

# 塔里木盆地和田河气田天然气地球化学研究

唐小强 尹玉川 李晓辉 祝洪爽 姚普勇

(吐哈油田公司工程技术研究院, 新疆 鄯善 838202)

**摘要:**本文就和田河气田天然气组分组成、碳同位素组成和天然气成因类型进行了分析,着重分析了其东西部差异。研究发现:和田河气田天然气甲烷含量很高,达 64.19%~86.86%,平均含量 79.36%, $C_2^+$ 含量 0~3.75%,干燥系数为 95.52~99.4,平均值为 97.34, $CO_2$ 含量高。和田河气田东西部天然气差异明显,其主要表现为多期成藏、TSR 反应东西运移的结果。天然气的成因分别是东部为原油裂解气,玛 2 井为原油裂解气和干酪根裂解气混合气,西部为干酪根裂解气。

**关键词:**组成;东西部差异;成因类型;原油裂解气;干酪根裂解气

**中图分类号:**P593 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2011)04-1025-07

和田河气田位于塔里木盆地巴楚凸起南侧的玛扎塔格断裂构造带上,该构造带是被南北两条逆断层所夹持的断垒构造带,轴向和断层走向基本一致(图 1)。和田河气田是塔里木盆地台盆区克拉通探明的最大气田。国内外许多专家都对和田河气田进行了研究<sup>[1-18]</sup>,他们的研究主要包括天然气的来源特征、天然气组成特征、东西部天然气组成差异、天然气成藏等内容。和田河天然气组成东西部差异一直成为地质界争论的焦点,主要分为“水溶气”和“TSR 反应”两大派,但是因为“水溶气”存在很多疑问,特别是在“十五”重点科技攻关以后,“TSR 反应”的观点已成为主流。

本文将根据和田河气田天然气组成特征,进一步阐述 TSR 反应对和田河气田东西部造成的差异,并综合分析和田河气田天然气的成因。本研究天然气样品来源于玛 402、玛 4、玛 401、玛 5、玛 2、玛 3、玛 8 等 7 口井(图 2)。

## 1 天然气组成特征

### 1.1 天然气组分组成特征

和田河气田天然气甲烷含量很高,主要分

布于 64.19%~86.86%,平均含量为 79.36%, $C_2^+$ 含量在 0~3.75%,干燥系数介于 95.52~99.4,平均值为 97.34。为典型干气气藏。

和田河气田天然气组分组成特征主要表现为东西部差异,东部玛 4、玛 5 井天然气的干燥系数低,平均为 96.29,甲烷含量偏高,平均为 80.52%, $C_2^+$ 含量较高,平均为 3.08%, $CO_2$ 含量较低,平均为 3.7%, $N_2$ 含量高,平均为 13.31%;西部玛 8、玛 3 井天然气的干燥系数高,平均为 99.35,甲烷含量偏低,平均为 77.38%, $C_2^+$ 含量较高,平均为 0.59%, $CO_2$ 含量较高,平均为 11.93%, $N_2$ 含量相对较低,平均为 10.89%;并且东西部都含有少量  $H_2S$ ,范围在  $155 \times 10^{-6}$ ~ $2000 \times 10^{-6}$ (表 1)。

### 1.2 天然气碳同位素组成特征

天然气中甲烷及其同系物( $\delta^{13}C_{1-4}$ )的碳同位素组成是划分天然气成因类型、判识其来源的重要标志。

和田河气田碳同位素组成特征,现场取样发现: $\delta^{13}C_1$ 分布在 $-35.6\text{‰}$ ~ $-39.6\text{‰}$ ,平均值为 $-37.18\text{‰}$ ;

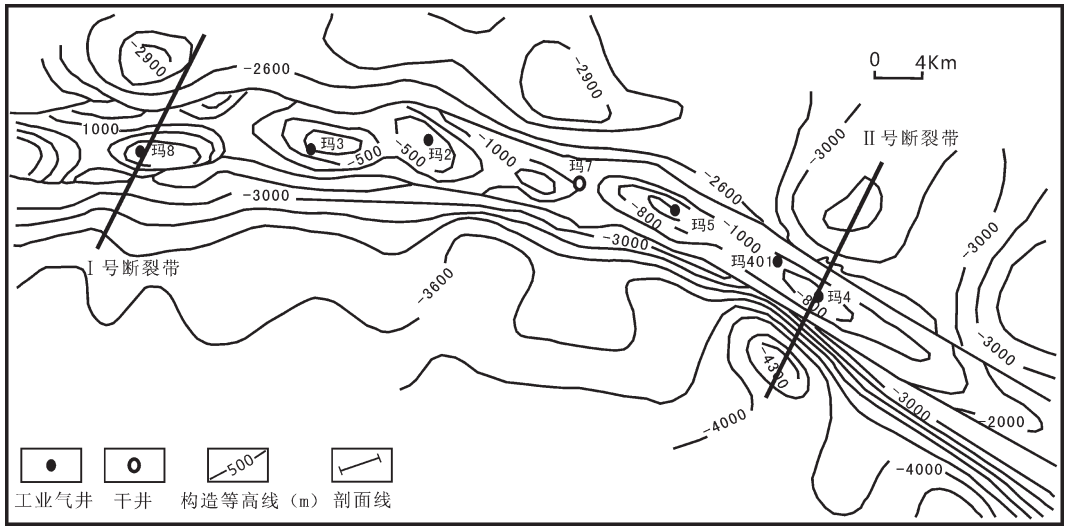


图1 和田河气田奥陶系顶面构造图(据秦胜飞等<sup>[4]</sup>)

Fig.1 Structural map of Ordovician upper surface in the Hetianhe gas field (after Qin et al. <sup>[4]</sup>)

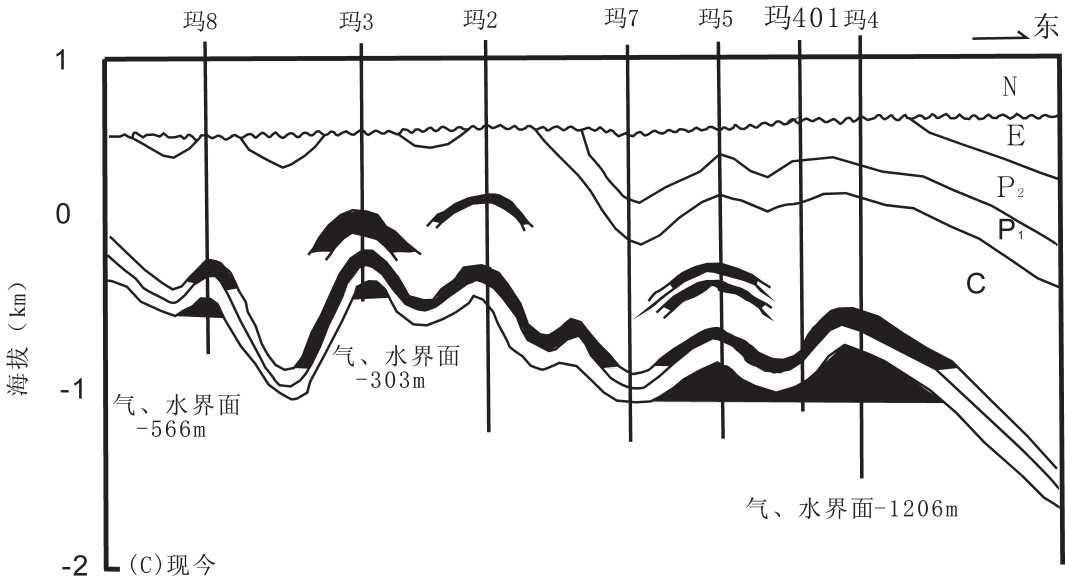


图2 和田河气田井位图(据秦胜飞等<sup>[4]</sup>)

Fig.2 Well location in the Hetianhe gas field (after Qin et al. <sup>[4]</sup>)

$\delta^{13}C_2$  分布在 $-35.1\text{‰} \sim -37.8\text{‰}$ , 平均值为 $-36.67\text{‰}$ ;  
 $\delta^{13}C_3$  分布在 $-30.8\text{‰} \sim -33.5\text{‰}$ , 平均值为 $-32.59\text{‰}$ ;  
 $\delta^{13}C_4$  分布在 $-27.6\text{‰} \sim -30.3\text{‰}$ , 平均值为 $-29.39\text{‰}$ 。  
 基本符合正碳同位素系列  $\delta^{13}C_1 < \delta^{13}C_2 < \delta^{13}C_3 < \delta^{13}C_4$ , 在玛2、玛3井发现部分碳同位素系列倒转  $\delta^{13}C_1 > \delta^{13}C_2 < \delta^{13}C_3 < \delta^{13}C_4$ 。天然气乙烷碳同位素  $\delta^{13}C_2$  受生气母质类型和成熟度的影响, 主要反映母质碳同位素的继承效应, 腐泥型天然气  $\delta^{13}C_2 < -$

$28.8\text{‰}$ , 和田河气田天然气乙烷碳同位素  $\delta^{13}C_2$  分布在 $-35.1\text{‰} \sim -37.8\text{‰}$ , 且  $\delta^{13}C_3$  分布在 $-30.8\text{‰} \sim -33.5\text{‰}$ ,  $< -25.5\text{‰}$ , 表现为腐泥型天然气。由表2可以清晰的看到和田河气田天然气碳同位素东西部差异很大, 表现为西部甲烷碳同位素  $\delta^{13}C_1$  值明显偏重, 东西部差异达  $12.6\text{‰}$ 。

### 1.3 天然气东西部差异特征

和田河天然气自东部到西部的化学组成变化是

表 1 和田河气田天然气中  $H_2S$  气体含量(据赵孟军等<sup>[13]</sup>)  
Table 1  $H_2S$  content of natural gas in the Hetianhe gas field (after Zhao et al. <sup>[13]</sup>)

井号	深度/m	$H_2S/10^{-6}$
M4	2238~2260	155
M401	2205.72~2265.4	1743
M5	2150~2173	2000
M3	1414~1424	1080
M8	1488.56~1529.61	1623
M8	1698.48~1810	1162

有一定规律的:西部玛 8、玛 3 井天然气的干燥系数高、 $C_2^+$ 重烃含量低,  $CO_2$  含量高,  $N_2$  含量低, 甲烷碳同位素  $\delta^{13}C_1$  值明显偏重, 而东部玛 4、玛 5 井天然气的干燥系数相对要低、 $C_2^+$ 重烃含量相对较高,  $CO_2$  含量低,  $N_2$  含量相对较高, 甲烷同位素  $\delta^{13}C_1$  轻; 玛 2 井天然气特征则介于两者之间。

有的观点认为<sup>[1-4]</sup>, 造成东、西部烃类组成差异的主要原因是烃类的运移分馏效应, 西部地区  $CO_2$  高的特征主要与西部井区的压力释放有关。和田河地区天然气主要来源于玛 4 井西南坳陷寒武系烃源岩, 天然气通过在水中的溶解度程度的不同 ( $CO_2 > CH_4 > N_2 > C_2H_6 > C_3H_8$ ) 和碳同位素的分馏 (极性  $^{13}CH_4 > ^{12}CH_4$ ), 从和田河断裂带东往西运移, 随着深度的降低压力的不断释放,  $CH_4$  和  $CO_2$  的含量由东向西增加; 碳同位素弱极性的  $^{12}CH_4$  的释放能力强, 在东部释放  $^{12}CH_4$  多, 最后到西部的溶解气富集了  $^{13}CH_4$ 。这个观点有以下疑问: (1) 在这样的溶解能力下 ( $CO_2 > CH_4 > N_2 > C_2H_6 > C_3H_8$ ), 为什么  $N_2$  没有发生与  $CH_4$ 、 $CO_2$  同样的东西差异? (2) 通过能量守恒原理, 为什么西部地下水中  $HCO_3^-$  含量却高于东部? (3) 通过碳同位素水溶性的极性分析, 和田河气田天

然气甲烷碳同位素  $\delta^{13}C_1$  应该偏轻, 但是比较台盆区天然气甲烷碳同位素  $\delta^{13}C_1$ , 和田河却仅次于哈得逊的<sup>[12]</sup>?

也有观点认为, 造成东、西烃类组成差异的主要原因是烃类 TSR 反应的结果<sup>[5-7]</sup>。与川东北地区比较, 和田河气田天然气的 TSR 反应相对较弱。和田河气田各气井天然气中都含有少量的  $H_2S$  和大量的  $CO_2$ , 且有玛 4、玛 401、玛 2、玛 3 井天然气中部分  $CO_2$  的  $\delta^{13}C_{CO_2} < -10\%$ , 属有机成因; 和田河天然气成藏组合发育膏盐岩等。证明和田河气田天然气有 TSR 存在的地质和地化条件。

和田河气田天然气组分组成上可以看出: 玛 3、玛 8 井天然气中基本不含  $C_3^+$  烃类气体, 但  $CO_2$  含量明显较高, 分别为 9.60% 和 11.16%, 高于玛 2 井区天然气 (2.95%) 和 玛 4、玛 5 井区天然气 (2.57%)。该地区天然气中  $H_2S$  普遍大于  $1000 \times 10^{-6}$ , 说明玛 3、玛 8 井区的天然气经历了 TSR 反应。玛 4、玛 5 井区天然气的重烃含量明显高于玛 3、玛 8 井天然气, 玛 2 井天然气则介于两者之间。是不是玛 4、玛 5 井区天然气没有经受 TSR 反应呢?

一个十分值得注意的现象是, 玛 4、玛 5 井区天然气的  $C_2/C_3$  和  $C_2/iC_4$  基本不存在正相关关系, 与台盆区地其他天然气是不相同的。笔者认为, 造成玛 4、玛 5 井区天然气  $C_2/C_3$  与  $C_2/iC_4$  关系离散的主要原因就是由于烃类的 TSR 反应造成的。事实上, 玛 4、玛 5 井区天然气中  $H_2S$  的浓度与玛 3、玛 8 井天然气也大致相当的。也就是说, 玛 4、玛 5 井区天然气存在烃类 TSR 反应的充分条件。

在研究过程中也发现和田河气田是有由东部往西部运移的过程发生, 主要表现在和田河多期天然气成藏的过程。前期是东部玛 4、玛 5 干酪裂解气的充注, 发生了 TSR 反应, 并伴随断裂带有运移和

表 2 和田河气田天然气碳稳定同位素组成

Table 2 Carbon stable isotope composition of natural gas in the Hetianhe gas field

井号	层位	井深/m	天然气碳稳定同位素组成/‰			
			$\delta^{13}C_1$	$\delta^{13}C_2$	$\delta^{13}C_3$	$\delta^{13}C_4$
M4	C	1660~1665	-38.2	-37	-32.7	-29.8
M401	O	2350.51~2382.1	-37.6	-37.2	-33.1	-29.9
M5	C	2073~2105	-37.0	-36.7	-32.2	-29.5
M2	C	1462~1501	-36.2	-35.7	-33.3	-29.9
M3	C	1045~1052	-35.6	-35.1	-31.1	-27.6

散失发生;后期从玛4、玛5西南部充注的原油裂解气把残余的干酪根裂解气推向玛2以外的地方,这样综合结果造成了和田河气田东西部差异。

## 2 天然气成因特征

根据对该地区烃类 TSR 反应的认识和烃类运移分馏作用和扩散作用的认识,笔者认为,用单一成因的气源特征和物理分异过程仍不能合理解释和田河气田天然气化学组成的分布特征的。

和田河气田天然气发生 TSR 反应对烃类组分的影响是很大的,包括  $C_2^+$  的损耗,  $C_2/C_3$  明显的降低,干燥系数增加,  $CO_2$  含量的增加,  $H_2S$  的生成,其中对  $C_2^+$  烃的影响较大<sup>[8,9,11]</sup>,而且对乙烷的影响可能大于甲烷。所以 TSR 反应的存在,和田河地区天然气的成因是不能简单应用气组分数据对其进行判识的。只能在天然气组分数据的基础上,应用碳同位素和地质特征综合讨论分析总结该区的天然气成因。

### 2.1 天然气烃类成因特征

由于该地区天然气的 TSR 反应不像川东地区天然气中  $H_2S$  含量达到 10% 以上那么强烈,因此,根据蔡春芳<sup>[8]</sup>和谢增业等<sup>[9]</sup>的研究结果推测,TSR 反应对和田河地区天然气  $\delta^{13}C_1$  的影响应在 2‰ 以内。

国内众多专家对该区天然气成因有研究,但是观点不尽相同。赵孟军等<sup>[13]</sup>根据 Hill 等<sup>[10]</sup>(图 3)的研究结论,对和田河气田东西部天然气都做了  $C_1/C_2$  与  $C_2/C_3$  关系图,得出东部为原油裂解气,西部为干酪根裂解气和原油裂解气的混合气(图 4)。秦胜飞等<sup>[1]</sup>根据 Hill 等<sup>[10]</sup>的  $C_1/C_2$  与  $C_2/C_3$  关系图,对该区天然气做了分析,判断西部为干酪根裂解气,而东部天然气无法判断(图 5)。其实笔者通过图 4 和图 5 发现, M3、M8 的关系图是相似的,与图 3 中安哥拉的图示相似的,只是在  $C_1/C_2$ 、 $C_2/C_3$  值上有些区别。图 4 的  $C_1/C_2$  值为 1~3,而图 4 与图 5 中  $C_1/C_2$  值在 4~6,图 3 的  $C_2/C_3$  值在 0~1 之间,而图 4 与图 5 中  $C_2/C_3$  值在 1~4,与 TSR 反应对气态烃类的选择性消耗是相关联的,TSR 对气态烃类的消耗能力是丁烷>丙烷>乙烷>甲烷,导致了  $C_1/C_2$ 、 $C_2/C_3$  值的增加,才有图中的效果,但是明显现实干酪根裂解气的性质。

图 4 和田河东部井区几乎没有受 TSR 反应的影响,  $C_1/C_2$ 、 $C_2/C_3$  值变化较小,与图 3 中二次裂解气的图形相近。对和田河气田天然气碳同位素分

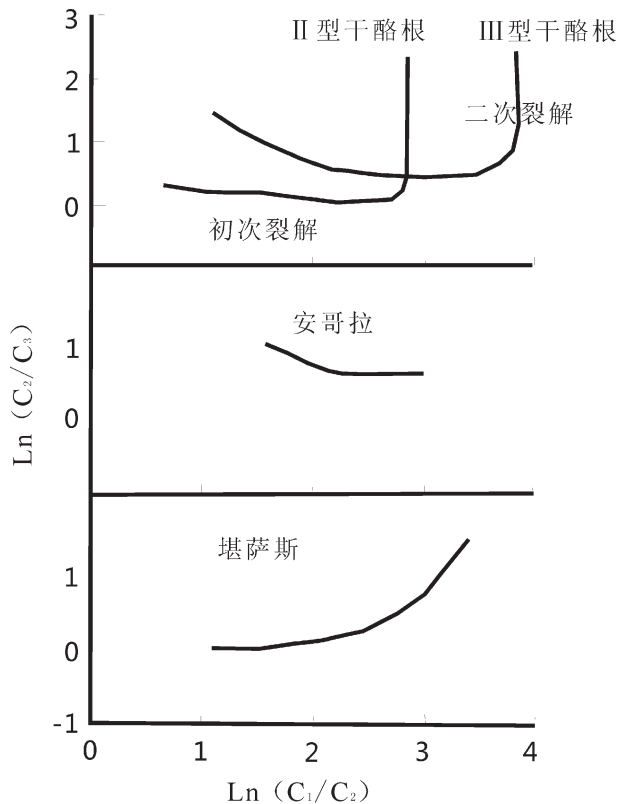


图 3 干酪根的初次裂解气和二次裂解气的判识图版 (据 Hill<sup>[10]</sup>)

Fig.3 Plate for discriminating first and second kerogen-cracked gases (after Hill<sup>[10]</sup>)

析可以得出(表 2):玛4、玛5井天然气的  $\delta^{13}C_1$  分布在  $-37\text{‰} \sim -38\text{‰}$ ,与满东地区原油裂解气的  $\delta^{13}C_1$  值域范围十分接近,所以可以判断和田河东部井区为原油裂解气。

因此,笔者认为,造成和田河气田天然气组分变化的原因和过程是:早期进入到和田河地区储层中的天然气为干酪根裂解气。这些天然气在储层中已经历了一定程度的 TSR 反应。后期从玛4、玛5井区进入到储层中的天然气为原油裂解气。东西部压力条件的差异是后期注入的天然气由东向西运移的主要原因。按照油气藏成藏地球化学的观点分析,早期注入到玛4、玛5井区的干酪根裂解气(可能经历了与玛3、玛8井类同的 TSR 反应过程)被后期注入的原油裂解气推进至玛2井以外的区域。玛2井天然气应是早期注入的干酪根裂解气和后期注入的原油裂解气混合作用的结果。与满东地区原油裂解气的  $\delta^{13}C_1$  值(满东1井天然气的  $\delta^{13}C_1$  低于  $-38\text{‰}$ ,英南2井天然气普遍低于  $-37\text{‰}$ )比较,玛3、玛8井天然

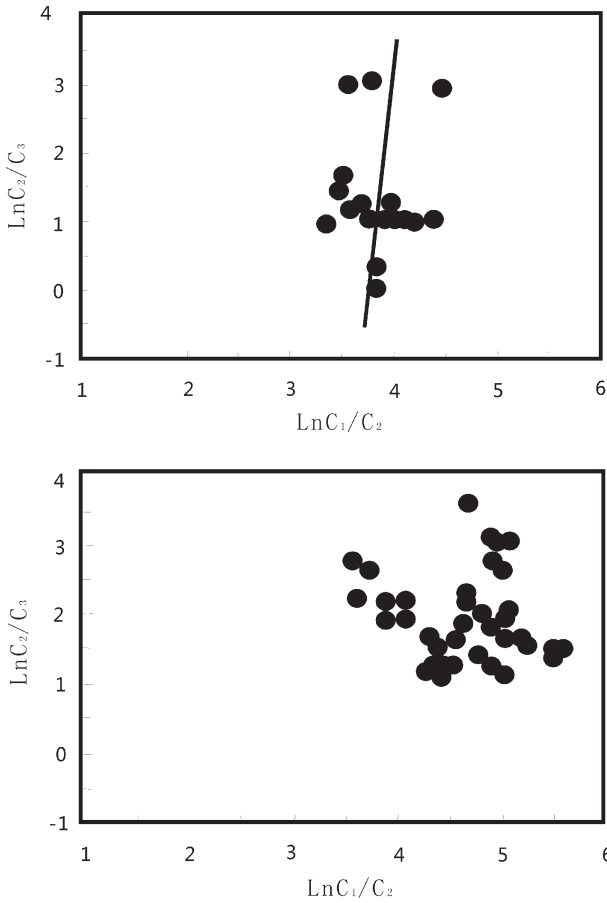


图 4 和田河天然气  $C_1/C_2$  与  $C_2/C_3$  关系图(据赵孟军<sup>[13]</sup>)  
Fig.4  $C_1/C_2$  and  $C_2/C_3$  relationships of natural gases in the Hetianhe gas field (after Zhao et al. <sup>[13]</sup>)

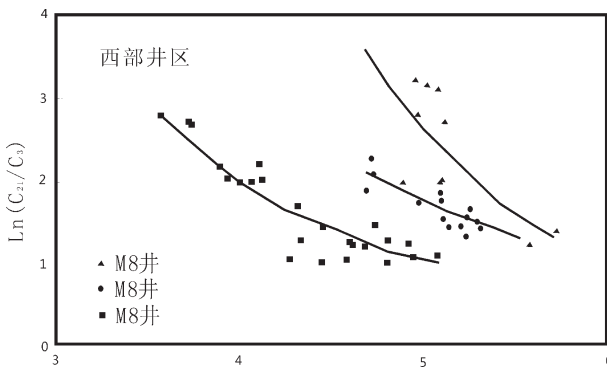


图 5 和田河天然气  $C_1/C_2$  与  $C_2/C_3$  关系图(据秦胜飞<sup>[14]</sup>)  
Fig.5  $C_1/C_2$  and  $C_2/C_3$  relationships of natural gases in the Hetianhe gas field (after Qin et al. <sup>[14]</sup>)

原油裂解气混合气,玛 3、玛 8 井天然气主要是干酪根裂解气,也应该有部分从玛 4 运移过来的原油裂解气混合。

### 2.2 天然气非烃成因特征

和田河气田天然气  $CO_2$  含量较高,范围在 1.03%~12.96%内,东西部差异很大,西部玛 3、玛 8 的含量平均为 10.89%,东部玛 4、玛 5 的含量平均值为 3.7%,含量西部比东部高达 7.19%。有机成因  $CO_2$  碳同位素  $\delta^{13}C_{CO_2} < -10\%$ ,和田河天然气  $CO_2$  碳同位素的范围在  $-5.7\% \sim -19.3\%$ (表 3),样品中,有 7 个样品  $< -10\%$ ,5 样品  $> -10\%$ ,那样  $CO_2$  大部分样品来源于有机成因,主要是 TSR 反应生成了大量的  $CO_2$ ,其中也有少部分无机成因  $CO_2$  的混入。

和田河气田天然气中  $N_2$  含量也很高,含量在 10.55%~16.16%,存在东西部差异,东部含量平均为 13.31%,西部含量平均为 10.89%,东部比西部高 2.42%。根据玛 4、玛 5 井天然气主要为原油裂解气,而玛 3、玛 8 主要为干酪根裂解气(有从玛 2 运移过来的原油裂解气),可以判断天然气中  $N_2$  主要为有机成因,主要是通过原油在裂解过程中,沥青质等裂解生成  $N_2$ 。

和田河气田天然气中有微量的  $H_2S$ (表 1),含量在  $155 \times 10^{-6} \sim 2000 \times 10^{-6}$ ,各井含量差异不大,为有机成因。 $H_2S$  的成因主要表现为前期进入和田河气田的干酪根裂解气发生了较小程度的 TSR 反应,生成

表 3 和田河气田天然气  $CO_2$  碳同位素值(据赵孟军等<sup>[14]</sup>)  
Table 3  $CO_2$  carbon isotope values of natural gases in the Hetianhe gas field (after Zhao et al. <sup>[14]</sup>)

井号	深度/m	层位	‰PDB
M4	2335~2355	O <sub>1</sub>	-13.6
M4	2238~2260	O <sub>1</sub>	-7.9
M401	2216~2223	C	-7.8
M401	2275~2284	O <sub>3</sub>	-8.6
M401	2350.5~2382	O <sub>3</sub>	-8.2
M5	2073~2105	C	-19.3
M2	1462~1501	C	-15.3
M2	1605~1607	C	-12.1
M3	1045~1052	C	-5.7
M3	1196~1207	C	-16.4
M3	1414~1424	C	-8.6
M3	1508~1510	O <sub>1</sub>	-8.3

气  $\delta^{13}C_1$  的分布特征可能体现了干酪根裂解气的分布特点。也就是说玛 4、玛 401、玛 402、玛 5 井天然气为原油裂解气,玛 2 井天然气为干酪根裂解气和

H<sub>2</sub>S,在后期原油裂解气注入之前并伴随断裂带有天然气散失的过程,所以和田河气田含有微量的 H<sub>2</sub>S,这也是 TSR 反应的重要证据。

### 3 结 论

①和田河气田天然气组成特征表现为东西部差异,东部天然气的干燥系数低,甲烷碳同位素  $\delta^{13}\text{C}_1$  值明显偏轻,CO<sub>2</sub> 含量较低,N<sub>2</sub> 含量高;西部天然气的干燥系数高,甲烷含量偏低,甲烷碳同位素  $\delta^{13}\text{C}_1$  值明显偏重,C<sub>2</sub><sup>+</sup> 含量较高,CO<sub>2</sub> 含量较高,N<sub>2</sub> 含量相对较低;东西部都含有少量 H<sub>2</sub>S,范围在  $155 \times 10^{-6} \sim 2000 \times 10^{-6}$ 。

②和田河气田天然气组成特征东西差异的主要原因是和田河天然气的多期成藏、TSR 反应、东西部运移综合因素造成。和田河气田前期是东部玛 4、玛 5 干酪根裂解气的充注,发生了 TSR 反应,并伴随断裂带有运移和散失发生;后期从玛 4、玛 5 西南部充注的原油裂解气把残余的干酪根裂解气推向玛 2 以外的地方,这样综合结果造成了和田河气田东西部差异。

③和田河气田天然气成因表现为玛 4、玛 401、玛 402、玛 5 井天然气为原油裂解气,玛 2 井天然气为干酪根裂解气和原油裂解气混合气,玛 3、玛 8 井天然气主要是干酪根裂解气,也应该有部分从玛 4 运移过来的原油裂解气混合。非烃气体 CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S 均为有机成因,有少量无机 CO<sub>2</sub> 的混入。

### 参考文献(References):

- 秦胜飞,李梅,戴金星,等.塔里木盆地和田河气田天然气裂解类型[J].石油与天然气地质,2005,26(4):455-460.  
Qin Shengfei, Li Mei, Dai Jinxing, et al. Types of cracking gas in Hetianhe gas field in Tarim basin [J], Oil & Gas Geology, 2005, 26(4):455-460(in Chinese with English abstract).
- 秦胜飞,邹才能,戴金星,等.塔里木盆地和田河气田水溶气成藏过程[J].石油勘探与开发,2006,33(3):282-288.  
Qin Shengfei, Zou Caineng, Dai Jinxing, et al. Water-soluble gas accumulation process of Hetianhe gas field in Tarim Basin, NW China [J], Petroleum Exploration and Development, 2006, 33(3):282-288(in Chinese with English abstract).
- 秦胜飞,赵靖舟,李梅,等.水溶天然气运移地球化学示踪——以塔里木盆地和田河气田为例[J].地学前缘,2006,13(5):524-532.  
Qin Shengfei, Zhao Jingzhou, Li Mei, et al. A case study: geochemical tracing indices on the migration of water-soluble gases in Hetianhe gas field, Tarim basin [J], Earth Science Frontiers, 2006, 13(5):524-532 (in Chinese with English abstract).
- 秦胜飞,贾承造,李梅,和田河气田天然气东西部差异及原因[J].石油勘探与开发,2002,29(5):16-18.  
Qin Shengfei, Jia Chenzao, Li Mei, et al. The difference in geochemical characteristics of natural gases between eastern and western parts in Hetianhe gas field of Tarim basin and its origin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(5):16-18 (in Chinese with English abstract).
- 王招明,王清华,赵孟军,等.塔里木盆地和田河气田天然气地球化学特征及成藏过程[J].中国科学(D辑:地球科学),2007,37(S2):67-79.  
Wang Zhaoming, Wang Qinghua, Zhao Mengjun, et al. Hetianhe gas field in Tarim Basin and the geochemical characteristics of natural gas and reservoir forming process [J], Science in China (Series D: Earth Sciences), 2007, 37(S2):67-79 (in Chinese).
- 黄光辉,张敏,胡国艺,等.原油裂解气和干酪根裂解气的地球化学研究(II)—原油裂解气和干酪根裂解气的区分方法[J].中国科学(D辑:地球科学),2008,38(S2):9-16.  
Huang Guanghui, Zhang Min, Hu Guoyi, et al. Geochemical study on oil-cracked gases and kerogen-cracked gases (1) ——— Experimental simulation and products analysis [J]. Science in China (Series D: Earth Sciences), 2008, 38(S2):9-16 (in Chinese).
- 陈海霞,余高华,黄光辉. TSR 反应及其与和田河气田东西部差异的关系[J].内蒙古石油化工,2008,(2):127-128.  
Chen Haixia, Yu Gaohua, Huang Guanghui. TSR reaction and its field and Tian He thing ministry difference relation [J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2008, (2):127-128 (in Chinese with English abstract).
- 蔡春芳,李宏涛.沉积盆地热化学硫酸盐还原作用:评述[J].地球科学进展,2005,20(10):1100-1105.  
Cai Chunfang, Li Hongtao. Thermochemical sulfate reduction in sedimentary basins: a review [J]. Advance in Earth Sciences, 2005, 20(10):1100-1105 (in Chinese with English abstract).
- 谢增业.川东地区下三叠统飞仙关组鲕滩气藏成藏机理及成藏模式研究[D].中国地质大学(北京)博士论文,2003.  
Xie Zengye. In the East of Sichuan Three Triassic Feixianguan Formation Oolitic Beach Reservoir Forming Mechanism and Model of Reservoirs [D]. Doctoral Dissertation of China University of Geosciences (Beijing), 2003 (in Chinese with English abstract).
- Hill R J, Tang Y C, Kaplan I R. Insights into oil cracking based on laboratory experiments [J]. Organic Geochemistry, 2003, 34:1651-1672.
- 胡国艺,李剑,等.塔里木盆地精细气源对比[R].国家“十五”科技攻关项目研究报告,2003.  
Hu Guoyi, Li Jian, et al. Fine Gas Source Correlation in Tarim Basin [R]. The National “the tenth five-year plan” Key Scientific and Technological Project Research Report, 2003 (in Chinese).
- 肖中尧,崔会英,谢增业,等.塔里木盆地台盆区天然气地球化学特征[J].天然气地球科学,2007,18(6):782-788.  
Xiao Zhongyao, Cui Huiyin, Xie Zengye, et al. Gas geochemical characteristics of platform-Basin region in Tarim Basin [J]. Natural

- Gas Geoscience, 2007, 18 (6):782-788 (in Chinese with English abstract).
- [13] 赵孟军. 塔里木盆地和田河气田天然气的特殊来源及非烃组分的成因[J]. 地质论评, 2002, 48(5):480-486.  
Zhao Mengjun. Special source of the natural gases of the Hotan River gas field and the origin of its non-hydrocarbon gases [J]. Geological Review, 2002, 48(5):480-486(in Chinese with English abstract).
- [14] 唐小强, 黄光辉, 张敏, 等. 裂解热模拟实验中碳同位素变化特征及其地球化学意义 [J]. 天然气地球科学, 2010, 21 (6):1029-1035.  
Tang Xiaoqiang, Huang Guanghui, Zhang Min, et al. Stable carbon isotope compositions of gaseous hydrocarbons in pyrolysis experiment and geochemical significance[J]. Natural Gas Geoscience, 2010, 21(6):1029-1035(in Chinese with English abstract).
- [15] 唐小强, 黄光辉, 张敏, 等. 原油及其族组分裂解过程中产物组成变化特征 [J]. 成都理工大学学报 (自然科学版), 2011, 38(1): 21-28.  
Tang Xiaoqiang, Huang Guanghui, Zhang Min, et al. Composition characteristics of products in the process of cracking of crude oil and oil fractions [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2011, 38 (1):21-28 (in Chinese with English abstract).
- [16] 唐小强, 黄光辉, 张敏, 等. 原油裂解过程中正构烷烃的组成变化特征及其地球化学意义[J]. 地学前缘, 2009, 16(6):372-378.  
Tang Xiaoqiang, Huang Guanghui, Zhang Min, et al. Compositional characteristics and geochemical significance of n-alkanes in process of crude oil cracking [J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(6):372-378(in Chinese with English abstract).
- [17] 秦胜飞, 贾承造, 陶士振. 塔里木盆地库车坳陷油气成藏的若干特征[J]. 中国地质, 2002, 29(1):103-108.  
Qin Shengfei, Jia Chengzao, Tao Shizhen. Some characteristics of oil and gas accumulation in the Kuqa depression, Tarim basin [J]. Geology in China, 2002, 29 (1): 103-108 (in Chinese with English abstract).
- [18] 康玉柱. 塔里木盆地塔河大油田形成的地质条件及前景展望[J]. 中国地质, 2002, 30(3):315-319.  
Kang Yuzhu. Geological characteristics of the formation of the large Tahe oilfield in the Tarim basin and its respects[J]. Geology in China, 2002, 30(3):315-319(in Chinese with English abstract).

## Natural gas geochemical study of the Hetianhe gas field in Tarim basin

TANG Xiao-qiang, YIN Yu-chuan, LI Xiao-hui, ZHU Hong-shuang, YAO Pu-yong

(Research & Development Center of Tuha Oilfield Co., Ltd., Shanshan 838202, Xinjiang, China)

**Abstract:** This paper has analyzed the natural gas components, carbon isotope composition and natural gas genetic types of the Hetianhe gas field, with the emphasis placed on the differences between the eastern part and the western part. Studies show that methane content of the natural gas is extremely high, mainly in the range of 64.19%~86.86%, being 79.36% on average;  $C_2^+$  content is 0~3.75%; the dry coefficients vary in the range of 95.52~99.4, 97.34 on average;  $CO_2$  content is high. There exists remarkable difference in natural gas conditions between the eastern part and the western part, resulting mainly from multi-period accumulation, reaction of TSR and westward migration. As for the genesis of the natural gas, there are oil-cracked gases in the eastern part, with the Ma 2 well being mixed gases of the oil-cracked gases and the kerogen-cracked gases, whereas kerogen-gases are dominant in the western part.

**Key words:** composition; genetic type; oil-cracked gas; kerogen-cracked gas

**About the first author:** TANG Xiao-qiang, male, born in 1982, master, mainly engages in the study of oil and gas geochemistry and oil-withdrawal engineering direction; E-mail: kisstangxiaqian@163.com.