

如何应用人工神经网络进行油气预测

杨建礼 周杰

(中原石油勘探局勘探开发研究院)

摘要

杨建礼,周杰. 如何应用人工神经网络进行油气预测. 石油地球物理勘探, 1998, 33(增刊1): 141~144

利用人工神经网络(ANN)作烃类检测是近年来兴起的一项新的油气预测技术,但由于人们在使用过程中忽略了该项技术的应用条件以及预测结果的稳健性和多解性,导致预测结果不理想。为此,本文较为深入地探讨了ANN油气预测的应用条件,分析了其预测结果的稳健性和多解性,并为如何较好地应用ANN进行油气预测提出了建议。

关键词 人工神经网络 油气预测 应用条件 稳健性 多解性

引言

人工神经网络是近年来发展起来的一项非线性技术,由于其具有并行处理能力,自组织、自学习能力,高度的鲁棒性、容错性,高度的映射和分类能力等优点,因此在石油勘探方面得到了广泛应用,并取得了一定的效果。

油气预测是一个非常复杂的问题,并受诸多因素的限制。在应用ANN进行油气预测时也存在下列问题:①应用条件,即什么条件下可以应用ANN检测油气?②稳健性,即判别曲线剧烈的振荡是否表示油气分布变化很大?③多解性,即预测结果是否都符合实际油气藏的分布规律?

但人们并未对上述问题给予应有的重视,即在应用ANN预测油气时全然不考虑其应用条件、稳健性和多解性,因此得到的预测结果往往不符合实际油气的分布规律。要想得到较好的效果,必须要作大量扎实的基础工作,充分考虑ANN的应用条件,并对预测结果的稳健性、多解性进行客观地分析评价。

针对上述问题,本文阐述了ANN油气预测的应用条件并分析了预测结果的稳健性和多解性。

应用ANN进行油气预测的应用条件

地震资料的质量较高

应用ANN进行油气预测必须具有质量较高的地震资料,即高信噪比、高保真度和较高的

一致性。如果信噪比不高,有效波的动力学信息就会淹没在噪声中,则预测结果肯定很差。关于信噪比,李庆忠院士进行了理论记录分析后认为,只有在记录信噪比高于4时,才有可能进行地震地层学的解释(也包括油气预测,笔者注);M. M. 巴克斯也曾指出,用地震资料进行油气预测,必须要求地震资料有很高的信噪比,只有这样才有可能分辨出反射系数低于0.1甚至在0.01以下的微弱反射系数的变化。因此,要尽可能地提高分辨率,以提高对薄层气层的分辨能力。

关于保真度,陈祖传指出,在广泛应用新技术进行横向预测时,如果不注意频率成分和振幅的保真程度,就有可能为振幅陷阱所困惑,从而导致错误的解释。高保真的目的就是要消除各类噪声对振幅的影响,保留地下反射系数与振幅的正确对应关系,保持反映地下岩性、含油气性等地质特性的频谱和振幅信息。

地震资料要有较高的一致性。ANN油气预测的两个关键是样本和特征参数。如果地震资料的一致性较好,便能较好地将有油气显示的样本与无油气显示的样本区分开;如果一致性差,则好样本与差样本可能表现出相同的特征,这样就有可能出现矛盾的预测结果。二维地震资料的一致性往往较差,必须要作归一化处理。无论是二维还是三维地震资料,要想得到较高的一致性就要保持采集、处理流程的一致性和统一性。

此外,预测区的构造也不能太复杂。如果构造非常复杂、破碎以致于地震同相轴都难以追踪,那么预测结果是可想而知的。如果是断块区,必须要求断点清楚,断块内地震同相轴基本可以追踪。

样本质量要高且具有差异

在ANN油气预测中,样本的质量至关重要,它关系到油气预测的成败。那么一般情况下哪些井不能作为样本呢?下面两类井一般不能作为样本:一是断层附近的井,因为这些井的油气层段有时可能断缺一部分,再加上断层的影响,井旁地震特征参数不易准确提取,使得井旁提取的地震特征参数难以准确反映含油气特征;二是破碎带(低连续性)附近的井,因为在这种地带很难确定哪一个相位来代表油气层,在井旁地震道提取的特征参数未必能反映油气藏。

代表含油气样本与代表不含油气样本的地震特征参数必须具有差异,只有符合这种条件的井才能作为样本。如果不满足这一条件,即有油气井与无油气井的井旁地震特征参数没有什么差异,那么这些特征参数就无法分辨是否含油气。

当然样本具有代表性更好,但我们并不强调样本具有代表性,这是因为某口具有代表性的井只能代表预测区内某类油藏的特征,而预测区内的油藏类型可能不只一种。油气预测问题实质上是一个分类问题,最终都要分成两种类别,即含油气和不含油气。因此所利用的地震信息都是反映储层(包括流体)的,也都是储层(包括流体)的反映。举个例子,某预测区三角洲前缘亚相又细分为分流河道砂、河口坝等微相。假设已完钻了4口井 X_1 、 X_2 、 X_3 和 X_4 , X_1 、 X_2 分别钻到河道砂中部及河道间泥岩, X_1 有油而 X_2 无油; X_3 、 X_4 分别钻到河口坝的高部位和低部位, X_3 有油而 X_4 无油。虽然 X_2 和 X_4 都没有油,但分别代表了两种沉积类型——河道间泥岩和河口坝砂岩,在地震特征参数上反映出不同的特征,也就是说不含油的特征是不一样的。同样,虽然 X_1 和 X_3 井都含油,但它们也代表了两种不同的类型。但由于ANN的一个显著特点就是具有自组织、自学习的能力,高度的映射和分类能力,它能够将不同类型(特征)的油气识别出来,也就是说尽管含油气特征不同,但ANN的输出都是含有油气的。因此,我们不强调样

本的代表性。这也正是与传统的基于统计学原理的模式识别所不同的,传统的基于统计原理的模式识别强调样本的代表性,即所有的含油气井(或不含油气井)都应具有基本相同的地震特征参数,而实际情况并不是所有的含油气井(或不含油气井)都具有相同的特征。这表明利用 ANN 预测油气优于传统的模式识别。

高质量的特征参数(有效特征参数)

作为 ANN 输入部分的特征参数是油气预测所利用的信息,其质量的高低(或有效性)直接关系到预测效果的好坏。

地震反射波动力学的基本参数有三个,即振幅、频率和相位。而像功率谱、信噪比、中心频率、平均频率等都是由这三个基本参数派生出来的。储层含油气以后必然引起这些参数产生异常,这便是我们利用 ANN 方法预测油气的物理基础。

目前地震特征参数的来源主要是由地震记录直接开窗提取的。这种方法一般是沿目的层的上、下开一个时窗,时窗大小通常是 30~50ms,然后再利用傅氏变换提取时窗内的地震特征参数。假设地层层速度为 3000m/s,则这种时窗代表的地层厚度约为 90~150m,而勘探上一般划分的含油气砂组厚度都远小于这个厚度,所以采用这种方法提取的地震特征参数只有在一定条件下(油气层厚度比较大)是有效的。笔者认为采用另外一种方法提取的特征参数更为有效,即沿层地震参数,如振幅、频率、阻抗、速度、密度(后三种是由地震数据直接反演得到的)等,上述几种参数不仅可靠而且分辨率高。同样假设层速度为 3000m/s,目的层主频为 30Hz,按调谐厚度 $\lambda/4$ 计算,地震的纵向分辨率为 25m,这个厚度与一般划分的含油气砂组比较接近,当然地震特征参数就更能反映储层含油气后的变化了。此外,利用小波变换代替傅氏变换也可以提高时窗特征参数的分辨率。

如何确定哪些特征参数是有效的,即选择什么样的地震参数作为 ANN 输入的特征参数呢?理论上讲,如果某一参数是与含油气性有关的,则它在有油气井和无油气井处的特征应不一样,且在横向上一般也有变化。也就是说如果选择这个参数作为特征参数进行学习、训练和预测,那么它应当与已知井含油气性相吻合。而实际上,即使这个参数与含油气性有关,但由于受分辨率的限制,它未必能够分辨出含油气性。也就是说它不能使预测结果与已知井含油气性相吻合,这样的参数就不是有效的特征参数。选择有效特征参数的原则是,首先作为有效特征参数应当与含油气性有关;然后将预测区内的已知井(符合样本条件的井)分成两类(3口井以上),一类作为样本井,另一类作为检验井,通过学习、训练后,如果预测结果与检验井相吻合,则认为所使用的特征参数是有效的。

围岩基本稳定

由于地震特征参数代表储层段的上、下岩性,因此,岩相基本稳定是利用 ANN 进行油气预测的又一个前提条件。只有这样,地震特征参数的变化才可以认为是由储层及所含流体的变化所引起的。

正确认识多解性

多解性是地球物理算法中普遍存在的问题,利用 ANN 进行油气预测也同样具有多解性。由于一般情况下给定的样本不多,而 ANN 所建立的分类是基于少量的样本,不能概括所有的

油气藏特征,只能是一种近似。样本越多,则多解性越少;油藏类型越简单,多解性也越少。因此在应用 ANN 预测油气时,应利用预测结果指导钻井,再将新井补充到样本集中,再进行学习、训练、预测钻探。这样,不断补充新的样本,使预测结果逐渐接近实际,趋于准确。

预测结果的稳健性

ANN 预测油气曲线(或判别曲线)有时剧烈振荡,忽高忽低,这就涉及到预测结果的稳健性问题。一般情况下,实际的地下油气分布不可能在很小区域内剧烈地变化,或从有油到无油频繁地变化。因此这种剧烈的振荡是不符合油气分布规律的。为了解决这个问题,可采取以下做法:首先设计更加合理的 ANN 数学模型。目前 ANN 预测油气采用的大多是 BP 网络,是从其它领域引伸过来的,并不是专门根据地震资料的特点针对油气预测问题而设计的,其网络结构并不能完全适用于地震油气预测,所以要有针对性地设计专门的网络;其次是对预测曲线通过中值平滑滤波,减少曲线振荡,使其更符合地下油气分布规律;最后还要利用已有的地质知识去检查预测结果的合理性,去伪存真,使预测结果更加符合油气分布的地质规律。

结 束 语

油气预测是一个非常复杂的难题,因此应用 ANN 进行油气预测时必须要考虑其应用条件,选择高质量样本和有效的特征参数,认真分析其多解性和稳健性,并根据各种类型油气藏分布规律去检查预测结果的合理性,只有这样才能得到好的效果,从而提高勘探开发的效益。

利用 ANN 进行油气预测,是 AVO 分析技术以外的又一种较好的方法。然而随着储层预测和储层描述的发展,需要对含油气性作出预测或描述,而该方法还欠成熟,有待于进一步地开发和完善。

参 考 文 献

- 1 乐小陶. 现行地震法油气预测技术应用条件探讨. 石油地球物理勘探, 1996, 31(4): 597~601
- 2 牛毓荃. 地震勘探技术的新进展. 石油物探新技术系列调研成果, 石油工业出版社, 1996

地质研究院从事解释系统的应用工作。

严建文 工程师,1966年生,1989年毕业于中国地质大学(武汉)应用地球物理专业。曾发表过多篇译文。现在中国新星石油公司物探研究所工作。

李国发 工程师,1966年生,1987年毕业于长春地质学院应用地球物理系。曾从事提高地震资料信噪比与分辨率的研究。现在大港油田集团物探公司计算中心从事地震资料处理新技术开发与研究工作。

陆文凯 讲师,1969年生,1991年毕业于清华大学自动化系,1996年毕业于石油大学(北京)应用地球物理专业,获博士学位。现在清华大学自动化系从事人工智能、神经网络、图像处理在地震资料和测井资料处理中的应用研究工作。

徐常练 高级工程师,1956年生,1984年获石油大学(北京)应用地球物理硕士学位。一直在石油地球物理勘探局研究院从事智能化速度谱、三维多参量速度谱的研制及中值处理方法的推广工作。现在中国地质大学(北京)攻读博士学位。

杨建礼 工程师,1965年生,1988年毕业于江汉石油学院物探专业。曾获局科技进步一等奖,发表过多篇论文。现在中原石油勘探局研究院从事油藏

描述、储层预测研究工作。

孔炜 工程师,1968年生,1989年毕业于青岛海洋大学物探专业,1997年获西南石油学院物探专业硕士学位。现在吉林石油集团公司勘探开发研究院从事地震资料处理与解释工作。

安四喜 高级工程师,1960年生,1982年毕业于河北地质学院物探专业。曾从事大地电磁测深资料的采集、处理工作。现在石油地球物理勘探局第五地质调查处从事电法生产技术的管理工作。

徐维秀 工程师,1966年生,1989年毕业于重庆大学应用数学专业。一直从事物探方法研究及应用软件的开发。现在胜利石油管理局物探公司从事国家863项目“油气勘探开发综合分析评估系统”的研制工作。

李红桃 工程师,1962年生,1986年毕业于长春地质学院物探专业。现在地质矿产部第四物探大队综合研究院从事SUN工作站系统的维护及地震资料人机联作解释工作。

岳永霞 工程师,1962年生,1981年毕业于石油物探学校计算机专业。曾获部级优秀成果三等奖。现在石油地球物理勘探局勘探处从事石油地震勘探数据库管理工作。