

海底图象设备

许 枫 魏建江 刘桂兰 马维成 蒋立军
杜文萍 吕 涛 尹东源

(中国科学院声学研究所 北京 100080)

2000 年 9 月 20 日收到

2001 年 5 月 15 日定稿

摘要 本文介绍了本海底图象设备的原理、组成和功能,并给出了侧扫声呐和剖面声呐的一些声图。

关键词 海底图象, 侧扫声呐, 浅地层剖面声呐, 测高声呐

A sea imaging system

Xu Feng Wei Jianjiang Liu Guilan Ma Weicheng Jiang Lijun
Du Wenping L ü Tao Yin Dongyuan

(Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract This paper presents the principle, constitution and function of our Sea Imaging System and also gives some acoustic images from Side-scan sonar and the profiling sonar.

Key words Sea Imaging, Side-scan sonar, Profiling sonar, Sounding sonar

1 引言

海底图象设备是由中科院声学所研制成功的一种海洋测绘仪器,集侧扫声呐、海底浅地层剖面声呐、测高声呐、GPS 等设备于一体,具有搜索面宽、分辨率高和定位精确等特点;并具有图象处理和图形镶嵌等功能。该设备于 2000 年 3 月份通过了海上验收试验,9 月份通过鉴定,其整体性能指标已达到或超过了国外同类产品的水平。该设备体积小,结构坚固,非常适合在海上使用。

2 基本工作原理

海底图象设备按照声学系统来分,包括侧

扫声呐、浅地层剖面声呐、测高声呐(回波测深仪)三部声呐组成,它们的工作原理分别如下所述。

2.1 双频侧扫声呐

侧扫声呐的工作原理示意图如图 1 所示。

侧扫声呐的换能器线阵向拖鱼两侧发出扇形声波波束,可以使声波照射拖鱼两侧各一条狭窄的海底,这一条海底各点的回波,依距离换能器远近的不同,先后返回到换能器,经换能器进行声电转换形成一个强弱不同的脉冲串,这个脉冲串各处的幅度高低包含了有关海底的起伏和底质的信息。依靠工作船向前移动而完成对船两侧带形海底的扫描,通过显示器或硬拷贝可得到这条带状海底的二维海底的伪彩色或黑白声图,可以显示出海水中和海底的

物体轮廓和海底的地形地貌。

2.2 浅层剖面声呐

海底浅层剖面声呐的工作原理示意图如图2所示。

海底浅层剖面声呐通过其换能器向拖鱼正下方发射一束圆锥形声波束，声波到达海底时一部分能量被海底反射回来，得到一个很强的回波（海底回波对应声图的海底线），一部分能量透入海底，在淤积层内继续向地层深处传播，地层内由于固体物质的散射和吸收，部分能量损耗，其中部分能量反向散射回换能器，这部分的大小包涵了地层成分的信息。当遇到地层的界面时会产生较强的反射，所以可以反映地层的分层结构。依靠工作船向前航行，换能器的接收信号在显示器和热敏记录器上形成拖鱼正下方的地层剖面二维声图。

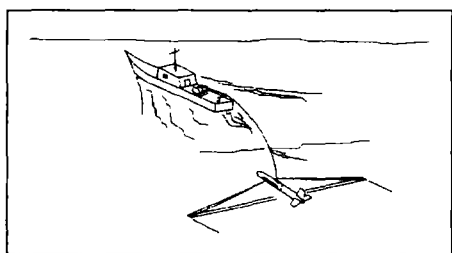


图1 侧扫声呐的工作原理示意图

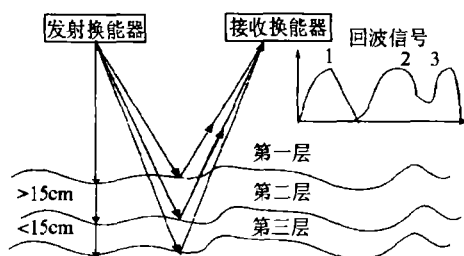


图2 浅地层剖面声呐工作原理示意图

要想使剖面声呐穿透能力强，必须增加发射声波的能量，这就要加长发射脉冲长度，但这样就会造成剖面声呐垂直分辨率（即对层厚的分辨率）的下降。为了解决这一矛盾，采用 chirp 技术，即发射一个 2-7kHz、 $\Delta f=5\text{kHz}$

的 chirp（线性调频）脉冲，接收时进行匹配滤波，得到一个脉宽约等于 $1/\Delta f$ 的回波脉冲，这样，设备的垂直分辨率就等于 $C/2\Delta f$ （其中 C 为声速），而与发射脉宽无关^[1]。解决了穿透深度和垂直分辨率的矛盾。使得在换能器尺寸受拖鱼尺寸限制的情况下得到分辨率为 0.15m，穿透深度为 20-80m（软泥）的较高指标。从图中可以看出，当两个地层大于 0.15m 时，回波信号是两个分开的脉冲，也就是说，可以把两个地层区分开来；当两个地层小于 0.15m 时，回波信号是连在一起，只能认为是一个脉冲，也就是说两个地层区分不开，看做一层。

2.3 测高声呐

测高声呐的工作原理同普通测深仪相同，只不过测量的是拖鱼到海底的高度。通过测量声波发射时刻与海底回波信号到达时刻的时间差，就可以求出距海底的高度 $H=C/\Delta t/2$ （其中 C 为声速、 Δt 为声波从发射到接收的双程传播时间）。

3 主要技术指标

3.1 侧扫声呐

工作频率	100kHz	500kHz
作用距离	$2\times(650-750)\text{m}$	$2\times(125-150)\text{m}$
波束开角	水平 1°	水平 0.2°
	垂直 40°	垂直 40°
脉冲宽度	0.4 ms	0.05 ms

3.2 浅地层剖面声呐

工作频率	2kHz-7kHz 线性调频
穿透软泥深度	20-80m
发射脉宽	1ms, 5ms, 10ms, 20ms, 50ms
工作带宽	5kHz

3.3 测高声呐

工作频率	200kHz
最大测高	300m

4 基本系统的组成和功能

海底图象设备基本系统由工作站、绞车(包括拖曳电缆和吊杆)、拖鱼、硬拷贝机(可选件)和GPS接收机(可选件)等组成。

4.1 工作站

工作站是海底图象设备的核心,控制整个系统的工作,具有数据接收、采集、处理、显示、存储及图形镶嵌、图象处理等功能。它由硬件和软件两部分组成,硬件主要包括一台高性能的主计算机及声呐接收机,软件包括系统软件和应用软件。

4.1.1 软件

系统软件具有系统控制、实时采集、数据回放、后置图象处理等四个主要功能。应用软件有图象镶嵌和目标测量等功能。

4.1.2 主计算机

主计算机包括主处理器、大屏幕显示器、信号处理器、硬盘、内置式可擦写光驱器、显示卡、SCSI卡及串行接口卡等,它主要完成信号的采集、处理、显示和存储等功能。

4.1.3 接收机

水声接收机是声呐系统的重要组成部分,它把换能器接收到的声信号进行放大、滤波、检波、动态范围压缩等处理,并把处理结果送入信号处理器。

由于水声接收机接收到的信号具有很大的动态范围,有时可达140dB以上,它要求有很低的本机噪声,高的灵敏度及较大的动态范围以及良好的控制性能^[2,3]。

4.2 绞车

4.2.1 绞车

绞车是海底图象设备必不可少的设备,由绞车和吊杆两部分组成,其主要的作用是对拖鱼进行拖曳操作。绞车有电动、手动和液压等几种型号,它们各有利弊,可以根据实际的使用环境来选择。一般在浅海小船作业时,可以选择手动绞车,体积小,质量轻,搬运比较方

便,而且不需要电源。在深海大船使用时,可以选择电动或液压的绞车,液压绞车收放比较方便,但价格一般都比较贵,电动绞车在性能价格比上有一定的优势。

4.2.2 拖曳电缆

拖曳电缆安装在绞车上,其一头与绞车上的滑环相连,另一头与侧扫声呐的鱼体相连。拖曳有两个作用,第一是对拖鱼进行拖曳操作,保证拖鱼在拖曳状态下的安全;第二是通过电缆传递信号。

拖曳电缆为双层铠装电缆,由 $\phi 0.6\text{mm}$ 的64根中碳钢丝双层铠装,拉力约为2万牛顿(约2吨),电缆可以耐5MPa(50个大气压)。电缆有10根芯线,4根屏蔽线,6根单线,可向下传送指令和水下部分所需电源,向上传送声呐接收信号。电缆直径15.5mm,重量为每km340kg。

4.3 拖鱼

海底图象设备的拖鱼由流线型的拖体及安装在其两侧的左右两条侧扫声呐换能器、安装在底部的两个浅地层剖面声呐换能器和测高换能器、安装在其内部的一套水密电子舱等组成。

4.3.1 拖鱼结构

为了保证拖鱼在水下有稳定的工作状态,我们采用了阻力很小的流线型鱼体。拖鱼由上、下两个部分组成,下部提供了所有换能器的安装平台,上部提供了流线型外壳,以减小拖鱼的水阻力并使整个拖鱼完整美观,上下两部分由提手和螺栓固定在一起,安装使用都很方便。拖鱼尾部安装了较大面积的水平和垂直尾翼,保证拖鱼的航行稳定,在拖鱼背上我们还开了一个小窗,这样在拖鱼使用和保存过程中可以不用打开整个拖鱼就可以实现主电缆插头的拔插,使用起来更加方便。在整个拖鱼内我们共安装了两个水密舱:一个是以侧扫声呐电路为主的电子舱,另一个是以浅剖声呐为主的电子舱。

4.3.2 换能器

换能器的作用是进行能量转换,在发射时,把电信号转变为声信号,在接收时把声信号转变为电信号。

4.3.3 电子舱

水密电子舱包括浅剖水密舱和侧扫水密舱。内装有控制电路、发射机、前置放大器、线驱动器和电源等。发射机的主要功能是发射所需要的信号。前置放大器(简称前放),将换能器接收到的微弱信号放大,放大量为100倍左右,以减小拖曳电缆传输过程中干扰信号的影响。线驱动器是电流放大器,用来增强驱动能力,和传输电缆匹配,以减小弱信号在拖曳电缆传输中的损耗。

4.4 硬拷贝机

硬拷贝机是海底图象设备的可选件,其主要的功能是提供声图的硬拷贝。可以选择热敏记录器或打印机。热敏记录器其最大的特点是能实时地打印声图,但价格较贵;在没有特殊需要,且不需要实时打印的场合,可选用高精度的打印机。

4.5 GPS 接收机

GPS接收机是可选件,主要是为设备提供定位数据,用户可以根据需要,配置不同型号和不同功能的GPS,系统留有标准接口,可以方便地与有NMEA-0183标准接口的定位设备连接。

5 应用领域

5.1 海洋测绘

该设备可同时得到海底地形地貌、海底浅地层剖面及定位资料,并能快速出图。这些资料可用于海图绘制、潜艇作战训练海域的确定、专属经济区和大陆架划界。

5.2 海上救援打捞

利用该设备可快速发现沉入水中的潜艇、舰船、飞机及其它物品,并能准确定位、显示沉物在水下的姿态和较严重的受损情况,同时还能探明沉物周围海底淤积层的情况,为制定

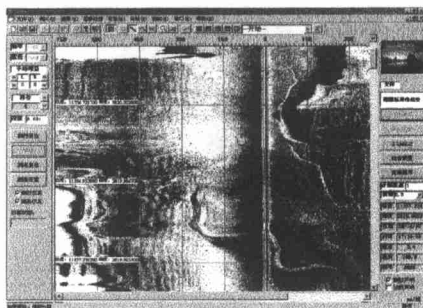


图3 100kHz 侧扫声呐声图(作用距离750m)

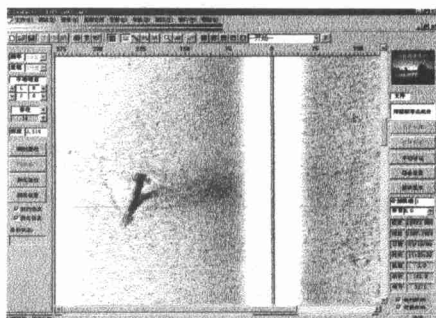


图4 侧扫声呐对沉船的声图

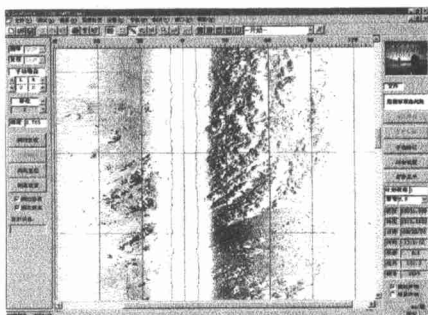


图5 侧扫声呐海底地貌声图

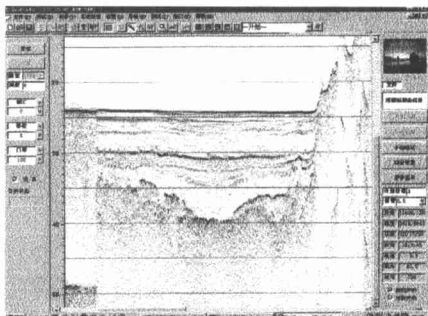


图6 剖面声呐的声图

救援打捞方案或有效地实施打捞提供可靠的资料,大大加快救捞速度,为挽救人员生命和减少设备损失争取宝贵时间。

5.3 其他

在海洋工程(海底建筑、水下电缆和管道铺设)、海洋资源开发(海底石油及多金属结核的勘探开发)、探雷、海洋地质和海洋渔业研究等方面有广泛的应用。

6 海底图象设备声图例

上面图 3-6 是海底图象设备中侧扫声呐和剖面声呐的声图例。

参 考 文 献

- 1 钱秋珊,陆根源编著.水声信号处理基础.国防工业出版社,1981.
- 2 尤立克 R.J(洪申译).水声原理.哈尔滨工程学院出版社,1990.
- 3 田坦,刘国枝,孙大军编著.声呐技术.哈尔滨工程大学出版社,2000.

首届热声学国际研讨会在荷兰举行

首届热声学国际研讨会于 2001 年 4 月 22 日至 25 日在荷兰的 S-Hertogenbosch(又名 Den Bosch)市举行。研讨会由荷兰爱因霍温技术大学和美国声学协会联合主办,共有来自荷兰、美国、法国、中国、日本、英国、德国、加拿大、墨西哥、俄罗斯、澳大利亚、爱尔兰等十多个国家的 80 多名学者和有关机构的官员参加了此次研讨会。共有 7 名中国学者参加,包括浙江大学邱利民和金滔(现在南京大学)、中科院理化所罗二仑等,其余几人来自国外研究机构。

会议共收到近 70 篇论文,其中 40 篇为口头报告,分 7 个专题进行了研讨: 1. 热声部件; 2. 声流和非线性; 3. 驱动的制冷机; 4. 换能器、驱动器及热声机械中的其它因素; 5. 自发振荡: 脉动燃烧; 6. 自发振荡: 发动机; 7. 未来展望。

会议邀请到了现代热声学的创始人,原瑞士联邦研究院的科学家,现斯坦福大学教授 N.Rott 作了题为“热声学的创建”的特邀报告,全面回顾了线性热声理论的发展历史。

除此之外,由于这是国际上首届有关热声课题的研讨会,许多学者除报道最近的研究进展外,还详细地就某一个专题进行了回顾和总结,尤其是会议安排的其他七个特邀报告,分列如下:

1. 美国洛斯-阿拉莫斯国家实验室的 G.Swift 教授: 大型热声气体液化器中的效率问题;
2. 法国里昂中央学校的 P.Blanc-Benon 教授:

粒子成像测速仪和热声板叠中的温度测量;

3. 美国密西西比大学的 R.Raspet 教授: 密西西比大学的热声研究;

4. 法国麦恩大学的 V.Gusev 教授: 热声装置中非线性现象的渐近模型;

5. 美国宾州大学的 S.Garrett 教授: 电驱动热声制冷机;

6. 日本日本大学的 Y.Matsubara 教授: 用于驱动动脉管的热声驱动器的性能;

7. 英国剑桥大学的 A.Dowling 教授: 声脉动燃烧发动机。

此次研讨会的组织工作非常出色,几乎所有活跃在热声研究领域中的有名学者都在与会者之列,许多公司也积极参与了研讨活动,更是增添了实用化前景的信心。除进行学术交流外,大家还着重讨论了热声的研究现状和未来的发展趋势,对今后热声研究必将起到很大的推动作用。

国内代表发表了近十篇文章,可以看出我们的热声研究也已经逐渐形成气候,国际交流日益加强,而且在某些方面已经取得了相当大的进步,逐步跟上国际先进水平的步伐,相信在下一次研讨会上会有更多的国内学者参加。此外,国内学者都来自低温界,没有声学界的代表,这一点与其他国家形成了鲜明的对比。

(南京大学声学研究所 金滔)