

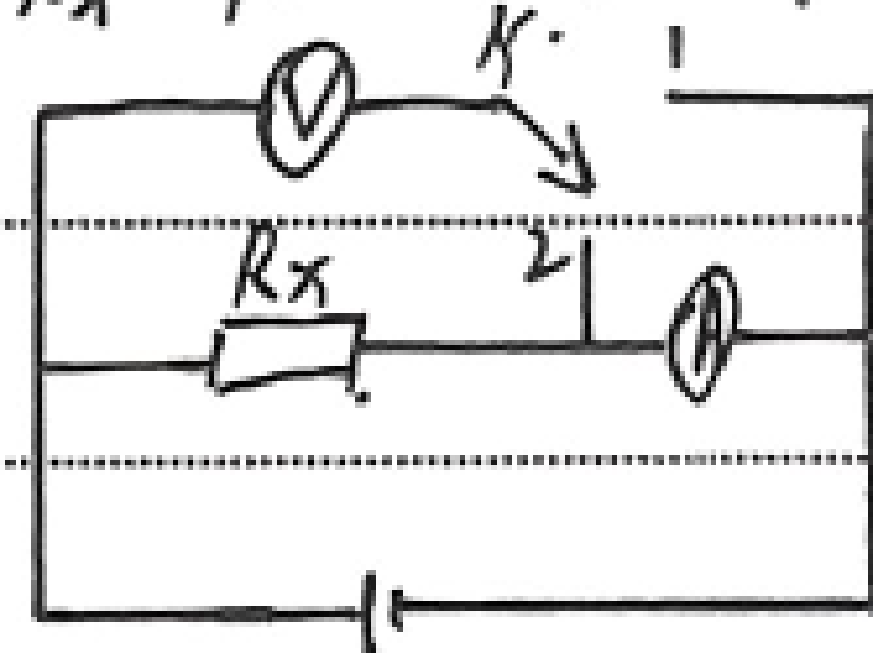
## 实验目的

- (1) 了解伏安法测电阻内、外接法产生系统误差的原因和修正的方法。
- (2) 掌握用补偿法测电压的原理。
- (3) 学会基本电学仪器的使用。

## 实验原理

(1) 伏安法测电阻: ① 当  $k$  与 1 闭合时, 电流表内接法,  $R_{x1} = \frac{V_1}{I_1} = R_x + R_A$ , 绝对误差为  $R_A$ , 若已知  $R_A$  则可对结果进行修正:  $R_x = R_{x1} - R_A$  当  $R_x \gg R_A$  时, 该误差可忽略。

② 当开关  $k$  与 2 闭合时, 电流表外接法,  $R_{x2} = \frac{V_2}{I_2} = \frac{1}{\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_V}}$  若已知  $R_V$  则可对结果进行修正:  
 $R_x = \frac{R_{x2} R_V}{R_V - R_{x2}}$  当  $R_V \gg R_x$  时, 系统误差可忽略。

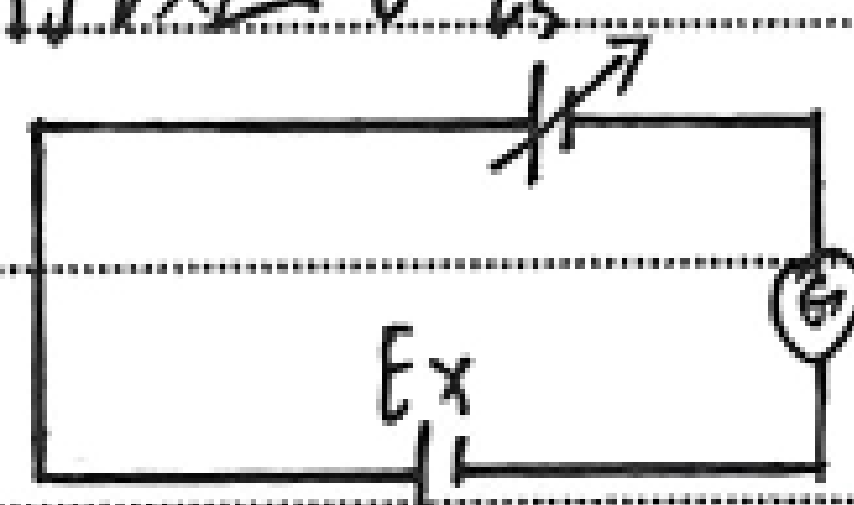


伏安法测  $R_x$  的电路图

(2) 补偿法测电压: 由于伏安法测电阻是建立在欧姆定律上, 但由于所使用的电表内阻不理想造成伏安法不严格满足欧姆定律。且只有在电表内阻的情况下才能对结果进行修正。

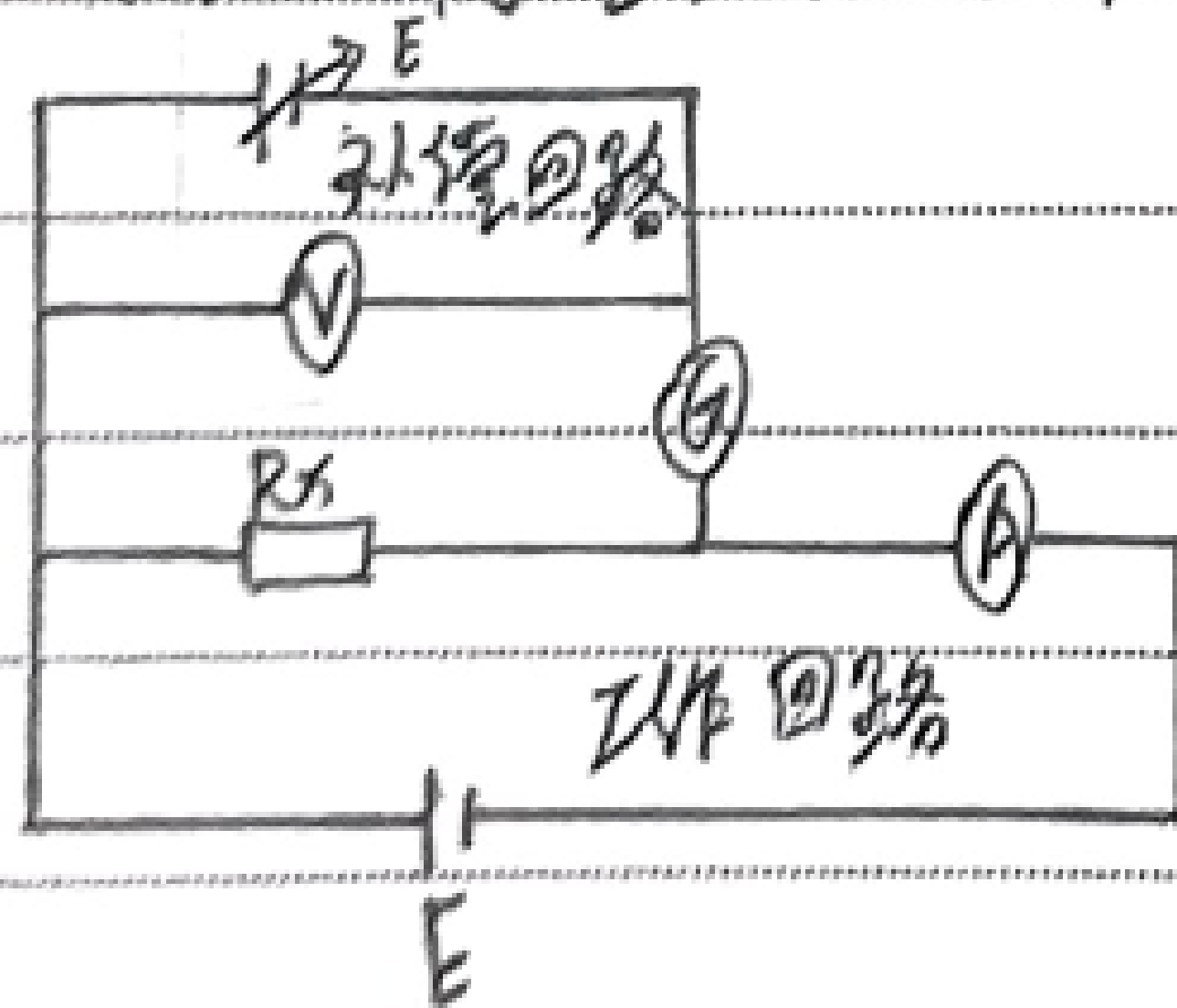
故可以考虑用补偿法对电路进行改进。

① 补偿法测电压的原理:



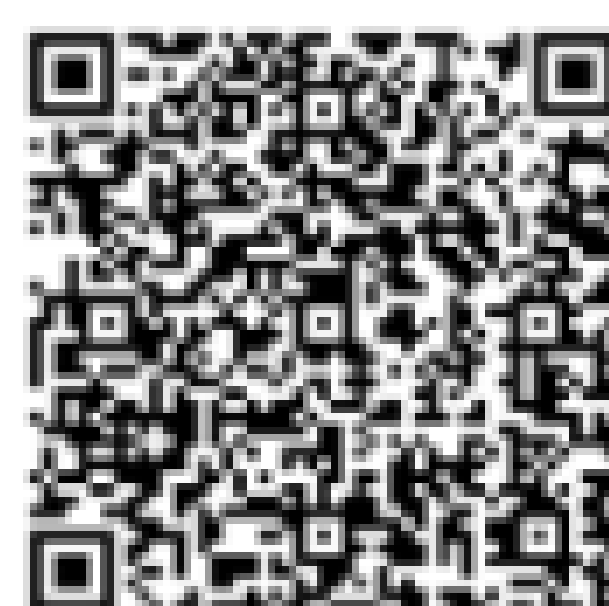
如图  $E_x$  为待测电压源,  $E_s$  为补偿电源 (可调且可精确读数)  $G$  为灵敏电流计, 通过调节  $E_s$  的输出电压使  $G=0$  则  $E_x = E_s$ 。

② 补偿法测电压的应用电路:



可将  $E$  与电压表  $V$  看作是一个整体, 即为一个可调且可精确读数的补偿电源。

在实验中配合调节两个电源, 使灵敏电流计  $G$  为零, 电压表读数  $A$  即  $R_x$  的电压, 电流表读数为  $R_x$  的电流, 此时欧姆定律计算出精确的电阻值。



实验仪器 UTP83032 直流稳压电源, 电压表, 电流表, 灵敏电流计

实验步骤与数据记录 (1) 打开电源, 将 CH1 和 CH2 的电流调节为 1A 电压调节为 0.01V

(2) 按图 2.3.1 连接线路并打开 CH1 通道输出, 当某一电表满偏时记录数据.

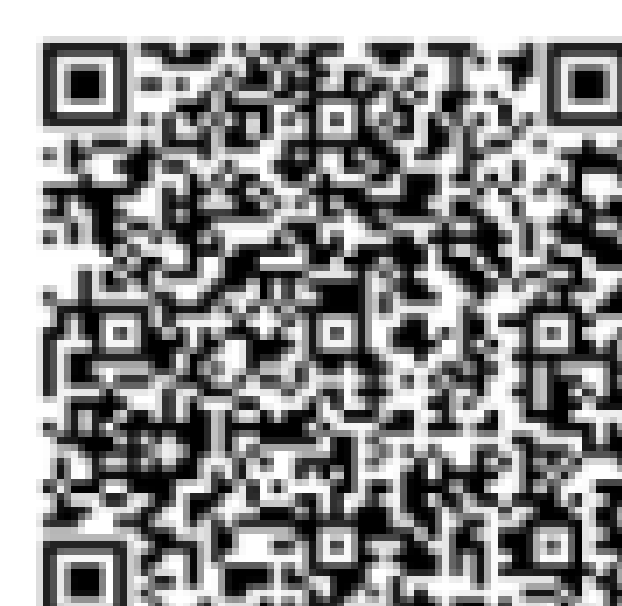
2.3.1 伏安法测电阻			
	待测电阻	$R_{x0} = 14000 \Omega$	
记录	内接法	V/V	3.0
		I/uA	179
	外接法	V/V	0.49
		I/uA	200

		$R_{x0}/\Omega$	16759.77	当待测电阻 $R_x$ 较小时
	内接法	$R_x = R_{x0} - R_A/\Omega$	13559.77	适合外接法
		$\Delta R_x = R_{x0} - R_{x0}/\Omega$	<del>2759.77</del> <del>440.23</del>	当待测电阻 $R_x$ 较大时
		$\Delta R_x/R_{x0}/\%$	<del>3.14</del> 19.71	适合内外接法
	外接法	$R_{x2}/\Omega$	2450	
		$R_x = 1/(1/R_{x2} - 1/R_V)$	15788.89	
		$\Delta R_x = R_{x2} - R_{x0}/\Omega$	<del>4125</del> 11550	
		$\Delta R_x/R_{x0}/\%$	<del>29.96</del> 82.5	

(3) 按图 2.3.2 连接电路 记录数据并作伏安特性曲线 并计算  $R_x$

2.3.2 用补偿法绘制伏安特性曲线

补偿	V/V	2.76	2.28	1.90	1.56	1.08	0.60
法	I/uA	200	168	136	115	85	44
	$R_x/\Omega$	14000					



## 实验数据处理

内接法:  $R_{x1} = \frac{U}{I} = \frac{3.0V}{179 \times 10^{-6} A} \approx 16759.77(\Omega)$

$$R_x = R_{x1} - R_A = 16759.77\Omega - 3200\Omega = 13559.77\Omega$$

$$\Delta R_x = R_{x1} - R_{x0} = 16759.77\Omega - 14000\Omega = 2759.77\Omega$$

$$E = \frac{\Delta R_x}{R_{x0}} \times 100\% = 19.71\%$$

外接法:  $R_{x2} = \frac{U}{I} = \frac{0.49V}{200 \times 10^{-6} A} = 2450\Omega$

$$R_x = 1 / (1/R_{x2} - 1/R_V) = \frac{1}{\frac{1}{2450\Omega} - \frac{1}{2900\Omega}} = 15788.89\Omega$$

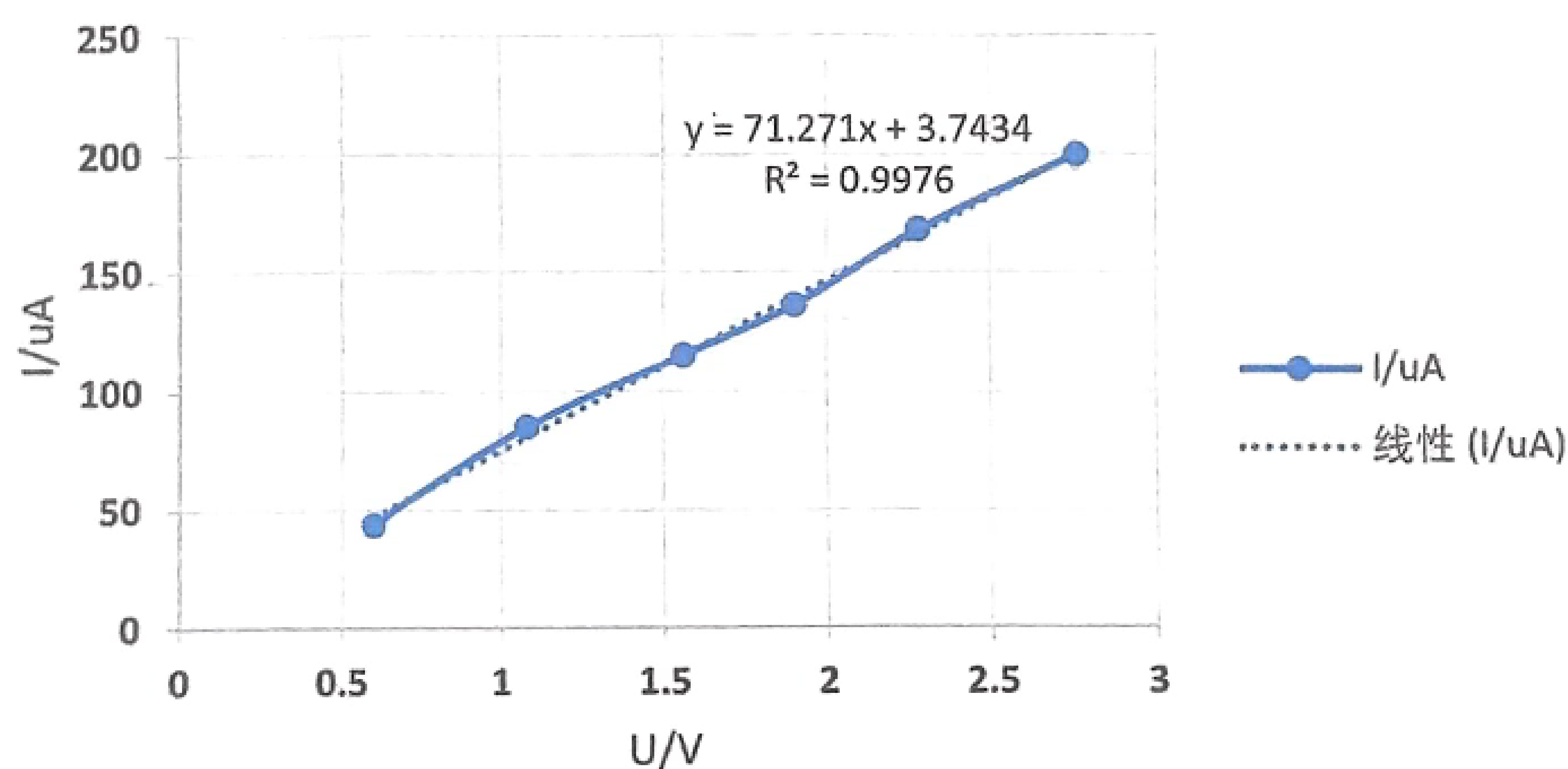
$$\Delta R_x = R_{x2} - R_{x0} = 2450\Omega - 14000\Omega = -11550\Omega$$

$$E = \left| \frac{\Delta R_x}{R_{x0}} \right| \times 100\% = \frac{11550\Omega}{14000\Omega} = 82.5\%$$

补偿法

U/V	2.76	2.28	1.9	1.56	1.08	0.6
I/uA	200	168	136	115	85	44

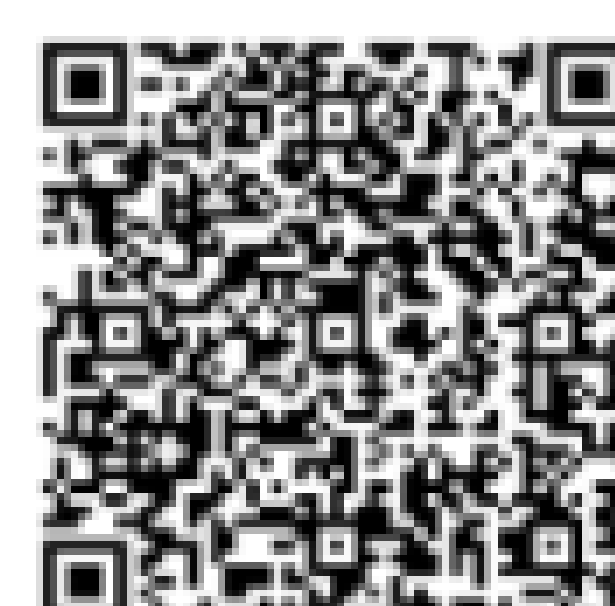
## 补偿法绘制伏安特性曲线



$$K = 71.271(V/uA) R = \frac{1}{K} = 0.014(V/uA)$$

由伏安特性曲线求得电阻  $R_x = 0.014(V/uA) = 14000(V/A)$

$$= 14000(\Omega)$$





实验结论 在  $R_x \gg R_A$  时 电流表内接法误差较小 由于电表分压, 结果偏大。

在  $R_x \ll R_V$  时 电流表外接法误差较小 由于电表分流, 结果偏小。

掌握了补偿法测电压的原理 并会合理使用补偿法减小系统误差。

学会了基本电学仪器的使用方法

## 实验讨论

(1) 误差产生的原因及种类:

① 随机误差: 在任何测量中, 随机误差和系统误差总是同时存在的, 但伏安法中随机误差可视为零。

② 系统误差: 方法误差及仪器误差。

方法误差: 由于接线方式造成的误差。仪器误差: 由于仪表制造工艺不完善产生的。

(2) 减小误差的方法:

① 公式修正法 内接:  $R_x = R_x - R_A$  外接:  $R_x = \frac{1}{\frac{1}{R_x} - \frac{1}{R_V}}$

② 电压补偿法: 可消除由于电流流经电压表而引起的系统误差

(3) 外接法, 内接法, 补偿法的准确度对比:

外接: 对不确定度为  $U_1 = \sqrt{\left(\frac{\partial R_x}{\partial V}\right)^2 U_V^2 + \left(\frac{\partial R_x}{\partial I}\right)^2 U_I^2 + \left(\frac{\partial R_x}{\partial R_V}\right)^2 U_{R_V}^2} = \sqrt{\frac{U_V^2}{I^2} + \frac{V^2 U_I^2}{I^4} + U_{R_A}}$

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{R_x}{R_V}\right)^2} \sqrt{I^2 U_V^2 + V^2 U_I^2 + \frac{V^4}{R_V^4} U_{R_V}^2}$$

内接: 不确定度为  $U_2 = \sqrt{\left(\frac{\partial R_x}{\partial V}\right)^2 U_V^2 + \left(\frac{\partial R_x}{\partial I}\right)^2 U_I^2 + \left(\frac{\partial R_x}{\partial R_V}\right)^2 U_{R_V}^2} = \sqrt{\frac{U_V^2}{I^2} + \frac{V^2 U_I^2}{I^4} + U_{R_A}}$

补偿法: 不确定度为  $U_3 = R_x \sqrt{\left(\frac{\partial R_x}{\partial V}\right)^2 U_V^2 + \left(\frac{\partial R_x}{\partial I}\right)^2 U_I^2} = R_x \sqrt{\left(\frac{U_V}{V}\right)^2 + \left(\frac{U_I}{I}\right)^2}$

由此可见在测量条件相同的情况下, 补偿法优于内、外接法。

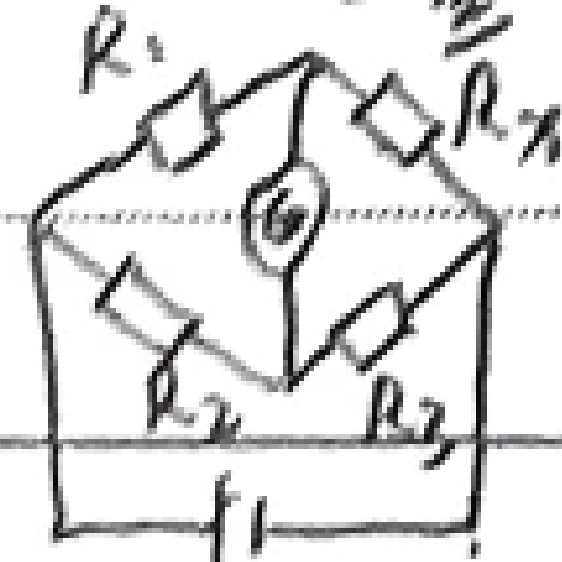
(4) 补偿法测电阻的优点:

① 电路简单, 不必选择线路接法, 所用仪器少, 也无需对测量结果进行修正

② 测量结果准确 消除了电表分流/分压带来的误差 (3) 已进行理论计算

③ 应用广, 除应用于伏安法测电阻, 还可用于测量电压及电动势。

(5) 其他测量电阻的方法: 电桥法。如图 当检流计 G 指零  $I_G = 0$  电桥达到平衡



得  $I_1 R_1 = I_2 R_2$   $I_x R_x = I_3 R_3$  由于  $I_1 = I_x$   $I_2 = I_3$

$$\text{得 } R_x = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2}$$



## 思考题

1) 若在同一坐标中用内、外接法及补偿法作  $V-I$  曲线, 其分布规律如何? 有何相对关系。

解: 实验知: 内接法使测得电阻偏大, 故曲线的斜率偏大, 倾斜角高于补偿法。

外接法使测得电阻偏小, 故曲线的斜率偏小, 倾斜角低于补偿法。

补偿法测得的误差最小, 故绘制的  $V-I$  曲线最接近于真实的  $V-I$  曲线。

2) 为了提高测量精度, 选择内、外接法的原则是什么?

当待测电阻  $R_x$  远大于电流表内阻时, 采用电流表内接法。

当待测电阻  $R_x$  远小于电压表内阻时, 采用电流表外接法。

(远大于指大于 10 倍以上)

3) 为什么说伏安<sup>法</sup>测电阻的两种方法都不严格满足欧姆定律?

因为实验所采用的电表内阻不理想, 如电流表内阻不为零, 电压表内阻不为无穷, 故导致伏安法测电阻不严格满足欧姆定律。

Roy





原始记录

伏安法

待测电阻:

内接法  $V/V$  3.0 V

$I/\mu A$  179  $\mu A$

外接法  $V/V$  0.49 V

$I/\mu A$  200  $\mu A$

补偿法

$V/V$  2.768V 2.28V 1.90V 1.56V 1.08V 0.60V

$I/\mu A$  200  $\mu A$  168  $\mu A$  136  $\mu A$  115  $\mu A$  85  $\mu A$  44  $\mu A$

15  
1213

