

柴达木盆地尕斯库勒油田原油 饱和烃地球化学特征及成因研究

莫晓厝^{1,2}, 张 敏^{1,2}, 张 俊³

(1. 长江大学地球化学系, 湖北 荆州 434023;

2. 长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 湖北 荆州 434023;

3. 中国石油化工股份有限公司科技部, 北京 100728)

摘要: 尕斯库勒油田是柴达木盆地最大的油田, 通过 GC-MS 分析技术, 系统剖析了尕斯库勒油田原油的地球化学特征。研究表明: 正构烷烃呈偶奇优势, 其中浅部油藏中有部分原油正构烷烃缺乏, 遭受到轻度的生物降解。对于正常原油, 均具有较低的姥植比, 同时具有含量丰富的伽马蜡烷和 C_{35} 升藿烷, 揭示了原油形成于强还原咸水环境, 对比深部 E_3^1 油藏和浅部 $N_1-N_2^1$ 油藏, 浅部油藏的成油环境的古盐度略低于深部油藏; 原油中 C_{21}^-/C_{22}^+ 值在 1.02~1.71 之间, 且具有高含量的 C_{27} 甾烷, 指示了其母质来源以菌藻类低等水生生物为主; 原油中 $C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta+\alpha\alpha\alpha)$ 值以及 Ts/Tm 值都较低, 都表现出了低熟油的特征, 同时 $C_{29}20S/(20S+20R)$ 值普遍偏低, 在深部 E_3^1 油藏该值分布在 0.31~0.40 之间, 而在浅部 $N_1-N_2^1$ 油藏该值相对较低, 分布在 0.29~0.36 之间, 深部油藏的成熟度略高于浅部油藏。

关键词: 柴达木盆地; 尕斯库勒油田; 原油; 饱和烃; 地球化学特征

中图分类号: TE122.1⁺13

文献标识码: A

文章编号: 1672-1926(2011)05-0848-06

引用格式: 莫晓厝, 张敏, 张俊. 柴达木盆地尕斯库勒油田原油饱和烃地球化学特征及成因研究[J].

天然气地球科学, 2011, 22(5): 848-853.

0 引言

柴达木盆地是我国西北地区重要的含油气盆地, 该盆地第三系是干燥气候条件下的高钙多盐内陆湖泊碎屑沉积。尕斯库勒油田位于柴达木盆地西部尕斯库勒湖东畔, 沉积了巨厚的第三纪地层^[1-2], 其原油储量丰富、产量高, 是柴达木盆地西部地区油气最富集的地区, 发育了深部 E_3^1 油藏和浅部 $N_1-N_2^1$ 油藏(如图 1)。 E_3^1 油藏是一个构造完整、近南北轴向的潜伏背斜构造, 构造轴部较平坦, 两翼不对称, 西陡东缓。 $N_1-N_2^1$ 油藏构造被油砂山断层分为上盘、下盘 2 部分: 下盘具有明显的继承性, 构造形态与 E_3^1 油藏对应部分相似, 构造轴向近南北向;

上盘构造轴向近东西向。在了解了柴西南区第三系典型的咸水湖相沉积特征的基础上^[3-7], 笔者对这 2 个油藏的 25 个原油样品进行了常规柱色谱分离, 进行系统的 GC-MS 分析并结合其地质背景进一步分析了该地区的饱和烃地球化学分布特征和原油成因。

1 样品与实验条件

25 个原油样品均采集于柴西地区尕斯库勒油田, 样品采集后运回实验室在低温下保存。取原油经沉淀沥青质后, 直接进行色谱—质谱分析。

色谱质谱分析条件: 仪器为 HP6890GC/5973MSD 气相色谱—质谱联用仪。色谱柱为 HP5-

收稿日期: 2010-04-01; 修回日期: 2011-07-07.

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 40973041)资助.

作者简介: 莫晓厝(1987-), 女, 湖北荆州人, 硕士研究生, 主要从事油气地球化学研究. E-mail: michellemo_0626@163.com.

通讯作者: 张敏 E-mail: zmjpu@163.com.

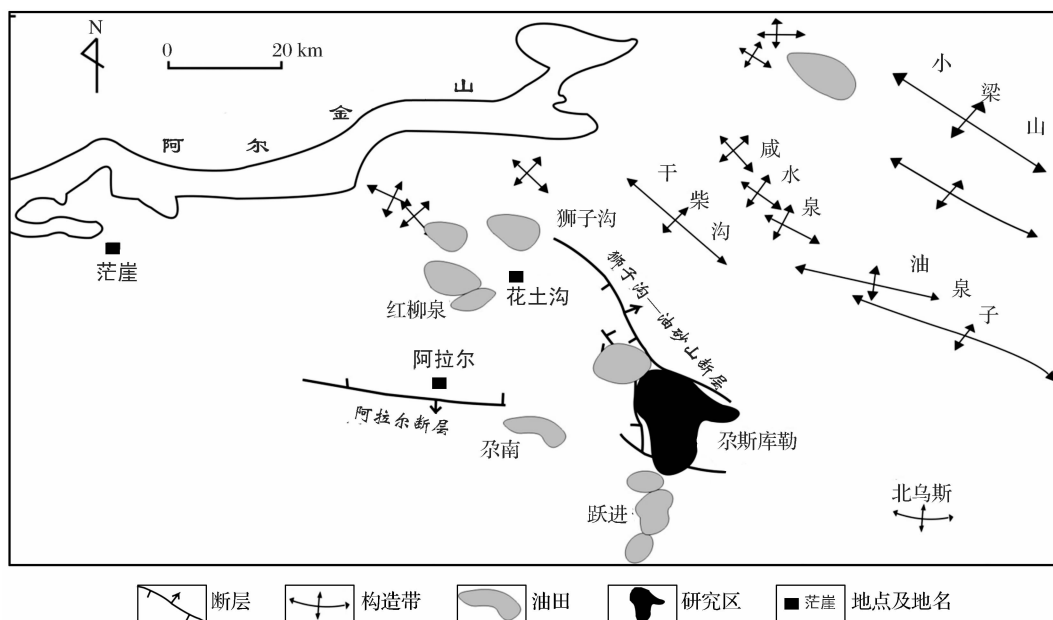


图1 尕斯库勒油田构造地理位置(据张春林^[1], 2008)

MS 石英弹性毛细柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)。饱和烃的升温程序为: 50 °C 恒温 2 min, 从 50 ~ 100 °C 的升温速率为 20 °C/min, 100 ~ 310 °C 的升温速率为 3 °C/min, 310 °C 恒温 15.5 min。进样器温度为 300 °C, 载气为氦气, 流速为 1.04 mL/min, 扫描范围为 50 ~ 550 amu。检测方式为多离子扫描, 电离能量为 70 eV。

2 讨论与结果

2.1 正构烷烃系列

正构烷烃是生油岩抽提物和原油中一种主要的化学组分。原油大致分为 2 种类型: 一类是正常原油; 另一类是经生物降解后的原油。尕斯库勒正常原油在深部 E_3^1 油藏与浅部 $N_1-N_2^1$ 油藏中饱和烃正构烷烃分布特征相似, 多呈现单峰型特征, 碳数分布在 $nC_{10}-nC_{38}$ 之间(图 2), $C_{18}-C_{26}$ 之间具微弱的偶奇优势, 主峰碳数在 $nC_{17}-nC_{22}$ 之间, 碳优势指数(CPI)值接近于 1。我国咸水湖相未熟—低熟原油和生油岩中正构烷烃普遍具有偶碳优势^[8]。

研究区原油中以低碳正构烷烃占优势, $C_{21}-/C_{22}^+$ 值在 1.02 ~ 1.71 之间(表 1), 反映出其母质来源以藻菌类等低等水生生物输入为主。相比之下, 经生物降解后的原油在数值上与正常原油存有差异, 来自浅部 $N_1-N_2^1$ 油藏的跃 378 井、跃 382 井、跃 54 井、跃 975 井和跃 976 井的 5 个原油样品的总离子流图基线上扬, 正构烷烃均有不同程度的损失, 说明其遭受到不同程度的微生物降解(图 2)。笔者

根据研究区饱和烃生物标志化合物的分布特征(均属于以水生生物来源为主的原油, 且受降解程度均较低), 采用 Wenger L M 等^[9] 的划分标准, 对研究区原油的生物降解程度进行划分。如图 2 所示, 埋深相对较浅的原油样品正构烷烃虽遭受生物降解而损失, 但尚有明显的部分残留, 姥鲨烷、植烷等类异戊二烯烷烃基本未遭受降解, 其受生物降解程度极为轻微。而对于埋深较深的原油样品正构烷烃遭生物降解而损失殆尽, 姥鲨烷、植烷等类异戊二烯烷烃受生物降解作用影响仅少量残存, 确定其生物降解程度也在轻微程度的范畴。

2.2 类异戊二烯烷烃

类异戊二烯烷烃是石油地球化学研究中常用到的生物标志化合物。从姥鲨烷与植烷的分布来看, 正常原油样品均具有较强的植烷优势, 总体上 Pr/Ph 值均较低, 分布在 0.24 ~ 0.42 之间(表 1, 图 3), 且变化范围不大, 反映原油形成于强还原沉积环境。类异戊二烯烷烃抗生物降解能力比正构烷烃强, 故常用 Pr/nC_{17} 值和 Ph/nC_{18} 值来衡量降解的严重程度。对于研究区的降解油, Pr/nC_{17} 值在 0.67 ~ 2.11 之间, Ph/nC_{18} 值大于 2.95, 均表现出异常, 尤其是跃 975 井的降解油, 其 Ph/nC_{18} 值超过 100(表 1)。对于深部 E_3^1 油藏的正常原油, Ph/nC_{18} 值较低, 多在 0.80 ~ 0.99 之间, Pr/nC_{17} 值在 0.25 ~ 0.32 之间; 而在 $N_1-N_2^1$ 油藏, 比值略高于深部 E_3^1 油藏, Ph/nC_{18} 值较高, 多在 0.89 ~ 1.52 之间, Ph/nC_{17} 值在 0.28 ~ 0.67 之间, 这也可能与成熟度有关。

表 1 尕斯库勒油田原油中正构烷烃和类异戊二烯烷烃分析资料

井号	井深/m	层位	原油 类别	Pr/Ph	Pr/ <i>n</i> C ₁₇	Ph/ <i>n</i> C ₁₈	Ph/ <i>n</i> C ₁₈ ⁻ Ph/ <i>n</i> C ₁₇	CPI ₂₄₋₃₄	C ₂₁ ⁻ /C ₂₂ ⁺
跃 54	1 490~1 540	N ₁ —N ₂ ¹	降解	0.24	1.42	10.83	9.41	1.69	5.05
跃 382	1 546.0~—1 547.6	N ₁ —N ₂ ¹	降解	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
跃 153	1 598.0~1 727.0	N ₁ —N ₂ ¹	正常	0.28	0.40	1.45	1.05	1.01	1.34
跃 976	1 655.6~1 709.6	N ₁ —N ₂ ¹	降解	0.26	1.21	5.31	4.10	1.02	1.71
跃 114	1 724.6~1 813.2	N ₁ —N ₂ ¹	正常	0.28	0.40	1.46	1.06	1.01	1.29
跃 703	1 739.5~1 741.7	N ₁ —N ₂ ¹	正常	0.28	0.39	1.46	1.07	1.00	1.32
跃 604	1 768.2~1 837.8	N ₁ —N ₂ ¹	正常	0.28	0.42	1.52	1.10	1.01	1.42
跃 378	1 770.5~1 774.9	N ₁ —N ₂ ¹	降解	0.28	0.67	2.95	2.28	1.01	1.20
跃 875	1 841.2~—1 959.7	N ₁ —N ₂ ¹	正常	0.28	0.38	1.42	1.05	1.01	1.24
跃 475	1 870.3~1 978.7	N ₁ —N ₂ ¹	正常	0.29	0.39	1.38	1.00	1.01	1.33
跃 5—8	1 897.4~2 556.0	N ₁ —N ₂ ¹	正常	0.32	0.28	0.89	0.61	1.01	1.26
跃 983	1 997.6~2 040.6	N ₁ —N ₂ ¹	正常	0.30	0.42	1.38	0.96	1.02	1.19
跃 975	2 060.0~2 075.2	N ₁ —N ₂ ¹	降解	0.42	2.11	>100	>100	1.07	2.08
跃试 7	3 212.6~3 388.6	E ₃ ¹	正常	0.32	0.28	0.89	0.61	1.01	1.35
跃 13-25	3 242.6~3 401.8	E ₃ ¹	正常	0.32	0.28	0.86	0.58	1.01	1.31
跃 15-8	3 258.4~3 422.4	E ₃ ¹	正常	0.32	0.27	0.86	0.59	1.02	1.36
跃 14-29	3 286.8~3 476.8	E ₃ ¹	正常	0.32	0.26	0.82	0.56	1.01	1.37
跃试 3	3 294~3 412	E ₃ ¹	正常	0.32	0.26	0.83	0.57	1.02	1.35
跃 9-4	3 330.6~3 547.0	E ₃ ¹	正常	0.33	0.26	0.85	0.58	1.02	1.45
跃 6-34	3 371.8~3 556.6	E ₃ ¹	正常	0.31	0.25	0.80	0.55	1.02	1.36
跃新 3-5	3 448.04~3 474.0	E ₃ ¹	正常	0.30	0.29	0.97	0.68	1.01	1.29
跃 4-2	3 488.0~3 689.6	E ₃ ¹	正常	0.29	0.29	0.99	0.70	1.01	1.28
跃 9-39	3 498.0~3 597.4	E ₃ ¹	正常	0.31	0.29	0.92	0.63	1.02	1.34
跃 19-9	3 538.4~3 555.6	E ₃ ¹	正常	0.29	0.26	0.90	0.64	1.02	1.39
跃 01-1	3 633.2~3 822.6	E ₃ ¹	正常	0.25	0.32	1.24	0.92	1.01	1.08

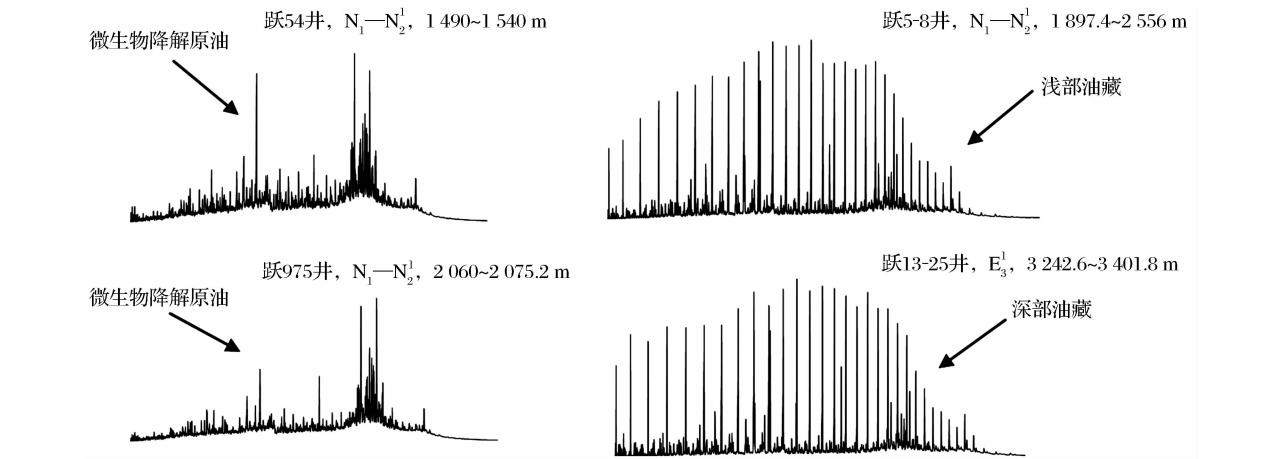


图 2 尕斯库勒油田原油饱和烃分布特征(TIC)

2.3 萘烷系列化合物

原油中的五环三萜烷主要为藿烷类化合物,碳数分布于 C₂₇—C₃₅,深部 E₃¹ 油藏具有较高的伽马蜡烷含量,伽玛蜡烷/C₃₀ 藿烷值分布于 0.7~1.03 之间,表明原油形成于陆相盆地盐湖相或者咸化环

境^[10],同时具有一定的“翘尾巴”特征,C₃₅/C₃₄ 藿烷值为 1.29~1.51(图 3),也证明了这一点;而在浅部 N₁—N₂¹ 油藏伽马蜡烷含量相对较低,伽玛蜡烷/C₃₀ 藿烷值分布于 0.59~0.81 之间,并表现出相对微弱的“翘尾巴”分布特点,C₃₅/C₃₄ 藿烷值分布于 1.00~

1.47 之间(表 2)。此外,用 C_{23} 长链三环萜/ C_{30} 藿烷来反映长链三环萜与五环三萜的比值,其比值范围分布在 0.3~0.43 之间,原油中尚未发现长链三环

萜高于 C_{30} 藿烷的样品。 C_{30} -莫烷/藿烷值在 0.15~0.19 之间,藿烷含量较高。 C_{24} 断藿烷/ C_{26} 三环萜的相对丰度变化相差并不大,均在 0.34~0.45 之间。

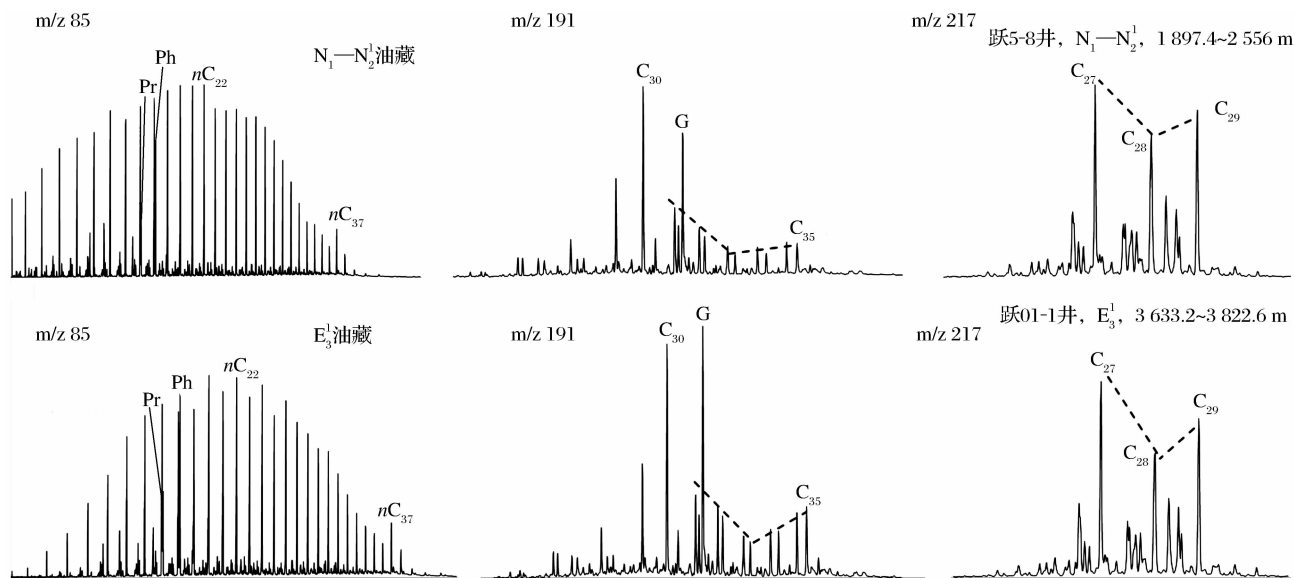


图 3 尕斯库勒油田 E_3 油藏和 N_1-N_2 油藏原油的正构烷烃、萜烷、甾烷分布

T_s/T_m 随埋深的增加逐渐增大,主要为 0.21~0.35,表现出低熟油的特征,并且普遍为低值,可能与高盐度强还原环境具有丰富的 T_m 化合物有关。同时 C_{31} 升藿烷的异构化参数 $22S/(22S+22R)$ 稳定在 0.6 左右,达到了异构化终点;为此,该参数不能衡量原油样品的成熟度变化。

2.4 甾烷系列化合物

甾烷化合物也是一类重要的生物标志化合物, C_{27} — C_{29} 甾烷的相对组成常用来表征有机质的生源构成。一般以高等植物有机质为主要生源时 C_{29} 甾烷占优势,而以水生生物为主要生源时 C_{27} 甾烷占优势。 C_{27}/C_{29} 甾烷值在深部和浅部油藏中无明显差异,主要分布在 1~1.18 之间(表 2), C_{27} 含量较高,绝大多数样品均以 C_{27} 为主峰的不对称“V”字型分布(图 3),说明了沉积有机质的物源以水生生物输入为主。总体上, C_{27} 、 C_{29} 、 C_{28} $\alpha\alpha\alpha R$ 的相对组成变化不大(表 2)。 C_{28}/C_{29} 值在尕斯库勒油田的 2 个油藏有了明显的变化,在深部 E_3 油藏该值普遍较高(0.83~1.13),而在浅部 N_1-N_2 油藏该值普遍较低(0.78~1.03)。

Huang D F 等^[11]把 $C_{29} 20S/(20S+20R)$ 与 $C_{29} \alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta+\alpha\alpha\alpha)$ 这 2 个参数为 0.25 和 0.27 定为未成熟和低成熟边界;分别把 0.43 和 0.42 定为低熟和成熟边界。据此,研究区原油成熟度的划分如表 2 和图 4 所示,深部 E_3 油藏和浅部 N_1-N_2 油藏的原油属于低成熟原油。深部 E_3 油藏 $C_{29} 20S/(20S+20R)$ 值分布于 0.31~

0.40 之间,浅部 N_1-N_2 油藏该值分布于 0.29~0.36 之间,表明深部原油成熟度略高于浅部。

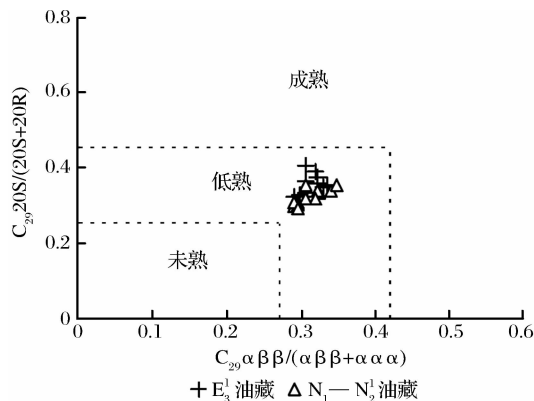


图 4 原油中甾烷 $C_{29} \alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta+\alpha\alpha\alpha)$ 值和 $C_{29} 20S/(20S+20R)$ 值关系

一般认为,甾烷来自于水生藻类、植物等真核生物,而藿烷主要来源于细菌等原核生物。规则甾烷/ $17\alpha(H)$ -藿烷可大体反映真核生物和原核生物对有机质贡献的大小^[12-14]。从 $C_{29} 20S/(20S+20R)$ 值和甾烷/藿烷值相关图可看出,深部 E_3 油藏甾烷/藿烷值较低,多数小于 2;而浅部 N_1-N_2 油藏则较高,多数大于 2。据图 5,可以清晰地发现原油甾烷/藿烷值与其成熟度具有一定的负线性关系,低成熟度原油常具有较高的甾烷/藿烷值,而高成熟度原油常具有较低的甾烷/藿烷值。因此,在研究甾烷/藿烷值变化时,也要考虑其成熟度的影响。

表 2 尕斯库勒油田原油中甾、萜烷分析资料

井号	井深/m	层位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
跃 54	1 490~1 540	N ₁ —N ₂ ¹	0.75	1.32	0.27	0.62	34.25	30.92	34.82	1.18	0.87	0.35	0.35	2.21
跃 382	1 546.0~1 547.6	N ₁ —N ₂ ¹	0.71	1.26	0.27	0.61	34.01	29.93	36.05	1.10	0.78	0.33	0.32	2.33
跃 153	1 598.0~1 727.0	N ₁ —N ₂ ¹	0.79	1.40	0.27	0.59	31.78	33.10	35.12	1.08	0.94	0.31	0.30	2.73
跃 976	1 655.6~1 709.6	N ₁ —N ₂ ¹	0.67	1.09	0.26	0.61	32.89	33.46	33.65	1.17	0.99	0.32	0.32	2.13
跃 114	1 724.6~1 813.2	N ₁ —N ₂ ¹	0.79	1.47	0.21	0.61	34.20	30.30	35.50	1.14	0.81	0.30	0.29	2.75
跃 703	1 739.5~1 741.7	N ₁ —N ₂ ¹	0.80	1.33	0.29	0.59	33.60	30.58	35.81	1.11	0.82	0.29	0.30	2.86
跃 604	1 768.2~1 837.8	N ₁ —N ₂ ¹	0.77	1.33	0.29	0.60	33.23	30.76	36.01	1.09	0.82	0.29	0.30	2.84
跃 378	1 770.5~1 774.9	N ₁ —N ₂ ¹	0.77	1.33	0.31	0.63	33.96	31.37	34.66	1.17	0.90	0.34	0.34	2.27
跃 875	1 841.2~1 959.7	N ₁ —N ₂ ¹	0.73	1.31	0.25	0.59	33.32	30.36	36.32	1.10	0.80	0.31	0.29	2.69
跃 475	1 870.3~1 978.7	N ₁ —N ₂ ¹	0.79	1.34	0.29	0.61	33.03	30.84	36.12	1.11	0.83	0.30	0.30	2.85
跃 5-8	1 897.4~2 556.0	N ₁ —N ₂ ¹	0.81	1.29	0.33	0.60	30.17	35.57	34.26	1.05	1.03	0.36	0.31	1.83
跃 983	1 997.6~2 040.6	N ₁ —N ₂ ¹	0.59	1.00	0.25	0.60	31.32	34.18	34.50	1.08	0.99	0.32	0.31	2.08
跃 975	2 060.0~2 075.2	N ₁ —N ₂ ¹	0.70	1.15	0.29	0.62	33.61	30.29	36.10	1.11	0.79	0.34	0.32	2.23
跃试 7	3 212.6~3 388.6	E ₃ ¹	0.80	1.35	0.33	0.62	31.64	33.32	35.04	1.07	0.89	0.35	0.33	1.79
跃 13-25	3 242.6~3 401.8	E ₃ ¹	0.70	1.29	0.29	0.60	29.95	35.65	34.40	1.03	0.99	0.33	0.30	1.96
跃 15-8	3 258.4~3 422.4	E ₃ ¹	0.77	1.32	0.28	0.59	29.04	37.60	33.36	1.03	1.13	0.33	0.31	1.98
跃 14-29	3 286.8~3 476.8	E ₃ ¹	0.75	1.33	0.30	0.59	29.31	37.14	33.55	1.04	1.11	0.32	0.31	1.95
跃试 3	3 294~3 412	E ₃ ¹	0.79	1.39	0.35	0.60	32.36	33.68	33.96	1.13	0.94	0.36	0.32	1.72
跃 9-4	3 330.6~3 547.0	E ₃ ¹	0.95	1.34	0.29	0.61	32.02	33.12	34.87	1.08	0.88	0.39	0.32	1.54
跃 6-34	3 371.8~3 556.6	E ₃ ¹	0.90	1.42	0.32	0.62	33.53	31.92	34.55	1.17	0.87	0.35	0.33	1.70
跃新 3-5	3 448.04~3 474	E ₃ ¹	0.84	1.37	0.25	0.59	32.36	33.13	34.50	1.10	0.91	0.32	0.29	2.38
跃 4-2	3 488.0~3 689.6	E ₃ ¹	0.77	1.44	0.25	0.61	32.03	33.64	34.34	1.12	0.94	0.31	0.30	2.29
跃 9-39	3 498.0~3 597.4	E ₃ ¹	0.95	1.31	0.27	0.60	31.05	32.86	36.09	1.00	0.83	0.40	0.31	1.59
跃 19-9	3 538.4~3 555.6	E ₃ ¹	0.98	1.36	0.24	0.62	29.68	36.19	34.13	1.02	1.05	0.38	0.32	1.56
跃 01-1	3 633.2~3 822.6	E ₃ ¹	1.03	1.51	0.26	0.60	31.85	33.92	34.23	1.11	0.99	0.36	0.31	2.39

注:1 为 Gam/C₃₀藿烷;2 为藿烷 C₃₅/C₃₄;3 为 Ts/Tm;4 为 C₃₁22S/(22S+22R);5 为 C₂₇,%;6 为 C₂₈,%;7 为 C₂₉,%;8 为甾烷 C₂₇/C₂₉;9 为甾烷 C₂₈/C₂₉;10 为 C₂₉20S/(20S+20R);11 为 C₂₉αββ/(αββ+ααα);12 为 C₂₉甾烷/C₃₀藿烷

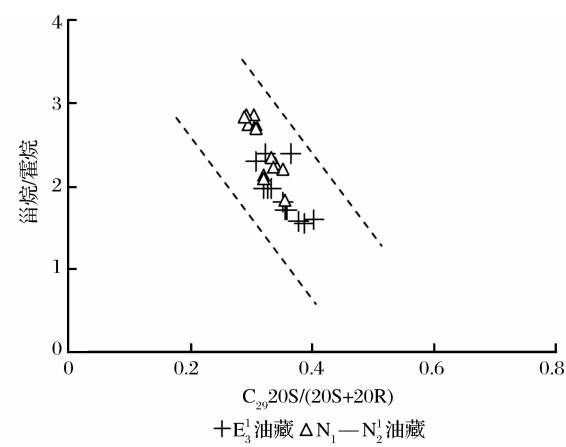


图 5 原油中甾烷/藿烷值和 C₂₉20S/(20S+20R)值关系

3 结论

(1)通过对原油中各类生物标志化合物组成的分析,发现尕斯库勒油田的深部 E₃¹ 油藏与浅部 N₁—N₂¹ 油藏原油具有相似的正构烷烃分布模式,且低碳数正构烷烃占优势,C₂₇ 甾烷比 C₂₉ 甾烷占优

势,表明原油的母质来源大体相同,主要来源于低等水生生物。

(2)尕斯库勒浅部 N₁—N₂¹ 油藏中有部分原油遭受了轻微的微生物降解。

(3)尕斯库勒油田深部 E₃¹ 油藏与浅部 N₁—N₂¹ 油藏中原油的沉积环境略有不同,深部油藏伽马蜡烷的含量相对比浅层油藏含量高,表明深部油藏原油的成油环境可能为强还原的盐湖相环境,并且盐度比浅部 N₁—N₂¹ 油藏要高。

(4)总体上,原油都属于低熟油,但也存有一定的差异,深部 E₃¹ 油藏与浅部 N₁—N₂¹ 油藏的原油中 C₂₉20S/(20S+20R)等成熟度参数存在着不同,深部成熟度比浅部较高,此外,E₃¹ 油藏的 Pr/nC₁₇值和 Ph/nC₁₈值略低于 N₁—N₂¹ 油藏,佐证了上述观点。

参考文献(References):

[1] Zhang Chunlin, Gao Xianzhi, Li Yanfei, *et al.* Petroleum migration in the gasikure oil field, Qaidam basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(3): 301-307. [张春林,高先志,李彦霏,等.柴达木盆地尕斯库勒油田油气运移特

- 征[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(3): 301-307.]
- [2] Yuan Jianying, Chen Qilin, Chen Yingbin, *et al.* Petroleum geological character and favorable exploration on domains of Qaidam basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(5): 640-644. [袁剑英, 陈启林, 陈迎宾, 等. 柴达木盆地油气地质特征与有利勘探领域[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(5): 640-644.]
- [3] Chen Yingbin, Yuan Jianying, Chen Qilin, *et al.* Fracture developmental characteristics and control action of hydrocarbon accumulation in the southwest area of Qaidam basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(5): 645-648. [陈迎宾, 袁剑英, 陈启林, 等. 柴达木盆地西部南区断裂发育特征及对成藏的控制作用[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(5): 645-648.]
- [4] Zhu Yangming, Su Aiguo, Liang Digang, *et al.* Geochemical characteristics of Tertiary saline lacustrine oils in the Qaidam basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2004, 39(4): 475-485. [朱扬明, 苏爱国, 梁狄刚, 等. 柴达木盆地西部第三系咸水湖相原油地球化学特征[J]. 地质科学, 2004, 39(4): 475-485.]
- [5] Wang Li, Jin Qiang. Tertiary hydrocarbon kitchen in western Qaidam basin and its control on hydrocarbon accumulation[J]. Oil and Gas Geology, 2005, 26(4): 468-472. [王力, 金强. 柴达木盆地西部第三系烃源灶及其对油气聚集的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(4): 468-472.]
- [6] Huang Difan, Zhang Dajiang, Li Jinchao, *et al.* The Tertiary oil source correlation in Qaidam basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1989, 7(2): 1-13. [黄第藩, 张大江, 李晋超, 等. 柴达木盆地第三系油源对比[J]. 沉积学报, 1989, 7(2): 1-13.]
- [7] Jin Qiang, Cha Ming, Zhao Lei. Identification of effective source rocks in the Tertiary evaporate facies in the western Qaidam basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 34(1): 1543-1558. [金强, 查明, 赵磊. 柴达木盆地西部第三系盐湖相有效生油岩的识别[J]. 沉积学报, 2001, 34(1): 1543-1558.]
- [8] Zhang Zhihuan, Yang Fan, Li Dongming, *et al.* Biomarker assemblage characteristics of source rocks and associated crude oils in saline lake facies of Cenozoic in China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1998, 16(3): 119-123. [张枝焕, 杨藩, 李东明, 等. 中国新生界咸水湖相烃源岩和原油生物标志物组合特征[J]. 沉积学报, 1998, 16(3): 119-123.]
- [9] Wenger L M, Gary H Isaksen. Control of hydrocarbon seepage intensity on level of biodegradation in sea bottom sediments[J]. Organic Geochemistry, 2002, 33: 1277-1292.
- [10] Li Hongbo, Zhang Min, Zhang Chunming, *et al.* Geochemical characteristics of Tertiary source rocks in the south area of western Qaidam basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2008, 19(4): 521-522. [李洪波, 张敏, 张春明, 等. 柴达木盆地西部南区第三系烃源岩地球化学特征[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(4): 521-522.]
- [11] Huang D F, Li J C, Zhang D J, *et al.* Maturation sequence of Tertiary crude oils in the Qaidam basin and its significance in petroleum resource assessment[J]. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 1991, 5: 359-366.
- [12] Moldowan J M, Seifert W K, Gallegos E J. Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks[J]. AAPG Bulletin, 1985, 69: 1255-1268.
- [13] Welte D H, Waples D. Über die bevorzugung geradzahlgiger n-alkane in sedimentgesteinen[J]. Naturwissenschaften, 1973, 60: 516-517.
- [14] Duan Y. Organic geochemistry of recent marine sediment from Nansha sea, China[J]. Organic Geochemistry, 2002, (2/3): 159-167.

Geochemical Characteristics of Saturated Hydrocarbon and Its Genesis in Hure Oilfield of Western Qaidam Basin

MO Xiao-ye^{1,2}, ZHANG Min^{1,2}, ZHANG Jun³

(1. Department of Geochemistry, Yangtze University, Jingzhou 434023, China;

2. Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources, Ministry of Education, Yangtze University, Jingzhou 434023, China; 3. Department of Technology, SINOPEC, Beijing 100728, China)

Abstract: Hure oilfield is the biggest oil field in the Qaidam basin. In this paper, we comprehensively integrate the geochemical characteristics of saturated hydrocarbon by means of GC-MS analysis. The results show that the crude oil has even-odd carbon predominance for n-alkanes, where biogenic degradation of crude oil in the shallow reservoir caused the absence of part of n-alkane serials. The normal oil has low Pr/Ph ratios, abundance of gammacerane and C₃₅ homohopane, indicating that the crude oil was formed in strongly reducing salt water environment. The ancient salinity of sedimentary environment for N₁—N₂ crude oils in shallow reservoir is slightly higher than that of E₃¹ crude oils in deep one. The crude oil has the C₂₁⁻/C₂₂⁺ ratio of 1.02—1.71, and the high abundance of C₂₇ sterane, confirming they were sourced from bacteria and algae. The low ratios of C₂₉ sterane 20S/(20S+20R) and Ts/Tm suggest the low mature oil. The ratio of C₂₉ sterane 20S/(20S+20R) in the deep E₃¹ and shallow N₁—N₂ reservoir is in range of 0.31—0.40 and 0.29—0.36, respectively. This result indicates that the thermal maturity of oil in the deep reservoir is higher than that in the shallow one.

Key words: Qaidam basin; Hure oilfield; Crude oil; Saturated hydrocarbon; Geochemical characteristic.