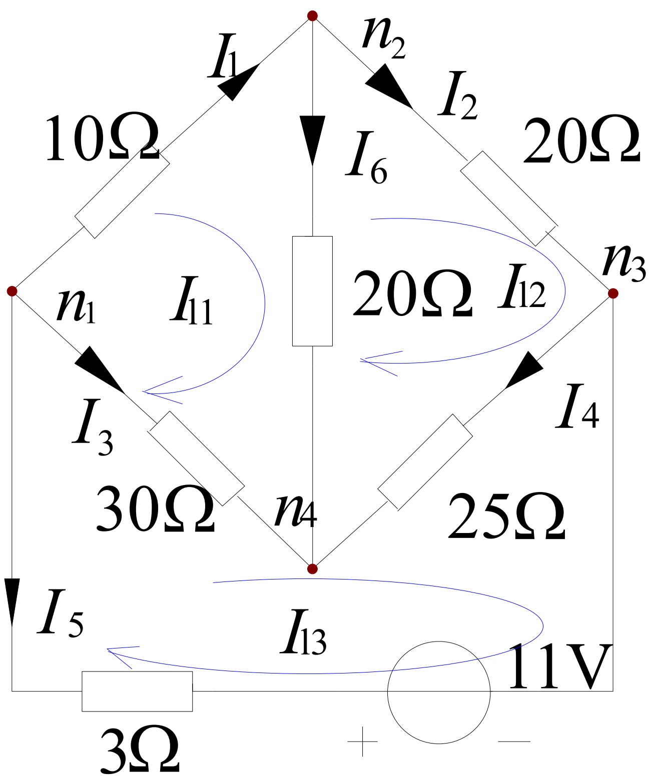
§2-5 回路电流法（回路分析法）



1. 回路电流是一组完备、独立的变量

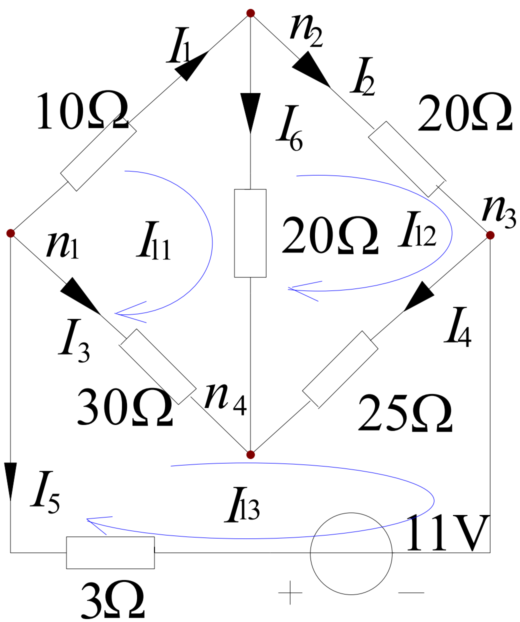
（1） 完备性：若已求出I_{L1}、I_{L2}、I_{L3}所有的支路电流可用回路电流表示

（2） 独立性

例如 n4：

$$(I_{L1}-I_{L1})+(I_{L2}-I_{L2})+(I_{L3}-I_{L3})\equiv 0$$

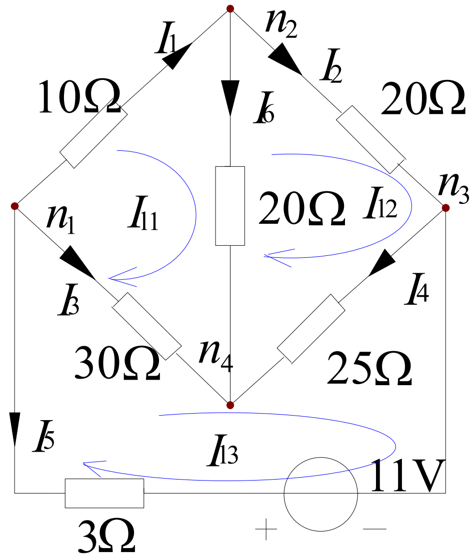
KCL自动满足，可省略



$$\left.\begin{aligned}
l_1:&\ 10\,I_{l1}+20\,I_{l1}+30\,I_{l1}-20\,I_{l2}-30\,I_{l3}=0\\
l_2:&\ 20\,I_{l2}+25\,I_{l2}+20\,I_{l2}-20\,I_{l1}-25\,I_{l3}=0\\
l_3:&\ 30\,I_{l3}+25\,I_{l3}+3\,I_{l3}-30\,I_{l1}-25\,I_{l2}=11
\end{aligned}\right\}$$

合并同类项

$$\left.\begin{aligned}
(10+20+30)\,I_{l1}-20\,I_{l2}-30\,I_{l3}&=0\\
-20\,I_{l1}+(20+25+20)\,I_{l2}-25\,I_{l3}&=0\\
-30\,I_{l1}-25\,I_{l2}+(30+25+3)\,I_{l3}&=11
\end{aligned}\right\}$$



$$\left.\begin{aligned}
&\underbrace{(10+20+30)}_{R_{11}} I_{l1} \underbrace{-20}_{R_{12}} I_{l2} \underbrace{-30}_{R_{13}} I_{l3} = 0 \\
&\underbrace{-20}_{R_{21}} I_{l1} + \underbrace{(20+25+20)}_{R_{22}} I_{l2} \underbrace{-25}_{R_{23}} I_{l3} = 0 \\
&\underbrace{-30}_{R_{31}} I_{l1} \underbrace{-25}_{R_{32}} I_{l2} + \underbrace{(30+25+3)}_{R_{33}} I_{l3} = 11
\end{aligned}\right\}$$

2. 自阻： R_{11}、R_{22}、R_{33}，分别为回路1、2、3中的所有电阻之和

互阻： $R_{12}=R_{21}$（l_1与l_2的互阻，绝对值为l_1与l_2的公共电阻）

$R_{13}=R_{31}$（l_1与l_3的互阻，绝对值为l_1与l_3的公共电阻）

$R_{23}=R_{32}$（l_2与l_3的互阻，绝对值为l_2与l_3的公共电阻）

3. 自阻和互阻的符号

自阻： 总为正（回路的绕行方向与回路电流参考方向一致）

互阻： 两相邻回路电流通过公共电阻时，

若参考方向相同，则互阻为 “+”

若参考方向相反，则互阻为 “－”

4. 解方程组：消元法……

5. 回路电阻矩阵

$$\begin{bmatrix} 60 & -20 & -30 \\ -20 & 65 & -25 \\ -30 & -25 & 58 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{l1} \\ I_{l2} \\ I_{l3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 11 \end{bmatrix}$$

对称的回路电阻矩阵R_L

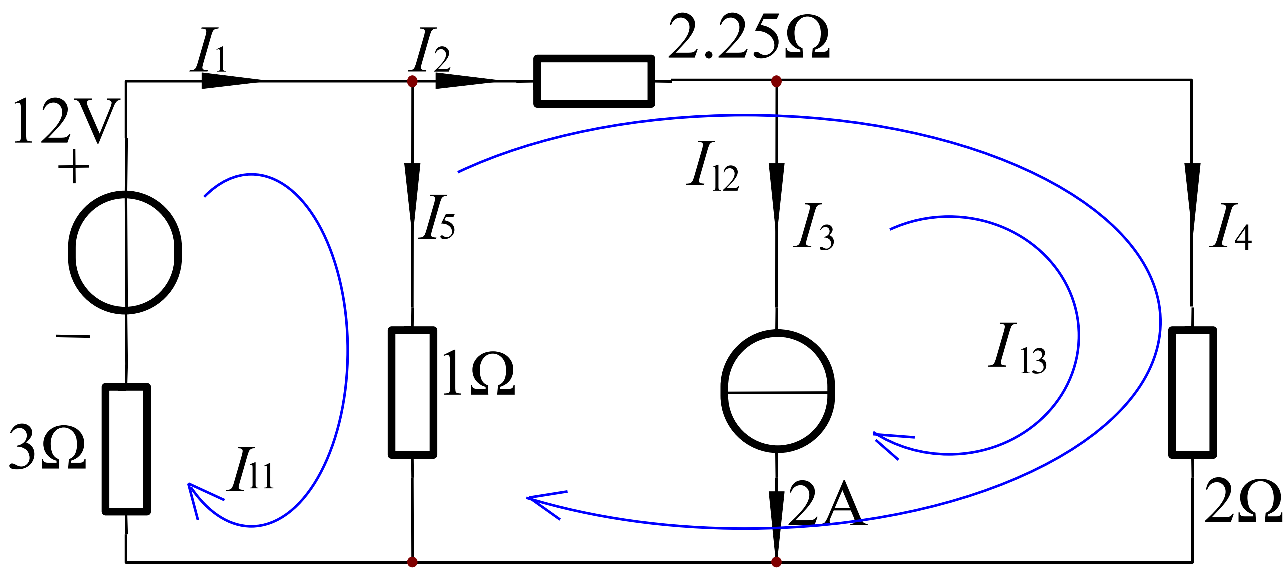
$R_{ij}=R_{ji}$

6. 由回路电流求解支路电流、电压

返回上一张

4. 包含理想电流源支路的情况

例：用回路电流法求解图示电路中的多支路电流

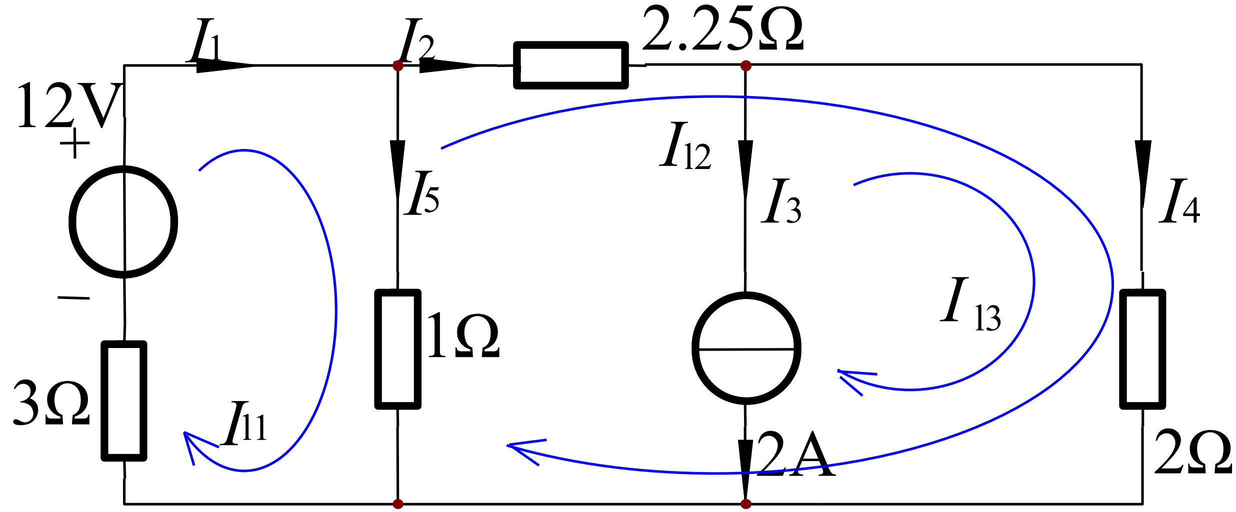


解此类电路的最简单的方法，是让电流源支路仅包含在一个独立回路中

$$\begin{cases} (3+1)I_{l1} - I_{l2} = 12 \\ -I_{l1} + (1+2.25+2)I_{l2} + 2I_{l3} = 0 \\ I_{l3} = -2 \end{cases}$$

因而有

$$\begin{cases} 4I_{l1} - I_{l2} = 12 \\ -I_{l1} + 5.25I_{l2} = 4 \end{cases}$$



由此求得

$$\begin{cases} I_{l1} = 3.35\ \text{A} \\ I_{l2} = 1.4\ \text{A} \end{cases}$$

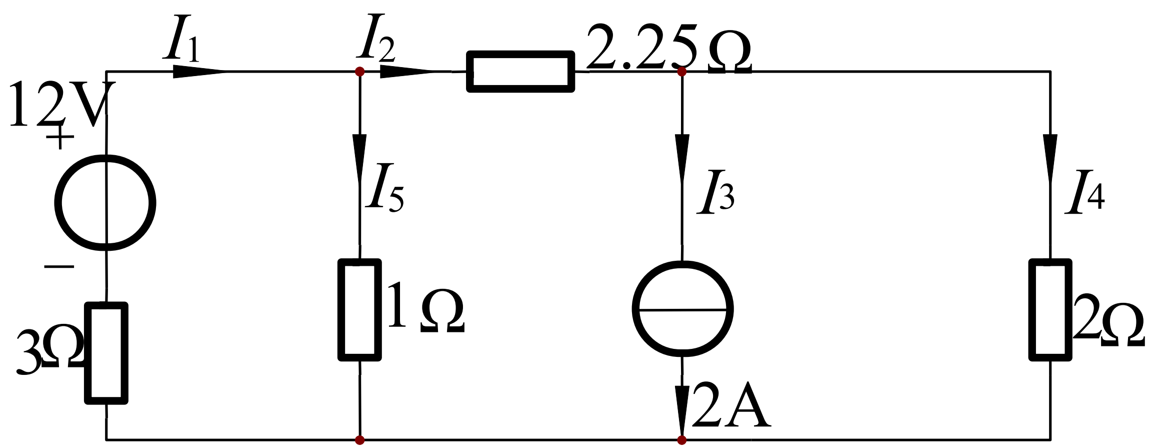
∴ 各支路电流

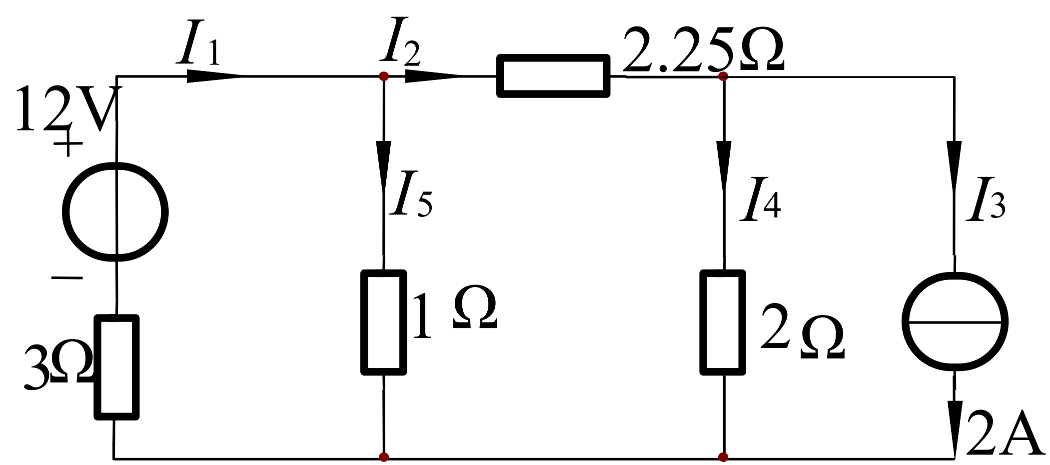
$$\begin{cases} I_1 = I_{l1} = 3.35\ \text{A} \\ I_2 = I_{l2} = 1.4\ \text{A} \\ I_3 = -I_{l3} = 2\ \text{A} \\ I_4 = I_{l2} + I_{l3} = 1.4\text{A} - 2\text{A} = -0.6\ \text{A} \\ I_5 = I_{l1} - I_{l2} = 1.95\ \text{A} \end{cases}$$

返回上一张

列出电路的网孔方程

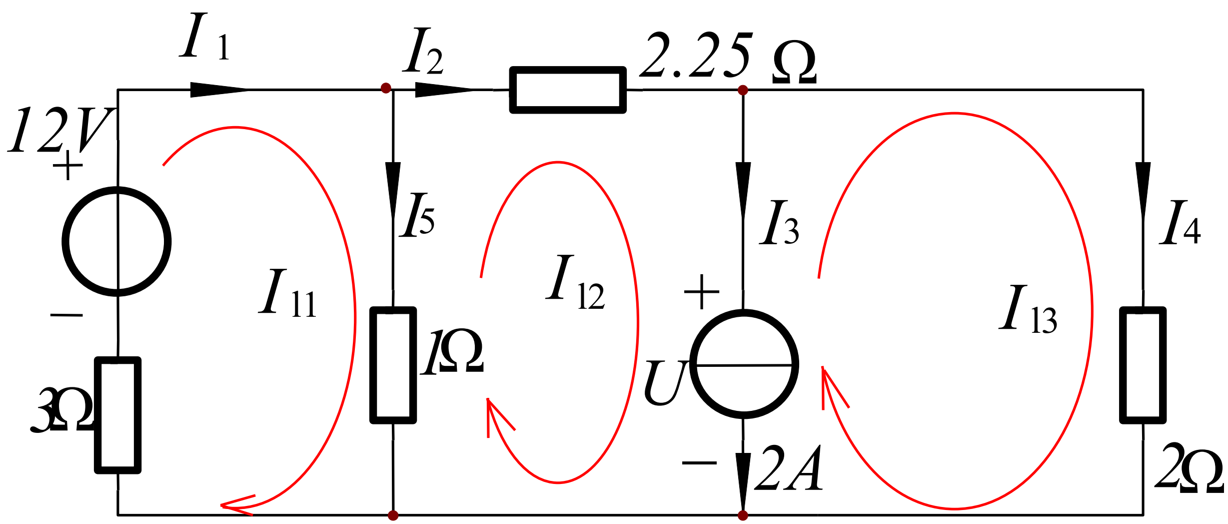
方法一：将原电路中的电流源与并联在它旁边的电阻（2Ω）的位置互换，使电流源支路变成一个网孔独占的支路，并取电流源电流作为它所属网孔的网孔电流，使未知的网孔电流变成两个。





方法二：　　要求在原电路上列出网孔方程

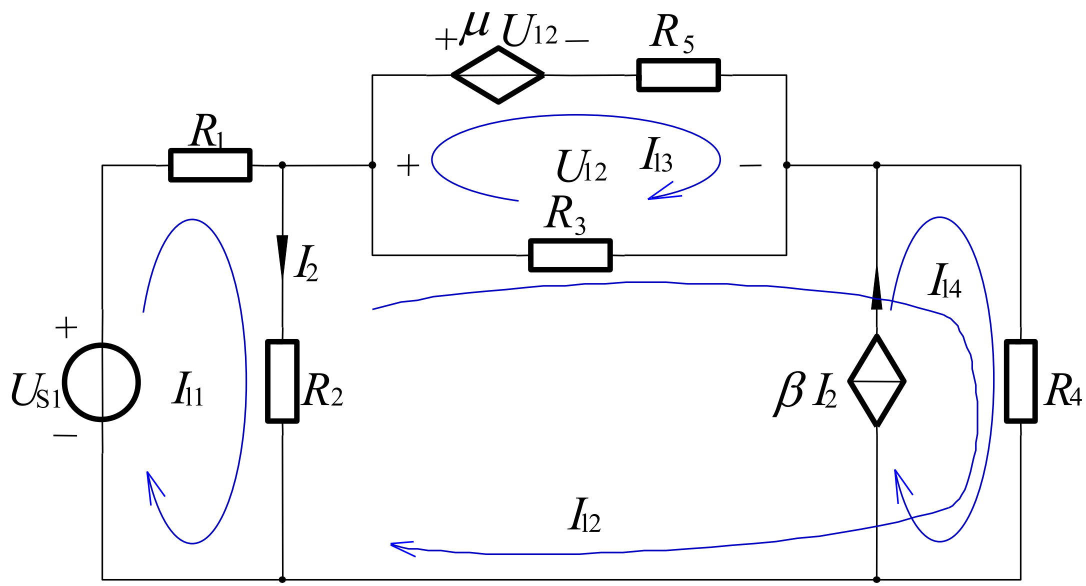
（绕线方向如红线所示）



$$\begin{cases} 4I_{l1} - I_{l2} = 12 \\ -I_{l1} + 3.25I_{l2} + U = 0 \\ 2I_{l3} - U = 0 \end{cases}$$

补充方程：　$I_{l2} - I_{l3} = 2$

7. 含受控源的回路电流法(式中的控制量方程单独列)



$$\begin{cases} l_1: & (R_1+R_2)I_{l1} - R_2 I_{l2} = U_{S1} \\ l_2: & -R_2 I_{l1} + (R_2+R_3+R_4)I_{l2} - R_3 I_{l3} + R_4 I_{l4} = 0 \\ l_3: & -R_3 I_{l2} + (R_3+R_5)I_{l3} = -\mu U_{12} \\ l_4: & I_{l4} = \beta I_2 \end{cases}$$

补充方程： $I_2 = I_{l1} - I_{l2}$

$U_{12} = (I_{l2} - I_{l3})R_3$

方程经整理后得：

$$
\begin{aligned}
&(R_1+R_2)I_{l1} - R_2 I_{l2} = U_{S1} \\
&(-R_2+\beta R_4)I_{l1} + (R_2+R_3+R_4-\beta R_4)I_{l2} - R_3 I_{l3} = 0 \\
&(-R_3+\mu R_3)I_{l2} + (R_3+R_5-\mu R_3)I_{l3} = 0
\end{aligned}
$$

其矩阵表示为：

$$
\begin{bmatrix} R_1+R_2 & -R_2 & 0 \\ -R_2+\beta R_4 & R_2+R_3+R_4-\beta R_4 & -R_3 \\ 0 & -R_3+\mu R_3 & R_3+R_5-\mu R_3 \end{bmatrix}
\begin{bmatrix} I_{l1} \\ I_{l2} \\ I_{l3} \end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix} U_{S1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}
$$

不对称的回路电阻矩阵R_L（$R_{ij} \neq R_{ji}$，$i \neq j$）

返回上一页

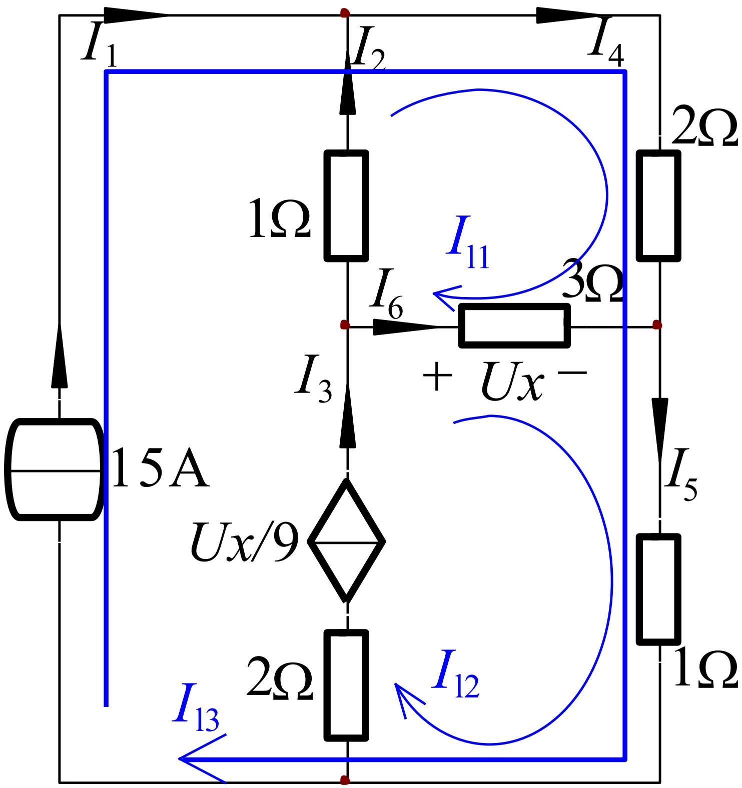
$R_L = R_{l1} + R_{l2}$ 则

$$R_{l1} = \begin{bmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 & 0 \\ -R_2 & R_2 + R_3 + R_4 & -R_3 \\ 0 & -R_3 & R_3 + R_5 \end{bmatrix}$$

$$R_{l2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \beta R_4 & -\beta R_4 & 0 \\ 0 & \mu R_3 & -\mu R_3 \end{bmatrix}$$

返回上一张

例： 用回路电流法求解图示电路的各支路电流



$$\begin{cases}(2+3+1)I_{l1}-3I_{l2}+2I_{l3}=0\\ I_{l2}=\dfrac{1}{9}U_X=\dfrac{1}{9}(I_{l2}-I_{l1})3\\ I_{l3}=15\end{cases}$$

$$\begin{cases}6I_{l1}-3I_{l2}+30=0\\ I_{l1}+2I_{l2}=0\end{cases}$$

$$\begin{cases}I_{l1}=-4A\\ I_{l2}=2A\\ I_{l3}=15A\end{cases}$$

$$\begin{cases}I_1=I_{l3}=15A\\ I_2=I_{l1}=-4A\\ I_3=I_{l2}=2A\\ I_4=I_{l1}+I_{l3}=11A\\ I_5=I_{l2}+I_{l3}=17A\\ I_6=I_{l2}-I_{l1}=6A\end{cases}$$

习题：

2-10-2

2-10-3

2-30