

'94 国际石油与石油
化工科技研讨会论文

水驱油动态分析 中的人工神经网络法研究

薛中天 杨铭震 张丽梅
(西安石油学院)

1994 年 9 月 北京

水驱油动态分析中的人工神经网络法研究

摘 要

本文是依据注水开发过程中,依据储层参数和油水井生产动态资料采用人工神经网络的方法,分析注水井组中油水井的动态变化并预测注水过程中油井见效的相对顺序和井间关系。这对于注水开发的油田进行动态分析有非常重要的实用价值,是一种不确定性定量分析的好方法。这种方法为人工神经网络在油田开发动态分析中的广泛应用作了探索性的研究。

引 言

注水开发的油藏,人们最关注的问题是注采井组中哪些油井有效果,或注水效果好,哪些油井没有效果,或注水效果差,能够在注水过程中进行动态预测,以便及时进行注采产量的调整,甚至注采关系的调整,达到尽可能扩大水驱油波及面积,提高注水效果的目的。为此,人们普遍采用油藏数值模拟的方法,进行阶段性的预测。但是由于地层条件的复杂性、边界条件的不确定性以及计算的复杂性,往往不能及时准确的进行井组动态分析。近年来,很多石油工作者将多元统计分析和模糊数学方法运用于水驱油的动态分析中,^[3]取得了较好的效果,提供了多种分析途径。为了使动态分析和注水效果预测更能接近实际,我们尝试采用近年来迅速发展的人工神经网络新技术(Artificial Neural Nets,简称 ANN),对油田进行注水效果分析,得到了与油田实际更为接近的结果。当标准模式选择得较好时,聚类的结果隶属度可达0.9/0.1以上,十分明显,这是一种值得推广的新技术。

人工神经网络

人工神经网络是一种力图模拟人的大脑功能的非线性网络,它由大量结构非常简单,但内部联系十分紧密的神经元组成。具有自学习、自组织、并行处理、鲁棒性(Robustness)和容错性强,存储及处理合一等功能,还可配合人工视觉系统一起组成具有可识别图形、图像的形像思维系统。在近年来开发的近百种神经网络中,误差反向传播网

络(BPNN)具有结构简单、算法稳定、容易调试等一系列优点,得到了广泛的应用。BPNN的基本算法是自适应算法和优化算法^{[1]、[4]}。

1. 三层 BPNN 误差反向传播算法的主要数学模型^[2]

(1)输出层权值调整公式:

$$W_{ij}(k) = W_{ij}(k-1) + \alpha \times b_i \times d_j \quad (1)$$

式中: b_i 为隐层第*i*个结点的输出值; d_j 为输出层第*j*个结点的误差; α 为学习因子。

(2)隐层权值调整公式:

$$V_{ij}(k) = V_{ij}(k-1) + \beta \times a_i \times e_j \quad (2)$$

式中: a_i 为输入层第*i*个结点的输入值; e_j 为隐层第*j*个结点的误差; β 为惯性系数。

2. 提高 BPNN 学习速率的措施

由于 BPNN 存在学习速率低,收敛速度慢的缺点,我们采用变学习因子的算法(3)、(4),可使学习训练次数有明显的降低(由原来的 140 次降至 13 次左右),大大提高学习效率。

$$\beta = 1 - \epsilon \quad \epsilon = \max(\text{error}) \quad (3)$$

$$\alpha = \beta/4 \quad (4)$$

3. 网络的拓扑结构

为使 BPNN 具有非线性的聚类能力,通常需要选择三层以上的网络,输入结点数由所选择的特征向量决定,输出结点数则为所需聚类的类数,隐层结点数的选择目前尚没有理论指导,仍依经验决定,在输入结点数不太多时,可选为输入结点数的 2~3 倍。

应用 BPNN 对水驱油动态分析的实例

我国李庄子油田是从 70 年代初开始注水的

低渗透小油田,现在已开采枯竭,油田完全被水淹。1976年,注水开采出现了新问题,井组分布示意图如图1所示。

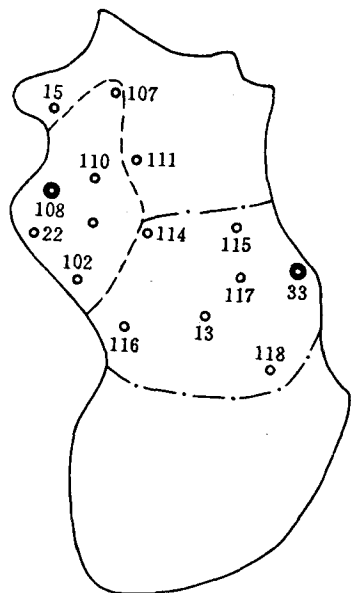


图1 李庄油田井组分布示意图
虚线所围为108井界线;点划线所围为33井界线

该油田33井组和108井组都注采延6层。在注水两年左右,该区除13井见到明显效果(压力、产量上升)外,其余井均不明显。特别是116井其来水方向不清楚,因此对于如何调整注采关系存在着两种不同的看法:一种认为116井的注水效果来自33井,而108井对其作用不大,注入水沿13井→116井方向推进,应采取调整33井注水量,扩大该区扫油波及面积,避免水舌的措施。另一种认为,108井水补充了其西南方向的边水能量,造成边水推进。应采取措施,加强33井注水,抑制西部边水推进。由于两种看法均没有充分的证据和理由说服对方,最后只依多数人的意见,按照前一种观点安排注采生产。为此,我们曾经用多元统计和模糊数学作了定量分析的研究^[3]。在这个研究分析中,肯定了当时116井的注水效果将会来自33井,对两井组的交界处114井确定了其首先来自注水井108井的作用。因为此两个井的关系密切,但是井距较远。因此需在中间加密注水井。1976年后,油田调整井网。在114井和108井中间再加入111注水井后,114井效果非常好。但是这个研究分析中22井虽距108井近,却在模糊

聚类中偏入33井组,其原因只是用33井→116井和22井→102井→116井两个高渗透带的可能动态相关作了解释,对118井与33井组和108井组的模糊关系非常差而不能归类,没法进行解释。

由于只是用一种方法进行定量分析,对所出现的矛盾往往不能也不应该作出肯定的回答。只有用多种方法综合分析才能确定。为此,我们研究用人工神经网络法建立模型再次定量分析以上两个井组的注水动态,以提供一个更接近实际的水驱油动态分析方法。

(1)我们同样将影响注水效果的主要储层参数及动态参数应用模糊综合评判方法归结为一个流度系数:

$$q = \Delta p \frac{KH}{\mu L} \quad (5)$$

现以我国李庄子油田注水的两个井组为例,其流度系数数据如表1所示^[3]。

根据油田所提供的原始数据及注水井(33号,108号)个数,分析聚类的BPNN选用结点数4-8-2的三层网络,其拓扑结构如图2所示。

表1 原始数据

井号	1973年11月	1974年12月	1975年上半年	1975年10月
13	-0.499	0.877	-0.659	1.260
115	-1.157	0.145	-0.214	1.573
118	-0.092	-1.542	0.061	1.206
33	0.775	-0.096	-0.292	1.077
22	-1.454	0.388	0.822	0.243
107	-0.44	0.766	0.875	-1.206
108	0.918	0.539	-0.095	-1.364
114	-0.244	1.041	1.041	-0.72
116	-0.424	0.843	-0.658	1.268

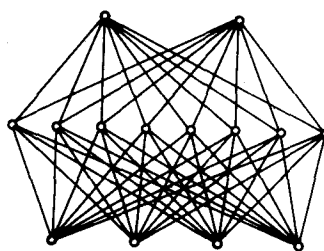


图2 BPNN拓扑结构

(2)我们对油田所给资料,选用不同数量的标准模式对和不同位置的油井作标准模式(共五组)训练BPNN,再对其余油井进行测试、聚类,结果如表2所示。

表 2 BPNN 聚类结果

标准模式 井号	试验 1		试验 2		试验 3	
	I :33 井; II :108 井		I :33 井,118 井; II :108 井,22 井		I :33 井,13 井; II :108 井,22 井	
	输出数据	类别	输出数据	类别	输出数据	类别
13	0.906237 0.098079	I	0.674488 0.339520	I	0.920333 0.082156	I
115	0.935702 0.069486	I	0.806127 0.206449	I	0.913440 0.090387	I
118	0.942244 0.063885	I	0.947642 0.055868	I	0.908572 0.094265	I
33	0.915051 0.086794	I	0.921156 0.081088	I	0.923873 0.076956	I
22	0.588693 0.454762	?	0.071170 0.927075	II	0.060299 0.940075	II
107	0.065801 0.932177	II	0.041896 0.955298	II	0.023981 0.973621	II
108	0.064923 0.933261	II	0.068413 0.927965	II	0.042681 0.954316	II
114	0.082038 0.915528	II	0.044652 0.951930	II	0.028301 0.969380	II
116	0.907802 0.096214	I	0.708040 0.304286	I	0.922031 0.080356	I

续表 2

标准模式 井号	试验 4		试验 5		
	I :33 井,118 井; II :108 井,107 井		I :33 井,13 井; II :108 井,107 井		
	输 出 数 据	类别	输 出 数 据	类别	
13	0.870626 0.135121	I	0.928752 0.074299	I	
115	0.931604 0.070499	I	0.937004 0.065803	I	
118	0.948924 0.050536	I	0.925309 0.077465	I	
33	0.914451 0.083535	I	0.912139 0.088605	I	
22	0.486912 0.541151	?	0.613997 0.409356	?	
107	0.054587 0.948398	II	0.054038 0.945820	II	
108	0.059157 0.942951	II	0.057324 0.941329	II	
114	0.066990 0.935588	II	0.075339 0.922975	II	
116	0.875332 0.129586	I	0.928884 0.074068	I	

由于标准模式的选择对聚类结果的影响很大,为消除标准模式选择的人为因素影响,我们选择了多种标准模式:即单独以注水井为标准模式;以注水井和最近采油井组合为标准模式;以注水

井和最远采油井为标准模式等,用多种模式的综合结果来观察动态情况。

使用 ANN 进行模式识别的关键是选取能反映被测对象的内在特征向量及足够而有效的具有

代表性的标准模式对训练 BPNN。测试结果表明:在五组测试数据中,第3组(标准模式Ⅰ:33井,13井;标准模式Ⅱ:108井和22井)效果最好。它们具有所需区分类别的足够特征和足够大的覆盖面,因而测试结果的分辨率都很高,均在0.9/0.1以上。

(3) 结果分析与解释。

①由人工神经网络分析法再次肯定了116井的来水方向主要来自33井,交界井114井的注水效果亦主要来自108注水井,其聚类的隶属度分别为0.92/0.08和0.96/0.04左右。

②118井注水效果应来自33井组,其聚类的隶属度在0.95/0.05左右。

③22井只是在以其本身和注水井108组合为标准模式时,其聚类的隶属度才为0.94/0.06。而在其它标准模式组合下,均在0.5/0.5左右,且在单独以注水井本身为标准模式时,其聚类的隶属度也只为0.58/0.45。这些都充分说明22井在当时受两个注水井的注水效果影响较小,而西部边水的影响可能很大,所以如何发挥或抑制西部边水的作用对后来的开发影响很大,应予重视。

④以上的分析与油田后期开发的情况非常吻合,证明了人工神经网络分析是一种油田注水开发动态的不确定性定量分析的好方法。具有高效、省时、自动等一系列优点。

结 束 语

油田开发的动态分析和预测对提高采收率非

常重要。但是因为它的动态过程非常复杂,由于油藏深埋于高温高压的地下环境,油藏构造圈闭类型很多,储层参数的非均质性及流体在孔隙(裂缝)中流动时和岩石作用的复杂性,甚至还存在着多种物理和化学反应等等。这些复杂的现象和作用很难准确地用确定性的数学模型和物理方法进行刻画和描述,而流体在油藏中运动过程的信息反应近似于一个大型的非线性网络,所以我们应用模拟人脑的神经元的网络方法去分析开发动态中的问题,预测各种开发指标,结果表明这种不确定性定量分析方法在分析这类问题时是比较有效的。在注水油田开发中有大量的问题可以用人工神经网络方法去研究。例如储层非均质性的横向预测、剩余油分布的研究、井网调整、不稳定注水方法的确定和效果预测等。特别在高含水期是一种快速有效的定量预测开发动态的方法。结合其它方法如水动力分析方法、多元统计和模糊数学分析方法,将会对开发动态分析的水平大大提高。

参 考 文 献

- 1 杨铭震,王燕霞. 人工神经网络及其在石油勘探中的应用,兵器工业出版社,1993
- 2 靳新等. 神经网络与神经计算机,西南交通大学出版社,1991
- 3 薛中天. 多元统计方法和模糊数学在水驱油动态分析上的尝试. 石油勘探与开发,1983,(3):55~63
- 4 Rumelhart D and Mellelland J. Parallel Distributed Processing. MIT Press,1986,Vol. 1,2

石油物探局制图印刷厂
照排印刷