

高等院校实验系列规划教材

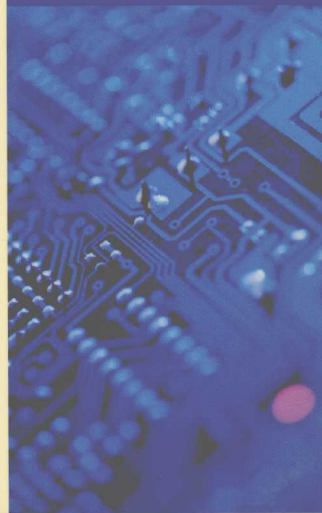
DIANLU SHIYAN ZHIDAO

电路实验指导

主编 胡学林 杨乃琪



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)



高等院校实验系列规划教材

TM13-33/31

2008

电路实验指导

主编 胡学林 杨乃琪

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

电路实验指导 / 胡学林, 杨乃琪主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2008.2

(高等院校实验系列规划教材)

ISBN 978-7-81104-878-0

I. 电… II. ①胡…②杨… III. 电路—实验—高等学校—教材 IV. TM13—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 012447 号

高等院校实验系列规划教材

电路实验指导

主编 胡学林 杨乃琪

责任编辑	张 阅
封面设计	本格设计
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮 编	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 230 mm
印 张	8.25
字 数	172 千字
印 数	1—3 000 册
版 次	2008 年 2 月第 1 版
印 次	2008 年 2 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-81104-878-0
定 价	15.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是以西南交通大学峨眉校区原有的电路实验指导书为基础,根据高等院校工科电类专业及非电类专业的本科课程教学大纲,并结合西南交通大学峨眉校区电工电子实验中心多年的电路实验教学经验编写而成的。作者结合了徐贤敏教授编写的《电路分析》等相关教材的内容,同时吸取了其他院校在电工基础实验方面的经验,对原有实验指导书的系统和内容进行了调整、扩充和修改。

作者综合考虑了不同专业、不同层次对电路基础实验的要求,完善了教材内容,可同时适用于《电工学》、《电工技术》、《电路基础》、《电路分析》等课程电路部分的实验教学需要。

本书中每个实验都有明确的目的、内容、步骤、仪器仪表的使用,实验前必须认真阅读本实验指导书后,方可进入实验室按照指导书的内容进行实验。

本书包括 14 个电路实验,并在附录中介绍了常用的电工仪表。参加本书编写的有胡学林(第 4、5、6、7、8、9、12、13 章)、杨乃琪(第 1、2、3、10、11、14 章及附录),徐贤敏教授对全书进行了认真细致的审阅,并提出许多宝贵的修改意见,全书由胡学林老师统稿与定稿。

本书的编写得到了西南交通大学峨眉校区电气工程系领导的关心和鼓励及电工电子实验中心各位老师的支持和帮助,西南交通大学出版社对本书的出版也给予了大力的支持,在此一并致以衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中可能出现错误与不足之处,恳请广大师生及读者提出宝贵意见及建议,便于下次修订。

编 者

2007 年 10 月于峨眉

实验须知和实验室安全用电

一、实验目的

(1) 学习常用电子仪器、仪表(包括万用表、直流稳压电源、低频信号发生器、晶体管毫伏表及示波器)的性能及工作原理,并学会其使用方法。

(2) 学习并掌握基本的测量方法。内容包括电流与电压的测量、阻抗的测量、元件伏安特性的测量、电路频率特性的测量等。

(3) 培养初步的实验技能,包括正确选用仪器、仪表,制定合理的实验方案,对实验中各现象进行正确的观察和判断,实验数据的正确读取、处理和误差分析,实验报告的编写等。

二、对实验技能的要求

(1) 正确使用电流表、电压表、万用表、功率表以及常用的一些电工实验设备;学会使用示波器、信号发生器、稳压电源等电子仪器。

(2) 按电路图连接实验线路并合理布线,能初步分析并排除故障。

(3) 认真观察实验现象、正确地读取数据并加以检查和判断,正确书写实验报告和分析实验结果。

(4) 正确运用实验手段来验证一些定理和结论。

三、实验进行方式

实验一般分课前预习、进行实验和课后作实验报告三个阶段。各个阶段的要求如下:

1. 课前预习

实验能否顺利进行和收到预期的效果,很大程度上取决于预习准备得是否充分。因此,要求在预习时仔细阅读实验指导书和其他参考资料,明确实验目的、内容,了解实验的基本原理以及实验电路,清楚实验中要观察哪些现象,记录哪些数据。

学生只有认真做好预习,才能到实验室做实验。预习经考核不合格者,不得进行实验。

2. 进行实验

良好的工作方法和操作程序,是使实验顺利进行的有效保证。一般实验按照下列程序进行:

(1) 教师在实验前讲授实验要求及注意事项。

(2) 学生到指定座位上做实验,先做好3件事:

① 按设备清单清点设备。注意仪器设备的类型、规格和数量。辅助设备是否齐全,同时了解设备的使用方法。

② 做好记录的准备工作。

③ 做好桌面的整洁工作。暂时不用的设备整齐地放在一边。

(3) 接好实验线路。经自查无误并请教师复查同意后才能合上电源。

(4) 操作,观察实验现象,并读数,记录和审查数据。

(5) 结尾工作:完成全部规定的实验项目后,先自己核查实验数据,再经教师复查后。方可进行下面结尾工作:

① 拆线。

② 做好仪器设备、桌面和环境的清洁整理工作。

③ 经教师同意后方可离开实验室。

3. 实验报告

实验报告是对实验工作的全面总结,要用简明的形式将实验结果完整和真实地表达出来。报告要求文理通顺、简明扼要、图表清晰、结论正确、分析合理、讨论深入。

报告纸采用学校规定的格式,实验报告除填好报告纸上各栏外,一般应包括如下几项:

(1) 实验目的;

(2) 实验原理;

(3) 实验内容;

(4) 实验电路;

(5) 数据图表及计算示例;

(6) 实验结果的分析处理(包括结论、分析讨论、收获体会);

(7) 问题回答。

学生做完实验之后,应及时写好实验报告,完成报告者才得进行下一次实验。

四、实验规则

(1) 严禁带电接线、拆线或改接线路。



(2) 接线完毕后,要认真复查,确信无误后,经教师检查同意,方可接通电源进行实验。

(3) 实验过程中如果发生事故,应立即关断电源,保护现场,报告指导教师。

(4) 实验完毕后,先由本人检查实验数据是否符合要求,然后请教师检查,经教师认可后才可拆线,并将实验器材整理好。

(5) 室内仪器设备不准任意搬动调换,非本次实验所用的仪器设备,未经教师允许不得动用。没有弄懂仪表、仪器及设备的使用方法前,不得贸然使用。若损坏仪器、设备,必须立即报告教师,做出书面检查,责任事故要酌情赔偿。

(6) 实验要严肃认真,保持安静、整洁的实验环境。

五、实验室安全用电规则

安全用电是实验中始终需要注意的重要问题。为了做好实验,确保人身和设备的安全,在做实验时,必须严格遵守下列安全用电规则:

(1) 接线、改接、拆线都必须在切断电源的情况下进行,即先接线后通电,先断电再拆线。

(2) 在电路通电情况下,人体严禁接触电路中不绝缘的金属导线或连接点等带电部位。万一遇到触电事故,应立即切断电源,并请教师检查。

(3) 实验中,特别是设备刚投入运行时,要随时注意仪器设备的运行情况,如发现有超量程、过热、异味、异声、冒烟、火花等,应立即断电,并请教师检查。

(4) 实验时应精神集中,同组者必须密切配合,接通电源前通知同组同学,以防止触电事故。

(5) 了解有关电器设备的规格、性能及使用方法。严格按额定值使用。注意仪表的种类、量程和连接使用方法,例如不得用电流表或万用表的电阻、电流挡去测量电压,功率表的电流线圈不能并在电路中,等等。

目 录

实验一	电路元件的伏安特性	1
实验二	电路的基本定律及叠加定理、互易定理的验证	6
实验三	实际电压源与实际电流源的等效变换	11
实验四	戴维南定理—有源二端网络等效参数的测定	15
实验五	用三表法测量交流电路等效参数	20
实验六	日光灯电路及功率因数的提高	27
实验七	互感特性的研究	33
实验八	RLC 串、并联谐振电路的测量	39
实验九	三相电路电压、电流的测量	45
实验十	三相电路功率的测量	51
实验十一	三相电路相序的测量	55
实验十二	一阶电路的过渡过程	57
实验十三	二阶电路的响应	63
实验十四	双口网络参数的测量	71
附录 A	常用电工仪表的选用	75
附录 B	常用电工测量仪表	80
B.1	交、直流电压表与电流表	80
B.2	电动系功率表	92
B.3	可调式直流稳压、稳流电源	94
B.4	函数发生器	97
B.5	交流毫伏表	100
B.6	示波器的基本原理与使用	101
附录 C	测量误差	112
附录 D	测量结果的处理	117
参考文献		121

实验一 电路元件的伏安特性

一、实验目的

- (1) 加深对参考方向的理解。
- (2) 学习测量线性电阻伏安特性的方法。
- (3) 研究实际电压源的外特性。
- (4) 学会可调式直流稳压、稳流电源和直流电压表、电流表的使用方法。

二、实验原理

1. 线性电阻的伏安特性

电阻元件是一种对电流呈现阻力的元件，有阻碍电流流动的性能，当电流通过电阻元件时，必然消耗能量，就会沿着电流流动的方向产生电压降，其大小等于电流的大小与电阻的乘积，即欧姆定律：

$$U = \begin{cases} IR & \text{电压、电流为关联参考方向} \\ -IR & \text{电压、电流为非关联参考方向} \end{cases}$$

参考方向：图 1.1 为某网络中的一条支路 AB，在事先不知道该支路电压极性的情况下，可先假定一个方向（A 为“+”，B 为“-”），则 U 的方向是由 A 至 B，这就是电压的参考方向。若用电压表的+、-极分别接入 A、B 两端，电压表指针正向偏转，说明所选参考方向与真实方向一致，参考方向电压 U 取“+”。反之，电压表指针反向偏转，则说明所选参考方向与真实方向相反，参考方向电压 U 取“-”。同样，在测量电流时也如此。

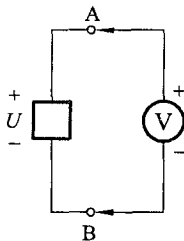


图 1.1 参考方向图

当电压、电流方向一致时称为关联参考方向，反之称为非关联参考方向（如图 1.2 所示）。

线性电阻的特性曲线由 $U-I$ 平面上的一条通过原点的直线来表示，如图 1.3 所示。

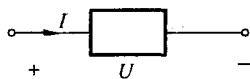
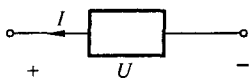
(a) U 、 I 方向关联(b) U 、 I 方向非关联

图 1.2 电流、电压参考方向

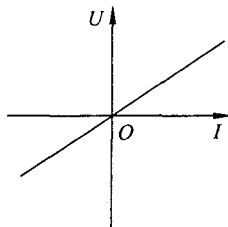
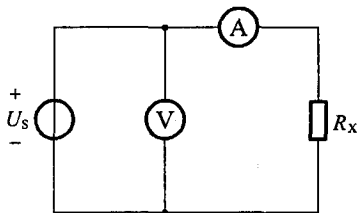


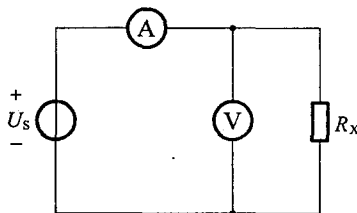
图 1.3 线性电阻的伏安特性曲线

2. 电阻伏安特性的测量

电阻的伏安特性可以通过在电阻上施加电压, 测量电阻中的电流而获得。在测量中, 使用电压表、电流表, 此种方法称为伏安法。由于电压表的内阻不是无穷大, 电流表的内阻不为零, 因此在测量接线时应根据实际情况将电压表、电流表放在适当的位置, 否则会造成较大的误差。电压表、电流表的接线位置有两种情况 (见图 1.4)。比较而言, 图 1.4 (a) 适用于测量电阻值较大的电阻, 而图 1.4 (b) 则适用于测量电阻值较小的电阻。



(a) 电压表的前接法



(b) 电压表的后接法

图 1.4 伏安法测量电阻电路

3. 电压源的伏安特性

理想电压源的端电压 $U_s(t)$ 是确定的时间函数, 与流过电源中的电流大小无关, 其伏安特性曲线见图 1.5 中的曲线 1。实际上理想电压源是不存在的, 其电源总具有一定的内阻, 这样实际电压源可以用一个电阻与一个理想电压源串联来表示, 如图 1.6 所示, 其伏安特性如图 1.5 中的曲线 2。

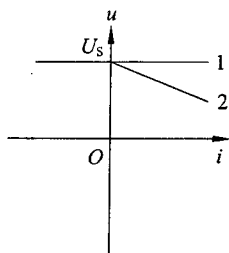


图 1.5 电压源的伏安特性曲线

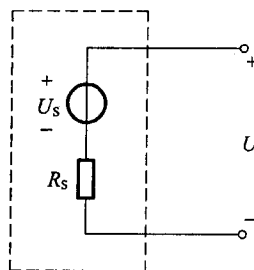


图 1.6 实际电压源的电路模型

三、实验内容与步骤

1. 测量线性电阻的伏安特性

按图 1.7 接线, 依次调节直流稳压电源的输出电压为表 1.1 中所示的数值, 并将相应的电流值记录于表 1.1 中。

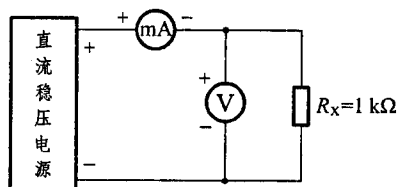


图 1.7 测量线性电阻伏安特性的实验接线图

表 1.1 线性电阻的实验数据

U (V)	0	2	4	6	8	10
I (mA)						

2. 测定实际电压源的伏安特性

按图 1.8 接线, 在实验中采用一台直流稳压电源串联一个电阻来模拟实际电压源, R_0 为限流电阻。开关 S 断开, 把直流稳压电源输出电压 U_s 及电阻 R_s 调至给定的数值 ($U_s = 6$ V, $R_s = 200 \Omega$)。接通开关 S, 调节 R_L 为表 1.2 中所示的数值, 以改变电路中的电流。分别测量对应的电流和电压数值, 将测量数据记录在表 1.2 中。

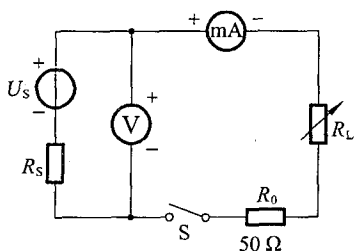


图 1.8 测量实际电压源伏安特性的电路

表 1.2 实际电压源的实验数据

给定值	$R_L (\Omega)$	50	150	250	350	550
计算值	$I (\text{mA})$					
	$U (\text{V})$					
测量值	$I (\text{mA})$					
	$U (\text{V})$					

四、实验设备

双路可调式直流稳压、稳流电源	1 台
直流毫安表	1 只
直流电压表	1 只
可调电阻箱	3 只
开关板	1 套

五、实验注意事项

(1) 认真阅读附录 B 的 B.3 双路可调式直流稳压、稳流电源的内容, 避免因操作不当而造成电源的损坏。实验过程中直流稳压电源不能短路。

(2) 直流稳压电源的输出电压必须用电压表校对。

(3) 各种仪表使用时, 必须注意量程的选择, 量程选大了将增加测量误差, 选小了可能损坏仪表。在无法估计合适量程时, 采用从大到小的原则, 先采用最高量程, 然后根据测量结果, 逐渐改变至合适量程进行测量。

六、实验报告要求

- (1) 根据实验数据，画出所测元件的伏安特性曲线，并写出实际电压源的伏安关系式。
- (2) 回答思考题。

七、思考题

- (1) 已知某一支路的电流约为 3 mA 左右，现有量程分别为 5 mA 和 10 mA 的两只电流表，你将使用哪只电流表进行测量？为什么？
- (2) 由实际电压源的伏安特性曲线求出实际电压源的内阻值，并与实验给定的内阻值进行比较，看是否相同，如果不同，为什么？

实验二 电路的基本定律及叠加定理、互易定理的验证

一、实验目的

- (1) 理解电位的相对性和电压的绝对性。
- (2) 通过实验验证基尔霍夫定律、叠加定理及互易定理的正确性，加深对定律的理解。
- (3) 进一步加深对参考方向的理解。
- (4) 掌握用电流插头、插座测量各支路电流的方法。

二、实验原理

1. 电位与电压

电压与电位是电路中的重要物理量。在电路分析中，常选一个节点，令其电位为零，这个点称为电位的参考点，实际电路中，常将参考点接地。在一个确定的闭合电路中，某点的电位，就是该点到参考点的电压。电位与参考点的选择有关。电压是任意两点间的电位差，电压与参考点的选择无关。实验中可用电压表来测量电路中各点的电位及任意两点间的电压。

2. 电路的基本定律

在各种参数电路中，各电压、电流之间遵循着一定的规律，此即基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律。

基尔霍夫电流定律：在集中参数电路中，任一瞬间，流出（流入）任一节点的电流的代数和恒为零，亦即： $\sum i = 0$ 。

基尔霍夫电压定律：在集中参数电路中，任一瞬间，沿闭合回路各元件（或支路）电压的代数和恒等于零，亦即： $\sum u = 0$ 。

3. 叠加定理

在任何含有多个独立源的线性电路中，每一支路的电流（电压）都可看成是各个独立源单独作用时在该支路产生的电流（电压）的代数和。

4. 互易定理

在线性电路中只有一个电压源的情况下，当此电压源在电路的某支路 A 作用时，其在另一支路 B 所产生的电流（大小和方向），等于把电压源换到 B 支路作用时其在 A 支路所产生的电流（大小和方向），就像电压源和电流表互相易位一样，而读数不变。

5. 齐性原理

在线性电路中只有一个激励的条件下，任意一条支路上响应（电流、电压）大小与激励的大小成正比。

三、实验内容与步骤

1. 电位与电压的测定

按图 2.1 所示线路正确接线，将直流稳压电源调至 $U_1=8\text{ V}$ ， $U_2=4\text{ V}$ 。

(1) 以图 2.1 中的 b 点为电位参考点，分别测量 a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 各点的电位及相邻两点之间的电压值 U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{cd} 、 U_{de} 、 U_{ef} 、 U_{fa} ，将测得的数据填入表 2.1 中。

(2) 再以 e 点作为参考点，重复实验内容 (1) 的步骤，将测得的数据填入表 2.1 中。

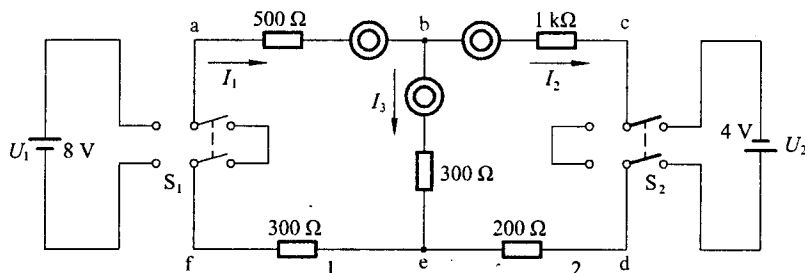


图 2.1 电位、电压测量实验线路

表 2.1 电位与电压测定实验数据

电位 参考点	内容	U_a	U_b	U_c	U_d	U_e	U_f	U_{ab}	U_{ac}	U_{cd}	U_{de}	U_{ef}	U_{fa}
b	计算值												
	测量值												
	相对误差												
e	计算值												
	测量值												
	相对误差												

2. 基尔霍夫电流定律的验证

(1) 熟悉电流插头的结构 (见图 2.2), 将电流插头的两端接至直流电流表的“+”、“-”两端, 注意量程的正确选择。

(2) 按图 2.1 所示线路正确接线。为了用同一电流表来测量多个支路电流, 电流表并不直接串入电路, 而是利用电流插座。图中“ $\text{---}\bigcirc\text{---}$ ”为电流插座, 平时为接通状态, 当接有电流表的插头插入其中时, 该处电路自行断开, 电流表经过插头串联接入电路中, 电流表的读数就是该支路流过的电流大小。实验前先任意设定三条支路的电流参考方向, 如图 2.1 中所示的 I_1 、 I_2 、 I_3 。

(3) 用直流电流表测量各支路的电流。测量时只需将接有电流插头的电流表依次插入三个电流插座中, 即可分别读取 I_1 、 I_2 、 I_3 的数值。在插头插入插座时, 应注意观察电流表指针偏转方向, 如果是反时针偏转, 应迅速拔出插头, 调换电流表极性后再重新插入并读取数据, 此时该电流应取负值。

实验前, S_1 、 S_2 接入短接线一端, 先调好 $U_1 = 8\text{ V}$ 、 $U_2 = 4\text{ V}$, 再将开关接入电源 U_1 、 U_2 端。将测量值填入表 2.2 中 (注意将正负号一起记入表格中)。

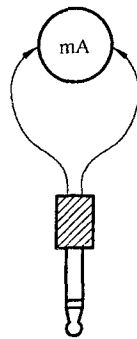


图 2.2 电流插头

3. 基尔霍夫电压定律的验证

实验线路同前, 步骤同前, 用电压表依次读取回路 abcdefa 中各支路电压, 将测量结果填入表 2.2 中 (注意将正负号一起记入表格)。

表 2.2 测量数据

待测量	I_1	I_2	I_3	U_{ab}	U_{bc}	U_{cd}	U_{de}	U_{ef}	U_{fa}	U_{be}
计算值										
测量值										
相对误差										

电 流	验证流入节点 b 的电流 代数和 $\sum I = 0?$
计算值	
测量值	

电 压	验证 回路 abefa $\sum U = 0?$	验证 回路 bcdeb $\sum U = 0?$
计算值		
测量值		

4. 叠加定理的验证

实验线路同前。

- (1) 开关 S_1 接通 $U_1=8\text{ V}$, S_2 接短接线, 测量 U_1 单独作用时的 I_1 、 I_2 、 I_3 , 将测量结果记入表 2.3 中 (注意将正负号一起记入表格)。
- (2) 开关 S_1 接短接线, S_2 接通 $U_1=4\text{ V}$, 测量 U_2 单独作用时的 I_1 、 I_2 、 I_3 , 将测量结果记入表 2.3 中 (注意将正负号一起记入表格)。
- (3) 接通 U_1 、 U_2 , 测量 U_1 、 U_2 共同作用时的 I_1 、 I_2 、 I_3 , 将测量结果记入表 2.3 中 (注意将正负号一起记入表格)。

表 2.3 测量数据

电 流	I_1			I_2			I_3		
	测量	计算	误差	测量	计算	误差	测量	计算	误差
U_1 单独作用									
U_2 单独作用									
U_1 、 U_2 共同作用									

5. 互易定理的验证

- (1) 电源 $U_1=6\text{ V}$ 单独作用于支路 1 (图 2.1 中所标 1) 时, 测量支路 2 的电流 I_{12} 。