

第1章 电路元件与电路基本定律

开课教师： 王灿

开课单位： 机电学院--电气工程学科



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

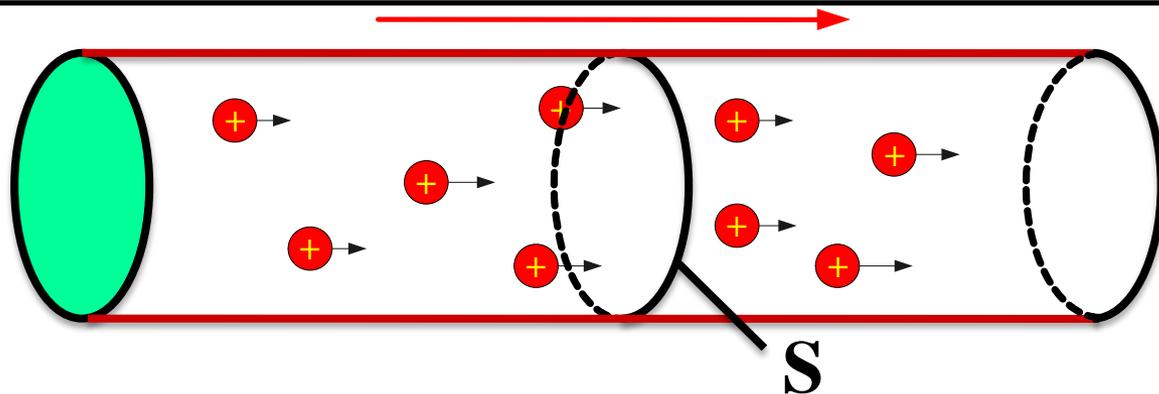
1.6 受控电源

1.7 基尔霍夫定律

1.1 电压、电流与电功率

基本要求：熟练掌握电压、电流与电功率的定义和参考方向的概念。

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

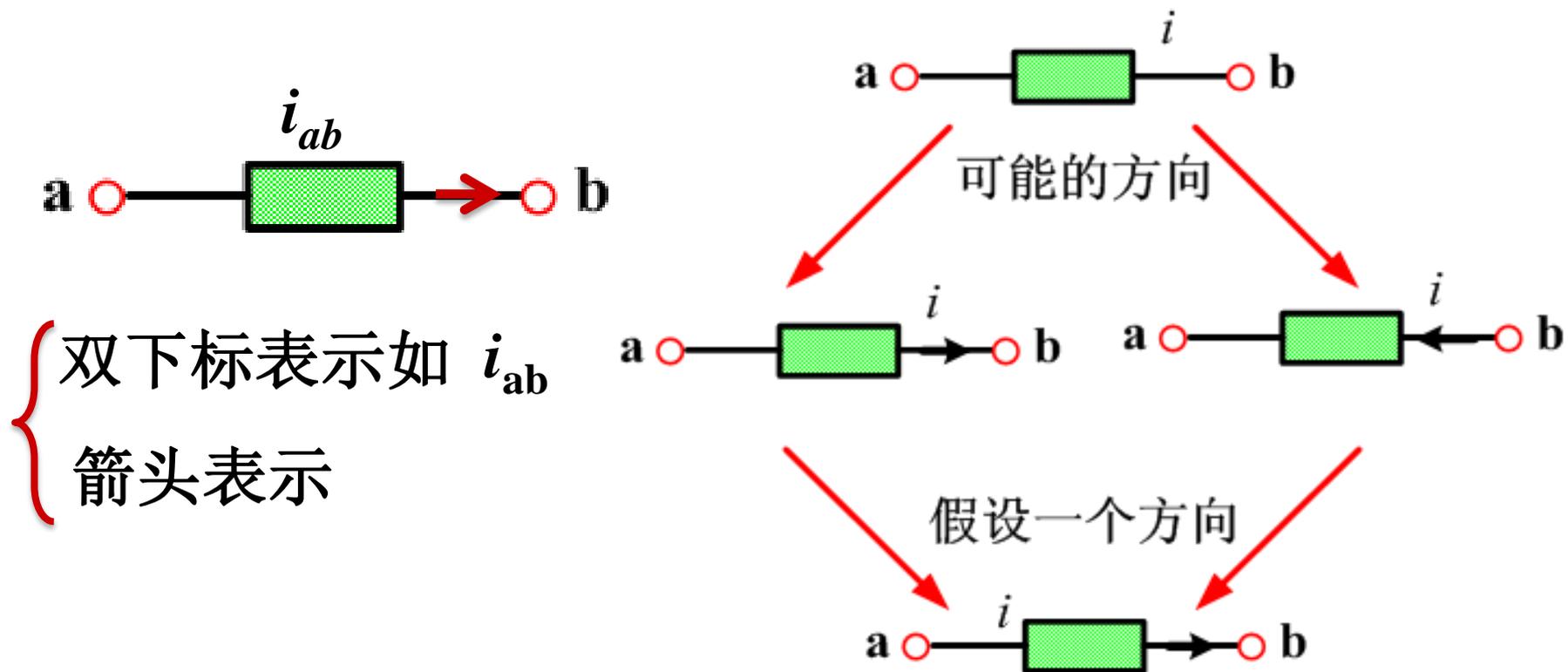
$$i \stackrel{\text{def}}{=} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$

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: 在未知电流流向的情况下, 任意假设的电流的方向

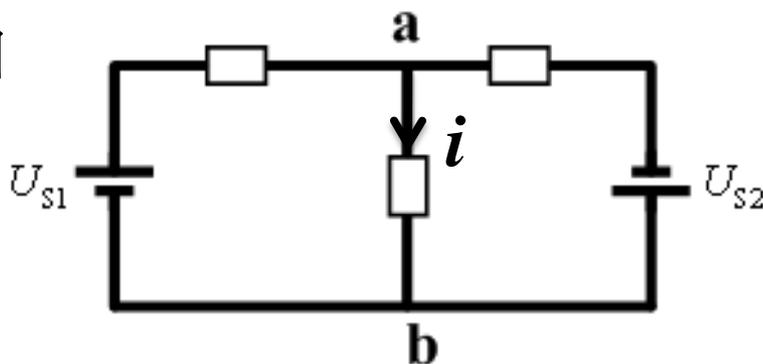
1.1 电压、电流与电功率

参考方向与真实方向的关系



$i > 0$ 表示参考方向真实方向与一致;
 $i < 0$ 表示参考方向与真实方向相反。

例如



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

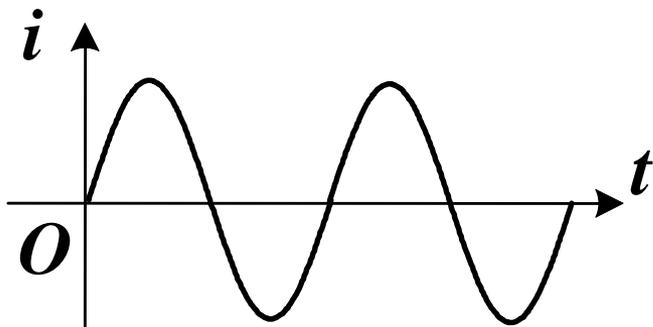
注: 参考方向标定之后就不能再改变

1.1 电压、电流与电功率

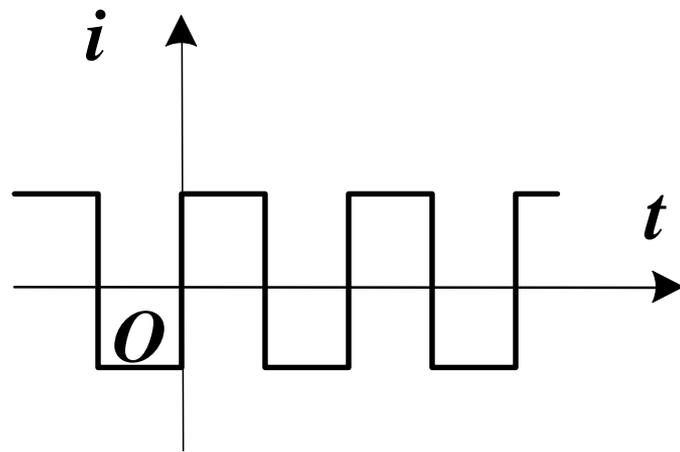
直流： i 的量值和方向不随时间变化的电流称为直流 (DC)，用大写字母 I 表示

$$i = \frac{dq}{dt} = \text{常数}$$

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:

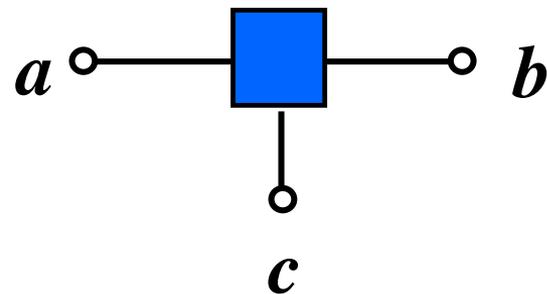
电场力将单位正电荷由 a 点移动到 b 点所作的功，称为由 a 点到 b 点的电压。

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

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

1.1 电压、电流与电功率

例如:在右图中,用 φ 表示电位,
若选 **c点为参考点**,则 **a、b** 两点的
电位分别为:



$$\varphi_a = u_{ac}$$

$$\varphi_b = u_{bc}$$

电压与电位的关系:

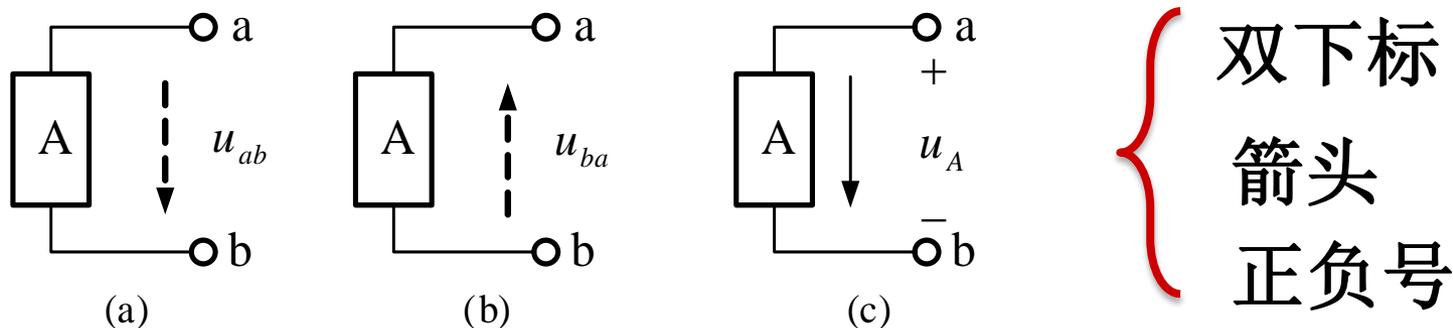
两点之间的电压等于这两点的电位之差。

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

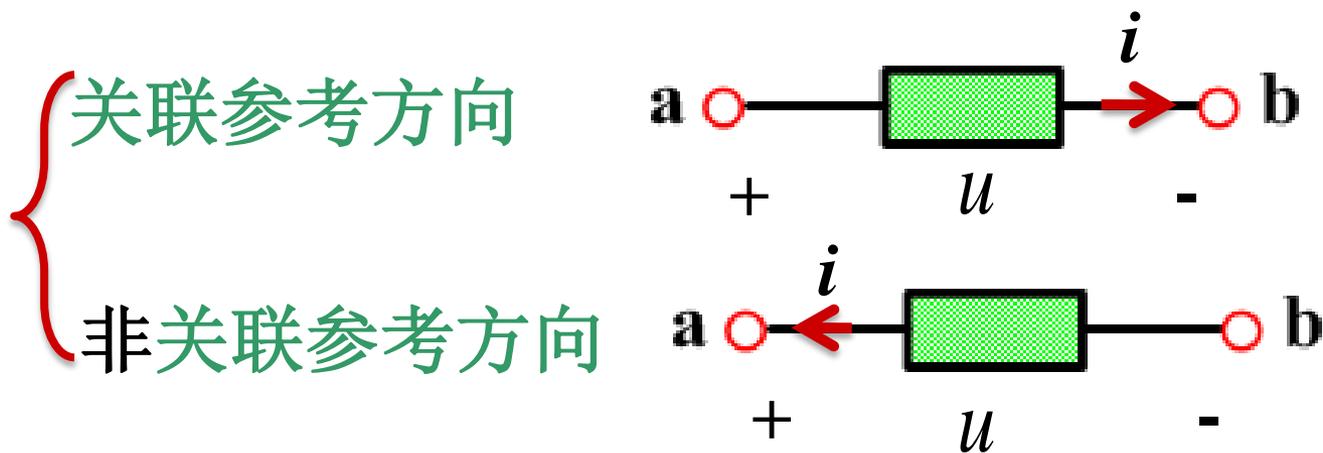
电压的实际方向: 由高电位指向低电位

1.1 电压、电流与电功率

电压参考方向的表示法:

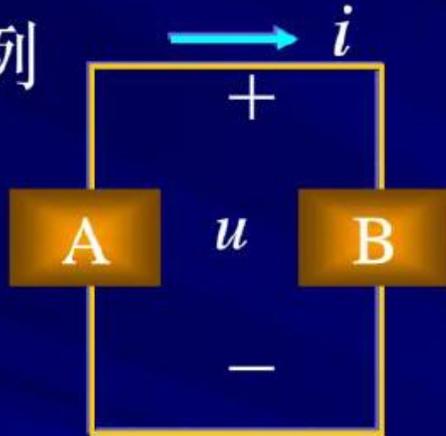


电压参考方向的表示法



1.1 电压、电流与电功率

例



电压电流参考方向如图中所标，
问：对A、B两部分电路电压电
流参考方向关联否？

答：A电压、电流参考方向非关联；
B电压、电流参考方向关联。



注意

- ① 分析电路前必须选定电压和电流的参考方向
- ② 参考方向一经选定，必须在图中相应位置标注（包括方向和符号），在计算过程中不得任意改变
- ③ 参考方向不同时，其表达式相差一负号，但电压、电流的实际方向不变。

1.1 电压、电流与电功率

3) 电动势:

在电源内部, 把单位正电荷从低电位 a 点, 移动到 高电位 b 点, 局外电场力所作的功

$$e = \frac{dw}{dq}$$

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, 与电压的实际方向刚好相反。

1.1 电压、电流与电功率

3 电功率[功率(power)]:

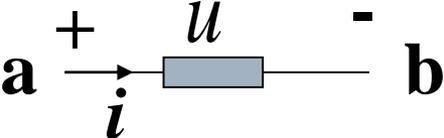
是衡量电能转换或传输速率的物理量。

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:

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

$dw = udq = uidt$

$p = \frac{dw}{dt} = ui$

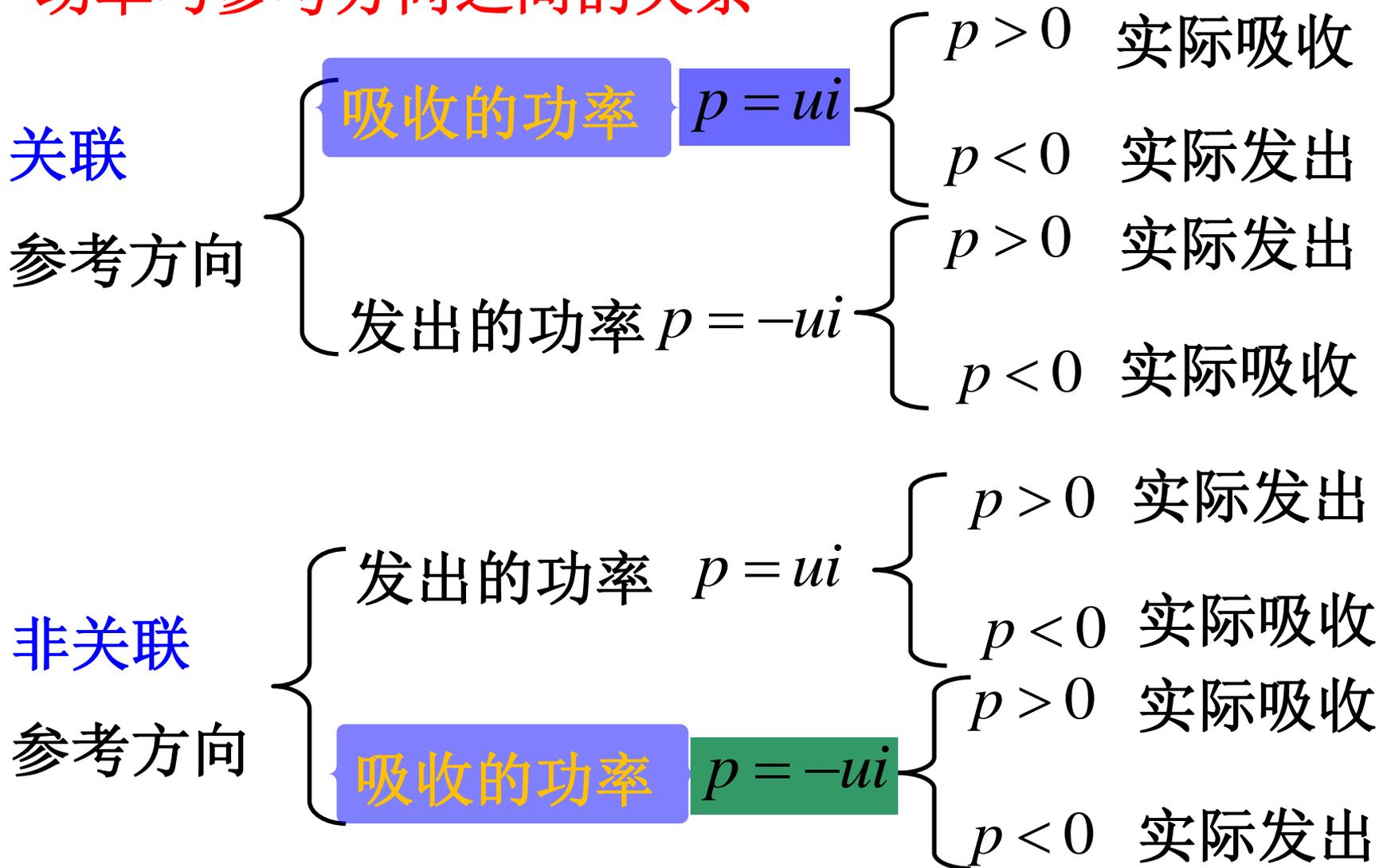


关联参考方向下, 结果为正值, 则表明该电路实际上是吸收功率; 若结果为负值, 则是发出功率。

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

功率与参考方向之间的关系

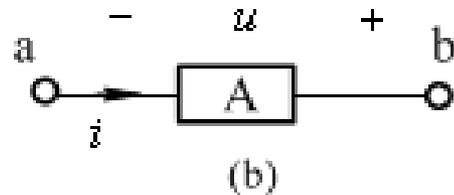
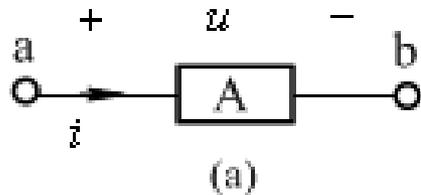


1.1 电压、电流与电功率

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

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

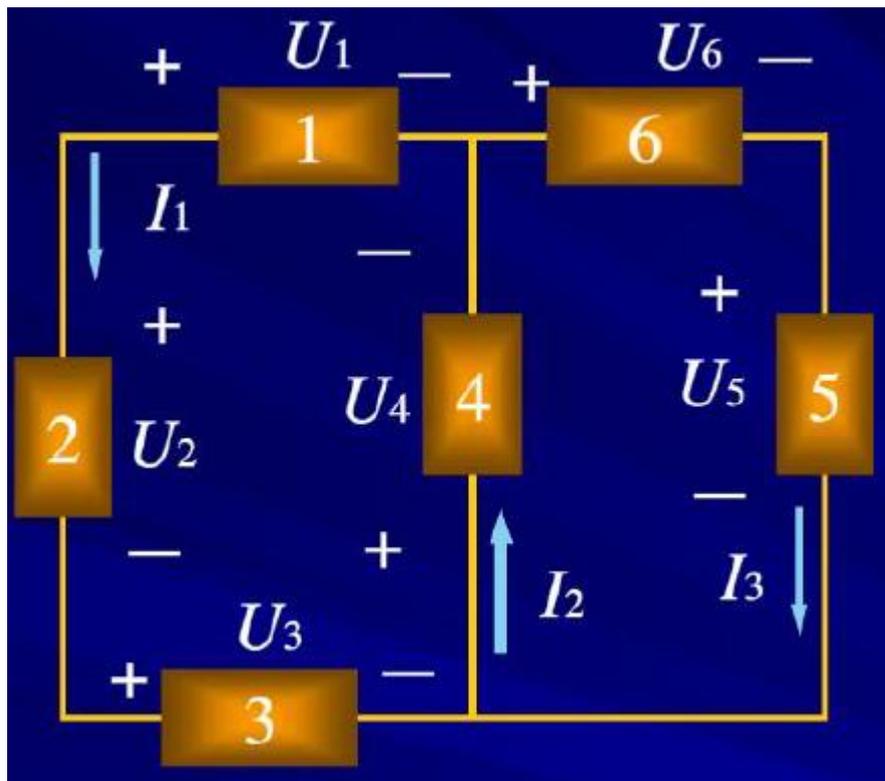
(b) 中电压、电流取为非关联参考方向, 吸收功率为

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

1.1 电压、电流与电功率

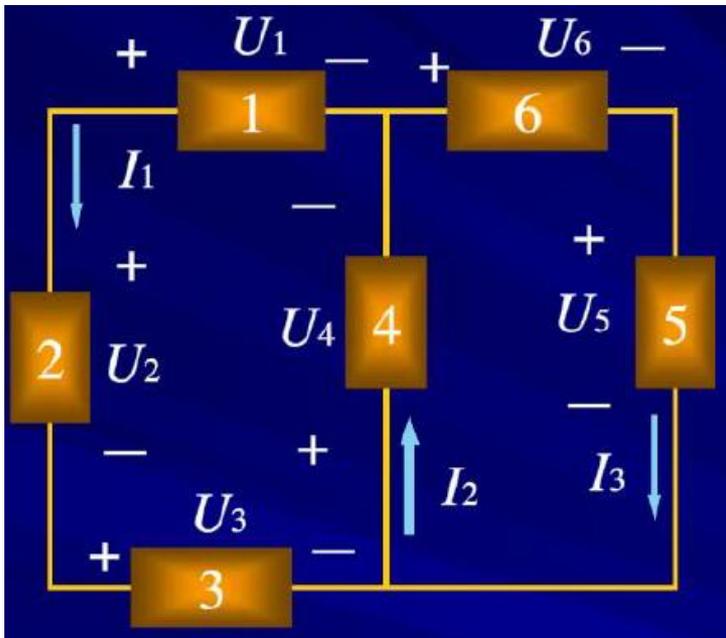
例2: 若 $U_1=2\text{V}$, $U_2=-2\text{V}$, $U_3=7\text{V}$, $U_4=-3\text{V}$, $U_5=5\text{V}$,
 $U_6=-2\text{V}$; $I_1=2\text{A}$, $I_2=1\text{A}$, $I_3=-1\text{A}$

求图中各方框所代表的元件吸收或发出的功率。



1.1 电压、电流与电功率

例2: $U_1=2\text{V}$, $U_2=-2\text{V}$, $U_3=7\text{V}$, $U_4=-3\text{V}$, $U_5=5\text{V}$,
 $U_6=-2\text{V}$; $I_1=2\text{A}$, $I_2=1\text{A}$, $I_3=-1\text{A}$



解:

$$P_1 = U_1 I_1 = 2\text{V} \times 2\text{A} = 4\text{W} \text{ (发出)}$$

$$P_2 = U_2 I_1 = -2\text{V} \times 2\text{A} = -4\text{W} \text{ (吸收)}$$

$$P_3 = U_3 I_1 = 7\text{V} \times 2\text{A} = 14\text{W} \text{ (吸收)}$$

$$P_4 = U_4 I_2 = -3\text{V} \times 1\text{A} = -3\text{W} \text{ (吸收)}$$

$$P_5 = U_5 I_3 = 5\text{V} \times -1\text{A} = -5\text{W} \text{ (吸收)}$$

$$P_6 = U_6 I_3 = -2\text{V} \times -1\text{A} = 2\text{W} \text{ (吸收)}$$

注意: 对一完整电路, 其发出功率等于吸收功率。

1.1 电压、电流与电功率

4 电能

在 t_0 到 t 的时间内，电路吸收或发出的能量为

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

单位：焦耳 (J)

判断电能的吸收和发出，与功率的判断一样。

常识

恒功率时： 能量等于功率与所用时间的乘积

$$W = P \times \Delta t = ui \times \Delta t$$

电能计量单位： kWh、度

$$1 \text{度电} = 1 \text{kWh} = 3,600,000 \text{ J}$$

功率为1千瓦的元件在1小时内消耗的电能

电气设备额定功率 = 额定电压 × 额定电流

额定值是保证元件正常工作的准许值



谢

谢！

