

文章编号: 1009-6248(2003)04-0065-03

Z 油田低阻油层影响因素分析

李玉宏^{1,2,3}, 魏仙样³, 张化安⁴, 武富礼^{1,2,4}

(1. 西北大学地质系, 陕西 西安 710069; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;
3. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054; 4. 延长油矿管理局, 陕西 延安 717208)

摘 要: 通过对 Y 油田和 Z 油田电阻率影响因素对电阻率的影响对比, 分析了 Z 油田低阻的原因及各影响因素影响程度。

关键词: 低电阻率; 油层; 影响因素

中图分类号: P618.13 文献标识码: A

延长油区过去开发的油田以长 6 为目的层, 由于储层物性差 (Φ 8% ~ 10%), 油层视电阻率一般可达 40 ~ 200 $\Omega \cdot m$, 人们对视电阻率较低的油层认识不足。近年来, 随着物性较好 (Φ 平均 14%) 的 Y 油田长 2 油层开发, 人们对视电阻率为 15 ~ 30 $\Omega \cdot m$ 的油层有了认识, 但对视电阻率更低的油层依然认识不足。Z 油田勘探初期, 由于惯性思维的误导, 对钻井中见到良好含油显示, 但视电阻率仅为 8 ~ 15 $\Omega \cdot m$ 的长 2 油层不能给予正确评价, 极大的影响了 Z 油田的勘探开发。

Y 油田是延长油区长 2 油层重新获得突破的油田, 其油藏特征、勘探开发实践对区内长 2 油田的勘探开发具有重要的借鉴意义。Y 油田勘探开发经验指导了区内多处长 2 油藏的发现极其开发潜力认识, 使长 2 油藏逐步成为了区内的主要产层和勘探目的层。

本文通过对 Y 和 Z 两个层位相同, 储层性质相近油田的对比, 分析 Z 油田油层低阻的影响因素。

1 油田地质

1.1 Y 油田

位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡, 区域构造形态表

现为一个向西平缓倾伏的单斜, 倾角一般不足 1°。油藏主要由泛滥平原上发育的河道砂岩储集层组成。油藏埋深在 350 ~ 550 m。为岩性油藏, 没有统一的油水界面。砂体在上倾方向尖灭, 或物性变差形成遮挡。地层温度 25°C, 地层水平平均矿化度 4.7 $\times 10^4$ mg/l。

储层为灰白色厚层长石砂岩, 并以细砂岩为主, 夹少量粉砂岩及泥质粉砂岩。砂岩的成分主要为长石 28% ~ 65%, 平均 48%, 石英 22% ~ 40%, 平均 27.6%, 岩屑 3% ~ 10%, 多在 5% ~ 7%, 平均 5.1%, 黑云母 0.5% ~ 10%, 多在 3% ~ 6%, 平均 4.6%。

油层段电阻率一般 14 ~ 30 $\Omega \cdot m$, 含油层段下部为含水地层, 电阻率一般 5 ~ 10 $\Omega \cdot m$, 含油层段电阻率约为相邻水层段电阻率的 1.5 ~ 3 倍。油层平均孔隙度 14%; 平均含水饱和度 48%, 平均深感应电阻率 20 $\Omega \cdot m$ 。

经四性关系研究, 确定的油层有效厚度下限主要参数为:

声波时差 (Δt) $\geq 230 \mu s/m$ 或孔隙度 (Φ) $\geq 10\%$; 含水饱和度 (S_w) $\leq 62\%$; 深感应电阻率 (R_t) $\geq 15 \Omega \cdot m$ 。

1.2 Z 油田

收稿日期: 2003-02-21; 修回日期: 2003-08-10

作者简介: 李玉宏 (1968-), 男, 高级工程师 (在读博士), 从事油气勘探开发。

位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡, 区域构造形态表现为一个向西北平缓倾伏的单斜, 倾角一般不足 1° ; 局部具有差异压实形成的鼻状隆起。沉积相展布以大面积分布的分流河道沉积为特点, 油藏受分流河道砂岩体控制, 含油性受岩性、物性及保存条件控制, 为岩性油藏, 未见明显边、底水。油藏埋深为 $1\,380 \sim 1\,560\text{ m}$, 地层温度 41°C , 地层水平平均矿化度 $5.0 \times 10^4\text{ mg/l}$ 。

储层以细粒、细—中细长石砂岩为主, 其次为粉—细粒、中—细粒长石砂岩, 局部钙质或云母富集。

砂岩矿物成分主要为: 长石 $42\% \sim 56\%$, 平均 50.8% , 石英 $17\% \sim 30\%$, 平均 24.8% , 岩屑 $5.5\% \sim 14\%$, 平均 8.1% , 云母 $2.5\% \sim 12\%$, 平均 5.6% , 绿泥石 $0 \sim 6\%$, 平均 0.7% 。

储层深感应电阻率一般在几个到 $20\ \Omega \cdot \text{m}$, 水深感应电阻率一般小于 $8\ \Omega \cdot \text{m}$, 多在 $4 \sim 7\ \Omega \cdot \text{m}$; 油层深感应电阻率一般大于 $8\ \Omega \cdot \text{m}$ 。含油层段电阻率约为相邻水层段电阻率的 $1.5 \sim 2$ 倍。油层平均孔隙度 17% ; 平均含水饱和度 42% , 平均深感应电阻率 $13\ \Omega \cdot \text{m}$ 。

经四性关系研究, 确定的油层有效厚度下限主要参数为: 声波时差 (Δt) $\geq 236\ \mu\text{s/m}$ 或孔隙度 (Φ) $\geq 12\%$; 含水饱和度 (S_w) $\leq 54\%$; 深感应电阻值 (R_t) $\geq 10\ \Omega \cdot \text{m}$ ($\Delta t \geq 256\ \mu\text{s/m}$ 时, $R_t \geq 8\ \Omega \cdot \text{m}$)。

2 岩电参数

对两油田储层分别采样, 经长庆油田测井工程处岩电实验室测定(饱和度指数采用增水法测定), 两油田岩电参数分别为:

Y 油田: $a = 1.13$, $b = 0.92$, $m = 1.93$, $n = 1.52$

Z 油田: $a = 1.774\,9$, $b = 0.915\,1$, $m = 1.651\,8$, $n = 1.758\,8$

3 电阻率分析

以下根据阿尔奇公式对两油田的电阻率差异的影响因素进行分析, 确定各个地质因素对油层电阻率的作用和影响程度, 说明油田工作者普遍关心的 Z 油田油层低电阻率的原因。

据阿尔奇公式^[1~2]有:

$$F = a / \Phi^m = R_0 / R_w, I = R_t / R_0 = b / S_w^n$$

综合以上两式有:

$$S_w = (abR_w \Phi^{-m} / R_t)^{1/n} \text{ 或 } R_t = abR_w \Phi^{-m} S_w^{-n}$$

则 Z 和 Y 油田 R_t 之比为:

$$R_{tz} / R_{ty} = a_z \cdot b_z \cdot R_{wz} \cdot \Phi_z^{mz} \cdot S_{wz}^{-nz} / a_y \cdot b_y \cdot R_{wy} \cdot \Phi_y^{-my} \cdot S_{wy}^{-ny}$$

其中:

R_t : 油层电阻率, 单位: $\Omega \cdot \text{m}$;

a 、 b 、 m 、 n : 储层岩电参数, f;

R_w : 储层地层水电阻率, $\Omega \cdot \text{m}$;

Φ 储层孔隙度, f;

S_w : 油层含水饱和度, f;

角码 y 、 z 分别代表 Y 油田和 Z 油田的相应参数。

3.1 Φ 、 S_w 取平均值时

$$\begin{aligned} R_{tz} / R_{ty} &= a_z \cdot b_z \cdot R_{wz} \cdot \Phi_z^{mz} \cdot S_{wz}^{-nz} / a_y \cdot b_y \cdot R_{wy} \cdot \Phi_y^{-my} \cdot S_{wy}^{-ny} \\ &= 1.775 \cdot 0.915\,1 \cdot 0.10 \cdot 0.12^{1.93} \cdot 0.48^{1.52} / 1.13 \cdot 0.92 \cdot 0.15 \cdot 0.17^{1.651\,8} \cdot 0.42^{1.758\,8} \\ &= 0.5 \end{aligned}$$

即当 Y 油田油层平均电阻率为 $20\ \Omega \cdot \text{m}$ 时, Z 油田油层平均电阻率应为 $10\ \Omega \cdot \text{m}$ 。

3.2 Φ 、 S_w 取下限值时

$$\begin{aligned} R_{tz} / R_{ty} &= a_z \cdot b_z \cdot R_{wz} \cdot \Phi_z^{mz} \cdot S_{wz}^{-nz} / a_y \cdot b_y \cdot R_{wy} \cdot \Phi_y^{-my} \cdot S_{wy}^{-ny} \\ &= 1.775 \cdot 0.915\,1 \cdot 0.10 \cdot 0.1^{1.93} \cdot 0.62^{1.52} / 1.13 \cdot 0.92 \cdot 0.15 \cdot 0.12^{1.651\,8} \cdot 0.54^{1.758\,8} \\ &= 0.6 \end{aligned}$$

即当 Y 油田油层下限电阻率为 $15\ \Omega \cdot \text{m}$ 时, Z 油田油层下限电阻率应为 $9\ \Omega \cdot \text{m}$ 。

3.3 各个地质因素对 R_t 的影响分析

3.3.1 Φ 对 R_t 的影响

当其他条件相同时, Φ 对 R_t 的影响为:

$$R_{tz} / R_{ty} = \Phi_z^m / \Phi_y^m$$

Φ 分别取两油田平均值, 则:

$$\begin{aligned} R_{tz} / R_{ty} &= \Phi_z^m / \Phi_y^m = (\Phi_z / \Phi_y)^m \\ &= (14 / 17)^{1.93} \\ &= 0.7 \end{aligned}$$

即由于孔隙度的增加, Z 油田油层电阻率较 Y 油田降低了 30% 。

3.3.2 S_w 对 R_t 的影响

当其他条件相同时, S_w 对 R_t 的影响为:

$$R_{tz}/R_{ty} = S_{wz}^{-n}/S_{wy}^{-n}$$

S_w 分别取两油田平均值, 则:

$$\begin{aligned} R_{tz}/R_{ty} &= S_{wz}^{-n}/S_{wy}^{-n} \\ &= (S_{wy}/S_{wz})^n \\ &= (48/42)^{1.52} \\ &= 1.2 \end{aligned}$$

即由于含水饱和度的降低, Z 油田油层电阻率较 Y 油田增加了 20%。

3. 3. 3 R_w 对 R_t 的影响

当其他条件相同时, R_w 对 R_t 的影响为:

$$R_{tz}/R_{ty} = R_{wz}/R_{wy}$$

两油田地层水含盐量虽然接近, 但二者埋深相差很大, 地温差别大, 导致 R_w 差别较大, 两油田实测油层温度、含盐量及对应 R_w (表 1)。

表 1 地层水电阻率数据表

Tab. 1 Resistivity data of oil layer water					
油田	井深 (m)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	含盐量 (10^4 mg/l)	NaCl 当量 (10^4 mg/l)	R_w ($\Omega\text{ m}$)
Z	1 450	41	5. 0	4. 86	0. 10
Y	500	25	4. 7	4. 52	0. 15

则有 $R_{tz}/R_{ty} = R_{wz}/R_{wy}$

$$\begin{aligned} &= 0. 10/0. 15 \\ &= 0. 67 \end{aligned}$$

即由于地层水电阻率的降低, Z 油田油层电阻率较 Y 油田降低了 33%。

3. 3. 4 储层因素对 R_t 的影响

储层孔隙结构、矿物成分等的差异, 使两油田

a 、 b 、 m 、 n 不同, 当其他条件相同时, 储层因素对 R_t 的影响为:

$$\begin{aligned} R_{tz}/R_{ty} &= a_z \cdot b_z \Phi^{-m_z} \cdot S_w^{-nz}/a_y \cdot b_y \cdot \Phi^{-m_y} \cdot S_w^{-ny} \\ &= 1. 775 \cdot 0. 915 \cdot 1 \cdot 0. 12^{1. 93} \cdot 0. 481. 52/ \\ &\quad 1. 13 \cdot 0. 92 \cdot 0. 12^{1. 6518} \cdot 0. 48^{1. 7588} \\ &= 0. 6 \end{aligned}$$

即由于储层的差异, Z 油田油层电阻率较 Y 油田降低了 40%。

4 结论

以上分析可知, Z 油田相对 Y 油田 R_t 降低的主要因素依次为储层因素 (岩电参数 a 、 b 、 m 、 n)、埋深增大、油层温度升高导致的地层水电阻率降低和孔隙度增大; 而含油饱和度的升高使电阻率增大, 若 Z 油田含油饱和度与 Y 油田相同, 则电阻率降低将进一步降低。

综合分析结果与油田实际基本情况一致, 说明基于阿尔奇公式的电测解释方程, 在延长油区物性较好的长 2 油田是适用的。

正确的认识建立在对不断实践的科学分析, 建立在简单经验上的惯性思维必须随着对象的改变, 不断更新。

参考文献:

[1] 杜奉屏主编. 油矿地球物理测井 [M]. 北京: 地质工业出版社, 1984.
[2] 斯伦贝谢测井公司. 测井解释原理与应用 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1991.

The analysis of influence factor about low resistor oil layer in Z oil-field

LI Yu-hong^{1, 2, 3}, WEI Xian-yang³, ZHANG Hua-an⁴, WU Fu-li^{1, 2, 4}
(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China;
2. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 3. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China; 4. Yanchang Petroleum Administration Bureau, Yan'an 717208, Shaanxi, China)

Abstract: The author analyzed low resistor reason and all kinds of influence factor by contrasting effect of resistivity of influence to resistivity in Y and Z oil-field.

Key words: low resistivity; oil layer; influence factor.