

煤和烃源岩镜质体中超微类脂体检出及意义

王飞宇 傅家谟 刘德汉

(中国科学院地球化学研究所广州分部, 广州510640)

史国顺

雷加锦

(北京市理化分析测试中心, 北京 100081)

(中国矿业大学北京研究生部, 北京 100083)

关键词 超微类脂体、镜质体、透射电镜

镜质体是煤中最丰富的显微组分,同时也是烃源岩特别是陆相烃源岩中常见的显微组分。煤和烃源岩中存在着不同类型的镜质体,不同类型镜质体性质的差异性及其原因在石油地质、煤田地质和煤炭利用等方面受到了重视^[1,2]。本文应用透射电子显微镜(TEM)分析了我国不同地区煤和烃源岩中镜质体的超微结构,发现镜质体中普遍存在着常规光学显微镜不能识别的超微类脂体,并且镜质体的荧光性和产烃潜能与超微类脂体数量紧密相关。

1 分析样品和实验方法

本项研究的分析样品共43个,包括了晚古生代南华北石炭二叠纪太原组和山西组煤和烃源岩;中生代鄂尔多斯盆地煤;第三系抚顺煤田、黄县煤田煤和油页岩;珠江口盆地、琼东南盆地的生油岩和干酪根;以及镜质体热模拟系列样品。样品的成熟度范围为镜质体反射率0.42—1.32% R_o 。

TEM分析采用超薄切片样品,超薄切片样品制备时采用金刚石刀片在超薄切片机上进行,部分超薄切片经重金属染色。采用EM-400型和EM10C型透射电子显微镜分析样品超微结构。部分TEM分析与IPS-500型图像分析仪联用,以便对超微类脂体准确定量。对TEM分析的镜质体样品均进行有机岩石学的反射率,相对荧光强度(\bar{I}_{650nm})(相对强度%)和光变幅度(ΔI_{60})测定。此外,对镜质体富集物($V > 95\%$)进行ROCK-EVAL分析。

2 结果和讨论

2.1 超微类脂体(Ultramicrolipinite或Sublipinitite)的确认

镜质组中绝大多数(>90%)是无结构镜质体,根据TEM观察,许多无结构镜质体显示了极为明显的非均质性,这种非均质性在常规光学显微镜下难以识别,在放大倍数5000—80000倍,大多数腐殖组/镜质组样品可观察到超微类脂体,说明它具有有一种复杂的微细结构,包含了各种超微组分。镜质体在TEM下呈现的非均质性在灰度级别上主要分为二种组分,如图1所示:

(1) 暗、颜色很深,主要是黑色的腐殖物质:为腐殖基质,其原始物质主要来源于木质素、纤维素等。若未经重金属染色,这种物质主要是呈灰色,重金属染色后由于其电子密度大大提高,腐殖物质呈黑色、灰黑色。



图1 镜质体中的超微类脂体 (SL), $\times 16100$

镜质体样品来自兖州煤田唐村矿太原组14煤层,镜质体反射率为0.60%, (R_0), 超薄切片经重金属染色

(2) 亮、清晰的超微类脂体:灰度很低,呈白色,反映其电子密度低,说明其氢含量相对较高,这种物质灰阶分布与常规壳质体相同。这类物质和重金属染色剂不起作用。超微类脂体多呈碎屑状,不规则细条带状、页片状、卵形等,条带或页片厚度一般小于2000 Å。碎屑状超微类脂体大小为微米级(μm)和微米级以下,一般比微粒体还要小。

TEM下根据灰度确认超微类脂体是容易的,也是十分可靠的,但准确确认超微类脂体的成因类型有时仍较困难。

根据目前已有的研究,超微类脂体进一步可分为以下8种类型:超微角质体、超微树脂体、超微孢子体、超微木栓质体;超微藻质体、细菌降解类脂体、细菌膜 (Bacterial membranes)、超细纹层 (Ultralaminae)。前4种主要来自高等植物有机质;后4种则来源于细菌和藻类。值得指出的是,超细纹层可能起源于绿藻类的抗分解外壁^[3]。超微类脂体成因类型的确认主要根据其形态和超微结构特征。有些超微类脂体仍残存着植物保护组织的形态如角质层和木栓层,或繁殖器官组织的形态如孢子体。作者认为超微类脂体较大程度上可能来源于低等生源,如菌类和藻类的生物降解产物。我国南华北太原组镜质组中超微类脂体的成因确实是这样,作者以前的研究表明煤中含有大量菌藻型煤核,生物标志物特征上反映了明显的低等生源输入^[4]。

2.2 镜质体类型的 TEM 划分

通过 TEM-IPS 分析可以获得镜质体中超微类脂体的含量,根据超微类脂体数量,可将镜质体分为5种类型,如表1所示,其中镜质体 I、II 是富氢镜质体,其超微类脂体数量分别为 $>25\%$, $8-25\%$ 。实际上镜质体 I 是一种腐泥镜质体,显示了基质镜质体/沥青质体的过渡。镜质体 II 是强还原型煤中典型的镜质体。必须指出,正常镜质体,即镜质体 III 是最常见和丰富的镜质体。

表1 镜质体类型的 TEM 划分

大类	类型	超微类脂体含量(%)	典型实例	可能对应组分
富氢镜质体	镜质体 I	>25	1.油页岩和腐泥煤中镜煤条带	腐泥镜质体
	镜质体 II	$8-25$	1.南华北太原组镜质组 2.恩平组镜质组	镜质体 B 强还原镜质体降解体
正常镜质体	镜质体 III	$3-8$	1.南华北山西组镜质组 2.抚顺本层煤镜质组	镜质体 A
贫氢镜质体	镜质体 IV	$1-3$	1.鄂尔多斯延安组煤镜质组	镜质体 C 假镜质体
	镜质体 V	无	1.陶庄山西组二谋顶部镜质组	

2.3 镜质组中超微类脂体的演化

对鲁西南兖州煤田北宿矿太原组镜质组(原样镜质体反射率为 0.60% R_o) 热模拟系列 4 个样品和兖州煤田与陶枣煤田太原组不同煤阶镜质组 (0.60—1.24% R_o) 5 个样品进行了 TEM-IPS 分析,镜质体中超微类脂体数量随煤阶的变化关系如图 2 所示,随着煤阶增高,超微类脂体数量总体上趋于减少,特别是 0.70—0.90% (R_o) 阶段,其数量迅速减小,这是因为在此阶段超微类脂体转变为亚微粒体和微粒体。一般来说在煤阶高于镜质体反射率 1.1% (R_o),已很难在 TEM 下能见到超微类脂体。与显微镜下常见的壳质组显微组分相比,超微类脂体的特征变化和转变似乎发生得较早一些,变化幅度也大一些,似乎超微类脂体更易微粒体化,这说明超微类脂体是煤成油主要母质之一。

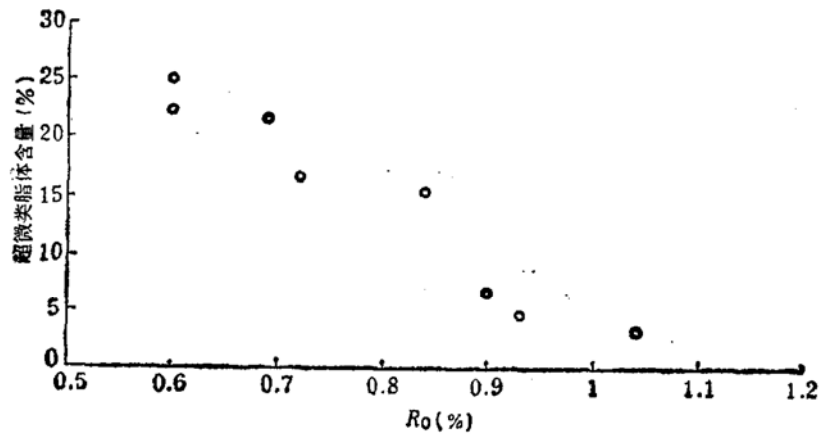


图 2 超微类脂体数量随煤阶的变化

2.4 镜质组的生油潜能和超微类脂体

煤和陆源有机质作为油源岩已引起重视,一般认为其中生油显微组分是壳质组。富氢镜质体作为可能的煤成油母质已在澳大利亚 Gippsland 盆地、印度尼西亚许多含油气盆地、中国南华北侏罗集地区、准噶尔盆地南缘等地区受到重视^[4]。作者认为对于煤和陆源有机质烃源岩,富氢镜质体是一种重要的生油显微组分。

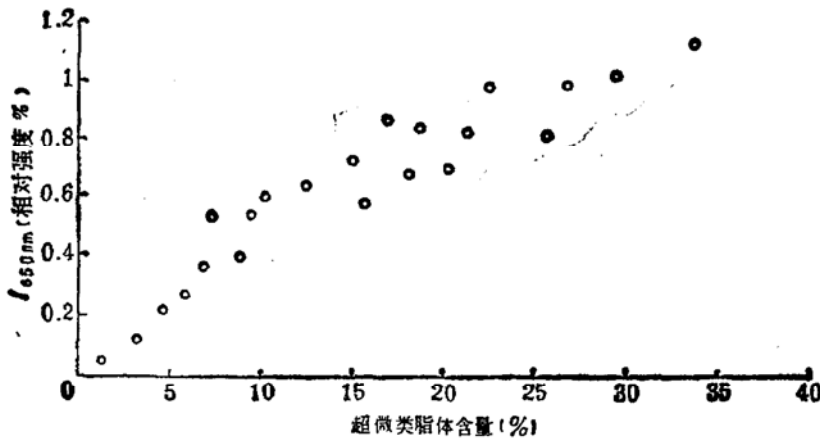


图 3 镜质组相对荧光强度 (I_{650nm} 相对强度%) 与超微类脂体数量的关系
镜质组样品反射率范围 0.60—0.70% (R_o)

富氢镜质体实际上明显呈两组分体系,包括了腐殖基质和超微类脂体两个组分。镜质组的许多性质均与其中微细类脂体数量紧密相关。图 3 反映了

镜质组相对荧光强度 (I_{650nm} %) 与超微类脂体数量的正相关关系,提示了镜质组的荧光性与超微类脂体紧密相关,一方面,细分散的超微类脂体导致了镜质体的原生荧光,特别是富氢镜质体的强荧光性可能在很大程度上与超微类脂体荧光有关;另一方面,超微类脂体沥青化作用产生的石油型烃类是镜质组次生荧光的主要原因。另外,对于富氢镜质体来说,煤阶范围 0.50—1.00% (R_o) 其相对荧光强度一直较强,反映了这一阶段内超微类脂体提供的原生荧光和次生荧光的叠合,使富氢镜质体在这一阶段显示了特殊的荧光性和特殊的变化规律。

图 4 是镜质组热解参数 $S1 + S2$ 值随超微类脂体数量的变化关系,如图 4, $S1 + S2$ 值

随镜质体中超微类脂体数量增加而增高,当超微类脂体含量低于5%,一般 $S1 + S2$ 值在200以下;当超微类脂体含量在15—20%左右, $S1 + S2$ 值可达250—300,显然富氢镜质体

生油潜力的本质在于其中所含的超微类脂体生油。影响煤和陆源有机质烃源岩氢指数或生油潜力的主要因素是富氢组分的数量,富氢显微组分不仅包括了常规光学显微镜下确认的壳质组,也包括了只有在TEM才能确认的超微类脂体。一些煤中富氢组分中后者的贡献较大,这是导致目前煤热解产率指数与有机岩石学数据没有良好相关性的原因。煤和陆源有机质生成的油不仅来源于常规

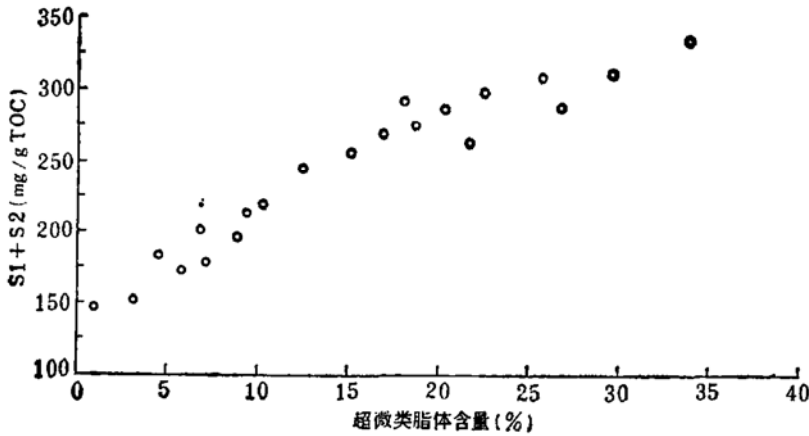


图4 镜质组热解参数 $S1 + S2$ 值与超微类脂体数量关系
镜质组样品反射率范围 0.60—0.70% (R_o)

显微镜下确认的壳质组,而且也来源于超微类脂体。评价煤和陆源有机质生油能力的新概念是:

生油组分 = 壳质组 + 超微类脂体。

壳质组在常规光学显微镜下即可鉴别和定量;而超微类脂体只有在 TEM + IPS 系统才能确认和定量,超微类脂体主要分布在无结构镜质体中,表现为富氢镜质体。富氢镜质体在普通显微镜下具有反射率较低,较强荧光性,明显正光变的特点。其中蓝光激发下明显正光变是鉴别富氢镜质体最简便准确的标志。在澳大利亚 Cooper 盆地二叠系煤中,超微类脂体(主要是微细藻类)分布在惰质组之中,表现为性质特殊的半丝质体。但在我国鄂尔多斯中生代富惰质组煤中,惰质组中一般不含有超微类脂体。

3 结 论

利用超薄切片技术和 TEM 方法对我国煤和烃源岩中镜质组超微结构进行了分析,确认镜质组中普遍存在有小于 $1\mu\text{m}$ 的超微类脂体。根据 TEM-IPS 分析得出的超微类脂体数量将镜质体分为 5 种类型,证实富氢镜质体的本质在于其丰富的超微类脂体含量,并提出煤和陆源有机质烃源岩中生油组分包括了壳质体和超微类脂体的新概念,后者主要表现为富氢镜质体。

致谢 本项研究得到了淮南矿业学院赵师庆教授和北京电子显微镜实验室姜节超博士的帮助,谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] Taylor G. H., *Adv. ACS Ser.* 1966, 55: 274—283.
- [2] 赵师庆、王飞宇、刘德汉等,中国科学院地球化学研究所有机地球化学开放实验室年报 (1987), 科学出版社, 1988, 23—44.
- [3] Derenne, S. et al., *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1991, 55: 1041—1050.
- [4] Taylor, G. H. et al., *J. APEA*, 1988, 28: 303—309.