

油藏地球化学新技术 及其在西达里亚油田开发中的应用前景

魏福军

(中国新星石油公司, 100083)

张云霞

(中国新星石油公司规划院, 100083)

由于沉积环境、母源输入、成熟度、油气运移及次生蚀变作用, 均可导致原油指纹差异, 这就是常见的垂向和侧向差异。扩散作用和密度驱动的翻转作用又可以调整这种差异并达到动力平衡。封闭断层、岩性致密的低渗层等又会破坏垂向的扩散和密度翻转的动力平衡。从这些有用的分子结构特征可以推断出有用的地质信息, 用于油藏描述的小层对比、断层封闭性及流动单元的划分、油水界面及古水流对油层的影响、分层工作状况及分层产量监测等, 从而解决西达里亚油田中、上油组合采时油气产量劈分, 为动态分析提供科学的依据。

关键词 原油指纹 扩散作用 密度翻转 分层产量监测 动态分析

第一作者简介 魏福军 男 30 岁 工程师 石油地质

从历史上来看, 有机地球化学的主要任务是鉴定或预测烃源岩、评价烃类生成的体积和成熟度 (Huang et al, 1985)。然而, 自 1985 年以来, 石油地球化学家们的研究焦点已从油气勘探领域逐渐转移到油气开采及与油藏有关的问题上来, 并逐渐形成了油藏地球化学这门新兴的前沿学科, 其研究已涉及油气田开发的诸多领域, 而且卓有成效。特别是西欧国家, 近年来已在北海、加里福尼亚、印尼和苏丹等一些油田建立了有关原油指纹库, 并应用于反映储层连续性、确定储层分隔性、石油组成非均质性、油藏内石油种群的快速对比以及产量分配计算, 研究油田开采和管线泄漏问题, 从分子级水平估量石油的导运系统, 为进一步确定勘探潜力并调整生产计划提供了确凿可靠的依据。

1 理论依据

在同一油气藏中, 经常可观察到石油在垂向上和侧向上的显著变化。它们表现在整体和分子水平上的变化, 诸如气油比 (GOR)、凝析液/气比 (CGR) 以及储层条件下泡点压力、密度和粘度等 PVT 资料。侧向上的组成差异与生油灶注入油田的途径或者渐进式源岩成熟效应有关。油田实例证实, 高成熟度、高气油比的原油在最接近生油灶的地区被发现 (史继扬等, 1982)。垂向上的组成差异是由 (地质上) 快速扩散作用和地球重力场所建立, 同时也可能是多期聚集成藏的结果, 但垂直扩散作用又会调整这种垂向差异, 井间相互连通的储层内存在着密度

翻转作用, 可以很快达到动力平衡, 封闭断层或流动屏障又会破坏垂向的扩散和翻转的动力平衡。导致石油组分变化的因素还有生物降解作用和水洗作用。对石油的降解作用通常是系统的降解, 造成 (在饱和烃馏分中) 正构烷烃、支链烷烃、异二烯烃等相继被破坏。而难以降解的多环生物标志物, 特别是芳烃族化合物可以用来确定原油的对比关系和成熟度 (卢松年等, 1986)。水洗作用主要是选择性地除去较易被水溶解的物质。储层内的混合作用主要包括热对流、密度驱动混合和扩散混合, 由于各种混合作用速度较慢, 以及具有相对隔绝的储层地质结构, 使得这种流体组成差异保持到现今 (梅博文等, 1996)。如果储层的连通性好, 则原油表现为一致的气相色谱特征, 否则, 即使来自同一油藏, 不同井原油的色谱指纹会呈现明显差异。因此, 对油田非均质性作系统研究, 对确定与储集体对应的源岩位置、有机质类型和成熟度具有重要意义。通过直接确定油气田注入点的位置, 有助于更加准确地估计导运层的位置与体积, 进而能够对未知油藏作出估计; 了解油藏内不同流体的混合过程, 可以发现储层中随生产时间而存在的流动屏障, 由此确定储层的连通性与非均质性, 识别生产层与非生产层, 这一切都可以为调整开发部署、提高油气采收率提供依据。

2 油藏描述实例

例如, 在北海 Magnus 油田, 将甲基菲成熟度的指标与油田泡点压力分布相结合 (图 1), 分析出油

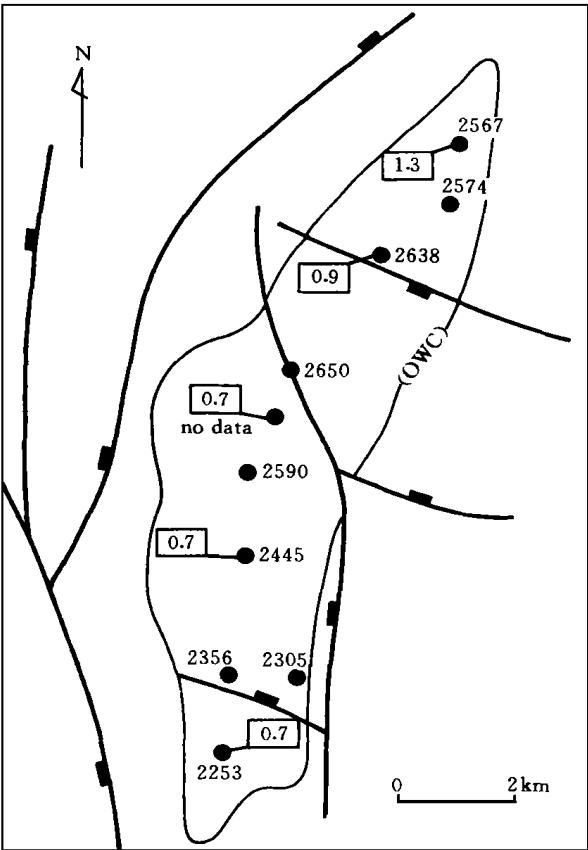


图 1 Magnus 油田泡点压力和甲基菲成熟度指数
0.7 为甲基菲指数; 2253 为泡点压力 (psi)

田原油的具有南北迥然不同的两部分: 南端甲基菲指数约为 0.7, 泡点压力普遍低于 2500psi; 而北端甲基菲指数显示为 0.9~1.3 的高值, 且泡点压力大于 2550psi, 可见其中间存在着相对隔绝的储层地质结构。

3 分层产量监测

原油指纹可以通过原油生物标志化合物的饱和烃、芳烃气相色谱图以及色谱-质谱图等特征反映出来(王培荣, 1993)。受到各种地质条件的控制, 如沉积环境、母源输入、成熟度、油气运移及次生蚀变作用, 均可导致原油指纹存在差异(史继扬, 1990)。来自同一油源的油层, 其原油性质及组成是相似的, 主要表现为两个方面: (1) 同一油层内具有相对稳定性; (2) 各油层之间的指纹又有微小的变化。因此, 通过对比原油指纹异同, 辅之室内不同比例的二元或三元混合油的气相色谱、色谱-质谱分析, 可以求得实际生产并多元混采油时各油层的产油贡献。

在油田开发过程中, 需要搞清油层产量分配, 用

以确定各油层对产量的贡献和确定油层的驱替情况。目前测定产量分配的常规方法是用机械测量、生产测井或示踪剂监测, 其明显的不足之处是: 成本昂贵、运作周期长、反复作业容易污染油层, 而且对稠油井等很不适合, 给生产研究和管理造成技术上的困难。

油藏地球化学是和储层地质学、油藏工程学以及开发地质学紧密联系在一起的一门新兴而有生命力的学科, 其研究手段非常成熟, 对采样要求低, 不影响生产。在初探井或油田早期评价时取得岩心或/和流体样品(有时可以是岩屑)之后, 即可进行资料的收集和解释。与常规高压物性分析和生产测试相比, 具有快速和成本低的特点, 可与常规手段配合使用, 其应用前景十分广阔。目前, 这一学科在我国尚未得到广泛的研究与应用, 迫切需要得到培育和支持。

4 在西达里来亚油田开发中的应用前景

基于上述认识, 将油藏地球化学应用于西达里亚油田的生产实践, 希望能为油藏地球化学在我国油田勘探开发中发挥重要作用开辟一条新路。西达里亚油田位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州轮台县境内, 在轮台县南东 56km 处。钻井揭示的地层自下而上: 古生界石炭系、志留系和奥陶系; 中生界三叠系、侏罗系和白垩系; 新生界第三系、第四系。其中, 三叠系揭示了上、中、下三个油组, 是带气顶和边底水的油藏, 但是, 它的开发动态却与此类油气藏的典型开发动态大相径庭。西达里亚油田 3 个油组的原油性质变化较大(表 1), 生油母质和沉积环境的不同造成这种差异, 而后在油气运移聚集藏过程中, 各油组之间的泥岩段起到了良好的隔挡效果。实践也证明, 以多期成藏、垂向非均质流体分异模式进行数学模拟, 很好地预测了其基本生产动态。

表 1 西达里亚油田各油组原油性质对比表

油组	原油性质				
	原油密度 (g/cm ³)	动力粘度 (mPa·s)	凝固点 ()	含硫 (%)	含蜡 (%)
-1	0.8839	32.58	-3.5	0.61	3.21
-1	0.8456	8.44	4.89	0.95	2.76
-1	0.8601	18.66	-0.25	0.24	2.25

西达里亚油田 -2 油组横向上显示了流体的性质差异(图2, 表2), 自西北向东南方向原油的密度

表 2 西达里亚 -₁油组原油性质对比表

井号	原 油 性 质				
	原油密度 (g/cm ³)	动力粘度 (mPa·s)	气油比 (m ³ /m ³)	体积系数	收缩率 (%)
S22	0.8641	13.17	226.75	1.615	38.06
S35	0.8456	8.44	840.76	/	/
DK 3	0.8601	18.66	/	/	/
DK 2	0.8703	16.23	220.06	/	/
DK 5	0.8730	21.80	185.85	1.502	33.42
DK 1	0.8993	39.03	149.93	/	/
DK 4	/	/	155.5	1.043	28.71
DK 6	0.9085	33.63	135.76	1.361	26.52

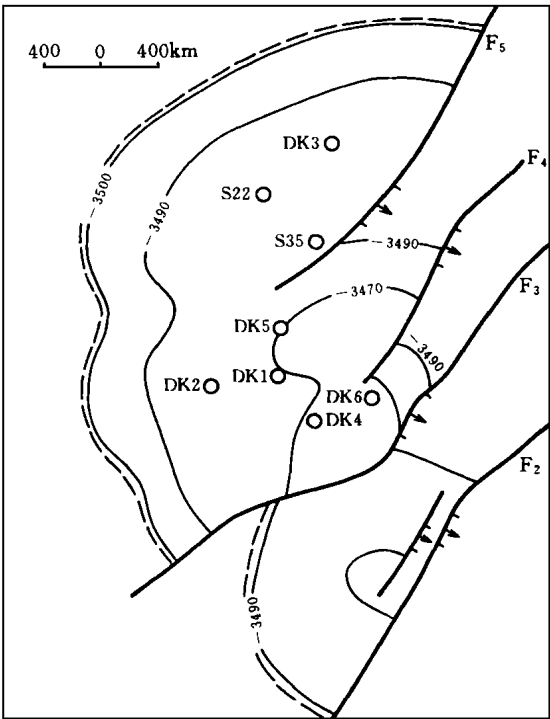


图 2 西达里亚油田 -₁油组顶面构造图

东南部,据此也可推测出油源来自西北部,沿储层砂体展布方向运移,在合适的背斜构造和断层的遮挡作用下聚集成藏,同时打破了物质平衡关系,促使烃类物质进一步转化为成熟的轻质油气。在重力分异及密度驱动混合作用下,先期成藏的黑油密度较大,居于 -₁油组下部,而更成熟的轻质油气聚集于黑油上部,形成凝析油气顶,在垂向上显示非均质性。通过在油气田生产过程中定期采集油、气和水样品,筛选一批能够反映流体非均质性的油藏地球化学指标,逐步建立起油、气指纹库,并通过分析解释这些指标的分布形式、变化关系,研究该地区流体非均质性,以及具体的时空展布,利用油藏地球化学手段解决开发过程中油气运动及剩余油气的分布型式。同时,可以解决中、上油组合采时油气产量劈分,为动态分析提供准确数据。主要运用的分析技术有:气相色谱(GC)、色谱-质谱联机(GC-MS)、族组成分析和同位素测定等。

参 考 文 献

1 Huang Difan et al. Immature petroleum in continental deposits and it significance. 190th ACS National Meeting, Chicago, Sept. 1985

2 史继扬等. 胜利油田原油与生油岩中的生物标志化合物及其应用. 地球化学, 1982, (1): 35 ~ 37

3 卢松年等. 辽河盆地西部下第三系原油和生油岩的生物标志化合物研究. 地球科学, 1986, 11(3): 295 ~ 302

4 梅博文, 林壬之等. 油藏地球化学新进展. 西安: 西北大学出版社, 1996

5 王培荣. 生物标志物质量色谱图集. 北京: 石油工业出版社, 1993

6 史继扬, 向明菊, 汪本善等. 生物标志物的热稳定序列与生油岩成熟度的划分. 见: 第四届全国有机地球化学会议论文集. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990

(收稿日期: 1997 年 8 月 11 日)

及动力粘度呈增大趋势,而气油比、体积系数和原油收缩率逐渐递增,反映了西北部原油的成熟度高于

(下转 257 页)

GEOCHEMICAL SIGNIFICANCE OF ORGANIC SULFUR COMPOUNDS IN THE TARIM OILS

Zhu Yangming

(*Jiangnan Petroleum Institute, Jingzhou 434102*)

Fu Jiamo Sheng Guoying

(*Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science, Guangzhou, 510640*)

Abstract

Aromatic fraction in more than 30 representative oils from the Tarim Basin are analyzed using GC/MS and gas-chromatography with atomic emission detector (GC/AED). The analytical data shows that various kinds of oils are significantly different in concentration and distribution of organic sulfur compounds. Compared with the terrestrial oils, the marine oils are characterized by high amount of dibenzothiophenes (> 20%) and high dibenzothiophene/phenanthrene ratio (> 0.35). By their higher values of these two parameters, Tazhong restricted bay (lagoon) oils can be distinguished from Tabei marine platform oils. These marine oils are poor in dibenzothiophene (DBT) compared to dimethylated homologs (DBDBT), reflecting the difference in original organic matter and depositional environment. It is noted that the abundance benzothiophenes (BTs) relative to dibenzothiophenes (DBTs) varies in oils from different source rock lithologies, with oils derived from carbonate having higher value. MDR, a maturity indicator based on dibenzothiophenes in oils, is affected by mineral matrices, with coal-derived oil having anomalous high value, and MDR₁ and MDR_{2,3} are related to depositional environment and organic matter type.

(上接 260 页)

A NEW TECHNIQUE OF RESERVIOR GEOCHEMISTRY AND ITS APPLICATION TO DEVELOPMENT OF XIDALIYA OILFIELD

Wei Fujun

(*China National Star Petroleum Corporation, Beijing 100083*)

Zhang Yunxia

(*Institute of Petroleum, CN SPC, Beijing 100083*)

Abstract

Many factors, such as depositional environment, maturation of organic matters, hydrocarbon migration and secondary alteration, may cause difference of petroleum fingerprint, i. e. the vertical and lateral difference in reservoir. However, diffusion and density overturn can adjust the difference and reach a new dynamic balance. But close fault and rocks with low permeability will destroy the balance. Therefore, some geochemical information can be used to describe reservoir, such as correlation of small beds, division of faults and flow units, water/oil contact, paleowater flow. It will provide useful information for development of Xidaliya Oilfield.