

松辽盆地东南隆起氧化作用与有机质的演化

王永春, 苗洪波, 刘长伟, 景成杰, 王亚波, 于淑梅

(吉林油田勘探开发研究院, 吉林松源市 136200)

摘要: 有机质在遭受氧化作用后, 其元素的组成比例、最高热解峰温、生烃转化率及镜质体反射率均发生了较大的变化, 常规判识有机质演化程度的指标已失去意义。松辽盆地东南隆起区的研究结果表明: 有机质在遭受氧化作用影响后, 干酪根元素的 O/C 比随演化程度的加深而迅速降低, 致使其反映的演化程度高于实际值; 有机质氧化后, 导致 $T_{\max}$ 增高; 经过氧化的有机质在相同的热力条件下, 具有较高的转化率; 在强氧化作用下形成的镜质体, 其反射率值比正常情况下增长大, 强还原环境下则减小。因此, 在研究松辽盆地东南隆起区的有机质演化, 特别是营城组的演化时, 不能以某一指标而定论。

关键词: 氧化作用; 有机质; 演化; 松辽盆地

第一作者简介: 王永春, 男, 39岁, 教授级高级工程师, 石油地质

中图分类号: P593

文章标识码: A

1 干酪根的元素组成

干酪根演化至一定的阶段, 脂链发生断裂和官能团脱落, 导致元素组成的比例变化。因此干酪根的元素组成反映了有机质的类型和成熟度^[1], 但是, 东南隆起极低的 O/C 原子比和 H/C 原子比所反映的干酪根演化程度(图1), 明显高于实际值。

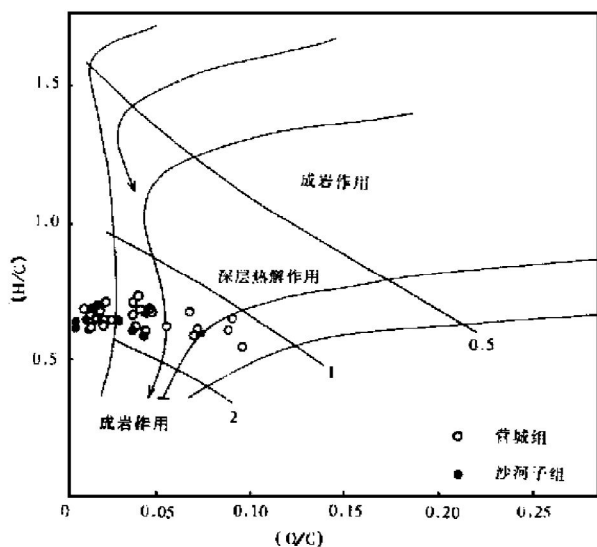


图1 松辽盆地东南隆起区干酪根范氏图

Fig. 1 Fan diagram of kerogen in southeast uplift region, Songliao Basin

实际值。因为营城组的 R_o 平均值为 0.88%, 沙河子组的 R_o 小于 1.339%, 所以营城组的点(O)大

部分应分布于 0.5% ~ 1.0% 之间, 沙河子组应靠近 1.0% 线。

实际上, 有机质的成熟度不仅与受热程度、受热时间有关, 而且还与有机质的结构、反应活化能及演化速率有关。一些学者研究了不同岩性中催化效应对有机质成熟度的影响^[2], 但关于有机质的结构、热稳定性及演化速率对成熟度影响的研究却很少。我们认为东南隆起区的有机质主要来自陆源高等植物, 经过了多期次的改造, 受到了一定程度的氧化, 导致有机质贫氢, H/C 原子比较低; 另外, 这些遭受氧化的有机质稳定性较低, 演化速率快, 随着演化程度的加深, 干酪根中的氧原子快速失去, O/C 原子比迅速减小, 向原点逼近, 从而显示出较高的成熟度。

2 热解峰温

热解峰温被广泛用于反映有机质成熟度, 然而大量研究表明 $T_{\max}$ 的影响因素是很复杂的。I 型干酪根的 $T_{\max}$ 值小于埋深相近的 II 型干酪根, 且随着埋深增加, I 型干酪根的演化速率小于 II 型。我们还发现: 有机质的丰度及氧化-还原条件也对 $T_{\max}$ 产生重大影响。在正常情况下, 随着受热程度的加深 $T_{\max}$ 增大, 分散有机质和煤一样出现氧指数减小的趋势。然而在东南隆起地区却存在氧指数增大, $T_{\max}$ 值也增大的现象(图2), 这显然不是受热程度增大的结果, 而是经过氧化的有机质很容易达到较高的成熟度的原因所致。有机质经过强

氧化, 丰度及生烃能力降低, 无机矿物的吸附作用增强, 导致 $T_{\max}$ 增高。图 2 的样品位于营城组顶部, 在营城组末期, 水体变浅, 曾经遭受少量剥蚀, 有机质遭受一定程度的氧化, 因此出现了氧指数增大, $T_{\max}$ 值也增大的现象。

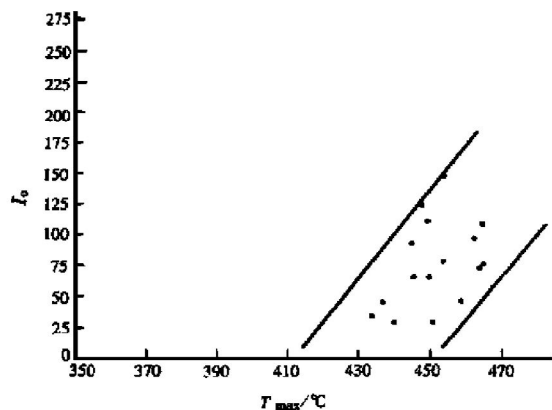


图 2 东南隆起区氧指数与热解峰温的关系

Fig. 2 Relationship between oxidation index and thermal analysis peak temperature

3 生烃转化率

生烃转化率是与生烃程度相关的指标, 很多学者已经注意到“无机矿物的吸附效应”、“烃类或沥青的浸染”及“取样和操作过程中, 低碳数的挥发作用”对转化率的影响, 而忽视了沉积-成岩演化作用对转化率的影响, 在正常的情况下, 随着转化率的增加, 氧指数应减小。然而在东南隆起区, 随着氧指数升高, 转化率增大的现象非常普遍(图 3)。这一现象表明氧化作用降低了有机质的热稳定性, 经

过氧化的有机质在相同的热力条件下具有较高的转化率。

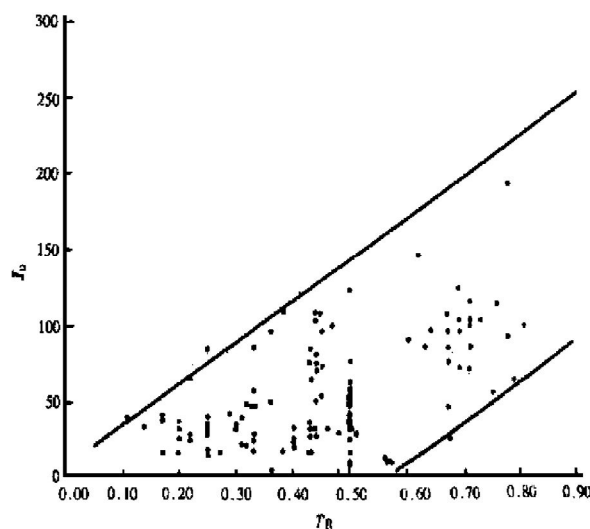


图 3 氧指数与转化率交汇图

Fig. 3 Convergent diagram of oxidation index and hydrocarbon transformation ratio

众所周知, 氧化作用降低了有机质的丰度, 它使富氢的有机质成为贫氢有机质, 氢指数很自然地成为反映有机质丰度和氧化程度的指标。图 4 是热解峰温($T_{\max}$)、转化率(T_R)和氢指数(I_H)随着深度增加的剖面图, 在图中“ Δ ”表示贫氢有机质($I_H < 70$), “*”表示富氢有机质($I_H > 70$), 从图中可以看出贫氢有机质的转化率与 $T_{\max}$ 值明显高于富氢有机质, 然而贫氢有机质又是氧化作用的结果, 这又一次证明了氧化作用降低了有机质的稳定性, 使有机质的演化速率加快。

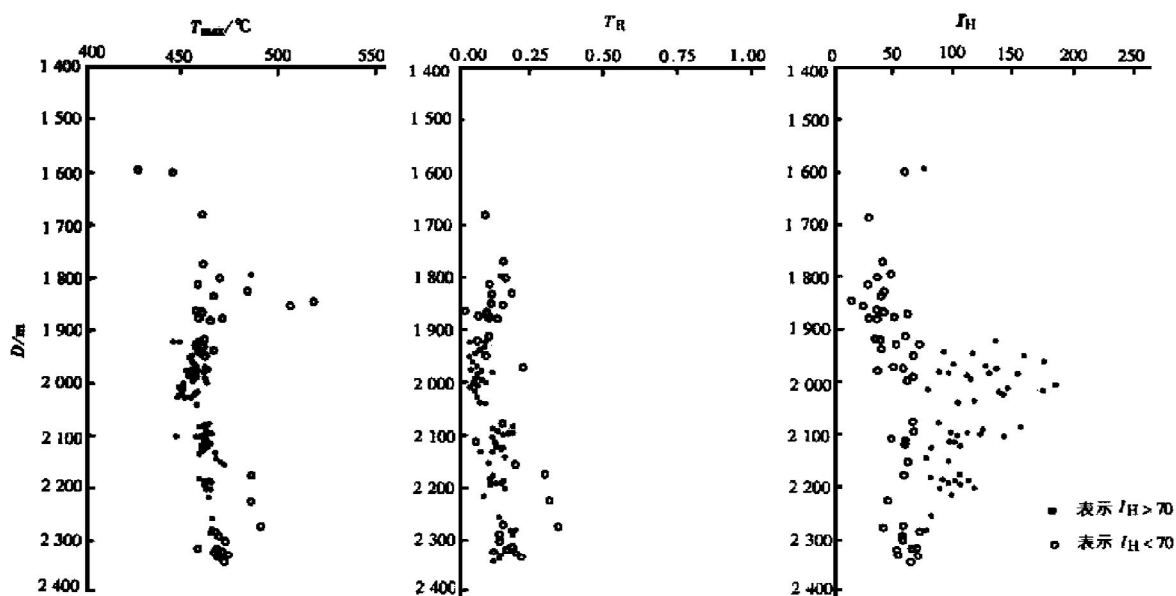


图 4 地化剖面

Fig. 4 Geochemical profile

4 镜质体反射率

影响镜质体反射率的因素众多,首先在钻井过程中,由于煤线或煤层的粉屑对岩芯或岩屑的浸入污染,从而改变了样品的 R_o 值;第二,油基泥浆或油层中的烃类对岩芯或岩屑造成污染也影响了 R_o 值;再次,在泥岩中,由于富烃,而且镜质体对沥青质有吸附作用,使镜质体受到污染,从而降低了 R_o 值。在相同位置的样品中,被抽提、分离的干酪根光片所测的 R_o 值大于岩石光片的 R_o 值(表 1)。

表 1 不同深度岩石 R_o 与干酪根 R_o 对比表

Table. Correlation of rock R_o and kerogen R_o in different depths

深度/m	岩石 R_o /%	干酪根 R_o /%
2 000	0.98	1.11
2 400	1.29	1.44
2 600	1.52	1.66

沉积-成岩作用对干酪根镜质体反射率的影响应当引起重视。实际上,现今 R_o 值可看成镜质体的初始反射率(R_o^0)与随着演化加深而引起的增值(ΔR_o)之和,即

$$R_o = R_o^0 + \Delta R_o$$

目前,通用的 R_o^0 值为 $(0.25 \pm 0.025)\%$,这是对现代沼泽测量的结果。但不同环境中的 R_o^0 必然不同,其值取决于富氢程度,而富氢程度取决于高等植物的木质纤维组分在沉积—早期成岩阶段的改造过程和强度。在还原环境中,水生生物的降解产物及高等植物来源的角质蜡醇和脂类均可以加入到木质纤维组分的碳骨架中,从而使镜质体富氢;而在氧化环境中,不仅没有外来的脂类物质加入,而且木质纤维本身所具有的脂链也会因氧化而失去,最终形成惰性组分。木质纤维组分经过改造,可以形成富氢镜质体—镜质体—假镜质体—惰性镜质体的连续系列,然而富氢镜质体与假镜质体不是我们测量 R_o 值所需要的,在好的生油岩中有较多的富氢镜质体,而沉积于较强氧化环境中的镜质体因氧化而更加贫氢。因此在光片中无法识别富氢镜质体与假镜质体,所以在测量中无法将其排

除,影响了 R_o^0 值测量。

另外,镜质体的原始富氢程度,不仅决定了镜质体初始反射率,而且也决定了其热演化速率。 R_o 实际上是镜质体氢含量的函数,其实并非如此简单,氧化作用的影响不能低估。因为氧化降低了有机质的活化能和热稳定性,从而使其演化速率加快,强氧化条件下形成的镜质体的 R_o 发生异常增大,强还原环境下减小。营城组上部的 R_o 随着深度增加逐渐变小(图 5),正是由于营城组末期遭受剥蚀,水体变浅,氧化程度加深所致。

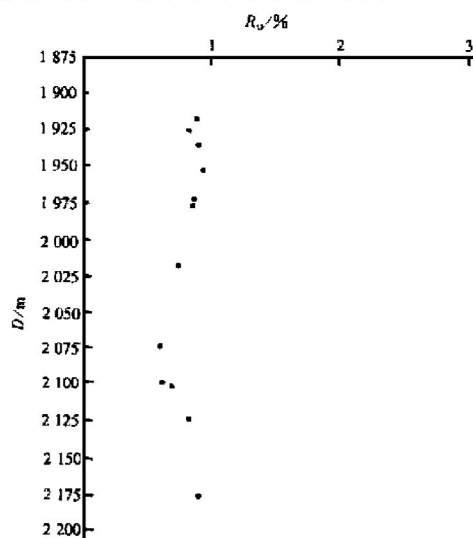


图 5 东南隆起区营城组 R_o 与深度关系图

Fig. 5 Relation between R_o and depth of Yingcheng Formation in southeast uplift area

5 结论

氧化作用会导致含氢量减少, R_o 初始值高,演化速率加快。东南隆起区由于受到过抬升和剥失,特别是营城组有机质遭受氧化现象非常普遍,所以在研究有机质演化时,不能以某一指标而定论。

参 考 文 献

- 1 Tissot B P, Welte D H. Petroleum formation and occurrence[M]. New York: Springer-Verlag, 1984
- 2 郝芳,陈建渝. 可作为有机相指标的镜质体反射率[J]. 地质科技情报, 1988, (4): 113~117

OXIDATION AND ORGANIC MATTER EVOLUTION IN SOUTHEAST UPLIFT OF SONGLIAO BASIN

Wang Yongchun Miao Hongbo Liu Changwei Jing Chengjie Wang Yabo Yu Shumei

(Research Institute of Exploration and Development, Jilin Oilfield, Songyuan, Jilin)

Abstract: When organic matter undergo oxidation, the compositive proportion of elements, the highest pyroly-

sis peak temperature, the rate of hydrocarbon conversion and vitrinite reflectance would change distinctly, the conventional distinguishing index of organic matter evolution would lose its significance. The study results of the southeast uplift in Songliao Basin show that after the oxidation of organic matter, the O/C ratio of kerogen decreases with the increasing of evolution degree, thus resulting in the reflected evolution degree higher than the actual one and increasing in T_{amx} . The oxidated organic matter usually has higher conversion ratio under the same thermal condition. The reflectance of the vitrinite formed in strong oxidation condition is higher than in normal circumstance, and that in strong reduction condition reduces. Therefore, to study the evolution of organic matter in the southeast uplift, especially in Yingcheng Formation of the uplift in Songliao Basin, one could not make a conclusion according to a certain index.

Key words: oxidation; organic matter; evolution; Songliao Basin

(上接第 41 页)

参 考 文 献

- 1 刘池阳. 后期改造强烈——中国沉积盆地的重要特点之一[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 255~ 261
- 2 张抗. 海台及其性质的初步分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1991, 11(1): 1~ 14
- 3 张抗. 鄂尔多斯断块构造资源[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1979. 147~ 369
- 4 张抗. 塔里木盆地的大地构造及油气远景[A]. 见: 石宝珩, 编. 中国地质科学新探索[C]. 北京: 石油工业出版社, 1998. 207~ 217
- 5 张渝昌, 秦德余, 徐旭辉, 等. 中国含油气盆地原型分析[M]. 南京: 南京大学出版社, 1997
- 6 张文佑, 张抗. 中国及相邻海域中、新生代盆地类型及含油气远景[A]. 见: 翟光明, 编. 北京石油地质会议报告论文集[C]. 北京: 石油工业出版社, 1987. 20~ 32
- 7 张抗. 沉积盆地的演化和结构[A]. 见: 崔广振, 石宝珩, 编. 中国地质科学探索[C]. 北京: 北京大学出版社, 1989. 322~ 333

REFORM IN BASIN AND ITS SIGNIFICANCE IN PETROLEUM GEOLOGY

Zhang Kang

(Research Institute of Planning, CNSPC, Beijing)

Abstract: The reformed basins were the prototype basins which were evidently reformed during post-stage structural movements; those underwent weak erosion and reformation are still prototype basins. As for oil and gas exploration, basin means connectedly distributed sedimentary rock mass; as for the reserves, about 50% of oil reserves and 70% of gas reserves are in reformed basins. Those basins are the main targets of hydrocarbon exploration in the 21st century since their exploration degree is low. In the research of basin reformation, regional unconformity is an important factor in influencing the oil and gas distribution of the basins, thus the unconformity and the strata above and below it should be taken as a special geological body. The multicycle opening-closing movement of the crust is the key to understand the basin reformation and its hydrocarbon evolution. One should investigate the oil and gas pools by means of the positive and opposite thinkings of the prototype and present basins.

Key words: reform in basin; prototype basin; unconformity; opening-closing movement; opposite thinking