

文章编号: 1672 - 058X(2009)04 - 0327 - 03

最小二乘法在灵敏电流计实验中的应用

陈 刚

(重庆工商大学 计算机科学与信息工程学院, 重庆 400067)

摘 要: 用等偏法测得原始实验数据, 运用最小二乘法原理进行处理, 求得灵敏电流计两个基本参数——电流灵敏度和内阻, 并与直接作图法进行比较, 结果发现利用最小二乘法处理实验数据较之直接作图法更为精确。

关键词: 电流灵敏度; 内阻; 等偏法; 最小二乘法。

中图分类号: O241. 5

文献标志码: A

1 测量原理

灵敏电流计是一种灵敏度较高的动圈磁电式电流表, 可用来测量微弱电流 ($10^{-6} \sim 10^{-10}$ A) 或微小电压 ($10^{-3} \sim 10^{-8}$ V), 但更多的是用作检流计, 在要求较高的精密测量中作指零仪表。其主要特性参数为: (1) 电流常数 C_I 和电流灵敏度 S_I ; (2) 内阻 R_g 。其测量原理如图 1 所示。

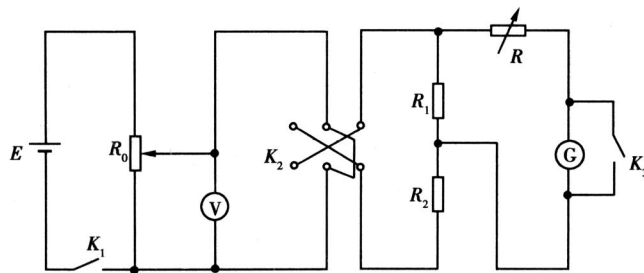


图 1 灵敏电流计 C_I 和 R_I 的测量电路

图中 R_0 为变阻器, 它将电源 E 分压, 分得的电压 U 由电压表测量, 电压 U 再由 R_1 和 R_2 进行第二次分压, R_1 较小, 而 R_2 较大, 二次分压后很小的电压 U_0 再通过限流电阻 R 加于电流计。

$$U_0 = \frac{R_1 // (R + R_g)}{R_2 + R_1 // (R + R_g)} U \tag{1}$$

由于 $R_1 \ll R_2$, 所以 $R_1 // (R + R_g) \ll R_2$, 上式可简化为:

$$U_0 = \frac{R_1 // (R + R_g)}{R_2} U = \frac{R_1 (R + R_g)}{R_2 (R_1 + R + R_g)} U \tag{2}$$

设这时流经电流计的电流为 I_g , 电流计光标偏移 d 分度, 则:

收稿日期: 2009 - 03 - 23; 修回日期: 2009 - 04 - 01。

作者简介: 陈刚 (1974 -), 男, 重庆市渝北人, 讲师, 从事理论物理研究。

$$U_0 = I_g(R + R_g) = (R + R_g)C_1d \quad (3)$$

解式(2)和式(10),得电阻 R 与电压 U 之间的关系为:

$$R = \frac{1}{C_1d} \cdot \frac{R_1}{R_2}U - (R_g + R_1) = aU + b \quad (4)$$

式(4)中,令 $a = \frac{1}{C_1d} \cdot \frac{R_1}{R_2}$, $b = -(R_g + R_1)$

由式(4)可知,固定 R_1 和 R_2 不变,并维持电流计光标等偏(d 为恒定值)的条件下, R 与 U 具有线性关系,作 $R \sim U$ 直线,直线在 R 轴上的截距为 b ,所以有:

$$R_g = -b - R_1 \quad (5)$$

直线的斜率为 a ,所以有:

$$S_I = \frac{1}{C_1} = \frac{adR_2}{R_1} \quad (6)$$

2 实验及数据处理

用等偏法测量电流计“ $\times 1$ ”档的电流灵敏度和内阻。实验电路按图 1 连接。连接线路时先将阻尼开关 K_3 接上并闭合,电源开关 K_1 断开,变阻器 R_0 的滑动头调至 U 值最小位置,取分压电阻 $R_1 = 1$, $R_2 = 10\,000$,在等偏条件下,测定 $R \sim U$ 的变化关系,见表 1。

表 1 R 随 U 变化的实验数据

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_i/V	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000
$R_{\text{左}i}/\Omega$	125	269	409	546	690	833	980	1120	1262	1410
$R_{\text{右}i}/\Omega$	118	262	401	549	689	832	976	1118	1255	1402
\bar{R}_i/Ω	121.5	265.5	405	542.5	689.5	832	978	1119	1258.5	1406

利用最小二乘原理,采用 excel 计算程序对数据进行处理,可得:

$$a = \frac{\sum U_i \bar{R}_i - n \sum U_i \bar{R}_i}{(\sum U_i)^2 - n \sum U_i^2} = 713.0606$$

$$b = \frac{\sum U_i \bar{R}_i \sum U_i - \sum \bar{R}_i \sum U_i^2}{(\sum U_i)^2 - n \sum U_i^2} = -22.5667$$

$$R \text{ 的标准偏差: } R = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} [R_i - (aU_i + b)]^2 / 10} = 2.70$$

$$a \text{ 的的标准偏差: } a = \frac{R}{\sqrt{n \sum U_i^2 - (\sum U_i)^2}} = 0.47$$

$$b \text{ 的的标准偏差: } b = \sqrt{U_i^2} a = 0.72$$

$$\text{线性相关系数: } r = \frac{\sum (U_i - \bar{U}) \sum (\bar{R}_i - \bar{R})}{\sqrt{\sum (U_i - \bar{U})^2 \sum (\bar{R}_i - \bar{R})^2}} = 0.999983$$

$|r|$ 非常接近 1, 这个结果表明 R, U 两个变量之间的线性相关程度很高。将 a, b 代入式 (5)、式 (6) 可得:

$$R_g = -b - R_1 = 21.57$$

$$S_I = \frac{1}{C_I} = \frac{adR_2}{R_1} = 3.56 \times 10^8 \text{ div/A}$$

$$C_I = \frac{1}{S_I} = 2.80 \times 10^{-9} \text{ A/div}$$

由作图法可得: $a = 712.5, b = -23.0$ 。代入式 (5)、式 (6) 有: $R_g = 22, C_I = 2.81 \times 10^{-9} \text{ A/div}$ 。

3 结 论

对于 AC/15 型灵敏流计而言, 从仪器标示牌上的基本参数指标有: $R_g = 21, C_I = 2.6 \times 10^{-9} \text{ A/div}$ 。实验结果表明: 利用最小二乘法处理实验数据较之直接作图法更为精确。因而, 在对实验数据进行处理时, 要根据计算精度选择恰当的处理方法。

参考文献:

- [1] 王琰, 王代新, 龙涛, 等. 大学物理实验 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008
- [2] 王良科, 李浩波, 徐莎. 最小二乘法在液体粘滞系数实验中的应用 [J]. 大学物理实验, 2007, 20(3): 67-69
- [3] 刘翠霞. 一类误差非独立的变量含误差模型 [J]. 重庆工商大学学报: 自然科学版, 2007, 24(3): 237-240
- [4] 范巧成. Excel 在线性回归法测量不确定度评定中的应用 [J]. 理化检验 - 化学分册, 2005, 41(9): 678-680
- [5] 潘孟美, 王四海, 林小妹. 最小二乘法在普通物理实验中的应用 [J]. 海南师范学院学报: 自然科学版, 2003, 16(4): 29-32
- [6] 赵天玺, 李兆勤. 回归系数的一种有偏估计 [J]. 重庆工商大学学报: 自然科学版, 2007, 24(6): 541-542

Application of the least square method in experiment of sensitive galvanometer

CHEN Gang

(School of Computer Science and Information Engineering,
Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: This paper uses equal amount of deflection to obtain primitive experimental data, uses the least square method principle to process galvanometer, obtain sensitive galvanometer's two basic parameters such as current sensitivity and interface resistance, and compares with the result gained by the direct graphic method. The results show that the experimental data processed by the least square method are more accurate than the data processed by direct graphic method.

Key words: current sensitivity; interface resistance; equal amount of deflection method; least square method

责任编辑: 田 静