

虚拟仪器在催化剂表征频率响应中的应用

方宏昌 孙兆林 张晓彤 李菲菲 傅贵增 宋丽娟

(辽宁石油化工大学, 石油化工重点实验室 辽宁抚顺 113001)

摘要 通过虚拟仪器的设计思想, 基于 LabVIEW 开发平台构造频率响应的控制与数据采集测试系统。介绍频率响应系统的设计构成, 阐述利用 LabVIEW 7.1 和 Exacq CM-2121 数据采集卡对频率响应系统控制和数据采集的实现, 重点介绍框图程序及频率设定、API 函数设置、波形采集及显示、数据处理并存储的编程方法和关键技术。

关键词 LabVIEW 频率响应 Exacq 虚拟仪器

引言

频率响应法是工程研究的重要方法, 其思想是通过研究系统的频率特性来获取系统的特性参数。对于各种化工催化材料的研究, 频率响应法也是一种非常有效的方法。国外科学家 Yasuda 首次通过对气相平衡系统应用一个正弦波干扰技术来测量沸石系统的扩散系数^[1]。Rees 等通过纯方波干扰, 以减小压力传感器的响应时间, 装置的自动化程度和频率响应的范围也得到改善^[2]。本实验室在吸收国外先进技术的基础上, 自行设计并搭建催化材料的频率响应装置, 利用虚拟仪器技术开发出其操作测试平台。

20 世纪 80 年代初, 美国 NI (National Instruments) 公司提出虚拟仪器的概念, 之后其迅速在自动化测试和测量领域得到广泛的应用^[3]。虚拟仪器是计算机和仪器技术深层次结合的产物, 它将计算机硬件资源、仪器与测控系统硬件资源和虚拟仪器软件资源有效结合起来。而 NI 公司的 LabVIEW 开发平台是公认高效的、主导的虚拟仪器软件开发平台。

文章介绍的频率响应装置基于闭环系统的频率响应方法而建立的, 在利用电磁铁驱动执行机构, 快速响应的差分压力传感器, 标准的高真空系统基础上, 利用美国 Exacq 公司的 CM-2121 PCI 数据采集卡和 LabVIEW 7.1 开发平台实现对模拟信号的输出、波形数据的采集与数据处理及储存。

1 系统介绍

图 1 给出频率响应系统及工作原理。其工作步骤如下: 在计算机 (1) 的虚拟面板运行频率响应测试系统, 产生方波激励信号, 激励信号经 PCI-

DAQ 卡 (2) 的 D/A 转换成模拟输出信号。模拟输出信号再经放大器 (3) 放大送至执行机构 (4), 驱动其工作, 给实验系统装置产生体积扰动。同时, 实验装置内部会有压力变化响应, 压力传感器 (5) 检测压力响应信号, 并把压力响应信号传至信号调理设备 (6)。压力信号然后被传至 PCI-DAQ 卡, 数据采集卡 (DAQ) 采集这个压力波形信号, A/D 转换后送至计算机, 形成原始的实验数据。计算机的虚拟面板显示实验数据, 同时处理信号并求得幅值及相位, 存储频率值、幅值、相位和波形数据, 直至整个过程结束。

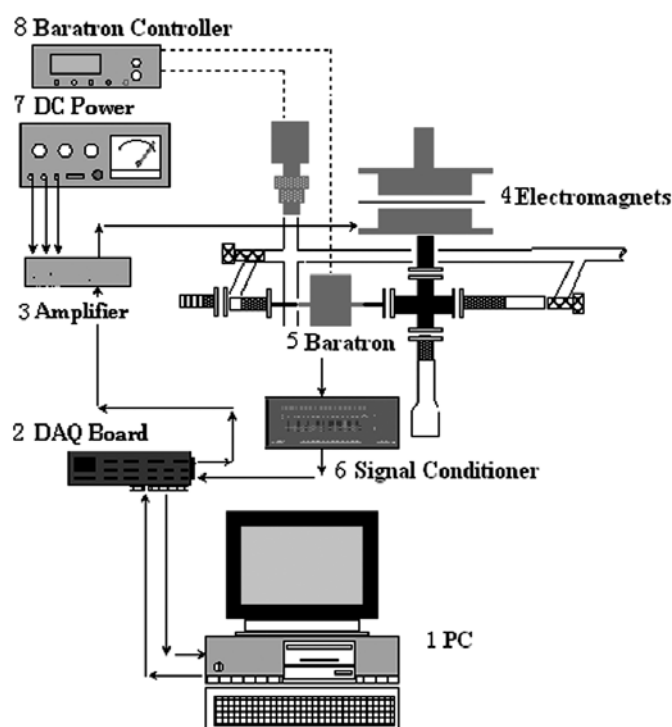


图 1 频率响应系统及设备原理示意图

2 硬件构成

PC 计算机; 美国 Exacq 公司 CM-2121 DAQ 数据采集卡, 该数据卡是高性能、高速率、PCI 插槽即插即用, 自动较准; 放大器; 信号调理设备 (SCXI) 对传感器的低电压信号放大, 把传感器和计算机相隔离, 滤除测量信号中不需要的信号; 执行机构内部有电磁铁线圈, 在放大器输出的方波信号的激励下使连接在电磁铁线圈上的波纹膜片上下移动, 给实验装置产生体积扰动; 差压传感器 (Baratron)。

3 软件编程

连接好硬件电路后, 开发频率控制数据采集应用程序。LabVIEW 程序称为虚拟仪器程序或虚拟仪器 (简称 VI), 主要包括两部分: 前面板 (即人机界面) 和方框图程序。前面板用于模拟真实仪器的面板操作, 可设置输入数值、观察输出值以及实现图表、文本等显示。框图程序应用图形编程语言编写, 相当于传统程序的源代码。

数据采集卡驱动程序由 Exacq 公司提供, 驱动程序安装后运行 Exacq Control Center (ECC), 进入采集卡配置面板, 选择一个逻辑设备号 (默认是 1), 按 Save 保存。

Exacq 数据采集卡生产商提供基于 LabVIEW 的 API (Application Programmable Interface), 设定这些 VIs 的参数, 统一作用于 ExacqDA DLL 来驱动采集卡工作。Exacq Data Acquisition VIs (API) 包含在 Exacq 安装目录的 ThirtyPart/Labview/Exacq-DA 文件夹中。Exacq Data Acquisition VIs (API) 可复制到 LabVIEW 7.1/user lib 中, 用户可以在功能模板的 user libraries 中调用 Exacq Data Acquisition API 节点, 放入数据采集程序。

接着, 进入 LabVIEW 开发平台编写出实验程序。整个程序自动化的完成频率切换控制, 激励方波信号的输出, 数据信号的采集, 信号处理及储存。(见图 2 程序流程图), 首先用户设定实验参数, 然后点击按钮 Run 启动程序运行。程序内部配置数据采集 API, 接着输出方波激励信号 (“模出”), 采集输入信号 (“模入”) 达到指定周期数, 处理、显示、储存数据。然后改变频率, 重复上述工作直至程序结束。

3.1 程序前面板

程序前面板 (见图 3)。前面板上部是实验数

据的显示, 前面板下部是实验参数设置, 几个方框分为: 设置频率, 设定实验次数、激励频率信号的步长、设定需要存储的信号周期数、设定每周期采集的样本数; 激励时间; Device 设置硬件板卡的设备号、Out-Channel 输出通道、Amplitude 输出信号的电压幅值、In-Channel 输入通道、Range/V 输入信号的电压范围; Experiment Message 用于写入实验信息; Run、Help 和 Stop 分别是运行、帮助和停止按钮。

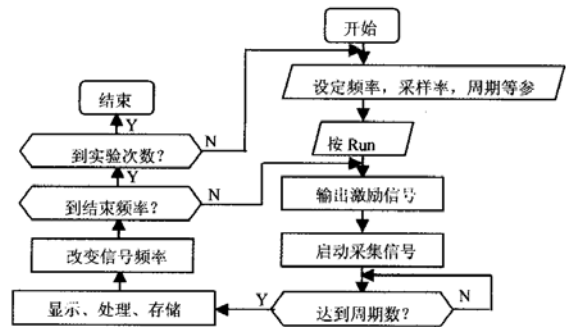


图 2 程序流程图

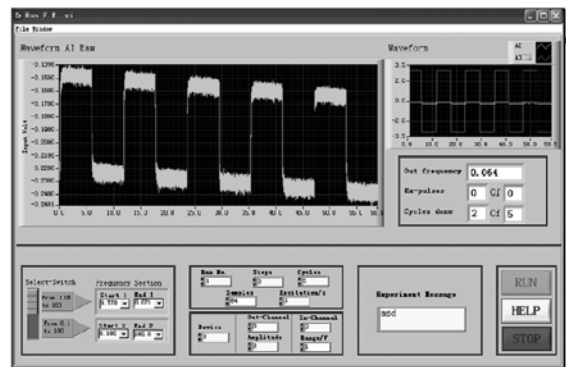


图 3 程序前面板

3.2 程序框图 (见图 4)

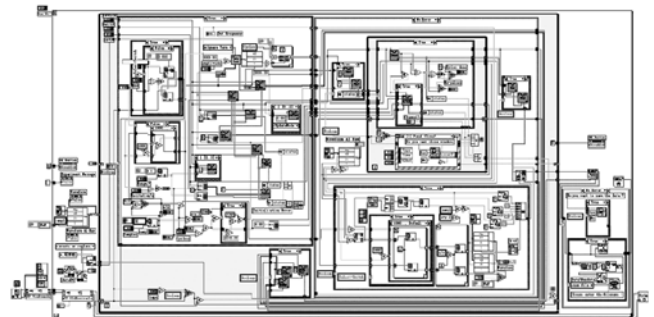


图 4 程序框图

For 循环结构的循环次数是实验次数, For 循环体内主要的部分: 首先是一个顺序结构, 建立储存数据的临时文件; 往右是一个 While 循环结构, 包含程序的主要部分, While 结构体内部的两个大的 Case 结构分别用于参数设置和数据采集、数据

处理写入文件；For 结构内最右边的 Case 结构用于数据文件的最后存储。

整个程序按功能可分为以下几方面。

3.2.1 参数配置 首先，产生激励信号频率数组（参数设置 Case 机构中左上的一个双重 Case 结构）。程序内部有 0.01~100Hz/100 份对数等分和 0.001Hz~100Hz/100 份对数等分两个数组，通过选择开关（Select）其中一个；Start1、End1（或 Start2、End2）从 100 份对数等分频率段选出频率数组。

然后，根据前面板输入的信息计算并设置采样周期、每周期样本数和激励周期数。

再次，Exacq 数据采集 VIs 配置。这个数据采集系统关键部件是数据采集卡，完成数据采集必须在程序中合理调用 Exacq Data Acquisition VIs (API)。

3.2.2 激励信号输出和数据采集 首先，在左侧一个 Case 结构中调用 Exacq Data Acquisition VIs (API) 中的 AO Start 和 AI Start 依次启动“模出”输出激励方波信号、启动“模入”采集实验波形数据（见图 4 程序框图中右上部）。

其次，进入一个 While 循环结构采集数据，调用 Exacq Data Acquisition VIs 的 Check 检查采集数据的样本数，并计算出当前激励（Excitation）的周期数及当前用于存储的数据信号的周期数。While 内部的事件驱动结构（Event）则是程序的中心——运行程序（Run）、查看帮助文件（Help）、关闭窗口和停止程序（Stop）。Event 结构 Timeout 由 Boolean 指示器的局部变量确定是-1 或是 0。点击 Run 后 Boolean 常量 True 输出至移位寄存器，重新设定 Boolean 指示器，且建立 Run 的属性节点使 Run 处于不可用状态。

然后，再利用一个 Case 结构调用 Exacq Data Acquisition VIs 中的 AI Stop 和 AO Stop 依次停止“模入”和“模出”。

3.2.3 数据处理及存储 首先，建立一个用于存储数据的临时文件（见图 4 左下）。建立一个名为 'data \$%' 文件的文本文件，用于暂时存储实验数据。

其次，数据处理对采集的数据除去激励信号（Excitation）后，傅立叶变换求得波形数据的幅值和相位，对波形数据进行检索提取所需的数据数组，把频率、幅值、相位和波形数据转换成字符格式，并形成一条字符串记录（见图 4 程序框图中

右下部的 Case 结构）。

然后，文件存储。每次数据处理后把记录写入 'data \$%' 文件，数据写入完成后，提示用户在默认目录输入文件名，建立一个文件。将 'data \$%' 文件内容复制到新文件中，实现实验数据存储（见图 4 右程序）。

3.3 其他

程序中使用一些 VI 属性节点，用于增强 VI 的功能。VI 调试好后，建立 VI 目录文件，确立需要的 VI 运行目录。在 VI 前面板主菜单中选择“Edit >> Run-Time Menu”，弹出菜单编辑对话框，在对话框中编辑需要的菜单。保存目录文件，该文件和 VI 同名且在同一路径下，扩展名是 .rtm。

4 结束语

本文阐述基于 LabVIEW 7.1，配以 Exacq CM-2121 DAQ 卡的频率响应系统的实现。LabVIEW 强大的数据处理功能、简洁的图形编程方式、丰富的函数库，使得虚拟仪器设计变得很简单，软件的编写也相对方便。实践也证明基于 LabVIEW 设计的虚拟仪器具有高效、灵活、界面友好、集成性强、使用方便、设备费用低、用户自定义功能等诸多优点。

参考文献

- 1 Y. YASUDA, Determination of Vapor Diffusion Coefficients in Zeolite by the Frequency Response Method [J] Phys Chem, 1982, 86: 1913
- 2 M. BULOW, H. SCHLODDER, L. V. C. REES and R. E. RICHARDS, New Developments in Zeolites Science and Technology: Proc of the 7th International Conference on Zeolites [J], Eds Y. Murakami, A. Iijima, J. W. Ward, Elsevier, Kodansha, 1986, 579
- 3 韩郁, 蒋宇中, 晏裕春. 基于 LabVIEW 的 DQPSK 调制解调电路的虚拟实现 [J], 微计算机信息, 2005, 12~1: 143~144
- 4 杨乐平, 李海涛, 赵勇等. LabVIEW 高级程序设计 (M), 北京: 清华大学出版社, 2003
- 5 LOVAT V. C. REES and LIJUAN SONG, Frequency Response Method for the Characterization of Microporous Solids [J] Recent Advances in Gas Separations by Microporous Membranes, Elsevier, Amsterdam, 2001

(上转第 21 页)

表2 样品的TVOC分析结果

组分	苯	甲苯	乙酸乙酯	乙苯	对(间)二甲苯
保留时间 (T_R /min)	3 137	4 953	6 273	7 469	7 668
峰面积(A)	2 81	3 18	4 07	6 21	9 10
含量(C/ μg)	0 150	0 194	0 594	0 437	0 699
组分	苯乙烯	邻二甲苯	十一烷	未识峰	TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
保留时间 (T_R /min)	8 250	8 417	12 409	/	/
峰面积(A)	5 34	6 37	1 18	119 53	/
含量(C/ μg)	0 322	0 667	0 042	8 712	0 39

TVOC :以同步测定的室外上风向空气相应值为空白值;空气样品中各组分的浓度为标准状态下的浓度。

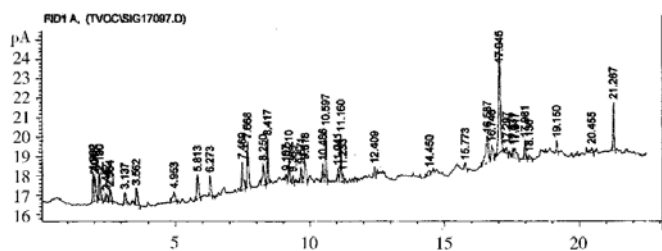


图1 空气样品TVOC的气相色谱分析图

根据 GB50325-2001 现行的试验方法, Tenax-TA

吸附管采集的空气样品,通过热解析装置得到的解吸气体,用气相色谱分析的时间至少需要 55min,对于实际工作时一天检测不几个样品,工作效率不利提高。本试验通过改善毛细管柱参数,采用 $30\text{m} \times 0.32\text{mm}$,膜厚 $0.25\mu\text{m}$ 的 HP-5 石英毛细管柱,改变 GB50325 的色谱条件,23min 即可完成一个样品的分析过程,对于实际工作中有大量分析任务的时候,大大的缩短分析时间,提高工作效率,且分析数据真实可靠。

Determination of TVOC of indoor air by capillary column GC

Zhang Shaoyuan¹ Kou Dengmin² Cheng Bo¹ Ding Weijun¹

(1 Zhejiang Academy of Building Research & Design CO., LTD Hangzhou 310012)

(2 College of Chemistry of Nankai University Tianjin 310007)

Abstract Simultaneous determination of total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air was carried out by capillary column GC. The results showed that this method could rapidly determine TVOC. In this article, an improved method of current national standard GB50325-2001 was used to make it more simple, fast, and accurate in monitoring TVOC of indoor air.

Key words Capillary column GC TVOC Indoor air

(下接第24页)

Application on virtual instrument in frequency response of catalysts characterization

Fang Hongchang Sun Zhaolin Zhang Xiaotong Li Feifei Fu Guizeng Song Lijian

(Key Laboratory of Petrochemical, Liaoning University of Petroleum & Chemical Technology, Fushun 113001, China)

Abstract A frequency-response system, for the characterization of catalysts, based on LabVIEW has been constructed. According to the idea of virtual instrument, the design procedures for the frequency-response system applying LabVIEW 7.1 and DAQ card of Exacq CM-2121 is described. The graphic programs, design procedures and key techniques for the software of frequency setting, API configuration, waveform acquisition and display, data processing and storage, etc. were described mainly.

Key words LabVIEW Frequency response Exacq Virtual instruments