

文章编号: 0253—9985(2009)06—0754—08

准噶尔盆地克百断裂带油源分析

姜向强¹, 柳广弟², 高 岗², 杨海风²

(1 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

(2 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249)

摘要: 克百断裂带是准噶尔盆地油气聚集最为丰富的地区, 其油源一直是悬而未决的问题。克百断裂带原油凝固点相对较低, 饱和烃含量和含蜡量相对较低; 原油根据生物标志化合物特征划分为 A 类和 B 类, 不同类型原油的分布具有明显的分带性。结合原油地化指标对原油运移方向的指示作用, 经分析认为本区的主要油源是克百断裂逆掩的风成组烃源岩, 断裂带地层的展布也证实了此观点。综合克百断裂的分段封闭性和油源分析成果, 总结出了本区“山下供油, 断裂控油”的油气成藏模式, 并预测了新的勘探领域, 以指导新一轮的油气勘探。

关键词: 油—源对比; 成藏模式; 克百断裂带; 准噶尔盆地

中图分类号: 122.1 **文献标识码:** A

An analysis of oil source in the Kebai fault zone, the Junggar Basin

Jiang Xiangqiang, Liu Guangdi, Gao Gang, Yang Haifeng

(1. SINOPEC Petroleum Exploration & Production Research Institute Beijing 100083 China)

(2. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting China University of Petroleum Beijing 102249 China)

Abstract: The Kebai fault zone is one of most prolific areas in Junggar Basin. But its oil source is still poorly understood. Crude samples from the area feature in relatively low solidifying point and low content of saturation hydrocarbon and wax. The samples can be classified into type A and type B according to their biomarker characteristics. The distribution of different types of samples presents a clear zonation. According to the oil migration direction indicated by the geochemical index of crude samples, it is believed that the oil is mainly sourced from the source rocks in the overthrust Fengcheng Formation—a conclusion verified by the spatial distribution of strata in the zone. The pooling pattern in the area is also summarized and future exploration targets are predicted in the paper.

Key words: oil source correlation; pooling pattern; Kebai fault zone; Junggar Basin

克百断裂带是准噶尔盆地西北缘克—乌断裂带的一部分, 其南是红—车断裂带, 北为乌—夏断裂带(图 1)。克百断裂带在石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系和白垩系 5 大层系 14 个层组发现了油气藏, 是准噶尔盆地西北缘油气聚集最为富集的地区^[1,2], 而其油源一直是悬而未决的问题。前人多认为玛湖凹陷的二叠系风成组为西北缘地区的主要油源^[3~7], 但油气分布特征并不支持此观点; 也有部分专家提出了无机成因说^[8]。本文通过对新资料的分析, 对本区的油源提出了新的认识, 并对油气勘探提出了新的思路。

1 原油分布特征

克百断裂带作为西北缘油气最为富集的地区, 距前人认为的生油凹陷——玛湖凹陷较远, 与接近玛湖凹陷的百口泉、乌尔禾和夏子街地区相比油气分布相对较少。比较一下玛湖凹陷东、西两侧的油气分布(图 2)可以发现, 油气主要分布在玛湖凹陷西侧的西北缘地区; 在玛湖凹陷东侧的斜坡区油气分布极其有限, 仅在北段的夏盐地区和玛东地区有少量油气分布。这种凹陷两侧油

收稿日期: 2009—02—24 修订日期: 2009—11—06

第一作者简介: 姜向强(1979—), 男, 工程师、博士研究生, 油气成藏机理与分布规律研究。

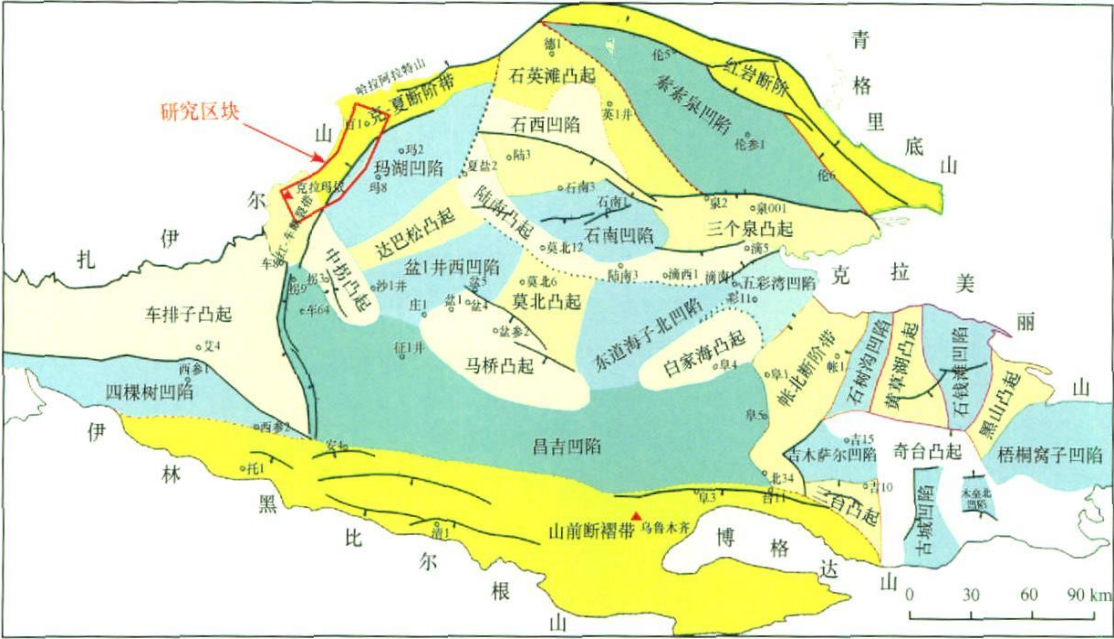


图 1 准噶尔盆地构造分区(据中石化西部分院,2003)
Fig.1 Sketch map showing the tectonic units in the Junggar Basin

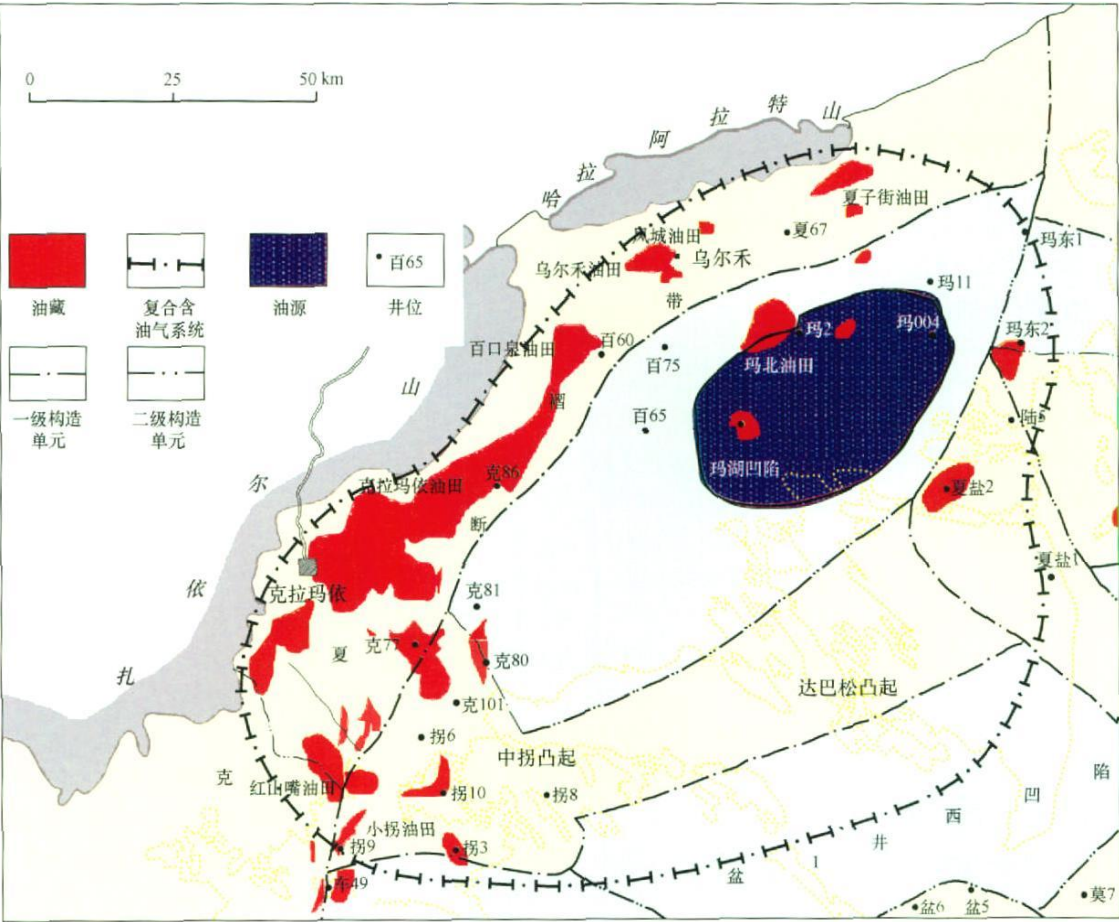


图 2 玛湖凹陷附近油气分布
Fig.2 Hydrocarbon distribution in areas near the Mahu Depression

气分布的极端不和谐,违背了源控论的基本思想,也违背了油气运移的基本规律。推测克百断裂带原油不是来源于玛湖凹陷。玛湖凹陷北端风城组是百口泉、乌尔禾、夏子街、玛北、玛东、夏盐等油田的主要烃源岩。

西北缘不同构造带原油的地球化学特征不同。通过对西北缘地区原油物性的对比分析(表 1)发现,小拐、中拐—五八区斜坡、玛北等油田原油的含蜡量和凝固点相对较高,而断裂带上盘和断裂带附近原油的含蜡量和凝固点相对较低。这主要与烃源岩的母质类型和成熟度有关。

红山嘴油田原油的饱和烃含量较高(大于 70%),小拐油田原油的饱和烃含量高达 80%以上;克百断裂带的原油饱和烃含量总体低于红一车断裂带,克百断裂带上盘的原油饱和烃含量又低于下盘;乌—夏断裂带玛北油田和夏子街油田原油的饱和烃含量高(大于 70%);风城、乌尔禾油田原油的饱和烃含量偏低,而非烃含量相对高;中拐地区的原油以饱和烃含量高为特征。饱和烃含量高的油田以玛湖凹陷为主要油源,而饱和烃含量低的油田主要分布在断裂带上盘和其附近,其油源可能不是玛湖凹陷。

2 原油类型分布具有分带性

2.1 原油类型划分

甾烷和萜烷是原油类型划分和来源分析的重要依据^[9~15]。克百断裂带的原油为深湖相藻类母质来源,水体盐度高,成熟演化程度较高,总体特征差别不大。根据 C_{20}/C_{23} 三环萜烷、 C_{24} 四环萜烷/ C_{26} 三环萜烷、伽马蜡烷指数—— γ -蜡烷/ C_{30} 藿烷比值大小,可以将克百地区的原油划分为 A 类和 B 类两种类型。

A 类原油总体上含较多的三环萜烷、孕甾烷和升孕甾烷,伽马蜡烷含量高, C_{20} 、 C_{22} 、 C_{23} 三环萜烷含量有随碳数增加而增加的特点(图 3),水体盐度高,藻类母质来源。A 类原油中,有部分原油成熟度明显比其他原油偏低。 $\beta\beta\beta-C_{29}/(\alpha\alpha\alpha+\beta\beta\beta)-C_{29}$ 规则甾烷比值小于 0.50, $\alpha\alpha\alpha-C_{29}$ 规则甾烷 $20S/(20S+20R)$ 比值也主要在 0.35~0.50 之间。将这种成熟度较低的原油单独划为 A₁ 类;成熟度较高的为 A₂ 类。

B 类原油 C_{20}/C_{23} 三环萜烷比值大于 1.00 代表高等植物来源的 C_{20} 三环萜烷占优势; C_{24} 四环萜烷/ C_{26} 三环萜烷比值大于 0.92(图 4),热稳定性更强的 C_{24} 四环萜烷含量较高,可能表明此类原油成熟度较高; γ -蜡烷/ C_{30} 藿烷比值小于 0.29,水体盐度不高(图 5)。

2.2 油—源对比

克百断裂带附近的风城组烃源岩甾、萜烷化合物中,生物型 $\alpha\alpha\alpha-C_{27}$ 规则甾烷含量明显比 $\alpha\alpha\alpha-C_{28}$ 规则甾烷低,而 $\alpha\alpha\alpha-C_{28}$ 规则甾烷含量与 $\alpha\alpha\alpha-C_{29}$ 规则甾烷较为接近,呈现出等幅度的阶梯上升型。这一点与克百地区原油甾烷特征相似。其中,风城地区风 306 井风城组烃源岩中 C_{23} 三环萜烷含量占优势,伽马蜡烷含量高,此类烃源岩的特征与克百地区 A 类原油相似;五八区克 89 井风城组烃源岩中 C_{20} 三环萜烷含量占优势,伽马蜡烷含量低, C_{24} 四环萜烷含量大于 C_{26} 三环萜烷,这一特征与克百地区 B 类原油相似(图 6)。从以上对比推断,克百地区原油主要来自风城组烃源岩。五八区远离克百断裂的油藏其油源为五八区的风城组烃源岩,湖湾区和靠近克百断裂的五八区的油源为性质类似风城地区风城组的逆掩断裂带掩伏的风城组烃源岩。原油类型分布和油气运移指标也支持此观点。

2.3 原油类型分布及对油源的指示作用

克百地区原油类型划分的结果表明,原油类型的分布具有分带的特点(图 7)。克拉玛依地区断裂带上盘的原油和下盘断裂前缘带的原油主要为 A₂ 类原油, A₁ 类原油主要分布在五八区二叠系, B 类原油主要分布于百口泉地区,在五八区也有少量 A₂ 类原油。由此可见,百口泉地区的原油与克拉玛依油田的原油在类型上有一定差异,断裂上盘和断裂前缘带的原油与五八区二叠系的原油也有一定区别。

如果玛湖凹陷风城组为本区最主要的烃源岩,那么成熟度较高的 A₂ 类原油应比成熟度较低的 A₁ 类原油更靠近玛湖凹陷,但事实并非如此。原油成因类型的分布规律是,主断裂下盘五八区最靠近玛湖凹陷的是成熟度高的 A₂ 类原油,靠近主断裂的为成熟度低的 A₁ 类原油,主断裂附近和

表 1 准噶尔盆地油气特征(据何登发, 2002)

Table 1 Geochemical features of different types of oil in the Junggar Basin

构造带	红-车断裂带			克-乌断裂带			乌-夏断裂带				中拐凸起 油气藏
	车排子 油田	红山嘴 油田	小拐 油田	克拉玛依油田		百口泉 油田	乌鲁木齐 油田	风城 油田	夏子街 油田	玛北 油田	
				断裂带 (上盘)	斜坡带 (下盘)						
原油 物性	中、低密度, 中、低含蜡 (4%~6%), 凝固点变化大 (-35~35℃)	中、低密度为 主,部分高密度, 中含蜡 (2%~8%), 中、高凝固点 (5~35℃)	低密度,中、高 含蜡(4%~ 12%),中、高 凝固点(15~ 35℃)	中、高密度,低 含蜡(<4%), 低凝固点 (<5℃)	中、低密度, 中、低含蜡 (2%~8%), 凝固点变化 大(-25~ 35℃)	中、低密度, 中、低含蜡 (2%~10%), 中、高凝固点 (-5~35℃)	中、高密度, 中、低含蜡 (2%~10%), 中、低凝固点 (-15~15℃)	中、低密度, 中、低含蜡 (2%~10%), 凝固点变化大 (-25~35℃)	低密度,中、高 含蜡(8%~ 14%),中、高 凝固点(-5~ 35℃)	低密度,中、高 含蜡(4%~ 16%),中、高 凝固点(0~ 35℃)	
Pr/Ph	0.84~1.30	0.90~2.00	0.90~0.93	0.78~0.90	0.80~1.30	<1.00	<1.00	<1.00	0.80~1.10	0.86~1.06	1.22~1.65
三环 萜烷	含量较高	C ₂₃ 三环萜 烷/C ₃₀ 藿烷 值一般小于1	含量异常高, C ₂₃ 三环萜 烷/C ₃₀ 藿烷 值高达8~46	含量较高	含量较高	C ₂₃ 三环萜 烷/C ₃₀ 藿烷 值一般小于1	三环萜烷与 藿烷呈双峰 分布	含量中等	含量中等	含量异常高, C ₂₃ 三环萜烷/ C ₃₀ 藿烷值高 达5.69~8.88	含量较高, C ₂₃ 三环萜 烷/C ₃₀ 藿烷 值为1.24~ 3.22
全油 δ ¹³ C, ‰	-29.50~ -30.92	-29.70~ -30.90	-30.80~ -32.30	-26.90~ -30.70	-29.20~ -31.00	-29.30~ -32.30	-29.00~ -29.90	-30.60~ -30.80		-28.80~ -29.20	-29.50~ -30.40
原油成熟度 (R _o , %)	成熟 (0.76~1.16)	成熟	成熟-高成熟 (1.16~1.27)	成熟 (0.60~1.00)	成熟-高成熟 (0.76~1.35)	成熟 (~1.00)	成熟 (~0.90)	成熟 (~0.90)	成熟	成熟-高成熟 (0.71~1.21)	成熟-高成熟 (0.70~0.90)

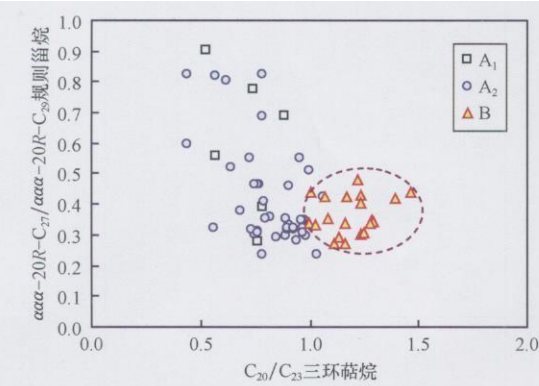


图 3 克百地区原油 C_{20}/C_{23} 三环萜烷与 $\alpha\alpha\alpha-20R-C_{27}/\alpha\alpha\alpha-20R-C_{29}$ 规则甾烷比值的关系

Fig. 3 Relationship between C_{20}/C_{23} tricyclic terpane and $\alpha\alpha\alpha-20R-C_{27}/\alpha\alpha\alpha-20R-C_{29}$ regular sterane of crude samples from Kebai area

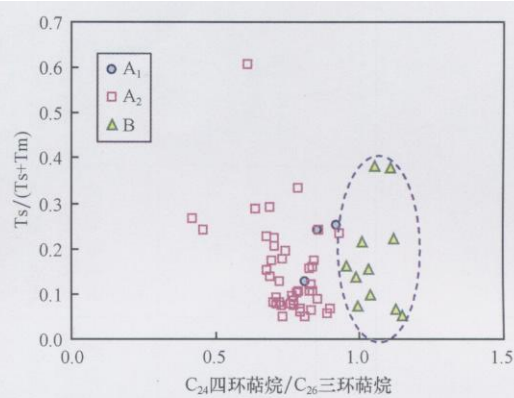


图 4 克百地区原油 C_{24} 四环萜烷/ C_{26} 三环萜烷与 $Ts/(Ts + Tm)$ 比值的关系

Fig. 4 Relationship between C_{24} tetracyclic/ C_{26} tricyclic terpane and $Ts/(Ts + Tm)$ of crude samples from Kebai area

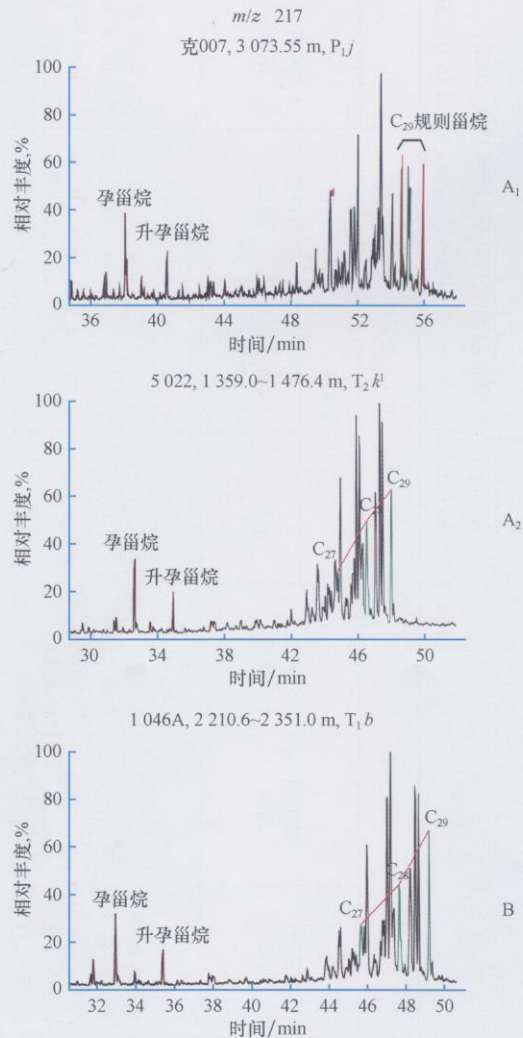
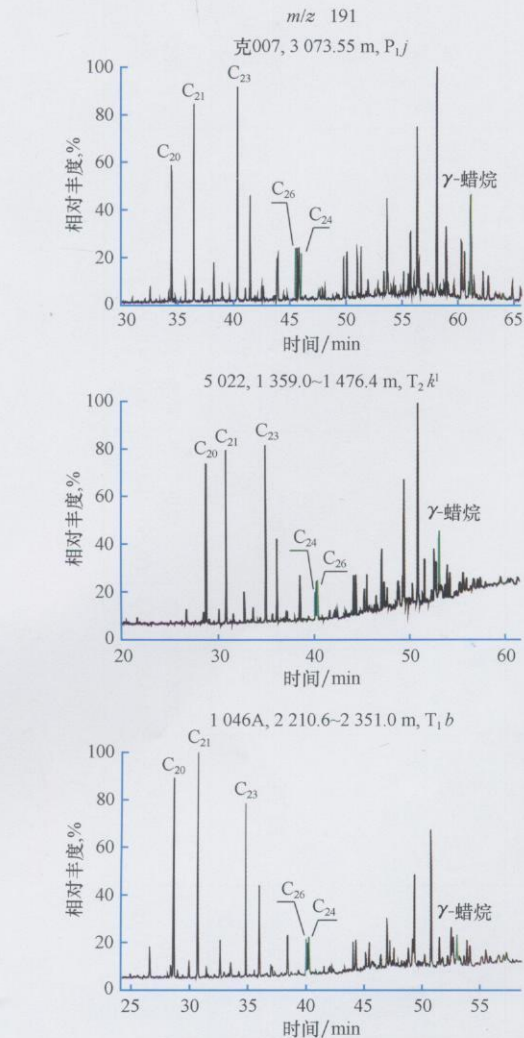


图 5 克百地区原油甾烷、萜烷分布特征

Fig. 5 Mass chromatograms showing the distribution of sterane and terpane in crude samples from Kebai area

上盘的湖湾区为成熟度较高的 A 类原油。这说明,五八区断裂下盘下倾方向分布的少量原油与断裂带附近和上盘的主体原油属于不同的来源。五八区下倾方向的原油来源于玛湖凹陷,显示出自东向西运移的趋势,这种趋势没有延伸到断裂带就停止了;而断裂带附近和上盘的主体原油则有不同的来源。推测可能存在湖湾区甚至老山下部逆掩的风城组源岩,而湖湾区和五八区靠近主断裂的中生界原油的油源多来自于此。

原油的多个地化指标也均支持上述观点。重排甾烷相对规则甾烷重量较轻,运移得更快。在原油的运移过程中,重排甾烷相对规则甾烷含量增加,比值升高。通过分析重排甾烷和规则甾烷的比值发现,五八区和湖湾区这一比值的变化具有不同的规律。在五八区二叠系原油中,重排甾烷与规则甾烷的比值从南东向北西逐渐升高,显示出从东向西运移的特征。这与原油类型的分析十分吻合,说明五八区的原油来源于玛湖凹陷(图

8)。但从克百主断裂附近,三叠系原油重排甾烷与规则甾烷的比值又呈低值,并且向湖湾区逐渐增大,显示出另一个运移系统。因此认为,五八区与湖湾区的原油来源于不同的烃源灶,应该是两个不同的含油气系统。

3 克百断裂带逆掩油源分析

前面的玛湖凹陷周围原油分布特征及克百地区不同原油类型分布、油源对比和油气运移地化指标表明,玛湖凹陷不是克百断裂带的主力油源区,克百断裂逆掩的风城组可能为本区重要的烃源岩。

克拉玛依断裂、南白碱滩断裂、百口泉断裂是盆地的一级断裂,3个断裂均为逆掩断层。从图 9 的地震解释剖面可以看出,南白碱滩断裂逆掩的佳木河组地层延伸较远,已经远远地深入到老山之下。可以推测,在克百断裂之下很可能有逆掩的风城组。

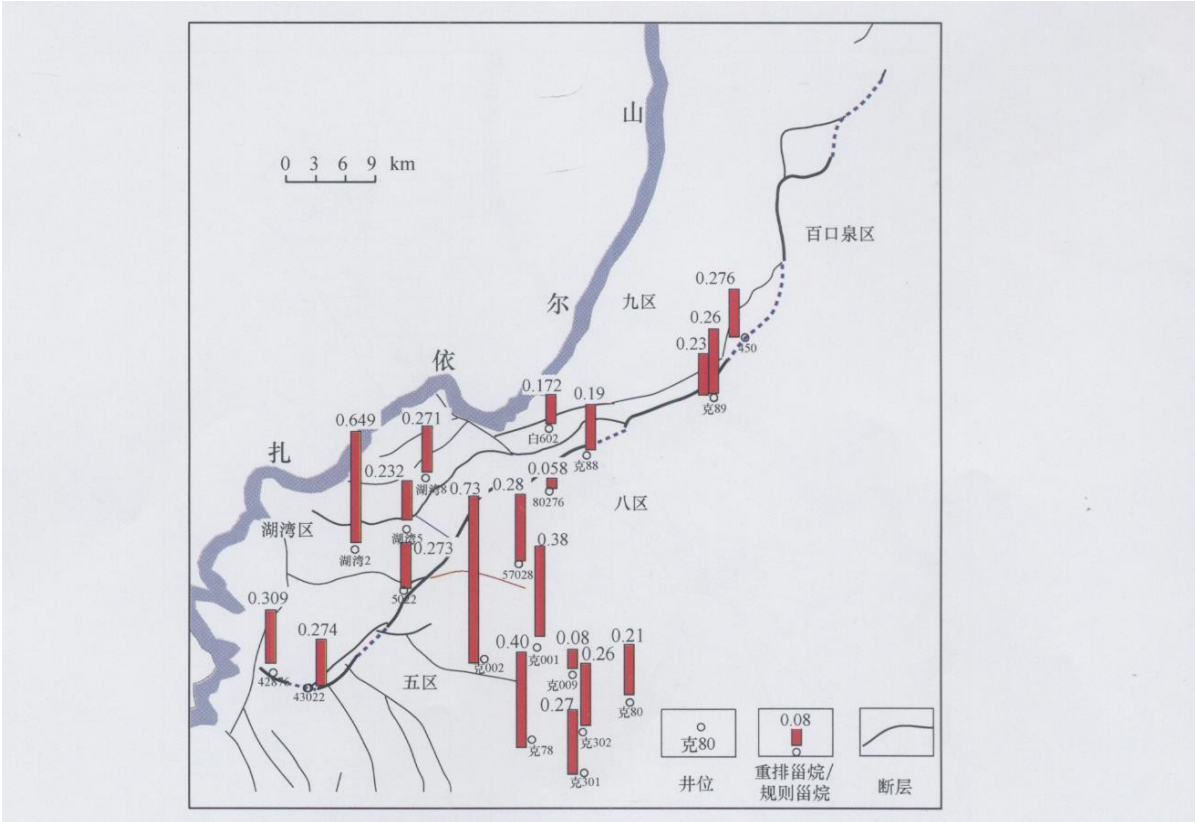


图 8 克百地区 A 类原油重排甾烷与规则甾烷比值分布

Fig 8 Ratio of rearranged sterane to regular sterane in A-type crude oil from Kebabai area

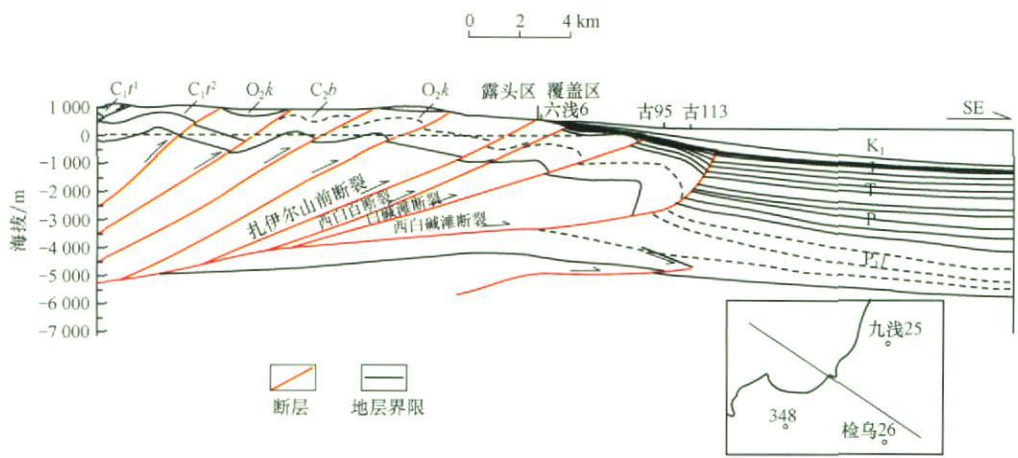


图9 克百地区 KB200601 地震解释剖面(陈书平,2007)
Fig.9 KB200601 seismic section in Kebai area

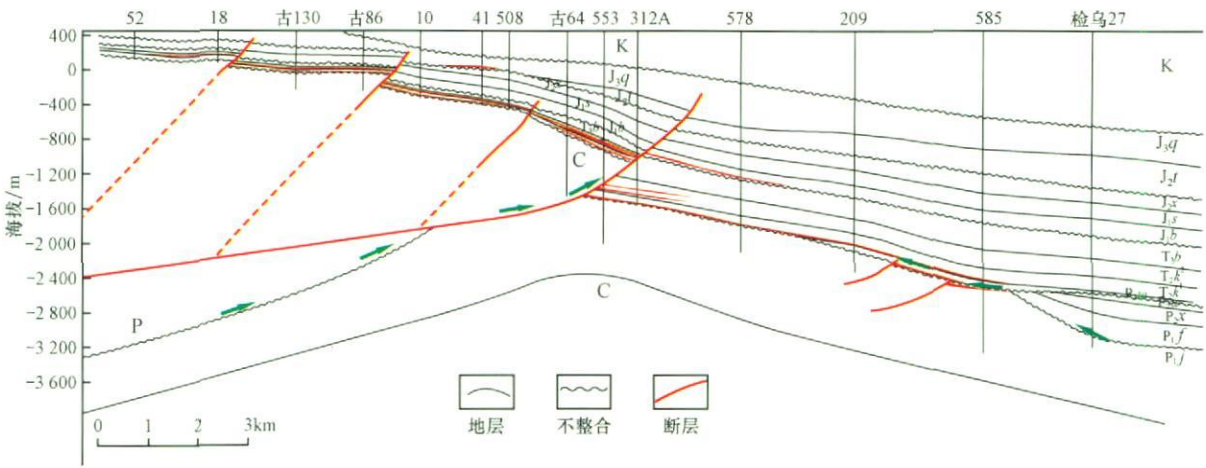


图 10 克百地区油气运移模式
Fig.10 Mode of hydrocarbon migration in Kebai area

根据上述证据, 推测在主断裂之下很可能存在风城组的有效烃源岩。这一逆掩在老山之下的风城组烃源岩是克拉玛依地区克百断裂带上盘和断裂前缘带主体原油的主要油源。

4 克百断裂带逆掩油源供油模式

图 10 为风城组原油运移模式图。主断裂上盘和断裂带前缘的油源主要为克百断裂逆掩的风城组源岩, 油气沿主断裂向东、向上运移并在断裂带前缘和主断裂的上盘聚集成藏, 原油类型以 A₂ 类为主, 形成逆掩体下的风城组含油气系统。

逆掩油源供油模式可以合理地解释准噶尔盆

地西北缘地区油气形成与分布的现状。推覆体下的风城组烃源岩在推覆体的掩埋下逐渐成熟, 生成的油气沿逆掩断裂向上运移, 由于克百断裂的分段封闭性^[16], 从断裂的开启段进入三叠系和侏罗系, 并向断裂上盘地层中运聚成藏, 同时在断裂前缘带沿构造向断层向盆地边缘凸出的封闭段的构造位置更高的圈闭中运移并聚集成藏, 形成了克拉玛依大油田。

这种模式进一步拓展了西北缘地区的勘探领域。推覆体之下的正常地层是一个新的勘探领域, 推覆体本身的滑脱面之上的石炭系的勘探前景也更加广阔^[17]。

油气藏类型主要是与构造成因有关的以背斜为主的构造油气藏, 层位上的油气发现只限于下白垩统内部, 勘探的地区还主要位于北部斜坡带中段, 无论从深度和广度来看 Bongor盆地都具有十分广阔的油气勘探前景。从油气藏类型上看, 目前发现的油气藏绝大部分都是面积和幅度较大的背斜构造油气藏, 还有小规模、低幅度的背斜, 断块、潜山、地层、岩性等油气藏等待去发现; 从勘探层位上看, 除下白垩统需进一步加强勘探外, 还应该加强对前中生界基岩潜山的勘探; 从勘探的区带上看, 除北部斜坡带中段仍需进一步深化勘探外, 其东、西两侧将是近阶段油气勘探的主攻方向。另外南部陡坡带也是构造油气藏和岩性油气藏发育的有利地区, 也需要加强勘探的投入, 有望形成突破。

致谢: 衷心感谢指导、支持和参加本项目的相关人员。

参 考 文 献

1 Genik G J Regional framework structural and Petroleum aspects of rift basins in Niger Chad and the Central African Republic [J]. Tectonophysics 1992 213 169~185

2 Genik G J Petroleum Geology of cretaceous-Tertiary rift basins in Niger Chad and central African republic [J]. AARG Bulletin 1993 77 1 405-1 434

3 陈忠民, 刘洛夫, 卞德智, 等. 乍得南部 B盆地地下白垩统碎屑岩储集层成岩演化及特征 [J]. 石油勘探与开发, 2006 33(2): 250~254

4 陈忠民, 卞德智, 潘校华, 等. 中非地区 B盆地地下白垩统储层特征及其控制因素 [J]. 西北大学学报(自然科学版), 2006 36(6): 976~981

5 窦立荣, 潘校华, 田作基, 等. 苏丹裂谷盆地油气藏的形成与分布—兼与中国东部裂谷盆地对比分析 [J]. 石油勘探与开发, 2006 33(3): 255~261

6 童晓光, 窦立荣, 田作基, 等. 苏丹穆格莱特盆地的地质模式和成藏模式 [J]. 石油学报, 2004 25(1): 19~24

7 窦立荣. 苏丹迈努特盆地油气成藏机理和成藏模式 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2005 24(1): 50~57

8 肖坤叶, 黄人平, 林金逞, 等. 中非迈卢特盆地 Adar-Yale油田油藏特征及勘探方向 [J]. 现代地质, 2003 17(增刊): 124~129

9 吕延仑, 何碧竹, 王秀林, 等. 中非穆格莱德盆地 Fula凹陷石油地质特征及勘探前景 [J]. 石油勘探与开发, 2001 28(3): 95~98

10 张亚敏, 陈发景. 穆格莱德盆地形成特点与勘探潜力 [J]. 石油与天然气地质, 2002 23(3): 236~240

11 窦立荣. 油气藏地质学概论 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001

12 马安来, 张水昌, 张大江, 等. 油气成藏期研究新进展 [J]. 石油与天然气地质, 2005 26(3): 271~276

13 田纳新, 陈文学, 霍红, 等. 利比亚锡尔特盆地油气地质特征及有利区带预测 [J]. 石油与天然气地质, 2008 29(4): 485~490

14 夏在连, 刘树根, 王国芝, 等. 中伊朗盆地卡山地区 Aran构造带油气成藏 [J]. 油气地质与采收率, 2008 15(2): 24~26

(编辑 陈喜禄)

(上接第 761 页)

参 考 文 献

1 何登发, 陈新发, 张义杰, 等. 准噶尔盆地油气富集规律 [J]. 石油学报, 2004 25(3): 1~10

2 王惠民, 吴华, 靳涛, 等. 准噶尔盆地西北缘油气富集规律 [J]. 新疆地质, 2005 23(3): 278~282

3 黄第藩, 李晋超, 张大江. 克拉玛依油田形成中石油运移的地球化学 [J]. 中国科学(B辑), 1989 19(2): 199~206

4 王屿涛. 准噶尔盆地油气形成与分布论文集 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002 275~280

5 瞿辉, 王社教. 玛湖—盆 1 井西凹陷二叠系含油气系统的形成与演化 [J]. 勘探家, 2000 5(3): 89~97

6 张立平, 王社教, 瞿辉. 准噶尔盆地原油地球化学特征与油源讨论 [J]. 勘探家, 2000 5(3): 30~35

7 王绪龙, 康素芳. 准噶尔盆地西北缘玛北油田油源分析 [J]. 西南石油学院学报, 2001 23(6): 6~8

8 林隆峰. 新疆克拉玛依油区油气勘探新思路 [J]. 中国石油勘探, 2007 (2): 76~81

9 林青, 林壬子, 王培荣, 等. 塔中北斜坡西部原油类型及主力油源层 [J]. 石油与天然气地质, 2001 22(2): 150~153

10 王屿涛, 惠荣跃. 准噶尔盆地西北缘油运移的地球化学研究

[J]. 石油实验地质, 1995 17(3): 265~271

11 林卫东. 查干凹陷原油地球化学特征与油源对比 [J]. 石油与天然气地质, 2000 21(3): 249~251

12 李涛, 隋风贵, 张奎华. 准噶尔盆地南缘油气成藏组合特征及分布规律 [J]. 油气地质与采收率, 2006 13(1): 55~58

13 魏东涛, 贾东, 赵应成, 等. 准噶尔盆地南缘原油地球化学特征 [J]. 石油与天然气地质, 2007 28(3): 433~440

14 Fu Jianq, Sheng Guoying Xu Jiayou et al Application of biological markers in the assessment of Petroleum environments of Chinese nonmarine sediment [J]. Organic Geochemistry 1990 16 769-779

15 Moldovan JM Sundaraman P Schpell M Sensitivity of biomarker properties to depositional environment and source input in the Lower Tertiary of SW Germany [J]. Organic Geochemistry 1986 10 915-926

16 姜向强, 柳广弟, 张年富, 等. 准噶尔盆地克百断裂封闭性研究及其对成藏的控制作用 [J]. 高校地质学报, 2008 14(2): 243~249

17 匡立春, 薛新克, 邹才能, 等. 火山岩岩性地层油藏成藏条件与富集规律——以准噶尔盆地克百断裂带上盘石炭系为例 [J]. 石油勘探与开发, 2007 34(3): 285~290

(编辑 李 军)