生油层定量评价方法研究

程克明　金伟明　何忠华

（石油工业部石油勘探开发科学研究院，北京）

一、初次运移量的计算方法

从生油层中直接计算油气初次运移量，迄今报道甚少，K. 马格拉用间接法做过一些估算[1]，D. H. 威尔特等用盆地模拟法做过探索[2]。本文利用岩石评价仪（Rock-Eval）在不同的模拟温度下，实测各类不成熟生油岩的产烃率，以最大累积产烃率作为原始产烃潜率（即该类生油岩在未排烃状态下的最大生油潜力），把现今不同热演化阶段生油岩的热解烃率作为残留潜率。将各类不成熟生油岩在不同模拟温度下的累计热解烃率作成图版（见图 1），由此，可以通过图版求得已进行不同程度排烃源岩的原始生油潜量。根据物料平衡原理，在生油过程中存在下述关系式：

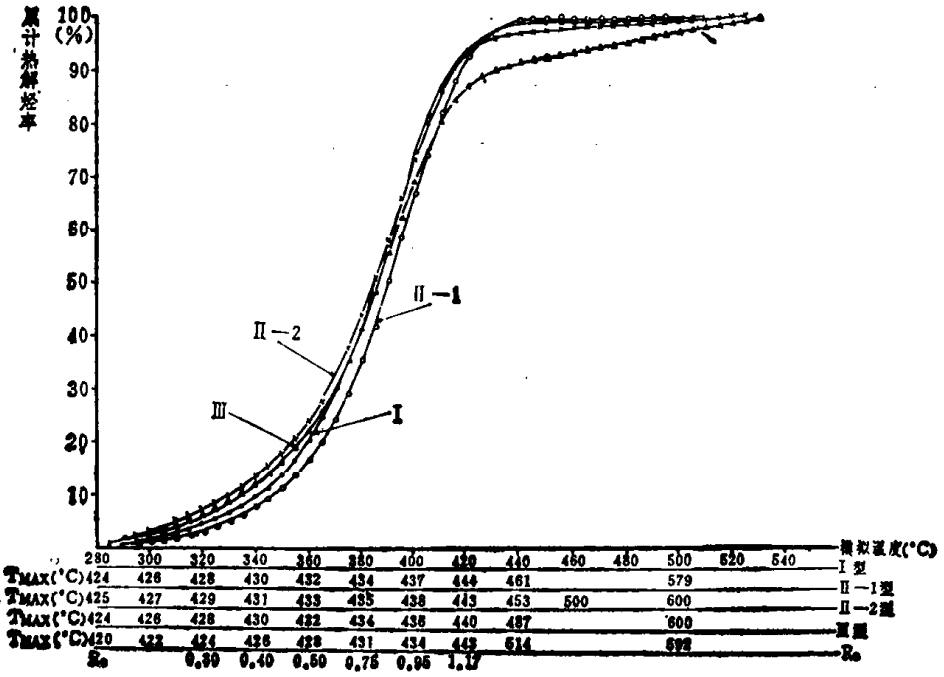

图 1　东洪凹陷各类生油岩热介烃率图

$$S_0 = S_2 + Q, \tag{1}$$

式中 S_0——生油岩原始生油潜量；S_2——生油岩中干酪根热解烃量；Q——生油岩中已生烃量。上述单位均为 kg（烃）/吨（岩石）。

$$Q = \frac{S_2 \cdot K}{100 - K}, \tag{2}$$

本文 1984 年 7 月 2 日收到。

式中K——累计热解烃率，可由图1查得.

将(2)式代入(1)式得

$$S_0 = \frac{100\,S_2}{100 - K}. \tag{3}$$

由(3)式可知，对于现今处于任一热演化阶段的生油岩，只要从生油岩评价仪获得S_2和相应的T_{max}值，在类型确定之后，即可根据热解烃率图版查得该演化条件下的K值，从而可以计算出该生油岩的原始生油潜量. 岩石评价仪又可以直接提供每块生油岩的残留潜量($S_1 + S_2$). 在同一地质、地球化学、热力及水力条件下，在较短的地质时间单元中，同一类生油岩原始生油潜量和残留潜量之差，即为该类生油岩的油气初次运移量.

为了准确计算各类生油岩的原始、残留和初次运移量的代表值，母质类型的划分是比较关键的环节，而且各类界限还必须赋予产烃能力的定量概念，在母质分类因素选择中，必须考虑这一原则.

二、类型因素选择

干酪根热降解成油学说认为，不同热演化阶段的生油岩，由于已进行不同程度的排烃，干酪根的结构组成及可溶烃的特性均已发生变化. 大量的有机地球化学资料已经证明，利用残余有机质进行生油母岩分类并不完全反映母源有机质的本性. 近几年来，许多有机地球化学工作者试图利用甾、萜类生物标记化合物来进行母质分类[3,4]，以期克服上述弊端. 不足的是生物标记物只能定性描述母质类型，不能赋予其产烃潜力的定量概念. 笔者经过各种探索，选择干酪根的元素氧及降解潜率作为有机母质的特性因子，并将其恢复至原始状态下进行分类.

研究表明，原始生物体的组成成分中，脂类、蛋白质、碳水化合物和木质素的元素氧含量不

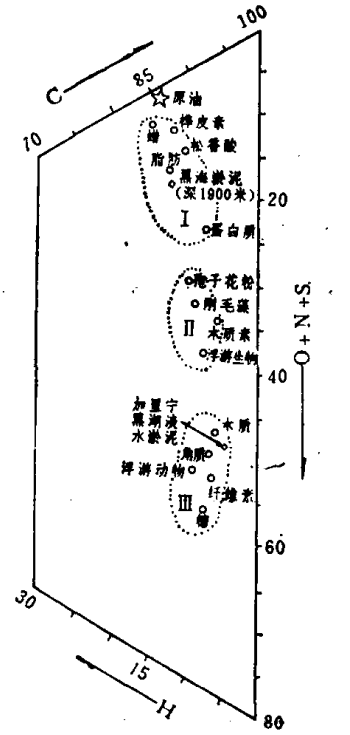

图2 生物体及其各部份的元素组成

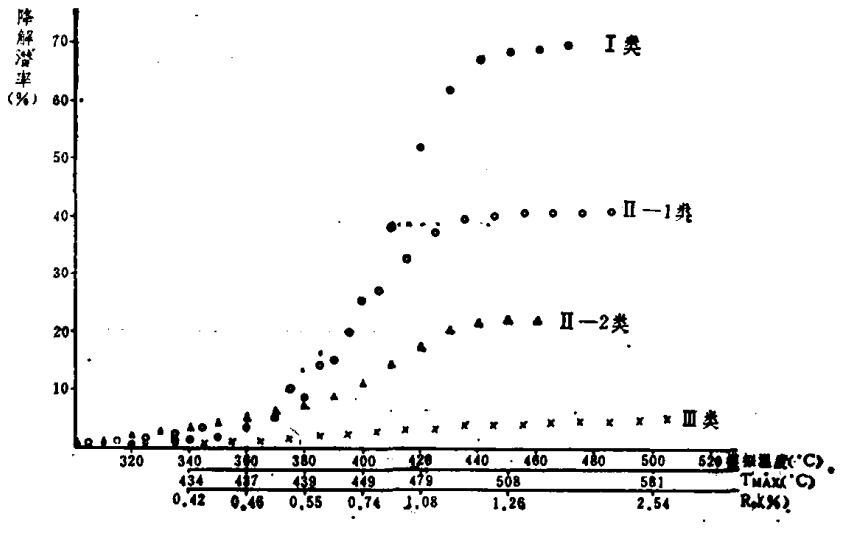

图3 不同类型生油岩累计降解潜率与T_{max}及R_o的变化关系

同（见图2），显而易见，在热降解成烃过程中，不同原始生物体所构成的母质产烃潜力差别甚大．虽然原始生物体的元素氧含量在热演化过程中有一定变化，但其相对规律依然存在，仍不失为母质分类的特性因素之一．

母质类型划分中选择的另一特性因素是降解潜率．根据我国中、新生代陆相生油岩分析资料，不同类型母质差异显著（见图3）．I类大于50%；II-1类30—50%；II-2类10—30%；III类小于10%．

三、类型系数的恢复

本文在类型因素选择中，着重研究了有机母质中元素氧含量及降解潜率，其数学表达式如下：

$$T,C = \frac{S_2}{S_3} \times \frac{(S_1 + S_2) \times 0.083}{C_{0T}}, \tag{4}$$

式中 T,C——类型系数；S_1——每克岩石中可溶烃毫克数；S_3——每克岩石中热解温度在390℃前 CO_2 毫克数；0.083——烃的碳分数；C_{0T}——残余有机碳的百分含量．

类型系数恢复分两步进行：

1. 将 S_2/S_3 恢复至原始状态　对于已成熟生油岩热解时所获得 S_2 和 S_3 信息只表示残留有机质的特征，要反映其原始面貌，只有当该生油岩干酪根热解烃量（S_2）趋近于原始生油潜量（S_0）时才能反映原始母质特征，因原始状态下有机母质中可溶烃趋近于零．故以 S_0/S_3 即可表示原始状态，即

$$S_0/S_3 = \frac{100\,S_2}{(100 - K)S_3}. \tag{5}$$

2. 降解潜率的恢复　降解潜率的恢复，其实质是要求出原始状态下的这一数值．原始降解潜率理论上应等于原始有效碳与原始有机碳之比值，而原始有效碳应为残余有效碳与已生烃碳之和并扣去可溶烃碳，原始有机碳应为残余有机碳与已生烃碳之和并扣除可溶烃碳．经恢复原始状态后的降解潜率以下式表示：

$$D_0 = \frac{C_P + C_Q - C_{S_1}}{C_{0T} + C_Q - C_{S_1}}, \tag{6}$$

式中 D_0——原始降解潜率；C_P——残余有效碳；C_Q——已生烃碳；C_{S_1}——可溶烃碳．

经过上述计算，已基本上把有机母质恢复至末排烃之前的状态．根据我国中、新生代主要凹陷的试算，分类界限如表1．

表1　母质类型划分界限表

T,C 值范围	原始产烃潜量（kg/吨）	母质类型	备注
>10	10—40	I	腐泥型
1—10	5—10	II-1	腐植-腐泥型
0.1—1	1—5	II-2	腐泥-腐植型
0.01—0.1	<1	III	腐植型

新分类系数所划分的母质类型沿纵向分布表现出明显的规律性（见图4），泌阳赵凹I类

生油岩集中分布于2100—2700米，II-1 类分布于2630—3080米，II-2类分布于2930—3150米，III 类分布于3100米以下。同一母质集中出现于同一层段，或同一层段以某一类母质为主，这一分布特点表明，有机母质类型分布受沉积环境和相带的制约。在连续稳定的沉积时期，同一沉积相带的有机物源成分组成相对稳定，母质性质基本相似，因而出现同一类型母质在纵向上的连续分布。

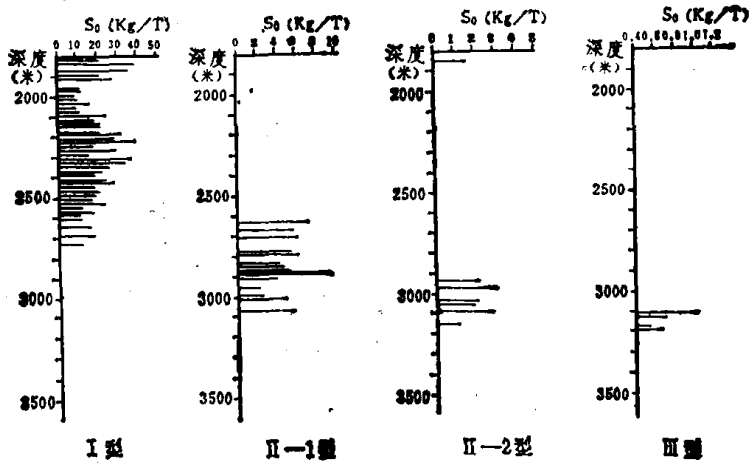

图4 泌阳凹陷（赵凹地区）各类母质纵向分布

四、计算步骤

1. 制作测区各类不成熟生油岩的产烃率图版（$T_{max} - K$）。
2. 根据公式(2)计算出Q值。

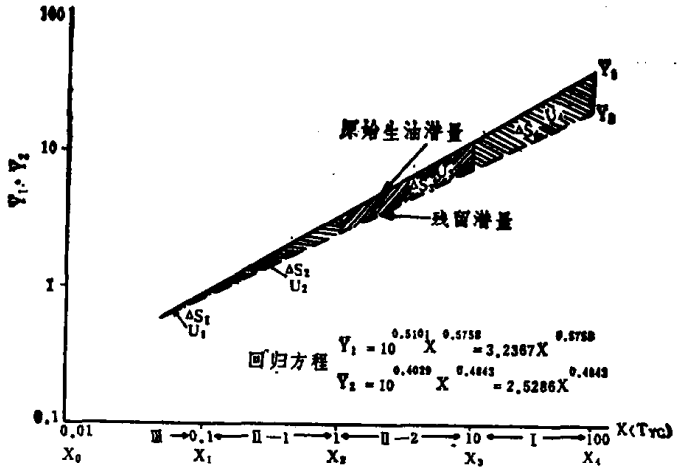

图5 泌阳凹陷泌80井区初排量计算图（双对数回归法）

3. 根据下式计算原始状态下的类型系数

$$T_yC = \frac{\left(\frac{100\,S_2}{100-K}\right)^2 \times 0.083}{S_3 \times \left[C_{0T} + 0.083\left(\frac{S_2K}{100-K} - S_1\right)\right]}. \tag{7}$$

4. 根据公式(1)计算原始生油潜量(y_1)和残留潜量（$y_2 = S_1 + S_2$）。

5. 求 $T_yC \sim y_1$、$T_yC \sim y_2$ 回归方程.

6. 计算各类生油岩初次运移量代表值(见图 5),

$$U_i = \frac{\Delta S_i}{\Delta L_i},$$

其中 $i = 1, 2, 3, 4$; U_i——初次运移量代表值; $\Delta L_i = x_i - x_{i-1}$.

7. 计算全区总原始生油潜量、总残留潜量和总初次运移量,进而计算运移系数,在此基础上,结合地质条件进行资源预测.

五、结　论

1. 利用热模拟法恢复不同热演化阶段生油岩原始生油潜量,使静态的地球化学资料获得了动态的或地史的推演和解释,从而改变了用残余生油量来评价生油层的传统作法. 原始产烃潜量的恢复有助于有机质丰度和性质的研究. 本文提出的类型系数 (T_yC) 分类,由于考虑了有机母质的原始特征,各类系数范围值较宽(一个数量级),因而各类界限清楚,各类的纵向变化表现出清楚的层段性,与沉积相带分布吻合. 类型具明确的定量概念.

2. 在同一地质、地球化学及水动力条件下的较小地质时间单元中,同类生油岩原始生油潜量与残留潜量之差,可视为该类生油岩的初次运移量. 从"三位一体"的观点出发,运用初次运移量进行生油层定量评价,既能定性确定生油层和非生油层界限,又能定量测算各类生油层的产烃能力. 经我国部分含油气盆地计算结果表明,利用初次运移量来预测一个地区的油气资源,比用总生油量更为直接和有效,是一种值得推广的快速方法.

参　考　文　献

[1] Magara, K., Static versus dynamic interpretation in petroleum geology, *Bull. AAPG*, 1981, 65.

[2] Welte, D. H., Yukler, A. et al., Evolution of sedimentary basin from the standpoint of petroleum origin and accumulation——an approach for quantitative basin study, *Organic Geochimistry*, 2(1980), 1—8.

[3] 黄第凡、李晋超等,陆相有机质演化和成烃机理,石油工业出版社, 1984, 109—150.

[4] Huang Wen-yen, Meinschein, W. G., Sterol-mark of ecology, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1979, 43.