

# 半导体鱼群探测仪\*

上海渔业机械仪器研究所  
 厦门大学海洋系水声教研室  
 厦门市水产电子仪器厂

我国海域宽广, 鱼类资源丰富, 水产部门遵循毛主席关于“独立自主, 自力更生”、“艰苦奋斗”、“勤俭建国”的教导, 正在不断提高渔船捕捞的现代化程度。大批年青的物理学工作者, 走上助渔仪器的研究和生产岗位, 理论与实践相结合, 和工人、技术人员共同研制出不同类型的鱼群探测仪, 供国营和集体渔业单位使用。

鱼群探测仪简称探鱼仪, 在渔业上它用来探测海中鱼群的位置, 并能结合实践经验从其记录的图象中辨别鱼群的数量和种类。它还可以用作测深仪来测量水深, 是目前广泛应用着的一种有力的助渔工具。由于探鱼仪在渔业生产中发挥着越来越大的作用, 因此发展很快、种类很多, 分别适用于不同捕捞作业的需要。目前普遍使用的是垂直探鱼仪和全方向探鱼仪两类。前者只能探测船只下方的鱼群目标, 后者却能在一定距离内探测水下各方向上的鱼群目标, 因而探测能力大为提高, 效果也更显著。

## 67型探鱼仪

目前沿海数千条机帆船上, 装备较普遍的67型半导体探鱼仪, 就是垂直探鱼仪。它是上海渔业机械仪器研究所设计的。这种小型探鱼仪全部半导体化, 体积小, 重量轻, 耗电少, 适合机帆渔船近海探鱼的需要。装备了该仪器的渔船, 鱼产量有很大的增长, 受到渔民欢迎。67型半导体探鱼仪的基本结构和探鱼原理见图1。

该仪器由发射机、接收机、换能器、记录器和稳压电源五部分组成。发射机包括单稳态触发器、振荡器和功率放大器。它产生脉冲宽度为1毫秒、工作频率为52千赫的超声频电压, 馈到发射换能器。接收机的前三级把微弱的鱼群(或海底)回波放大上万倍, 经过检波、整形后得到鱼群包络; 再去开关另一低频振荡器(约10千赫), 经过二级功率放大后送到记录器。记录器由电子器件——惯性调速杆联合控制的稳速电动机驱动, 它带动着记录笔和卷动记录纸。记录纸从右向

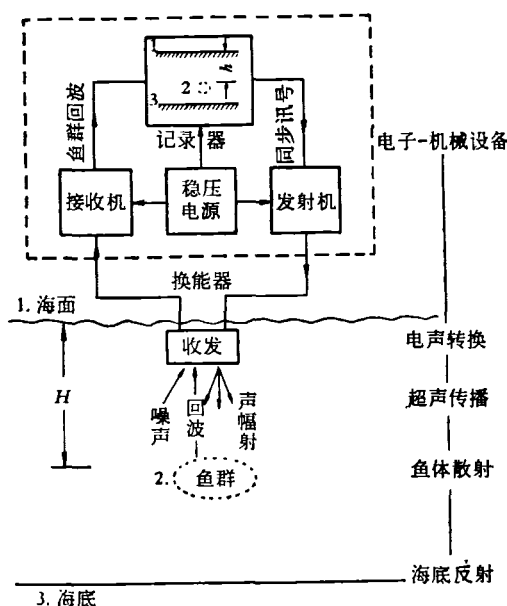


图1 67型半导体探鱼仪结构及原理示意图

左, 以9毫米/分的速度缓慢移动。记录笔从上向下快速运行, 并以148次/分的重复频率去触发发射机同步工作, 同时把接收机送来的经过一定时差 $t$ 的鱼群回波记录在电敏纸上(在超过一定电压作用下, 纸被击穿而变黑)。由于记录笔运行的线速度 $v$ 为常数, 因而记录纸上回波的记录距离 $h$ 就能间接地反映鱼群的深度 $H$ , 可用如下公式表示:

$$H = \frac{C}{2} t = \frac{C}{2} \cdot \frac{h}{v}$$

式中 $C$ 为声波在海水中的速度, 是水声物理中最基本的参数之一, 也是海水中回声测距法应用的重要参数。物理学工作者在1827年就从事水中声速的测量工作; 直到今日, 仍在进一步探测中。根据1960年测量资料, 海水中声速是

\* 1973年12月10日、11月17日收到。

$$C = 1449.2 + 4.623T - 0.0546T^2 + 1.391(S - 35) + \dots$$

式中  $T$  为温度(°C),  $S$  为海水盐度(‰)。通常在探鱼仪中取  $C=1500$  米/秒来定距离标尺。

在有些探鱼仪中还附有示波管或显象管, 辅以时基扫描电路后, 能对回波作较精细的观察。

稳压电源是使发射机、接收机和记录器工作的基本能源。

换能器是电-声能量转换的器件; 作为大功率的超声源和灵敏的声感受器, 它的发展对水声仪器的改进有显著作用。虽然压电效应、电致伸缩效应和磁致伸缩效应等物理现象发现较早, 但实用的电声换能器却迟至十九世纪初期才陆续问世。目前探鱼仪中换能器的材料为镍、压磁铁氧体或极化处理后的锆钛酸铅。如 67-2 型半导体探鱼仪中用磁致伸缩的铁氧体, 而 67-3 型(图 2)中则选用了电致伸缩的锆钛酸铅。我国物理学工作者在研究多晶陶瓷的微观结构性能和烧结工艺等方面所取得的成果, 为探鱼仪及时提供了压电、压磁新材料。

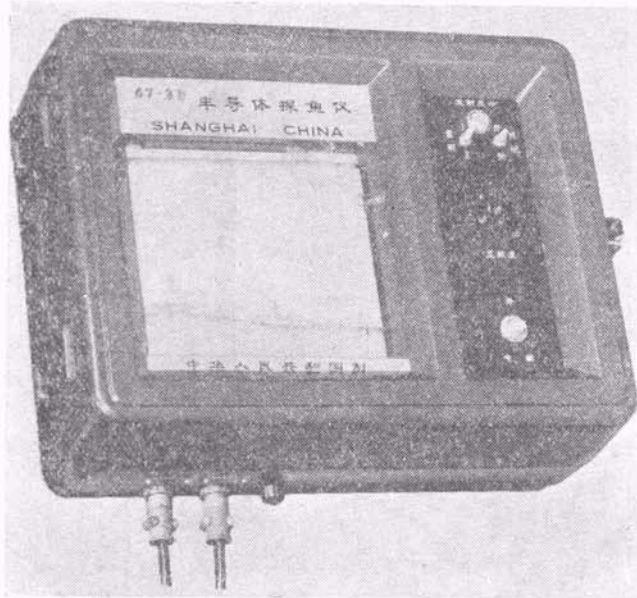


图 2 67-3 型半导体探鱼仪

发射换能器在电源作用下, 作为声源向水下发出一个个脉冲声波(设声源级为  $SL$ )。对于常见的矩形或圆片活塞型辐射面而言, 由于声波的干涉作用, 使辐射的声束具有一定的指向性; 如圆片活塞型归一化后的指向性函数为

$$R(\theta) = \frac{2J_1\left(\frac{\pi D}{\lambda} \sin \theta\right)}{\frac{\pi D}{\lambda} \sin \theta},$$

式中  $\theta$  为声束与声轴间的夹角,  $D$  为圆片直径,  $J_1(x)$

为  $x = \frac{\pi D}{\lambda} \sin \theta$  的一阶贝塞尔函数。这样, 对比各

向同性而言, 有了指向性增益

$$DI = 20 \log \frac{\pi D}{\lambda},$$

不仅使辐射的能量较集中, 同时亦保证了一定的探索面积。声在传播时, 由于几何扩展和媒质中衰耗而产生传播损失

$$TL = 20 \log H + \alpha H,$$

式中  $H$  为传播距离,  $\alpha$  为衰减常数。鱼群处在辐射声场内的声学特性极为复杂。鱼肉的声阻抗率约为  $1.55-1.65 \times 10^5$  克/平方厘米·秒。探鱼仪的工作频率通常在 20—200 千赫范围内, 因而鱼体长度  $l$  比波长  $\lambda$  大, 但数量级相近, 故超出了瑞利散射区。除一般的反射、折射和复散射现象外, 鱼群内的气泡(主要是鱼鳔), 在入射声波激发下的共振现象, 对鱼群的目标强度  $TS$  产生很大的影响。接收换能器不仅感受鱼群回波, 也接收与回波同频带的海洋自然噪声和渔船航行引起的自噪声, 而噪声是随机变量, 设噪声级为  $NL$ ,

若接收系统的检测阈为  $DT$ , 当刚能对鱼群的有无作出正确判决时, 信噪比等于检测阈, 从而可列出探测方程:

$$SL - 2TL + TS - (NL - DL) = DT,$$

从上式可估算出一部探鱼仪的探测能力, 这也是设计探鱼仪的基本前提, 而方程中各级有关参量的确定, 如  $TL$  中的  $\alpha$ ,  $TS$  中的有效声截面, 不同海况和船只的运动对  $NL$  频谱级的影响等等, 都属海洋物理的工作范畴。这些基础工作对探鱼仪的设计和使用有着密切的联系。

回声探测法不是探索鱼群的唯一方法, 随着对海洋各种物理现象认识的不断深化, 特别是鱼群的活动与某些海洋物理现象的联系, 如鱼群的结果和迴游引起海面温度的变化, 发光、发声现象以及鱼群赖以生存和活动的海洋物理条件等等的研究, 是探索新的探鱼方法的基础, 也为创制新的助渔仪器开辟了广阔的前景。

## 全方向探鱼仪

全方向探鱼仪的结构简图如图 3 所示。它的工作原理是这样的: 换能器把发射器的脉冲电振荡转换成脉冲式的声波向水中发射, 在声波传播的方向上, 如果有着鱼群或礁石、海底等目标, 一部分声波将被目标反射回来, 再通过换能器转换成电讯号, 经接收器接收、放大后, 由记录器把此目标讯号记录于记录纸上或同时显示于荧光屏上。记录器还记录着发射时的讯号

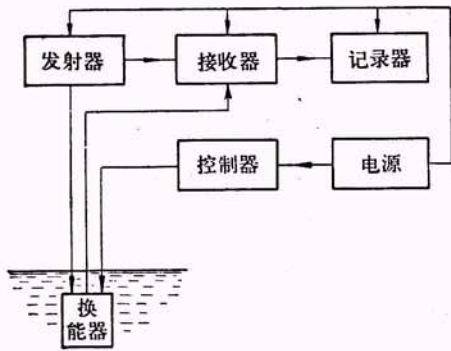


图3 探鱼仪结构简图

(发振线)以作为计算声波传播时间的起点。声波在海水中的传播速度一般以1500米/秒计,因此,如果测量出发射讯号和接收讯号之间的时间间隔,便能知道目标的距离;另一方面,记录笔的移动速度是预先确定的,那么测量出记录纸上目标讯号记录与发振线的距离,就间接地量得了上述的时间间隔。实际上是通过这种换算关系作出距离标尺,直接附在记录纸上读取目标的距离。至于控制器,则是用来控制换能器的升降、俯仰角和水平方位角的变化。垂直探鱼仪的换能器固定装在船底,也就不需要这种复杂的控制器。

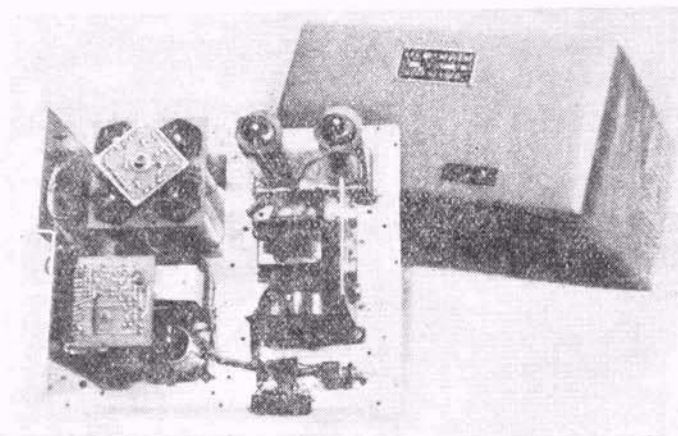
对于垂直探鱼仪来说,目标的距离便是目标所在位置的深度,但对于全方向探鱼仪,却还需知道换能器的倾角和水平方向角才能确定目标位置。这两个角度通常由控制器的指示读得。目标讯号的记录并不能明确地显示目标的形象,加上海底回波讯号的干扰,就使得识别鱼群记录较为困难,必需经过一定的实践才能办得到。

垂直鱼探仪在我国已经得到普遍应用。近年来,国外全方向鱼探仪的应用有很大的发展,我国也正在积极地试验,生产适合我国海区和捕捞条件的各种全方向鱼探仪,以适应渔业生产飞跃发展的需要。1972

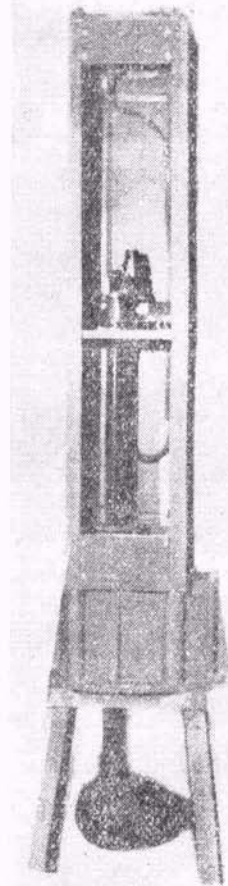
年厦门大学与厦门水产电子仪器厂实行厂校协作,根据我国大量的机帆渔船捕捞作业的需要,试制成功了小型全方向鱼探仪。样机经在台湾海峡渔场试用,证明该机结构简单、操作方便,成本较低。整机抗干扰性强、灵敏度高、记录图象清晰,易于对鱼群的判别。该机经改进后,已开始小批试产。图4是其外观的照片。

国外全方向鱼探仪的工作频率一般在20—40千赫。工作频率越低有着使声能量在水中的衰减降低因而探测距离提高的好处,但在用一只换能器和换能器发射面积相同的条件下,工作频率越低,声波束的指向角就越大。这在浅海区使用时,声波束很快就会碰到海面 and 海底,因而造成强烈的海面海底的回波干扰反而降低了探测距离。同时指向角越大的声波束分辨能力也越差。为了适合我国浅海渔场的特点和机帆渔船、小型渔轮的作业条件,小型全方向探鱼仪采用了100千赫左右的较高的工作频率,不但仪器小型轻便,且在浅海渔场的工作中获得清晰易辨的目标记录。样机在15米水深的海区作水平探测时,记录纸上没有海

(下转 181 页)



(a) 接收器



(b) 换能器及其升降、转动机构

图4 小型全方向探鱼仪外形照片

作者在该书的附录4中曾给出一个能量转化为质量的“证明”。的确,作者在经过一番数学运算以后确实得到了

$$W - \int_{M_0}^{M_1} dM^* = M_1 - M_0 = \Delta M, \quad (5)$$

其中 $W$ 是所做的功,而 $\Delta M$ 是前后的质量差。但如果仔细一看可以看出,这是作者在推导中把光速 $c$ 取作1的结果。对于光速 $c$ 可以取厘米/秒为单位,也可以取 $3 \times 10^{10}$ 厘米/秒作单位。这在数学运算上是等价的。但在物理解释上却切不可忘记所谓 $c = 1$ 是指光波以 $1 \times 3 \times 10^{10}$ 厘米/秒的速度而运动,不能丢掉速度的量纲。严格地说,作者所推导的式子应该是

$$W = \Delta Mc^2, \quad (6)$$

即所做的功等于所增加的能量。列宁曾说过,“产生‘物理学’唯心主义的第一个原因”是“数学家遗忘了物质,‘物质消失了’,只剩下一些方程式”<sup>[1]</sup>。作者在这里正是重复了列宁所指出的错误。正是因为作者抽掉了物质和物质关系,只剩下了一些方程式,再加上他又无批判地接受了爱因斯坦的唯能论的观点,这就导致他的这本小册子传播了唯心主义。

由于这本小册子印刷发行数量相当大,可能会给读者带来不良的影响,因而有必要指出其中唯能论的错误。

1) 列宁,《唯物主义和经验批判主义》,人民出版社,(1960) 308

## 书 讯

### 《加速器原理》

徐建铭编著 定价 2.00 元  
科学出版社 1974 年 4 月第一版

本书介绍了十多种主要加速器的工作原理、物理过程和主要部件的设计原则及性能要求等。全书共十一章,依次介绍了高压加速器(包括静电加速器、倍压加速器、绝缘磁芯变压器、高频高压发生器及强脉冲电子流发生器等),感应加速器,回旋加速器,稳相加速器,同步加速器,强聚焦同步加速器,电子回旋加速器,直线加速器,重离子加速器及新加速原理。

本书可供从事加速器设计、制造、运行和使用的技术人员以及大学有关专业的师生参考。

### 更 正

本刊第3卷第1期《半导体物理基础》一文第56页右栏第23、26行中“图8”均为“图7”之误。

(上接 179 页)

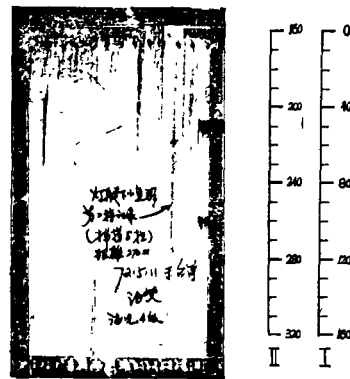
总是不能逃脱历史的惩罚,而被时代的车轮碾得粉碎!

### 参 考 文 献

- [1] 《〈墨经〉中的元素和原子概念》,《物理通报》-6(1960), 266.
- [2] 杨荣国,《中国古代思想史》,人民出版社,(1973), 173.
- [3] 《箴器之谜》,《光明日报》,1963年2月2日.
- [4] 李纯一,《中国古代音乐史稿》第一分册,音乐出版社,(1964), 48.

(上接 144 页)

底回波的干扰;样机的脉冲功率仅为 300 瓦左右,但对 270 米远的小鱼群(五担)即能获得清晰的记录(见图 5)。



小型全方向探鱼仪(样机)记录  
(5担) 270米远

图 5 小型全方向探鱼仪(样机)的映象记录

我国有辽阔的海域,渔业资源极其丰富。发展科学捕鱼,提高鱼获量是发展社会主义经济和满足人民生活的迫切需要,也是与帝、修、反作斗争的一条战线。探鱼仪的普及与发展将和其他渔业工具一起在这一斗争中发挥巨大的作用。在毛主席的“独立自主,自力更生”的方针指引下,我国渔业机械仪器工作者们,正在积极组织力量,在改进、普及垂直探鱼仪的同时,试制、研究各种类型的全方向探鱼仪,可以预期我国的助鱼仪器不久将会赶上和超过世界先进水平。