

沉积有机质的成烃热模拟实验研究

刘大锰

(中国地质大学,北京)

金奎励 姚素平

(中国矿业大学北京研究生部)



作者采用小玻管热模拟方法研究了煤及碳质泥岩中藻类体、基质镜质体、沥青质体、运移沥青、角质体、树脂体、孢子体、现代栓皮栎的木栓层,水生植物蓝藻(粘球藻)和水生动物虾蛄的成烃规律。并根据有机组分的荧光特性和显微傅利叶红外光谱特征初步建立了我国煤系源岩生油组分及现代海生生物蓝藻和虾蛄的生油模式。研究表明:结构藻类体生油晚,结束晚;不同类型的基质镜质体和沥青质体的成烃过程存在差异,且基质镜质体可早期生油;现代木栓组织的成烃模拟支持了木栓质体早期生油的观点;角质体、基质镜质体B的成烃具多阶段性的特点;现代粘球藻具生油晚,结束晚,且成烃范围宽;水生动物虾蛄具成烃早,结束早,且成烃范围窄的特点。

关键词 煤系源岩 显微组分 粘球藻 虾蛄 热模拟 成烃模式

1 前言

根据化学反应动力学的时温补偿原理,可以在实验室利用加热的方法(提高温度以缩短反应时间)来模拟自然界有机质在低温下漫长的油气生成过程。国内外大量的热模拟实验研究表明,热模拟实验能较好地重复有机质自然演化的过程。国外 Khorasani 报道了木栓质体热模拟研究,认为木栓质体早期生油^[1];Mukhopad-hyay 等对海相腐泥质体进行了热模拟,结果表明藻随温度增高降解为粒状镜质体,进而变成微粒体^[2];肖贤明、金奎励利用相对富集样品对单组分进行了热模拟研究,发现不同组分成烃早晚不一,并建立了相应的成烃模式^[3];张爱云对高纯度的单组分进行了热模拟,结果表明不同组分的生烃潜力和生烃规律各不相同^①。上述研究仅仅阐述了有机质的成烃规律和成烃模式,没有涉及各单组分的化学结构演化特点,也没有建立起纯海相单成分的成烃模式。本文采用热模拟实验研究了煤及碳质泥岩中不同有机组分和现代海洋中两种主要水生生物,即蓝藻(粘球藻)和虾蛄的成烃规律,在综合分析的基础上建立起了其成烃模式。

2 实验样品

热模拟用煤样及碳质泥岩采自准噶尔盆地侏罗纪煤系,用现代栓皮栎的木栓层经降解后

① 张爱云,有机显微组分的生烃潜力和成烃规律,全国第五届有机地球化学会议,1992.

本文1995年7月收到,8月改回,李国容编辑。

代替木栓质体的模拟。现代海生植物蓝藻(粘球藻)及海生动物虾蛄取自中国科学院青岛海洋研究所。原样品的镜质组反射率在 0.44%—0.56%之间,相当于未熟-低熟阶段,样品地质背景及有机岩特征见表 1。

表 1 热模拟样品地质特征及有机岩特征
Table 1 Geologic and organic petrologic characteristics
of thermal simulating samples

样号	产地	时代	样品	VRo(%)	有机岩特征
1	准噶尔	J _{1b}	煤	0.48	基质镜质体 B 含量>50%
2	准噶尔	J _{2x}	煤	0.55	基质镜质体 A 30%
3	准噶尔	J _{1b}	煤	0.44	沥青质体 B10%;藻类体 5%;孢子体 14%
4	准噶尔	J _{2x}	煤	0.48	角质体 22%;树脂体 3%
5	准噶尔	J _{2x}	沥青脉	0.52	运移沥青
6	准噶尔	J _{2x}	泥岩	0.56	沥青质体 A 15%
7	栓皮栎的树皮,纯度 100%,采自中国科学院植物园				
8	现代海生粘球藻,纯度 100%,采自中国科学院青岛海洋研究所				
9	现代海生虾蛄,纯度 100%,采自中国科学院青岛海洋研究所				

3 实验方法

目前成烃热模拟方法主要有两种:一是高温常压,如小玻管模拟法;另一种是高温高压,大多采用高压釜来完成,由于温度对成烃作用的影响较压力重要得多,且高压釜的容量有限,不利于大批量样品同时进行实验,因此选择小玻管模拟法。

实验用煤样及泥岩样品直接破碎到 1mm 左右,分别装入小玻管,并用真空泵抽真空密封,设置 6 个温度点:250℃,290℃,320℃,360℃,400℃,450℃。栓皮栎的树皮则从 150℃ 开始,各温度点恒温热解 72h,并在各温度点同时设置一褐煤样品以观察成熟度的变化。

在热模拟前将取来的粘球藻放入温压釜中,在 80—100℃ 温度及 6—8MPa 压力条件下进行降解实验。在降解 3 个月后,将藻类取出经离心、洗涤、低温干燥,得到干藻粉。虾蛄直接烘干制成粉样。将干藻粉及虾蛄粉样分别称 6 份,每份 0.5g,并分别装入小玻管,用高压氮气反复吹洗和抽气,最后抽真空并密封。实验条件与固体样品相同。

热模拟后的煤样及泥岩样用环氧树脂作包埋剂制做光片,然后进行光学测定和显微傅里叶红外光谱测定。热模拟后的粘球藻及虾蛄用 CHCl₃ 在索氏抽提器中抽提,计量可溶有机质产率,并进行全烃色谱分析。对抽提后的固体残渣作了荧光分析、透光分析及显微红外测定。

4 实验结果及讨论

4.1 陆源有机质的成烃规律

4.1.1 藻类体

藻类体在热演化过程中红外光谱最明显的变化特征是 2950cm⁻¹和 2860cm⁻¹峰位的变化,这两个峰位在 290℃左右达最大值,400℃时基本消失。A 因子(2860cm⁻¹+2930cm⁻¹)/

($2860\text{cm}^{-1}+2930\text{cm}^{-1}+1600\text{cm}^{-1}$)在小于 290°C 时逐渐增大,大于 290°C 时随模拟温度的增高逐渐减小; 1710cm^{-1} 峰在 290°C 前仅以肩峰形式出现,随后便消失,说明藻类体含氧官能团较少。A 因子的变化特征表明藻类体生油晚且结束晚(图 1)。

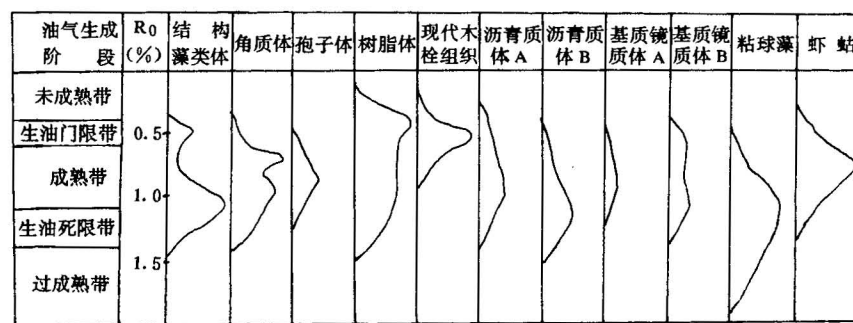


图 1 沉积有机质的生油模式

Fig. 1 Petroleum generating models of sedimentary organic matters

4.1.2 基质镜质体

根据荧光特征基质镜质体可分为不具荧光的基质镜质体 A 和具荧光的基质镜质体 B。在热演化过程中,两种类型的基质镜质体的变化有明显的差异。基质镜质体 A 在 290°C 之前, 2950cm^{-1} 和 2860cm^{-1} 的峰位频带逐渐加强。基质镜质体 B 在 290°C 之前, $2800-3000\text{cm}^{-1}$ 范围内的 CH_2 和 CH_3 伸缩振动吸收强度呈较大幅度增高,其红外参数 $\text{Kal}(2930\text{cm}^{-1}+2860\text{cm}^{-1})$ 及 A 因子均有两个极大值,分别相当于 VRo 为 0.55% 和 0.90% 左右,说明基质镜质体 B 成烃早,结束晚,并有两次成烃峰期。而基质镜质体 A 只有一个成烃峰期,大约相当于 $\text{VRo} 0.90\%-1.0\%$,且在同一成熟度下,其脂族结构吸收峰强度比基质镜质体 B 要小得多,表明其成烃潜力比基质镜质体 B 低得多(图 1)。

4.1.3 沥青质体

由光学特征沥青质体可分为两种成因类型:沥青质体 A 和沥青质体 B。沥青质体 A 呈细条带状、线纹状或小透镜体,无结构显示,具微弱的浅褐色荧光,正荧光变化,可能来源于高等植物的壳质组特别是角质体的破碎和降解;沥青质体 B 呈基质状,具褐色荧光,有明显的正荧光变化,可能为藻类等低等水生生物的降解成因。

沥青质体 A 的 2950cm^{-1} 和 2860cm^{-1} 的强度在 260°C 左右达最大值, Kal 亦在 290°C 前达最大值,在 400°C 时峰位变得很弱; 1460cm^{-1} 峰位于 290°C 达最大值,说明沥青质体 A 生烃较早。

沥青质体 B 的 Kal 和 A 因子在 400°C 时仍有较强显示,说明沥青质体 B 生油晚,液态窗范围较宽。

4.1.4 角质体、树脂体和孢子体

从显微红外谱图上知,利于成烃的脂甲基和亚甲基的吸收峰强度(伸缩及变形振动)均较大,非烃含氧基团($\text{C}=\text{O}$)不明显,芳核($\text{C}=\text{C}$)的伸缩振动较强,但面外弯曲振动较弱。

角质体中代表脂族基团的 2950cm^{-1} 和 2860cm^{-1} 吸收峰在 260°C 时达最大值,但在 360°C

时仍有较强吸收,表明角质体生油早,结束晚,且液态窗范围较宽(图 1)。

树脂体随温度升高 CH_2 和 CH_3 振动吸收峰的强度不断降低,但到 400°C 仍有显示,它在热演化初始阶段变化幅度最大。 1600cm^{-1} 峰逐渐增强,但增幅不大。以上表明树脂体具早期生油的特点,且液态窗(VRo 为 $0.6\% - 1.3\%$)较宽(图 1)。

孢子体在小于 290°C 时脂族基团不断得到加强,大于 320°C 时,脂族基团吸收峰的强度变弱; 1600cm^{-1} 峰位随模拟温度加大,明显加强; Kal 和 A 因子的极大值位于 $290 - 320^\circ\text{C}$ 间,表明孢子体在此温度段内开始排出液态烃(图 1)。

4.1.5 栓皮栎的木栓层

现代木栓组织热模拟系列样品的显微红外光谱图具十明显的变化规律。 2950cm^{-1} 和 2860cm^{-1} 的峰位在 150°C 时就有较强吸收,到 200°C 时达最大值, 320°C 时该吸收峰消失。 1710cm^{-1} 峰位随模拟温度增大不断降低,而 1600cm^{-1} 吸收峰逐渐增强。说明木栓组织成烃早,结束也早,大约在 $\text{VRo}0.5\%$ 之前即开始大量生油, $\text{VRo}1.0\%$ 即结束其生油史(图 1)。

4.2 海相有机质的成烃规律

4.2.1 可溶有机质产率及族组成

由表 2 知,粘球藻及虾蛄热模拟产物可溶有机质产率随温度变化的规律不同,粘球藻在 360°C 时产率达最大值,而虾蛄在 290°C 时产率最大,这表明二者成烃早晚不一,亦即成烃机理存在差异。我们认为这是由于两者的原始化学成分差异所致。粘球藻细胞壁主要由二氨基庚二酸和多种单糖构成的脂多糖和糖蛋白^[4],热稳定性较高。而虾蛄的主要化学成分为动物蛋白,稳定性较低。在温度作用下,藻胆蛋白及藻细胞壁耐降解能力强,其内部结构不易被破坏,而动物蛋白则不同,其耐降解力较弱,内部结构易遭破坏,蛋白质被降解成无定形物质而形成大量烃类。因此,虾蛄成烃峰期出现早,粘球藻成烃峰期出现晚。由族组成分析得知(表 2),粘球藻及虾蛄的族组成随温度的变化规律相似,表明温度是族组成变化的主要因素。随温度增加,热模拟产物可溶有机质的饱和烃和芳烃含量明显增加,而胶质和沥青质在总抽提物中的相对含量下降。在生油峰期前,粘球藻产物中的沥青质与胶质占优势,而生油峰期后则以饱和烃和芳烃为主。这表明粘球藻在生油前期生成的油是高分子量的重质油,后期生成的油为低分子量的轻质油。按 Tissot 的划分方法^[5],前期生成的重质油主要为芳香环烷型及芳香-沥青型油,后期生成的轻质油为芳香-中间型;虾蛄在整个生油期间均为重质油(沥青质和胶质含量 $> 55\%$),属芳香-环烷型及芳香-沥青型油。由上可知,粘球藻生油随温度增高油质变好,而虾蛄则变化不明显。

4.2.2 可溶有机质的全烃色谱分析

粘球藻热模拟产物全烃气相色谱反映出典型的低等水生生物的特征,主峰碳 C_{17} 和 C_{15} ,且随温度增高主峰碳由 $\text{C}_{17} \rightarrow \text{C}_{15}$,在低成熟时,碳数分布范围可达 C_{36} ,随成熟度增高,碳数分布范围变小,表明长链正构烷烃随热模拟温度增高相对含量有减少趋势,参数 $\Sigma\text{C}_{21}/\text{C}_{22}$ 的变化亦说明这一点。 Pr/Ph 值较低,均 < 1 ,随温度增加,有微弱增大的趋势,反映出典型的海相还原环境。由 OEP 及 CPI 值表明,粘球藻热模拟产物具明显的奇偶优势,且随热演化增高奇偶优势减弱。另外,据 $\Sigma\text{nC}\%$ 和 $\Sigma\text{iC}\%$ 统计结果,随热演化增高正构烃含量增高,而异构烃含量相对减少,这表明异构烃逐渐向正构烃转化(表 3)。

表 2 海相有机质的热模拟产物可溶有机质产率及族组成

Table 2 Soluble hydrocarbon percentage and group components of thermal simulating products for marine organic matters

样 品	样 号	温度(℃)	饱和烃(%)	芳烃(%)	胶质(%)	沥青质(%)	轻油(mg)	轻油(mg)	产率(mg/g)
粘 球 藻	A1	250	13.80	6.25	51.82	28.13	12.29	4.52	6.72
	A2	290	17.52	10.84	47.23	24.41	18.83	7.31	10.46
	A3	320	18.99	18.77	42.86	19.38	25.62	10.86	14.59
	A4	360	24.33	21.00	39.08	15.59	41.97	11.96	21.57
	A5	400	35.76	29.77	24.03	10.44	30.12	3.51	13.45
	A6	450	40.42	48.39	10.17	1.02	18.94	3.797	9.10
虾 蛄	P1	250	0.23	0.20	39.00	60.57	170.76	2 179.90	470.11
	P2	290	2.25	1.29	43.42	53.04	216.60	2 267.60	496.84
	P3	320	7.66	11.91	58.89	21.54	301.42	82.08	76.70
	P4	360	10.24	13.48	56.73	19.55	358.93	87.35	89.26
	P5	400	18.12	28.70	41.94	11.15	287.93	51.10	67.81

表 3 可溶有机质全烃气相色谱参数特征

Table 3 Gas chromatograph parameters for saturated hydrocarbon in soluble organic matters

样 号	主峰碳	$\frac{\sum C_{21}}{\sum C_{22}}$	$\frac{C_{21}+C_{22}}{C_{28}+C_{29}}$	Pr/Ph	Pr/C ₁₇	Ph/C ₁₈	OEP	CPI	$\Sigma nC\%$	$\Sigma iC\%$
A1	C ₁₇	3.06	0.63	0.64	0.39	1.37	2.64	1.75	20.99	79.01
A2	C ₁₇	3.19	0.87	0.72	0.24	1.17	2.52	1.63	20.98	79.02
A3	C ₁₇	8.46	1.10	0.74	0.23	1.07	2.39	1.31	21.33	78.67
A4	C ₁₅	9.53	2.42	0.74	0.21	1.09	1.91	1.21	31.22	68.78
A5	C ₁₅	23.26	6.06	0.75	0.10	0.36	1.67	1.15	52.66	47.34
A6	C ₁₅	43.32	6.14	0.78	0.05	0.28	1.15	1.12	56.97	43.03
P1	C ₂₉	3.01	0.65	0.67	0.16	0.75	4.95	5.29	15.78	84.22
P2	C ₁₇	3.95	0.75	0.78	0.14	0.58	2.68	3.94	17.72	82.28
P3	C ₈	12.38	1.19	1.25	0.10	0.20	1.75	1.06	21.77	78.23
P4	C ₇	81.24	4.15	1.70	0.04	0.07	1.71	1.14	21.55	78.45
P5	C ₇	126.83	7.00	4.00	0.05	0.04	0.75	0.80	25.41	74.59

虾蛄的热模拟产物全烃气相色谱与粘球藻具不同的特征,主要表现在主峰碳 250℃时为 C₂₉,随模拟温度增高主峰碳向低峰移动,最后变成 C₈ 和 C₇。以上表明,虾蛄在低成熟时含较多高碳数的正构烃,随成熟度增高,高碳数正构烃逐渐裂解变为低碳数正构烃。由 Pr/Ph 值表明,随热演化增高植烷含量明显减少,且具有比粘球藻更低含量的植烷。 $\Sigma C_{21}^-/C_{22}^+$, OEP, CPI, $\Sigma nC\%$, $\Sigma iC\%$ 等参数具有与粘球藻相同的演变趋势(表 3)。另外,随模拟温度增高,异构烃减少幅度较小,且异构烃所占比例远高于正构烃。我们认为可能是由于虾蛄热模拟产物烷烃中含较

多的生物标志化合物所致。

4.2.3 不溶有机质(类干酪根)的光学演变特征

不同海相有机质(粘球藻及虾蛄)的成烃特征差异不仅体现在烃类产出量及产出烃类的有机地球化学特征上,还体现在不溶有机质(类干酪根)的光学演变规律上。

在油浸反光下粘球藻的类干酪根颜色、形态变化不甚明显,到 360℃ 时局部出现灰色团块状物质,450℃ 时呈灰—灰白色,轮廓清楚。虾蛄的类干酪根在油浸反光下呈现明显的变化,到 320℃ 虾蛄就呈块状、颗粒状,灰—灰白色,低突起—中等突起。随温度增高反光特征变化更明显。我们认为这是由于虾蛄中的蛋白质经过热作用后,高分子不断裂解为小分子,而后小分子在热力作用下重新聚合成大分子,因而表现出光性特征变化。由荧光分析表明,粘球藻类干酪根在 VR_o 1.68% 时仍具有较强的荧光,而虾蛄则在 $VR_o > 0.80\%$ 后荧光消失。透明度与荧光变化情况类似,即粘球藻类干酪根透明度变化缓慢,而虾蛄则急剧变低。上述现象表明粘球藻产油持续时间长,当 $VR_o > 1.60\%$ 时仍具产油能力。因此,我们认为反映早古生代纯海相源岩的液态烃的生成范围的 VR_o 值要比通常的 0.6%—1.3% 宽, VR_o 为 0.5%—1.6%; 虾蛄液态烃产出范围较窄,且结束早。因此,在评价低成熟海相源岩时不应忽视水生动物的成烃贡献。

4.2.4 不溶有机质(类干酪根)的化学成分与化学结构演化特征

从粘球藻不溶有机质的显微红外光谱图(图 2)可以看出未经热模拟的不溶有机质在 3709cm^{-1} , 2929cm^{-1} , 2852cm^{-1} , 1747cm^{-1} , 1698cm^{-1} , 1471cm^{-1} , 1169cm^{-1} , 1120cm^{-1} , 1037cm^{-1} 等波数处有较强的吸收峰,反映出粘球藻含有 $-\text{OH}$, $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$, $-\text{C}-$, $\text{C}=\text{C}$, $\text{C}-\text{O}-\text{C}$, $\text{C}-\text{S}$ 等官能团。随热模拟温度的增高,由于苯环侧链的不断裂解、脱落,也使得共轭效应和氢键的作用减弱,苯环骨架振动吸收峰变为 1567cm^{-1} ,以后随温度增加,苯环 $\text{C}=\text{C}$ 吸收峰基本不变,但芳烃的 $\text{C}-\text{H}$ 面外弯曲振动吸收增强,尤其是 875cm^{-1} 表现更明显,这表明随温度增高粘球藻芳烃的缩聚程度增大,然而,即使达 450℃ 也还未形成高聚合的芳香分子,

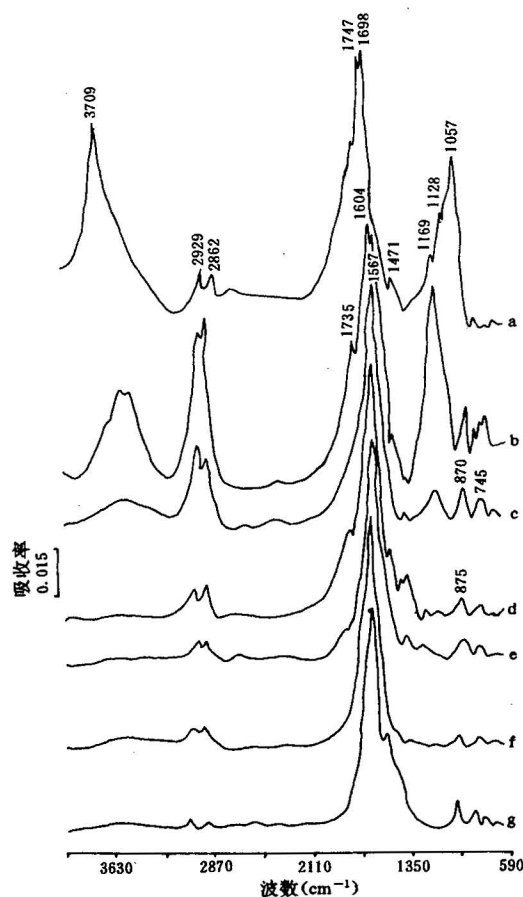


图 2 粘球藻及其类干酪根的显微红外谱图

Fig. 2 Micro-FTIR spectra of *Gloeocapsa* and its kerogen-like materials

a 未加热(not heated); b 250℃; c 290℃; d 320℃; e 360℃; f 400℃; g 450℃

这从 810cm^{-1} 及 740cm^{-1} 显示较弱的吸收可看出。与苯环骨架振动增强的同时,由于脂族链、脂环的裂解和脱落,也使得脂族烃及脂环烃中 CH_3 和 CH_2 表现出减弱的趋势,但到 450°C 时, 2929cm^{-1} 及 2852cm^{-1} 仍有较弱吸收。 $-\text{OH}$ 和 $\text{C}=\text{O}$ 的吸收在 400°C 时就不复存在。另外,在 $960-1320\text{cm}^{-1}$ 范围内,随温度增高, $\text{Ar}-\text{O}-\text{Ar}$, $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ 及 $\text{C}-\text{S}$ 等官能团的吸收也逐渐减弱,总体来讲这些官能团吸收是较弱的,这也表明粘球藻中含氧化合物(醚、酯、酸及酚等)较少,主要以脂族烃和脂环为主,因此粘球藻是一极好的生烃母质。

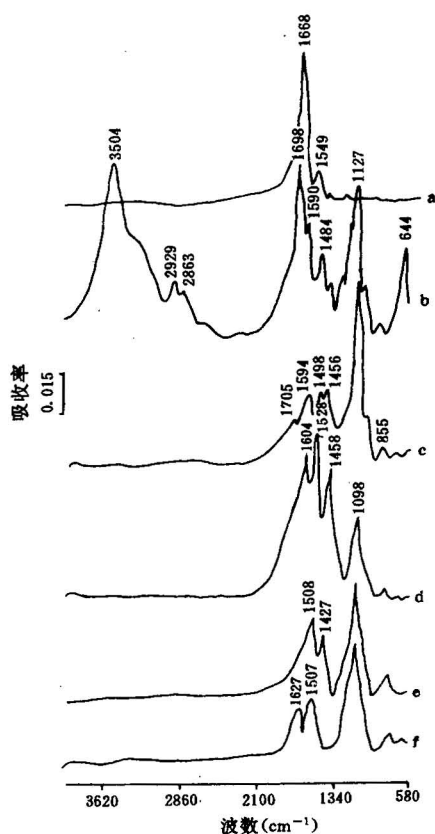


图3 虾蛄及其类干酪根的显微红外谱图

Fig. 3 Micro-FTIR spectra of mantis shrimps and its kerogen-like material

a 未加热(not heated); b 250°C ; c 290°C ;
d 320°C ; e 360°C ; f 400°C

由虾蛄的显微红外谱图可知,虾蛄的主要化学成分是蛋白质(外皮含少量钙质),其主要吸收峰为 1668cm^{-1} 和 1549cm^{-1} (图 3a),另外在 $900-1400\text{cm}^{-1}$ 范围内有较弱的吸收峰。 250°C 时,类干酪根在 2929cm^{-1} 和 2863cm^{-1} 处显示较强的吸收峰,随温度增高这两个吸收峰消失,这表明在 $<250^\circ\text{C}$ 的范围内,随温度增高虾蛄中的氨基酸分子裂解成的小分子逐渐累积成丰富的脂族烃,这一过程我们称之为脂族烃的“缩合作用”(condensation)。正是由于上述脂族烃的“缩合作用”,导致在 290°C 时虾蛄产烃率达最大值,因为随温度增高,累积的脂族烃又被进一步裂解、脱落而形成大量的烃类。由图 3 可知,虾蛄类干酪根中各官能团发生有规律的变化。(1) 芳环骨架振动($\text{C}=\text{C}$)吸收峰从 $1549\text{cm}^{-1} \rightarrow 1590\text{cm}^{-1} \rightarrow 1594\text{cm}^{-1} \rightarrow 1528\text{cm}^{-1}$, $1604\text{cm}^{-1} \rightarrow 1508\text{cm}^{-1}$ 及峰包 $\rightarrow 1507\text{cm}^{-1}$ 及 1627cm^{-1} ,从这一变化可以看出, 320°C 时,芳核骨架振动吸收峰一分为二,到了 360°C 时,低波数更低而高波数峰呈一峰包, 400°C 时,低频峰与高频峰呈两个明显的峰形。我们认为这是由于在 320°C 时虾蛄已形成一种稠合度较高的新生组分沥青(protobitumen)。随热演化增高,

沥青进一步缩合成高稠合度的芳香分子,导致在 1507cm^{-1} 及 1627cm^{-1} 两波数处均出现芳核骨架振动吸收峰。上述化学结构的演变与光性变化是一致的;(2) 由图 3 还可知,虾蛄中

含丰富的含氧化合物,在 250°C 时, $\text{C}=\text{O}$ 官能团及氧桥($\text{C}-\text{O}-\text{C}$, $\text{Ar}-\text{O}-\text{Ar}$ 等)吸收强,随温度增高($\geq 320^\circ\text{C}$),羰基、羧基峰消失,且在 $900-1200\text{cm}^{-1}$ 范围内形成一强吸收带,这也与沥青含较多的含氧化合物相吻合。值得一提的是,在 320°C 时, $900-1160\text{cm}^{-1}$ 范围内吸收频带减弱(较前后各温度点),我们认为这是由于沥青形成初期各芳香分子间的交链键合较弱,因而显示出较低的吸收峰。

5 结论

通过上述研究,可以得出以下认识:

(1) 初步建立了陆源有机质和两种海相有机质的生油模式,该模式是以显微组分为基础的微区分析方法而产生的,较全面地反映了单成分的生油特征。

(2) 不同类型的基质镜质体和沥青质体成烃差异明显,进一步证实了基质镜质体能早期生油的观点;树脂体和木栓质体亦具早期生油特点。

(3) 显微组分(角质体、基质镜质体 B 等)成烃作用具多阶段性。

(4) 现代蓝藻(粘球藻)成烃晚、结束晚,且成烃持续时间长,据此认为早古生代纯海相源岩的“液态窗”的范围较陆相的要宽,VR_o 为 0.5%—1.60%。

(5) 虾蛄成烃早、结束早,且成烃范围窄。

(6) 首次发现虾蛄成烃过程中存在脂族烃的“缩合作用”。

参 考 文 献

- 1 Khorasani G H, Michelson, J K. Geological and laboratory evidence for early generation of large amounts of liquid hydrocarbons from suberinite and subereous components. *Org. Geochem.*, 1991, 17(6): 1271—1285.
- 2 Mukhopadhyay P K. Characterization of kerogen as seen under the aspect of maturation and hydrocarbon generation. *Erdol Kohle*, 1985, 38: 7—18.
- 3 肖贤明, 金奎勋. 显微组分成烃作用模式. *科学通报*, 1990, 36: 205—207.
- 4 Douglas A G. Unique distributions of hydrocarbons and sulphur compounds released by flash pyrolysis from the fossilized alga *Gloeocapsomorpha prisca*, a major constituent in one of four Ordovician kerogens. *Geochim. et. Cosmochim. Acta*, 1991, 55: 275—291.
- 5 Tissot B P, Welte D H. 石油形成与分布. 徐永元等译. 北京: 石油工业出版社, 1989. 88—131 页.

HYDROCARBON-GENERATING THERMAL SIMULATION EXPERIMENTAL STUDY OF SEDIMENTARY ORGANIC MATTER

Liu Dameng

(China University of Geosciences, Beijing)

Jin Kuili and Yao Suping

(Beijing Graduate School, China University of Mining and Technology)

Abstract

The hydrocarbon-generating regularities of alginite, desmocollinite bituminite, cutinite, resinite and sporinite in coal and carbonaceous mudstone, suberinlamellae of modern subereous *Quercus*, blue-green algae (*Gloeocapsa*) of aquatic plants and mantis shrimps of aquatic animals have been studied by use of the small-glass-tube thermal simulation technique. And the petroleum-generating models of organic components in coal measures source rocks and modern marine organisms *Gloeocapsa* and mantis shrimps have also been constructed according to their micro-FTIR spectral characteristics and fluorescence properties. From the study results the following conclusion may be drawn: telalginite generates petroleum late and terminate late; hydro-

carbon-generating processes of different types of desmocollinite and bituminite are different and desmocollinite can generate petroleum in the early stage; the hydrocarbon-generating simulation of modern suberous tissues supports the view of early hydrocarbon generation of suberinite; cutinite and desmocollinite B are characterized by multi-stage hydrocarbon generation; modern *Gloeocapsa* is characterized by late hydrocarbon generation, late termination and a long duration of hydrocarbon generation while the aquatic animal mantis shrimps are characterized by early hydrocarbon generation, early termination and a short duration of hydrocarbon generation. The construction of these models has important economic and theoretical significance for correctly evaluating the hydrocarbon-generating potential of coal measures source rocks and pure marine source rocks in China.

Key words: source rocks of coal measures, macerals, *Gloeocapsa*, mantis shrimps, thermal simulation, hydrocarbon-generating model

作者简介

刘大锰, 1965 年生。1994 年 6 月毕业于中国矿业大学北京研究生部, 获工学博士学位, 现在中国地质大学(北京)地质勘探、矿业、石油博士后流动站工作。主要从事有机岩石学及煤岩学研究。通讯处: 北京学院路 29 号中国地质大学煤田研究室, 邮政编码: 100083。