



灵敏电流计特性的研究

楚雄师范学院 物理与电子科学学院 向文丽



讲课内容

1

实验背景

2

实验目的

3

实验原理

4

实验内容

5

数据处理

1. 实验背景

- 灵敏电流计（又称检流计）属磁电系仪表。它分指针式和光标式两种。

普通电表中线圈是安放在轴承上，**检流计**使用极细的金属悬丝代替轴承悬挂在磁场中，**有很弱的电流通过线圈就足以使它产生显著的偏转。**

灵敏电流计可检测微弱电流 $10^{-6}\sim 10^{-10}\text{A}$ 或微小电压 $10^{-3}\sim 10^{-6}\text{V}$ ，常用于光电流、生物电流、温差电动势等电学量的测量。此外，它还常用作**高精密电势差计及电桥等仪器的示零器。**

2. 实验目的

1

了解灵敏
电流计的
基本结构
和工作原
理

2

• **学会**正确
使用灵敏电
流计

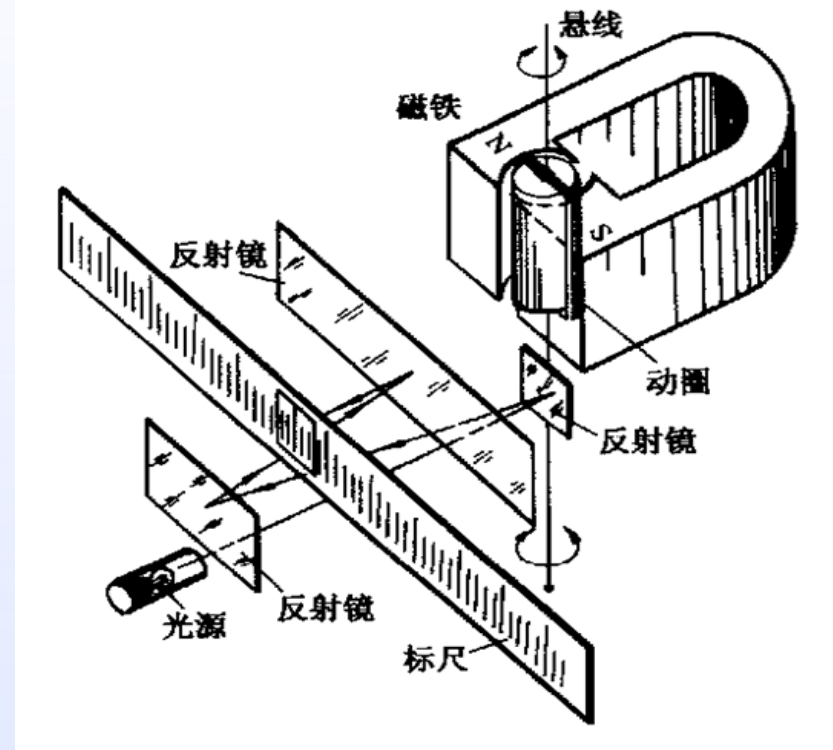
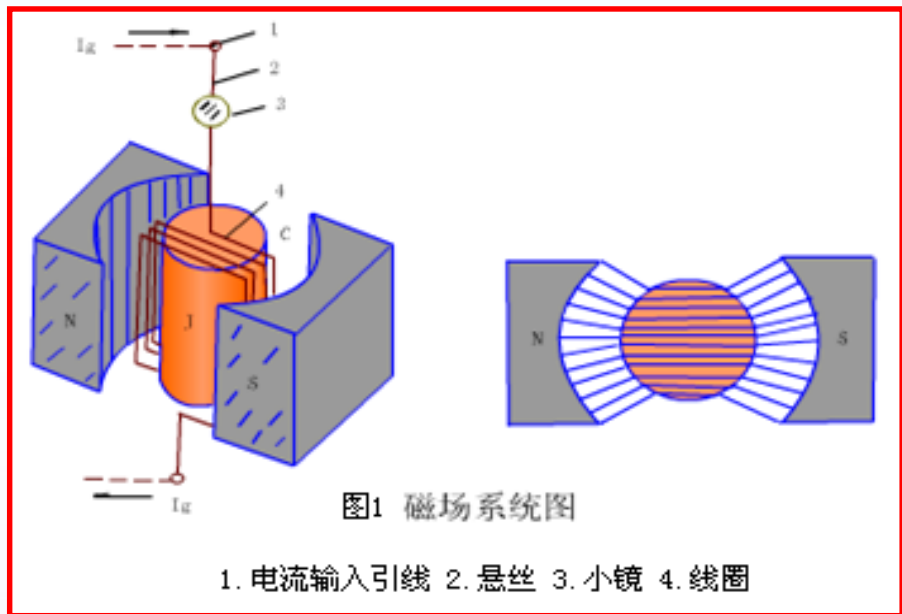
3

掌握测量
灵敏电流
计内阻和
灵敏度的
方法

3. 实验原理

灵敏电流计的结构

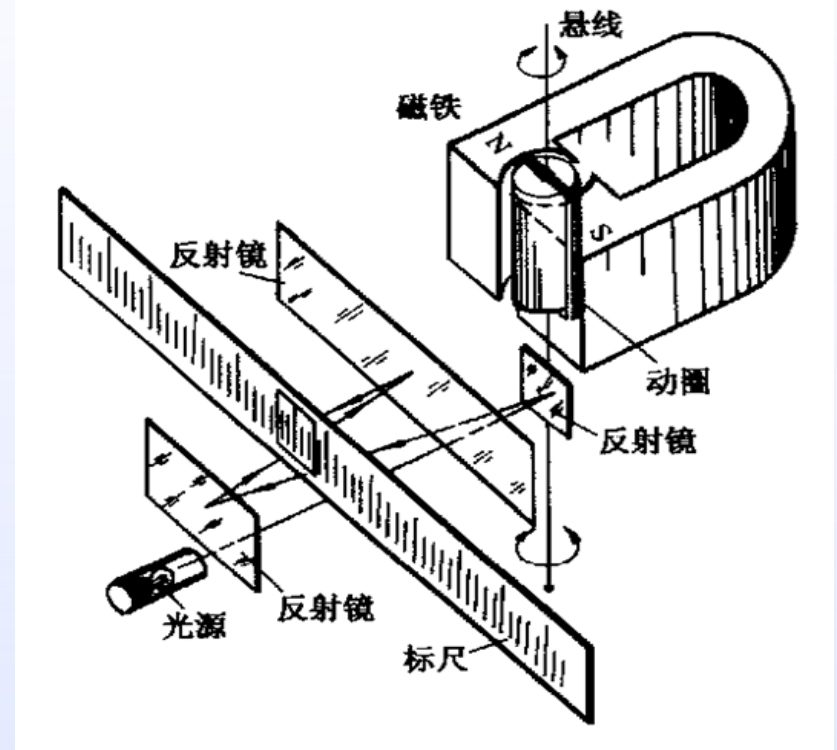
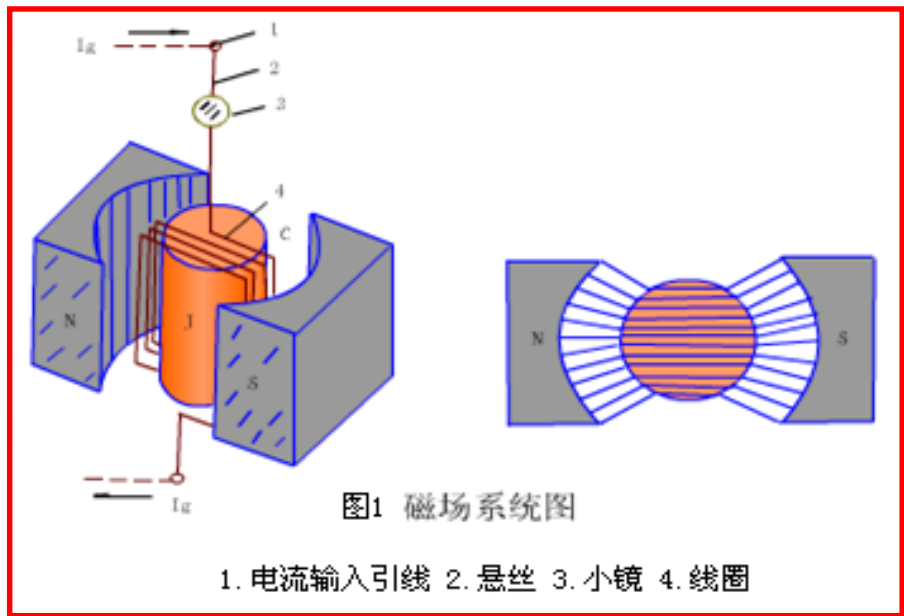
- **磁场部分**：永久磁铁产生磁场，圆柱形软铁芯使磁铁磁极隙间磁场呈均匀辐射式。
- **偏转部分**：线圈可在磁场中转动，上下两端用金属丝绷紧，金属丝同时作为线圈两端的电流引线。
- **读数部分**：由光源、反射镜和标尺共同成。其作用相当于电表的指针。 $d = 2\theta L$



3. 实验原理

灵敏电流计的结构

当被测电流通过电流计的线圈时，在磁场的作用下，线圈受到力矩的作用而发生转动，同时，由于张丝随线圈转动而发生变形，产生反抗力矩，此力矩正比于线圈的偏转角。以上两个等大反向的力矩使线圈处于稳定时，偏转角与电流成正比。从而根据偏转角的大小，确定被测电流的大小；或根据上面所述光标指针偏转的距离，确定被测电流值。



3. 实验原理

灵敏电流计的运动状态

- 电流计线圈电流发生变化后（接通或切断，增大或减小），光标会来回移动，最终回到新的平衡位置，需考虑电磁阻尼力矩 $M_{阻}$

$$M_{阻} = -p \frac{d\theta}{dt} = -\frac{(NSB)^2}{R_g + R_{外}} \frac{d\theta}{dt}$$

$$M_{阻} \propto \frac{1}{R_g + R_w}$$

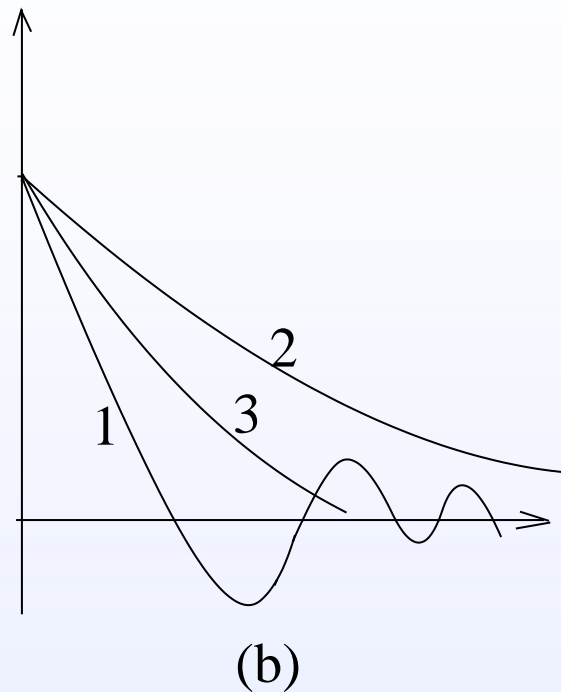
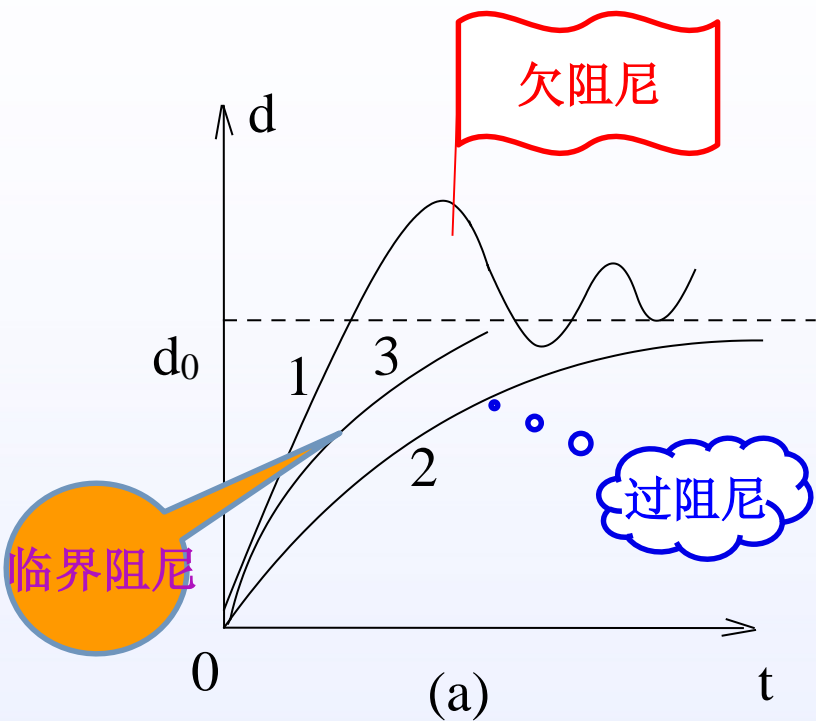
R_w 外电阻

通过改变 $R_{外}$ 的大小可控制电磁阻尼力矩 M 的大小。
 M 不同，线圈的运动状态也不同，可分为三种状态：

3. 实验原理

灵敏电流计的运动状态

$$M_{\text{阻}} \propto \frac{1}{R_g + R_w}$$



1、欠阻尼状态
($R_{\text{外}}$ 较大时, M 较小)

2、过阻尼状态
 $R_{\text{外}}$ 较小时, M 较大

3、临界阻尼状态
 $R_{\text{外}}$ 适当

(a)、接通电源时

(b)、断开电源时

3. 实验原理

灵敏电流计的参数

(1) 内阻 R_g 电流计内的线圈电阻和内部引线电阻之和

(2) 电流灵敏度 S_I 表示单位电流所引起的偏转格数，即

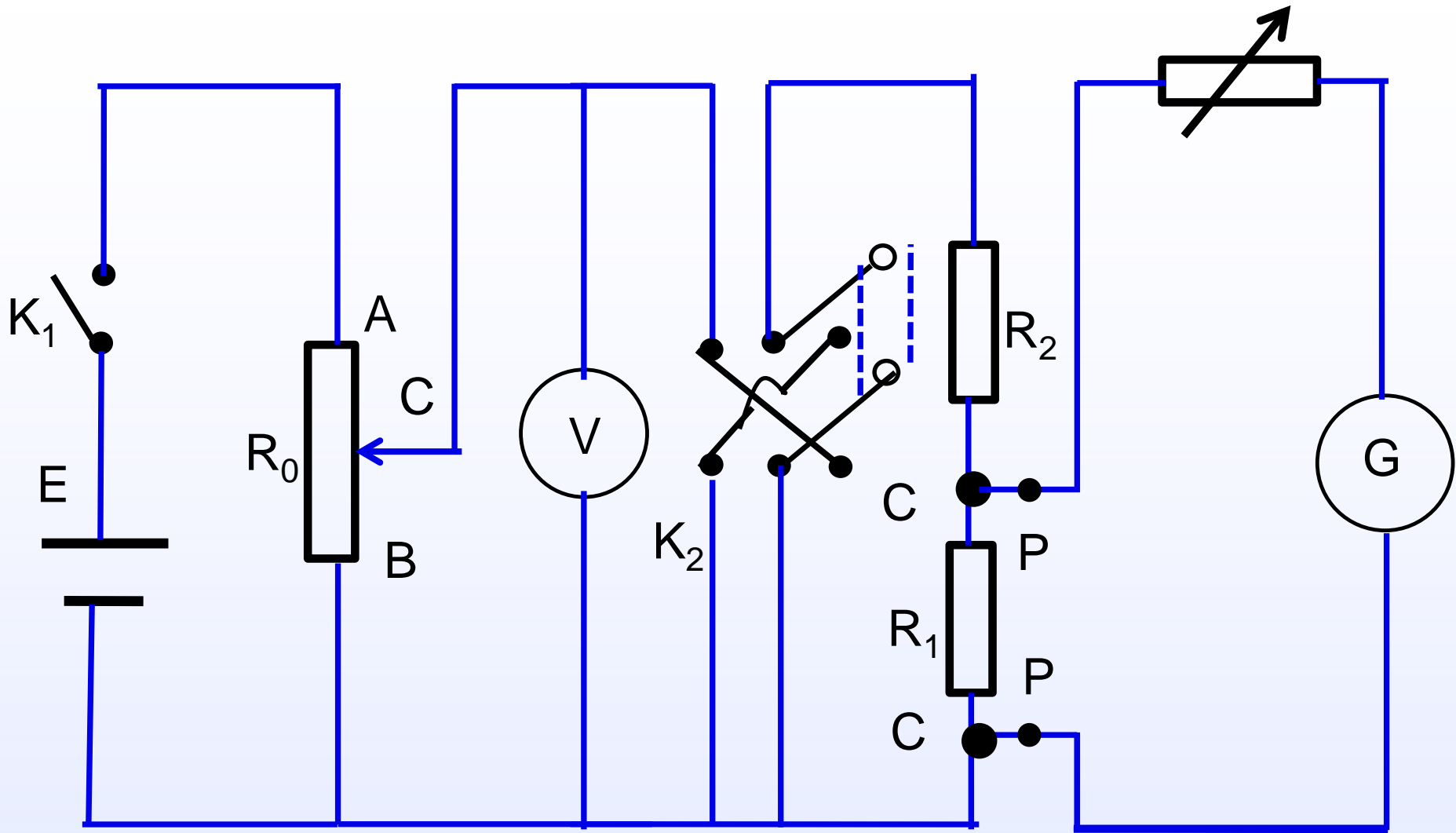
$$S_I = \frac{d}{I}$$

其单位为：div/A，对确定的灵敏电流计，

S_I 为常量，一般每格对应1mm

3. 实验原理

灵敏电流计的灵敏度和内阻的测量方法



$$R = -(R_g + R_1) + \frac{R_1 S_1}{R_2 d} U$$

$$R = A + BU$$

4. 实验内容

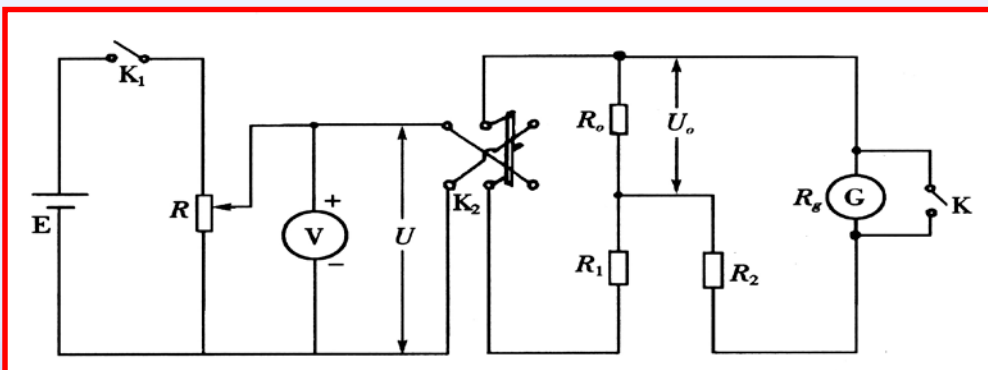
1. 考查灵敏电流计线圈的运动状态与外电阻 的关系并测定外临界电阻 R_c 。
2. 测灵敏电流计的内阻 R_g 。
3. 测定灵敏电流计的灵敏度 S_I 。

5. 数据处理

线性回归法 $R_1 = 1\Omega$ $R_2 = 20000\Omega$ $d = 40\text{div}$

| | | | | | | | | | | |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| U/V | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 |
| R'/Ω | 516 | 480 | 442 | 404 | 368 | 333 | 292 | 255 | 222 | 183 |
| R''/Ω | 518 | 480 | 444 | 406 | 368 | 334 | 298 | 257 | 218 | 181 |
| R/Ω | 517 | 480 | 443 | 405 | 368 | 334 | 295 | 256 | 220 | 182 |

$$R = -(R_g + R_1) + \frac{R_1 S_I}{R_2 d} U$$



(1) 先计算相关系数、斜率、截距

$$\bar{U} = 1.05$$

$$\bar{R} = 350$$

$$\Sigma U = 10.5$$

$$\Sigma U = 10.5$$

$$\Sigma R = 3500$$

$$\Sigma R = 3500$$

$$\Sigma U^2 = 11.85$$

$$\Sigma R^2 = 1339028$$

$$\Sigma UR = 3981.7$$

$$L_{UU} = \Sigma U^2 - \frac{(\Sigma U)^2}{n} = 11.85 - \frac{(10.5)^2}{10} = 0.825$$

$$L_{RR} = \Sigma R^2 - \frac{(\Sigma R)^2}{n} = 1339028 - \frac{(3500)^2}{10} = 114028$$

$$L_{UR} = \Sigma UR - \frac{\Sigma U \cdot \Sigma R}{n} = 3981.7 - \frac{10.5 \times 3500}{10} = 306.7$$

$$\text{相关系数: } Re = \frac{L_{UR}}{\sqrt{L_{UU} \cdot L_{RR}}} = \frac{306.7}{\sqrt{0.825 \times 114028}} = 0.999956363$$

$$\text{斜率: } B = \frac{L_{UR}}{L_{UU}} = \frac{306.7}{0.825} = 371.758$$

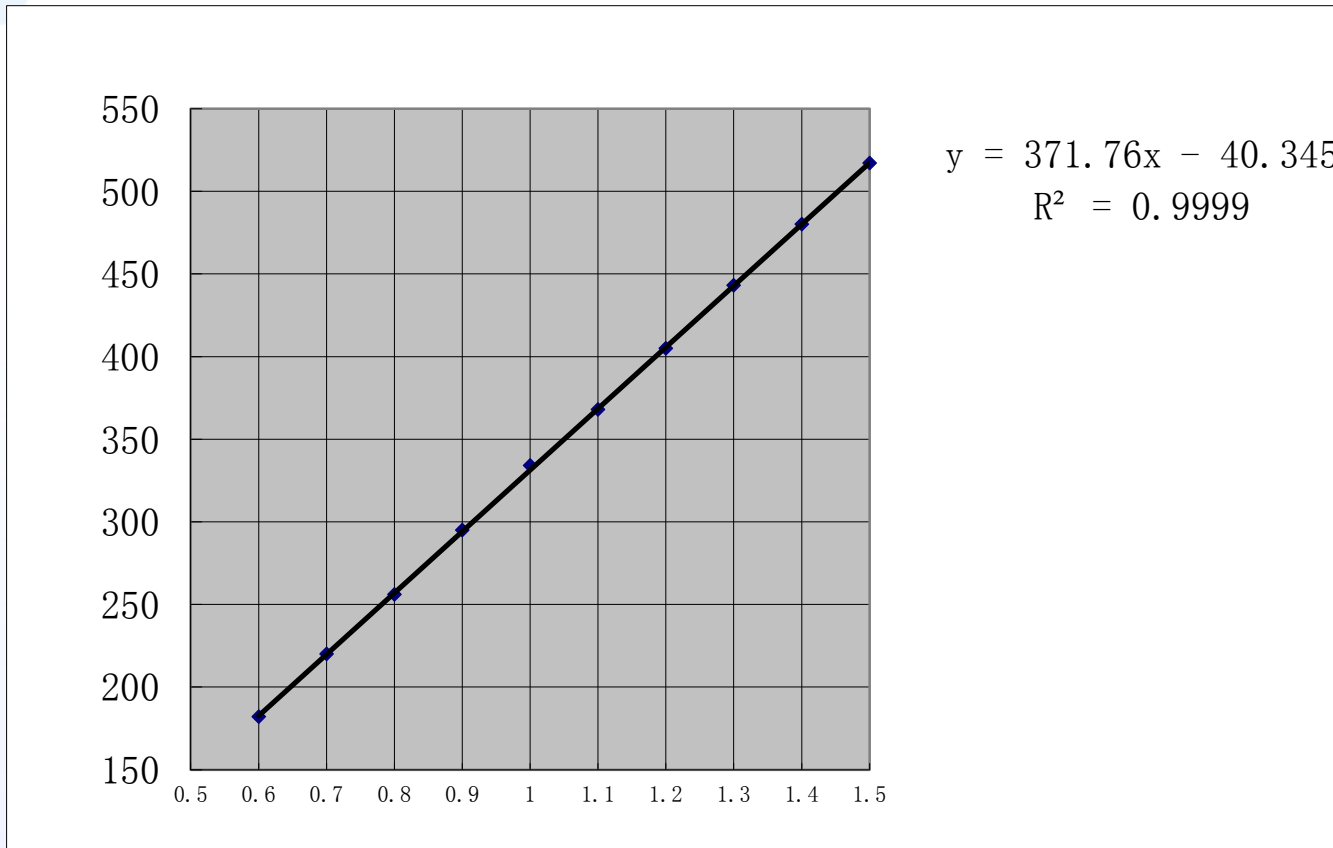
$$\text{截距: } A = \bar{R} - B\bar{U} = 350 - 371.758 \times 1.05 = -40.345$$

(2) 计算灵敏电流计的参数

$$\text{内阻: } R_{\varepsilon} = -(A + R_1) = -(-40.345 + 1) = 39.345 \quad (\Omega)$$

$$\text{电流灵敏度: } S_I = \frac{R_2 dB}{R_1} = \frac{20000 \times 40 \times 371.758}{1} = 2.974 \times 10^8 \quad (\text{div/A})$$

$$\text{电流常数: } K_I = \frac{1}{S_I} = \frac{1}{2.974 \times 10^8} = 3.362 \times 10^{-9} \quad (\text{A/div})$$



$$R = -(R_g + R_1) + \frac{R_1 S_I}{R_2 d} U$$

$$R = A + BU$$

$$A = -(R_g + R_1)$$

$$B = \frac{R_1 S_I}{R_2 d}$$



注意事项

- 不能将灵敏电流计背板上的“220v”和“6v”两个电源插口弄错。
- 改变外电阻 R_2 后一定要调零, 克服“零飘”。
- 灵敏电流计不使用或搬动时应选择“短路”档。

谢谢!



Thanks For Your Attention!!!

