

# “威远气田的气源以有机成因气为主”

——与张虎权等同志再商榷

戴金星(中国科学院院士)

(中国石油勘探开发研究院)

戴金星.“威远气田的气源以有机成因气为主”——与张虎权等同志再商榷.天然气工业,2006,26(2):16-18.

**摘要** 有机成因烷烃气具有以下规律:碳同位素值  $\delta^{13}\text{C}_1 < \delta^{13}\text{C}_2 < \delta^{13}\text{C}_3 < \delta^{13}\text{C}_4$ , 一般  $\delta^{13}\text{C}_1 < -30\%$ ;  $\text{CH}_4/\text{He}$  为  $10^9 \sim 10^{12}$ 。有机成因二氧化碳的  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2} < -10\%$ 。威远气田天然气的  $\delta^{13}\text{C}_1$  值从  $-31.96\% \sim -35.7\%$ , 均小于  $-30\%$ ,  $\delta^{13}\text{C}_1 < \delta^{13}\text{C}_2$ ,  $\text{CH}_4/\text{He}$  为  $1.1734 \times 10^{10} \sim 2.8811 \times 10^{10}$ 。其  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$  值从  $-11.16\% \sim -15.81\%$ , 均小于  $-10\%$ 。加之,威远气田烷烃气和二氧化碳占气体组成的主要区间为  $89.84\% \sim 97.16\%$ 。因此,威远气田的天然气以有机成因为主。

**关键词** 威远气田 天然气 碳同位素 有机成因 二氧化碳

张虎权、卫平生和张景廉同志在《天然气工业》2005 年第 25 卷第 7 期发表的《也谈威远气田的气源——与戴金星院士商榷》一文<sup>[1]</sup>(以下简称张文)中指出,“威远气田天然气来源于深部是显而易见的,不容置疑的”,并就此与包茨<sup>[2]</sup>、徐永昌等<sup>[3]</sup>、沈平等<sup>[4]</sup>、陈文正<sup>[5]</sup>、戴鸿鸣等<sup>[6]</sup>、戴金星等<sup>[7,8]</sup>主张该气田的气源为有机成因气的观点进行了讨论。因张文缺乏威远气田天然气无机成因的直接证据,故发表本文与之再作商榷。

## 一、无机成因与有机成因天然气的地球化学鉴别标志

香山科学会议第 265 次关于“非生物(无机)油气的形成与资源前景”学术讨论会,于 2005 年 10 月 18~20 日在北京香山饭店召开。这次会议是对我国无机成因油气理论多年研究的总结、推进和展望。与会的 40 多位代表均是无机油气论者或支持者,经过 3 天的会议主题评述报告、中心议题报告、专题报告和热烈讨论,代表们一致认为:在世界能源,尤其是油气资源日趋紧张的状况下,研究无机成因油气,若能开辟寻找油气的一个新方向或新领域,即使其难度极大、耗时较长,但意义仍十分深远和重大。

与会者还一致认为,到目前为止,已有充分的地球化学证据和勘探实践证明:无机成因的气(烷烃气、 $\text{CO}_2$  等)及气藏(田)是存在的;但无机成因油至今未有充分的地球化学证据。

因为稀有气体均是无机成因的,所以常说的无机成因气主要是指烷烃气、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 。由于  $\text{N}_2$  没有太大的经济价值,而无机成因的  $\text{H}_2\text{S}$  气藏又罕见。因此,关于有机成因或无机成因气的鉴别研究主要针对烷烃气和  $\text{CO}_2$ 。

已有研究指出:当  $\delta^{13}\text{C}_1 > -10\%$ ,  $\text{CH}_4/\text{He}$  值为  $10^5 \sim 10^7$ ,  $\delta^{13}\text{C}_1 > \delta^{13}\text{C}_2 > \delta^{13}\text{C}_3 > \delta^{13}\text{C}_4$  的甲烷和烷烃气属无机成因的;而  $\delta^{13}\text{C}_1 < -30\%$ ,  $\text{CH}_4/\text{He}$  值为  $10^9 \sim 10^{12}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_1 < \delta^{13}\text{C}_2 < \delta^{13}\text{C}_3 < \delta^{13}\text{C}_4$  的甲烷和烷烃气一般属有机成因的<sup>[9-15]</sup>。无机成因的  $\text{CO}_2$  其组分含量大于  $60\%$ 、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2} > -8\%$ , 当  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$  为  $6\% \pm 2\%$  时属幔源成因;当  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$  为  $0\% \pm 3\%$  时属变质成因; $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2} < -10\%$  属有机成因;而  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$  介于  $-8\% \sim -10\%$  之间的  $\text{CO}_2$  属有机成因和无机成因的混合区<sup>[16,17]</sup>。根据以上指标,便可以识别天然气中的主要组分甲烷及其同系物以及  $\text{CO}_2$  究竟是属于有机成因还是无机成因的。

## 二、少数与多数以及旁证与确证

稀有气体均属无机成因的,故除稀有气体外,天然气中其他组分气体既可能是有机成因的,也可能是无机成因的。一般自然天然气为无机成因和有机成因的混合物。对于一种天然气在论及其成因从属时,必须要注意其组成特征,即哪些组分是占优势的主体,而哪些组分则仅占极少部分,后者往往是稀有气体。在论及或认识该天然气成因时,应以其占优势组

**作者简介** 戴金星,1935 年生,中国科学院院士。地址:(100083)北京市学院路 20 号 910 信箱。电话:(010)62097084。E-mail:djx@petrochina.com.cn

分的成因来冠名,而不能以极少组分的成因来命名。

在研究油气有机成因和无机成因过程中,存在着旁证和确证这两种不同的手段。一些研究者针对主攻研究对象——油气(它本身就是碳和氢的化合物),研究有机成因油气和无机成因油气本身之间的差别,得出了一系列鉴别有机成因油气和无机成因油气的指标(如上述指标),为两种成因油气的识别提供了令人信服的确证。而一些旁证性研究结论,则往往缺乏直接的证据而难以令人信服。

### 三、威远气田天然气以有机成因为主的根据

在讨论四川威远气田天然气成因类型时,首先

要了解其天然气中主要组成是什么?从表1可知,威远气田天然气绝大部分组分是烷烃气( $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$ 、 $\text{C}_3\text{H}_8$ ),其次是 $\text{N}_2$ ,再次是 $\text{CO}_2$ 。烷烃气和 $\text{CO}_2$ 两种组分合计占天然气总组成的68.31%~97.16%,主要区间为89.84%~97.16%,也就是说上述两种组分占该天然气组成的90%左右。

#### 1. 烷烃气有机成因的根据

(1)由表1可知: $\delta^3\text{C}_1$ 值介于-31.96‰(威27井)~-35.7‰(威浅1)之间,均小于有机成因气和无机成因气界限值(-30‰),故甲烷均为有机成因的。

(2)烷烃气普遍具有正碳同位素系列的有机成因气的特征,即 $\delta^3\text{C}_1 < \delta^3\text{C}_2$ (仅有威39井倒转)。

(3) $\text{CH}_4 / \text{He}$ 为 $10^5 \sim 10^7$ 的 $\text{CH}_4$ 为无机成因

表1 威远气田天然气组成和同位素值表

井号	井深(m)	产层	天然气组成(%)									$\delta^3\text{C}(\text{‰})$			氮同位素				
			$\text{N}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{H}_2$	$\text{H}_2\text{S}$	Ar	He	$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_8$	$\text{CO}_2$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	$^{36}\text{Ar}$	$^3\text{He}/^4\text{He}$ ( $10^{-8}$ )	R/Ra	$\text{CH}_4/{}^3\text{He}$ ( $10^{10}$ )
威浅1	204.5	$\text{T}_1\text{j}_1^1$	0.54		96.77	0.39	0.00	0.11	0.38	—	—	-35.7 <sup>1)</sup>				561			
威12	2836.5~3005	$\text{Z}_1\text{d}^1 - \text{Z}_1\text{d}^3$	8.33	4.66	85.07	0.11		0.023	1.31	0.053	0.250	-32.54	-30.95	-11.16	9255		2.9	0.021	1.1734
威5	1318.5~1345.5	$\text{P}_1^3 - \text{P}_1^2$	3.36		94.28	0.21	0.01	0.015	未分析	0.048	0.108	-34.27	-37.20	-15.81	2855		3.03	0.022	2.8811
威7	1078~1079.5	$\text{P}_1^3$	3.09	1.82	94.17	0.31	0.02		0.48	0.015	0.003				5222				
威23	3016.5~3142.08	$\text{E}_1 - \text{Z}_1\text{d}^3$	8.14	4.75	85.44	0.15	0.00		1.25	0.015	0.262				7232				
威27	2851.0~2995.0	$\text{Z}_1\text{d}^1 - \text{Z}_1\text{d}^3$	7.81	4.70	85.85	0.17	0.00	0.00	1.20	0.048	0.218	-31.96	-31.19						
威28	2820.63~2905.0 3626~3736	$\text{Z}_1$ $\text{P}_1$	26.7	1.23	87.03	0.21	0.03	4.337	0.01	0.205	0.248	-32.53	-31.61	-12.51					
威30	2844.5~2950	$\text{Z}_1\text{d}^1 + 2$	7.55	4.40	86.57	0.14	0.00	0.00	0.95	0.046	0.342	-32.73	-32.00						
威39	2833.5~2986	$\text{Z}_1\text{d}^1 - \text{Z}_1\text{d}^3$	7.08	4.53	86.74	0.12		0.00	1.22	0.071	0.273	-32.42	-33.91	-14.60					
威46	2880.0~2963.0	$\text{Z}_1\text{d}^2 + 1$	8.11	4.66	85.66	0.11	0.00		1.17	0.049	0.252								
威63		$\text{Z}_1\text{d}^1 - \text{Z}_1\text{d}^3$										-32.84							
威100	2959~3041	$\text{Z}_1\text{d}^2 - 1$	6.47	5.07	86.80	0.13		0.011	1.18	0.046	0.298	-32.52	-31.71	-11.56					
威106	2788.5~2875	$\text{Z}_1\text{d}^2 - \text{Z}_1\text{d}^3$	6.26	4.82	86.54	0.07			1.32	0.043	0.315	-32.54	-31.40	-12.45					
威寒26		$\text{E}_1$										-32.47	-29.15						

注:1)据沈平等(1991);2)据陈文正(1992)。

甲烷; $\text{CH}_4 / \text{He}$ 为 $10^9 \sim 10^{12}$ 的 $\text{CH}_4$ 为有机成因甲烷。从表1可知,威远气田的 $\text{CH}_4 / \text{He}$ 为 $1.1734 \times 10^{10} \sim 2.8811 \times 10^{10}$ ,故该气田的甲烷为有机成因的。

#### 2. 二氧化碳具有有机成因气的特点

上已述及, $\delta^3\text{C}_{\text{CO}_2} < -10\text{‰}$ 的二氧化碳属有机成因。由表1可见 $\delta^3\text{C}_{\text{CO}_2}$ 值为-11.16‰(威2井)~-15.81‰(威5井)。因此,威远气田的二氧化碳均为有机成因的。

由于威远气田中烷烃气和二氧化碳占天然气总组成的90%左右,由此可以得出威远气田的天然气以有机成因为主的结论。

张文指出:“据陈文正<sup>[5]</sup>(张文中为参考文献[7]),威28井3626~3736m井段花岗岩中裂隙气

的 $\delta^3\text{C}_1 = -32.35\text{‰}$ , $\delta^3\text{C}_2 = -31.91\text{‰}$ , $\delta^3\text{C}_{\text{CO}_2} = -12.51\text{‰}$ ;威58井2820~2905m井段震旦系储层天然气的 $\delta^3\text{C}_1 = -32.53\text{‰}$ , $\delta^3\text{C}_2 = -31.61\text{‰}$ , $\delta^3\text{C}_{\text{CO}_2} = -12.51\text{‰}$ 。花岗岩中裂隙气与震旦系储层的天然气 $\delta^3\text{C}_1$ 、 $\delta^3\text{C}_2$ 、 $\delta^3\text{C}_3$ 均十分相似,应该认为是同源的。花岗岩中裂隙气的碳同位素还与其他井(如威27井、威30井、威39井、威100井、威106井)天然气的碳同位素十分相似<sup>[1]</sup>。张文中得出花岗岩中裂隙气和震旦系储层中天然气是同源的结论正确。威28井花岗岩中和震旦系中天然气 $\delta^3\text{C}_1$ 值均小于-30‰,即均在-32‰左右,且 $\delta^3\text{C}_1 < \delta^3\text{C}_2$ 具有正碳同位素系列特征,说明烷烃气均为有机成因。此外,花岗岩和震旦系两层段中 $\delta^3\text{C}_{\text{CO}_2}$ 值均为

-12.51‰,由于其值小于-10‰,所以两层段中二氧化碳也是有机成因。既然花岗岩中和震旦系中的烷烃气和二氧化碳是同源的有机成因气,而且花岗岩中显然不可能生成有机成因的烷烃气和二氧化碳,故花岗岩中这些气体只有来自上覆沉积岩中。张文不从这些气体本身的地球化学数据来判识相关气体组分的成因,而提出“灯影组的天然气向下运移406~831 m 的距离的花岗岩深部裂缝的说法是不可思议的”<sup>[1]</sup>,这一论点是难以立足的。张文认为花岗岩裂缝中“天然气一部分可能来自花岗岩化过程中所逸散的气体,另一部分可能来自更深部上升的气体”<sup>[1]</sup>,张文不用 $\delta^3\text{C}_1$ 、 $\delta^3\text{C}_2$ 、 $\delta^3\text{C}_3$  值这些分析数据科学地识别天然气成因,而仅用两个“可能”<sup>[1]</sup>来支撑“威远气田天然气来源于深部是显而易见的,不容置疑的”<sup>[1]</sup>观点,显得缺乏科学依据。

关于“灯影组天然气的氦和氩均是无机成因的”,前人已有较多研究和明确的结论<sup>[3,8,18]</sup>,张文也持此论点,故在此不赘述。但从表1可见,He和Ar仅占整个天然气组成的0.018%(威7井)~0.453%(威28井),也就是说无机成因的稀有气体仅占威远气田天然气的极少部分,所以威远气田的气源仍以有机成因气为主。

张文中提及四川盆地深部热液流体活动及深大断裂系对无机成因气形成的影响仅是旁证,在具体讨论威远气田天然气成因时,缺少充分有力的根据,在此不予探讨。

#### 四、结 论

(1)有机成因甲烷和烷烃气: $\delta^3\text{C}_1 < \delta^3\text{C}_2 < \delta^3\text{C}_3 < \delta^3\text{C}_4$ ,一般 $\delta^3\text{C}_1 < -30\%$ , $\text{CH}_4/\text{He}$ 为 $10^9 \sim 10^{12}$ 。有机成因二氧化碳的 $\delta^3\text{C}_{\text{CO}_2} < -10\%$ 。威远气田 $\delta^3\text{C}_1$ 值介于-31.96‰~-35.7‰之间,均小于-30‰, $\delta^3\text{C}_1 < \delta^3\text{C}_2$ , $\text{CH}_4/\text{He}$ 为 $1.1734 \times 10^{10} \sim 2.8811 \times 10^{10}$ 。 $\delta^3\text{C}_{\text{CO}_2}$ 值介于-11.16‰~-15.81‰,均小于-10‰。威远气田烷烃气和二氧化碳占气体组成主要区间为89.84%~97.16%。因此,威远气田的天然气以有机成因为主,绝不是张文所说的威远气田天然气是来自深部无机成因“是显而易见的,不容置疑的”<sup>[1]</sup>。

(2)从18世纪70年代油气无机成因说提出至今,其与油气有机成因说一直存在争论。无机成因说几度兴衰:“兴”表现在创新观点,确定了无机成因气科学指标,发现并探明了一些无机成因 $\text{CO}_2$ 气藏和烷烃气藏;“衰”则表现在不是从油气本身为立足点去论证,为无机成因油气提供确证,而是推测有余,且缺乏勘探无机成因油气的系统规律。因此,克

服无机成因说之“衰”,是发展无机成因油气说的当务之急。

#### 参 考 文 献

- [1] 张虎权,卫平生,张景廉.也谈威远气田的气源——与戴金星院士商榷[J].天然气工业,2005,25(7):4-7.
- [2] 包茨.天然气地质学[M].北京:科学出版社,1998:361-366.
- [3] 徐永昌,沈平,李玉成.中国最古老的气藏——四川威远震旦纪气藏[J].沉积学报,1989,7(4):1-11.
- [4] 沈平,徐永昌,王先彬,等.气源岩和天然气地球化学特征及成气机理研究[M].甘肃兰州:甘肃科学技术出版社,1991:186-192.
- [5] 陈文正.再论四川盆地威远震旦系气藏的气源[J].天然气工业,1992,12(6):28-32.
- [6] 戴鸿鸣,王顺玉,王海青,等.四川寒武系一震旦系含气系统成藏特征及有利勘探区块[J].石油勘探与开发,1999,26(5):16-20.
- [7] 戴金星,王廷栋,戴鸿鸣,等.中国碳酸盐岩大型气田的气源[J].海相油气地质,2000,5(1-2):143-144.
- [8] 戴金星.威远气田成藏期及气源[J].石油实验地质,2003,25(5):473-479.
- [9] 戴金星,裴锡古,戚厚发.中国天然气地质学(卷一)[M].北京:石油工业出版社,1992:65-87.
- [10] DAI JINXING, YANG SHUFENG, CHEN HANLIN, SHEN XIAOHUA. Geochemistry and occurrence of a biogenic gas accumulations in the Chinese sedimentary basins [J]. Organic Geochemistry, 2005, 36: 1664-1684.
- [11] 戴金星,李剑,丁巍伟,等.中国储量千亿立方米以上气田天然气地球化学特征[J].石油勘探与开发,2005,32(4):16-23.
- [12] WALHAM J, CRAIG H. Methane, hydrogen in East Pacific rise hydrothermal fluids. Geophys Res Lett, 1979, 6(11):829-831.
- [13] POREDE R J, JENDEN P D, KAPLAN E R, et al. Mantle helium in Sacramento basin natural gas wells [J]. Geochime et Cosmochime Acta, 1986, 6(5):2847-2853.
- [14] 徐永昌.天然气成因理论及应用.北京:科学出版社,1994.
- [15] 郭占谦,王先彬.松辽盆地非生物成因气的探讨[J].中国科学B辑,1994,24(3):303-309.
- [16] 戴金星,宋岩,戴春森,等.中国东部无机成因气及其气藏形成条件.北京:科学出版社,1995:17-20.
- [17] 宋岩,徐永昌.天然气成因类型及其鉴别[J].石油勘探与开发,2005,32(4):24-29.
- [18] 王先彬.地球深部来源的天然气[J].科学通报,1982,27(17):1069-1071.