

# Evaluation and Interpretation of Medium-Shallow Degradation Reservoirs in Hongche Fault Zone on the Northwest Margin of Junggar Basin

Xiaojun Xue, Yuming Ma, Jiancheng Li, Lixia Zhang, Yi Zheng

Karamay Logging Engineering Company of Western Drilling Engineering Co., Ltd., PetroChina, Karamay Xinjiang  
Email: Xuexiaojun@cnpc.com.cn

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

---

## Abstract

As it was difficult to evaluate the medium-shallow degradation reservoirs in Hongche Fault Zone on the northwest margin of Junggar Basin, and interpretation coincidence rate was low, through analyzing the characteristics of degraded reservoirs in mud logging, the gas logging curves and geochemical pyrolysis data were fully investigated, the sensitive parameters in hydrocarbon reservoir identification were explored, and logging interpretation chart of gas logging charging coefficient-oil abundance index and evaluation criterion were established. It is used in some of the newly completed exploration wells, it is valuable for promotion.

## Keywords

Degradation Reservoirs, Peak-to-base Ratio in Gas Logging, Charging Coefficient, Total Amount of Oil in Pyrolysis, Ratio of Light to Heavy Hydrocarbon, Oil Abundance Index

---

# 准噶尔盆地西北缘红-车断裂带中浅层降解油藏录井解释评价

薛晓军, 马玉明, 李建成, 张莉霞, 郑毅

中石油西部钻探克拉玛依录井工程公司, 新疆 克拉玛依

作者简介: 薛晓军(1968-), 男, 高级工程师, 现主要从事录井工程技术管理工作。

Email: Xuexiaojun@cnpc.com.cn

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10月15日

## 摘要

针对准噶尔盆地西北缘红-车断裂带中浅层降解油藏油气层评价难度大、解释符合率低的现状, 从降解油藏录井显示特征入手, 充分挖掘气测曲线、地化热解资料信息, 运用 $t$ 检验方法探索开发油气层的敏感参数, 建立该类油藏气测填充系数-油丰指数录井解释图版及评价标准。通过对新近完钻的部分探井进行应用, 效果较好, 具有一定的推广价值。

## 关键词

降解油藏, 气测峰基比, 填充系数, 热解含油总量, 轻重比, 油丰指数

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

降解油藏是指正常原油遭受地层中厌氧细菌破坏和水解作用形成的特殊油气藏[1] [2] [3]。近年来, 在准噶尔盆地西北缘中浅层的 C21、CX7、CX3、HX16 等井区勘探开发过程中, 发现了该类油藏。该类油层录井资料显示特征与正常油层差别大, 常规气测解释图版、地化解释图版失效, 录井解释符合率低, 迫切需要构建新的录井解释方法。为此, 从油水层录井显示特征入手, 充分挖掘气测曲线、地化热解油气信息, 进行归纳总结, 将气测与岩石热解参数进行组合开发, 建立新的评价方法, 经现场应用, 效果明显。

红-车断裂带位于准噶尔盆地西北缘南段红山嘴-车排子地区, 为一南北向构造单元, 构造上位于盆地西部隆起与中央坳陷两个一级构造单元的结合部[4]。研究区经历了多期构造运动, 新近纪之前形成古近系与上覆新近系的局部不整合接触。下伏石炭系埋深较浅, 自东向西依次受红-车断裂、小拐断裂、车前断裂等多个近南北向阶梯状大型逆冲断裂控制, 形成自东向西呈断阶状不断抬升的构造格局。新近纪至今, 长期受喜马拉雅期新构造活动的影响, 接受新近系沉积; 之后构造运动明显加强, 且规模较大, 构成有效的油源断裂, 形成浅层新近系的油气成藏[4] [5]。红-车断裂带自下而上发育石炭系(C)、

二叠系下乌尔禾组(P<sub>2w</sub>)、侏罗系八道湾组(J<sub>1b</sub>)、白垩系吐谷鲁群(K<sub>1tg</sub>)、古近系(E)、新近系(N)及第四系(Q)。

主力出油段石炭系储层岩性主要为安山岩、玄武岩、火山角砾岩、凝灰岩及少量凝灰质砂砾岩。主要储集空间类型为粒内溶孔及微裂缝，见少量晶间孔。裂缝类型主要为溶蚀缝、直劈缝、诱导缝和斜交-网状缝。石炭系储层平均孔隙度为7.78%~12.94%，平均渗透率为0.047~0.52 mD，属低孔~中孔、低渗~特低渗储层。石炭系油藏为受不同期次的火山岩岩体控制的构造-岩性油藏。

## 2. 录井显示特征及成因分析

### 2.1. 录井显示特征

1) 储集层的岩屑、岩心等实物资料一般见荧光，据研究区岩心油气显示统计发现，油层含油级别最高可达富含油，一般在油斑以上(图 1)。

2) 储集层热解-气相色谱谱图显示，油层、油水同层正构烷烃出峰不全，未分辨化合物含量高，而水层正构烷烃出峰不全，正构烷烃及未分辨化合物含量低(图 2)。

3) 岩石热解分析主要集中在 S<sub>21</sub> 和 S<sub>22</sub>；随含油性变差含量变低，其 S<sub>21</sub>/S<sub>22</sub> 的比值减小(图 3)。

4) 储集层气测组分不全，一般仅有 C<sub>1</sub>，部分井虽有 C<sub>4</sub> 或 C<sub>5</sub>，但无 C<sub>2</sub> 或 C<sub>3</sub>(表 1)。

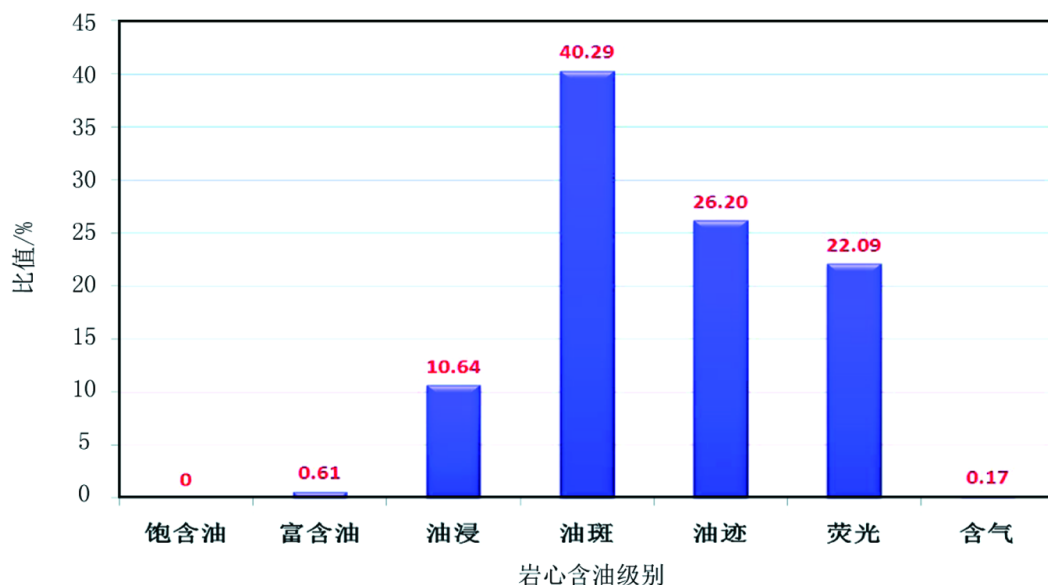


Figure 1. The statistics of oil-bearing grade of cores in oil test interval

图 1. 试油段岩心含油级别统计图

Table 1. The summary sheet of gas logging peak composition of the shallow oil test interval on the north-west margin

表 1. 西北缘中浅层试油段气测组分出峰情况统计汇总表

层位	气测组分出峰情况统计/层					合计
	出至 C <sub>1</sub>	出至 C <sub>2</sub>	出至 C <sub>3</sub>	出至 C <sub>4</sub> 、C <sub>5</sub>	出至 C <sub>4</sub> 、C <sub>5</sub> (无 C <sub>2</sub> 、C <sub>3</sub> )	
石炭系以上地层	14	0	4	2	2	22
石炭系	22	7	4	3	7	43
合计	36	7	8	5	9	65

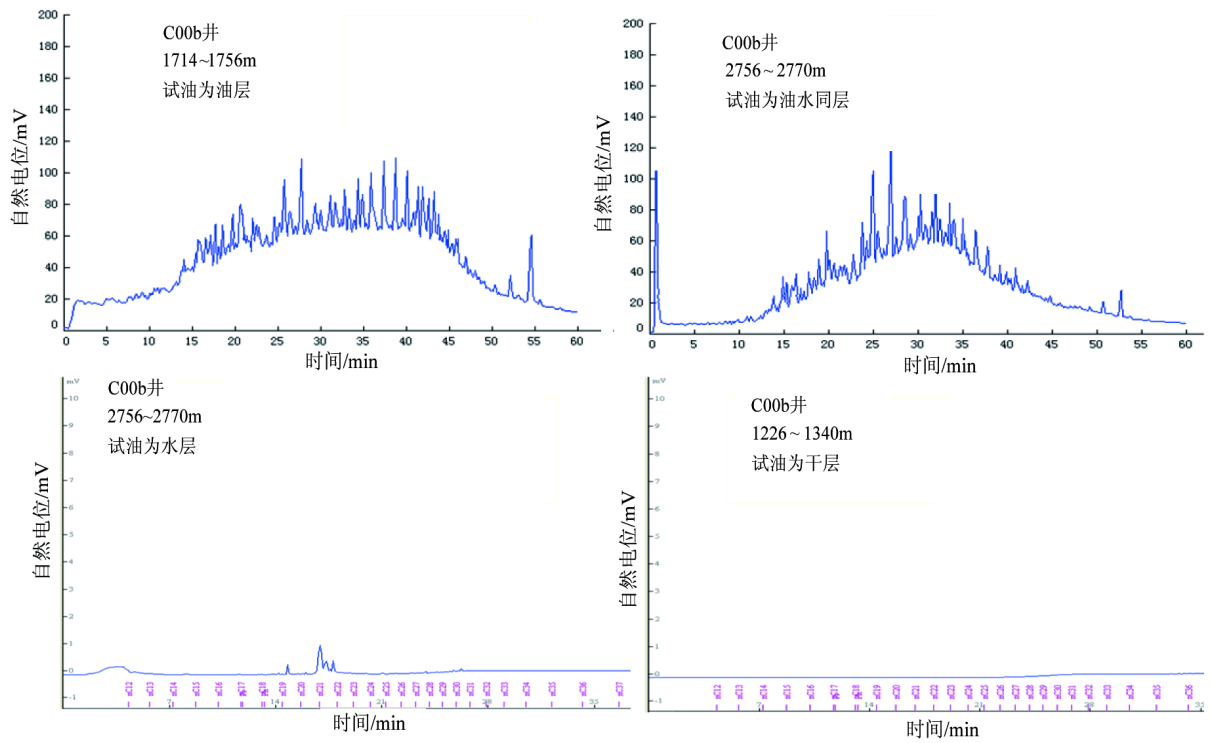


Figure 2. The typical chromatogram of gas chromatography pyrolysis in oil test interval

图 2. 试油段热解气相色谱典型谱图

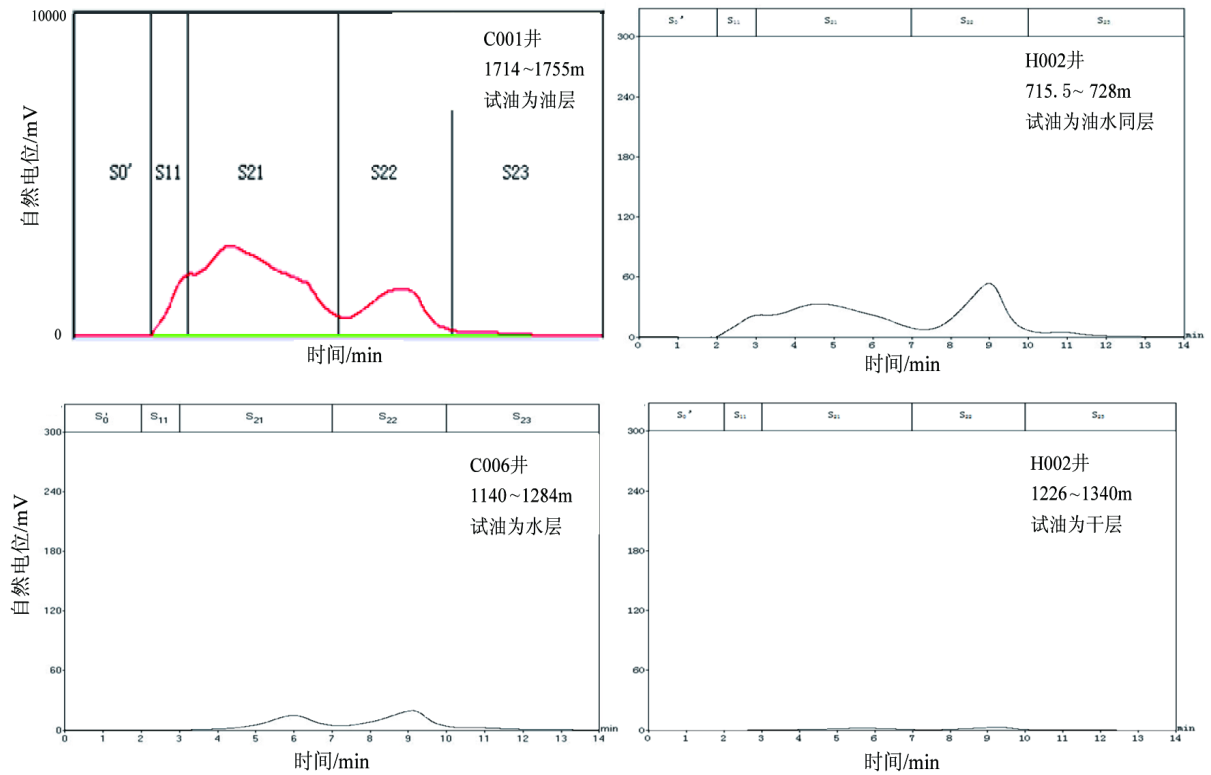


Figure 3. The typical plot of core pyrolysis in oil test interval

图 3. 试油段岩心热解分析典型图

## 2.2. 成因分析

据相关文献[6]-[11]表明, 降解油藏的形成归因于细菌的选择性降解及地层水水洗的双重作用, 这种作用的发生必须具备一定的地质条件。西北缘地区中浅层具有油气层埋深浅、一般小于 3000 m, 地层温度低于 70℃, 并具有断裂发育的特点, 为微生物的降解及水洗作用奠定了地质基础。水解作用使溶解度高的芳烃易于流失, 微生物有选择性地消耗某些类型的烃, 从而使得原油变得愈稠, 岩石热解则表现为  $S_{22}$  或  $S_{23}$  含量相对增加, 热解-气相色谱则表现为正构烷烃含量低或缺失。石油被微生物降解主要生成甲烷, 除甲烷外还含有少量的乙烷及乙烷以上的气态烃, 并且常常含有一定量非烃气体。随着降解程度的增强, 烃组分  $C_2\sim C_5$  往往被生物降解而损耗掉, 甲烷体积分数往往在 95% 以上, 甚至达到 100%, 从而表现出气测无重组分的特征。

## 3. 油气层解释模型研究

### 3.1. 敏感参数研究

通过对西北缘地区中浅层降解油藏 30 口试油井 56 层录井、测井及试油数据进行统计分析, 运用  $t$  检验方法筛选出对油气水识别的录井敏感参数, 主要包括气测显示厚度  $H_q$ 、气测填充系数  $T_c$  (气测显示厚度与储层厚度的比值)、气测峰基比  $f$  (气测显示段高峰值与基值的比值)、地化热解含油总量  $P_g$ 、 $S_{21}$  与  $S_{22}$  的比值等。为了提高油气层与非产层的区分度, 将多个录井敏感参数组合, 创建新的录井评价参数——油丰指数( $Y_o$ )。

油丰指数( $Y_o$ )是对气测及地化含油性指标的集中反映, 综合了气测显示厚度、气测峰基比及热解含油气总量的全部信息, 并加入了针对西北缘中浅层降解油藏特有的能够反映含水性的轻重比  $S_{21}/S_{22}$ , 实现对产层和非产层(水层、含油层及干层等)的有效识别。

气测填充系数( $T_c$ )指气测异常显示厚度与储层厚度的比值, 也可称之为一般意义上的烃类灌满系数, 其值大小直接反映储集层油气纵向充满程度的高低[12] [13] [14]。

运用 SPSS 分析软件对录井参数进行独立样本的  $t$  检验(表 2), 依据统计出的概率  $P$  值进行显著性分析, 如果  $0.01 < P < 0.05$ , 则为差异显著; 如果  $P < 0.01$ , 则差异极显著[15]。

### 3.2. 解释模型建立

从表 2 可以看出, 气测填充系数  $T_c$ 、油丰指数  $Y_o$  对价值层(油层、油水同层)与非价值层(含油层、水层及干层)差异极显著, 因此利用这两项参数建立录井油气层解释模型。对收集整理的 56 层样本进行落点交会, 构建录井解释图版。依据油气水层落点趋势将图版划分为两个区块, 一个为“油层、油水同层区”, 另一个为“含油层、水层、干层区”(图 4), 解释评价标准见表 3。

### 3.3. 回判分析

对全部样本数据图版落点情况依据解释评价标准进行统计分析, 由表 4 可见, 上述建立的录井解释图版对油层、油水同层回判效果较好, 对干层和含油层回判效果较差, 总体回判符合率为 87.5%, 识别效果较好, 能够用于油气水的解释评价。

## 4. 应用实例分析

应用所建立的解释图版和解释评价标准对准噶尔盆地西北缘新近完钻的部分探井储集层进行解释。从表 5 可以看出, 共验证 11 口井 12 个试油层段, 符合率为 91.7%, 应用效果好。

**Table 2.** The analytical sheet of the difference between the valuable parameter layer and non-valuable layer from the logging evaluation**表 2.** 录井评价参数价值层与非价值层差异性分析表

气测录井参数	分组	组统计量			方差方程的 Levene 检验		假设条件	均值方程的 <i>t</i> 检验	
		<i>N</i>	均值	方差	<i>F</i>	<i>P</i>		<i>t</i>	<i>P</i>
储层厚度	价值层	35	16.16	10.78	3.34	0.07	方差相等	-0.56	0.58
	非价值层	21	14.67	7.30				-0.62	0.54
$H_q$	价值层	35	13.80	10.08	1.56	0.22	方差相等	-1.39	0.17
	非价值层	21	10.26	7.45				-1.50	0.14
$T_c$	价值层	35	0.84	0.11	23.15	0.00	方差相等	-3.58	0.00
	非价值层	21	0.68	0.23				-3.05	0.01
平均钻时	价值层	35	9.67	7.20	0.04	0.84	方差相等	0.13	0.89
	非价值层	21	9.93	6.08				0.13	0.89
气测基值	价值层	35	0.38	0.54	0.20	0.66	方差相等	0.43	0.67
	非价值层	21	0.46	0.86				0.38	0.70
全烃	价值层	35	2.81	4.43	0.65	0.42	方差相等	0.12	0.91
	非价值层	21	2.96	5.11				0.12	0.91
峰基比	价值层	35	14.99	23.21	4.36	0.04	方差相等	-1.36	0.18
	非价值层	21	7.94	6.65				-1.69	0.10
$S_0$	价值层	35	0.05	0.06	1.96	0.17	方差相等	-0.68	0.50
	非价值层	21	0.04	0.05				-0.72	0.47
$S_1$	价值层	35	1.57	7.40	2.15	0.15	方差相等	-0.86	0.39
	非价值层	21	0.17	0.33				-1.12	0.27
$S_{21}$	价值层	35	3.95	5.95	9.00	0.00	方差相等	-1.71	0.09
	非价值层	21	1.54	3.23				-1.97	0.05
$S_{22}$	价值层	35	2.37	3.73	6.64	0.01	方差相等	-1.48	0.14
	非价值层	21	1.08	1.75				-1.75	0.09
$S_{23}$	价值层	35	0.51	0.79	7.00	0.01	方差相等	-1.32	0.19
	非价值层	21	0.27	0.27				-1.61	0.11
$P_g$	价值层	35	9.95	14.98	17.00	0.00	方差相等	-2.53	0.01
	非价值层	21	1.56	2.60				-3.23	0.00
$S_{21}/S_{22}$	价值层	35	2.36	3.96	2.31	0.13	方差相等	-1.51	0.14
	非价值层	21	1.04	0.55				-1.94	0.06
$S_{21}/(S_{22} + S_{23})$	价值层	35	1.81	3.36	1.63	0.21	方差相等	-1.46	0.15
	非价值层	21	0.73	0.61				-1.86	0.07
油丰指数	价值层	35	7.50	4.72	9.68	0.00	方差相等	-3.87	0.00
	非价值层	21	3.10	2.81				-4.37	0.00

注：表中  $S_0$ 、 $S_1$ 、 $S_{21}$ 、 $S_{22}$ 、 $S_{23}$  分别为烃源岩原始生烃量、烃源岩可溶烃量、200~350℃下检测的单位质量储层岩石中的烃含量、350~450℃下检测的单位质量储层岩石中的烃含量、450~600℃下检测的单位质量储层岩石中的烃含量。

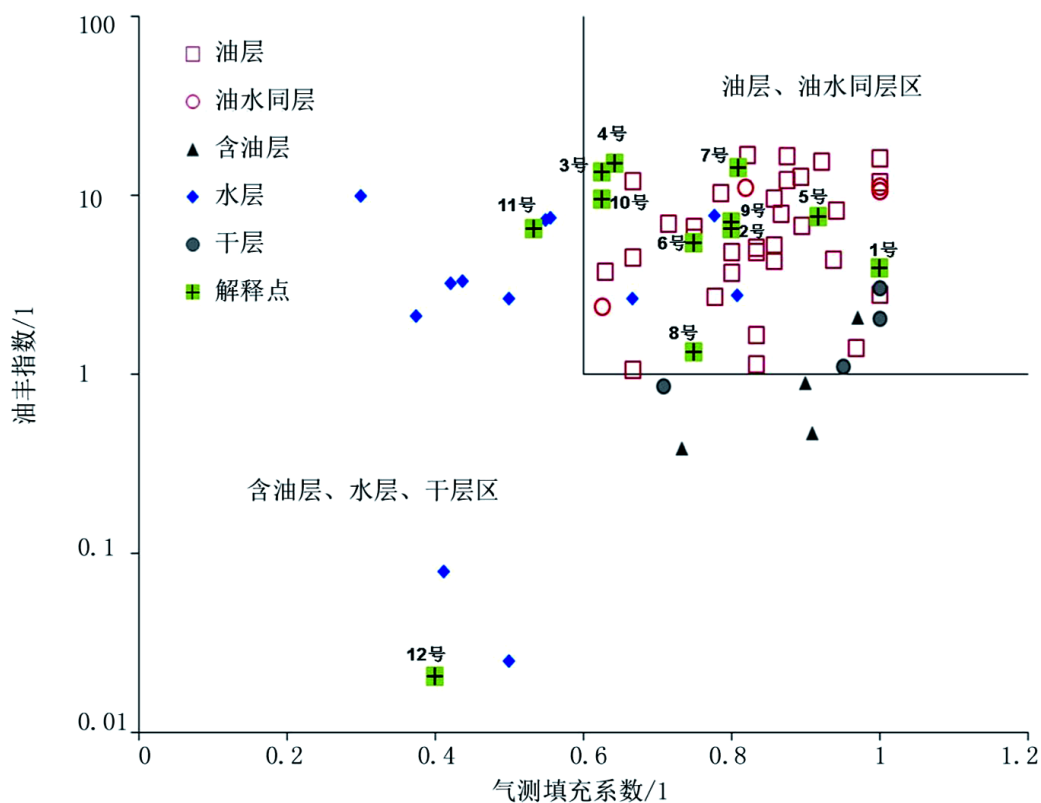


Figure 4. The interpretation chart of oil-abundance index logging

图 4. 录井油丰指数法解释图版

Table 3. The evaluation criterion for the interpretation chart of oil-abundance index logging

表 3. 录井油丰指数法解释图版评价标准

解释结果	气测填充系数( $T_c$ )/1	油丰指数( $Y_c$ )/1
油层、油水同层区	$\geq 0.60$	$\geq 1.20$
含油层、水层、干层区	不限制	$< 1.20$
	$< 0.60$	$\geq 1.20$

Table 4. The statistics of coincidence rate of back-judging on the sample-point of interpreting chart using oil-abundance index logging

表 4. 录井油丰指数法解释图版样本点回判符合情况统计

试油结果	样本数量/个	符合数量/个	不符合数量/个	符合率/%
油层	31	31	0	100
油水同层	4	4	0	100
含油层	4	3	1	75
水层	13	10	3	76.9
干层	4	1	3	25
合计	56	49	7	87.5



**Table 5.** The statistics on logging interpreting and evaluation of mid-shallow reduction reservoirs in Hongche Fault Zone on the north-west margin**表 5.** 西北缘地区红-车断裂带中浅层降解油藏录井解释评价统计

层号	井号	层位	试油井段/m	试油结果	油丰指数法解释评价		
					$T_o/1$	$Y_o/1$	符合情况
1	B001	K <sub>1</sub> tg	849.0~850.5	气层	1.00	3.91	√
2	B002	C	2118~2126	油层	0.80	6.49	√
3	X001	K <sub>1</sub> tg	1228~1234	油层	0.63	13.34	√
4	X001	J <sub>1</sub> b	1238~1242	水层	0.64	14.95	×
5	Y002	C	1063~1075	油层	0.92	7.51	√
6	Y010	J <sub>2</sub> x	1409~1412.5	油层	0.75	5.37	√
7	C023	N	336~344	油层	0.81	14.15	√
8	G012	J <sub>1</sub> s	1897~1910.5	油层	0.75	1.31	√
9	C025	J <sub>1</sub> s	1547~1550	油层	0.80	7.01	√
10	C072	J <sub>1</sub> b	1712~1720	油水同层	0.63	9.50	√
11	C205	J <sub>1</sub> b	1345~1365	水层	0.53	6.43	√
12	G020	C	2892~904	水层	0.40	0.02	√

注：表中“√”为符合，“×”为不符合

#### 4.1. B002 井(油层)

储层井段 2118.00~2126.00 m，层位为 C (石炭系)，气测显示活跃，显示厚度 6.0 m，气测全烃最大，为 0.5820%，组分出至 C<sub>3</sub> (图 5)，气测峰基比为 14.5；灰绿色荧光角砾凝灰岩，干照荧光 3%；井段 2122.01~2123.84 m 取心，获富含油级 0.86 m，油斑级 0.97 m；岩心热解分析 P<sub>g</sub> 为 1.69 mg/g。计算气测填充系数、油丰指数分别为 0.80、6.49 (表 5)。图版解释落点在油层、油水同层区(图 4 中的 2 号层)，依据解释评价标准综合解释该层为油层。

井段 2118.00~2126.00 m 试油，压裂自喷日产油 15.93t/d，试油结果为油层，综合解释结果与试油结果一致。

#### 4.2. G020 井(水层)

储层井段 2890.00~2905.00 m，层位为 C (石炭系)，气测显示活跃，显示层厚度 6.0 m，气测全烃最大为 0.5920%，组分出至 C<sub>3</sub> (图 6)，气测峰基比为 2.0；绿灰色荧光火山角砾岩，干照荧光 1%；岩屑热解分析 P<sub>g</sub> 为 0.29 mg/g。计算填充系数、油丰指数分别为 0.40、0.02 (表 5)。图版解释落点在含油层、水层、干层区(图 4 中的 12 号层)，依据解释评价标准综合解释该层为水层。

对井段 2892.00~2904.00 m 压裂抽汲，日产水 22.6 m<sup>3</sup>/d，试油结果为水层。综合解释结果与试油结果相符。



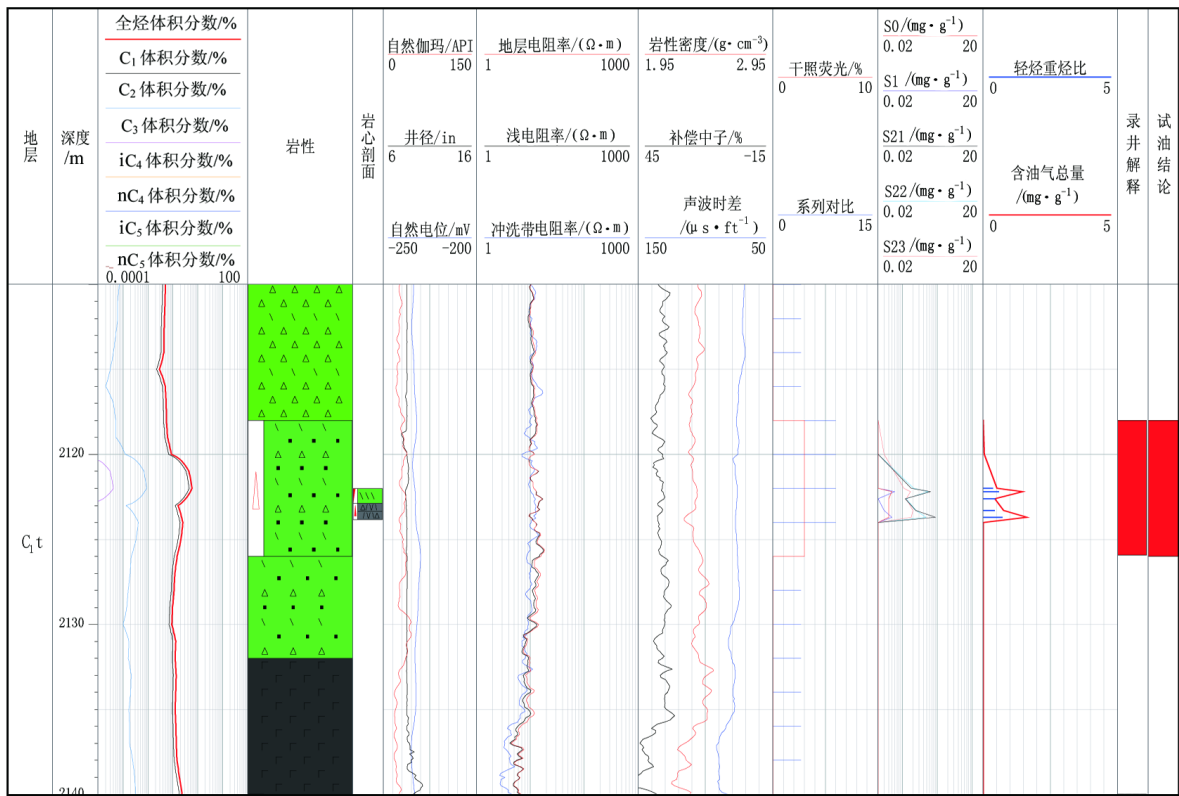


Figure 5. The integrated logging diagram in well B002

图 5. B002 井录井综合图

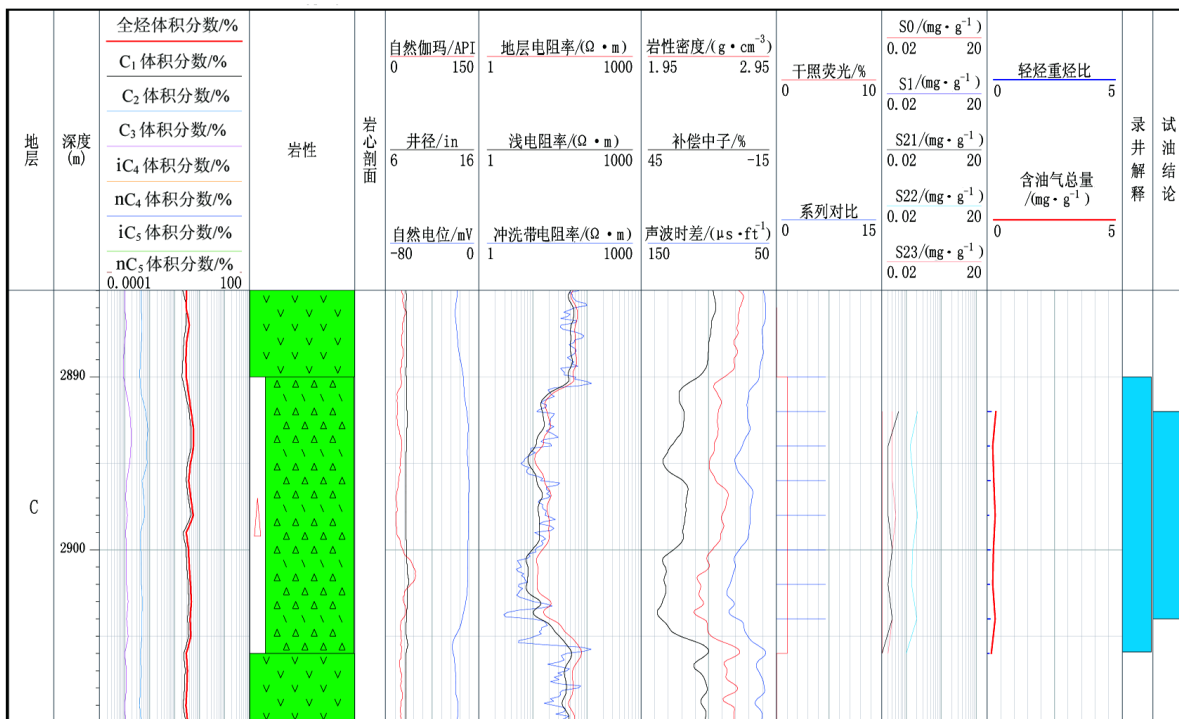


Figure 6. The integrated logging diagram in well G020

图 6. G020 井录井综合图

## 5. 结论

1) 依据热解-气相色谱分析谱图特征,参考气测出峰情况综合判断是否为降解油藏,再选择相应的解释方法。

2) 根据降解油藏气测重组分不全,岩石热解轻重比减小的特点,将气测、岩石热解的填充系数、气测显示厚度、气测峰基比、热解含油总量、热解轻重比参数进行优化组合,实现了利用气测、岩石热解资料多参数融合的解释评价。

3) 研究准噶尔盆地西北缘中浅层生物降解油藏油气层录井显示特征及资料现状,开发其区分水层的敏感参数,建立了油丰指数与填充系数解释图版及评价标准,现场应用效果较好。降解油藏录井解释新方法的建立,弥补了现有解释手段的不足。

## 参考文献 (References)

- [1] 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.
- [2] 邓强,张卫平,桑月浦,等.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.
- [3] 付顺,王成善,田景春,等.准噶尔盆地陆梁油气田原油的生物降解特征及其成藏意义[J].成都理工大学学报(自然科学版),2005,32(3):252-256.
- [4] 王振奇,支东明,张昌民,等.准噶尔盆地西北缘车排子地区新近系沙湾组油源探讨[J].中国科学(D辑:地球科学),2008,38(S2):97-104.
- [5] 王振奇,郑勇,支东明,等.车排子地区石炭系油气成藏模式[J].石油天然气学报,2010,32(2):21-25.
- [6] 王振奇,彭平安,于赤灵,等.生物降解稠油的成藏及次生变化:济阳拗陷郑家-王庄油田油藏剖面实例研究[J].科学通报,2004,49(S1):30-38.
- [7] 张枝焕,刘洪军,李伟,等.准噶尔盆地车排子地区稠油成因及成藏过程[J].地球科学与环境学报,2014,36(2):18-32.
- [8] 胡见义,徐树宝,程克明.中国重质油藏的地质和地球化学成因[J].石油学报,1989,10(1):1-11.
- [9] 席伟军,史翠娥,王学忠,等.车排子地区春风油田稠油成藏模式[J].石油地质与工程,2013,27(1):7-11.
- [10] 陈安定,刘德良.寒武系烃源古油藏油裂解气特征及成藏条件[J].海相油气地质,2006,11(2):41-46.
- [11] 窦立荣,徐树宝,祝玉衡,等.二连盆地重质稠油藏成因及地化特征[J].石油学报,1995,16(2):1-7.
- [12] 杨卫东,江波,胡道雄,等.利用气测曲线形态解释油气层方法研究[C]//第二届中国石油工业录井技术交流会论文集编委会.第二届中国石油工业录井技术交流会论文集:2013年卷.东营:中国石油大学出版社,2013:254-261.
- [13] 隋泽栋,陈向辉,周杰,等.玛湖油田气测和岩石热解录井敏感参数研究及应用[J].录井工程,2017,30(1):12-16,91.
- [14] 李建成,李万里,吴志超,等.一种适用于准噶尔盆地 X 油田的新型气测解释方法[J].录井工程,2014,27(3):36-40.
- [15] 申希平,丁建生,李娟生,等.在 SPSS 中利用均数和标准差做两独立样本  $t$  检验[J].现代预防医学,2007,34(21):4066-4067.

[编辑] 帅群

**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](mailto:jogt@hanspub.org)