


A decorative vertical strip on the left side of the slide. It features a dark green, textured background with two yellow lotus flowers. A small cross symbol is visible in the top left corner of the strip.

第1章

直流电路

A faint, light-colored illustration of a lotus flower and its leaves, positioned in the bottom right background of the slide.

第1章 直流电路

1.1 电路与电路模型

1.2 电流,电压,电位

1.3 电功率

1.4 电阻元件

1.5 电压源与电流源

1.6 基尔霍夫定律

1.7 简单的电阻电路

1.8 支路电流分析法

1.9 节点电位分析法

1.10 叠加原理

1.11 等效电源定理

1.12 含受控电源的电阻电路

电路的基本概念

电路的基本
分析方法

1.3 电功率

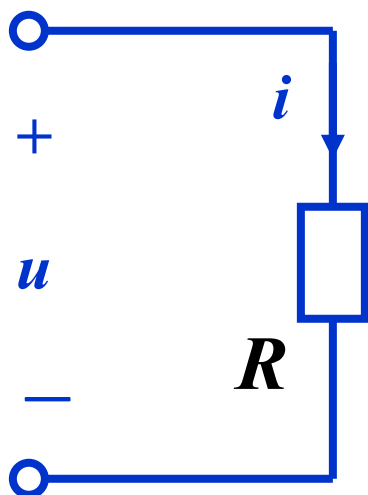
电能 (W)

$$U = \frac{W}{Q}$$

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

$$\left. \begin{array}{l} U = \frac{W}{Q} \\ I = \frac{Q}{t} \end{array} \right\} \underline{W = UQ = UI t} = \underbrace{I^2 R t}_{R \text{ 必须是线性电阻}} = \frac{U^2}{R} t$$

焦耳 (J)



电功率 (P) \longrightarrow 衡量元件提供或消耗电能的能力
 \longrightarrow 单位时间内元件所提供或消耗的电能

$$P = \frac{W}{t} = \frac{UI t}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad \text{瓦特 (W)}$$

例如：灯泡 25W、40W 等

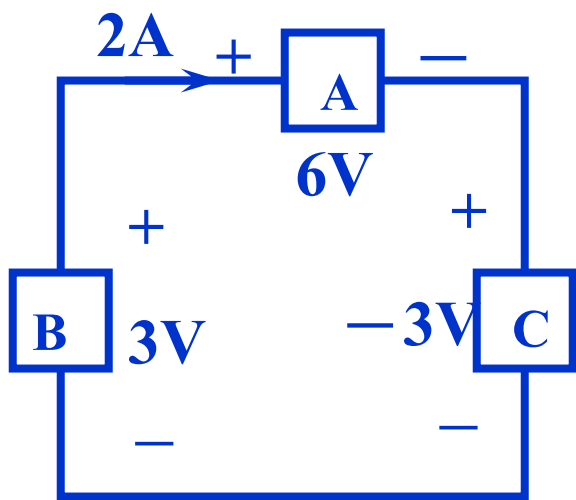
1度电 = 1千瓦 \times 1小时 \longrightarrow 电能单位

※ 应用：利用功率的计算来判断一个元件的性质 电源或负载

当 U 和 I 参考方向相同 $P=UI$
当 U 和 I 参考方向相反 $P=-UI$

$P > 0 \rightarrow$ 消耗电能 \rightarrow 负载吸收
 $P < 0 \rightarrow$ 提供电能 \rightarrow 电源发出

[例] 图中有A、B和C三个元件。试判断各元件是吸收或发出功率。



$$\text{关联 } P_A = U_A I_A = 6 \times 2 = 12(\text{W})$$

消耗

$$\text{非关联 } P_B = -U_B I_B = -3 \times 2 = -6(\text{W})$$

提供

$$\text{关联 } P_C = U_C I_C = -3 \times 2 = -6(\text{W})$$

提供

整个电路：消耗总功率=提供总功率

例题用图

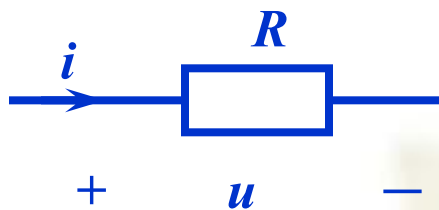
1.4 电阻元件

电路主要元件两大类：

1 电源：电压源、电流源

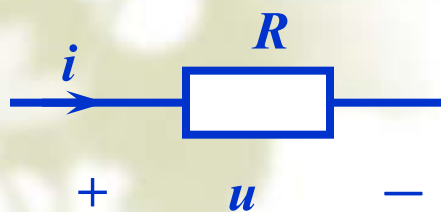
2 负载：电阻，电感、电容

电阻：用字母 R 既表示电阻元件，图形符号是一个矩形框，单位（欧姆、欧、 Ω ）。



电阻元件

按左图所示，电压与电流取**关联参考方向**，电压与电流之间满足**欧姆定律**：



线性电阻元件

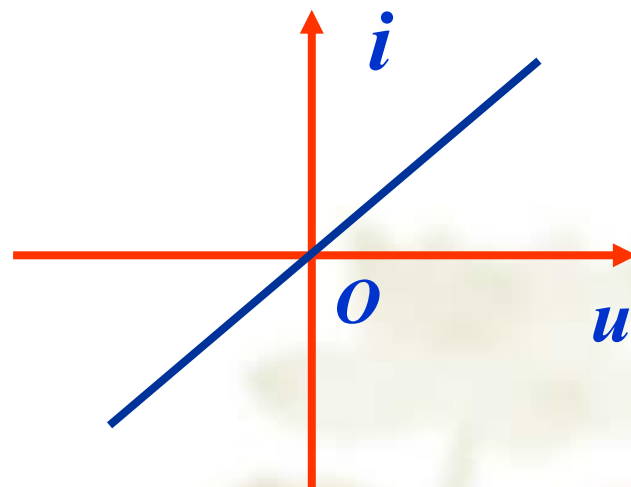
$$R = \frac{u}{i} \quad \text{或} \quad u = Ri$$

电导：电阻的倒数称为电导，用大写字母 **G** 表示。

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

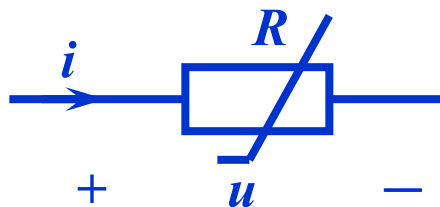
欧姆定律表示为

$$G = \frac{i}{u} \quad \text{或} \quad i = Gu$$



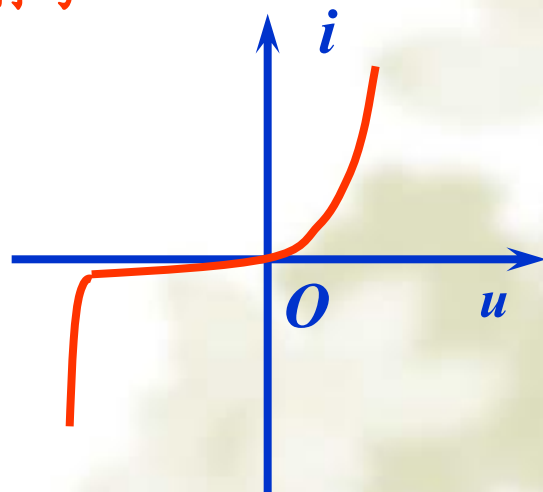
线性电阻的伏安特性 (VAR)

有的电阻元件不遵循欧姆定律，电压与电流的比值不是常数。伏安关系也就不是过原点的一条直线。这样的电阻称为**非线性电阻**。



非线性电阻的符号

非线性电阻的伏安关系不是过原点的一条直线。

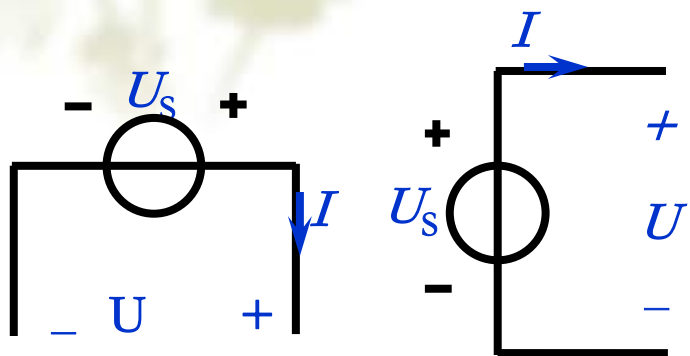


非线性电阻的伏安特性

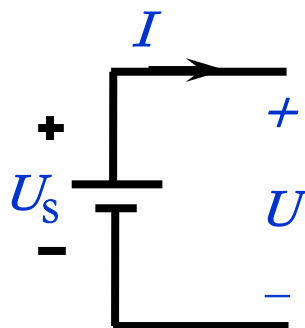
1.5 电压源与电流源

1.5.1 电压源

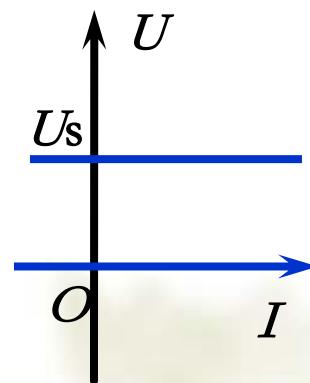
理想电压源简称恒压源



(a)

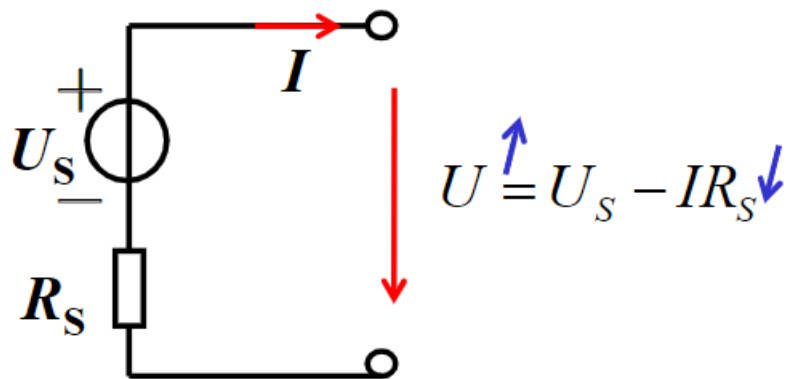


(b)



(c) 伏安特性

实际电压源带内阻

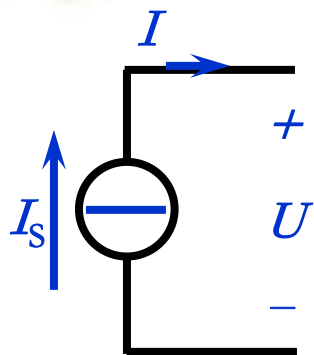
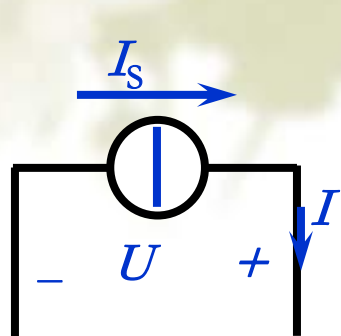


串联内阻 R_s 越小越好

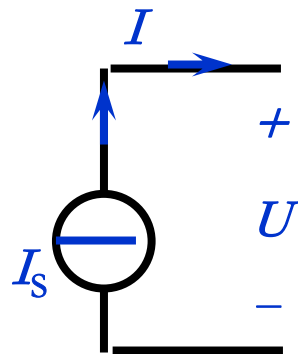
$R_s \downarrow = 0 \rightarrow$ 恒压源

1.5.2 电流源

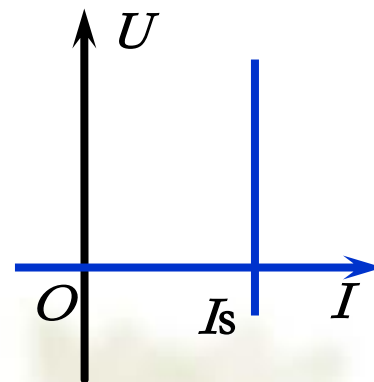
理想电流源简称恒流源



(a)

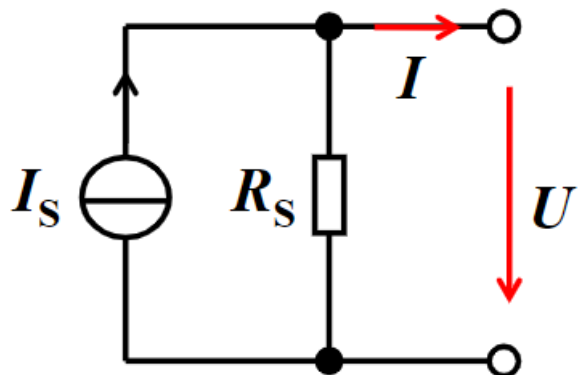


(b)



(c) 伏安特性

实际电流源带内阻



电流源 $I = I_s - \frac{U}{R_s}$

并联内阻 R_s 越大越好

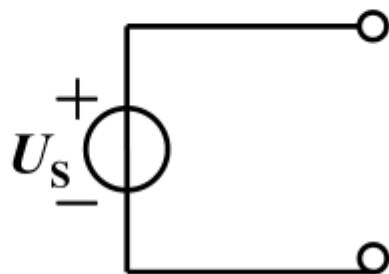
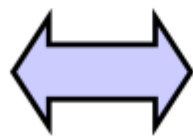
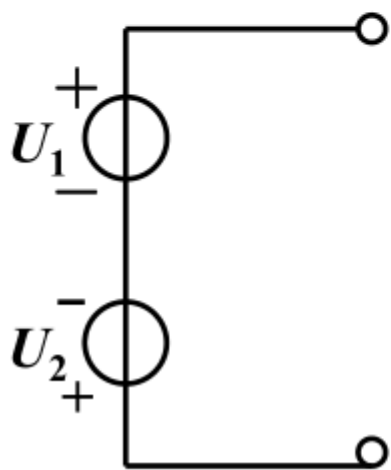
$R_s \rightarrow \infty \rightarrow$ 恒流源

三、理想电源的串并联化简

1、多个恒压源的串联 \longrightarrow 可以用一个等效的恒压源来代替

U_i 和 U_S 的参考方向相同，取 “+” $\longleftarrow U_S = \sum U_i$ (代数和)

U_i 和 U_S 的参考方向相反，取 “-”



$$U_S = U_1 + (-U_2)$$

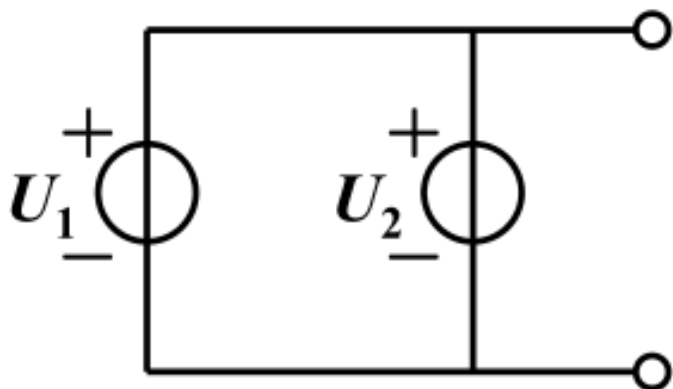
三、理想电源的串并联化简

1、多个恒压源的串联 \rightarrow 可以用一个等效的恒压源来代替

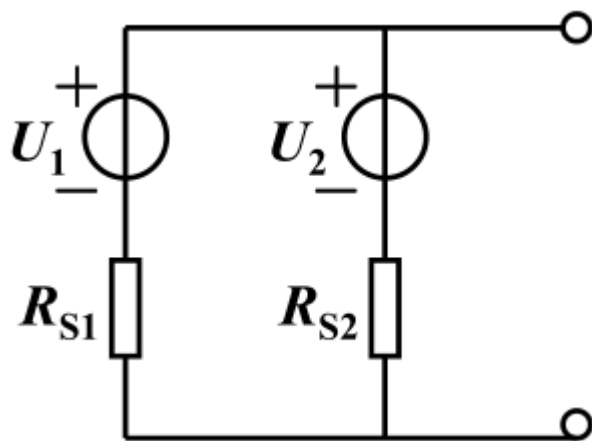
2、多个恒压源的并联



多个实际电压源的并联



除非 $U_1 = U_2$, 否则绝不允许



三、理想电源的串并联化简

1、多个恒压源的串联 \longrightarrow 可以用一个等效的恒压源来代替

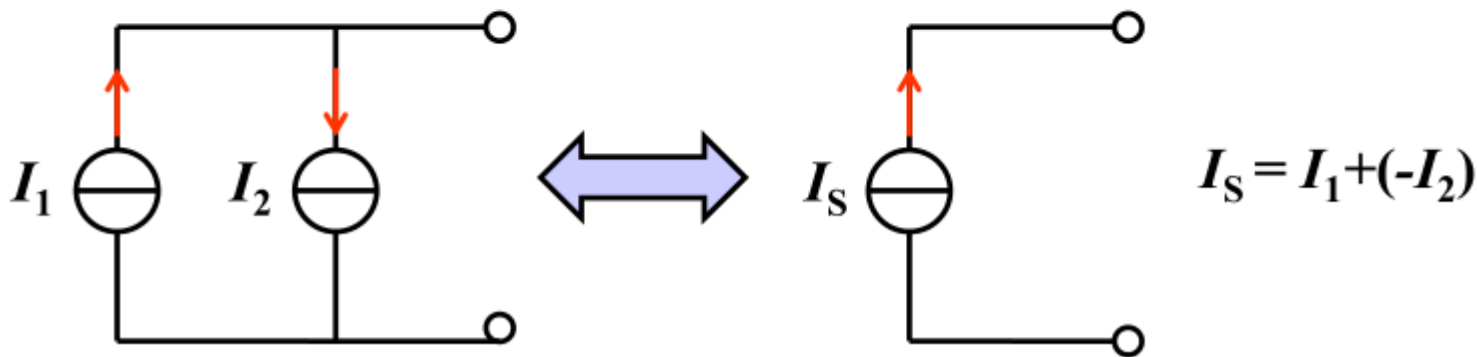
2、多个恒压源的并联 \times 多个实际电压源的并联 \checkmark

3、多个恒流源的并联 \longrightarrow 可以用一个等效的恒流源来代替

I_i 和 I_S 的参考方向相同，取 “+”

I_i 和 I_S 的参考方向相反，取 “-”

$$I_S = \sum I_i \quad (\text{代数和})$$



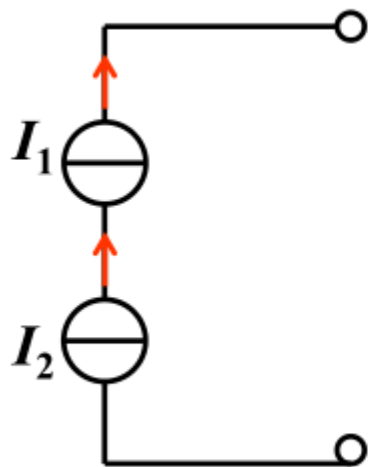
三、理想电源的串并联化简

1、多个恒压源的串联 \rightarrow 可以用一个等效的恒压源来代替

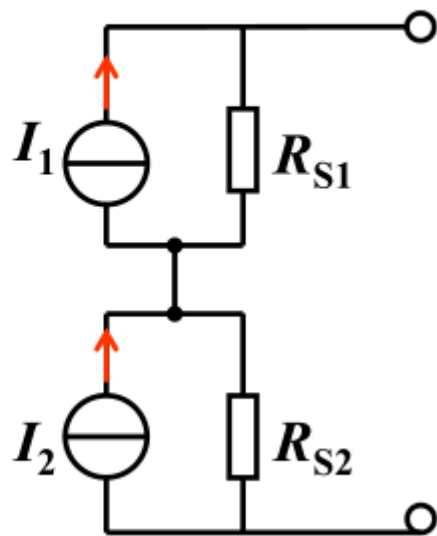
2、多个恒压源的并联 \times 多个实际电压源的并联 \checkmark

3、多个恒流源的并联 \rightarrow 可以用一个等效的恒流源来代替

4、多个恒流源的串联 \times 多个实际电流源的串联 \checkmark



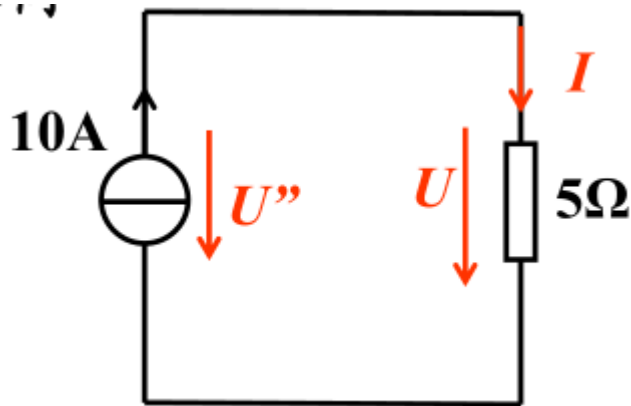
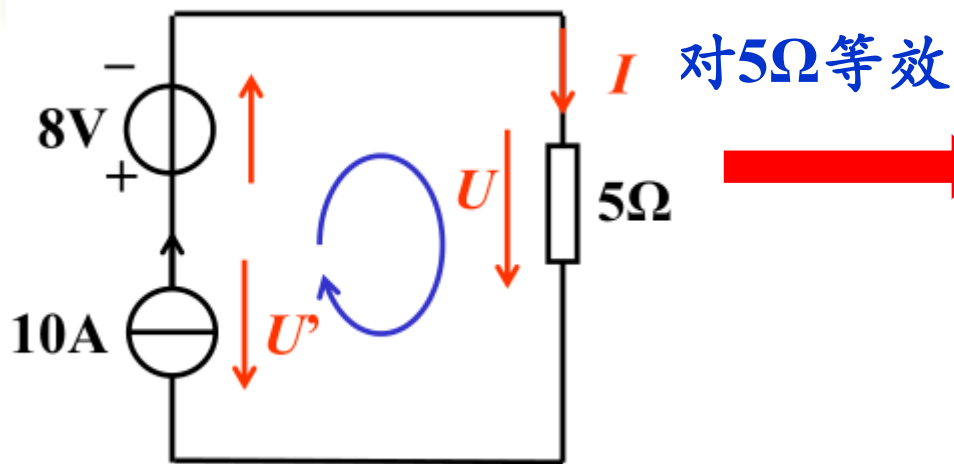
除非 $I_1=I_2$ ，否则绝不允许



三、理想电源的串并联化简

5、恒压源与恒流源的 串联

例题：求 I 、 U



$$I = 10\text{A} \quad U = I \times 5 = 50\text{V} \quad P_R = UI = 500\text{W}$$

两图中恒流源10A 提供的电压不同

$$50 - U' + 8 = 0 \longrightarrow U' = 58\text{V}$$

$$U'' = U = 50\text{V}$$

※等效变换对外电路而言等效，对内电路并不等效。

三、理想电源的串并联化简

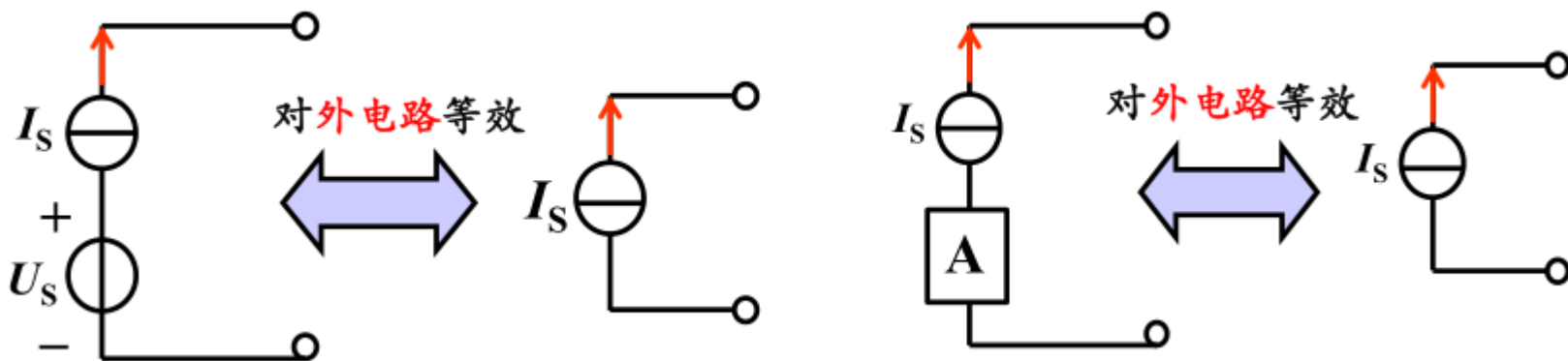
1、多个恒压源的串联 \rightarrow 可以用一个等效的恒压源来代替

2、多个恒压源的并联 \times 多个实际电压源的并联 \checkmark

3、多个恒流源的并联 \rightarrow 可以用一个等效的恒流源来代替

4、多个恒流源的串联 \times 多个实际电流源的串联 \checkmark

5、恒压源与恒流源的串联 \rightarrow 可以用一个恒流源等效



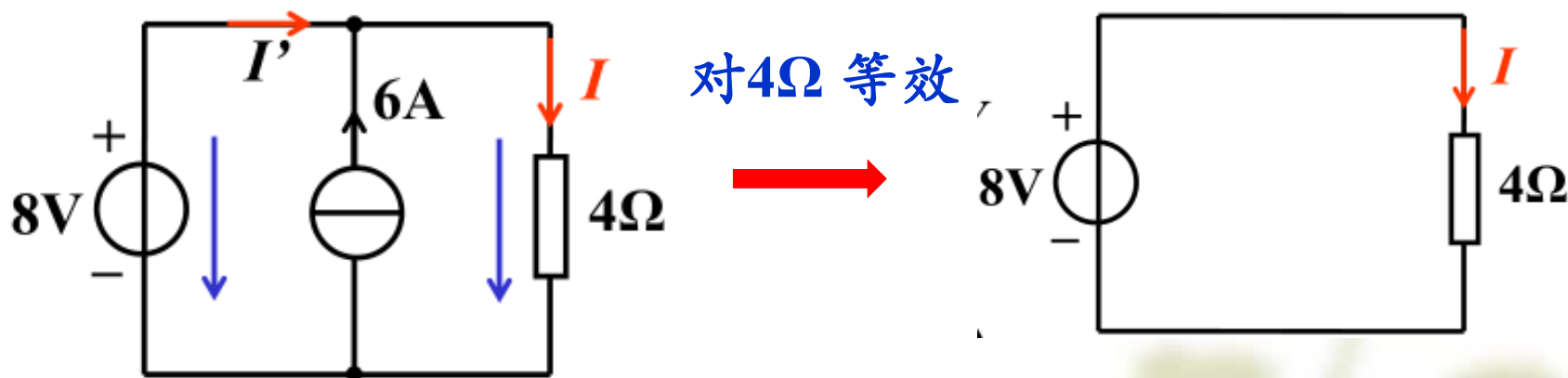
※等效变换对外电路而言等效，对内电路并不等效。

三、理想电源的串并联化简

6、恒压源与恒流源的 串联

例题：求 I

$$I = \frac{8}{4} = 2A$$



求 $I' = ?$ $I' + 6 = I \longrightarrow I' = -4A$

※ 等效变换对外电路而言等效，对内电路并不等效。

※ 内电路物理量必须回到原图求解

三、理想电源的串并联化简

1、多个恒压源的串联 \longrightarrow 可以用一个等效的恒压源来代替

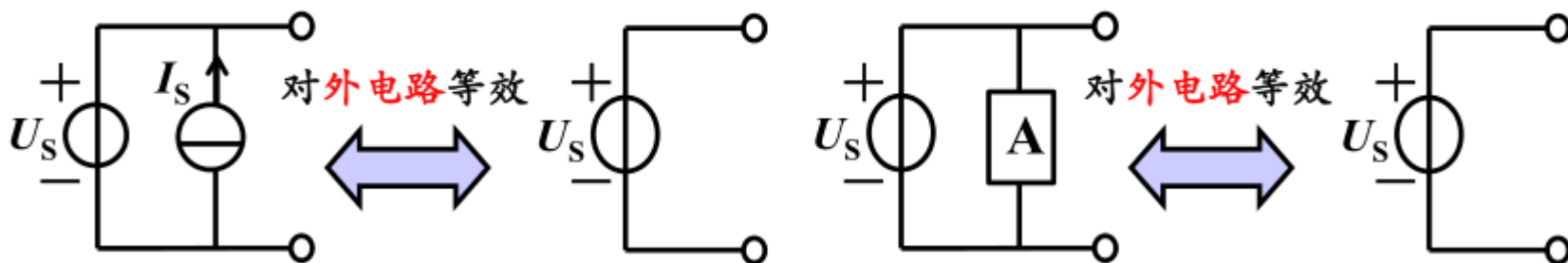
2、多个恒压源的并联 \times 多个实际电压源的并联 \checkmark

3、多个恒流源的并联 \longrightarrow 可以用一个等效的恒流源来代替

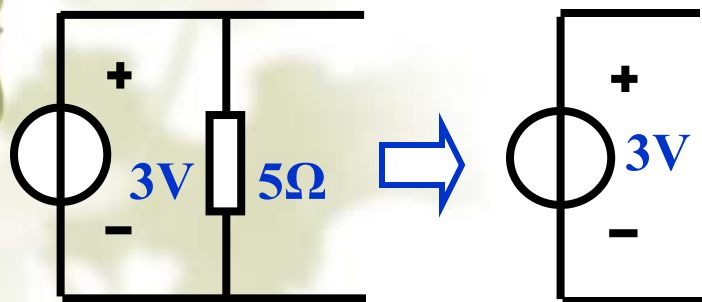
4、多个恒流源的串联 \times 多个实际电流源的串联 \checkmark

5、恒压源与恒流源的串联 \longrightarrow 可以用一个恒流源等效

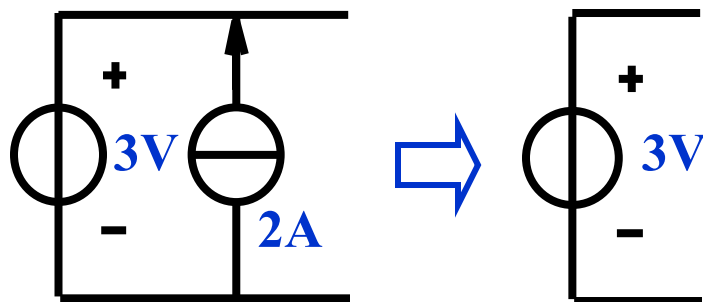
6、恒压源与恒流源的并联 \longrightarrow 可以用一个恒压源来等效代替



其它外部等效电路

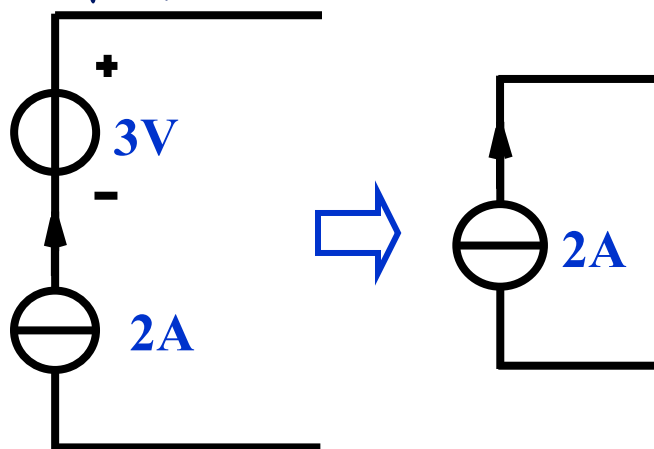


(a)

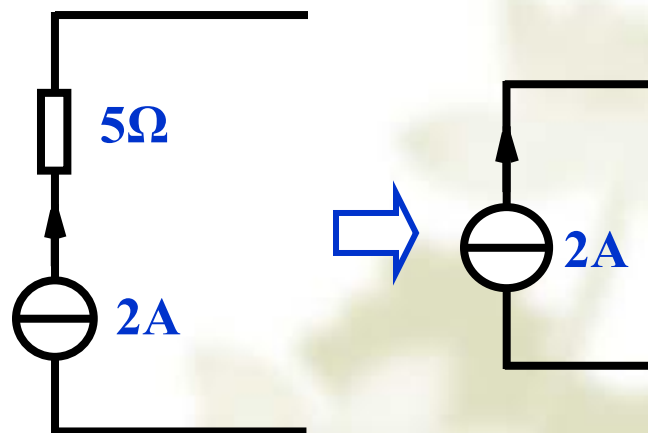


(b)

结论：电压源和电阻或电流源并接时，等效为电压源单独作用



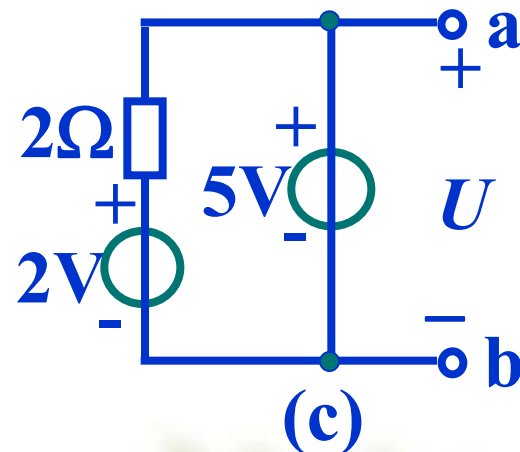
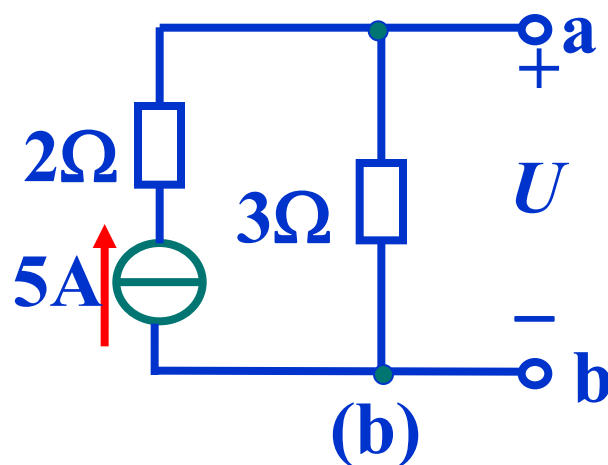
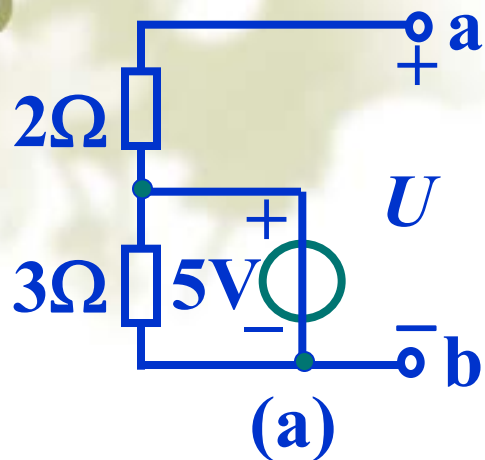
(c)



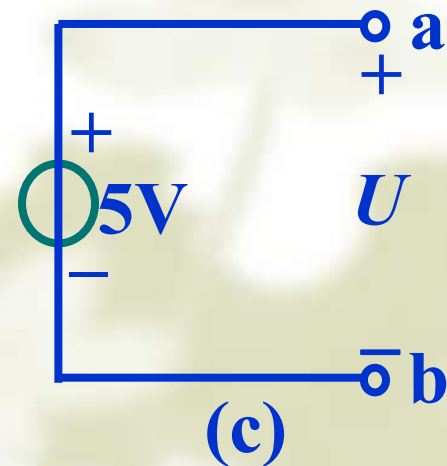
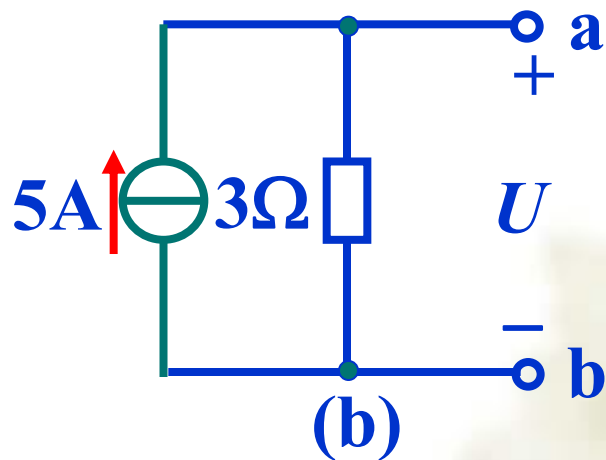
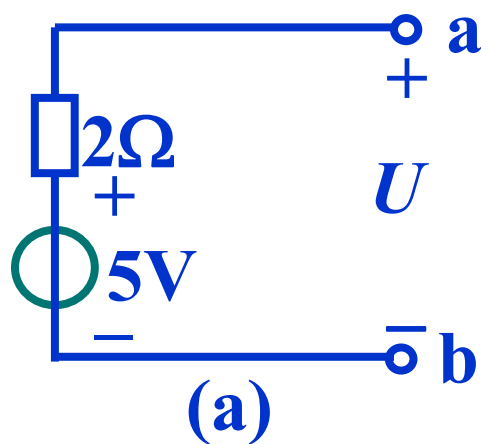
(d)

结论：电流源和电阻或电压源串接时，等效为电流源单独作用

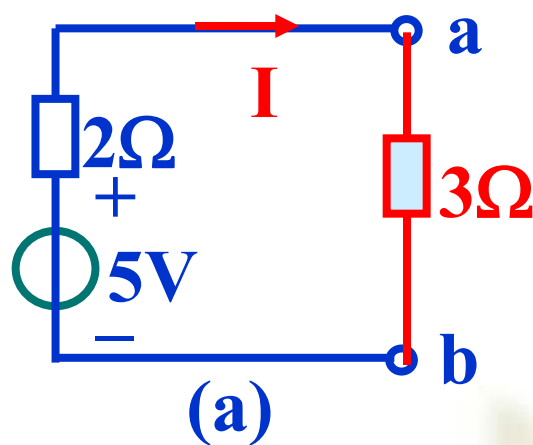
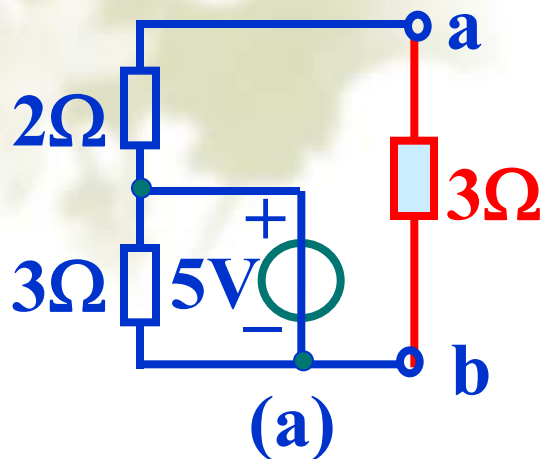
[例] 求下列各电路的等效电路。



解:



[例] 在电路a b间接入 3Ω 电阻时流过 3Ω 电阻以及电压源的电流大小?



等效后电流 $I = \frac{5}{2+3} = 1A$



流过 $5V$ 电源的电流为 $1A$



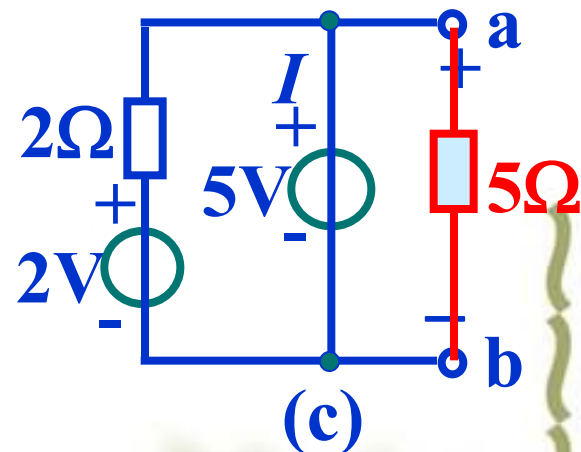
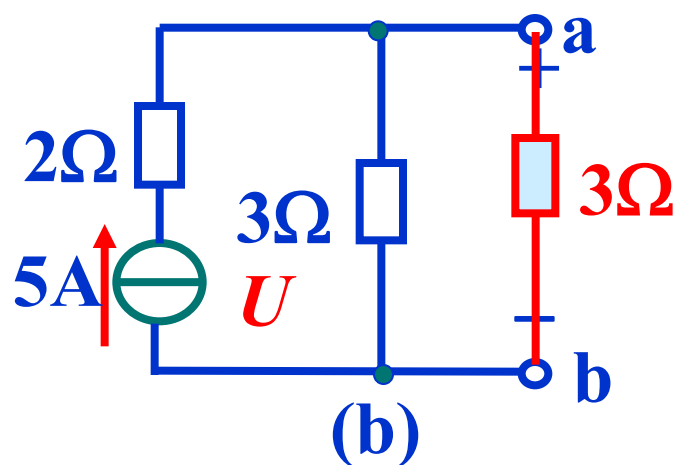
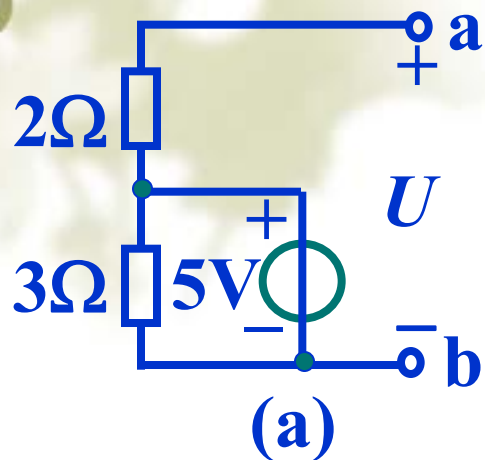
直接从图a实际电路中计算流过电压源电流:

$$\frac{5}{2+3} + \frac{5}{3} \approx 2.67A$$

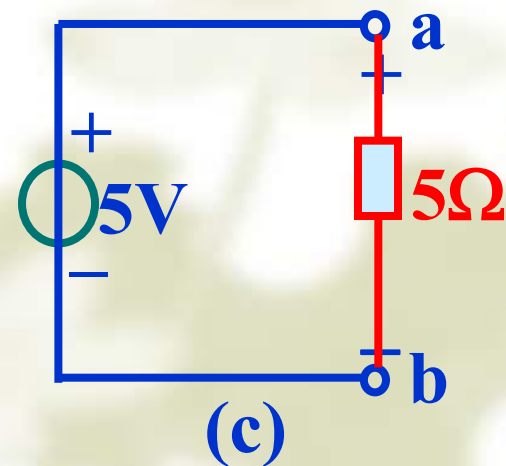
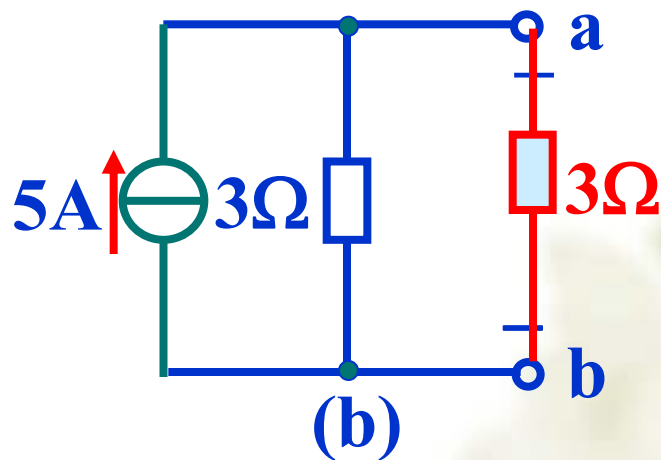
上下不一样?

结论: 电源等效变换只对外电路等效, 等效部分中各元件会受影响。

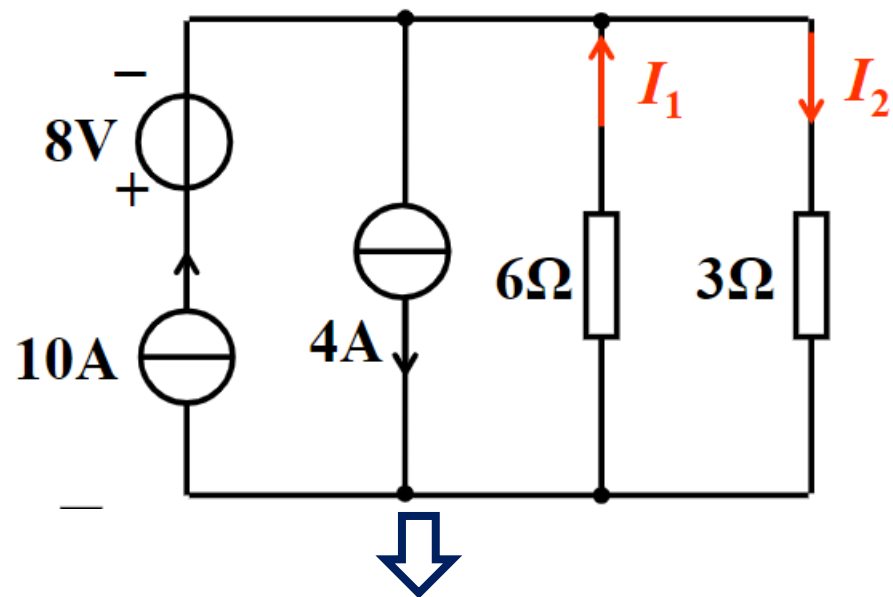
[例] 求下列各电路电压源与电流源两端电压电流。



解:



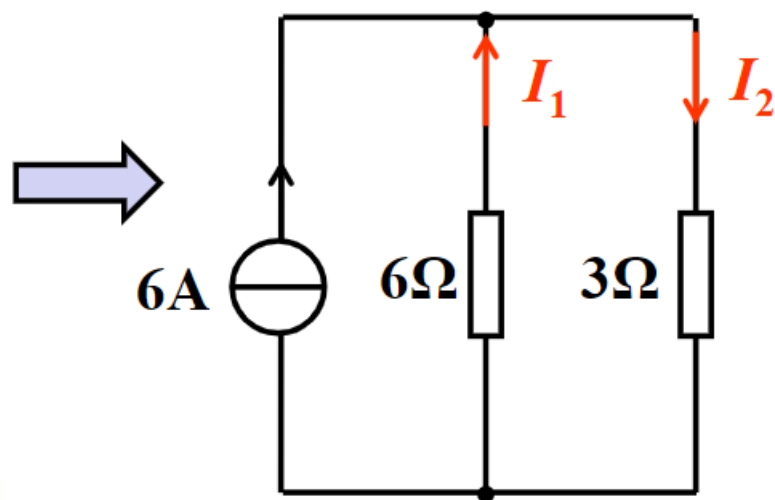
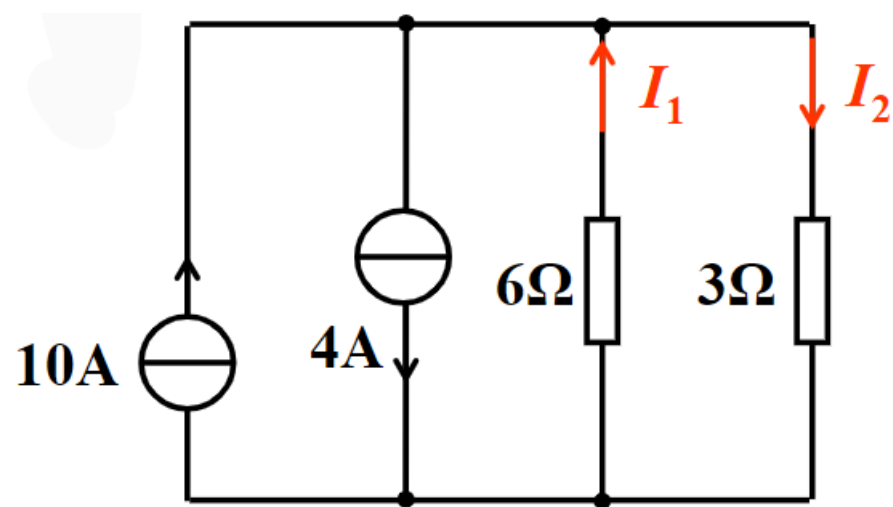
例题：求 I_1 、 I_2 = ? \rightarrow 部分电路的简化



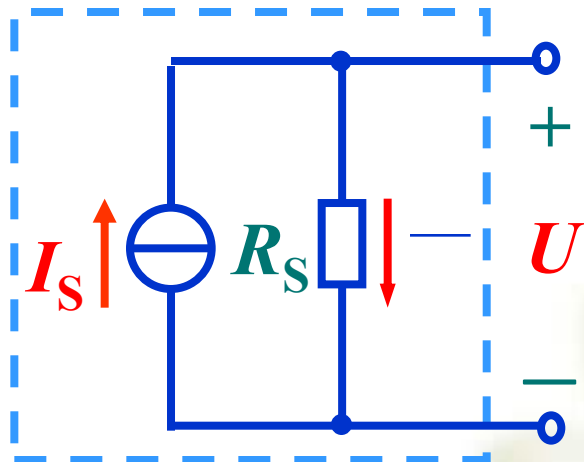
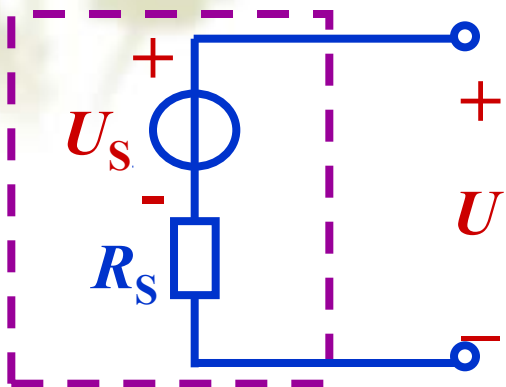
分流公式： \rightarrow 注意方向、分子

$$I_1 = -\frac{3}{6+3} \times 6 = -2A$$

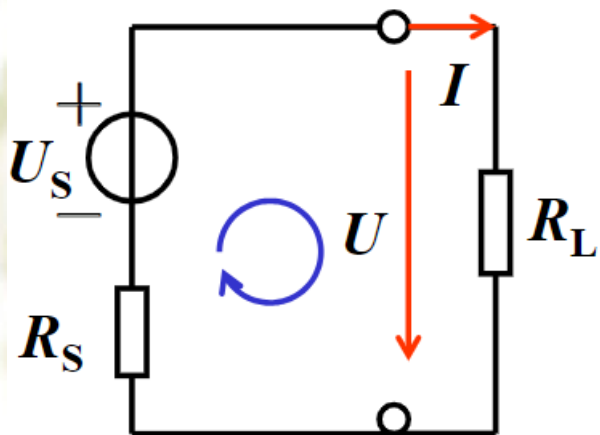
$$I_2 = \frac{6}{6+3} \times 6 = 4A$$



问题：实际电压源和实际电流源，都可以向外提供功率，可以相互等效吗？



实际电压源



其中 $R_S=4\Omega$, $U_S=12V$

当 $R_L=2\Omega$ 时：两边的 $U=4V$, $I=2A$

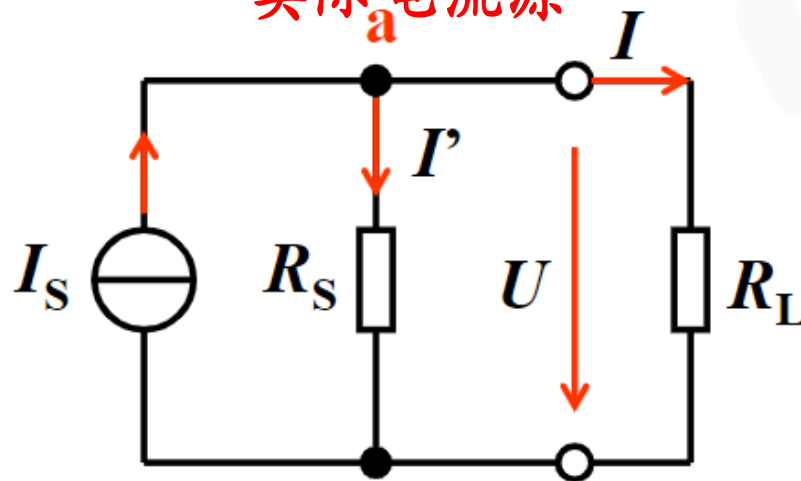
当 $R_L=4\Omega$ 时：两边的 $U=6V$, $I=1.5A$

当 $R_L=8\Omega$ 时：两边的 $U=8V$, $I=1A$

$$U = \boxed{U_S} * \frac{R_L}{R_L + R_S}$$

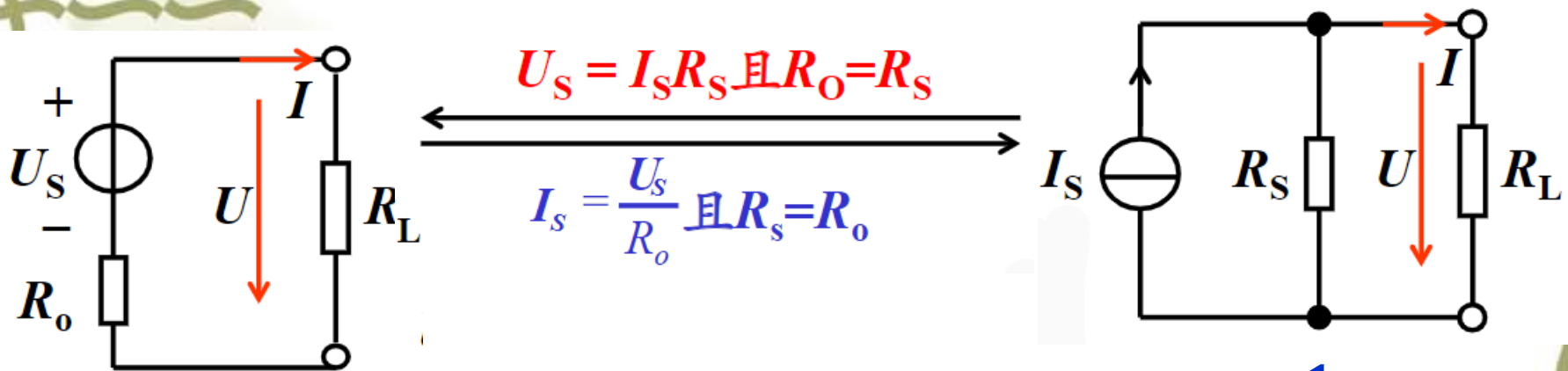
$U_S = I_S R_S$ 时，两电路对 R_L 提供的电压电流是等效的

实际电流源



其中 $R_S=4\Omega$, $I_S=3A$

$$\begin{aligned} U &= I_S * \frac{1}{1/R_L + 1/R_S} \\ &= I_S * \frac{R_S * R_L}{R_L + R_S} \\ &= \boxed{I_S * R_S} \frac{R_L}{R_L + R_S} \end{aligned}$$

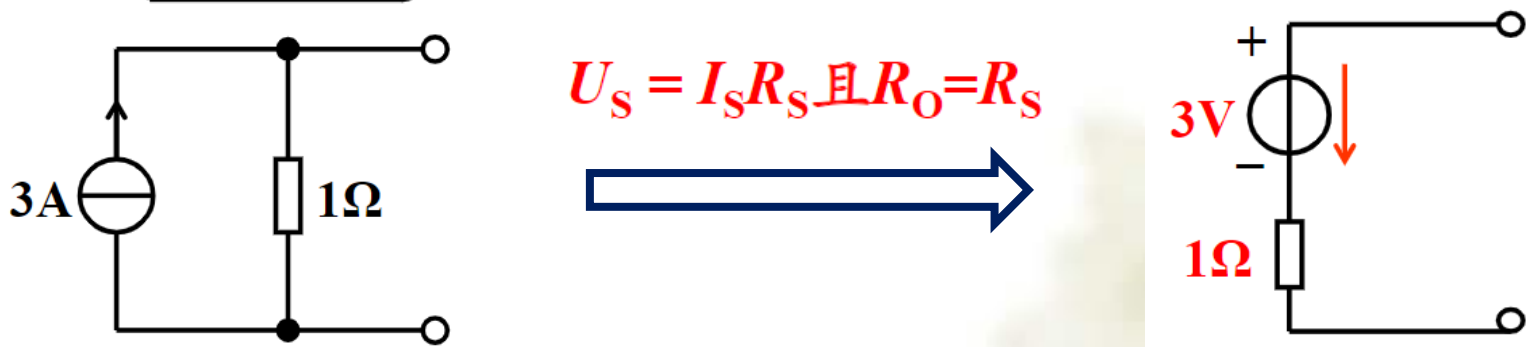
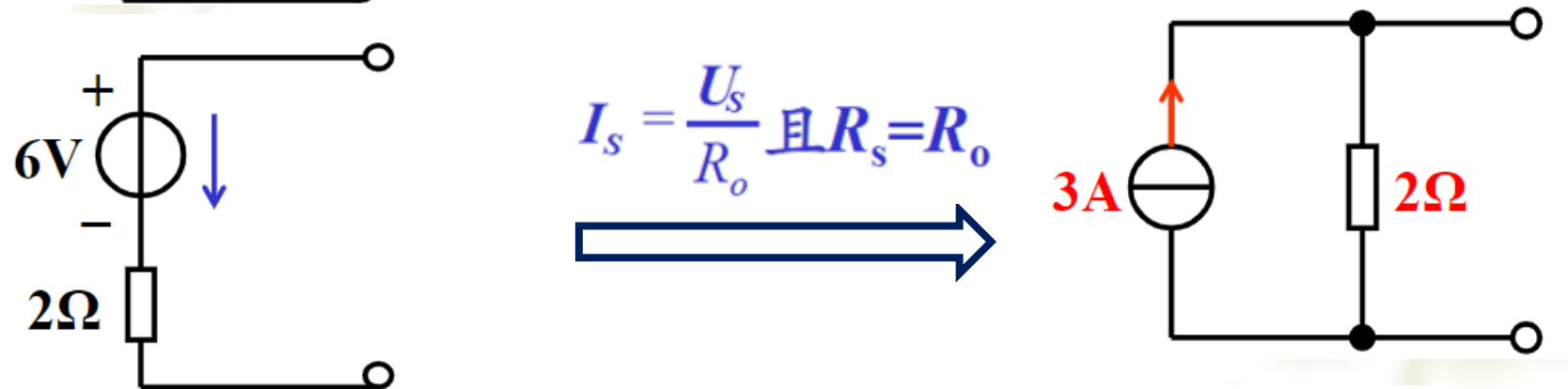
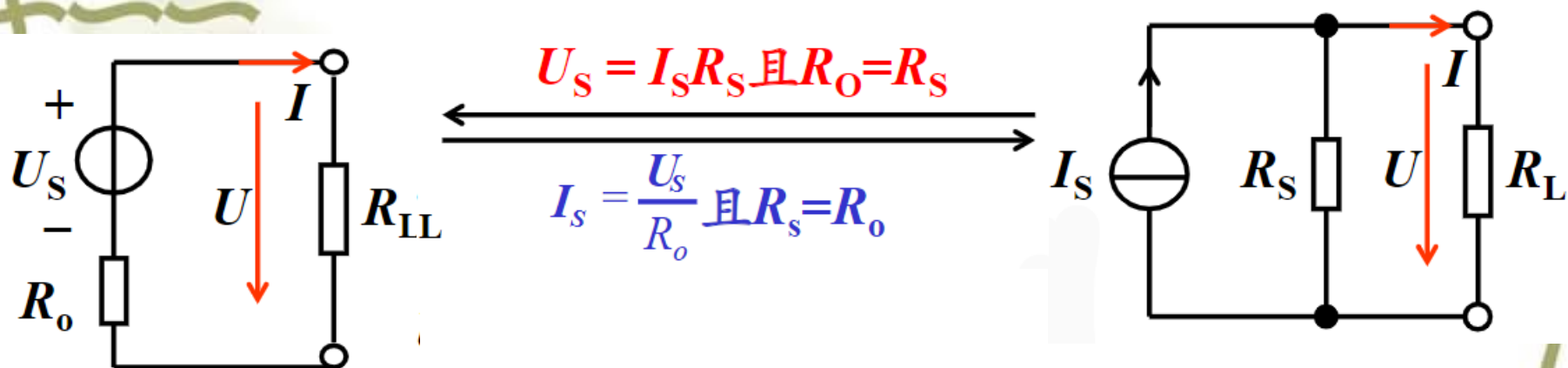


$$U = \boxed{U_S} * \frac{R_L}{R_L + \boxed{R_0}}$$

$$\begin{aligned}
 U &= I_S * \frac{1}{1/R_L + 1/R_S} \\
 &= I_S * \frac{R_S * R_L}{R_L + R_S} \\
 &= \boxed{I_S * R_S} \frac{R_L}{R_L + \boxed{R_S}}
 \end{aligned}$$

电源等效变换定理:

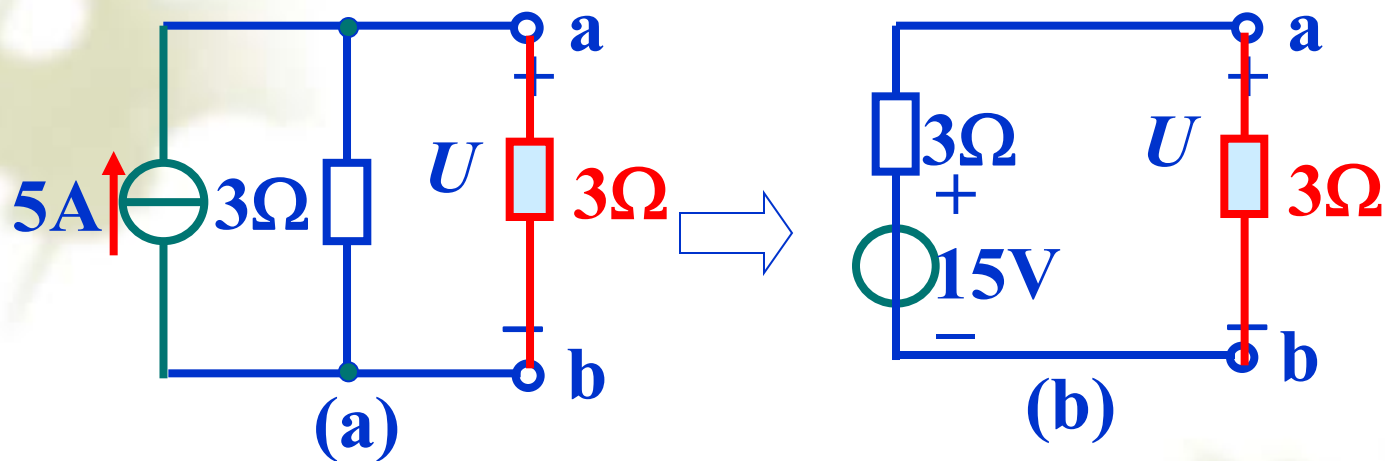
如果一个电压源与一个电流源对于同一个负载可以提供相同的输出电压和输出电流，就称这两个电源对于负载（外电路）而言是等效的，可以相互置换，而不影响外电路的工作状态。



※ 电流源的参考方向和电压源的参考方向正好相反

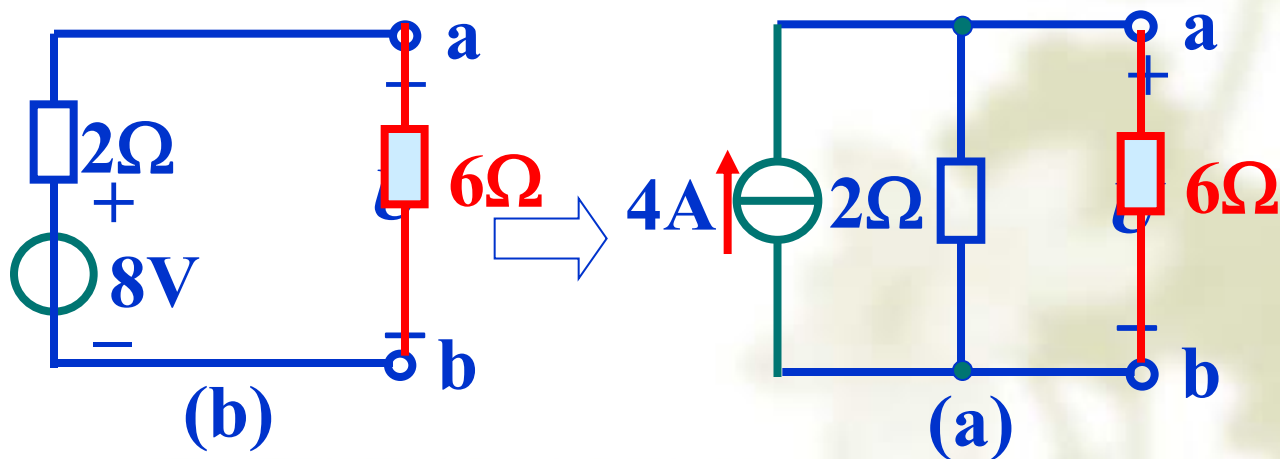
[例] 将下列的电流源等效变换为电压源。

解:



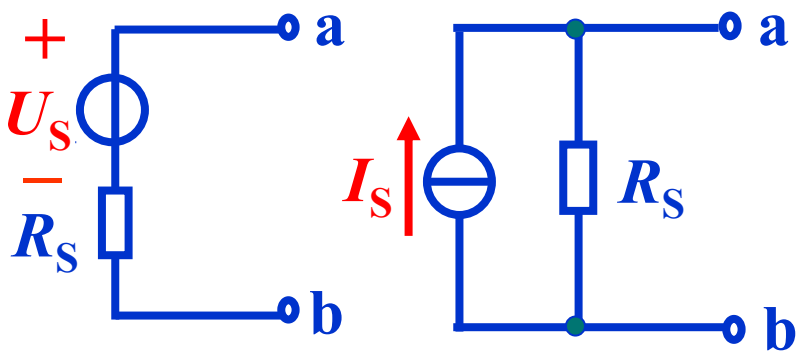
[例] 将下列的电压源等效变换为电流源。

解:

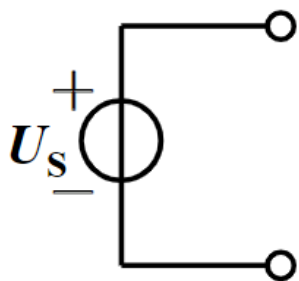


注意事项

- ① 电压源模型和电流源模型的等效关系只对外电路而言，对电源内部则是不等效的。
- ② 等效变换时，两电源的参考方向要标注正确。电流源的方向和电压源的方向正好相反

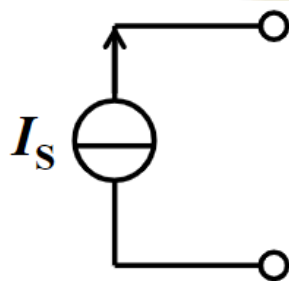


- ③ 理想电压源与理想电流源之间无等效关系。



$$R_0=0$$

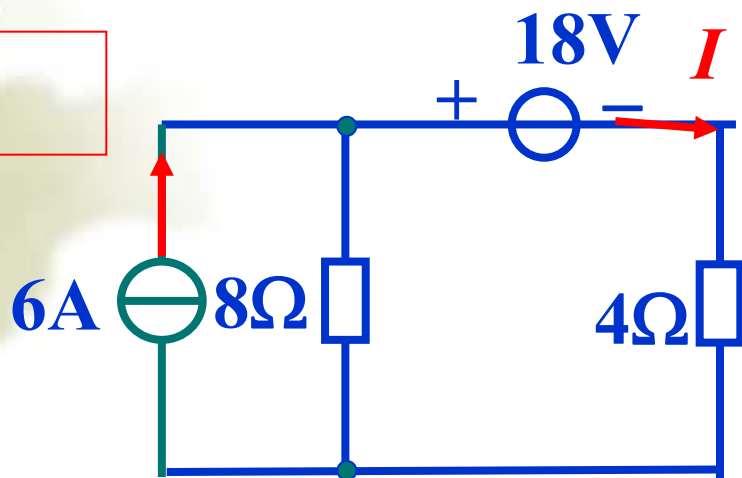
输出电压恒定
输出电流未知



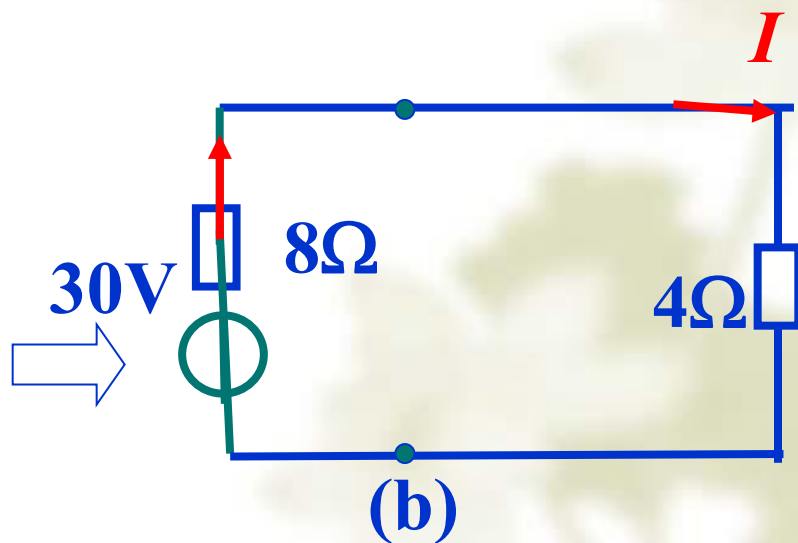
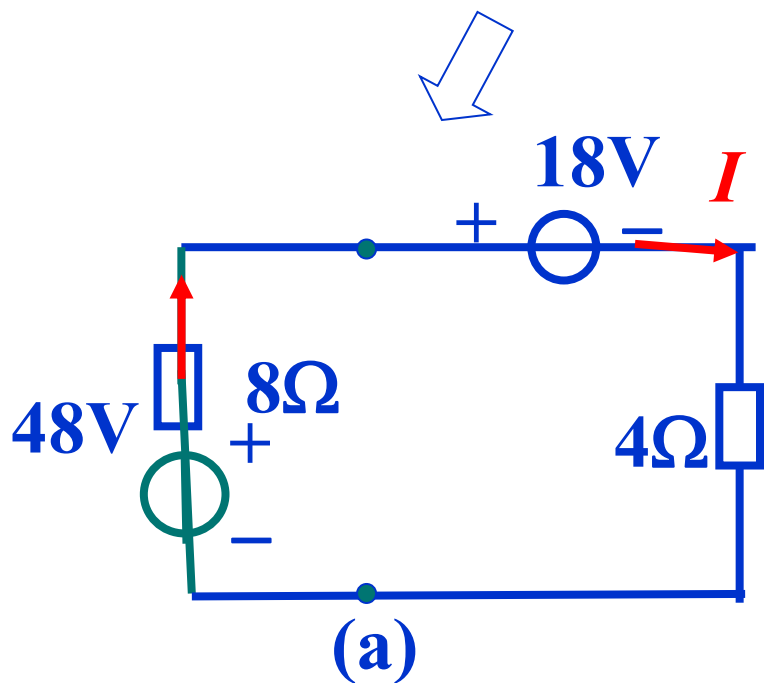
$$R_S=\infty$$

输出电流恒定
输出电压未知

求电流 I

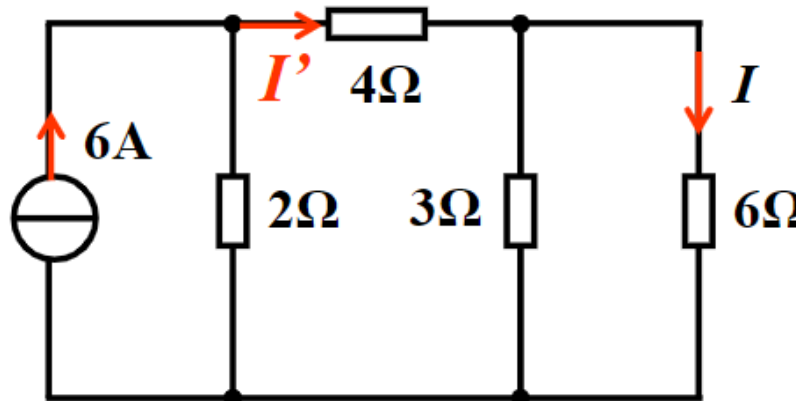
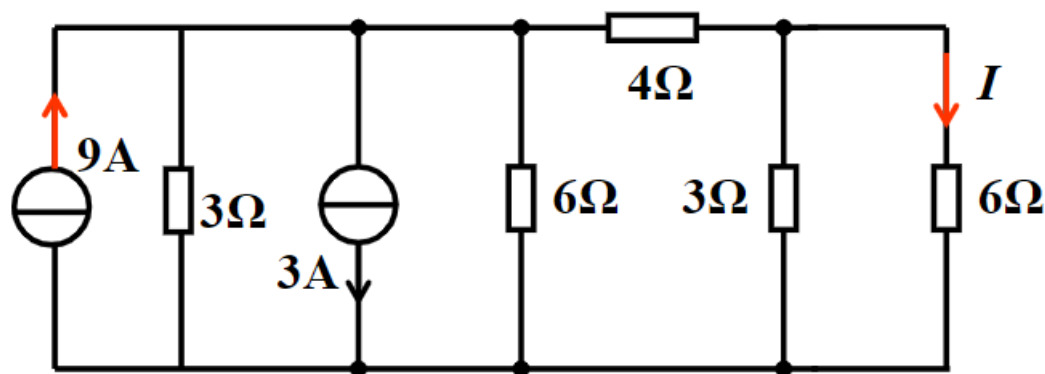
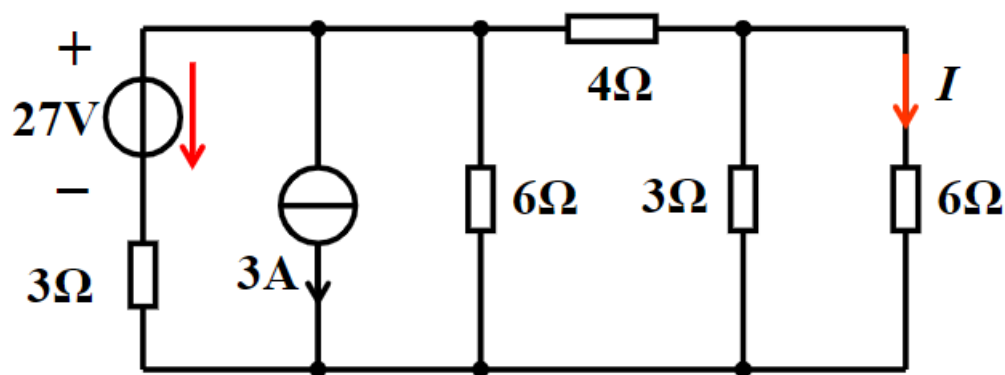


等效的目的：简化电路，
分析更简单



例题：利用电源等效变换定理求 $I=?$

复杂单电源电路



分流公式：

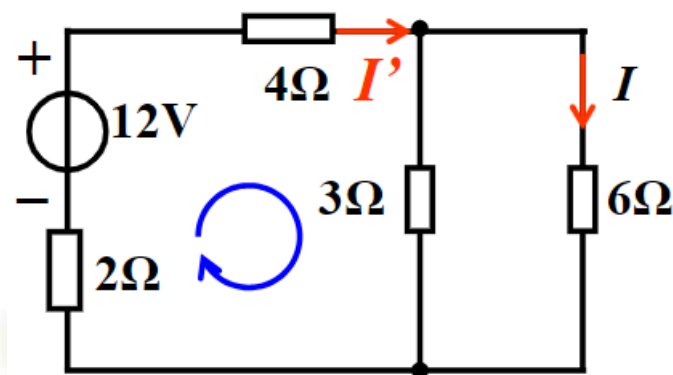
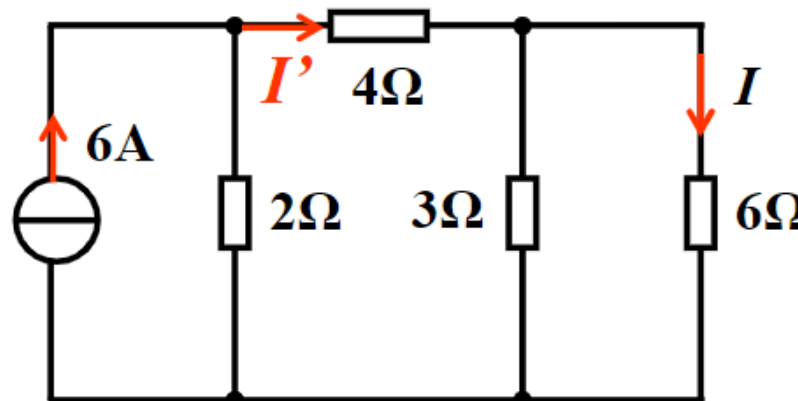
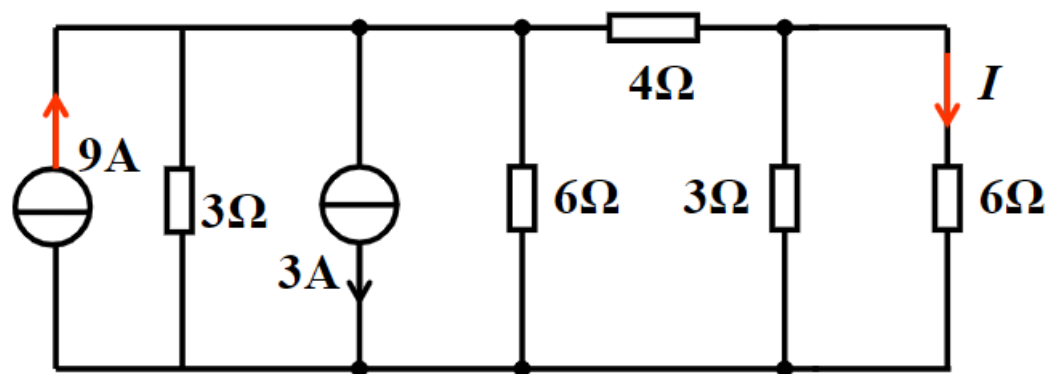
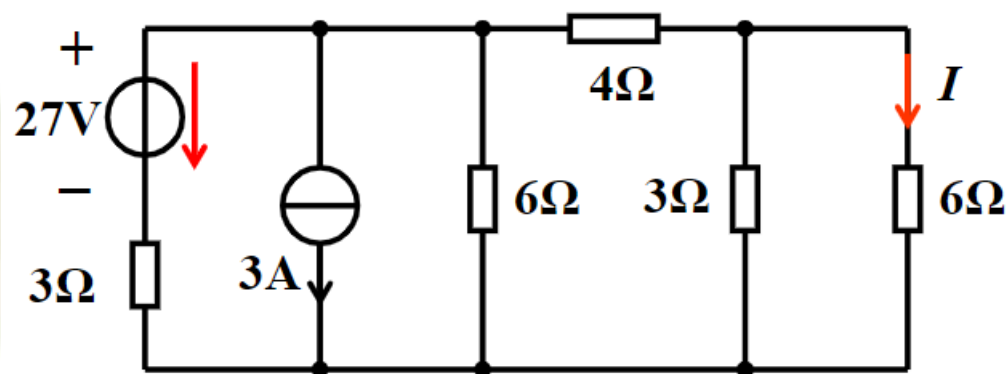
$$I' = \frac{2}{2 + (4 + 3 // 6)} \times 6A$$

$$= 1.5A$$

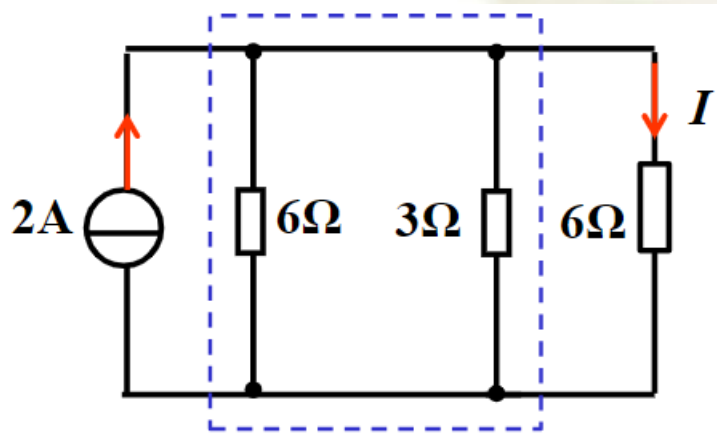
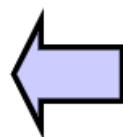
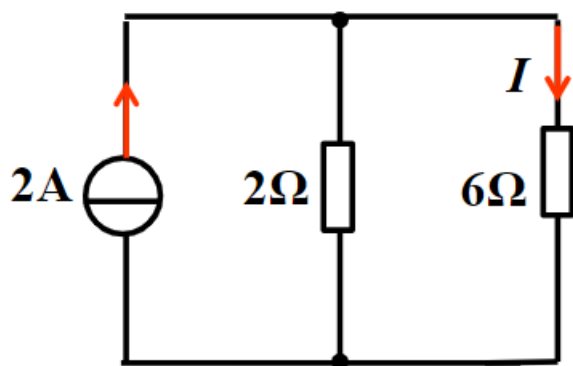
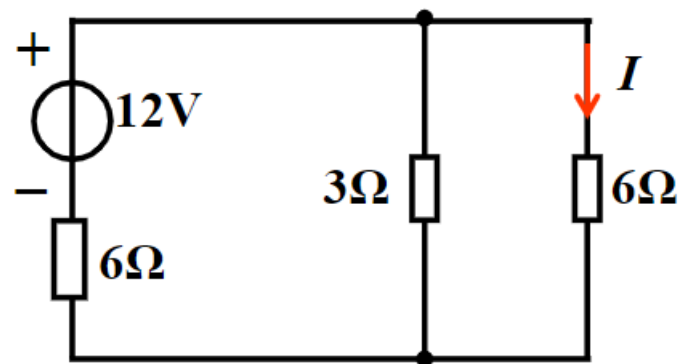
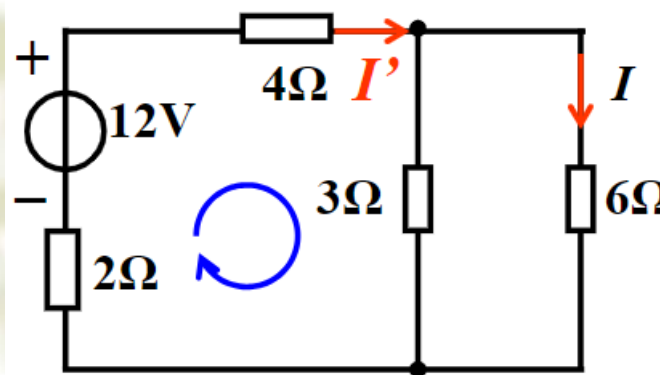
$$I = \frac{3}{3 + 6} \times I' = 0.5A$$

例题：利用电源等效变换定理求 $I=?$

复杂单电源电路



复杂单电源电路

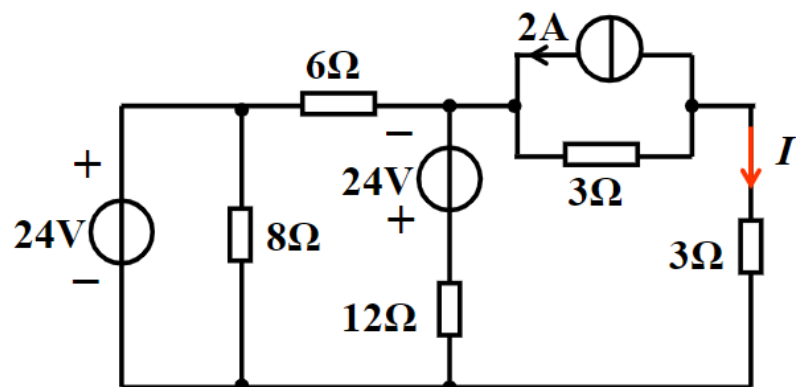


$$I = \frac{2}{2+6} \times 2$$

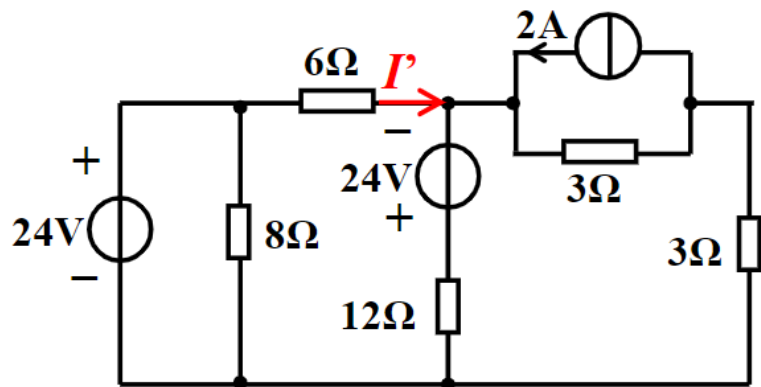
$$= 0.5A$$

每一次变换均不允许动到待求元件。

思考题1：利用电源等效变换定理求 I =?



思考题2：利用电源等效变换定理求 I '=?



作业：1-7, 1-8, 1-12, 1-13

第1章 直流电路

1.1 电路与电路模型

1.2 电流,电压,电位

1.3 电功率

1.4 电阻元件

1.5 电压源与电流源

1.6 基尔霍夫定律

1.7 简单的电阻电路

1.8 支路电流分析法

1.9 节点电位分析法

1.10 叠加原理

1.11 等效电源定理

1.12 含受控电源的电阻电路

电路的基本概念

电路的基本
分析方法