

油气运移的室内模拟与热释光响应

郑公望, 任秀生, 田昭舆

(北京大学 环境学院 地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871)

摘要: 热释光油气勘查理论认为, 油气藏上方放射性异常区域的形成与油气运移有关。通过地表砂土的热释光测量, 可以有效地发现这种微弱的放射性异常区, 继而找到与之对应的地下油气藏。为了进一步证明该理论的可靠性, 特设计了一个室内模拟实验。实验结果表明: 1) 油气运移可以在常温、常压条件下通过气态扩散方式进行; 2) 样品油也有热释光信号产生; 3) 油气产生的热释光信号在扩散层顶部增强。

关键词: 热释光; 油气运移; 石油地质

中图分类号: TE122. 1

文献标识码: A

油气勘探中的大量实例表明, 油气藏上方常常伴有放射性异常。其机理的解释目前尚无定论, 一般认为与油气水运移有关^[1~3]。受其影响, 在地表或近地表层, 可以通过精密仪器检测到它的微弱信号, 从而圈定出某个异常区域范围。这种异常区往往是地下油气藏在地表的直接表征, 热释光也是其中之一^[4]。热释光是矿物晶体对环境辐射场的次级响应, 热释光强度与辐射场强度呈正比, 但辐射场与油气藏的关系并不十分清楚。

造成油气藏上方放射性异常的主要元素是铀、钍、钾及其子体。虽然它们的离子直径远远小于地层中大量存在的裂隙和孔隙, 足以令其穿越数千米岩土, 从中迅速扩散迁移, 但是一般条件下, 原油中的铀含量仅为 10^{-9} 量级, 而自然环境中的放射性元素铀、钍、钾和它们的放射性衰变子体也都是微量组分, 直接探测这种放射性异常并非易事。剂量片的优点是可以将微弱的辐射剂量累积为较强的吸收剂量, 再通过热释光方法表现出来^[5]。

为了进一步明确油气的运移机理与影响, 特设计了下述室内模拟实验。实验的内容有两个: 一是观测油气在常温、常压条件下的运移状况; 二是观测油气运移对热释光的影响。实验的设计思路, 首先是将原油和覆盖土隔开, 阻断原油对覆盖土的直接浸染和渗透, 尽量减少实验干扰; 然后利用剂量片为介质, 通过测定其热释光值来推断油气运移的影响

和分布。虽然在实际情况下, 油气藏往往深埋于地下, 其运移条件和过程与高温、高压状态有关, 但是受实际条件限制, 难以实时监测。现在室内进行常温、常压条件下的模拟。

1 样品制备

事先准备好实验所需的油样(胜利油田原油)、测量介质($\phi 4 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 的 LiF 剂量片, 经筛选, 离散性 $< 8\%$, 响应率为 75% , 再经 $500 \text{ }^\circ\text{C}$ 退火, 以彻底消除原有的热释光信号)和覆盖土(干燥的天然砂土, 经 80 目筛选, 再充分混合均匀), 备用。

置备样品时, 先将原油倒入一洁净、干燥的玻璃试管($\phi 10 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$), 原油液面高 10 mm , 放入 2 片剂量片, 称为油中组(剂量片, 下同), 编号 SY238; 接着投入数颗洗净晾干的小砾石($\phi 3 \sim 5 \text{ mm}$), 令其高出液面 5 mm , 以便架空上覆砂土, 避免砂土与下伏原油直接接触; 接着倒入砂土, 厚度 10 mm , 放入 2 片剂量片, 称为土底组, 编号 SY239; 再倒入砂土, 厚度 10 mm , 放入 2 片剂量片, 称为土中组, 编号 SY240; 再倒入砂土, 厚度 10 mm , 放入 2 片剂量片, 称为土顶组, 编号 SY241; 最后, 再倒入砂土, 厚度 5 mm 。为了保证剂量片能累积到足以明显检测出差异的热释光信号, 以观测砂土层上、中、下不同部位的油气运移情况及热释光响应差异, 测试前特将该试管置于暗室,

常温下敞口保存 175 d。

2 热释光测量

依次取出各组剂量片, 分别在英制 7185 热释光仪上测定(表 1)。

测试条件: 线性升温速率 20 °C/s, 升温区间 50~ 500 °C; 高纯氮载气量 3 mL/min。

3 实验分析

实验之前, 原油曾存放于带磨口瓶塞的普通玻璃试管之中。避光保存期间, 液面曾有明显下降, 证明原油在常温、常压下已有挥发。样品制备时, 置于试管底部的原油与上部的砂土层已被空气层阻隔, 没有直接接触的可能。但是, 10 d 后发现, 试管上部的砂土层已被油气通过空气隔层而浸染, 砂土层湿度明显增大。此现象再一次证明, 原油在常温、常压条件下同样可以扩散, 与开放或封闭条件无关。

热释光测试情况表明, 4 组样品的热释光曲线形态一致, 各有 2 个峰: 250 °C 左右为低温峰, 峰形低缓; 380 °C 左右为高温峰, 峰形高凸(图 1)。

表 1 油气运移模拟实验的热释光测定结果

Table 1 Results of the simulation experiment on hydrocarbon migration by thermoluminescence (TL) determination

样品	编号	积分区间/ °C	热释光(TL)
SY238	1	357~ 367	4 338
	2	329~ 339	4 001
SY239	1	361~ 371	7 530
	2	402~ 412	6 977
SY240	1	448~ 458	11 539
	2	428~ 438	12 040
SY241	1	447~ 457	7 863
	2	436~ 446	10 080

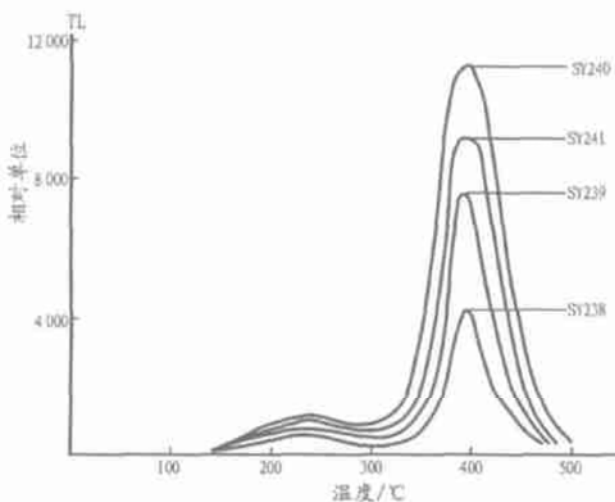


图 1 油气运移模拟实验热释光曲线

Fig. 1 Thermoluminescence (TL) curves of the simulation experiment on hydrocarbon migration

显然, 4 组样品均有热释光信号产生。

由于剂量片事先经过高温退火处理, 本身不应该具有任何热释光信号, 而埋敷剂量片(包括土底组、土中组和土顶组)的砂土层事先已经过充分搅拌, 其放射性元素丰度应该一致, 因此尽管各组剂量片埋敷于不同深度, 但其热释光信号应该处于同一水平, 不应该具有明显差异。可是, 实验结果令人不得不重新考虑, 作出新的解释。

以高温峰为例: 油中组热释光峰值在 4 200 左右, 其热释光信号主要应该来自原油, 当然也有可能包括来自上覆砂土层中部分 γ 射线的贡献; 土底组热释光峰值在 7 300 左右; 土中组热释光峰值在 11 700 左右; 土顶组热释光峰值在 9 000 左右。其组间差异, 应该是油气扩散的叠加影响。埋敷于不同深度的剂量片的热释光信号值表明, 油气扩散的影响在垂直方向上是连续的, 在扩散上部有增强的趋势。这里, 也不排除剂量片的部分热释光计数中, 含有因油气浸染而产生的化学发光的可能。需要特别指出的是, 如果进一步的研究证明, 油气扩散可以直接到达地表, 而且它的化学发光足以被检测到的话, 那么热释光法就有可能直接用于油气探测。这无疑是个令人鼓舞的应用前景。

4 结论

1) 油气运移是一种自然现象, 与油气藏处在封闭状态还是开放状态无关。其运移条件不一定非要在高温、高压状态下, 以液态方式沿固体颗粒之间的孔隙、裂隙通道向上运移。在常温、常压条件下, 油气运移仍然可以以气态扩散的方式进行。根据本次的实验条件推测, 在松散层中, 油气向上扩散的速率不低于 2 m/a。

2) 未经提炼的原油(至少是本次实验中所使用的样品油)也可以有热释光信号产生, 而且这些信号可以在扩散层顶部得到增强。因此, 可以在油气藏上方地表(或近地表层)圈定出与之有关的热释光异常区。上述结果为地表松散层热释光探测油气的机理研究提供了有力的实验依据。

致谢: 本次实验所用的样品油由北京大学地空学院关平先生提供, 特此致谢。

参考文献:

- 程业勋. 放射性方法勘查油气藏文集[C]. 北京: 原子能出版社, 1996. 39~ 45
- 汤玉平, 刘云黎. 烃类垂向微运移的地球化学效应及其机理讨论[J]. 石油实验地质, 2002, 24(5): 431~ 436

3 蒋涛,夏响华,陈浙春. 地球化学烃场效应的探讨及应用[J].

1993, 20(4): 49~ 51

石油实验地质, 2003, 25(3): 290~ 294

5 Aitken M J. Thermoluminescence dating[M]. London: Academic

4 郑公望. 热释光及其在石油勘探中的应用[J]. 石油勘探与开发,

Press, 1985. 1 032~ 1 034

INDOOR SIMULATION AND THERMOLUMINESCENCE RESPONSE OF HYDROCARBON MIGRATION

ZHENG Gong-wang, REN Xiur-sheng, TIAN Zhaor-yu

(MOE Key Laboratory of Earth Surface Process Analysis and Simulation, College
of Environmental Sciences, Beijing University, Beijing 100871, China)

Abstract: Based on the theory of hydrocarbon exploration by thermoluminescence (TL), it was considered that the formation of radioactivity abnormal areas over oil and gas pools was related to hydrocarbon migration. By thermoluminescence determination on ground sandy soil, this kind of abnormal areas with weak radioactivity can be effectively discovered, and the corresponding underground oil and gas pools can then be found. In order to further prove the reliability of the theory, an indoor simulation experiment was designed especially. The results revealed that 1) hydrocarbon migration can be going on under the condition of normal temperature and pressure by means of gaseous diffusion, 2) sample oil also generated thermoluminescence signals, and 3) the thermoluminescence signals generated from hydrocarbon were enhanced on the top of diffusion layers.

Key words: thermoluminescence; hydrocarbon migration; petroleum geology

(continued from page 393)

GENESIS AND PETROPHYSICAL IDENTIFICATION OF RELATIVE HIGH PERMEABILITY OF SANDBODY IN SULIGE GAS FIELD, ORDOS BASIN

ZHU Yixiang^{1,2}, TIAN Chang-bing^{2,3}, YU Xir-he¹, HE Dong-bo^{1,2}, JIA Ar-lin²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina,

Beijing 100083, China; 3. University of Petroleum, Beijing 100083, China)

Abstract: The key problem for developing the Sulige gas field with high efficiency is the identification of the relatively high permeability of sandbodies in low efficient gas reservoirs. In Sulige gas field, with the characteristics of typical coal measure strata, many primary pores have disappeared due to severe diagenesis. As a result, the relatively high permeable sandbodies are mainly developed in coarse sandstone facies with secondary pores. It is known that different log curves, such as density log and acoustic log, reflect different pore structure and lithofacies. Based on this, an interpretation model of secondary porosity index for the reservoir is established. After the calibration with the core lithology of key wells, the sensitive logs to lithology, such as GR, PE, and DEN are used to identify lithofacies by utilizing cluster analysis. The results show that the relatively high permeable sandbodies identified by this log interpretation model of secondary pores and lithofacies are consistent with core analysis and production capacity tests of gas wells.

Key words: Sulige gas field; petrophysical response; interpretation model of secondary porosity index; identification of lithofacies