

各类烷烃气的鉴别*

戴金星

(北京石油勘探开发科学研究院地质研究所, 北京 100083)

摘 要

本文利用天然气中烷烃气组分变化及其碳同位素系列演化特征、煤型气甲烷回归方程 $\delta^{13}\text{C}_1 \approx 14.12 \log R_0 - 34.39$, 油型气甲烷回归方程 $\delta^{13}\text{C}_1 \approx 15.80 \log R_0 - 42.20$, $\delta^{13}\text{C}_1\text{-C}_1/\text{C}_{2+3}$ 图版、 $\delta^{13}\text{C}_1\text{-}R_0$ 图版、 $\delta^{13}\text{C}_1\text{-}\delta^{13}\text{C}_2\text{-}\delta^{13}\text{C}_3$ 图版、煤型气 $\delta^{13}\text{C}_{1-3}\text{-}R_0$ 图版和轻烃 C_7 系统三角图版, 鉴别有机烷烃气和无机烷烃气, 并又对有机烷烃气中煤型烷烃气, 油型烷烃气予以判别。

关键词: 烷烃气鉴别, 有机气, 无机气, 碳同位素组成

天然气是目前世界三大能源支柱之一, 是重要的燃料和化工的原料。天然气所以能作为洁净、廉价的燃料, 最主要的是有烷烃气(C_{1-4})组分; 天然气能作为化工的基础原料, 最主要的也是有烷烃气组分。烷烃气是天然气具有工业效用的精髓, 是天然气中用途最广泛, 含量最多的最常见的组分。世界上和我国具有工业价值的天然气, 绝大部分以具有高含烷烃气为特征。例如: 我国发现储量在 $100 \times 10^8 \text{m}^3$ 以上的气田(藏)中, 烷烃气含量平均在 94.87%。鉴别各类烷烃气, 可确定天然气的成因从属, 是油气运移、气源对比的一种研究方法, 为探索天然气富集规律及勘探方向提供依据, 同时对大或深大断裂发育深浅和近期活动情况提供信息。因此, 鉴别各类烷烃气, 对生产和科学研究均具有重要意义。

本文主要根据我国松辽、渤海湾、四川、柴达木、鄂尔多斯、塔里木、准噶尔、琼东南和东海等 17 个盆地、14 个煤矿、5 个温(热)泉点 1007 个气样的碳、氢同位素、轻烃、气组分等许多项目, 总计 10854 个分析数据的基础上, 同时参考了国外许多有关资料写成。

一、有机的和无机的烷烃气的识别

1. 有机甲烷和无机甲烷的鉴别

除高成熟和过成熟的极少量煤型气甲烷外, 凡甲烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_1$)大于 -30% 的是无机甲烷。绝大部分有机甲烷 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值小于 -30% 。

表 1 罗列了国内、外大量无机甲烷 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值均大于 -30% 的实例。我国松辽盆地芳深 1 井

本文 1990 年 6 月 25 日收到, 1991 年 3 月 16 日收到修改稿。

* 国家自然科学基金和中国石油天然气总公司科技发展部联合资助项目。

表 1 世界上一些无机甲烷碳同位素组成

地 点	$\delta^{13}\text{C}_1$ (PDB)
中国云南省腾冲县硫磺塘澡塘河	-19.95 ‰ 至 -29.29 ‰
中国四川省甘孜县拖坝热泉	-23.84 ‰ 至 -26.60 ‰
中国东海盆地天外天构造	-17.0 ‰
中国松辽盆地芳深 1 井	-14.09 ‰ 至 -18.63 ‰
加拿大安大略省 Sudbury N3640A 等 5 个气样	-25.0 ‰ 至 -28.4 ‰
苏联 Khibiny 地块岩浆岩	-3.2 ‰
苏联堪察加热水天然气	-21.4 ‰ 至 -32.6 ‰
美国黄石公园	-10.4 ‰ 至 -28.4 ‰
东太平洋中脊热液喷出口	-15 ‰ 至 -17.6 ‰
新西兰 Broolands 地热区	-25.6 ‰ 至 -26.9 ‰

登娄库组无机甲烷 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -14.09 ‰ 至 -18.63 ‰；云南省腾冲县硫磺塘澡塘河与火山期后活动热喷泉、热泉有关的无机甲烷 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -19.95 ‰ 至 -29.29 ‰^[1]；四川省甘孜县拖坝镇热泉中无机甲烷 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -23.84 ‰ 至 -26.60 ‰；近来，在东海盆地天外天构造上第三系也发现无机甲烷，其 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -17.0 ‰^[1]。国外发现无机甲烷最重的是苏联 Khibiny 地块上的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -3.2 ‰^[2]；菲律宾 Zambales 无机甲烷 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -6.11 ‰ 至 -7.50 ‰^[3]，此外，在新西兰、加拿大、美国、太平洋中也发现许多 $\delta^{13}\text{C}_1$ 大于 -30 ‰ 的无机甲烷^[4, 5]。

有机成因的甲烷 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值绝大部分小于 -30 ‰，通常几乎小于 -31 ‰。在国内、外仅发现少量高成熟和过成熟的煤型气甲烷 $\delta^{13}\text{C}_1 > -30 ‰$ 。目前世界上已知煤型气甲烷 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值均 $\leq -10 ‰$ ，最重者为苏联无烟煤的煤层气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -10 ‰^[6]，次为德国 Preussag 煤矿的煤层气 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -12.9 ‰^[7]。我国目前发现高成熟和过成熟煤型气甲烷 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值均小于 -20 ‰，最重的是湖南省资江煤矿测水组的煤层气 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -24.9 ‰^[8]；在松辽盆地、渤海湾盆地、鄂尔多斯盆地、准噶尔盆地发现了少量高成熟和过成熟煤型气甲烷，同时在四川盆地还发现极少量由过成熟煤型气和油型气混合的甲烷，其 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值也大于 -30 ‰（表 2）。在中欧盆地 Rothliegende^[9] 和 Cooper 盆地也发现有高成熟和过成熟煤型气甲烷 $\delta^{13}\text{C}_1 > -30 ‰$ 。

表 2 中国 $\delta^{13}\text{C}_1 > -30 ‰$ 过(高)成熟煤型气及其与过(高)成熟油型气的混合气

井号	产层	$\delta^{13}\text{C}_1$ (‰)	气的类型	井号	产层	$\delta^{13}\text{C}_1$ (‰)	气的类型
彩参 1	C _{2b}	-29.898	高成熟和过成熟的煤型气	文 23	E ₅₄	-27.987	高成熟和过成熟的煤型气
麒参 1	O ₁	-29.229		升 61	K _{1g}	-28.33	
坝 21	O	-25.11		新 3	P ₁ ³	-29.769	高成熟和过成熟的煤型气和油型气的混合气

可以用地质综合分析法区别 $\delta^{13}\text{C}_1 > -30 ‰$ 的无机甲烷与煤型气甲烷：煤型气甲烷通常产出在煤系中（澳大利亚 Cooper 盆地）、或在煤系之上（中国文留气藏和汪家屯气田、中欧盆地 Rothliegende 气藏）、或在煤系之下（中国华北油田坝县地区）。无机甲烷产出处，通常没有煤系，往往在火山区、地热区或深大断裂、俯冲带、洋脊附近。例如：我国腾冲硫磺塘和甘孜拖坝

1) 胡惕麟等，天然气成因类型和分布规律的研究，1989。

镇以及新西兰地热区。

2. 有机烷烃气和无机烷烃气的鉴别

烷烃气的碳同位素系列对比可鉴别有机和无机烷烃气。所谓烷烃气碳同位素系列系指依烷烃气分子碳数顺序递增, $\delta^{13}\text{C}$ 值依次递增或递减。递增者($\delta^{13}\text{C}_1 < \delta^{13}\text{C}_2 < \delta^{13}\text{C}_3 < \delta^{13}\text{C}_4$)称为正碳同位素系列; 递减者($\delta^{13}\text{C}_1 > \delta^{13}\text{C}_2 > \delta^{13}\text{C}_3$)谓为负碳同位素系列。

表3 我国烷烃气正碳同位素系列($\delta^{13}\text{C}_1 < \delta^{13}\text{C}_2 < \delta^{13}\text{C}_3 < \delta^{13}\text{C}_4$)

盆 地	井 号	层 位	PDB (‰)			
			$\delta^{13}\text{C}_1$	$\delta^{13}\text{C}_2$	$\delta^{13}\text{C}_3$	$\delta^{13}\text{C}_4$
松辽	乾 32-8	K_{1g}^3	-49.05	-36.77	-33.03	-32.16
	木 4-11	K_{1g}^4	-46.82	-40.94	-32.08	-31.23
渤海湾	泉 63	E_{2-3s}^4	-51.52	-29.29	-28.43	-27.93
	文 63	E_{2-3s}^1	-50.42	-39.71	-34.21	-30.19
	京 257	E_{2-3s}^4	-45.63	-28.49	-24.27	-23.82
	桩 202-2	E_{2-3s}^3	-41.71	-29.46	-28.09	-26.89
鄂尔多斯	塞 34	T_{3y}^3	-49.46	-37.58	-33.65	-32.91
	任 6	P_{1x}	-35.343	-26.375	-24.333	-23.232
	洲 1	O_2	-32.17	-25.20	-23.87	-23.12
四川	角 37	J_1^4	-43.13	-32.94	-30.22	-29.34
	川 93	T_{3xy}^4	-34.99	-24.38	-21.62	-20.75
	成 4	T_{1j}	-34.24	-29.02	-27.09	-25.95
柴达木	跃 11-6	E_1^1	-42.04	-28.69	-26.31	-26.21
	南 5	N_1-E_3^2	-38.57	-25.60	-24.06	-23.86
准噶尔	二区 7518	C	-45.05	-39.18	-31.63	-30.77
	五 ₁ 5153	T_2^1	-33.89	-28.78	-28.25	-28.15
苏北	富 18	Ed^2	-44.70	-30.88	-28.08	-27.82
	东 60	E_2^2	-50.00	-42.97	-29.06	-28.91
三水	六排二	E_{1-2b}^3	-45.42	-34.50	-28.60	-28.54
	水深 44	E_{1-2b}^3	-46.79	-33.10	-28.26	-28.00
大陆架	$\text{Y}_a13-1-2$	E	-35.60	-25.14	-24.23	-24.13
	P_3	E	-36.08	-27.44	-27.27	-27.26

有机烷烃气具有正碳同位素系列^[10], 我国(表3)和国外含油气盆地有大量这样的有机烷烃气。无机烷烃气具有负碳同位素系列(表4), 这方面在国内、外目前研究的均较薄弱。最近, 在我国松辽盆地北部芳深1井, 东海盆地天外天构造上第三系中, 都发现具有负碳同位素系列特征的无机烷烃气。此外, 在美国和苏联也有发现。

表4 国内、外烷烃气负碳同位素系列($\delta^{13}\text{C}_1 > \delta^{13}\text{C}_2 > \delta^{13}\text{C}_3$)

气样地点	PDB (‰)		
	$\delta^{13}\text{C}_1$	$\delta^{13}\text{C}_2$	$\delta^{13}\text{C}_3$
中国松辽盆地芳深1井	-14.09 ~ -18.63	-23.22	-16.2
中国东海盆地天外天构造 *	-17.0	-22.5	
苏联 Khibiny 地块	-3.2	-9.1	
美国黄石公园泥火山	-21.5	-26.5	

* 据胡惕麟。

二、各种有机烷烃气的识别

1. 一些有机成因甲烷的鉴别

(1) 生物气甲烷和热解气甲烷的鉴别 近来, 一些人把生物气和热解气之间划分出谓之过渡型气或生物-热催化气. 这种气有时与未成熟油共生, 并重烃气含量稍高. 由于它是未成熟期产物, 我们称之为亚生物气. 关于它的地位与特征, 各家意见不一, 故本文不予讨论.

1) 生物气 $\delta^{13}\text{C}_1 < -55\text{‰}$; 热解气 $\delta^{13}\text{C}_1 > -55\text{‰}$, 大部分大于 -53‰ ; 2) 生物气甲烷许多不与重烃气共生, 有的仅有微量或痕量乙烷和丙烷与之共生, 总重烃气常小于 0.5% (柴达木盆地生物气甲烷与之共生重烃气小于 0.2%), $\text{C}_1/\text{C}_{2+3} > 170$, 大部分在 200 以上, 是干气; 相反, 热解气甲烷和乙烷、丙烷及丁烷共生, $\text{C}_1/\text{C}_{2+3}$ 大部分小于 15, 绝大部分小于 10, 为湿气; 3) 生物气甲烷与油不共生, 热解气甲烷与油共生; 4) 图解法. 用 $\delta^{13}\text{C}_1\text{-C}_1/\text{C}_{2+3}$ 鉴别图版(图 1), 可区分生物气甲烷和热解气甲烷, 前者在 I^1 和 I^2 区, 后者在 II^1 区.

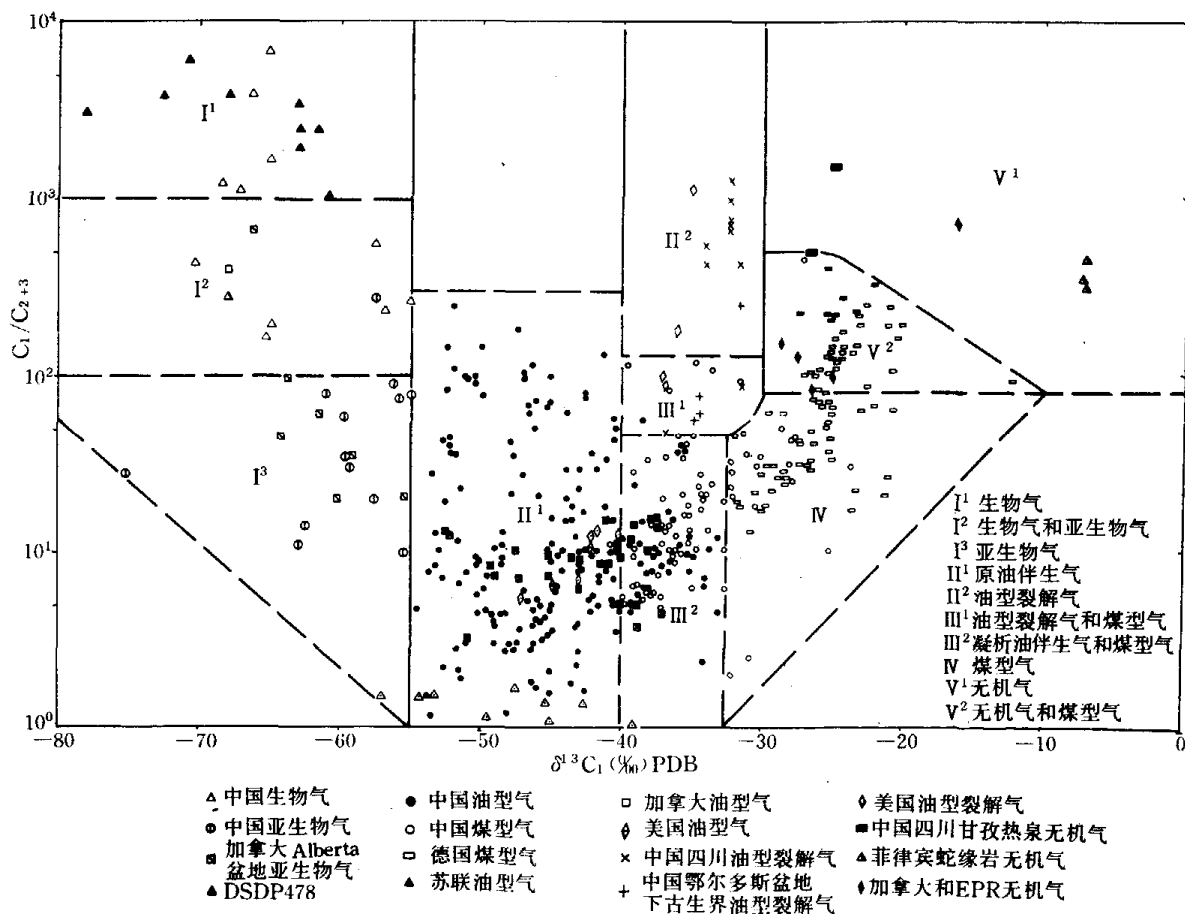


图 1 $\delta^{13}\text{C}_1\text{-C}_1/\text{C}_{2+3}$ 鉴别图版

(2) 原油伴生(热解)气甲烷和油型裂解气甲烷鉴别 1) 原油伴生气 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值大于 -55‰ 至 -40‰ ; 油型裂解气 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值大于 -37‰ 至小于 -30‰ ; 2) 原油伴生气甲烷与之共存的重烃气含量大于 5% , 通常大于 8% , $\text{C}_1/\text{C}_{2+3}$ 绝大部分小于 10, 是湿气; 油型裂解气甲烷与之共存的重烃气含量小于 5% , 常常在 3% 以下, 往往没有丁烷; 3) 原油伴生气甲烷通常为原油的附属物, 溶解在原油中; 油型裂解气甲烷往往在游离气(气层气)中; 4) 图解法. 用 $\delta^{13}\text{C}_1\text{-C}_1/\text{C}_{2+3}$ 鉴别图版(图 1), 可区分原油伴生气甲烷和油型裂解气甲烷, 前者在 II^1 区, 后者

在 II² 和 III¹ 区。

2. 油型烷烃气和煤型烷烃气的鉴别

(1) 油型甲烷和煤型甲烷的鉴别 1) 图解法. 利用我国 $\delta^{13}\text{C}_1-R_0$ 图^[10] (图2), 可鉴别油型气甲烷和煤型气甲烷. 例如: 鄂尔多斯盆地坊 25-21 井 1860.4—1870.4m 延长统天然气 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -42.559% , 在 $\delta^{13}\text{C}_1$ 纵坐标轴线上读取 -42.559% 的 D 点, 并以 D 点作与横坐标 R_0 轴线平行线, 此平行线不与煤型气甲烷回归线相交, 而与油型气甲烷回归线交于 C 点, 说明该气是油型气不是煤型气. 实际上, 坊 25-21 井的天然气是石油伴生气, 故是油型气, 说明了鉴别的准确性. 鄂尔多斯盆地楼 1 井在 1189.25—1189.45m 煤层获得煤层气, 该气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -31.54% , 以该值在 $\delta^{13}\text{C}_1$ 轴线上取点 A, 以 A 点作与 R_0 轴线的平行线, 分别与煤型气甲烷回归线交于 B 点、油型气甲烷回归线交于 E 点. 由此可作如下解释; 若以 B 点来说, 是煤型气甲烷; 若以 E 点来看, 应属油型气甲烷. 但以 E 点作垂线可与 R_0 轴线交于 F 点, F 点读得 R_0 值为 5% , 这就是说楼 1 井的气若是从外部运移到煤层的油型气, 形成该油型气甲烷的气源岩 R_0 心须是 5% , 这实际上是不可能的, 因为一般认为 R_0 为 5% , 甲烷已分解不存在. 这说明楼 1 井的甲烷不可能是外来自于油型气, 而是煤层自生自储的甲烷; 2) 解方程法. 利用我国煤型气

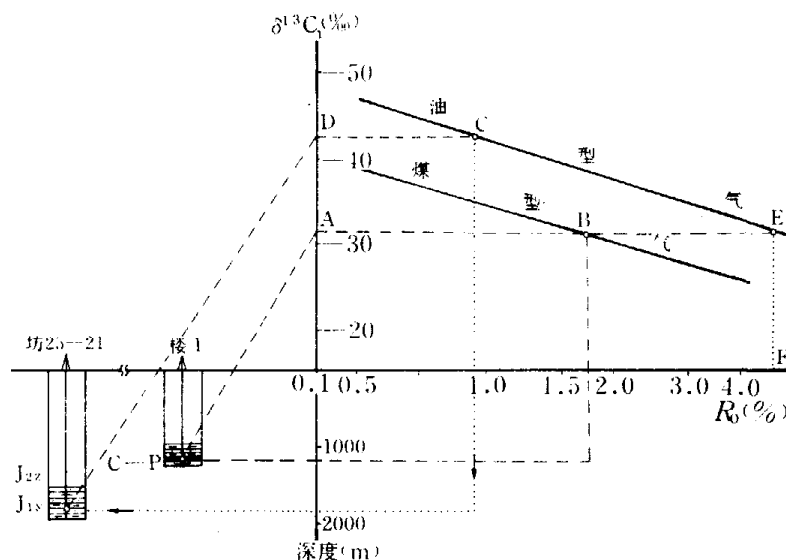


图2 应用 $\delta^{13}\text{C}_1-R_0$ 图鉴别油型甲烷和煤型甲烷

甲烷回归方程 $\delta^{13}\text{C}_1 \approx 14.12 \log R_0 - 34.39$ 和油型气甲烷回归方程 $\delta^{13}\text{C}_1 \approx 15.80 \log R_0 - 42.20$ ^[10] 鉴别. 例如: 东濮凹陷文留沙四气藏, 其 3 口井 (文 23、文 21 和文 105) 7 次测定的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值从 -27.73% 至 -30.30% , 平均为 -28.23% . 假设该气藏的甲烷属油型气的, 可用平均值 -28.23% 代入油型气甲烷回归方程, 得其源岩 R_0 值为 7.66% . 公认东濮凹陷油型气的源岩为沙河街组. 根据 TTI 法计算, 该凹陷第三系生油气层埋藏最深 (7500m) 的前梨园洼陷 R_0 为 3.4% . 由此可见, 文留沙四气藏的甲烷不可能是油型气型的. 同时必须指出, 当 R_0 等于或大于 5% , 甲烷就不复存在. 因此, 通过油型气甲烷回归方程计算得出: 只有 R_0 为 7.66% 油源岩才有可能向文留沙四气藏提供油型气甲烷的假设, 与客观条件不合, 证明该气藏甲烷不是油型气型的; 若设该气藏的甲烷为煤型气型的, 可将平均值 -28.23% 代入煤型气甲烷回归方程计算, 得其源岩 R_0 为 2.73% , 接近或相当这样成熟度的作为煤型气的石炭-二叠系煤系, 在东濮凹陷是客观存在的 (濮深 1 井、马古 11 井和长 1 井 R_0 为 $1.5-3.883\%$). 据此, 确定该气藏

的甲烷是煤型气型是合理的。

(2) 油型烷烃气和煤型烷烃气的鉴别 适用于湿气或湿气程度较大天然气的鉴别。1) 应用 $\delta^{13}\text{C}_1$ - $\delta^{13}\text{C}_2$ - $\delta^{13}\text{C}_3$ 图版鉴别(图 3)。只要取得天然气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 和 $\delta^{13}\text{C}_2$ 值, 更好还有 $\delta^{13}\text{C}_3$ 值, 把这些值标在这图版上, 便可知该烷烃气的成因从属: I 区为煤型气、II 区为油型气、III 区为碳同位素倒转的混合气、IV 区为煤型气或油型气、V 区为煤型气或油型气或混合气、VI 区为生物气和亚生物气。

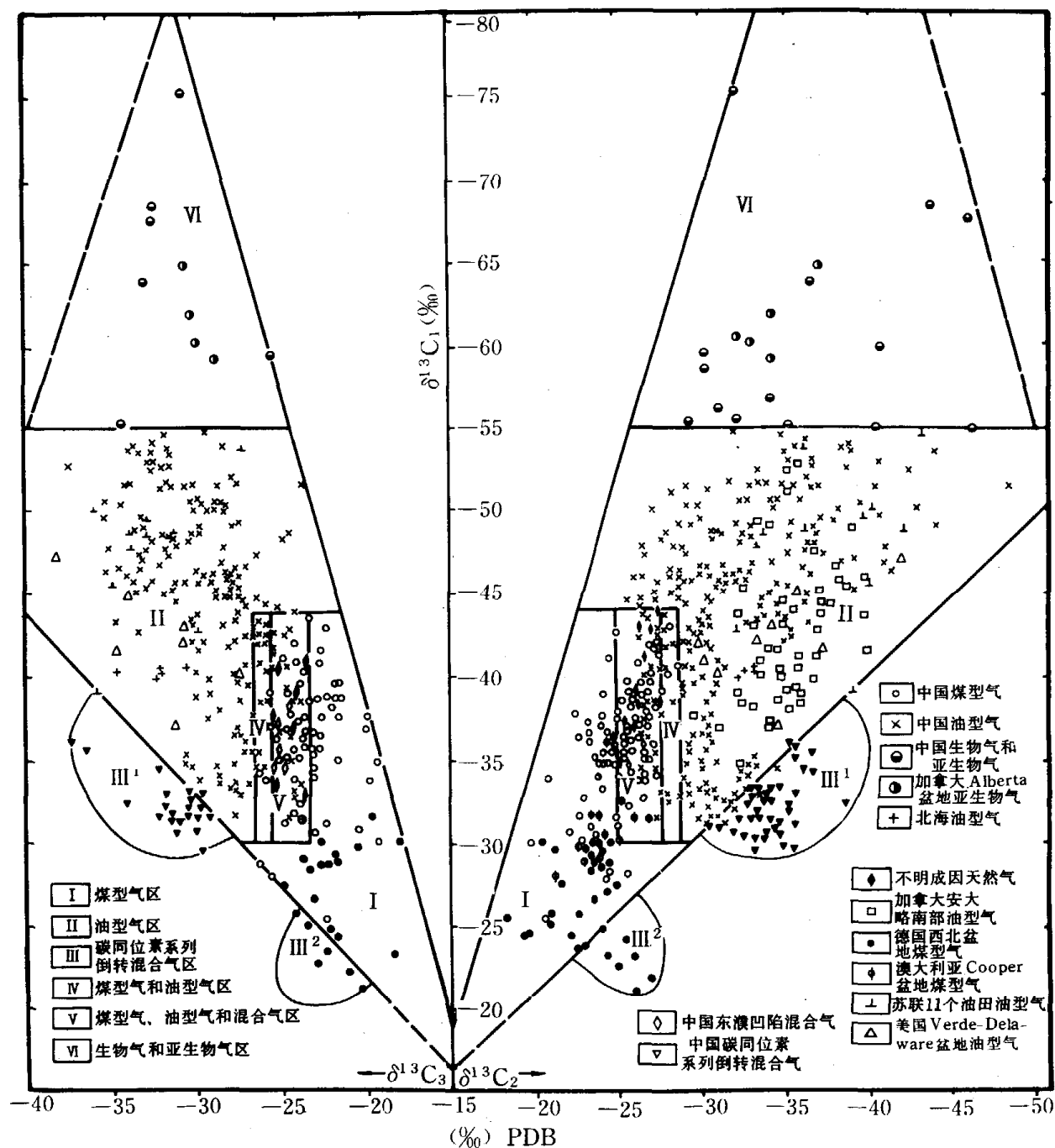


图 3 $\delta^{13}\text{C}_1$ - $\delta^{13}\text{C}_2$ - $\delta^{13}\text{C}_3$ 鉴别图版

这里特别要说明一下: III¹ 和 III² 区虽均为碳同位素系列倒转的混合烷烃气, 但两者还有区别。III¹ 区主要是由煤型气的和油型气的混合而成烷烃气, 例如: 我国四川盆地二叠系中的

一些混合烷烃气; III²区主要是同源不同期混合的煤型烷烃气, 例如: 德国西北盆地 Rothliegende, Zechstein 和 Bantsandstein 中一些混合气. III区和V区的混合烷烃气也不同, V区的一般没有发生碳同位素系列倒转, 例如: 东濮凹陷一些由石炭二叠系煤型气的和沙河街组油型气的烷烃气形成的混合气, 即是: 白3井 2690.4—2701.2m 的混合气 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -35.705‰ , $\delta^{13}\text{C}_2$ 值为 -26.321‰ 和 $\delta^{13}\text{C}_3$ 值为 -25.056‰ . 若要鉴别V区内某种气的属类, 可利用该气所在盆地或凹陷的烷烃气碳同位素系列连线对比图(图4), 因为煤成烷烃气碳同位素系列连线最重, 而油型烷烃气碳同位素系列连线最轻, 混合气则位于两者之间. 这样便可鉴别V区三种不同类型的有机烷烃气(图4).

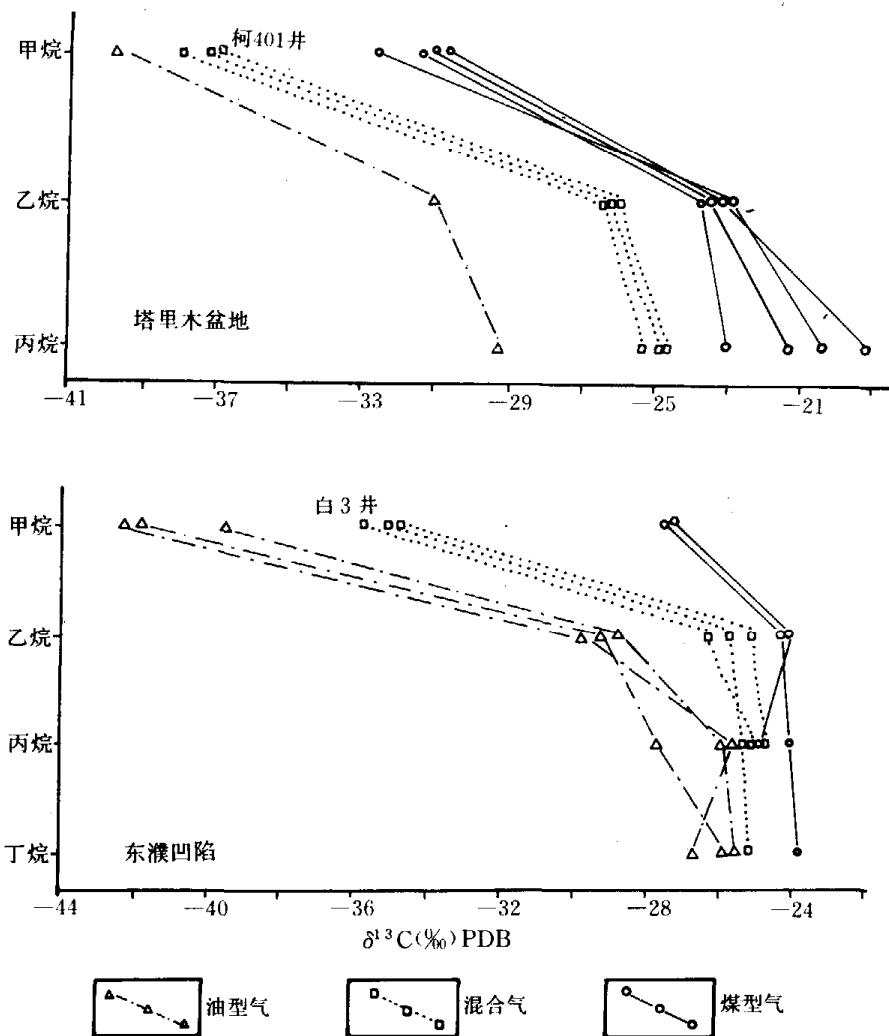


图4 东濮凹陷和塔里木盆地烷烃气碳同位素系列连线对比图

2) 应用煤型气 $\delta^{13}\text{C}_{1-3}-R_o$ 图^[11] (图5), 可鉴别热解作用为主形成的烷烃气的属类. 若知某天然气的 $\delta^{13}\text{C}_1$, $\delta^{13}\text{C}_2$ 和 $\delta^{13}\text{C}_3$ 值, 用图解法在纵坐标上分别取对应值3个点, 从该3个点为起点作出与横坐标平行的三条线, 三平行线若与对应的煤成甲烷、乙烷和丙烷的回归线相交, 则是煤成烷烃气; 若不相交或错位相交, 则不是煤成烷烃气. 例如: 鄂尔多斯盆地胜利井气田任6井下石盒子组天然气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -35.343‰ , $\delta^{13}\text{C}_2$ 值为 -26.375‰ 和 $\delta^{13}\text{C}_3$ 值为 -24.333‰ . 在图5纵坐标上分别取 -35.343‰ 点A, -26.375‰ 点B和 -24.333‰ 点C, 作A, B, C

点与横坐标的平行线,而与对应的煤成甲烷、乙烷和丙烷的回归线分别交于 A', B' 和 C' 点,由此判定任 6 井的烷烃气是煤型气型,这与以其它依据研究确定其是煤型气的结论是一致的^[12]. 鄂尔多斯盆地华池油田华 11-32 井延长统天然气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -46.414‰ , $\delta^{13}\text{C}_2$ 值为 -35.945‰ 和 $\delta^{13}\text{C}_3$ 值为 -32.298‰ . 在图 5 纵坐标上分别取 -46.414‰ 点 D, -35.945‰ 点 E 和 -32.298‰ 点 F, 分别作 D, E, F 点与横坐标的平行线, D 平行线与煤成甲烷回归线没有交点, E 和 F 的平行线同煤成乙烷和丙烷回归线没有交点, 而和煤成甲烷回归线错位相交于 E' 和 F' 点, 故其不是煤成烷烃气. 由于华 11-32 井天然气具有正碳同位素系列特征, 故应是

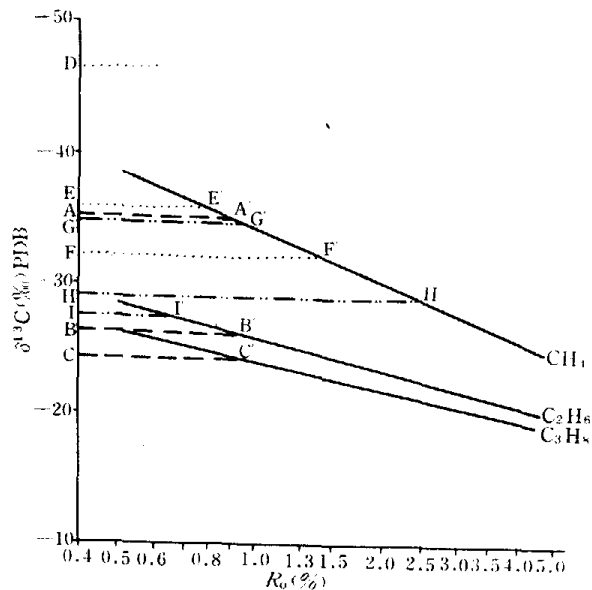


图 5 煤型气 $\delta^{13}\text{C}_{1-3}$ - R_0 图鉴别烷烃气

有机烷烃气, 现已判别它不是煤成烷烃气, 那便是油型烷烃气. 因为, 华 11-32 井天然气是华池油田的伴生气, 故其烷烃气属于油型的结论是正确的. 又如: 四川盆地中坝气田雷三气藏中 24 井天然气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -34.96‰ , $\delta^{13}\text{C}_2$ 值为 -29.03‰ 和 $\delta^{13}\text{C}_3$ 值为 -27.84‰ . 在图 5 纵坐标上分别取 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值、 $\delta^{13}\text{C}_2$ 值和 $\delta^{13}\text{C}_3$ 值的 G, H 及 I 点, 用上述相同方法作出该 3 个的横坐标平行线, G 平行线与煤成甲烷回归线交于 G' 点, H 和 I 平行线则不与对应的煤成乙烷和丙烷回归线相交, 而与煤成甲烷和煤成乙烷回归线错位相交于 H' 和 I' 点, 由此确定雷三气藏中烷烃气不是煤型气型, 但由于其具有正碳同位素系列特征, 故与华 11-32 井的推论同理, 雷三气藏中烷烃气应为油型气型, 这与有关研究确定雷三气藏的气是油型气^[12] 的结论是吻合的.

三、 C_7 系统三角图版鉴别有机烷烃气

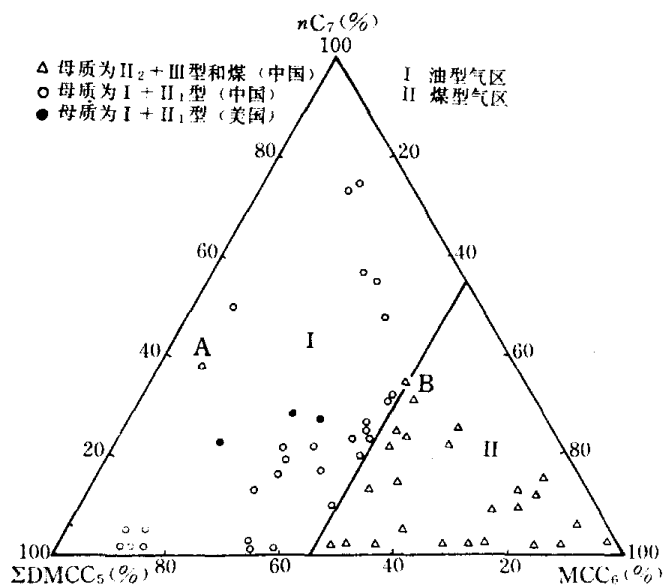


图 6 C_7 系统三角图版

对于湿度较大的气, 可借助与之共生的同源的 C_7 系统轻烃, 能较好确定烷烃气属类. C_7 系统的化合物包括三类: 正庚烷($n\text{C}_7$)、甲基环己烷(MCC_6)及各种结构的二甲基环戊烷(ΣDMCC_5). 正庚烷主要来自藻类和细菌, 对成熟作用十分敏感, 是良好的成熟度指标. 各种结构二甲基环戊烷主要来自水生生物类的脂化合物. 甲基环己烷主要来自高等植物木质素、纤维素、醌类等, 是反映陆源母质类型的良好参数, 热力学性质相对稳定. 因此, 以上述三类化合物为顶点编制的三角图, 能较好判别有机成因气, 从而也就可鉴别有机烷烃气. 图 6 是我国 C_7 系统三类化合物资料编制的三角图版. I 区为油

型气区,也是油型烷烃气区;II区为煤型气区,也是煤成烷烃气区。例如:鄂尔多斯盆地塞18井的天然气中 C_7 系统轻烃三类化合物各占比例: nC_7 为38.4%, MCC_6 为6.3%和 $\Sigma DMCC_5$ 为55.3%,以这些数据标在图6上得点A落在I区,因此,它为油型烷烃气;再如:渤海湾盆地苏桥气田苏402井天然气中 C_7 系统轻烃三类化合物各占比例: nC_7 为30.9%, MCC_6 为48.1%和 $\Sigma DMCC_5$ 为21.0%,把这些数据标在图6上得点B落在II区,因此,它为煤型烷烃气,这与有关研究确定苏桥气田是煤型气的结论^[13]是一致的。

参 考 文 献

- [1] 戴金星,科学通报, 33(1988), 15: 1168—1170.
- [2] Зорькин, Л. М. и др., Геология природных газов нефмегазов нефмегазоносных Бассейнов, Недра, 1984.
- [3] Abrajano, T. A. et al., Chem. Geol., 71(1988), 1/3: 211—222.
- [4] Lyon, G. L. et al., Geochimica et Cosmochimica Acta, 48(1984), 6: 1161—1171.
- [5] Sherwood, B. et al., Chem. Geol., 71(1988), 1/3: 223—236.
- [6] Алексеев, Ф. А. и др., Метран, Недра, 1978, 230—236.
- [7] Teichmüller, R. u. a., 9th Geol. Mitt., 1970, 181—206.
- [8] 戴金星等,中国科学B辑, 1986, 12: 1317—1326.
- [9] Stahl, W. J., Erdoel and Kohle-Erdgas-petrochemic, 32(1979), 12: 65—70.
- [10] 戴金星等,天然气地质学概论,石油工业出版社, 1989.
- [11] 戴金星等,科学通报, 34(1989), 9: 690—692.
- [12] 戴金星等,煤成气地质研究,石油工业出版社, 1987, 156—170.
- [13] 刘德汉等,地球化学, 1985, 4: 313—322.