

# Comprehensive Logging Interpretation and Evaluation Method for Kenli 16-1 Block in Bohai Bay Basin

Ting Xiong, Min Mao, Xiaogang Huang, Wenchun Peng

China-French Bohai Geological Service Co., Ltd., Tianjin  
Email: [xionging@cfbgc.com](mailto:xionging@cfbgc.com)

Received: May 30<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jun. 7<sup>th</sup>, 2017; published: Aug. 15<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

There were two types of oil reservoirs with different gas logging characteristics in Block Kenli 16-1 of the Bohai Bay Basin: one was the normal reservoir with complete gas logging hydrocarbon composition and with a certain percentage of heavy hydrocarbons; the other was the biodegradable reservoir with characteristics similar to gas layer or water layer, without complete hydrocarbon components in gas logging, of which the percentage of  $C_1$  was high. Interpretation charts were established in consideration of the complex and changeable characteristics of oil layer in the study area. Based on the analysis of gas logging, geochemical rock pyrolysis, and gas chromatograph features of different types of reservoirs in the area, the interpretation criteria for normal reservoirs, with anomalous multiple of light and heavy hydrocarbon components of  $C_1$ ,  $iC_4$ ,  $nC_4$ ,  $iC_5$ ,  $nC_5$  as the main evaluation parameters, and gas chromatography of geochemical rock pyrolysis as assistant parameter, and the interpretation criterion for biodegradable reservoirs with  $\varphi(TG)$ ,  $C_1$  anomalous multiple and gas chromatography of geochemical rock pyrolysis as evaluation parameters, were set up. The application shows that with interpretation evaluation criteria are chosen for different gas logging components for accurately identifying the normal reservoirs and biodegradable reservoirs.

## Keywords

Block Kenli 16-1, Gas Logging Interpretation, Anomalous Multiple, Pyrolysis Gas Chromatography, Evaluation Method

---

# 渤海湾盆地垦利16-1区块录井综合解释评价方法

熊亭, 毛敏, 黄小刚, 彭文春

中法渤海地质服务有限公司, 天津

作者简介: 熊亭(1989-), 男, 工程师, 现从事录井资料综合解释工作。

Email: xiongting@cfbgc.com

收稿日期: 2017年5月30日; 录用日期: 2017年6月7日; 发布日期: 2017年8月15日

## 摘要

渤海湾盆地垦利16-1区块发育两种不同气测特征的油层, 一种是气测烃组分齐全, 重烃占有一定百分比的正常油层; 另一种是气测烃组分不齐全, 以C<sub>1</sub>组分为主, C<sub>1</sub>所占百分比高, 表现为气层或水层特征的生物降解油层; 针对研究区油层原油性质复杂多变的特点, 分别建立有针对性的解释模版。在分析该区不同类型油层气测、地化岩石热解气相色谱的基础上, 建立以C<sub>1</sub>、iC<sub>4</sub>、nC<sub>4</sub>、iC<sub>5</sub>、nC<sub>5</sub>轻、重烃组分异常倍数评价参数为主和以地化岩石热解气相色谱分析为辅的正常油层解释标准和建立以全烃、C<sub>1</sub>异常倍数、地化岩石热解气相色谱为评价参数的生物降解油层解释标准。现场实际应用表明, 针对不同气测组分特征优选解释评价标准, 无论是正常油层还是生物降解油层均能较好地识别。

## 关键词

垦利16-1区块, 气测解释, 异常倍数, 热解色谱, 评价方法

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

垦利 16-1 构造位于渤海海域莱州湾凹陷南部斜坡带, 整体受反向控注断裂和走滑断裂共同控制, 发育断块型圈闭和断鼻型圈闭, 其主要含油层段为古近系沙三段和新近系明化镇组下段、馆陶组, 油藏具有埋藏浅、储量大、丰度高、原油物性多样、测试产能高等特征[1] [2]。从垦利 16-1 区块实钻情况显示, 气测特征主要表现为浅层新近系明化镇组、馆陶组气测组分以 C<sub>1</sub> 为主, 仅存少量 C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>, 无 C<sub>4</sub>、C<sub>5</sub> 等重组分; 古近系沙河街组显示段气测组分齐全, 且气测异常明显; 由于工区内原油性质复杂多变, 除了有中、轻质油层外, 还发现了大量的生物降解油层, 且不同类型油质油层纵向叠置, 油藏油水性质变化大, 录井综合解释难度大, 符合率低。笔者在研究垦利 16-1 区块测录井、试油以及 MDT 取样资料的基础上, 结合前人研究成果, 建立了以气测烃组分异常倍数法为主和以地化岩石热解气相色谱特征分析为辅的综合解释方法, 2 种不同录井技术手段相结合, 有效地解决了本区块由于油气类型繁多、油气水性质复杂导致随钻综合解释困难的问题。

## 2. 录井响应特征

为了厘清垦利 16-1 区块油气显示录井响应特征, 自西向东优选 4 口探井建立气测对比图(图 1)。从气测对比图上可知工区内同时存在 2 种气测组分特征截然不同的油层; 即气测组分齐全的正常油层和气测组分不全的生物降解油层; 在分析前人研究资料的基础上结合该区内 10 余口探井现场录井资料, 分别从气测、荧光、地化岩石热解气相色谱三个方面对两类油层录井特征进行了归纳总结:

1) 气测烃组分齐全(正常油层): 其录井表现特征为重烃含量占有一定比例,  $C_1$  百分比大部分低于 90%, 气测组分曲线以箱形和指状峰型为主; 岩屑受钻井参数、钻井液性能等影响, 荧光级别不高, 绝大部分岩屑荧光面积小于 30% (即 C、D 级为主), 油质从轻、中、重质都比较常见; 地化岩石热解气相色谱图中正构烷烃组分齐全且呈正态梳状分布, 且储层含油浓度越高, 正构烷烃峰值面积越大(图 2(a));

2) 气测烃组分不全(生物降解油层): 其录井表现特征为气测组分不全, 以  $C_1$  为主, 仅含很少的其他组分,  $C_1$  百分比达 95% 以上, 全烃曲线形态多呈箱状峰型; 相较于正常油层荧光显示级别较高, 部分岩屑槽面见油花, 荧光面积高达 90% 以上(即 A 级), 油质一般偏重; 地化岩石热解色谱分析表现为无或缺失正构烷烃, 色谱流出现基线逐渐抬起, 部分隆起[3] [4], 正、异构烷烃的峰值面积大小代表储层含油浓度的高低(图 2(b))。

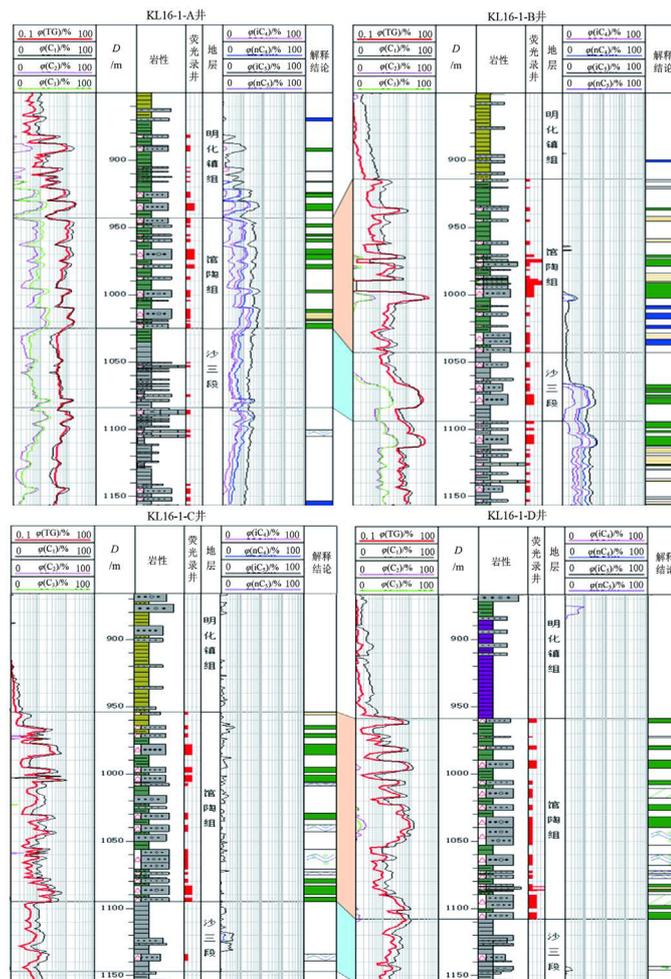
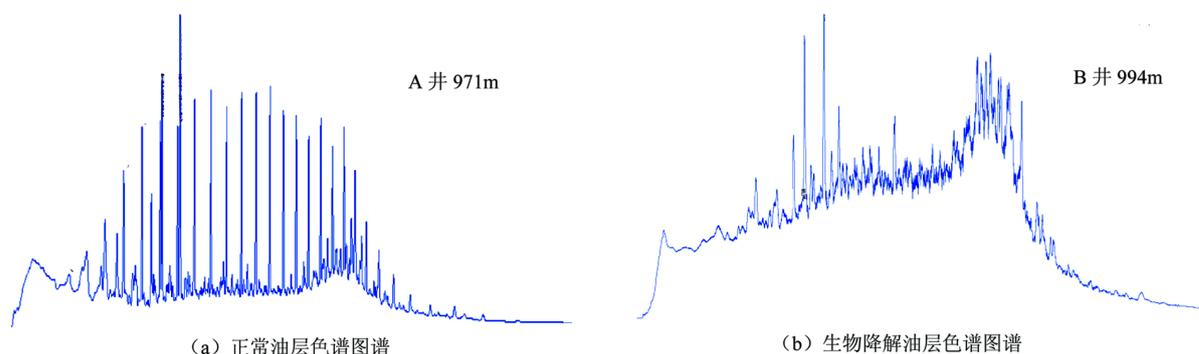


Figure 1. The diagram of gas contrast of Block Kenli 16-1

图 1. 垦利 16-1 区块气测对比图



**Figure 2.** The gas chromatographic characteristics of rock pyrolysis in Block Kenli 16-1

**图 2.** 垦利 16-1 区块岩石热解气相色谱图谱特征

### 3. 解释标准的建立

#### 3.1. 正常油层识别与评价

录井资料解释的本质是对储集层“有什么”和“有多少”的认识，为了对储集层有全面的认识，采用以气测烃组分峰基比值为原则的异常倍数法为主和以岩石热解气相色谱分析为辅的评价方法。气测烃组分异常倍数法是在分析储集层显示段和上覆非储集层泥岩段气测烃组分特征的基础上，利用储集层显示段气测烃组分与非储层段泥岩层气测烃组分进行比值分析，比值变化幅度大小既可以反映储层内烃类丰富程度，也可以评价盖层封堵性好坏，同时采用二者气测组分比值分析可以排除钻井过程中泥浆等因素的影响。二者比值越大，表明储集层内烃类气体越富集，盖层封堵性越好；反之则不富集，封堵性差。为了全面、有效评价油气藏，引入了以对储集层含烃较为敏感的  $C_1$  组分和对储集层含油较为敏感的  $C_4$ 、 $C_5$  烃组分建立多参数异常倍数模型，从轻、重组分多参数、多角度来约束评价，克服了单个参数解释不足的缺陷[5]。

异常倍数计算公式：

$$C_1 \text{异常倍数} = C_1 (\text{储集层峰值}) / C_1 (\text{基值}) \quad (1)$$

$$C_4 \text{异常倍数} = C_4 (\text{储集层峰值}) / C_4 (\text{基值}) \quad (2)$$

$$C_5 \text{异常倍数} = C_5 (\text{储集层峰值}) / C_5 (\text{基值}) \quad (3)$$

基值的选取原则，以离储集层最近、厚度大于 5 m 的泥岩段(盖层)、封堵能力好为原则；对于储集层段气测值选取，以储集层段气测最大值为原则。

对垦利 16-1 区块内 10 口探井 216 组以钻井液为载体的 Reserval TM 气测烃组分数据进行统计分析，优选了  $C_1$ 、 $iC_4$ 、 $nC_4$ 、 $iC_5$ 、 $nC_5$  等轻、重组分作为评价参数，结合工区内已有的试油、测井、MDT 取样结论建立垦利 16-1 区块的气测解释阈值标准(表 1)。

**Table 1.** Interpretation threshold of normal reservoir in Kenli 16-1 block

**表 1.** 垦利 16-1 区块正常油层气测解释阈值

流体类型	$C_1$	$iC_4$	$nC_4$	$iC_5$	$nC_5$
	异常倍数	异常倍数	异常倍数	异常倍数	异常倍数
油层	>3	>5	>5	>4	>4
含油水层	>2	>2	>2	>2	>2
水干层	>2	-	-	-	-

### 3.2. 生物降解油层识别与评价

生物降解油层气测烃组分以  $C_1$  为主, 仅含微量的其他烃组分, 气测录井表现特征与气层、水层相似; 在实际识别中仅依靠气测数据难以准确区分, 一旦对流体定性不准, 就会容易出现误判和错判, 得出完全不同的结论。针对这一问, 在现场录井作业中采用了地化岩石热解气相色谱分析, 从对生物降解油层的分析来看, 热解气相色谱图谱峰型形态在识别生物降解油层方面具有非常强的指导意义[6]。从研究区统计的数据分析可知, 地化岩石热解气相色谱图谱基线隆起越高, 正构烷烃峰缺失越多, 表明生物降解作用越严重。但在对工区内 5 口井 82 层生物降解油层岩屑和 64 层井壁取心地化岩石热解气相色谱特征分析的基础上, 发现油层与含油水层的录井响应特征差异不明显, 仅从岩石热解气相色谱特征上难以区分, 为了准确评价这类油层与含油水层、水层之间的差异, 引入气测全烃、 $C_1$  异常倍数对此类问题进行综合识别[7]。

对垦利 16-1 区块内 6 口探井 104 组生物降解油层气测烃组分数数据进行统计分析, 优选了全烃、 $C_1$  作为生物降解油层气测评价参数, 结合工区内已有的试油、测井、MDT 取样结论建立起垦利 16-1 区块的生物降解油层气测解释阈值标准(表 2)。

**Table 2.** Interpretation threshold of biodegradation reservoir in Kenli 16-1 block  
**表 2.** 垦利 16-1 区块生物降解油层气测解释阈值

流体类型	全烃异常倍数	$C_1$ 异常倍数
油层	>5	>6
含油水层	>2	>2
水干层	-	>2

## 4. 实例分析

### 4.1. KL16-1-X 井

KL16-1-X 井在 1183.00~1186.00 m 井段, 层位为沙河街组, 岩性为浅灰色荧光粉砂岩, 岩屑荧光面积积 20%。与上部非储层泥岩段相比气测异常幅度较高, 全烃体积分数由 1.03% 上升到 5.95%, 气测曲线组分齐全且形态饱满同步, 与正常油层的气测特征相似(图 3); 根据地化岩石热解气相色谱分析(图 4), 气相色谱图谱基线平直, 正构烷烃峰组分齐全, 呈梳状展布, 表现为原生油层特征峰型。依据基值选取原则, 选取 1155.00~1162.00 m 段作为基值, 异常倍数公式计算得出:  $C_1$  异常倍数为 4.6,  $iC_4$  异常倍数 175,  $nC_4$  异常倍数 168.2,  $iC_5$  异常倍数 117.3,  $nC_5$  异常倍数 172; 根据垦利 16-1 区块气测解释阈值模版, 该井段为油层, 录井综合解释为油层; 该井段未测试, MDT 取样为 800 mL 纯油样。录井综合解释与取样结论一致。

### 4.2. KL16-1-Y 井

KL16-1-Y 井在 993.00~998.00 m 井段, 层位为馆陶组, 岩性为浅灰色荧光细砂岩, 岩屑荧光面积 40%, 槽面见油花。与上部非储层泥岩段相比异常幅度较高, 气测录井异常明显, 全烃体积分数由 0.76% 上升到 11.27%, 气测曲线形态饱满且同步, 但气测组分以  $C_1$  为主, 仅存在少量的  $C_2$  组分, 与生物降解油层和气层的特征相似(图 5); 根据地化岩石热解气相色谱分析(图 6), 气相色谱图谱基线隆起明显, 正构烷烃峰组分基本缺失, 且主峰靠后, 表现为生物降解油层特征峰型, 油质偏重。根据基值选取原则, 应选取 985.00~993.00 m 段作为基值, 但考虑到 990.00~993.00 m 段气体受下部显示段气测影响, 气测值偏高, 因此优选 985.00~990.00 m 作为该段基值; 异常倍数公式计算得出: 全烃体积分数异常倍数为 6.0,  $C_1$  异

常倍数 11.8；据垦利 16-1 区块气测解释阈值模版，该井段为油层；该井段 DST 测试，日产油 41.23 m<sup>3</sup>，原油密度为 0.9504 g/cm<sup>3</sup>。录井综合解释结论与试油结论一致。

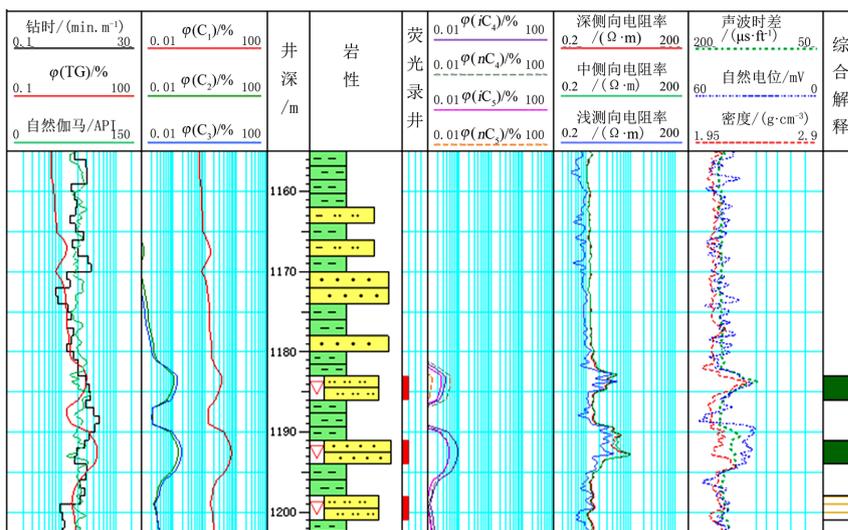


Figure 3. The diagram of comprehensive logging interpretation of Well KL16-1-X

图 3. KL16-1-X 井综合录井解释图

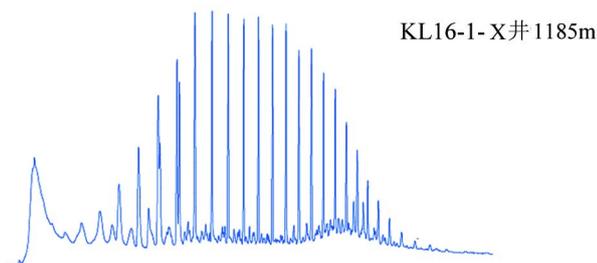


Figure 4. The geochemical chromatogram of Well KL16-1-X

图 4. KL16-1-X 井地化色谱图

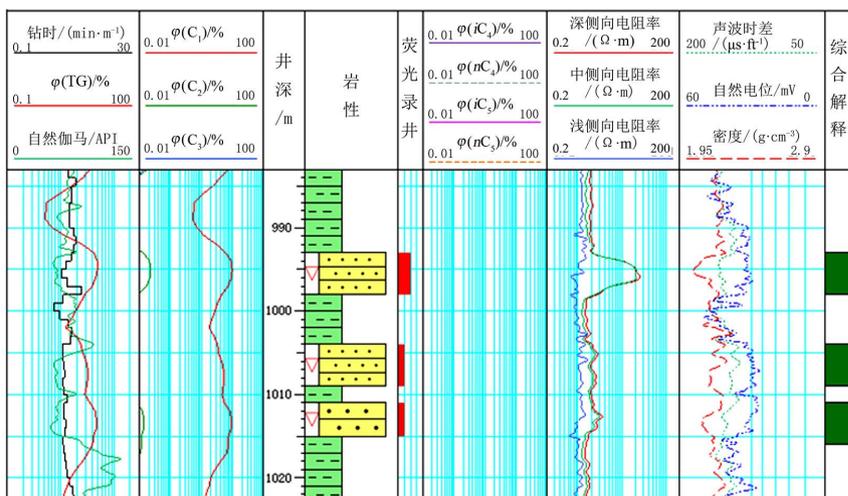


Figure 5. The diagram of comprehensive logging interpretation of Well KL16-1-Y

图 5. KL16-1-Y 井综合录井解释图

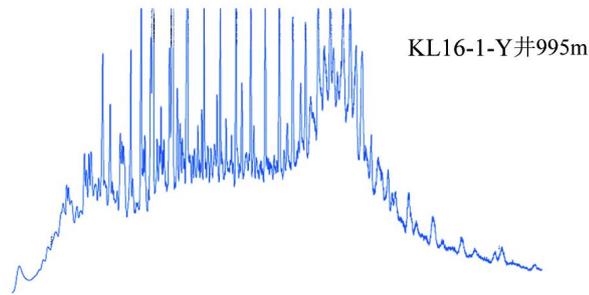


Figure 6. The Geochemical chromatogram of Well KL16-1-Y  
图 6. KL16-1-Y 井地化色谱图

## 5. 结论

1) 在 KL16-1 区块录井作业过程中总结正常油层和生物降解油层在气测烃组分、曲线形态特征、荧光显示、地化岩石热解气相色谱等方面的差异性，其中二者在气测烃组分和地化岩石热解气相色谱图上差异明显。

2) 在 KL16-1 区块的随钻录井综合解释中，充分利用二者气测烃组分和地化岩石热解气相色谱上的差异，建立起两类不同油层气测烃组分异常倍数法与岩石热解气相色谱图的综合解释标准。经与区内试油、MDT 取样结论对比分析，随钻录井综合解释符合率达 85% 以上，能够很好地解决本区块由于原油性质多变、油气水关系复杂导致随钻解释工作难度较大的问题。

## 参考文献 (References)

- [1] 牛成民. 渤海南部海域莱州湾凹陷构造演化与油气藏[J]. 石油天然气与地质, 2012, 33(3): 424-431.
- [2] 杨波, 胡志伟, 李果营, 等. 渤海莱州湾凹陷南部斜坡带构造特征及油气成藏规律[J]. 中国海上油气, 2016, 28(5): 22-29.
- [3] 邓强, 张卫平, 桑月浦. 渤海湾盆地 QHD33 区块特殊储集层录井特征分析[J]. 录井工程, 2012, 23(2): 46-48.
- [4] 宋义民, 李毅逵, 刘淑侠, 等. 冀中探区大柳泉地区生物降解油气层综合解释评价方法[J]. 录井工程, 2015, 26(3): 46-50.
- [5] 袁胜斌, 倪朋勃, 邴磊, 等. 白云凹陷 FLAIR 流体录井气水层解释评价评价方法[J]. 录井工程, 2015, 26(4): 37-40.
- [6] 谭忠健, 吴立伟, 郭明宇, 等. 基于烃组分分析的渤海油田录井储层流体性质解释新方法[J]. 中国海上油气, 2016(3): 37-43.
- [7] 张艳茹, 杨雷. 稠油储集层热解气相色谱图谱特征及其综合解释评价方法[J]. 录井工程, 2014, 25(3): 46-50.

[编辑] 帅群

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

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

期刊邮箱：[jogt@hanspub.org](mailto:jogt@hanspub.org)