

四川盆地天然气的碳同位素特征

戴金星, 夏新宇, 卫延召, 陶士振

(中国石油 勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 四川盆地发育 10 多个产气层系、6 套主要气源岩。文中研究了不同地区不同产层的碳同位素组成特征。大多数气样的 $\delta^{13}\text{C}$ 具有正碳同位素系列($\delta^{13}\text{C}_1 < \delta^{13}\text{C}_2 < \delta^{13}\text{C}_3 < \delta^{13}\text{C}_4$), 显示出有机成因特征。一些样品中甲烷碳同位素倒转($\delta^{13}\text{C}_1 > \delta^{13}\text{C}_2$)可能是由于不同源岩或不同成熟度的气混合的结果。盆地中相同成熟度油型气的 $\delta^{13}\text{C}$ 比煤成气的轻。 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 也具有生物成因的特征。

关键词: 天然气; 碳同位素组成; 四川盆地

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

1 前言

四川盆地是我国构造最稳定的盆地之一, 也是我国最大的含气盆地($18 \times 10^4 \text{km}^2$)、探明天然气储量最多的盆地、发现气田最多的盆地和产气最多的

盆地。至 1999 年底天然气探明储量 $6\,429 \times 10^8 \text{m}^3$, 可采储量 $4\,476 \times 10^8 \text{m}^3$, 历年采出天然气 $1\,886 \times 10^8 \text{m}^3$ 。1999 年止共发现气田 105 个(图 1), 年产气量 $83.9 \times 10^8 \text{m}^3$, 占当年全国气层气产量的 47%。

本文采用了四川盆地 43 个气田共 198 口井 2 37 井次天然气的碳同位素组成、组分和氦同位素

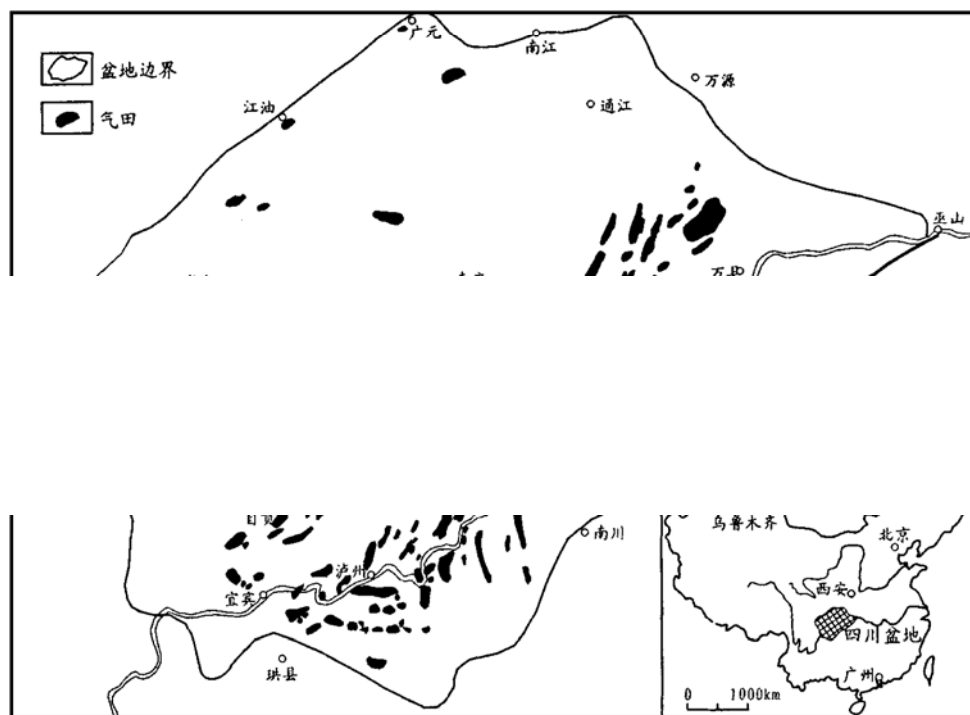


图 1 四川盆地气田分布图

Fig. 1 Gasfield distribution of the Sichuan Basin

收稿日期: 2001-01-11; 修订日期: 2001-04-19.

作者简介: 戴金星(1935-), 男(汉族), 浙江温州人, 中国科学院院士, 主要从事天然气地质和地球化学方面的研究工作.

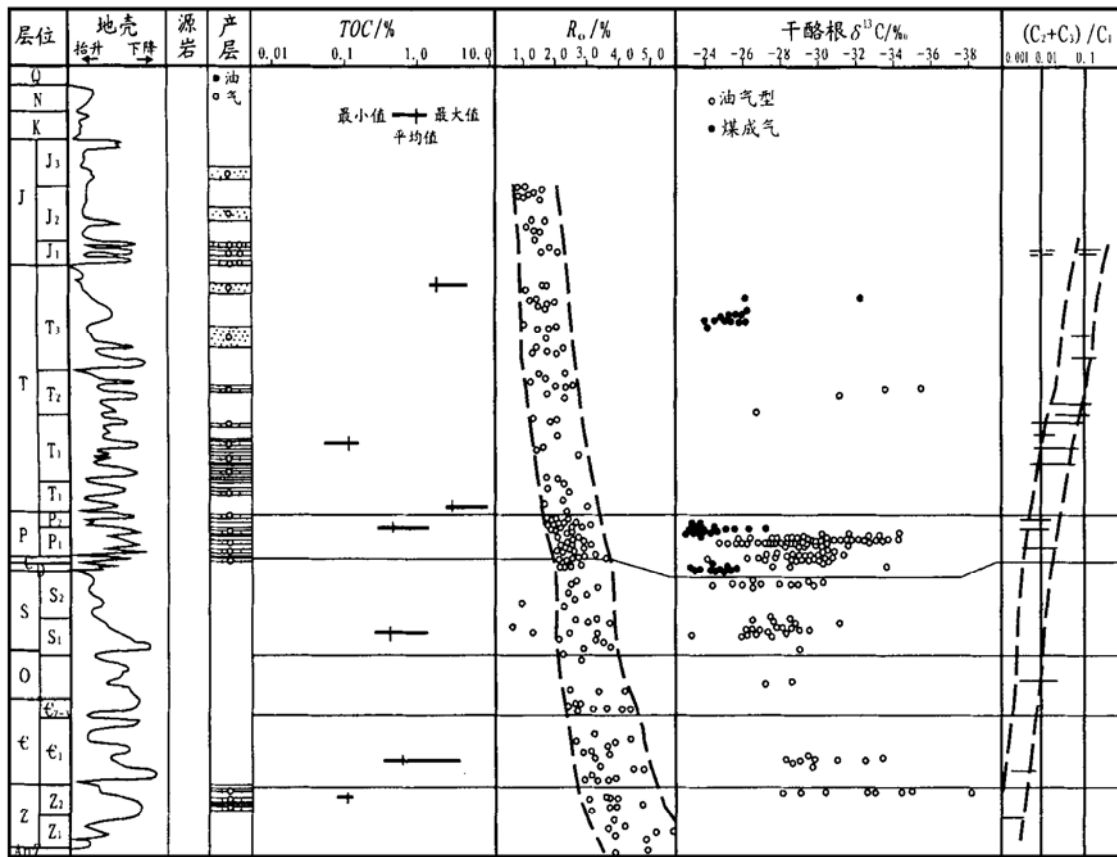


图 2 四川盆地的地层和源岩特征

Fig. 2 Stratigraphy and source rock characteristics of the Sichuan Basin

组成(R/Ra)的分析数据。气样部分为钢瓶取气,部分为排水取气。碳同位素由 MAT-250 和 MAT-251 质谱计测得。氢同位素测定采用 VG-5400 质谱计。

2 四川盆地的产层和气源

2.1 天然气产层

四川盆地气层层位有 10 余个,从下到上分别分布在以下地层:上震旦统(盆地的西南部,如威远气田)、上石炭统(盆地东部,如五百梯气田)、二叠系(盆地南部,如阳高寺气田)、下三叠统(盆地东部和南部,如卧龙河气田)、中三叠统(盆地中部,如磨溪气田)、上三叠统(盆地北西部,如中坝气田)、下侏罗统灰岩(盆地中部,如八角场气田)及侏罗系砂岩(盆地西北部,如新场气田)。盆地中部的下侏罗统是唯一的含油层(图 2)。

2.2 气源岩

四川盆地从下寒武统到下侏罗统共发育 6 套主要烃源岩,即下寒武统海相页岩、下志留统海相泥岩、下二叠统海相泥质碳酸盐岩、上二叠统海陆过渡相煤系(包括煤和暗色泥岩)、上三叠统陆相煤系(包括煤和暗色泥岩)及下侏罗统陆相泥岩,其分布范围

各有不同。上三叠统源岩(须家河组或香溪组)发育于盆地的北西部;下二叠统源岩主要分布于盆地的南部;下志留统源岩主要在东部和南部;而下寒武统和上二叠统源岩遍布整个盆地。下侏罗统源岩是盆地唯一的一套油源岩,分布于盆地中部(图 2)。

这些源岩中的有机碳含量一般大于 0.5%,最大值超过 1.0%。而煤系中煤和碳质页岩的有机碳含量则高于 10%(图 2)。

长期以来,我国许多研究者将有机碳低至 0.10% 的海相碳酸盐岩视为烃源岩。根据这个标准,厚达数千米的海相碳酸盐岩(上志留统、上二叠统、中下三叠统)被定为源岩,这些层位的气藏被认为是自生自储的。通过重新评价生烃潜力和油气关系,上述观点难以成立。现将主要气层所对应的源岩归纳如表 1。

3 天然气碳同位素特征

3.1 烷烃气碳同位素特征

3.1.1 甲烷及其同系物随其分子碳数增加 $\delta^{13}C$ 值依次递增

大量实际资料证明,烷烃气系列分子碳同位素

值随分子碳数的递增或递减,呈规律性变化。随分子碳数增加 $\delta^{13}\text{C}$ 值依次递增者($\delta^{13}\text{C}_1 < \delta^{13}\text{C}_2 < \delta^{13}\text{C}_3 < \delta^{13}\text{C}_4$)称为正碳同位素系列,反之称为负碳同位素系列。无机成因烷烃气具有负碳同位素系列^[1,2]。大量研究证明,在松辽盆地芳深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成因烷烃气,在美国和前苏联也有发现^[1]。而有机的、同源同期的甲烷及其同系物具有正碳同位素特征,在世界上众多含油气盆地中有大量这样的有机成因烷烃气,这个规律对原生型的

煤成气和油型气都适用。

四川盆地所发现的天然气中也普遍存在烷烃气正碳同位素系列,据不完全统计(仅考虑甲烷、乙烷和丙烷),样品中正碳同位素系列占52.5%以上(表2),说明这些天然气属有机原生气。当然,部分样品中也存在同位素局部倒转现象(占统计样品的47.5%),但没有改变正碳同位素系列的整体特征,结合其它判源标准,仍属有机成因。关于同位素倒转的特征及其形成因素在下面专门论述。

表1 四川盆地各含气层主要源岩

Table 1 Main source rock of each gas bearing strata in the Sichuan Basin

产层	盆地中主要分布区	主要气源岩	气田实例
J陆相砂岩	西北部	T ₃ 煤系	新场
J ₁ 湖相碳酸盐岩	中部	T ₃ 煤系(原油来自J ₁ 泥岩)	八角场
T ₃ 陆相砂岩	北西部	T ₃ 煤系	中坝、平落坝
T ₁₋₂ 海相碳酸盐岩	中东部	P ₂ 海陆过渡相煤系为主	磨溪
P ₂ 海相碳酸盐岩	南部	P ₂ 海陆过渡相煤系为主	纳溪
P ₁ 海相碳酸盐岩	南部	P ₂ 煤系、P ₁ 碳酸盐岩	阳高寺
C ₂ 海相碳酸盐岩	东部	S ₁ 、Є ₁ 海相页岩、P ₂ 煤系	五百梯
Z海相白云岩	西南部	Є ₁ 海相页岩	威远

表2 四川盆地天然气烷烃气正碳同位素系列

Table 2 Hydrocarbon gases with normal carbon isotope series from the Sichuan Basin, China

井号	深度/m	层位	$\delta^{13}\text{C}_1/\%$	$\delta^{13}\text{C}_2/\%$	$\delta^{13}\text{C}_3/\%$	$\delta^{13}\text{C}_4/\%$
板4	3 520	P ₂ ²	- 32.81	- 27.23	- 25.31	
板5	2 853	T _{1j} ³	- 33.30	- 29.08	- 22.12	
双15	3 989	P ₂ ²	- 31.53	- 29.03	- 23.20	
中40	3 121	T _{2l} ³	- 35.87	- 29.31	- 27.06	
中31	2 534	T _{3x} ²	- 36.44	- 25.61	- 24.01	- 23.64
威2	2 836~ 3 005	Z _{2dn}	- 32.54	- 30.95		
角2	2 431~ 2 462	J ₁₋₂	- 46.26	- 32.81	- 30.00	- 29.82
角49	3 393~ 3 455	T ₃	- 37.640	- 27.087	- 23.67	
纳14	530~ 651	T _{3h} ⁴⁻⁶	- 36.42	- 30.66	- 27.60	
纳10	1 793~ 1 831	T _{1j} ¹	- 34.68	- 32.13	- 27.72	
卧50	1 855~ 1 950	T _{1j} ¹	- 33.56	- 30.24	- 24.15	
川93	2 625~ 2 630	T _{3x} ⁴	- 34.99	- 24.38	- 21.62	- 20.75
川42	2 951~ 2 955	J	- 44.21	- 29.29	- 26.62	- 26.20

3.1.2 在相似条件下煤成烷烃气的 $\delta^{13}C$ 比油型烷烃气的重

相同或相近成熟度源岩形成的煤成气的甲烷及其同系物的 $\delta^{13}C$ 值比油型气的对应组分的 $\delta^{13}C$ 值重^[2], 这个规律可由下式表示, 即

$$\text{油型气: } \delta^{13}C_1 < \delta^{13}C_2 < \delta^{13}C_3 < \delta^{13}C_4$$

$$\text{煤成气: } \delta^{13}C_1 < \delta^{13}C_2 < \delta^{13}C_3 < \delta^{13}C_4$$

四川盆地的煤成气和油型气同样具有上述特征, 表 3 为四川盆地煤成和油型烷烃气碳同位素对比。角 13(T_3h^{2-4})、遂 8(T_3h^2) 和角 2(J_1) 三口井的源岩成熟度相近, 而前两者(煤成气)的甲烷及其同系物碳同位素明显比后者(油型气)的相应组分的碳同位素重; 而同是中坝气田, 具油型气特征的中 24 和中 40 井, 相应源岩的成熟度虽然高于具煤成

气特征的中 29 井和中 39 井天然气的相应源岩, 但煤成气的烷烃气, 特别是乙烷和丙烷的碳同位素同样比油型气的相应组分的碳同位素重。

3.1.3 甲烷的碳同位素组成随天然气干燥系数增大而增重

天然气中 $\delta^{13}C_1$ 受成熟度的影响, 而干燥系数的大小直接反映着成熟度的变化, 成熟度越大, 干燥系数越大。在此以 $C_1/(C_2 + C_3)$ 来表示天然气的干燥系数。从 $\delta^{13}C_1$ 与 $C_1/(C_2 + C_3)$ 的相关图(图 3)中可看出, 随着干燥系数的增大, $\delta^{13}C_1$ 明显变重。 $\delta^{13}C_1$ 的大小除取决于有机质类型外, 还明显受制于成熟度的高低。对于同类型的天然气, 随着成熟度的增大 $\delta^{13}C_1$ 变重; 对于不同类型的天然气来说, 在相同成熟度下, 煤成气的 $\delta^{13}C_1$ 通常高于油型气。而

表 3 四川盆地煤成和油型烷烃气碳同位素系列对比

Table 3 Comparison of $\delta^{13}C$ values of coal-formed and oil-type hydrocarbon gases in the Sichuan Basin

井号	深度/m	R_o / %	层位	$\delta^{13}C_1$	$\delta^{13}C_2$	$\delta^{13}C_3$	$\delta^{13}C_4$	天然气类型
				/ ‰	/ ‰	/ ‰	/ ‰	
角 13	2 963~ 3 341	1.027	T_3h^{2-4}	- 38.91	- 26.99	- 25.60		煤成气
遂 8	2 265~ 2 284	1.036	T_3h^2	- 41.44	- 27.31	- 22.67		煤成气
角 2	2 431~ 2 462	1.045	J_1	- 46.26	- 32.81	- 30.00	- 29.82	油型气
中 24	3 199	高	T_2l^3	- 35.65	- 30.29	- 27.19		油型气
中 40	3 121	高	T_2l^3	- 35.88	- 29.31	- 27.06		油型气
中 29	2 358	低	T_3x^2	- 34.77	- 24.76	- 23.10		煤成气
中 39	2 430	低	T_3x^2	- 35.59	- 25.34	- 23.34		煤成气

表 4 四川盆地一些样品中碳同位素的部分倒转

Table 4 Partly reversed $\delta^{13}C$ order ($\delta^{13}C_1 < \delta^{13}C_2$) in gas samples from the Sichuan Basin

序号	井号	层位	$\delta^{13}C_1$ / ‰	$\delta^{13}C_2$ / ‰	$\delta^{13}C_3$ / ‰
1	峰 6	C_2	- 31.23	- 34.89	
2	罐 10	C_2	- 31.67	- 32.27	
3	铁 4	C_2	- 32.06	- 34.31	
4	卧 65	C_2	- 32.24	- 36.05	
5	卧 48	C_2	- 32.35	- 35.72	
6	天东 1	C_2	- 32.36	- 37.27	- 34.27
7	峰 8	C_2	- 33.41	- 36.54	- 32.72
8	相 25	C_2	- 33.70	- 35.91	
9	相 18	C_2	- 34.40	- 37.68	- 34.59
10	池 18	C_2	- 36.58	- 40.36	- 37.14

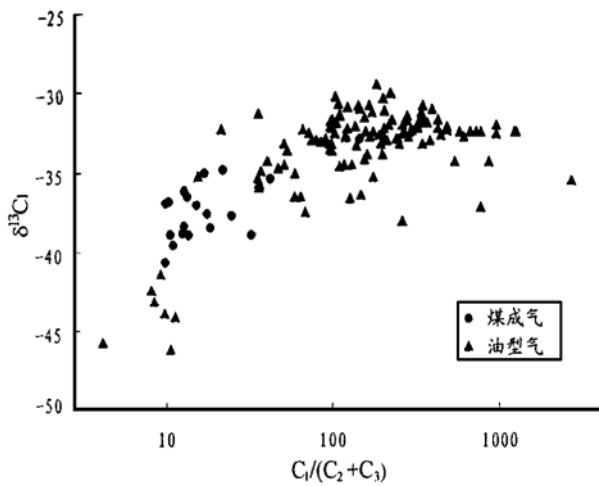


图3 四川盆地天然气中 $\delta^{13}C_1$ 和干燥系数相关图

Fig. 3. Chart showing the relationship between $\delta^{13}C_1$ and the dryness coefficient of natural gas from the Sichuan Basin

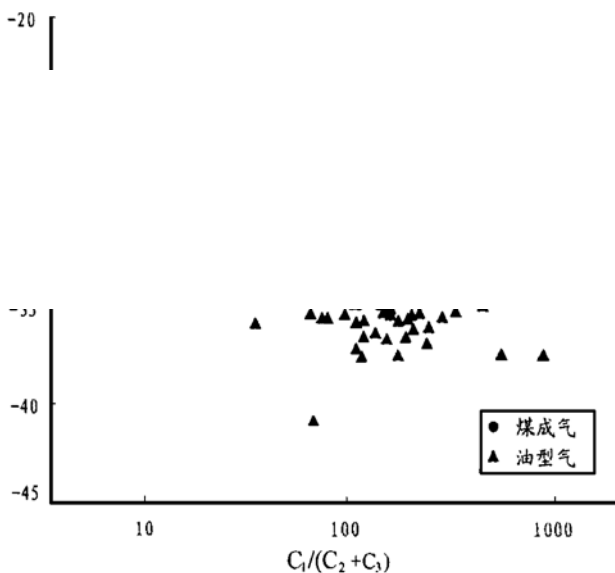


图4 四川盆地天然气中 $\delta^{13}C_2$ 和干燥系数相关图

Fig. 4. Chart showing the relationship between $\delta^{13}C_2$ and the dryness coefficient of natural gas from the Sichuan Basin

四川盆地的天然气中煤成气的 $\delta^{13}C_1$ 总体上低于油型气,主要是由于成熟度的影响。从图3中可看出煤成气的干燥系数总体上低于油型气,即煤成气的成熟度较低,因此,煤成气的 $\delta^{13}C_1$ 较轻。

与 $\delta^{13}C_1$ 不同, $\delta^{13}C_2$ 主要决定于源岩的类型,而受成熟度的影响相对较小^[3]。从 $\delta^{13}C_2$ 与 $C_1/(C_2+C_3)$ 的相关图(图4)中可看出,所有煤成气的 $\delta^{13}C_2$ 均重于油型气的 $\delta^{13}C_2$,在相同干燥系数下煤成气的 $\delta^{13}C_2$ 均重于油型气的 $\delta^{13}C_2$ 。

3.1.4 天然气中烷烃气 $\delta^{13}C$ 部分倒转

原生的天然气的烷烃气具有正碳同位素系列,即 $\delta^{13}C_1 < \delta^{13}C_2 < \delta^{13}C_3 < \delta^{13}C_4$ 。然而四川盆地一些烷烃气的碳同位素出现部分倒转(表4)。据前人研究^[2]是下列原因造成的:

- (1) 油气运移过程中的同位素分馏效应;
- (2) 某一烷烃气组分被细菌氧化;
- (3) 有机气和无机气的混合;
- (4) 腐泥型和腐植型气的混合;
- (5) 同一类型但成熟度不同的两个层段源岩生成气的混合;
- (6) 同一层段源岩在不同成熟阶段生成的气的混合。

通常由运移导致的甲烷同位素分馏不足 2‰,因此用运移因素无法解释许多样品中明显的甲乙烷碳同位素倒转。而四川盆地是一个构造稳定的盆地,缺乏无机成因气从地幔向上运移的通道;天然气

位系的部分倒转。

(1) 来源于腐泥型和腐植型两种气的混合。一些下二叠统气样中的甲乙烷碳同位素倒转可能与两种类型气的混合有关,一是源自海相碳酸盐岩源岩(腐泥型),一是源自煤系(腐植型)。在图5中,用端元A和端元B分别表示这两种类型的气。现假设A端元 $\delta^{13}C_1 = -40\text{‰}$, $\delta^{13}C_2 = -38\text{‰}$, $C_1\% = 90\%$, $C_2\% = 10\%$; B端元 $\delta^{13}C_1 = -31\text{‰}$, $\delta^{13}C_2 = -28\text{‰}$, $C_1\% = 99.5\%$, $C_2\% = 0.5\%$ 。当B和A以0.2:1到4:1的比例混合,尽管混合气的 $\delta^{13}C_1$ 较重,但是 $\delta^{13}C_2$ 显示出明显的腐泥气特征值(-36.3‰)。所以仅根据 $\delta^{13}C_2$ 很难区分气层中混源气的主要源岩。

我们认为,表4中峰6井和罐10井的甲乙烷碳同位素倒转可能为二叠系煤成气与志留系油型气混合而成。

(2) 来源于同类但成熟度不同的两个层段源岩的混合气。四川盆地的东部有两套源岩:下寒武统黑色页岩和下志留统黑色页岩。前者成熟度较后者高。当前者(设为端元C)和后者(端元A)以大约

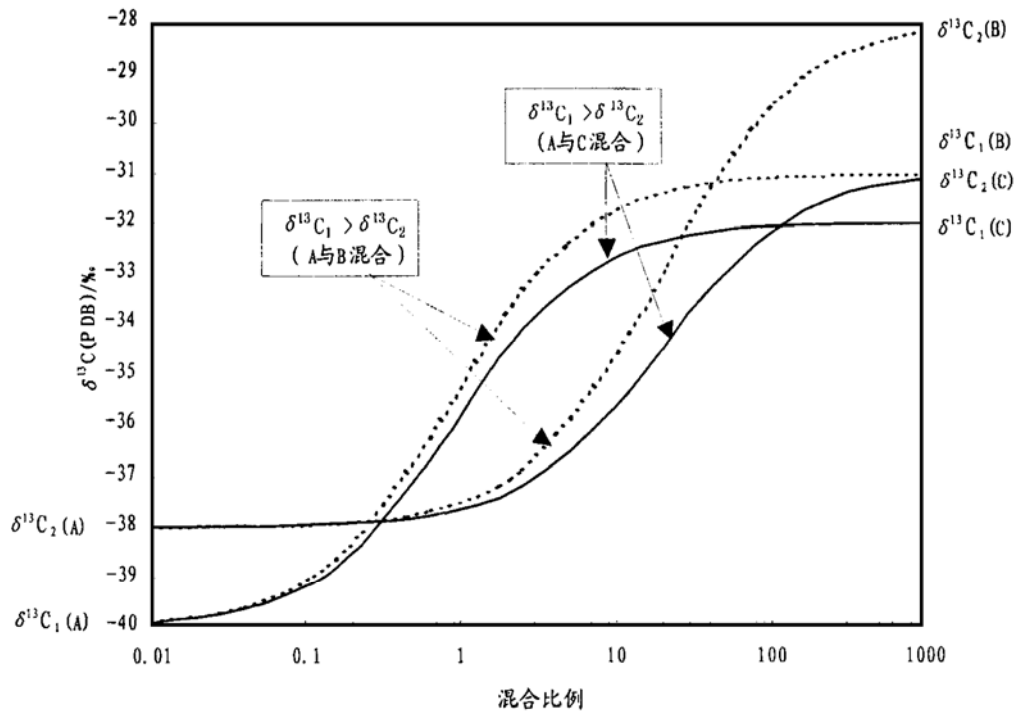


图 5 不同类型源岩气的混合所导致的碳同位素倒转

Fig. 5. Chart showing the disorder of $\delta^{13}C_1 > \delta^{13}C_2$ caused by mixing of natural gas from different sources

0.2: 1到 100: 1 的比例混合, 甲烷碳同位素组成也出现倒转。

我们认为表 4 中相 18 井和池 18 井的甲烷碳同位素倒转可能为寒武系与志留系生成的天然气混合而成。

(3) 同一源岩层段但不同成熟阶段生成气的混合。这种情况与前一种情况相似, 流体包裹体的均一温度也表明石炭系储层经历有多期天然气运移和充注(表 5), 不同成熟度气的混合也可造成甲烷的碳同位素组成倒转。

四川盆地有多套源岩, 分属于成熟度不同的两

种类型。即使同一套烃源岩, 天然气可以形成于不同成熟阶段; 断裂可以沟通不同的源岩和储层。混合作用是致使四川盆地一些天然气出现甲烷碳同位素倒转的重要原因。

3.2 非烃气碳同位素特征

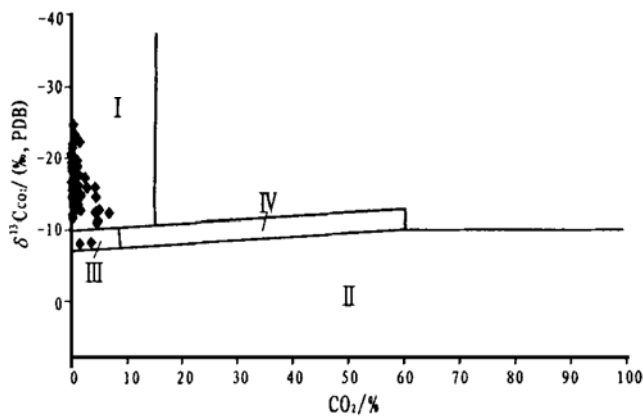
3.2.1 天然气中 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 组成特征

四川盆地天然气中 CO_2 含量较低, 均在 8% 以下。其中煤成气中 CO_2 含量更低, 在 2% 以下, 多数小于 1% (图 6)。 CO_2 的 $\delta^{13}C$ 主要集中于 -10‰~ -23‰。天然气中 CO_2 含量及其 $\delta^{13}C$ 特征是鉴别 CO_2 成因类型及来源的重要指标。根据戴金星对国

表 5 四川盆地不同期次流体包裹体均一温度范围

Table 5 Homogenization temperature of fluid inclusions in the Paleozoic reservoir rock of the Sichuan Basin

井号	层位	井段/m	不同期次均一温度/℃		
			iv	㊦	㊧
磨溪 13	$T_2l^{(1)}$	2 651.59~ 2 707.04	78~ 91	105~ 123	135~ 151
磨 144	$T_2l^{(1)}$	2 656.80~ 2 696.83	82~ 100	108~ 123	127~ 146
五科 1	S_1	5 090.37~ 5 258.07	88~ 122	137~ 163	172~ 205
五科 1	O_1	5 279.20~ 5 389.83		141~ 168	174~ 226
天东 19	C	4 819.27~ 4 877.96	85~ 112	127~ 152	163~ 198
天东 26	C	4 942.78~ 4 980.49	78~ 115	123~ 157	165~ 206
月东 2	C	5 172.40~ 5 196.24		125~ 154	161~ 213

图 6 有机和无机 CO₂ 鉴别图

(iv. 有机 CO₂ 区; ② 无机 CO₂ 区; ③ 有机和无机 CO₂ 共存区; ④ 有机和无机 CO₂ 混合区)

Fig. 6 Biogenic and abiogenic CO₂

identification diagram^[1]

I. biogenic CO₂; II. abiogenic CO₂;

III. concurrently occurring organic and abiogenic CO₂;

IV. mixed organic and abiogenic CO₂

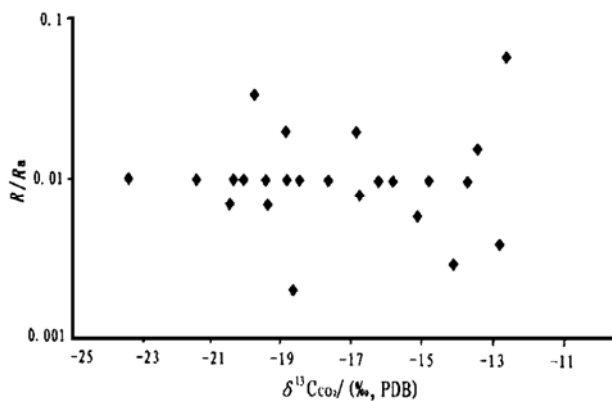
图 7 四川盆地天然气中 R/Ra 和 δ¹³C_{CO₂} 相关图

Fig. 7. Chart showing the relationship between R/Ra and the δ¹³C_{CO₂} of natural gas from the Sichuan Basin

内外众多气藏中 CO₂ 含量、δ¹³C_{CO₂} 组成特征及其与成因类型^[1]之间的关系研究, 编制了 CO₂ 含量和 δ¹³C_{CO₂} 的二氧化碳成因鉴别图(图 6), 并得出 CO₂ 含量小于 15% 基本上都是有机成因, 当 CO₂ 含量大于 60% 时都是无机成因。δ¹³C_{CO₂} 重于 -8‰ 是无机成因气; 轻于 -10‰ 是有机成因气; 当 δ¹³C_{CO₂} 在两者之间, 可以是有机成因与无机成因的共存区或混

合区。根据二氧化碳鉴别图(图 6), 四川盆地的 CO₂ 绝大部分在有机成因区内, 仅有 3 个样品落入有机与无机 CO₂ 共存区。

3.2.2 δ¹³C_{CO₂} 与 R/Ra 关系

根据中国东部无机成因二氧化碳的 δ¹³C_{CO₂} 与氦同位素 R/Ra 研究关系, 可以区别 δ¹³C_{CO₂} 在 -10‰ 和 -8‰ 之间是否为有机成因或无机成因二氧化碳。有机成因 CO₂ 与 R/Ra < 0.1 伴生^[1,5], 据此可以说明四川盆地 δ¹³C_{CO₂} 在 -10‰ 和 -8‰ 之间的 CO₂ 为有机成因的(图 7)。

4 结论

(1) 四川盆地大多数天然气的 δ¹³C 具有正碳同位素系列(δ¹³C₁ < δ¹³C₂ < δ¹³C₃ < δ¹³C₄), 显示出有机成因特征。

(2) 一些天然气的甲乙烷碳同位素倒转(δ¹³C₁ > δ¹³C₂), 可能是由于煤成气和油型气不同源岩的或不同成熟度的气混合的结果。

(3) 相同成熟度油型气各组分的 δ¹³C 比煤成气对应组分的 δ¹³C 轻。

(4) CO₂ 的 δ¹³C 也具有有机成因的特征。

参考文献:

- [1] Dai Jinxing, Song Yan, Dai Chunsen, et al. Condition Governing the Formation of Abiogenic Gas and Gas pools in Eastern China [M]. Beijing: Science Press, 2000. 1- 22.
- [2] Dai Jinxing, Song Yan, Wu Changlin, et al. Characteristics of carbon isotopes of organic alkanes gases in petroliferous basins of China[J]. Journal of Petroleum Sciences and Engineering, 1992, 7.
- [3] 陈安定. 陕甘宁盆地中部气田奥陶系天然气的气源和运移[J]. 石油学报, 1994, 15(2): 1- 9.
- [4] 戴金星, 宋岩, 张厚福, 等. 中国天然气聚集区带[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 17- 56.
- [5] Jenden P D, Hilton D R, et al. Abiogenic hydrocarbons and mantle helium in oil and gas fields[A]. The Future of Energy Gases [C]. USGS Professional Paper, 1994, 1570: 31- 36.

(下转第 132 页)

the three most active first-order tectonic areas in the world and are distributed near the Phanerozoic volcanic rock belts. The oil and gas fields in the Bohaiwan Basin of China are distributed accompanying the Cenozoic volcanic rock bodies, and the gas fields in the Sacramento Basin of America are faulted superimposed and superpositioned with modern craters. These phenomena show that petroleum and natural gas are closely related to the supply of the Earth's deep-seated matter. Spontaneous earthquakes bring about volcanic activities, underground water and natural gas discharge for supracrust. The magma of volcanic activities causes the organic matter "kitchen body" hydrocarbon-generating model for volcanic rock-covered areas, and brings about inorganic matter-genetic hydrocarbon. Underground water causes the catalytic hydrocarbon-generating model for organic matter, and discharged H_2 and CO_2 cause the synthetic hydrocarbon-generating model. Crust active areas have many kinds of hydrocarbon-generating mechanism and models. Volcanic activities in crust active areas bring about reservoir-cover-trap assemblages formed by sediments and magma for sedimentary basins, and constitute hydrocarbon-generating systems of "water-fire" binary structure. Volcanic activities bring about many kinds of hydrocarbon supply caused by many kinds of hydrocarbon-generating models and binary structural reservoir-cover-trap assemblages formed by sedimentary and volcanic rocks for volcanic rock-covered areas. This is advantageous to the formation of oil and gas fields. Thus, the volcanic rock-covered areas in the southeastern coastal waters of China should be prospecting areas for petroleum.

Key words: active tectonic systems; volcanic rocks; oil and gas fields; the volcanic rock-covered areas in the southeastern coastal waters of China

(continued from page 121)

CARBON ISOTOPE CHARACTERISTICS OF NATURAL GAS IN THE SICHUAN BASIN, CHINA

DAI Jir-xing, XIA Xin-yu, WEI Yan-zhao, TAO Shi-zhen

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, China National Petroleum Corporation, Beijing 100083, China)

Abstract: There are over ten gas-producing beds and six main gas-generating rock intervals in the Sichuan Basin in the middle of China. In this paper, carbon isotopic data of natural gas from different regions and reservoirs were studied. The $\delta^{13}C$ value of most gas samples show the pattern of $\delta^{13}C_1 < \delta^{13}C_2 < \delta^{13}C_3 < \delta^{13}C_4$, indicating their biogenic origin. Samples with $\delta^{13}C_1 > \delta^{13}C_2$ might be a mixture of gases from different source rocks or of different maturity. The $\delta^{13}C$ value of humic gas is more negative than that of sapropelic gas. The $\delta^{13}C$ value of the analyzed CO_2 indicates it is of biogenic origin.

Key words: natural gas; carbon isotope composition; the Sichuan Basin