



# 混响背景下数字声呐回音检测的一种新的幅度显示方法

杜占军

(中船总公司六一三厂)

1991年2月8日收到

本文介绍数字声呐中回音系统幅度显示的一种方法,它可以消除近场混响背景的模糊,提高检测性能,海上实际使用证明,显示效果清晰、稳定、分辨率高、远场噪声背景下无虚警。

## 一、引言

传统声呐调亮显示采用亮度级的方法,来显示回音目标强度。其工作过程是目标回波的多卜勒信号经FFT处理动态范围压缩后,送显示器回音工作区显示,对于4bit量化的系统,显示器对每根谱线的显示亮度级别均为0—15级。这种量化方式,实验室模拟效果很不错,但在海上试验中发现,近场混响背景区附近的目标很难判别,其单频脉冲发射显示情况如图1所示。

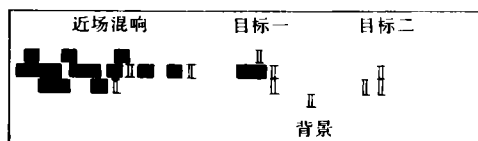


图1 单频脉冲发射显示画面

经过大量海上试验发现,亮度级显示目标强度的方法本身有一定的模糊性,在有亮度级标尺(即比较基准)的情况下,显示器上可分辨到八级八个层次(显示器亮度旋钮恒定)。但在海上试验中,由于背景噪声起伏的特性,人眼仅能分辨三级亮度四个层次,即不亮、微亮、亮、饱和亮。所以在近场混响背景附近,很难分辨出目标,因混响亮度级与目标亮度级几乎没有差别。虽然调频脉冲发射,对混响背景下检测有一定的好处,但并不理想,其显示情况如图2所示。

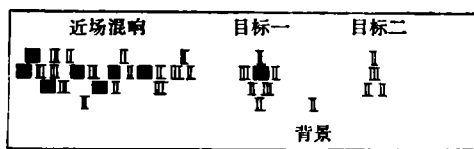


图2 调频脉冲发射显示画面

由图1、2可以看出,问题有三个,其一,因为混响背景及噪声背景的亮度级与目标回波的亮度级几乎没有差别,对目标的判别有很大难度。其二,由于目标回波的谱能量被分配到2—4根谱线上,亮度低,影响作用距离。其三,目标前沿不好确定,带来测距误差。

## 二、回音测距系统的功能与构成

在水声信号处理中,一般回音测距系统的主要功能是探测水中目标的距离以及目标在水中的运动速度信息、有关统计参量和频谱。

本文回声声呐测距系统由以下几部分组成

### 1. 大功率声频发射换能器阵与高性能接收换能器阵

为了完成声呐脉冲信号的发射与目标回波信号的接收,提高作用距离,并降低环境噪声和自噪声对测距的影响,要求发射换能器阵要有高性能的转换效率和波束指向性,而且要求接收换能器阵具有高的接收灵敏度。

### 2. 发射单元

发射单元包括声功率放大,波束指向控制及声呐主机接口。

### 3. 回音窄带接收系统

它包括低噪声前置放大器、波束形成器、时间自动增益控制放大器、延时自动增益控制放大器、预选窄带滤波、混频器、抗混滤波滤波器、采样/保持、A/D 变换与 CPU 接口、高速 FFT 处理模块、与声呐主机接口及显示缓冲区部分组成。

### 4. 声呐主机

声呐主机的主控 CPU 控制整机的工作,控制发射与接收信号产生各种时序控制信号,检测目标回波信号的多卜勒频偏,提供给发射单

元和回音窄带接收系统方位,同时显示器显示机器状态及测距结果等。

声呐主机系统的组成如图 3 所示,回音窄带接收系统原理方块图如图 4 所示。

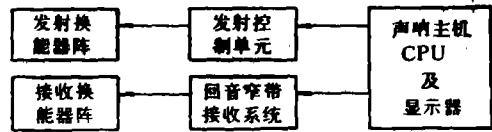


图 3 声呐主机系统的组成

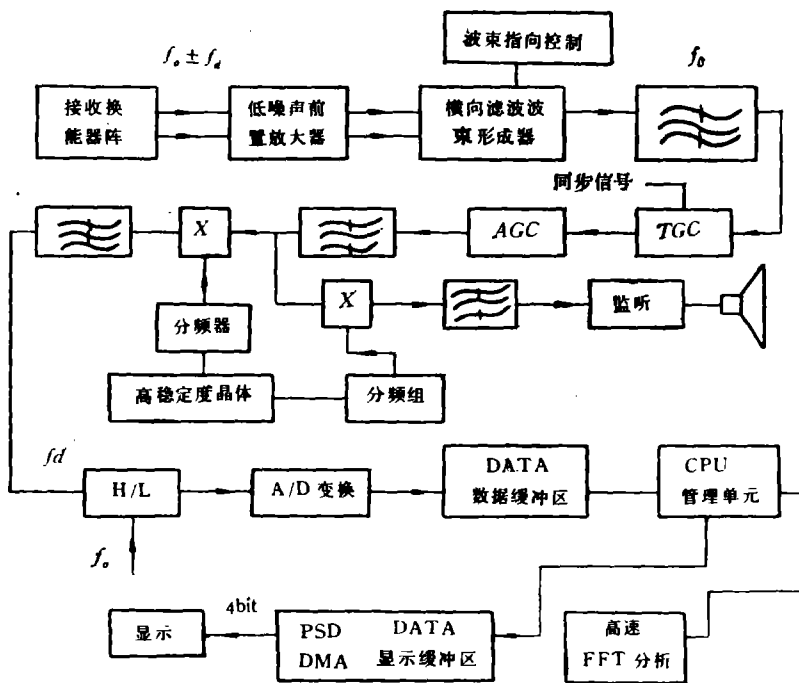


图 4 回音显示窄带接收系统总体方块图

### 5. 显示器

在回音测距系统中,显示器一般采用的是彩色光栅扫描工作方式的监视器。一般采用分区方式工作;举例来说,如果总扫描线为 200,则用大约一半作为测距工作区。余下的部分用做机器工作状态等控制信息的显示,见图 4,在回音测距工作区若用 96 条扫描线、每四条扫描线表示一个幅度等级的话,可表示的最大幅度高度值为 24 个级别。视频存储器与功率谱数据缓冲区之间的传输,采用 DMA 方式。由于

原先是调亮显示谱线强度的 4bit 亮度级,所以在改成功率求和转换成幅度高低表示谱强度后,仍然用亮暗表示幅值的有无,此时仅仅是表示的意义不同了。测距工作区左边框表示的是测距起始零点,右边框为测距区最大量程,距离分度为 512 点,测距值的读取,是在判别出目标后,用光标尺对准发现目标的前沿,微机根据该目标的坐标值,转换成实际距离值,送到显示器机器工作状态区,以字符方式显示出来,供人们使用。

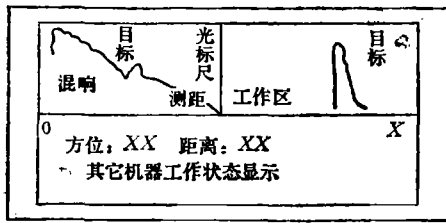


图5 显示画面示意图

### 三、回音声呐的检测性能

#### 1. 原理

由于目标与接收系统之间存在相对运动,所以接收系统所收到的信号与原信号之间会有频移。对主动声呐而言,就是当发射换能器阵与目标之间存在相对运动时,目标回波信号和发射信号除了时间延迟的差别之外,还存在信号频率之间的差异,这就是所谓多卜勒频移,频移量的大小包含有目标相对运动速度的信息。

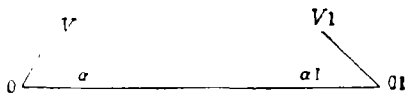


图6 多卜勒效应原理

多卜勒效应的原理图如图6所示。设0点为发射换能器阵,发射频率为 $f_0$ ;01点为一目标,它们的相对运动状态如图6所示,发射信号沿 $\alpha$ 方向畸变波长为 $\lambda = (c - v')/f_0$ 其中 $v' = v \cos \alpha$ 。01点目标所接收到的信号频率 $f_1 = (c + v'_1)/\lambda = f_0(c + v'_1)/(c - v')$ ,其中 $v'_1 = v_1 \cos \alpha$ 。由于目标01反射的回波,返回0点时,0所接收到的信号频率是

$$f'_0 = f_1 \frac{c + v'}{c - v'} = f_0 \frac{(c + v')(c + v'_1)}{(c - v')(c - v'_1)}$$

多卜勒频移

$$f_d = f' - f_0 = \left[ \frac{(c + v')(c + v'_1)}{(c - v')(c - v'_1)} - 1 \right] f_0$$

如果发射换能器阵不动,即 $v' = 0$ ,那么 $f_d \approx f_0(2v'_1)/c$ 其中 $v'_1$ 为目标径向运动速度,

$c$ 为水中声速。

#### 2. 多卜勒频移的检测方法

目前主动声呐中检测多卜勒频偏 $f_d$ 的方法有快速傅立叶变换(FFT),锁相环(PLL),复信号的自协方差,实信号的自协方差,梳状滤波器。上述方法基本上可分为两类,一类是在频域内进行信号处理,如FFT和梳状滤波器;另一类是在时域上进行信号处理,如PLL。不论哪样方法检测,最终是将随机起伏的强噪声背景中的微弱随机信号检测出来。由于梳状滤波器是用有源或无源带通滤波器组实现的,而且要用到电阻、电容等,已属落后的电路设计方法,它没有灵活性,而且设计调试、筛选器件工作量大。

在我们的数字式回音窄带接收系统中,采用的是FFT方案,即快速傅立叶变换的检测方法。由于采用了大规模集成电路PSD信号处理FFT专用芯片S2814,使得在电路设计上结构简单,实现方便。

### 四、硬件实现

为实现窄带回音检测,可以采用高速实时运算DSP芯片。我们以美国AMI公司生产的S2814芯片为例加以说明。

#### 1. S2814简介

S2814是美国AMI公司生产的专用FFT处理芯片,它具有32复点或64实点FFT处理能力,专用FFT软件已固化在芯片上,可单独或多片扩展运行,可扩展到2048点,与6800微机和6844DMA控制器或S9900微机和AM2940DMA控制器直接兼容实现高速信号处理,在微机数据总线上具有数据块传送和I/O输出能力,对数据具有加窗处理的能力,采用AMI's VMOS工艺,具有高速低功耗等特点。进一步详细资料请看参考文献[5]。

#### 2. S2814与8085CPU接口

由于S2814是与6800直接兼容设计的,所以与8085接口时有一定困难,因为6800CPU地址总线与数据总线是分开的,读写控制线为

一条;而 8085CPU 地址总线低八位与数据总线是复用的,且读写控制线为两条独立控制线;关键是读写周期定时不同,因此,问题解决应该分两步进行。先从硬件上把两条读写线合成为一条高读低写的控制线。再从软件上加入程序延时,以匹配 S2814 运行。

从 S2814 写入读出、数据程序结构相同,仅仅是 MOV A, M、STAX D、STAX B 换成 MOV M, A、LDAX B、LDAX D 即可,但每字节之间均要软件延时。送数完毕后,起动 S2814 做 FFT 运算及功率谱计算,运算完成后以中断方式通知 8085CPU,从 S2814 中读取运算结果,在回音有效测距范围内,连续重复地一组一组地进行。

### 3. 关于 FFT 功率谱的讨论

在回波信号能量不变的情况下,由于舰船本身与目标之间存在着相对运动、产生的多卜勒信号频率  $f_d$  不同。因此,采样频率一定时,时间截取区间等于  $f_d$  的整数倍与非整数倍,结果差别很大[1],其功率谱幅度最大值差别在两倍以上。原因是信号的功率谱能量,由于泄漏的原因,被分到几根谱线上,还增加了无关谱线噪声级别,由于以上原因,影响目标判别及作用距离,增加了虚警。

## 五、问题的解决

针对以上问题,根据海上大量试验数据,查阅有关资料,在硬件不动的情况下,把十三条谱线调亮显示目标强度的方法,用软件的方法,转换成用二十四级幅度高低的方法,来显示目标的强度。由于人眼对高低的识别非常灵敏,而对亮度相近级别不连续明暗的识别则比较困难,所以,幅度显示目标强度的方法效果比较理想。

#### 实现方法

目标回波的多卜勒信号,经 FFT 处理后的数据,平滑积累动态匹配后,每根谱线去掉背景门限值,求和转换成相应的幅度信息,送显示器回音工作区域显示。

应用声学

经 PSD 后置处理程序处理后,显示结果如图 7, 8 所示两种形式。

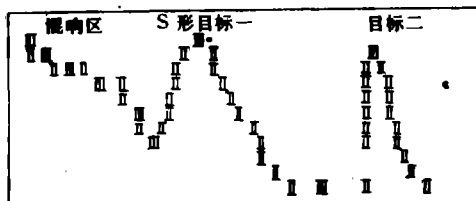


图 7 单频脉冲发射

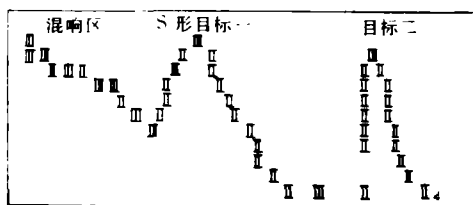


图 8 调频脉冲发射

图 7 为单频脉冲发射情况,从显示图像来看,在强混响区域,目标一显示为 S 形,可以有效地区别混响与目标;在中混响与远场噪声背景下,随着目标强度的减弱,目标二被显示为三角船帆形,背景干净;由于目标有特征形状,对目标的判别方便容易。

图 8 为调频脉冲发射情况,从显示图像来看,混响的强度有一些改善,但目标一、二的形状均未改变,而且,远场目标强度差不大,基本相等。在两种方式下,如果商船为目标的话,均可稳定测距达 18km 以上,原因有二

1. 单频脉冲发射,因采用多卜勒检测,经 FFT 处理的功率谱数据,分为两种情况。a. 目标回波能量在一根谱线上; b. 目标回波能量分在两根谱线上。

2. 调频脉冲发射,经过与 1. 相同处理,同样分为两种情况。a. 目标回波能量三根谱线上; b. 目标回波能量在四根谱线上。

所以,经过 PSD 后置处理子程序处理后,分散的谱能量得到了加强。使得目标回波强度只要是相等的,无论频谱是怎样分布的,均可在显示器上,得到相同幅度恒定亮度的显示增益。

## 六、结 论

采用 FFT 谱能量,在检测域内,对目标回波谱能求和。转换成幅度显示的方法有如下优点:

1. 方便准确判别目标。
2. 稳定作用距离,不受航速的影响。
3. 虚警概率低。

在设计工作和文章的撰写中,得到声学所李启虎,王忠斌,赵国英,厂所领导,王晓莉,周

万仁及夏兴国,李德新等同志的支持与协作,在此谨致谢意。

## 参 考 文 献

- [1] E. O. 布赖姆,快速傅里叶变换,上海科学技术出版社,1979,40—190.
- [2] [美] R. J. 尤立克,水声原理第三版,哈尔滨船舶工程学院出版社,1990,190—224.
- [3] G. A. 泰特斯, 8080/8085 软件设计,人民邮电出版社,1985,14—35.
- [4] 李启虎,声呐信号处理引论,海洋出版社,1985,91—311.
- [5] AMI,AMI MOS Products Catalog, American Microsystem, Inc, Copyright, 1980, 2.71—2.91.

# 花粉细胞超声破壁技术的研究\*

丘泰球 李月花

(华南理工大学)

1991年11月29日收到

蜜蜂采收的花粉内含有极为丰富的营养成份。但是,花粉表面有一层非常坚硬的外壁,当它进入人体的消化道,虽然通过表面的萌发孔可以放出一些营养成份,但为数极少。为了提高花粉的利用价值,必须对花粉先进行特殊的破壁处理。

目前,国内外的花粉破壁方法有多种,但不尽理想。近年来我们研究出一种利用超声波对花粉细胞进行破壁,其破壁效率较其它方法提高30%以上。本文介绍了超声破壁技术的基本原理、实验装置和实验结果,通过试验提出本法的工艺技术要求 and 今后努力方向。

## 一、引 言

花粉是有花植物的雄性生殖细胞,是一种珍贵的天然营养食品。根据国内外近十年来研究的花粉资料,蜜蜂采收的混合花粉含有多种营养成份,有丰富的蛋白质,含量达10—40%<sup>[1]</sup>;有十余种维生素,特别是维生素E、C和P,能增强人体免疫功能,促进延年益寿;有二十一种人体所需的氨基酸,法国国立研究中心的某研究员曾将花粉中主要氨基酸的含量与常规营养食物进行了比较,其结果,花粉中主要氨基酸的含量竟是牛肉鸡蛋的4—6倍;有钙、磷、铁、铜、

钾、铝、锌、锰、钠、镁、锶、硒、矽和硫等十四种矿物质;有50种以上的天然酵素、酶和辅酶(如淀粉酶、葡萄糖酶、脂肪酶和蛋白酶等),以及生长素、抗生素和糖分。更奇怪的是,若按现代科学技术水平,人们可以毫不费劲地模拟花粉的各种成份进行人工组合;但结果令人失望,人工组合物达不到天然花粉的生物学效应。通俗地说,即不能为人体所吸收,在体内不能参与或大部分不能参与代谢。专家们经过苦心研究,了解花粉中的活性物质——酶和辅酶,积极参与了人体的代谢活动。

\* 本文受国家自然科学基金资助