

I. 概述

西安电子科技大学，电子工程学院

苏 涛

I. 概述

一、网络思想和概念

二、线性网络的语言——矩阵

三、网络的内容和对象

四、波网络的特点

I. 概述

一、网络思想和概念

1、网络的思想和方法

2、网络方法比较

3、网络的特征

二、线性网络的语言——矩阵

三、网络的内容和对象

四、波网络的特点

1、网络的思想方法

研究事物，将其作为一个整体

——“黑箱”

黑箱

什么啊？



一个事物看不见、摸不着，对光没有反应，
对电没有反应，对磁没有反应，对

怎么证明它的存在？

事物必须有表现，有作用，才有意义，也才
可以被研究和利用

小学语文第15课《画风》，要求学生如何画风

几片叶子在风里飘动

放风筝

花儿在摇摆

少女的长发在风里飞

羽毛飘落

水波粼粼 ...

在网络思想中，把“黑箱”作为整体，对内部的作用不研究，仅仅关心其对外的作用，并且通常把这些对外的作用抽象到特定的区域或位置，称对外作用的区域为端口

—— 网络通过“端口”对外作用



通常人们总是关心在特定端口施加什么样的“输入”，在特定的端口可以得到什么样的“输出”，

——网络注重“功能”

——网络特性确定了各个端口物理量之间的关系

首先要确定端口上要研究的物理参量，比如：电压、电流等；然后，要确定各个参量之间的关系；对于每个端口有多个变量的情况，各个变量相互作用，可能比较复杂。



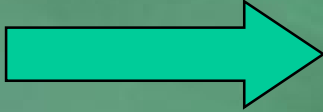
比如：2端口网络，每个端口考察a和b两个物理量，网络参数就是各个物理量之间的函数关系

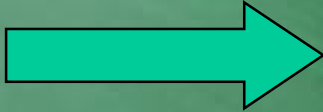
$$[a_1, b_1] = f([a_2, b_2]) \quad [a_1, b_2] = h([a_2, b_1])$$

$$[a_1, a_2] = g([b_1, b_2]) \quad \dots\dots$$

当各个参量之间是线性关系时，称网络为线性网络，此时网络参数可以用矩阵方程表示。比如：

$$[a_1, b_1] = f([a_2, b_2])$$


$$\begin{cases} a_1 = p_{11}a_2 + p_{12}b_2 \\ b_1 = p_{21}a_2 + p_{22}b_2 \end{cases}$$


$$\begin{bmatrix} a_1 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_2 \\ b_2 \end{bmatrix}$$

确定网络各个参量之间的关系，即求解网络方程，通常有三种方法：

一是深入网络的内部，进行分析求解，得到网络参数，称为本证的方法；

二是通过实验的方法，由多组对应参量，计算得到网络参数；

三是大的网络由小网络连接而成，已知各个小网络的参数及其相互连接状态，求解得到大网络参数；

网络参数有网络本身决定，通过端口数据可以计算得到。

★ 要点总结:

- 网络是“黑箱”，即对内部不做研究；
- 网络通过端口对外作用；
- 网络特性确定了端口物理量之间的关系；
- 物理量的选择和组合确定了不同类型的网络参数
- 线性网络的参数是矩阵；
- 网络参数可以通过本证、实验和网络连接得到；

什么是
网络

如何研究网络

如何确定
网络参数

- 网络变换

网络关系就是变换关系；输入输出之间的变换；

网络参数之间的变换；线性网络就是线性变换。

2、网络的方法比较

电磁问题的研究方法：

I. 宏观的电磁学理论，Maxwell方程组

—— 场论

$$\begin{aligned} \text{rot } \tilde{\mathbf{H}} &= j\omega \mathbf{E} \\ \text{rot } \tilde{\mathbf{E}} &= -j\omega \mathbf{H} \\ \text{div } \tilde{\mathbf{E}} &= 0 \\ \text{div } \tilde{\mathbf{H}} &= 0 \end{aligned}$$

II. 原子、核子内的电磁场

—— 微观电磁学

III. 不去了解区域内各点的场，而只需要了解
区域间连接处的电磁场（或对应的电压、
电流）

—— 网络

本质科学和维像科学的差别

微波结构的电特性：场、等效电路和网络参数

- **场**描述能全面细致地描述微波结构的内部和外部特性，但对于复杂结构会遇到难以克服的困难，实际上简单结构可以得到解析解，复杂结构一般只能使用数值方法分析；
- **等效电路**能够在一定条件下描述微波结构的内部和外部特性，便于应用集总参数电路理论的成果。得到等效电路，则网络参数很容易得到。
- **网络参数**适于描述一切微波结构，只描述其外部特性（如果把微波结构划分的足够细，这些细小局部的外部特性也就是整个结构的内部特性了）

哪种方法好？

应该用哪种方法？

“不同质的矛盾，必须要用不同质的方法才能
解决”

—— 毛泽东 《矛盾论》

3、网络的特性

1、外部性

网络由特定的端口与外界发生作用。

2、确定性

网络的特性，各端口参量之间的关系，是由网络内部确定的。

3、互联性

网络各个端口之间，有确定的相互作用（非指网络连接）

4、独立性

网络的特性由内部决定，与外部的激励无关

5、层次性

网络可嵌套。网络的连接和嵌套式网络理论的重要研究内容。

I. 概述

一、网络思想和概念

二、线性网络的语言——矩阵

三、网络的内容和对象

四、波网络的特点

语言（广义的）是人们描述思想的载体，也是研究交流的工具。同时，“好的”语言可以促进思想的进步。

数学是最精确、有效的语言：

- 把问题数学化是研究的基础和关键
- 纯数学研究发展促进各科发展

网络的语言——矩阵

比如：数的发展

日常生活，数数

自然数 1, 2,

部分的概念

负、欠的概念

有理数

$\sqrt{2}$ 毕德格拉斯定理

无理数

$\sqrt{-1} = j$ 毕德格拉斯定理

虚数、复数

复数在自然界中没有的，但在各个领域获得了极大地应用

网络的“语言” —— 矩阵

- 矩阵就是有位置的数
- 位置和数值同样重要
- 矩阵的概念、思想和方法在网络研究中发挥了重要作用

矩阵推导、特征值、特征向量、线性空间等在网络中作用巨大。

对于电路网络和波网络，由于频率的复延拓，
即将实数频率拓展成复数，其重要的数学工具
——复变函数

所谓延拓，表面看好像把问题搞复杂了，其实更加便捷，并可能更能揭示某些内在的本质，有科学家称，两个实数定理之间的最短距离是通过复域。延拓具有一定的任意性，但必须满足在原域中问题不变。

I. 概述

一、网络思想和概念

二、线性网络的语言——矩阵

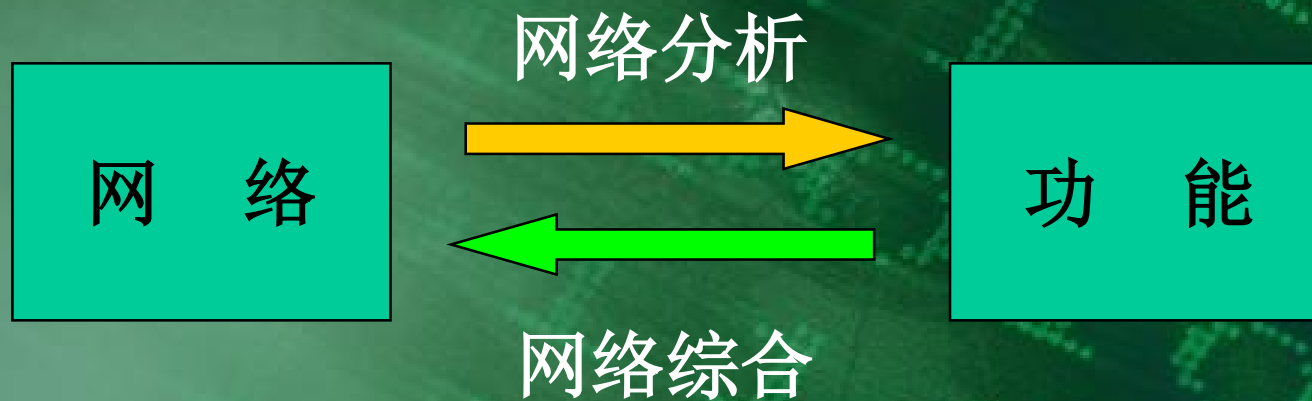
三、网络的内容和对象

四、波网络的特点

- 研究内容：功率传输和信号变换
- 对象：传输线、元器件（电路）
- 分类：
 - 变换物理量：电气、非电的、混合
 - 物理量分布特点：集总、分布、混合
 - 物理量转换状态的特点：
无源/有源、线性/非线性、非时变/时变

- 方向：分析、综合

网络分析是唯一的；网络综合并非唯一



I. 概述

一、网络思想和概念

二、线性网络的语言——矩阵

三、网络的内容和对象

四、波网络的特点

- 1、频率相关
- 2、参考面相关
- 3、模式相关

关键在于波动是主要矛盾，传输线也是网络。

例：矩形波导，尺寸 $a*b$ ，真空中波长 l_0

参考面不同，传输线问题 —— 参考面相关

工作频率不同，等效电长度不同 —— 频率相关

不同模式的波导波长不同

$$l_g = \frac{l_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{l_0}{l_c}\right)^2}}$$

模式不同，波导波长不同，电长度不同 —— 模式相关

作业：

1、一段矩形波导 $a * b$ ，TE10模的散射矩阵如下，求其同频率下工作于TE20模式时，该段波导的散射矩阵

$$[s] = \begin{bmatrix} 0 & e^{-jq} \\ e^{-jq} & 0 \end{bmatrix}$$