

# 虚拟仪器技术在航空发动机稳定性测试中的应用

张喜斌, 白鹏, 张发启, 桑增产  
(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

**摘要:**利用 LabWindows/CVI 虚拟仪器开发平台进行航空发动机稳定性测试系统的研制, 测试系统由数据采集、数据处理、数据显示等测试子模块组成。通过实际数据测试检验表明, 测试结果比较真实的反映了被测发动机进气畸变及喘振时的实际工作状态, 与传统的测试手段相比, 具有很大的优势。

**关键词:** 航空发动机; 发动机稳定性; 虚拟仪器

**中图分类号:** V23      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1009-3516(2003)01-0001-03

随着科学技术的不断发展, 对航空发动机测试方法和测试设备的要求越来越高, 采用传统的测试方法, 要求硬件仪器设备较多, 成本也较高, 无法满足航空发动机精确参数的测试要求。由于计算机技术、软件技术以及网络技术的高速发展, 计算机在测试和仪器领域的应用越来越广泛, 与之相关的新的测试理论、测试方法和仪器也不断出现<sup>[1-2]</sup>, 在航空发动机稳定性测试系统的设计与开发中引入虚拟仪器技术, 可以较方便地组成一套测试系统。

## 1 虚拟仪器及开发平台

### 1.1 虚拟仪器的基本概念

虚拟仪器是以软件为核心, 由计算机及必要的硬件组建起来的测试系统或仪器, 在计算机上对虚拟仪器面板的操作与现实中的仪器面板操作一样。用一个简单的公式来描述就是虚拟仪器 = 软件 + 计算机 + 必要的硬件(例如 ADC, DAC)。虚拟仪器可以由用户自己设计, 自己定义, 可满足自己的特殊要求。由于软件是关键, 在仪器中可通过应用新的理论和新的算法来适应不同的测量需求, 仪器功能更加灵活、强大, 且很容易同网络、外设及其它应用连接, 可以很快更新自己的仪器, 这样不仅价格低, 节省开支, 还可降低维护费用。所以有“软件就是仪器, 仪器就是软件”<sup>[3-4]</sup>的说法。

虚拟仪器系统中的硬件仅仅是为了解决信号的调理和输入输出, 与传统的电子仪器相比, 虚拟仪器以软件取代了部分的硬件, 用软件实现了数据读取、数据分析处理、数据显示等传统仪器只能用硬件实现的功能。

### 1.2 虚拟仪器开发平台 LabWindows/CVI

1986 年美国 NI(National Instrument, 简称 NI)公司首次提出了虚拟仪器(Virtual Instruments)的概念, 并开发了以此概念为基础的基于 C 语言的虚拟仪器开发平台 LabWindows/CVI 系统, 随后其它公司相继推出自己的虚拟仪器开发平台, 虚拟仪器技术开始飞速发展。

虚拟仪器开发平台 LabWindows/CVI 提供了虚拟仪器的编程环境, 用它所提供的各种与实际仪表外观几乎一样的控件、指示器等可以很方便地组成用户所需的仪表界面<sup>[5]</sup>。在程序编写上, 它比用普通程序语言更节省程序编制时间。

利用 LabWindows/CVI 所提供的编程环境, 针对不同的测试对象, 编写功能单一的测试虚拟面板, 每个面板相当于一台功能单一的测试仪, 把每个面板作为子面板供主面板调用, 即可组成可测多种参数的航空发

动机稳定性测试系统。

## 2 航空发动机稳定性测试系统

### 2.1 原理与组成

航空发动机稳定性测试系统主要用于航空发动机发生进气畸变及喘振时信号的检测和分析,通过传感器,对航空发动机进气畸变及喘振信号进行采集,采集的信号经过处理后,输入计算机,在 LabWindows/CVI 所提供的各种函数库的支持下<sup>[6]</sup>,实现信号的数字化处理和函数变换,得到对用户有实际指导意义的测试结果,最终以示波器、指针仪表、数字显示等方式输出结果,供分析使用。航空发动机稳定性测试系统包括 5 个专用测试子系统:转速(频率)测试子系统、动态压力测试子系统、总压测试子系统、数字量测试子系统和数字多功能显示子系统。

测试系统以装有 LabWindows/CVI 虚拟仪器开发平台的 PC 机为核心,所采用的数据采集卡为 16 通道,通道最高并行采样速率 25 kHz,分辨率为 12bit,测试精度为 0.1%。信号处理电路针对不同类型的信号分别采取了降压或放大处理,最后模拟信号以  $-5 \sim +5$  V 的方式送到数据采集卡。

### 2.2 软件组成与功能

整个软件由以下 4 个主要部分组成,其功能如下:

数据采集:主要有硬件初始化、硬件设置和采集。在 LabWindows/CVI 平台上,虽然仪器驱动程序库提供了丰富的设备驱动程序,但只能支持世界上一些大公司的产品,对于使用国产数据采集卡的用户,必须针对具体的产品,依据其基地址、转换时间等参数编写数据采集函数,实现该卡的信号输入输出操作。

数据存储:采用查询、中断和自动循环方式进行数据的存储。

数据分析:主要有绘图、图形显示、指数计算、信号频谱分析等功能;

数据显示:设置发动机状态显示、动态过程曲线、连续过程显示、虚拟指针显示、光柱方式、数字方式等。

### 2.3 应用软件程序设计

利用 LabWindows/CVI 虚拟仪器开发平台所提供的丰富函数库及强大接口功能,可方便地设计出符合用户需求的仪器。使用 LabWindows/CVI 虚拟仪器开发平台编程的步骤如下:①制定程序的基本框架。根据发动机参数测量任务,确定程序的基本框架、仪器面板界面及程序中所需的函数等。②创建用户图形界面。操作面板设计力求方便与实用。根据第一步制定的

方案,创建用户界面及回调函数名称。③程序源代码的编制。计算机自动生成程序代码及回调函数基本框架,添加函数代码,完成代码的编制工作。④调试运行工程项目。将用户界面文件,源代码文件添加到工程文件中,完成程序的编制,进而编译调试程序。

按照上述过程进行航空发动机稳定性测试系统的设计,设计的测试系统仪器操作面板见图 1。

由于外部环境的干扰和数据采集时多通道之间的相互影响,采集的数据往往带有干扰信号。为了保证数据的有效性和后续数据处理结果的准确性,必须对采集的数据进行必要的滤波处理<sup>[7-9]</sup>。在本系统中,根据

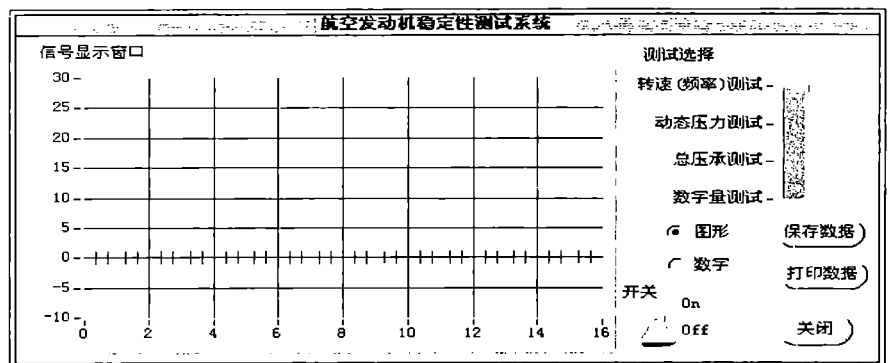


图 1 航空发动机稳定性测试系统操作面板

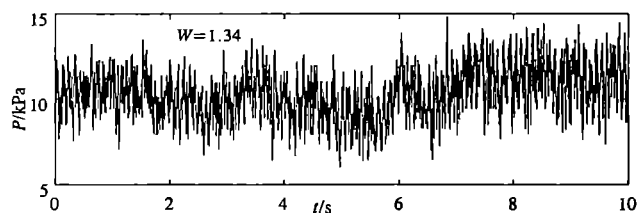


图 2 发动机无畸变时低压出口动压测量结果

不同类型的干扰信号采取了不同的滤波处理方法,如在频率信号处理中进行平滑滤波,在低压出口动压信号处理中采用滑动平均滤波方法等。

### 3 系统应用实例

该测试系统对某发动机在畸变时进行测试,测试结果见图2、图3。图中的 $W$ 代表进气紊流度。对比图2、图3,可看到气流的脉动加剧,所有测点的紊流度增加,表明该系统能较好地反映被测发动机各项性能指标的实际情况。

### 4 结论

虚拟仪器技术的优势在于用户对仪器的自定义,在于其方便灵活的构建和转换方式。利用虚拟技术实现的航空发动机稳定性测试系统具有构成简单、功能齐全,用户可根据自己的需要,随时修改仪器操作面板,开发周

期短、维护调试方便等优点。随着计算机技术的不断发展,各种仪器接口标准的不断完善,有理由相信,虚拟仪器技术在测量、测试、状态监测、故障诊断等方面将有越来越多的应用。

#### 参考文献:

- [1] 林正盛. 虚拟仪器技术及其应用[J]. 微型计算机与应用, 1997, (8): 2-5.
- [2] 唐统一. 电测与仪表技术的回顾与展望[J]. 电测与仪表, 2000, 37(1): 5-9.
- [3] 刘君华. 现代检测技术与测试系统设计[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1999.
- [4] 白鹏. 虚拟仪器编程语言 LabWindows/CVI 教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [5] 潘莹玉. 虚拟仪器及其应用[J]. 电力自动化设备, 1999, 19(1): 44-46.
- [6] National Instruments Corporation. LabWindows/CVI for Windows User Manual[M]. USA: 1999.
- [7] 胡广书. 数字信号处理——理论、算法与实现[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.
- [8] 周舒梅. 动态信号分析和仪器[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.
- [9] 李绍铭. 信号分析中频率跟踪的实现[J]. 自动化仪表, 2000, 21(2): 14-15.

(编辑: 姚树峰)

## Application of the Virtual Instrument Technology to the Stability Test System of Aircraft Engines

ZHANG Xi-bin, BAI Peng, ZHANG Fa-qi, SHANG Zeng-chan

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an. Shaanxi 710038, China)

**Abstract:** The stability test system of aircraft engines is developed by using LabWindows/CVI virtual instrument developing studio and it is made up of test submodules of data acquisition, data processing and data displaying. The test system is proved through actual data test, and the test result reflects the true surge and the inlet pressure distortion of the tested engines. This test means has advantage over the traditional test means.

**Keywords:** aircraft engines; engine stability; virtual instrument

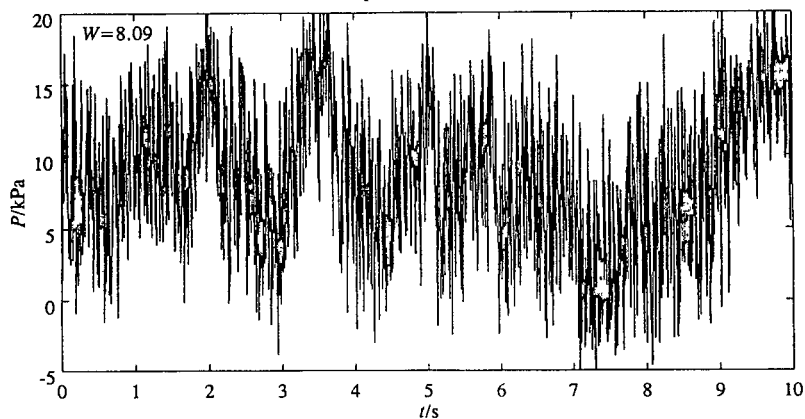


图3 发动机畸变时低压出口动压测量结果