

文章编号: 1001-6112(2010)02-0201-04

颗粒荧光定量分析技术 在塔河油田储层研究中的应用

蒋宏, 施伟军, 秦建中, 饶丹, 罗月明, 席斌斌

(中国石油化工股份有限公司 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: 通常通过对油气包裹体的荧光显微镜观察和显微光谱检测来分析储层颗粒中吸附烃的性质。但由于受岩性、油气充注速率和沉积环境条件等因素的影响, 沉积岩中油气包裹体的形成有很大的不确定性, 给研究带来一定的难度。应用颗粒荧光定量分析技术对塔河油田储层进行分析研究, 挑选了 S110 井的 8 个样品进行了定量荧光 QGF-E 和 QGF 分析。分析表明石炭系巴楚组, 下志留统柯坪塔格组之间有一个残余油层和水层界面。奥陶系鹰山组、一间房组和良里塔格组显示均为油层, 分析结果与录井资料基本吻合。该研究结果对塔河地区储层油气藏成藏机理的研究具有重要意义。

关键词: 包裹体; QGF; QGF-E; 塔河油田

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

THE APPLICATION OF THE QUANTITATIVE GRAIN FLUORESCENCE ANALYSIS TO STUDY THE RESERVOIR IN THE TAHE OILFIELD

Jiang Hong, Shi Weijun, Qin Jianzhong, Rao Dan, Luo Yueming, Xi Binbin

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

Abstract: In order to analyze the property of hydrocarbon adsorption in reservoir, oil fluid inclusions are often investigated by fluorescent microscope and micro spectrum. However, there are some problems in the testing for the uncertainty of fluid inclusions in reservoir due to the characteristics of lithology, oil-and-gas injection rate and sedimentary condition. Not only the samples from Well S87 and S102 but also the 8 samples from Well S110 are analyzed by the QGF-E and QGF before the quantitative grain fluorescence analysis of the reservoirs in Tahe Oil Field. The result shows that there is an interface between oil and water layers in the Carboniferous Bachu Formation and the Lower Silurian Kepintage Formation. The Ordovician Yinshan Formation, the Yijianfang Formation and the Lianglitage Formation are all oil layer, and the result agrees well with the logging data. This is important for the modeling of oil-and-gas formation in the Tahe area.

Key words: fluid inclusion; quantitative grain fluorescence; quantitative grain fluorescence on extract; Tahe Oil Field

油气进入储层后, 其岩石所处的成岩物理化学环境发生了变化, 矿物会出现重结晶、溶解、沉淀等反应, 此间矿物将捕获储层中的油气, 形成大量的油气包裹体。因此, 储层中油气包裹体是油气充注成藏时保留的微型流体样品, 是油气二次运移、聚集及演化的直接标志, 可以提供多种成藏信息。包裹体的形成取决于诸如岩性、油气充注速率与时间等多种因数。因此沉积岩中油气包裹体的形成有很大的不确定性, 给研究带来一定的难度。

1 颗粒荧光定量分析技术

QGF (Quantitative Grain Fluorescence) 和 QGF-E (Quantitative Grain Fluorescence on Extract) 是 2 种定量荧光分析技术, 能快速探测储层颗粒中油包裹体和颗粒表面吸附烃, 从而反映储层中油气包裹体丰度及油气的性质, 这种分析技术相对经济并且不破坏样品^[1-3]。

QGF 和 QGF-E 方法通过测量石英、方解石颗

收稿日期: 2009-06-22; 修订日期: 2010-03-01。

作者简介: 蒋宏 (1978-), 男, 工程师, 主要从事油气包裹体研究与分析。E-mail: jh000822@163.com。

基金项目: 中国石化科技部项目“油气包裹体分析新方法及应用研究项目”(P06002)。

粒中烃类物质被紫外激发光激发出的荧光的强度来探测古油层。由于烃类物质紫外激发的荧光量偏小, QGF 和 QGF-E 方法选择了灵敏度较高的 Varian Cary Eclipse 型紫外分光光度计作为检测仪器, 该方法要求对样品进行碎样和化学清洗以除去钻井过程带来的污染, 确保检测结果的准确性和较好的重复性, 为比较来自油层和残余油层的石英颗粒中赋存烃类的荧光强度提供客观的证据。

QGF 方法仅需 1~2 g 样品, 除去液态和易溶烃类后, 对石英、方解石颗粒净化和烘干处理, 直接进行荧光分析。紫外激发光波长为 254 nm, 数据采集 300~600 nm 的荧光光谱。QGF 分析时, 紫外光穿透颗粒表面至少达 1 mm 或每格达 33 mm³, 因此颗粒的装载要保持一定的高度和表面的平整。单一样品的荧光测量次数至少要达到 16 次, 荧光光谱取 16 次的平均, 可以获得更精确的统计值。但是如果样品的 16 次测值波动较大时, 还需再增加测量次数。由于不同烃类具有不同的光谱特征, 利用 QGF 分析可以帮助识别样品中烃包裹体的存在, 也可用于确认油层、水层、古油藏和现今油藏。QGF-E 是 QGF 的拓展, 测量吸附于储层石英和方解石颗粒表面的 DCM 可溶烃抽提物的紫外激发荧光光谱强度。QGF-E 实验用 3.5 mL 紫外穿透石英玻璃试管装载样品, 通常于实测前作一个 DCM 空白。它使用 260 nm 超紫外激发, 同样采集 300~600 nm 的荧光光谱。QGF-E 的分析结果可用于勘探和钻井评价中对现今残余油层的判定, 从而识别古油水界面。

2 样品与实验

2.1 样品

由于受奥陶系缝洞型碳酸盐岩储集空间的非均质性控制, 塔河油田奥陶系油藏内的油气水关系复杂, 各连通体系内具各自不同的油水界面, 缝洞体系内不同深度亦存在局部封存水的可能性, 导致至今仍存在对塔河油田奥陶系油藏水体认识不清、油水界面关系复杂等问题^[4-5]。

针对塔河油田南部油水关系复杂、油水界面难以确定的现状, 在对塔河油田南部 S87 井、S102 井开展碳酸盐岩储层荧光定量分析后, 为进一步探索、研究油田南部油水界面关系, 确定油层及油气性质, 对 S110 井开展储层荧光定量分析。

根据样品的情况, 分析采用 QGF-E 和 QGF 方法。从 S110 井中共挑选出 8 个岩心样品, 其中 2 个为砂岩, 其余均为碳酸盐岩。

2.2 实验方法

实验流程如图 1, 取少量储层样品(岩心或者岩屑)研磨过筛, 取 2 g 左右 63~1 000 μm 粒径的颗粒, 按方法规定步骤进行化学清洗, 然后用蒸馏水洗净; 干燥器烘干(小于 60 °C)。用显微镜观察样品是否为单个粒径适中的颗粒并进行适当挑选, 最后再经二氯甲烷清洗, 溶液及颗粒即可分别进行 QGF-E 和 QGF 分析。

3 结果与讨论

对 S110 井 4 348.28~6 350.7 m 的 8 块岩样进行了 QGF-E 和 QGF 检测, 其中 7 号样品在前处理过程中因烧杯破裂溶液流失未能检测到数据。分析结果见表 1、图 2 和图 3。

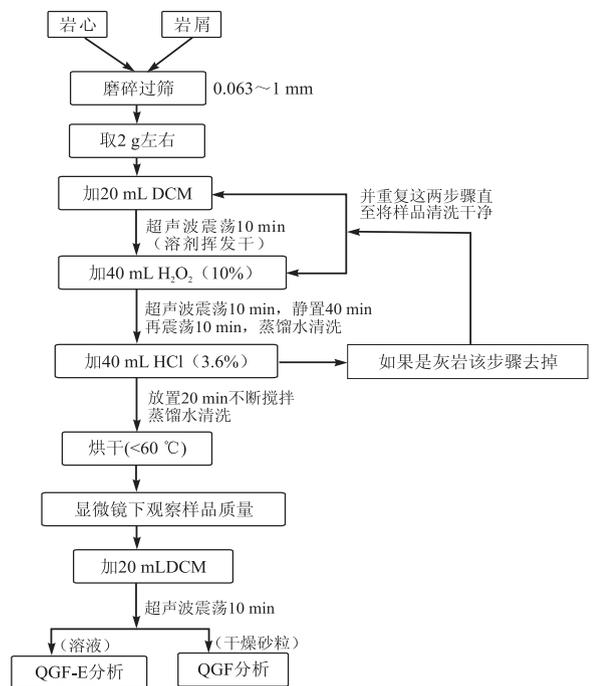


图 1 QGF, QGF-E 的分析流程

Fig. 1 Process of the QGF and the QGF-E analysis

表 1 塔河油田 S110 井储层样品 QGF-E 实验分析数据

Table 1 The QGF-E analysis data of the samples in the Well S110 of the Tahe Oilfield

样品号	深度/m	层位	岩性	QGF-E 最大强度/pc	λ _{max} /nm	I _{max} /pc	分析结果
1	4 348.28	T ₂ a	砂岩	16.9	360	17	
2	5 432.4	C ₁ b	砂岩	12.2	361	12	
3	5 459.3	S ₁ k	碳酸盐岩	213.9	379	214	残余油层
4	6 091.67	O ₃ l	碳酸盐岩	199.7	377	200	残余油层
5	6 256.4	O ₂ yj	碳酸盐岩	191.1	380	191	残余油层
6	6 327.22	O ₁₋₂ y	碳酸盐岩	510.6	380	511	油层
7	6 339.1	O ₁₋₂ y	碳酸盐岩				
8	6 350.7	O ₁₋₂ y	碳酸盐岩	631.9	456	632	油层

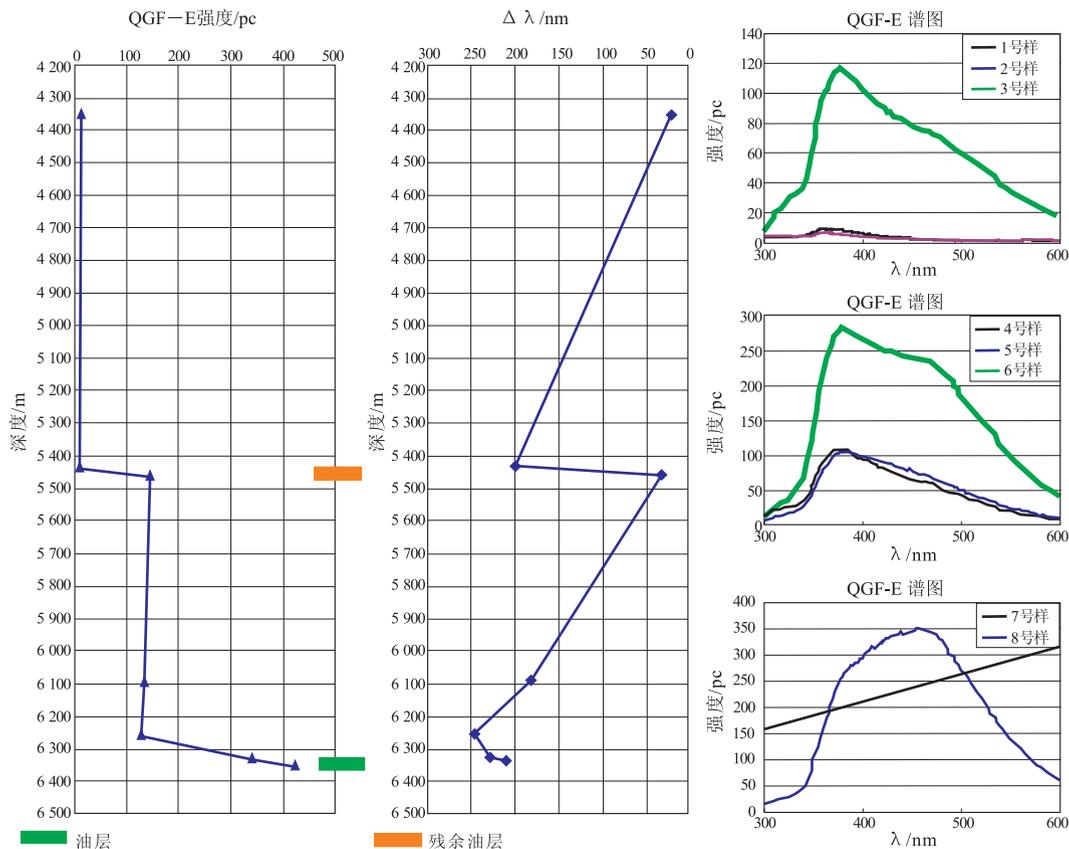


图 2 塔河油田 S110 井样品 QGF-E 光谱及荧光强度分析

Fig. 2 QGF-E spectrum and fluorescence intensity of the samples in the Well S110 of the Tahe Oilfield

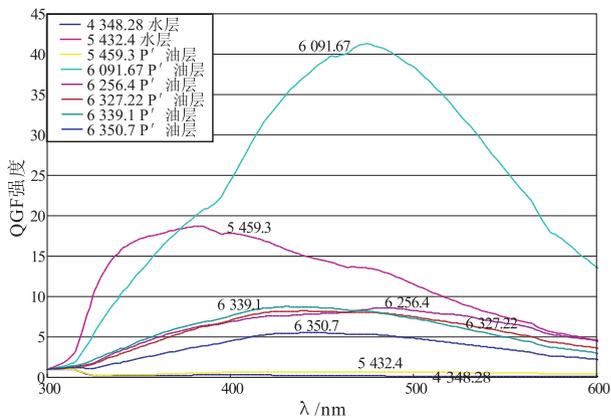


图 3 塔河油田 S110 井样品 QGF 光谱图图谱的归一化处理

Fig. 3 Normalized QGF spectrum of the samples in Well S110 of the Tahe Oilfield

从本次实验分析数据结合之前的实验和录井资料,得出以下认识。

3.1 针对碳酸盐岩样品

采用 228 nm 激发光开展的 QGF 分析表明,塔河油田 S110 井 5 459.3~6 350.7 m 层段普遍富含早期烃类包裹体,QGF 指数介于 6~50 之间,并具有明显的油层荧光光谱特征,说明该井段普遍遭受过早期的油气充注。大多数水层荧光光谱在

375~475 nm 范围内比较平缓,而油层的荧光强度较水层明显增强,另外有波长越大油质越重的趋势。QGF-E 光谱检测结果显示现今油层和残余油层样品的荧光强度较高,油层的荧光强度普遍大于 110 pc,残余油层通常在 100 pc 左右。并且 3,4,5 和 6 号样品在 370 nm 附近出现与溶剂中四环芳烃和极性化合物相似的特征光谱峰(图 2)。

3.2 油、水层界面的识别

S110 井纵向上有 2 个水层,分别位于三叠系阿克库勒组和石炭系巴楚组。有 4 个间断的油层,分布于下志留统柯坪塔格组、上奥陶统良里塔格组、中奥陶统一间房组和下奥陶统鹰山组。

3.2.1 2 个水层

根据 QGF 及 QGF-E 分析,4 348.28 m (T_{2a})和 5 432.4 m (C_{1b})处样品不发育油气包裹体,颗粒抽提物中基本无荧光显示,基本判断为水层,录井未见油气显示。

3.2.2 4 个油层

录井显示下志留统柯坪塔格组油气显示较好,发现 3 层油气显示层,达荧光一油浸级 1 层,厚度 3.5 m;达油斑级 1 层,厚度 7.94 m;达荧光级 1 层,厚度 4.96 m。测井解释 5 455.5~5 458.0 m 和 5 483.5~

5 494.0 m,为干层。而根据 QGF—E 荧光强度分析,5 459.3 m (S_{1k})层段为 S110 井可能残余油层段。该处样品 QGF 显示有油气包裹体捕获,光谱分析该处的油气包裹体类型应以轻质油为主。

根据 QGF—E 荧光强度分析,6 091.67 m (O_{3l})层段为 S110 井可能残余油层段。QGF 检测显示该样品中油气包裹体丰度最高,早期可能有大量油气充注,光谱分析该处的油气包裹体类型应以轻质油为主。奥陶系良里塔克组录井发现 4 层油迹,合计厚度 13.6 m,良里塔克组测井解释 II 类储层 1 层,厚度 6.5 m。

根据 QGF—E 荧光强度分析,6 256.4 m (O_{2y})层段为 S110 井可能残余油层段,QGF 检测显示该样品中油气包裹体丰度较低。一间房组发现油斑 3 层,合计厚度 53.18 m。一间房组测井解释 I 类储层 3 层,厚度 15.5 m,II 类储层 3 层,厚度 67.0 m,III 类储层 2 层,厚度 58.0 m。

根据 QGF—E 荧光强度分析,6 327.22 m (O_{1-2y})~6 350.7 m(O_{1-2y})层段为 S110 井主力产油层段,QGF 检测显示该样品中油气包裹体丰度较低。奥陶系鹰山组录井发现 9 层油气显示层,其中含油 1 层,厚度 3.87 m,油斑 5 层,合计厚度 16.52 m,油迹 3 层,合计厚度 4.99 m。

4 结论

QGF—E, QGF 技术是一种只需使用少量样品,能快速探测储层颗粒中油包裹体和颗粒表面吸

附烃,从而反映储层中油气包裹体丰度及油气的性质,识别油气运移通道和储层的有效手段^[6],这种分析技术相对经济并且不破坏样品。

QGF—E, QGF 技术在塔河地区 S110 井进一步分析应用表明,下志留统柯坪塔格组,奥陶系良里塔克组、一间房组为残余油层,鹰山组为油气储集层。另外样品 QGF 检测出的包裹体丰度与颗粒外吸附烃相关性不大,这可能跟储层岩性特征,油气充注速率和时间,油气性质及油气运移、聚集及演化有关系。

参考文献:

[1] 李素梅,庞雄奇,刘可禹,等. 一种快速检测油包裹体的新方法:颗粒包裹体定量荧光分析技术及其初步应用[J]. 石油实验地质,2006,28(4):386—390.

[2] LIU K, EADINGTON P. Quantitative fluorescence techniques for detecting residual oils and reconstructing hydrocarbon charge history[J]. Organic Geochemistry, 2005,36(6): 1023—1036.

[3] LIU K, FENTON S, BASTOW T, et al. Geochemical evidence of multiple hydrocarbon charge and long distance oil migration in the Vulcan Sub-basin[J]. Timor Sea, 2005, 45:1—18.

[4] 钱一雄,陈跃,马宏强,等. 新疆塔河油田奥陶系碳酸盐岩溶洞、裂隙中方解石胶结物元素分析与成因[J]. 沉积学报, 2004,22(1):6—12.

[5] 康玉柱. 中国塔里木盆地石油地质特征及资源评价[M]. 北京:地质出版社,1996:3—151.

[6] 陈东霞,庞雄奇,张俊,等. 应用定量颗粒荧光技术研究岩性油气藏的隐蔽疏导通道[J]. 地质学报,2007,81(2):250—254.

(编辑 黄娟)

~~~~~  
(上接第 200 页)

[5] 梁狄刚,黄第藩,马新华,等. 有机地球化学研究新进展[M]. 北京:石油工业出版社,2002:253—257.

[6] 王培荣,何文祥,席小应,等. 珠三坳陷油源及油气二次运移方法研究[C]//荆州:江汉石油学院地球化学研究中心,1999.

[7] 王文军,宋宁,姜乃煌,等. 未熟油与成熟油的混源实验、混源理论图版及其应用[J]. 石油勘探与开发,1999,26(4): 34—37.

[8] CHEN J P, DENG C P, TANG D G, et al. Mixed oils derived from multiple source rocks in the Cainan Oilfield, Junggar Basin, Northwest China. Part II: Artificial mixing experiments on typical crude oils and quantitative oil—source correlation [J]. Organic Geochemistry, 2003, 34 (7): 911—930.

[9] 李素梅,庞雄奇,姜振学,等. 东营凹陷岩性油气藏混源相对贡献及石油地质意义[J]. 石油实验地质,2009,31(3): 262—269.

[10] 李水福,何生,张刚庆,等. 混源油研究综述[J]. 地质科技情报,2008,27(1):77—79.

[11] 常象春,林玉祥,郭海花,等. 混合原油的地球化学特征及成藏贡献率[J]. 地质科技情报,2007,26(2):75—80.

[12] 梁宏斌,张敏,王东良,等. 冀中坳陷苏桥—文安地区混源油定量识别模式研究:典型原油混合实验及混源油识别模式[J]. 沉积学报,2004,22(4):689—693.

[13] 王铁冠,王春江,何发岐,等. 塔河油田奥陶系油藏两期成藏原油充注比例测算方法[J]. 石油实验地质,2004,26(1):74—80.

[14] 陈建平,邓春萍,宋孚庆,等. 用生物标志物定量计算混合原油油源的数学模型[J]. 地球化学,2007,36(2): 205—214.

[15] 姜培海,杨波,郑泽忠,等. 渤海海域第三系油气成藏特征[J]. 油气地质与采收率,2003,10(4):16—19.

[16] 宋孚庆,张大江,王培荣,等. 生物降解混源油混合比例估算方法[J]. 石油勘探与开发,2004,31(2):67—70.

(编辑 徐文明)