



中国科学技术大学

University of Science and Technology of China

第1章 基尔霍夫定律及电路元件

本章目录

1 电压 电流及其参考方向

2 电功率与电能

3 基尔霍夫电流定律

4 基尔霍夫电压定律

5 电阻元件

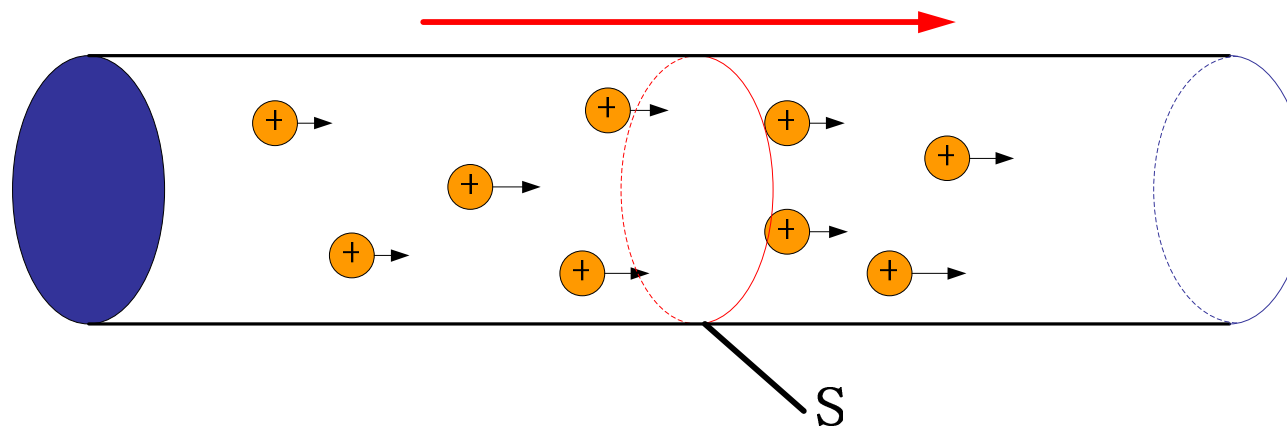
6 独立电源

7 受控电源



§ 1.1 电压 电流及其参考方向

一、 电流



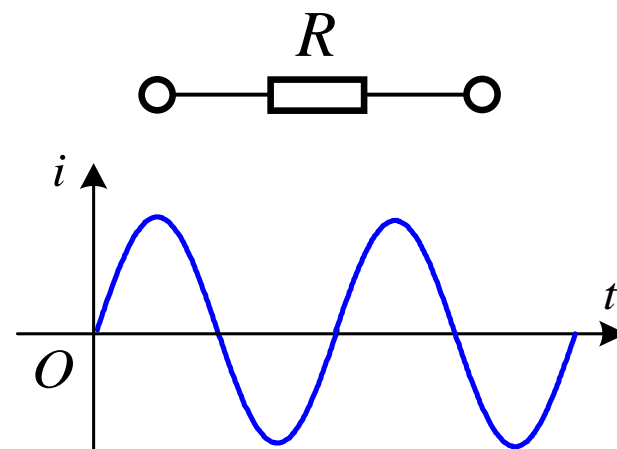
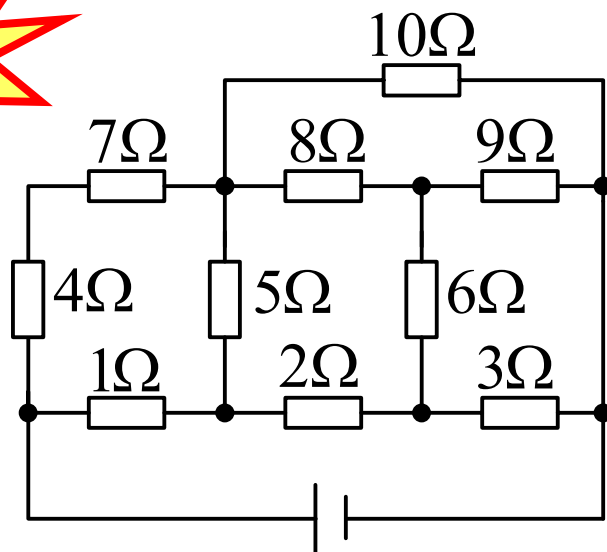
电流定义示意图

1 定义： { 带电质点的有序运动形成电流。
单位时间内通过导体横截面的电量定义为**电流强度**，简称**电流**，用符号 i 表示，其数学表达式为：

单位：安培 (A)
$$i \stackrel{\text{def}}{=} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$
 单位：库仑(C)
单位：秒 (s)

电流的**真实方向**规定为正电荷运动的方向。

§ 1.1 电压 电流及其参考方向



- (1) 在有些复杂电路中，电流的真实方向事先很难确定。
- (2) 电路中有些电流的真实方向随时间变化，无法标出真实方向。



§ 1.1 电压 电流及其参考方向

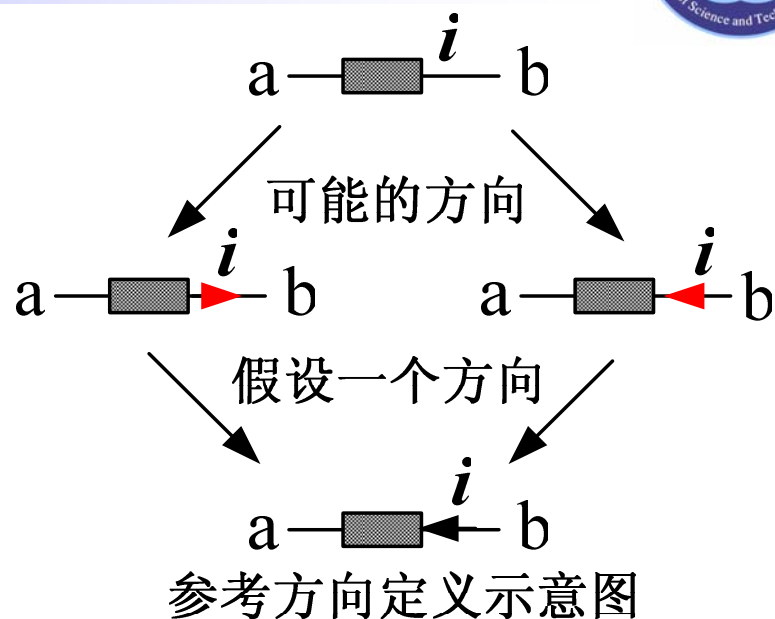
2 电流的参考方向:

任意假设的电流的方向

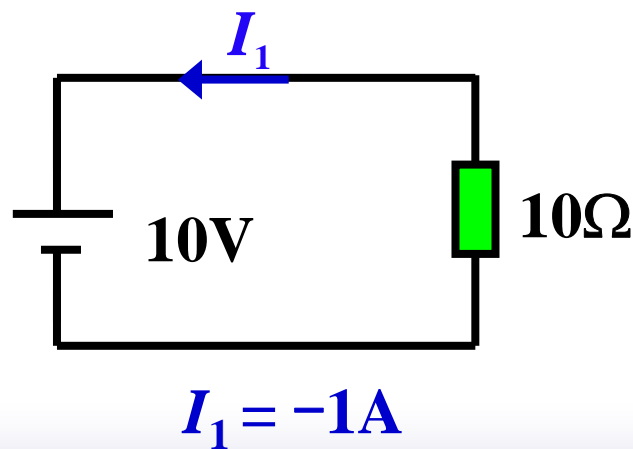
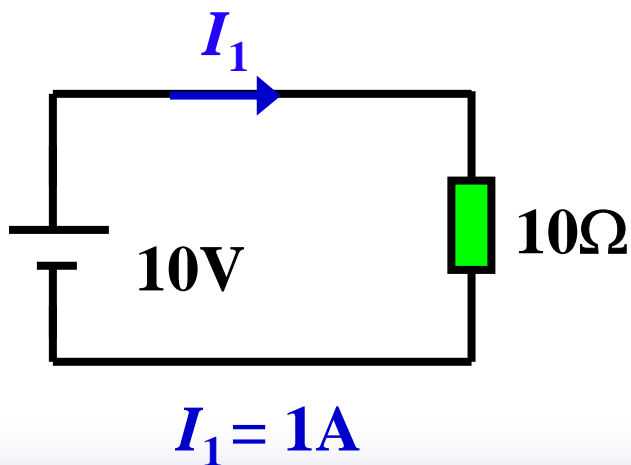
(1) 电流参考方向与真实方向的关系

$i > 0$ 真实方向与参考方向一致;

$i < 0$ 真实方向与参考方向相反。



例

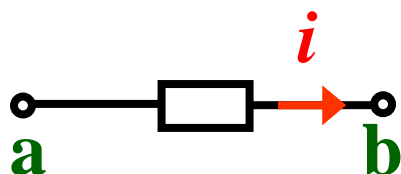




§ 1.1 电压 电流及其参考方向

(2) 电流参考方向的两种表示:

- 用箭头表示: 箭头的指向为电流的参考方向。



- 用双下标表示: 如 i_{ab} , 电流的参考方向由a点指向b点。

注意:

- (1) 参考方向的设定是任意的, 分析电路前必须标明。
- (2) 参考方向一经设定, 不可随意更改!

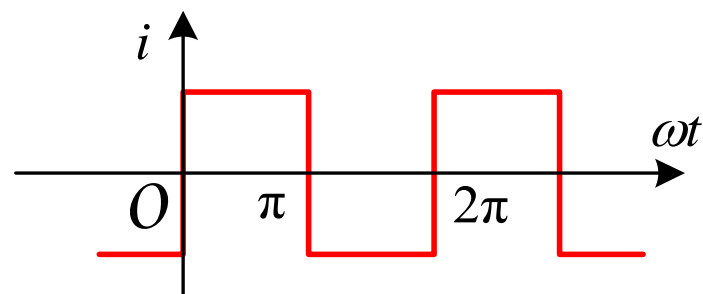
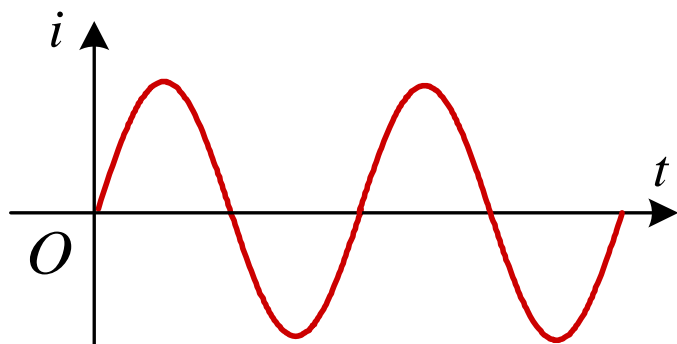


§ 1.1 电压 电流及其参考方向

3 直流电流与交变电流

大小和方向不随时间变化的电流称为直流。（DC）

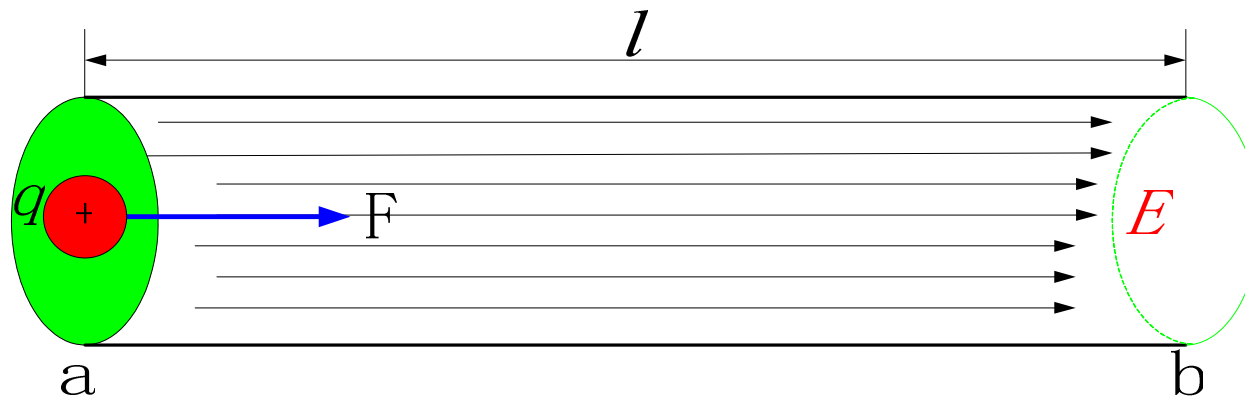
随时间作周期性变化且平均值为零的电流称为交流。（AC）





§ 1.1 电压 电流及其参考方向

二、电压



电压定义示意图

1 定义：电场力把单位正电荷从一点移动到另一点所作的功。
用符号 u 表示，其数学表达式为：

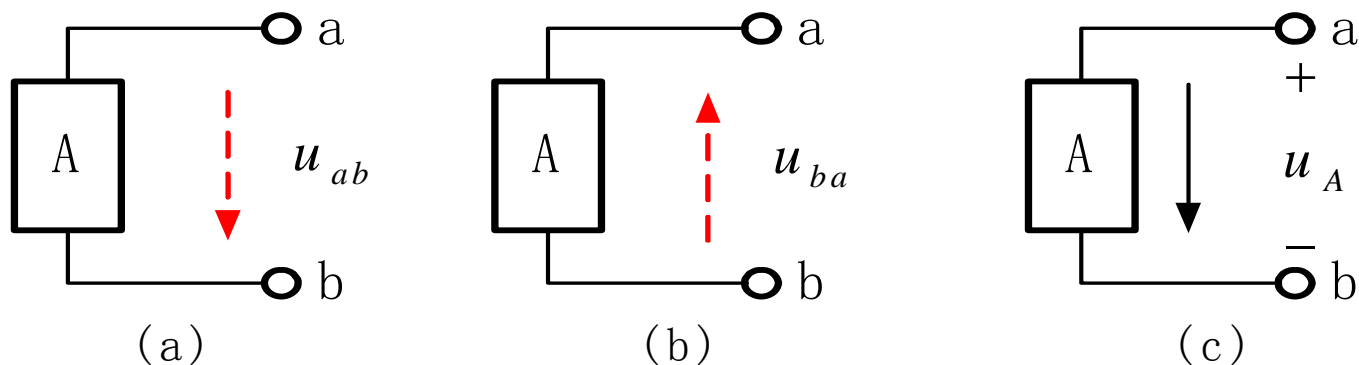
单位：伏特 (V)
$$u \stackrel{\text{def}}{=} \frac{dw}{dq}$$
 单位：焦耳 (J)

电压的**真实方向**规定为电压降的方向。



§ 1.1 电压 电流及其参考方向

2 电压参考方向：任意假设的电压的方向



电压参考方向的表示法

电压参考方向的三种表示：

- 用正负极性表示：由正极指向负极的方向为电压的参考方向。
- 用双下标表示：如 u_{ab} ，电压的参考方向由a点指向b点。
- 用箭头表示：箭头指向为电压的参考方向。



§ 1.1 电压 电流及其参考方向

3 直流电压与交变电压

大小和极性不随时间变化的电压称为直流电压。

随时间作周期性变化且平均值为零的电压称为交变电压。

三、电位

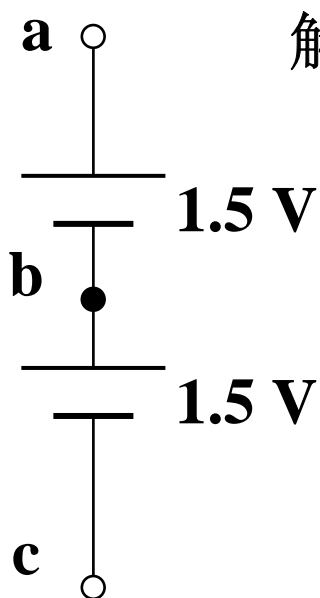
任选一点 p 作为参考点，电路中某点与参考点之间的电压称为该点的**电位**，用 φ 表示。电位的单位： V

- 参考点的电位一般选为零，所以，参考点也称为零电位点。
- 两点之间的电压等于这两点的电位之差。 如： $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$
- 电压的真实方向规定为从高电位指向低电位的方向。
- 电位是相对量，电压是绝对量。



§ 1.1 电压 电流及其参考方向

例(补充) 已知 $U_{ab}=1.5\text{ V}$, $U_{bc}=1.5\text{ V}$ 。分别以a点、b点为参考点求 φ_a ; φ_b ; φ_c ; U_{ac}



解: (1) 以a点为参考点, $\varphi_a=0$

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \rightarrow \varphi_b = \varphi_a - U_{ab} = -1.5\text{ V}$$

$$U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c \rightarrow \varphi_c = \varphi_b - U_{bc} = -1.5 - 1.5 = -3\text{ V}$$

$$U_{ac} = \varphi_a - \varphi_c = 0 - (-3) = 3\text{ V}$$

(2) 以b点为参考点, $\varphi_b=0$

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \rightarrow \varphi_a = \varphi_b + U_{ab} = 1.5\text{ V}$$

$$U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c \rightarrow \varphi_c = \varphi_b - U_{bc} = -1.5\text{ V}$$

$$U_{ac} = \varphi_a - \varphi_c = 1.5 - (-1.5) = 3\text{ V}$$

结论: 电路中参考点可任意选择; 当选择不同的参考点时, 电路中各点电位均不同, 但任意两点间电压保持不变。

§ 1.1 电压 电流及其参考方向



四、关联参考方向

元件上的 u , i 采用相同的参考方向, 称之为关联参考方向, 如图 (a)。反之, 称为非关联参考方向, 如图 (b)。

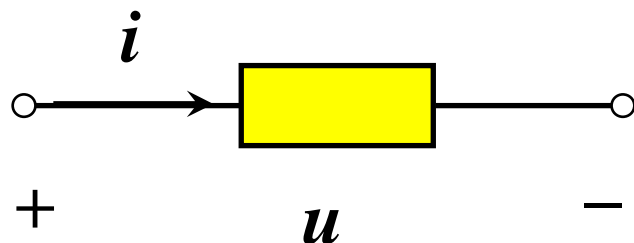


图 (a) 关联参考方向

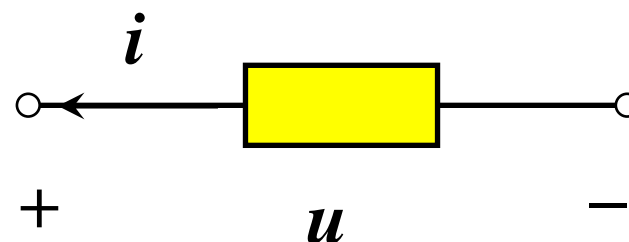


图 (b) 非关联参考方向

注意: 以后讨论均在参考方向下进行, 不考虑真实方向。



§ 1.2 电功率与电能

一、电功率

1 定义：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，可用下式表达：

单位：(瓦特)W

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

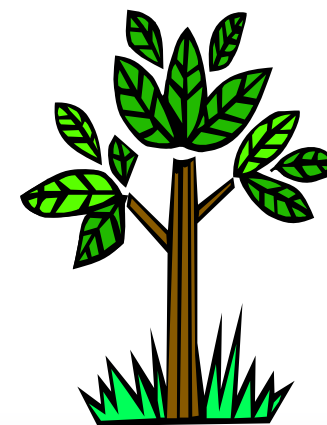
2 功率与电压电流关系

由于

$$p = \frac{dw}{dt}, \quad u = \frac{dw}{dq}, \quad i = \frac{dq}{dt}$$

所以

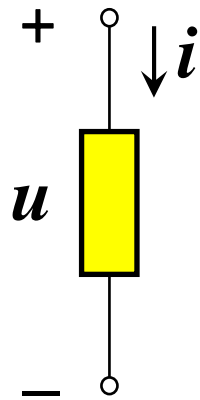
$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt} = ui$$



§ 1.2 电功率与电能



3 功率的计算和判断

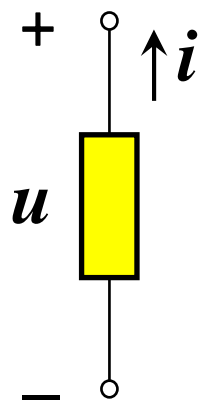


(1) u, i 关联参考方向

$p = ui$ 表示元件吸收的功率

$P > 0$ 吸收正功率 (实际吸收)

$P < 0$ 吸收负功率 (实际发出)



(2) u, i 非关联参考方向

$p = ui$ 表示元件发出的功率

$P > 0$ 发出正功率 (实际发出)

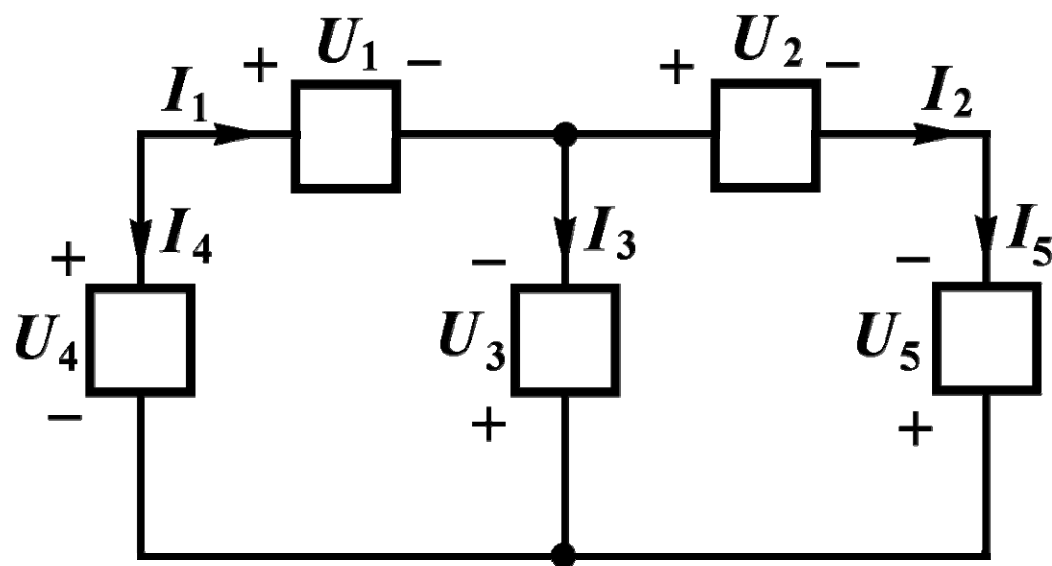
$P < 0$ 发出负功率 (实际吸收)



§ 1.2 电功率与电能

例（补充）： 在图示电路中，已知 $U_1=1\text{V}$, $U_2=-6\text{V}$, $U_3=-4\text{V}$, $U_4=5\text{V}$, $U_5=-10\text{V}$, $I_1=1\text{A}$, $I_2=-3\text{A}$, $I_3=4\text{A}$, $I_4=-1\text{A}$, $I_5=-3\text{A}$ 。

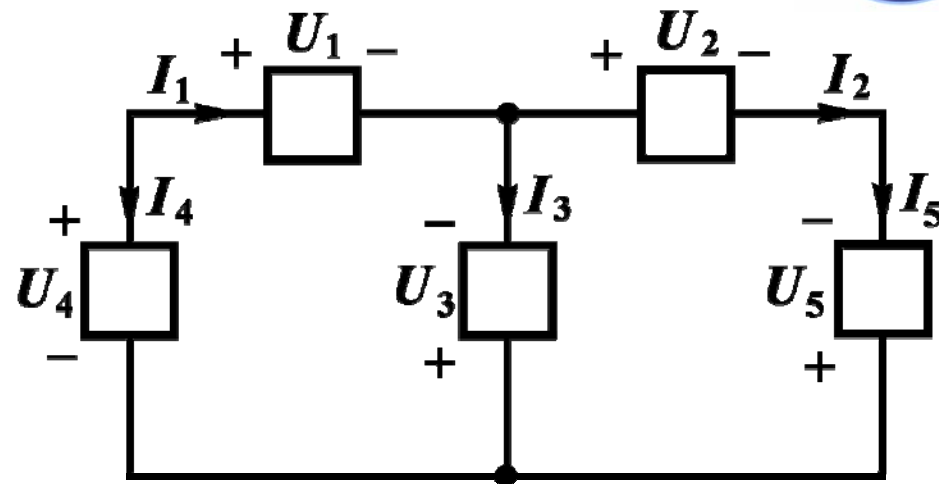
求： (1) 各元件吸收的功率； (2) 整个电路吸收的功率。





§ 1.2 电功率与电能

$$\begin{aligned}U_1 &= 1\text{V}, U_2 = -6\text{V}, \\U_3 &= -4\text{V}, U_4 = 5\text{V}, U_5 = -10\text{V}, \\I_1 &= 1\text{A}, I_2 = -3\text{A}, I_3 = 4\text{A}, \\I_4 &= -1\text{A}, I_5 = -3\text{A}.\end{aligned}$$



解：各元件吸收的功率为

$$P_1 = U_1 I_1 = 1 \times 1 = 1\text{W}$$

$$P_2 = U_2 I_2 = (-6) \times (-3) = 18\text{W}$$

$$P_3 = -U_3 I_3 = -(-4) \times 4 = 16\text{W}$$

$$P_4 = U_4 I_4 = 5 \times (-1) = -5\text{W}(\text{发出}5\text{W})$$

$$P_5 = -U_5 I_5 = -(-10) \times (-3) = -30\text{W}(\text{发出}30\text{W})$$

整个电路吸收的功率为 $\sum_{k=1}^5 P_k = P_1 + \dots + P_5 = 1 + 18 + 16 - 5 - 30 = 0$



§ 1.2 电功率与电能

二、电能量

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)的能量为

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

电能量的单位：J(焦)

功率是能量对时间的导数，能量是功率对时间的积分。

在实际生活中还采用千瓦时 ($\text{kW}\cdot\text{h}$) 作为电能的单位，简称为度。

$$1\text{kW}\cdot\text{h} = 10^3 \times 3600 = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$



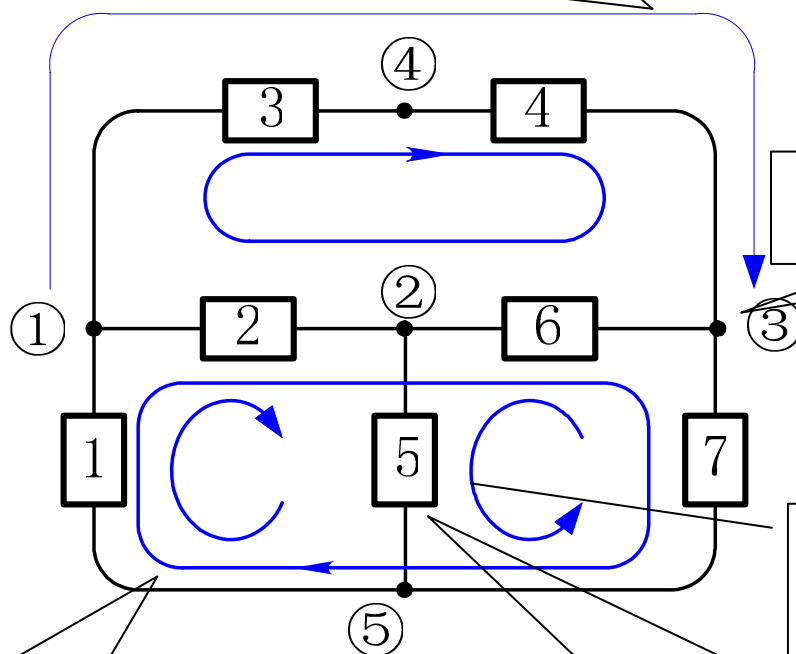
§ 1.3 基尔霍夫电流定律

一、电路结构

1 几个名词

- 支路
- 节点
- 路径
- 回路
- 网孔

任意两节点a, b之间, 由m条不同的支路和m-1个不同的节点(不含a和b)依次联接成的一条通路称为a到b的路径



节点: 若干支路的联接点

网孔: 内部或外部不包含任何支路的回路

回路: 闭合的路径

支路 (每个二端元件称为一条支路)

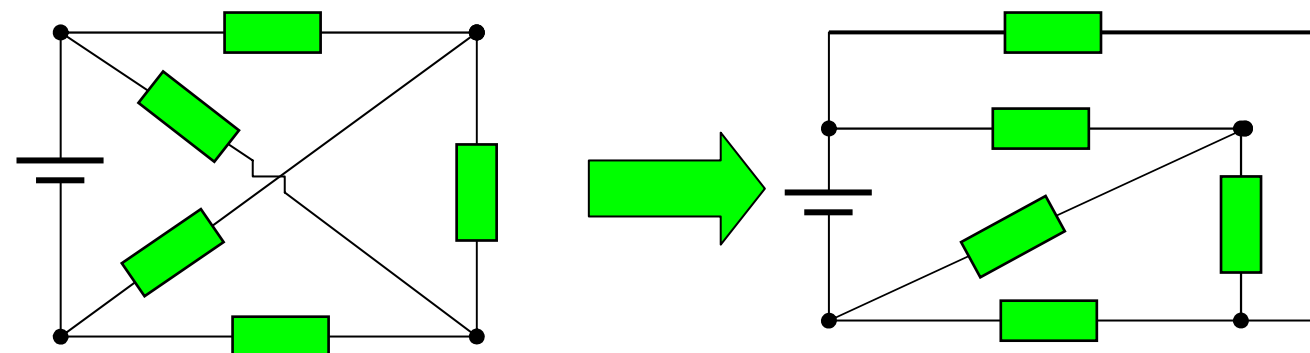
电路结构示例

§ 1.3 基尔霍夫电流定律

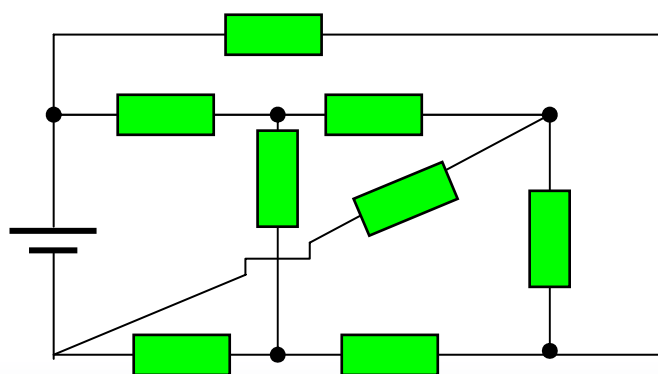
2 平面电路和非平面电路

平面电路：可以画在平面上，不出现支路交叉的电路。

非平面电路：在平面上无论将电路怎样画，总有支路相互交叉。



∴ 是平面电路



总有支路相互交叉
∴是非平面电路



§ 1.3 基尔霍夫电流定律

3 开路与短路

(1) 开路（断路）：一条支路，不管其电压是任何有限值，电流恒等于零。

(2) 短路：一条支路，不管其电流是任何有限值，电压恒等于零。





§ 1.3 基尔霍夫电流定律

二、基尔霍夫电流定律

1 定律内容

基尔霍夫电流定律(Kirchhoff's Current Law, 简称KCL)
表述为：在集中参数电路中，任一时刻流出(或流入)任一节点的支路电流代数和等于零，即

$$\sum i_k = 0 \quad (i_k \text{ 表示第 } k \text{ 条支路电流})$$

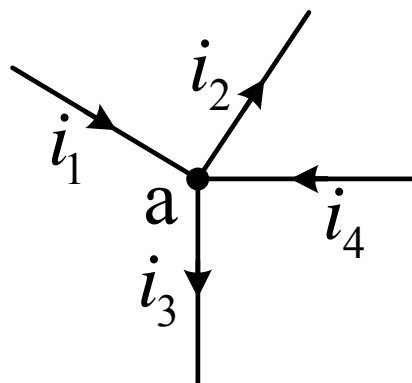
通常规定： i_k 参考方向为流出节点时， i_k 前面取“+”号；流入节点时， i_k 前面取“-”号。

物理基础:电荷守恒和电流连续性原理



§ 1.3 基尔霍夫电流定律

证明:



流入节点**a**的电流代数和为 $i_1 - i_2 - i_3 + i_4$

流入节点**a**的电荷速率为 $\frac{dq}{dt} = i_1 - i_2 - i_3 + i_4$

节点**a**不可能积累电荷,电荷既不能创造,也不能消灭

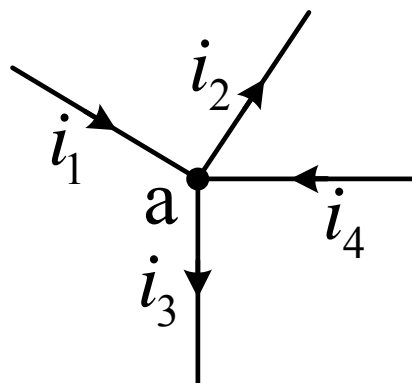
$$\therefore \frac{dq}{dt} = 0$$

$$\text{即 } i_1 - i_2 - i_3 + i_4 = 0$$





§ 1.3 基尔霍夫电流定律



例：已知 $i_1 = -5\text{A}$ ， $i_2 = 2\text{A}$ ， $i_3 = -3\text{A}$ ，
求电流 i_4 。

解 列KCL：

$$-i_1 + i_2 + i_3 - i_4 = 0$$

$$-(-5\text{A}) + 2\text{A} + (-3\text{A}) - i_4 = 0$$

$$\Rightarrow i_4 = 4\text{A}$$

问题：在列写的**KCL**方程中，出现了两套正负号，
它们的物理意义是什么？



§ 1.3 基尔霍夫电流定律

2 KCL的第二种表述:

任一时刻，流出任一节点电流的代数和等于流入该节点电流的代数和。

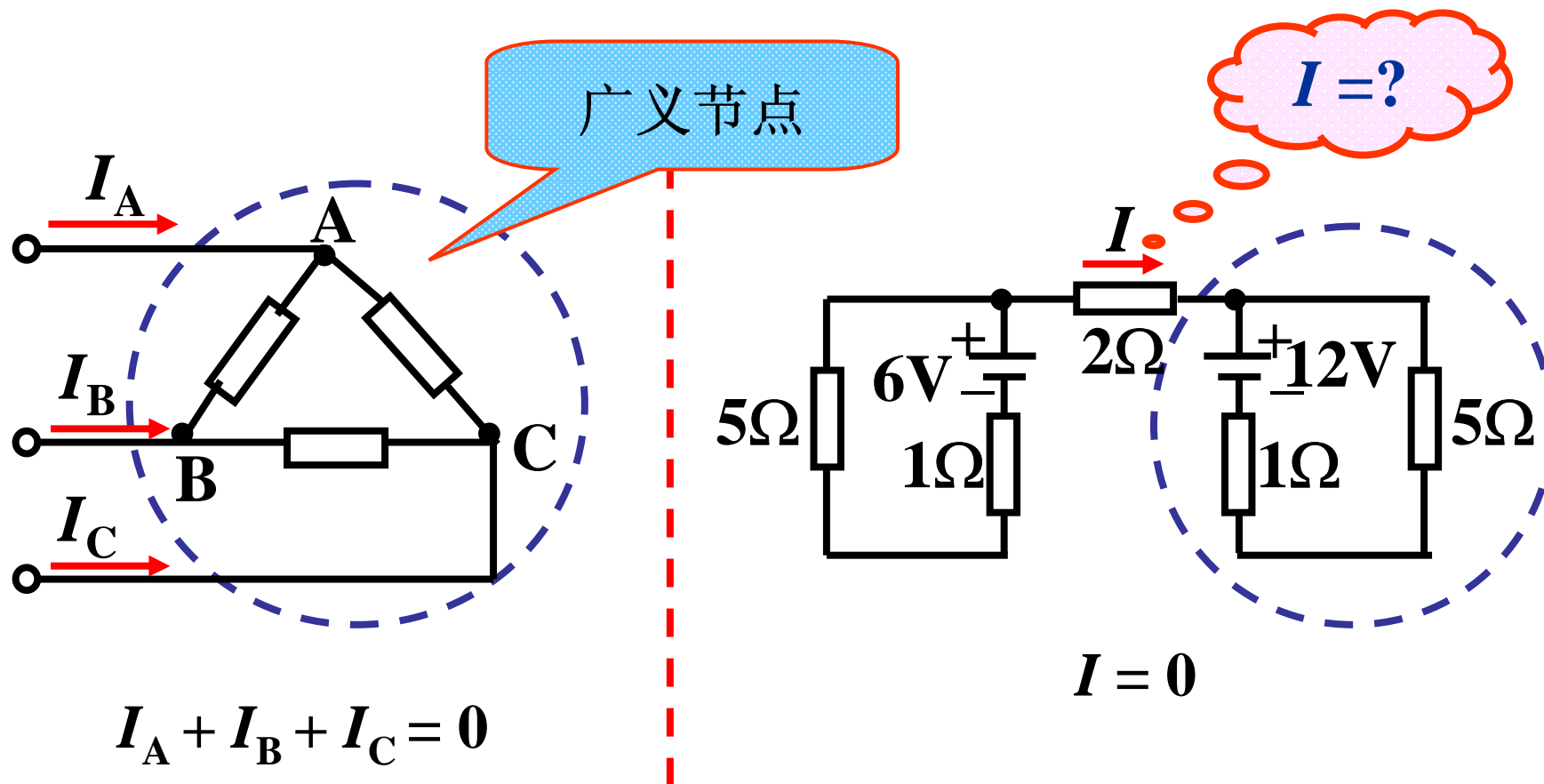
$$\sum i_{\text{流出}} = \sum i_{\text{流入}}$$

3 KCL的推广

- 在集中参数电路中，任一时刻流出(或流入)任一闭合边界 S 的支路电流代数和等于零。
- 任一时刻，流出任一闭合边界电流的代数和等于流入该闭合边界电流的代数和。

§ 1.3 基尔霍夫电流定律

例（补充）：基尔霍夫电流定律推广至任一假设的闭合边界。





§ 1.3 基尔霍夫电流定律

示例:根据右图,列写KCL方程

1) 基本表述方式——对节点

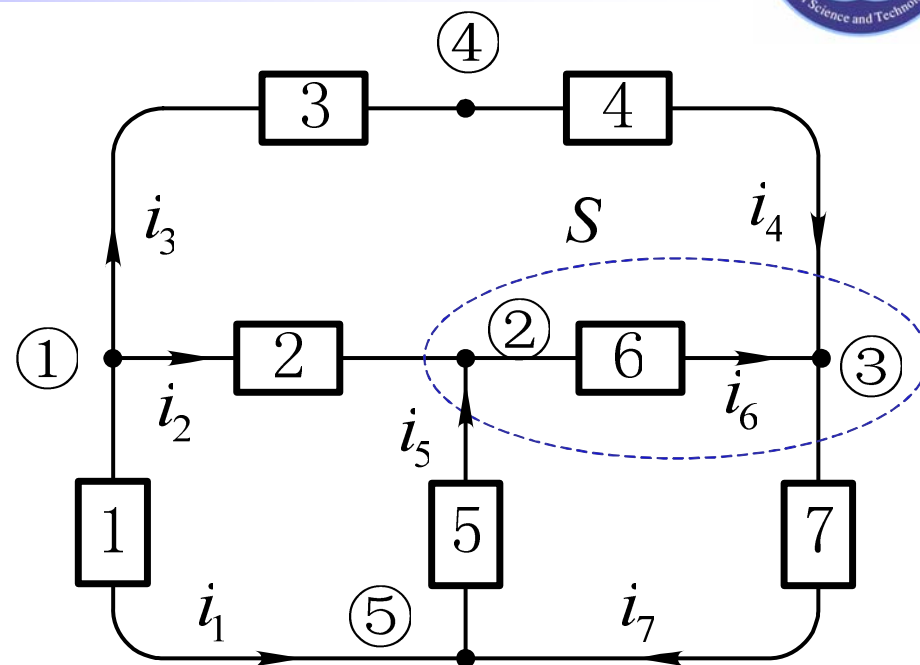
节点①: $i_1 + i_2 + i_3 = 0$

节点②: $-i_2 - i_5 + i_6 = 0$

节点③: $-i_4 - i_6 + i_7 = 0$

节点④: $-i_3 + i_4 = 0$

节点⑤: $-i_1 + i_5 - i_7 = 0$



基尔霍夫电流定律示例

2) 扩展表述方式——

对闭合边界S $-i_2 - i_4 - i_5 + i_7 = 0$

3) 若上述表达式的负号项移到方程的右端则变成了第二种
表达方式, 如上式变为 $i_7 = i_2 + i_4 + i_5$



§ 1.3 基尔霍夫电流定律

基本表述方式——对节点

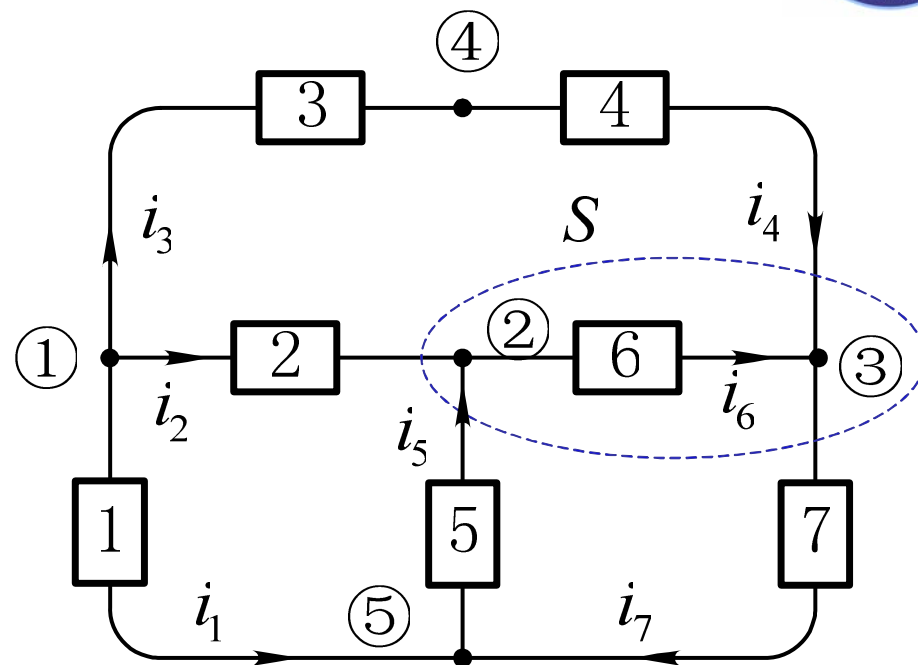
节点①: $i_1 + i_2 + i_3 = 0$

节点②: $-i_2 - i_5 + i_6 = 0$

节点③: $-i_4 - i_6 + i_7 = 0$

节点④: $-i_3 + i_4 = 0$

节点⑤: $-i_1 + i_5 - i_7 = 0$



基尔霍夫电流定律示例

4 独立的KCL方程

- ❖ 在含有 n 个节点的电路中，任意 $n-1$ 个节点的KCL方程是一组独立方程，这些节点称为独立节点；
- ❖ 选择哪 $n-1$ 个节点作为独立节点是任意的。



§ 1.3 基尔霍夫电流定律

例1.1 电路如图所示。根据已知支路电流求出其它支路电流。

解

依次对图中节点列KCL方程得

$$\text{节点①: } i_1 = 1\text{A} + 2\text{A} = 3\text{A}$$

$$\text{节点②: } i_2 = i_1 - (-5)\text{A} - (-4)\text{A} = 12\text{A}$$

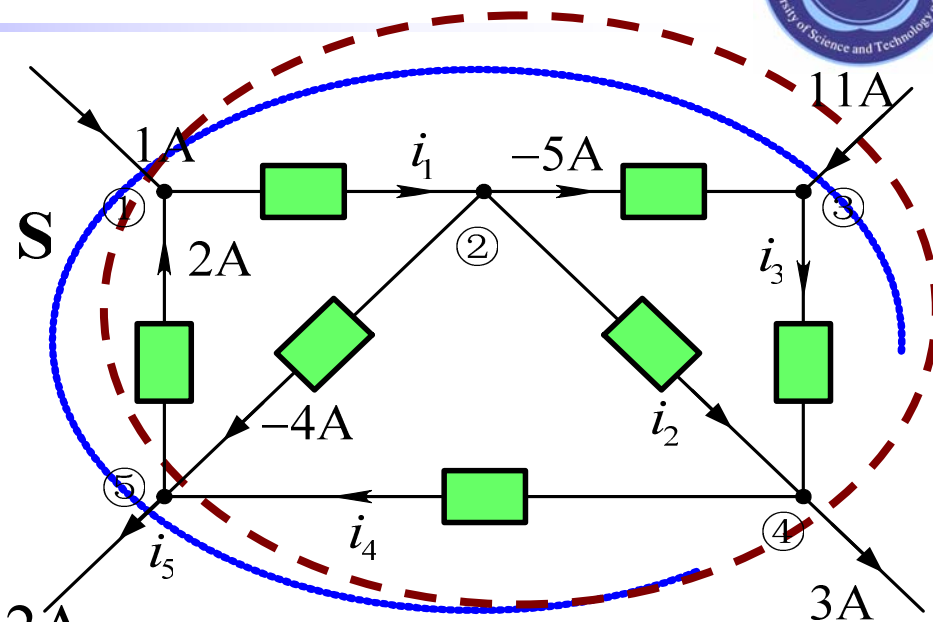
$$\text{节点③: } i_3 = 11\text{A} + (-5)\text{A} = 6\text{A}$$

$$\text{节点④: } i_4 = i_2 + 6\text{A} - 3\text{A} = 15\text{A}$$

$$\text{节点⑤: } i_5 = i_4 + (-4)\text{A} - 2\text{A} = 9\text{A}$$

若此题只求电流 i_5 ，对闭合边界 S 列写 KCL 方程，一步便得

$$i_5 = 1\text{A} + 11\text{A} - 3\text{A} = 9\text{A}$$



若只求 i_4 ，如何选择闭合边界？



§ 1.4 基尔霍夫电压定律

1 定律内容

基尔霍夫电压定律(Kirchhoff's Voltage Law, 简称KVL)表述为: 在集中参数电路中, 任一时刻沿任一回路各支路电压的代数和等于零, 即

$$\sum u_k = 0 \quad (u_k \text{ 表示第 } k \text{ 条支路电压})$$

规定: u_k 参考方向与回路方向相同时, u_k 的前面取“+”号, 否则取“-”号。

物理基础: 能量守恒和电荷守恒



§ 1.4 基尔霍夫电压定律

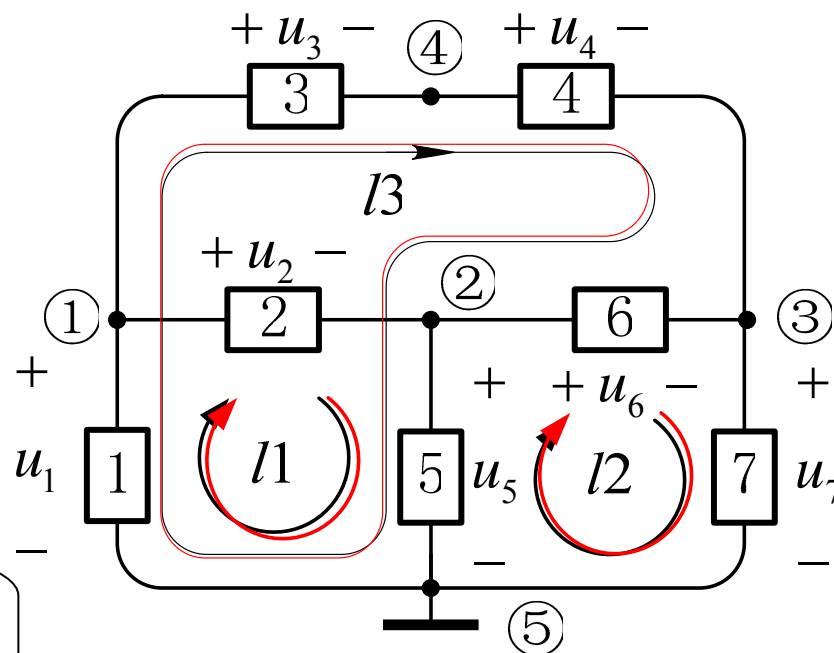
示例:根据右图, 列写KVL方程

回路*l1*: $-u_1 + u_2 + u_5 = 0$

回路*l2*: $-u_5 + u_6 + u_7 = 0$

回路*l3*: $-u_1 + u_3 + u_4 - u_6 + u_5 = 0$

$$u_3 + u_4 + u_5 = u_1 + u_6$$



基尔霍夫电压定律示例

沿任一回路, 各支路电压降的代数总和等于电压升的代数总和, 即 $\sum u_{\text{电压降}} = \sum u_{\text{电压升}}$

回路*l1*: $u_1 = u_2 + u_5$

回路*l3*: $u_1 = u_3 + u_4 - u_6 + u_5$

集中参数电路中, 任意两点之间的电压具有确定值, 与计算路径无关



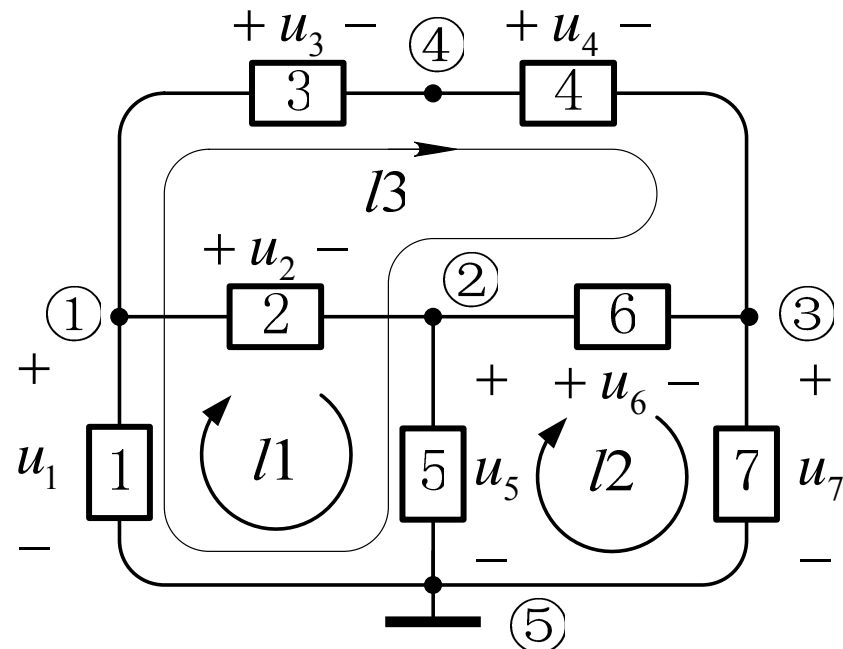
§ 1.4 基尔霍夫电压定律

2 独立的KVL方程

❖ 设电路有**b**条支路**n**个节点，可以证明：独立**KVL**方程的个数等于**b-(n-1)**。

❖ 平面电路网孔上的**KVL**方程是一组独立方程。

❖ 取网孔列方程只是获得独立**KVL**方程的充分条件，而不是必要条件。



基尔霍夫电压定律示例



§ 1.4 基尔霍夫电压定律

3 KVL的推广（回路→假想回路）

假想回路：包含假想支路的回路。

例1.2 电路如图所示。已知部分支路电压，求出其它支路电压。

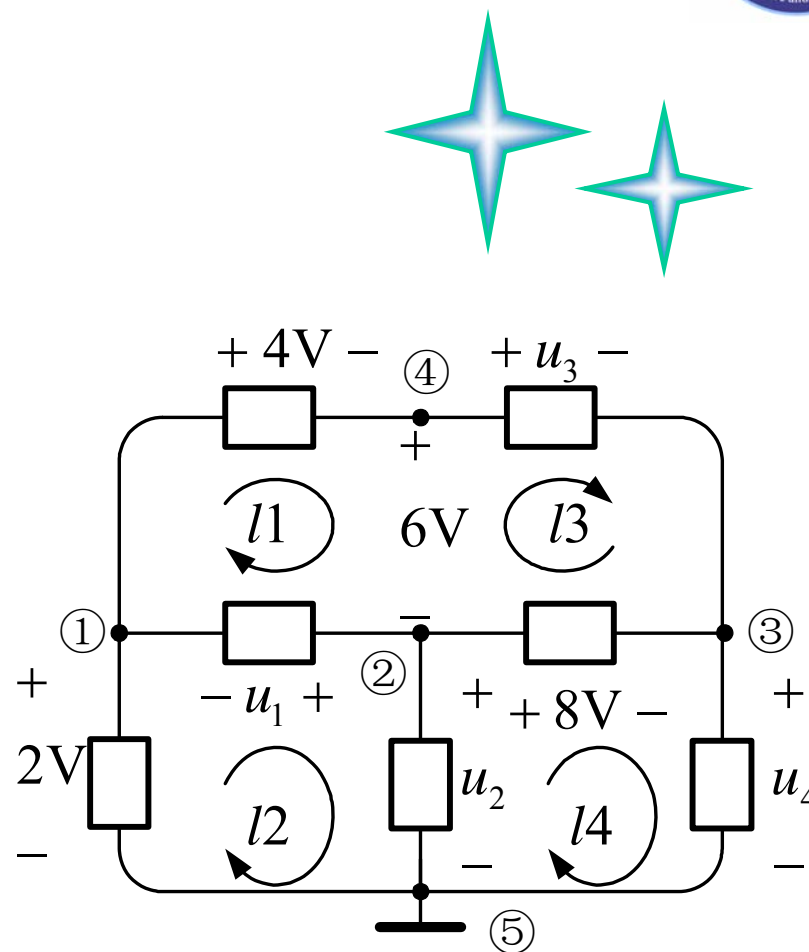
解

$$\text{回路}l1: u_1 = -6V - 4V = -10V$$

$$\text{回路}l2: u_2 = u_1 + 2V = -8V$$

$$\text{回路}l3: u_3 = 6V + 8V = 14V$$

$$\text{回路}l4: u_4 = -8V + u_2 = -16V$$





§ 1.4 基尔霍夫电压定律

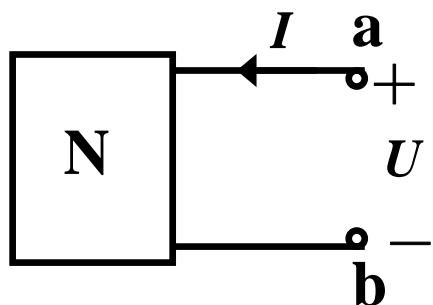
KCL、KVL小结:

- (1) **KCL**和**KVL**只适用于集中参数电路。
- (2) **KCL**对电路中任一节点(或闭合边界)的各支路电流施加了线性约束。
- (3) **KVL**对电路中任一回路(或假想回路)的各支路电压施加了线性约束。
- (4) **KCL**和**KVL**与电路元件的性质无关。



§ 1.5 电阻元件

1 端口



(1) 定义：流过相同电流的两个端子称为一个**端口(port)**。

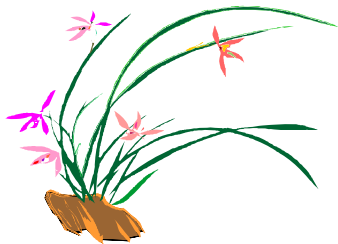
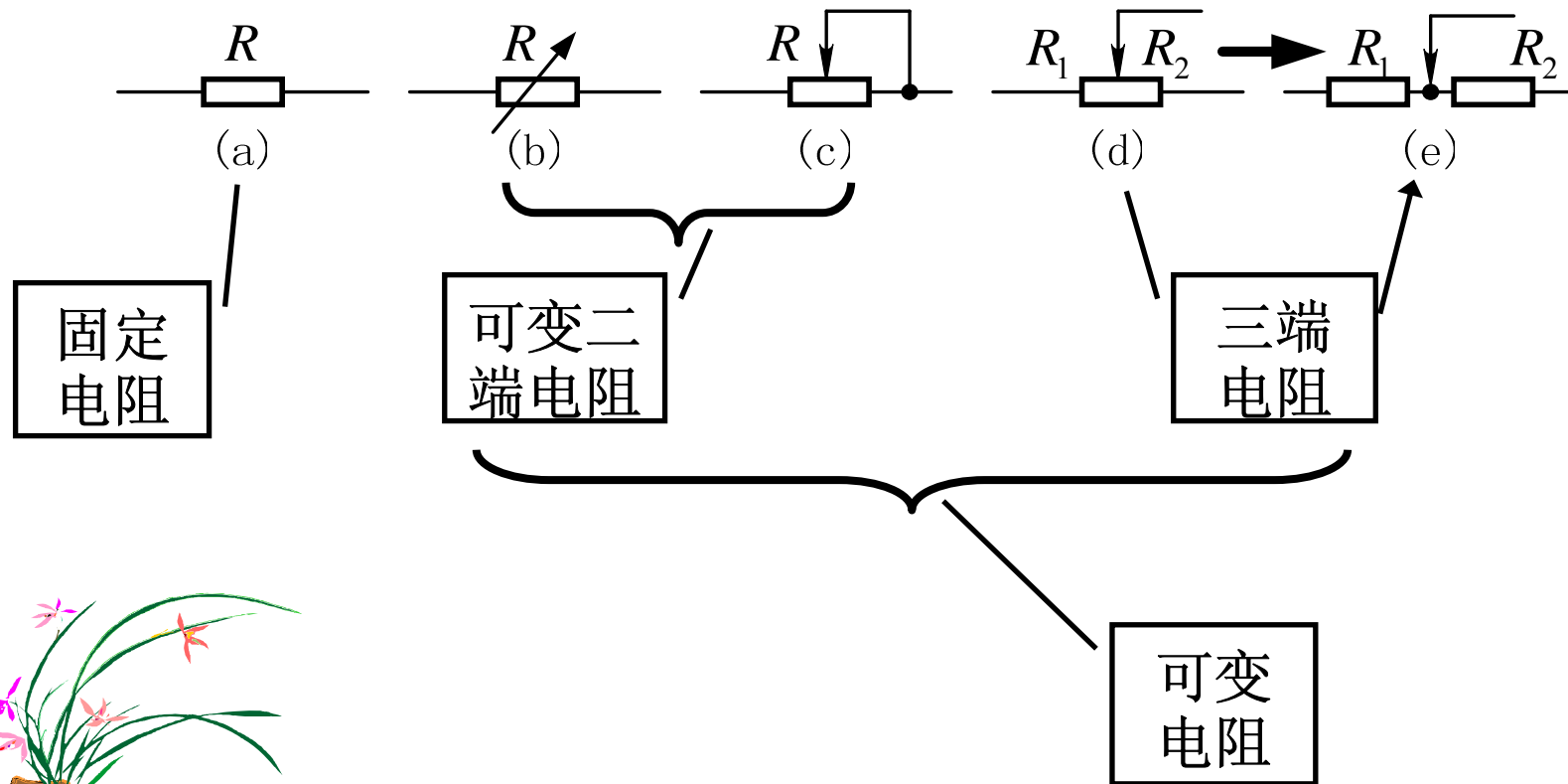
(2) 端口特性：端口电压与端口电流的关系

2 实际电阻器



§ 1.5 电阻元件

3 电阻符号

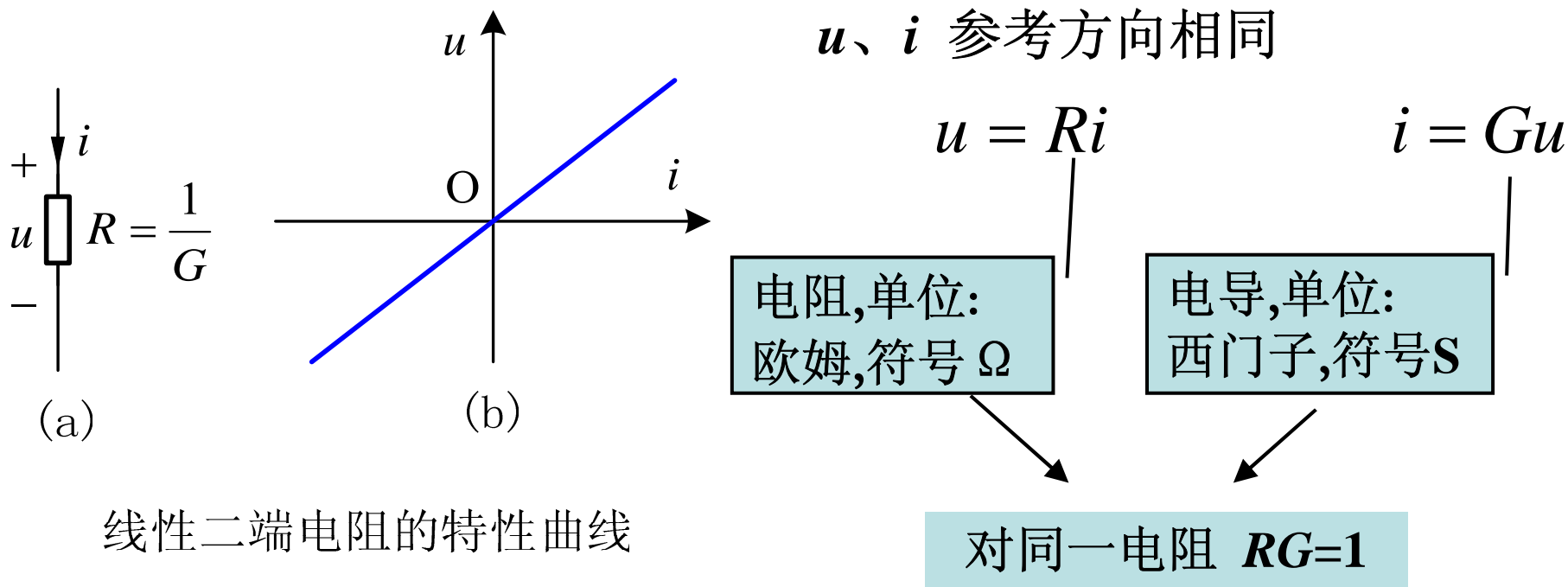




§ 1.5 电阻元件

4 电阻端口特性

欧姆定律(Ohm's Law)对于线性二端电阻, 其端口电压与电流之间成正比关系。



线性二端电阻的特性曲线



§ 1.5 电阻元件

5 电阻的功率和能量

(1) 功率

$$p = ui = Ri^2 = Gu^2 \geq 0 \longrightarrow \text{耗能元件}$$

(2) 能量

$$w = \int_{-\infty}^t p(\xi) d\xi = \int_{-\infty}^t u(\xi) i(\xi) d\xi = R \int_{-\infty}^t i^2(\xi) d\xi = G \int_{-\infty}^t u^2(\xi) d\xi$$



无源元件



§ 1.5 电阻元件

6 负电阻: (negative resistance)

在 u 、 i 取关联参考方向时, 负电阻的电压、电流关系位于 II、IV 象限, 即 $R < 0$, $G < 0$ 。负电阻将输出电功率 (电功率小于零), 对外提供电能。所以负电阻是一种有源元件(active element)。

7 非线性电阻

电压、电流关系不是过 $u-i$ 平面原点的直线, 称为非线性电阻(nonlinear resistance)。



§ 1.6 独立电源

一、电压源

1 实际电压源示例



电池示例

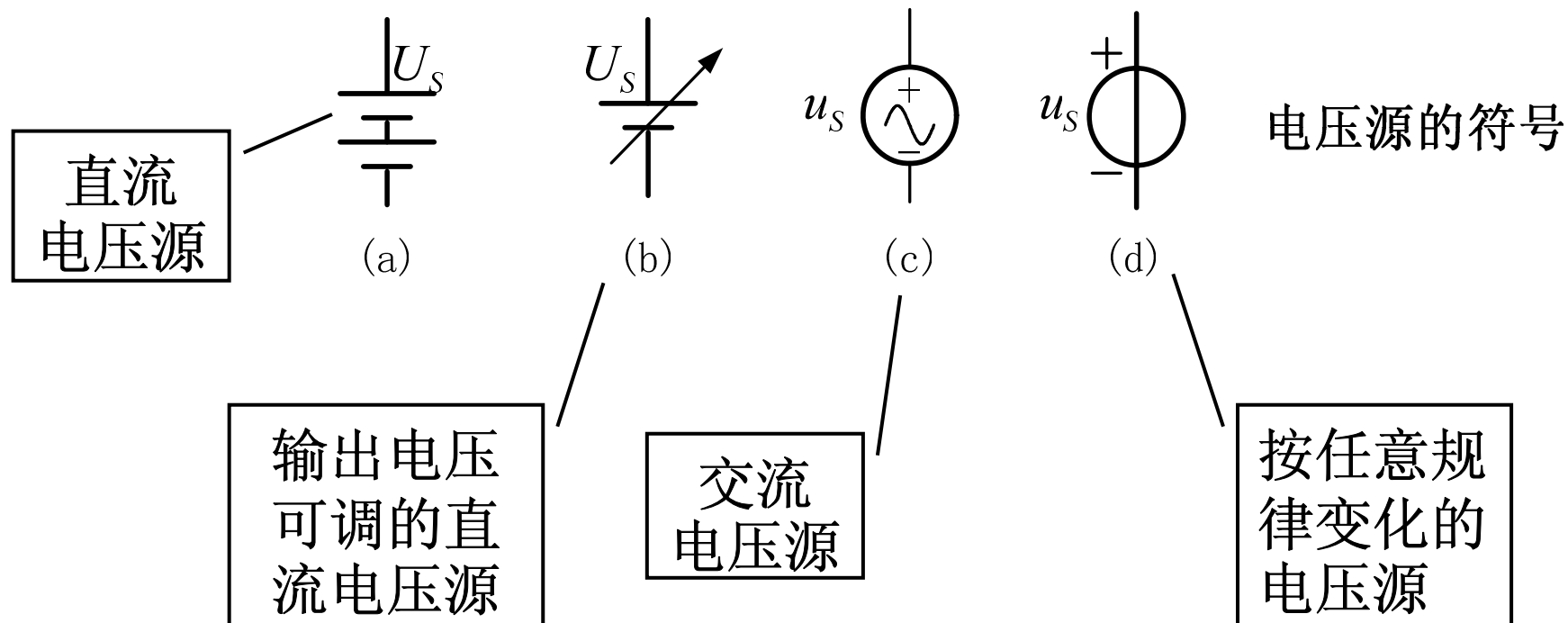


稳压电源示例



§ 1.6 独立电源

2 电压源符号





§ 1.6 独立电源

3 电压源端口特性

(1) 电压源的电源电压 u_S 由电压源本身决定，与外电路无关。

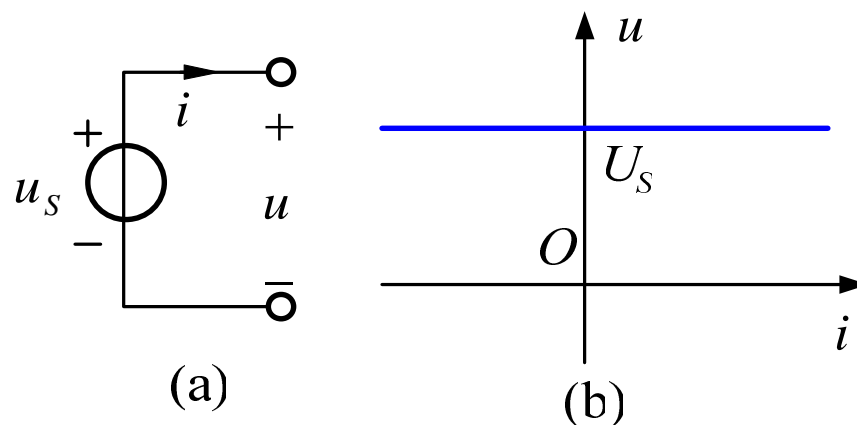
➤若 u_S 是常量，称为直流电压源，记作

$$u_S = U_S$$

➤若 u_S 是时变量，记作 $u_S = u_S(t)$

例如： $u_S = U_m \cos \omega t$

注：源电压置零时，电压源的作用相当于短路。



电压源及其端口特性

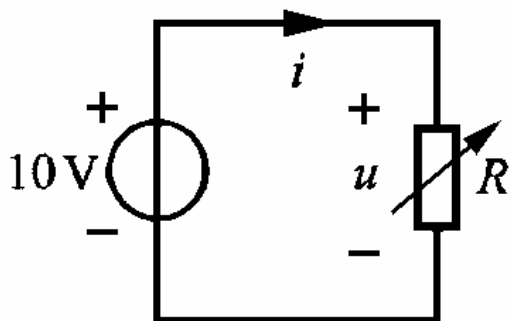
(2) 电压源的电流由与其相联的外电路来确定。





§ 1.6 独立电源

例：图示电路中电阻值变化时，电压源的电流*i* 会发生变化。

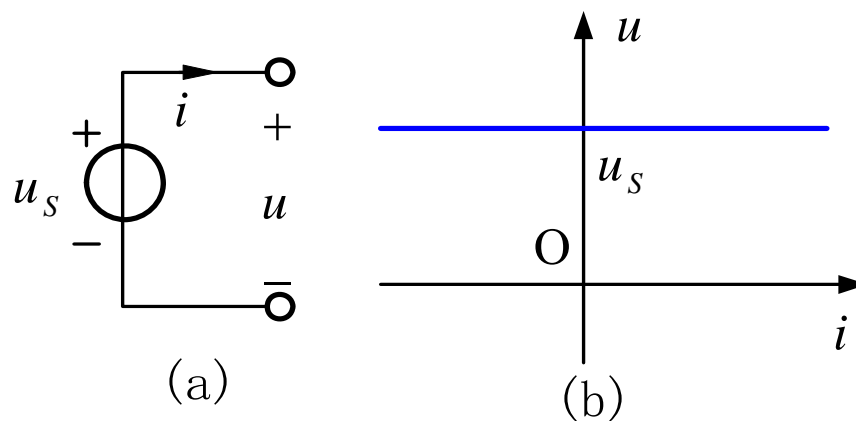


R / Ω	1	2	10	20	100
u / V	10	10	10	10	10
i / A	10	5	1	0.5	0.1

4 电压源的功率

u_S 、 i 取非关联参考方向，
电源输出的功率为：

$$p = u_S i$$



电压源及其端口特性



§ 1.6 独立电源

例1.3 求图示电路中每个电压源发出的功率。

解

1 根据KVL求得各电阻电压

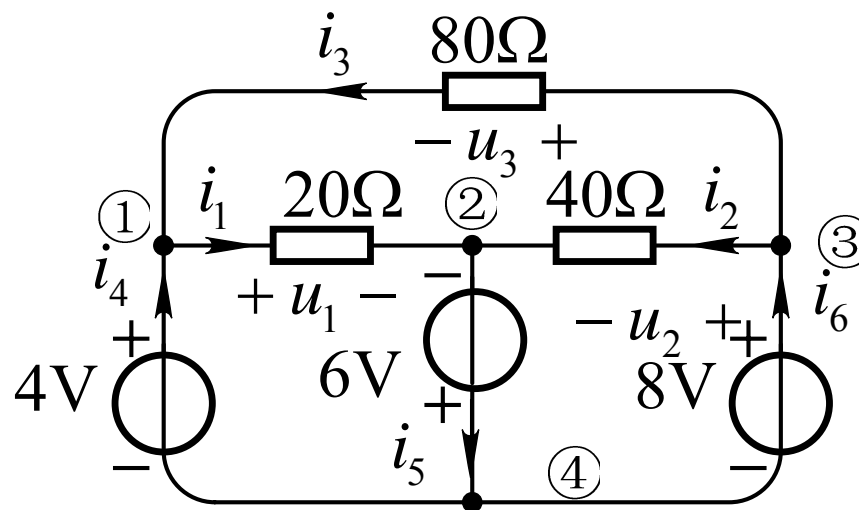
$$u_1 = 4V + 6V = 10V$$

$$u_2 = 8V + 6V = 14V$$

$$u_3 = 8V - 4V = 4V$$

2 由欧姆定律求出各电阻电流

$$i_1 = \frac{u_1}{20\Omega} = 0.5A \quad i_2 = \frac{u_2}{40\Omega} = 0.35A \quad i_3 = \frac{u_3}{80\Omega} = 0.05A$$





§ 1.6 独立电源

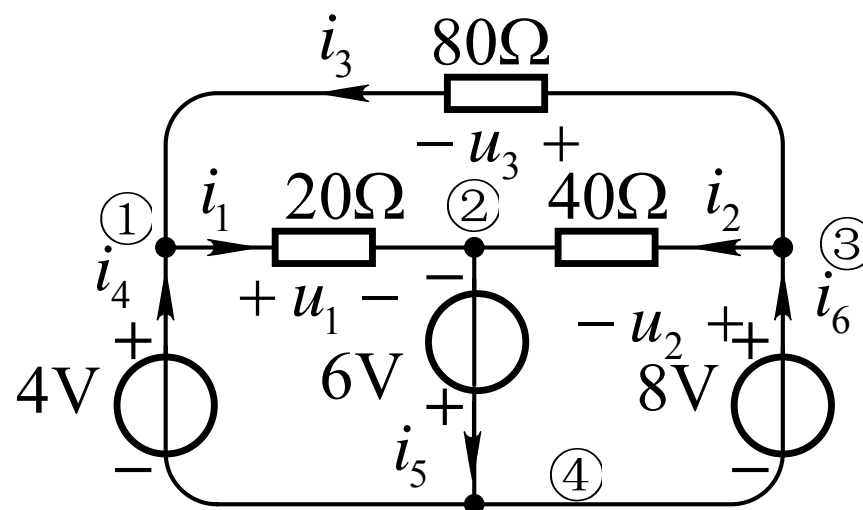
3 对各节点列写KCL方程，
求得各电压源电流

节点①: $i_4 = i_1 - i_3 = 0.45\text{A}$

节点②: $i_5 = i_1 + i_2 = 0.85\text{A}$

节点③: $i_6 = i_2 + i_3 = 0.4\text{A}$

4 计算各电压源发出的功率

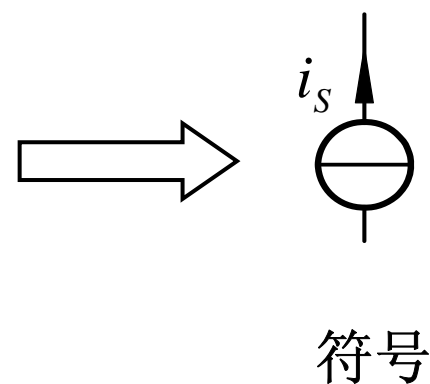


$$p_4 = 4\text{V} \times i_4 = 1.8\text{W} \quad p_6 = 6\text{V} \times i_5 = 5.1\text{W} \quad p_8 = 8\text{V} \times i_6 = 3.2\text{W}$$

§ 1.6 独立电源

二、电流源

1 实际电流源示例



2 电流源符号

§ 1.6 独立电源

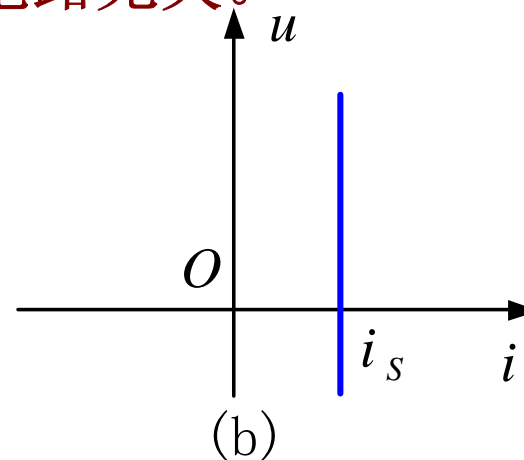
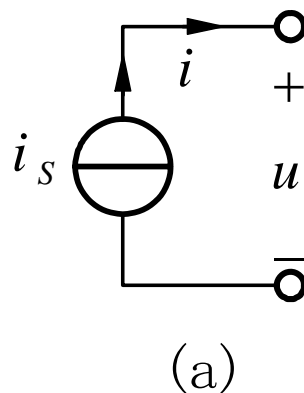
3 电流源端口特性

(1) 电流源的电流 i_s 由电流源本身决定，与外电路无关。

➤若 i_s 是常量，称为直流
电流源，记作 $i_s = I_s$

➤若 i_s 是时变量，记作 $i_s = i_s(t)$

注：源电流置零时，电流源
的作用相当于开路。



电流源及其端口特性

(2) 电流源的端口电压由与其相联的外电路来确定。

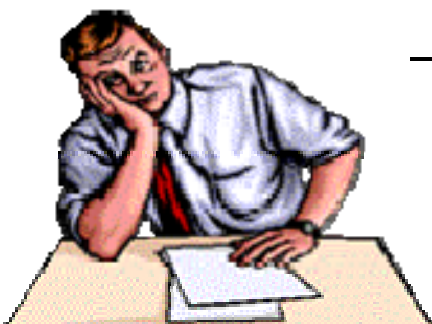
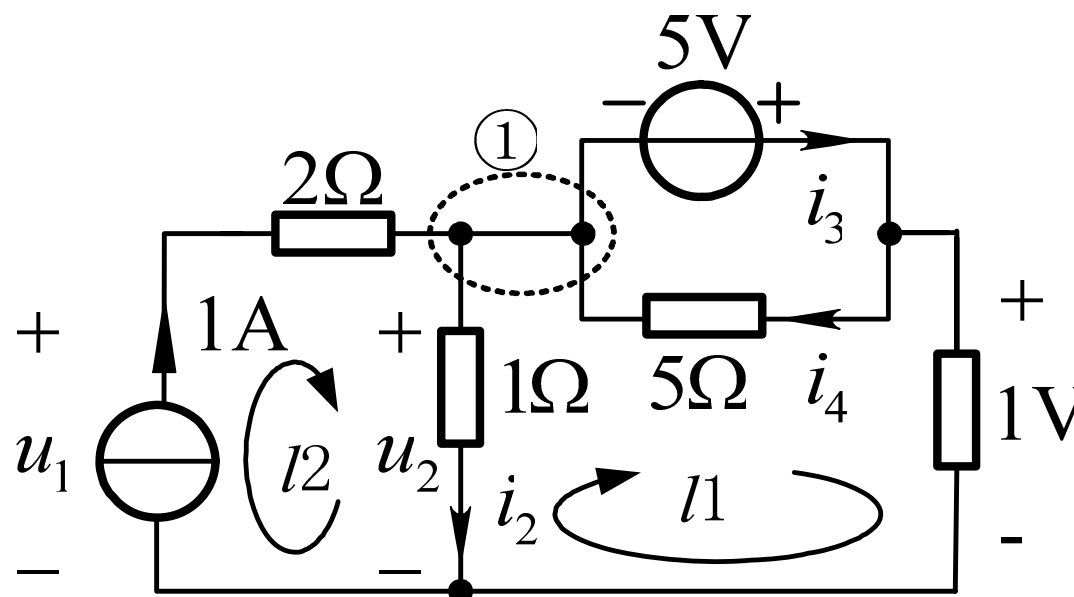
4 电流源的功率

u 、 i_s 取非关联参考方向，电源输出的功率为： $p = u \cdot i_s$



§ 1.6 独立电源

例1.4 求图示电路中电压源与电流源各自提供的功率。





§ 1.6 独立电源

解

1 由回路 l_1 , l_2 的KVL方程分别求得

$$u_2 = -5V + 1V = -4V$$

$$u_1 = 2\Omega \times 1A + u_2 = -2V$$

2 由欧姆定律求得电阻电流

$$i_2 = \frac{u_2}{1\Omega} = -4A \quad i_4 = \frac{5V}{5\Omega} = 1A$$

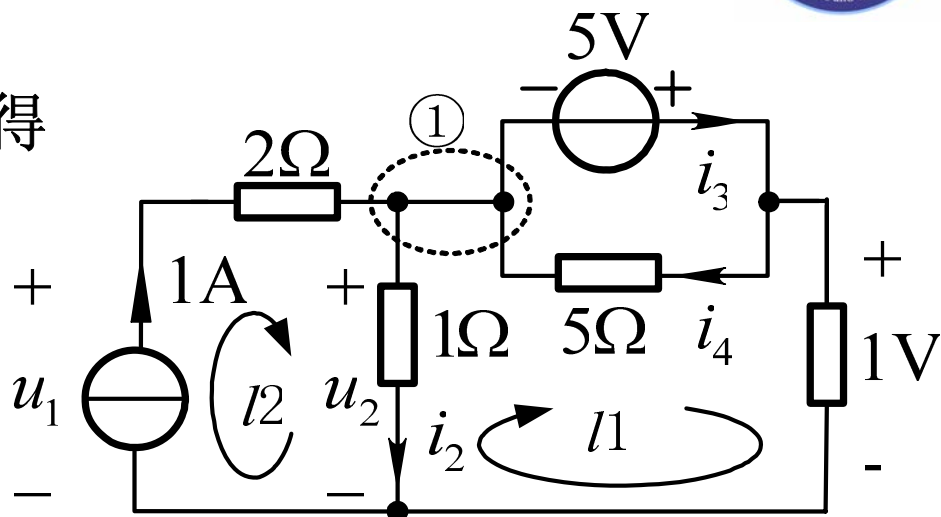
3 由节点①的KCL方程求得流过电压源的电流

$$i_3 = 1A - i_2 + i_4 = 6A$$

4 电压源发出功率 $p_{5V} = 5V \times i_3 = 30W$

电流源发出功率 $p_{1A} = u_1 \times 1A = -2W$

思考：电流源功率的负号说明什么？



§ 1.6 独立电源



电压源和电流源小结:

- ❖ 电压源的端口电压和电流源的端口电流与外电路无关，因此称其为独立电源。
- ❖ 独立电源能对外提供电能，属于有源元件。
- ❖ 在电路中能够激发电压和电流，故独立电源也称为激励。
- ❖ 电路中被激发的电压和电流称为响应。



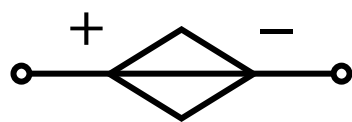


§ 1.7 受控电源

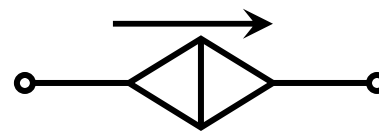
1 定义：源电压或源电流受电路中另一处的电压或电流控制，
这类电源称为受控电源。

● 若源电压(流)与控制电压(流)成正比关系。则此类受控源称为**线性受控源**。

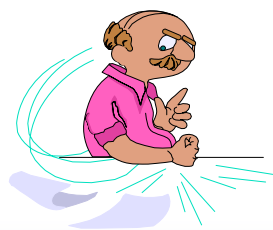
2 受控源符号



受控电压源



受控电流源

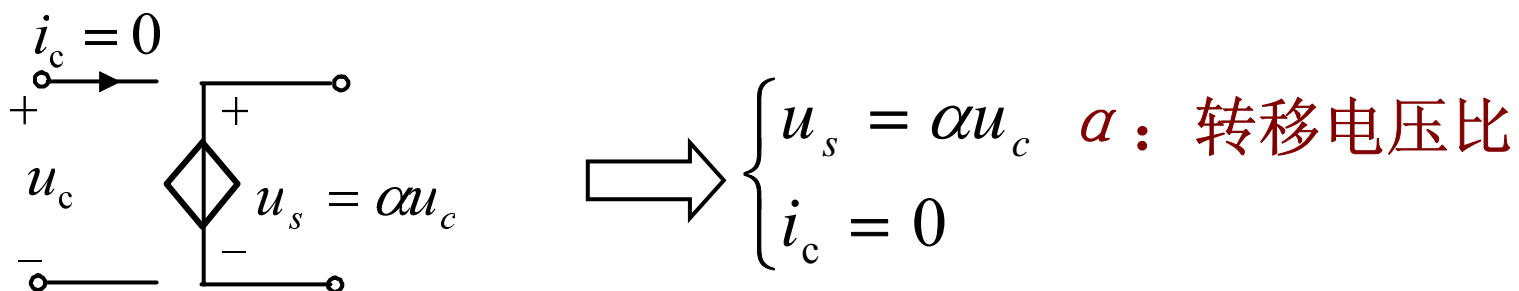




§ 1.7 受控电源

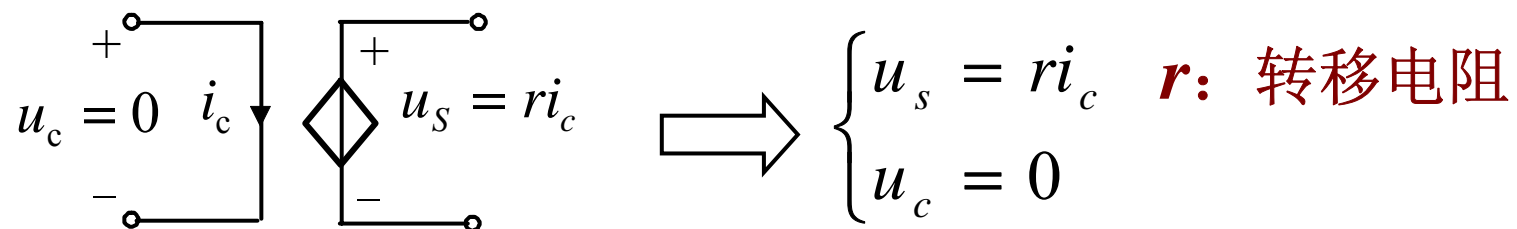
3 四种类型

(1) 电压控制电压源 (**V**oltage **C**ontrolled **V**oltage **S**ource)



(a) 电压控制电压源 **VCVS**

(2) 电流控制电压源 (**C**urrent **C**ontrolled **V**oltage **S**ource)

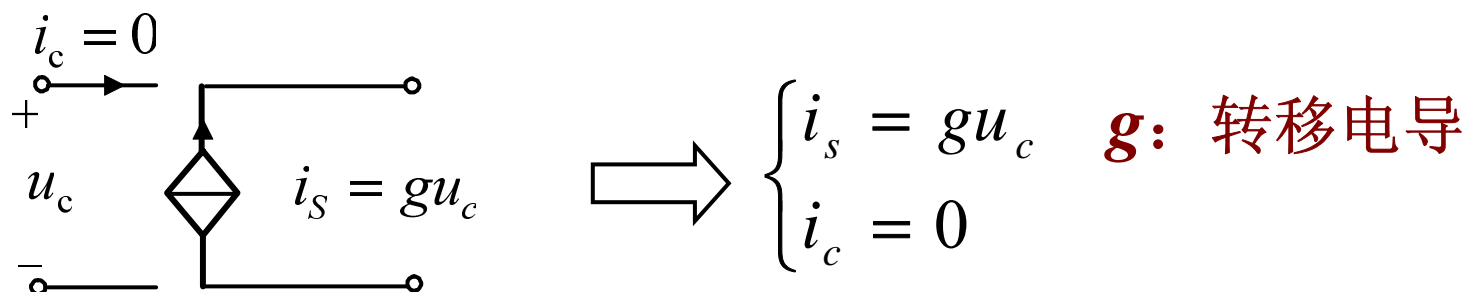


(b) 电流控制电压源 **CCVS**



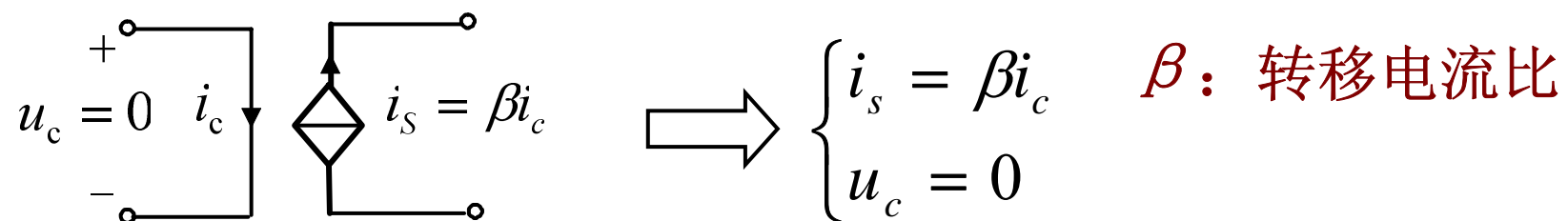
§ 1.7 受控电源

(3) 电压控制电流源 (**V**oltage **C**ontrolled **C**urrent **S**ource)



(c) 电压控制电流源 **VCCS**

(4) 电流控制电流源 (**C**urrent **C**ontrolled **C**urrent **S**ource)

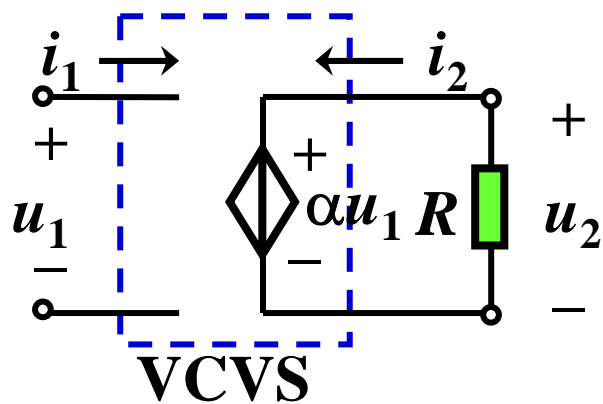


(d) 电流控制电流源 **CCCS**



§ 1.7 受控电源

4 受控源功率计算



如图：受控源吸收的功率为：

$$p = u_1 i_1 + u_2 i_2$$

$$= u_2 i_2$$

$$= u_2 (-u_2/R) < 0$$

受控源属于有源元件

5 受控源与独立源的比较

- (1) 独立源电压(或电流)由电源本身决定，与电路中其它电压、电流无关，而受控源电压(或电流)由控制量决定。
- (2) 独立源作为电路中“激励”，在电路中产生电压、电流，而受控源只是反映出口端与入口端的关系，在电路中不能作为“激励”。



§ 1.7 受控电源

例1.5 求图示电路中两个受控电源各自发出的功率。

解 1 对节点②列KCL方程求得 i_1

$$i_1 + 2i_1 = 9A$$

$$\Rightarrow i_1 = 3A$$

2 电阻电压

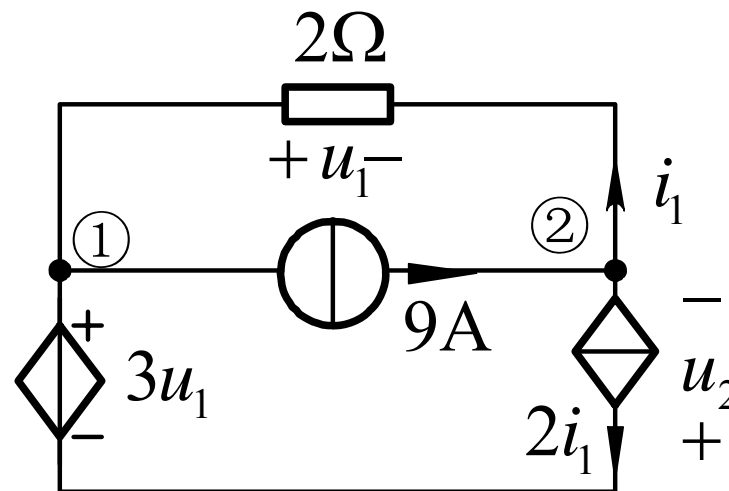
$$u_1 = -(2\Omega \times i_1) = -6V$$

3 利用外网孔的KVL方程求得受控电流源端口电压

$$u_2 = -3u_1 + u_1 = 12V$$

4 受控电流源发出的功率为 $p_{CCCS} = u_2 \times 2i_1 = 72W$

5 受控电压源发出的功率为 $p_{VCVS} = 3u_1 \times 2i_1 = -108W$





小结

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；

然后介绍基尔霍夫两个定律，包括它们的基本陈述和推广；

最后介绍电阻、独立电源和受控电源等电路元件，重点是这些元件的端口特性。