

文章编号:1009-3850(2017)03-0059-07

羌塘盆地昂达尔错地区油苗生物标志化合物特征 及其指示意义

彭清华^{1,2}, 杜佰伟^{1,2}, 谢尚克^{1,2}, 郑 博^{1,2}

(1. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081; 2. 国土资源部沉积盆地与油气资源重点实验室, 四川 成都 610081)

摘要:本文以油苗抽提物的饱和烃色谱-质谱分析为基础,剖析了羌塘盆地昂达尔错地区油苗的生物标志化合物特征,探讨了其沉积环境和成熟度指示意义。昂达尔错油苗含有丰富的正构烷烃、类异戊二烯烃、萜类化合物和甾类化合物。正构烷烃轻烃组分含量较高,无明显的奇偶优势。Pr/Ph 比小于1,显示一定的植烷优势。萜类化合物中五环三萜烷相对含量最高,四环萜烷含量最少,并有一定的伽马蜡烷和升藿烷分布。规则甾烷相对含量为 $C_{27} > C_{29} > C_{28}$,呈不对称“V”字形分布,异构化成熟度参数值较高,且4-甲基甾烷化合物普遍存在。昂达尔错油苗母源岩沉积于具有较高盐度的还原环境,以藻类、菌类等海相有机质输入为主,油苗有机质处于成熟阶段。

关键词:羌塘盆地;昂达尔错油苗;生物标志物;沉积环境;成熟度

中图分类号:TE122

文献标识码:A

羌塘盆地是中国青藏地区油气资源潜力最大和最有可能取得勘探突破的盆地^[1-5],已发现油气显示200多处,丰富的油气显示表明盆地在地质历史中曾经历过油气生成、运移和聚集过程,并形成过一定规模的油气藏^[1-2]。前人对羌塘盆地最大中生代地表油苗-昂达尔错油苗油气地质条件进行了大量有益的探讨^[3-7],但对油苗生物标志化合物的研究相对较少。本文在对油苗的生物标志物特征深入研究的基础上,探讨其沉积环境及成熟度指示意义,旨在为羌塘盆地昂达尔错地区古油藏研究提供依据。

1 地质概况

羌塘盆地位于西藏自治区北部,盆地南界为班公湖-怒江断裂缝合带,北界为可可西里-金沙江断裂缝合带,东、西以中生代地层尖灭线为界,面积约 $18.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[7],是青藏高原面积最大的中生代海相沉积盆地^[8-9]。盆地内构造较为复杂,可划分为3个次级构造单元,即北羌塘坳陷、南羌塘坳陷和中央隆起带(图1),总体上具有两坳一隆的构造格局^[10];北羌塘凹陷主要位于盆地北部,构造保存条相对较好;中央隆起带形成于晚三叠世,主要由前泥盆纪变质岩系和古生界构成;南羌塘凹陷构造较为复杂,见多处油气显示,是本次油苗的研究区。

研究区内地层自下而上主要发育三叠系(上三叠统土门格拉组)、侏罗系(曲色组、色哇组、布曲组、

收稿日期:2017-03-03; 改回日期:2017-05-26

作者简介:彭清华(1983),男,工程师,主要从事青藏地区非常规油气研究工作。E-mail:pqh1984yes@126.com。

基金项目:“青藏高原非常规油气调查”(项目编号1212011221106)。

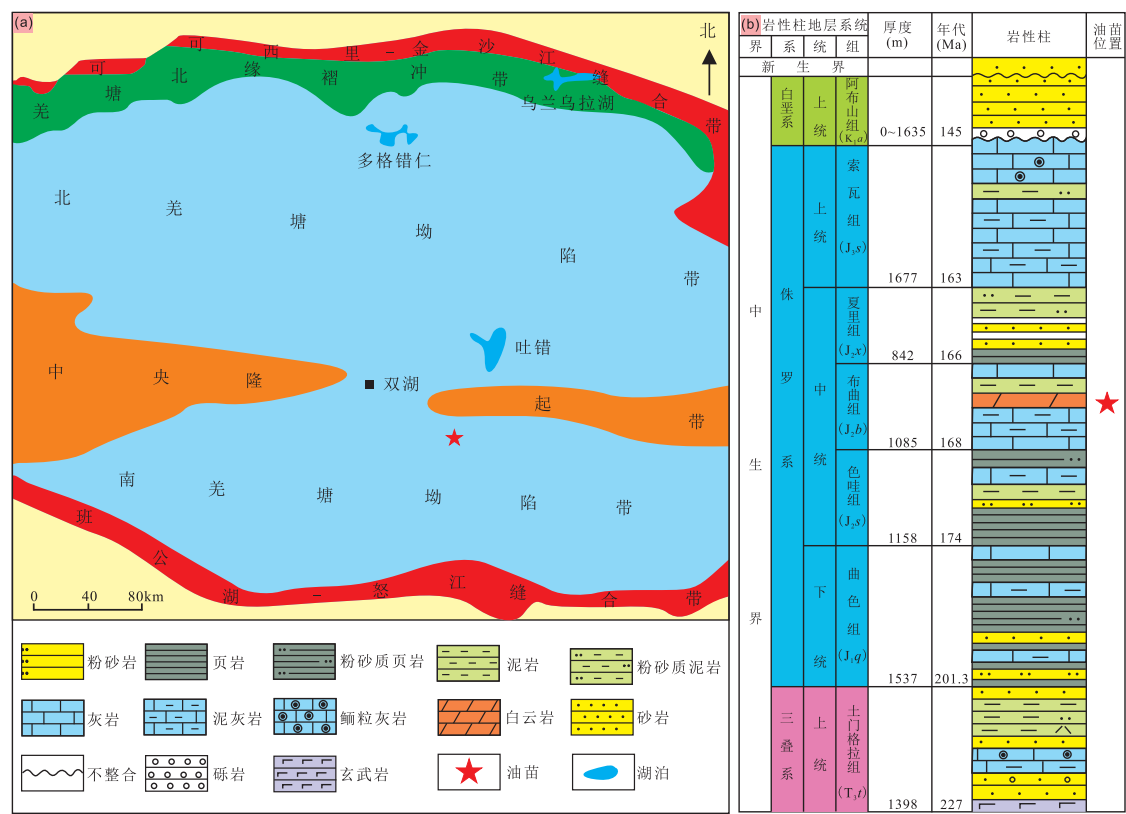


图1 羌塘盆地构造分区(a)及地层柱状图(b) (据王剑,2009,修改)^[11]

Fig.1 Tectonic division (a) and stratigraphic column (b) of the Qiangtang Basin (modified from Wang Jian et al. , 2009)

夏里组、索瓦组)、白垩系(阿布山组)等中生代地层。上三叠统土门格拉组(T_3t)主要为泥页岩、砂岩夹灰岩;下侏罗统曲色组(J_1q)以泥页岩为主;中侏罗统色哇组(J_2s)为泥页岩夹灰岩;中侏罗统布曲组(J_2b)主要为灰岩夹白云岩组合,是油苗的发育层;夏里组(J_2x)为泥页岩夹少量灰岩;上侏罗统索瓦组(J_3s)主要为一套以碳酸盐岩为主夹碎屑岩的岩石组合,含有丰富的腕足、双壳、珊瑚类化石;白垩系阿布山组(K_1a)主要为砂岩,底部夹少量砾岩的岩石组合^[12]。三叠系主要出露于研究区北部,侏罗系

地层在研究区中部大量出露。

2 样品及实验方法

油苗样品取自昂达尔错地区巴格底加日古油藏剖面(图2),岩性主要为砂糖状白云岩及藻纹层白云岩。为了降低地表现代有机物质的污染、减小因生物降解对沉积有机质的影响,尽量采集新鲜的岩石样品,并用塑料样品袋封口保存。有机地化分析表明,昂达尔错油苗氯仿沥青“A”含量明显高于研究区其它不含油岩灰岩层(平均小于0.005%)。

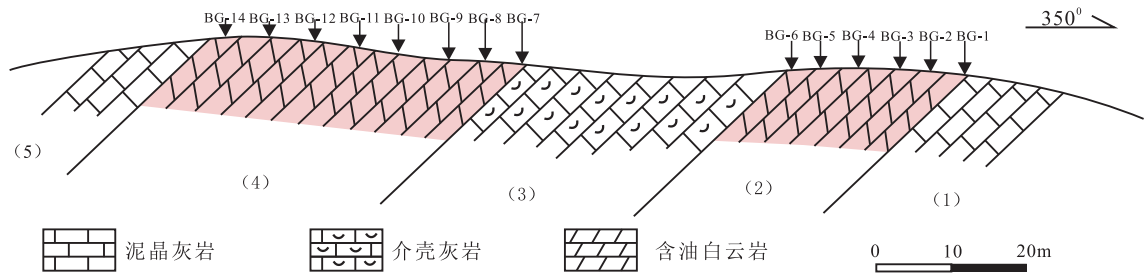


图2 巴格底加日古油藏剖面图

Fig.2 Profile through the Bagedijiar oil reservoirs

测试样品先被粉碎到小于 200 目,并进行抽提,运用 Agilent7890-5975c 气相色谱质谱联仪来对饱和烃成份进行色谱-质谱测试分析,测试标准为 GB/T18606-2001《气相色谱质谱法测定沉积物和原油中生物标志物》。

饱和烃的色谱分析的载气为 99.999% 氦气,流速为 1 mL/min;进样口温度为 300℃;传输线温度 300℃;色谱柱为 HP-5MS 弹性石英毛细柱(60 m × 0.25 mm × 0.25 μm);柱温:初温 50℃ 1 min;20℃/min 升温至 120℃,以 4℃/min 升至 250℃,再以 3℃/min 升至 310℃ 保持 30 min。质谱分析时 EI 源,70 eV;灯丝电流:100 μA;倍增器电压 1200 V;SIM:82, 85, 98, 123, 125, 137, 177, 183, 187, 188, 191, 193, 201, 205, 217, 218, 231, 232, 245, 253, 259, 369, 412。

3 实验结果与讨论

3.1 正构烷烃

羌塘盆地昂达尔错地区油苗样品的正构烷烃主峰碳数为 17、18、19、20,碳数范围 $nC_{14} - nC_{32}$,具有微弱的“前峰型”分布特征(表 1,图 3); C_{21}^-/C_{21}^+ 比值范围介于 0.91 ~ 1.94,由于微生物对 C_{21} 以下的低碳数正构烷烃的降解程度更大,从而会造成低碳数正构烷烃的相对丰度减少^[13],因此,油苗样品正构烷烃显示其具有一定的低碳数优势;奇偶优势参数 OEP、CPI 值均近似为 1,无明显的奇偶优势。研究表明,不具备明显奇偶优势的中等相对分子质量($nC_{15} - nC_{21}$)正构烷烃分布可能指示海相藻类等水生生物来源^[14],因此,油苗样品正构烷烃分布特征反应了其有机质来源可能主要为海相有机质。

表 1 昂达尔错油苗正构烷烃和类异戊二烯参数表
Table 1 The parameters of the n-alkanes and isoprenoids in the oil seepages from the Angdar Lake area

样 品	碳数范围	主峰 碳数	OEP	CPI	C_{21}^-/C_{21}^+	$(nC_{21} + nC_{22})/(nC_{28} + nC_{29})$	Pr/ nC_{17}	Ph/ nC_{18}	Pr/Ph	沥青“A”(%)
BG-1	14-32	17	1.01	0.91	1.59	2.42	0.63	0.92	0.80	0.014
BG-2	15-31	18	1.02	1.17	1.12	3.39	0.92	1.26	0.71	0.021
BG-3	15-31	18	1.05	1.05	1.04	2.81	0.75	0.93	0.79	0.039
BG-4	15-31	18	0.92	0.93	1.17	4.25	0.83	0.84	0.73	0.063
BG-5	15-30	17	1.02	1.07	1.51	5.33	0.80	0.91	1.00	0.034
BG-6	15-31	18	1.02	0.97	1.23	2.72	0.59	0.72	0.82	0.024
BG-7	14-31	19	1.00	0.98	1.93	5.19	0.85	1.11	0.70	0.016
BG-8	14-31	20	0.85	0.99	1.94	3.10	0.67	0.81	0.87	0.011
BG-9	14-31	17	1.00	1.01	1.43	2.48	0.84	1.38	0.66	0.056
BG-10	16-31	19	1.13	1.07	0.91	4.08	0.87	1.12	0.68	0.046
BG-11	15-31	18	0.89	1.11	1.44	7.88	0.79	1.09	0.65	0.024
BG-12	15-31	20	0.87	0.99	1.00	3.17	0.99	1.23	0.69	0.042
BG-13	15-31	18	0.80	0.99	1.22	3.14	0.93	1.10	0.56	0.086
BG-14	16-30	20	0.81	1.00	1.09	7.68	0.83	1.21	0.46	0.030

$(nC_{21} + nC_{22})/(nC_{28} + nC_{29})$ 是可以被用来判别海相或者陆相生物成因的母质类型的指标,前人研究认为,陆相有机质具有较低的比值(0.6 ~ 1.2);海相有机质具有较高的比值(1.5 ~ 5.0)^[15];昂达尔错油苗样品 $(nC_{21} + nC_{22})/(nC_{28} + nC_{29})$ 比值为 2.42 ~ 7.88,均值为 4.1,显示正构烷烃的轻烃组分占绝对优势,反映母质类型以明显的海相生物为主。

3.2 类异戊二烯烃

类异戊二烯烃中的姥鲛烷、植烷及其比值(Pr/Ph)常被作为判断原始沉积环境的氧化-还原条件和

介质盐度的重要指标。一般认为,低的 Pr/Ph 比值(<0.8)指示高盐度的还原环境,中等 Pr/Ph 比值(1.0 ~ 3.0)指示弱氧化-氧化环境,高的 Pr/Ph 比值(>3.0)反映氧化条件下的陆源有机质输入^[16-19]。油苗样品的检测结果表明,Pr/Ph 的比值范围在 0.46 ~ 1.0 之间,14 件样品中 11 件样品的 Pr/Ph < 0.8,只有 1 件样品的 Pr/Ph 值达到 1.0(表 1,图 3),指示大部分样品具有较明显的植烷优势,显示了具有一定盐度的还原环境。

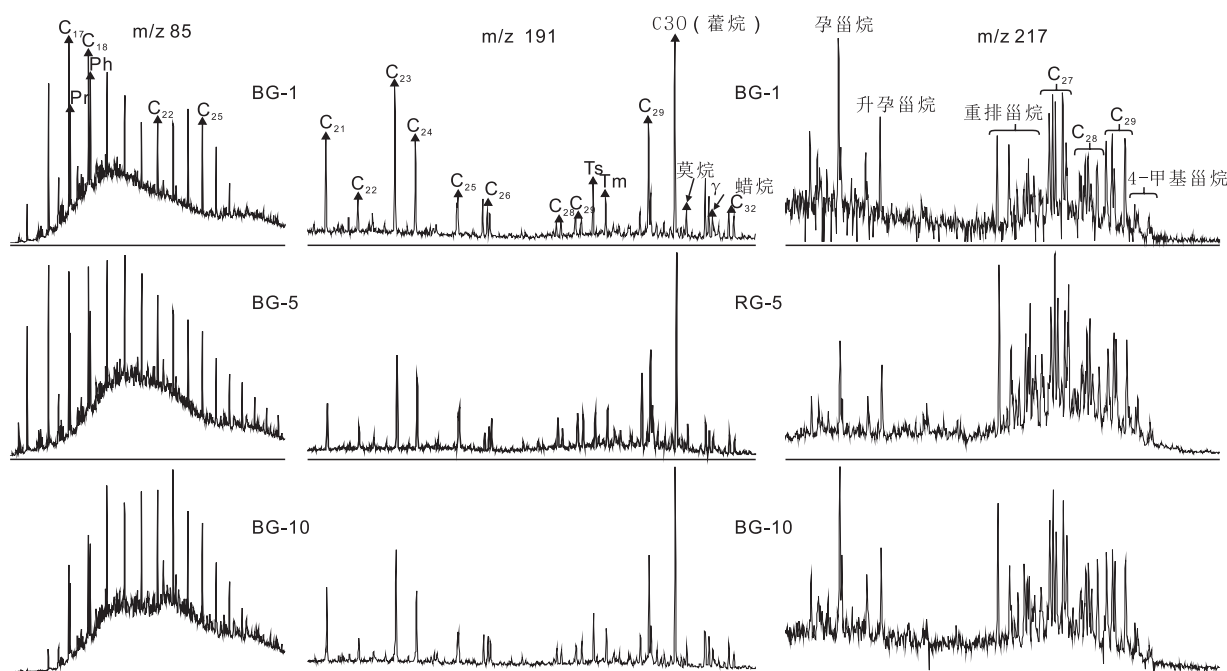


图3 昂达尔错油苗氯仿沥青“A”饱和烃质量色谱图

Fig. 3 Mass chromatograms of saturated hydrocarbons in the solvent extracts in the oil seepages from the Angdar Lake area

一般认为,高的 Pr/nC_{17} 比及低的 Ph/nC_{18} 比反应陆相有机质输入,低的 Pr/nC_{17} 比及高的 Ph/nC_{18} 比指示沉积有机质以海相为主,而 Pr/nC_{17} 比与 Ph/nC_{18} 比大小相当则反应过渡环境^[19]。昂达尔错油苗样品的 Pr/nC_{17} 比值较低(0.59 ~ 0.99), Ph/nC_{18} 比值中等(0.72 ~ 1.38), Pr/nC_{17} 与 Ph/nC_{18} 相关图揭示了沉积环境具有明显的还原性,并反映了沉积有机质以海相输入为主(图4)。

3.3 甾类化合物

昂达尔错油苗中检测出了一定含量甾类化合物(表2,图3),其中五环三萜烷相对含量最高,其次为三环萜烷,四环萜烷含量最少。三环萜烷中以 C_{23} 相对丰度最高, C_{19} 丰度最低,且 C_{21} 、 C_{23} 、 C_{24} 呈倒“V”字型分布(图2),一般认为三环萜烷的这种分布特征与高盐度沉积环境有关,同时也是菌藻类等低等生物输入的标志^[21]。五环三萜烷广泛分布于样品中,且以 C_{30} 藿烷含量最高,检测出了升藿烷,代表了一定的低等生物母质输入; Ts/Tm 比值介于0.74 ~ 1.59,绝大部分比值大于1.0,表明有机质热演化达到平衡,且油苗有机质成熟度较高。

伽马蜡烷来源于四膜虫醇,后者被认为是来自光合菌、原生动物等,高等植物来源有机质不可能

有高的伽马蜡烷。伽马蜡烷是高盐度海相及非海相沉积的重要指标,高的伽马蜡烷表征强还原、超盐度的沉积环境^[14],一般认为, γ -蜡烷/(C_{31} (20S + 20R)/2)比值 ≤ 0.3 时为淡水环境,0.3 ~ 0.5 时为微咸水环境, >0.5 时为咸水环境。研究区样

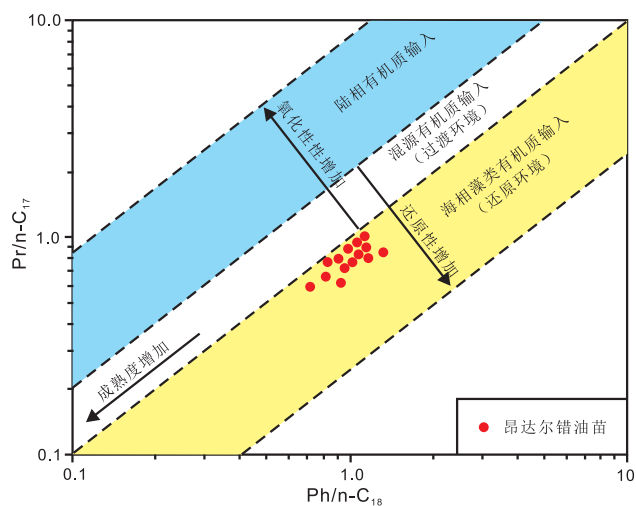


图4 昂达尔错油苗(Pr/nC_{17})-(Ph/nC_{18})相关图(底图据 Nabil et al., 修改)^[20]

Fig. 4 Cross plot of pristane to nC_{17} and phytane to nC_{18} of the oil seepages from the Angdar Lake area (after Nabil et al., 2015)

表 2 昂达尔错油苗藿烷和甾烷化合物参数

Table 2 The parameters for homohopanes and steranes in the oil seepages from the Angdar Lake area

样 品	Ts/Tm	C ₃₁ 藿烷 S/R	降新藿烷/ C ₃₀ 藿烷	γ-蜡烷/ (C ₃₁ (20S + 20R)/2)	C ₂₇ / C ₂₉	C ₂₈ / C ₂₉	C ₂₉ 20S/ (20S + 20R)	C ₂₉ ββ/ (αα + ββ)
BG-1	0.74	2.04	0.69	0.50	1.45	0.82	0.46	0.52
BG-2	1.00	2.37	0.78	0.42	0.94	0.46	0.38	0.50
BG-3	1.37	1.32	0.55	0.8	1.06	0.69	0.44	0.52
BG-4	1.59	1.55	0.52	0.73	1.65	0.72	0.47	0.50
BG-5	1.00	1.29	0.53	0.7	0.88	0.59	0.40	0.48
BG-6	1.35	1.46	0.58	0.45	1.46	0.72	0.50	0.46
BG-7	1.11	1.49	0.70	0.76	2.51	0.90	0.50	0.52
BG-8	1.19	1.86	0.66	0.56	1.50	0.75	0.38	0.51
BG-9	1.30	1.82	0.64	0.62	1.65	0.79	0.56	0.52
BG-10	1.47	1.18	0.56	0.57	1.26	0.94	0.51	0.50
BG-11	0.92	1.26	0.62	0.54	1.22	0.58	0.35	0.48
BG-12	1.14	1.37	0.53	0.74	1.43	0.72	0.43	0.45
BG-13	1.22	1.50	0.55	0.46	1.40	0.69	0.47	0.47
BG-14	1.59	1.15	0.53	0.61	1.59	0.75	0.43	0.52

品色谱质谱分析均检测到了一定含量的 γ -蜡烷, γ -蜡烷/(C₃₁ (20S + 20R)/2) 比值均大于 0.3, 大部分大于 0.5, 反应了油源岩沉积时水体盐度较高, 沉积有机质以藻类、菌类等低等浮游生物为主。

3.4 甾类化合物

研究区油苗样品中检测出了大量的甾类化合物, 主要成份为规则甾烷(C₂₇ ~ C₂₉) 和重排甾烷类(C₂₇ ~ C₂₉), 其次为孕甾烷(C₂₁)、升孕甾烷(C₂₂) 和少量 4-甲基甾烷(图 3)。一般认为 C₂₇、C₂₈ 规则甾烷来自海相有机质和湖相的水生生物, 而 C₂₉ 规则甾烷来源于陆相高等植物有机质^[14]。昂达尔错油苗测试结果表明, C₂₇/C₂₉ 比值介于 0.88 ~ 2.51, 平均值为 1.43; C₂₈/C₂₉ 比值介于 0.59 ~ 0.94, 平均值为 0.92; 规则甾烷相对含量为 C₂₇ > C₂₉ > C₂₈, 呈不对称“V”字形分布。上述甾烷分布特征反映了有机质输入以水生生物为主(图 5), 并受较少陆相有机质输入影响。

研究认为, 4-甲基甾烷主要来源于沟鞭藻生物体中的 4a-甲基甾醇, 与藻类有机质输入有关, 但也存在于细菌中^[23-24]。昂达尔错油苗样品测试结果表明, 4-甲基甾烷化合物虽然丰度较低但普遍存在, 指示油苗母源岩沉积受一定的藻类及细菌类输入影响, 且以海相有机质输入为主。

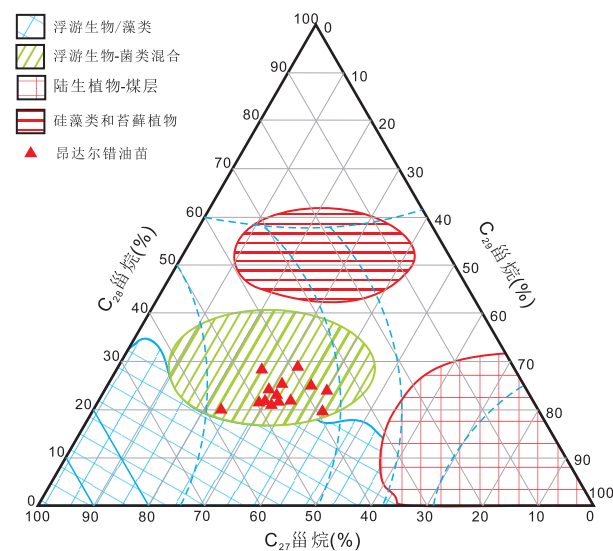


图 5 昂达尔错地区油苗 C₂₇-C₂₉ 规则甾烷三角图(底图据 Huang 等, 1979, 修改)^[22]

Fig. 5 Triangular diagram of $\alpha\alpha\alpha$ 20RC₂₇-C₂₉ regular steranes in the oil seepages from the Angdar Lake area

C₂₇-C₂₉ 甾烷的 R、 $\alpha\alpha$ 构型随成熟度增加而分别向更稳定的 S、 $\beta\beta$ 构型转化, 因此 C₂₉20S/(S + R) 和 C₂₉ $\beta\beta$ /($\alpha\alpha$ + $\beta\beta$) 比值常被用来判别有机质成熟度。样品检测出的 C₂₉20S/(S + R) 比值介于 0.35 ~ 0.56, 均值为 0.45; C₂₉ $\beta\beta$ /($\alpha\alpha$ + $\beta\beta$) 比值介于 0.46 ~ 0.52, 均值为 0.50; 构型转参数较高, 表明昂达尔错油苗有机质处于成熟阶段(图 6)。

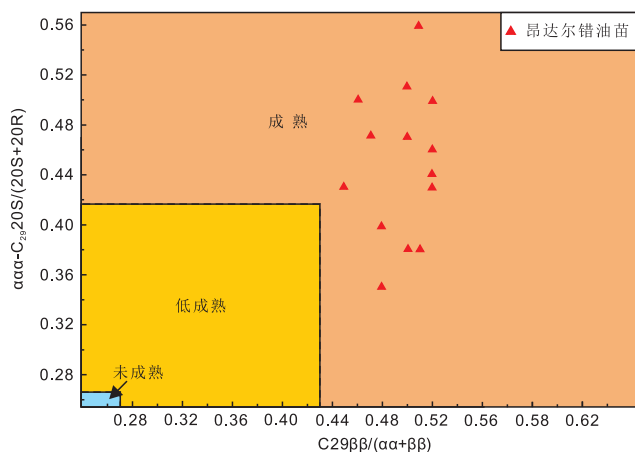


图6 昂达尔错油苗成熟度生标参数相关图(底图据 Peters 等,2005,修改)^[19]

Fig. 6 Correlogram of the biomarker parameters for the maturity of the oil seepages from the Angdar Lake area (after Peters et al., 2005)

4 结论

(1)羌塘盆地昂达尔错油苗含有丰富的正构烷烃、类异戊二烯烃、萜类化合物和甾类化合物。正构烷烃无明显的奇偶优势。 Pr/Ph 比明显小于1,具有一定的植烷优势。萜类化合物中五环三萜烷相对含量最高,其次为三环萜烷,四环萜烷含量最少;并有一定的伽马蜡烷和升藿烷分布。甾烷相对含量为 $C_{27} > C_{29} > C_{28}$,呈不对称“V”字形分布特征,且异构化成熟度参数较高;4-甲基甾烷化合物普遍存在,但丰度较低。

(2)生物标志化合物参数表明,昂达尔错油苗的轻烃组分占绝对优势,4-甲基甾烷化合物普遍存在,具有较高的 C_{27} 甾烷含量及一定的 C_{29} 甾烷;反映了油苗母源岩以藻类、菌类等海相生物输入为主,并受较少陆相有机质影响。

(3)昂达尔错油苗样品均检测出了一定含量的伽马蜡烷及升藿烷,且 Pr/Ph 、 Pr/nC_{17} 比值明显较低,而 Ph/nC_{18} 比值较高,反映了油苗母源岩的沉积环境为具有较高盐度的还原环境。

(4)萜烷及甾烷生标成熟度参数显示,昂达尔错油苗的 Ts/Tm 比值及甾烷热成熟度构型转参数值较高,反映了昂达尔错油苗有机质热演化已达到平衡,有机质处于成熟阶段。

参考文献:

- [1] 赵政璋,李永铁,叶和飞,等. 青藏高原羌塘盆地石油地质[M]. 北京: 科学出版社,2000. 356 – 367.
- [2] 丘东洲. 西藏-我国西部 21 世纪新的油气资源接替区[J]. 新疆石油地质,2004,25(3):233 – 239.
- [3] 刘建清,陈文斌,杨平,等. 羌塘盆地中央隆起带南侧隆额尼-昂达尔错古油藏白云岩地球化学特征及成因意义[J]. 岩石学报,2008,24(6):1379 – 1389.
- [4] 伊海生,高春文,张小青,等. 羌塘盆地双湖地区古油藏白云岩储层的显微成岩组构特征及意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2004,31(6):611 – 615.
- [5] 赵政璋,李永铁,王岫岩,等. 羌塘盆地南部海相侏罗系古油藏例析[J]. 海相油气地质,2002,7(3):34 – 36.
- [6] 王成善,伊海生,刘池洋,等. 西藏羌塘盆地古油藏发现及其意义[J]. 石油与天然气地质,2004,25(2):139 – 143.
- [7] 汪双清,沈斌,龚迎莉,等. 羌塘盆地中生代古油藏油源问题探讨[J]. 海相油气地质,2008,13(3):30 – 36.
- [8] 陈文西,王剑. 藏北羌塘盆地晚三叠世地层特征与对比[J]. 中国地质,2009,36(4):809 – 818.
- [9] 黄继钧. 藏北羌塘盆地构造特征及演化[J]. 中国区域地质,2001,20(2):178 – 186.
- [10] 付修根,王剑,汪正江,等. 藏北羌塘盆地海相油页岩沉积环境[J]. 新疆石油地质,2007,28(5):529 – 533.
- [11] 王剑,丁俊,王成善,谭富文,等. 青藏高原油气资源战略选区调查与评价[M]. 北京:地质出版社,2009. 227 – 310.
- [12] 付修根,廖忠礼,刘建清,等. 南羌塘盆地扎仁地区中侏罗统布曲组沉积环境特征及其对油气地质条件的控制作用[J]. 中国地质,2007,34(4):599 – 605.
- [13] 窦启龙,陈践发,薛燕芬,等. 实验室条件下微生物降解原油的地球化学特征研究[J]. 沉积学报,2005,23(3):542 – 547.
- [14] 卢双舫,张敏. 油气地球化学[M]. 北京:石油工业出版社,2007. 174 – 191.
- [15] Philippi G T. The influence of marine and terrestrial source material on the composition of petroleum[J]. Geochimica Et Cosmochimica Acta, 1974, 38(6):947 – 966.
- [16] Cheng P, Xiao X M, Tian H, et al. Source controls on geochemical characteristics of crude oils from the Qionghai Uplift in the western Pearl River Mouth Basin, offshore South China Sea[J]. Marine & Petroleum Geology, 2013, 40(1):85 – 98.
- [17] Powell T G, Mckirdy D M. Relationship between Ratio of Pristane to Phytane, Crude Oil Composition and Geological Environment in Australia[J]. Nature, 1973, 243(124):37 – 39.
- [18] Hunt J M. Petroleum geochemistry and geology[M]. Freeman, 1996.
- [19] Peters K E, Walters C C, Moldowan J M. The Biomarker Guide [A]. Biomarkers and Isotopes in Petroleum Exploration and Earth History [C]. vol. 2. Cambridge University Press, Cambridge, 2005, pp. 566 – 567.

- [20] Al-Areeq N M, Maky A F. Organic geochemical characteristics of crude oils and oil-source rock correlation in the Sunah oilfield, Masila Region, Eastern Yemen [J]. Marine & Petroleum Geology, 2015, 63:17–27.
- [21] 付修根, 王剑, 汪正江, 等. 藏北羌塘盆地晚侏罗世海相油页岩生物标志物特征、沉积环境分析及意义[J]. 地球化学, 2007, 36(5):486–496.
- [22] Huang W Y, Meinschein W G. Sterols as Ecological Indicators [J]. Geochimica Et Cosmochimica Acta, 1979, 43(5):739–745.
- [23] Boreham C J, Summons R E, Roksandic Z, et al. Chemical, molecular and isotopic differentiation of organic facies in the Tertiary lacustrine Duaringa oil shale deposit, Queensland, Australia [J]. Organic Geochemistry, 1994, 21(6–7):685–712.
- [24] Philp R P, Fan P, Lewis C A, et al. Geochemical characteristics of oils from the Chaidamu, Shangganning and Jiangnan Basins, China [J]. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 1991, 5(1–4):351–358.

The oil seepages in the Angdar Lake area, Qiangtang Basin: The biomarkers and their indicative implications

PENG Qing-hua^{1,2}, DU Bai-wei^{1,2}, XIE Shang-ke^{1,2}, ZHENG Bo^{1,2}

(1. Chengdu Center, China geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China; 2. Key Laboratory of Sedimentary Basins and Oil and Gas Resources, Ministry of land and Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: Based on the analysis of chromatograms-mass spectrograms for the saturated hydrocarbons in the oil seepages extracts, the present paper deals with the biomarkers and their indicative implications for the sedimentary environments and maturity of the oil seepages in the Angdar Lake area, Qiangtang Basin. The results of research show that abundant biomarkers including n-alkanes, isoprenoids, terpanes and steranes are detected in the oil seepages in the Angdar Lake area. The n-alkanes show higher contents of light hydrocarbon components with no remarked odd-even predominance. The Pr/Ph ratios are less than 1, showing the phytane predominance. The terpanes have the highest contents of pentacyclic triterpane, and lowest contents of tetracyclic terpane. The gammacerane and homohopane occur in a certain amount in the oil seepages. The steranes have the relative contents of $C_{27} > C_{29} > C_{28}$, and show an asymmetric V-shaped distribution. The maturity parameters of steranes isomerization have higher values, and 4-methylsteranes are also detected. The source rocks of the oil seepages in the Angdar Lake area are interpreted to be deposited in reducing environments with higher salinity and abundant marine organic matter including algae and funguses. At present, the organic matter in the oil seepages is now in the mature stages.

Key words: Qiangtang Basin; Angdar Lake; oil seepages; sedimentary environment; maturity