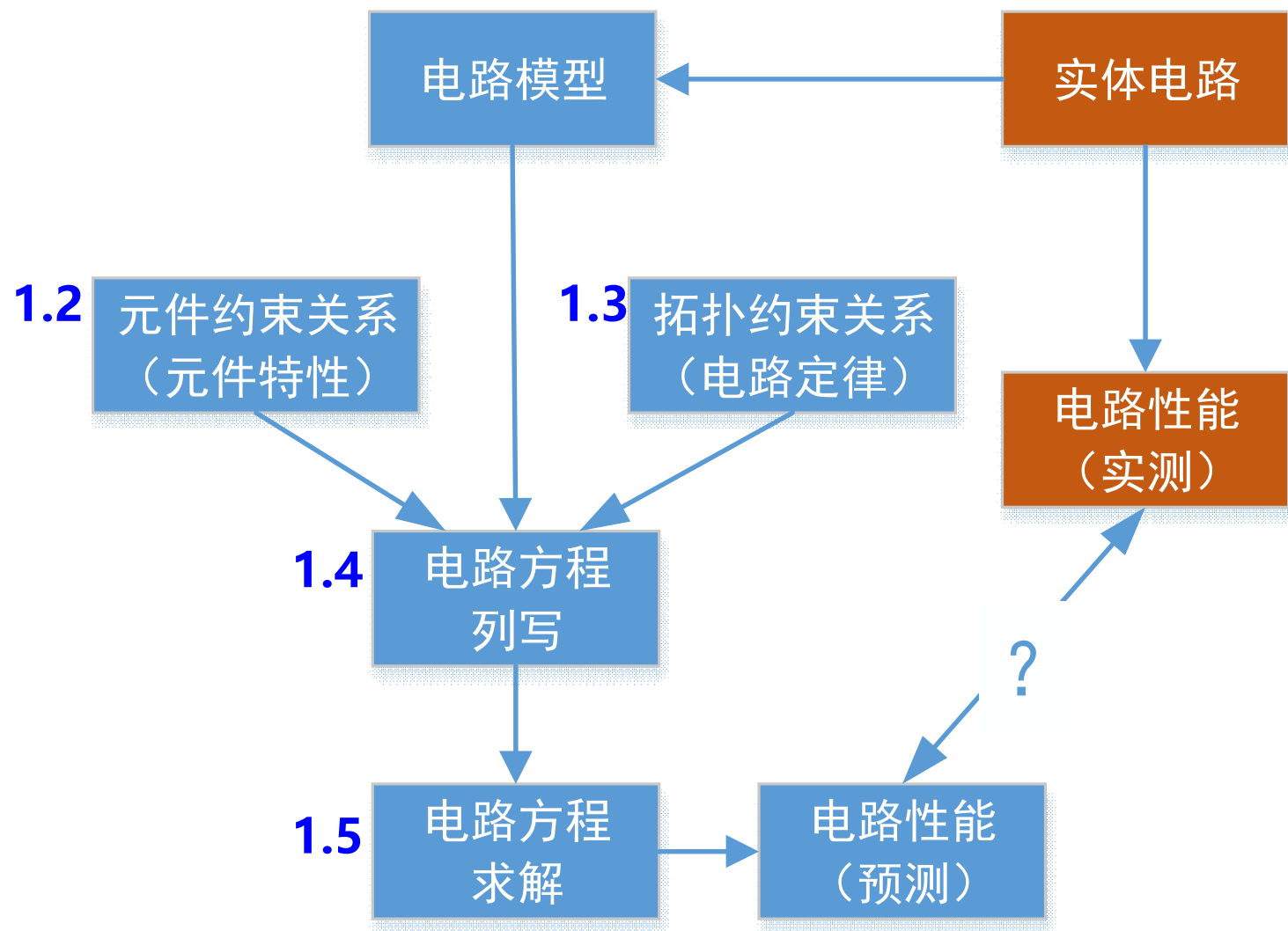


# 第一章 电路分析方法

## 1.2 电路元件特性

# 电路元件特性

- 电阻/电感/电容
- 电压源/电流源
- 受控源

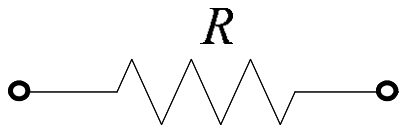


# 理想电阻元件

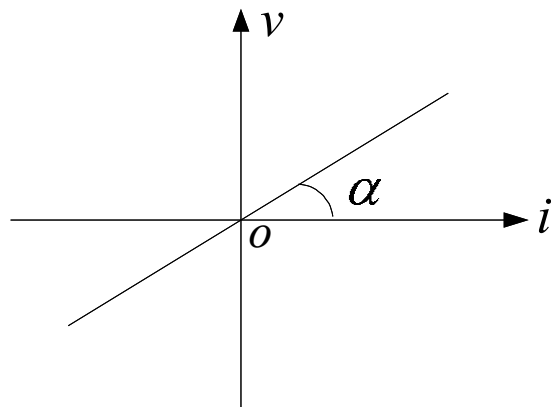
数学关系

$$v = R i$$

符号



V-I特性曲线



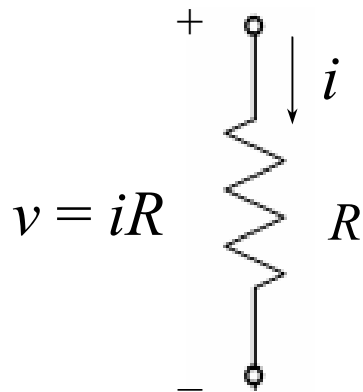
如果 $R$ 是与 $(v, i)$ 无关的常数，即 $v$ 与 $i$ 呈线性关系，称为线性电阻，否则就是非线性电阻。

特点：

1.消耗能量

2.无记忆效应

# 电阻总是损耗能量的



$$\begin{aligned} p &= vi \\ &= (iR)i = i^2 R \\ &= v \frac{v}{R} = \frac{v^2}{R} \end{aligned}$$

不管电压极性和电流参考方向如何选取，电阻两端的功率损耗都是正的，电阻总是吸收电路中的功率

故从能量角度看，电阻是损耗能量的元件。

# 电导G—电阻R的倒数

电阻R的倒数叫做电导G

$$G = \frac{1}{R}$$

欧姆定理表达式

$$i = Gv \quad (\text{电流的参考方向与电压降的方向一致})$$

功率总是正的，表示损耗

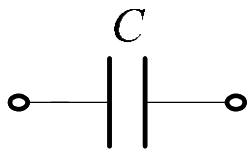
$$p = vi = vGv = Gv^2, \quad p = vi = \frac{i}{G}i = \frac{i^2}{G}$$

# 理想电容元件

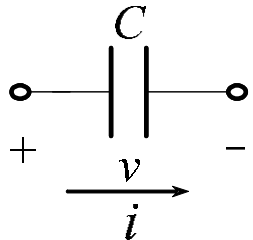
数学关系

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

电路符号



如果C是与  $(v, i)$  无关的常数，称为线性电容，否则就是非线性电容。



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

特点：

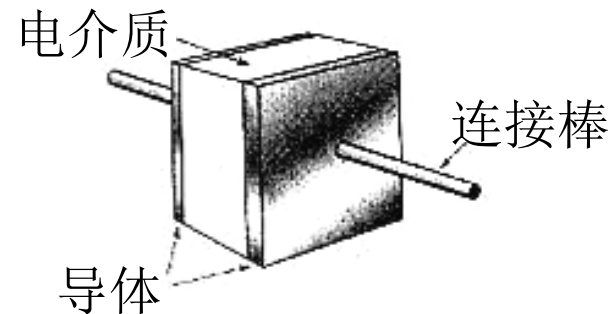
- 1. 储存电场能量
- 2. 有记忆效应

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

$$i = C \frac{dv}{dt} \Rightarrow \text{电容两端电压不能突变}$$

储能元件必有记忆效应，  
因为能量不能突变

# 电容具有记忆功能



$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dv}{dt} \Rightarrow q = Cv$$

电容C的又一定义

电容电压除了与充电电流有关外，还与 $t_0$ 时刻的电压有关，故电容具有记忆性。因此电容亦被称为记忆元件。

$$i = C \frac{dv}{dt} \Rightarrow v(t) = v(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi$$

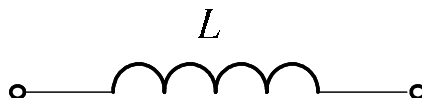


# 理想电感元件

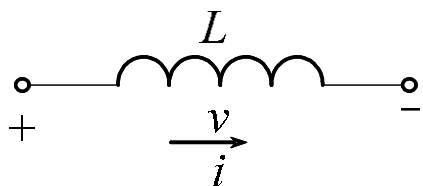
数学关系

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

电路符号



如果 $L$ 是与 $(v, i)$ 无关的常数，称为线性电感，否则就是非线性电感。



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

特点：

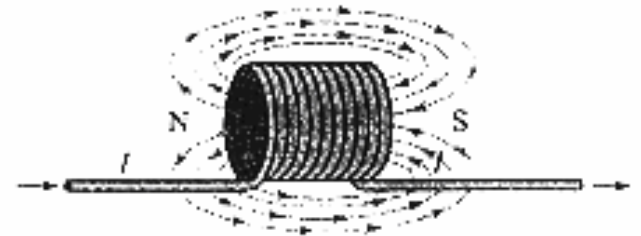
1. 储存磁场能量
2. 有记忆效

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

$$v = L \frac{di}{dt} \Rightarrow \text{流过电感电流不能突变}$$

储能元件必有记忆效应，  
因为能量不能突变

# 理想电感具有记忆功能



$$v = \frac{d\psi}{dt} = L \frac{di}{dt} \Rightarrow \psi = Li \quad \text{电感} L \text{的又一定义}$$

电感电流除了与电压有关外，还与 $t_0$ 时刻的电流有关，故电感具有记忆性。因此电感亦被称为记忆元件。

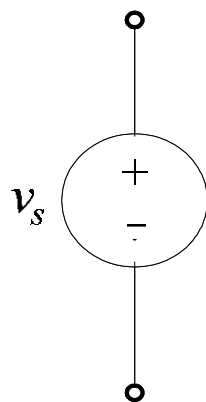
$$v = L \frac{di}{dt} \Rightarrow i(t) = i(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v(\xi) d\xi$$

# 理想电压源

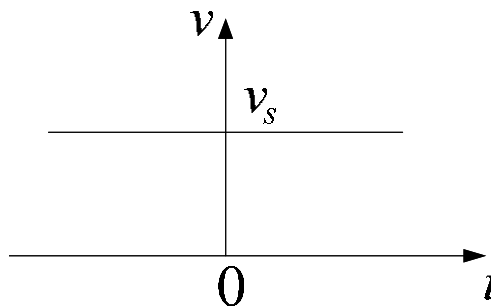
数学关系

$$v_s = \text{常数}$$

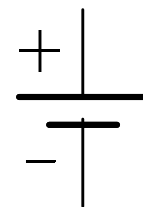
电路符号



V-I特性曲线



电池



理想电压源为外界提供确定的电压，其电压的大小不随流过电压源的电流的大小而变化。

需要指出，非零值的理想电压源在电路中不可以短路。

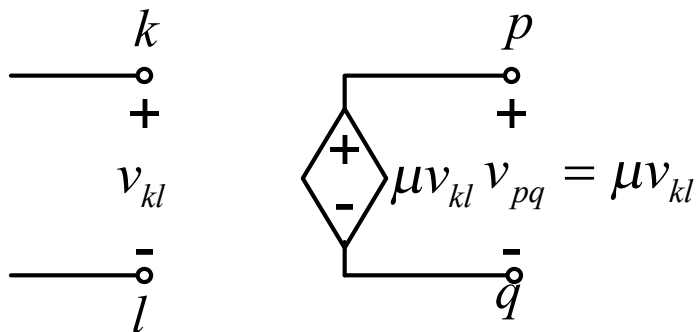
因为如果短路，短接导线要理想电压源两端电压为零，这与理想电压源两端电压不为零这一定义矛盾。

# 受控电压源

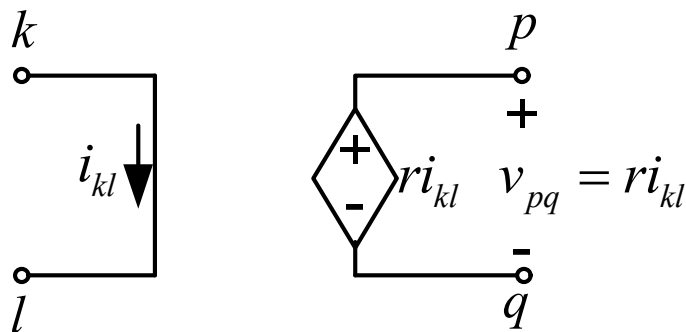
受控电压源与独立电压源一样，也具有输出恒定电压的特性

不同的是，输出电压的大小受另一支路的电压或电流控制

为了将控制支路表示出来，受控电压源要用4个端子的电路模型表示



电压控制电压源的输出支路电压  $\mu v_{kl}$  为另一支路电压  $v_{kl}$  所控制， $\mu$  是比例系数，无量纲，称为转移电压比。



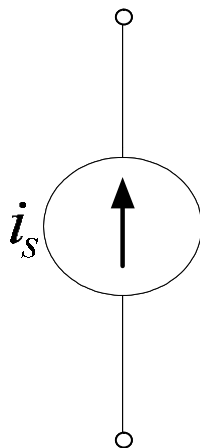
电流控制电压源的输出支路电压  $r i_{kl}$  为另一支路电流  $i_{kl}$  所控制， $r$  是比例系数，具有电阻量纲，称为转移电阻。

# 理想电流源

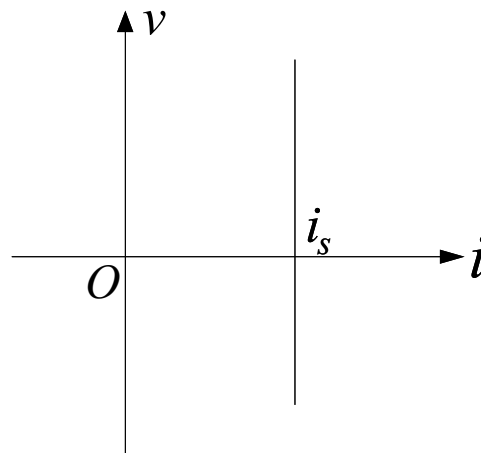
数学关系

$$i_s = \text{常数}$$

电路符号



V-I特性曲线



理想电流源为外界提供确定的电流，其电流大小不随电流源两端的电压的大小而变化。

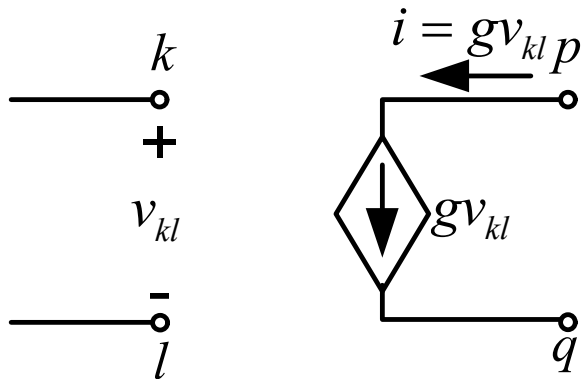
非零值的电流源不可以开路。开路意味着电流为零，而已假定理想电流源电流不为零。

# 受控电流源

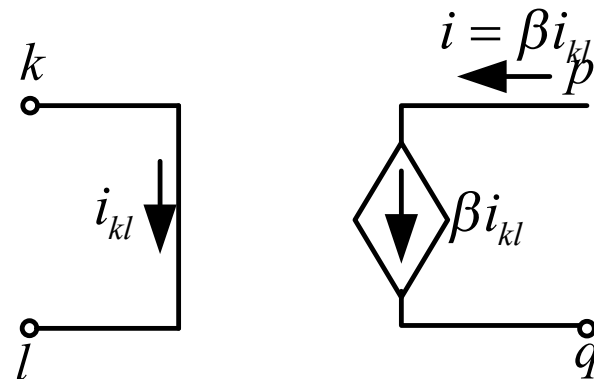
受控电流源与独立电流源一样，也具有输出恒定电流的特性

不同的是，输出电流的大小受另一支路的电压或电流控制

与受控电压源一样，为了将控制支路表示出来，受控电流源也要用4个端子的电路模型表示



电压控制电流源的输出支路电流  $g v_{kl}$  为另一支路电压  $v_{kl}$  所控制， $g$  是比例系数，具有电导量纲，称为转移电导。



电流控制电流源的输出支路电流  $\beta i_{kl}$  为另一支路电流  $i_{kl}$  所控制， $\beta$  是比例系数，无量纲，称为转移电流比。

# 理想基本电路元件与实体元件的关系

理想基本电路元件：理想电阻，理想电容，理想电感，理想电压源与理想电流源，它们用数学关系定义的，是实体电阻、电容、电感、电压源与电流源的抽象

理想基本电路元件与相应实体元件的联系与差别是：

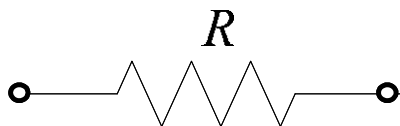
在频率较低且在某一局部电压、电流范围内，实体元件电压-电流特性与理想基本电路元件端口电压-电流特性与几乎相同；

但在其它情况下有差别，不过仍然可以用理想基本电路元件构成的电路去等效相应实体元件的特性。这一等效电路称为实体元件的电路模型。

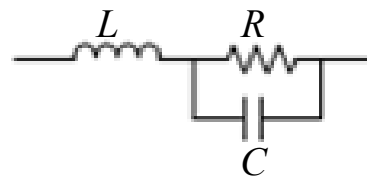
实际电路分析时，如果只是定性评估电路性能，实体电路元件(如电阻)就可用理想基本电路元件(理想电阻)近似，只是到精确计算电路性能时实体元件(实体电阻)才用其由理想基本电路元件构成的电路模型表示。



贴片电阻



低频时用理想电阻近似



高频时电路模型

# 从能量角度看 “理想基本电路元件”

- (1)消耗能量的元件：理想电阻；
- (2)储存能量的元件：理想电容与理想电感；
- (3)提供能量的元件：理想电压源与理想电流源。

所以从能量角度看，理想基本电路元件不能再分解，这就是“基本”的涵义，说它理想，因为它用数学关系定义的，任何情况下都成立，故是理想的

从能量角度看理想基本电路元件又是完备的，可用来模拟其它实体电路元件，是构成电路模型“大厦”的“砖瓦”。