

# 塔里木盆地西南坳陷油气源研究<sup>①</sup>

刘得光 王绪龙

(新疆石油管理局勘探开发研究院,克拉玛依 834000)

**提 要** 塔里木盆地西南坳陷巴什托普油田的曲 3井、麦 3井原油来自寒武系—奥陶系烃源岩,其中麦 3井原油混有少量的石炭系成份。曲 3井天然气属高成熟的腐泥型气,来自寒武系—奥陶系源岩。柯克亚凝析油气田(包括浅部西河甫组与深部卡拉塔尔组油气藏)的原油、天然气(过成熟的混合成因气)为石炭—二叠系和中下侏罗统源岩的混合产物,但前者的贡献大些。

**关键词** 西南坳陷 油源 烃源岩 天然气成因类型

**分类号** P 618. 13

**第一作者简介** 刘得光 男 31岁 工程师 学士 油气地球化学

## 前 言

西南坳陷发育有各种类型的油气苗,本文重点阐述新区巴什托普油气藏的曲 3井、麦 3井与柯克亚凝析油气田的油气源。巴什托普油气藏在构造上位于麦盖提斜坡上倾方向西段的曲苦恰克扭褶带,本区发育有石炭系和寒武—奥陶系烃源岩。曲 3井的油气样品产自石炭系巴楚组的 4 465~ 4 802 m井段,曲 1井油样取自巴楚组(C<sub>1b</sub>)的 4 731. 5~ 4 745. 5 m井段,麦 3井油样取自石炭系小海子组(C<sub>1x</sub>)的 4 296~ 4 300 m井段。

柯克亚凝析油气田位于昆仑山前的柯克亚褶皱带,该区内主要发育有石炭—二叠系和侏罗系烃源岩。各个层系之间的不整合与断裂都可以作为油气往上运移的通道。柯克亚油气田有中新统西河甫组与始新统卡拉塔尔组两个凝析油气藏。深部油气藏只有柯深 1井一个油样(6 370~ 6 388 m)。其它油气样品产自中新统西河甫组(N<sub>1x</sub>)的 x<sub>4</sub>~ x<sub>8</sub>层段。

一般认为曲 1井原油来自石炭系,因此,用它和塔北隆起来自寒武—奥陶原油与曲 3麦 3井原油进行对比。

## 1 油源对比

### 1. 1 原油物理性质

西南坳陷原油的颜色由无色、浅黄、墨绿至褐色均有。柯克亚原油密度、凝固点低,含蜡量明显低于本坳陷的克拉托原油。曲苦恰克地区原油密度稍高,粘度与前者相当,含蜡量很低仅为 0. 15%~ 1. 66%,凝固点也很低。它们的含硫量均低(表 1),这与它们的成熟度高、沥青质和胶质含量低密切相关。

### 1. 2 原油的地球化学性质与油源对比

#### 1. 2. 1 原油轻烃组成

用戴金星等做出的甲基环己烷、二甲基环戊烷和正庚烷的相对组成图版来判断原油和天然气的母质类型<sup>[1]</sup>,柯克亚、曲 3井、麦 3井原油母质为 I 型。

表 1 西南坳陷原油物理性质数据表

Table 1 Physical properties of oils from the southwest depression

井号	层位	原油颜色	密度 g/cm <sup>3</sup>	粘度 30°C mPa·s	含硫量 (%)	酸 值 mg KOH/g油	含蜡量 (%)	凝固点 (°C)
曲 1井	C <sub>1b</sub>	墨绿色	0. 83	4. 64	0. 270	0. 03	1. 48	- 26. 0
曲 3井	C <sub>1b</sub>	墨绿色	0. 82	2. 95	0. 055	0. 07	1. 34	- 32. 5
麦 3井	C <sub>1x</sub>	棕黄色	0. 81	2. 50	0. 042	0. 58	0. 15	- 26. 0
柯克亚	N <sub>1x</sub>	无色—浅黄	0. 78	3. 23	0. 045	0. 01	5. 91	4. 51
克拉托	N <sub>1x</sub>	黑棕色	0. 84	7. 73	0. 078	0. 09	12. 67	14. 2

① “八五”国家重点攻关项目《塔里木盆地油气资源报告》之一,课题编号: 85- 101- 03- 04- 03

有机质,但麦 3井原油母质已偏向于II型,曲 1井原油为II型。按汤姆逊<sup>[2]</sup>提出的据庚烷值和石蜡指数划分成熟度和母质类型标准,柯克亚凝析油为过成熟的腐泥型有机质产物,曲 3井原油为高成熟的腐泥型有机质产物,麦 3井原油基本同于曲 3井,但还兼有曲 1井原油的性质。曲 1井原油属成熟的混合型干酪根产物(图 1)。

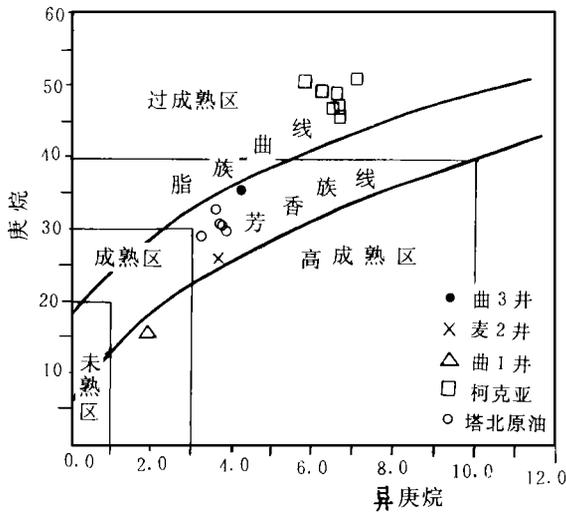


图 1 西南坳陷原油异庚烷指数 (I)与庚烷指数 (H)关系  
Fig. 1 Isoheptane index vs. heptane index in oil from southwest depression

曲苦恰克地区石炭系有机质属II<sub>1</sub>型,现今处于成熟阶段。寒武—奥陶系有机质属腐泥型,现今已达高成熟至过成熟阶段。因此,曲 3井原油应来自寒武—奥陶系;麦 3井原油主要来源同曲 3井,其次混有少量的石炭系原油。柯克亚地区石炭—二叠系下侏罗统烃源岩有机质,腐泥成份含量较高,已演化至过成熟阶段。中下侏罗统烃源岩有机质,腐殖成份含量较高,已演化高成熟阶段。因此,柯克亚凝析油应主要来自石炭—二叠系,其次是侏罗系。

#### 1.2.2 原油姥植与碳同位素组成

曲 3井原油的姥烷/植烷为 1.04,碳同位素  $\delta^{13}\text{C}$  值为  $-34.40\text{‰}$ ,麦 3井原油的  $\delta^{13}\text{C}$  值为  $-33.03\text{‰}$ 。阿克苏县建化厂(位于柯坪台隆)磷矿四号洞内,下寒武统玉尔吐斯组下部重晶石中的油苗  $\delta^{13}\text{C}$  值为  $-35.13\text{‰}$ ,探矿三队石场的下奥陶统丘里塔格上亚群灰岩裂缝内的油苗  $\delta^{13}\text{C}$  值为  $-34.21\text{‰}$ 。寒武—奥陶系烃类中富含低碳数的植烷系列化合

物,姥烷和植烷互为均势,其比值在 1.0左右。所以,曲 3麦 3井原油与寒武—奥陶系烃源岩的干酪根、沥青“A”和塔北原油具有可比性(图 2)。曲 1井原油的  $\delta^{13}\text{C}$  值为  $-31.41\text{‰}$ (2),与石炭系母岩具有一致性。

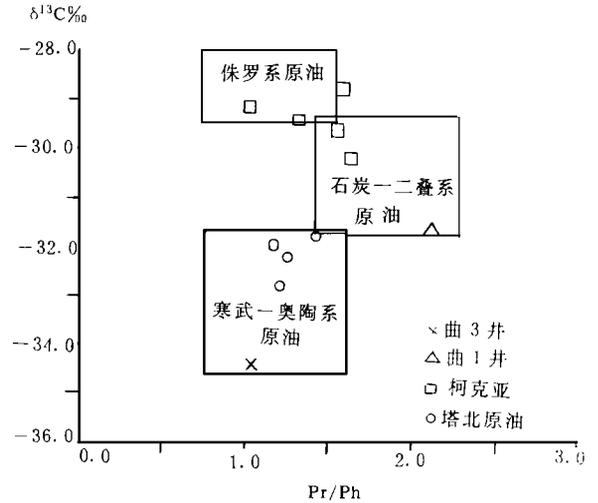


图 2 原油姥植比与同位素关系  
Fig. 2 Pr/Ph vs.  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) in oils

从柯克亚原油的  $\delta^{13}\text{C}$  值(包括柯深 1井)和 Pr/Rh看(图 2),与石炭—二叠系和侏罗系均有一定的关系。只有少部分井原油的碳同位素偏重,这与其成熟度过高有关,还可能与III型干酪根或煤的烃类混入有关。石炭—二叠系源岩的 14个沥青“A”样品,  $\delta^{13}\text{C}$  值为  $-28.0\text{‰} \sim -30.0\text{‰}$  的比例占 30%,  $\delta^{13}\text{C}$  值为  $-26.0\text{‰} \sim -28.0\text{‰}$  的比例占 70%。Pr/Ph值绝大部分为 0.50~1.50。中下侏罗统生油岩的沥青“A”  $\delta^{13}\text{C}$  值为  $-28.0\text{‰} \sim -30.0\text{‰}$  占 60%,煤岩抽提物的都重于  $-26.0\text{‰}$ 。该套母岩的 Pr/Ph值变化较大,部分暗色泥岩与柯克亚原油具有可比性。

#### 1.2.3 原油的甾烷、萜烷组成

曲 3麦 3井原油与曲 1井的甾烷/萜烷组成相差较大(图 3),反应出两者的不同来源。曲 1井原油的甾烷/萜烷与石炭系母岩对比性较好。曲 3麦 3井原油的甾烷/萜烷与寒武—奥陶系烃源岩及其原油的基本相吻合。

柯克亚源油由于经历了过高的热力作用,甾烷/萜烷发生了较大的组构变化,难以反映出其母质特

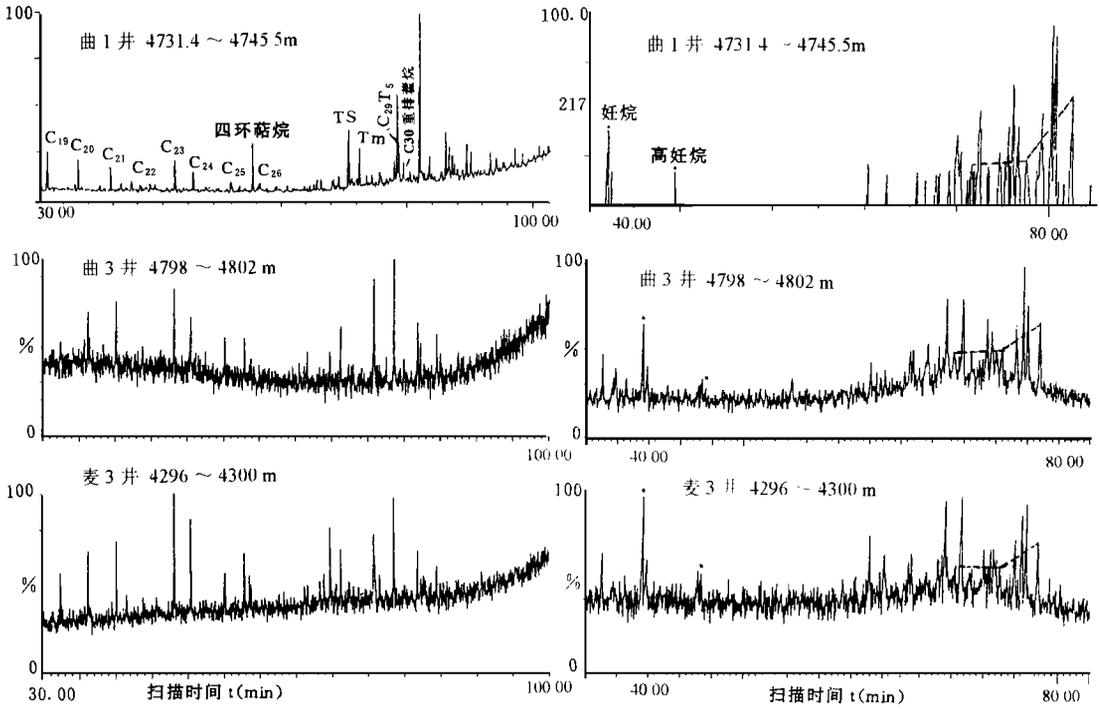


图 3 曲 1 曲 3 和 麦 3 井原油  $m/z$  191 和 217 质量色谱图

Fig. 3 Comparison of  $m/z$  191, 217 mass chromatograms for the Qu 1, Qu 3, Mai 3 oils

征,故难与石炭—二叠系和侏罗系源岩对比。柯克亚西河南组油藏与柯深 1 井原油的生物标志物组成很

相似(图 4),反映出原油经历了强的热力作用和运移效应,  $C_{27}$ — $C_{28}$ — $C_{29}$  规则甾烷的组成表现了腐殖母

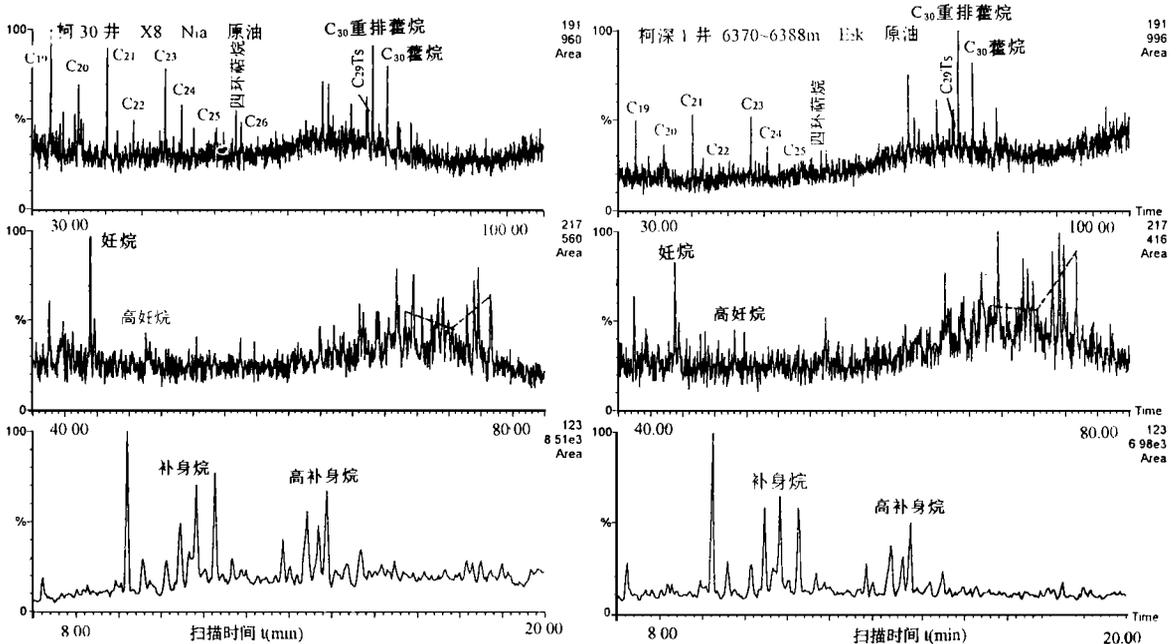


图 4 柯深 1 井和柯 30 井  $m/z$  191 217 和 123 质量色谱图

Fig. 4 Comparison of  $m/z$  191, 217, 123 mass chromatograms for the Keshen 1, Ke30 oil

质的性质,而妊甾烷系列化合物含量较高,又表现了腐泥母质的特性。藿烷组成中  $18\alpha(H)-30$ -降藿烷、 $17\alpha(H)$ -重排藿烷(图中的  $C_{29}Ts$ 、 $C_{30}^*$ 峰)含量高,可能是因为成熟度高,使  $C_{29}$ 、 $C_{30}$ 等高碳数的藿烷遭受破坏,并部分发生重排,致使重排藿烷含量高。与石炭系、侏罗系生油岩和曲 1井原油有一定的可比性。 $m/z$  123质量色谱图表明了它们具有很高的成熟度。

#### 1.2.4 原油多环芳烃组成

柯克亚原油多环芳烃的主要特点是联苯丰富,曲 1井原油与之相似,而克拉托原油的含量较低。柯克亚与曲 1井原油三芬组成相近,都富含硫芬,克拉托原油则贫硫芬(表 2)。

因此,曲 3井原油来自寒武—奥陶系,麦 3井原油的主要来源同曲 3井,其次混有少量的石炭系原油;柯克亚原油为石炭—二叠系与侏罗系源岩的混合产物,与前者的关系可能更密切。

表 2 原油三芬系列相对百分含量表

Table 2 Relative contents of three types of fluorene in oils

井号或地区	层位	芬 (%)	氧芬 (%)	硫芬 (%)
柯克亚	$N_1$	9.68	19.40	70.86
曲 1井	$C_{1b}$	19.20	20.20	60.50
克拉托	$N_1$	62.12	14.78	23.10

## 2 天然气成因类型与气源分析

### 2.1 天然气化学组成

柯克亚与曲 3井天然气均属湿气,重烃含量大于 10%,曲 3井重烃含量达 30%。氮气含量一般为 3.3%~7.9%,二氧化碳含量低,柯克亚小于 1.0%,曲 3井为 3.6%,所以,本区天然气属有机成因气。

### 2.2 天然气轻烃组成

柯克亚天然气  $C_6$ ~ $C_7$ 轻烃组成一致,富含正构烷烃,为过成熟的腐泥型气。曲 3井天然气异构烷烃含量较丰富,与塔北寒武—奥陶系天然气组成接近,为高成熟的腐泥型气(表 3)。

### 2.3 天然气碳同位素组成

根据戴金星等<sup>[1]</sup>的划分标准,甲烷碳同位素组成显示本区天然气为腐泥型有机热解成因气。乙烷碳同位素值表明曲 3井天然气为腐泥型气,柯克亚天然气为偏腐殖型气(表 4)。柯克亚天然气的甲乙

烷碳同位素值相差较大,甲烷碳同位素值轻,与天然气的运移距离较远密切相关,而乙烷的碳同位素组成比较稳定。这种现象在准噶尔盆地南缘表现得很明显。过成熟阶段能够造成碳同位素分馏,因而乙烷碳同位素值偏重。若考虑这点,柯克亚天然气应为腐殖腐泥型气。乙烷与丙烷的碳同位素值有一定程度的倒转<sup>①</sup>,是不同母岩成因气混合的结果,即腐泥型与腐殖型气的混合。

表 3 柯克亚凝析油气天然气轻烃组成数据表

Table 3 Composition of lighter hydrocarbons in the natural gas of the Kokeya condensate & gas field

井号	层位	$C_7$ 轻烃组成			$C_6$ 轻烃组成			成熟度参数	
		正构	异构	正构	正烷	异构	环烷	I	H%
曲 3井	$C_{1b}$	32.93	41.87	25.20	41.78	44.47	13.70	4.27	26.02
柯 401	$N_{1x}$	59.44	26.10	14.46	63.25	29.82	6.93		50.17
柯 516	$N_{1x}$	53.50	35.67	10.83	57.33	32.17	10.50		43.98
柯 701	$N_{1x}$	46.62	30.28	23.09	56.34	33.40	10.30		40.45

表 4 天然气碳同位素组成数据表

Table 4 Carbon isotopes in natural gases

井号	层位	$\delta^{13}C_1$	$\delta^{13}C_2$	$\delta^{13}C_3$	$\delta^{13}C_3 - \delta^{13}C_2$
曲 3井	$C_{1b}$	-41.1	-34.1	-33.2	0.9
柯 2	$N_1$	-38.2	-28.2	-25.9	2.3
柯 401	$N_1$	-39.2	-25.3	-23.9	2.3
柯 18	$N_1$	-38.5	-28.4	-25.1	3.3
柯 701	$N_1$	-38.2	-26.3	-28.1	-1.8
柯 516	$N_1$	-37.1	-25.9	-31.7	-5.8
柯 428	$N_1$	-36.0	-26.0	-32.0	-6.0

因此,曲 3井天然气为高成熟的腐泥型气;柯克亚天然气为过成熟的混合成因气,腐泥型气占了大部分。结合各套烃源岩的有机地球化学特征,认为曲 3井天然气主要来自寒武—奥陶系。柯克亚天然气中以腐泥型为主的气态烃应来自石炭—二叠系,以腐殖型为主的气态烃主要应来自中下侏罗统烃源岩。

### 参考文献

[1] 戴金星,裴锡古,戚厚发.中国天然气地质学.北京:石油工业出

① 沈平,陈践发.塔里木盆地天然气同位素地球化学特征及气源对比.天然气地球科学,1991(3): 147~149

版社, 1992, 75- 76, 86- 87.

petroleum based on light hydrocarbons. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1983, 47(2): 303- 316.

[2] Thompson K F M. Classification and thermal history of

## Oil and Gas Source Study in the Southwest Depression, Tarim Basin

*Liu Deguang and Wan Xulong*

(Research Institute of Exploration and Development, Xinjiang Petroleum Administration Bureau, Karamay 834000 China)

### Abstract

In the southwest depression, Tarim basin, the oil from the Qu-3 and Mai-3 wells in the Bashentuopu oilfield was postulated to originate from Cambrian-Ordovician hydrocarbon source rocks, while that of the Mai-3 well was slightly mingled with Carboniferous hydrocarbons; it was believed that the natural gas from the Qu-3 well is liptinite-type gas which is derived from Cambrian-Ordovician source rocks. In Kokeya condensate oil and gas field (including oil and gas shallow in the Xihefu group and deep Kalataer group), the oil and gas (overmature mixed type genesis) were the mixed products from Carboniferous-Permian and Mid-Lower Jurassic source beds, and the former is dominant.

**Key Words** southwest depression oil source gas genesis type hydrocarbon source rock

## 第六届全国有机地球化学学术会议主席团 衷心感谢下列团体和单位对本届会议的盛情资助

### 学术团体:

中国石油学会石油地质学会 北京市石油学会 中国地质学会石油地质专业委员会 中国矿物岩石地球化学学会沉积学专业委员会

### 科研院所:

中国石油天然气总公司石油勘探开发科学研究院石油地质研究所 中国石油天然气总公司石油勘探开发科学研究院实验中心 中国石油天然气总公司石油勘探开发科学研究院廊坊分院 大庆石油管理局石油勘探开发研究院 大港石油集团有限责任公司地质勘探开发研究院 长庆石油管理局勘探开发研究院 新疆石油管理局勘探开发研究院 中国科学院兰州地质研究所 河南石油勘探局勘探公司 中国科学院广州地球化学研究所 渤海石油公司研究院 地矿部北京石油地质研究所 胜利石油管理局地质科学研究所 杭州石油地质研究所 吐哈石油勘探开发会战指挥部 中原石油勘探局研究院 江汉石油管理局勘探开发研究院

### 高等院校

石油大学(北京) 江汉石油学院分析测试研究中心 西安石油学院 西南石油学院 中国矿业大学北京研究生部