

文章编号: 1001-6112(2007)03-0298-03

# 混合煤样最大热解峰温与镜质体反射率的研究

孙立中<sup>1</sup>, 李显宗<sup>1,2</sup>, 蔡龙玲<sup>3</sup>

(1. 南开技术学院 电机工程系, 台湾 南投;

2. 台湾中央大学 地球物理研究所, 台湾 中坜; 3. 台湾中央大学 应用地质研究所, 台湾 中坜)

**摘要:** 利用中国大陆地区两个高、低成熟度煤样, 模拟再沉积物质来探讨其最大热解峰温( $T_{\max}$ )的变化与其镜质体反射率( $R_o$ )的对应关系。对依比例混合后的混合样进行热解分析, 再将量测两煤样的镜质体反射率的资料点, 以相同的比例用随机取样的方式将其混合后取平均值, 以对应其  $T_{\max}$  的结果。实验结果显示: 1) 低成熟度煤样, 在混有不同比例高成熟度煤样时, 其  $T_{\max}$  值将反应低成熟度之情形, 即取含有再沉积的岩层样品, 其  $T_{\max}$  将呈现年轻地层的成熟度。2) 对高成熟度的物质采样或进行热解分析的过程中, 即便是在极微量的情况下, 亦应避免受低成熟度物质的污染。3) 随着低成熟度煤样配比的增加,  $T_{\max}$  迅速下降, 其与  $R_o$  的关系与 III 型干酪根的线性对应呈现明显差异。

**关键词:** 再沉积; 热解分析; 最大热解峰温; 镜质体反射率

中图分类号: TE122.11

文献标识码: A

## A STUDY OF THE PYROLYSIS PARAMETER $T_{\max}$ AND VITRINITE REFLECTANCE FROM MIXED COAL SAMPLES

Sun Lichung<sup>1</sup>, Lee Hsientsung<sup>1,2</sup>, Tsai Louis L<sup>3</sup>

(1. Department of Electric Engineering, Nankai College, Nantou, Taiwan, China;

2. Institute of Geophysics, National Central University, Zhongli, Taiwan, China;

3. Institute of Applied Geology, National Central University, Zhongli, Taiwan, China)

**Abstract:** Reworked sedimentary materials were simulated by mixing of high and low rank coals in various proportions, so as to evaluate the variation of  $T_{\max}$  from Rock-Eval pyrolysis. The results indicate that (1) once the low rank coal is mixed with high rank coal, the  $T_{\max}$  is close to that of the low rank coal, whatever the mixing ratio is; (2) care must be taken for reworked samples, especially for organic materials with high maturity, even dealing with a very small amount of sample mixing; (3) Because of the fast dropping of  $T_{\max}$  after increasing mixed ratio of low rank coal, the correlation of  $R_o$  and  $T_{\max}$  is quite different from the linear trend possessed by type-III kerogen.

**Key words:** reworked; Rock-Eval pyrolysis;  $T_{\max}$ ; vitrinite reflectance

镜质体反射率  $R_o$  值在某些有效的使用范围内, 经常被视为评估有机成熟度的良好指标<sup>[1,2]</sup>; 热解参数中的  $T_{\max}$  也是常用的评估指标之一<sup>[1,3]</sup>; 但两者在取得样品成熟度讯息的技术方法是有所不同的。镜质体反射率是利用物理光学的量测方式取得数据, 主要受制于观察者对物质形态上的辨识。虽然利用镜质体反射率频率分布图可以弥补部分的缺点, 但是镜质体反射率频率分布图过宽时, 问题依然存在, 同时还可能反映了样品本身已混有不同成熟度的物质。有人曾利用镜质体反射率来探讨台湾西部地区的油气潜能<sup>[4]</sup>, 以及利用

Gini 系数对镜质体反射率值做分布上的分析<sup>[5]</sup>, 认为有许多样品的镜质体反射率值的频率分布在两端点较大时, 即判断所研究的样品可能为再沉积 (reworked) 的物质, 或该样品具有再沉积的环境意义。热解参数  $T_{\max}$  则是利用化学性热学的分析方式取得讯息, 是由法国石油研究所 (IFP) 研究出来的评价方法<sup>[3]</sup>, 其最大优点是可快速地取得分析数据, 但有时受仪器灵敏度的影响。

再沉积的物质泛指沉积物、化石、岩块碎片或其它物质<sup>[6,7]</sup>, 即老地层的物质经搬运至年轻地层而形成。由于  $R_o$  值随岩层深度的增加而有增高

收稿日期: 2007-01-23; 修订日期: 2007-05-14。

作者简介: 孙立中 (1962—), 男 (汉族), 博士, 主要从事煤岩学方面的研究工作。

的趋势<sup>[8]</sup>,因此为评估有机成熟度提供了良好的指标<sup>[1]</sup>;又一般认为进入油窗的 $R_o$ 值的范围在0.65%~1.35%之间<sup>[2]</sup>,显然在遭遇再沉积物质时,其所得的 $R_o$ 平均值并不能确切地反映该有机成熟度的真实状况。但热解参数 $T_{max}$ 则是仪器记录热解烃( $S_2$ )峰值时的温度<sup>[3,9]</sup>;同理再沉积物质在热解烃( $S_2$ )的部分,应反映2个峰(至少)的特征,此时热解参数 $T_{max}$ 的情况又会如何呢?过去的研究表明,Ⅲ型干酪根的 $R_o$ 值与热解参数 $T_{max}$ 之间具有很好的线性关系<sup>[9~12]</sup>,但遭遇再沉积物质时,其在线性相关的表现上是如何呢?然而,要取得已确认为具有再沉积物质而进行其热解特性分析,是比较困难的工作。因此,本研究采取模拟的方式进行实验,即利用煤样(有机质较富集)作为样品的依据;将 $R_o$ 值差异较大的2种煤样,依比例混合后进行热解分析,并比较与原始样的差异。

## 1 研究方法

利用大陆地区的焦作煤( $R_o$ 平均为3.43%)及阜新煤( $R_o$ 平均为0.61%)作为模拟样品的材料,将其依比例混合后进行热解分析,并比较与原始样之差异。同时对这2种煤样所量得的镜质体反射率值(随机量测)的资料点(各50点),以同样的混合比例,即由资料点中随机取样的方式,取得该比例的测点数值后取平均值(依比例混合后仍是50点的量测值);对每一种混合比例,以此方式反复的取1000次后的平均值作为代表,以对应该混合样 $T_{max}$ 的结果。样品的热解实验分析和镜质体反射率量测,由中国石油勘探开发研究院石油地质实验中心完成。

## 2 实验结果与讨论

本研究利用比例混合了2种不同成熟度的煤样,来模拟再沉积物质的热解参数 $T_{max}$ 与镜质体反射率的变化情况。经由混合处理后进行热解分析,并对原始煤样进行镜质体反射率的量测,其实验结果见表1。

### 2.1 热解分析

此次热解分析结果中,2种煤样的混合比例是以焦作煤为主,主要是因为焦作煤为高成熟度的样品,其热解烃 $S_2$ 的量会较低,而 $T_{max}$ 值则应呈现较高的值;但 $T_{max}$ 值是以 $S_2$ 的峰来决定的<sup>[5,8]</sup>,因此若用低成熟度的阜新煤样作为混合比例的主体,则会因阜新煤的热解烃 $S_2$ 的含量较高,使得高成熟度的焦作煤 $T_{max}$ 值不易被观察出来。由2种煤样

混合比例后的热解分析结果(图1)显示:1)样品No. 2[即高成熟度的焦作煤(H)( $T_{max}=552\text{ }^\circ\text{C}$ )与低成熟度的阜新煤样(L)( $T_{max}=439\text{ }^\circ\text{C}$ )的混合比例为 $H:L=95:5$ ]在 $T_{max}=512\text{ }^\circ\text{C}$ 时,出现双峰的现象,反映的是较接近焦作煤(高成熟度) $T_{max}$ 的情况。2)样品No. 3[即混合比例为 $H:L=90:10$ ]在 $T_{max}=440\text{ }^\circ\text{C}$ 时,也出现双峰的现象,但其反映的是接近阜新煤(低成熟度) $T_{max}$ 的结果。3)当混合比例中的焦作煤低于90%时,样品No. 4, No. 5的 $T_{max}$ 值呈现出和低成熟度阜新煤相近的结果。

### 2.2 镜质体反射率

在镜质体反射率的量测上,对焦作煤样及阜新煤样各量测了50点的镜质体反射率值,其测值分

表1 混合煤样热解分析与镜质体反射率量测的结果

Table 1 Rock-Eval pyrolysis and vitrinite reflectance result of coal samples mixed

| 样品编号 <sup>1)</sup> | $T_{max}/$<br>$^\circ\text{C}$ | $S_1/$<br>( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | $S_2/$<br>( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | $R_o,$<br>%        |
|--------------------|--------------------------------|---|---|--------------------|
| No. 1              | 552                            | 0.41  | 2.40  | 3.43               |
| No. 2              | 512                            | 0.34  | 6.19  | 3.32 <sup>2)</sup> |
| No. 3              | 440                            | 0.32  | 9.45  | 3.15               |
| No. 4              | 440                            | 0.50  | 17.99                                       | 2.87               |
| No. 5              | 441                            | 0.70  | 26.53                                       | 2.59               |
| No. 6              | 439                            | 1.84  | 86.12                                       | 0.61               |

1) No. 1为焦作原始样; No. 2为焦作煤占95%,阜新煤占5%; No. 3为焦作煤占90%,阜新煤占10%; No. 4为焦作煤占80%,阜新煤占20%; No. 5为焦作煤占70%,阜新煤占30%; No. 6为阜新原始煤。

2) 该 $R_o$ 值为焦作煤占96%,阜新煤占4%时的结果。

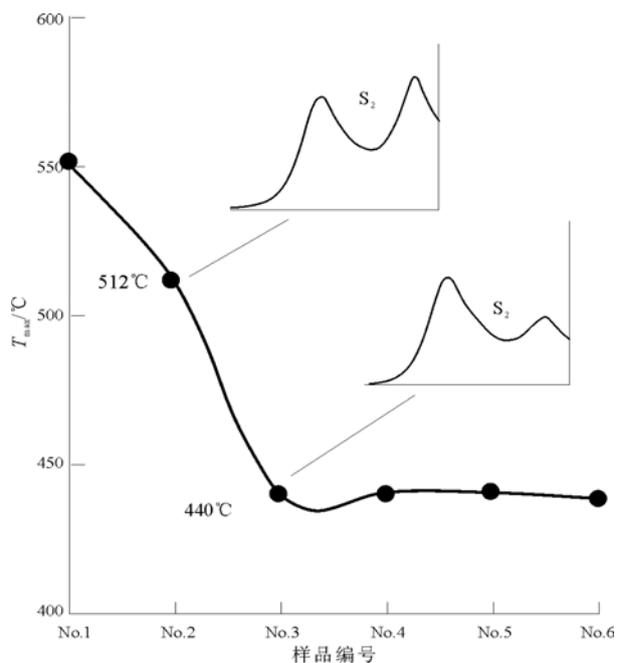


图1 混合煤样品热解参数 $T_{max}$ 的分布

Fig. 1 Rock-Eval parameter  $T_{max}$  distribution of coal samples mixed

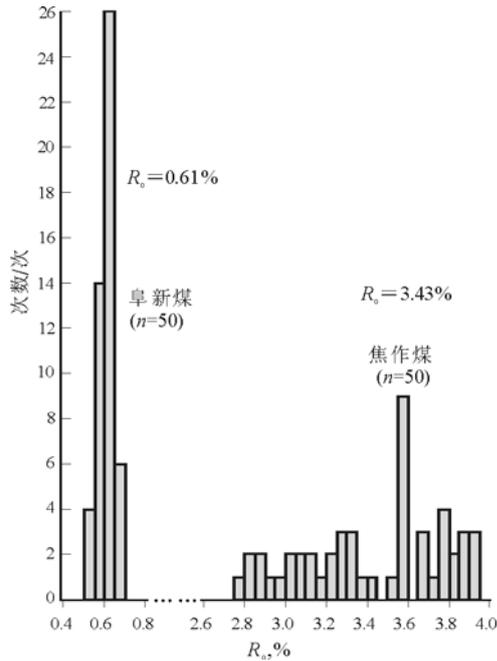


图 2 焦作煤与阜新煤原始样的镜质体反射率频率分布  
Fig. 2 Vitrinite reflectance histogram of Jiaozuo and Fuxin coal samples

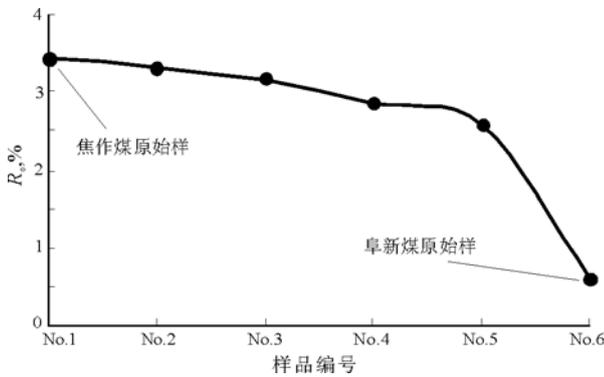


图 3 两种原始煤样以不同比例混合后镜质体反射率的结果  
Fig. 3 Simulated vitrinite reflectance of coal samples mixed with different ratio

别为：焦作煤(No. 1)  $R_o$  的平均值为 3.43%，阜新煤(No. 6)  $R_o$  的平均值为 0.61% (图 2)。

按原先热解分析时的混合比例，利用随机取样方式，分别从原先已量得的各 50 个测值点中，取符合比例的个数后再取平均值，对每一种混合比例的样品，都以此方式重复随机取 1 000 次后再计算平均值，以作为该混合样品的  $R_o$  值。其混合后的结果(图 3)为：No. 2 的  $R_o$  为 3.32%，No. 3 的  $R_o$  为 3.15%，No. 4 的  $R_o$  为 2.87%，No. 5 的  $R_o$  为 2.59%；每一种比例的混合样品，在随机混合后的  $R_o$  平均值皆显示稳定的情况，且随着低成熟度样品测点数的增加，其混合后  $R_o$  平均值的结果呈线

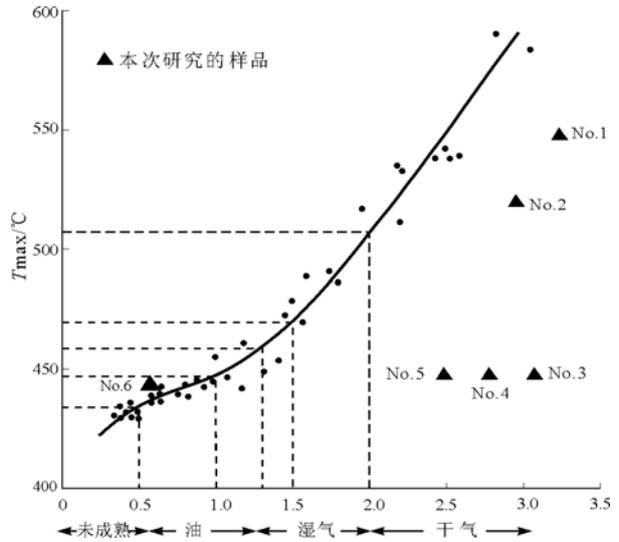


图 4 Ⅲ型生油岩  $T_{max}$  与  $R_o$  的关系<sup>[10]</sup>  
Fig. 4 Relationship between  $T_{max}$  and  $R_o$  for type-III kerogen

性下降的情况(图 3)，但这几种混合样品仍呈现高成熟度的特征。

将原始样及混合样所得的镜质体反射率结果与其样品所对应的  $T_{max}$  值，置放在两者有良好相关性的图版上<sup>[11,12]</sup>，结果显示在此种成熟度差异较为极端的情形下混合，混合样的结果偏离一般的线性轨迹(图 4)，这说明若取再沉积岩层的样品时，其  $T_{max}$  极可能反映的是年轻岩层的成熟度。

### 3 结论

1) 低成熟度的煤样，在混合不同比例的高成熟度煤样时，其  $T_{max}$  值仍呈现出低成熟度样品之情形；表明若取再沉积的岩样时，其  $T_{max}$  很可能反映的是年轻岩样的成熟度。

2) 相对的高成熟度的物质在采样或进行热解分析的过程中，亦应尽可能的避免受到低成熟度物质的污染，即便是在极微量的情况下，否则其  $T_{max}$  值极可能呈现低成熟度样品的情形。

3) 随着低成熟度煤样配比的增加  $T_{max}$  迅速下降，其与  $R_o$  的关系与Ⅲ型干酪根的线性对应呈现明显差异。

致谢：感谢中国矿业大学北京研究生部金奎励教授为本次实验提供了煤样，同时亦感谢中国石油勘探开发研究院在热解分析实验、镜质体反射率量测上给予充分的协助；另感谢南开技术学院柯嘉南老师对数据处理所作的必要协助，以及科研计划 NSC-92-2116-M252-001 和 NSC-95-2116-M-252-001 的经费支持。

(下转第 306 页)

