

基于声发射技术的铁路货车滚动轴承故障诊断研究*

赵转哲,姜忠宇,何慧娟

(安徽工程科技学院 先进数控和伺服驱动技术安徽省高校重点实验室,安徽 芜湖 241000)

摘要:采用声发射技术对铁路货车滚动轴承的故障诊断是一种新型的无损检测方法。对采集到的声发射信号进行基于小波变换的带通滤波处理后,故障特征信息明显,容易区分出铁路货车滚动轴承的不同状态。将声发射技术用于铁路货车滚动轴承的状态监测与诊断中,经大量试验证明,该法能准确区分轴承状态的好坏与故障类型。

关键词:声发射;滚动轴承;故障诊断;滤波

中图分类号:TG 115.28;TB 526 **文献标志码:**A

Research on Fault Diagnosis of Railway Freight Rolling Bearing based on Acoustic Emission Technique

ZHAO Zhuangzhe, JIANG Zhongyu, HE Huijuan

(Anhui Key Laboratory of Advanced Numerical Control & Servo Technology,
Anhui University of Technology and Science, Wuhu 241000, China)

Abstract: Railway trucks rolling bearing fault diagnosis technology by using acoustic emission is a new type of non-destructive testing methods. After treat the band-pass filter based on the wavelet transform to the collected acoustic emission signals, the fault feature information is clear and it is easily to distinguish the different railway freight roller bearing state. A large number of experiments can prove that the conditions of the bearing and the fault style can be accurate distinguished, when the acoustic emission technique applies to the condition detection and diagnosis of railway freight rolling bearing.

Key words: Acoustic emission, Rolling bearing, Fault diagnosis, Filter

当材料受外力作用发生塑性变形、内部晶格位错、晶界滑移,或者在裂纹成核、扩展和断裂时以及其他缺陷形成和增长时,都会以弹性波的形式释放出猝发能量,这种现象称为声发射^[1](Acoustic Emission,简称 AE)。用仪器检测、记录、分析声发射信号和利用声发射信号推断声发射源状况正常与否的技术称为声发射技术,是一种新型的动态无损检测技术,目前在国内外已广泛地应用于诊断材料或者构件的内部损伤。

滚动轴承 352226X₂-2Z 是铁路货车的重要部件,也是工作条件最为恶劣的部件之一,其性能的好坏直接影响着列车速度的提高及运行安全,尤其是在火车经过 6 次大提速之后,对其运行状态进行监测及诊断以防患于未然就显得尤为重要,是各车辆段安全检测的重要内容。本文将声发射技术用于铁路货车滚动轴承的状态监测与诊断中,经大量试验证明,该法能准确区分轴承状态的好坏与故障类型。

1 轴承故障声发射信号的微观机理

大型金属构件在使用过程中经常会受到多次交变应力的作用,受力构件的材料内部就会出现缺陷萌生、裂纹扩展和塑性形变,材料的晶体内部的位错移动和复合材料内部基体的破裂,以及材料物质结构的变化。声发射产生的微观机理是由于材料的位

错运动和塑性变形。

轴承常见故障为表面损伤和疲劳损伤。表面损伤是由于滚动轴承经常受到冲击的交变载荷作用,使得金属产生位错运动和塑性变形,首先产生疲劳裂纹,然后沿着最大剪应力方向向着金属内部扩展,当扩展到某一临界尺寸时就会发生瞬时断裂。这种故障经常发生在滚动轴承的外圈。而疲劳磨损是由于循环接触压应力周期性地作用在摩擦表面上,在初期阶段,金属内晶格发生弹性扭曲,当晶格的弹性应力达到临界值后,开始出现微观裂纹,微观裂纹再进一步扩展,就会在滚动轴承的内、外圈滚道上出现麻点、剥落等疲劳损伤故障。

当这几种典型的故障发生与发展时,都伴随着声发射信号的产生。有故障的部位(如滚动体)与其他部位(如保持架,内、外滚道)在运动过程中的相互摩擦与碰撞,又会导致声发射现象。所以,声发射信号是故障的载体,其对缺陷的反映具有真实性和实时性的特点,通过分析和处理拾取到的滚动轴承声发射信号,适用于高速、连续工作的滚动轴承在线监控及早期或临近破坏预报^[2],是一种科学、有效且实用的方法。

2 试验研究

2.1 试验系统

图1所示为铁路货车滚动轴承的模拟工况试验系统结构图,V型压块不仅起到固定外圈的作用,而且还可以模拟实际运行中轴承所受径向载荷情况。电机带动主轴使被检测轴承的内圈以380 r/min的速度旋转,声发射传感器(AE98/R15)直接安放在其中一列滚子所对应的轴承外圈表面的贴片上。AE传感器将被测轴承产生的声发射信号,直接输入到泰克TDS3012型示波器中,保存数据,然后采用基于MATLAB语言编制的专用程序进行相关的数据分析。

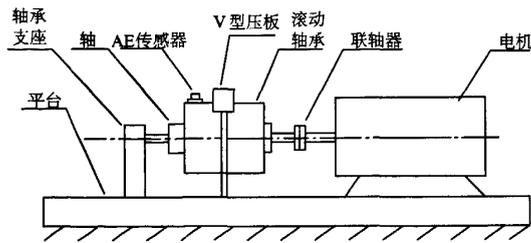


图1 试验系统结构图

2.2 基于小波变换的带通滤波

声发射信号是由频谱丰富的多组波组成,包括由于传播途径等原因引起的噪声。本文进行检测时所用的均为运行过较长时间的货车滚动轴承,同时由于声发射信号的采样频率较高,采集到的信号频带范围较宽,反映轴承本身所特有的故障信息往往淹没在大量的背景噪音中,常规方法很难发现和提取出来,如何减少滤波干扰,然后提取特征参量是决定故障诊断成败的关键。

基于小波变换的带通滤波是现代信息处理技术,其实质就是信号的分解与重构^[3]。本文选用db5作为小波基函数,对滚动轴承的声发射信号,进行8阶的分解与重构。由小波变换的含义可知,不同的小波分解系数代表不同频段的信号含量,而对滚动轴承故障声发射信号的采样频率 $F_s=100$ kHz,所以各分解、重构系数与信号的频段的对应关系如下:

- 1阶分解的细节信号 d_1 : 25 000~50 000 Hz;
- 2阶分解的细节信号 d_2 : 12 500~25 000 Hz;
- 3阶分解的细节信号 d_3 : 6 250~12 500 Hz;
- 4阶分解的细节信号 d_4 : 3 125~6 250 Hz;
- 5阶分解的细节信号 d_5 : 1 562.5~3 125 Hz;
- 6阶分解的细节信号 d_6 : 781.25~1 562.5 Hz;
- 7阶分解的细节信号 d_7 : 390.625~781.25 Hz;
- 8阶分解的细节信号 d_8 : 195.0625~390.625 Hz;

8阶分解的近似信号 a_8 : 0~195.3125 Hz。

在前期的大量试验中,对滚动轴承的声发射信号经过TDS3012作简单傅里叶变换后可知,所有的信号能量主要集中在900~1 400 Hz,其频率范围正好落在第6层(即第6阶),因此,只须将其他各层系数置零后重构即可。

图2为正常状态的26#滚动轴承在滤波前后的时域波形图。可以看出,大部分噪声已被有效滤除。

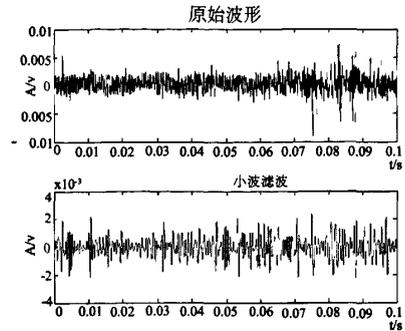


图2 正常状态的轴承时域信号

2.3 试验数据处理与分析

描述声发射信号的参数^[4]有很多,但本次试验目的是对铁路货车滚动轴承的声发射信号进行振动分析,所以选取故障诊断中的时域分析和频域分析中常用的参量作为特征参量。如均方根值 X_{RMS} 、峰值 X_{PEAK} 、峭度 K 和裕度 L ^[5]。

为了便于分析,首先将不同状态的轴承声发射信号的无量纲参数作一比较,如表1所示。表中 K_0 、 L_0 、 K_1 、 L_1 表示滤波前后的峭度和裕度值。 X_{p0} 与 X_{p1} 分别为滤波前后的峰值, X_{RMS0} 与 X_{RMS1} 分别为滤波前后的均方根值。各种状态声发射信号的峭度与裕度值是没有规律的,例如正常轴承峭度值最大是4.4305,最小则是3.0004,而内圈故障状态的峭度值在4.7226~2.2369之间,他们与正常值存在交叉部分,滚子损伤的峭度值在3.0225~2.6140之间,也存在重合的部分;正常的轴承在滤波后峭度范围集中在3.2943与3.8497之间,内圈损伤的声发射信号的峭度值范围是2.3402~3.7005,二者仍然有重合的部分,而滚子损伤的峭度值正好也落在这个区间。

对照表1,裕度值也存在这样的问题。因此,无论是小波滤波之后或之前,在滚动轴承的声发射信号中,若采用传统的轴承故障诊断振动法中应用很广的无量纲参数诊断,做到“不漏诊、不错诊”是不容易实现的。

在滤波前的时域内,正常的峰值 X_p 与内圈损伤的 X_p 差别不是很大,也存在着重合的部分,但在

表1 滚动轴承声发射信号的时域参数比较

状态	编号	K0	K1	L0	L1	Xp0	Xp1	X _{RMS} 0	X _{RMS} 1
正常	23#	3.830 6	3.479 2	8.243 1	6.207 8	8.4	3.359	0.001 549 4	0.000 825
	26#	4.430 5	3.294 3	7.621 3	4.911 5	7.3	2.377	0.001 479 6	0.000 749
	28#	3.000 4	3.762 3	5.416 5	7.405 5	4.8	4.087	0.001 321 2	0.000 876
	29#	3.355 6	3.849 7	6.626 6	6.055 0	6.5	3.745	0.001 488 4	0.000 963
内圈损伤	03#	3.904 9	2.975 0	5.880 0	4.347 1	12.2	6.776	0.003 291 9	0.002 327
	07#	4.722 6	3.700 5	6.225 8	7.137 7	12.7	11.123	0.003 107 8	0.002 320
	14#	2.236 9	2.340 2	3.712 1	3.800 7	8.2	7.115	0.003 038 2	0.002 589
	15#	2.787 8	2.917 1	4.034 7	5.081 2	8.7	9.479	0.003 309 9	0.002 763
滚子损伤	34#	3.022 5	3.548 1	4.832 2	4.853 3	45.23	8.289	0.014 108	0.012 351
	35#	3.130 1	3.232 6	4.631 9	5.673 3	43.6	42.086	0.013 966	0.011 760
	36#	2.614 0	2.824 2	4.508 2	4.790 8	16.8	14.345	0.005 407 6	0.004 461

滤波后,差别就显而易见,正常的范围是 4.087~2.377 mV,内圈损伤的峰值范围是 11.123~6.6776 mV,滚子损伤为 42.086~14.345 mV,二者没有重合的部分。

表2 滚动轴承声发射信号的频域参数比较

状态	编号	f/Hz	Δp/mV
正常	23#	1 476.329 9	0.235 37
	26#	1 439.726 7	0.140 59
	28#	1 439.726 7	0.192 01
	29#	1 012.689 1	0.223 95
内圈损伤	03#	951.683 7	2.261 50
	07#	939.483 7	1.471 50
	14#	976.085 9	3.552 10
	15#	1 073.694 5	5.684 20
滚子损伤	34#	1 110.297 7	64.193 0
	35#	1 183.504 1	42.575
	36#	1 159.102 0	8.971 7

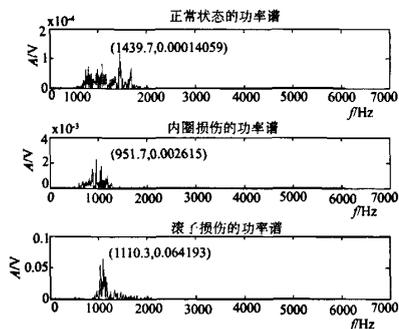


图3 不同状态的轴承声发射信号功率谱图

由表2可以看出在频域内,正常货车滚动轴承的声发射信号的特征频率主要集中在 1 439.726 7~1 476.329 9 Hz,但在 1 000 Hz 左右个别轴承偶尔也会出现,内圈故障的能量主要集中在 939.482 7~1 073.694 5 Hz 的频率范围内,滚子损伤的频率范围主要是 1 110.297 7~1 183.504 1 Hz,不同类型轴承的频率分布是不一样的,但相差也不是很大,而且在大量的试验后发现,他们的频率有时也存在重叠的情况,这就给故障的有效诊断带来了麻烦;但

他们的功率谱振幅差别却是很明显,由表5可知,正常轴承的振幅最大只有 0.235 37 mV,而故障轴承却相对较大,滚子损伤的振幅最大可达 64.193 mV,最小为 8.971 7 mV,与正常轴承的振幅值之比可达到约 272 倍,最小也有 38 倍,明显不属于 1 个数量级,而且可以看到,内圈损伤的振幅最大是 5.684 2 mV,最小是 1.471 5 mV,而且这两种故障的振幅与正常的振幅均没有重合的部分。这一点也可以用均方值 X_{RMS} 证明,正常的均方根值也很集中,4 套轴承基本变化不大,滤波前范围是 1.321 2~1.549 4 mV,内圈损伤和滚子损伤就逐渐增大,分别为 3.309 9~3.038 mV 和 14.108~5.407 6 mV;滤波后这种差别就更为明显,分布也更为集中,分别为 0.963~0.749 mV、2.763~2.320 mV、12.351~4.461 mV。

3 结语

1) 传统的振动分析中的无量纲诊断参数峭度和裕度无法区分铁路货车滚动轴承的运行状态。

2) 采用小波变换的滤波手段,提高信噪比,突出故障特征信息,抑制了背景噪声,从而有效地诊断出轴承运行状态。

3) 不同运行状态的声发射信号(弹性波)的频率范围和强弱有明显差别,进一步研究可为实现智能诊断奠定良好的基础。

参考文献

- [1] Mba D, Raj B, Rao KN. Development of acoustic emission technology for condition monitoring and diagnosis of rotating machines: bearings, pumps, gearboxes, engines and rotating structures[J]. The shock and vibration digest, 2006, 38(1): 3-16.
- [2] 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.
- [3] 潘泉,孟晋丽,张磊,等. 小波滤波方法及应用[J]. 电子与信息学报, 2007(01): 236-242.

高合金抗磨铸铁渣浆泵叶轮的高速切削技术

于秀华¹, 张文祥², 马廉洁³

(1. 白城师范学院 机电工程系, 吉林 白城 137000; 2. 石家庄市机械技工学校, 河北 石家庄 050061;
3. 东北大学 秦皇岛分校 自动化工程系, 河北 秦皇岛 066004)

摘要:分析了高合金高硬度抗磨铸铁材料性能和加工工艺性, 讨论了其对加工工具的要求, 介绍了聚晶立方氮化硼(PCBN)材料的优点, 使用 PCBN 刀具, 通过合理选择切削用量和刀具技术参数, 可以实现高硬度抗磨材料切削加工。

关键词:高合金抗磨铸铁; 高硬度; 立方氮化硼; 刀具

中图分类号:TG 143; TG 71 **文献标志码:**A

High-speed Cutting Technology on GKM Using Impeller of Mineral Residue Pump

YU Xiuhua¹, ZHANG Wenxiang², MA Lianjie³

(1. Department of Mechanical & Electrical Engineering, Baicheng Normal College, Baicheng 137000, China;
2. Mechanical Technique Training School of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050061, China;
3. Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract:In this paper, the materials performance and machining technologist of high hardness and high alloy antifriction cast iron were analyzed. The requirements of cutting tool were discussed in machining. The advantages of polymerization crystal boron nitrogen were introduced. By using PCBN cutting tools, choosing reasonable cutting dosages and technology parameter of tools, the high hardness and high alloy antifriction cast iron can be machined.

Key words:High alloy antifriction cast iron, High hardness, PCBN, Tools

渣浆泵被广泛用于煤炭、矿山、电力、冶金、水利等重要行业, 作为渣浆泵重要部件之一的叶轮, 要承受砂石磨损、卵石冲击、污水腐蚀、气蚀等共同作用, 工况条件恶劣, 零件的磨损十分严重, 再加上零件缺陷的影响, 其磨损过程相当复杂^[1-3]。为了提高叶轮的使用寿命, 人们不断寻求高性能的抗磨材料, 如美国一家公司推出了创新的陶瓷金属复合材料, 日本西蒙-沃曼公司生产的陶瓷叶轮^[2], 澳大利亚沃曼公司开发出的 A61(硬度 59~61 HRC)、A217(硬度约 64 HRC)等。目前, 国内一些生产企业在高合金高硬度抗磨铸铁材料的研制方面取得了成功, 在生产应用中效果明显。

1 高硬度抗磨铸铁 GKM 材料性能特点

1.1 GKM 材料的优点

高合金高硬度抗磨铸铁材料是石家庄泵业集团

近年来研制的新一代铸铁材料, 主要有 3 种型号, A15、A35 和 A31, 企业内部总的简称为 GKM 材料。在矿山渣浆泵叶轮强磨损工况试验中, 获得了显著的工程效果。GKM 具有高强度、高韧性、耐磨性好、疲劳性好、断裂韧性高等优点。主要应用于矿山、铁路、农业机械和建筑、风力发电设备等行业抗磨零件。由于其材料自身的性质, 使其切削加工也十分困难。

1.2 GKM 材料的化学成分

GKM 材料的化学成分中含有一定量的钛元素, 在高温切削时的生成物与 YT 类硬质合金产生强烈的亲和作用, 易于发生扩散磨损, 造成刀具刃部损坏, 因而不适用 YT 类硬质合金刀具加工。

1.3 GKM 材料的加工工艺性

GKM 材料中含有大量合金碳化物, 其体积分数高达 40%~55%, 这些高硬度的硬质相(1 800~

[4] 耿荣生, 沈功田, 刘时分. 模态声发射基本理论[J]. 无损检测, 2002, 24(72): 302-306.

[5] 梅宏斌. 滚动轴承振动监测与诊断理论·方法·系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.

* 安徽省高校青年科研资助项目(2006jql154);

安徽工程科技学院青年教师科研基金资助项目(2005YQ012)。

作者简介: 赵转哲(1979-), 男, 讲师, 硕士, 研究方向为机械故障的智能诊断

收稿日期: 2009年3月5日

责任编辑 吕德龙

基于声发射技术的铁路货车滚动轴承故障诊断研究

作者: [赵转哲](#), [姜忠宇](#), [何慧娟](#), [ZHAO Zhuanzhe](#), [JIANG Zhongyu](#), [HE Huijuan](#)
 作者单位: [安徽工程科技学院, 先进数控和伺服驱动技术安徽省高校重点实验室, 安徽, 芜湖, 241000](#)
 刊名: [新技术新工艺](#) **ISTIC**
 英文刊名: [NEW TECHNOLOGY & NEW PROCESS](#)
 年, 卷(期): 2009, "" (5)
 引用次数: 0次

参考文献(5条)

1. [Mba D. Raj B. Rao KN](#) [Development of acoustic emission technology for condition monitoring and diagnosis of rotating machines: bearings, pump s, gearboxes, engines and rotating structures](#) 2006 (01)
2. [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)
3. [潘泉, 孟晋丽, 张磊](#) [小波滤波方法及应用](#) [期刊论文]-[电子与信息学报](#) 2007 (01)
4. [耿荣生, 沈功田, 刘时风](#) [模态声发射基本理论](#) [期刊论文]-[无损检测](#) 2002 (72)
5. [梅宏斌](#) [滚动轴承振动监测与诊断理论·方法·系统](#) 1995

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [郝如江, 卢文秀, 褚福磊, HAO Ru-jiang, LU Wen-xiu, CHU Fu-lei](#) [声发射检测技术用于滚动轴承故障诊断的研究综述—振动与冲击](#) 2008, 27 (3)
 声发射是材料受力变形产生弹性波的现象, 故障滚动轴承在运转过程中会产生声发射。从几个方面综合阐述了国内外轴承故障声发射检测技术的研究和发展现状, 即轴承故障声发射信号的产生机理, 故障声发射信号的传播衰减特性, 声发射信号的参数分析法和波形分析法对故障特征的描述, 轴承故障声发射源的定位问题, 根据信号特征进行故障模式识别以及声发射检测和振动检测的比较问题。通过分析总结出滚动轴承声发射检测技术下一步的研究方向, 并指出滚动轴承故障的声发射检测是振动检测的有力补充工具, 特别是在轴承低转速和故障早期的检测中更能发挥作用。
2. 期刊论文 [何沿江, 齐明侠, 罗红梅, HE Yan-jiang, QI Ming-xia, LUO Hong-mei](#) [基于ICA和SVM的滚动轴承声发射故障诊断技术—振动与冲击](#) 2008, 27 (3)
 以滚动轴承为研究对象, 提出了应用独立分量分析(ICA)和支持向量机(SVM)相结合进行滚动轴承故障诊断的方法。首先, 对声发射信号(AE)进行自相关预处理, 突出声发射信号的非高斯成分, 使AE信号较好地满足独立分量分析的前提条件。然后, 应用独立分量快速算法分离故障轴承的声发射信号, 提取其状态特征向量, 利用支持向量机的模式识别和非线性回归功能来完成滚动轴承故障的识别。试验结果表明, 利用独立分量分析方法提取的故障状态特征向量与支持向量机相结合可以有效、准确地识别滚动轴承的故障模式, 为滚动轴承故障诊断提供了一种新型的方法。
3. 学位论文 [何沿江](#) [基于声发射技术的滚动轴承故障诊断研究](#) 2008
 滚动轴承是机械中磨损最严重的元件之一, 大量旋转机械的故障都与滚动轴承有关, 对滚动轴承进行状态监测和故障诊断的研究具有重要的实际意义。本文致力于滚动轴承故障声发射信号的特征提取和故障模式识别技术的研究。
 本文以滚动轴承故障声发射信号为主要研究对象, 对小波分析在声发射信号处理中的应用进行了研究。首先, 根据滚动轴承故障声发射信号的特点, 分析了声发射信号小波分析的小波基选取规则, 并且找出了适合于分析滚动轴承故障声发射信号的Daubechies小波、Symlets小波和Coiflets; 其次分析了基于Mallat算法的小波多分辨分析的概念, 得出了多分辨分析频率的范围和小波分解的最大分解尺度公式, 对滚动轴承声发射信号的小波分析起到了指导作用; 本文还研究了三种基于小波分析的滚动轴承声发射信号特征参数提取方法: 小波特征频谱分析法、小波特征能量谱系数法、小波分解系数分析法。实际的工程应用结果表明: 这三种特征分析方法能够有效地提取滚动轴承声发射信号的特征参数。
 论文对BP和RBF神经网络在滚动轴承声发射信号模式识别应用中的问题进行了研究。特别是对BP和RBF网络学习样本的构造、输入输出层节点数的确定和隐层节点数的确定, 神经网络结构优化等方面的问题进行了研究。研究了基于改进算法的BP网络和基于改进遗传算法的RBF网络、小样本加噪声循环训练法、小波分析与BP和RBF神经网络有机结合和集成人工神经网络等五种提高神经网络性能的方法。实验结果表明, 基于上述方法的神经网络在滚动轴承的故障模式识别过程中取得了良好的效果。
 通过实验, 研究了滚动轴承声发射信号的最大幅值、均方根值和峰度系数与滚动轴承故障缺陷的严重程度、滚动轴承的运转载荷和运转速度之间的关系。实验结果表明, 上述三种参数能够对滚动轴承的故障特征进行描述, 有助于滚动轴承故障模式的识别和判断。
4. 期刊论文 [于江林, 余永增, 戴光, 汪雪, YU Jiang-lin, YU Yong-zeng, DAI Guang, WANG Xue](#) [滚动轴承声发射信号的人工神经网络模式识别技术—大庆石油学院学报](#) 2008, 32 (5)
 根据声发射检测中常用的BP、RBF和PNN神经网络模型, 利用声发射在线检测系统对故障滚动轴承进行测试, 提取不同故障轴承声发射信号特征参量作为神经网络输入向量, 并分别用3种神经网络对滚动轴承故障模式进行识别。结果表明, 采用BP神经网络的声发射信号识别技术的正确识别率略低于其余2种的识别率; RBF和PNN网络的分类结果相同, 且在分类能力和学习速度方面均优于BP网络。
5. 期刊论文 [赵美云, 李力, 陈保家, ZHAO Mei-yun, LI Li, CHEN Bao-jia](#) [滚动轴承故障声发射信号的小波包络谱分析—轴承](#) 2008, "" (4)
 利用声发射信号的高频特性采集滚动轴承故障信息, 采用小波分析技术把信号分解在不同频带, 对信号进行重构, 从而消除背景噪声, 再采用小波包络谱分析方法识别故障信息。试验结果证明, 基于声发射信号的小波包络谱分析可以有效地检测滚动轴承故障。
6. 期刊论文 [郝如江, 卢文秀, 褚福磊, HAO Rujiang, LU Wenxiu, CHU Fulei](#) [形态滤波在滚动轴承故障声发射信号处理中的应用—清华大学学报\(自然科学版\)](#) 2008, 48 (5)
 滚动轴承的状态监测和故障诊断意义重大。为有效诊断轴承早期的微弱故障, 将形态滤波方法用于轴承故障声发射信号的处理, 提出采用多尺度形态开闭和开闭组合的滤波器对信号降噪处理, 采用闭运算对降噪后的信号进行形态滤波解调得到明显的故障特征频率, 并对比故障振动信号和声发射信号的处

理效果. 研究表明: 形态滤波用于轴承故障声发射信号特征提取效果明显, 适用于轴承的状态监测和故障的早期诊断.

7. 学位论文 [姜诚君](#) 铁路货车滚动轴承元件损伤故障诊断实验研究 2004

铁路货车轮对轴承的正常运转直接关系到车辆的安全行驶, 因此, 滚动轴承状态检测一直是各车辆段安全检测的重要内容. 当前, 国内普遍采用共振解调等振动法诊断轴承故障, 但现有的解调分析方法存在某些局限性, 生产实践表明, 采用这种技术原理研制的诊断系统对某些故障的诊断准确性较差, 且系统结构复杂, 稳定性差, 维修保养不便. 该课题将前期实验室研究中所采用的轴承振动信号幅值域无量纲参数(裕度因子、峭度因子)诊断方法应用在车辆段检修线上, 并研制了现场所使用的铁路货车滚动轴承故障检测装置, 实现了在线轴承故障检测. 生产现场大量在线试验的结果验证了前期研究结果, 但试验中也出现了系统泄漏电荷影响试验结果等问题, 造成有些试验数据离散, 影响了参数阈值的制定. 对此, 提出将声发射(Acoustic Emission, AE)诊断方法引入铁路货车滚动轴承的故障诊断, 从理论上分析了声发射现象, 从应用的角度分析故障轴承的声发射信号的特征以及声发射信号特征表示方法; 分别在实验室和段修生产现场, 采用声发射法和振动法对不同典型状态的铁路货车滚动轴承进行了试验对比. 对比试验分析结果表明: 声发射诊断法用于铁路货车轮对滚动轴承故障检测是可行的; 声发射检测装置简单、可靠性高、抗干扰性好、使用方便等特点使得声发射法更适用于段修生产现场的恶劣环境. 对比试验结果为实验室的后续研究, 以便开发出一套AE信号分析软件打下一定的基础, 对于进一步将AE技术应用于铁路货车滚动轴承的在线不解体故障诊断有着重要的意义.

8. 会议论文 [郝如江](#), [褚福磊](#), [张新明](#) 基于小波变换的滚动轴承故障声发射信号提纯技术 2006

根据故障轴承声发射信号的脉冲特性, 以“小波熵最小”原则首先选用db10小波进行二进离散小波变换, 采用软域值方法处理小波系数, 重构得到降噪后的故障声发射信号, 故障脉冲特征不很明显. 采用Morlet小波进行连续小波变换, 采用优化的波形参数, 通过域值处理和小波重构, 得到故障信号的冲击特征成分, 噪声信号得到了很好的抑制. 通过实验数据的分析, 得到了用连续小波变换可以有效提取滚动轴承故障声发射信号特征的结论.

9. 期刊论文 [理华](#), [徐春广](#), [肖定国](#), [黄卉](#), [郑军](#), [季皖东](#), [郭浩](#) [中国轴承论坛论文参考题目滚动轴承声发射检测技术 - 轴承](#)2002, “”(7)

利用声发射信号进行轴承的故障检测, 能减少噪声和工况的干扰, 能够在低速轻载下有效检测货车轴承的故障. 实践证明, 该检测仪原理清晰, 实施简便, 可靠性高, 达到了实时监测的目的.

10. 期刊论文 [戴光](#), [余永增](#), [张颖](#), [于江林](#), [DAI Guang](#), [YU Yongzeng](#), [ZHANG Ying](#), [YU Jianglin](#) 基于小波和EMD的滚动轴承非接触声发射诊断方法 - [化工机械](#)2009, 36(4)

采用声发射技术对滚动轴承进行非接触检测, 利用小波分解把故障轴承信号分解在不同频段, 然后依照各频带能量重构信号, 消除背景噪声, 对降噪信号进行EMD分解, 对分解后感兴趣的IMF进行边带谱分析, 观察特征频率, 得到清晰的故障信息, 以此诊断轴承故障.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xjsxgy200905023.aspx

下载时间: 2010年5月28日