

# 电流补偿法测电阻

王中元

(湖北师范学院 物理系, 湖北 黄石 435002)

**摘要:**常用的补偿法测电阻是通过电压补偿法来实现的。本文将通过分析、演变, 巧妙设计出一种使用电流表, 电压表进行电流补偿的测电阻的方法, 通过实验测量的有关数据进行误差分析与计算。

**关键词:**电流补偿; 测量电阻; 误差

**中图分类号:** O4-33    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1009-2714(2005)03-0060-03

补偿法是使用被测量的作用在测量过程中抵消, 使得表示标准量与被测量的作用之差量值的仪表示数为零, 它是大学物理实验中应用较广的方法。比较常见的补偿法有电压补偿法、长度补偿法、光程补偿法、温度补偿法等。在用伏安法测电阻的实验中, 为减小系统误差, 通常采用电压补偿法, 该方法已在许多书籍中进行了叙述, 在此不再论述。能否采用电流补偿的方法来测量电阻呢? 本文将做进一步的论述。

## 1 实验原理

在伏安法测电阻的实验中, 无论是电流表内接还是电流表外接, 由于电流表的内阻不为零或电压表的内阻不可能是无穷大, 因此在实验测量中都会造成系统误差。当电流表外接时, 为减小系统误差可采用电压补偿法进行测量。当电流表内接时, 只要消除电流表的分压作用的影响, 就可减小实验中的系统误差, 为此可以进行以下设计分析。

如图1所示, 图1的a)的电压表是测量 $R_x$ 的真实电压值, 图1的b)的电流表测量的是 $R_x$ 的真实电流值, 使用滑动变阻器是为了改变电路中的电流值, 若能够将两电路中各电表测量相应真实值的特点融合在一个电路中, 就可消除电表的电阻在电路测量中的影响。

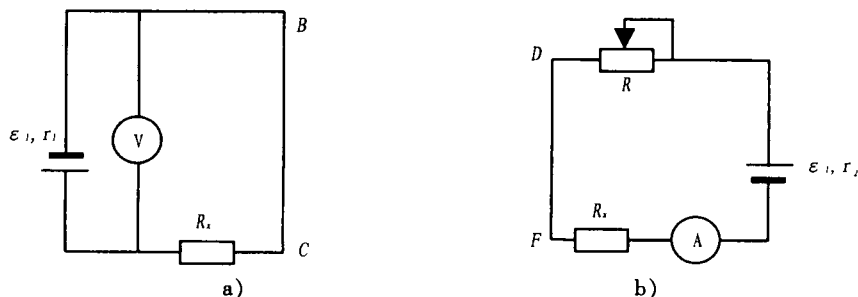


图1 测量电阻的电流和电压电路

在图1两电路中, 若将导线BC段与DF段连接在一起, 用一段导线BC连接, 使两个电路综合成一个电路, BC段导线的电流就是两电源 $\varepsilon_1$ 和 $\varepsilon_2$ 提供电流的合效果, 且在图1的a)和图1的b)中,

收稿日期: 2004-06-29

作者简介: 王中元(1963—), 男, 湖北鄂州人, 高级教师。

BC 段与 EF 段电流方向是相反的,只要两电源的电动势满足一定的要求,调节滑动变阻器  $R$ ,就可使综合电路 BC 段的电流为零,此时,两电路中的被测电阻就可用一个  $R_x$  代替,BC 段的电流可用灵敏电流计来测量,为此可以设计出如图 2 所示的电流补偿电路。

如图 2 所示,调节滑动变阻器  $R$ ,使灵敏电流计的读数为零,即两电路的电流通过灵敏电流计的电流“补偿”抵消,达到电流补偿的目的,从而使电路中灵敏电流计的两端电势相等,即 BC 两点电势相等,这样电压表  $V$  中测量值就等于  $R_x$  两端电压的真实值。由于灵敏电流计的读数为零,对于原电路在  $G$  中的电流方向相反、大小相等,即通过电流表中的电流与通过  $R_x$  的真实电流值相等。或者说,在图 2 中, $G$  中电流为零,根据基尔霍夫定律可知,电流表  $A$  中电流与通过  $R_x$  的电流相等,达到了减小系统误差进行直接测量的目的。

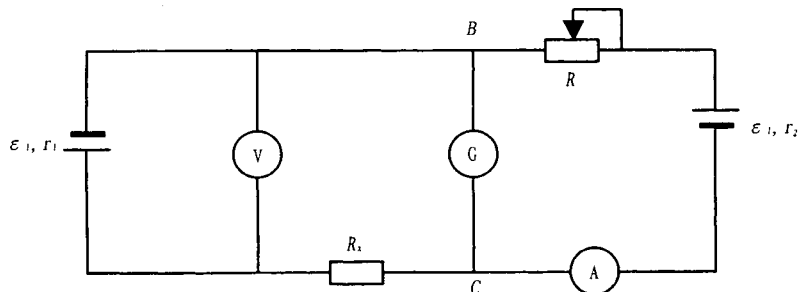


图 2 测电阻的电流补偿电路

## 2 电阻测量

在实际测量电阻的过程中,为了保护灵敏电流计,应与灵敏电流计串联一个可变电阻  $R_1$ ,并加一个开关  $K$ (若灵敏电流计是按钮式接触时则可省掉开关),为了便于调节,我们加入变阻器  $R_3$ ,如图 3 所示, $R_3$  阻值较大,目的是起粗调作用, $R_2$  电阻值较小,目的是起微调作用。

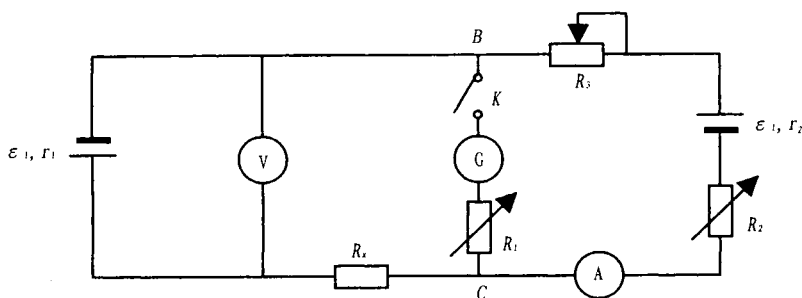


图 3 电阻测量电路

在测量时,变阻器  $R_3$  的变化范围要大一些, $R_1$  开始阻值要大,当 BC 段电流逐渐减小到为零时, $R_1$  再逐渐减小直到减小为零,以提高该测量电路的灵敏度,电源电压要稳定,也可以用一个稳压源来提供,灵敏电流计的开关应采用点接触式开关,以防止电流计被烧毁,为减小实验测量过程中的误差,电流表和电压表的精确度要高,灵敏电流计的灵敏度要很高。当电流计读数为零时,即如图 3 所示的电阻测量电路达到平衡,电路达到平衡的标志是在开关  $K$  闭合与断开时,灵敏电流计的指针不显示任何微小的颤动。在测量时,最好先直接进行粗略测量与计算,或用电流表首先分别测量图 1 中 a)、b) 两回路中的电流,调整  $R$  使两回路的电流值很接近,再按图 3 所示电路连接,然后调整  $R_2$  和  $R_3$ ,以符合实验的要求,这样做是为了避免冲击电流过大而烧毁灵敏电流计,也可以方便快捷地调整灵敏电流计的电流为零。

在图 3 所示电路中,调整滑动变压器的阻值,当灵敏电流计的读数为零时,电流表读数为  $I(A)$ ,

电压表读数为  $U(V)$ , 则被测电阻  $R_x = \frac{U}{I}$ .

本实验的误差主要决定于灵敏电流计的灵敏度及电流表、电压表的精确度, 精确度非常高的灵敏电流计的影响比电流表电压表的影响要小得多, 故实验的误差主要由电流表, 电压表的测量误差来决定。根据最大相对误差的理论可得电流表和电压表测量的最大相对误差:

$$\delta_m = \left| \frac{\Delta U_m}{U} \right| + \left| \frac{\Delta I_m}{I} \right|$$

测量实际电阻的相对误差:  $\delta = \left| \frac{\Delta R}{R} \right|$ .

在实验中, 分别采用两节甲电池作为电源  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ , 电压表均采用量程为 5V, 最小刻度值为 0.05V 的直流电压表, 即电压表最大绝对误差的绝对值  $|\Delta U_m| = 0.05V$ , 测量不同的电阻, 选用的电流表的量程和最小刻度值不同, 其测量与计算结果如表 1 所示。

表 1 电流补偿法测电阻的测量记录表格

电阻铭牌值 $R/\Omega$	电压表示数 $U/V$	电流表示数 $I/mA$	测量值 $R_x/\Omega$	测量电阻的 相对误差 $\delta/\%$	电流表最大绝对 误差 $\Delta I_m/mA$	电表最大相对误差 $\delta_m/\%$
200	3.00	14.75	203	1.5	0.05	2.01
1000	3.02	3.07	984	1.6	0.05	3.28
4700	3.04	0.658	4620	1.7	0.01	3.19

从上表可看出, 电流补偿法测得的电阻的相对误差均在仪表精确度引起最大相对误差范围内, 实验表明, 该实验的误差主要来源于电流表与电压表的测量误差。若进一步提高各仪表测量的精确度, 则测量电阻的准确度也提高。此种方法测量电阻消除了电流表电阻的影响, 是一种准确度较高的测量电阻的方法。

#### 参考文献:

- [1] 张 雄, 王黎智, 马 力, 等. 物理实验设计与研究[M]. 北京: 科学出版社, 2003.  
[2] 周殿清. 大学物理实验[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.

## Current compensation way measure resistance

WANG Zhong-yuan

(Department of Physics, Hubei Normal University, Huangshi 435002, China)

**Abstract:** We often use compensatory way to measure resistance. It realizes by voltage compensation. This paper via analyse, change to design a measure. Resistance way with using ampere meter or voltage meter. We use this data of martial analyse and reckon the erro.

**Key words:** current compensation; measure resistance; erro