

定量荧光分析技术 在原油性质判别方面的应用探讨 ——以胜利油区为例

慈兴华¹, 向巧玲², 陈方鸿³, 史晓梅⁴

(1. 浙江大学 地科系, 浙江 杭州 310027; 2. 胜利录井公司, 山东 东营 257064;
3. 中国地质大学, 北京 100083; 4. 胜利采油厂, 山东 东营 257015)

摘要: 该文以胜利油区的应用为例, 从定性、定量的角度讨论了定量荧光分析技术在原油性质判别方面的作用。利用定量荧光仪输出的谱图特征、最大峰值及对应的波长位置可以定性地判别储层的原油性质, 利用油性指数则可以实现对原油性质的较为准确的定量判别。

关键词: 原油性质; 油性指数; 荧光谱图; 定量荧光

中图分类号: TE135

文献标识码: A

原油性质是一项重要参数, 如能在原油样品被采出到地面之前及时、准确地判别出储层的原油性质, 对于产能的估算、下步试油及开发措施的制定都有重要的意义。通过近年来的生产实践和研究工作, 作者认为定量荧光分析技术可以在这方面发挥重要的作用。荧光录井技术的应用已有 60 多年的历史, 传统的荧光灯照射法是用肉眼直接观察, 定性描述荧光的产状、颜色和强度, 其应用具有较大的局限性。定量荧光分析技术是在 90 年代初由德士古石油公司率先开发的一项新技术^[1]。该项技术引入国内后, 在利用荧光强度参数进行油气水层辅助解释方面取得了初步成效, 展示了可喜的发展前景, 但在定量荧光分析参数综合利用方面的研究尚不够深入。本文以胜利油区为例, 对荧光谱图信息在储层原油性质判别方面的应用进行探讨。

1 原理简介

定量荧光分析技术是通过选择性滤波, 使激发波的波长固定在某一值(如 254nm), 被照射的样品所发荧光经滤波后, 再通过光电倍增管转换, 进而测量出含油荧光的发光强度。绝大多数的芳香烃化合物在紫外光的照射下都可以产生荧光, 每种芳香烃化

合物和原油都有其特定的荧光光谱谱峰形态^[2]。在石油芳香烃混和物的荧光光谱中, 苯的光谱峰在 280~ 290nm 之间, 萘的光谱峰为 310~ 320nm, 3~ 4 环芳香烃的光谱峰为 340~ 380nm。5 环以上的稠环芳烃在 400nm 以上。石油中的芳烃组分以萘系为主, 其次为菲系与苯系芳烃, 相对缺乏蒽及大于 3 环的芳烃, 故原油荧光峰大都在 310~ 380nm 之间, 且轻质油、中质油、重质油、稠油的荧光分析谱图具有明显的不同, 其原油的峰型和主峰波长位置都有所区别。油质轻, 峰值波长短; 油质重, 峰值的波长稍长。利用定量荧光仪输出的谱图特征、最大峰值及对应的波长位置、油性指数等参数, 可以及时、准确地确定储层的原油性质。

2 利用荧光谱图对原油性质进行定性判别

通过不同性质原油的荧光谱图特征及出峰位置不同的特点, 可以区分油质的轻重, 得到原油特性等信息。图 1 是胜利油区第三系沙河街组极为普遍的一种原油荧光分析谱图。

从图 1 可以看到, 本井原油样品共有 4 个荧光峰, 其出峰位置分别为 316nm、361nm、383nm、401nm,

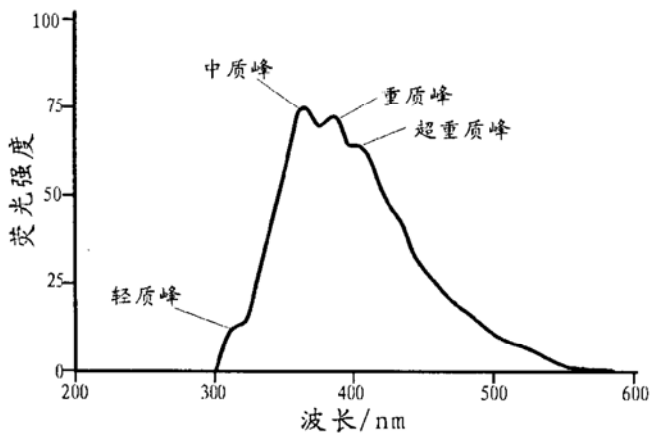


图 1 胜利油田某井原油荧光谱图

Fig. 1 Oil fluorescence spectrogram of a well in Shengli oilfield

分别代表着样品中原油的轻质组分、中质组分、重质组分及超重质组分的相对含量, 从而整体上表示出了样品的原油特性。

不同性质的原油样品, 其谱图形态及主峰波长位置都有所差别。选取胜利油区密度分别为 $0.82\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.87\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.94\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.04\text{g}/\text{cm}^3$, 原油性质隶属轻质油、中质油、重质油、稠油的 4 种不同性质原油样品进行荧光分析, 荧光谱图见图 2。从图中可见, 轻质油、中质油、重质油、稠油的荧光分析谱图具有明显的不同, 其原油的峰型和主峰波长位置都有所区别。

轻质油荧光谱图主峰位置为 $358\sim 360\text{nm}$, 轻质油峰的荧光强度有非常明显的增大, 无重质组分, 或重质组分占相当小的比例; 中质油荧光谱图主峰位置在 $360\sim 364\text{nm}$ 之间, 轻质油峰不高, 可见重质油峰; 重质油荧光谱图主峰位于 $362\sim 364\text{nm}$ 之间, 重质油峰比主峰稍低, 轻质油峰明显变低, 峰形态较宽; 稠油荧光谱图的轻质油峰低, 有时主峰与重质油峰重叠为一个峰, 峰形态宽。

通过大量的实例分析, 总结出关于不同油质原油样品的荧光谱图形态特征: 轻质组分的荧光发射波长一般在 $310\sim 320\text{nm}$ 之间, 中质组分的荧光发射波长在 $358\sim 365\text{nm}$ 之间, 重质组分的荧光发射波长在 $380\sim 400\text{nm}$ 之间。当油质较轻时, 轻质组分的含量较高, 轻质组分的荧光强度相对于中质油、尤其是重质油中轻组分的荧光强度会有较大幅度的增高, 或者轻质油峰与中质油峰并列甚至高于中质油峰的荧光强度, 成为主峰, 重质成分含量较少或者不出现重质油峰, 常规油峰的波长位置向短波长蓝移(一般轻质油主峰为 $358\sim 360\text{nm}$); 随着油质逐渐变重, 轻质组分的荧光强度逐渐变低, 而中质组分及重质组分主峰的荧光强度则有明显的增大, 重质

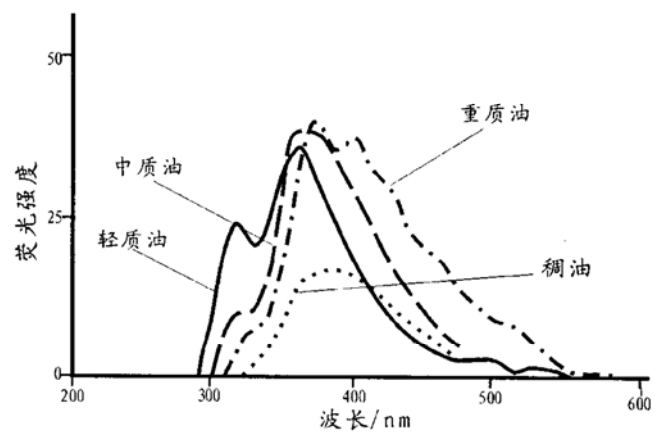


图 2 不同油质原油的荧光谱图

Fig. 2 Fluorescence spectrograms of crude oil with different properties

油组分出现, 并变得明显, 油质较重时主峰与重质油峰双峰并列, 主峰波长会向长波长红移(主峰一般为 $360\sim 365\text{nm}$)。

胜利油区的原油多是第三系地层的原油^[3], 故原油荧光谱图必然会有很大的相似性。若石油沉积的地质年代差异较大, 则荧光谱图的形态也会有较大的差异。

3 利用油性指数对原油性质进行定量判别

利用荧光谱图对原油性质进行判别, 是通过对不同性质原油的荧光谱图进行比较, 从而定性判别。能否将之定量化呢? 答案是肯定的。油性指数 R 是指同一油样中重质成分、中质成分与轻质成分的荧光强度峰值之比。 R 值越高, 说明石油重质成分越多, 轻质成分越少, 原油的密度较大; 反之, 则说明轻质成分多, 重质成分少, 原油密度较小。轻质油轻组分含量多, 则 R 值就较低; 中质油中的轻质组分要比轻质油少, R 值也要高一些; 重质油、稠油由于重质的组分占有相当大的比例, 故 R 值一般也较高。

对胜利油区不同性质原油的油性指数进行了总结, 形成了判别标准(见表 1), 并将这一标准运用于

表 1 胜利油区不同原油性质与油性指数对应关系表

Table 1 Relationship between different crude oil properties and the index of oil properties in Shengli oilfield

油性指数 R	原油性质
< 2.97	轻质油
$2.97\sim 3.74$	中质油
$3.74\sim 4.10$	重质油
> 4.10	稠油

表 2 利用油性指数判别原油性质的结果与试油数据对比表

Table 2 Comparison of oil properties from the index of oil properties with those from oil tests

井名	井段/m	层位	油性指数	原油性质评价	试油原油相对密度
WX544	2 723.40~ 2 749.80	沙三段	3.27	中质油	0.865 5
Z413	1 344.40~ 1 358.00	沙三段	5.50	稠油	0.996 5
S136	3 072.80~ 3 083.00	沙三段	3.29~ 3.54	中质油	0.871 0
H168	3 287.00~ 3 333.30	沙三段	3.27	中质油	0.907 0
H168	2 801.70~ 2 805.40	沙三段	3.11	中质油	0.898 0
T157	1 729.00~ 1 731.00	沙二段	4.01	重质油	0.941 3
T157	2 842.50~ 2 852.40	沙四段	3.77	中质油	0.888 9
Y171	3 490.00~ 3 539.00	沙四段	2.48	轻质油	0.852 1
KDX121	1 336.80~ 1 339.20	馆陶组	5.44	稠油	0.986 4
F182	3 322.40~ 3 332.90	沙三段	2.18	轻质油	0.846 7
B666	3 092.20~ 3 100.00	沙四段	2.64	轻质油	0.858 2

生产实践中,取得了良好的效果。表 2 是 11 口井的实例,根据油性指数的判别结果与通过试油得到的原油性质完全吻合,表明了这一方法的准确性。

4 小结

胜利油区的应用实践表明,利用定量荧光仪输出的谱图特征、最大峰值及对应的波长位置可以定性判别储层的原油性质,利用油性指数则可以实现对原油性质的较为准确的定量判别。另外,利用定量荧光分析资料还可以进行油源对比及进行生油

岩成熟度和生油门限的研究。相信随着生产与研究 的进步,我们将会从荧光谱图中获取更多有用的信息,为油气勘探开发提供更好的服务。

参考文献:

- [1] 安文武,苏金龙,等.定量荧光录井技术在石油勘探中的应用探讨[A].录井技术文集[C].北京:石油工业出版社,2002.355-362.
- [2] 李斌,彭超等,等.荧光光谱技术在准噶尔盆地的研究与应用[A].录井技术文集[C].北京:石油工业出版社,2002.345-354.
- [3] 程本和,项希勇,等.济阳拗陷沾化凹陷东部热史模拟研究[J].石油实验地质,2002,22(2):172-175.

APPLICATION OF QUANTITATIVE FLUORESCENCE ANALYSIS TO THE DISTINGUISHMENT OF OIL PROPERTIES—A CASE STUDY IN SHENGLI OILFIELD

CI Xing-hua¹, XIANG Qiao-ling², CHEN Fang-hong³, SHI Xiao-mei⁴

(1. Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China; 2. Shengli Geologging Company, Dongying, Shandong 257064, China; 3. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 4. Shengli Oil Production Factory, Dongying, Shandong 257015, China)

Abstract: Based on the data of Shengli oilfield, the authors discussed the application of quantitative fluorescence analysis to the distinguishment of oil properties. Using the characters of fluorescence spectrograms, maximum peak values and corresponding wavelength position, oil properties can be distinguished qualitatively. And using the index of oil properties, we can confirm oil properties quantitatively.

Key words: crude oil property; index of oil property; fluorescence spectrogram ; quantitative fluorescence