

GAODENG YUANXIAO JINGPIN  
GUIHUA JIAOCAI

高等院校精品规划教材

# 电工电子技术实验指导

- ◎ 主 编 朱菊霞  
◎ 副主编 刘 雯 杨小洪  
詹昌平 曹凤芹



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

TM-33/45

2007

GAODENG YUANXIAO JING  
GUIHUA JIAOCAI

高等院校精品规划教材

# 电工电子技术实验指导

◎ 主 编 朱菊霞

◎ 副主编 刘 雯 杨小洪  
詹昌平 曹凤芹



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 简 介

本书是根据电工与电子技术课程教学的基本要求,在电工电子实验平台的基础上编写的实验教学用书。全书共分4个篇章,内容包括:电工技术实验部分;模拟电子技术实验部分;数字电子技术实验部分;EWB虚拟仪器使用介绍。实验项目多达39个,囊括了基础性和综合性实验。教师可根据教学计划的学时与学生的基础选择实验内容。

本书着重基本技能、基本动手能力培养的要求,介绍主要的基础知识、基本训练,强调理论与实践相结合。本书可作为高等院校计算机类、电子类、机械类、自动化类专业的高职高专学生的实验指导教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验指导/朱菊霞主编. —北京:中国水利水电出版社, 2007

高等院校精品规划教材

ISBN 978-7-5084-5080-3

I. 电… II. 朱… III. ①电工技术—实验—高等学校—教学参考资料②电子技术—实验—高等学校—教学参考资料 IV. TM-33 TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第166215号

书 名	高等院校精品规划教材 <b>电工电子技术实验指导</b>
作 者	主编 朱菊霞 副主编 刘雯 杨小洪 詹昌平 曹凤芹
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 12.75印张 302千字
版 次	2007年11月第1版 2007年11月第1次印刷
印 数	0001—5000册
定 价	<b>20.80元</b>

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

本实验指导书是为了适应高等职业教育的电工电子技术课程而编写的。

实验内容的安排旨在对学生进行基本技能、基本动手能力的训练，重点培养学生的科学实验方法和实际工作能力。电工技术实验部分要求学生重点学习电工测量基本知识及各种常用电工仪表的使用方法。电子技术实验部分要求学生掌握常用的电子测量仪器、仪表的使用方法。

## 一、电工与电子技术实验目的和要求

电工与电子技术是一门技术性学科，实验教学是本课程的重要内容及实践性环节。通过实验增强对电工与电子技术中常用的仪器设备、仪表、电路元件等感性认识和使用方法。不仅使学生巩固和加深理解所学的理论知识，并通过实验技能的训练，使学生树立工程实际观点、严谨的科学作风和理论联系实际的能力及实际动手能力。并通过实际内容类型的安排，达到提高学生综合素质的目的。

## 二、电工与电子技术实验方法

实验过程包括预习实验指导书、实验操作和实验总结三个部分。为确保实验质量和实验安全（含人身安全及设备仪器仪表安全），学生必须严格遵守实验安全操作规程。

### 1. 预习

充分预习实验指导书是做好实验的重要环节，为此，本实验指导书对每个实验的原理、实验线路图、实验方法与步骤都做了详细的介绍，学生实验前务必深刻理解和掌握，并做好预习报告。

### 2. 实验操作

实验操作的全过程必须严格、认真、细致、安静地进行，并自始至终地注意安全。

### 3. 实验总结

实验完毕后要及时总结实验结果，分析实验误差，在预习报告基础上写出实验报告。

## 三、仪表的使用

(1) 应注意刻度盘上的符号，弄清被测的物理量是什么及如何接线。特别注意电流表不能并接在电路上，以免发生短路，要按实验线路正确接线。

(2) 要注意仪表的量程, 对多量程仪表要注意量程的选择, 为此, 在测量前要对被测量数值有一个估计, 如选择的量程太小, 则易损坏仪器仪表; 反之则数据误差大。

#### 四、安全用电常识

为了防止触电事故的发生, 实验前, 应学习安全用电常识。实验过程中, 须严格遵守安全用电制度和操作规程。

(1) 人体是导体, 人体不慎触及带电导体或电源时, 电流流过人体, 会使人体受到伤害, 这就是电击。电击时人体的伤害程度与流过人体电流的大小、通过人体时间的长短、流过人体的途径、电流的频率以及触电者的健康状况有关。

(2) 触及工频交流电是很危险的, 当人体通过 1mA 工频交流电时就会有麻木的感觉。通过 50mA 电流时, 就可能发生痉挛和心脏麻痹, 如果时间过长则有生命危险。

(3) 学生在实验时, 如果粗心大意忽视安全用电制度, 心不在焉疏忽, 未切断电源就改接线路或拆线, 往往易触电, 如是三相电源, 触及到线电压则危险更大。

(4) 同组实验人员必须配合默契, 否则也容易造成触电事故, 如一同学手持导线正在接线, 另一同学又去接电源, 就将造成触电事故。线路接好后, 先自我检查, 再经指导教师检查, 才能接通电源, 接通电源者, 必须先通知同组人员。

(5) 接通或断开刀闸(电源)时, 往往会产生电弧, 各种形式的短路也会产生电弧, 电弧会对人体产生灼伤, 故通断电源须小心谨慎。

(6) 万一发生触电事故时, 应首先急速切断电源, 或用绝缘器具使电源线与触电者脱离。

(7) 实验完毕, 首先应切断电源, 然后拆开电源线, 再拆实验设备和仪表间的连线。

本实验指导教程由朱菊霞主编完成, 曹凤芹参与编写第一篇章电工实验部分, 刘雯、詹昌平参与编写第二篇章模拟实验部分, 杨小洪参与编写第三篇章数字实验部分电工。

由于编者水平有限, 书中不足之处在所难免, 敬请广大读者批评指正。

作者

2007年9月

# 目 录

## 前 言

<b>第一篇 电工技术实验部分</b> .....	1
实验一 电路基本元件的伏安特性测定 .....	1
实验二 直流电路中电压与电位的实验研究 .....	4
实验三 基尔霍夫定律 .....	7
实验四 电压源与电流源的等效转换 .....	10
实验五 迭加原理 .....	14
实验六 戴维南定理与诺顿定理 .....	16
实验七 最大功率传输条件的实验研究 .....	19
实验八 日光灯功率因数提高 .....	22
实验九 串联谐振 .....	24
实验十 变压器及其参数测量 .....	27
实验十一 RC 选频网络特性测试 .....	30
实验十二 三相交流电路电压、电流的测量 .....	32
实验十三 三相鼠笼式异步电动机用接触器、继电器控制的直接启动及正反转运行 .....	34
<b>第二篇 模拟电子技术实验部分</b> .....	37
实验一 常用电子仪器的使用 .....	37
实验二 常用电子元器件及测试 .....	49
实验三 晶体管共射极单管放大器 .....	61
实验四 场效应管放大器 .....	68
实验五 负反馈放大器 .....	73
实验六 差动放大器 .....	77
实验七 集成运算放大器的线性应用 .....	81
实验八 波形发生器 .....	86
实验九 LC 正弦波振荡器 .....	91
实验十 OTL 功率放大器 .....	94
实验十一 集成功率放大器 .....	98
实验十二 串联型晶体管稳压电源 .....	102
实验十三 集成稳压器 .....	107
<b>第三篇 数字电子技术实验部分</b> .....	111
实验一 基本门电路的逻辑功能测试 .....	111
实验二 译码器及其应用 .....	114

实验三 数码管显示实验 .....	117
实验四 数据选择器及其应用 .....	121
实验五 组合逻辑电路的设计与测试 .....	126
实验六 触发器及其应用 .....	128
实验七 计数器及其应用 .....	135
实验八 自激多谐振荡器 .....	140
实验九 555 时基电路及其应用 .....	143
实验十 D/A、A/D 转换器 .....	149
实验十一 移位寄存器及其应用 .....	155
实验十二 智力竞赛抢答装置 .....	161
<b>第四篇 EWB (Electronics Workbench) 介绍 .....</b>	<b>163</b>
<b>附录 常用电子元器件参考资料 .....</b>	<b>193</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>195</b>

# 第一篇 电工技术实验部分

## 实验一 电路基本元件的伏安特性测定

### 一、实验目的

- (1) 掌握几种元件的伏安特性的测试方法。
- (2) 掌握实际电压源和电流源使用调节方法。
- (3) 学习常用直流电工仪表和设备的使用方法。

### 二、实验相关理论

(1) 在电路中，电路元件的特性一般用该元件上的电压  $U$  与通过元件的电流  $I$  之间的函数关系  $U=f(I)$  来表示，这种函数关系称为该元件的伏安特性，有时也称外部特性，对于电源的外特性则是指它的输出电压和输出电流之间的关系，通常这些伏安特性用  $U$  和  $I$  分别作为纵坐标和横坐标绘成曲线，这种曲线就叫做伏安特性曲线或外部特性曲线。

(2) 本实验中所用元件为线性电阻、白炽灯泡、一般半导体二极管整流元件及稳压二极管等常见的电路元件，其中线性电阻的伏安特性是一条通过原点的直线，如图 1-1-1 (a) 所示，该直线的斜率等于该电阻的数值。白炽灯泡在工作时灯丝处于高温状态，其灯丝电阻随着温度的改变而改变，并且具有一定的惯性，又因为温度的改变是与流过的电流有关，所以它的伏安特性为一条曲线，如图 1-1-1 (b) 所示。由图 1-1-1 (b) 可见，电流越大

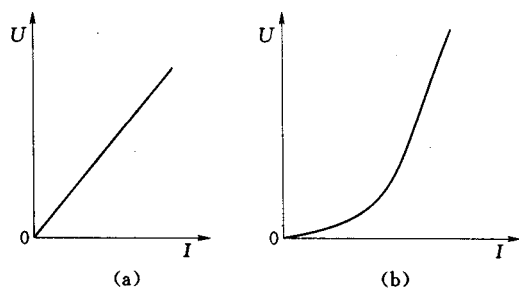


图 1-1-1

(a) 线性伏安特性曲线；(b) 非线性伏安特性曲线

温度越高，对应的电阻也越大。一般灯泡的“冷电阻”与“热电阻”可相差几倍至十几倍，一般半导体二极管整流元件也是非线性元件，如正向运用时其外部特性如图 1-1-2 (a) 所示，稳压二极管是一种特殊的半导体器件，其正向伏安特性类似普通二极管，但其反向伏安特性则较特别，如图 1-1-2 (b) 所示，在反向电压开始增加时，其反向电流几乎为零，但当电压增加到某一数值时（一般称稳定电压），电流突然增加，以后它的端电压维持恒定，不再随外加电压升高而增加，这种特性在电子设备中有着广泛的应用。



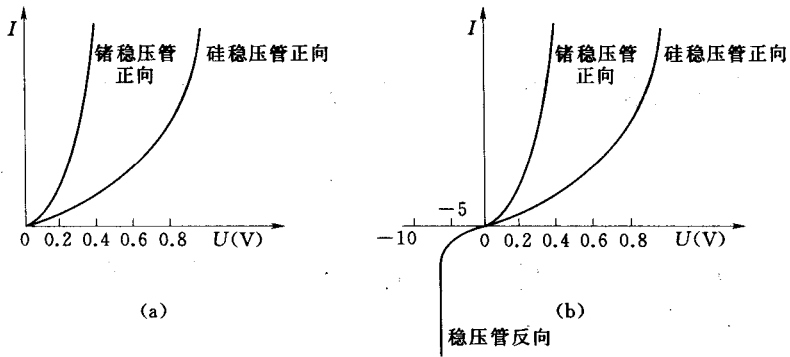


图 1-1-2

(a) 正向伏安特性曲线；(b) 反向伏安特性曲线

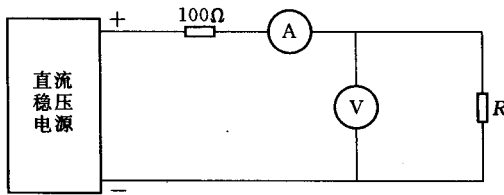
### 三、实验设备与器件

- (1) 直流稳压电源。
- (2) 线性电阻，非线性电阻，普通二极管，稳压二极管。

### 四、实验内容及步骤

#### 1. 测定线性电阻 $R$ 的伏安特性

按图 1-1-3 接线，调节电源的输出电压，即能改变电路中的电流，从而可测得通过电阻  $R$  的电流及相应的电压值。将所读数据列于表 1-1-1 中（注意流过  $R$  的电流应是电流表读数减去流过电压表中的电流），计算  $R$  值时可予校正，流过电压表的电流可根据其标明的电压灵敏度计算而得。

图 1-1-3 测定线性电阻  $R$  的伏安特性

#### 2. 测定白炽灯泡的伏安特性

将上述电路中的电阻换成白炽灯泡，重复上述步骤即可测得白炽灯泡两端的电压及相应的电流数值列于表 1-1-2 中。

#### 3. 测定二极管的伏安特性

按图 1-1-4 接线，同样调节电源输出电压，并记下相对应的电压和电流值，数据列于表 1-1-3 中。

#### 4. 测定稳压二极管的伏安特性

将步骤 3 中的一般二极管换成稳压二极管，重复上述步骤并记下读数，列于表 1-1-4 中。

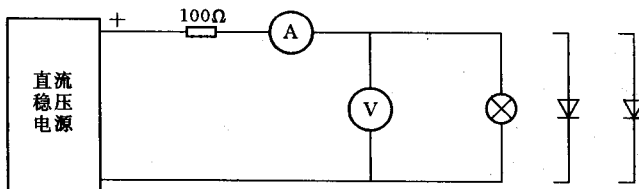


图 1-1-4 测定二极管的伏安特性图

## 5. 实验数据表格

(1) 线性电阻  $R$  的伏安特性。表 1-1-1 测试线性电阻  $R$  的伏安特性数据

$I$ (mA)								
$U$ (V)								

(2) 白炽灯泡的伏安特性。

表 1-1-2 测试白炽灯泡的伏安特性数据

$I$ (mA)								
$U$ (V)								

(3) 一般硅二极管正向伏安特性。

表 1-1-3 测试一般硅二极管正向伏安特性数据

$I$ (mA)								
$U$ (V)								

(4) 稳压二极管反向伏安特性。

表 1-1-4 测试稳压二极管反向伏安特性数据

$I$ (mA)								
$U$ (V)								

## 五、实验报告

- (1) 根据各次实验测得的数据，在坐标纸上分别绘出各元件的伏安特性。
- (2) 分析测量误差原因。

## 六、预习要求

- (1) 预习电阻、非线性电阻、二极管基本知识。
- (2) 写好预习报告，并绘出相关表格。

## 实验二 直流电路中电压与电位的实验研究

### 一、实验目的

- (1) 加深理解电位、电位差（电压），电位参考点及电压、电流参考方向的意义。
- (2) 实验证明电路中各点电位的相对性、电压的绝对性、等位点的公共性。

### 二、实验相关理论

一个由电动势和电阻元件构成的闭合回路中，必定存在电流的流动，电流是正电荷在电势作用下沿电路移动的集合表现，并且我们习惯规定正电荷是由高电位点向低电位点移动的。因此，在一个闭合电路中各点都有确定的电位关系。但是，电路中各点的电位高低都只能是相对的，所以必须在电路中选定某一点作为比较点（或称参考点），如果设定该点的电位为零，则电路中其余各点的电位就能以该零电位点为准进行计算或测量。

在一个确定的闭合电路中，各点电位高低虽然相对参考点电位的高低而改变，但任意两点间的电位差（电压）则是绝对的，它不会因参考点电位变动而改变。

根据上述电位与电压的性质，就可用一个电压表来测量各点电位与任何两点间的电压。如果电位作为纵坐标，电路中各点位置作为（电阻）横坐标，将测量到的各点在坐标平面中标出，并把标出点按顺序用直线相连接就可得到电路的电位变化图。每段直线即表示两点间电位变化的情形。例如在图 1-2-1 电路中，如果选定 a 点为电位参考点，并且将 a 点连接到大地作为零电位点。从 a 点开始顺时针向或逆向绕行作图均可。当然，在电路中选任何点作参考点都可，不同参考点所作电位图形是不同的，但说明电位变化规律则是一样的。

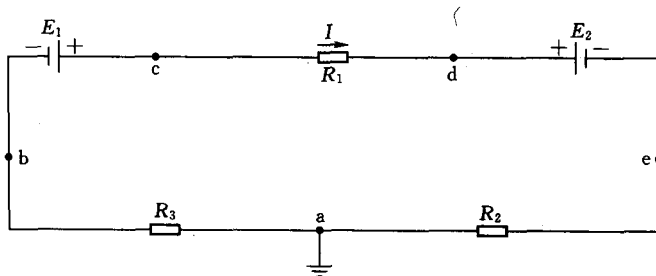


图 1-2-1

如果以 a 点开始顺时针方向作图，则可得图 1-2-2 所示电位图。以 a 点置坐标原点自 a 至 b 的电阻为  $R_3$ ，在横坐标上取  $R_3$  单位比例尺得 b 点，因 b 点的电位是  $\Phi_b$ ，作出  $b'$  点，因 a 点的电位  $\Phi_a = 0$ ，所以  $\Phi_b - \Phi_a = \Phi_b = -IR_3$ ，电流方向自 a 至 b，a 点电位应较 b 点电位高，但  $\Phi_a = 0$ ，所以  $\Phi_b$  是负电位。ab' 直线即表示电位在  $R_3$  中变化情形。直线的斜率表示电流的大小。自 b 至 c 为电池，如果内电阻忽略，则 b 至 c 将升高一电位，其值等于  $E_1$ ，即  $\Phi_c - \Phi_b = E_1$ ， $\Phi_c = \Phi_b + E_1 = E_1 - IR_3$ ，因为电池无内阻，故 b 点至 c 点合一，

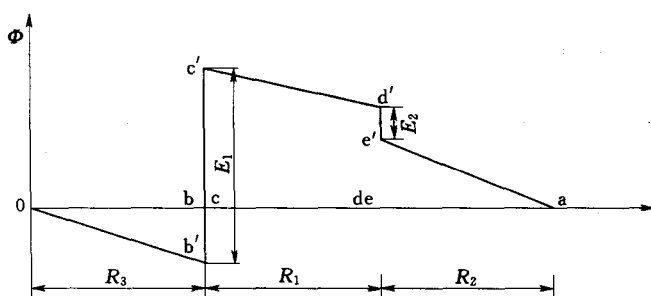


图 1-2-2

而直线自  $b'$  垂直上升至  $c'$ ,  $b'$  与  $c'$  之间电位为  $E_1$ 。以此类推可作出完整的电位变化图。显然, 沿回路一周, 终点与起点同为  $a$  点, 可见沿闭合回路一周所有电位升相加总和必定等于所有电位降相加总和。如果把  $a$  点电位升高 (或降低) 基本一数值, 则电路中各点电位也变化同样的值, 但两点间电位差仍然不变。

在电路中可能有两个或多个电位相等的点, 如果将这些点全部用导线连接起来, 则连接导线中不会有电流, 对整个电路的状态也不会改变。

此外作电位图或实验测量中必须正确区分电位和电位差的正负, 按照惯例以电流方向为电位降为正, 电位差  $U_{ab} = \Phi_a - \Phi_b$ , 如果为正即表示  $a$  点电位高于  $b$  点, 如果为负, 即表示  $b$  点电位高于  $a$  点。在用电压表测量时, 如果指针正向偏转, 则电表正极电位高于负极。

### 三、实验设备与器件

- (1) 直流电压源。
- (2) JDV-21 型数模双显示直流电压表。
- (3) JDV-21 型数模双显示直流电流表。
- (4) 电阻。

### 四、实验内容及步骤

- (1) 按图 1-2-3 实验线路测定各点电位及各顺序两点间的电位差。
- (2) 找出电路中的等位点, 然后用导线相连, 重测各点电位及相应电位差。

图中  $E_1, E_2$  为电压源,  $R_1$  为可变电阻器,  $f$  点为中间分压头, 改变其位置可找到与  $a$  点等电位点。

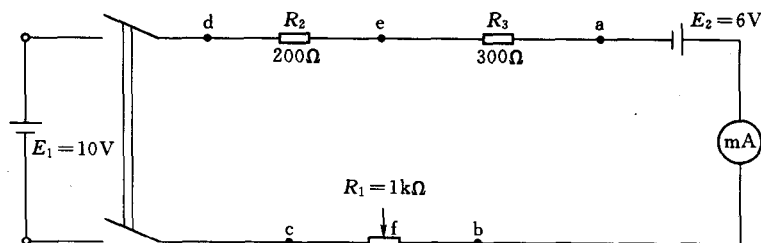


图 1-2-3 测定各点电位及点间电位差图

### 五、实验报告

(1) 完成实验测试，数据列于表 1-2-1 中。

表 1-2-1 实验数据表

$R (\Omega)$	$I (\text{mA})$	$\phi_a (\text{V})$	$\phi_b (\text{V})$	$\phi_c (\text{V})$	$\phi_d (\text{V})$	$\phi_e (\text{V})$
100						
200						
300						
400						
500						
600						
700						
800						
900						

(2) 作出两种情况电路电位图。

- 1) 以 a 点为零电位参考点。
- 2) 等电位点相连接。
- (3) 分析比较实验结果，说明电位的性质。

### 六、预习要求

预习电压与电位相关理论。

## 实验三 基尔霍夫定律

### 一、实验目的

- (1) 加深对基尔霍夫定律的理解。
- (2) 用实验数据验证基尔霍夫定律。
- (3) 熟练仪器、仪表的使用。

### 二、实验相关理论

基尔霍夫定律是电路理论中最基本的定律之一，它阐明了电路整体结构必须遵守的规律，应用极为广泛。

基尔霍夫定律有两条：一是电流定律，另一是电压定律。

(1) 基尔霍夫电流定律（简称 KCL）是：在任一时刻，流入到电路任一节点的电流总和等于从该节点流出的电流总和，换句话说就是在任一时刻，流入到电路任一节点的电流的代数和为零，这一定律实质上是电流连续性的表现。运用这条定律时必须注意电流的方向，如果不知道电流的真实方向时可以先假设每一电流的正方向（也称参考方向），根据参考方向就可写出基尔霍夫的电流定律表达式，如图 1-3-1 所示的为电路中某一节点 N，共有 5 条支路与它相连，5 个电流的参考正方向如图 1-3-1 所示，根据基尔霍夫定律就可写出

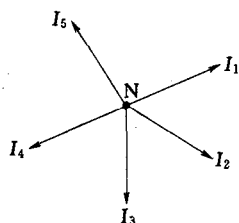


图 1-3-1 带有节点的电路

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0$$

如果把基尔霍夫定律写成一般形式就是  $\sum I = 0$ 。

显然，这条定律与各支路上接的是什么样的元件无关，不论是线性电路还是非线性电路，它是普遍适用的。

电流定律原是运用某一节点的，也可以把它推广运用于电路中的任一假设的封闭面，如图 1-3-2 所示的封闭面 S 所包围的电路有三条支路与电路其余部分相连接其电流为  $I_1, I_2, I_3$ ，则

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

因为对任一封闭面来说，电流仍然必须是连续的。

(2) 基尔霍夫电压定律（简称 KVL）：在任一时刻，沿闭合回路电压降的代数和等于零。把这一定律写成一般形式即为  $\sum U = 0$ ，如在图 1-3-3 所示的闭合回路中，电阻两端的电压参考正方向如箭头所示，如果从 a 点出发，顺时针方向绕行一周又回到 a 点，便可写出

$$U_1 + U_2 + U_3 - U_4 - U_5 = 0$$

显然，基尔霍夫电压定律也是和沿闭合回路上元件的性质无关，因此，不论是线性电路还是非线性电路，它是普遍适用的。

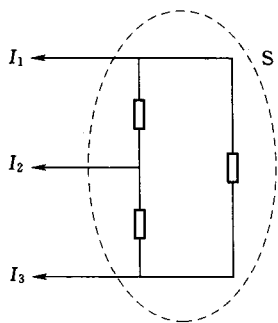


图 1-3-2 封闭面 S 所包围的电路

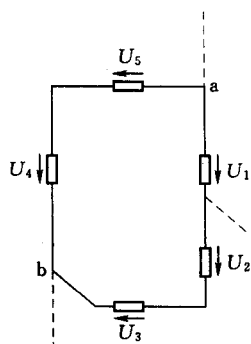


图 1-3-3 闭合回路电压降

### 三、实验设备与器件

- (1) 直流稳压源。
- (2) 电阻、导线若干。

### 四、实验内容及步骤

按照图 1-3-4 所示实验线路验证基尔霍夫两条定律。

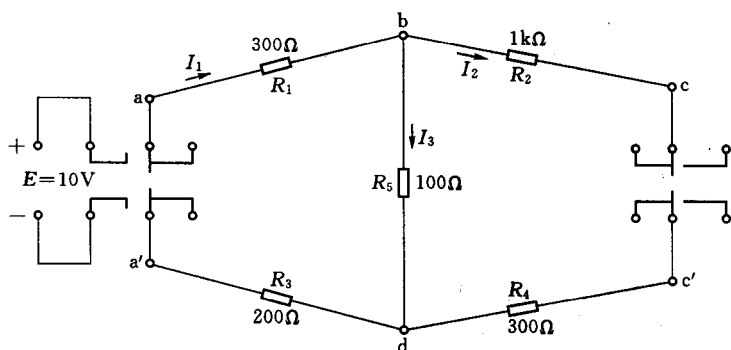


图 1-3-4 验证基尔霍夫定律的实验线路

图 1-3-4 中  $E=10\text{V}$  为实验台上稳压电源输出电压，实验中调节好后保持不变， $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$  为固定电阻，精度 1.0 级。实验时各条支路电流及总电流用电流表测量，在接线时每条支路可串联连接一个电流表插口，测量电流时只要把电流表所连接的插头插入即可读数。但要注意插头连接时极性，插口一侧有红点标记是与插头红线对应。

实验结果：电流定律

表 1-3-1

支路电流与节点电流值

项目	支路电流			节点	
	$I_1$	$I_2$	$I_3$	相加	b
计算值				$\sum I$ (计算值)	
测量值				$\sum I$ (测量值)	

实验结果：电压定律

表 1-3-2 支路电压值

项目 \ 支路电压	$U_{ab}$	$U_{bc}$	$U_{cd}$	$U_{da'}$	$U_{a'a}$	$U_{bd}$	$E$
计算值							
测量值							

表 1-3-3 回路电压值

回路 \ 相加	abcc'da'a	abda'a	bcc'db
$\Sigma U$ (计算值)			
$\Sigma U$ (测量值)			
误差 $\Delta U$			

### 五、实验报告

- (1) 完成实验测试，将数据列于表 1-3-1、表 1-3-2、表 1-3-3 中。
- (2) 根据基尔霍夫定律及电路参数计算出各支路电流及电压。
- (3) 计算结果与实验测量结果进行比较，说明误差原因。
- (4) 小结对基尔霍夫定律的认识。

### 六、预习要求

- (1) 认真阅读实验原理内容。
- (2) 写出预习报告，并列出数据表格。



## 实验四 电压源与电流源的等效转换

### 一、实验目的

- (1) 了解理想电流源与理想电压源的外部特性。
- (2) 验证电压源与电流源互相进行等效转换的条件。

### 二、实验相关理论

(1) 在电工理论中,理想电源除理想电压源之外,还有一种电源,即理想电流源,理想电流源在接上负载后,当负载电阻变化时,该电源供出的电流能维持不变,理想电压源接上负载后,当负载变化时其输出电压保持不变,它们的电路图符号及其特性见图 1-4-1。

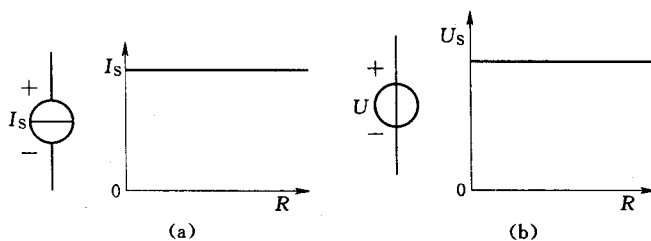


图 1-4-1 理想电源图

(a) 理想电流; (b) 理想电压

实际上,绝对的理想电源是不存在的,但有一些电源其外部特性与理想电源极为接近,因此,可以近似地将其视为理想电源。理想电压源与理想电流源是不能互相转换的。

(2) 一个实际电源,就其外部特性而言,既可以看成是电压源,又可以看成是电流源,见图 1-4-2,图 1-4-3。

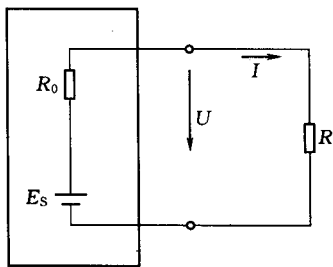


图 1-4-2 电压源

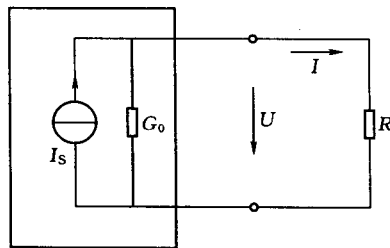


图 1-4-3 电流源

电流源用一个理想电流源  $I_s$  与一电导  $G_0$  并联的组合来表示,电压源用一个理想电压源  $E_s$  与一电阻  $R_0$  串联组合来表示,它们向同样大小的负载供出同样大小的电流,而电源的端电压也相等,即电压源与其等效电流源有相同的外部特性。

一个电压源与一个电流源相互进行等效转换的条件为