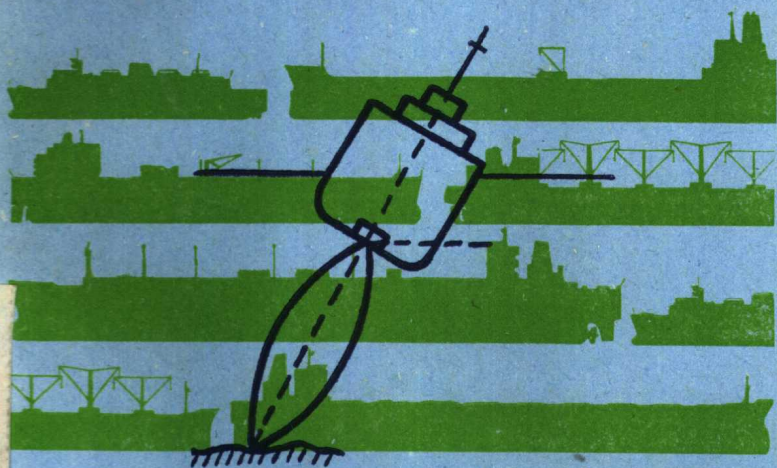


航海业务知识丛书

(航海仪器部分)

回声测深仪

高百敏 编



人民交通出版社



航海业务知识丛书

(航海仪器部分)

回声测深仪

Huisheng Ceshenyi

高百敏 编

人民交通出版社

航海业务知识丛书

(航海仪器部分)

回 声 测 深 仪

高百敏 编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张: 2.5 字数: 47 千

1985年1月 第1版

1985年1月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,800册 定价: 0.60元

前 言

随着交通运输事业的发展，迫切需要有一支与其相适应的、具有一定科学文化水平的职工队伍。搞好全员培训，加强职工技术教育，实为当务之急。当前矛盾是：学习不能都进学校，在职自学又缺少合适的书籍。因此中国航海学会为普及和提高广大海员的航海科学技术水平，以适应航海事业现代化的需要，特倡议组织编写航海知识丛书。中国航海学会编辑委员会与人民交通出版社于1980年在上海组成了航海知识丛书编审委员会，由陈有义、印文甫分别担任正副主任，王世忠、赵国维任秘书。编审委员会开展工作以来，已组织了企事业、学校等专业人员在业余时间分别进行编写，丛书将先后出版，陆续与读者见面。

航海知识丛书根据专业性质分为《航海业务知识丛书》和《轮机业务知识丛书》两套丛书。为了方便海员学习，力求结合实际，通俗易懂，并以小册子形式分专题出版。希望这两套丛书能不断为海员们业务技术学习作出贡献，同时也希望广大海员和航运单位共同来支持它和扶植它，使这两套丛书在不断更新中成为广大海员所喜爱的读物。

《航海知识丛书》编审委员会

序 言

测深仪，用来测量水深以保证船舶安全航行和用于特殊条件下的定位，是一种在航海和航道测绘上广泛使用的航海仪器。

船上最早的“测深仪”是手用测深锤，即水砣。将铅锤投入海底，由系在铅锤绳上的标志就可以知道水深，并可以了解海床底质，但是测量时必须降低船速，而且劳动强度较大。十九世纪末期使用“开尔文”式测深仪，这种测深仪是根据水深与水压成正比的原理而制成的，使用时也十分不便。本世纪二十年代发明了超声波回声测深仪，由于回声测深仪具有迅速、准确、连续工作、使用简便等特长，所以各国相继造出了各种型号的回声测深仪，安装在每一艘海船上。

我国五十年代就开始生产回声测深仪，现在许多航海仪器厂制造各种型号、各种用途的回声测深仪，在航海上常用的型号有 ZS-1 型，ZS-2 型，扬子江型，SZS-3 型数字测深仪等。

目前，回声测深仪日趋完美，正朝着扩大测量范围（0.3~10000米以上）、测量船首数十米前的水深和小型集成化的方向发展。

目 录

序 言

第一章 回声测深仪原理	1
1.1 声波在水中的传播	1
1.2 回声测深仪基本原理	7
1.3 回声测深仪的基本部件及作用	8
1.4 主要技术数据	9
1.5 主要部件工作概况	12
1.6 误差	22
1.7 影响测深的几种情况	24
第二章 扬子江型测深仪	26
2.1 组成	27
2.2 主要技术性能	27
2.3 基本结构	29
2.4 电路工作原理	33
2.5 使用	41
2.6 维护	42
2.7 调整	43
2.8 故障排除	45
第三章 阿脱拉斯 (647EGK) 型测深仪	47
3.1 整机性能	47
3.2 简单工作原理	48
3.3 使用	51

3.4	维护保养	53
3.5	调整	55
3.6	常见故障	57
第四章	SZS-3 型数字测深仪	58
4.1	技术特性	59
4.2	组成	60
4.3	工作原理	61
4.4	框图和工作过程	61
4.5	面板和结构	65
4.6	使用及注意事项	65
4.7	维修	67
4.8	安装	68

第一章 回声测深仪原理

1.1 声波在水中的传播

声波是物体在弹性介质中作机械振动而产生的，按其频率将声波划分如下：

频率为20~20kHz是可闻声波；

频率为20Hz以下是次声波；

频率为20kHz以上是超声波。

超声波与声波比较，有方向性好、穿透性强、反射性显著和干扰小等特点，所以回声测深仪利用超声波进行深度测量。

(一)水中声速

声波使介质各层交替出现稠密和稀疏的状态变化，使声波以一定的速度向外传播。声波在各种不同的介质中其传播速度各不相同，如表1-1所示。

声波传播速度公式如下：

表1-1

物 质	声 速 (cm/s)
水	1.5×10^5
空 气	0.33×10^5
钢	4.99×10^5
橡 皮	0.05×10^5
砂	2.00×10^5
木 材	1.04×10^5
冰	2.00×10^5
花 岗 石	2.39×10^5

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

式中 c 为声波传播速度； E 为介质的体积弹性模量； ρ 为介质的密度。

由上述公式可知声波在固体中传播速度要大于液体，液体中传播速度要大于气体。在水中，若温度为 20°C ， $E = 10^7/4.58 (\text{N/m}^2 = \text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2})$ ， $\rho = 1.002 (\text{kg/m}^3)$ ，则

$$c = \sqrt{\frac{10^7}{4.58 \times 1.002}} = 10^3 \times 1.4766 = 1476.6 (\text{m/s})$$

海水中的声波传播速度要受到海水温度、含盐量和压力的影响。

1. 声速与盐度：海水盐度一般为35‰左右。海水盐度随纬度而变化，如图1-1，在纬度20~30°之间盐度最高。含盐量受气象条件和地形影响，如沿海、江河出口处，降雨量较大地区盐度较低。含盐量随深度增加而变大。当盐度增加1‰，声速加快1.5m/s。

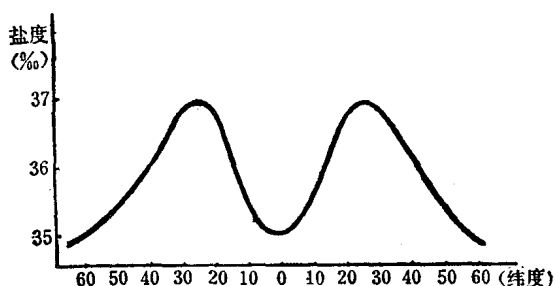


图 1-1

2. 声速与水温：海水温度随纬度、季节而变化，北半球水温变化比南半球大。全世界海水平均温度约 17°C 左右。海

水温度随深度增加而降低, 如图 1-2, 水深 3000m 以上, 水温约 2℃ 左右。

海流中有暖流和寒流, 在暖寒流交界处, 温差很大, 对水声仪器影响较大。

水温增加 1℃, 声速增大 3.3m/s。

3. 声速与水压: 水深越深, 水压越大, 声速越快。水压增加 10 个大气压 (约 100 米水深), 声速增加 3.3m/s。回声测深仪的超声波是垂直向海底发射的, 随着声波的垂直传播, 水压增加, 声速应增大, 但同时水温下降, 声速减小。这两个因素中, 温度影响较大, 将水压对声速影响抵消了, 所以一般都不考虑水压对声速的影响, 如表 1-2 所示。

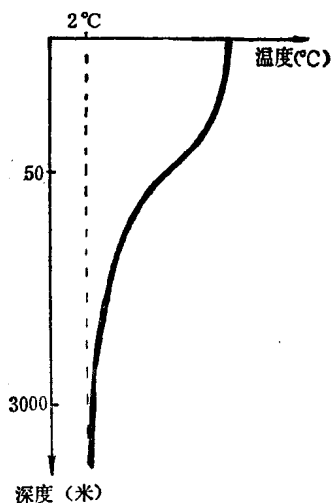


图 1-2

表 1-2

t	s	10	20	30	35	40
10	c	1456	1468	1481	1487	1493
20		1491	1502	1513	1519	1523
30		1517	1527	1538	1543	1548

注: 表中 s 为海水盐度, 单位‰;
 t 为海水温度, 单位℃;
 c 为声音在海水中传播速度, 单位 m/s。

技术上往往使用声速的经验公式来计算声速，经验公式较多，其中较为精确的是威尔逊公式，而较为常用的是乌德公式。公式如下：

$$c = 1450 + 4.12t - 0.037t^2 + 1.14(\sigma - 35) + 0.0175h$$

式中 c 为海水中声波传播速度 (m/s)， t 为海水表面温度 (°C)， σ 为含盐量 (‰)， h 为水深。当水深在 100m 以内，盐度为 35‰ 时，该公式可简化为：

$$c = 1450 + 4.12t - 0.037t^2$$

温度高、盐度大的红海的声波传播速度为 1548m/s，而温度低、盐度小的格陵兰海的声波传播速度为 1462m/s。

通常采用 1500 米/秒作为回声测深仪的设计声速，再辅以专设的温度和含盐量的调节机构。

(二) 声波的衰减

随着水中声波传播距离的增加，声波信号将逐渐衰减。其原因主要有以下几个方面：

1. 介质吸收：声波的周期性变化使介质中产生交替变化的压缩区和膨胀区，压缩区介质吸收能量，温度上升；膨胀区介质释放能量，温度下降；这样就产生了高温区和低温区，在高温区向低温区传输能量时就会吸收声波能量，叫介质的热传导吸收。介质受声波作用而运动时，必须克服内部的摩擦力（或叫粘滞力），也要吸收一部分能量，叫做粘滞吸收。介质在传播声波时，其分子结构受声波运动的冲击而时紧时松，失去正常的平衡状态，恢复正常分子结构平衡状态要吸收一部分能量，这叫弛豫吸收。另外，介质的固有频率与声波频率一致而产生共振时，也要吸收一部分能量，称

作共振吸收。由于吸收作用，声波按指数规律随距离的增加而减弱，吸收指数系数与声波频率有密切的关系，如图 1-3 所示。其公式如下：

$$\delta = \frac{8}{3} \frac{\pi^2 \mu}{c^3 \rho} f^2$$

式中 δ 为吸收系数， μ 为粘滞系数。由公式可知，超声波频率过高，声波衰减很快，传播距离大大缩短。

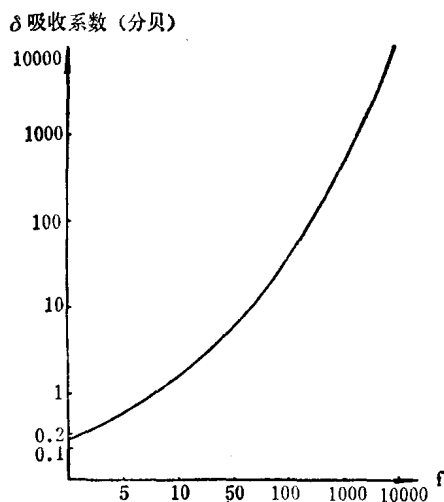


图 1-3

2. 扩散损耗：是指声波波束随着传播距离的增加而扩散所产生的损耗。扩散损耗与超声波发射波束的开角成正比关系；就是说开角越大，扩散损耗越大。回声测深仪的超声波波束是圆锥形的，其开角较大，所以扩散损耗较大。但是超声波频率越高，发射波波束开角就越小，扩散损耗就小。

3. 散射损耗：声波传送到海底，由于海底起伏不平会产

生散射现象，另外，海水中有鱼类、海藻、气泡等也会使声波产生散射。由散射引起的超声波的衰减叫散射损耗。超声波频率越高，散射损耗就越大。如图 1-4 所示。

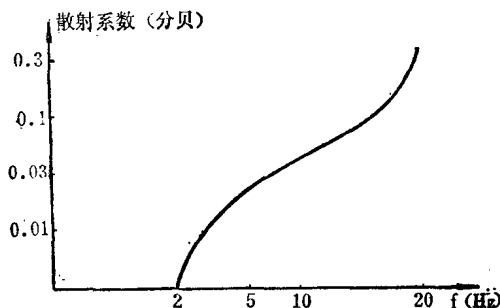


图 1-4

(三)反射和绕射

声波传送到海底就会产生反射，不同的海底地质的反射率是不一样的。如表1-3所示，反射率与声波频率也有关系。

表1-3

底 质	发 射 频 率 (kHz)	反 射 率 (%)
泥	9	27
	14.5	29
砂	9	32
	14.5	42
岩 石	9	63
	14.5	63
	30	42

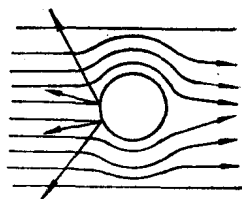


图 1-5

当声波波长与水中障碍物的大小差不多或比障碍物还大时，就会绕过障碍物继续传播，叫绕射，如图 1-5 所示。由于超声波频率高，波长短，在水中传播时遇到气泡群、鱼群等就不会产生绕射，而产生反射，容易被误认为水深信号。

由于考虑了声波衰减、反射、功率以及其它工艺上的要求，目前常用的回声测深仪选用 $20\sim 60\text{ kHz}$ 频率的超声波来进行深度的测量。

1.2 回声测深仪基本原理

回声测深仪原理如图 1-6 所示，在船底安装有发射超声波的发射换能器 A 和接收超声波的接收换能器 B ， AB 间距为 S ，称为基线。发射换能器 A 以间歇形式向海底发射超声波，声波到达海底后，一部分能量被吸收；一部分能量反射回来，被接收换能器 B 接收变成电信号，用来显示水深。由上图可知：

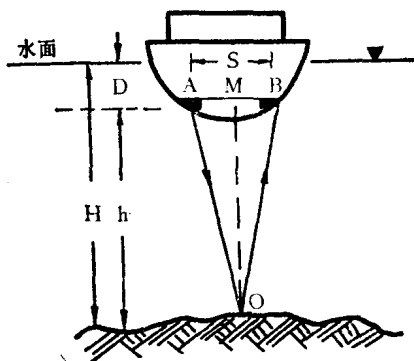


图 1-6

$$\begin{aligned}
 H &= D + h \\
 &= D + \sqrt{AO^2 - AM^2} \\
 &= D + \sqrt{\left(\frac{ct}{2}\right)^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2}
 \end{aligned}$$

式中 H 为水深, D 为吃水, t 为声波从发射至接收的往返时间。若取 $c = 1500 \text{ m/s}$, 并忽略 $s/2$, 则

$$h = \frac{1}{2} ct = 750t$$

于是上述公式便得:

$$H = D + 750t$$

在该公式中, 只要测得 t 就可以得出水深了。

1.3 回声测深仪的基本部件及作用

一般回声测深仪包括下列六个部分, 如图 1-7 所示。它们的作用如下:

(一) 电源设备

一般用变流机或变压器将船电转换成测深仪的专用电源, 变流机往往带有调速装置以获取稳定的电压。电源一般通过电源开关和显示器, 然后送到其它各个

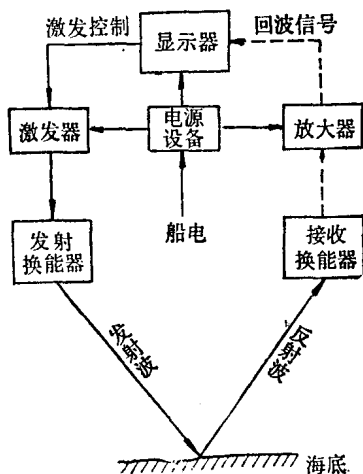


图 1-7

部分。

(二) 显 示 器

显示器是测深仪最重要的部件，装有深度的指示或记录机构，发射控制机构，控制整个仪器工作状态的调整旋钮、开关及指示表等，内部还装报警器和误差调节装置等。

(三) 激发器 (或叫推动器)

激发器是回声测深仪的发射系统，其作用是将显示器的发射指令变为一个具有一定脉冲宽度、频率和输出功率的电振荡脉冲，用来推动发射换能器。

(四) 发射换能器和接收换能器

发射换能器将激发器送来的电振荡脉冲变成一个向水中发射的超声波；接收换能器将海底反射回来的超声波转换为电振荡信号。

(五) 放 大 器

将接收换能器送来的电信号加以放大、处理，然后送到显示器去。

1.4 主要技术数据

船用回声测深仪的性能，通常是以下列主要技术指标来衡量的：

(一)最大测量深度 (m)

最大测量深度是表示测深仪所能测得的最大深度。远洋船舶使用的测深仪，其最大测量深度在 200~400m，海洋测量船最大测量深度可达 2000m，沿海和内河船的测深仪最大测量深度设计在 100 m 以内。最大测量深度取决于测深仪的发射功率，功率越大，最大测量深度越深。另外最大测量深度取决于发射脉冲的周期，其计算公式如下：

$$h_{\text{最大}} = 750T$$

式中 $h_{\text{最大}}$ 为最大测量深度， T 为脉冲重复周期。如图 1-8 所示，当回波接收时间 t 大于 T 时，测深仪上显示的水深是混乱的、不正确的。

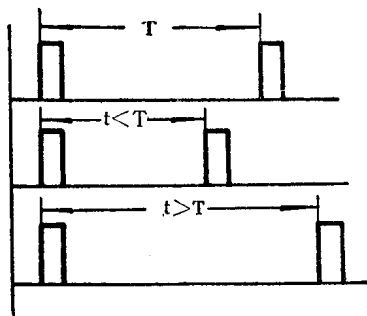


图 1-8

(二)最小测量深度 (m)

最小测量深度是表示测深仪所能测量并显示的最小深度。一般测深仪的最小测量深度在数 10cm~1m 之间。最小测量深度取决于发射脉冲宽度，其计算公式如下：

$$h_{\text{最小}} = 750\tau$$

式中 $h_{\text{最小}}$ 为最小测量深度， τ 为脉冲宽度。如图 1-9 所示，当 $t \leq \tau$ 时，测深仪无法分辨出发出脉冲和接收脉冲，不能显示测量深度。