

地化录井技术和三维定量荧光录井技术油气发现中的火花

杨 晟

中法渤海地质服务有限公司深圳分公司, 广东 深圳 518000

[摘要]地化录井技术和三维定量荧光技术在发现油气显示、识别真假油气显示和判断原油性质方面都有着各自独特的技术优势。在石油钻探现场对岩屑进行解释时,将地化录井方法与三维定量荧光方法各自独有的技术优点加以有机融合,可以大大提高现场解释的精度,在总体上提高服务的品质水准,符合现场服务的特点。

[关键词]油气勘探;地化录井技术;三维定量荧光技术

DOI: 10.33142/ec.v5i11.7125

中图分类号: R473.71

文献标识码: A

Geochemical Logging Technology and 3D Quantitative Fluorescence Logging Technology Sparks in Oil and Gas Discovery

YANG Sheng

Shenzhen Branch of China France Bohai Geological Service Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract: Geochemical logging technology and 3D quantitative fluorescence technology have their own unique technical advantages in discovering oil and gas displays, identifying true and false oil and gas displays, and judging the nature of crude oil. When interpreting rock cuttings on the oil drilling site, organically integrating the unique technical advantages of geochemical logging method and 3D quantitative fluorescence method can greatly improve the accuracy of on-site interpretation and improve the quality of service in general, which conforms to the characteristics of on-site service

Keywords: oil and gas exploration; geochemical logging technology; 3D quantitative fluorescence technology

引言

油气钻探过程中,地化录井方法以及对三维定量荧光技术的现场解释中出现的部分困难反映在了设备本身,设备类型也比较杂,以及技术标准还没有完全统一化等原因,对资料的使用质量将会带来负面影响的作用。将了地化录井方法与三维定量荧光方法在石油钻探领域的科学化运用,能够提高现场解释的准确性以及解释速度,从整体上提升现场工作的质量水平,对油气发现领域也会有促进作用。

1 地化录井技术介绍

地化录井技术是以岩心、岩屑层和井壁的取心为主要分析对象,通过定性、定量地监测烃源岩、储集岩中的生、含油气量与分布情况,是对烃族监测最直观、最灵敏的方式,它将常规的现场岩屑录井、气测录井有机融合,能够收集地下岩石中的从宏观与微观二方面详细油气信息,可获取定性评估石油资源的可靠基本数据,与传统测井技术比较,其评估手段更直观,针对性更强,对复杂油气水层的辨识和评估具备了很大的适应性。

1.1 基本原理

地化评价储油岩的实质,是透过分析方法确定岩层中的油气及其各馏分的烃浓度与成分。原油与天然气均是各种碳数烃族成分的混合物,其干气、湿气、凝析油气、轻质油、中质油、重质油等的差异,关键是由于其所含各种碳数烃族的比值差异,含碳数小的烃族多则油轻,含碳数大的

烃族多则油重,碳数差异的烃族由液体中加热挥发至气态时需要的高温也有所不同,碳数越小的烃族热挥发温度越低,反之则更高。

地化录井技术,又包括了岩石热解录井技术和热解气相色谱地质录井技术。(图1)

1.1.1 岩屑的热解作用及录井方法

岩屑热解录井技术,是利用在特制的热解离炉内对储油岩石试样进行一定程序升温,使岩石中的烃族在不同高温下迅速挥发并断裂,进而客观的获得分析试样中在不同高温范围内烃的浓度。其作用在于发现油气显示,定量评价烃源岩、储集岩和原油性质。

1.1.2 岩屑热解气相色谱录井技术

岩屑热解气相色谱分析原理是将试样在热解作用炉中升温至300℃使岩石中的烃族挥发,但由于石油母质在350℃以下并不降解,因此通过热蒸发烃分解所得的色谱分析法图上所有峰均是试样中的可溶性成分。载气所携带样品中的可溶性有机物在经过色谱分析柱时,因各组成分子在固定相原子之间产生的吸附或水解以及离子交换等物理化学过程,使性能结构相似的成分与相应的分子在二相间重复或多次分配,从而产生了巨大的分散效应,进而使混合样品得以彻底地分开。我们便可得到储层饱和烃组成的含量多少、碳数范围、主峰碳数、重量比、未分解物质的浓度多少等微观信号。其作用在于判别储层含油气性、

原油性质及流体性质、排除污染等。

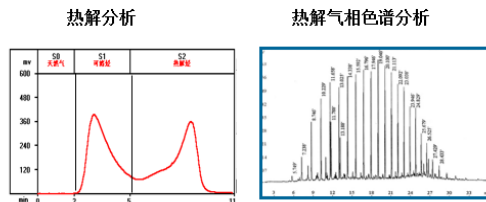


图1 热解分析与热解相色谱分析图

1.2 技术特点

- (1) 直接——直接测定储层中烃类物质丰度、组成特性；
- (2) 快速——15-20min 分析一次试样，更适用于现场制备；
- (3) 准确——能够识别真假油气显示；
- (4) 定量分析——通过对现场岩心、岩屑、井壁取心和钻井液试样中的烃类物质定量分析、定量评价；
- (5) 精确——对烃类的成分进行准确计算，确定各种成分的相对浓度。

2 三维录井技术介绍

2.1 基本原理

定量荧光技术，是指利用原油中所含的芳香烃等化学成份，在紫外线辐照下可以被激活而放出荧光的特点，透过测定试样的荧光光谱，定量估计试样的油气含量浓度、以确定原油特性等参数的光学分析方法。三维定量荧光技术就是通过三维定量荧光仪器用不同激发波长(E_x)的光对样品进行连续发射扫描，分别接收不同发射波长(E_m)的光，这些不同发射波长的光表现出不同的荧光性质，用于对样品测定。测量原理又遵循“朗伯-比尔定律”。

朗伯-比尔定理：在物质浓度较小的前提下，被测试样的荧光能力与物质浓度有较高的线形关联，但当物质浓度超过一定水平(40mg/L)时，线形关联较差并会产生“荧光抑制”现象(图2)，再高时产生“淬灭”的现象。

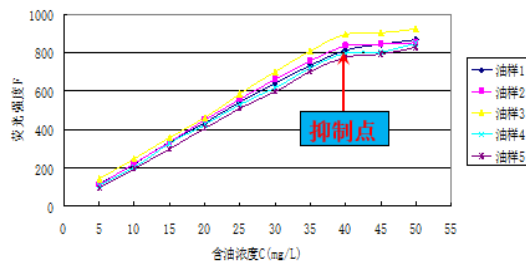


图2 曲线分析图

2.2 技术特点

扫描范围广——三维定量荧光的激发波长为200-800nm，采取多点连续激发方式，适用于轻、中、重质油以及钻井液添加剂的检测

分析时间短——扫描一个样品只需8-10分钟，适用

于现场生产

检测精度高——三维定量荧光仪器精度可达0.01mg/L，可精细评价油气显示图谱直观——可快速完成对原油性质的鉴别

3 三维定量荧光影响因素

通过对三维定量荧光数据进行分析，剔除人为因素之外，发现造成资料出现差错的主要因素为样品杂质含量、仪器光源、样品浸泡时间以及样品稀释倍数4方面。

3.1 岩样杂质含量的影响

储集层岩石样品的代表性关系到油气显示发现与分析资料的质量。目前钻井条件下岩屑细碎、岩屑滞后等因素造成岩样的代表性较差，尤其是页岩油样品浸泡溶液中杂质含量过多，对三维定量荧光分析谱图影响较大，谱图出峰异常(图3a)，与无杂质谱图(图3b)相比，其正己烷散射峰较高，看不出油峰特征。

3.2 仪器光源的影响

三维荧光定量仪采用200~800nm的紫外线作为激励光，通过样品腔，吸收200-800nm的辐射光，通过样品腔，获得了发光的3-D定量荧光光谱。现在大部分的仪器光源都是使用氙灯，当氙灯工作一段时间后，其亮度会逐渐减弱，不同仪器的光谱也会有差别，从而使同一样品在同一类型的多台仪器上出现光谱形态上的差别。

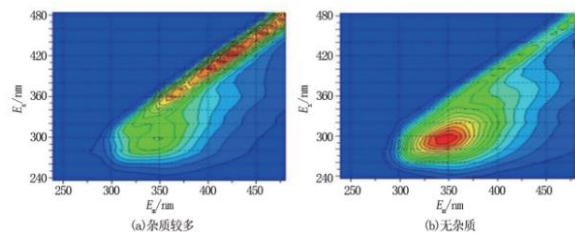


图3 光谱图示

3.3 样品浸泡时间的影响

用三维荧光定量仪进行样品分析，需要用正己烷浸泡，而页岩油的样品，浸泡时间不同，分析结果也会有差异，可见相当油含量、对比级测量值随浸泡时间的延长而增大，而油性指标的升高趋势却没有。

3.4 样品稀释倍数的影响

稀释后的油的浓度不会超出仪器的线性检测极限(40mg/L)，不会出现荧光淬灭，同时也要保证稀释后的油浓度不会太高，从而维持荧光光谱的形状。由于稀释率太高，谱图上的峰位不精确，形状也不正常，但对比度没有明显的改变；由于稀释率太低，使谱图的主峰向后移，而反差级没有明显的改变。

4 三维定量荧光影响因素实验

通过对三维定量荧光数据及谱图异常原因及影响因素的分析，确定了主要影响因素，并分别针对岩样中杂质含量、仪器光源、浸泡时间、稀释倍数因素进行了相关实验。

4.1 岩样中杂质的影响

试验研究了含杂质含量高的页岩油样品。通过对页岩油的浸渍 5 分钟的分析,发现由于杂质的存在,正己烷的散射峰值偏高,光谱特征不明显;用离心机进行离心,5 分钟后,杂质沉淀,光谱图示出了清晰的油峰(图 4)。经过 5 分钟的浸泡与 5 分钟的离心比较,其对比度有显著差异。通过对页岩油浸渍和放置时间的分析,发现在 30 分钟内,油峰的特点是显著的,30 分钟的浸渍和 5 分钟的离心试验得到的油峰特征是一致的。试验结果显示,含大量杂质的页岩油,可以在离心机中离心 5 分钟,也可以在水中浸泡 30 分钟。

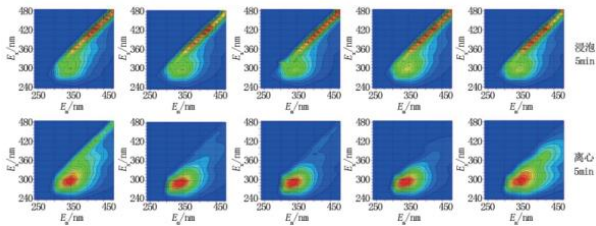


图 4 光谱图示

4.2 仪器光源的影响

根据仪器光源的影响,制作了一个统一的标准物质,完成了标准曲线,再用统一的标准物质进行校准,再选择几个样品,在不同的仪器上进行分析,得出相同的结果(图 8)。

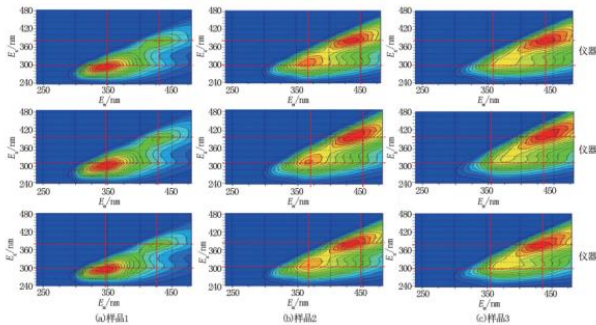


图 5 光谱图示

4.3 样品浸泡时间的影响

实验针对样品浸泡时间问题,选取相同的页岩油样品浸泡不同时间进行试验分析,分析数据见图 9。通过分析结果进行对比,样品浸泡 90min 对比级达到最高(对比级与浸泡 30min 差 0.2 级左右),与浸泡 5min 样品差 1 级左右,随后降低。针对泥页岩样品,考虑到现场分析样品的及时性,选择浸泡时间 30min 为宜。

4.4 样品稀释浓度的影响

实验针对样品稀释浓度问题,通过修改完善仪器软件,可以实现一定条件下,将荧光强度(INT)控制在 300~800 $\mu W/cm^2 \cdot nm$ 之间,而稀释倍数过大($INT < 300 \mu W/cm^2 \cdot nm$)或稀释倍数过小($INT > 800 \mu W/cm^2 \cdot nm$)时,数据均不能保存。通过样品的稀释倍数实验,实现稀释过程中倍数过大或过小时,软件均自动提示。

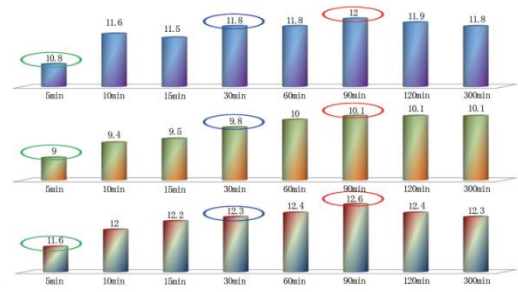


图 6 样品稀释浓度图

5 控制措施及应用效果

对页岩油样品三维定量荧光影响因素进行实验分析,根据所测结果制定了相应的控制措施。

(1) 根据岩样杂质的影响,试验测定:含杂质含量高的页岩油,用正己烷浸泡,摇匀,离心机离心 5 分钟,或浸泡 30 分钟。

(2) 根据仪器光源产生的影响:采用统一的标准物质,在录井之前使用统一的标准物质进行标定,从而排除了光源的影响。

(3) 根据试验结果,在保证现场取样的及时性的情况下,将页岩油样品浸泡 30 分钟。

(4) 样品的稀释问题:调整和改进了仪器软件,使其荧光强度保持在 300~800 $\mu W/cm^2 \cdot nm$ 的正常范围内,可以达到样品的稀释要求。

(5) 对中国油气《三维定量荧光录井技术规范》进行了修改,使其在实际应用中得到了较好的应用。通过对 40 口井 14138 个样品的频谱和数据进行了分析,发现有 174 个样品的频谱和数据有异常,误差比采取措施之前降低了 1.23%,取得了明显的成效。

6 解释评价标准

6.1 地化录井技术解释评价标准

6.1.1 储层流体性质评价

(1) 热解资料识别法

在热解资源中,油层和含水层的区别很明显;含水层和干层一般显示出二个特点,一是在原油性质较重条件下的油气含量较高,这种特点是当油气在成藏时发生泄漏,显示出残余油气的特点,试油一般为水层或干层;二是油气含量较低,该现象不是因为岩样中自身的原油性质较重,而且因为油气含量较低而导致的 S1、Pg 值都较小。因此本办法针对于同一区域和相同的石油特性,应用效果都很好。

表 1 参数

参数名	油层	油水层	干层	水层
S1	>1.0	0.1~3.0	0.1~1.5	0~0.15
PG	>4.0	0.3~4.0	0.3~4.5	<0.5

(2) 热解气相色谱资料识别法

在裂解气相色谱分析中,裂解气相色谱分析参数校正的一总峰面积,反应出了岩石样本中正构烷烃类化学物质

的平均浓度。不识别峰积的高低反应了岩石样本中水分的变化量。通常不识别峰积/校正归一总峰积值越高,表明储层遭到的水洗或生物化学降解能力越强,储层中含水的可能性也就会越高。

表2 参数

参数名	油层	油水层	干层	水层
未分辨峰面积/校正归一总峰面积	0.1~1.2	0.1~1.2	0.1~1.2	1.2~10
校正归一总峰面积	>1700000	190000~1700000	10000~190000	10000~300000

6.1.2 储层原油性质识别

(1) 热解资料识别法

地化录井热解的周期二的温度系数 S0、S1、S2 的数值代表了各温度区段中烃族组分的平均浓度,它和总烃浓度之间的百分比, GPI、OPI、S1/S2 则代表了各温度区段中烃族组分浓度的比例。根据统计分析及其某海域的地化分析数据,储层井壁取心的原油性质热解分析等参数判断指标,见下表。

表3 参数

原油性质	S1/S2	GPI	OPI
轻质油	>1	0.01~0.1	0.5~0.8
中质油	0.5~1	<0.05	0.4~0.5
重质油	0.3~0.8	<0.03	0.30~0.4
稠油	<0.3	<0.01	<0.3

(2) 热解气相色谱资料识别法

在热解气相色谱分析中,通常凝析原油主要由 C7~C15 的烃族构成,而轻质原油则主要由 C8~C25 的烃族构成,而中质原油主要由 C8~C35 的烃族构成,而重质原油主要由 C15~C50 的烃族构成,而稠油和特重质原油则主要由胶质和沥青等物质构成,因此利用热解的气相色谱分析就可以很直接的鉴定出储层的原油特性。

6.2 三维定量荧光技术解释评价标准

6.2.1 储层流体性质判别方法

纵向参数趋势法:

表4 纵向参数趋势法

	气层	油层	油水同层	水层
对比级	数据稳定(大于6)	数据稳定且值较高(大于6)	同层顶部高于底部	数据相对较小(小于6)
油性指数	数据稳定且小于1	数据稳定且大于1	底部指数变大	数据稳定
气全量	较基值增高5倍以上	较基值增高5倍以上	纵向突然下降	较基值增高小于5倍

6.2.2 储层原油性质判别方法

某海上作业区块三维定量荧光自动进样系统原油性质划分标准:

表5 某海上作业区块三维定量荧光自动进样系统原油性质划分标准

原油性质	原油相对密度 (g/cm ³)	最佳波长范围	
		Ex (nm)	Em (nm)
凝析油	0.75 ≤ ρ < 0.80	≤ 300	≤ 340
轻质油	0.80 ≤ ρ < 0.87	300~340	340~385
中质油	0.87 ≤ ρ < 0.92	340~350	385~405
重质油	0.92 ≤ ρ < 1.00	≥ 350	≥ 405

5 结语

在油气勘探现场解释中,地化录井技术和三维定量荧光技术有各自独特的技术优势,在某些方面也存在一定的局限性。结合实际勘探工作的要求,将地化录井技术和三维定量荧光技术联合科学的运用是一个优势互补的结果,对现场解释的准确性和速度性有积极促进的作用,有助于提升油气勘探工作的质量。

[参考文献]

- [1] 杨晟. 三维定量荧光录井技术及其自动进样系统探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(22): 168-169.
 - [2] 兰晶晶. 渤海海区低阻油气层识别方法研究[M]. 沈阳: 东北石油大学, 2015.
 - [3] 胡云, 谭忠健, 张建斌, 等. 利用录井图版判别渤海油田原油性质的新方法[J]. 中国海上油气, 2016, 28(5): 44-48.
 - [4] 韦少校. 三维定量荧光技术在珠江口盆地的研究与应用[J]. 录井工程, 2018, 29(4): 36-38.
 - [5] 王志战. 定量荧光录井技术应用研讨[J]. 录井工程, 2020(32): 78.
 - [6] 刘可禹, 鲁雪松, 桂丽黎, 等. 储层定量荧光技术及其在油气成藏研究中的应用[J]. 地球科学, 2016, 41(3): 373-384.
 - [7] 刘强国, 朱清祥. 录井方法与原理[M]. 北京: 石油工业出版社, 2011.
 - [8] 李成军, 杨光照, 关有义, 等. 录井技术与油气层综合解释评价[M]. 北京: 石油工业出版社, 2011.
- 作者简介: 杨晟(1998-)男, 侗族, 贵州省天柱县, 本科, 主要研究方向, 综合录井。