

基于BP神经网络的高含硫油井 硫化物应力腐蚀预测

付亚荣 马永忠 吕德福 孙英祥 申玉健

(华北石油管理局采油五厂)

摘要 基于BP神经网络技术具有较强的收敛性及自适应、自组织学习能力、较好的容错性,并行处理强、识别预测迅速准确、稳健性好的特点,以高含硫油井在含水2.4%~19.0%之间的实际硫化物应力腐蚀(SSC)速率作为训练样本,应用BP网络进行训练,达到精度要求后,对原样本进行回判模拟,再对只知输入信息而输出信息未知的样本进行预测。证明BP神经网络技术能够正确地预测高含硫油井的SSC,且精度高于GM(1,1)预测结果。其预测结果可用来指导油田的开发生产。

关键词 神经网络 含硫原油 油井 硫化氢腐蚀 预测

作者简介 付亚荣,1965年生。1987年毕业于重庆石油学校,获部、局级科技进步奖20项,公开发表论文50多篇,现主要从事油田开发管理工作,油田化学工程师,(企业)会计师。

文献[1]阐述了影响高含硫原油开采的因素、原油的携硫能力及原油在含水小于20%时解决硫沉积、腐蚀的途径;文献[2]利用灰色GM(1,1)理论对高含硫原油硫化物应力腐蚀(SSC)进行了预测,但这是一种单序列的时间序列分析建模,在有的情况下出现反常现象,预测值超过了临界饱和值,变化趋势不合理。目前,神经网络信息处理技术的研究及应用日益拓宽。在模式识别和参数预测中,神经网络技术有明显的优点^[3]:(1)较强的收敛性及自适应、自组织学习能力;(2)较好的容错性;(3)并行处理强、识别预测迅速准确、稳健性好。预测实际上是用过去和现在的数据作为学习样本集,通过某种非线性处理来建立模型,对系统变量的未来行为状态作出科学定量的估计。本文试图用BP神经网络技术来解决高含硫油井开发过程中的硫化物应力腐蚀模拟预测问题。

一、模拟预测原理

1989年Robert Hecht-Nielson证明了对于任何一个闭区间的连续函数都可用1个隐层的BP(Back Propagation)网络来逼近^[4]。人工神经网络(ANN)是模拟人脑的思维方式和组织而建立起来的具有较好收敛性的高度线性与非线性复合数学模型。它是由若干处理单元相联结而形成的复杂网络系统。基于神经网络的模拟预测包括2个过程:学习建模和外推预测。BP网络属于多层型人工神经网络,由输入层、输出层和一个或多个隐层组成。输入层接受外界的输入信息,输出层给出输入信息的判别或决策,中间层用来表示或贮存知识,相当于一个复杂的非线性函数。

强琳假设^[4]:3层BP网络的输入层有 M 个节点,隐层有 N 个节点,输出层有 L 个节点。

共有 P 个训练样本, X_i 表示输入层节点的输入; Y_k 表示输出层节点的输出, W_{ji} 、 W_{kj} 是连接权, 每一个节点的输入为前一层所有节点输出值的加权和, 每一个节点的输出值由节点输入、激励函数 f 及阈值 Q 决定

$$X_j = f\left(\sum W_{ji} X_i - \theta_j\right) \quad (1)$$

$$Y_k = f\left(\sum W_{kj} X_j - \theta_k\right) \quad (2)$$

其中, $f(x)$ 为神经网络的隐含层和输出层的作用函数选 S 形曲线函数^[3]。即

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-cx)} \quad (3)$$

网络的实际输出 Y_k 与期望输出 t_k 之间存在误差, 各层的误差为

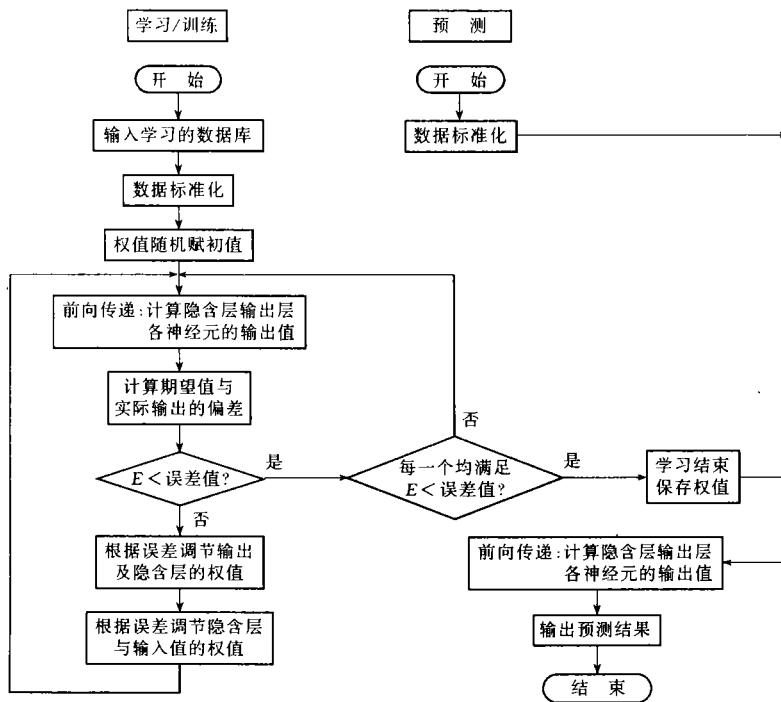
$$\delta_k = Y_k(1 - Y_k)(t_k - Y_k) \quad (4)$$

$$\delta_j = X_j(1 - X_j) \sum \delta_k W_{kj} \quad (5)$$

网络总的均方差目标
$$E = \frac{1}{2} \sum \sum (t_k - Y_k)^2 \quad (6)$$

二、高含硫油井硫化物应力腐蚀模拟预测

BP 网络采用误差反传(EBP)算法, 即通过信息前馈和误差反传这两个过程不断调节或修正各神经元间的权值或阈值, 使得输出的均方误差最小化而获取权系数, 并将其作为知识用于未知样品判别分类或参考预测(见程序实现框图)。



硫化物应力腐蚀模拟预测程序实现框图

文献[1]指出,高含硫原油中 H_2S 浓度在 $2\sim 150\text{mg/L}$ 时,随着 H_2S 浓度的增加,SSC 腐蚀速度迅速增加,且随含水率的变化腐蚀速率也将发生变化。因此,根据目前高含硫油井低含水阶段的腐蚀速率来预测以后不同含水阶段腐蚀速率的变化趋势,可为高含硫油井在不同的含水期采取何种防腐措施提供理论依据。

应用 GM(1,1)灰色残差理论与 BP 神经网络等方法对油井在含水 $2.4\%\sim 55.0\%$ 所作的 SSC 模拟预测结果见表。

高含硫油井不同含水期腐蚀速率及预测结果表

序号	含水 (%)	实际腐蚀速率 ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$)	VGM(1,1) ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$)	相对误差 (%)	VANN ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$)	相对误差 (%)
1	2.4	0.6101	0.6101	0	0.6102	0.0164
2	3.0	0.6230	0.6218	0.19	0.6231	0.0161
3	6.0	0.6379	0.6327	0.82	0.6377	0.0314
4	10.0	0.6774	0.6725	0.72	0.6777	0.0443
5	15.0	0.6838	0.6798	0.58	0.6834	0.0439
6	19.0	0.7146	0.6972	2.4	0.7144	0.0280
7	25.0		0.7370		0.7374	
8	30.0		0.7580		0.7600	
9	35.0		0.9430		0.9400	
10	40.0		1.0964		1.0965	
11	45.0		1.1730		1.1710	
12	50.0		1.4350		1.4360	
13	55.0		1.6120		1.6100	

表中序号 1~6 的实际腐蚀速率数据引自文献[2],VGM(1,1)为文献[2]中灰色残差模型模拟油井含水在 $2.4\%\sim 19\%$ 和预测油井含水在 $25.0\%\sim 55.0\%$ 之间 SSC 的结果。ANN 是采用 BP 神经网络模型中式(1)~(5)对油井含水在 $2.4\%\sim 19\%$ 这 6 个样本(6 组腐蚀速率数据),利用 FoxPro 编制的程序(其程序框图见前页),经计算机进行反复多次模拟学习,训练过程结束,达到了精度要求后,将各层神经元之间的连接权值代回网络中,对原样本进行了回判模拟,再对 7 个只知输入信息而输出信息未知的新样本进行腐蚀速率预测的结果。

三、结束语

1. BP 神经网络收敛数学模型,对动态变化规律性强的数据序列自适应性强,有较好的容错性和分布并行处理特点以及较强的外推内插能力。因此对高含硫油井的 SSC 速率变化的预测较适应,处理结果较合理。

2. GM(1,1)灰色预测模型的精度明显低于神经网络模拟结果;

3. 从预测结果看,可用神经网络预测结果来指导油田的开发;

4. BP 神经网络技术根据历史数据进行外推预测,对信息的定义和性质不作任何事先假设,而是从实际资料中找出信息,是一种唯象基质预测,仍然依赖于惯性原理。

参 考 文 献

(下转第 102 页)

于转动连接轴只能径向在 260 度内转动,因此,可通过反方向转动抽油杆将抽油杆扣倒开。

三、主要技术参数

两端连接螺纹丝扣 CYG19 或 CYG22;扶正套最大外径 57.5mm;钢体最大外径 50.5mm;最大长度 650mm。

四、室内试验

抽油杆扶正防脱装置是杆柱配套的重要组成部分,对其进行分段拉拨和抗扭矩试验,结果倒扣接箍与连接杆最大拉伸 $F_{\max}=318\text{kN}$;连接杆与下接头最大拉伸 $F_{\max}=432\text{kN}$;倒扣接箍与转动连接轴配合处的最小扭矩 $T_{\max}=1\text{kN}\cdot\text{m}$ 。由试验可知,该装置至少可承受 310kN 的重量及 $1\text{kN}\cdot\text{m}$ 的扭矩,完全能满足现场使用要求。

五、现场试验及使用情况

可倒式抽油杆扶正防脱装置经室内测试后,于 1998 年 1 月开始在大港油田进行现场试验,截至 1999 年 2 月底,已试验 145 套,共计 23 口井,最大井斜为 $22^{\circ}49'$,试验井均为抽油杆偏磨严重或抽油杆易脱落及易卡抽油泵井,试验中未出现过一次因可倒式抽油杆扶正防脱装置引起的检泵作业,成功率 100%,从 6 口试验井检泵作业提出的可倒式抽油杆扶正器防脱装置看,几乎都完好无损,也未发现杆管偏磨现象。现场试验证明,可倒式抽油杆扶正防脱装置完全可满足抽油杆扶正防脱要求,是一种较为理想的抽油杆扶正器和防脱器的更新换代产品,目前正在大面积推广使用。

该装置应用时应注意以下几点:

1. 下井的油管必须用 $\varnothing 59.5\times 800\text{mm}$ 通管规通过;
2. 下井抽油杆应认真检查,不符合使用要求的不许下井;
3. 下井抽油杆丝扣干净,丝扣应涂丝扣油,上紧后不许有间隙、有余扣。

六、结论

1. 抽油杆扶正器防脱装置有效地解决了抽油杆柱脱落和管杆偏磨问题。
2. 该工艺简便易行,功能齐全,性能可靠,寿命长。
3. 该装置结构简单,便于加工,成本低,便于推广,具有较好的应用前景。

(收稿日期 1999-03-19)

(编辑 姚晓喻)

//////////
(上接第 100 页)

- 1 付亚荣.高含硫稠油井硫沉积、腐蚀及其解决途径.特种油气藏,1998,5(2):39~44
- 2 付亚荣.利用灰色理论预测高含硫油井的硫化物应力腐蚀.特种油气藏,1999,6(1)
- 3 赵军.基于 BP 神经网络的油气产量历史预测.西南石油学院学报,1998,20(2):23~25
- 4 强琳.应用人工神经网络识别试井解释模型.西安石油学院学报,1996,11(6):32~34

(收稿日期 1999-02-09)

(编辑 郑秀娟)

DAQING FIELD

by Liu Yongxi, Ban Li, Liu Chongjiang, You Dongqing

Abstract This paper introduces the principles, characteristics and implementation of the positioning balance fracturing technique. The fractures' position and liquid intake perforation amount of the fractured target zones can be controlled by the combination of the long rubber barrel and sandblasting body on the positioning balance fracturing packers. By means of which, the fracture can be positioned and horizontal fractures can be created in the target zone. Field application indicates that this technique can meet the requirements of fracturing the low permeability oil reservoir in the conventional perforated well. It can create fractures in 3~5 target zones during once operation and can achieve balance protection to the intercalation. This technique has been used in nearly 100 wells in Daqing Field, the successful rate is more than 96%, the average daily incremental oil per well is more than 9 t and the water cut rate decreases by 4%~8%.

Subject heading downhole positioning pressure balance fracturing intercalation technology

APPLICATIONAL RESEARCH ON SCREW PUMP DRIVEN BY HOLLOW ROD

by Chen Jianzhong, Hu Caizhi

Abstract In the downhole screw pump production system that is driven by electric motor on the surface, trouble often results from the break-off of the sucker rod. This paper compares the property of the hollow rod with that of the solid rod, and conducts case calculation. Calculation results indicate that the hollow rod possesses more superiority. In the screw pump well, comparing with the CYG25 solid sucker rod, when using KG36 hollow rod, the safety factor can be increased by nearly 1 times. While adopting the hollow rod, if the strength of the sucker rod tool is improved, the strength of the entire sucker rod string will be improved simultaneously. This paper introduces the status and effect of the hollow rod applied in the screw pump well in offshore Chengdao oilfield of Shengli Field.

Subject heading screw pump hollow rod strength safety factor

UTILIZE BP NERVE NETWORK TO PREDICT SULFIDE STRESS CORROSION IN HIGH SOUR OIL WELL

by Fu Yarong, Ma Yongzhong, Lü Defu, Sun Yingxiang, Shen Yujian

Abstract The BP nerve network technique has the following characteristics: the astringency is strong, the capability of self-adaptation and self-learning is strong, the error tolerance ability is better, the parallel processing capability is strong, identification and prediction is rapid and accurate and so on. This paper takes the actual sulfide stress corrosion rate (water cut is 2.4%~19.0% for the high sour oil well) as the training samples, uses the BP nerve network to train. When the precision requirements is achieved, the original samples are judged and simulated, and then prediction is conducted for the samples for which the input data are known but the output data are unknown. The results indicate that the BP nerve network technique can correctly predict the sulfide stress corrosion in the high sour oil wells, and the precision is higher than that of GM. The predicted result can be used to direct the development of the oilfields.

Subject heading nerve network sour crude oil oil well hydrogen sulfide corrosion prediction