

基于 LabVIEW 的数控机床振动信号分析

NC Machine Vibration Signal Analysis Based on LabVIEW

四川长征机床集团研究院测试研究所 钟佳庆
海克斯康测量技术(青岛)有限公司 陈彬

[摘要] 机床振动是机床受到外界或内部系统影响的宏观表象,对于具备高精度的加工设备的数控机床来讲,分析其振动可以有效检测、预防和诊断故障,为机床设计、制造和使用提供动态跟踪手段。本文就是设计一种基于虚拟仪器的数控机床振动信号分析系统。

关键词: 虚拟仪器 数控机床 振动信号 测试

[ABSTRACT] NC machine vibration is influenced by the external or internal system excitation of macro phenomenon. Analysis of the vibration can effectively detect, prevent and diagnose fault, it can provide a dynamic tracking way for design, manufacture and use, etc. So the thesis is about developing an analysis system of NC machine tool vibration signal based on virtual instrument.

Keywords: Virtual instrument NC machine Vibration signal Test

数控机床振动的内部振源主要来自不平衡运动的旋转件、附件的振动和自激振动,其中影响最大的是主轴部件和被加工工件的不平衡运动。目前数控机床的发展方向为高速、高精。速度和精度的提高要求机床必须有更高的稳定性和动态性能,而要达到此要求,必须控制机床运行时振动产生的不平衡。本文主要研究的是主轴、电机皮带轮等主要零部件不平衡所造成的动态性能差的因素进行信号采集。

本文针对数控机床振动的问题,设计了一种基于虚拟仪器的数控机床在线振动测试以及分析的软件系统。通过实验室调试和现场实际应用,证明该软件系统性能可靠、操作简便而且投资少,具有很高的推广应用价值。

1 信号分析原理

信号是信息的载体,采用适合的分析处理方法以获取传感器中的重要信息(包括时域频域信息等)、振动信号的分析主要是时域波形分析、读取特征参数、相关分析作为信号得时域分析方法之一,其相关函数描述信号波形相关性,揭示了信号波形的结构特征^[1]。

但是,信号的时域分析描述的是幅值对时间变化的

关系,除了频率分量的简谐波外很难揭示信号的频率组成和各频率分量大小,为此还对信号进行频谱分析^[2]。频率分析的数学基础是傅里叶变换和快速傅里叶算法(FFT)。该系统就是可以把振动信号中所包含的各种频率成分分别分解出来的方法。同基频比较,基频分量的幅值与转子的不平衡大小有关,基频分量的相位与不平衡在机械上的方位有直接对应关系,频率分析的结果得到各种频谱图,这是故障诊断的有力工具。本文频率分析就是通过该系统来实现故障诊断的。

2 振动信号系统

振动测试与分析系统由两大部分组成:一部分为传感器测量系统,它包括各种振动传感器,温度、压力传感器及其有关测量部分,其作用是拾取表征机床状态的各种信号或参数,并使之变成标准的电压或电流信号;另一部分为测量数据采集、显示、处理及分析系统,也就是虚拟仪器的部分,其作用是获得信号并进行具体数值显示,同时进行进一步处理、分析。

需要说明的是,无论是何种振动测试分析系统,模拟式的传感器、信号适调器以及激振系统是必不可少的,在测试系统中,它们构成了测试前端。

振动测试所需的基本硬件设备包括:压电式加速度传感器、力传感器、信号适调放大器、嵌入式数据采集器等。

嵌入式网络数据采集器安放在机床主轴、工作台、电机上,将传感器采集的信号经过调理、A/D 转换,传送至计算机虚拟仪器软件。运行振动信号处理软件对采集数据进行分析处理,得出诊断结果,实现对用户机床状态检测、故障诊断和及时维修,使用户能及时调整生产过程,达到安全、高效生产的目的。

3 虚拟仪器系统

3.1 虚拟仪器概念

所谓虚拟仪器,是在以通用计算机为核心的硬件平台上,由用户设计定义、具有虚拟面板、测试功能由测试软件实现的一种计算机仪器系统。使用者用鼠标或键盘操作虚拟面板,就如同使用一台专用测量仪器。虚

拟仪器的出现,打破了测量仪器与个人计算机的界限。本课题中采用的虚拟仪器是美国 NI 公司的 LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench),它是基于图形化编程语言(G Language)的开发环境,是一种强有力的虚拟仪器开发工具,主要用于仪器控制、数据采集、数据分析、数据显示等领域^[3]。

3.2 测试系统程序的总体设计

在 LabVIEW 的实际设计中,采用的是由上至下的设计方法。首先根据系统的总体将系统划分为各个功能模块,根据振动测试的需要,程序包含以下模块:(1)数据采集模块;(2)数据读取模块;(3)数据处理模块;(4)数据存储模块;(5)结果显示模块,为将各模块集成到一起,还需要设计一个主界面来实现各模块的调用。本虚拟测试系统的总体方案如图 1 所示。

振动信号采集与分析工作需要的仪器系统一般有两种方式:在线式和离线式信号分析仪。在线式用于信号的监测,实现实时测试分析;离线式则是先将信号记录下来,再进行分析,一般用于系统的动态特性测试。本课题将两种情况都作了考虑,采用笔记本式计算机和便携的采集卡,可满足现场各类振动信号的采集、显示、存储及分析等任务。当需要添加新功能时,编好所需的程序后,只需要更改主菜单程序,就可将新功能加入到系统中,这使得系统的扩充十分方便,充分体现了“软件就是仪器”所带来的优越性。振动信号分析软件系统包含了目前常用的故障诊断方法,如时域波形分析,各种时域参数指标分析;频谱分析中的功率谱、对数谱、倒频谱、短时傅立叶分析和小波分析等;趋势分析中的时域参数指标和故障特征频率等的趋势分析。

3.3 数据采集模块

数据采集提供了整个测试系统的数据来源,是整个

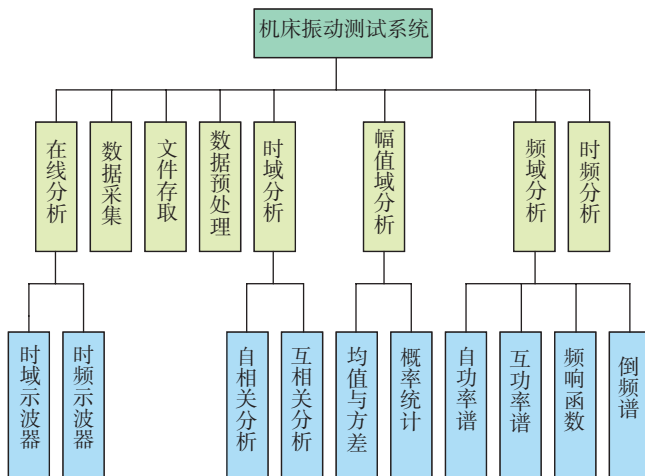


图1 测试系统的总体方案

Fig.1 Collectivity scheme of measuring system

试验中最基础最重要的环节,也是虚拟仪器的基本组成部分。采集的机床振动数据正确与否,直接影响到后面的分析、处理和显示等功能能否正确实现。LabVIEW 的数据采集(Data Acquisition)程序库包括了许多公司数据采集(DAQ)卡的驱动控制程序,一块卡可以完成多种功能:模/数转换、数/模转换、数字量输入/输出以及计数器/定时器操作等。在本课题中用到的是一块 8 路差分输入、16 位模/数转换的采集卡 NI USB-600914 位,每秒 48000 个采样点低价位多功能数据采集卡,采样参数设置主要包括:采样间隔、采样点数、采样频率、测点号、设备编号、参数编号和是否解调等,以供数据采集器从数据库中读取参数设置信息,作为数控机床的采样参数设置。

虚拟仪器系统软件的基础是设备驱动软件。NI-DAQ 驱动程序结合 LabVIEW 软件平台使用 G 语言编程来控制数据采集系统中的硬件设备,NI-DAQ 驱动程序使用户更方便对数据采集进行控制。驱动程序具有通用的应用编程接口(API),可以通过接口将硬件设备与计算机连接,并且交换数据在虚拟仪器面板上进行显示。

3.4 信号分析模块

机械振动频率是用来分析故障的主要参数,有些故障是通过振动信号的固有频率来表现的,但是有些故障仅仅分析频率并不是那么显而易见,于是需要对采集到的信号加以分析处理。

采集到的信号是表征机械设备运行过程的原始状态信号。对实时分析系统,高速浮点运算和数字信号处理已经变得越来越重要。数据分析的重要性在于把有用的故障信息从大量的背景噪声、干扰中提取,以突出故障特征。必须消除噪音干扰、纠正设备故障而破坏的数据,或者补偿环境影响,如温度和湿度等,所以要进行预处理。通过分析和处理数字信号,可以从噪声中分离出有用的信息,并用比原始数据更全面的表格显示这些信息。

3.5 在线分析模块

数据采集系统采集机床关键部件的振动数据,利用网络传送到远程诊断中心的数据库服务器中保存。运行在诊断中心的监测诊断软件系统,读取数据库中的振动数据,对机床运行状态进行监测诊断,对有故障隐患的机床进行预警。

4 现场应用

4.1 实验样机介绍

采用了一台配套 FUNAC Oi Mate-C 系统的数控铣 (下转第 95 页)

$\mu = 1.846 \times 10^{-5} \text{Pa} \cdot \text{s}$ 时,箔片材料在不同泊松比和不同弹性模量下承载力与偏位角的变化。可见,箔片泊松比从 0.15 增加到 0.45 时,偏位角不断减小,而承载力从 196.5N 提高到 208.4N,增加了 5%~10%。箔片弹性模量从 70GPa 增加到 340GPa 时,偏位角不断减小,而承载力从 140.3N 提高到 236.7N,增加了 30%~40%。由式(3)可知,随着泊松比和弹性模量的增加,箔片材料的变形系数越小则箔片材料产生变形时所需要的气膜压力更大,因而承载力更高。

4 结论

本文在综合考虑气体可压缩性和箔片变形等因素的基础上,采用牛顿迭代法和有限差分方法耦合求解 Reynolds 方程和气膜厚度方程,对 Hydresil 型波箔轴承进行数值分析,得出润滑气体物性参数和弹性箔片材料参数对轴承静态性能的影响。

(1) 气体粘度从 $4.2 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{s}$ 升高到 $4.6 \times 10^{-5} \text{Pa} \cdot \text{s}$,轴承承载能力提高 50%~75%,偏位角减小。气膜分布与压力分布也更加均匀。因此,在实际工程运用中同等情况下应选用粘度较大的气体。

(2) 弹性箔片材料的泊松比从 0.15 增加到 0.45 时,轴承的承载力提高 5%~10%;弹性模量从 70GPa 升高到 340GPa,轴承的承载力提高 30%~40%。可见弹性模量的增加比泊松比更易于提高轴承的承载能力。

参考文献

- [1] 王淑一,张笃周,王勇,等. 偏置动量小卫星抗干扰能力分析. 航天器工程,2010,19(1):24-29.
- [2] 寿荣中,何慧娜. 飞行器空气调节. 北京:北京航空航天大学出版社,1989.
- [3] Fuller D D. Hydrodynamic and hydrostatic fluid-film bearings. Achievements in tribology, ASME, 1990:15-30.
- [4] 李建春,冯浩,王晓瑜,等. 气体动压轴承技术在陀螺电机中的应用. 微电机,2012,45(6): 80-82.
- [5] Andres L S, Kim T H. Analysis of gas foil bearings integrating FE top foil models. Tribology International. 2009,42:111-120.
- [6] 徐润,马希直. 基于弹性壳体模型的波箔型气体动压径向轴承静特性分析. 润滑与密封, 2010,35(1):17-21.
- [7] Peng Z C, Khonsari M M. Hydrodynamic analysis of compliant foil bearings with compressible air flow. ASME, Tribol, 2004,126:542-546.
- [8] 虞烈,戚社苗,耿海鹏. 可压缩气体润滑与弹性箔片气体轴承技术. 北京:科学出版社,2011:2.
- [9] O·平克斯, B·斯德因李希特. 流体动力润滑理论. 北京:机械工业出版社,1980.
- [10] Peng Z C, Khonsari M M. A thermo hydrodynamic analysis of foil journal bearings. ASME, Tribol, 2006, 128: 534-541.

(责编 日午)

(上接第 90 页)

床加工中心为样机,该设备长期使用后,主轴运行的过程中速度不稳,出现振动,在停止位置出现振荡。经过分析,从振荡现象来看,故障现象可能与闭环系统参数设定有关,但是在优化电气参数后振动依然存在,为此我们考虑振动是机械故障造成的。

4.2 采集点得布置

选择了信号反应比较敏感的部位做测点,将数据采集设备的传感器分别吸在主轴、电机座、轴承座、滚珠丝杠的近轴端。一般都要选定垂直、轴向、水平 3 个方向来评定振动,特别对低频振动,更要强调其方向性(高频振动对方向不敏感),所以每个方向都要进行一次信号采集,信号不理想时进行多次。

4.3 系统运用

数据传输到 LabVIEW 振动信号系统,并在系统里设置好各采集点的固有频率参数以及采集参数等,通过软件可以计算出特征频率,包括转频、倍频,以及发生故障时的特征频率、叶频、齿轮啮合频率、滚动轴承固有频率等。本课题其采样频率为 600Hz,在转速为 1200r/min 的情况下进行测量。软件会根据分析模块自动分析各采集点的时频,经检测,测点在轴承处出现异常,为了查明原因,对测点进行频谱分析,经计算滚动轴承特征频率,发现冲击出现的频率为 119Hz 以及 238.5Hz,与轴承内圈通过频率 118.1Hz 及其二次谐波 236.2Hz 非常接近。由于实际工况的影响,实测故障频率与理论计算值有微小误差是可接受的。因此,判断滚动轴承内圈存在故障。停机检查发现轴承内圈有磨损,与诊断结论一致。更换轴承后机床主轴运行平稳。

5 结论

本系统实现了基于 Ni USB6009 数据采集设备和虚拟仪器设计方法实现了信号采集、时域分析、频谱分析以及机床故障分析等功能。实践表明,采用虚拟仪器技术开发平台的仪器,具有开发周期短、升级方便、适应性强、性价比高等优点,而且界面友好、操作简单,是仪器开发在数控机床检测和测试领域的一个新的发展方向。

参考文献

- [1] 郑利峰,杨小雪,张汉全. 基于 LabVIEW 的虚拟频谱分析仪设计. 自动化与仪器仪表, 2002(5): 4-71
- [2] 应怀樵. 波形和频谱分析与随机数据处理. 北京:中国铁道出版社,1983.
- [3] 王靖,李学军,罗善明. 基于 LabVIEW 的机床监测诊断软件研究. 北京:中国铁道出版社,2002.

(责编 亿霖)