

# 共聚焦激光扫描显微镜在 油气评价中的应用初探

刘德汉 肖贤明 申家贵

(中国科学院地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室)

**提要** 本文简要地介绍了共聚焦激光扫描显微镜组成、特征及功能,并通过对某些典型烃源岩的研究,论述了这种最新观测技术在油气评价中的应用前景。

**关键词** 共聚焦激光扫描显微镜 烃源岩

**第一作者简介** 刘德汉 男 55岁 研究员 有机岩石学及有机地球化学

## 前 言

八十年代末期光学显微镜的新一代产品——共聚焦激光扫描显微镜 (CLSM) 成为引人注目的最新观测技术,国外已开始广泛应用于生物学、医学、材料学等领域,取得了极大成功。但在地学上的应用研究甚少,国内尚无公开报道,国外亦刚刚起步。本文首次应用共聚焦激光扫描显微镜对典型烃源岩(包括煤、油页岩、生油岩及有机包裹体样品)作了探索性研究,结果令人鼓舞,充分显示了该仪器在油气评价中具有广泛应用前景。

### 一、仪器特征简介

目前国际上有几家工厂研制和生产了激光扫描显微镜 (Boyde A., 1988)。虽不同厂家产品的结构形态和操作方式有所不同,但其基本原理相似,均由三大部分构成:

1、共聚焦激光扫描观测系统: 主要是一台装配有能够扫描与探测的氩离子激光装置的大型偏光显微镜以及由步距马达控制的可沿 Z 轴高精度移动的聚焦载物台。

2、高功率计算机系统: 作用是控制整个系统, 处理图象。

3、大储存量的光盘, 库存图象及各种数据。

共聚焦激光扫描显微镜属光学显微镜的范畴, 它弥补了传统偏光显微镜与扫描电镜的不足, 具备如下重要功能与优点:

1. 采用了共聚焦原理, 几乎完全排除了杂散光的影响, 可获高清晰度、高分辨率的图象。

2. 高放大倍数 (如用 100 倍物镜, 可获 16000 倍放大倍数)、高分辨力 (是普通偏光显微镜的 1.40 倍)。

3. 制样简单, 与普通偏光显微镜相同, 无需扫描电镜所要求的专门制样技术。特别是可

观察弱荧光和荧光猝灭很快的样品。

4.具有一定深度的穿透力,可进行分层扫描,获得不同穿透深度的图象及三维重组立体图象。

5.三维定量测定。

本研究使用仪器为西德 Carl Zeiss 激光扫描显微镜与西德 Leica 共聚焦激光扫描显微镜 (CLSM),采用 488、633nm 激光源,进行了落射激光共聚焦、荧光及透射光的观察与测量。

## 二、结果与讨论

CLSM 应用于油气源岩的研究,不仅可加深对许多现象的认识,而且还可揭露许多新的信息,有助于解决以往未能解决的问题,综合起来,包括如下几个方面:

### 1.研究烃源岩中显微组分的特征与成因

烃源岩中有机质的研究程度在很大程度上取决于研究手段的发展和对显微组分成因的认识。新显微组分的发现均与先进仪器,先进手段的应用紧密相关,如七十年代末期荧光方法的应用,使烃源岩的光学评价跨入了一个全新的时代,不仅加深对显微组分特征、成因、生烃潜力的认识,鉴定出了渗出沥青质体、沥青质体、荧光质体等新显微组分,而且为油气生成与运移提供了很直观的显微岩石学标志。共聚焦激光扫描显微镜在如下三个方面大大提高了对显微有机组分特征与成因的研究深度。

(1) 三维立体图象是显微组分形态学研究的最重要依据。在传统的光学显微镜观察中,由于制样及观察效果的差异,二维图象与扫描电镜的视三维图象结果之间难以对比,CLSM 完成了两者的结合,提供了各类有机质的真正三维立体图象。这对于成因研究,特别是对具生物结构的显微组分(如孢粉化石、藻类、菌类)追索生源具有重要的意义。

(2) 观察样品与观察光栏共聚焦,可观察到普通偏光镜难以分辨或分辨不清的现象。图版 I, 1a 是油页岩,显然经共聚焦后,矿物沥青基质的层状结构显得非常清楚(图片 I, 1b)。图版 I, 2 更加显示了 CLSM 的优点,在普通透射光下看不清植物结构的薄片(2a),经共聚焦后可见保存完好的层状藻类体及菌类体(2b)。

(3) 较高的放大倍数和较大面积的扫描观察,可研究显微组分超微结构和成因,例如 Scott (1989) 在 3000 倍下发现孢粉壁、角质体显示出不同特征的粒状结构。虽然目前 CLSM 所示显微组分精细结构的合理解释仍需大量工作,但现有观察结果表明本仪器不仅可在对显微组分的特征与成因认识方面取得突破,而且有助于认识低变质沥青、沥青质、非烃等高分子聚合物(它们在普通光学显微镜下显示均一状结构)的结构特征。

### 2.研究细分散有机质在烃源岩中的赋存状态

生油岩中数量最多,成因最复杂,研究程度最低的显微组分就是无定形有机质,在富集的干酪根中称无定形体,在全岩光片中不可能直接观察到,与粘土矿物一起构成矿物沥青基质,在低成熟度阶段,呈现均匀的荧光(图版 I, 3)。对这类有机质的特征、成因及其在岩石中的赋存状态一直认识不够(肖贤明等,1990)。CLSM 有助于解决此问题,通过共聚焦后,在高放大倍数下清楚可见不发荧光的矿物基质中不均匀的散布有发强黄色荧光,非常细小的颗粒状有机质(图版 I, 4),它们即富集在干酪根中的无定形体。在更高放大倍数下,

还可进一步研究“无定形体”的形态与所保存的残存植物结构, 为确定其成因提供依据。

### 3. 研究油气生成与运移

烃源岩显微组分的荧光由两部分构成: 干酪根及其中所含可溶有机质。两者的荧光颜色与强度不同, 但在普通荧光显微镜下不能分辨, 所观察到的是两者的总体荧光<sup>1</sup>, 而 CLSM 的共聚焦功能可分辨这两类有机质所导致的荧光 (图版 I, 4)。此研究成果对油气评价至关重要, 因为显微组分中可溶有机质含量是其进入生油门限的直接标志, 结构成熟度又可确定烃类初次运移效率, 进而有助于阐明成烃机理。

### 4. 研究孔隙结构特征

烃源岩中孔隙是油气初次运移的通道, 而储集岩中的孔隙是烃类聚集的场所。目前孔隙结构研究主要依靠物性测定, 这既不直观又较繁琐, 所得参数本身还存在一些问题。CLSM 可直接应用原始样品提供岩石中孔隙分布的立体图象及定量参数 (包括孔隙大小、形态及其连通性), 获得孔隙结构的概念 (图版 I, 5、6), 为建立起快速、经济的储层评价法提供了极为有效的研究手段。

### 5. 有机包裹体研究

烃源岩, 特别是储集岩中含有大量有机包裹体, 它们是油气生成、运移与聚集的直接标志。荧光方法是判断有机包裹体 (尤其是液态烃包裹体) 的有效手段, 但观察不到其精细结构 (如气液比)。CLSM 提供了有机包裹体组成的清晰图象, 而且还可得出系列非常有用的定量参数, 如包裹体数量、大小、形态及其气液比。

需要特别提到的是 CLSM 高效率、多功能的图象处理系统, 可获得一系列非常有用的定量参数。如沿某一测线的荧光强度、反射率、全岩有机质含量、全岩及干酪根中各类显微组分的百分含量、储层的各类孔隙结构、有机包裹体含量、组成等方面的定量参数, 它们是评价源岩及储集岩重要依据。

## 结 语

由于 CLSM 采用共聚焦原理, 具备分层切割、三维重组图象等功能。在油气评价中的最大优点是可直接应用全岩切片对烃源岩作出较全面的油气评价, 包括研究有机质含量、类型、成因、特征, 烃类的生成及初次运移、储层储集性能等大量石油地质问题。首次研究结果已展示了 CLSM 有应用前景, 可望在未来的油气勘探中发挥很大作用。

承蒙 Opton 公司钟鹰祥与 Leica 公司谢慧明两位工程师完成了烃源岩的 CLSM 分析, 谨此致谢。

<sup>1</sup> 肖贤明, 刘德汉, 傅家模, 申家贵, 1991, 石油与天然气地质 (待刊)

**参 考 文 献**

- (1) Boyde A., 1988, *Microscopy and Analysis*, V.7, p.7—11.  
(2) Scott A.C., 1988, *Microscopy and Analysis*, V.3, p.10—13.  
(3) 肖贤明, 金奎励, 1990, *沉积学报*, 8卷, 3期, 22—34页。

**The Preliminary Studies on the Application of the Confocal Laser Scanning microscopy to Oil and Gas Evaluation**

**Liu Dehan Xianming Sheng Jiagui**

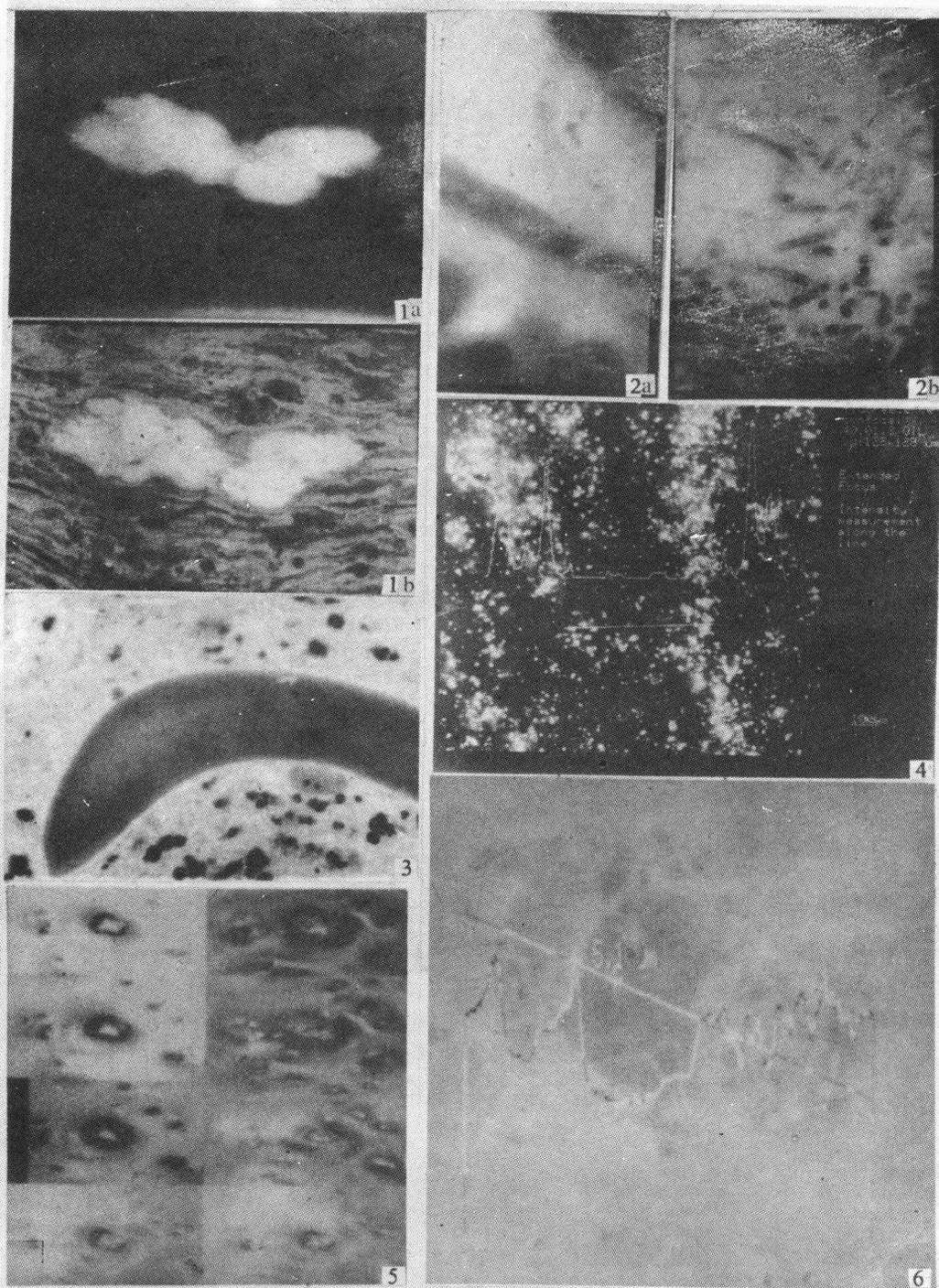
(Guangzhou Branch of Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences)

**Abstract**

The Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM) is a new generation of optical microscopy. It possesses the characteristics of convention optical microscopy as well as scanning electron microscopy, and has a series of special functions such as high magnification, high resolution, any section scanning with some depth and the reconstruction of three dimension image. It can be used to study the microstructure and the stereo image of matter, and take three dimension measurements.

In this paper, the typical hydrocarbon source rocks (coals, oil shales, and oil source rocks) are investigated with the CLSM. The primary results show this instrument has a wide application in oil and gas evaluation. It help not only to go deep into the understanding of many problems, but also to expose a lot of new geological information. The most merits of the instrument are in that a comprehensive evaluation of a source rock can be made directly by its whole rock polished blocks, which include the determination of the abundance, types, characteristics and origins of organic matter, the study of the hydrocarbon generation and migration, and the explanation of many other petroleum geological problems. Moreover, CLSM can also study some problems which are unsolved by common optical microscopy and scanning electron microscopy. For examples, it can investigate the occurrence of dispersed organic matter in a source rock, study the porosity structure and evaluate fluid inclusion, particularly organic inclusions.

It is pointed out that CLSM will be very important to promote the development of mineralogy, mineragraphy, petrology and other geological sciences, and to solve some related geological problems.



1、结构藻类体及矿物沥青基质、桦甸油页岩,  $\times 1260$  1a: 普通反射荧光 1b: 共聚焦后可见矿物沥青基质显示清楚的层状结构。2、前寒武系硅质岩,  $\times 900$ , 2a: 普通透射光; 2b: 共聚焦后可见保存下来的具层状结构的藻类及细菌。3、矿物沥青基质呈均匀的黄褐色荧光, 分辨不了其中有有机质, 泌阳碳酸盐岩生油岩, 普通荧光,  $\times 450$ 。4、同3, 共聚焦局部放大, 可见无定形体呈细分散状不均匀散布于碳酸盐岩矿物中, 其中浸染状荧光可能由可溶有机质引起, 矿物无荧光, 荧光强度可沿测线测出,  $\times 10000$ 。5.应用分层切割功能所得到的某一孔隙不同切面的8幅图象,  $\times 800$ , 泌阳碳酸盐岩生油岩。6.碳酸盐岩生油岩孔隙结构的研究, 剖面形态及定量测定。