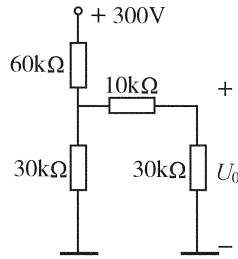
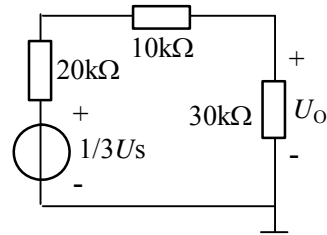


**4-1** 题 4-1 图中，300V 电源电压不稳定，设它突然升高到 360V，求电压  $U_0$  的变化量。



题 4-1 图



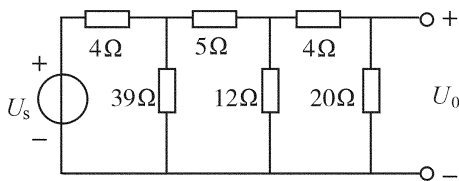
题 4-1 解图

**解** 设电源电压为  $U_s$ ，原电路等效为如题 4-1 解图所示。

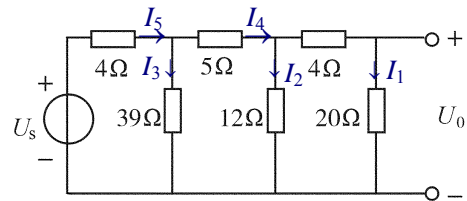
$$\text{由题 4-1 解图, 有 } U_o = \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} U_s = \frac{1}{6} U_s$$

$$\text{由齐次定理, 得 } \Delta U_o = \frac{1}{6} (360 - 300) = 10 \text{ V}$$

**4-2** 题 4-2 图所示梯形电路中，求  $U_0/U_s$ 。



题 4-2 图



题 4-2 解图

**解** 设题 4-2 图所示梯形电路各支路电流的参考方向如题 4-2 解图所示，并设  $U_o = 20 \text{ V}$ 。

题 4-2 解图中，由欧姆定律，有

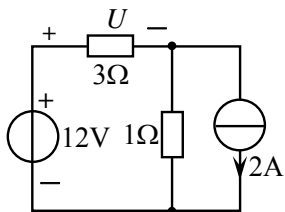
$$I_1 = \frac{U_o}{20} = 1 \text{ A}, \quad I_2 = \frac{I_1(20+4)}{12} = 2 \text{ A}, \quad I_3 = \frac{(I_1 + I_2) \times 5 + I_2 \times 12}{39} = 1 \text{ A}$$

由 KCL 和 KVL，有

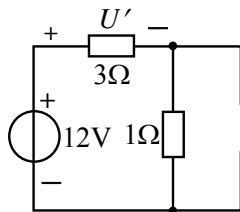
$$I_4 = I_1 + I_2 = 3 \text{ A}, \quad I_5 = I_3 + I_4 = 4 \text{ A}, \quad U_s = 4I_5 + 39I_3 = 55 \text{ V}$$

$$\text{所以, 有 } \frac{U_o}{U_s} = \frac{20}{55} = 0.364、$$

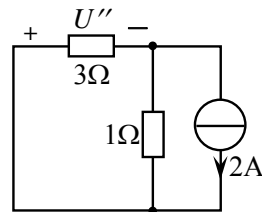
**4-3** 用叠加定理求题 4-3 图所示电路的电压  $U$ 。



题 4-3 图



题 4-3 解(a)图



题 4-3 解(b)图

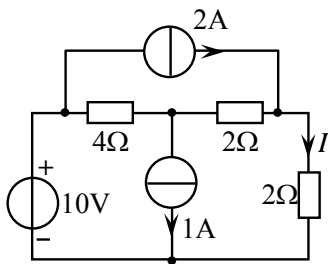
解 利用叠加原理，题 4-3 图所示电路分解为如题 4-3()解(a)和(b)图所示电路。

由题 4-3 解(a)图，有  $U' = \frac{12}{3+1} \times 3 = 9\text{V}$

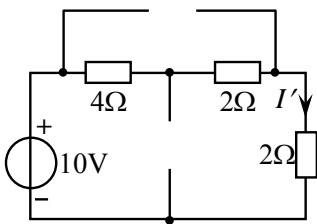
由题 4-3 解(b)图，有  $U'' = \frac{1}{3+1} \times 2 \times 3 = 1.5\text{V}$

由叠加原理，得  $U = U' + U'' = 10.5\text{V}$

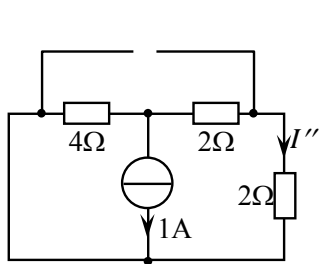
**4-4** 电路如题 4-4 图所示，用叠加定理求电流  $I$ 。



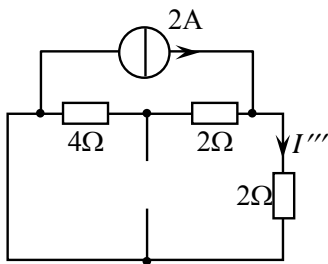
题 4-4 图



题 4-4 解(a)图



题 4-4 解(b)图



题 4-4 解(c)图

解 利用叠加原理，题 4-4 图所示电路分解为如题 4-4 解(a)、(b)和(c)图所示电路。

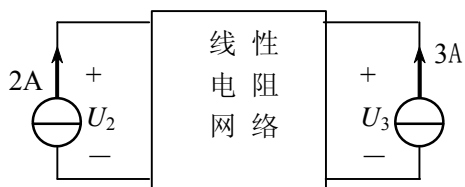
由叠加原理，得

$$I = I' + I'' + I''' = \frac{10}{4+2+2} - 0.5 + \frac{4+2}{4+2+2} \times 2 = 2.25\text{A}$$

**4-5** 题 4-5 图所示电路中，已知：当 3A 电流源移去时，2A 电流源所产生的功率为 28W， $U_3 =$

8V；当 2A 电流源移去时，3A 电流源产生的功率为 54W， $U_2 = 12\text{V}$ 。求当两个电流源共

同作用时各自产生的功率。



题 4-5 图

解 利用叠加原理，设  $U_2 = \alpha \times 2 + \beta \times 3$

由已知条件知 
$$\begin{cases} \frac{28}{2} = \alpha \times 2 \\ 12 = \beta \times 3 \end{cases} \quad \text{求得} \begin{cases} \alpha = 7 \\ \beta = 4 \end{cases}$$

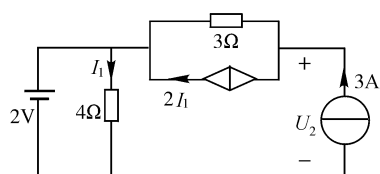
所以, 当两个电流源共同作用时  $U_2=26\text{V}$ ,  $2\text{A}$  电流源产生的功率为  $P=2 \times 26=52\text{W}$

同理, 设  $U_3 = \gamma \times 2 + \lambda \times 3$

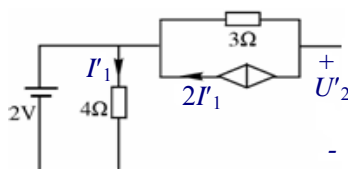
由已知条件知 
$$\begin{cases} 8 = \gamma \times 2 \\ \frac{54}{3} = \mu \times 3 \end{cases} \quad \text{求得} \begin{cases} \gamma = 4 \\ \mu = 6 \end{cases}$$

所以, 当两个电流源共同作用时  $U_3=26\text{V}$ ,  $3\text{A}$  电流源产生的功率为  $P=3 \times 26=78\text{W}$

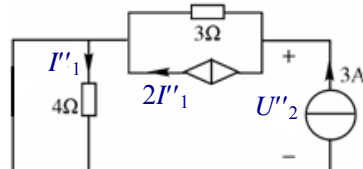
**4-6** 用叠加定理求题 4-6 图中电压  $U_2$ 。



题 4-6 图



题 4-6 解(a)图



题 4-6 解(b)图

**解** 利用叠加原理, 题 4-64 图所示电路分解为如题 4-6 解(a)和(b)图所示电路。

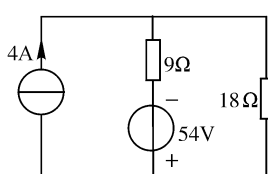
由题 4-6 解(a)图, 有  $I'_1 = \frac{2}{4} = 0.5\text{A}$

$U'_2 = -3 \times 2I'_1 + 2 = -1\text{V}$

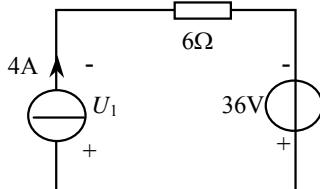
由题 4-6 解 (b)图, 有  $I''_1 = 0\text{A}$ ,  $U''_2 = 3 \times 3 = 9\text{V}$

由叠加原理, 得  $U_2 = U'_2 + U''_2 = -1 + 9 = 8\text{V}$

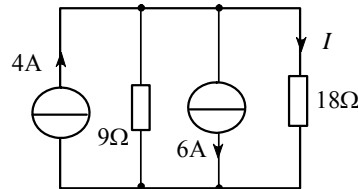
**4-7** 题 4-7 图中, (1) 选一电阻替代原来的电流源, 使电路的各电压、各电流不受影响; (2) 选一电流源替代原来的  $18\Omega$  电阻, 使电路的各电压各电流不受影响。



题 4-7 图



题 4-7 解(a)图



题 4-7 解(b)图

**解** (1) 题 4-7 所示电路图等效为题 4-7 解(a)图所示。

$U_1 = 36 - 4 \times 6 = 12\text{V}$

使电路的各电压、各电流不受影响, 替代原来的电流源的电阻为

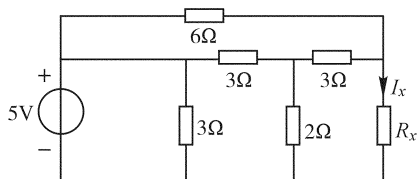
$$R = \frac{12}{4} = 3\Omega$$

(2) 题 4-7 所示电路图等效为题 4-7 解(b)图所示。

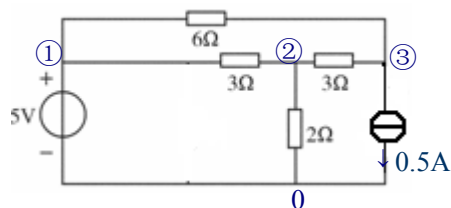
使电路的各电压、各电流不受影响，替代原来电阻的电流源为

$$I = -\frac{9}{18+9} \times (6-4) = -0.667\text{A}$$

**4-8** 题 4-8 图中，支路电流  $I_x=0.5\text{A}$ ，求电阻  $R_x$  的值为多少？



题 4-8 图



题 4-8 解图

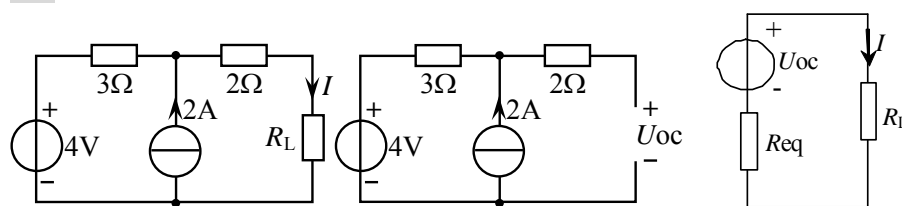
**解** 利用替代定理将题 4-8 所示电路图等效为题 4-8 解图所示，列节点电压方程如下

$$\begin{cases} U_1 = 5\text{V} \\ -\frac{1}{3}U_1 + (\frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2})U_2 - \frac{1}{3}U_3 = 0 \\ -\frac{1}{6}U_1 - \frac{1}{3}U_2 + (\frac{1}{3} + \frac{1}{6})U_3 = -0.5 \end{cases}$$

求得  $U_3 = 2\text{V}$

所以，有  $R_x = \frac{U_3}{0.5} = 4\Omega$

**4-9** 题 4-9 图电路中，电阻  $R_L$  从  $15\Omega$  变到  $35\Omega$ ，应用戴维南定理求电流  $I$  如何变化。



题 4-9 图

**解** 戴维南等效电路如图所示。

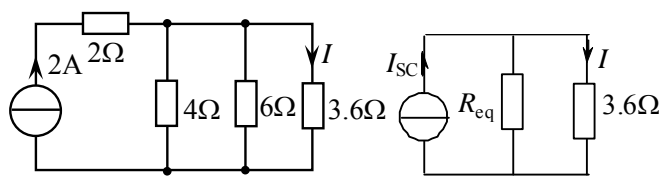
$$U_{oc} = 3 \times 2 + 4 = 10\text{V}$$

$$R_{eq} = 5\Omega$$

$$R_L = 15\Omega \text{ 时, } I = 0.5\text{A}$$

$$R_L = 35\Omega \text{ 时, } I = 0.25\text{A}$$

**4-10** 应用诺顿定理求题 4-10 图所示电路中的电流  $I$ 。



题 4-10 图

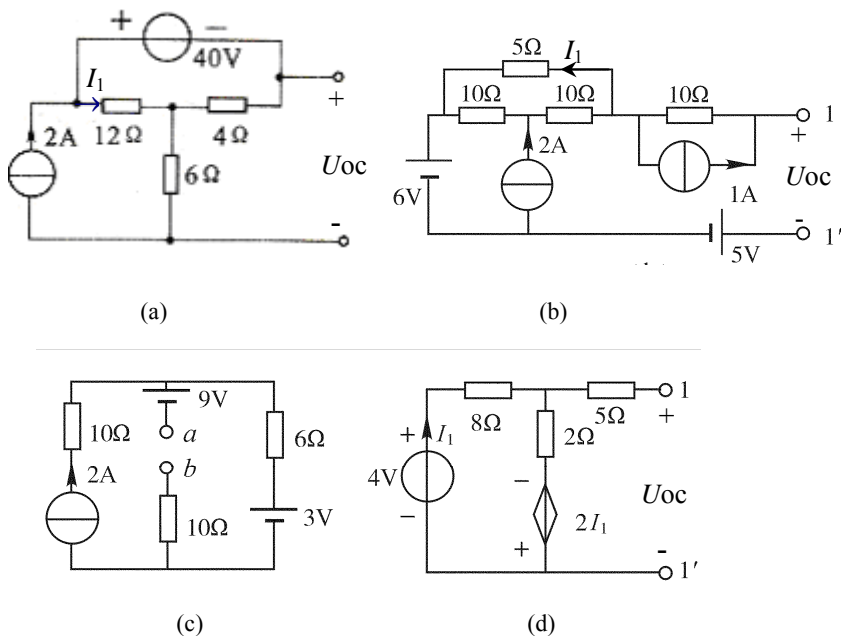
**解** 诺顿等效电路如图所示。

$$I_{sc}=2A$$

$$R_{eq}=4//6=2.4\Omega$$

$$I = \frac{2.4}{2.4 + 3.6} \times 2 = 0.8A$$

**4-11** 用戴维南定理和诺顿定理求题 4-11 图所示各电路的等效电路。



题 4-11 图

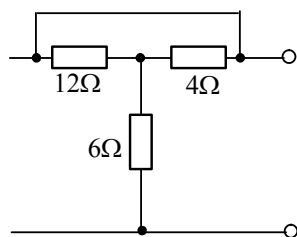
**(a)解** (1)求开路电压，如题 4-11(a)图所示，列 KVL 方程

$$\begin{cases} U_{oc} = -40 + 12I_1 + 6 \times 2 \\ 12I_1 + 4 \times (I_1 - 2) = 40 \end{cases}$$

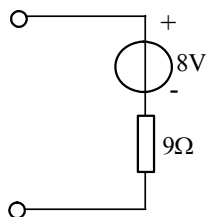
$$\text{解得 } I_1 = 3A, U_{oc} = 8V$$

(2) 求等效电阻  $R_{eq}$ ，如题 4-11 解(a1)图所示，有

$$R_{eq} = 12 // 4 + 6 = 9\Omega$$



题 4-11 解(a1)图



题 4-11 解(a2)图

(3) 等效电路如题 4-11 解(a2)图所示。

**(b)解** (1)求开路电压，如题 4-11(b)图所示，有

$$U_{oc} = 10 \times 1 + 5I_1 + 6 - 5 = 11 + 5I_1$$

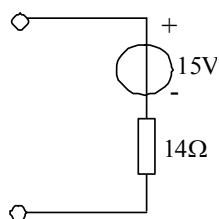
又  $(10 + 5)I_1 - 10(2 - I_1) = 0$ ，求得  $I_1 = 0.8A$

从而，有  $U_{oc} = 11 + 5I_1 = 15V$

(2) 求等效电阻  $R_{eq}$ ，将题 4-11(b)图所示电路中独立电源置零，得

$$R_{eq} = 10 + [5 // (10 + 10)] = 14\Omega$$

(3) 等效电路如题 4-11 解(b1)图所示。



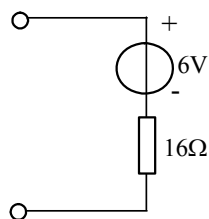
**(c)解** (1)求开路电压，如题 4-11(c)图所示，有

$$U_{oc} = U_{ab} = -9 + 6 \times 2 + 3 = 6V$$

(2) 求等效电阻  $R_{eq}$ ，将题 4-11(c)图所示电路中独立电源置零，得

$$R_{eq} = 6 + 10 = 16\Omega$$

(3) 等效电路如题 4-11 解(c1)图所示。



题 4-11 解(c1)图

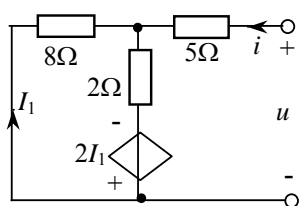
(d)解 (1)求开路电压, 如题 4-11(d)图所示, 有

$$U_{oc} = 2I_1 - 2I_1 = 0 \text{ V}$$

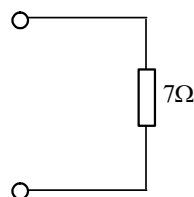
(2) 采用外加电源法求等效电阻  $R_{eq}$ , 如题 4-11 解(d1)图所示, 有

$$u = 5i + 2 \times (i + I_1) - 2I_1 = 7i$$

所以, 得  $R_{eq} = 7\Omega$



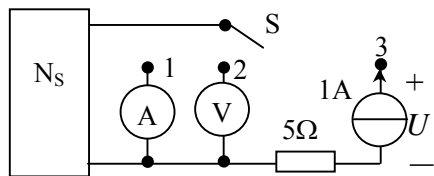
题 4-11 解(d1)图



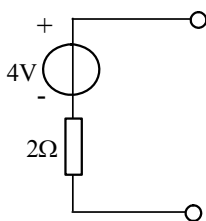
题 4-11 解(d2)图

(3) 等效电路如题 4-11 解(d2)图所示。

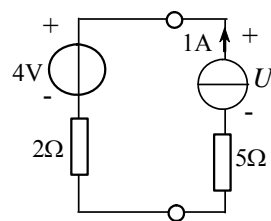
**4-12** 题 4-12 图所示  $N_S$  为含源单口网络, 已知开关 S 扳向 1, 电流表读数为 2A; 开关 S 扳向 2, 电压表读数为 4V; 求开关 S 扳向 3 后, 电压  $U$  等于多少?



题 4-12 图



题 4-12 解(a)图



题 4-12 解(b)图

解 由已知条件, 知

开关 S 扳向 1, 电流表读数为端口的短路电流, 即  $I_{sc}=2\text{A}$

开关 S 扳向 2, 电压表读数为端口的开路电压, 即  $U_{oc}=4\text{V}$

所以, 含源单口网络  $N_S$  的等效电阻为  $R_{eq} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}} = 2\Omega$

从而, 有含源单口网络  $N_S$  的等效电路如题 4-12 解(a)图所示。

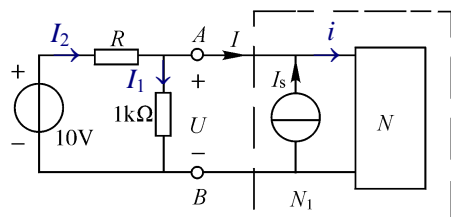
当开关 S 扳向 3 后, 等效电路如题 4-12 解(b)图所示, 有

$$U - (2+5) \times 1 - 4 = 0$$

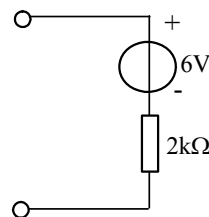
从而, 有  $U = 11\text{V}$

**4-13** 题 4-13 图中  $N_1$  的伏安关系为  $U=2000I+10$ , 其中  $U$  单位为伏特,  $I$  单位为毫安,  $I_s=2\text{mA}$ ,

(1) 求 N 的等效电路；(2) 若  $I = -1\text{mA}$ ，求电阻  $R$  的值。



题 4-13 图



题 4-13 解图

**解** (1) 已知条件,  $U = 2000I + 10$

又  $I = i - 2$ , 代入上式, 得  $U = 2000i + 6$

即  $U_{oc} = 6\text{V}$ ,  $R_{eq} = 2\text{k}\Omega$

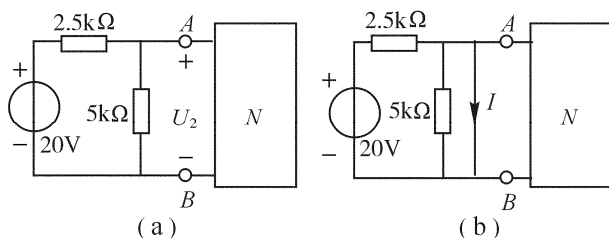
所以, N 的等效电路如题 4-13 解图所示。

(2) 当  $I = -1\text{mA}$  时,  $U = 8\text{V}$

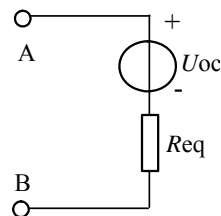
此时  $I_1 = \frac{8}{1} = 8\text{mA}$ ,  $I_2 = I_1 + I = 7\text{mA}$

所以, 有  $R = \frac{10 - 8}{7} = \frac{2}{7}\text{k}\Omega$

**4-14** 题 4-14 图(a)所示电路,  $U_2 = 12.5\text{V}$ , 若将网络 N 短路, 如题图 4-14(b)所示, 短路电路  $I = 10\text{mA}$ , 试求网络 N 在 AB 端的戴维南等效电路。



题 4-14 图



题 4-14 解图

**解** 设网络 N 的等效电路如题 4-14 解图所示。由已知条件列出如下表达式

对题 4-14(a)图列节点电压方程, 即  $\left(\frac{1}{2.5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{R_{eq}}\right) \times 12.5 = \frac{20}{2.5} + \frac{U_{oc}}{R_{eq}}$

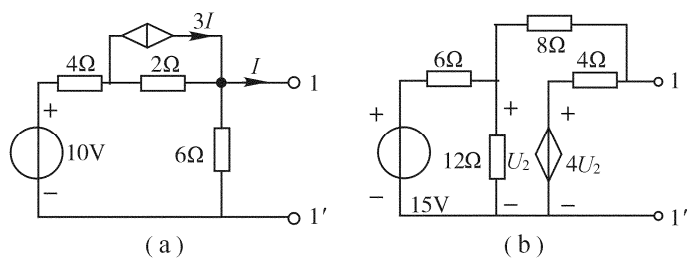
对题 4-14(b)图列 KCL 方程, 即  $\frac{20}{2.5} + \frac{U_{oc}}{R_{eq}} = 10$

联立二式, 求得  $U_{oc} = 10\text{V}$ ,  $R_{eq} = 5\text{k}\Omega$

**4-15** 本题所示电路只存在一种等效电路。(1) 求题 4-15(a) 图所示单口网络的戴维南等效电路;

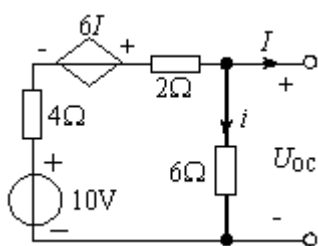
(2) 求题 4-15(b) 图的诺顿等效电路。



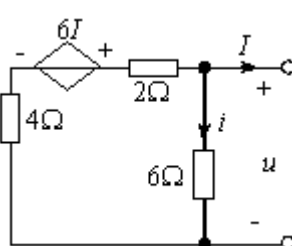


题 4-15 图

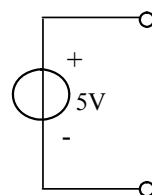
解 (a)图 (1)求开路电压, 如题 4-15 解(a)图所示。



题 4-15 解(a)图



题 4-15 解(b)图



题 4-15 解(c)图

开路时  $I=0$

列 KVL 方程  $6i - 10 + 6i = 0$  求得  $i = 5/6\text{A}$

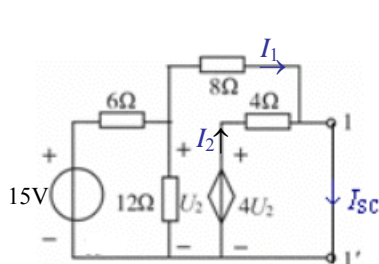
所以, 有  $U_{oc} = 6i = 5\text{V}$

(2)求等效电阻  $R_{eq}$ , 如题 4-15 解(b)图所示。

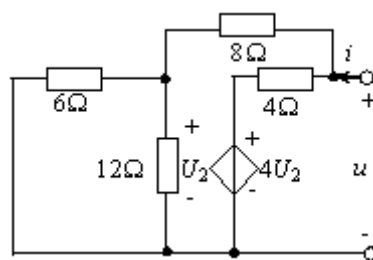
求得  $u=0$ , 从而,  $R_{eq}=0$ , 所以该电路不存在诺顿等效电路。

(3)题 4-15(a)图所示单口网络的戴维南等效电路如题 4-15 解(c)图所示。

(b)图 (1)求短路电流, 如题 4-15 解(d)图所示, 有



题 4-15 解(d)图



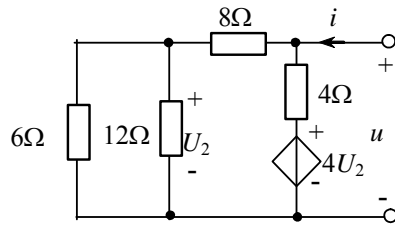
题 4-15 解(e)图

$$I_1 = \frac{15}{6 + \frac{8 \times 12}{8 + 12}} \times \frac{12}{8 + 12} = \frac{5}{6} \text{A}$$

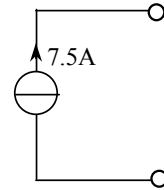
$$U_2 = 8I_1 = \frac{20}{3} \text{V}, \quad I_2 = \frac{4U_2}{4} = \frac{20}{3} \text{A}$$

所以, 有  $I_{sc} = I_1 + I_2 = 7.5\text{A}$

(2)求等效电阻  $R_{eq}$ ，采用外加电源法，如题 4-15 解(e)图所示，进一步等效为题 4-15 解(f)图所示电路。



题 4-15 解(f)图

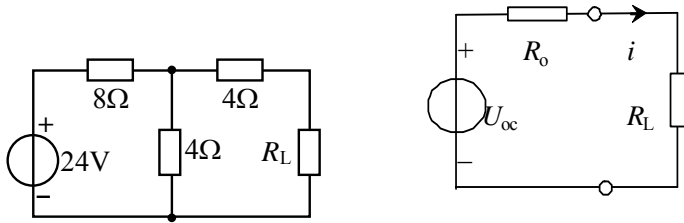


题 4-15 解(g)图

求得  $R_{eq}=0$

(3) 题 4-15(b)图所示单口网络的诺顿等效电路等效电路如题 4-15 解(g)图所示。

**4-16** 题 4-16 图所示电路中负载电阻  $R_L$  为何值时其上获得最大功率，求此最大功率。



题 4-16 图

**解** 戴维南等效电路如图所示。

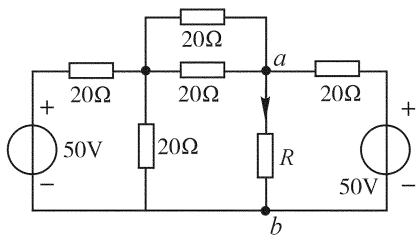
$$U_{oc} = \frac{24}{8+4} \times 4 = 8V$$

$$R_o = 4 + 8 // 4 = \frac{20}{3} = 6.67\Omega$$

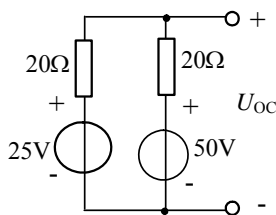
$R_L=R_o=6.67\Omega$ 时获得最大功率，最大功率为

$$P_{max} = \frac{U_{oc}^2}{4R_{eq}} = \frac{8^2}{4 \times 6.67} = 2.4W$$

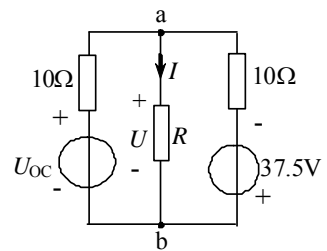
**4-17** 题 4-17 图中  $R$  为多大时，它吸收的功率最大？并求此最大功率。若  $R=8\Omega$ ，欲使  $R$  中电流为零，则 a、b 间应再接什么理想元件，参数为多大？



题 4-17 图



题 4-17 解(a)图



题 4-17 解(b)图

解 (1)求  $R$  支路以外得等效电路。

先求开路电压, 将  $R$  断开, 并作等效变换, 如题 4-17 解(a)图所示。

$$U_{oc} = \frac{25/20 + 50/20}{1/20 + 1/20} = 37.5\text{V}$$

等效电阻为  $R_{eq} = 20 // 20 = 10\Omega$

当  $R = R_{eq} = 10\Omega$  时,  $R$  吸收的功率最大, 最大功率为

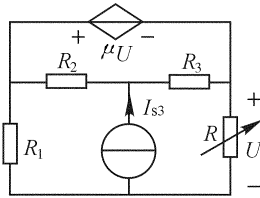
$$P_{\max} = \frac{U_{oc}^2}{4R_{eq}} = \frac{37.5^2}{4 \times 10} = 35.16\text{W}$$

(2) 若  $R=8\Omega$ , 欲使  $R$  中电流为零, 则 a、b 间应再并联一条内阻为  $10\Omega$ , 电压为  $37.5\text{V}$  的有源支路, 如题 4-17 解(b)图所示。

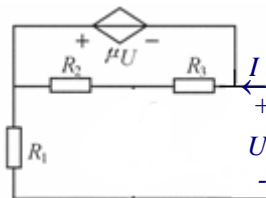
$$U = \frac{\frac{1}{10}U_{oc} - \frac{1}{10} \times 37.5}{\frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{R}} = 0 \quad \text{所以, 有} \quad I = \frac{U}{R} = 0$$

即并联一条内阻为  $10\Omega$ , 电压为  $37.5\text{V}$  的有源支路可以使  $R$  中电流为零。

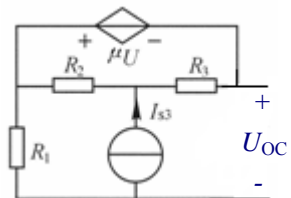
**4-18** 题 4-18 图中,  $R_1=1\Omega$ , 电阻  $R$  可变, 当  $R=\frac{1}{3}\Omega$  时其功率为最大, 值为  $0.75\text{W}$ , 试求  $\mu$  与  $I_{s3}$  值。



题 4-18 图



题 4-18 解(a)图



题 4-18 解(b)图

解 由已知条件, 得  $R_{eq} = \frac{1}{3}\Omega$ ,  $U_{oc} = \pm\sqrt{4P_{\max}R_{eq}} = \pm 1\text{V}$

(1) 利用  $R_{eq}$  求  $\mu$ , 如题 4-18 解(a)图所示。

采用外加电源法, 得  $R_{eq} = \frac{R_1}{1+\mu} = \frac{1}{3}$ , 求得  $\mu = 2$

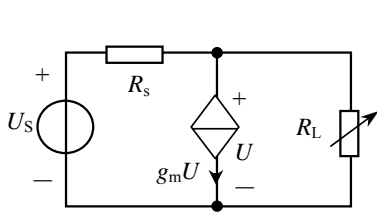
(2) 利用开路电压  $U_{oc}$  求  $I_{s3}$  的值, 如题 4-18 解(b)图所示, 有

$$U_{oc} = -\mu U_{oc} + R_1 I_{s3} = \pm 1\text{V}$$

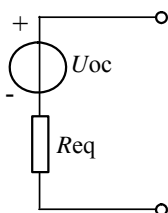
所以, 有  $I_{s3} = \pm 3\text{A}$

**4-19** 题 4-19 图中,  $R_s=1\Omega$ ,  $g_m$  与  $U_s$  为定值,  $R_L$  可变, 已知当  $R_L=0.5\Omega$  时,  $R_L$  上获最大功率,

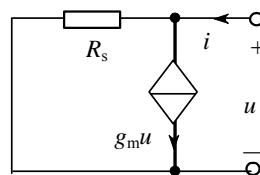
值为  $0.125\text{W}$ ，试确定  $g_m$  与  $U_s$  值。



题 4-19 图



题 4-19 解(a)图



题 4-19 解(b)图

**解** 题 4-19 图的等效电路如题 4-19 解(a)图所示。

由已知条件，知  $R_{eq} = R_L = 0.5\Omega$ ,  $U_{oc} = \pm\sqrt{4 \times 0.4 \times 0.125} = \pm 0.5\text{V}$

(1) 利用  $R_{eq}$  求  $g_m$ ，电压源  $U_s$  置零，如题 4-19 解(b)图所示。

采用外加电源法，得  $R_{eq} = \frac{R_s}{1 + g_m R_s}$

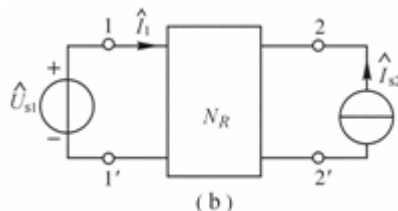
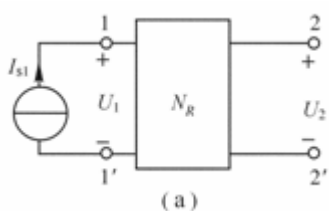
所以，有  $0.5 = \frac{1}{1 + g_m}$  从而，得  $g_m = 1$

(2) 利用  $U_{oc}$  求  $U_s$ ，将  $R_L$  断开

$$U_s = R_s g_m U_{oc} + U_{oc} = 2U_{oc} = \pm 1\text{V}$$

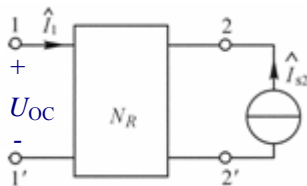
**4-20** 题 4-20 图(a)所示电路中，有  $I_{s1}=1\text{A}$ ,  $U_1=2\text{V}$ ,  $U_2=1\text{V}$ ；题 4-20 图(b)中有  $\hat{U}_{s1} = 20\text{V}$ ,  $\hat{I}_{s2}=10\text{A}$ ，

$N_R$  为互易网络，试确定电流  $\hat{I}_1$  值。

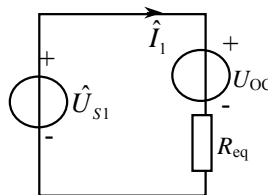


题 4-20 图

**解** 应用戴维南定理和互易定理求解。断开待求支路，如题 4-20 解(a)图所示。



题 4-20 解(a)图



题 4-20 解(b)图

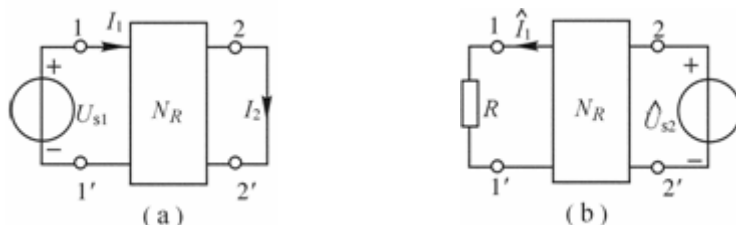
题 4-20 图(a)所示电路与如题 4-20 解(a)图所示互易, 所以, 有  $U_{oc} = \frac{\hat{I}_{s2}}{I_{s1}} U_2 = 10V$

将题 4-20 解(a)图所示电路独立源置零, 利用题 4-20 图(a)的已知条件, 得  $R_{eq} = \frac{U_1}{I_{s1}} = 2\Omega$

题 4-20 图(b)所示电路的戴维南等效电路如题 4-20 解(b)图所示, 有

$$\hat{I}_1 = \frac{\hat{U}_{s1} - 10}{2} = 5A$$

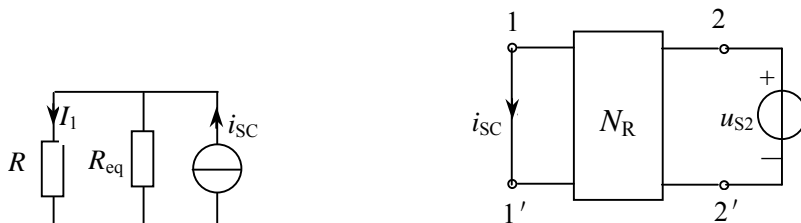
**4-21** 题 4-21 图(a)电路中, 有  $U_{s1}=1V$ ,  $I_1=2A$ ,  $I_2=1A$ ; 题 4-21 图(b)中, 有  $\hat{U}_{s2}=5V$ ,  $\hat{I}_1=1A$ ,  $N_R$  为互易网络, 试确定电阻  $R$  值。



题 4-21 图

**解** 应用诺顿和互易定理求解, 将题 4-21 图(b)所示电路作诺顿等效, 如题 4-21 解(a)图所示。

(1)求短路电流  $i_{sc}$ , 电阻  $R$  所在支路短接, 如题 4-21 解(b)图所示。



题 4-21 解(a)图

题 4-21 解(b)图

比较题 4-21 图(a)电路和题 4-21 解(b)图所示电路, 由互易定理, 知  $i_{sc}=5A$

(2)求等效电阻  $R_{eq}$ , 如题 4-21 解(b)图中将独立电压源置零, 从端口 1-1' 看, 与题 4-25 图(a)从端口 1-1' 看是完全相同的, 所以, 有

$$R_{eq} = \frac{U_{s1}}{I_1} = 0.5\Omega$$

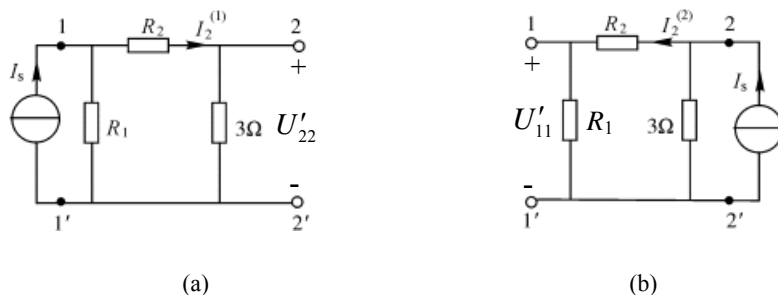
(3)由题 4-21 解(a)图所示电路, 知

$$\hat{I}_1 = \frac{R_{eq}}{R + R_{eq}} i_{sc} \quad \text{即} \quad 1 = \frac{R_{eq}}{R + R_{eq}} \times 5$$

求得  $R = 2\Omega$

**4-22** 题 4-22 图(a)含有两个未知电阻的互易网络,当电流源  $I_s$  作用于  $1-1'$  之间时,有  $I_2^{(1)} = \frac{1}{6}I_s$ ;

当电流源  $I_s$  作用于  $2-2'$  之间时,电路如题 4-22 图(b)所示,有  $I_2^{(2)} = 0.5I_s$ 。应用互易定理确定电阻  $R_1$  与  $R_2$  值。



题 4-22 图

**解** 依据互易定理: 题 4-22 图(a)中  $U'_{22}$  与题 4-22 图(b)中  $U'_{11}$  相等, 即

$$3I_2^{(1)} = R_1 I_2^{(2)} \quad \text{从而, 得} \quad R_1 = 1\Omega$$

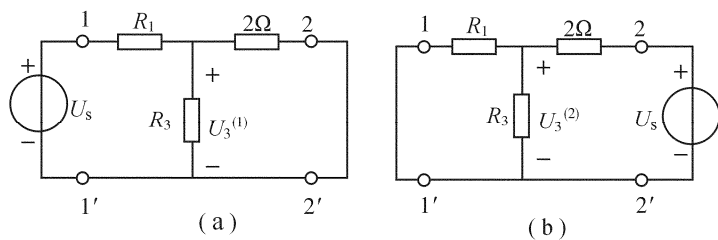
$$\text{由分流公式, 得} \quad I_2^{(1)} = \frac{1}{6}I_s = \frac{I_s \cdot R_1}{R_1 + R_2 + 3}$$

$$\text{从而, 得} \quad R_2 = 2\Omega$$

**4-23** 题 4-23 图 (a) 含有两个未知电阻的互易网络, 当电压源  $U_s$  作用于  $1-1'$  之间时, 有

$$U_3^{(1)} = \frac{6}{11}U_s; \text{ 当 } U_s \text{ 作用于 } 2-2' \text{ 之间时电路如题 4-23 图(b)所示, 有 } U_3^{(2)} = \frac{3}{11}U_s。 \text{ 应用}$$

互易定理确定电阻  $R_1$  与  $R_3$  值。



题 4-23 图

**解** 依据互易定理: 题 4-23 图(a)中  $U'_{22}$  与题 4-23 图(b)中  $U'_{11}$  相等, 即

$$\frac{U_3^{(1)}}{2} = \frac{U_3^{(2)}}{R_1} \quad \text{即} \quad \frac{1}{2} \times \frac{6}{11}U_s = \frac{1}{R_1} \times \frac{3}{11}U_s$$

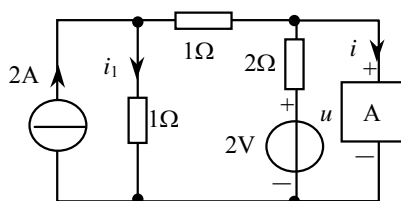
$$\text{从而, 得} \quad R_1 = 1\Omega$$

由题 4-23 图(a)列 KVL 方程, 有

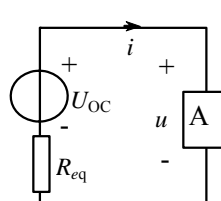
$$U_s = U_3^{(1)} + R_1 \left( \frac{U_3^{(1)}}{R_3} + \frac{U_3^{(1)}}{2} \right) \quad \text{即} \quad U_s = \frac{6}{11} U_s + \frac{6}{11 R_3} U_s + \frac{6}{2 \times 11} U_s$$

从而, 得  $R_3 = 3\Omega$

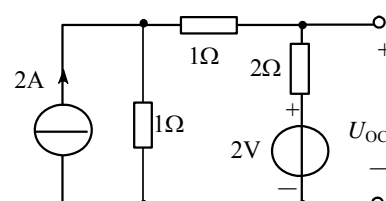
**4-24** 电路如题 4-24 图所示, 已知非线性元件 A 的 VCR 为  $u = \begin{cases} 0, & \text{当 } i < 0 \\ i^2, & \text{当 } i > 0 \end{cases}$ , 试求  $i$  和  $i_1$ 。



题 4-24 图



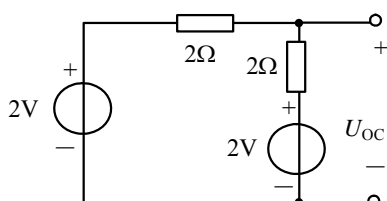
题 4-24 解(a)图



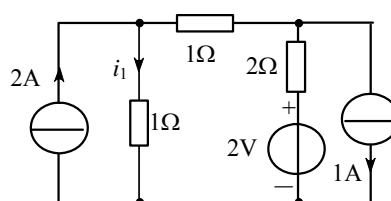
题 4-24 解(b)图

**解** 将题 4-24 图所示电路等效为如题 4-24 解(a)图所示戴维南等效电路。

(1) 求开路电压, 如题 4-24 解(b)图所示, 进一步等效变换为题 4-24 解(c)图所示, 求得



题 4-24 解(c)图



题 4-24 解(d)图

$$U_{oc} = 2 + \frac{2-2}{2+2} \times 2 = 2V$$

(2) 求等效电阻  $R_{eq}$ , 如题 4-24 解(c)图所示电路中置独立电源为零, 得  $R_{eq} = 1\Omega$

(3) 由等效电路题 4-24 解(a)图, 有  $u = U_{oc} - R_{eq}i = \begin{cases} 0 \\ i^2 \end{cases}$

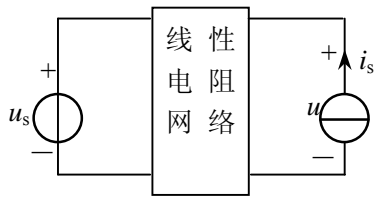
$$\text{即} \quad \begin{cases} 0 = 2 - 1 \times i \rightarrow i = 2 (\text{不合题意, 舍去}) \\ i^2 = 2 - i \rightarrow i = -2 (\text{不合题意, 舍去}), i = 1A \end{cases}$$

所以, 有  $i = 1A$

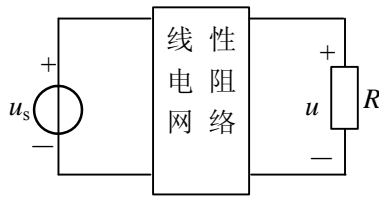
求  $i_1$  时, 将元件 A 由 1A 的电流源替代, 如题 4-24 解(d)图所示。

求得  $i_1 = 1.5A$

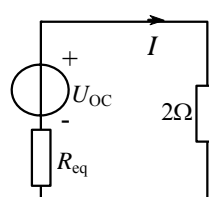
**4-25** 在题 4-25 图所示电路中, 已知当  $u_s = 4V$ ,  $i_s = 1A$  时,  $u = 4V$ ; 当  $u_s = 0$ ,  $i_s = 2A$  时,  $u = 2V$ 。求  $u_s = 2V$ , 电流源换成电阻  $R = 2\Omega$  时, 电压  $u$  为多少?



题 4-25 图



题 4-25 解(a)图



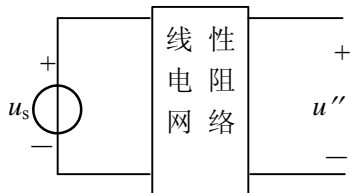
题 4-25 解(b)图

**解** 电流源换成电阻  $R=2\Omega$  时, 电路如题 4-23 解(a)图所示, 求电压  $u$  将电路等效为题 4-25 解(b)图所示电路。

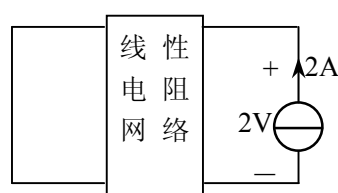
(1) 求开路电路  $U_{OC}$

由已知条件当  $u_s=0$ ,  $i_s=2A$  时,  $u=2V$ , 那么, 当  $u_s=0$ ,  $i_s=1A$  时,  $u'=1V$

所以, 当  $u_s=4V$  单独作用时  $u''=4-1=3V$ , 如题 4-25 解(c)图所示。



题 4-25 解(c)图



题 4-25 解(d)图

从而, 当  $u_s=2V$  时,  $U_{OC} = \frac{1}{2}U'' = 1.5V$

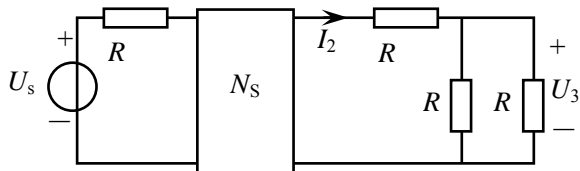
(2)求等效电阻  $R_{eq}$ , 将题 4-25 解(c)图所示电路独立源置零。采用外加电源法, 如题 4-25 解(d)图所示(已知条件)。

$$R_{eq} = \frac{2}{2} = 1\Omega$$

(3)由题 4-25 解(b)图所示电路, 有

$$u = \frac{2}{2 + R_{eq}} U_{OC} = 1V$$

**4-26** 题 4-26 图所示电路,  $N_S$  为线性含独立源电阻网络, 当  $U_s=6V$  时,  $I_2=1A$ ,  $U_3=2V$ ; 当  $U_s=10V$  时,  $I_2=2A$ 。求当  $U_s=12V$  时的  $I_2$  和  $U_3$ 。



题 4-26 图

**解** 应用叠加定理, 令  $I_2 = \alpha U_s + \beta U_N$ , 由已知条件, 得



$$\begin{cases} 1 = \alpha \times 6 + \beta U_N \\ 2 = \alpha \times 10 + \beta U_N \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \alpha = 0.25 \\ \beta U_N = -0.5 \end{cases}$$

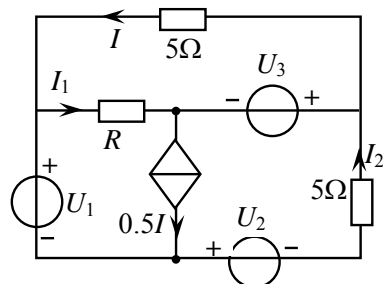
则  $I_2 = 0.25U_s - 0.5$

所以, 当  $U_s=12\text{V}$  时的  $I_2=2.5\text{A}$

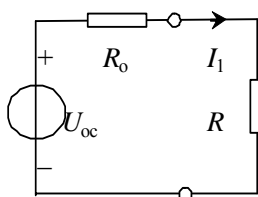
另, 当  $U_s=6\text{V}$  时,  $I_2=1\text{A}$ ,  $U_3=2\text{V}$  时, 有  $U_3=0.5 \times 1 \times R=2\text{V}$ , 得  $R=4\Omega$

$U_s=12\text{V}$  时的  $I_2=2.5\text{A}$  时,  $U_3=0.5 \times 2.5 \times R=5\text{V}$

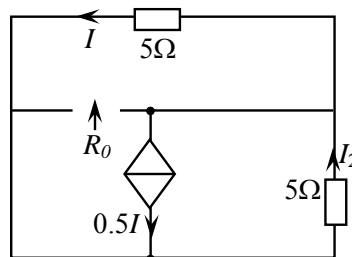
**4-27** 题 4-27 图所示电路,  $R=2\Omega$  时,  $I_1=3\text{A}$ ,  $I_2=1\text{A}$ 。求当  $R=4\Omega$  时  $I_1$  和  $I_2$  的值。



题 4-27 图



题 4-27(a)图



题 4-27(b)图

**解**  $R$  以外的部分做戴维南等效, 等效电路如图题 4-27(a)所示。等效电阻的求解电路如图题 4-27(b)图所示, 采用外加电源方法求得  $R_0=2\Omega$

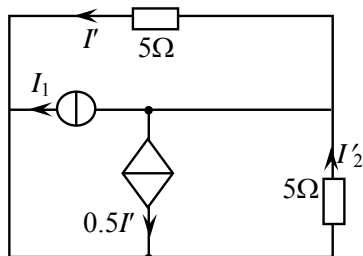
由已知条件, 由题 4-27(a)图求得,  $U_{oc}=12\text{V}$ , 当  $R=4\Omega$  时  $I_1$  为

$$I_1 = \frac{U_{oc}}{R_0 + R} = \frac{12}{2 + 4} = 2\text{A}$$

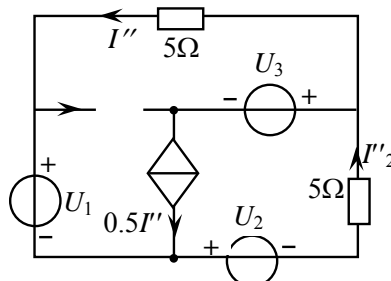
求  $I_2$ ,

将  $I_1$  用电流源来置换, 用叠加定理分析置换后的电路, 即将  $I_2$  分解成  $I_2 = I'_2 + I''_2$ 。

其中  $I'_2$  为电流源  $I_1$  单独作用时的解答, 题 4-27(c)图所示;  $I''_2$  是其余电源共同作用时的解答, 如题 4-27(d)图所示。由图 (c) 可得:



题 4-27(c)图



题 4-27(d)图

$$\text{KVL: } 5\Omega I'_2 + 5\Omega I' = 0$$

$$\text{KCL: } -I_1 + 0.5I' - I_2' + I' = 0$$

联立解得

$$I_2' = -0.4I_1$$

因此, 电流  $I_2$  可以写成:

$$I_2 = I_2' + I_2'' = -0.4I_1 + I_2''$$

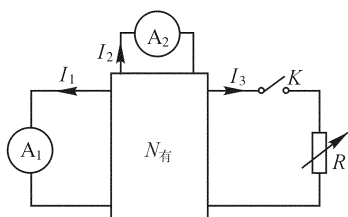
由已知条件得

$$1\text{A} = -0.4 \times 3\text{A} + I_2'' \quad I_2'' = 2.2\text{A}$$

所以, 当  $R = 4\Omega$  时,

$$I_2 = -0.4 \times 2\text{A} + 2.2\text{A} = 1.4\text{A}$$

**4-28** 题 4-28 图所示电路中,  $N$  为含源电阻网络,  $A_1$  和  $A_2$  是电流表, 已知  $K$  打开时  $I_1 = 1\text{A}$ ,  $I_2 = 5\text{A}$ ,  $K$  闭合后,  $I_1 = 2\text{A}$ ,  $I_2 = 4\text{A}$ , 此时调节  $R$  使两电流表读数相等。求此读数的大小。



题 4-28 图

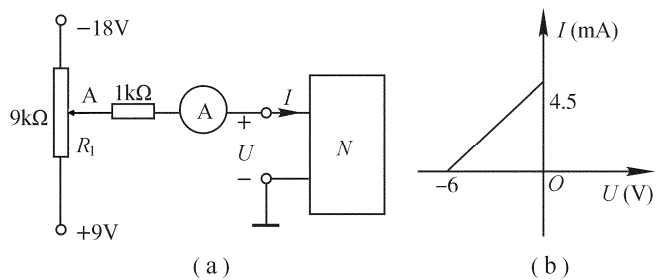
**解** 综合应用替代定理和叠加原理。将电阻  $R$  所在支路视为与  $I_3$  大小相同、方向一致的电流源, 设  $I_3$  对  $I_1$  影响的比例系数为  $\alpha$ ,  $I_3$  对  $I_2$  影响的比例系数为  $\beta$ , 则有

$$\begin{cases} 1 + \alpha I_3 = 2 \\ 5 + \beta I_3 = 4 \end{cases} \quad \text{求得} \quad \alpha = -\beta$$

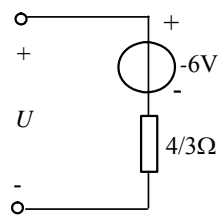
当两电流表读数相等时, 设此读数为  $x$ , 则有

$$\begin{cases} 1 + \alpha I_3 = x \\ 5 - \alpha I_3 = x \end{cases} \quad \text{求得} \quad x = 3\text{A}$$

**4-29** 题 4-29 图 (a) 所示电路中,  $N$  网络的伏安关系曲线如图 4-29 (b) 所示, 可变电阻为  $9\text{k}\Omega$ , 滑动端为 A 点, 设 A 点下部电阻大小为  $R_1$ , 问  $R_1$  为多少时电流表的指示为零?



题 4-29 图



题 4-29 解图

解 由题 4-29 图(b)知  $N$  网络的伏安关系为  $U = -6 + \frac{4}{3}I = U_{OC} - R_{eq}I$

所以,  $N$  网络可以等效为如题 4-29 解图所示电路。

电流表的指示为零时, 由题 4-29(a)图, 有

$$U_{OC} = -\frac{18+9}{9} \times R_1 + 9, \text{ 又 } U_{OC} = -6V, \text{ 求得 } R_1 = 5k\Omega$$