

# 随钻测井曲线的模拟生成及其地质导向应用研究<sup>\*</sup>

夏宏泉 陈 平 范翔宇 石晓兵 张贤辉 刘之的  
(西南石油学院石油工程学院测井研究室)

夏宏泉等. 随钻测井曲线的模拟生成及其地质导向应用研究. 天然气工业, 2003; 23(3): 51~ 55

**摘 要** 随钻测井曲线在地质导向钻井和实时地层评价中有着重要的用途。考虑到实际钻井中常测有 1 条随钻伽马曲线而未测随钻电阻率和孔隙度曲线这种情况, 文章介绍了 1 种实时构造随钻测井曲线并用于水平井钻井的地质导向新方法。该法根据邻井(直眼井或水平井)的测井和录井资料, 借助于回归分析法和 BP 神经网络法, 可模拟生成随钻电阻率和孔隙度曲线, 利用该模拟曲线可提高地质导向钻井的能力。将该法应用于新疆莫北油田 3 口水平井的实时钻井中, 取得了明显的随钻跟踪地质目标效果。

**主题词** 随钻测井曲线 地质导向 模拟生成 神经网络

在水平井和大位移井钻井过程中要很好地做到利用随钻录井和测井资料进行地质导向, 就必须随时掌握地质导向参数的变化规律。地质导向参数除

了地层产状、井斜角、井斜方位和实际井深( MD )及垂直深度( TVD )等随钻测量参数外, 还应包括地层岩性、钻时、烃组分含量(  $C_1 \sim C_n$  )、泥质含量

了两口井(H9 井、H19 井)采用了 PEFA 酸液体系进行解除堵塞实验, 均取得了成功。下面以 H19 井为例, 阐述 PEFA 酸酸化解堵过程。H19 井位于渤海辽东湾海域, 在辽西低凸起的中部, 为辽西断层上升盘的半背斜构造, 该井位于北部高点处。井深 1 672 m, 射孔井段为 1 430. 4 ~ 1 528. 8 m, 由测井资料解释的结果, 油层总厚度 37. 6 m, 平均孔隙度 29. 5%。据测井资料解释, 该井的泥浆侵入深度范围是 0. 195 ~ 0. 397 m。设计 PEFA 酸液解堵半径为 0. 5 m, 设计 PEFA 酸液为 35 m<sup>3</sup>, 后置液为 150 m<sup>3</sup>; 于 2001 年 8 月施工。施工中采用了酸化动态数据采集和评价系统, 它能连续监测酸化施工过程和实时评价酸化效果。从施工曲线上分析可以看出, 在酸液到达储层与储层矿物和外来物质反应后, 在施工排量不断升高的情况下( 表明地层吸液能力不断增强), 可见酸化达到了解堵的目的。该井的表皮系数由 25 下降到 6, 净化了近井地带的渗流环境。

该平台于 2001 年 12 月投产, 通过近 3 个月的观察, 经过酸化解堵的这两口井的产量一直较高, 证明了酸洗是有效的。H19 井比地质条件相近的 H26 井产量高 120% 左右, 以及 H09 井比地质条件相近的 H02 井高 90% 左右, 这证明了 PEFA 酸液能成功

解除钻井和完井过程中的伤害, 恢复和提高油井产能。

## 结论与建议

(1) 室内实验研究表明在绥中 36- 1 油田的钻井完井过程中, 尽管采用了许多储层保护措施, 但是储层还是受到了一定程度的伤害, 最严重的是钻井液对储层的伤害。主要是在钻井液滤饼未形成以前, 由于该砂岩储层属于高孔隙高渗透型, 钻井液中的固相物质在正压差的作用下极容易被挤入储层以及钻井液液体渗入储层。

(2) 酸化解堵措施能有效解除储层污染, 溶解进入储层的颗粒物质及部分胶结物, 沟通油气流动孔道, 增大近井地带的储层渗透率, 从而恢复和提高油井产能。

(3) 室内实验的研究成果分析了储层在酸化解堵后的效果, 为酸化实践中合理选择酸液体系和评价酸化措施效果给出了指导性意见。现场酸化实践证明, PEFA 酸液体系能有效解除砂岩储层在钻井和完井过程中受到的伤害, 能有效恢复和提高油气产能。

(收稿日期 2002- 11- 28 编辑 钟水清)

<sup>\*</sup> 本文系国家重点实验室开放基金项目“水平井钻井的测井地质导向方法研究”(编号 PLN0133) 部分成果。

作者简介: 夏宏泉, 1965 年生, 副教授, 博士; 测井研究室主任, 长期从事测井新方法在石油地质和工程中的应用研究工作。

地址: (637001) 四川省南充市西南石油学院石油工程学院。电话: (0817) 2643427。E- mail: liuzd1977@ sina. com

( $V_{sh}$ )、电阻率( $R_t$ )、孔隙度( $\Phi$ )和层厚等参数。而泥质含量通常可由随钻自然伽马( $GRWD$ )测井值求得;孔隙度一般可由中子—密度测井( $CNL-DEN$ )值计算得来;电阻率资料常用于反映地层流体界面和流体饱和度特征。综合应用随钻伽马、中子和电阻率测井资料可实时识别要钻遇的地质目标层。然而,目前的油气田公司因受财力和技术条件等的限制,在实际钻井过程中常进行 $GRWD$ 测井,即只测一条随钻 $GR$ 曲线而未测随钻电阻率和中子测井等曲线。在水平井和大位移钻井甚至多目标钻井中,要做到随钻地层评价和产层(油气层)导向与随钻跟踪地质目标,不但需要根据 $GRWD$ 测井曲线确定地层的岩性,而且要知道地层的电性和物性变化特征,即需要参考随钻电阻率和中子测井曲线(在随钻孔隙度测井中,目前国外主要进行随钻中子和密度测井( $CDN$ )<sup>[1,3]</sup>)。如何利用邻井的常规电缆测井和随钻测井资料及录井资料,模拟生成一条随钻电阻率曲线( $RaWD$ )和随钻中子( $CNWD$ )测井曲线,从而用于实时的地质导向钻井中呢?本文以新疆莫北油田的MBHW04井等3口水平井钻进时仅进行了随钻 $GR$ 测井和 $MWD$ 测量的具体情况为研究对象,采用回归分析法和神经网络法近似地构造 $GRWD$ 、 $RaWD$ 、 $CNWD$ 曲线,并用于实际的地质导向钻井工作中。

## GRWD、RaWD、CNWD 曲线预测模型的建立

### 1. 基于回归分析法的 $GRWD$ 、 $RaWD$ 、 $CNWD$ 曲线预测方程的建立

由于新疆莫北油田3口水平井均测有随钻 $GR$ 资料,因此可根据邻井的录井资料中的钻时( $Tbit$ )和岩性( $Lith$ )与 $GR$ 测井值建立 $GR = f(Tbit, Lith)$ 关系式。由此方程可对该水平井实时地构造一条随钻 $GRWD$ 曲线,并与实测的随钻 $GR$ 曲线进行比较。考虑到钻时数据所受的因素较多,在实际处理时,对个别钻时数据(如现场人员有时误将钻头上下提和下放划眼的时间也算在钻时内或钻头在砂岩层段钻进因钻头带有泥包导致钻时很高等情况)要进行人工编辑修改。基于岩性和钻时录井资料建立的 $GRWD$ 方程为:

$$\begin{aligned} \Delta GR &= 0.37456 + 0.007407 \times Tbit \\ &\quad - 0.034951 \times Lith \\ GRWD &= 140 \times \Delta GR + 5 \quad (R = 0.793) \quad (1) \end{aligned}$$

在建立电阻率 $Ra$ (此处电阻率曲线符号用 $Ra$

而不采用 $R_t$ 是因为预测的电阻率只能是实际地层电阻率 $R_t$ 的近似值)和中子孔隙度 $CNL$ 等参数的预测方程时,可根据邻井的资料分别建立 $Ra$ 、 $CNL$ 与 $GR$ 和 $Tbit$ 之间的关系式: $Ra = f(GR, Tbit)$ ,  $CNL = f(GR, Tbit)$ 。由此可以构造出钻进井段的电阻率和中子测井值的模拟曲线,从而进一步判别所钻地层的岩性和储层段所含的流体性质。

由莫005关键井目标层段的 $R_t$ 、 $CNL$ 、 $GR$ 和 $Tbit$ 数据,建立的回归预测 $Ra$ 、 $CNL$ 方程式(方程中的 $\Delta GR$ 为 $GR$ 曲线的相对值)如式(2)、(3)所示,其相关系数较高,说明用回归法建立的预测方程是可用的(对实际地质导向钻井,我们关心的主要是曲线幅值高低的整体变化趋势而对曲线值的准确性要求不高)。根据实钻井的随钻 $GR$ 和 $Tbit$ 资料由预测方程就可以计算其目标层段的 $R_{ta}$ 和 $CNL$ 参数。将其与随钻 $R_tWD$ 和 $CNWD$ 曲线的形状和幅值变化特征进行对比(当该井无随钻 $R_t$ 和 $CNL$ 曲线时,可与邻井如直眼井的相应曲线进行对比),就可以看出井下实际地质模型和设计的模型是否一致。

$$\begin{aligned} \text{Log } Ra &= 1.938472 - 0.008555GR \\ &\quad + 0.001492Tbit \quad (R = 0.830) \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CNL &= 5.178828 + 0.014583Tbit \\ &\quad + 25.612721\Delta GR \quad (R = 0.881) \quad (3) \end{aligned}$$

### 2. 基于BP神经网络法的 $RaWD$ 曲线预测方程的建立

回归分析所建立的电阻率参数关系式尽管是一显式,但其相关系数不是很高。另外从岩石体积物理模型考虑,电阻率测井的响应曲线与反映岩性、物性的测井响应曲线的明显不同,为一非线性响应方程,且一般采用对数刻度(即不同岩性段其电阻率值存在数量级差别),这就要求最好采用非线性数值逼近法来建立其预测关系式。而BP神经网络法的最大优点就是能进行高度的非线性数值逼近和建立较高精度的预测模型。为此,我们采用BP神经网络程序对电阻率参数进行了建模和预测。

首先要确定BP网络层数、各层神经元数和连接方式及学习规则。输入层神经元数由所筛选的特征参数决定,隐层神经元数可选为2~6倍的输入层神经元数,将学习样本的已知因变量值作为目标期望值,并采用改进的BP算法进行迭代逼近。具体训练之前需对样本的各特征参数进行(0~1)标准化预处理或作对数变换。若为3层网络则所求出的各层神经元间权系数 $W(1, i, j)$ 和 $W(2, j, k)$ 及网络结构等参数便构成了BP神经网络预测模型。这种模型

考虑了与因变量有关的多种有用变量信息,并将它们融合到一个能精确预测参数的非线性模型中。预测时,只需将某层的变量值加载到输入层神经元上,通过信息前传便可求出其预测值。现用 92 组数据作为样本集,用与  $Ra$  参数相关的  $\Delta GR$ 、 $\Delta Tbit$  与

1.0-  $\Delta GR$  曲线数据作为输入信息,隐层神经元数为 18,设置为 1 个输出端,以非线性 S 型函数作为隐层和输出层神经元的激励函数,以变学习率和变冲量系数的 BP 算法作为网络学习规则,建立了  $Ra$  参数的 BP 神经网络预测模型(见表 1),由此模型便可

表 1  $Ra$  参数的 BP 神经网络预测数学模型

网 络 出 结 计 构 算 及 公 输 式 入	三层网络(3- 18- 1);激励函数 $f(x)=1/(1+\exp(-x))$ ;信息逐层正向前传,则有					
	输入层 $X(i) \rightarrow$ 隐层 $S2(j)=\sum_{i=1}^{n1} W(1,i,j) \times X(i) \rightarrow V2(j)=f(S2(j)) \rightarrow$ 输出层					
	$S3(k)=\sum_{j=1}^{n2} W(2,j,k) (V2(j)) \rightarrow Yout(k)=V3(k)=f(S3(k))$ , 则电阻率 $RaWD=10^{Yout(k)}$					
	$i=1,2,\dots,n1,n1=3;j=1,2,\dots,n2,n2=18;k=n3=1$					
	$\Delta GR, 1-\Delta GR, \Delta Bit$ 不取对数, $Ra$ 取常用对数,数据作了极差标准化					
输入层到隐层的神经元连接权值 $W(1,i,j)$			隐层到输出层的神经元连接权值 $W(2,j,k)$			
$i \backslash j$	1	2	3	$j \backslash k$	1	
1	- 17.116 460	19.584 040	13.511 580	1	6.796 338	
2	- 9.017 755	0.132 239 8	- 4.764 576	2	0.324 171	
...	...	...	...	...	...	
17	- 46.170 290	- 34.475 070	14.396 730	14	9.556 870	
18	- 67.503 970	60.852 570	2.955 293	18	- 7.182 629	

模拟生成一条  $RaWD$  曲线。

GRWD、RaWD 曲线在莫北油田水平井地质导向钻井中的应用

研究工区莫北油田莫 005 井区三工河组油藏是新疆油田公司 2000 年产能建设的重点区块。从合理、高速、高效地开发该油藏出发,开发布井方案提出  $J_{1s2}^1$  和  $J_{1s2}^2$  砂岩油藏采用两套井网分层开采,其中  $J_{1s2}^1$  采用水平井开采,  $J_{1s2}^2$  采用直井开采。2000 年下半年实施了莫 005 井区  $J_{1s2}^1$  油藏第一口水平井 MBHW04 井,2001 年又实施了 MBHW01 和 MBHW02 水平井,期间利用了随钻测井曲线( $GRWD$ 、 $RaWD$ )和随钻测量及录井资料对这三口井的钻井成功地进行了地质导向,随钻测量信息在实时跟踪监测地质目标层中起到了重要的作用\*。实际应用中,通过模拟曲线与实测曲线的对比来确定井眼轨迹的位置是否处于目标层内。当模拟值与实测的响应值相一致时,则表示实钻井眼处于期望的地质轨迹上;若两者不一致,则说明井眼可能偏离了预定轨迹或所钻遇的井下地质情况与设计不同,那么就on应该按井下实际地质特征调整井眼轨迹。针对

工区水平井仅测有随钻  $GR$  曲线的情况,具体处理时可把实钻井目标层段的随钻  $GR$  与钻时数据代入预测方程,得出模拟电阻率值  $Ra$  和中子值  $CNL$ ,将它们与邻井相应的层段(目标层段)进行对比,看两者是否一致。此外,也可用实际的  $Tbit$  和  $Lith$  数据代入  $GR$  预测方程,模拟生成随钻  $GR$  曲线并与实际的随钻  $GR$  曲线进行对比。

MBHW04 井是研究工区第一口测有  $GRWD$  曲线的水平井,开发目标层为  $J_{1s2}^1$  砂层,设计井眼垂深 3 825.8 m、斜深 4 319.84 m,井眼轨迹的造斜点设计在井深 3 555 m( $J_{2x}$ )、方位角 253.04°。靶区入口以设计水平线为轴线上下允许偏差各 2 m、左右允许偏差各 25 m,靶区出口以设计水平线为轴线上下允许偏差各 2 m、左右允许偏差各 50 m。要求水平段井身轨迹在靶区入口与靶区出口限定的立方梯形靶区内。

现将该井  $J_{1s2}^1$  中的上围岩(泥岩)、上目标层(砂岩)、钙质夹层(致密砂岩)、下目标层(砂岩)和下围岩(泥岩)的数据代入预测方程,预测的  $Ra$  和  $CNL$  值与设计的目标油层(砂岩段)和导向标志层(泥岩段)的测井值对比如表 2。不难发现模拟预测的数据与实测数据之间虽存在少许差异,但两者变

\* 陈平,夏宏泉,石晓兵等.新疆油田水平井地质导向钻井方法与理论.西南石油学院科研报告,2002。

化趋势基本一致。由回归方程模拟生成的伽马曲线 (GRYC) 和由表 1 神经网络模型构造的电阻率  $R_a$  预测曲线与实测的钻时曲线  $T_{bit}$  和随钻伽马曲线 (GRWD) 对比。不难发现, MBHW04 井模拟生成的 GRYC 曲线和  $R_a$  曲线与实际钻进时的 GRWD 曲线和  $T_{bit}$  曲线在反映地层岩性和分层界面时具有较好的一致性, 尤其是在目标层段及其上下导向标志层泥岩段的对应性更好, 斜深 3 820~ 3 897 m 和 3 956~ 4 015 m 井段 GR 曲线高值、 $R_a$  曲线低值, 分别对应两大段泥岩, 而 3 897~ 3 956 m 和 4 015~ 4 128 m 井段 GR 曲线低值、 $R_a$  曲线高值, 且曲线的变化趋势特征与目标层特征基本一致, 表明钻头分别两次钻遇的是目标油层段(在钻穿了上部的泥岩层后第一次钻进了目标油层段, 然后又钻出目标油层段而钻入了下部的泥岩层段, 此时依靠随钻 GR 曲线和电阻率曲线再结合录井资料及时调整井眼轨迹, 上行钻进又钻回到目标油层段, 并使其在目标油层中延伸), 这进一步表明我们所建立的随钻测井曲线预测模型是可行的。

此外, 由表 2 中数据明显可见低 GR 值对应高电阻率的砂岩段, 高 GR 值对应低电阻率的泥岩段; 在砂岩层中有一小段电阻率值较高, 其对应的地质特征是钙质砂岩; 从钻时曲线看, 结果并不很明朗。从理论上讲, 泥岩段比砂岩段的钻时值要高的多, 但此处的砂泥岩层段的钻时值并无明显差异, 据分析可能是受钻压、钻速和螺杆钻进还是转盘钻进等因素的综合影响。

表 2 MBHW04 井钻进层段的 CNL 和  $R_a$  预测值与邻井目标油层段和导向标志层的测井值对比

钻进层段	GR (API)	$T_{bit}$ (min/m)	CNL (%)	$R_a$ ( $\Omega \cdot m$ )
上围岩层(泥岩)	98.5/100	50.2/30.0	22.04/24.5	14.82/11.7
上目标层(砂岩)	70.4/74.0	25.3/24.5	15.93/17.2	23.65/20.5
钙质砂岩夹层	80.7/78	40.0/13.0	12.66/12.1	84.94/80.5
下目标层(砂岩)	70.5/72	10.2/16.0	15.72/16.0	22.42/22.5
下围岩层(泥)	100.2/107	40.4/30.0	23.9/28.0	13.85/14.0

注: 分母值为目标层和导向标志层的测井值, 分子值中 GR、 $T_{bit}$  为本井实测值, CNL 和  $R_a$  为预测值。

该井钻至井深 3 555 m 开始定向造斜, 并使用综合录井仪进行全套地质录井和气测录井。轨迹控制中使用 MWD 和随钻伽马仪器。钻至井深 3 897 m(垂深 3 810 m, 井斜 70°) 由录井和随钻 GR 曲线及  $R_a$  曲线分析判断进入油层顶部(比原设计提前 4.0 m 左右进入油层)。为使水平段尽可能位于储

层物性最好的部位, 决定将入靶点垂深由设计的 3 825.8 m 上移 2 m, 即以垂深 3 823.8 m 作为调整后的靶窗 A 点中轴线垂深, 实钻井眼轨迹尽量接近靶窗下限。钻至井深 3 956 m 后, 随钻 GR 曲线和  $R_a$  曲线与录井资料都表明井眼进入大段的泥岩, 结合邻井测井资料分析判断此处存在一正断层, 井身轨迹处于断层下盘的油层下部的泥岩中, 此时井斜 82°、垂深 3 822 m。如果按调整后的靶窗入靶, 水平段将在目标层下围岩(泥岩)中延伸, 因此决定以井底井眼参数为基准点, 靶区向上调整, 用尽可能少的进尺使井斜由 82° 增至 90° 以上, 在钻到油层底界后再确定最终靶窗。后调整轨迹向上钻, 钻进至井深 4 015 m 进入下盘油层底界, 即重新进入了油层[此时井斜 93.5°, 方位 253.72°, 垂深 3 823.72 m, 水平位移 320.7 m, 闭和方位 253.69°, 低钻时(6~ 20 min/m), 气测显示明显(全烃量 1 086~ 20 160 ppm)]。根据现场资料分析研究结果, 最终决定水平段靶窗 A 点轴线垂深为 3 821.8 m, 要求上下允许偏差 < 2 m, 以井斜角 91° 左右稳斜钻进 250 m 后完钻。实钻中将井斜角由 93.5° 降至 90.87° 后稳斜钻至井深 4 223~ 4 238.0 m 时钻遇钙质胶结的致密砂岩夹层, 钻时由 10 min/m 升高到 80 min/m、基本无气测显示, 决定按目前井斜钻穿夹层后进入夹层上方油层继续钻进。但是实施中由于钻时太慢, 转盘扭矩异常高, 且钻进至 4 238 m 时下钻遇阻, 在 3 970~ 3 990 m 井段数次划眼仍不能完全消除阻卡, 后采取划眼与上提下放数次的工程措施才勉强恢复正常。考虑到该井在钻遇断层后为寻找新的靶窗使井眼轨迹调整幅度太大(井斜由 82° 升至 93.5° 又降至 90.87°), 导致摩阻很大, 若在夹层上方油层中继续延伸增加穿越油层长度, 则很可能会引起严重的井下复杂情况, 因此决定就此完钻。利用随钻资料结合现场地质、钻井人员的经验开展地质导向在调整井眼轨迹和实时跟踪监测地质目标中所发挥的重要作用。

通过 MBHW04 水平井随钻 GR 测井曲线和模拟曲线与邻井的目标层段的 GR 曲线和  $R_t$  曲线对比可知, 其水平段所钻遇的层段为  $J_{1s2}^1$  油藏储层物性最好的目标油层段。该井垂深为 3 819.87 m, 水平段长度为 267.51 m(其中泥岩段长为 45.51 m, 致密砂岩段长为 15.0 m, 油层段长为 207.00 m)。MBHW04 水平井自钻遇油层开始至完钻累计进尺 341 m, 经地质、录井、气测和随钻测井资料综合分析, 井段 3 897~ 3 955 m(段长 58 m)和井段 4 015~

# 我国第一口天然气分支井的设计和施工技术<sup>\*</sup>

蒋祖军 徐 进 黄 彬  
(中石化新星公司西南石油局)

蒋祖军等.我国第|口天然气分支井的设计和施工技术.天然气工业,2003;23(3):55~59

**摘 要** 分支井技术可以从|个主井眼中钻成多个相互独立的、可以再次进入的、具有压力封隔效果的分支井,并能进行完井作业。新浅 90 分支井是由西南石油局设计并施工的中国国内第|口天然气分支井,并在国内首次进行加砂压裂并获圆满成功,也是我国第|口达到 TAML 五级标准的分支井。该井在吸收国内外成功经验的基础上,研究出了|套适合于气井作业的分支井钻井完井配套工艺技术。结合川西地区气井多产层、高压力梯度、河道砂体岩性变化大等地质特点,该井组主井眼和分支井眼均采用套管固井、射孔完成,通过双油管 and 双封隔器的完井管柱实现了主井眼和分支井眼的层间压力分隔和分井压裂、分井采气。

**主题词** 天然气 钻井 分支井 设计 技术

早在 1953 年就在俄罗斯的一个油田钻成了第一口多分支井,但是由于当时技术水平的限制,在相当长的时期内其应用范围十分有限。上世纪 90 年代开始,分支井技术才得到充分发展,并被看作一种

经济可行的油气田开发手段。随着分支井应用的日益增多,在 1997 年制定了国际上统一的分支井分级标准:一级是主井眼和分支井眼都是裸眼;二级是指主井眼下套管并注水泥,分支井裸眼或只放筛管而

4 223 m(段长 208 m)为有效油层井段,累计有效油层井段长 266 m(包括部分斜井段),占钻遇油层后整个钻进进尺的 78%。该井到 2001 年 2 月底已累积生产 94 d,累计采油 4 875 t。在初期采用 12 mm 油嘴获日产油 112 t,后用 6 mm 油嘴日产油稳定在 56 ~ 65 t 左右。该井初期产量是研究工区发现井莫 005 井相同层位试油初期产量(30.36 t/d)的 3.7 倍。此外,其它两口水平井 MBHW01、MBHW02 井利用随钻测井曲线和模拟曲线进行地质导向钻达目标油层后也见到了相当好的产能效益。

## 结论与建议

在无随钻电阻率和中子测井资料时,利用邻井的随钻测井和录井资料采用回归分析和神经网络法建立  $RaWD$  和  $CNWD$  预测模型可近似地构造随钻测井曲线,利用该曲线并结合录井资料可提高地质导向钻井的能力。该法简便可行,具有推广应用价值。在莫北油田随钻测井资料单一的情况下,将该

法应用于 MBHW04 井等水平井的实时钻井中,随钻模拟测井曲线发挥了重要的作用,取得了明显的地质导向效果。

建议油田在加大引进和研制随钻测井仪器的同时,在一个新区钻水平井时不但要进行随钻伽马测井,而且要进行多探测深度的随钻电阻率、多方位的孔隙度和密度测井甚至随钻成像测井。

## 参 考 文 献

- 1 王若等.随钻测井技术发展史.石油仪器,2001;15(2):5~7
- 2 时鹏程等.面向地质导向应用的前导模拟技术研究.测井技术,2000;24(6):415~419
- 3 Bornemann E, Hodenfield K, and etc: The Application and Accuracy of Geological Information From a Logging- While - Drilling Density Tool, SPWLA 第 39 届测井会议论文集,1998

(收稿日期 2002- 10- 16 编辑 钟水清)

<sup>\*</sup> 本文系国家矿产资源保护项目——川西地区提高综合开发效益的钻井技术改造(KB2000- 08)成果。

作者简介:蒋祖军,1965 年生,高级工程师;1987 年毕业于西南石油学院钻井工程专业,2001 年获硕士学位,现任西南石油局工程管理处副处长。地址:(610081)四川省成都市一环路北四段 116 号。电话:(028) 83332301。

agement, decreasing shut-in time, increasing production time and improving gas well utilization, etc. The gas well utilization includes two aspects: one is to cause the wells, which should be put into production in a particular period, to be put into production as far as possible; and the other is fully to utilize the gas wells, which have been put into production, as far as possible. On the basis of calculating the time utilization indexes of gas wells, by use of exponential law the gas well time utilization and comprehensive utilization rates are analyzed respectively in the paper according to the planned number of wells produced and the changes in gas well utilization rate and gas production time rate, and the principal factors influencing the gas well time utilization and comprehensive utilization have been found, thus enhancing the gas well time utilization.

**SUBJECT HEADINGS:** Gas well, Time, Utilization, Analysis

**Chen Wu**, born in 1963, is an associate professor. Add: Nanchong, Sichuan (637001), China Tel: (0817) 2642764

## RESEARCH ON THE ACIDIZING PLUG-REMOVAL TECHNIQUES USED FOR SUIZHONG 36-1 OIL FIELD

Zhang Hai, Mo Chengxiao, Xu Shaocheng, Li Zili and Duan Yuhai (Oil Field Service Co. Ltd. of CNOOC). *NATURAL GAS IND.* v. 23, no. 3, pp. 49~51, 5/25/2003. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

**ABSTRACT:** A relative serious damage occurred in the processes of drilling and completion of many wells in Suizhong 36-1 oil field. In order to remove reservoir's being damaged and to improve the percolation conditions near the borehole wells, a research on the acidizing techniques used for Suizhong 36-1 oil field was carried out on the basis of examining what pollutants making the reservoir be contaminated and its contaminated degree. According to the experimental research results, the reasons of reservoir's being contaminated are discussed and the various pollution types and the degrees polluted by them are revealed in the paper. All acidizing plug-removal experiments of clay acid system and PEFA acid system developed by the authors were carried out and accomplished by use of the RPTA-120 equipment imported from the Core Lab Company in USA. Through experimenting, it is indicated that the PEFA acid system is of these advantages such as low damage and high plug-removal effectiveness. The degree of reservoir's being damaged by the residual acid generated after the reaction of PEFA acid to rocks was less than that by the conventional clay acid. Through the on-site experiments in two wells, it was proved that the reservoir damage caused in the processes of drilling and completion can be effectively released by the PEFA acid system, thus recover-

ing and raising oil well productivity.

**SUBJECT HEADINGS:** Acidizing, Experimental research, Effect, Analysis, Stimulation

**Zhanghai**, born in 1974, is an engineer. Add: POB 232, Beijing (101149), China Tel: (010) 84522288-8197

## RESEARCH ON THE SIMULATION OF LWD CURVES AND ITS GEOSTEERING APPLICATION

Xia Hongquan, Chen Ping, Fan Xiangyu, Shi Xiaobing, Zhang Xianhui and Liu Zhidi (Petroleum Engineering School of Southwest Petroleum Institute). *NATURAL GAS IND.* v. 23, no. 3, pp. 51~55, 5/25/2003. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

**ABSTRACT:** LWD (logging-while-drilling) curves play an important role in geosteering drilling and real-time formation evaluation. In consideration of the situation that in drilling only GR curve was measured while resistivity and porosity curves weren't, a new method of simulating real-time LWD curves and applying them to the geosteering drilling of horizontal wells is introduced in the paper. According to such an approach, on the basis of the well logging and geological logging data collected from the adjacent wells (vertical or horizontal), the resistivity and porosity LWD curves may be simulated by means of the regression analysis and BP neural network methods. The geosteering drilling ability may be raised by use of these simulated curves. An obvious effect of tracing-while-drilling geological targets was achieved through applying this technique to the real-time geosteering drilling of three horizontal wells in Mobei oil field in Xinjiang.

**SUBJECT HEADINGS:** Logging while drilling, Curve, Geosteering, Simulation, Neural network

**Xia Hongquan** (Doctor), born in 1965, is an associate professor. Add: Nanchong, Sichuan (637001), China Tel: (0817) 2643427

## DESIGN AND OPERATING TECHNIQUES OF THE FIRST GAS BRANCH HOLE IN CHINA

Jiang Zujun, Xu Jin and Huang Bin (Southwest Petroleum Bureau of Star Petroleum Corporation, Sinopec). *NATURAL GAS IND.* v. 23, no. 3, pp. 55~59, 5/25/2003. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

**ABSTRACT:** Several branch holes, which are mutually independent, can be reenterable and have pressure seal effects, may be drilled through a main well and their completion operations can be carried out by applying branch hole techniques. Well Xinqian-90 is the first gas branch hole in China designed and constructed by the Southwest Petroleum Bureau, the first sand frac-