

煤系芳烃的可见荧光特性及其地质意义

钟宁宁

曾庆平

(江汉石油学院)

(淮南矿业学院)

对我国煤系 100 多个抽提物芳烃组分样品的可见荧光特性的研究表明, 有机质成熟过程中高度缩合芳香化合物的增加, 导致荧光的“红移”, 而风化、氧化作用则导致荧光的“紫移”, 芳烃的可见荧光特性参数是潜在的比较理想的成熟度参数。

关键词 煤 可溶有机物 显微荧光分析 煤系芳烃

70 年代人们把显微镜荧光光度法引入煤岩学研究领域, 发现了荧光质体 (fluorinite)、沥青质体 (bituminite)、渗出沥青体 (exsudatinite) 等等新的显微组分, 使不溶有机物显微组成鉴别及成烃潜力评价获得很大进展。

80 年代以来, Hageman 等^[6,7,8]和 Khorasani^[9]相继运用显微镜荧光光度法研究可溶有机物的可见荧光, 并且和不溶有机物的分析结果对比, 认为可溶有机物的显微荧光分析有可能成为确定成熟度的一种手段。

在可溶有机物的饱和烃、芳烃、非烃和沥青质诸组分中, 以芳烃组分对可溶有机物荧光性的贡献最明显^[9]。因而, 我们对可溶有机物可见荧光特性的研究从芳烃组分开始。

一、样品制备和实验方法

本文所用样品主要是我国十几个省区不同时代煤系中的腐殖煤、腐泥煤和油页岩, 另外有少数塔里木地区石炭二叠纪地层样品。这些样品的 R₁ 值约 0.20—1.90%。样品按索氏法用 CH₂Cl₂ 抽提, 获得的抽提物再用柱色谱法分离出饱和烃、芳烃、非烃和沥青质四个组分。

制备适合显微镜荧光光度分析的样品是实验的关键, 文献报道^[8,9]有硅藻土薄层饱和吸附法和直接涂片冻结法, 本文采用直接涂片冻结法。具体制备过程是, 芳烃直接涂于经 CHCl₃ 清洗的玻璃载片上, 涂制好的样品置于室温下约 1 小时, 待残余溶剂挥发后放入冰箱冷冻室, 在 -10℃ 以下冻结 24 小时以上, 使样品尽量在凝结状态下被测量。样品制备流程简示如图 1。

显微荧光分析采用 Leitz MPV-3 型显微镜光度计, 其垂直照明器上带有贝瑞克棱镜和 TK400λ 双向色束分离镜。光源是 200W 超高压汞灯。通过在光源前面设置单色器件 (滤色片) 而获得的 340 至 560 nm 之间任一特定波长的单色光, 都有可能使样品激发出可见荧光。常用的激发光波长有 365 nm (紫外)、436 nm (紫) 和 460 nm (蓝)。为获得比较全面的光谱图, 以往多采用波长 365 nm 的激发光, 但由于光学系统中的透镜对 365 nm 光能量的吸收比

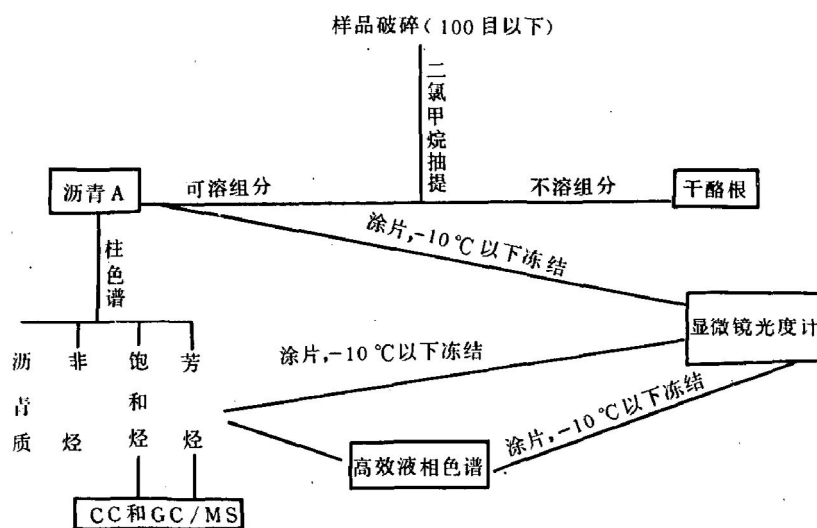


图1 样品制备流程图

较强烈,它所激发的荧光较弱,不利观察和测量。Lo (1987)^[10]的研究表明,用 436 nm 波长的光取代 365 nm 波长的光作激发光,不但不会影响样品的光谱特征,而且荧光较强,观察和测量效果大大改善。我们所用的激发系统是 3mm BG3+BG38 滤片组合(激发光中心波长为 436 nm)。样品激发出的荧光通过 K490 的阻断滤片(阻断 490 nm 以下的光,保证激发光不进入分析系统)后,进入一个带微驱动马达的光栅扫描单色仪,经光电组件并经数字化而输出,由外围设备打印出 450—700 nm 的可见荧光光谱。

每个样品取不同位置的 5—10 个测点的光谱平均作为该样品的代表性光谱。从荧光光谱可以得到这些光谱参数:(1)最大荧光强度波长 $\lambda_{\max}$ (即光谱峰波长);(2)红/绿商比 Q (650 nm 强度与 500 nm 强度的比值);(3)最大荧光强度分别与 500 nm、650 nm 强度的比值 Q ($\lambda_{\max}/500$) 和 Q ($\lambda_{\max}/650$)。光谱商 Q 、 Q ($\lambda_{\max}/500$) 和 Q ($\lambda_{\max}/650$) 反映的是光谱中短波部分与长波部分的相对比例关系。

为进一步分析芳烃组分中不同化合物对荧光的贡献,还用岛津 Waters-244 型高效液相色谱仪对样品进行了分离。该高效液相色谱仪装备有 254 nm 紫外检测器,分析柱为 3.9×30 cm 的 NH_2 柱,流速 0.8ml/min,溶剂是正己烷。上述工作条件对萘系列和非系列有比较好的分离效果。液相色谱组分各别地和组合地进行了显微荧光分析。

所有数据均采用 MPV-3 显微镜光度计附带的 HP-85 型微计算机处理。

二、结果与讨论

已分析 100 多个样品。样品可见荧光光谱随成熟度变化而有规律地变化(图 2)。当样品成熟度增高,荧光向红光(波长较长)的方向迁移(图 3)。在未成熟阶段(R_0 0.2—0.5%),荧光光谱峰 $\lambda_{\max}$ 在 540 nm 以下,成熟阶段的样品, $\lambda_{\max}$ 在 540 nm 至 580 nm 之间缓慢增加,变化比较复杂;而在高成熟和过成熟阶段, $\lambda_{\max}$ 值达到 580 nm 以上。在 $\lambda_{\max}$ 向红光方向迁移的同时, Q 和 Q ($\lambda_{\max}/500$) 两个光谱特性参数增加,而 Q ($\lambda_{\max}/650$) 逐渐降低,相应地荧光强度减弱,所有光谱参数都和源岩镜质体反射率 R_0 有良好的相关关系(表 1)。有趣的是,这种变

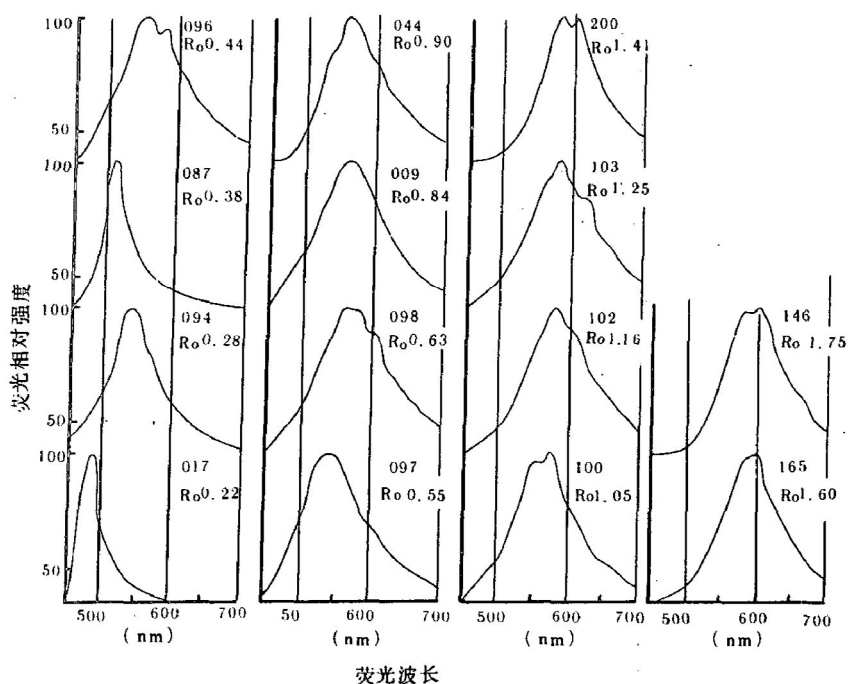
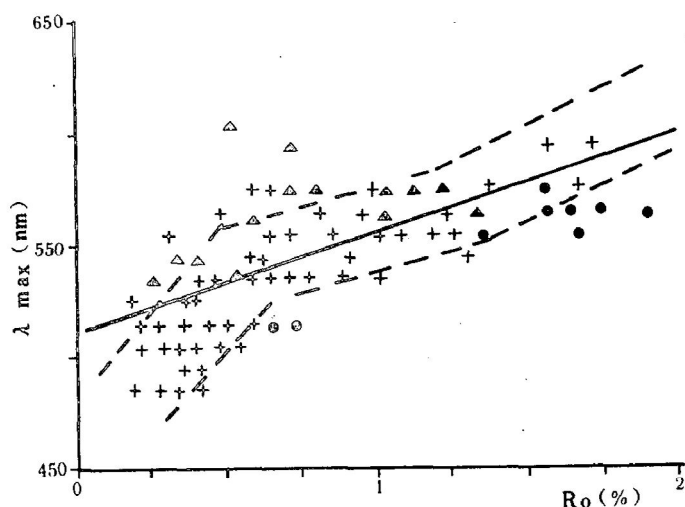


图2 不同成熟度芳烃的可见荧光光谱图

图3 最大荧光强度波长 $\lambda_{\max}$ 与 R_o 相关关系图

• 表示地表氧化样品和饱和烃污染样品, ▲ 表示明显受岩浆热力影响的样品, + 表示“正常”样品

化规律与 Ottenjann 等^[3]和 Teichmüller 等^[4,5]对煤岩显微组分的荧光分析结果相同,只不过芳烃组分的荧光波长短于相同成熟度显微组分的荧光波长,表明显微组分的荧光性乃至其成烃能力可能与可溶组分的荧光性有某些微妙的联系。

象煤岩组分及其抽提物这样的地质聚合物,其受激发射荧光的机理比较复杂^[11,12],并且人们对它的认识还很不够。对于地质聚合物而言,荧光是其分子内部和分子之间各种荧光信号的叠加,也就是说,可见荧光特性是样品分子组成和结构特点的反映。

值得注意的是,图3中 $\lambda_{\max}$ 与 R_o

的关系仍有相当大的离散性,可以分成以下三组:(1)地表风化氧化样品;(2)明显受岩浆热力影响的样品;(3)“正常”样品。剔除(1)、(2)组样品后,荧光特性参数与 R_o 的相关性进一步提高(表2)。

由此可见,影响可见荧光特性的因素虽多,但芳烃组分的荧光变化趋势主要取决于它所经历的地质作用对其组成结构的改变。混入饱和烃的样品,荧光“紫移”(即波长向短波方向迁移),“紫移”的幅度取决于混入的饱和烃的数量。Khorasani(1987)^[9]的研究已经证实饱和烃

表1. 荧光参数与 R_o 相关分析表

全部样品 (n=123)			剔除 (1)、(2) 组样品后 (n=102)		
$y=f(x)$	相关系数 r	F 检验	$y=f(x)$	相关系数 r	F 检验
$\lambda_{\max}=509.67+44.63(R_o)$	0.635	64 0.01 水平显著	$\lambda_{\max}=500.612\exp(0.111R_o)$	0.707	81 0.01 水平显著
$Q=0.162\exp(1.63R_o)$	0.630	66 0.01 水平显著	$Q=0.127\exp(1.996R_o)$	0.670	80 0.01 水平显著
$Q(\lambda_{\max}/500)=1.002\exp(0.596R_o)$	0.633	69 0.01 水平显著	$Q(\lambda_{\max}/500)=0.892\exp(0.778R_o)$	0.735	95 0.01 水平显著
$Q(\lambda_{\max}/650)=1.989(R_o)^{-0.82}$	0.604	61 0.01 水平显著	$Q(\lambda_{\max}/650)=1.863(R_o)^{-0.965}$	0.660	62 0.01 水平显著

的“稀释”作用会使芳烃荧光“紫移”。下面将对与地质作用有关的可见荧光特性加以讨论。

1. 芳烃组分成熟作用与荧光特性变化

一般认为,可见荧光的产生主要是由于分子结构中的共轭双键 $C=C$ 和芳环中共轭 π 电子体系的 π 电子受激跃迁至其反键轨道 π^* , 当 π 电子由其反键轨道回复到原来的成键轨道时,所吸收的辐照光的能量,以可见光的形式辐射。荧光的波长和强度取决于反键轨道与成键轨道之间的能级差 E , 而 $E=h\nu=hc/\lambda$ (式中: h —普朗克常数, ν —荧光频率; c —光速, λ —荧光波长)。

分子结构中一些氢化基团的存在,起着强化荧光的作用。

随着源岩成熟度增高,抽提物芳烃组分的荧光特性变化一方面是“红移”,荧光色以蓝绿、绿、黄、橙红色的序列变化。另一方面是光谱商 Q 和 $Q(\lambda_{\max}/500)$ 增大, $Q(\lambda_{\max}/650)$ 减小,即光谱中中波部分的比例增加。这种变化趋势意味随着成熟度增高,芳烃组分缩合程度增强,芳环中共轭 π 电子体系的 π 电子离域化增强,这时,分子轨道中最高占有轨道的能量升高,而最低空轨道的能量降低,导致成键轨道与反键轨道的能级差 E 减小,相应地荧光频率降低,波长增加。同时,成熟作用过程中,芳香化合物的脱烷基化作用,减少了助色团的存在,也进一步使荧光“淬灭”。也就是说,可溶有机组分和干酪根同样发生芳构化和缩聚过程。

关于可溶有机组分的成熟作用,相左的意见常见诸文献。至少,不能简单地认为随着成熟作用的增强,芳烃化合物只向低环结构演化。Teichmüller (1962)^[13] 和 van Dick 等 (1986)^[14] 均认为随着成熟作用增强,可溶组分和干酪根同样发生芳构化作用和缩聚过程。我们对不同成熟度样品的红外光谱分析表明,随着样品

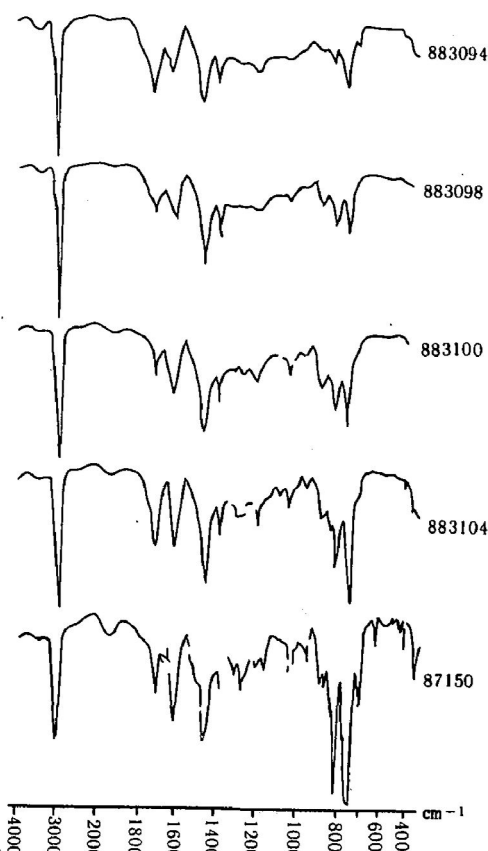


图4 不同成熟度芳烃的红外吸收光谱图

成熟度增高,反映缩合芳香化合物的特征吸收 760 cm^{-1} 、 810 cm^{-1} 和 870 cm^{-1} 等峰有明显的增强,而芳核上甲基、次甲基与芳核丰度比值 $I_{1460\text{ cm}^{-1}}/I_{1600\text{ cm}^{-1}}$ 降低(图 4,表 2)。

表 2 不同成熟度芳烃的红外吸收光密度比值

样 品	产 地	层 位	R_o (%)	$\frac{I_{(760\text{ cm}^{-1}+870\text{ cm}^{-1})}}{I_{\text{(总光密度)}}}$	$\frac{I_{1460\text{ cm}^{-1}}}{I_{1600\text{ cm}^{-1}}}$	$\frac{I_{(810\text{ cm}^{-1}+870\text{ cm}^{-1})}}{I_{1780\text{ cm}^{-1}}}$
883094	内蒙古伊敏 五牧场	J_3-K_1	0.26	0.178	1.742	0.329
883098			0.62	0.207	2.136	0.565
883100			1.05	0.328	1.777	0.681
883104			1.36	0.321	1.765	0.548
87150	新疆塔里木	C_3	1.62	0.557	1.241	0.956

虽然红外光谱分析资料不能肯定芳香化合物本身会随成熟作用增强发生聚合,但却反映了高成熟度样品中存在比较多的缩合程度更高的芳香化合物这一事实。

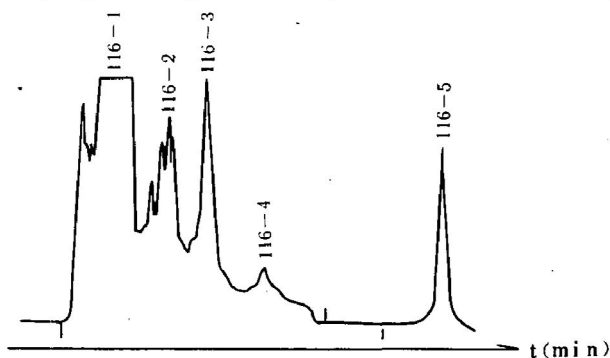


图 5 朔县煤抽提物芳烃组分的高效液相色谱图

为了进一步了解芳烃组分中不同缩合程度化合物对可见荧光的贡献,用高效液相色谱(HPLC)分离了朔县煤抽提物的芳烃组分(图 5)。HPLC 组分及其相互混合物的可见荧光特性和 GC 给出的 HPLC 组分化合物组成见表 4。与“全芳烃”的可见荧光特性对比分析表明,芳烃组分中的五环及五环以下化合物不是可见荧光的主要贡献者;正己烷不溶物的荧光很微弱,呈褐色,可能是聚合度太高的缘故,也不是

可见荧光的贡献者。正己烷溶出物的荧光特性决定了“全芳烃”的荧光特性,而正己烷溶出物的荧光特性又取决于其中的 HPLC 极性组分,只有 HPLC 极性组分产生较强的,并且波长略长于“全芳烃”的荧光。其他 HPLC 组分和 HPLC 极性组分的混合,产生一种类似“稀释”的效应,使混合物的荧光向短波(紫)的方向迁移。正是由于 HPLC 极性组分与其他 HPLC 组分不同比例的混合,分子内部和分子之间荧光信号的相互作用,塑造了芳烃组分的总体荧光特

表 3 朔县煤抽提物芳烃 HPLC 组分的荧光分析

样 品	组 成	荧 光 参 数			
		λ_{max} (nm)	Q	$Q(\lambda_{\text{max}}/500)$	$Q(\lambda_{\text{max}}/650)$
116	抽提物全芳烃	545	0.75	1.60	2.13
116	116-P 全芳烃的正己烷不溶物	很微弱的褐色荧光			
	116-T 全芳烃的正己烷溶出物	550	0.83	1.72	2.06
116	116-2 萘系列和非系列化合物	500	0.04	1.00	24.51
	116-2 四环、五环芳烃混合物	510	0.20	1.06	5.14
	116-3 116-1, 116-2 与少量 116-5 混合物	510	0.11	1.00	9.53
	116-4 116-1, 116-2 与多量 116-5 混合物	570	1.31	1.99	1.52
T	116-5 HPLC 极性组分(液谱反冲出来)	570	1.80	2.69	1.49

性。

可以认为,在成熟度低的样品中,五环及五环以下化合物的相对比例较高,而聚合程度更高的 HPLC 极性组分较少,显示出波长较短的荧光。成熟度较高的样品中,聚合度较高的 HPLC 极性组分比较多,故荧光的波长较长。HPLC 极性组分代表的稠环芳香化合物可能是由于非芳烃组分的芳构化作用所产生,并且在一般条件下不能被 GC 所检测。实际上,芳烃组分荧光特性反映的可溶组分的芳构化和缩聚作用,和以往认识的热演化过程在芳烃向低环结构演化以及脱甲基作用的机理并不矛盾,恰恰是相互补充,丰富了芳烃组分地球化学演化的内容。

2. 可见荧光参数的地质意义

(1) 我们注意到,芳烃组分显微荧光特性反映了它的化合物组成和结构特点,而组成和结构的演变又与成熟作用有关。随着成熟度增高,芳烃组分中缩合程度的化合物的比例增加,导致荧光“红移”。

如前所述,荧光参数与源岩镜质体反射率 R_o 具有良好的相关性。图 6 表明,荧光参数与 Rock-Eval 分析 S_2 峰峰顶温度 T_{max} 也有比较好的相关性。这绝非偶然,它表明了荧光参数作为成熟度参数的潜在意义。因此,有必要对荧光参数与 R_o 值的相关关系条件进一步分析。

已分析的样品剔除污染、风化和受岩浆热力影响的样品之后,还有 102 个“正常”样品,其源岩演化阶段由未成熟、成熟至过成熟, R_o 值为 0.20—1.8%。把这个演化范围从 0.04% 的间隔,划分成 0.20—0.24、0.25—0.29、…、1.70—1.74、1.75—1.79 等若干阶段,以每一阶段的中间值作为该阶段的代表性成熟度(中间值代表的成熟度范围 $R_o \pm 0.02\%$,在测量误差范围之内),每一阶段样品的荧光参数各别平均,采用加权回归方法,以每一阶段样品数 n_i 为“权”,荧光参数与 R_o 相关分析结果见图 7 和表 4,进一步显示出芳烃组分荧光参数作为烃源岩演化指标的潜在意义。

从图 3 和图 7 可见,芳烃组分可见荧光特性的变化是有阶段性的,大致是 $R_o < 0.5\%$ 的未成熟阶段和 $R_o > 1.3\%$ 的过成熟阶段,荧光的 λ_{max} 变化比较迅速;而在此二者之间的成熟阶段,荧光的 λ_{max} 变化比较缓慢,这一时期正是可溶有机组分大量形成,可溶有机组分成分、结构变

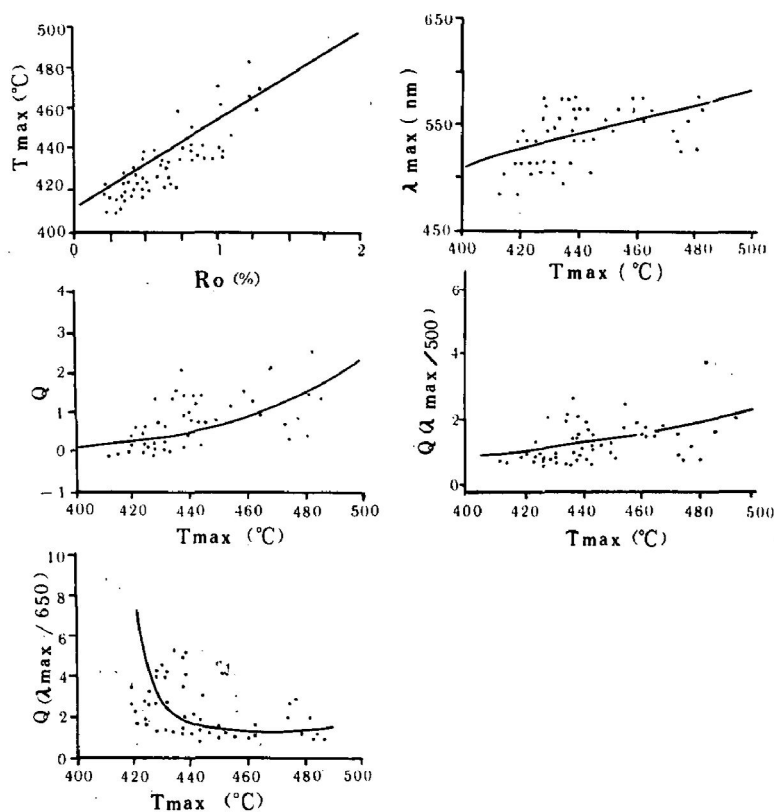


图 6 荧光参数与 T_{max} 关系图

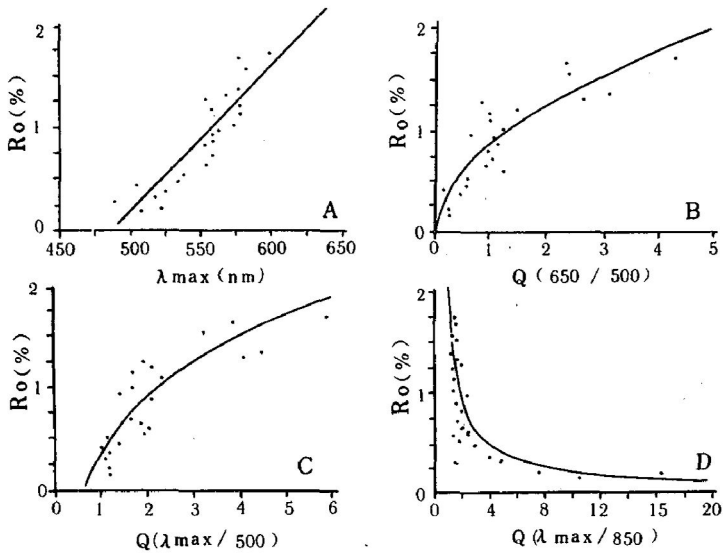


图 7 芳烃组分荧光参数与 R_o 相关关系图

化不均衡时期, 芳构化作用和缩聚作用可能相对“迟滞”。

光谱商 Q 、 $Q(\lambda_{\max}/500)$ 和 $Q(\lambda_{\max}/650)$ 与 R_o 有良好的相关性。若以芳烃组分的荧光特性参数划分烃源岩演化阶段, 当 $Q(\lambda_{\max}/650) > Q(\lambda_{\max}/500)$ 时, 是未成熟阶段; 当 $Q(\lambda_{\max}/650) < Q(\lambda_{\max}/500)$ 时, 是过成熟阶段; 两者交错变化时为成熟阶段。不同演化阶段的芳烃荧光特性见表 5, 与镜质体反射率 R_o 相比, 芳烃组分荧光参数做烃源岩演化程度指标有一些明显的优点, 对于确定缺乏镜质组的烃源岩和液态烃的成熟度有一定的应用前景。尤

表 4 R_o 与荧光参数加权回归方差分析表

离差来源 $y=f(x)$	总 计		剩 余			回 归			相关系数 r	F 检验
	平方和	自由度	平方和	均方	自由度	平方和	均方	自由度		
$R_o = -7.014 + 0.014(\lambda_{\max})$	5.3	25	1.3	0.1	24	3.9	3.9	1	0.864	70 0.01 水平显著
$R_o = 0.847(Q)^{0.528}$	8.8	25	2.3	0.1	24	6.5	6.5	1	0.857	66 0.01 水平显著
$R_o = 0.373 + 0.844\log(Q_1)$	5.3	25	1.3	0.1	24	4.0	4.0	1	0.867	98.1 0.01 水平显著
$R_o = 1.679(Q_2)^{-0.91}$	7.9	25	1.6	0.1	24	6.4	6.4	1	0.896	93.4 0.01 水平显著

表 5 不同演化阶段的芳烃荧光特征

演化阶段	R_o (%)	荧 光 特 征
未 成 熟	<0.5	$\lambda_{\max} < 540 \text{ nm}$ $Q < 0.5$ $Q(\lambda_{\max}/650) > Q(\lambda_{\max}/500)$
成 熟	$0.5-1.35$	$\lambda_{\max} = 540-580 \text{ (nm)}$ $Q = 0.5-3.0$ $Q(\lambda_{\max}/650)$ 与 $Q(\lambda_{\max}/500)$ 交错变化
过 成 熟	>1.35	$\lambda_{\max} > 580 \text{ nm}$ $Q > 3.0$ $Q(\lambda_{\max}/650) < Q(\lambda_{\max}/500)$

其是光谱商 $Q(\lambda_{\max}/650)$ 与 R_o 的关系曲线上, $Q(\lambda_{\max}/650)$ 值变化拐点对应的 R_o 值 0.5%, 正是成熟阶段的开始。在整个未成熟阶段, R_o 值的变化仅从 0.2% 变至 0.5%, 幅度很小, 并且由于这一阶段镜质体化学结构的无序性和强烈的非晶光性, R_o 值的测量误差较大, 不是理想的演化参数。但在相应的演化阶段, $Q(\lambda_{\max}/650)$ 值却从约 2.0 变化至 15 以上, 幅度之大

是 R_o 。所不能比拟的，这一参数将是研究烃源岩未成熟和低成熟阶段演化特征的有用参数。

(2) 我们也注意到，芳烃组分显微荧光特性对热力条件变化的感知要较干酪根更敏锐。

内蒙古东部伊敏矿区的系列样品，采自几平方公里内的同一煤层，其煤化程度从 R_o 0.28% 至 1.36%，煤田地质研究认为，这是由于岩浆活动引起的“异常煤化作用”所致，亦即成熟作用是在相对快速升温条件下进行的^[15]。这个系列样品芳烃组分的荧光参数与其他样品相比有“红移”现象（见图3）。这种现象在成熟度较低的样品中表现得更明显，表6是辽宁北票台吉煤矿两个样品的分析结果，样品受到侵入岩体的影响，在 R_o 值变化不大的情况下，显微荧光参数却有非常明显的变化。

表6 台吉煤矿样品的荧光分析结果

样 品	层 位	与岩墙距离 (m)	R_o (%)	荧 光 特 性			
				λ_{max} (nm)	Q	Q ($\lambda_{max}/500$)	Q ($\lambda_{max}/650$)
873062	J ₁ , 10 煤层	0.75	0.70	520	0.26	1.20	4.55
873063	J ₁ , 10 煤层	0.50	0.75	600	3.42	4.79	1.40

Simoneit 等^[16,17]在对大西洋底受玄武岩侵入影响的白垩系黑色页岩的研究中指出，热变质的样品具有明显高的沥青烯（可溶有机物的戊烷不溶组分）产率，并且，用¹³C核磁共振确定的干酪根芳香度，在 R_o 值较低时增加尤为显著。如前面所分析的，影响可见荧光的组分正是类似沥青烯的有机物，当可溶有机物中缩合程度较高的组分比例增加时，必将导致其荧光的“红移”。这种芳烃组分成熟作用的“超前”现象，揭示了可溶有机组分和干酪根对成熟作用响应程度的差异，对于受岩浆活动影响的古地温异常和“异常煤化作用”的研究有一定意义。

(3) 我们还注意到，大部分取自地表的样品，其抽提物芳烃组分的荧光都有比较明显的“紫移”现象（见图3），与相同成熟度的钻孔或矿井样品比较，荧光的 λ_{max} 值更小，光谱商 Q 和 Q ($\lambda_{max}/500$) 变小，而 Q ($\lambda_{max}/650$) 则增大。这种现象可能与有机物在地表氧化条件下的变化有关。

由于多环芳烃的不稳定性，在遭受氧化作用时，先是形成醌，进而开环使缩合程度降低^[18]。正如成熟作用使芳烃组分缩合程度增加、荧光“红移”那样，当氧化作用使缩合程度降低时，便出现荧光“紫移”现象。令人感兴趣的是，“紫移”是在样品 R_o 值等参数“正常”的情况下发生的， R_o 值之所以成为应用最广泛的成熟度参数，原因之一就是 R_o 值对氧化作用有一定的“耐受”力，轻度的氧化作用不会改变 R_o 值，但亦因如此， R_o 值时判断样品的氧化作用无能为力。采自氧化带的煤， R_o 值正常时，其粘结性、挥发份产率等与可溶有机物有关的性质显著变化，这在煤田地质实践中屡试不爽。地表氧化样品芳烃荧光的“紫移”现象则为研究烃源岩和石油的风化、氧化作用提供了一种可能的方法。

三、结 论

对芳烃组分可见荧光特性的初步研究表明：

1. 可溶有机物芳烃组分的可见荧光特性是其组成和结构的综合反映。成熟作用过程中，芳烃组分缩合程度的变化（主要是高度缩合的芳香化合物的比例增加）导致荧光发生“红

移”，直至“淬灭”。

2. 芳烃组分的荧光参数与源岩镜质体反射率 R_o 、Rock-Eval 的 T_{max} 等成熟度参数有良好的相关性，表明芳烃荧光参数是潜在的成熟度参数，对于确定缺乏镜质组分的烃源岩和液态烃的成熟度可能具有特殊意义。

3. 若以芳烃荧光参数划分烃源岩演化阶段，未成熟阶段： $\lambda_{max} < 540 \text{ nm}$ ， $Q < 0.5$ ， $Q(\lambda_{max}/650) > Q(\lambda_{max}/500)$ ；成熟阶段： $\lambda_{max} = 540—580 \text{ nm}$ ， $Q = 0.5—3.0$ ， $Q(\lambda_{max}/650)$ 与 $Q(\lambda_{max}/500)$ 交错变化；过成熟阶段： $\lambda_{max} > 580 \text{ nm}$ ， $Q > 0.5$ ， $Q(\lambda_{max}/650) < Q(\lambda_{max}/500)$ 。

4. 可溶有机组分对地质条件变化的感知胜于不溶有机物。

受岩浆热力影响的不同成熟度的系列样品，其芳烃组分荧光的“红移”趋势强于“正常”系列样品，在成熟度较低的样品中，这种趋势更明显。与此相反，受地表氧化作用影响的样品，其芳烃组分荧光发生“紫移”。因此，可溶有机组分荧光特性分析又为研究古地温异常、煤化作用异常及氧化作用提供了一种可能方法。

应该指出，本文仅仅是对可溶有机物组分荧光特性的初步研究，工作仍限于烃源岩的抽提物，对原油及其他可溶有机物的荧光分析尚需开展，文章如能起到抛砖引玉作用，甚幸。

本文研究工作得到了江汉石油学院测试中心的大力支持，承蒙徐中一同志帮助完成液相色谱分析，许昌法、黄明珍同志帮助完成了红外光谱分析，作者深表谢意。

参 考 文 献

- [1] Jacob, H., 1973, Leitz Mitteil. Wiss. Techn., 6, 21—27.
- [2] Jacob, H., 1975, Petrographic Organique et Potential Petrolier, Paris, 103—113.
- [3] Ottenjann, K., Teichmüller, M. and Wolf, M., 1975, Petrographic Organique et Potential Petrolier, Paris, 40—65.
- [4] Teichmüller, M., Wolf, M., 1977, J. Microscopy, Vol. 109, No. 1, 49—73.
- [5] Teichmüller, M., Durand, B., 1983, Intern. J. Coal Geology, Vol. 2, No. 3, 189—230.
- [6] Hageman, H. W., Hollerbach, A., 1981, Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine, 5, 635—650.
- [7] Hageman, H. W., Hollerbach, A., 1983, Advances in Organic Geochemistry 1981, Pergamon Press, Oxford, 72—76.
- [8] Hageman, H. W., Hollerbach, A., 1986, Advances in Organic Geochemistry 1985, Pergamon Press, Oxford, 473—480.
- [9] Khorasani, G. K., 1987, Organic Geochemistry, Vol. 11, No. 2, 157—168.
- [10] Lo, H. B., 1987, Organic Geochemistry, Vol. 11, No. 3, 371—377.
- [11] Alpern, B., 1980, Kerogen, Technip. Paris, 339—372.
- [12] Lin, R., Davis, A., Bensley, D. F. and Derbyshire, F. J., 1987, Organic Geochemistry, Vol. 11, No. 3, 393—399.
- [13] Teichmüller, M., 1962, Compte Rendu 4th Congress Stratigraphy Geology Carboniferous, Heerler, 1958, Vol. 3, Ernest Van Aelst Press, Maastricht, Holland, 699—722.
- [14] van Der Dick, H., Kalkreuth, W., 1986, Advances in Organic Geochemistry 1985, Pergamon Press, Oxford, 633—639.
- [15] 许云秋等, 1989, 中国矿业大学学报, 第18卷, 第2期, 第42—51页。
- [16] Simoneit, B. R. T., Brenner, S., Peters, K. E. and Kaplan, I. R., 1981, Geochim. Cosmochim. Acta, Vol. 45.
- [17] Simoneit, B. R. T., 1987, 载: 中国科学院地球化学研究所有机地球化学开放实验室研究年报, 1986, 贵州人民出版社。
- [18] van Krevelen, D. W., 1981, Coal, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

BEHAVIOUR OF VISIBLE FLUORESCENCE OF AROMATIC HYDROCARBON IN COAL SERIES AND GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

Zhong Ningning

(Jiangnan College of Petroleum)

Abstract

This paper studies the behaviour of visible fluorescence of more than 100 aromatic fraction samples extracted from various coal-series in China. The result shows that highly condensated aromatic compounds increases gradually during the maturation process of organic matter, thus causing fluorescence "red shift" while the weathering and oxidization might cause fluorescence "violet shift". The behaviour of fluorescence of aromatic hydrocarbon may be taken as fine potential index for maturation.

塔里木盆地东北地区控油地质条件和含油远景研究 一级专题通过评审验收

受国家计委、科委和财政部委托，地矿部科技司、石油地质海洋地质局于1990年9月10—15日在乌鲁木齐主持了“七五”国家重点科技攻关项目《塔里木盆地东北地区控油地质条件和含油远景研究》所属六个一级专题的评审、验收。

地矿部及国家教委所属23个生产、科研和教学单位的500余名技术人员参加了此项研究。通过近5年的艰苦努力，取得了丰硕的成果，具下列主要特点：

1. 大协作攻关、多兵种协同作战，从不同侧面、用多种手段获取了大量信息。在此基础上，确认该区具有形成大型油气田的基本地质条件，但地质情况相当复杂。
2. 对覆盖区数万公里地震剖面进行了细致、深入的研究。
3. 生油岩研究开展了15项新技术、新方法试验。正是这些具有独创性测试技术的建立和应用，提高了对油气性质、油气源的认识水平。
4. 成岩研究不仅应用于储层评价和预测，还应用于油气生成、运移、聚集及保存等各领域，从而取得了许多对该区控油地质条件的新认识。
5. 紧密结合生产，经济及社会效益明显。几年来提供建议井位22个，其中14个上钻，已完钻的5口井已获工业油气流，4口井有良好油气显示（待试油）。

经专家评审，一致通过对6个一级专题的评审验收，并给予“优秀”评价。

(叶德胜)