

基于 AE 技术的旋转机械故障 监测与诊断系统

廖传军, 罗晓莉

(湖南科技大学 机械设备健康维护湖南省重点实验室, 湘潭 411201)

摘要:论述了声发射技术应用于旋转机械故障监测与诊断是一种高效实用的方法。针对旋转机械结构特征及其声发射信号特点,开发了以声发射技术为核心的旋转机械故障监测与诊断专用系统,介绍了该系统的组成模块及其功能实现。在模拟工况条件下,利用该系统的时频分析功能和包络分析功能对一批故障滚动轴承进行了实时诊断,证明了该系统的科学性、有效性和实用性。

关键词:声发射;旋转机械;故障诊断;系统设计;滚动轴承;包络分析

中图分类号:TG115.28;TH113 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6656(2007)08-0461-04

Fault Monitoring and Diagnosis System of Rotating Machines Based on AE Technique

LIAO Chuan-jun, LUO Xiao-li

(Key Lab of Health Maintenance for Mechanical Equipment of Hunan Province, Hunan Science and Technology University, Xiangtan 411201, China)

Abstract: The present states of condition monitoring and fault diagnosis of rotating machines are introduced, and it is found that AE technique is a very valid means applied on rotating machines fault monitoring and diagnosis. Based on the structure features and AE signal characteristics of rotating machines, the paper puts forward a specific fault monitoring and diagnosis system applied on rotating machines of which AE technique is the core. The components and functions achieving of the system are introduced in detail. Under imitating operating conditions, real-time diagnosis of some faulty rolling element bearings have been carried on, using the temporal and spectral analysis function and envelopment analysis function of the system, thus the reasonableness, usefulness and validity of the system are proved.

Keywords: AE; Rotating machine; Fault diagnosis; System design; Rolling element bearing; Envelopment analysis

1 旋转机械状态监测与故障诊断技术现状

旋转机械是电力系统、航空工业、冶金行业、石化企业等重要工业部门的关键设备,广泛应用于包括航空发动机、燃气轮机、工业压缩机及各种电动机等机械装置中。国内外对旋转机械的状态监测和故障诊断进行了大量的理论和实践研究,在旋转机械故障诊断方面总的趋势是利用神经网络、专家系统、

模糊技术等处理系统中的不精确和不确定问题,使诊断技术趋于智能化,实现适时诊断、决策和预报。但这些研究成果仅有少数能够应用在实际生产中,大多数系统只能停留在实验室阶段,并且由于采样时伴有噪声或系统中同时出现多个故障等原因,对故障特征信号的提取、识别和分析也比较困难。

大型旋转机械结构复杂、庞大和工作环境恶劣,使得常用检测手段如射线、超声波、磁粉等检测方法或无法检测,或造成漏检,从而不能实现有效的安全评定。大型旋转机械状态监测中的信息量大,对信号的实时性要求也很高,这对采集系统提出了更高的要求。目前我国旋转机械的故障检测正从巡回检

收稿日期:2006-11-06

基金项目:湖南省科技计划项目(06FJ4102)

作者简介:廖传军(1979-),男,硕士,讲师,主要研究方向是声发射检测技术及信号处理。

测、定期检测及停机检修向长期连续监测过渡,并进一步对所采集的机组信号进行在线分析,要求现场采集及处理多路信号,满足实时性要求。

2 AE 技术应用于旋转机械故障诊断的研究

众所周知,旋转机械的故障信号分析和处理一直是由传统的振动信号监测及其相关的模态分析方法来进行的,但这种方法对轴承、叶片的内部更小裂纹及摩擦等早期故障有时不是很有效,而且振动分析方法是通过对加速度、位移等振动信号的分析处理来判断故障,相当于二次信号处理,很难实现真正的实时监测和诊断。而声发射技术反映的是故障的一次信号,具有实时性和对故障进行早期预报的特点。大多数旋转机械一般需在工作状态下进行实时检测,并且很多旋转部件都存在密封保护和咬合运动等,使得传感器的安装和布置难度较大,一般选择将传感器安装在检测点临近位置,这样采集到的信号除有旋转部件的故障信号外,还伴随有大量机构碰撞、摩擦和发动机工作等噪声信号。而声发射信号分析和处理技术采用神经网络等方法,在此类复杂的背景噪声环境下分离出旋转部件的故障信号已经积累了很多成功的经验。

利用声发射技术开展旋转机械状态监测和故障诊断工作具有以下几方面的优势:

(1) 旋转机械的主要功能由旋转动作完成,转子是其主要部件,声发射检测技术对轴承转子系统的主要故障具有很强的实用性,对旋转机械的不平衡、初始弯曲、刚度非对称、非对中、油膜涡动和油膜振荡、旋转失速、松动与碰摩、转子裂纹等故障都能进行很好的监测与诊断,可以广泛应用于航空发动机等旋转机械设备运动部件的缺陷检测与安全评定^[2]。

(2) 对缺陷的变化极为敏感,可以检测到微米级的显微裂纹变化,检测灵敏度高。

(3) 不受检测对象材料限制,可以长期连续地监视缺陷的安全性以及超限报警。

(4) 可提供回转子部件活性缺陷随载荷、时间、温度等外变量变化而变化的实时或连续信息,因而适用于工业生产中高速、连续工作的旋转机械在线监控及早期或临近破坏预报。

(5) 对于加有载荷的旋转部件,可以预防由未知不连续缺陷引起的系统灾难性失效及限定系统的最高工作载荷。

(6) 对于大型旋转部件,不需要移动传感器作

繁杂的扫描操作,只要布置好足够数量的传感器就可以实现实时监测。

(7) 不受检测对象尺寸、几何形状、工作环境等因素的影响,适应大型旋转机械结构复杂、庞大、工作环境恶劣的特点。

(8) 简化了大型旋转机械设备的整体检测程序,一次检测过程就能够进行整体探测和评价整个结构中活性缺陷的状态。

(9) 适用于在役设备的定期检验,可以缩短检验的停产时间或者不需要停产。

综上所述,利用声发射技术进行旋转机械的状态监测和故障诊断是一种很有效的方法。

3 旋转机械故障监测与诊断专用系统

在旋转机械状态监测和故障诊断应用研究成果的基础上,笔者开发了以声发射技术为核心的旋转机械故障监测与诊断专用系统。系统结构简图见图 1。

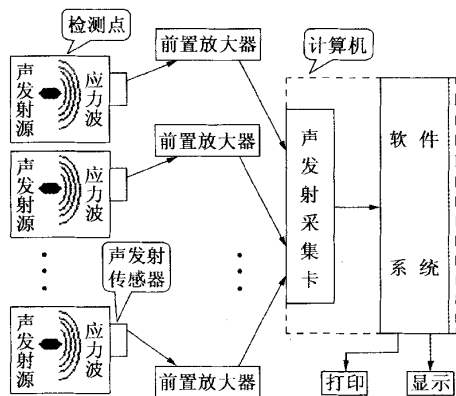


图 1 监测与诊断系统结构简图

该系统选用 SWAES 全波形数字化声发射采集卡等系列硬件,自行开发了声发射信号采集、分析和处理软件。系统采用三层分布式体系结构,即采集层、通信层和数据层。采集层主要包括被检测对象及声发射传感器,进行信息的拾取,并将数据传递到上一层;通信层是检测数据传输交流的基础,主要包括前置放大器和声发射采集卡,进行信号的采集和预处理等;数据层是整个系统的综合数据平台,是应用软件系统运行的基础,主要包括计算机和软件系统,进行信号显示及分析处理等^[3]。

3.1 硬件设计

系统的设计目标是实现多通道工况环境实时监测与诊断,可根据实际需要在待监测部件上将传感

器布置成区域、线型、平面等几个或多个定位阵列,同时进行监测。由于被检测设备结构比较复杂,现场环境十分恶劣,因此在布置传感器时尽量考虑粘贴牢固有效,线缆布置合理,防止在工作中被机械转动破坏。根据旋转机械故障声发射信号的特点,选用频率响应为 10 k~1.25 MHz 和 ±3.0 dB 的 SWAE-5 声发射采集卡;频率带宽为 20 k~2 MHz、增益为 40 dB 的 PAI 前置放大器;根据检测对象、位置等具体情况的不同,选用相应的声发射传感器,另配备一台工控机作为声发射采集卡和软件系统的运行环境以及整个系统的信息控制中心。

3.2 软件设计

声发射是一种动态检验方法,反映的是故障的一次信号,并且声发射信号中隐含着有关声发射源特性的重要信息,如缺陷的类型、大小、位置和变化趋势等,对缺陷的反映更具真实性和实时性。因此综合运用时域、频谱、神经网络^[4]、小波等分析方法进行旋转机械声发射信号的分析 and 处理,能够满足对旋转机械故障机理进行实时有效判断的要求。结合 Delphi, MATLAB 和 VC++ 三种语言自主开发的软件系统集成了适于旋转机械声发射信号的所有分析处理方法。实践表明,该软件系统在旋转机械故障诊断工作中与 WAE2002 系统软件不仅有殊途同归的效果,并且在许多方面更有效、更精确、更完善且更有针对性。

采用 Delphi7.0 软件开发数据库应用程序和集成环境、编辑图像等;MATLAB 不仅具有优秀的数值计算和卓越的数据可视化能力,并且进行复杂算法的设计效率很高,还提供了大量适合信号分析的标准算法库,因此采用 MATLAB6.5 实现频谱分析、时域分析、神经网络分析、小波分析、平均分析、包络分析以及趋势分析等功能;采用 VC++ 6.0 编制数据采集程序,完成计算机与采集卡之间的数据通信^[5]。系统软件结构见图 2。

软件人机界面用 Delphi 编制,使用 Delphi 建立主应用程序,建立所有变量的信息和需要显示的被控对象;信号分析程序用 MATLAB 编制,将生成的 MATLAB 的应用程序链接到 Delphi 主应用程序并供其调用;用 VC++ 编写采集程序、多通道声发射信号实时显示程序及其人机界面等,生成软件的数据采集部分程序并供 Delphi 主应用程序调用,这样就构成了整个系统的软件部分。

3.3 系统评价

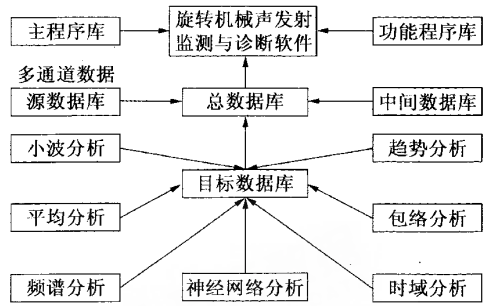


图 2 旋转机械声发射信号分析软件结构图

系统能够实现多通道连续采集和实时显示声发射信号,所以可充分满足旋转机械故障诊断现场和实验室的以波形采集分析为基础的各种应用需求。由于可以采集记录全部的声发射原始波形数据,所以能够根据需要应用各种信号分析处理工具进行后续的深入信号分析。

利用该系统在故障诊断综合实验台上对一批 205 滚动轴承进行了实时诊断,选用谐振频率为 150 kHz、灵敏度 >65 dB 的 SR150 声发射传感器,用耦合剂将其粘贴在轴承的外圈上,转子转速为 3 600 r/min。利用软件系统的时域分析、包络分析功能,对采集的声发射信号进行了显示和分析,图 3~5 分别是几种典型轴承故障声发射信号波形图及其包络谱图。

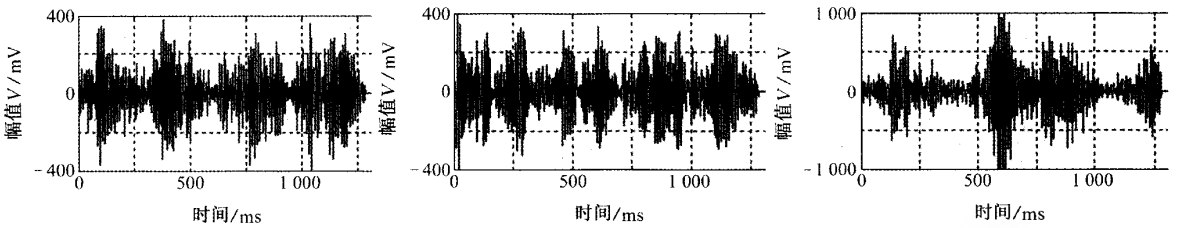
利用内、外环损伤轴承和滚动体损伤轴承的特征频率计算公式^[6]求得的故障特征频率分别是 98.01 Hz, 82.305 Hz 和 164.97 Hz;从图 3b、图 4b 和图 5b 各故障轴承的声发射信号包络谱可知,其相应的故障特征频率分别为 97.66 Hz, 83.2 Hz 和 165.2 Hz,滚动轴承故障类型及其损伤部件得到了有效诊断,从而证明了该系统的科学性和实用性。

4 结论

工程实际运用表明,研制的声发射系统对促进声发射技术的发展、丰富旋转机械的状态监测和故障诊断内容有着十分重要的意义。该系统是一套监测和诊断旋转机械状态和故障的实用、有效的系统。

参考文献:

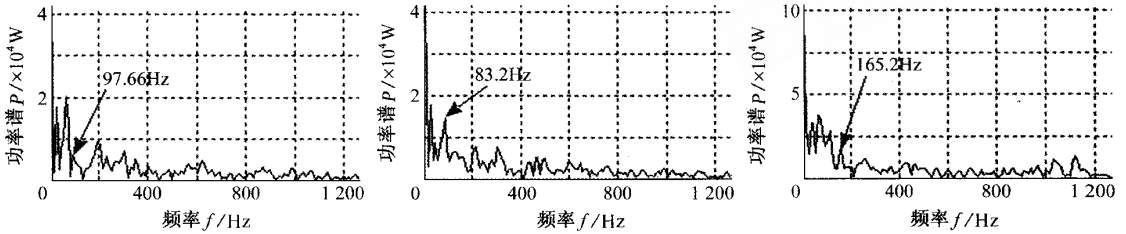
[1] 沈功田,戴光,刘时风.中国声发射检测技术进展[J].无损检测,2003,25(6):302-307.
 [2] MBA D.声发射与轴承安全监测[J].轴承,2005,(2):39-42.



(a) 信号波形图

(a) 信号波形图

(a) 信号波形图



(b) 信号包络谱

(b) 信号包络谱

(b) 信号包络谱

图 3 轴承内环损伤声发射信号

图 4 轴承外环损伤声发射信号

图 5 轴承滚动体损伤声发射信号

- [3] 刘兆阳. 大型旋转机械状态监测与故障诊断系统的设计与研究[J]. 通用机械, 2006, (1): 69-71.
- [4] 沈功田, 段庆儒. 压力容器声发射信号人工神经网络模式识别方法研究[J]. 无损检测, 2001, 23(4): 144-14.
- [5] 唐东炜, 黄耀升, 王宇华. 基于虚拟仪器的旋转机械故障监测与诊断系统[J]. 矿山机械, 2006, 32(2): 103-104.
- [6] 李凤英, 沈玉娣, 熊 军. 滚动轴承的声发射检测技术[J]. 无损检测, 2005, 27(11): 583-586.

甘肃省机械工程学会无损检测专业委员会 第五届换届大会在兰州召开

甘肃省机械工程学会无损检测专业委员会第五届代表大会于 2007 年 5 月 26 日在兰州召开。会议由甘肃省机械工程学会无损检测专业委员会总干事周予兴主持。会上第四届专业委员会主任委员万钧对上一届的工作作了全面总结。第五届专业委员会常务副主任委员吴凯同志进行换届说明。新任第五届第一次甘肃省无损检测专业委员张志明主持并制定了 2007-2008 年无损检测专业委员会的工作计划。甘肃省质量技术监督局特种设备安全监察局副局长赵陇生明确了各专业组的分组名单并宣读无损检测专业委员会分组名单。

与会代表还参观了兰州三磊电子有限公司, 公司总经理王化公对其公司的 X 射线阵列成像器的特点及应用作了介绍。GE 公司副经理姜燕梅作了有关 CR 成像原理、应用与展望的报告。

本次大会给甘肃省无损检测人员提供了一个技术交流的平台, 使甘肃省的无损检测同仁有更多的机会交流经验、互相学习、共同提高。与会代表还要求无损检测专业委员会加强无损检测人员资格的培训、考核和发证工作。

(甘肃省机械学会无损检测专业委员会)

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告

基于AE技术的旋转机械故障监测与诊断系统

作者: [廖传军](#), [罗晓莉](#), [LIAO Chuan-jun](#), [LUO Xiao-li](#)
 作者单位: [湖南科技大学, 机械设备健康维护湖南省重点实验室, 湘潭, 411201](#)
 刊名: [无损检测](#) **ISTIC** **PKU**
 英文刊名: [NONDESTRUCTIVE TESTING](#)
 年, 卷(期): 2007, 29(8)
 引用次数: 0次

参考文献(6条)

1. [沈功田, 戴光, 刘时风](#) [中国声发射检测技术进展](#) [期刊论文] - [无损检测](#) 2003(06)
2. [MBA D](#) [声发射与轴承安全监测](#) 2005(02)
3. [刘兆阳](#) [大型旋转机械状态监测与故障诊断系统的设计与研究](#) [期刊论文] - [通用机械](#) 2006(01)
4. [沈功田, 段庆儒](#) [压力容器声发射信号人工神经网络模式识别方法研究](#) [期刊论文] - [无损检测](#) 2001(04)
5. [唐东炜, 黄耀升, 王宇华](#) [基于虚拟仪器的旋转机械故障监测与诊断系统](#) [期刊论文] - [矿山机械](#) 2006(02)
6. [李凤英, 沈玉娣, 熊军](#) [滚动轴承的声发射检测技术](#) [期刊论文] - [无损检测](#) 2005(11)

相似文献(10条)

1. 学位论文 [邓艾东](#) [基于声发射的旋转机械摩擦故障诊断基础问题研究](#) 2008

旋转机械动静部件之间的摩擦是运行中的常见故障,也是亟待解决的重大研究课题。声发射以其灵敏度高、影响范围宽、信息量大、动态检测等特点为摩擦检测提供了一条新的途径。但由于声发射源多样性、噪声干扰复杂性,特征信号难以提取与识别,使其在实际应用中受到很大限制。

本文就降噪、识别和定位这三个AE技术中的基础问题,进行了较为系统而深入的研究。通过引入现代信号处理技术,提出了几种分析处理AE信号的新方法,在降噪、识别和定位三个方面都有所创新。

1. 对分数变换理论在AE信号降噪处理中的应用进行了探索性研究,建立了一个基于态函数的三周期离散分数余弦变换算法用于降噪模型运算。实验结果表明:该算法具有比标准离散余弦变换更大的灵活性,通过选择适当的分数阶,能够获得比离散余弦变换更好的降噪效果,是对声发射信号进行降噪处理的有效途径。

2. 在摩擦AE信号的识别研究中,应用了分形理论和分形维数来识别摩擦AE的发生。通过对摩擦声发射信号的分形维分析表明:无摩擦时,采样的信号是随机噪声,此时分形维最大;开始轻微摩擦时,AE信号表现出突变型特征,波形相对光滑和简单,分形维变得最小,且从噪声到轻微摩擦时,分形维数值有较大的变化;摩擦趋于加重时,AE波形变得密集复杂,分形维又开始增大;分形维与信号的强弱无关,而与波形的复杂程度相关。因此,根据摩擦AE信号的分形维变化规律,不仅可以作为识别摩擦的一个依据,还可以作为表征摩擦发展趋势的一种指标。

3. 针对常用分形算法计算量大和参数选择困难的缺点,推导了一种基于波形长度的分形维算法,理论分析与实验结果表明,该算法的区分噪声能力、计算量、精确度和稳定性都优于和该算法类似定义的盒维与Katz维。

4. 基于模态声发射理论,分析了在转子系统中,静态时垂直碰撞和切向摩擦激励的声发射信号的模态特征及声发射波在不同路径中的传播特征。结合模态声发射和窄带信号理论,给出了描述多模态声发射信号的数学表达式,提出了将对数倒谱系数结合分形维一起作为声发射信号识别特征参数的方法。建立了一个基于高斯混合模型的摩擦声发射识别模型。实验结果表明,这种基于模态声发射理论的识别系统模型有较高的识别率。

5. 在摩擦声发射源定位研究中,引入了时延估计理论计算时间差。结合窄带信号理论、模态声发射理论和随机过程理论,提出了基于相同分数阶因子和不同分数阶因子的最佳线性分数滤波的广义互相关时延估计,针对AE信号中不同模式波速度不同而引起的传播过程中波形失真,导致可能无法获取最大相关点情况,提出了对信号进行分段相关乘积处理和分段相关指数变换处理的方法。实验结果表明:该算法优于普通的时延相关估计法,有较高的定位精度。

2. 期刊论文 [吴艳, 许宝杰, 徐小力, WU Yan, XU Bao-jie, XU Xiao-li](#) [声发射用于旋转机械故障诊断的实验研究 -北京机械工业学院学报\(综合版\)](#) 2005, 20(3)

在旋转机械实验台上利用声发射传感器检测声发射信号,通过检测到的声发射信号对旋转机械的运行状态做出监测与判断,并进行故障诊断。介绍了以滚动轴承人为缺陷为对象进行的基础试验,测评结果表明了用声发射方法进行旋转机械故障状态监测和诊断的可行性。

3. 学位论文 [张怡然](#) [基于声发射的旋转机械摩擦故障诊断基础问题研究](#) 2009

对于旋转系统的故障诊断近年来称为研究热点。由于故障信号通常是非平稳的,而且是暂态的,因此,以往常规和经典的信号处理方法通常难以有效,准确,实时的检测系统的状态,对故障做出判断。

随着研究的深入,人们发现声发射信号伴随着旋转系统的状态而发生变化,因此对声发射信号的研究以及状态的判断可以为检测旋转系统的运行状态提供很好的技术支持。从上个世纪声发射被提出以来,越来越多的研究开始针对声发射信号,并且声发射信号广泛存在于机械系统之中,对他的研究有很强的适用性。

本文首先对转子系统发出的信号进行采集,对采集的信号进行信号检测。与以往的常规方法不同,本文考虑到声发射信号是非平稳的,运用了高阶谱(双谱)的分析方法和小波检测的方法。高阶谱通常因为运算量大而实现困难,但是旋转系统中,实验发现运用三阶谱(双谱)能够直观并且有效地对信号进行检测。

在信号增强方面,本文主要考虑的是用语音信号处理的方法对声发射信号进行降噪和增强。本文使用的是减谱法。除了使用经典的减谱法对信号进行降噪,本文还提出了基于全局加权值的减谱法,并且通过实验,确定了加权值的范围,能够有效地增强信号同时抑制噪声。

在信号的特征提取方面,本文同样提出了运用分形维的方法。分形维是最近几十年来新兴的方法,而通常使用的关联维和盒维都有着运算量比较大,而且拟合程度不尽人意的缺陷。基于以上,本文提出了基于对数波长维的算法,意在降低运算复杂度,以及有效地对信号进行特征提取。在信号识别方面,本文提出了基于主元素的特征提取算法。通过实验,证明该方法能够比较好的对信号进行识别。初次之外,实验也证明了运用语音信号处理的方法能够比较有效地对声发射信号进行处理,获得比经典方法更加有效的结果。

4. 期刊论文 [金志浩, 刘俊焯, 金文, 闰邦椿, JIN Zhi-hao, LIU Jun-xuan, JIN Wen, WEN Bang-chun](#) [旋转机械摩擦故障声发射信号的特征识别研究 -沈阳化工学院学报](#) 2008, 22(2)

利用摩擦试块通过悬臂转子试验台模拟310r/min下旋转机械的间歇摩擦故障,并用声发射仪分别在有摩擦试块和无摩擦试块两种情况下对相应的声发

射信号进行采样,对其波形和时频特征进行分析,结合声发射突发型信号的特点,利用小波变换方法对声发射信号的时频特征进行定量分析.通过db10小波函数对有摩擦试块和无摩擦试块两种情况下的信号进行尺度为5的小波分析,结果表明:转子发生摩擦时,d2尺度上的特征频率在335~365kHz之间,d3尺度上的特征频率在240~280kHz之间.

5. 学位论文 [吴艳](#) [旋转机械声发射检测与故障诊断系统的研究与实现](#) 2006

声发射检测技术是一种动态实时的无损检测方法,能够有效的检查出材料中正在发展的诸如裂纹扩展、纤维断裂以及其它形式损伤所发出的瞬态弹性波,声发射技术通过采集和分析声发射信号来对结构或材料中的缺陷进行判断和识别,从而判断裂纹的发生、特点及其发展趋势,以达到检测和诊断的目的.

声发射技术的应用方式主要为各种结构和材料在载荷等试验条件下的缺陷检测和评估、实际应用条件下的状态监测和特殊过程(如树木的水蒸腾过程中的声发射现象等)的状态监测应用等.

本文主要简述了声发射技术的特点、声发射检测和故障诊断技术以及声发射仪器发展现状,深入讨论和分析了声发射信号处理分析技术,介绍了虚拟仪器的概念和特点,并在此基础上提出和开发了一套多通道数字化声发射检测系统.该系统集中实现了多通道实时采集、多卡信号分析、以及信号事后分析等功能.其构成包括多通道声发射专用便携式主机、高速采集卡、声发射传感器、前置放大器、17寸液晶显示器、声发射信号调理装置和声发射系统分析软件.

多通道数字化声发射检测系统能够实时采集和显示声发射信号的波形和参数信号,所以可满足现场和实验室的各种应用要求(波形采集分析为基础或参数采集分析为基础),使用者可以根据需要应用各种信号分析处理工具进行后续的深入信号分析,包括定义更有针对性的声发射参数等.

本文主要以旋转机械滚动轴承为研究对象,研究声发射无损检测方法在故障诊断中的应用.针对滚动轴承声发射信号比较复杂的特点,选择合适的信号处理方法对轴承运行状态进行识别,除波形特征参数外,还包括以声发射波形信号为基础的时域参数分析、FFT频域分析、小波分析以及对轴承故障的模式识别.

6. 学位论文 [姜小平](#) [旋转机械转子裂纹声发射\(AE\)特性及诊断方法的研究](#) 1995

7. 期刊论文 [廖传军](#),[李学军](#),[何宽芳](#),[LIAO Chuanjun](#),[LI Xuejun](#),[HE Kuanfang](#) [基于声发射的旋转机械在线检测系统设计 - 机床与液压](#)2007, 35(8)

简述了声发射技术的原理和应用状况,论述了声发射技术应用于旋转机械故障状态监测和故障诊断是一种很有效的方法.开发了一套以声发射技术为核心的旋转机械在线监测和诊断系统,详细介绍了该系统各组成部分的设计原理和思路,并在模拟工况条件下对该系统进行了分析、比较和评价,证明了该系统的科学性、有效性和实用性.

8. 期刊论文 [吉尚伟](#),[金志浩](#),[金文](#),[闻邦椿](#) [基于小波-支持向量机的旋转机械摩擦故障诊断 - 工业安全与环保](#)

2010, 36(3)

根据旋转机械摩擦故障的特征频率,利用小波变换多分辨率特性,提取摩擦故障特征信号;利用支持向量机原理解决小样本、非线性、高维模式识别问题的优势,建立支持向量机故障诊断模型,进行旋转机械摩擦故障诊断.仿真结果表明,该算法有较好的精度和泛化性,并且运算量小,非常适合旋转机械故障诊断的在线识别.

9. 期刊论文 [邓艾东](#),[包永强](#),[高冀](#),[赵力](#),[Deng Aidong](#),[Bao Yongqiang](#),[Gao Wei](#),[Zhao Li](#) [旋转机械摩擦声发射信号](#)

[的分形特征分析算法研究 - 仪器仪表学报](#)2008, 29(6)

本文针对盒维和关联维运算复杂度高、Katz维的精度不高的特点,提出了一种基于波形的分形维计算方法,介绍了分形维算法的推导过程.实验数据是在转子实验台上采集的摩擦声发射信号,通过在该信号上叠加高斯白噪声和非平稳噪声来获得模拟的强噪声污染的声发射信号,然后将分形维算法对该信号进行有效声发射信号识别.理论分析和实验结果表明:该算法具有更强区分噪声和声发射信号的能力,无论在复杂度、精确度还是在抗噪性能方面均优于现有的分维算法,能够在强噪声环境下反映摩擦声发射的发生,为摩擦声发射的特征识别与分析提供了一条新的途径.

10. 会议论文 [邓艾东](#),[包永强](#),[高冀](#),[赵力](#) [声发射技术及在旋转机械摩擦故障诊断中的应用](#) 2008

旋转机械转动部件之间的摩擦是运行中的常见故障,也是亟待解决的重大研究课题.声发射以其灵敏度高、频响范围宽、信息量大、动态检测等特点为摩擦检测提供了一条新的途径,也是近年来旋转机械摩擦故障诊断研究领域的研究热点.本文综述了声发射技术的发展现状和信号分析方法,提出了当前仍存在的问题和今后的研究方向.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wsjc200708012.aspx

下载时间: 2010年5月28日