

# 计算机模拟惠斯登平衡电桥

华 靓, 周昺路, 朱炯明

(上海师范大学 理工信息学院, 上海 200234)

**摘 要:** 在惠斯登平衡电桥的理论基础上, 利用 Visual Basic 语言模拟此实验. 结合设计过程, 寻求了这种较完善的表现手法, 加深了实验理论的理解与应用, 是计算机辅助教学软件设计的一例.

**关键词:** Visual Basic; 惠斯登电桥; 平衡

**中图分类号:** TP399; O. 441. 5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-5137(1999)04-0088-07

## 0 引 言

计算机辅助教学(CAI)是一种用计算机来进行教学的崭新教学方式, 是现代化教育技术中的新秀. 它具有独特的功能: 交互性强, 能及时实现教学信息的反馈; 不受时空的限制; 既能实现模拟又能实现实时控制等等. 为此, 尝试用 Visual Basic 模拟惠斯登平衡电桥.

惠斯登平衡电桥的实验在普通物理实验中已出现过, 在《电磁学》中再次学习, 是为了加深对此理论的理解, 并不作为难点, 容易忽视. 据此, 在授课时已不适合用花时多的实验来进行, 用计算机模拟却成了最为有效的手段. 它可以激发学生的兴趣, 变忽视为重视; 并可使学生从乏味的计算中解脱出来, 而把精力集中在实验原理、实验现象的分析讨论上, 从而提高学生分析问题、解决问题的能力.

为了实现“直观性与抽象性统一”的教学原则, 选择可视化的 Visual Basic (简称 VB) 来设计此课件是最为恰当的. 熟悉 VB 语言的设计者都会感觉到该语言清晰, 直观和便于使用的魅力. 它可方便地用于开发 Windows 下的应用程序; 可轻松、灵活地按设计者的意愿安排界面并得到执行结果, 使模拟实验及辅助实验测量与处理一步到位.

## 1 系统的设计思想和总体结构

### 1.1 惠斯登平衡电桥的原理<sup>[1]</sup>

直流惠斯登电桥是电桥线路中最简单的一种, 它可以用来精确地测量电阻, 其电路图如

收稿日期: 1999-06-18

作者简介: 华靓(1976-), 女, 上海师范大学理工信息学院 95 级本科生. 周昺路(1959-), 男, 上海师范大学理工信息学院副教授.

图 1 所示  $R_1, R_2, R_3, R_4$  叫做电桥的 4 个臂,  $G$  是检流计. 当  $G$  无电流通过时, 就说电桥达到平衡.

平衡时, 检流计所在支路电流  $I_G$  为零, 故

(1) 流过  $R_1$  和  $R_3$  的电流相同 (记作  $I_1$ ), 流过  $R_2$  和  $R_4$  的电流相同 (记作  $I_2$ ).

(2)  $B, D$  两点电位相等, 即

$$U_B = U_D,$$

因而  $I_1 R_1 = I_2 R_2,$

$$I_1 R_3 = I_2 R_4,$$

故  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad (*)$

(\*) 式就是电桥平衡的充要条件. 测量时, 选择适当的电阻作为  $R_1$  和  $R_2$ , 用一个可变电阻作为  $R_3, R_4$  是被测电阻, 调节  $R_3$  使电桥平衡, 便可由 (\*) 式求得  $R_4$ .

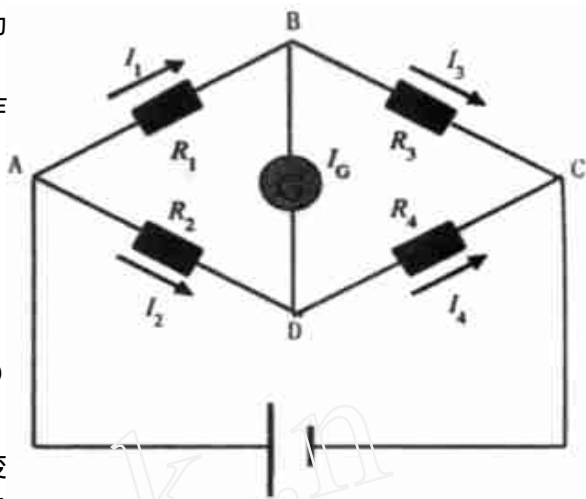


图 1 直流惠斯登电桥

### 1.2 设计思想

此设计是用于教学的模拟, 重点不在于模型的设置, 而在于模型运动过程的控制和显示. 此教学模拟的目的就在于让学生通过对模型及其运动过程的观测与理解, 实现运动规律的学习和掌握. 因此, 教学模拟的设计重点是模拟过程的控制 (图 2), 模拟结果 (含中间结果) 的呈现<sup>[4]</sup>.

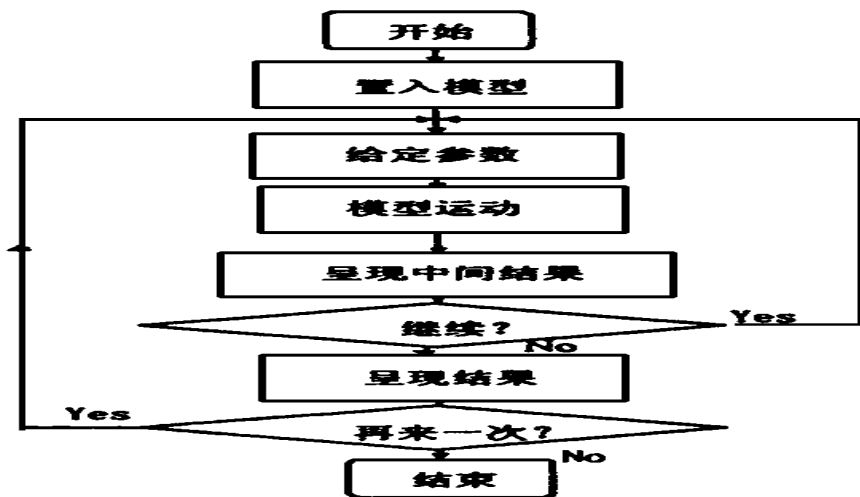
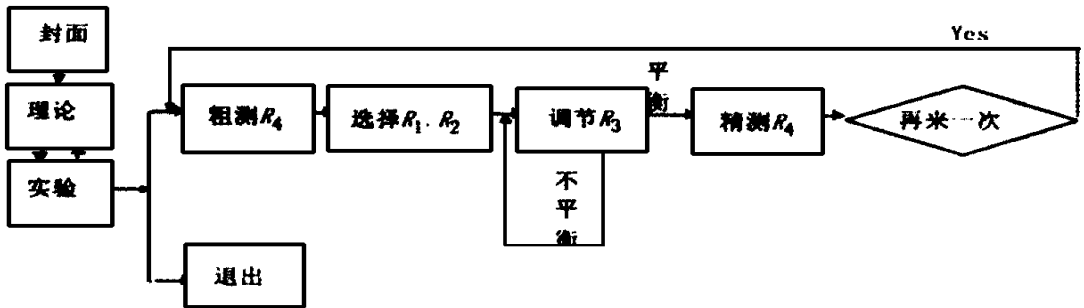


图 2 教学模拟的基本流程

### 1.3 设计的总体结构

实现 VB 模拟惠斯登平衡电桥的流程框架如上图示. 为方便授课者执行程序, 均以单击按钮来响应. 设计中, 巧妙地在显示“实验”窗口时, 微露“理论”窗口标题, 授课者可以根据课

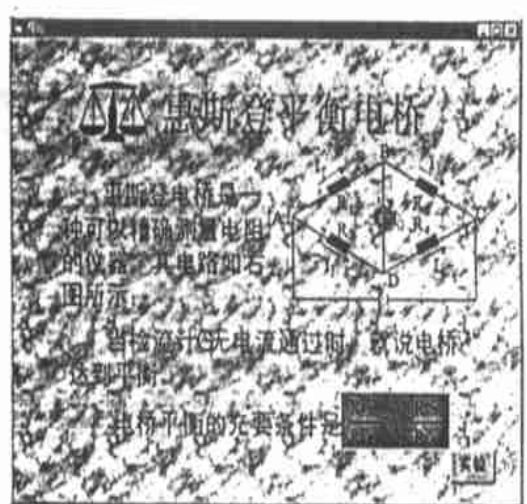
堂教学的需要,方便切换此两窗口,做到边讲解边实验,增强了应用程序的灵活性.



## 2 主要实现技术

### 2.1 文本的处理

为了以最简便的方式来完成文本的处理,尝试取捷径,用 Powerpoint 幻灯片来制作.“封面”标题及“理论”部分均是按初衷在 Powerpoint 中完成,然后复制到剪贴板上,再粘贴到 VB 程序窗口上,而且将 Powerpoint 中的模板一同携带了进来,以最简便的方式美化了界面背景.更妙的是,使 VB 中不能完成的艺术字体、特殊符号的输入统统解决.如“惠斯登电桥”用了艺术字体;“ $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ ”中的分数线.要在 VB 中绘制电路图是相对繁复的工作,但由 Powerpoint 来完成却显得轻松自如.这种制作方法或许正是应用 VB 的一种创新,可以根据需要,灵活地选用应用软件,特别是选用了功能强大的 VB 软件后,还能借用其他软件来更丰富、完善它的功能.

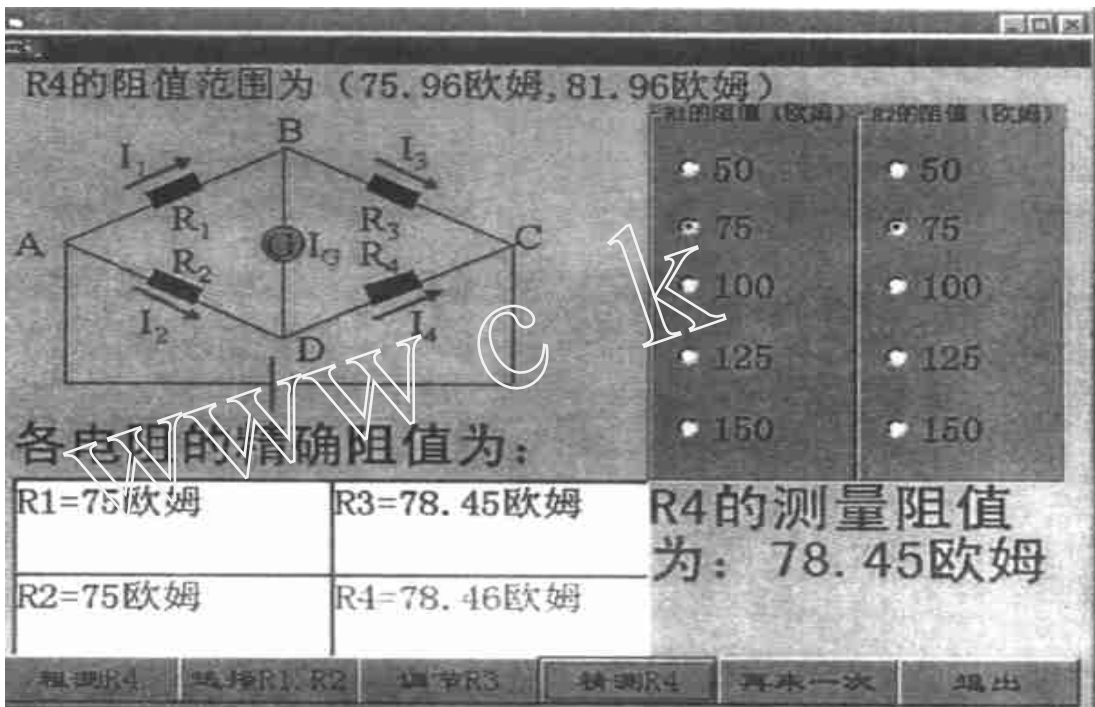


### 2.2 界面的安排

课件设计的方法有多种,若能实现“所见即所需”是最为理想的.在此,VB 以它“可视

化”的优越性,在众多软件中是尤为可靠的.一个应用软件,如果它有一个漂亮的相当吸引人的界面,那么在它尚未发挥出其功效之前,就给了用户一个很好的印象<sup>[2]</sup>.为此,合理布置界面成了创建VB 应用软件的首要工作.

创建程序界面的工具是窗体和控件,其各项属性可使其外观各取所需.如右图是“实验”窗口的界面安排,它有规划地“合理利用每一寸土地”.此窗口初次亮相时,仅有电路图, R1、R2 电阻选择及各操作按钮呈现在屏幕上.随着实验的进行与测量,逐步揭开其层层“面纱”,这完全是按照教学过程来安排的,可以使学生在学习过程中有所思并有所得.



### 2.3 数据处理

一个应用程序的好坏不只取决于它的美丽外观,在很大程度上更取决于它能够做些什么.此课件设计的主要任务就是用计算机来模拟惠斯登平衡电桥的工作过程.其中包括三大步骤:模拟实验、对实验进行实时处理和控制在实验数据进行处理.每一步的关键都是如何在物理规律的基础上又结合计算机信息处理的特点来进行数据处理.

#### 2.3.1 粗测 R4

这是为 R4 设定一个真值,即它的精确阻值.赋值语句为“R4 = 100 × Rnd + 49.5”,其中 Rnd 函数是返回一个介于 0~ 1 之间的单精度随机数,从而使得 R4 的真值成了一个天不知,地不知,唯有计算机知的数值.怎样将这个确定的参数模糊地提示给用户呢?一个简单的方法就是告诉用户这个值约在什么范围之间,以便在以下的调节平衡时有所参照.这个 Rnd 随机函数的另一个最大优点是只要反复单击“粗测 R4”按钮,每一次返回的 R4 值均不同,增强了计算机模拟实验的直观性和可信性.

#### 2.3.2 选择 R1, R2

由公式  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = A$  得  $R_4 = \frac{R_3}{A}$ , A 是 R1 与 R2 的比值.由实验经验知道,这个 A 通常取

0.5, 1, 2 等简单的数以便计算  $R_4$  值. 为此, 对  $R_1, R_2$  的值没有太高的精确度要求. 在模拟实验中, 只是以单选框提供 50, 75, 100, 125, 150 五个选项, 将两组单选框按钮分别放在两个框架容器中, 实现了分别赋给  $R_1$  和  $R_2$  一个确定的值.

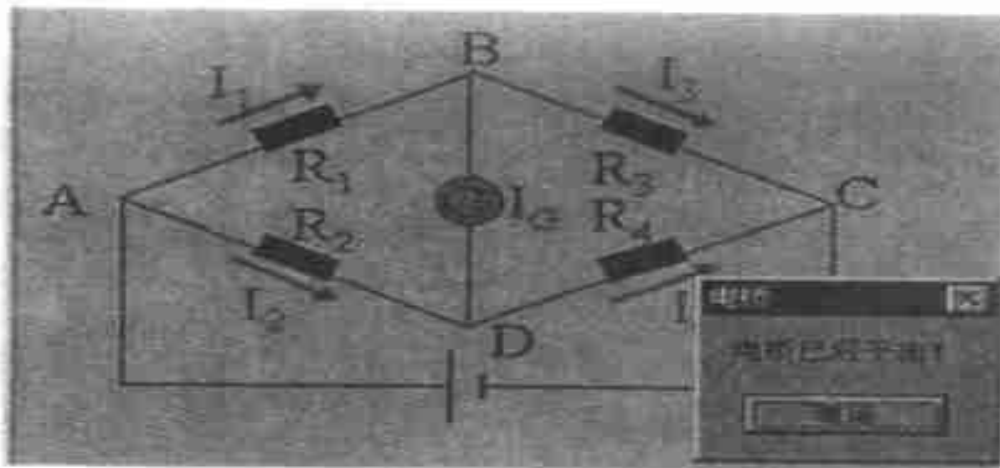
### 2.3.3 调节 $R_3$

此环节是对实验进行实时处理和控制的重头戏, 在物理原理上用到了惠斯登不平衡电桥中  $I_G$  与各电阻的关系:

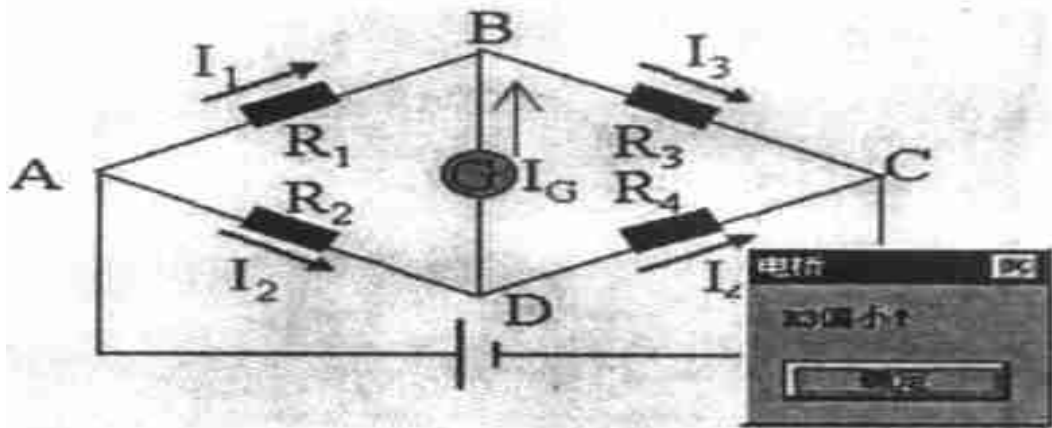
$$\frac{(R_2 R_3 - R_1 R_4) \epsilon}{R_1 R_3 (R_2 + R_4) + R_2 R_4 (R_1 + R_3)}, \quad [1]$$

此公式的结论假定了  $I_G$  的方向为 B → D.

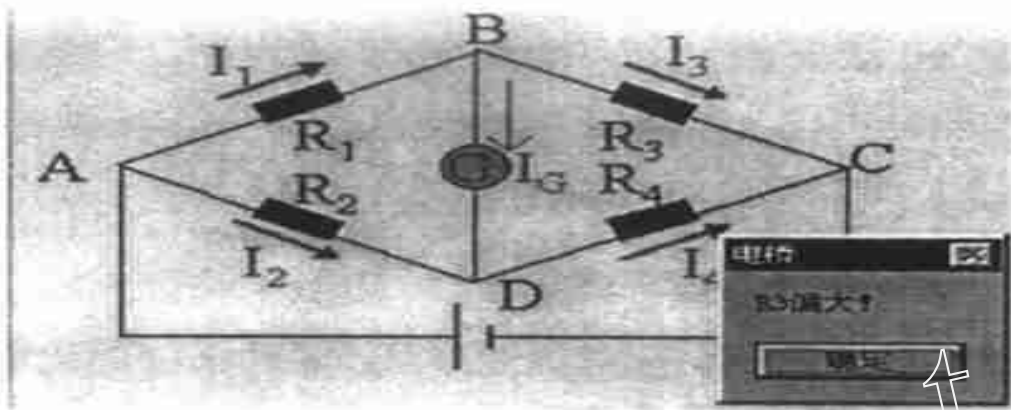
当  $I_G = 0$  时(即  $R_3 = \frac{R_1 R_4}{R_2 R_2}$ ), 电桥平衡 ( $I_G$  不标)



当  $I_G < 0$  时(即  $R_3 < \frac{R_1 R_4}{R_2 R_2}$ ), 电桥不平衡 ( $I_G$  的方向为 D → B)



当  $I_G > 0$  时(即  $R_3 > \frac{R_1}{R_4 R_2}$ ), 电桥不平衡 ( $I_G$  的方向为  $B \rightarrow D$ ) .



以上均为物理原理, 但考虑到计算机这精确而顽固的工具, 要求得一个绝对精确的才会承认电桥平衡, 那对于调试者来说几乎是不可能的. 为此允许其有一个 0.1% 的相对误差, 这也是符合实际电桥的精确度的. 在编程代码时, 将以上判断条件略作调整.

因为 
$$\eta = \frac{|R_{43} - R_4|}{R_4} \quad (R_{43} \text{ 为 } R_4 \text{ 的测量值})$$

$$R_{43} = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

所以

$$\frac{R_2 R_3}{R_1} - R_4 = \pm 0.001 R_4,$$

$$R_2 R_3 = 1.001 R_1 R_4 \text{ 或 } R_2 R_3 = 0.999 R_1 R_4 .$$

$0.999 R_1 R_4 <= R_2 R_3 <= 1.001 R_1 R_4$  时      电桥平衡

$R_2 R_3 < 0.999 R_1 R_4$  时       $R_3$  偏小

$R_2 R_3 > 1.001 R_1 R_4$  时       $R_3$  偏大

### 2.3.4 精测 $R_4$

电桥调节平衡, 大功告成,  $R_4$  测量值的计算就由计算机代劳吧! 各电阻的精确真值也可直观地呈现在窗口上.  $R_4$  便有了测量值与真值两个值. 善于思考的学生可以计算一下测量的相对误差, 从而切身体会一下惠斯登电桥测量电阻的精确性.

此功能在电桥尚未调节至平衡时是被封闭起来的, 原因有二: 一, 若此功能一直开放, 则无需调节便可显示  $R_4$  的阻值, 这就完全失去了此模拟实验的意义. 二, 因为, 要避免  $R_1 = 0$  的情况, 这在计算机中计算是要出错的. 假使一时疏忽, 忘记选择  $R_1$  的阻值, 那么  $R_1 = 0$ , 如此, 电桥是无论如何都调不平衡的. 不平衡就实现不了“精测  $R_4$ ”这一步, 也就不可能出错了. 只有待电桥平衡后才开放此功能, 可谓保险之举.

### 2.4 多次操作的处理

一次模拟实验完成后, 如希望再次实验, 不必重新启动此程序, 只需单击“再来一次”按

钮, 它使界面恢复了初态, 可以再进行一次实验.

### 3 系统应用的特点

(1) 制作简单而直观. 省去了与《电磁学》课程无关的一些实验操作, 加强了对基本知识的理解.

(2) 人机交互方便. 实时控制反馈信息及时, 师生可以同时参与. 使“学习—实验—巩固”三位一体, 也使理论与实践有机地结合了起来.

(3) 具有较完善的数学处理能力. 系统支持数据的输入、显示、数值计算, 并能作出逻辑判断. 可以使模拟实验、实时处理和控制在数据处理步步到位<sup>[3]</sup>.

为了适应物理教育事业的发展, 计算机辅助物理教学是一个新的努力方向, 有望使物理教学的改革来一个腾飞.

### 参考文献:

- [1] 梁灿彬, 秦光戎, 梁竹健. 电磁学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1980.
- [2] 王克己. Visual Basic 5.0 中文版用户手册[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1998.
- [3] 万嘉若. 计算机辅助教育[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990.
- [4] 傅德荣. 计算机辅助教学软件设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 1995.

## Simulation of the “Balancing Wheatstone Bridge” With Computer

HUA Jing, ZHOU Bing-lu, ZHU Jiong-ming

(College of Science, Engineering and Information, Shanghai Teachers University, Shanghai, 200234, China)

**Abstract** In this article, the experiment of “Balancing Wheatstone Bridge” is imitated and demonstrated in Visual Basic. On the basis of the imitating, We explore a more satisfactory way to show it, and get a deeper understanding of the theory of the experiment. We hope that this imitating of courseware is a good example of Computer-Assisted Instruction.

**Key words** Visual Basic; Wheatstone Bridge; Balance