

实验二 电路元件伏安特性的测绘及电源外特性的测量

一. 实验目的

1. 学习测量线性和非线性电阻元件伏安特性的方法，并绘制其特性曲线
2. 学习测量电源外特性的方法
3. 掌握运用伏安法判定电阻元件类型的方法
4. 学习使用直流电压表、电流表，掌握电压、电流的测量方法

二. 实验原理与说明

1. 电阻元件

(1) 伏安特性

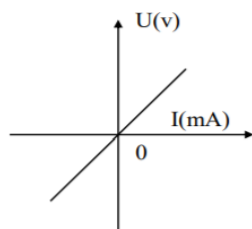
二端电阻元件的伏安特性是指元件的端电压与通过该元件电流之间的函数关系。

(2) 线性电阻元件

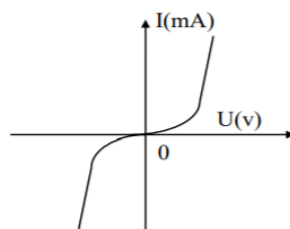
线性电阻元件的伏安特性满足欧姆定律。在关联参考方向下，可表示为： $U=IR$ ，其中 R 为常量，称为电阻的阻值，它不随其电压或电流改变而改变，其伏安特性曲线是一条过坐标原点的直线，具有双向性。如图 2-1 (a) 所示。

(3) 非线性电阻元件

非线性电阻元件不遵循欧姆定律，它的阻值 R 随着其电压或电流的改变而改变，即它不是一个常量，其伏安特性是一条过坐标原点的曲线，如图 2-1 (b) 所示。



(a) 线性电阻的伏安特性曲线



(b) 非线性电阻的伏安特性曲线

图 2-1 伏安特性曲线

2. 直流电压源

(1) 直流电压源

理想的直流电压源输出固定幅值的电压，而它的输出电流大小取决于它所连接的外电路。因此它的外特性曲线是平行于电流轴的直线，实际电压源的电压 U 和电流 I 的关系式为：

$$U = U_s - R_s \cdot I$$

3. 直流电流源 (DC current source)

(1) 直流电流源

理想的直流电流源输出固定幅值的电流，而其端电压的大小取决于外电路，因此它的外特性曲线是平行于电压轴的直线，实际电流源的电流 I 和电压 U 的关系式为：

$$I = I_s - U \cdot G_s$$

三. 实验设备

名称	数量	型号
1. 三相空气开关	1 块	30121001
2. 多功能交直流电源	1 块	30221095
3. 恒流源	1 块	30111113
4. 直流电压电流表	1 块	30111047
5. 电阻	13 只	1Ω*1, 5.1Ω*1, 10Ω*1, 22Ω*1, 51Ω*2, 100Ω*2, 220Ω*1, 1kΩ*1
6. 白炽灯泡	1 只	12V/0.1A
7. 灯座	1 只	M=9.3mm
8. 短接桥和连接导线	若干	P8-1 和 50148
9. 实验用 9 孔插件方板	1 块	297mm × 300mm

四. 实验步骤

1. 测量线性电阻元件的伏安特性

(1) 按图 2-4 接线，取 $R_L=51\Omega$ ， U_s 用直流稳压电源，先将稳压电源输出电压旋钮置于零位。

(2) 调节稳压电源输出电压旋钮，使电压 U_s 分别为 0V、2V、4V、6V、8V、10V，并测量对应的电流值和负载 R_L 两端电压 U ，数据记入表 2-1。然后断开电源，稳压电源输出电压旋钮置于零位。

表 2-1 线性电阻元件实验数据

U_s (V)	0	2	4	6	8	10
I (mA)	0	19.8	39.5	59.3	79.3	99.2
U (V)	0	0.98	1.97	2.95	3.94	4.93
$R=U/I$ (Ω)	/	49.495	49.873	49.747	49.685	49.698

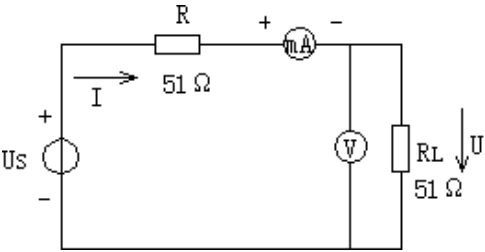


图 2-4 线性电阻元件的实验线路

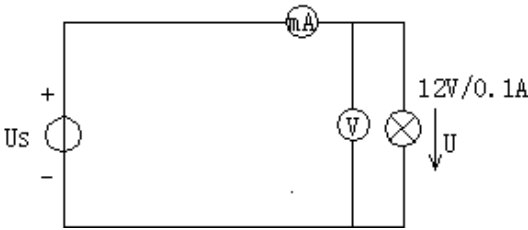
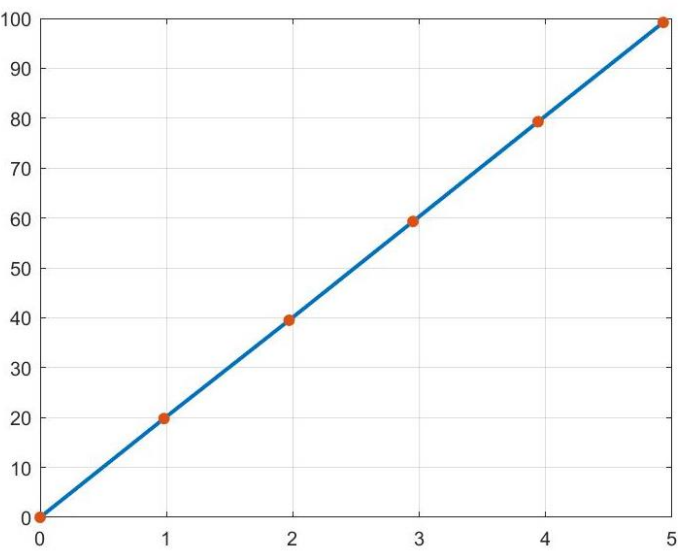


图 2-5 非线性电阻元件的实验线路

(3) 根据测得的数据，在下面坐标平面上绘制出 $R_L=51\Omega$ 电阻的伏安特性曲线。先取点，再用光滑曲线连接各点。



2. 测量非线性电阻元件的伏安特性

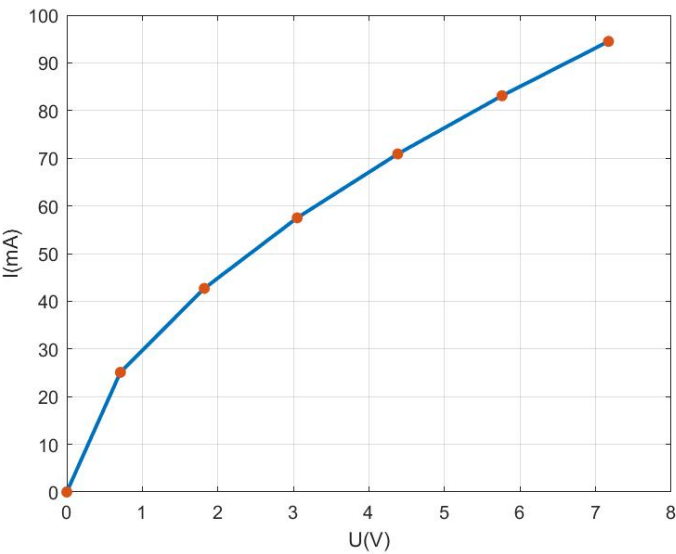
(1) 按图 2-5 接线，实验中所用的非线性电阻元件为 12V/0.1A 小灯泡。

(2) 调节稳压电源输出电压旋钮，使其输出电压分别为 0V、2V、4V、6V、8V、10V、12V，测量相对应的电流值 I 及灯泡两端电压 U，将数据记入表 2-2 中。断开电源，将稳压电源输出电压旋钮置零位。

表 2-2 非线性电阻元件实验数据

Us (V)	0	2	4	6	8	10	12
I (mA)	0	25.1	42.7	57.5	70.9	83.1	94.5
U (V)	0	0.71	1.82	3.05	4.38	5.76	7.17
R=U/I (Ω)	/	28.287	42.623	53.043	61.777	69.314	75.873

(3) 根据测得的数据在下面坐标平面上绘制出白炽灯的伏安特性曲线。



3. 测量直流电压源的伏安特性

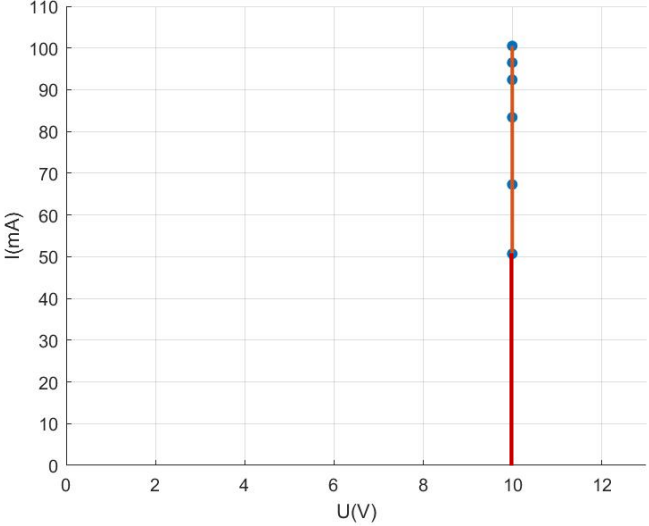
(1) 按图 2-6 接线，将直流稳压电源视作直流电压源，取 $R=100\ \Omega$ 。

(2) 稳压电源的输出电压调节为 $U_s=10V$ ，改变电阻 R_L 的值，使其分别为 100、51、22、10、5.1、1，测量其相对应的电流 I 和直流电压源端电压 U，记于表 2-3 中。

表 2-3 电压源实验数据

$R_L\ (\Omega)$	100	51	22	10	5.1	1
I (mA)	50.7	67.3	83.4	92.4	96.5	100.5
U (V)	9.99	9.99	9.99	9.99	9.99	9.99

(3) 根据测得的数据在下面坐标平面上绘制出直流电压源的伏安特性曲线。



4. 测量实际直流电压源的伏安特性

(1) 按图 2-7 接线，将直流稳压电源 U_s 与电阻 R_o （取 $51\ \Omega$ ）相串联来模拟实际直流电压源，如图中虚线框内所示，取 $R=100\ \Omega$

(2) 将稳压电源输出电压调节为 $U_s=10V$ ，改变电阻 R_L 的值，使其分别为 $100\ \Omega$ 、 $51\ \Omega$ 、 $22\ \Omega$ 、 $10\ \Omega$ 、 $5.1\ \Omega$ 、 $1\ \Omega$ ，测量其相对应的实际电压源端电压 U 和电流 I ，记入表 2-4 中。

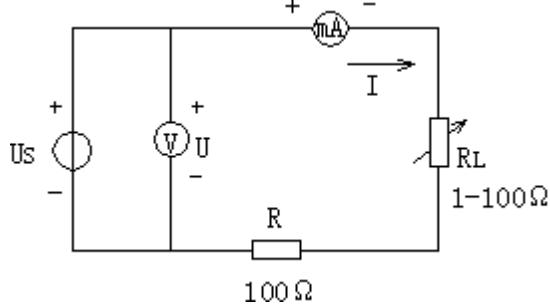


图 2-6 电压源实验线路

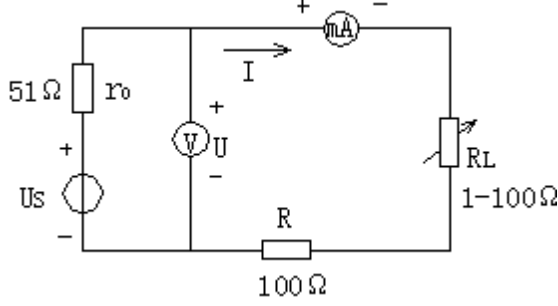
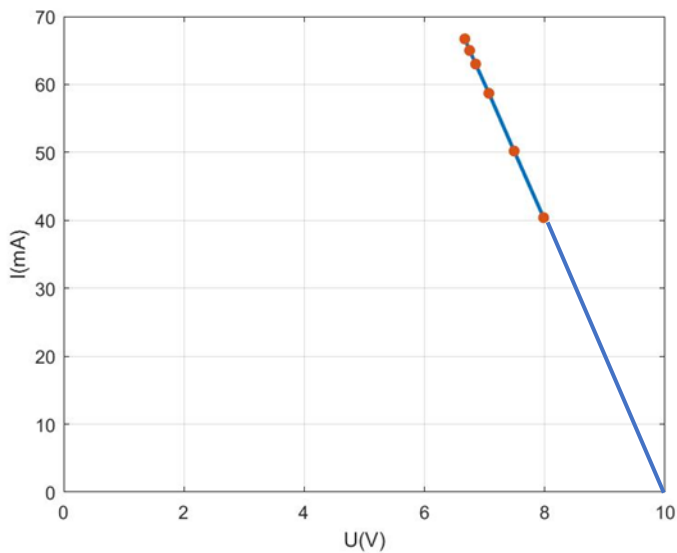


图 2-7 实际电压源实验线路

表 2-4 实际电压源实验数据

$R_L\ (\Omega)$	100	51	22	10	5.1	1
$I\ (mA)$	40.4	50.2	58.7	63.0	65.0	66.7
$U\ (V)$	7.98	7.49	7.07	6.85	6.75	6.67

根据测得的数据在下面平面坐标上绘制实际电压源的伏安特性曲线。



5. 测量直流电流源的伏安特性

(1) 按图 2-8 接线， R_L 为可变负载电阻。

(2) 调节直流稳压电源的输出电流为 $I_s=24mA$ ，改变 R_L 的值分别为 $330\ \Omega$ 、 $220\ \Omega$ 、 $100\ \Omega$ 、 $51\ \Omega$ 、 $22\ \Omega$ ，(其中 $330\ \Omega$ 采用 $220\ \Omega$ 与 $100\ \Omega$ 串联， $50\ \Omega$ 采用 2 个 $100\ \Omega$ 并联)，测量对应时电流 I 和电压 U ，记入表 2-5 中。

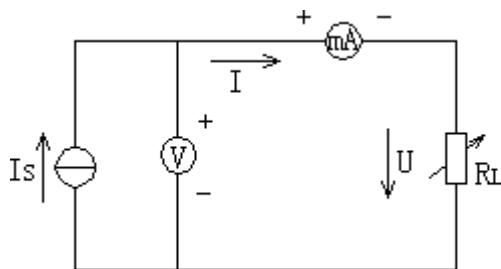


图2-8 电流源实验线路

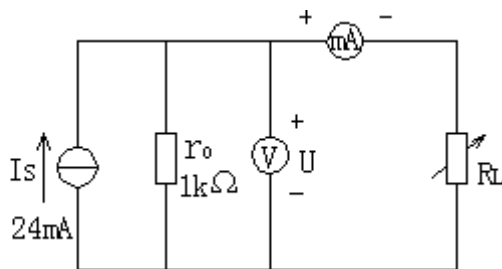
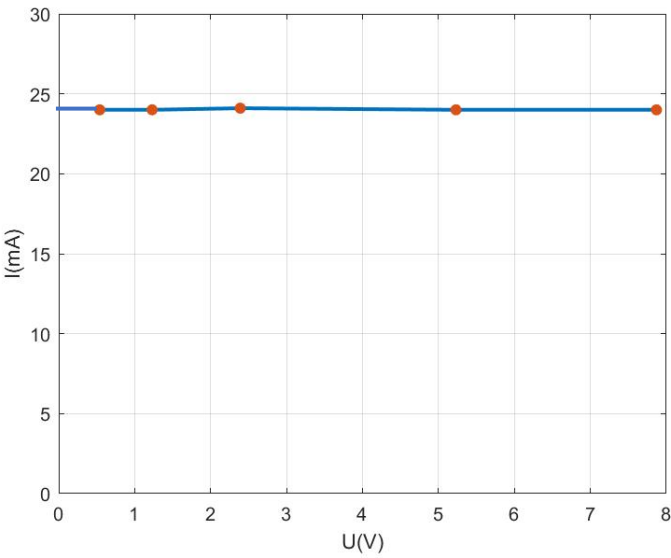


图2-9 实际电流源实验线路

表2-5 电流源实验数据

$R_L (\Omega)$	330	220	100	50	22
$I \text{ (mA)}$	24.0	24.0	24.1	24.0	24.0
$U \text{ (V)}$	7.87	5.23	2.39	1.23	0.54

(三) 根据测得的数据在下面坐标平面上绘制电流源的伏安特性曲线。



6. 测量实际直流电流源的伏安特性

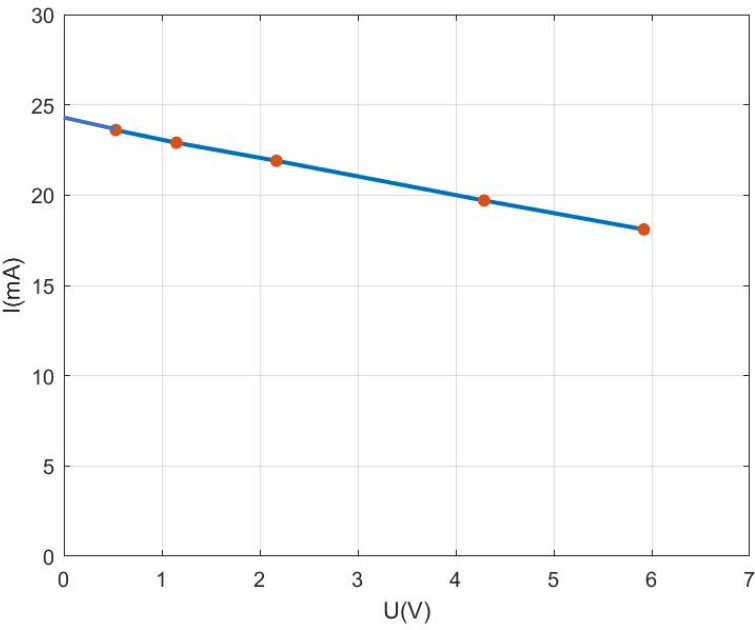
(1) 按图 2-9 接线， R_L 为负载电阻，取 $R_o = 1k$ ，将 R_o 与电流源并联来模拟实际电流源，如图中虚线框内所示。

(2) 调节电流源输出电流 $I_s=24\text{mA}$ ，改变 R_L 的值分别为 330、220、100、50、22，测量对应的电流 I 和电压 U ，记入表 2-6 中。

表 2-6 实际电流源实验数据

$R_L (\Omega)$	330	220	100	50	22
$I \text{ (mA)}$	18.1	19.7	21.9	22.9	23.6
$U \text{ (V)}$	5.92	4.29	2.17	1.15	0.53

(3) 根据测得的数据在坐标平面上绘制实际电流源的伏安特性曲线。



五. 注意事项

1. 电流表应串接在被测电流支路中，电压表应并接在被测电压两端，要注意直流仪表“+”、“-”端钮的接线，并选取适当的量限。
2. 使用测量仪表前，应注意对量程和功能的选择。
3. 直流稳压电源的输出端不能短路。

六. 分析和讨论

1. 比较 51 电阻与白炽灯的伏安特性曲线，得出什么结论？
2. 根据不同的伏安特性曲线的性质分别称它们为什么电阻？
3. 从伏安特性曲线看欧姆定律，它对哪些元件成立？哪些元件不成立？
4. 比较直流电压源和实际直流电压源的伏安特性曲线，从中得出什么结论？
5. 比较直流电流源和实际直流电流源的伏安特性曲线，从中得出什么结论？
6. 稳压电源串联电阻构成的电压源，它的输出电压与输出电流之间有什么关系？是否能写出伏安特性方程式？
7. 选取表 2-6 中的任一组实验结果，按式 (3-2) 计算出 R_s 、 G_s ，和实验参数比较。

- 1、白炽灯电阻为非线性电阻，温度越高，电阻越大
- 2、线性电阻和非线性电阻
- 3、对电阻、小灯泡等静态元件成立，对电感、电容等动态元件不成立
- 4、由于实际电压源存在内阻，所以其两端的电压跟电路中的电流有关系，电流越大，内阻的分压越大，电压源两端的电压越小
- 5、由于实际电流源存在内阻，会对外电路有分流作用，导致输出电流减小，内阻不变时，外电路电阻越大，内阻的分流作用越强。
- 6、 $U = U_s - R_s \cdot I$
- 7、 $I = I_s - U \cdot G_s$
 $R_L = 100\ \Omega$ 时， $I = 21.9\text{mA}$ ， $I_s = 24\text{mA}$ ， $U = 2.17\text{V}$
计算出 $G_s = 0.967$ ， $R_s = 1.034\ \text{k}\Omega$
试验参数为 $G_s = 1$ ， $R_s = 1\text{k}\Omega$ ，比较符合