**1、超声波探伤信号处理研究现状（支持向量机与神经网络）**

[1]李良. 复合绝缘子超声波探伤信号处理方法研究[D].长沙理工大学,2020.DOI:10.26985/d.cnki.gcsjc.2019.000579.

在超声波检测中, 对超声波信号处理的关键问题是对缺陷的定位、定量、定性,目前, 国内外的研究人员对于缺陷的定位和定量等方面取得了很大的进展, 但是对于缺陷的定性始终是一个难题。超声检测中的信号处理技术主要包括信号的去噪方法、缺陷信号的特征提取以及缺陷信号的识别与分类。  
(1) 超声波探伤信号去噪方法的研究现状  
在超声波捡测时, 超声回波信号会受到材料中心产生的背景噪声和检测仪器产生的电噪声的干扰, 这些噪声可能会湮没微弱的缺陷信号。因此, 采用迠当的信号去噪方法抑制回波信号中的噪声, 有利于后绕的缺陷特征提取与缺陷类型识别。

上个世纪 80 年代开始, 小波分析和经验模态分解 (Empirical Mode Decomposition, EMD）由于良好的时频分析能力而被广泛的应用于超声信号处理领域。周西峰等 1 人199 针对传统小波会将细节信号当作噪声滤除的问题, 提出了基于提升小波变换的超声信号降噪方法, 该方法具有一定的效果。向东阳等 人分析了传统小波变换系数相关去噪方法的不足, 提出了改进相关系数的去噪方法, 仿真结果表明该算法能够很好的去除噪声并保留信号的边缘信息, 但缺乏实际信号的验证。李秋峰等 人采用 EMD 去噪法对粗晶材料超声检测信号消噪方法进行了研究, 通过分析 IMF 分量及其频诺笠选出部分有用分量进行重构, 该方法能够在一定程度上去除回波信号噪声。张樯等(m) 人提出了一种改进的 EMD 阈值去噪方法, 根据自相关系数找到各模态分量的分界点,并分别采用不同阔值对噪声含量不同的信号进行处理, 取得了较好的效果。

在采用以上方法对信号降噪时, 可能会丢失信号中的有用信息, 而缺陷识别的准确性与降噪的好坏有很大的关系。在研究降噪算法时, 需将不丢失有用信息、提高信噪比等因素考虑进去, 从目前来看, 很少有能够满足这些要求的超声信号降噪方法,所以, 对超声回波信号降噪方法进一步的研究是十分必要的。  
(2) 超声波缺陷信号特征提取的研究现状  
在超声检测中, 超声回波信号中含有缺陷信息, 将经过预处理的超声回波信号中的缺陷信息提取出来, 然后根据提取出的缺陷特征和缺陷类型之间的对应关系就可以确定缺陷的类型, 因此, 缺陷信号的特征提取对识别结果有很大的影响。  
Song 等 人通过对缺陷回波信号进行时域分析, 提取出了多个指标作为信号的特征, 如回波数量、回波到达波峰的时间、回波从峰值到消失的时间以及每一段波形的能量。Santos 等 人在时域内的回波信号波形中提取了波形峰值、持续时间和衰减率三个特征, 并用于识别不同的缺陷类型。Case 等 人将回波信号波形按照数理统计的思想划分为若干个波段，然后依次计算每个波段波形的平均值、到达峰值时间、从峰值到消失的时间和方差等指标作为信号个波段波形在时域的局部特征, 将整个波形计算得到的均值和方差等指标作为全局时域特征, 最后将局部特征和全局特征相结合,作为超声信号提出出的特征向量。

小波变换和小波包变换具有良好的时频局部化特性，因此适合对非平稳特性的超声回波信号进行时频特征提取。目前，有很多基于小波变换和小波包变换的特征提取方法。杨䏣等 人在对超声回波信号进行预处理后，采用基于双树复小波变换的频带局部能量特征提取方法提取初始特征向量，然后利用基于粗䊀集属性约简方法对特征降维, 有效的识别了碳纤维复合材料缺陷。张海燕等 人利用小波包分解算法, 将子带系数的婻值组合成特征向量, 用于识别焊缝中存在的缺陷。左宪章等 人将小波包分解和能量谱相结合，提出了基于小波包最优基子带能量的特征提取方法，有效的识别了塔架的裂纹缺陷。

通过小波变换提取缺陷波的特征值, 原始数据的高频特征能较好的保留下来, 使信号中不容易发觉的特征能够在不同分辩率的时频空间中呈现出来，同时信号的某些局部突起或峰值等特征在变换后不会消失, 因此小波变换能有效地提取缺陷信号特征。但是，使用这种方法提取信号特征，没有先验知识，很多情况下选择的特征集不是最优的。因此, 仍需研究更有效的方法来对超声回波信号的缺陷信息进行提取。  
（3）超声波缺陷信号识别与分类的研究现状  
对于超声波缺陷信号的识别与分类, 获得足够多且合理的样本是非常困难的, 因此, 在超声回波信号处理中的缺陷类型识别是小样本情况下的分类识别问题。目前,超声缺陷信号的识别分类方法主要有神经网络识别法和支持向量机识别法。

神经网络具有较强的学习能力以及较强的容错性, 因此, 在超声检测的缺陷信号识别中得到了广泛的应用。文献[29]利用超声波对碳纤维复合材料分层、孔隙和疏松缺陷进行检测，利用小波变换提取缺陷信号的时频特征信息，然后采用 BP 神经网络识别缺陷类型, 缺陷总识别率为 。文献利用小波变换和神经网络对工件中的裂纹和孔院缺陷进行识别, 利用小波变换进行特征提取, 神经网络进行分类识别, 分类准确率达到了 。文献 [31]利用高次扰动理论, 提出基于改进的 BP 神经网络的钢板表面缺陷分类算法, 在缺少样本数量的情况下, 算法识别率较好。  
1995 年, CorinnaCortes 和 Vapnikd 等人提出了支持向量机 (Support Vector Machines, SVM)，相比于神经网络，SVM 建立在结构风险最小化原则的基础上，根据有限的样本信息在模型的复杂性和学习能力之间寻求最佳折中, 以此提高学习的泛化能力, 较好的解决了模式识别中样本量较少的情况下模型及参数的选择, 也避免了维数过高及局部极值等问题。

将支持向量机将支持向量机技术应用于超声检测中缺陷类型的识别取得了很多研究成果。陈渊等人基于粒子群优化支持向量机技术对焊接缺陷进行分类, 获得了比普通支持向量机和透传算法优化的支持向量机更高的识别准确率。戴波等 人利用支持向量机技术对输油管道进行缺陷检测，有效的识别了管道中的突变界面和裂纹两类识别, 在有限样本情况下也可以得到较为理想的识别效果。何明格等 人研究了基于支持向量机的超声饮陷识别模型, 建立的模型明显的提高了缺陷识别的可靠性和准确率。Kyungmi 等人通过对超声反射回波信号进行离散小波变换提取信号特征, 然后在同样条件下分别利用支持向量机和神经网络对信号进行识别, 实验结果表明, 支持向量机能够快速、有效地识别缺陷, 识别能力优于神经网络。

暂存文献：

[1]丁世飞,齐丙娟,谭红艳.支持向量机理论与算法研究综述[J].电子科技大学学报,2011,40(01):2-10.

[1]杨琳瑜,于润桥,卢超,等.基于BP神经网络的复合材料超声波检测缺陷类型识别[J].无损检测,2007(08):450-452+460.