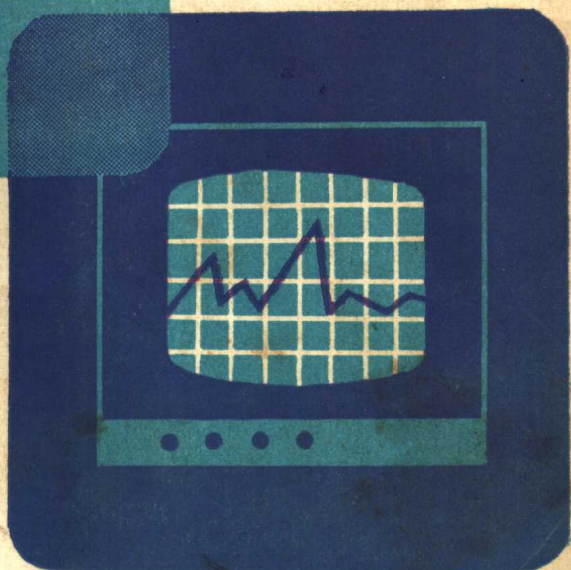
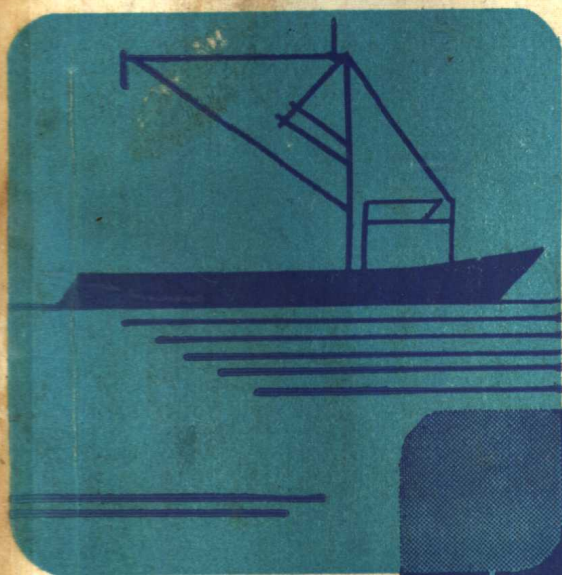


探鱼仪的应用和维修

顾嗣明编著



农业出版社

探鱼仪的应用和维修

顾嗣明 编著

137093

农 业 出 版 社

探鱼仪的应用和维修

顾嗣明 编著

* * *

责任编辑 范崇权

农业出版社出版 (北京朝阳区东营路)

新华书店北京发行所发行 北京潮白印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 10.5 印张 239 千字

1987 年 10 月第 1 版 1987 年 10 月北京第 1 次印刷

印数 1—850 册 定价 2.10 元

ISBN 7-109-00147-4/TH·9

统一书号 15144·747

前 言

探鱼仪是现代海洋捕捞生产和海洋渔业研究的主要手段。随着水声学、电子学和计算机等技术的发展,水声鱼群定位技术也日益发展,在海洋渔业生产和科学研究中越来越显示其重要地位。六十年代垂直探鱼仪开始在我国拖网渔业生产中得到了广泛的应用,而水平探鱼仪(渔用声纳)在我国渔业生产中的应用,只是在1980年才突破了使用技术关,为渔业生产所接受、推广应用。海洋渔业生产中探鱼仪的应用已积累了较丰富的经验,同时也为了使水声探测技术能够得到更广泛的推广应用,为此作一系统的总结,撰写成书。

本书介绍了探鱼仪有效应用所必需的基础知识;渔业水声学基础,鱼体及鱼群的声学特性。介绍了我国机轮、机帆船等渔业中,目前所使用的几种典型型号的原理、结构和特性。探鱼仪的应用是本书的重点。总结了我国海洋、淡水捕捞生产中实际应用的经验,提供了我国海洋渔业生产中20种鱼群的典型探鱼仪映象,也提供了各种渔业行之有效的应用技术,供渔业生产者实际应用参考。并介绍探鱼仪的技术参数、调整和校准以及探鱼仪的安装、保养和维修。让使用者掌握本船装用的探鱼仪的性能达到有效应用的目的而必需具备的基本知识。

本书的主要读者对象是从事海上机轮和机帆船捕捞生产的技术人员、船员;同时可作为水产高等、中等院校海洋渔

业专业学生以及从事海洋捕捞和海洋生物资源科学研究的科技人员的参考用书。此外对从事海洋、湖泊工作者和淡水渔业工作者，凡涉及水声探测水中目标目的需要应用水声探测仪器者，也是一本有用的参考书。

编著者

1986年9月

目 录

前言

第一章 渔业水声学基础.....	1
第一节 声波.....	1
一、水中探测的媒介.....	1
二、声波的形成和性质.....	3
三、声波的传播衰减.....	5
四、声波的指向性.....	6
五、声波的反射、折射和绕射.....	10
第二节 声波在海水中的传播.....	12
一、声线路径.....	12
二、混响.....	14
三、噪声干扰.....	18
四、多普勒效应.....	20
五、声纳方程.....	24
第三节 鱼体声学特性和鱼群目标强度.....	28
一、鱼体的声学特性.....	28
二、鱼体目标强度.....	34
三、鱼群的目标强度.....	43
第二章 探鱼仪原理、构成和简介.....	48
第一节 探鱼仪应用概说.....	48
一、概说.....	48
二、探鱼仪提供的信息.....	49
三、探鱼仪的分类.....	56
第二节 探鱼仪的基本构成.....	52

一、发射器	52
二、换能器	55
三、接收器	59
四、指示器	63
五、电源部分	71
第三节 实用探鱼仪简介	74
一、垂直探鱼仪	74
二、渔用声纳	85
第三章 探鱼仪的技术参数、调整 and 校准	118
第一节 探鱼仪的战术参数	119
一、检测深度或距离	119
二、分辨能力	129
三、水下空间的检测速度	133
四、检测水体	134
五、信息记录和显示比例	136
第二节 探鱼仪的技术参数及其使用调整	139
一、工作频率及其调整	139
二、发射功率及其调整	141
三、指向角及其调整	142
四、发射脉冲重复频率和工作量程及其调整	145
五、发射脉冲宽度及其调整	146
六、增益及其调整	147
七、“白线”、“灰线”、近程干扰抑制调整	148
第三节 探鱼仪的校准	150
一、换能器性能测试	150
二、发射器性能测试	152
三、接收器性能测试	156
第四章 映象判读	163
第一节 探鱼仪映像形成的基本要素	163
一、强度	163
二、空间	168

三、时间	171
第二节 垂直探鱼仪的映象判读	173
一、垂直探鱼仪映象判读要点	173
二、垂直探鱼仪映象的种类判别	178
第三节 渔用声纳的映象判读	210
一、单波束渔用声纳映象判读	211
二、多波束渔用声纳映象判读	224
三、电子扫描渔用声纳映象判读	229
第五章 探鱼仪的应用	236
第一节 机轮底拖网渔业中探鱼仪的应用	236
一、垂直探鱼仪检测底层鱼的可靠性	236
二、机轮底拖网作业用探鱼仪的选定	239
三、双船底拖网作业探鱼仪的使用技术	242
第二节 机帆船底拖网渔业中探鱼仪的应用	246
第三节 变水层拖网渔业中探鱼仪的应用	246
一、变水层拖网作业中水声探鱼仪器的选定	248
二、变水层拖网作业中水声探鱼仪器的使用技术	249
第四节 机轮围网渔业中探鱼仪的应用	252
一、机轮围网渔业用探鱼仪的选定	253
二、机轮围网作业中探鱼仪的应用	255
第五节 机帆船围网渔业中探鱼仪的应用	267
一、机帆船围网作业中探鱼仪的选型	267
二、机帆船光诱围网渔业中探鱼仪的使用技术	269
第六节 金枪鱼、鱿鱼渔业及刺网、 定置网渔业中探鱼仪的应用	271
一、金枪鱼渔业中探鱼仪的应用	272
二、鱿鱼渔业中探鱼仪的应用	273
三、刺网渔业中探鱼仪的应用	274
四、定置网等渔业中探鱼仪的应用	275
第七节 淡水捕捞中探鱼仪的应用	276
一、淡水捕捞中探鱼仪应用的一些水声学特性	276

二、适于淡水捕捞应用探鱼仪的选定	277
三、淡水捕捞中探鱼仪的应用	280
第八节 探鱼仪在渔业研究中的应用	282
一、渔具和鱼类行动研究中的应用	282
二、应用水声探鱼仪器估算海洋生物资源量	285
三、水声生物遥测系统的应用	293
第六章 探鱼仪的安装、保养和维修	297
第一节 探鱼仪的安装	297
一、探鱼仪安装位置的选择	297
二、换能器安装部位的选择	298
三、换能器的安装方式	300
第二节 探鱼仪的保养	302
一、日常维护保养	302
二、定期维护保养	303
第三节 探鱼仪的维修	304
一、记录式垂直探鱼仪的维修	305
二、单波束机械扫描类渔用声纳的检修	311
三、多波束渔用声纳的维修	314
参考文献	321

第一章 渔业水声学基础

第一节 声 波

一、水中探测的媒介

人们所以能观察到周围物体，主要是依靠这些物体辐射出来的能量，而这些辐射能量所以能被人们的器官或各种仪器观察到必需经过媒介的传播。观察媒介的优劣决定于三种基本因素：传播距离、传播速度及其分辨本领。人们所熟知的观察媒介如光波、电磁波和声波。光波在空气中可以观察距离很远和分辨很微小的物体，无论从传播信息的多少、种类或传播速度来说，光波是极有效的观察媒介。但是当光波传播路径通过水介质时，即使是经过过滤最纯最清的水，它对光的衰减也是很严重的。实验表明衰减是光波长的复杂函数。光的衰减有吸收和散射。最干净的海水，如极清的大洋水，其衰减可近似于蒸馏水的衰减。实验所得，在光谱480—500纳米区域测得的衰减系数为 0.05^{-1} 米，即每米衰减5%。在同样光谱区域，如在沿岸海水中传播，测得的衰减系数为 0.20^{-1} 米，即每米衰减20%；同样，如在河口水体中传播时，其衰减系数约为 0.35^{-1} 米，即每米衰减35%。由此可见，光波传播路径通过水介质时，其衰减是非常大的。因此，物体在水中的能见度在最理想的情况下也只有几百米，一般则小得多。在浑浊的水中，潜水员不能看见自己的手指。用现代

的光学设备能观察的距离也仅仅在几拾米内。所以光波一般不能作为水下检测的媒介。是否可能用电磁波作水下检测的媒介呢？也就是能否制作出一种水下雷达呢？研究电磁波在水中的传播发现电磁波在海水中的传播衰减很大，或者说海水对电磁波的吸收很大。从电磁波的传播特性已知，电磁波的波长越长，在水中传播的距离就越远。经研究已知，如果波长为 10^4 米，这是波长很长，频率极低的低频电磁波，在海水中每传播3米，振幅就衰减到只剩下原来的 $1/10$ 。如果是波长短的高频电磁波，象几拾厘米到几米波长的雷达波，那末海水的吸收系数高达700分贝/米之大，那就是完全的不能透过海水了。可见，靠增加波长来增加传播距离，这离开我们的实际需要还是很遥远的。此外，波长越长，分辨率就越小，这样就不能达到物体探测的目的。事实上，能在水中传播较远的电磁波，其波长比声波还要长，因而其分辨率比声波还要小。因此，在水中采用电磁波作媒介，不是传播本领太弱，就是分辨本领太低。所以这种方法迄今为止还是行不通的。声波在水中传播的衰减远较光波和电磁波小，因此，人们广泛地应用了水声。迄今为止，水声几乎成为水中传输信息的唯一手段。水下目标检测中采用了声波，相对于光波、电磁波而言是最佳的媒介。但就其传播速度和分辨本领而言，是无法和空气中的光波、电磁波相提并论的。光速是 3×10^8 米/秒，而水中的声速仅1500米/秒。电磁波带着信息绕地球一转所需的时间比声波在水中走228米距离，所需的时间还要短。可见光谱的高频端，波长约为0.00004厘米，而声频谱的高频端，声波波长约为10厘米。空气中光波的分辨率要比水中声波的分辨率大250,000倍之多。因此，水中物体的探测，就探测距离和分辨本领而言，是无法和空气中物体探

测相比拟的。

二、声波的形成和性质

(一) 声波 声音是在物体的振动中形成的。用力击锣就会产生宏亮的声音。可以看到锣正在剧烈振动着，待振动停止，声音也就没有了。在击锣之前，锣附近的介质——空气的分布是比较均匀的。锣被击后，锣面发生振动，首先使接近锣面的空气分子发生振动，然后，这些分子又使附近的分子发生同样的振动……；这样，锣面的振动通过空气作为媒介，象接力棒一样传播开。锣的周围的空气一会受到压缩，一会又膨胀发生疏密相间的波动，这种波动称作声波。传到人们的耳朵，激起了耳膜的振动，刺激了听觉神经，我们就产生了声音的感觉。

(二) 声压 分子在振动时，对附近的分子施以变动的压力叫做声压。它是描述介质中压强的变化，介质中某一点的压强指在某时刻由于声波的存在而产生的变化量。振动的幅度越大，声压就越大。如果我们同时测量锣与耳朵之间不同距离上的声压就可以发现：它们在一个平均值的上下作有规则的变动，交替地出现高声压和低声压，也即其声压波形成一规则的正弦曲线。声压的单位是帕，1帕等于1牛顿/米²，也有用微巴，1微巴等于1达因/厘米²。1帕等于10微巴，1巴等于10⁶微巴也等于10⁵帕。

(三) 频率 是一秒钟内介质压缩的重复次数，即振动次数，其单位是赫兹。常用字母 f 来表示。频率低于20赫的声波叫做次声波，频率高于20千赫的声波称作超声波。一般人耳只能听到20赫到20千赫之内的声波。

(四) 波长 声波振动一次完成一个振动周期，声波在一个周期中传播的距离称波长，也就是声压曲线中任意两个

相邻的波峰或波谷之间的距离。波长常用 λ 来表示，单位是厘米。

(五) 声速 声波每秒钟所传播的距离，即传播速度等于物体一次完全振动所传播的距离(即波长)和每秒钟的振动次数(即频率)的乘积。若以字母 c 表示声速，则 $c = \lambda f$ 。声速的常用单位是米/秒。声音在空气中的传播速度约为340米/秒，在水中的传播速度约为1500米/秒。

海洋中的声速是取决于介质中许多传播特性的变量，它随着深度、地理位置、季节和时间而变化。

研究的结果得到许多声速计算的公式，常用的有：

Wilson (1960)

$$c = 1449.2 + 4.623T - 0.0546T^2 + 1.391(S - 35) + 0.0175D$$

利昂坎普 (1959)

$$c = 1449 + 4.6T - 0.055T^2 + 0.0003T^3 + (1.39 - 0.012T)(S - 35)$$

石什科娃 (1961)

$$c = 1410 + 4.21T - 0.037T^2 + 1.14S + 0.0175D$$

式中： c ——声速，米/秒

T ——温度， $^{\circ}\text{C}$

S ——盐度， ‰

D ——深度，米

在已知某海洋位置各个深度的温度、盐度值之后就能按上列公式求得各水层的声速值。

声速和频率、波长三者之间存在以下关系：

$$c = \lambda f$$

式中： c —声速(米/秒)； λ —波长(米)； f —频率(周/秒)

(六) 分贝 这是电信工程中常用的术语, 工程水声中声源级、声压级、传播损失、目标强度等等, 在以数值表示时都用分贝。

输出功率(P_2)和输入功率(P_1)的比值, 取其常用对数后的单位就叫做贝尔, 也就是:

$$\text{贝尔 (Bel)} = \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$$

贝尔是取著名的电话发明家贝尔的名字。但这个单位的数值过小, 因而将其扩大10倍, 表以分贝(db)即:

$$\text{分贝 (db)} = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$$

求声功率或电功率输出的功率比, 用这公式是合适的。但求声压、电压或电流的相对值时, 由于功率正比于声压、电压或电流的平方, 所以要用以下公式。如以 P_1 和 P_2 分别表示声压、电压或电流的输入输出, 则:

$$\text{分贝 (db)} = 10 \log_{10} \frac{P_2^2}{P_1^2} = 20 \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$$

三、声波的传播衰减

声波的传播过程中, 声波能量随距离而逐渐减小, 其原因主要有声波波面的扩展。传声介质的对声波的吸收和散射。

(一) 球面扩展衰减 点声源辐射出去的声波的波阵面是一个球面, 它的声强与离声源处的距离的二次方成反比。这种声强随波阵面的扩展而减弱的几何效应称作球面扩展。球的表面积为 $4\pi r^2$ 。因此, 如果离开声源的距离增加到2米, 那末, 声能分布的面积就将扩展到4倍。每秒钟通过单位面积的声能, 即声强, 便按照距离的反平方倍而减小到原来的

1/4。如距离增加到10倍，声强则减小到原来的1%。依此类推，这就是球面声波的反平方扩展规律。声波由于球面扩展而产生的声强衰减并不是真正的声能损失，而只是声能分散的结果。

(二) 声波散射 声波在介质中传播时，由于水域中有许多杂质或存在其他不均匀性(如浮游生物、鱼群、泥沙、气泡、波浪起伏的水表面、粗糙的海底以及密度或温度不同的水团等等)。辐射声能在遇到这些障碍物后，部分声能不再按照原来的传播方向传播，而是向其他方向发散出去，即再辐射。这种再辐射叫作散射。声波一经发生散射，在它传播路径上所能接收到的声强就变小了。渔业水声学定位方法的原理就是以此过程为根据的。因为鱼群等捕捞对象能将入射声波再辐射，这样才有可能检测到和估算捕捞对象。

(三) 声波吸收 声波在介质中传播时，一部分声能转变为热能，而使声波强度逐渐变弱，这一现象称为声波吸收。引起吸收的原因与介质的性质、声波的频率等因素有关。海水中含有一种叫做硫酸镁的可溶性盐，当声波在通过海水时，部分声能便转化为硫酸镁分子的化学能，最后变成热能而耗散掉。在1千赫到200千赫范围内，硫酸镁是吸收声能的主要角色。所以说，声能的真正损失是由介质的声吸收引起的。海水中声吸收大体上是随声波频的平方倍而增大的；频率越高，吸收愈大。

四、声波的指向性

使声波传得更远一些的有效方法是使声波朝一个方向发射声波，也就是定向发射声波，其意义除增加探测距离外，也是目标定向所必需的。

(一) 声波干涉 几个声波经过介质的某些点传播时，

波的合成是按独立相加原则进行的，也就是说合成波等于波的代数和。叠加产生新波叫声波干涉现象。在一些情况波峰与波峰、或波谷与波谷相遇，合成波增强了。这种现象称相长性干涉；而在另一些情况，波峰与波谷相遇，合成波减弱了或者完全抵消。这种现象称相消性干涉。这是由各个波的频率、振幅和相位间的相互关系所确定的。图 1—1 是两

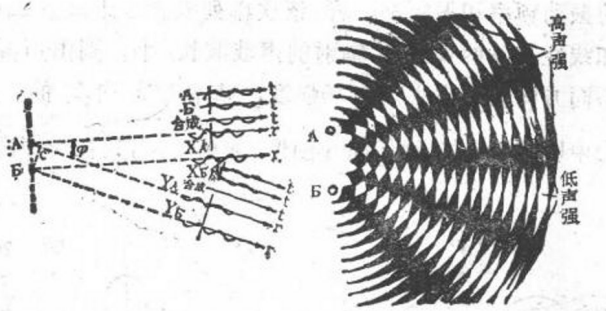


图 1—1 声波干涉

个无方向性声源由声波干涉而形成定向作用的简单例子。两个频率相同、大小相等的点声源A和B，和在较远距离处垂直于AB线上的两点 X_A 和 X_B 进行分析。当 AX_A 和 $AX_B \gg AB$ 时， X_A 和 X_B 点可以认为是同一点X（为便于作图画成分开的）。如果A和B两个声源是同相位的，那末在X点，其中任一个波都是相等的，合成波等于两个波的总和，其振幅为分波的两倍。另一个位置Y点， BY 等于 BX ，但 $AY \neq BY$ ，因为 AY 较 BY 大AC距离，这距离称行程差。当 AY 和 AX 间的隔角 φ 取 $AC = \frac{\lambda}{\alpha}$ ，那末在Y点的两个波在各个时间其振幅是相同的，但相位正好相反。因此，两者完全抵销。在声源和X、Y点连接线之间的各个中间点，其波的合成效应则是中间性

的。合成波的振幅随角度的改变而改变，在某方向最大，另一方向为最小。

(二) 定向声波 点基元换能器发射的是所有方向同样强度的球面波，也就是在离声源等距离的周围空间形成一个均匀声场。当存在两个或两个以上点发射基元时，声源周围空间的声场图案即改变了。如果有许多个相同的点基元，它们的振动频率和振幅都一样，依次排列成直线组成直线声源。假如线性基阵的长度 l 比辐射的声波波长 λ 小，则由声源向各个不同方向辐射出去的声场强度，基本上是均匀的。如图1—2中b图， $l = \frac{\lambda}{2}$ 的指向性图形。如果 $l > \lambda$ ，则在与声源同一

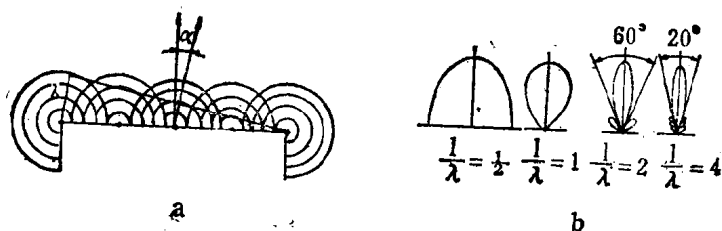


图1—2 定向声波

距离、不同方向处的声压大小就差别很大。这就是声波干涉的结果。图1—2 b图为 $l = \lambda$ 、 $l = 2\lambda$ 和 $l = 4\lambda$ 时的发射声束的指向性图形。图1—2 b, $l = 2\lambda$ 和 $l = 4\lambda$ 时窄长的象花瓣那样的波束叫立波束或主声束。主声束最大值所在的方向称为声轴。基阵长度越长，工作频率越高，主声束就越强、越窄，则说明声能越集中，声束的指向性越高。沿主声轴的那一瓣声束叫作主瓣。旁边的小瓣叫作旁瓣或副瓣，在副瓣不大时，可略而不计，一般在指向图上亦不予画出。

图1—2所示仅是在纸上的平面内的声束图案。实际上