

文章编号: 1001-6112(2009)05-0490-05

准噶尔盆地永 1 井油气来源及成藏模式分析

朱日房

(中国石油化工股份有限公司 胜利油田分公司 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要: 准噶尔盆地永 1 井侏罗系地层中存在几套地化特征完全不同的原油, 油源分析认为其侏罗系西山窑组原油主要来自二叠系烃源岩、三工河组下部原油主要来自侏罗系烃源岩, 而上部油砂的抽提物则具有上下 2 套原油的混合特征。侏罗系和二叠系是准噶尔盆地昌吉凹陷最主要的烃源岩, 下二叠系烃源岩的主要生烃期在二叠纪末至侏罗纪早期, 中二叠统烃源岩主要生烃期在三叠纪末期至早白垩纪, 而侏罗系烃源岩的主要生烃期在第三纪以后。根据分析昌吉凹陷的构造演化后认为, 西山窑组中的降解原油为侏罗纪末抬升剥蚀前形成的油藏, 其正常原油油藏则在白垩系沉积后形成, 而三工河组侏罗系原油则相对更晚形成。

关键词: 油源分析; 成藏模式; 二叠系; 侏罗系; 昌吉凹陷; 准噶尔盆地

中图分类号: TE122.11

文献标识码: A

ANALYSIS OF OIL—GAS SOURCE AND RESERVOIR-FORMED MODEL IN WELL YONG 1 OF THE JUNGGAR BASIN

Zhu Rifang

(Geological Scientific Research Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong, 257015, China)

Abstract: Three types of crude oil with different geochemistry characterization occur in the Jurassic formation in Well Yong 1 of the Junggar Basin. Oil—source analysis indicates that the crude oil in Xishanyao Formation derived from the Permian source rocks, the crude oil in the lower Sangonghe Formation derived from the Jurassic source rocks, and the extract of the oil sand in the upper Sangonghe Formation is the mixture from the Jurassic source rocks and the Permian source rocks. The Permian and the Jurassic is the main source rocks in the Changji Depression of the Junggar Basin. The main generation stage of the Lower Permian is from the Late Permian to the Early Jurassic, the Middle Permian is from Late Triassic to the Early Cretaceous period, and the Jurassic is after the Tertiary period. By studying the structure evolution of the Changji Depression, it is showed that degradation oil accumulated in Xishanyao Formation before the uplift at the end of Jurassic, the normal oil accumulated in Xishanyao Formation after the Cretaceous formation deposited, and the oil in Sangonghe Formation from Jurassic source rocks accumulated later.

Key words: oil—source analysis; reservoir-formed model; Permian; Jurassic; Changji Depression; Junggar Basin

永 1 井区位于准噶尔盆地昌吉凹陷西段北斜坡, 北临马桥凸起, 南为昌吉凹陷的深洼区(图 1), 该井在侏罗系地层中已发现了工业油流。构造演化和地层沉积特征研究表明该区为多套源岩的油气指向区, 油气成藏复杂。深入弄清其油气来源及成藏模式, 对该区勘探具有重要意义。

1 原油地球化学特征及油源分析

永 1 井区上下几套原油具有明显不同的地球化学特征, 主要可分为 3 种类型。

1.1 侏罗系西山窑组煤层以上原油及油砂

第一类原油分布在侏罗系西山窑组煤层以上, 包括白垩系地层中的原油。该类原油全油或油砂抽提物比较富集¹²C, 其 $\delta^{13}\text{C}$ 值小于为 -30.0% 。原油饱和烃分布完整(图 2), 姥鲛烷与植烷相比稍占优势, Pr/Ph 值为 1.58, 检测出较明显的 β 胡萝卜烷; 规则甾烷呈“厂”字型分布, C_{27} 规则甾烷含量较低, 仅占 15% 左右, 而 C_{28} 和 C_{29} 规则甾烷含量较高, 而且基本相当, 为 40%~45% 之间; 甾烷的异构化程度较高, $\text{C}_{29}(20\text{S})/\sum\text{C}_{29}$ 规则甾烷在 0.41~

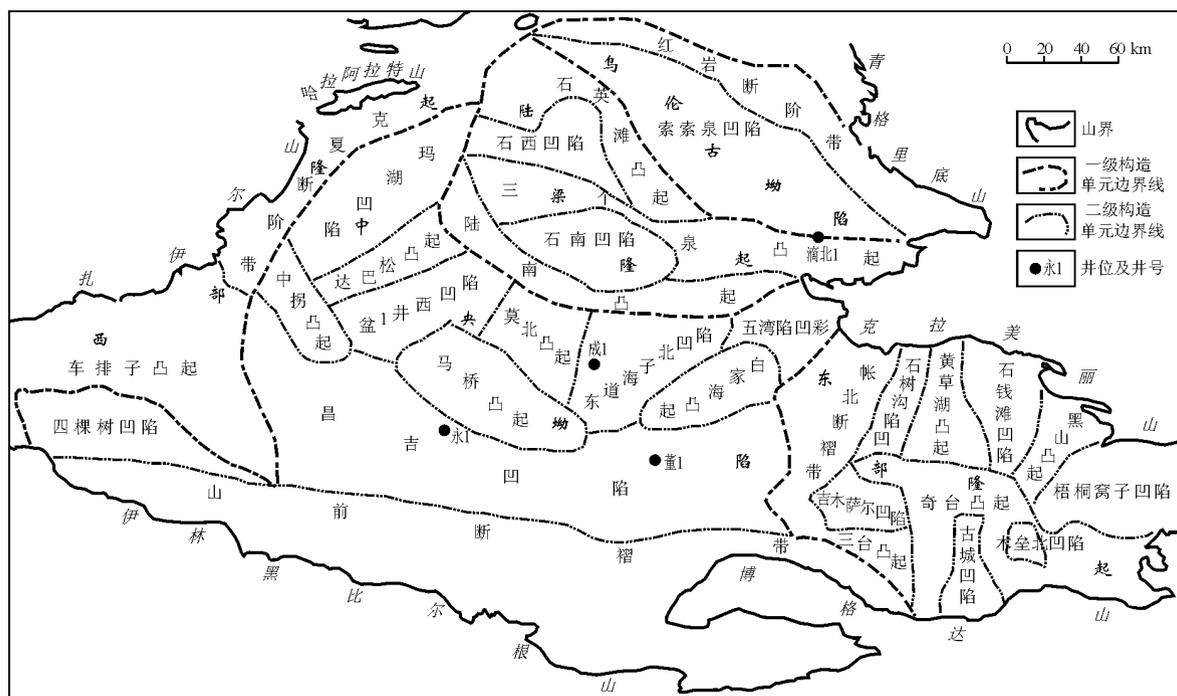


图1 准噶尔盆地永1井构造位置

Fig. 1 Structural location of Well Yong 1 in the Junggar Basin

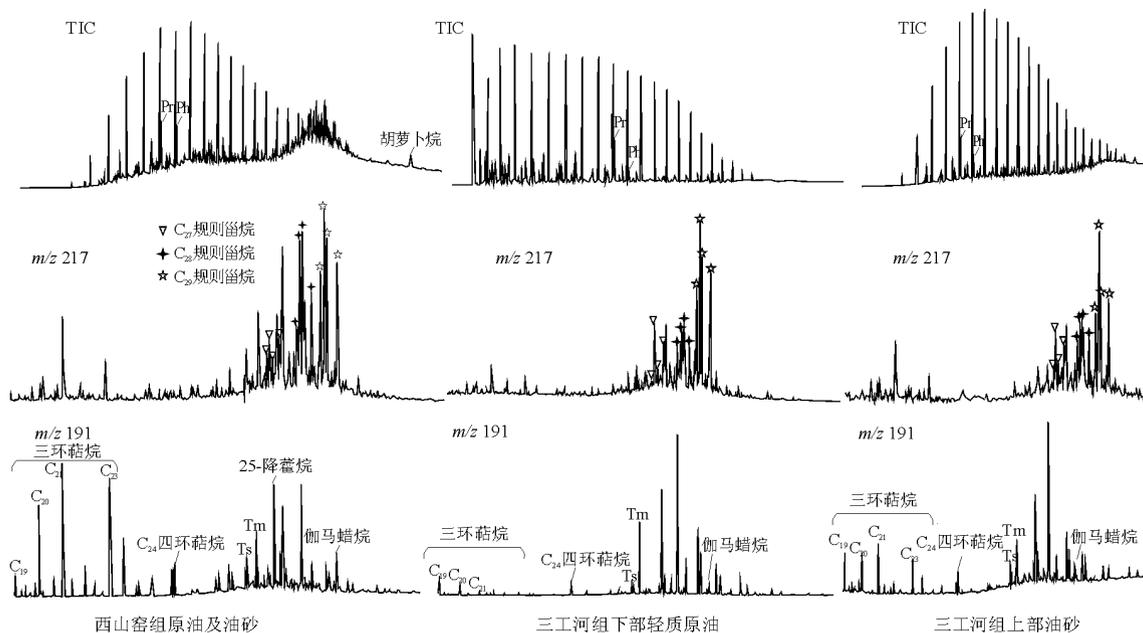


图2 准噶尔盆地永1井原油和油砂抽提物烷烃质量色谱图

Fig. 2 Alkane mass chromatograms of the oil and extract of sandstone from Well Yong 1, Junggar Basin

0.44 之间,为成熟原油。萘烷中三环萘烷含量较高,原油的三环萘烷/藿烷值为 0.75;Ts 对 Tm 的相对含量为 0.56,伽马蜡烷/C₃₀ 藿烷达到 0.45~0.55,具有较高的 25-降藿烷,指示原油经历过极为严重的降解^[1,2]。而同时又具有分布完整的正构烷烃系列化合物,这表明其至少存在 2 期油气充注^[1]。这类原油及油砂抽体物的总体特征与源自

二叠系烃源岩的原油的特征^[3~6]相似,为二叠系烃源岩所提供。

原油及其油砂抽提物在分子化合物上存在一系列细微差别,主要表现在油砂抽提物碳同位素组成比较富集¹²C,具有较低的 Pr/Ph 值和较高的伽马蜡烷含量及热演化程度(表 1)。其差异是由于多源多期充注的结果。在多期充注的油藏中,孔隙

表 1 准噶尔盆地永 1 井油砂和原油地化参数对比

Table 1 Comparison of geochemistry parameter between the oil and extract sandstone of from Well Yong 1, Junggar Basin

样品类型	层位	烷烃峰型 降解特征	Pr/Ph	伽马蜡烷/ C ₃₀ 藿烷	25-降藿烷	C ₂₉ (20S)/ ΣC ₂₉ 甾烷	胡萝卜烷 相对含量	Rc, % ¹⁾	δ ¹³ C, ‰
油砂	西山窑组	明显	1.13	0.44	近于 C ₃₀ 藿烷	0.44	较高	0.81	-31.3
原油	西山窑组	不明显	1.58	0.36	小于 C ₃₀ 藿烷	0.41	较低	0.77	-30.3
油砂	三工河组上部	无	2.00	0.13	—	0.41	—	0.79	-28.0
原油	三工河组下部	无	3.31	0.04	—	0.41	—	0.78	-26.9

1) Rc 是由菲及甲基菲相对丰度计算所得, $Rc = (0.6MP_1 + 0.4) \times 100\%$, 其中 $MP_1 = 1.5(3-MP+2-MP)/(P+1-MP+9-MP)$ 。

中自由状态的原油具有较多后期充注原油的特征, 而吸附在储层岩石中的原油, 则表现出较多的早期充注原油的特征^[7]。特别对于早期原油经历过降解稠化, 这种差别更加明显。腹部二叠系烃源岩主要为中二叠统和下二叠统风城组, 相对于中二叠统烃源岩, 风城组烃源岩具有较高的演化程度、较低的 Pr/Ph 值^[8,9] 及较丰富的胡萝卜烷和伽马蜡烷含量^[9]。因此, 早期充注的原油, 应该是下二叠统风城组烃源岩所生, 而后期充注的原油源自中二叠统烃源岩。

1.2 侏罗系三工河组下部轻质原油

第二类原油为侏罗系三工河组下部轻质原油, 组分中烷、芳、非、沥分别为 45.29%, 8.74%, 2.99%, 0%, 闭合度仅 57.02%, 在原油的组分测定中, 存在较多的低碳数烃类损失。原油碳同位素组成中比较富集重碳同位素¹³C, 烷烃、芳烃和非烃的 δ¹³C 值分别为 -27.3‰, -25.7‰, -25.9‰, 为湖沼相的沉积特征。在饱和烃色谱中(图 2), 低碳数烷烃含量较高, C₂₁⁻/C₂₂⁺ 为 4.64, 主峰碳为 C₁₅, 呈姥鲛烷优势, Pr/Ph 值达 3.31, 未检测到胡萝卜烷。规则甾烷以 C₂₉ 占绝对优势, C₂₇, C₂₈ 规则甾烷相对含量较低(图 2), 呈反“L”型分布; 同时 C₂₉ 重排甾烷相对含量较高, 孕甾烷相对含量低。在萜烷分布中(图 2), 三、四环萜烷相对含量较低, C₁₉, C₂₀ 三环萜烷和 C₂₄ 四环萜烷相对含量较高。伽马蜡烷相对含量极低, 伽马蜡烷指数为 0.04。另一个特征就是 Ts 的相对含量很低, Ts/Tm 仅 0.18。表征有机质演化程度的 C₂₉ 规则甾烷的异构化参数 C₂₉ββ/ΣC₂₉ 规则甾烷和 C₂₉(20S)/ΣC₂₉ 规则甾烷分别为 0.56 和 0.41, 为成熟烃源岩的特征。这类原油与典型的源自侏罗系煤系烃源岩的原油特征^[3~6] 相似, 其源自侏罗系煤系烃源岩。

1.3 侏罗系三工河组上部油砂

第三类原油为侏罗系三工河组上部油砂, 其分布在前 2 类原油之间。该油砂抽提物的碳同位素值中等, δ¹³C 值为 -28.0‰, 比煤系烃源岩更富集轻碳同位素。油砂抽提物饱和烃色谱分析中未检

测出胡萝卜烷, 姥鲛烷比植烷优势不如其下部轻质原油, 但比西山窑组原油明显, Pr/Ph 为 2.00。规则甾烷呈上升型分布(图 2), C₂₉ 规则甾烷优势明显, C₂₇, C₂₈, C₂₉ 规则甾烷三者比值为 20:35:45; C₂₉ 重排甾烷较丰富, C₂₉(20S)/ΣC₂₉ 规则甾烷为 0.41, 表明为成熟原油。萜烷中三环萜烷分布齐全, 总体相对含量明显高于下部轻质原油, 并以 C₂₁ 三环萜烷为主峰, 但 C₁₉ 三环萜烷和 C₂₄ 四环萜烷含量也较丰富, 表现出煤系烃源岩的特征(图 2); 伽马蜡烷含量一般, 伽马蜡烷/C₃₀ 藿烷为 0.13, 高于煤系烃源岩。Ts/Tm 含量一般, Ts/Tm 为 0.51。

这类油砂抽提物特征介于前 2 类原油之间(表 1), 为前 2 类原油的混源油。

2 成藏规律研究

2.1 主要烃源岩性质

二叠系和侏罗系是昌吉凹陷已被证实的最重要的 2 套烃源岩^[3,10,11], 也是永进地区油气的主要贡献者^[3,10]。其中二叠系烃源岩又分中、下二叠统烃源岩。

下二叠统主要发育风城组烃源岩, 是盆地西北缘地区最可靠的油气源岩之一。风城组烃源岩在盆地西北缘、腹部和南缘广泛分布, 沉积中心分别在玛湖凹陷、盆 1 井西凹陷和昌吉凹陷, 钻井只在玛湖凹陷区的风城地区揭露烃源岩。在玛湖凹陷及附近地区烃源岩有机碳丰度平均为 1.38%, 氯仿沥青“A”平均达 0.38%, 生烃潜量(S₁+S₂)也达到 7.3 mg/g, 类型主要以 I—II₁ 为主, 是一套丰度高、类型好的烃源岩。中二叠统烃源岩在盆地东部的平地泉组和昌吉凹陷到博格达山前的卢草沟组是一套有机质丰度极高的烃源岩, 而下乌尔禾组在盆 1 井西凹陷和玛湖凹陷内也是一套丰度较高的烃源岩。中、下二叠统烃源岩在昌吉凹陷洼陷区埋深超过 8 000 m, 是一套高过成熟的烃源岩。

侏罗系烃源岩在昌吉凹陷是一套厚度大、分布广、非均质性强的烃源岩, 主要发育于中下侏罗统。钻井揭示中下侏罗统暗色泥质岩占整个地层厚度

的 60%~80%，累计厚度在 700 m 左右^[11]，昌吉凹陷洼陷内无论是泥质岩还是煤系泥岩，均具有较强的生烃潜力，是一套有效的烃源岩，其演化阶段处于未成熟至成熟阶段(表 2)。

2.2 主要烃源岩的生烃演化

从目前钻井揭示的情况来看，昌吉凹陷侏罗系烃源岩目前处于未成熟到成熟演化阶段之间，进入成熟演化阶段的深度在 4 200 m 以下，大量生烃阶段在 5 800 m 以下。但由于侏罗系烃源岩洼陷内埋深超过 7 000 m，推测相当部分烃源岩已经进入高成熟演化阶段。而二叠系烃源岩则大部分处于过成熟阶段。

根据昌吉凹陷沉积埋藏特征及前人对准噶尔盆地热演化的研究结果^[12~14]，对二叠系及侏罗系主要烃源岩进行了一维数值模拟。模拟结果表明(图 3)，下二叠统烃源岩在二叠纪中期进入生烃门限，二叠纪末期进入大量生烃阶段，并持续至侏罗纪早期。中二叠统烃源岩在三叠纪早中期进入生烃门限，三叠纪末期进入大量生烃阶段，并持续至白垩纪早期。侏罗系则在白垩纪中晚期进入生烃门限，在古近纪进入大量生烃阶段，目前仍处在大量生烃阶段。

2.3 成藏模式

永 1 井侏罗系西山窑组及三工河组原油或油砂的地球化学特征表明其油气具有多源多期成藏的特征(图 4)。根据本区区域构造演化分析，车一莫古隆起的发育演化对永进地区的构造、沉积及成藏带来了重大的影响^[15~17]。沉积构造的综合分析表明，车一莫古隆起初始发育于三工河组沉积晚期，可以大致分为 5 个发育阶段：初始发育阶段(J_{1s}—J_{2x})、强烈隆升阶段(J_{2t})、剥蚀改造阶段(J₃)、稳定沉降阶段(K—E)、掀斜改造阶段(N—Q)。

在车一莫古隆起的初始发育阶段，由于古隆起的隆升，在永进地区西山窑组和三工河组地层中形成一系列地层和岩性圈闭^[15~17]，此时二叠系烃源岩正处于大量生烃阶段，其产生的油气沿古隆起的隆升形成的运移通道进入这些圈闭中成藏。侏罗纪中晚期的强烈隆升及剥蚀改造，使西山窑组以上地层已被剥蚀殆尽，油藏保存条件变差，并在长期的浅埋中被降解，形成现今西山窑组油藏中降解原油。而自白垩系开始沉积以后，基本上处于持续下沉过程中，中二叠统烃源岩在成熟演化中大量生烃并进入该区油藏，形成现今未降解二叠系原油。在掀斜改造阶段，腹部中下侏罗统烃源岩成熟生烃，

表 2 准噶尔盆地昌吉凹陷侏罗系烃源岩地化参数

Table 2 Geochemistry parameter of the Jurassic source rocks in Changji Depression of the Junggar Basin

层位	岩性	TOC, %	(S ₁ +S ₂)/(mg·g ⁻¹)	氯仿“A”, %	干酪根类型	R _o , %
西山窑组	泥岩	0.15~9.83(3.10)	0.04~13.59(5.95)	0.006~0.332(0.112)	II ₁ —III	0.64~0.81
	碳质泥岩	2.24~39.05(23.5)	2.68~115.43(59.3)	0.066~1.704(1.032)	II ₁ —III	
	煤		63.6~224.2(146.3)	0.812~1.243(0.982)	II ₁ —III	
三工河组	泥岩	0.14~3.51(1.0)	0.13~5.75(1.18)	0.0025~1.1378(0.229)	II ₁ —III	0.70~0.74
	碳质泥岩	4.02~66.5(21)	4.39~181.17(48.7)	0.279	III	
八道湾组	泥岩	0.21~9.88(1.97)	0.01~29.45(3.32)	0.120~1.354(0.289)	I—III	0.71~0.78
	碳质泥岩	0.59~43.19(10.6)	0.55~145.78(30.7)	0.044~0.469(0.223)	II ₁ —III	
	煤		97.7~263.5(183)		II ₁ —III	

注：数据表格为“最小值~最大值(平均值)”。

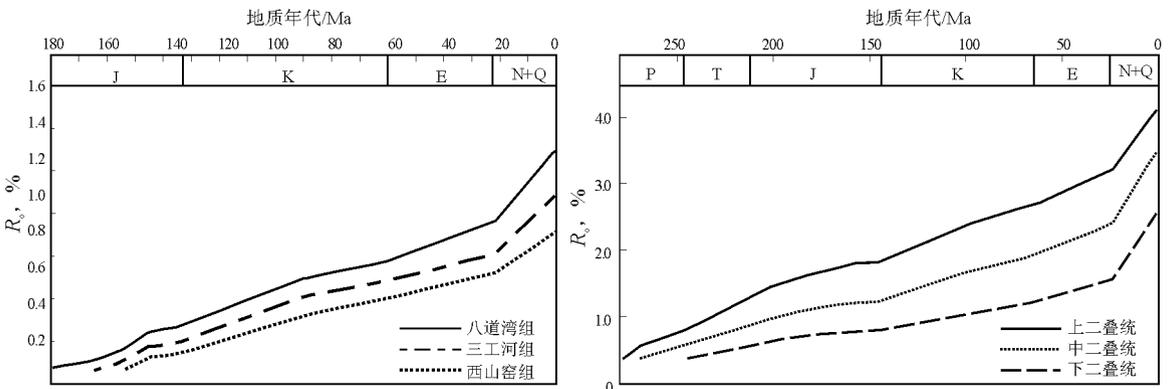


图 3 准噶尔盆地昌吉凹陷侏罗系和二叠系烃源岩成熟演化

Fig. 3 Thermal evolution of the Jurassic and the Permian source rocks in the Changji Depression of the Junggar Basin

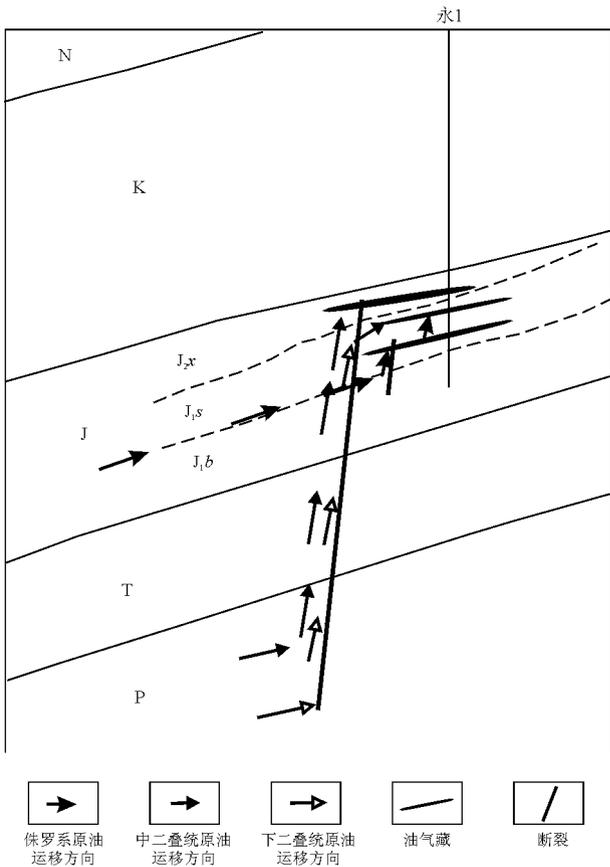


图 4 准噶尔盆地永 1 井成藏模式示意

Fig. 4 Sketch map of oil accumulation pattern in Well Yong 1, Junggar Basin

形成侏罗系为源岩的油藏。

3 结论

准噶尔盆地永 1 井区原油的油源主要有 3 套, 分别是下二叠统、中二叠统和侏罗系烃源岩, 其中侏罗系烃源岩可以进一步细分为以腐殖型有机质为主的煤系烃源岩和混合型有机质为主的湖相烃源岩。结合各自烃源岩的成烃期及区域构造演化特征来看, 下二叠统烃源岩的油气充注期在侏罗系沉积末期以前, 白垩系开始沉积以后首先充注的是中二叠统烃源岩形成的油气, 其后是侏罗系烃源岩形成的油气。多套源岩形成油气的充注, 必然导致油气的

混源, 尤其是西山窑组储层原油的混源特征更为明显, 西山窑组油气的主要贡献者是中、下二叠统烃源岩, 三工河组原油则主要源于侏罗系烃源岩。

参考文献:

- 1 高波, 刘文汇, 范明等. 塔河油田成藏期次的地球化学示踪研究[J]. 石油实验地质, 2006, 28(3): 276~280
- 2 倪春华, 包建平, 顾忆. 生物降解作用对芳烃生物标志物参数的影响研究[J]. 石油实验地质, 2008, 30(4): 386~389
- 3 尹伟, 郑和荣, 孟闲龙等. 准噶尔盆地中部原油地球化学特征[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(4): 461~466
- 4 张枝焕, 李伟, 孟闲龙等. 准噶尔盆地车排子隆起西南部原油地球化学特征及油源分析[J]. 现代地质, 2007, 21(1): 133~140
- 5 陈建平, 梁狄刚, 王绪龙等. 彩南油田多源混合原油的油源(一)——烃源岩基本地球化学特征与生物标志物特征[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(4): 20~24
- 6 秦黎明, 张枝焕, 李伟等. 准噶尔盆地中Ⅲ区块原油地球化学特征与油源分析[J]. 地质科技情报, 2007, 26(6): 59~64
- 7 潘长春, 杨坚强. 准噶尔盆地砂岩储集岩生物标志化合物特征及其意义[J]. 地球化学, 1997, 26(5): 82~90
- 8 潘长春, 傅家谟, 盛国英等. 准噶尔盆地腹部油气藏油源的确定及其意义[J]. 石油学报, 1999, 20(5): 27~32
- 9 Pan Changchun, Yang Jianqiang, Fu Jiemo, et al. Molecular correlation of free oil and inclusion oil of reservoir rocks in the Junggar Basin, China[J]. Organic Geochemistry, 2003, 34: 357~374
- 10 袁海锋, 徐国盛, 董臣强等. 准噶尔盆地中部第 3 区块侏罗系、白垩系油气成藏主控因素[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(6): 700~703
- 11 孔祥星. 准噶尔盆地南缘西部山前断褶带油源分析[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(4): 413~418
- 12 邱楠生, 王绪龙, 杨海波等. 准噶尔盆地地温分布特征[J]. 地质科学, 2001, 36(3): 350~358
- 13 邱楠生. 中国西部地区沉积盆地热演化和成烃史分析[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 6~8
- 14 邱楠生, 王绪龙, 杨海波. 准噶尔盆地构造—热演化特征[J]. 地质科学, 2002, 37(4): 423~429
- 15 朱允辉, 孟闲龙. 准噶尔盆地车莫古隆起的形成演化及其对腹部油气成藏的影响[J]. 中国西部油气地质, 2005, 1(1): 55~57
- 16 佟殿君, 任建业, 任亚平. 准噶尔盆地车莫古隆起的演化及其对油气藏的控制[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(3): 39~42
- 17 赵宏亮. 准噶尔盆地车莫古隆起演化及其控藏规律[J]. 新疆石油地质, 2006, 27(2): 160~162

(编辑 徐文明)