

水下声成像装置中压电基元数目与信噪比关系的估算

许 樟 根
(上海交通大学八系)

本文讨论水下声成像装置中压电基元数目与信噪比之间的关系。在信噪比给定的数值下, 根据推导方程式, 可以估算连接到X轴和Y轴公共电极上的压电基元数目是受到限制的。

就完成一行声像扫描, 一行一行扫描下去就可完成一幅声像扫描。

一、水下声成像装置的基本原理

图1是成像装置的接收基阵原理图, 工作原理如下:

水下目标的反射声波被一个 $m \times n$ 压电基元数组成的平面阵所接收。一行有 n 个压电基元数, 一列有 m 个压电基元数。采用逐行逐点扫描的方法, 把目标声像信号送到接收放大器处理。当 τ_2 选通脉冲加在 Y_1 轴上, τ_1 选通脉冲加在 Q_1 晶体管的基极时, 模拟开关 D_{11} 打通, 这时 S_{11} 压电基元的声像信号, 通过 Q_1 晶体管出现在公共负载 R_L 上, 之后, τ_2 脉冲出现在 Y_2 轴上, 而 τ_1 脉冲仍然加在 Q_1 晶体管的基极, 显然, 模拟开关 D_{12} 被打开, 这时, S_{12} 压电基元上的声像信号通过 Q_1 加到公共负载 R_L 上。用同样的方法一直到 S_{1n} 压电基元上的声像信号加到 R_L 上为止,

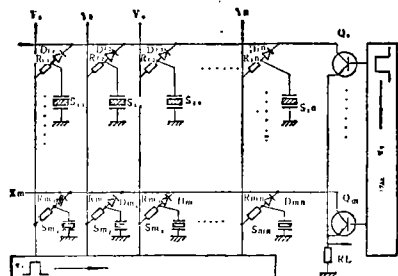


图1 水下成像装置接收基阵原理图

二、信噪比关系的推导

若假设 S_{11} 基元导通, 则得到如下图所示的 x_1 电极上基元的等效电路。

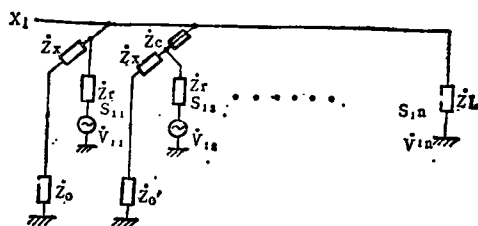


图2 x_1 电极上基元的等效电路

符号说明如下:

- $\dot{V}_{1k}$ 第 K 个压电基元的开路电压;
- Z_r 压电基元的内阻抗;
- Z_x 扫描电路的负载阻抗;
- Z_c 二极管不通时的阻抗;
- Z_o 扫描电路(接通时)的内阻抗;
- Z_o' 扫描电路(断开时)的内阻抗;
- Z_L 负载阻抗。

压电基元数目与信噪比关系式推导:

图3是 S_{11} 基元导通时的等效电路。设 S_{11} 压电基元接通, D_{11} 二极管短路, S_{12} ,

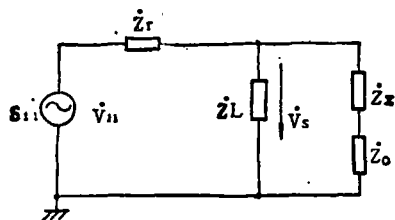


图3 S_{11} 基元导通时的等效电路

$S_{13} \dots S_{1n}$ 压电基元处于开路状态, 求出 S_{11} 压电基元 $\dot{V}_{11}$ 信号在负载阻抗 Z_L 上的压降 $\dot{V}_s$ 假设 Z_o 可以忽略不计, 则得,

$$\begin{aligned} \dot{V}_s &\doteq \frac{\dot{V}_{11} \times \frac{Z_L \cdot Z_X}{Z_L + Z_X}}{Z_r + \frac{Z_L \cdot Z_X}{Z_L + Z_X}} \\ &= \frac{\dot{V}_{11} \cdot Z_L \cdot Z_X}{Z_r(Z_L + Z_X) + Z_L \cdot Z_X} \quad (1) \end{aligned}$$

$S_{12}, S_{13} \dots S_{1n}$ 压电基元处于不通状态, 求出每只压电基元在负载阻抗 Z_L 上的泄漏电压, 就可求得 $(n-1)$ 个压电基元在负载阻抗 Z_L 上的总泄漏。

设 S_{12} 不通, 其等效电路如下:

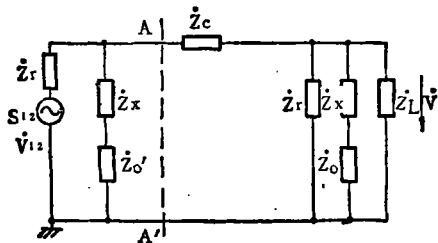


图4 S_{12} 基元不通时的等效电路

Z_o, Z_o' 不计, 根据戴文宁定理:

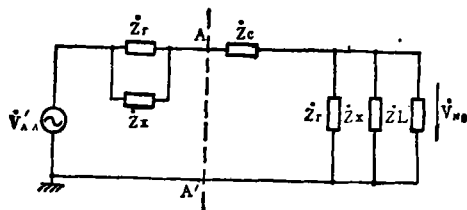
$$\dot{V}_{AA'} \doteq \frac{\dot{V}_{12} \times Z_X}{Z_r + Z_X}$$

其内阻为:

$$\frac{Z_r \cdot Z_X}{Z_r + Z_X} \quad \text{其值与 } Z_c \text{ 值比较可以忽略。}$$

则得:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{N2} &\doteq \frac{\dot{V}_{AA'} \times (Z_r \parallel Z_X \parallel Z_L)}{Z_c + (Z_r \parallel Z_X + Z_L)} \\ &= \frac{\dot{V}_{12} \cdot Z_X}{Z_r + Z_X} \times \frac{(Z_r \parallel Z_X \parallel Z_L)}{Z_c + (Z_r \parallel Z_X + Z_L)} \end{aligned}$$



(2)

类似可得 $(n-1)$ 压电基元总泄漏为:

$$\dot{V}_N = \sum_{K=2}^n \dot{V}_{Nk} \doteq \frac{Z_X Z_r \parallel Z_X \parallel Z_L c}{Z_r + Z_X + (Z_r \parallel Z_X + Z_L)}$$

$$\sum_{K=2}^n \dot{V}_{1K} \quad (3)$$

其中 n 为接到 x_1 电极上的压电基元数目。

假设声波以恒定强度同相位辐照到 x_1 公共电极上的所有压电基元上, 则有 $\dot{V}_{11} = \dot{V}_{12} = \dots = \dot{V}_{1n} = \dot{V}_0$, 并根据式(1), 式(3)可得信噪比公式为:

$$(S/N)_X = \dot{V}_S / \dot{V}_N \doteq$$

$$\frac{\frac{\dot{V}_0 \cdot Z_X \cdot Z_L}{Z_r(Z_X + Z_L) + Z_L \cdot Z_X}}{(n-1) \times \dot{V}_0 \times \frac{Z_X}{Z_r + Z_X} \times \frac{(Z_r \parallel Z_X \parallel Z_L)}{Z_c + (Z_r \parallel Z_X \parallel Z_L)}}$$

$$\because |Z_c| \gg Z_L$$

$$\text{则 } (S/N)_X \doteq \frac{1}{n-1} \times$$

$$\frac{\frac{Z_X \cdot Z_L}{Z_r(Z_X + Z_L) + Z_L \cdot Z_X}}{\frac{Z_X}{Z_r + Z_X} \times \frac{(Z_r \parallel Z_X \parallel Z_L)}{Z_c}}$$

$$= \frac{1}{n-1} \cdot \frac{Z_c}{Z_r \parallel Z_X}$$

$$\doteq \frac{1}{n} \cdot \frac{Z_c}{Z_r \parallel Z_X} \quad (4)$$

m 是连接到一个公共 Y_1 电极上的压电基元数目, 并作出与 x_1 电极相同的假设, 用同样方法可推出 y_1 电极上的信噪比公式:

$$(S/N)_{Y1} \doteq \frac{Z_X}{Z_r} \left(\frac{Z_X + Z_r}{m Z_o} + 1 + \frac{1}{m} \right)$$

上式即为信噪比与阵元数目的关系。(完)