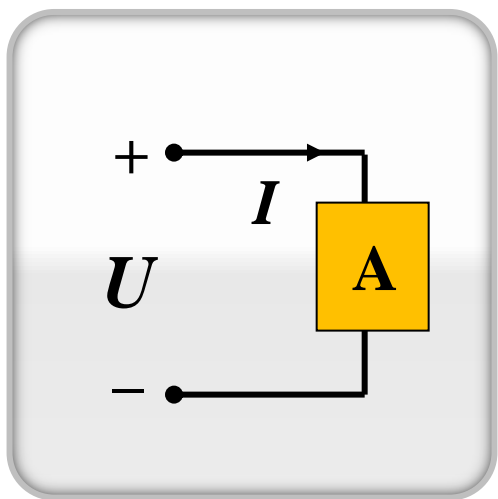


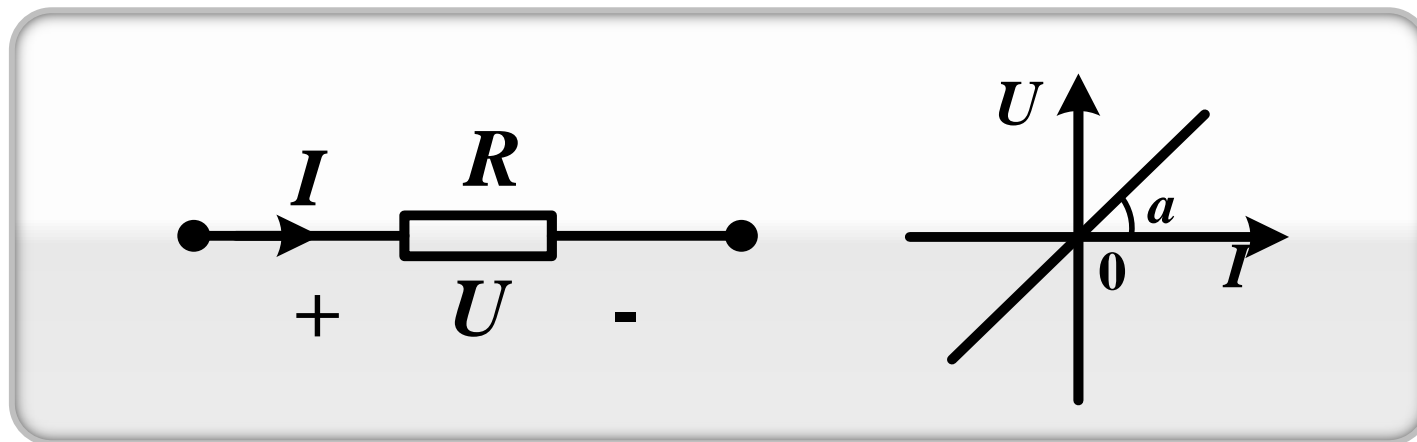
电 路 原 理

1.3 电路元件及其伏安特性

1. 电阻元件 (resistor)



伏安特性 (欧姆定律)



$$U = RI$$



$$U = \pm RI$$

电阻的单位是欧姆(ohm) , 简称欧 Ω 。

$$\text{令 } G = \frac{1}{R} \text{ 则有 } i = Gu$$

G 称为电阻元件的**电导**(conductance)

电导的**单位**是西门子(siemens) S。

◆ 功率

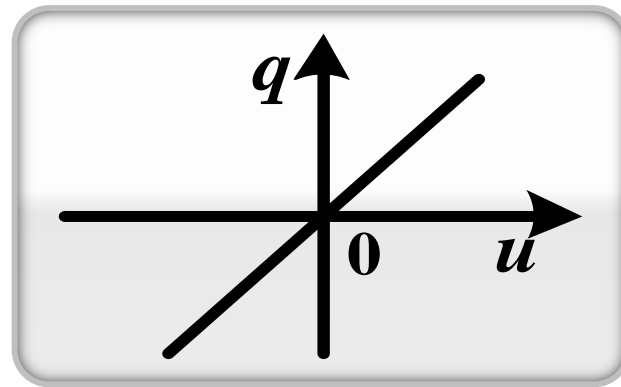
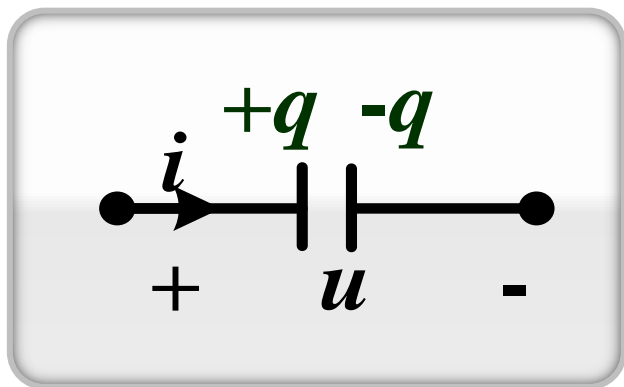
关联方向下，任何时刻线性电阻元件**吸收**的电功率为：

$$P = ui = Ri^2 = Gu^2$$

思考：参考方向非关联时，电阻还是消耗电功率吗？

结论：无论参考方向如何选取，**电阻始终消耗电功率**。

2. 电容元件 (capacitor)



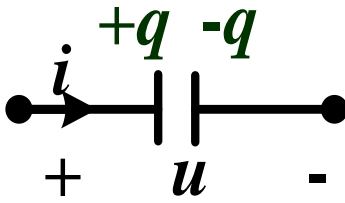
◆库伏特性

$$q = Cu$$

C 称为该元件的电容

单位：法拉 (F) $1\mu\text{F}=10^{-6}\text{F}$, $1\text{pF}=10^{-12}\text{F}$

◆伏安特性 $i = C \frac{du}{dt} \Rightarrow i = \pm C \frac{du}{dt}$

$$i = C \frac{du}{dt}$$


$$u(t) = u(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi$$

$$q(t) = q(t_0) + \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi$$

◆功率

$$p = ui = Cu \frac{du}{dt} = \frac{dW_c}{dt}$$

◆能量

任意时刻电容储存的能量为： $W_c(t) = \frac{1}{2} Cu^2(t)$

某段时间内吸收电能为： $\Delta W_c = \frac{1}{2} Cu^2(t) - \frac{1}{2} Cu^2(t_0) = W_c(t) - W_c(t_0)$

某段时间电容吸收电能为：

$$\Delta W_c = \frac{1}{2} C u^2(t) - \frac{1}{2} C u^2(t_0) = W_c(t) - W_c(t_0)$$

$$\Delta W_c \begin{cases} >0 & \text{吸收功率} & (\text{电容充电}) \\ <0 & \text{发出功率} & (\text{电容放电}) \end{cases}$$

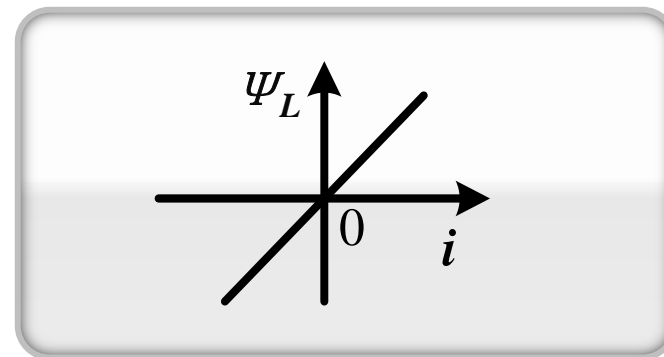
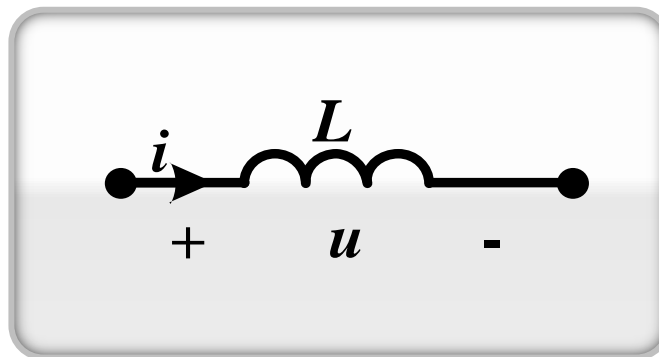
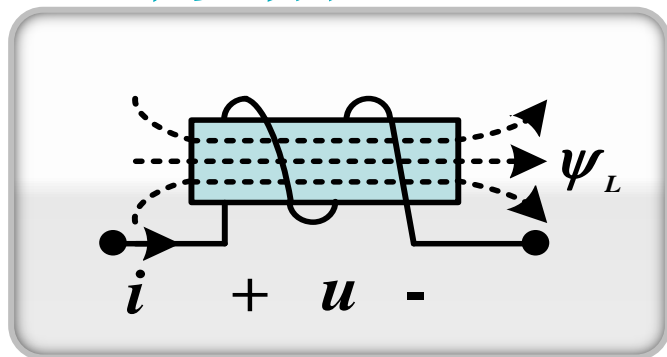
电容是储能元件

◆ 电容元件的隔直作用： $i = C \frac{du}{dt} = 0$

3.

电感元件 (inductor)

◆ 韦安特性



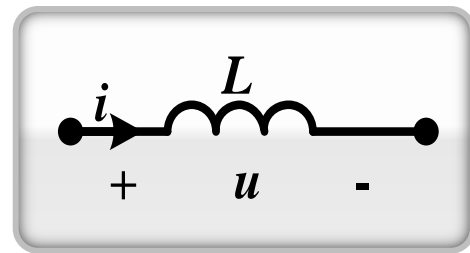
磁链 (magnetic flux linkage)

$\psi_L = Li$ 则 $L = \frac{\psi_L}{i}$ L 称为元件的(自)电感。

单位：亨 (H) $1\text{H} = 10^3\text{mH} = 10^6\mu\text{H}$

◆ 伏安特性 $u = L \frac{di}{dt} \rightarrow u = \pm L \frac{di}{dt}$

$$u = L \frac{di}{dt}$$



$$i(t) = i(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t u(\xi) d\xi$$

$$\psi_L(t) = \psi_L(t_0) + \int_{t_0}^t u(\xi) d\xi$$

◆ 功 率

$$p = ui = Li \frac{di}{dt} = \frac{dW_L}{dt}$$

◆ 能 量



任意时刻电感储存的能量为： $W_L(t) = \frac{1}{2} Li^2(t)$

某段时间内电感元件吸收电能为： $\Delta W_L = \frac{1}{2} Li^2(t) - \frac{1}{2} Li^2(t_0)$

某段时间内电感元件吸收电能为：
$$\Delta W_L = \frac{1}{2} Li^2(t) - \frac{1}{2} Li^2(t_0)$$

$$\Delta W_L \begin{cases} >0 & \text{吸收功率} & (\text{电感储存能量}) \\ <0 & \text{发出功率} & (\text{电感释放能量}) \end{cases}$$

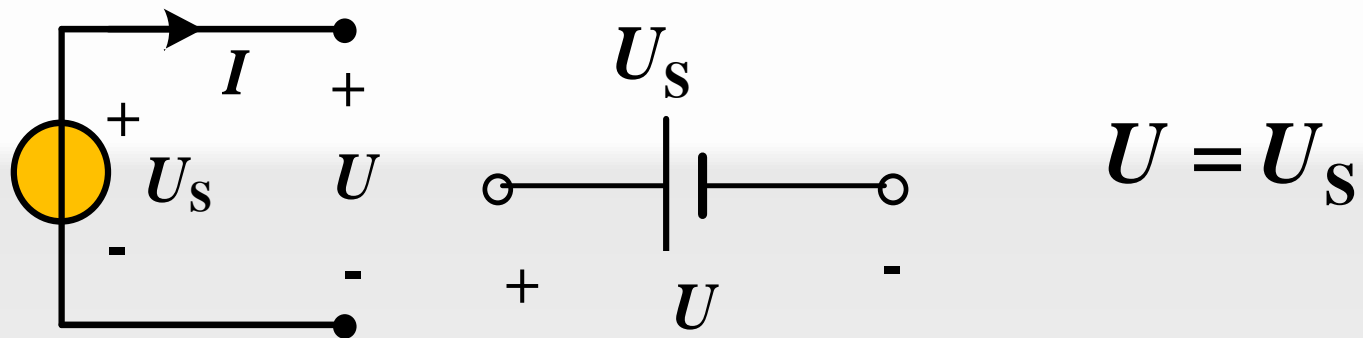
电感是储能元件

◆ 电感元件的通直作用：
$$u = L \frac{di}{dt} = 0$$

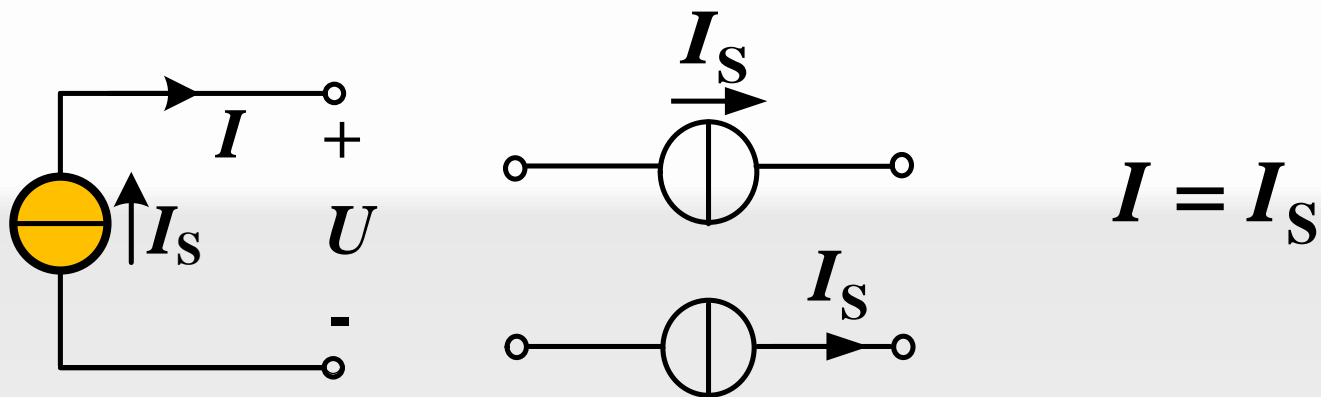
4.

独立电源 (independent source)

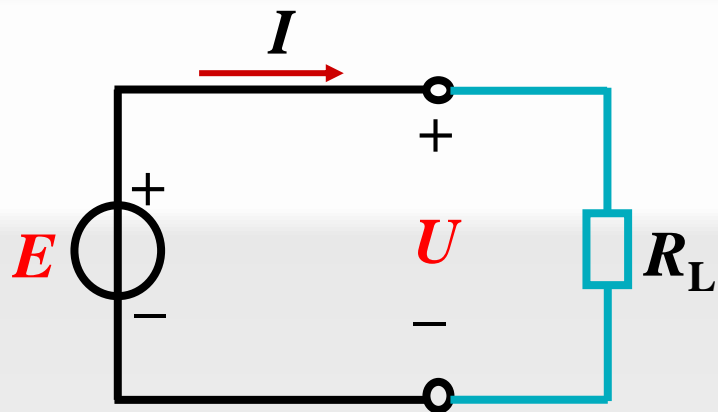
理想电压源 (independent voltage source) (恒压源)



理想电流源 (independent current source) (恒流源)



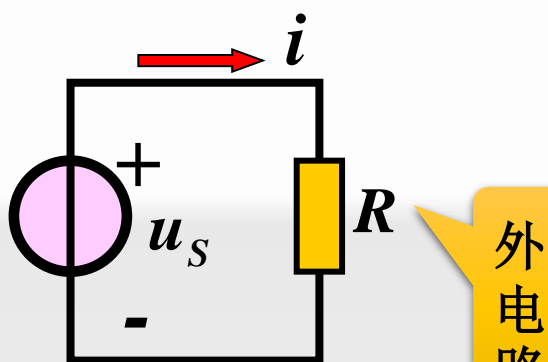
理想电压源(恒压源)



外特性曲线

- 特点:** (1) 恒压源输出的电压由电源本身决定, 与电路其余部分无关。
(2) 流经恒压源的电流由电源及外电路决定。

例



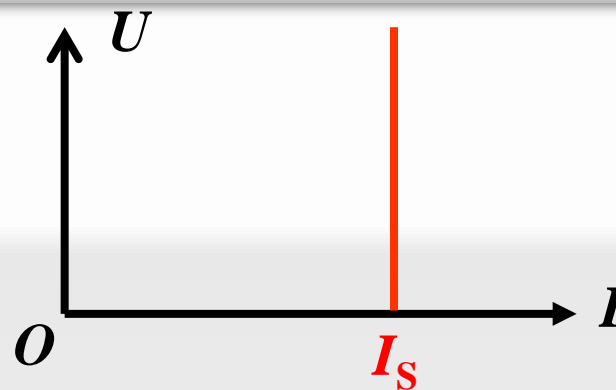
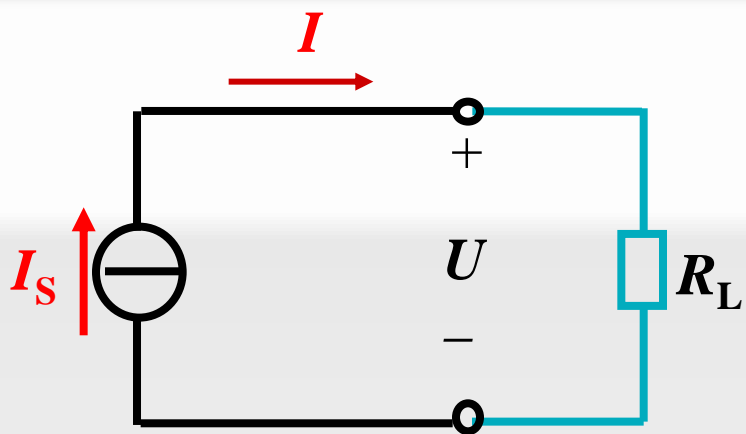
$$i = \frac{u_s}{R}$$

$$i = 0 \quad (R = \infty)$$

$$i = \infty \quad (R = 0)$$

电压源不能短路!

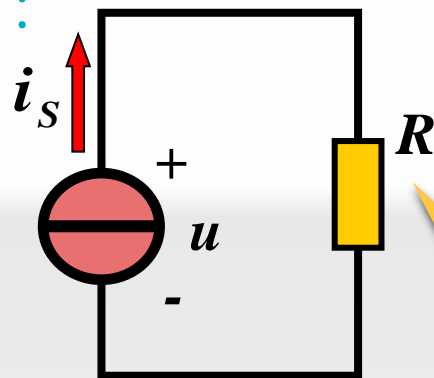
理想电流源 (恒流源)



外特性曲线

- 特点:
- (1) 恒流源输出的电流由电源本身决定, 与外电路无关;
 - (2) 恒流源两端的电压 U 由外电路决定。

例:



外电路

$$u = Ri_s$$

$$u = 0 \quad (R = 0)$$

$$u = \infty \quad (R = \infty)$$

电流源不能开路!

5. 受控电源 (Dependent source 或 controlled source)

定义：

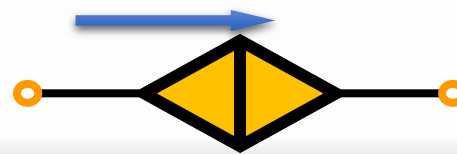
受控电压源：该电压源的电压由电路中某电压或电流控制

受控电流源：该电流源的电流由电路中某电压或电流控制

电路模型：



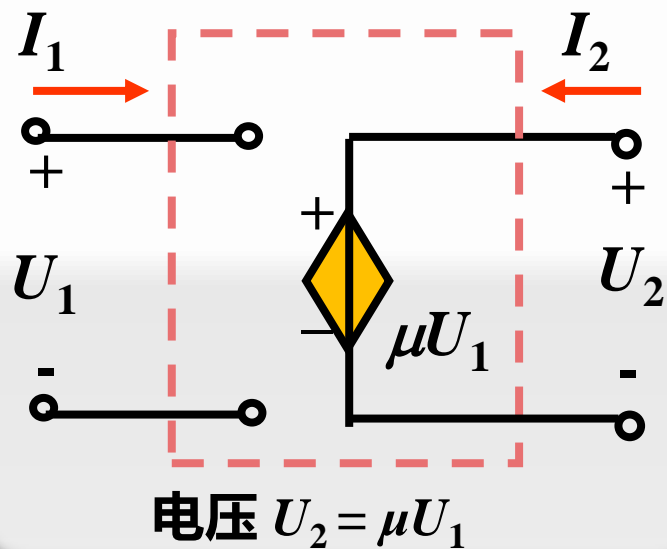
受控电压源



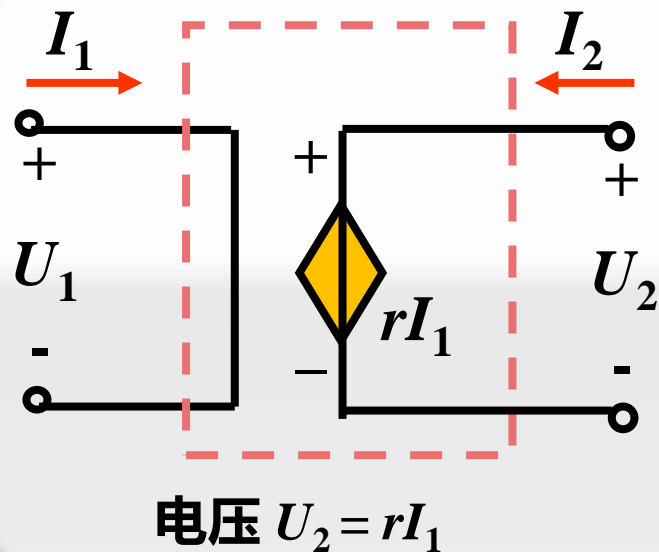
受控电流源

四种受控电源的模型

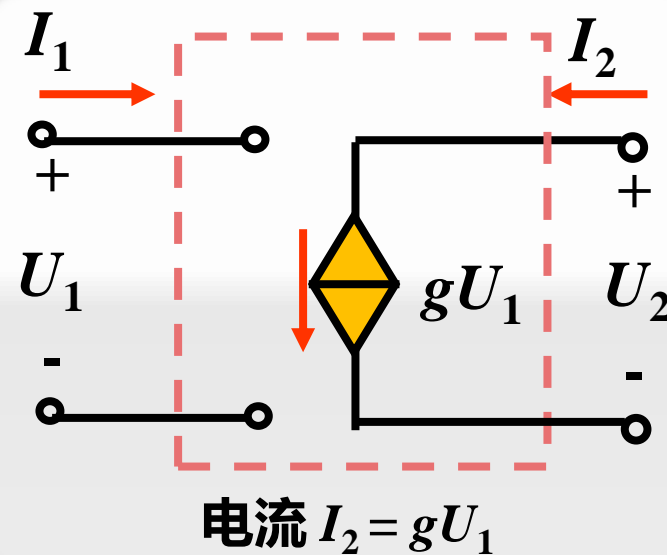
电压控制的电压源
VCVS



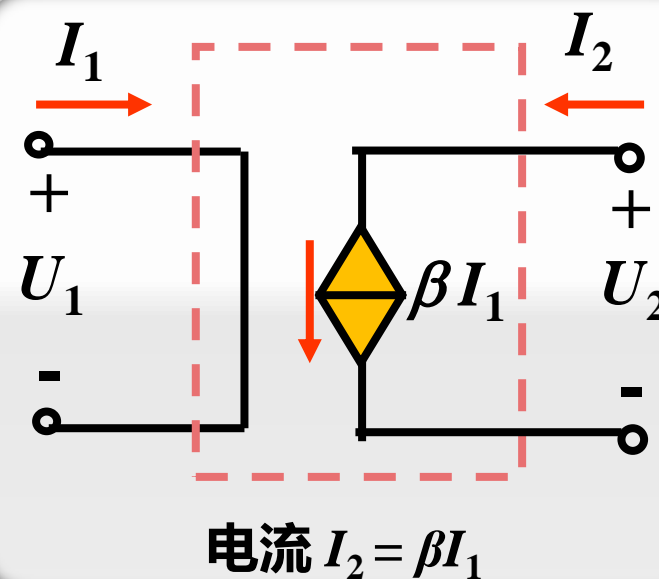
电流控制的电压源
CCVS



电压控制的电流源
VCCS



电流控制的电流源
CCCS



受控源与独立源的比较

(1) 独立源输出的电压 (或电流) 由电源本身决定，与电路中其它电压、电流无关；而受控源输出的电压(或电流)由控制量决定。

(2) 独立源在电路中起“激励”作用，是电路中真正的“源”，可以在电路中产生电压和电流；而受控源只是反映输出端与输入端的受控关系，在电路中是能量或信号处理元件。在电路中不能作为“激励”。

