

# 西昆仑山前柯东—柯克亚构造带 油气来源及成藏模式

莫午零<sup>1,2</sup>, 林 潼<sup>2,3</sup>, 张 英<sup>2</sup>, 易士威<sup>2</sup>, 王东良<sup>2</sup>, 张 亮<sup>4</sup>

(1. 北京大学石油与天然气研究中心, 北京 100871; 2. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院, 河北 廊坊 065007; 3. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 4. 中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000)

**摘要:**西昆仑山前主要发育下石炭统和什拉甫组、下二叠统普司格组和中侏罗统杨叶组3套烃源岩。通过西昆仑山前柯东—柯克亚构造带烃源岩特征、油气特征和油—源对比与气—源对比分析,指出柯东—柯克亚构造带原油主要来自二叠系类型较好的Ⅱ型有机质,热演化程度较高;天然气主要来源于二叠系源岩,有部分侏罗系和石炭系天然气混入。从柯东1井和柯克亚含油气构造的构造演化、流体包裹体、油气成藏演化史出发,分析了成藏演化过程,总结出柯东—柯克亚构造带油气成藏演化模式,得出其成藏可分为4个阶段:原油初始充注时期、主充油时期、主充气时期和油气调整时期。搞清柯东—柯克亚构造带油气来源及油气成藏过程具有极其重要的意义,可为该区甩开勘探、进一步扩大勘探成果提供重要依据。

**关键词:**油气来源;包裹体;构造演化;成藏模式;柯东—柯克亚构造带;西昆仑山前

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

## Hydrocarbon origin and accumulation model of Kedong–Kekeya tectonic belt in piedmont of West Kunlun Mountain

Mo Wuling<sup>1,2</sup>, Lin Tong<sup>2,3</sup>, Zhang Ying<sup>2</sup>, Yi Shiwei<sup>2</sup>, Wang Dongliang<sup>2</sup>, Zhang Liang<sup>4</sup>

(1. Institute of Oil & Gas, Peking University, Beijing 100871, China; 2. Langfang Branch, Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Langfang, Hebei 065007, China; 3. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083, China; 4. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Tarim Oil Field, PetroChina, Korla, Xinjiang 841000, China)

**Abstract:** In the foreland of Western Kunlun Mountain, 3 sets of hydrocarbon source rock developed, including the Heshilafu Formation in the Lower Carboniferous, the Pusige Formation in the Lower Permian and the Yangye Formation in the Middle Jurassic. Analysis of source rock distribution, hydrocarbon property, oil–source and gas–source correlation in the Kedong–Kekeya tectonic belt in the foreland of Western Kunlun Mountain led to the following 2 conclusions: a) Oil in the Kedong–Kekeya tectonic belt mainly originated from relatively highly-mature organic matter of type II in Permian. b) Natural gas mainly came from Permian, and partially from Jurassic and Carboniferous. Based on the study of tectonic evolution, fluid inclusions and hydrocarbon accumulation evolution history of the well Kedong 1 and the Kedong–Kekeya tectonic belt, the author analyzed the accumulation process of hydrocarbon and summarized the accumulation model of hydrocarbon in the Kedong–Kekeya tectonic belt. Accumulation process of hydrocarbon in the Kedong–Kekeya tectonic belt can be divided into 4 periods which include initial charging period of oil, oil-charging window, gas-charging window and hydrocarbon-adjusting period. To figure out the source and accumulation process of hydrocarbon in the Kedong–Kekeya tectonic belt can provide important reference to expand exploration scope and find more petroleum resource in the study area.

**Key words:** hydrocarbon origin; inclusion; tectonic evolution; accumulation model; Kedong–Kekeya tectonic belt; piedmont of West Kunlun Mountain

收稿日期:2012-06-28;修订日期:2013-05-02。

作者简介:莫午零(1978—),男,博士,工程师,从事沉积学与油气勘探研究工作。E-mail: mow150@163.com。

基金项目:国家重大科技专项“中国大型气田形成条件、富集规律及目标评价(二期)”(2011ZX05007-002)资助。

柯东—柯克亚构造带位于西昆仑山前东部(图1),石油地质条件优越,从寒武系到第四系发育齐全,沉积厚度巨大,烃源岩发育,勘探领域宽阔<sup>[1-6]</sup>。20世纪70年代在西昆仑山前柯克亚构造带发现了柯克亚油气田,该油气田至今仍然保持高产,之后未再有大的油气发现;直至2010年柯东构造带柯东1井获得工业油气流,勘探取得新突破,充分展示了昆仑山前油气勘探仍具有良好的前景。

但是,由于柯东地区构造复杂,已有的研究多注重柯东地区构造演化和沉积模式的探讨<sup>[1-10]</sup>,鲜见油气成藏机理的研究。而柯克亚油气田发现早,国内学者对其油气的地球化学特征、油气源岩、油气藏成藏机理、凝析油气藏的成因特征等,进行了大量的研究<sup>[11-14]</sup>,主要有3种观点:其一,认为油气主要来自侏罗系煤系地层<sup>[1-2]</sup>;其二,以石炭—二叠系作为主力油气源岩,侏罗系次之<sup>[3-13]</sup>;第三,古近系原油( $E_2k$ )来自侏罗系烃源岩,而新近系上、下油组原油、凝析油和天然气是侏罗系和石炭—二叠系烃源岩的混合产物<sup>[14]</sup>。多数学者认为柯克亚油气田烃类的来源具有混合成因的特点。随着柯东1井的突破,笔者有机会把柯东构造与柯克亚构造作为一个整体来研究油气藏成藏机理。

为此,笔者在充分调研前期勘探和研究成果的基础上,将柯东—柯克亚构造带油和气的关系入手探讨油和气的成因,结合源岩演化特征、流体包裹体分析以及构造演化,进行成藏过程重建,系统研究该区油气富集与成藏特征,以期更准确、更科学地为该区甩开勘探、进一步扩大勘探成果提供依据。

## 1 基本地质特征

### 1.1 构造特征

西昆仑山前构造特征复杂,不同地段变形差异明显。根据构造样式的差异,可以分为乌泊尔构造段、苏盖特—英吉莎构造段、棋北鼻状构造段、棋北—柯克亚构造段与皮山—和田构造段<sup>[4-10]</sup>(图1)。棋北—柯克亚构造段在柯东构造带和柯克亚构造带深部主要为受高角度断层控制的基底卷入构造,北侧的固满构造带发育薄皮构造。皮山—和田构造段则主要发育远距离推覆构造<sup>[15]</sup>。

柯东构造带南界中西段为西昆仑北缘断裂,东段为柯东南断层;北界为控制柯东构造带的二级断层,西侧构造带与昆仑山北缘断裂斜交逐渐消失,柯克亚构造带在西段也与之重合,东界为桑珠河西

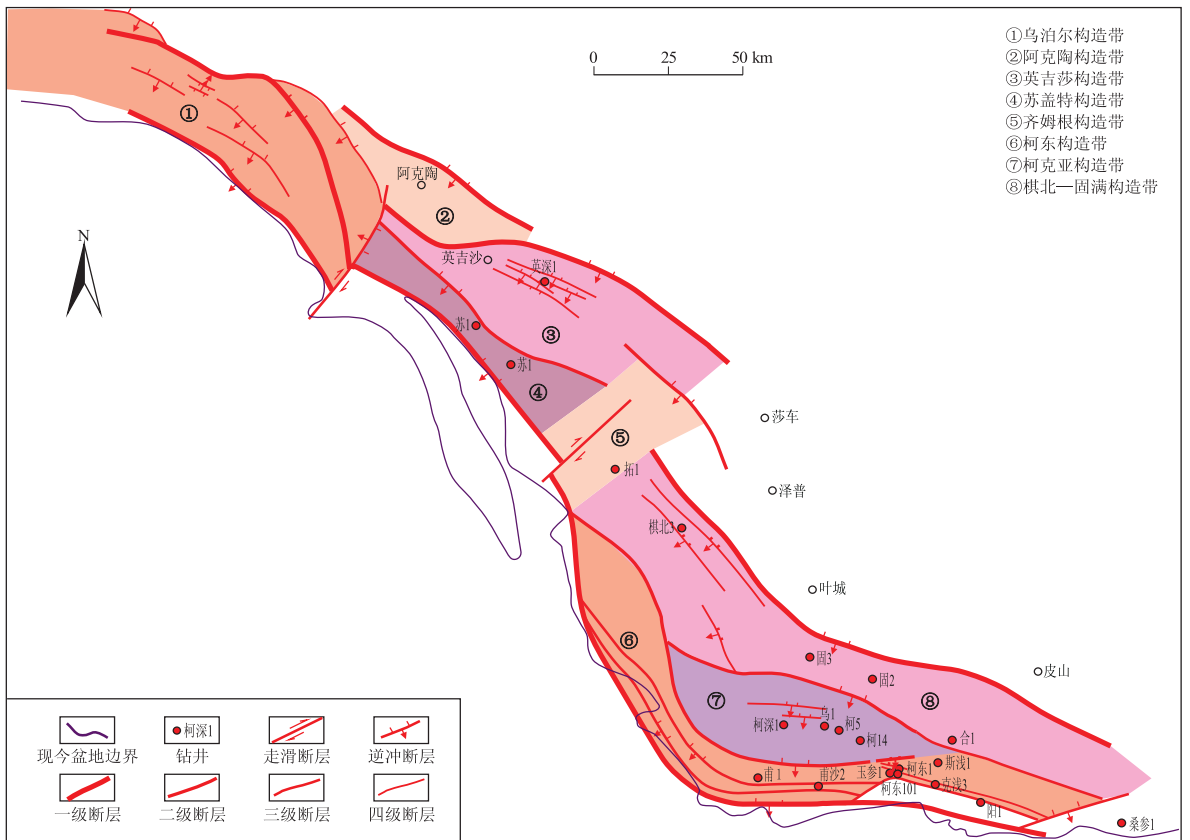


图1 西昆仑山前冲断带构造单元划分

Fig. 1 Tectonic units of fold-thrust belt in piedmont of West Kunlun Mountain

压扭断层。柯东构造带呈弧形展布,东段为北西向,西段为近东西向,转折处没有明显的走滑断层发育,构造带由3~4排构造组成,发育了10余个构造。柯克亚构造带南北分别与柯东构造带和棋北—固满构造带相接,东至桑珠河西压扭断层,西与柯东构造带重合,使柯东构造带西段的北翼向北延伸较远,构造带内主要发育柯克亚背斜构造。

### 1.2 烃源岩特征

西昆仑山前具有优越的油气地质条件,发育石炭系、二叠系和侏罗系3套烃源岩,有机质丰度都较高<sup>[11-14]</sup>。石炭系烃源岩主要为内缘斜坡亚相和浅水陆棚亚相沉积的泥质烃源岩,一般厚度为100~200 m,总有机碳含量为0.33%~7.52%,各露头剖面均值为1.05%~1.53%,属高丰度烃源岩,有机质类型主要为Ⅲ型烃源岩,现处于过成熟阶段<sup>[10]</sup>。二叠系烃源岩主要为湖相沉积的泥质烃源岩,一般厚度为150~300 m,总有机碳含量为0.33%~4.19%,各露头剖面 and 井均值为0.73%~1.43%,属中等—高丰度烃源岩,有机质类型以Ⅱ型烃源岩为主,少量Ⅰ型,具较强的生烃能力,是昆仑山前主要生烃层,目前处于高过成熟阶段<sup>[10]</sup>。侏罗系杨叶组烃源岩主要为湖相泥岩及沼泽相的碳质泥岩及煤,分布范围较为局限,厚度大;以沼泽相为主的烃源岩总有机碳含量为0.23%~60.68%,露头剖面均值为2.09%~8.36%,以湖相为主的烃源岩总有机碳含量为0.30%~11.89%,露头剖面均值为0.92%~2.96%。有机质类型以Ⅱ—Ⅲ型为主,目前处于未成熟—成熟阶段,以生气为主<sup>[10]</sup>。

### 1.3 储盖组合特征

西昆仑山前中新生界地层厚度大,根据大套岩性组合可划分为3大套储盖组合<sup>[15]</sup>。3套储集层分别为下白垩统克孜勒苏群、新近系乌恰群2套碎屑岩储集层和古近系卡拉塔尔组碳酸盐岩储层,其中下白垩统克孜勒苏群发育冲积扇—辫状河三角洲沉积体系,发育大套砂岩,物性好、分布广,孔隙度3.35%~20.28%,是柯东—柯克亚构造带最优质的储集层。古近系阿尔塔什组作为下白垩统储层的直接盖层,发育膏岩,分布较广,是一套理想的区域盖层<sup>[16-17]</sup>;古近系乌拉根组发育泥岩、泥灰岩,作为卡拉塔尔组的盖层;新近系发育巨厚泥岩,在塔西南地区广泛分布,是一套良好的区域盖层<sup>[18-20]</sup>。

## 2 油气来源分析

### 2.1 原油来源分析

柯克亚油气藏古近系—新近系原油(凝析油)、

柯东1井白垩系原油类似,饱和烃色谱表现为偏峰型的单峰型,主要以轻质组分为主。轻烃组成都具有正构烷烃含量高、环烷烃含量较高、芳烃含量较低的特征。这样的轻烃组成表明原油主要来源于类型较好的烃源岩,且有机质热演化程度较高。

此次研究中采用阶段升温—开放体系热模拟技术,分析了柯东—柯克亚构造带各源岩层系代表性源岩在不同热演化阶段的轻烃分布特征。源岩经过热模拟,可以检测已经形成并以吸附的形式保存在源岩中的吸附烃和不同热演化阶段的热解烃。一般以300℃及以下热解析获得的轻烃作为吸附烃,以400℃及以上各温度段生成的烃类作为热解烃。相对而言,同一种类的源岩,热模拟温度越高,源岩达到的热演化程度越高,形成的轻烃中芳烃含量越高。对不同有机质类型的源岩,类型越差,轻烃中芳烃含量越高,煤系源岩产出的轻烃更富集芳烃成分。

原油中轻烃组成与3组源岩在不同演化阶段生成轻烃的组成进行对比分析,可以判断轻烃的来源。 $C_6$ 轻烃组成对比(图2)显示,柯东1井白垩系原油和柯克亚原油的轻烃组成与阳1井二叠系源岩相关性最好,亲缘关系清楚;与侏罗系、石炭系源岩相关性较差,亲缘关系不明显。

柯东1井白垩系原油和柯克亚油气田原油性质相近,主要来源于弱还原—弱氧化环境,烃源岩类型为Ⅱ—Ⅰ型有机质。而柯东—柯克亚构造带二叠系源岩为湖相沉积,主要来自弱氧化还原环境。侏罗系烃源岩虽然有部分也来自弱还原—弱氧化环境,但大部分来自氧化环境,与柯东—柯克亚构造带油相关性较差。石炭系源岩主要来自海

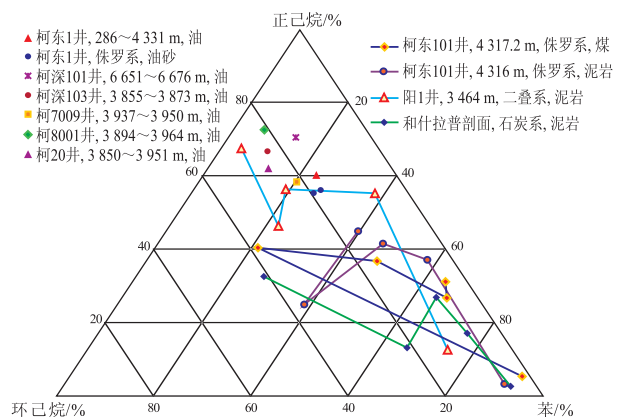


图2 西昆仑山前柯东—柯克亚构造带  $C_6$  系列化合物组分轻烃对比

Fig.2 Correlation of  $C_6$  compound of light hydrocarbon from Kedong-Kekeya tectonic belt in piedmont of West Kunlun Mountain

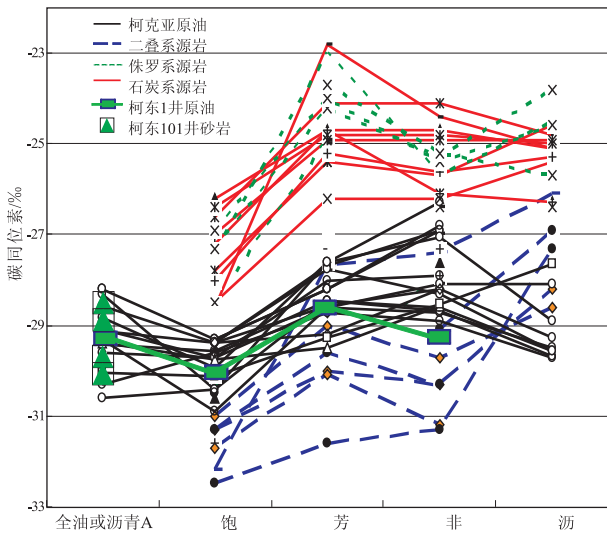


图3 西昆仑山前柯东—柯克亚构造带油—源岩族组分碳同位素对比

Fig. 3 Correlation of carbon isotope of family component in oil and source rock from Kedong-Kekeya tectonic belt in piedmont of West Kunlun Mountain

相沉积,环境还原性更强,有机质类型也有一定差异,与油的相关性也较差。

从柯东—柯克亚构造带原油和烃源岩抽提物族组分同位素曲线图(图3)可以看出,柯东1井原油与柯克亚原油族组分碳同位素特征一致。二叠系烃源岩抽提物族组分碳同位素与柯东—柯克亚

构造带原油最为接近,具有较好的可比性,是主要源岩层系。侏罗系和石炭系烃源岩抽提物族组分碳同位素重于原油,与柯东—柯克亚构造带原油的碳同位素不具可比性,不是主要源岩。

### 2.2 天然气来源分析

研究区天然气具有烃类气体含量高,非烃类气体含量低的特征。烃类气体中重烃气含量较高,大部分属于湿气。柯克亚—柯东构造带天然气甲烷碳同位素分布范围为-35.6‰~-44.1‰,乙烷碳同位素分布范围为-24.2‰~-27.02‰,组分碳同位素特征总体表现为甲烷碳同位素分布范围宽,乙烷、丙烷碳同位素偏重,丙烷、丁烷碳同位素存在倒转现象。

应用戴金星院士天然气分类图版(图4)分析表明,柯东1井与大部分柯克亚气藏天然气一致,落入了油型裂解气和煤成气及混合气的范畴,表明可能存在不同源岩形成的天然气混源的现象。柯克亚—柯东构造带天然气组分系列碳同位素还存在倒转现象(图5),即天然气组分碳同位素值为 $\delta^{13}C_1 < \delta^{13}C_2 < \delta^{13}C_4 < \delta^{13}C_3$ 。单一来源的有机成因天然气其甲烷系列碳同位素一般遵循正碳同位素系列。气藏中天然气碳同位素存在倒转现象,常指示存在不同来源气的混合现象。

此次研究中采集了研究区主要烃源岩的代表

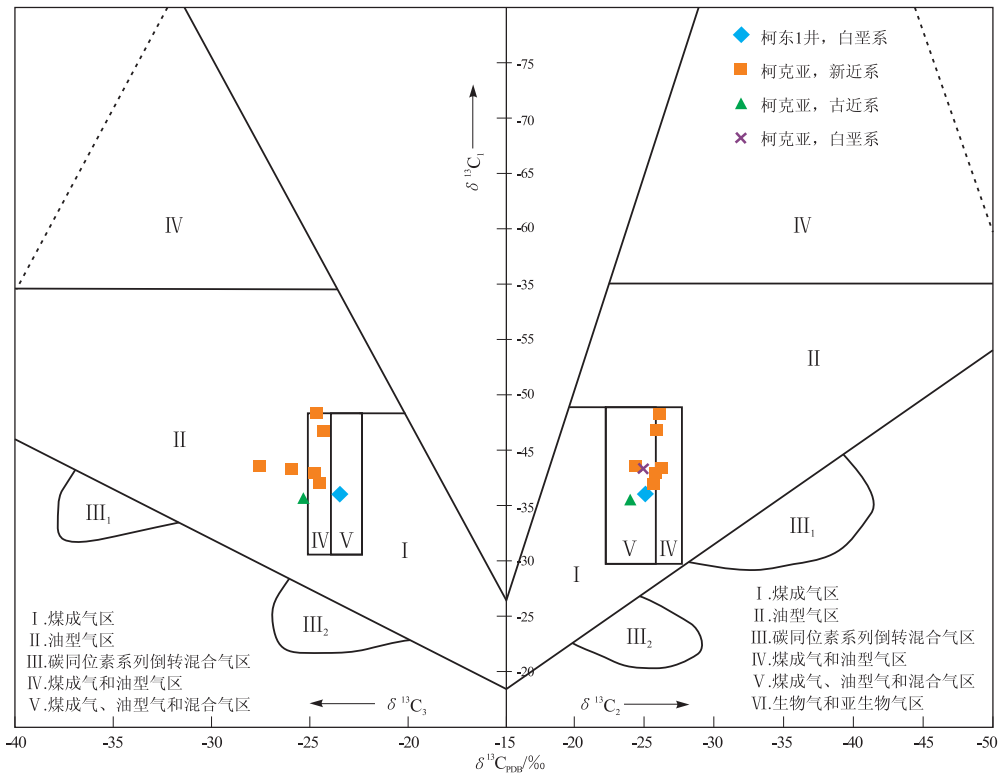


图4 西昆仑山前柯东—柯克亚构造带天然气 $\delta^{13}C_1$ - $\delta^{13}C_2$ - $\delta^{13}C_3$ 关系

Fig. 4 Correlation of  $\delta^{13}C_1$ - $\delta^{13}C_2$ - $\delta^{13}C_3$  of nature gas from Kedong-Kekeya tectonic belt in piedmont of West Kunlun Mountain

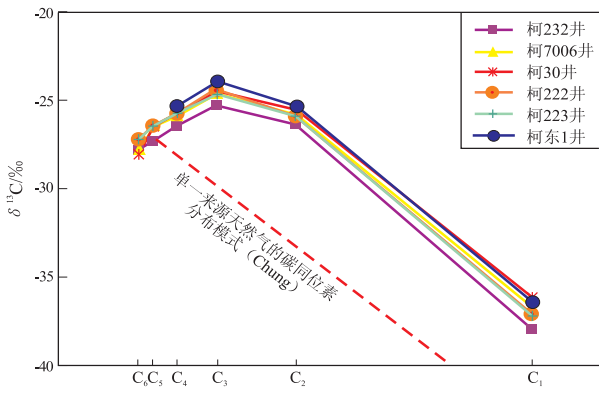


图5 西昆仑山前柯东—柯克亚构造带天然气碳同位素钟氏图

Fig. 5 Chung chart of carbon isotope of natural gas from from Kedong-Kekeya tectonic belt in piedmont of West Kunlun Mountain

性样品,采用阶段升温—开放体系热模拟—同位素谱分析技术,开展了干酪根和煤的模拟产气碳同位素系列分析工作。

侏罗系泥岩采自甫沙2井5 003.8 m。热模拟生成的甲烷  $\delta^{13}\text{C}$  在  $-35.8\text{‰} \sim -20.2\text{‰}$  之间,乙烷  $\delta^{13}\text{C}$  在  $-31.6\text{‰} \sim -15.8\text{‰}$  之间,丙烷  $\delta^{13}\text{C}$  在  $-30.4\text{‰} \sim -26.3\text{‰}$  之间(图6a1)。侏罗系煤为甫沙2井5 005 m 样品,热模拟生成甲烷的  $\delta^{13}\text{C}$  在  $-31.6\text{‰} \sim -17.0\text{‰}$  之间,乙烷  $\delta^{13}\text{C}$  在  $-26.7\text{‰} \sim -10.9\text{‰}$  之间,丙烷  $\delta^{13}\text{C}$  在

$-25.1\text{‰} \sim -20.3\text{‰}$  之间(图6a2)。由于源岩本身有机质的碳素值偏重,泥岩干酪根和煤的  $\delta^{13}\text{C}$  值分别为  $-24.1\text{‰}$  和  $-23.1\text{‰}$ ,生成的天然气碳同位素值也较重。

二叠系泥岩采自阳1井2 549.7 和3 464 m。热模拟生成的甲烷  $\delta^{13}\text{C}$  在  $-43.7\text{‰} \sim -22.7\text{‰}$  之间,乙烷  $\delta^{13}\text{C}$  在  $-40\text{‰} \sim -17.1\text{‰}$  之间,丙烷  $\delta^{13}\text{C}$  在  $-38.5\text{‰} \sim -23.5\text{‰}$  之间。相对于侏罗系源岩,二叠系源岩有机质类型较好,干酪根碳素值也较轻,泥岩干酪根和煤的  $\delta^{13}\text{C}$  值分别为  $-26.4\text{‰}$  和  $-31.2\text{‰}$ ,生成的天然气碳同位素值也较侏罗系源岩偏轻(图6b1, b2)。

石炭系泥岩采自和什拉甫露头剖面。2个样品热模拟生成的甲烷  $\delta^{13}\text{C}$  在  $-41.2\text{‰} \sim -15.3\text{‰}$  之间,乙烷  $\delta^{13}\text{C}$  在  $-31.3\text{‰} \sim -10.2\text{‰}$  之间,丙烷  $\delta^{13}\text{C}$  在  $-28.3\text{‰} \sim -22.9$  之间。由于石炭系源岩本身热演化程度高,  $R_0$  值达到1.5% 以上,且处于全球重碳期,样品干酪根  $\delta^{13}\text{C}$  值分别为  $-21.3\text{‰}$  和  $-23.2\text{‰}$ ,但生成的天然气碳同位素值仍较侏罗系源岩偏轻,表明石炭系源岩有机质类型好(图6c1, c2)。

将柯东1井白垩系天然气碳同位素数据与3个层系源岩热模拟生成的气进行对比,可以发现柯东1井天然气与二叠系和石炭系源岩较为吻合,与侏罗系源岩有较大差距(图6)。3个层系源岩产生的

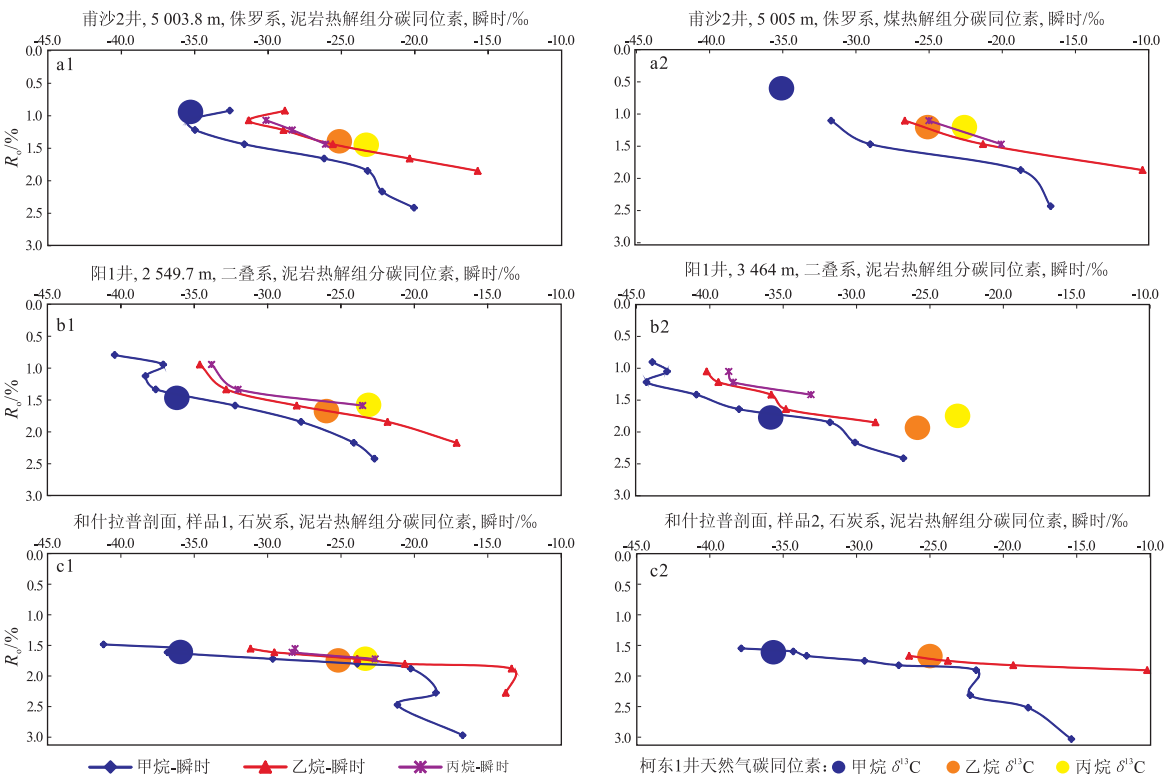


图6 西昆仑山前源岩热模拟气碳同位素特征及与柯东1井天然气碳同位素特征对比

Fig. 6 Correlation of carbon isotope between natural gas from well Kedong 1 and simulated gas from source rock in piedmont of West Kunlun Mountain

天然气碳同位素值基本呈二叠系源岩<石炭系源岩<侏罗系源岩的特征。研究区天然气碳同位素数据点未落在特定源岩的演化曲线上,而是落在演化曲线外,指示柯东—柯克亚构造带天然气并非单一烃源岩生成,而是不同源岩生成的天然气的混合。

根据研究区构造演化和生排烃史的研究成果,如果以2.5 Ma为成藏关键时刻,石炭系、二叠系、侏罗系3套源岩的生气量比例约为10:70:20。如果3类源岩生成的天然气以此比例混合,形成的天然气组分碳同位素值与气藏中的天然气恰好吻合。因此,可以认为柯东—柯克亚构造带天然气主要来源于二叠系源岩,其次为侏罗系和石炭系源岩。

### 3 油气成藏期次

本次研究选取了连续取心井段的柯东101井和柯东1井,共选取了42块样品开展包裹体的均一温度测定与盐度测定。包裹体主要分布在石英宿主矿物中,少量发育在方解石胶结物上。镜下整体观察包裹体的大小分布在5~10 μm之间,主要分布在6~8 μm,气泡的直径较小,多数在2 μm左右。包裹体的形状以椭圆形为主。

柯东地区整体上包裹体的数量和质量都较差,前人也试图开展过包裹体的研究,终因发现的包裹体太少太小而未能开展过有效的研究。本次选取的42块样品,仅有21块样品测出包裹体,总共测

定168个盐水包裹体的均一温度点,147个有效冰点温度。通过荧光分析,辨别出与烃类伴生的盐水包裹体,总共测定87个与烃类伴生的盐水包裹体的均一温度点。从柯东101井与烃类伴生的盐水包裹体均一温度分布直方图(图7a)可以看出2期包裹体存在的特征,说明了柯东101井白垩系储层存在着2期烃类充注,与烃类伴生的盐水包裹体的均一温度分布在70~140℃之间,2个峰值分别位于85℃与120℃(图7a),早期成藏温度在80~85℃;晚期在110~120℃,并且以晚期成藏为主。柯东1井白垩系储层也存在2期成藏(图7b),早期烃类伴生的盐水包裹体的均一温度峰值为85℃,晚期为120℃。

柯克亚地区包裹体研究的成果认为古近系也存在2期充注,与烃类伴生的盐水包裹体的均一温度分布在70~140℃之间,2个峰值分别位于85℃与120℃(图7c)。早期的烃类充注时石英微裂缝发育,烃类的成熟度较低,荧光显示呈淡黄色;而晚期充注烃类成熟度较高,发亮蓝色、蓝色荧光。新近系中新统储层油气充注为1期充注,与烃类伴生的盐水包裹体均一温度分布在65~105℃之间,呈单峰式分布,峰值为85℃(图7d)。包裹体主要分布在石英加大边上,单偏光镜下包裹体颜色为褐色,说明烃类的成熟度不高,可能为早期未熟有机质的充注。

通过包裹体测定的均一温度代表油气成藏时

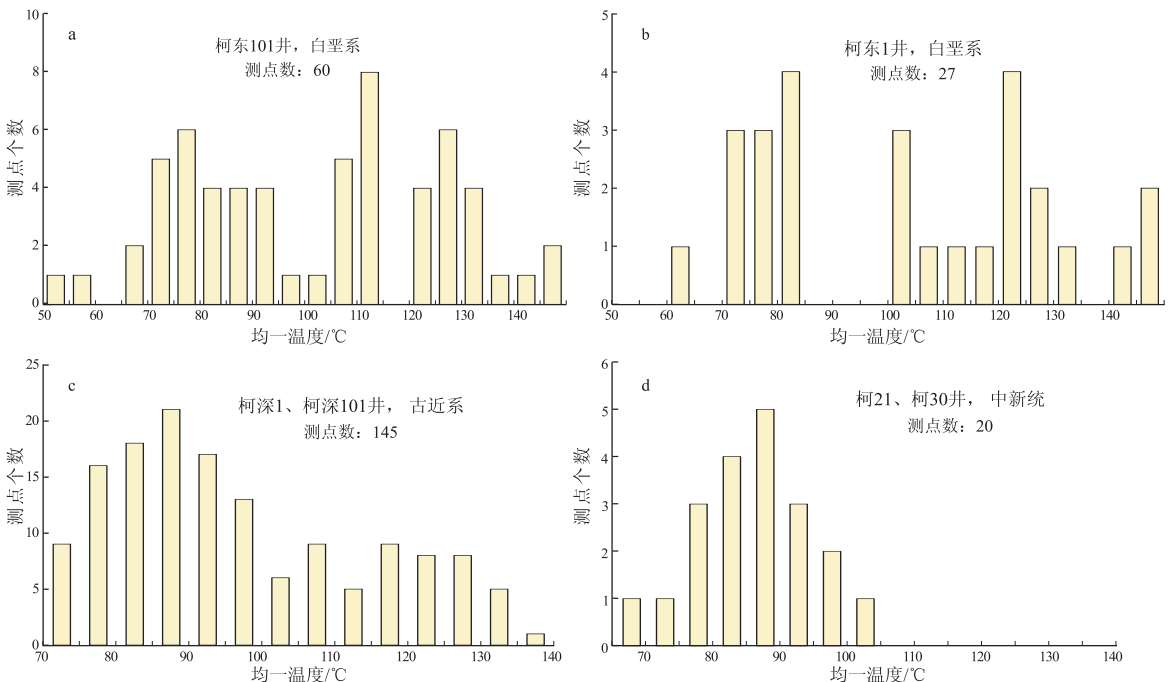


图7 西昆仑山前柯东—柯克亚构造带储层与烃类伴生的盐水包裹体均一温度分布直方图

Fig. 7 Homogenization temperature distribution of saline inclusions associated with hydrocarbon in Kedong-Kekeya tectonic belt in piedmont of West Kunlun Mountain

的温度,结合研究区单井地史埋藏热演化和测得的温度峰值,分析了柯东—柯克亚构造带的油气成藏演化史。白垩系圈闭有2期充注,第一期充注在上新世早期,第二期充注在更新世早期;古近系圈闭有2期充注,第一期充注在上新世中晚期,第二期充注在更新世早期;中新统圈闭只有1期充注,充注时期在更新世早中期。总体来说,柯东构造带成藏时期早于柯克亚构造带。

## 4 油气成藏模式

### 4.1 构造变形特征

通过区域构造背景分析,结合三维地震资料分析,认为柯东构造总体由深部的断层转折褶皱和浅部的压扭构造组成。早期变形在中新世—上新世,以挤压逆冲为主,发育坡坪式断层。由于喜马拉雅期昆仑山隆升产生的强烈的向北挤压应力,柯东地区基底向南抬升,形成一个具有断坪—断坡—断坪断层,中生界楔入于古近系底部的滑脱层中,中、新生界形成一个断层转折背斜<sup>[15]</sup>。早期变形晚期柯克亚构造发育雏形。

第二期变形柯东构造以压扭为主,发育高角度断层。地表露头上可见高角度断裂出露,具右旋走滑逆断层性质。地震剖面上下盘垂向断距较大,难以单方向上进行平衡恢复,表明可能存在水平错动的走滑断层,柯东—柯克亚构造带电法勘探解释有花状构造,可以证实走滑的存在<sup>[15]</sup>。第二期变形造成柯克亚构造浅层为同沉积背斜,中层为挤压背斜,深层(中生界—下古近系)为明显被断层复杂化的挤压断阶式背斜。

第二期变形对构造圈闭则具有破坏意义,原本规模较大的背斜被调整为多个断块。依据构造位置和储盖组合的匹配关系不同,形成油气藏的类型也不同。在调整保留下来的背斜构造核部,如果上部古近系盖层未被剥露,以白垩系砂岩为主要储层,仍形成背斜油藏;而翼部以断鼻为主,由于上部断层断距较大,使白垩系砂岩和上盘的侏罗系—二叠系泥岩对接,具有侧向封堵条件,形成了断鼻型凝析气藏(图8)。

### 4.2 成藏演化模式

根据柯东—柯克亚构造带构造演化,结合油气

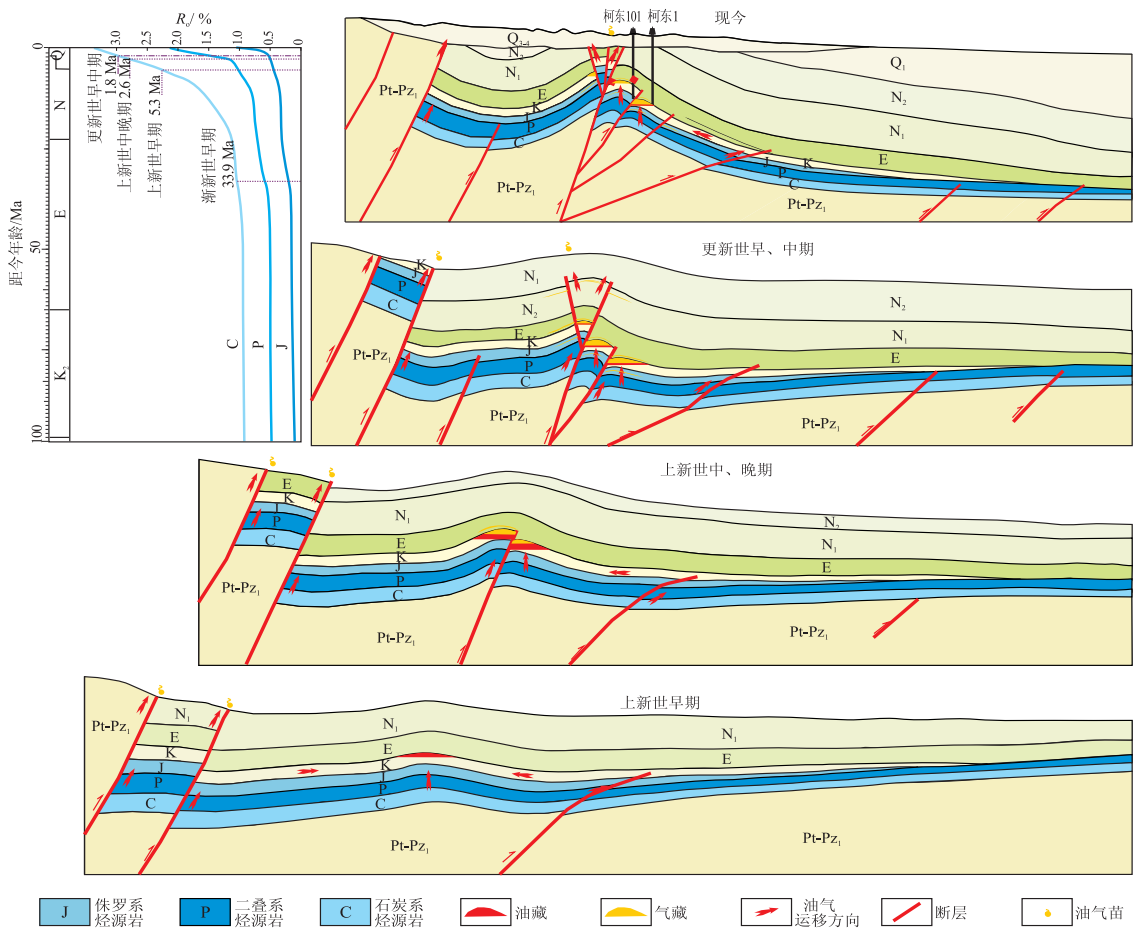


图8 西昆仑山前柯东—柯克亚构造带油气成藏演化模式

Fig. 8 Evolution of hydrocarbon accumulation in Kedong-Kekeya tectonic belt in piedmont of West Kunlun Mountain

成藏期次以及烃源岩演化史,笔者认为柯东—柯克亚构造带油气成藏从早到晚主要分4个阶段:原油初始充注时期、主充油时期、主充气时期和油气调整时期(图8)。

第一阶段原油初始充注时期在上新世早期,这时期柯东1构造形成,柯克亚构造发育雏形。二叠系烃源岩 $R_o$ 值约为1.0%,处于大量生油阶段;石炭系烃源岩已经达到过成熟阶段,可生少量气;侏罗系烃源岩还未成熟。柯东1构造白垩系储层开始捕获均一温度为85℃的烃类包裹体,有效圈闭开始充注二叠系烃源岩生成的原油。

第二阶段主充油时期在上新世中晚期,这时二叠系烃源岩处于成熟晚期,主要生成油—凝析油;石炭系烃源岩处于过成熟阶段,可生成少量干气;侏罗系烃源岩处于未成熟阶段,不能生气。由于构造运动加强,断裂把柯东1背斜一分为二,断层上下盘油气强烈充注,油藏持续扩大。这时期柯克亚构造形成,白垩系和古近系储层捕获均一温度为85℃的烃类包裹体,有效圈闭中油气开始充注。

第三阶段主充气时期在更新世早中期,二叠系烃源岩达到高成熟阶段,以生气为主;侏罗系烃源岩达到低成熟阶段,并开始生气;石炭系烃源岩处在过成熟阶段,仍能生成少量的气。这时期有效圈闭发生强烈气侵,柯东1油气藏含气面积最大。这时柯东—柯克亚构造带白垩系和古近系储集层捕获均一温度为120℃的烃类包裹体。构造运动造成的断裂使柯克亚古近系油气藏油气向上运移至古新统储层形成油气藏,古新统储集层捕获均一温度为85℃的烃类包裹体。

现今为第四阶段油气调整时期,3套烃源岩都处于生气阶段,天然气持续充注。强烈的断裂活动使柯东1构造复杂化,核部油气藏发生调整,两翼构造相对稳定区油气得以保存;柯克亚构造带油气调整定型,处于动平衡状态。

## 5 结论

随着柯东1井的突破,将柯东—柯克亚构造带油和天然气纳入一体,从油和气的关系入手探讨油和气的成因,结合源岩演化特征、流体包裹体分析以及构造演化,进行成藏过程重建,系统研究了该区油气富集与成藏特征。经研究得出,柯东—柯克亚构造带发现的油气主要来自二叠系烃源岩,天然气有部分石炭系和侏罗系烃源岩的贡献;柯东—柯克亚构造带油气成藏从早到晚主要分4个阶段:原油初始充注时期、主充油时期、主充气时期、油气调整时期。从柯东—柯克亚构造带油气成藏要素的空间

分布分析,柯东—柯克亚构造带油气藏属于正常的下生上储顶盖式成藏组合关系,维系这种组合关系的纽带主要是沟通源岩和储集层的大断裂。

致谢:衷心感谢中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院在这次研究中提供使用资料,并感谢该院领导和有关人员的建议和支持!

## 参考文献:

- [1] 何登发,李德生. 塔里木盆地构造演化与油气聚集[M]. 北京:地质出版社,1996.
- [2] 胡建中,谭应佳,张平,等. 塔里木盆地西南缘山前带逆冲推覆构造特征[J]. 地学前缘,2008,15(2):222-230.
- [3] 周新源,罗金海,买光荣,等. 塔里木盆地喀什凹陷周缘地区构造特征与油气地质[M]. 北京:石油工业出版社,2005:117-123.
- [4] 曲国胜,李亦纲,李岩峰,等. 塔里木盆地西南前陆构造分段及其成因[J]. 中国科学:D辑:地球科学,2005,35(3):193-202.
- [5] 程晓敢,雷刚林,陈汉林,等. 西昆仑山前甫沙—克里阳地区新生代变形特征及油气控制作用[J]. 石油学报,2011,32(1):83-89.
- [6] 潘家伟,李海兵,Jerome Van Der Woerd,等. 西昆仑山前冲断带晚新生代构造地貌特征[J]. 地质通报,2007,26(10):1368-1379.
- [7] 肖安成,杨树峰,陈汉林,等. 西昆仑山前冲断系的结构特征[J]. 地学前缘,2000,7(增刊):38-43.
- [8] 黄泽光,翟常博,徐宏节. 塔里木盆地塔西南与库车拗陷形变特征的对比分析[J]. 石油实验地质,2002,24(6):501-505.
- [9] 伍秀芳,刘胜,汪新,等. 帕米尔—西昆仑北麓新生代前陆褶皱冲断带构造剖面分析[J]. 地质科学,2004,39(2):260-271.
- [10] 刘胜,汪新,伍秀芳,等. 塔西南山前晚新生代构造生长地层与变形时代[J]. 石油学报,2004,25(5):24-28.
- [11] 李丹梅,汤达祯,荆卫新,等. 塔西南前陆冲断带油气成藏地质条件的分段性[J]. 地学前缘,2008,15(2):178-185.
- [12] 唐友军,侯读杰,肖中尧. 柯克亚油田原油地球化学特征和油源研究[J]. 矿物岩石地球化学通报,2006,25(2):160-162.
- [13] 张敏,黄光辉,赵红静,等. 塔里木盆地柯克亚地区凝析油气藏成因特征研究[J]. 中国科学:D辑:地球科学,2008,38(增刊II):17-23.
- [14] 何登发,陈红英,柳少波. 柯克亚凝析油气田的成藏机理[J]. 石油勘探与开发,1997,24(4):28-32.
- [15] 廖林. 西昆仑新生代构造事件及其沉积响应[D]. 杭州:浙江大学,2010.
- [16] 俞凌杰,范明,刘伟新,等. 盖层封闭机理研究[J]. 石油实验地质,2011,33(1):91-95.
- [17] 周雁,金之钧,朱东亚,等. 油气盖层研究现状与认识进展[J]. 石油实验地质,2012,34(3):234-245.
- [18] 牟中海,唐勇,崔炳富,等. 塔西南地区地层剥蚀厚度恢复研究[J]. 石油学报,2002,23(1):40-44.
- [19] 秦都. 塔里木盆地西南地区侏罗纪原型盆地类型与特征[J]. 石油与天然气地质,2005,26(6):831-838.
- [20] 贾承造,何登发,石昕,等. 中国油气晚期成藏特征[J]. 中国科学:D辑:地球科学,2006,36(5):412-420.