

油页岩和低阶煤干酪根 热降解产物的组成及其地化意义

张大江 黄第藩 葛修丽 李晋超*

(石油工业部石油勘探开发科学研究院)

干酪根作为沉积岩中的主要有机物, 在热作用下可裂解成烃, 一般认为它是主要的成油母质。由于干酪根的不溶性和相对稳定性, 所以它储存了大量可靠的有关母质类型、生源构成、沉积环境等多方面的信息。因此, 对于干酪根的研究, 引起了许多石油勘探工作者和有机地化工作者的普遍注意。人们用显微观察、元素分析、红外光谱、X-射线衍射、顺磁共振、差热和热重等分析手段, 对各种类型的干酪根从整体上进行了研究, 取得了许多可贵的资料。近年来发展和完善起来的居里点热解-色谱和居里点热解

-色谱-质谱联用技术, 不仅具有分析迅速、操作简便等优点, 而且能够直接获得干酪根热降解产物组成的可靠资料, 提供有关母质类型、成烃作用等许多重要信息, 因而成为研究干酪根的一个有力手段和重要发展方向。我们根据这个装置的基本特点, 自己设计制作了一台裂解器, 与气相色谱仪和色-质联用仪进行联用, 对油页岩和低阶煤进行了分析, 取得了一些初步成果。

样品

我们分析的样品是抚顺和茂名露天矿的油页岩及低阶煤。这些油页岩和煤样均为湖相或沼泽相沉积, 不仅有有机质丰富, 且不成熟, 利于进行整个干酪根热降解产物组成的测定。两矿的地层剖面及采样位置示意于图1, 样品的基本性质见表1。

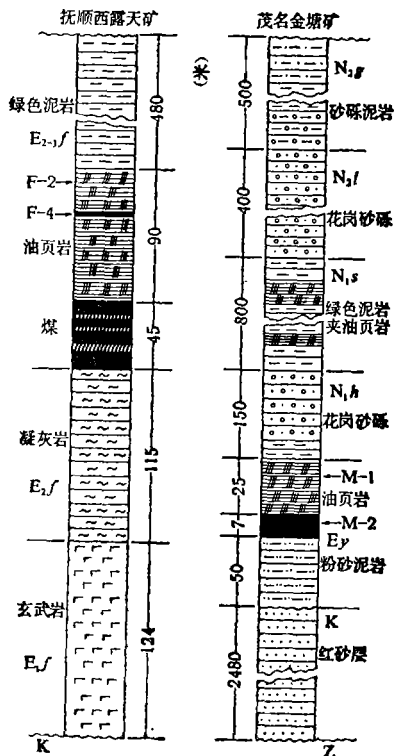


图1 抚顺和茂名露天矿的地层剖面及采样位置图

* 参加工作的还有林道华同志

样品基本性质表

表 1

样号	取样地	岩性	显 微 观 察	元素分析		红 外 吸 收 2900cm ⁻¹ /1600cm ⁻¹	600°C 失重(%)
				H/C	O/C		
F-2	抚 顺	油页岩	80—90%是桔黄色团粒性的无定形,少量高等植物的孢粉化石。	1.43	0.115	2.07	69.0
M-1	茂 名	油页岩	80—90%是桔黄色团粒性的无定形,少量高等植物的孢粉化石。此外还有少量的镜质体碎屑。	1.34	0.135	1.64	60.8
M-2	茂 名	褐 煤	主要由镜质体碎屑组成,少量无定形,可见大量孢粉。	0.92	0.215	0.64	32.7
F-4	抚 顺	次烟煤	主要由棕色镜质体碎屑组成,尚有一定量的惰质体。	0.93	0.227	0.61	18.9

实 验

热解-气相色谱(Py-GC)的实验装置示意于图2。在正式实验之前,我们进行了一些预备性实验。这是为个摸索出合适的色谱条件,特别是要确定一个适宜的热解温度。我们分别在300、400、470、500、550°C进行了实验,结果表明:300°C的谱图中没有显示出有意义的谱峰;400°C的谱图也较简单;470°C仅异构烯烃谱峰较强,其余化合物均弱;550°C的谱图中正构烯烃的丰度相当高(与正构烷烃比较),说明二次裂解的干扰较为明显;500°C的谱图不仅可反映出不同类型干酪根热解产物的基本组成特征,而且二次裂解的干扰也很小,同时重现性非常好。因此,我们把500°C作为热解终温,以研究热解产物的组成。

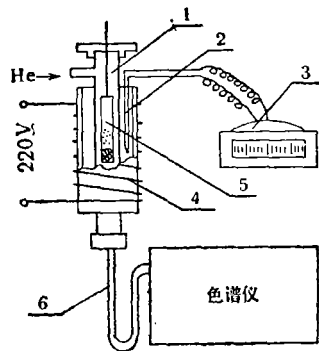


图2 热解-气相色谱装置示意图

1. 不锈钢管 2. 热电偶 3. 毫伏计
4. 电炉 5. 石英样品管 6. 冷阱

热解-色谱的其他操作条件和仪器参数如下: 色谱仪型号为 Varian-3700; 玻璃毛细管柱长20米、内径0.25毫米,涂以OV-101; He载气流量为10毫升/分钟,柱前分流、柱流速度为20厘米/分钟; 样品量约30毫克; 热解温度和时间: 10分钟内从300°C升至500°C,然后在500°C恒温10分钟; 液氮冷阱收集热解产物,然后用约350°C的加热套管加热冷阱2分钟; 以6°C/分钟的升温速率,从50°C至280°C对色谱柱进行程序升温; 氢焰离子化检测器,检测温度320°C。

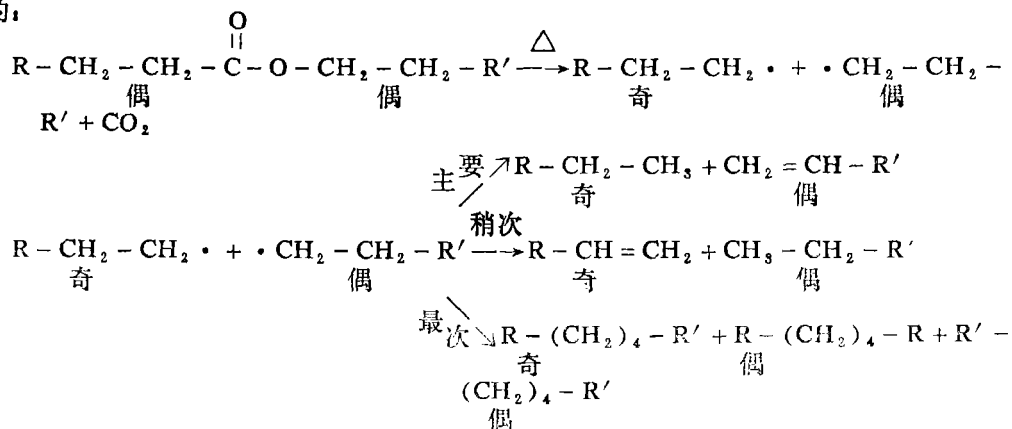
结 果 与 讨 论

图3是抚顺油页岩干酪根F-2的热解色谱图。图中谱峰的鉴定是用热解-色谱-质谱联用技术,通过重建离子流色谱图(RIC)与特征碎片离子色谱图(SIC)的对照以及它们的质谱图,与有关文献资料[1-7]进行比较的。鉴定结果见表2。

图4至图5是其它三个样品中干酪根的热解色谱图。从这四张图谱的比较中可以看出,两个油页岩样品(F-2和M-1)的干酪根热解产物很相似,两个煤样(M-2和F-4)的干酪根热解产物也很相似,而这两组之间却有很大的差异。这些差异主要表现为正构烃的相对丰度、高低碳数正构烃的相对丰度、异构烃特别是姥鲛烯的相对丰度、以及烷基苯的相对丰度。根据这些差异,我们编制了一张有关参数表(表3),下面我们将着重讨论这些参数的地球化学意义。

1. 正构烷烃和正构烯-1

在热解-色谱图中,丰度最高、分布最广的产物是正构烷烃和正构烯-1,它们在图中有规律地成对出现。国外的一些研究[8,9]认为,实验条件下的正构烷烃是酯中的脂肪酸部分,由于催化剂不同,或经 α -脱羧或经 β -脱羧的产物。考虑到我们的实验是在无水无催化剂条件下进行的,产物中正构烃只有微弱的奇数碳优势,正构烯-1却有微弱的偶数碳优势,特别是所测定的油页岩干酪根在裂解生油阶段的反应主要表现为一级反应,且裂解产物中脂族化合物又占产物的75—85%,所以我们认为下面的反应机制可能是合理的:



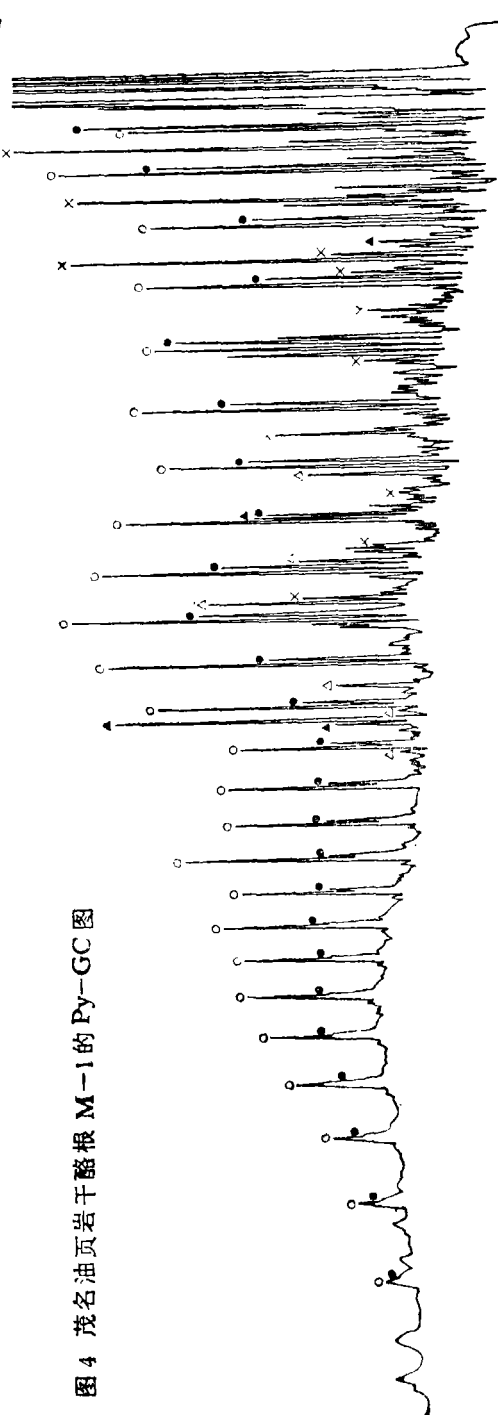
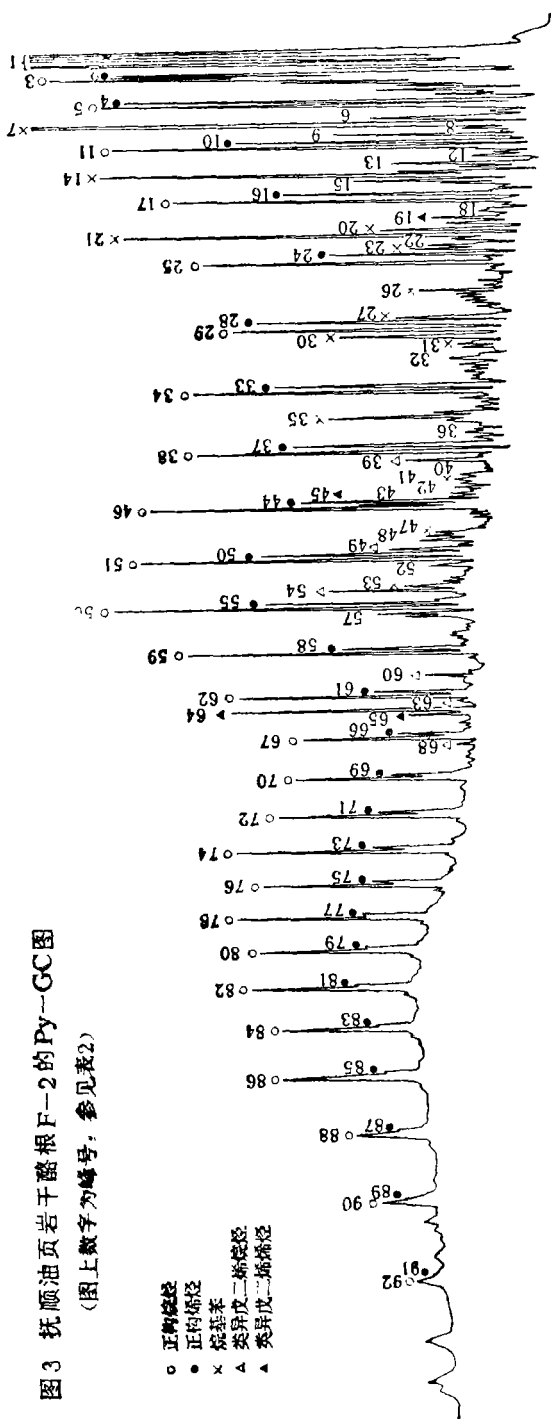
在热解产物中,正构烯烃少于正构烷烃。这可能主要是由于生物体的类脂化合物中含有相当数量的甘油酯和磷脂,其脂肪酸部分是中、长碳链的,而醇部分则是短碳链的,所以造成图谱中正构烯都少于同碳数的正构烷。如果烯烃多于烷烃(例如更高温度下的热解色谱),那可能是由于二次裂解反应较明显所致。

人们普遍认为,地质体中的类脂物是由生物遗体继承演变而来的。生物中主要的类脂物是集中在细胞膜中(一般可占细胞膜干重的40%左右,而细胞膜又占细胞干重的70—80%)[10,11]。在藻类等浮游生物和细菌中,主要含 $C_{14} \sim C_{22}$ 中等碳数的脂肪酸和醇形成的类脂,而高等植物的某些组织中则主要含 $C_{24} \sim C_{36}$ 高碳数的脂肪酸和醇所

表 2

抚顺油页岩F-2干酪根热解-色谱图中的化合物表

峰号	化合物	峰号	化合物	峰号	化合物	峰号	化合物	峰号	化合物
1	CO ₂ , SO ₂ , H ₂ O, H ₂ S, NH ₃ 及C ₁ 烃	20	乙基苯	40	C ₃ -苯酚	60	C ₁₁ -降姥烷	80	正廿四烷
2	戊烯-1	21	P+m-二甲基苯	41	C ₆ -苯	61	十七烯-1	81	廿五烯-1
3	正戊烷	22	苯乙烷	42	甲基萘	62	正十七烷	82	正廿五烷
4	己烯-1	23	O-二甲基苯	43	C ₁₄ -异戊二烯烷烃	63	姥烷	83	廿六烯-1
5	正己烷	24	壬烯-1	44	十三烯-1	64	姥烷-1	84	正廿六烷
6	甲基丁醛	25	正壬烷	45	C ₁₄ -类异戊二烯烯烃	65	姥烷-2	85	廿七烯-1
7	苯	26	P和m-乙基苯	46	正十三烷烃	66	十八烯-1	86	正廿七烷
8	噻吩	27	1,2,4-三甲苯	47	庚基苯	67	正十八烷	87	廿八烯-1
9		28	癸烯-1	48	甲基吡啶	68	植烷	88	正廿八烷
10	庚烯-1	29	正癸烷	49	C ₁₅ -类异戊二烯烷(法呢烷)	69	十九烯-1	89	廿九烯-1
11	正庚烷	30	1,2,3-三甲苯	50	十四烯-1	70	正十九烷	90	正廿九烷
12	吡啶	31	C ₃ -甲苯	51	正十四烷	71	廿烯-1	91	卅烯-1
13	吡咯	32	甲酚	52	C ₂ -萘	72	正廿烷	92	正卅烷
14	甲基苯	33	十一烯-1	53	辛基苯	73	廿一烯-1	93	
15	甲基噻吩	34	正十一烷	54	C ₁₆ -类异戊二烯烷	74	正廿一烷	94	
16	辛烯-1	35	C ₅ -苯	55	十五烯-1	75	廿二烯-1	95	
17	正辛烷	36	萘	56	正十五烷	76	正廿二烷	96	
18	甲基吡咯	37	十二烯-1	57	C ₃ -萘	77	廿三烯-1	97	
19	支链壬烯	38	正十二烷	58	十六烯-1	78	正廿三烷	98	
		39	异十三烷	59	正十六烷	79	廿四烯-1	99	



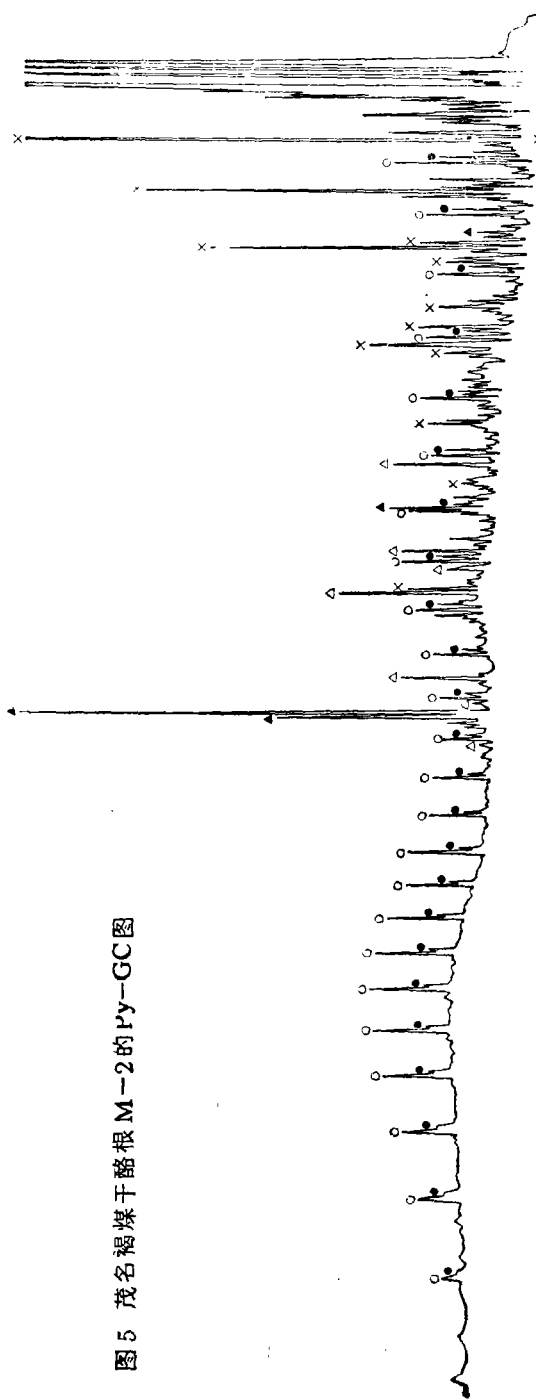


图5 茂名褐煤干酪根M-2的Py-GC图

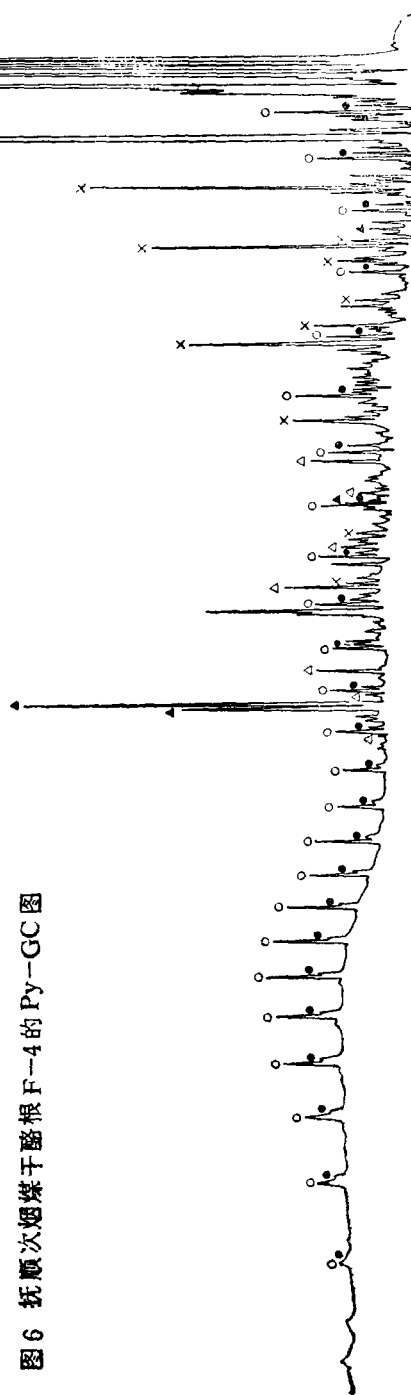


图6 抚顺次烟煤干酪根F-4的Py-GC图

抚顺茂名油页岩和煤样干酪根热解 - 色谱参数表 表 3

指标 样号	n-C ₂₀ 烷 n-C ₂₁ ⁺ 烷		正构烷 + 正构烯 烷基苯		正构烷 + 正构烯 烷基苯 + 烷基萘		降法呢烯 姥 蛟 烯		姥 蛟 烷 植 烷		姥 蛟 烯 正 构 烷		姥 蛟 烯 正 七 烷		类异戊二烯烯烷 正 构 烷	
	F-2	1.95	3.88	5.94	5.12	0.42	1.07	0.048	0.83	0.068						
M-1	2.10	3.00	4.81	3.99	0.36	1.57	0.077	0.99	0.104							
M-2	1.38	1.57	2.31	1.99	0.11	1.75	0.077	6.97	0.420							
F-4	1.34	1.34	1.90	1.41	0.05	1.28	0.353	7.00	0.372							
指 标 地 化 意	生源构 成		(1) 生源构成 (2) 干酪根类型 (3) 生油潜力		(1) 生源构成 (2) 干酪根类型 (3) 生油潜力		沉积环境 氧化还原 性质		(1) 沉积环境 (2) 有机质成油成煤方向 (3) 有机质成熟度 (4) 母质类型(未成熟段)							

形成的类脂, 尤其是高等植物蜡(10, 12, 13)。因此热解产物中正构烷烃的 C_{20}^-/C_{21}^+ 之比和正构烯-1的 C_{20}^-/C_{21}^+ 之比, 或两者之和的 C_{20}^-/C_{21}^+ 之比, 就可以提供干酪根中生源构成的信息。至于整个正烷烃和正烯-1的相对丰度, 由于它还与其它产物(如异构烃、芳烃等)的丰度有关, 我们将在下面讨论。

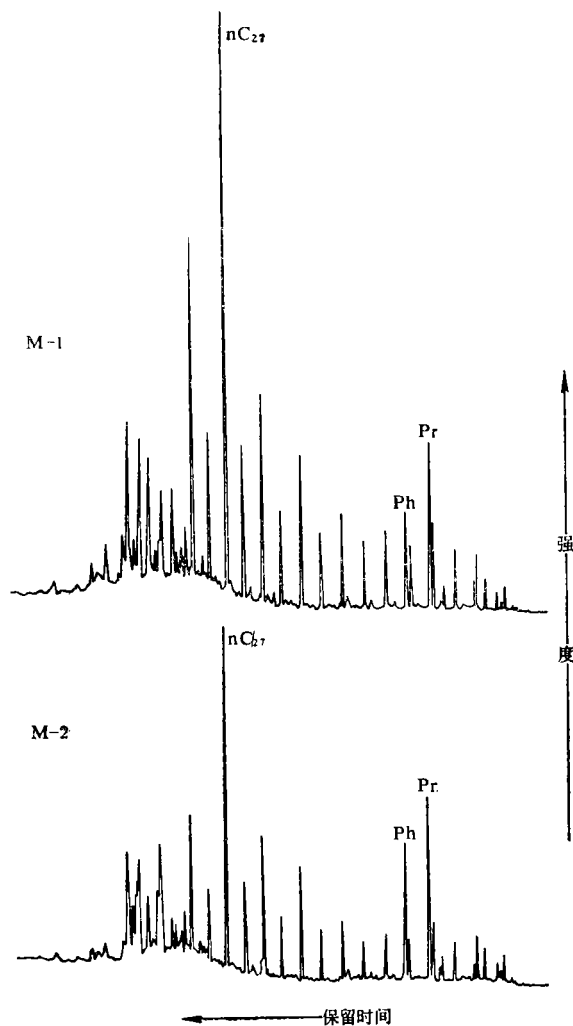


图7 茂名油页岩M—1和褐煤M—2氯仿沥青“A”脂族烃馏份的气相色谱图

如果把干酪根热解产物的正构烃与岩石抽提沥青的正构烃加以比较(图6),则不难发现,它们之间主要有三点明显的差别。

(1) 热解产物中有大量烯烃存在,而抽提物中却没有。这可能是因为热解实验反应时间短,尚未达到热力学平衡。同时,反应产物迅速脱离干酪根,同生的挥发性产物又不可能提供烯烃饱和所需的氢。在地质成油过程中,虽温度较低,但有足够长的时间使热力学上相对不够稳定的烯烃达到饱和。同时反应产物能滞留在干酪根中或其表面,干酪根的缩聚反应或环烷烃的芳构化反应,都可提供烯烃饱和所需的氢。此外,其不成熟性质也是不可忽视的原因之一。不成熟的沥青中有相当一部分烃是生物成因的原生烃,而热解产物则几乎全是次生烃。

(2) 抽提物中高碳数正构烃的丰度远远大于低碳数正构烃的丰度, 而热解产物中这两个碳数范围的正构烃的丰度却相差不多, 并随生源构成的不同而有所差异。煤干酪根热解气, 高碳数稍高于低碳数(只计 C_{14}^+); 油页岩干酪根热解气, 则高碳数低于低碳数。抽取物与热解产物的这些差异, 除了分析上的原因外, 看来主要是由于样品的不成熟性质。不成熟生油岩抽提物中的烃, 主要是生物成因的原生烃。对生物体来讲, 高等植物蜡中的烃含量, 特别是其中 $C_{25}-C_{33}$ 的正构烷烃含量, 比藻类等水生浮游生物中原生烃含量要高得多^[10、12]。因此, 凡有陆源高等植物作为母源的不成熟的沉积物的沥青中, 就能表现出这种陆相特征“指纹”。例如在近代湖相沉积^[14]和古代湖相的绿河页岩^[15]中就发现有这种“指纹”, 甚至连黑海、挪威海和白令海等海相近代沉积物中, 因有不同程度陆源有机质输入, 也有这种“陆相指纹”出现^[10]。干酪根是沉积物中有机质的主要组成部分, 所以由于干酪根热解产物反映出的沉积物有机质的生源构成, 应该比抽提物更接近母源的实际。

(3) 抽提物正构烷烃具有明显的奇数碳优势, 而热解产物中正构烷烃的奇数碳优势却很微弱, 如果再把烯烃也考虑进去, 则热解产物中正构烃的奇-偶优势几乎消失。这个差异主要是样品不成熟, 抽提物中有相当数量的原生烃, 而热解产物烃则是次生烃, 即热解过程产生了一个人工的“熟化”作用。可见, 用热解产物中正构烃的分布不能够确定天然有机质的成熟度。

在以上讨论的基础上与样品分析结果比较(图3至图6和表3), 可见在油页岩干酪根(F-2和M-1)的生源构成中, 藻类等浮游生物要多于高等植物, 而煤干酪根(M-2和F-4)则相反。同类样品比较表明, 抚顺油页岩干酪根(F-2)的生源构成中, 浮游生物略多于茂名油页岩干酪根(M-1), 故F-2略优于M-1。同理, M-2又略优于F-4。把我们的图谱与Van de Meent对美国绿河页岩和西德梅塞尔页岩干酪根的居里点热解色谱图谱进行比较, 可见我们的样品品质不及绿河页岩, 而与梅塞尔页岩相近。

2. 类异戊二烯烷烃和烯烃

热解-色谱图中另一个十分引人注目的化合物系列是类异戊二烯烷烃, 它又可分为烷烃和烯烃两个亚系。图8是它们的相对丰度图。

热解产物中有含量丰富的类异戊二烯烷烃, 尤其是姥鲛烯-1和姥鲛烯-2, 但这些产物却没有在抽提物中检出; 相反, 抽提物中含量丰富的姥鲛烷和植烷, 在热解产物中却含量甚微。这可能意味着它们都源于同一母质, 但成烃途径不同。

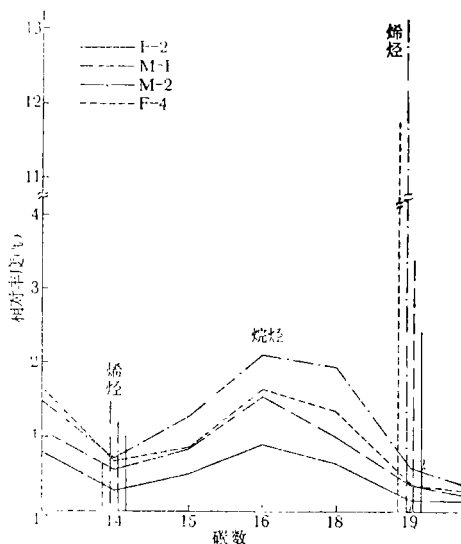


图8 热解-色谱类异戊二烯烷烃的相对丰度分布

姥鲛烯是产物中相对丰度最高的类异戊二烯烯烃。在煤样干酪根的热解-色谱图中，它呈异峰突起，显得格外突出。在油页岩干酪根的热解-色谱图中，虽然其丰度不及煤干酪根，但也与邻近的正构烷烃相差不多。现在人们一般认为这类无环类异戊二烯烯烃的主要生源化合物是叶绿素的植醇侧链。无论在高等植物中，还是在低等浮游植物中，叶绿素的含量都很丰富，而且它在浮游植物和自养型细菌中的含量甚至比高等植物中的含量还要高（在藻中可达干重的0.2~1.0%，高等植物仅在叶中可达这数量级^[10]）。这种类异戊二烯的另一可能生源化合物——类胡萝卜素在藻类中（一般为干重的0.2~0.8%，有些品种最高可达5%或更多^[10]）也比在高等植物中（一般仅集中在果实等某些部分^[10]）的含量要高。因此就不能认为干酪根的热解产物中类异戊二烯烯烃的相对丰度，特别是姥鲛烯的相对丰度，与母源物质的种属高低有直接的关系。

根据以上两点认识，看来可以认为：植醇在沉积初期先被氧化成植酸，并以这种形式结合到干酪根中。热解时，经脱羧作用失去一个碳原子而变成姥鲛烯-1。由于甲基的超共轭效应，姥鲛烯-2在热力学上较姥鲛烯-1稳定，所以后者经重排反应就能生成姥鲛烯-2。不过高温快速热解时，产物毕竟由动力学所控制，所以产物中姥鲛烯-1比姥鲛烯-2丰富。在这个机制中，由于最关键的一步是植醇的氧化，只有氧化生成的植酸多，热解产物中才能出经较多的姥鲛烯。因此姥鲛烯的相对丰度就可以作为沉积环境氧化还原性质的参数，可表征沉积有机质向成油或成煤方向的转化。煤样干酪根热解产物中姥鲛烯较油页岩丰富的现象就可以得到解释了。

另外，在成熟度比油页岩高的南阳凹陷渐新统生油岩干酪根的热解产物中，我们发现姥鲛烯的含量从1351米到2129米随深度增加而逐渐降低；辽河西部凹陷某井深4147米的高成熟黑色泥岩干酪根的热解产物中，没有检出姥鲛烯，与其相应的姥鲛烷和植烷等含量也很低。这就说明干酪根中这种类异戊二烯结构随干酪根成熟度的增加而迅速减少。同时也意味着这类化合物是干酪根向油气转化的早期产物之一。因此，干酪根热解产物中姥鲛烯的相对丰度，就可作为干酪根成熟度的一个参数。

这些指标包括姥鲛烯在热解产物中的百分含量、姥鲛烯/（正构烷+正构烯）或姥鲛烯/正十七烷。

有意思的是，在类异戊二烯烯烃系列中，除姥鲛烯外，我们还检出了相当丰富的C₁₄类异戊二烯烯烃（降法呢烯）和C₉异构烯，这两个类异戊二烯烯烃相对应的同碳数类异戊二烯烷烃的相对丰度并不高，与异构C₁₉的情况类似（图6）。同时，我们注意到姥鲛烯、降法呢烯和C₉异构烯，这三个类异戊二烯烯烃均比自然界中存在的无环双萜、倍半萜和单萜少一个碳原子。这些现象不应是一种偶然的巧合，而应是自然界中某种客观规律的反映。说明这些无环萜类化合物结合进入干酪根和热解成烃的机理应是相同的。因此，这些类异戊二烯烯烃的相对丰度也应具有相同的地化意义。如果上述姥鲛烯形成的机制是合理的话，那么它们的相对丰度就都应是沉积环境氧化还原性质的一个标志。

由于法呢醇主要存在于一些可行光合作用的细菌中，它取代了植醇而作为叶绿素的金属卟啉核的侧链；同时，通常认为小于C₁₅的类异戊二烯烯烃不大可能由角鲨烯、胡萝卜素之类高碳数同系物产生^[10]。至于植醇却不但存在于浮游水生生物中，而且也存在

于高等植物中,所以降法呢烯/姥鲛烯之比就可作为干酪根生源构成的一个参数。由表3可以看到,油页岩干酪根(F-2和M-1)的这个比值比煤样干酪根(M-2和F-4)的要高,其中F-2比M-1高,M-2比F-4高。变化相当明显,它不仅与正构烷烃 C_{20}^-/ C_{21}^+ 是平行的,而且可把油页岩干酪根之间以及煤样干酪根之间的差别清楚地反映出来,同时也与表1所列其它分析结果互相印证。因此它是一个比正构烷烃 C_{20}^-/ C_{21}^+ 之比更敏感、更优越的关于干酪根生源构成和类型的参数。从Van de Meent的三种不同类型干酪根的居里点热解-色谱图中,也可以清楚地看出,这个比值从克里亚柯海沟典型海相沉积,到油页岩,再到褐煤,随类型变化而降低的趋势。同时,用这个比值把油页岩干酪根的谱图与绿河页岩和梅塞尔页岩干酪根的谱图进行比较,也说明抚顺和茂名油页岩干酪根的品质不如绿河页岩,而与梅塞尔页岩相似。这个结果与前面用正构烷烃高低碳数丰度比值所得到的结果是一致的。

3. 烷基苯系列

热解产物中的芳香性化合物,有烷基苯、烷基萘、茚、烷基酚以及噻吩、吡咯等杂环芳香化合物。其中,烷基苯的相对丰度远远超过其它芳香性化合物,可以作为热解产物中芳香性化合物的代表。

芳香性化合物的分布是遍及整个生物界的,然而从量上讲,在高等植物中显得尤其突出^[10]。因此烷基苯的相对丰度,即正构烷/烷基苯,可以作为干酪根生源构成和类型的参数。从表3可以看出,这个指标自上而下逐渐变小,它也和降法呢烯/姥鲛烯一样,不但可说明油页岩干酪根的品质优于煤干酪根,而且说明F-2优于M-1, M-2优于F-4。因此它也比正构烷高低碳数丰度比值更为优越。

小 结

(1) 通过上述实验和讨论,热解-色谱是一种揭示干酪根主要化学组成的较好方法。它可以迅速地提供生油岩中有机质的生源构成、母质类型、成熟度以及沉积环境等方面的信息;

(2) 抚顺和茂名油页岩干酪根的生源构成中,既有低等水生生物,也有高等植物,但前者多于后者,而两煤样干酪根则相反。油页岩干酪根均属混合型(Ⅱ型),而煤干酪根则均属腐殖型(Ⅲ型)。它们的沉积环境均具相当的酸性和氧化性,煤的沉积环境氧化性更强。所以油页岩可能沉积在浅水相,而煤则是沼泽相或滨湖相形成的;

(3) 尽管抚顺和茂名油页岩干酪根尚未成熟,但其品质不差,生油潜力较大。可以想象,只要它一旦成熟,就可成为良好的油源岩。热解-色谱图谱还有力地说明,油页岩一旦成熟生油,将显示出我国陆相原油所具有的高蜡(正构烷较多)而芳烃较少的特点。因此,把抚顺和茂名油页岩作为我国陆相未成熟生油岩的一个典型,进行更深入、更细致的研究。无论在理论上,还是在实际应用上都是有益的。

(收稿日期:1983年2月3日)

参 考 文 献

- [1] D. van de Meent et al., 1980, Pyrolysis-high resolution gas chromatography and pyrolysis gas chromatography-mass spectrometry of kerogens and kerogen precursors, *Geochim. Cosmochim. Acta*, Vol. 44, P. 999-1013.
- [2] H. Solli et al., 1979, Analysis of kerogen by pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry using selective ion monitoring, III. Long-chain alkyl benzenes. In: *Advances in Organic Geochemistry*, 1979, P. 591-597.
- [3] G. van Graas et al., 1979, Analysis of coals of different rank by curie-point pyrolysis-mass spectrometry and curie-point pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry, In: *Advances in Organic Geochemistry*, 1979, P. 485-494.
- [4] Z. H. Baset et al., 1979, Organic compounds in coal, Structure and origins, In: *Advances in Organic Geochemistry*, 1979, P. 619-639.
- [5] S. R. Larter et al., 1979, Occurrence and significance of prist-1-ene in kerogen pyrolysates, *Nature*, Vol. 279, P. 405-407.
- [6] E. Stenhagen et al., 1974, Registry of mass spectral data, Vol. 1-4, A Wiley-Interscience Publication.
- [7] 吉林化学工业公司研究院, 气相色谱实用手册, 化学工业出版社, 1980年。
- [8] A. Shimoyama and W. D. Johns, 1972, Formation of alkanes from fatty acids in the presence of CaCO_3 , *Geochim. Cosmochim. Acta*, Vol. 36, P. 87-91.
- [9] J. Connan, 1974, Diagenèse naturelle et diagenèse artificielle de la matière organique à éléments végétaux prédominants, In: *Advances in Organic Geochemistry* 1973, P. 73-95.
- [10] B. P. Tissot and D. H. Welte, 1978, *Petroleum formation and occurrence*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- [11] 汪琳才等, 细胞化学, 科学出版社, 1980年。
- [12] G. W. M. 莱吉姆贝契, 1975, 石油的成因, 石油勘探与开发, 石油成因译文集, 1978年增刊。
- [13] 黄第藩, 现代湖泊沉积物中有机质的特征及其地质意义, 地质地球化学, 1981年第五期。
- [14] J. Han et al., 1968, Organic geochemical studies II. A preliminary report on the distribution of aliphatic hydrocarbons in algae, bacteria and a recent lake sediment, *Proc. Nat. Acad. Sci. US*, Vol. 59, P. 29-33.
- [15] W. E. Robison et al., 1965, Changes in Green River oil shale paraffins with depth, *Geochim. Cosmochim. Acta*, Vol. 29, P. 249-258.

COMPOSITIONS OF THE THERMO-
DEGRADATIONAL PRODUCTS
OF OIL SHALE AND LOW RANK COAL KEROGEN
AND THEIR GEOCHEMICAL SIGNIFICANCE

Zhang Dajiang Huang Difan Ge Xiuli Li Jinchao

(Scientific Research Institute for Petroleum
Exploration and Development,
Ministry of Petroleum Industry)

Abstract

This paper deals with the study on kerogen using Py-GC method. Samples were heated to 500°C rapidly and stayed for 10 minutes. All the thermo-degradational products were collected and analysed on a Varian-3700 Gas Chromatograph. The components determined were classified into normal alkane, normal alkene, isoprenoid alkane, isoprenoid alkene and alkyl benzenes (naphthalene) and so on. After analyzing and comparing components of thermo-degradational products of two low rank coal kerogens and two oil shales, reliable informations on the composition of precursors, organic type, maturity and sedimentary environment of organic matter in source rocks study are acquired.