

# 声泄漏的自适应抵消

向大威 顾亚平 李秀红

(中国科学院东海研究站 上海·200032)

## 1 引言

在水声对抗技术中,往往采用声诱饵来引诱敌方的鱼雷或声呐。如图1所示,发射机的输出电压 $u$ 为一宽带的随机噪声,输出电压 $u$ 通过宽带发射换能器 $T$ 转换成宽带随机噪声 $v$ ,用来模拟舰船噪声,以诱骗敌方的被动声呐。水听器 $H$ 用来接收敌方主动声呐的声脉冲并转换成电信号,经必要的处理后,馈给发射机,再由发射换能器 $T$ 转换成声信号,用来模拟舰船的反射回波以诱骗敌方的主动声呐

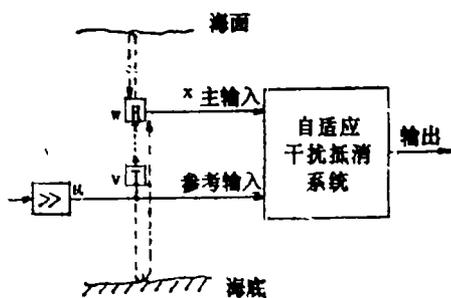


图1 声诱饵的声泄漏自适应抵消

由于声诱饵的尺寸限制,发射换能器 $T$ 与水听器 $H$ 的间距很小,因此二者之间存在着声泄漏 $w$ 。这种声泄漏严重地影响了水听器对敌方主动声呐脉冲的接收,从而使水听器输出中的主动声呐信号深深地淹没在随机噪声之中,采用图1所示的自适应干扰抵消系统能有效地消除直接声泄漏。

## 2 声泄漏的自适应抵消及抵消性能

我们将发射换能器-水声信道-接收水听器所组成的系统称为“发-收子系统”,其脉冲响应函数为 $h(n)$ ,  $h(n)$ 一般具有如图2所示的形式。 $h(n)$ 中的第1部分是“发射换能器-直达声信道-水听器”的脉冲响应函数,其它部分则是“发射换能器-海面/海底反射信道-水听器”的脉冲响应函数。

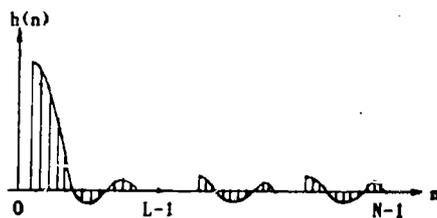


图2 发-收子系统的脉冲响应

于是水听器输出中的声泄漏部分可以表示为:

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k)u(n-k) \quad (1)$$

为了便于表示,今后将数值 $\xi$ 在 $n-k$ 时刻的值 $\xi(n-k)$ 记作 $\xi_k$ ,即

$$\xi(n-k) = \xi_k \quad (2)$$

由图(1),式(1)及式(2),可给出如图(3)所示的声泄漏的自适应抵消系统。

收稿日期: 93-8-14

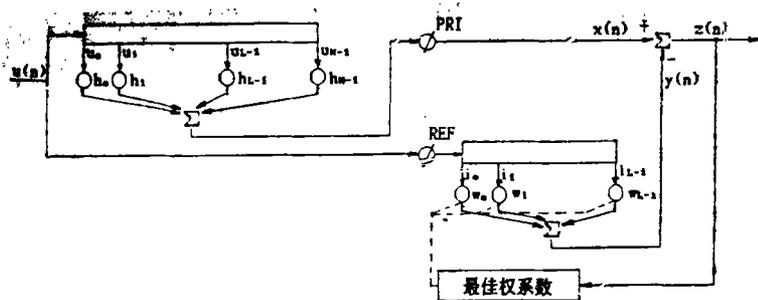


图3 原理性方框图

由自适应干扰抵消系统的性能分析可

得:

$$\frac{E\{z^2 \text{抵消}\}_{1..0}}{E\{z^2 \text{未抵消}\}_{1..0}} = 1 - \frac{P^T W_{PT}}{h^T B h} \quad (3)$$

$$\text{式中 } P = E\{i \cdot x\} \quad (4)$$

$$i^T = (i_0, i_1, \dots, i_{L-1}) \quad (5)$$

$$W_{PT} = R^{-1} P \quad (6)$$

$$R = E\{ii^T\} \quad (7)$$

$$h^T(h_0, h_1, \dots, h_{L-1}, \dots, h_{N-1}) = (h_a, h_b) \quad (8)$$

$$B = E\{uu^T\} \quad (9)$$

$$u^T = (u_0, u_1, \dots, u_{L-1}, \dots, u_{N-1}) = (u_a, u_b) \quad (10)$$

由式(4), (1), (8)及(10)可得

$$P = E\{i \cdot u^T \cdot h\} = E\{i \cdot u_a^T h_a\} + E\{i \cdot u_b^T h_b\} \quad (11)$$

由图(3)显见参考输入

$$i = u_a \quad (12)$$

发射机输出电压u为一宽带随机噪声,因此存在:

$$E\{u_i, u_j\} = \begin{cases} E\{u^2\} & i=j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \quad (13)$$

根据式(11), (12), (13)可得:

$$P = E\{u_a u_a^T h_a\} = B_a h_a \quad (14)$$

$$\text{上式中 } B_a = E\{u_a u_a^T\} \quad (15)$$

由式(6), (7)、(12)及(14)可得

$$W_{PT} = h_a \quad (16)$$

利用式(9), (10), (13)及(15)可得:

$$B = \begin{pmatrix} B_a & 0 \\ 0 & B_b \end{pmatrix} \quad (17)$$

$$\text{上式中 } B_b = E\{u_b u_b^T\} \quad (18)$$

这样,式(3)中的 $h^T B h$ 可利用式(10)

及(17)转化为:

$$h^T B h = h_a^T B_a h_a + h_b^T B_b h_b \quad (19)$$

将式(14), (16)及(18)代入式(3), 则

$$\frac{E\{z^2 \text{抵消}\}_{1..0}}{E\{z^2 \text{未抵消}\}_{1..0}} = \frac{h_b^T B_b h_b}{h_a^T B_a h_a + h_b^T B_b h_b} \quad (20)$$

若自适应干扰抵消系统中横向滤波器的长度超过 $h(n)$ 中第1部分在时间轴上的伸展(如图2所示), 则 $h_a^T B_a h_a$ 是直接声泄漏,  $h_b^T B_b h_b$ 是反射声泄漏,  $h_a^T B_a h_a + h_b^T B_b h_b$ 是总的声泄漏。

显见, 在上文所述的情况下, 直接声泄漏能得到完全的抵消。由于传播损失及界面反射损失, 反射声泄漏远小于直接声泄漏, 因此总的抵消性能是很好的。

$h(n)$ 中的第1部分取决于发射换能器的带宽, 发射换能器与水听器的间距以及水听器的带宽。当发射换能器和水听器的带宽为20kHz, 发射换能器与水听器的间距为0.5m时, 则 $h(n)$ 第1部分在时间轴上的伸展不会超过1ms。若抽样频率为40kHz, 则权系数的个数 $L=40$ 。这样的系统可由单个钟频率为40MHz的TMS320C25来实现, 当权系数更多和抽样频率更高时, 可用TMS320C25所组成的阵列机来实现。

## 上海市声学学会组织B超专家门诊 造福浙江温岭群众

上海市声学学会为改善边远地区的医疗条件,发挥学会在B超诊断技术上的优势,组织医术高超的医师运用安科公司最新生产的B&K3535数字电脑彩色超声诊断系统,在浙江温岭开展B超诊断专家门诊,并于10月正式应诊,当地的领导和学会领导以及著名的B超诊断专家出席了开诊典礼。

本刊通讯员

## 灯光音响技术培训班招生反应热烈

上海大学工学院、上海市声学学会、上海东韵影音器材公司联合举办灯光、音响技术培训班。办班宗旨是为满足社会需要,提高灯光、音响系统操作、维护、安装、使用人员的技术水平,并为拟在该行业求职者进行职前培训。

学习内容有关电路理论、低频电路、调光技术、灯光系统设计安装和维护、电声技术、调音技术等内容以及相应的实验和实习环节。

上大工学院派出高资教师,上海市声学学会派出任大铭、蔡湘捷理事执教。

自新民晚报刊出招生广告后,报名踊跃,反应较好,受到广大学员的欢迎。

本刊讯

我们已研制成具有全局程序存储器和全局数据存储器的TMS320C25阵列机,存储均采用35ns的双端口RAM IDT7132。

### 3 空气中的仿真实验及结束语

我们在空气介质中进行了仿真实验,用扬声器发射带宽为3 kHz的宽带随机噪声。宽带微音器与扬声器的间距为0.5m,利用TMS320C25构成具有256个权系数的自适应干扰抵消系统,其抽样频率为8 kHz,实验表明,在一般无吸声材料的实验室中,经抵消后声泄漏可下降26dB,其中直接声泄漏已

完全得到抵消,残余部分是实验室的6个界面的反射声信号。

声泄漏的自适应抵消还可以很方便地推广应用到语言控制的电视机或收音机中去,以抵消这些设备的广播声信号,从而提高语音识别系统的识别率。

#### 参考文献

- 1 向大威.噪声抵消系统及抵消性能.水声通讯,1981,3
- 2 Tsuyoshi Usagawa et al. A configuration of remote control system using speech within a priori known noise. J. Acoust. Soc. Jpn. (E), 1992, 13(5)