



➤ **教学内容：**问题的提出

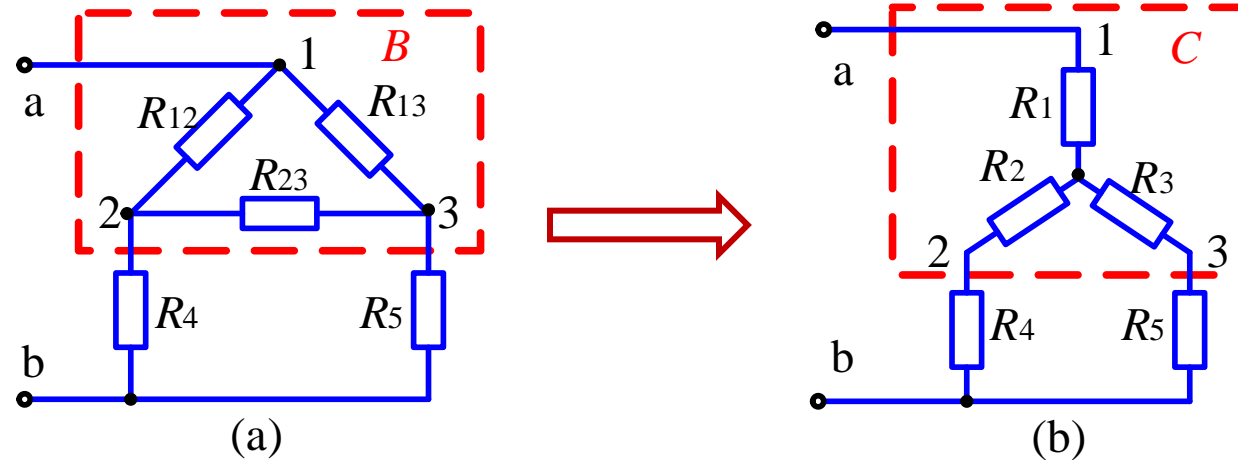
$\Delta$ 形与Y形连接等效

➤ **教学要求：**理解 $\Delta$ 形与Y形的等效原理



## 1. 问题的提出

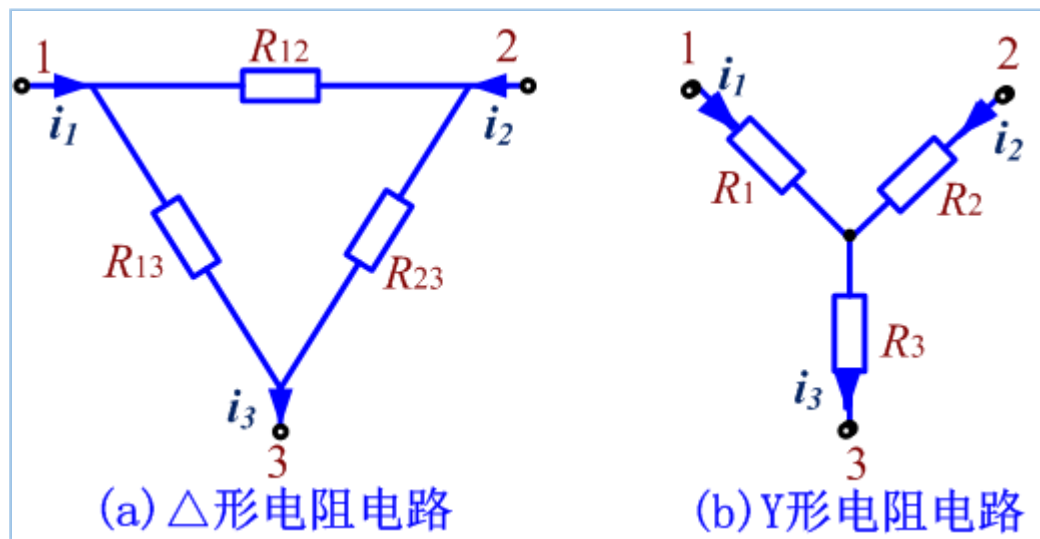
如图(a)电路，各电阻之间既不是串联又不是并联，如何求a、b端的等效电阻？



图(a)中，三个电阻 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{23}$ 称为 $\Delta$ (或 $\pi$ )型结构；而图(b)中，三个电阻 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 称为Y(或T)型结构。若能将图(a)中的B电路等效替换为图(b)中的C电路，则由电阻的串并联公式很容易求得a、b端的等效电阻。



## 2. $\Delta$ 形与Y形电路的等效



三端电路，如何比较外特性？如何进行等效？

由KCL、KVL，分别有： $i_3 = i_1 + i_2$

$$u_{12} = u_{13} - u_{23}$$

显然3个电流和3个电压中各有两个是相互独立的。

## 2. $\Delta$ 形与Y形电路的等效

由图(a), 根据OL和KCL, 有

$$i_1 = u_{13} / R_{13} + u_{12} / R_{12} = (1/R_{13} + 1/R_{12}) u_{13} - (1/R_{12}) u_{23} \quad (1)$$

$$i_2 = u_{23} / R_{23} - u_{12} / R_{12} = - (1/R_{12}) u_{13} + (1/R_{23} + 1/R_{12}) u_{23} \quad (2)$$

由图(b), 根据KVL, 有

$$u_{13} = R_1 i_1 + R_3 i_3 = (R_1 + R_3) i_1 + R_3 i_2 \quad (3)$$

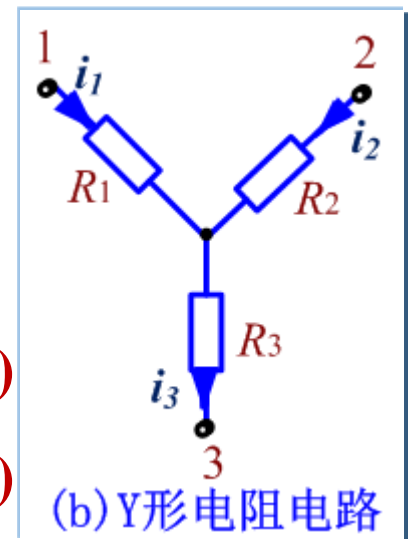
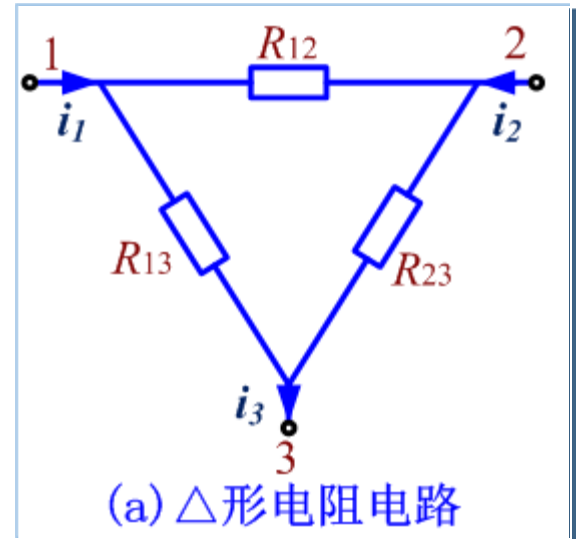
$$u_{23} = R_2 i_2 + R_3 i_3 = R_3 i_1 + (R_2 + R_3) i_2 \quad (4)$$

联立式(1)(2), 求解 $u_{13}$ 、 $u_{23}$ 分别为:

$$u_{13} = [R_{13}(R_{12} + R_{23}) / (R_{12} + R_{13} + R_{23})] i_1 + [R_{13}R_{23} / (R_{12} + R_{13} + R_{23})] i_2 \quad (5)$$

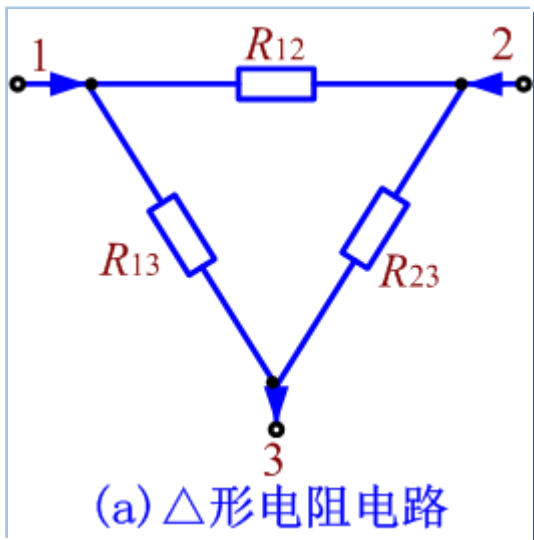
$$u_{23} = [R_{13}R_{23} / (R_{12} + R_{13} + R_{23})] i_1 + [R_{23}(R_{12} + R_{13}) / (R_{12} + R_{13} + R_{23})] i_2 \quad (6)$$

式(5)(6)与式(3)(4)分别相等时, 可以得到两个电路的等效公式。





## $\Delta$ 形与Y形电路相互等效公式:

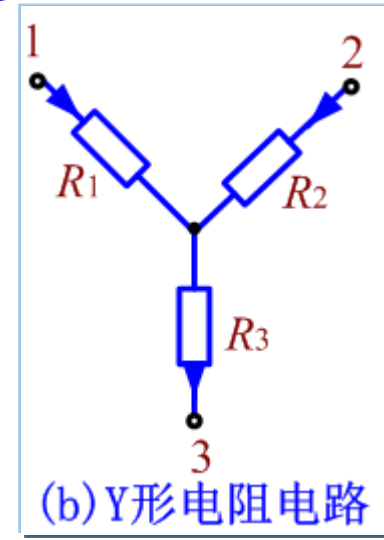


$$R_1 = \frac{R_{13}R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{13}}$$

$$R_2 = \frac{R_{12}R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{13}}$$

$$R_3 = \frac{R_{23}R_{13}}{R_{12} + R_{23} + R_{13}}$$

$i$ 节点相邻两电阻乘积  
 $\Delta$ 形三个电阻之和



$$R_{12} = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_3}$$

$$R_{23} = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_1}$$

$$R_{13} = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_2}$$

Y形三电阻两两乘积之和  
 Y形中非*i, j*节点连接的电阻

若 $R_1=R_2=R_3=R_Y$ , 则  
 $R_{12}=R_{23}=R_{13}=R_\Delta$ , 且  
 $R_\Delta = 3R_Y$



## 3. 举例

例 如图(a)所示电路, 求两种条件下a、b端口的等效电阻  $R_{ab}$ 。

1)  $R_{12} = 1\Omega, R_{13} = 2\Omega, R_{23} = 3\Omega; R_4 = 1\Omega, R_5 = 3\Omega$

2)  $R_{12} = R_{13} = R_{23} = 9\Omega; R_4 = 1\Omega, R_5 = 3\Omega$

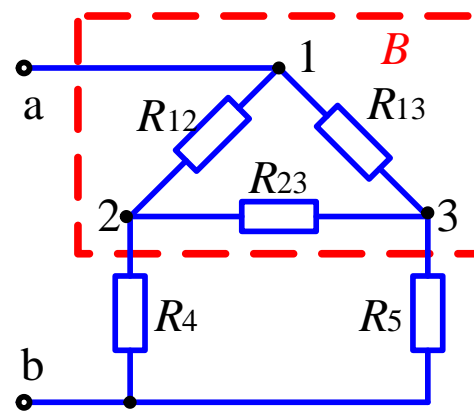
解: 1) 由公式, 得:  $R_1 = \frac{R_{12}R_{13}}{R_{12}+R_{13}+R_{23}} = \frac{1}{3}\Omega$

同理得:  $R_2 = \frac{1}{2}\Omega, R_3 = 1\Omega$

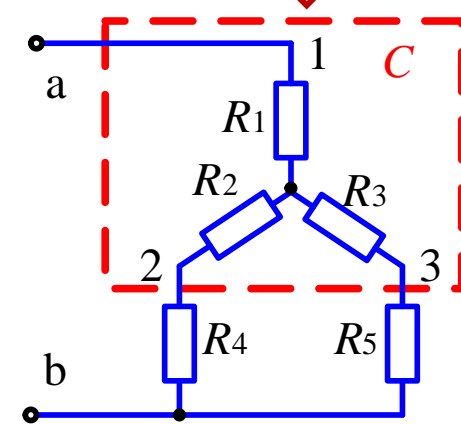
则:  $R_{ab} = R_1 + (R_3 + R_5) // (R_2 + R_4) = \frac{47}{33}\Omega$

2) 由  $R_{12} = R_{13} = R_{23} = 9\Omega$  得:  $R_1 = R_2 = R_3 = 3\Omega$

则:  $R_{ab} = R_1 + (R_3 + R_5) // (R_2 + R_4) = 5.4\Omega$



(a)



(b)



## 4. 思考



- 1) 三端子网络等效如何理解?
- 2) 电阻的 $\Delta$ 形与Y形电路相互等效有什么用?