

基于虚拟仪器的调压室水力实验平台

吕国芳¹,曹正军¹,周 澄²

(1.河海大学电气工程学院,江苏 南京 210098;2.河海大学水利水电工程学院,江苏 南京 210098)

摘要 将虚拟仪器技术应用于水力调压实验中,介绍水力调压实验虚拟仪器平台的构建过程,该仪器平台采用 PCL-818L 数据采集卡进行数据采集,采用 LabVIEW 软件进行图形化编程。水力调压实验虚拟仪器平台的应用使实验过程更加形象直观,可以清楚地观察到调压室水位波动过程线和管道中对应流量的变化关系。经过 2 年的实践使用,效果良好。

关键词 水力调压实验 虚拟仪器 LabVIEW 数据采集

中图分类号 TV732.5 **文献标识码** A **文章编号** 1006-7647(2008)S1-0070-03

数据采集系统是由传感器、计算机、接口硬件和软件所组成,它是仪器系统的重要组成部分。虚拟仪器是一个按照仪器需求组织的数据采集系统。基于 PC 机的虚拟仪器具有性价比高及操作方便等特点,已部分取代传统仪器系统成为现代仪器的主流^[1-2]。

在水力试验中,虚拟仪器技术应用较少。本文介绍了水力调压实验虚拟仪器平台,描述了平台构建的大致过程。该仪器平台采用 PCL-818L 数据采集卡进行数据采集,用 LabVIEW 软件进行图形化编程。笔者试图通过本文的介绍,使虚拟仪器测试技术在水利学科中得到更广泛的应用。

1 水力调压实验虚拟仪器平台概述

本文的研究对象为一水力调压实验平台。调压室水力模型由上水箱、水管、调压室、阀门、电磁流量计、下水箱及循环水泵等组成(图 1)。水由上水箱经水管引至调压室,经调压室后由水管引至电磁流量计(以测定通过管道的流量),最后流入下水箱,再由水泵抽水至上水箱形成水循环。在回水管道上设有手动快速阀及尾水闸阀,前者用以快速改变水管流量使调压室中的水位产生波动,后者用以调节流量以满足实验要求^[3]。在调压室的大室壁及升管上设有标尺,可直接读出水位波动的最高值和最低值,以及引水管至调压室的水头损失。波动稳定时间用秒表测定,调压室水位波动过程中的最高水位、最低水位以及上下水箱中的水位可以通过固定在相应位置的标尺测读出数据。

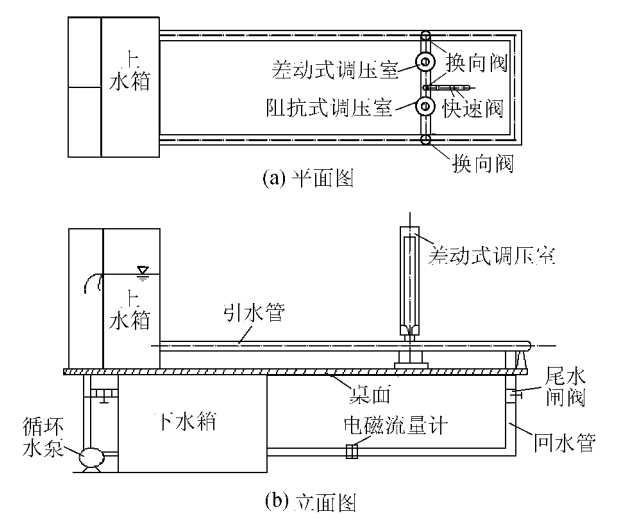


图 1 调压室实验装置示意图

之前,水力调压实验经人工观测读数、记录数据(有时用记录仪记录)后再将数据输入计算机进行处理。水力调压实验虚拟仪器平台研制投用后,实验过程更加形象直观。具体过程如下:通过 LGY-3A 型浪高仪将调压室水位的波动过程转变成电压信号,通过 LDZ-4B 型电磁流量计将输水管引用流量转换成电流信号,将信号输入计算机,计算机数据采集系统采集这些信号,并进行一定的处理、显示,通过显示窗口可以清楚地观察到调压室水位波动过程线和管道中对应流量的变化关系。之后,还可调用存储在数据库中的记录数据,供深入分析使用。

2 水力调压实验虚拟仪器平台的设计

整个系统由水力调压实验平台、传感器、数据采

集卡、由 LabVIEW 开发的应用程序和 PC 机组成。数据采集卡选用研华 (Advantech) 公司的 PCL-818L 数据采集卡,它提供了 16 个模拟信号输入,可以通过跳线开关和驱动设置界面选择 16 个单通道信号输入或 8 个差分信号输入;12 位的 A/D 转换器用来转换模拟输入,同时提供最大为 40 kHz 的采样速率(在直接数据传输模式下)。该实验系统通过数据采集卡将传感器传输过来的数据通过并口输入计算机,并在 LabVIEW 开发的应用程序下进行演示、分析和处理,以达到实验目的。

2.1 数据采集卡的设置

数据采集卡的驱动管理器需选择(设置)采集卡、主机扩展板型号、电压范围、时钟、采集方式及跳线等。本文数据采集卡为 PCL-818L,其扩展板型号为 PCLD-8115,电压范围设置为 $\pm 10\text{ V}$,采集方式选择中断方式。

2.2 界面软件的构成和设计^[4]

水力调压实验虚拟仪器平台包括 1 个主界面(图 2)和 3 个子界面——实验前准备界面(图 3)、数据采集显示存储界面(图 4)和参数率定界面(图 5)。进入实验前准备界面,可以为观察实验现象做好各项准备工作,在数据采集显示存储界面进行多通道数据的采集,并在各个通道示波器上显示,以及按要求把采集到的数据文件保存在特定的目录下;进入参数率定界面,将适时采集到的数据根据一定的算法计算出曲线的斜率和截距,并根据是否合适选择保存或重新率定,同时显示波形曲线和拟合后的直线。界面设计包括前面板设计和流程图设计。主界

面的前面板设计如图 2 所示。



图 2 主程序界面



图 3 实验前准备界面

3 个子界面的流程图设计采用 1 个 WHILE 循环结构(图 6),其中嵌套 3 个 CASE 结构。3 个 CASE 结构中分别插入 3 个子界面的子程序(vi),分别用 3 个按钮实现界面的跳转,即“实验前准备”按钮、“开始实验”按钮和“率定”按钮。点击“退出”按钮直接

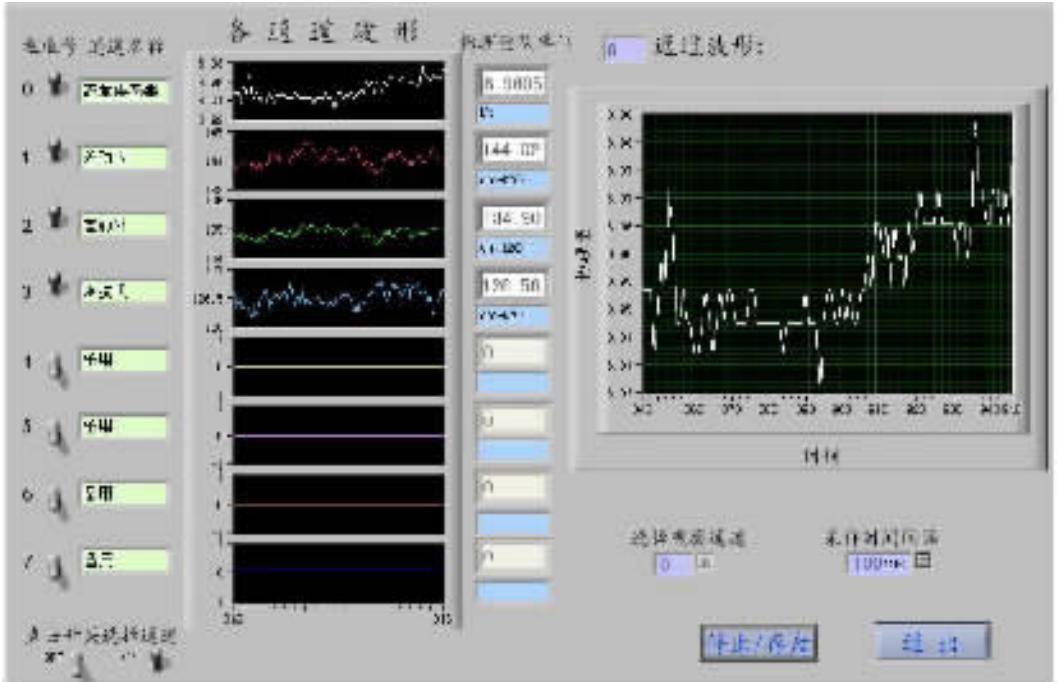


图 4 数据采集显示存储界面

退出 WHILE 循环结构,即退出应用程序。

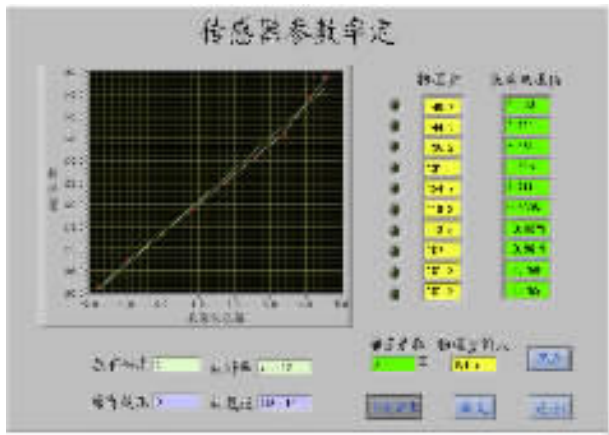


图5 参数率定界面



图6 子界面选择流程图

每一次水力实验开始前均要进入实验前准备界面,其前面板设计见图3。输入学号或姓名,将其作为数据文件名;输入实验名称,写进数据文件的首行。界面右侧为各通道传感器的名称及单位,共有8个通道。首次实验时需要输入名称及单位,后续实验如果名称及单位有变化只需按“更改”按钮即可进行更改。这些数据均赋给相关全局变量,通过全局变量传递到波形采集及显示子界面,同时写进数据文件中,并在下次进入该界面时通过读取文件来显示上次实验的名称。读写文件时首先打开或创建一个文件,再进行读写操作,最后关闭文件,各通道名称和单位的读写、通道名称的更改流程均类似。处理完后按“确定并退出”按钮,保存通道名称及单位到文件里,并返回主界面。

数据采集显示存储界面的前面板设计如图4所示,通道号旁8个按钮开关分别控制每个通道的采集与否,“通道名称”是实验前准备界面中的输入量或前次的读取量,由全局变量传递而来。左侧波形图分成8块,依次显示8个通道的波形,“物理量及单位”中的数据代表实时的物理量,其值是由全局变量传递率定后的斜率、截距以及实时采集值计算而得。右侧波形图为单个通道的波形,可选择性放大

显示,有一组合框用于选择0~7号通道的波形显示,另一组合框用于选择采样时间间隔,以此来确定时间轴的大小。

参数率定的前面板设计如图5所示。本项目涉及的传感器均具线性特点,故就以线性方法对其进行设计。率定开始后选择通道,并依次输入10次物理量(从标尺等可目测得到),在每次输入物理量时观测采集到的电压值,当电压值显示稳定的时候,按“确定”按钮保存该组数据,当输入完10组数据时,左侧波形图即可绘出2条曲线,其一为10组原始数据的折线图,另一条曲线为率定后的直线,同时“新斜率”和“新截距”数值显示框将显示获得的新斜率和新截距,如果合适,按“保存”按钮写进文件进行保存,以便下次打开文件时可以直接读取率定保存数据。

参数率定采用最小二乘法,它根据偏差的平方和最小来确定斜率和截距。线性拟合程序框图如图7所示,它将10组数据输入线性拟合子 v_i 进行运算,就可以得出新斜率和新截距,并且可以将原图形和率定后的直线显示在示波器中。

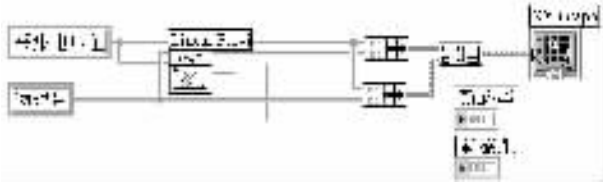


图7 线性拟合程序框图

至此,整个水力调压实验虚拟仪器平台的设计主要过程完成,其中 LabVIEW 图形化编程包括前面板设计和流程图设计,两者须同时进行,关于其他方面的设计细节这里不再赘述。

3 LabVIEW 软件应用中的一些技巧

LabVIEW 软件在图形化界面编程方面具备一定的优势,它简单易学,开发效率高,实际应用中有一些使用技巧。笔者感触颇深的有以下几点:①子 v_i 的编写和调用。在复杂程序设计中,能很好地实现模块化编制,易于进行任务细分及分工合作,可以各自编制不同的模块,与软件的模块化设计类同。②全局变量的引用。在多界面设计中,全局变量在各个界面之间可以很好地传输数据,无论是数组还是单个变量都可以利用全局变量在多个界面中传输^[5]。③采集方式的选择。在本次设计中,开始选择 DMA 的采集方式,可以应用于速度要求不高的环境。但当采样频率要求较高时,DMA 的方式满足不了要求。经过多次实验最后采用 ADINT 即中断触发采集方式,能够达到较高的采样频率,满足了本实验数据采集的速度要求。(下转第 119 页)

表 3 支渠逐段砂砾石换填层厚度

渠名	走向	渠段(桩号)	地下水埋深/m	设计冻深/m			砂砾石换填层厚度/cm		
				阴面	底面	阳面	阴面	底面	阳面
四支渠	NE45°	0—1+168	1.0	0.825	0.683	0.491	45~60	50	30~40
四支渠	NE45°	1+068—8+078	1.8	0.924	0.768	0.548	45~60	50	30~40
五支渠	NE45°	0—3+342	1.0	0.825	0.683	0.491	45~60	50	30~40
五支渠	NE45°	3+342—5+547	1.5	0.891	0.738	0.53	45~60	50	30~40
五支渠	NE45°	5+547—10+959	2.0	0.936	0.775	0.557	45~60	50	30~40
六支渠	NE45°	0—1+247	1.0	0.825	0.683	0.491	45~60	50	30~40
六支渠	NE45°	1+247—3+220	1.5	0.891	0.738	0.53	45~60	50	30~40
六支渠	NE45°	3+220—6+308	2.0	0.936	0.775	0.557	45~60	50	30~40
六支渠	NE45°	6+308—7+302	1.5	0.891	0.738	0.53	45~60	50	30~40
六支渠	NE45°	7+302—12+150	2.2	0.956	0.788	0.571	45~60	50	30~40

各段地下水埋深查出设计冻深值并计算出换填层厚度。为便于工程施工和质量控制,本设计将相近数值进行归纳,实际采用值见表 3。

3 NE45°衬砌渠道冻胀的特点分析

a. 衬砌渠道冻胀与工程区地下水埋深关系密切,渠道设计冻深随地下水埋深与基础之间垂向距离的增加而增加,但当相对距离大于 2 m 后设计冻深增长缓慢。阴坡设计冻深最大,底面设计冻深其次,阳坡设计冻深最小。

b. 设计冻深与当地标准冻深成正比 在其他条件相同的情况下,标准冻深值越大设计冻深值也同比增长。

c. 基础冻胀量随工程区地下水埋深与基础之间的垂向距离的增加而递减,表明地下水位对衬砌结构的作用是随相对距离的增加而削弱 地下水埋深与基础之间的垂向距离大于 2 m 后,基础冻胀量随地下水埋深增加衰减缓慢。

d. 阴坡冻胀量最大,底面冻胀量其次,阳坡冻胀量最小。在实际应用中应充分注意衬砌渠道阴坡坡脚,此处为冻胀变形最大的部位,可由下部至上部合理简化防冻措施,减小防冻层的厚度,这样不仅保证了工程的安全运用也可节省投资。由于阳坡冻胀量较小不会影响渠道的安全运用,设计水面线以上部分可以考虑简化防冻措施或不采取防冻措施。

4 结 语

灌溉渠道是塔里木河流域农业生产的生命线,该流域对各级渠道进行以混凝土板衬砌为主的节水改造可缓解灌区春旱缺水,同时还可降低地下水埋深、改良土壤、改善生态环境,为提高灌区的生产水平、建立稳产高产田、建设可持续性发展的农业打下坚实的基础。它必将调动灌区人民从事农业生产的积极性,对维护和改善塔里木河流域的生态环境将起到积极作用。在节水的大前提下如果能充分体现

衬砌结构的经济合理、安全适用,对该流域创建节水型社会也将起到促进作用。

参考文献：

[1] SL211—98,水工建筑物抗冰冻设计规范[S].
[2] SL18—2004,渠道防渗工程技术规范[S].
(收稿日期 2007-11-08 编辑 骆超)

(上接第 72 页)

4 结 语

水力调压实验虚拟仪器平台的使用,使整个实验过程更加形象直观,采集到的数据在存储的同时能够及时显示,实验后再从存盘文件中读取实验数据,进行进一步的分析。经过 2 年的实践使用,效果良好,在 PC 机屏幕上很好地模拟了以往只有示波器等专用仪器才具备的数字、图像、波形显示,这也正是虚拟仪器技术得以迅速发展的关键。

参考文献：

[1] 汪志勇,居滋培. 虚拟电工仪器及其在电工电子实验中的应用[J]. 上海理工大学学报,2002,24(2) :196-199.
[2] 张运良. 虚拟实验室的虚拟仪器开发[J]. 电子产品世界,2007,37(6) :127-129.
[3] 张芹芬,索丽生. 调压室浪涌分析的随机模型[J]. 河海大学学报 :自然科学版,1997,25(5) :41-45.
[4] 雷振山. LabVIEW 7 Express 实用技术教程[M]. 北京 :中国铁道出版社,2004.
[5] 尚振东,王群燕,韩建海. 基于 LabVIEW 的虚拟仪器在测试技术实验中的应用[J]. 中国现代教育装备,2007,47(1) :119-121.
(收稿日期 2007-12-25 编辑 骆超)