

湘中南龙潭煤系煤岩显微组分的有机地球化学特征与生烃潜力^①

陈纯芳 张爱云

(中国地质大学, 北京 100083)

曲美艳

(国土资源部海洋地质研究所, 青岛 266071)

本文通过对湘中南龙潭煤系煤岩显微组分的有机地球化学特征和生烃潜力的综合研究, 指出其气、肥煤中的壳质组是具有很高的生烃潜力的生烃母质; 镜质组, 特别是发荧光的基质镜质体具有较高的生烃潜力; 惰质组的生烃潜力最小, 且以生气为主, 但其中孔隙发育, 对于烃的储集具有重要意义。

关键词 湘中南 龙潭煤系 煤显微组分 生烃潜力

第一作者简介 陈纯芳 男 29岁 博士研究生 煤、油气地质与勘探

煤成烃, 归根结底是煤和煤系泥岩干酪根的各显微组分生烃的综合。壳质组的生烃在国内外许多含油气盆地的勘探实例中已得到很好的证明, 如澳大利亚吉普斯兰盆地和我国的吐哈盆地(黄第藩等, 1995)。中、低煤级煤($R_{\max}^0 = 0.5\% \sim 1.2\%$)的镜质组生烃性能的研究早已引起国内外有机地球化学家的普遍关注, 并在对镜质组的有机地化特征和生烃潜力关系的研究上取得了一定进展(肖贤明等, 1991; 赵师庆等, 1994)。与壳质组和镜质组相比, 对惰质组生烃潜力的研究则远远不够。笔者选择湘中南龙潭煤系两个地区的煤样, 在其中成功地分离出了较高纯度的镜质组、惰质组和壳质组, 并对它们进行了有机地球化学及生烃潜力方面的研究。这些工作对于了解主要显微组分对煤生烃的贡献, 密切煤岩学研究和油气资源评价之间的关系具有重要的理论意义, 同时也有利于对该地区煤的成烃潜力的合理评价及煤成烃, 特别是煤成油的勘探工作。

1 样品的镜下特征及实验

样品采自湘中南煤盆地保和堂矿区及恩口矿区, 层位均为龙潭煤系下部的2煤层。镜下观察表明镜质组(V)主要为基质镜质体和均质镜质体, 基质镜质体含量比均质镜质体稍高; 惰质组(I)以丝质体

和半丝质体为主, 粗粒体、微粒体次之; 壳质组(E)主要是小孢子体和木栓质体。BHT煤样 $V = 52.8\%$, $E = 8.6\%$, $I = 38.6\%$, 镜质体平均反射率为0.73%; EK煤样 $V = 57.5\%$, $E = 9.5\%$, $I = 32.0\%$, 镜质体平均反射率为0.94%。两个样品煤级分属气煤和肥煤, 处于有机质演化的成熟阶段, 也即煤成烃的油、气兼生期(戴金星等, 1989)。荧光观察表明BHT、EK煤样中均存在具有不同荧光特征的显微组分: BHT煤样中小孢子体具有较强的亮黄色荧光, 木栓质体荧光较小孢子体稍弱, 为桔黄色, 树脂体具有淡黄色荧光, 基质镜质体具有棕褐色荧光。EK煤样中小孢子体具桔黄色荧光, 木栓质体具深黄色荧光, 基质镜质体为棕色荧光。非常有意义的是在EK煤样中观察到了渗出沥青体。渗出沥青体主要分布在镜质组的裂隙、节理以及丝质体的胞腔中, 镜下具明显的充填形态, 荧光为浅绿黄色。渗出沥青体的出现是煤进入有机质成熟阶段并形成液态类石油物质的有力证据(Teichmüller, 1977)。对样品进行了有机显微组分的重液离心分离, 得到两组显微组分的富集样品(表1), 将富集样品和原样品一起进行了氯仿沥青“A”及族组成分析、饱和烃气相色谱分析及煤岩热解分析(ROCK-EVAL)等有机地球化学的分析测试。

① 本文为国家自然科学基金(49572130)资助项目内容之一

表1 煤样及富集样品情况表

采样点	煤样	富集样	显微组分(%)			备注
			镜质组	惰质组	壳质组	
	BE		10	0	90	主要为木栓质体
保和堂	BHT	BV	95	4	1	基质、均质镜质体
		BI	4	96	0	丝质体、半丝质体
		EE	14	0	86	主要为木栓质体
恩口	EK	EV	93	5	2	基质、均质镜质体
		EI	2	98	0	丝质体、半丝质体

2 显微组分的有机地球化学特征

2.1 氯仿沥青“A”及族组分分析

各显微组分的氯仿沥青“A”以壳质组最大,镜质组次之,惰质组最小(图1)。其中壳质组达31.55~31.58mg/g,为泥质生油岩门限指标的30倍以上,为对应煤样的两倍以上,镜质体的2.5~3倍,惰质组的3~5倍。各组分的总烃含量在 2269×10^{-6} ~ 7995×10^{-6} ,远大于较好的泥质生油岩的 500×10^{-6} 的门限值,体现了气、肥煤显微组分中有机质极为丰富。总烃/TOC及“A”/TOC与氯仿沥青“A”的变化相一致,但均小于生油岩门限值,表明煤及其显微组分中的有机质向油气转化程度低。

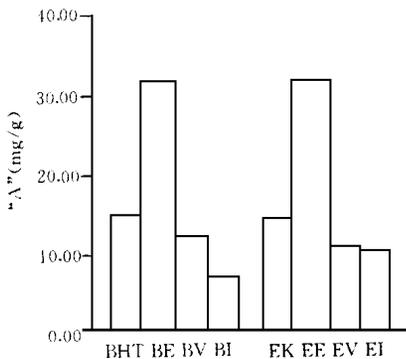


图1 煤样及其显微组分的氯仿沥青“A”对比图

各显微组分的族组成特征均具有饱和烃芳烃或非烃沥青质的特点,反映了煤岩组分与腐殖母质共有芳构化程度高的特点。但各组分之间仍存在一定差异: BHT煤样的各显微组分的饱和+芳含量在35.66%~38.48%之间,饱和烃、芳烃、饱和+芳含量均以惰质组为最大;饱和+芳含量均以壳质组最

大,惰质组次之,镜质组最小(图2)。EK煤样也有类似的特征。结合惰质组在荧光显微镜下不发荧光,在反射光下具有最高的反射率,并且富孔隙的特点,说明其中的抽提物主要为从壳质组、镜质组中运移来的渗出沥青及轻烃组分。各显微组分的饱和+芳比变化进一步说明了这种显微组分抽提物间的混染作用。一般认为壳质组富含脂肪族物质,而镜质组富含芳香结构,它们生成的烃类经过运移混染以后,导致了各组分中烃的含量有所不同。

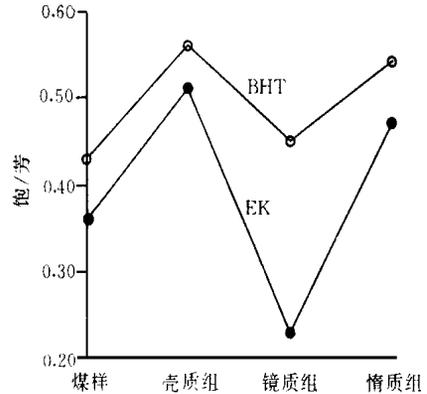


图2 煤样及显微组分饱和+芳比对比图

2.2 饱和烃气相色谱分析

各显微组分的正构烷烃碳数分布范围为 C_{14} ~ C_{43} ,壳质组的碳数分布曲线具前高后低的双峰形态,主峰碳在 C_{18-20} 、 C_{27} ,镜质组和惰质组的碳数分布曲线均显示单峰形态,主峰碳数在 C_{18} ~ C_{29} 之间(图3)。BHT煤样的各显微组分的碳数分布曲线的形态与EK煤样明显不同,这反映在前者来自生物蜡的高碳正构烷烃含量相对较高,而后者来自脂肪酸的低碳正构烷烃含量相对较高,同时也反映了两组样品演化程度上的差异, BHT煤样 $R^0 = 0.73\%$, EK煤样 $R^0 = 0.94\%$ 。后者的碳数分布曲线宽度更窄,主峰碳明显前移。

C_{21-}/C_{22+} 烷烃参数以壳质组最小,惰质组次之,镜质组最大,表明煤中高碳数正构烷烃主要来自壳质组,低碳数正构烷烃主要来自镜质组。 Pr/Ph 与 C_{21-}/C_{22+} 在各组分间的变化非常相似(图4),这一方面同样反映了各显微组分的化学结构上的不同,另一方面也反映了各显微组分形成过程中经受的氧化-还原条件以及微生物参与植物降解作用的差异(赵师庆等,1994;Teichmuller,1977)。

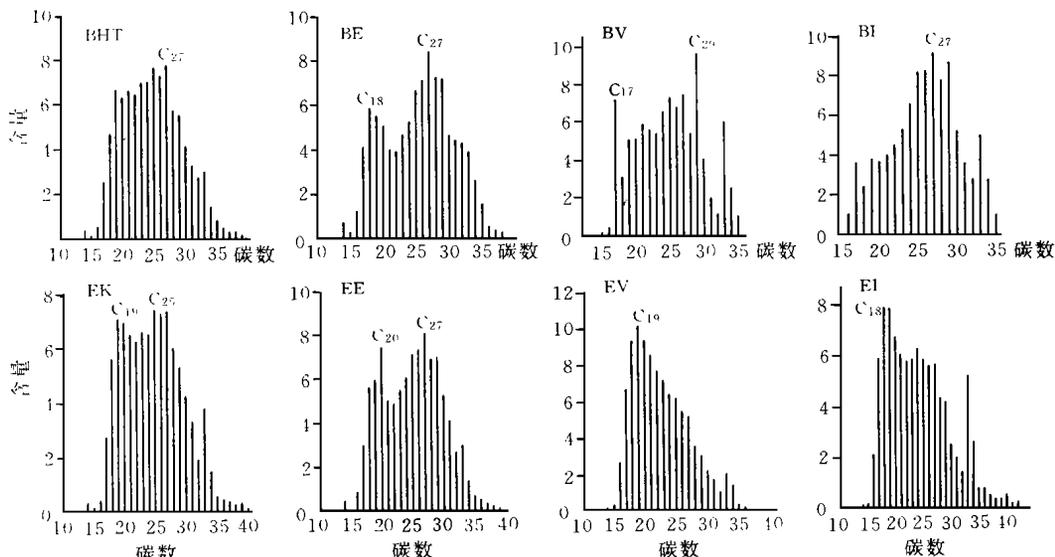


图 3 BHT、EK 煤样及其显微组分的正构烷烃碳数分布

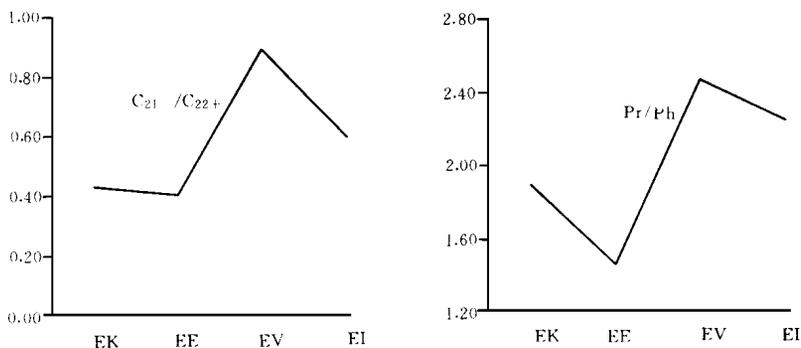


图 4 EK 煤样及其各显微组分的 C_{21}/C_{22+} 、Pr/Ph 变化

3 煤岩显微组分生烃潜力

热解分析(ROCK-EVAL)表明研究煤样的壳质组、镜质组和惰质组的生烃潜力指标有较大的差异(图 5),壳质组的生烃潜量 S_{1+2} 、氢指数 I_H 和降解潜率 C_P/TOC 均大约为镜质组的 2 倍,为惰质组的 4~6 倍,这与壳质组在荧光显微镜下具有最强的荧光相吻合。到肥煤阶段,壳质组和镜质组的各项生烃潜力指标明显减小,而惰质组的各项指标的减小幅度不大,这说明气、肥煤阶段是壳质组和镜质组大量生烃的一个阶段,而惰质组在这一阶段生烃很少。在泥质生油岩中可溶烃 S_1 与氯仿沥青“A”的抽提量具有良好的相关关系,而煤的各显微组分的 S_1 与氯仿沥青“A”的抽提量之间并无一致的良好相关(图 6),以镜质组的 S_1 最大,壳质组次之,惰质组最小,这与镜质组的超微结构及内生节理发育相关(斯

塔赫,1990)。惰质组的孔隙发育,具有较好的储集性,可成为煤中烃类的良好储集体,其可溶烃 S_1 主要来自对壳质组和镜质组生烃的吸附,其热解烃 S_2 在 74.79~77.57mg/g,表明惰质组虽不是主要的生烃组分,但也不是“死碳”,它仍有一定的生气潜力。

不同显微组分的生烃潜力模式不同(表 2),这既反映了各自分子化学结构的差异,也决定了各自不同的生烃性能。壳质组的生烃潜力模式为 $S_2 \gg S_3 > S_1$,镜质组为 $S_2 \gg S_1 > S_3$,二者的 S_{1+2} 均在 200mg/g.煤以上,均是良好的生烃母质;惰质组也表现出一定的生烃潜力,生烃潜力模式为 $S_2 \gg S_3 > S_1$, S_{1+2} 在 75mg/g.岩石左右,这和煤样的演化阶段及其共生的显微组分有关。壳质组和惰质组单 S_3 含量较高,表明其分子结构中具有相对多的含氧官能团。

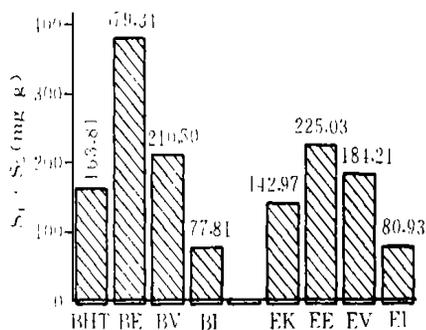
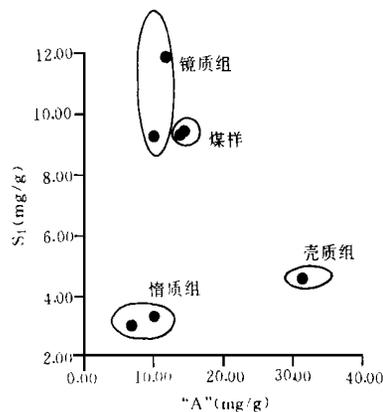


图5 煤及其显微组分的生烃潜力对比图

表2 不同显微组分的生烃潜力模式

样号	组分	S ₁	S ₂	S ₃	生烃潜力模式
BE	木栓质体	4.53	374.81	5.83	S ₂ >> S ₃ > S ₁
BV	镜质组	11.86	198.64	5.33	S ₂ >> S ₁ > S ₃
BI	惰质组	3.02	74.79	12.70	S ₂ >> S ₃ > S ₁
EE	木栓质体	4.55	220.48	4.71	S ₂ >> S ₃ > S ₁
EV	镜质组	9.26	174.95	2.52	S ₂ >> S ₁ > S ₃
EI	惰质组	3.36	77.57	3.45	S ₂ >> S ₃ > S ₁

图6 煤及其显微组分的 S₁ 与氯仿沥青“A”的关系

学特征与生烃潜力的关系作更深入探讨,特别是未对各显微组分的化学结构、孔隙结构及它们对不同烃类的吸附差异进行研究。本文作为对显微组分生烃的基础研究,为今后这一方面的研究提供了方向。

参 考 文 献

- 1 黄第藩等. 煤成油的形成和成烃机理. 北京: 石油工业出版社, 1995
- 2 肖贤明, 金奎励. 显微组分的成烃作用模式. 科学通报. 1991, (3) 208 ~ 221
- 3 赵师庆, 李贤庆. 等变质煤镜质组有机地球化学研究——Rock-EVAL 热解分析. 1994, (3): 199 ~ 208.
- 4 戴金星等. 天然气地质学概论, 北京: 石油工业出版社, 1989: 135 ~ 170.
- 5 M. Teichmuller, Application of fluorescence microscopy in coal petrology and oil exploration. Oxford: J Microsc. 1977.
- 6 E. 斯塔赫著. 杨起等译. 煤岩学教程. 北京: 煤炭工业出版社, 1990.

4 认识及问题

通过对湘中南气、肥煤显微组分的有机地球化学特征及生烃潜力研究表明: 煤样显微组分的生烃潜力与它们在荧光显微镜下的荧光特征具有良好的一致性。壳质组具有最强的荧光, 是煤中最好的生烃母质; 镜质组荧光较弱, 是煤中良好的生烃母质。氯仿沥青“A”及 S₁ + S₂ 表明它们即能生油, 又可生气。惰质组虽不能生油, 但可具有较好的生气潜力, 并且其孔隙发育, 可作为煤中烃类良好储集空间, 对惰质组的评价应从这两个方面予以考虑。

笔者在研究过程中由于经费所限, 样品数目及测试工作量均有限, 未能对显微组分的有机地球化

(收稿日期: 1998年5月18日)

HYDROCARBON- GENERATING POTENTIAL OF DIFFERENT MICROMACERALS FROM CAOLS OF LONTAN FORMATION IN MIDDLE- SOUTHERN HUNAN PROVINCE

Chen Chunfang Zhang Aiyun

(*China University of Geosciences, Beijing 100083*)

Qu Meiyun

(*Institute of Marine Geology, M NLR, Qingdao 266071*)

Abstract

Based on research of coal petrology and organic geochemistry, hydrocarbon- generating potential of different coal micromacerals which separated from gas coal and fat coal of Longtan formation in the middle - southern area of Hunan province has been discussed. The study suggested that exinite was the best maceral for generating hydrocarbon, vitrinite took the second place. Both of them are major hydrocarbon - generating macerals, parameters of Bitumen "A" and ROCK- EVAL supported that they can generate oil and gas. Inerlinite is by no means simply a bad source maceral for generating hydrocarbon, it can also produce some gas and its hydrocarbon- generating potential is decided by the evolutionary stage of coal and the other macerals associated with it. However, its high porosity may be a good reservoir for hydrocarbon.