

综合物化探方法直接找油气的尝试

曹 辉* 张光华

(地质矿产部石油物探研究所)

摘 要

曹辉,张光华. 综合物化探方法直接找油气的尝试. 石油地球物理勘探, 1996, 31(4): 546~551

在 ENC 地区,我们应用高分辨率纵波和转换横波地震、高精度重力和磁力、微磁以及化探等综合物化探方法进行了直接找油气的尝试。其主要过程是由已知油气藏出发,找出它与物化探异常的关系,建立物化探直接找油气的初步模式;然后,应用该模式对邻区进行油气预测。对油气物化探异常起作用的因素有:油气圈闭、油气目的层、油气渗漏带和油气蚀变带等4种。探测前两种起因的主要方法是地震法,探测后两种起因的方法有:磁法、激电类电法和化探。经过对 ENC 地区的研究结果表明,综合物化探直接找油气技术是行之有效的。

主题词 物探 化探 综合 油气 目的层 渗漏带 蚀变带

ABSTRACT

Cao Hui and Zhang Guanghua. Direct hydrocarbon accumulation discovery using joint geophysical and geochemical methods. *OGP*, 1996, 31(4): 546~551

In ENC area, trial direct hydrocarbon accumulation discovery was made by jointly using geochemical survey and geophysical methods; seismic method having high-resolution P-wave and converted S-wave, gravimetric method, magnetic method, micromagnetic method, etc. The technique works by finding relations between known hydrocarbon trap and geochemical anomaly or various geophysical anomalies to form a preliminary pattern of direct hydrocarbon discovery, which is then used to predict hydrocarbon accumulation in an adjacent area. The geophysical and geochemical anomalies result from four factors; hydrocarbon trap, object reservoir, hydrocarbon seepage zone and hydrocarbon-altered zone. The former two factors can be determined mainly by seismic method, and the latter two by magnetic, induced electric and geochemical methods. The research result in ENC area shows that the technique for direct hydrocarbon discovery using joint geophysical and geochemical methods is feasible.

Subject heading: geophysical prospecting, geochemical survey, synthesis, oil and gas, objective interval, seeping zone, altered zone

通过探测圈闭来寻找油气仍然是当今油气勘探中采用的主要方法。与此同时,也出现了不

* Cao Hui, Research Institute of Petroleum Geophysical Prospecting, Ministry of Geology and Minerals, No. 21 Weigang, Nanjing City, Jiangsu Province, Postcode: 210014
本文于1995年10月13日收到。

少利用物化探异常直接寻找油气的方法,如地震参数法(亮点, HCI, AVO 等)、电法(IP 法、自然电位法等)、重磁法以及化探等等。这些物化探方法与寻找圈闭的勘探技术的主要区别在于:不是通过研究圈闭,而是通过研究油气目的层自身或其伴生物、衍生物等去探测油气藏。这类方法被广泛采用的可能原因是:①勘探成本低,例如可直接将原来研究圈闭的地震与重力等资料加以利用,不需要进行专门的采集,只需在处理中将处理目标加以调整。其它一些方法,如磁法、IP 法、化探等,采集费用也相对较低。②油气勘探领域越来越复杂,涉及的油气藏类型也越来越多,不少情况下,仅仅研究圈闭已难以满足油气勘探与开发的需要。这类方法中各种技术的发展很不均衡,有的已经比较成熟,如亮点技术、AVO 等,有的还处于探索阶段,如高精度重磁法等。

最近,我们在 ENC 地区应用包括高分辨率纵波与转换横波地震、高精度重力和磁法、微磁以及化探等在内的多种方法,从直接找油气的角度出发,对该区的油气进行探测,取得了良好的效果。

综合物化探技术的基本思路

ENC 地区的物探工作程度较高,区内已基本被 $4\text{km} \times 4\text{km}$ 、 $2\text{km} \times 2\text{km}$ 、 $1\text{km} \times 2\text{km}$ 的地震测网所覆盖,部分地区的测网密度已达到 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 或 $0.5\text{km} \times 1\text{km}$ 。经过前人的工作,区内已发现了油气藏,展示了良好的油气勘探前景。我们这次研究以探测天然气为主,兼顾石油。由于区内的地质条件比较复杂,原先的物探工作仍难以满足油气勘探与开发的需要。为此,我们尝试应用综合物化探直接找油气的方法,获取有关地下油气藏的有用信息,为该区的油气勘探与开发服务。

大量事实表明,当地下埋藏有油气时,不仅能探测到与油气圈闭和油气目的层有关的异常,而且能探测到与油气渗漏和油气蚀变等有关的异常。我们粗略地将油气物化探异常的起因归结为以下四种因素:①油气圈闭;②油气目的层;③油气渗漏带;④油气蚀变带。分别可称为因素 I、II、III、IV。在这四种因素中,油气蚀变带实际上也是在有油气渗漏的前提下形成的,但其性质与油气渗漏带不同。油气蚀变带是指油气的衍生物或经化学、生物等作用形成的新物质,如蚀变碳酸盐与磁黄铁矿等。在目前的油气勘探中,人们主要通过研究这四种因素,达到直接找油气的目的。从探测方法上看,探测因素 I 与 II 的主要方法是地震法,重力与电磁法勘探可作为辅助方法;探测因素 III 与 IV 的主要方法有磁法、激电类电法和化探等方法。从诸因素的特征上看,因素 I 与 II 主要由物理机制形成,与这两种因素有关的异常不仅能反映油气的存在,而且能在一定程度上反映油气藏的规模;因素 III 与 IV 的成因有物理机制,如油气渗漏带,也有化学、生物等其它机制,如油气蚀变带,成因较复杂,研究程度也较低。与这两种因素有关的异常,有的能反映油气的存在,有的仅是油气的示踪。此外,因素 III 与 IV 对研究区的地质、地球物理、地球化学以及地温等条件很敏感。

通常人们所说的物化探直接找油气,主要指应用物化探方法探测与后三种因素有关的异常。无论探测其中的哪种因素,最终目的都是获取有关地下油气藏的信息,以达到探测油气藏的目的。我们这次在 ENC 地区应用综合物化探技术直接寻找油气藏,就是利用高分辨率纵波与转换横波地震、高精度重力等方法探测与油气目的层有关的异常(因素 II);利用高精度磁

法、微磁与化探等方法探测与油气渗漏带(因素Ⅲ)、油气蚀变带(因素Ⅳ)有关的异常。这样做的目的有两个:①发挥综合物化探直接找油气的优势,从油气目的层、渗漏带、蚀变带等多方面对油气藏进行解剖,以达到在现有条件下最大限度地了解油气藏的目的;②通过同一工区的工作,对众多的物化探直接找油气方法进行分析对比,进一步了解它们在直接找油气中所起的作用。

具体到每一种方法的细节,均从已知油气藏的解剖入手,遵循从已知到未知的认识过程。以前不少直接找油气方法,特别是非地震直接找油气方法,仅仅从量值上划分异常,没有考虑异常的成因,没有区分出油气异常与非油气异常。因此,这些异常所反映的地质信息并不明确。我们这次开展的综合物化探直接找油气方法,均由已知油气藏出发,找出已知油气藏与物化探异常的关系,建立物化探方法直接找油气的基本模式,然后以此为基础,对邻区进行推断解释。这种由已知到未知的综合物化探直接找油气方法,使圈出的异常与油气的关系更密切,在一定程度上可减少物化探异常的多解性。

综合物化探方法的实施

方法应用

我们按上述技术思路,在 ENC 地区布置了高分辨率纵波地震、转换横波地震、高精度重力和磁力、化探等多种物化探工作,这些工作都是以直接寻找油气为主要目的。具体勘探方法及其主要研究对象(因素)见表 1。

表 1 勘探方法及主要研究对象简表

勘探方法	主要研究对象	勘探方法	主要研究对象
高分辨率纵波地震	油气目的层(Ⅱ)	地面化探 ΔC	油气蚀变带(Ⅳ)
转换横波地震	油气目的层(Ⅱ)	地面化探酸解烃	油气渗漏带(Ⅲ)
高精度重力	油气目的层(Ⅱ)	地面化探烃指纹	油气渗漏带(Ⅲ)
高精度总磁场	油气蚀变带(Ⅳ)	地面化探土壤碘	油气渗漏带(Ⅲ)
高精度磁场梯度	油气蚀变带(Ⅳ)	地面化探光谱指纹	油气渗漏带(Ⅲ)
微磁	油气蚀变带(Ⅳ)	地面化探潜水顶空氮	油气渗漏带(Ⅲ)

野外采集时,地震与重磁进行的是剖面测量,化探进行的是面积测量。在测网的布置上,我们尽量使测线穿过区内的钻井;在测线所穿过的钻井中,又尽可能考虑包含产油气井、干井等不同类型的井。这样,在研究物化探异常与油气的关系时,就便于对油气异常与非油气异常进行对比分析,使建立起的综合物化探直接寻找油气模式具有典型性和代表性。此外,为了给后面的物化探异常与油气关系的研究打下良好基础,无论是在资料的采集还是在资料的处理中,我们都应注意提高资料的分辨率、保真度与精度。

参数研究

(1)地震参数^{[1],[2]}。我们提取的油气目的层地震参数有:高分辨率纵波振幅(A_{PP})与频率(f_{PP})、转换横波振幅(A_{PS})、纵横波振幅比(A_{PP}/A_{PS})、转换横波 AVO、纵波速度(v_P)、泊松比

(σ)和吸收系数(α)等。在获得了众多的参数后,应用区内已有的钻井、测井及气测等资料建立该区已知油气藏与上述地震参数的关系,构成油气目的层预测的基本模式。通过反复研究,我们发现在 ENC 地区,能灵敏地指示含油气目的层的参数有: A_{PS} 、 A_{PP}/A_{PS} 、转换横波 AVO、泊松比 σ 。其它参数指示油气的能力稍差,有的仅在部分层段有指示,如 v_P ;有的则指示不明显,如 f_{PP} 。

(2)高精度重磁异常^{[3],[4]}。直接研究高精度重磁异常,特别是研究高精度重磁异常与油气的关系有一定难度。因为这部分异常往往很弱,是叠加在各种背景及干扰之上的弱异常。提取重磁异常可采用相同的方法。但事实上,两者反映的是不同因素。重力弱异常主要反映油气目的层(因素Ⅱ);磁力弱异常反映的则是油气藏上方的次生磁性矿物(因素Ⅳ)。

在 ENC 地区,我们对高精度重磁直接找油气方法进行了尝试,其基本做法是:首先在已知油气藏上方,对采集的高精度重磁资料进行位场分离,找出已知油气藏上有指示意义的重磁弱异常模式;然后,应用该模式对邻区进行油气预测。通过摸索,我们在 ENC 地区成功地提取了与油气有关的重磁弱异常。

该方法一方面说明了应用高精度重力能直接探测到该区的油气目的层;另一方面也说明了该区存在油气渗漏以及与渗漏有关的蚀变磁性矿物,且能被高精度磁法探测到。需要指出的是,高精度数据采集是我们这次探测研究的基础,而 ENC 地区油气藏埋深较浅,又为我们这次研究提供了有利条件。

(3)化探指示^[5]。在化探方面,我们主要是通过统计规律建立化探指标与已知油气藏的关系。通过研究发现,在 ENC 地区已知油气藏上方 80% 的指标有明显反映,其中 ΔC 、酸解烃异常最为显著。这些异常的存在,进一步证实了 ENC 地区有广泛的油气渗漏及蚀变现象。

除了化探外,我们还开展了微磁勘探,并发现了显著的微磁异常。

我们根据上述参数异常与指标,编制了 ENC 地区目的层的层段地震参数平面图、高精度重磁弱异常平面图以及综合化探指标平面异常图。结果发现,由不同方法圈出的含油气范围形态相似,且与由其它综合因素控制的油气藏范围相近。这不仅说明了应用地震与非地震物化探方法直接找油气的有效性,而且预示了地震与非地震信息的形成机理有一定的内在联系。

综合物化探直接找油气的初步模式

通过研究已知油气藏上方各种物化探参数(异常)与油气的关系,我们建立了 ENC 地区综合物化探直接找油气的初步模式。表 2 给出了找气初步模式,找油的初步模式稍有差异。

表 2 ENC 地区综合物化探直接找气初步模式

主要研究对象	所用方法或参数(异常)	基本结果
天然气目的层 (因素Ⅱ)	高分辨率纵波与转换横波地震参数、高精度重力弱异常	高值异常: A_{PS} 、P-SV 波 AVO、 α ; 低值异常: A_{PP}/A_{PS} 、 σ 、 A_{PP} 、 v_P 、 f_{PP} ; 重力弱异常
天然气渗漏带 (因素Ⅲ)	酸解烃、光谱指纹、土壤碘、潜水顶空氮	环状异常:酸解烃、光谱指纹、土壤碘; 顶部异常:潜水顶空氮
天然气蚀变带 (因素Ⅳ)	高精度磁力弱异常、微磁、 ΔC	环状异常: ΔC ; 顶部异常:磁力弱异常、微磁异常

表中基本结果一栏的高值意指相对强,低值意指相对弱;环状异常表示气藏边缘出现了环状异常;顶部异常意指覆盖在气藏上方的异常。更详细的模式,还可以给出参数值的范围以及异常的大小。

由表 2 可见,在 ENC 地区应用综合物化探直接找油气的方法是行之有效的。具体地说,研究油气目的层的有效参数有: A_{PS} 、 A_{PP}/A_{PS} 、P-SV 波 AVO、 σ 、高精度重力弱异常,其中 A_{PP} 、 f_{PP} 与 v_P 等可作为辅助参数。油气渗漏带研究的有效指标为:酸解烃、光谱指纹、潜水顶空氮,土壤碘可作为辅助指标。油气蚀变带研究的有效指标为:高精度磁力弱异常、微磁、 ΔC ,其中高精度重力弱异常可作为辅助指标。应用这些参数(异常)与指标的有效配套组合,从油气目的层、油气渗漏带以及油气蚀变带等多方面对油气藏进行剖析,以获取丰富的有关地下油气藏的信息,加强 ENC 地区的油气勘探与开发。

通过这次研究,我们在 ENC 地区的主要目的层段圈出了一批有意义的异常,其中有些异常的边缘被钻井穿过,异常的中心离钻井尚有一定距离。这些异常可能是良好油气层的反映。此外,我们还应用重磁弱异常等在已知油气藏的外围圈出了远景区,其中有一个地区已被钻井证实为相对高产油气区。

讨 论

以往大量的事实证明,地下油气藏会出现油气渗漏,并伴随油气渗漏而引起的衍生、次生物。我们在 ENC 地区的工作再次证实了这一点。我们认为,除了探测油气圈闭、研究油气目的层外,探测油气渗漏与蚀变等现象也是一种可供选用的油气勘探手段。前已述及,油气藏勘探的对象可粗略地划分为四种因素:①油气圈闭;②油气目的层;③油气渗漏带;④油气蚀变带。但是,不同地区的地质、地球物理及地球化学等条件是不同的,不一定所有的油气藏都能探测到与上述四种因素有关的异常。总体上看,因素 I 与 II 起主导作用,是主要勘探对象,勘探所用的方法主要是地震法,它们主要与区内的地质及地球物理条件有关;因素 III 与 IV 起次要作用,是辅助勘探对象,勘探所用的方法有高精度磁法、微磁、激电类电法与化探等,它们主要与区内的地质、地球物理、地球化学以及地温等条件有关。当然,具体问题应具体分析,如在一些地质条件十分复杂的地区,直接研究圈闭会有一定难度。而往往正是在这类地区,油气的渗漏十分发育,较容易形成与油气渗漏或蚀变有关的异常。此时,应用重磁电以及化探等非地震直接找油气技术,会有明显效果。

因此,我们认为在复杂地区的油气勘探中,直接找油气技术大有用武之地。另外在小油田的滚动勘探与油气田的开发中,物化探直接找油气技术也非常值得一用。在一个地区内,由于其地质、地球物理以及地球化学等条件基本相同或相近,因此,当我们建立了该区的物化探异常直接找油气模式后,就可以应用该模式对相邻层位或地区进行预测,以提供新层位,扩大开发区,或提供后备区。

不同勘探方法和参数(指标)都有其自身的局限性,但应用综合物化探直接找油气技术,可弥补上述方法的局限性,提高油气勘探的可信度。例如,有些地区的纵波振幅与 AVO、重力归一化总梯度等,效果不错,但在 ENC 地区效果都不明显,而转换横波振幅与 AVO 等有明显的油气指示作用。这也是我们应用综合物化探方法的重要原因之一。

结 束 语

本文简单地介绍了在 ENC 地区应用综合物化探直接找油气技术进行油气勘探的技术思路、基本方法和初步认识。尽管目前物化探直接找油技术还不够成熟,其中有些直接找油气方法的机理还不够清楚,但这些方法找油气效果已被越来越多的例子所证实。从我们这次研究的结果看,ENC 地区有着广泛的油气渗漏以及与渗漏有关的蚀变现象。将这些现象与油气圈闭和油气目的层结合起来研究,对于加速该区的油气勘探与开发有重要意义。此外,我们认为综合物化探直接找油气技术在复杂油气藏勘探、小型油气藏的滚动勘探以及油气田的开发中可发挥重要作用。我们有理由相信,随着油气勘探与开发技术的不断发展,直接找油气技术将会与圈闭找油气技术一道,在油气藏的勘探与开发中起到积极作用。

在本项研究中,张山、俞建宝、陈力等同志提供了基础资料,并提出了不少有益建议,在此深表感谢。

参 考 文 献

- 1 Alistair R B. The value of seismic amplitude . *The Leading Edge of Exploration*, 1987,10(1):30~33
- 2 Robert J P. Seismic detection of overpressuring and fracturing:An example from the Qaidam Basin ,People's Republic of China. *Geophysics*,1993,58(10):1532~1542
- 3 袁业培,金文丽,金红. 高精度重力探测油气藏的可能性. *石油地球物理勘探*,1995,30(1):139~144
- 4 Machel H G and Burton E A. Chemical and microbial processes causing anomalous magnetization in environments affected by hydrocarbon seepage. *Geophysics*, 1991, 56(5):598~605
- 5 Ronald W K 等著,张厚德译. 生物地球化学在探测油气微渗漏中的潜在应用. *国外油气勘探*,1993,5(2):223~236

• 消息 •

《中国科学引文索引》印刷版和光盘版已于近日出版

《石油地球物理勘探》是中国科学引文数据库收录的 315 种期刊之一。

《中国科学引文索引》印刷版和光盘版已于近日出版。若想了解以上两种产品的详细情况及引文数据库的服务情况,可与中国科学引文数据库课题组联系。

联系地址:北京市中关村科学院南路 8 号

邮 编:100080

电 话:62564354

传 真:62566846

中科院文献情报中心

中国科学引文数据库课题组