

浙江大学实验报告

专业：

姓名：

学号：

日期：

地点：

课程名称： 电路与模拟电子技术实验 指导老师： 张治沁 成绩： _____

实验名称： 含源一端口网络等效参数和外特性测量；仪表内阻对测量结果的影响 实验类型： 电路实验

一、实验目的和要求

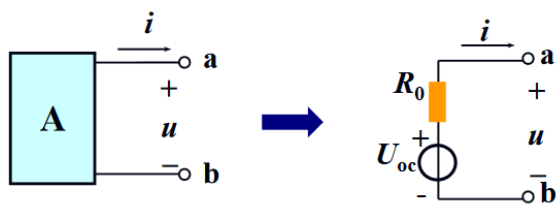
1. 验证戴维南定理和诺顿定理。
2. 验证电压源与电流源进行相互等效转换的条件。
3. 了解实验时电源的非理想状态对实验结果的影响。
4. 了解电压表、电流表内阻的测量方法。
5. 理解仪表内阻对测量误差的影响。
6. 掌握修正仪表内阻对测量误差影响的方法。

二、实验内容和原理

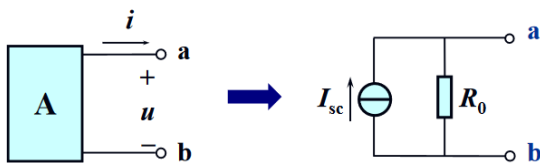
1 实验原理

- (1) 电路等效原理：任何一个线性网络，如果只研究其中一条支路的电压和电流，则可将电路的其余部分看作是一个含源的一端口网络。

戴维南定理：用一个等效电压源来代替其对外部电路的作用，该电压源的电动势等于这个含源一端口网络的开路电压，其等效内阻等于这个含源一端口网络中各电源均为零时的无源一端口网络的入端电阻。



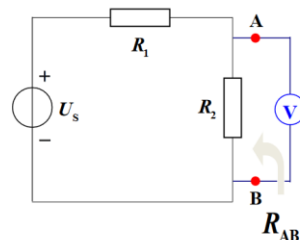
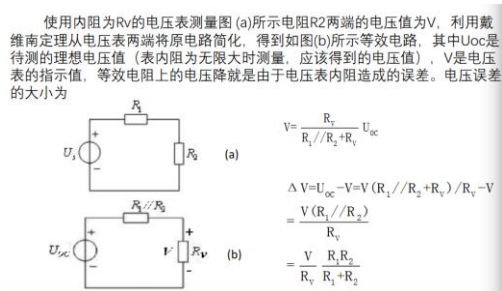
诺顿定理：含源一端口网络用等效电流源来代替，其等效电流就等于这个含源一端口网络的短路电流，其等效内电导等于这个含源一端口网络各电源均为零时的无源一端口网络的入端电导。



- (2) 仪表内阻对测量结果的影响和修正：仪表内阻是指仪表在工作状态下，在仪表两个输入端子之间所呈现的等效电阻或阻抗。在精确测量中，必须考虑由于输入电阻有限所引起的测量误差。

仪表内阻的常见测量方法有万用表直接测量、伏安法、半偏法等。

仪表内阻的修正方法：①电压表：

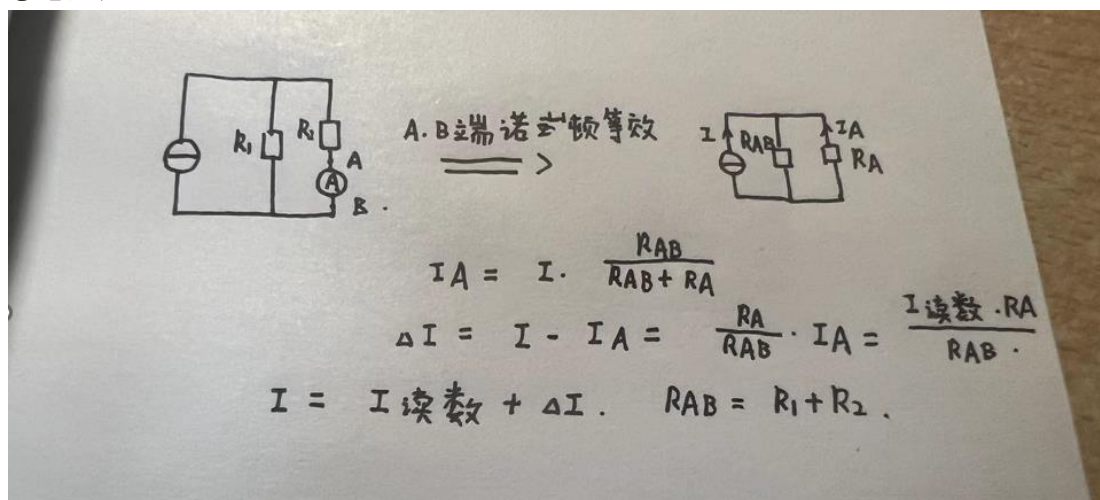


$$\Delta U = R_{AB} \cdot \frac{U_{\text{读数}}}{R_V}$$

$$U = U_{\text{读数}} + \Delta U$$

$$R_{AB} = R_1 // R_2$$

②电流表:



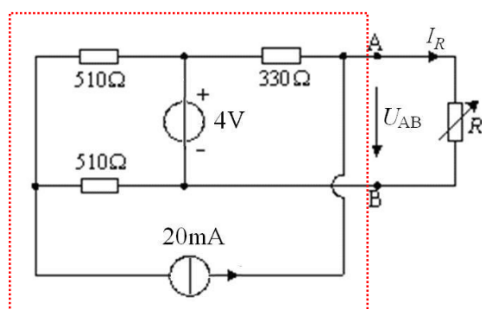
三、主要仪器设备 (必填)

直流可调电压源、直流可调电流源、十进制可调式电阻箱、直流电流表、万用表、实验板、 510Ω 电阻、 330Ω 电阻、 20Ω 电阻。

四、操作方法和实验步骤

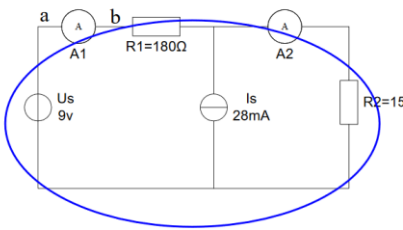
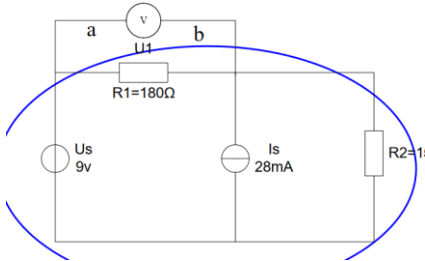
1. 一端口网络的等效参数测量和外特性测量、验证戴维南定理和诺顿定理。

- (1) 按照下图接线, 改变可调电阻 R , 测量 U_{AB} 和 I_R 的关系曲线, 注意要测出 $R=\infty$ 及 $R=0$ 时的电压和电流。(注: 为防止 $4V$ 电压源电压不稳定, 可在电压源上并联一个阻值为 20Ω 的电阻)
- (2) 测量无源一端口网络的入端电阻: 将电流源开路, 同时将电压源短路, 再将负载电阻开路, 直接用万用表测量 A、B 两点间的电阻, 即为该网络的入端电阻 R_{AB} 。
- (3) 将 A、B 两端左侧电路做戴维南等效, 重复测量 U_{AB} 和 I_R 的关系曲线并与步骤 (1) 所测得的数据进行比较, 验证戴维南定理。
- (4) 将 A、B 两端左侧电路做诺顿等效, 重复测量 U_{AB} 和 I_R 的关系曲线并与步骤 (1) 所测得的数据进行比较, 验证诺顿定理。



2. 仪表内阻对测量结果的影响与修正。

- (1) 按照下图接线，分别用万用表的电压挡和直流电流表测出电路中对应的电流、电压。
- (2) 测出万用表的电压挡和直流电流表的内阻。
- (3) 分别修正各电表内阻对测量结果的影响。
- (4) 分析测量中由于电表内阻对测量产生的误差。



五、实验数据记录和处理

1. 含源一端口的等效电阻和外特性测量

表 1 含源一端口的等效电阻和外特性测量

R/Ω	0	300	500	800	1000	3000	5000	8000	∞
U_{AB}/V	0	4.99	6.34	7.45	7.92	9.52	9.92	10.15	10.56
I_R/mA	31.9	16.77	12.60	9.45	7.95	3.17	1.97	1.25	0

等效电阻 $R = 331.4 \Omega$

2 等效戴维南电路特性测量

表 2 等效戴维南电路特性测量

R/Ω	0	300	500	800	1000	3000	5000	8000	∞
U_{AB}/V	0	5.00	6.33	7.45	7.91	9.49	9.88	10.13	10.56
I_R/mA	32.0	16.77	12.74	9.32	7.92	3.15	1.95	1.25	0

3 等效诺顿电路特性测量

表 3 等效诺顿电路特性测量

R/Ω	0	300	500	800	1000	3000	5000	8000	∞
U_{AB}/V	0	4.96	6.28	7.39	7.86	9.42	9.82	10.06	10.47
I_R/mA	31.8	16.73	12.62	9.24	7.85	3.14	1.94	1.24	0

4 电压表内阻对测量结果的影响与修正

U/V	$R_V/M\Omega$	R_{AB}/Ω
2.614	11.7	80.2

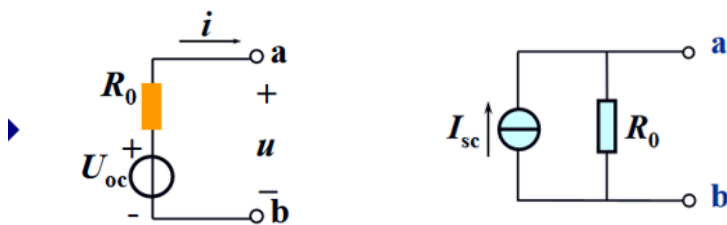
5 电流表内阻对测量结果的影响与修正

I/mA	R_A/Ω	R_{AB}/Ω
14.38	5.5	328.7

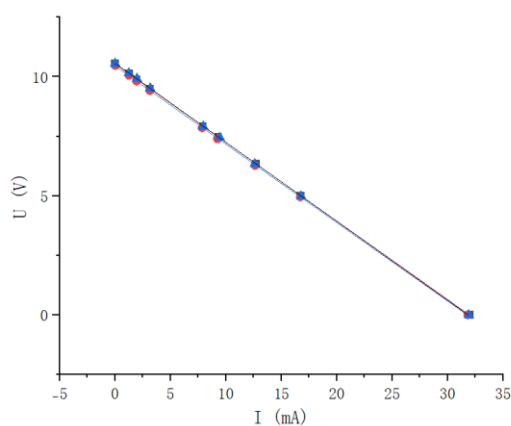
六、实验结果与分析

1. 含源一端口的等效电阻和外特性测量与验证戴维南定理、诺顿定理

测得一端口电路的等效电阻为 $331.4\ \Omega$ ，开路电压为 10.56V ，短路电流为 31.9mA 。



所以等效戴维南电路 $U_{oc} = 10.56\text{V}$ 等效诺顿电路 $I_{sc} = 31.9\text{mA}$ $R_0 = 331.4\ \Omega$

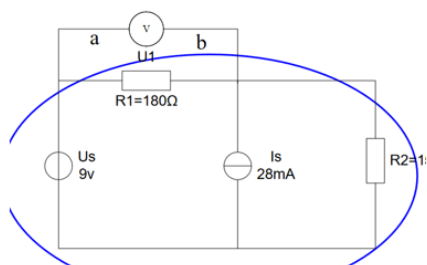


在 origin 中作出原一端口电路、等效戴维南电路和等效诺顿电路的 U - I 关系图，可以看出，三条曲线几乎完全重合，说明原一端口电路可用上述戴维南电路和诺顿电路等效。

由此可见，一个含源一端口电路可等效为一个电压源与电阻串联的戴维南电路，其中电源电压等于原一端口电路的开路电压，电阻等于含源一端口电路内电源置 0 后的等效电阻；也可以等效为一个电流源与电阻并联的诺顿电路，其中电流源的电流等于原一端口电路的短路电流，电阻等于含源一端口电路内电源置 0 后的等效电阻。

2. 仪表内阻对测量结果的影响与修正

(1) 电压表：

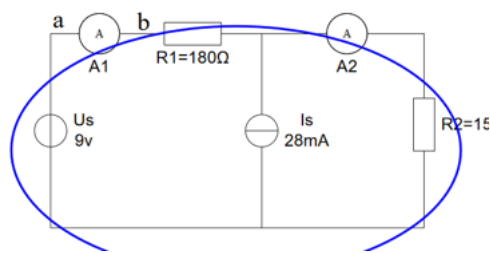


由实验原理部分的推导和记录的数据，可得出 $U_{\text{读数}} = 2.614\text{V}$ ，所以 $\delta U = R_{AB} * U_{\text{读数}} / R_v = 1.79 * 10^{-5}\text{V}$

$$U = U_{\text{读数}} + \delta U = 2.61401792\text{V} \quad U \text{ 的理论值为 } 2.618\text{V}$$

所以相对误差 $\delta = |U - U_{\text{理论}}| / U_{\text{理论}} * 100\% = 0.16\%$

(2) 电流表：



(实验中只用到电流表 A1，未用到电流表 A2)

由实验原理部分的推导和记录的数据，可得出 $I_{\text{读数}} = 14.38\text{mA}$ ， $\delta I = R_A * I_{\text{读数}} / R_{AB} = 0.24\text{mA}$

$I = I_{\text{读数}} + \delta I = 14.62\text{mA}$ I 的理论值为 14.54mA

所以相对误差 $\delta = |I - I_{\text{理论}}| / I_{\text{理论}} * 100\% = 0.55\%$

由上述修正过程可以看出，仪表内阻确实会对实验数据产生影响，而修正后的数据值更接近理论值，说明对仪表内阻对测量结果的修正可以减小误差。也可以看出电压表内阻较大，对实验结果影响较小，而电流表内阻较小，对实验结果影响较大。

七、讨论、心得

通过本次实验，我明白了含源一端口电路等效的基本原理，对戴维南定理和诺顿定理有了更加清晰的认识，也了解了一端口电路外特性的测量方法，知道了仪表内阻对实验造成的误差以及仪表内阻误差的修正方法，对电路的基本原理和电学实验的方法有了更深刻的认识。

仿真：

