta^{13}\text{C}$ 值进一步证实生油母质主要为湖沼相的腐殖型有机质。

三、结 论

火烧山二叠系平地泉组的A类原油,具有密度低、粘度小和含蜡高的湖相原油特征。地球化学性质较为一致。生油岩沉积环境为还原性淡水湖泊。生油母质为湖相混合型有机质。

三台、北三台诸储层的B类原油,具有密度高、粘度大和含蜡低的特征。这类原油普遍受到了生物降解作用,但从一些抗生物降解能力较强的生物标记化合物来看,地球化学性质仍然基本一致。生油母质与A类原油相似。

五彩湾凹陷石炭系和北三台西南斜坡及阜康凹陷古牧地侏罗系的原油,具有密度、粘度低于上述两类原油而含蜡量较高的煤成油特征。生油岩沉积环境为弱氧化-还原的湖沼,生油母质为湖沼相腐殖型有机质。

参 考 文 献

- [1] 李建新, 1988, 新疆石油地质, 第9卷, 第4期。
- [2] 梅博文、刘希江, 1980, 石油与天然气地质, 第1卷, 第2期。

GEOCHEMICAL FEATURE OF CRUDE OIL IN EAST JUNGGAR BASIN

Wang Yutao

Chen Kexun

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

Abstract

The authors studied the biomarkers, stable carbon isotope and physical properties of the crude oil in east Junggar Basin and suggested that the crude oil could be divided into three types. Type-A is normal lacustrine crude oil, type-B underwent biodegradation and type-C is coal-formed oil.