

源岩热解气态烃的碳同位素特征及其 在气源对比中的应用

李 执 朱美茜 毛弘毅

(地质矿产部石油地质中心实验室)

人工热演化生成的气态烃的 $\delta^{13}\text{C}$ 值同地质体中天然气的 $\delta^{13}\text{C}$ 值一样, 可以反映源岩母质类型与热演化水平。本文根据8个源岩样的生气模拟实验结果归纳了气态烃产率、碳同位素组成与源岩有机质类型及成熟度间的关系, 进而利用源岩热解气态烃与天然气样的 $\delta^{13}\text{C}$ 值探索了塔里木与南松辽盆地的气源岩。

关键词 天然气 热解 模拟 碳同位素 气源对比

沉积有机质在深埋受热过程中生成的气态烃(C_1-C_5)的数量及组成主要决定于有机质的特征及热演化水平, 这些因素也影响着烃类气体的碳同位素特征。图1—3是反映上述关系的一些图例^{〔1〕〔2〕〔3〕〔4〕}。

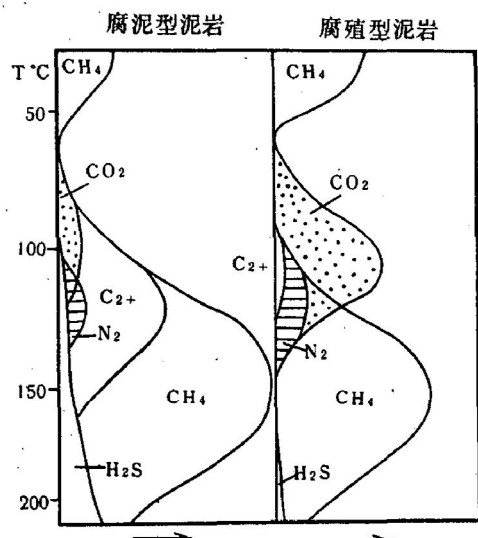


图1 气体随深度生成
(据 Hunt)

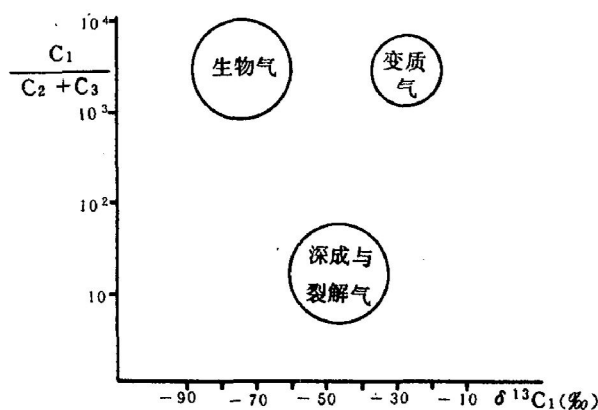


图2a 不同成因天然气的湿度与甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 的范围
(据 Waples)

在油气勘探中, 人们很难从源岩岩中直接取到未经运移的天然气样。从源岩屑中脱附出来的气体, 由于取样过程中的损失及轻重组分的分异, 不能完全反映气态烃生成时的特征。鉴

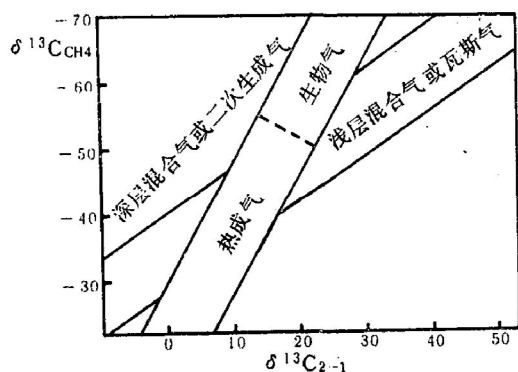


图 2b 天然气碳同位素的成因分类
(据张义纲)

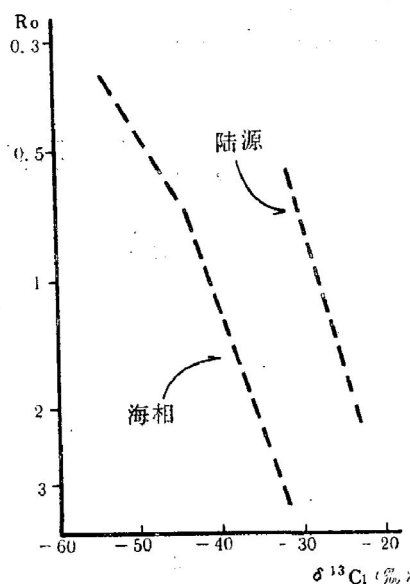


图 3 陆源母质与海相母质随演化程度增加生成天然气中甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 的变化 (据 Schoell)

于这种情况,我们取未(低)熟的源岩在实验室进行了生气模拟试验,并用取得的未经运移的热解气态烃与井下储层中取得的天然气做了某些特征对比,以便研究二者的亲缘关系。本文重点在于探索不受或少受实验条件与运移过程影响的气态烃碳同位素特征用于气-源岩对比的可能性。

一、实 验

1. 热解方式

将粉碎至 80—100 目的岩石样品封装在抽真空的 3—6ml 容积的耐热玻璃管中(少量试验样品装在容积为 20 或 50ml 的 XMR 型钢弹中)。把玻管或钢弹置于精密控温的热解炉中,在 290°—480℃ 区间的某一温度恒温加热 6 小时,使样品中有机质达到不同的热演化水平。

实验结果表明,热解温度在 290—480℃ 范围内,经过 6 小时的热解,有机质的成熟度可由 $R_o \approx 0.5\%$ 逐步提高到 $R_o \approx 2.4\%$,即由低成熟阶段经过成熟阶段达到高成熟阶段。

采用岩石样品而不用去除矿物后的富集有机质,可以使在地质条件下影响油气生成的矿物基质在热解实验中也起相同的作用*。

2. 气态烃产率与组成的测定

置加热后的密封玻管于专门设计的装置中^[7],使气体经分流后进入气相色谱柱中。分离出的各单体气态烃(C_1 — C_5)经 FID 检测,用标样定量,得到产率(m^3/t 岩样)。

3. 碳同位素测定

用排水取气法将钢弹内气体导入量气管中,测定热解气量(ml)后,再转移到 50—100ml 细口瓶中,水封保存。用注射器从瓶中取样,测定碳同位素组成。

* 王新洲, 1986, 石油技术。

波管在真空封密系统中破管。将热解气导入密封的小水池中, 用注射器针管在连接胶管处取样。

钢弹热解时, 岩样用量大 (约 25g), 因而可获得较多的热解气态烃 ($>10\text{ml}$), 有足够的气样供同位素制样及测定用, 测定结果可靠。玻管热解时, 因受玻管容积限制, 气量很少, 影响同位素测定精度, 有时甚至无法测定。

在专用装置中, 首先用色谱柱将 $\text{C}_1\text{—C}_6$ 各组分分离 (用 TCD 监测并控制两相邻单体烃的分离), 经氧化后制成各个单体烃的 CO_2 样。然后用 MAT250 质谱仪测出各单体烃的 $\delta^{13}\text{C}$ (PDB, ‰) 值。

4. 热解温度 (T_{py}) 与该温度下有机质达到的热演化水平 (R_o) 的试验

用低煤阶煤样 (褐煤) 按与岩样同样的方法封管热解, 测定各温度下煤样的 R_o (%), 进而求出 T_{py} 与 R_o (%) 的对应关系。岩样在各温度热解后, 有机质达到的热演化程度即按此对应关系确定, 不再测定岩样的 R_o 值。

5. 实验用样品

选用表 1 中 1—8 号样品做热解气态烃试验, 分别代表腐泥型、中间型、腐殖型及煤质有机质。

表 1 实验用样品地质地化特征

编号	采样地点和井号	地层时代	岩 性	有机质地化特征				
				C_{H} (%)	H/C	HI (mg/g-C)	类型	R_o (%)
1	南松辽前 32 井	K	陆相泥岩	5.3	1.47	794	I	0.7
2	华北下花园地表	Pt ₂	海相页岩	4.24	1.10	421	I	0.66
3	江苏伏牛山	T	海相灰岩	0.36	1.18	194	II	0.57
4	塔里木六深 1 井	J	陆相泥岩	1.14	1.03	174	II—III	0.57
5	塔里木铁南 1 井	J	陆相砂质泥岩	1.21	0.77	107	III	0.37
6	东海某井	E	陆相泥岩	4.72	0.87	—	III	0.37
7	云南新丰	E	陆相褐煤	63.74	1.03	173	III	0.37
8	内蒙	J	陆相褐煤	67.12	0.75	57	IV	0.35

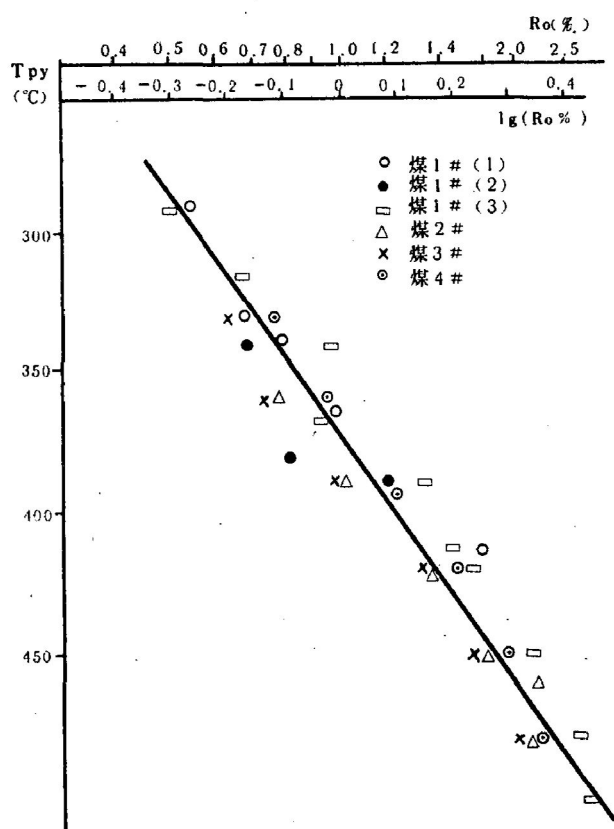
二、结果与讨论

(一) 热解条件与热解产物成熟度的关系

许多人根据经过热解的岩石样品 (或干酪根) 的镜质体 (或沥青) 反射率来确定样品所达到的演化程度。我们则是用褐煤样品建立热解条件与有机质成熟度的关系标尺 ($T_{\text{py}}\text{—}R_o$)。这样做是基于以下几点考虑:

1. 古生代腐泥型有机质中没有或很少有镜质体, 无法取得镜质体反射率数据。虽可用沥青反射率代替, 但两者有一定差异 (尤其是高演化阶段), 而且二者的对应关系常因沥青成因而异。

2. 在富含无定型组分的有机质中, 虽然可在镜下找到少量的镜质体, 但藻质体的存在,

图4 热解温度 T_{py} 与 R_o 关系

会使镜质体反射率的测定值偏低^[8]。

3. 测定褐煤样品热解后的镜质体反射率, 不需像测定热解后岩样的镜质体反射率那样, 先要用 HCl/HF 处理富集有机质(这会 给测定造成一些误差)。

4. 实验测得的岩样的生油(沥青)曲线表明, 开始大量生油约在 $315 \pm ^\circ\text{C}$, 生油高峰多在 $365 \pm ^\circ\text{C}$, 这两个温度下的褐煤样品的反射率分别为 $0.65 \pm \%$ 与 $0.95 \pm \%$, 与地质家们所总结的规律很相似。

先后用 4 个低阶煤样做了 6 次不同温度系列的试验, 取得了 36 组 $T_{py}-R_o$ 的对应数据(图 4)。

36 组数据经线性回归, 得经验方程(相关系数为 0.970):

$$\lg R_o(\%) = 3.46 \times 10^{-3} T_{py} - 1.287$$

$$R_o = 0.05164 \times 1.008^{T_{py}}$$

按图 4 中直线得出的 R_o 值, 列于表 2。在本报告的许多图中, 将以 R_o 值代替 T_{py} 。表 2 中的 R_o 值的相对误差一般情况下在 $\pm 5\%$ 以内。

表2 热解温度与相应的演化水平

T_{py} ($^\circ\text{C}$)	290	315	340	365	390	420	450	465	480	500
R_o (%)	0.54	0.64	0.78	0.95	1.15	1.47	1.87	2.02	2.37	2.77

丰国秀^[10]指出: 油页岩热模拟样品的 R_o 测定值与自然演化剖面中样品的 R_o 值有一定差异; 对于高演化阶段的热模拟样品的 R_o 值, 应乘以 0.7 进行修正。我们觉得这个意见值得考虑, 但对于褐煤样品, 修正值应如何取尚无根据, 因此暂未予以修正。表 2 中大于 1% 的 R_o 值, 可以认为有偏高的趋势。

(二) 热解气态烃与天然气在生成、组成上的相似性

我们测定了从 315°C 到 500°C (相当于 R_o 为 0.64—2.77%) 区间各样品的气态烃产率、组成随演化而变化情况。图 5 是 1 号样(前 32 井泥岩)的气态烃生成曲线, 可以作为各样品的代表。它表明了 C_1-C_5 各组分及气态烃的总量(以 mg/g-C 计)随演化进程而变化的情况。图 6 为六深 1 井中岩样气态烃生成曲线。

1. 气态烃产率与组成随演化进程的变化

从图 5 可看出, 在热解温度范围内, 各重烃组分(C_2)都有一个最大产率(在 $430-450^\circ\text{C}$ 区间, 相当于 $R_o=1.47-1.87\%$)。包括甲烷在内的气态烃总产率则在 500°C ($R_o=2.77\%$) 时接近最大值, 此时重烃还有相当数量。这种情况大致相当于图 1 中地温 150°C 前的演化阶段。Evans 与 Staplin 报道了在加拿大西部用岩屑气分析结果推测的地下气态烃相对组成(体积%)

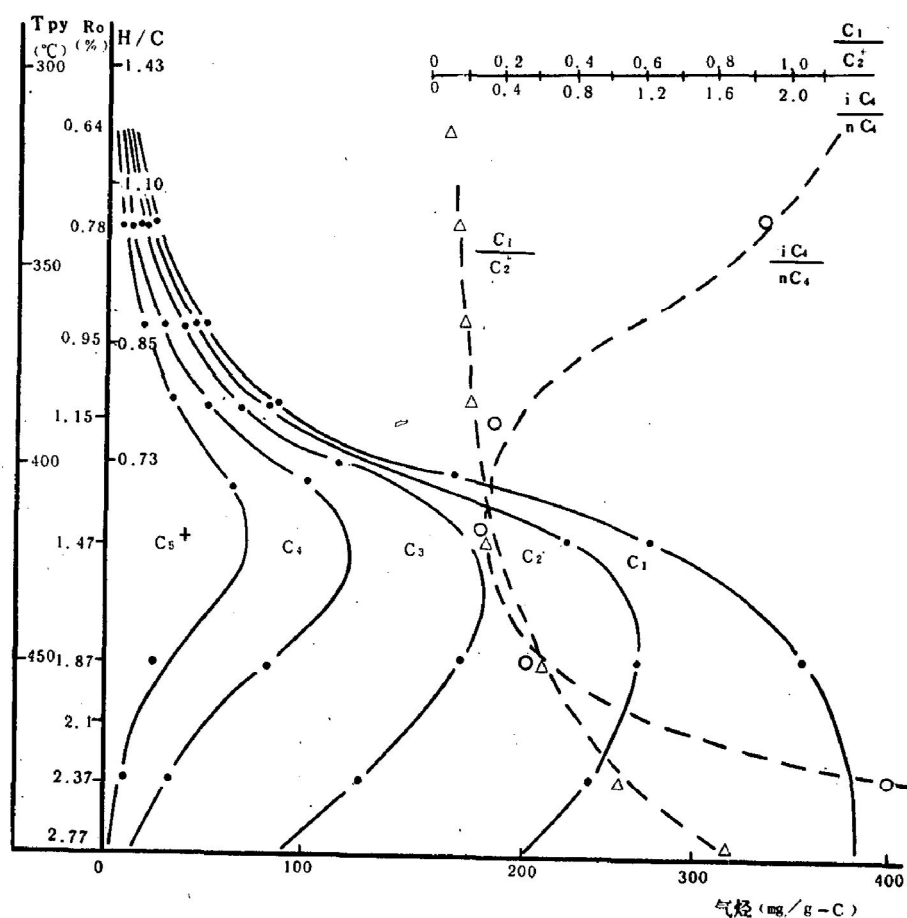


图5 前32井岩样气态烃生成曲线

随地温变化的关系，见图7a、7b^[11]。由于岩屑取样过程中各组分的不均一逸失，所以分析结果并不能反映气态烃生成时的组成，不能与我们的结果相比，但实验室与地下两种情况下气态烃各组分随演化进程的变化趋势基本一致，可以认为热解试验是重现了地质条件下气烃产率的增减与组成的变化，而且比岩屑气分析结果更可信。

随着分子中碳数的增加，各重烃达到最大产率的温度依次降低。在产率达到最大值后的阶段中，在某一温度下，各气态烃的数量随碳数减少而依次增多。这些现象反映了小分子气态烃是由大分子气态烃裂解而成的，并且符合长链中C—C键能低于短链中C—C键能的热力学规律。图7a、7b未反映出这种现象，说明岩屑气中小分子气态烃比大分子气态烃相对逸失量大。

图5中的 C_1/C_2 比值曲线也反映出大分子气态烃裂解生成小分子气态烃的过程。约400℃以后， C_1/C_2 比值迅速增大，相当于地质体中湿气向干气的演化。但模拟实验测得的 C_1/C_2 比值比相同演化程度的天然气的对应值低，主要原因是天然气从气源岩到储层的运移过程中发生的轻重分异，次要原因则是本试验恒温时间较短，各气态烃组分间未达到化学平衡。

图5中还绘出异丁烷与正丁烷的比值(iC_4/nC_4)随热解温度升高的变化趋势。在420℃以前主要是大分子正构烷裂解生成丁烷的阶段，420℃以后则主要是丁烷裂解成更小分子的阶段。在丁烷生成的阶段中，随温度升高，以生成异构丁烷为特征的催化裂解反应(阳碳离子反应)逐渐被以生成正丁烷为特征的热裂解反应(自由基反应)所取代，所以 iC_4/nC_4 比值随温度升高而减小。在丁烷消失过程中，则由于正丁烷热裂解的断键能低于丁烷热裂解的断键

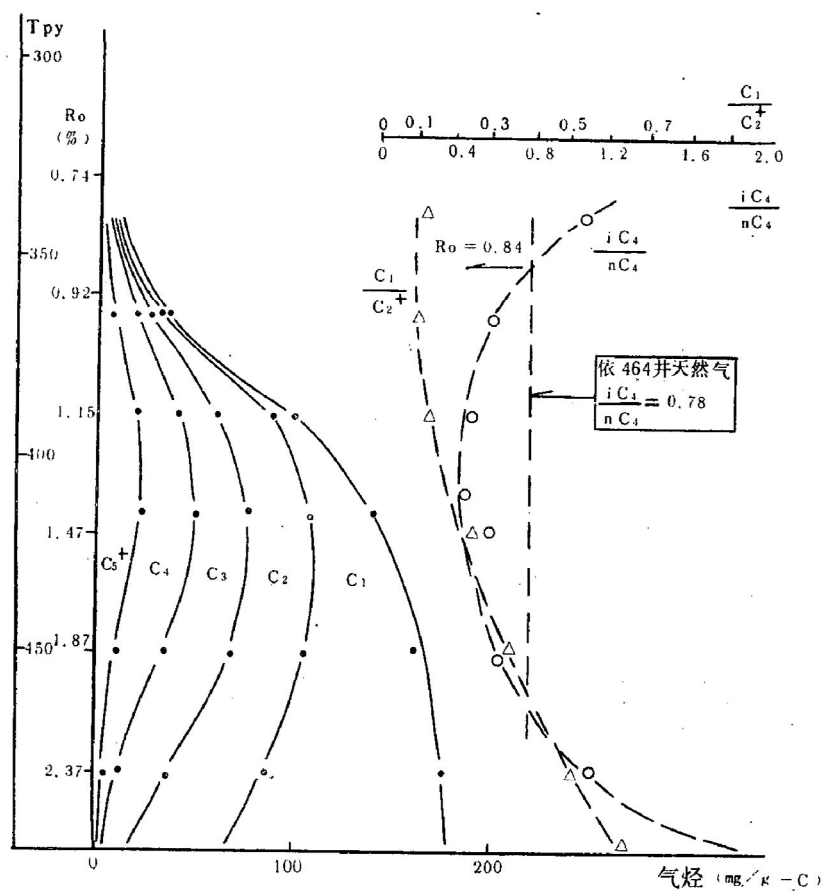


图6 六深1井岩样气态烃生成曲线

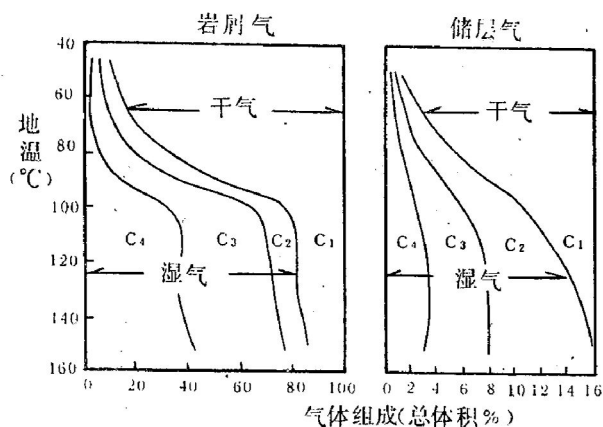


图7a 加拿大西部盆地白垩系源岩
和储集岩气体组成与地温关系
(Hunt 引自 Evans 和 Staplin)

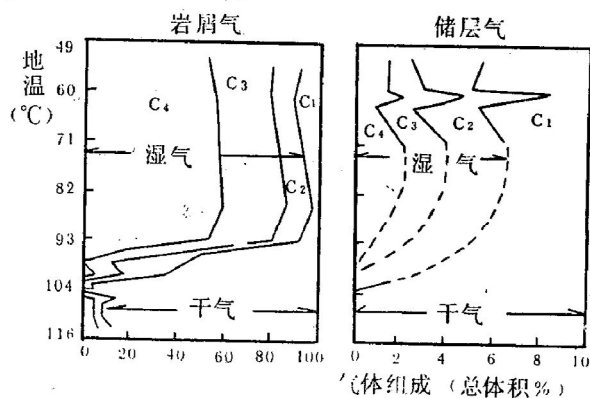


图7b 加拿大西部盆地泥盆系源岩
和储集岩中气体组成与地温关系
(Hunt)

能, 所以前者消失得比后者快, 致使 iC_4/nC_4 比值又逐渐增大。用 iC_4/nC_4 比值的变化推测生气母质的演化程度, 在地化研究中已被采用。本试验的结果与地质体中观察到的现象是一致的。

2. 不同母质类型的源岩热解气态烃产率及组成的差异

4个曲型样品(1、2、3、5号)在高成熟阶段($R_o > 1.5\%$)的气态烃产率与组成(C_1/C_2)的关系见表3。将表3数值绘成图8,可看出随母质类型及演化程度的不同,热解气态烃的产率与组成发生有规律的变化。

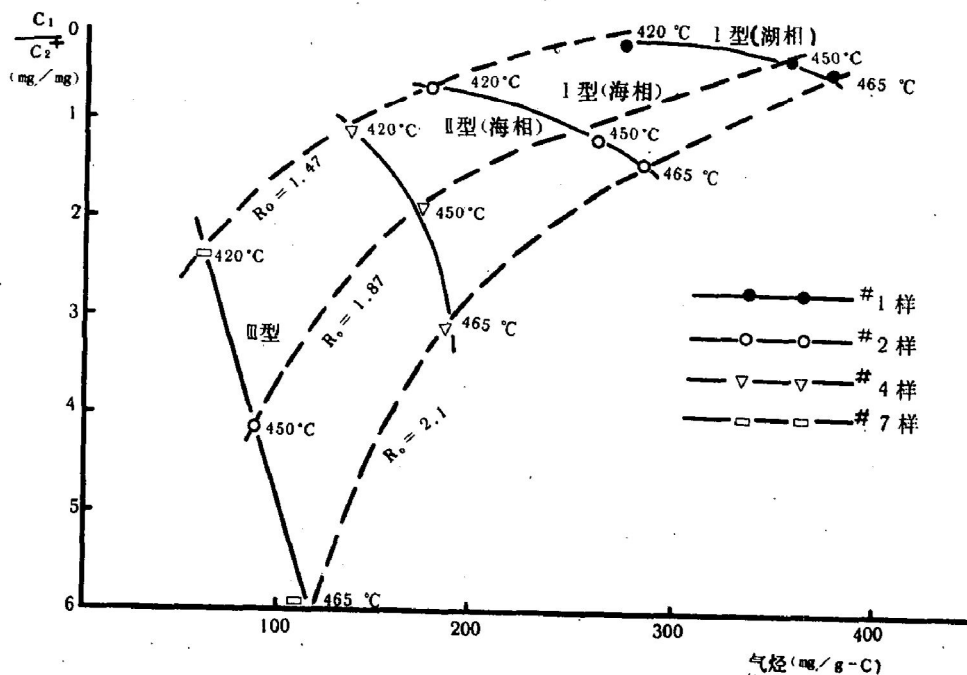


图8 四个典型岩样气态烃产率与 C_1/C_2 关系

表3 1、2、3、5号样 420—480℃气态烃产率

T_{py} (°C)	R_o (%)	1号样 (I型)		2号样 (I型)		3号样 (II型)		5号样 (III型)	
		产率 (mg/g-c)	C_1/C_2	产率	C_1/C_2	产率	C_1/C_2	产率	C_1/C_2
420	1.47	273	0.17	172	0.66	131	1.07	60	2.37
450	1.87	355	0.31	255	1.08	166	1.83	88	4.03
465	2.10			288	1.45	178	3.14	117	6.06
480	2.37	372	0.51						

(1) 母质类型好,在相同演化程度时气态烃产率高。

(2) 由 $R_o = 1.5\%$ 演化到 $R_o = 2.1\%$ 时,不同母质类型的样品,气态烃量的增长率(相对增长量)不同。类型好的约增加 40% (1号样),而类型差的样品则增加近一倍。

(3) 由 $R_o = 1.5\%$ 到 $R_o = 2.1\%$ 的演化阶段中,不同母质类型样品气态烃 C_1/C_2 值增长量不同。类型好的样品,变化不太大,而类型差的样品,增大很多。归纳(2)、(3)两个现象,可以认为:在此演化阶段中,对腐殖型母质来说,有较多量的甲烷从缩合芳核上降解下来,其结果是气态产率与 C_2/C_1 均增大较多;对腐泥型母质来说,气态烃的生成主要靠高碳数烃的热裂解,而此时液态烃(C_{15})已不存在,轻烃(C_4)也趋消失(1号样的 C_4 也已很少,见图5),甲烷的生成要通过键能较高的 C-C 键的断裂,所以在此阶段中,气态烃总量增加很少,而 C_4 重烃裂解成更多的甲烷,还需更高的温度,这样 C_1/C_2 的增大也受限制。

(三) 热解气态烃碳同位素组成特征

先后测定了1、3、4、5、6、7、8号样品的热解气态烃 $\delta^{13}\text{C}$ (PDB‰) 值, 结果示于表4、5和图9、10。

表4 5号样热解气态烃碳同位素组成

T_{PY} ($^{\circ}\text{C}$)	R_o (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)				
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
337	0.76	-32.59	-28.56	-26.50	-26.55	-26.34
382	1.10	-35.65	-28.31	-25.91	-25.15	-26.90
418	1.46	-35.14	-27.36	-25.08	-24.45	-24.87
460	2.02	-31.50	-25.22	-22.77	-18.05	-24.17

表5 不同母质类型岩样热解气态烃的碳同位素组成

样号	T_{PY} ($^{\circ}\text{C}$)	R_o (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)				
			C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
1	390	1.15	-47.18		-35.38		
	450	1.87	-45.80		-32.80		
4	390	1.15	-41.36	-31.21	-30.58	-29.95	-29.03
	450	1.87	-39.75	-32.60	-31.55		
6	378	1.05	-38.09	-31.76	-25.91	-25.15	-26.90
	450	1.87	-35.38	-28.20	-22.91	-16.02	-24.88
5	382	1.10	-35.65	-28.31	-25.91	-25.15	-26.90
	460	2.02	-31.50	-25.22	-22.77	-18.05	-24.17
7	380	1.03	-30.51	-28.24	-27.51	-25.30	-26.76
	460	2.02	-32.15	-26.70	-23.55	-15.78	-19.91

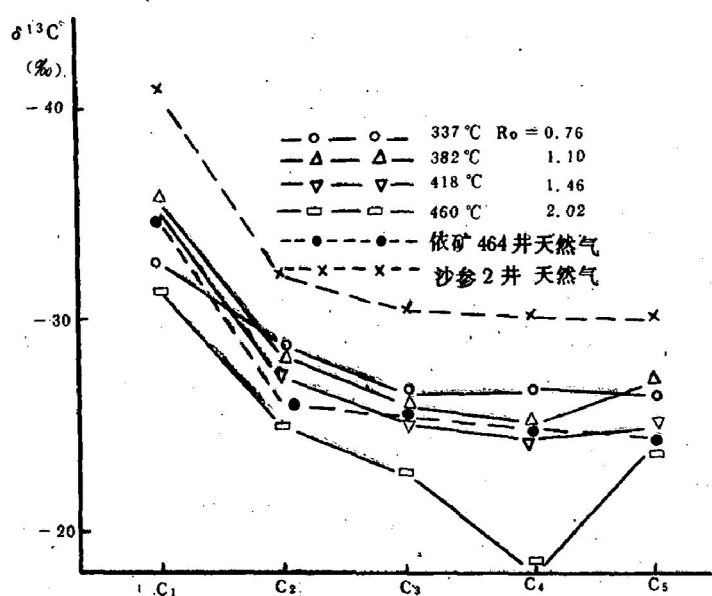


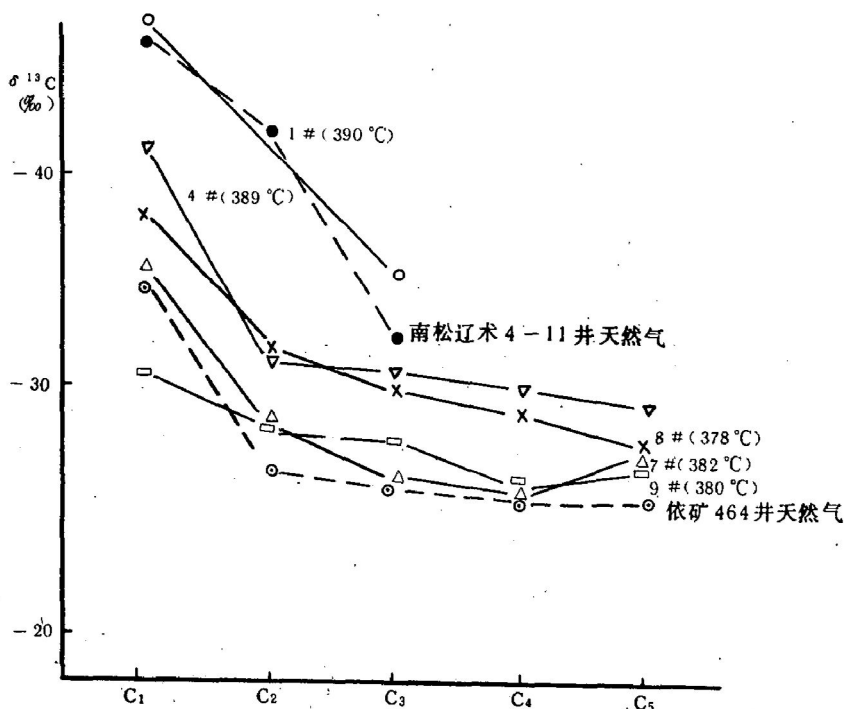
图9 铁南1井岩样热解气态烃 $\delta^{13}\text{C}$ 值随热解温度变化

1. 气态烃 $\delta^{13}\text{C}$ (‰) 值随分子中碳数增多与热解温度升高的变化规律

表4及图9所示变化规律对于热解气态烃来说有一定的代表性, 与地质体中天然气各组分的 $\delta^{13}\text{C}$ 变化规律也很相似。

2. 气态烃 $\delta^{13}\text{C}$ 值与岩样中母质类型关系

图11为1、4、6、5、8号样在 $R_o=1\%$ 与 $R_o=2\%$ 时热解甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 与母质干酪根 H/C 的关系曲线。有人指出, 天然气中甲烷的 $\delta^{13}\text{C}$ 值与源岩有机质类型的关系比较复杂, 前者不宜用于划分类型, 而天然气

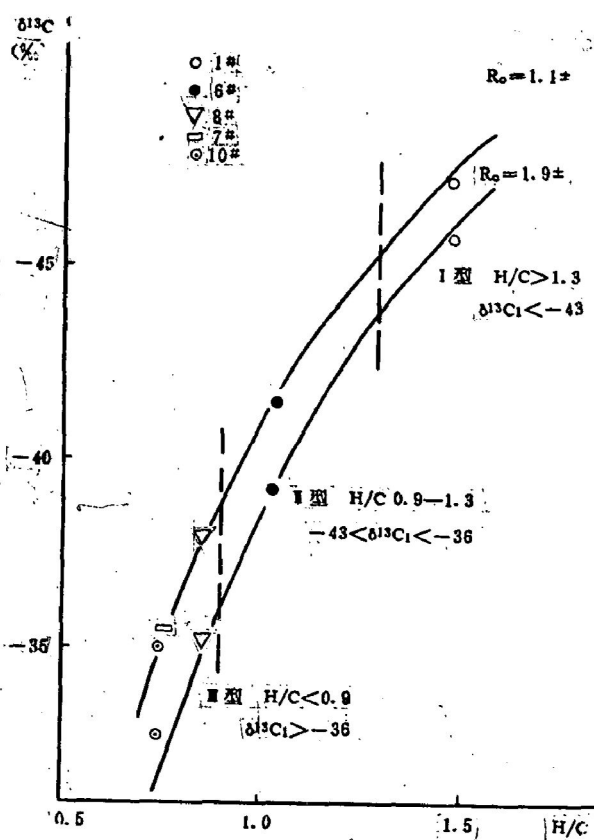
图 10 不同岩样热解气态烃 $\delta^{13}\text{C}$ 值 ($R_o=1-1.5\%$)

中乙烷、丙烷的 $\delta^{13}\text{C}$ 值与源岩有机质类型有较好的关系。本实验结果表明，热解气态烃中甲烷、乙烷、丙烷的 $\delta^{13}\text{C}$ 值在相似的演化程度下，均与源岩有机质类型有较好的关系。这种差异可能是地质体中诸多复杂因素（如演化程度、运移分异、多气源混合等）所致，也可能是本试验的样品与数据还不够所致。

3. 甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 值随热演化的变化

表 6 列出 1、6、5、8 号 4 个样品热解甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 值在不同热解温度下的数值。依据这些实验测定值绘成的图 12 除重现了图 11 所反映的随母质类型而变化的甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 变化外，还表明随热解温度升高，甲烷先由重变轻，在 $380-400^\circ\text{C}$ （相当于 R_o 为 $1.1-1.2\%$ ）时达到最轻，然后又由轻逐渐变重。这种在实验室热解生成的甲烷碳同位素组成变化特征已有许多人观察到^{〔12〕〔13〕〔14〕〔6〕}。

在烃类的裂解反应中，随演化程度加深， $\delta^{13}\text{C}$ 值渐渐增大，这是裂解反应中同位素分馏效应的结果。而生气母质热降解的深成阶段中，为什么先出现甲烷的 $\delta^{13}\text{C}$ 由大变小的变化

图 11 典型样品 $\delta^{13}\text{C}_1$ 与 H/C 关系

过程,有以下一些解释:

表 8 甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 值随 T_{Py} 变化

T_{Py} ($^{\circ}\text{C}$)	R_o (%)	1号样	6号样	5号样	8号样
330—340	0.75±	-43.09	-37.08	-32.49	-32.8
360	0.91				-37.12
380±	1.07±		-38.09	-35.65	
390	1.15	-47.18			-35.36
415—420	1.43±		-37.2	-35.14	-34.28
450—460	1.95±	-45.80	-35.36	-31.50	-32.89
480	2.37	-44.83			-30.33

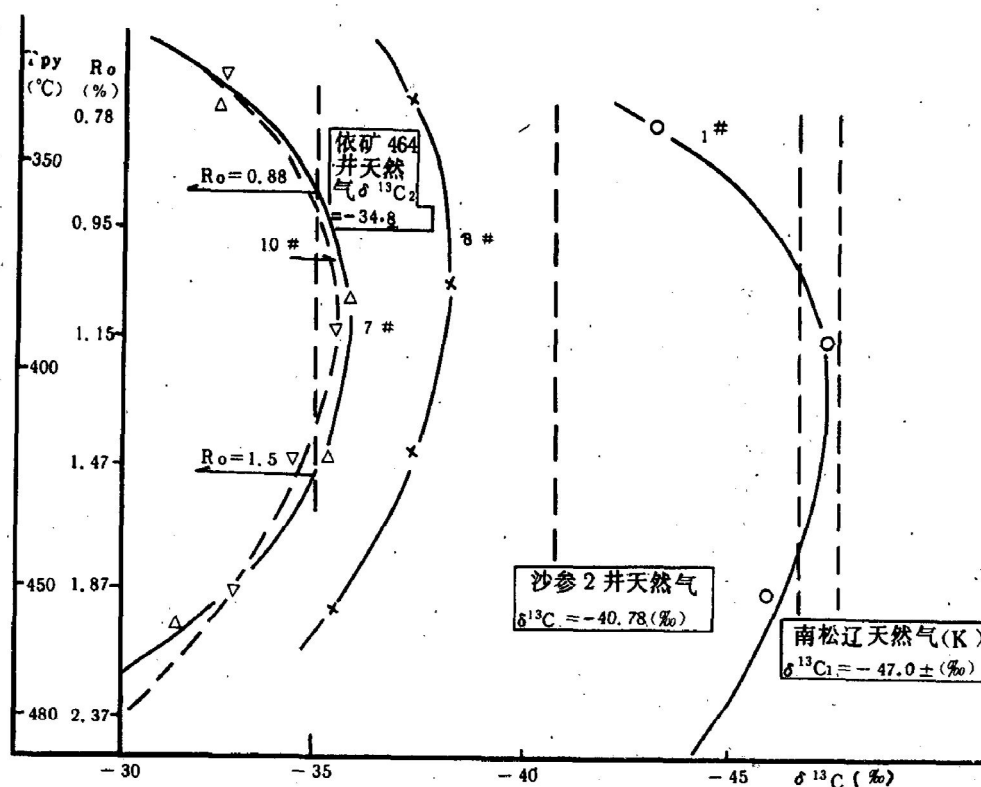


图 12 四个岩样热解甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 与热解温度关系

a. 干酪根中富集 ^{13}C 的 $-\text{O}-\text{CH}_3$ 基团比相对富集 ^{12}C 的 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{CH}_2$ 基团的键能低,前者优先断裂生成 $\delta^{13}\text{C}$ 值较大甲烷,随着 $-\text{O}-\text{CH}_3$ 基团的耗尽,甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 值变小。

b. 有粘土矿物存在的情况下,在较低热解温度下,烃类的裂解反应中有阳碳离子机理的催化裂解反应,而阳碳离子反应一般没有或很少有同位素分馏效应。随热解温度的升高,热裂解反应相继发生,才出现同位素分馏效应,因此形成甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 由重变轻的过程。

c. 在深成作用阶段中,甲烷的生成有两种途径,一个是干酪根热降解与重排作用(早期),一个是沥青与轻烃的裂解作用(后期)。两个过程都有同位素分馏效应(图 13)。两个过程连接起来,在相当于成熟与过熟的阶段中,就表现为甲烷碳同位素由重变轻又由轻变重^[14]。

地质体中未(少)发现上述现象,可能是由于自然界早期生成的重甲烷相对较少,被后来生成轻甲烷所“掩盖”。Sackett (1978) 指出地下也发现有异常的重甲烷。

三、地球化学意义与应用

1. 热解气态烃的产率、组成与源岩母质类型

图8表示不同母质类型的4个样品在高成熟阶段(R_o 为1.5—2.0%)的气态烃产率与组成(C_1/C_{Σ})。应该指出的是,运移中的分异效应,使热解气态烃的组成与天然气藏中的气态烃的组成不相同,所以图8中 C_1/C_{Σ} 不能代表天然气样的测定值。

2. 热解甲烷 $\delta^{13}C$ 值与气源母质类型及生烃能力

本文所列随母质类型与演化程度而变化的甲烷 $\delta^{13}C$ 值与自然界中天然气中甲烷的 $\delta^{13}C$ 值的变化区间基本吻合。看来气态烃的碳同位素组成,不因自然演化与实验模拟的温度时间的悬殊而有明显的差异。

根据在成熟—高熟(R_o 为1—2%)阶段中天然气甲烷的 $\delta^{13}C$ 值(图11),不但可以判别气源母质类型,而且可以进一步推断干酪根的H/C比,从而估算源岩的具体生烃能力。这里所用的 $\delta^{13}C$ 值可以是热解甲烷气的,也可以是天然气中甲烷的。

3. 甲烷 $\delta^{13}C$ 值与气源岩母质成熟度

对已知气源岩的天然气,根据其中甲烷的 $\delta^{13}C$ 值可以推测其源岩母质的成熟度。在图12中给出3个天然气样的实测甲烷 $\delta^{13}C$ 值。

(1) 塔北库车坳陷依464井天然气样,甲烷 $\delta^{13}C$ 值为-34.85‰,已知其气源岩是5号样(铁南1井)所代表的层位(J)。在图示5号样的甲烷 $\delta^{13}C$ 与热解温度的关系曲线中,可推断出气源岩母质成熟度为 $R_o=0.88\%$ 或1.5%。参照地质条件及其他地化参数,摒弃后者,从而可推断该天然气样是油田伴生气而不是裂解气。一般认为,由于运移中的轻重分异作用,储层中天然气的 $\delta^{13}C$ 值要略低于源岩中天然气的 $\delta^{13}C$ 值,按此推测,本例中气源岩的成熟度 R_o 要比0.88%低些。

(2) 南松辽某些钻井中,白垩纪地层的天然气样,甲烷 $\delta^{13}C$ 多数落在-47.5至-46.5(‰)区间。与代表气源岩层位(K_{100})的1号样(前32井)的曲线在成熟—高熟过渡区间重合。因此既可以进一步肯定气—源岩关系,又可推断该层位的有机质已进入成熟—高熟阶段,是油大量生成的有利时期。

(3) 沙参2井天然气中甲烷的 $\delta^{13}C$ 为-40.78(‰),在图中与4个样品的曲线均不重合。可以认为该天然气样的气源母质与4个样品的母质均不一样。虽然从天然气产层(O)推断,其母源应属I型,但从图看出,它与松辽盆地陆相I型干酪根有较大的差别。推测该天然气样的母质可能以I型为主,混有II、III型。

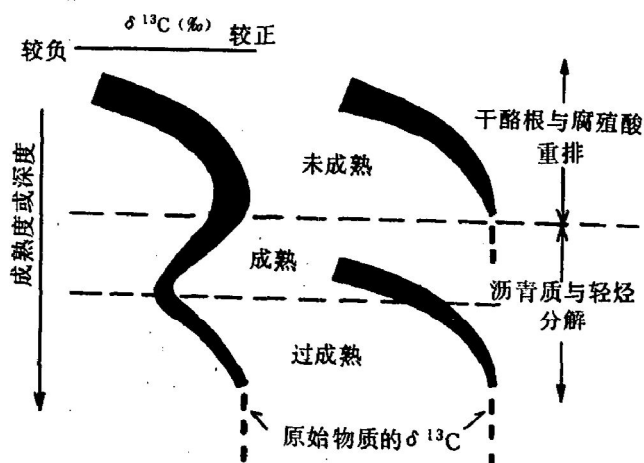


图13 甲烷碳同位素的变化趋势(左图)是两段 Rayleigh 分馏曲线(右图)的组合 (Rohrback, Pater and Kaplan 1984)

4. 气态烃 iC_4/nC_4 比值与气源母质成熟度

考虑到运移过程中两种异构体不会产生明显的分异现象, 可以认为实验测得的 iC_4/nC_4 的变化特征也适用于储层天然气。图6中塔北库车坳陷依464井天然气 iC_4/nC_4 值(0.78)在代表产层(J)的4号样的 iC_4/nC_4-R_o 曲线上落于相当于 $R_o=0.84\%$ 或 $R_o=2.1\%$ 的位置上, 前者与上述用甲烷 $\delta^{13}C$ 值推断出的成熟度 ($R_o=0.88\%$) 很接近。

有人指出地质体中天然气的 iC_4/nC_4 值与埋深(或成熟度)有时缺乏规律性的关系。我们认为可能是由于热演化以外的其他复杂因素。如上下层天然气的扩散混合及多气源所致。

5. 用气态烃 $\delta^{13}C$ 特征进行气—气源岩相关研究

图9中把塔北库车坳陷依464井天然气与雅克拉构造沙雅隆起沙参2井天然气的 C_1-C_5 的 $\delta^{13}C$ 值用虚线绘出。显然, 沙参2井天然气与5号样(铁南1井)所代表的层位无关, 而依464井天然气则与该样品的层位关系密切。

图10把依464井天然气 C_1-C_5 的 $\delta^{13}C$ 特征与5个不同类型与层位的岩样热解气态烃 C_1-C_5 的 $\delta^{13}C$ 特征对比。该气样与5、7号样关系密切, 已知依464井天然气是5号样代表的层位。又南松辽术4—11井天然气与1号样(前32井)热解气态烃 C_1-C_5 的 $\delta^{13}C$ 相关, 说明前32井岩样是气源岩。

总之, 若能用可疑气源岩层位的未(低)成熟样品通过热解试验获得热解气态烃并测出其碳同位素特征, 可以通过与未知气源的天然样品的碳同位素特征的对比, 为气—源岩相关研究提供重要信息。

参 考 文 献

- [1] Hunt, J. M., 1979, *Petroleum Geochem. and Geology*, P. 163.
- [2] Waples, D., 1981, *Org. Geochem. for Exploration Geologist*, P. 74.
- [3] 张义纲等, 1987, 第三届全国有机地球化学会议论文集, 地质出版社。
- [4] Schoell, M., 1981, *Spectra*, vol. 8, P. 37.
- [5] Saxby, 1986, *Org. Geochem.*, Vol. 9, No. 2, P. 69—81.
- [6] 郝石生, 1987, 石油学报。
- [7] 张 渠, 1986, 石油实验地质, P. 263.
- [8] Price, L. C., 1985, *J. petm. Geology*, vol. 8, P. 59—84.
- [9] Dow, W. G., 1977, *J. Geochem. Expl.*, Vol. 7, P. 77—99.
- [10] 朱国秀等, 1988, 天然气工业, P. 20—25.
- [11] Evans, C. R., Staplin, F. L., 1971, *International Geochem. Exploration Symposium*, Vol. II, P. 517—520.
- [12] Sackett, W. M., 1978, *Geochim. and Cosmochim. Acta*, Vol. 42, P. 571—586.
- [13] Rohrback, B. G., 1984, *AAPG Bull.*, Vol. 68, P. 964—985.
- [14] Arenth, J. D., 1980, *Org. Geochem.* P. 1069.

CARBON ISOTOPE COMPOSITION OF PYROLYZED GASEOUS HYDROCARBON FROM SOURCE ROCKS AND ITS APPLICATION IN CORRELATION OF NATURAL GAS AND SOURCE ROCKS

Li Zhi Zhu Meiqian Mao Hongyi

(Central Laboratory of Petroleum Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Experiments described in this paper show that carbon isotope composition of gaseous hydrocarbon from artificial maturation is similar to those from natural maturation. The same as that of natural gas, carbon isotope composition of pyrolyzed hydrocarbon can be used to indicate the type and maturity of organic matter in source rocks. Based on the results of the experiments of thermal simulation of 8 source rock samples, the relationship between the yield of gaseous hydrocarbon, their carbon isotopic composition and the type, the maturity of organic matter in source rock is established, and then $\delta^{13}\text{C}$ -value of both the pyrolyzed gaseous hydrocarbon in source rock and natural gas samples are used to study the natural gas and source rocks in Tarim and South Songliao Basins respectively.

吐鲁番-哈密盆地石油勘探喜获丰收

新疆吐鲁番-哈密盆地是一个中型山间盆地, 面积 $4.9 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其中吐鲁番坳陷 $2.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 哈密坳陷 $1.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。截至 1988 年底, 共发现 58 个圈闭。其中台北可可雅构造带、托克逊以西伊拉湖构造带的台参一井和托参一井投入钻探, 均获工业油流。1989 年宣告鄯善油田和伊拉湖油田的发现, 证实含油面积 18—24 km^2 , 控制储量 $7000 \times 10^4 \text{ t}$ 。1990 年, 又钻探台北可可雅构造带的丘陵、丘东、盐山口等构造, 其中丘陵构造陵三井于 7 月 13 日试获工业油流, 日产 50—70 m^3 。陵三井出油, 使鄯善油田与丘陵构造可能连成一片。目前吐-哈盆地已控制 $1.4 \times 10^8 \text{ t}$ 储量, 丘东、盐山口构造探井预计三季度完钻试油, 前景看好。

玉门石油管理局按照石油天然气总公司部署, 1991 年将建成 100 万吨产能, 我国又一个新的石油基地将在东疆出现。

(谭方仲)