

ch3 电路定理

杨旭强

哈尔滨工业大学电气及自动化学院



本章导言

本章介绍电路理论中的几个常用定理。首先介绍置换定理；然后介绍齐性定理和叠加定理；它们是体现线性电路特点的重要定理，是线性方程的齐次性和可加性在线性电路中的体现；其次介绍戴维宁定理和诺顿定理，它们是化简线性含源一端口电路的有效方法；最后介绍与基尔霍夫定律同样适用的特勒根定理，并以此证明互易定理。

1 置换定理

2 齐性和叠加定理

3 等效电源定理

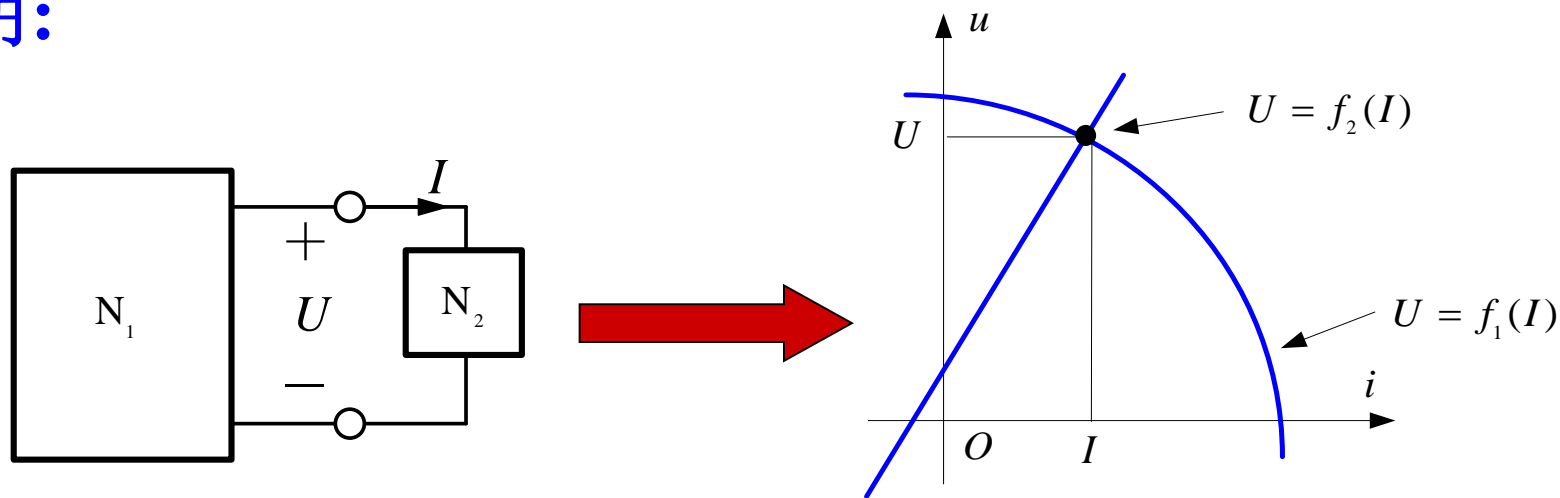
4 对偶原理

基本要求：理解各定理的适用条件、原理和内容，并能熟练、正确应用该定理。

3.1 置换定理

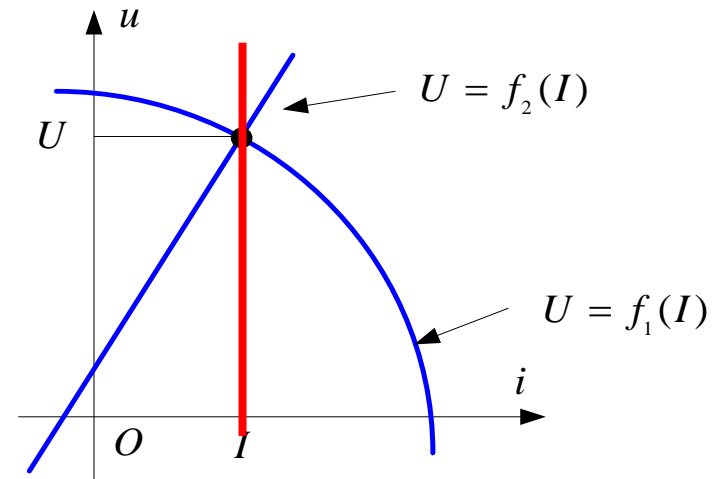
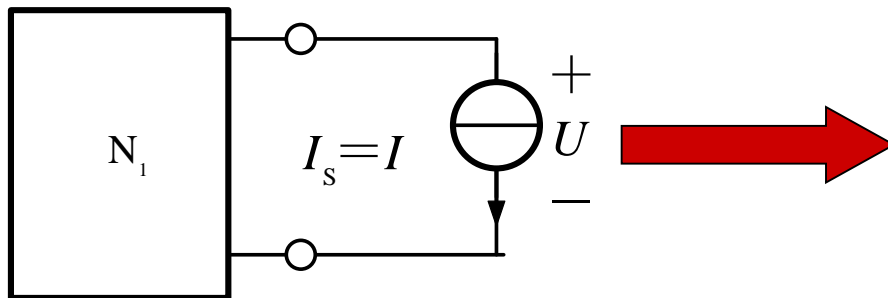
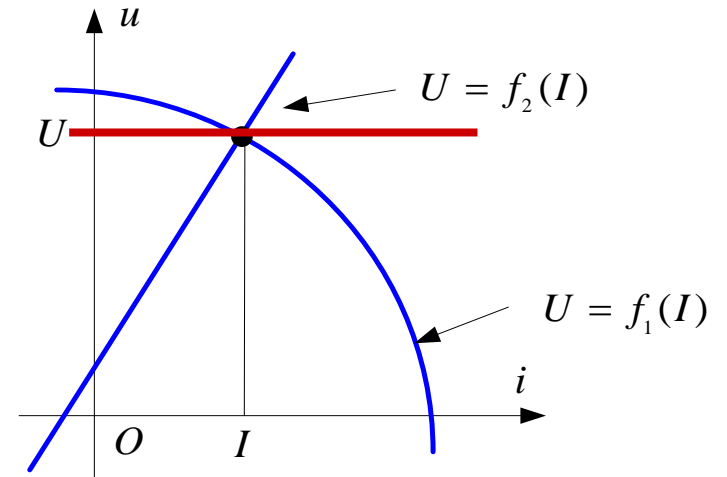
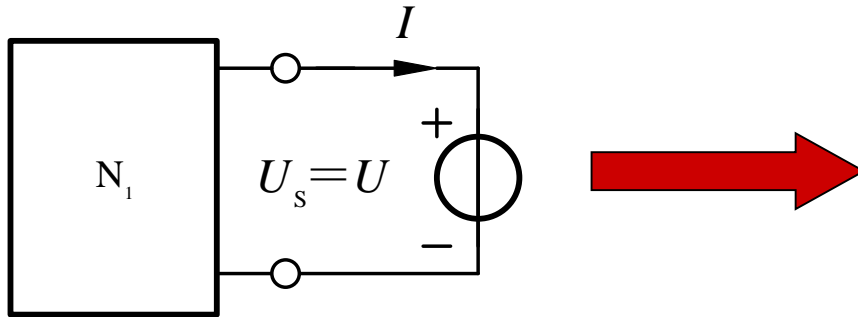
置换定理： 在任意线性或非线性电路中，若已知某一端口的电压和电流为 U 和 I ，则可用 $U_S=U$ 的电压源或 $I_S=I$ 的电流源来置换此一端口，而不影响电路中其它部分的电流和电压。

证明：



设 N_1 和 N_2 的端口电压、电流关系分别为 $U=f_1(I)$ 和 $U=f_2(I)$ ，则此时电路的解为？

3.1 置換定理



3.1 置换定理

置换定理推论（特例）：

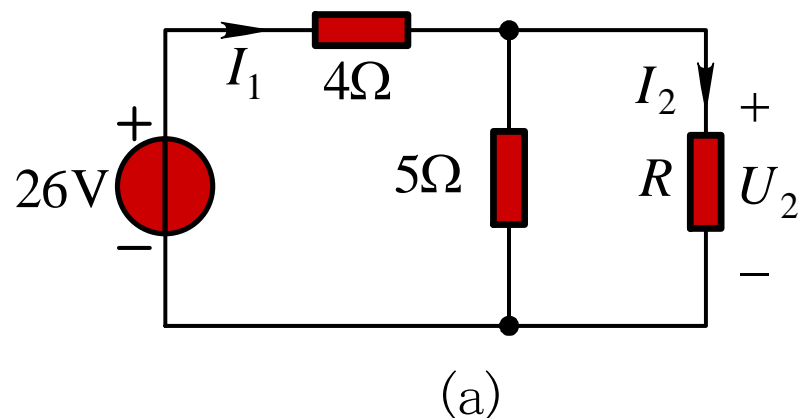
（1）若已知某支路电压为零则可将其短路（用源电压为零的电压源置换）；

（2）若已知某支路电流为零则可将其开路（用源电流为零的电流源置换）；

3.1 置换定理

【例题3.1】图(a)所示电路，已知 $I_2=2\text{A}$ ，求电阻 R 和电流 I_1 。

解：根据置换定理，用 2A 电流源置换电阻 R 。列

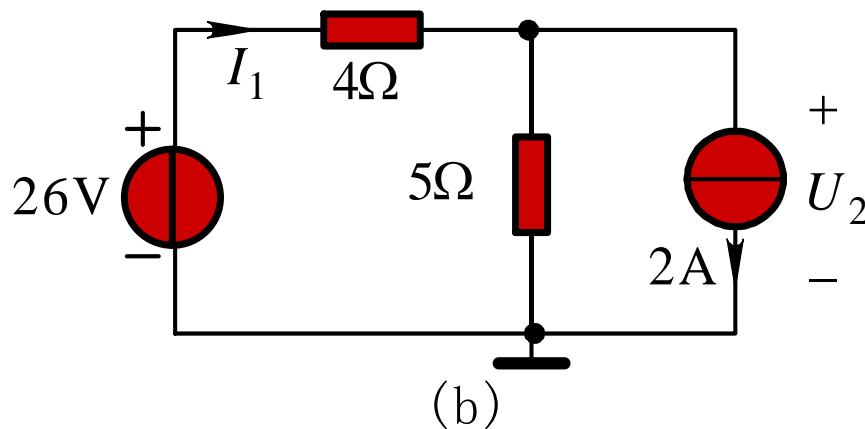


$$\left(\frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{5\Omega}\right)U_2 = \frac{26\text{V}}{4\Omega} - 2\text{A}$$

$$\Rightarrow U_2 = 10\text{V}$$

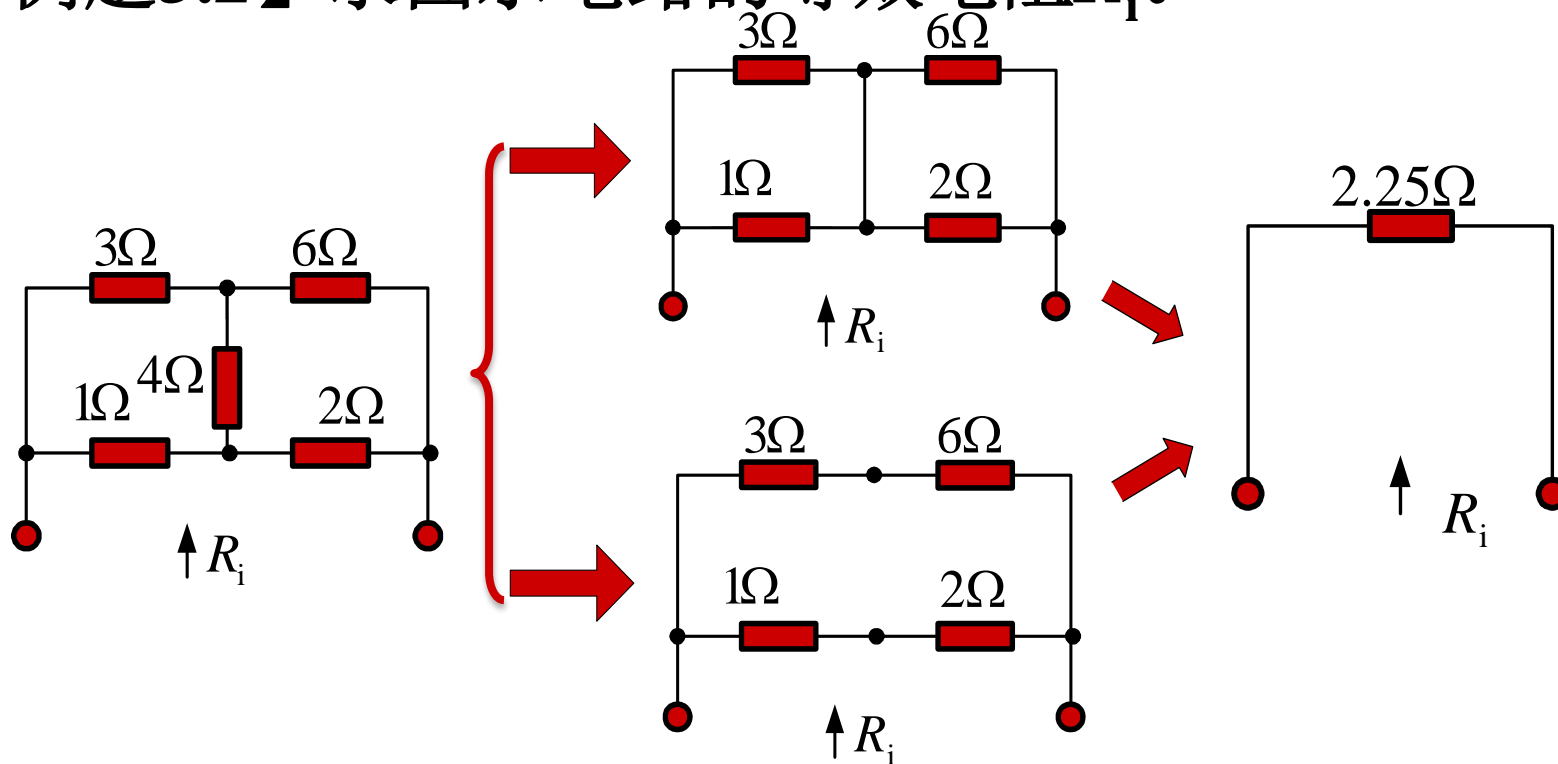
$$\Rightarrow R = \frac{U_2}{I_2} = 5\Omega$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{26\text{V} - U_2}{4\Omega} = 4\text{A}$$



3.1 置换定理

【例题3.2】求图示电路的等效电阻 R_i 。



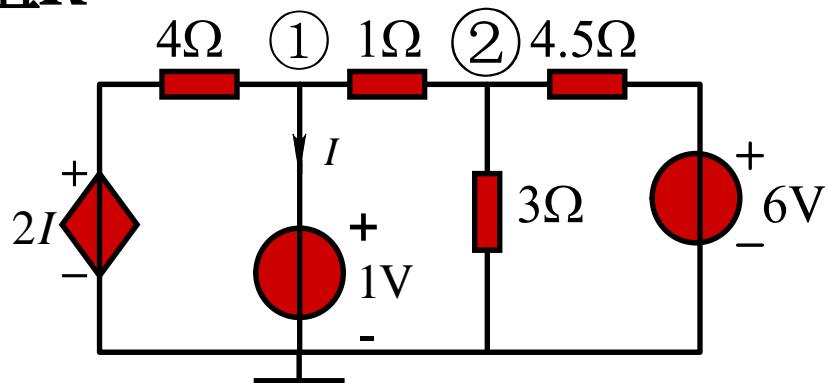
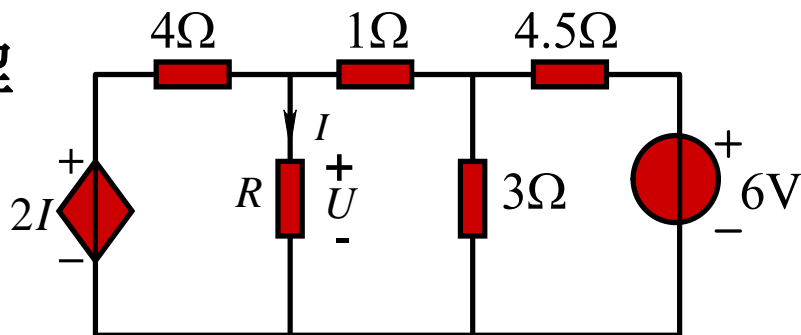
$$R_i = \frac{1 \times 3}{1 + 3} \Omega + \frac{2 \times 6}{2 + 6} \Omega = 2.25 \Omega$$

$$R_i = \frac{(1 + 2) \times (3 + 6)}{(1 + 2) + (3 + 6)} \Omega = 2.25 \Omega$$

3.1 置换定理

【例题3.3】已知 $U=1\text{V}$ ，求电阻 R

解



$$\left\{ \begin{aligned} \left(\frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{1\Omega} \right) U_{n1} - \frac{1}{1\Omega} U_{n2} &= \frac{2I}{4\Omega} - I \\ -\frac{1}{1\Omega} U_{n1} + \left(\frac{1}{1\Omega} + \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{4.5\Omega} \right) U_{n2} &= \frac{6\text{V}}{4.5\Omega} \end{aligned} \right.$$

$$\therefore U_{n1} = 1\text{V}$$

$$I = 0.5\text{A}$$

$$R = \frac{U_{n1}}{I} = 2\Omega$$

3.1 置换定理-小结

适用范围：线性、非线性均可

成立条件：置换后电路要有唯一解

使用注意：（1）被置换部分不可以与其余部分有耦合关系；（2）其余电路解不变的前提是其电路结构参数在置换前后保持一致，既不变。

表述：已知 U 或 I ，可用 $U_S=U$ 的电压源或 $I_S=I$ 的电流源来置换

推论或特例：已知 $U=0$ 可短之 已知 $I=0$ 可断之

应用场合：已知支路电压或电流，但支路参数或结构未知或结构复杂

讨论：置换与等效的关系