



高等院校网络教育精品教材

——电气电子类

DIANGONG JISHU JICHU

# 电工技术基础 (电工学 I)

王 英 徐英雷 主编



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

高等院校网络教育精品教材——电气电子类

# 电工技术基础（电工学 I）

王 英 徐英雷 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

## 内容简介

本教材分两篇论述,第一篇电路基础,其主要内容有:线性电路的基本元件、基本定律(即 KCL、KVL)、基本的分析方法;正弦交流电路的基本计算分析方法、基本的功率因数和谐振的概念;三相对称正弦交流电路的基础分析与计算;一阶电路的时域分析。第二篇电机与控制,其主要内容有:磁路、变压器、电动机、继电器。各章前有学习指导,后有相应的章节小结、选择题和习题,书后附有部分习题答案。

本教材适用面广,可作为高等工科院校电气电子类和非电类各专业本科生“电工技术基础”课程的教材(或“电工学 I”课程的教材),也可作为职业大学、成人教育大学、电视大学和网络教育等各专业的教材或辅助教材,还可供相关专业的工程技术人员学习和参考。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础. 电工学. 1 / 王英, 徐英雷主编. —成都:  
西南交通大学出版社, 2012.6  
高等院校网络教育精品教材. 电气电子类  
ISBN 978-7-5643-1727-0

I. ①电… II. ①王… ②徐… III. ①电工技术—高等学校—教材②电工学—高等学校—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 072410 号

---

高等院校网络教育精品教材——电气电子类

电工技术基础(电工学 I)

王 英 徐英雷 主编

|       |   |
|-------|---|
| 责任编辑  | 黄淑文   |
| 封面设计  | 墨创文化  |
| 出版发行  | 西南交通大学出版社<br>(成都二环路北一段 111 号)                                     |
| 发行部电话 | 028-87600564 87600533   |
| 邮政编码  | 610031  |
| 网 址   | <a href="http://press.swjtu.edu.cn">http://press.swjtu.edu.cn</a> |
| 印 刷   | 四川森林印务有限责任公司  |
| 成品尺寸  | 185 mm × 260 mm   |
| 印 张   | 26.5  |
| 字 数   | 662 千字  |
| 版 次   | 2012 年 6 月第 1 版   |
| 印 次   | 2012 年 6 月第 1 次   |
| 书 号   | ISBN 978-7-5643-1727-0  |
| 定 价   | 49.00 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

当前是中国高等教育发展的最快时期，中国要从教育大国发展为教育强国，网络教育承担着人才培养强国重任。我校十年来网络教育发展历程，正步入创建网络化“精品课程”和“品牌专业”。本教材是为创建网络精品课程“电工技术基础”而编写，为创建各专业“品牌专业”而奠定基础。

本教材是为高等工科学校各专业而编写的《电工技术基础（电工学 I）》教材，其作者在主编了“十一五”国家级规划教材《电工技术基础（电工学 I）》基础上，再次针对网络教学的特殊性和学生学习的特点，结合作者十年来对网络教学的体会及改革建设成果而编著。

本教材分为“电路基础”和“电机与控制”二个篇章论述。第一篇电路基础中有五个章节：基本元件和定律、线性电路的分析和定理、正弦交流稳态电路分析、三相正弦交流电路的分析和一阶电路的时域分析。重点对线性电路理论的基本概念、基本元件、基本定律、基本定理、基本分析方法等作了深入浅出的阐述。第二篇电机与控制中有四个章节：磁路、变压器、电动机、继电器。主要讲解了变压器和异步电机的结构、工作原理、基本控制方法。在电工技术基础课程的授课中，可根据具体的授课学时和专业要求，对教材中的内容作适当的调整 and 选择。

本教材根据“电工技术基础”网络课程的特点，在编写的体系上，明确各章由四个模块组成：学习指导、理论知识、小结、课后作业。

(1) 学习指导 主要介绍学习目标、学习时间分配及方法、学习重点及难点，指导学生如何掌握学习进度及方法；

(2) 理论知识 在注重基本知识的同时，通过例题的形式拓展教学内容，由浅入深，并在每个章节中，增加了“常见问题讨论”、“特别提示”，用易错的问题强化各知识点的掌握；

(3) 小结 每章后的小结中给出了本章重点，有助自学；

(4) 课后作业 针对电路基础部分中的基本概念和基本知识点的学习，增加了选择题题型，循序渐进；对于电机与控制部分中的知识难点的学习，通过选择题题型，力求做到点面结合，培养学生独立思考的能力。

在教材的编写中，其内容以注重电工技术基础知识为主线，其例题以注重掌握与提高理论知识为目的，其习题以注重综合能力培养为目标，其文笔以通俗易懂为根本，整部教材利于学生阅读和自学，利于教师教学和指导，利于工程技术人员知识的学习与掌握。

“电工技术基础”是各工科专业的技术基础课程。本教材可作为高等工科院校大学本科、网络教育、成人教育、职业大学等各工科专业的“电工技术”（或“电工技术基础”）课程的教材，可以是工程技术人员的学习和参考资料。本教材可供 51~68 学时教学使用。

本教材由西南交通大学王英、徐英雷主编，陈曾川、刘淑萍、何圣仲、曾欣荣、李冀

昆等参与编写。其中，王英主编和统编本教材，徐英雷主编第二篇。王英编写第一篇电路基础中的第1、2、4、5章，陈曾川编写第3章，徐英雷编写第二篇电机与控制中的第6、7、8、9章，刘淑萍、曾欣荣参编了第一篇电路基础的各章节习题，何圣仲、李冀昆参编了第二篇电机与控制内容及习题。在教材编写过程中，参考了众多优秀教材，很多“电工学”的前辈和同行也给予了大量的支持，在此编者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者 王英

2012年5月

## 目 录

## 第一篇 电路分析

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>第一章 基本元件和定律</b> .....      | 3   |
| 第一节 电路的基本概念 .....             | 4   |
| 第二节 电阻、电源元件 .....             | 11  |
| 第三节 基尔霍夫定律 .....              | 20  |
| 第四节 等效概念与电阻电路 .....           | 26  |
| 第五节 理想电源电路 .....              | 37  |
| 第六节 电 位 .....                 | 45  |
| 小 结 .....                     | 46  |
| 选择题 .....                     | 48  |
| 习 题 .....                     | 53  |
| <b>第二章 线性电路的分析和定理</b> .....   | 60  |
| 第一节 电源模型的等效变换法 .....          | 61  |
| 第二节 支路电流法 .....               | 69  |
| 第三节 节点电压法 .....               | 72  |
| 第四节 叠加定理 .....                | 79  |
| 第五节 戴维南定理与诺顿定理 .....          | 94  |
| 第六节 最大功率传输定理 .....            | 111 |
| 小 结 .....                     | 114 |
| 选择题 .....                     | 115 |
| 习 题 .....                     | 123 |
| <b>第三章 正弦交流稳态电路分析</b> .....   | 130 |
| 第一节 电容 $C$ 元件和电感 $L$ 元件 ..... | 131 |
| 第二节 正弦函数与相量 .....             | 136 |
| 第三节 基尔霍夫定律和元件伏安特性的相量形式 .....  | 149 |
| 第四节 阻 抗 .....                 | 160 |
| 第五节 正弦稳态电路的分析 .....           | 172 |
| 第六节 功率及功率因数提高 .....           | 177 |
| 第七节 谐 振 .....                 | 191 |
| 小 结 .....                     | 200 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 选择题                    | 203 |
| 习    题                 | 207 |
| <b>第四章 三相正弦交流电路的分析</b> | 214 |
| 第一节 三相正弦交流电路的基本概念      | 215 |
| 第二节 对称三相正弦交流电路的分析      | 220 |
| 第三节 对称三相正弦交流电路的功率      | 228 |
| 第四节 安全用电               | 233 |
| 小    结                 | 236 |
| 选择题                    | 237 |
| 习    题                 | 241 |
| <b>第五章 一阶电路的时域分析</b>   | 243 |
| 第一节 换路定则及初始值           | 244 |
| 第二节 换路后的稳态值            | 254 |
| 第三节 三要素法               | 255 |
| 第四节 零输入响应、零状态响应和全响应    | 268 |
| 小    结                 | 285 |
| 选择题                    | 287 |
| 习    题                 | 291 |

## 第二篇 电机与控制

|                      |     |
|----------------------|-----|
| <b>第六章 磁    路</b>    | 299 |
| 第一节 磁场的基础知识          | 300 |
| 第二节 磁性材料             | 302 |
| 第三节 磁路基础和磁路的基本定律     | 306 |
| 第四节 直流磁路             | 309 |
| 第五节 交流磁路与交流铁芯线圈      | 312 |
| 第六节 电磁铁              | 316 |
| 小    结               | 319 |
| 选择题                  | 320 |
| 习    题               | 321 |
| <b>第七章 变压器</b>       | 323 |
| 第一节 变压器的分类、基本结构及工作原理 | 324 |
| 第二节 变压器的运行特性         | 330 |
| 第三节 变压器的应用           | 332 |
| 第四节 变压器使用中的问题        | 335 |
| 小    结               | 341 |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| 选择题                  | 341        |
| 习 题                  | 342        |
| <b>第八章 电动机</b>       | <b>344</b> |
| 第一节 电动机概述            | 345        |
| 第二节 三相异步电动机的结构和工作原理  | 348        |
| 第三节 三相异步电动机的电路分析     | 355        |
| 第四节 三相异步电动机的转矩与机械特性  | 357        |
| 第五节 三相异步电动机的启动、制动和调速 | 361        |
| 第六节 三相异步电动机的型号和额定数据  | 368        |
| 第七节 单相异步电动机          | 370        |
| 第八节 电动机的选择           | 372        |
| 第九节 控制电机             | 374        |
| 小 结                  | 377        |
| 选择题                  | 378        |
| 习 题                  | 379        |
| <b>第九章 继电器</b>       | <b>381</b> |
| 第一节 常用低压控制电器         | 382        |
| 第二节 继电-接触器控制电路       | 389        |
| 第三节 可编程序控制器          | 397        |
| 小 结                  | 405        |
| 选择题                  | 405        |
| 习 题                  | 406        |
| <b>参考答案</b>          | <b>409</b> |
| <b>参考文献</b>          | <b>416</b> |



# 第一篇 电路分析

本篇主要学习线性电路的基本概念、基本元件（即电阻  $R$ 、电压源和电流源等）、基本定律（即 KCL、KVL）、基本电路结构（即串联、并联、星形连接和三角形连接等）、基本定理（即叠加原理和戴维南定理等）和基本分析方法（即电源模型等效变换法、支路电流法、节点电压法、相量分析法和三要素法等）等知识。重点讨论直流电路、正弦稳态交流电路、对称三相交流电路和一阶电路等电路理论。



# 第一章 基本元件和定律

**【学习指导】** 本章为电路分析的基础篇，主要讨论电路的基本概念、基本电阻和电源元件、基本定律、基本的电路连接结构和变化规律。

## 1. 学习目标

- (1) 了解电路的基本概念；
- (2) 掌握电路基本元件的伏安特性；
- (3) 掌握 KCL、KVL 定律；
- (4) 掌握电阻元件串并联等效电路计算方法；
- (5) 掌握理想电压源、理想电流源的基本电路分析方法；
- (6) 了解电位的基本概念。

## 2. 学习建议

- (1) 学习时间：8~12 小时。  
第一节建议学习时间：1.5 小时；  
第二节建议学习时间：3 小时；  
第三节建议学习时间：2 小时；  
第四节建议学习时间：2 小时；  
第五节建议学习时间：1.5 小时；  
第六节建议学习时间：0.5 小时。

### (2) 学习方法。

- A. 学习本章新内容前，先复习电阻、电压、电流基本概念，复习串联、并联基本电路结构。
- B. 点播学习网络课程第一章的内容，完成相关内容的“选择题”、“习题”。
- C. 参加在线导学直播学习。
- D. 阅读参考资料：

- ① 王英主编，西南交通大学出版社出版的《电工技术基础（电工学 I）》第一章；
- ② 王英主编，机械工业出版社出版的《电工技术基础（电工学 I）》第一章；
- ③ 王英主编，机械工业出版社出版的《电工技术基础学习指导教程》第一章。

E. 第一节、第二节学习完成后，提交第 1 次作业；第三节学习完成后，提交第 2 次作业；第四节学习完成后，提交第 3 次作业；第五节、第六节学习完成后，提交第 4 次作业，并进行本章学习小结。

## 3. 学习重难点

- A. 重点掌握电路的基本概念（如：电路图、电压、电流及参考方向）；
- B. 重点掌握电路的基本元件（如：电阻  $R$ 、电压源、电流源等）的伏安特性；
- C. 重点掌握电路的基本定律，即基尔霍夫定律（如：KCL、KVL）；
- D. 重点掌握电路元件的基本连接，即串联、并联电路分析方法；
- E. 难点是：基本概念的建立，基本元件伏安特性的理解，基本定律的应用，基本连接电路分析方法的掌握。

## 第一节 电路的基本概念

### 一、线性电路的概述

#### (一) 线性电路

电路是由电气设备、电路器件等通过各种方式相互连接并提供电流通过途径的系统。电路的结构和所能完成的任务是多种多样的, 日常用的有手机、电脑等, 工业中有电力系统、电子系统、电气控制系统等。

所谓线性电路是指由线性元件组成的电路。线性电路最基本的特性是具有叠加性和均匀性, 其含义用电路图 1.1 简单说明。

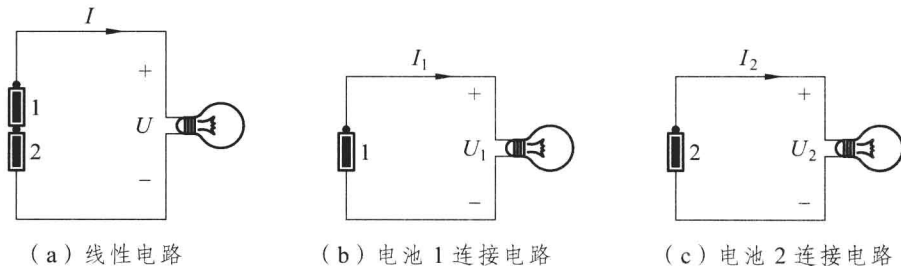


图 1.1 线性电路的叠加性

叠加性: 如图 1.1 (a) 所示线性电路中的电源由两个理想电池串联组成, 电压源给白炽灯提供的电压值为  $U$ , 通过白炽灯的电流值为  $I$ 。当移去图 1.1 (a) 中理想电池 2 时, 电路如图 1.1 (b) 所示, 理想电池 1 产生通过白炽灯的电压、电流值为  $U_1$ 、 $I_1$ ; 当移去图 1.1 (a) 中理想电池 1 时, 电路如图 1.1 (c) 所示, 理想电池 2 产生通过白炽灯的电压、电流值为  $U_2$ 、 $I_2$ ; 则当两个理想电池 1 和 2 串联共同作用时[如图 1.1 (a) 所示], 所产生的电压  $U$ 、电流  $I$  分别为  $U = U_1 + U_2$ 、 $I = I_1 + I_2$ 。

线性电路中含有若干个理想电源同时作用时, 其电路中的电压、电流等于各个理想电源单独作用时产生的电压、电流叠加, 这就是线性电路的叠加性。

齐次性: 在如图 1.2 所示电路中, 理想电池 1 电压值为  $U_1$ , 理想电池 2 电压为  $U_2 = 5U_1$ 。若图 1.2 (a) 中电压  $U_1$  产生输出电流为  $I_1$ , 则图 1.2 (b) 中电压  $U_2 = 5U_1$  所产生的输出电流  $I_2$  为  $5I_1$ 。这就是线性电路的齐次性。

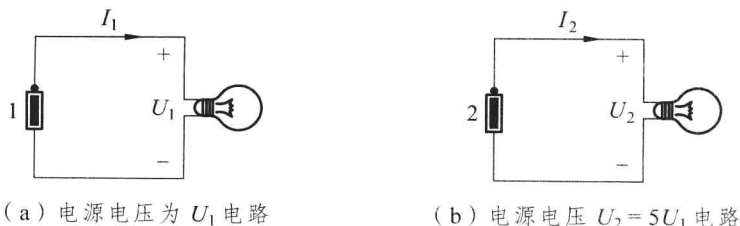


图 1.2 线性电路的齐次性

严格地讲，在实际中性电路是不存在的。但是大量的实际电路通过“理想化”和“抽象化”处理，在一定条件下，可以视为线性电路进行分析。本篇作为电路理论的入门教材，主要研究线性电路。

## （二）电路的作用

### 1. 实现电能的传输、转换及分配

例如：电力系统示意图如图 1.3 所示，电路的主要作用是将发电机提供的电能传输和分配到各用电设备。

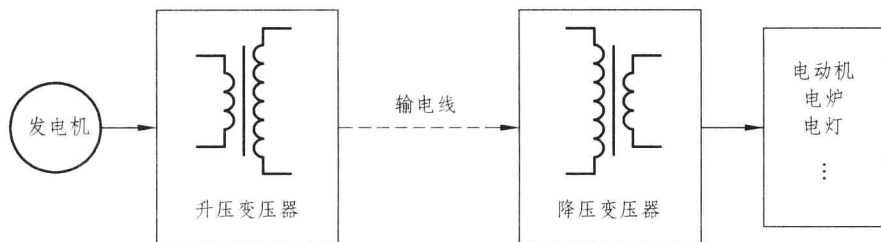


图 1.3 电力系统示意图

发电机又称为电源，是提供电能的设备，其功能是把热能、水能或核能等其他形式的能量转换成电能。

变压器和输电线的功能是实现电能的分配和传输。

电动机、电炉、电灯等用电设备统称为负载，其功能是把电能转换成为机械能、热能和光能等。

### 2. 实现信号的传递和处理

信号传递和处理的实例很多，如手机、计算机、电视机等，它们把载有语言、文字、音乐、图像信息的电磁波接收后转换为相应的电信号，通过电子电路对信号进行传递和处理，还原为原始信息（如声音、图像等）输出到扬声器、显示器等。

## 二、电路模型

实际电路是由电子元件、电气器件和设备及导线等构成，这些实际部件在电路工作过程中往往同时产生几种物理效应，而在电路理论中的各个元件则仅描述了一种物理特征。例如，一个白炽灯[见图 1.4 (a)]通电后除了发光发热（即电阻特性）外，在灯丝两端之间具有电压，故两端之间具有电场效应（即电容特性）；当灯丝中通过电流时，则又有磁场产生，即灯丝又具有电感性。可见白炽灯工作过程中同时存在三种物理效应，即电阻性、电容性和电感性。但是，在三种物理效应中，其电阻特性最为突出，而电容性和电感性较小，常常忽略不计。因此，可把实际的白炽灯理想化为只具有电阻特性的集中参数元件  $R$ ，并在电路图中用抽象化的电路图形符号表示，如图 1.4 (b) 所示。

电路理论往往不是直接研究实际的电路，而是研究实际电路的电路模型或电路图。



(a) 白炽灯 (b) 电阻元件的电路符号

图 1.4 白炽灯与其电路模型

电路模型是由“抽象化”和“理想化”电路元件（简称元件）相互连接构成的。每一种电路元件只表征一种物理特性，可以用精确的数学关系来定义。实际的器件可以根据其表现出的物理效应用一种或几种电路元件来描述。

本教材讨论电路模型的电路元件都满足集中参数条件，因此，电路模型的大小和几何形状不影响电路的特性。

### 三、电路的基本变量

电路变量是用来对电路模型进行描述的，电路分析任务则是围绕着电路变量展开讨论与计算，进而了解电路的特性和技术指标。

在电路分析中，电压和电流称为电路的基本变量。通过已知的电压和电流变量可计算出电路模型中的其他物理量，例如：直流电路的功率为  $P = UI$ ；电阻元件参数  $R$  为  $R = U / I$  等等。

#### (一) 电 压

为了克服正电荷和负电荷之间存在引力，以功的形式施加一定的能量，将异性电荷拉开一定的距离，从而使异性电荷间存在一定的势能，这种电荷的势能差称为电势差，又称为电压。电压是电路中的驱动力，是产生电流的原因。

设一个定量的正电荷  $dq$  从电路中  $a$  点移动到  $b$  点时，能够放出的能量为  $dw$ ，则电路中  $a$ 、 $b$  两点间的电压  $u$  定义为

$$u = \frac{dw}{dq} \tag{1.1}$$

式中， $u$  的单位为伏特 ( V )； $w$  的单位为焦耳 ( J )； $q$  的单位为库仑 ( C )。

在电路分析中常用电位来表示电压，即任意两点间的电位之差称为电压。

电路中的电位是相对参考点而定义的电压，如图 1.5 所示。图中  $O$  点设为电路的参考点（即为零电位点  $u_o = 0 \text{ V}$ ）， $a$  点相对参考点  $O$  的电位为  $u_a$ ， $b$  点相对参考点  $O$  的电位为  $u_b$ ，则图 1.5 中  $a$ 、 $b$  两点间的电压为  $u_{ab}$ ，即  $u_{ab}$  为  $a$ 、 $b$  两点间的电位之差

$$u_{ab} = u_a - u_b$$

在实际电路中，参考点通常选为大地、设备机壳或某一个公共连接点。在电路分析中，可以任意选择电路中的某一点为参考点，即设参考点的电位为零。因此，电路中各点的电位值与所选定的参考点有关，但任意两点间的电压则与参考点的选择无关。

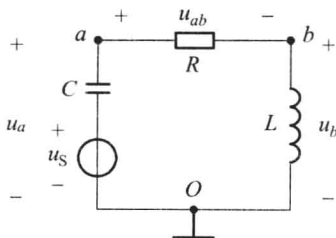


图 1.5 电压与电位

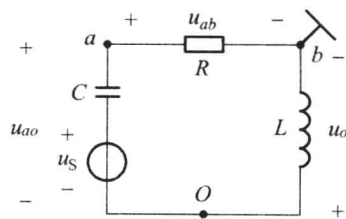


图 1.6 参考点、电位与电压

例如：图 1.5 中的参考点改选为  $b$  点，如图 1.6 所示，这时  $b$  点的电位为零（即  $u_b = 0 \text{ V}$ ）， $O$  点相对参考点  $b$  的电位为  $u_o$ ，可见，在图 1.6 中，因参考点由  $O$  点改设为  $b$  点，电路中  $a$  点、 $b$  点、 $O$  点电位值发生改变，但是  $a$ 、 $b$  两点间的电压  $u_{ab}$  则与参考点的选择无关， $a$  点相对参考点  $b$  的电位  $u_a$  等于  $a$ 、 $b$  两点间的电压  $u_{ab}$ ，即

$$\begin{aligned} u_{ab} &= u_a - u_b = u_a \\ &= u_{ao} + u_o \end{aligned}$$

因此，选择的参考点不同，同一点的电位则不同，但任意两点间的电压是固定不变的，即电压不会因参考点的不同而发生变化。

注意：

(1) 在电路分析中，电压的方向定义为：由高电位端（即用“+”符号表示）指向低电位端（即用“-”符号表示），如图 1.7 (a) 所示；电压的方向还可以用另外两种方法表示，即“下标”表示法和“箭头”表示法，如图 1.7 (b)、(c) 所示。

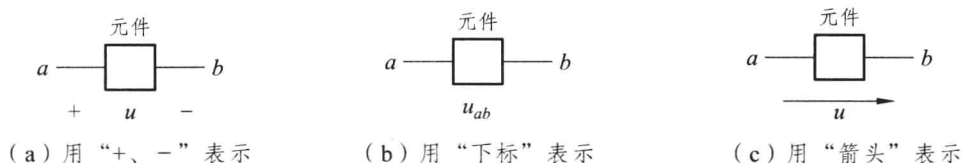


图 1.7 电压方向的表示方式

(2) “电位”单位与“电压”单位相同，即单位为伏特 (V)，“电位”是指电路中某一点相对参考点间的电压；“电压”是指电路中任意两点间的电位差。

(3) 电压是一个有方向的电量。因此，如果电压的实际方向很难判断，则可假定一个电压的方向（称为电压的参考方向。见本节：四、参考方向）。具有参考方向电压的数学表示才有物理意义。

### 人物简介

亚历山德罗·伏特 (Alessandro Volta, 1745—1827)，意大利物理学家，他发明了一种用以产生静电的设备，并且发现了甲烷气体。伏特仔细研究了异金属之间的化学反应，于 1800 年发明了第一节电池。为了纪念他，电势（或电压）的单位用他的名字“伏特”命名。

## (二) 电 流

电流的物理意义是电荷质点的定向运动。单位时间内通过导体横截面积的电量定义为电流强度  $i$ （简称电流），即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.2)$$

式中， $i$  的单位为安培 (A)； $q$  的单位为库仑 (C)； $t$  的单位为时间秒 (s)。

在工程上规定正电荷移动的方向为电流方向。

注意：

(1) 在复杂电路分析中，由于电流的实际方向很难确定，因此常用参考方向来表示电流

的方向。即在分析计算复杂电路之前，先假定电流的方向（称为参考方向。见本节：四、参考方向）。电流的参考方向有两种表示方法，即“箭头”表示法和“下标”表示法，如图 1.8 所示，两种表示方法均表示电流方向为从  $a$  流到  $b$ 。



图 1.8 电流方向的表示方式

(2) 电流的单位为安培 (A)。

(3) 电路分析中主要讨论两种电流，即直流电流和正弦交流电流，如图 1.9 所示。

**直流电流** 电流的大小、方向都不随时间发生变化，用大写的英文字母  $I$  表示，即电流  $I$  为常数，如图 1.9 (a) 所示。

**交流电流** 电流的大小、方向都随时间发生变化，用小写的英文字母  $i$  或  $i(t)$  表示，即  $i(t) = I_m \sin t$ ，如图 1.9 (c) 所示。

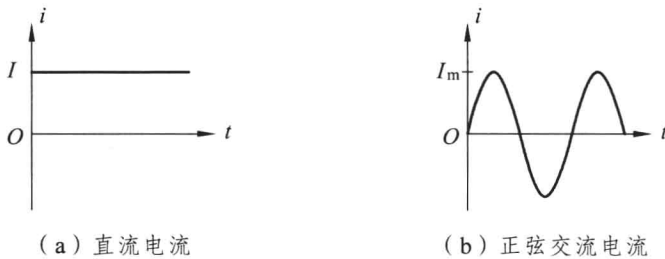


图 1.9 电流波形图

(4) 测量仪表上用 DC 标志表示直流电流表；用 AC 标志表示正弦交流电流表（简称交流电流表）。

### 人物简介

安德烈·玛丽·安培 (Andre Marie Ampere, 1775—1836)，法国物理学家，1820 年提出了电磁理论，奠定了 19 世纪该领域的发展基础。他是第一个用仪器来测量电荷流动（电流）的人。后人为了纪念他，电流的单位用他的名字“安培”命名。

### (三) 功率和能量

在电路分析时，经常分析电路中的能量及功率的分布和转移。因此，功率和能量是电路中的两个重要的物理量。功率定义为单位时间内所转换的电能，用  $p$  表示。功率  $p$  与能量  $w$  的关系如下所示

$$p(t) = \frac{dw}{dt} \tag{1.3}$$

$$w(t) = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau$$



式中, 功率  $p$  的单位为瓦特 (W), 能量  $w$  的单位为焦耳 (J)。

在元件功率分析中, 设元件上的电压与电流的参考方向如图 1.10 所示, 即电流从电压的正极流到负极。

元件所吸收的能量为

$$dw = u(t)dq$$

则该元件吸收的功率为

$$p(t) = \frac{dw}{dt} = u(t) \frac{dq}{dt} = u(t)i(t) \quad (1.4)$$

式 (1.4) 是通过元件的端电压和流过电流的乘积来定义功率。

注意:

(1) 注意式 (1.4) 中电压  $u$  的方向与电流  $i$  的方向的关系, 即电流方向是由电压的“+”流到“-”。

(2) 当式 (1.4) 中  $p(t) = u(t)i(t) > 0$  时, 说明元件吸收 (输入、消耗) 功率; 当式 (1.4) 中  $p(t) = u(t)i(t) < 0$  时, 说明元件提供 (输出) 功率。

本教材对各变量讨论时均采用国际单位制的基本单位, 如表 1.1 所示。

表 1.1 国际常用词冠

| 词 冠   | 符 号 |       | 因 子        |
|-------|-----|-------|------------|
|       | 中 文 | 国 际   |            |
| giga  | 吉   | G     | $10^9$     |
| mega  | 兆   | M     | $10^6$     |
| kilo  | 千   | k     | $10^3$     |
| milli | 毫   | m     | $10^{-3}$  |
| micro | 微   | $\mu$ | $10^{-6}$  |
| nano  | 纳   | n     | $10^{-9}$  |
| pico  | 皮   | p     | $10^{-12}$ |

### 人物简介

詹姆斯·瓦特 (James Watts, 1736—1819), 苏格兰发明家, 因对蒸汽机的改进而闻名于世, 使蒸汽机可以在工业中使用。为了纪念他, 功率的单位用他的名字“瓦特”命名。

詹姆斯·普雷斯科特·焦耳 (James Prescott Joule, 1818—1889), 英国物理学家, 因在电学和热力学方面的研究成果而闻名于世。为了纪念他, 能量的单位用他的名字“焦耳”命名。

## 四、参考方向

在复杂的电路分析中, 电压和电流都是根据设定的参考方向进行讨论, 即任意假设电压、电流的正方向称为参考方向。参考方向概念的引入, 解决了复杂电路中实际电压、电流方向

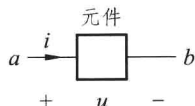


图 1.10 电压和电流表示功率