



普通高等教育高职高专“十二五”规划教材 电气类

# 电 路 基 础

主 编 邱燕雷 姜惠英  
主 审 朱 毅



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)



普通高等教育高职高专“十二五”规划教材 电气类

# 电路基础

主 编 邱燕雷 姜惠英  
副主编 徐海英  
主 审 朱 毅



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

本书根据高职高专院校培养应用型高技能人才的要求和高职高专学生的学习特点进行编写。

本书共7章,包括电路的基本概念和基本定律、电阻电路的分析、单相正弦交流电路、三相交流电路、非正弦周期电流电路、动态电路的过渡过程、磁路与铁芯线圈。

本书可作为高职高专电类(强、弱电)专业师生使用,也可供工程技术人员和自学者参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电路基础 / 邱燕雷, 姜惠英主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2013.9(2017.7重印)  
普通高等教育高职高专“十二五”规划教材. 电气类  
ISBN 978-7-5170-1233-7

I. ①电… II. ①邱… ②姜… III. ①电路理论—高等职业教育—教材 IV. ①TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第213823号

|      |                                                                                                                                                                                                                    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 普通高等教育高职高专“十二五”规划教材 电气类<br><b>电路基础</b>                                                                                                                                                                             |
| 作 者  | 主编 邱燕雷 姜惠英 主审 朱毅                                                                                                                                                                                                   |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a><br>E-mail: <a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a><br>电话: (010) 68367658 (营销中心) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>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  | 北京嘉恒彩色印刷有限责任公司                                                                                                                                                                                                     |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 18.5印张 439千字                                                                                                                                                                                      |
| 版 次  | 2013年9月第1版 2017年7月第2次印刷                                                                                                                                                                                            |
| 印 数  | 3001—5000册                                                                                                                                                                                                         |
| 定 价  | <b>38.00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



根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作意见》文件精神,以及为了贯彻落实教育部有关教材建设的指示精神,满足高职高专电类相关专业教学的基本建设的需要,中国水利水电出版社广泛开展调研,召开高职高专电气类教材研讨会,组织编写了高职高专“十二五”电气类规划教材。

为适应高职高专人才培养目标要求以及电力行业职业教育课程改革的思路,本书的编写力求突出高等职业教育的特点,降低理论深度,删除一些数学推导内容,使教材的讲述深入浅出,将知识点与能力点紧密结合,注重学生实际应用能力的培养。

电路基础是电类专业的一门重要的专业基础课,其任务是使学生掌握电工基础理论及电路的基本分析方法。本书包括电路和磁路两部分内容,共分7章,每章由学习目标、教学内容、小结和习题构成。而每节教学内容后设置了自测题,着重于掌握基本概念和基本电路分析,引导学生主动进行思考,以达到讲、练紧密结合的效果。

本书编写人员及编写内容分工为:福建水利电力职业技术学院姜惠英编写第1、2章,福建水利电力职业技术学院徐海英编写第3、5章,福建水利电力职业技术学院邱燕雷编写第4、6、7章。本书由邱燕雷、姜惠英担任主编,邱燕雷负责全书统稿;福建水利电力职业技术学院朱毅担任本书主审,提出了宝贵的修改意见,在此表示衷心感谢。

由于时间仓促、编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者给予批评指正。

编者

2013年5月



前言

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>第 1 章 电路的基本概念和基本定律</b> | 1   |
| 1.1 电路和电路模型               | 1   |
| 1.2 电路的主要物理量              | 3   |
| 1.3 电阻元件                  | 11  |
| 1.4 电路中的有源元件              | 15  |
| 1.5 基尔霍夫定律                | 20  |
| 小结                        | 26  |
| 习题                        | 28  |
| <b>第 2 章 电阻电路的分析</b>      | 32  |
| 2.1 电阻的串联、并联和混联电路         | 32  |
| 2.2 电阻的星形与三角形连接及等效变换      | 39  |
| 2.3 电源的等效变换               | 44  |
| 2.4 支路电流法                 | 50  |
| 2.5 网孔电流法                 | 54  |
| 2.6 节点电位法                 | 58  |
| 2.7 叠加定理                  | 63  |
| 2.8 替代定理                  | 67  |
| 2.9 戴维宁定理与诺顿定理            | 68  |
| 2.10 含受控源电路的分析            | 76  |
| 小结                        | 80  |
| 习题                        | 82  |
| <b>第 3 章 单相正弦交流电路</b>     | 89  |
| 3.1 正弦交流电路的基本概念           | 89  |
| 3.2 正弦量的相量表示法             | 95  |
| 3.3 正弦电流电路中的电阻元件          | 101 |
| 3.4 电感线圈与电感元件             | 104 |
| 3.5 正弦电流电路中的电感元件          | 108 |
| 3.6 电容器与电容元件              | 112 |
| 3.7 正弦电流电路中的电容元件          | 117 |
| 3.8 电阻、电感、电容串联电路          | 121 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 3.9 电阻、电感、电容并联电路 .....        | 126 |
| 3.10 复阻抗的等效变换及串并联 .....       | 130 |
| 3.11 正弦交流电路中的功率 .....         | 135 |
| 3.12 用相量法分析复杂交流电路 .....       | 144 |
| 3.13 电路的谐振 .....              | 146 |
| 3.14 互感电路 .....               | 154 |
| 小结 .....                      | 159 |
| 习题 .....                      | 163 |
| <b>第4章 三相交流电路</b> .....       | 169 |
| 4.1 三相电源 .....                | 169 |
| 4.2 三相电源和三相负载的连接 .....        | 171 |
| 4.3 Y-Y 对称三相电路的特点和计算 .....    | 181 |
| 4.4 不对称三相电路分析 .....           | 186 |
| 4.5 三相电路的功率 .....             | 189 |
| 4.6 三相电压和电流的对称分量 .....        | 193 |
| 小结 .....                      | 197 |
| 习题 .....                      | 199 |
| <b>第5章 非正弦周期电流电路</b> .....    | 202 |
| 5.1 非正弦周期量 .....              | 202 |
| 5.2 非正弦周期量的谐波分析 .....         | 203 |
| 5.3 非正弦周期量的有效值、平均值和平均功率 ..... | 209 |
| 5.4 非正弦周期电流电路的计算 .....        | 213 |
| 小结 .....                      | 217 |
| 习题 .....                      | 218 |
| <b>第6章 动态电路的过渡过程</b> .....    | 220 |
| 6.1 换路定律与初始条件 .....           | 220 |
| 6.2 一阶电路的零输入响应 .....          | 225 |
| 6.3 一阶电路的零状态响应 .....          | 232 |
| 6.4 一阶电路的全响应 .....            | 240 |
| 6.5 一阶电路的三要素法 .....           | 243 |
| 6.6 二阶 RLC 串联电路的零输入响应 .....   | 247 |
| 小结 .....                      | 255 |
| 习题 .....                      | 256 |
| <b>第7章 磁路与铁芯线圈</b> .....      | 260 |
| 7.1 磁场的基本物理量和基本定律 .....       | 260 |
| 7.2 铁磁物质的磁化 .....             | 266 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 7.3 磁路的基本定律 .....     | 269 |
| 7.4 恒定磁通磁路的分析 .....   | 274 |
| 7.5 交流铁芯线圈及电路模型 ..... | 279 |
| 7.6 电磁铁 .....         | 285 |
| 小结 .....              | 287 |
| 习题 .....              | 289 |

# 第 1 章 电路的基本概念和基本定律

## 学习目标:

- (1) 了解电路的定义、组成及各部分的作用;理解电路元件、电路模型。
- (2) 理解电流、电压、电位、电动势、电能的概念及相互关系;掌握参考方向的概念、意义和表示法。掌握电功率的意义及计算。
- (3) 理解电阻元件的定义及其参数,了解线性电阻和非线性电阻;掌握电阻元件电压与电流的关系。掌握电阻元件的功率计算及特点。
- (4) 掌握电压源和电流源的特点和伏安特性。正确理解独立电源与受控电源的联系和差别。
- (5) 了解支路、节点、回路、网孔的定义;理解基尔霍夫电流定律和电压定律。熟练掌握应用 KCL、KVL 列写电路方程,并分析、计算电路。

## 1.1 电路和电路模型

### 1.1.1 电路

实际电路是由一些电气部件或元器件按照一定方式连接而成,用来实现某种功能的电流通路。在科技发达的今天,人们在生产、生活中广泛地应用着各种各样的电气设备和电子产品,它们包含着各种不同的实际电路。

不管是简单电路还是复杂的实际电路,总可归纳为由 3 部分组成:①电源或信号源,是向电路提供电能或信号的部件,因为电路中的电压、电流是在电源或信号源的激发下产生的,所以电源或信号源又称为激励源或激励。由激励而在电路中产生的电压、电流称为响应;②用电设备又称为负载,是取用电能或输出信号的装置,它实现把电能(电信号)转化成其他形式的能(信号);③中间环节,起传输、控制、保护、处理等作用。

实际电路的种类繁多、功能各异,通过归纳可得出基本功能有:①实现电能的转化、传输和分配,如电力系统把发电机生产的电能通过变压器、输电线等设备输送到用电设备供用户使用;②实现信号的传递、处理和转换,如电话线路、扩音机线路、计算机线路。

实际电路的分类方法很多,比如,按电流的性质可分为直流电路和交流电路;按电压的高低可分为高压电路和低压电路;按电路的用途可分为电力电路和信号电路等。

图 1-1 是一个手电筒的实际电路,它可以是一个最简单的实际电路。

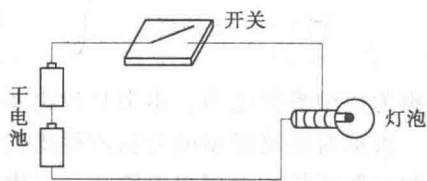


图 1-1 实际电路

### 1.1.2 电路元件

组成实际电路的器件都有各自的电磁性质,且

每一种器件的电磁性质并不是单一的。比如,电阻器在通过电流时除了具有把电能转化为热能的性质外还会产生磁场,兼有电感的性质。为了便于对电路进行分析、计算,有时在一定条件下忽略实际元器件的次要因素,突出主要因素,只集中表现一种主要的电磁性能,这种把实际器件进行理想化处理后的模型称为理想电路元件,简称电路元件。如电阻器的电感作用比电感小得多,可忽略其电感性质,近似地用理想电阻元件来表示它。实际元器件可用一种或几种电路元件的组合来近似表示。

理想电路元件都用特定的图形符号来表示,图1-2所示为几种常见的理想电路元件,每一种都只表示一种电磁性质,各自具有确定的电磁性能和数学定义。理想导线是阻值为零的电阻元件,用线段表示。

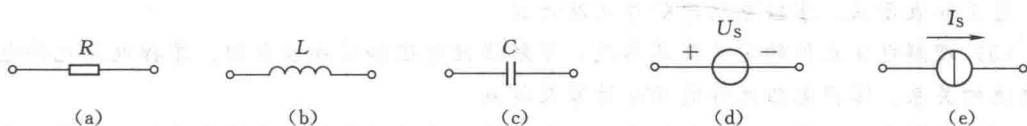


图1-2 理想电路元件图形符号

(a) 电阻元件; (b) 电感元件; (c) 电容元件; (d) 电压源; (e) 电流源

电路元件通过引出端互相连接。具有两个引出端的元件称为二端元件,具有两个以上引出端的元件称为多端元件。基本的电路元件有两大类,即无源元件和有源元件。不产生能量的电阻元件、电感元件和电容元件是无源元件;为电路提供电能或信号的元件为有源元件,有源元件包括电压源、电流源和受控源。

### 1.1.3 电路模型

由理想电路元件的图形符号连接起来模拟实际电路的连接关系及功能的图形,称为电路模型,也简称为电路。实际器件和实际电路的种类繁多,而理想电路元件只有有限的几种,用理想电路元件建立的电路模型将使电路的研究大大简化。在电路理论中,就是借助这种电路模型来分析和研究各种无论是简单还是复杂的实际电路。图1-3便是图1-1所示电路的模型。

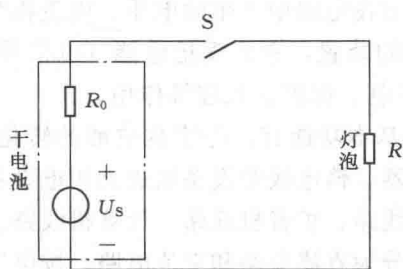


图1-3 电路模型

建立电路模型时应使其外部特性与实际器件和电路的外特性尽量接近,一般应指明它们的工作条件,如频率、电压、电流、功率和温度范围等。

建立电路模型时,认为在一定条件下电磁过程都是集中在元件内部进行的,那么在任何时刻,从具有两个端钮的理想元件的某一端钮流入的电流恒等于从另一端钮流出的电流,并且元件两个端钮间的电压值也是完全确定的,具有这种性质的电路元件称为集中参数元件,简称集中元件。由集中参数元件组成的电路称为集中参数电路。本书只讨论集中参数电路。

根据对电路模型的分析所得出的结论,有着广泛的实际意义。若无特别说明,本书所指的电路元件均为理想电路元件,电路均指电路模型,并用这种电路模型来阐述电路的基本规律,讲解分析、计算电路的基本方法。



### 自 测 题

1.1.1 电路就是\_\_\_\_\_流通的路径,电路一般由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_3部分组成。

1.1.2 电源是提供电能的装置,它的功能是\_\_\_\_\_。电源又称为\_\_\_\_\_。在电源的作用下,电路所产生的电流、电压又称为\_\_\_\_\_。

1.1.3 负载是取用电能的装置,它的功能是\_\_\_\_\_。

1.1.4 理想电路元件,就是忽略实际电器元件的次要性质,只表征它\_\_\_\_\_的“理想”化的元件。常用、基本的理想电路元件有\_\_\_\_\_。

1.1.5 电路模型是由\_\_\_\_\_按特定的方式连接起来模拟\_\_\_\_\_的图形。建立电路模型时应注意\_\_\_\_\_。

1.1.6 在电路模型中,每一个电路元件反映\_\_\_\_\_种物理性能。一个实际电路元件可以用\_\_\_\_\_个或者\_\_\_\_\_个理想元件的组合来表示其物理性能。

## 1.2 电路的主要物理量

电路分析中常用到电流、电压、电位、功率,它们是电路的主要物理量,本节对它们进行介绍。

### 1.2.1 电流及其参考方向

#### 1. 定义

带电粒子在电场力作用下定向移动形成电流。这种带电粒子也称为载流子。比如:金属导体中的自由电子,半导体中的电子和空穴,电解液中的正、负离子,都是载流子。

电流强度是表示电流强弱的物理量,简称电流,用符号  $i$  或  $I$  表示。电流强度在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电量,即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中,  $dq$  为在  $dt$  的时间内通过导体横截面的电量。

大小和方向都不随时间变化的电流称为稳恒电流,简称直流,记为 DC。定义为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

大小和方向(或其中之一)随时间变化的电流,为变动电流。若大小和方向随时间做周期性变化且平均值为零的电流称为交流电,记为 AC。

国际单位制(SI)中,电流的单位为安培,简称安,符号为 A。常用的单位有千安(kA)、毫安(mA)、微安( $\mu$ A)。

#### 2. 电流方向

(1) 实际方向。规定正电荷定向移动的方向为电流的实际方向。

(2) 参考方向。在分析、计算电路时,往往很难事先判断电流的实际方向,且交流电



图 1-4 电流参考方向的表示

路中电流的实际方向随时间不断改变, 根本难以确定。但在分析、计算电路时, 又不能缺少“方向”这一重要因素。为此, 引入了参考方向概念。

在分析、计算电路之前, 预先假设某一方向为电流的正方向, 这就是电流的参考方向, 在电路图中用实线箭头表示, 可标在导线旁, 也可标在导线上, 如图 1-4 所示。

参考方向可任意标定, 在选定的参考方向下, 所计算出的电流若为正值, 则表明实际方向与参考方向一致; 若为负值, 则实际方向与参考方向相反, 如图 1-5 所示。就这样, 利用了参考方向和正负值来表明实际方向。应当注意, 在未规定参考方向的情况下, 电流的正负号是没有意义的。

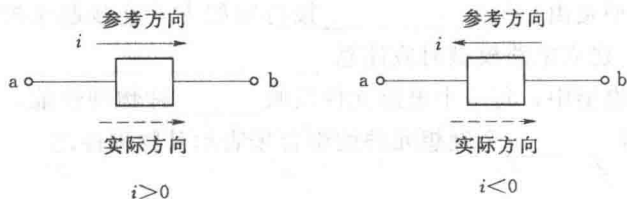


图 1-5 电流参考方向与实际方向的关系

### 1.2.2 电压、电位、电动势及其参考方向

#### 1. 电压

(1) 定义。电荷在电场力的作用下移动, 在这一过程中电场力对电荷做了功, 并把电能转换为其他形式的能量, 做了多少功就有多少能量被转化。电路中  $a$ 、 $b$  两点间的电压  $u_{ab}$  就是等于单位电荷在电场力作用下由  $a$  点移到  $b$  点时电场力所做的功, 即

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1-3)$$

式中,  $dq$  为由  $a$  点移到  $b$  点的电荷;  $dw$  为移动过程中电场力所做的功 (也是电荷所减少的电能)。电压是反映电场力做功能力的物理量。

大小和方向都不随时间变化的电压称为直流电压, 定义为

$$U = \frac{W}{q} \quad (1-4)$$

国际单位制中, 电压的单位为伏特, 简称伏, 符号为  $V$ 。常用单位有千伏 ( $kV$ )、毫伏 ( $mV$ )、微伏 ( $\mu V$ )。

#### (2) 电压方向。

实际方向: 规定电压的实际方向是正电荷在电场力作用下移动的方向。

参考方向: 与电流类似, 在分析、计算电路时, 也要预先选定某一方向为电压的参考方向。电压参考方向的表示方式: ①用“+”、“-”号表示, 分别称为参考正极和参考负极; ②用带箭头的实线表示, 箭头的方向是从“+”指向“-”; ③用双下标表示, 如电压  $u_{ab}$  表示电压的参考方向由  $a$  指向  $b$ ,  $u_{ba}$  表示电压的参考方向由  $b$  指向  $a$ , 且有  $u_{ab} = -u_{ba}$ , 如图 1-6 所示。

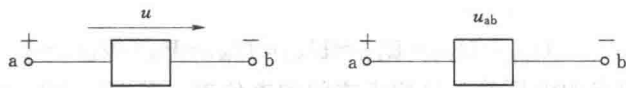


图 1-6 电压参考方向的表示

在规定的参考方向下，得出的电压若为正值，则表示实际方向与参考方向相同；若为负值，则表示实际方向与参考方向相反，如图 1-7 所示。同样，没有参考方向，电压的正、负是没有意义的。

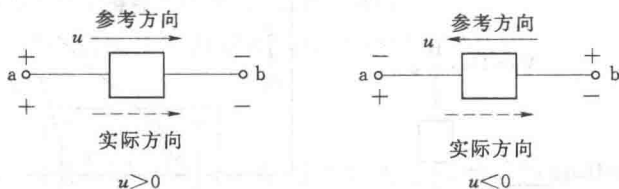


图 1-7 电压参考方向与实际方向的关系

### (3) 关于参考方向的几点说明。

1) 电流、电压的实际方向是客观存在的，而参考方向是人为规定的。分析、计算电路时，都是根据所规定的参考方向列写电路方程的，无论是直流还是交流，都是如此。参考方向可以任意规定而不影响计算结果，因为参考方向相反时，解出的电流、电压值也要改变正负号，最后得到的实际结果仍然相同。

2) 在对一个电路进行分析、计算的过程中，参考方向一旦标定就不能随意改变。

3) 电路中某一支路或某一元件上的电压和电流的参考方向可能一致，也可能相反。若一致，即电流参考方向从电压的参考正极流向参考负极，则称两者为关联参考方向；若相反，即电流参考方向从电压的参考负极流向参考正极，则称两者为非关联参考方向，如图 1-8 所示。

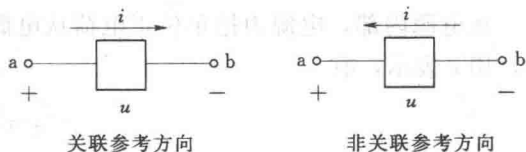


图 1-8 关联与非关联参考方向

## 2. 电位

以下的讨论以直流为例。

(1) 定义。电路中某点的电位等于该点到参考点的电压。若取 O 点为参考点，则 a 点的电位为

$$V_a = U_{aO} \quad (1-5)$$

参考点即电位为零的点，电路图中用符号“⊥”表示。电位值有正、负。若某点电位为正，表明该点电位比参考点高；若某点电位为负，表明该点电位比参考点低。电位参考点可以任意选取，一经选定电路中各点的电位也随之确定。选择不同的参考点，电路中各点的电位也随之改变。常选择大地、设备外壳或接地点作为参考点。在一个连通的系统中只能选择一个参考点。

(2) 电压和电位。如图 1-9 所示，O 点为参考点，A 点和 B 点的电位分别为

$$V_A = U_{AO}, V_B = U_{BO}$$

那么,有

$$U_{AB} = U_{AO} + U_{OB} = U_{AO} - U_{BO} = V_A - V_B \quad (1-6)$$

这表明电路中两点的电压等于这两点之间的电位差。若  $U_{AB} > 0$ , 即  $V_A > V_B$ , 说明 A 点电位比 B 点高。任意两点间的电位差(电压)是不会随参考点的改变而改变的。

因为正电荷在电场力作用下是由高电位移到低电位的, 所以电压的实际方向是电位降低的方向。

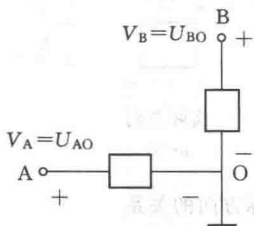


图 1-9 电位表示图

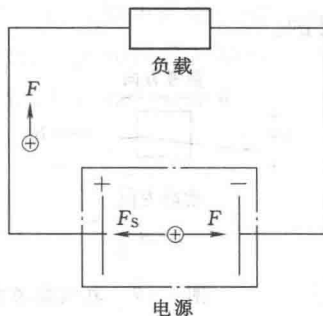


图 1-10 正电荷受力示意

### 3. 电动势

(1) 定义。如图 1-10 所示, 在电场力  $F$  作用下, 正电荷从高电位经负载向低电位运动, 电场力对电荷做正功使电能减少。在电源内部, 电源力  $F_s$  克服电场力  $F$  把正电荷从低电位拉到高电位, 这一过程中电源力对电荷做正功(电场力对电荷做负功), 把电源内部其他形式的能量转换成电能提供给电路, 从而形成连续的电流。电源力所做的功就等于所转换的能量。

在电源内部, 电源力把单位正电荷从电源低电位端拉到高电位端所做的功, 称为电动势, 用  $e$  表示, 有

$$e = \frac{dw_s}{dq} \quad (1-7)$$

式中,  $dq$  为转移的正电荷;  $dw_s$  为转移过程中电源力所做的功, 也是电荷所增加的电能。电动势是反映电源力做功能力的物理量。电动势的国际单位: 伏特 (V)。

通常把电源设备内部的电路称为内电路, 电源设备以外的电路称为外电路。在内电路中, 正电荷在电源力的作用下从低电位移至高电位而获得电能, 即电源发出电能; 在外电路中, 正电荷在电场力作用下从高电位移至低电位使电能转化为其他形式的能, 即电路吸收电能。能够提供一个力来克服电场力把正电荷从低电位拉到高电位的元件都具有电源性质, 其内部都有电动势。

#### (2) 电动势方向。

实际方向: 因为电源力使正电荷由低电位移到高电位, 所以电动势的实际方向是电位升高的方向。即电动势的实际方向与电压的实际方向相反。对于一个电源, 若用正 (+) 极性表示其高电位端, 用负 (-) 极性表示其低电位端, 则电动势  $e$  的实际方向是从负极指向正极。

参考方向: 在分析与计算电路时, 也必须事先规定电动势的参考方向, 其表示方式与



电压相同。

若不考虑电源内部还有其他形式的能量转换,在这种理想情况下,则电源的电动势  $e$  在量值上与电源两端的电压  $u$  相等。另外,当电源处于开路状态时,电源两端电压  $u$  在量值上也等于电动势  $e$ 。当选择两者的参考方向相反时,可得  $u=e$ ;当选择两者的参考方向一致时,可得  $u=-e$ ,如图 1-11 所示。

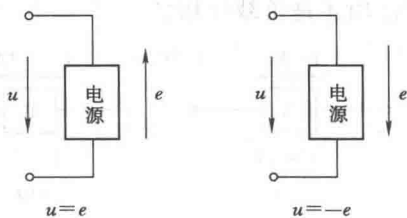


图 1-11 电压和电动势的参考方向

本书所涉及的电源在计算中并不使用电动势这个名称及符号,而用“电源电压”及其相对应的符号来替代。

### 1.2.3 电功率和电能

#### 1. 功率

(1) 定义。电场力在单位时间内所做的功称为电功率,简称功率,用  $p$  表示。设电场力在  $dt$  时间内做的功为  $dw$ ,则

$$p = \frac{dw}{dt} \quad (1-8)$$

因为做功等于能量的转化,所以元件的功率  $p$  的含义是单位时间内元件所转化的能量,即元件转化能量的速率。

若  $p$  为正值,由式 (1-8) 可得电场力做正功,而电场力做正功是使电能减少的,即元件把电能转化为其他形式的能量,元件吸收电能,  $p$  称为元件吸收的功率;反之,  $p$  为负值时,电场力做负功把其他形式的能量转化为电能,元件是发出电能的,  $p$  称为元件发出的功率。

把  $dw=udq$ ,  $i=\frac{dq}{dt}$  代入式 (1-8) 得

$$p=ui \quad (1-9)$$

在直流情况下有

$$P=UI \quad (1-10)$$

功率的 SI 单位为瓦特,简称瓦,符号为 W。常用单位有千瓦 (kW)、兆瓦 (MW) 等。

(2) 功率的计算。元件或部分电路的功率可根据式 (1-9) 和式 (1-10) 计算。在电路图上,所选的电压与电流的参考方向的不同,将使式子带有正号或负号。

1) 当电压和电流的参考方向是关联的,则有

$$p=ui \quad \text{或} \quad P=UI \quad (1-11)$$

2) 当电压和电流的参考方向是非关联的,则有

$$p=-ui \quad \text{或} \quad P=-UI \quad (1-12)$$

在上述两种情况下,计算所得的功率为正值时,表示元件或这部分电路吸收(消耗)功率;计算所得的功率为负值时,表示元件或这部分电路发出(产生)功率。比如计算某元件的功率,若得  $P=50\text{W}$ ,则表示元件吸收  $50\text{W}$  的功率;若得  $P=-50\text{W}$ ,则表示元件发出  $50\text{W}$  的功率。

**【例 1-1】** 计算图 1-12 所示各元件的功率,并指出是吸收功率还是发出功率,起电

源作用还是负载作用。

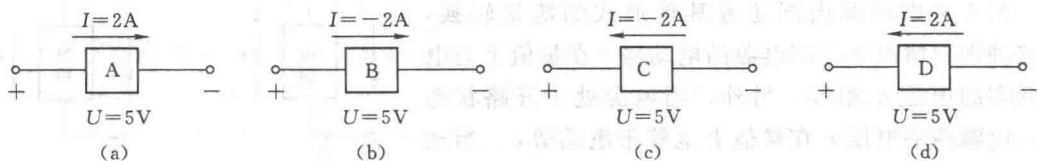


图 1-12 [例 1-1] 图

解 (1) 在图 1-12 (a) 中, 对于元件 A,  $U$  与  $I$  是关联参考方向, 故

$$P = UI = 5 \times 2 = 10(\text{W})$$

$P > 0$ , 元件 A 吸收功率, 起负载作用。

(2) 在图 1-12 (b) 中, 对于元件 B,  $U$  与  $I$  是关联参考方向, 故

$$P = UI = 5 \times (-2) = -10(\text{W})$$

$P < 0$ , 元件 B 发出功率, 起电源作用。

(3) 在图 1-12 (c) 中, 对于元件 C,  $U$  与  $I$  是非关联参考方向, 故

$$P = -UI = -5 \times (-2) = 10(\text{W})$$

$P > 0$ , 元件 C 吸收功率, 起负载作用。

(4) 在图 1-12 (d) 中, 对于元件 D,  $U$  与  $I$  是非关联参考方向, 故

$$P = -UI = -5 \times 2 = -10(\text{W})$$

$P < 0$ , 元件 D 发出功率, 起电源作用。

(3) 功率平衡。根据能量守恒定律可得, 在一个完整的电路中, 一部分元件发出的功率一定等于其他部分元件吸收的功率, 即整个电路的功率代数和为零, 称为功率平衡, 即

$$\sum P = 0 \quad (1-13)$$

## 2. 电能

根据式 (1-8), 从  $t_0$  到  $t$  时间内, 元件或电路吸收或发出的电能为

$$W = \int_{t_0}^t p dt \quad (1-14)$$

对于直流电

$$W = P(t - t_0) \quad (1-15)$$

电能的 SI 单位是焦耳, 简称焦, 符号为 J, 它等于功率为 1W 的用电器在 1s 内所消耗的电能。实用上还采用千瓦时 ( $\text{kW} \cdot \text{h}$ ) 作为电能的单位, 它等于功率为 1kW 的用电器在 1h 内所消耗的电能, 也称为 1 度电。

$$1\text{kW} \cdot \text{h}(\text{度}) = 10^3 \text{W} \times 3600\text{s} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$$

## 自 测 题

### 一、填空题

1.2.1 电流的实际方向规定为 正电荷 运动的方向, 电流的参考方向为 任意。

1.2.2 电压是衡量电场力 做功 本领大小的物理量。a、b 两点间的电压等于 把单位电荷由 a 点移动到 b 点所做的功。电压的实际方向是正电荷受 电场力 作用而



移动的方向, 即由 \_\_\_\_\_ 电位指向 \_\_\_\_\_ 电位。电压参考方向为 \_\_\_\_\_。

1.2.3 功率定义为单位时间内电场力 \_\_\_\_\_, 也表示单位时间内所转化的 \_\_\_\_\_, 即能量转化的 \_\_\_\_\_。

1.2.4 在图 1-13 所示电路中, 电压参考方向由 a 指向 b, 当  $U = -50\text{V}$  时, 电压的实际方向是 \_\_\_\_\_。

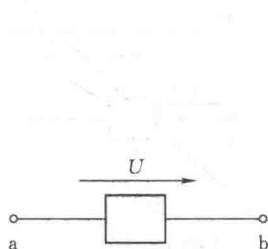


图 1-13 自测题 1.2.4 图

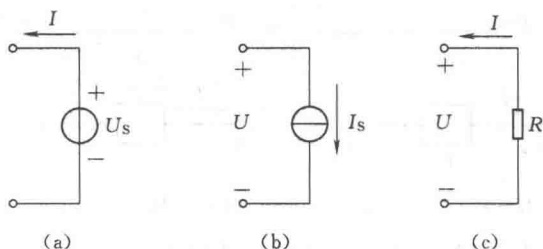


图 1-14 自测题 1.2.7 图

1.2.5 已知流过某元件的电流为  $5\text{A}$ , 当它表示为  $I = 5\text{A}$  时, 说明实际方向与 \_\_\_\_\_; 当表示为  $I = -5\text{A}$  时, 说明实际方向与 \_\_\_\_\_。

1.2.6 电流、电压、电动势都是既具有数值又有 \_\_\_\_\_ 的量, 只有数值而无 \_\_\_\_\_ 的电流、电压、电动势是无意义的。

1.2.7 图 1-14 所示的 3 个元件中, 针对每个元件的电压、电流, 其参考方向的关联与非关联关系分别为: (a) \_\_\_\_\_; (b) \_\_\_\_\_; (c) \_\_\_\_\_。

1.2.8 请根据图 1-15 填写各电压和电流的值。

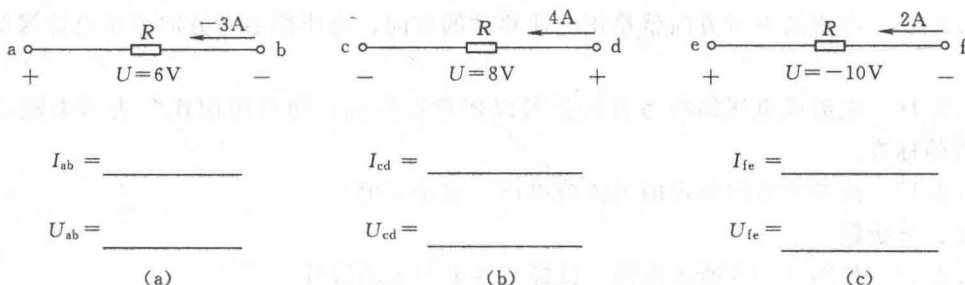


图 1-15 自测题 1.2.8 图

1.2.9 电路中 a 点的电位就是 a 点与 \_\_\_\_\_ 之间的电压, 两点之间的电压等于这两点的 \_\_\_\_\_。在图 1-16 中, 若  $U_1 = 10\text{V}$ ,  $U_2 = 6\text{V}$ 。利用电位差的概念可算得  $U = \underline{\hspace{2cm}}\text{V}$ ; 若  $U_1 = 0\text{V}$ ,  $U_2 = -6\text{V}$ 。那么  $U = \underline{\hspace{2cm}}\text{V}$ , 此时, a 点与 c 点比较, 电位较高的是 \_\_\_\_\_ 点。

1.2.10 如图 1-17 所示, 填写待求量  $P$ , 并说明是发出功率还是吸收功率。

1.2.11 电度表是用来测量 \_\_\_\_\_ 的。通常所说的 1 度电为 \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ J。某教室有  $40\text{W}$  的日光灯 6 只, 平均每天用电  $6\text{h}$ , 1 个月按  $30\text{d}$  计算, 每月用电 \_\_\_\_\_。

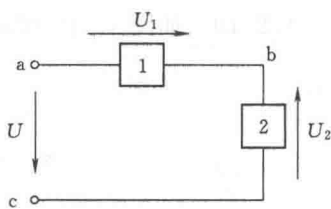


图 1-16 自测题 1.2.9 图

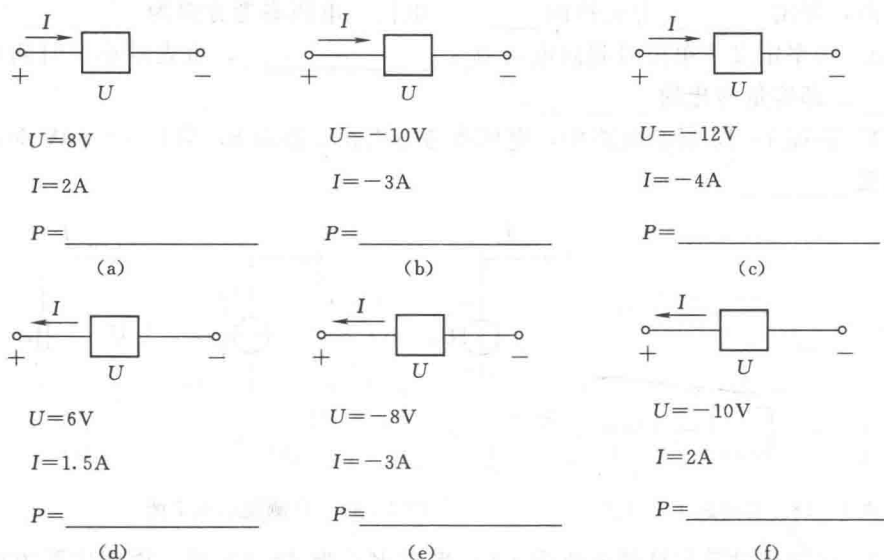


图 1-17 自测题 1.2.10 图

度。

## 二、判断题

- 1.2.12 电路图上标出的电压、电流方向是实际方向。 ( )
- 1.2.13 电路图中参考点改变,任意两点间的电压也随之改变。 ( )
- 1.2.14 电路图中参考点改变,各点电位也随之改变。 ( )
- 1.2.15 电流的参考方向就是正电荷移动的方向;电压的参考方向就是电位降低的方向。 ( )
- 1.2.16 电流或电压的参考方向是可以任意选择的,而且可用作表示电流或电压正、负的标准。 ( )
- 1.2.17 按参考方向规定的电流或电压一定是正值。 ( )

## 三、分析题

- 1.2.18 如图 1-18 所示电路,试标出各电流表的极性。

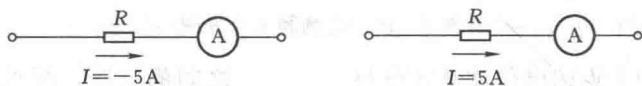


图 1-18 自测题 1.2.18 图

- 1.2.19 如图 1-19 所示电路,试标出各电压表的极性。

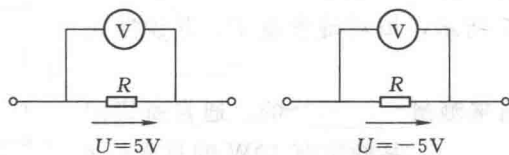


图 1-19 自测题 1.2.19 图