

文章编号:1001-6112(2012)05-0539-04

# 下二门油田深层系 油水层测井解释方法研究与应用

西涛涛<sup>1</sup>, 薛国勤<sup>2</sup>, 万力<sup>1</sup>, 李波<sup>1</sup>, 王铭方<sup>1</sup>, 赵创业<sup>3</sup>

(1. 中国石油化工股份有限公司 河南油田分公司 石油勘探开发研究院, 河南 南阳 473132;

2. 中国石油化工股份有限公司 河南油田分公司 开发事业部, 河南 南阳 473132;

3. 中国石油化工股份有限公司 河南油田分公司 采油二厂, 河南 唐河 473400)

**摘要:**结合下二门油田深层系最新的压裂试油资料,对该区岩性、物性、含油性和电性特征以及油水层识别方法重新进行了研究,制定出了适合该地区新的油、水、干层识别标准。在此基础上对下二门油田深层系全部47口钻遇井开展了老井复查,发现了一批潜力层,并有2口井进行压裂试油获得了工业油流,取得了较好的经济效益。

**关键词:**油水层识别;测井解释方法;深层系;下二门油田

中图分类号:TE122.3<sup>+</sup>5

文献标识码:A

## Research and application of logging interpretation of oil-water layer in Xiaermen deep reservoir

Xi Taotao<sup>1</sup>, Xue Guoqin<sup>2</sup>, Wan Li<sup>1</sup>, Li Bo<sup>1</sup>, Wang Mingfang<sup>1</sup>, Zhao Chuangye<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC Henan Oilfield Company, Nanyang,

Henan 473132, China; 2. Development Division, SINOPEC Henan Oilfield Company, Nanyang, Henan 473132, China;

3. No. 2 Oil Plant, SINOPEC Henan Oilfield Company, Tanghe, Henan 473400, China)

**Abstract:** Based on the latest cracking data from the Xiaermen deep reservoir, it was discussed in this paper the lithology, physical property, oil-bearing capacity, electric property and oil-water identification method in the study area. A new identification standard for oil, water and dry layers was proposed. 47 wells in the Xiaermen deep reservoir were reviewed, and several potential layers were found. Industrial oil flows were discovered by cracking in two wells, achieving good economic benefits.

**Key words:** oil-water layer recognition; logging interpretation method; deep reservoir; Xiaermen Oil Field

下二门油田深层系位于河南省桐柏县下二门乡境内,地面海拔高度一般为155~175 m,构造位置为南襄盆地泌阳凹陷下二门背斜西翼<sup>[1]</sup>。按照沉积旋回的划分原则,对深层系共划分了5个油层组,45个小层,其中含油的共有9个小层。本文应用测井、岩心、试油等资料,在含油性、岩性、物性和电性特征研究的基础上,建立了新的适应下二门油田深层系的油水层识别标准<sup>[2]</sup>。

## 1 储层含油性、岩性、物性特征研究

### 1.1 含油性

根据试油和投产层的取心及录井资料统计发现,下二门油田深层系油层多为油迹、油斑、油浸含油级别,有部分层存在含油级别显示高,试油为水层

的现象,这与该地区断层封挡性差有关。从试油为油层或同层的录井显示看,这类层多为油迹以上含油级别。如下D11-14井Eh<sup>3</sup>的VI6<sup>2</sup>小层,井段2 689.8~2 694.4 m,录井显示为油迹,试油16.1 t/d,因此下二门油田深层系的含油性下限为油迹级。

### 1.2 岩性

下二门油田深层系的岩性有灰质砂岩、泥质砂岩、粉砂岩、细砂岩、中粗砂岩、含砾砂岩和砾状砂岩,以细砂岩、粉砂岩居多。细砂岩以上含油性较好,粉砂岩中有小部分含油性较好,而灰质砂岩、泥质砂岩含油性很差,基本上为不含油。从录井与试油资料分析,油层或同层以细砂岩和粉砂岩为主,因此,下二门深层系的岩性下限定为粉砂岩。

收稿日期:2012-06-29;修订日期:2012-08-07。

作者简介:西涛涛(1984—),女,助理工程师,从事测井解释及储量参数研究工作。E-mail:xtt0921@163.com。

### 1.3 物性

根据油田深层系岩样的物性分析资料进行统计,孔隙度分布区间为 0.42% ~ 25.61%, 主要分布区间在 3.0% ~ 15.0%, 平均值为 8.68%; 渗透率分布区间为  $(0.03 \sim 2\ 837) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 主要分布区间为  $(0.03 \sim 100) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 平均值为  $45.88 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 整体上属于低孔低渗储层。

## 2 油水层测井解释方法

### 2.1 油水层识别的难点

下二门油田深层系砂岩储层在测井曲线上表现为低自然电位、低自然伽马和微电极曲线存在幅度差的电性特征。水型以  $\text{NaHCO}_3$  为主, 氯离子含量 61 ~ 4 543 mg/L, 平均值为 420 mg/L; 总矿化度 1 045 ~ 14 010 mg/L, 平均值 3 078 mg/L。地层水电阻率与深度的关系较好, 随着深度的增加, 地层水电阻率变小。但是, 该区水性横向上变化特别大, 再加上残余油的影响, 造成水层电阻率明显偏高, 水层电阻率一般为 25 ~ 200  $\Omega \cdot \text{m}$ , 油层电阻率一般在 30 ~ 400  $\Omega \cdot \text{m}$  之间, 部分水层与油层电阻率差别不大, 所以使用常规的电阻率  $R_t$  与声波时差  $\Delta t$  交会图很难识别油、水层(图 1)。

### 2.2 常规图版判别法

#### 2.2.1 油水层识别标准

由于该区油水层的电阻率差别不大, 采用常规的深侧向电阻率  $RT$  与时差  $\Delta t$  交会很难识别油水层。所以, 采用试油层深侧向电阻率与邻近水层电阻率的比值  $RT/RO$  与声波时差  $\Delta t$  作交会图, 以消除水层电阻率变化的干扰<sup>[3-5]</sup>。判别标准如下(图 2):

- 油层:  $\Delta t > 215 \mu\text{s}/\text{m}, RT/RO \geq 2.35$
- 同层:  $\Delta t > 215 \mu\text{s}/\text{m}, 1.75 \leq RT/RO < 2.35$
- 水层:  $\Delta t > 215 \mu\text{s}/\text{m}, RT/RO < 1.75$

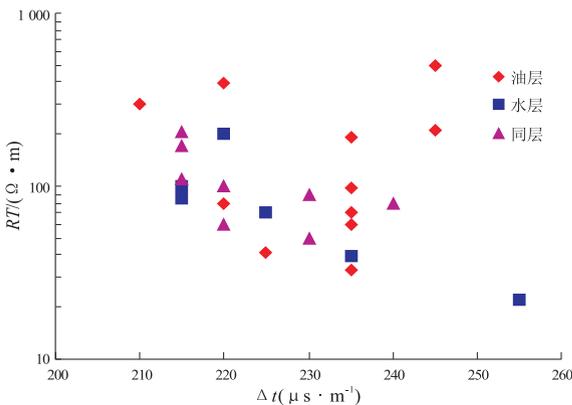


图 1 下二门油田深层系电阻率与声波时差交会图

Fig. 1 Cross plots of  $RT$  and  $\Delta t$  in Xiaermen deep reservoir

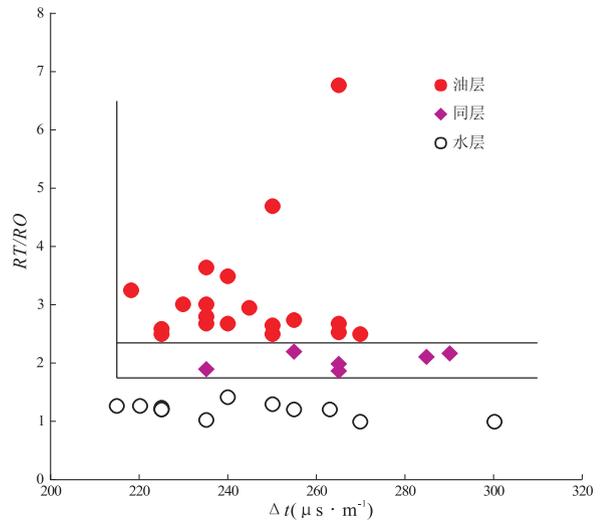


图 2 油水层识别图版

Fig. 2 Oil-water layer identification

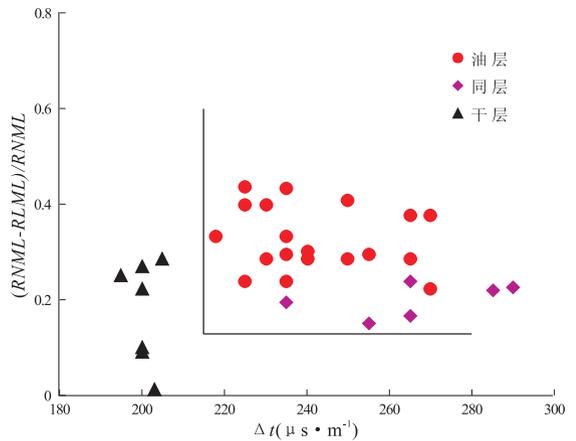


图 3 油干层识别图版

Fig. 3 Oil-dry layer identification

#### 2.2.2 油干层识别标准

依据试油资料, 采用微电位和微电极的差值与微电位的比值  $(RNML-RLML)/RNML$  与声波时差  $\Delta t$  作交会图进行识别。判别标准如下(图 3):

- 油层:  $\Delta t \geq 215 \mu\text{s}/\text{m}, (RNML-RLML)/RNML \geq 0.13$
- 干层:  $\Delta t < 215 \mu\text{s}/\text{m}, (RNML-RLML)/RNML < 0.13$

### 2.3 油水层孔隙度和束缚水饱和度模式识别

#### 2.3.1 方法原理

对于一个给定岩性的地层, 如果仅含束缚水, 则地层含水体积  $(\Phi \times S_w)$  近似为常数  $C$ , 即  $\Phi \times S_w = C$ 。也就是说, 当储层只含束缚水时, 孔隙度  $\Phi$  和束缚水饱和度  $S_w$  的乘积为一常数, 故  $\Phi$  值大时,  $S_w$  值小,  $\Phi$  值小时,  $S_w$  值变大, 在  $\Phi-S_w$  交会图上遵循双曲线变化<sup>[6]</sup>。

#### 2.3.2 下二门深层系油层、同层、水层典型模式

根据油水层  $\Phi-S_w$  模式识别方法原理, 结合试

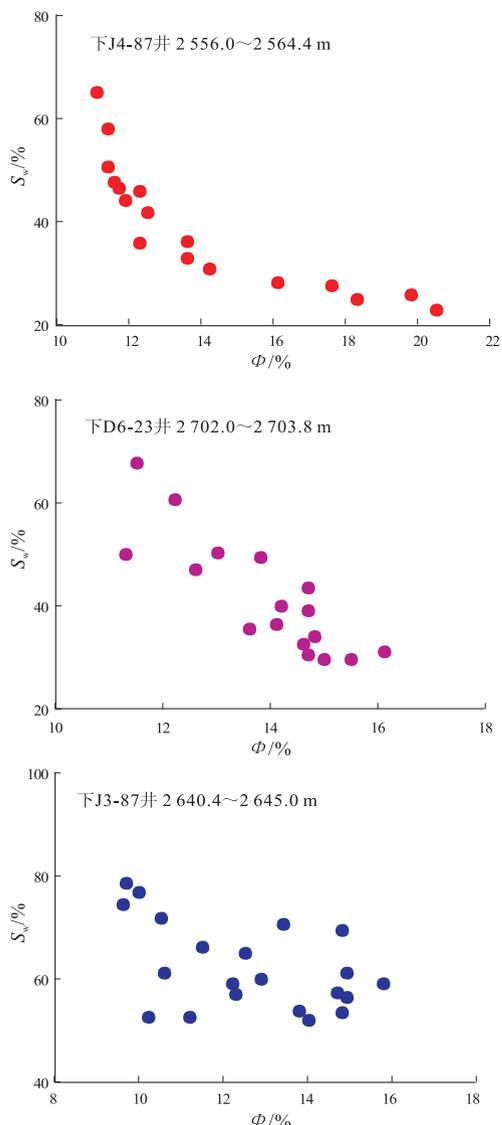


图4 下二门油田深层系油层、同层、水层  $\Phi-S_w$  典型模式

Fig. 4  $\Phi-S_w$  typical model of oil, oil-water and water layers in Xiaermen deep reservoir

油资料,建立了下二门深层系油层、同层、水层的典型模式(图4)。

下 J4-87 井 2 556.0 ~ 2 564.4 m 井段  $\Phi-S_w$  交会图,油层数据点很集中,分布范围窄,用  $\Phi-S_w$  交会图解释为油层,试油为日产油 124.9 t 的纯油

层,验证了解释结论的正确性。

下 D6-23 井 2 702.0 ~ 2 703.8 m 井段  $\Phi-S_w$  交会图,数据点较油层分散,分布范围相对较宽,基本呈双曲线变化趋势,表明该层含可动水。该段原测井解释为油层,用  $\Phi-S_w$  交会图解释为油水同层,其试油为油水同层。

下 J3-87 井 2 640.4 ~ 2 645.0 m 井段  $\Phi-S_w$  交会图,数据点很分散,分布范围宽,无分布规律。该段原测井解释为油层,用  $\Phi-S_w$  交会图判断为水层,试油为纯水层。

### 2.4 油水层测井综合解释

根据四性关系的研究成果和上述油水层的识别方法,对下二门油田深层系最新压裂出油的 4 口井进行了重新解释(表 1),解释结论均与试油结论相吻合。由此可见,研究的这套识别技术是可行的、实用的,应用效果好。

## 3 现场应用效果

应用这套识别技术对该区全部 47 口老井进行了重新解释,预测了 12 口井的 22 个小层,解释结论见表 2,其中 D5-342 井  $Eh^3V5^1$  原解释为干层,对其进行压裂试油获油 2.1 t/d,取得了较好的经济效益。

## 4 结论

1) 通过对下二门油田深层系测井、录井、取心、试油、投产等资料的分析,结合新的试油资料进行了“岩性、含油性、物性、电性”特征研究,应用各种交会图技术,优化了以前的解释方法,建立了最新的油、水、干层的识别标准和方法,提高该区测井解释符合率。

2) 应用新的识别标准和方法对下二门油田深层系全部 47 口老井进行了重新解释。通过这次精细解释,发现了一批潜力层,其中 D5-342 井  $Eh^3V5^1$  原解释干层,进行压裂后试油获油 2.1 t/d,取得了较好的经济效益。

表 1 下二门油田深层系压裂井层新老解释对比

Table 1 Former and present interpretations of cracking wells in Xiaermen deep reservoir

井号	井段/m	原解释结论	常规图版解释结论	$\Phi-S_w$ 模式识别	综合解释结论	试油结果			
						试油方式	油/( $t \cdot d^{-1}$ )	水/( $m^3 \cdot d^{-1}$ )	结论
下 D5-343	2 469.6 ~ 2 479.8	水层	同层	同层	同层	压裂抽汲	3.2	2.6	同层
下 D5-341	2 498.8 ~ 2 504.4	油层	上油下同	上油下同	上油下同	压裂抽汲	6.9	12.1	同层
下 J5-87	2 493.4 ~ 2 508.6	油层	油层	油层	油层	压裂抽汲	13.5	0	油层
下 D9-352	2 553.0 ~ 2 558.0	油层	同层	同层	同层	压裂抽汲	1.2	56.4	同层

表2 下二门油田深层系解释成果

Table 2 Interpretation results of Xiaermen deep reservoir

井号	层位	井段/m	有效厚度/m	原解释结论	常规图版解释结论	$\Phi-S_w$ 模式识别	录井显示	综合解释结论
下 D5-342	$Eh^3 V 5^1$	2 506.4 ~ 2 513.2	5.2	干层	油层	油层	油斑细砂	油层
	$Eh^3 V 5^3$	2 518.2 ~ 2 520.4	2.2	干层	油层	油层	油斑细砂	油层
下 D9-352	$Eh^3 V 7$	2 521.2 ~ 2 528.8	7.0	干层	油层	油层	油迹细砂	油层
	$Eh^3 VI 2^2$	2 620.8 ~ 2 622.2	1.4	干层	油层	油层	油斑细砂	油层
下 D9-341	$Eh^3 V 8^2$	2 574.8 ~ 2 576.2	1.4	干层	油层	油层	无	油层
	$Eh^3 VI 1^2$	2 622.6 ~ 2 624.0	1.4	干层	油层	油层	无	油层
下 D9-343	$Eh^3 V 5$	2 513.0 ~ 2 519.6	3.2	水层	油层	油层	无	油层
	$Eh^3 VI 7$	2 743.6 ~ 2 751.2	5.4	水层	油层	油层	无	油层
	$Eh^3 VII 1$	2 774.2 ~ 2 776.2	2.0	水层	同层	同层	未录	同层
下 D9-351	$Eh^3 VII 1^3$	2 795.8 ~ 2 798.2	2.4	水层	油层	油层	油迹细砂	油层
下 D9-354	$Eh^3 V 7^2$	2 531.6 ~ 2 535.8	3.6	干层	油层	油层	油迹细砂	油层
	$Eh^3 VI 4^1$	2 680.8 ~ 2 683.0	2.2	水层	油层	油层	荧光含砾砂岩	油层
下 D5-343	$Eh^3 V 7$	2 508.8 ~ 2 512.0	2.2	干层	油层	油层	未录	油层
下 D11-14	$Eh^3 VI 7^1$	2 704.2 ~ 2 705.4	1.2	干层	油层	油层	油斑粉砂	油层
下 D9-15	$Eh^3 VI 2^2$	2 642.2 ~ 2 647.0	4.8	同层	油层	油层	荧光粉砂	油层
	$Eh^3 VI 7^1$	2 752.2 ~ 2 755.4	3.2	水层	油层	油层	油斑粉砂	油层
	$Eh^3 VII 3$	2 822.6 ~ 2 828.0	5.0	干层	油层	油层	油浸粉砂	油层
下 5-804	$Eh^3 VI 5^1$	2 682.6 ~ 2 685.4	2.8	水层	油层	油层	油迹粉砂	油层
下 F4-97	$Eh^3 V 7^1$	2 536.8 ~ 2 540.0	2.4	干层	油层	油层	无	油层
	$Eh^3 VI 1$	2 610.8 ~ 2 611.6	0.8	干层	油层	油层	荧光细砂	油层
	$Eh^3 VI 4^2$	2 667.2 ~ 2 668.4	1.2	干层	油层	油层	荧光细砂	油层
下 T5-362	$Eh^3 V 7$	2 514.6 ~ 2 516.4	1.8	干层	油层	油层	未录	油层

3) 通过研究,形成了一套较为成熟的下二门油田深层系油、水、干层识别方法,研究方法思路清晰,可以推广到其他类似油田。

#### 参考文献:

- [1] 陈文礼. 泌阳凹陷下二门油田构造特征与油气聚集[J]. 石油实验地质, 2003, 25(2): 174-177.
- [2] 李联五. 双河油田砂砾岩油藏[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 1-8.
- [3] 李波, 西涛涛, 耿晓飞, 等. 张店油田白秋区块测井解释方法研究[J]. 石油地质与工程, 2010, 24(5): 50-51.
- [4] 曾小阳, 李显路, 祁东华, 等. 泌阳凹陷南部陡坡带泌304区块测井解释方法研究[J]. 石油地质与工程, 2009, 23(1): 46-47.
- [5] 李波, 翟京天, 刘丽琼, 等. 下二门油田梨树凹区块古近系核二段、核三段新增石油探明储量报告[R]. 北京: 中国石油化工股份有限公司, 2008: 16-21.
- [6] 翟中喜, 台怀忠, 刘丽琼, 等. 下二门油田深层系油水层解释方法研究[J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25(3): 45-46.

(编辑 徐文明)