

第一章 电路模型和电路定律

本章重点

1-1 电路和电路模型

1-2 电流和电压的参考方向

1-3 电功率和能量

1-4 电路元件

1-5 电阻元件

1-6 电压源和电流源

1-7 受控电源

1-8 基尔霍夫定律

● 重点:

1. 电压、电流的参考方向
2. 功率计算
3. 电阻元件和电源元件的特性
4. 基尔霍夫定律

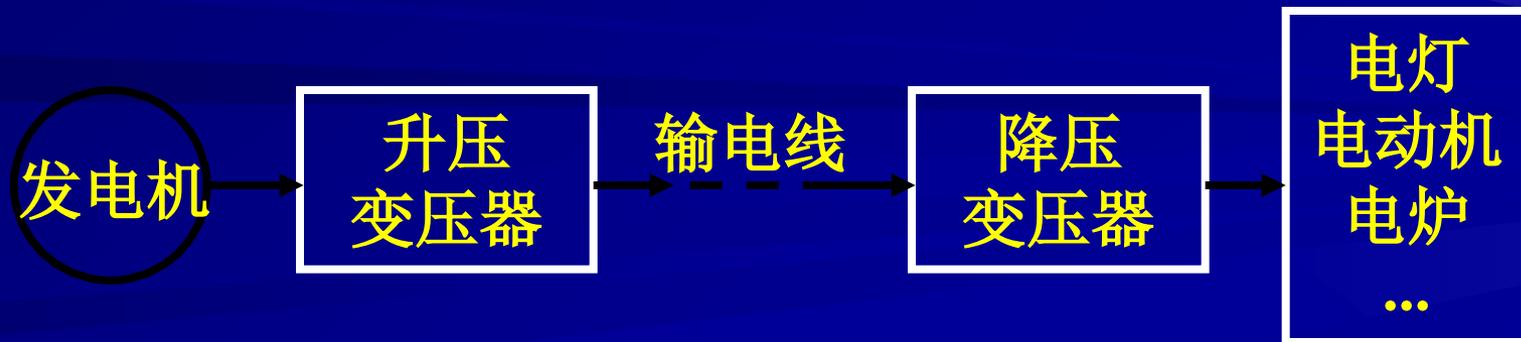
1-1 电路和电路模型

一、电路

电路是电流的通路。实际电路是由电气器件相互联接而构成的。由电源、负载和中间环节组成。

二、电路的作用

(1) 实现电能的传输、分配与转换



(2) 传递和处理信号

话筒



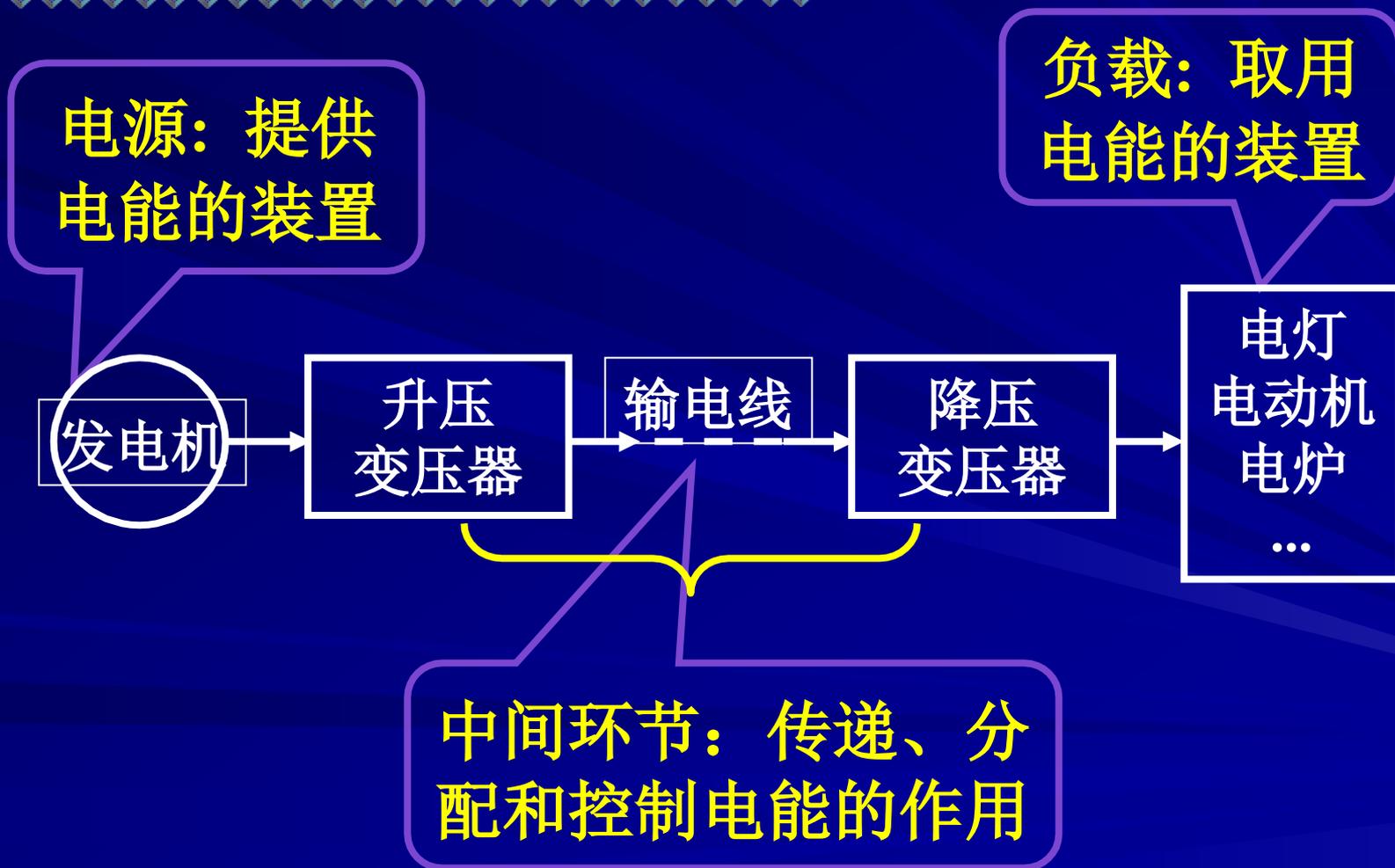
放大器



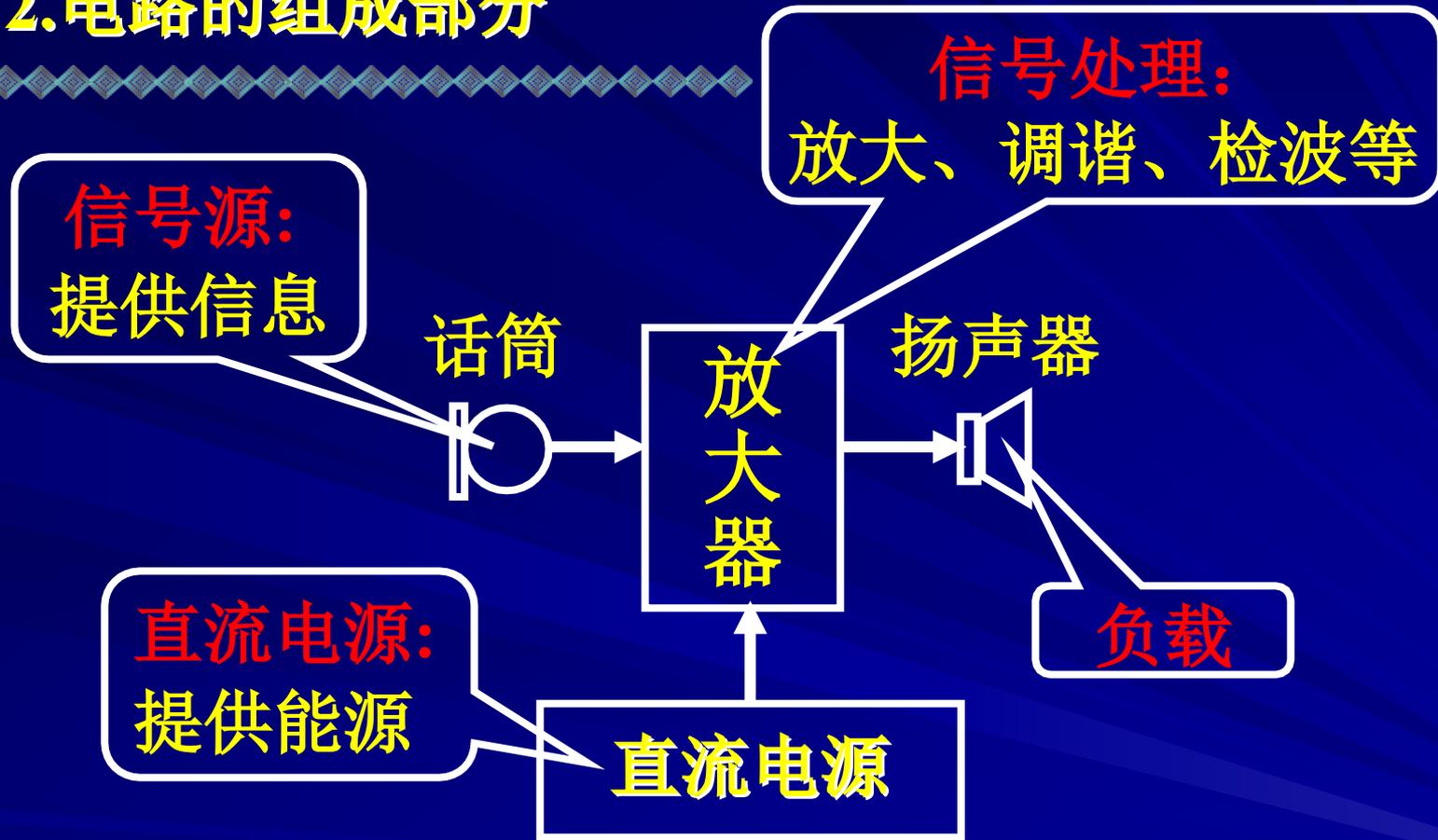
扬声器



2. 电路的组成部分



2. 电路的组成部分



电源或信号源的电压或电流称为**激励**，它推动电路工作；由激励所产生的电压和电流称为**响应**。

三、电路分析

1、激励：

电源或信号源的电压或电流。

2、响应：

由于激励在电路各部分产生的电压和电流。

3、电路分析：

在已知电路结构和元件参数的条件下，讨论电路的**激励与响应**之间的关系。

四、电路模型

1、实际元件： 组成实际电路的元件。

2、理想元件：

将实际元件理想化，即在一定条件下突出其主要的电磁性质，忽略其次要因素。



3. 实际电路 → 由电工设备和电气器件按预期目的连接构成的电流的通路。

功能



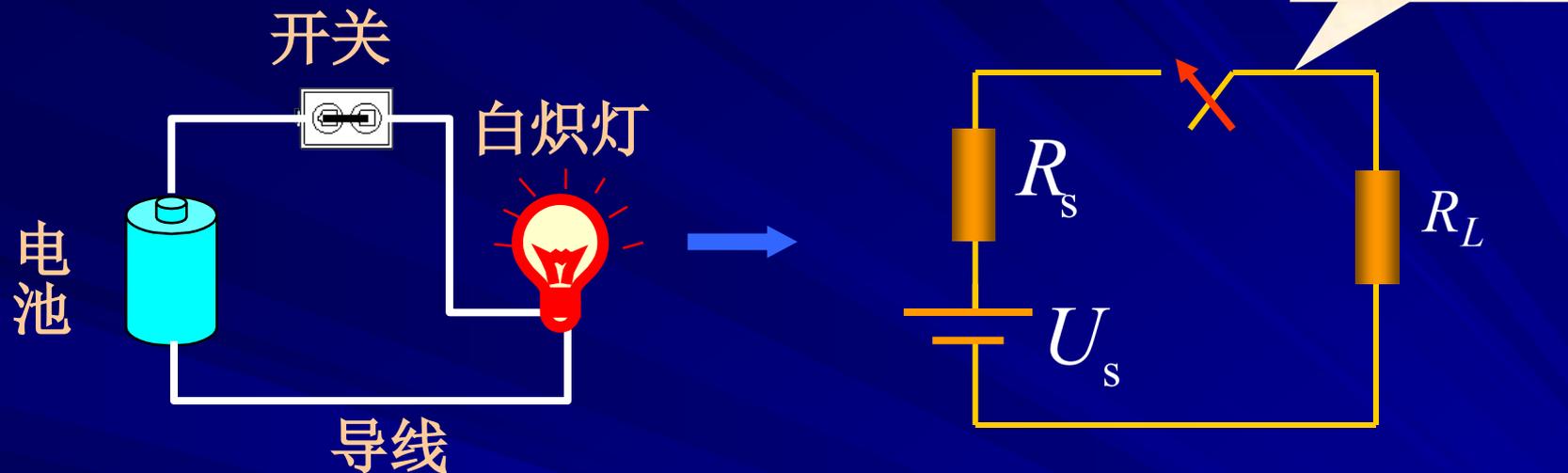
- (a) 能量的传输、分配与转换；
- (b) 信息的传递、控制与处理。

共性



建立在同一电路理论基础。

4. 电路模型



- **电路模型** → 反映实际电路部件的主要电磁性质的理想电路元件及其组合。
- **理想电路元件** → 有某种确定的电磁性能的理想元件。

(1) 理想电阻元件:

只消耗电能 (既不贮藏电能, 也不贮藏磁能);

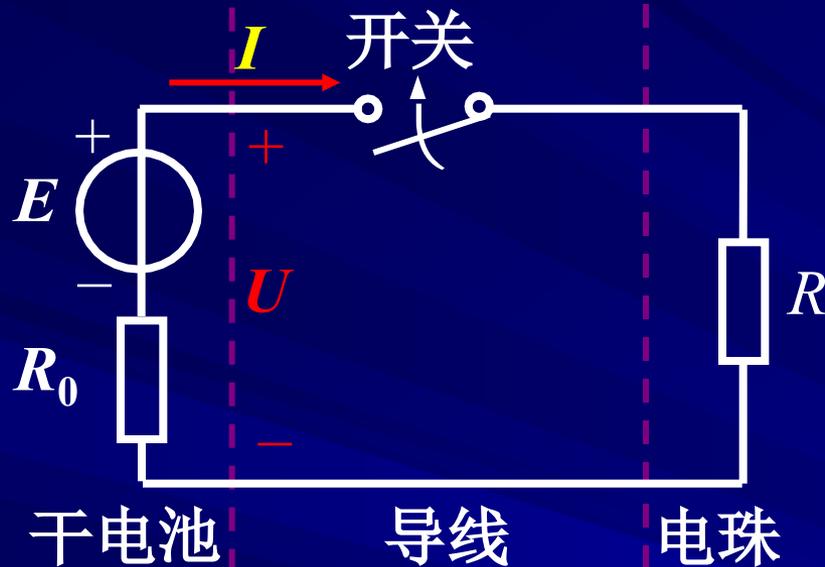
(2) 理想电容元件:

只贮藏电能 (既不消耗电能, 也不贮藏磁能);

(3) 理想电感元件:

只贮藏磁能 (既不消耗电能, 也不贮藏电能)。

手电筒的电路模型



今后分析的都是指**电路模型**，简称**电路**。在电路图中，各种电路元件都用规定的图形符号表示。

电池是电源元件，其参数为电动势 E 和内阻 R_0 ；

灯泡主要具有消耗电能的性质，是电阻元件，其参数为电阻 R ；

筒体用来连接电池和灯泡，其电阻忽略不计，认为是无电阻的理想导体。

开关用来控制电路的通断。

5种基本的理想电路元件：

电阻元件：表示消耗电能的元件。

电感元件：表示产生磁场，储存磁场能量的元件。

电容元件：表示产生电场，储存电场能量的元件。

电压源和电流源：表示将其他形式的能量转变成电能的元件。



注意

① 5种基本理想电路元件有三个特征：

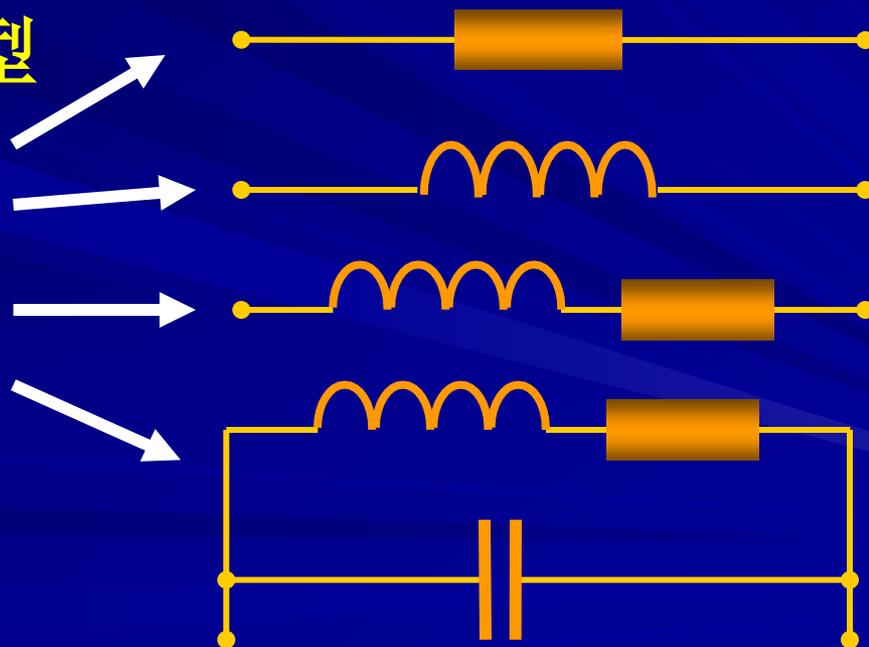
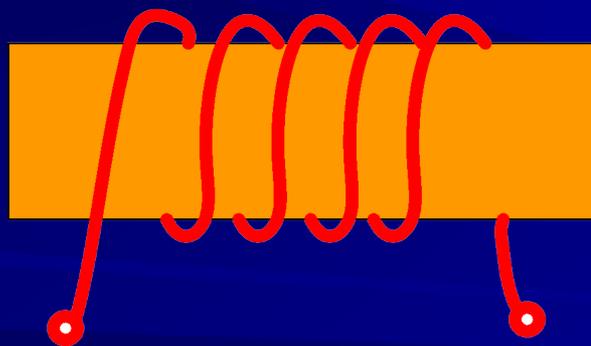
- (a) 只有两个端子；
- (b) 可以用电压或电流按数学方式描述；
- (c) 不能被分解为其他元件。



注意

- ②具有相同的主要电磁性能的实际电路部件，在一定条件下可用同一电路模型表示。
- ③同一实际电路部件在不同的应用条件下，其电路模型可以有不同的形式。

例 电感线圈的电路模型



1.2 电压和电流的参考方向

一. 电路基本物理量的实际方向

物理中对基本物理量规定的方向

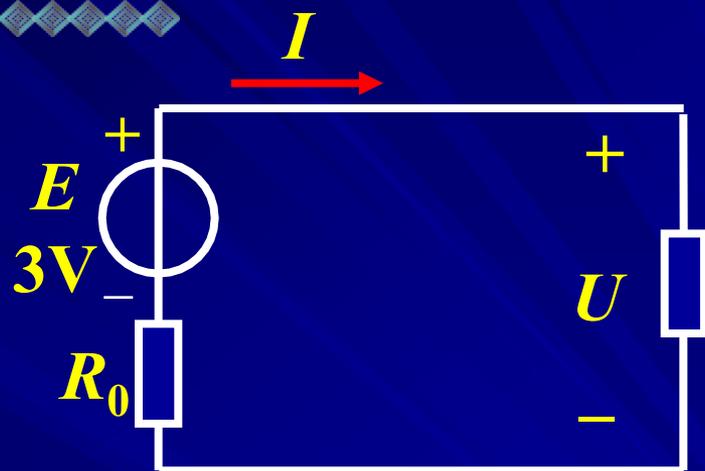
物理量	实际方向	单位
电流 I	正电荷运动的方向	kA、A、mA、 μ A
电压 U	高电位 \rightarrow 低电位 (电位降低的方向)	kV、V、mV、 μ V
电动势 E	低电位 \rightarrow 高电位 (电位升高的方向)	kV、V、mV、 μ V

2. 电路基本物理量的参考方向

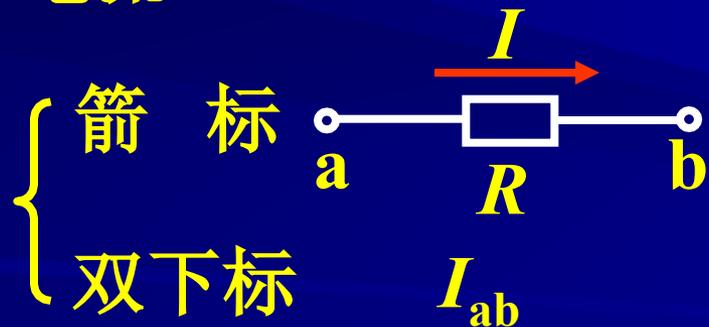
(1) 参考方向

在分析与计算电路时，对电量任意假定的方向。

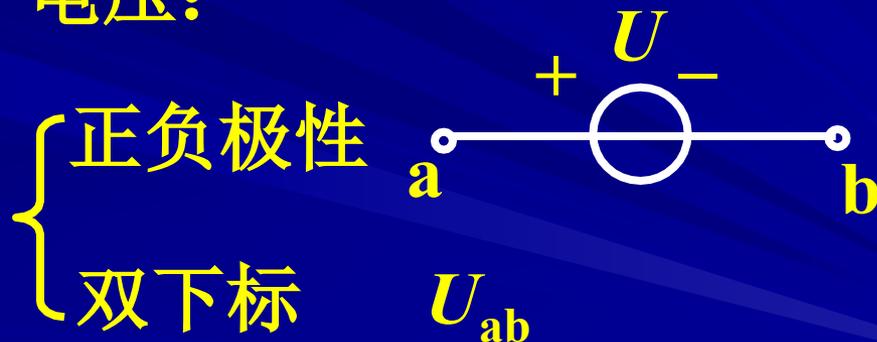
(2) 参考方向的表示方法



电流：



电压：



注意：

在参考方向选定后,电流(或电压)值才有正负之分。

二、电流

1、实际方向： 正电荷运动的方向。

●单位 → A (安培)、
kA、mA、 μ A

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\ \mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

●方向 →

规定正电荷的运动方向为电流的实际方向。
元件(导线)中电流流动的实际方向只有两种可能：





问题 对于复杂电路或电路中的电流随时间变化时，电流的实际方向往往很难事先判断。

2、参考方向：

任意指定一个方向作为电流的方向。把电流看成代数量：

若电流的参考方向与它的实际方向**一致**，则电流为**正值**；

若电流的参考方向与它的实际方向**相反**，则电流为**负值**。

● 参考方向

任意假定一个正电荷运动的方向即为电流的参考方向。



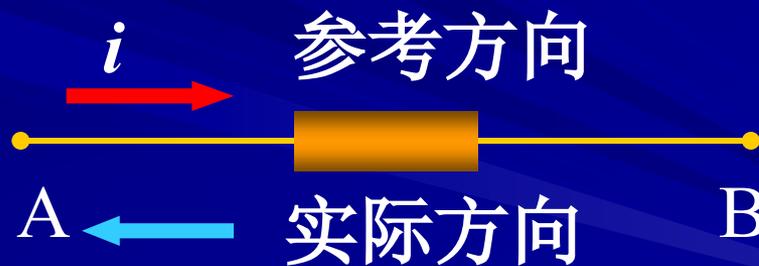
 表明 电流(代数量)

{ 大小
方向(正负)

电流的参考方向与实际方向的关系:



$i > 0$



$i < 0$

3. 与电流有关的几个名词

恒定电流:

量值和方向均不随时间变化的电流，称为**恒定电流**，简称为**直流**(dc或DC)，一般用符号 I 表示。

时变电流:

量值和方向随时间变化的电流，称为**时变电流**，一般用符号 i 表示。时变电流在某一时刻 t 的值 $i(t)$ ，称为**瞬时值**。

交流电流:

量值和方向作周期性变化且平均值为零的时变电流，称为**交流电流**，简称为**交流**(ac或AC)。

三、电压

1、实际方向：

高电位指向低电位的方向,电位真正降低的方向。

 **问题** 在复杂电路或交变电路中，两点间电压的实际方向往往不易判别，给实际电路问题的分析、计算带来困难。

2、参考方向：

任意选定一个方向作为电压的方向。当电压的参考方向和它的实际方向**一致**时，电压为**正值**；

反之，当电压的参考方向和它的实际方向**相反**时，电压为**负值**。

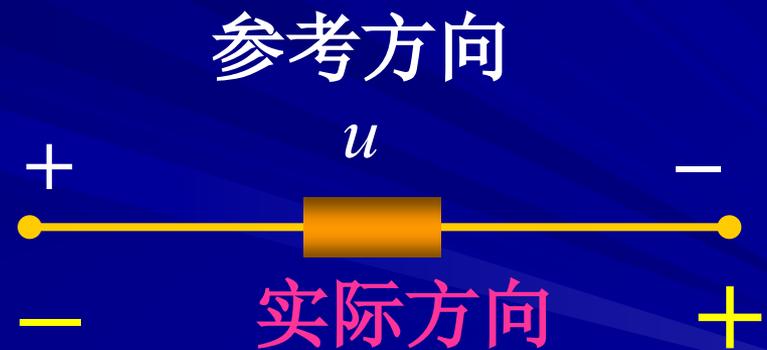
● 电压(降)的参考方向



假设高电位指向低电位的方向。



$$u > 0$$



$$u < 0$$

3.电压参考方向的三种表示方式:

(1) 用箭头表示(本书不用)



(2) 用正、负极性表示:

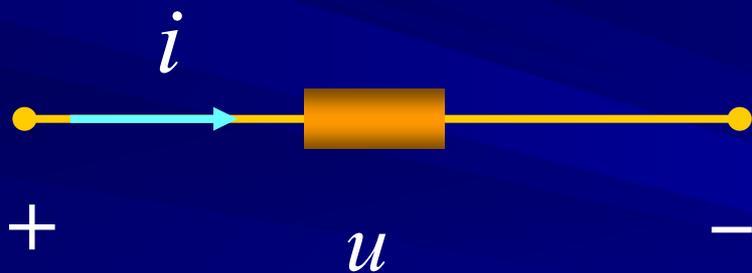


(3) 用双下标表示:

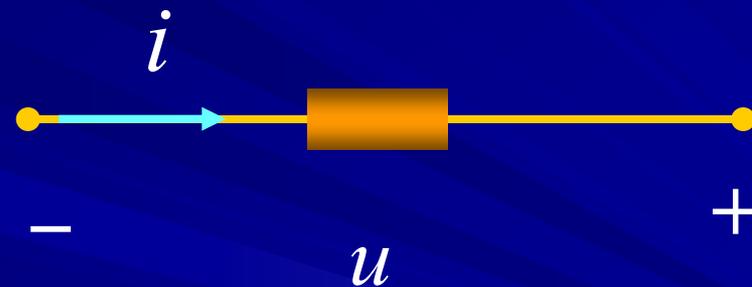


四、关联参考方向

元件或支路的 u , i 采用相同的参考方向称为关联参考方向。反之, 称为非关联参考方向。

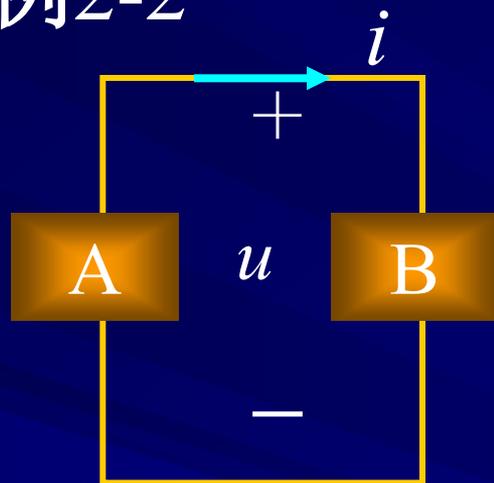


关联参考方向



非关联参考方向

例2-2



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

解 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。

1-3 电功率和能量

1. 电功率 \longrightarrow 单位时间内电场力所作的功。

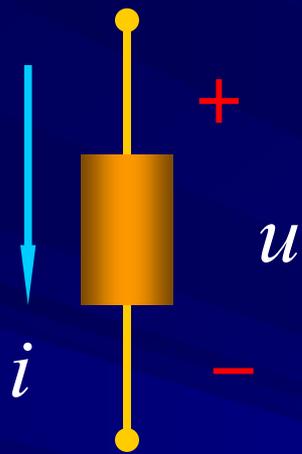
$$p = \frac{dw}{dt} \quad u = \frac{dw}{dq} \quad i = \frac{dq}{dt}$$

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

功率的单位：W（瓦[特]）

能量的单位：J（焦[耳]）

2. 电路吸收或发出功率的判断

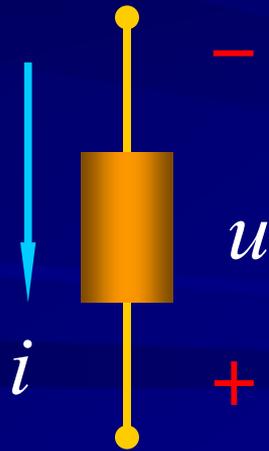


● u, i 取关联参考方向

$p = ui$ 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)



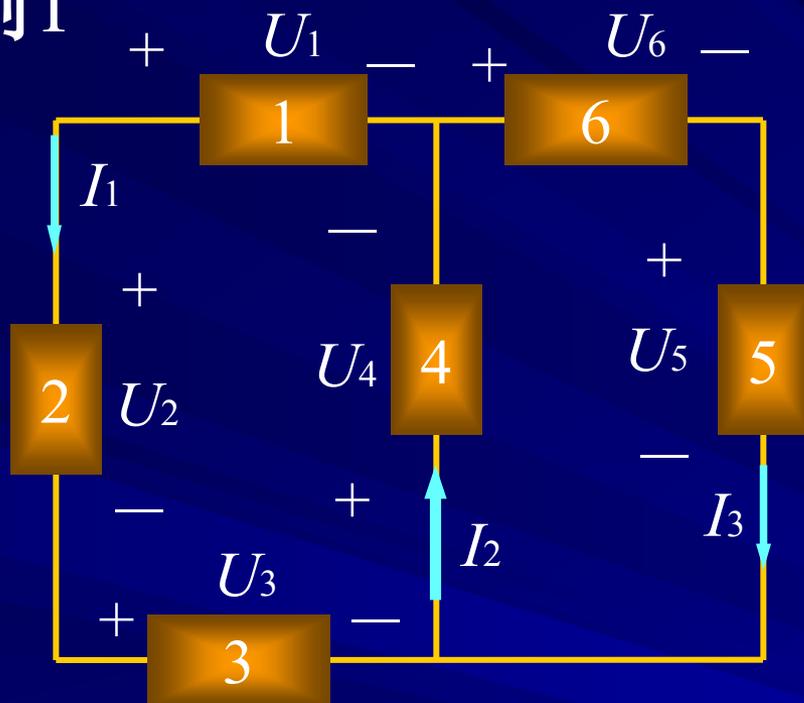
● u, i 取非关联参考方向

$p = ui$ 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)

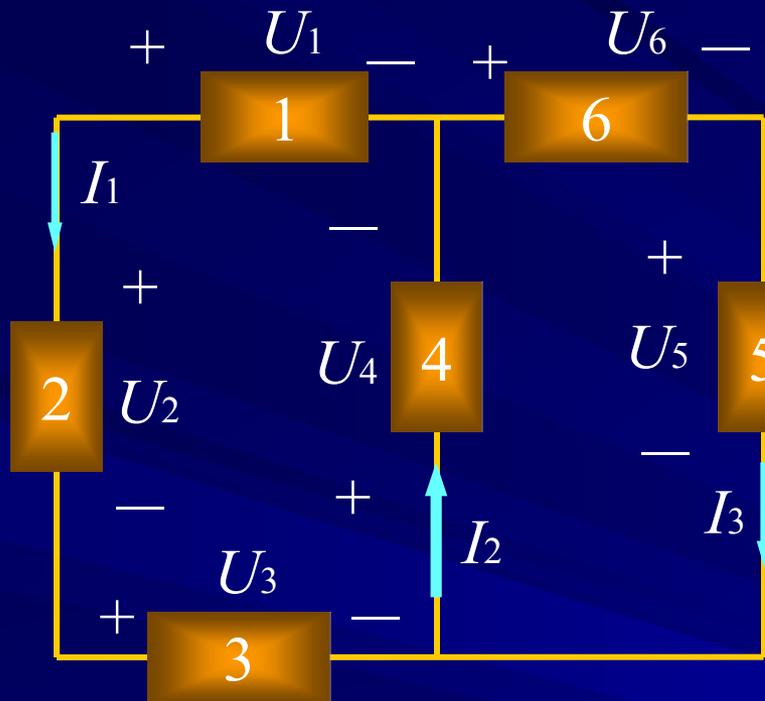
例1



求图示电路中各方框所代表的元件吸收或发出的功率。

已知： $U_1=1\text{V}$, $U_2=-3\text{V}$, $U_3=8\text{V}$, $U_4=-4\text{V}$,
 $U_5=7\text{V}$, $U_6=-3\text{V}$, $I_1=2\text{A}$, $I_2=1\text{A}$, $I_3=-1\text{A}$ 。

解



$$P_1 = U_1 I_1 = 1 \times 2 \text{ W} = 2 \text{ W} \quad (\text{非关联, 发出})$$

$$P_2 = U_2 I_1 = (-3) \times 2 \text{ W} = -6 \text{ W} \quad (\text{吸收})$$

$$P_3 = U_3 I_1 = 8 \times 2 \text{ W} = 16 \text{ W} \quad (\text{吸收})$$

$$P_4 = U_4 I_2 = (-4) \times 1 \text{ W} = -4 \text{ W} \quad (\text{吸收})$$

$$P_5 = U_5 I_3 = 7 \times (-1) \text{ W} = -7 \text{ W} \quad (\text{吸收})$$

$$P_6 = U_6 I_3 = (-3) \times (-1) \text{ W} = 3 \text{ W} \quad (\text{吸收})$$

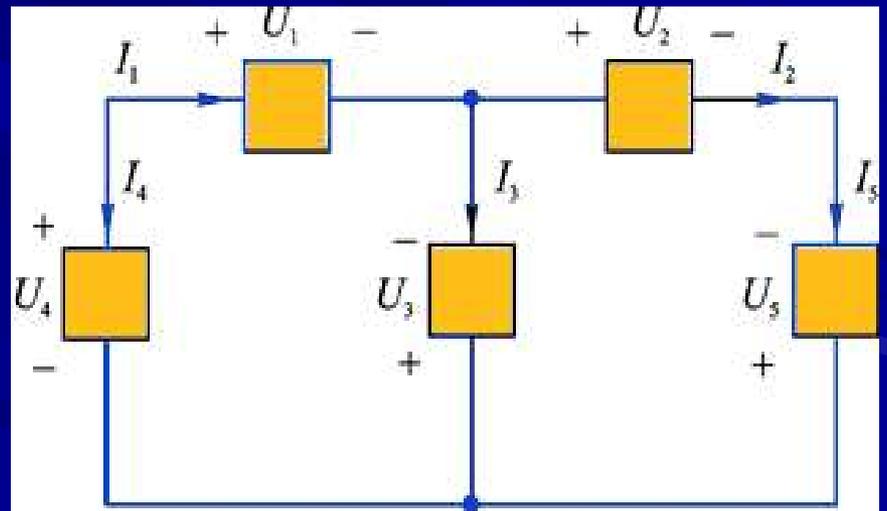


注意

对一完整的电路, 满足: 发出的功率 = 吸收的功率

课堂练习

- 在图所示电路中，已知 $U_1 = 1\text{ V}$ ， $U_2 = -6\text{ V}$ ， $U_3 = -4\text{ V}$ ， $U_4 = 5\text{ V}$ ， $U_5 = -10\text{ V}$ ， $I_1 = 1\text{ A}$ ， $I_2 = -3\text{ A}$ ， $I_3 = 4\text{ A}$ ， $I_4 = -1\text{ A}$ ， $I_5 = -3\text{ A}$ 。试求各元件的功率，并判断实际吸收还是发出功率。



- $P_1 = U_1 I_1 = 1 \times 1 = 1 \text{ W}$ (吸收功率1 W)
- $P_2 = U_2 I_2 = (-6) \times (-3) = 18 \text{ W}$ (吸收功率18 W)
- $P_3 = -U_3 I_3 = -(-4) \times 4 = 16 \text{ W}$ (吸收功率16W)
- $P_4 = U_4 I_4 = 5 \times (-1) = -5 \text{ W}$ (发出功率5 W)
- $P_5 = -U_5 I_5 = -(-10) \times (-3) = -30 \text{ W}$ (发出功率30W)

1-4 电路元件

1. 电路元件

→ 是电路中最基本的组成单元。

5种基本的理想电路元件：

电阻元件：表示消耗电能的元件。

电感元件：表示产生磁场，储存磁场能量的元件。

电容元件：表示产生电场，储存电场能量的元件。

电压源和电流源：表示将其他形式的能量转变成电能的元件。



注意 如果表征元件端子特性的数学关系式是线性关系，该元件称为线性元件，否则称为非线性元件。

2. 集总参数电路

→ 由集总元件构成的电路

集总元件 → 假定发生的电磁过程都集中在元件内部进行。

集总条件 → $d \ll \lambda$

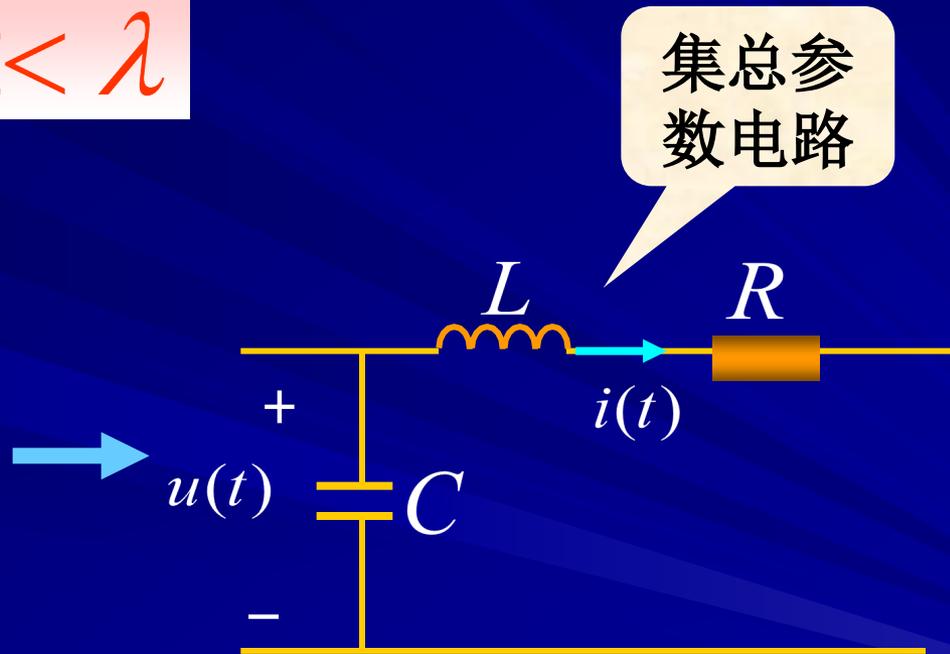
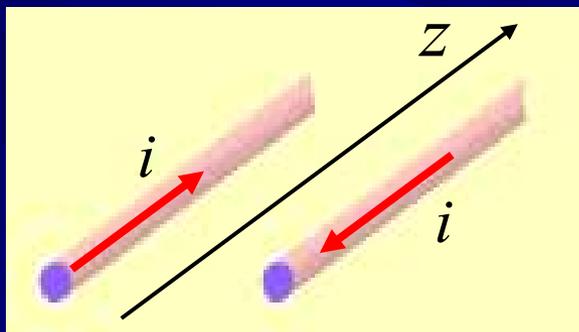


注意 集总参数电路中 u 、 i 可以是时间的函数，但与空间坐标无关。因此，任何时刻，流入两端元件一个端子的电流等于从另一端子流出的电流；端子间的电压为确定值。

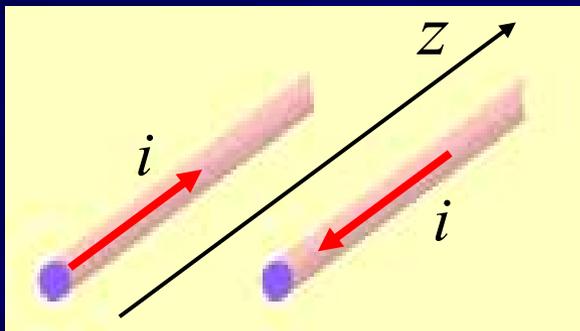
例 两线传输线的等效电路。

当两线传输线的长度 l 与电磁波的波长满足：

$$l \ll \lambda$$



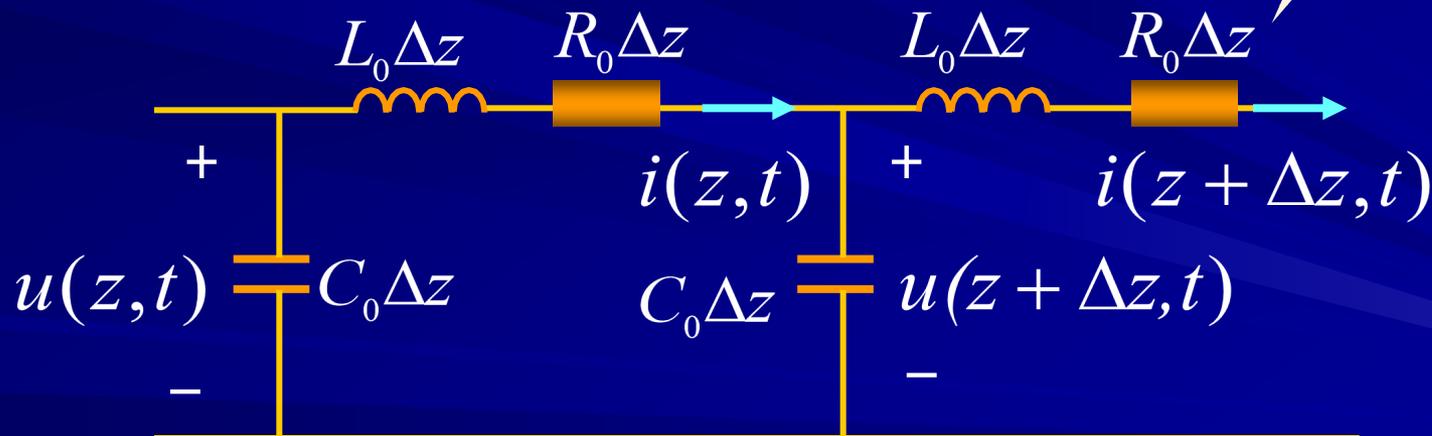
当两线传输线的长度 l 与电磁波的波长满足：



$$l \approx \lambda$$

分布参数电路

等效电路为：



二、电路元件的分类

1、按与外部连接的端子数目

二端元件、三端元件、四端元件

2、从是否源分

有源元件、无源元件

3、从性质关系

线性元件、非线性元件

4、和时间关系

时变元件、时不变元件

1-5 电阻元件

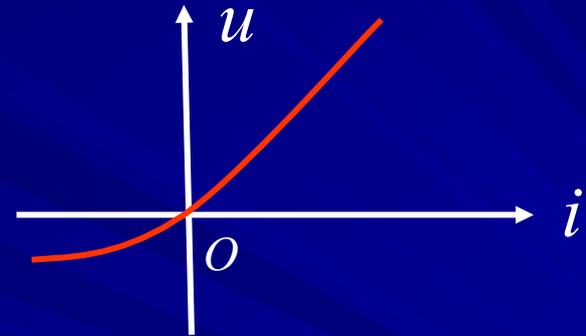
1. 定义

电阻元件

对电流呈现阻力的元件。其特性可用 $u - i$ 平面上的一条曲线来描述：

$$f(u, i) = 0$$

伏安特性



2. 线性时不变电阻元件

任何时刻端电压与电流成正比的电阻元件。

R

● 电路符号



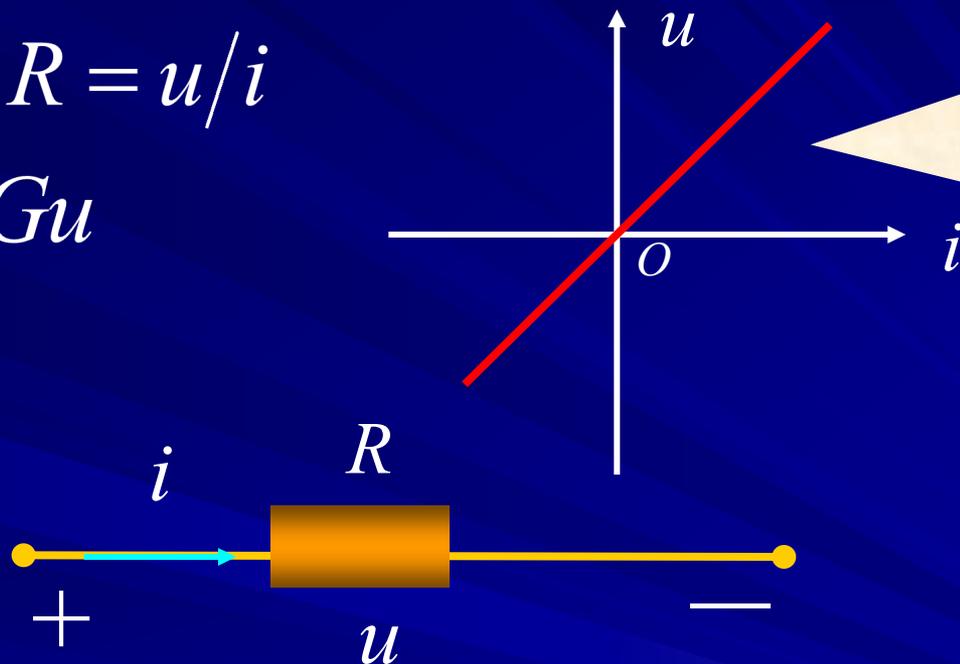
- u - i 关系

满足欧姆定律

$$u = Ri \quad R = u/i$$

$$i = u/R = Gu$$

u 、 i 取关联参考方向



伏安特性曲线为一条过原点的直线

- 单位

R 称为电阻，单位： Ω (欧[姆])

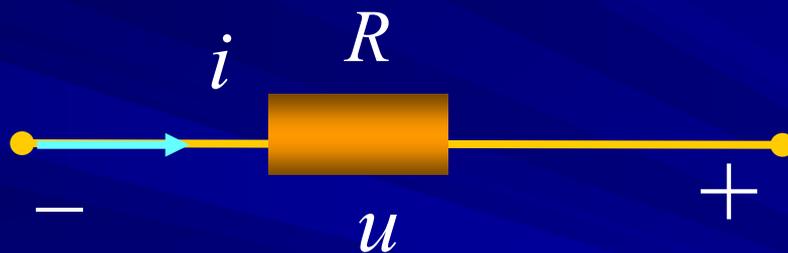
G 称为电导， $G=1/R$ 单位： S (西[门子])



注意

欧姆定律

- ①只适用于线性电阻(R 为常数)。
- ②如电阻上的电压与电流参考方向非关联,公式中应冠以负号。
- ③说明线性电阻是无记忆、双向性的元件。

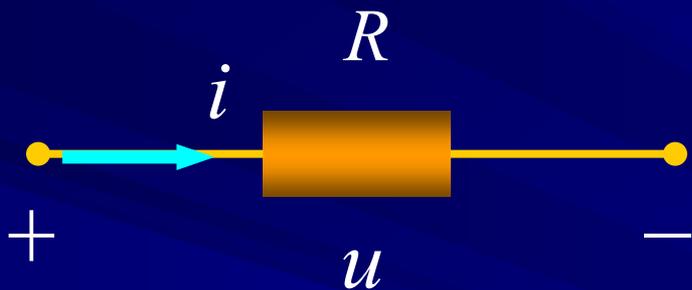


则欧姆定律写为 $u = -R i$ $i = -G u$

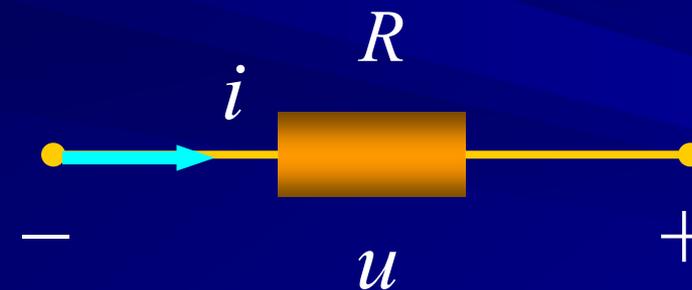
公式和参考方向必须配套使用!

3. 功率和能量

● 功率



$$p = u i = i^2 R = u^2 / R$$

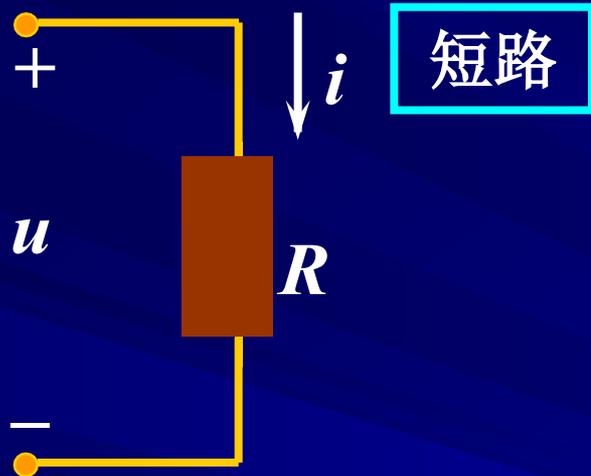


$$p = u i = (-R i) i \\ = -i^2 R = -u^2 / R$$



表明 电阻元件在任何时刻总是吸收功率的。

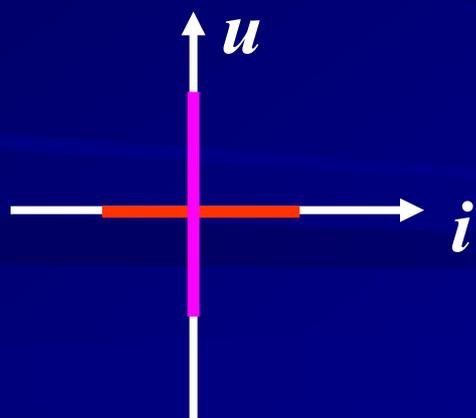
4. 电阻的开路与短路



线性电阻元件的电流无论为何值时，其两端电压均为零。

$$i \neq 0 \quad u = 0$$

→ $R = 0 \quad or \quad G = \infty$

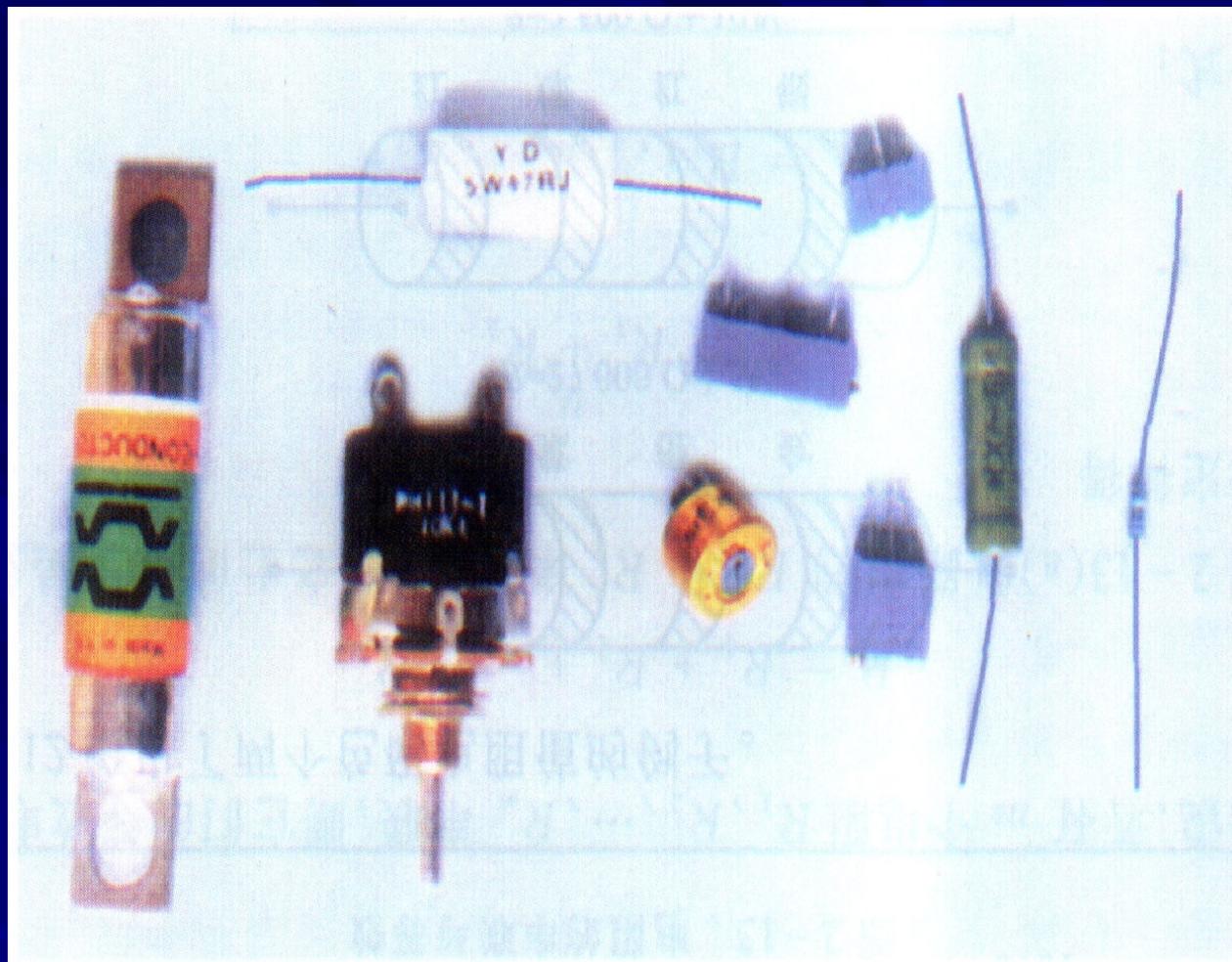


开（断）路

线性电阻元件的端电压无论为何值时，其电流均为零。

$$i = 0 \quad u \neq 0$$

→ $R = \infty \quad or \quad G = 0$



实际电阻器

1-6 电压源和电流源

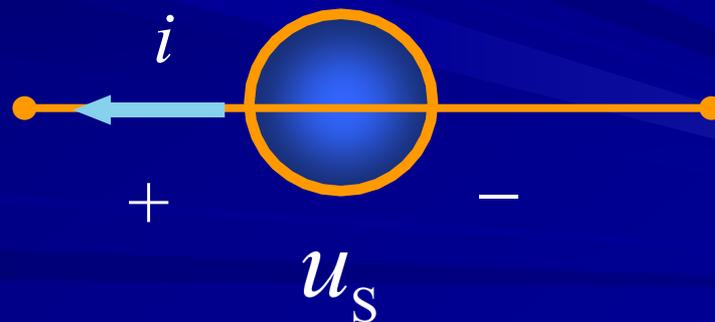
1. 理想电压源

● 定义



理想电压源简称电压源，是一个二端元件；输出的电压恒定，与外接的电路无关，与流过它的电流 i 无关的元件叫理想电压源。

● 电路符号



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/498051143001006076>