

# 川东石炭系储层人工神经网络法预测试验

江玉乐 钟本善 李永杰 (成都理工学院 610059)

**摘要** 针对川东地区高陡构造下石炭系储层埋藏深、地震反射波信噪比低等特点,提出了一套利用地震资料经人工神经网络训练进行气藏预测的方法,特别是在网络训练前利用模型法对高陡构造和预测点先行归位计算,经实例检验,取得了好的效果。

**关键词** 人工神经 神经网络 储层 预测

**中国图书资料分类法分类号** P631.44

**作者简介** 江玉乐 男 43岁 讲师 地球物理勘探及数据处理

**编者按** 人工神经网络系统理论是近年来得到迅速发展的一个国际前沿研究领域,它的发展对计算机科学、人工智能、数理科学、信息科学、系统工程等领域都有重要影响。在地学方面,尤其是在石油物探方面,无论是理论研究还是实际应用,都取得了一些可喜的成果,许多应用文章也相继见于各种刊物之中。它的应用无疑对地学信息处理、识别提供了一种新的手段。但该方法在煤田物探上的应用才刚刚起步。这篇文章虽然介绍的是在油气方面的应用,但它在地震勘探解释上的成功,定会对煤田物探有所借鉴。

## 1 引言

川东构造带以NNE向的隔档式平行褶皱为主体,背斜两翼陡峻,地表形成狭长陡峻的山脉,相对高差可达500~800 m;背斜陡翼下有潜构造及断层发育。

区内储层主要为石炭系,岩性以灰岩和白云岩为主,而且白云岩孔隙较发育。石炭系地震波速度较高,多数地区可形成弱反射同相轴。钻孔见石炭系厚度几m至几十m,当其厚度<10 m时,孔隙层段一般不存在,可视为储层缺失。

本区多数构造带已先行钻探,气藏预测主要是圈定其范围(确定气水边界)及石炭系厚度,以确定进一步勘探和布钻的最佳位置,为气藏储量的评价提供辅助资料。

为此,我们对某构造的地震资料做了气藏预测方法的试验研究。由于本区地震地质

条件恶劣,拾取的地震资料质量差,地层无法成像;多数剖面中石炭系的反射很弱,地震同相轴许多地段不易连续追踪;相应的地震波振幅和波形破坏严重,给气藏预测带来很大困难,即使在构造的缓翼部位,地震波的偏移归位亦不准确,构造形态很难恢复。

由于上述原因,单道振幅值预测法的应用受到限制,故采用抗干扰性较强的人工神经网络法做气水边界和储层厚度的预测,并取得了好的效果。

## 2 工作方法

### 2.1 神经网络预测法

人工神经网络法是近年来引入石油勘探中的新方法。它具有高度的容错性,可以避免预先建模的困难,特别适合不确定性和非结构化信息的处理。有关专家指出:石油勘探的数据处理和自动目标识别等将是人工神经网

络最有应用前景的领域。

地震波场的油气预测是一种模式识别。已经证明,人工神经网络的模式识别比统计模式识别更优越。统计模式识别需要用一个统计函数来确定模式类之间的决策界面,而往往这个决策界面比较复杂;许多统计模式识别方法需要知道数据集的分布情况,而这些对地质、物探数据都是困难的,从而影响统计模式识别的预测效果。而对神经网络则不需要预先知道这些知识,它的抗干扰性、自适应性都强。

BP网络是人工神经网络中应用广泛且获得好评的网络。这种网络需要用已知气、水区的地震资料进行训练,在确定各网络节点间的联结系数后再用于预测。

BP网络存在学习速度慢、网络的隐层节点数不好确定、叠代有可能收敛于局部极小等问题。对此,王彦春<sup>[1]</sup>副教授提出了快速收敛和自动确定隐层节点数的算法,并对有关地震特征参数的选取、计算时窗的选择、去噪和提高信噪比方法的试验,以及学习样本和预测区域的选择等制定出一套神经网络预测的方法,在该区取得了较好的效果。

人工神经网络预测法技术流程见图1。

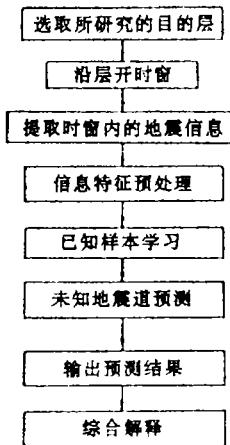


图1 技术流程图

试验结果表明,对于有数口钻孔的已知气藏地区,用多层BP网络就能够取得好的效果。对于无井或有井未见工业气流的地区,可以用Kohonen自组织网络进行预测<sup>[2]</sup>。

## 2.2 目的层同相轴的确定

本区地震资料采集和处理较早,偏移剖面效果不佳,此次试验也证实,偏移后波形有较大变化,剖面无法利用,因此目的层同相轴的确定是在水平叠加地震剖面上进行的。

目的层同相轴是进行横向预测的基础,它的确定是十分重要的。由于石炭系反射信噪比低,加之构造复杂、绕射波交叉,许多地段的目的层同相轴难以准确地确定,而有时这些地段又正好是需要预测的重点地段。为此,我们采用了正演模型的方法来确定同相轴的位置。初始模型采用推断的石炭系构造深度图,速度选用原始数据,采用射线追踪的方法,反复叠代,修改模型,直到计算的同相轴能与实测剖面可以对比,从而估计出复杂地段目的层同相轴的位置,扩大了同相轴的拾取范围。

## 2.3 归位问题

归位有两类,一是构造归位,二是预测点归位。由于本区构造陡,埋藏深,地面观测点与地下构造的射线位置可以有较大的偏移,因而要解决本区的气水边界和储层预测问题,就必须同时解决好归位问题。

受高陡构造影响,地震图形与实际构造间存在着较大差异,有的地区无法反映构造的形态,因而对于有价值的地段,可利用已有的钻井和地质资料,采用正演拟合的方法,用射线图来确定地下目的层的构造形态和相应的真实位置。对有关钻孔的界面位置计算其地震射线在地面的接收点位置,及有关地面观测点与地下构造界面的对应位置,从而较准确地确定钻孔见气点位置与地震剖面上的对应位置,使提取的学习样本特征参数更为准确可靠,并对布置钻孔的见气可能性做更

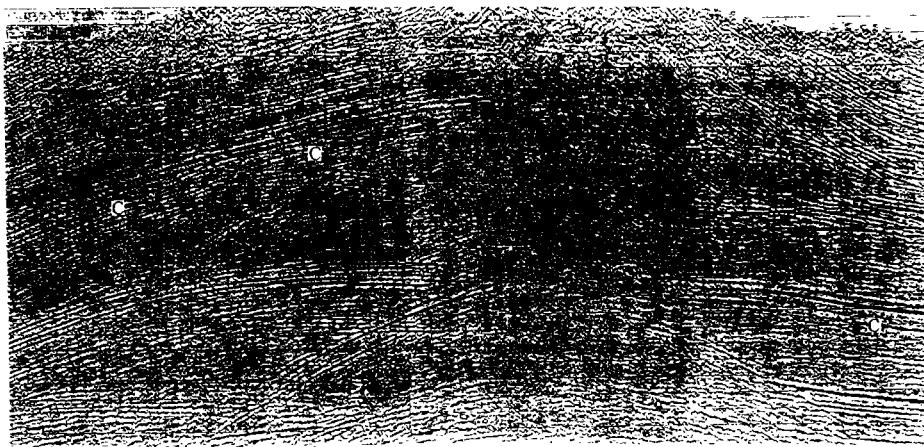


图 2 剖面 I 的地震水平叠加图

精确的预测。

### 3 实例

如图 2 所示, 剖面 I 中石炭系地震波信噪比较低, 连续性差。图 3a 为正演模型计算所得石炭系的反射波同相轴旅行时, 它与图 2 中石炭系同相轴是完全一致的。由于在剖面 I 上已有 Y-2 和 Y-3 两口见工业气流的气井和在相邻剖面上有 Y-1 水井控制, 因此在计算中, 首先取 Y-2、Y-3 气井和 Y-1 水井(经归位后)所对应的地震道, 以所确定的同相轴为中心, 取某个时窗内的地震波特征值作为神经网络的输入; 设气井的对应输出值为 1, 水井的对应输出为零进行学习训练。然后将学习训练所得的网络各层节点系数作为预测其它地段的样本。剖面 I 的预测结果如图 3b。图 3c 是模型法计算的石炭系构造形态(图中石炭系厚度是示意性的)。

由图可见, 见气位置(Y-2 井)与其对应地震射线到达的地面位置至少有几百 m 的偏移, 大的可达 1 000 多 m。所以在选择学习样本时不能选择钻孔地面位置的地震道, 而是要选择经射线偏移归位后的地面位置相应的地震道。

剖面 II 是以预测为目的的。由图 4 中的

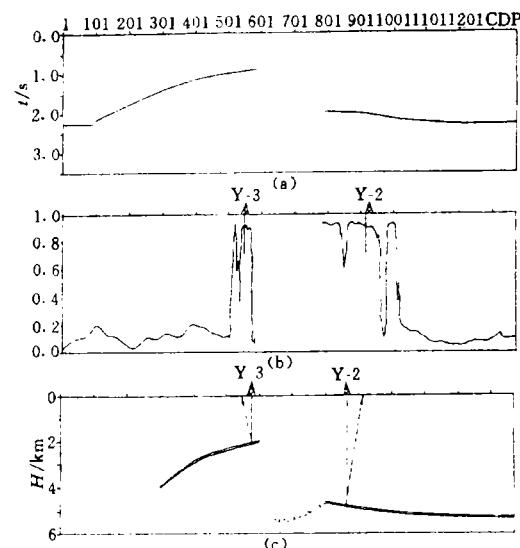


图 3 剖面 I 预测结果

(a) 模型法计算的石炭系反射波同相轴;

(b) 神经网络法对气藏范围的预测结果曲线;

(c) 模型法计算的石炭系构造图;

— 储层交点与该地震射线到达地面接收点的连线

预测结果可见, Y-12 井设计在气藏以外。在 Y-12 井施工过程中, 根据预测结果, 建议井孔向左倾斜钻进, 实际在目的层(石炭系)界面井孔已倾斜 500 m。即使如此, 偏移仍不够, 终孔仍在预测气藏范围以外, 结果 Y-12 井未见气流。

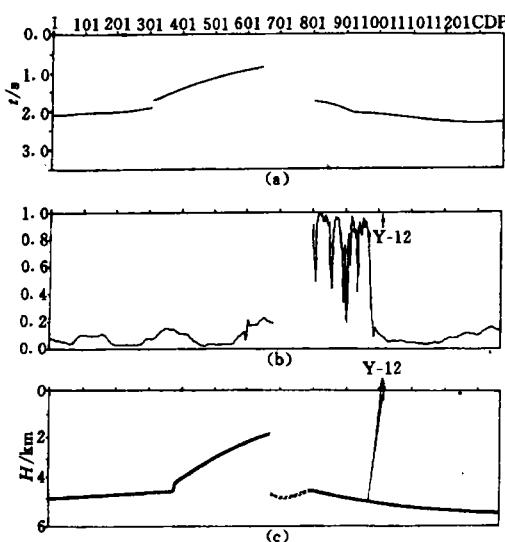


图4 剖面I的预测结果

(a)模型法计算的储层反射波同相轴; (b)神经网络法对气藏范围的预测曲线; (c)模型法计算的储层构造图

上述两例说明,模型法归位是正确的且有很好的效果。Y-2、Y-3、Y-12三个孔见石炭系的深度与构造归位后的深度均相当符合

表1 石炭系深度对比表

孔号	实际深度/m	计算深度/m
Y-2	4 788	4 786
Y-3	2 066	2 082
Y-12	4 827	4 836

(表1)。

此次工作得到了四川石油管理局研究院路中研高工和黄平工程师的指导和帮助,在此表示感谢。

### 参考文献

- 1 王彦春. 神经网络及其在石油勘探中的应用. 成都理工大学, 1994-JX1612-46, 1994
- 2 朱广生等. 人工神经网络K勘探地球学家的新工具. 国外油气勘探, 1993; 5(2): 155~173
- 3 朱广生等. 神经网络在油气层横向预测和地震道编辑中的应用. 石油勘探, 1994; 33(1): 1~9
- 4 于建华. 应用人工神经网络自动识别岩性. 石油地球物理勘探, 1993; 28(1): 59~66

(收稿日期 1995-02-06)

## CARBONIFEROUS RESERVOIR PREDICTION TEST USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHOD IN REGION OF EASTERN SICHUAN PROVINCE

Jiang Yule Zhong Benshan Li Yongjie (Chengdu Institute of Technology)

**Abstract** An artificial neural network natural gas prediction method is put forward using seismic data with respect to the characteristics of deeper burial reservoir, and lower signal/noise ratio in steep structure region of Eastern Sichuan Province. Specially the modeling migration technique is adopted for the structure and prediction point position. Good results are obtained using these methods to process two seismic profiles.

**Keywords** artificial neutrals; neural networks; reservoirs; prognosis

### 地形图自动化测绘系统

系统由兖州矿务局兴隆庄煤矿、山东矿山测绘仪器设备总公司、济南煤矿设计研究院测绘工程部共同研制。系统包括使用全站仪测图和使用数字化仪对原图纸数字化两部分。其综合运用测量新仪器和计算机技术,改变了地形图测绘使用平板仪的传统方法,实现了从外业到内业的自动化测绘。通过地

形图测绘和实现地形图数字化编绘的工业性试验,外业效率提高了3倍以上;内业简化了整饰、着墨等过程,提高了图纸的精度,工作效率也提高了10倍以上,同时改善了工作条件,节约了费用,具有较好的经济效益。

(兖州矿务局科研所 李剑锋)