

关于生物气研究中几个理论 及方法问题的研究

陈英 戴金星 戚厚发

(中国石油天然气总公司石油勘探开发科学研究院, 北京 100083)

本文主要对国内外生物气研究中存在的几个理论及方法问题进行讨论。作者认为,自然界生物气的形成途径(CO_2 还原作用或乙酸作用形成甲烷)主要取决于沉积环境、埋藏深度、气候及地质年龄等多种因素的综合作用,生物气的鉴别 $\delta^{13}\text{C} < -55\%$ 和 $\text{C}_2 < 0.5\%$ 是很有代表性的指标。对于生物气源岩的有机质类型的分析、划分和评价,作者认为不能完全沿用油气地质研究中的传统概念和方法。

关键词 生物气 形成机制 鉴别指标 有机质类型

第一作者简介 陈英女 37岁 工程师 煤田、油气地质

生物气是指在还原环境的生物化学作用带内(或成岩作用早期),沉积岩(物)中的有机质经微生物群体的发酵(或合成)作用而形成的以甲烷为主的气体,其中含有部分二氧化碳、少量氮气及其它微量组份的气体。

生物气是一种重要的能源。据统计,世界累计探明的生物气储量达 $15.5 \times 10^{12} \text{m}^3$, 占世界天然气总储量($72.37 \times 10^{12} \text{m}^3$, 1979)的 21.3%, 估计加上未发现的, 可达 25% 左右(陈荣书, 1989); 在我国, 据 19 个盆地预测生物气资源量共 $2.66 \times 10^{12} \sim 2.95 \times 10^{12} \text{m}^3$, 占全国天然气资源总量的 7%(谢秋元, 1991)。显然, 生物气不仅显示出不容忽视的巨大资源潜力, 同时其本身所具有的地质分布广泛、埋藏深度较浅、地质上易于预测、勘探开发成本低等诸多有利因素, 吸引了世界各国天然气地质学家们的兴趣。由此使得起步相对较晚的生物气研究, 在不长的时期内就在成气机理、鉴别标志、影响其生成的因素、成藏条件和资源潜力等方面的科学实验与研究取得了引人注目的成果。然而, 生物气研究毕竟还是一个较新的研究领域, 目前学术界对生物气的形成理论、鉴别标志诸方面还存在着许多争议, 对生物气气源岩的评价也还没有一套公认的、可行的方案。笔者仅据近十几年来国内外学者的研究成果及对浙江省沿海平原区全新统浅层生物气研究中所获得的体验, 对几个生物气研究理论及研究方法方面的问题进行探讨。

1 鉴别生物气的主要地球化学指标

甲烷的碳同位素组成($\delta^{13}\text{C}_1$)和重烃气组份含量($\text{C}_{2+3}\%$)是目前国内外学者普遍采用的鉴别生物气的主要地球化学指标。然而, 由于生物气与热成因气的混合作用、细菌的氧化降解作用以及气体运移过程中的同位素分馏作用等多种次生因素的影响, 均会导致生物气中甲烷的碳同位素变重, 从而使得很难确定一个广为适用的生物气与热成因气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 分界值。70 年代以来, 国内外众多学者作了大量的探索性工作, 各自提出了生物气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 下

限值标准(表1)。

表1 国内外部分学者鉴别生物气的主要地球化学指标

生物成因气的鉴别指标		资料来源	生物成因气的鉴别指标		资料来源
$\delta^{13}C_1$ (‰)	C_2^+ (%)		$\delta^{13}C_1$ (‰)	C_2^+ (%)	
<-55		Alekseyev(1974)	<-55		王启军等(1988)
<-55		И. В. Высочкин(1979)	<-55	<1~2	张厚福(1989)
<-55		J. M. Hunt(1979)	<-55		沈平、徐永昌(1991)
<-55		W. J. Stahl(1979)	<-58		A. N. Fuex(1977)
<-55	微量	D. D. Rice(1981)	<-58		Cayey(1979)
<-55		张义纲(1983)	<-60		Jenden & Kaplan(1986)
<-55		张子枢(1984)	<-60	<0.2	陈荣书等(1989)
<-55		B. P. Tissot(1986)	<-50		E. N. Tiyatsov(1979)
<-55	<0.5	戴金星等(1986)	<-50		Л. М. Зорокин(1979)
<-55		J. D. Grace(1986)	<-64	<0.2	M. Schoell(1980)
<-55	$10^{-3} \sim 10^{-2}$	包茨等(1988)	<-70		G. J. Donald(1983)

由该表可看出,大多数学者都应用 $\delta^{13}C_1 < -55\%$ 作为生物气与热成因气的碳同位素特征分界值。持这种观点者以 D. D. Rice 教授或戴金星教授为典型代表。Rice 教授(1981)通过对世界上数十个国家的生物成因气的地球化学特征的研究,认为由于生物气原始 CO_2 或残余 CO_2 的同位素组成效应和热成因气的混入,以生物成因为主的甲烷碳同位素组成的绝对下限值实际上是很难确定的。但为了对古代气藏进行分类,可以采用一个经验的较低的 $\delta^{13}C_1$ 值(即 -55%),大多数生物气的甲烷碳同位素值都比 -55% 轻, $\delta^{13}C_1$ 重达 -45% 者是由于生物甲烷在近地表处遭受了细菌的氧化作用。同样, J. M. Hunt 也认为,正常生物成因甲烷的 $\delta^{13}C_1$ 值变化约为 $-55 \sim -75\%$ 。Jhon, D. Grace 也以 -55% 作为生物气 $\delta^{13}C_1$ 下限,同时又指出,某种气的 $\delta^{13}C_1$ 值即使是轻于 -58% ,也未必完全是生物成因的,因为天然气在运移过程中的同位素分馏作用可使浅成热成因气中富集 C^{12} ,从而使得 $\delta^{13}C_1$ 变轻。这种运移过程中的同位素分馏作用可造成 $\delta^{13}C_1$ 值约 -10% 左右的偏差。我国学者包茨等认为,生物气的 $\delta^{13}C_1$ 范围为 $-55 \sim -100\%$,多数在 $-60 \sim -80\%$ 左右,在有热解气混入或厌氧条件下可使甲烷的碳同位素组成变重。沈平、徐永昌等也提出,可将生物成因气与生物-热催化过渡带气的 $\delta^{13}C_1$ 界限暂定为 -55% ,也可以划得更轻一些,特别是对于那些与煤型气有关的生物成因气,将其 $\delta^{13}C_1$ 值定在 -60% 可能更为合适,这种差异可能反映了甲烷的碳同位素组成与成气母质之间的密切关系。

M. Scholl 则持生物成因气的甲烷碳同位素下限值为 -64% 的观点。他认为在生物甲烷未遭受细菌化等次生因素影响的情况下,纯生物成因气体的 $\delta^{13}C_1$ 值小于 -64% ,几乎所有的贫含乙烷以上的生物气的 $\delta^{13}C_1$ 值均在这个数值范围内。同时还提出甲烷 $\delta D = -190\%$ 可作为区别陆相生物气 ($\delta D_1 < -190\%$) 和海相生物气 ($\delta D_2 > -190\%$) 的鉴别标准。

W. J. Stahl 在对世界上不同地区不同沉积盆地的约500个天然气样的分析数据进行研究的基础上发现,研究区域内的海相生物成因气的同位素成分具有惊人的一致性。它们的 $\delta^{13}C_1$ 值都在 $-60 \sim -70\%$ 之间,甲烷的 δD 值为 $-170 \sim -190\%$;淡水环境中生成的生物甲烷的 $\delta^{13}C_1$ 值则偏重,为 $-60 \sim -40\%$;在一些特殊环境中,如果生成生物甲烷的沉积物的孔隙空间中的 CO_2 已富集了 C^{13} ,其 $\delta^{13}C_1$ 值则可能变重。

陈荣书认为,生物气的 $\delta^{13}C_1$ 下限值应为 -60% ,其值域一般在 $-60 \sim -85\%$ 之间,最低为 -90% 。有的生物成因气因受微生物降解作用的影响或深部热解成因气的加入,其 $\delta^{13}C_1$ 值可重达 $-45 \sim -50\%$ 。他还提出:不同沉积环境所形成的生物气具有不同的 $\delta^{13}C_1$ 下限值,现代海洋沉积物所形成的生物气的 $\delta^{13}C_1$ 值轻于或等于 -60% ,而湖沼生物成因气的 $\delta^{13}C_1$ 值一般轻于 -50% 。

迄今为止,认为生物成因气的 $\delta^{13}C_1$ 下限值为 -50% 的学者为数甚少,E. N. Tiratsiv 和 Л. М. Зорькин 等是其代表。

各国学者对鉴别生物成因气的 C_2^+ 含量下限的划分标准也不相同。如 Rice 提出生物气中 C_2^+ 的含量虽然甚微,但有时也可高达 2% ;Schoell 和陈荣书等认为生物气中的含量一般小于 0.2% ;Whiticar 等则提出生物气中 C_2^+ 的含量一般不超过 1% 。

戴金星教授于1989年通过研究我国生物气的气组份及同位素组成特征时,提出以 $\delta^{13}C_1 < -55\%$ 和 $C_2^+ < 0.5\%$ 作为鉴别生物气的主要地化指标。最近,我们又对我国产自松辽盆地、柴达木盆地、渤海湾盆地、苏北盆地、二连盆地和鄂尔多斯盆地的生物气藏以及产自江苏、云南、浙江、安徽、上海等地的浅井、池塘和地表气苗中烷烃组份的碳同位素组成及分布特征,包括 $\delta^{13}C_1 < -55\%$ 的天然气(生物气和部分亚生物气)中重烃气与 $\delta^{13}C_{1-3}$ 的相关性及 $\delta^{13}C_2$ 与 $\delta^{13}C_3$ 的相关性,作了进一步的深入研究。研究发现,我国绝大多数生物气中,不仅甲烷的 $\delta^{13}C$ 值都轻于 -55% 、乙烷以上的重烃含量均 $< 0.5\%$,而且这些生物气与那些 $\delta^{13}C_1 < -55\%$ 、 $C_2^+ > 0.5\%$ 的亚生物气,在 $\delta^{13}C_{1-3}$ 与 C_2^+ 相关性和 $\delta^{13}C_2$ 与 $\delta^{13}C_3$ 相关性的图解都表现出明显不同的特征(图1、图2)。这一研究成果的证据进一步说明, $\delta^{13}C_1 <$

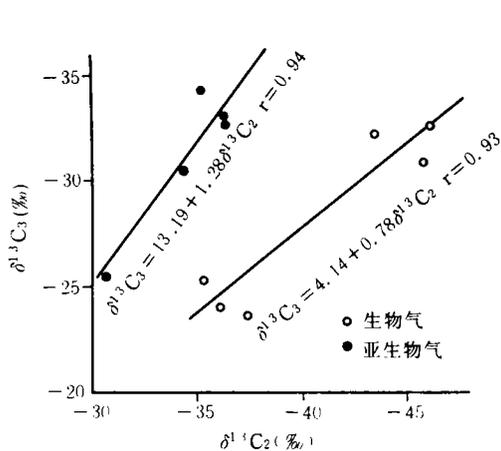


图1 我国生物气和亚生物气的 $\delta^{13}C_2$ 与 $\delta^{13}C_3$ 关系图
(据戴金星等,1993)

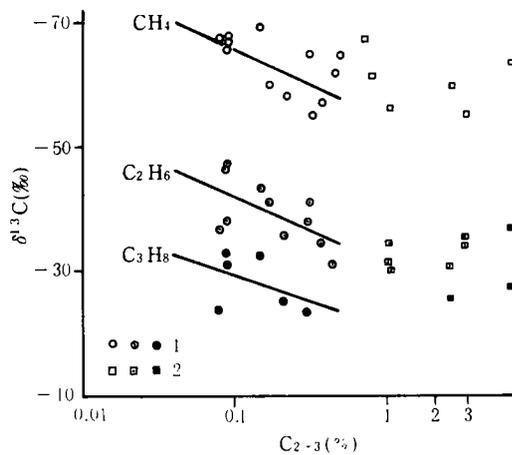


图2 我国生物气与部分亚生物气的 $\delta^{13}C$ 与 $\delta^{13}C_{2-3}$ 关系图解
(据戴金星等,1993)

-55‰和 $C_2^- < 0.5\%$ 这组指标客观地反映了我国生物气的 $\delta^{13}C_1$ 及组份特征,是很有代表性的生物气鉴别指标。

研究中还发现,原生生物气与亚生物气相比,不仅两种气的 $\delta^{13}C_1$ 与 C_2^- 含量的相关性、 $\delta^{13}C_2$ 与 $\delta^{13}C_3$ 之间的相关性均具有明显不同的特征,而且,生物气与亚生物气的 $\delta^{13}C_2$ 与 $\delta^{13}C_3$ 的差值也明显有别。前者之差值多小于 -10‰,后者之差值则多大于 -5‰。据此,可将 $\delta^{13}C_2$ 与 $\delta^{13}C_3$ 差值 $< -10‰$ 作为鉴别生物气的一项新指标(戴金星、陈英,1993)。

由上可知,生物气的鉴别理论已突破了选择经验鉴别值的阶段,而上升到了能反映生物气内在成因实质的层次,这是生物气的鉴别研究已走向成熟的标志,也为今后生物气研究的深入进行奠定了扎实的科学理论基础。

2 生物气形成机制有关问题

自然界生物气的形成途径主要有两种,即乙酸的发酵($CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$)和 CO_2 的还原($CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$)。

W. J. Whiticar 等通过对世界上产自多种不同环境中(如淡水湖泊、淡水沼泽、冰积物、海岸沼泽、浅海及深海沉积物、生物气田、实验室细菌发酵实验等)的生物气的二百余个气样及其伴生 CO_2 气和地层水的碳氢同位素组成的系统分析和研究,作出了鉴别上述两种不同成气途径的生物气的图版,并指出生物气的形成途径与沉积环境密切相关。不同沉积环境中形成的生物甲烷的碳同位素组成有不同的分布范围。海相环境中的生物甲烷以 CO_2 还原作用为主要形成机制,生成的甲烷之 $\delta^{13}C_1$ 平均值为 -68‰;淡水环境中的生物甲烷则主要由乙酸发酵作用而形成,其碳同位素组成比海相环境中所形成的偏重,平均值为 -59‰。两种不同环境中所形成的甲烷之 $\delta^{13}C_1$ 分界值可大致划在 -60‰。

W. J. Whiticar 提出的上述生物甲烷的主要形成机制和碳同位素组成可能具有一定的代表性。如浙江沿海平原和上海地区产于全新统海相和海陆过渡相地层中的浅层生物气就是 CO_2 还原作用的产物,且浅层气的 $\delta^{13}C_1$ 值都轻于 -66‰^①。然而, CO_2 还原形成甲烷作用显然并不仅仅局限在海相环境中进行。例如美国 Illinps 更新世冰积物淡水环境中的生物气也是经 CO_2 还原作用形成的(Denniis D. Coleman et al., 1988);我国柴达木盆地东部第四系形成于咸水-半咸水湖环境中的生物气也表现出了以 CO_2 还原为主要成气机制的碳氢同位素组成特征^②。这就说明, CO_2 还原作用也可以是陆相淡水及陆相咸水-半咸水环境中生物甲烷的主要形成途径。

淡水环境中的生物气主要以乙酸发酵作用形成的结论也尚需斟酌。因为,Whiticar 所研究的那些用于代表淡水环境中形成的生物气样的是在近地表的极浅部位产生的,所以“淡水环境中以乙酸发酵为生物甲烷的主要形成途径”的结论对于产自地下较深处的陆相环境中形成的生物气可能不太适用。如 Risatti(1977)对美国 Illinois 州 Lake County, Volo 沼泽中的生物气的研究发现,该地生物气的成气途径随埋深的增加而发生了由乙酸发酵形成甲烷到 CO_2 还原形成甲烷的转变。虽然对生物气形成途径随深度转变的机制还不清楚,但学者们

① 陈英,浙江沿海平原第四系全新统浅层生物气及气源岩的有机地球化学研究(硕士毕业论文),1993

一致认为,深度对生物气形成途径的影响实质上可能反映了地质年龄、生气温度及和微生物等因素对生物气形成的作用的综合影响。即随埋藏深度的增大(地质年龄的增大)和形成甲烷作用的同时,有机质本身的组份也不断地发生着改变,乙酸母源逐渐枯竭,逐渐地被 CO_2 还原作用所替代(Ricchiuto et al., 1983; Rashid et al., 1977)。

Martens等(1986)和Burke等(1988)的研究还指出,生物甲烷的形成途径明显地受季节因素的影响,在夏季和温度较高的沉积物中,生物甲烷主要以乙酸发酵的方式形成,而在冬季和温度较低的沉积物中,则以 CO_2 还原生甲烷作用占优势。

Jenden和Kaplan(1976)以及Coleman(1988)等都认为,地质年龄对生物气形成途径的影响效应主要表现在“如果事实的确象目前研究所发现得那样,即乙酸发酵作用主要是年轻的近代沉积物中形成甲烷作用的成气途径,那么就可以推测,这些在地表极浅部位由乙酸发酵作用形成的甲烷都早已逸散到了大气中,不可能在地层的较深部位聚集起来,从而使得目前所发现的生物气都很相似,都表现出了以 CO_2 还原作用为主要成气途径的碳同位素组成特征”。

上述研究成果表明,生物气的形成途径取决于沉积环境、埋藏深度、气候及地质年龄等多种因素的综合作用,显然不能用一种简单的模式予以解释。

与外国学者们所取得的成果相比,我国在生物气形成方面的研究还存在着相当大的差距,也有待于今后研究工作的尽快弥补。

3 有利于形成生物气的有机质类型

关于有利的生物气成气母质的类型问题,有关学者还存在着一定分歧。

沼气发酵微生物学及近年来的生物气模拟实验研究成果都表明,在微生物作用于有机质形成甲烷的过程中,主要利用有机质中的脂类、蛋白质、纤维素、半纤维素、糖等可溶性有机物(统称为细菌可降解物)作为营养基质。而木质素及高度缩合的腐殖酸、干酪根等则是细菌降难以利用的物质。草本植物、菌孢子和藻类等水生生物以及咸水-盐湖环境的水溶性物质有利于造就高产率。各类有机物产甲烷的能力依次为脂类 > 蛋白质 > 碳水化合物(陈安定, 1991)。

张洪年、连莉文等^①通过对具有Ⅰ型和Ⅲ型干酪根的海相、湖相及沼泽相沉积物的生物气模拟实验研究,认为有机质含量丰富、有机质组成中有较多的蛋白质和类脂化合物的Ⅰ型干酪根湖相泥岩具最大的生气潜力($90\text{m}^3/\text{t}\cdot\text{岩石}$),是较为理想的生物气气源岩;有机质含量较低、有机质组成以碳水化合物为主的Ⅲ型干酪根湖相及海相泥质沉积物的生气潜力较低,生气率约 $20\sim 40\text{m}^3/\text{t}\cdot\text{岩石}$,属中~差的生物气气源岩;Ⅱ型干酪根的沼泽相泥炭和碳质泥岩虽然有机质含丰富,但其有机组份中很难被微生物降解的木质素和粗纤维含量很高,所以其单位有机质的产所率并不为很高。同时,又由于含有机质 $10\sim 20\%$ 的岩石、碳质泥岩和泥岩等岩类对甲烷的吸附容量,比含有机质 3% 以下岩石的吸着容量大10倍以上,因此,泥炭和碳质泥岩所生成的生化气将大部分被岩石本身所吸附。该项研究成果说明,Ⅰ型有机质比

① 地矿部石油地质研究所,1989,“七五”国家重点科技攻关项目“生物气模拟实验及地质应用”研究成果报告。

Ⅲ型有机质更有利于形成生物气,在Ⅲ型有机质中,富木本植物生源者不利于生物气的形成。

张义纲、包茨等认为产甲烷菌在代谢过程中主要利用CO₂和乙酸作为生存的能源和碳源。这两种物质除部分来自蛋白质外,主要来自碳水化合物,而脂类和木质素都难于降解。因此,可作为产甲烷菌营养来源的有机质成分主要是纤维素、半纤维素、糖类、淀粉等,这些物质主要存在于草本腐殖型有机质中,而在木本腐殖型有机质中的数量较少。总之,半腐殖型和草本腐殖型有机质是形成生物气的主要母质(张义纲等,1983;包茨等,1988)。

M. A. Rashid 和 G. Vilks(1977)在对加拿大全新世盆地年轻沉积物中所形成的生物甲烷的研究中发现,生物甲烷的产率与有机碳含量之间并无必然的联系,富含陆源有机质的沉积物更有利于生物甲烷的大量形成。但他们同时指出,上述结论尚需进一步研究予以认证。因为,产甲烷菌与其它厌氧菌更容易利用海相腐泥型有机质中那些含有机组成较简单的组份。

笔者认为自然界中甲烷的产率,在水生草本植物茂盛的地区和有陆源草本植物供给的地区要比离岸较远的海区为高。这种自然现象在柴达木盆地东部第四系生物气气源岩以陆源有机质为主,且含大量水生植物及草本植物孢粉^①;另外,在浙江沿海平原浅层生物气气源岩的有机质也以陆源有机质占优势(陈英,1993)。这些均至少说明了这样一个事实,即富含陆源有机组份的有机质是有利于生物气形成的重要母质类型之一,其中尤以草本植物丰富的腐殖型或腐泥腐殖型更为有利。

上讨论说明,虽然生物气的成气机理与热成因的成气机理有着本质的不同,但两种气的主要成气母质似乎均以腐殖型为主,其中对于生物气气源岩来说,则又以草本腐殖型有机质为佳。

对生物气气源岩有机质类型的划分和评价,传统的有机质类型划分方案显然不能表征出腐殖型有机质中有利的草本腐殖型和不利的木本腐殖型的差别。因此,必须尽快探索出一套能区分草本腐殖型和木本腐殖型有机质的鉴别参数,以利于对生物气气源岩的更为科学和客观的评价。

4 未成熟沉积有机质中的甾萜类化合物

目前,国内关于未成熟的生物气气源岩的生物标记物的分析研究资料很少,在这方面的研究几乎还是个空白。浙江省椒江市椒浅参1井全新统生物气气源岩沉积有机质中甾、萜类化合物的分析成果为生物气气源岩生物标志物的研究提供了第一手珍贵的资料。

椒浅参1井全新统不同深度(4.75~46.36m)的3个泥样,都出现了生物构型的甾、萜烷与热稳定性最强的甾、萜烷类化合物共存的现象。如5 α (H),14 α (H),17 α (H)-粪甾烷(20R);5 α (H),14 α (H),17 α (H)-胆甾烷(20R)与5 α (H),14 β (H),17 β (H)-异胆甾烷(20S);13 β (H),17 α (H)-重排甾烷共存;生物构型甾烯及17 β (H),21 β (H)-生物甾烷与17 α (H),21 β (H)-莫烷共存。同时在这三个样品中,都普遍检出了一般认为在未成熟的沉积物中不存在的三芳环甾

① 青海石油管理局,1989,“七五”国家重点科技攻关项目,“柴达木盆地东部生物气的形成条件及资源评价”。

烷(图3、4、5)。

对于椒浅参1井不成熟的泥质沉积物来说,这些热稳定性差别很大的甾、萜烷及三芳甾烷可能有两个生源,即生物体中的继承烃和微生物作用形成的烃。但尚不能排除深度及环境因素对形成上述甾萜类化合物组合的影响。(1)萜烷类中,莫烷的相对含量呈由上至下明显的增加的趋势(表2);(2) m/z 231系列的三芳甾烷在全新统上、下段(4.75~46.36m)陆相性较强的沉积层段的样品中普遍出现,而在海相性最强的26.65m层段样品中则含量极少(图5);(3) m/z 245系列的 $C_{21}\sim C_{29}$ 三芳甾烷仅在深度最大的46.35m样品中出现(图5)。可见,椒浅参1井全新统泥质沉积物中甾萜类化合物的上述组合及分布特征显然也是多种因素综合作用的产物。G. Eglinton的研究即认为,重排甾烷的形成与介质的酸碱度有关,并也可能受粘土矿物催化作用的影响(王启军等,1988)。

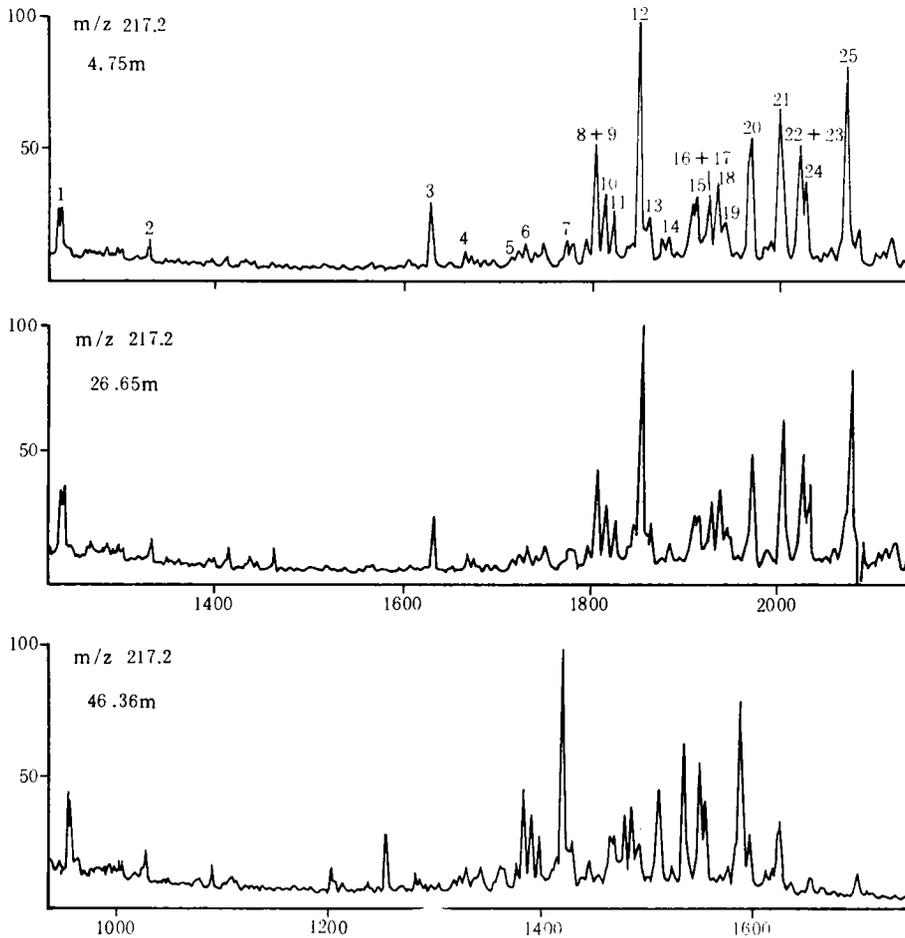


图3 椒浅参1井全新统淤泥质粘土抽提物的 m/e 217(甾烷)的质量色谱图

表2 椒浅参1井淤泥质粘土抽提物中萜、甾烷相对组成的部分参数

深度 (m)	饱和烃 (%)	甾烷的相对百分组成(%)			C ₂₈₋₂₉ /C ₂₇	萜烷的相对百分组成(%)			甾烷/三环萜	甾烷/莫烷
		C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉		藿烷	三环萜烷	莫烷		
4.75	22.73	29.84	24.43	45.73	2.35	77.7	13.9	8.4	5.59	9.25
26.65	23.61	27.81	23.21	49.62	2.68	73.47	14.42	12.1	5.09	6.07
46.36	18.02	29.99	24.16	45.85	2.33	73.5	11.99	14.48	6.13	5.08

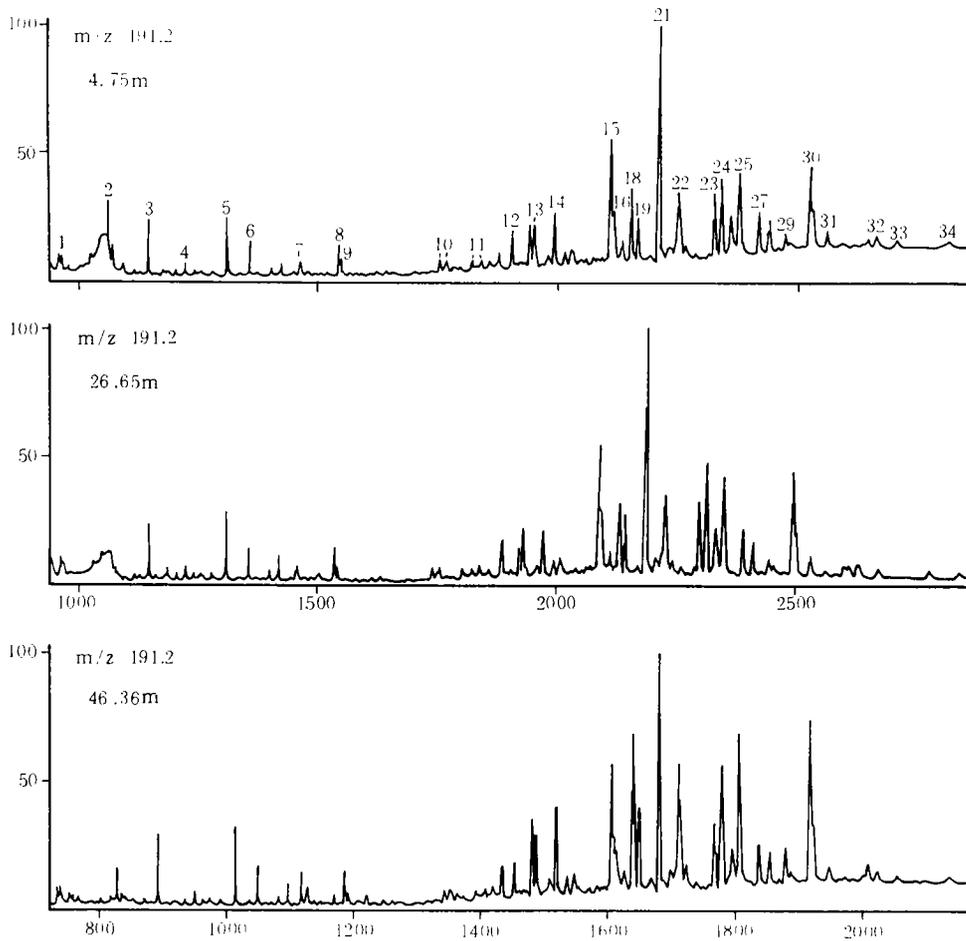


图4 椒浅参1井全新统淤泥质粘土抽提物的 m/e191(萜烷)的质量色谱图

椒浅参1井这种不成熟气源岩中多种构型的甾、萜烷及三芳甾烷的形成条件、机理及地质意义等都有待于今后深入研究和解决,对完善生物气的形成理论无疑将有重要的意义。

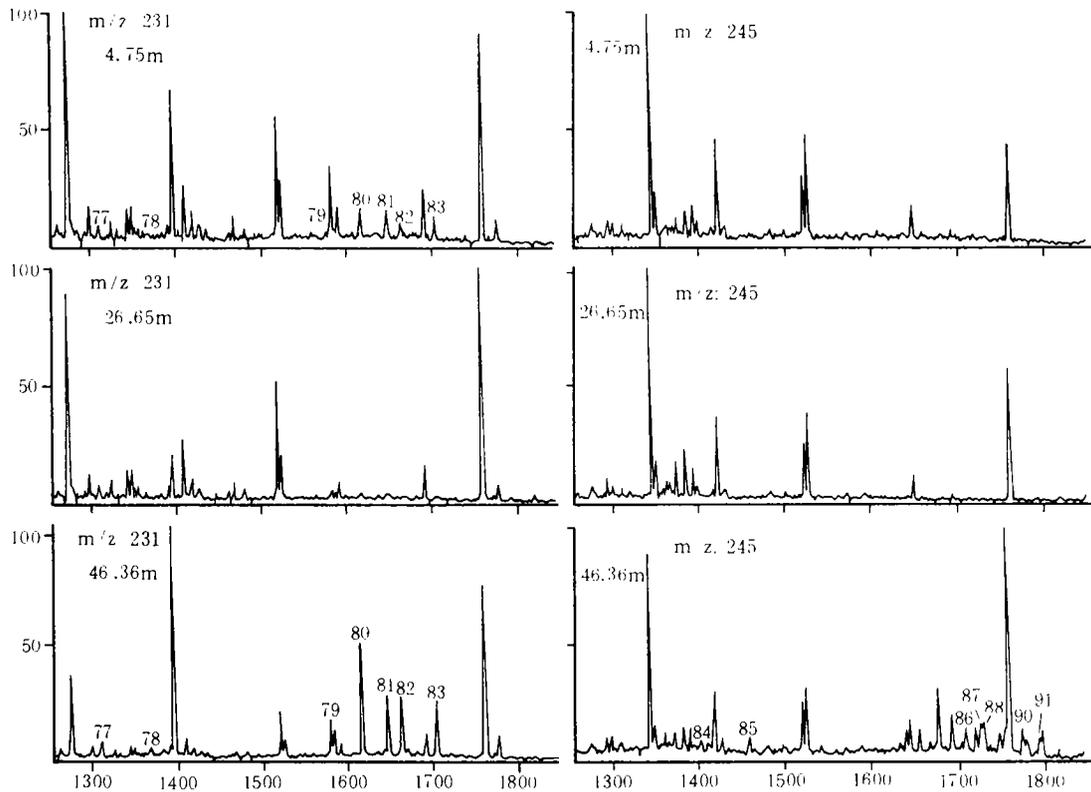


图5 椒浅参1井全新统检出的三芳甾烷

5 未成熟生物气气源岩有机质类型的分析手段

气源岩干酪根的抽提以及相应的一系列有机地球化学分析、气源岩的热解分析,是油气地质研究中最常用的取得有机质类型判别参数的分析方法。目前国内有关生物气气源岩研究的文献和报告中,也仍然采用这两种分析方法所获得的有关参数作为划分有机质类型的主要依据。笔者对浙江沿海平原不成熟气源岩地球化学特征的研究结果发现,沿用上述两种方法研究极不成熟的生物气气源岩的有机质类型并不完全适宜。

首先,由于生物气气源岩中的有机质还很不成熟,远未演化至干酪根阶段,其中尚含有较多的可水解有机组份。因此,对未成熟的生物气气源岩按常规的干酪根提取方法提出的所谓干酪根先体,就不可能全面地反映该源岩有机质的组成特征;其次,在采用岩石热解分析方法时,同样由于有机质很不成熟,而使得在热解温度达到 S_1 释放温度之前(一般为 300°C),便会有相当量的 S_2 组份进入 S_1 峰的计量部分,这就必然会导致依 S_2/C 计算出的 I_H 指数偏低,类型指数 (S_2/S_3) 极小,从而使依此为划分出的有机质类型明显偏向腐殖型有机质。可见,干酪根分析及岩石热解分析法并不能提供理想的极不成熟有机质类型的划分参数。

对浙江沿海平原全新统生物气气源岩的研究实践表明,气源岩氯仿“A”抽提物饱和烃

的气相色谱分析,以其相对经济快速、提供的参数多,而显示了比其它分析手段为佳的优越性,不失为分析极不成熟的生物气气源岩有机质类型的一项有效的分析手段。国外一些学者如 M. A. Rashid 和 Vilks (1977) 也主要依据该项分析成果作为判别有机质生源的基本依据。

对生物气气源岩地球化学特征分析方法、评价指标的正常选择,关系着整个后继研究工作的成败,关系到生物气的研究能否反映出其成因特色,也关系到对气源岩产气潜能更科学、客观地评价,并反映了生物气研究所深入的程度。因此,也是今后生物气研究工作中必须首先解决的问题。

(收稿日期:1993年1月9日)

参 考 文 献

- 1 陈荣书. 天然气地质学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989
- 2 谢秋元. 我国生物气资源的开发前景. 中国地质, 1991, (10)
- 3 Rice DD and Claypool GE. Generation, Accumulation and Resource Potential of Biogenic Gas. *AAPG*, 1981, 65, 5~25
- 4 Hunt JM 著, 胡明良译. 石油地球化学和地质学. 北京: 石油工业出版社, 1986
- 5 Jhon D Grace and George F Hart. Giant Gas Fields of Northern West Siberia. *AAPG*, 1986(70(7)): 830~852
- 6 包茨等. 天然气地质学. 北京: 科学出版社, 1988
- 7 沈中, 徐永昌等. 气源岩和天然气地球化学特征及成气机理研究. 兰州: 甘肃科技出版社, 1991
- 8 Schoell M. The Hydrogen and Carbon Isotopic Composition of Methane from Natural Gases of Various Origins. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1980, 44(5): 649~661
- 9 Stahl WJ. Genetic Characterization of Natural Gases. *AAPG*, 1983, 67(12): 2225~2238
- 10 Whiticar MJ et al. Biogenic Methane Formation in Marine and Freshwater Environment: CO₂ reduction vs. Acetate Fermentation - Isotope Evidence. *Geochimica et cosmochimica Acta*, 1986, 50, 693~709
- 11 戴金星, 陈英. 中国生物气中烷烃组份的碳同位素特征及其鉴别标志. 中国科学(B辑), 1993, 23(3)
- 12 Dennis D Coleman et al. Microbial Methane in the Shallow Paleozoic Sediments and Glacial Deposits of Illinois, USA. *Chemical Geology*, 1988, 71, 23~40
- 13 Ricchiuto LMT et al. Geochemistry and Habitat of Natural Gases in Po Basin, Northern Italy. *AAPG*, 1983, 67(12): 2239~2254
- 14 Rashid MA and Vilks G. Environmental Controls of Methane Production in Holocene Basin in Eastern Canada. *Organic Geochemistry*, 1977, 1, 53~59
- 15 Martens CS et al. Seasonal Variations in the Stable Carbon Isotopic Signature of Biogenic Methane in a Coastal Sediment. *Science* 1986, 233, 1300~1303
- 16 Burke Jr R A et al. Seasonal Variation of D/H and ¹³C/¹²C Ratios of Biogenic Methane in Surface Sediments of Cape Lookout Bight, USA. *Nature*, (London) 1988, 332, 829~831
- 17 Jenden PD and Kaplan IR. Comparison of Microbial Gases from the Middle American Trench and Scripps Submarine Canyon; Implications for the Origin of Natural Gas. *APPL Geochem*, 1976, 1, 631~646
- 18 陈安定等. 生物甲烷形成试验与生物气聚集的有利地质条件探讨. 石油学报, 1991, 12(3)
- 19 张义纲, 陈焕疆. 论生物气的生成和聚集. 石油与天然气地质, 1983, 4(2)
- 20 王启军, 陈建渝编著. 油气地球化学, 武汉: 中国地质大学出版社, 1988

ON SOME THEORETICAL AND METHODOLOGICAL TOPICS OF BIOGENIC GAS STUDIES

Chen Ying Dai Jinxing Qi Houfa

(Scientific Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CPNC)

Abstract

As viewed with some theoretical and methodological topics of biogenic gas studies at home and abroad, the authors suggest that the formation of biogenic gases in the nature (by the reduction of CO₂ or methane formed by the fermentation of acetic acid) should be dominated by combining factors, such as sedimentary environment, burial depth, climate and geological ages etc., and the criteria of $\delta^{13}\text{C}$ less than -55% and C_2^+ less than 0.5% could be reasonable indexes for the identification of biogenic gases. As for the analysis, subdivision and evaluation on the types of organic matter of biogenic gas source rocks, the authors of this paper donot believe that the traditional concept and method used in petroleum geological studies can continue to be fully used.

1995年(第11卷)《地质实验室》(双月刊)

征 订 启 事

《地质实验室》是经国家科委批准、由地矿部科技司主办、地矿部各省测试中心协办的综合性科技期刊。1985年创刊。本刊宗旨主要是面向全国地矿行业各部委各级各类实验室。常设栏目有岩矿与环境化学分析,岩石矿物研究,非金属矿物化性能测试及开发利用,地质实验通讯等;同时,不定期地开辟综合评述,同位素分析,选矿工艺,金银珠宝首饰检测,地矿标准物质研制,分析质量监控,科技产品信息等栏目,力求体现全国地矿行业实验工作的科学技术现状和发展水平。本刊内容丰富,注重实用价值和社会效益,适合于地矿、冶金、核工业、化工、建材、石油、煤炭、水利、轻工、环保、商检及大专院校、科研院所、乡镇矿业、图书情报等各行各业有关科技实验人员阅读。

《地质实验室》为国内外公开发行人物,国内统一刊号 CN 61-1152/P,国际标准刊号 ISSN 1001-1870。本刊为双月刊,全年6期,逢双月出版,国内定价3.00元/期,全年18.00元。由本刊编辑部自办发行。1995年参加全国非邮发报刊联合征订,同时向国外发行。

《地质实验室》编辑部地址:西安市雁塔路北段70号 邮编:710054 联系人:向一毅 开户银行:西安市建设银行南郊支行 帐号:563026110173 订费:邮汇、银行信汇均可。邮汇请寄本刊编辑部。补购本部存书及过期刊物,请与本刊编辑部联系。