

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2017.09.032

# 基于 LabVIEW 的物理虚拟仿真实验系统设计<sup>①</sup>

李钰杰<sup>1</sup>, 谭兴文<sup>1</sup>, 邓涛<sup>1</sup>,  
雷衍连<sup>1</sup>, 张巧明<sup>1</sup>, 孙凯<sup>1</sup>, 陈建军<sup>2</sup>, 唐曦<sup>1</sup>

1. 西南大学 物理科学与技术学院, 重庆 400715; 2. 新疆医科大学 医学工程技术学院, 乌鲁木齐 830011

**摘要:** 主要以基于 LabVIEW 设计的物理虚拟仿真实验——“测量电阻的伏安特性曲线实验”和“伏安法测电阻实验”为例, 说明运用 LabVIEW 设计物理实验的过程和方法. 该仿真实验系统界面生动形象, 交互性强, 能实时对实验测量结果进行测绘. 学生能直观地观察到不同参量或测试方法对测量结果的影响, 从而有利于加深对相关知识点的理解.

**关键词:** 物理实验教学; LabVIEW; 虚拟仿真实验

**中图分类号:** G642.0

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-5471(2017)09-0201-05

物理学是一门以实验为基础的自然科学, 实验教学是物理教学中的一个重要环节. 物理实验不仅能使学生验证所学的理论知识, 而且能培养其科学探究能力和动手实践能力, 使其养成良好的科学素养. 然而由于教育资源有限、实验教学设备和仪器老化、班级学生人数太多、学时数有限等多方面的限制, 物理实验课程仍然以验证性实验为主, 教学内容相对陈旧, 不利于培养学生的创新思维; 此外, 有些实验内容较为繁琐, 学生在课下的预习过程中对实验内容缺乏直观的感受, 预习效果不佳, 仅通过课堂教学难以完全理解实验的重难点内容, 这在一定程度上影响了后续实验课程的教学效果. 面对目前传统实验教学中存在的诸多问题, 一个可行的解决办法就是将虚拟仿真技术引入到物理实验教学中. 基于虚拟仿真技术开发的虚拟实验项目能够贯穿应用于整个物理实验教学过程, 即: 在课前, 学生利用虚拟仿真实验能够直观了解实验器件、熟悉实验步骤、观察到基本的实验现象, 有利于提高预习效果; 在课堂上, 教师通过演示虚拟仿真实验, 能够将实验现象生动形象地演示出来, 有利于提升教学效果; 在课后, 学生也可以通过这些虚拟仿真实验复习实验内容, 有利于加深对实验重难点内容的理解. 本研究基于美国国家仪器(NI)公司研发的图形化的编程语言——LabVIEW 进行虚拟仿真实验项目的设计开发. LabVIEW 是一种用图标代替文本行创建应用程序的面向最终用户的编程语言, 编程使用的是流程图或框图的形式, 框图中节点之间的数据流向决定了 VI 及函数的执行顺序. LabVIEW 尽可能利用了技术人员、科学家和工程师所熟悉的术语、图标和概念, 因而易于掌握, 能大大缩减项目开发时间, 提升工作效率. 此外, LabVIEW 具有非常友好的人机交互界面特别适用于开发虚拟仿真实验平台<sup>[1-8]</sup>. 本文将具体介绍基于 LabVIEW 开发的包含“测量电阻的伏安特性曲线实验”和“伏安法测电阻实验”两个物理实验的虚拟仿真实验系统.

## 1 虚拟仿真实验系统设计简介

虚拟仿真实验系统分为 3 个区(图 1): 系统界面左上角为实验选择区, 通过将 LabVIEW 前面板中的

① 收稿日期: 2016-06-21

基金项目: 西南大学实验技术研究项目(SYJ2016038, SYJ2016039, SYJ2016006); 西南大学教育教学研究项目(2015JY065); 重庆市高等教育教学改革研究项目(153025).

作者简介: 李钰杰(1993-), 男, 云南保山人, 大学本科学生, 主要从事物理实验教学的研究.

选项卡控件与程序框图中的条件结构框图相连即可实现对程序运行功能的切换,从而实现对仿真实验内容的切换,即当选项卡切换到“伏安特性曲线的描绘”这一界面时,运行的仿真实验为“测量电阻的伏安特性曲线实验”,而当选项卡切换到“伏安法测电阻”界面时,由图 1 可以看到该界面还包含有一个子选项卡控件用于实现对伏安法测电阻实验中“内接法”和“外接法”的功能切换.不同选项卡中均包含了所对应实验项目的电路图.系统界面的左下角为实验结果展示区,能够将测量结果与真实值进行比较,并且能够显示  $I-U$  关系曲线.系统界面右侧为仿真实验区,可以看到通过编辑自定义控件,能够形象地将实验用到的电流表、电压表、定值电阻、滑动变阻器、直流电源和开关等元件器材直观地在系统前面板上展示出来.通过设置元件参数和改变滑动变阻器阻值,就能够观察电流表和电压表指针变化情况,从而记录相应的实验数据.图 2 展示了虚拟仿真实验系统的程序框图.该仿真实验系统的  $I-U$  关系主要通过 LabVIEW 中的公式节点运算实现.

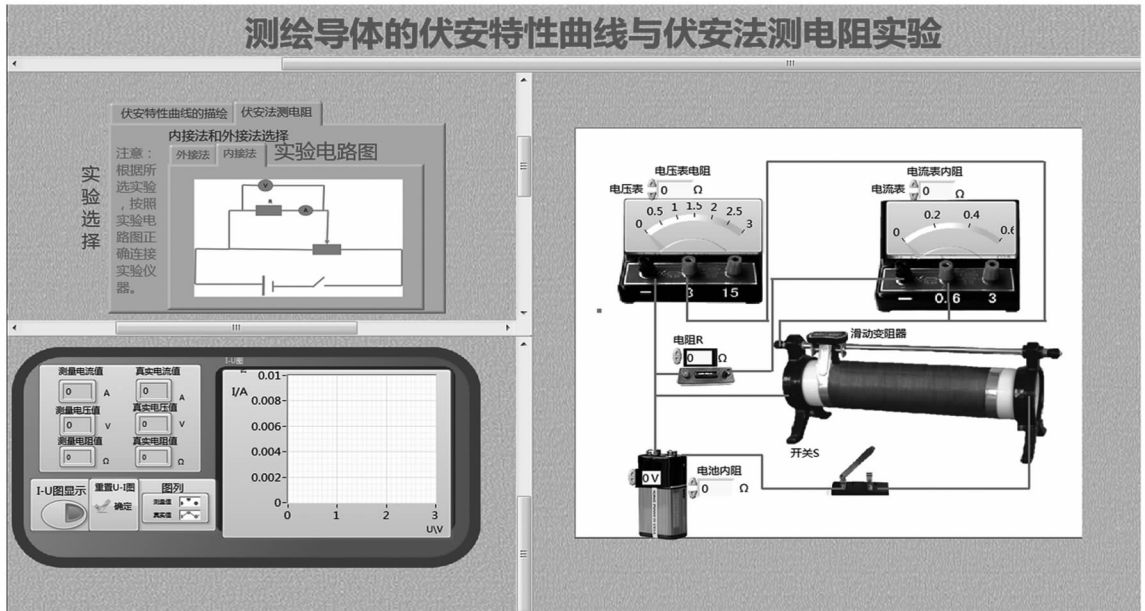


图 1 虚拟仿真实验系统前面板

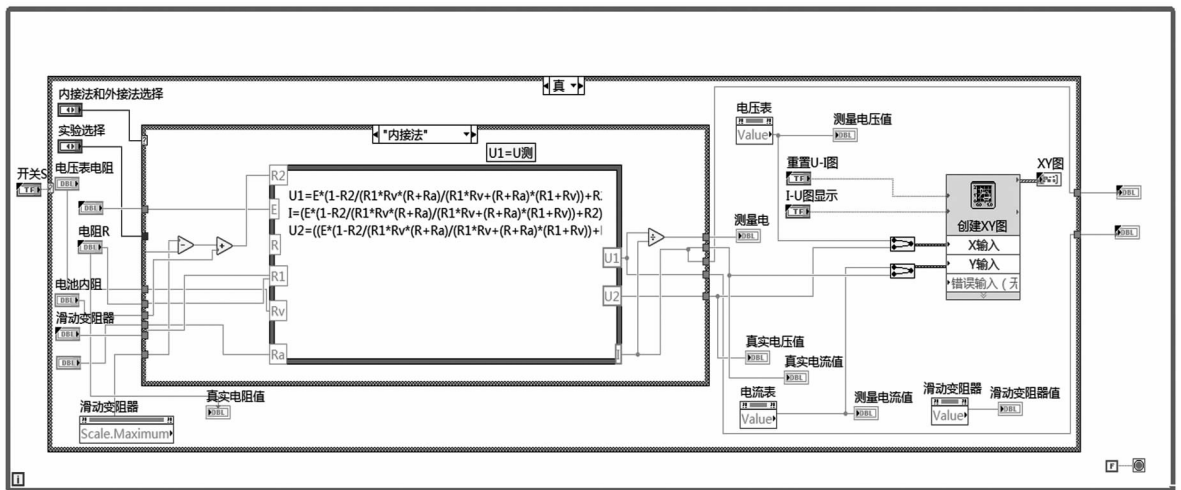


图 2 虚拟仿真实验系统程序框图

以设计“测量电阻的伏安特性曲线实验”为例对公式节点代码进行简要说明.测量导体的伏安特性曲线电路图(图 3),被测电阻  $R$  是线性元件,所以根据欧姆定律  $U = IR$  或  $I = U/R$ ,导体的  $I-U$  曲线应该是一条斜率为  $1/R$  的直线.当不考虑电流表和电压表内阻时,电流表和电压表的显示数值可以由公式求得,

即将所有电阻都设为已知量而将电压表和电流表的示数设为未知量,用闭合电路的欧姆定律将其求出,电压的计算公式和电流的计算公式分别为:

$$U = E - \frac{E(R_2 + r)}{r + R_2 + \frac{RR_1}{R + R_1}} \quad (1)$$

$$I = \frac{U}{R} \quad (2)$$

其中: $E$ 为电池电动势, $r$ 为电池内阻, $R_1$ 和 $R_2$ 之和对应滑动变阻器最大阻值。

因此,根据公式(1)和(2)将代码写入公式节点中(图4),将5个输入变量 $E, R, R_1, R_2, r$ 预设到合适的数值,并将输出变量 $I$ 和 $U$ 连线到程序框图中的XY图控件的X输入端和Y输入端即可在前面板上的实验结果展示区看到运行时的 $I-U$ 关系曲线,而根据伏安法测电阻实验原理推导出的理论公式写入公式节点中也可观察到相应的 $U$ 和 $I$ 参量的变化情况。

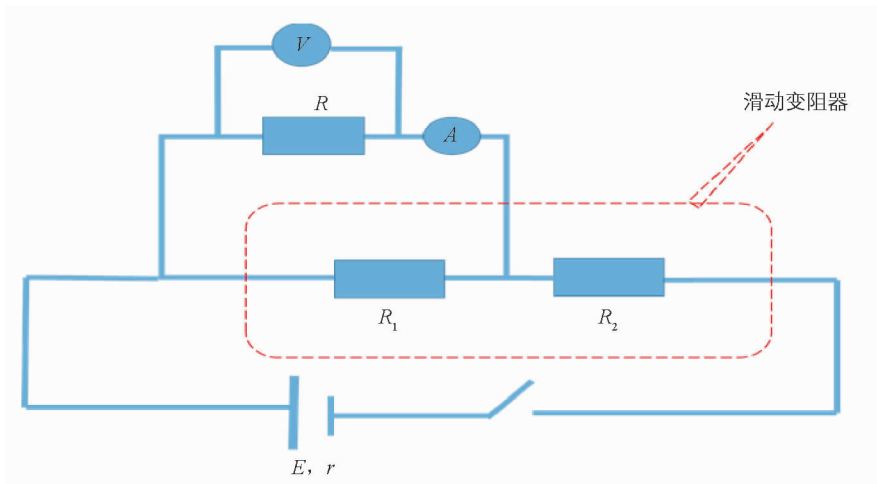


图3 测量电阻的伏安特性曲线实验原理图

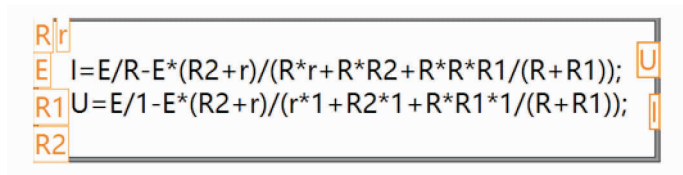


图4 测量电阻的伏安特性曲线实验公式节点代码

## 2 实验演示

### 2.1 “测量电阻的伏安特性曲线实验”演示

运行仿真实验程序,将导体电阻设置为 $5\ \Omega$ ,设置电池的电动势为 $3\ \text{V}$ ,然后闭合开关 $S$ ,缓慢向右滑动滑动变阻器滑块,使得电流表、电压表指针开始偏转,测量记录 $8\sim 10$ 组电压 $U$ 和电流 $I$ 的值,数据记录在表1中。改变电阻的阻值为 $15\ \Omega$ ,重复上述测量步骤,将数据记录在表2中。

表1 “测量电阻的伏安特性曲线实验”的记录表1

次序	1	2	3	4	5	6	7	8
$I/\text{A}$	0.038	0.099	0.153	0.213	0.290	0.362	0.461	0.559
$U/\text{V}$	0.194	0.499	0.769	1.068	1.454	1.815	2.305	2.799

表2 “测量电阻的伏安特性曲线实验”的记录表2

次序	1	2	3	4	5	6	7	8
$I/\text{A}$	0.012	0.034	0.054	0.072	0.101	0.123	0.160	0.185
$U/\text{V}$	0.187	0.519	0.817	1.090	1.522	1.851	2.410	2.783

再次将滑动变阻器滑块移到左侧,将导体电阻设置为  $5\ \Omega$ ,按下实验结果展示区中“ $I-U$  图显示开关按钮”,然后缓慢移动滑动变阻器的滑块,观察前面板  $I-U$  图中的图像变化,并和表 1 所记录的数据比较.测量完毕后,按下“重置  $U-I$  图”的确定按钮,导体电阻设置为  $15\ \Omega$ ,重复上述步骤,所得  $I-U$  图像见图 5.由图 5 可以直观地看出,当待测电阻阻值较大时,对应的  $I-U$  曲线斜率较小,这与实验原理吻合.

## 2.2 伏安法测电阻实验演示

内接法和外接法所导致的实验系统误差是该实验所需探究的重难点内容.表 3 比较了内接法和外接法的区别.

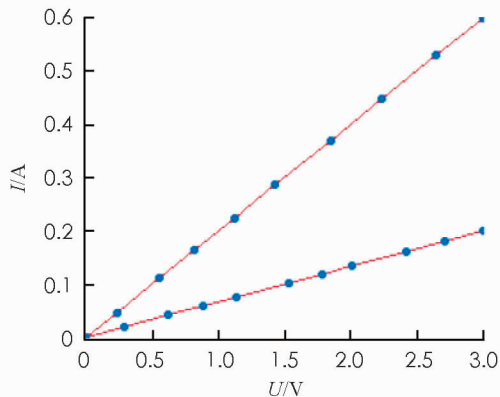


图 5 电阻不同的导体的伏安特性曲线

表 3 伏安法测电阻的内接法和外接法的比较

接法分类	内接法	外接法
电路图(部分)		
误差原因	电流表分压 $U_{\text{测}} = U_{\text{真}} + U_A$	电压表分流 $I_{\text{测}} = I_{\text{真}} + I_V$
电阻测量值	$R_{\text{测}} = \frac{U_{\text{测}}}{I_{\text{测}}} = R_{\text{真}} + R_A > R_{\text{真}}$ 测量值大于真实值	$R_{\text{测}} = \frac{U_{\text{测}}}{I_{\text{测}}} = \frac{R_{\text{真}} R_V}{R_{\text{真}} + R_V} < R_{\text{真}}$ 测量值小于真实值
适用条件	$R_A \ll R_{\text{真}}$	$R_V \gg R_{\text{真}}$

在课堂教学过程中对内接法、外接法进行讲解时,通常仅仅是通过公式推导进行讲解,学生对两种方法的区别和适用范围并没有直观的印象,不利于学生对相关知识点的理解和掌握.考虑到这一问题,在伏安法测电阻的实验中通过  $I-U$  图展示了两种方法测量值和真实值的区别,使学生能够直观观察到两种方法对实验系统误差的影响.具体步骤如下:在前面板中设置电池电动势为  $3\ \text{V}$ ,电流表的内阻为  $20\ \Omega$ ,电压表的内阻为  $20\ 000\ \Omega$ ,电池内阻为  $2\ \Omega$ ,将滑动变阻器滑到某一值保持不变,将被测电阻的阻值从  $1\ \Omega$  增加到  $400\ \Omega$ ,观察  $I-U$  图像中测量值与真实值的变化情况.图 6 给出了外接法时  $I-U$  图像的变化情况,图 7 给出了内接法时  $I-U$  图像的变化情况,其中蓝色曲线为测量值,红色曲线为真实值.当被测电阻比较小时,真实值和测量值基本一致(图 6),此时选用外接法测量导体的电阻误差较小;而随着被测电阻阻值的增大,测量值明显小于真实值,这时用外接法测量导体的阻值时误差就比较大.而采用内接法时,当被测电阻比较小时,真实值明显小于测量值(图 7),此时选用内接法测量导体的电阻误差较大;而随着被测电阻阻值的增大,测量值和真实值的误差减小两者基本保持一致,这时用内接法测量导体的阻值时误差就比较小.

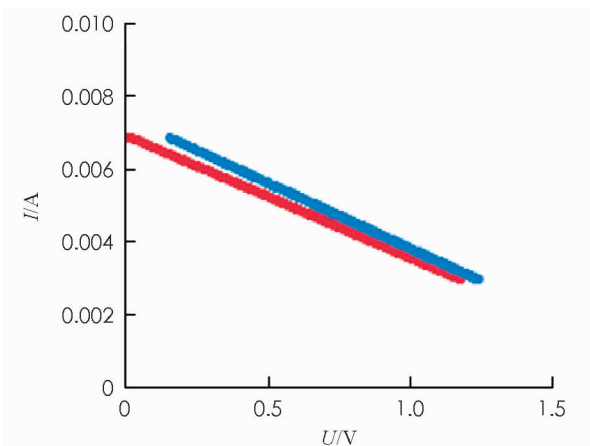


图 6 外接法电阻改变时  $I-U$  图像

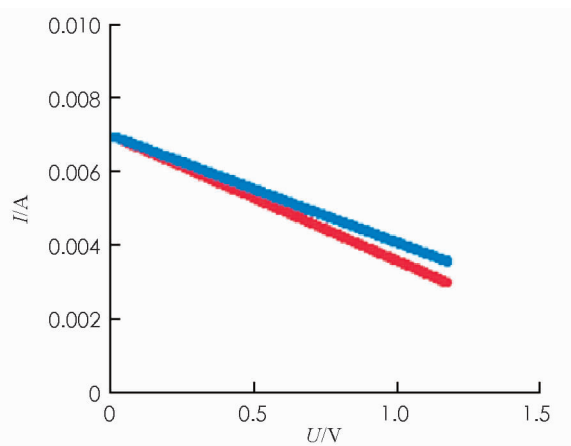


图 7 内接法电阻改变时  $I-U$  图像

### 3 结 论

基于 LabVIEW 设计的虚拟仿真实验系统不仅能较好地模拟物理实验的操作过程, 其界面的真实性和交互性能让学生对实验内容有直观的感受, 有利于调动学生的学习兴趣. 此外, 虚拟仿真实验系统还能加入数据处理分析功能, 实验数据采集和数据处理分析可以齐头并进, 大大提升了实验效率, 也有利于加深学生对实验重难点内容的理解和掌握.

#### 参考文献:

- [1] 李 斌, 谭 鹏, 陈国杰, 等. LabVIEW 在物理设计性实验中应用的探讨 [J]. 大学物理实验, 2012, 25(3): 85-87.
- [2] 代 青. LabVIEW 在物理实验演示教学中的应用 [J]. 科协论坛(下半月), 2012(8): 183-184.
- [3] 马清亮, 乔记平, 魏 循. LabVIEW 在物理实验中的应用 [J]. 太原师范学院学报(自然科学版), 2008, 7(3): 49-51.
- [4] 郑鹤松. 基于 LabVIEW 的物理演示实验 [J]. 江西科学, 2007, 25(3): 302-304.
- [5] 周文委, 王 涌, 金 燕. 虚拟仪器技术及其教学应用 [J]. 浙江工业大学学报, 2007, 35(1): 69-72.
- [6] 郝军华, 王云峰, 陈宜生. 基于 LabVIEW 开展虚拟物理实验教学模式探析 [J]. 实验室科学, 2014, 17(1): 68-70.
- [7] 原安娟, 段 苹, 王吉友. 基于大学物理实验的虚拟仪器探讨 [J]. 大学物理实验, 2007, 20(4): 70-72.
- [8] 唐 曦, 谭兴文, 雷衍连, 等. 基于 LabVIEW 的声速测量虚拟实验系统 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2014, 39(7): 214-217.

## The Design of Physical Simulation Experiment System Based on LabVIEW

LI Yu-jie<sup>1</sup>, TAN Xing-wen<sup>1</sup>, DENG Tao<sup>1</sup>, LEI Yan-lian<sup>1</sup>,  
ZHANG Qiao-ming<sup>1</sup>, SUN Kai<sup>1</sup>, CHEN Jian-jun<sup>2</sup>, TANG Xi<sup>1</sup>

1. School of Physical Science and Technology, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. School of Medical Engineering Technology, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China

**Abstract:** In this paper, the physical simulation experiment system, which includes both the experiment-“measuring the volt-ampere characteristic curve of the resistance” and the experiment-“resistance measurement with voltammetry”, is designed by using LabVIEW. The process and method for designing experiments with LabVIEW are illustrated. The simulation experiment system has a visual interface with strong interaction, and can real-time analyze the experimental measurement results. Based on the system, the influence of different parameters or test methods on the measurement results can be observed intuitively, which is helpful for students to further understand the relevant physical knowledge.

**Key words:** physics experimental teaching; LabVIEW; virtual simulation experiment

责任编辑 崔玉洁 潘春燕