

# 基于 LabVIEW 高温摩擦磨损试验机测试系统<sup>①</sup>

王春辉, 曾群锋

(西安交通大学 现代设计及转子轴承系统教育部重点实验室, 西安 710049)

**摘要:** 高温摩擦磨损试验机主要用于测试摩擦副材料在高温工况下的摩擦磨损性能。采用 LabVIEW 软件, 通过调用动态链接库驱动数据采集卡, 设计开发了用于高温摩擦磨损试验机的虚拟仪器测试系统。测试系统包括摩擦力、温度、载荷、转速等数据采集, 数据存储, 数据处理、图形显示及生成实验报告等功能。在高温摩擦磨损试验机上, 利用该测试系统测量并记录摩擦系数, 观察所采集的数据以及多次重复性试验。实验结果表明该测试系统具有较高的稳定性、准确性及可靠性。

**关键词:** 高温摩擦磨损试验机; LabVIEW; 测试系统

## Testing System for High-Temperature Tribometer Based on LabVIEW Software

WANG Chun-Hui, ZENG Qun-Feng

(Key Laboratory of Education Ministry for Modern Design and Rotor-Bearing System, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** High temperature tribometer is used to evaluate the tribological properties of engineering materials under high temperature conditions. In the present paper, the virtual instrumental testing system of the tribometer was developed with LabVIEW software as it calls the dynamic link library to drive the normal data acquisition card. The system is designed for getting the information about coefficient of friction, temperature, velocity and load of data acquisition, data treatment, graphic displaying, data storing and report generating. The friction and wear tests were carried out by the pin-on-disc tribometer with this testing system. The experimental results show that the testing system is stable, accurate and reliable.

**Key words:** high temperature tribometer; LabVIEW; testing system

近年来, 我国航空、航天事业发展迅速。为适应我国航空、航天等领域高科技技术的发展, 急需研制出新型材料来适应高温等恶劣环境, 因此高温摩擦磨损试验机的研发对工程材料在高温工况下的摩擦磨损性能测试具有重要的工程应用价值。测试系统作为高温摩擦磨损试验机的重要部分, 它应具有高的可靠性、稳定性及精确性等, 从而能够实现准确评价工程材料在高温工况下的摩擦学性能。

目前, 虚拟仪器技术<sup>[1]</sup>在测试测量系统开发应用方面得到了长足的发展。作为虚拟仪器开发平台, LabVIEW 软件以其简单灵活的优势, 得到了高度关注<sup>[2-5]</sup>。LabVIEW 是由美国 NI 公司推出的一款基于图形化语言编程, 实现虚拟仪器软件开发的工具。该软

件包含了大量的工具与函数以用于数据采集、分析、显示与存储等, 并且提供了大量用于自动化测试测量领域的图形控件。具有简单易学、直观灵活、高效快速及多功能模块的特点, 在汽车、通信、航空、半导体、电子设计生产和过程控制等各个领域得到了广泛应用<sup>[6]</sup>。同时, 对于普通数据采集卡, LabVIEW 能够通过调用 DLL 动态链接库来实现数据采集功能<sup>[7]</sup>。

本文针对摩擦学性能测试, 采用 LabVIEW 8.5 设计开发了高温摩擦磨损试验机的虚拟仪器测试系统。其主要包括摩擦力、温度、湿度、转速和载荷等数据采集、数据存储、数据处理, 以及相应的图形显示、生成报告等功能。该测试系统不仅在航空航天领域具有重要应用价值, 而且同时能够应用于产生较高温度

① 基金项目:教育部博士点基金(20120201120040);中央高校基本科研业务费资助课题

收稿时间:2012-11-18;收到修改稿时间:2012-12-26

的高速、超高速机床加工等领域的摩擦学性能测试。

## 1 测试系统原理

### 1.1 高温摩擦磨损试验机

高温摩擦磨损试验机结构形式为销—盘式，整体结构如图 1 所示，其主要包括销—盘摩擦副、电磁感应加热高温模块、控制模块以及测试测量模块等。实验过程中，由电磁感应加热高温模块为销—盘摩擦副提供高温环境，控制模块用来调节圆盘试样的转速等，测试测量模块通过传感器获取实验数据。采用对称分布的高精度位移传感器测量悬臂梁的变形位移，通过信号分析处理即可获得摩擦力及摩擦系数。同时，温度、湿度、载荷以及主轴转速的测量均由相应的传感器测量得到，实现摩擦力、正压力、温度等参量的同步测量。



图 1 试验机整体结构

### 1.2 测试系统原理

该测试系统总体设计结构如图 2 所示。主要用来实现包括摩擦力、载荷、温度、转速与湿度 5 个信号数据的采集。传感器将获得所测信息转换为电压信号，且非常微弱，只有几毫伏，并伴有其他干扰信号，所以在进行模数转换前必须进行信号调理。信号调理主要对测量信号进行隔离、放大、滤波，以满足数据采

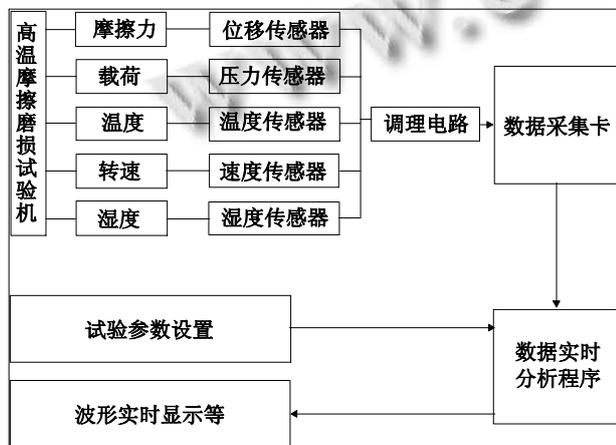


图 2 测试系统总体设计结构图

集卡对输入信号的要求，经调理电路输入到数据采集卡。通过采集卡中的 A/D 转换器将实测连续数据转换为计算机能够识别的离散数据量。然后利用计算机应用软件分析处理所要获得的信息数据，并进一步实现实时图形显示以及数据存储等操作。

## 2 测试系统设计

该测试系统设计包括硬件选择设计和软件系统设计。硬件主要包括传感器、数据采集卡等，软件系统主要是基于 LabVIEW 软件的虚拟仪器设计。

### 2.1 测试系统硬件

按照测试要求，为使获得的数据精确，对应于图 2 所示分别选择包含有信号调理电路的位移、压力、温度、速度、湿度传感器。

对于数据采集卡的选择，NI 公司针对 LabVIEW 软件，提供多种专用数据采集卡，以方便设计选择测试系统。对于该试验机，选择普通数据采集卡已能够满足要求。同时，LabVIEW 提供了库函数模块以调用动态链接库，以便实现对上述采集卡的控制。

由于该测试系统要求具有较高的精度，并且需测量得到 6 个通道的数据。同时，为避免采用单端输入测量小变形信号时由于存在干扰而产生较大误差，所以选择采集卡必须保证其差分输入通道数大于 6。针对实验要求，本文选择应用阿尔泰公司的 USB 2812 数据采集卡，其包含差分输入 8 个通道，采样频率为 250 KS/s。

### 2.2 测试系统软件设计

#### 2.2.1 调用动态链接库

动态链接库 (Dynamic Link Library, DLL) 是 Microsoft Windows 的重要特点之一，是一种基于 Windows 的程序模块，DLL 是在运行期间被链接进来的，是一种不可直接运行的二进制程序文件，但它能够提供许多函数。Windows 运行应用程序时，DLL 文件才会装入内存，提供链接以实现模块中函数的应用。多种应用程序可以共用同一个 DLL 文件，能够很好的在多个程序中实现代码和资源的共享，以大量节省计算机资源，从而提高运行效率。同时，DLL 文件独立于编程语言，LabVIEW 软件能够调用库函数节点以方便调用该文件，从而顺利驱动数据采集卡，进行测试系统的设计。

如图 3 所示，为 LabVIEW 调用 DLL 文件时，根据

系统程序的需要，配置 DLL 函数图。首先，需要在函数面板中，将调用库函数节点模块拖入程序面板。然后双击图标，配置程序运行时所需函数。这里，主要进行库函数名称路径进行选择设置。本文采用 USB2812 数据采集卡，以及其提供的 Usb2812.dll 文件，具体设置步骤如下：

- 1) 输入或者选择 Usb2812.dll 文件的路径；
- 2) 选择程序设计过程中所用的函数；
- 3) 线程及调用规范均采用默认值；
- 4) 根据数据采集卡提供的函数功能合理设置参数的类型及返回数据类型。



图 3 调用库函数配置图

### 2.2.2 测试系统主程序设计

测试系统软件主要实现对采集的数据进行分析处理，并能够实时的以曲线形式显示，对得到的结果存储，以及生成报告等。简化程序流程如图 4 所示。

按照上述程序流程图，通过调用 USB2812 提供的 DLL 动态链接库驱动数据采集卡即可完成数据采集系统的设计。LabVIEW 软件对该测试系统的设计主要包括前面板和控制面板设计。前面板设计主要是针对设计对象的用户界面，该系统主界面如图 5 所示。控制

面板程序分为多个模块，主要包括调用 DLL 文件驱动数据采集卡模块，摩擦力、温度、载荷、转速及湿度的数据采集和实时图形显示模块，以及摩擦系数的历史曲线回放模块等。其中调用 DLL 文件读取采集卡多个通道的数据程序模块如图 6 所示。

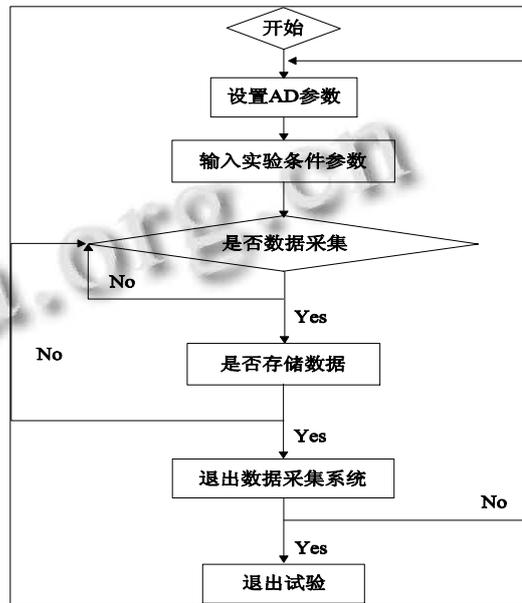


图 4 简化程序流程图

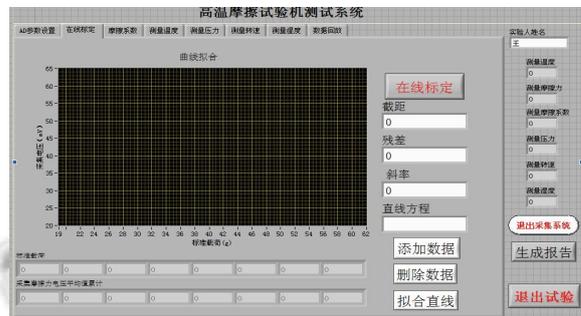


图 5 测试系统主界面

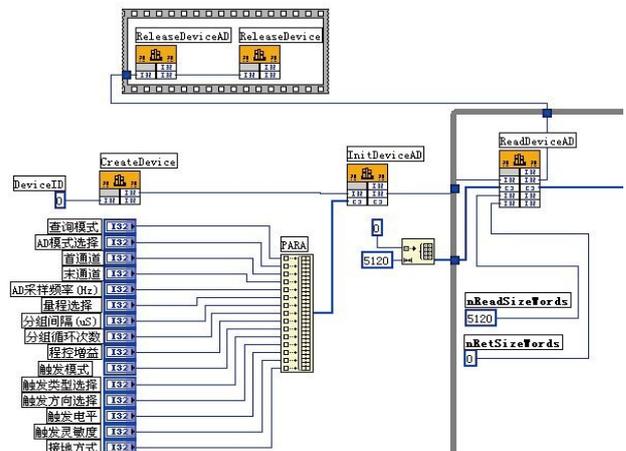


图 6 调用 DLL 文件

### 3 测试系统应用试验及结果

分别将该测试系统及所选传感器和数据采集卡等硬件系统,与销盘摩擦磨损试验机相连.在载荷为 1.5 N,由电磁感应加热高温模块提供高温环境,以及干摩擦条件下,测试销与盘的材料均为 GCr15 时构成的销盘摩擦配副得到的实时摩擦系数如图 7 所示.从图中可以看出,实验中摩擦系数随时间的变化过程,并且由表格显示出由采集卡所获得的摩擦力及摩擦系数等.

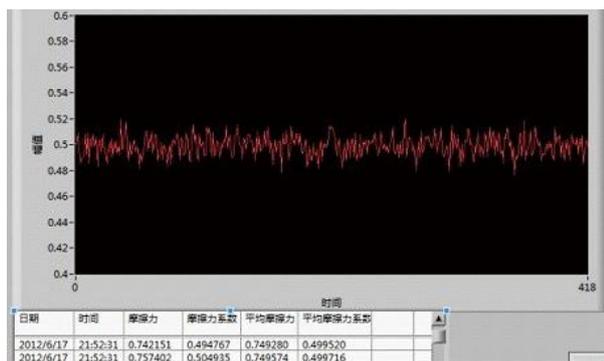


图 7 系统应用测试实验结果

另外,试验测试结果表明,基于 LabVIEW 的高温摩擦磨损试验机测试系统具有较高的准确性、可靠性、易操作性等.在航空、航天、核能、军工等尖端技术领域,高速、超高速机床加工等领域,存在着大量在高温、高速、重载等苛刻工况环境下运行的摩擦运动副零部件,如高温绝热发动机轴承、活塞环、缸套、核阀、汽轮机叶片、飞机刹车副、高速滑动部件等.该测试系统能够可靠、准确的应用于以上几种特殊领域的摩擦学材料性能测试.

### 4 结论

(1) 基于 LabVIEW 软件开发数据采集系统,具有快速灵活、简单易用的特点.该测试系统实现了数据采集、数据存储、摩擦系数曲线实时动态显示及报告生成等功能,为摩擦学试验研究提供一个很好的测试平台.

(2) 通过销盘摩擦磨损试验机的实验验证,该测试系统测量出高温环境下相应的实验数据具有较高的准确性、可靠性及稳定性,具有广阔的应用前景及应用价值.

### 参考文献

- 路亚峰,陈义军,温新岐,等.虚拟仪器技术研究现状与展望.国外电子测量技术,2011,29(11):35-37.
- 马亮,李云涛,杨雪峰.LabVIEW 的电子设备故障检测系统.计算机系统应用,2012,21(8):152-155.
- 吴桂清,朱院娟,郭斯羽,等.基于 LabVIEW 的旋转机械振动在线监测系统.传感器与微系统,2012,31(6):104-107.
- Mohamed Z, Yousry A, Abdullah AH, et al. LabVIEW based monitoring system applied for PV power station. Proc. of the 12th WSEAS international Conference on Automatic Control, Modelling & Simulation. Catania, 2010: 65-70.
- Ayse Y, Aynur A. Web based real time remote laboratory with LabVIEW access for analog and digital communication courses. Istanbul University-Journal of Electrical & Electronics Engineering, 2008, 8(2): 671-681.
- 陈锡辉,张银鸿.LabVIEW 8.20 程序设计从入门到精通.北京:清华大学出版社,2007.
- Wang H, Wu ZS, Wang TJ. The Hardware and Software Interface of Portable UHF Detection System for GIS Partial Discharge Based on Labview Platform. 2011 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference. Wuhan, 2011.