

热解分析在储层产液性质评价中的应用

郎东升 张亚文

(大庆石油管理局地质录井公司, 黑龙江 大庆 163411)

对储层进行热解分析, 不仅可以识别其含油性, 而且还可以对储层产液性质进行描述。本文以松辽盆地北部大庆长恒以西地区为主要研究区域范围, 应用热解分析参数, 结合物性、含油厚度及试油资料, 认为热解参数配合使用有效孔隙度(ϕ)可以对储层产液性质进行判别, 配合使用含油厚度可以进行产能预测。

关键词 储层 热解参数 产液性质 产能预测

第一作者简介 郎东升 男 39 岁 高级工程师 石油地质

储层产液性质的识别及描述是地质录井工作的核心内容。以往这项工作是由现场人员依据综合录井、电测、现场描述等定性资料来完成。由于缺乏有效的定量描述手段及方法, 往往使描述效果欠佳。

岩石热解分析技术在储层评价中的应用开辟了半定量乃至定量评价储层产液性质新领域。本文通过松辽盆地北部大庆长恒以西地区多年的储层热解分析实验, 结合物性、含油厚度和试油资料综合研

究, 建立了产液性质热解识别方法, 在部分区块回归出了产能预测公式。近年来推广应用结果表明, 所建立的标准和方法, 评价储层产液性质效果显著。

1 储层产液性质的热解参数判别

评价储层含油性, 热解参数是一项有效参数。但当储层既含油也含水时, 对其产液性质进行描述, 单

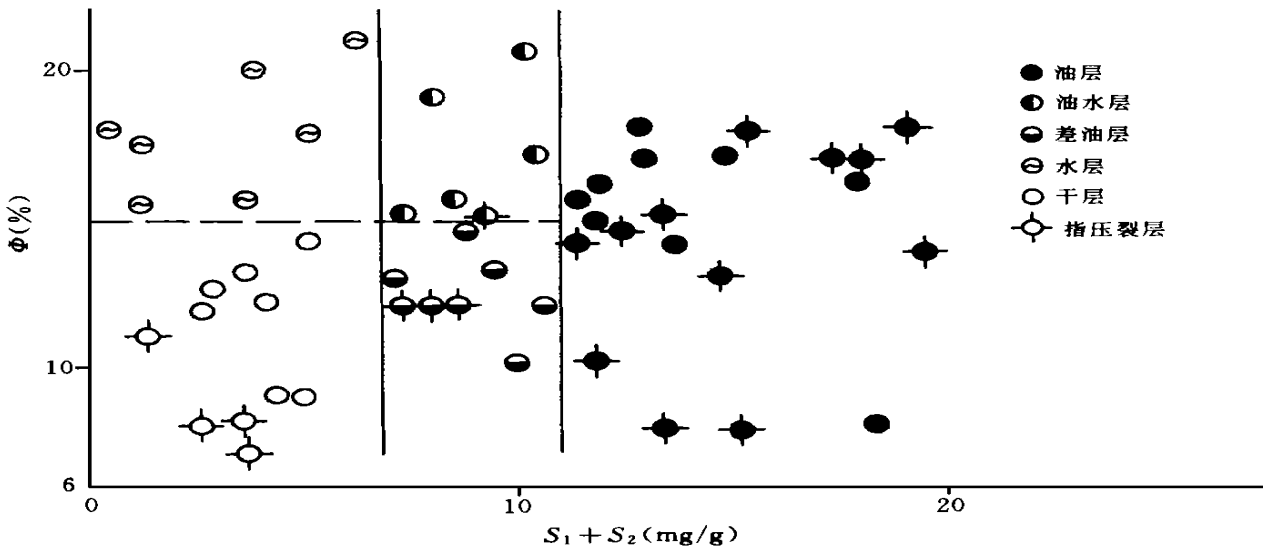


图 1 松辽盆地北部新站地区葡萄花油层 $\phi \sim S_1 + S_2$ 交汇图

Fig. 1 Plot of $\phi \sim S_1 + S_2$ for the Putaohua reservoir in the Xinzhan area of the North Songliao Basin

凭热解参数难以实现。要想依据热解参数识别储层产液性质, 还需结合其它参数。为了寻找规律, 建立方法, 首先在松辽盆地北部大庆长恒以西新站地区葡萄花油层统计并研究了试油井储层热解参数, 有效孔隙度和试油结果的关系, 结果表明, 热解参数 $S_1 + S_2$ 配合使用有效孔隙度 ϕ_e , 可以较好地解决储层产液性质识别问题。

图 1 是大庆长恒以西新站地区葡萄花油层热解参数、有效孔隙度与试油结果关系交汇图。由该图可以看出工业油层、低产油层、低产油水层、水层和干层在 $\phi \sim S_1 + S_2$ 坐标系上分区分布规律明显。同时也可以看出, 该地区葡萄花油层储层中水层有效孔隙度下限值为 15%。由该图可以得出如下该地区葡萄花油层产液性质热解评价标准:

当 $\phi_e \geq 15\%$ 时

油层: $S_1 + S_2 > 11 \text{mg/g}$

油水层: $7 \text{mg/g} < S_1 + S_2 < 11 \text{mg/g}$

水层: $S_1 + S_2 < 7 \text{mg/g}$

当 $\phi_e < 15\%$ 时

油层: $S_1 + S_2 > 11 \text{mg/g}$

差油层: $7 \text{mg/g} < S_1 + S_2 < 11 \text{mg/g}$

干层: $S_1 + S_2 < 7 \text{mg/g}$

为了考证以上方法是否具有普遍性, 我们又在产液性质识别困难的新召地区和永乐西块葡萄花油层用同样的方法分地区研究了热解参数、有效孔隙度和试油结果的关系, 发明具有同样的规律性(图 2、3)。

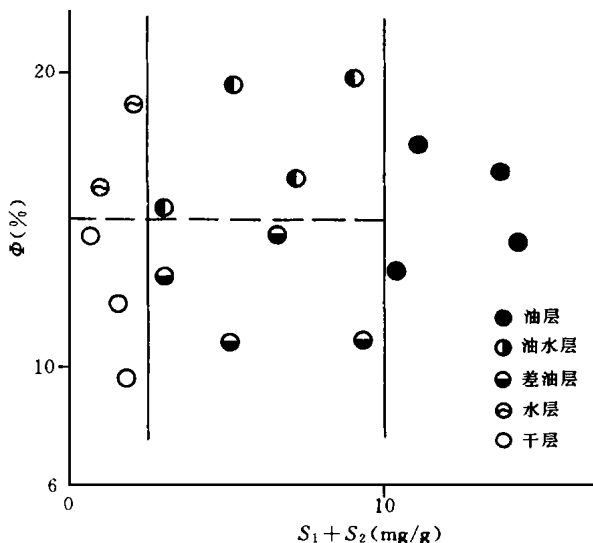


图 2 松辽盆地北部新肇地区葡萄花油层 $\phi_e \sim S_1 + S_2$ 交汇图
Fig. 2 Plot of $\phi_e \sim S_1 + S_2$ for the Putaohua reservoir in the Xinzhao area of the North Songliao Basin

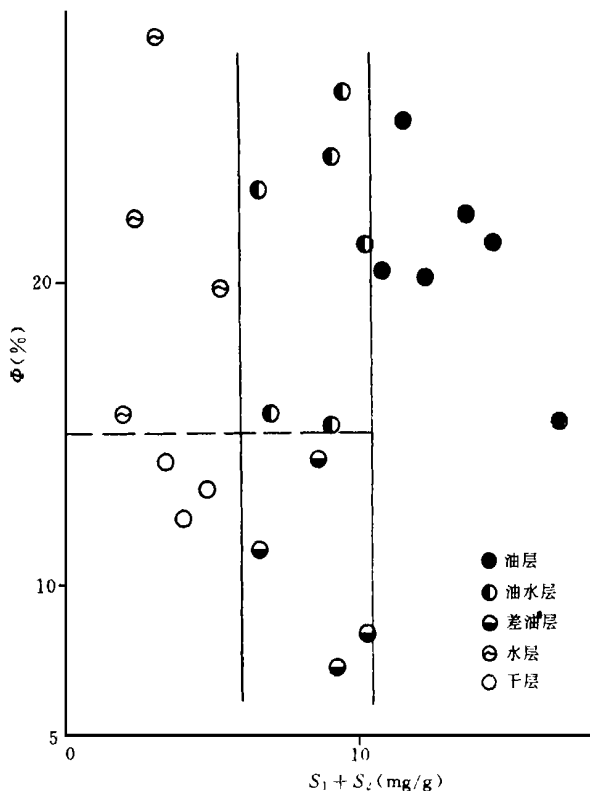


图 3 松辽盆地北部永乐西块葡萄花油层 $\phi_e \sim S_1 + S_2$ 交汇图
Fig. 3 Plot of $\phi_e \sim S_1 + S_2$ for the Putaohua reservoir in the West Yongle area of the North Songliao Basin

由图 2、3 可以规纳出新召地区和永乐西块葡萄花油层产液性质热解识别标准(表 1)。

表 1 产液性质判别标准

Table 1 Discriminant standards for the properties of produced liquid

| 地区 | 油层 | ϕ_e (%) | $S_1 + S_2$ (mg/g) | 判别结果 |
|---------|-------|------------------|------------------------|---------|
| 新 肇 | 葡 萄 花 | $\phi_e \geq 15$ | $S_1 + S_2 > 10$ | 油 层 |
| | | | $2.5 < S_1 + S_2 < 10$ | 油 水 同 层 |
| | | | $S_1 + S_2 < 2.5$ | 水 层 |
| 永 乐 西 块 | 葡 萄 花 | $\phi_e < 15$ | $S_1 + S_2 > 10$ | 油 层 |
| | | | $2.5 < S_1 + S_2 < 10$ | 差 油 层 |
| | | | $S_1 + S_2 < 2.5$ | 干 层 |
| 永 乐 西 块 | 葡 萄 花 | $\phi_e \geq 15$ | $5 < S_1 + S_2 < 10$ | 油 水 同 层 |
| | | | $S_1 + S_2 < 5$ | 水 层 |
| | | | $S_1 + S_2 > 10$ | 油 层 |
| 永 乐 西 块 | 葡 萄 花 | $\phi_e < 15$ | $5 < S_1 + S_2 < 10$ | 差 油 层 |
| | | | $S_1 + S_2 < 5$ | 干 层 |

上述 3 个不同地区葡萄花油层热解参数,有效孔隙度和试油结果的关系具有相同的规律性,并且产水层有效孔隙度下限值为 15%,说明该方法具有较普遍的意义。

为了验证所建立的储层产液性质识别标准的应

用效果,1995、1996 年在松辽盆地北部新站、新召地区和永乐西块葡萄花油层产液性质热解判别 27 口井 205 个层。目前已有 5 口井 17 个层进行了试油测试,产液性质地化解释结果与试油结论均相吻合(表 2),因此,应用效果令人满意。

表 2 产液性质识别成果表

Table 2 Summary of discriminated results for the properties of produced liquid

| 地 区 | 井 号 | 油 层 | 层 序 号 | 测井参数 | | | 试 油 数 据 | | | 地 化 解 释 | 测 井 解 释 | 试 油 结 论 | | |
|-----|-------|-------|-------------|-----------------------|----------------------|------------|---------------|------------|------------------|------------|------------|------------|------------------|-------------|
| | | | | $S_1 + S_2$ (mg/g) | Rt (Ωm) | Sp (mv) | ϕ (%) | 油 (t/d) | 气 (m^3/d) | | | | 水 (m^3/d) | |
| 新 站 | 大 417 | 葡 萄 花 | 46 | 2.28 | 10 | 2.0 | 16 | | | | 水 层 | 差 油 层 | | |
| | | | 48 | 8.53 | 6.6 | 0.0 | 20 | | | | 油 水 同 层 | 差 油 层 | | |
| | | | 49 | 3.79 | 6.2 | 0.0 | 21 | 0.016 | 1.20 | | 水 层 | 差 油 层 | 低 产 油 水 层 | |
| | | | 50 | 12.02 | 8 | 0.0 | 14 | | | | 油 层 | 差 油 层 | | |
| | | | 51 | 9.43 | 9 | 0.0 | 18 | | | | 油 水 同 层 | 差 油 层 | | |
| | 吉 651 | 葡 萄 花 | 15 | 13.50 | 16 | 12.0 | 1.430 | | | 油 层 | 油 水 同 层 | 工 业 油 层 | | |
| | | | 48 | 6.71 | 5.8 | 0.0 | 20 | | | | 油 水 同 层 | 差 油 层 | | |
| | | | 49 | 4.29 | 10 | 0.0 | 12 | | | | 差 油 层 | 差 油 层 | | |
| | | | 吉 605 | 葡 萄 花 | 50 | 1.06 | 7.5 | 0.0 | 11 | 3.620 | 0.58 | 干 层 | 差 油 层 | 含 水 工 业 油 层 |
| | | | | | 51 | 10.81 | 12 | 0.0 | 19 | | | | 油 层 | 油 层 |
| 新 肇 | 吉 605 | 葡 萄 花 | 53 | 3.74 | 8 | 0.0 | 14 | | | | 差 油 层 | 差 油 层 | | |
| | | | 16 | 3.53 | 10 | 0.0 | 9 | | | | 差 油 层 | 干 层 | | |
| | | | 19 | 1.53 | 14 | 0.0 | 8 | | | | 干 层 | 差 油 层 | | |
| | 吉 655 | 葡 萄 花 | 20 | 2.95 | 11 | 0.0 | 4 | 4.80 | 8004 | | 差 油 层 | 干 层 | 含 气 工 业 油 层 | |
| | | | 21 | 2.53 | 10 | 0.0 | 7 | | | | 差 油 层 | 干 层 | | |
| | | | 22 | 3.26 | 20 | 0.0 | 4 | | | | 差 油 层 | 干 层 | | |
| | | | 永 乐 西 块 | 葡 481 | 葡 萄 花 | 31 | 3.04 | 8.5 | 10.0 | 28 | | | 15.00 | 水 层 |

2 应用热解参数进行产能预测

地质录井向量化发展的最终目的之一是对储层进行产能预测。达西定律虽然给出了产能预测公式($Q = A k dp/ds$),但只能应用于理想状态下的储层。加之公式中的各项参数的确定不仅复杂,而且困难,所以我们无法直接用达西定律对储层进行产能预测。但在划分区块和层位的前提下,由于原油性质、孔渗物性、地层压力环境相近,那么决定于原油产能的主要因素是含油厚度和含油丰度。统计分析结果表明,同一区块同一层位,单位含油厚度储层产

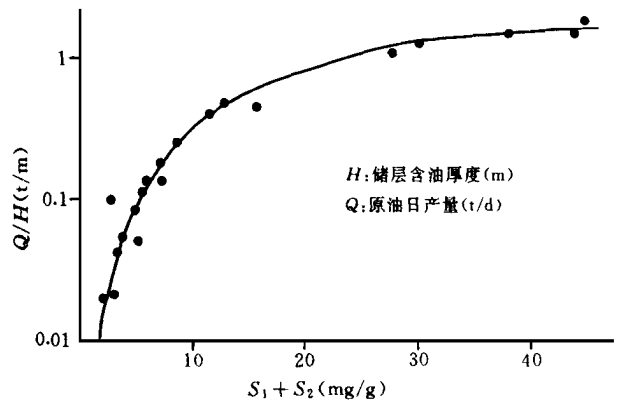


图 4 葡西地区葡萄花油层 H 、 $S_1 + S_2$ 与产能关系图
Fig.4 Relationship of H and $S_1 + S_2$ to Production capacity in the putaohua reservoir of the Puxi area

能与热解参数 $S_1 + S_2$ 在单对数坐标系上存在着较好的线性关系。

图 4、5 分别为葡西地区葡萄花油层和龙西地区扶杨油层单位含油厚度产能与热解参数 $S_1 + S_2$ 的对应关系图, 其回归方程分别为:

$$Q/H = -0.1052 + 0.0413(S_1 + S_2) \quad r = 0.96$$

$$Q/H = -0.05999 + 0.0345(S_1 + S_2) \quad r = 0.95$$

经数学变换可以得出求取储层产能的方程:

葡西地区葡萄花油层

$$Q = [-0.1052 + 0.0413(S_1 + S_2)] \cdot H$$

龙西地区扶杨油层

$$Q = [-0.05999 + 0.0345(S_1 + S_2)] \cdot H$$

以上产能预测公式中各参数的意义:

Q : 原油产能, 单位 t/d;

H : 含油厚度, 单位 m;

$S_1 + S_2$ 热解参数, 单位 mg/g。

目前, 在龙西和葡西地区 15 口井 75 个横向层进行了产能预测, 已有 6 口井 12 个横向层经过了试

油验证, 预测结果与试油结果相对偏差最大为 21%, 最小为 0.5%, 平均为 7.43%。由此可见, 预测效果较好(表 3)。

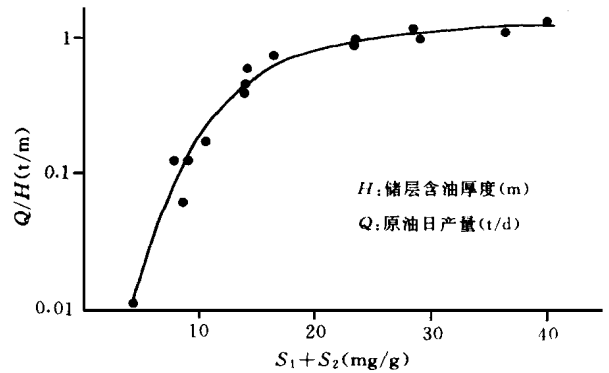


图 5 龙西地区扶杨油层 H 、 $S_1 + S_2$ 与产能关系图
Fig. 5 Relationship of H and $S_1 + S_2$ to production capacity in the Fuyang reservoir of the Longxi area

表 3 热解法预测产能与试油结论对比表

Table 3 Correlation of production capacity predicted by pyrolysis method to conclusion from oil testing

| 井号 | 层位 | 层号 | 井段 (m) | $S_1 + S_2$ (mg/g) | 含油厚度 (m) | 日产油 (t/d) | 产能预测 (t/d) | 相对偏差 (%) |
|-------|----|----------|-----------------|--------------------|----------|-----------|------------|----------|
| 塔 261 | FY | 33 | 1785.0 ~ 1787.2 | 32.81 | 2.32 | 3.616 | 3.99 | 10.3 |
| 塔 261 | FY | 35 | 1805.4 ~ 1807.4 | 41.56 | 0.95 | | | |
| 塔 112 | FY | 43 | 1749.0 ~ 1749.8 | 40.55 | 3.92 | 5.213 | 5.24 | 0.5 |
| 塔 211 | FY | 27 34 | 1788.4 ~ 1929.0 | 14.25 | 2.99 | 1.19 | 1.29 | 8.4 |
| 古 119 | P | 26 | 1816.0 ~ 1819.0 | 9.87 | 2.06 | 0.434 | 0.449 | 3.5 |
| 古 119 | P | 30 | 1858.0 ~ 1860.0 | 4.53 | 0.28 | | | |
| 古 120 | P | 34 | 1774.0 ~ 1777.2 | 11.96 | 2.20 | 1.96 | 1.89 | 3.6 |
| 古 120 | P | 36 | 1778.0 ~ 1792.0 | 12.87 | 2.45 | | | |
| 古 116 | P | 32 | 1683.0 ~ 1685.6 | 46.12 | 1.49 | 2.90 | 2.68 | 7.6 |
| 古 116 | P | 33 | 1682.5 ~ 1736.2 | 28.60 | 3.22 | 3.88 | 3.46 | 10.8 |

3 结语

应用热解分析技术识别储层产液性质和进行产能预测是可行的, 从目前的应用情况看, 效果也是好

的, 现在在松辽盆地北部部分地区地质录井工作中推广使用。继续深入研究, 分地区分层位建立产液性质识别标准和产能预测公式, 将有助于提高探井综合解释评价水平。

(下转 94 页)

究, 如影响土层介质吸留烃气能力因素的探讨, 弄清吸附能力与土层物性的关系, 这对油气勘探中的不同地区的指标优化及热释烃指标的更好应用, 都有重要的意义。

在本文的完成过程中, 曾得到伍大俊、陈炜、赵克斌、孙长青等同志的帮助, 在此表示衷心的感谢!

参 考 文 献

- 1 李贵友等. 顶空气轻烃化探法. 中国塔里木盆地北部油气地质研究(第三辑), 武汉: 中国地质大学出版社, 1991
- 2 陈炜. 油气化探中的轻烃指纹法. 石油实验地质, 1992, 14(4)
- 3 杨育斌等. 油气地球化学勘查. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995

(收稿日期: 1997 年 11 月 11 日)

APPLICATION OF THE PYROLYSIS-DESORBED HYDROCARBON TECHNOLOGY TO THE GEOCHEMICAL EXPLORATION OF GAS AND OIL

Feng Xiaoshuang Li Guiyou

(*Geochemical Exploration Center, CN SPC, Hefei 230022*)

Abstract

Besides included within carbonate mineral (determined by the acidolysis-desorbed hydrocarbon method), hydrocarbons existing in surface medium are also occluded in clay and other silicate mineral. The pyrolysis-desorbed hydrocarbon technology introduced in this paper makes this part of hydrocarbons desorbed under low and middle temperature. This method is fast and economical, and has brought about satisfactory results for geochemical exploration when applied in the loesslands of North Shaanxi province, the acid soil areas of Henan province and other special geologic landscape areas. It is a new technology worth spreading in gas and oil exploration.

Key words occluded hydrocarbon, pyrolysis desorption, application in geochemical exploration

(上接 85 页)

参 考 文 献

1996, 23(3): 87 ~ 88

- 1 罗蛰潭. 油层物理. 北京: 地质出版社, 1984
- 2 郎东升. 应用热解参数划分储层含油级别. 石油勘探与开发,

(收稿日期: 1997 年 3 月 26 日)

APPLICATION OF PYROLYSIS ANALYSIS TO THE EVALUATION OF RESERVOIR-PRODUCED LIQUID PROPERTIES

Lang Dongsheng Zhang Yawen

(*Geological Logging Company, Daqing Bureau of Petroleum Administration 163411*)

Abstract

By means of pyrolysis analysis on reservoirs, not only their oil possibility can be discriminated, but also their produced liquid properties be described. In this paper, the area to the west of Changyuan, Daqing in the North Songliao Basin is taken as the major study area. Using pyrolysis analytical parameters combined with physical properties, oil-bearing thickness and oil-testing data, it is suggested that reservoir-produced liquid properties can be discriminated by pyrolysis parameters together with effective porosity (O_e) and production capacity be predicted by pyrolysis parameters together with oil-bearing thickness.

Key words reservoir, pyrolysis parameters, produced-liquid properties, prediction of production capacity