

农安构造水化学异常及其找油意义

张金来 伍大俊*

(地质矿产部石油地质综合大队)

一、地质背景

农安构造位于吉林省农安县城南华家乡，为松辽盆地东南隆起钓鱼台隆起带上的一个局部构造。用下白垩统泉头组顶面圈定的构造呈北东走向，有南、北两个高点（图1）。两个高点上均发育有北东向断裂。南高点主要产油；北高点除几口井见少量油流外，主要产天然气。油气产自泉头组三段和一段，埋深仅500—800米。

新开河自南向北流经该构造。地貌主要属堆积成因类型的河谷冲积平原，由一级阶地和河漫滩组成；西部由微起伏平原组成。

地下水的赋存特征和分布规律受地貌明显控制。含水层主要为全新统冲积层，西部为上新统冲积层。全新统冲积层主要为淡黄色黄土状亚砂土及灰黄色亚砂土及砂砾层，河漫滩则为灰黑色淤泥质亚粘土，下部为砂层。上新统上部为黄灰色黄土状亚砂土，下部为灰黑色亚粘土，底部为砂或砂砾层。

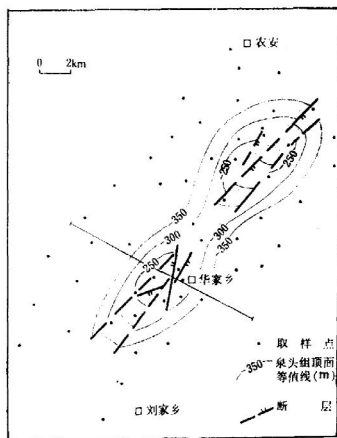


图1 农安构造及取样点分布图

二、样品制备

样品主要采自上新统和全新统冲积层中的潜水。均匀布点，平均3—4平方公里一个点（图1）。用专制的取样器采集样品。为了防止有机组分的挥发和变化，样品在现场或野外测站制备：测试酚的样品在现场用氯仿萃取；紫外和荧光的测试样品在现场用正己烷萃取；测试苯系物（苯和甲苯）的样品在野外测站当日用二硫化碳萃取；测试溶

* 参加工作的还有牛冠群、邓树立、张学全、蔡映宝、魏梅华等；紫外吸收光谱和荧光光谱由中国科学院安徽分院光机所九室测试

解烃气的样品, 用玻璃瓶装, 倒置, 在野外测站脱气。

测试不同项目样品的制备, 均要求准确地量取一定数量的样品和溶剂, 萃取时间也要准确一致。

为了保证资料的可靠性, 均采集 20% 的重复样品进行平行测试; 测量采样期间, 建立观测点, 每隔一定时间重复采样一次, 以观测各种项目的稳定性。

三、参照系的确定

参照系指背景值。参照系的确定取决于各项指标的浓度分布特征。由于石油组分的扩散作用, 油田水中富集有机组分苯、酚、溶解烃气等而与一般天然水截然不同^[1]。用紫外吸收光谱和荧光光谱测定地层水的芳烃, 近年来才开始探索, 研究表明, 它们也是指示油气的重要指标^[2]。有机组分 7 项指标的浓度分布特征如图 2 所示。根据它们的浓度分布特征确定的参照系由表 1 给出。

酚和甲烷浓度分布的均匀度大于 1.0, 故参照系上限采用 $\bar{x}+3s$; 紫外光谱波长 260 nm 和 310 nm 吸收强度以对数表示, 由于数据作了指数压缩, 均匀度很小, 故参照系上限采用 $\bar{x}+s$; 苯系物 (苯和甲苯)、荧光光谱波长 405 nm 的荧光

强度, 均匀度介于前述两者之间, 故参照系上限采用 $\bar{x}+2s$ 。大于参照系上限的异常, 有规律地分布在油气藏上, 说明参照系的确定是适宜的。

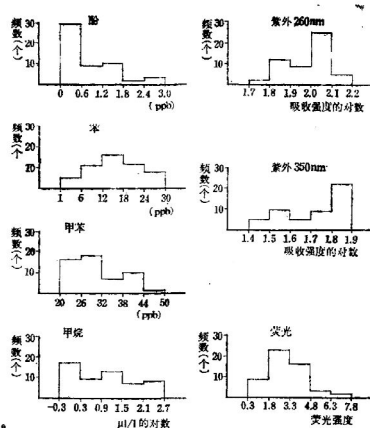


图2 有机组分浓度分布图

表1 有机组分指标参照系表

指 标	均值 ($\bar{x}$)	标准差 (s)	参照系上限	均匀度 (Cr)	测点数 (个)
苯 (ppb)	13.76	6.13	$\bar{x}+2s=26.02$	0.44	52
甲苯 (ppb)	30.56	4.04	$\bar{x}+2s=38.64$	0.13	52
酚 (ppb)	0.48	0.52	$\bar{x}+3s=2.05$	1.08	54
紫 外	260 nm	1.969	$\bar{x}+s=2.06$	0.04	54
	310 nm	1.70	$\bar{x}+s=1.85$	0.08	54
荧光 (405 nm)	2.77	1.07	$\bar{x}+2s=4.92$	0.38	54
甲烷 ($\mu\text{l/l}$)	12.29	17.07	$\bar{x}+3s=63.15$	1.38	54

四、异常分布与特征

水中的溶解烃气主要是甲烷, 部分样品还含有乙烷, 极少数含有丙烷。甲烷异常主要分布在构造北高点产气部位的南北两侧, 在甲烷的异常范围内均出现乙烷。在构造南高点的产油部位无甲烷异常出现(图3)。

紫外吸收光谱 260 nm 异常分布在北高点产气部位的南北两侧, 与甲烷异常相似; 310 nm 异常分布于北高点产气部位上。紫外吸收光谱异常与甲烷异常基本叠合(图3)。

苯、甲苯、酚异常在构造的南高点和北高点上均有分布, 并具有良好的叠合性, 以甲苯异常分布范围最大, 苯异常囊括于甲苯异常之中(图4)。

荧光异常仅出现在南高点的苯、甲苯和酚异常的南侧, 呈月牙形(图4)。

有机组分上述异常分布特点, 可能与其组分属性和地球化学行为不同有关。

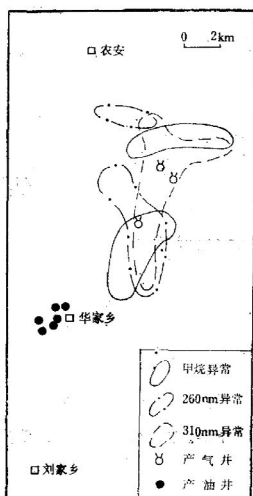


图3 紫外和甲烷异常分布图



图4 苯、甲苯、酚、荧光异常分布图

表2 有机组分异常特征参数表

指 标		异 常 均 值	异 常 衬 度
苯 (ppb)		31.28	1.20
甲苯 (ppb)		41.38	1.07
酚 (ppb)		8.12	3.96
紫 外	260 nm	2.09	1.02
	310 nm	1.88	1.02
荧光 (405nm)		6.81	3.01
甲烷 ($\mu\text{l/l}$)		579.84	9.18

有机组分的异常特征参数由表2给出。可见, 以甲烷、酚和荧光异常的衬度最大。

五、水化学异常的形成与验证

1. 水化学异常的形成机制

油气藏是自然界中的巨大烃源。油气藏中的烃类气体不断地进入油气藏上方或附近的地下水中。烃气溶解度随地下水的矿化度降低而升高, 而油气藏上方或其附近地下水的矿化度往往比深部水低得多, 因此有利于溶解地下运移上来的烃气。

苯、甲苯、酚等单环芳香族化合物是石油的重要组成部分, 它们易溶和易挥发, 有利于在地下水中溶解和向地表扩散。

当烃气由地下进入到浅部地下水中时, 由于浅部地下水在化学上和生物化学上都是活性很大的介质, 甲烷及其同系物(丙烷、丁烷)被烃类氧化菌氧化, 使水的化学成分发生变化, 富集苯、甲苯、酚等有机组分, 因此, 形成的有机组分异常, 提供了深部存在油气藏的信息。

2. 异常模式

农安构造中的油气垂直运移活跃, 下白垩统泉头组三段和一段产层中的油气来自侏罗系, 其主要证据有二: (1) 生油岩研究表明, 嫩一段湖相深色泥岩有机质丰富, 但不成熟; 青山口组二、三段地层为一套灰绿色、紫灰色泥岩, 有机质含量低, 不易生油; 青山口组一段虽然为灰黑色泥岩, 有机质丰富, 但转化条件较差; 泉头组基本上为红层, 是氧化条件下的产物, 不利于生油。侏罗纪沉积了一套厚逾2000米的含煤火山岩系夹稳定的暗色泥岩, 有机质丰富, 正处于有利的生油阶段。(2) 农安构造上的农5井在泉三段发现工业油流, 邻井泉一段、泉二段及侏罗系砾岩中也都发现油流及油气显示。这些原油和抽提物的正构烷烃曲线与该井1800米以下侏罗系生油岩可以对比, 说明油源是侏罗系。

从生油岩到储集层, 油气垂直运移了700—900米, 而从储集层到地表仅500—800米, 且构造中断裂也比较发育, 因而运移上来的微量较轻的芳烃组分被地表水捕获溶解而形成异常(图5)。水化学异常剖面经过构造南高点, 呈NW—SE向。可见, 苯、甲苯、酚和荧光异常显示清晰, 叠合性好, 展示了异常与地下含油气情况和构造条件的关系。

3. 碳同位素验证

碳同位素指标存在着数据的重叠性和多解性, 往往需要用到其他地球化学指标补充和验证。同样, 其他地球化学指标的研究结果, 经常要用碳同位素指标补充和验证。油田水与油气伴生, 所含甲烷往往是热解成因,

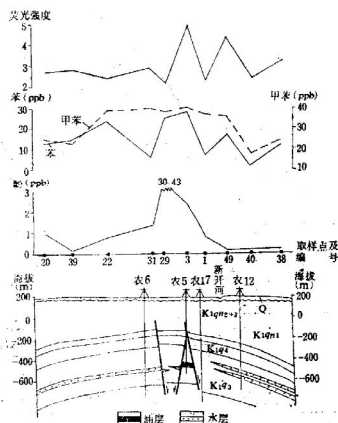


图5 苯、甲苯、酚、荧光异常模式图

相对富集重的碳同位素；浅层地下水中甲烷多属生化成因，最富轻的碳同位素（表3）。本区部分水样的甲烷碳同位素与油田水相似，是异常与地下油气有关的重要证据。

表3 不同类型地下水中甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 值表

地下水类型	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
油田水	-40至-26
浅层水	-91至-71
研究区潜水	-40.95至-26.56

六、油气化探意义

研究农安构造水化学异常的目的在于指导未勘探区的油气勘探。在农安构造进行化探测量的同时，更重要的是在其毗邻的未勘探区进行了区域油气化探测量。农安油气藏上的水化学异常对毗邻未勘探区的区域油气化探有重要的指导意义。

1. 选择水化学指标

所进行的油气化探测量中测试项目包括：（1）常规： $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ ， Ca^{2+} ， Mg^{2+} ， Cl^- ， SO_4^{2-} ， HCO_3^- 和矿化度；（2）有机组分：溶解烃气、苯、甲苯、酚、紫外吸收光谱和荧光光谱；（3）微量元素： Li ， Cu ， Ni ， Mn 等。在农安油气藏上以有机组分的异常规律性最强，证明有机组分能够提供本区深部油气存在的信息。

因此在其毗邻的未勘探区主要也应用了有机指标。把甲烷、苯、甲苯、酚、紫外吸收光谱（260 nm 和 310 nm）和荧光光谱 7 个指标进行了典型趋势分析。典型趋势分析的

优点在于能够计算一组变量的共同趋势，将表示单一母体的多变量空间分布的一套趋势图合并成一张趋势图，它的最大相关性提供了母体反应面与样本反应面之间较高的信度。

将测区内样本分为两组不同变量，第一组变量是样点的坐标；第二组变量是有机组分的 7 个指标。拟合这两组变量的原始数据的多项式采用五次。结果既出现了异常区又出现了剩余异常（即局部异常）（图6）。测区为一沉积凹陷，异常区和局部异常，沿凹陷边缘呈环状分布，呈现出有规律的展布。

2. 异常的类比

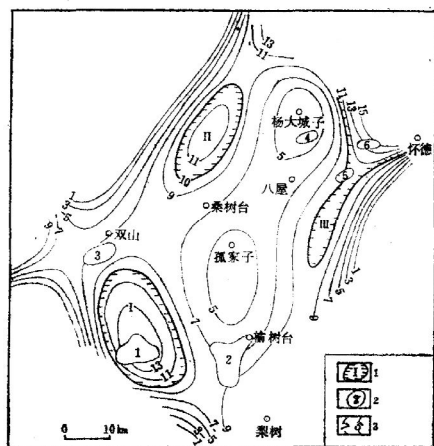


图6 松江盆地某地区水化学典型趋势面分析（五次）异常图
1—异常区及编号，2—局部异常及编号，3—趋势等值线

未勘探区地表水中的甲烷属生化成因的烃气者, $\delta^{13}\text{C}$ 为 -76.8 至 -91.18% ; 属热解成因的烃气者, $\delta^{13}\text{C}$ 为 -45.96 至 -55.14% 。农安油气藏上水中热解成因烃气比未勘探区重, $\delta^{13}\text{C}$ 为 -26.56 至 -40.93% 。对这种差异, 可以这样解释: 农安构造油气埋藏浅, 深化气向地表运移途径短, 同位素分馏作用弱; 未勘探区目的层埋藏深, 深化气向地表运移途径长, 同位素分馏作用强。

3. 异常的综合解释与评价

典型趋势分析(五次)圈定的3个异常区和6个局部异常(图6), 根据农安油气藏上的水化学异常规律, 结合物探-地质资料, 对未勘探区的水化学异常进行了综合解释。

根据已掌握的资料, 测区主要生油层为侏罗系, 主要的油气藏可能为基岩油气藏、不整合面油气藏或表层构造油气藏。测区经燕山运动, 在上古生界基底中产生了断裂。断裂表现为中间断距大, 两头断距小, 具拉张性质。断裂控制了主要生油岩侏罗系, 是油气运移的重要通道, 也是水化学异常形成的主要地质背景。

水化学异常区的分布与断裂有密切的关系。I号异常区位于 T_2 反射层 t_0 图的第二条断层中部和受该断裂控制下长期隆起的基岩潜山上; II号异常区位于第三条断裂的北端; III号异常区也位于测区东部的断裂附近。

局部水化学异常多与表层构造有密切关系。1、2号局部异常位于 T_2 反射层 t_0 图的鼻状构造上; 3号异常也位于局部构造上。其余3个局部水化学异常虽然地下构造情况尚不清楚, 但可以推测, 可能存在表层局部构造。

从水化学异常的特征分析, 异常点有机组分之间的相关性比背景值有机组分之间的相关性高, 说明有机组分虽然地球化学行为各有所异, 但在油气的影响下, 它们又具有一定的共性。这样, 就提高了异常的可信度。

因此, 图6中的水化学异常区提供了油气勘探的远景区; 局部水化学异常提供了油气勘探部位。

根据水化学异常特征(表4), 对异常进行了评价。

表4 水化学异常特征表

异常区编号	异常特征		局部异常编号	异常特征	
	显示的指标	衬度		显示的指标	衬度
I	所有有机组分指标组成	1.3	1	苯、甲苯、酚、甲烷、荧光	5.35
			2	苯、甲苯、酚	211.97
II	由酚、甲烷、紫外、荧光组成	1.1	3	苯、甲苯、紫外、荧光、甲烷	87.67
			4	甲苯、荧光、紫外	4.77
III	由苯、甲苯、紫外、荧光、酚组成	1.5	5	苯、甲苯、酚、紫外	12.09
			6	甲苯、酚、荧光	4.74

(1) 异常区

I号异常区: 异常的指标显示齐全, 衬度较大, 囊括着I号局部水化学异常, 位于

第二条断裂的中部和受该断裂控制下长期隆起的基岩潜山上,在 T_2 反射层 t_0 图上有局部构造存在。是寻找基岩油气藏或不整合面油气藏以及表层油气藏最理想的远景区。

Ⅱ号异常区:位于第三条断裂的北端,具有油气运移通道,异常由酚、甲烷、紫外和荧光指标综合组成,是理想的远景区。

Ⅲ号异常区:位于测区东部边缘断裂上。异常由苯、甲苯、酚、紫外和荧光组成。有机指标显示比较全,囊括两个局部异常,是比较理想的勘探远景区。

(2) 局部异常

1号异常:位于长期隆起边缘第二条断裂附近和表层鼻状构造上,异常由苯、甲苯、酚、甲烷和荧光组成,附近又有表征热解成因的 $\delta^{13}C$ 点,地下既有良好的油气运移途径,又有表层构造条件,是油气勘探最理想的部位。

2号异常:位于继承性表层鼻状构造上,异常衬度很大,是勘探基岩油气藏、不整合面油气藏或表层构造油气藏的理想部位。

3号异常:位于表层构造上,异常由苯、甲苯、紫外、荧光和甲烷组成,指标显示较齐全,异常衬度较大,是比较理想的勘探部位。

4、5、6号异常:虽然地下地质情况不明,异常只有部分指标显示,但附近有表征热解成因气的 $\delta^{13}C$ 点,又具有一定的异常衬度,其中5、6号异常囊括在Ⅲ号异常区,因此,是值得注意的勘探部位。

(收稿日期 1984年10月17日)

参 考 文 献

- [1] 张金来, 1981, 我国陆相油田水形成的若干水文地球化学作用, 地球化学, 第4期。
- [2] 伍大俊等, 1982, 应用紫外吸收光谱及荧光光谱测定地层水中的芳烃, 石油实验地质, 第4卷, 第4期。

HYDROCHEMICAL ANOMALY OF NONG'AN STRUCTURE AND ITS SIGNIFICANCE FOR OIL PROSPECTING

Zhang Jinlai Wu Dajun

(Comprehensive Research Institute of Petroleum Geology, Ministry of
Geology and Mineral Resources)

Abstract

The authors have discussed the formation, distribution and properties of hydrochemical anomalies constituted by the concentrations of benzene, methyl-benzene, phenol and dissolved hydrocarbon gases in surface water of Nong'an structure, Jilin Province, and the absorption intensity of the same surface water determined by ultraviolet spectrum (260, 310nm) and fluorescence spectrum (450 nm), in order to guide oil and gas prospecting in the adjacent area.