

高等学校适用教材

电路与电磁场实验

毕卫红 主编



机械工业出版社

3-33
316

430982

高等学校适用教材

电路与电磁场实验

主 编 毕卫红
副主编 钟允林 王廷云
参 编 徐 红 刘 静 张 健
主 审 李素琴



机械工业出版社

本书是根据国家教委 1995 年修订的“电路教学基本要求”，结合多年教学和实验经验编写的电路与电磁场实验教材。

本书的主要内容有直流电路测量、交流参数测量、三相电路、非正弦周期电路测量、双口网络参数测量和计算机辅助分析等。此外，还有两个附录，介绍直读仪表的基础知识和电路元器件的使用说明。

本书可与机械工业出版社出版的《电路原理》（徐国凯、毕卫红主编）配套使用。本书可供高等学校工业自动化、电子工程、通信工程、电子检测及仪表等电类专业使用。

电路与电磁场实验

毕卫红 主编

*

责任编辑：张一萍 版式设计：霍永明

封面设计：范如玉 责任校对：刘 茹

责任印制：卢子祥

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

邮政编码：100037

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 3.75 · 字数 79 千字

1997 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数 0 001 - 5 000 · 定价：6.00 元

*

ISBN 7-111-05774-0/TM · 682（课）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

前 言

本书是根据国家教委 1995 年修订的“电路教学基本要求”，并结合作者多年教学和实验经验，为电类专业本、专科学生进行电路和电磁场实验而编写的。

本书的主要内容包括电路实验和电磁场实验两部分，不同专业可根据不同需要安排取舍。

本书的主要内容为直流电路测量、动态电路测量、三相电路测量、交流参数测定、非正弦周期电路测量、双口网络参数测定、计算机辅助分析等。在内容安排上的特点是：1) 增加每个实验的任务，减少实验个数；2) 拓宽实验内容的范围，减少重复性实验；3) 将计算机辅助分析引入实验，使全书更加合理、科学。

本书由燕山大学毕卫红主编，李素琴主审。全书共有 18 个实验，其中实验一～实验十四为电路实验，实验十五～十八为电磁场实验。实验一～实验十、实验十三、实验十四、附录 A 由毕卫红编写，实验十五～实验十七由钟允林编写，实验十八由王廷云编写，实验十一由徐红编写，实验十二由刘静编写，附录 B 由张健编写，实验电路数据由钟允林、张健验证，文字校对由徐红、刘静完成，电路图的计算机绘制由李素琴完成。

本书初稿完成后，刘长林老师对初稿作了认真的审阅，并提出了宝贵的修改意见，在编写过程中曾得到教研室、内外许多老师的大力支持，在此一并表示衷心感谢。

由于时间仓促，本书可能有不妥之处，欢迎批评指正。

编 者

1996 年 12 月

于秦皇岛燕山大学

实 验 守 则

实验时应保证人身安全、设备安全，爱护国家财产，培养科学作风。为此，应遵守下列守则：

(1) 严守纪律，按时开始实验。做完实验得到教师许可后再离开实验室。

(2) 接通电源前必须请教师检查电路。

(3) 严禁带电拆线、接线。

(4) 非本次实验用的设备，未经教师许可不得动用。

(5) 发生事故要保持镇定，迅速切断电源，并向教师报告。

(6) 若自己增加实验内容，须事先征得教师同意。

(7) 保持实验室清洁、安静，实验室内不得吸烟、喧哗。

(8) 实验如未通过，必须补做。

(9) 实验课前要认真预习实验指导书，做好必要的准备工作，实验结束后及时填写实验报告。

目 录

前言

实验一	直流电路测量	1
实验二	戴维南定理和诺顿定理	6
实验三	受控源特性	10
实验四	一阶 RC 电路的响应	14
实验五	三相电路	22
实验六	交流参数测定	29
实验七	互感电路测量	34
实验八	二阶 RLC 电路的响应	38
实验九	功率因数的提高	43
实验十	RLC 串联电路的频率特性	48
实验十一	非正弦周期信号的分析	55
实验十二	双口网络参数测定	60
实验十三	电路的计算机辅助分析	63
实验十四	有源双口网络的阶跃响应与冲激响应	66
实验十五	螺线管磁场的测量	72
实验十六	恒定磁通磁路	79
实验十七	用模拟法研究接地电阻	84
实验十八	仿真线	88
附录 A	电工测量直读仪表基本知识	93
附录 B	仪器设备和元器件的额定值	110
参考文献		112

实验一 直流电路测量

一、实验目的

- (1) 学习电路元件伏安特性的测量方法。
- (2) 了解线性电阻元件与非线性电阻元件的区别。
- (3) 验证基尔霍夫定律。
- (4) 学习使用直流稳压电源、电流表、电压表、滑线电阻。

二、实验原理

1. 元件的伏安特性

一个二端元件(如图 1-1a 所示)的伏安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。

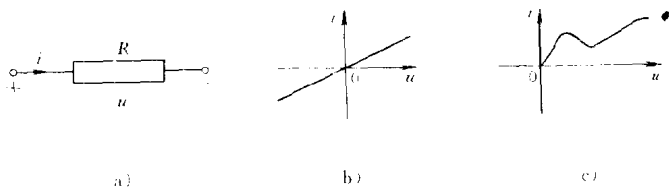


图 1-1 电阻及伏安特性

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 1-1b 所示。

非线性电阻元件的伏安特性不服从欧姆定律,画在 $u-i$ 平面上是一条通过原点的曲线,如图 1-1c 所示。

2. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是电路理论最基本的两大定律，它描述的是电路结构的拓扑约束。

基尔霍夫电流定律：在任意时刻，对电路中的任意一个节点，流进节点的各支路电流的代数和为零 ($\sum i = 0$)。

基尔霍夫电压定律：在任意时刻，对电路中的任意一个回路，沿回路的绕行方向，各支路电压的代数和为零 ($\sum u = 0$)。

三、实验内容

(1) 分别按图 1-2a、b 接线，测量二极管的正向伏安特性，所得数据填入表 1-1，注意电流表量程从 1.5A 开始逐渐减少至合适的值，注意电压表量程从 30V 开始逐渐减少至合适的值。

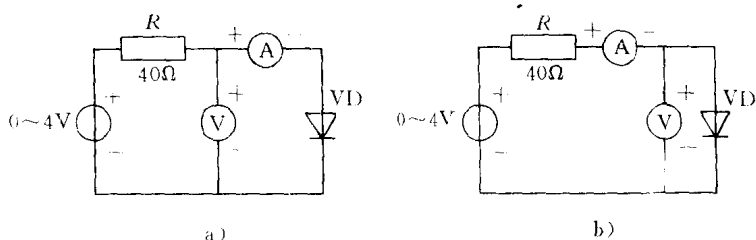


图 1-2 伏安特性测量接线图

表 1-1 图 1-2 实验数据

电压/V		0.75	0.7	0.65	0.6	0
电 流	图 1-2a					
	图 1-2b					

(2) 按图 1-3 电路接线, 测量各元件的电压和各支路电流, 实验数据填入表 1-2。

表 1-2 图 1-3 实验数据

被测对象 测量值	R_1	R_2	R_3
电压			
电流			

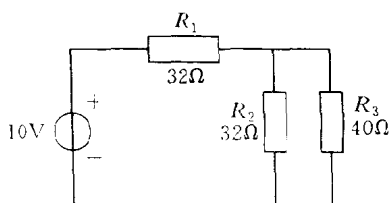


图 1-3 基尔霍夫定律验证电路

四、实验报告内容

(1) 由实验内容 1 的两种测试方法判定哪种比较精确, 并画出二极管正向伏安特性曲线。

(2) 由实验内容 2 测得数据验证基尔霍夫定律。

(3) 分析图 1-3 电路实验测量值与理论值之间存在误差的原因。

五、预习要求

(1) 复习电阻的定义和特性。

(2) 理论计算图 1-3 所示电路各元件的电流、电压值。

(3) 预习附录 A 关于误差的定义和计算。

六、仪器设备 (见表 1-3)

表 1-3

序号	仪 器 名 称	型 号	数 量
1	双路直流稳压稳流电源	YJ82/2 型, 30V, 1A.	一台
2	64Ω 滑线电阻	3A, 64Ω	一个
3	40Ω 滑线电阻	3A, 40Ω	一个
4	多量程直流电流表	7.5mA~30A	一块
5	多量程直流电压表	45mV~600V	一块

七、直流稳压稳流电源、万用表、电压表和电流表的使用

1. 双路直流稳压稳流电源

双路直流稳压稳流电源的面板如图 1-4 所示，使用左路输出时按下列步骤进行：

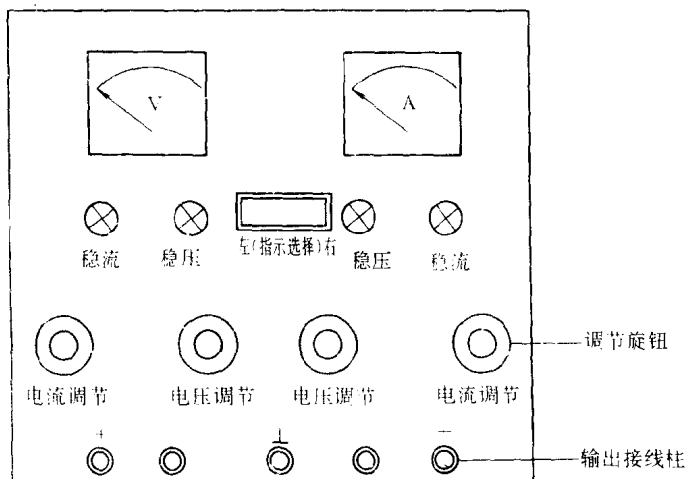


图 1-4 双路直流稳压稳流源面板图

- 1) 接通电源。
- 2) 将“指示选择”转向左。
- 3) 用左边“电压调节”调整输出电压的幅值。
- 4) 用左边“电流调节”调整输出电流的幅值。

这时面板上的指示为左路输出的稳压稳流值；若选用右路输出，则调节方法同上。

2. 500 型万用表面板及使用方法

500 型万用表面板如图 1-5 所示，使用时左右两个波段

开关要配合使用，如要测电阻，需将左波段旋钮对准 Ω 的位置，将右波段调至电阻数值的位置。如图 1-5 所示的面板所处状况。

3. 直流电压表、电流表的使用

使用直流电压表、电流表换档时要注意从高向低，电压表并联接入电路；电流表串联接入电路。

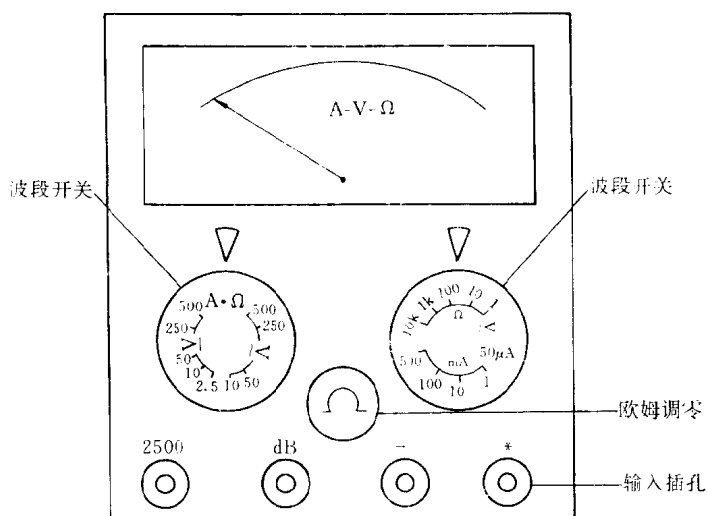


图 1-5 500 型万用表的面板图

实验二 戴维南定理和诺顿定理

一、实验目的

(1) 验证戴维南定理和诺顿定理，并通过实验加深对等效电路的理解。

(2) 应用戴维南定理研究电压表内阻对电流表读数的影响。

(3) 学习用实验方法求含源一端口网络的等效电路。

二、实验原理

(1) 根据戴维南定理：对任一线性含源一端口电阻网络（如图 2-1a 所示），就其端口而言总可以用一个电压源串联电阻来等效，如图 2-1b 所示，其电压源的电压为原网络端口 a 、 b 两端的开路电压 u_{oc} ，电阻为原网络将内部电源化零以后从端口看进去的等效电阻 R_i 。

(2) 根据诺顿定理：对任一线性含源一端口电阻网络（如图 2-1a 所示），就其端口而言，总可以用一个电流源并联电阻来等效，如图 2-1c 所示，其电流源的电流 i_{sc} 为原网络端口 a 、 b 两端的短路电流，电阻仍为原网络将内部电源化零以后从端口看进去的等效电阻 R_i 。

这里所谓的等效是指含源一端口网络被等效电路替代后，对原一端口网络的外电路没有影响，即外电路的电流和电压替代前后保持不变。

(3) 含源一端口网络输入电阻 R_i 的实验测定法

测量含源一端口网络的开路电压 u_{oc} 和短路电流 i_{sc} ，则输

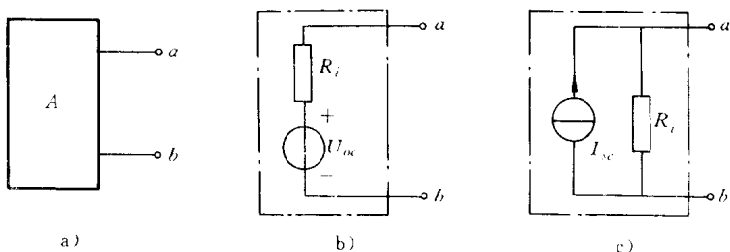


图 2-1 一端口网络及其等效电路

入电阻为

$$R_i = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

三、实验内容

(1) 按照图 2-2a 接线, 将图 2-2b 的负载电路与图 2-2a 的含源一端口网络相连后, 测量含源一端口网络负载上的电压和电流, 负载电阻 R 分别取 0 、 $\frac{1}{3} \times 128\Omega$ 、 $\frac{2}{3} \times 128\Omega$ 、 128Ω 、 ∞ , 并计算含源网络入端电阻 R_i 。

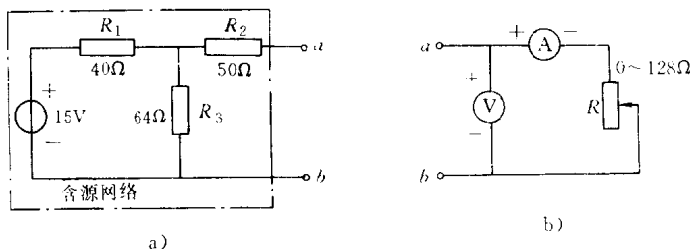


图 2-2 含源一端口网络及其负载网络

(2) 用本实验内容 1 所测得的开路电压 U_{oc} 、短路电流 I_{sc} 和计算的人端电阻 R_i , 按照图 2-3 电路接线, 构成戴维南等

效电路，并在实验内容 1 相同的负载变化条件下，测量 R 上各电压和电流，将实验结果填入表 2-1。

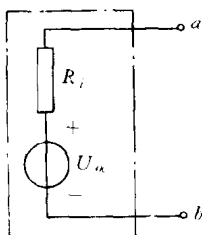


图 2-3 戴维南等效电路

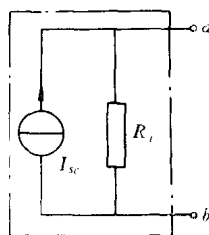


图 2-4 诺顿等效电路

(3) 用本实验内容 1 所测得的短路电流 I_{sc} 和入端电阻 R_i ，按照图 2-4 所示电路接线，构成诺顿等效电路，在同实验内容 1 相同的负载变化条件下，测量 R 上各电压和电流，将实验结果填入表 2-1。

表 2-1 实验二数据

R/Ω		0	$\frac{1}{3} \times 128$	$\frac{2}{3} \times 128$	128	∞
图 2-2	I/mA					
	U/V					
图 2-3	I/mA					
	U/V					
图 2-4	I/mA					
	U/V					

四、实验报告内容

(1) 在同一坐标平面上画出原网络与等效网络的外部伏安特性曲线，并作分析比较。

(2) 画出填有实验数据的表 2-1。

五、预习要求

复习戴维南定理和诺顿定理及网络等效条件。

六、仪器设备

表 2-2

序号	仪 器 名 称	型 号	数 量
1	双路直流稳压稳流电源	30V, 1A	一台
2	滑线电阻	3A, 40 Ω	一个
3	滑线电阻	3A, 50 Ω	一个
4	滑线电阻	3A, 64 Ω	一个
5	滑线电阻	0.5A, 128 Ω	一个
6	多量程直流电流表	7.5mA~30A	一块
7	多量程直流电压表	45mV~600V	一块

实验三 受控源特性

一、实验目的

- (1) 了解受控源的特性。
- (2) 测试几种实际受控源的控制特性和负载特性。

二、实验原理

受控源与独立源不同的是指一个电压（电流）源的电压（或电流）受另一个支路电流或电压的控制。它是一个具有两条支路的四端元件如图 3-1 所示，其中一条支路（设为支路 2-2'）是一个电压源或电流源，另一条支路（设为支路 1-1'）为开路或短路支路。控制量为电压或电流，受控量为电压或电流，受控源是一种非独立源，它共有四种形式，如图 3-1 所示。

受控源实验板的引出线如图 3-2 所示，图中： $+15\text{V}$ 为受控源内集成片的电源（实验时接稳压源右路“+”端）；“-”为电源的负端（实验时接稳压源右路“-”端）；1-1' 为受控源控制电压输入端口（实验时由稳压源左路供给），1 端为正，1' 端为负，电压为 $0\sim 1\text{V}$ ；VCCS2、VCCS2' 分别为电压控制电压源输出端“+”、“-”；VCCS2、VCCS2' 分别为电压控制电流源输出端“+”、“-”，如图 3-3 所示。

三、实验内容

1. 电压控制电压源（VCVS）特性测试

实验电路如图 3-4 所示。

- (1) 观察输出特性 $u_2 = f_1(i_2)$ 。保持 u_1 不变 ($0.9\sim$