

电学元件的伏安特性测量

构建闭合电路会使用各种电学元件，如线性电阻、二极管、三极管、各种光敏、热敏和压敏元件等。为了更好的设计闭合电路以用于各种应用，有必要研究电学元件的导电性，作出其伏安特性曲线，了解其电压与电流的关系。

通过电压表和电流表准确测出电学元件的电压与电流的变化关系称为伏安测量法（简称伏安法）。这是电学中常用的测量方法，也是大学物理实验教学中必须要求学生掌握的基本测量方法之一。学习伏安测量法时，需注意这一点：由于测量时测量线路中引入了电表，电表内阻必然会影响其测量结果，因而应考虑对测量结果进行必要的修正，以减少误差。

本实验中我们将学习测量电学元件伏安特性的基本方法，掌握用伏安法测电阻、小灯泡、二极管时内外两种接法及相应的修正方法，并测量和了解线性和非线性电学元件的伏安特性。

实验中采用的小灯泡，非线性元件（二极管），数字万用表，直流电压表，直流稳压电源，滑线变阻器，电阻箱，开关，导线等相关技术指标见前文实验设备介绍中部分。

【实验原理】

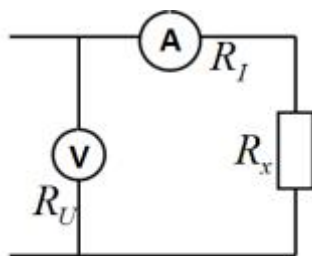
在电学元件两端加上电压，元件中就会有电流通过。通过元件的电流与电压之间的函数关系被称为元件的伏安特性，以电压为横坐标、电流为纵坐标作出的曲线称为该电学元件的伏安特性曲线。

伏安特性曲线反映出电学元件的导电特性。若伏安特性曲线为一条直线，说明电压和电流间呈线性关系，可称为线性电学元件；若伏安特性曲线不是直线，说明电压和电流间呈非线性关系，这类元件称为非线性电学元件，如二极管、稳压管等。

当电流通过待测电学元件时，用电压表测出元件两端的电压 U ，用电流表测出通过元件的电流 I 。这种测量电学元件的方法即伏安法。由于电压表和电流表都存在内电阻 R_V 和 R_I ，实际测量中得到的电压值和电流值与被测电学元件两端的电压和通过它的电流的真实值不同，即存在系统误差。而且使用伏安法测量电学元件还可选用不同的测量电路，这也会导致不同的系统误差。下面将对伏安法的两种测量电路及其系统误差进行详细分析。

1、电流表内接

如下图所示，使用伏安法测量电阻，电流表与待测电阻 R_x 串联，电压表所测电压是二者的共同分压，此种测量电路被称为电流表内接，简称内接法。



电流表内接

内接法中，电压表读数为 R_x 和 R_I 上的电压之和，即：

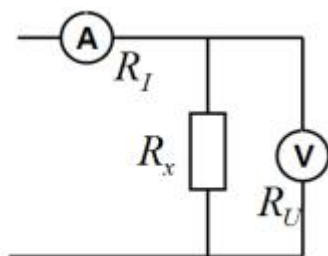
$$U = I(R_x + R_I) \quad R_x = \frac{U}{I} - R_I$$

若用 $R_{\text{测}} = \frac{U}{I}$ 计算待测电阻值，则 $R_{\text{测}} > R_x$ ，其测量系统误差为：

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{R_{\text{测}} - R_x}{R_x} = \frac{R_I}{R_x}$$

由上式可见，只有当 $R_x \gg R_I$ 时，其测量系统误差才相对较小，可忽略不计。

2、电流表外接



外接法如上图所示，外接法中电压表读数为待测电阻 R_x 两端的电压，但电流表读数

为通过 R_x 和 R_U 的电流之和，即：
$$I = I_x + I_U = \frac{U}{R_x} + \frac{U}{R_U}$$

若用 $R_{\text{测}} = \frac{U}{I} = \frac{R_x \cdot R_U}{R_x + R_U}$ 计算待测电阻值，则 $R_{\text{测}} < R_x$ ，其测量系统误差为：

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{|R_{\text{测}} - R_x|}{R_x} = 1 - \frac{R_U}{R_x + R_U} = \frac{R_x}{R_x + R_U}$$

由上式可见，只有当 $R_U \gg R_x$ 时，其测量系统误差才相对较小，可忽略不计。

因此，要利用伏安法较准确地测量待测电阻，应首先知道 R_x 、 R_U 、 R_I 的大概电阻值，从而选择合适的测量电路，以减小测量中的系统误差。

待测电学元件为小灯泡时，直接把测量电路中的待测电阻换为灯泡即可。测量时要注意，电压表读数不得超过小灯泡的耐压值，以免烧坏小灯泡。

待测电学元件为二极管时，把测量电路中的待测电阻换为二极管；考虑到二极管导通后电阻值很小，测量二极管的正向伏安特性时宜采用电流表外接；测量二极管的反向伏安特性时将二极管反接，采用电流表内接。

【实验内容】

1、仪器准备，检查电源处于关闭状态，把直流稳压电源输出旋钮调整到最小，连接测量电路。

2、测量电阻的伏安特性，先连接电流表内接电路，电压表量程选择 20 V，电流表量程选择 20 mA。调节直流稳压电源，从电压表读数为 0.50V 起，以步长 0.50V 递增到 4.00V，并分别记录相应的电压表和电流表读数。再连接电流表外接电路，重复上面的测量过程。

3、测量小灯泡的伏安特性，先连接电流表内接电路，电压表量程选择 20 V，电流表量程选择 200 mA。调节直流稳压电源，使电压表读数从 0.1V，0.2V……逐渐增加，直至小灯泡开始点亮，并记录下此时的电压表读数和电流表读数。以记录的小灯泡点亮的电压表读数为起点，调节电源使电压表读数以步长 0.50V 递增，直至电压表读数接近小灯泡的耐压值，并分别记录相应的电压表和电流表读数。再连接电流表外接电路，重复上面的测量过程。

4、测量二极管的正向伏安特性时宜采用电流表外接电路，电压表量程选择 2 V，电流表量程选择 20 mA；调节直流稳压电源，使电压表读数从 0.1V，0.2V……逐渐增加，并分别记录相应的电压表和电流表读数，直至电流表超量程即可停止。测量二极管的反向伏安特性时宜采用电流表内接电路，电压表量程选择 20 V，电流表量程选择 200 μ A；将二极管反接，调节直流稳压电源，使电压表读数从 0.1V，0.2V……逐渐增加直至 10V，并分别记录相应的电压表和电流表读数。

5、测量完成后，关闭电源并拆除电路。整理记录的电压表和电流表读数，计算电学元件的电阻值，分析比较测量中的系统误差，并在坐标纸上标注各种电学元件的伏安特性曲线。

【实验注意事项】

- 1、直流稳压电源输出旋钮在每次开启电源前一定要调整到最小。
- 2、测量电学元件前必须检查电路，确保连接正确后再开启电源。

【思考题】

- 1、测量电学元件之前该如何选择电表的量程？
- 2、小灯泡点亮时和熄灭时电压表读数是否一致，该如何解释？小灯泡在测量时电阻如何变化，为什么？
- 3、试通过测量出的二极管的正向和反向伏安特性，解释二极管的电阻特性。