

准噶尔盆地滴水泉凹陷石炭系烃源岩生烃能力分析

李 林^{1,2}, 陈世加³, 杨迪生², 赵克斌², 路俊刚³, 徐怀民¹

(1. 中国石油大学地球科学学院, 北京 102249; 2. 新疆油田公司勘探开发研究院, 新疆乌鲁木齐 830013;

3. 西南石油大学资源与环境学院, 四川成都 610500)

摘要:利用钻井岩心和露头样品化验资料,对石炭系烃源岩有机质丰度、类型及演化程度进行研究,结合凹陷周缘构造油气来源特征,分析滴水泉凹陷石炭系烃源岩生烃能力。研究表明,滴水泉凹陷石炭系烃源岩有机质丰度高,沉积厚度大,目前已到高-过成熟阶段,具有较强生烃能力;滴南凸起存在“凹槽”,东道海子北凹陷来源油气不能运移到克拉美丽气田石炭系储层聚集成藏,克拉美丽气田亿吨级油气应来自滴水泉凹陷;石东油气田深浅层油气特征基本一致,与石西油田不同,与克拉美丽石炭系油气相似,都属于滴水泉凹陷石炭系来源产物;滴水泉凹陷、三南凹陷及东道海子北凹陷石炭纪沉积期水体连通,石炭系烃源岩都应具有较强的生烃能力,勘探潜力巨大。

关键词:准噶尔盆地; 滴水泉凹陷; 石炭系; 油气来源; 烃源岩; 生烃潜力

中图分类号:TE 122.1

文献标志码:A

Hydrocarbon generation capacity analysis of Carboniferous source rocks in Dishuiquan sag of Junggar Basin

LI Lin^{1,2}, CHEN Shi-jia³, YANG Di-sheng², ZHAO Ke-bin², LU Jun-gang³, XU Huai-min¹

(1. College of Earth Sciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. Research Institute of Exploration and Development, Xinjiang Oilfield Company, Urumchi 830013, China;

3. Resource and Environmental Engineering College, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

Abstract: Based on the analysis of assay data of cores and outcrop samples, abundance, types of organic matter and evolution of Carboniferous source rocks from Dishuiquan sag were studied. And the hydrocarbon generation ability of Carboniferous source rocks was analyzed based on the characteristics of oil and gas source in peripheral structures of sag. The results show that the source rocks are characterized by high-abundance organic matters, great sedimentary thickness and great hydrocarbon generation ability, which have reached the postmaturity stage till now. Combined with the feature of the structure, the existence of "groove" in swell of southern Dinan and the unsuccessful migration of the oil and gas from northern Dongdaohaizi sag to the Carboniferous of Kelameili gas field for accumulation were presented. Million tons of oil and gas in Kelameili gas field should come from Dishuiquan sag. The oil and gas of Shidong field from both deep and shallow layers are almost the same, which is different from that Shixi field, but the same as the Carboniferous of Kelameili gas field because they both come from Dishuiquan sag. Integrated with paleogeographical distribution and structural evolution of this region, waters in Dishuiquan sag, Sannan sag and northern Dongdaohaizi sag are connected in the depositional stage of the Carboniferous period. Carboniferous hydrocarbon source rocks should have great capacity of hydrocarbon production and fine potential for exploration.

Key words: Junggar Basin; Dishuiquan sag; Carboniferous; oil-gas source; source rocks; hydrocarbon production potential

准噶尔盆地石炭系长期以来被当做盆地基底对待^[1-3],对其烃源岩地球化学特征认识十分有限,但从油气特征来看,石炭系烃源岩可能是重要的供烃

源岩^[4-6]。科研人员主要以钻井岩心及露头样品资料为基础,对滴水泉凹陷及其周缘石炭系烃源岩进行了研究^[7-10],但由于石炭系埋藏深度大,烃源岩钻

收稿日期:2013-03-18

基金项目:国家重大科技专项(2011ZX05001-001);中国石油股份有限公司重大科技专项(2011E-0301)

作者简介:李林(1970-),男,高级工程师,博士研究生,主要从事油气勘探研究及管理工作。E-mail:lujungang21@yahoo.com.cn。

遇井较少,且受火成岩影响地震资料品质差,仍对石炭系烃源岩的整体认识不足。笔者通过补充新钻井取心和露头新取样资料,对滴水泉凹陷烃源岩特征进行重新评价,并对其周缘构造油气来源进行分析。

1 地质概况

滴水泉凹陷位于准噶尔盆地陆梁隆起东部地区,邻近三南凹陷和东道海子北凹陷(图1)。地层沉积较全,自下而上钻揭石炭系、二叠系上统、三叠系、侏罗系八道湾组、三工河组、西山窑组、头屯河组、白垩

系和古近系。石炭系为盆地基底沉积,根据地震解释结果^[1],其沉积厚度巨大,上石炭统最大厚度达 4 km,发育两套火山岩序列,中间夹一套厚约 0.28 ~ 1.5 km 的沉积岩层,下石炭统沉积达 1 km。

滴水泉凹陷周缘目前已发现多个油气田(藏),滴南凸起中段发现克拉美丽气田,储量达千亿立方,滴南凸起西段(陆南凸起)发现陆南1井区侏罗系油气藏,滴北凸起泉002井和泉1井侏罗系获得高产工业油气流,石西凸起发现石东深层石炭系和浅层白垩系油气田,展示了良好的勘探前景。

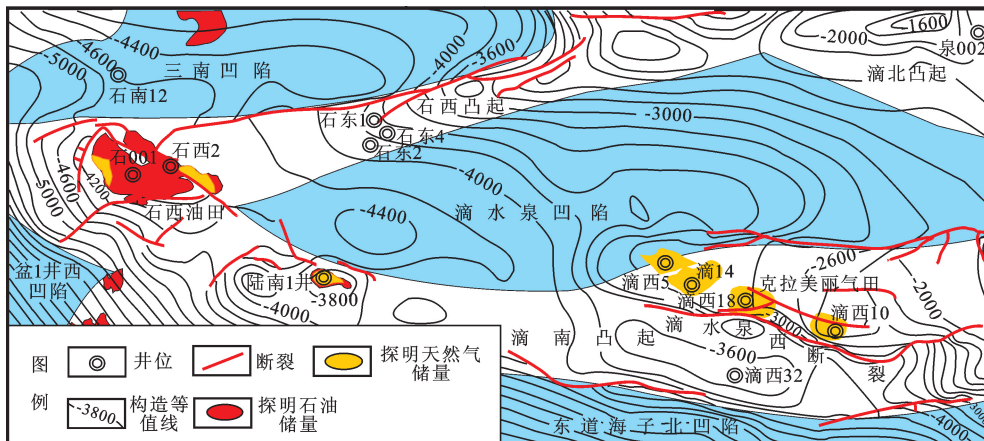


图 1 滴水泉凹陷位置图

Fig.1 Location of Dishuiquan sag

2 烃源岩特征

从目前钻探情况看,工区下石炭统滴水泉组(C_{1d})、上石炭统巴山组(C_{2b})、二叠系(P)、三叠系(T)和侏罗系(J)均发现有机质丰度较高的暗色泥岩,都具有供烃可能。

2.1 钻井取心烃源岩特征

滴水泉凹陷周缘钻遇石炭系的井较多,但多数井是刚钻揭其顶部即完钻,钻遇烃源岩的井较少,同时该区无钻穿石炭系的井^[10],使得研究烃源岩特征更为困难。

滴水泉凹陷存在 5 套潜在烃源岩,分别为下石炭统滴水泉组(C_1d)、上石炭统巴山组(C_2b)、二叠系(P)、三叠系(T)和侏罗系(J),沉积环境和岩性特征差别较大。滴水泉组和巴山组沉积环境相似,均为海相沉积,以火山碎屑沉积为主,烃源岩岩性主要为泥岩、炭质泥岩和煤;二叠系主要为滨浅湖-半深湖沉积,烃源岩岩性以灰色、深灰色泥岩或白云质

泥岩为主;三叠系主要为河流-滨浅湖沉积,烃源岩岩性主要为深灰色砂质泥岩、泥岩夹薄煤层;侏罗系以半深湖-沼泽-河流沉积为主,源岩岩性主要为灰黑色砂质泥岩、泥岩夹煤层。

如表 1 所示, C₁d、C₂b、P 和 J 烃源岩有机质丰度各项指标均较高, 达到好烃源岩标准^[12], 但从烃源岩厚度及演化程度来看, 二叠系在滴水泉凹陷沉积厚度较小, 侏罗系源岩成熟度较低, R_o 小于 0.6%, 处于未-低成熟阶段。C₁d 和 C₂b 烃源岩 R_o 平均为 1.21% ~ 1.37%, 达到高-过成熟阶段。综合分析, 认为 T、P 和 J 烃源岩生烃能力较差, C₁d、C₂b 生烃能力较强。

C₁d 烩源岩干酪根碳同位素值分布在-21.98‰ ~ -27.50‰,表现出Ⅲ型和部分Ⅱ型的有机质类型特征,C₂b 烩源岩干酪根碳同位素值介于-21‰ ~ -25.96‰(图2),表现出Ⅲ型为主的有机质类型特征^[2],明显 C₁d 烩源岩混入Ⅱ型有机质较多,类型好于 C₂b。

表 1 滴水泉凹陷不同层位烃源岩评价
Table 1 Source rock evaluation of different strata of Dishuiquan sag

层位	有机质丰度			有机质成熟度 $R_o/\%$
	有机碳含量 $w_C/\%$	氯仿沥青 $w_A/\%$	$(S_1+S_2)/(mg \cdot g^{-1})$	
J	0.33 ~ 84.47	0.0096 ~ 1.2061	0.11 ~ 130	0.45 ~ 0.76
	20.88 (47)	0.9164 (25)	46.5 (14)	0.57 (24)
T	0.25 ~ 1.98	0.0321 ~ 0.0468	0.15 ~ 2.73	0.53 ~ 0.58
	0.77 (22)	0.0360 (4)	0.94 (15)	0.55 (4)
P	0.43 ~ 8.76	0.0082 ~ 0.7063	0.03 ~ 39.36	0.55 ~ 2.19
	2.68 (39)	0.1197 (14)	2.69 (34)	0.97 (28)
C ₂ b	0.3 ~ 10.87	0.0032 ~ 1.0444	0.01 ~ 27.2	0.7 ~ 1.8
	2.15 (54)	0.1923 (16)	4.75 (29)	1.21 (33)
C ₁ d	0.36 ~ 12.27	0.0034 ~ 0.0336	0.01 ~ 78	0.66 ~ 1.8
	1.05 (22)	0.1115 (15)	1.41 (20)	1.37 (21)

注:表示为 最小值~最大值
平均值(样品个数)。

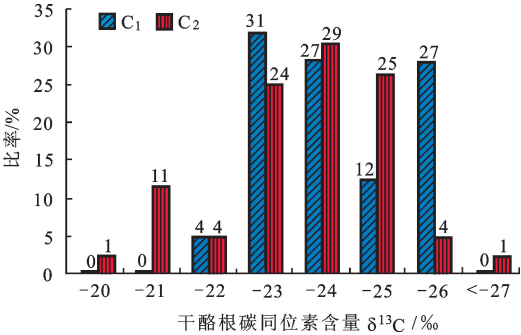


图 2 工区上、下石炭统烃源岩干酪根碳同位素分布图
Fig. 2 Distribution of kerogen carbon isotope in Carboniferous source rocks

2.2 野外露头烃源岩

滴水泉剖面下石炭统滴水泉组烃源岩的地球化学剖面见图 3。经过分析,认为 C₁d 烃源岩主要为海陆过渡相深灰色泥岩和黑色碳质泥岩,厚度为 300 米,泥岩、碳质泥岩 $w(TOC)$ 为 0.63% ~ 2.51%,均值 1.15%,生烃潜量 (S_1+S_2) 为 0.1 ~ 1.69 mg/g,均值为 0.58 mg/g; T_{max} 值为 465 ~ 490 °C,处于高成熟阶段。总体而言,露头样品分析与钻井岩心分析基本一致,C₁d 烃源岩有机质丰度较高,厚度大。总体上,滴水泉凹陷 C₂b 烃源岩有机质丰度高于 C₁d,但均属于好烃源岩,目前已到高-过成熟阶段,具有较强生烃能力。

3 油气来源

滴北凸起侏罗系油气藏(泉 002 井和泉 1 井)和滴南凸起西段陆南 1 井区侏罗系油气藏油气来源已经明确,滴北凸起油气主要来自北面的索索泉凹陷^[13],陆南 1 井区油气主要来自南面的东道海子北

凹陷,并存在滴水泉凹陷石炭系来源油气的混合^[14]。但是对于克拉美丽气田和石东油气田油气来源争议较多,部分学者认为石东地区油气主要是盆 1 井凹陷油气沿梁(石西凸起)聚集的结果^[15],克拉美丽气田油气主要来自东道海子北凹陷;也有学者认为,石东地区和克拉美丽气田油气主要来自滴水泉凹陷石炭系源岩,并存在其他来源油气的混合。笔者认为,存在争议的主要原因是滴水泉凹陷生烃能力存在质疑,认为滴水泉凹陷源岩不具备提供大规模油气的能力。

3.1 天然气特征

天然气组成相对简单,其组分组成特征和碳同位素比值是研究其成因的主要信息来源。

如图 4 所示,石东油气田(C、K)和克拉美丽气田石炭系天然气组分组成特征基本一致,干燥系数均较大,为 0.91 ~ 0.92,高于石西油田天然气。

克拉美丽气田天然气碳同位素特征和石东也表现出相似性(图 5),天然气甲烷碳同位素均较重,乙烷碳同位素为 -26.32‰ ~ -26.6‰,甲烷碳同位素为 -31.98‰ ~ -35.71‰,属于典型的腐植型有机质来源产物,且成熟度高于石西油田天然气,说明石东和克拉美丽气田天然气不是来自二叠系烃源岩,主要来自石炭系烃源岩^[16-17]。从石炭系源岩干酪根碳同位素组成来看,主要分布在 -21.0‰ ~ -27.50‰,都可生成这种碳同位素组成的天然气^[10]。

3.2 原油地球化学特征

(1)原油碳同位素。原油碳同位素特征主要受源岩类型及成熟度影响,是油源对比中常用的指标^[18]。

石东油气田深浅层原油碳同位素分布特征基本一致,主要分布在 -28.54‰ ~ -29.1‰,和与其邻近的克拉美丽气田和石西油田石炭系原油碳同位素一致,但与石西油田中浅层原油(J+K)不同(图 6)。

(2)姥植比。植烷系列前身物为植醇,植醇可氧化脱羧后形成姥鲛烷,也可还原形成植烷。通常可用姥植比(Pr/Ph)表征油气来源的氧化还原环境^[19]。

石东深浅层和克拉美丽气田原油姥植比均较大(图 7),主要分布在 1.14 ~ 1.96,与石西油田浅层(侏罗系和白垩系)原油一致,但与石西油田石炭系原油不同,说明石东地区原油来源的有机质沉积环境与石西油田深层不同,油气来源不同。

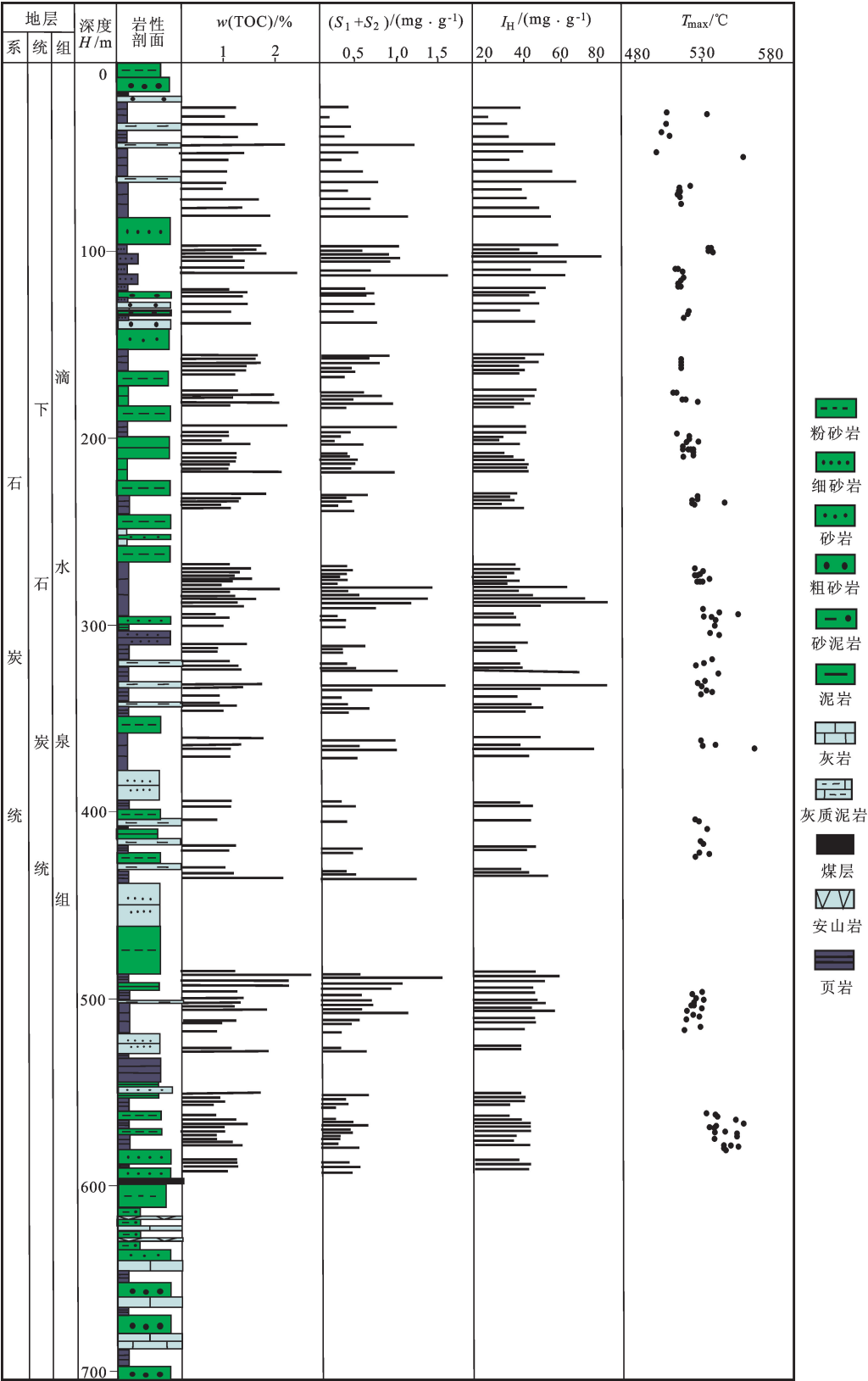


图 3 滴水泉凹陷露头 C_{1d} 有机地球化学剖面

Fig. 3 Profile of organic geochemistry of C_{1d} outcrop in Dishuiquan sag

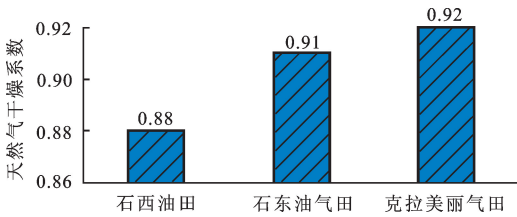


图4 石东、克拉美丽气田与石西油田天然气干燥系数对比
Fig.4 Comparison of dry coefficients of natural gas in Shidong field, Kelameili gas field and Shixi oilfield

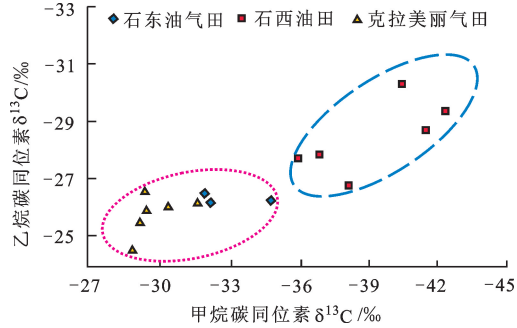


图5 石东、克拉美丽气田与石西油田天然气碳同位素对比

Fig.5 Comparison of carbon isotope of natural gas in Shidong field, Kelameili gas field and Shixi oilfield

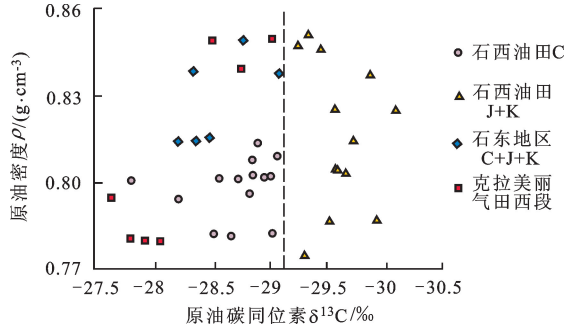


图6 石东、克拉美丽气田与石西油田原油碳同位素对比

Fig.6 Comparison of carbon isotopes of crude oils in Shidong field, Kelameili gas field and Shixi oilfield

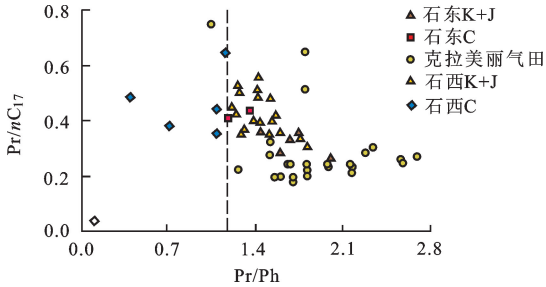


图7 石东、克拉美丽气田与石西油田原油Pr/Ph和Pr/nC₁₇参数对比

Fig.7 Relationship between Pr/Ph ratio and Pr/nC₁₇ ratio of oil in Shidong field, Kelameili gas field and Shixi oilfield

(3) 原油轻烃。C₇ 系列化合物主要包括正庚烷、甲基环己烷和二甲基环戊烷。研究表明, 烃源岩有机质类型不同, 所生成的原油中这 3 种物质的相对含量也不同。腐殖型有机质生成的油甲基环己烷含量一般高于 50%, 而腐泥型有机质生成的油甲基环己烷含量低于 40% ~ 45% (未遭次生改造的原油)^[20]。据此将不同母质来源的油区分开来是原油成因分类最好的方法之一。

石东油气田和克拉美丽气田原油甲基环己烷含量均较高, 主要分布在大于 50% 的区域, 与石西油田浅层(J+K)一致, 与石西油田深层石炭系原油不同, 属于偏腐植型有机质生成的油(图 8)。

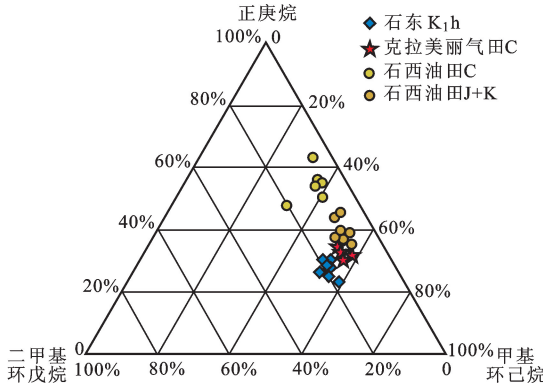


图8 石东、克拉美丽气田与石西油田原油轻烃 C₇ 化合物对比

Fig.8 Comparison of C₇ compounds of oil in Shidong field, Kelameili gas field and Shixi oilfield

(4) 甾烷分布特征。石西油田深层和浅层原油及抽提物甾烷分布特征基本一致(图 9), ααα-C₂₈ (20R) 甾烷含量较高, 以大于 30% 为主要特征, 而

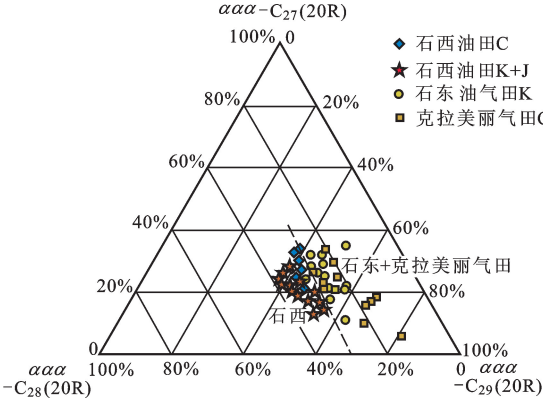


图9 石东地区原油和储层抽提物与石西、克拉美丽气田原油 C₂₇-C₂₉ 甾烷分布

Fig.9 Distribution of C₂₇-C₂₉ sterane of oil and reservoir extract in Shidong field, Kelameili gas field and Shixi oilfield

石东地区原油和储层抽提物与克拉美丽气田一致, C_{28} 甾烷含量较低, 说明石东地区原油和石西油田有机质来源不同, 不是同一来源。

综上所述, 克拉美丽气田和石东油气田(C、K)油气成因一致, 来源相同, 主要来自石炭系源岩, 但与石西油田原油不同, 说明不是盆1井西凹陷来源产物。

4 构造演化对油气运移及烃源岩展布影响

4.1 对油气运移的影响

通过对比工区地震剖面发现, 滴南凸起南分支(滴水泉西断裂以南)存在一个低幅度的背斜, 其与北部支凸起(克拉美丽气田的主体)之间形成“洼槽”(图10), 并向西延伸至石西凸起^[14], 东道海子凹陷烃源岩生成的油气难以越过该“洼槽”进入克拉美丽气田石炭系储层成藏, 也说明克拉美丽气田油气不是从东道海子凹陷运移而来, 应主要是滴水泉凹陷石炭系烃源岩来源产物。

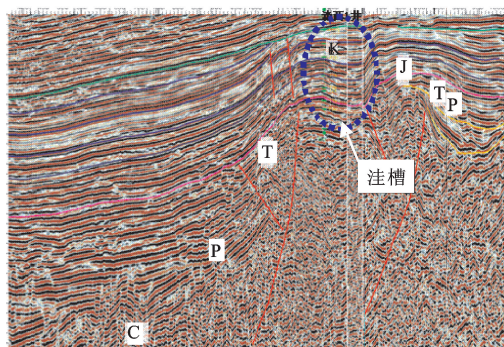


图10 过滴西1井南北向地震剖面图

Fig. 10 North-south seismic profiling through well Dixi 1

4.2 对烃源岩展布的影响

从早石炭世古地理展布、钻井揭露地层厚度、地震解释及构造演化的角度来看^[21-22], 石炭纪陆东地区(包括滴水泉凹陷、三南凹陷和东道海子北凹陷)是一个连通的沉积盆地, 沉积环境相似, 到晚石炭世末期随着构造运动的进一步发展, 石西凸起和滴南凸起开始隆升, 形成滴水泉凹陷、三南凹陷和东道海子北凹陷三个水体相对隔绝的小湖盆。由此表明石炭纪滴水泉凹陷及周缘三南凹陷、东道海子北凹陷烃源岩展布及其特征基本一致, 也表明三南凹陷和东道海子北凹陷石炭系烃源岩特征同滴水泉凹陷基本一致, 具有巨大生烃潜力。

5 结论

(1) 滴水泉凹陷石炭系烃源岩有机质丰度较

高, 目前已到高-过成熟阶段, 具有较强生烃能力。 C_{1d} 有机质类型好于 C_{2b} 。

(2) 石东油气田油气特征与克拉美丽气田一致, 与石西油田不同。且滴南凸起存在的“凹槽”一直延伸到石西凸起, 阻止了东道海子北凹陷油气往克拉美丽气田石炭系运移成藏, 说明石东和克拉美丽气田油气不是来自东道海子凹陷, 应来自滴水泉凹陷石炭系烃源岩, 也说明滴水泉凹陷石炭系烃源岩具有巨大生烃潜力, 可以提供大量油气。

(3) 石炭纪滴水泉凹陷、三南凹陷和东道海子北凹陷是一个连通沉积盆地, 沉积环境相似, 烃源岩特征一致, 说明除滴水泉凹陷外, 三南凹陷、东道海子北凹陷石炭系烃源岩生烃能力同样巨大, 其周缘同样具有较大勘探潜力。

参考文献:

- [1] 何登发, 翟光明, 况军, 等. 准噶尔盆地古隆起的分布与基本特征[J]. 地质科学, 2005, 40(2): 248-261.
HE Deng-fa, ZHAI Guang-ming, KUANG Jun, et al. The essential characteristic and distribution of palaeohigh in Jungger Basin[J]. Geological Science, 2005, 40(2): 248-261.
- [2] 赵白. 准噶尔盆地的基底性质[J]. 新疆石油地质, 1992, 13(2): 95-99.
ZHAO Bai. Basement of the Jungger Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1992, 13(2): 95-99.
- [3] 贺凯, 庞瑶, 何治亮, 等. 准东地区石炭系烃源岩评价及重要意义[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2010, 32(6): 41-46.
HE Kai, PANG Yao, HE Zhi-liang, et al. The evaluation and significance of the Carboniferous source rocks in the East Jungger area[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2010, 32(6): 41-46.
- [4] 匡立春, 吕焕通, 王绪龙, 等. 准噶尔盆地天然气勘探实践与克拉美丽气田的发现[J]. 天然气工业, 2010, 30(2): 1-4.
KUANG Li-chun, LV Huang-tong, WANG Xu-long, et al. Exploration of volcanic gas reservoirs and discovery of the Kelameili Gasfield in the Jungger Basin[J]. Natural Gas Industry, 2010, 30(2): 1-4.
- [5] 贺凯, 王菁, 谭强, 等. 五彩湾凹陷石炭系油气成藏控制因素及勘探建议[J]. 新疆石油学院学报, 2002, 14(4): 4-7.
HE Kai, WANG Jing, TAN Qiang, et al. The controlling factors of the oil and gas reservoir forming in Carboniferous, Wucuiwan depression and some suggestions for exploration[J]. Journal of Xinjiang Petroleum Institute,

- 2002,14(4):4-7.
- [6] 黄小平,王兆峰,金振奎,等.准噶尔盆地滴南凸起石炭系火山岩储层与油气分布[J].石油天然气学报,2009,31(5):190-192.
- HUANG Xiao-ping, WANG Zhao-feng, JIN Zhen-kui, et al. Distribution of reservoir and oil-gas Carboniferous of volcanic rocks in Dinan salient of Jungger Basin[J]. Journal of Oil and Gas, 2009,31(5):190-192.
- [7] 国建英,李志明.准噶尔盆地石炭系烃源岩特征及气源分析[J].石油实验地质,2009,31(3):275-278.
- GUO Jian-ying, LI Zhi-ming. Study of gas source and characteristics of Carboniferous hydrocarbon source rock in the Jungger Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2009,31(3):275-278.
- [8] 徐兴友.准噶尔盆地东部克拉美丽地区石炭系烃源岩研究[J].油气地质与采收率,2005,12(1):38-42.
- XU Xing-you. Study on the Carboniferous source rocks in Kelameili area, Eastern Jungger Basin[J]. PGRE, 2005,12(1):38-42.
- [9] 张义杰,齐雪峰,程显胜,等.准噶尔盆地晚石炭世和二叠纪沉积环境[J].新疆石油地质,2007,28(6):673-675.
- ZHANG Yi-jie, QI Xue-feng, CHENG Xian-sheng, et al. Environment of sedimentation of late Carboniferous and Permian in the Jungger Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007,28(6):673-675.
- [10] 王绪龙,赵孟军,向宝力,等.准噶尔盆地陆东-五彩湾地区石炭系烃源岩[J].石油勘探与开发,2010,37(5):523-528.
- WANG Xu-long, ZHAO Meng-jun, XIANG Bao-li, et al. Carboniferous source rocks in the Ludong-Wucuiwan area, Jungger Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2010,37(5):523-528.
- [11] 赖世新,韩晓黎,曲伟,等.准噶尔盆地三南一滴水泉凹陷及其周缘石炭系勘探前景[J].新疆石油地质,2009,30(3):297-300.
- LAI Shi-xin, HAN Xiao-li, QU Wei, et al. The prospects for petroleum exploration of Carboniferous in San-nan-Dishuiquan sag and adjacent area in Jungger Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009,30(3):297-300.
- [12] 黄第藩,李晋超.陆相有机质演化和成烃机理[M].北京:石油工业出版社,1984:10-42.
- [13] 李林,夏惠平,陈世加,等.准噶尔盆地滴北凸起天然气成因及成藏模式[J].新疆石油地质,2010,31(4):352-355.
- LI Lin, XIA Hui-ping, CHEN Shi-jia, et al. Natural gas origin and its accumulation feature in Dibe swell in Jungger Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2010,31(4):352-355.
- [14] 陈世加,李林,路俊刚,等.环克拉美丽山前带重点区块油气来源与成藏[R].乌鲁木齐:新疆油田公司勘探开发研究院地物所,2010.
- [15] 郭印兴,夏洪强,杨淑梅,等.石西-滴南凸起油气成因及成藏分析[J].科技资讯,2011,20:48-49.
- GUO Yin-xing, XIA Hong-qiang, YANG Shu-mei, et al. Origin and accumulation of oil and gas in Shixi-Dibe swell[J]. Science and Technology Information, 2011,20:48-49.
- [16] 赵孟军,宋岩,柳少波,等.准噶尔盆地天然气成藏体系和成藏过程分析[J].地质论评,2009,55(2):215-224.
- ZHAO Meng-jun, SONG Yan, LIU Shao-bo, et al. Accumulation systems and filling process of natural gas in Jungger Basin[J]. Geological Review, 2009,55(2):215-224.
- [17] 王绪龙,宋岩,赵孟军,等.准噶尔盆地陆东-五彩湾地区石炭系油气来源研究及成藏分析[R].克拉玛依:新疆油田公司勘探开发研究院,2008.
- [18] 赵孟军,卢双舫,李剑.库车油气系统天然气地球化学特征及气源探讨.石油勘探与开发,2002,48(6):4-7.
- ZHAO Meng-jun, LU Shuang-fang, LI Jian. The discussion on petroleum system of origin and characteristic of gas geochemistry in Kuche[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002,48(6):4-7.
- [19] PETERS K E, MOLDOWAN J M. The biomarker gride: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments, prentice Hall[M]. New Jersey: Englewood Cliffs, 1993, 110-265.
- [20] 陈世加,曾军,王旭龙,等.红车地区油气成藏地球化学研究[J].西南石油学院学报,2004,26(6):1-4.
- CHEN Shi-jia, ZENG Jun, WANG Xu-long, et al. Geochemisty study of oil and gas reservoir formation of Hongche area[J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2004,26(6):1-4.
- [21] 康志宏.准噶尔盆地古生代沉积演化特征[J].地质力学学报,2011,17(2):158-162.
- KANG Zhi-hong. Evolution of Paleozoic sedimentary of the Junggar Basin[J]. Journal of Geomechanics, 2011,17(2):158-162.
- [22] 康玉柱.准噶尔盆地古生界油气前景与勘探方向[J].新疆石油地质,2010,31(5):449-454.
- KANG Yu-zhu. Petroleum prospect and exploration targets of Paleozoic in Junggar basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2010,31(5):449-454.

(编辑 刘为清)