

柴达木盆地原油的地球化学特征

王有孝 程学惠 吴贻华 申兰岚

(中国科学院兰州地质研究所)

本文利用柴达木盆地18个原油样品的气相色谱分析成果,对该盆地原油烷烃的地球化学特征进行了初步研究。

一、地质概况

柴达木盆地为印支运动后形成的沉积盆地。侏罗纪时,由于盆地边缘断裂活动,基岩解体,形成了一系列互相分割、面积不大的断陷。盆地北部沉积的中、下侏罗统含煤建造为暗色泥质岩夹炭质泥岩及煤线,厚度100—500米。冷湖三号和鱼卡油田证实侏罗系的一些层位(J_2^1 — J_2^3)具有一定的生油能力。渐新世至第三纪晚期,沉积了巨厚的暗色泥质岩。在茫崖坳陷,钻探证实,它是一套浅湖—深湖相沉积,以灰、深灰、黑灰色泥岩、钙质泥岩为主,最大厚度达3300米。这一套生油岩,可划分为四套生油层:下干柴沟组(E_3)、上干柴沟组(N_1)、下油砂山组(N_2^1)及上油砂山组(N_2^2)。

二、实验方法

将所采原油样品,直接用微量注射器注入气相色谱仪进行分析,得原油“全烃”色谱图。这种分析方法可减少原油样品由于预处理而带来的误差^[1,2]。

原油“全烃”色谱图,虽然能反映油样中烃类分布的总特征,但在一些异构烷烃或芳烃含量较高、正构烷烃被降解的原油中,正构烷烃位置谱峰的分布特征往往被复杂化。因此,为了研究高碳数正构烷烃的分布,我们将原油饱和烃用尿素络合,分离出正构烷烃,其残液为异构烷烃—环烷烃。对正构、异构—环烷烃馏分都分别进行了色谱分析。

在气相色谱分析中,采用带有双氢焰离子化鉴定器和自动温度程序装置的GCG-5DH型气相色谱仪。色谱柱为天津试剂二厂提供的涂层玻璃毛细管色谱柱,柱长:33.5米,内径:0.3毫米,固定液:甲基硅酮(SE-30),载气:氮,柱前压:0.8公斤/平方厘米,起始温度:80°C。当样品注入后,以6°C/分钟的升温速度升至300°C恒温。

原油正构烷烃色谱峰用 $n-C_{10}$ — $n-C_{18}$ 、 $n-C_{24}$ 、 $n-C_{28}$ 色谱纯标准样品定性。类异戊二烯烷烃用标准样品姥鲛烷和参考文献资料确定^[1]。

原油类异戊二烯烷烃相对峰值,直接在“全烃”色谱图上测量峰高来计算。由于部分原油植烷峰较高,并考虑到原油的运移和降解过程对峰值的影响,所以采用了相邻谱峰的比值来表示类异戊二烯烷烃的组合特征。

三、结果讨论

(一)原油类型及特征

综合分析结果,可将该盆地不同时代的原油划分为三种类型,其基本特征分述如下:

1. 原油“全烃” 图1为原油“全烃”色谱图, 三种类型的原油有着明显的差异。

I型: J_2 原油 如图1-I, 其正构烷烃相对分布随着碳数增加而峰值递减。姥鲛烷与植烷的比值(以下简称姥植比)为2.90。鱼卡构造鱼1井原油, 由于降解作用 $n-C_{14}$ 前的峰值显著降低, $n-C_{17}$ /姥鲛烷、 $n-C_{18}$ /植烷比值减小, 为0.92和2.0; 但姥植比仍较高, 为2.44, 与中14井原油类异戊二烯烷烃的组合特征基本一致(表1)。

II型: $E_3-N_2^1$ 原油 如图1-II, 在“全烃”色谱图上, 以植烷峰值特别突出为其特点, 姥植比值很低, 一般为0.20—0.52。正构烷烃分布, 在低碳数部分, 奇数碳较突出, 高碳数部分, 偶数碳略显优势。在 E_3 、 N_1 和 N_2^1 各层原油之间其主要特征峰值的变化较小(表2)。在计算表2中各项比值的平均值时, 跃进一号参1井(N_1)、咸水泉深2井(N_1)和红沟子中6井(N_2^1)油样分析数据, 由于原油强烈降解而未计入。

III型: N_2^2 原油 如图1-III, 以轻质组分为主, “全烃”色谱图上, 正构烷烃分布随碳数增加而迅速降低。姥植比介于I、II类原油之间, 为1.26。

应指出的是, 冷湖590井原油, 其储油层为 N_1 , 原油姥植比为3.63, $n-C_{17}$ /姥鲛烷、 $n-C_{18}$ /植烷比值较高, 分别为3.65和11.67。类异戊二烯烷烃的组合特征也与侏罗纪原油接近。南翼山心62井原油, 其储油层为 N_2^2 , 原油姥植比为0.49。类异戊二烯烷烃的分布特征和 $N_3-N_2^1$ 原油一致。由此看来, 这两个原油是由于侏罗纪和 $E_3-N_2^1$ 原油向上运移而形成的。

因此, 上述三种不同类型的原油, 在姥鲛烷/植烷与法呢烷/异十六烷和 $n-C_{17}$ /姥鲛烷关系图上, 都有各自的点群分布(图2)。

2. 正构烷烃 正构烷烃的分析数据见表3, 色谱图如图3。I型原油主峰为 $n-C_{15}$;

II型原油主峰为 $n-C_{12}$ — $n-C_{13}$, OEP 值分别为1.02和1.00; III型原油正构烷烃主峰一般为 $n-C_{22}$, OEP 值为0.64—0.85, 五个样品的平均值为0.73, 这反映了原油中偶数碳占优势, 随着时代的变新 $n-C_{22}$ 峰值相对升高。

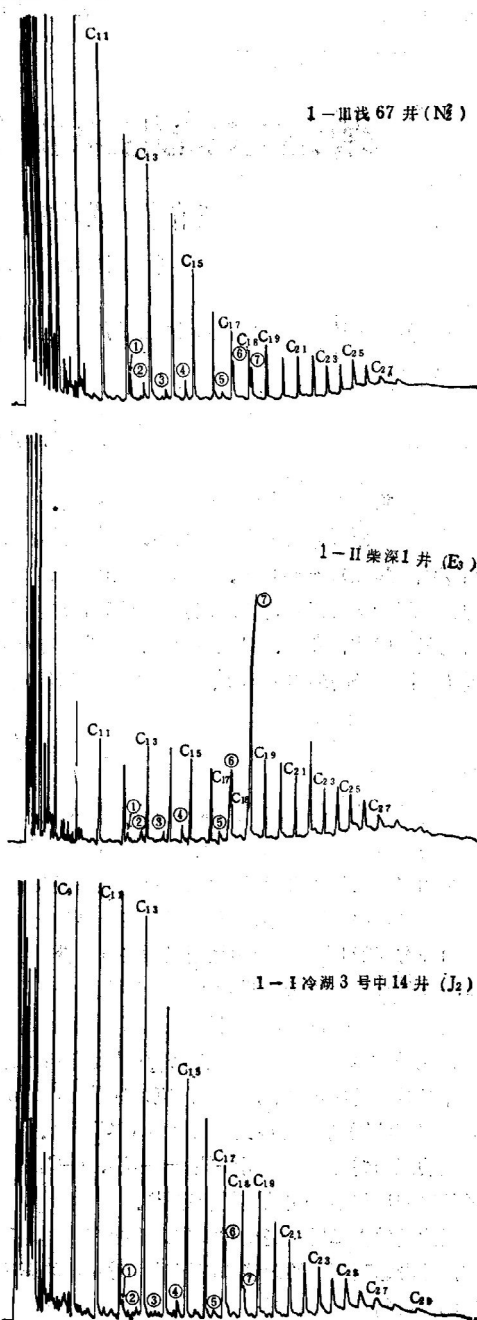
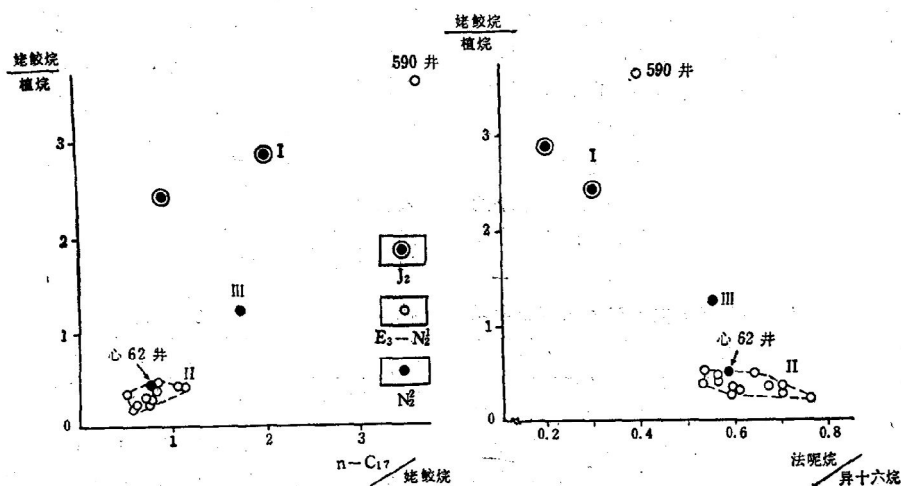


图1 原油“全烃”色谱图

表1 原油“全烃”中类异戊二烯烷烃相对峰值

原油 类型	时 代	构造名称	井 号	样品号 CD	井 段 (米)	类 异 戊 二 烯 烷 烃 相 对 峰 值 *						n-C ₁₇ 姥 鲛 烷	n-C ₁₈ 植 烷	备 注
						①/②	②/③	③/④	④/⑤	⑤/⑥	⑥/⑦			
I	N ₂	开特米里克	浅87	06	3.3—137.78	1.67	1.64	0.55	2.50	0.20	1.28	1.73	1.66	正 被 烷 降 解 n-C ₁₆ 前 不 显 示 正 被
	N ₂	南 翼 山	心62	11	267.5—427.0	1.11	1.23	0.58	1.36	0.20	0.49	0.77	0.33	
	N ₁	咸 水 泉	中11	02	266.96—831.53	0.81	1.04	0.59	1.06	0.20	0.24	0.57	0.11	
		跃进1号	跃42	33	2122—2125	0.71	0.78	0.53	0.94	0.24	0.38	0.50	0.11	
		红 沟 子	中6	14	63.61—212.2	0.33	1.08	0.70	1.75	0.34	0.33	/	/	
		尖 顶 山	中8	07	106.03—611.01	1.33	1.33	0.53	1.55	0.16	0.52	0.84	0.36	
	N ₁	跃进1号	参1	34	2254—2447.2	/	/	/	/	/	0.086	0.84	0.09	
		咸 水 泉	深2	08	657.28—816.29	0.41	1.06	0.76	1.62	0.28	0.20	/	/	
		游 园 沟	中1	15	1039—1259.8	0.85	0.70	0.87	1.25	0.15	0.33	0.71	0.17	
		油 砂 山	中20	05	658—858.55	1.07	1.15	0.70	1.32	0.20	0.27	0.62	0.12	
	E ₃	干 柴 沟	深1	13	2331.5—2381.57	1.20	0.83	0.60	1.54	0.16	0.30	0.78	0.14	
		七 个 泉	深17	19	1918.4—1926	0.88	0.80	0.59	1.06	0.20	0.32	0.77	0.17	
		红 柳 泉	参2	18	2562—2569.2	1.22	1.00	0.56	1.23	0.20	0.43	0.84	0.19	
		跃进1号	深7	10	3300.5—3322.72	1.17	1.20	0.56	1.36	0.18	0.45	1.14	0.29	
		跃进2号	地1	01	1366.4—1368	0.56	1.29	0.64	1.57	0.18	0.48	1.05	0.29	
I	N ₁	冷 湖	590			0.81	1.74	0.40	2.11	0.37	3.63	3.65	11.67	
	J ₂	冷湖3号	中14	31		1.80	2.50	0.20	2.50	0.095	2.90	2.00	4.86	
		鱼 卡 西	鱼中1	32		1.80	0.56	0.30	2.00	0.091	2.44	0.92	2.00	

* ①—异十三烷; ②—异十四烷; ③—法呢烷; ④—异十六烷; ⑤—异十八烷; ⑥—姥鲛烷; ⑦—植烷。

图2 姥鲛烷/植烷与正C₁₇/姥鲛烷、法呢烷/异十六烷比值关系图

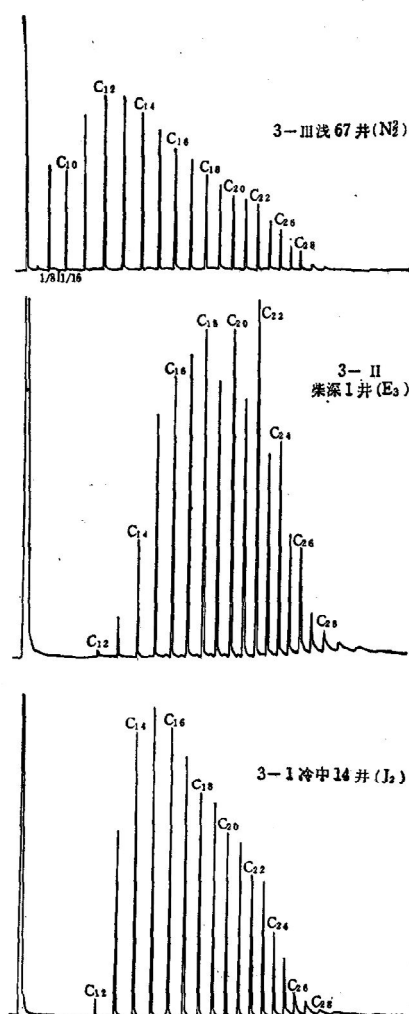


图3 原油正构烷烃色谱图

表2 $E_3-N_2^1$ 原油特征峰平均值

时代	样品数	姥蛟烷/植烷	$n-C_{17}$ /姥蛟烷	$n-C_{18}$ /植烷
N_2^1	3	0.38	0.64	0.19
N_1	2	0.30	0.67	0.15
E_3	5	0.40	0.92	0.22

同样, 正构烷烃OEP值随碳数的变化趋势也是颇有规律的(图4)。侏罗纪原油正构烷烃OEP值随着碳数的增加而略有增加, 最低为1.01, 最高达1.19。

N_2^1 原油的OEP值变化范围为0.93—1.04。 $E_3-N_2^1$ 原油的OEP值随碳数增加而降低, 高碳数时略有增加。跃地1井原油(E_3)正构烷烃OEP值, 比其它四个 $E_3-N_2^1$ 油样的OEP值变化范围略高。

此外, 从正构烷烃 $n-C_{21}$ 以前峰面积与 $n-C_{22}$ 后峰面积的比值来看, 由 J_2 到 N_2^1 的比值从2.12减少到0.35, 反映出时代变老原油成熟度增高, 轻质组分逐渐增多的特征。 N_2^1 原油较特殊, 其比值为2.97, 尚需进一步

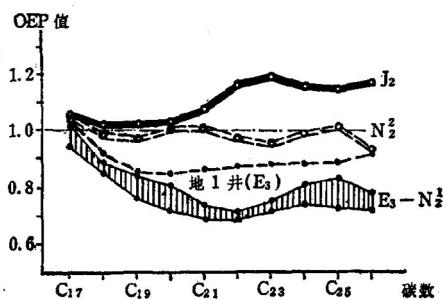


图4 正构烷烃OEP值随碳数的变化

表3 原油正构烷烃分析结果

原油类型	时代	构造名称	井号	碳数范围	主峰碳数	OEP值	$\frac{n-C_{21} \text{前峰面积}}{n-C_{22} \text{后峰面积}}$
II	N_2^1	开特米里克	咸67	$n-C_9 - n-C_{28}$	$n-C_{13} - n-C_{13}$	1.00	2.97
	N_1^1	咸水泉	中11	$n-C_{13} - n-C_{30}$	$n-C_{22}$	0.64	0.35
	N_1	油砂山	中20	$n-C_{13} - n-C_{31}$	$n-C_{22}$	0.69	0.38
I	E_3	干柴沟	深1	$n-C_{12} - n-C_{30}$	$n-C_{22}$	0.73	0.95
		跃进2号	地1	$n-C_{12} - n-C_{30}$	$n-C_{18} - n-C_{20}$	0.85	1.10
		七个泉	深17	$n-C_{13} - n-C_{28}$	$n-C_{18} - n-C_{22}$	0.72	0.95
I	J_2	冷湖3号	中14	$n-C_{12} - n-C_{29}$	$n-C_{15}$	1.02	2.18

研究。

3. 异构-环烷烃 图5表明, I型原油重质组分较多, 致使基线隆起。I型原油主要显示异十八烷、姥鲛烷和植烷峰。II型原油则低碳数类异戊二烯烷烃的含量相对较高。

由图5测得的姥植比如表4, 它和原油“全烃”色谱图上所测结果基本一致。

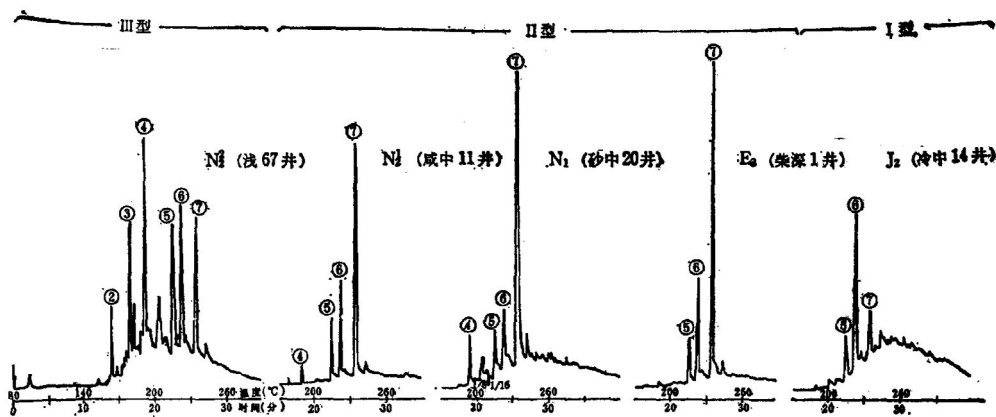


图5 原油异构烷烃—环烷烃馏分色谱图

综上所述, 柴达木盆地由于不同生油阶段生油母质和成油环境的差异, 使该盆地原油具有三种不同的类型。其中侏罗系湖沼相沉积的生油岩, 形成了高姥植比的原油, 成熟度也较高。E₃—N₁原油, 为湖泊出现盐类沉积之前的微咸-半咸水环境下所形成的原油, 以植烷峰值非常突出为

表4 不同类型原油的姥鲛烷与植烷的比值

原油类型	时代	构造名称	井号	姥鲛烷/植烷		备注
				异构-环烷烃	“全烃”	
I	N ₁	开特米里克	浅07	1.05	1.26	
I	N ₁	咸水泉	中11	0.40	0.24	
	N ₁	油砂山	中20	0.31	0.27	
	E ₃	干柴沟	深1	0.33	0.33	饱和烃测得0.42
I	J ₂	冷湖3号	中14	3.12	2.90	

其特点, 姥植比为0.20—0.52。我国江汉咸水盆地的原油姥植比更低, 为0.08—0.19, 个别为0.26。低姥植比的原油是半咸水-咸水沉积盆地所形成原油的特征之一。在柴达木盆地E₃—N₁原油中正构烷烃n-C₂₂峰值随着时代的变新而相对升高, OEP值较低, 反映了偶数碳占优势的特征。对于石油和沉积岩中正构烷烃偶数碳优势的地球化学意义, 盛国英等人已做了讨论^[4]。从柴达木盆地的资料来看, 在湖泊出现盐类沉积之前的微咸-半咸水沉积环境下, 也可以形成偶数碳占优势的原油。N₁原油性质与E₃—N₁原油性质截然不同, 以轻质组分为主, 姥植比为1.26。这可能是由于生油母质的差异或油气运移所引起的结果。

(二) 降解原油的地质意义

含油气盆地中, 原油遭受次生变化, 是一个普遍现象。在柴达木盆地, 由于油层埋藏较浅等原因, 致使部分地层中的原油遭受到降解, 如图6。这些原油的谱图特征和其它原油谱图差别较大, 但从类异戊二烯烷烃的相对比值来看, 仍基本保持了原有的特征(参见表1)。

咸深2井原油(N₁)和红中6井原油(N₁), 在“全烃”色谱图上, 正构烷烃被降解, 类异戊二烯烷烃色谱峰显得特别突出(图6-2、3)。一般认为原油中正构烷烃的消失是由于细菌选择降解作用的结果^[3]。但咸深2井的原油虽然遭到了强烈降解, 而其上部地层中的咸中11井原油(N₁)却降解轻微, 正构烷烃峰值仍然较高。这种现象表明, 咸深2井原油的降解可能与N₁顶部

的侵蚀面有关,此面可成为地下水活动的通道,为细菌作用提供了有利条件。

跃参1井原油(N_1)的井深为2254—2447.2米,姥植比为0.086, $n-C_{16}$ 以前不显示色谱峰(图6-1)。在色谱分析时,若加大进样量,其余色谱峰达记录仪满刻度时,才显示一很小的 $n-C_{15}$ 谱峰。原油轻质组分的大量散失或降解,其油层部位一般较浅。跃参1井较深地层中的重质原油,可能是由于地下水的强烈冲刷作用或者推测为 E_3-N_1 沉积后,早期生成的原油运移至浅部位,遭受破坏而残留的重质油。

四、结 语

通过对柴达木盆地十八个原油样的地球化学特征研究,可得出如下认识:

(1) 该盆地的原油,可划分为三种类型,其时代分别为 J_2 、 $E_3-N_1^2$ 和 N_1^2 。其中 $E_3-N_1^2$ 原油,正构烷烃显示偶碳优势。冷湖590井(N_1)和南翼山心62井(N_1^2)原油,认为是由于 J_2 和 $E_3-N_1^2$ 原油运移的结果。

(2) 在 N_1 和 N_1^2 地层中,有以微生物降解为主而形成的色谱峰主要为类异戊二烯烷烃的原油。

北京石油勘探开发科学研究院黄第藩同志和我所林禾杰同志对本文提供了宝贵意见。文中所用原油样品除CD-01、31、32为我所采集外,其余均为宋建国、周蔚虹同志提供,在此一并表示感谢。

(收稿日期 1982年2月12日)

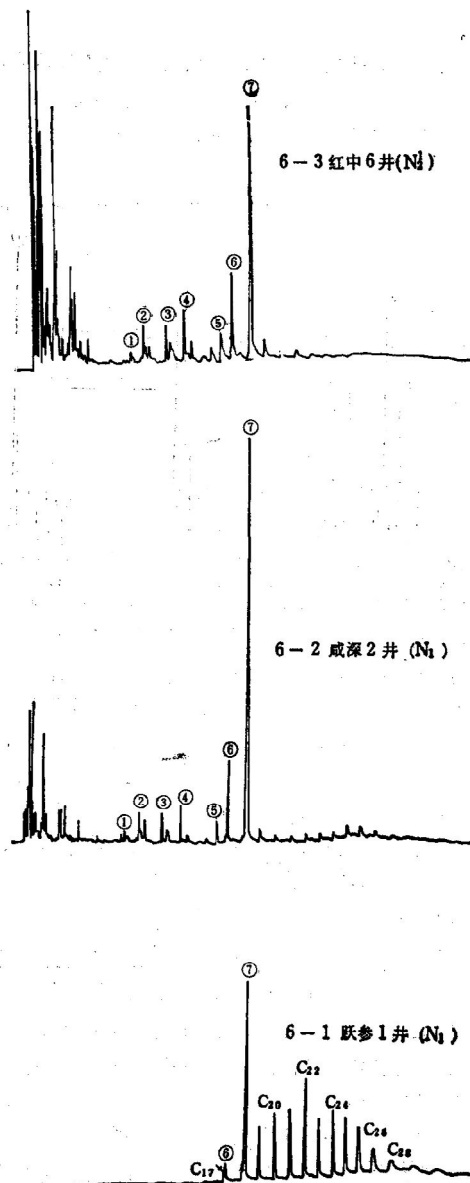


图6 降解原油“全烃”色谱图

参 考 文 献

- [1] Illich, H. A., Haney, F. R. and Jackson, T. J., 1977, Hydrocarbon geochemistry of oils from Maranon Basin, Peru AAPG BULL., Vol. 61, No. 12, P. 2102-2114.
- [2] 王有孝、程学惠等, 1979, 原油的气相色谱分析及其地质应用。地球化学, 第4期。
- [3] Colins, A. G., 1975, Some effects of water upon the generation, migration, accumulation and alteration of petroleum, Developments in petroleum science, 1, Geochemistry oilfield waters, Oxford, Elsevier, P. 293-306.
- [4] 盛国英、范善发等, 1981, 正烷烃的偶碳优势特征。石油与天然气地质, 第2卷, 第1期。

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF CRUDE OILS FROM QAIDAM BASIN

Wang Youxiao Cheng Xuehui Wu Yihua Chuan Lanlan

(Lanzhou Institute of Geology, Academy Sinica)

Abstract

Crude oils of different ages (J_1 , $E_3-N_2^1$, and N_2^2) from Qaidam basin can be divided into three types according to the patterns of distribution of hydrocarbons on chromatogram. Among them, the maturity of crude oil J_2 is higher. The main peak carbon of normal paraffins is C_{15} , and the pristane to phytane ratio is 2.44—2.90. Crude oils $E_3-N_2^1$ are characterized by higher phytane peak than other. The pristane/phytane ratio is 0.86—0.52, and the main peak carbon of normal paraffins commonly is C_{22} . It is obvious that even carbons play a dominant role on chromatogram of normal paraffins. For crude oil N_2^2 , the light components take a prevailing place. The main peak carbon of normal paraffins is C_{18} , while the pristane/phytane ratio is 1.26. In N_1 and N_2^1 , there are some crude oils formed by degradation, in which the action of microbes is of prime importance. Nearly all normal paraffins are degraded by microbes, therefore, the isoprenoids are the foremost on the whole hydrocarbon chromatogram. Questions of migration of crude oils are also tentatively discussed here.

石油地质海洋地质局数据库工作交流会在江陵举行

由地质矿产部石油地质海洋地质局召开的“数据库工作交流会”，于1983年1月20日至26日在湖北江陵举行。参加会议的，有石油地质海洋地质局、石油地质研究所、部北京计算中心、石油物探研究大队、石油地质中心实验室、海洋地质综合大队及石油地质综合大队等20多个单位的50余名代表。会议还邀请了中国科技大学计算机系的钟津立副教授作了题为“数据库导论”、合肥工业大学微型计算机研究所康兴银所长作了题为“微型机与数据库”的学术报告。

这次会议是地质矿产部交流讨论石油地质数据库工作的首次盛会，会议目的是“交流经验、扩大影响、研究工作”。代表在会议期间共交流了10余篇论文及成果报告，并就下列成果及学术问题进行了热烈的讨论：①交流数据库工作的研究成果和国内外动态；②用国产DJS-130机建立小型石油地质数据库的报告；③磁带数据交换格式的报告；④微型机建立石油地质数据库的报告；⑤石油地质工作标准化格式和词表编制问题的报告；⑥总库、分库、工作站（次分库）网络之间的信息交换有关报告。与会代表参观了江陵计算站（分库）的试验性数据库，认为起到了较好的示范作用，并对其工作及独特的压缩技术给予了较高的评价。

代表认为，数据库的建立将引起六个方面变革性的作用：①分散资料的系统化；②杂乱资料的规格化；③手工操作的自动化；④单一资料的综合化；⑤“死”资料的资源化；⑥独占资料的共享化。会议还就数据库对于浩如烟海的石油地质数据管理现代化的重要性进行了深入讨论，认为在当前和今后一段时期内扩大对数据库的重要性和有关知识的宣传，是一项重要的工作，只有更多的人有了认识，领导重视，群众支持，这项工作在各个单位才能健康地开展。

会议代表还研究了三年、十年数据库工作规划以及1983年本局系统数据库工作的具体任务。

(曹全 鲁方震)