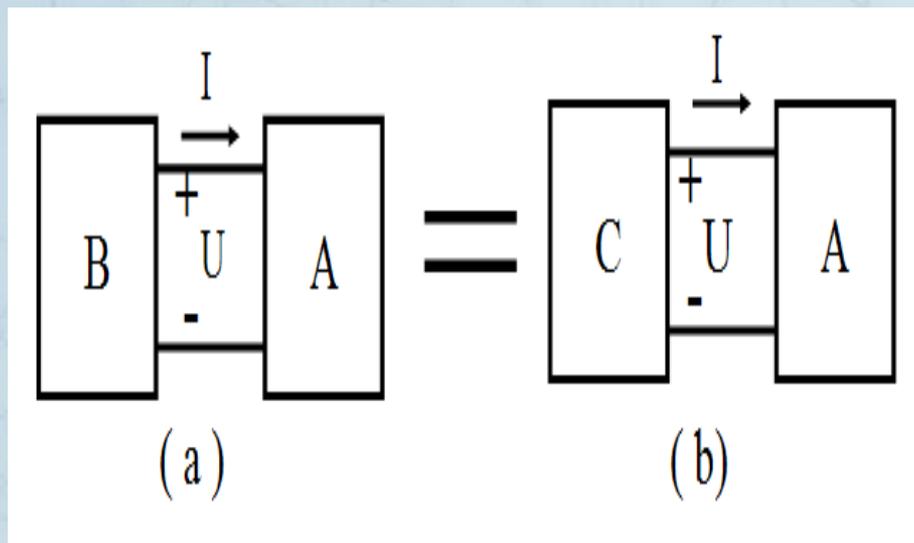


7. 电阻电路的等效变换

1 电阻的串联、并联及其等效变换

1、电路等效的一般概念

对到外电路 **A** 而言，二端电路网络 **B** 和 **C** 有完全相同的相同的电压、电流关系（即相同的 **VAR**），则称二端电路 **B** 与 **C** 是互为等效的。



等效电路变换条件是：相互等效的两个电路具有完全相同的电压、电流关系（即相同的 **VAR**）。

7. 电阻电路的等效变换

1 电阻的串联、并联及其等效变换

2、电阻的串联

连接方式：若干个电阻按照顺序首尾相连。

特点：

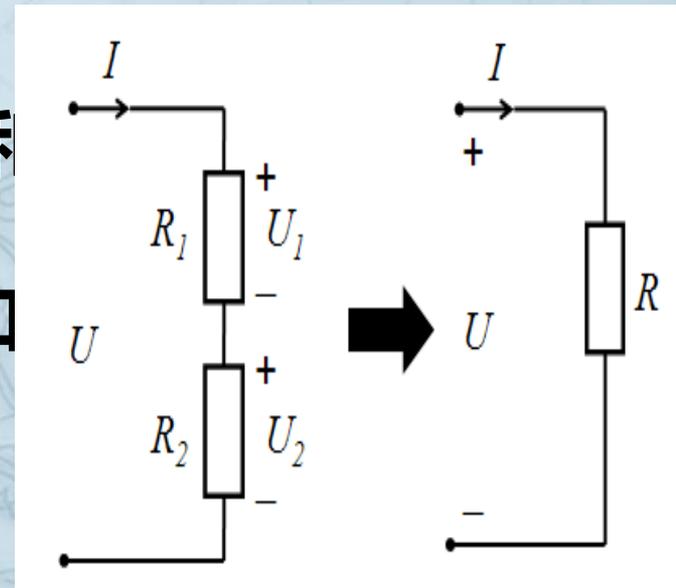
1) 电路中流过同一个电流 I 。

2) 等效电阻 R 等于各串联电阻之和

即 $R=R_1+R_2$

3) 总电压等于各串联电阻电压之和

即 $U=U_1+U_2$



1 电阻的串联、并联及其等效变换

2、电阻的串联

应用特点：

(1) 分压原理：串联电阻上的电压与电阻阻值的大小成正比。

(2) 限流原理：当负载变化（或电源电压变化）时，为了防止电路中的电流过大，可以在电路中串联电阻来限制电流。

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

$$U_1 = U \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

1 电阻的串联、并联及其等效变换



2、电阻的串联

例 2.1 一个小灯泡的电阻是 8 欧，正常工作时的电压是 3.6 伏，现在要把这盏灯直接接在 4.5 伏的电源上能行吗？怎样做才能使这盏灯正常发光？

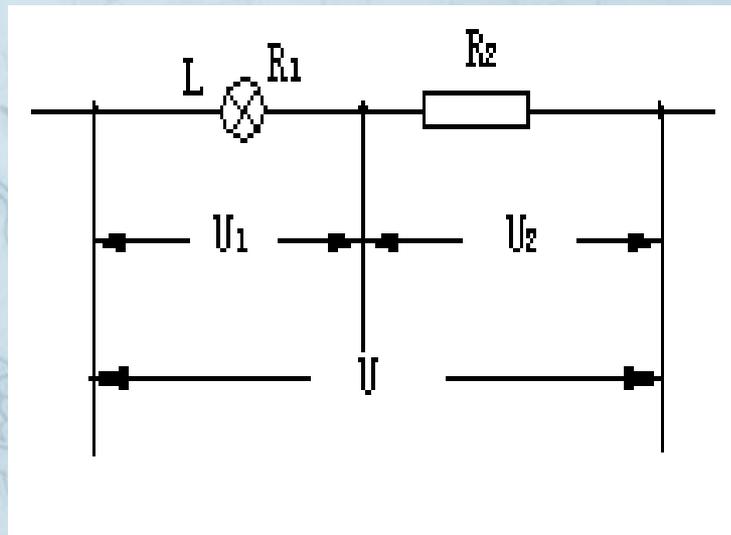
解：必须串联一个电阻。

串联电路电路中的电流：

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{3.6V}{8\Omega} = 0.45A$$

电路中的需要串联的电阻：

$$R_L = \frac{U_2}{I} = \frac{0.9V}{0.45A} = 2\Omega$$



1 电阻的串联、并联及其等效变换

3、电阻的并联

连接方式：**电阻的首端、尾端分别相连在一起。**

特点：

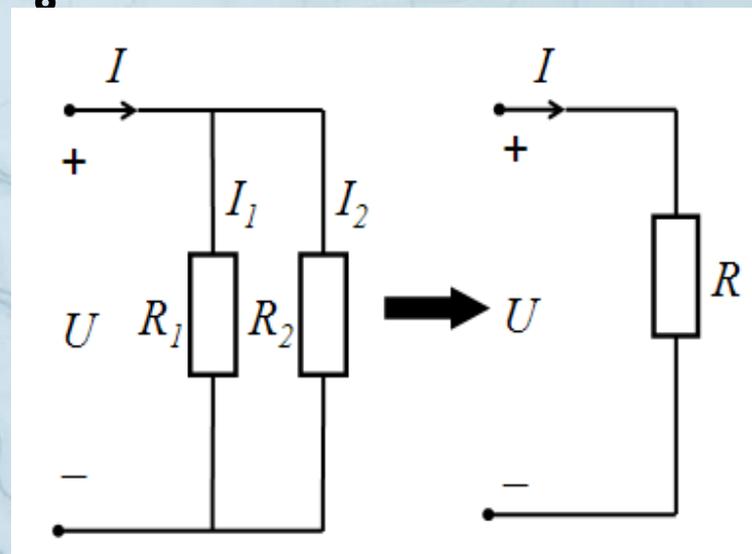
(1) 各个电阻两端的电压相等 。

(2) 等效电阻 R 的倒数等于

各个电阻的倒数之和 ， 即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

(3) 总电流 I 等于各个电阻上流过的电流之和。



1 电阻的串联、并联及其等效变换

3、电阻的并联

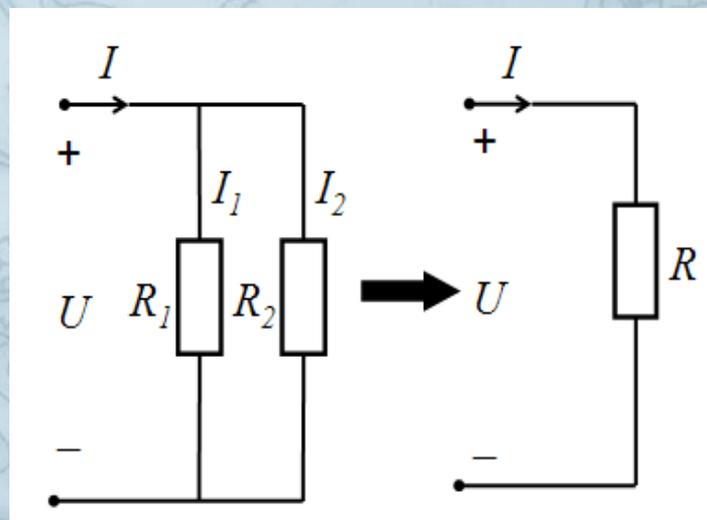
应用特点：

分流原理：并联电阻上的电流与电阻阻值的大小成反比。

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} = \frac{U}{R}$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$



1 电阻的串联、并联及其等效变换

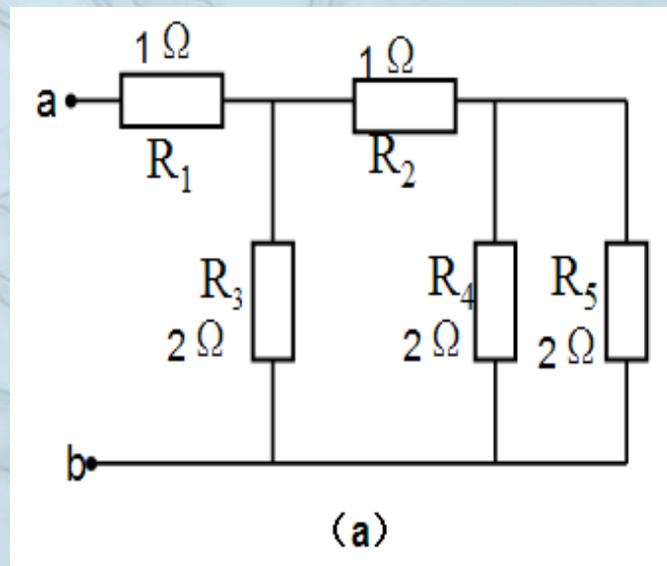
4、电阻的混联

特点：

电路中有电阻的串联，又有电阻的并联，这种连接方式称电阻的串并联，又称为电阻的混联。

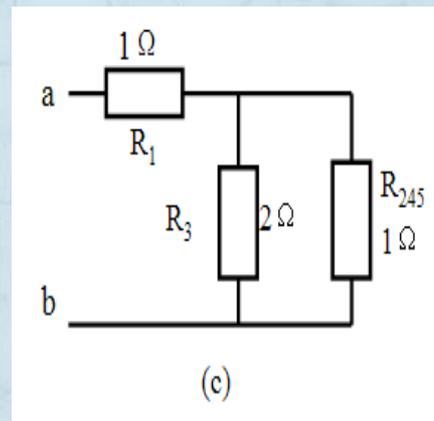
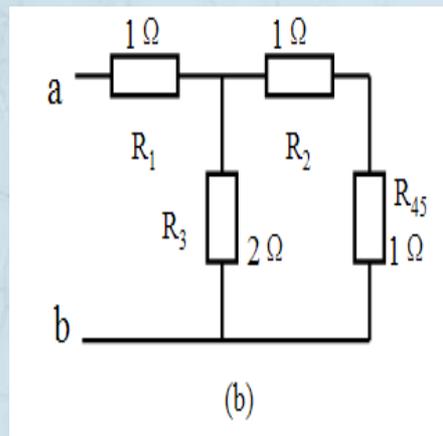
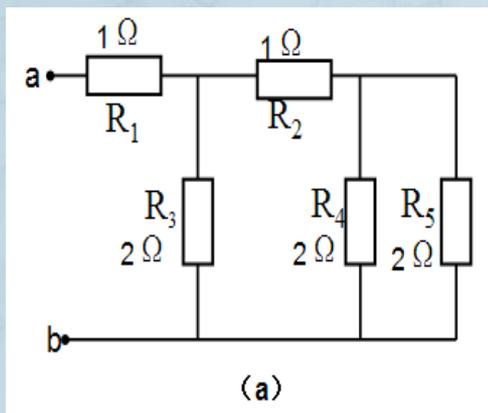
混联电路可以通过电阻的串联、并联来逐步变换，最终可简化为一个等效电阻 R 。

例 2.2 如图所示电路是一个电阻混联电路，试求 **a**、**b** 两端的等效电阻。



1 电阻的串联、并联及其等效变换

4、电阻的混联



解 图中，可见 R_4 与 R_5 并联（记 $R_4 // R_5$ ），可得 $R_{45} = R_4 // R_5 = 1\Omega$ ，路简化后如图 2.5 (b) 所示， R_2 与 R_{45} 为串联电路再简化后如图 2.5 (c) 所示，最后 R_3 与 R_{245} 并联

$$R_{245} = R_2 + R_{45} = (1+1)\Omega = 2\Omega$$

$$R_{ab} = R_1 + R_{2345} = (1+1)\Omega = 2\Omega$$

1 电阻的串联、并联及其等效变换

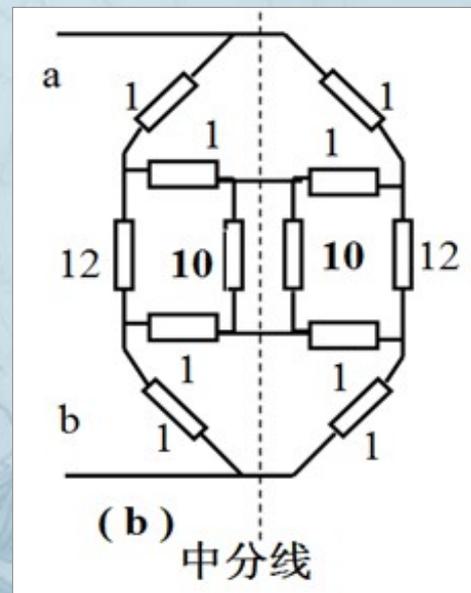
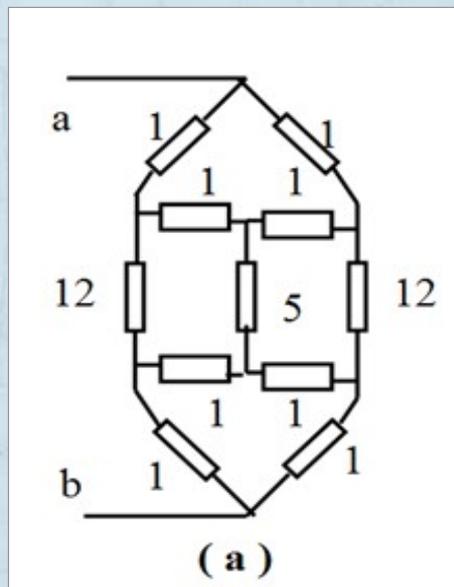
4、电阻的混联

例 2.3 已知如图对称电阻电路。求 a、b 之间的等效电阻 R_{ab} 。

解：因为电路对称，所以可以将 5Ω 电阻分解成两个 10Ω 电阻的并联，从而将原电路分解成对称两部分。

因此 a、b 之间的等效电阻 R_{ab} 为：

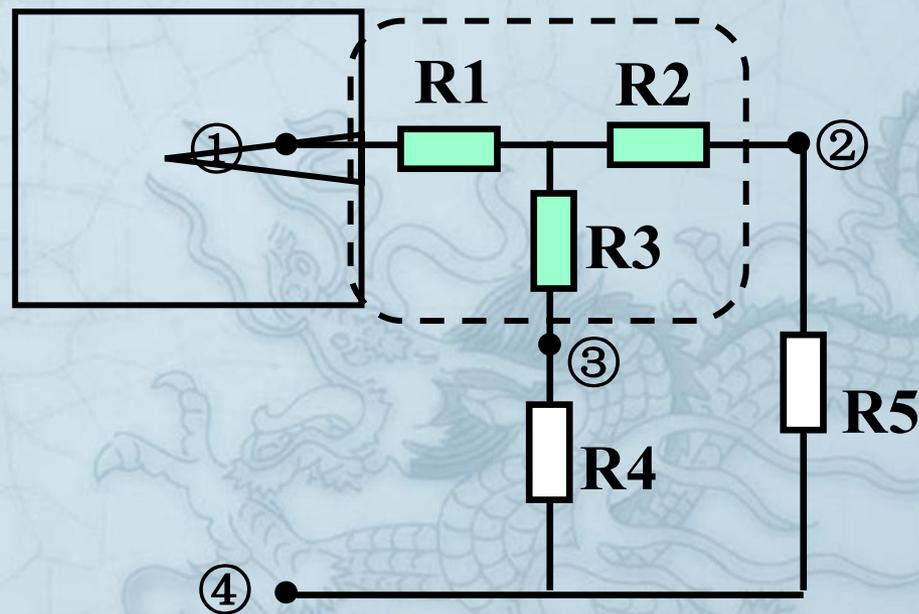
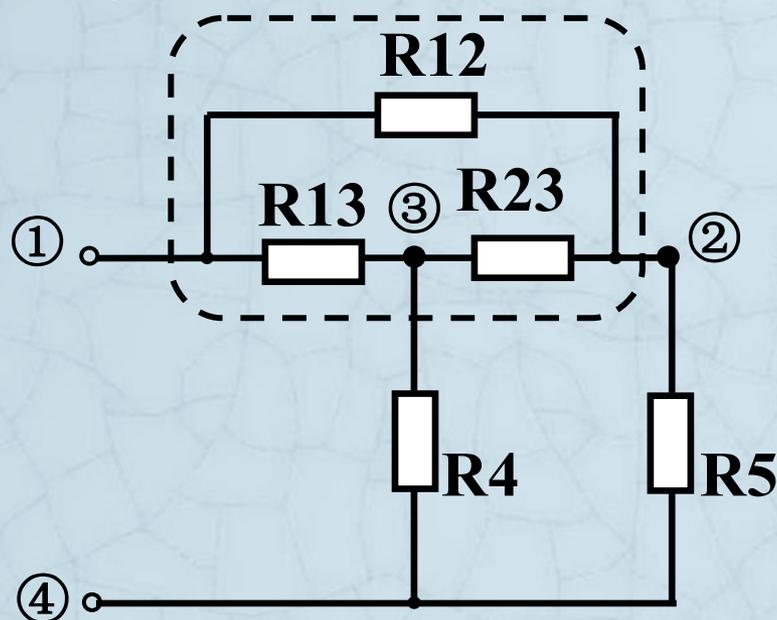
$$R_{ab} = \frac{1}{2} [(1+10+1)//12 + 1 + 1] = 4\Omega$$



2 电阻的（Y形） / （ Δ 形）等效变换

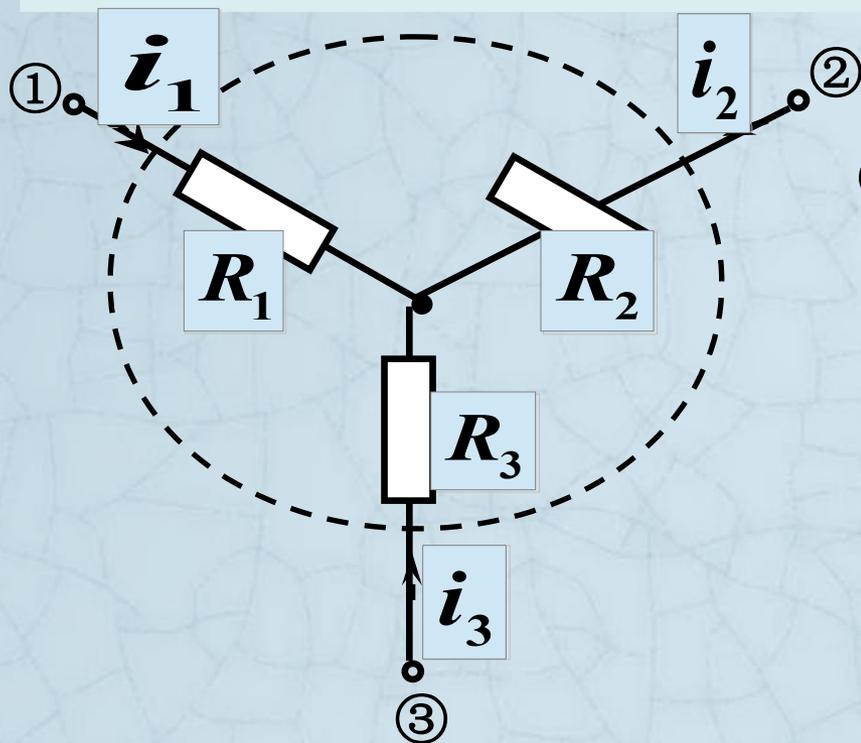


电阻之间的联接既不是串联也不是并联，可以运用 KCL、KVL、欧姆定律及电路等效的概念，对它们作彼此之间的互换，使变换后的电阻联接方式与电路其它部分的电阻构成串联或并联。这里介绍常见的电阻的 Y— Δ 变换和 Δ —Y 变换。

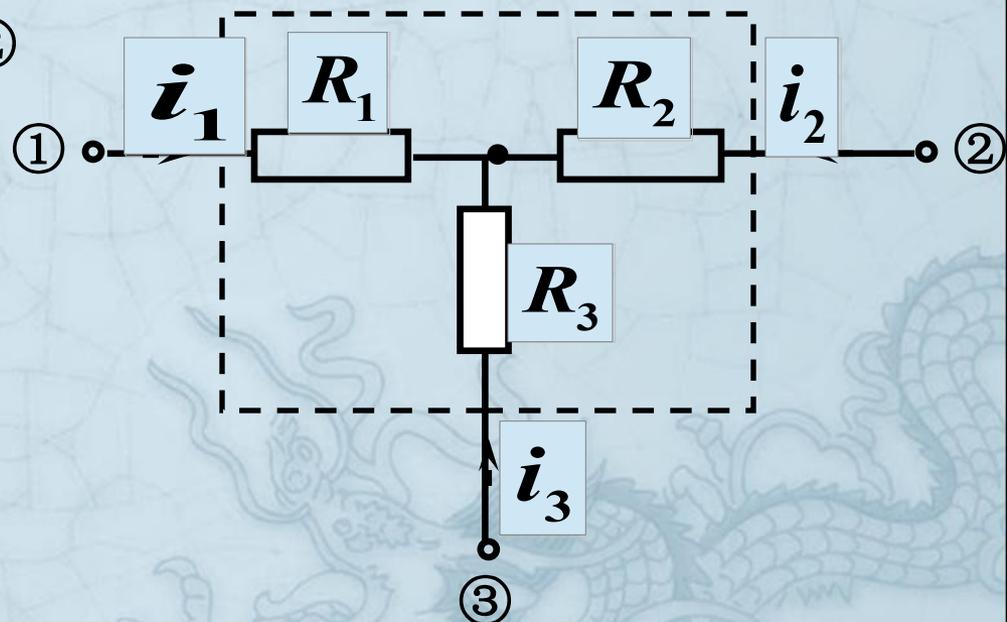


2 电阻的 (Y 形) / (Δ 形) 等效变换

a) 星形 (又称 Y 形或 T 形) 连接



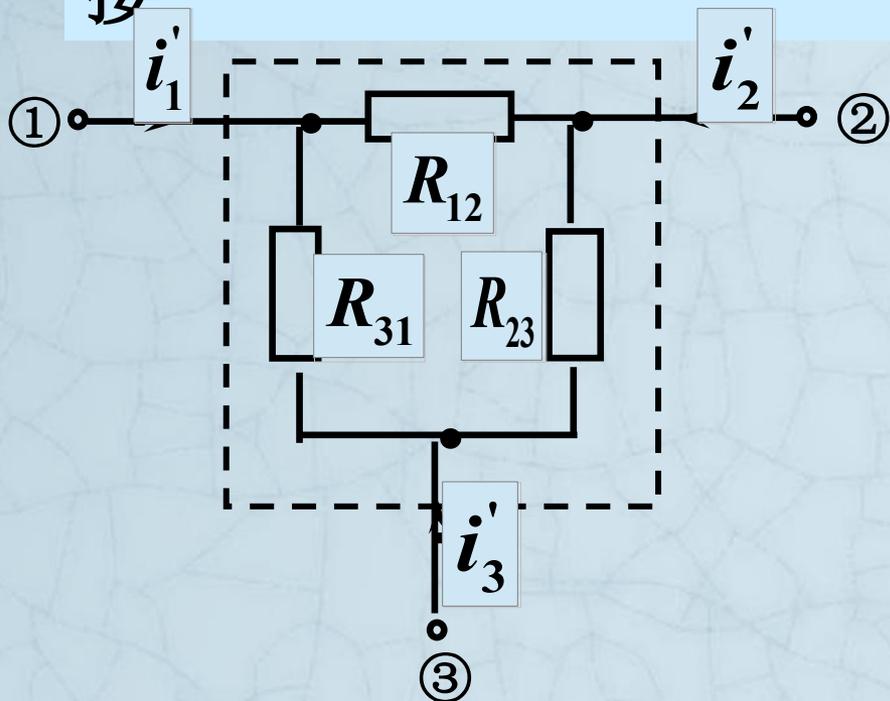
Y 形 (或星形) 连接



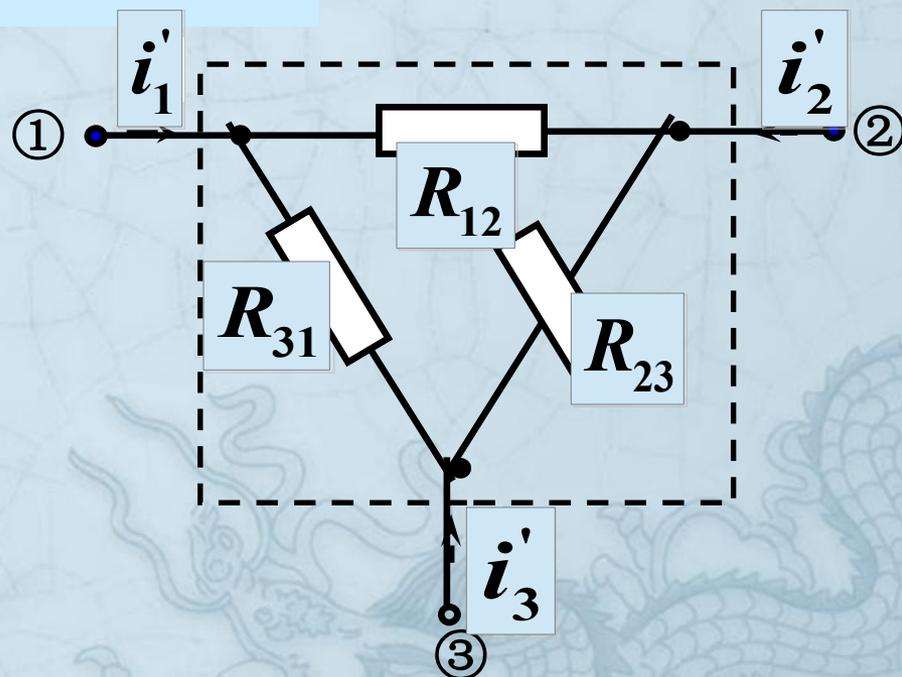
T 形 (或星形) 连接

2 电阻的（Y形） / （ Δ 形）等效变换

b) 三角形（又称 Δ 形或 π 形）连接



π 形（或 Δ 形）连接



Δ 形（或 π 形）连接

2 电阻的（Y形）/（Δ形）等效变换

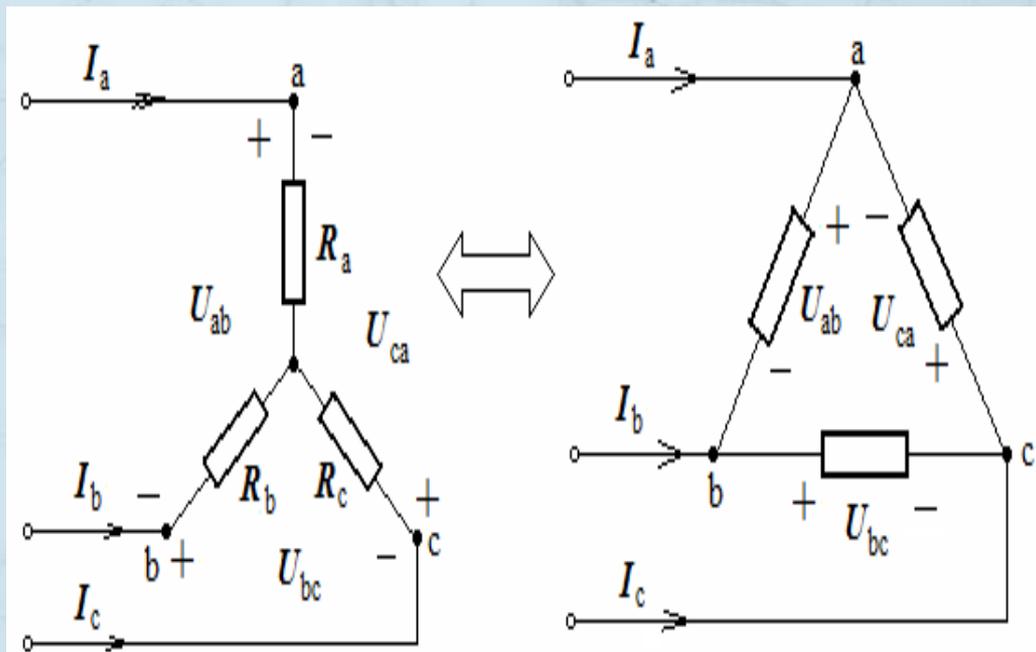


1. 电阻电路的 Y—Δ 等效变换

$$R_{ab} = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_c}$$

$$R_{bc} = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_a}$$

$$R_{ca} = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_b}$$



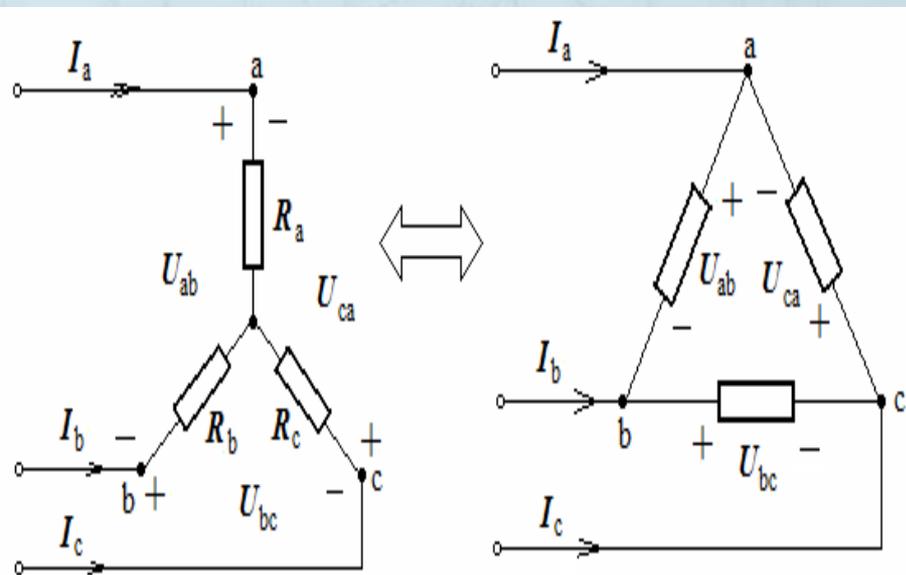
其通式可记为

$$R_{\Delta} = \frac{\text{旁阻积之和}}{\text{对阻}}$$

2 电阻的（Y形） / （Δ形）等效变换

2. 电阻电路的 Δ—Y 等效变换

$$R_a = \frac{R_{ab} R_{ca}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$$
$$R_b = \frac{R_{bc} R_{ab}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$$
$$R_c = \frac{R_{ca} R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$$



其通式可记为： $R_Y = \frac{\text{旁阻积}}{\text{三个电阻之和}}$

2 电阻的（Y形） / （Δ形）等效变换



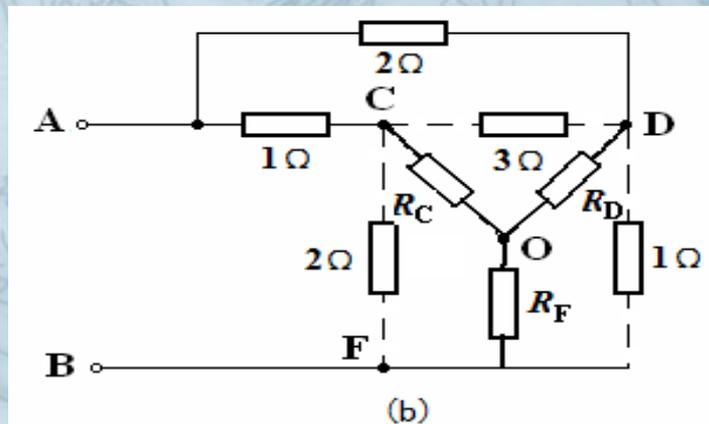
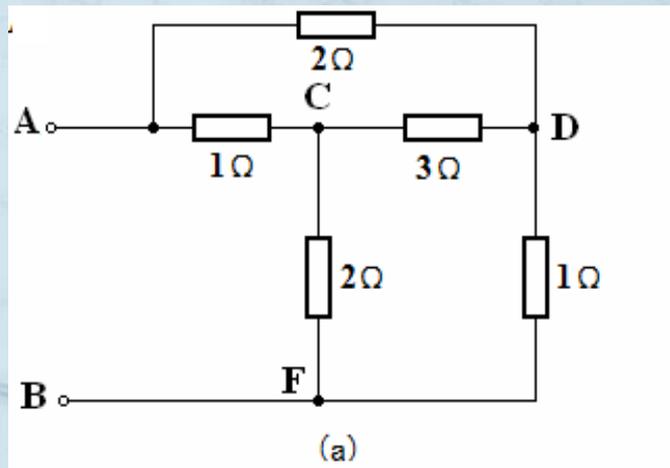
例 2.4 在下图所示的电路中，各元件参数如图所示，求 **A、B** 端之间的等效电阻。

解： 题图 **a** 中 **CDF** 回路（构成 **Δ** 形）变换成 **Y** 形，根据 **Δ→Y** 等效变换公式可得：

$$R_C = \frac{R_{FC} R_{CD}}{R_{CD} + R_{DF} + R_{FC}} = \frac{2 \times 3}{3 + 1 + 2} \Omega = 1 \Omega$$

$$R_D = \frac{R_{CD} R_{DF}}{R_{CD} + R_{DF} + R_{FC}} = \frac{3 \times 1}{3 + 1 + 2} \Omega = \frac{1}{2} \Omega$$

$$R_F = \frac{R_{FC} R_{DF}}{R_{CD} + R_{DF} + R_{FC}} = \frac{2 \times 1}{3 + 1 + 2} \Omega = \frac{1}{3} \Omega$$

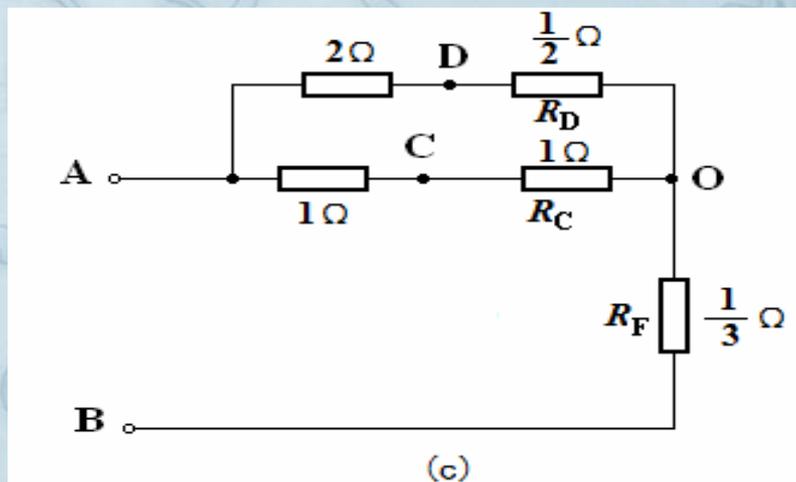
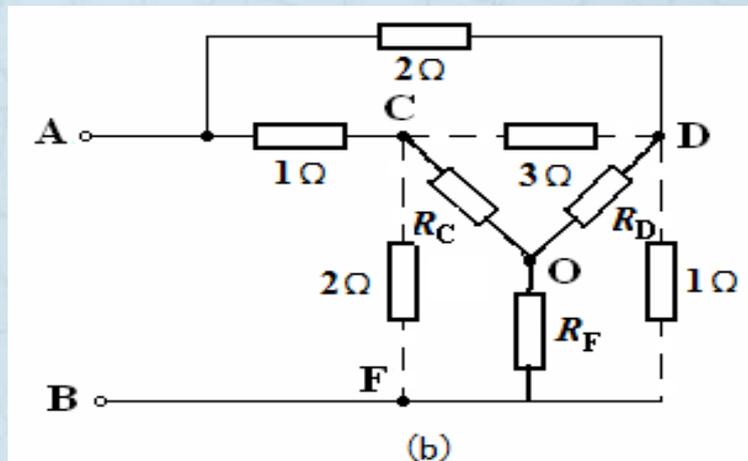


2 电阻的（Y形）/（Δ形）等效变换



例 2.4 在下图所示的电路中，各元件参数如图所示，求 A、B 端之间的等效电阻。

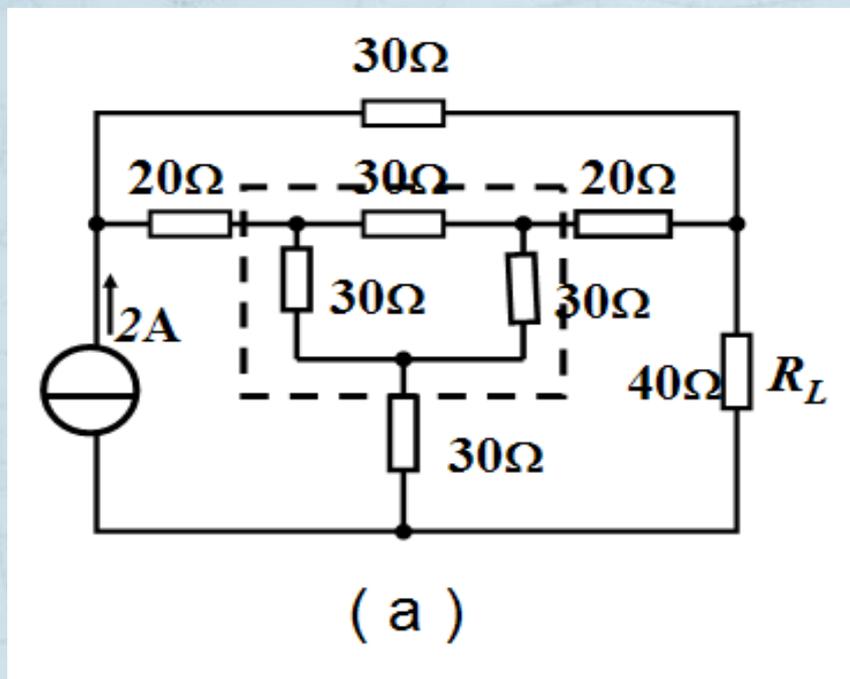
变换后的电路可画成图 (b)，进一步整理为图 c，这是一个混联电路。所以：



$$R_{AB} = \frac{2 + \frac{1}{2} + (1+1)}{1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}} + \frac{1}{3} \Omega = \frac{5}{2} + \frac{1}{3} \Omega = \frac{10}{2} + \frac{1}{3} \Omega = \frac{30}{6} + \frac{2}{6} \Omega = \frac{32}{6} \Omega = \frac{16}{3} \Omega \approx 5.33 \Omega$$

2 电阻的（Y形） / （ Δ 形）等效变换

例 2.5 已知电路如图，求负载电阻 R_L 消耗的功率。



2 电阻的 (Y形) / (Δ 形) 等效变换

解题思路

