〔苏联〕Н. Г. 馬克西莫維奇著　林海明譯

上海科学技术出版社

內容提要

本书研究关于綫性电路的基本方程和計算方法的理論. 也叙述这种电路的变换的理論基础. 除此以外，还介紹几个主要的有关复杂电路的数值解法. 所有內容都用矩陣叙述，使电路分析討論得更为一般，并且开辟了这种討論的新的可能性.

本书的讀者对象是已經熟悉綫性电路的基本理論而要在这一方面有更多了解的大学生、研究生和工程师.

ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
ЦЕПИ И ИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
Н. Г. Максимович
Госэнергоиздат • 1961

綫性电路及其变换

林海明 譯

上海科学技术出版社出版（上海瑞金二路 450 号）
上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海洪兴印刷厂印刷　　新华书店上海发行所发行

开本 850×1168 1/32　印張 7 2/32　插頁 1　排版字数 176,000
1964 年 9 月第 1 版　1964 年 9 月第 1 次印刷　印数 1—8,000

統一书号 15119·278　定价（科七）1.20 元

目　录

第一章 电路的基本方程和計算方法

1-1 电路的几何形象

支路是每个电路的基本元素，由阻抗 z 和电动势 e 的电源串联組成，或者由导納 y 和电流源 j 并联組成．支路的連接形成电路的新元素——节点和回路．节点是多个支路的会接点，回路是多个支路形成的閉合輪廓．在电路理論上，还分别出所謂可消节点和不可消节点；可消回路和不可消回路．可消节点是仅由两个支路会接的节点；可消回路是仅由两个支路形成的回路．它們之所以称做可消的，是因为应用熟知的串联、并联法則，很容易把它們消除掉．三个以上支路会接的节点及三个以上支路形成的回路都是不可消的．在对一个复杂电路进行計算之前，应先把电路內所有可消节点和可消回路消除掉．抽离各个支路所含元素的特征，而仅仅用一个有向綫段来表示每个支路，就得到所謂电路的几何形象❶．例如，图 1-1 b 是图 1-1 a 电路的几何形象．綫段的方向指示对应支路上电流的正方向．

电路的几何形象可以用一个矩陣来作数学描写，这矩陣叫做連接矩陣 Π_0．連接矩陣 Π_0 的写法如下：矩陣的每一行是与电路的几何形象中一定节点相对应，每一列是与一定支路相对应．在第 k 行和第 i 列的相交处填写 $+1$ 或 -1，随第 i 个支路的方向向着

❶ 通称綫形图——譯注

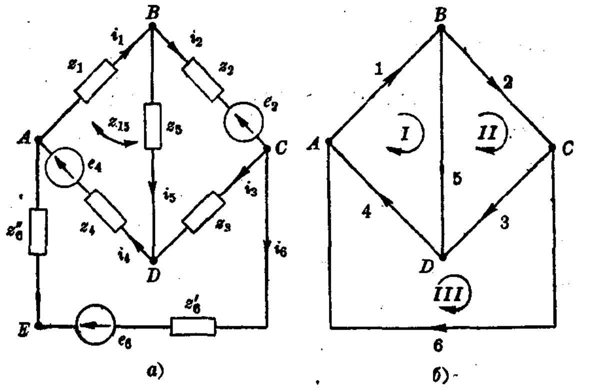

图 1-1

或离开第 k 个节点而定；如果第 i 个支路不接到第 k 个节点，则在該处填写 0．由此可見，对于含有 p 个支路和 q 个节点的电路，連接矩陣 Π_0 有 p 列和 q 行．图 1-1 中电路的連接矩陣 Π_0 表示成

$\Pi_0=$

	1	2	3	4	5	6
A	−1	0	0	+1	0	+1
B	+1	−1	0	0	−1	0
C	0	+1	−1	0	0	−1
D	0	0	+1	−1	+1	0

必須注意，这样的連接矩陣只可确定出一个电路的几何形象，就是，一个給定的矩陣只确定出一个几何形象；反过来說，对于一个給定的几何形象只可以写出一个矩陣 Π_0．連接矩陣把被研究的电路連接图写成数学形式，因而按照簡单的数学运算，很容易得出电路的参数、电流及电压之間整个一系列的关系．

在任何电路的連接矩陣 Π_0 的每一列中有一个数 +1、一个数 −1，而所有其余的数都是零．这表明每个支路仅仅接于两个节点，而且方向是由一个节点向着另一个节点．从而知道矩陣 Π_0 仅有 $q-1$ 行是独立的．这矩陣行中的一行是非独立的，因为如果知

道了其余的行，就可以把这一行决定出来. 因此，常常用矩阵 Π_0 中删去任一行所成的、仅有 $q-1$ 行的矩阵 Π 来替代矩阵 Π_0. 与这被删去的行相对应的节点叫做参考节点，而与其余 $q-1$ 行相对应的一些节点叫做独立节点組. 例如，对图 1-1 中的电路，把节点 D 作为参考节点，则节点 A、B 和 C 是独立节点組，这样就得到下面的連接矩阵 Π

$$\Pi=\left\|\begin{array}{c|c|c|c|c|c} -1 & 0 & 0 & +1 & 0 & +1 \\ \hline +1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ \hline 0 & +1 & -1 & 0 & 0 & -1 \end{array}\right\|$$

如果知道了連接矩阵 Π，添上与参考节点对应的一行，就得出先前研究的連接矩阵 Π_0. 这只要注意到每一列中这一行的元素与其余几行的元素之和必須等于零.

在分析和計算电路时，常常需要考虑电路的回路. 回路这一概念，如同支路概念一样，总联系着它的一定的方向. 选取这个或那个回路必須指定它的方向，就是在形成这回路的一些支路所組成的閉合多角形的边上，要給出一个循行的方向.

对每个复杂电路可以取許多个回路. 在电路的几何形象上，这些回路同样可以用矩阵来确定. 这矩阵的每一行是与电路的一定支路对应，每一列是与一定回路对应. 在这矩阵的第 k 行与第 i 列相交处填写零，表示第 k 个支路不属于第 i 个回路；填写 $+1$ 或 -1，表示上述支路是第 i 个回路的組成部分. 正号表示支路方向与回路方向一致，負号表示它們的方向彼此相反.

可以証明，从所取的許多回路并对这些回路作出矩阵的各列，只有 $p-q+1$ 个列是綫性独立的. 这些列是与电路的一个所謂独立回路組对应. 由一个独立回路組确定的矩阵叫做回路矩陣，用 Γ 表示.

对图 1-1 所示的电路，在选取一組独立回路 I、II、III 的情

况下，得下面的回路矩陣

$$\Gamma=\begin{Vmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0\\ 0 & 1 & -1\\ 1 & 0 & -1\\ 1 & -1 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{Vmatrix}$$

对每个复杂电路有一定数目的独立回路組及与它們相对应的一些矩陣 Γ.

回路矩陣 Γ 与連接矩陣 Π 不同，它不能唯一确定电路的几何形象．同一矩陣 Γ 可以与好多个电路的几何形象相符合．例如，图 1-2 中几个电路的几何形象就是被同一个回路矩陣确定的．为了写时方便起見，在这些矩陣中今后都用点来替代零，即

$$\Gamma=\begin{Vmatrix}1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot\\ 1 & -1 & \cdot & \cdot & \cdot\\ \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot\\ \cdot & 1 & -1 & \cdot & \cdot\\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot\\ \cdot & \cdot & 1 & -1 & \cdot\\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot\\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot\\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 & -1\\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1\end{Vmatrix}$$

可見，回路矩陣只在所考慮的电路中唯一确定我們所选取的一組回路，但不能唯一反映出电路的連接图.

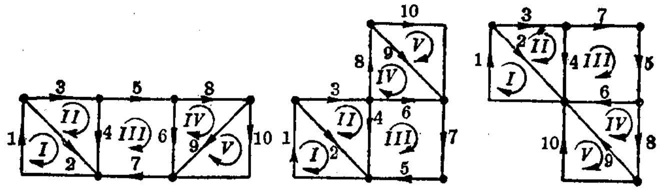

图 1-2

在許多可能的回路中,应該挑选出一个特殊組,它的特征是电路的每个支路必須屬于两个相邻的回路,并且对于平面电路来說,一个支路的方向总可以使与这些回路中一个回路的方向一致,而与它們当中另一个的方向相反.这样一組的回路数目比較独立回路数目大1,因此等于$p-q+2$.这組回路的矩陣Γ_0的每一行中必定含有一个数$+1$,一个数-1,其余的都是零.按照这矩陣的結构,因而所研究的这組回路,跟以前討論过的电路的連接矩陣Π_0及完全节点組有着对偶性的对应.例如,对图1-16中电路的一組独立回路*I*、*II*、*III*添上由支路*1*、*2*与*6*所組成的第四个回路,它的方向是反时針的.这样就得到我們所需要的一个特殊的回路組,其中每个支路已經屬于两个相邻的回路,并且每个支路的方向与一个回路的方向一致,而与另一个回路的方向相反(这情况只适用于平面电路).这組回路的矩陣Γ_0是

$$\Gamma_0=\left\|\begin{array}{c|c|c|c} 1 & \cdot & \cdot & -1 \\ \hline \cdot & 1 & \cdot & -1 \\ \hline \cdot & 1 & -1 & \cdot \\ \hline 1 & \cdot & -1 & \cdot \\ \hline 1 & -1 & \cdot & \cdot \\ \hline \cdot & \cdot & 1 & -1 \end{array}\right\|$$

要把这个特殊回路組轉变成一个独立回路組,只須从这特殊組中去掉任一个回路.把矩陣Γ_0去掉其中与这回路对应的一行,

便得到独立回路的矩陣 Γ.

从矩陣 Γ_0 所描写的特殊回路組，用上述方法得到的独立回路組，叫做自然回路組. 以后将指出，在某些情况下，这种自然回路組具有某些特殊的性质.

还須注意到矩陣 Π 与 Γ 的下面一些特性:

(1) 矩陣 Π 的每一行确定它所对应的节点上汇接的一些支路，并表出各个支路对这节点的方向. 因此，如果一个多維矢量

$$\vec{\nu}=(\nu_1, \nu_2, \cdots, \nu_p)$$

的分值是支路内的某一种量，則矩陣 Π 乘以这矢量的乘积

$$\vec{N}=\Pi\vec{\nu}$$

确定出一个新的多維矢量，它的分值 $N_i=\sum \nu_k$ 是連接于对应节点的一些支路量 ν_k 的代数和[例如，式(1-7)].

(2) 矩陣 Γ 的每一列确定組成一个回路的一些支路，并表明出它們的方向与回路方向是否一致. 轉置矩陣 Γ_t 乘以多維矢量 $\vec{\nu}$ 的乘积确定出一个新的多維矢量，它的分值等于各該回路上所考虑的量的代数和[例如，式(1-8)].

对于所有部分都有电流通連的电路，独立节点数目等于 $q-1$，独立回路数目等于 $p-q+1$. 如果电路含有 S 个分开部分，它們之間除了磁耦合以外沒有直接連接，这时独立节点数目等于 $q-S$，独立回路数目等于 $p-q+S$. 本书不准备討論这种含有分开部分的电路.

1-2 表征电路的量

在研究电路时，除了确定支路連接的几何形象以外，还須考虑表征电路的各个量：支路的阻抗或导納，支路的电压源的电动势和电流源的电流，支路的电流和电压. 为了把这些量用复杂的数学形式表示，我們采用以下的概念：

(1) 支路阻抗的矩陣 $\mathbf{z}$——这是一个方陣，它的阶等于支路数

p. 在这矩陣的对角綫位置上写下各个支路的自有阻抗. 在这矩陣第 k 行中第 i 列写下第 k 个支路与第 i 个支路之間的互有阻抗 z_{ki}. 在这两个支路之間沒有相互作用的情况下，或在直流情况下，$z_{ki}=0$. 对图 1-1 的电路，支路阻抗的矩陣为

$$
\mathbf{z}=\begin{Vmatrix}
z_1 & \cdot & \cdot & \cdot & z_{15} & \cdot \\
\cdot & z_2 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & z_3 & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & z_4 & \cdot & \cdot \\
z_{51} & \cdot & \cdot & \cdot & z_5 & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & z_6
\end{Vmatrix}
$$

对适用互易原理的电路，支路阻抗的矩陣总是对着对角綫对称的 $(z_{ki}=z_{ik})$.

(2) 支路导納的矩陣 $\mathbf{y}$——这也是一个 p 阶方陣. 位于它的对角綫上的元素是支路的导納. 位于第 k 行与第 i 列相交处的元素 y_{ki}，是第 k 个支路与第 i 个支路的互有阻抗的倒数. 象上面矩陣一样，支路的导納矩陣对着对角綫对称，仅仅是那些满足倒易条件的电路. 对这种电路

$$y_{ki}=y_{ik}$$

(3) 支路电动势的多維矢量 $\vec{e}$——这是在 p 維空間利用自己的分值作为坐标的矢量；矢量 $\vec{e}$ 沿第 k 个坐标軸的分值 e_k 是第 k 个支路的电动势的量值. 如果支路电动势的正方向与支路方向一致，这时它是正的；否則冠以負号. 对图 1-1 a 的电路，有

$$\vec{e}=(0,\ -e_2,\ 0,\ e_4,\ 0,\ e_6)$$

如果作用在支路內不是电压源而是电流源，則写成支路电流源的多維矢量

$$\vec{j}=(j_1,\ j_2,\ \cdots,\ j_k,\ \cdots,\ j_p)$$

(4) 与支路电动势的多維矢量相类似，可以使用支路电流的

多維矢量 $\vec{i}$ 与支路电压的多維矢量 $\vec{u}$ 的概念；它們都是 p 維矢量，其分值是对应支路的电流或电压．对图 1-1 中电路，有

$$\vec{i}=(i_1,\ i_2,\ \cdots,\ i_6)$$

$$\vec{u}=(u_1,\ u_2,\ \cdots,\ u_6)$$

有些作者不用这里用的电动势、电流和电压的多維矢量的概念：$\vec{e}$、$\vec{j}$、$\vec{i}$ 与 $\vec{u}$；他們用行矩陣或列矩陣来确定这些量，就是用含有一行 p 列或一列 p 行的矩陣来写出电动势、电流或电压的值．对图 1-1 的电路采用列矩陣，則有

$$\mathbf{e}=\left\|\begin{array}{c} 0 \\ \hline -e_2 \\ \hline 0 \\ \hline +e_4 \\ \hline 0 \\ \hline +e_6 \end{array}\right\| \qquad \mathbf{i}=\left\|\begin{array}{c} i_1 \\ \hline i_2 \\ \hline i_3 \\ \hline i_4 \\ \hline i_5 \\ \hline i_6 \end{array}\right\| \qquad \mathbf{u}=\left\|\begin{array}{c} u_1 \\ \hline u_2 \\ \hline u_3 \\ \hline u_4 \\ \hline u_5 \\ \hline u_6 \end{array}\right\|$$

以后表示电路的电流、电压与电动势一概采用多維矢量（簡称矢量）的概念，而矩陣則用来表示电路的这种或那种阻抗、导納和几何形象．由此可見，电路的阻抗矩陣、导納矩陣或表示几何形象的連接矩陣、回路矩陣，在变换电路的电流、电压或电动势时，都起着系数的作用；所有电路的分析与計算，从純粹数学观点看来，基本上都是属于多維矢量的各种綫性变换．

应用前述的定义，任何电路的連接图，阻抗（或导納）以及支路的电流（或电压）和电动势（或电流源），总可以用以下四个量来表示：矩陣 $\mathbf{\Pi}$ 和 $\mathbf{z}$（或 $\mathbf{y}$）及多維矢量 $\vec{e}$（或 $\vec{j}$）和 $\vec{i}$（或 $\vec{u}$）．电路的每种計算方法是确定这些量之間的相互关系，根据这关系及給定的各个量，就可以算出其余一个量．最常見到的情况是从給定的 $\mathbf{\Pi}$、$\mathbf{z}$、$\vec{e}$ 或 $\vec{j}$ 来决定 $\vec{i}$ 或 $\vec{u}$．

对直流电路、矩陣 $\mathbf{z}$ 及多維矢量 $\vec{e}$、$\vec{j}$、$\vec{i}$ 和 $\vec{u}$ 都由实数組成．

对正弦电流的电路作稳态計算时,电动势、电流和电压的多維矢量的分值以及阻抗矩陣的元素都是复数. 在計算电路內过渡过程时,分值是电动势、电流和电压的象函数,元素是运算阻抗.

尽管这些情况不同,写出电路的各个量时或用实数,或用复数,或用运算形式,可是基本关系以及基本方程都是类似的. 今后,所有这些量将用同一字母来表示.

1-3 电路的基本方程

电路的电流、电压和阻抗之間具有一定的关系,这关系就是电路分析和計算的基础.

在这一节及以下几节只研究支路間沒有互感的电路的这些关系;电路方程的更較一般的情况将在另一节来叙述.

我們要研究的电路基本規律,可以分成三类:每个支路上电流与电压之間的关系,节点量之間的关系,及回路量之間的关系.

考虑支路参数之間的第一类关系,我們写出支路的欧姆定律. 对复杂电路任意取第 k 个支路(图 1-3),有

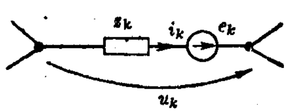

图 1-3

$$u_k=e_k-z_k i_k \text{❶} \qquad (1\text{-}1)$$

对所有 p 个支路,可以写出类似的方程,因此,得到一組 p 个綫性方程:

$$\left.\begin{aligned} u_1&=e_1-z_1 i_1\\ u_2&=e_2-z_2 i_2\\ &\cdots\cdots\\ u_p&=e_p-z_p i_p \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}2)$$

应用上节中引入的表示方法,这組方程可以写成矩陣形式

$$\vec{u}=\vec{e}-\mathbf{z}\vec{i} \qquad (1\text{-}3)$$

上面得出的矩陣方程表征支路上电压与电流之間的关系.

❶ 这方程中 u_k 代表电压升——譯注

由方程(1-1)可以解出电流

$$i_k=\frac{e_k}{z_k}-\frac{u_k}{z_k}$$

或用支路导納的概念，写成

$$i_k=y_ke_k-y_ku_k$$

y_ke_k 这个量叫做支路的短接电流．它等于等值电流源的电流 j_k，就是 $y_ke_k=j_k$．

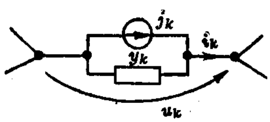

图 1-4

这样一来，

$$i_k=j_k-y_ku_k \tag{1-4}$$

确定电流源和导納所表示的支路上(图 1-4)电流与电压之間的关系．

对复杂电路的每个支路写出方程(1-4)，我們得到一組 p 个綫性方程：

$$\left.\begin{aligned} i_1&=j_1-y_1u_1\\ i_2&=j_2-y_2u_2\\ &\cdots\cdots\\ i_p&=j_p-y_pu_p \end{aligned}\right\} \tag{1-5}$$

它可以表示成一个矩陣方程

$$\vec{i}=\vec{j}-\mathbf{y}\vec{u} \tag{1-6}$$

这个矩陣方程和方程(1-3)一样，确定支路上电流与电压之間的关系．

根据基尔霍夫第一定則，流向电路任何节点的支路电流的代数和等于零，我們应用这定則来求节点量之間的关系．因此，对每个节点可以写出流向这节点的支路电流的方程

$$\varphi(i)=\sum i_k=0$$

式中 $k=1、2、\cdots、m$ 是接于被研究的节点的一些支路．

这样的方程共有 q 个，就是等于电路的节点数目．但是这組方程中是綫性独立的只有 $q-1$ 个．

因为連接矩陣 Π 用一个 p 維矢量来乘，无論这矢量代表哪一

种支路量，其乘积的每个分值是各节点上这种量的总和，所以根据基尔霍夫第一定則得到的一組綫性独立方程可以用矩陣写成一个方程

$$\Pi\vec{i}=0 \tag{1-7}$$

这个表示一組 $q-1$ 个代数方程的矩陣方程确定支路电流之間的关系.

根据基尔霍夫第二定則，在任何一个閉合回路內，支路电压的代数和等于零，就是

$$\sum u_k=0$$

式中 $k=1、2、\cdots、n$ 是被研究的回路的一些支路.

注意取一組独立回路来决定回路矩陣 Γ，并把基尔霍夫第二定則应用于这一組的每个回路，便得到 $p-q+1$ 个綫性独立方程. 这組方程可以写成一个矩陣方程

$$\Gamma_t\vec{u}=0 \tag{1-8}$$

这个矩陣方程确定复杂电路中支路电压之間的关系.

方程(1-3)或(1-6)及(1-7)、(1-8)是复杂电路的基本方程. 它們唯一确定复杂电路中支路电流和支路电压，因为它們是含有 $2p$ 个未知量（电流和电压）的一組 $2p$ 个綫性独立代数方程.

基尔霍夫第一定則是电場理論上更普遍的定律——全流定律的特殊情况. 把这普遍定律用到电路，我們得到結論，穿过电路的任一閉合輪廓的支路电流的和等于零，就是

$$\Phi(i)=\sum i_l=0$$

式中 $l=1、2、\cdots、s$ 是穿过被研究的輪廓的一些支路.

电路的閉合輪廓可以有两种形式：第一种是包圍电路的一个或几个节点輪廓；第二种是不包圍任何节点的輪廓. 以后我們只研究第一种形式的輪廓，就是至少包圍一个节点的輪廓.

如果閉合輪廓包圍的电路节点只有一个，这时穿过这輪廓的支路电流方程与对这被輪廓包圍的节点按照基尔霍夫第一定則写

出的方程，沒有什么差别.

如果閉合輪廓包圍几个节点，則穿过輪廓的支路电流方程是对被輪廓包圍的各个节点按照基尔霍夫第一定則得出的一些方程的和.

如果輪廓含有 n 个节点，它的方程是

$$\Phi(i)=\sum_{k=1}^{n}\varphi_k(i)=0 \qquad (1\text{-}9)$$

式中 $\Phi(i)$ 是穿过輪廓的一些支路电流的和；$\varphi_k(i)$ 是被輪廓包圍的第 k 个节点的一些支路电流的和.

例如，对图 1-5 中輪廓 A，有

$$\Phi_A(i)=\varphi_K(i)+\varphi_L(i)+\varphi_M(i)=0$$

或

$$\begin{aligned}\Phi_A(i)&=(i_1-i_2+i_3+i_{10})+(i_2-i_4-i_5-i_6-i_{10})\\&\quad+(-i_3+i_6-i_7-i_8-i_9)\\&=i_1-i_4-i_5-i_7-i_8-i_9=0\end{aligned}$$

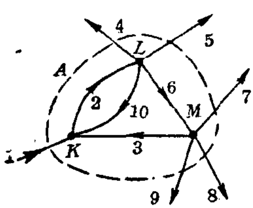

图 1-5

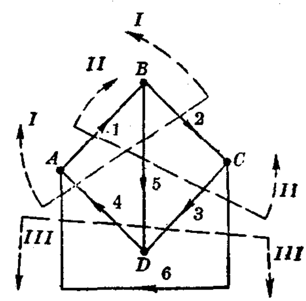

图 1-6

含有多个节点的閉合輪廓叫做电路的广义节点. 仅含一个节点的閉合輪廓叫做单节点. 对每个广义节点总有一个可以按照式 (1-9) 写出的支路电流方程. 綫性独立方程的数目等于 $q-1$. 对应于这些綫性独立方程的一組广义节点是一組独立广义节点. 图 1-6 中电路是按照图 1-1 重行画出的，其中閉合輪廓 I、II 和 III 是这种独立广义节点組之一.

为了用数学写出所取的一組独立广义节点，我們引入 $q-1$ 阶的方陣 $\mathbf{S}$. 这方陣的每行对应于一定的广义节点，每列对应于一定的电路节点. 如果第 k 个节点处于第 i 个广义节点的輪廓內，則在第 i 行与第 k 列相交处填写 $+1$; 如果处于輪廓外，則填写 0. 如果在輪廓內还有参考节点存在，則在这輪廓所对应的行的每个格內 0 或 $+1$ 上还須添加 -1. 例如，对图 1-6 中一組广义节点，矩陣

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{ccc} A & B & C \end{array} \\ \mathbf{S}= & \left\|\begin{array}{ccc} 1 & 1 & \cdot \\ \cdot & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{array}\right\| \begin{array}{l} I \\ II \\ III \end{array} \end{array}$$

矩陣 $\mathbf{S}$ 乘以电路的連接矩陣 $\mathbf{\Pi}$ 的乘积，形成一个新的矩陣 $\mathbf{\Pi}^*$，我們可以把它叫做广义节点的連接矩陣，就是

$$\mathbf{\Pi}^*=\mathbf{S}\mathbf{\Pi}$$

对任何电路，取一組独立广义节点，并对这組广义节点决定出矩陣 $\mathbf{\Pi}^*$，这样就可以把方程組(1-9)写成一个矩陣方程

$$\mathbf{\Pi}^*\vec{i}=0 \qquad (1\text{-}10)$$

在分析和計算电路时，这方程可以用来替代方程(1-7).

1-4 支路电流的方程

在大多数的情况下，电路計算的問題是由給定的电动势(或电流源)和支路的阻抗(或导納)来决定支路的电流和电压.

这样說来，多維矢量 $\vec{e}$ (或 $\vec{j}$) 和矩陣 $\mathbf{z}$ (或 $\mathbf{y}$) 都是已知的，而未知的是多維矢量 $\vec{i}$ 和 $\vec{u}$.

在上一节得出的基本方程(1-3)或(1-6)及(1-7)、(1-8)是构成复杂电路的任何一种計算方法的原始方程.

支路的电压和电流是由方程(1-3)或(1-6)来相互联系的，利用它們就能够从給定电流求出电压，或者从給定电压求出电流，因