

The Application of Geochemical Logging Evaluation Technology in Block G18

Yu Wang

Mud Logging Company of the Great Wall Drilling Engineering Company, CNPC, Panjin Liaoning
Email: 316512701@qq.com

Received: Mar. 10th, 2017; accepted: Jun. 7th, 2017; published: Oct. 15th, 2017

Abstract

In Lianhua reservoir of block G18 in Liaohe oilfield, the reservoir property was better, after years of water flooding, it has entered a period of high water content, and the remaining oil was dispersed in the plane and space. Taking the geological development problems in Lianhua reservoir as a starting point, by analyzing reservoir geochemical logging technology, rock pyrolysis and pyrolysis gas chromatography technologies are used to set up the interpretation evaluation chart. Finally the oil-bearing property of the reservoir is evaluated, which provides the technical support for the formulation and adjustment of development program.

Keywords

Lianhua Reservoir, Residual Oil, Geochemical Logging, Digital Technology, Interpretation and Evaluation

水淹层地化录井评价技术在G18块中的应用

王宇

中石油长城钻探工程有限公司录井公司, 辽宁 盘锦

作者简介: 王宇(1986-), 男, 工程师, 现从事地化录井及解释评价方面工作。

Email: 316512701@qq.com

收稿日期: 2017年3月10日; 录用日期: 2017年6月7日; 发布日期: 2017年10月15日

摘要

辽河油田G18块莲花油层, 储层物性较好, 经过多年的注水开采, 已经进入了高含水期, 剩余油在平面上和空间上较为分散。以莲花油层开发地质难题为出发点, 通过开展储层地化录井技术分析, 运用岩石热解和热解气相色谱数字化技术, 建立莲花油层解释评价图版, 最终实现储层含油性评价, 为开发方案的制定和调整提供技术支持。

关键词

莲花油层, 剩余油, 地化录井, 数字化技术, 解释评价

Copyright © 2017 by author, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

莲花油层是辽河油田 G18 块主要目的层, 岩性混杂, 以砂砾岩和细砂岩为主, 储层物性较好, 属中孔高渗储层, 油质为稠油, 密度平均为 0.9350 g/cm^3 , 黏度高, 平均为 $1134.72 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, 重质组分含量非常高。莲花油层经过多年的注水开采, 已经进入了高含水期, 剩余油在平面上和空间上较为分散。

莲花油层的顶底分别由稳定的油页岩、钙片页岩等特殊岩性的标志层所控制, 油层内部按照岩性、电性旋回组合和泥岩隔层特征, 将莲花油层划分为 8 个油组: I-IV 油组为薄互层, 开采程度低; V 油组为一套油水组合, 油藏类型为中 - 厚层边水油藏, 水淹程度高; VI 油组为边底水油藏; VII 油组为底水油藏[1]。

目前在 G18 块莲花油层开发过程中主要存在 3 个地质难题: ① V 油组水淹后, 层内非均质性严重, 水淹程度识别困难; ② VI、VII 油组油水关系复杂, 油水界面不清; ③ 部分油层显示较好, 但出液量低, 产能低[2]。

2. 水淹层地化录井响应特征

油层水淹后原油会发生一系列的物理和化学变化, 随采出程度的增加, 储层含水饱和度增加, 含油饱和度降低, 原油密度和黏度上升, 这些是地化录井技术评价水淹层的主要依据。

注水驱油实验是水淹机理研究的一种基本方法, 在研究中采用稳态法水驱油实验对不同产水率条件下的岩样进行了地化分析, 并结合密闭取心资料, 研究地化录井资料的响应特征及机理。

2.1. 岩石热解

根据前人开展的稳态法水驱油模拟实验, 注水以后, 随着含水率的上升, 含油饱和度降低, 原油性质变差, 反映在热解分析上响应为 S_1 (游离烃质量分数含量, mg/g)、 S_2 (裂解烃质量分数, mg/g)、 P_g (产烃潜量, $P_g = S_1 + S_2$, mg/g) 和 P_s (轻重比, $P_s = S_1/S_2$) 降低。

实验得到如下数据:

饱和油时: 高孔渗层 $P_g > 60$ mg/g, 低渗透层 $P_g > 25$ mg/g;

残余油时: 高孔渗层 P_g 20~35 mg/g, 低渗透层 $P_g < 15$ mg/g [3]。

2.2. 热解气相色谱

根据前人研究结果, 气相色谱谱图特征随含水率上升的变化非常明显。随含水率上升, 饱和烃色谱峰值逐渐降低, 峰形从正态峰形向扁平形变化。

饱和烃分析的主要特征参数, 如主峰碳色谱峰值(nC_{\pm})及色谱峰面积值(A_{\pm}), 主峰碳数及饱和烃色谱面积值(A_s)等, 都随含水上升呈现明显的下降趋势。

实验表明, 随含水率上升, 气相色谱峰值、峰型以及主要特征参数, 以及热解参数, 都呈现了有规律的变化, 证实地化录井是可以反映油层水淹变化特征的。

不论是饱和烃色谱, 还是热解分析, 不论是水驱油实验, 还是密闭取心, 随含水率上升, 反映含油丰度的参数 P_g 、 S_1 、 S_2 、 P_s 都一致性地降低[3]。

3. 评价方法

在录井水淹响应特征研究基础上, 结合投产资料, 建立 G18 块莲花油层地化录井评价标准及解释方法。

3.1. 岩石热解方法

由于 V 油组和 VI、VII 油组油藏类型不同, 认为 V 和 VI、VII 油组应当分别建立标准和图版。

V 油组评价参数包括 S_1 、 P_g 、 P_s , 随着水淹程度增加, 这些参数都呈现下降趋势, 也反映了随含水率上升储层含油量下降, 轻重比下降的规律(表 1)。

VI、VII 油组的评价标准, 和 V 油组相比, S_1 和 P_g 两个表征含油量的参数是下降趋势, 但是表征油品性质的参数轻重比 P_s 和 V 油组相比变化不明显, 反映了水淹层和正常油水层的不同特征(表 2)。

Table 1. The criterion for water-out reservoir interpretation and evaluation (V Oil Formation)

表 1. 水淹层解释评价标准(V 油组)

储层流体性质	S_1 /(mg·g ⁻¹)	P_g /(mg·g ⁻¹)	$P_s/1$
油层	>10	>25	>0.8
弱水淹层	8~10	>25	0.6~0.8
中水淹层	3~8	10~25	0.4~0.8
强水淹层	<3	<10	<0.4

Table 2. The criterion for oil and water layer interpretation and evaluation (VI and VII Oil Formations)
表 2. 油水层解释评价标准(VI、VII 油组)

储层流体性质	$S_1/(mg \cdot g^{-1})$	$P_g/(mg \cdot g^{-1})$	$P_s/1$
油层	>8	>20	>0.5
差油层	3~8	7~20	>0.6
油水同层	3~8	10~20	<0.6
水层	<3	<7	<0.8

分油组建立交会图版, 分别是 $P_g - S_1$ 交会图版和 $P_g - P_s$ 交会图版。左侧的 $P_g - S_1$ 图版, 能够将油层、强水淹层、水层很好地分离, 但是差油层、中水淹层、油水同层分离度不够, 表明使用含油量参数只能表征地层含油丰度的变化, 在油水关系表征方面敏感性不足。右侧的 $P_g - P_s$ 交会图版, 各个级别储层分离程度高, 油层、水淹层划分区间明显, 表明运用含烃量参数结合轻重比参数能够较好地判别地层油水关系(图 1)。

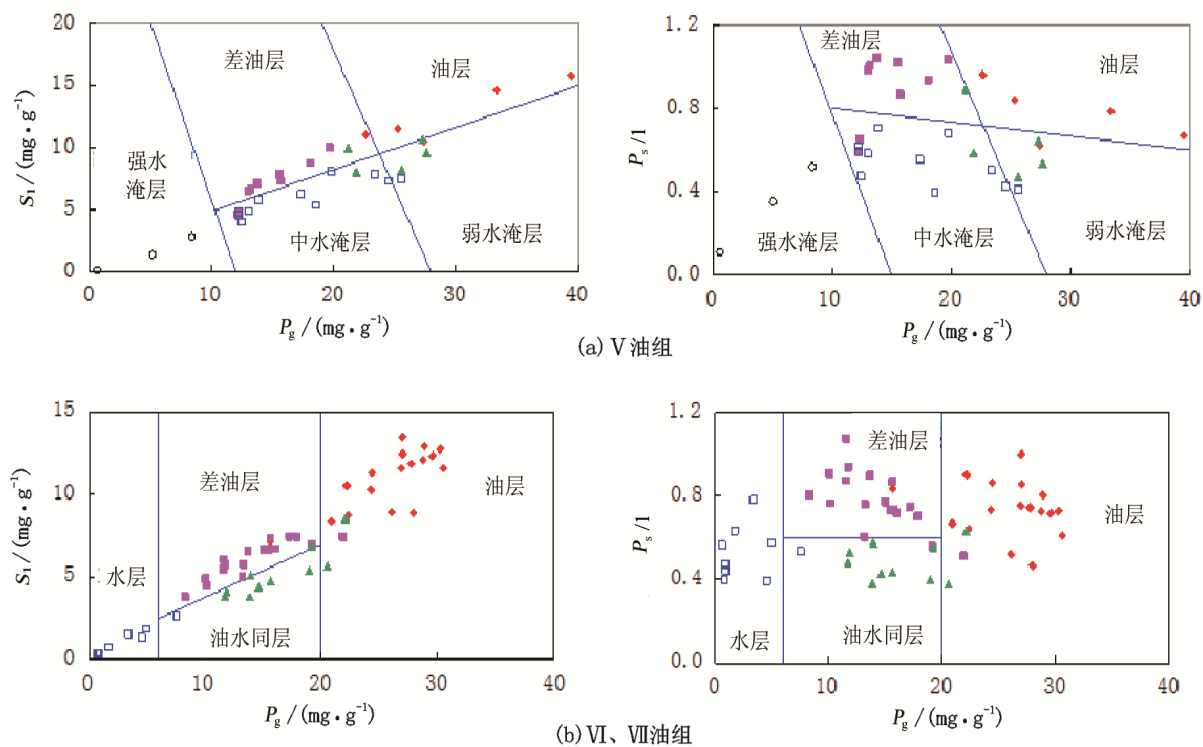


Figure 1. The chart board for rock pyrolysis interpretation and evaluation
图 1. 岩石热解解释评价图版

3.2. 热解气相色谱方法

1) 色谱数字化方法

稠油原油中胶质、沥青质等重质成分含量高, 正构烷烃含量低, 造成谱图形态呈现基线隆起, 单个谱峰组分不能被准确识别, 无法实现量化分析(图 2)。

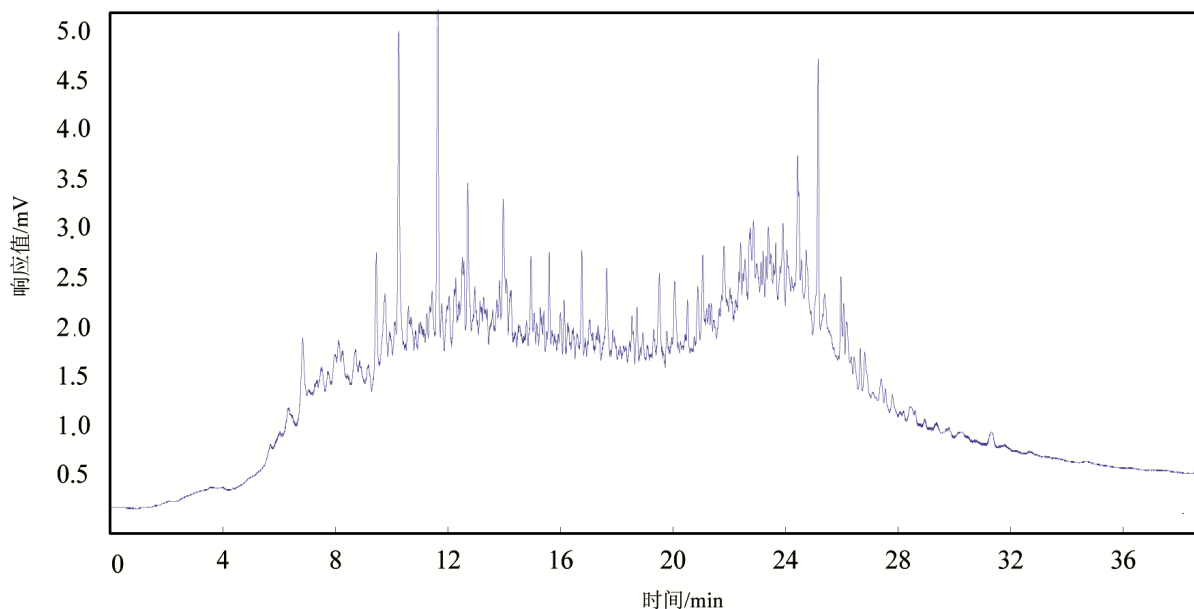


Figure 2. The chromatographic spectra of heavy oil
图 2. 稠油色谱谱图

针对上述难题,运用色谱谱图包络线拟合方法,对热解气相色谱进行数字化解析,进而分析稠油烃类组分含量变化特征。具体思路是运用三角函数多项式构造能够用来模拟双峰或多峰的函数,应用非线性回归使拟合程度达到最好,最终提取出相关形态因子,实现定量化评价。

拟合方程为:

$$y = V_0 + a_1 \times \sin(\pi t / b) + a_2 \times \sin(2\pi t / b) + a_3 \times \sin(3\pi t / b) + a_4 \times \sin(4\pi t / b) + a_5 \times \sin(5\pi t / b) + a_6 \times \sin(6\pi t / b) + a_7 \times \sin(7\pi t / b) + a_8 \times \sin(8\pi t / b)$$

式中: V_0 , a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , a_5 , a_6 , a_7 , a_8 , b 为拟合系数; t 是色谱出峰时间, min; y 是色谱出峰响应值, mV。

以拟合的拐点 L_1 为分界线,划分轻重组分区间。最终提取的形态因子包括:面积参数 A_1 面、 A_2 面;高度参数 H_1 、 H_2 (图 3)。

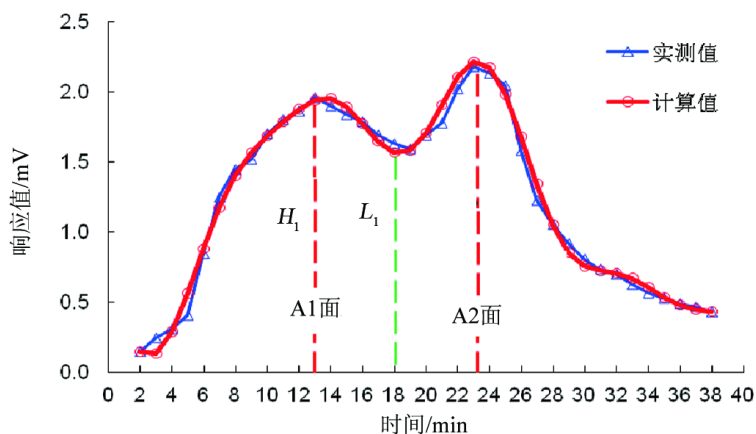


Figure 3. The sketch of heavy oil chromatographic envelope fitting
图 3. 稠油色谱包络线拟合示意图

2) 标准及图版建立

通过对比分析, 面积参数的适用性要好于高度参数, 因此在目前实际应用过程中, 已建立面积参数的标准和图版(表 3、表 4、图 4、图 5)。

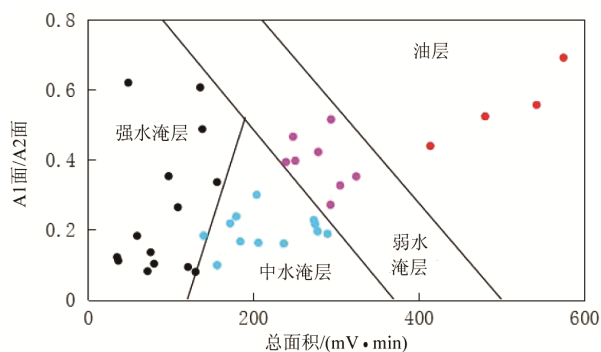


Figure 4. The chart board of chromatographic digitalization (V Oil Formation)
图 4. 色谱数字化图版(V 油组)

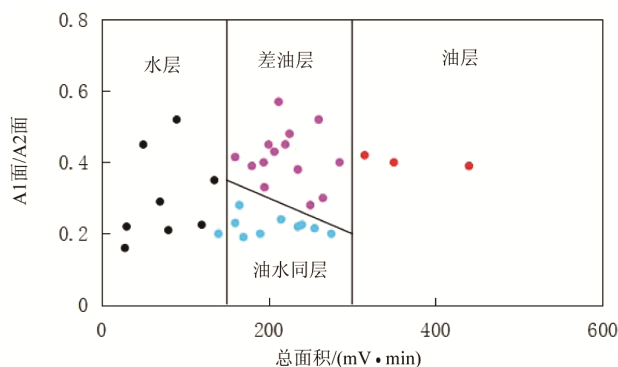


Figure 5. The chart board of chromatographic digitalization (VI and VII Oil Formations)
图 5. 色谱数字化图版(VI、VII 油组)

Table 3. The criterion of chromatographic digitalization (V Oil Formation)

表 3. 色谱数字化标准(V 油组)

划分标准	总面积/(mV·min)	A1 面/A2 面
油层	>350	>0.4
弱水淹层	>200	>0.3
中水淹层	>180	<0.3
强水淹层	<180	0.1~0.6

Table 4. The criterion of chromatographic digitalization (VI and VII Oil Formations)

表 4. 色谱数字化标准(VI、VII 油组)

划分标准	总面积/(mV·min)	A1 面/A2 面
油层	>350	>0.4
差油层	>150	>0.3
油水同层	>150	<0.3
水层	<150	0.1~0.6

4. 应用效果

应用上述地化录井数字化方法,对 G18 块莲花油层进行解释评价。将地化录井技术应用在 G18 块的 14 口开发井,可统计 68 层,符合 58 层,总体解释符合率达到 85.3%。

总结起来,在莲花油层评价过程中,地化录井作用主要体现在 3 个方面。

4.1. V 油组水淹程度精确识别

g2-1-010 井,在 1694~1716 m, 33、34 两个小层进行了地化分析,通过图版投点可以看到,33 层数据落到图版弱水淹层区域,34 层数据落到图版中水淹层区域,通过地化热解值 S_1 、 P_g 、 P_s 分析,认为上部含油性较好,下部含油性一般,水淹程度高;通过热解谱图分析,认为 33 层水淹程度低,下部 34 层轻质组分明显减少,具有明显的中水淹特征(表 5、图 6、图 7)。

综合解释 33 层为弱水淹层,34 层为中水淹层。对这两层进行合采,初期日产油 2.1 t,日产水 1.4 m³,含水率 40%,累计产油 150.4 t,累计产水 161.1 m³。录井解释和试油结果相符。

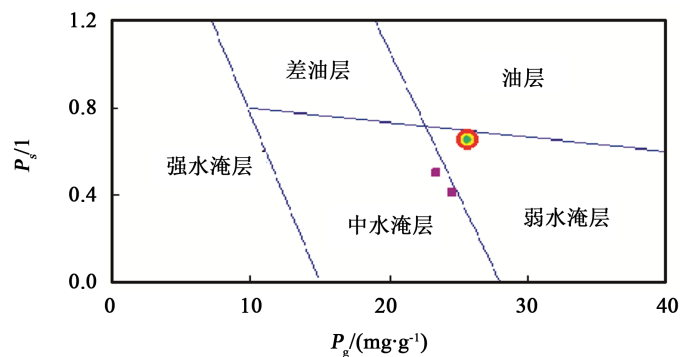


Figure 6. The set point of pyrolysis data chart in Well g2-1-010

图 6. g2-1-010 井热解数据图版投点

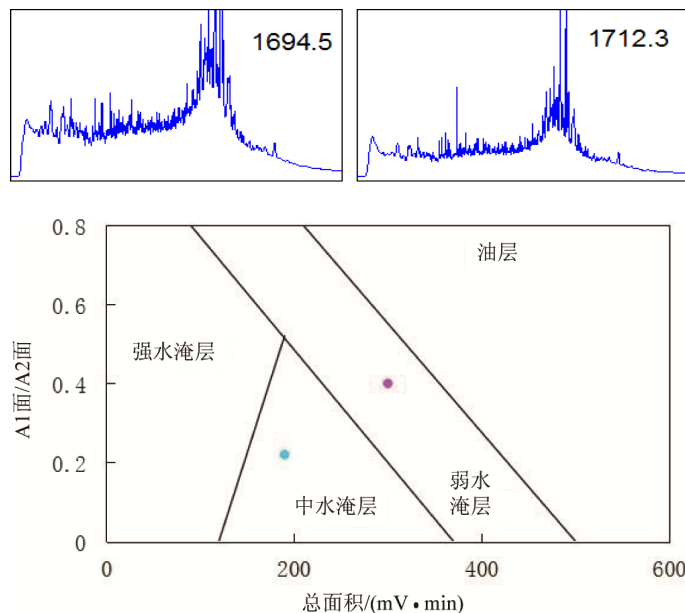


Figure 7. The set point of pyrolysis chromatographic chart in Well g2-1-010

图 7. g2-1-010 井热解色谱图版投点

Table 5. The data of pyrolysis analysis in Well g2-1-010**表 5.** g2-1-010 井热解分析数据表

层号	样品深度/m	显示级别	S_1 /(mg·g ⁻¹)	S_2 /(mg·g ⁻¹)	P_g /(mg·g ⁻¹)	$P_g/1$	测井解释	地化解释
33	1694.5	油浸	9.6	18.0	27.6	0.7	中水淹层	弱水淹层
34	1712.3	油浸	7.8	15.6	23.4	0.5	中水淹层	中水淹层
	1717.0	油浸	7.4	18.2	25.6	0.4		

4.2. VI、VII 油组油水关系准确识别

g2-4-016 井, 在 51 和 60 号层进行地化分析, 通过对比分析, 51 层 $S_1/P_g/P_s$ 参数较 60 层更高, 图版投点落在油层、差油层区域, 60 层图版投点落在差油层、水层区域, 因此通过地化热解值 S_1 、 P_g 分析, 60 层下部含油性差, 51 层整体含油性好; 通过热解谱图分析, 认为 60 层下部烃类组分不全, 含油丰度差; 51 层组分齐全, 含油丰度高, 不含水(表 6、图 8、图 9)。

综合解释 60 层为油层、低产油层, 51 层为低产油层、水层。51 层试油日产油 6 t, 日产水 0.5 m³, 含水率 7.7%, 累计产油 702.9 t, 累计产水 95.7 m³; 60 层日产油 0.4 t, 日产水 13.1 m³, 含水率 97%, 累计产油 29.0 t, 累计产水 716.2 m³。录井解释和试油结果相符。

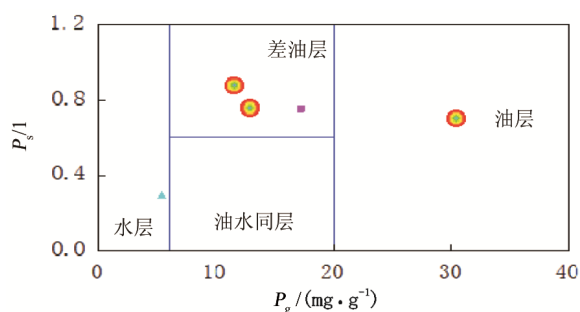
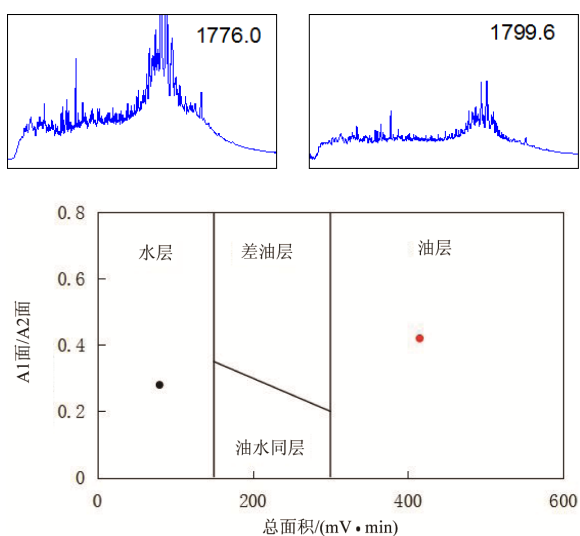
**Figure 8.** The set point of pyrolysis data chart in Well g2-4-016**图 8.** g2-4-016 井热解数据图版投点**Figure 9.** The set point of pyrolysis chromatographic chart in Well g2-4-016**图 9.** g2-4-016 井热解色谱图版投点

Table 6. The list of pyrolysis analysis data in Well g2-1-010**表 6.** g2-4-016 井热解分析数据表

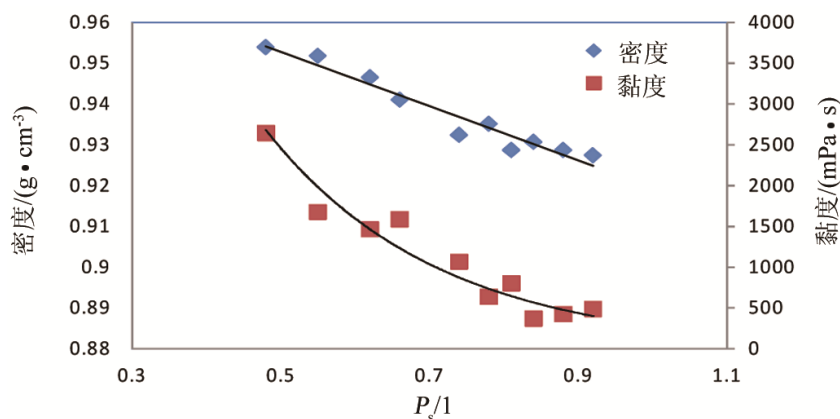
层号	样品深度/m	显示级别	$S_1/(mg \cdot g^{-1})$	$S_2/(mg \cdot g^{-1})$	$P_s/(mg \cdot g^{-1})$	$P_s/1$	测井解释	地化解释
51	1776.0	油浸	12.7	17.5	30.2	0.7	差油层	油层
	1779.4	油浸	5.7	7.6	13.3	0.75	差油层	差油层
	1780.0	油浸	5.4	7.2	11.6	0.75	差油层	差油层
34	1798.2	油浸	7.4	9.9	17.3	0.75	差油层	水层
	1799.6	油浸	1.4	4.0	5.4	0.3		

4.3. 运用 P_s 判别原油性质

g2-3-010 和 g2-4-016 两口井投产均为 6 油组, 岩性都为砂砾岩, 含油性都较好, 物性相差不大, 但产能相差较大。通过地化分析, 发现两口井轻重比 P_s 值存在明显差异: g2-3-010 井 S_2 值较高, 高含量的重组分导致 P_s 值偏低(为 0.5), 该层原油密度、黏度较大, 流动性差, 产能差(表 7); g2-4-016 井 S_2 值较低, P_s 值较高为 0.8, 产能较好(表 8)。

轻重比 $P_s = S_1/S_2$, 为轻组分与重组分的比值, 能够一定程度上表征原油密度及黏度。 P_s 越小, 密度和黏度越大; P_s 越大, 密度和黏度越小。

为了研究 G18 块 P_s 值与原油性质的关系, 采集该区块油样进行地化及原油物性分析。通过对比分析发现, P_s 值与原油密度、黏度存在明显的负相关性(图 10), 表明该区块地化轻重比 P_s 在判断原油性质上具有较好的指向性。

**Figure 10.** The correlation between P_s , crude oil density and viscosity**图 10.** P_s 与原油密度、黏度相关性图**Table 7.** The list of pyrolysis analysis data in Well g2-3-010**表 7.** g2-3-010 井热解分析数据表

样品深度/m	$S_1/(mg \cdot g^{-1})$	$S_2/(mg \cdot g^{-1})$	$P_s/1$	投产情况
1790.8	13.1	27.2	0.5	
1800.8	11.5	22.9	0.55	井段: 1789.8~1810.3 m 日产油 0.2 t, 日产水 0.4 t, 累计产油 21.5 t, 日产水 112.3 t
1802.8	7.7	13.5	0.6	
1809.0	13.6	30.7	0.4	

Table 8. The list of pyrolysis analysis data in Well g2-4-016
表 8. g2-4-016 井热解分析数据表

样品深度/m	$S_1/(mg \cdot g^{-1})$	$S_2/(mg \cdot g^{-1})$	$P_s/1$	投产情况
1776.0	12.7	17.5	0.8	井段: 1775.5~1780.1 m 日产油 6.0 t, 日产水 0.5 t, 累计产油 702.9 t, 日产水 95.7 t
1779.4	5.7	7.6	0.8	
1780.0	5.4	6.2	0.9	

基于上述分析结果, 建议对 g2-3-010 井进行注气开采: 注气前日产油 0.2 t, 注气后日产油 4.0 t, 产量上升显著。

5. 结语

1) 通过开展 G18 块莲花油层储层评价研究, 建立了地化解释评价方法, 并在该区块应用中具有良好效果, 能够为油田开发调整部署提供技术支持。

2) 运用图谱数字化技术, 解决了稠油地化谱图不能定量化分析的难题, 提高了稠油地化解释评价符合率。

3) 运用地化录井数字化技术评价水淹层具有广阔应用前景, 可以借鉴应用到在其他开发区块。

参考文献 (References)

- [1] 查光煜, 谢锐杰, 王彬. 高升油田高 18 块莲花油层地层精细划分与对比[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2013, 35(3): 189-192.
- [2] 李树山. 高 18 块深层稠油分区二次开发研究与实践[J]. 长江大学学报(自科版), 2015, 12(17): 70-73.
- [3] 郎东升, 张文生, 岳兴举, 等. 油田开发水淹层录井评价技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006: 48-71.

[编辑] 黄鹂

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: jogt@hanspub.org