

文章编号: 1001-6112(2000)01-0071-03

非震物化探综合信息油气预测研究

郭少斌¹, 刘庆海²

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国新星石油公司东北石油局, 长春 130062)

摘要: 由于构造油气藏相继被发现, 勘探重点向难度较大和成功率较低的各种隐蔽油气藏转移, 油气直接检测的研究便成为当今油气勘探领域的热点, 其方法是利用物探、化探手段检测油气产生的微观效应和异常。作者选择松辽盆地南部让字井地区作为实验区, 在层序地层、储层及断层封闭性研究及总结前人地表物化探油气预测经验的基础上, 选取化探酸解烃、 ΔC 、土壤热释光、测氦及土壤电导率进行了地表实际测量, 并利用 BP 和 SOM 两种神经网络方法对物化探综合信息进行了油气预测, 取得了良好的效果。

关键词: 油气预测; BP 和 SOM 神经网络; 综合信息

中图分类号: TE132.1

文献标识码: A

随着工业技术、计算机和新兴学科的发展以及构造油气藏相继被发现, 勘探重点向难度较大和成功率较低的各种隐蔽油气藏转移, 油气直接检测的研究便成为当今油气勘探领域的热点。其方法是利用物探、化探手段检测油气产生的微观效应和异常, 从而指示地下是否有油气聚集。就地震纵波勘探而言, 一是利用迭加后地震信息进行油气检测, 包括经典的亮点、暗点、平点及狭义的油气检测技术(HCL)、复数地震道技术及合成声波测井技术; 二是利用迭前地震资料进行检测, 即利用迭加前道集记录反射振幅随炮检距的变化检测油气(AVO技

(四) 与基础地质研究存在脱节。

作者在总结前人地表物化探油气预测经验的基础上^{[1]-[3]}, 将实测化探酸解烃、 ΔC 、土壤热释光、测氦及土壤电导率进行了优化组合, 采用 BP 和 SOM 两种神经网络方法进行了综合信息油气预测。

1 BP 和 SOM 网络的方法原理

BP(back propagation)^[4]网络主要是利用已知的学习样本集, 用误差反向传播算法进行训练并建成网络, 其学习分为正向学习和反向传播两个过程。

生产实践中的应用却显得很薄弱, 主要表现在以下几方面; ① 化探或物探单方法的油气预测开展得较多, 多方法(包括与地震)的同步结合不够, 尚缺乏系统性; ④ 在数据处理及综合预测方面所采用的手段较地震油气检测显得滞后, 单信息异常的求取一般为原始的统计均值加标准方差, 综合异常的获得靠的是几种信息的简单迭合或常规的数理统计法;

$$\sum_{k=1}^n$$

$$(P=1, 2, \dots, N)$$

式中: O_{PK} 为网络的实际输出, t_{PK} 为期望输出, m 为输出层节点数。只要调整连接权值 W 就可以使目标函数达到最小值。如果 BP 网络采用梯度下降法, 活化函数为 Sigmoid 的函数, 即:

收稿日期: 1999-01-31; 修订日期: 1999-10-26.

作者简介: 郭少斌(1962-), 男, 山东福山人, 博士后, 副教授, 主要从事石油地质及数学地质的研究.

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

输出层与隐层之间的调整权值方法为:

$$\Delta_P W_{Kj} = - \eta \frac{\partial E}{\partial W_{Kj}} = \eta \delta_{PK} O_{Pj}$$

$$(K = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, N)$$

其中: M 为输出层节点数, N 为隐层节点数, η 为学习率。而

$$\delta_{PK} = (t_{PK} - O_{PK})(1 - O_{PK}) O_{PK}$$

隐层与输入层之间调整权值方法为:

$$\Delta_P W_{ji} = - \eta \frac{\partial E}{\partial W_{ji}} = \eta O_{Pj} (1 - O_{PK}) O_{Pi} \sum_{K=1}^M \delta_{PK} W_{Kj}$$

$$(i = 1, 2, \dots, L)$$

式中: L 为输入层节点数。

为了增加学习的稳定性, 减小权值振荡, 可在普通 BP 算法权值修改量上加一个动量项, 即:

$$\Delta_P W_{ji}(t+1) = \eta \delta_{PK} O_{Pi} + a \Delta_P W_{Kj}(t)$$

$$\Delta_P W_{ji}(t+1) = \eta O_{Pj} (1 - O_{Pj}) O_{Pi} \sum_{K=1}^M \delta_{PK} W_{Kj}(t) + a \Delta_P W_{ji}(t)$$

式中: a 为动量因子 ($0 < a < 1$)。

另外, 还采用了自适应调整 η 的值, 从而加快网络的收敛速度。在误差曲面平缓的区域, η 要大一些, 在误差曲面陡变的区域, η 应小一些。在迭代开始时, 采用一个小的学习因子, 每迭代一步都要考虑总误差值是否下降。

如果 $E(t) \leq E(t-1)$, 则

$$\eta(t+1) = a\eta(t) \quad (a > 1)$$

如果 $E(t) > E(t+1)$, 则

$$\eta(t+1) = b\eta(t) \quad (0 < b < 1)$$

SOM (self-organizing map) 网络是一种具有自学习功能的神经网络, 由两层组成, 输入层中神经元在一维空间中排列, 而输出层的神经元可以是多维的, 并且输出节点广泛互连。输入层节点输出层节点之间经权 W 相连接。通过自适应、自组织学习不断调整权 W , 使得网络在稳定时, 每一邻域的所有节点对某种输入具有相同的输出。该网络实际上是一种非线性映射, 其学习过程为:

(1) 给出初始权向量 $W_i (i = 1, 2, \dots, P)$, 并选定输出节点的初始邻域的大小。

(2) 输入模式, 对每个输入向量 $X = (X_1, X_2, \dots, X_m)$ 计算空间距离 d_j :

$$d_j = \sum_{i=0}^{N-1} (X_i - W_{ij})^2$$

式中: X_i 是节点 i 的输入, W_{ij} 是输入节点 i 与输出节点 j 的连接权, N 是输入节点的数目, 然后选择满足 $d_{j_{\min}}$ 的节点 K 。

(3) 调整节点 j 和其邻域节点的连接权

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \eta (X_i - W_{ij}(t)) \quad (j \in K)$$

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) \quad (j \notin K)$$

式中: η 为衰减因子。

(4) 返回到第 2 步, 直到满足 $(X_i - W_{ij})^2 < \epsilon$ (ϵ 为确定精度)。

经过自学习后, 每个输出神经元仅对固定的一类输入作出响应, 响应点的位置在学习过程中逐步变得有秩序, 相似输入的响应在空间上靠近, 而不相似输入的响应位置是远离的, 从而达到分类之目的。

2 石油地质特征及应用实例

让字井地区位于新立油田南侧(图 1), 构造隶属于扶新隆起带新立构造倾没端。其中泉头组顶面 (T_2) 呈一西南倾鼻状构造, 构造上倾和下倾方向均发育北西向断裂带, 形成中部为断垒区、两侧为断堑区的垒堑相间构造面貌。姚家组顶面 (T_1) 基本保持了这一构造格局, 但断层不太发育, 并相对集中在构造上顶部位, 呈北西走向断续分布, 延伸较短。扶余

油层所处的泉四段发育的砂体为三角洲前缘水下分支河道及席状砂, 钻遇该油层探井 10 口, 获工业油流井 3 口, 少量油流井 6 口, 油藏类型为在断堑背景下由砂体控制的岩性油藏。葡萄花油层所处的姚一段处于不稳定的滨浅湖沉积, 发育的砂体为不同时期废弃的小型三角洲经湖水改造后形成的滨岸砂坝沉积, 钻遇该油层探井 16 口, 获工业油流井 3 口, 少量油流井 2 口, 油藏类型属于构造背景下的岩性油藏。

利用研究区已知油井、水井作为学习样本, 对已知井分成 0 和 1 两类, 分别表示油井及水井(或低产井), 同时附以每口井日产能(表略), 在对实测物化探参数一化的基础上, 采用三层 BP 网络(其输入层、隐层和输出层的节点数分别为 5、10、1), 分别进行了有利与不利(图 2a)及产能约束预测(图 2b), 最后选择具有自学习自组织功能的 SOM 网络进行了分类和聚类(图 2c)。

3 主要认识及存在部题

(1) 从图 2a 中可看出, 简单地区分有利与不利的预测, 结果大部分为有利区段, 与实际不吻合。因在 25~35 点范围钻探证实无油气, 图 2b 与实际钻探基本吻合, 从而证明 BP 网络在产能约束预测方面效果好于简单地区分有利与不利。通过比较各参

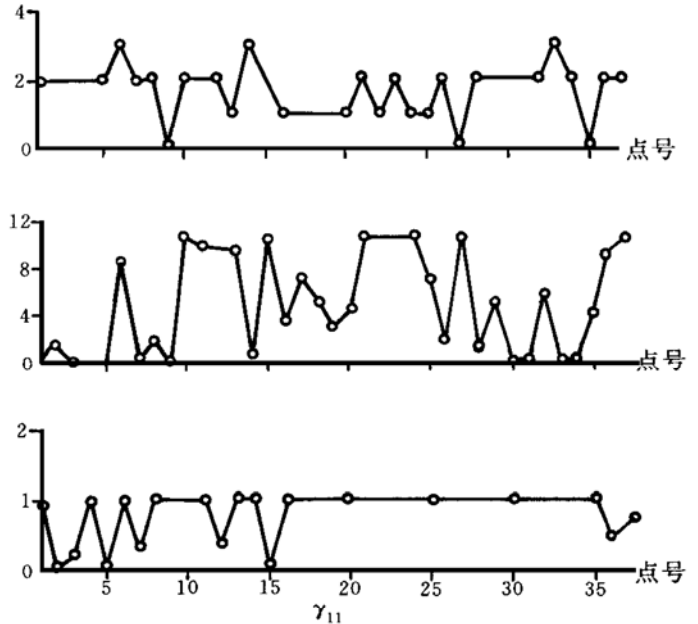


图 2 神经网络油气预测剖面图

Fig. 2 Profiles of hydrocarbon prediction by neural networks

数的权值, 发现土壤热释光、测氦较土壤电导率、化探的数值大, 说明前两种方法优于后两者。

(2) SOM 网络因其能进行无导师的竞争学习而优于 BP 网络。该网络只适用于勘探初期, 给出一个粗略的预测结果。但在样本数较多的情况下, 分类往往较分散, 具有一定多解性。

(3) 目前非震物化探方法只能预测油气藏范围, 而不能确定其埋深及油层组合, 加之还存在单一参数的多解性。所以, 作者提出油气勘探的战略思想是: 在具备一定勘探程度的地区, 应加强地表物化探的普查和详查工作, 在圈定的异常区内附以地震特殊处理, 既或节省经费, 也可提高钻探成功率。

致谢: 该项工作的研究是在王世称、杨宝俊两位教授的指导下完成的, 并得到物探局二处施继承及中国地质大学(武汉)玉宝仁教授的大力支持, 在此一并致谢。

参考文献:

[1] 程业勋, 章晔, 王南萍, 等. 土壤天然热释光测量在油田勘探中的初步应用[J]. 物探与化探, 1996, 20(4): 288~294.
 [2] 王宝仁, 张建国, 李永涛. 直接寻找油气田的土壤综合物探方法技术[J]. 地质科技情报, 1998, 17(1): 79~84.
 [3] 郭少斌, 孙春岩. 模糊评判法在地质物化探多数评价油气藏中的应用[J]. 石油勘探与开发, 1992, 19(增): 106~111.
 [4] 胡上序, 程翼宇. 人工神经元计算导论[M]. 北京: 科学出版社, 1994.

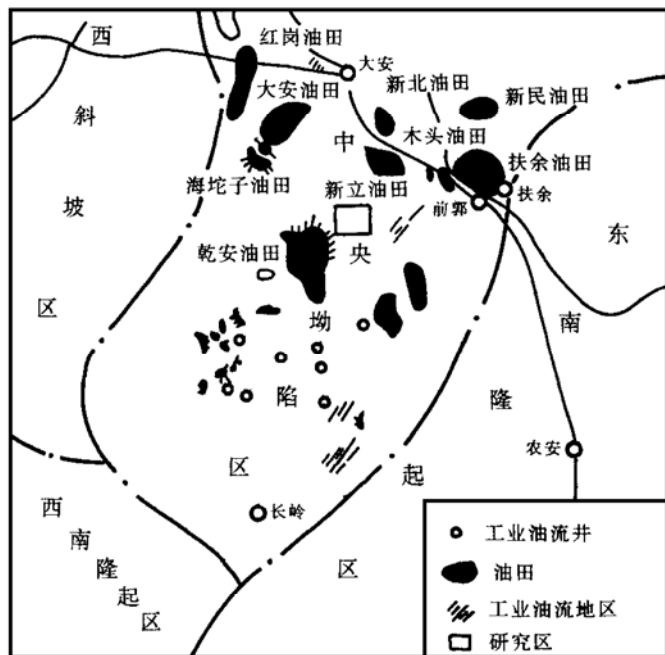


图 1 研究区位置图

Fig. 1 Location of the study area