

应用荧光显微技术判别吐哈盆地储层含油水性

张小青¹, 伊海生¹, 危国亮², 万永清², 黄天雪²

(1. 成都理工大学 沉积地质研究所, 四川 成都 610059; 2. 中国石油 吐哈油田, 新疆 哈密 839009)

[摘要] 通过在荧光镜下的油水特征实验, 分别得出油、油包水、水包油、含油水、水的荧光特征, 然后对吐哈盆地单井储层的油层、水层荧光特征反复实验, 并与试油结果对比, 归纳总结出了油层、水层及油水界面的识别标志。油层特征主要为荧光发光较好且均匀、大面积油包水; 水层特征主要为荧光发光不均匀, 可动水普遍, 并出现水包油现象; 油水界面特征主要为荧光从均匀发光过渡到不均匀发光, 孔隙由可动油充填过渡到由可动水充填。提出了吐哈盆地储层含油规律性, 从而为探井试油、油层划分提供了准确可靠的依据。

[关键词] 荧光显微技术; 石油沥青; 荧光特征; 储层含油水性; 油水界面

[中图分类号] P618.130.2 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)02-0056-04

[作者简介] 张小青(1969-), 男, 四川绵阳人, 博士研究生, 从事沉积盆地分析和石油储层地质研究。

荧光显微技术是建立在石油沥青物质被紫外光激发而产生荧光的基础上, 在荧光显微镜下, 储层中沥青物质的发光颜色反映了沥青的组分, 发光强度反映了沥青的含量, 发光产状反映沥青在岩石中的分布情况^[1]。

储层的含油水性识别一直是油气勘探中一项重要的研究课题。目前, 国内外普遍使用的方法有地化录井、测井和含油饱和度分析法等。这3种方法均已成熟, 但成本较高, 速度较慢, 准确度不太高。因此, 有必要寻找新的分析手段来进行判别。笔者通过对荧光镜下油水特征的观察和实验, 结合吐哈油田试井、测井等资料, 与荧光鉴定资料进行对比研究, 总结出了油层、水层、干层在荧光显微镜下的特征, 进行探井储层的含油水性识别, 取得了较好的效果。预计应用荧光显微技术判别储层含油水性可能具有广阔的前景。

1 储层石油沥青的荧光观察

在荧光显微镜下, 要定性鉴别出沥青的组分、大致含量并确定其与围岩的关系, 主要是通过沥青的发光颜色、发光强度及产状等的观察。这些信息

是判断储层含油水性的主要依据。

1.1 石油沥青的发光颜色

石油沥青划分为油质沥青、胶质沥青、沥青质沥青和炭质沥青4类^[1]。石油沥青在紫外光的照射下, 其中某些具共轭双键的有机物质(含生色团和助色团)可被激发而发荧光。沥青的发光颜色与其组分有很大的关系, 不同的石油沥青其荧光颜色特征不同^[2~4](表1)。

表1 沥青发光颜色与组分的关系

Table 1 Relationship between luminescence color and components of bitumen

项目	油质沥青	胶质沥青	沥青质沥青	炭质沥青
石油组分	烃类化合物, 包括饱和烃、环烷烃、芳烃	含O、N、S烃类, 是石油中较固定的组分, 以芳烃为主	不溶于石油醚的胶质沥青	
发光颜色	黄、黄绿、蓝绿、蓝白、黄白、白	以橙色为主, 黄橙、橙、褐橙等。	以褐色为主, 褐、浅褐、橙褐等	不发光

1.2 石油沥青的发光强度

储层中沥青含量愈高, 沥青组分愈轻, 沥青发光强度也愈强。依据吐哈盆地实际情况, 划分出6个荧光发光强度等级。从极亮、亮、中亮、中暗、暗、极暗, 分别对应于沥青含量的极高、高、中高、中低、低、极低。

[收稿日期] 2004 05 08

1.3 石油沥青分布产状

对沥青的产状进行研究有着重要意义, 它能提供沥青运移、聚集的相对时间; 同时根据沥青的产状及组分, 有助于较准确地判断产层。一般而言, 沥青在岩石中的分布多种多样, 主要分布于粒间孔、粒内溶孔、构造裂缝、胶结物内微孔和粒内缝。

2 碎屑岩储集空间含油的有效性

对储集空间含油有效性的确定是预测储层是否具有产油能力的有效手段, 通过应用荧光显微镜和偏光显微镜同时对比观察, 总结出储层含油有效性应从以下方面进行确定。

2.1 孔喉匹配

根据孔喉的匹配性分为好、中、差、极差 4 种类型, 其对应的储层含油有效性也分为好、中、差、无效 4 种类型。

2.2 发光强度

将荧光发光强度极亮、亮、中亮部分的储层含油归为有效含油; 对于荧光发光强度暗、极暗部分的储层含油归为无效含油; 对于荧光发光强度中暗部分的储层含油可能有效, 也可能无效。

2.3 石油沥青的分布产状

研究表明, 吐哈盆地碎屑岩主要存在 7 种孔隙类型。根据石油沥青的分布产状, 把吐哈盆地 7 种孔隙类型的含油有效性分为有效孔, 包括原生粒间孔、粒间溶孔、铸模孔、构造裂缝和无效孔, 包括粒内溶孔、胶结物内微孔和粒内缝^[5~8]。

借助以上特征对储层含油有效性判断时, 应综合判断, 据此才能得出准确的结论。

3 荧光显微技术判断储层含油性

3.1 荧光镜下油水特征实验

在地层中, 油水关系相当复杂, 就油而言, 有游离的, 存在于前面所述的 7 类孔隙空间; 而水也有可动水和束缚水之分, 当油水共存时, 则可出现油包水、水包油及油水各存一边的状况。为此, 笔者模拟地下状况, 根据油水之间的不同比例, 分别按油占 100%, 75%, 25%, 5%, 0% 的比例, 配制出油、油包水、水包油、含油水、水 5 类油水样品, 然后涂抹于载玻片上, 分别在荧光显微镜下分析, 总结出油水特征规律:

(1) 油, 镜下发光强, 并且颜色单一, 呈蓝白色 (图 1)。

(2) 油包水, 油为基底, 呈蜂巢状, 水分布于蜂巢中, 镜下发光较强, 此时水显示极暗的蓝色, 若出现大块水, 还可以在水珠周围见到一圈异常亮线, (图 2)。

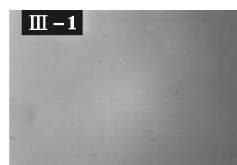


图 1 油
Fig. 1 Hydrocarbon

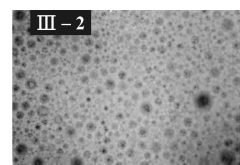


图 2 油包水
Fig. 2 Water in oil

(3) 水包油, 水为基底, 呈蜂巢状, 油分布于蜂巢中, 镜下发光较弱, 水呈暗蓝色, 油分布于暗蓝色的蜂巢中, 且随着油含量变少, 发光亮度变弱。

(4) 含油水, 水为基底, 油呈现珠状, 零星分布于水中, 镜下发光比较弱, 但镜下还可以见到极暗的蓝色光。

(5) 水, 荧光镜下不发光。

3.2 油层荧光特征

通过对吐哈盆地单井储层含油性进行反复实践, 归纳总结出油层发光规律:

(1) 整段储层荧光显示较好, 属有效含油。

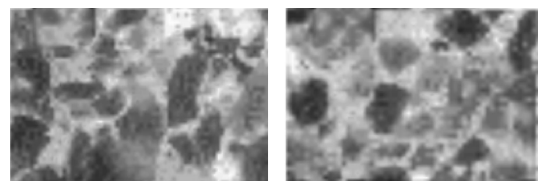
(2) 孔隙中未见可动水出现, 即使有可动水出现, 从总体上看, 应属局部可动水, 即大面积为油包裹的水。

(3) 储层岩石荧光发光均匀, 未出现异常发光反差或异常发光反差仅在个别样品中出现。

(4) 微裂缝为发光较好的沥青充填。

(5) 岩石中存在有效储集空间, 且储层内的沥青未遭受氧化破坏。

在葡北 101 井的 3 453~3 456 m 井段, 根据荧光照片观察符合上述油层荧光特征, 据此判断为油层, 实际试油结果证实为油层 (图 3)。



葡北 101 井, 3 453~3 456 m, 荧光薄片, 100×

图 3 油层荧光

Fig. 3 Oil layer fluorescence

3.3 水层及干层的荧光发光特征

如果储层中未发生过油气运移,水层与干层在荧光镜下都不发光。当储层中曾有沥青质运移,而现在没有可动沥青质时,其发光较暗。当储层中含一定量的沥青,却为水层时,而录井显示含油性较好,荧光镜下发光也较好,区分这类水层与油层难度较大。通过对本地区各类储层的研究,对判断荧光发光较好的水层总结出如下规律:

(1)岩石大面积发荧光,但发光不均匀,出现异常反差或突亮点。

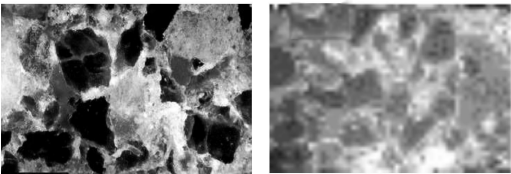
(2)岩石孔隙普遍含可动水,并出现水包油现象。

(3)杂基大面积有较好荧光显示,但孔隙多为水充填。

(4)颗粒边缘有异常亮线,向颗粒一侧基本无浸染,而向胶结物一侧由突亮到均匀发光,若岩石亲水,还可见粒缘有暗蓝色边。

(5)微裂缝出现斑状发光或发由水充填而呈现的暗蓝色光。

在葡北 103 井的 3 535 ~ 3 541 m 井段,从荧光照片观察符合上述特征,据此判断为水层,试油结果证实为水层(图 4)。



葡北 103 井, 3 535 ~ 3 541 m, 荧光薄片, 100×

图 4 水层荧光

Fig. 4 Water layer fluorescence

3.4 油水界面的判断

结合上述关于油层及水层判断的规律性,总结出对油水界面的判断方法:

(1)荧光从均匀发光过渡到不均匀发光,发光出现异常反差,直到发光极暗。

(2)孔隙由可动油充填过渡到由可动水充填。

(3)在符合上述特征的前提下,出现荧光光性转折段的深度即为油水界面的深度。

4 储层含油规律性

通过上述研究,从荧光薄片的实际观察中总结出了油水层的规律性,并与测井、试油结果进行对比分析,补充完善了认识。归纳起来,吐哈盆地储

层在荧光显微镜下有如下含油规律性:

(1)孔隙的发光强弱与产油有密切关系,孔隙中含油则可能产油,若孔隙中不含油仅基质含油则不产油。

(2)孔隙含油,并向基质浸染,浸染愈宽,色晕愈多,颜色愈鲜亮愈好,这预示着能获高产油流。

(3)基质发光与否同产油无关,基质发光,孔隙内不发光,则不产油;基质不发光,孔隙内发光,则仍可产油;若基质大面积发光,孔隙也发光,但孔隙不发育,属低产油层或干层。

总之,荧光显微技术是其他测试手段的补充和完善。在对储层进行含油水性判断时,应将上述规律结合起来综合分析。此外,考虑到地质现象的复杂多样性,在利用荧光显微技术对一些现象作出结论之前,必须充分了解该地区或该井的地质情况,综合考虑有关资料,才能得出较准确的结论。

5 结语

应用荧光显微技术,可直接判断油水层和储层产油能力。超前于测井解释,对储层是否含油及其产油能力作出比较准确的判断,提供可靠的试油层段,降低试油风险,提高试油成功率,从而大大降低勘探成本和投资风险。

[参 考 文 献]

- [1] 郭舜玲, 孙玉善, 尚李平, 等. 荧光显微镜技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.
- [2] 陈丽华, 郭舜玲, 王衍琦, 等. 中国油气储层研究图集(卷五) 自生矿物、显微荧光、阴极发光[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.
- [3] 尚慧芸, 李晋超, 郭舜玲. 有机地球化学和荧光显微技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1990.
- [4] Deniel J S. Applications of fluorescent microscopy to study of pores in tight rocks[J]. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1990, 74(1): 30 ~ 40.
- [5] 张晓莉, 罗锋, 马丽梅. 川西洛带气田蓬莱镇组储层特征[J]. 长安大学学报(地球科学版), 2003, 25(3): 33 ~ 37.
- [6] 张小青, 黄天雪, 王海, 等. 应用实验分析技术识别含油储层——以吐哈油田为例[J]. 华东地质学院学报, 2002, 25(1): 37 ~ 39.
- [7] 皇甫红英, 姜勇, 阳国进. 塔河四区奥陶系碳酸盐岩原油微观赋存特征[J]. 新疆地质, 2003, 21(4): 495 ~ 496.
- [8] 邹海峰, 徐学纯, 高福红, 等. 大港探区中区油气显微迹象和有机包裹体的荧光显微分析及其应用[J]. 石油实验地质, 2002, 24(1): 80 ~ 84.

Identification of oil water bearing reservoirs with fluorescent microscopic technology in Tuha Basin

ZHANG Xiao qing¹, YI Hai sheng¹, WEI Guo liang², WAN Yong qing², HUANG Tian xue²
(1. *Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;*
2. *Tuha Oilfield Company, PetroChina, Hami Uyгур Autonomous Region of Xinjiang 839009, China*)

Abstract By the oil water characteristics test under the fluorescent microscope, the fluorescent characteristics of oil, water in oil, oil in water, oil bearing water and water are obtained respectively. Then by experimenting repeatedly upon the fluorescent characteristics of oil layers and water layers for reservoirs of a single well in the Tuha Basin and compared those with the results of testing oil, the identifying markers of oil layer, water layer and oil water interface are summarized as follows. The oil layer is principally characterized by better and uniform fluorescence as well as extensive water in oil. The water layer is mainly characterized by non uniform fluorescence and widespread mobile water with the appearance of oil in water. The oil water interface is primarily characterized by fluorescence transition from uniform to non uniform and pore filling transition from mobile oil to mobile water. And the occurrence of oil bearing reservoirs in this region is revealed. Thus, it can provide evidence for testing oil of exploratory well and the division of oil layers.

Key words: fluorescent microscopic technology; oil asphalt; fluorescent characteristics; oil water bearing reservoir; oil water interface

[英文审定: 周军]

(上接第 42 页)

Information science and mineral resources prediction

YANG Zhong bao¹, PENG Sheng lin², LI Chao yan¹
(1. *Department of Geography, Yuxi Normal College, Yuxi Yunnan 653100, China;* 2. *School of Geoscience and Environment Engineering, Central South University, Changsha 410083, China*)

Abstract: Mineral prediction is to study on the essence of metallogenic system evolution. Facing the challenge of age's development, mineral predication experienced a change from mainly relying on analysis to the combination of analysis and synthesis. On the one hand, new experimental technologies are used continuously to explore the metallogenic mechanism of stratigraphy, structure etc. On the other hand, modern information science provides the necessary theories for studying nonlinear feature and process of information flowing of metallogenic system. At the same time, the quantitative analysis of the interaction among members of metallogenic system and the high precision metallogenic predicting model are studied based on virtual reality.

Key words: information science; mineral predication; metallogenic system; virtual reality

[英文审定: 杨家喜]