

回声测深仪的使用与维修

Huisheng Ceshenyi de Shiyong yu Weixiu

徐 耀 林 编 著
郭 沅

人 民 交 通 出 版 社

前 言

正确的操作使用和良好的维修保养回声测深仪，是提高仪器完好率的重要手段。在实际使用中，往往发生临时性的运行故障，应迅速排除，以保证仪器的正常运行。同时，随着使用时间的延长，仪器的技术状况将逐渐下降，或因其他原因使测深仪产生损伤性的故障，则需要进行修理和调整，恢复其原有功能。

本书根据多年从事测深仪维修和生产的心得，从我国的实际情况出发，以实用为主，以内河航运、航道测量部门的技术人员和技术工人为主要对象，适当照顾具有一定理论和维修经验的同志。对于目前一般书刊中容易找到的资料和基础理论知识，原则上不列入。为了说明问题和叙述的系统性和科学性，而必须列入的，也尽量从简，以减少篇幅。本书着重就测深仪的原理、结构、组成、特点、安装、使用、检查和校正，进行了系统的分析和介绍。对各种型号的测深仪在使用中发生的故障和实际维修部分，结合自己的实践经验，简化归纳，上升到理论，这样使读者便于记忆也便于应用。

全书共分六章。第一章主要介绍了水深测量和回声测深仪的基本原理。第二章重点叙述了发射器、接收放大器、换能器和电机种类及稳速装置。第三章扼要叙述了仪器的安装方法、操作要领、比测目的和调整的方法及其重要性。第四章较详细地阐明了仪器常见故障现象、分类和排除故障的方法及应急修理所需采取的措施。第五章选择有代表性的，目前内河、湖泊、港湾和近海等需用的测深仪加以介绍。第六章比较全面地论述了误差种类、产生误差的原因，其理论根据和部分公式的推导与演算。各章节都有相对的独立性，读者可根据需要，予以选读。

本书的写作只能说是一个尝试，由于水平有限，谬误之处，恳请读者批评指正。

本书写作过程中，曾得到了长江航道局钱藻彦、王木梁同志的大力支持，并提出了很多积极的建议；同时得到了长航局南京航标厂夏瑞良、杨连栋、刘民等同志的帮助，也得到了南京工学院、南京航务工程专科学校、铁道部铁建所、交通部上海船舶研究所、南京水利科学研究所、长办南京河床实验站、广州航道局、六六一工程指挥部、南京航道区和其他一些单位同志们热情协助，本书经上海海运学院蔡美昂副教授进行了全面审阅和悉意修改，作者谨向他们表示深切的谢意。

作 者

1985年2月于南京

回声测深仪的使用与维修

徐耀林 编著
郭 沅

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_{1/32} 印张: 12.25 插页: 3 字 数: 273千

1986年4月 第1版

1986年4月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—850册 定价: 3.05 元

内 容 提 要

本书系根据作者从事测深仪设计、生产和维修的实践经验，从我国实际情况出发，以实用为主而编写的。本书对回声测深仪的工作原理、结构特点、使用与维修、误差及其消除方法诸方面，作了较全面的系统的论述，并就我国内河、湖泊、港湾和近海常用的测深仪机种加以重点介绍。

本书可供从事回声测深仪生产、使用与维修的工程技术人员和工人，以及有关院校船舶驾驶与航道水利测量专业的师生参考。

目 录

第一章 概述	1
第一节 水深测量和回声测深仪	1
第二节 回声测深仪的基本原理	2
第三节 时基概念和形式	4
第二章 回声测深仪的构成和其工作原理	9
第一节 回声测深仪的构成和其相互关系	9
第二节 发射器和激发装置	9
第三节 接收放大器	15
第四节 换能器	16
第五节 记录器或显示器	25
第六节 电动机和种类	30
第七节 电动机的调速原理	33
第八节 稳速电动机和调速器	34
第九节 供电装置	36
第十节 关于铅蓄电池的使用与一般保养	39
第十一节 其他装置	40
第十二节 测深仪转速测量和换档记号的标志线法	44
第三章 回声测深仪的安装、使用、检查和校正	50
第一节 回声测深仪的安装	50
第二节 测深仪使用前的检查	53
第三节 测深仪的比测	54
第四节 测深仪的调整和校正	55
第五节 测深仪的操作	57
第四章 回声测深仪的检修和保养	59
第一节 回声测深仪常见故障分类和相应的故障现象	59
第二节 测深仪故障部位的检查和判断	66
第三节 测深仪故障的修理方法和需要的仪表、工具	79
第四节 测深仪几种应急的修理方法	87
第五节 测深仪的保养	91
第五章 几种常用的回声测深仪	95
第一节 CH-2 型电子管测深仪	95
第二节 MS-26 型电子管测深仪	114
第三节 NH1、NH2 型晶体管测深仪	123
第四节 JQC50-2 型晶体管测深仪	129

第五节	PS-10E 型晶体管测深仪	132
第六节	DE-719 型晶体管测深仪	134
第七节	MS-48 型回声测深仪	145
第八节	CS-1 型数字显示式测深仪	154
第九节	SZS-3 型数字显示式测深仪	163
第十节	ED-162 型回声测深仪	177
第六章	回声测深仪的误差和消除或减小误差的方法	180
第一节	转速误差 (ΔH_1)	180
第二节	信号波形误差 (ΔH_2)	182
第三节	记录半径误差 (ΔH_3)	183
第四节	河床形状的复杂所带来的测量误差 (ΔH_4)	185
第五节	读数误差 (ΔH_5)	186
第六节	测艇摇摆误差 (ΔH_6)	187
第七节	河床底质造成的误差 (ΔH_7)	187

第一章 概 述

第一节 水深测量和回声测深仪

水深测量简称测深。它是用一定的工具（如测竿、水拓或仪器）测量从水面至河底的垂直深度。

现代用于导航、航道测量、水工测量等的测深工具，主要是回声测深仪。其特点是不受气候、时间等限制，测量速度快，并可连续工作。记录式测深仪还可以长期保留测深原始资料，这对于航道和水利工程测量，用途就更大了。

各种舰艇、远洋船舶、沿海和内河各类船舶，都根据各自不同要求，选择不同类型和规格的测深仪。

解放前，我国使用的测深仪都是国外进口的，甚至连简单的修理和元件更换，也要依赖外国人。解放后，随着我国电子工业的发展，在五十年代初期，就生产出了我国自己的电子管回声测深仪；六十年代，又研制成功了晶体管测深仪。七十年代以来，我国生产测深仪的工厂有了更大的发展，型号、规格都有所增加，由浅水测深仪到万米深水测深仪，形成系列，新技术的应用日益普遍。

回声测深仪已有五十余年的历史。今天仍然是国内外进行水下测量的最基本的仪器。但在技术性能和使用方式上，却有了很大发展。例如，在使用方式上，从单线测深法（在船舶的航迹线上测出一条连续的水深线）发展为区带测深法。现在使用的回声测深仪，如国产的有CH-2型、JQC50-2型、NH-1.2型等；国外的有英国的M.S-26型、M.S-48型，美国的DE-719B型，日本的PS-10E型，联邦德国的DESO-10型、挪威的ED-162型等等。均用这种测法。所谓区带测深法，就是测艇所过之处，能同时测出多条平行的水深线，一次就可完成一个区带的测深。这种方式的测深仪是在测艇两舷各横向伸出一根可收放的长8~18m的浮杆，两杆成一直线，在这一直线上，包括船底部分，每隔一定间距（如0.5~2.1m）装有一个换能器，伸入水下面。有的测艇可装十个或二、三十个换能器。为了便于保存或供计算中心自动化制图，或直接输入本身所有的计算机去作处理，现代测深仪采用数字化技术，将水深以数字形式记录于磁带或磁带胶卷盒。

日本研制成功的彩色显示装置测深仪，已在七十年代末期用于生产和科研各方面。英国、挪威等国生产的能发警报的测深仪，可供船艇探测水下物体或鱼类所在的准确深度。如船走锚，或船航行到较浅（或较深）水域时，它能自动发出警报，告诉人们要及早采取有效措施，确保航行安全。这种测深仪的特点是，只要轻轻拨动一个开关，就可将这仪器变为监视装置。用于测量技术上的仪器，有联邦德国生产的BOMA-22型水底测绘记录仪系统。该测深系统包括：水深图记录器、换能器、处理机、荧光屏显示监控器、记录带凿孔机、横断面记录器、读出器、资料输入装置，以及其他附属设备的通用接口等。这种仪器在测深过程中，所有换能器下面的水深记录，可按需要仅记录小于或大于预先给定深度的测点，这对检查航道或水库水深和挖泥船施工时挖槽内的深度等，便可一目了然。在测深的过程中，每一个换能

器下的水深能在监视屏上以相互平行的竖直线显示出来，并可清楚地看到所测量的宽度范围内的河床横断面情况。如当水深小于某一预先给定数字时，在浅点所在的竖线上，就显示出有星形标记，同时，在监视屏右上角上立即显示出该浅点的深度数值。据称用此机组测出的区带水深成果图，甚至能将重载船舶驶过后水底被螺旋桨冲刷的沟槽都能清晰地反映出来。

如上所述，采用 BOMA-22 型水底测绘仪一类的新型测深设备来作区带测深，不仅可以减缩测深作业的时间，大大节约人力、物力、财力，而且还可以保证更高的测量精度，这是水深测量的一个大的转折。因测艇所过之处，在一定的宽度范围内，整个面积都可以测到，不会象单线法测深那样容易漏测两个断面之间的测点或重要的特殊点。七十年代末期，美国、加拿大等国家，利用回声测深仪的效能，扩展成能作高密度、宽幅度的快速测深。只要在测艇所经过规定的范围内，连小的礁石尖顶都可无遗漏地全部测出。这种仪器亦称为地貌仪。

由于测深仪从根本上摆脱了人力测深的繁重体力劳动，加之迅速可靠，精度高，工作效率高，所以它的用途，现在已经普及国防和民用建设事业的各个方面。

(一)在航运上，各种船舶在不熟悉的港口、航道航行和停泊时，应测知水深，以预计落潮时能否通过。同时在船舶抛锚前，根据所测得的水深，决定抛出锚链的长度。在视线恶劣，不能利用岸上目标导航时，可用测得的水深决定船位，以及在开辟新航区或在浅水区航行时，作导航之用。

(二)在航道测量上，进行航道维护，设置航行标志和疏浚挖泥时，可用测深仪确定航标的移动、维护点和疏浚工作量及其进度。

(三)在水工建筑和水利研究、工程方面，用来测量水下情况和河床演变情况。

(四)其他方面：如在大型油罐中，用它来测量油的存储量。

第二节 回声测深仪的基本原理

一、影响声波在水中传播速度的因素

声波是指频率在 $16 \sim 20000\text{Hz}$ 的弹性波。不同的物质、温度，传导声波的速度和能力是不同的。

声波在同一介质内传播的速度是均匀的，在不同的介质里传播（即声波从一种介质进入到另一种介质）时，声波就要产生反射、折射和相互干扰等现象。其反射、折射特性与介质密度有关，二种介质密度相差越大，反射波的声压就越大。

声波在水中传播的速度与水温、水的含盐量及水的含沙量等有关，经多次实验得出声速的一经验公式（见交通部《港口工程测量规范》）：

$$v = 1450 + 4.206t - 0.0366t^2 + 1.137(s - 35)$$

式中， v ——声速 (m/s)；

t ——水面下一米处的水温 ($^{\circ}\text{C}$)；

s ——含盐量 (‰)。

如长江中，含盐量 s 平均为 4‰，当水温为 10°C 时，其声速如下：

$$\begin{aligned} v &= 1450 + 4.21 \times 10 - 0.037 \times 10^2 + 1.14(0.004 - 35) \\ &= 1450 + 42.1 - 3.7 - 39.9 \end{aligned}$$

$$= 1448.5 \text{ m/s}$$

从计算中可知，长江中含盐量对声波传播影响极小（在珠江、黑龙江、湘江、汉水等内河也相似），所以在计算时，可以略去不计。但在海洋中则不可忽略。另外，含沙量对于声速的传播影响也很小，因此，在一般情况（除黄河外）下，含沙量也不予考虑。

为了使大家在实际使用中随时可以掌握和修正海水含盐量和温度对声速的影响，可根据图1-1和各种温度下的声速表（表1-1），按实际测量时的条件加以修正。

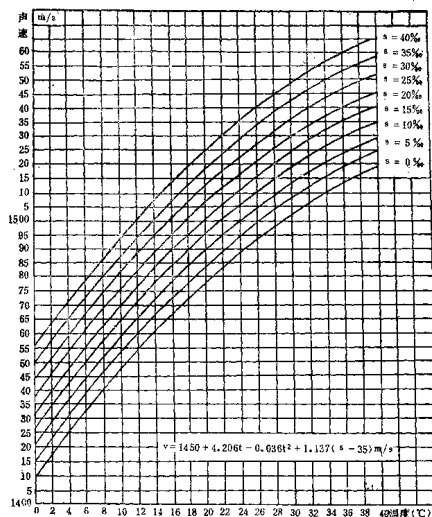


图1-1 海水的含盐度和温度对声速影响的曲线

各种温度下水的声速度

表1-1

温度 (°C)	速度 (m/s)	温度 (°C)	速度 (m/s)	温度 (°C)	速度 (m/s)	温度 (°C)	速度 (m/s)	温度 (°C)	速度 (m/s)
0	1414.74	25	1497.00	40	1529.18	65	1559.78	85	1553.25
4	1421.96	26	1499.64	45	1536.72	70	1556.12	90	1550.79
10	1447.69	27	1502.20	50	1542.87	74	1555.47	95	1547.50
15	1466.25	30	1509.44	55	1547.70	75	1555.45	100	1543.41
20	1482.66	35	1520.12	60	1551.30	80	1554.81		

二、超 声 波

人耳听觉的声波范围约为 $20 \sim 20\,000\text{Hz/s}$ ，低于或高于这个范围的声波，人耳就听不见了。因此把高于 $20\,000\text{Hz/s}$ 的声波称为超声波，把低于 20Hz/s 的声波称为次声波。

由于超声波具有波长短、频率高、传播途径趋于直线、损耗小、少受干扰、指向性好等特点，所以它广泛地应用于水声工程及水中测深方面。测深仪使用的超声波频率一般在 $150\,000 \sim 200\,000\text{Hz/s}$ 之间。由于在水中传播时随频率增高而增大能量损失，所以，一般在深水测深仪中，使用的频率较低，而测深精度较高的测深仪，使用的频率就较高。应根据不同的需要而采用不同的频率。除少数测深仪有特种用途而具有二种或二种以上工作频率外，一般的测深仪只有一种工作频率。

三、回声测深仪的基本原理

图1-2是回声测深仪的简要工作原理。由装在测量船的舷侧或船底的发射、接收换能器向水底垂直发射超声波脉冲，测定超声波从发射至水底反射回来所需的时间，求出水深。声波在水中传播速度 v 是匀速的，设计时一般以 1500米/秒 为标准声速。因此，只要测出发射与回声之间的时间间隔 t ，即可推算出水深 D 为：

$$2D = vt = 1500t \quad (\text{m})$$

或

$$D = 750t (\text{m})$$

加上换能器的入水深度(h)就是水面至水底的深度(H)。

$$H = 750t + h$$

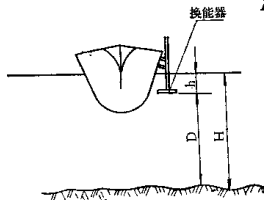


图1-2 回声测深仪工作原理

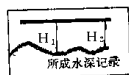
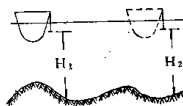


图1-3 水深轨迹示意图

从公式中看出，水深与时间成比例。对回声时间的测定，在藉助于由匀速移动的记录笔和记录纸组成的记录器或其他计时方式完成的。记录笔在没有接收电讯号时，它不作任何有迹线的记录，当它接收了与回声讯号相应的电讯号以后，由于电分解和放电作用，而将电讯号记录下来。每发射和接收一次，记录一个点，连续测深时，各记录点就连接为一条曲线，显示出随船艇的移动与垂直水深相对应水底凹凸情况，如图1-3所示的水深轨迹图。

第三节 时基概念和形式

当知道了声速及其在水中传播的时间，就知道传播的距离。由于声速在同一介质中是恒定的，所以测定时间间隔就是测定水深。归结起来，测深仪的测深就是测时，水深的记录就等于计时。

由于对水深测量的精度要求较高，在一般工程测量中，都要求读数精确到 0.1 米。例如声速是 1450 m/s 时，则计算精度就应该达到 $\frac{0.1}{1450} = \frac{1}{14500}$ s。要记录万分之一秒左右的时间，用一般的记录方法是难以完成的，必须采用特殊的计时装置和方法。测深仪中的记录器就是一种特殊的计时装置（它能自动记录超声波至接收到回声所经历的时间），是决定测深仪精度的关键。

测深仪的计时一般有下列四种方法。

一、圆周时基

它是以转动角度表示时间的。电动机通过机械传动装置，带动记录盘以恒速转动，圆盘上的一点所相应的一个特定位置的转动角度，即可表示出时间间隔，如图 1-4 所示。

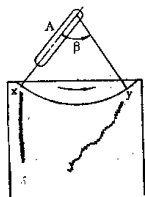


图1-4(a) 圆周时基记录

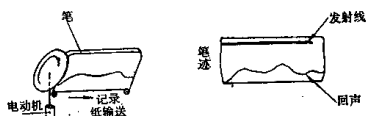


图1-4(b) 圆周时基记录示意图

图1-4 (a) 中，记录笔 A 在转盘轴心上作逆时针方向定速转动，每当记录笔转到 x 点时，由于机械的控制作用，同时接通了发声电路，向水下发出声波，因而 x 点一般称零点。记录笔由 x 点向右继续转动，转动角度 β 所对应的时间，就相当于一定的水深。若记录笔每分钟转速为已知，即可求出相当于每米深度的记录笔转动角度数。

设记录笔每分钟的转速为 n，则每分钟记录笔所转过的角度为 $n \times 360^\circ$ ，因此，每米深度的转角：

$$\alpha_m = \frac{2\pi \times 360^\circ}{v \times 60}$$

图中 xy 弧为记录笔在纸面上所能记录的有效弧长，β 角为记录的有效角度。显然，在 xy 弧上所能记录的深度：

$$H_\beta = \frac{\beta}{\alpha_m}$$

为了扩大记录纸的有效记录角度，在记录器里设有相位转换装置，当水深超过有效记录角度时，可以把 x 点向顺时针方向旋转一定的角度，以增大测深范围。利用这种变换相位方法，可以使整个圆周都得到利用。

例如，某一记录圆盘的转速每分钟为 900 转（即每秒钟为 15 转），每一转为 360° ，则每秒钟圆盘转动 $15 \times 360^\circ = 5400^\circ$ ，每转动 1° 就表示 $1/5400$ 秒，这样就能达到比较精确的计时了。

那么圆周时基又怎样表示水深的呢？如已知声速为 1500 m/s，如果水深为 15 m，则

$$t = \frac{2D}{v} = \frac{2 \times 15}{1500} = 0.02 \text{ (s)}$$

记录盘每秒转动 5400° ，则 0.02 秒就转动 108° ，如果以 0° 处作为水深“0”，那 108° 处就表示水深为 15 米。只要采用一种特别的圆弧比例尺，就可以直接度量出水深。

圆弧式记录方式的记录器是一种比较老式的、小型简易记录器。

目前国内外大多数使用的记录纸，其宽度一般都为 150mm，有效宽度为 130mm 左右。就测深量程这一点来说，理论上似乎可以任意取定，但对浅水测量，测深量程应以 10 米或 20 米为合适。声波在 10m 深的水中往返所需的时间 $t = \frac{2 \times 10}{1500} = 13.3 \text{ (ms)}$ 。为了使记录纸的 130mm 对应于水深 10m，记录笔的速度 v_b 为：

$$v_b = \frac{d}{t_d} = \frac{130}{13.3 \times 10^{-3}} = 9.79 \times 10^3 \text{ (mm/s)}$$

式中： d ——记录纸有效宽度 (mm)

t_d ——移动时间 (s)。

即每秒约 10m。因此，这种记录机构的设计是非常困难的，稍微有点变化就会产生因记录笔速度的变动而引起的记录误差，以及因记录笔在记录纸上不能以均匀的压力连续运动而引起断线记录或笔尖脱落、弯曲等故障。

圆周式记录器的优点是结构简单可靠、制造方便和稳性好。缺点是记录笔在记录纸上划出圆弧，记录会歪斜，得出的图案与水底实际情况不同，特别是从测量后的记录读出水深时，必须使用圆弧比例尺，很不方便。

二、直线时基

它是以记录笔的直线移动来表示时间的，如图 1-5(a) 所示。它的原理和圆周时基相同，不过把圆周运动中所经过的圆周路程用另加机械装置，改变成为直线运动，如图 1-5(b) 所示。

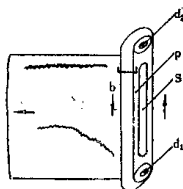


图 1-5(a) 直线时基记录图

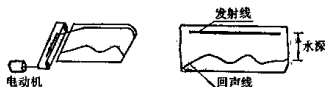


图 1-5(b) 直线时基记录示意图

在图 1-5(a) 中， d_1 、 d_2 为上、下皮带轮， S 为环带， b 为记录笔， P 为金属板， S 随皮带轮而转动。工作时，两个皮带轮上挂一条皮带，使装在皮带上的记录笔在记录纸上作直线等速运动。每当记录笔 b 转到 P 板顶端时，发声接触片受环带上端的撞拐（图中未绘出）压迫而接通发射电路，向水下发出声波。与此同时，由于 b 的右端与 P 板接触，而使放大器的输出电路接通， b 向下移动每单位长度所对应的时间即为所测量的一定水深。当 b 离开 P 板下端时，放大器输出断路，记录器停止记录。 P 板的长度，即为记录的有效长度。当深

轮的转速和它的半径已知时，可按下式求出相当于每米水深的长度

$$l_m = \frac{2\pi r n}{60v} \quad (\text{cm/m})$$

式中：\$r\$——滚轮半径 (cm)；

\$n\$——滚轮转速 (r/min)；

\$v\$——声波在水中传播的速度 (m/s)。

设每分钟走的带长为\$2\pi r \cdot n\$，每分钟声速传播的距离取其一半为：

$$\frac{1500}{2} \times 60 = 45000 \quad (\text{m})$$

当水深为1 m时，带所走的长度：

$$l_m = \frac{2\pi r \cdot n}{45000} = \frac{\pi r \cdot n}{22500} \quad (\text{cm/s})$$

当水深超过 \$P\$ 板长度所能记录的范围时，可利用电路控制，接通另一对发声接触片，使发声位置提前，以增加测深范围。但发声片增加过多是不方便的，一般仪器只有两对。因此，把皮带轮的转速设计为多种不同的转速，用变换皮带轮的转速的快慢来适应不同的水深测量。

直线时基记录式以直线运动画出记录图象，从而克服了圆周时基的缺点，并且记录装置的体积可以设计得小些，记录图象更为接近河底的实际形状，而易于观察。其不足之处，记录笔是以一定压力装在柔软皮带上的，作等速运动的记录笔当皮带轮高速转动时，往往很容易横摆和跳动，以致打滑。由于直线时基的记录装置结构比较复杂，因而在使用中和实地检查维修时，调整比较麻烦。目前国内外使用的直线时基的记录器中，这种记录方式的最测量程为20米。

为了更好地阐明皮带传动，我们在下面举例说明。

如图1-6所示，如皮带转动的速度为240转/分，上下两个皮带轮转轴之间的距离 \$l\$ 为25厘米，皮带轮的直径 \$d\$ 为8 cm，则皮带的总长度：

$$\begin{aligned} S &= 2l + \pi d \\ &= 2 \times 25 + 3.14 \times 8 \\ &= 50 + 25 \\ &= 75 \quad (\text{cm}) \end{aligned}$$

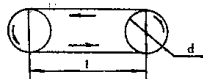


图1-6 皮带轮传动示意图

皮带上某一点在一秒钟内的直线移动距离为

$$\frac{240}{60} \times 75 = 300 \quad (\text{cm})$$

即移动1厘米表示 \$\frac{1}{300}\$。如标准声速为1500m/s，于是皮带上某一点移动1厘米，即表示声

波在水里传播了 \$\frac{1500}{300} = 5(\text{m})\$，则水深为2.5米。按照这样的比例，来刻制比例尺，即能用直线距离表示水深。

三、弯曲直线时基

如图1-7所示。即把圆周记录改为直线记录。它的记录笔是装在刚性圆板上作等速圆周

运动。为了达到直线记录的目的，把记录纸卷成与记录笔运动圆周相应的拱形，然后再把记录完的记录纸整平并卷起来（SD-1500、PS-10E 型等，就是采用这种方式）。使用这种记录纸时需特别注意整平。这种记录器在 150mm 宽的记录纸上可得到录浅量程为 10m 的水深记录。

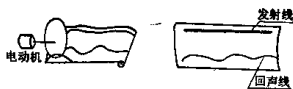


图1-7 弯曲直线时基记录示意图

四、声速模拟时基

以上圆周时基、直线时基和弯曲直线时基都需要采用电动机经过传动装置带动记录圆盘或皮带，而这三种计时方法均以恒速转动为前提。但事实上电动机的转速只能在一定程度上相对稳定，瞬时的转速误差还是较大的，因而使测深仪的测深瞬时误差较大。由于传动装置

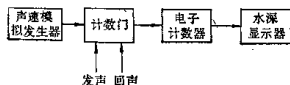


图1-8 声速模拟框图

也存在误差，尤其是皮带传动转速的误差较大，这些都造成测深误差。此外，采用电动机和传动装置必然增加耗电量，机械装置复杂容易产生故障多等。为了解决这些矛盾，计时方法有了进一步改进和提高，采用声速模拟计时方法，日益普遍。其工作过程，如图1-8所示。

声速模拟法革除了测深仪中的电动机和传动装置及水深比例尺等，使水深测量数字化，直观明了。其原理是声速模拟发生器（一种频率稳定的晶体振荡器），按照标准声速产生脉冲信号，如声速为 1500m/s，声速模拟发生器的振荡频率即为 75000Hz（即每秒钟输出 75000 个模拟信号），每一个输出脉冲信号相应于 1 厘米的水深。只要计算从发声到回声之间的脉冲信号个数，就能得出测量的水深。

声速模拟信号经过计数门输至计数器，计数门的打开和关闭，分别由发声和回声控制。发声开始时，自动打开计数门，回声到这时，自动关闭计数门。电子计数器对通过计数门的模拟信号进行自动计数。显然，计数值就是发声至回声之间经过计数门的信号数，即发、回声之间的间隔时间，也就是水深值。

如在发声至回声之间计数器计到 610 个信号，时间间隔为 $\frac{610}{75000}$ 秒，即表示 $\frac{610}{75000} \times$

$\frac{1500}{2} = 6.1(\text{m})$ ，并通过水深显示器把 6.1m 水深值显示出来。

测深仪的深度记录除了采用模拟记录器外，上海海运学院研制的“显示/记录全数字测深仪”实现了测深数字记录，这是测深仪记录装置方面的新的技术。测深数据采取直接数字打印，可省去模拟记录按比例尺度量深度的工序，减少度量所产生的误差或估读误差。较之闪光显示也可免除了读、抄水深所引进的人为差错。数字记录尚可节省大量测量工作的外业和内业的工作量，便于资料的整理和复审减少误差，提高制图效率，其经济效益是显著的。它将为水道测量提供更为良好的手段。

第二章 回声测深仪的构成 和其工作原理

第一节 回声测深仪的构成和其相互关系

各种类型的回声测深仪，虽然在选用元件、换能器的个数、时基方法、电路和内部结构各有不同。但是，它们的基本组成和各部分的关系，工作性质都有共同之处。

回声测深仪一般由六大部分组成。除发射和接收换能器外，有供给发射换能器脉冲电流的发射器和放大回声信号的放大器及指示水深的记录器或显示器，还有整个仪器的动力部分——电源设备。各组成部分的相互关系和工作过程如图2-1所示。

测深仪记录器中的激发装置控制发射器的工作，由发射器产生超声波电脉冲，再由发射换能器转换成超声频振动脉冲向水底发射。经水底反射回来的回波脉冲，被回波接收换能器接收，并转换成回波电脉冲，通过接收放大器放大后送给记录器或显示装置，根据发出和接收讯号之间的时间间隔，在记录纸或指示面板上表示出深度来。将这个数字与换能器入水深度相加，就是这时船所在位置的实际水深。

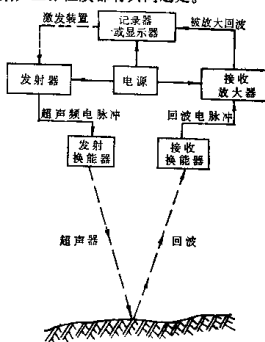


图2-1 测深仪组成和工作过程关系图

第二节 发射器和激发装置

测深仪通过发射换能器把短促的超声波振动脉冲向水底发射，一分钟内发射的次数是由测深仪的测深范围决定的。记录笔盘旋转一周发射一次，每次发射的时间（即发声宽度从几百微秒到0.1秒不等），也是由测深范围决定的。

用来产生超声频电脉冲的部分称为发射器。控制产生电脉冲次数和每次发射时间的装置称为激发装置，它是受记录器或显示器操纵的。

一、超声频电脉冲是如何产生的

1. 简单 LC 电路

由于每次电脉冲的激发时间很短（在转盘每转一圈激发一次），而间隔时间比较长，因此可以在间隔时间里把能量积蓄在电容器 C 里，当激发开关接通时，电容器迅速通过换能

器线圈放电，在电容器 C 和换能器线圈 L 组成的振荡电路里就产生振荡电流，它的振荡频率是由电容器 C 和线圈电感 L 决定的。即

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ (Hz)}$$

简单 LC 电路（图2-2）的工作过程：

（1）在激发间隔时间里，激发开关 K 未接通，由高压电源供给的直流电通过电阻 R 向电容器 C 充电，在 $2.3(R \cdot C)$ 的时间里，电容器 C 两端的电压就能达到高压电源的电压值，这时电容器里积蓄的电量为 $Q = C \cdot V$ 。

（2）当激发开关 K 受凸轮的控制而闭合时，电容器 C 通过发射换能器线圈迅速放电，把积蓄在电容器里的电能转移到发射换能器 L 里去， LC 电路里形成振荡电流，由于激发时间很短，所以产生的脉冲功率很大 $\left(\frac{C \cdot V^2}{2} \cdot \frac{1}{t}\right)$ ，振荡频率 f 为 $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ，如果换能器的共振频率与振荡频率 f 一致，换能器把超声频电脉冲转换成最大的超声波振动发射出去。

（3）当激发开关 K 受凸轮控制而重新断开， LC 电路停止振荡，高压直流电重新通过电阻 R 向电容器 C 充电，积蓄能量，等待下一次激发。

由以上所述的简单 LC 电路的工作过程，可以知道产生的超声频电脉冲的功率与电容量 C 和电压 V 有关。由于电容量 C 的大小还需要与发射换能器线圈 L 配合，使振荡频率 f 符合换能器的频率达到谐振，因此，采取提高电压 V 来增加发射功率。在采用简单 LC 电路的测深仪里，用来使电容器 C 充电的电压是很高的，一般都高于 300V，甚至达到 1000V 以上。

这种 LC 电路虽然简单，但也存在不少缺点，如直接由开关 K 接通来激发，在开关 K 的触点上流过很大的电流而产生较大的火花，触点容易烧蚀而造成接触不良；当触点接触产生很大火花时，将减小脉冲功率；另外，激发开关 K 的接通时间（即激发时间）不容易控制等。为了解决这些问题，在简单 LC 电路的基础上产生了放电管电路。

2. 放电管电路

用电子控制的放电管代替直接受凸轮控制的激发开关 K ，这种电路叫做放电管电路。这种发射器的工作稳定可靠。

放电管是一种充气三极管，或称为闸流管。在它的板极（阳极）和阴极间加以高压，板极为正，阴极为负。当放电管的栅极未加入控制讯号电压时，管内的气体没有电离，所以，板极、阴极间不导电，放电管处于断路状态。当栅极上加一个足够大的电压时，即诱使管内气体电离而呈现低阻状态，放电管导通，从而完成电子开关的作用。利用放电管的这种特性，只要用激发凸轮控制栅极信号的有无，便控制了电脉冲的产生。

放电管电路的工作过程如图2-3所示。

电路中 T_1 为高压整流电子管， T_2 为较高压整流管， T_3 为放电管。

（1）在激发间隔时间里，由 T_1 整流后得到的高压直流电通过 R_1 向电容器 C_1 充电，在 $2.3(R_1 \cdot C_1)$ 的时间里， C_1 两端的电压即能达到最大值；由 T_2 整流， C_2 滤波的较高电压加至电阻 R_3 、 R_2 和变压器初级线圈的串联电路，使电容器 C_2 两端电压经 $\left(\frac{R_3 R_1}{R_3 + R_2} \cdot C_1\right)$ 的时间，达到电阻 R_2 两端电压，为激发作好准备。

（2）当开关 K 受凸轮控制而闭合时，电容器 C_2 经变压器初级线圈放电，在变压器次级

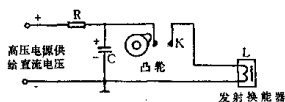


图2-2 简单 LC 电路

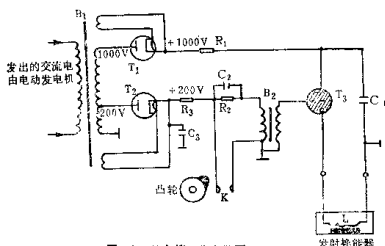


图2-3 放电管工作电路图

线圈感应出一个电压，此电压加在放电管 T_3 的栅极、阴极之间，诱使管内气体电离而使管子导通，电容器 C_1 通过放电管 T_3 和发射换能器线圈 L 迅速放电，把积蓄的电能转移至发射换能器线圈 L ， LC_1 电路形成振荡。由于放电管放电迅速，它产生很大的脉冲功率，并由发射换能器变换为超声波振动脉冲向水底发射。每次发射的时间，由 $C_2 R_2$ 和变压器初级线圈合成的时间常数所决定。

(3) 激发开关 K 受凸轮控制而断开时， C_2 放电结束。放电管 T_3 的栅极、阴极间的控制信号也去除，管内气体恢复常态，板极、阴极间又处于断路状态。此时，经 T_1 整流的高压重新向电容器 C_1 充电，经 T_2 整流的较低电压向 C_2 充电，为下一次激发作好准备。

由上述放电管电路的工作过程可以知道，只要较小的电压和电流控制栅极，就能使放电管气体电离而激发，因此，在开关 K 不会产生较大的火花，故能延长它的使用时间。另外，每次发射的时间，也不是由开关 K 的闭合时间来控制，而由电容器 C_2 及其它元件的时间常数决定，因此比较规则准确。M·S-26 型回声测深仪采用的就是放电管电路。

3. 继电器电路

如图2-4所示，电路中以继电器 J 代替放电管，这种电路的性质和工作过程与放电管电路大致相同。

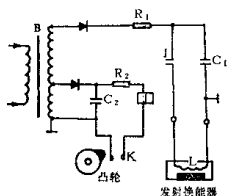


图2-4 继电器工作电路图

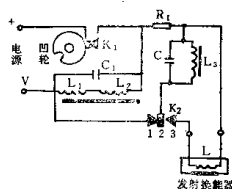


图2-5 感应充电电路图

4. 感应充电电路

上面已讲过，发射器产生的超声频电脉冲，其功率与电压有关，电压越高，功率越大。但电压也受到各种条件（如变压器的体积，整流元件的耐压等）的限制，因此，以上所讲的三种电路的发射脉冲功率相对的讲是比较小的。为了使用较低的电压，而获得大功率输出，可以采用感应充电电路（如图2-5所示）。其工作过程如下：