

基于 LabVIEW 的谷物联合收获机割台振动测试分析*

陈树人 卢 强 仇华铮

(江苏大学现代农业装备与技术省部级共建教育部重点实验室, 镇江 212013)

【摘要】 基于虚拟仪器开发平台,采用图形化编程语言 LabVIEW 建立了一套多通道振动测试和分析系统,运用加速度传感器测定了雷沃谷神牌 GN601 – CR2Q 型谷物联合收获机割台不同测点及不同工况下水平、垂直和轴向的振动信号,并对振动信号进行了时域及频域分析。对联合收获机割台振动测试结果表明,割台的振源最主要的激励为割刀传动系统,割台水平方向的振动量最大并且割台振动最大的部位位于割台的过桥。其中割刀传动系统的惯性力引起的振动频率为 10 Hz,发动机惯性力引起的振动频率为 30 Hz,割台的固有频率为 68.8 Hz。

关键词: 联合收获机 割台 振动测试 虚拟仪器

中图分类号: S225.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)S0-0086-04

Header Vibration Analysis of Grain Combine Harvester Based on LabVIEW

Chen Shuren Lu Qiang Qiu Huazheng

(Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education & Jiangsu Province, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract

A multi-channel vibration system for testing and analysis based on virtual instrument platform were established using the advanced graphical language LabVIEW. The header vibration signal (horizontal, vertical and axial direction) of Lovol combine harvester GN601 – CR2Q at different sites under different conditions was measured by using the acceleration sensor. Time domain vibration and frequency domain were analyzed. The results of the header vibration test showed that the main excitation of the vibration sources was header transmission system, the horizontal vibration of header was largest and the largest header vibration position was the header conveyer. The frequency of inertia force of the cutter driving system was 10 Hz. The frequency of inertia force of the engine was 30 Hz. The natural frequency of the header was 68.8 Hz.

Key words Combine harvester, Header, Vibration test, Virtual instrument

引言

振动和噪声一直是联合收获机的严重问题,至今为止还没得到深入的研究并提出很好的解决措施。振动问题经常会导致收获损失率增大,结构疲劳破坏而引起机器故障,人体舒适度差,仪器设备功能失效等^[1]。联合收获机平均无故障时间短,其中割台及过桥部分发生的机器故障占 52.7%^[2],因此对割台的振动加以研究尤其重要。

国内研究人员用传统的信号分析仪器对动态

信号数据进行过采集。何成秀、王芬娥等用 DH – 5922 动态信号测试仪测得割台在各工况下水平方向和垂直方向关键点的振动^[3~5]。马桂香、陈殿云用 YE6261B 动态数据采集测试仪测得驾驶室底层振动情况,为仪器仪表的抗振进行校核^[6]。国内外学者将 LabVIEW 广泛用于振动测试领域^[7~8],本文以 NI 数据采集系统为基础,用 LabVIEW 软件进行编程,开发振动采集分析界面,对割台的振动作详细测试分析,为联合收获机减振降噪提供基础。

收稿日期: 2011 – 07 – 25 修回日期: 2011 – 08 – 30
* 江苏省农业装备与智能化高技术研究重点实验室资助项目 (BM2009703) 和江苏高校优势学科建设工程资助项目
作者简介: 陈树人,教授,主要从事精确农业研究, E-mail: srchen@ ujs. edu. cn

1 虚拟仪器振动测试系统构成

联合收获机振动测试分析系统由硬件和软件程序两部分组成。其中硬件系统由加速度传感器、PXI 信号调理及信号采集部件、显示器等组成。软件是在 LabVIEW 平台下开发编写的应用程序。该系统拥有 NI 公司高性能的数据采集卡 DAQ,同时具有携带方便、开发周期短、精确定时和高速通信等特点。硬件配置如下:

(1) 压电加速度传感器

传感器型号为 PCB 333B30;频率响应范围:0.5 ~ 3 000 Hz;灵敏度:100 mV/g;分辨率:0.000 15g,是内装 IC 集成运算放大器的低频、高灵敏度的压电加速度传感器,随振动频率及振幅大小输出相应波形的电压信号。

(2) PXI 信号调理及信号采集系统

NI 公司的 PXI 信号调理及信号采集系统是高性能、多通道信号调理平台,这套采集振动信号的系统由 PXI-1031 机箱、PXI-8110 控制器、PXI-4462 声音与振动数据采集卡组成。由于本系统需要多通道采集振动信号,最终选用 NI 公司的 PXI-4462 数据采集卡,采用通用的 PXI 总线类型,4 路模拟输入、24 位 A/D 转换、最高采样速率达 204.8 kS/s,信号输入范围为 (42.4 ± 0.316) V。PXI-4462 板卡内置信号调理,软件可选 IEPE,可直接连接工业传感器。

2 振动测试分析系统程序设计

虚拟测试系统目的是还原采集电信号的物理意义,消除数据中的干扰信号以及分析计算数据的内在特性。数据处理方式有:实时在线处理和离线处理^[9]。本测试系统既可实现实时分析处理,用于信号的监测以及实时的测试分析;又可先将信号记录下来,在数据采集完后进行二次处理分析,如动态特性分析测试。

系统程序采用模块化思想设计各功能模块,包括用户登录、参数设置、数据采集、数据保存、数据回放分析等功能。

2.1 参数设置模块

参数设置模块的主要作用是对采集卡的工作参数进行设置,使之能够进行正常的数据采集。参数设置包括采集通道设置、分析频率设置、采样长度设置、传感器灵敏度和激励源设置等,见图 1。

(1) 采集通道设置:用来设置同时采集的输入通道数。

(2) 分析频率设置:本程序的采样率设为分析

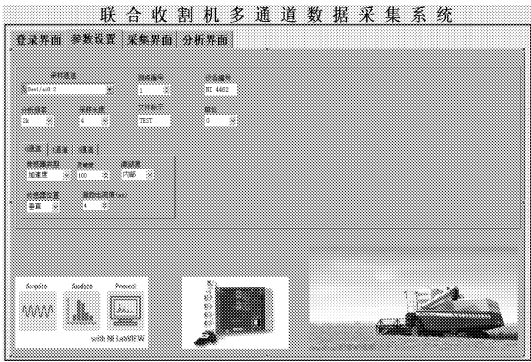


图 1 参数设置界面

Fig. 1 Interface of parameters setting

频率的 2.56 倍,此参数的设置值越大,对高频信号进行采集时失真就越小^[10]。但受试验所采集信号频率范围及采集卡硬件条件的限制,此值也不能设置过大。

(3) 采样长度设置:采样长度不能取太短,否则进行频率分析时,在频率轴上的频率间隔 Δf ($\Delta f = 1/T$) 太大,频率分辨率太低,一些低频信号就分析不出来。

参数设置模块利用 NI-DAQmx 模块下的 DAQmx Creat Task. VI 创建任务,通过匹配模式函数和字符串长度进行采集通道的判断,整体框架利用 For 循环对采集的多个通道依次传送设定的参数,利用事件结构来选择不同传感器所对应的事件。通过错误簇贯穿整个框图,顺序连接各个函数和子应用程序(VI),一旦发生错误则停止任务^[11],如图 2 所示。

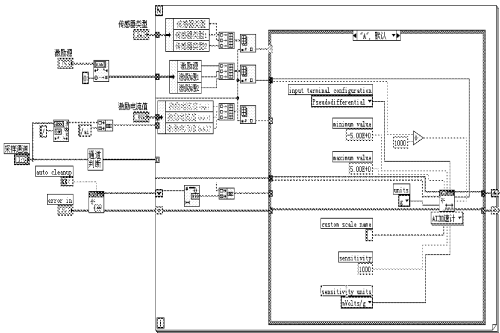


图 2 参数设置程序模块流程图

Fig. 2 Block panel of parameter setting

2.2 数据采集模块

经过压电传感器将机械振动量转化为模拟电量,然后通过模拟信号调理设备进行信号放大、隔离、滤波、同步采样及保持等处理,利用 NI-DAQmx 模块下的 DAQmx Read. VI 和 DAQmx Clear Task. VI 控制 DAQ 采集卡实现数据采集,将外部模拟信号通过采集卡的 A/D 功能完成数字信号的转换,再通过 PXI 总线连接到上位机。通过索引数组和数组插入等函数对每个通道的波形进行还原,如图 3 所示。

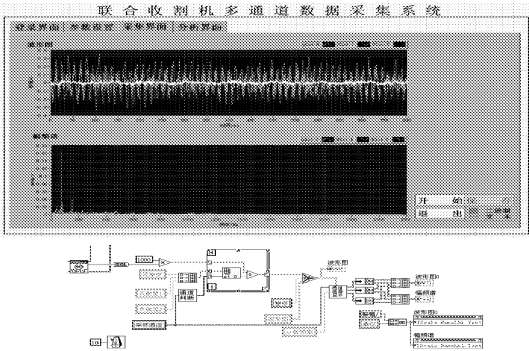


图3 数据采集界面前面板与程序模块流程图
Fig.3 Front and block panel of data acquisition

2.3 数据保存模块

为了在后处理中对采集的数据进行深入分析,需要进行数据的保存。数据保存模块放在独立的循环中,使用局部变量保存,采集数据与保存数据两个线程同时进行。保存时采用条件结构,用布尔控件控制文本文件(INI)和二进制(TDMS)保存两个条件分支。对于数据量不大但常需要打开观看的文件,如本程序中的通道相关参数、传感器配置、采样频率等可以选择INI格式保存,对于数据量较大的信号可以选用TDMS格式保存。

2.4 数据回放分析模块

在数据采集和实时监测结束后,本系统可以对所采集的数据重新回放,并有选择地观察某些范围内的信号变化。

分析模块包括对动态信号的幅值以时间为坐标的函数 $x=f(t)$ 在时间域 T 内进行分析,显示每个通道的时域波形、有效值和峰值;以傅里叶级数和傅里叶积分为基础,对动态信号在频域内进行分析,进行幅值域分析、单边幅频谱分析、功率谱分析、功率谱密度分析等,揭示信号中各分量的频率构成情况。

3 割台振动测试试验

3.1 试验方法

以雷沃谷神牌GN601-CR2Q型联合收获机为测试对象,运用虚拟仪器系统,现场测试了收获机割台不同测点及不同工况的振动强度、振动频率分布。测试前,把测点表面擦拭干净,在每个测点用蜜蜡粘固加速度传感器,同时在测试中用胶带粘住连接传感器的连接线,以免振动过大导致蜜蜡松动,损坏加速度传感器和连接线。

振动测试包括3个试验:

试验1:在大油门只有发动机旋转状态以及发动机大油门与割刀传动系统一起运转状态两个工况下测试联合收获机割台的水平方向、垂直方向和轴向振动信号大小。

试验2:在割台的割刀附近、割台护罩上方的机架及割台过桥这3个部位布点,采用3通道同时测得这3个点在同一时刻的振动大小,以及在不同工况时水平方向的振动情况。

试验3:对联合收获机割台中间机架位置水平测点在不同工况的水平方向振动情况进行比较分析。

3.2 测试结果及分析

采样频率: $f_s=5\ 120\ \text{Hz}$,采样长度: $T=4\ 096$,激励电流: $I=4\ \text{mA}$ 。每隔5s保存一次当前振动状态的数据,把每组数据的4096个测量值取均方根值,按上述方法依次得到各数据,数值为加速度 g 的倍数。

3.2.1 试验1

在联合收获机割台中间机架位置水平方向、垂直方向和轴向安装加速度传感器,待联合收获机发动机加速到运转平稳后开始采集保存数据,如表1所示。本试验2个工况分别为:大油门只有发动机旋转(工况1)、发动机大油门与割刀传动系统一起运转(工况2)。从数据中判断出割台在水平方向的振动量最大。在大油门发动机旋转时的水平方向最大加速度为0.1721,发动机大油门与割刀传动系统一起运转时的水平方向最大加速度为2.618。

表1 试验1 振动加速度

Tab.1 Vibration acceleration of test 1						
状态	方向	试验序号				
		1	2	3	4	5
工况1	水平方向	0.165	0.171	0.162	0.166	0.168
	垂直方向	0.133	0.136	0.131	0.135	0.138
	轴向	0.135	0.132	0.136	0.136	0.135
工况2	水平方向	2.618	2.545	2.551	2.547	2.549
	垂直方向	2.014	1.996	2.059	2.073	2.019
	轴向	1.985	1.992	1.973	1.976	1.978

3.2.2 试验2

本试验测得同一时刻割刀附近、割台护罩上方的机架及割台过桥这3个位置的水平方向的振动情况,以及不同工况时的数据如表2所示。工况分别为发动机小油门旋转(工况1)、发动机中油门旋转(工况2)、发动机大油门旋转(工况3)、发动机大油门旋转以及割刀传动系统(工况4)、中油门2挡行走运输状态(工况5)。

通过数据分析得出割台的振动在过桥位置最大,最大水平加速度为2.93,割台护罩上方的机架其次,割刀附近最小。

表 2 试验 2 振动加速度

Tab.2 Vibration acceleration of test 2

位置	试验 序号	工况				
		1	2	3	4	5
割刀附近	1	0.012	0.024	0.039	1.547	0.041
	2	0.013	0.025	0.038	1.781	0.042
	3	0.013	0.025	0.038	1.667	0.039
护罩上方机架	1	0.140	0.135	0.165	2.618	0.193
	2	0.105	0.101	0.171	2.545	0.195
	3	0.118	0.122	0.162	2.551	0.189
割台过桥	1	0.087	0.168	0.236	2.807	0.269
	2	0.090	0.171	0.235	2.930	0.287
	3	0.089	0.171	0.232	2.865	0.295

图 4 为发动机与割刀传动系统一起运转时在割台的割刀附近、割台护罩上方机架及割台过桥这 3 个部位布点的数据幅值谱。振动主要处于低频范围,选择 0 ~ 100 Hz 的频率进行分析。从各测点的频域图中可以判断出测点 1 处摆环机构惯性力引起的振动为 10 Hz,摆环轴的转速为 600 r/min,发动机一级惯性力引起的振动为 30 Hz,二级惯性力引起的振动为 60 Hz,此状态下发动机转速为 1 800 r/min。3 个测点在 68.8 Hz 处都有很大的峰值,从而判断出

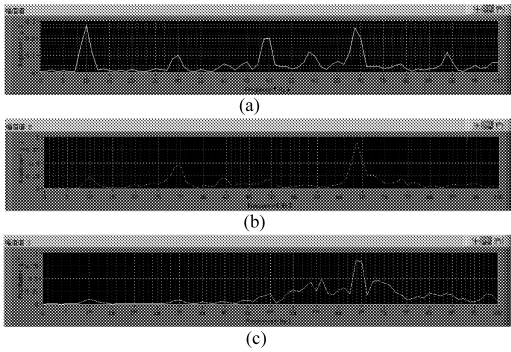


图 4 发动机与割刀传动系统一起运转时割台 3 布点的水平方向振动信号频域图

Fig.4 Frequency domain analysis of three sites under header working situation

(a) 割刀附近 (b) 割台护罩上方机架 (c) 割台过桥

割台的固有频率为 68.8 Hz。

3.2.3 试验 3

本试验 4 个工况分别为:在大油门只有发动机旋转状态(工况 1)、发动机与割刀传动系统一起运转(工况 2)、在中油门只有发动机旋转状态(工况 3)、中油门 2 挡位行走运输状态(工况 4)。试验结果如表 3 所示,其中由工况 2 与工况 1 的差值得出割刀传动系统的振动情况,由工况 4 与工况 3 的差值得路面激励的振动情况,把联合收获机割台振动的 3 个主要来源(发动机激励、割刀传动系统惯性力激励、路面激励)进行比较,可以判断出割台的振源主要来自于割刀传动系统,割刀传动系统所产生的振动是发动机产生振动的 14 倍,由于运输状态是在水泥路面进行,路面的激励比较小,割刀传动系统的振动是路面激励的 33 倍。

表 3 割台机架不同工况水平方向振动加速度

Tab.3 Acceleration of horizontal vibration of header frame under different conditions

试验序号	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4
1	0.165	2.618	0.122	0.193
2	0.171	2.545	0.121	0.194
3	0.162	2.551	0.124	0.193

4 结束语

基于虚拟仪器平台设计多通道数据采集系统,对谷物联合收获机割台进行测试试验,对测试结果进行对比分析,通过时域图和频域图得出割台的振源来自于发动机、割刀传动系统、路面激励,其中最主要的激励为割刀传动系统,其中在发动机与割刀传动系统一起运转时的割刀传动系统的惯性力引起的振动频率为 10 Hz,发动机惯性力引起的振动频率为 30 Hz,割台的固有频率为 68.8 Hz;得出割台水平方向的振动量最大并且割台振动最大的部位位于割台的过桥。

参 考 文 献

1 Tewari V K, Dewangan K N. Effect of vibration isolators in reduction of work stress during field operation of hand tractor[J]. Biosystems Engineering, 2009, 103(2):146 ~ 158.

2 朱聪玲,程志胜,王洪源,等. 联合收获机割台振动问题研究[J]. 农业机械学报,2004,35(4):59 ~ 65.

Zhu Congling, Cheng Zhisheng, Wang Hongyuan, et al. Study on the header vibration of a combine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2004,35(4):59 ~ 65. (in Chinese)

3 王芬娥,曹新惠,郭维俊,等. 联合收获机主驾驶座振动强度及其频率结构试验[J]. 农业机械学报,2007,38(4):62 ~ 65.

Wang Fene, Cao Xinhui, Guo Weijun, et al. Research on vibration strength and frequency structure of main driver seat of the wheat combine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007,38(4):62 ~ 65. (in Chinese)

- 4 张小超,胡小安,张爱国,等. 基于称重法的联合收获机测产方法[J]. 农业工程学报,2010,26(3):125~129.
Zhang Xiaochao, Hu Xiaolan, Zhang Aiguo, et al. Method of measuring grain-flow of combine harvester based on weighing [J]. Transactions of the CSAE,2010,26(3):125~129. (in Chinese)
 - 5 周俊. 冲量式谷物质量流量传感器及智能测产系统研究[D]. 上海:上海交通大学,2005.
Zhou Jun. Research on impacted-based grain mass sensor and intelligent yield monitor[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2005. (in Chinese)
 - 6 苑严伟,张小超,张银桥,等. 农田粮食产量分布信息数字化研究[J]. 农业工程学报, 2006,22(9):133~137.
Yuan Yanwei, Zhang Xiaochao, Zhang Yinqiao, et al. Digitization of grain yield and distribution information in farmland[J]. Transactions of the CSAE, 2006,22(9):133~137. (in Chinese)
 - 7 刘定晟,杨俊,蒋迪清. 用 Visual Basic 实现测控软件中的实时曲线和历史曲线[J]. 计算机应用研究, 2001,18(2): 147~149.
Liu Dingsheng, Yang Jun, Jiang Diqing. Drawing the real time curve and history curve in measuring and control software using VB[J]. Application Research of Computers, 2001,18(2):147~149. (in Chinese)
 - 8 刘建军. 大地坐标转换成高斯-克吕格坐标的算法研究[C]//中国航海学会船舶机电与通信导航专业委员会 2002 年学术年会论文集(通信导航分册), 2002: 58~60.
-

(上接第 89 页)

- 4 何成秀,王芬娥,郭维俊,等. 自走式联合收获机振动系统的动力学分析[J]. 甘肃农业大学学报,2006,41(4):98~101.
He Chengxiu, Wang Fene, Guo Weijun, et al. Dynamic analysis on vibration system of self-walking combine harvester[J]. Journal of Gansu Agricultural University. 2006,41(4):98~101. (in Chinese)
- 5 王芬娥,郭维俊,何成秀,等. 小麦联合收获机倾斜输送器振动强度试验研究[J]. 中国农机化,2007(3):69~72.
Wang Fenge, Guo Weijun, He Chengxiu, et al. Experimental research on the vibration strength of inclination conveyer of wheat combine [J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2007(3):69~72. (in Chinese)
- 6 马桂香,陈殿云,王彦生. 自走式谷物联合收获机的振动测试[J]. 现代机械,2008(2):59~61.
Ma Guixiang, Chen Dianyun, Wang Yansheng. Vibration test of a self-moving grain combine harvester [J]. Modern Machinery,2008(2):59~61. (in Chinese)
- 7 Li Juanzhao, Dong Lv, Yuan Liu. Design of the shearer's vibration analysis test system based on LabVIEW [J]. Applied Mechanics and Materials, 2011, 52~54:606~611.
- 8 林凯,何川,毛乐山. 基于 LabVIEW 的多通道振动测试与分析系统[J]. 清华大学学报:自然科学版,2003,43(5): 659~665.
Lin Kai, He Chuan, Mao Leshan. Multichannel system for vibration measurement and analysis based on LabVIEW [J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 2003, 43(5):659~665. (in Chinese)
- 9 赵永立,杨建成,张玉红. 基于 LabVIEW 的虚拟振动测试分析系统[J]. 天津工业大学学报,2006,25(4):77~81.
Zhao Yongli, Yang Jiancheng, Zhang Yuhong. Virtual vibration test and analysis system based on LabVIEW[J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2006,25(4):77~81. (in Chinese)
- 10 吴正毅. 测试技术与测试信号处理[M]. 北京:清华大学出版社,1989.
- 11 杨乐平. LabVIEW 程序设计与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2001.