

基于特征分析的滚动轴承诊断系统

王军¹, 林华²

(1. 空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800; 2. 86509 部队, 河北 廊坊 102800)

摘要:根据现场检记的一些数据,将滚动轴承所发生的几种典型故障归类,应用数据处理技术建立了一个实用诊断系统,从而不仅可诊断轴承故障发生的部位,且易实现计算机对故障的精密诊断。

关键词:诊断系统;滚动轴承;故障诊断

中图分类号:TH113 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2001)02-0058-03

现代化的装备、装置和机械正在日益向大型化、高速化、连续化、复杂化的方向发展。所以,装备发生故障后,造成的影响往往大得难以计算,而且,为使装备恢复正常状态所花的费用,在维护费用中也占了很大的比例。因此,为了尽可能减少或避免突发性事故,把由设备事故造成的损失降到最低限度,同时为了避免过剩维修现象,使装备维修真正达到高效并正确进行,逐步实现按状态进行预知维修,推广应用诊断技术,就显得越来越重要、越来越迫切。

1 故障分类及基本特征

在不考虑旋转零件的不平衡和机械松动等故障的情况下,滚动轴承的典型失效分为三类:疲劳、润滑不良和进入异物^[1]。

1) 疲劳:在这种故障中,根据轴承的构造和旋转速度能计算出擦伤点的通过时间间隔。轴承外圈、内圈和滚动体上的每一处损伤,其频率分别为:

$$\begin{aligned}f_{\text{外}} &= \frac{D - d \cos \alpha}{120D} Z \cdot N \\f_{\text{内}} &= \frac{D + d \cos \alpha}{120D} Z \cdot N \\f_{\text{球}} &= \frac{D^2 - d^2 \cos \alpha}{120Dd} N\end{aligned} \quad (1)$$

式中: D —轴承节圆直径; d —球直径; Z —球的个数; N —轴承的转速; α —球与内外环的接触角。

2) 润滑不良:发生这种故障的轴承,其结构响应表现出随机激振的性质,响应主要频率可估计为:

$$f_n = \frac{n \sqrt{(n^2 - 1) + \mu}}{2\pi (D/2)^2 \sqrt{n^2 + 1}} \cdot \sqrt{\frac{EIg}{\gamma A}} \quad (2)$$

式中: $\mu \approx \frac{kR}{\pi EI} \cdot \frac{\pi}{2}$; E —材料的纵向弹性系数; I —圆环中性轴断面二次力矩; g —重力加速度; γ —材料的比重; A —圆环的断面积; D —圆环中性轴的直径; n —变形波的节线数(即节点数); k —滚动体和内、外圈间的有效刚度。

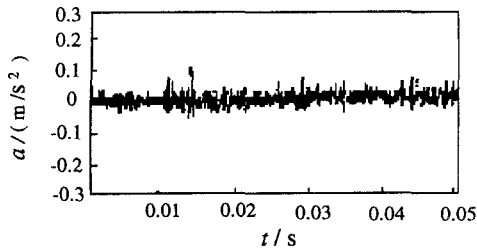
3) 进入异物:轴承安装在诸如钢铁加工等粉尘环境中,产生此种故障的可能性是相当大的。但目前尚无确切的资料说明其变化过程,只能根据实验结果来加以分析。

收稿日期:2000-02-20

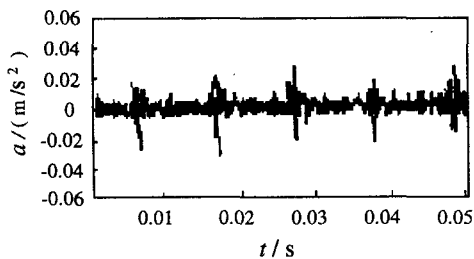
作者简介:王军(1968-),男,陕西三原人,讲师,硕士,主要从事导弹控制与测试研究。

2 诊断数据及分析

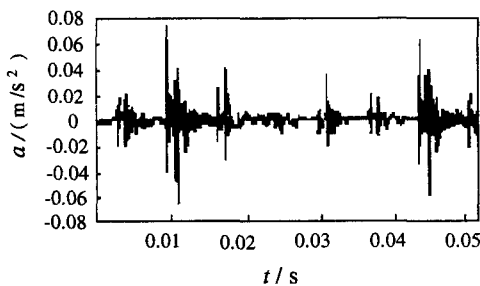
由于本底噪声问题及延时响应,测量不采用外圈表面温升或声压等外部方法,而利用外圈壳体的振动信号,通过普通的加速度计,来测量滚动轴承的结构响应。根据有关资料及实践,获得超高频区结构响应的特性如图1所示。



(a) 无缺陷

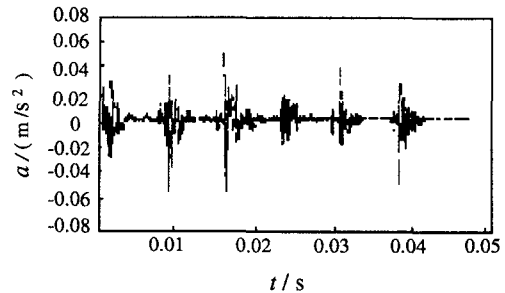


(b) 外圈擦伤

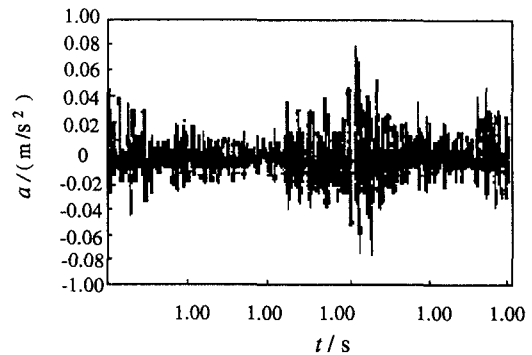


(c) 内圈擦伤

a~e为结构响应的典型波形。其中b~e所示脉冲信号的频率与公式(1)的计算值一致,e的频率也基本符合公式(2)的估计。当然,由于轴承转速的实际测量误差等因素,公式计算值与实际值总存在一些误差。另外图b与图d中包络函数的偏差与脉冲不稳定,是由于有效刚度k的非线性,取决于公式的修订和滚动体由接触角 α 引起的绕旋转轴的螺旋形旋转而导致的。



(d) 滚动体擦伤

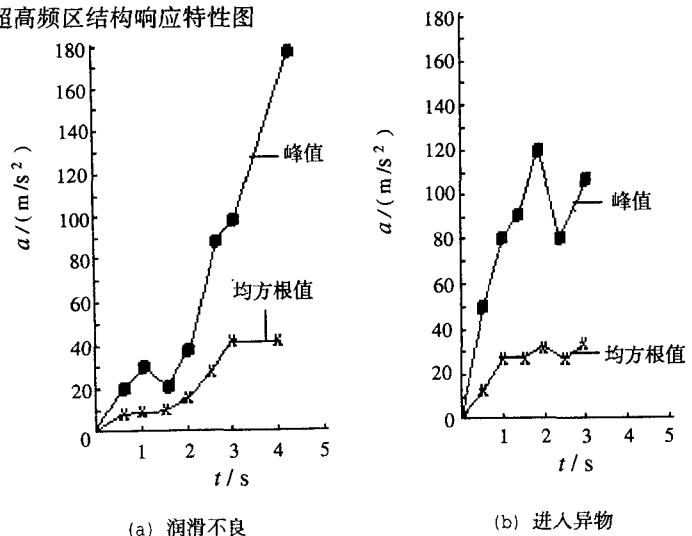


(e) 润滑不良

图1 超高频区结构响应特性图

图2是一定时间间隔滚动轴承振动值的变化。当润滑不良时,可看到曲线值渐增,这类失效的峰值变化率约为3 dB/h。进入异物时,能看到振动值相对迅速变化,大约等于5~10 dB/h。

根据文献[2]的实验结果,对于长时间间隔(一般为一天或几天),振动值的变化率本质上取决于失效形式,在严重缺油的情况下连续运转几天,振动峰值大于1 000 m/s^2 ,均方根值大于200 m/s^2 时,会引起整个轴承的破坏性损坏^[2]。



(a) 润滑不良

(b) 进入异物

图2 一定时间间隔振动值的变化

3 诊断系统的建立

高频、超高频振动反映的是高速旋转的轴承内、外环及滚动体损伤,随着运行时间增长,出现磨损频率下的幅值也会增加。所以,高频、超高频范围不同频率处振动幅值的大小,反映了对应零件的磨损程度。

根据上节的分析结果,可建立滚动轴承的诊断系统。它根据的原理是:从脉冲值的变化能检测出疲劳擦伤。利用包络函数的偏差或变化值可找出失效零件^[3-5]。其余两种失效形式基本上利用峰值变化过程和作为辅助信息的频率成分来检测。理论流程图如图3所示。

无论何时,只要来自被监测轴承的信号大于可编程程序放大控制器中的比较器的临界值,诊断程序就开始运行。首先根据峰值和均方根值检查可能存在的缺陷。在这一阶段,指出每个轴承的失效等级。在警告阶段后,根据损伤程度,开始诊断处理。若系统用于多个轴承监测,用此双阶程序可大大节省微处理机的运行时间。诊断结束时,该系统即指出失效轴承的确切数量及其失效模式。诊断程序中设置图形显示部分,可以显示原始波形图,以帮助诊断者对故障进行分析。诊断结果可用绘图机、打印机或屏幕显示等方法输出。

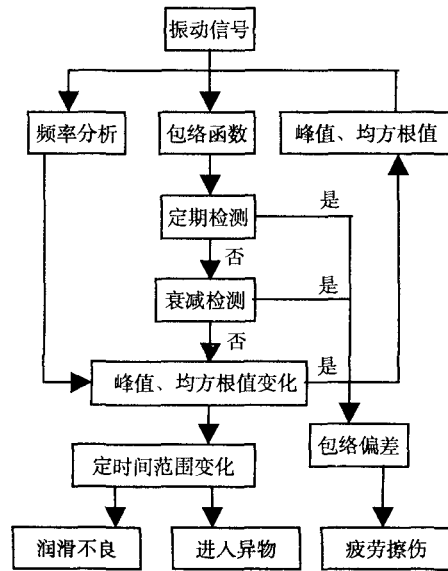


图3 理论流程图

4 结论

本文对滚动轴承监测方法的研究,从分析的结果,可以得到以下结论:

1) 滚动轴承的几种典型故障,均可以通过时域和频域的数据分析来确定。2) 利用数据分析和统计方法得出的结果,就能建立能发现早期缺陷的诊断程序。3) 正确掌握滚动轴承失效的特性,可很好地指导我们对故障进行精密诊断。4) 信号分析方法的实用监测系统,对早期预防维修的推进,将会起到重要的作用,而这种方法必将提高整个系统的可靠性。

参考文献:

- [1] 唐德尧. 轴承、齿轮运行故障的在线诊断[M]. 北京:航天部608所,1986.
- [2] Acoustic. Stress and Reliability in Design[J]. Journal of Vibration,1986,108(12):27-29.
- [3] 戴诗亮. 随机振动实验技术[M]. 北京:清华大学出版社,1984.
- [4] HARTING. D R. Incipient Failure Detection by Demodulated Resonance Analysis[J]. Instrumentation technology,1977,16(8):60-62.
- [5] 刘泽九. 滚动轴承的额定负荷与寿命[M]. 北京:机械工业出版社,1982.

Rolling Bearing Diagnosis System Based on Analyzing Characteristics

WANG Jun¹, LIN Hua²

(1. The Missile Institute of the Air Force Engineering University (AFEU.), Sanyuan 713800, China;

2. Unit 86509 of the People's liberation Army, Langfang 102800, China)

Abstract·According to many data recorded in the workplace, this text classifies the failures of rolling bearings into several typical failures. By using the data processing technology, we can establish a practice diagnostic system. Thus, not only we can diagnose the part of failure in bearing, but also easy to realizing the exact diagnosis by computer.

Key words·diagnostic system; rolling bearings; failure diagnosis