

文章编号: 1005-0523(2005)01-0036-04

基于虚拟仪器的轨道交通测试自动化

余儿忠¹, 罗金文¹, 姜震²

(1. 同济大学 铁道工程实验室, 上海 200331; 2. 青岛市环境卫生科研所, 山东 青岛, 266071)

摘要:介绍了使用 LabVIEW 开发虚拟仪器软件的方法, 即用以计算机为核心的测试测量与控制系统取代传统的记录分析仪器, 在有限的条件下做到实验设备的重复利用, 达到实现轨道交通测试的自动化。

关键词:虚拟仪器; 测试; 自动化; 轨道交通

中图分类号: TM392.3

文献标识码: A

1 引言

轨道交通, 包括地铁、轻轨、磁悬浮以及城际铁路等, 是关系到国计民生的大事, 为确保运行安全, 通常以现场测试数据作为建设与维护的依据之一。业内公认作法是将具有代表性的被测参数通过传感器转换为电信号, 经仪器调理送入记录装置后对其进行分析。随着科学技术的发展和计算机的普及, 近年来逐渐被以计算机为核心的虚拟仪器取代传统的记录仪器。

虚拟仪器, 是将计算机软件技术与高性能模块化硬件结合在一起, 建立起功能强大又灵活易变的基于计算机的测试测量与控制系统。其本质就是一种基于计算机的自动化测试仪器系统。虚拟仪器通过软件将计算机硬件资源与仪器硬件有机的融合为一体, 把计算机强大的计算处理能力和仪器硬件的测量、控制能力结合在一起, 大大缩小了仪器硬件的成本和体积, 并通过软件实现对数据的显示、存储以及分析处理。与传统记录仪器相比, 虚拟仪器开发灵活, 可与计算机技术保持同步发展; 它的关键是软件, 虚拟仪器系统性能升级方便; 由于仪器间资源可重复利用, 价格低廉; 用户可定义仪

器功能; 可以与网络及周边设备方便连接; 开发与维护费用低; 技术更新周期短。

为使虚拟仪器在轨道交通测试自动化发挥其应有的作用, 我们进行了几年的实践和探索, 取得了一定的经验, 本文介绍的是 National Instruments 公司的 LabVIEW 6.1 在实现轨道交通测试自动化的原理和方法。我们还将继续努力, 使虚拟仪器在轨道交通测试自动化和其他领域的自动化测试中发挥更大作用。

典型的自动化测试中, 信号的传递可以用如下流程框图(图 1)表示。

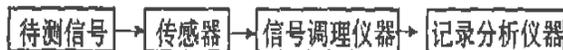


图 1 自动化测试框图

2 自动化测试的原理

目前, 为测试各类工程参数而研制的传感器已有相关的生产厂家生产, 如: 应变桥、测振传感器、压电式和电磁式加速度传感器等各类传感器均能满足测试精度的要求, 各种新型传感器正处于进一步研究发展之中; 而与传感器相匹配的各类放大器

收稿日期: 2004-04-10

作者简介: 余儿忠(1955-), 男, 浙江慈溪人, 同济大学铁道工程实验室工程师, 研究方向为面向交通、桥梁、建筑等方向的测控自动化。

如:动态电阻应变仪、电荷放大器、测振放大器等也已有专业厂家生产并已投放市场;传统的记录分析仪器主要是指光线示波器、模拟磁带机等,这些仪器精度低、体积大、价格昂贵、功能单一,不能根据具体要求灵活定制功能,维护与扩展也相当不便,记录下的数据存档不便并仍需人工读取,影响了后续工作的分析精度和效率,成为影响测试工作的瓶颈因素之一。随着计算机技术的日益发展,计算机正逐步被广泛应用到测试领域中,采用以计算机为核心的仪器代替传统的记录分析仪器正成为一种发展的必然趋势。

开发虚拟仪器软件是实现测试自动化的关键,通常可以采用通用软件开发平台,如 Microsoft 的 VB、VC++、Borland 的 Delphi、C++ Builder 等,也可以采用专业开发平台,如 MathWorks 的 MATLAB、Agilent 的 VEE、National Instruments 的 CVI 和 LabVIEW 等。采用

LabVIEW 等专业开发平台可以大大提高开发效率。

3 虚拟仪器软件的实现

为了方便开发和维护,我们在轨道动力学测试软件开发平台选用的是 National Instruments 公司的 LabVIEW 6.1,对于使用更高版本 LabVIEW 的部门只需对已开发的 VI 进行重新编译。

3.1 采集程序的设计方法

LabVIEW 采用框图式开发方式,用数据流控制程序的运行,见图 2 所示。

在编制数据采集程序时应力求简单,杜绝由于算法复杂而造成的资源浪费与故障隐患。程序在将数据存盘的同时送屏幕监测,利用数组操作的方法将每个通道的数据分别送至指定的窗口,确保发生故障时可以迅速判断出故障位置。

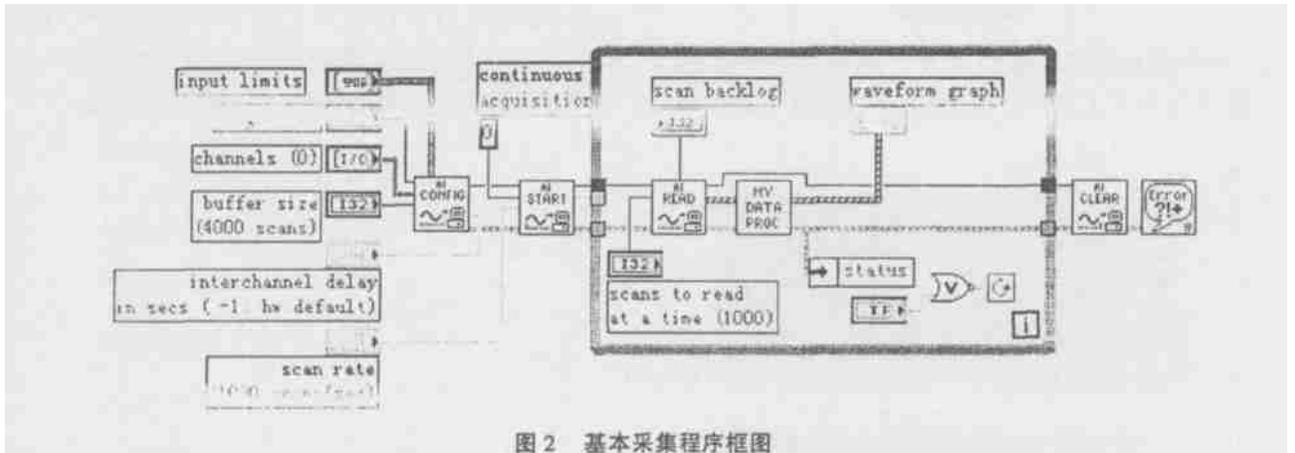


图 2 基本采集程序框图

采集程序首先用“AI_CONFIG”函数设置参数,然后由“AISTART”函数触发采集过程开始,进入循环体后,一方面硬件把采集到的数据不断交替写入 Buffer,另一方面“AIREAD”函数定时读出 Buffer 中的数据,并清空位置,留给后续的数据。子程序“MY DATA PROC”对“AIREAD”函数读出的数据流加以处理、送屏显示并以二进制格式存盘。采集结束后,“AICLEAR”函数清空 Buffer,释放资源。

利用 LabVIEW 开发出的采集程序具有人性化的操作界面(见图 3 所示)。操作者可在备注信息栏中填入简要的描述,选用合理的采集频率,利用按钮选择所需的通道,定义数据存盘的文件名,若有同名文件存在则运行后有对话框提示覆盖或取消。程序运行后由操作者通过菜单控制启停、存盘以及翻页。数据经简单的数组拆分操作后按通道送各指定窗口供操作者实时监控,存盘的状态由纵贯屏幕的变色条指示,

存盘后的数据可依据文件头进行自描述。

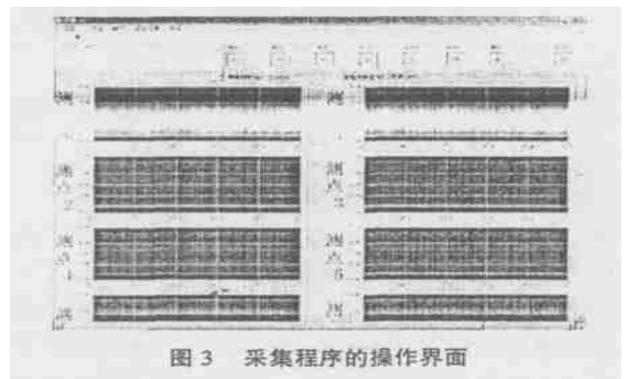


图 3 采集程序的操作界面

3.2 处理程序的设计方法

对于较理想且有一定规则的数据可以使用程序自动回放处理(见图 4 所示)。程序按照操作者设定的回放参数对数据进行分析,将识别出的峰谷标记在回放窗口的波形上,并依照轨道动力学的专业

知识,进一步计算出其它分析结果,同时在后台通过 ActiveX 方式调用 Microsoft Word 等生成报表.程序识别波形峰值时调用了“Peak Detector.vi”函数,该函数对处理的数据进行了多项式拟合,因此,直接由此函数计算出的峰值点有时并不在原始数据波形上,但可以此点为中心,在限定的时间偏差内利用数组操作找出真正的峰值.

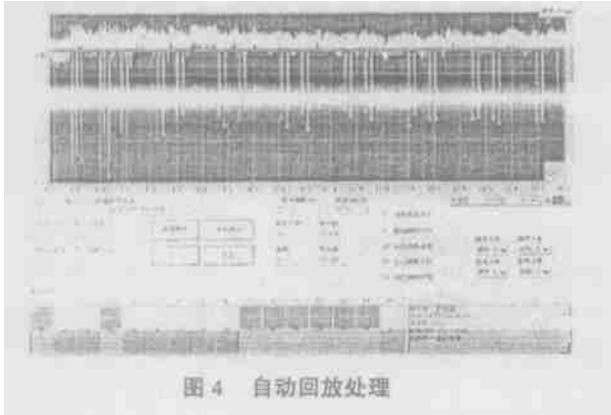


图4 自动回放处理

对于某些特殊的数据以及个别不理想的数据文件,可采用手工回放处理.由于多数情况下有效

数据均出现在波形的“峰值”与“谷值”中,因此,手工回放程序中加入“磁吸”效果(见图5所示),可以自动捕获预定范围内的峰谷数值,提高读值效率.

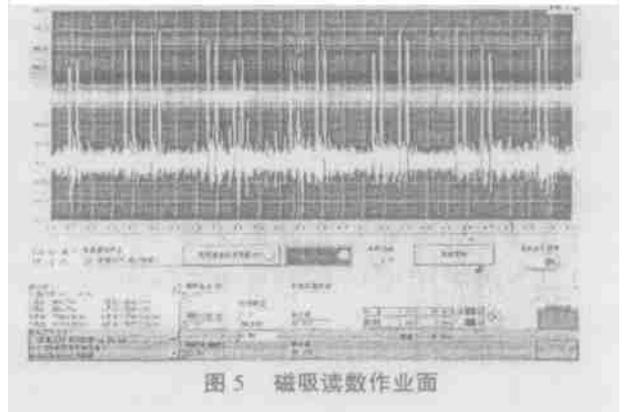


图5 磁吸读数作业面

在某些实验中,由于特殊的要求,希望可以在现场对实测数据进行初步的分析,这就要求在现场对已有测试软件做扩展,其中包括临时增加的 PSD 分析.我们可以直接调用 LabVIEW 所提供的“FFT Power Spectral Density”函数模块,对原程序框图只做极少量的修改即达到了满意的使用效果(见图6).

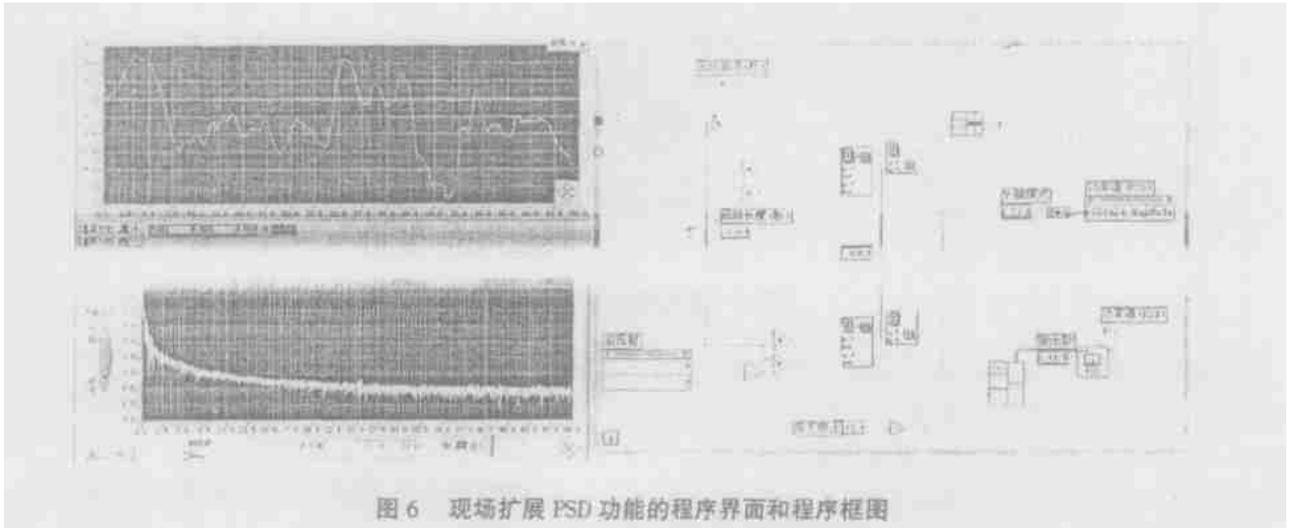


图6 现场扩展 PSD 功能的程序界面和程序框图

4 虚拟仪器测试平台的特点

4.1 解决了轨道交通测试实时性强的难点

轨道交通测试常要求多个部门同时运作,在决策者调度的有限时间与地点内进行在线测试,因此通常不具备重复试验的条件.采用虚拟仪器软件进行实验操作时,除事先排除故障隐患外,在测试过程中可对各通道进行独立的实时监控,发现问题立即解决,避免影响后续试验.这就有效地解决了轨道交通测试实时性强的难点.

4.2 有效解决了轨道交通测试频带宽、数据量大的问题

被测信号中有效成分的频率分布相当宽,路基与桥梁仅几赫兹,而轨道则超过 1 000 Hz.为了尽可能完整地还原信号,单个通道采样频率常在 10 k 以上.如以最常见的 8 通道测试方案计算,采用单精度浮点数转换,每秒中将有 $4 \times 10\,000 \times 8 = 320\,000$ (Byte),合 312.5 k 之多,若转换为文本格式后将会更大.

正确选择硬件是测试成功的必要条件之一,例如,选择 National Instruments 的数据采集卡 DAQ-

6024E,它的AD转换速率在12位精度下可达200kS/s,完全能够满足转换速度;采用LabVIEW设计软件的时候,在存盘时调用“Binary File VIs”中的“Write To SGL File.vi”,将采集到的数据流以二进制格式直接存盘,避免了由于格式转换而产生的时间与资源消耗,对于等待期间的数据流则只送屏幕供监测,不存盘.这样,既解决了宽频带信号的采集问题,又保证了大量数据流的存盘.

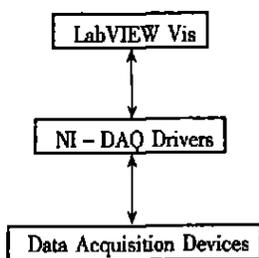
4.3 实现了初步分析的自动化

以轨道交通的提速试验为例,在提速试验中,试验车将以超过现行速度的情况下运行,每个测试工况均存在危险性.决策部门要求每趟试验车通过后立即将几项安全运营指标的分析结果上报,以指导后续试验,确保人身财产的安全.

类似于这样的要求,可在采集后立即对数据进行初步分析,检测出所需的数据,按实验要求计算出结果,调用Microsoft Word(等)形成报表.由于时间紧,数据量大,试验环境差影响操作者情绪与效率,因此,整个初步的分析过程由计算机自动完成更为快捷和可靠.

4.4 能够方便地进行现场维护与扩展软件

在有些实验中,由于不可预知的因素需要在现场对已开发的软件进行维护或功能扩展.LabVIEW采用模块化的开发方式,由“流”驱动软件的运行,工作原理一目了然,加上功能强大的模块化函数库,使现场维护扩展成为可能.



LabVIEW、NI-DAQ、DAQ设备三者之间的关系

另外,由于条件所限,各实验部门使用的计算机操作系统有可能会是Windows9x、WindowsME、Windows2000、WindowsXP甚至是Linux等.以常见的Windows系列操作系统为例,这些系统下同一种硬件的驱动方式可能大不相同.如果在选购采集卡时统一选择National Instruments公司的产品,那么,即使由于条件所限,各部门的采集卡型号不同,也可以通过National Instruments提供的NI-DAQ使程序达到G语言源代码级兼容.

NI-DAQ为硬件驱动与顶层调用提供了一个接口层,在LabVIEW中表现为一些函数模块.无论什么操作系统下,这些函数模块在G语言源代码级兼容,开发者在编写VI时通过调用NI-DAQ操作硬件,完全不必考虑底层的驱动问题,在使用不同硬件以及跨平台维护扩展时也不存在任何问题.

5 有代表性的测试实例

5.1 秦沈客运专线科技攻关项目现场测试

2002年9月山海关秦沈铁路客运提速实验,测试地点在野外,空气温度在35℃以上,采集卡等仪器的工作温度可达80℃,个别工况的连续测试时间超过2小时.要求每趟试验车通过后立即将有关的安全运营指标的分析结果上报,以帮助决策部门指导后续试验,确保人身财产安全.

5.2 上海地铁一号线车载测试

上海地铁一号线车载测试,从始发站到终点站正常情况下全程运行时间超过30分钟,要求在不间断采集与存盘的同时分析出被测信号的功率谱密度(PSD).

5.3 特殊条件下的测试

2003年4月齐齐哈尔铁路测试,除通常实验特点外,适逢全世界人民共同抵抗非典之际,为保障实验者的人身安全,要求参加人员尽可能少,实验周期尽可能短.

以上实验在采用了LabVIEW开发的虚拟仪器测试程序后,均成功地完成了测试任务,达到了预期效果.

6 结语

在轨道交通测试中,采用了LabVIEW开发的虚拟仪器取代传统的记录仪器,在有限的经费内做到软硬件的重复利用,缩短了开发周期,降低了开发成本,提高了测试自动化程度.而软件平台LabVIEW采用图形化的开发方式,配以功能强大的函数工具箱以及各种专业软件包,开发效率很高.因此,采用虚拟仪器技术为轨道交通日新月异的发展提供了一分强有力的保障.我们将通过不断的探索和开发使轨道交通测试的自动化程度将更趋合理和完善.

(下转第48页)

- [7] 工程地质手册[S].《工程地质手册》编写委员会,北京:中国建筑工业出版社,1992.
- [8] 青海省西宁市某出口II标段固结灌浆施工总结报告.

Genesis and Protecting-Controlling Method of Engineering Accident in a Factory in Jiangxi Province

LIU Xian-mu¹, WU Ke-ha²

(1. Bureau of Geology and Mineral Resources of JiangXi Province, Jiujiang 332000; 2. Jiangxi High-way Management Bureau, Nanchang 330000, China)

Abstract: The silt between basis and covered layer was not cleared away every inch in the building of civilian field of a factory of JiangXi and it had resulted in engineering accident. Writer's study have testified that the solidification of silt between basis and covered layer developed slowly because passageway of drainage was not clear and that hydration of the silt occurred because leakage of ground water along the sliding band and immersion of the lake water, increasing of load and frequent ascending and descending of the lake water level were the inducement of engineering accident of unstable slope. Study of control method of slip testified that low-pressure inject-slurry was suitable for protecting-controlling of slip and it could solid sliding band and increase capacity against shearing force to control slip with other methods throughout. Probation of the engineering testifies that the result is expected goal. The method of theory and engineering might be applied to protecting and controlling of the similar engineering accident and it is certified by the engineering further in the westchina in August, 2003.

Key words: engineering accident; producing mechanism; measure

(上接第 39 页)

参考文献:

- [1] (美) 麦克莱伦 (McClellan, J. H), 等. 数字信号处理引论 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] (美) Gary W. Johnson, Richard Jennings z 著. 武嘉澍, 陆劲昆译. LabVIEW 图形编程 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.
- [3] 练松良. 轨道动力学 [M]. 上海: 上海同济大学出版社, 2003.
- [4] 王午生. 铁道线路工程 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999.

Test-automation for Railway Traffic Based on Virtual Instruments

YU Er-zhong¹, LUO Jin-wen¹, JIANG Zhen²

(1. Tongji University; Shanghai, 200331; 2. Qingdao Institute of Environment; Qindao 266071, China)

Abstract: A method to develop virtual instrument software based on LabVIEW is introduced. By this method, new testing and controlling system, mainly signaled computer being core, replaces traditional analyzing and recording instruments, thus experiment instruments can be utilized repeatedly and test for railway traffic is automatic.

Key words: virtual instruments, test, automation, railway traffic