

油气化探在天然气勘探中的应用

赵克斌^{1,2}, 孙长青^{1,2}

(1. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074; 2. 中国石化石油勘探开发研究院 合肥化探研究所, 安徽 合肥 230022)

摘要: 油气化探技术以检测烃类气体为主的直接方法, 具有快速、有效、成本低的优势, 在天然气勘探中可发挥积极的作用。通过研究典型气藏上方化探特征与异常规律, 提出了适合天然气勘探的化探指标和方法, 并以四川新场气田为例, 对天然气藏化探异常形成机理进行了探讨, 证实了油气化探技术在天然气勘探中的应用是有效的。

关键词: 油气化探; 天然气; 异常模式

中图分类号: P632

文献标识码: A

天然气是重要的能源, 我国天然气在能源消费结构中所占的比例仅为 3% 左右, 远低于世界平均水平 (20%~30%)。石油与天然气探明储量比我国只有 1: 0.08, 远低于世界其它国家, 如美国为 1: 1.21, 俄罗斯为 1: 1.23, 天然气探明储量仅占预测资源量的 3.88%^[1]。由此可见, 我国天然气勘探大为滞后, 有巨大的勘探前景。

油气化探 (油气地球化学勘探的简称) 技术是以检测烃类气体为主的直接找矿方法, 在区域评价、圈闭评价和勘探评价等方面均要发挥其应有的作用, 是一种快速且经济的油气勘探新技术^[2]。随着现代分析技术的提高, 计算机技术的应用和油气化探工作者的不懈努力, 特别是经过“七五”、“八五”、“九五”化探科技攻关, 现已进入到一个新的发展阶段。但是, 就其工作重点而言, 主要侧重于研究石油的浅层地球化学效应及解释评价技术, 而对适用于天然气田勘探的化探方法和指标、分析测试技术及其异常解释评价的研究甚少, 而化探指标反映油与气具有双重性, 区别并不十分明显, 因此, 利用化探指标判别石油和天然气, 建立天然气勘探的化探技术方法系列是一个新课题, 难度较大。作者长期从事油气化探的科研与生产, 积累了大量的资料, 为探讨寻找天然气的化探技术与方法创造了条件。

管辖, 气区所处的构造部位为 NE 向断裂的交汇处, 断层相互切割较强, 形成大小不一的断块, 现有的勘探证实, 在断裂的交汇部位位于沙河街组二段发现工业气流, 显示了良好的找气远景。

本区进行了水、土 2 种介质的综合化探研究, 从区域地球化学特征入手, 在分析主要化探指标异常形成的地质背景的基础上, 总结出反映天然气的化探指标, 其中以烃类气体 (包括酸解烃和水溶烃) 和蚀变碳酸盐 (ΔC) 为主, 辅以轻芳烃光谱特征 (包括紫外导数和三维荧光)、酚和碘离子 ($i\text{v}$), 圈定的化探综合异常图如图 1 所示, 其具有如下特点:

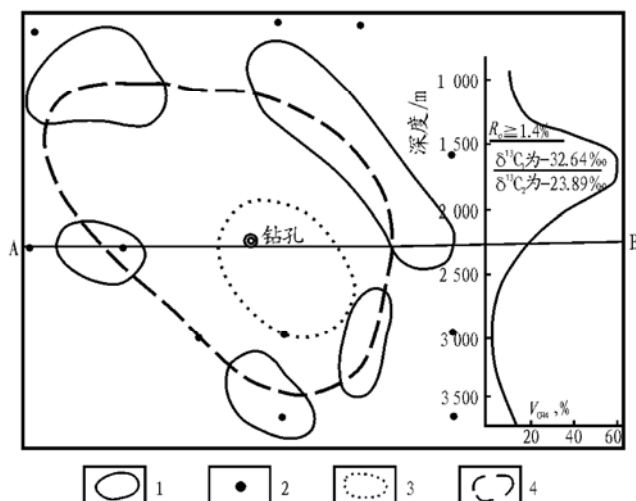


图 1 垛石桥气藏上方化探综合异常图
1. 烃气异常; 2. C_2^+ / C_1^+ 异常; 3. 酚异常; 4. 异常界线

Fig. 1 Composite geochemical anomalies of Duoshiqiao gas field

1 已知气藏上方浅层地球化学效应

1.1 垛石桥气田

研究区位于临邑凹陷南斜坡, 属山东省济阳县

a) 酸解烃甲烷及其同系物之间有较强的相关系数(0.44~0.99), 它们与 ΔC 之间具有一定的相关性(0.21~0.67), 说明它们具有相同的来源, 反映了深部的油气信息;

b) 烃类气体的高含量, 湿度比的高值带等均沿异常的边缘分布, 呈现环状异常模式, 异常的范围略大于含气范围;

c) 在异常中部出现水中酚和 iv 的高值异常;

d) 轻烃指纹图谱和甲烷稳定碳同位素($\delta^{13}C_1$ 为 -32.64%), 显示煤成气的特征, 这与勘探实际情况相吻合。

1.2 后五家户气田

该区位于松辽盆地南部梨树凹陷十屋断陷后五家户背斜构造, 区内断裂发育, 相互交错切割成断块。梨参1井于井深1468.4~1473.4 m 获日产气 $7.5 \times 10^4 m^3$, 轻质油 $0.036 m^3$, 证实该区具有良好的找油气远景。

在该区进行了多指标的土壤化探普查, 在分析其区域地球化学场特征和筛选指标的基础上, 圈定了化探综合异常(图2), 其特征为:

a) 后五家户气区化探指标的含量明显低于十屋和小五家子地区, 反映了其独特的地球化学场特征;

b) 甲烷及其同系物之间具有较高的相关性, 且与 ΔC 相关, 反映了地下油气的信息;

c) 甲烷、重烃和 ΔC 异常均围绕气田断续分布, 呈环状异常模式;

d) 反映油气特征的 C_2^+ / C_1^+ 在气田上方呈现低值, 周边为高值, 反映了该区的湿气特征, 这与松南33井井下化探成果所反映的湿气特征相吻合($W_h = 10.13 \sim 18.44$), 证明该区是寻找天然气的有利地区。

1.3 川西孝泉含气构造

孝泉构造为一近东西向的穹窿状背斜构造, 该背斜呈东南翼陡, 西北翼缓的不对称形态。构造的高部位大致位于向家场—新市—孝泉—新场一线, 在东西方向上, 该长轴背斜的高部位埋深相差不大, 略呈向东的倾伏状态。在孝泉构造主体的东南翼(即新市以东), 圈出了一条工业气井和高产井集中分布的地带, 表现出了气藏形成对破裂构造的依赖性^[3]。

本区进行了包括顶空气、酸解烃、 ΔC 等多方法、多指标的综合地球化学勘探, 通过对该区地形、地貌、构造、碳酸盐含量等对化探指标影响的校正, 在分析各指标区域背景的基础上, 优选出的有效化探指标为: 酸解烃甲烷、顶空气甲烷、 ΔC 、重烃/总

烃。圈定的化探综合异常如图3所示, 从中看出:

a) 数据离散度大, 区域背景较高, 顶空气甲烷极值为 $2.65 \times 10^{-6} \sim 122\,053.86 \times 10^{-6}$, 均值为 706.32×10^{-6} , 酸解烃甲烷极值为 $1.18 \sim 11\,449.51 \mu L/kg$, 均值为 $830.30 \mu L/kg$, 充分表现了本区特殊地质条件下, 独特的地球化学场特征;

b) 酸解烃系列与 ΔC 、碳酸盐具有一定的相关性, 从数据结构来看, 酸解烃甲烷值域大于 $500 \mu L/kg$ 时与碳酸盐密切相关, 这反映了它们成因既有联系, 又有差异;

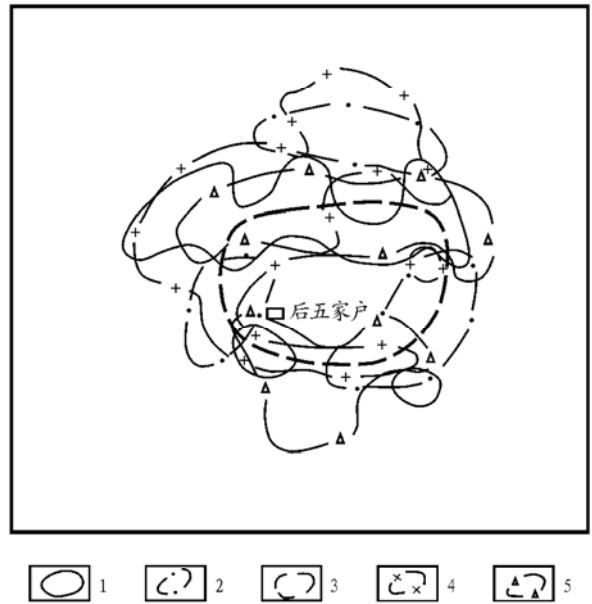


图2 后五家户含气区化探综合异常

1. 甲烷异常; 2. 湿度异常; 3. 综合异常线; 4. 重烃异常; 5. ΔC 异常

Fig. 2 Composite geochemical anomalies of Houwujiahu gas-bearing region

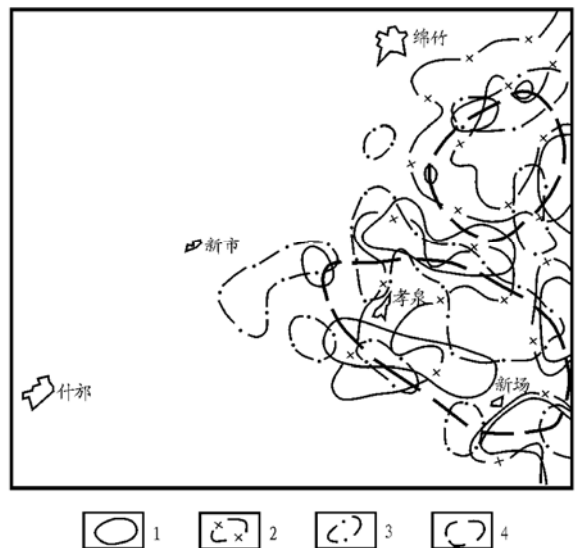


图3 孝泉地区化探综合异常图

1. SC_1 ; 2. WC_1 ; 3. 湿度系数; 4. 综合异常界线

Fig. 3 Composite geochemical anomalies of Xiaquan area

c) 由烃类气体组成的异常(包括酸解烃甲烷、重烃、顶空气甲烷)在气藏上方呈环状分布,这个范围略大于气藏范围,并不与该构造完全吻合;

d) 酸解烃重烃/总烃在气藏上方呈现低值,向外围逐渐增高,这与该构造为含气构造相吻合,主要呈现轻组分特征。

1.4 太平庄含气区

该区位于松辽盆地北部太平庄构造,由较复杂的断块凸起组成,经勘探证实,庄深1井、双13井、双131井、双132井等井的扶余油层含气,为一找气有利区。

本区进行了 $1.0 \times 1.0 \text{ km}$ 的化探面积详查,分析指标有甲烷及其同系物、 ΔC 、紫外吸收光谱和荧光光谱系列,经综合分析,圈定的化探综合异常如图4所示,其异常特征为:

a) 甲烷及其同系物之间具有较好的相关性,且与 ΔC 之间相关较好,反映了它们具有共同成因,显示了下覆油气信息;

b) 从甲烷、重烃、 ΔC 异常叠合图来看,它们的高含量均围绕含气区分布,且呈现环状异常模式;

c) 从 C_2^+ / C_1^+ 分布来看,其高值由含气中心向周边逐渐增高,呈现环状异常,显示了湿气的特征;

d) 从荧光 $320 \text{ nm} / 380 \text{ nm}$ 异常来看,其高值带与含气区范围基本吻合,说明了该异常是找气的有利地区。

1.5 典型气藏化探异常规律

通过对上述众多已知油气藏上方浅层地球化学效应的研究,可以得出如下规律:

a) 已知气藏上方浅层地球化学效应显著,寻找

天然气的化探方法仍以酸解烃、顶空气为主,再辅以 ΔC 、热释汞,在绝大部分地区都取得了较好的找油气效果。

b) 烃类气体比值 C_2^+ / C_1^+ 在气藏上方呈现低值异常,这与油藏上方呈现高值异常相区别。

c) 烃类气体组分之间具有较好的相关性,且与热释汞或 ΔC 之间具有一定的相关性。

d) 天然气田上方异常模式以环状异常、块状异常为主。

e) 反映油气组分特征的荧光光谱(360 nm 或 380 nm) 在气田上方呈现低值(或 $320 \text{ nm} / 360 \text{ nm}$ 在气田上方呈现高值),而在油藏上方呈现高值异常。

2 判断天然气的主要化探指标

由于天然气具有组分分子小、重量轻、粘度小和被岩石吸附能力差^[4],而运移速度快、扩散能力强和运移途径长等特征,因此天然气地球化学勘测则有别于石油的地球化学勘探,这主要表现在烃类气体的组分及结构上存在差异,石油主要由 C, H 及少量 O, S, N 等元素组成;烃类在石油中占 80% 以上,不仅含气态的低分子烃,而且还含较多的不饱和烃(如芳香烃),而天然气主要由气态的低分子烃和非烃气体组成^[4],混合的比例较大,天然气中甲烷是主要成分,含量高达 80% 以上,而乙烷、丙烷及丁烷等含量较少,因此,进一步研究和分析与油气成因有关的化探指标及其组合以判别油气属性,是完全可能的。通过前述典型油气藏的浅层地球化学效应,用如下方法来判别气藏。

2.1 常规指标

前已述及,石油与天然气主要由烃类气体组成,烃类气体在运移过程中遗留下来可以检测的地球化学形迹,即油气运移在地质体或自然环境中形成的物质,既然可以指示油藏的存在,也必然可以指示天然气藏的存在。因此,利用常规的地球化学指标,研究其含量、组成及分布,可以对研究区的天然气资源进行预测。从研究区的实际资料来看,寻找天然气常规方法有酸解烃、顶空气、 ΔC 、热释汞、水化学法的水溶烃,指标包括顶空气甲烷、酸解烃甲烷、重烃、水溶烃甲烷、 ΔC 和 Hg 等,这些方法和指标是寻找天然气的有效方法和指标组合,同时热释汞对于寻找煤成气具有独特的作用。

2.2 烃类气体的特殊比值和图解

由于石油和天然气化学性质和物理性质的差异,本文应用烃类气体组分比值: C_2^+ / C_1^+ 、 C_2^+ / C_1^+ 、

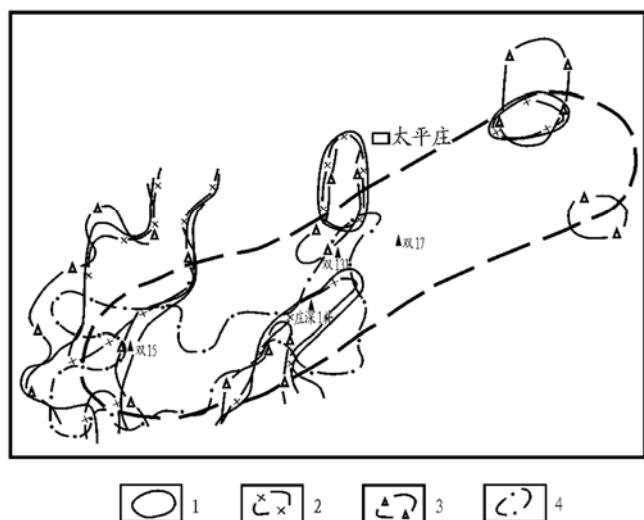


图4 太平庄含气区综合异常图(据言文伯等提供数据)

1. C_1 异常; 2. C_2^+ 异常; 3. ΔC 异常; 4. $F_{320/380(nm)}$

Fig. 4 Composite geochemical anomalies of Tainingzhuang gas-bearing area

$(C_1 + C_2) / C_2^+$, $(C_4 + C_5) / C_3$, C_{11} / C_2 , C_{11} / C_3 , C_{11} / C_4 , C_{11} / C_5 等来判别油气属性, 从而确定气藏的存在。由于烃类气体的甲烷及其同系物, 在同一地球化学环境下背景烃(原生烃)的轻重组分是相对稳定的, 随地球化学的环境的改变, 轻重比也随之变化。当地下储集层中的 C、H 化合物运移到达地表时, 由于外界条件的改变, 除一部分以游离的形式存在于土壤层颗粒之间或被土壤层矿化颗粒所吸收外, 有相当部分的烃类散失到大气中, 由于重烃和甲烷在地球化学性质上的差异, 将发生轻、重组分的分异作用, 即甲烷向大气中逸散量大于重烃, 结果在近地表的沉积物中相对富集了重烃, 一般在油藏上方烃类的组分积累速度快, 使烃类的湿度增大, 形成湿气异常; 在气藏上方烃类的轻组分积累速度快, 形成干气异常, 这种分异效应, 改变了原始烃的比例组成和动态平衡, 形成与非油气地区不同的烃类地球化学景观, 以及油藏与气藏烃类组分的差异, 为油气化探判别油气属性寻找气藏提供了依据, 具体判别标准^[5]如图 5。

2.3 烃类气体判别油气属性的技术和方法

吸附丝对于判别油气属性、指示气藏的存在具有较好的示踪作用。据此, 利用轻烃组分特征或图解可以判别气藏。

油气藏上方土壤中烃类系列指标的组分变化范围及其特征如表 1 所示。

2.4 甲烷稳定碳同位素($\delta^{13}C_1$)示踪

大量的生产和试验已证实, 甲烷稳定碳同位素成果对于判别油气属性和成因具有独特的作用。目前许多学者将碳同位素特征看作是鉴定天然气成因的最有效方法之一, 油气化探正是利用这点测定酸解烃

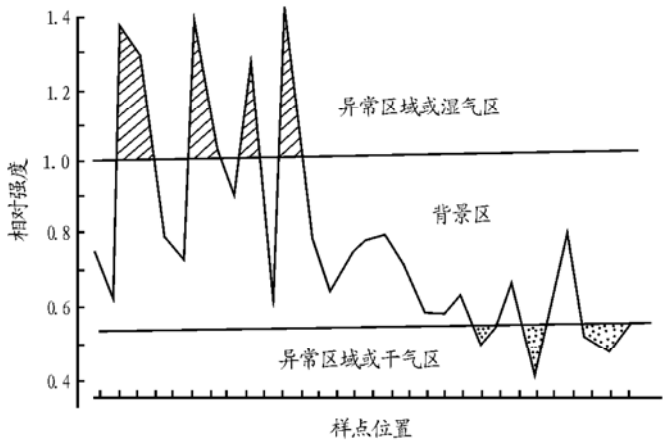


图 5 重烃与轻烃的分异效应图

Fig. 5 Different effect diagram between heavy hydrocarbon and light hydrocarbon

表 1 油气藏上方土壤中气体组分变化范围

Table 1 Changes of gas composition in soil above reservoirs

类型	重烃, %	烃类比值		
		$C_1 / \Sigma C$	C_1 / C_2	$(C_3 / C_1) \times 1\,000$
油	12.5~ 15.0	75~ 50	10~ 4	60~ 500
气	< 5.0	> 75	> 10	< 60

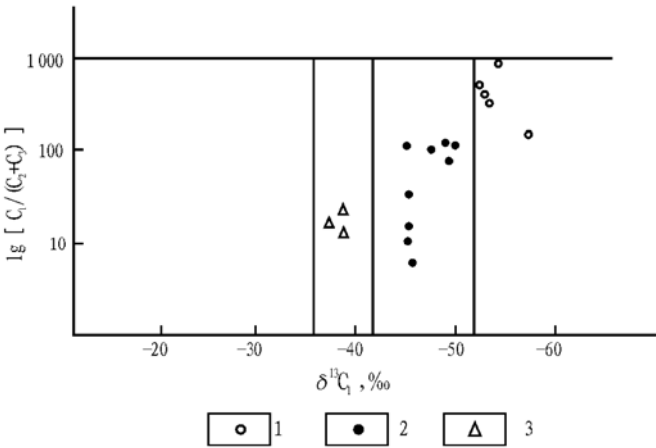


图 6 天然气成因判别图

1. 生化甲烷; 2. 油田伴生气; 3. 煤型气

Fig. 6 Discrimination diagram for the natural gases

或水溶烃中甲烷稳定碳同位素结果来区分油气属性, 为寻找天然气服务的。生物成因气的 $\delta^{13}C_1$ 均值小于 -54‰ , 油田伴生气 $\delta^{13}C_1$ 均值介于 $-54\text{‰} \sim -40\text{‰}$ 之间, 过成熟气或煤型气的 $\delta^{13}C_1$ 均大于 -40‰ 。同时, 还可以利用轻烃气体中甲烷及其同系物的比值与 $\delta^{13}C_1$ 值划分天然气的成因类型^[6](图 6)。

3 天然气化探异常形成机理探讨

油气地表地球化学异常是油气在地质历史上生成、运移、聚集、逸散及氧化过程的现代表现, 目前绝大多数石油地质学者已接受了油气除大规模、远距离的侧向运移外, 还有垂向运移的观点。这一观点认为, 油气的微量组分能通过微渗逸向上迁移至地表, 是油气化探的理论基础。这种迁移过程是多组分、多相态的动力学过程。在地下深处油气的产生和聚集, 必然会对周围介质和覆盖层产生广泛而深远的影响, 这种影响的结果是油气在破坏或改造了周围介质中原有的元素共生组合的同时, 也改变着自身化学性质和物理性质, 在油气运移的途径中或影响范围内, 形成新的元素动态平衡体系。油气运移是油气在生油岩中生成后开始的, 以后的一切运移(包括在储集层中的运移, 沿断层、不整合面或开启性断裂等通道条件下所进行的运移, 以及在构造

的影响下使油气重新分布的运移等)都是接着初次运移的连续过程。在运移过程中,由于所处环境(物理和化学)的变化,不仅使油气的物理状态发生变化,而且在运移途径中遗留下可以检测的地球化学形迹——油气在地质体或自然环境中形成的物质。化探就是通过对这些物质的取样和观察,分析测试其中的一种或多种化学成分或化学特征(即指标),通过对比,确定在广大的正常背景区中呈现的异常地段,然后根据异常与油气在成因上与空间上的关系,结合地质与物探资料,进行综合解释评价与推断,从而对区域含油气远景进行预测^[2]。

天然气是一种比石油活性更大的流体,在气源岩中形成的天然气在各种地质应力作用下进入储集层内,并在储集层中继续运移,在遇到适当圈闭时,就聚集起来,形成规模不一的天然气藏。天然气藏形成后,由于构造变动等地质条件的改变,可以使其中的天然气重新发生运移,它或者在新的圈闭中聚集起来形成新的气藏,或者造成气藏的破坏和散失,所以天然气的运移聚集与散失是一个连续不断的运动过程。在这个过程中天然气可以呈水溶状态或气态的形式,以渗流和扩散的方式向地表运移,形成近地表天然气化探异常,因此,地下天然气的生、储、盖组合的方式和范围,直接控制着油气的微运移,并进而影响近地表地球化学效应。要研究近地表天然气化探异常的形成机制,就应该结合地下地质特征、近地表地球化学效应和井中化探指标的纵向变化特征等方面,进行综合研究。

4 研究实例

本文研究主要以川西孝泉地区气田为研究对象,对近地表化探异常的形成作一尝试性探讨。

4.1 地下地质概况

孝泉—新场构造位于川西龙门山推覆带的山前褶皱带,为一北东—西向背斜。川西坳陷的致密地层,其储集性能具有低孔低渗特点,另一方面,破坏了储集岩分布的规则层状特点^[7]。在岩石致密化的条件下,砂岩、泥岩的界限并不必然就是储层和盖层的界线,因此,储集体的概念也就相应地定义为:具备有效的储集空间和渗滤通道的一组岩石所构成的不规则地质块体。其有效性的关键在于能否具备一个可以改善渗滤条件的管道网络系统,这个管道网络系统是由有效喉道—微裂隙—显裂隙等所组成。储集条件的优劣取决于管道网络的完善程度,当其相当完善时,即使孔隙度很低,但孔隙空间的有效性

会显著提高。同样的道理,控制储集体的形成及其规模、形态的因素,不是岩性和一般的物性,而是管道系统的特点。从盖层特征来看,川西坳陷致密的泥岩层就其基质物性来讲,一般都具有很好的封盖能力,有相当一部分砂岩也具备足够的封盖能力。事实上,对天然气的任何封盖作用都不可能是绝对的,无论是砂岩还是泥岩就所测定的孔隙结构来看,都或多或少还存在渗漏的可能性,再考虑到天然气的扩散作用则更不可能有绝对的封盖,封盖是相对于天然气在输导系统内的运移活动受到阻滞,从而促使其改变方向或形成捕集的效应。在盖层内天然气扩散和渗漏的数量应低于输导系统内天然气运移的数量。在川西致密岩石里,输导系统的主要形式是储集体,而储集体内促使天然气活动最重要的因素又是裂缝系统。因而,对储集体的封盖,从某种意义上说,主要表现于对裂缝系统的封盖^[7]。

4.2 地球化学模式初探

致密岩石特征的生、储、盖组合类型及地层压力的存在,必然会伴随产生特殊的油气运移及渗漏机制。

孝泉地区明显存在2套异常压力层,即深部异常压力层和浅部异常压力层。深部异常地层压力是由于生气高峰时,地层已相当致密,生成的天然气排出不畅而形成增压环境;而浅部异常地层压力是由于后期构造变动,深部异常地层压力的侵位所致。这样较深部位天然气运移聚集的方式将遵循深部气—封闭层破裂—主干裂缝—次级裂缝—微裂缝—裂缝周围的有效孔隙的途径。这种方式下聚集的气藏,由于深部压力侵位形成的异常高压,导致对其封盖的非绝对性,从而存在气藏的渗漏。在上、下层位压力差的作用下,该微渗漏应首先以侧向为主。同时,虽然盖层突破压力不低,但都低于或远低于气层剩余压力,并不足以制止气相渗漏,当这种渗漏到达地表时,即形成地球化学形状异常。

当对异常高压的封盖作用稍弱,或者盖层的裂隙较为发育时,其压力释放作用加快,也就是意味着气相渗漏作用的加强。这样,一方面所成气藏的工业价值减弱,另一方面,地表亦能捕集较工业气藏上方强得多的地球化学异常场。与地下气源相对应,这样异常呈面积较大的块状或条带状。由于天然气特征的地球化学属性,在这种裂隙极为发育地区,将会显示比其它地区都要强的极强的地球化学场。

在构造平缓地层段,由于裂缝系统发育程度低,深部地层压力无上侵途径,这样也就没有浅部异常地层压力的存在,穿过大套致密岩层后的微渗漏信

息已微弱,其上方近地表必会存在区域性的、较气藏顶部要低得多的地球化学场。

综合以上特征的研究区地球化学模式示意图如图7。

4.3 地表地球化学表现

前面已根据本区致密岩石特征的生、储、盖组合,探讨了地球化学场的形成模式,但该模式还必须与地表地球化学勘探的实践相结合,以期互相印证、共同完美。

与本区独特的成岩环境及独特的油气生、储、盖组合规律相对应,本区绝大部分指标都表现了较为特殊的地球化学场特征。孝泉地区与其它地区的指标丰度对比,具有指标的离散度特大(酸解烃甲烷由最小值 0.10 $\mu\text{L}/\text{kg}$,到最大值 11 449.51 $\mu\text{L}/\text{kg}$),同时,极大值显示极高(最高可达 1100 000 $\mu\text{L}/\text{kg}$ 以上),为迄今各勘探区之所仅见,充分表现了本区特殊地质环境下,特殊的地球化学场特征。

依据各指标的地球化学场特征及其在地表的配置关系,结合对于本区的油气勘探认识,对前述的地球化学模式可进行反演。

a) 特高的酸解烃甲烷与高 ΔC 配置区。该区分布面积较大。多具块状或条带状分布特性,该区酸

解烃甲烷丰度均高于 1 000 $\mu\text{L}/\text{kg}$ 。具体表现在石亭江流域、孝泉南部、略坪附近及河清镇等地区,该区对应于裂缝发育而压力释放作用较强的模式区。

b) 较高的酸解烃甲烷与高顶空气甲烷分布区。酸解烃甲烷丰度一般居于 500~1 000 $\mu\text{L}/\text{kg}$,主要展布于孝泉至新场一带以及新场南北的广大地区,具环状分布特征,该区对应于地下异常压力模式区。

c) 低指标丰度区。该区各指标显示极弱,呈区域性大范围分布,对应于地下的致密岩石连续分布模式区。

5 结论

油气化探是寻找天然气的一种有效的方法。在已知气藏上方浅层地球化学效应明显。从实际研究成果来看,寻找天然气常规方法有酸解烃、顶空气、 ΔC 、水溶烃,指标为顶空气甲烷、酸解烃甲烷、酸解烃重烃、水溶烃甲烷、 ΔC 等。这些方法和指标是寻找天然气的有效方法和指标组合。该项研究成果为天然气的勘探提供了技术与方法,在生产实践中取得了良好的应用效果。可以在以后的天然气勘探中推广应用。

致谢: 本文在编写过程中得到了中石化石油勘探开发研究院合肥石油化探研究所陈银节高级工程师的帮助,在此表示感谢。

参考文献:

- 程 军. 寻找天然气的化探技术与方法[J]. 天然气勘探与开发, 1998, 23(2): 15~18
- 刘崇喜. 油气化探方法与应用[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1992. 1~20
- 汤玉平, 魏 巍, 李尚刚. 油气藏上方不同部位地球化学效应的差异性及其成因讨论[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(1): 38~40
- 胡惕麟, 戈葆雄. 源岩吸附烃和天然气轻烃指纹参数的开发和应用[J]. 石油实验地质, 1990, 12(4): 375~394
- 赵克斌. 我国油气化探近几年来成果与问题[J]. 石油实验地质, 1997, 19(2): 153~157
- 刘崇喜. 油气化探发展中的若干问题[A]. 见: 刘崇喜编. 油气化探文集[C]. 北京: 地质出版社, 1995. 15~18
- 李恒让. 川西坳陷孝泉构造天然气成藏基本特征[J]. 天然气工业, 2001, 21(4): 11~15

(下转第 584 页)

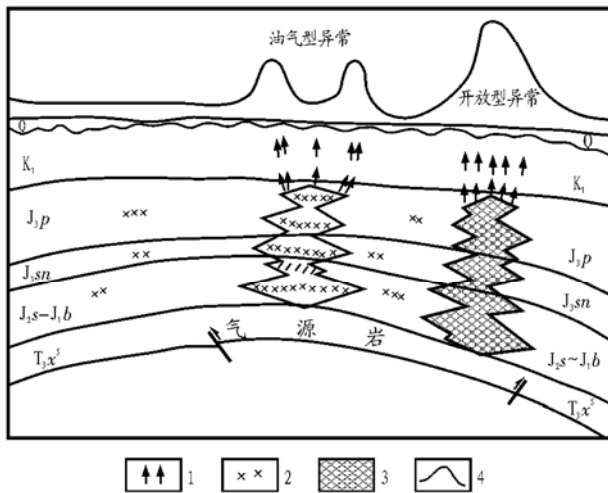


图7 孝泉构造地球化学模式示意图

1. 气体微运移方向; 2. 裂缝发育带;
3. 裂缝连续发育带; 4. 地球化学分布曲线

Fig. 7 A schematic map showing geochemical model in Xiaquan structure

hill-lower Dongying Formation and the upper system of upper Dongying Formation-Minghuazhen Formation. Combined with petroleum geology and geochemistry of the petroleum accumulation systems, it is believed that, the lower accumulation system is mainly related to the earlier formed petroleum from the Es³ source rocks from Chengbei Depression, and petroleum in the upper accumulation system originated from the later stage petroleum generation of the Es³ source rocks from Chengbei Depression. The Es³ source rocks from Sha'nai Depression possibly have contribution to the lower accumulation system near slope area.

Key words: petroleum infilling time; source rock; hydrocarbon generation kinetics; the Chengdao oilfield; the Bohaiwan Basin

(continued from page 579)

APPLICATION OF HYDROCARBON GEOCHEMICAL EXPLORATION TECHNIQUE IN NATURAL GAS EXPLORATION

ZHAO Ke-bin^{1,2}, SUN Chang-qing^{1,2}

(1. China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Hefei Institute
of Petroleum Geochemical Exploration, SINOPEC, Hefei 230022, China)

Abstract: Oil and gas geochemical exploration technique is a direct exploration technique based on the detection of the subtle matters dominated by hydrocarbon gases. With its unique advantages of being quick, effective and cheap, this technique can play a positive role in natural gas exploration. By means of study of the characteristics of the geochemical indicators and their anomaly distribution regularities over the typical known gas reservoirs, the most suitable geochemical indicators and methods for natural gas exploration were proposed. And by taking Xinchang Gasfield as an example, the authors explored the formation of geochemical anomaly provides additional supports for the effectiveness of the oil and gas geochemical exploration technique in the exploration for natural gas.

Key words: oil and gas geochemical exploration; natural gas; anomalous pattern