

# 伏阻法与安阻法测电源电动势和内阻的两种误差分析方法对比

张 鼎

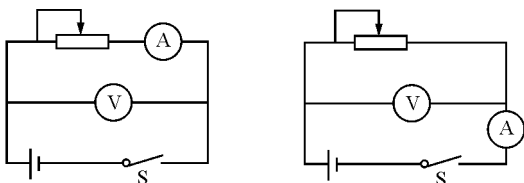
(南京江宁高级中学 江苏 南京 211100)

(收稿日期:2016-05-17)

**摘 要:**对测量电源电动势和内阻实验的误差分析是电学实验教学的一大难点,我们所知道的方法很多,但是对于不同的方法掌握时的难易程度各不相同.针对解析法和图像法两种误差分析方法进行对比分析.

**关键词:**电源电动势 内阻 误差

测电源电动势和内阻的实验在电学实验中占有非常重要的地位,是近几年来高考中的热点问题.在2015年的高考中,四川卷考查了测电源的内阻,广东卷是利用伏阻法测电源的电动势和内阻,安徽卷是利用安阻法测电源的电动势和内阻,而江苏卷和天津卷是考查利用伏安法测电源的电动势和内阻,而对于测量结果的误差分析是本实验的难点.在平常教学中,我们所分析的一般都是伏安法测电源电动势和内阻,其典型电路有两种,如图1所示.



(a) 电流表相对电源内阻外接 (b) 电流表相对电源内阻内接  
图1 伏安法测电源电动势和内阻两种典型电路

对伏安法测电源电动势和内阻误差分析的方法很多,有解析法、图像法、等效电源法等等.而试题中,一般都会要求根据题目所给的实验数据作图,得出电源的电动势和内阻,所以图像在本类实验中占有非常重要的地位.当然要根据图像分析误差,有时也需要综合运用到其他方法,这样可以使解决问题更加简单,也更易于理解.

下面对比伏阻法和安阻法测量电源的电动势和内阻时两种不同的误差分析.实验电路如图2所示.

在掌握了伏安法测电源电动势和内阻的基础上,我们可以通过类比,图2中的电路(a)与图1中的电路(a)误差情况类似,图2中的电路(b)与图1

中的电路(b)误差情况类似.

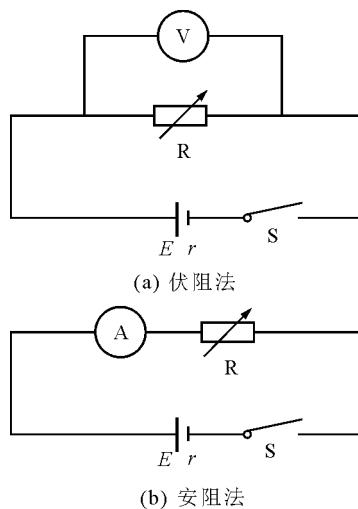


图2 伏阻法和安阻法实验电路图

## 1 伏阻法误差分析对比

### (1) 图像法误差分析

在图2的电路(a)中,由闭合回路的欧姆定律  $E = U + \frac{U}{R}r$ , 得  $\frac{1}{U} = \frac{r}{E} \frac{1}{R} + \frac{1}{E}$ , 作  $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$  图像. 图像与纵轴的截距为  $\frac{1}{U_0}$ ,  $E = U_0$ . 即为所测得的电动势, 图像斜率  $k = \frac{r}{E}$ , 故  $r = kU_0$ . 对于这种情况误差分析: 首先明确误差的来源, 实验数据中的路端电压是准确的, 但路端电阻有误差, 路端电阻的准确值  $R_{路}$  与实验值  $R$  满足  $\frac{1}{R_{路}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_v}$ . 即对于某一路端电压值,

实验路端电阻的倒数比真实路端电阻的倒数小  $\frac{1}{R_V}$ , 对于另外一个路端电压值, 还是同样的情况, 即始终有  $\Delta = \frac{1}{R_{\text{路}}} - \frac{1}{R} = \frac{1}{R_V}$ . 因此修正后的图像应该为实验所测图像下方的一条平行直线, 如图3所示. 由此可以分析得到实验测得值和真实值的关系为:  $E_{\text{真}} > E_{\text{测}}, r_{\text{真}} > r_{\text{测}}$ .

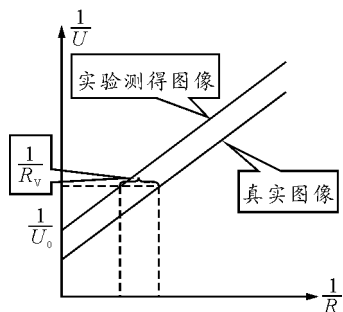


图3 图像法分析伏阻法误差

(2) 解析式法误差分析

在不考虑电压表的分流作用影响下, 得到两组数据  $(U_1, R_1), (U_2, R_2)$ , 则有

$$E = U_1 + \frac{U_1}{R_1} r$$

$$E = U_2 + \frac{U_2}{R_2} r$$

联立可解得

$$E_{\text{测}} = U_1 + \frac{U_1}{R_1} \times \frac{U_1 - U_2}{\frac{U_2}{R_2} - \frac{U_1}{R_1}}$$

$$r_{\text{测}} = \frac{U_1 - U_2}{\frac{U_2}{R_2} - \frac{U_1}{R_1}}$$

若考虑电压表的分流作用, 电源电动势和内阻满足的关系为

$$E = U_1 + \left( \frac{U_1}{R_V} + \frac{U_1}{R_1} \right) r$$

$$E = U_2 + \left( \frac{U_2}{R_V} + \frac{U_2}{R_2} \right) r$$

联立可解得

$$E_{\text{真}} = U_1 + \left( \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_1}{R_V} \right) \times \frac{U_1 - U_2}{\left( \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_2}{R_V} \right) - \left( \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_1}{R_V} \right)}$$

$$r_{\text{真}} = \frac{U_1 - U_2}{\left( \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_2}{R_V} \right) - \left( \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_1}{R_V} \right)}$$

通过比较同样可以得到  $E_{\text{真}} > E_{\text{测}}, r_{\text{真}} > r_{\text{测}}$ , 但相较于图像分析方法, 解析式的过程较为繁琐, 耗时, 对计算要求较高, 还易出错.

2 安阻法误差分析对比

(1) 图像法误差分析

在图2的电路(b)中: 由闭合回路的欧姆定律  $E = IR + Ir$ , 得  $\frac{1}{I} = \frac{R}{E} + \frac{r}{E}$ , 作  $\frac{1}{I} - R$  图像. 图像斜率的倒数即为所测得的电动势  $E = \frac{1}{k}$ , 纵坐标截距  $\frac{1}{I_0} = \frac{r}{E}$ , 故  $r = \frac{1}{kI_0}$ . 对于这种情况的误差分析: 首先要明确误差的来源, 实验数据中的电流是干路电流, 但路端电阻存在误差, 路端电阻准确值  $R_{\text{路}}$  与实验值  $R$  满足  $R_{\text{路}} = R + R_A$ . 对于某一电流值, 实验路端电阻比真实路端电阻小  $R_A$ , 对于另外一个电流值, 还是同样的情况, 即始终有  $\Delta = R_{\text{路}} - R = R_A$ . 因此修正后的图像应该为实验所测图像下方的一条平行直线, 如图4所示. 由此可以分析得到实验测得值和真实值的关系为  $E_{\text{真}} = E_{\text{测}}, r_{\text{真}} < r_{\text{测}}$ .

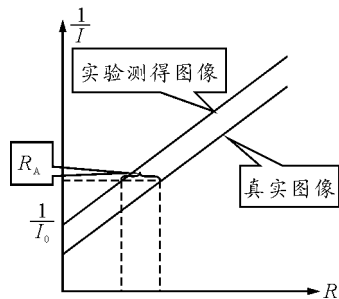


图4 图像法分析安阻法误差

(2) 解析式法误差分析

在不考虑电流表的分压作用影响下, 得到两组数据  $(I_1, R_1), (I_2, R_2)$ , 则有

$$E = I_1 R_1 + I_1 r$$

$$E = I_2 R_2 + I_2 r$$

联立可解得

$$E_{\text{测}} = I_1 R_1 + I_1 \times \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1}$$

$$r_{\text{测}} = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1}$$

若考虑电流表的分压作用, 电源电动势和内阻满足的关系为

$$E = I_1 R_1 + I_1 r + I_1 R_A$$

(下转第90页)

精华.

### (2) 滑线变阻器不灵敏

有些学生在实验中向老师提出“滑线变阻器接触不良”,要换一台变阻器.其实这个问题很好解决,主要是因为接触不好,把滑线变阻器来回滑动几次就行了.这反映了学生们实验经验少,缺乏解决问题的主动性,仍然过分依赖教师.这时候,可以告诉学生一边来回滑动变阻器,一边观察仪表,注意滑动几次之后,仪表变化是否就正常了.

(3) 分压电路中滑动滑线变阻器,电压表变化与预计情况不符

有些学生在实验中抱怨电压表“坏了”,因为变阻器的选择、电源、负载都没有问题,可是滑动变阻器时电压表不是从零开始变化.出现这种问题时,绝大多数原因并不是电压表坏了,而是滑线变阻器的B端根本没有连入电路,这说明学生们没有认真阅读讲义,没有发现在制流电路和分压电路中变阻器

连接方式的不同:在制流电路中,滑线变阻器的A端和C端连入电路,而B端没有连入;在分压电路中,滑线变阻器的3个端点均连入电路中.

### (4) 分压电路中电阻箱设置错误

有些学生在做第二个实验时将电阻箱错误地调节到 $1\ 000\ \Omega$ ,出错原因是他们忽略了电压表的内阻,忘记分压电路中的负载电阻包括电阻箱和电压表两个部分.尽管在实验操作之前教师做过提示,但是没有实践来得真实和印象深刻.

设计性实验教学中要大胆改变常规授课方式,体现实验课的互动性和活泼性,鼓励学生发挥自主性,培养他们科学实验的素质和能力.

### 参考文献

- 1 夏征农,陈至立.辞海(第6版).上海:上海辞书出版社,2009
- 2 张兆奎,缪连元,张立.大学物理实验(第3版).北京:高等教育出版社,2008

## Training Students' Scientific Experiment Quality and Ability in Physics Experiment Teaching

—Taking the Rheostat Use and Circuit Control as Example

Liang Ying

(School of Science, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237)

**Abstract:** Physics teaching includes theoretical teaching and experimental teaching. This paper focuses on the importance of cultivating students' scientific experiment quality and ability in college physics experiment teaching. By use of rheostat and circuit control as an example, the article discusses how to inspire and guide the students design experimental scheme, carry out experiment, analysis the experimental data, and in further improve the experimental scheme and practice according to the results. Through the designed experiments, so that students can understand the whole process of scientific experiment, and then to cultivate the students' scientific experiment quality and ability to achieve the ultimate goal of college physics teaching.

**Key words:** scientific experiment; designed experiment; rheostat

(上接第85页)

$$E = I_2 R_2 + I_2 r + I_2 R_A$$

联立可解得

$$E_{\text{真}} = I_1 R_1 + I_1 \times \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1}$$

$$r_{\text{真}} = \frac{I_1 (R_1 + R_A) - I_2 (R_2 + R_A)}{I_2 - I_1}$$

同样可以得到在安阻法中  $E_{\text{真}} = E_{\text{测}}$ ,  $r_{\text{真}} < r_{\text{测}}$ , 误差分析结果与图像法一致,但是图像法更加简洁直观,

判断时更为快捷.

通过上面的对比分析,我们可以发现在对于该问题的误差分析时,图像法有其明显的优势:原理简单,易于理解,处理过程简洁方便,也更为直观.

### 参考文献

- 1 张庆. 测定电源电动势与内阻实验的误差分析. 物理教学, 2014(8): 28 ~ 29, 40
- 2 刘晓濂. 测量电源电动势和内阻基本方法之间的关系及误差分析. 物理教师, 2014(1): 52 ~ 53