

实验目的

1. 了解伏安法测电阻的内、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. 掌握基本电学仪器的使用。

实验原理

存在的问题

伏安法测电阻是建立在欧姆定律的基础之上,但由于通常所使用电表内阻不理想,造成伏安法不严格满足欧姆定律,实验结果出现偏差。

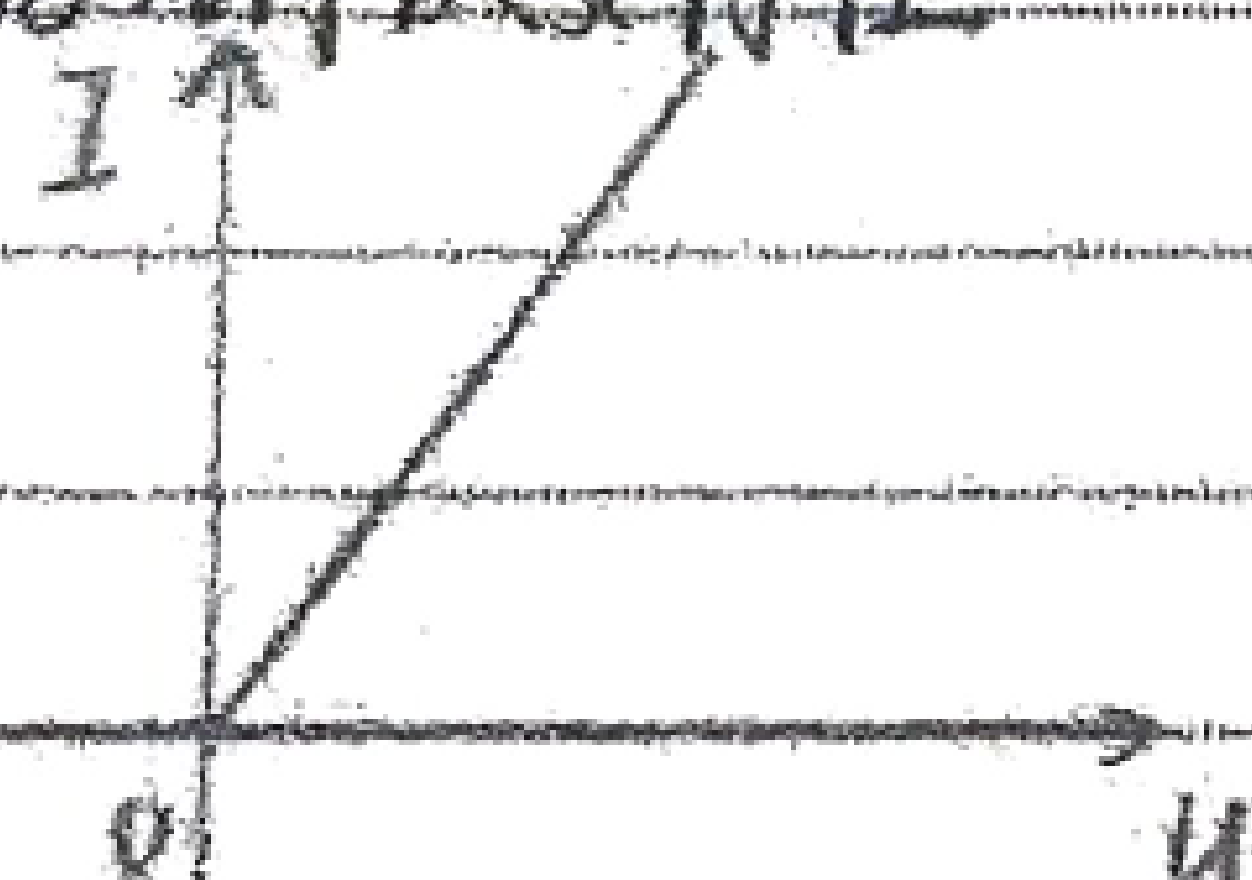
解决方法

① 数据修正法——在进行实验数据处理时进行修正。

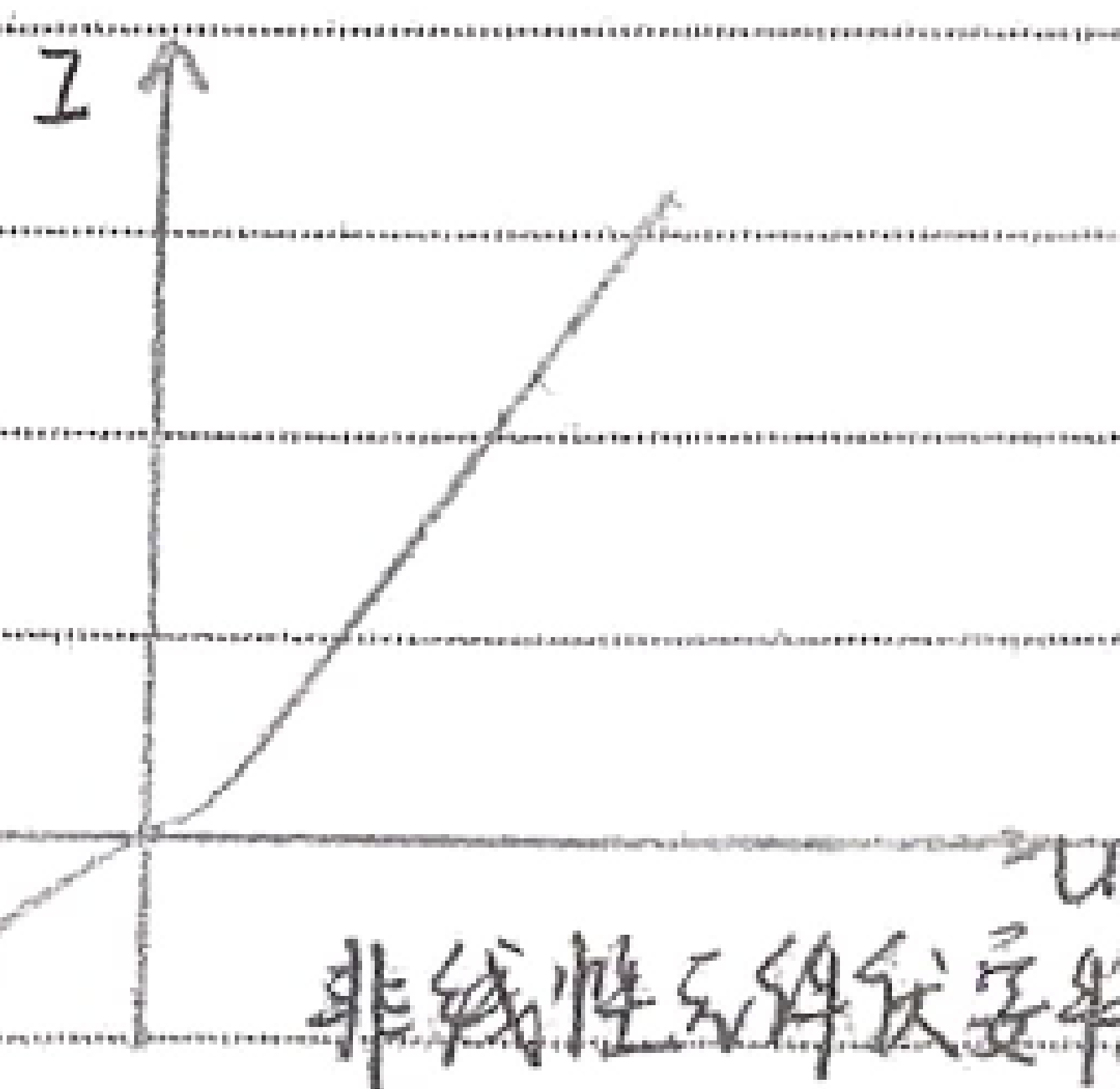
② 电路修正法

- 外接法: 电压补偿
- 内接法: 电流补偿

1. 电学元件伏安特性

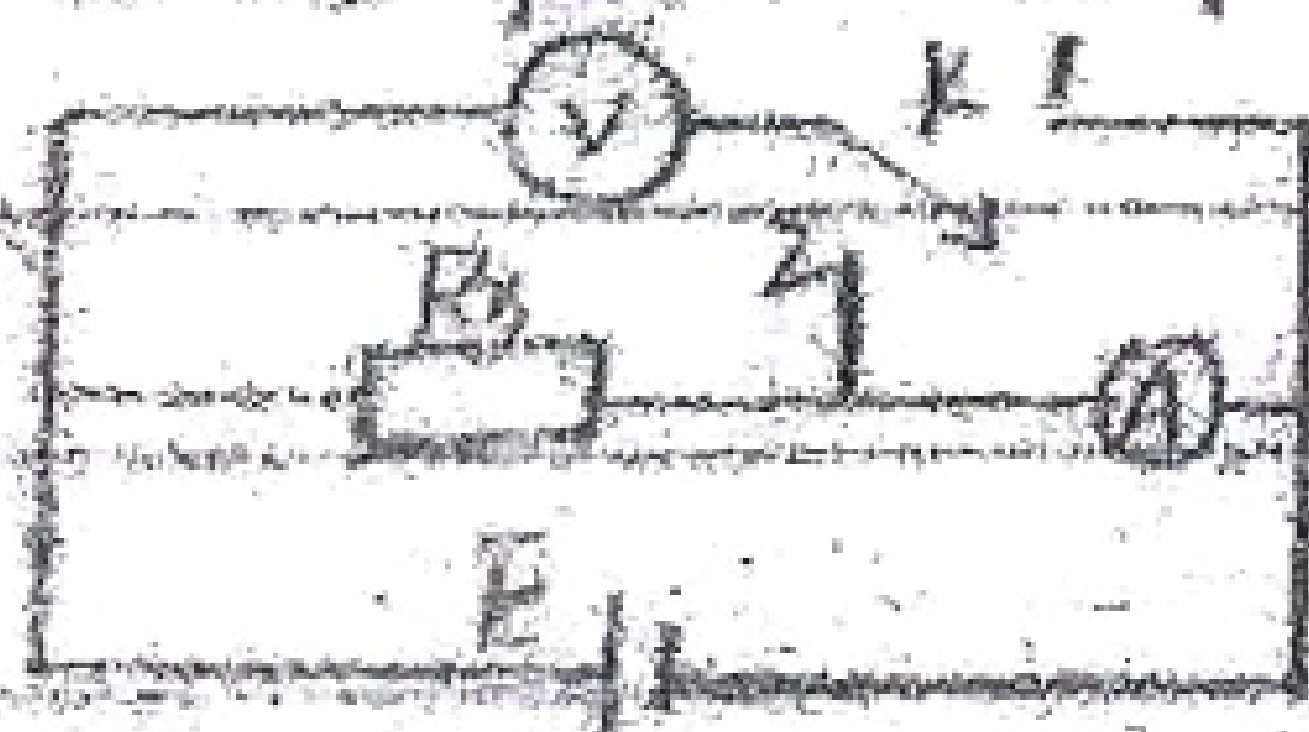


线性元件伏安特性曲线



非线性元件伏安特性曲线

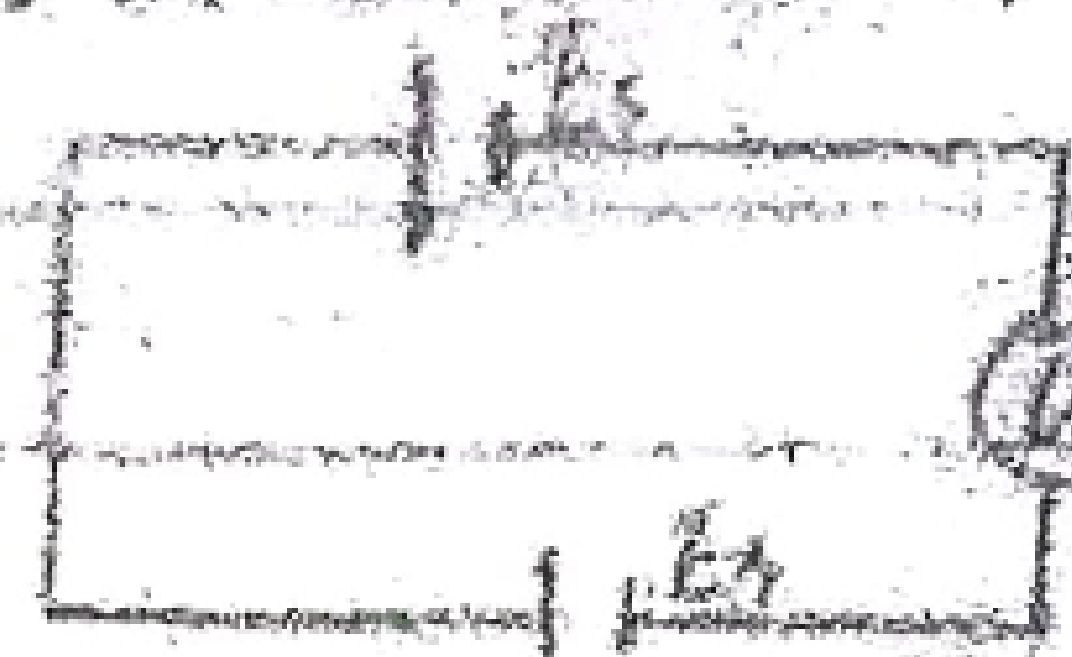
2. 伏安法测电阻实验线路的比较与选择



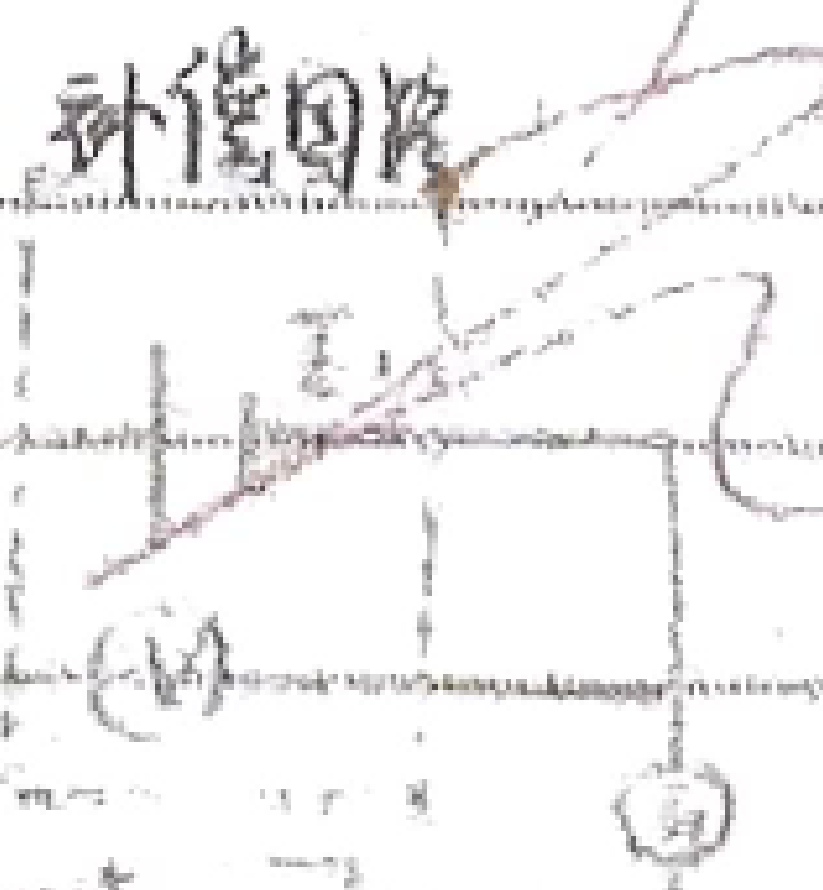
电流表内接法: $R_x = R_{A1} - R_A$

电流表外接法: $R_x = \frac{R_{S2} R_V}{R_V - R_{S2}}$

3. 补偿法测电压——外接法的电路修正

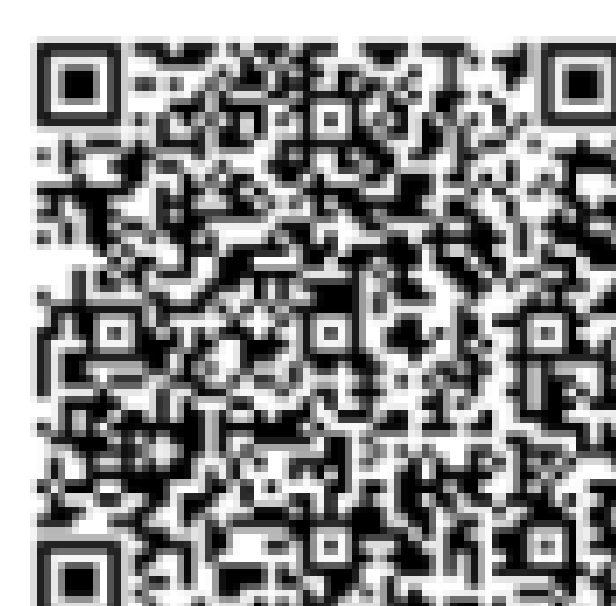


(a) 基本原理图



工作回路

(b) 实际应用电路



实验仪器

UTP8303 直流电源, C31MA-1 型微安表, C21-V 型伏特表
J0405 灵敏电流计, ZX21 型直流多值电阻器

实验步骤与数据记录

1) 按图连线路, 作两种线路的对比研究, 并记录数据, 并讨论说明哪种接法好 (注意: 单次测量要求其中一个电表的指针达到满量程)

伏安法测电阻

记录	待测电阻	$R_{x0} = 14000 \Omega$	
	内接法	U/V	3.000
		I/MA	172.0
	外接法	U/V	0.500
		I/MA	200.0

计算	内接法	R_{s1} / Ω	17440 Ω
		$R_s = R_{s1} - R_A / \Omega$	14240
		$\Delta R_s = R_{s1} - R_{x0} / \Omega$	3440
		$\Delta R_s / R_{x0} / \%$	24.57%
	外接法	R_{s2} / Ω	2500
		$R_s = 1 / (1/R_{s2} - 1/R_V)$	18125 Ω
		$\Delta R_s = R_{s2} - R_{x0} / \Omega$	11500
		$\Delta R_s / R_{x0} / \%$	82.14%

2) 按图连接线路, 数据并记录在表中, 作待测电阻的伏安特性曲线 (U-I) 图, 并计算 R_x (以电压为变量作等间距测量, 要求用割测法, 即最大一组数据中的其中一个物理量的值必须达到相应电表的满量程值)

用补偿法绘制伏安特性曲线

补偿法	U/V	2.803	2.336	1.869	1.402	0.934	0.467
	I/MA	200.0	158.2	126.6	92.0	56.8	24.2
	R_x / Ω	13428 Ω					



实验数据处理

内接: $R_{s1} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{3.000}{172.0 \times 10^{-6}} \Omega = 1.744 \times 10^4 \Omega$

$R_x = R_{s1} - R_A = 1.744 \times 10^4 \Omega - 3200 \Omega = 14240 \Omega$

$\Delta R_s = R_{s1} - R_{s0} = 1.744 \times 10^4 \Omega - 14000 \Omega = 3440 \Omega$

$\Delta R_s / R_{s0} \% = \frac{3440}{14000} \times 100\% = 24.57\%$

外接: $R_{s2} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{0.500}{200.0} \Omega = 2500 \Omega$

$R_{s2} = 1 / (1/R_{s2} - 1/R_V) = \frac{1}{\frac{1}{2500} - \frac{1}{2900}} \Omega = 18125 \Omega$

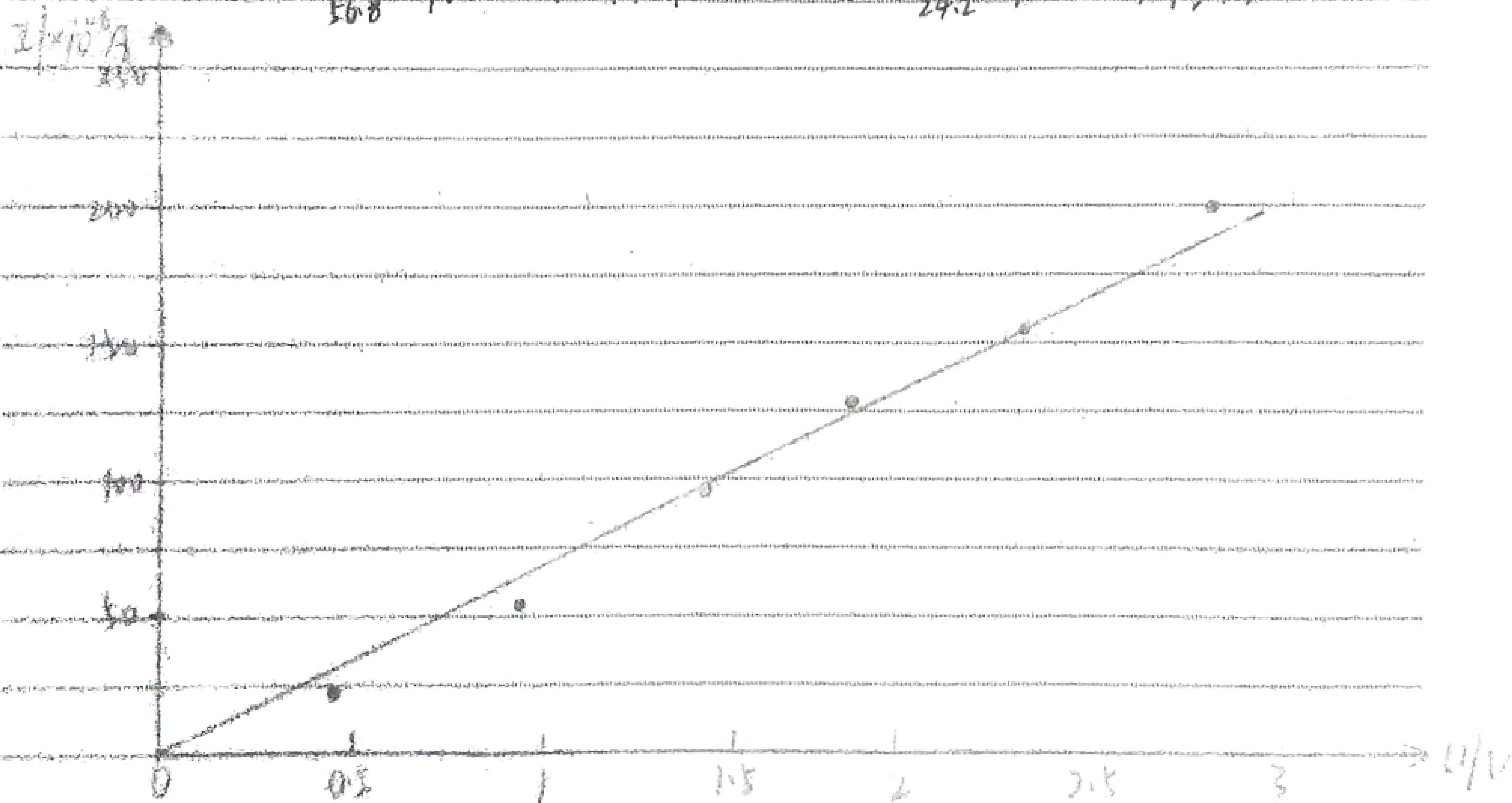
$\Delta R_s = R_{s2} - R_{s0} = 18125 \Omega - 11500 \Omega$

$\Delta R_s / R_{s0} = 11500 \Omega / 14000 \Omega = 82.14\%$

计算法: $R_{s1} = \frac{2.803}{200} \times 10^6 \Omega = 14015 \Omega$ $R_{s2} = \frac{2.336}{158.2} \times 10^6 \Omega = 1.477 \times 10^4 \Omega$

$R_{s3} = \frac{1.869}{126.6} \times 10^6 \Omega = 1.476 \times 10^4 \Omega$ $R_{s4} = \frac{1.402}{92.0} \times 10^6 \Omega = 1.524 \times 10^4 \Omega$

$R_{s5} = \frac{0.939}{56.8} \times 10^6 \Omega = 1.644 \times 10^4 \Omega$ $R_{s6} = \frac{0.467}{24.2} \times 10^6 \Omega = 1.93 \times 10^4 \Omega$



由作图求结果, 斜率 $k = 74.469$

$R_x = \frac{1}{k} \times 10^6 \Omega = 13428 \Omega$



实验结论

在本实验中 $R_x \gg R_A$, 对比内接法和外接法, 内接法的误差更小。

因此, 当 $R_x \gg R_A$ 使用内接法, 由于电表分压, 结果偏大。

当 $R_x \ll R_V$ 使用外接法, 由于电表分流, 结果偏小。

采用补偿法可以有效消除系统误差。

实验讨论

① 补偿法可以使测量值更加接近实际值, 使测量的系统误差范围尽可能减小。

② 在内接法中, 电流表的测量值为流过待测电阻和电流表的电流, $I_{测} = I_{真}$ 。

电压表的测量值 $U_{测} = U_A + U_{真} > U_{真}$, 电阻值 $R_{测} = \frac{U_{测}}{I_{测}}$, 故测得的

电阻值偏大, 当 $R_x \gg R_A$ 时, 误差越小, 该方法适合测大电阻。

③ 在外接法时, $U_{测} = U_{真}$, $I_{测} = I_r + I_{真} > I_{真}$, $R_{测} = \frac{U_{测}}{I_{测}} < R_{真}$, 即电压表

起到了分流作用, 当 R 越小时, 引起误差越小, 说明该方法适用于测量小电阻。

④ 补偿法: 通过配合调节两个电源, 使灵敏电流计读数为零。根据补偿

法测电压的原理, 电压表 V 上的读数即为补偿电源的电压值即为 R_x 两

端电压, 同时电流表 A 上的读数是流过 R_x 的电流, 此时根据欧姆定律计算出的电阻值最为精确。

⑤ 在补偿法测电压的电路的补偿回路中, 当可调电源所显示的电压数值

精度越低时, 需多加一个电压表, 但是当可调电源所显示的电压数值

精度越高时, 则不需要加电压表。



思考题

1. 若在同一坐标中用内外接法及补偿法作 $U-I$ 曲线, 其分布规律如何? 有何相对误差?

由实验可知, 补偿法测电阻与误差最小, 所以其 $U-I$ 曲线最接近真实的 $U-I$ 曲线, 而电流表内接法往往使求得的电阻偏大, 所以其 $U-I$ 曲线的斜率较大, 略偏补偿法曲线上端, 电流表外接法测量值往往小于真实值, 所以其 $U-I$ 曲线斜率较小, 略偏补偿法曲线下端。

2. 为了提高精确度, 选择内外接法的原则是什么?

待测电阻的阻值远大于电流表内阻时, 采用电流表内接法; 电压表内阻远大于待测电阻时, 使用电流表外接法。

这里“远大于”一般指大于10倍或以上, 但是如果这两个条件都不满足, 或者都满足, 那么就看是待测电阻/电流表内阻的比值大还是电压表内阻/待测电阻的比值大, 按照大的那个进行电流表连接。

3. 为什么伏安法测电阻的两种方法都不严格满足欧姆定律?

用电压表并联来测量电阻两端电压, 用电流表串联来测量通过电阻的电流强度, 但由于电表的内阻往往对测量结果有影响, 所以这种方法往往带来明显的系统误差。



原始记录

伏安法测电阻

内接: U/V ~~3.453~~ 3.000

I/MA ~~200~~ 172.0

外接: U/V ~~3.443~~ 0.500

I/MA 200.0

补偿法

U/V 2.803 2.336 1.869 1.402 0.934 0.467

I/MA 200.0 158.2 126.6 92.0 56.8 24.2

24.8

