

生物标志物在海域油气勘查中的应用 ——以渤海 SZ36-1 油田为例

汪双清, 沈斌, 孙玮琳, 杨佳佳, 秦婧, 谢曼曼, 芦苇

国家地质实验测试中心, 北京, 100037

微生物地球化学勘查被认为是具有较高成功率的油气地球化学勘查手段之一。但是, 由于相关分析检测时效性强、程序复杂、耗时长、技术要求较高、费用较高, 在实际应用中有诸多不便和不利条件限制。有鉴如此, 笔者在油气微生物勘查技术的原理的基础上, 就利用相关微生物的生物标志物进行油气勘查的可行性方面进行了一些探索性研究工作, 旨在建立一套对油气微生物勘查技术进行衍生和延伸的生物标志物油气地球化学勘查技术。

1 辨析了 $C_1 \sim C_4$ 烃氧化菌的生物标志物组成

(1) 从渤海油田区块沉积物中分离与培养了独立的甲烷氧化菌、乙烷氧化菌、丙烷氧化菌和丁烷氧化菌菌株, 并分别进行了批量培养。

(2) 系统剖析了烃氧化菌的生物标志物组成。利用 GC-MS 和 HPLC-MS 技术对甲烷氧化菌、乙烷氧化菌、丙烷氧化菌和丁烷氧化菌的可溶有机质进行了系统的剖析。结果表明, 烃氧化菌生物标志物主要有正构有机酸及其甲酯衍生物, 以及多环萜类和甾类化合物及其含氧原子的衍生物, 还有大量的中、高极性未知化合物。

(3) 明确了海洋沉积物中 $C_1 \sim C_4$ 烃氧化菌的指征性生物标志物

经过对于渤海锦州 36-1 油田区域和锦州 9-3 油田 52 个浅表沉积物样品的分析检测, 确认在海洋沉积物中可以明确检测到如下烃氧化菌生物标志物: 游离的软脂酸(正十六烷酸)及其甲酯、硬脂酸(正十八烷酸)甲酯、2,3,4,9,10,10a-六氢-1,4a-二甲基-7-异丙基菲-1-甲酸甲酯、 $17\alpha(H),21\beta(H)$ -30-降藿烷、 $17\alpha(H),21\beta(H)$ -藿烷、以及两个总碳数为 32 或

31 的未知结构的甾类含氧化合物同分异构体。其中, 2,3,4,9,10,10a-六氢-1,4a-二甲基-7-异丙基菲-1-甲酸甲酯、 $17\alpha(H),21\beta(H)$ -30-降藿烷、 $17\alpha(H),21\beta(H)$ -藿烷、以及两个结构待鉴定的高碳数甾类含氧化合物($C_{32}H_{58}O$ 或 $C_{31}H_{54}O_2$, 参见图 1)同分异构体共 5 个生物标志物被证实具有 $C_1 \sim C_4$ 烃氧化菌指征性。

2 建立了对于海洋沉积物中 $C_1 \sim C_4$ 烃氧化菌生物标志物的分析方法

经过反复试验研究, 建立了一套简单、经济、重现性好的对于海洋沉积物中烃氧化菌指征性生物标志物的分析方法。其有效性得到了 56 个海洋沉积物样品的实际分析测试的检验。

3 初步建立了一套石油烃氧化菌指征性生物标志物油气化探指标

利用石油烃氧化菌生物标志物分析技术对渤海辽东湾海域的锦州 36-1 油田区块所进行的应用试验研究结果表明, 以海洋沉积物中普遍存在、在石油烃氧化菌中不存在的 C_{27} -甾醇($5\alpha(H)$ -Cholestan- 3β -ol)为基准, 2,3,4,9,10,10a-六氢-1,4a-二甲基-7-异丙基菲-1-甲酸甲酯、 $17\alpha(H),21\beta(H)$ -30-降藿烷、 $17\alpha(H),21\beta(H)$ -藿烷、以及两个结构待鉴定的高碳数的甾烷支链含氧化合物($C_{32}H_{58}O$ 或 $C_{31}H_{54}O_2$)同分异构体的 GC-MS 质量色谱相对丰度均对于已知油田区块有很明确的显示, 并且显示出明显的受构造断裂控制的迹象, 显示出在海域油气勘探中的良好应用前景(参见图 2)。

致谢: 国土资源部公益性行业科研专项(200911043-23)资助。

参 考 文 献

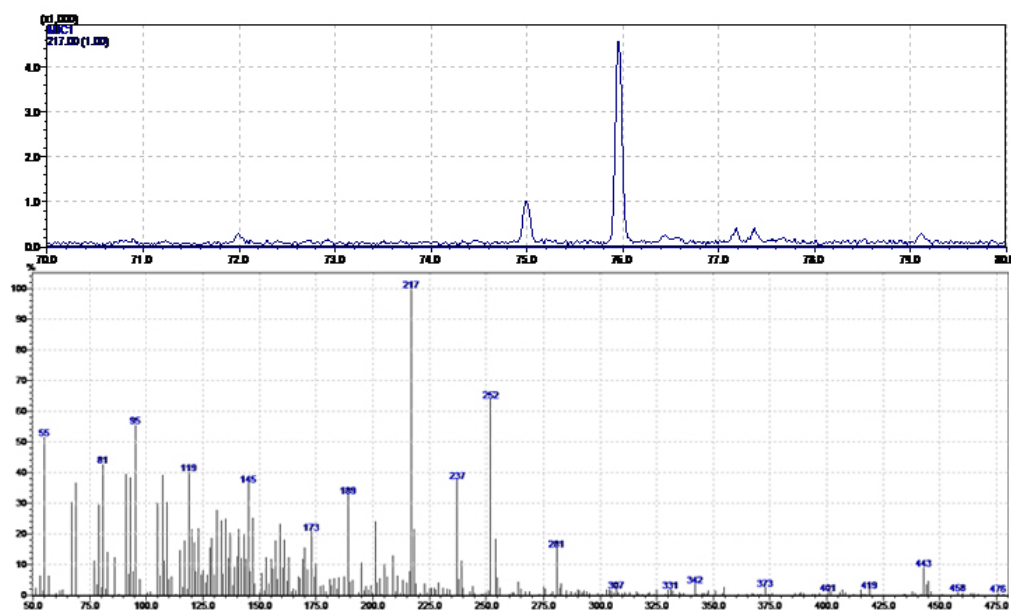
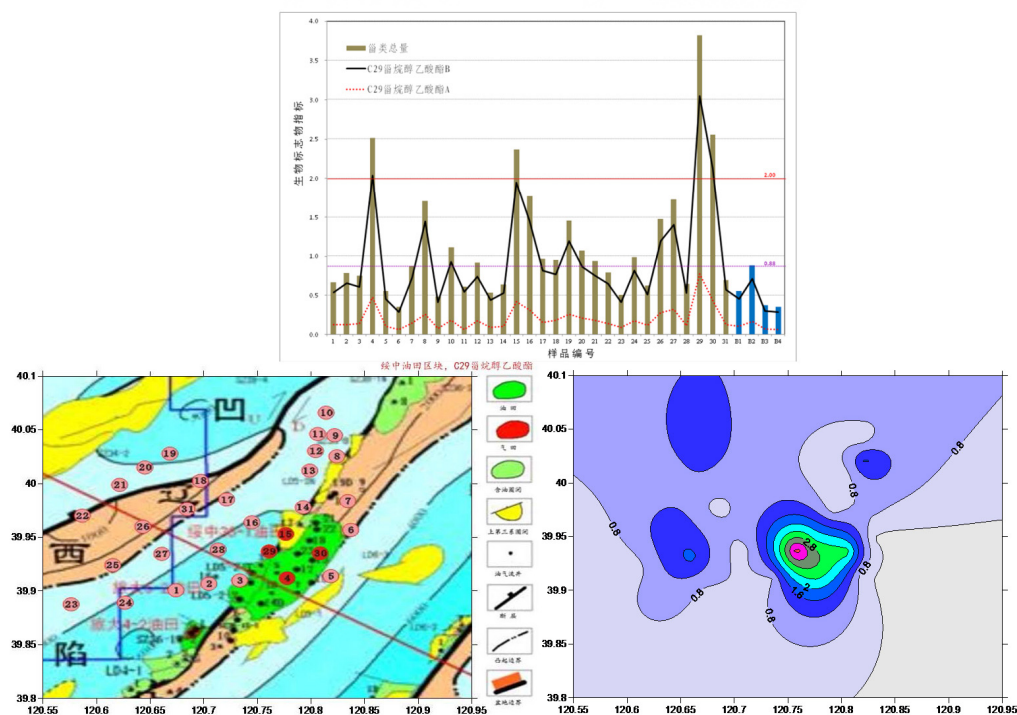
图1 丁烷氧化菌可溶物GC-MS m/z 217质量色谱图及其相关质谱图

图2 渤海绥中36-1油田区块与甾类指标分布的对应关系

- Allen J.P., Atekwana E.A., Duris J.W., Werkema D.D., Roosbach S. Microbial community structure in petroleum contaminated sediments corresponds to geophysical signatures. *Applied and Environmental Microbiology*, 2007,73: 2860-2870.
- Hudson E.D., Parrish C.C. and Helleur R.J. Biogeochemistry of sterols in plankton, settling particles and Recent sediments in a cold ocean ecosystem (Trinity Bay, Newfoundland). *Marine Chemistry*, 2001, 76(4):253-270.
- Villinski J. C., Hayes J.M., Brassell S.C., Riggert V.L. and Dunbar R.B.

Sedimentary sterols as biogeochemical indicators in the Southern Ocean. In: *Compound specific isotope analysis; papers contributed to a symposium to honor John M. Hayes on the occasion of this retirement. Organic Geochemistry*, 2008, 39(5):567-588.

Volkman J.K. Sterols and other triterpenoids; source specificity and evolution of biosynthetic pathways. *Organic Geochemistry*(February 2005), 36(2):139-159.

马平华,邵先杰,霍春亮,赵春明,李武广. 绥中 36-1 油田东二下段沉积演化及对油气的控制作用. *特种油气藏*, 2010, 17(3):45-60.