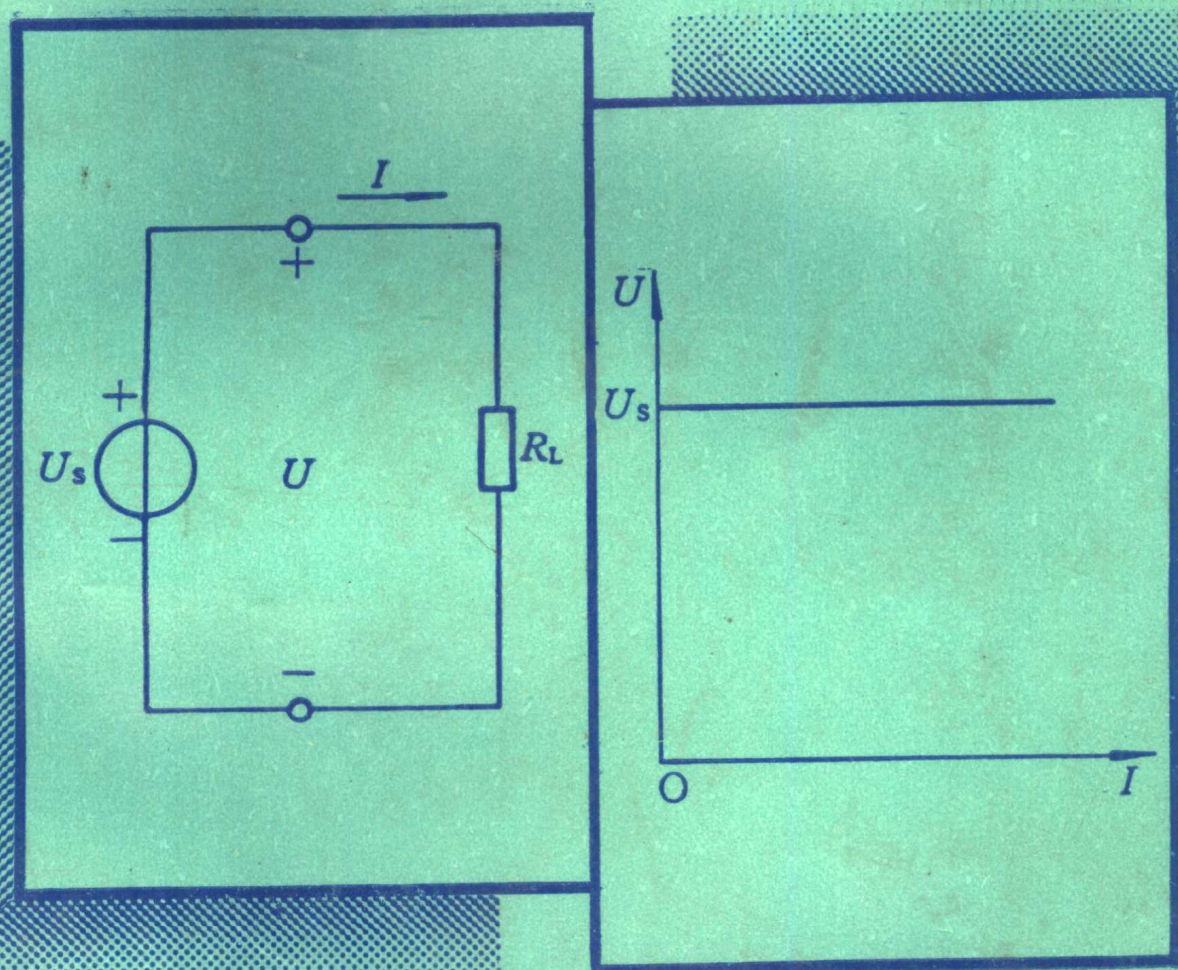


● 高等学校教材

# 电工基础 实验指导书

● (第二版)

● 江家麟 宁超 主编



● 高等教育出版社

高等学校教材

# 电工基础实验指导书

(第二版)

江家麟 宁 超 主编

高等教育出版社

(京) 112 号

### 内 容 简 介

本书是在 1986 年 4 月出版的宁超主编《电工基础实验指导书》的基础上, 参照国家教育委员会颁发的高等工业学校《电路课程教学基本要求》和《电磁场课程教学基本要求》修订的。实验内容和方法有较大更新。全书包括“电路”和“电磁场”两门课程的实验共 31 个。其中: 误差处理实验 1 个, 仪器的使用和参数测量实验 3 个, 线性电路实验 20 个, 非线性电路实验 2 个, 磁路实验 1 个, 传输线实验 1 个, 电磁场实验 3 个。另附有关测量的简介。

本书可作为电类各专业“电路”和“电磁场”两门课程的实验教学用书, 也可供有关工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电工基础实验指导书/江家麟, 宁超主编。—2 版。—北京: 高等教育出版社, 1995

ISBN 7-04-005202-4

I. 电… II. ①江… ②宁… III. 电工学-实验-高等学校-教材 IV. TM1-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 01083 号

\*  
高等教育出版社出版  
新华书店总店北京发行所发行  
中国科学院印刷厂印装  
\*

开本 787×1092 1/16 印张 11 字数 270 000

1986 年 4 月第 1 版

1995 年 5 月第 2 版 1995 年 5 月第 1 次印刷

印数 0001—4 589

定价 5.65 元

## 第二版前言

本书系《电工基础实验指导书》的第二版。第一版于1986年4月出版,经过西安交通大学及许多兄弟院校多年的使用后,根据国家教育委员会工科电工课程教学指导委员会电路理论及信号分析课程教学指导小组1992年10月工作会议的决定,参照国家教委颁发的高等工业学校《电路课程教学基本要求》和《电磁场课程教学基本要求》进行了修订。

本书包括“电路”和“电磁场”两门课程的实验内容,共选编了31个实验和1个附录。其中:误差处理实验1个,仪器的使用和参数测量实验3个,线性电路实验20个,非线性电路实验2个,磁路实验1个,传输线实验1个,电磁场实验3个。

与第一版比较,第二版主要有以下一些改进和变动:(1)有3个实验分为A和B两种方案,它们的实验目的基本相同,但实验原理、方法及所用仪器设备不同,可以根据具体情况选做其中之一。(2)为培养学生的独立工作能力,由学生设计实验线路的实验增加到4个。(3)增加了5个新实验,以便与邱关源主编《电路》(第三版)(高等教育出版社1989年)教材更好地配合。(4)增加了1个时变电磁场的演示实验,(5)将一阶 $RC$ 电路和二阶 $RLC$ 串联电路接通到直流电源的响应合并成一个实验。(6)删除了第一版中的4个实验。(7)附录中电子示波器一节改为介绍双踪示波器;测量误差与仪器设备和元器件的额定值两节作了较大的修改,删除了第一版中的电子开关,增加了电工测量实验中的干扰问题。(8)其他实验也均作了一定的修改。

参加第二版编写工作的有:西安交通大学江家麟、陈燕、刘崇新、赵录怀、刘放、张永涛、郭咏虹、贺富堂;华东冶金学院宁超、周勇。由江家麟、宁超主编。

本书承天津大学孙雨耕教授仔细审阅并提出宝贵的修改意见,谨表示衷心的感谢。

本书的不足和错误之处,欢迎读者批评指正。

编 者

1993年7月



## 第一版前言

本书是为高等学校工科电类专业“电路”和“电磁场”课程编写的实验教学用书。本书以西安交通大学电工原理实验室原有的实验教材为基础,参照1980年6月高等学校工科电工教材编审委员会审定的《电路教学大纲(草案)》和《电磁场教学大纲(草案)》,并吸取兄弟院校在电工基础实验方面的经验,对教材的系统和内容进行了调整、扩充和修改,同时注意保持西安交通大学在长期实验教学中所形成的风格。

本书包括“电路”和“电磁场”两门课程的实验内容,共选编了30个实验和1个附录。其中:误差处理实验1个,仪器的使用和参数测量实验3个,线性电路实验17个,非线性电路实验2个,磁路实验1个,传输线实验2个,电磁场实验4个。

由于各个学校实验设备和条件相差较大,为了使本书具有通用性,故取材比较广泛,而每个实验的内容具有相对的独立性,让使用者有选择的余地。此外,还考虑到当前教学改革中出现的一些实际情况,特意安排了“电工测量仪表误差的处理方法”和“恒定磁通的磁路”2个实验。

上述所有实验所需总时数较多,使用时可以根据课程要求、设备条件、学生的基础选用。在部分实验中,还编写了选做内容,以“\*”号注明,供使用者作为因材施教要求。在每个实验中,都配有预习思考题,它将有助于实验者在实验课前提高预习效果,实验课后巩固实验收获。编写附录是为了帮助实验者从使用角度掌握常用仪器、仪表的基本原理,以加强学生在实验中的主观能动性。这些内容,可作为学生课外阅读材料。部分与实验联系比较紧密的内容,应适当安排在实验课内讲授,以提高实验效果。

参加本书编写工作的有于轮元、邹政平、张洒海、宁超、过静娴、陈燕,由宁超主编。

本书初稿承天津大学杨山同志进行认真细致的审阅,并提出许多宝贵的修改意见,编者对此表示诚挚的谢意!

限于编者的水平,书中不妥和错误之处可能不少,衷心欢迎读者批评指正。

编 者

1985年3月于西安交通大学

DAD36/05

# 目 录

|                                                    |    |                                |     |
|----------------------------------------------------|----|--------------------------------|-----|
| 学生实验守则.....                                        | 1  | 实验二十 三相电路中电压、电流和<br>功率的测量..... | 82  |
| 电工基础实验课要求.....                                     | 2  | 实验二十一 非正弦周期电流电路.....           | 85  |
| 实验一 电工仪表测量误差的处理方法.....                             | 4  | 实验二十二 有源滤波器.....               | 87  |
| 实验二 元件的伏安特性.....                                   | 9  | 实验二十三 回转器的特性.....              | 90  |
| 实验三 受控源特性.....                                     | 13 | 实验二十四 并联谐振.....                | 94  |
| 实验四 基尔霍夫定律和特勒根定理.....                              | 17 | 实验二十五 滤波电路的设计.....             | 98  |
| 实验五 戴维南定理和诺顿定理.....                                | 20 | 实验二十六 开关电容积分器.....             | 102 |
| 实验六 电子示波器的使用.....                                  | 23 | 实验二十七 恒定磁通的磁路.....             | 105 |
| 实验七 具有运算放大器的电路.....                                | 33 | 实验二十八 A 无损耗传输线的<br>研究(一).....  | 109 |
| 实验八 一阶 $RC$ 电路和二阶 $RLC$<br>串联电路接通到直流电源的<br>响应..... | 38 | 实验二十八 B 无损耗传输线的<br>研究(二).....  | 112 |
| 实验九 非线性元件的伏安特性.....                                | 43 | 实验二十九 A 静电场模拟(一).....          | 117 |
| 实验十 非线性电路中的特殊现象——<br>张弛振荡和范德坡振荡.....               | 46 | 实验二十九 B 静电场模拟(二).....          | 120 |
| 实验十一 研究 $L$ 、 $C$ 元件在直流电路<br>和交流电路中的特性.....        | 49 | 实验三十 螺线管磁场的研究.....             | 123 |
| 实验十二 A 交流电路参数的<br>测定(一).....                       | 52 | 实验三十一 时变电磁场演示实验.....           | 128 |
| 实验十二 B 交流电路参数的<br>测定(二).....                       | 56 | 附录 电工基础实验中有关测量问题的<br>简介.....   | 135 |
| 实验十三 万用表.....                                      | 58 | 一、测量误差 .....                   | 135 |
| 实验十四 交流电桥.....                                     | 61 | 二、有效数字 .....                   | 140 |
| 实验十五 功率因数的提高.....                                  | 68 | 三、电表的测量机构 .....                | 142 |
| 实验十六 互感电路.....                                     | 71 | 四、电流表、电压表和功率表 .....            | 146 |
| 实验十七 $RLC$ 串联电路的谐振.....                            | 73 | 五、万用表 .....                    | 149 |
| 实验十八 一端口 $LC$ 网络的频率<br>特性.....                     | 76 | 六、晶体管毫伏表 .....                 | 152 |
| 实验十九 互感耦合双谐振电路的<br>研究.....                         | 79 | 七、电子双踪示波器 .....                | 154 |
|                                                    |    | 八、信号源 .....                    | 157 |
|                                                    |    | 九、数字万用表 .....                  | 158 |
|                                                    |    | 十、电工测量实验中的干扰问题 .....           | 161 |
|                                                    |    | 十一、正确选择仪器设备和元器件的方<br>法.....    | 164 |

## 学生实验守则

1. 实验课前要认真预习实验指导书,做好必要的准备工作,如画数据记录表格等。
2. 进入实验室,要保持室内整洁和安静。按照实验指导书认真检查并熟悉仪器设备。未经许可,不得擅自挪换仪器设备。
3. 接完线路,应先自行检查,再请教师复查后才能接通电源。改接线路,必须先切断电源。
4. 观察实验现象,记录测试数据,都要认真仔细,实事求是。实验完毕,实验记录经教师审阅认可后,方能拆去接线。
5. 注意人身和设备的安全,发生事故或出现异常现象,应立即切断电源,保持现场并报告教师处理。
6. 要爱护仪器设备,实验操作要谨慎,凡损坏仪器设备者,应填写损失单。对于不听从教师指导和违反操作规程而损坏者,除写出书面检讨外,还要按规定赔偿。

# 电工基础实验课要求

## 一、实验课的作用

实验课是高等教育的一个重要教学环节,是理论联系实际的重要手段。通过教学实验验证和巩固所学的理论知识,训练实验技能,培养学生实际工作能力。对于电工基础实验课,应通过实验达到以下目的:

1. 培养学生实事求是、一丝不苟、三严(严格、严密、严肃)的科学态度,养成良好的电工实验习惯和作风。
2. 训练学生基本的实验技能,如正确使用常见的电工仪器、仪表和电子仪器,掌握一些基本的电工测试技术、试验方法及数据分析处理。
3. 培养学生通过实验来观察和研究基本电磁现象及规律的能力,以巩固和扩展所学到的理论知识。

## 二、实验课的要求

### 1. 实验课前的准备工作

学生在每次实验课前,必须认真预习。具体要求是:

(1) 阅读实验指导书,明确实验的目的与要求,并结合实验原理复习有关理论。了解实验的方法和步骤。准备实验数据的记录表格。认真思考并解答预习思考题。

(2) 理解并记住指导书中提出的注意事项。对实验中所用仪器设备的作用及使用方法要有初步了解。

### 2. 实验过程中的工作

(1) 接线前,首先了解各种仪器设备和元器件的额定值、使用方法和电源设备的情况。

(2) 实验中要用的仪器、仪表、实验板以及开关等,应根据连线清晰、调节顺手和读数观察方便的原则合理布局。

(3) 接线可按先串联后并联的原则先接无源部分,再接电源部分,两者之间必须经过开关。接线时应将所有电源开关断开,并将可调设备的旋钮、手柄置于最安全位置。接好线后,经仔细检查无误,教师复查后才能接通电源。合电源时,要注意各仪表的偏转是否正常。

(4) 实验进行中要胆大心细,一丝不苟。认真观察现象,仔细读取数据,随时分析研究实验结果的合理性。如发现异常现象,应及时查找原因。

(5) 实验完毕,先切断电源,再根据实验要求核对实验数据,然后请教师审核,认可以后再拆线,并将仪器设备排放整齐。

(6) 注意仪器设备及人身安全。

### 3. 实验课后的整理工作

整理工作主要是撰写实验报告。这是实验的总结,应认真完成。报告内容应包括:



(1) 实验目的。

(2) 实验方法及步骤：主要是画出线路图，对特殊的实验方法加以说明。至于一般方法、步骤和原理可简单叙述，不要照抄指导书。

(3) 数据处理：包括实验数据及计算结果的整理、分析和误差原因的估计等。

(4) 主要仪器设备。

此外，实验报告中还应包括：实验中发现的问题、现象及事故的分析，实验的收获及心得体会，并回答预习思考题。

# 实验一 电工仪表测量误差的处理方法

## 一、实验目的

1. 了解电工仪表测量误差的基本处理方法。
2. 了解电压表、电流表内阻对测量结果的影响。
3. 熟悉数字式万用表与指针式万用表的使用方法。

## 二、实验原理与说明

1. 用电压表、电流表、万用表测量一个电量时, 电表指示的数值  $A_x$  与被测量的实际值  $A_0$  之间, 不可避免地存在一定的误差。误差有两种表示方法:

$$\text{绝对误差} \quad \Delta = A_x - A_0$$

$$\text{相对误差} \quad \gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\%$$

电表的准确度等级用标尺刻度上最大的绝对误差  $\Delta_{\max}$  与电表量程  $A_m$  比值的百分数来表示

$$\gamma_n = \frac{\Delta_{\max}}{A_m} \times 100\%$$

$\gamma_n$  称为引用误差。电表的准确度等级按  $\gamma_n$  划分, 我国常用的电表分为 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 5.0 七个等级。例如,  $\gamma_n$  为  $\pm 0.4\%$ , 则此电表为 0.5 级。

测量时, 电表任一读数的最大绝对误差应当由电表的准确度等级估算。

例如, 用 100mA 量程, 0.5 级的电流表测电流时, 可能产生的最大绝对误差为

$$\Delta_{\max} = \pm 0.5\% \times 100 = \pm 0.5\text{mA}$$

也就是说, 在测量过程中可能出现的最坏情况是电表的读数偏离实际值  $\pm 0.5\text{mA}$ 。所以, 用大量程的电流表来测量小电流, 显然是不合理的, 因为读数的相对误差可能达到

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% = \frac{\gamma_n \cdot A_m}{A_0} \quad (1)$$

式中  $\gamma_n$  为电表等级,  $A_m$  是电表的量程, 实际值  $A_0$  有时也可近似地用电表指示值  $A_x$  代替。由上式可见, 在使用相同等级不同量程的电表去测量同一个量时, 量程大的电表, 读数的相对误差要大, 所以选用电表时, 除考虑准确度等级外, 还应注意合适的量程。

2. 图 1-1 所示为校验电表的电路。图中 ⑥ 与 ④ 是标准电表, 它的读数  $U_0$  和  $I_0$  作为被测量的实际值。按电表校验规程规定, 标准电表的准确度等级至少比被校电表高两级。若使用指针式标准电表, 则其量程应与被校电表相同或接近。本实验用 DT-830 型数字万用表④的 20V

④ DT-830 型数字万用表, 电压精度为  $\pm(0.8\%V_m + 2 \text{ 个字})$ , 电流精度为  $\pm(1\%A_m + 2 \text{ 个字})$ 。

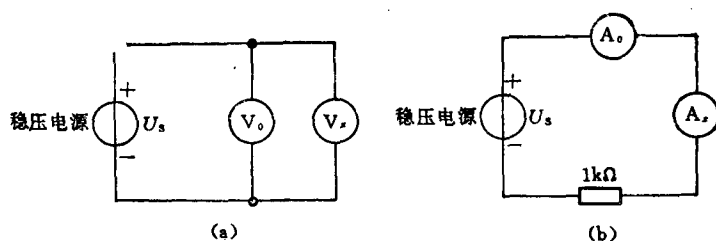


图 1-1

电压挡和 20mA 电流挡分别作为标准电压表和电流表。图中  $\textcircled{V}_0$  与  $\textcircled{A}_0$  是被校电表，选用 2.5 级的 MF-30 型万用表的 5V 电压挡和 5mA 电流挡。

校表方法是这样的：调节稳压电源的输出电压  $U_s$ ，使被校电压表(或电流表)的指针依次指在标尺的大刻度值上，如图 1-2 所示的 a、b、c、d、e 5 个位置，分别记下标准电表和被校电表相应的读数  $U_0$ 、 $U_x$  或  $I_0$ 、 $I_x$ ，则在每一大刻度值上的绝对误差为

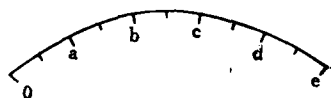


图 1-2

$$\Delta U = U_x - U_0$$

$$\Delta I = I_x - I_0$$

取上述绝对误差中的最大值  $|\Delta U|_{\max}$  或  $|\Delta I|_{\max}$  按下式计算被校电表的准确度  $\gamma_U$  或  $\gamma_I$

$$\gamma_U = \frac{|\Delta U|_{\max}}{U_m} \times 100\%$$

$$\gamma_I = \frac{|\Delta I|_{\max}}{I_m} \times 100\%$$

式中  $U_m$  与  $I_m$  为被校电表的量程。如算出  $\gamma_U = 2.1\%$ ，则被校电表的电压挡为 2.5 级。

3. 图 1-3(a)与(b)所示电路是测量未知电阻  $R_x$  的两种接法。

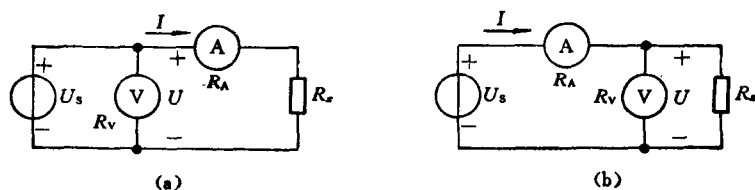


图 1-3

根据电路基本定律，对图 1-3(a) 所示电路

$$R_x = \frac{U}{I} - R_A \quad (2)$$

对图 1-3(b) 所示电路

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}} - \frac{R_v U}{R_v I - U} \quad (3)$$

上式中  $R_v$  为电压表的内阻,  $R_A$  为电流表的内阻。

根据误差理论,求间接测量  $R_x$  的相对误差,可用下列公式(参阅本书附录一):

与式(2)对应的公式为

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} \times 100\% = \pm \left[ \left| \frac{\partial R_x}{\partial U} \frac{\Delta U}{R_x} \right| + \left| \frac{\partial R_x}{\partial I} \frac{\Delta I}{R_x} \right| + \left| \frac{\partial R_x}{\partial R_A} \frac{\Delta R_A}{R_x} \right| \right] \times 100\% \\ = \pm \left[ \frac{U}{U - IR_A} \left| \frac{\Delta U}{U} \right| + \frac{U}{U - IR_A} \left| \frac{\Delta I}{I} \right| + \frac{IR_A}{U - IR_A} \left| \frac{\Delta R_A}{R_A} \right| \right] \times 100\% \quad (4)$$

式中  $\left| \frac{\Delta U}{U} \right|$  与  $\left| \frac{\Delta I}{I} \right|$  是电压表和电流表读数的相对误差,它们按式(1)计算。 $\left| \frac{\Delta R_A}{R_A} \right|$  是电流表内阻  $R_A$  测量值的相对误差,系用数字万用表测出  $R_A$  值,然后根据数字万用表的准确度按式(1)计算。

利用式(4),计算误差的程序如下:

```
5 PRINT "电流表内接法测大电阻 计算误差程序"
10 INPUT "请输入电压表准确度等级 YU = "; YU
20 INPUT "请输入电压表量程 AU = "; AU
30 INPUT "请输入电流表准确度等级 YA = "; YA
40 INPUT "请输入电流表量程 AA = "; AA
50 INPUT "请输入电压表/电流表读数(用逗号分开) U1 = ? A1 = "; U1, A1
60 INPUT "请输入电流表内阻 RA = "; RA
70 INPUT "请输入数字万用表准确度等级及量程(用逗号分开) YR = ? AR = "; YR, AR
80 M1 = ABS((YU * AU) / U1)
90 M2 = ABS((YA * AA) / A1)
100 M3 = ABS((YR * AR) / RA)
110 M = (U1 * M1) / (U1 - A1 * RA) + (U1 * M2) / (U1 - A1 * RA) + (A1 * RA * M3) /
    (U1 - A1 * RA)
120 PRINT "r/R = +"; ABS(M); "%", "r/R = "; -ABS(M); "%"
130 END
```

与式(3)对应的公式为

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} \times 100\% = \pm \left[ \left| \frac{\partial R_x}{\partial U} \frac{\Delta U}{R_x} \right| + \left| \frac{\partial R_x}{\partial I} \frac{\Delta I}{R_x} \right| + \left| \frac{\partial R_x}{\partial R_v} \frac{\Delta R_v}{R_x} \right| \right] \times 100\% \\ = \pm \left[ \left( 1 + \frac{R_x}{R_v} \right) \left| \frac{\Delta U}{U} \right| + \left( R_x \times \frac{I}{U} \right) \left| \frac{\Delta I}{I} \right| + \left( 1 - R_x \times \frac{I}{U} \right) \left| \frac{\Delta R_v}{R_v} \right| \right] \times 100\% \quad (5)$$

利用式(5),计算误差的程序如下:

```
5 PRINT "电流表外接法测量小电阻 计算误差程序"
10 INPUT "请输入电压表准确度等级 YU = "; YU
20 INPUT "请输入电压表量程 AU = "; AU
```

```

30 INPUT "请输入电流表准确度等级 YA = ";YA
40 INPUT "请输入电流表量程 AA = ";AA
50 INPUT "请输入电压表/电流表读数(用逗号分开) U1 = ? A1 = ";U1,A1
60 INPUT "请输入电压表内阻 RU = ";RU
70 INPUT "请输入数字万用表准确度等级及量程(用逗号分开)YR = ? AR = ";YR,AR
75 RX = RU * U1 / (RU * A1 - U1)
80 M1 = ABS((YU * AU) / U1)
90 M2 = ABS((YA * AA) / A1)
100 M3 = ABS((YR * AR) / RU)
110 M = (1 + RX / RU) * M1 + (RX * A1 / U1) * M3 + (1 - RX * A1 / U1) * M3
120 PRINT "r/R = +"; ABS(M); "%","r/R = "; -ABS(M); "%"
130 END

```

### 三、实验内容

1. 按图 1-1 接线,用 DT-830 型数字万用表作为测量标准,校验 MF-30 型万用表的 5V 电压挡和 5mA 电流挡,将测试数据分别记录于表一与表二中。

表 一

|                             |          |   |   |   |   |   |
|-----------------------------|----------|---|---|---|---|---|
| MF-30 万用表 5V 挡              | $U_x(V)$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| DT-830 数字万用表                | $U_0(V)$ |   |   |   |   |   |
| 绝对误差 $\Delta U = U_x - U_0$ |          |   |   |   |   |   |

表 二

|                             |           |   |   |   |   |   |
|-----------------------------|-----------|---|---|---|---|---|
| MF-30 万用表 5mA 挡             | $I_x(mA)$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| DT-830 数字万用表                | $I_0(mA)$ |   |   |   |   |   |
| 绝对误差 $\Delta I = I_x - I_0$ |           |   |   |   |   |   |

2. 用数字万用表测量 MF-30 型万用表在 5V 电压挡时电表的内阻  $R_V$  和在 5mA 电流挡时电表的内阻  $R_A$ 。并按公式(1)计算电表内阻的相对误差  $\frac{\Delta R_V}{R_V}$  与  $\frac{\Delta R_A}{R_A}$ 。

3. 按图 1-3 接线,图中电压表用 MF-30 万用表的 5V 电压挡,电流表用 MF-30 型万用表的 5mA 电流挡,被测电阻  $R_x$  是三只金属膜电阻,其电阻的标称值分别为  $100\Omega$ ,  $1000\Omega$ ,  $10000\Omega$ 。测试数据记录于表三中。

4. 用数字万用表测  $R_{x1}$ ,  $R_{x2}$ ,  $R_{x3}$  的数值,并根据数字万用表的准确度等级求它们的相对误差

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} \times 100\%$$

表 三

| 测试电路<br>被测电阻 |               | 图 1-3(a) |  |  |          |  |  |          |  |  | 图 1-3(b) |  |  |          |  |  |          |  |  |
|--------------|---------------|----------|--|--|----------|--|--|----------|--|--|----------|--|--|----------|--|--|----------|--|--|
|              |               | $R_{x1}$ |  |  | $R_{x2}$ |  |  | $R_{x3}$ |  |  | $R_{x1}$ |  |  | $R_{x2}$ |  |  | $R_{x3}$ |  |  |
| 测试数据         |               | $U(V)$   |  |  | $I(mA)$  |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |
| 计算           | $R_x(\Omega)$ |          |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |
|              | $R_x$ (平均值)   |          |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |
|              |               |          |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |

#### 四、注意事项

1. 万用表是一种多用途和多量程的电表,使用时一定要根据被测量的性质和大小,正确选择万用表量程开关的位置,每次测量之前还须检查开关位置是否正确。
2. 各测试数据和计算结果均要注意有效数字的选取(参阅本书附录二)。

#### 五、预习思考题

1. 根据附录中介绍的有关测量误差的知识,详细推导式(4)与式(5)。
2. 用图 1-3 电路测电阻是一种间接测量方法,如果要测  $1M\Omega$ ,  $1\Omega$  和  $0.001\Omega$  三种阻值的电阻,试分析比较间接测量与直接测量哪种方法的误差小,条件是什么?

#### 六、实验报告要求

1. 列出所有测试数据的表格。
2. 根据测试数据,计算 MF-30 型万用表的 5V 电压挡和 5mA 电流挡的准确度等级。
3. 根据测试数据,计算电阻  $R_x$  在用间接测量法时的相对误差及用直接测量法时的相对误差。
4. 回答预习思考题。

#### 七、仪器设备

| 名 称    | 型号规格                                 | 数量    | 备 注 |
|--------|--------------------------------------|-------|-----|
| 直流稳压电源 | $\pm 20V$                            | 1 台   |     |
| 万 用 表  | MF-30                                | 2 只   |     |
| 数字万用表  | DT-830                               | 1 只   |     |
| 被测电阻   | $100\Omega, 1000\Omega, 10000\Omega$ | 各 1 只 |     |



## 实验二 元件的伏安特性

### 一、实验目的

1. 了解线性电阻元件和几种非线性电阻元件的伏安特性。
2. 了解电压源及电流源的伏安特性。
3. 学习元件伏安特性的测试方法。

### 二、实验原理与说明

一个二端元件的特性,用元件两端的电压  $u$  和通过元件的电流  $i$  之间的关系  $f(u, i) = 0$  表示。这种关系,通常称为元件的伏安特性。

线性电阻元件的伏安特性服从欧姆定律,画在  $u-i$  平面上是一条通过原点的直线。如图 2-1(b)所示。该特性与元件电压、电流的大小和方向无关,所以,线性电阻元件是双向性的元件。

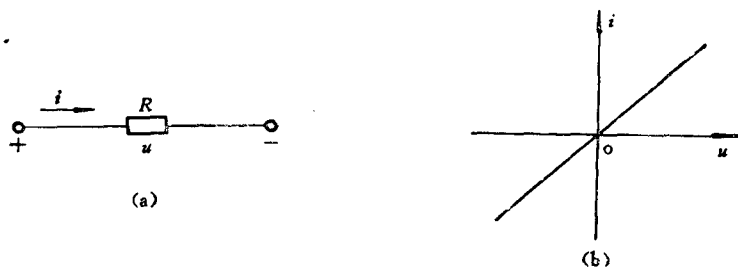


图 2-1

非线性电阻元件的伏安特性,不服从欧姆定律,画在  $u-i$  平面上是一条曲线。非线性电阻元件可按其伏安特性的特征来分类。

有一类非线性电阻元件,它既是电流控制型,又是电压控制型,如晶体二极管、钨丝灯泡等就属这一类。它们的伏安特性分别如图 2-2 中的曲线 1 和曲线 2 所示。

一个实际电压源可以用理想电压源  $U_s$  与电阻  $R_s$  相串联的模型来表示。当电源与负载电阻  $R_L$  如图 2-3 相联时,其伏安特性为  $U = U_s - R_s i$ , 其伏安特性曲线如图 2-4 所示

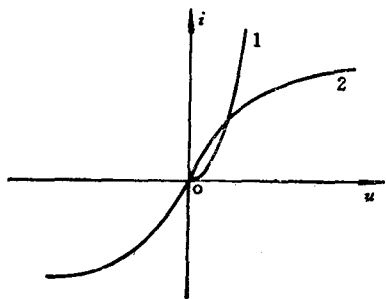


图 2-2

当负载固定时,实际电压源的内阻  $R_s$  越小,则其端电压  $U$  越接近于电压源电压  $U_s$ 。当  $R_s = 0, U = U_s$  时即为理想电压源,简称电压源。电压源的电路图及伏安特性曲线分别如图 2-5 和图 2-6 所示。晶体管直流稳压电源由于  $R_s$  很小,当输出

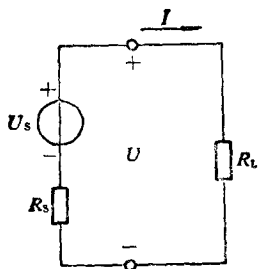


图 2-3

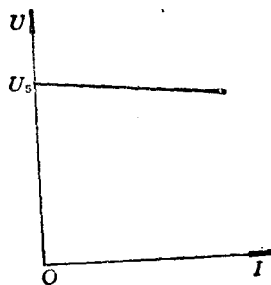


图 2-4

电流在较小范围内变化时,其端电压基本保持不变。

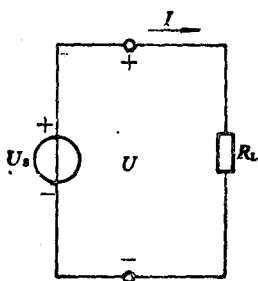


图 2-5

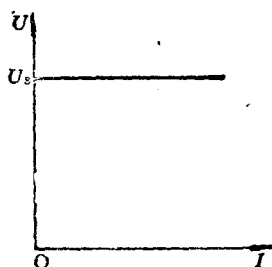


图 2-6

一个实际电流源可以用理想电流源  $I_s$  与电阻  $R_s$  相并联的模型来表示。当电源与负载相联时,其伏安特性为  $I = I_s - \frac{U}{R_s}$ , 伏安特性曲线如图 2-7 所示。

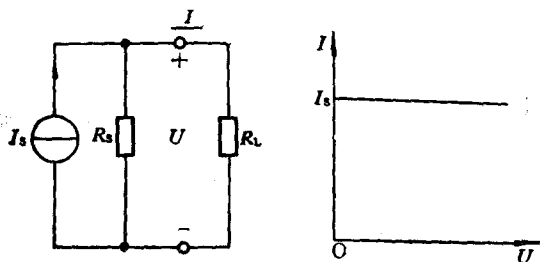


图 2-7

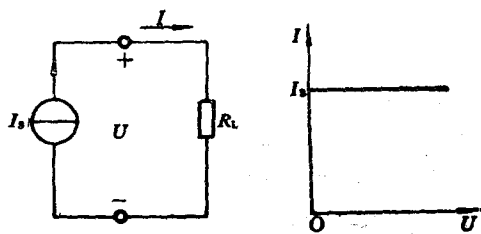


图 2-8

当电源的内阻  $R_s \rightarrow \infty$ ,  $I = I_s$  时即为理想电流源,简称电流源。电流源的电路图及伏安特性曲线如图 2-8 所示。

### 三、实验内容

1. 分别用图 2-9 和图 2-10 两种测试电路,测定一只  $500\Omega$  的线性电阻(用电阻箱)的伏安特性。

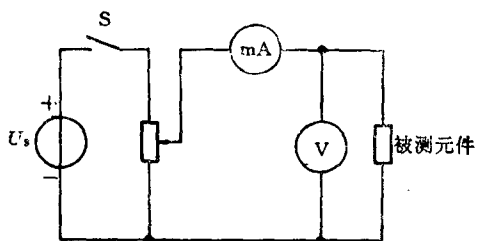


图 2-9

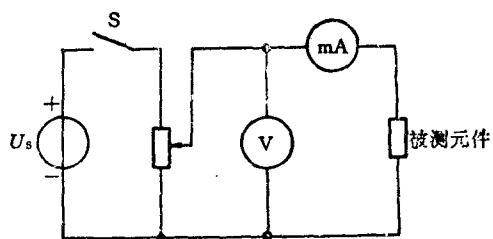


图 2-10

2. 按图 2-9 接线, 分别测定一只 6.3V/0.1A 小电珠和一只 2CZ82A 晶体二极管的伏安特性。
3. 按图 2-11 接线, 分别测定 1.5V 干电池和稳压电源(取  $U_s = 1.5V$ ) 的伏安特性。

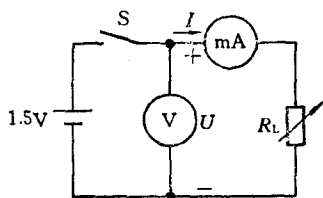


图 2-11

|                |          |     |     |     |     |     |
|----------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $R_L(\Omega)$  | $\infty$ | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |
| $I(\text{mA})$ | 0        |     |     |     |     |     |
| $U(\text{V})$  | 1.5      |     |     |     |     |     |

4. 按图 2-12 接线, 测定一电流源(取  $I_s = 12\text{mA}$ ) 的伏安特性。

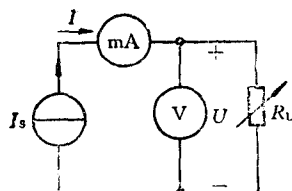


图 2-12

|                |    |     |     |     |     |     |
|----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $R_L(\Omega)$  | 0  | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| $I(\text{mA})$ | 12 |     |     |     |     |     |
| $U(\text{V})$  | 0  |     |     |     |     |     |

#### 四、注意事项

1. 测定小电珠的伏安特性时, 电压不允许超过 6.3V, 电流不允许超过 100mA。
2. 测定二极管的伏安特性时, 电位计的输出电压应从零开始缓慢增加。二极管导通后, 电流不允许超过其额定值。
3. 测直流电压源的伏安特性时, 负载端不允许短路。
4. 电流源实验板需接 20V 直流电源。测电流源的伏安特性时, 负载端不允许开路。

#### 五、预习思考题

在电流很小时, 小电珠的电阻只有几个欧姆, 要测定它的伏安特性, 应采用图 2-9 或图 2-10 的哪一个测试电路比较合理? 为什么?

#### 六、实验报告要求

1. 根据实验数据画出各种电阻元件及电源的伏安特性。