



# 电路IA复习 (2)

## 线性电路的一般分析方法

2022. 7

# 本讲主要内容

ppt目录	对应教材章节
2 线性电路的一般分析方法	第2章部分
2.1 支路电流法	2.3
2.2 回路电流法	2.4
2.3 节点电压法	2.5
2.4 含运放电路的分析	2.6-2.7

# 前言

之所以将这3个列写方程的方法提到前面讲，是因为它们更具有一般性，是我们进行后续分析的有力工具。等效这些方法，要和这几种列方程的方法很好地配合，才能发挥出最佳效果。将这几种方法用熟练以后，能大幅提升解题的速度，降低解题的失误率。含运放电路的分析实际上是加入运放的特性的一些应用实例，新的东西不多，主要用来巩固列方程的方法。

本讲ppt和课本都已经很详细，故不再安排视频作知识点讲解，但为方便大家练习，给大家配了例题的讲解视频。大家要认真消化之前的习题和本次的例题，**独立**完成配套的习题并认真订正，将这几个基本的工具用熟练。

祝大家学习进步！

## 2.1 支路电流法

以各支路电流为未知量列写电路方程分析电路的方法。

一般应用步骤: (设总共有 $b$ 个支路电流)

(1) 标定各支路电流 (电压) 的参考方向;

(2) 选定 $(n-1)$ 个独立节点, 列写KCL方程;

(3) 选定 $b-(n-1)$ 个独立回路, 列写KVL方程;

(选独立回路的方法: ①网孔法; ②新支路法)

(新支路法, 就是每选取一个新的回路时, 都选取一个之前的回路没有选取过的新的支路)

(4) 求解上述方程, 得到 $b$ 个支路电流。

(5) 进一步求解支路电压等物理量。

## 2.1 支路电流法

### 注意:

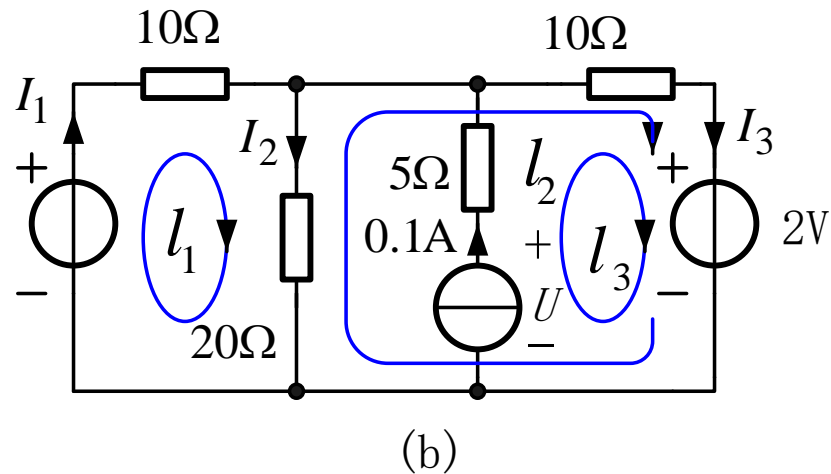
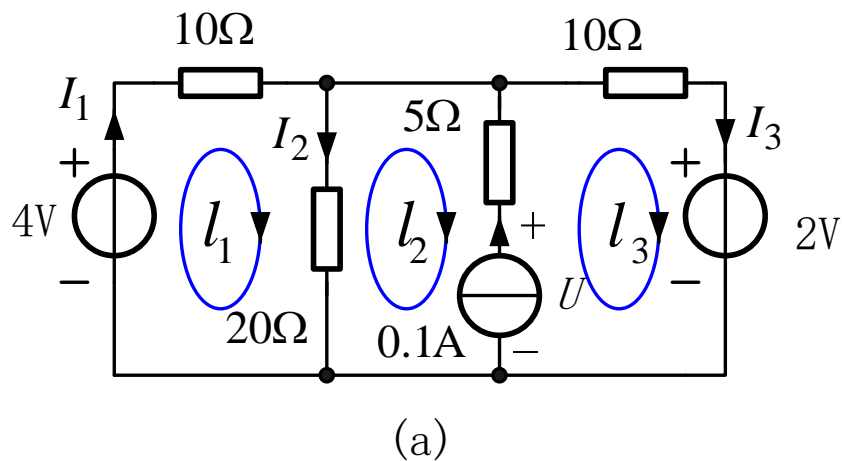
(1) 对于受控源，要补充受控源控制量方程，在支路电流方程中要用支路电流表示控制量。

(2) 若电路中含有电流源，应适当地选取回路，尽量使电流源支路只包含在一个回路中，如果不求电流源两端的电压，包含电流源回路的**KVL**方程就可以不列写，这样可减少方程的数目。

(题目中若只要求列写支路电流方程，则只要以支路电流为未知量即可。)

## 2.1 支路电流法

**例【2.12】** 图示电路，分别按图(a)、(b)规定的回路列出支路电流方程。



请看视频“2.12讲解”

## 2.2 回路电流法

基本思想：以假想的回路电流为未知量列写回路的KVL方程。若回路电流已求得，则各支路电流可用回路电流线性组合表示。

回路电流是在独立回路中闭合的，对每个相关节点均流进一次，流出一次，所以KCL自动满足。若以回路电流为未知量列方程来求解电路，只需对独立回路列写KVL方程。

因此，回路电流法本质是KVL。

回路法的一般步骤：

- (1) 选定 $l=b-(n-1)$ 个独立回路，标明回路电流及方向；
- (2) 对 $l$ 个独立回路，以回路电流为未知量，列写方程；
- (3) 求解上述方程，得到 $l$ 个回路电流；
- (4) 求各支路电流(用回路电流表示)。

## 2.2 回路电流法

### 回路电流方程的一般形式

$$R_{11}i_{l1} + R_{12}i_{l2} + \dots + R_{1l}i_{ll} = u_{Sl1}$$

$$R_{21}i_{l1} + R_{22}i_{l2} + \dots + R_{2l}i_{ll} = u_{Sl2}$$

...

$$R_{l1}i_{l1} + R_{l2}i_{l2} + \dots + R_{ll}i_{ll} = u_{Sl l}$$

其中  $R_{kk}$ : 第 $k$ 个回路的自电阻(总为正),  $k = 1, 2, \dots, l$

$R_{jk}$ : 第 $j$ 个回路和  
第 $k$ 个回路的  
互电阻  $\left\{ \begin{array}{l} + : \text{流过互阻的两个回路电流方向相同} \\ - : \text{流过互阻的两个回路电流方向相反} \end{array} \right.$

$u_{Slk}$ : 第 $k$ 个回路中所有电压源电压升的代数和。当电压源电压升高方向与该回路电流方向一致时, 取正号; 反之取负号。



## 2.2 回路电流法

### 回路电流方程的一般形式

总而言之，三部分：

- 自阻+本回路的回路电流
  - 自阻就是本回路的回路电流流过的所有电阻加起来
- 互阻+别的回路的回路电流
  - 如果在某电阻上，别的回路的回路电流和本回路的回路电流是同向流过，则该电阻取正，反之取负；
- 右端项：回路电流流过地方的电压源的电压升降。按所取的回路电流走一遍电路，为电压升则取正，反之取负。

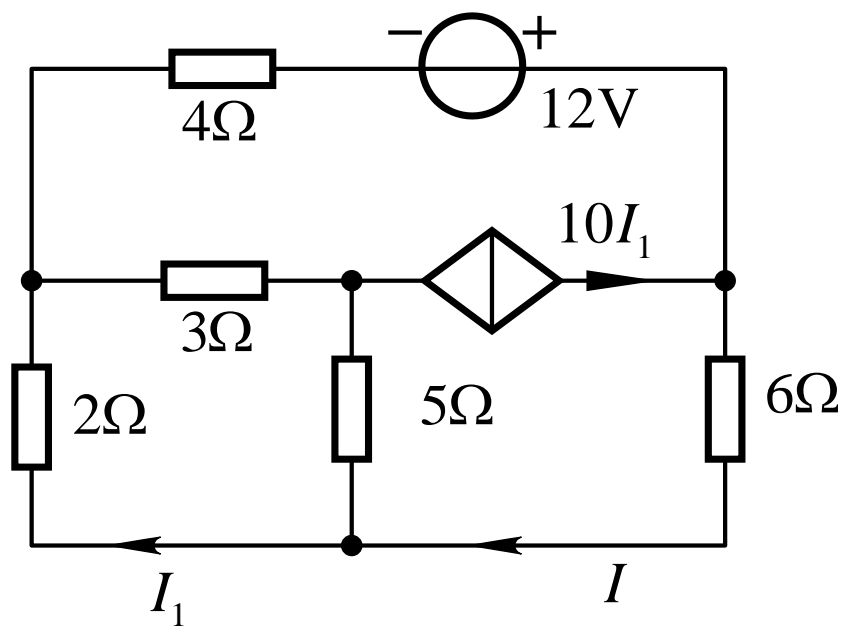
## 2.2 回路电流法

### 注意:

- (1) 对于受控源，要补充受控源控制量方程。  
电流常用回路电流线性组合表示；电压则设出，放入方程右端。  
方程数少于未知量数目时，需要仔细观察有没有遗漏的电压、电流关系，它们可作为补充方程。
- (2) 若电路中含有电流源，应适当地选取回路，尽量使电流源支路只包含在一个回路中，这样某一回路的回路电流大小就等于该电流源的电流大小，别的回路电流跟这个电流源就没有关系。

## 2.2 回路电流法

**例【2.14】** 用回路电流法求图示电路的电流 $I$ 。



请看视频“2.14讲解”

## 2.3 节点电压法

### 节点电压法：

以节点电压为未知量列写电路方程分析电路的方法。

**节点电压**实际上近似于电位，若要用一条支路上的元件两端电压表示节点电压，则从一端的节点A出发，元件上电位升就加，电位降就减，直到走到节点B，写出来就是

$$U_{n_A} + \sum u_{\text{电位升}} - \sum u_{\text{电位降}} = U_{n_B}$$

**节点电压法本质是KCL**（节点电压自动满足KVL，节点电压方程是从KCL推导而来）

## 2.3 节点电压法

### 节点法的一般步骤:

- (1) 选定参考节点, 标定 $n-1$ 个独立节点;
- (2) 对 $n-1$ 个独立节点, 以节点电压为未知量, 列方程;
- (3) 求解上述方程, 得到 $n-1$ 个节点电压;
- (4) 求各支路电流。

## 2.3 节点电压法

节点电压方程  
的一般形式

$$G_{11}u_{n1} + G_{12}u_{n2} + \dots + G_{1,n-1}u_{n,n-1} = i_{Sn1}$$

$$G_{21}u_{n1} + G_{22}u_{n2} + \dots + G_{2,n-1}u_{n,n-1} = i_{Sn2}$$

.....

$$G_{n-1,1}u_{n1} + G_{n-1,2}u_{n2} + \dots + G_{n-1,n}u_{n,n-1} = i_{Sn,n-1}$$

其中  $G_{ii}$  — **自电导**，等于接在节点*i*上所有支路的电导之和 (包括电压源与电阻串联支路)，**总为正**。

$G_{ij} = G_{ji}$  — **互电导**，等于接在节点*i*与节点*j*之间的所有支路的电导之和，并冠以**负号**。

$i_{Sni}$  — 流入节点*i*的所有电流源电流的代数和 (包括由电压源与电阻串联支路等效的电流源)。**电流源的电流流入节点取正号，流出取负号；对于电压源串电阻回路，电压源“+”指向该节点则取正号，反之取负号。**

## 2.3 节点电压法

### 注意:

(1) 如果一个支路上出现**电阻和电流源串联**，在列写节点电压方程时应将此电阻去掉，因为此支路上的电流已经确定，与该电阻无关。

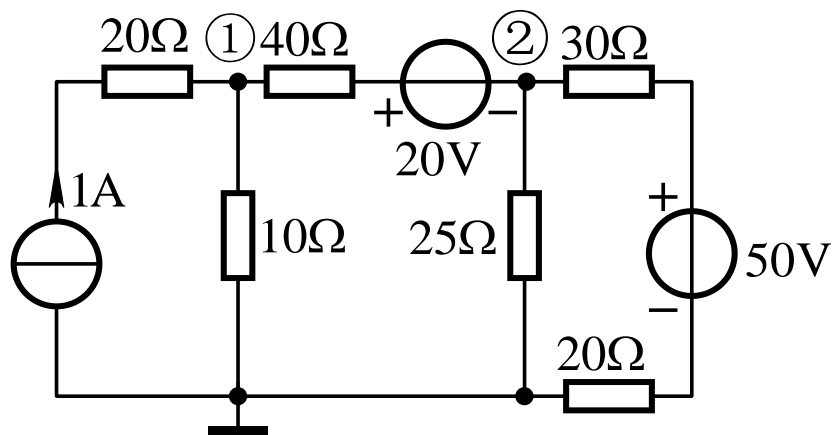
(2) 如果一个支路上有**多个电阻**，则应将这些电阻等效成一个电阻。

(3) 如果一个支路上出现**无电阻相伴的电压源**，则应将此支路上的电流作为未知量列进方程的右端。

(4) 若有两个节点直接以导线相连，则这两个节点**应视为一个节点**。

## 2.3 节点电压法

**例1** 列写节点①的节点电压方程。

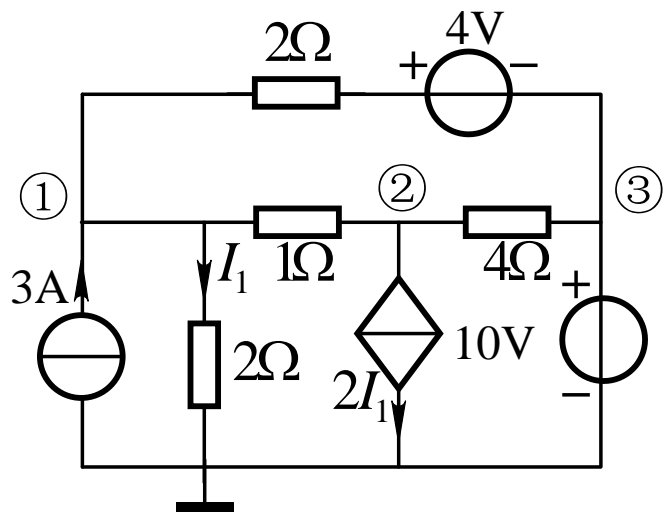


节点电压法的更细致讲解：

《节点电压法补充资料》

习题讲解：视频“2.21-2.22  
讲解”

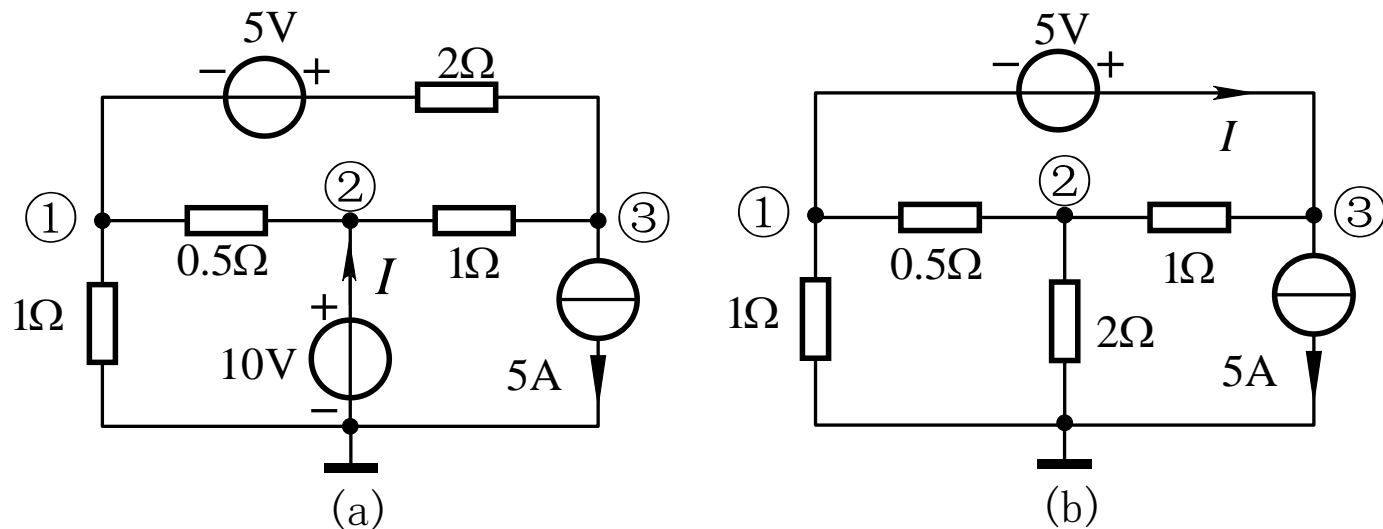
**例2** 图示直流电路，求图中各个节点电压。





## 2.3 节点电压法

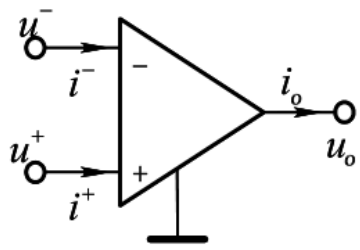
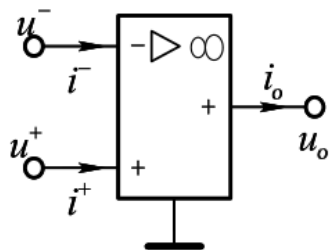
2.24 用改进节点电压法求图示电路的电流 $I$ 。



请看视频“2.24讲解”

**注意体会：需要求哪些量？这些量如何用节点电压表示？或是如何在节点电压方程/补充方程中体现出来？（比如本题(a)中，之所以在已知②节点的节点电压的情况下，还要列写②节点的节点电压方程，是因为 $I$ 这个待求量要在②的节点电压方程右端体现！）**

## 2.4 含运放电路的分析



理想运放的电路符号 (a) 国标符号; (b) 国际通用符号

常分三个区域:

- ① 线性工作区
- ② 正向饱和区
- ③ 反向饱和区

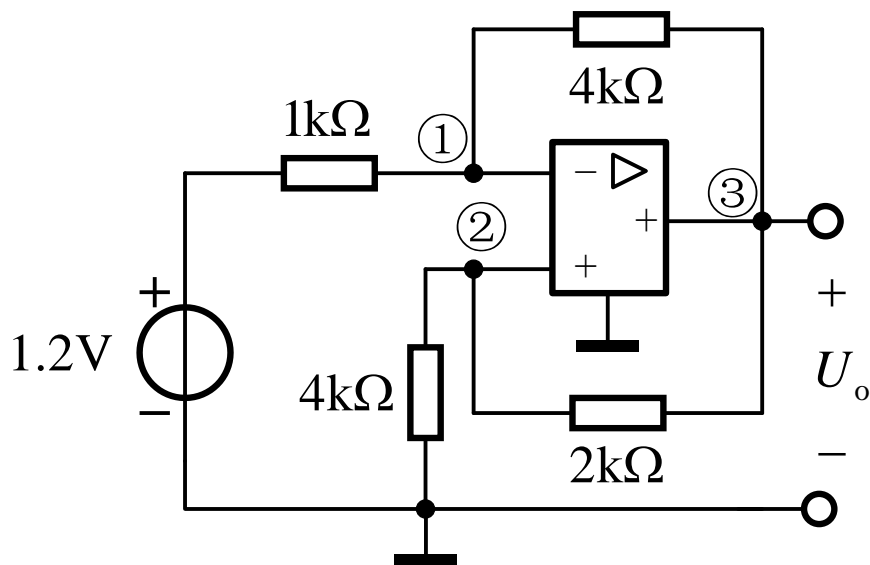
在线性放大区, 将运放电路作如下的理想化处理:

- ①  $A \rightarrow \infty$ ,  $\because u_o$  为有限值, 则  $u_d$  (差分输入电压) = 0, 即  $u_+ = u_-$ , 两个输入端之间相当于短路(虚短) (虚短只是电压相等, 不是都等于0! )
- ②  $R_i \rightarrow \infty$ 、 $R_o \rightarrow 0$ ,  $i_+ = 0$ ,  $i_- = 0$ 。即从输入端看进去, 元件相当于开路(虚断)。(虚断确实是两个输入端子电流为0, 但是输出端子不确定! )

常用KVL (取虚拟回路) 和节点电压法分析。用节点电压法时要注意! 请看例题。

## 2.4 例1

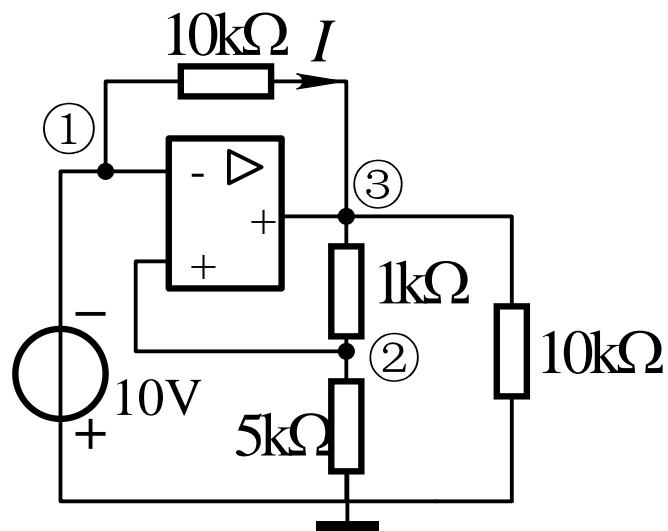
求图示电路的输出电压  $U_o$ 。



请看视频“2.27讲解”

## 2.4 例2

求图示电路中的电流 $I$ 。



请看视频“2.30讲解”



本讲内容结束  
谢谢！

2022. 7