

# 基于 LabVIEW 的再制造发动机磨合过程 振动信号监测与采集系统

陈成法<sup>1</sup>, 张哲<sup>1</sup>, 王龙<sup>1</sup>, 张建生<sup>1</sup>, 刘青<sup>2</sup>

(1. 军事交通学院, 天津 300161; 2. 94402 部队汽车连, 济南 250000)

**摘要:** 基于 LabVIEW 图形化编程语言, 采用 ICP 加速度传感器、NI 数据采集卡、CompactDAQ 机箱和 PC 计算机, 实现了对再制造发动机磨合过程振动信号的实时监测与采集。实际应用表明: 系统稳定可靠, 采集到的信号可用于进一步分析和处理, 具有良好的实用性。

**关键词:** LabVIEW; 再制造发动机; 磨合; 振动; 信号采集

**本文引用格式:** 陈成法, 张哲, 王龙, 等. 基于 LabVIEW 的再制造发动机磨合过程振动信号监测与采集系统[J]. 四川兵工学报, 2014(2): 78-81.

中图分类号: TK426; TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2014)02-0078-04

## Remanufactured Engine Running-in Process Monitoring and Acquisition System of Vibration Signal Based on LabVIEW

CHEN Cheng-fa<sup>1</sup>, ZHANG Zhe<sup>1</sup>, WANG Long<sup>1</sup>, ZHANG Jian-sheng<sup>1</sup>, LIU Qing<sup>2</sup>

(1. Military Transportation University, Tianjin 300161, China;

2. Vehicle Company of No. 94402 Force, Jinan 250000, China)

**Abstract:** Based on LabVIEW graphical programming language, this paper achieved the real-time monitoring and acquisition of vibration signal of remanufactured engine running-in process with ICP accelerometer, NI data acquisition card, CompactDAQ cases and PC computers. The practical application shows that the system is stable and reliable, and signal can be collected for further analysis which has a good usability.

**Key words:** LabVIEW; remanufactured engine; running-in; vibration; signal acquisition

**Citation format:** CHEN Cheng-fa, ZHANG Zhe, WANG Long, et al. Remanufactured Engine Running-in Process Monitoring and Acquisition System of Vibration Signal Based on LabVIEW[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014(2): 78-81.

再制造发动机是以旧发动机为毛坯, 经过严格的再制造工艺过程, 恢复成各项性能指标不低于原型新机标准的发动机。再制造发动机的磨合是指将装配后的再制造发动机, 通过一段时间的运转, 使相配零部件间的关系趋于稳定<sup>[1]</sup>。而在对再制造发动机进行磨合试验的过程中发现, 同一机型按同一方法磨合, 其磨合质量却有很大不同<sup>[2]</sup>, 其中一个重要原因是磨合质量得不到实时有效地监测<sup>[3]</sup>。

目前振动信号分析方法已经广泛应用于发动机的故障诊断和运行状态监测, 通过建立表面振动信号与发动机零部件运行状态之间的联系, 可以精确地判定发动机的状态<sup>[4]</sup>。该方法采集的发动机振动信号是发动机内部各激励源的相应, 其中蕴含了发动机运行状态的丰富信息<sup>[5-6]</sup>, 并且零部件配合状态、零部件表面磨损等也会产生相应的振动信号响应<sup>[7]</sup>, 通过合理的信号处理方法, 提取发动机磨合过程的信

收稿日期: 2013-08-16

基金项目: 总装备部“十二五”预研项目(40402020102)。

作者简介: 陈成法(1978—), 男, 博士研究生, 讲师, 主要从事仪器科学与技术研究。

号特征进行分析,就可以对发动机的磨合状态进行评判<sup>[8]</sup>。本文基于 LabVIEW 虚拟仪器开发平台,对再制造发动机的振动信号的采集、监测与分析的方法进行研究。

## 1 LabVIEW

LabVIEW 是美国国家仪器公司(National Instrument, NI 公司)推出的图形化编程语言。它是一种虚拟仪器开发平台,可以实现虚拟仪器集成环境,广泛应用于工业控制、检测等各个领域。在虚拟仪器系统中。运用计算机强大灵活的软件功能代替某些传统的部件,用软件资源代替许多硬件资源。利用 PC 机强大的运算能力、图形环境和在线帮助功能,建立具有良好人机交互性能的虚拟仪器面板,完成对仪器的控制、数据分析与显示。正是由于 LabVIEW 具有可以将不同类型及用途的虚拟仪器集成起来的优点<sup>[9]</sup>,采用 LabVIEW 虚拟仪器可以方便地采集、监测、分析振动信号<sup>[10]</sup>。

## 2 信号监测与采集系统硬件构成

### 2.1 系统结构

采集系统的结构框图如图 1 所示,由加速度传感器、数据采集卡、CompactDAQ 机箱和 PC 计算机等部分组成。数据采集卡通过安装在发动机上的加速度传感器采集振动信号,经 DAQ 机箱采集,通过网线将振动信号传送至 PC 计算机进行处理。

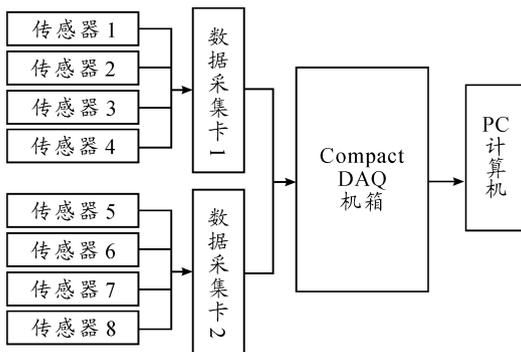


图 1 采集系统结构框图

### 2.2 系统硬件

#### 1) 加速度传感器

本系统采用 IMI 公司的 601A11 型加速度传感器(图 2),灵敏度 100 mV/g,最大量程 50 g,最大采样频率 10 000。本系统采用 8 个加速度传感器,分别布置在发动机的缸盖、缸体侧壁、曲轴端壁等部位,通过强磁铁与机体表面刚性固定。系统运行时,8 个传感器同时采集传输 8 个位置的振动信号。

#### 2) 数据采集卡

采用 NI 公司的信号采集卡,型号为 cDAQ9188。此采集卡内集成了信号连接端子、信号调理和模数转换器,可与加速度传感器直接通信,免却了接线连接多个组件所耗费的时

间与调试工作;最多支持 4 通道信号采集,通过 CompactDAQ 机箱扩展为双采集卡 8 通道信号采集。

#### 3) CompactDAQ 机箱

NI 公司的 CompactDAQ 机箱具有即插即用的特性,方便根据实际情况增减数据采集卡;能够隔离保护模块免于遭受有害信号和电涌的破坏;此外该设备体积小,集成度很高,便于携带和使用。

#### 4) PC 计算机

计算机是分析处理数据的中心,对 PC 计算机的选择主要是根据应用软件和现场的实际需要进行配置。本套系统采用 ideapad - Y480 笔记本电脑,其配置足以满足数据监测与采集的需要。



图 2 缸盖处的加速度传感器

## 3 系统软件设计

### 3.1 系统界面

再制造发动机振动信号监测与采集系统在 LabVIEW 提供的 DAQ 测量 VI 基础上进行了修改<sup>[11]</sup>。系统前面板如图 3 所示,主要包括以下几个模块区域。

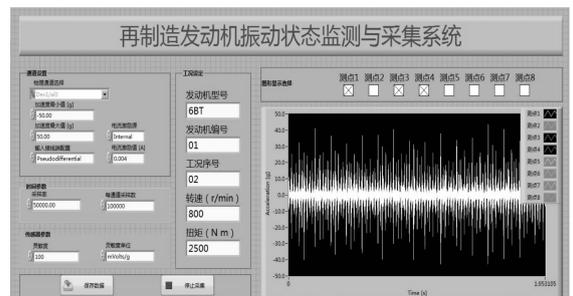


图 3 再制造发动机振动信号监测与采集系统前面板

通道设置模块:在运行程序前设置需要使用的采样道、采样量程、输入接线端配置、电流激励源和电通流激励值等。本系统设置为 8 通道同时采样,采样的量程为  $-50 \sim +50$  g。

时间参数模块:运行程序前设置采样的频率和采样长度,本系统的默认采样频率为 10 kHz,每通道的采样数为 10 000,即采集 1 s 的时间。

传感器参数:设置传感器的灵敏度和灵敏度单位。

工况设定:标明即将正在采样的磨合工况参数,包括发动机型号、发动机编号、工况序号、转速、扭矩等,并体现在保

存的振动信号文件名中。

图形显示选择模块和波形图显示模块:实时显示采集到的振动信号,不同通道的振动信号由不同颜色的曲线显示,并可以通过选择按钮选择性显示指定通道的振动信号。

控制模块:单击“保存数据”,系统将按照设定好的采样长度保存单击后规定长度的振动信号,形成.lvm文件。单击“停止采样”按钮,程序将停止运行。

### 3.2 软件结构及实现

软件流程图如图4所示。系统开始后,先进行 CompactDAQ 机箱的初始化和自检,然后设定采样参数(包括通道选择、采样频率、采样长度等),之后开始振动信号的采集,并实时地显示在界面中,此时可设定好当前的工况参数,并保存振动信号,采集完毕后,可单击“停止采集”结束本次采集。

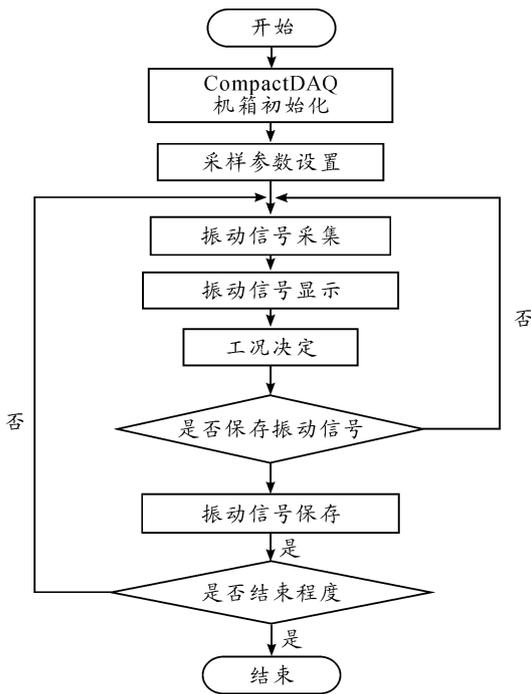


图4 软件流程

系统的程序框图如图5所示,其中主要的几个VI有DAQ创建虚拟通道VI、DAQmx定时VI、DAQmx开始任务VI、DAQmx读取VI、DAQmx清除任务VI等。

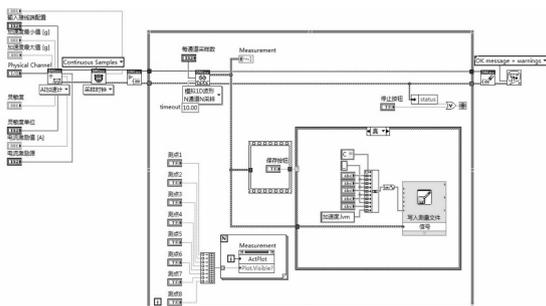


图5 系统程序框图

DAQ创建虚拟通道VI:在此调用其AI加速计的功能,

为振动信号的输入创建8个虚拟通道,与8个物理通道一一对应;并在此设置各类输入控件,对应设置此VI的相关参数(即前面板通道设置和传感器参数2个模块的相关设置)。

DAQmx定时VI:此VI调用其采样时钟的功能,将双精度数值输入控件与对应接口连接,设置采样频率。

DAQmx开始任务VI:使任务处于运行状态,开始测量。

DAQmx读取VI:此VI能读取用户指定任务或虚拟通道中的采样。该多态VI的实例分别对应于返回采样的不同格式、同时读取单个/多个采样或读取单个/多个通道。在此调用其模拟1D波形N通道N采样的功能,在8个模拟输入通道的任务中,读取指定长度的振动信号输出至波形图显示,进行实时监测;同时,采集到的这段数据是随时等待保存命令。对于显示振动信号的波形图,专门设置其属性节点,通过8个布尔变量组成的数组来设置通道的可见性,即实现8组振动信号的选择性显示。

写入测量文件的VI置于条件结构中,由“保存数据”按钮(即布尔型变量)决定是否执行。若执行,则DAQmx读取VI中读取的指定长度的振动信号将写入文件,保存为基于文本的测量文件(.lvm格式)。该VI的文件名参数与字符型数组相连,数组的数据由前面板“工况设定”的各项参数依次由“\_”符号连接而成,由此直观地显示保存的该振动信号文件是在何种工况下采集的。

以上2段所叙述的VI均处于while循环中,即程序开始运行后,DAQmx读取VI便不停地读取指定长度的信号进行显示和等待保存,也即是在程序运行过程中只有工况参数和每通道采样数可以更改。“停止采集”按钮(布尔型变量)与各DAQmx数据包的VI的错误输出通过或函数与while循环的条件接线端相连,运行过程中若任一DAQmx数据包的VI有错误输出,或者操作者单击“停止采集”按钮,都会停止执行while循环。

DAQmx清除任务VI:while循环停止后执行,用于清除任务,释放任务保留的资源,便于下次使用。

各DAQmx数据包的VI均按数据流向将上级VI的“错误输出”接线端与下级VI的“错误输入”接线端相连。DAQmx清除任务VI的“错误输出”接线端与通用错误处理器VI的“错误输入”接线端相连,用于返回错误描述。

## 4 实验

以康明斯6BT5.9型再制造发动机为测试对象,在转速1000 r/min,扭矩100 N·M的工况下在四缸缸盖处采集到的一个工作循环的振动信号显示如图6所示。从图中可看出采集到的振动信号具有明显的周期性。

LabVIEW自带丰富的信号处理工具包,可以方便地对得到的振动信号进行分析和处理,如FFT,Z变换等常用的数字信号处理的函数。也可构造节点与Matlab等软件进行通信<sup>[12]</sup>,在LabVIEW中使用其他程序对振动信号进行处理,这极大地丰富了LabVIEW的功能。如图7所示,为振动信号经LabVIEW自带的VI处理后得到的功率谱与自相关分析

图。从图 7(a)可看出振动能量集中于 0.1 kHz 附近,100 Hz 处能量较高,有很大的噪声成分。图 7(b)表明该振动信号具有十分良好的自相关性,周期性明显。

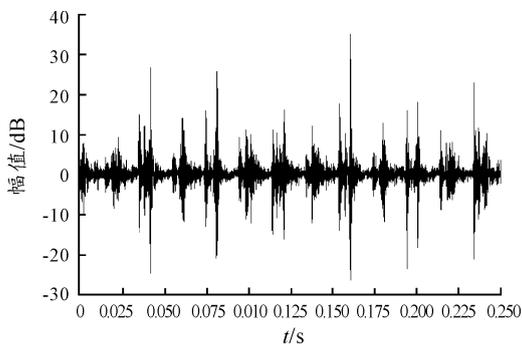
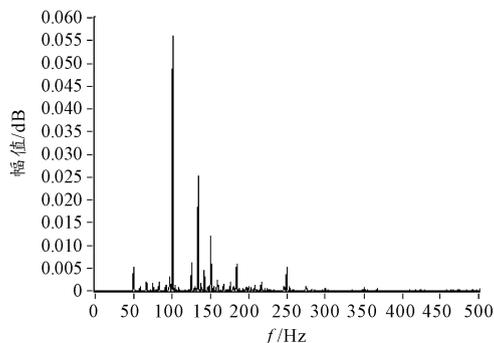
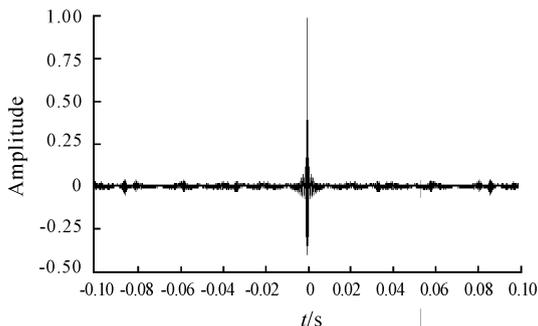


图 6 缸盖处一个工作循环的振动信号



(a) 功率谱



(b) 自相关

图 7 处理后的振动信号

## 5 结论

1) 本文基于 LabVIEW 图形化编程语言,实现了对再制造发动机磨合过程的振动信号实时监测与采集,能在所得的振动信号文件中体现信号采集时的磨合工况,并通过实际应用验证,证明了本系统的便利性、有效性和稳定性。

2) 对再制造发动机磨合过程的振动信号进行采集,为

判断再制造发动机磨合状态,进一步优化磨合过程,提高再制造发动机的性能具有重要意义。

3) 与传统系统相比,基于 LabVIEW 的振动信号监测与采集系统具有价格低廉,实用性强,便携性强,开发周期短、数据处理简单方便及维护性良好等优点;LabVIEW 具有丰富的数字信号处理函数和扩展,保存的振动信号文件的读取及处理十分便捷。

## 参考文献:

- [1] 姜大海,王虎,安相壁,等. 车用再制造发动机验收检验台架磨合规范试验研究[J]. 装甲兵工程学院学报, 2011, 25(1): 83-87.
- [2] 唐学帮,陶前昭,陈黎,等. 柴油机磨合规范优化[J]. 客车技术与研究, 2008(2): 41-43.
- [3] 陈翔宇. 装备再制造质量控制及其经济评价[D]. 西安: 西北工业大学, 2007.
- [4] 张家玺,朱均. 内燃机磨合与表面改性实验研究[J]. 摩擦学学报, 2001, 21(1): 59-62.
- [5] Bo Lin, Qin Shuren, Liu Xiaofeng. Theory and application of wavelet analysis instrument library [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition), 2007, 19(3): 464-467.
- [6] Smith H Cary, Akujuobi C M, Hamory Phil, et al. An approach to vibration analysis using wavelets in an application of aircraft health monitoring [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2007(21): 1255-1272.
- [7] 邱承. 柴油机基于振动分析方法的状态识别[D]. 沈阳: 东北大学, 2005.
- [8] 李国宾,段树林,于洪亮,等. 发动机振动信号特征参数的多重分形研究[J]. 内燃机学报, 2008(1): 87-91.
- [9] 李光华,刘立,冯志鹏,等. 基于 LabVIEW 的发动机多传感器信号采集系统[J]. 现代制造技术与装备, 2006(6): 62-64.
- [10] 张宏乐,傅德莲,刘昊,等. 基于 LabVIEW 编程环境的振动信号数据采集分析系统[J]. 物探装备, 2009, 19(S): 25-31, 37.
- [11] 何芸. 基于 LabVIEW 的发动机振动信号采集系统[J]. 制造业自动化, 2010, 32(9): 196-198.
- [12] 朱艳芹. 基于 LabVIEW 的小波去噪技术的研究及应用[D]. 武汉: 武汉工程大学, 2008.

(责任编辑 杨继森)