

LabVIEW 和 MATLAB 混合编程在齿轮箱故障诊断系统中的应用*

李文斌 张建宇

(北京工业大学 北京市先进制造技术重点实验室,北京 100124)

Application for fault diagnosis system of gearbox of rolling mill based on LabVIEW and MATLAB

LI Wen-bin, ZHANG Jian-yu

(Key Laboratory of Advanced Manufacturing Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

【摘要】为了实现轧机传动部件的早期故障诊断,利用 LabVIEW 便捷的图形界面和 MATLAB 强大的数值分析功能,开发了一套齿轮箱故障诊断系统。通过 LabVIEW 调用 MATLAB 中的小波工具箱,并结合包络解调等方法实现故障信息的准确提取。经过模拟故障数据和高线精轧机故障的诊断实践,表明该系统运行可靠,并且能更早地识别故障隐患。

关键词: 齿轮箱;小波变换;LabVIEW;MATLAB

【Abstract】 In order to realize the incipient fault diagnosis of transmission parts in rolling mills, LabVIEW and MATLAB are combined to develop a diagnosis system for the gearbox. The wavelet toolbox in MATLAB is called in the LabVIEW platform to realize the wavelet analysis in the system, and the envelope demodulation method is also involved in the system to extract the fault information more exactly. Through analyzing the simulated fault data and field signal of a high speed wire rolling mill, the conclusion can be drawn that the system is reliable and can be used for early fault identification.

Key words: Gear box; Wavelet analysis; LabVIEW; MATLAB

中图分类号:TH16 文献标识码:A

1 引言

齿轮箱是机械设备中广泛应用的部件之一,它包括轴、齿轮、轴承和箱体4个部分。由于其本身结构复杂而且工作环境异常恶劣,再加上冶金机械常常在高速、重载下连续工作,故障率较高,造成了巨大的财产损失。因此对轧机齿轮箱进行监测与诊断是非常必要的。机械设备故障诊断方法中,振动分析是应用最为广泛的方法之一^[1]。齿轮箱的振动信号是具有奇异性的非平稳信号,传统的傅里叶变换难以处理此类信号。而小波分析因其具有良好的时频局部化特性,可以有效的分析处理非平稳信号,因此在图像处理、故障诊断等领域得到广泛应用。

现在科技的巨大进步,使得对信号的分析处理能力要求更高。具有良好的人机交互界面以及强大的数据分析处理能力的系统,已经成为工业领域的研究重点。LabVIEW 是美国 NI 公司推出的图形化编程语言,它以良好的人机交互界面、操作简单、系统开发效率高等优点得到越来越多的好评。在信号处理领域,LabVIEW 虽然提供了一些信号处理功能模块,但是在小波分析等时频分析方面却存在很大的局限性。而 MATLAB 中的小波工具箱具有非常强大的分析功能,可以弥补 LabVIEW 的不足。同时 LabVIEW 也弥补了 MATLAB 人机交互界面功能差的缺点。因此,利用 LabVIEW 与 MATLAB 混合编程技术开发故障诊断系统,实现小波分析处理齿轮箱的振动信号,并提取故障信息,有效预测齿轮箱是否发生故障。

2 小波分析子系统的算法基础

2.1 连续小波变换

连续小波变换定义:对 $f(t) \in L_2$ 的函数小波变换为:

$$WT_f(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt \quad (1)$$

在小波变换中,位移 b 影响窗口在平面时间轴上的位置,尺度 a 不仅影响窗口在频率轴上的位置,也影响窗口形状^[2]。因此在低频时小波变换的时间分辨率较低,而频率分辨率较高;在高频时小波变换的时间分辨率较高,而频率分辨率较低,这正符合低频信号变化缓慢而高频信号变化迅速的特点。

2.2 离散小波变换

在连续小波离散化中,限定 a 只取正值,把尺度参数 a 和平移参数 b 的离散化公式分别取作 $a_j^i, b = ka_j^i b_0, j \in Z$,为方便起见,总是假定 $a_0 > 1$ 。所以对应的离散小波函数 $\psi_{j,k}(t)$ 即可写作:

$$\psi_{a_j^i, kb_0}(t) = a_2^{-\frac{j}{2}} \psi \left(\frac{t - ka_j^i b_0}{a_j^i} \right) = a_0^{-\frac{j}{2}} \psi(a_0^{-j} t - kb_0) \quad (2)$$

则离散小波变换定义为: $WT_f(a_j^i, kb_0) = \int f(t) \varphi_{a_j^i, kb_0}^*(t) dt$ (3)

令式(3)中 $a_0=2, b_0=1$,由此得到的小波:

$$\psi_{a_j^i, kb_0}(t) = 2^{-\frac{j}{2}} \psi(2^{-j} t - k) \quad j, k \in Z$$
 称为二进小波,它是小波分析

中最常用的小波,能够用效的处理非平稳信号^[3]。

3 混合编程技术的系统实现

美国某公司提供的 MATLAB Script 节点使得用户可以将在 MATLAB 程序导入到 LabVIEW 程序流程图中,又可以在流程图中根据 MATLAB 程序的语法编辑 MATLAB 程序。具体操作如图 1 所示。

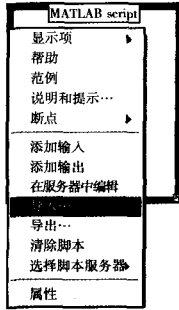


图 1 MATLAB ScriptNode

MATLAB 脚本程序可以在 MATLAB 环境下调试,再在 MATLAB ScriptNode 上单击鼠标右键选择 Import 命令导入 MATLAB 脚本,也可以直接在 MATLAB ScriptNode 中编写。但一定要注意 MATLAB 脚本节点内外数据类型的匹配,否则在 LabVIEW 运行时将产生错误或错误提示信息提示(图略)。是在 LabVIEW 中通过 MATLAB ScriptNode 调用小波函数并结合包络解调技术实现故障信号提取的程序框图,前面板如图 2 所示。

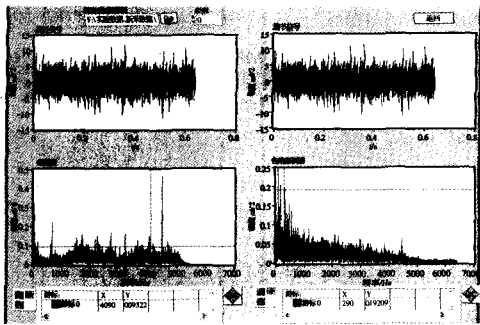


图 2 小波分析主界面

首先读取待分析数据,并将其输入到 MATLAB ScriptNode,经过小波分解后,将小波各层系数输出,利用功率谱分析和包络解调分析等技术处理该数据,实现故障信息的提取。该程序是在 LabVIEW 中调用 MATLAB 中 db10 小波函数,并结合其他振动分析方法用于齿轮箱的故障诊断。当然同样可以调用其他小波基函数及小波包函数用来分解信号,拓广系统的应用范围。

4 系统应用实例

4.1 实验信号应用实例

利用本系统处理实验数据,该数据来源于齿轮箱实验台,如图 3 所示。



图 3 齿轮箱实验台

设计模拟点蚀直径大小为 0.5mm 的外圈故障轴承进行实验,通过离线采集仪器采集振动信号。采样频率设置为 12800 Hz,采样点数设为 8192,理论故障特征频率为 76Hz。系统读取的实验信号,如图 4 所示。

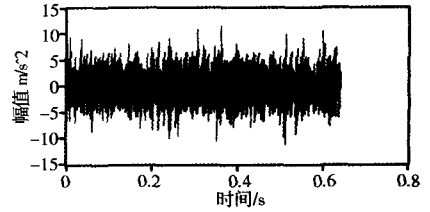
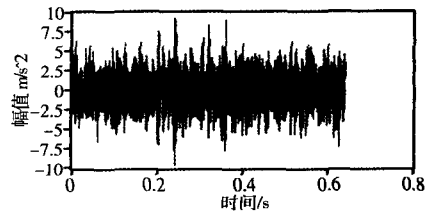
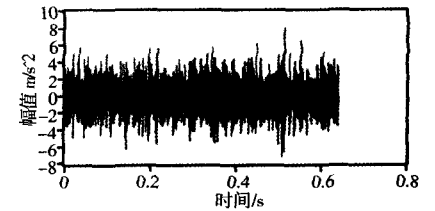


图 4 实验信号

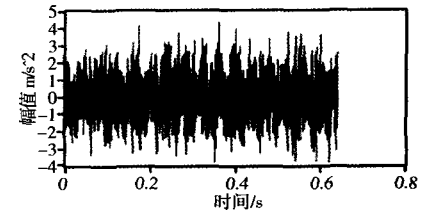
然后采用 db10 小波对实验信号进行 3 层小波分解,各层逼近和细节信号,如图 5(a)~(f)所示。对包含调制特征的第三层细节信号进行包络解调,结果如图 6 所示。可见,故障特征频率及其倍频特征被成功提取。



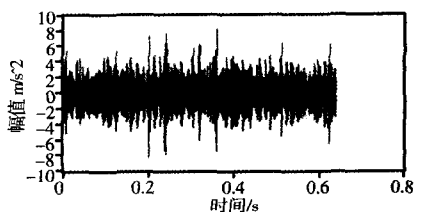
(a)第一层逼近信号



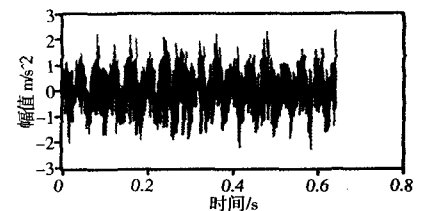
(b)第一层细节信号



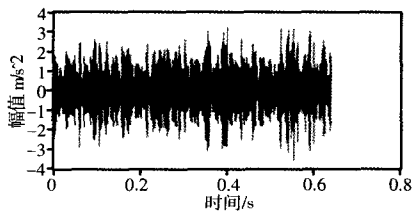
(c)第二层逼近信号



(d)第二层细节信号



(e)第三层逼近信号



(f)第三层细节信号
图5 实验信号的小波分解结果

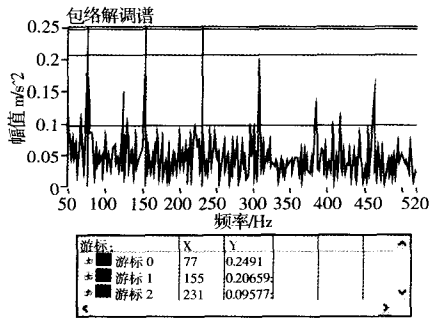


图6 第三层细节信号的包络解调谱

4.2 工程信号应用实例

11月22日20:48,某公司高线厂27#精轧机出现齿轮箱损坏事故,故障位置为II轴12#轴承,整个轴承损坏严重。利用本系统读取11月14日11:30分的监测数据,如图7所示。监测系统的采样频率为6000Hz,采样点数2048。

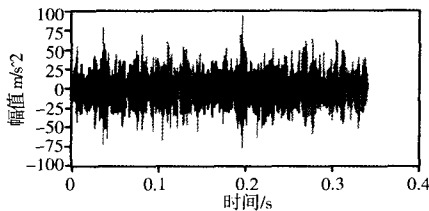
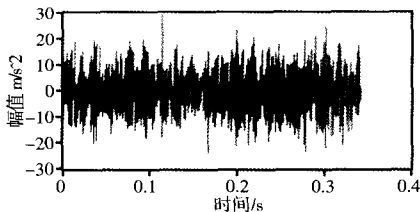
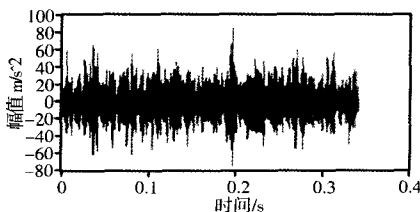


图7 11月14日11:30分的时域波形

利用db10对该数据进行3层小波分解,其逼近信号及细节信号如图8(a~f)所示。同样对第三层细节信号进行包络解调,如图9所示。

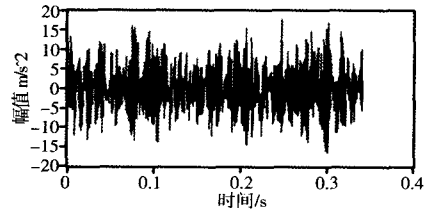


(a)第一层逼近信号

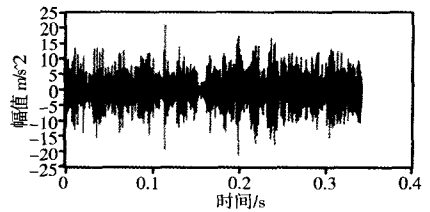


(b)第一层细节信号

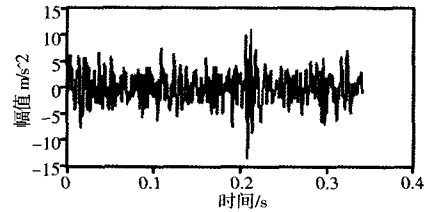
理论实验数据和工程实际数据,均可以准确判断出齿轮箱存在故障,因此证明了该系统的可靠性,可以用来实验教学和工业现场应用。



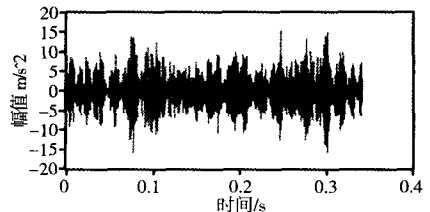
(c)第二层逼近信号



(d)第二层细节信号



(e)第三层逼近信号



(f)第三层细节信号

图8 工程信号的小波分解结果

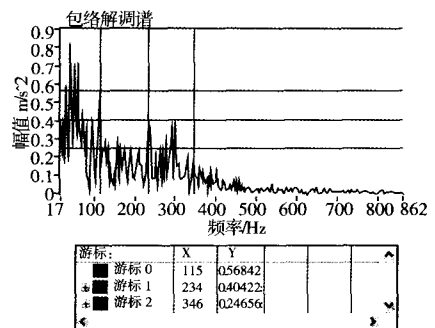


图9 第三层细节信号包络解调谱

5 结语

理论研究的基础上,在LabVIEW平台调用MATLAB中小波工具箱开发一套具有小波分析功能的故障诊断系统。利用该系统处

参考文献

- 熊良才,何岭松.基于Intranet的轧机状态监测与故障诊断系统的研制[J].冶金自动化,2000,24(5):17~19
- 陈大喜,朱铁光.大型回转机械诊断现场实用技术[M].北京:机械工业出版社,2002
- 刘杰,朱启兵,李允公,应怀樵.基于新阈值函数的二进小波变换信号去噪研究.东北大学学报,2006,27(5):536~539
- J Lin,L Qu. Feature Extraction Based on Morlet Wavelet Its Application for Mechanical Fault Diagnosis[J]. Journal of Sound and Vibration,2000
- Dorte Lerche,Peter B.Sorensen. Evaluation of the Ranking Probabilities for Partial Orders Based on Random Linear Extensions[J].Chemosphere,2003
- Brown R. Magnesium automotive meeting[J]. Light Metal Age,1992,50(5~6):18~20