

文章编号: 1001-6112(2007)05-0495-05

# 渤海湾盆地车镇凹陷 大王北洼陷原油类型及成因分析

任拥军<sup>1</sup>, 邱隆伟<sup>1</sup>, 刘魁元<sup>2</sup>

(1. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061;

2. 中国石油化工股份有限公司 胜利油田分公司 河口采油厂, 山东 东营 257200)

**摘要:** 根据原油物性、含硫量和族组分组成, 将渤海湾盆地车镇凹陷大王北洼陷原油分为中—低密度、低粘度、低含硫原油和中—高密度、中—高粘度、高含硫原油 2 大类。根据原油碳同位素组成, 结合生物标志化合物特征, 对 2 类原油的成因和成藏进行了分析。结果表明, 第一类原油以该区淡水—微咸水的半深湖—深湖环境下沉积的沙三段成熟烃源岩为母源, 保存条件良好, 基本没有发生次生变化; 第二类原油为至少 2 期不同来源、不同保存条件下形成的混源原油, 沙四段盐湖—咸水湖沉积环境下形成的烃源岩提供的成熟度较低的高含硫原油为最初来源, 成藏之后, 由于埋藏较浅, 发生了一定程度的生物降解, 之后沙三段成熟烃源岩提供的原油再次混入, 此外沙一段低熟烃源岩提供的低熟油也有一定贡献, 导致了该类原油组成和分布的复杂性。

**关键词:** 油源对比; 原油类型; 大王北洼陷; 车镇凹陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

## OIL TYPE AND GENESIS ANALYSIS OF CRUDE OIL IN THE DAWANGBEI SUBSAG OF THE CHEZHEN SAG, THE BOHAI BAY BASIN

Ren Yongjun<sup>1</sup>, Qiu Longwei<sup>1</sup>, Liu Kuiyuan<sup>2</sup>

(1. College of Earth Resources and Information, Chinese University of Petroleum, Dongying, Shandong 257061, China;

2. Hekou Production Factory, Shengli Oil Field, SINOPEC, Dongying, Shandong 257200, China)

**Abstract:** Crude oil from the Dawangbei Subsag of the Chezhen Sag of the Bohai Bay Basin can be divided into 2 types, i. e. the medium-low density, low viscosity, low sulfur content oil, and the medium—high density, medium-high viscosity, high sulfur content oil, through study of physical properties, sulfur content and oil group-type. Carbon isotopes and biomarkers are used to study the genesis and accumulation of oil, and the result shows that type I origins from fresh—weak salt water, medium-deep water genesis mature source rock of the 3rd segment of Shahejie Formation, which is well preserved and has not experienced distinct secondary change. Type II is mixed origin oil of at least 2 origins and is preserved under different conditions. Low maturity and high sulfur content oil from the 4th segment of Shahejie Formation of salt lacustrine-salt water lacustrine environment provides the 1st origin. After accumulation, oil has experienced biodegradation since it is buried low. Then oil from mature source rock of the 3rd segment of Shahejie Formation mixes in. Low-mature oil from the 1st segment of Shahejie Formation also contributes to type II. Hence composition and distribution of oil type II are complicated.

**Key words:** oil-source correlation; crude oil type; the Dawangbei Subsag; the Chezhen Sag; the Bohai Bay Basin

渤海湾盆地多期次、多阶段的盆地演化导致众多生烃凹陷在平面上并置、多套烃源岩层系在垂向上相继发育, 加之在热演化过程中各烃源岩层进入

生烃门限和运聚成藏的时期交叉叠加, 形成了复杂的油气成藏系统<sup>[1~5]</sup>。成藏的油气由于保存条件不同, 有的会发生氧化、生物降解等各种次生变化,

收稿日期: 2006-09-20; 修订日期: 2007-08-01。

作者简介: 任拥军(1968—), 男(汉族), 山西榆社人, 博士, 副教授, 主要从事石油地质、地球化学教学与科研工作。

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关项目(2001BA605A09)。

使油藏内流体的粘度、密度、含硫量和化学组成等物理化学性质呈现出复杂多变的特征。通过研究油藏流体的这些性质,可以了解烃源岩沉积环境、生烃母质性质、热演化特征、油气充注成藏期次和油藏次生变化方式等,并为油气的进一步勘探指出方向。

### 1 地质概况

大王北洼陷位于渤海湾盆地济阳坳陷车镇凹陷中北部,目前已经发现大王北、大 65 和英雄滩 3 个油田。研究区西接车西洼陷,南以大 1 断层为界、东以大 90 断层为界与郭局子洼陷相接,北为埕子口凸起(图 1)。

古近系沉积时期,东界、南界断层的继承性活动以及北界一系列北北西向同生断层的发育,形成了该区的主要正向构造带。目前在大王北洼陷周边的大 65 断裂鼻状构造、大王北断裂鼻状构造和大 35 单斜构造上发现了沙四段、沙三上亚段、沙二段和沙一段 4 套含油层系,其中沙二段为主力含油层系。

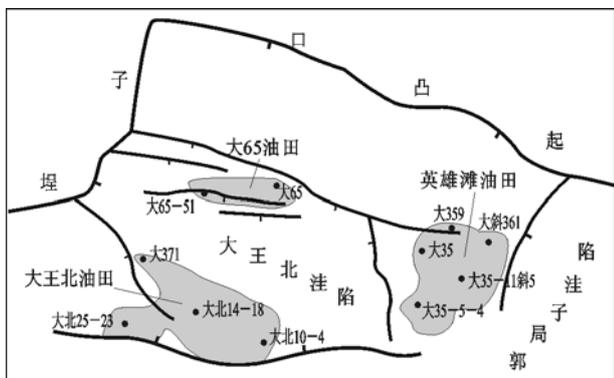


图 1 渤海湾盆地车镇凹陷大王北洼陷油田分布  
Fig. 1 Distribution of reservoirs in the Dawangbei Sub-sag, the Chezhen Sag, the Bohai Bay Basin

## 2 原油分类

### 2.1 原油物性分类

勘探开发中发现,该区原油含硫量和物性变化较大,有时即使是相同油田的相同油层也有较大差别。依据大王北洼陷原油的密度、粘度和含硫量特征(图 2),可将其划分为 2 大类。第一类(以下称为 I 类)为中—低密度、低粘度、低含硫原油,主要分布在大王北油田和大 65 油田,密度变化在 0.85~0.91 g/cm<sup>3</sup> 之间,绝大部分小于 0.89 g/cm<sup>3</sup>,粘度变化在 5~100 mPa·s 之间,密度和粘度具有良好的对数相关关系,硫含量小于 1.0%,绝大部分小于 0.5%。第二类(以下称为 II 类)为中—高密度、中—高粘度、高含硫原油,主要分布在英雄滩油田,密度变化在 0.89~1.01 g/cm<sup>3</sup> 之间,绝大部分大于 0.90 g/cm<sup>3</sup>,粘度变化在 49~15 031 mPa·s 之间,绝大部分大于 100 mPa·s,硫含量变化在 0.61%~6.30% 之间,绝大部分大于 1.0%。在 II 类原油中,沙四段储层中原油的密度、粘度和含硫量最高。

### 2.2 原油族组分特征

大王北地区原油样品族组分特征(表 1)与其物性特征具有良好的对应关系。I 类原油不同样品的族组分组成具有相近特征,一般按饱和烃、芳烃、非烃、沥青质的顺序,含量依次降低,绝大部分样品芳烃含量小于 20%,非烃含量小于 16%,沥青质含量小于 5%,总烃含量大于 70%,饱/芳比大于 2.5。II 类原油不同样品的族组分组成变化相对较大,但也有些相近特征,一般按饱和烃、非烃、芳烃、沥青质的顺序,含量依次降低,绝大部分样品芳烃含量大于 20%,非烃含量大于 20%,沥青质含量大于 5%,总烃含量小于 70%,饱/芳比小于 2.5。

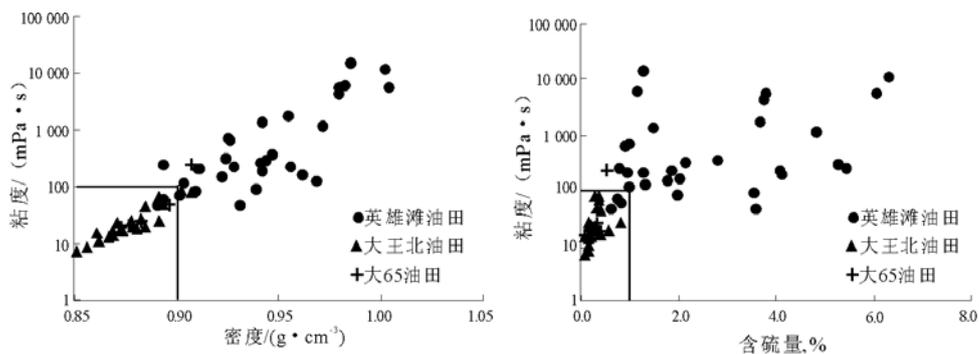


图 2 渤海湾盆地车镇凹陷大王北洼陷原油密度、含硫量与粘度关系

Fig. 2 Density, viscosity and sulfur content of oil in the Dawangbei Sub-sag, the Chezhen Sag, the Bohai Bay Basin

表1 渤海湾盆地车镇凹陷大王北洼陷原油族组分组成

Table 1 Gross composition of oil in the Dawangbei Subsag, the Chezhen Sag, the Bohai Bay Basin

样号	层位	油田	烷烃,%	芳烃,%	非烃,%	沥青质,%	总烃,%	饱/芳
大斜 361	E <sub>2</sub> <sup>s</sup>	英雄滩	40.63	27.86	19.79	10.16	68.49	1.46
大 359	E <sub>2</sub> <sup>s</sup>		24.38	26.85	30.54	11.82	51.23	0.91
大 35—5—4	E <sub>2</sub> <sup>s</sup>		50.38	18.99	29.62		69.37	2.61
大 35—11—斜 5	E <sub>2</sub> <sup>s</sup>		40.25	20.99	21.23	4.69	61.24	1.92
大北 25—23	E <sub>2</sub> <sup>s</sup>	大王北	59.71	17.44	15.97	3.93	77.15	3.42
大北 14—18	E <sub>2</sub> <sup>s</sup>		57.37	18.42	15.00	2.63	75.79	3.11
大北 10—4	E <sub>2</sub> <sup>s</sup>		57.58	20.38	12.80	3.55	77.96	2.82
大 371	E <sub>2</sub> <sup>s</sup>		46.70	19.00	15.57	17.41	65.70	2.46
大 65—51	E <sub>2</sub> <sup>s</sup>	大 65	59.15	16.71	19.36	3.71	75.86	3.54
大 65	E <sub>2</sub> <sup>s</sup>		56.96	17.77	15.63	4.28	74.73	3.20

### 3 原油地化特征及成因分析

#### 3.1 原油碳同位素组成

研究原油及其母质中的碳同位素组成与变化规律,是研究油气生成、演化及油源对比的重要手段之一。研究表明,具有不同来源的有机质其碳同位素的组成不同,而且这种不同会继承性地体现在与其相关的沥青和原油中。当母源相同、环境条件相似时,演化程度越高的原油的碳同位素值也越大。对于同一原油样品,其族组分的同位素值一般存在以下变化规律:饱和烃<芳烃<非烃<沥青质。以各馏分为横坐标,同位素值为纵坐标,就构成了原油碳同位素类型曲线。相同成因的原油,具有相同或相近的碳同位素类型曲线<sup>[6]</sup>。

大王北洼陷 2 类原油样品的碳同位素组成特征(图 3)也有差别。I 类原油一般烷烃和沥青质的碳同位素值相对较小,而芳烃和非烃相对较大。II 类原油一般按照烷烃、芳烃、非烃到沥青质的顺序,碳同位素值逐渐增大。

2 类样品对应组分相比, I 类原油样品烷烃、

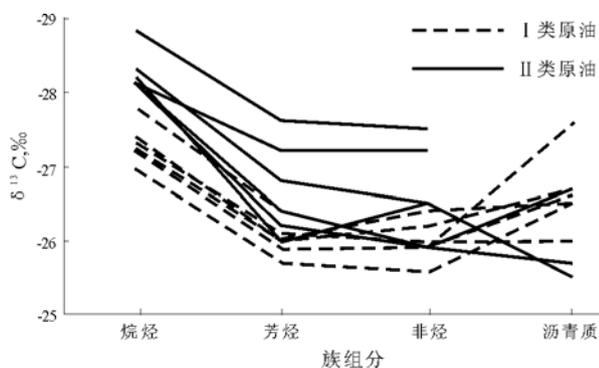


图3 渤海湾盆地车镇凹陷大王北洼陷原油族组分碳同位素曲线

Fig. 3 Carbon isotope curves of oils in the Dawangbei Subsag, the Chezhen Sag, the Bohai Bay Basin

芳烃和非烃的同位素值一般要高于 II 类原油样品,而沥青质的同位素值相反。沥青质碳同位素异常变轻(低于非烃的同位素值)的原因,可能是其沥青质含量低,在族组分分离时有烷烃混入,这些样品的沥青质含量全部小于 5.0%。

从原油同位素曲线特征来看, I 类原油不同样品间的差别不大,尤其是在不考虑沥青质时,可以看到不同样品的碳同位素曲线近于平行,反映了相同母源背景下的成熟度演化。II 类原油不同样品间的曲线差别明显,各组分的同位素值相比,烷烃相对接近,而芳烃和沥青质差别较大,可能指示其成因的复杂性。总之,同位素组成特征表明,大王北洼陷 2 类原油具有不同的成因。

#### 3.2 原油饱和烃气相色谱特征

大王北洼陷原油饱和烃的气相色谱图(图 4)主要有 4 种类型。绝大部分 I 类原油特征相近,以大北 10—4 原油为代表,其正构烷烃分布完整,具有不明显的双峰特征,中—低分子量(碳数小于 23)正构烷烃没有奇偶优势,高分子量正构烷烃(碳数大于 23)具有弱的奇数碳优势,异构烷烃和环烷烃含量低,为保存良好的正常成熟油。II 类原油可分为 3 种类型:第一种为英雄滩油田南部沙二段样品,以大 35—11—斜 5 原油为代表,其正构烷烃分布特征与第一类原油相近,但异构烷烃和环烷烃含量明显偏高;第二种以英雄滩油田大 359—1 原油为代表,其特征为正构烷烃含量较低,且缺失低分子量正构烷烃,异构烷烃和环烷烃含量明显偏高;第三种以大斜 361 原油为代表,其正构烷烃含量很低,几乎消失,主要为异构烷烃和环烷烃。从气相色谱图中可以看出,后 2 种原油明显受到了轻微—中等程度的生物降解。

2 类原油的气相色谱参数(表 2)既有明显区别,也有相近之处。明显区别主要反映在异构烷烃

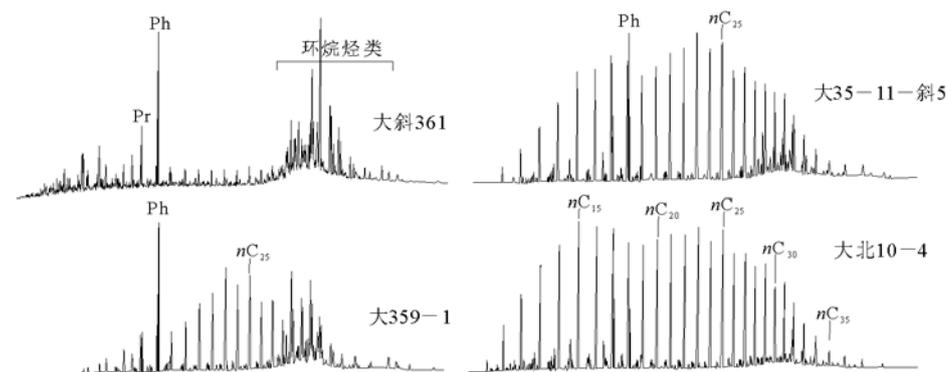


图 4 渤海湾盆地车镇凹陷大王北洼陷原油样品典型饱和烃气相色谱图

Fig. 4 Typical gas chromatogram of crude oil samples in the Dawangbei Subsag, the Chezhen Sag, the Bohai Bay Basin

的组成和含量上。I类原油,Pr/Ph变化在 0.68~1.46,Pr/nC<sub>17</sub>变化在 0.44~0.58,Ph/nC<sub>18</sub>变化在 0.37~0.72。弱的植烷优势或弱的姥姣烷优势,表明其形成于一般还原环境中。与该区发育的 3 套可能烃源岩的饱和烃气相色谱参数相对比,低硫原油的源岩应主要为淡水—微咸水的半深湖—深湖环境下沉积的沙三段成熟烃源岩。II类原油 Pr/Ph变化在 0.22~0.42,Pr/nC<sub>17</sub>变化在 0.47~2.95,Ph/nC<sub>18</sub>变化在 1.17~8.77。明显的植烷优势,表明其形成于强烈的还原环境中。高硫原油的气相色谱参数与盐湖—咸水湖环境沉积的沙四段和咸水—半咸水湖泊环境下沉积的沙一段烃源岩相近<sup>[7,8]</sup>。尽管异构烷烃组成具有明显的差别,但没有明显发生次生变化的II类原油和I类原油的正构烷烃组成却具有相近特征,如 OEP, CPI 和  $\sum C_{21-} / \sum C_{22+}$  等参数均相差

不大。尤其需要指出的是,对于具有明显植烷优势的沙四段烃源岩,其氯仿沥青“A”正构烷烃组成伴随有弱的偶数碳优势,但没有一个原油样品显示这样的特征,而是全部显示弱的奇数碳优势。这种特征可能表明II类原油不仅来自沙一段和沙四段,也可能有沙三段成熟油的混入。研究表明,原油中生物标志化合物的绝对含量随原油成熟度的增加而减少<sup>[9]</sup>。由于沙三段原油成熟度较高,其正构烷烃含量高,而异构烷烃和环烷烃含量低,在与成熟度相对较低的沙四段和沙一段原油混合时,导致混合原油正构烷烃特征与沙三段烃源岩相近,而异构烷烃等生物标志化合物组成却显示与沙一段和沙四段烃源岩相似。

### 3.3 原油萘烷和甾烷类生物标志化合物特征

依据原油萘烷和甾烷类生物标志物组成特征

表 2 渤海湾盆地车镇凹陷大王北洼陷原油和烃源岩饱和烃气相色谱参数

Table 2 Gas chromatogram parameters of oil and source rock in the Dawangbei Subsag, the Chezhen Sag, the Bohai Bay Basin

样品	主峰碳数	OEP	CPI	$\frac{\sum C_{21-}}{\sum C_{22+}}$	Pr/nC <sub>17</sub>	Ph/nC <sub>18</sub>	Pr/Ph	
大斜 361	16	1.26	1.26	1.18	2.95	8.77	0.39	
大 35—5—4	23	1.21	1.23	0.69	0.47	1.17	0.42	
英雄滩油田原油	大 35—11—斜 5	23	1.15	1.10	0.65	0.53	1.37	0.41
	大 359	23	1.13	1.15	0.65	0.64	1.67	0.42
	大 355	22	1.13	1.19	0.55	1.13	3.51	0.39
	大 359—1	23	1.25	1.24	0.29	1.12	3.80	0.22
大王北油田原油	大北 25—23	25	1.17	1.16	0.86	0.48	0.37	1.46
	大北 14—18	23	1.16	1.16	0.77	0.45	0.72	0.68
	大北 10—4	25	1.17	1.13	0.82	0.44	0.46	1.06
	大 371	25	1.13	1.11	0.75	0.58	0.70	0.96
大 65 油田原油	大 65—51	25	1.15	1.14	0.80	0.52	0.52	1.18
	大 65	25	1.16	1.17	0.70	0.54	0.53	1.22
沙一段烃源岩	23	1.19	1.25	0.46	0.69	2.21	0.30	
沙三段烃源岩	23	1.24	1.46	0.64	1.05	0.73	1.51	
沙四段烃源岩	21	0.93	0.99	0.50	0.48	0.91	0.41	

表3 渤海湾盆地车镇凹陷大王北洼陷原油和烃源岩甾萜烷类生物标志物参数

Table 3 Biomarker parameters of oil and source rock in the Dawangbei Subsag, the Chezhen Sag, the Bohai Bay Basin

样品	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	
英雄滩油田 原油	大 35—5—4	0.06	0.04	2.56	0.55	0.21	0.53	0.01	1.34	0.13	0.19
	大 355	0.03	0.05	8.17	0.77	0.18	0.47	0.01	1.03	0.13	0.19
	大 359—1	0.05	0.04	3.18	0.61	0.10	0.44	0.02	1.11	0.08	0.17
	大 359	0.03	0.04	0.76	1.26	0.23	0.57	0.01	1.20	0.18	0.24
	大斜 361	0.03	0.04	0.39	1.39	0.23	0.58	0.02	1.11	0.25	0.32
大王北油田 原油	大 14—18	0.06	0.05	1.76	0.57	0.34	0.57	0.02	1.42	0.26	0.25
	大 25—23	0.04	0.06	0.11	0.62	0.43	0.58	0.14	1.13	0.42	0.45
	大 10—4	0.04	0.04	0.38	0.61	0.40	0.59	0.06	1.29	0.34	0.33
大 65 油田 原油	大 371	0.04	0.06	0.30	0.77	0.34	0.58	0.07	1.23	0.37	0.34
	大 65	0.03	0.04	0.23	0.62	0.36	0.58	0.07	1.36	0.33	0.31
	大 65—51	0.04	0.04	0.24	0.65	0.38	0.58	0.07	1.31	0.36	0.35
	沙一段烃源岩	0.12	0.11	4.25	0.49	0.22	0.52	0.01	1.43	0.17	0.18
	沙三段烃源岩	0.02	0.02	0.11	0.59	0.39	0.59	0.06	1.04	0.41	0.34
	沙四段烃源岩	0.13	0.18	1.18	2.05	0.30	0.54	0.02	1.23	0.34	0.50

注: a. 三环萜烷/藿烷; b. 奥利烷/ $\alpha\beta$ 藿烷; c.  $\gamma$ 蜡烷/ $C_{31}$ 藿烷; d.  $C_{35}$ 藿烷/ $C_{34}$ 藿烷; e.  $T_s/(T_s+T_m)$ ; f.  $C_{31}22S/(22S+22R)$ ; g. 重排甾烷/规则甾烷; h.  $C_{27}$ 甾烷/ $C_{29}$ 甾烷; i.  $C_{29}$ 甾烷  $20S/(20S+20R)$ ; j.  $C_{29}$ 甾烷  $\beta\beta/(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 。

(表3),可将I类原油进一步分为2个亚类:A亚类以大14—18原油为代表, $\gamma$ 蜡烷/ $C_{31}$ 藿烷、 $C_{27}$ 甾烷/ $C_{29}$ 甾烷具有较高的值,而重排甾烷/规则甾烷和甾烷异构化参数值较低,与该区沙一段低熟烃源岩具有良好的对比关系;其他样品为B亚类,总体特征相近,其 $\gamma$ 蜡烷/ $C_{31}$ 藿烷、 $C_{27}$ 甾烷/ $C_{29}$ 甾烷具有较低的值,而重排甾烷/规则甾烷和甾烷异构化参数值较高,与该区沙三段烃源岩具有良好的对比关系。由于沙一段烃源岩总体处于低成熟阶段,其提供的原油生物标志化合物含量较高,而沙三段烃源岩总体处于生烃高峰期,其提供的原油生物标志化合物含量较低。为此对于I类原油而言,生物标志化合物特征表明,B亚类几乎全部来源于沙三段烃源岩,而A亚类则是沙一段烃源岩和沙三段烃源岩的混合产物。

II类原油5个样品的生物标志化合物组成既有一致性也有明显差异:一致性表现在,三环萜烷/藿烷、奥利烷/ $\alpha\beta$ 藿烷、重排甾烷/规则甾烷、 $C_{27}$ 甾烷/ $C_{29}$ 甾烷和甾烷异构化等参数值变化不大;差异性主要表现在萜烷类参数上,依据反映沉积环境的 $\gamma$ 蜡烷/ $C_{31}$ 藿烷和 $C_{35}$ 藿烷/ $C_{34}$ 藿烷以及反映成熟度的 $T_s/(T_s+T_m)$ 和 $C_{31}22S/(22S+22R)$ ,也可进一步分为2个亚类:C亚类以大35—5—4原油为代表, $\gamma$ 蜡烷/ $C_{31}$ 藿烷值大于1,而 $C_{35}$ 藿烷/ $C_{34}$ 藿烷小于1,反映成熟度的 $T_s/(T_s+T_m)$ , $C_{31}22S/(22S+22R)$ , $C_{29}$ 甾烷  $20S/(20S+20R)$ 和 $C_{29}$ 甾烷  $\beta\beta/(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 具有相对低值,为典型低成熟原油,与沙一段烃源岩对比关系良好;D亚类以大359原油为代表, $\gamma$ 蜡烷/ $C_{31}$ 藿烷值小于1,而 $C_{35}$ 藿烷/ $C_{34}$ 藿烷

大于1, $T_s/(T_s+T_m)$ , $C_{31}22S/(22S+22R)$ , $C_{29}$ 甾烷  $20S/(20S+20R)$ 和 $C_{29}$ 甾烷  $\beta\beta/(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 值稍大,但也为低成熟原油,与沙四段烃源岩具有可比性。

基于前述的不同成熟度原油生物标志化合物绝对含量上存在差异这一原因,同样不能排除沙三段烃源岩对II类原油的贡献,尤其是对于C亚类这些正构烷烃含量较高的原油。所以对于产II类原油的英雄滩油田,沙四段烃源岩提供的成熟度较低的原因为该油田原油的最初来源。盐湖—咸水湖沉积环境下形成的烃源岩含有较多的硫,导致原始原油中的硫含量较高。成藏之后,由于埋藏较浅,发生了一定程度的生物降解,细菌活动主要消耗了原油中的正构烷烃,使原油中硫的含量进一步相对增高,同时在生物降解过程中细菌会将储层中的部分无机硫加入到原油中形成一部分硫化物<sup>[10]</sup>,也会导致含硫量增大,物性变差。之后随着埋藏深度的增加,沙三段成熟烃源岩提供的原油再次运移充注混入。油田近源的低部位沙三段原油混入得多,而远源的构造高部位混入得少或没有混入。最后进入生烃门限的沙一段低熟烃源岩也为英雄滩油田的形成做出了贡献。多套烃源岩提供的原油的多次充注,以及保存条件的变化,是英雄滩油田原油化学组成复杂多变的根本原因。

## 4 结论

大王北地区原油依据其物理性质和化学组成,可以分为中—低密度、低粘度、低含硫原油和中—

(下转第505页)

- sandstone, Papua New Guinea [J]. *Organic Geochemistry*, 1997, 26(3/4): 155~173
- 5 杨惠民. 包裹体类型和成分特征在油气运移研究和油气储层评价中的应用;以赤水气田为例 [J]. *海相油气地质*, 1997, 2(3): 16~21
  - 6 郝建荣,柳益群,曹 青等. 新疆三塘湖盆地侏罗系流体包裹体研究[J]. *石油实验地质*, 2006, 28(4): 391~394
  - 7 李荣西, 席胜利, 邸领军. 鄂尔多斯盆地中部断裂带方解石脉天然气包裹体研究[J]. *石油实验地质*, 2006, 28(5): 463~466
  - 8 Karlens D A, Nedkvitne T, Larter S R. Hydrocarbon composition of authigenic inclusions; Application to elucidation of petroleum reservoir filling history [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1993, 57: 3641~3659
  - 9 George S C, Frank W K, Peter J E, et al. Geochemical comparison of oil-bearing inclusions and produced oil from the Toro sandstone, Papua New Guinea [J]. *Organic Geochemistry*, 1997, 26(3/4): 155~173
  - 10 侯建国,任丽华,董春梅. 有机包裹体技术在油气运移与聚集中的应用研究[J]. *石油实验地质*, 2005, 27(4): 409~413
  - 11 George S C, Lisk M, Summons R E, et al. Constraining the oil charge history of the South Pepper oilfield from the analysis of oil-bearing fluid inclusions [J]. *Organic Geochemistry*, 1998, 29(1-3): 631~648
  - 12 程 军. 下扬子地区化探特征及其含油气远景评价 [J]. *物探与化探*, 1995, 19(6): 462~467
  - 13 徐伟民,夏 延. 江苏句容盆地成油特征及含油气远景[J]. *石油勘探与开发*, 1986, 13(4): 11~19
  - 14 刘东鹰. 江苏下扬子区海相中、古生界石油天然气成藏机制、成藏过程研究[D]:[博士学位论文]. 广州:广州地球化学研究所, 2004. 61~70
  - 15 宫 色. 储层有机包裹体成分分析方法的建立及其应用研究[D]:[博士学位论文]. 广州:广州地球化学研究所, 2006. 14
  - 16 Peters K E, Walters C, Moldowan J M. *The biomarker guide, Volume 2: biomarkers and isotopes in petroleum exploration and earth history*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 566~567
  - 17 Tissot B P, Welte D H. *Petroleum formation and occurrence* [M]. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag, 1984. 699
  - 18 Seifert W K, Moldowan J M. Application of steranes, terpanes and monoaromatics to the maturation, migration and source of crude oils [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1978, 42: 77~95
  - 19 Seifert W K, Moldowan J M. Use of biological markers in petroleum exploration[A]. In : Johns R B, ed. *Biological Markers in sedimentary Record, Methods in Geochemistry and Geophysics* [M]. Cambridge : Cambridge University Press, 1986. 261~290
  - 20 Puttmann W, Villar H. Occurrence and geochemical significance of 1,2,5,6-tetramethylnaphthalene [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1987, 51: 3023~3029
  - 21 陈安定,王文军,岳克功等. 盐城朱家墩气田气源及发现意义 [J]. *石油勘探与开发*, 2001, 28(6): 45~49
  - 22 马安来,包建平. 盐城凹陷凝析油地球化学特征 [J]. *地质地球化学*, 2003, 31(1): 10~15
  - 23 陈 红,龚洪春,杨友胜等. 下扬子区海相油气成藏特征 [J]. *江苏地质*, 2003, 27(3): 148~151
  - 24 刘东鹰. 苏皖下扬子区中古生界油气勘探方向 [J]. *江汉石油学院学报*, 2003, 26(增刊): 46~47

(上接第 499 页)

高密度、中—高粘度、高含硫原油 2 大类。中—低密度、低粘度、低含硫原油主要分布于大王北油田和大 65 油田,保存条件良好,基本没有发生次生变化,主要以该区淡水—微咸水的半深湖—深湖环境下沉积的沙三段成熟烃源岩为母源,局部有咸水—半咸水湖泊环境下沉积的沙一段烃源岩提供的低熟油混入,但由于混入数量有限,基本没有改变该类原油的物性特征。中—高密度、中—高粘度、高含硫原油主要分布于英雄滩油田,在油田构造高位原油发生了轻微—中等强度的次生变化。大王北洼陷下第三系沙河街组的 3 套烃源岩都与其有成因联系。

#### 参考文献:

- 1 胡见义,徐树宝. 渤海湾盆地复式油气聚集区(带)的形成和分布[J]. *石油勘探与开发*, 1986, 13(1): 5~9
- 2 朱光有,金 强. 东营凹陷两套优质烃源岩层地质地球化学特征研究[J]. *沉积学报*, 2003, 21(3): 506~511
- 3 陈建渝,熊书权,毕研鹏等. 断陷盆地中含油气系统的特征[J]. *石油学报*, 2000, 21(2): 36~41
- 4 谈彩萍,刘翠荣,周新科等. 中国东部老区油气成藏特征[J]. *石油实验地质*, 2005, 27(2): 144~150
- 5 孔祥星,张林晔,徐思煌. 济阳拗陷车西洼陷油—源对比及运移规律探讨[J]. *石油实验地质*, 2005, 27(2): 188~193
- 6 Peters K E, Moldowan J M. *The biomarker guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments*[M]. New Jersey: Prentice Hall Inc, 1993. 90~94
- 7 张林晔,孔祥星,张春荣等. 济阳拗陷下第三系优质烃源岩的发育及其意义[J]. *地球化学*, 2003, 32(1): 35~42
- 8 朱光有,金 强,王 锐. 有效烃源岩的识别[J]. *石油大学学报*, 2003, 27(2): 6~10
- 9 庞雄奇,李素梅,黎茂稳等. 八面河地区“未熟—低熟油”成因探讨[J]. *沉积学报*, 2001, 19(4): 586~591
- 10 陈建渝,李水福,田 波等. 垦西—罗家油区稠油成因[J]. *石油与天然气地质*, 1998, 19(3): 248~253