

文章编号:1001-6112(2006)03-0296-06

# 多介质立体取样及在北黄海油气化探中的应用

蔡峰<sup>1,2</sup>, 孙萍<sup>2</sup>, 龚建明<sup>2</sup>, 陈建文<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学, 武汉 430074; 2. 中国地质调查局 青岛海洋地质研究所, 山东 青岛 266071)

**摘要:**由于不同环境条件下,不同化探测试指标受到不同的因素干扰,所以不同介质样品的应用条件存在一定的差异。针对不同介质样品特点,分别采集海底沉积物、底部海水和低空大气 3 种介质样品,并采用在海底沉积物柱状样不同深度部位取样的立体取样方法,通过多指标综合分析,对不同介质和深度样品的多项化探指标互相进行了验证和补充,可以抑制干扰因素的影响,为油气资源远景评价提供依据。运用该方法在北黄海盆地油气勘查中进行初步尝试,并据此划分了三级化探异常区,提出了有利的含油气远景区,均与已知油气区和区域地质分析的结果相符合,取得了很好的效果。

**关键词:**油气化探;多介质;立体取样;北黄海盆地

**中图分类号:**TE132.4

**文献标识码:**A

地球化学勘查是一种直接、经济、快速且有效的油气勘探方法,特别是在海域油气勘探中,由于勘探成本高、风险大,地球化学勘查的优势更为显著,目前已经成为海域油气勘探的重要手段之一。近年来,随着新一轮国土资源大调查的开展,在南黄海和北黄海陆续进行了油气化探剖面调查和区域普查,特别是在北黄海油气化探普查工作中,根据多年来在东海开展油气化探所总结的方法和经验<sup>[1]</sup>,提出了采集海底沉积物、底部海水和低层大气 3 种介质样品,并在海底沉积物柱状样不同深度部位取样的立体取样方法。本文介绍了利用立体取样方法采集不同介质和深度样品进行测试,从而消除不同干扰因素影响的海域油气化探方法。

## 1 我国海域油气化探进展

我国海域油气化探始于 20 世纪 50 年代,自 1980 年以来,海域油气化探已成为海域油气勘查的重要手段。近 10 年来,我国陆续在南黄海、东海、台湾海峡西部、珠江口盆地、北部湾以及南海东沙、西沙和南沙等海域开展了规模不等、方法不尽相同的油气化探工作<sup>[2]</sup>。在此基础上,近年又在南海西沙海槽、东海冲绳海槽等海域将化探方法用于天然气水合物的勘查。目前已开展的海域油气化探工作既有区域油气普查,又有技术方法研究,应用领域不断扩大,方法技术不断创新<sup>[3]</sup>。

随着油气化探基础理论研究的不断深入,近 10 年来,我国海域油气化探已进入应用和成熟阶段,在东海海域已逐步建立起适合东海区域特点的油气化探工作规范和测试流程,并发展和完善了海

域油气化探资料的处理和解释技术<sup>[4]</sup>。在陆续进行的多次地球化学勘查中,分别进行了酸解烃、顶空气、蚀变碳酸盐(C)、碳酸盐、荧光、三维荧光、碳同位素、沉积物粒度、吸附丝、可溶性铁( $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ )、微生物、磁化率等 10 余项指标测试。通过勘探并与已知油气藏对比,总结认为酸解烃丙烷、顶空气丙烷、沉积物 360 nm 荧光、蚀变碳酸盐(C)可以作为适合东海的常规化探方法系列,为东海油气化探的主要指标,三维荧光、吸附丝、碳同位素等为辅助指标。

目前在各海域开展的油气化探均是直接或间接地测量海底沉积物柱状样中的烃类含量,通常取样深度在海底以下 2~4 m 范围内<sup>[5]</sup>。近年油气化探基础理论研究表明,在不同自然地理条件下,不同化探测试指标受到不同的因素干扰<sup>[6]</sup>,所以不同介质样品的应用条件存在一定的差异。根据化探基础原理和取全、取准样品的原则,需要针对不同干扰因素,采取不同的有效抑制方法。目前一般采用数据处理的方法抑制干扰因素。

众所周知,野外调查采样是油气化探的基础,因此在新一轮国土资源大调查的北黄海油气普查中,我们尝试针对不同介质样品特点,采用海底沉积物、底部海水和低层大气 3 种介质立体取样的方法,抑制干扰因素的影响。

## 2 北黄海盆地概况

北黄海位于山东半岛的成山角与朝鲜半岛的白翎岛连线以北,为一东西走向、向东南方向敞开的箕状洼陷,海域面积  $8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。海底平坦,北

收稿日期:2005-10-09;修订日期:2006-04-06。

作者简介:蔡峰(1965—),男(汉族),浙江瑞安人,研究员,主要从事海洋油气资源评价和地球化学研究工作。

部为缓缓向南倾斜的浅海平原,平均坡度 30.94;西坡平缓,平均坡降为每 100 m 降 4 cm;东坡稍陡,平均坡降为每 100 m 降 7 cm;中间有一条较深的洼地<sup>[7]</sup>。大部分海域水深不足 50 m,最深处为 78 m<sup>[8]</sup>。北黄海盆地呈椭圆形,向东与朝鲜海域的西朝鲜湾盆地(West Korea Bay Basin)及陆地的安州盆地(Anju Basin)相连。北黄海海域自北向南可以划分为海洋岛隆起、北黄海盆地和刘公岛隆起 3 个一级构造单元。

北黄海盆地面积 26 737 km<sup>2</sup>,盆地由 4 个凹陷和 3 个凸起组成。凹陷面积 9 787 km<sup>2</sup>,占盆地面积的 36.6%;凸起面积 16 950 km<sup>2</sup>,占盆地面积的 63.4%。

东部凹陷是北黄海盆地内沉积厚度最大的一个中生代沉积凹陷,面积 3 950 km<sup>2</sup>。凹陷呈西陡东缓不对称双断结构,走向北部为北西向,向东散开,并逐渐转为北东方向。推测基底为古生界,其上覆中、新生代地层最大沉积厚度 8 200 m,新生代与中生代的沉积中心由老至新,自西向西南方向迁移。新生代地层最大沉积厚度 3 500 m。中生代沉积由 2 个沉积中心组成,地层沉积最大厚度为 5 500 m 左右。朝鲜目前钻井均集中在东部凹陷,从现有的资料分析,东凹不但中、新生代地层残留厚度大,分布面积广,并且局部构造发育,是油气资源相对富集的沉积凹陷。

北黄海盆地发育有 4 套烃源岩,分别是:1)早第三纪黑色页岩;2)侏罗纪黑色页岩,侏罗系厚度大于 3 000 m;3)白垩纪黑色页岩,白垩系厚 1 000 ~ 2000 m;4)前中生代碳酸盐岩,厚达数千米。以中生代黑色页岩为盆地内的主要烃源岩,这已经由朝鲜的钻井资料所证实。根据朝鲜的钻井资料,下第三系、白垩系、侏罗系黑色页岩的有机碳含量分别为 0.5%~0.7%,1.6%,0.9%~1.66%;氯仿沥青“A”的含量分别为 0.01%~0.001%,0.203%,0.102%;总烃的含量分别为 <1 000,1 000~1 800,800~1 000 ug/g;生油母质干酪根类型分别为 I<sub>1</sub>型、I<sub>2</sub>型、I<sub>3</sub>型,均达到了良好—好生油岩的标准;R<sub>o</sub> 指标分别为 0.60%~0.40%,0.73%~0.80%,0.71%~1.32%,均达到了成熟生油岩的标准<sup>[9,10]</sup>。

北黄海盆地的储集层是中—新生界高孔隙度砂岩和前中生界裂缝性碳酸盐岩。据赖万忠(1994)资料,下第三系储层类型为孔隙型,孔隙度 20%~35%,渗透率 1 000 × 10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>;下白垩统储层类型为孔隙型和裂缝型,孔隙度 17%,渗透率 200 × 10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>;上侏罗统储层类型为孔隙型和裂

缝型,孔隙度 13%,渗透率 25 × 10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>;古生界储层类型为裂缝型,孔隙度 10%。

北黄海盆地的油气圈闭类型主要有背斜圈闭、断层圈闭、古潜山圈闭和地层岩性圈闭。

针对北黄海盆地特殊的油气地质特征,借鉴我国在东海陆架盆地油气化探的经验,2002—2003 年分别在北黄海盆地采集了沉积物柱状样、底部水、低空大气 3 种介质的样品,其中柱状样的取样深度包括 1.5~2.0,2.0~2.5,2.5~3.0 m 3 种。

### 3 多介质立体取样方法

油气化探的理论基础是烃类的垂向微渗逸作用<sup>[11]</sup>。根据流体地球化学及烃类垂向微运移理论,在海洋环境中烃类微渗漏必定会在表层沉积物、底部海水和低层大气中形成烃类异常,追踪其烃类异常变化就可为预测油气服务。

#### 3.1 沉积物柱状样

##### 3.1.1 样品采集

沉积物柱状样是油气化探最主要的一种样品,也是通常必须要采集的样品,油气化探分析测试的主要项目均针对该类样品。陆地长期油气化探的实践表明,化探异常具有较高的稳定性,通常采样深度大于 1.5 m 以后,影响指标含量的主要因素是岩性,而深度的影响甚弱<sup>[10]</sup>。东海油气化探的 17 个化探指标与干扰因素指标进行相关聚类分析结果表明,受干扰因素影响的主要指标是酸解烃和蚀变碳酸盐(C),主要影响因素是海底沉积物中碳酸盐含量、泥质含量,水深和海底氧化—还原环境也有一定的影响;而顶空气、荧光等指标受干扰因素的影响不大<sup>[7,8]</sup>。因此,大多数化探指标均使用沉积物柱状样进行测试。

由于北黄海水域的底质多为砂和粉细砂,所以主要采用振动活塞取样。柱状样品从海底采出后立即用优质塑料袋真空封装,保持 0℃ 下冷藏直至上岸进行分样。

##### 3.1.2 样品分配

首先自柱状样底部 3 cm 处向上截取 40 cm,将截取的样品一分为二,或视沉积物粒度、层理变化情况采用均分法剖分,一半用作顶空气、吸附丝、荧光湿样分析,另一半作轻烃项目分析(图 1)。

在剩余柱状样上依次向上截取 5 cm 样品作氦气测量样,再向上截取 15 cm 长样柱,一半作酸解烃、C 样,另一半用于粒度、碳酸盐总量的测定。

在距柱状样顶部近 10 cm 处向下截取 10 cm 作为微生物、磁化率、标志矿物样,再向下截取 30 cm

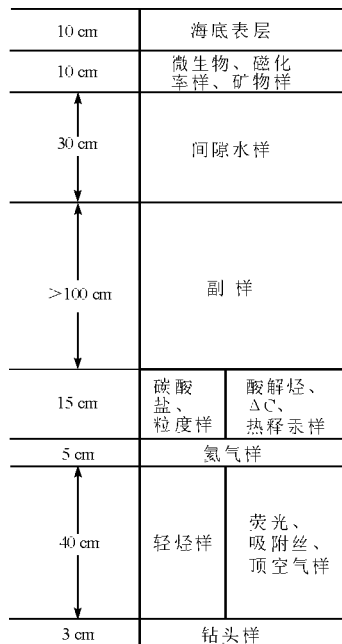


图 1 沉积物柱状样品分配示意

Fig. 1 Ketch map showing the division of core samples

长样柱作间隙水法荧光样,其余作为封装管样保存。

### 3.1.3 测试指标项目

对采集的样品开展了多种化探指标测试,主要分析测试指标包括:酸解烃( $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $nC_4H_{10}$ ,  $iC_4H_{10}$ ,  $nC_5H_{12}$ ,  $iC_5H_{12}$ )、甲烷碳同位素( $^{13}C_1$ )、蚀变碳酸盐( $C$ )、紫外吸收光谱强度(UV220, 260, 275 nm)、荧光光谱强度、微量元素(I, Sr, Ba, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, B, P, Pb, U, Th, Ti, V, Zn, 有机碳等)、顶空气(气相色谱)、可溶性铁( $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ )、三维荧光(全扫描荧光)、氦气(He)、间隙水(pH/Eh 分析, 荧光分光光度法)、微生物、标志矿物分析(黄铁矿, 菱铁矿, 自生碳酸钙等)、弱放射性热释光测量、生物标志物分析(重烷烃, 环烷烃, 芳香烃)。

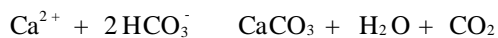
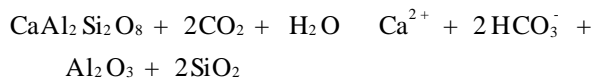
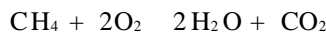
与以往海域油气化探不同的是开展了微生物、标志矿物分析。过去虽然我国曾经在海域化探中开展过微生物指标的测试,但由于微生物样品培养要求的条件较高,所以通常很少采用。据资料表明,各类有机物在一定的条件下均可由不同的细菌经生化作用产生各类气体,如甲烷菌产生甲烷气,硫酸盐还原菌产生硫化氢,反硝化菌产生氮气,异养菌产生二氧化碳等,它们都是天然气的主要成分<sup>[12]</sup>。同时,还有一些微生物细菌专门以烃类的衍化物为养料,消耗这些成分。油气在微渗漏过程中会导致各种微生物细菌的大量繁殖,这些微生物

细菌会组成一个相互依赖相互影响的微生物生态链。因此,微生物指标是油气化探的一项有效指标。

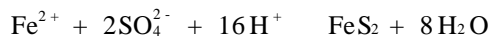
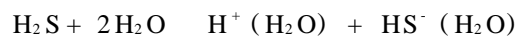
本次调查共采集到微生物样品 289 件,在实验室用人工海水作为培养基,加入相关细菌培养所需要的营养源,控制相应的培养条件,对所取得的样品分别进行培养测试,并对部分甲烷菌产生的气体进行收集,用气相色谱法测试甲烷等烃类气体的含量。主要围绕与油气微渗漏有关的腐生菌属、甲烷细菌、硫酸盐还原菌、反硝化细菌、脱氮硫杆菌等 5 种微生物细菌进行了室内培养与测试。

本次调查共采集到标志矿物样品 542 件,对采集的样品首先进行预处理,剔除粘土级矿物而保留砂粒级矿物,然后进行镜下鉴定和显微照相工作,估测不同矿物的体积百分含量。

海域的油气微渗漏现象,由于有厚厚的海水层阻挡,受到的各种干扰因素要比陆上少得多,因而海域的油气微渗漏过程可以认为是一个相对比较封闭化学反应器(盆地)中的各种反应总和。这些反应中,与矿物地球化学有关的主要有:



在硫酸盐还原带内,还经常会发生如下的一些反应:



显然,这些反应需要有细菌的参与,特别是与硫酸盐细菌的还原作用有关。

本次标志矿物鉴定的对象主要为海底沉积物中的自生矿物,如黄铁矿、方解石、菱铁矿、重晶石等,同时在一些样品中还见有大量的沥青。其中,黄铁矿的分布最普遍,方解石的分布次之。

值得注意的是,伴随黄铁矿的大量出现,沥青组分也大量出现。由于沥青对于油气勘探具有十分重要的意义,本次除了在显微镜下鉴定外,还挑选出含沥青的沉积物样品或较为纯净的沥青颗粒样品进行了红外光谱分析和化学组分分析。

在柱状样中,高含量的黄铁矿出现可能与该区沉积物不同层段的氧化—还原条件有关。由于研究区水深普遍较浅,在海底以下 1 m 以内的浅部,

沉积物受到底流等外部作用明显,显示出一定的氧化环境;海底以下1~2.5 m层段应为硫酸盐还原带,在此环境下比较有利于黄铁矿的沉淀和保存;在2.5 m以下,沉积物受到压实成岩作用较明显,其内的黄铁矿也会受到这种作用的影响。

方解石含量与砂质含量相关系数小,这可能与方解石的生成习性有关。不管是原地生成还是被搬运而来,方解石都会受到介质中pH值和CO<sub>2</sub>含量等的影响。当CO<sub>2</sub>充足时,可能会与Ca<sup>2+</sup>发生作用,有利于方解石(CaCO<sub>3</sub>)的形成;当CO<sub>2</sub>过量时,方解石(CaCO<sub>3</sub>)可能就会与之发生进一步作用而被溶解。

镜下观察发现,黄铁矿、方解石等矿物都不同程度地受到磨圆作用的影响。但是,根据它们的磨圆程度、与其它矿物的胶结关系和产出形态等特征,仍可以初步判断出这些矿物的来源或成因上的差别。例如,矿物磨圆度较好,或者与透明矿物胶结共生,那么这些矿物应是搬运作用形成的;如果矿物长在生物介壳中,那么这些矿物应为生物作用形成;如果矿物晶形较好,且较完整,那么这些矿物应为原地条件下形成。在同一站位,沉积物中的矿物有的以一种来源为主,有的可以有多种来源。

沥青在反光镜下呈圆球状、柱状、粗粒状(重烃),为黑色、褐色、红褐色,具玻璃、油脂光泽。大量褐色沥青及重烃呈片状缠绕在一起,集合体产出,并夹杂有黄铁矿晶粒的出现。沥青包裹圆球粒状黄铁矿,或红褐色沥青(重烃)与鲕粒状黄铁矿共生在一起,有时颗粒状褐红色、黄红色沥青中央含少量黄铁矿晶粒,或是黄铁矿呈平行条纹状生物结构,条纹间夹杂有褐色沥青的产出,有时在有孔虫室内可见浅黄褐色轻质沥青或重烃。在单偏光下,沥青呈深褐色长条状、板状、片状,可见红褐色沥青具生物结构特征;在透光下,可见黑褐色沥青集合体产出。这些特征说明了沥青与黄铁矿有着密切的联系,沥青可能为有机作用的产物。

通过对北黄海海域浅部沉积物样品中黄铁矿、方解石成因的初步分析,在去除它们中被搬运而来的部分后,剩下的基本上为原地形成或生物作用形成的矿物,应当与油气微渗漏作用有关。

### 3.2 底部海水样

底部海水油气化探指标是以气体为研究对象。油气藏的形成、破坏都可以使其上方的沉积物和水体中含有更加丰富的气体。以往海域化探主要采用沉积物柱状样开展顶空气分析,以气相色谱方法测定CH<sub>4</sub>,重烃,CO<sub>2</sub>,H<sub>2</sub>,O<sub>2</sub>,N<sub>2</sub>等。但顶空气方

法必须在有钻孔的条件下才能进行,在早期调查阶段很难被利用,而且准确度也比较差。

20世纪80年代中期,Obzhirov建立了底部海水气体地球化学方法,在海域地球化学探测中取得了很好的成效,并开始引起各有关国家的重视。这种方法的技术基础是:来自海底下部地层中的天然气,可通过沉积层的孔隙或断裂系统向上运移,经海底进入海洋水体中。当海底存在常规油气藏时,就可在其上方的沉积物与海水中形成富含甲烷、乙烷、丙烷等烃类气体的异常区。此外,在被动大陆边缘及已停熄的火山分布区,底层水中也会出现CO<sub>2</sub>;而在主动大陆边缘、活火山或热水活动区,除CO<sub>2</sub>外,还可出现H<sub>2</sub>,H<sub>2</sub>S,He及少量的CH<sub>4</sub>。

考虑到烃类异常和上述不同地质背景可能出现的气体,气体地球化学方法在分析海水中烃类气体的同时,也将CO<sub>2</sub>,H<sub>2</sub>,He,H<sub>2</sub>S,O<sub>2</sub>,N<sub>2</sub>列入考虑之列。根据对同一水柱不同深度的分析,浅层海水由于易受洋流或各种水团的影响,其气体组成缺乏代表性,因此,气体地球化学方法通常以底层海水为主要研究对象。Obzhirov曾多次应用这一方法在鄂霍茨克海、日本海、东海、南海、西南太平洋等海域开展过系统的研究,并在鄂霍茨克海成功地发现了常规油气藏和海底天然气水合物。

本次调查采用自行设计的取样装置在距海底1 m处取水500 mL,用塑料容器盛载后蜡封容器口部,于低温状态下保存。然后经实验室脱气,用气相色谱仪检测其中的气体成分如甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、戊烷、二氧化碳、氢气等。根据检测结果确定不同指标的背景值,在背景值的基础上,分别划出各级异常范围。由于海水会受到海流影响,造成底水样品的污染,因此必须判断造成化探异常的原因。如果底水气体异常均是以局部区域富集的形式出现,而且彼此之间也没有呈现沿某一方向的带状分布,就可以排除由海流所带来的影响因素,而认为是与海底甲烷气体的逸出上排有关,也即海底之下的特定地区确实存在甲烷气体的富集域。

### 3.3 低层大气样

资料及有关观测结果均表明,低层大气中甲烷及其同系物的高浓度与深部油气藏密切相关,是地下油气赋存的重要标志之一。地震活动的激发和地球放气促使油气微渗漏作用大大加剧,油气藏中有关气体大量逸出是甲烷系列气体高浓度的主要原因。低层大气中甲烷及其同系物高浓度异常可以作为油气化探的重要指标之一加以利用<sup>[13]</sup>。

海面空气中烃类气体含量低,流动性大,因而

直接测定其异常值比较困难。目前最新的检测手段是利用卫星热红外遥感探测技术对海面进行大面积长时间的观测,圈定甲烷浓度异常区域<sup>[14]</sup>。

利用低层大气样探测海域油气藏的原理是:由于地震作用使岩层发生了强烈的变形和破裂,因此,圈闭在沉积层中的天然气沿断裂或裂隙向上渗透进入海底或海水,直至低层大气中;随后这些气体在瞬变电场和太阳辐射的作用下激发增温,导致低空大气或海面出现增温异常。因此,临震前卫星热红外增温异常可作为寻找海域油气藏的一种重要手段<sup>[15]</sup>。

取样容器为 500 mL 带橡皮塞小口玻璃瓶,用自制的装置采用排水取气法收集低空大气样品,现场进行低温保存;运至室内用气相色谱法测试样品中的甲烷、乙烷、丙烷等成分,用红外光谱分析二氧化碳成分,其中二氧化碳精度达到  $10^{-2}$  级,甲烷精度达到  $10^{-6}$  级。根据气体含量的测试结果,研究是否存在异常值;根据风向的不同,追索低空大气中气体的源异常,结合卫星热红外增温异常的动态变化对其进行解释。本次调查共采集低层大气样品 300 件,开展了低层大气轻烃和二氧化碳含量检测。

#### 4 化探指标的数据处理及综合异常评价

根据各项测试分析结果,总结主要化探指标的丰度特征,对各项指标分别进行概率检验、迭代分析,在概率分析的基础上求取检验值,以确定各项化探指标是否服从正态分布;采用数据处理方法使非正态分布的数据逼近正态分布,从而确定调查区域地球化学场的展布规律。

对各种化探勘查方法形成的化探单指标进行筛选,选择多项化探单指标进行相关分析、R 型聚类分析和 R 型因子分析,据此将相关性较好的化探指标进行归纳分类,在相关性好的指标系列中提取 1~2 项指标即可基本代表该系列指标提供的信息。同时充分结合各化探指标的地质、地球化学意义,并考虑到没有参与指标筛选处理的化探指标,从众多的化探单指标中筛选出适当数量的化探指标作为代表指标,对北黄海海域的化探综合异常进行研究。

根据筛选的化探指标,求取合理的异常下限。异常下限经验系数的选用考虑了研究区内已知区、未知区、油气规模、地质特点和异常点在平面上的

分布等实际情况,并适当控制异常几率,一般控制在 15%~25%。主要采用以下 2 种方法:1) 统计分析法,异常下限在概率统计分析基础上进行,即以均值加标准偏差确定异常下限;2) 4 次趋势剩余值法,趋势分析把指标的观测值分解为区域分量和局部分量,用区域分量表示起伏渐变的区域背景变化,经过异常下限的求取和剩余值分析,进一步把局部分量分解成随机分量和剩余异常分量,由此可以排除随机干扰,在低背景上圈出异常。

化探综合异常评价是根据确定的化探指标异常下限值,按烃类和非烃类,分别分析研究区的化探指标异常,编制综合异常分布图进行评价。评价首先考虑异常区中主要化探指标的组合状况及齐全程度,然后考虑各化探指标异常的叠合和匹配情况、异常区采样点的网度、异常区内的异常点数、异常强度及异常衬度,结合异常模式进行分级评价,分析综合异常的分布组合特征。

在化探综合异常评价的基础上,结合盆地的地质背景和地震勘探成果,对比已钻获油气地区的特征,用类比的方法对研究区的化探综合异常进行评价和预测。评价中充分考虑了主要化探指标异常与地震解释局部构造和盆地模拟含油气构造的符合关系是否密切,构造面积的大小,断裂系统的发育情况,与断裂系统开启程度的关系等。此外,还从油气地质学的角度,考虑了油气源岩的发育程度,距生油凹陷的距离,油源的丰富程度,油气运移、聚集、保存条件等。最后根据综合评价的结果,提出最有利的油气远景区。

运用该方法在北黄海盆地油气勘查中进行了初步尝试,不同介质和深度样品的多项化探指标互相进行了验证和补充,并据此划分了三级化探异常区,提出了有利的含油气远景区,均与已知油气区和区域地质分析的结果相符合,取得了很好的效果。

#### 5 结论

海域油气化探是一种直接、经济、快速而有效的海域油气勘探方法,目前已经成为海洋油气勘查的重要手段之一。油气烃类垂向微运移可以在其上方附近一定区域内的海底沉积物、底部海水和低层大气中形成多种化探指标异常。因此,采取海底沉积物、底部海水和低层大气 3 种不同介质样品,结合在海底沉积物柱状样不同深度部位取样的立体取样方法,可以充分利用地下油气藏在地表形成的各种异常信息,真实反映不同地球化学场背景

下,化探指标的异常,从而消除不同干扰因素的影响,为油气资源远景评价提供依据。

#### 参考文献:

- 1 贾建谊,顾惠荣. 东海西湖凹陷含油气系统与油气资源评价[M]. 北京:地质出版社,2002.10~12
- 2 李维显. 东海海礁凸起及邻近海区油气表层地球化学勘探[J]. 石油实验地质,2003,25(2):190~196
- 3 秦建中,钱志浩,曹寅等. 油气地球化学新技术新方法[J]. 石油实验地质,2005,27(5):519~528
- 4 夏响华. 油气地表地球化学勘探技术的地位与作用前瞻[J]. 石油实验地质,2005,27(5):529~533
- 5 张建培,王飞. 海洋油气地球化学勘探——以东海某研究区为例[J]. 石油实验地质,1997(4):332~336
- 6 李武,姚志温. 海洋油气化探干扰因素及抑制方法研究[J]. 石油勘探与开发,1995,22(3):51~53
- 7 许东禹,刘锡清,张训华. 中国近海地质[M]. 北京:地质出版社,1997.135~136
- 8 沿海大陆架及毗邻海域油气区石油地质志编写组. 沿海大陆架及毗邻海域油气区(上册)[M]. 北京:石油工业出版社,1990.263~265
- 9 Massoud M S, Kinops S D, Scott A C, et al. Oil source rock potential of the lacustrine Jurassic Sim Unju Formation, West Korea Bay Basin;Part 1:Oil - Source rock correlation and environment of deposition[J]. Journ Petrol Geol,1991,14(4):365~385
- 10 Massoud M S, Scott A C, Matthey D, et al. Oil source rock potential of the lacustrine Jurassic Sim Unju Formation, West Korea Bay Basin;Part 2:Nature of the organic and hydrocarbon - generation history[J]. Journ Petrol Geol,1993,16(3):265~284
- 11 杨育斌,张金来,吴学明等. 油气地球化学勘查[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1995.5~6
- 12 刘崇禧,赵克斌,余刘应等. 中国油气化探40年[M]. 北京:地质出版社,2001.1~208
- 13 黄福林,张训华,夏响华等. 中国东部和海域低层大气甲烷及其同系物分布[J]. 科学通报,1998,43(16):1767~1771
- 14 程思海,陈道华,张欣等. 海底天然气水合物地球化学探测技术[J]. 海洋地质动态,2003,19(10):30~34
- 15 龚建明,刘闯,卢振权等. 新一代卫星遥感技术在国际海底天然气水合物勘查中的应用[J]. 海洋地质动态,2002,18(2):29~31

## TRI-Dimensionally Multi-Media Sampling AND ITS APPLICATION IN THE HYDROCARBON GEOCHEMICAL EXPLORATION IN THE NORTH YELLOW SEA BASIN

Cai Feng<sup>1,2</sup>, Sun Ping<sup>2</sup>, Gong Jianming<sup>2</sup>, Chen Jianwen<sup>2</sup>

(1. China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China;

2. Qingdao Institute of Marine Geology, CGS, Qingdao, Shandong 266071, China)

**Abstract:** Under the different environment conditions, the availability of the geochemical indicators is largely affected by different factors, thus leading to the differences of the application for different media samples. Being aimed at the characteristics of different media samples, the samples from marine bottom sediments, bottom seawater and lower air were collected by using the tri-dimensionally multi-media sampling method. By using this useful sampling method, as well as the multi-indicators integrative analysis, the results of the samples from different media and depth can be validated and reinforced and the disturbing effects of different factors could be well eliminated. The result can provide the foundation for hydrocarbon resource evaluation. By using this method in the North Yellow Sea Basin, three classes of geochemical anomalous areas have been determined and several potential hydrocarbon targets have been brought forward, which have the good correlation with existing oil and gas areas and geological analytical results.

**Key words:** hydrocarbon geochemical exploration; multi-media; tri-dimensionally sampling; the North Yellow Sea Basin