

天然气地球化学勘探

地球化学烃场效应及影响化探异常的因素

蒋涛¹, 仵永强², 汤玉平¹, 朱怀平¹, 黄欣¹

(1. 中国石化股份公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151;

2. 中国石化股份公司西部新区勘探指挥部, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 地球化学烃场随时间演化及地质作用(温度场、应力场、水动力场)的变化而发生空间上的转移, 作为现今地球化学烃场的地下聚集体和深部烃类物质场源的油气藏, 其演化过程也是深部烃场场源(油气藏)与场内介质进行物质交换与能量转移的过程, 这必将带来场内介质(岩层、岩性等)的变化, 进而在油气藏分布区域形成地球化学烃场效应。油气藏上方化探异常是地球化学烃场效应最为直接的近地表表现形式之一, 影响化探异常的因素是: 油气藏属性特征、化探指标属性特征(指标物理化学性质)、输导体系(地层、构造)、近地表介质条件等。油气化探实例说明: 滤波数据处理技术、多方法和多指标的组合匹配使用可降低非深部烃源因素对化探异常的影响, 提高化探异常反映深部油气藏的真实性和可靠性。

关键词: 烃场效应; 油气藏; 化探异常; 影响因素

中图分类号: TE132.1⁺4

文献标识码: A

文章编号: 1672-1926(2008)02-0280-06

0 引言

物质、能量、场是构成客观物质世界的三大要素, 大量的理论与实践证明了场的物质性。场的存在是与被称作场源的实物质不可分的, 其分布变化规律除与场源的物理性质、几何形态、范围等密切联系外, 还与场内介质等因素相关。刘文汇^[1]认为, 不同相态的化学元素及其化合物的迁移运动始终贯穿于地球的形成、演变, 不断地进行结合和分解、分布和再分配、聚集和分散, 并且伴随着能量的交换与再转移, 这些过程改变着地球各个圈层和地壳不同区域的化学成分和物质组成形式, 这种彼此有关的化学成分在某一时间内分布的一定空间, 称为地球化学场, 地球化学场为标量场。

地球化学烃场是指形成烃类物质的各种元素、化合物、相关组份(成分), 在长期的地质作用过程中, 进行组合(结合)、分解、分布、分配、聚集、分散而形成的空间, 它伴随着物质与能量的交换和转移, 是物质、时间、空间、能量的有机结合、共同作用和演化的产物。

地球化学烃场按时间特征划分为古地球化学烃场和今地球化学烃场, 地球化学烃场随时间演化及地质作用(应力场、温度场、水动力场等)的变化而发生空间上的转移, 因而, 认识古地球化学烃场的时间演化及地质作用的演变, 可在空间上寻找现今转移了的今地球化学烃场。地球化学烃场按空间特征划分为区域地球化学烃场和局部地球化学烃场, 弄清区域地球化学烃场的演化规律, 分析区域地球化学烃场与局部地球化学烃场的关系, 可更好地寻找局部地球化学烃场的深部烃类物质场源的聚集体。

油气藏是地球化学烃场的深部场源和烃类物质的地下聚集体。油气藏的形成、演化与地球化学烃场的产生、演变密不可分, 地球化学烃场中的烃类物质生成、运移(方式、方向)及聚集状态决定了油气藏的存在形式、空间分布规律和油气属性特征, 因而, 制约地球化学烃场内的烃类物质生成、运移、聚集、保存、散失的各种因素亦是油气藏形成、演化的重要因素。

地球化学烃场在演化过程中, 场源内的烃类物质时刻与场内介质进行着物质、能量的交换与转移,

这种作用必将改变场内介质的物理、化学特性, 这种物质特性的变化称之为地球化学烃场效应^[2]。因此, 我们可通过地球化学烃场效应的研究与分析, 结合现有的物探、化探、微生物技术即可寻找深部场源和烃类物质的地下聚集体(油气藏)。

在地球化学烃场效应的认识过程中, 早期的勘探工作者就已经注意到, 产油区与石蜡泥、咸水或含硫水、地表矿物蚀变现象和高地形之间具有某种类似的相关性。据程同锦^[3]报道: Harris (1908) 注意到, 在路易斯安那州, 一些与穹窿有关的油田上方地层中, 存在着黄铁矿和其它硫化物; Reeves (1922) 观察到俄克拉荷马州西南部 Cement 构造脊部强烈的碳酸盐胶结作用; Stermberg (1991) 在钻井岩心样品中, 观测到油气藏上方的黄铁矿含量明显高于非油气藏上方的黄铁矿含量, 并指出油气藏上方的黄铁矿含量与 IP (激发极化) 异常相关; D. Schumacher (1996) 认为, 在波斯湾存在的渗漏油、石膏、铁矾化合物和硫矿物的组合体是由石油与蒸发岩相互反应而生成。

1 地球化学烃场效应模型

地球化学烃场是随时间、空间变化而演化的物质场, 是物质、能量、时间、空间的统一体。地球化学烃场场源与场内介质的长期地质作用过程, 亦是一累积的、动态的地球化学烃场效应过程, 地球化学烃场效应随地球化学烃场的时、空变化而演化。由于

现实油气勘探工作的需要, 我们理应更多地注意油气藏(今地球化学烃场、局部地球化学烃场的深部场源)引起的地球化学烃场效应。

地球化学烃场的形成与有机质的演化和烃类物质的生成、运移分不开, 而烃类物质的生成、初次运移、二次运移、聚集直至散失, 均离不开一定的地温场、应力场、水动力场等, 在描述地球化学烃场时, 我们已经知道地温场、应力场及水动力场对地球化学烃场起着十分重要的作用^[1-2]。现阶段的油气藏(今地球化学烃场深部场源)亦明显受到三场的作用和影响, 烃类物质及烃类相关物质包括水及水中离子, 在三场作用、浓度差、油气藏烃类物质自身浮力的影响下向上运移, 它们的运移过程也是地球化学烃场介质发生各种物理、化学、生物作用的过程, 同时伴随着岩层和岩性的变化(盐析作用、岩层褪色、矿物变性等), 从而在油气藏上方形成物探、化探等各种技术指标的异常。

地球化学烃场效应中油气藏上方氧化还原环境的改变、放射性异常的形成: $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ (岩层褪色、磁化现象); $\text{UO}_2^{2+} \rightarrow \text{UO}_2$ (放射性异常形成)。油气藏上方近地表碳酸盐等物理、化学性质的变化: ①富氧环境, 即 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$; ②厌氧环境, 即 $\text{CH}_4 + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$ 。Schumacher (1996) 提出的烃类物质在向上运移中对土壤和沉积物的影响模型(图 1)^[4], 可看作是深部油气藏上方地球化学烃场效应的综合反映。

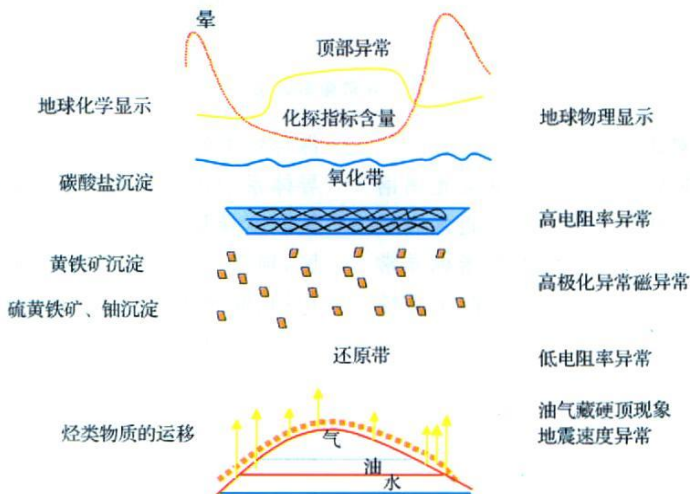


图 1 烃类物质向上运移对沉积物影响模型(据 Schumacher, 1996)^[4]

此外, 国内外有利用地球化学烃场效应进行油气勘探的报道。吉庆生^[5]在氧化还原电位法的油气勘探中认为, 电位负异常形成的分布范围、规模大小、形态特征等完全受控于地下油气藏, 并且与油层

的有效厚度、储油物性及含油饱和度密切相关。邓平^[6]关于微生物地表油气勘探技术方法的试验结果表明: 在气田上方, 甲烷氧化菌数量较少、硫酸盐还原菌数量较多, 厌氧纤维素分解菌数量较少或未检

出,微生物方法的油气预测是有效的。据吴传芝^[7]报道:在美国得克萨斯州 Montague 县境内艾伦堡构造区进行的地震—地表微生物联测中,最终依据微生物异常成功地进行了油气勘探。

2 影响近地表化探异常的因素

地表化探异常是油气藏上方地球化学烃场效应之一,地表化探异常是用地球化学方法系统地从土壤、岩石、水样、大气及植物等介质中检测烃及其伴生物和蚀变产物,预测盆地的含油气远景,指出油气富集地区(带),评价区块的含油气性,提供探井布署建议的一种勘查技术^[8]。

我们知道,油气藏中的烃类物质所处温度环境一般在 60~150℃,在高压条件下,油气藏中烃类物质主要存在形式为液态,且具有较大粘度。在此温度、压力条件下,油相中烃类物质分子需克服很大粘

度和液体石油的表面张力方能向上运移,而水相呈近似气态的形式且具有较大动能,因此,携带无机离子及部分烃类物质的水分子较易克服油层水的表面张力而呈气相或气液混相向上运移。另一方面,油气藏边部物质为油、水等相态最混杂、最活跃的部位,且只有在此部位方能观测到液体烃类在水里的高饱和及过饱和,因此,油气藏边部的烃类物质和烃类相关物质易在水动力作用及其它作用下向上运移,即边部较中心部位运移更为强烈,因而在油气藏上方形成化探指标环形(顶部异常)晕(图 1)。

地球化学烃场的空间演变、时间演化、三场作用的改变等均对地球化学烃场效应产生影响,作为局部地球化学烃场效应之一的近地表化探异常的形成,除随地球化学烃场内在因素演化而演变外,它还受到其它诸多因素的影响和制约(图 2)。

油气藏物质属性特征与近地表化探指标异常存

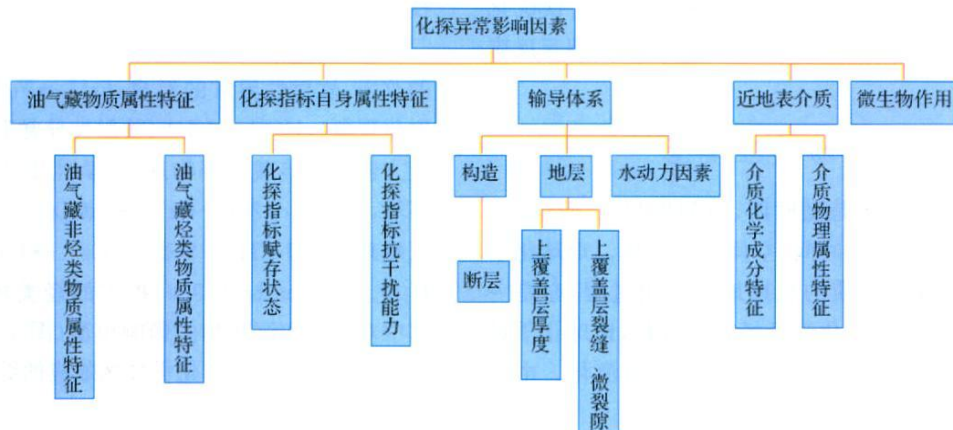


图 2 化探异常影响因素示意

在着联系。陈银节^[9]在对比不同油气属性的含油气圈闭中,发现它们的近地表土壤样的三维荧光图谱特征亦存在着与油气属性相似的差异性。近地表吸附丝化探方法的成功应用^[10],显示吸附丝指标异常的匹配及组合使用可推测含油气区的油气属性特征。

化探异常是化探指标与参数在油气藏上方浓度、组分结构的异常,不同化探方法,其指标的赋存状态不同,化学指标与参数的指示意义不同,对油气藏的指示作用也存在差异性^[11]。因而,化探指标或参数又分主要有效化探指标,次要化探指标及辅助化探指标^[10]。

输导体系对油气藏烃类物质的微渗漏(渗逸)形成的近地表化探指标具有重要影响,油气藏上方的输导体系(断层、裂缝等因素)在近地表化探异常与

深部烃类物质场源的联系上起着至关重要的作用。输导体系中盖层因素甚至可影响同一化探方法不同指标浓度异常的空间展布规律^[12];在不同油气化探工区,顶空气指标组构的影响因素(油气属性、微生物作用、输导体系)差异性对比中,输导体系(断裂、微裂隙)对顶空气指标组构的影响是 3 种影响因素中最为重要的因素^[13]。

近地表介质因素同样可对微渗漏至近地表的化探指标的“保真”性产生影响,表现为 2 点:①化探指标必须依附于一定的地表介质方能测定,因而介质的物理属性(介质中颗粒的吸附性等)、化学物质成分等对化探异常构成影响^[14];②烃类化探指标从深部微渗漏至近地表,所处的氧化还原环境、温度、压力和湿度等发生了深刻变化,烃类化探指标与地表介质可发生相互作用,进而影响到化探指标异常的

“真实性”。

微生物作用亦是近地表化探异常影响因素之一，也主要表现为2点：①部分微生物可在烃类微渗漏地区因噬烃作用而发生数量上的改变，这不利于轻烃类化探指标的保存，但微渗漏烃类引发的地表微生物异常亦是地球化学烃场效应之一；②甲烷还原菌等微生物产生的轻烃类物质对甲烷及甲烷蚀变类化探指标产生作用，进而影响化探指标对深部油气藏信息的反映。

3 降低非深部烃场油气化探异常的方法

非深部烃场油气化探异常包括样品采集、指标含量的测定、介质因素等，而抑制地表化探异常干扰的措施包括方法配置、介质差异性的标准化处理、异常场的分离、异常的判识等4个环节^[14]。非深部烃场油气化探“异常”可降低但不能消除，因而，在化探工作的各个阶段可因地制宜地降低“假”异常，本文引用实际的油气化探实例来说明这个问题。数据处理技术、化探方法、指标的选择和匹配可提高油气

化探异常评价的可靠性。

数据处理方面，滤波处理技术可提高指标异常评价的可靠性^[15]，它可抑制非油气微渗漏随机信息对化探指标的影响和干扰，强化油气藏上方及外围区域化探指标含量的差异性。在塔北某井区(图3)^[19]和辽河盆地某区化探(图4)^[14]滤波处理技术的应用说明，应用适当的数据处理方法可抑制非深部烃场油气化探异常的影响，从而可提高油气化探指标异常评价的可靠性。

另一方面，多方法、多指标配置关系亦可降低非深部烃场的油气化探异常，提高深部烃场化探异常的可靠性和应用效率。塔北某井区(图3)多个吸附丝指标的组和匹配使用，既提高了化探异常反映深部油气藏的可靠性，同时又依据塔北某井区吸附丝多指标的组和对勘探区油气藏的属性也进行了有意义的推断^[10]。在准噶尔盆地某地区(图5)由于多个化探方法的应用，在提高化探异常反映深部油气藏的可靠性的同时，多个化探指标异常的叠合区还指明了该区域可能的油气有利聚集区。

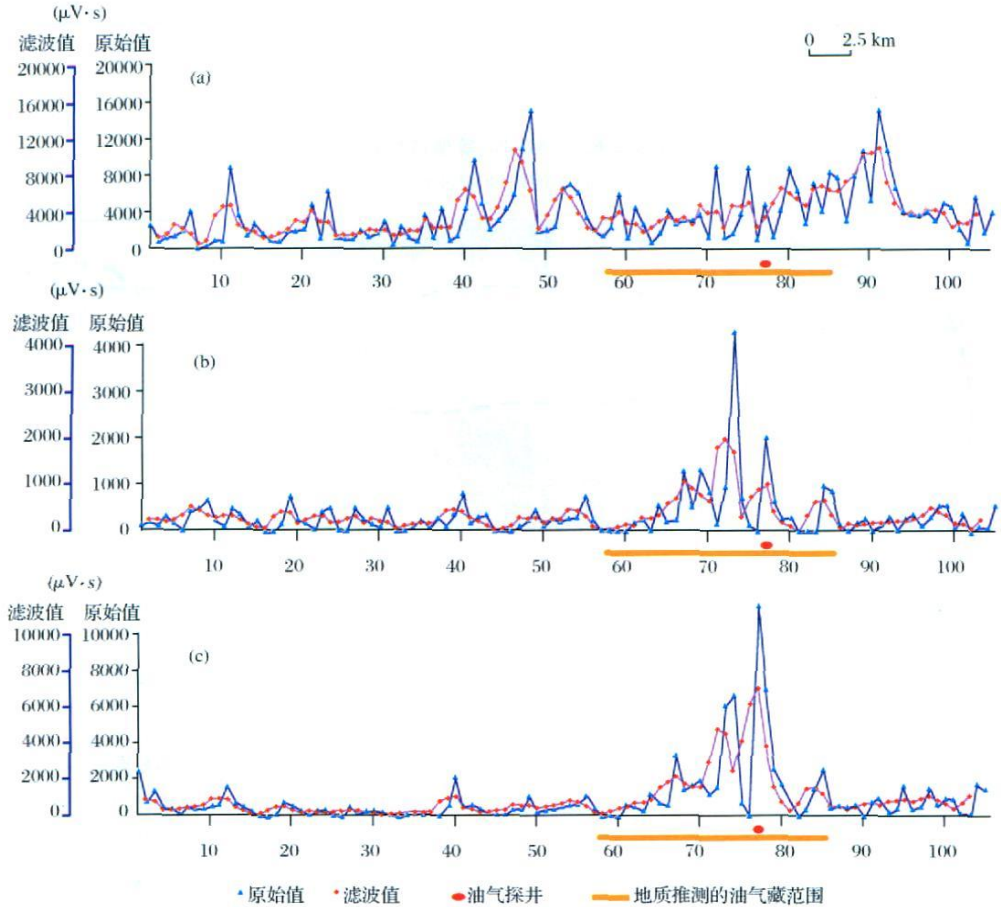


图3 塔北某井区吸附丝指标(原始值、滤波值)剖面^[19]

(a)C₂₈; (c)C₁₃₋₁₄; (c)C₁₅₋₁₉

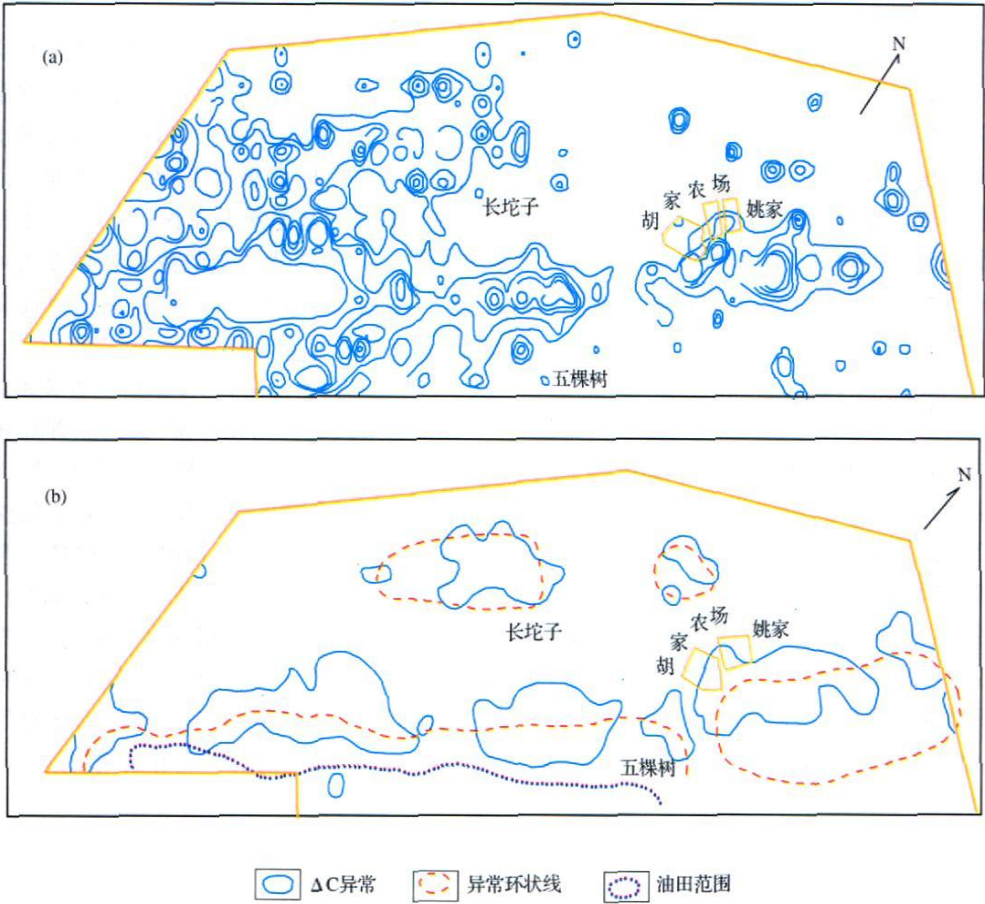


图4 蚀变碳酸盐($\Delta C, \%$)等值线和滤波异常^[14]
(a)等值线;(b)滤波异常

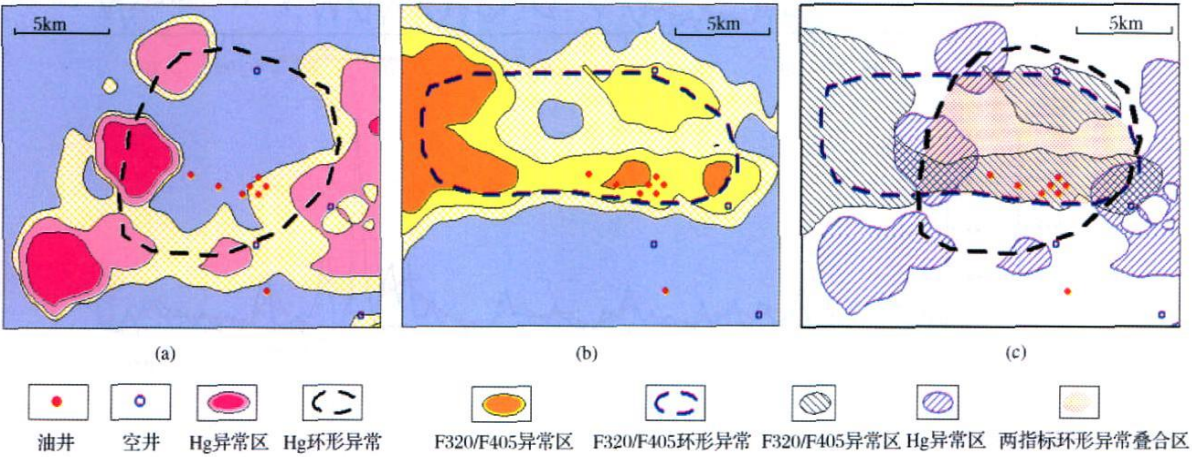


图5 准噶尔盆地某地区A号化探热释汞($\mu\text{g/kg}$)、F320/F405(无量纲)指标异常
(a)热释汞异常;(b)F320/F405异常;(c)热释汞与F320/F405异常

4 认识与结论

油气藏是今地球化学烃场的深部场源和烃类物质的地下聚集体,制约地球化学烃场内的烃类物质生成、运移、聚集、保存、散失的各种因素亦是油气藏形成、演化的重要因素。

油气藏中烃类物质及烃类相关物质在三场作用、浓度差、油气藏烃类物质自身浮力的影响下向上运移,该运移过程也是地球化学烃场中介质发生各种物理、化学、生物作用的过程,并伴随着岩层和岩性的变化(盐析作用、岩层褪色、矿物变性)等,因而,在油气藏分布区域会形成地球化学烃场效应。

作为局部地球化学烃场效应之一的近地表化探异常, 其形成随地球化学烃场的演化而演变, 同时, 它还受到诸如油气藏属性特征、化探指标属性特征(指标物理化学性质)、输导体系(地层、构造)、近地表介质条件等内外在因素的影响和制约。油气化探实例说明, 非深部烃类油气化探“异常”是可以降低的, 从数据处理技术, 多方法和多指标的组合匹配上可提高化探异常反映深部油气藏的真实性和可靠性。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 程同锦, 王者顺, 吴学明, 等. 烃类运移的近地表显示与地球化学勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999: 24-26, 37-39.
- [4] 关德范, 朱起煌. 地表油气化探理论和方法的新进展[J]. 石油地质科技动态, 2000, (3): 17-19.
- [5] 吉庆生, 高彦楼. 氧化还原电位法在复杂岩性油藏开发中的应用[J]. 大庆石油地质与开发, 2001, 20(3): 71-73.
- [6] 邓平, 王国建. 微生物油气勘探技术的试验研究[J]. 天然气工业, 2003, 23(1): 18-20.
- [7] 吴传芝. 微生物油气勘探技术及其应用[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(1): 82-87.
- [8] 刘崇禧. 油气地球化学勘查技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997: 1-2.
- [9] 陈银节, 缪九军, 张宗元. 三维荧光光谱的油气指示意义[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(1): 69-72.
- [10] 蒋涛, 吴瑞金, 程同锦, 等. 化探技术在我国西部油气勘探中的应用探讨[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(1): 117-120.
- [11] 文百红, 林蓓, 刘显阳. 油气微渗漏组分的赋存形态及其油气指示性[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(1): 43-47.
- [12] 蒋涛, 陈浙春. 烃类垂向微渗漏及地表异常显示[J]. 物探与化探, 2003, 27(2): 251-254.
- [13] 蒋涛, 荣发准, 陈浙春, 等. 民和盆地和松辽盆地化探工区顶空气指标数据特征对比和分析[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(5): 760-763.
- [14] 邓国荣. 浅议油气化探的干扰因素[J]. 石油与天然气, 2006, 27(5): 675-681.
- [15] 於崇文. 数学地质的方法与应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1980: 620-626.

Hydrocarbon Geochemical Field Effects and Influencing Factor in Oil and Gas Geochemical Exploration

JIANG Tao¹, WU Yong-qiang², TANG Yu-ping¹, ZHU Huai-ping¹, HUANG Xin¹

(1. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC Wuxi 214151, China;

2. West China Area Exploration Headquarter, SINOPEC, Wulumuqi 830011, China)

Abstract: The space distribution of the hydrocarbon geochemical field changes with time evolution and geological processes such as geothermal field, stress field and hydrodynamic field. The hydrocarbon field source is the underground hydrocarbon congeries, and its evolution is in the exchange of matter and the transformation of energy between hydrocarbon and its surrounding medium. So changes of the terrane and the lithology around the hydrocarbon take place because of their interaction, and they will impose geochemical effects on near surface. The abnormality of geochemical indexes over a reservoir is regarded as one of the most direct effects incurred by the geochemical field. The factors influencing geochemical exploration include the attribute of the reservoir, the attribute of geochemical index (the character of geochemical index), the transportation system (terrane and the fractured formation), and the environment of the earth surface. The successful examples of geochemical exploration display that the combination use of data smoothing, multi-methods and multi-index do well in reducing the interferences of shallow hydrocarbon factors to the geochemical exploration abnormality, increasing the reliability of abnormal signals for targeting deep oil and gas reservoirs.

Key words: Hydrocarbon geochemical field effect; Hydrocarbon reservoir; Abnormal index; Affecting factor.