

文章编号:1000-0550(1999)增-0687-04

中国典型煤的激光显微荧光特征及 $R-I-VR_0$ 相关模式图的建立

刘祖发¹ 肖贤明¹ 傅家谟¹ R. W. T. Wilkins²

1(中国科学院广州地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室 广州 510640)

2(澳大利亚联邦工业与研究组织石油资源研究所 澳大利亚 2113)

摘要 利用激光显微荧光探针、MPV-III 显微光度计等方法系统地研究了我国典型煤的激光显微荧光特征,并运用二项参数(I_{400} 、 R)与澳大利亚同期煤进行了对比,结果发现我国煤的 I_{400} 普遍比澳大利亚同期煤高,据此,建立了我国煤的 $R-I-VR_0$ 相关模式图,该图对于正确评价我国烃源岩成熟度具有重要意义。

关键词 激光显微荧光探针 镜质组反射率 均质镜质体 荧光变化 煤

作者简介 刘祖发 男 1961 年出生 博士研究生 副教授 有机岩石学及有机地球化学

中图分类号 P618.11 **文献标识码** A

1 前言

澳大利亚 CSIRO 近年来发展起来的激光显微荧光探针及所建立起来的 $R-I-VR_0$ (荧光变化比—荧光强度—校正镜质组反射率) 相关模式图,通过对世界各地许多含油气盆地的具体应用,证明可有效地解决烃源岩成熟度评价中常出现的镜质组反射率抑制作用等实际问题,成为目前唯一可替代镜质组反射率测量的成熟度评价方法,被认为是近年来有机岩石学领域的重大进展之一^[1,2]。这项技术也开始应用到我国烃源岩成熟度评价中^[3]。应用激光显微荧光探针 $R-I-VR_0$ 相关模式图确定烃源岩成熟度主要是基于澳大利亚二叠纪煤均质镜质体的激光显微荧光特征^[1]。然而该模式图是否与世界其它地区及我国煤相吻合,尚无资料报到。本研究与澳大利亚 CSIRO 合作,对我国典型煤样激光显微荧光特征进行了系统研究,旨在查明我国煤与澳大利亚二叠纪煤均质镜质体荧光参数的异同,为该项技术应用用于我国烃源岩成熟度评价提供理论依据。

海平原型。有资料表明,这套含煤岩系煤层未发现镜质组反射率抑制作用,可作为我国标准煤样^[4]。此外,为补充成熟度系列,还选择了 2 个第三纪褐煤样。其分析结果见表 1。

表 1 我国典型煤样地质特征及显微组分分析结果

Table 1 The geological characteristics and the analysis results of macerals in Chinese typical coals

序号	产地	层位	成煤环境	V/%	E/%	I/%	R_0 /%
煤 1	广西百色	那读组	内陆山间盆地	95.5	4.0	0.5	0.40
煤 2	广西百色	那读组	内陆山间盆地	94.0	5.5	0.5	0.45
煤 3	山西浑源	山西组	滨海平原	87.5	6.0	6.5	0.52
煤 4	山东兖州	山西组	滨海平原	61.5	11.0	28.5	0.57
煤 5	山东新汶	山西组	滨海平原	60.5	8.5	31.0	0.72
煤 6	山西浑源	山西组	滨海平原	77.0	9.5	13.5	0.76
煤 7	山西浑源	山西组	滨海平原	75.5	11.5	13.0	0.85
煤 8	山西浑源	山西组	滨海平原	81.0	9.5	9.5	0.95
煤 9	山西浑源	山西组	滨海平原	85.5	8.5	6.0	1.03
煤 10	河南平顶山	山西组	三角洲平原	79.5	4.5	16.0	1.11
煤 11	山西太原	山西组	滨海平原	95.5	1.0	3.5	1.22

注:V. 镜质组;E. 壳质组;I. 惰性组

2 我国典型煤的激光显微荧光特征

为系统研究我国煤激光显微荧光特征,主要选择了我国华北地区二叠纪山西组煤作为研究对象。山西组煤成煤环境与澳大利亚二叠纪煤类似,属滨

实验均在澳大利亚 CSIRO 完成,显微组分激光荧光变化采用 Microdil-28 型激光探针测量,实验条件及方法与 Wilkins 等所用相同^[1]。镜质组反射率测量按国际标准方法完成,测点全为均质镜质体,所用

仪器为德国产 MPV-2 显微光度计。

2.1 镜质组激光荧光特征

为对比如见, 镜质组激光荧光测量全选择均质

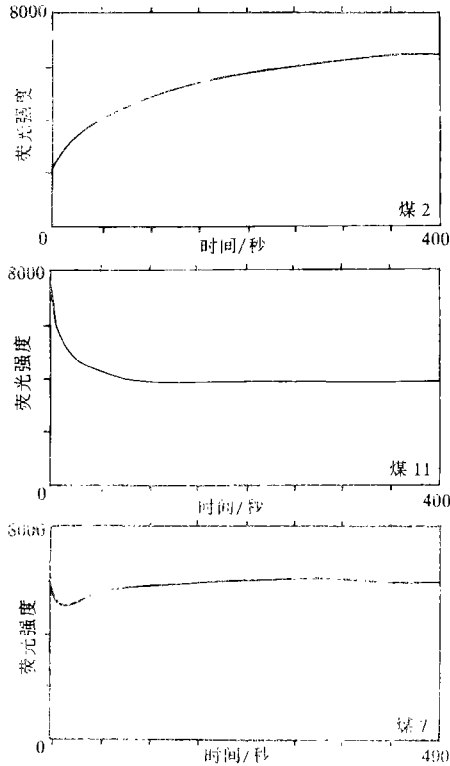


图 1 我国典型煤均质镜质体荧光变化曲线
Fig. 1 Fluorescence alteration curve of telocollinite in some Chinese coals

负型: 激光荧光强度随激发时间增加而减弱;

负正型: 刚开始激发时, 激光荧光强度迅速减弱, 但在激发 20~60 秒后, 荧光强度又开始增加。

荧光变化的这三种形式取决于样品成熟度。正型出现在低成熟阶段, 一般 $VR_o < 0.60\%$; 负型出现在高成熟阶段, $VR_o > 1.0\% \sim 1.1\%$; 负正型出现在成熟阶段, VR_o 大致在 $0.6\% \sim 1.1\%$ 范围内。

均质镜质体上述荧光变化形式, 是由于镜质组分子结构的固相与流动相光氧化作用所造成^[1,5]。

2.2 我国煤与澳大利亚二叠纪煤均质镜质体激光荧光变化特征的差异

为定量评价我国煤样均质镜质体荧光变化特征, 计算了二项荧光参数: I_{400} , 激发 400 秒后的相对

表 2 本研究煤样均质镜质体激光显微荧光测试结果

Table 2 The measuring fluorescence results of telocollinite in Chinese typical coals

序号	I_{400}	I_0	R	$VR_o/\%$
煤 1	5825	1438	4.05	0.42
煤 2	4174	1275	3.27	0.48
煤 3	4480	1662	2.69	0.54
煤 4	4277	1978	2.16	0.60
煤 5	4568	3085	1.48	0.74
煤 6	4659	3611	1.29	0.80
煤 7	5341	5001	1.06	0.88
煤 8	4402	5118	0.86	0.96
煤 9	370	6005	0.73	1.06
煤 10	3985	6226	0.64	1.12
煤 11	3411	6458	0.53	1.24

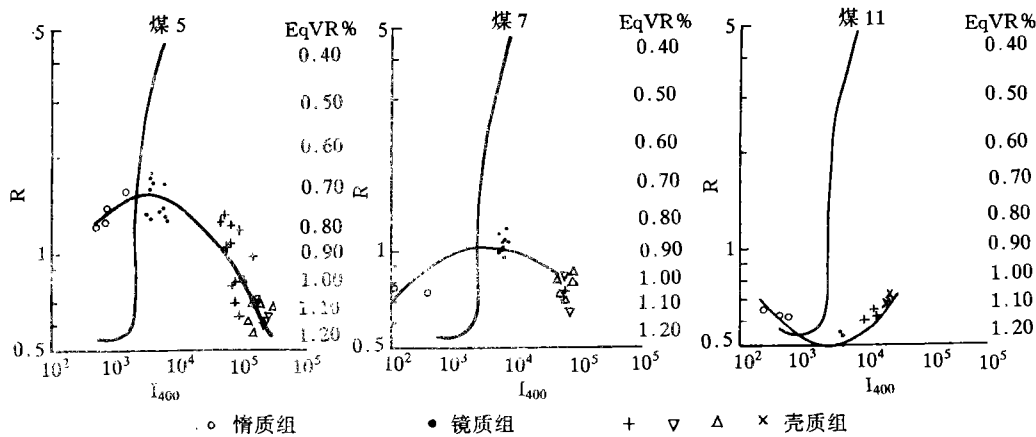


图 2 我国典型煤荧光变化图

Fig. 2 Fluorescence alteration diagram of some Chinese coals

镜质体。图 1 是典型谱图。由此可见, 在本研究激发时间内, 镜质组激光荧光变化呈现出三种形式:

正型: 激光荧光强度随激发时间增加而增强;

荧光强度; R , 荧光强度变化比值, 表示为 I_{400}/I_0 (其中 I_0 为初始激发时荧光强度)。表 2 是本研究样品计算参数, 将 I_{400} , R 二项参数投在澳大利亚二叠纪

煤 $R-I-VR_0$ 。模式图中(图2、图3),可见我国煤样 $R-I$ 曲线特征与澳大利亚煤非常类似,即随成熟度增加, R 不断减小。两者的差别主要体现在如下两个方面:

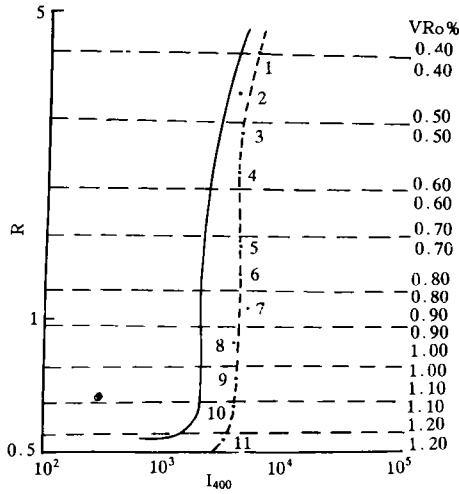


图3 澳大利亚煤的 $R-I-VR_0$ 相关模式图

Fig. 3 $R-I-VR_0$ model of the Australian coals

1. 我国煤样均质镜质体点位于该模式图的右边,即 I_{400} 较大,一般要高于澳大利亚煤1 000~2 000相对强度单位;

2. 我国煤实测均质镜质体 VR_0 与模式图中校正镜质组反射率等值线 $E_qVR_0\%$ 分布不尽吻合, E_qVR_0 高于我国煤实测 VR_0 值。这种差别在 E_qVR_0 为0.6%~1.0%范围内最明显, E_qVR_0 比实测 VR_0 要高出0.01%~0.04%。

众所周知,煤中均质镜质体是成煤植物木质纤维素的凝胶化作用产物经成煤作用形成,是化学组成相对较均一的显微组分。我国煤与澳大利亚二叠纪煤均质镜质体激光荧光变化特征上述差别在成因上分析,应是我国煤均质镜质体较富氢所致。这种现象不能用传统的反射率抑制作用解释。理由如下:

1. 研究煤样形成时代大多亦为二叠纪,且成煤地质环境与澳大利亚二叠纪煤类似,为滨海平原环境。在这种条件下形成的煤层即使存在反射率抑制效应,也不明显^[6];

2. 根据对华北地区山西组煤镜质组的大量研究资料,不存在反射率抑制效应^[4];

因此,研究认为,我国煤与澳大利亚二叠纪煤均质镜质体激光荧光特征的上述差异并非是由反射率

抑制作用引起,更合理的解释是成煤植物种属不同所致。

3 我国煤样 $R-I-VR_0$ 相关模式图的建立

3.1 我国煤样 $R-I-VR_0$ 相关模式图的确定

上述研究结果已经表明,应用澳大利亚二叠纪煤 $R-I-VR_0$ 相关模式图确定我国烃源岩成熟度会带来一些误差,在生油窗范围内,这种误差可达0.04%。因此,为更准确地评价我国烃源岩成熟度,有必要建立我国煤样的 $R-I-VR_0$ 相关模式图。具体做法是应用本研究样品实测 R 、 I 、 VR_0 参数作图,结果见图4。可见我国典型煤样 $R-I-VR_0$ 相关模式图与澳大利亚煤样所不同的是, $R-I$ 曲线几乎向右移动1 000~2 000强度单位, E_qVR_0 等值线向下平移0.01%~0.04%。

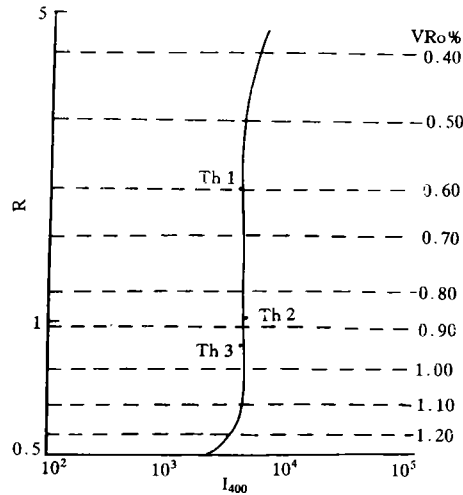


图4 我国典型煤 $R-I-VR_0$ 相关模式图

Fig. 1 $R-I-VR_0$ model of the Chinese coals

3.2 实例分析

为验证本研究方法的实用性,本研究对吐哈盆地几个典型样品镜质组进行了激光显微荧光测量。这些样品是:Th1(LN-1井,1 911.24 m)、Th2(LN-1井,2 883.86 m)、Th3(YD-1井,3 572.30 m),其实测 $R_0\%$ 分别为0.60、0.88、0.94。将激光显微荧光探针测试结果投在本研究建立的 $R-I-VR_0$ 相关模式图(图4)中,可见 E_qVR_0 与实测的 VR_0 非常吻合。说明本模式图可较好地评价我国烃源岩成熟度。

4 结 语

激光显微荧光探针技术是解决烃源岩成熟度较有效的方法,尤其是对于那些缺乏镜质组或是镜质组反射率抑制作用明显的烃源岩样品的成熟度评价,这项技术应用价值更高。我国典型煤样与澳大利亚二叠纪煤均质镜质体激光荧光变化特征存在一些明显差异,说明应用澳大利亚 $R-I-VR_0$ 相关模式图确定我国烃源岩成熟度存在一定问题,而应用本研究结果以我国煤样所建立起的 $R-I-VR_0$ 相关模式图效果将会更好。烃源岩成熟度评价一直是我国油气勘探中尚未完善解决的难题,这项技术在我国市场前景广阔,值得进一步深入研究与推广应用。

致谢 本研究隶属于国家自然科学基金项目(NSFC号:49572194),并得到了澳大利亚联邦工业与研究组织的资助,谨以致谢!

参 考 文 献

- 1 Wilkins R W T, *et al.* Fluorescence alteration and the suppression of vitrinite reflectance[J]. *Org. Geochem.*, 1992, 18, 629~640
- 2 Wilkins R W T, *et al.* Should fluorescence alteration replace vitrinite reflectance as a major tool for thermal maturity determination in oil exploration? [J]. *Org. Geochem.*, 1995, 22, 191~209
- 3 肖贤明,刘德汉,傅家谟等.海相镜质体——海相烃源岩中一种重要生烃母质[J].*石油学报*, 1997, (1): 44~48
- 4 赵师庆,王飞宇,刘德汉等.不同煤相中煤和镜质组特征的初步研究[J].中国科学院地球化学研究所有机地球化学开放室研究年报(1987)[C].北京:科学出版社,1988, 23~44
- 5 Davis A, Rathbone R F, RuiLin, *et al.* Observation concerning the nature of maceral fluorescence alteration with time [J]. *Org. Geochem.*, 1990, 16: 897~906
- 6 肖贤明.有机岩石学及其在油气评价中的应用[M].广州:广东科技出版社,1992. 113~122
- 7 Veld H, Wilkins R W T, Xiao Xianming, *et al.* A fluorescence alteration of multiple macerals (FAMM) study of Netherland coal with "Normal" and "deviating" vitrinite reflectance[J]. *Org. Geochem.*, 1997, 26, 247~255

Characteristics of Laser -induced Fluorescence of Some Typical Coals From China and Their $R-I-VR_0$ Model

LIU Zu-fa¹ XIAO Xian-ming¹ FU Jia-mo¹ R W T Wilkins²

¹(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510640)

²(CSIRO Division of Petroleum Resources, P. O. 136, North Ryde, Australia, 2113)

Abstract

The Characteristics of fluorescence alteration of some typical coals from China has been investigated by means of laser microprobe. The results show that there are three fluorescence alteration patterns for telocollinite. They are positive alteration, negative alteration and negative-positive alteration, depending on the thermal maturation levels of these samples. They occur at VR_0 less than 0.60%, more than 1.10%, 0.60~1.10%, respectively.

Two alteration parameters: I_{400} and R have been selected to differentiate the fluorescence alteration between Chinese coals and Australian coals. The results indicated that the $R-I$ curve of the Chinese coals is quite similar to that of the Australian coals. However, I_{400} of telocollinite in the Chinese coals is higher than that of the Australian coals, up to 1 000~2 000 relative intensity units. The measured VR_0 of the Chinese coals is different from E_qVR_0 (equivalent vitrinite reflectance) which was derived from their fluorescence parameters in the $R-I-VR_0$ model based on the Australian coals, with a higher E_qVR_0 value by 0.01%~0.04%. According to this, a $R-I-VR_0$ model based on the fluorescence characteristics of the Chinese coals has been suggested. This model can be used to correct the measuring vitrinite reflectance for source rocks from Chinese petroliferous basins more correctly than the model of the Australian model. A case study was given for some typical samples from Tuha Basin. The results are plotted to this model. It presents that E_qVR_0 is very close to the measured VR_0 .

Key words laser microprobe fluorescence alteration vitrinite reflectance telocollinite $R-I-VR_0$ model coal