

# 近地表土壤中可溶态阴离子的石油地质意义

李广之<sup>1</sup>, 陈银节<sup>2</sup>, 尹红军<sup>1</sup>, 宣海波<sup>1</sup>

(1. 中国石化集团资产经营管理有限公司 合肥培训测试中心, 安徽 合肥 230022; 2. 中国石化勘探开发研究院 无锡实验地质研究所, 江苏 无锡 214151)

**摘要:** 沉积有机质在生成油气及运移的过程中, 部分可溶微量元素会分离出来, 溶解在伴生的水中。油田水及原油中的可溶微量元素部分溶解于水, 并随水一起运移至近地表。通过一定技术手段分析近地表土壤中的可溶态阴离子的含量变化特征, 就可以追踪下伏对应地层的含油气信息。通过对新场气田、昌德气田、平方王油田上方近地表土壤中的可溶态阴离子检测的实验研究表明: 油田水中可溶态阴离子的主要以水载体进行运移, 油田水向上运移的通道决定了可溶态阴离子在油气藏上方的异常形态及模式; 可溶态阴离子对下伏地层的油气藏具有一定的指示意义。

**关键词:** 近地表土壤; 有机质; 微量元素; 可溶态阴离子; 石油地质意义

**中图分类号:** P632, P593 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2011)02-0198-05

沉积有机质是形成油气最原始的物质, 沉积有机质中或多或少都会含有微量元素, 沉积有机质在生成油气及运移的过程中, 部分可溶微量元素会分离出来, 溶解在伴生的水中。原油中的可溶微量元素部分溶解于水后, 随水一起运移至近地表, 仍然还含有微量的金属和非金属元素<sup>[1]</sup>, 从而形成了源远流长的可溶微量元素的补给源。现代分析方法已在石油灰分中发现了40余种微量元素<sup>[2-4]</sup>, 这些微量元素按其化学属性可分为: ①变价金属, 如V、Ni、Fe、Mo、Co、W、Cr、Cu、Mn、Pb、Ga、Hg、Ti等; ②碱金属和碱土金属, 如Na、K、Ba、Ca、Sr、Mg等; ③卤素和其他元素, 如Cl、Br、I、Si、Al、As等。

从水文地质观点看油气的生成、运移、聚集, 直至形成油气藏, 总是和地下水活动有着密切关系, 地下水不仅是油气形成的介质, 而且是油气运移的驱动力和载体, 它们在地质历史发展过程中相互伴生。由于水和石油的长期作用, 油气中一些化学物质会溶入水中, 使地下水具有特殊的化学成分。如: 矿化度剧增、离子分异现象突出、有机物组分和含量增多、微量元素富集及同位素偏重等<sup>[5-6]</sup>。油气垂向微运移主要是以水为载体, 在垂向压力梯度和浮力的驱动下, 在变化的温度、压力环境中, 水以对流—扩散的渗透方式, 沿岩石的孔隙—裂隙系统向上作微量(分子与离子级)运移。油气垂向微运移使油田上方的地下水具有源远流长的补给源, 长期受到

深部油气水的影响, 积累效应使水的化学成分趋向油田水的性质, 并且稳定的保存下来<sup>[5]</sup>。油田水的浅层水化学效应同时会使可溶态微量元素运移至油气藏上方的地表土壤中, 尽管某些可溶态微量元素在运移过程中会沉淀下来, 但通过一定技术手段分析近地表土壤中的可溶态微量元素的含量变化特征, 就可以追踪下伏对应地层的含油气信息。笔者主要研究近地表土壤中可溶态阴离子的油气地球化学意义。

## 1 采样与分析

在设计点位上用麻花钻或洛阳铲取1.5~1.8 m深度的土壤样品(1.5 m以下深度可减少诸如地上动物、植物与人为活动等人文干扰), 用玻璃纸和牛皮纸双层包装保存, 运至实验室内进行预处理。

把近地表土壤晾干、粉碎后, 过200目筛(样品粒度 $\leq 0.074$  mm), 装入特定容器, 并用纯净水提取其中的可溶态阴离子, 用ICP等离子发射光谱仪测定溶液中的可溶态阴离子 $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 。

## 2 可溶态阴离子的石油地质意义

### 2.1 新场气田

新场气田位于四川盆地西部, 川西坳陷。目前, 已建气井近400口, 形成了立体开发局面<sup>[7]</sup>。在新

收稿日期: 2010-03-16

基金项目: 国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”项目专题(2008ZX05020-06)

昌气田上方分别布了 A、B、C 三条剖面(图 1,气藏位置在 B5~B11、A11~A16、C16~C43 之间),进行顶空气甲烷,可溶态阴离子  $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$  的测定,测定结果见图 2。

由图 2 可见,顶空气甲烷指标为顶部异常模式,气藏来源的烃类主要沿顶部微渗漏,油气指示较为准确;可溶态阴离子  $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$  为环状异常模式,有较好的油气指示意义。

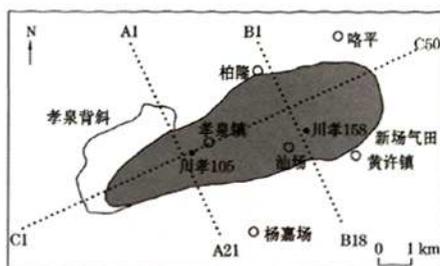


图 1 新场气田油气化探测量点示意 [7-8]

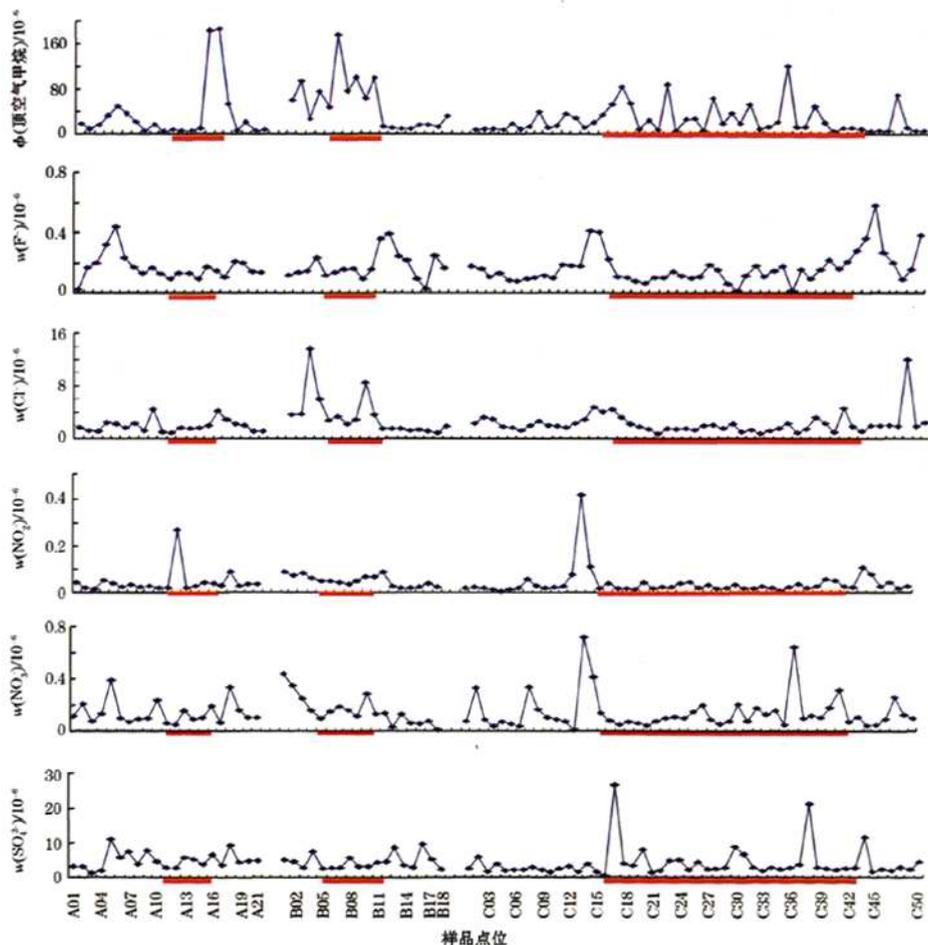


图 2 新场气田 A、B、C 剖面顶空气甲烷和可溶态阴离子含量

## 2.2 昌德气田

昌德气田位于松辽盆地北部、古中央隆起带中部(昌德气藏)及其东部斜坡地带(昌德东气藏)。与形成气藏密切相关的地层有泉头组二段以下的早白垩世地层,包括登娄库组、营城组、沙河子组。烃源岩处于高成熟到过成熟阶段。该区所钻的第一口深层探井为芳深 1 井。1987 年在该井对登娄库组气层的 2926.0~2940.2 m 井段进行试气,日产气为

2 000  $m^3$ 。1988 年 6~8 月对该层段压裂后自喷求产,获日产 40 814  $m^3$  工业气流,从而发现了昌德气藏。继芳深 1 井获工业气流后,1988~1989 年先后部署了芳深 2 井、芳深 3 井。芳深 2 井于 1989 年获工业气流,芳深 3 井以产水为主<sup>[9]</sup>。

在昌德气田上方分别布了 CA、CD 两条剖面(图 3,气藏位置在 CA9~CA30、CD32~CD57 之间),进行可溶态阴离子  $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$



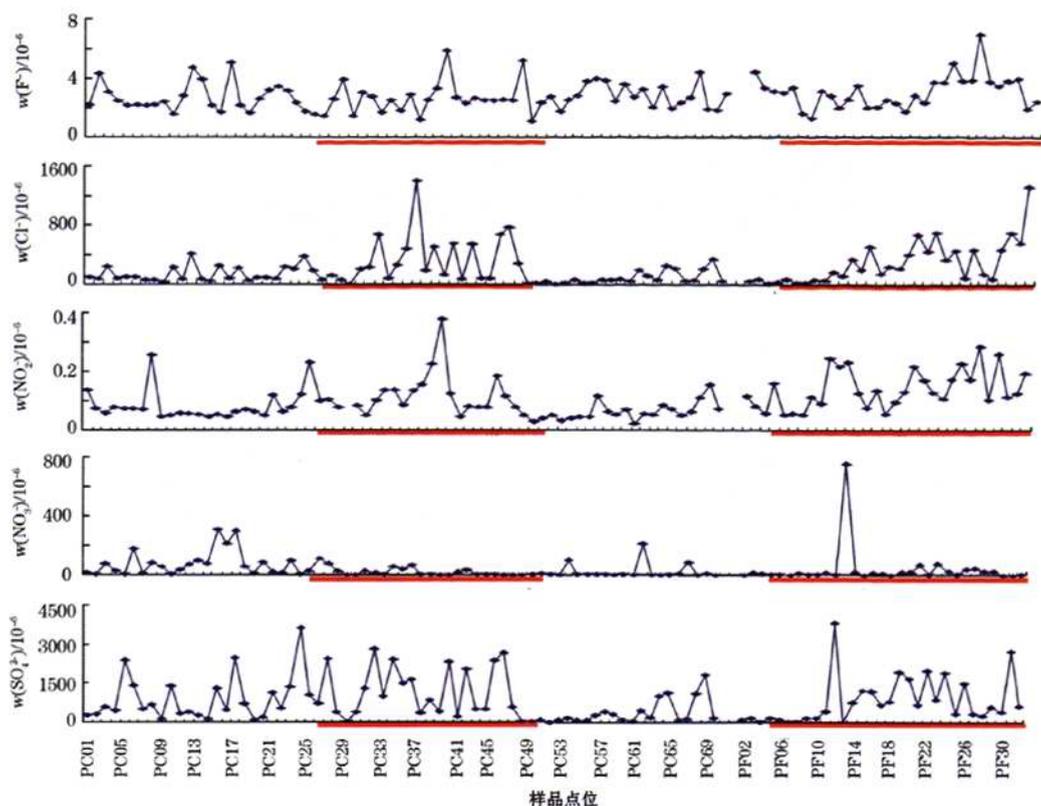


图6 平方王油田 PC、PF 剖面的可溶态阴离子含量

面(图5,油藏位置在PC26~PC50、PF5~PF31之间),进行可溶态阴离子 $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 的测定,测定结果见图6。

由图6可见,可溶态阴离子 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 为顶端异常模式,油气指示较为准确;可溶态阴离子 $F^-$ 、 $NO_3^-$ 疑似为环状异常,有一定的油气指示意义。

### 3 结语

油田水中可溶态阴离子主要以水载体进行运移,油田水向上运移的通道决定了可溶态阴离子在油气藏上方的异常形态及模式。新场气田上方顶空气甲烷指标为顶部异常模式,反映气藏来源的烃类主要沿顶部微渗漏,油气指示较为准确;可溶态阴离子 $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 为环状异常模式,有较好的油气指示意义。昌德气田上方可溶态阴离子 $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 为环状异常模式,油气指示较为准确;可溶态阴离子 $SO_4^{2-}$ 疑似为顶部异常模式,有一定的油气指示意义。平方王油田上方可溶态阴离子 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 为顶端异常模式,油气指示较为准确;而可溶态阴离子 $F^-$ 、 $NO_3^-$ 为疑似环状异常,有一定的油气指示意义。

研究表明,近地表土壤中可溶态阴离子对下伏地层的油气藏有一定的指示意义,其中,可溶态阴离子 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 油气指示较为准确,可溶态阴离子 $F^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 次之,仅有一定的指示意义。限于本次研究的样本数有限,未能总结出可溶态阴离子的油气地质意义的普遍规律,也因未收集到对应区域的水文地质资料而未能进一步深入研究。

### 参考文献:

- [1] 陈义才,沈忠民,罗小平.石油与天然气有机地球化学[M].北京:科学出版社,2007:110-130.
- [2] 王启军,陈建渝.石油地球化学[M].武汉地质学院教材,1984:129-235.
- [3] 杨育斌,张金来,吴学明,等.油气地球化学勘查[M].北京:中国地质大学出版社,1995:24-60.
- [4] 李广之,胡斌,邓天龙.微量元素V和Ni的油气地质意义[J].天然地球科学,2008,19(1):8-13.
- [5] 李伟,赵克斌,刘崇禧.含油气盆地水文地质研究[M].北京:地质出版社,2008:29-359.
- [6] 袁志华,付晓宁.内蒙洪特地区化探与油气微生物勘探应用[J].物探与化探,2009,3(33):278-281.
- [7] 王国建,程同锦,汤玉平,等.微量元素方法应用于近地表油气化探研究进展[J].物探与化探,2006,30(3):236-239.

- [8] 李广之,程同锦,汤玉平,等. 物理吸附气的油气指示意义[J]. 石油与天然气地质,2006,27(5):689-695.
- [9] 张晓东,杨玉峰,殷进垠,等. 松辽盆地昌德气田天然气成因及成藏模式[J]. 现代地质,2000,14(2):203-208.
- [10] 蔡忠. 利用标准层声波时差异常法确定断层位置[J]. 石油大学学报,1999,23(1):574-584.

## THE PETROLEUM GEOLOGICAL SIGNIFICANCE OF SOLUBLE CATIONS IN NEAR-SURFACE SOIL

LI Guang-zhi<sup>1</sup>, CHEN Yin-jie<sup>2</sup>, YIN Hong-jun<sup>1</sup>, XUAN Hai-bo<sup>1</sup>

(1. Hefei Training and Testing Center of Assets Management Co., Ltd., China Petrochemical Corporation, Hefei 230022, China; 2. Wuxi Research Institute of Experimental Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi 214151, China)

**Abstract:** During the formation of oil-gas and migration process, some soluble trace elements in the sedimentary organic matter will be separated and dissolved in the associated water. Some soluble trace elements in oilfield water and crude oil will dissolve in water and migrate with water to the near-surface place. Through analyzing variation of soluble anions in near-surface soil, we can track the oil-gas information underlying strata. A study of variation of near-surface soluble anions in the Xinchang gas field, Changde gas field and Pingfangwang oil field show that soluble anions in oilfield water mainly migrate in the form of water carriers, the upward migration passage of oilfield water determines the anomaly shape and pattern at the top of oil and gas reservoirs, and soluble anions have a certain indication significance for oil and gas reservoirs in the underlying strata.

**Key words:** near-surface soil; organic matter; trace elements; soluble anions; petroleum significance

作者简介:李广之(1970-),男,安徽长丰人,高级工程师,主要从事油气地球化学基础理论、技术方法应用及实验分析技术的研究工作。

上接 197 页

**Abstract:** Despite the existence of abundant ore resources in Dongpo, the proved lead-zinc reserves have begun to be exhausted after years of exploitation. As an assistant means in geological investigation, the method of high ground resolution magnetic measurement was put into practice mainly in potential surveying areas, followed by IP sounding method. High resolution magnetic scanning led to the discovery of 22 magnetic  $\Delta T$  anomalies mainly along the contact zone of the Qianli Mountain. An analysis of geological conditions and geophysical-geochemical data revealed three remarkable anomaly zones, namely Yeijiwei-Niujiaolong, Meizilong and Shexingping-Tangzhashui. Drilling work in Meizilong area with strong M2 magnetic anomaly disclosed that the thickness of the mineralization is 10.86 ~ 32 m, suggesting a large-size skarn deposit with abundant Wu, Sn polymetallic resources. In Niujiaolong area with strong M9 anomaly, the thickness of the lead and zinc mineralized shatter zone reaches 6.4 m. Consequently, a geophysical-geochemical prospecting model in this region was built up, characterized by "two-lows and three-highs". The two-lows are the low apparent resistivity and gravity; whereas the three-highs refer to high  $\Delta T$ , high apparent polarization and high amount of chemical substances (Pb, Zn, Ag, As, etc) in the earth. As there exists close relation between the Dongpo lead-zinc ore deposit and its surrounding structures, the selection of the survey areas must be based on rocks or underlying structures with strong responses to low gravity and low apparent resistivity. These areas are usually structural shatter zones or skarn zones.

**Key words:** geophysical-geochemical anomaly; prospecting model; high resolution magnetic measurement; IP sounding; Dongpo

作者简介:郭海(1984-),男,贵州省大方县人,助理工程师。2008年毕业于桂林工学院勘查技术与工程专业,长期从事物化探野外工作。