

四川盆地烃类垂向 微运移及其地球化学效应

汤玉平^{1,2}, 刘运黎^{1,2}, 赵跃伟³, 陈银节²

(1. 成都理工大学, 成都 610059; 2. 中国石化石油勘探开发研究院
无锡石油地质研究所, 江苏无锡 214151; 3. 中国石化石油化探研究所, 合肥 230022)

摘要: 根据钻井垂向剖面中烃类的变化特征, 研究其烃类垂向微运移迹象, 用以追溯地表异常来源, 进而研究近地表异常模式及成因机理。四川盆地油气井中自深至浅, 环烷烃百分组成逐渐降低, 正构和异构烷烃不断增加; 280 nm 和 210 nm 紫外导数值逐渐降低; 运移指向明显, 表征了烃类垂向微运移客观存在的事实。川西地区近地表样品与下伏储层 C₁—C₅ 色谱图及三维荧光图谱基本相似, 说明二者同源, 揭示了近地表化探异常为“有源之水”, 近地表化探异常及其靶区预测是可靠的。

关键词: 烃类; 微运移; 地球化学效应; 油气化探; 四川盆地

中图分类号: TE132. 4

文献标识码: A

烃类垂向微运移形成近地表化探异常是油气化探的理论基础和应用前提。烃类垂向微运移的客观存在表明地表化探异常为“有源之水”, 油气藏不同部位微运移的差异性揭示了油气化探的有效性。

烃类垂向微运移形成地表异常是油气运移成藏系统中的一个组成部分, 是油气散失的一种表现形式, 是解释油气聚集体或油气藏上方矿化蚀变和烃类化探异常的一种机理^[1]。

烃类垂向微运移与烃类聚集成藏过程中的运移有所差别, 也不同于通过断层向上宏渗漏并在地表形成的油气苗、沥青、油气泡等。宏渗漏是一种肉眼可见的存在形式; 微运移是一种以分子或胶体微粒方式通过盖层上方微裂缝 (μm 级) 网络系统的微量 (10^{-6}) 至超微量 (10^{-9}) 级的微观运移^[2]。通常情况下, 微运移是肉眼不可见的, 量很微小, 用现代高精度仪器才能检测出来。

烃类垂向微运移不会在短时间内导致油气聚集体的破坏, 但烃类垂向微运移可形成现代分析仪器足以检测到的与背景差异显著的可分辨化探异常^[3]。

岩石中存在网络状微裂缝系统是烃类垂向微运移的关键性因素之一。盖层对独立油相具有阻挡作用, 但对于分子和胶体粒径的微运移只要有适当的条件是足可以畅通的^[4]。

1 烃类垂向微运移的证据

1. 1 烃类垂向微运移的直接证据

海底油气藏上方海面常常见到气泡和油纹、水柱中的气缕^[5]。油气层露头或深部油气沿断裂泄漏形成的油气苗、沥青是宏渗漏运移的表现, 可以称之为宏观油气苗。油气化探检测可达超微量级 (10^{-9} ~ 10^{-12}) 精度, 这种依据油气藏上方微运移的烃晕异常, 可以称之为微观油气苗, 也是烃类垂向微运移的证据^[6]。

川西地区侏罗系以上地层不具备生油气能力, 因此, 地表的高值化探异常只能是地下烃源向上运移后的迭加^[7]。塔北吉迪克组以上均为红色地层, 不具生油能力^[8], 上部高值化探异常只能是深部烃源迭加的结果。

对石油储层加压实验, 烃含量随压力变化而变化。如美国得克萨斯州的 Hilbig 油田为了二次回收而增压后, 地表烃类异常强度就增加了; 而美国得克萨斯州黑斯廷油田在开采 22 年后, 压力降低, 同时地表异常消失^[9]。

地下储气库、地下煤气发生站的实验观测表明, 在储气或煤气蒸馏之后, 短期内即可观察到地表烃类浓度增高^[5]。如前苏联一个地下储气库, 在储气

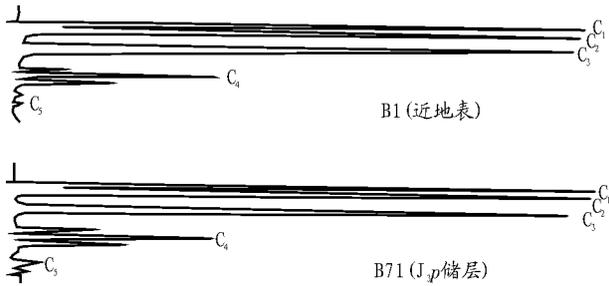


图1 川西地区近地表与储层气对比图谱

Fig. 1 The contrast of hydrocarbon chromatograms of the samples from near-surface and from reservoir in west Sichuan area

以后仅3个月, 就发现顶部300 m处的含水砂层中含气量比原先增加了10倍, 氧化烃类的细菌浓度也明显增加。短期内地表烃浓度增高是地下烃源运移上来的表现, 即地下有烃源, 地表有异常^[10]。

油气聚集体上方烃类异常普遍存在, 这种良好的对应关系表明烃类垂向微运移是客观存在的, 并在地表形成可检测到的化探异常^[11], 地表异常与地下油气藏有相关性。

1.2 烃类垂向微运移的地球化学证据

1.2.1 C₁—C₅组分对比

川西地区近地表吸附气C₁—C₅色谱图在成分、结构上, 与下伏天然气储层吸附气基本相似(图1), 具有可比性, 表明是同源的; 派克斯勒图解和Jones结构参数概率图也证明二者具有相溶性, 是同源的。这些均表明上方烃气源于深部油气藏, 烃类垂向微运移是客观存在的。

1.2.2 三维荧光对比

由图2可见, 川西某气井储层与上方近地表样品的三维荧光图谱基本相似, 具有可比性, 均为气型图谱特征, 说明二者同源, 即上部烃气源于下部储层, 表明烃类垂向运移的存在。

1.2.3 通过膏盐层的运移

川中某地区巨厚膏盐层(厚度210 m, 系石炭系储层的上覆盖层)^[12]的顶、底板岩屑样的轻烃指纹分析表明, 膏盐层顶、底板轻烃图谱相似, 具有可比性, 三维荧光图谱也具有相似性, 反映了二者同源, 即巨厚膏盐层并未阻止烃类微量渗漏。

依据直链烃与同碳数环烃(环烷烃与芳烃)之比值进行轻烃配对分子研究, 共选取了6个比值参数作为横坐标, 比值大小为纵坐标做二维轻烃配对分子对比图, 发现膏盐层底板与顶板配对分子曲线极为相似, 说明了同源性, 即烃类可以通过巨厚膏盐层向上运移。

酸解烃甲烷碳同位素(盐上)为-38.2‰^[13], 属热解成因, 表明与下部烃类同成因。

2 钻井剖面烃类垂向变化规律

根据钻井垂向剖面中烃类变化特征, 研究其烃类垂向微运移迹象, 用以追溯地表异常来源, 这是研究近地表异常模式及成因机理的重要途径。

图3为四川盆地某气田物上气甲烷的地球化学剖面图, 图中共显示了3口钻井的地球化学剖面, 其中包括2口工业气井(CJ607井、CJ619井)和1口非工业气井(CJ613井)。

由图3可见, CJ607和CJ619气井顶空气甲烷自下(储层)而上含量逐渐降低, 即具有不断降低的正向变化梯度, 表明了烃类垂向微运移的存在; 而CJ613干井无明显的正向变化梯度, 烃类垂向运移的行迹不是很清楚。

3 烃类垂向微运移的地球化学效应

研究表明, 四川盆地天然气藏上方烃类垂向微

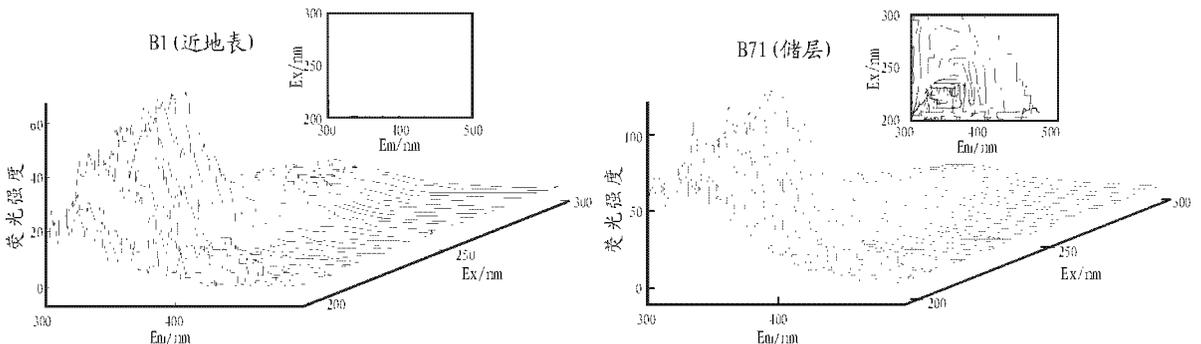


图2 川西地区某气井储层与上方近地表样品的三维荧光对比图

Fig. 2 The contrast of 3D fluorescence chromatograms of near-surface sample with reservoir sample in a gas well in west Sichuan area

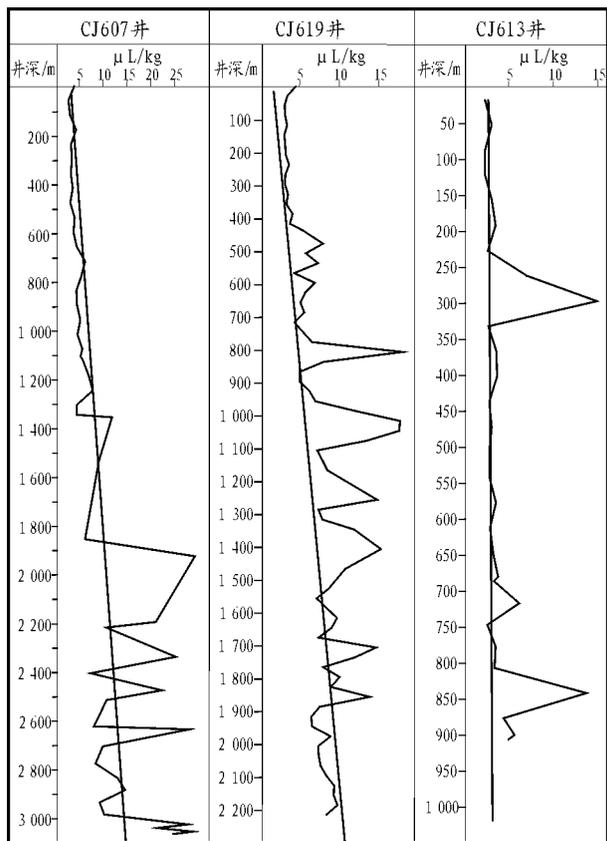


图 3 四川盆地某气田井中顶空气甲烷地球化学剖面图
Fig. 3 The geochemical sectional view of the headspace methane in the wells in a gas field in Sichuan Basin

运移是普遍存在的^[14]。因此, 依据井中化探资料进一步研究烃类垂向微运移的地球化学效应。

井下剖面分析结果表明, 自下而上环烷烃百分组成不断降低, 正构和异构烷烃不断增加, 具有显著的规律性变化, 显示出明显的运移指向, 是烷烃类垂向微运移的地化表征。

在图 4 中, 由深至浅 280 nm 和 210 nm 紫外导数值不断降低, 具有明显的运移指向, 是芳烃类垂向微运移地球化学效应的表征。

由以上分析可知, 自深至浅, 烷烃和芳烃两大类系列均具有显著的运移指向和变化规律, 进一步说明烃类垂向微运移是客观存在的。

上述四川盆地某气田气井所表现的地球化学特征在四川盆地其它钻井也有所表现。图 5 为 LD 气田 L651 井酸解烃轻烷烃指标的组成三元图, 从图中可以看出, 由 T₃-J₂-J₃-K, 酸解烃甲烷含量不断增加, 酸解烃乙烷、酸解烃丙烷组分不断减少, 即烃类组成不断变轻, 显示了明显的地球化学运移指向。

图 6 所示的 CD610 井酸解烃三元图, 也较好地指明了烃类垂向微运移的方向, 具有明显的垂向微运移的地球化学效应。

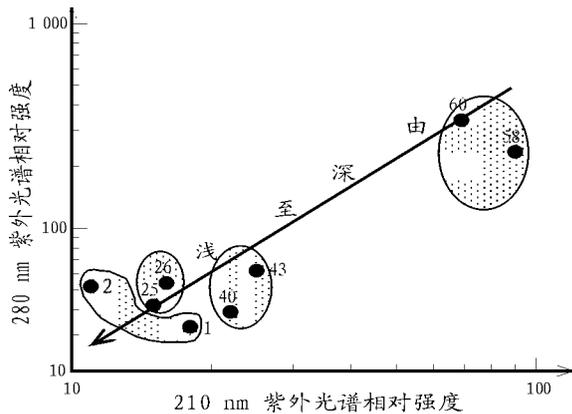


图 4 川西地区 CJ607 井紫外导数运移指向图
Fig. 4 Ultraviolet derivative map showing migration direction of hydrocarbons in well CJ607 in west Sichuan area

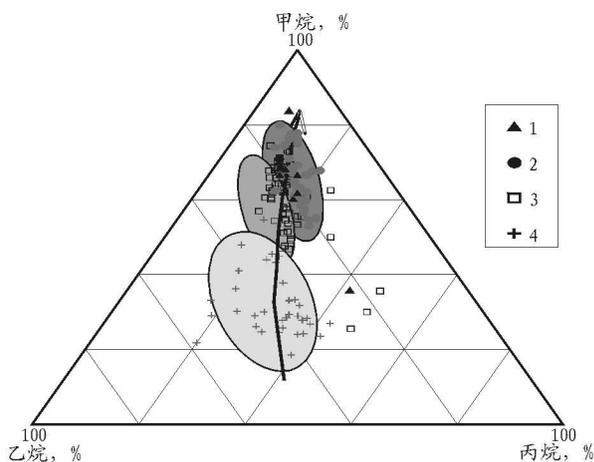


图 5 川西地区 L651 井酸解烃指标组成三元图
1. 白垩系样品; 2. 上侏罗统样品; 3. 中侏罗统样品; 4. 上三叠统样品
Fig. 5 The ternary diagram of the acid-digestion hydrocarbons in well L651 in west Sichuan area

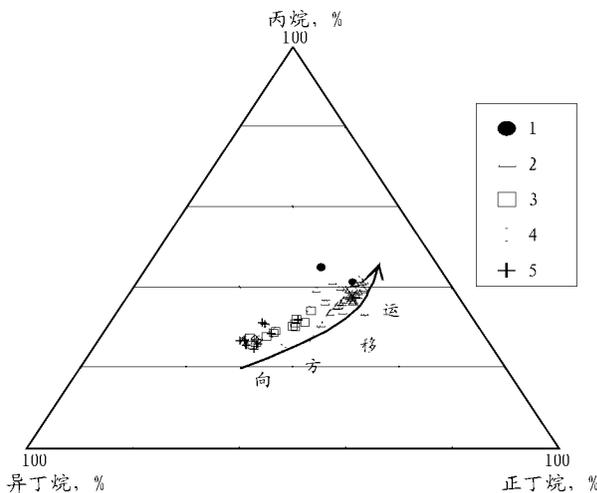


图 6 川西地区 CD610 井酸解烃指标组成三元图
1. 第四系样品; 2. 白垩系样品; 3. 上侏罗统 p₄ 段样品; 4. 上侏罗统 p₂ 段样品; 5. 上侏罗统 p₃ 段样品
Fig. 6 The ternary diagram of the acid-digestion hydrocarbons in well CD610 in west Sichuan area

4 结论

1) 四川盆地天然气藏上方具有显著的烃类地球化学运移直接证据。

2) 油气井中自深至浅, 烷烃类和芳烃类两大烃类系列均具有显著的运移指向和变化规律, 表明了烃类垂向微运移客观存在的事实。

3) 四川盆地天然气藏上方烃类垂向微运移普遍存在及天然气藏上方具有显著的烃类地球化学运移效应表明, 近地表化探异常为“有源之水”, 油气化探技术在四川盆地具有有效性, 近地表化探异常及其靶区预测是可靠的。

参考文献:

- 1 汤玉平, 蒋涛, 刘运黎. 油气藏不同部位 ΔC 差异性分析 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20 (1): 76~77
- 2 汤玉平, 龚维琪, 邓树立. 油气化探异常类型及成因机理研究 [A]. 见: 程同锦, 戴联善编. 第四届全国油气化探学术会议论文集 [C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1998. 19~25
- 3 汤玉平, 刘运黎. 烃类垂向微运移的地球化学效应及机理讨

- 论 [J]. 石油实验地质, 2002, 24 (5): 431~436
- 4 蒋涛, 夏响华, 陈浙春. 地球化学烃场效应的探讨及应用 [J]. 石油实验地质, 2003, 25 (3): 290~294
- 5 吴传璧. 上置晕与物质的“类气相”垂向迁移 [J]. 地质前缘, 1998, 5 (1): 185~192
- 6 赵克斌, 孙长青. 油气化探在天然气勘探中的应用 [J]. 石油实验地质, 2004, 26 (6): 574~579, 584
- 7 刘运黎, 汤玉平. 川西油气田区地球化学场特征分析 [J]. 地质通报, 2003, 22 (4): 290~294
- 8 钱志浩, 曹寅. 新疆塔里木盆地北部原油运移地球化学效应 [J]. 石油实验地质, 2001, 23 (2): 186~190
- 9 贾国相. 油气生成量、聚集规模与区域地球化学背景场的关系 [J]. 石油实验地质, 1998, 20 (2): 196~199, 203
- 10 刘文汇. 试论成烃的地球化学场 [J]. 石油实验地质, 2000, 22 (1): 3~8, 21
- 11 黄海平, 张水昌, 苏爱国. 油气运移聚集过程中的地球化学作用 [J]. 石油实验地质, 2001, 23 (3): 278~284
- 12 康义昌. 四川盆地的基岩结构及其与上覆层的关系 [J]. 石油实验地质, 1986, 8 (3): 235~242
- 13 戴金星, 夏新宇, 卫延召等. 四川盆地天然气的碳同位素特征 [J]. 石油实验地质, 2001, 23 (2): 115~121, 132
- 14 李海燕, 付广, 彭仕宓. 天然气扩散系数的实验研究 [J]. 石油实验地质, 2001, 23 (1): 108~112

HYDROCARBON VERTICAL MICRO-MIGRATION AND ITS GEOCHEMICAL EFFECTS IN SICHUAN BASIN

Tang Yuping^{1,2}, Liu Yunli^{1,2}, Zhao Yuewei³, Chen Yingjie²

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China;

2. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China;

3. Hefei Institute of Oil and Gas Geochemical Prospecting, SINOPEC, Hefei, Anhui 230022, China)

Abstract: According to the characteristics of the hydrocarbons in the well profiles, the hydrocarbon vertical micro-migrating tracks can be revealed and then proceed to trace to the source of hydrocarbon anomalies near surface. This is an important method of studying the near-surface hydrocarbon anomaly patterns and forming mechanism. In the oil and gas wells in Sichuan Basin, the percentage of naphthenic hydrocarbon gradually decreased while the normal alkane and isoalkane increased from deep to surface. Moreover, the ultraviolet derivative values of 280 nm and 210 nm decreased. These clearly indicate the direction of hydrocarbon vertical migration and show that the surface hydrocarbon anomalies have relation with deep reservoir. In a gas well in west Sichuan area, the hydrocarbon chromatogram of C_1 — C_5 and the 3D fluorescence chromatogram of the near-surface sample are similar to that of the reservoir sample, showing the both having the same source.

Key words: hydrocarbon micro-migration; geochemical effect; geochemical prospecting for oil and gas; Sichuan Basin