

The Application and Recognition of Real-time Methane Carbon Isotope Logging in Oilfield

Heng Geng, Yitao Hu, Bo Jiang

Sino-France Geologic Service Co. Ltd., Tianjin

Email: gengheng@cgbgc.com

Received: Aug. 8th, 2017; accepted: Sep. 12th, 2017; published: Oct. 15th, 2017

Abstract

The real-time methane carbon isotope logging was a technology for continuous and real-time detecting the methane carbon isotope in drilling fluid. Based on the field methane carbon isotope detection and analysis, the data including the gas genesis, its type and the source rock maturity and etc could be quickly supplied, also an important basis could be provided for gas and oil source contrast, multi-layer contrast and fault sealing ability study. Combined with the data of methane carbon isotope, on the basis of quickly obtaining the data of natural gas genesis, its type, the source rock maturity, also the study of fault sealing ability and hydrocarbon migration are analyzed and proven.

Keywords

Real-time Methane Carbon Isotope Logging, Natural Gas Genesis, Hydrocarbon Maturity, Fault Sealing, Oil and Gas Migration

实时甲烷碳同位素录井在实钻中的应用与认识

耿 恒, 胡益涛, 姜 波

中法渤海地质服务有限公司 天津

作者简介: 耿恒(1985-), 男, 工程师, 现从事录井综合解释工作。

Email: gengheng@cgbgc.com

收稿日期: 2017年8月8日; 录用日期: 2017年9月12日; 发布日期: 2017年10月15日

摘 要

实时甲烷碳同位素录井是一种现场连续、实时检测钻井液中甲烷碳同位素含量的录井技术。根据现场甲烷碳同位素的测定分析, 可快速提供有关天然气成因、类型、烃源岩成熟度等多方面信息, 并为气、油源对比、多井对比、断层封闭性研究提供重要依据。结合甲烷碳同位素数据, 在快速得出储层天然气的成因、类型、烃源岩成熟度的基础上, 还对断层封闭研究和油气运移做出分析验证。

关键词

实时甲烷碳同位素录井, 天然气成因, 烃源岩成熟度, 断层封闭, 油气运移

Copyright © 2017 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在石油和天然气勘探开发中, 对甲烷碳同位素资料的应用越来越广泛。对于元素组成相对单一的烃类天然气, 通常把甲烷碳同位素组成作为气态烃的示踪剂。以往海上同位素分析采取现场取样送回陆地实验室分析的模式, 耗时长且延误了同位素资料在油气勘探中的应用。斯伦贝谢子公司法国地质服务公司根据石油勘探技术发展的需要, 研究、开发了一种现场连续、实时检测钻井液中甲烷碳同位素含量的录井技术。

2. 实时甲烷碳同位素录井

2.1. 技术原理

实时同位素录井技术的工作原理分同位素测量和组分浓度测量 2 部分。

实时甲烷碳同位素测量原理: 采用近红外光吸收原理, 不同质量的原子(或同位素)对红外光的吸收是有选择性的。 ^{12}C 和 ^{13}C 质量不同, 故吸收不同波长的近红外光。实时组分浓度测量原理: 采用的是光腔衰荡光谱(CRDS)原理, 固定波长的激光脉冲波在充满烃类气体的光腔内会发生衰荡效应[1]-[6]。

2.2. 设备流程与技术特点

在作业现场,实时同位素设备可以直接与现场录井气体设备配套使用,无需单独脱气器。充分利用现场已有录井资源,节省成本(图 1) [7]。

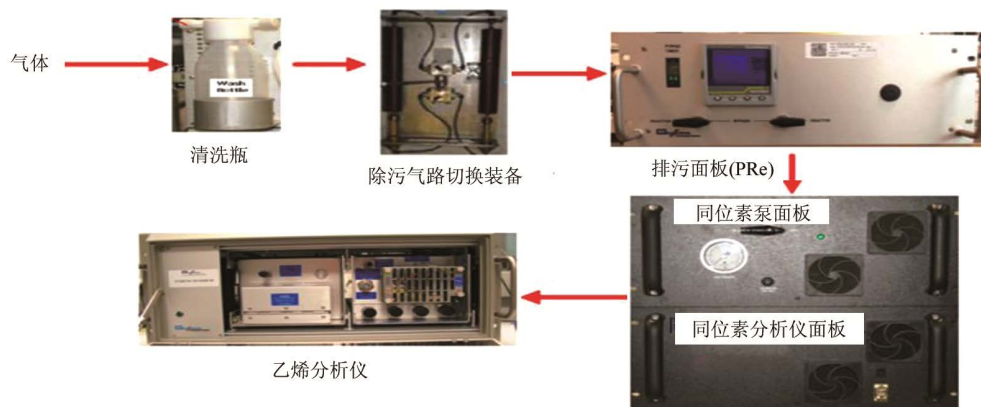


Figure 1. The procedure for connection of isotope apparatus

图 1. 同位素设备连接流程图

传统同位素测定,采取现场取样,送回陆地实验室分析的模式,该模式耗时较长,存在运送问题,散点分析不连续,样品质量受取样人员和漏气、凝析的影响。而实时同位素录井技术可以有效解决上述问题,技术特点如下:① 抽屉式结构,体积小,便于现场安装、搬运;② 能直接与录井气体设备配套使用,无需单独脱气器;③ 连续、实时进行样品分析(图 2);④ 设备稳定,重复性好,测量精度高;⑤ 高质量控制[1]。

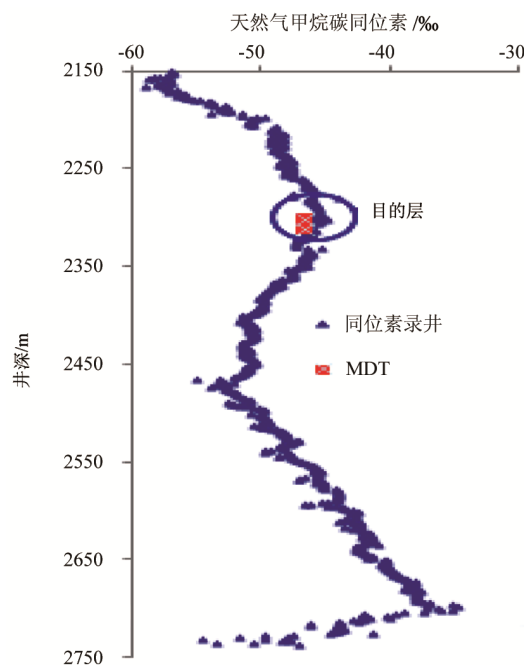


Figure 2. The comparison of between the continuous real-time isotope and the laboratory analysis of isotope in scattered points in Well STX-1

图 2. STX-1 井连续的实时同位素与散点的实验室同位素分析对比图

3. 实时甲烷碳同位素录井在实钻中的应用与认识

为落实松涛 X 构造三亚组、陵水组及前古近系基底地层的含油气性并发现一定规模的储量,中海石油(中国)有限公司湛江分公司与科佩克(中国)有限公司一致同意钻探 STX-1 井、STX-1Sa 井。从地震剖面图(图 3)可以看出,领眼井与侧钻井间存在纵向断层,断层的封堵性和油气运移一直是作业者关注的问题。笔者结合 2 口井的实时甲烷碳同位素录井,针对上述问题得出以下几点认识。

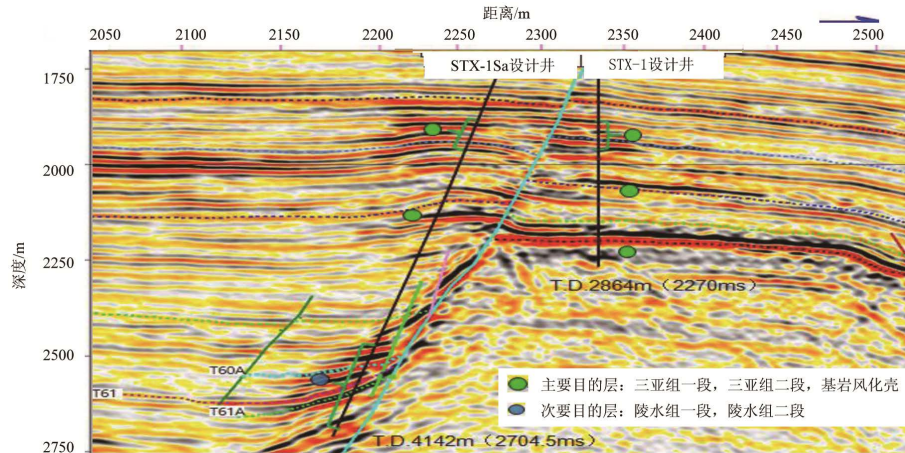


Figure 3. The seismic sectional view through well STX-1

图 3. 过 STX-1 井地震剖面图

3.1. 同位素变化趋势对钻井作业的支持

STX-1 井同位素井段 2150.00~2753.00 m, 甲烷碳同位素变化范围为 -57.7‰ ~ -34.8‰ , 同位素数值在 2702.00 m 出现突降现象(图 4)。一般来说,随着埋深增加或近储层时同位素呈递增趋势[5],而进入设计主要目的层前古近系基底同位素数据降低。在排除非设备原因外,分析下部可能不存在油气层,后续加深至 2753.00 m 仍无油气发现,提前完钻。通过分析同位素的变化趋势,对钻井作业有很大指导和参考作用。



Figure 4. The trend of whole well isotopic variation in well STX-1

图 4. STX-1 井全井同位素变化趋势图

LD16-X 井毗邻乐东 22-1 底辟, 容易受到底辟流体的影响。该井采用实时甲烷碳同位素录井, 得出地层流体信息, 对判断流体连通性具有巨大帮助。上部乐东组和莺歌海组同位素变化异常(图 5), 变化范围在 -65‰ ~ -35‰ 。同位素反映出气源类型为油田气和凝析气, 和该地层生物成因的气源类型不太相符, 结合区域特征判断, 是有深层流体进入到该井段的渗透性地层, 但当时无法判断流体是从 LD22-1 底辟带向上运移到莺歌海组后侧向运移到区块内的还是区块内直接存在垂向通道。如果有微裂缝破裂带存在, 那下部地层就存在较大的防漏风险。及时汇报给作业者, 做好相关预案。不过当进入莺歌海组二段后, 同位素恢复正常变化值, 并未受深层流体影响, 主要受 LD22-1 底辟构造带向上运移所致, 并及时汇报给作业者。

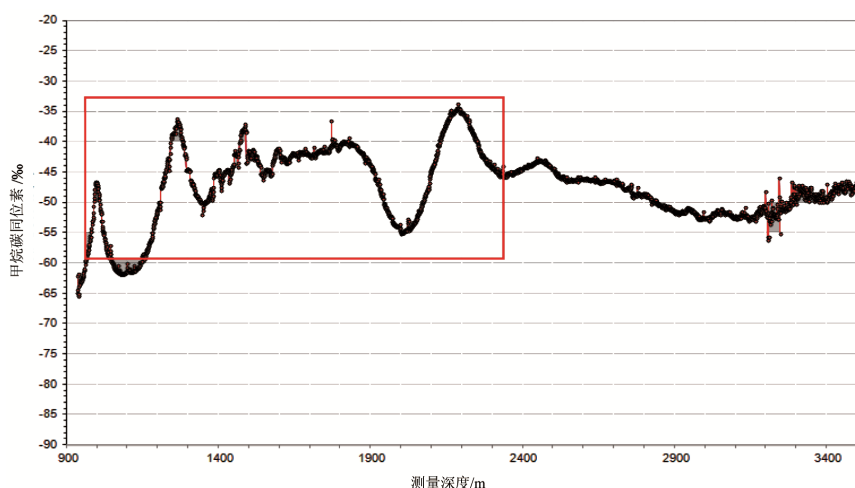


Figure 5. The trend of whole well isotopic variation in well LD16-X
图 5. LD16-X 井全井同位素变化趋势图

3.2. 油气层天然气成因、气源类型、烃源岩成熟度

STX-1 井主要气体异常段 2259.00~2279.00 m, 甲烷同位素变化范围为 -47.8‰ ~ -44.1‰ , 平均为 -46.2‰ 。结合目的层段同位素数据在伯纳德图版(图 6)落点, 可以得出天然气成因为热成因。

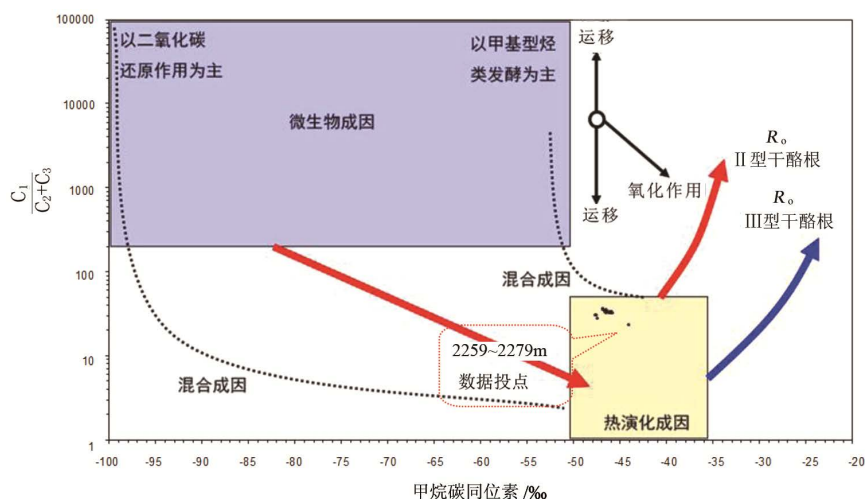


Figure 6. The Bernard chart board
图 6. 伯纳德图版

从甲烷同位素数值可以看出，参照气源类型标准(表 1)该层为油型气。将 2259.00~2279.00 m 甲烷同位素数据结合 Reserval 气体组分数据在戴金星图版(图 7)上投点，落在原油伴生气的区域。进一步可解释为原油伴生气(油田气)。

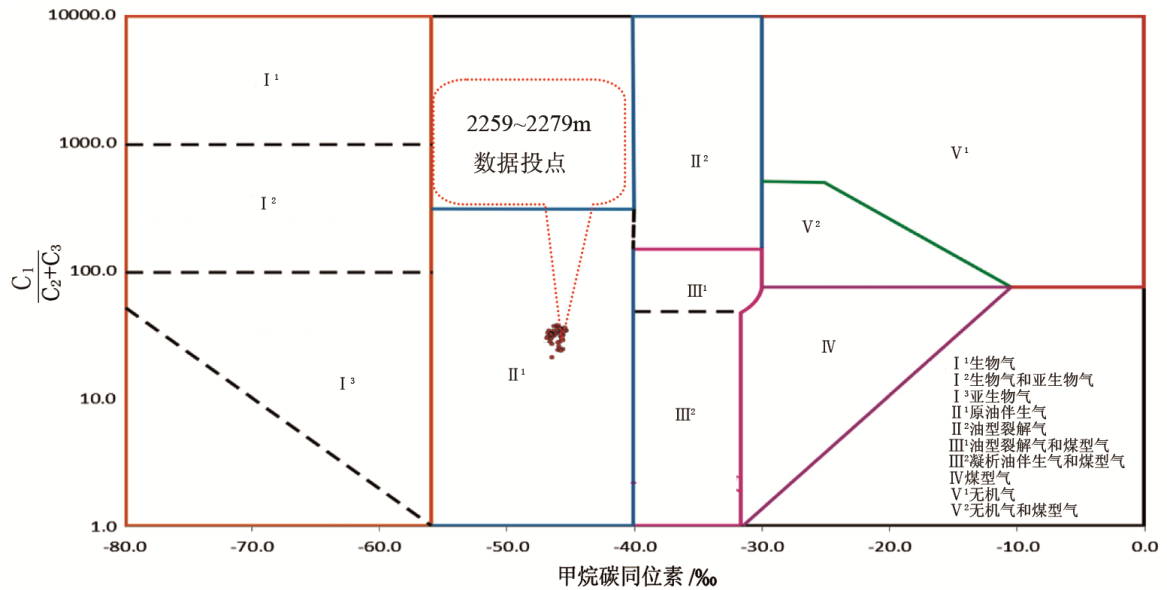


Figure 7. Dai Jinxing chard board
图 7. 戴金星图版

Table 1. The criterion of gas source types (according to Wang Jianguo)
表 1. 气源类型标准

$\delta^{13}C_1/‰$					
微生物气	油田气	凝析气	裂解气	煤型气	深源气
-80~-56	-56~-40	-40~-36	-36~-28	-28 左右	-20~-8

注: $\delta^{13}C_1$ 为甲烷碳同位素值。

镜质体是一种煤素质，但看不到植物的组织，主要是由芳香稠环化合物组成，随着煤化程度的增大，芳香结构的缩合程度也加大，使得镜质体的反射率(R_o)增大。生油母质的热裂解过程与镜质体的演化过程密切相关，所以 R_o 是一个良好的有机质成熟度指标，有机质热变质作用愈深， R_o 愈大。一般认为 R_o 在 0.5%~1.35% 之间为石油成熟带。

甲烷碳同位素值和其烃源岩成熟度相关，国内外很多学者针对不同的区块提出回归方程。国内常用 $\delta^{13}C_1-R_o$ 方程：

$$\delta^{13}C_1 = 15.80 \lg R_o - 42.20$$

计算出 R_o 为 0.56%，已进入石油成熟带。

3.3. 领眼井与侧钻井断层封闭研究，油气运移分析验证

根据 STX-1 井和 STX-1Sa 井垂深对比图(图 8)，可以对 2 口井气组进行分类对比。STX-1 井的 I 气组在侧钻井明显变厚。STX-1Sa 井的 III 下和 VI 气组发现了新的气组，并且相对 STX-1 井同位素的数值明显偏高。

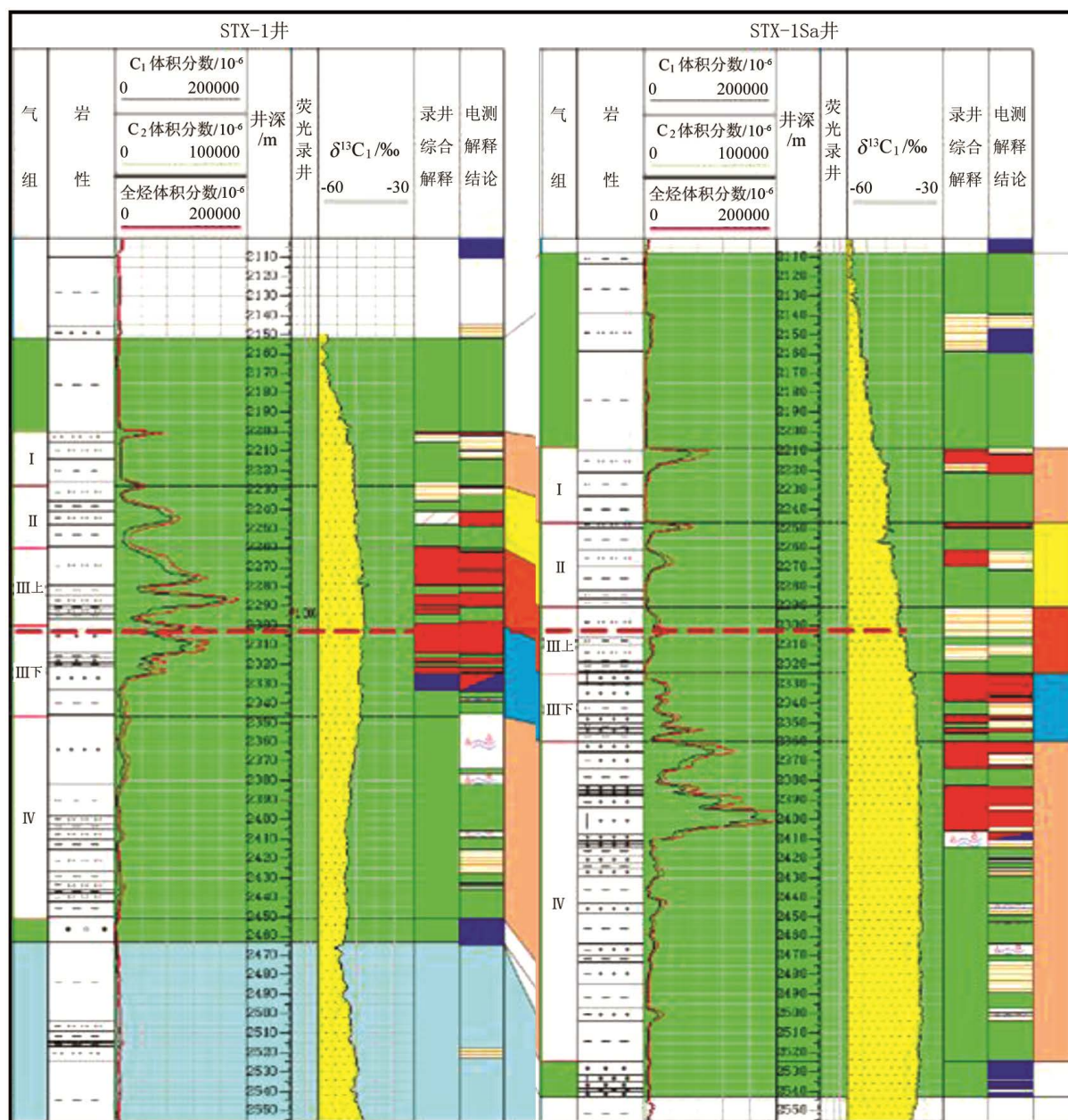


Figure 8. The contrast of vertical depth between well STX-1 and well STX-1Sa

图 8. STX-1 井和 STX-1Sa 井垂直对比图

结合 STX-1Sa 井目的层段 2590.00~2660.00 m 同位素数据和 Reserval 气体组分数据,在图版上投点(图 9),气体类型为凝析气,部分裂解气,与 STX-1 井的成因有所不同。STX-1Sa 井下部气组从同位素分析来看,应该是受到了深层油气的 2 次充注。参考 2 口井相同层组同位素的差异,表明 2 口井的纵向断层封堵良好。从 STX-1Sa 井垂深图来看盖层封闭性良好,上、下气组之间同位素明显不同。

同时作 STX-1 井和 STX-1Sa 井 FLAIR 录井段钻遇显示层流体相十字交汇图和流体相星型图。结合 FLAIR 气体组分特征,将井流体分成 1 个大的流体相家族,进一步细分为 3 个小流体相(图 10)。从 FLAIR 气测组分分析 STX-1Sa 井 III 下和 IV 气组的气体组分特征,其完全不同于上部气组气体组分。上述研究也是对同位素分析存在深层油气 2 次充注观点的验证。

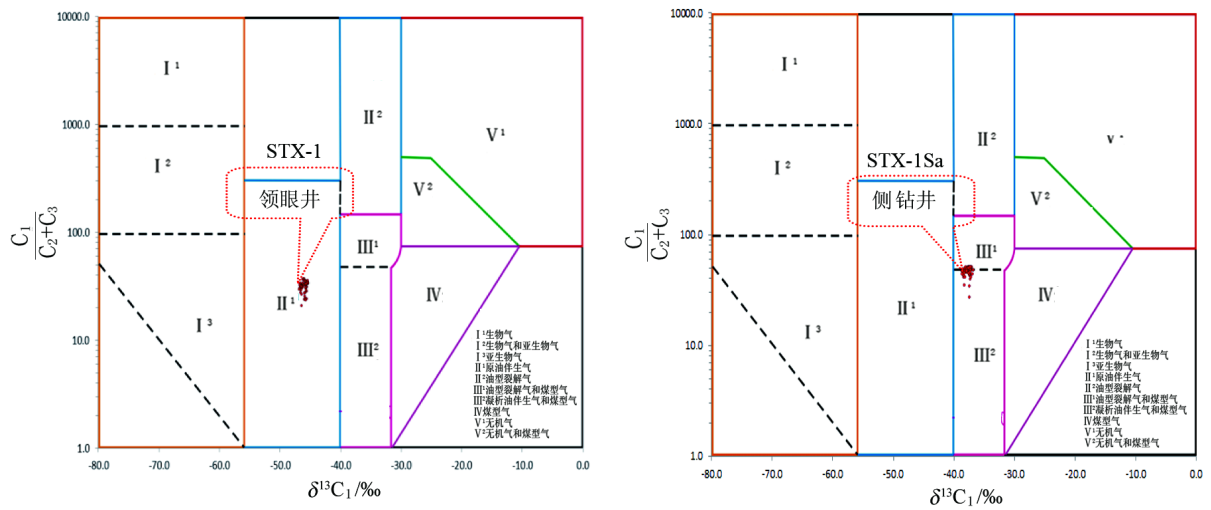


Figure 9. The genesis contrast between well STX-1 and well STX-1Sa
 图 9. STX-1 井和 STX-1Sa 井成因对比

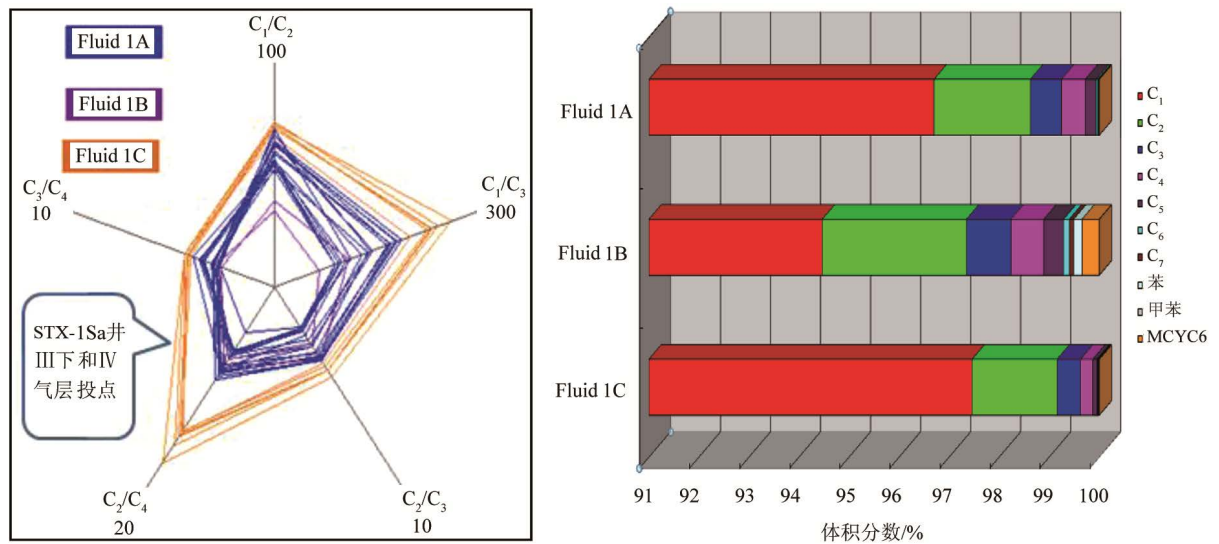


Figure 10. The star chart and the percentage chart of components
 图 10. 星型图和组分百分比图

4. 结语

实时甲烷碳同位素是一个“新”的项目，有较大的发展空间，尤其是在气藏性质及成因、气体成因研究、油藏内生物降解研究、生油岩成熟度分析、气油源对比、多井对比、断层封闭性质等方面的研究。在如何利用好实时甲烷碳同位素上，需不断总结学习，丰富与优化解释图版。随着分析技术的发展提高，重烃(乙烷、丙烷、丁烷等)碳同位素录井技术的相继研发应用，同位素录井在油气成因、油气对比、混合油气判识和油气追踪等方面将会发挥巨大作用，为油气勘探开发做出突出贡献。

参考文献 (References)

- [1] 孙恒君, 黄小刚. 实时同位素录井技术[J]. 录井工程, 2010, 21(3): 1-4.
- [2] 王国建, 程同锦, 汤玉平, 等. 地表化探中甲烷稳定碳同位素的应用及存在问题[J]. 物探与化探, 2008, 32 (5):

549-552.

- [3] 黎绍杰. 油气化探中甲烷碳同位素应用, 存在问题与对策研究[J]. 矿产与地质, 2003, 17(1): 54-58.
- [4] 张厚福. 石油地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999.
- [5] 李晓娟, 刘新社. 苏里格地区石盒子组天然气地球化学特征[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2009, 31(1): 184-187.
- [6] 戴金星. 天然气碳氢同位素特征和各类型天然气类型鉴别[J]. 天然气地球科学, 1993, 4(3): 1-40.
- [7] 耿恒, 陈沛, 陈鸣. 实时同位素录井在南海西部的应用[J]. 录井工程, 2016, 30(12): 3-12.

[编辑] 邓磊

Hans 汉斯

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jogt@hanspub.org