

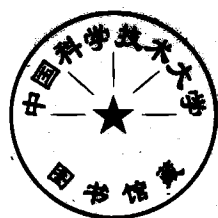
超声波探魚技术

陈仁豪 繆聖賜 編

科学技術出版社

超 声 波 探 魚 技 術

陈 仁 豪 繆 聖 賜 編



科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

超声波魚群探測机是一种自动探測海中魚群、測量海水深度、探測海中情况……等的仪器,它是应用超声波的作用原理制成的。

本書貫徹了理論与实际相結合的方針,有系統地介紹超声波魚群探測机的应用、結構与安裝;声波傳播的概念;声波在水中垂直、水平傳播的特性与測量方法;現用各种类型魚探机的結構、使用、保养、調整、檢修等;魚群及其他記錄形象的判別;如何測驗魚探机的性能等等。

本書可供海軍、水產、航务、水利等院校作为教材或參考書;又可供水產企業單位从事漁撈生產者、水產研究機構从事海洋漁場調查工作者、航海駕駛者、水利工作者、水道測量工作人員,打撈沉船機構以及電仪工作者參考。

超 声 波 探 魚 技 術

編 者 陈仁豪 經聖賜

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海南京西路 2004 号)

上海市書刊出版業營業許可証出 079 号

上海市印刷五厂印刷 新華書店上海發行所总經售

統一書号: 15119·779

开本 850×1168 1/32·印張 7·字數 171,000

1958 年 8 月第 1 版

1958 年 8 月第 1 次印刷·印數 1—1,000

定价: (10) 1.20 元

序

超声波魚群探測机(簡称超声魚探机)脱胎于回声測深仪,是在近年來才發展起來的航海漁撈仪器。它和声学、無綫电学等都有密切的关系。它的主要用途是随时自动探測海中魚群,是漁撈生產者的一个有利工具,如果用超声魚探机來測量海中的情况,亦能得到优良的效果,因此,它的用途是非常廣泛的。

第二次世界大战后,世界各國开始了魚探机的試制,到1949年才正式被应用在漁業生產上,并得到蓬勃的發展。1954年我國开始在漁輪上装备使用超声魚探机。由于它的效果良好,超声魚探机的应用也日益普及。但是,关于專門討論超声魚探机的書籍,还很少見到。因此,为了使超声魚探机的使用者提高使用、安裝、檢修等技術,俾使魚探机更能發揮最大效果,而進一步使我國亦能自制起見,于是在1956年底就想根据这二年來的实际工作經驗和参考一些國外資料,編寫一本关于超声波魚群探測机的書籍。1957年初水產部假座上海水產学院召集全國各地水產院校和各水產企業的魚群探測机負責者,开办了一次魚群探測机短期學習班。經過这次歷时一个半月的學習后,對我們說來是有了更大的啓發,从而丰富了寫作內容。

由于超声魚探机對我們來說还是一門較新的技術,所以本書所用名詞,可能有許多是不適當的。有关超声魚探机的參考資料又少,同时又限于我們寫作能力、实际工作經驗和理論水平。因此,在書中不免有遺漏和錯誤之处,尙望讀者指正幸。

陈仁豪 繆聖賜 1957年10月于上海

目 錄

序

第一章 緒論..... 1

1-1. 超声波回声测深..... 1

1-2. 超声魚探机在漁撈生產上的地位和用途..... 3

第二章 魚探机在漁業上的应用..... 5

2-1. 探测水深..... 5

2-2. 探测海底情况..... 6

2-3. 探测海中曳行網具情况..... 9

2-4. 探测魚群..... 11

第三章 魚探机的結構..... 16

3-1. 結構簡介..... 16

3-2. 發振器..... 17

3-3. 放大器..... 22

3-4. 記錄指示器..... 28

3-5. 电源設備..... 41

第四章 送受波器..... 45

4-1. 压电型的晶体送受波器..... 45

4-2. 压电型的罗氏鹽送受波器..... 45

4-3. 电伸縮型的鈦酸鋇送受波器..... 46

4-4. 磁伸縮型送受波器..... 46

4-5. 送受波器的輸出能量..... 56

4-6. 送波器指向性增益..... 58

4-7. 送受波器的組合..... 59

第五章 魚探机的安裝..... 61

5-1. 概述..... 61

5-2. 水中气泡对水中声波傳播的影响..... 61

5-3.	送受波器的安裝方法	63
5-4.	送受波器安裝注意事項	67
5-5.	送受波器安裝的研討	67
第六章	声波傳播的概念	74
6-1.	声波的干涉和繞射	74
6-2.	声波的折射和反射	75
6-3.	声波的直散射、吸收与曲散射	77
6-4.	声波傳播速度	80
6-5.	声波的船底透過	80
第七章	声波在水中垂直傳播与物体反射的关系	84
7-1.	概述	84
7-2.	海底的反射損失	87
7-3.	魚体的反射損失	95
7-4.	網片的反射損失	103
7-5.	平面分布的魚群体反射損失	111
7-6.	平面分布的魚群与網片反射損失理論的研討	115
7-7.	魚群及網片立体分布的反射情况	118
第八章	声波在水中的水平傳播	121
8-1.	直射波及反射波	121
8-2.	水平傳播的不規則現象	122
8-3.	頻率与衰减的关系	125
8-4.	其他	128
第九章	魚探机的实际使用	131
9-1.	記錄判断	131
9-2.	圓弧式記錄映象判断	155
9-3.	使用底層魚群判別器記錄判断	156
9-4.	直視式魚探机映象看法	157
9-5.	偵察魚类行动的記錄	159
9-6.	記錄的相互关系	163
9-7.	記錄紙上的故障記錄判断	172
9-8.	記錄資料的整理和保存	178
9-9.	估計魚群的大小	179
第十章	魚探机的性能測定	182

10-1.	送受波器的测量(磁伸缩型).....	182
10-2.	放大器放大效能的测量.....	186
10-3.	航行衰减及航行杂声的测定.....	188
10-4.	其他.....	190
第十一章	各类型鱼探机的介绍.....	196
11-1.	SF-202 型鱼探机.....	196
11-2.	NMD-211 型鱼探机.....	202
11-3.	H 型鱼探机.....	205
11-4.	S-208 T 型鱼探机.....	207

第一章 緒 論

超声波魚群探测机(以后简称超声魚探机)是近代电子助航、助漁設備之一。它的結構原理基本上与超声測深仪相同。但是,为了適應和滿足漁業生產上的要求,而在測深仪原有的基礎上進一步作若干机件之改進,所以它的本身仍保持有超声測深仪的全部特性、

超声魚探机是近十年來在超声測深仪的基礎上發展起來的一門新的科学。它和声学、电工学、电子学、机械学、力学、結晶学、化工学等等有着密切的关系。由于它对提高漁業生產及航海安全起了很大的作用,所以近年來各國漁業界都已普遍采用。

1-1. 超声波回声測深

各种無線电机件在空气中是利用电波作傳播的,但是海水是良導體,所以在水中就不能利用电波來傳播,代替电波的惟有声波。

声波的發生,是由于一个物体的振动,推动了附近的气体、液体或固体(它們称为介質),而發生了一串疏密相間的波动所產生的。这种波动从空气中傳到人們的耳膜里,人就感觉到有声音。人們所感受声音声調的高低,是由声源每秒振动的次数來決定(每秒鐘內的振动次数称为頻率,其單位为周/秒)。高的声調每秒振动的次数多,頻率即高。低的声調每秒振动的次数少,頻率即低。若声波的頻率在 20~16,000 周/秒以內,是人們耳朵所能听到的声音;若声波的頻率在 16,000 周/秒以上时,就不是人們耳朵所能听到的声音了。这种听不見的声音,我們称它为超声波。

我們知道在空气中若在两塊高牆或两座山谷之間發出声音时,就会听到有回声的反应。声波在水中也能產生这种現象,超声魚探机就是利用这个原理來工作的。但是,听得見的声波是向四面八方傳播的,即使向一个方向發射,仍旧向四面散开傳播,無法知道回声是从那里反射回來的(圖 1-1 所示),所以不能進行水深之測量。而听不見的声波(超声波)却有向一定方向傳播的特性。好象探照灯發出的光束那样,只在一个嚴格規定的方向傳播(圖 1-2 所示),所以能進行水深之測量。

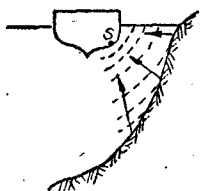


圖 1-1. 無方向性的回声。

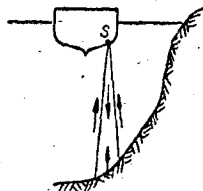


圖 1-2. 有指向性的声波与反射。

利用了超声波这个特性,只要在船底裝一个發音体發射超声波,等声波反射回來,即可根据声波在水中傳播的速度(水中声波傳播的速度每秒为 1500 公尺),和声波自發射到反射回來的这一段时间,將水深計算出。若水中有魚群存在时,也可知道其棲息水深(圖 1-3)。

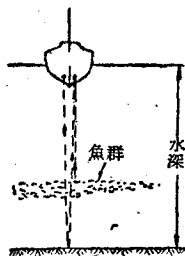


圖 1-3.

【例】 今知声波自發射到反射回來經過的时间为 1 秒鐘。便可根据:

$h(\text{水深}) = c(\text{声速}) \times t(\text{時間})$ 的公式計算。計算法如下:

水深 = $1500 \times 1 \times \frac{1}{2}$ (因声波在水中往復一次) = 750 公尺。若声波自發射到反射

回來的時間为十分之一秒时,水深即为

$$1500 \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{2} = 75 \text{ 公尺。}$$

超声波除了有上述的特性外,它还有一个特性就是頻率比普

通的声波高,能隔絕船舶主机的振动音和海浪的騒音等等,这样才能使受波器接受反射較弱的魚群反射信号。加之超声波的反射特性,若遇到坚硬的物体(如海底),其反射信号强;若遇到軟弱的物体(如魚群),其反射信号弱。由于这一强一弱的反射信号,才能使我們在記錄器上將魚群和海底区别出來。

1-2. 超声魚探机在漁撈生產上的地位和用途

我國海岸綫很長,漁場面積很大,占世界漁場面積三分之一,且魚產丰富,無論沿岸、沿海、近海都適合从事漁撈生產。然而,漁撈生產的对象,是棲息在水中而人們肉眼所看不到的魚类。这些魚类又是受着自然环境的支配和本身生理的变化,經常变换着它們的棲息場所、洄游綫路等等,致使漁撈生產成为一种受着自然环境支配的不穩定的生產事業。

为了發展海洋捕撈事業,提高漁獲產量以及使这个不穩定性的生產事業走向穩定和合理的生產軌道上去,就必需要依賴科学技術,科学仪器來排除这条軌道上的障碍,也就是第一要加强漁船的机械动力設備;第二是研究改良漁具和漁法;第三是保护資源,开辟新漁場;第四是研究最簡易而最迅速發現魚群的技術。

近年來,虽然在漁撈設備上進行了不少改革和增添新設備,如漁船的机械动力化;漁船的無線电化;漁具漁法的改良等等;并且还進行了一系列的漁場調查、魚类行动研究等等。但是,与使漁撈生產走向穩定性有着密切关系的,关于魚类資源的保护和開發,以及最簡易而最迅速發現魚群的技術等等問題,迟迟未能解决,尤其是最易發現魚群的技術。

如今这个最易、最快發現魚群的技術,已可由超声魚探机來勝任。自第二次世界大战后,各國的漁船都先后装备了超声魚探机去捕魚,并獲得了很大的效果。我國的漁船也在1953年装备了超声魚探机使用,对漁撈生產起了很大的作用。因此,超声魚探机在

漁撈生產上的地位,不只是电子助漁設備之一,而是近代漁業不可缺少的最主要的捕魚工具。

超声魚探机的应用範圍很廣,不只是限于測量水深、探測魚群同时还能探測海底地形、海中曳行網具的形狀以及幫助我們識別海底底質、沉船、暗礁等等。为了進一步開發海中的宝藏——魚类資源,今后还可应用超声魚探机去偵察魚群、开辟新漁場。現在在苏联的魚業偵察船上已应用垂直和水平的超声魚探机去偵察魚群和搜尋漁場,同时結合海洋自然环境条件研究魚类的行动及其習性。所以超声魚探机对今后水產科学的研究也有着很大作用。

除了漁撈生產外,超声魚探机是打撈沉船工作者尋找海中沉船的一个有力工具;又是水利工程人員測量水道、河床、海底地形不可缺少的精密測量仪器。

第二章 魚探机在漁業上的应用

2-1. 探測水深

超声波魚探机結構的基本原理和超声波回声測深仪相同,但为了能探測到反射較弱的魚群,所以在使用頻率,測深範圍、記錄方式、放大器的灵敏度以及其選擇性,送受波器的安裝方式等等的要求上,比回声測深仪为高。

魚探机的測深原理:是根据声波在水中傳播的速度和声波自發射到反射回來所經的時間,將水深計算出來的。今假定自船底發出的超声波經十分之一秒后反射回到船底,那末所測水深为 $1500 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{10} = 75$ 公尺(計算法見第一章)。這便說明:根据声速和知道声波自發射到反射回來所經的時間,就可將水深計算出來。但是在使用魚探机时,实际用不着这样來計算,可从机上作好的水深比例标尺上將水深直接讀出。

讀取水深时应注意:因为發射和接收超声波的送受波器,一般都是安裝在船底下的,所以应將所讀得的水深加上船的吃水或自沒入水中送受波器輻射面到水面的一段距离,才是真正的水深(圖 2-1)。

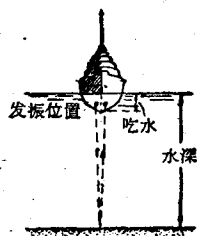


圖 2-1. 探測水深。

船舶在進出港口或在較複雜的航道上航行时,最怕擱淺或碰撞到暗礁,所以这时为了航行的安全,就得随时探測水深,尤其是遇到惡劣气候时,更要勤測水深。在漁撈作業上因为各种魚类的棲息水深是不同的,網具(指底曳網網具)在水中的輕重(沉浮力之配备)、曳網的長度以及網具(指圍網或刺網)的高度都是根据水深來决定的。因此探測水深的工作在航海和漁

撈作業上都是極為重要的。

过去测量水深的办法,是将一个重錘縛在一条做有水跡記号的繩子上垂入水中,从繩子的水跡标志上就可知道水深的多少。这样做有几点缺点:(1)水流使繩子弯曲,所测水深不准确;(2)船在航行时或遇到大風浪时就無法测量;(3)测量一次费时费力很多。同时用此方法測深只能“点测”,就是說在相当範圍内选几点來测量,所以往往忽略了暗礁。現在应用了魚探机來測深,克服了过去的許多缺点,从“点测”改進为“綫测”,同时無論在任何恶劣的气候下只要一开动魚探机,便能自动連續的將水深記錄在記錄紙上,既省时、省力又准确。有时船舶在海洋中因遇到恶劣气候(如下霧)而迷失方向时,也可应用魚探机在附近环行一周測深,將記錄的水深变化情况和海圖上的水深对照,也能判断出船位的所在地。所以应用了魚探机,不僅在漁撈作業上得到許多方便,同时使船舶的安全航行也得到很大的保障。圖 2-2 是某港航道的水深記錄。

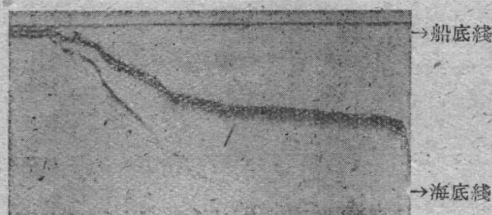


圖 2-2. 連續測深記錄。

2-2. 探測海底情况

海底的情况并不如我們想象的那样如意。在某些漁場中,地形非常复雜,有傾斜、突起、窟洞、暗礁、沉船等等。底質也各有不同,有爛泥、硬泥、沙礫、岩山等等。虽然根据海圖上的水深、沉船、暗礁等的記号,也概略曉得海底的一些情况、但是总不如用魚探机來探測的那样迅速、明瞭、准确地了解海底的一切情况。

(1) 探测海底形状

由于自船底送波器發射的超声波是从海底地形表面反射的，所以当連續測深时，便能从記錄紙上一目瞭然看出海底的形状（圖 2-3）。

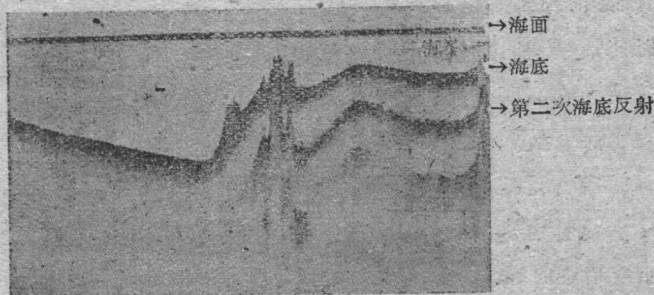


圖 2-3. 海底地形記錄。

从送波器發射的超声波是成圓錐形狀在某一定角度範圍內分布發射出去，同时所發射的声波又是透过海底某一路程而反射回來的。所以記錄上出現的海底反射不是以綫条表現，而是以某幅度表現（圖 2-4 a）。該幅度的大小随声波的指向角、頻率以及海底底質的不同而异。因此，对于傾斜的海底測深时，記錄上出現的海底傾斜与实际的海底傾斜是有些差异的（圖 2-4 b），請加以注意。

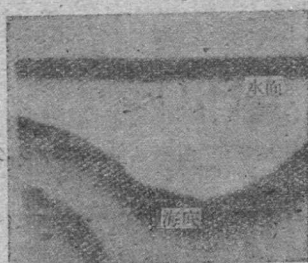


圖 2-4-a. 海底地形記錄。

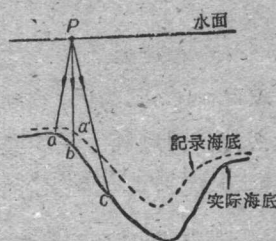


圖 2-4-b.

圖 2-4 b 的 P 为测定点， P_b 为船垂直下的水深，但因發射的超声波有一定指向角的关系，所以被記錄的水深不是 P_b ，而是 P_a （受波器与海底最短的距离），因此記錄的陡度与实际陡度是有些差

异的。若航速越快記錄的海底也越陡，因为記錄器傳送記錄紙的速度是一定的，当船速越快时，記錄上的船航距离也縮得越小，結果記錄出現的海底陡度也就比实际海底的陡度大。据一般的經驗說：当在陡度的海底由淺向深处測时，記錄陡度比較緩慢；若由深向淺处測时，記錄陡度比較大。除了精密測量海底地形或水深为目的以外，一般都以記錄上所出現的海底陡度为依据。

在平坦的海底測深，因声波的反射損失少，所以記錄的水深与实际的水深一致。

(2) 探測沉船

由于發射的超声波是从海底表面反射的，所以若当海底表面有沉船或暗礁时，都能反映在超声魚探机的記錄上。如圖 2-5 所示，是沉船的記錄。探測沉船的方法：是根据船沉的位置，当到达該位置时即進行周圍探測，从記錄上根据反射体的特性將沉船辨別出來。如何从記錄上辨別沉船，在第九章內敘述。



圖 2-5. 沉船記錄。

(3) 探測海底底質

魚探机除了能幫助我們了解海底地形、沉船、暗礁等情況外，還能幫助我們識別海底的底質是泥或是沙或是岩石。因为超声波的反射特性：若遇到如岩石那样坚硬的海底底質时，它的反射最好，記錄上出現的海底綫条鮮明而細，而且色澤較濃；若遇到如泥或沙那样軟柔的海底底質时，超声波是透过海底某一路程然后反射的，所以它的反射差，記錄上出現的海底綫条粗而且色澤黯淡。

至于如何來从記錄上識別沉船、暗礁、各种底質，在第九章記錄判斷項內再作詳細介紹。

从事底曳網捕撈工作者,对海底情况詳細了介之后放網,才不致使海中曳行的網具因拖到障碍物而造成損失。同时对海圖上一切遺漏和錯誤的記載都能及时补充和糾正,使航海和漁撈作業更有保障。此外还能帮助打撈沉船工作者去探索海底的沉船从事打撈;帮助海洋、漁場研究工作者調查海底的情况与魚类的关系。

2-3. 探測海中曳行網具情况

網具在海中拖曳的形狀,網口的擴張程度是否正常与漁獲量有着密切的关系。虽然曾有过水槽的模型網具試驗(將小型模型網具固定在水槽內施以不同速度的流水來觀察網具在水中的情况),也有过潜水員的实际潜水观察網具在海中曳行的情况(因網具在海底拖曳时刮起許多泥漿,使潜水員不容易看清楚網具的形狀),但是由于要進行上述的試驗或观察,技術要求很高,加以工序又很複雜,所以不能經常進行。使提供有关这方面的参考資料甚少。

現在利用了魚探机,便能以很簡便的方法探測到海中曳行網具的情况,如探測到“不同水層拖網”(中層網)在水層的位置(圖 2-6);拖曳中網口的垂直擴張程度(圖 2-7)。这些資料对研究網具在水中实际工作的情况和設計網具以及改進網具有一定的帮助。

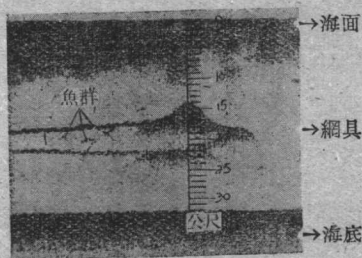


圖 2-6. 不同水層拖網在海中曳行的情况的記錄。

探測拖曳中網具情况的方法,是随着各种类型漁輪而不同。主要的是探測船一定要駛到該漁輪拖曳網具的水面上才能進行。

探测。

(1) 舷拖漁輪拖曳網具的探测方法

舷拖漁輪是單船在船舷边拖曳網具作業的漁輪，如圖 2-7 所示甲船便是，乙船为探测船。探测的方法如下：当乙船到达 A 点之前，即以慢速（因慢速时映象的反映清晰）对准甲船的右舷（因舷拖漁輪的網具是在右舷拖曳）行駛，并开动魚探机；当乙船駛到甲船拖曳網具的上方水面时，記錄器上便会將網具的形象記錄出來；乙船到 B 点时，網具的探测便完畢，即行停車，并在 B 点等待，仍繼續开动魚探机，当甲船拖曳的網具到达乙船的下方时，便能獲得第二次記錄。这时应注意：乙船的船向应要保持在甲船的右舷。圖 2-8 的網具形象記錄，就是从第二次獲得的記錄。

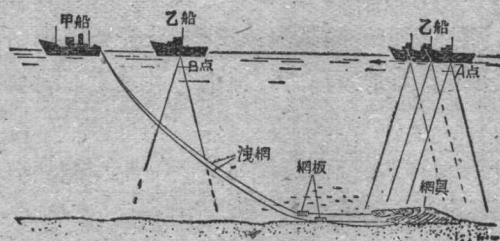


圖 2-7. 探测舷拖漁輪拖曳網具的情况。

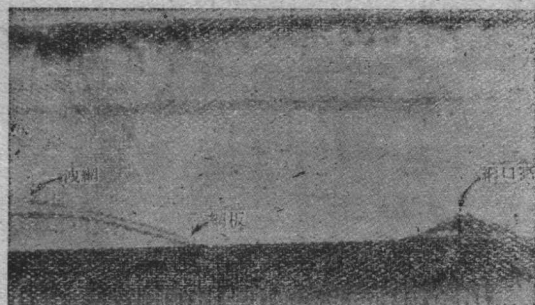


圖 2-8. 舷拖網具形象記錄。

(2) 尾拖漁輪拖曳網具的探测方法

由于尾拖漁輪拖曳的網具是在船尾，所以探测船一定要对准