

三元抽提物的地球化学特征

周雷风 王荣福^①

(地质矿产部石油地质中心实验室, 无锡)

三元抽提物系指岩样在氯仿抽提的基础上, 继续用三元溶剂(苯、甲醇、丙酮)抽提, 所得这部分的可溶有机质称为三元抽提物(MAB)。本文主要对该抽提物和重质组份进行讨论, 从而获得对原始有机质更准确、更全面的认识。

最近几年来, 在对我国南方海相碳酸盐岩研究中, 人们发现, 由于高成熟高演化的影响, 以及后期频繁的岩浆活动和构造运动造成沉积岩中有机质大量散失, 一般常规的氯仿抽提方法很难抽提出足够数量的可溶有机质, 以保证各地球化学项目的分析, 从而给生油地球化学研究工作带来了困难。同时, 可溶部分的饱和烃, 由于其稳定性较差, 经历了长期的变化后, 其特征的变化对恢复原始沉积有机质类型时就可能造成失真现象。为了弥补这一不足, 我们设想在常规氯仿抽提的同时, 对部分样品在氯仿抽提的基础上进行三元抽提, 寄于抽出较多的可溶有机质。本文主要对抽提物(MAB)和重质组份进行讨论和研究, 从而获得对原始有机物质更准确、更全面的认识。

所用样品以井下样为主, 少量地表样。主要采自苏南地区和湘西澧5井, 层位主要是二叠系的龙潭组(P_2l)、栖霞组(P_1q)、澧5井三叠系的大冶组等。

一、三元抽提总量及其族组份特征

1. 三元抽提总量及族组份值的统计分布

理论上讲, 三元抽提应较之氯仿抽提有更高的抽提效率。但具体到某一地区、某一层位的单一样品, 由于各种错综复杂因素的综合影响, 使抽提量和族组份有很大的差别。表1统计了五个地区、三个层位MAB区间分布值、平均值以及对应的族组份的平均值。为了便于对比, 将表1相同样品氯仿沥青“A”的分析成果列于表2。总的说来, 三元抽提的量较少, 一般低于氯仿抽提量, 有些样品几乎是微量, 但也有部分样品抽提量较多, 甚至接近于氯仿沥青“A”的量。从表中还可以看出, 同一地区、同一层位的样品抽提量变化很大。龙潭组与其它层位相比, 抽提量明显地高出很多, 苏州东山地区的栖霞组地层, MAB抽提量最低。

对MAB抽提物进行薄层色谱和柱色层分离, 两种分析所得结果基本一致。与氯仿抽提物相比, 饱和烃和芳烃相对含量大量减少(尤其是饱和烃部分), 非烃和沥青质等含N、O、S等杂原子组份的相对丰度增大。苏州东山地区DZK219井的栖霞组地层, 虽然

^①参加本项工作的还有吴心一、戈葆雄、周濂溪、李华东。

氯仿抽提量和三元抽提量都很低,但其烃类含量高,且饱/芳也较高,该地区411井的龙潭组地层正好与此相反。因此,在评价生油岩时应充分考虑这一点。

表 1 不同地区、层位三元抽提量、族组份分析统计表

地 区	层位	样品数	三元抽提区间值 (%)	MAB 平 均 值 (%)	饱 和 烃 (%)	芳 烃 (%)	非 烃 (%)	沥青质 (%)	饱/芳
湘 西	T ₁ d	6	0.2×10^{-3} — 14.7×10^{-3}	5.8×10^{-3}	6.72	6.25	30.20	56.83	1.08
镇 江	P ₁ l	6	0.2×10^{-3} — 57×10^{-3}	16.2×10^{-3}	1.53	8.53	39.42	50.52	0.18
苏州东山	P ₁ l	7	6.8×10^{-3} — 26.7×10^{-3}	14.0×10^{-3}	1.56	11.41	53.30	33.73	0.14
湘 西	P ₁ q	6	3.5×10^{-3} — 18.7×10^{-3}	9.0×10^{-3}	1.90	0.67	52.05	45.38	2.84
苏州东山	P ₁ q	11	0.5×10^{-3} — 1.7×10^{-3}	14×10^{-3}	21.12	15.08	45.58	18.22	1.40
南 京 栖霞山	P ₁ q	5	0.9×10^{-3} — 10.5×10^{-3}	6.7×10^{-3}	5.52	6.84	39.22	48.42	0.81

注:表内所列数据是表2相应一样品在氯仿抽提的基础上继续用三元抽提和分析所得。

表 2 不同地区、层位氯仿沥青“A”、族组份分析统计表

地 区	层位	样品数	氯仿沥青“A” 区 间 值 (%)	“A” 平 均 值 (%)	饱 和 烃 (%)	芳 烃 (%)	非 烃 (%)	沥青质 (%)	饱/芳
湘 西	T ₁ d	6	9.6×10^{-3} — 63.5×10^{-3}	53.7×10^{-3}	43.90	13.50	28.10	14.50	3.25
镇 江	P ₁ l	6	1.8×10^{-3} — 57×10^{-3}	20.0×10^{-3}	7.46	18.36	53.88	20.30	0.41
苏州东山	P ₁ l	7	11×10^{-3} — 43.8×10^{-3}	26.1×10^{-3}	4.98	27.03	44.53	23.46	0.18
湘 西	P ₁ q	6	30.1×10^{-3} — 70.4×10^{-3}	49.2×10^{-3}	34.40	27.22	32.20	6.20	1.26
苏州东山	P ₁ q	11	1.1×10^{-3} — 7.2×10^{-3}	3.8×10^{-3}	48.70	19.20	24.23	7.87	2.54
南 京 栖霞山	P ₁ q	5	1.6×10^{-3} — 11.2×10^{-3}	18.1×10^{-3}	42.60	17.26	29.80	10.34	2.47

2. 影响因素探讨

图1是苏南栖霞组地层MAB抽提量与氯仿沥青“A”含量关系图。从图1可以看出,有一种氯仿沥青“A”含量高三元抽提量也高的趋势。氯仿沥青“A”与MAB的相关系数为0.86,在信度 α 为0.05的条件下,查相关系数检验表,当自由度为9时,大于其对应的临界值0.602,说明了它的可靠性。由此可见,MAB的抽提量与氯仿沥青“A”抽提量密切相关。这一现象的主要原因是:在具有一定的族组成时,氯仿抽提物含量高,其中非

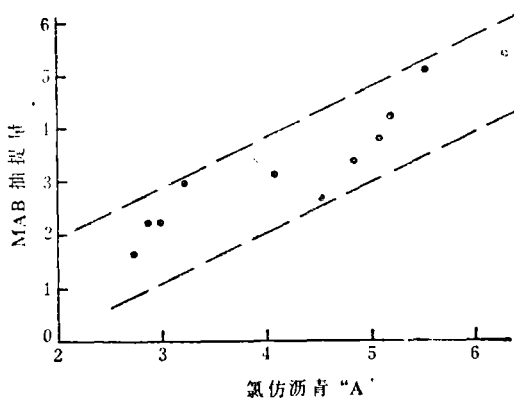


图 1 苏南地区P₁q样品三元抽提量与沥青“A”含量关系图
(双对数坐标)

烃和沥青质组份的绝对含量也高,由于氯仿对杂原子化合物的溶解能力有限,较难溶于氯仿的非烃和沥青质滞留在岩石中也较多,使用三元抽提,就可以将滞留的这一部分非烃和沥青质最大限度地抽提出来,从而使三元抽提的总量也很高。

除了与氯仿沥青“A”的密切关系外,有机碳含量也是影响MAB抽提量的一个重要因素。澧五井样品MAB抽提量随有机碳含量升高也逐渐升高。热演化程度看来也是影响三元抽提量的一个因素。同是栖霞组样品,演化程度高的苏州东山地区($R^0\%$ 为2.05—2.20, H/C 0.39—0.40)抽提量明显低于演化较低的湘西地区($R^0\%$ 1.26—1.39, H/C 0.47—0.61)和南京栖霞地区(H/C 0.75)。

比较MAB抽提量与氯仿沥青“A”量,发现灰岩的MAB/A低于泥质岩类中的比值。其原因可能由于我们这次所选样品,灰岩多数为栖霞组的,属开阔台地相,生源物质以无定形类占多数,而碎屑岩则为龙潭组煤系地层,以木质和煤质为多,也就是说MAB抽提量与生源物质向可溶有机质的转化能力和类型相关;另一个原因可能由于碎屑岩和碳酸盐中有机质的赋存状态不尽相同,泥质岩中有机质主要以吸附状态存在于岩石内,用氯仿和三元溶剂较易萃取;碳酸盐中部份有机质,特别是O、S、N等杂原子化合物可能以晶包有机质和包体有机质存在于碳酸盐矿物的晶格内,目前这种方法难以萃取。

影响三元抽提族组份特征的因素同样与氯仿抽提物之间存在着相互关联。从表1、2中可看出,氯仿抽提物中饱和烃、芳烃相对含量最高的苏州东山P_{1q}地层,在MAB抽提物中同样如此。龙潭组地层的烃类含量在氯仿“A”和三元抽提物中都是最低。显然,这主要是和原始沉积有机物质有关,热演化造成的影响几乎不甚明显。饱和/芳在两类抽提物中存在一种近似正比的关系。从表1中还可看出这样一种趋势,MAB抽提量愈大,族组份中饱和烃含量愈少,如图2以示。而在氯仿抽提物中则不存在这种现象。很明显,这是由于三元抽提增加的量,主要是可溶有机质中的重质杂原子化合物部分,于是造成了抽提量愈高,烃类部分所占的比例愈少的现象。

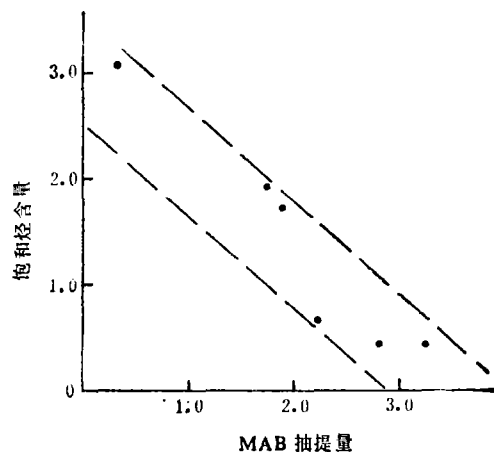


图2 不同地区、层位三元抽提量与族组份中饱和烃含量关系图(双对数坐标)

3. 地化应用探讨

(1) 作为生油岩丰度的评价标志

鉴于三元抽提物与氯仿抽提物之间存在的密切关系,我们认为,三元抽提物同样可以作为生油岩丰度的评价标志,而且,与氯仿抽提物相比,其受热演化的影响相对较小。因此,有可能在高成熟地区更为有效。根据所作的一些相关图,结合其它参数,我们提出如下针对本地区的、以MAB抽提量为依据的生油岩评价标准。如表3所示。必须说明,这一划分标准并没有考虑热演化的影响,演化的不同阶段,界限值应有变化。如果在评价时,

将各种丰度指标诸如有机碳、“A”、热解 $S_1 + S_2$ 等结合使用,并考虑到母质类型和演化程度的影响,效果会更好。

(2) 划分原始母质类型

族组份中的饱/芳常用来作为划分母质类型的指标,腐泥型母质因其主要来源是富含类脂体的水生浮游生物和藻类,可溶有机质中饱和烃含量较高。腐殖型母质,由于高等植物的木质素、纤维素含量丰富,而使芳香烃含量较高。因此,饱/芳高,代表了较好的母质类型,反之则代表

了对生油不太有利的一类。由于前述的沥青“A”饱/芳与MAB饱/芳之间存在的对应关系,同样可以用MAB的饱/芳比来划分母质类型。针对所研究地区的层位和岩样,结合其它划分标准,我们提出如下的划分指标:

饱/芳:	<0.5	腐殖型为主
	$0.5-1.4$	腐殖-腐泥型
	>1.4	腐泥型为主

据此可将湘西澧5井、DZK-219井的 P_1q 地层,看成是以腐泥型为主的母质类型,而澧5井的大冶组以及南京地区的栖霞组地层应属于腐殖-腐泥型母质占优势的地层,典型腐殖型母质地层的代表应是东山411井和镇江地区的 P_2l 组。按这一标准对上述地区和层位母质类型的划分与其它分类指标的划分结果基本能吻合。

二、应用红外光谱法研究三元抽提物

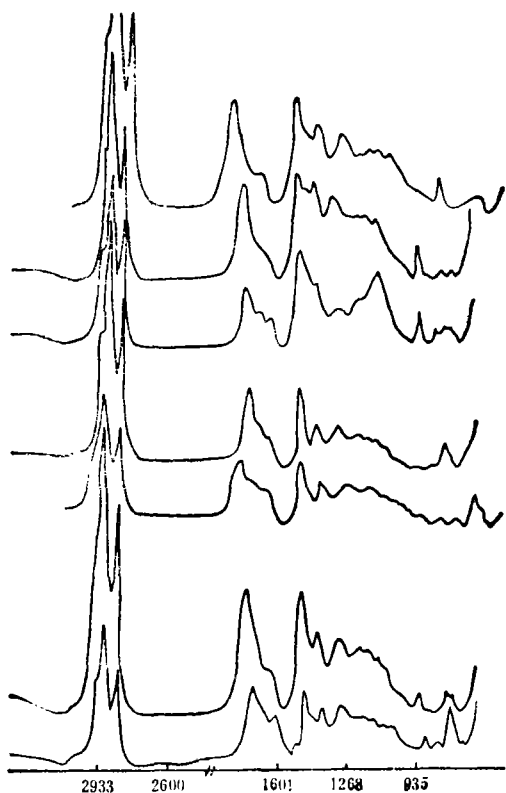
前面所述,主要是从数量上来考虑三元抽提物及其族组份。下面,我们以红外吸收光谱分析结果为基础,从定性的角度,进一步探讨三元抽提物的地化特征。

图3是219井7块从浅到深的栖霞样品的红外光谱图。从图中可以明显地看出,代表甲基(CH_3)、次甲基(CH_2)伸展振动吸收的 2920 、 $2860cm^{-1}$ 峰以及代表甲基(CH_3)、次甲基弯曲振动吸收的 1460 、 $1380cm^{-1}$ 吸收峰相对较强,反映了有较丰富的长链烷烃以及类脂化合物。而与芳香结构有关的 $3030cm^{-1}$ (代表芳核上C—H伸展振动吸收), $1600cm^{-1}$ (代表芳核上共轭双键振动吸收)以及 880 、 810 、 $750cm^{-1}$ 等峰,虽然都出现了,但强度很弱。显然,这组谱图反映的是典型的腐泥型生油岩的特征。典型腐殖型生油岩MAB抽提物的红外光谱特征恰恰与此相反,见图4。该图是411井 P_2l 三块样品MAB抽提物红外光谱图。三张谱图都反映了 2920 、 2860 吸收峰相对强度的急剧降低。由此可见,利用MAB抽提物红外光谱图可以较为准确地判别母质类型,而且与其它资料的吻合程度较好。

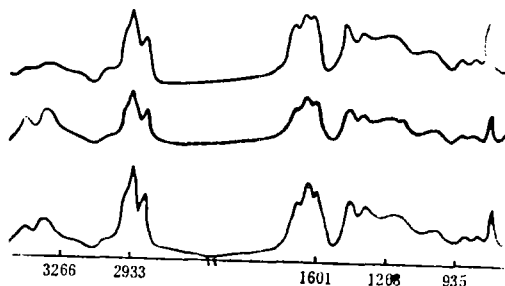
人们常用氯仿“A”及族组份的红外光谱资料研究生油岩演化,当成熟度较低时,可以收到良好的成效,但对于演化程度较高的碳酸盐岩,效果却不是

表 3 生油岩划分标准及评价表

生油岩级别	岩 性	三元抽提量(%)
好生油岩	泥质岩	$>30 \times 10^{-3}$
	碳酸盐岩	$>10 \times 10^{-3}$
较好生油岩	泥质岩	$30 \times 10^{-3} - 10 \times 10^{-3}$
	碳酸盐岩	$10 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-3}$
一般生油岩	泥质岩	$<10 \times 10^{-3}$
	碳酸盐岩	$<5 \times 10^{-3}$



太好。对此,我们尝试用MAB抽提物的红外光谱资料来探讨纵向上由于热演化造成的分子结构基团的变化。从图3中可以看出,单个吸收峰不管是反映脂肪族基团的,或是芳香基团或杂原子基团随深度加深所发生的变化均不太明显。但当我们把反映脂肪族基团的各吸收峰的强度(按照吸收率计算而得)相加,得 Σ 脂,并将反映芳香基团的各吸收峰强度相加,得 Σ 芳,计算两者的比值 Σ 脂/ Σ 芳。如表4所示,219井从浅到深7块样品,随着演化加深, Σ 脂/ Σ 芳有逐渐减少的趋势,反应了在不断地沉积和成岩作用过程中,脂肪链断裂、裂解而芳构

图3 DZK219井样品(P_{1q})三元抽提物红外光谱图图4 DZK411井样品(P_{2l})三元抽提物红外光谱图表4 东山219井不同深度样品 Σ 脂/ Σ 芳值

样品号	DZK219-3	-4	-6	-9	-10	-12	-13
深度(m)	568.30	587.60	621.00	666.00	684.00	758.00	765.50
Σ 脂/ Σ 芳	9.22	9.07	7.98	5.33	4.49	7.93	3.24

化程度加深、芳香环稠合的过程,这与有机质演化成油的理论是一致的。但必须指出,这一结论仅限于生油岩原始母质类型变化不大或基本无变化这一前提下。当原始沉积有机质不同时,该比值就会出现截然不同的变化,例如同一地区411井的龙潭组地层,虽然演化程度低于319井的栖霞组地层, Σ 脂/ Σ 芳却很低,平均仅有1.46,显然这是由于该地的P_{2l}地层沉积于海陆交互的潮坪沼泽环境中,有机质主要来自陆源高等植物,从而使含芳香结构的化合物含量剧增,而不是热演化所造成的。

金坛上黄煤矿的P_{2l}组, Σ 脂/ Σ 芳比值高达10.77,为什么会出现这种反常现象,究其原因,一方面可能是由于其沉积于海相环境中,有机质主要来自于低等水生浮游生物、藻类等。另一方面也可能是由于原始的以腐植型为主的母质在强烈的还原环境和细菌作用下降解为腐泥型所造成的。综上所述,MAB抽提物红外谱图中的 Σ 脂/ Σ 芳比值可

以用来作为判断原始沉积有机质类型的标志,并且效果较好。此外,当一套地层沉积相无变化或变化不大时,还可用来表征热演化所造成的影响。

对三元抽提物的非烃也作了红外光谱分析,与抽提物的红外图谱一样,非烃的红外

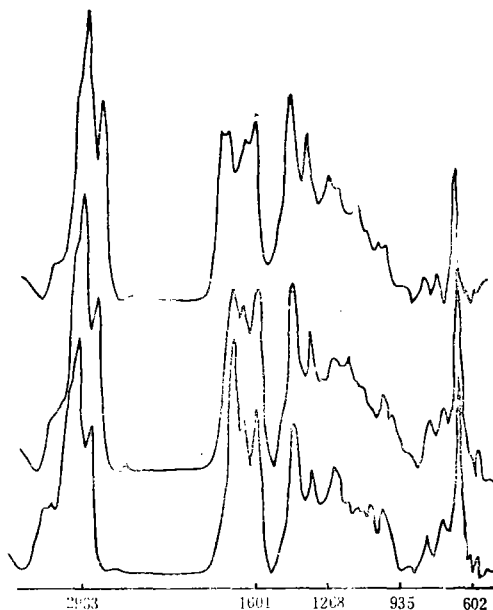


图5 三元抽提物非烃红外光谱图

光谱图同样可用来划分生油岩原始有机质的类型。但非烃的红外光谱最特征之处还在于其反映含醇、酮、醛、酸等杂原子化合物基团中 $C=O$ 基伸展振动吸收的 $1700—1730\text{cm}^{-1}$ 峰相当强,(图5),其吸收率值一般都超过了 1600cm^{-1} 峰的,这说明了非烃部分含有异常丰富的杂原子基团。

从红外谱图上还可以看出三元抽提物各组份与对应的氯仿抽提物各组份之间的相似性,以芳烃的红外谱图为例,三元芳烃谱图与氯仿“*A*”芳烃谱图在谱形上总体相似,所不同的是反映 $C=O$ 基伸展振动的 $1700—1730\text{cm}^{-1}$ 峰、前者明显高于后者,这与其它分析结果一致。

三、三元抽提物的同位素特征

近几年来,稳定碳同位素研究作为一种新的手段,在油气勘探工作中已取得了很大进展。有机地化研究中,已将稳定碳同位素应用于包括沉积环境、有机质类型、演化和油气源岩对比诸方面。三元抽提物及其族组份的 $\delta^{13}\text{C}$ 分析结果表明,同样可以据此来划分母质类型。如图6所示,横坐标是抽提物的碳同位素。从图中可以看出,母质类型较好的栖霞组地层,同位素一般比较轻,都 $\leq -28\%$,龙潭组地层代表了一种以典型腐植型母质为主的地层,一般都 $\geq -26\%$,我们把同位素值在 $-26\%—-28\%$ 之间的上黄煤矿和常州卜弋桥煤矿 P_2 地层看作是位于上述两者之间的过渡型母质。造成三类母质

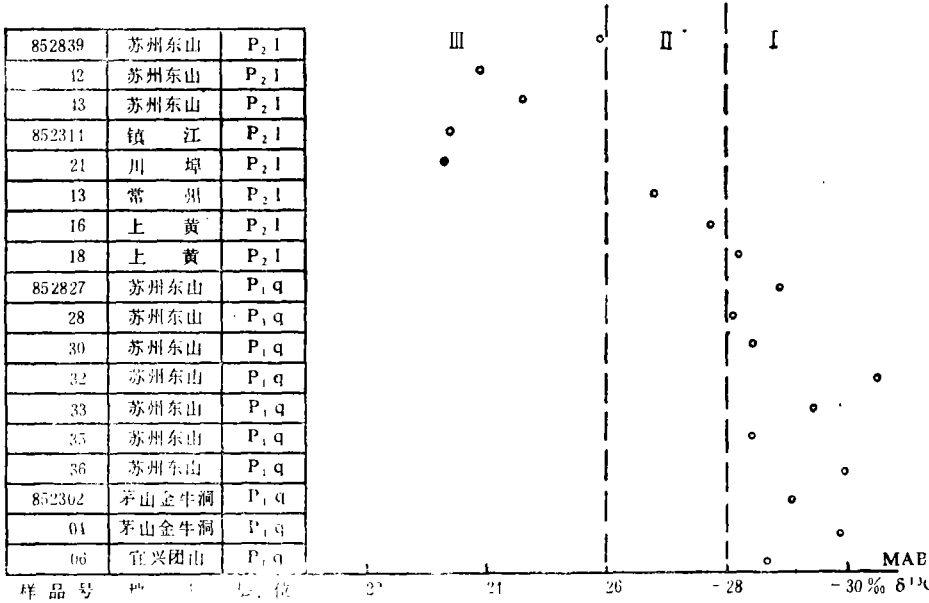


图6 不同地区和层位三元抽提物的碳同位素图

同位素差异的原因主要是由于原始沉积有机质中各类生物分子的碳同位素组成不同并继承下来,造成不同母质类型之间同位素的差异。一般认为,水体沉积环境中的有机物质,富集 ^{12}C ,而以陆源高等植物为主要母源的有机质,富集 ^{13}C ,当热演化过程中同位素的分馏作用所造成的影响在不同类型母质中都假设相同时,腐泥型有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 往往小于腐植型有机质。上图中还出现同样是龙潭组地层,同位素所反映出的母质类型的差异较大。红外谱图中也出现了类似的现象,并且作了一些推测。这里除了前述的原因之外,可能还与演化程度有关。因为从表5中可以看出,这两个地方 P_2l 地层的镜质体反射率明显地大于其它地区相同层位的地层。

抽提物同位素划分原始母质类型与用于酪根进行划分结果是基本一致的。绝大多数样品抽提物的同位素都轻于酪根的同位素(见表5)这符合石油生成的化学动力学和同位素分馏原理。两者之间存在一个较明显的正比关系。如图7所示,该图中把以腐植型为主的龙潭组和以腐泥型为主的栖霞组明显地区分开了,而且看来干酪根同位素与抽提物同位素结合使用,效果更好。因为如果只按照干酪根同位素,势必将上黄煤矿的 P_2l 地

表5 不同地区、层位 $\text{R}^\circ\%$ 同位素统计表

地 区	苏州东山	镇江东风煤矿	宜兴川埠煤矿	常州卜义桥	金坛上黄煤矿	宜兴团山	苏州东山
层 位	P_2l	P_2l	P_2l	P_2l	P_2l	P_1q	P_1q
$\text{R}^\circ\%$	0.69—0.91	0.95	0.95	2.05	2.5	0.92	2.05—2.20
干 酪 根 碳同位素	-23.88	-21.98	-23.88	-22.15	-24.24	-28.98	-28.69
三 元 抽 提 物 碳同位素	-24.65	-23.39	-23.27	-26.73	-27.91	-28.75	-29.13

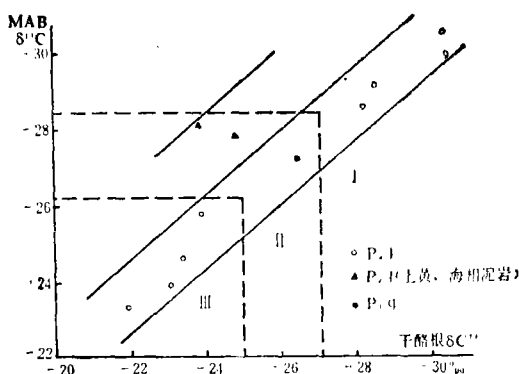


图7 干酪根同位素与抽提物同位素共同划分母质类型图

层划为腐植型,但事实上,如前所述,该地龙潭组采样的这一层段沉积于海侵时期,以及强烈的还原环境和细菌作用,使母质类型偏好。看来通常人们认为较为有效的干酪根同位素划分母质类型,存在一定的局限性,尤其是对于那些遭受过降解作用后使母质类型发生过变化的样品。将此与三元抽提物同位素资料联用,可以弥补这一不足。

我们用抽提物同位素对有机质类型的判别,与其它分析资料如干酪根镜下鉴定、扫描电镜以及煤岩显微组份,荧光薄片等的结果基本上一致,进一步说明了这一方法的可靠性。

通常存在于干酪根及沥青“A”族组份之间的特征的碳同位素类型曲线,在三元抽提物中并不明显。除了干酪根同位素一般略重于各组份的同位素这一点之外,统计结果表明,各组份之间同位素变化无一定规律。造成这一现象的原因主要还是演化程度深所致。因为随着演化程度加深,进入凝析油、湿气阶段以后,不断从饱和烃中裂解出富含轻同位素的甲烷,而残留下来的饱和烃同位素变重,造成了族组份同位素与低成熟阶段常见的碳同位素类型曲线不相符合的性质。

四、三元抽提沥青质的核磁共振研究

沥青质作为可溶有机质的重质组份,由于其在热演化过程中相对比较稳定,加强对其他地球化学特征的研究,对于探索母源成份,热演化程度有着重要的意义。为此,我们试图用核磁共振技术来研究三元抽提物的沥青质。这方面的工作国外开展得比较多,国内研究甚少,且所用样品大都成熟度较低。我们这次作了三块氯仿沥青的沥青质和对应的三块三元沥青质的¹H谱核磁共振分析,其谱图如图8所示。图中氢质子的化学位移和其吸收峰的面积与氢质子所在的官能团的种类、所处的化学环境以及相应基团中的氢原子数有关,因此,通过测定各类氢质子的分布,可以判断脂肪结构部分与芳香结构部分所占的相对比例,从而可以评价有机质类型及生油潜力。

一般情况下,谱图上化学位移大于7.05ppm,以双环或多环芳氢为主(H_a^d); 7.05—6.20主要反映的是单环芳氢(H_a^m); 4.00—1.95ppm主要表示的是芳香环 α 位

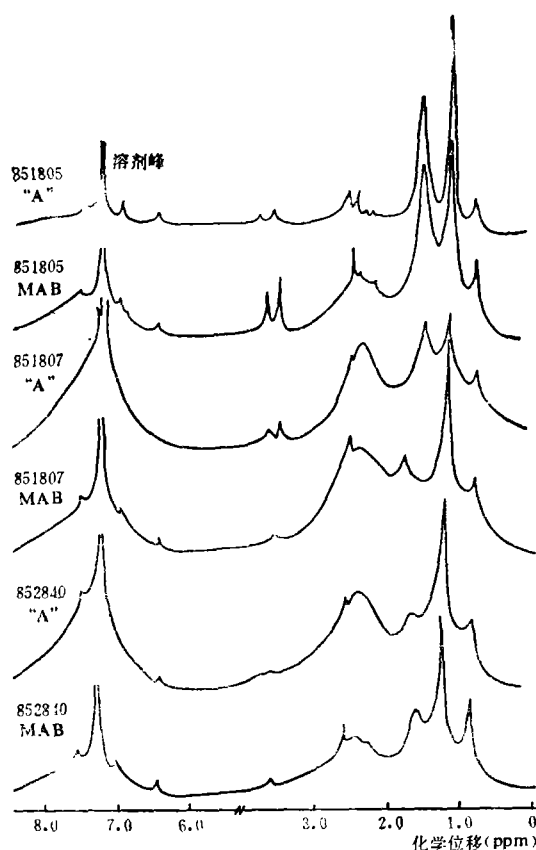


图8 沥青质核磁共振谱图

上饱和基团中的氢 (H_α)；1.95—1.00ppm为饱和烷次甲基以及环烷环上的氢，芳香环 β 位或环烷的 β 位甲基氢 (H_β)；1.00—0.5ppm为饱和烷甲基氢或芳环上位 γ 以上的甲基氢 (H_γ)。我们在具体计算各吸收峰的相对百分含量时，并没有完全按照这一划分标准，因为仪器性能分析条件以及样品本身的复杂性会造成各种偏移，因此要根据实际情况作一些校正。

各区域面积的计算是依据累加积分面积曲线的高差而得到。求出相对百分含量后，再结合元素分析资料，计算出芳香度等参数（表6）。计算公式如下：

$$\Sigma \text{芳环氢} = H_a^d + H_a^m$$

$$\Sigma \text{脂链氢} = H_\alpha + H_\beta + H_\gamma$$

$$\text{每个取代烷基的平均碳数: } n = \frac{H_\alpha + H_\beta + H_\gamma}{H_2}$$

$$\text{烷基上的平均碳氢重量比 } f = \frac{12n}{(3-Z)n + Z} \quad (Z = 1.15)$$

$$\text{烷基碳的重量\% } C_s = f(H_\alpha + H_\beta + H_\gamma)$$

$$\text{芳环碳的重量\% } C_a = C - C_s \quad (C \text{ 元素分析结果})$$

芳香度 = C_a/C

从图8和表6中总结出如下几点看法:

表 6 核 磁 共 振 参 数 表

样品号	层 位	各 吸 收 峰 百 分 含 量 %					Σ 芳/ Σ 氢 %	Σ 脂链氢 %	Σ 芳/ Σ 脂	芳香度	$H\beta + H\gamma$ %
		H_a^d	H_a^m	H_α	H_β	H_γ					
851805 (A)	P _{1q}	21.66	2.37	18.99	51.63	5.34	24.03	75.96	0.32	0.37	56.97
851805 (MAB)	"	20.44	5.75	29.39	38.02	6.39	26.19	73.80	0.35	0.43	44.41
851807 (A)	"	28.42	10.00	28.42	26.58	6.58	38.42	61.58	0.62	0.73	33.16
851807 (MAB)	"	19.02	9.23	37.50	27.17	7.07	28.25	71.74	0.39	0.63	34.24
852840 (A)	P _{2l}	32.53	8.00	29.87	24.53	5.07	40.71	59.29	0.69	0.91	29.87
852840 (MAB)	"	28.38	7.88	29.85	24.58	9.30	30.26	63.73	0.56	0.89	33.88

1) 所有谱图都明显地分成两部分, 左侧位移较大的区域代表与芳核直接相连的氢, 右侧位移较小的区域代表的是与芳核相联的烷基、环烷上的氢、饱和的甲基、次甲基 α 、 β 、 γ 位上的氢。这说明了组成沥青质的分子以芳环骨架为主, 但这种芳环结构和族组份中的芳烃不一样, 因为前者芳环上具有较长的取代基, 并且含有大量的杂原子, 芳核与芳核之间由短的石蜡基连接, 并被烷基和环烷基所包围, 而后者只是简单的多环或单环芳烃。

2) 核磁共振谱图可用来判断母质类型, 从表6中可以很明显地看出这一点。我们提出芳环氢与脂链氢的比值(Σ 芳/ Σ 脂)作为衡量母质类型的一个标志, 以腐泥型为主的P_{1q}地层, Σ 芳/ Σ 脂不管是在氯仿沥青“A”还是在三元中都低于以腐植型为主的龙潭组地层, 这显然是由于母源输入物的不同所引起的。至于同是栖霞组的851805、851807两块样品, Σ 芳/ Σ 脂后者大于前者, 可能除了原始沉积有机质的差别之外, 还有演化程度不一致的原因。

3) 芳香度是总碳中芳香碳所占的比例, 常用来反映成熟度的变化。但从我们的资料可以看出, 芳香度主要还是受母质类型的影响, P_{2l}地层的芳香度为0.91—0.89, 而P_{1q}平均只有0.54, 但当原始沉积有机质、沉积环境变化不大时, 芳香度可以反映热演化所造成的影响, 随着演化加深, 芳核的稠程度加大, 芳香度随之增加, 表中两块栖霞样品, 浅处样品的芳香度低于埋藏较深的样品的。

4) $H\beta + H\gamma$ 的相对丰度也许比核磁共振分析中的其它指标更能反映有机质对生油有利与否, 因为 $H\beta$ 、 $H\gamma$ 主要是代表了一些长链的饱和烃甲基、次甲基, $H\beta$ 、 $H\gamma$ 含量越高, 则组成沥青质的有机分子中脂肪链取代基越长, 对生成液态烃是有利的。相比之下, α 位上的氢质子其意义就不如 β 位和 γ 位的了。因此, 我们提出 $H\beta + H\gamma$ %这一新指标来评价生油岩。从表中可以看出, 栖霞组地层的 $H\beta + H\gamma$ %高于龙潭组的, 说明了其生油条件较优。据此指标又可以认为样品851805的有机质质量优于样品851807。这一结论可以从其它分析资料中得到进一步验证。

5) 三元抽提与氯仿抽提物相比, 核磁共振的分析结果总体说来是相似的, 不管 是

定性地看谱峰形态，还是定量计算所得的 Σ 芳/ Σ 脂、芳香度以及 $H\beta + H\gamma$ %区别主要在下面两点：（1）多环芳氢相对丰度降低，单环芳氢变化不大；（2） α 位上氢含量明显升高，尤其是在栖霞组地层中。造成这种差异的原因还不太清楚，有待于进一步探索。

由于我们研究中所作样品的数量不多，不能肯定这些现象和规律带有普遍性，仅供参考。

结 语

总结前面四个部分的内容，可以看出，利用三元抽提物及其族组份的各项分析资料，可以评价生油岩丰度、类型、成熟度，尤其是对于生油岩母质类型的划分，更有其独到之处。与氯仿抽提物相比，由于其较高的抽提效率及在演化过程中的相对稳定性，因此，高演化阶段，使用三元抽提物，更能较为准确地、全面地把握生油岩中原始沉积有机质的本来面目。

本文中提出了以三元抽提量和族组份饱/芳为指标的生油岩丰度和类型评价标准。对控制三元抽提量和族组份特征的地质、地化因素，以实际资料为依据，从理论上进行了阐述。对抽提物红外光谱定性、定量的研究，揭示了两类母质在分子结构基团上的差异，发现了随演化加深， Σ 脂/ Σ 芳的变化规律。本文还成功地运用了抽提物同位素及其与干酪根同位素结合来划分母质类型，结果表明了比单独使用干酪根同位素可靠性要高。通过核磁共振研究，对芳香度的地化意义有了新的认识，并结合实际提出了新的评价生油岩优劣的标准— $H\beta + H\gamma$ %，认为该指标比核磁共振中的其它指标更有效。

总之，我们的初步研究表明，三元抽提，可以提供一些新的指标和信息，尤其是在演化程度较高的地区和层位。为此，我们建议，今后的地化研究中，在氯仿抽提的同时，可以适当的搞一些三元抽提作为辅助项目。但必须看到，三元抽提有其本身固有的缺陷，比如试剂毒性较大、成本较高等，这一切都影响了其大规模推广和应用。

我们的研究工作仅仅是刚刚开始，对三元抽提物地化特征的认识还不是很全面。但我们相信，随着研究程度的不断深入以及抽提方法的进一步改进，三元抽提将会在生油地化研究中显示出越来越大的作用。

（收稿日期：1989年1月28日）

参 考 文 献

- 〔1〕程克明等，沥青质的地球化学性质及其对母岩有机质的分类意义，石油勘探与开发，1985年3期。
- 〔2〕J.Ward smith, et al, NMR: A Technique for Direct Nondestructive Evaluation of source—Rock Potential, AAPG, V.66, No.9 (Sept 1982).
- 〔3〕N.S.Bhacca et al., 1962, NMR Spectra Catalog.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF TERNARY EXTRACTS

Zhou Leifeng

Wang Rongfu

(Central Laboratory of Petroleum Geology, MGMR)

Abstract

Ternary extracts refer to those soluble organic matters resulted from continuous extraction with ternary solutions (benzene, methanol, acetone) after a rock sample being extracted with chloroform. The authors mainly discuss about these extracts and heavy components, thereby to get a more precise and complete understanding of the primary organic matters.

西蒙·布拉塞博士来锡讲学

美国斯坦福大学地质系有机地球化学专家西蒙·布拉塞博士和张之孟博士应邀于9月19日到无锡进行讲学和访问。

在锡期间，外宾和地矿部石油地质中心实验室的有关专家学者，以《塔里木盆地东北地区原油的性质及其成因类型》为题，对有机质的沉积环境、原油的地质年代、油源对比、原油沥青质的结构特征等问题进行了学术报告和座谈。

(江其勤)