

黄土覆盖区游离烃技术与应用

黄欣, 陈银节

(中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要:黄土覆盖区有其特殊的地形及地质特点,一些常规的油气勘探方法在该地区的应用受到很大的限制,而油气化探方法凭借自身的特点和优势,在黄土覆盖区的油气勘探中发挥了重要的作用。但随着勘探程度的深入,已有的一些油气化探方法已不能满足油气勘探的需要,而游离烃方法作为目前国内外普遍开展的一种油气化探方法,由于其良好的油气勘探效果,正得到越来越广泛的应用。但由于黄土区地貌特征的制约,游离烃方法在黄土区还没有得到广泛利用。无锡石油地质研究所从采样工具的改进入手,研制开发了便携式游离烃采样装置,并使用该装置在黄土覆盖区开展了油气勘探的试验研究工作,试验取得了良好的效果,展现了游离烃方法在黄土覆盖区的良好应用前景。

关键词:黄土区;油气化探;游离烃

中图分类号:TE132.1⁺4

文献标识码:A

文章编号:1672-1926(2009)03-0436-06

0 引言

我国是世界上黄土分布最广,地层最全,厚度最大的国家,黄土高原占据了全国耕地面积的1/5^[1]。大致以北纬34°~35°一线为界,即昆仑山、祁连山、秦岭、鲁东山区和辽东半岛山地一线,此线以北的东北各省经山东、河北、山西、陕西、甘肃、青海、新疆等省区的干旱和半干旱地带皆有黄土分布(图1),而此线以南地区黄土分布比较少,性质也有所改变。黄土覆盖总面积约占63.5万km²^[2]。

在这些地区,黄土的发育程度不完全相同,有的地方厚度仅十余米,但在有些地方黄土厚度局部超过400m。由于黄土区特殊的土质及结构特点,形成了树枝状水系与塬、梁、沟、峁、坡并存的独特黄土地貌。众所周知,地震方法是油气勘探的主要方法,但是厚度达百米以上的干燥疏松黄土,对地震波强烈地吸收、衰减,黄土层与上、下介质的巨大速度差异、表层结构严重的非均一性使地震波在激发和传播过程中产生强烈干扰,导致地震资料出现低频和低信噪比特征^[3]。再加上恶劣的地表施工条件,因此,黄土覆盖区一直是地震勘探的难点。而油气化

探方法由于其自身所具有的简便、直接的特点,在黄土覆盖区得到了广泛应用。

鄂尔多斯盆地是我国中部的一个大型含油气盆地,南部有近 1.6×10^4 km²的黄土覆盖^[4],油气化探技术也已多次成功地应用于鄂尔多斯、塔里木等盆地的油气勘探区,表明化探技术可依靠其技术特色和良好的应用效果在西部地区油气勘探中发挥作用^[5]。所使用的化探方法包括酸解烃、蚀变碳酸盐(ΔC)及热释烃等,这些方法的使用,在油气化探的普查阶段取得了较好地油气勘探效果。但随着油气勘探程度的深入,在油气化探的详查及精查阶段,这些方法存在着很大程度的局限性,因此,必须研究和使用的油气化探方法,才能更好地服务于研究区的油气勘探。游离烃方法是近年来开发和使用的—种新方法,并已在东部平原区及西部的沙漠覆盖区的应用实践中取得了较好的油气勘探效果,其在黄土覆盖区的应用效果如何?近年来,中国石化石油勘探开发研究院石油地质研究所将黄土覆盖区游离烃技术作为重点攻关内容之一,经过多次尝试,取得了较好的应用效果,显示出该方法在黄土覆盖区具有良好的应用前景。

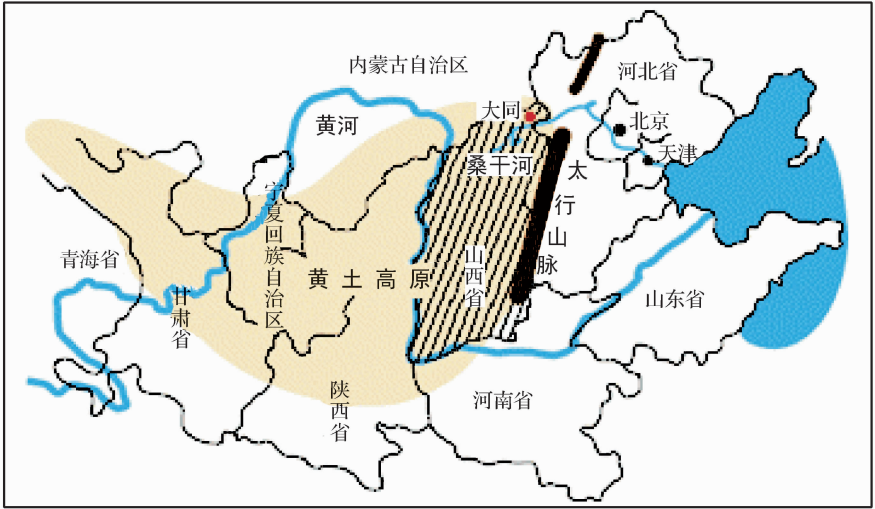


图1 黄土分布区域

1 游离烃技术特点

油气化探方法主要是检测赋存在土壤中的烃类物质及其蚀变产物,从油气藏运移上来的烃类在地表主要有3种存在形式:①吸附于细粒物质表面或矿物晶格中的吸附烃;②呈气体状态存在于土壤颗粒间的游离烃;③溶解于地下水中的水溶烃^[6]。对于吸附烃,通常是用酸进行分解,或者是用加热分解法来解析其中的烃类气体,然后用气相色谱法测定。但这种方法往往受到土壤矿物成分、样品粒度、样品前处理及其他分析条件的影响,容易造成分析的烃类组成失真。而游离烃方法是直接抽取近地表土壤间隙中的气体,进气相色谱仪分析,不经任何化学处理和改造,因此,它是一种最直接的指标。近年来,在美国、加拿大等国家的一些油田和公司,将游离烃作为油气化探唯一的指标加以运用,取得了良好的效果。

目前国内对于游离烃的检测主要有2种方式,一种是运用游离气测量车(图2),该方法很好地解决了土壤中气态烃测量各个环节的密封性及轻烃的超微量分析问题,实现了采集、分析、解释的现场化和一体化^[7],真正实现了采样的机械化和分析的现场化,具有快速、高效的特点。但是,该方法需要车队相随,设备庞大,难以适应黄土覆盖区的复杂地形条件。同时,由于使用动力钻进,未解决因快速钻进升温引起沉积物脱气效应而导致轻烃含量显著升高的技术难题,其技术应用受到一定程度的影响。

另一种检测方式是通过便携式游离烃采样装置进行野外采样和保存,然后进行色谱分析。该装置具有轻便、快速等特点。该游离烃检测方法的关键

是采样设备的密封性及样品保存设备的气密性问题。在有效解决这2个问题的基础上,游离烃方法将能够在黄土覆盖区等复杂地貌区开展大面积的油气勘探工作。本次试验应用的便携式游离烃采样装置有效地解决了制约其应用的技术难题,在黄土覆盖区得到了试验应用。

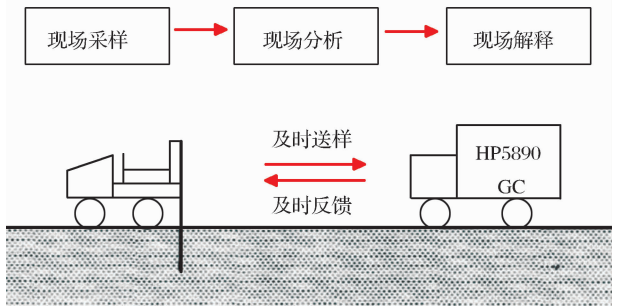


图2 土壤中游离烃野外测量示意

2 便携式游离烃采样装置技术特点

便携式游离烃采样装置是中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所李武、任春等人针对黄土覆盖区等复杂地貌区的游离烃采样工作,而研制的新型游离烃采样工具,其具有操作简便、携带方便、采集气性能优良的特点。整个采样过程手工可轻松完成,避免了机械钻进的升温效应。

该游离烃取样装置是由钻进部分和采集气部分2部分组成,其钻进部分具有操作省力、拆卸方便的特点,并根据游离烃的采样特点而对整个取气装置设计了反转防脱落技术;其采集气部分具有密封性能优良、采集气直观方便的特点。

实验表明,利用该装置所获取的游离烃指标能够对油气田构成很好的指示,并在不同的采样季节

保持相对的稳定性。

3 黄土覆盖区游离烃指标特征

利用便携式游离烃采样装置对鄂尔多斯盆地的黄土覆盖区进行了试验研究,表 1 为试验研究的游离

烃指标各组分间相关关系的统计。从表 1 可以看出,游离烃指标的轻重组分间呈显著相关关系(其中丁烷及戊烷组分由于含量极低接近仪器检出下限,分析价值不大)。游离烃的甲烷与重组组分间相关性在 0.5 以上,表现了其相互间高度的同源特性。

表 1 试验区游离烃指标相关关系统计

指标	C ₁	C ₂	C ₂ H ₄	C ₃	C ₃ H ₆	<i>i</i> -C ₄	<i>n</i> -C ₄	<i>i</i> -C ₅	<i>n</i> -C ₅	C ₂ ⁺
C ₁	1.00									
C ₂	0.63	1.00								
C ₂ H ₄	0.68	0.85	1.00							
C ₃	0.52	0.83	0.72	1.00						
C ₃ H ₆	0.63	0.87	0.89	0.75	1.00					
<i>i</i> -C ₄	0.17	0.34	0.26	0.59	0.27	1.00				
<i>n</i> -C ₄	0.37	0.54	0.50	0.77	0.56	0.62	1.00			
<i>i</i> -C ₅	0.13	0.20	0.14	0.58	0.17	0.48	0.65	1.00		
<i>n</i> -C ₅	0.20	0.27	0.20	0.33	0.30	0.16	0.30	0.46	1.00	
C ₂ ⁺	0.57	0.91	0.78	0.97	0.81	0.62	0.79	0.51	0.37	1.00

无锡石油地质研究所赵克斌等对鄂尔多斯盆地黄土区油气化探近地表各干扰因素进行了较深入的研究,认为按其影响程度由大到小依次是:地形地貌条件、粒度(岩性)、黄土层厚度、碳酸盐含量^[4]。图 3 为黄土覆盖区不同岩性及地貌条件下的游离烃指标含量比较,从比较结果来看,游离烃指标含量基本不受地貌条件及样品颜色的影响;游离轻烃几乎不

受岩性等因素影响,与油气藏关系密切,其组成和含量上的特征可直接反映油气藏的性质和特征^[8]。而从试验区来看,除砂土岩性外,其他不同的岩性条件对游离烃甲烷指标的含量不构成影响,砂土区游离甲烷含量较其他岩性区稍低,但试验区砂岩样品极少,仅占总样品数的 0.3%,因此,不同的岩性条件对游离烃指标的影响可不予考虑。

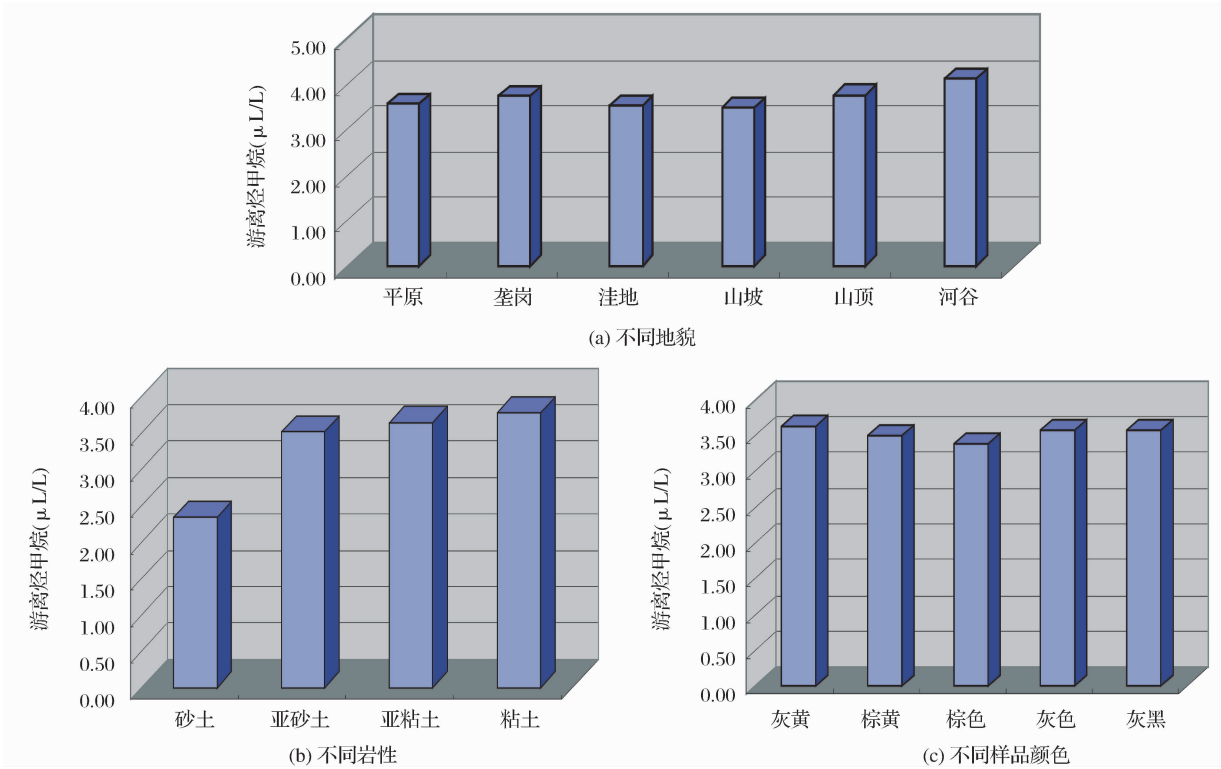


图 3 不同地表条件游离烃甲烷比较

表 2 为黄土覆盖区游离烃指标的特征值统计, 以及与其他试验区的对比统计, 从黄土覆盖试验区游离烃指标统计情况来看, 其甲烷的丰度值为 4.69 $\mu\text{L/L}$, 变异系数为 1.14, 与其他地区相比, 表现了低丰度、低变异的特点, 其重烃含量均值为 0.81 $\mu\text{L/L}$, 湿度系数为 0.13, 其烃组成明显重于沙漠区, 但比东部的天长试验区要轻一些。

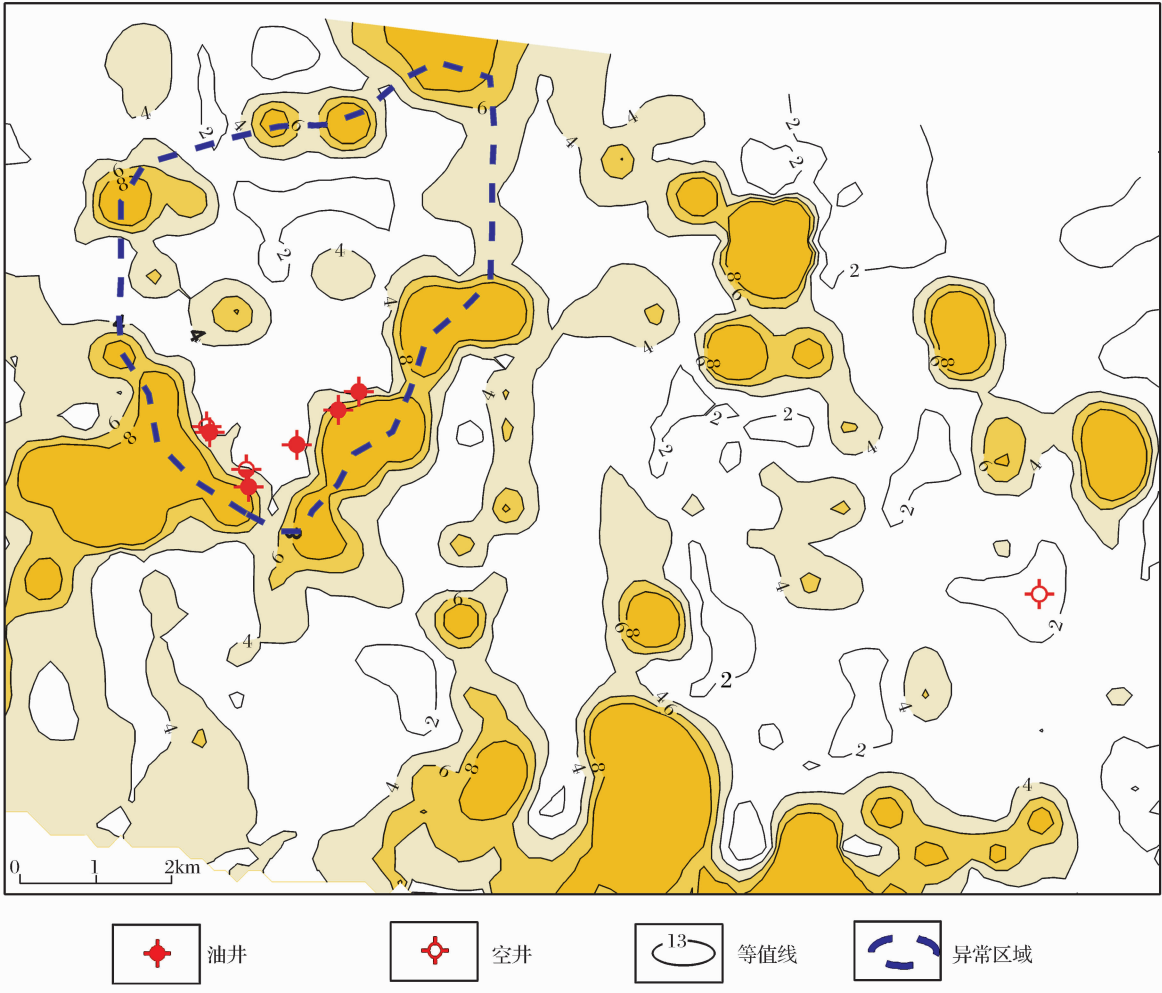
游离烃组分与其他化探指标呈不相关或微弱的

负相关关系, 说明游离烃在其他化探指标中是独立的因子, 具有独立的化探意义^[9]。

从试验区游离烃指标与其他化探指标的相关关系来看, 游离烃指标与热释烃、酸解烃、顶空气等其他指标基本不相关, 为相对独立的一类化探指标。而游离烃的不同组分间, 则显示了较好的相关性, 游离烃甲烷与重组分间的相关系数也在 0.4 左右, 呈显著相关关系。

表 2 游离烃指标特征值

指标	黄土区(泾川)			沙漠区(孔雀河)			东部地区(天长)		
	均值	变异系数	检出率(%)	均值	变异系数	检出率(%)	均值	变异系数	检出率(%)
甲烷	4.69	1.14	100	10.04	2.78	100	23.51	1.73	100
乙烷	0.41	1.44	88	0.44	1.23	87	2.77	0.55	100
丙烷	0.27	1.52	74	0.24	1.17	60	0.98	0.55	100
异丁烷	0.17	1.12	56	0.11	0.64	16	0.18	0.61	84
正丁烷	0.18	1.61	31	0.15	0.87	9	0.34	0.53	95
重烃	0.81	1.49	88	0.64	1.28	0.88	4.49	0.54	100
湿度	0.13	0.64		0.07	0.59		0.26	—	



4 应用效果

4.1 游离烃方法在鄂尔多斯盆地泾川试验区的应用

试验区大地构造上位于鄂尔多斯盆地西南部,构造区划上属于鄂尔多斯盆地天环向斜南段。试验区内属黄土塬复杂地形区,极限海拔高度为1 054~1 370 m,塬、梁、茆、沟纵横交错,地形高差数米至数百米。

试验区早期就已开展了油气钻探工作,在延安组延8油层组和延长组长6油层组、长7油层组等钻遇多层油气显示,并有多口钻井试获工业油气流。

2003年,在该区开展了游离烃方法的试验研究,试验区控制面积近150 km²,按500 m×500 m的网度,采集游离烃样品642个。图4为该试验区游离烃甲烷指标的化探异常图。从图中可以看出,

在试验区西部的油气区附近,显示了极好的游离烃甲烷异常,其异常强度高,衬度大,连片性好。根据高值区的分布,并适当参照次高值的走向特征,可以发现,在试验区的西北部存在一明显的环状异常区,已揭露的油气井均处于该异常范围内,同时从其整体的异常走向来看,整个异常区从已知的油气范围向其东北方向延伸,显示了由油气井向东北方向的良好勘探前景,这与试验区主力油气层位的砂体展布方向相一致,具有较高的油气勘探价值。同时,试验区东部还有一口空井,在空井附近的较大范围内为游离烃低值区,无游离烃的异常显示。

4.2 游离烃方法在鄂尔多斯盆地安塞试验区的应用

试验区位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡带。其地貌特征为典型的黄土地貌特征,测区内冲沟密布,植被稀少,地形起伏较大,自然环境恶劣,交通闭塞,属于

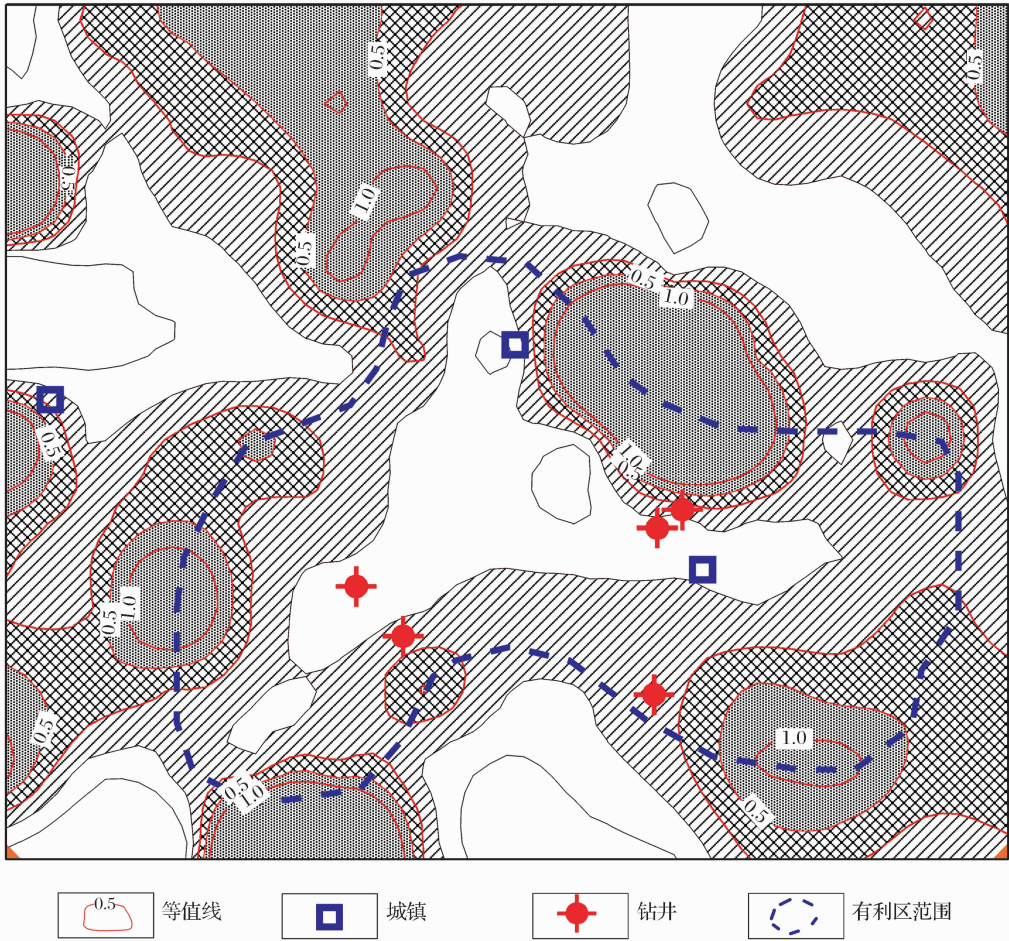


图5 鄂尔多斯盆地安塞试验区游离烃甲烷异常

旱高原气候,冲沟内基岩出露。

试验区油气成藏条件复杂,既有三叠系三角洲岩性油气藏,又有侏罗系古地貌同沉积构造及河道

砂岩尖灭和低渗透遮挡油气藏。试验区位于三角洲砂体上,其长6三角洲砂体发育浊流石膏结相,易受后期成岩改造作用,形成溶蚀孔隙,空间上有利于油

气的运移聚集。且在试验区内有多口探井钻获工业油气流。

在该区开展了游离烃方法的试验研究,试验区控制面积为 30 km²,按 500 m×500 m 的测网密度布置化探点 143 个。图 5 为试验区游离烃甲烷指标的化探异常图。从图中可以看出,在已知油气区周围显示了较好的游离烃异常,异常连片性好,整体呈环状,对已知油气区构成了较好地拟合,显示了较好的油气化探效果。

5 结论

黄土覆盖区由于特殊的地貌景观条件及地质条件,对地震勘探工作造成了很大的难度,油气化探方法凭借其自身快速、灵活的特点,在黄土区展示了良好的应用效果。但随着油气化探工作的普遍开展及勘探程度的逐步深入,已有的化探方法在研究区存在着较大程度的局限性,因此,必须研究应用新的方法,以取得更好的油气化探效果。游离烃方法是目前国内外普遍开展,且被证明是应用效果很好的一种化探方法。但要使其在黄土覆盖区发挥作用,必须从取样、保存及分析等各方面进行重新研究,以适应黄土地貌的特点。

研制应用的新型便携式游离烃采样工具,具有

操作简便、携带方便、采集气性能优良的特点。整个采样过程手工可轻松完成,避免了机械钻进的升温效应。

试验表明,利用该装置所获取的游离烃指标能够对油气田构成很好的指示,并在不同的采样季节保持相对的稳定性,展示了在黄土覆盖区良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 刘东生. 黄土与环境[J]. 科技和产业, 2002, (11): 29-35.
- [2] 景可. 黄土与黄土高原[J]. 科技文萃, 2005, (4): 30-34.
- [3] 任文军, 孙景旺, 钱汉林, 等. 黄土山地多线地震采集方法[J]. 石油地球物理勘探, 2002, 37(增): 5-8.
- [4] 孙长青, 荣发准, 陈昕华, 等. 油气化探技术在黄土覆盖区油气勘探中的应用[J]. 安徽地质, 2001, 11(3): 220-225.
- [5] 蒋涛, 吴瑞金, 程同锦, 等. 化探技术在我国西部油气勘探中的应用探讨[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(1): 117-120.
- [6] 索孝东, 劳文剑. 近地表游离烃化探系统及其应用效果[J]. 勘探家: 石油与天然气, 1999, 4(1): 52-55.
- [7] 索孝东, 石东阳. 油气地球化学勘探技术发展现状与方向[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(2): 286-292.
- [8] 李广之. 不同赋存状态轻烃的分析技术及石油地质意义[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(1): 111-115.
- [9] 张宗元, 王国建. 土壤中游离烃技术的油气化探意义[J]. 天然气工业, 2004, 24(6): 30-32

Study of Free Hydrocarbons Technology in Loess Region

HUANG Xin, CHEN Yin-jie

(Wuxi Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi 214151, China)

Abstract: It is difficult to apply some normal exploring technologies in areas covered by loess due to peculiar landform and geologic character. Oil & gas geochemical prospecting methods play an important role in these areas. But with the progress of the exploring extent, several oil & gas geochemical prospecting methods at present are not suitable for oil and gas exploration any more. Free hydrocarbons technology, one of the prevalent oil & gas geochemical prospecting technologies at home and abroad, is accepted widely for its effectiveness. Due to relief characteristics, this method is not used in loess areas. Wuxi Institute of Petroleum and Geology improved gathering tools, developed a portable device of free hydrocarbons gathering, and applied the device to areas filled by loess. The study received a good result.

Key words: Loess areas; Oil & gas geochemical prospecting; Free hydrocarbons.