

神经网络在声发射检测中的应用

阳能军 王汉功 刘晓方 张霞

(第二炮兵工程学院, 陕西西安, 710025)

摘要 将神经网络技术应用于声发射检测是近年来声发射领域的一个重要研究方向。本文分析了运用神经网络技术进行声发射检测的基本原理, 介绍了声发射检测中几种常用的神经网络模型, 探讨了该领域的发展前景, 指出了在声发射检测中应用神经网络技术需要的几个问题。

关键词 声发射 无损检测 神经网络

1 引言

自从德国科学家 Kaiser 于上世纪五十年代发现声发射现象的不可逆效应以来, 声发射作为一种新兴的无损检测技术得到了快速发展。尤其是近二十年来, 随着传感器、信号处理和计算机等相关技术的发展, 声发射技术正日趋完善, 其应用领域也越来越广。但是, 工程实际中的问题往往比较复杂, 尤其对大型复杂设备而言, 影响声发射检测的因素多, 应用传统的分析方法和理论有时很难得到的满意的结果。神经网络技术的兴起为解决这类问题开辟了途径。

神经网络, 又称为人工神经网络, 是近年来发展起来的一门交叉学科, 它是一种以物理上可以实现的器件、系统或现有的计算机来模拟人脑的结构和功能的人工系统^[1]。由于神经网络具有自学习、自组织、联想记忆及容错等特点, 可以较好地处理不确定的、矛盾的、甚至错误的信息, 因此在声发射检测领域受到广泛关注^[2]。

2 运用神经网络进行声发射检测的基本原理

对机械设备进行声发射检测实质上是一个模式识别和模式分类问题, 也就是把征兆空间 X 的向量 (声发射信号的参数) 映射到状态空间 Y , 即实现空间 X 到空间 Y 的映射:

$$F: X \rightarrow Y$$

通常, 映射关系 F 是未知的。运用神经网络, 通过学习输入到输出的样本集, 可以实现输入到输出的这种映射关系, 其作用机理如图 1 所示。

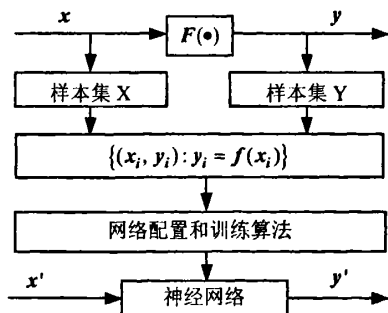


图 1 神经网络映射机理

显然, 这种映射是一个系统辨识问题。以单隐层感知器网络为例, 设隐含层中第 i 个神经元节点的输入为:

$$I_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j + \theta_i = W_i^T X + \theta_i \quad (1)$$

式中, $W_i = [w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}]^T$, $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ 。

假设隐含层单元的作用函数为阈值型:

$$y_i = f(I_i) = \begin{cases} 1, & I_i > I_0 \\ 0, & I_i = I_0 \\ -1, & I_i < I_0 \end{cases} \quad (2)$$

显然, $I_i = I_0$ (即 $y_i = 0$) 时, 式 (1) 对应模式空间中的一个超平面, 它将模式空间分为两个部分。该超平面的位置由参数 W_i 和 θ 确定。网络学习的过程, 实质上就是调整参数 (W_i, θ) 的过程, 也就是对应于超平面的位置 (平移) 和取向 (旋转) 不断调整的过程。

当神经元作用函数 $y_i = f(I_i)$ 采用其他非线性函数时, 模式空间将可能按超球、超抛物面等多种超曲面划分。

在多个神经元节点 (超平面或超曲面) 的作用下, 模式空间将被划分为若干区域, 使得 n 维的输入模式可映射到任意 m 维的输出模式。这样, 任何待识别的模式将匹配到其最接近的区域。神经网络用于故障诊断的机理也在于此。

对于线性可分问题, 当训练样本数为 N 时, 若隐单元数大于 $N-1$, 则网络能够实现所需的映射关系^[3]。从理论上讲, 隐单元数越多, 模式空间被划分得越细^[4]。

3 声发射检测中几种常用的神经网络模型

在声发射检测中, 神经网络技术主要用于信号特征提取、模式识别以及声发射源定位等几个方面^[1, 5, 6, 7]。目前已有多种神经网络模型用于声发射检测, 常用的有以下几种:

3.1 BP 网络

BP 网络由输入层、中间层 (隐含层) 和输出层组成 (图 2)。其学习过程按梯度算法进行, 包括正向传播和反向传播。在正向传播过程中, 每层神经元的状态只影响下一层神经元的状态, 若输出层不能由此得到期望的输出, 则转入反向传播, 将误差信号沿原连接路径反向回传, 通过修改各层神经元的连接权值, 使得误差信号达到最小。

目前, BP 网络在声发射的信号模式识别中应用最多, 理论也日趋成熟, 但尚处于实验研究阶段。该网络的缺点是收敛速度慢, 容易陷入局部极小^[6]。为提高网络收敛速度, 可适当减小网络规模, 并调整网络参数。

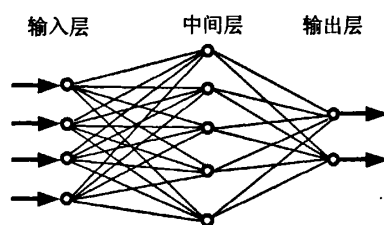


图 2 BP 网络的结构模型

3.2 RBF 网络

RBF 网络由三层组成 (图 3), 其隐含层执行的是一种固定不变的非线性变换, 常用高斯函数实现。具体过程为: 先用 K 近邻聚类算法确定隐含层各节点高斯函数的中心值和标准化常数, 然后计算隐含层到输出层的连接权值, 并使误差函数达到最小。该网络可以用线性最小平方方法确定隐含层至输出层间的连接权, 因而学习速度比 BP 网络快, 且逼近精度较高。

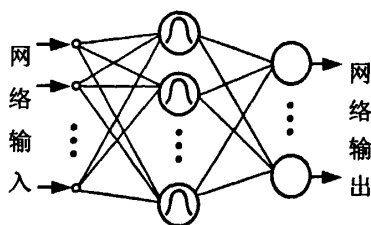


图 3 RBF 网络结构模型

3.3 Hamming 网络

Hamming 网络由输入层和竞争层组成 (图 4), 输入层计算标准模式与输入模式之间的 Hamming 距离, 竞争层完成对输入模式的分类。该网络收敛速度快, 但由于标准模式难以确定, 因而应用受到限制, 一般将它与 BP 网络结合起来 (BP-Hamming 网络), 这样可以大大降低网络的训练时间, 且不用大量的样本作统计分析。

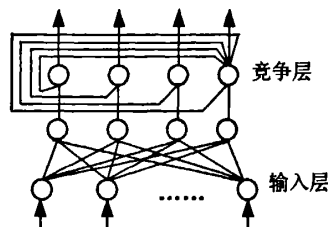


图 4 Hamming 网络结构模型

4 需要解决的几个问题

神经网络理论是一个新兴的研究领域, 它为开展声发射检测提供了强有力的技术手段和方法, 其应用前景十分广阔。目前, 运用神经网络技术进行声发射检测需要解决的问题主要有:

(1) 神经网络模型的改进、层数与隐层单元数的确定以及迭代步长的选取等问题。这些都不同

程度地影响网络的收敛速度及诊断精度。

(2) 多种模式求解中的故障组合爆炸问题。对于大型复杂设备,模式的组合将使解的搜索空间变得非常巨大,从而使求解过程的工作量增大,甚至难以实现,因此,需要寻找一种方法来解决传统智能化诊断推理中的非线性组合优化问题,以提高声发射检测的效率。

(3) 全方位监测和诊断的有关问题。一个完善的系统通常由若干子系统组成,系统的分层、分块特性使得需要监测的部位非常多,目前的方法大多是局部监测和诊断,随着设备监测和诊断要求的提高,研究全方位监测、诊断的有关理论和方法势在必行。

参 考 文 献

- [1] 易若翔,刘时风,耿荣生,沈功田. 神经网络在声发射检测中的应用. 无损检测, 2002, 24 (11): 488-491
- [2] 何雨侯、闫桂荣等, 基于神经网络的电机状态监测与早期故障诊断, 电工技术学报, 1997, 12 (5): 41-44
- [3] Arai M. Mapping Abilities of Three-layered Neural Networks, IJCNN, 1989, II: 419-423
- [4] 虞和济、陈长征等, 基于神经网络的智能诊断, 冶金工业出版社, 2001, 126-128
- [5] 李家林, 董云朝, 马羽宽. 声发射源特性的神经网络模式识别研究. 无损检测, 2001, 23 (6): 231-233
- [6] 沈功田, 段庆儒, 周裕峰, 李帮宪等. 压力容器声发射信号神经网络模式识别方法的研究. 无损检测, 2001, 23 (4): 144-146
- [7] 侯素霞, 罗积军, 徐军, 王汉功. 神经网络在声发射信号模式识别中的应用. 应用声学, 2003, 22 (1): 231-233
- [8] Kung S Y & Hwang J N, An Algebraic Projection Analysis for Optional Hidden Units Size and Learning Rates in Back-Propagation Learning. IEEE, 1991, I: 363-370

APPLICATION OF NEURAL NETWORK IN ACOUSTIC EMISSION TEST

Yang Nengjun Wang Hangong Liu Xiaofang Zhang Xia
(Second Artillery Engineering College, Xi'an, 710025)

Abstract The application of neural network is a important direction of acoustic emission(AE) technology. The basic theory of AE test with neural network is analyzed in this paper, and several neural network models are introduced. The foreground of this branch is discussed, and a lot of problems need to be solved in this domain are also pointed out.

Key words acoustic emission (AE), non-destructive test(NDT), neural network(NN)

作者: [阳能军](#), [王汉功](#), [刘晓方](#), [张霞](#)
作者单位: [第二炮兵工程学院, 陕西西安, 710025](#)

相似文献(10条)

- 会议论文** [沈功田, 戴光](#) [无损检测常压金属储罐声发射检测及评价方法](#) 2006
本文详细介绍了无损检测常压金属储罐声发射检测及评价方法, 本标准适用于新制造和在用地上金属储罐罐体与罐地板的声发射(AE)检测与评价。
- 会议论文** [蒋俊, 梁华, 王郁林, 邵峰, 易容](#) [柴油加氢装置的在线声发射检测与评定](#) 2006
通过对柴油加氢装置中选定的有代表性的塔、罐类型的容器同时进行在线声发射检测, 将声发射检测、无损检测复验与外部检验的结果进行综合分析, 确定该装置能否继续安全使用至下一检验周期。探索石化设备长周期运行中在线检验的方法, 并与下一次全面检验结果相比对, 证明了声发射方法检测到的有效定位源与容器中存在的活性缺陷有较好的一一对应关系, 总结出高温承压状态下温度和波导管对声发射信号的影响和内表面腐蚀缺陷所产生声发射信号的判别。
- 会议论文** [吕福堂, 武占军](#) [声发射检测在5000立方液氨球罐定期检验中的应用](#) 2006
通过对液氨球罐定期检验中水压试验的加载过程, 结合声发射检测技术的运用, 分析球罐的安全性能。探索声发射检测在大型球罐检验中的重要性。
- 会议论文** [沈功田](#) [压力容器声发射检测技术进展](#)
声发射技术是上世纪六十年代开始目前已成熟得到推广应用的一种无损检测方法, 它已被广泛应用于压力容器检测和结构的完整性评价。本文介绍了国内外压力容器声发射检测的发展史和现状。给出了压力容器用钢的声发射特性和压力容器的声发射检测方法, 综合分析了国内外压力容器声发射检测的标准、仪器和应用状况进展。最后指出了压力容器声发射检测的发展方向是在线监测和声发射信号的模式识别及人工神经网络模式识别分析。
- 会议论文** [赵媛媛, 陈亦维, 邹蓉, 忻水伟, 齐发致](#) [39.2MPa高压气瓶的声发射检测实践](#) 2004
声发射检测技术应用广泛, 灵敏度高, 可以监测压力容器裂纹扩展、焊缝缺陷开裂、焊接残余应力释放、内壁氧化层脱落等产生的声发射信号源, 并进行分析判断, 在压力容器无损检测领域有较强的实用价值。
本文介绍了使用声发射检测仪监测39.2MPa高压气瓶水压试验的实验过程及实验方法, 加载试验过程中的声发射监测和信号采集、声发射数据的分析和信号源的分类等, 并对试验中所发现的问题进行了讨论。
- 会议论文** [陶元宏, 关卫和, 李剑](#) [加氢反应器声发射检测与评定](#) 2006
针对石化行业关键设备加氢反应器运行安全, 在制造出厂和在用检修时进行耐压试验的同时进行声发射检测, 以提高加氢反应器的安全使用可靠性。本文给出5台加氢反应器的检测结果, 通过检测技术的不断改进和完善, 并辅以其它检测方法和评定, 可以很好地评价加氢反应器的安全状况。
- 会议论文** [陈积懋, 张颖](#) [模态声发射-无损检测诊断新工具](#) 2000
模态声发射是材料声发射检测的新方向, 它是传统的共振传感器参数声发射的巨大革新。在模态声发射中, 声发射波形被高度产地采样, 并按照导波理论和牛顿力原理进行测量和分析。从理论上, 模态声发射早地解决了一直阻碍声发射推广应用面临的一些问题, 诸如源定位不正确, 信号解释和噪声剔除困难; 从而, 极大的推进了声发射的现场应用。该文介绍了模态声发射检测技术的基本原理、信号特征、噪声剔除、源定位与识别等。
- 学位论文** [刘时风](#) [焊接缺陷声发射检测信号谱估计及人工神经网络模式识别研究](#) 1996
- 会议论文** [刘康林, 夏智富, 王金娥](#) [超高压聚乙烯反应管的声发射检测与评定](#) 2000
采用时差定位法确定声源的位置, 进而检测了反应管内的活性缺陷情况。针对反应管在内压作用下, 管壁出现屈服时会产生大量的低幅值连续型信号, 利用区域定位法确定声源的区域, 通过对两个通道的区域定位信号进行统计分析, 得到 Σ event- ρ 曲线, 并由该曲线确定了反应管的屈服内压。最后, 据实测结果对反应管的安全状况进行了评定。
- 期刊论文** [沈功田, 李金海](#) [压力容器无损检测—声发射检测技术—无损检测](#) 2004, 26(9)
声发射技术是20世纪60年代开始, 目前逐步成熟的一种无损检测方法, 已被广泛应用在压力容器检测和结构的完整性评价方面。文中简要介绍了国内外压力容器声发射检测的发展史和现状。给出了压力容器用钢的声发射特性和压力容器声发射检测方法, 综合分析了国内外压力容器声发射检测的标准、仪器和应用进展。最后指出了压力容器声发射检测的发展方向, 即在线监测、声发射信号的模式识别和人工神经网络模式识别分析。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_6889807.aspx

下载时间: 2010年5月31日