

试
验
检
测

基于冲击特征的轴承保持架 变形故障识别方法研究

李 辉，刘义伦，唐德尧

(中南大学 机电工程学院, 湖南 长沙 410083)



作者简介: 李 辉(1970-), 男, 博士研究生, 高级工程师, 长期从事旋转机械状态监测与故障诊断研究工作。

摘 要: 为及时发现和准确诊断轨道交通机车车辆走行部轴承保持架故障, 对轴承保持架变形故障的信息产生机理进行了分析, 对走行部车载监测装置采集的数据进行了基于冲击信息的特征提取与故障模式识别方法研究, 提出了通过联合轴承保持架故障特征谱与外孤谱的保持架变形识别方法。实践证明, 该方法对轨道交通机车车辆走行部轴承保持架的故障诊断具有实际的工程应用价值。

关键词: 保持架变形; 共振解调; 故障冲击; 外孤谱; 机车车辆; 轴承

中图分类号: U269.32⁺2; TH133.33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2015)06-0095-03

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2015.06.025

Fault Identification Method of Bearing Cage Deformation Based on Impulse Characteristics

LI Hui, LIU Yilun, TANG Deyao

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University, Changsha, Hunan 410083, China)

Abstract: For timely detecting and accurate diagnosing failure of rail transit vehicles running stocks bearing cage, deformation failure information generating mechanism of running stocks bearing cage was analyzed and data collected from on-line device for monitoring locomotive rolling stock was studied based on information feature extraction and fault pattern recognition, and then joint fault characteristic spectrum for bearing cage and solitary spectrum of outer ring identification method for cage deformation were proposed at last. It is verified that the fault diagnosis method of running stocks bearing cage for rail transit vehicle equipment has great value to actual engineering application.

Keywords: cage deformation; resonance demodulation; fault impact; isolated spectrum of outer ring; rolling stock; bearing

0 引言

作为滚动轴承主要零件的轴承保持架, 其作用为隔离滚动体并正确引导滚动体在滚道上滚动, 对滚动体定向、减少摩擦力。轨道交通机车车辆的走行部轴承, 如电机驱动端轴承、轴箱轴承, 其保持架如果存在变形, 则在工作时会导致轴承内部滚动体与内外环(挡边)的碰撞、摩擦磨损与发热。这种保持架变形所导致的轴承工况异常长期持续存在时, 将破坏轴承的正常工况, 严重时保持架发生断裂, 滚动体由滚动改变为滚、滑动, 并使轴承润滑状态恶劣化, 最终结果表现为轴承温度升高、轴承固死^[1-2], 从而影响到走行部的安全。

本文对轨道交通机车车辆走行部轴承保持架变形

时信号产生机理进行分析, 通过对走行部车载监测装置发现的保持架故障案例实测数据的研究, 基于冲击信息特征提出了一种保持架故障特征谱与外孤谱联合的特征提取与模式识别方法。

1 保持架变形信号产生机理分析

1.1 保持架变形的物理形态

滚动轴承的保持架因制造、材料、工艺、各种模态共振及安装使用不当等因素影响, 在轨道交通机车车辆走行部实际工程运用中常见以下3种变形的物理形态: 径向椭圆变形(示意图见图1), 轴向一弯变形(示意图见图2), 轴向三扭变形(示意图见图3)。

1.2 保持架变形的物理现象

当轴承保持架出现上述3种变形时, 轴承的工况发生改变, 此改变将会在振动冲击的检测 results 上有所

体现。

当保持架存在径向椭圆变形时，它的圆周呈折线状演变成多边形，其突出的“角”通过承载区时，与挡边的油膜间隙突然变小甚至刮碰冲击；或者变形的兜孔迫使滚子端面与挡边内侧摩擦冲击；或者因保持架变形造成的兜孔间隙的变化及引导间隙的变化。上述几种情况均会在轴承运转过程中产生振动冲击信息。

因轨道交通机车车辆走行部轴承主要承受径向载荷的特性，通常选用的是 NU、NJ 及 NUP 型轴承，仅依靠套圈（内外环）的挡边来承受不大的轴向载荷，如图 4。



图 1 保持架径向椭圆变形示意图

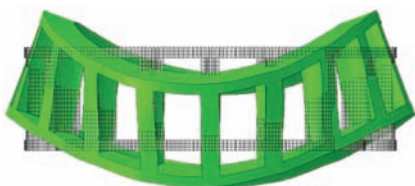


图 2 保持架轴向一弯变形示意图

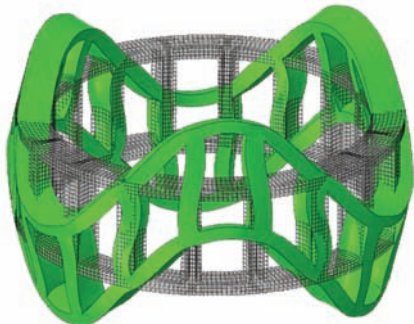


图 3 保持架轴向三扭变形示意图

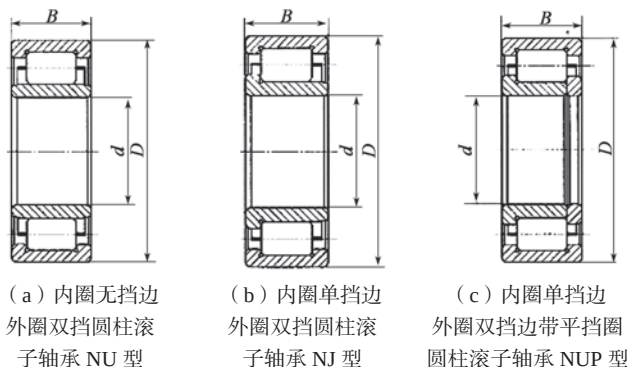


图 4 轨道交通机车车辆走行部常用轴承型号

当保持架存在轴向一弯、轴向三扭变形时，在轴承运转过程中，由变形保持架引导的滚动体产生的物理现象是：①滚动体端面相对套圈挡边的正常间隙消

失或减小；②轴向变形的保持架引导的滚动体因间隙的改变而存在至少一个以上与套圈挡边发生碰磨；③发生碰磨的频次与保持架变形的形态相关；对于轴向一弯变形的情形出现 2 次或 4 次碰磨冲击；对于轴向三扭变形的情形出现 3 次或 6 次碰磨冲击；④由于滚动体的公转与自转同时存在，保持架变形引发的滚动体与套圈挡边的碰磨冲击幅度受到公转的调制。

2 保持架变形数据特征

走行部车载监测装置在轨道交通领域大量推广应用以来，在干线铁路、城轨、地铁的走行部安全保障上取得了丰硕成果。该装置以旋转机械故障冲击的共振解调技术为核心，融合全数字转速相位跟踪采样技术、主动诊断、多因素多参数联合诊断方法论和系列判据，实现了对轨道交通机车车辆走行部故障的准确识别和早期预报警^[3-4]，其技术原理如图 5 所示。

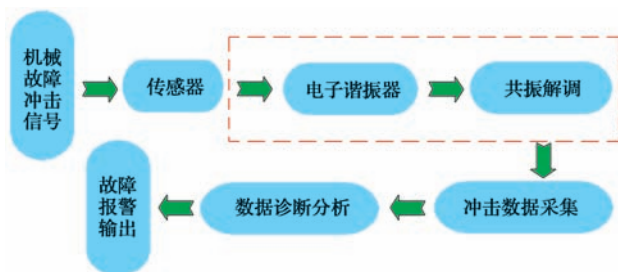


图 5 走行部车载监测装置技术原理

针对走行部车载监测装置在应用过程中发现的某型进口轴承保持架铆钉断裂案例的分析研究，文献[5-7]提出了“识别轴承保持架故障的共振解调外孤谱诊断技术”，并在城轨车辆齿轮箱轴承的故障诊断中取得了应用效果。在对保持架变形故障的数据特征挖掘中，发现仅通过“外孤谱”来实现故障诊断及报警输出存在一定的误报，尚不满足运用现场科学指导维修的要求。因此需对保持架变形的冲击原始数据进一步挖掘，提取出可准确识别该类故障的特征信息，供综合报警决策正确地输出报警。

以下以保持架变形的典型案例来分析监测数据中的冲击信息，以总结保持架变形故障的模式识别方法。

案例 1: 某机车的电机齿轮端轴承发生保持架报警。保持架每个转动周期出现 3 簇冲击波形，谱图存在保持架 3、6、9 阶突出谱线，如图 6。分解发现：保持架变形，两个端圈错位并产生裂纹，兜孔呈现平行四边形（如图 7）。该保持架端圈外圆疑似发生三角形变形。

案例 2: 在机车走行部轴箱轴承检测中，发现存在如图 8 所示的冲击信息特征，即外孤谱及保持架边频、保持架调制谱同时存在，经检查确认保持架存在椭圆变形。

案例 3: 图 9 为地铁车辆走行部车载监测装置采集的数据，其冲击数据分析呈现外孤谱、保持架 3 阶下边频与调制谱明显特征，经检修确认保持架存在三扭变形。

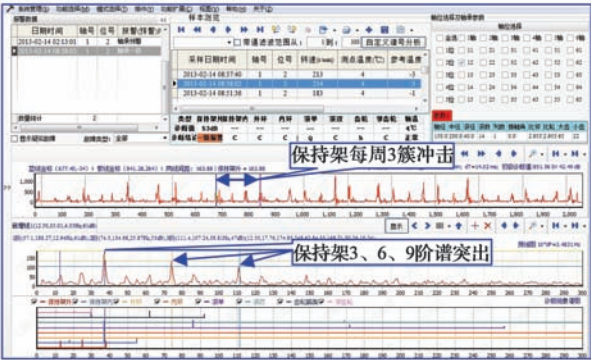


图 6 保持架报警的冲击波形和频谱

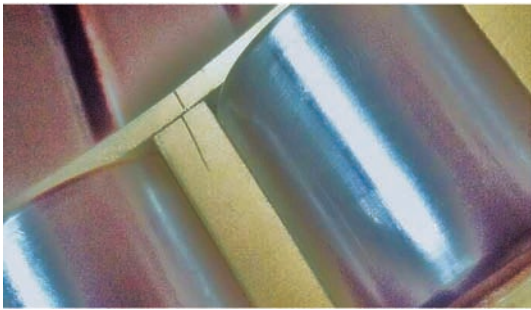


图 7 分解发现保持架兜孔变形和端圈、窗梁裂纹

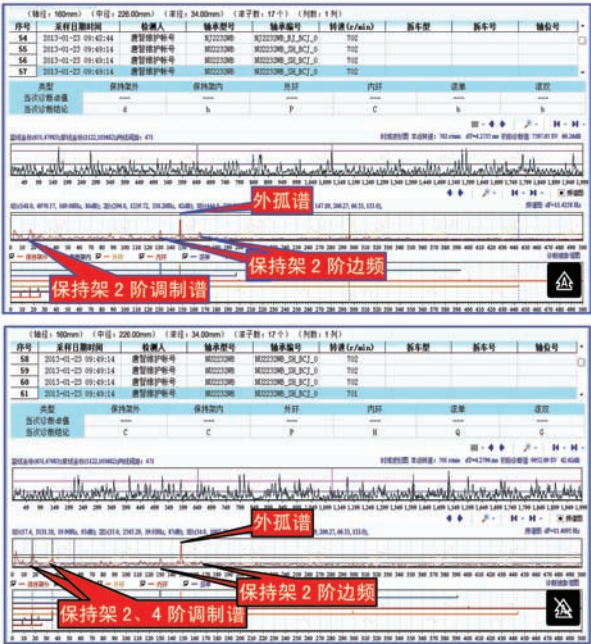


图 8 存在外孤谱及保持架边频与调制谱数据分析图



图 9 地铁车辆轴箱轴承原始数据的时域频域分析图

3 保持架变形模式识别

通过上述对保持架变形的物理现象分析与工程应

用过程中案例的数据特征挖掘, 形成基于冲击信息特征的保持架变形故障识别方法如下:

①如案例 1, 对频域数据进行保持架故障特征谱的识别, 判定保持架故障的 1~3 阶甚至更高阶的特征谱的存在;

②如案例 2, 对存在保持架故障特征谱的数据进一步分析, 识别存在外孤谱;

③如案例 3, 对存在外孤谱的数据进一步分析, 识别保持架故障特征谱的 1~3 阶边频的存在;

④将上述特征识别的结论与数据送入综合报警决策, 诊断输出保持架变形结论来指导轴承故障的检修。

上述特征谱的定性识别方法使用走行部车载监测装置故障诊断专家系统的各类判据并针对保持架变形的信号特征进行了参数完善。其故障的定量计算方法使用下式进行计算并做趋势保存:

$$A_{dB} = 20 \lg \frac{2000 \times SV}{N \cdot D^{0.6}}$$

式中: A_{dB} 为故障量值; SV 为冲击值; N 为轴承所在轴的转速, r/min ; D 为轴承所在轴的轴径, mm 。

基于上述分析所形成的模式识别流程图如图 10 所示。



图 10 保持架变形故障诊断模式识别流程图

将该模式识别方法形成自动诊断软件模块, 融合到机车车辆走行部车载监测装置的故障诊断专家系统中, 就可实现机车车辆轴保持架变形故障的实时诊断。

4 结论

本文通过对轨道交通机车车辆走行部轴保持架变形后工作过程的机理分析, 结合走行部监测装置发现的大量案例研究, 提出了联合外孤谱与保持架故

(下转第 101 页)