

Ch1.7.1 基尔霍夫电流定律

杨旭强

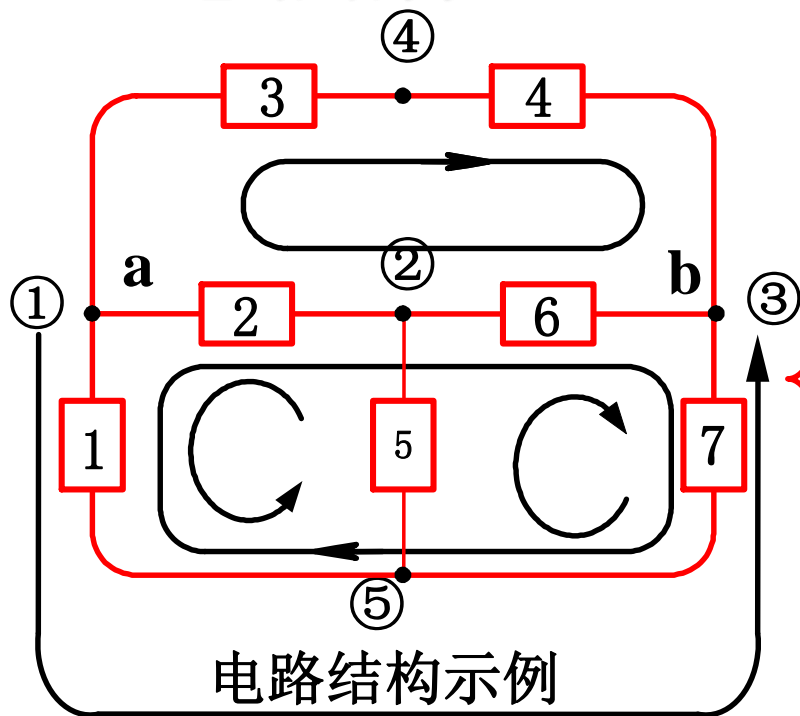
哈尔滨工业大学电气工程及自动化学院



1.7 基尔霍夫定律

要求：掌握表述电路结构的基本术语，透彻理解基尔霍夫定律，熟练掌握其各种变形形式，及独立方程数。

1. 电路结构



电路结构示例

支路：无分支的通路。每个二端元件称为一条支路

节点：若干支路的联接点

路径：在两节点a，b之间，由m条不同的支路和m-1个不同的节点(不含a和b)依次联接成的一条通路称为a到b的路径

回路：闭合的路径

网孔：内部或外部不包含任何支路的回路

分类：平面电路、立体电路

特例：短路、开路（断路）

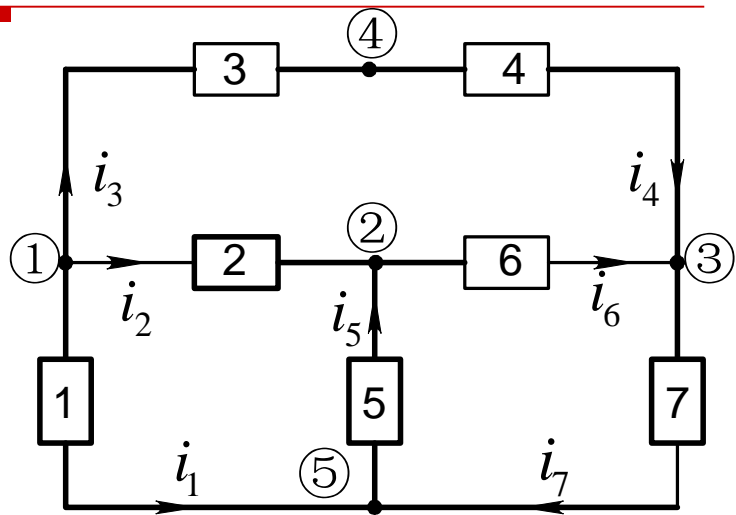
1.7 基尔霍夫定律

2. 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律(简称 KCL)表述为：在集中参数电路中，任一时刻流出(或流入)任一节点的支路电流代数和等于零，即

$$\sum i_k = 0 \quad (i_k \text{ 表示第 } k \text{ 条支路电流})$$

规定参考方向-流出为正：
 i_k 流出节点时， i_k 前面取“+”号；流入节点时， i_k 前面取“-”号。



1) 基本表述方式—对节点

节点①: $i_1 + i_2 + i_3 = 0$

节点②: $-i_2 - i_5 + i_6 = 0$

节点③: $-i_4 - i_6 + i_7 = 0$

节点④: $-i_3 + i_4 = 0$

节点⑤: $-i_1 + i_5 - i_7 = 0$

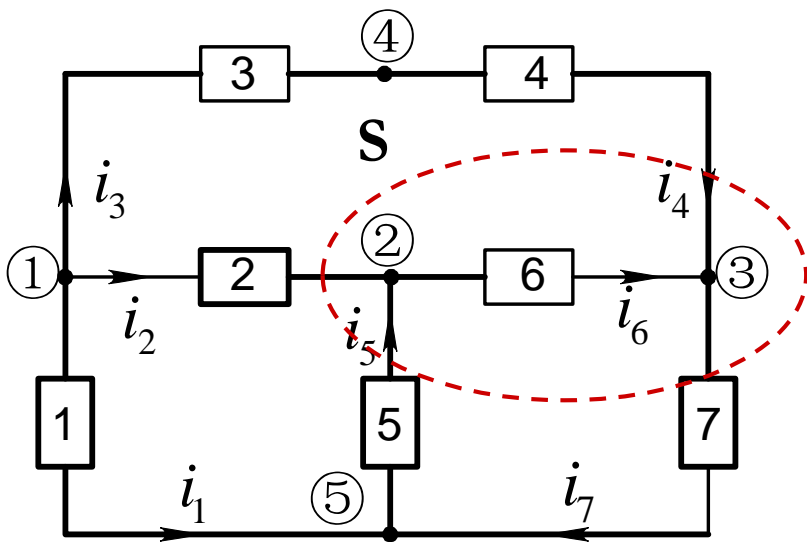
1.7 基尔霍夫定律

2) 对闭合边界:

在集中参数电路中，任一时刻流出(或流入)任一闭合边界 S 的支路电流代数和等于零，即

$$\sum i_k = 0 \quad (i_k \text{ 表示与闭合边界相切割的各支路电流})$$

规定： i_k 参考方向为流出闭合边界时， i_k 前面取“+”号；流入闭合边界时， i_k 前面取“-”号。



基尔霍夫电流定律示例

对闭合边界列写KCL方程:

$$\left. \begin{array}{l} \text{节点②: } -i_2 - i_5 + i_6 = 0 \\ \text{节点③: } -i_4 - i_6 + i_7 = 0 \end{array} \right\} +$$

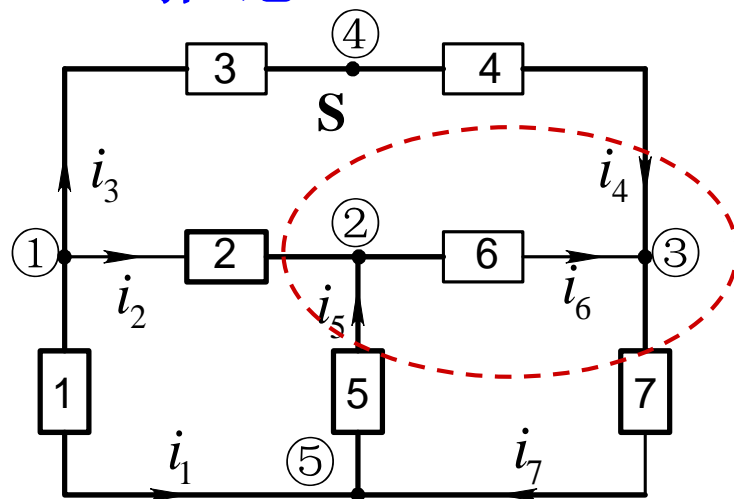
$$\Longrightarrow -i_2 - i_4 - i_5 + i_7 = 0$$

$$-i_2 - i_4 - i_5 + i_7 = 0$$

因此，广义KCL方程是其内部所含节点上的KCL方程之和

1.7 基尔霍夫定律

3) 推论:



基尔霍夫电流定律示例

$$\text{节点②: } -i_2 - i_5 + i_6 = 0$$

$$\text{节点③: } -i_4 - i_6 + i_7 = 0$$

$$\text{节点⑤: } -i_1 + i_5 - i_7 = 0$$

$$\text{节点②: } i_6 = i_2 + i_5$$

$$\text{节点③: } i_7 = i_4 + i_6$$

$$\text{节点⑤: } i_5 = i_7 + i_1$$

任一时刻，流出任一节点(或闭合边界)电流的代数和等于流入该节点(或闭合边界)电流的代数和，即

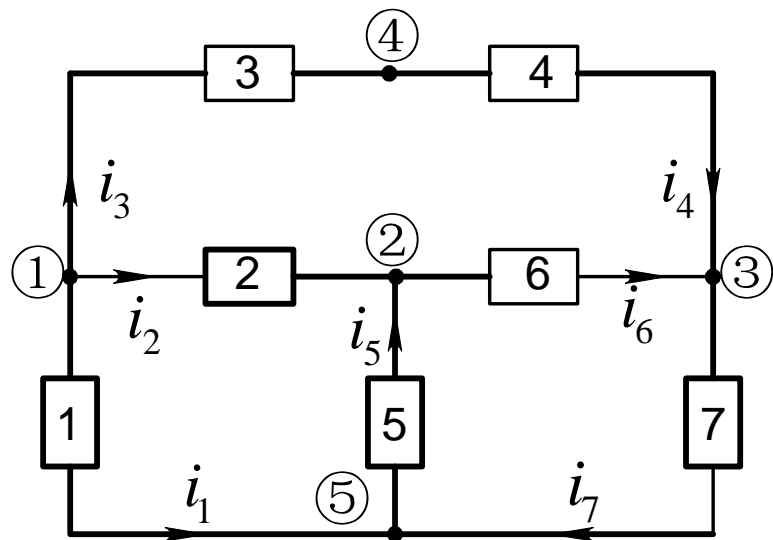
$$\sum i_{\text{流入}} = \sum i_{\text{流出}}$$

思考：1、KCL的本质是什么？

$$\text{闭合边界上KCL: } i_7 = i_2 + i_4 + i_5$$

1.7 基尔霍夫定律

4) 方程的独立性:



基尔霍夫电流定律示例

$$\left. \begin{array}{l} \text{节点①: } i_1 + \cancel{i_2} + \cancel{i_3} = 0 \\ \text{节点②: } \cancel{i_2} - i_5 + \cancel{i_6} = 0 \\ \text{节点③: } \cancel{i_4} - \cancel{i_6} + i_7 = 0 \\ \text{节点④: } \cancel{i_3} + \cancel{i_4} = 0 \\ \text{节点⑤: } -i_1 + i_5 - i_7 = 0 \end{array} \right\}$$
$$i_1 - i_5 + i_7 = 0$$

结论：在含有 n 个节点的电路中，任一 $n-1$ 个节点的KCL方程是一组独立方程，这些节点称为独立节点。

思考：2、若以全部 b 个支路电流为变量，列写KCL方程求解那么其中独立变量的个数是多少？

1.7 基尔霍夫定律

【例题1.3】电路如图所示。根据已知支路电流求出其它支路电流。

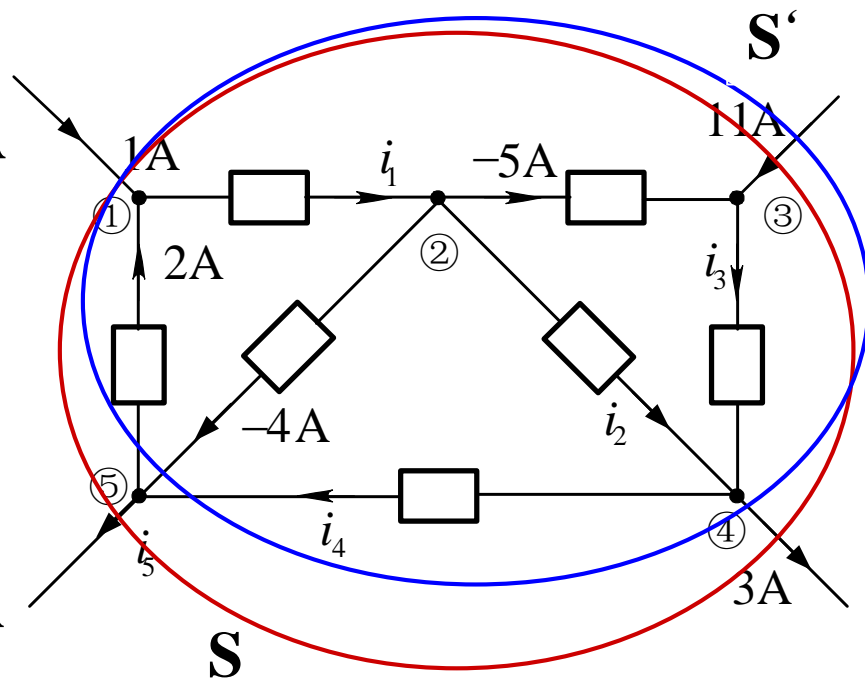
解：节点①： $i_1 = 1\text{A} + 2\text{A} = 3\text{A}$

节点②： $i_2 = i_1 - (-5)\text{A} - (-4)\text{A} = 12\text{A}$

节点③： $i_3 = 11\text{A} + (-5)\text{A} = 6\text{A}$

节点④： $i_4 = i_2 + 6\text{A} - 3\text{A} = 15\text{A}$

节点⑤： $i_5 = i_4 + (-4)\text{A} - 2\text{A} = 9\text{A}$



若此题只求电流 i_5 ，如何一步求得？

例题1.3图

$$i_5 = 1\text{A} + 11\text{A} - 3\text{A} = 9\text{A}$$

若此题只求电流 i_4 ，如何一步求得？

$$i_4 = 2\text{A} + 1\text{A} + 11\text{A} - 3\text{A} + 4\text{A} = 15\text{A}$$

1.7 基尔霍夫定律

【例题1.4】电路如图所示。已知部分支路电流，求出其它未知支路电流。如果只求 i_D ，能否一步求得？

解：

节点①： $i_A = -1A - 2A = -3A$

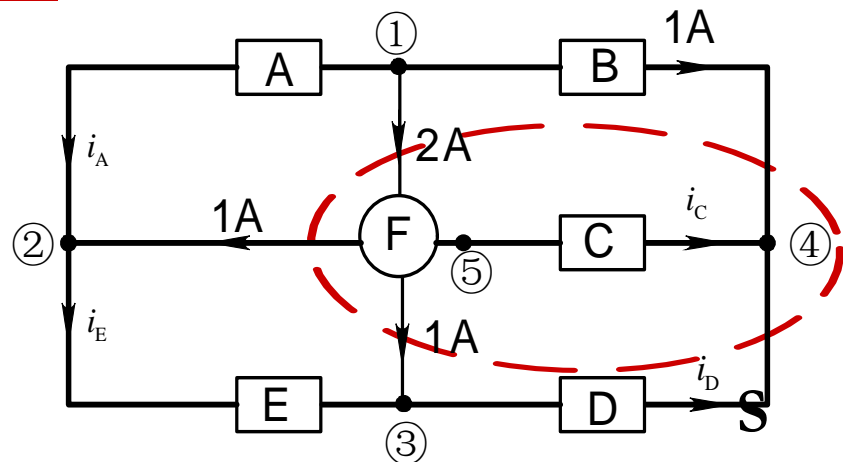
节点⑤： $i_C = 2A - 1A - 1A = 0A$

节点④： $i_D = -1A - i_C = -1A$

节点③： $i_E = i_D - 1A = -2A$

若此题只求电流 i_D ，可以一步求得。

$$i_D + 1A + 2A = 1A + 1A \Rightarrow i_D = -1A$$



例题1.4图