应用自组织神经网络划分地震微相

刘力辉　杨梦岩　熊金良　姚江波　常德双

（大港石油管理局物探公司）

摘　　要

刘力辉，杨梦岩，熊金良，姚江波，常德双．应用自组织神经网络划分地震微相．石油地球物理勘探，1996，31（增刊 2）：90～94，100

目前，利用神经网络划分地震微相的方法可以归纳为两大类：一类是监督型模式识别；另一类是非监督型模式识别。当样本资料不足或不具代表性时，采用监督型模式识别容易造成强行分类而导致错误结论。以 Kohonen 网络为代表的非监督型模式识别的缺陷是：①不能动态聚类；②输入模式动态范围较大时，量值小的模式不易识别；③最终类别关系亲近程度不清。本文对非监督型模式识别作了改进，应用改进后的识别方法，可以实现由细到粗的类别动态聚类，而且最终类别间亲近关系也非常明显。

主题词　自组织神经网络　模式识别　地震相　动态聚类

自地震地层学创立至今，对于大的勘探区域，大套地层的地震相划分仍是以反射波振幅、连续性、内部结构和几何外形等为标准进行定性分析的。但是，随着勘探程度的提高，大部分地区的研究已经涉及到目的层的一个或两个同相轴，要进行更加细致的地震微相分析。若还是利用手工定性分析很难达到这个目的。于是，各种不同的聚类分析方法相继出现。

现在生产中广泛采用的监督型模式识别方法（如沿线多参数分析判别、神经网络中的 BP 法），在样本资料不足或不具代表性时，容易造成强行分类从而导致错误的结论。在此情况下，我们采用了改进的非监督型自组织神经网络模式识别方法，利用特征参数进行地震微相的划分，再结合实际资料，用地质模式监督，做出有利岩相带的解释和油气预测。该方法在大港油田应用效果良好。

自组织神经网络划分地震微相的步骤

Kohonen 网络是一种非监督型的自组织神经网络[1]，它由若干个输入节点和输出节点组成，每个输出节点通过可变权与输入节点相连。周成当等将隶属度概念引入学习过程[2]，采用“走着瞧”的分类策略，收敛速度快。这种方法称为模糊自组织神经网络法（FNN）。但它也有缺陷：①不能动态聚类；②输入模式动态范围较大时，量值小的模式不易识别；③最终的类别关系亲近程度不清。

针对以上问题，我们对 FNN 算法做了改进，使其不仅能动态聚类，而且最终类别间的亲

本文于 1995 年 9 月 5 日收到，修改稿于 1996 年 7 月 5 日收到。

近关系一目了然。

利用自组织神经网络划分地震微相可按以下步骤进行。

第一步,建立网络结构(图 1),将网络权赋予较小的随机数。

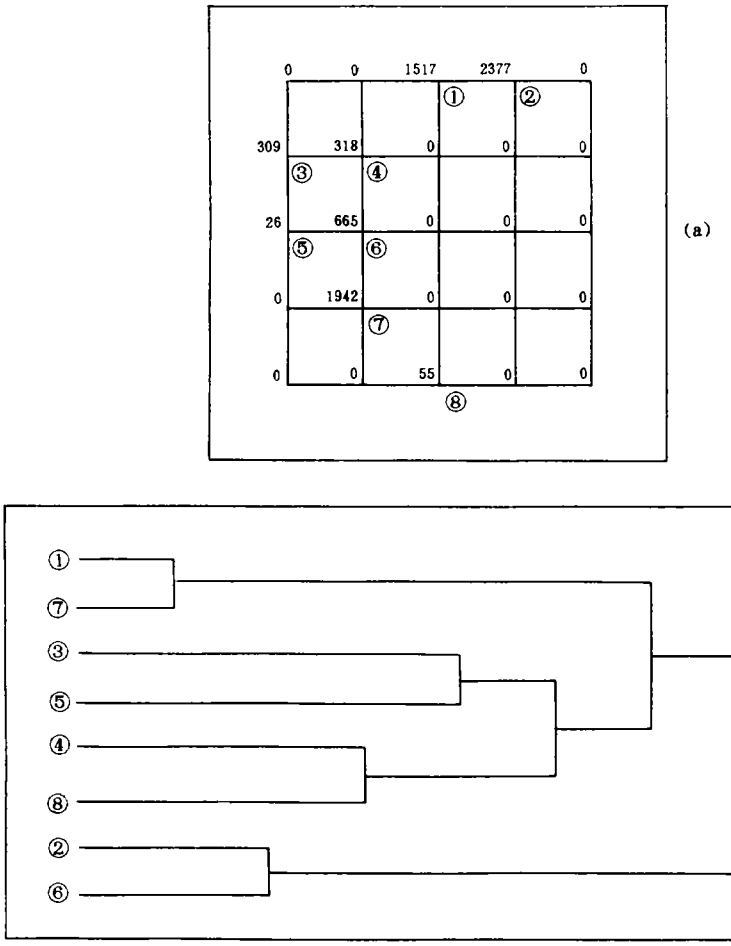


图 1　映射密度图(a)和谱系结构图(b)

在映射图中,节点上的数字代表属于该节点的输入模式个数,①~⑧代表有效节点(即非零节点)的编号;从谱系结构图中可以看出有效节点的亲近关系

第二步,将输入模式依次提供给网络,计算输入模式和输出节点的隶属度,即

$$d(i,j)=\sum_{j=0}^{n-1}[X_i-W_j(t)] \tag{1}$$

$$g(i,j)=1/d(i,j) \tag{2}$$

$$G(i)=\sum_{j=0}^{n-1}g(i,j) \tag{3}$$

$$U(i,j)=\begin{cases}g(i,j)/G(i) & (X_i\neq W_j)\\ 1 & (X_i=W_j)\end{cases} \tag{4}$$

式中：i 为第 i 个输入模式；$d(i,j)$为第 i 个输入矢量 $\boldsymbol{X}_i$ 和第 j 个输出节点 t 次迭代时输出矢量 $\boldsymbol{W}_j(t)$的欧氏距离；$U(i,j)$为对于输入矢量 $\boldsymbol{X}_i$ 属于输出节点 j 的规格化隶属度。

第三步，提供入截隶属度，选取一较小值 U_0，对节点隶属度大于 U_0 的输入模式才允许参加此类节点的权值修改。

第四步，做能拉大隶属度差别的变换，让输出节点隶属度大的输入模式，对该类节点权值修改的贡献也大一些。隶属度变换关系为

$$R(i,j) = F(U(i,j)) \tag{5}$$

第五步，修改聚类中心。

当 $R(i,j)>U_0$ 时，有

$$\boldsymbol{W}_j(t+1) = \boldsymbol{W}_j(t) + \frac{\sum_{i=0}^{n-1} R(i,j)\cdot(\boldsymbol{X}_i - \boldsymbol{W}_j(t))}{\sum_{i=0}^{n-1} R(i,j)} \tag{6}$$

第六步，当 $\max|\boldsymbol{W}_j(t+1)-\boldsymbol{W}_j(t)|\leqslant\varepsilon$ 时停止迭代，否则返回第二步。

第七步，将模式依次输入网络，计算映射密度图。其中，判别第 i 个输入矢量所属节点类别的原则是：如果 $\boldsymbol{X}_i$ 与第 j 个节点的 $g(i,j)$最大，那么 $\boldsymbol{X}_i$ 就属于第 j 个节点。

将每个输出节点所含模式个数标在相应节点位置上，形成映射密度图，从其上我们可以看出有效节点。

第八步，由于映射密度图上有效节点间的亲近关系是很难看出的，而且为了研究我们往往先将类别划分得细一些，需要根据实际情况合并一些小类。将聚类中心矢量 $\boldsymbol{W}_j$ 按聚合法中的Q型类平均法并类形成谱系结构图，再结合实际资料，确定最终分类数目。也就是说，每一模式必须经过二次映射（一次为映射密度图，另一次为谱系结构图中的位置）才能得到其最终所属类别。

第九步，输出地震微相类别，形成平面图。

将改进的FNN同谱系结构相结合（图1），便形成了地震微相划分的基本算法。它可以实现类别由细到粗的动态聚类，灵活地决定最终类别数。

模型分析

为验证自组织神经网络的聚类分析能力，我们作了如图2a所示的地质模型，图2b是它的地震响应。利用改进前的模糊神经网络判别分析，只能分辨出由厚度变化引起的响应变化（图2c），而运用改进后的自组织神经网络聚类分析方法通过调整参数，不仅可分辨出由地层厚度引起的变化，还能分辨出由岩性（速度）差别引起的变化（图2d）。

应用实例

1号井钻在B13砂体较低部位，录井见到了较好的油气显示，获低产工业油流。若用常规的储层预测方法只能圈定砂体分布范围和厚度变化，带有较大的风险。例如用传统的“地层含

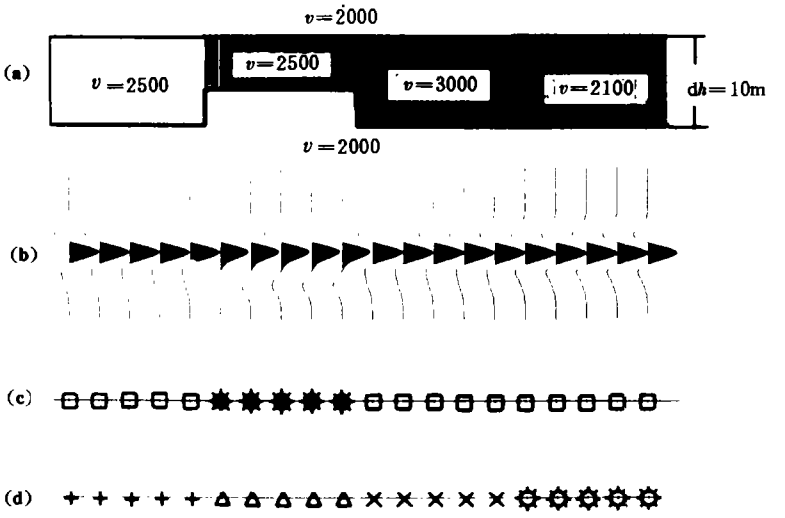


图 2　模型分析

(a)为地质模型;(b)为模型的地震响应;(c)为用改进前的 FNN 判别分析结果,
图中显示出两类;(d)用改进后的自组织神经网络判别分析结果,图中显示出四类,与模型一致

油气后振幅变弱(暗点型)"的方法,在砂体高部位(振幅变弱带)钻探 2 号井(图 3),结果砂体相变为粉砂岩,未见显示。以 B13 砂体作为微相划分的对象,根据映射密度图和谱系结构图(见图 1),结合该区的沉积特点,从两类相带中划分出了砂体相变边界(图 4),在此基础上进一步划分出三类相带(图 5)。并结合地质分析认为,构造背景主体部位继承发育,湖盆分期水进,岸线南移,斜坡部位形成上倾尖灭砂岩体,低部位粒度粗,高部位粒度细。位于低部位的 1 号井油水同出,高部位的 3 号井岩性变细,储集条件较差,而中间部位岩性和位置对油气储集都有利(图 6)。因此,圈出了有利含油范围,设计钻探的 3 号井在目的层获工业油气流,日产折合原油 23t,上报石油储量 108 万 t。

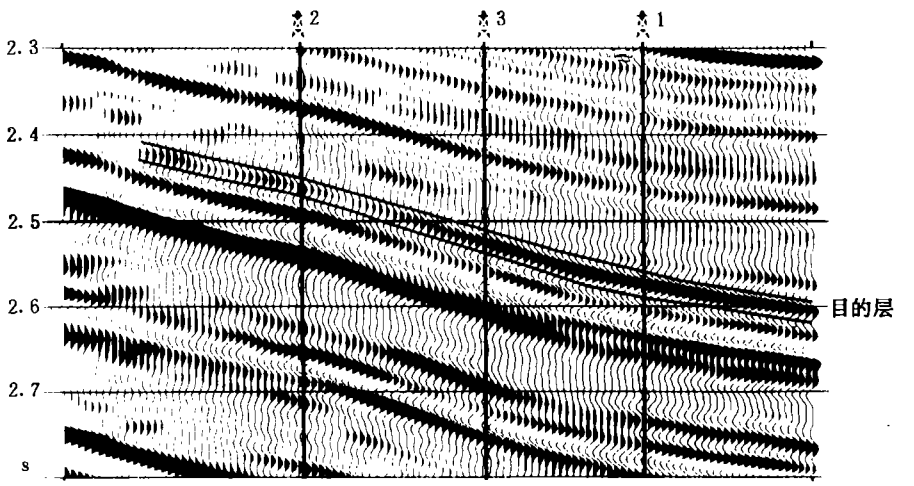


图 3　过井剖面的目的层振幅变化

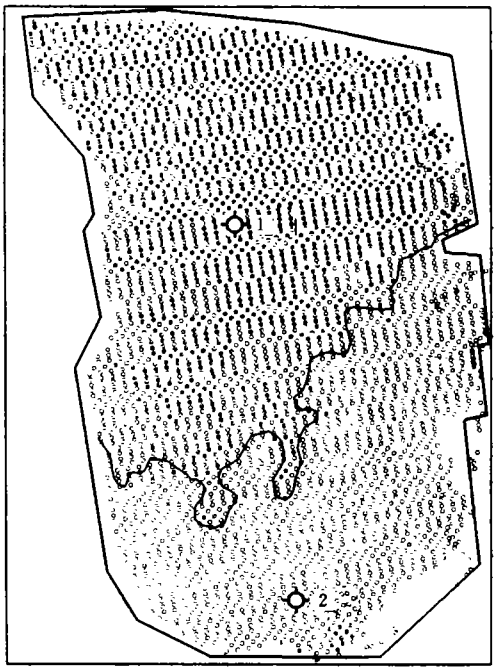


图4 两类相带的划分结果

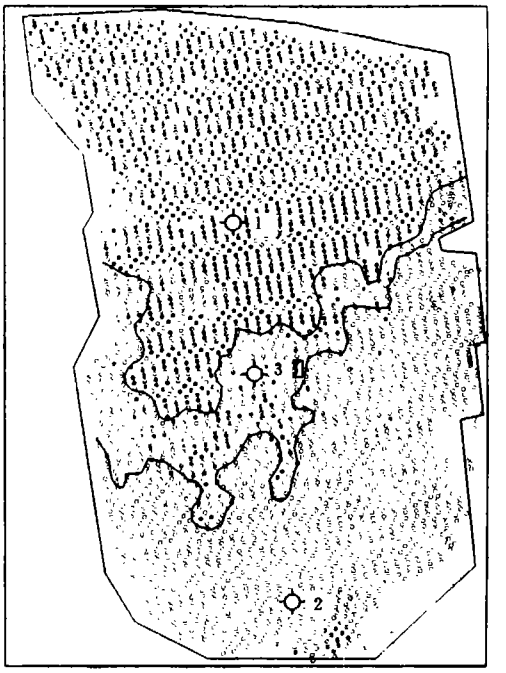


图5 三类相带划分结果

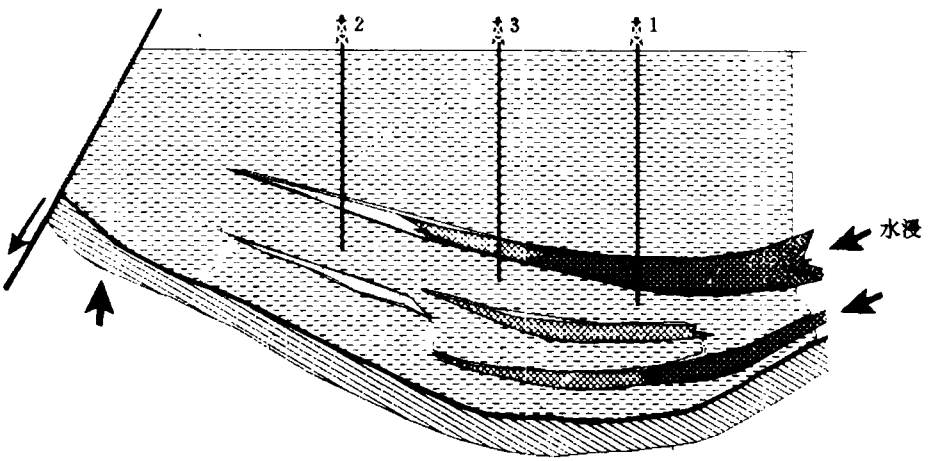


图6 根据模型地震微相划分结果和地质分析得出的地质模式示意图

结 论

应用改进的自组织神经网络划分地震微相，根据地震参数定量分析，克服了以往手工划分地震微相人为性大的缺陷，同时也避免了监督型聚类分析可能造成强行分类的恶果，既实现了动态聚类，最终类别间的亲近关系也明显。在大港油田部分地区试用后，效果比较理想。但是

（下转第100页）

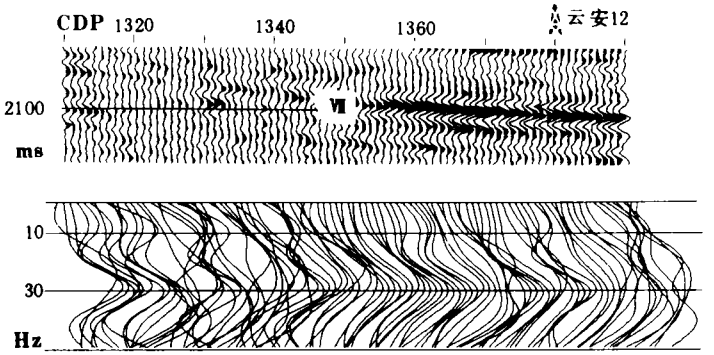


图 8 过云安 12 井的 D87F 测线叠加剖面段及其连续频谱

结 论

(1)川东石炭系圈闭类型可分为构造圈闭及地层—构造复合圈闭。前者又可分为主体背斜及潜伏背斜两个亚类。

(2)主体背斜圈闭的气水界面受断层溢出点控制;潜伏背斜圈闭受最低圈闭线控制;地层—构造复合圈闭的气水边界尚未探明,可能与潜伏背斜圈闭一致。

(3)根据这些圈闭的气水分布特征,利用地震连续频谱分析技术,可预测圈闭的气水边界。

(4)连续频谱分析技术,既可用于预测气水界面,又可用于预测储层横向变化,进而发现及预测石炭系岩性圈闭。

参 考 文 献

1 陆基孟等编. 地震勘探原理,石油工业出版社,1982
2 奈德尔 N S 等编. 褶皱模型,石油工业出版社,1986
3 路中侃等. 川东地区石炭系气水分布规律及保存条件. 天然气工业,1994,14(增刊)

(上接第 94 页)

我们也应该注意到,运用该方法要将地震微相转化为相应的沉积相,必须将模型、测井和地质分析紧密结合,才能赋予明确的地质意义。

参 考 文 献

1 陈遵德,朱广生. Kohonen 网络在油气横向预测中的应用. 石油物探,1995,30(2)
2 周成当,成菊安. 模糊神经网络岩性识别系统. 江汉石油学院学报,1993,15(4)

作 者 介 绍

陈恭伟　工程师，1958 年生，1980 年毕业于江汉石油地质学校物探专业。现在石油地球物理勘探局第二地质调查处勘探科工作。目前在中国地质大学攻读硕士研究生。

梁传坤　高级工程师，1961 年生，1982 年毕业于长春地质学院应用地球物理系，发表过多篇论文。现在地质矿产部第四物探大队从事地震资料解释及方法研究工作，任综合研究院总工程师。

沈铁龙　高级工程师，1940 年生，1964 年毕业于北京地质学院物探系。现在浙江石油勘探处从事大地电磁测深工作。

陈联林　高级工程师，1939 年生，1965 年毕业于北京石油学院物探专业，发表过多篇论文。现在福建省轻纺工业设计院从事岩土工程工作。

曹来圣　工程师，1968 年生，1990 年毕业于石油大学（华东）勘探系物探专业，先后从事过地震资料采集、处理、解释工作。现在石油地球物理勘探局第一地质调查处物探地质研究所从事地震资料解释及方法研究工作。

刘连升　助理工程师，1967 年生，1993 年毕业于西安地质学院勘查地球物理专业，获硕士学位。现在石油地球物理勘探局研究院从事地震资料高分辨率处理方法的研究工作。

吕景贵　工程师，1962 年生，1983 年毕业于吉林大学数学系，1991 年在哈尔滨工业大学获硕士学位。现在大庆油田物探研究所从事地震勘探数字处理方法及并行算法与应用的研究。

祝伟业　高级工程师，1951 年生，1979 年毕业于华东石油学院物探专业。现在辽河油田研究院勘探二所从事地震资料解释工作。

张鸿烈　高级工程师，1942 年生，1967 年毕业于成都地质学院物探专业。现在胜利石油管理局计算中心从事地震资料叠前信息处理研究及声波测井资料的处理等工作。

曹章明　高级工程师，1942 年生，1965 年毕业于北京石油学院勘探系地球物理专业。1986 年以前从事天然地震预报工作，1987 年以来，从事地震勘探资料处理及方法研究工作。现在 CNPC 北京地球软件技术开发公司从事物探方法的研究工作。

唐晓雪　助理工程师，1970 年生，1992 年毕业于西南石油学院物探专业。现在四川石油管理局地质调查处研究所从事裂缝性气藏转换波勘探方法的研究工作。

田子奇　工程师，1959 年生，1980 年毕业于江汉石油地质学校地震解释专业。现在长庆石油勘探局物探处研究所从事 VSP 资料处理与方法研究工作。

熊金良　高级工程师，1963 年生，1985 年毕业于江汉石油学院物探专业，发表过多篇论文。现任大港油田物探公司副经理，从事物探方法研究及技术管理工作。

詹治田　博士后，1964 年生，1994 年毕业于国立莫斯科大学地球物理专业，获博士学位，发表过多篇俄文学术论文。现在中国地质大学读博士后，主要从事油气圈闭描述综合分析系统研究。

刘力辉　工程师，1966 年生，1988 年毕业于石油大学物探专业，发表过两篇学术论文。现在大港油田物探公司从事地震资料解释和方法研究工作。目前在石油大学（北京）攻读硕士学位。

黄　平　工程师，1964 年生，1985 年毕业于成都地质学院物探专业，1991 年在西南石油学院获石油地质与勘探专业硕士学位。现在四川石油管理局研究院从事石炭系储层预测的研究工作。

刘　丽　工程师，1965 年生，1987 年毕业于长春地质学院物探专业，发表过多篇论文。现在地质矿产部西南石油地质局第二物探大队从事物探科技情报工作。

陆文凯　1969 年生，1991 年毕业于清华大学自动化系。现在石油大学攻读地球物理专业博士学位，主要研究人工智能在油气勘探中的应用。

顾先觉　工程师，1949 年生，1982 年毕业于西南石油学院石油地质专业。现在青海石油管理局研究院从事地震资料解释和油藏描述工作。

陈邃德　副教授，1956 年生，1988 年毕业于中国地质大学研究生院应用地球物理专业，获工学硕