

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.04.021

## 基于 LabVIEW 的火炮振动测试分析系统

张华<sup>1</sup>, 管红根<sup>1</sup>, 桂成兵<sup>2</sup>

(1. 南京理工大学机械工程学院, 南京 290014; 2. 中国人民解放军 75134 部队, 广西 崇左 532200)

**摘要:** 针对在恶劣的发射环境下, 各种干扰因素对火炮的传统测试系统影响较大等问题, 设计一种基于 LabVIEW 的振动测试分析系统。采用虚拟编程软件 LabVIEW, 以工程振动信号采集和处理技术为基础, 辅以虚拟技术和计算机技术, 对虚拟火炮振动测试分析系统的构成及软件构成进行设计, 并用锤击法对火炮身管进行锤击测试验证。实验结果表明: 该虚拟火炮振动测试分析系统运行结果良好, 具有较高的测试精度和稳定性, 能降低火炮振动测试成本。

**关键词:** LabVIEW; 火炮; 振动测试

**中图分类号:** TJ306 **文献标志码:** A

## Artillery Vibration Measurement and Analysis System Based on LabVIEW

Zhang Hua<sup>1</sup>, Guan Honggen<sup>1</sup>, Gui Chengbing<sup>2</sup>

(1. School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China;  
2. No. 75134 Unit of PLA, Chongzuo 532200, China)

**Abstract:** Aiming at the influence problem of traditional artillery vibration test system to various interference factor under adverse launch environment, a vibration testing analysis system based on LabVIEW is designed. Adopt virtual programming software LabVIEW, based on the process vibration signal acquisition and processing technology, supplemented by the virtual instrument technology and computer technology, design the virtual vibration test and analysis of artillery system constitution and software constitution, and use hammer hitting method to make hammer hitting test for artillery's pipeline. The experimental results indicate that the virtual artillery vibration test system is well of artillery running, with higher precision and stability, can reduce the cost of artillery vibration test.

**Key words:** LabVIEW; artillery; vibration test

### 0 引言

火炮振动信号具有大量的火炮参数信息, 是检测火炮故障的信息载体。对火炮振动信号进行准确测试分析和相应处理, 是对火炮进行结构优化、结构改造和故障诊断的基础。随着火炮研制技术的革新换代, 要求火炮振动测试也要不断向高效化、智能化、便携化和集约化发展。而传统的火炮振动测试一般采用电测法, 即先用测振传感器检测出振动的位移、速度和加速度等信号, 转化为电量, 然后输入专门仪器或者计算机进行数据分析处理, 主要依靠仪器硬件来完成, 但存在以下缺点: 功能固定、系统封闭和扩展性差; 与其他设备连接有限, 互换性差; 价格昂贵, 技术维护更新慢。

随着电子技术的飞速发展, 测试系统向自动化和柔性化发展, 同时计算机软硬件技术的飞跃发展也给测试仪器的自动化发展带来了机遇, 基于这一背景, 美国国家仪器公司于 20 世纪 80 年代末期正式提出虚拟仪器的概念<sup>[1]</sup>。虚拟仪器实质就是一种计算机仪器系统, 根据用户对仪器的设计定义, 通

过软件操控设计虚拟控制面板来完成测试功能。虚拟仪器主要由计算机、仪器硬件和应用软件 3 部分组成。硬件系统的主要功能是信号采集和初步调理。通过各类软件功能对信号数据进行运算、分析与处理; 通过显示面板模拟传统面板输出测试结果, 完成各种测试功能。用户可以通过软件设计充分发挥自己才能和想象力, 有效地完成各项测试分析任务。软件是虚拟仪器的关键, 具有以下优点: 用户自行定义功能, 系统开放, 可以构成多种仪器; 面向应用, 方便与网络或者其他应用连结; 价格低廉且技术更新快, 开发维护费用低。目前, 将虚拟仪器与火炮传统振动测试的有效结合起来并能分析处理的测试仪器还不多见。因此, 笔者开发一套虚拟火炮振动测试分析系统, 以提高振动测试效率, 降低振动测试成本。

### 1 系统构成

虚拟火炮振动测试分析系统包含 2 部分: 一部分是仪器测量, 即用仪器对待测的振动参量进行测量, 拾取表征信号或参数, 使之变成标准电压或电

收稿日期: 2011-10-25; 修回日期: 2011-12-07

作者简介: 张华(1983—), 男, 广西人, 硕士研究生, 从事武器系统与运用工程、武器效能评估研究。

流信号；另一部分数据处理，即对测量的数据进行采集、处理和分析。

### 1.1 硬件构成

系统硬件组成如图 1 所示。

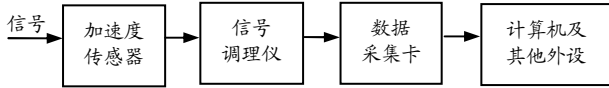


图 1 测试系统总体硬件系统构成

根据测试需要，综合考虑选择压电加速度传感器。信号调理仪是对输出的信号进行先期处理，包括滤波、放大、电流/电压转换、电荷/电压转换等，再将处理后的数据传送给数据采集卡<sup>[2]</sup>。由于压电加速度传感器输出的信号是电荷量，需要通过电荷放大器转换为电压量才能被采集卡作为输入接纳，因此，笔者采用具有低阻抗压电转换四通道调节的 5134B0 信号调理器。数据采集卡为 NI 公司的 PCI-MIO-16E-1，它是一个多功能无线即插即用设备的 PCI 总线数据采集卡。

### 1.2 软件构成

采用 LabVIEW 软件进行软件设计，完成数据处理。系统总体软件构成如图 2 所示。

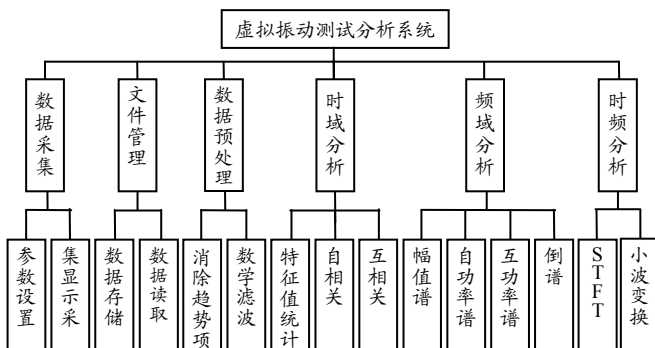


图 2 虚拟振动测试系统软件总体构成

测试分析系统包括 6 大功能模块，每个功能模块又包含几种功能，可单独或组合调用，还可以根据需求扩充系统功能。系统程序的前面板如图 3。

数据采集是通过传感元件将被测量转换，然后对信号进行调理、采样、量化等数据处理或者存储记录的过程<sup>[3]</sup>。采集任务可以利用数据采集助手，根据自己的任务需求进行参数设置或任务配置等，通过修改程序代码来实现复杂的功能。

文件管理模块分为数据存储和数据读取。数据存储功能是保存采集数据，本系统主要就原始数据和预处理后的数据进行保存，用二进制测量文件作

为存储格式。数据读取是读取保存数据，使用 TDMS 读取方式调用。

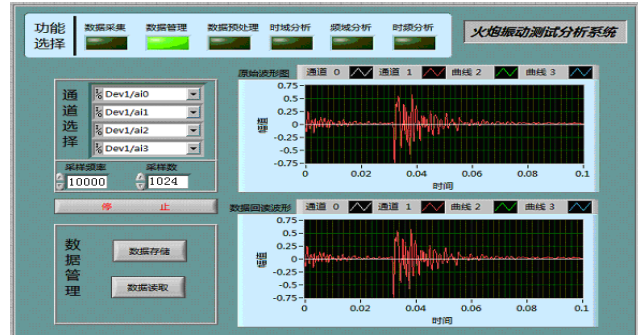


图 3 虚拟振动测试系统主界面

数据预处理重点进行消除趋势项和数字滤波。消除趋势项选择精度较高的最小二乘法，调用逐点广义最小二乘线性拟合和在数学函数子模块下广义最小二乘线性拟合 2 个节点。根据所要采用信号的特点，数字滤波采用无限冲击响应滤波器。

时域分析是指在时间域中研究系统在一定输入信号的作用下，其输出信号随时间的变化情况。时域分析包括测量信号在时域中的特征参量，卷积和相关分析等。特征值统计主要是分析信号的基本平均直流-均方根、平均直流均方根、周期平均值和均方根、瞬态特性、脉冲、幅值和电平 6 个参量。

相关是表述 2 种特征量之间关联性。信号幅值统计规律用均值、方差和概率密度函数等定义来表述，而为了更好地揭示信号的波形结构，必须采用相关分析。相关分析分为自相关和互相关 2 种。自相关函数表达了随机过程在时刻  $T$  和  $T+t$  之间的相关程度，是信号内在联系的一种度量。自相关分析采取先通过快速傅里叶变换求解出信号的自功率谱，再根据傅里叶逆变换求取自相关函数。互相关函数描述一个信号的取值对另一个信号的依赖程度，可以采用同自相关一样的方式求取。系统采取直接法加修正求取相关分析。

频域分析通过傅里叶变换方法，将各种动态信号由时间域转换到频率域，再分析信号的各种频率及相应的频率范围。系统主要进行幅度谱-相位谱、功率谱和倒谱分析。幅度谱-相位谱在频域领域描述为信号的幅值或相位与信号的频率之间的关系。功率谱分析，主要用于研究平稳随机过程，可以检测识别信号的频率成分及所测系统的动态特性，分为自功率谱和互功率谱，两者区别仅在于输出的功率谱有一个比例差异。倒频谱为信号对数功率谱的功率谱，能分离和提取泛频信号的周期成分。

对于时变信号,既需得到时域频域的全局特性,又需信号频谱随时间变化的特征信息,即需要时频变换。系统选短时傅里叶变换,能消除干扰、过滤噪声和提取信号特征。设置可以调整的窗,通过滑动杆调整窗的宽度,查看短时傅里叶变换时频图。但短时傅里叶变换的窗函数无法同时在时间和频率上获得良好的分辨力<sup>[4]</sup>,因此,还需要设计小波变换进行高频分量选短窗,低频分量选长窗。

## 2 系统试验

采用锤击法对火炮身管进行锤击测试来验证整个系统程序的正确与否。然后用本系统进行数据采集并储存数据,离线进行相应的分析。图 4 为实际测试某型火炮身管的连接示意框图。

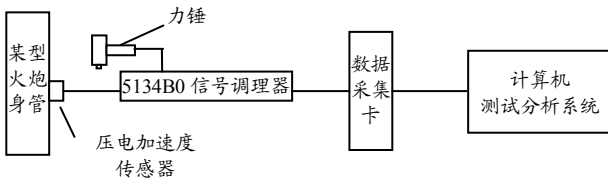


图 4 对某型火炮身管锤击实测示意图

参数设置如下:通道为 2,采样频率为 10 kHz;采样通道为 2,每通道采样数为 1 024;触发电平为 0.3 V,触发方式为 Ring(上升沿触发);增益为力锤为 10,加速度传感器为 20。

将保存的 TDMS 文件重新进行回读,并在波形图上显示,采用锤击法做的一次有效实验数据波形如图 5。从显示波形上看,激励信号反映的正是锤击法脉冲激励时的波形形状,而响应信号急速衰减,也恰是锤击响应时应有的典型形状。可见触发采集程序运行良好。

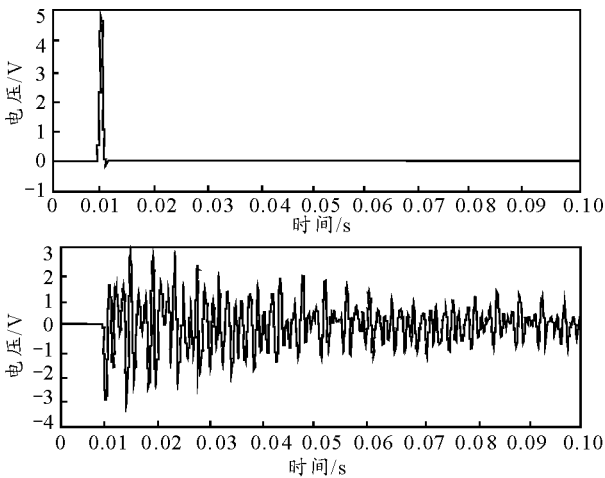


图 5 锤击身管激励信号的时域波形图

与传统测试系统(如图 6 所示激励响应时域波

形图)比对可发现采集程序运行良好。

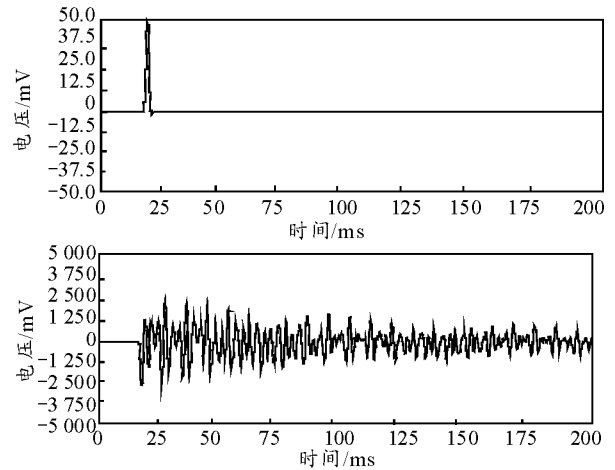


图 6 传统系统采集的锤击响应时域波形图

由于力锤脉冲信号的频率特性,求取力锤的功率谱,见图 7。可以看出符合功率谱的特点,验证是正确的。

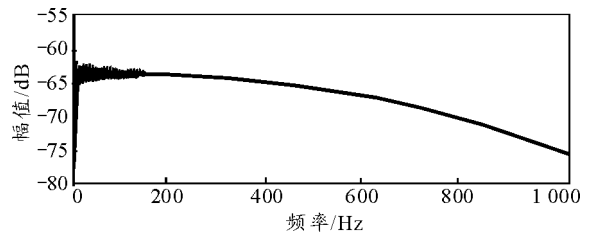


图 7 力锤信号的功率谱

对于火炮某型身管,用传统的方式可以求出其功率谱如图 8,可以看出其一二三四阶频率,分别位于 30 Hz、470 Hz、690 Hz 和 940 Hz 附近。比对虚拟测试系统测试出的响应功率谱见图 9,可以看出,验证正确。

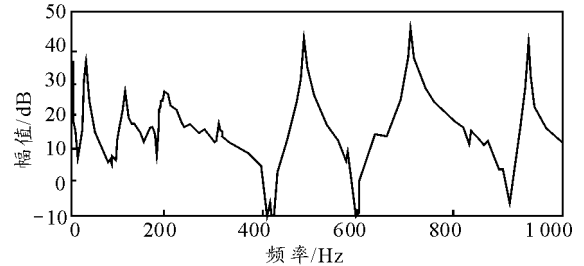


图 8 用传统方法测试的响应信号的功率谱

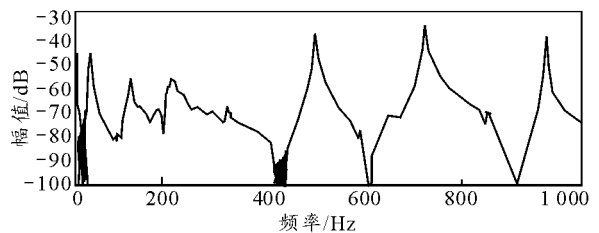


图 9 响应信号的功率谱