

电路理论

Principles of Electric Circuits

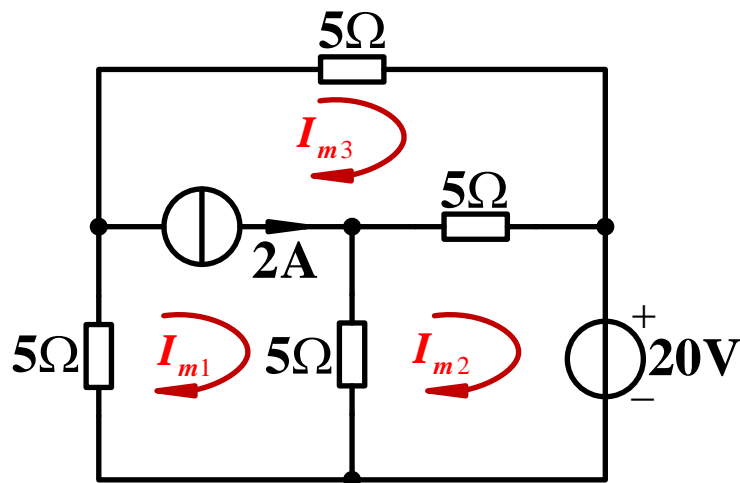
第三章 复杂电阻电路的分析

§ 3.4 回路分析法

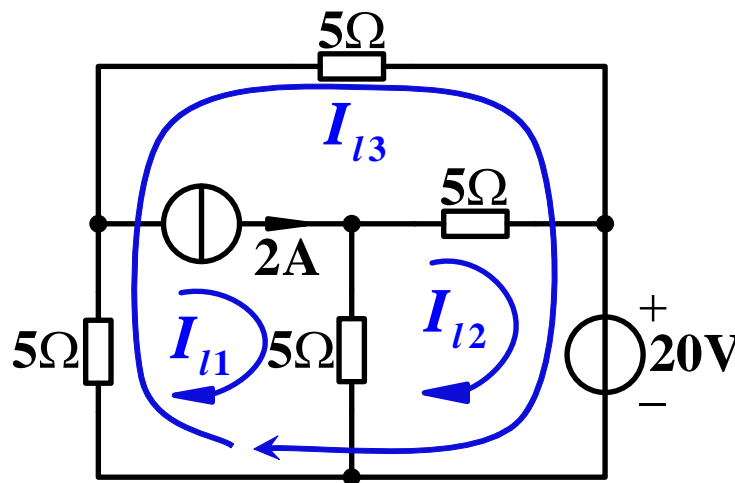


§ 3.4 回路分析法

回路分析法：以回路电流为变量列写KVL电路方程分析电路的方法。



网孔电流



回路电流

★ 网孔电流实际上是一种特殊的回路电流。

§ 3.4 回路分析法—观察法列写回路电流方程



观察法列写回路电流方程可参照网孔电流方程列写原则

回路电流方程的一般形式:

$$\left. \begin{aligned} R_{11}i_{l1} + R_{12}i_{l2} + \cdots + R_{1n}i_{ln} &= u_{s11} \\ R_{21}i_{l1} + R_{22}i_{l2} + \cdots + R_{2n}i_{ln} &= u_{s22} \\ &\dots\dots\dots \\ R_{n1}i_{l1} + R_{n2}i_{l2} + \cdots + R_{nn}i_{ln} &= u_{snn} \end{aligned} \right\}$$

特殊情况的处理思路与网孔电流法完全相同!

- (1) 自电阻(R_{ii}): 回路*i*中所有支路的电阻之和;
自电阻恒为正。
- (2) 互电阻(R_{ij}): 回路*i*、*j*之间公共支路的电阻之和;
($i \neq j$) 两个回路电流流过公共支路方向相同,
互电阻取正, 反之取负。
- (3) 右端激励项 (u_{sii}): 电压源或电流源并电阻经等效变换后所得等效电压源电压代数和。

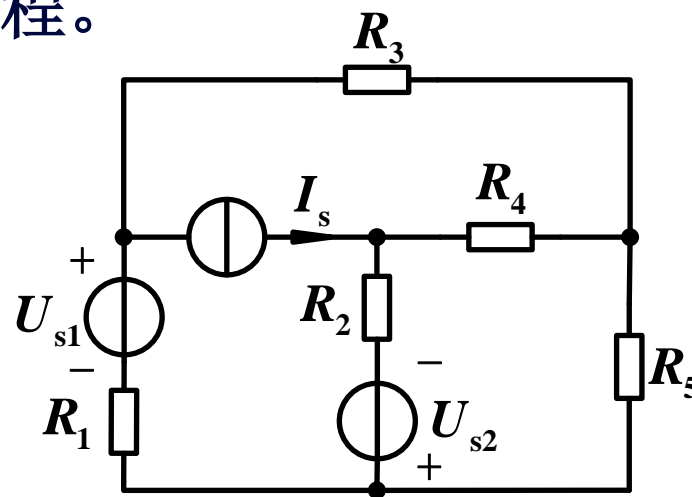
R_{ii} 和 R_{ij}
均不包含与
电压源并联
的电阻。

(电压源沿回路电流参考, 电位升为**正**, 反之为**负**;
电流源参考方向与回路电流方向一致, 该项为**正**, 反之为**负**)



§ 3.4 回路分析法—观察法列写回路电流方程

【例】试列写图示电路的回路电流方程。

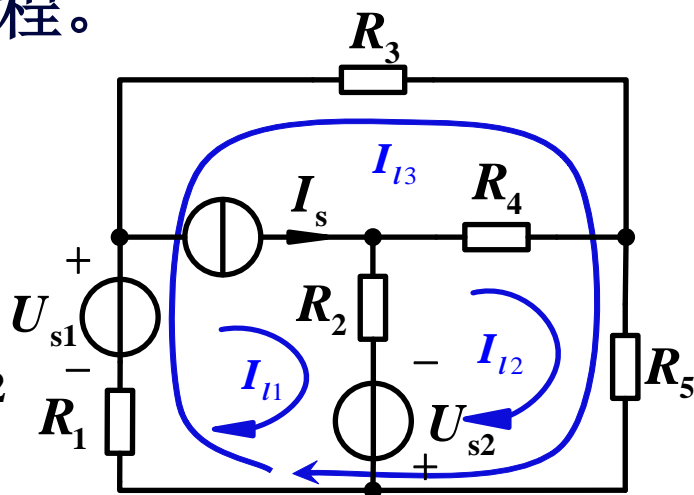


§ 3.4 回路分析法—观察法列写回路电流方程

【例】试列写图示电路的回路电流方程。

解：选回路，标注回路电流参考方向

$$\begin{cases} I_{l1} = I_s \\ -R_2 I_{l1} + (R_2 + R_4 + R_5) I_{l2} + R_5 I_{l3} = -U_{s2} \\ R_1 I_{l1} + R_5 I_{l2} + (R_1 + R_3 + R_5) I_{l3} = U_{s1} \end{cases}$$



★ 回路电流方程与独立回路的选取密切相关，常利用图论相关知识用以选取独立回路。

小技巧：

尽量让电流源或受控电流源所在支路单独属于某一回路。

电路理论

Principles of Electric Circuits

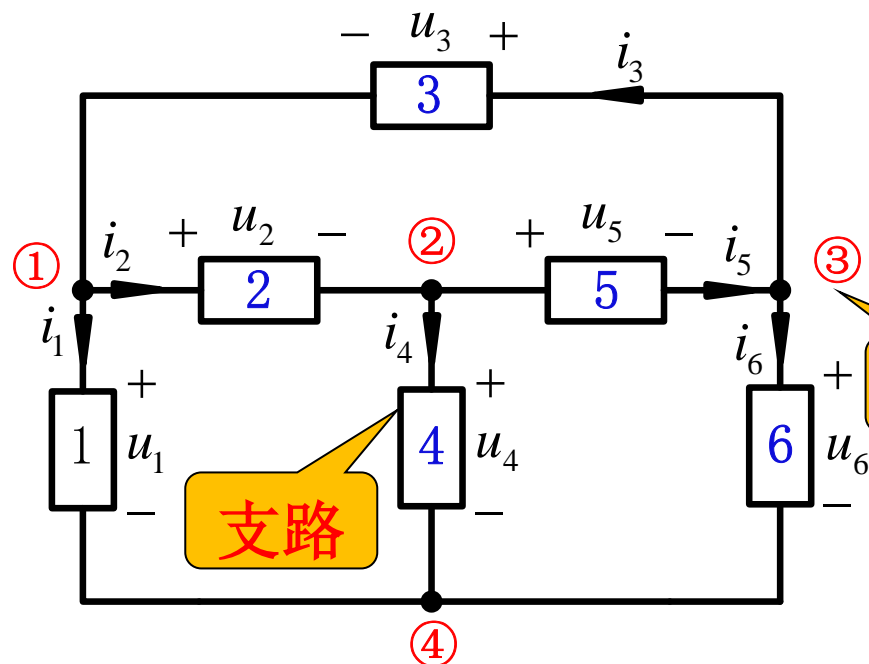
第三章 复杂电阻电路的分析

§ 3.5 独立回路的选取——图论

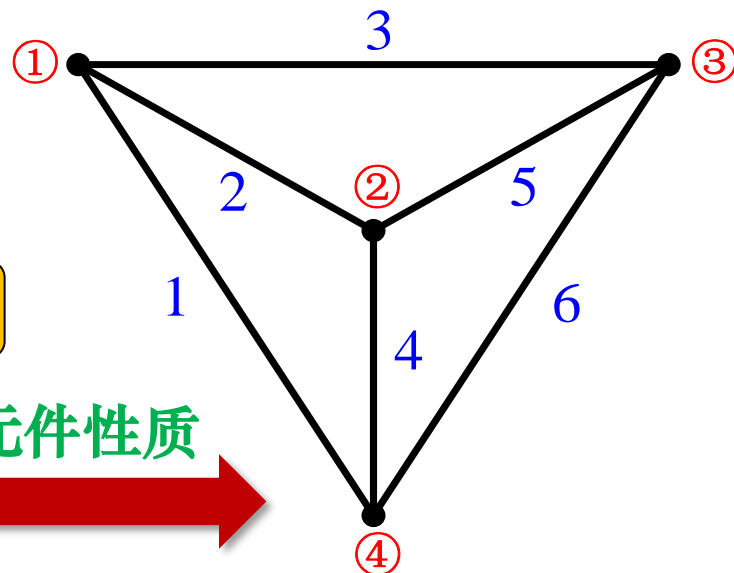


§ 3.5 独立回路的选取—图论

一、基本概念



电路图

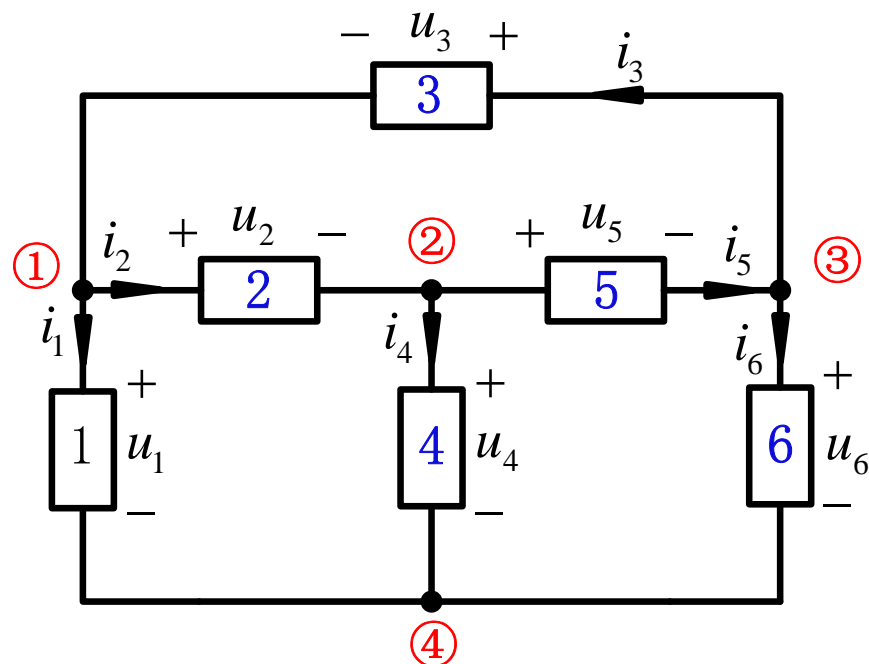


无向图

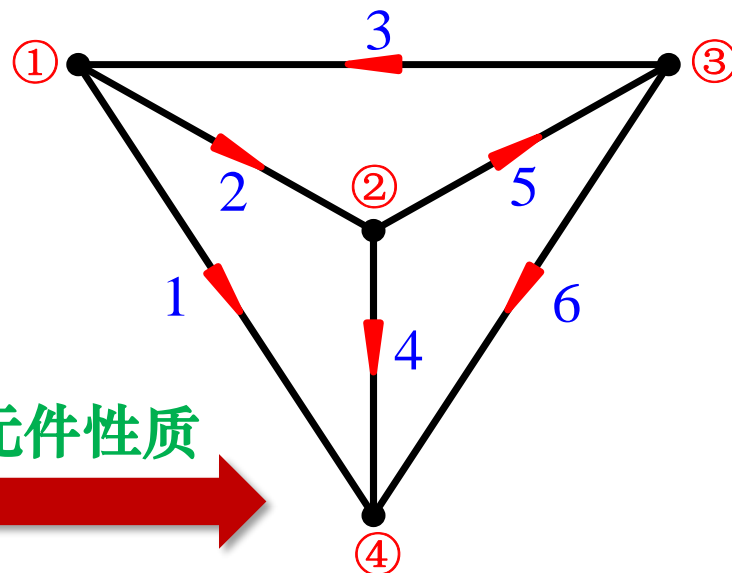
电路的图是用于表示电路几何结构的图形，图中的支路和节点与电路的支路和节点一一对应。

§ 3.5 独立回路的选取—图论

一、基本概念



电路图



抛开元件性质

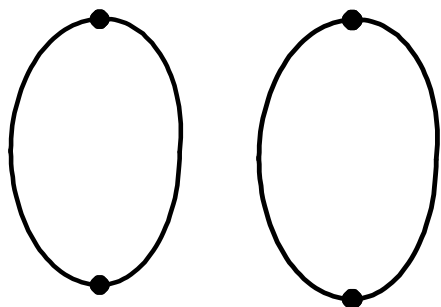
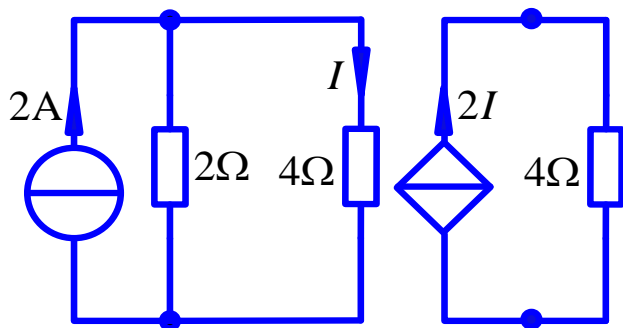
有向图

图 (Graph) : $G = \{\text{支路}, \text{节点}\}$

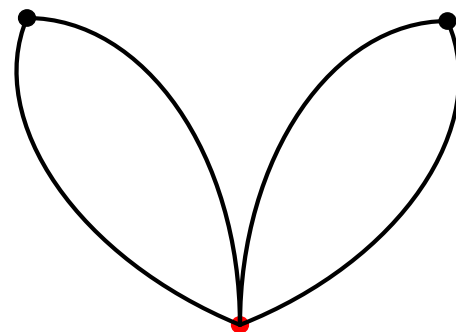
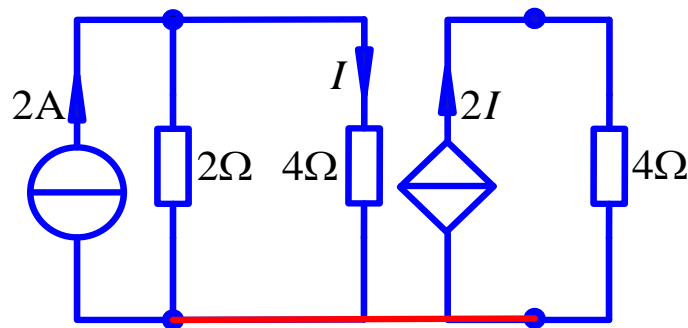
$$n = 4 \quad b = 6$$

§ 3.5 独立回路的选取—图论

一、基本概念



非连通图

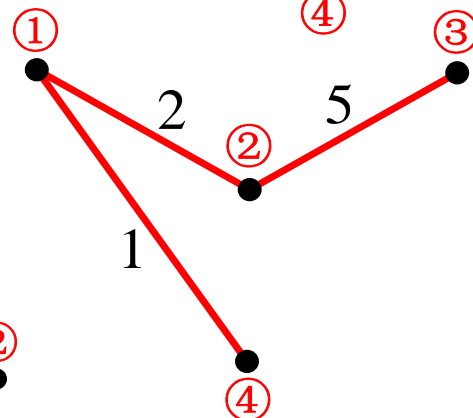
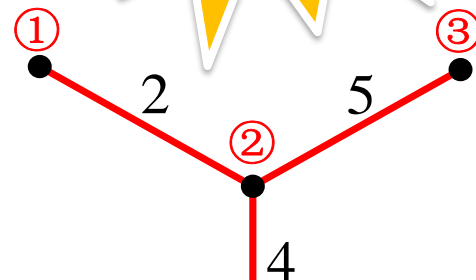
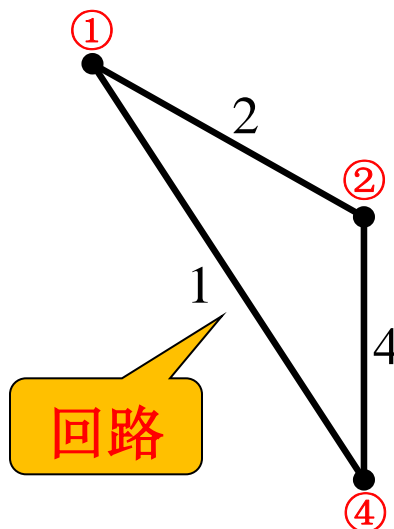
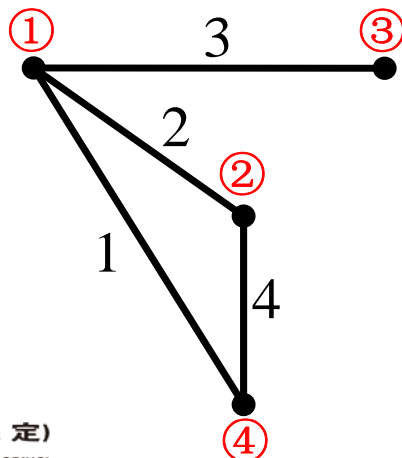
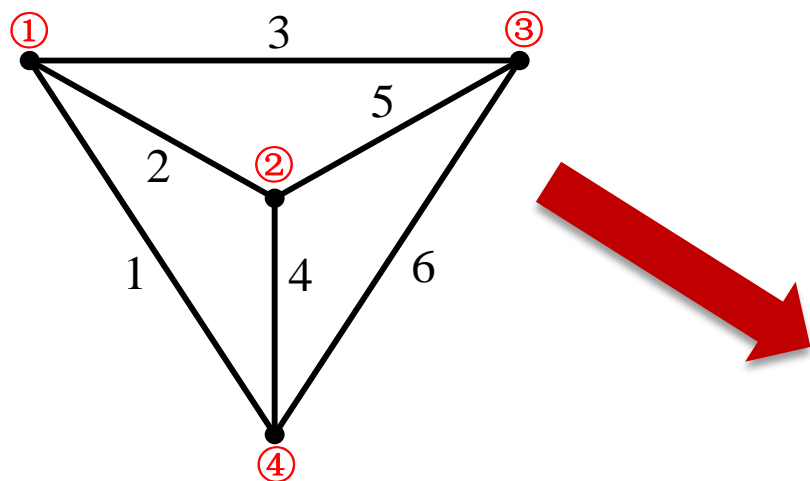


连通图

§ 3.5 独立回路的选取—图论

二、子图和树

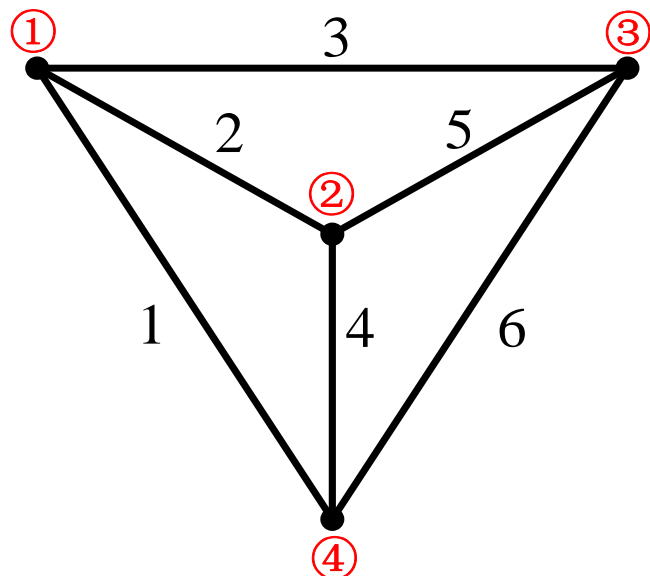
子图：若图 G_1 中所有支路和节点都是图 G 中的支路和节点，则称 G_1 是 G 的子图。



§ 3.5 独立回路的选取—图论

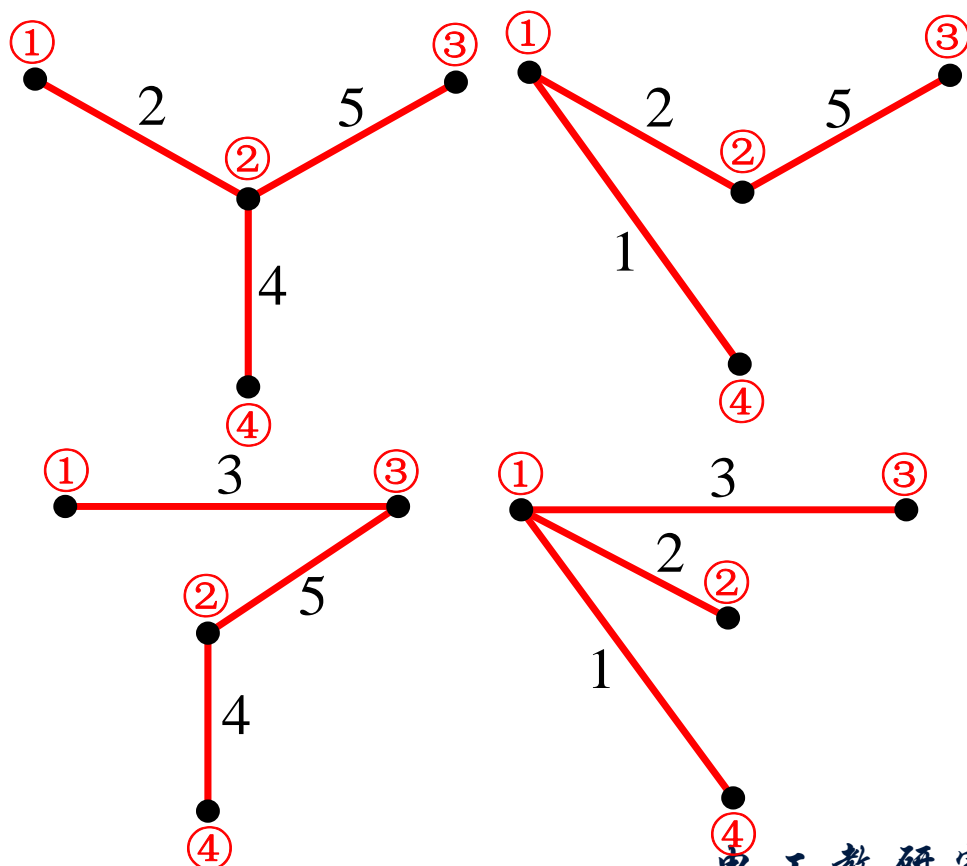
二、子图和树

树 (Tree) {
(1) G_1 连通的
(2) G_1 包含 G 所有节点
(3) G_1 不含回路



树并不是唯一的

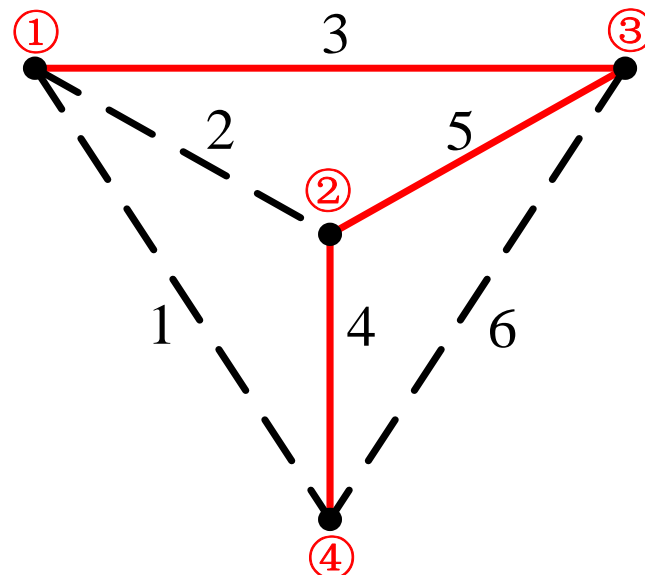
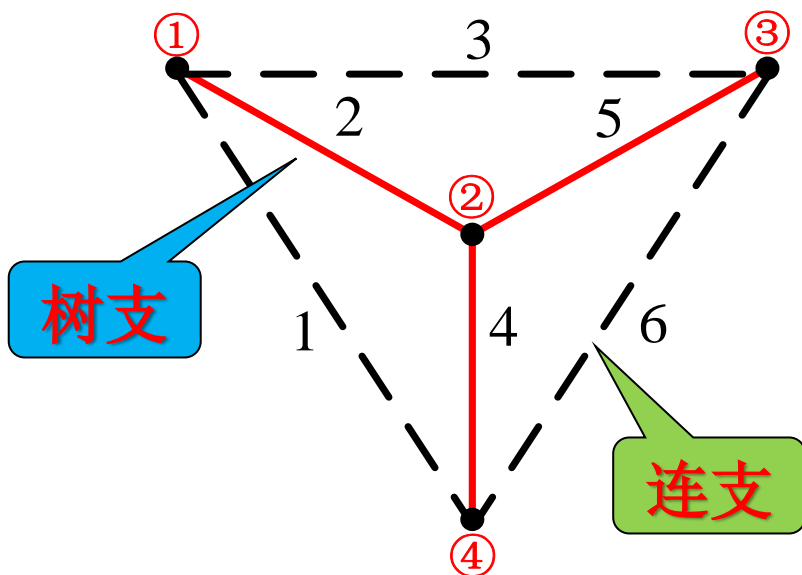
是连通图 G 的一个子图 G_1



§ 3.5 独立回路的选取—图论

二、子图和树

树支与连支



树支：构成树的支路

连支：属于 G 而不属于 T 的支路

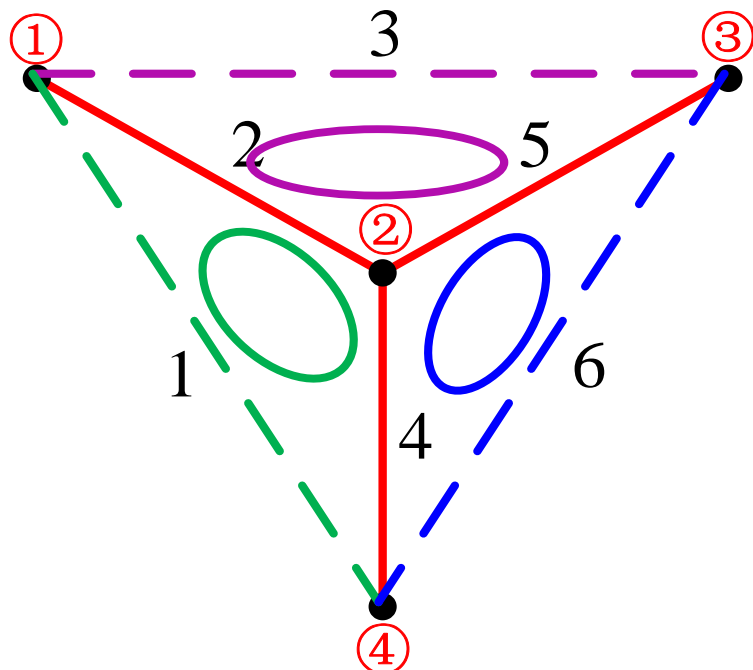
$$\text{树支数} = n - 1$$

$$\text{连支数} = b - n + 1$$

§ 3.5 独立回路的选取—图论

三、基本回路

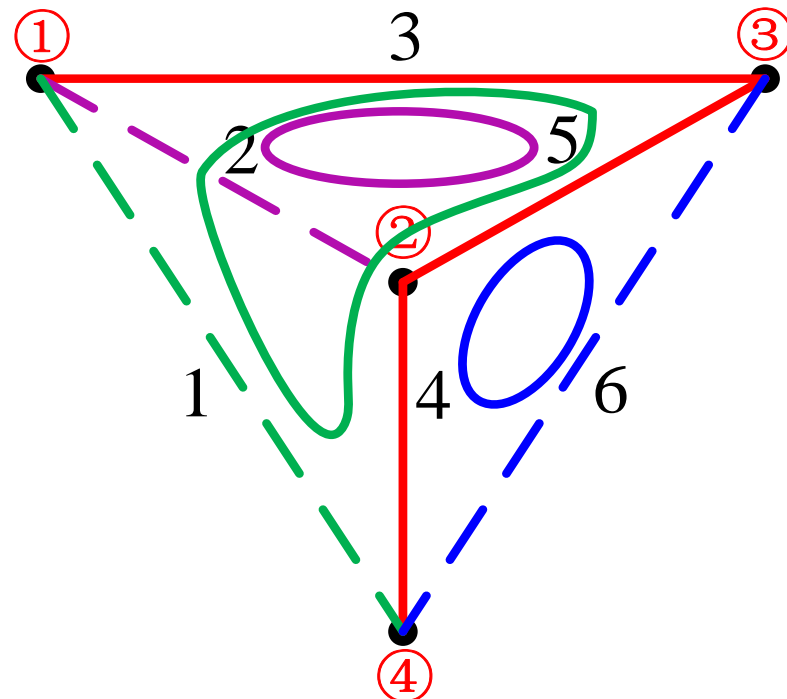
基本回路：单连支回路



基本回路

(1, 2, 4) (3, 2, 5)

(6, 5, 4)



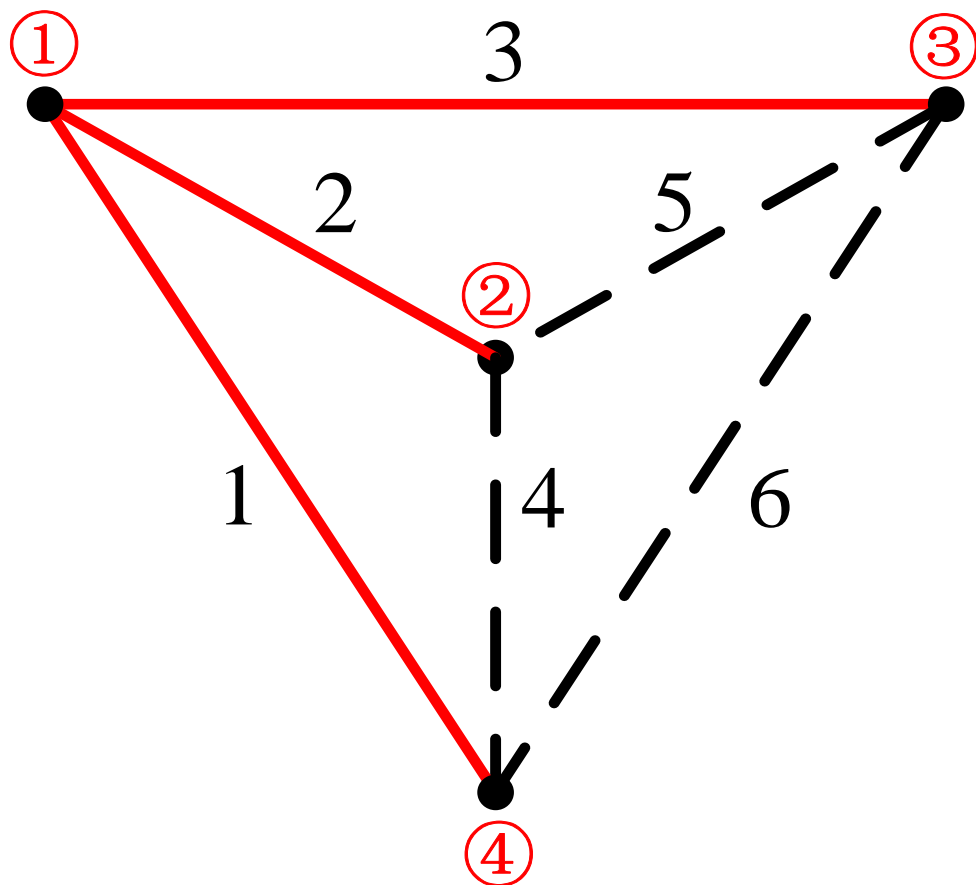
基本回路是独立回路

基本回路数=连支数= $b-n+1$

§ 3.5 独立回路的选取—图论

三、基本回路

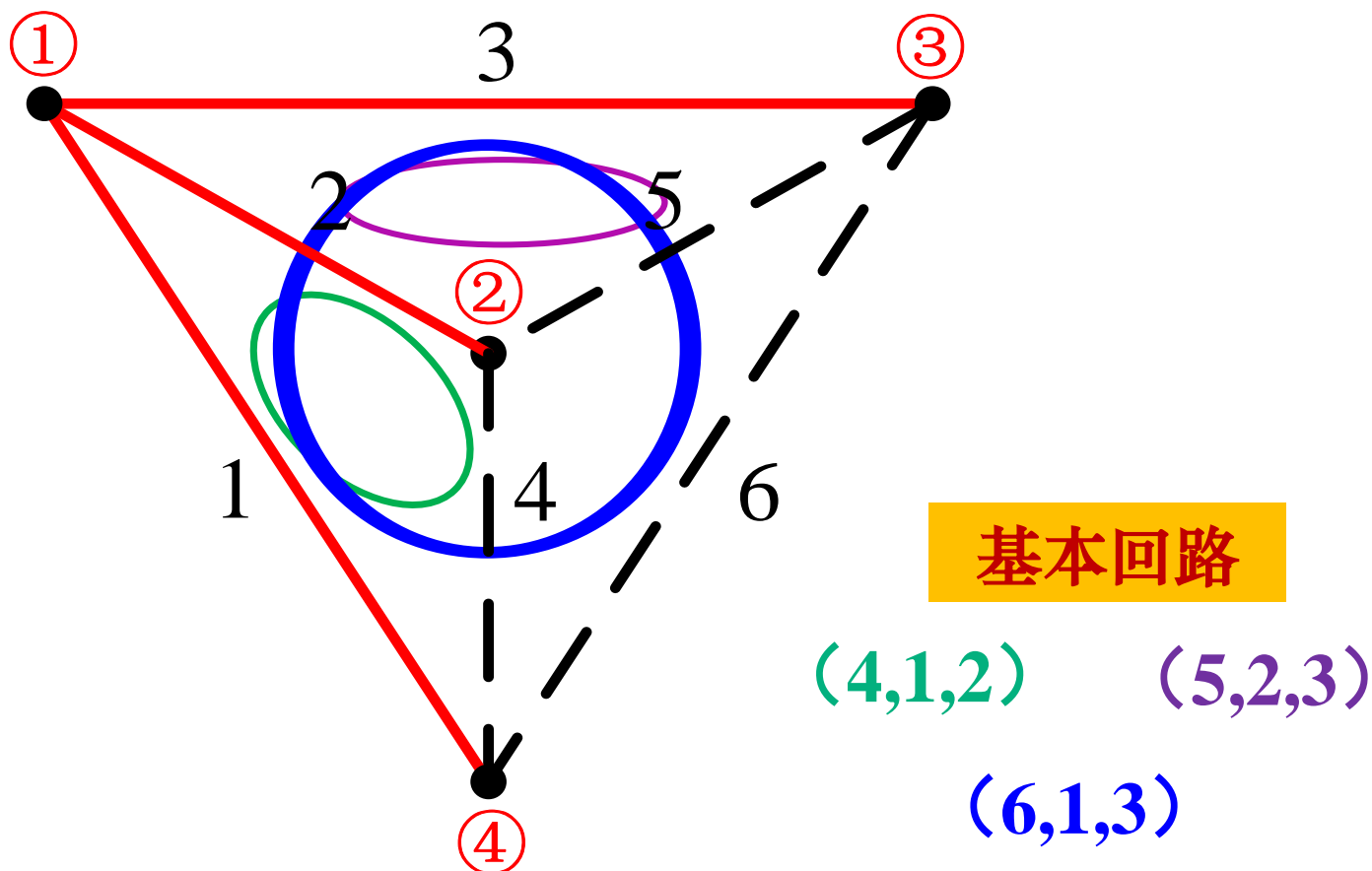
【练习】选支路1, 2, 3为树支，则基本回路为（ ）。



§ 3.5 独立回路的选取—图论

三、基本回路

【练习】选支路1, 2, 3为树支，则基本回路为（ ）。



电路理论

Principles of Electric Circuits

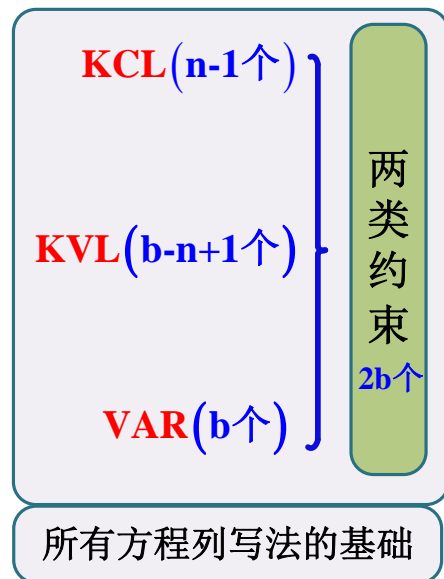
第三章 复杂电阻电路的分析

§ 3.6 总结



§ 3.6 总结

线性电阻电路的一般分析方法

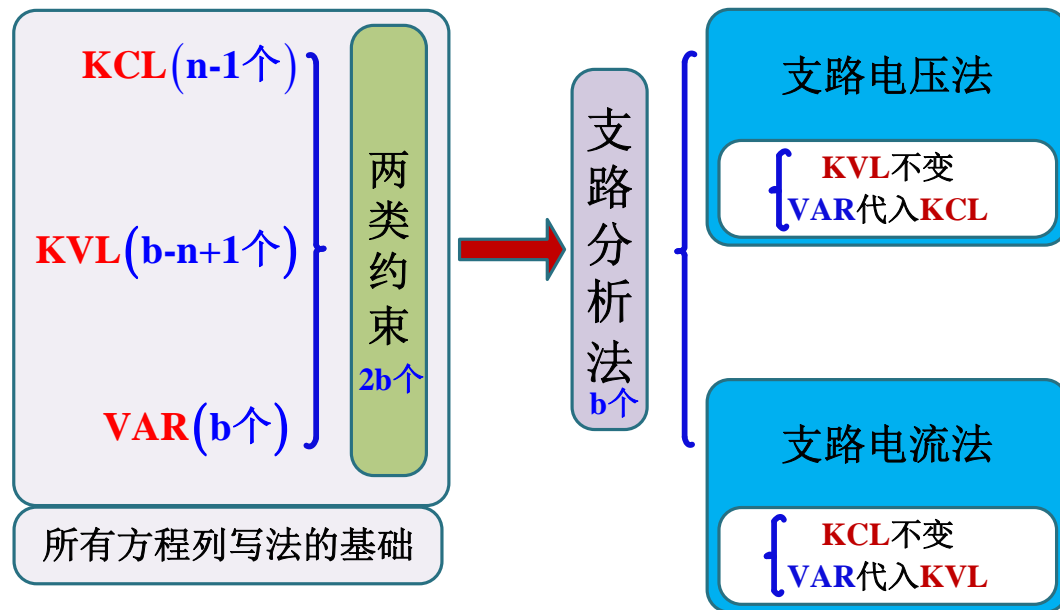


思考：是否可以减少方程的个数，从而便于手动求解？

电路的一般分析方法又称为“**方程列写法**”，其依据是**两类约束**（2b法），考虑到2b法方程数量过多，不便于手动求解，由此衍生出一系列的方法。

§ 3.6 总结

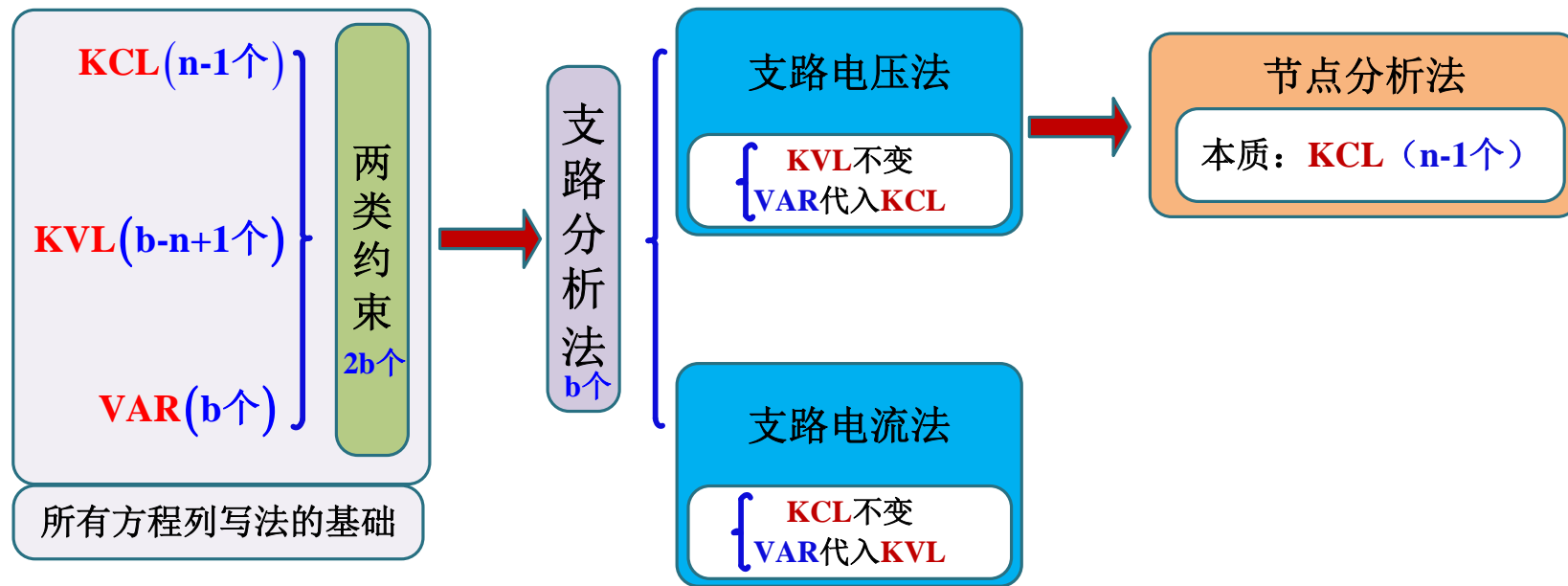
线性电阻电路的一般分析方法



支路分析法是在2b法的基础上衍生出的一种方法。

§ 3.6 总结

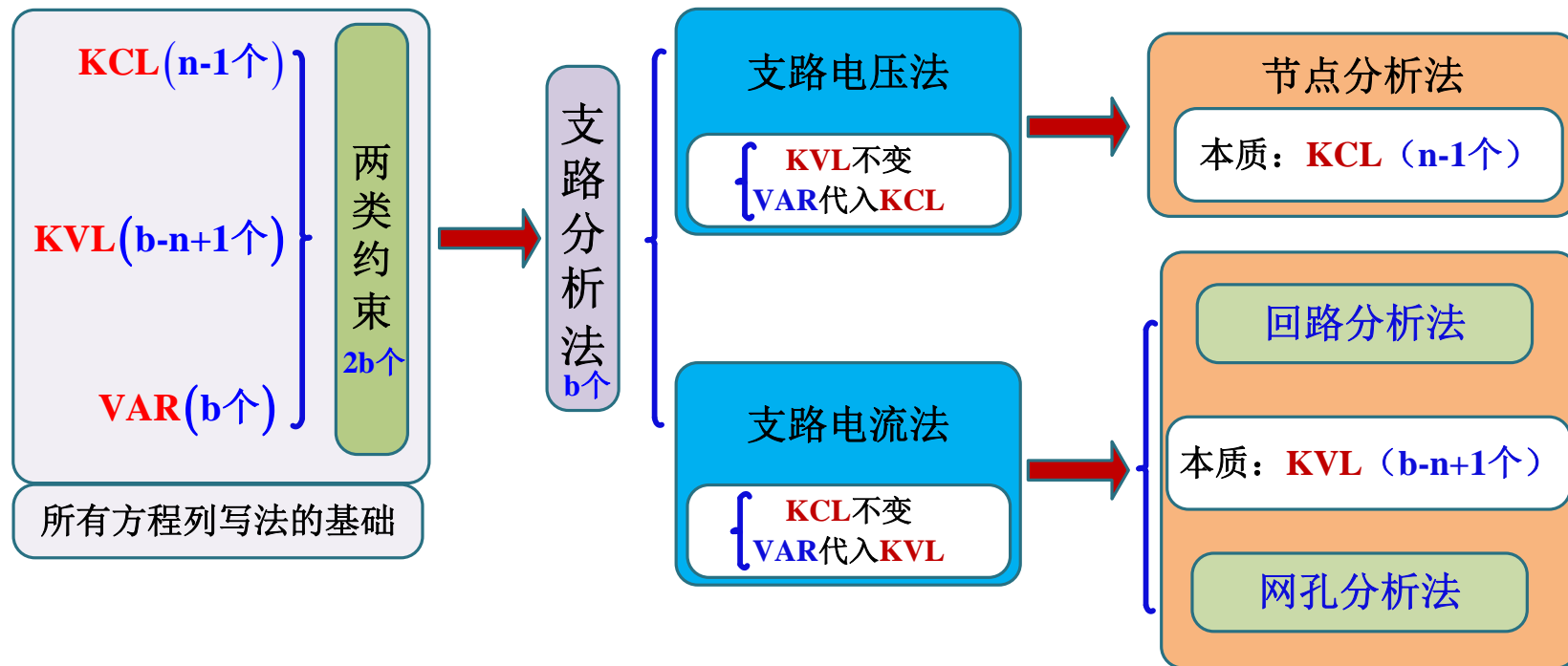
线性电阻电路的一般分析方法



节点分析法是在支路电压法的基础上衍生出的一种方法。

§ 3.6 总结

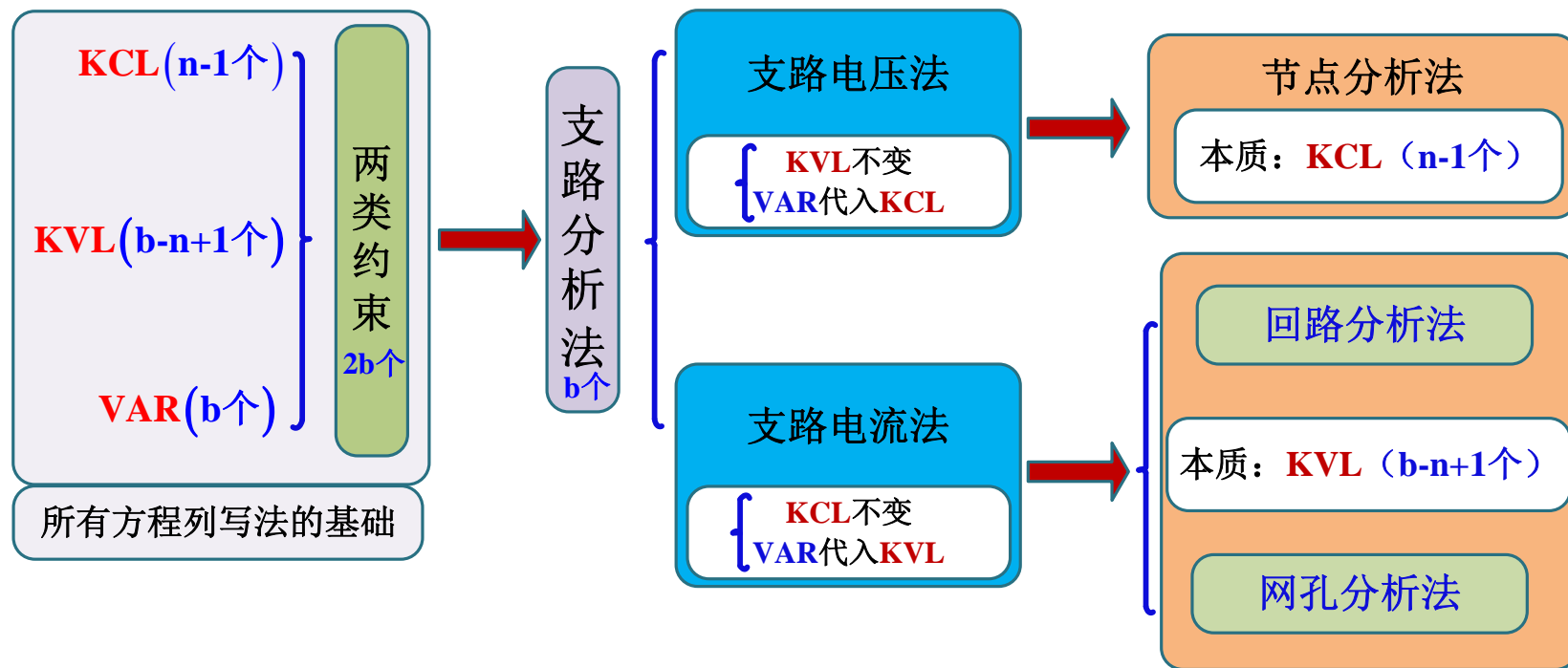
线性电阻电路的一般分析方法



回路（网孔）分析法：是在支路电流法的基础上衍生出的一种方法。

§ 3.6 总结

线性电阻电路的一般分析方法



- ★ 关键问题:
- (1) 每种方法的本质和方程的个数;
 - (2) 每种方法的列写步骤;
 - (3) 每种方法的特殊情况处理。