

# 伏安法测电阻的误差分析

于淑华

(大连大学 物理学系, 辽宁 大连 116622)

**摘 要:** 本文分析了伏安法测电阻中误差产生的原因、种类以及减小或消除误差的方法, 并对各方法的测量结果进行了定量的说明和比较.

**关 键 词:** 随机误差; 方法误差; 仪器误差; 修正公式; 电压补偿

中图分类号: G642.423

文献标识码:

文章编号: 1008-2395(2001)02-0051-03

伏安法测电阻, 就是利用伏特表和安培表测电阻. 测量电路有内接法和外接法. 根据“在确定误差来源时, 应注意不遗漏, 不重复, 不增加”这一原则分析了伏安法测电阻时误差产生的原因、种类以及减小或消除误差的方法.

## 1 误差产生的原因及种类

### 1.1 随机误差近似为零

在任何测量中, 随机误差和系统误差总是同时存在. 在伏安法测电阻的过程中, 电流表和电压表的示值变化十分微小, 人眼无法感知, 说明随机误差和系统误差相比很小, 可近似认为是零.

### 1.2 系统误差主要表现为方法误差和仪器误差

#### 1) 方法误差

根据电流表在电路中的位置, 可分为外接法和内接法, 如图1所示. 但是无论采用内接法还是外接法, 都不可能同时给出通过 $R_x$ 的电流值 $I_x$ 和加在 $R_x$ 上的电压值 $V_x$ , 从而造成了接线的方法误差. 使得电表显示的量不足被测量, 比如当内接法时 $V$ 不是 $V_x$ , 当外接法时 $I$ 不是 $I_x$ .

#### 2) 仪器误差

仪器误差是由于仪表制造工艺不完善产生的, 它的大小取决于仪器的准确度等级.

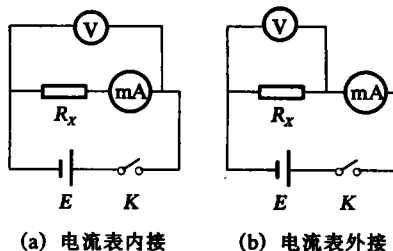


图1 伏安法测电阻电路原理图

## 2 减小或消除系统误差的方法

### 2.1 对于方法误差可以用公式修正或电压补偿法加以消除

#### 1) 公式修正法

若 $R_x$ 上的电流为 $I_x$ , 加在 $R_x$ 两端的电压为 $V_x$ , 则有

收稿日期: 2001-03-14

作者简介: 于淑华 (1955-), 女, 大连大学物理学系工程师.

$$R_x = \frac{V_x}{I_x} \quad (1)$$

当采用内接法时 (如图 1(a) 所示),  $V_x = V - V_A = V - I R_A$  ( $R_A$  为电流表的内阻), 代入 (1) 式得内接法的修正公式为:

$$R_x = \frac{V}{I} - R_A \quad (2)$$

当采用外接法时 (如图 1(b) 所示),  $I_x = I - I_V = I - \frac{V}{R_V}$  ( $R_V$  为电压表的内阻,  $I_V$  为流经电压表的电流), 代入 (1) 式得外接法的修正公式为:

$$R_x = \frac{V}{I - \frac{V}{R_V}} \quad (3)$$

## 2) 电压补偿法

这种方法是在外接法的基础上利用了电压补偿原理. 在测电压时无须从测量电路分出电流, 从而避免了电流流进电压表而引进的误差. 由图 2 我们看到: 当通过检流计 G 的电流为 0 时, 可认为电压表内阻为无穷大, 即  $R_V = \infty$ , 代入 (3) 式中,

我们得到:

$$R_x = \frac{V}{I} \quad (4)$$

## 2.2 仪器误差

仪器误差是指电压表误差  $U_V$  和电流表误差  $U_I$ , 则

$$U_V = a_V \% V_M, U_I = a_I \% I_M$$

式中,  $a_V$ 、 $a_I$  为电压表和电流表的等级指数,  $V_M$  和  $I_M$  分别为电压表和电流表的量程.

## 2.3 误差合成公式

内接法: 由 (2) 式得  $R_x$  的不确定度为:

$$U_{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\partial R_x}{\partial V}\right)^2 U_V^2 + \left(\frac{\partial R_x}{\partial I}\right)^2 U_I^2 + \left(\frac{\partial R_x}{\partial R_A}\right)^2 U_{R_A}^2} = \sqrt{\frac{U_V^2}{I^2} + \frac{V^2 U_I^2}{I^4} + U_{R_A}^2} \quad (5)$$

外接法: 由 (3) 式  $R_x$  的不确定度为:

$$U_{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\partial R_x}{\partial V}\right)^2 U_V^2 + \left(\frac{\partial R_x}{\partial I}\right)^2 U_I^2 + \left(\frac{\partial R_x}{\partial R_V}\right)^2 U_{R_V}^2} = \frac{1}{\left(I - \frac{V}{R_V}\right)^2} \sqrt{I^2 U_V^2 + V^2 U_I^2 + \frac{V^4}{R_V^4} U_{R_V}^2} \quad (6)$$

补偿法: 由 (4) 式对  $R_x$  求全微分则  $R_x$  的不确定度为:

$$U_{R_x} = R_x \sqrt{\left(\frac{\partial R_x}{\partial V}\right)^2 U_V^2 + \left(\frac{\partial R_x}{\partial I}\right)^2 U_I^2} = R_x \sqrt{\left(\frac{U_V}{V}\right)^2 + \left(\frac{U_I}{I}\right)^2} \quad (7)$$

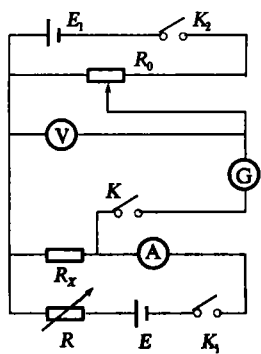


图 2 补偿法测电阻电路图

### 3 讨 论

3.1 由 (5)、(6)、(7) 式对比可看出, (7) 式中不含电表内阻, (5)、(6) 式中分别增多了一项由电表内阻引起的误差分量, 使测量误差增大。

3.2 方法 3) 使用仪器较多, 测量电路也稍复杂一些, 但误差较小。

#### 3.3 数据分析

下面分别用三种方法进行测量

并分别用 (2)、(3)、(4) 式计算,

再由 (5)、(6)、(7) 式算出误差如

附表。电压表和电流表的内阻分别

为,  $R_A=78.20\pm0.03(\Omega)$ ;  $R_V=202.22\pm$

$0.03(\Omega)$ ; 待测电阻  $R_X$  的标称值为  $47\Omega$ 。

附表中  $R_X'$  为未修正值,  $R_X$  为修正值, 从表中可以看出电压补偿法测量误差最小, 内接法的  $R_X$  的误差最大, 这是因为内接法时, 电流表的指针接近满量程 ( $2.5\text{mA}$ ) 的  $1/2$ ; 而外接法时电流表的指针接近满量程 ( $5\text{mA}$ )。

附 表

	$I/\text{mA}$	$U/\text{V}$	$R_X'/\Omega$	$R_X/\Omega$	$R_X$ 的结果表达式/ $\Omega$
内接法	1.27	0.160	126	48.86	$49\pm2$
外接法	4.06	0.160	39.4	48.87	$48.9\pm0.9$
电压补偿法	3.25	0.160	49.2	49.23	$49.23\pm0.02$

#### 参考文献:

- [1] 贾玉润. 大学物理实验[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1987.
- [2] 李学慧. 新编物理实验[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1999.
- [3] 朱鹤年. 物理实验研究[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.

### The Error Analysis the Measurement of Resistance with the Method of Volt- Ampere

YU Shu-hua

(Department of Physics, Dalian University, Dalian 116622, China)

**Abstract:** This article analyses the cause and the kinds of the errors and presents the methods of raducing the errors in the measurement of resistance with the method of Volt- Ampere. The results of measurement are explained and compared.

**Key words:** act according to error; method error; instrument error; formula revise; vottage compensate