

DIANGONG JISHU JICHU

电工技术基础

主 编◎阳同光
副主编◎马成禄



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

DIANGONG JISHU JICHU

电工技术基础

主 编◎阳同光
副主编◎马成禄

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

电工技术基础 / 阳同光主编 — 成都: 西南交通大学出版社, 2014.5
ISBN 978-7-5643-3035-4

I. ①电… II. ①阳… III. ①电工技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 083368 号

电工技术基础

主编 阳同光

责任编辑	张华敏
特邀编辑	蒋雨杉 鲁世钊
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都勤德印务有限公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	9
字 数	223 千字
版 次	2014 年 5 月第 1 版
印 次	2014 年 5 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3035-4
定 价	20.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言

本教材是根据教育部“面向 21 世纪高职高专学校电工技术基础课程教学基本要求”，并考虑到结合工程实际的特色而编写的。本教材立足于高职高专人才培养目标，充分考虑高职高专学生的特点，遵循理论够用、内容实用、突出能力培养的原则，对教学内容进行了精选，通过本课程的学习，可以使學生掌握电工技术方面的基本知识、基本理论和基本技能，培养学生的专业实践能力，为后续课程的学习打下良好的基础。

高职教育以培养应用性人才为目的，因而操作技能水平是衡量学生能力水平高低的重要要素之一。为此，设法提高学生的动手能力，进而提高解决实际问题的能力，是高职教育的中心任务。为了培养学生的实践操作能力，只有使学生在“学”中“做”，然后从“做”中“学”，才能提升学生的职业技能。本教材在编写过程中始终以学生为出发点，以职业标准为依据，以职业能力为核心理念，采用模块化、项目化教学的编写方式，从学生的实际出发，力求降低难度，由浅入深，环环相扣，编写内容简明、易懂、新颖、直观、实用。归纳起来本书具有以下特点：

1. 在兼顾基础知识的同时，强调实用性和操作性。
2. 以实用的内容和知识点，按照由浅入深、循序渐进的方式编写，实践操作层次清楚、步骤详尽，突出实践技能的培养。
3. 用简洁的语言配以直观的图形来说明深奥理论，使教材在重点体现实训的同时，又能加深学生对理论知识的理解并融会贯通。

本教材参考学时数为 40~60。主要内容包括：直流电路的认识，复杂直流电路的分析，单相交流电路的认识，三相交流电路，供电与安全用电，电工测量，变压器的应用，电动机的应用，常用低压电器的认识及基本线路安装。

本教材可作为高职高专院校、广播电视大学、成教学院、技师学院机电类、自动化类、电类专业的教材，也可供相关专业技术人员参考。

本教材由湖南城市学院阳同光任主编，辽宁轨道交通职业学院马成禄任副主编，其中阳同光编写项目四，马成禄编写项目一、二、三、五、六、七、八、九。

限于编者的水平，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2014 年 4 月

目 录

项目一 直流电路的认识	1
任务一 手电筒电路的安装	1
任务二 灯泡功率的测量	4
任务三 电池的电动势及内阻的测量	8
项目二 复杂直流电路的分析	14
任务一 验证基尔霍夫定律	14
任务二 多电源电路的检测	18
项目三 单相交流电路的认识	22
任务一 利用示波器显示正弦交流电的波形	23
任务二 用单相电度表测白炽灯照明电路	27
任务三 日光灯电路的安装与连接	35
项目四 三相交流电路	44
任务一 三相电源及其连接	45
任务二 三相负载的连接和计算	49
项目五 供电与安全用电	58
任务一 电能的产生与转换	58
任务二 电能的输送与分配	62
任务三 安全用电常识与触电急救	66
任务四 电气火灾及其防范与处理	76
项目六 电工测量	81
任务一 电工工具的使用	81
任务二 万用表的使用	87
任务三 兆欧表的使用	90
项目七 变压器的应用	95
任务一 变压器的用途与结构	95
任务二 特殊变压器	99

项目八 电动机的应用	101
任务一 三相异步电动机的拆装	102
任务二 单相异步电动机的拆装	114
任务三 控制电机的应用	116
项目九 常用低压电器的认识及基本线路的安装	125
任务一 常用低压电器的认识及拆装检修	125
任务二 基本控制电路的安装及调试	133
参考文献	137

项目一

直流电路的认识



项目描述

在日常生活和生产中使用的电工电子产品种类繁多,它们都是由各式各样的电路组成的。无论电路的结构是复杂还是简单,都具有一些基本的共性与相同的规律。本项目从手电筒电路的组成入手,围绕相关物理量来阐明它们的共性,并分析电路的基本规律。



学习目标

知识目标

1. 熟悉电路的概念、组成、作用及基本物理量;认识简单的电路图,理解电路的状态。
2. 认识常用电池的特点及应用,了解电源的两种等效模型——电流源和电压源。
3. 理解电功、电功率、电动势、电位和电能的概念,区分电功和电功率、电压、电动势与电位的关系。
4. 进一步熟悉欧姆定律、焦耳定律及其扩展应用,全面认识和掌握闭合电路的欧姆定律。

技能目标

1. 学会使用伏特表与安培表测量直流电路中的电压和电流。
2. 学会用伏安法测量干电池的电动势及内阻。

任务一 手电筒电路的安装

手电筒是生活中最常见、最简单的电的运用,也是最简单的电路。知道了手电筒电路的组成结构、连接方式和发光控制,就可以认识电路的组成、性质和基本规律。



学习目标

通过对电路的组成、作用与相关物理量的学习,学会设计、装配和连接简单的电路。



一、电 路

如图 1-1 所示,手电筒主要是由电源(电池)、导线(金属壳或金属带)、开关(按钮)、用电器(小灯泡)四个部分组成,由这些元件组成的电流路径称为电路。手电筒电路是一个最简单的电路。从图中可知,电路一般由以下几个部分组成:

- (1) 电源(电池): 用来提供电能的设备或器件,维持电路中有持续的电流。
- (2) 用电器(小灯泡): 利用电能工作的设备,将电能转化成其他形式的能(也称负载)。
- (3) 开关(按钮): 用来控制电路通、断的设备或器件。
- (4) 导线(金属壳或金属带): 电路中用来连接各元件的导体电能的金属导线。

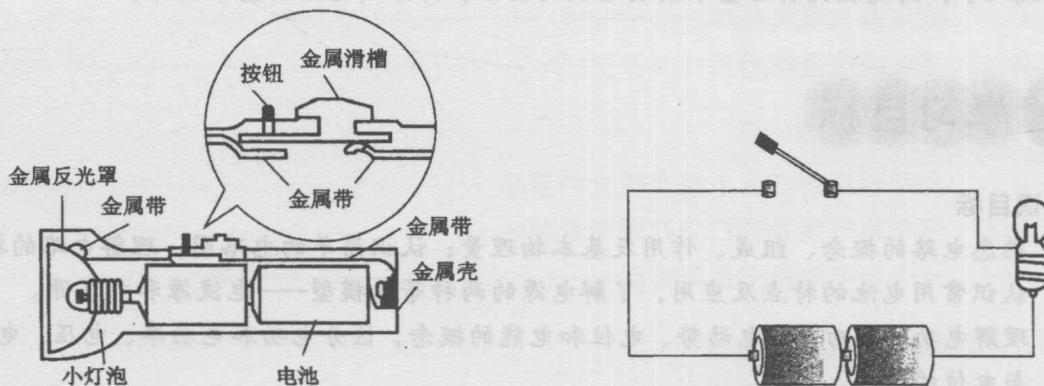


图 1-1 手电筒的结构

无论电路复杂还是简单,一般都由这几个基本部分组成,缺少其中的任何部分、电路都不会处在正常的工作状态。

二、电路图

在设计电路和安装、修理电路中的各种元件时,常常需要画出或使用表示电路连接情况的图。为了简便,通常不画实物图,而用国家统一规定的电气符号来表示电路中的各种元件。用规定的符号表示电路连接情况的图称为电路图。手电筒的电路图如图 1-2 所示。

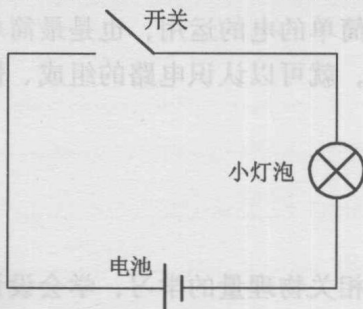


图 1-2 手电筒的电路

三、电路的工作状态

小灯泡的亮灭是通过开关控制的,开关的闭合使电路接通。电路有通路、开路、短路三种工作状态。

1. 通路(闭合回路)

合上开关,小灯泡发光,这种处处连通的电路称为通路,如图 1-3 所示。

2. 开路(断路)

打开开关,或将电路中的某一部分断开,小灯泡就不会发光,说明电路中没有电流流过。这种因电路中某一处断开而使电路中没有电流流过的状态称为开路。如图 1-2 所示,手电筒处于开路状态。

3. 短 路

将小灯泡取下,用导线直接把电源的正、负极连接起来,如图 1-4 所示,直接用导线将电源正负极相连的电路称为短路。



图 1-3 通路

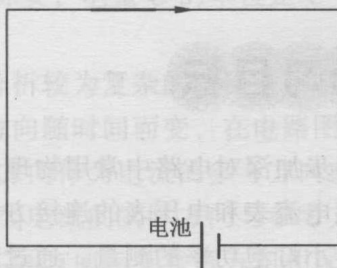


图 1-4 短路

安全提示

短路是非常危险的,可能使电源损坏,故这是不允许的。但有时也可利用短路对电路进行检查维修。

技能训练 简易手电筒的制作

器材:自选材料。

步骤1 画出电路图。

步骤2 连接电路,组装手电筒。

步骤3 进行通、断电实验。

步骤4 演示、汇报、交流。

拓展训练

1. 组成电路的各部分有什么作用?
2. 你在日常生活中见过哪些开关?它们在电路中的作用是否相同?
3. 实际电路中的用电器往往不止一个。例如灯泡和电铃要同时在一个电路中工作,如果用同一个开关来控制,电路应怎样连接,共有几种连接方法?试画出电路图,并分析各种连接方法是否合理。

任务二 灯泡功率的测量

日常生活中使用的各种用电设备至正常工作,必须加上合适的电压,并通以适当的电流。不同的用电器消耗的电能各不相同。那么电流是怎样形成的?用电器上应该加多大的电压才合适呢?怎样计量用电量的多少呢?下面让我们来讨论这些问题。

学习目标

1. 进一步加深对电路中常用物理量概念的理解。
2. 掌握电流表和电压表的连接方法。
3. 学会小灯泡功率的测量。通过对电路的组成、作用与相关物理量的学习,学会设计、装配和连接简单的电路。

知识平台

要使灯泡、电动机等各种用电器或用电设备正常工作,就需要有电流通过它们。那么电流是怎样形成的呢?让我们对照水流的情形来认识这个问题。

一、电压与电流

如图 1-5 所示,两个玻璃杯容器底部用一根软胶管相连。中间用卡子 K 卡住。当把卡子打开后,水从 A 容器流向 B 容器,等到 A、B 容器的水面同样高后,水停止了流动。这是因为 A 容器的水位高, B 容器的水位低, A 容器对水管中水的压强大, B 容器对水管中水的压强小,因而水管中的水由 A 容器向 B 容器流动。可见,水面的高度差(水压)是使水定向流动的原因。

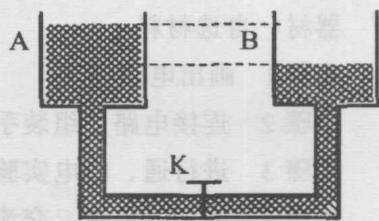


图 1-5 水流的形成

水管中的水位有高低之分,同样,电路中的电压也有高低之分,通常把它称为电位。水位的高低是相对同一水面而言的,电位的高低也有一个基准,这个基准称为零电位。习惯上规定大地的电位为零,在电路中一般以电源的负极为零电位。电路中某点与零电位之间的电压就称为该点的电位,用 V_a 、 V_b ...表示,单位是伏特。

与水流的形成相似,在图 1-6 中,电池的正极聚集有正电荷,负极聚集有负电荷,而正极的电位高,负极的电位低,于是在电池的正、负极间就产生了电位差,这就是我们常说的电压。电压可以使电路中的正电荷由正极流向负极,或者使电路中的负电荷由负极流向正极(金属导体中),这样在电路中就产生了电流。由此可见,电压是在电路中形成电流的原因。

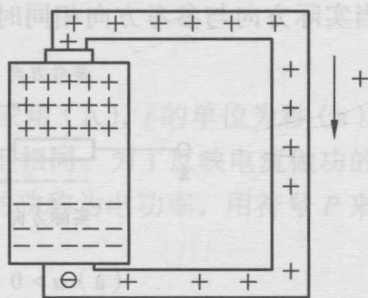


图 1-6 电流的形成

1. 电 流

电流是由电荷有规则的定向流动形成的。电流的大小用电流强度来衡量。电流强度等于单位时间内通过导体某截面的电量。电流强度也简称电流,用字母 i 表示。

在国际单位制中,电流 i 的单位是 A (安培),简称安,电量 Q 的单位是 C (库仑),时间 t 的单位是 s (秒)。

习惯上规定正电荷的移动方向为电流的方向,在分析较为复杂的直流电路时,往往事先难于判断某支路中电流的实际方向;对交流来讲,其方向随时间而变,在电路图上也无法用一个箭头来表示它的实际方向。这时,可任意选定某一方向作为电流的参考方向或称正方向。所选电流的参考方向并不一定与电流的实际方向一致。当电流的实际方向与参考方向一致时,则电流为正值,如图 1-7 (a) 所示;反之,当电流的实际方向与其参考方向相反时,则电流为负值,如图 1-7 (b) 所示。因此,参考方向选定之后,电流之值才有正负之分。

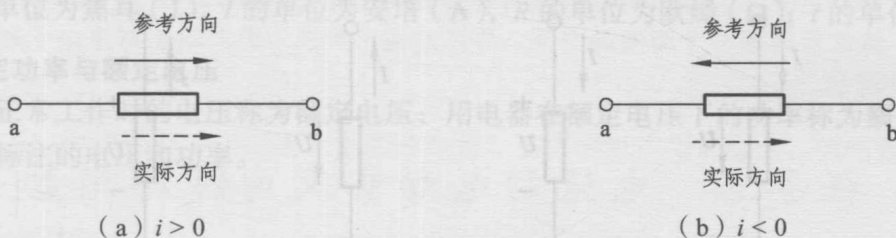


图 1-7 电流的正方向和实际方向

电流的参考方向除用箭头表示外,还可用双下标表示,如 I_{ab} 表示参考方向是由 a 指向 b 的电流。如果参考方向选定为由 b 指向 a,则为 I_{ba} ,两者之间相差一个负号,即 $I_{ab} = -I_{ba}$ 。

此外,电流流过导体时,导体会对电流起阻碍作用,这种阻碍作用称为电阻,用 R 表示,单位是欧姆,简称欧,符号是 Ω 。

2. 电压和电动势

电动势 E 在数值上等于局外力在电源内将单位正电荷从负极移至正极所做的功。电压和电动势都是标量。但在分析电路时,我们说它们具有方向。电压的方向规定为高电位端指向低电位端,即为电位降低的方向。电动势的方向规定为在电源内部由低电位指向高电位端,即为电位升高的方向。

和电流一样，在电路图上所标的电压和电动势的方向也都是参考方向。如图 1-8 所示，当实际方向与参考方向相同时，为正值；当实际方向与参考方向相反时，为负值。

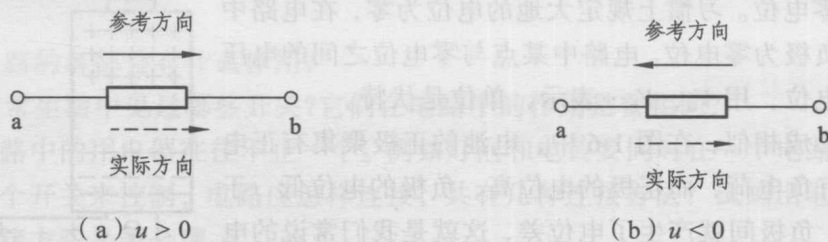


图 1-8 电压的正方向和实际方向

分析电路时，电压的参考方向也可以用参考极性表示，参考极性也可以任意假定。在电路图上用“+，-”号表示，“+”表示高电位端，“-”表示低电位端。当若电压值为正时，该电压的实际极性与参考极性相同；若电压值为负，该电压的实际极性与参考极性相反。可见，在没有设定参考方向时，电压的正负也是没有意义的。

电压参考方向除用箭头、正负号表示外，还可用于双下标表示，例如用 U_{ab} 表示 a、b 两点间的电压。它的参考方向是由 a 指向 b，也就是说 a 点的参考极性为“+”，b 点的参考极性为“-”。

一个元件或者一段电路中电流和电压的参考方向是可以任意设定的，二者可以一致，也可以不一致。当电流和电压的参考方向一致时，称为关联参考方向，如图 1-9 中 (a)、(b) 所示；两者相反时称为非关联参考方向，如图 1-9 中 (c)、(d) 所示。在电路中，负载上一般设定为关联参考方向，电源上设定为非关联参考方向。值得注意的是，由于关联参考方向是针对某一具体元件或一段电路而言的，在谈到这一问题时，必须说明哪一个元件或哪一段电路上电压和电流为关联或非关联参考方向。

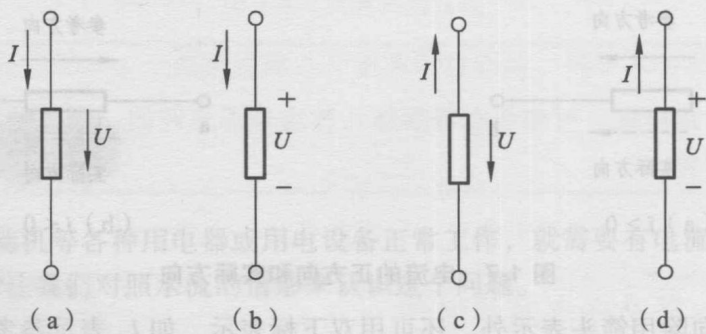


图 1-9 关联参考方向与非关联参考方向

3. 电功与电功率

水流可以推动水轮机做功，电流也可以做功。电流通过电炉时发热，电能转化为热能；电流通过电灯时，灯丝灼热发光，电能转化为热能和光能。电流做功的过程，实际就是电能转化为其他形式能的过程。

在电路中，电场力把单位正电荷从任意点移动到零电势点的过程中所做的功称为电势。电势的单位是伏特 (V)。

电流所做的功称为电功。电功跟电压、电流和通电时间成正比, 计算电功的公式可表示为

$$W = UIt$$

式中: W 的单位为焦耳 (J); U 的单位为伏特 (V), I 的单位为安培 (A), t 的单位为秒 (s)。

在相同的时间内, 电流通过不同的用电器所做的功一般并不相同。为了反映电流做功的快慢, 物理学中引入了电功率的概念。电流在单位时间内所做的功称为电功率, 用符号 P 来表示。计算电功率的公式可表示为

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{或} \quad P = UI$$

电功率的单位是瓦特 (W), 此外还有千瓦 (kW), 换算关系为

$$1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W}$$

由电功率的单位——千瓦, 可以引出电功的另一个单位——千瓦时。千瓦时就是平时我们所说的“度”。焦耳这个单位很小, 通常使用千瓦时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$) 来表示电功率。

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1\,000 \text{ W} \times 1 \text{ h} = 1\,000 \text{ W} \times 3\,600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$1 \text{ 度} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳}$$

4. 焦耳定律

电流通过导体时导体会发热, 电流通过导体产生的热量与电流的平方、导体的电阻和通电时间成正比。焦耳定律揭示了电能转化为热能的关系。电流通过电灯时, 并不是完全把电能转化为光能, 还有一部分转化为热能, 转化的热能可以用焦耳定律来计算, 即

$$Q = I^2 R t$$

式中: Q 的单位为焦耳 (J), I 的单位为安培 (A), R 的单位为欧姆 (Ω); t 的单位为秒 (s)。

5. 额定功率与额定电压

用电器正常工作时的电压称为额定电压; 用电器在额定电压下的功率称为额定功率, 即用电器上所标注的电压和功率。

技能训练 测量小灯泡电功率

器材: 干电池两节, 电压表、电流表、滑动变阻器、开关、标有额定值的小灯泡各一件, 导线若干。

步骤 1 按图 1-10 所示电路接线。

步骤 2 合上开关, 调节滑动变阻器, 使小灯泡两端的电压为额定电压, 观察小灯泡的发光情况; 记录电流表、电压表示数。

步骤 3 调节滑动变阻器, 使小灯泡两端的电压高于额定电压, 观察灯泡的发光情况, 记录电流表、电压表示数。

步骤 4 调节滑动变阻器, 使小灯泡两端的电压低于额定电压, 观察并将数据记入表中。

实验记录

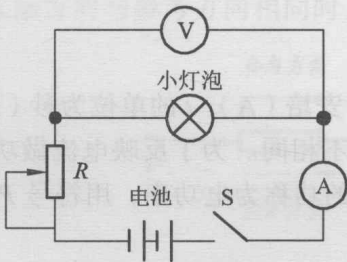


图 1-10 测量小灯泡电功率的电路

次数	项 目				
	实验内容	灯泡 亮度	电压 /V	电流 /A	电功 率/W
1	小灯泡两端电压为额定电压				
2	小灯光泡两端电压高于额定电压				
3	小灯泡两端电压低于额定电压				

思考 在不同的电压下，同一个用电器的电功率总是一样大吗？

拓展训练

- 一只标有“220 V，60 W”的白炽灯，接在 220 V 的电源上，正常工作时的电功率是多少？如果加在它两端的电压降低到 110 V（不考虑温度对电阻的影响），它的电功率又是多少？
- 一盏额定功率为“220 V，100 W”的电灯，一天工作 4 小时，那么每月消耗的电能为多少千瓦时？（每月按 30 天计算）折合为多少焦耳？
- 调光台灯在刚开灯的时刻，为什么我们看不到灯泡发光？
- 小于从商场买回一个铭牌规格为“220 V，1 000 W”的电炉。由于目前市场上某些产品存在的质量问题，小于准备在家中对这个电炉进行检验，看看它是否能达到额定功率。请你帮他想一个简便的办法，尽快地做出判断。提供的器材是小于家中的电能表和计时器。

任务三 电池的电动势及内阻的测量

随着科学技术的飞速发展，移动、便携式的电子产品日益普及，电池已成为一种人人都必须面对的可移动电源。电动势和内阻是电池的两个基本参数。本次任务是在认识常用电池的过程中，进一步学习分析电路的基本方法，学会设计实验电路，学会运用电压表与电流表测定电池的相关参数。



学习目标

- 了解常用电池的特点和实际应用。
- 理解电动势的含义，掌握部分电路和闭合电路的欧姆定律。
- 了解电压源、电流源的概念及实际电源的电路模型。



知识平台

一、常用的电池

电池的种类很多,常用的电池主要有干电池和蓄电池以及体积较小的纽扣电池。此外,还有金属-空气电池、燃料电池及其他能量转换电池,如太阳能电池、温差电池、核电池等。

1. 干电池

日常生活中使用最多的是碳-锌干电池。它的负极是用锌制成的圆筒,内有电解质,正极是一根碳棒。碳-锌干电池广泛用于国防、科研、钻探、电信及工农业生产和日常生活中。

2. 蓄电池

蓄电池的种类很多,主要有铅蓄电池、银-锌蓄电池、铁-镍蓄电池和铅品蓄电池等。它们的特点是可以经历多次充电、放电循环,反复使用。蓄电池广泛用于邮电通信、国防军工、电力电站、铁道、机场、微波中继站等场合的专业设备中。

3. 燃料电池

燃料电池是一种将燃料在燃烧时释放的化学能直接转换为电能的装置。它可以从外部向两个电极区域连续补充燃料和氧化剂而不需要充电。燃料电池具有设备轻巧、无噪声、污染少、可连续运行、单位重量输出的电能高等优点。因此,它已在航天工程中得到应用,在军用与民用的各个领域展现出广泛的应用前景。

4. 太阳能电池

太阳能电池是一种将太阳光的能转换为电能的装置,主要用在人造卫星和宇宙飞船中(常用硅光电池)。

5. 核电池

核电池是一种将核能直接转换为电能的装置。核电池可产生高电压,但电流很小,主要应用于人造卫星及探测飞船中。

二、电动势

想一想生活中常用的干电池有哪些?观察“1号”和“5号”电池的规格,不难发现它们的电压均为1.5 V。如果用电压表测9 V碱性叠层干电池两端的电压,则读数为9.0 V。

可见,电源两端的电压是由电源本身的性质决定的。为了表示电源的这种特性,我们引入了电动势的概念。电动势等于电源在没有接入电路时两极间的电压,用符号 E 表示。

电动势的单位是伏特(V),干电池外壳上所标1.5 V或9 V实际上就是它的电动势。

电动势 E 的大小等于电源中非静电力把正电荷 q 从负极经过电源内部搬运到正极所做的功 W ,其表达式为

$$E = \frac{W}{q}$$

电动势的方向规定为从电源的负极经过电源内部指向电源的正极，即与电源两端电压的方向相反。

三、电阻元件及欧姆定理

1. 电阻元件

导体的电阻是导体本身的一种性质。

如果电阻是恒定值，这样的电阻称为线性电阻，它是一个表示该段电路特性而与电压和电流无关的常数，否则就是非线性电阻。线性电阻和非线性电阻的电压、电流特性如图 1-11 (a)、(b) 所示。

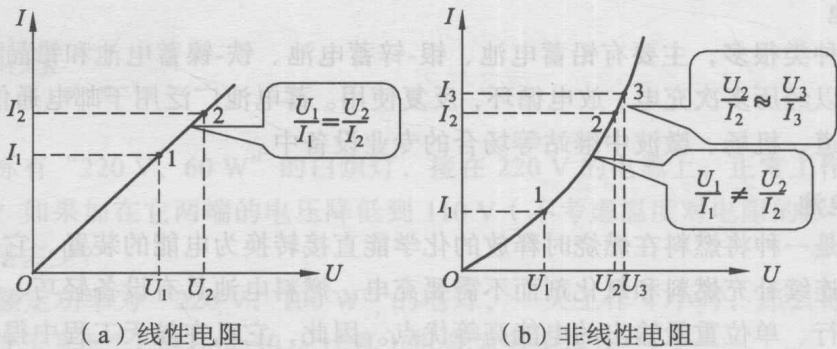


图 1-11 线性电阻和非线性电阻的电流、电压特性

在电路中，电阻的连接形式是多种多样的，其中最简单和最常用的是串联与并联，如图 1-12、图 1-13 所示。电阻的串、并联是电路中电阻最基本的两种连接方法，必须熟练掌握其特点和应用。

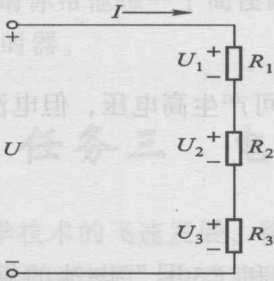


图 1-12 串联电路

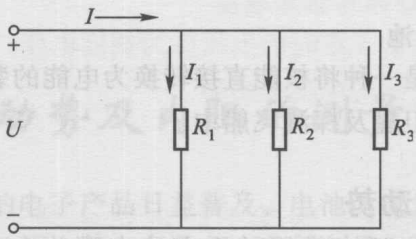


图 1-13 电阻的并联

串联后的等效电阻为 $R = R_1 + R_2 + R_3$ ，并联后的等效电阻为 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ 。

2. 欧姆定律

应用欧姆定律时，应注意电流 I 和电压 U 的参考方向。

图 1-14 (a) 中，电流为 $I = \frac{U}{R}$ 。

图 1-14 (b) 中，电流为 $I = -\frac{U}{R}$ 。

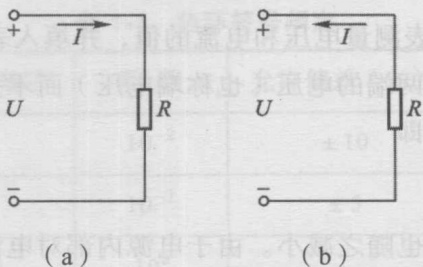


图 1-14 应用欧姆定律时的参考方向

[例 1-1] 试求图 1-15 (a) 所示电路中的电流，图中电压为 -5 V ，电阻为 $1\ \Omega$ 。

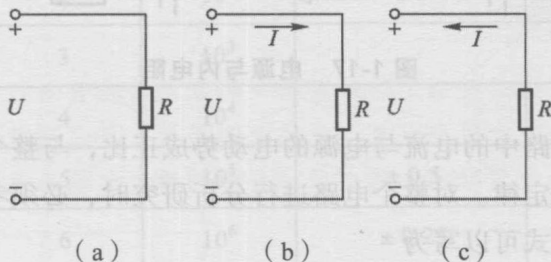


图 1-15 例 1-1 电路图

[解] 图 1-15 (a) 所示电路中没有标出电流方向，可以设定其参考方向如图 1-15 (b) 所示，电压和电流参考方向一致，那么

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5}{1}\text{ A} = (-)5\text{ A}$$

若按图 1-15 (c) 设定其参考方向，由于电压和电流参考方向选用不一致，那么

$$I = \frac{-U}{R} = \frac{-5}{1}\text{ A} = -(-)5\text{ A}$$

$I < 0$ 说明图 1-15 (c) 设定的电流方向与实际方向相反。

技能训练 测量电压和电流

器材：电源、开关、导线、电阻器、电流表、电压表、滑动变阻器。

步骤 1 按图 1-16 所示电路接线。

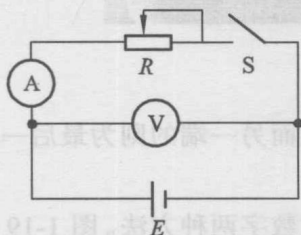


图 1-16 研究闭合电路
欧姆定律的电路

实验记录

外电阻 R/Ω						
端电压 U/V						
总电流 I/A						