

Ch1.1 电压电流及电功率

杨旭强

哈尔滨工业大学电气工程及自动化学院



本章导言

本章内容包括三部分：首先介绍常用电路变量即电流、电压的定义及电功率与能量的计算，重点是建立参考方向的概念；然后介绍电阻、电容、电感、独立电源和受控电源等电路元件，重点是这些元件的端口方程。最后介绍基尔霍夫两个定律，包括它们的基本陈述和推广。

1.1 电压 电流与电功率

1.2 电阻元件

1.3 电容元件

1.4 电感元件

1.5 独立电源

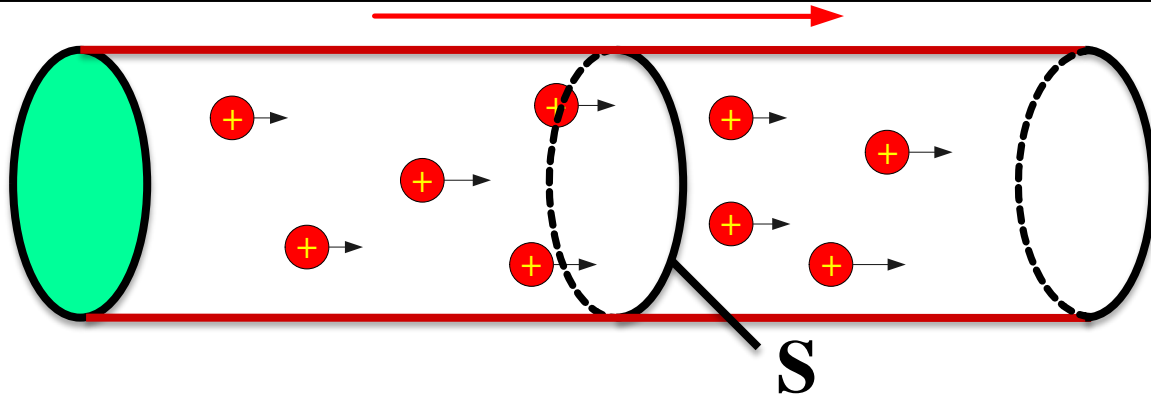
1.6 受控电源

1.7 基尔霍夫定律

1.1 电压、电流与电功率

基本要求：熟练掌握电流、电压与电功率的定义、单位、方向表示和参考方向的概念。

1. 电流



1) 定义

荷电质点的有序运动形成电流。

设在时间段 Δt 内,通过某截面的电荷量的代数和为 Δq 则定义

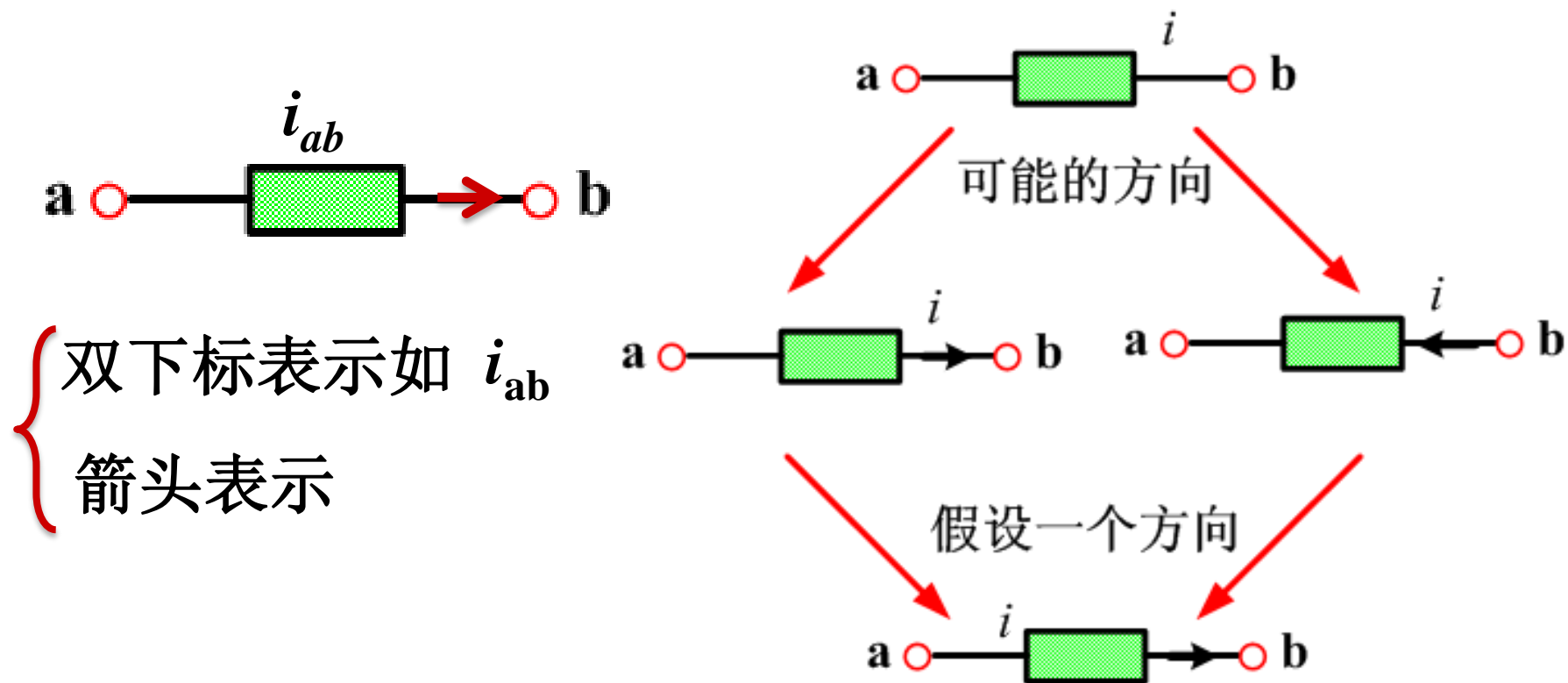
$$i \stackrel{\text{def}}{=} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$

单位：安培 (A)

称为电流，其正方向规定为正电荷运动的方向。

1.1 电压、电流与电功率

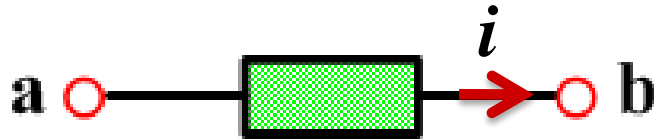
2) 电流方向的表示方法:



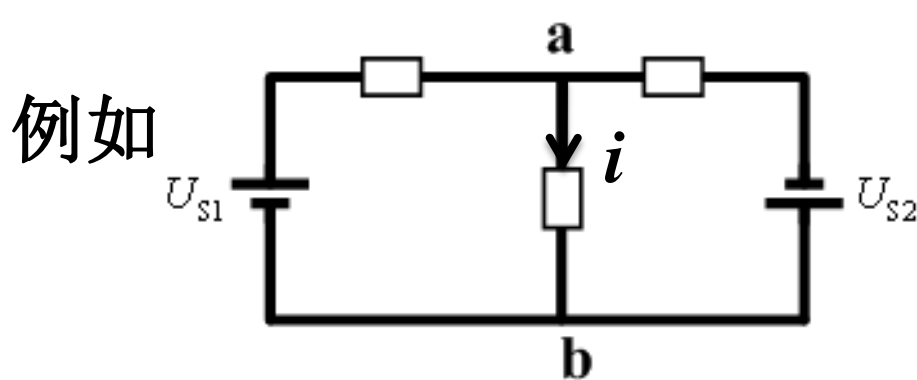
参考方向: 为电路分析方便, 任意假设的电流的方向

1.1 电压、电流与电功率

参考方向及真实方向的关系



$\left\{ \begin{array}{l} i > 0 \text{ 表示参考方向真实方向与一致;} \\ i < 0 \text{ 表示参考方向与真实方向相反。} \end{array} \right.$



如 $i = 5\text{A}$, 说明实际方向为 a 到 b

如 $i = -5\text{A}$, 说明实际方向为 b 到 a

- 注:
- 1、列写方程所用的均为参考方向;
 - 2、解题用的变量需在图中标出并指明参考方向
 - 3、参考方向标定后, 直至解题完毕不能再改变

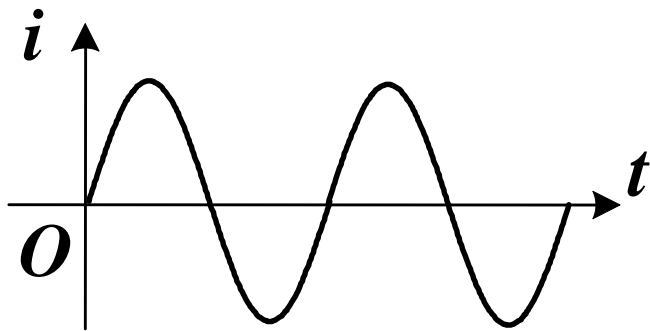
1.1 电压、电流与电功率

3) 电流的分类:

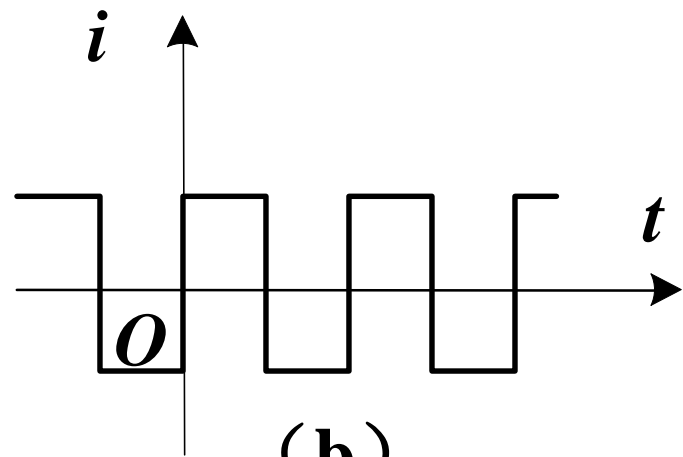
直流: i 的量值和方向不随时间变化的电流称为直流(DC), 用大写字母 I 表示

$$i = \frac{dq}{dt} = \text{常数}$$

交流: i 随时间作周期性变化且平均值为零的电流称为交流(AC), 用小写字母 i 或 $i(t)$ 表示



(a)

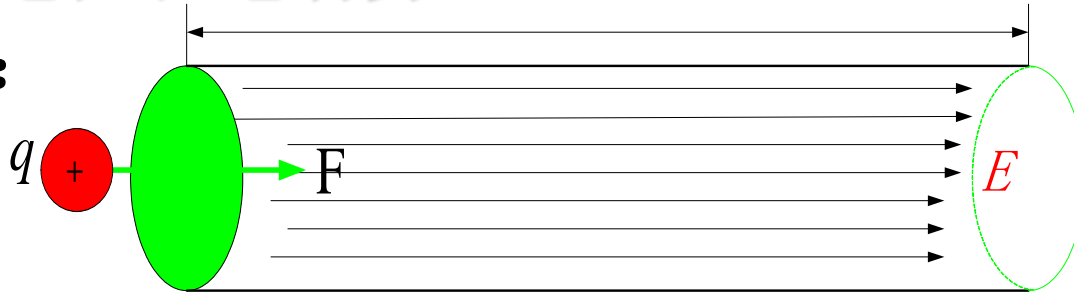


(b)

1.1 电压、电流与电功率

2 电压、电位和电动势

1) 电压:



电压定义示意图

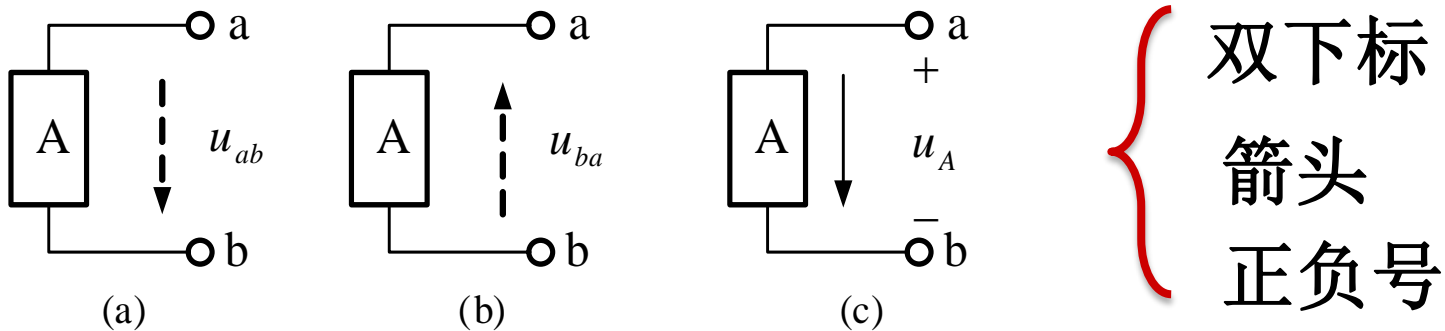
定义： 单位正电荷在电场力的作用下由a点移动到b点所做的功为a,b两点之间的电压，即

$$u = \frac{dw}{dq} \quad \text{单位：伏特 (V)}$$

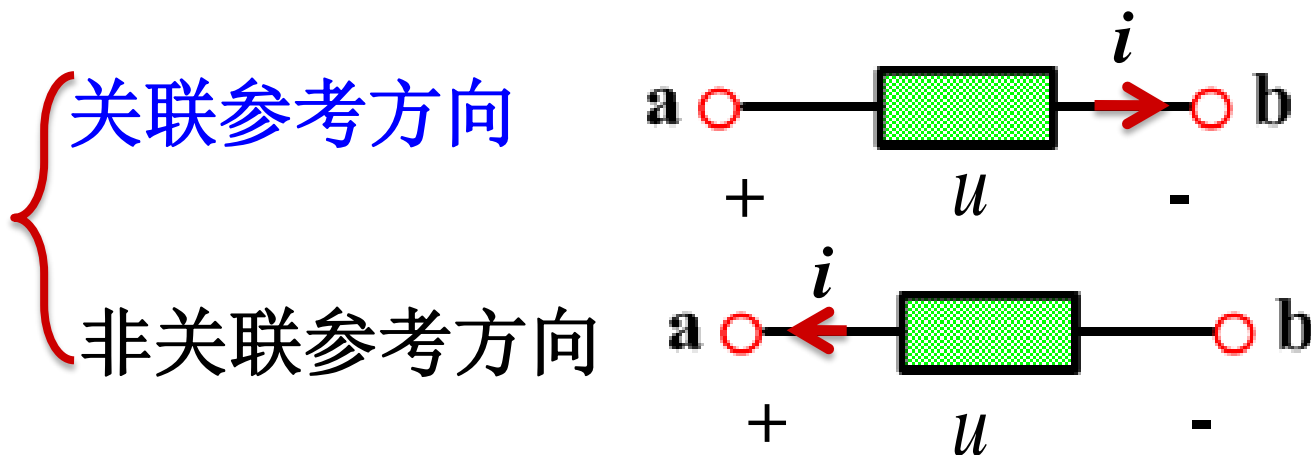
1.1 电压、电流与电功率

电压的正方向：由高电位指向低电位

电压参考方向的表示法：



电压参考方向的表示法



1.1 电压、电流与电功率

2) **电位**：任选一点 p 作为参考点，电路中某点与参考点之间的电压称为该点的**电位**，用 φ 表示。

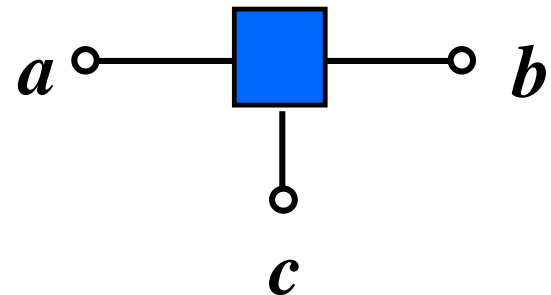
电压与电位的关系：两点之间的电压等于这两点的电位之差。

例如在右图中，若选 c 点为参考点，则 a 、 b 两点的电位及其之间的电压分别为：

$$\varphi_a = u_{ac}$$

$$\varphi_b = u_{bc}$$

$$u_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$$



1.1 电压、电流与电功率

3) **电动势**：单位正电荷在力的作用下从低电位 a 点沿路线 l 移动到高电位 b 点，这些力所作的功称为从 a 到 b 沿路线 l 的**电动势**，即

简记为
$$e = \frac{dw}{dq}$$

电压、电位、电动势具有相同的单位：V

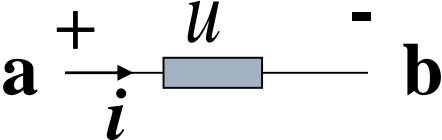
电动势的实际方向：从低电位指向高电位，因此它与电压的实际方向刚好相反。

注意：1、电动势存在于电源或感应元件内部
2、电动势是外力做功的结果。

1.1 电压、电流与电功率

4) 电功率[常简称功率(power)]是用以衡量电能转换或传输速率的物理量。

定义：微段时间 Δt 内所转换或传输的电能 Δw 与 Δt 之比，当后者趋于零时的极限，即：

$$p \stackrel{\text{def}}{=} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta w}{\Delta t} = \frac{dw}{dt}$$
$$p = \frac{dw}{dt} = ui$$

$$dw = udq = uidt$$

关联参考方向下，结果为正值，则表明该电路实际上是吸收功率；若结果为负值，则是发出功率。

电荷 dq 从 a 点移到 b 点时电场力所做的功即电路吸收的能量

1.1 电压、电流与电功率

5) 功率与参考方向之间的关系

求吸收的功率 关联
参考
方向

$$p = ui \begin{cases} p > 0 & \text{实际吸收} \\ p < 0 & \text{实际发出} \end{cases}$$

求发出的功率 非关
联参
考方
向

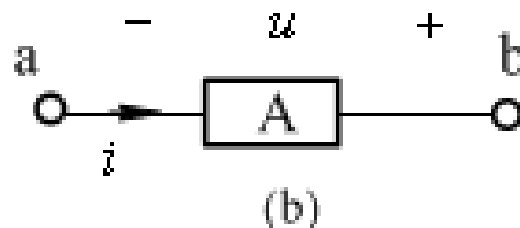
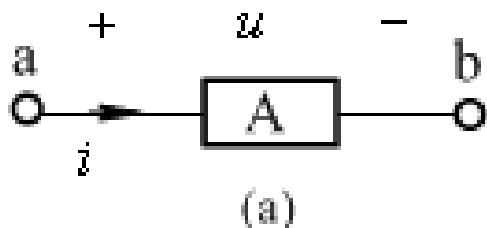
$$p = ui \begin{cases} p > 0 & \text{实际发出} \\ p < 0 & \text{实际吸收} \end{cases}$$

1.1 电压、电流与电功率

例1:

若 (a) 中的电压 $u=-10\text{V}$, $i=2\text{A}$, 求 A 吸收的功率;

若 (b) 中的电压 $u=10\text{V}$, $i=2\text{A}$, 求 A 吸收的功率。



解:

(a) 中电压、电流取为关联参考方向, 吸收功率为

$$p = ui = -10\text{V} \times 2\text{A} = -20\text{W}$$

(b) 中电压、电流取为非关联参考方向, 吸收功率为

$$p = -ui = -10\text{V} \times 2\text{A} = -20\text{W}$$

1.1 电压、电流与电功率

6) 电能

在 t_0 到 t 的时间内，电路吸收(电压、电流为关联参考方向时)或发出(电压、电流为非关联参考方向时)的**能量定义**为

$$w(t) = \int_{t_0}^t p(\xi) d\xi = \int_{t_0}^t u(\xi) i(\xi) d\xi$$

单位：焦耳 (J)

与判断功率的吸收和发出一样，要同时依据计算结果和电流、电压的参考方向来判断一段电路实际上是发出电能还是吸收电能。

1.1 电压、电流与电功率-小结-1

本节核心要点是四个变量，两个概念

变量名	定义	符号	单位	正方向	方向表示
电流	$i = \frac{dq}{dt}$	i 、 I	A	正电荷移动方向	双下标 箭头
电压	$u = \frac{dw}{dq}$	u 、 U	V	高电位指向低电位	双下标 箭头 正负号
电功率	$p = \frac{dw}{dt} = ui$	p 、 P	W	吸收、发出	——
能量 $w(t) = \int_{t_0}^t p(\xi) d\xi$		w	J	消耗、提供	——

1.1 电压、电流与电功率-小结-2

本节核心要点是四个变量，两个概念

- 1、参考方向；
- 2、关联参考方向。