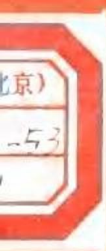


YOU QI HUA TAN WEN JI

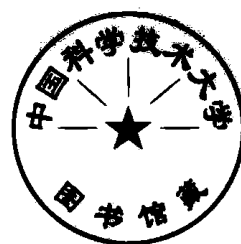
油气化探文集

刘崇禧 主编

地质出版社



油 气 化 探 文 集



地 质 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字085号

内 容 简 介

本书是国内出版的第一本全国性的油气化探论文集,共选辑有代表性的论文 33 篇。内容包括油气化探基础理论研究,近地表与井中化探应用效果分析,化探在盆地评价、区带评价、圈闭评价、油气藏评价各阶段中的地位与作用,海域油气化探成果,综合物化探方法,数据处理与分析测试技术及油气化探发展方向等,集中反映了近年来我国油气化探的新进展。

本书可供石油地质和地球化学工作者及有关大专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

油气化探文集/刘崇禧主编.-北京:地质出版社,1995.3

ISBN 7-116-01727-5

I.油… II.刘… III.油气田-地球化学勘探-文集 IV.P618.130.8

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第11639号

地质出版社出版发行

(100013 北京和平里七区十楼)

责任编辑:韩效亭

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所发行

开本:787×1092 1/16 印张:12.875 字数:305000

1995年3月北京第一版·1995年3月北京第一次印刷

印数:1—450 定价:10.90 元

ISBN 7-116-01727-5

P·1385

前 言

我国油气化探在80年代中期,进入了一个新的发展阶段,成为油气勘查的一种有效方法,在生产实践中发挥了一定的作用,引起油气地质工作者的极大关注。他们为该学科的发展作出了积极的贡献,在油气化探基础理论研究、新技术新方法的开拓、野外工作流程的完善、分析测试技术的改进、数据处理系统的建立、综合解释及含油气远景评价技术的提高等方面,积累了丰富的资料和经验,取得了丰硕的成果。

中国地质学会石油地质专业委员会,曾在1976年、1987年和1992年分别召开了一、二、三届全国油气化探会议。中国石油天然气总公司召开过非地震物化探会议。但是,至今没有出版过全国性的油气化探论文集。本文集的出版弥补了这个空缺,是油气化探发展史上一件有意义的事情。

文集的作者,有经验丰富的化探专家,也有富有开拓精神的青年学者。他们坚持油气化探实践与研究,为油气化探的发展付出了辛勤劳动。文集涉及到油气化探的实践与应用、新技术新方法、海洋化探、井中化探、分析测试技术、数据处理及异常解释等方面,集中地反映了近年来我国油气化探的基本面貌和进展。

我们希望文集的出版,能促进我国油气勘查技术的发展,促进油气化探理论与实践问题的进一步讨论和研究,推动该学科深入发展,更好地为油气勘探与开发服务。

由于编者水平有限,文集难免有缺点和不足之处,敬请读者指正。

编 者

1994年2月

目 录

油气化探发展中的若干问题·····	刘崇禧等 (1)
松辽盆地北部近地表地球化学场特征及其与油气的关系·····	言文伯等 (26)
江汉盆地油气化探实践·····	徐文凯等 (31)
临南洼陷南斜坡以水化学法为主的综合油气化探研究·····	任发琛等 (40)
泌阳凹陷综合油气化探应用及成果分析·····	赵克斌等 (47)
油气化探在陕北浅油层勘探中的应用·····	蒙 琪等 (52)
我国东部某地区油气化探研究·····	刘崇禧等 (57)
油气化探方法在寻找煤成气上的应用·····	汪 怀 (67)
立体化探在油气勘探中的实验研究·····	李小孟 (71)
井中油气化探方法及其应用·····	程同锦 (75)
钻孔双参数油气地球化学指标评价布钻的成功率·····	李景朝等 (82)
化探概查在油气勘查中的意义·····	程 军等 (85)
油气地球化学区带与圈闭评价探例·····	迟海江等 (91)
垛石桥油气化探异常特征与研究方法·····	张平非等 (95)
采样标志层的研究在油气化探中的意义·····	程 军等 (103)
化探采样密度对小规模隐蔽油气藏勘探效果的影响·····	王连岱等 (107)
有效化探指标对地下油气的指示意义·····	周书欣等 (109)
油气化探中的地球化学体系分区研究·····	赵克斌等 (114)
珠江口盆地D区地球化学数据的稳健统计分析·····	王 平等 (119)
确定异常的新尝试——数据结构分析·····	陈银节等 (124)
应用化探与地震综合勘探对延吉盆地进行含油气远景评价·····	门广田等 (129)
元城油田地表无机地球化学勘查研究·····	祁士华等 (135)
地电化学在油气勘查中的试验效果·····	刘吉敏等 (140)
稀有气体和轻烃在油气化探及气藏研究中的应用·····	廖永胜等 (144)
综合放射性方法评价构造的含油气性·····	孙忠军等 (153)
地面 γ 能谱在勘查油气田中的应用·····	刘海生等 (160)
海上油气化探中的地球化学场分析·····	周 蒂等 (165)
南沙海域汞量异常特征及其地质意义·····	陈汉宗等 (171)
油气化探新方法——土壤相态烃测量法·····	李生郁等 (179)
吸附丝综合化探在油气勘查中应用效果的研究·····	周才兴 (182)
紫外吸收光谱导数法在油气化探中的应用探讨·····	伍大俊 (188)
新研制可控高精度 ΔC 自动分析仪及其应用·····	伍思杭 (192)
SEP-PAK富集与HPLC-DAD技术联用分析地下水中痕量芳烃类物质及其油气化探意义初探·····	赵子文等 (197)

油气化探发展中的若干问题

刘崇禧 赵克斌

(地质矿产部石油海洋地质局化探中心)

〔提要〕 化探是发展中的找油气方法，有待进一步完善。本文就油气化探理论基础、工作方法、干扰因素、异常模式、数据处理技术等问题进行了研究，介绍了新技术、新方法，讨论了今后的发展方向。

前 言

油气化探经过几代人锲而不舍的试验研究，取得了突破性的进展，正向着科学化、规范化、现场化方向迈进。

我国从80年代初期，在主要含油气盆地进行了大规模的化探工作。研究的领域，从陆地延伸到海洋，从平原扩展到丘陵山区，从水网沼泽区发展到戈壁沙漠区，展显了广阔的应用前景，在油气勘查中发挥了积极的作用。1987年地质矿产部将该方法列于油气勘探程序，成为油气勘查的一种技术手段。

然而，油气化探是发展中的找油气方法，有许多方面尚需进一步完善和提高。作者根据多年的实践结果，就油气化探理论基础、方法技术、发展方向等问题进行讨论。

一、油气化探的基础理论研究

基础理论的建立和完善，是油气化探深入发展的前题。目前，多数地球化学家用垂向迁移机制指导油气化探工作，解释近地表地球化学效应；但在具体研究垂向迁移起因时，有多种理论。

(一) 扩散迁移

扩散作用是研究油气化探的传统理论，它是微粒（分子、原子、离子）的热运动而产生的物质迁移现象。在一个体系内，元素的浓度不均匀时，便发生定向扩散，即元素自动地从高浓度处向低浓度处迁移，使体系内任一点的每一种元素浓度均一化，达到热动力平衡状态。所以扩散是一种体系内各部分浓度均一化的过程，具有下列特点：

1. 扩散是一个连续的物质迁移过程，在此过程中，体系内元素的浓度发生连续的变化。
2. 扩散时，介质不一定发生移动，体系内浓度梯度的存在是扩散的基本动力。
3. 扩散的速度与浓度梯度成正比，因而随着距离增大而减小，即扩散服从菲克定律。

$$I_m = -D_m \cdot C_g$$

式中： I_m ——扩散量（物质通过单位面积的数量）；

C_g ——物质的浓度梯度；

D_m ——分子扩散系数 (cm^2/s)。

式中右边的负号，说明物质向浓度减小的方向扩散。

4. 扩散作用受浓度、温度、介质的粘滞性和孔隙度以及岩性等因素影响。

5. 扩散作用沿水平方向和垂直方向均可进行。

对于扩散作用在近地表油气化探异常形成中的作用，国内外学者看法不尽一致。

Macelvain (1969)、Hent (1979)、Jones 和 Drozd (1983) 等人否认扩散作用；Price (1978) 认为扩散作用只是在沉积盆地中形成地球化学背景，也否定了扩散作用对异常形成的意义。他们一个共同的出发点是扩散作用仅在均匀介质中进行。实际上并非如此，在非均匀介质中扩散作用照常进行。而 Rosaine (1940) 和 Dennison (1983) 认为扩散作用是油气化探异常的形成机制之一。

(二) 对流迁移

对流迁移是物质在孔隙或裂隙岩石中；随着运动介质（地下水）一起迁移。由于渗流速度的影响，迁移较远。它是自然界引起物质迁移的主要方式之一。

物质对流迁移的量与物质浓度和介质的运动速度有关，可用下式表示

$$IK = C \cdot V$$

式中： IK ——物质对流迁移量；

C ——物质在地下水中的浓度或活度；

V ——运动介质（地下水）的渗流速度。

物质对流迁移是很复杂的，因为地下水在多孔介质渗流时，实际流速的分布是很不均匀的，特别是在纵向上运动介质通过不同时代的含水层或非均质岩层时，更是如此。

物质的对流迁移在拉张性的含油气盆地中具有重要意义，是形成强度较大的浅层水文地球化学异常的主要迁移方式。如次生油气藏的形成和地表油气苗的出现等，油气多是以断裂或不整合面为通道发生再运移的结果，或是由地下水携带直接排泄而成。

对流迁移与 Pirson 等人倡导的烃类微渗透异常是由盆地深部压实水或穿过油气藏流向地表的补给天水垂向运移造成的认识还不完全一致。前者是地质历史发展过程中流体循环运动的一种自然现象；而后者学说强调的是水的自身能量。

扩散迁移与对流迁移有一定的内在联系，当地下水中元素向上迁移时，在压力梯度的作用下，物质（元素）沿着一定通道发生整体粘滞性流动，并相继向围岩孔隙和微裂隙均匀渗透。此时，对流作用是主导的，扩散作用虽然已经发生，但处于次要地位。随着时间的推移，压力梯度逐渐变小，趋于动平衡状态，而开放性裂隙孔洞逐渐充满了溶液，含水岩系中较大规模的物质流动相对停止。此时，从裂隙到围岩因物质浓度梯度不同，而发生扩散迁移，从而取代了对流迁移。

对流和扩散在迁移中所占的优势可用贝克莱特 (Peclet) 数 (PI) 来判别，即

$$PI = \frac{V \cdot d}{D_m}$$

式中： V ——渗透速度；

d ——表示多孔介质特征参数，在圆球形介质中做试验时，可取球粒直径；

D_m ——分子扩散系数。

当 $PI < n \cdot 10^{-2}$ ($n < 5$) 时, 以扩散迁移占优势; $PI > 10$ 时, 以对流迁移占优势; $n \cdot 10^{-2} < PI < 10$ 时, 物质迁移具有混合性质。据经验资料, 在粘土质岩中, 当渗流速度大于 10^{-6}cm/d 时, 则以对流迁移占优势, 扩散迁移次之。

(三) 深层水排泄

Paul, H. Jones 认为深层水的排泄是石油和天然气垂向运移的一种有效机制, 并以墨西哥湾北部盆地为例建立了流体运移模式。地层水在超压带中沿液体压力释放总方向运动, 可由流体运动带中地层水的温度、间隙流体压力及盐度的变化反映出来。当地层水从流体压力梯度大的深部向上运动时, 首先集中在主生长断层的下部, 而后经过孔隙地层转向上覆生长断层。呈液态溶液存在的烃, 在温度、压力等因素的控制下, 以水为载体沿断层和裂隙发生上升流动, 形成了近地表化探异常。

(四) 逸散作用

70年代, 美国地质研究所将逸散作用定义为“一种喷发或流溢活动与过程”, 即石油和天然气的大量渗溢。系指石油和天然气按达西定律沿断裂或裂隙发生的间歇式或持续式单相流体与两相流体的流动方式。

(五) 微烃气泡迁移

MacElvain (1967) 提出烃类微渗逸是由垂向上升的超小(胶体粒径)气泡形成的学说。认为烃类在水中的溶解度有限。当其溶解度小于饱和度时, 烃类呈分子形式分散在地下水中; 大于饱和度时, 一部分分子聚集成微泡, 其大小相当于胶体粒子, 很容易被周围的水向上推移。这种超小气泡, 以大气泡或单个气体分子所不具备的方式, 可快速地沿着不规则的路线向上运动, 到达地表饱气带, 而附着在土壤颗粒表面, 形成地表烃类异常。

这个学说解释了油气藏上方存在的色层效应和浅层效应主要由 C_1-C_4 烃组成的问题。Price 等人支持上述观点, 认为天然气微气泡透过油气田上方微裂隙体系上升, 是造成 C_1-C_5 烃类微渗溢和产生地表烃类异常的主要迁移机制。

综上所述, 烃类垂向微迁移的机制, 化探专家们在认识上虽有很大的分歧, 但从不同的观点和角度, 获取了许多关于烃类垂向微迁移的证据, 概括起来主要有以下几个方面:

1. 由于储油层压力的变化, 地表烃类异常会出现与消失, 其速度约数周到数月, 说明烃类垂向微迁移速度很快。原苏联的研究结果: 在地下储气库储气之后, 数日时间内, 储气库上方300m处含水砂层中的气体含量便比其原始值增大了10倍, 同时, 该砂层中烃氧化细菌的浓度也显著增大。Sivaborvon (1974) 观察到得克萨斯州Bastrop县Hilbig油田二次回采试验时, 由于重新加压使油田上方的地表烃类异常强度增大。

2. 许多化探专家试验研究表明, 垂向微迁移至地表的烃类中 C_{6+} 烃的数量微不足道或根本没有, 而随深度增大或随接近油气藏距离的缩短, 分子量较大烃类的出现频率和浓度逐渐增大, 只消耗较大分子量烃的细菌种群也增多, 说明在油气藏上方有色层效应存在。

3. 在油气藏正上方烃类及其衍生物或伴生的无机元素组分的浓度普遍升高, 烃类在氧化环境中的产物, 如 CO_2 、 CO_3^{2-} 、细菌及其代谢物发生积累, 沉积环境发生改变, 异常有明显可辨的边界。

作者认为, 烃类垂向微迁移是客观存在的事实, 是一个漫长而复杂的地质-地球化学(物理)过程, 严格受边界条件的控制。化探指标浓度在纵向上不是一个简单的由高到低或由低到高的连续变化过程, 而是有高、有低, 高低相间, 相互叠置。亦就是说, 化探异

常在空间和时间上有一定的阶段性和间歇性，这种阶段往往与地层构造、沉积岩相、地球化学环境的变化相一致。从油气藏到地表元素迁移一般可分为4个阶段，即：垂向聚集—散失阶段、非稳定态气水两相阶段、水溶作用阶段及细菌改造阶段。与它们相对应的烃类垂向微迁移的主要机制是：深层水排泄（包括逸散作用）、微泡迁移、对流迁移（包括部分扩散迁移）、扩散迁移（包括部分对流迁移）（图1）。所以烃类垂向微迁移是在不同地质阶段由不同迁移机制综合完成的，表现在烃类含量上多呈突变过程。

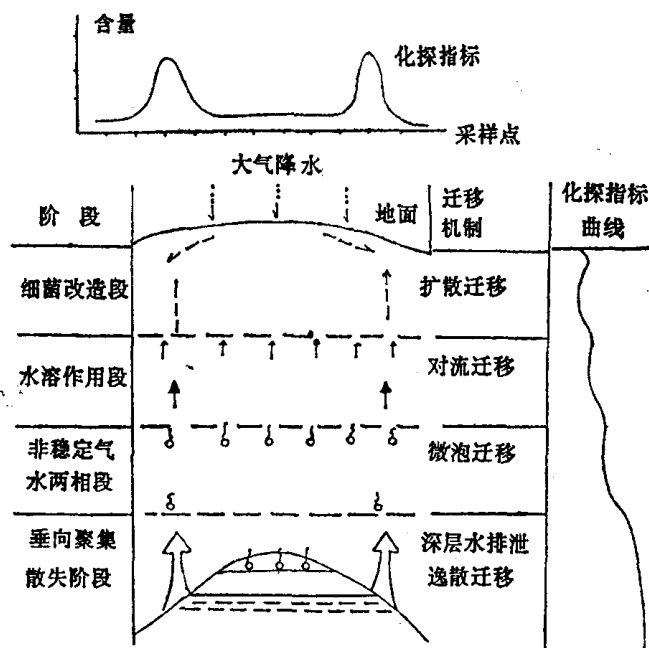


图1 油气垂向微迁移模式图

二、化探方法的综合应用

近年来，油气化探方法自身得到较快的发展，另一方面金属化探人员转向能源工业，带来了找油气的物理方法，拓宽了油气化探的研究内容。就研究范围而言，油气化探所涉及的领域包括：大气层、水层、岩石层（松散与固结的）和生物层。就测试手段而论，有地球化学方法和地球物理方法。在实际工作中，如何运用各种化探方法方能取得最佳的地质效果，化探工作者历来有不同的观点和作法：一种是从经济效益出发，尽量利用较少甚至单一方法，达到取得最佳效果的目的；另一种是为了全面取得多种信息，强调化探方法的综合应用，认为所用方法越多，圈定的异常越可靠。

化探方法的合理运用，可发挥其廉价和快速评价的优势，是促进化探找油气技术发展的重要方面，通过区域化探实践和已知油气田浅层化探效应特点的研究，作者认为化探方法的应用应重视以下几个方面：

1. 尽量从不同介质（气体、液体、固体）中取得化探样品，以确保全面地提取油气信息。因为某一种介质的样品，只能保留某些特定作用下的有效信息，而这些信息的强弱程度或保留油气微渗漏信息的程度也不尽一致。例如，大气中常赋存逸散的游离烃类气体；地下水中富集了可溶的烃类气体；沉积物中保存着吸附（吸着或吸留）的烃类气体等。只有从多方面获取油气微迁移的信息，方能确保化探取得良好的地质效果，也便于判

断信息的真伪。

2. 从具体的地质和自然地理条件出发, 选择恰当的化探方法组合。有些化探方法与指标, 虽然是指示油气藏存在的直接指标, 但由于具体条件的限制, 影响其应用。例如, 在酸性土壤发育的地区, 利用酸解脱气方法获得的烃类气体, 含量较低, 应用效果较差; 在黄土发育的地区, 碳酸盐类型与含量, 影响着 ΔC 的应用; 在干旱和荒漠地区, 水化学法的应用受到限制。根据实践经验, 在我国东部应以水化学法为主体, 配合光谱法(紫外光谱导数和荧光光谱)、 ΔC 法、微磁法和放射性法等, 往往可取得较理想的效果; 在我国西部以烃类气体法为主, 配合光谱法、 ΔC 法、遥感法及压榨水法等会取得较好的成果; 在我国北方以 ΔC 法为主, 配合烃类气体法、光谱法和水化学法等也能取得令人满意的效果; 在我国南方以烃类气体和水化学法为主, 配合光谱法、微磁法等有较高应用价值; 在海(水)域, 通过对水面大气汞、底层水及海底淤泥等不同介质化探指标的研究, 均取得良好的地质效果。在寻找天然气(包括煤型气、浅层生物气等)时, 可增加土壤气汞法。在断裂发育的地区, 利用放射性法反映线型构造及其展布特点比较灵敏。

3. 选用的主要化探方法, 应以反映油气组分的直接指标或烃类运移衍生的有关指标为主, 并力求在同一观测点上采集到不同介质和不同性质(地球化学和地球物理)的化探样品及其分析测试数据。

4. 化探方法的优化组合, 还要考虑调查的比例尺和测量精度, 因为不同调查阶段的任务、目的不同, 其方法选取亦有差异。就目前已有的化探方法而言, 在概查阶段应以烃类气体法为主; 在普查阶段(尤其在我国东部地区)以水化学和烃类气体法为主; 在详查阶段再增加轻烃指纹(C_3-C_{14})和三维荧光法等; 在勘探阶段(井下化探)以物上气、烃类气体法和光谱法为主, 配合三维荧光和碳同位素法等。

油气化探方法的最佳组合, 应当以研究区域地质(包括水文地质)及自然地理条件为基础, 从经济效益和预测效果出发合理地、科学地进行选择, 从而获取多种参数、全方位的油气信息, 避免单一方法的多解性和不确切性, 借以提高预测评价效果。

三、油气化探采样深度、岩性与层位

对于采样深度, 油气化探人员的意见不尽一致。一种意见从经济效益出发, 为发挥化探快速评价的特点, 主张以浅为宜; 另一种意见为减少干扰因素的影响, 主张以深为好。作者曾对不同深度样的烃类含量分布特征进行了试验研究。从表1可以看出, 烃类含量随采样深度呈现无规律的变化, 即使在同一地区采样深度均为30m时, 烃类含量的变化也较大(表2)。以 C_1 为例, 最大值与最小值之间相差达3倍, 由此可见, 在地表至30m深度内, 深度不是决定烃类含量的主要因素, 亦就是说, 深度与烃类含量不是直线关系, 所以过分强调深度因素值得考虑。当然采样深度过浅, 容易受到人为污染等因素的影响。合理的采样深度是在前期试验的基础上, 根据不同的自然地理条件进行选择, 一般来讲, 以主要化探指标的含量由高到低再转高时的拐点处深度是最佳采样深度。就总体而言, 在地形低洼和沼泽化比较明显的地区, 一般在距地表2—3m深度处取样; 在干旱和半干旱地区可在距地表1.5—2m深度处取样; 在沙漠戈壁区, 要避免在活动沙中采样; 在基岩露头区需剥去风化层; 在海(水)域, 应当采取水底以下1—1.5m深度的沉积物。水样应选采在区

域上有统一水动力条件的浅层承压水或潜水；在海域应采取距海底沉积物 1 m 的近海底水样。

表 1 同一地区不同深度吸附烃的变化($\mu\text{L/kg}$)

编号	深度 (m)	C_{2+}/C_1	$i\text{C}_4\text{H}_{10}$	C_2H_6	CH_4	编号	深度 (m)	C_{2+}/C_1	$i\text{C}_4\text{H}_{10}$	C_2H_6	CH_4
2	0.2	0.16	1.00	1.52	13.00	10	5.0	0.10	0.10	4.16	13.82
3	1.0	0.14	0.54	3.10	10.40	11	6.0	0.13	0.60	4.05	15.21
4	2.0	0.12	0.48	2.99	13.70	12	7.0	0.08	0.15	3.81	16.00
5	2.5	0.06	0.25	3.22	21.10	13	8.0	0.11	0.17	3.22	11.73
6	3.0	0.15	0.38	4.29	13.50	14	9.0	0.15	0.27	2.95	12.74
7	3.5	0.09	0.23	3.74	17.88	15	10.0	0.09	0.35	2.94	16.40
8	4.0	0.29	0.85	2.02	6.10	16	14.0	0.11	0.02	4.08	12.17
9	4.5	0.14	0.49	3.04	10.78	均 值		0.13	0.38	3.27	13.57

表 2 同一深度(30m)化探指标的变化($\mu\text{L/kg}$)

定 名	颜色	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	$n\text{C}_4\text{H}_{10}$	碳酸盐 (%)
亚 砂 土	黄褐	794.4	40.8	14.0	3.4	13.9
砂 土	黄褐	409.6	22.6	8.0	2.0	8.4
砂 土	黄褐	341.4	13.0	15.2	1.4	5.4
砂 土	灰绿	267.8	10.6	4.2	1.2	12.4
砂 土	灰绿	606.4	22.2	6.2	1.4	6.2
砂 土	黄褐	268.6	10.4	3.8	1.0	5.8
砂 土	黄褐	267.0	9.8	3.6	1.0	6.5
亚 粘 土	灰黄	760.0	41.0	18.4	3.8	14.3
亚 粘 土	褐黄	788.6	45.0	15.6	4.0	16.1
亚 粘 土	褐黄	685.2	17.4	11.4	1.2	12.4
亚 粘 土	褐灰	731.0	38.8	12.8	2.8	13.8
亚 粘 土	灰绿	851.0	31.0	18.2	4.0	13.6
亚 粘 土	褐黄	707.6	32.6	12.8	3.4	11.6
亚 粘 土	褐色	797.8	41.4	17.6	5.0	14.5
粘 土	黄褐	817.6	41.8	14.6	4.0	15.6
粘 土	褐色	982.0	59.6	20.2	4.8	15.7
粘 土	褐灰	863.0	44.6	15.2	3.8	14.6

化探样品的采集，除重视深度因素外，还应考虑样品的岩性（包括颜色、粒度、有机质含量等）和层位，应当采取粒度较均一、颜色较浅、含有机质少的细粒沉积物。在戈壁砾石和沙漠区取样时，要筛出大于 2 mm 的砂砾。在采样层位上尽量或接近一致，以便于区域对比。

总之，采样的原则是，在一定深度范围内，于每年的雨季之前，采取层位基本一致、岩性较均匀、颜色较浅的样品，忽视任何一个因素都会降低信息的可信度。

四、区域地球化学背景分析

区域地球化学背景分析的主要目的是为近地表油气化探合理地确定背景值,进行矿致异常和非矿致异常研究提供依据。

油气化探背景值主要指烃类物质在油气地质-地球化学作用下,于一定的自然地理环境中形成的特定分布,如算术正态分布、对数正态分布、非正态分布等。

化探指标初始本底的分布形式,受以下几个因素控制。

(一) 烃源岩的形成、演化与赋存状态

化探方法与指标,大都以检测直接从烃源岩或油气藏中分散迁移出来的烃类及其衍生物为主。烃源岩的形成、演化与赋存状态不仅决定着盆地内含油气丰度,而且影响着近地表油气化探指标的组成与含量,是化探异常形成的物质基础。烃源岩向成油方向演化还是向成气方向演化,直接影响着化探指标组合和区域地球化学背景的稳定性,使之具有复杂的分布形式。

(二) 盆地的性质

含油气盆地的性质和类型与区域地球化学背景有着不可分割的内在联系,例如叠加与复合型盆地,由于烃类的多期生成和多次运移,其丰度在空间分布上具有不均一性,含油气层在纵向上或随地质时代延续呈现多层“楼阁”式,在此基础上形成的区域地球化学背景具有多源的特点,元素(指标)的背景值呈多种分布形式。

我国一些主要含油气盆地,尤其是东部的拉张型盆地,断裂活动比较频繁,岩石的孔隙网络系统和微裂隙体系比较发育,为烃类微迁移提供了良好的通道,在局部地区形成高地球化学背景场,破坏了区域地球化学背景的原始均衡状态。

(三) 自然地理景观

主要包括气候、地形、地貌及近地表土壤性质等。在地形平坦、地貌景观相对一致的情况下,区域地球化学背景分布比较单一。相反,在地形、地貌比较复杂,高低起伏较大的地区,区域地球化学背景在分布上就不尽一致。近地表土壤的性质对烃类的吸附性能和赋存状态有很大的影响,致使区域地球化学背景出现多种分布形式。气候主要影响着微生物的活动强度,在微生物繁殖快的季节,烃类的区域地球化学背景降低,反之则高,随之分布形式也发生变化。另外,气候还影响着烃类的迁移速度和富集程度,造成区域地球化学背景分布形式的季节性变化。

区域地球化学背景,主要决定于盆地内的有机丰度,在进行研究分析时,应以含油气盆地为基础地质单元,从具体的地质特征(烃源岩、沉积环境、封盖条件、孔隙-裂隙体系及油气运移等)出发,结合不同地质时代沉积物中烃类分布特征,并借鉴油气生、运、聚、散、保的研究成果和认识,探讨化探指标的丰度变化及其地球化学背景分布形式。在这个基础上,划分地质-地球化学景观区。当地球化学背景服从某种特定分布时,表明化探影响因素减少到最低限度或者使其处于相似的影响程度,此时衬托出来的化探异常具有深成或油气成因的意义。

五、油气化探异常模式

化探异常模式是地下油气藏与近地表烃类迁移信息在空间和成因上联系的纽带与表现形式，它在生产实践和理论研究上的重要意义，已逐渐被人们所认识；然而关于异常模式的形成及理论依据，还有很大的分歧。前人将油气藏上方化探异常形态类型归结为两类：一是边缘环状，三维空间为筒状；另一种为顶端异常，即块状异常。作者认为，块状异常类型是油气化探异常的基本模式，而环状异常等类型是在一定条件下，由块状转化而成的，并将异常类型划分为如下几种：

（一）环状异常

环状异常的形成，当今化探界争论不休。Rosaire、Horvitz、Pirson等人用“烟囱”或“堵塞理论”——矿化作用解释环状异常的形成，虽然他们的观点不完全相同，但基本出发点类似：烃类微渗逸改造了油气藏上方岩层的化学成分，其结果形成固结的封盖层，迫使烃类从未经矿化的岩层边缘向上微运移。Price指出环状异常不是“矿化塞”作用造成的，而是某种近地表效应造成的，特别强调了微生物的作用。我国学者阮天健教授提出先有块状异常后有环状异常的演化模式，并分为4个发展阶段。即：第一阶段为异常形成的初始阶段，形成顶端异常；第二阶段为后生成岩阶段，微生物作用使地表烃类及其环境发生变化，形成单环异常模式；第三阶段为扩张阶段，在离子等亏损的情况下，在某些高指标的外围，烃类形成高值环带，呈现双环单顶模式，第四阶段为成熟阶段，在深部烃源补给充足的情况下，烃类气体绕过堵塞的障碍继续上移，在油藏上方形成多环多顶异常模式。

综上所述，异常模式的形成问题，实质上是油气化探基础理论的一部分，尤其是环状异常的形成更是如此。作者认为，Price关于环状异常形成于地表效应的观点，以及阮天健教授以发展的观点研究异常模式之间的关联有一定的实际价值和意义。从油气藏上方存在着顶端块状晕和色层效应的事实来分析，“矿化塞”效应不是形成环状异常的主导因素，而不同地质时期地形的变化及微生物作用则是形成环状晕的主要原因。关于微生物“过滤效应”，Price（1985）亦做了较详细的讨论，不再赘述。作者只讨论地形（包括现代地形与地质时期的古地形）与水文地质条件在块状异常转化为环状异常中的作用。

根据水文地球化学的基本原理，地下水化学成分特征，在一定程度上反映了地下水水动力条件特征，地下水在岩层中运动时，水—岩作用的时间、水的迳流强度、地下水的交替条件、环境条件及岩层的性质等控制着地下水或被淋滤的沉积物中的元素含量及化学类型。地下水在其渗流路径上总的表现为盐度及矿化饱和程度的不断增加。地下水的淋滤区，由于受上部渗入水的影响，水交替积极，水的盐度及元素含量偏低，矿物不饱和程度增高；而相对负地形，恰恰相反。深部烃源或地下水在压力浓度等作用下向上微渗溢，首先形成块状异常。由于当时地形较高或新构造运动的继承活动，使油气藏上方地形处于相对较高的正地形，水—岩之间元素的交换与油气的逸散作用比较活跃，同时受大气降水渗入的影响，使深部运移上来的烃类向周边作水平运动。据 Toth 等人研究成果，均质盆地中，在几十英尺^①局部地形起伏的影响下，地下水的穿透深度可达几千英尺。可见局部地

^① 1 英尺 (ft) = 0.3048m。

形的微弱变化，都会对地下水的渗透作用产生明显的影响。地下水的渗透（包括纵向和水平）作用，能改造油气藏上方顶部块状晕的浓度边界，使异常中部（地形相对高部位）的化探指标浓度降低，出现由中心向外围逐渐增高的现象，在平面上构成连续的环状晕或者由几个不连续的高浓度异常围绕着低浓度带组成卫星式的异常群（图2）。在一般情况下，各子异常长轴方向的连线所圈定的范围，为油气聚集的有利部位。

（二）同心圆状异常

同心圆状异常也是在块状异常的基础上发育起来的，其形成与地下水运动密切相关，主要出现在地形相对低洼的地区，化探指标浓度由异常边缘向中心呈现有序的变化。如果块状异常内地下水处于汇流状态，地下水起富集浓缩作用，将烃类物质从异常边缘携带至异常内部，造成中心高、边缘低的特点；如果块状异常内地下水处于泄流状态，地下水起淋滤冲刷作用，将烃类物质从异常内部携带走，化探指标浓度的分布恰恰与上述相反。

（三）新月状异常

处在斜坡地形上的块状异常，由于地下水顺势迳流，沿着地下水流动的方向出现新月状异常。或者由于断裂（特别是逆掩断裂）活动在近地表形成向一边倾斜的坡状地形，烃类沿着断裂破碎带向上微运移，在近地表形成块状异常。但由于地下水从地形高端（断裂附近）向相对低端迳流，携带着化学元素沿着流线方向形成一边内凹，另一外外凸的半月型异常。

（四）串珠状（线状）异常

块状异常沿着控油断裂呈一定方向的断续分布，是拉张型盆地内常见的一种异常模式，特别是在发育早、断距大的基底断裂或生长断裂的附近，常伴有串珠状异常分布。串珠状异常是块状异常在特定地质条件下的产物。

（五）叠瓦状（羽状）异常

块状异常在不同序次断裂或阶梯状断裂的控制与分割下，呈现有序的羽状分布。或者是油气沿阶梯状断裂向上微运移，形成多个块状异常，垂直断层走向异常呈排分布，类似叠瓦状或羽状。

自然界油气化探异常模式和类型远比上述丰富得多，由于油气藏类型众多，所处地质条件复杂多变，化探异常模式并非都是前述那样标准和单一，而往往是不同类型异常叠加在一起，形成“复合”式异常模式。在实际工作中应结合具体资料和地质、水文地质、自然地理条件等对异常模式做具体研究。

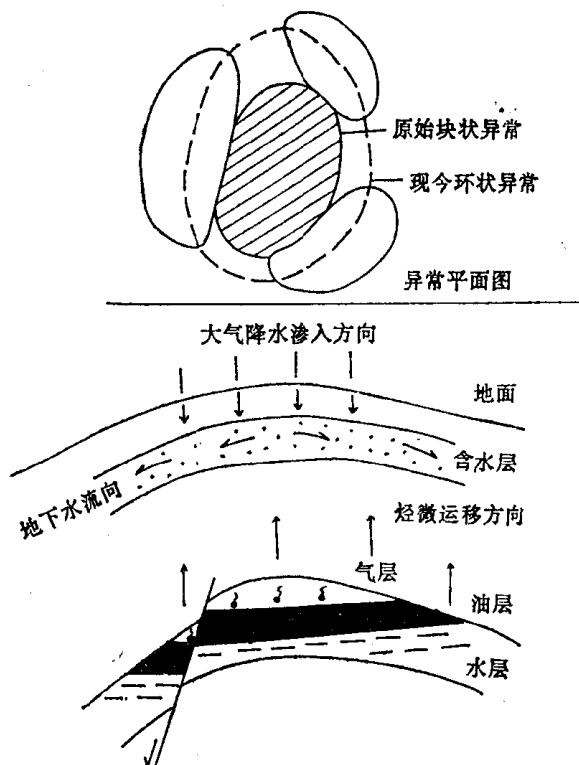


图2 环状异常形成的模式

六、油气化探干扰因素及其抑制方法

油气化探是根据油气微运移理论从大气层、水层和岩石层（包括松散沉积物，检测痕量烃类，但在检测运移烃的同时，不可避免地包括一部分非油气因素生成的烃。因为甲烷及其同系物在现代沉积中普遍见及，造成烃类含量在不同景观条件下的差异分布。在松辽盆地、二连盆地、渤海湾盆地、南襄盆地、周口盆地、江汉盆地、鄂尔多斯盆地、四川盆地、塔里木盆地、柴达木盆地、准噶尔盆地、太康隆起、及我国海域等地区都遇到非油气因素引起化探指标含量急剧增高的现象，影响着化探成果的正常应用。

油气化探干扰因素还没有引起人们足够的重视。美国的埃利斯曾指出在近地表由于现代生物作用生成烃类（包括重烃）的可能性；霍维茨用“去砂”的方法滤掉近代生物作用生成的烃类，但没有对干扰因素进行系统的研究；原苏联化探工作者采用景观地球化学分区的方法，在不同背景上圈定异常，但也只能做到在宏观上抑制部分干扰因素；我国油气化探工作者曾采用地球化学分区与趋势面分析等方法抑制干扰因素。近年来开始对干扰因素和抑制方法进行较系统的研究，但要从根本上解决问题还需做大量细致的工作，主要有：

1. 从区域上研究不同油气地质、水文地质及自然地理条件下油气化探指标的形成与分布规律，探讨不同地球化学景观的烃类含量范围及其变化特征。

2. 研究烃类物质与沉积物性质（粒度、颜色）、化学成分（碳酸盐、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al_2O_3 ）、有机质性质等之间的关系，剖析化探指标的演化特征及其与近代生物地球化学作用之间的关系，结合地层、构造、沉积岩相、地球化学特征及油气性质等探讨油气藏上方烃类微运移的特征与规律，从而在不同地质景观里提出寻找油气藏化探指标“量”的概念。

3. 利用含油气盆地内已有的地质资料（包括水文地质），在认识有机质演化与成烃特征的基础上，通过地球化学测井和地球物理测井资料的综合研究，划分烃类纵向微运移的阶段，追踪近地表烃类的聚集量与散失量。

4. 在上述研究的基础上，从区域地球化学场、局部地球化学场、化探数据结构特征等方面入手，借助于统计学理论，分析影响化探指标的主要因素，通过各参数之间的相关性和非线性函数关系建立定量校正的方法，排除后期叠加因素的影响。

化探干扰因素的定量校正方法有：

（1）生物成因气的影响与校正方法

近代生物地球化学作用形成的烃类气体在河流三角洲、河流泛滥区和湖泊周围以及沿海附近经常见及。由于地形相对低洼、潮湿，地下水流泄不畅，沉积物富含有机质，在低温缺氧及低硫酸盐环境下，厌氧细菌对有机大分子进行改造、分解，容易生产烃类气体。生物成因烃类气体的特点是：主要组分为甲烷、重烃与甲烷比值低； $\text{C}_1 \times \text{C}_2$ 的积值低； C_3 以后的重组分基本不含或缺失；甲烷的稳定碳同位素值相对偏轻，大都在 $-62 \sim -95\%$ ，如我国黑龙江—松花江流域为 $-74 \sim -96\%$ ，黄河—淮河流域为 $-65 \sim -90\%$ ，长江流域及沿海地区为 $-62 \sim -85\%$ 。近代生物成因烃类气体与深部运移至浅层的热成因气混合，给油气化探成果解释带来一定的困难。校正的方法有：

- ① 去“砂”法：近代生物成因气主要存在于较粗粒的沉积物中，用过筛去“砂”的方法可去掉部分生物成因气。从表3看出，去“砂”后甲烷含量明显降低，而与生物成因

气联系不大的重烃含量相对较稳定。

表 3 去“砂”前后吸附烃含量对比表($\mu\text{L}/\text{kg}$)

点 号	去“砂”	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	总 烃	重 烃
1	前	337.20	12.50	2.78	1.29	1.02	354.79	17.59
	后	194.68	11.03	3.57	1.30	0.65	211.23	16.55
2	前	289.73	11.42	3.51	1.68	0.94	307.28	17.55
	后	187.00	10.27	3.22	1.58	0.53	202.60	15.60
3	前	437.19	10.13	3.39	1.63	0.67	453.01	15.82
	后	218.60	9.43	2.70	1.21	0.64	232.58	13.98
4	前	367.67	8.42	2.98	1.44	0.36	380.87	13.20
	后	234.34	7.90	1.96	0.97	0.30	245.47	11.13
5	前	328.74	8.21	2.68	1.28	0.54	341.45	12.71
	后	211.05	7.83	2.25	1.18	0.67	222.98	11.93
6	前	351.15	8.12	2.39	1.05	0.16	362.87	11.72
	后	208.84	8.51	2.58	1.04	0.41	221.38	12.54
7	前	357.66	9.51	2.94	1.51	0.77	372.39	14.73
	后	231.96	10.34	2.81	1.33	0.61	247.05	15.09

② 定量校正法：生物成因气的组成以甲烷占绝对优势，重烃组分的含量相对较少。而来自油气藏的运移烃，在以甲烷为主的同时，含有较多的重烃组分。可用各测点所含甲烷量与校正后各点重烃的含量之比值来划分异常。即

$$\bar{c}_1 / \sum \bar{c}_{2+} = k$$

$$\sum c_{2+(i)} \times k = \sum c_{2+(j)}$$

$$c_{1(i)} / \sum c_{2+(j)} = C$$

式中： $\bar{c}_1$ ——砂性土中甲烷含量的均值；

$\sum \bar{c}_{2+}$ ——砂性土中重烃含量的均值；

k ——校正系数；

$\sum c_{2+(i)}$ ——各测点重烃的含量；

$\sum c_{2+(j)}$ ——校正后各测点重烃的含量；

$c_{1(i)}$ ——各测点甲烷的含量；

C ——各测点甲烷含量与校正后各测点重烃含量之比。

(2) 粒度对吸附烃的影响与校正方法

从理论上讲，粘性土中吸附烃含量要高于砂性土中的含量，但在自然界中并非如此，在许多地区见到吸附烃含量随着沉积物粒度变粗而增高（图3）。表4的资料说明，只是由于粒度大小不一，颗粒粗细不同，吸附烃的含量亦不相同，即砂性土的烃类含量高于粘性土0.5—1.5倍，其中尤以甲烷含量的变化较大。

抑制粒度影响的方法是，将甲烷视为因变量（ y ），粒度作为自变量（ x ），应用求回归线性方程式的方法进行统一校正。即

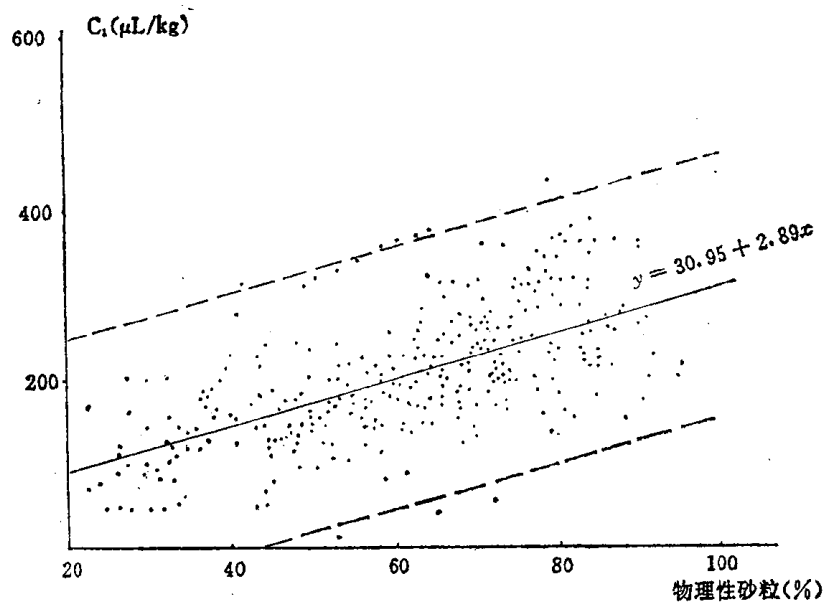


图 3 甲烷与粒度的回归直线

表 4 甲烷含量与岩性的关系(μL/kg)

地 区	岩 性	C ₁	取样深度 (m)	两点间距离 (km)
黄 河 流 域	棕黄色亚粘土	38.81	1.5	1.5
	棕黄色亚粘土	100.90	1.8	
	棕黄色亚粘土	353.04	1.5	0.8
	灰黄色亚砂土	512.82	1.5	
	棕黄色亚粘土	280.64	1.5	2.0
	棕黄色亚砂土	527.85	1.5	
	棕黄色亚粘土	551.63	1.5	1.5
	棕黄色亚砂土	720.52	1.5	
	棕黄色亚粘土	391.79	1.5	1.8
	棕黄色亚砂土	518.70	1.5	
长 江 流 域	棕黄色亚粘土	251.18	1.5	2.0
	棕黄色亚砂土	687.04	1.5	
	黄色亚粘土	123.31	1.2	0.5
	黄色亚砂土	294.11	1.2	
	浅棕黄色亚粘土	179.19	1.2	0.5
	浅棕黄色亚砂土	265.87	1.2	
	浅棕黄色亚粘土	179.74	1.2	0.5
	浅黄色亚砂土	215.46	1.2	
	黄棕色亚粘土	196.90	1.2	0.5
	浅黄色亚砂土	248.93	1.2	
	棕黄色亚粘土	169.55	1.2	0.5
	浅黄色亚砂土	254.33	1.2	