

预习报告		实验记录		分析讨论		总成绩	
25		25		30		80	

年级、专业：	2022 级物理学	组号：	2
姓名：	黄罗琳、王显	学号：	22344001、22344002
实验时间：	2024.3.6	教师签名：	

实验二 基本电路元件伏安特性的测量

【实验报告注意事项】

1. 实验报告由三部分组成：
- (a) 预习报告：课前认真研读实验讲义，弄清实验原理；实验所需的仪器设备、用具及其使用、完成课前预习思考题；了解实验需要测量的物理量，并根据要求提前准备实验记录表格（可以参考实验报告模板，可以打印）。（20 分）

(b) 实验记录：认真、客观记录实验条件、实验过程中的现象以及数据。实验记录请用珠笔或者钢笔书写并签名（用铅笔记录的被认为无效）。保持原始记录，包括写错删除部分，如因误记需要修改记录，必须按规范修改。（不得输入电脑打印，但可扫描手记后打印扫描件）；离开前请实验教师检查记录并签名。（30 分）

(c) 数据处理及分析讨论：处理实验原始数据（学习仪器使用类型的实验除外），对数据的可靠性和合理性进行分析；按规范呈现数据和结果（图、表），包括数据、图表按顺序编号及其引用；分析物理现象（含回答实验思考题，写出问题思考过程，必要时按规范引用数据）；最后得出结论。（30 分）
- 实验报告就是将预习报告、实验记录、和数据处理与分析合起来，加上本页封面。（80 分）
2. 实验报告在 每个小结（补做）的 之后一周内 提交，最后一次实验，在 结束一周内 提交。
3. 注意事项：
- (a) 请认真查看并理解实验讲义第一章内容；

(b) 注意实验器材的合理使用；

(c) 使用结束使用各种仪器之后需要将其放回原位。

目录

1	基本电路元件伏安特性的测量 预习报告	3
1.1	实验目的	3
1.2	仪器用具	3
1.3	原理概述	3
1.4	实验预习题	4
2	基本电路元件伏安特性的测量 实验记录	6
2.1	实验内容、步骤与结果	6
2.1.1	测试线性电阻元件的伏安特性	6
2.1.2	测试非线性电阻 12V 白炽灯的伏安特性	7
2.1.3	测试直流稳压电源 DP832 的 CH2 的伏安特性	7
2.1.4	测试数控恒流源（DCS-01）的伏安特性	8
2.1.5	电流控制电压源（CCVS）基本特性测试	9
2.2	实验过程遇到问题及解决办法	9
3	基本电路元件伏安特性的测量 分析与讨论	10
3.1	实验数据分析	10
3.1.1	对实验一数据进行线性拟合	10
3.1.2	测试非线性电阻 12V 白炽灯的伏安特性	11
3.1.3	测试直流稳压电源（DP831）CH2 的伏安特性	12
3.1.4	数控恒流源	12
3.1.5	电流控制电压源（CCVS）基本特性测试	13
3.2	实验后思考题	13
4	基本电路元件伏安特性的测量 结语	14
4.1	实验心得和体会、意见建议	14
4.2	附件	14

基本电路元件伏安特性的测量 预习报告

1.1 实验目的

- 1. 学习基本电路元件伏安特性的测试方法。
- 2. 进一步练习直流稳压电源、万用表的使用方法。

1.2 仪器用具

编号	仪器用具名称	数量	主要参数（型号，测量范围，测量精度等）
1	电路原理箱	1	
2	直流稳压电源	1	
3	直流电流表	1	
4	直流电压表	1	
5	电流表专用线	1	
6	2 号实验导线	1	

1.3 原理概述

- 1. 通过研究元件的伏安特性，可以得出元件的各种特性；如果把电阻元件的电压取为横坐标（纵坐标），电流取为纵坐标（横坐标），画出电压和电流的关系曲线，这条曲线称为该元件的伏安特性。
- 2. 与线性元件不同的是，非线性元件的伏安特性曲线不是一条通过原点的直线，不服从欧姆定律，有些非线性电阻元件的伏安特性还与电压或电流的方向有关。

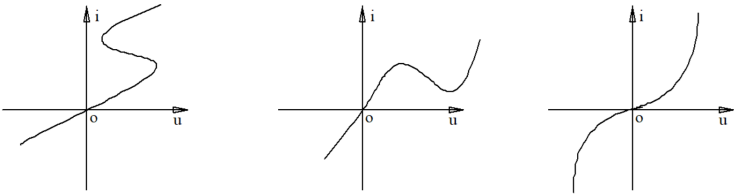


图 1: 非线性电阻元件的伏安特性

- 3. 常见非线性电阻元件有：电流控制型电阻、电压控制型电阻、既是电流控制型又是电压控制型电阻
- 4. 电源可以分为独立源和受控源两种。受控源可以分为四种：压控电压源、流控电压源、压控电流源、流控电流源。受控源的基本特性有输入特性、输出特性和转移特性。

5. 输入特性是指控制端电压与电流之间的关系；输出特性是指控制量为某一常数时，输出端电压与电流之间的关系；转移特性是指输出量与控制量之间的关系。

6. 四种理想受控源的转移特性表示如下：

- 1) VCVS: $\mu = u_2/u_1$, 称之为转移电压比；
- 2) CCVS: $\gamma = u_2/i_1$, 称之为转移电阻；
- 3) VCCS: $g = i_2/u_1$, 称之为转移电导；
- 4) CCCS: $\beta = i_2/i_1$, 称之为转移电流比。

1.4 实验预习题

思考题 1.1: 预习了解电路基本元件及其伏安特性。

原理概述部分

思考题 1.2: 考虑发热对电阻伏安特性的影响；

电阻发热会导致电阻的分子无规则热运动加剧，对电子运动的阻抗增加，阻值会升高。

思考题 1.3: 万用表电压档与电流档的内阻范围以及内阻对测量的影响；

在电压档，内阻的分流会降低电压。所以内阻越高，分流越小，测量误差越小；

在电流档，内阻的压降会使实际电流减小。所以内阻越小，压降越小，测量误差越小。

思考题 1.4: 受控源和独立源相比有何异同点？比较两种受控源的代号、控制量与被控制量的关系如何？

独立源的输出电流或电压保持恒定不变，受控源的输出电流或电压可通过改变控制端来改变。

CCVS, 控制量为输入电流，被控制量为输出电压；

VCCS, 控制量为输入电压，被控制量为输出电流。

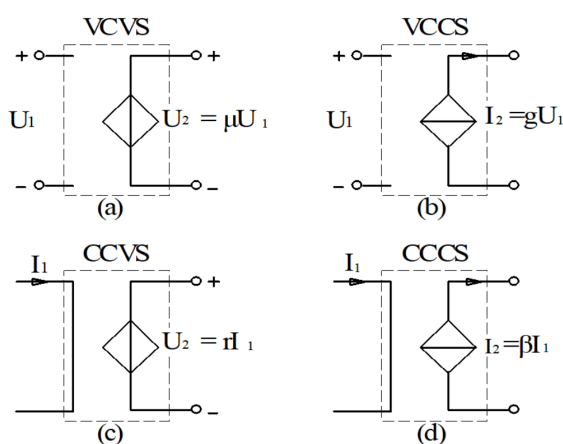


图 2: 四种受控源

思考题 1.5: 两种受控源中的 g 、 γ 的意义是什么？如何测得？

g 为流控电压源的转移电阻，是输出电流与输入电压之比。

γ 为压控电流源的转移电导，是输出电流与输入电压之比。

思考题 1.6: 受控源输入输出是否符合能量守恒，其中的能量转移是怎么进行的？

受控源输入输出符合能量守恒；受控源的输出能量来自于电路的其他部分或外部提供，而不是受控源本身。

专业：	物理学	年级：	2022 级
姓名：	黄罗琳、王显	学号：	22344001、22344002
室温：	23℃	实验地点：	A522
学生签名：	见附件部分	评分：	
实验时间：	2024/3/6	教师签名：	

基本电路元件伏安特性的测量

实验记录

2.1 实验内容、步骤与结果

2.1.1 测试线性电阻元件的伏安特性

操作步骤记录

1. 用电压表和电流表分别采用方法一（电流表内接法）和方法二（电流表外接法）的两种方法实验。
2. 通过计算可知当电阻两端功率不超过 1W 时，最大电压和电流分别为：
 - 51Ω: $I_{max} = 0.14A$, $U_{max} = 7.14V$;
 - 120Ω: $I_{max} = 0.09A$, $U_{max} = 10.95V$;
- 根据结果，设定在 120Ω 实验中的电压不超过 8V，51Ω 实验中电压不超过 6V。
3. 测量过程均采用 0.5V 步长进行测量，通过调整电源电压进行注意测量并记录数据。
4. 完成电流表内接实验后，改变实验电路，进行电流表外接的电路进行实验
5. 计算电阻值，是根据测量的电压、电流值进行计算，计算结果和拟合图像见实验数据分析。

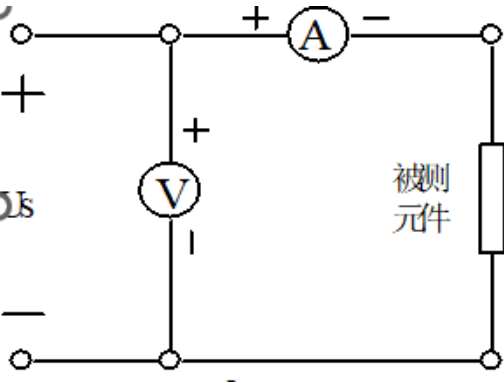


图 3: 内接法电路图

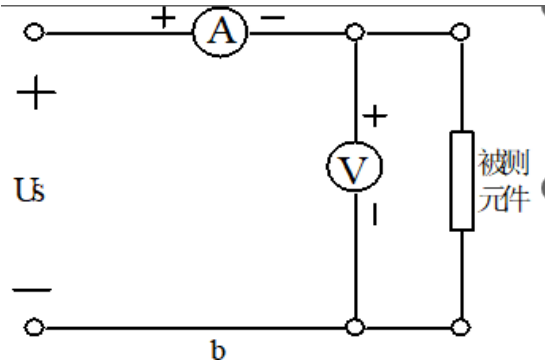


图 4: 外接法电路图

120		51	
u/v	i/ma	u	i
4.98	41.57	5.96	115.65
4.48	37.4	5.47	106.13
3.49	33.25	4.97	96.39
3.48	29.08	4.47	86.67
2.99	24.9	3.97	76.59
2.49	20.74	3.48	66.9
1.99	16.58	2.98	57.37
1.49	12.42	2.48	47.76
0.99	8.28	1.98	38.17
0.49	4.13	1.49	28.6
5.48	45.58	0.99	19.07
5.98	44.84	0.49	9.51
6.48	54.1		
6.97	58.32		
7.47	62.6		
7.97	66.87		

图 5: 内接法实验数据

120		51	
u	i	u	i
0.49	4.12	0.48	9.4
0.98	8.27	0.97	18.98
1.47	12.41	1.45	28.46
1.97	16.55	1.93	37.98
2.46	20.69	2.42	47.51
2.95	24.82	2.9	57.02
3.45	28.98	3.39	66.6
3.94	33.13	3.87	76.2
4.43	37.29	4.35	85.83
4.92	41.45	4.84	95.47
5.42	45.63	5.33	102.4
5.91	49.82	5.81	115.05
6.4	54.05		
6.9	58.27		
7.39	62.51		
7.88	66.76		

图 6: 外接法实验数据

2.1.2 测试非线性电阻 12V 白炽灯的伏安特性

1. 最大电压不能超过 12V，防止功率过大，烧坏元件。
2. 电路图如图 7 所示，根据小灯泡的预估阻值，采取电流表外接的方法进行测量。

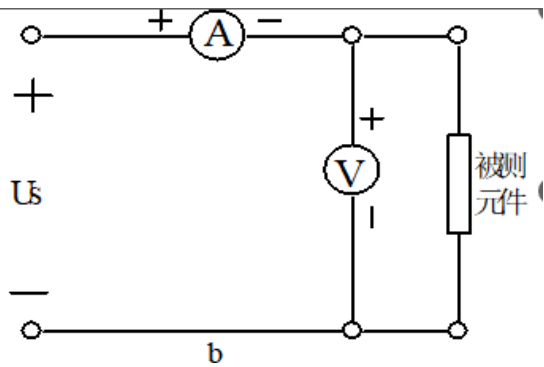


图 7: 测量电路图

u/v	i/ma	u/v	i/ma
0.49	24.42	5.47	79.74
0.99	32.39	5.97	83.77
1.49	39.38	6.47	87.69
1.98	45.59	6.97	91.48
2.48	51.39	7.47	95.11
2.98	56.67	7.97	98.66
3.48	61.76	8.47	102.11
3.98	66.59	8.96	105.48
4.48	717.17	9.46	108.72
4.98	75.56	9.96	111.92

图 8: 白炽灯测量实验数据

2.1.3 测试直流稳压电源 DP832 的 CH2 的伏安特性

1. 利用电压表测电阻两端电压，然后除以电阻箱的已知电阻计算电流。
2. 电路图如图 9 所示。

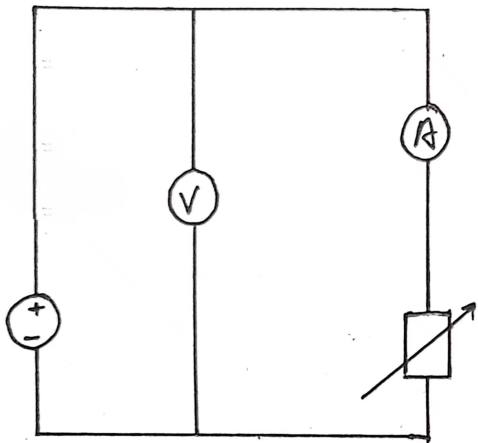


图 9: 实验电路图

u/v	i/ma
5.9945	19.1
5.995	18.0907
5.9955	17.0974
5.9962	15.9165
5.9965	15.0691
5.9968	14.0759
5.9973	13.0382
5.9975	12.052
5.9978	10.9825
5.998	9.9774
5.9982	9.0247
5.9985	7.9953
5.9988	7.0237
5.9991	6.0262
5.9992	4.9883

图 10: CH2 实验数据

2.1.4 测试数控恒流源（DCS-01）的伏安特性

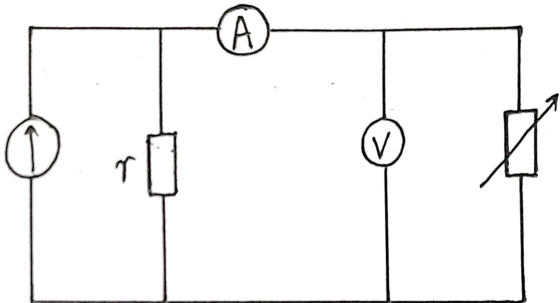


图 11: 实验电路图

u/mv	i/ma
11.194	1.0484
22.333	1.04897
30.051	1.04862
40.333	1.04924
49.899	1.04896
60.868	1.04844
70.898	1.04919

图 12: 数控恒流源（DCS-01）的伏安特性实验数据

2.1.5 电流控制电压源 (CCVS) 基本特性测试

1. 输出特性

- (a) 输出特性。使 CCVS 控制电流 $I_1 = 100\mu A$ ，负载电阻分别为 $1K\Omega$ 、 $3K\Omega$ 、 $5K\Omega$ 时，用万用表测量输出电压 U_2 和输出电流 I_2 ，将数据填入表中。
- (b) 转移特性及输入特性。使 CCVS 负载 $RL = 2K\Omega$ ，改变控制量 I_1 大小，用万用表测量控制端电压 U_1 及输出电压 U_2 ，记录数据。

r/Ω	u 输出/V	i 输出/mA
1k	6.085	6.085
3k	6.136	2.028
5k	6.162	1.232

2. 转移特性及输入特性

使 CCVS 负载 $RL = 2K\Omega$ ，改变控制量 I_1 大小

实际	I_1 输入/mA	u_1/v	u_2/v
0.129	0.1	0.787	6.448
0.241	0.2	2.442	8.984
0.349	0.3	8.094	9.019
0.276	0.25	3.917	8.915
0.202	0.15	1.76	8.857
0.168	0.13	1.194	8.09
0.093	0.05	0.414	4.665

2.2 实验过程遇到问题及解决办法

- 第一个实验中出现了与理论计算不相符的情况（两种方法一测量值偏大，一测量值偏小）而经过初步计算认定两值均偏小，虽然相对大小正确，经分析，可能由于当时天气为回南天，湿度较大，导致电路连接出现因潮湿而出现传输问题，可能会导致数据出现误差。
- 第二个实验中起初由于电压较小，灯泡亮度较低，无法确认是否连接正常，可以选择从高电压进行测量，这样可以确认电路安全，也可以保证电路连接正确。
- 第三个实验中，由于内电阻接近于零故建立如图 9 所示电路电路。
- 第五个实验中，电路连接有很多难点，经过与老师讨论和同学互助，正确连接了电路，并帮助多位同学完成了电路连接，其中电路板 12V 供电起初并没有打开，出现了一组错误数据，其在数据记录原始版中有体现，在更正数据之后，得到了初步符合理论计算的数据。
- 实验中很多连接需要充分利用各种借口的连接线，此外由于手持式万用表很容易损坏，出现了要更换保险丝的问题。

专业：	物理学	年级：	2022 级
姓名：	黄罗琳、王显	学号：	22344001、22344002
日期：	2024/3/6	评分：	

基本电路元件伏安特性的测量 分析与讨论

3.1 实验数据分析

3.1.1 对实验一数据进行线性拟合

1. 电压表内接法数据拟合

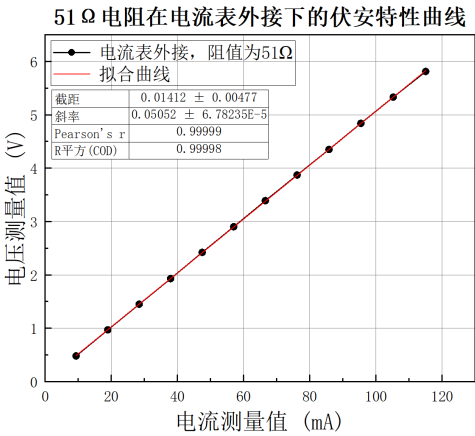


图 13: 电压表内接 51Ω 拟合

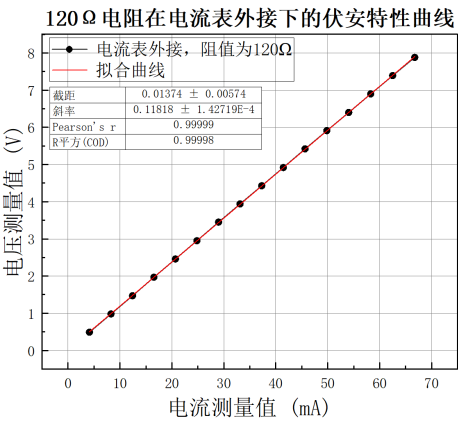


图 14: 电压表内接 120Ω 拟合

2. 电压表外接法数据拟合

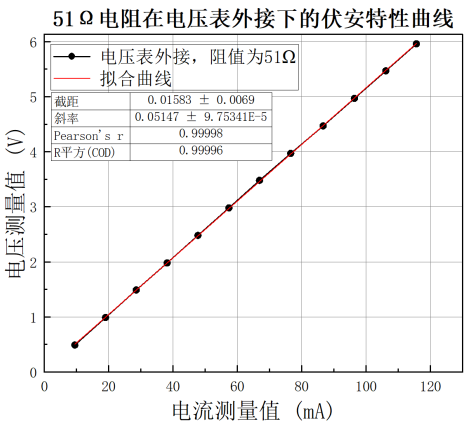


图 15: 电压表外接 51Ω 拟合

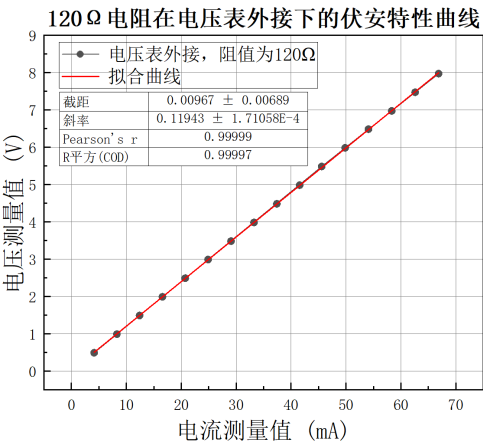


图 16: 电压表外接 120Ω 拟合

3. 数据对比

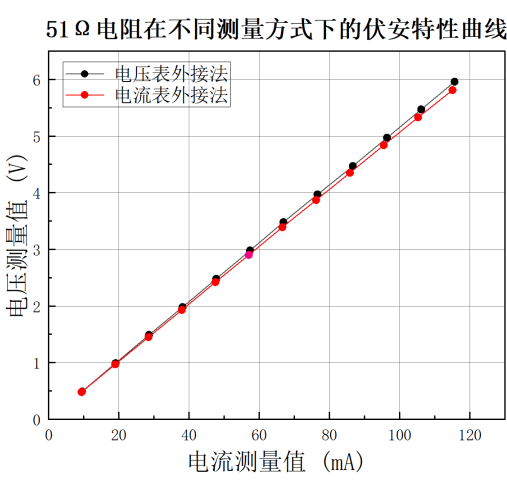


图 17: 51 Ω 两种方法数据对比

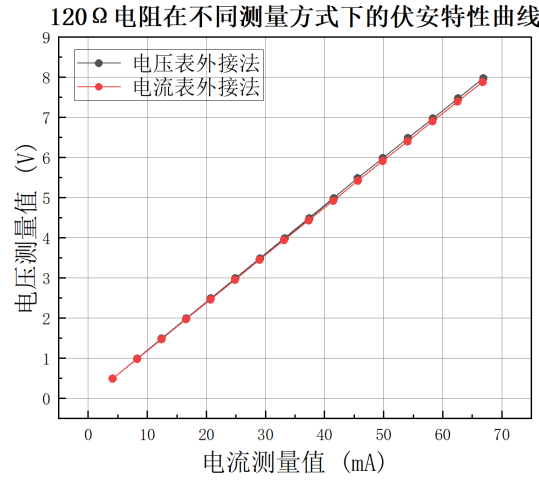


图 18: 120 Ω 两种方法数据对比

4. 数据分析

内接法结果: $R_1=50.52\pm0.007\Omega$ 相对误差: $r_1=-0.009$ $R_2=118.18\pm0.02\Omega$ 相对误差: $r_2=-0.015$
外接法结果: $R_1=51.47\pm0.009\Omega$ 相对误差: $r_1=0.009$ $R_2=119.43\pm0.02\Omega$ 相对误差: $r_2=-0.00475$
数据对比和理论分析可知, 测量小电阻时外接法误差更小, 测量大电阻时内接法误差更小, 之后所有实验电路设计的选择均采用此项原则, 例如对于恒压源内阻无限小的情况, 采用电压表内接 (防止电流表内阻影响测量)
误差来源分析: 正如前文所说, 当时空气湿度较大, 故对于 120 Ω 的电阻伏安特性的测量与实际不相符, 但是相对大小不变, 故可认定实验数据准确, 仅存在系统误差。

3.1.2 测试非线性电阻 12V 白炽灯的伏安特性

1. 将实验数据进行绘图。

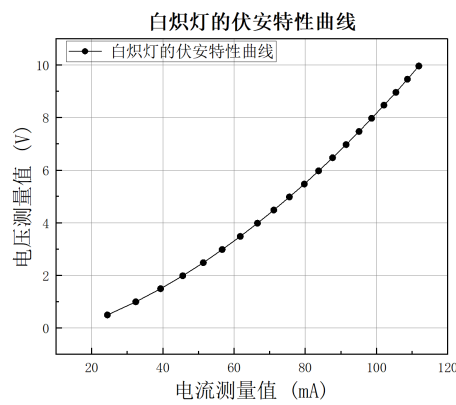


图 19: 白炽灯伏安特性曲线

2. 图片数据分析

由图可知，白炽灯（非线性电阻）的伏安特性曲线不是一条直线，电阻值随电压或电流的变化而变化。根据曲线趋势可知，白炽灯的阻值随着电压和电流的增大逐渐升高，其物理意义为：电压电流升高导致灯丝的温度升高，从而加剧了分子的不规则运动，从而影响了金属的导电能力，故会导致阻值升高。

3.1.3 测试直流稳压电源（DP831）CH2 的伏安特性

1. 将实验数据进行绘图。

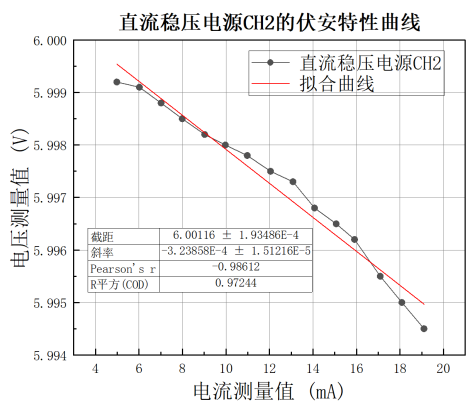


图 20: 直流稳压电源（DP831）CH2 的伏安特性曲线

2. 图片数据分析

由图可知，伏安特性曲线不是一条直线，电阻值随电压或电流的变化而变化，这是由于恒压源并非理想电源，存在内阻，故输出电压会产生变化，线性拟合后，斜率的绝对值即为电源内阻。

$r_{\text{内}} = 3.23858 \times 10^{-4} \Omega.$

3.1.4 数控恒流源

1. 将实验数据进行绘图。

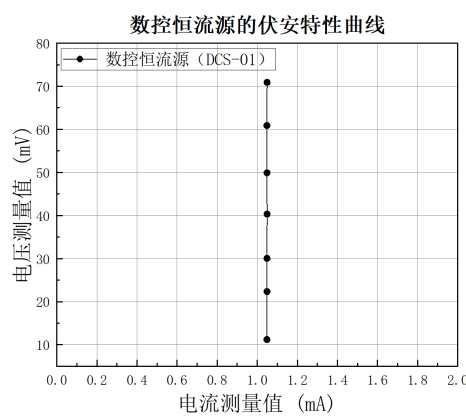


图 21: 数控恒流源的伏安特性曲线

2. 图片数据分析

由图可知，伏安特性曲线近似为一条直线，可以说明恒流源的输出电流恒定，值得一提的是，测量数据发现电流存在极小范围的周期波动，分析其来源可能是由于导线头的不稳定，需要进行手动连接，这可能导致手部颤抖等问题出现接触问题，会导致数据出现波动，但在总体上电流数据恒定，故认定实验成功。

3.1.5 电流控制电压源（CCVS）基本特性测试

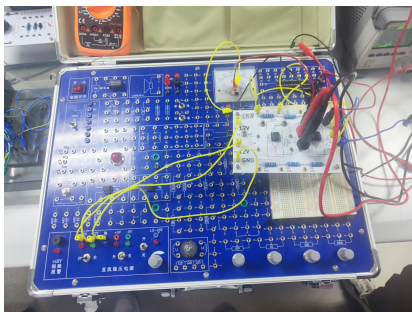


图 22: 实验接线总览

1. 输出特性

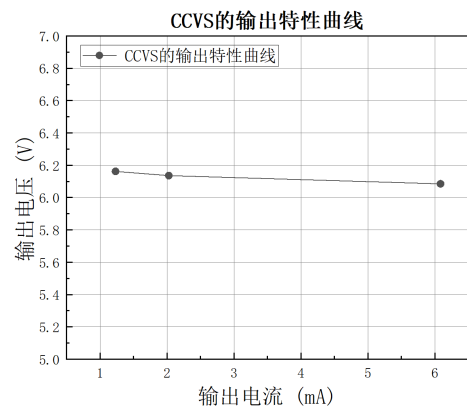


图 23: 电流控制电压源（CCVS）输出特性

图片数据分析：由图可知，电流控制电压源，尽管输出电流发生了变化，但是输出电压依旧不变。

2.

3.2 实验后思考题

实验原本思考题在实验前思考题中均完成作答，而本部分为实验后对于之前所写思考题的一个补充

思考题 3.1:

基本电路元件伏安特性的测量 结语

4.1 实验心得和体会、意见建议

1. 实验内容较多，基本上需要很繁琐的接线过程，并且需要进行频繁大量的读数，实验数据量和处理过程都很复杂。
2. 实验仪器要求很高，例如出现了仪器表显和实际测量的数据偏差较大的问题，（例如 CCVS 过程中我需要去测量实际输入电流，与显示的输入电流相差很大）
3. 实验仪器手持式万用表存在仪器问题，相对于台式，存在易损坏的问题，建议如果后续实验需要可以加入新的台式万用表，方便实验进行。

4.2 附件

实验原始数据

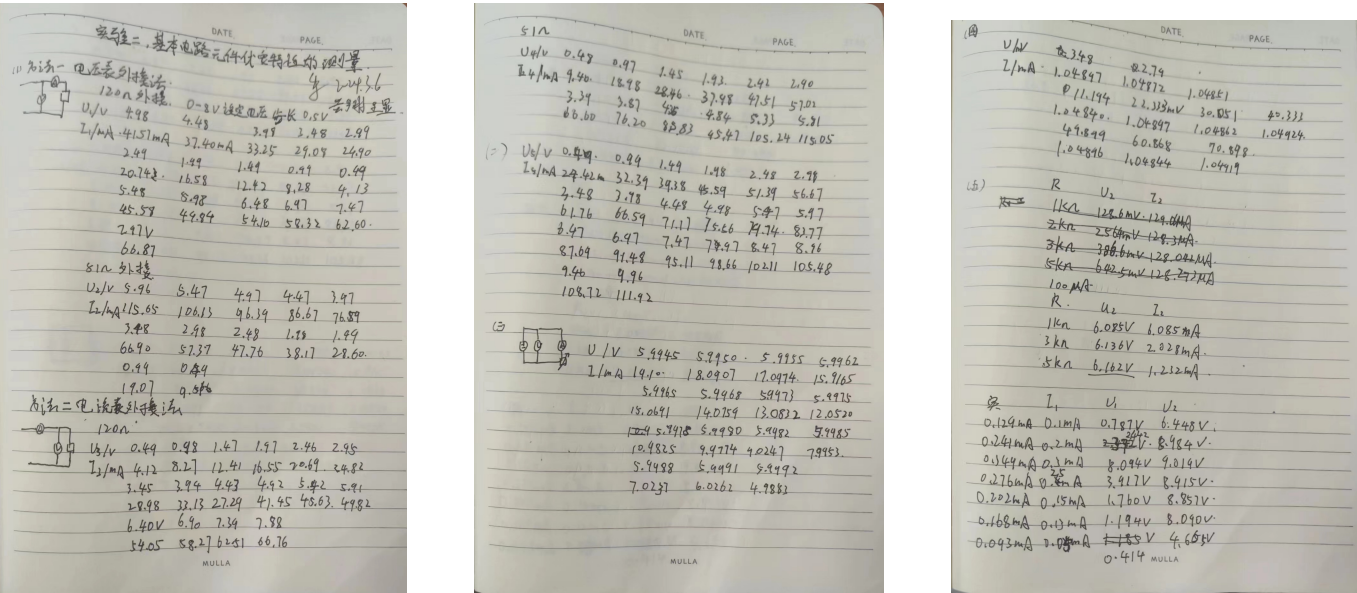




图 27: 桌面整理