

为 2.5%。

3. 轴向应力测量

将 GB-M36 × 260 高强度螺栓在室温下置于 INSTRON MODEL 1343 材料力学试验机上进行轴向应力测量。轴向力由零逐步加载到 25tf (tf = 9.8 × 10³N)，其间共分十级，每级为 2.5tf，加载方式为手动控制，加载精度为 0.3%。测量结果如下表所示：

表 1 螺栓轴向应力的测量结果

轴向力 (10 ³ kgf)	声时测量值 (μs)	应力计算值 (kgf/mm ²)	应力测量值 (kgf/mm ²)	误差 (kgf/mm ²)
0	91.6007	0	0	0
2.5	91.6312	2.85	2.45	0.40
5.0	91.6676	5.70	5.39	0.31
7.5	91.7036	8.56	8.28	0.28
10.0	91.7393	11.40	11.16	0.24
12.5	91.7745	14.26	13.99	0.27
15.0	91.8108	17.11	16.92	0.19
17.5	91.8461	19.96	19.76	0.20
20.0	91.8818	22.82	22.63	0.19
22.5	91.9188	25.67	25.61	0.07
25.0	91.9549	28.52	28.52	0

由表可知，该超声波轴向应力仪的测量误差小于 0.4kgf/mm²。

五、结 论

螺栓螺钉紧固力(轴向应力)的测量，可能是声弹性技术最早有可能用于实际工程问题的一个应用领域^[1-4]。超声波轴向应力仪的研制成功，在声弹性应力测量仪器方面迈出了具有实用意义的一步。耐高温耐辐照的超声波换能器与该仪器的配套使用，将实现核电厂一回路设备螺栓螺钉紧固力的自动检测。

参 考 文 献

[1] Heyman J. S., Chern E. J., *J. Test. Eval.*, 10 (1982), 202.
[2] George C., *J. Test. Eval.*, 5 (1980), 252.
[3] Yamamoto E., Ninth world Conf. on NDT 4E-9, 1979, 126.
[4] Deputat J., Ninth world Conf. on NDT 4EDD-2, 1979, 13.

被动测距声呐中后置处理置信级的设定

李启虎 李士才 孙 增 孙长瑜

(中国科学院声学研究所)

1988 年 8 月 16 日收到

精确测定目标信号到达不同水听器的延时差是被动测距声呐正常工作的基础，由于海水中声传播的多途效应，往往使延时差随机起伏，被动声呐的后置处理系统应当采用合理的算法消除起伏的影响。本文提出一种类似于 Kalman 滤波的数据平滑算法，把测量数据的方差反馈到系统的输入端，同时用筛选的方法把由偶然因素引起的，实际上不可能是由目标信号的延时差过滤掉，从而给出置信度作为指挥决策的依据，这对提高被动测距声呐的测距精度具有重要意义。

一、引 言

被动声呐的测距是通过测延时来实现的。传统的测距方法是利用一个三点阵（或三个互相分离的子阵），根据目标信号到达三点的时

间差来解算距离^[1-2]。

从纯粹的几何角度来看，测距问题似乎十分简单，但是近年来的实际研究结果表明并非如此，这是因为水声信道的空变、时变特性，多途效应，使得信号在传播过程中引起畸变。这种畸变会影响声呐的性能，对测距声呐影响更

大^[3-5],尤其是在浅海,根据多年的实际测量,延时起伏的量级不容忽视^[4]。

一部工作于低频段的测距声呐,如果要使测距精度达到10%,那么,要求测延时精度在微秒的量级。但是实际的延时起伏有时候可能在10微秒量级,于是精确测距就非常困难^[6]。

本文提出一种数据平滑算法,它基于对数据的筛选和平均,然后把方差反馈到输入端,使后置处理变为一种类Kalman滤波器^[7],而它的算法和运算量远远少于Kalman滤波算法。

置信度的设定是一个非常重要的课题。它是衡量被动测距声呐性能的指标之一。本文提出的方法,很容易编程,并且能够把由各种偶然因素引起的随机起伏量过滤掉,从而提高后置处理系统输出数据的稳定性及可信度。

二、算法的基本依据

被动测距的基本几何配置见图1,其中 H_1, H_2, H_3 表示三个水听器(或为三个子阵的某一个供测距用的输出波束),设 $H_1H_2 = H_2H_3 = d$ 。传统测距方法是依据目标 S 的辐射信号到达 H_1, H_2, H_3 的延时差来计算距离 R_2 。设 H_1, H_2 之间的延时差为 τ_{12} , H_2, H_3 之间的延时差为 τ_{23} 。为方便起见,令 $R_2 = R$,那么

$$R = \frac{d^2 \cos^2 \varphi}{c(\tau_{12} - \tau_{23})} \quad (1)$$

实际的海上试验已证明,即使在信噪比较

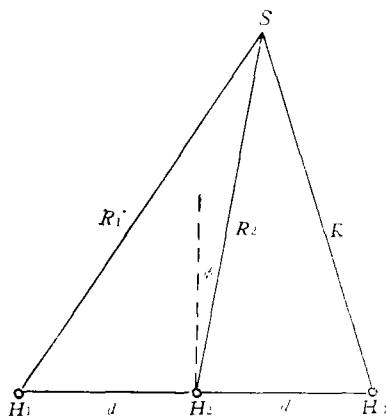


图1 被动测距站原理示意图

应用声学

大的情况下, $\tau_{12} - \tau_{23}$ 的起伏仍然相当大,因此,用一次测量的结果来估算距离 R 是不准确的,这样作的结果,往往使距离估算值方差很大,以致于不能相信,举例来说,如果 $d = 20\text{m}$,目标距离 $R = 10\text{km}$ 。如果要求测距精度是10%,那么要求测延时精度大约为 $1.5\mu\text{s}$ 。

由于种种原因,即使系统本身的测延时精度非常高,信号的传播起伏与畸变,会使 $\tau_{12} - \tau_{23}$ 的起伏远远超过 $1.5\mu\text{s}$ 。这就要求后置处理系统能够对数据进行必要的平滑及筛选,把那些实际上不可能是由目标信号引起的起伏去掉,从而提高估算的可信度。

为说明问题起见,记 $\tau = \tau_{12} - \tau_{23}$ 。假定 τ 的输出速率是0.5秒一次,那么5秒钟内就有10个数据。如果目标航速为10节,则在5秒钟内目标只能运动25m。在这样小范围的 ΔR 内,由它引起的 $\Delta\tau$ 的变化显然可以计算出来。比如说是 $0.5\mu\text{s}$ 。如果实际测量的 $\Delta\tau$ 大大超过 $0.5\mu\text{s}$ 。那么这样数据的可信度就非常低。所以测量方差可以作为设置置信度的数据。

下面我们来推导这一结果。

我们知道^[6]

$$\begin{aligned} \{\text{Var}[R - \hat{R}]\}^{1/2} \\ = c \left\{ \text{Var}(\tau_{12} + \tau_{23}) \left(\frac{R}{Le} \right)^4 \right\}^{1/2} \quad (2) \end{aligned}$$

将(2)式两边除以 R 。并把基阵的等效长度 Le 换成 $d \cos \varphi$ 。则有:

$$\frac{\sigma_R}{R} = \frac{\sigma_\tau}{\tau}$$

于是得到

$$\frac{\sigma_R}{R} = \frac{\sigma_\tau}{\tau} \quad (3)$$

其中 σ_R, σ_τ 分别表示测距方差和测延时方差。我们用差分 $\Delta R, \Delta\tau$ 分别来代替它们,得到:

$$\Delta\tau = \frac{\Delta R}{R} \tau = \frac{\Delta R}{d^2 \cos^2 \varphi} \cdot C \cdot \tau^2 \quad (4)$$

这个式子是导出实际算法的基本依据,其中 τ, φ 是实际的测量值, ΔR 是事先按目标运动速度与积分时间确定的一个范围,由此可将

我们看到,当目标距离太近时,时延差相当大.因而,同样 ΔR 下所引起的延时差分也大,由此使后置处理的置信电平 CL 也变大.(见图5),从 τ 轴看过去,置信域象是一个喇叭,这是我们意料之中的事.

参 考 文 献

[1] Quaij. A. H., *IEEE Trans.*, **ASSP-29** (1981), 527—533.

- [2] Hahn. W. R., *J. Acoust. Soc. Am.*, 58(1975), 201—207.
 [3] Urick, R. J., *Multipath Propagation and its effects on Sonar design and performance in the real ocean*, Proc. of NATO ASI, 1976.
 [4] 张仁和等, *声学学报*, 1(1981), 9—19.
 [5] Jobst. W., and Pominijanni, L., *J. Acoust. Soc. Am.*, 65(1979), 62—69.
 [6] 李啓虎, *声呐信号处理引论*, 海洋出版社, 1985, 北京.
 [7] Shanmugan. K. S., and Breipohi. A. M., *Random signals detection estimation and data analysis*, John Wiley, New York, 1988.

用于监测潜水员心率的水下超声遥测系统

唐 永 兴 王 卫 华

(海军医学研究所)

1988年3月17日收到

本文叙述了水下超声心率遥测仪的设计原理,介绍了作者研制的遥测仪。

一、引 言

水下生理监测最初的办法是有线测量,因带有笨重的电缆而影响潜水员的水下活动。七

十年代采用小型磁录设备在水下记录,返回水面后重现记录结果,但不能实时监测。理想的方法是用水声技术进行遥测^[1-2]。Slater^[3]等(1966)研制的水下超声遥测仪,获得了在63m深处的潜水员清晰的心电图。Roger等^[4](1974)

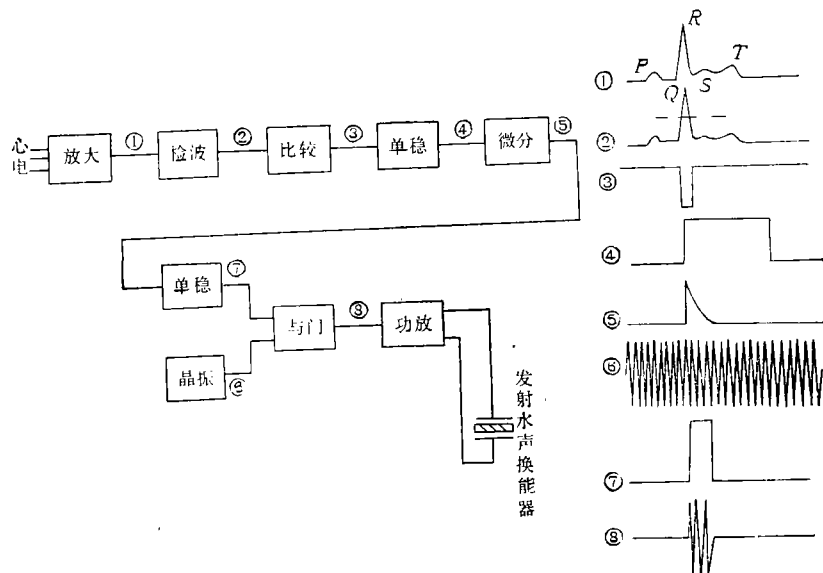


图1 水下发射部分原理框图和波形图