

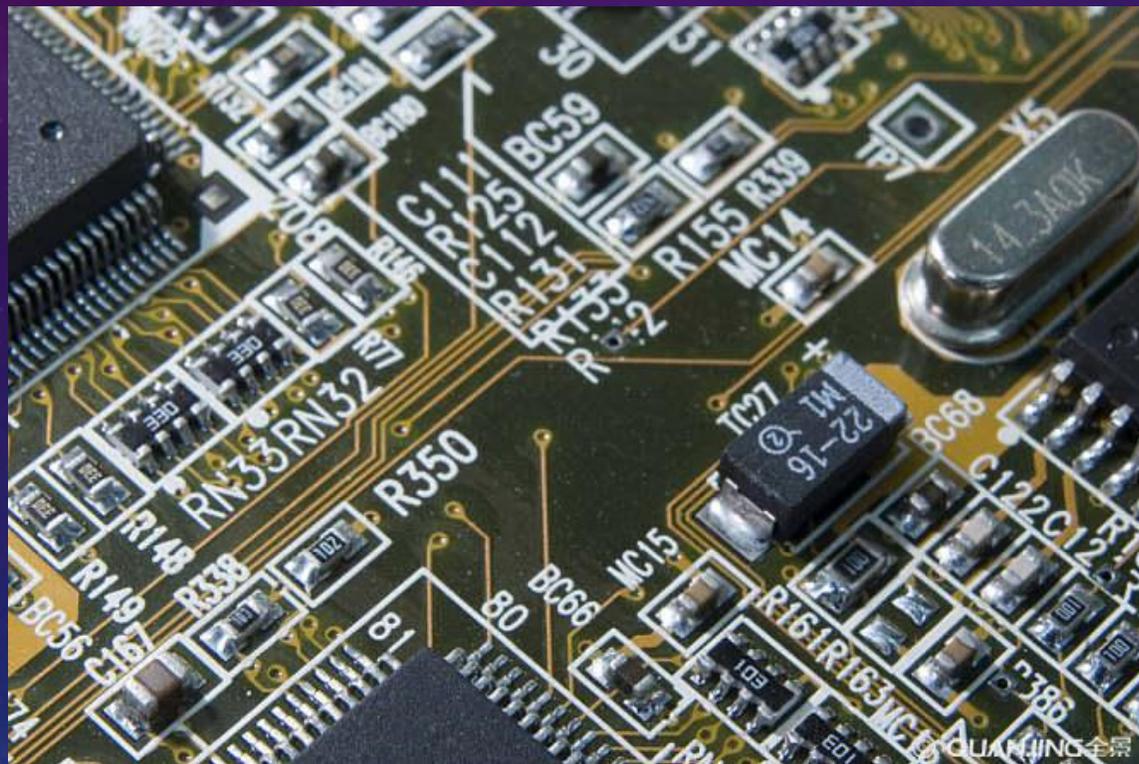
The background is a dark blue gradient with a technical theme. On the left side, there are several circular gauges and scales. One large gauge has a scale from 140 to 260 in increments of 10. Other smaller gauges and scales are scattered around, some with arrows indicating direction. The overall aesthetic is clean and professional, typical of a technical or engineering presentation.

# 电工技术

机电工程学院

授课人：温立宇

# 第1单元：电路分析基础（1）-电路的基本概念及其参数



# 电路是日常生活的必需品

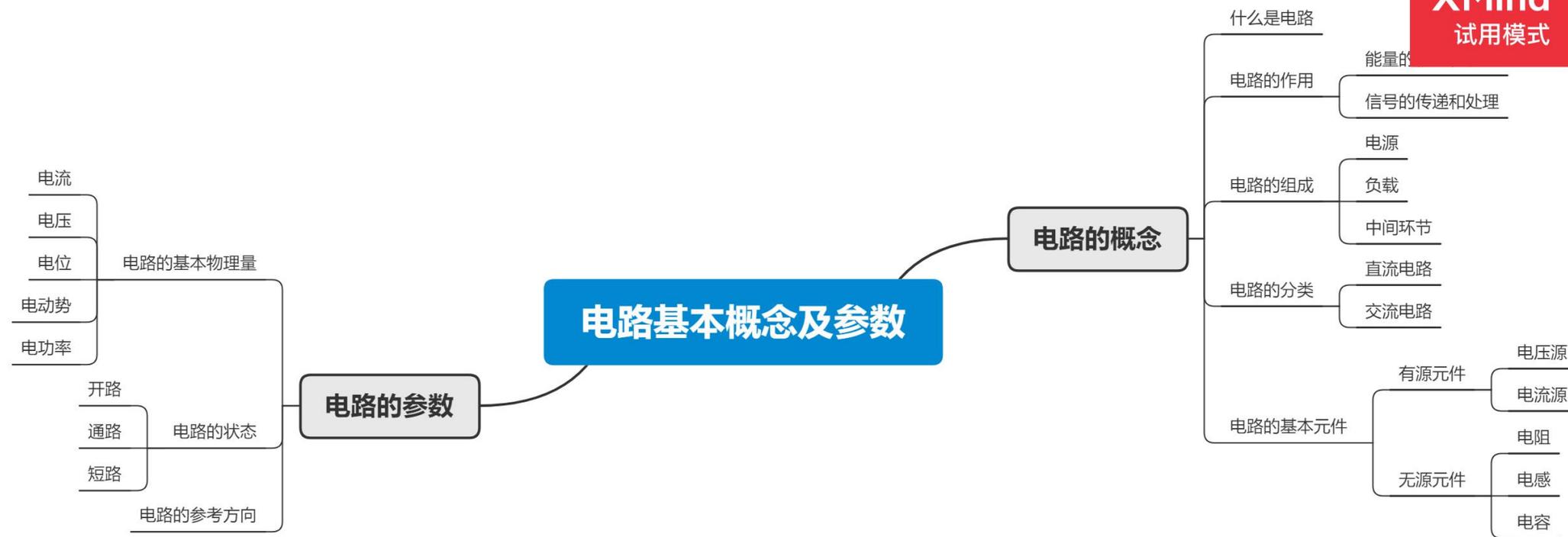


# 电路三问

- 电路是什么？
- 为什么电路能实现功能？
- 有哪些典型电路？它们怎么用？

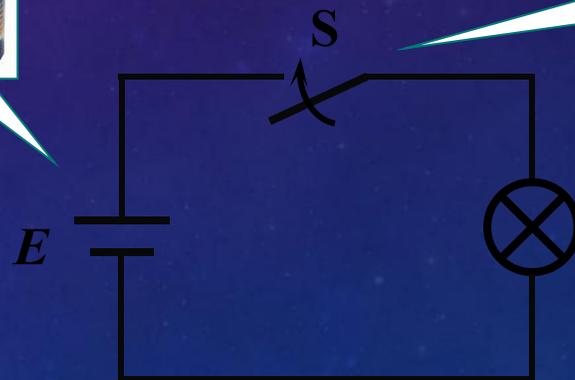
# 学习大纲

XMind  
试用模式



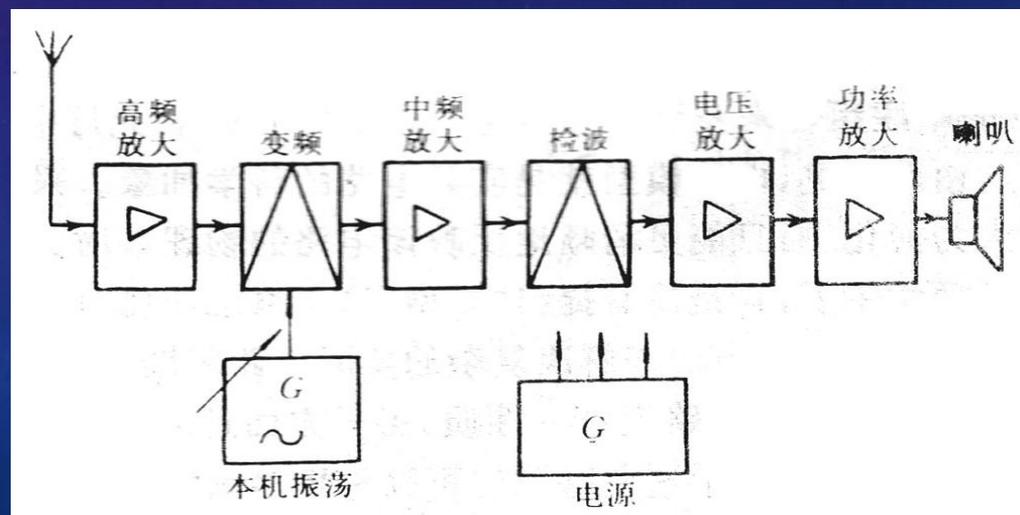
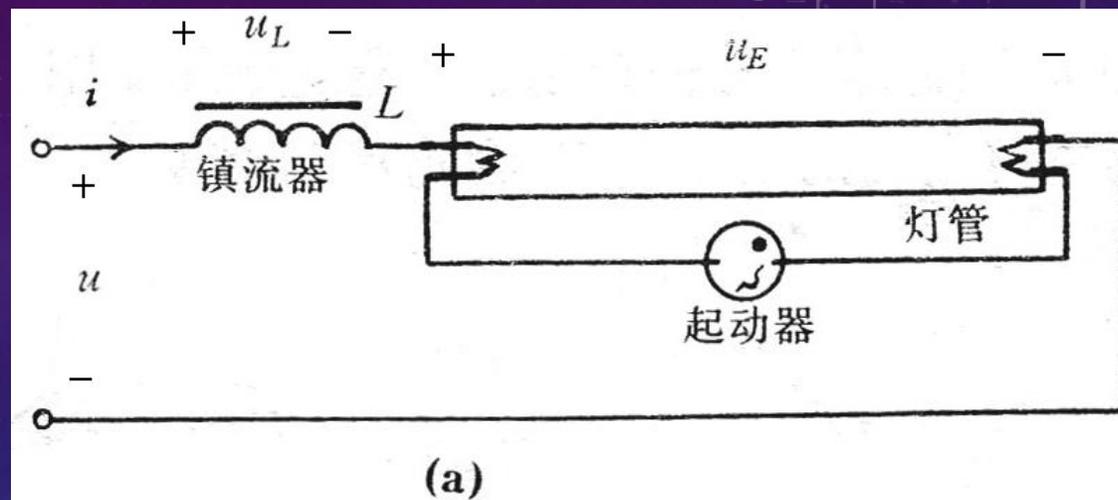
# 1.1 电路的概念

- 什么是电路？
- 电路就是**电流流通**的路径。
- 是由某些**元、器件**为完成**一定功能**、按一定方式组合后的总称。
- 总结：人们为了实现自己的目的，将有关电路器件用导线联接起来后构成的电流通路就叫做电路。
- 为了便于理论研究，揭示电路的内在规律，将实际电路中的各种元件按其主要物理性质分别用一些理想电路元件来表示时所构成的电路图，称为**电路模型**。
- 理想电路元件：只反映某一种能量转换过程的元件，是对实际元件在一定条件下进行科学抽象而得到的。



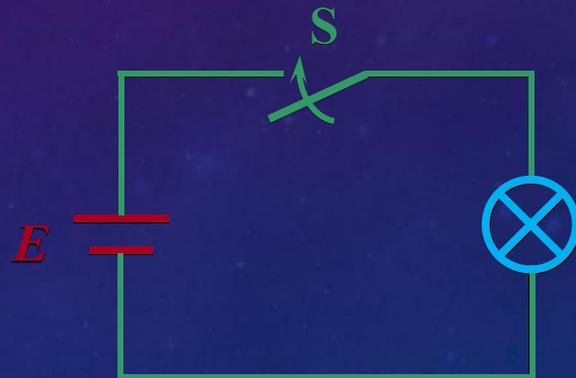
## 1.2 电路的作用

- 上图中所示的日光灯电路能把电能转换为光能，这类电路由于**电压较高，电流和功率较大**，习惯上常称为“**强电**”电路
- 下图中所示广播电台发送的无线电信号转换成声音重放出来，这类电路通常**电压较低，电流和功率较小**，习惯上常称为“**弱电**”电路。
- 电路的作用是：**电能**的传输和转换（强电电路）；实现**信号**的传递和处理（弱电电路）



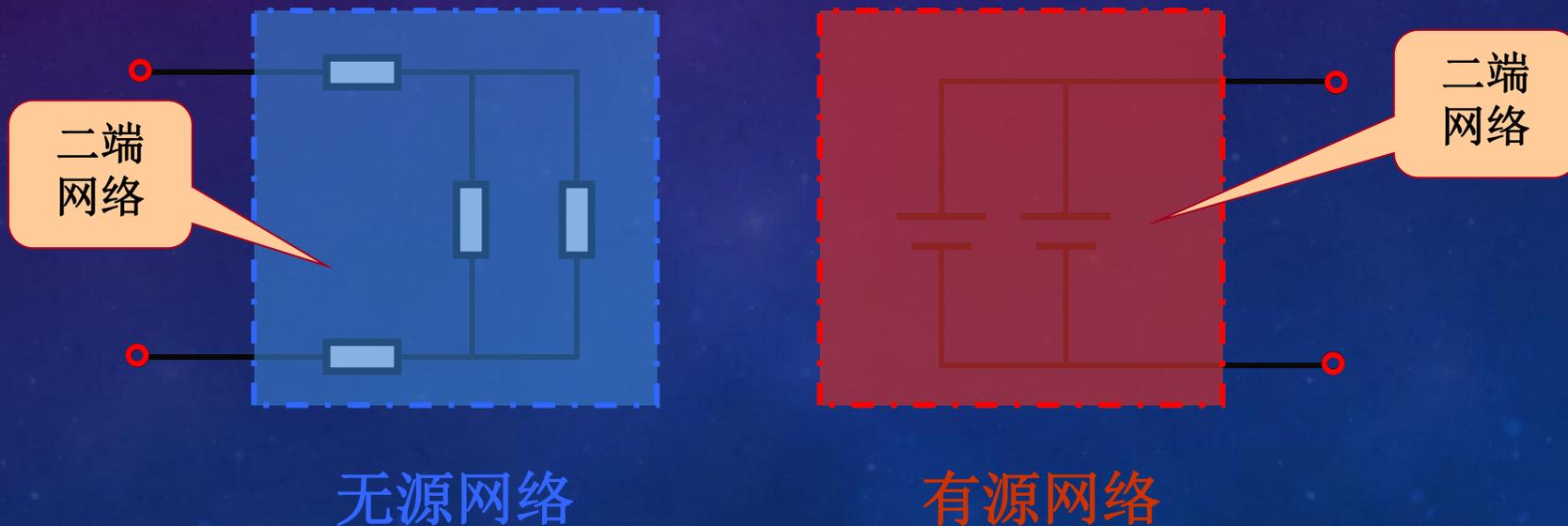
## 1.3 电路的组成

- **电源**：将非电形态的能量转换为电能。
- **负载**：将电能转换为非电形态的能量。
- **中间环节**：起沟通电路和输送电能的作用。



## 1.4 电路的分类

- 当电路中的电流是不随时间变化的直流电流时，这种电路称为**直流电路**。
- 当电路中的电流是随时间按正弦规律变化的交流电流时，这种电路称为**交流电路**。
- 从电源来看，电源本身的电流通路称为**内电路**，电源以外的电流通路称为**外电路**。

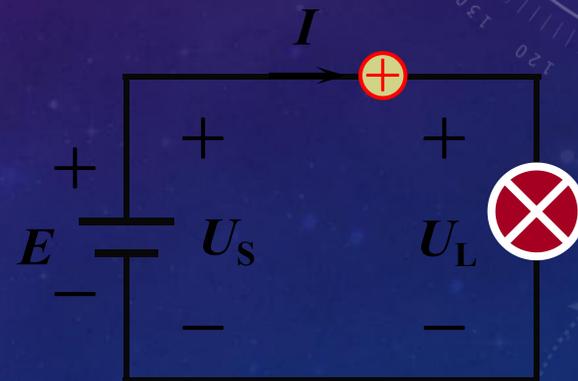


# 1.5 电路的基本物理量

- **电流**
- 单位时间里通过导体任一横截面的电量叫做电流强度，简称电流
- 电流符号为*I*，单位是安培（A），简称“安”
- 电流的实际方向：规定为**正电荷**运动的方向。

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (\text{A})$$

$$I = \frac{Q}{t}$$



# 1.5 电路的基本物理量

- **电位**

- 电场力将单位正电荷从电路的某一点移至参考点时所消耗的电能。

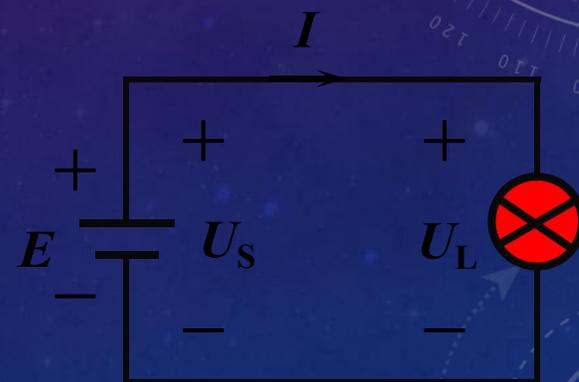
- 参考点的电位为零。

- 直流电路中电位用  $v$  表示，单位为伏[特]（V）。

- 参考点的选择：

- ① 选大地为参考点： 

- ② 选元件汇集的公共端或公共线为参考点： 



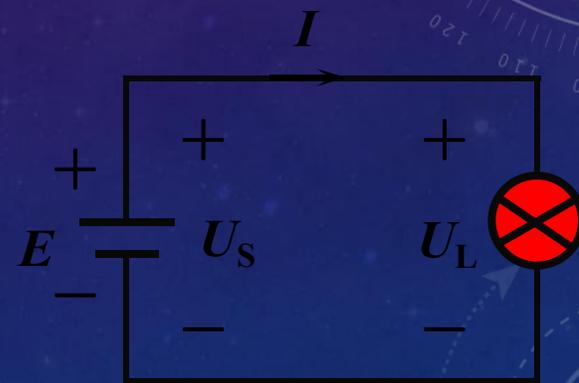
# 1.5 电路的基本物理量

## • 电压

- 电场力将单位正电荷从电路的某一点移至另一点时所消耗的电能。
- 电压就是电位差。
- 直流电路中电压用  $U$  表示，单位为伏[特] ( $V$ )。
- $U_S$  是电源两端的电压， $U_L$  是负载两端的电压。
- 电压的方向规定为从**高电位**指向**低电位**的方向。

## • 电动势

- 电源中的局外力（非电场力）将单位正电荷从**电源负极**移至**电源正极**时所转换而来的电能称为电源的电动势。
- 符号： $\mathcal{E}$  或  $\mathcal{e}$ ，单位： $V$ 。
- 电动势的实际方向：由低电位指向高电位。



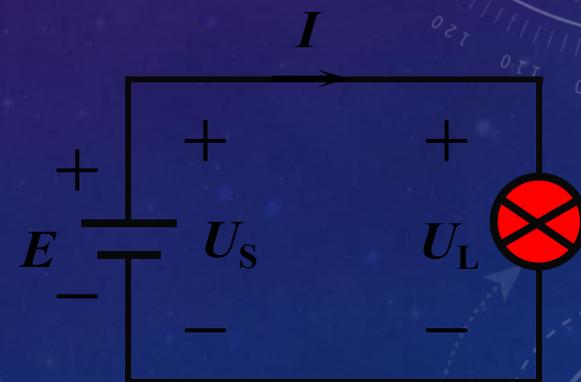
# 1.5 电路的基本物理量

- **电功率**

- 单位时间内所转换的电能。
- 符号： $P$ （直流电路），单位： $W$
- 电源产生的功率： $P_E = E I$
- 电源输出的功率： $P_{U_S} = U_S I$
- 负载取用的功率： $P_L = U_L I$

- **电能**

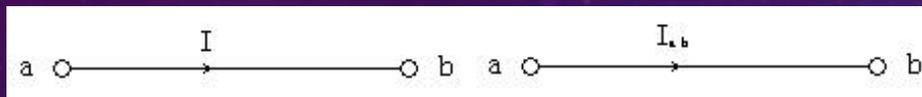
- 在时间  $t$  内转换的电功率称为电能： $W = P t$
- 符号： $W$ （直流电路），单位： $J$
- 单位转换：千瓦时（ $kW \cdot h$ ）
- 1 千瓦时为 1 度电， $1 kW \cdot h = 3.6 \times 10^6 J$ 。



## 1.6 物理量的参考方向

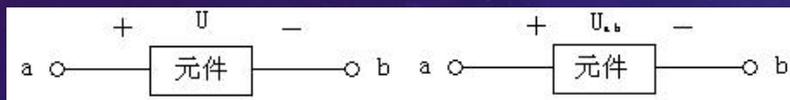
各物理量方向的表示方法

电流:



- (1) 箭头（图中表示电流的方向由a到b）
- (2) 双下标，如 $I_{ab}$ ，表示电流的方向由a到b
- (3) 结合使用

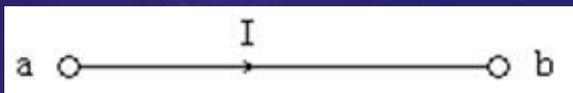
电压:



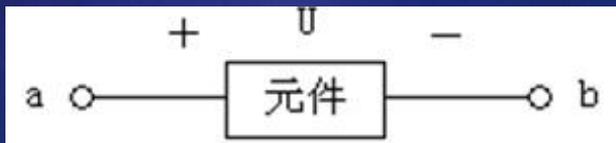
- (1) “+”、“-”号（图中表示电压的方向由a到b）
- (2) 双下标，如 $U_{ab}$ ，表示电压的方向由a到b
- (3) 结合使用

## 1.6 物理量的参考方向

- 参考方向:
- **任意**选取一个方向作为计算的参考标准, 则这个所选的方向称为参考方向。
- 当实际方向与参考方向**一致**时, 该物理量定为**正值**; **相反**时定为**负值**。



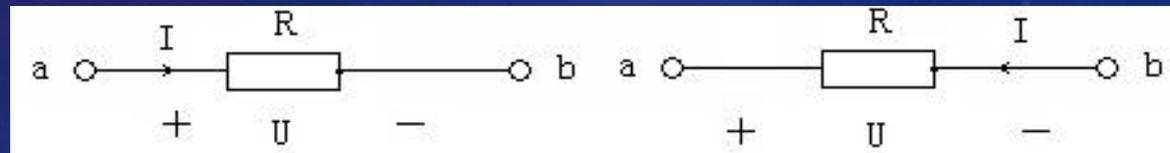
在图中如果I的方向为参考方向, 若 $I=2\text{A}$ , 则I的实际方向如何?



在图中U的方向为参考方向, 若 $U=-2\text{V}$ , 则U的实际方向如何?

## 1.6 物理量的参考方向

- 电路中所标注的各物理量的方向都指的是参考方向
- 在计算电压电流时，**必须：先标参考方向，后计算的原则。**
- **关联参考方向：元件上电压电流的参考方向选为一致时，称电压电流为关联参考方向。**
- 欧姆定律的两种表达式：有了参考方向的概念后，欧姆定律就有两种表达式。其中图（a） $U=IR$ ；图（b）中 $U=-IR$ 。



(a)

(b)

## 1.7 功率的计算

**电功率**：该元件两端的电压与通过该元件电流的乘积

$$P = UI$$

如果电压和电流都是时**变量**时，**瞬时功率**写成

$$p = ui$$

电压的单位为伏特（V）、电流的单位为安培（A）  
时，功率的单位为瓦特（W）。

## 1.7 功率的计算

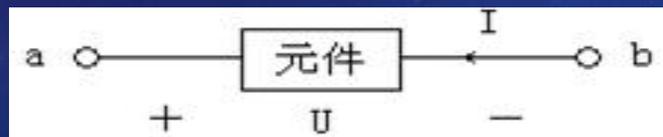
元件上的电功率有**发出**和**吸收**两种可能。

(1) 当电流、电压取关联的参考方向时



$$P = UI \quad \text{或} \quad p = ui$$

(2) 当电流、电压取非关联的参考方向时



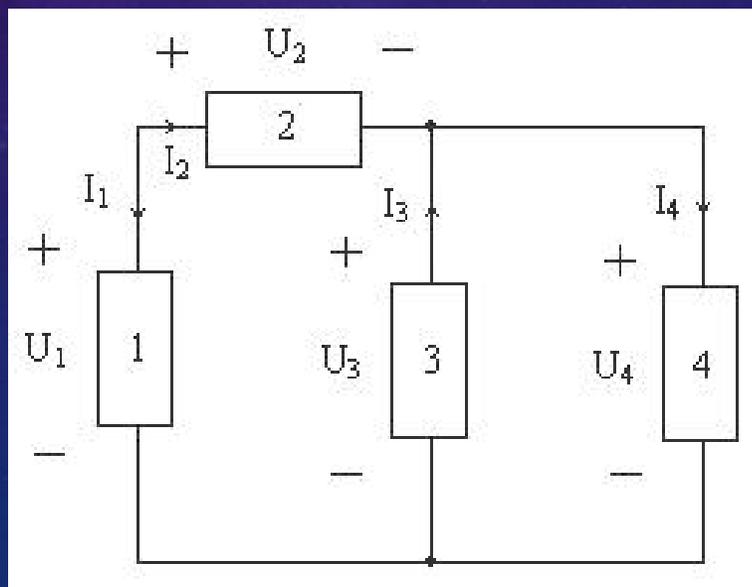
$$P = -UI \quad \text{或} \quad p = -ui$$

如果 $P > 0$  (或 $p > 0$ ) 时，表示元件**吸收功率**，是**负载**

如果 $P < 0$  (或 $p < 0$ ) 时，表示元件**发出功率**，是**电源**

## 1.7 功率的计算

- 如图所示各元件电流和电压的参考方向，已知 $U_1=3\text{V}$ ， $U_2=5\text{V}$ ， $U_3=U_4=-2\text{V}$ ， $I_1=-I_2=-2\text{A}$ ， $I_3=1\text{A}$ ， $I_4=3\text{A}$ 。试求各元件的功率，并指出是吸收还是发出功率？是电源还是负载？整个电路的总功率是否满足功率守恒定律？



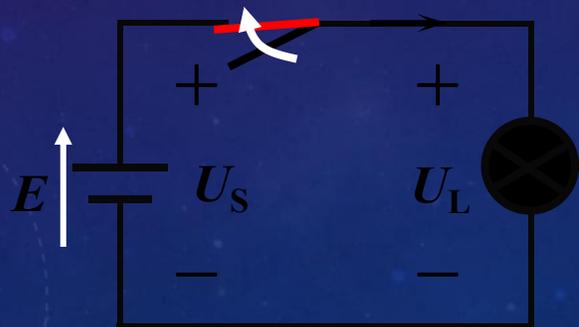
## 1.7 功率的计算

- 根据各元件上电流和电压的参考方向可得各元件的功率为
- 元件1:  $P_1 = U_1 I_1 = 3 \times (-2) = -6\text{W}$  (发出功率为电源)
- 元件2:  $P_2 = U_2 I_2 = 5 \times 2 = 10\text{W}$  (吸收功率为负载)
- 元件3:  $P_3 = -U_3 I_3 = -(-2) \times 1 = 2\text{W}$  (吸收功率为负载)
- 元件4:  $P_4 = U_4 I_4 = (-2) \times 3 = -6\text{W}$  (发出功率为电源)
  
- 电路的总功率:  $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 0$  (功率守恒)

# 1.8 电路的状态

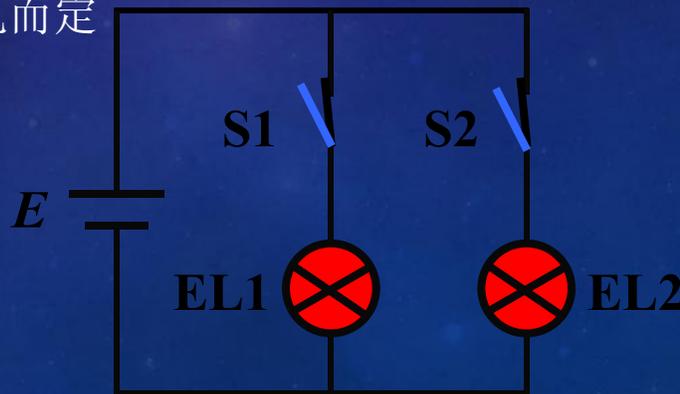
## • 通路

- 当电源与负载接通，电路中有电流及能量的输送和转换。电路的这一状态称为通路。
- 通路时，电源向负载输出电功率，电源这时的状态称为**有载**或称电源处于**负载**状态。
- 各种电气设备在工作时，其电压、电流和功率都有一定的限额，这些限额是用来表示它们的正常工作条件和工作能力的，称为电气设备的额定值。



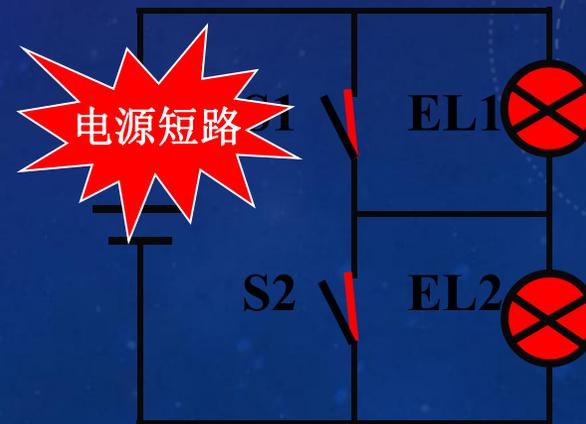
## • 开路

- 当某一部分电路与电源断开，该部分电路中没有电流，亦无能量的输送和转换，这部分电路所处的状态称为开路。
- 电源既不产生也不输出电功率，电源这时的状态称为**空载**。
- 开路的特点：
  - 开路处的电流等于零
  - 开路处的电压应视电路情况而定

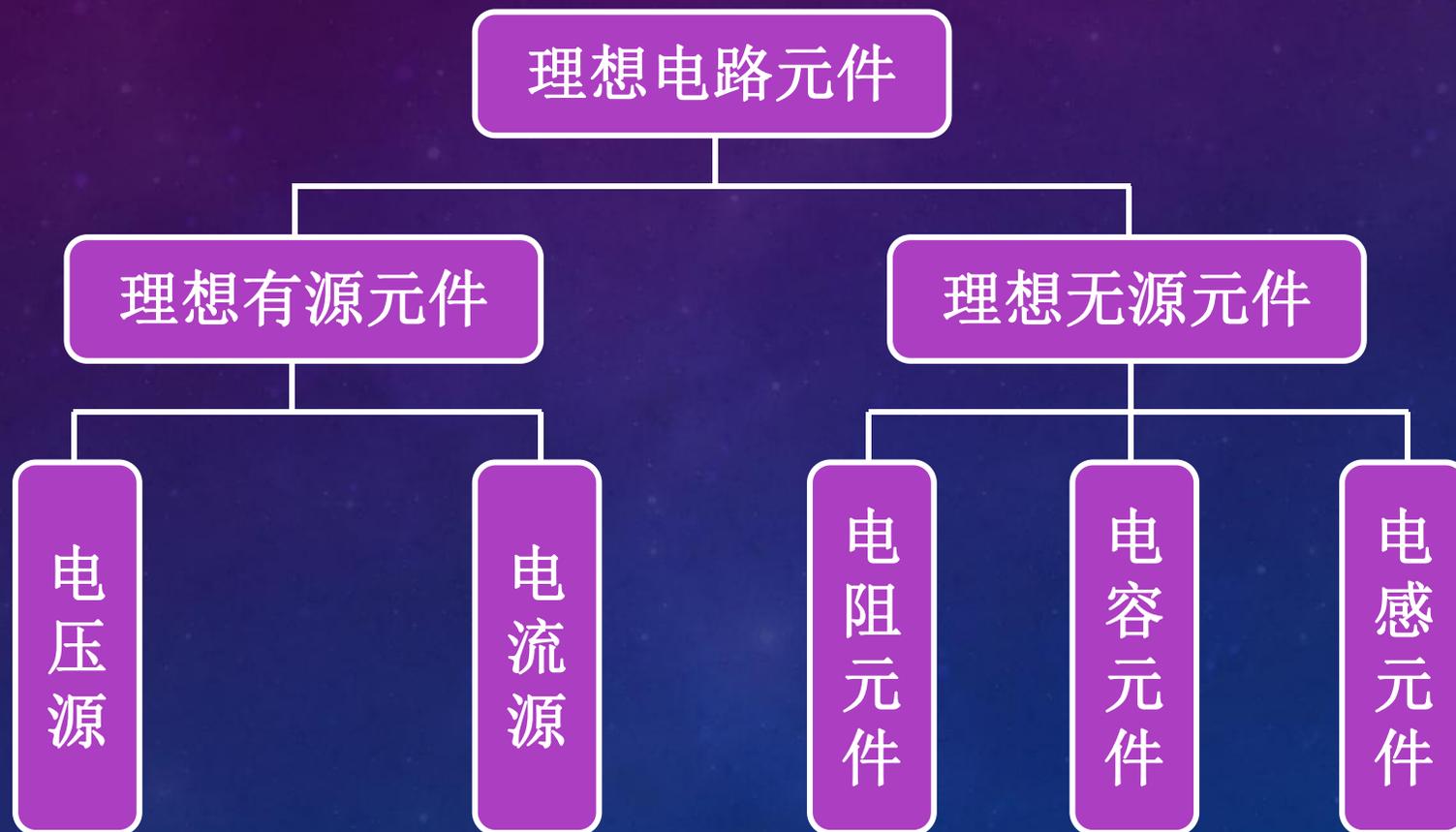


## • 短路

- 当某一部分电路的两端用电阻可以忽略不计的导线或开关连接起来，使得该部分电路中的电流全部被导线或开关所旁路，这一部分电路所处的状态称为短路或短接。
- 短路的特点：
  - 短路处的电压等于零
  - 短路处的电流应视电路情况而定

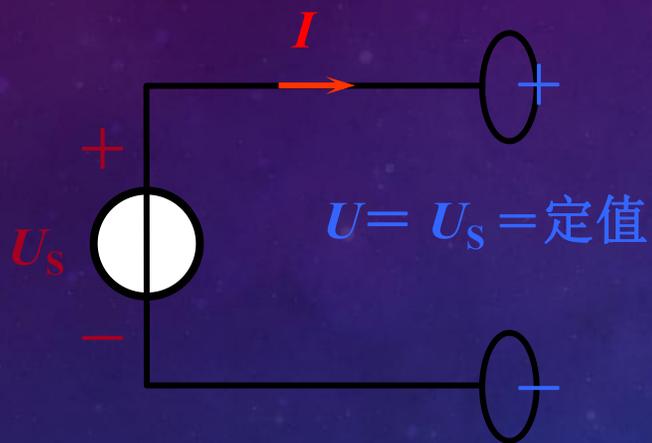


## 1.9 电路中的元件



# 一、理想有源元件

1. 电压源 可提供一个固定的电压  $U_S$ ，称为源电压。

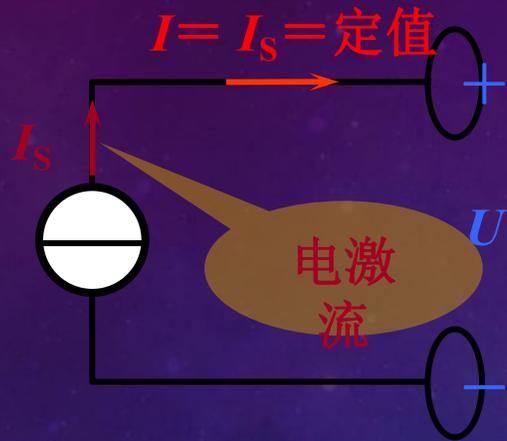


电压源的特点：

输出电压  $U$  等于源电压  $U_S$ ，是由其本身所确定的定值，与输出电流和外电路的情况无关。

输出电流  $I$  不是定值，与输出电压和外电路的情况有关。

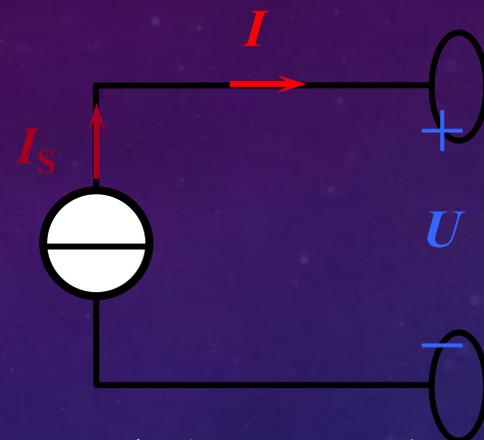
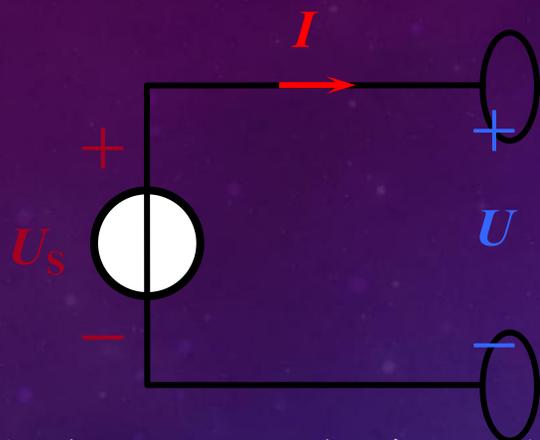
2. 电流源 可提供一个固定的电流  $I_S$ ，称为源电流。



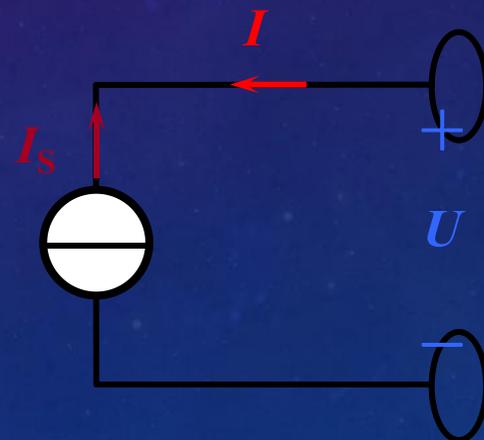
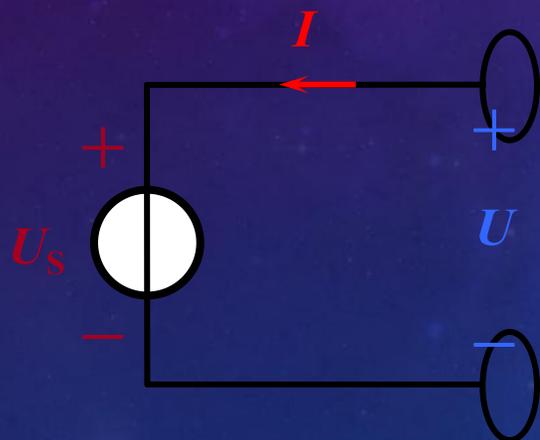
电流源的特点：

输出电流  $I$  等于源电流  $I_S$ ，是由其本身所确定的定值，与输出电压和外电路的情况无关。

输出电压  $U$  不是定值，与输出电流和外电路的情况有关。



当电压源和电流源的电压和电流实际方向如上图时，它们输出（产生）电功率，起电源作用。



当电压源和电流源的电压和电流实际方向如上图时，它们取用（消耗）电功率，起负载作用。

## 二、理想无源元件

### 电阻元件

当电路的某一部分只存在电能的消耗而没有电场能和磁场能的储存，这一部分电路可用电阻元件来代替。

$$R = \frac{u}{i} \quad (\Omega)$$

线性电阻与非线性电阻

电阻消耗的功率

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$



在图示直流电路中，已知  $U_S=3\text{ V}$ ， $I_S=3\text{ A}$ ， $R=1\ \Omega$ 。求：

(1) 电压源的电流和电流源的电压；

(2) 讨论电路的功率平衡关系。

**[解]** (1) 由于电压源与电流源串联

$$I=I_S=3\text{ A}$$

根据电流的方向可知

$$\begin{aligned} U &= U_S + RI_S \\ &= (3 + 1 \times 3)\text{ V} = 6\text{ V} \end{aligned}$$

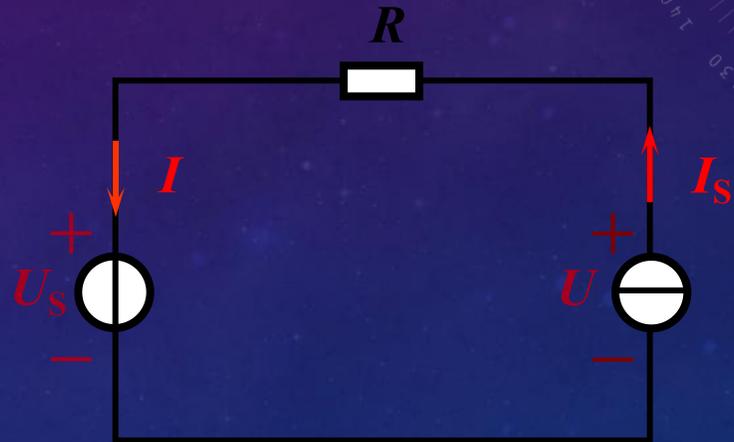
**(2) 功率平衡关系**

电压源吸收电功率： $P_L = U_S I = (3 \times 3)\text{ W} = 9\text{ W}$

电流源发出电功率： $P_O = UI_S = (6 \times 3)\text{ W} = 18\text{ W}$

电阻  $R$  消耗的电功率： $P_R = RI_S = (1 \times 3^2)\text{ W} = 9\text{ W}$

功率平衡： $P_O = P_L + P_R$



# 总结

XMind  
试用模式

