

## 浅析自组惠斯登电桥的灵敏度\*

崔益和

(盐城工学院 基础部, 江苏 盐城 224003)

**摘要:**探究自组惠斯登电桥的灵敏度,分析影响电桥灵敏度的因素,用实验结果与理论计算作比较。

**关键词:**惠斯登电桥; 灵敏度; 电阻

**中图分类号:** G642.423

**文献标识码:** C

**文章编号:** 1008-5092(2001)04-0047-02

惠斯登电桥是一种用比较法测电阻的精密仪器,可测电阻范围  $10 \sim 10^6 \Omega$ 。电桥电路在电学中是一种很基本的电路,用途十分广泛。利用电桥平衡原理构成的电测仪器,不仅可以测电阻,也可用来测电容、电感,并可通过这些量的测量间接测量非电学量,如温度、压力、真空度等<sup>[1]</sup>。本文探究自组惠斯登电桥的灵敏度,目的是为了正确地选择桥臂电阻,提高自组电桥的测量精度。

### 1 理论推导

自组电桥的实验电路如图 1 所示,电桥平衡

时有  $R_x = \frac{R_1}{R_2} R_0 = CR_0$  (1)

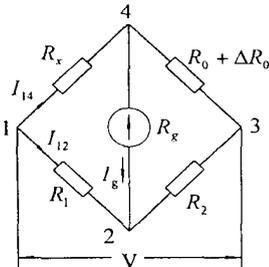


图 1 惠斯登电桥

Fig. 1 Wheatstone Bridge

电桥灵敏度  $S$  的定义:当电桥平衡后,被测电阻  $R_x$  变化  $\Delta R_x$  时,检流计偏转  $\Delta d$  分度,则

$$S = \frac{\Delta d}{\Delta R_x} \text{ 容易证明 } \frac{\Delta d}{\Delta R_0} = \frac{\Delta d}{\Delta R_x} \cdot \frac{\Delta R_x}{\Delta R_0}, \text{ 所以 } S = \frac{\Delta d}{\Delta R_0} \cdot \frac{\Delta R_x}{\Delta R_0}.$$

令  $R_x = R_3, R_0 + \Delta R_0 = R_4$ ,运用线路电压定律和节点电流定律,则有

$$\begin{cases} I_{12} R_1 + (I_{12} + I_g) R_2 = V \\ I_{14} R_3 + (I_{14} - I_g) R_4 = V \\ I_{12} R_1 = I_{14} R_3 + I_g R_g \end{cases}$$

整理该线性方程组

$$\begin{cases} (R_1 + R_2) \cdot I_{12} + 0 \cdot I_{14} + R_2 \cdot I_g = V \\ 0 \cdot I_{12} + (R_3 + R_4) \cdot I_{14} - R_4 \cdot I_g = V \\ R_1 \cdot I_{12} - R_3 \cdot I_{14} - R_g \cdot I_g = 0 \end{cases}$$

方程组的系数行列式

$$A = \begin{vmatrix} R_1 + R_2 & 0 & R_2 \\ 0 & R_3 + R_4 & -R_4 \\ R_1 & -R_3 & -R_g \end{vmatrix}$$

若  $\Delta R_0$  足够小,满足  $R_4 \approx R_0, R_1 R_4 \approx R_2 R_3$ ,则

$$A = R_1 R_4 \left[ R_1 + R_2 + R_x + R_0 + \frac{(1 + \frac{R_1}{R_2})^2}{\frac{R_1}{R_2}} \right]$$

系数行列第三列换成常数项所成的行列式

$$A_3 = \begin{vmatrix} R_1 + R_2 & 0 & V \\ 0 & R_3 + R_4 & V \\ R_1 & -R_3 & 0 \end{vmatrix}$$

仍引入  $R_4 \approx R_0$ ,则  $A_3 \approx R_1 R_0 (V \Delta R_0 / R_0)$

所以方程组的解

\* 收稿日期:2001-07-02

作者简介:崔益和(1965-),男,江苏海安县人,盐城工学院基础部实验师。

$$I_g = \frac{A_3}{A} = \frac{\frac{V\Delta R_0}{R_0}}{R_1 + R_2 + R_x + R_0 + \frac{(1 + \frac{R_1}{R_2})^2}{\frac{R_1}{R_2}} R_g}$$

则电桥的灵敏度

$$S = \frac{\Delta d}{\Delta R_0} = S_1 \frac{I_g}{\Delta R_0} \quad (S_1 \text{ 为检流计的灵敏度}) = S_1 \frac{V \frac{\Delta R_0}{R_0}}{R_1 + R_2 + R_x + R_0 + \frac{(1 + \frac{R_1}{R_2})^2}{\frac{R_1}{R_2}} R_g} \quad (2)$$

### 2 影响电桥灵敏度的因素分析

(2)式表明电桥的灵敏度与电源电压成正比,与所用检流计的灵敏度  $S_1$  成正比,与检流计内阻有关,与桥臂总阻值、桥臂电阻之比有关。

具体实验中检流计选择的余地不大,电源电压也不可能选得太高,否则会损坏检流计及桥臂电阻,因此一般只能通过选择桥臂电阻及其配置来提高电桥的灵敏度。

为了讨论问题的方便,将桥臂电阻  $R_1$ 、 $R_2$  及  $R_0$  用  $R_x$  表示,把(2)式简化,设:  $R_0 = R_x/c$ ,  $R_1 = mR_x$ , 由(1)式得  $R_2 = mR_x/c$ , 将这些值代入(2)式得

$$S = S_1 V / [R_x (m + m/c + 1/c + 1) + R_g (2 + 1/m + m)] \quad (3)$$

上式表明,在  $V$  及  $S_1$ 、 $R_g$  一定的情况下:(1)当  $c$  与  $m$  一定时,  $R_x$  越小,  $S$  越高,反之,  $R_x$  越大,  $S$  越低;(2)当  $R_x$  一定,并选定  $m$  值时,  $c$  值越大,  $S$  越高,反之,  $c$  值越小,  $S$  越小;(3)当  $R_x$ ,  $c$  一定时,  $m$  值不同,  $S$  也不同;(4)对于不同的  $R_x$ ,  $S$  较高时所对应的  $c$ 、 $m$  值不同。所以,在测量不同阻值电阻时,可通过选取合适的  $c$ 、 $m$  值,使电桥获得较高的灵敏度。

### 3 实验结果

测量线路按图 1 连接,  $R_1$ 、 $R_2$  用 ZX36 电阻箱,  $R_0$  用 ZX21 电阻箱,检流计参数:电流量数  $K_1 = 1.5 \times 10^{-6}$  A/mm, 即  $S_1 = 6.67 \times 10^5$  mm/A, 内阻  $R_g = 41 \Omega$ 。由(3)式计算的理论值  $S_{理}$  和实验结果  $S$  如表 1。

表 1 实验中各物理参量

Table 1 All the physical parameters in the Experiment

| $R_x/\Omega$<br>标称值 | $V/v$ | $R_1/\Omega$ | $R_2/\Omega$ | $C = \frac{R_1}{R_2}$ | $m = \frac{R_1}{R_x}$ | $R_0/\Omega$ | $\Delta R_0/\Omega$ | $\Delta d/mm$ | $S = \frac{\Delta d}{\Delta R_0} / mm$ | $S_{理}/mm$         |
|---------------------|-------|--------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|---------------------|---------------|--|--------------------|
| 20                  | 1.5   | 100          | 100          | 1                     | 5                     | 20.2         | 0.1                 | 13.2          | $2.67 \times 10^3$                     | $2.47 \times 10^3$ |
|                     |       | 1000         | 1000         | 1                     | 50                    | 20.2         | 0.1                 | 2.4           | $4.85 \times 10^2$                     | $4.54 \times 10^2$ |
|                     |       | 100          | 100          | 0.1                   | 5                     | 202.8        | 0.8                 | 2.4           | $6.08 \times 10^2$                     | $6.11 \times 10^2$ |
|                     |       | 100          | 100          | 1                     | 1/2                   | 196.7        | 0.2                 | 2.7           | $2.66 \times 10^3$                     | $2.63 \times 10^3$ |
| 200                 | 3.0   | 1000         | 1000         | 1                     | 5                     | 196.7        | 0.5                 | 2.0           | $7.87 \times 10^2$                     | $7.81 \times 10^2$ |
|                     |       | 100          | 100          | 0.1                   | 1/2                   | 1965.1       | 8                   | 2.2           | $5.40 \times 10^2$                     | $5.32 \times 10^2$ |
|                     |       | 100          | 100          | 1                     | 1/20                  | 1979.1       | 5                   | 2.0           | $7.92 \times 10^2$                     | $7.68 \times 10^2$ |
|                     |       | 1000         | 1000         | 1                     | 1/2                   | 1979.1       | 8                   | 2.3           | $5.69 \times 10^2$                     | $5.43 \times 10^2$ |
| 2000                | 5.0   | 1000         | 100          | 0.1                   | 1/20                  | 1976.1       | 256                 | 2.0           | $1.54 \times 10^2$                     | $1.43 \times 10^2$ |

从表中的结果看出理论计算与实验结果完全相符,说明理论推导及分析是完全正确。

### 4 小结

电桥的灵敏度与电源电压、检流计、桥臂总阻值以及桥臂电阻之比有关,从理论上讲电桥的灵敏度越高,电桥的平衡就能够判断得更精细,测量

结果的不确定度就能控制得越小。但实际上电桥的灵敏度也不是一味越高越好,灵敏度越高,调节平衡花费时间越长,稳定性重复性差,不便操作。因此要根据实际具体情况合理选择电源电压,检流计以及相应的桥臂电阻,适度提高电桥的灵敏度同时兼顾实验的要求。据测算常规实验电桥的灵敏度宜控制在  $8.00 \times 10^2 \sim 7.00 \times 10^3$  mm。

(下转第 65 页)

素质的要求越来越高。新大纲提出,要培养学生能用英语交流信息,这比原大纲提出的“以英语为工具获取专业所需要的信息”的目标提高了,不仅要求顺利阅读,而且要求听懂英语并用英语进行

#### 参考文献:

- [1] 井升华.我国大学英语教学费时低效的原因[J].外语教学与研究,1999,(1):21~23.  
 [2] 张后尘.外语名家论要[M].北京:外语教学与研究出版社,1999.  
 [3] 刘润清,吴一安.中国英语教育研究[M].北京:外语教学与研究出版社,2000.

口头或笔头表达。因此,教师既要引导学生在学习过程中培养自信,还要引导学生在迎接挑战中培养勇气,更要引导学生在战胜挫折中培养意志和在对待利益关系调整中树立正确的人生态度。

## On Ways of Cultivating Creative Personnel in College English Teaching

ZHOU Zheng

(Department of Foreign Languages of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC)

**Abstract:** By analyzing four psychological barriers that affects creative competence in college English teaching, this paper puts forwards five ways to reform the college English teaching to cultivate creative personnel as follows: arousing deep motive of English learning; recognizing the principal roles of the students; laying a wide and solid foundation; receiving creative thought training; devoting much attention to the training of students' personalities.

**Keywords:** college English teaching; psychological barriers; creative personnel

(上接第36页)

### 4 结束语

从图4实际均衡化结果示意图知直方图均衡化的效果和理想化效果有一定的差别,在图象上

#### 参考文献:

- [1] 章毓晋.图象处理和分析[M].北京:清华大学出版社,1990.  
 [2] 田捷,沙飞,张新生.实用图象分析与处理技术[M].北京:电子工业出版社,1995.

增加了可视粒度,在一些具体的细节上没有得到改进。可以对均衡化直方图进行规定化<sup>[2]</sup>加以改进。

## Realization of Image's Linearization of Gray-level Histogram

GAO Jun

(Department of Computer Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC)

**Abstract:** Through expounding the theory, modeling, algorithm and program of rectifying the gray-level histogram, explain how to linearize the gray-level histogram and thento improve the image.

**Keywords:** Linearization; Gray-level; Specification

(上接第48页)

#### 参考文献:

- [1] 王惠棣,郑永星.物理实验[M].天津:天津大学出版社,1997.

## Brief Discussions on the Senility of the Self-assembling Wheatstone Bridge

CUI Ye-he

(Department of Basic Science of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC)

**Abstract:** This paper probes into the sensibility of the self-assembling Wheatstone Bridge and analyses the factors affecting the sensitivity of the bridge. The author also compares the theoretical calculation with the experimental results.

**Keywords:** Wheatstone Bridge; Sensitivity; Electric resistance