

一种新颖的智能声速深度仪

钱炳兴 丁玉薇

(上海,中国科学院东海研究站)

本文介绍一种新颖的智能声速深度仪的工作原理、电路框图和软件设计。它的基本原理是依据海洋声速公式,通过测定海洋温、深、盐参数,再计算出声速。这种方法具有结构简单、稳定可靠、使用和维修方便等优点。

1 引言

声速深度仪是水声技术中一种必不可少的设备。目前制作这种设备的基本原理是利用换能器发射和接收声脉冲,由检测电路测出声传播时间,再从传播时间和距离推算出声速。这种方法的主要缺点是有部分模拟电路必须放在探头内部,使用中只要水密出故障或电缆破裂,就会引起探头内部进水,从而导致内部电路损坏。由于模拟电路元器件的参数不一致,更换元器件后造成模拟信号变化率的变化,必须重新校准、修改固化在EPROM中的常数,给使用和维修带来了相当大的麻烦。对于在海上作业的使用者来说,仪器的稳定可靠,便于现场维修是至关重要的。基于这一原因,可用传感器测定温、盐、深参数,再代入海洋声速公式计算声速的方法。在 $0 \leq h \leq 1000\text{m}$ 、 $0 \leq t \leq 35^\circ\text{C}$ 、 $0 \leq s \leq 45\%$ 的条件下,海洋声速可用下式表示^[1]。

$$c = 1449.2 + 4.6t - 5.5 \times 10^{-2}t^2 + 2.9 \times 10^{-4}t^3 + (1.34 - 10^{-2}t)(s - 35) + 1.6 \times 10^{-2}h \quad (1)$$

式中, t 为温度,单位为 $^\circ\text{C}$; s 为盐度,用 $\%$ 表示; h 为深度,单位为 m 。理论分析表明,盐度变化 1% ,声速变化 1m/s 。因此,如果某一位置的垂直剖面上其盐度变化达 1% ,其声速

变化不会超过 1m/s 。海洋表面的盐度可用盐度计测量或查阅有关海洋调查资料获得。用海面盐度近似代替垂直剖面上的盐度,这样只需测定垂直剖面上的温、深参数,就能利用声速公式(1)求出每一层的声速值。

2 基本电路框图和工作原理

图1是智能声速深度仪的基本电路框图。它主要依靠深度传感器SP和温度传感器R,检测海洋温深参数,用8031单片计算机控制信号采样、运算、存储、显示和驱动打印机打印数据并绘制声速剖面图。

在数字电路部分,8031单片机是核心器件,它控制着整个仪器的工作过程;LS373是低8位地址锁存器;2732是 4k EPROM 程序存储器;两片6116组成 RAM_1 和 RAM_2 , RAM_1 存储深度、温度数据; RAM_2 存储深度、声速数据。8155是接口片子,它的定时器输入 16384Hz 的方波,输出为 1Hz 的中断1申请脉冲;8位数码显示器的高4位显示深度值,分辨率为 0.1m ,低4位显示温度数据,分辨率为 0.01°C ; 4×5 键盘除了 $0 \sim 9$ 10个数码键,其余都是控制键;GP16打印机实现数据打印和绘制声速剖面图。

在模拟电路中,自平衡电桥^[2]用于检测热敏电阻 R_t 的温度信号,其输出电压与热敏电阻的传输线电阻无关。由于采用负温度系数热敏电阻作为温度传感器,其特性函数为

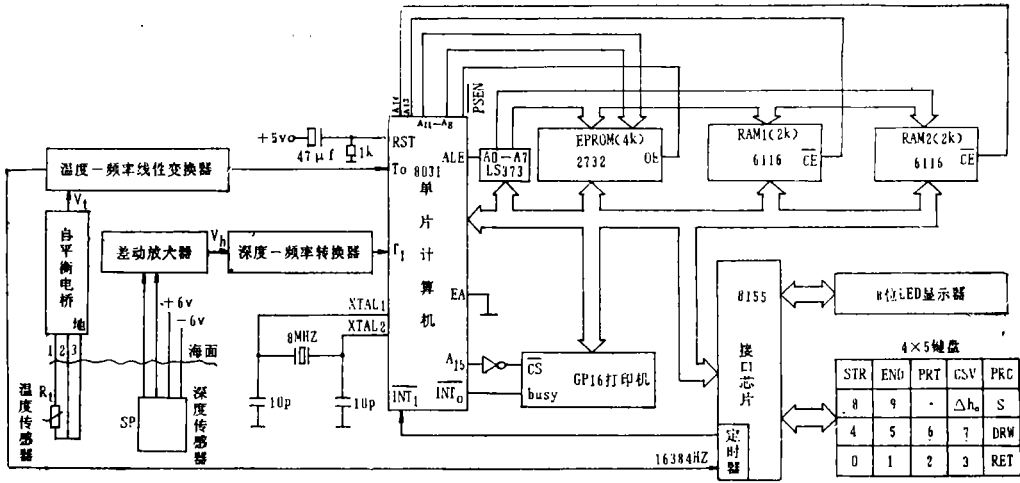


图 1 智能声速深度仪电路框图

$R_t = R_0 e^{B/T}$, 所以自平衡电桥的输出电压为:

$$V_t = KI_0 R_0 e^{B/T} \quad (2)$$

式中 K 是放大倍数, I_0 是流过 R_t 的恒定电流, R_0 和 B 是热敏电阻的两个常数, T 是绝对温度。温度-频率线性变换器把 (2) 式变成如下式所示的频率信号。

$$f_t = f_1 - b_1 t \quad (3)$$

式中 f_1 对应于 0°C 时的频率, b_1 是变化率, 单位为 $\text{Hz}/^\circ\text{C}$; t 为摄氏温度。信号 f_t 直接输入到 8031 单片机的计数器的 T_0 端, 供其对 f_t 采样。

深度传感器有四根引出线, 其中两根是信号正负输出端, 差动放大器用来检测出深度信号。由于在差动放大器的两个输入端接入了射极跟随器, 所以把输入阻抗提高 $10^{10} \Omega$ 以上。如果电缆长 500m, 其电阻只有 150 Ω 左右, 与输入阻抗相比, 可以忽略不计, 深度传感器 SP 的输出信号全部由差动放大器检测出来。差动放大器的输出信号 V_h 与深度 h 的关系符合下式的线性函数。

$$V_h = V_0 + b_0 h \quad (4)$$

式中, V_0 是 $h = 0\text{m}$ 时输出电压; b_0 是变化率, 单位为 V/m ; h 的单位为 m 。深度-频率

变换器把模拟量 V_h 转换成频率信号 f_h 。可表示为

$$f_h = f_2 + b_2 h \quad (5)$$

式中, f_2 对应于 $h = 0\text{m}$ 时的频率, b_2 是变化率, 单位为 Hz/m , 信号 f_h 直接输入到 8031 单片机的计数器 T_1 , 供其对 f_h 采样。

从图 1 可以看出, 水下部分只有两只传感器, 无任何电路。把两只传感器安装在同一不锈钢密封探头中, 仅让传感部分与水接触, 后部用一根七芯电缆引出信号线和电源线与水上的仪器相连。这种结构的探头在使用中若水密出了故障, 探头内部进了水, 温度和深度传感器一般不会损坏, 只要把水清除干净, 重新水密后就能恢复正常工作。

3 仪器的工作过程和软件设计

在测量海洋声速剖面时, 先把探头吊放在海面水中, 再通过仪器上键盘输入采样深度间隔 Δh_0 , 盐度 s , 按 STR 键就开始采集数据, 并把最初采样的 f_h 作为 $h = 0\text{m}$ 时深度的频率 f_2 。随着探头连续下降, 8031 单片机不断作数据采样, 把满足深度间隔 $\Delta h \geq \Delta h_0$ 点上的温深数据送 RAM1 保存起来。

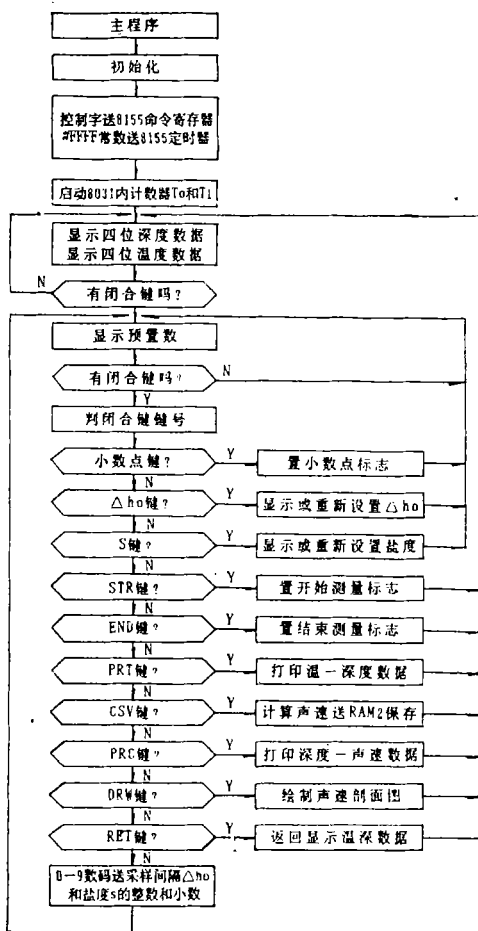


图2 主程序流程框图

图2是8031单片机的主程序流程框图。8031单片机上电复位后，首先对自己进行初始化，然后对8155命令寄存器送控制字和对定时器装入常数16384，使定时器对钟频为16384Hz的脉冲进行减法计数，每隔1秒出一个宽度为60μs的中断脉冲。在启动8155定时器工作后，立即启动8031内部计数器T₀、T₁对信号f₁和f_h计数。接着8031单片机循环扫描显示8位温度和深度数据，每次扫描显示到最后一位时，程序转向扫描键盘有无闭合键，有则跳到键处理程序，否则继续循环扫描显示数据。在8155定时器向8031单片机发中断脉冲时，就立即转向中断1服务程序。

图3是中断1服务程序流程框图。程序

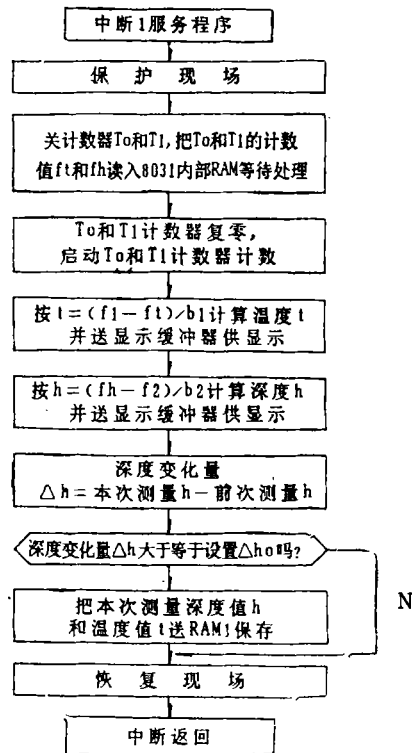


图3 中断1服务程序流程框图

开始先保护现场，然后立即禁止T₀、T₁计数，把T₀、T₁的值读入8031内部RAM等待处理，紧接着又启动T₀、T₁计数，到下一次8155定时器发中断脉冲正好打开计数器1秒钟，实现了对信号f₁和f_h的采样。在启动T₀、T₁计数后，分三步处理刚才读入的f₁和f_h值。第一，根据(3)式计算 $t = (f_1 - f_1) / b_1$ ，取t值两位整数和两位小数并送显示缓冲器供显示。第二，根据(5)式计算 $h = (f_h - f_2) / b_2$ ，取h值3位整数和1位小数并送显示缓冲器供显示。第三，把本次测量h值减去前次测量h值而得到Δh，再把Δh与键盘设置的Δh₀相比较，如果 $\Delta h \geq \Delta h_0$ ，把本次测量的h值和t值送RAM1保存，否则直接转到恢复现场并返回主程序。

当探头下沉到预定海深时，按END键禁止采样数据送RAM1存储，这就意味着结束测量工作。此时按PRT键就驱动打印机输出温深数据，按CSV键就把温盐深3参

数代入公式(1)计算出相应的每层深度上的声速,并储存在RAM2中,这时按PRC键就打印出深度声速值,按DRW键就绘制出声速剖面图。

4 实验结果和分析

智能声速深度仪在首次使用前,我们把探头放入深井校准深度传感器,测定常数 f_2 和 b_2 ,然后再在恒温水槽中用标准水银温度计校准温度传感器,测定常数 f_1 和 b_1 。最后把传感器的四个常数和单片计算机的工作程序一起固化在EPROM中。传感器校准后,深度精度0.5%,温度精度 $\pm 0.05^\circ\text{C}$,完全能满足使用要求。

本仪器在南海和北海进行了多次试用,效果很好。表中的数据是91年8月11日19点30分在某海岛附近海区测量的数据。测量时,为了控制数据采集量不要太多,在温度变化大的区间选择采样深度间隔 Δh 小些,而在温度变化小的区间选择 Δh 大些。观察表中数据可以看出,温度跃变层在0m~22m范围内,这区间的 Δh 在0.6m附近,而在22~39.6m范围内,温度变化很小, Δh 改为1m附近,这种在跃变层中增加采样点有利于反映其精细结构。由此可见,采样间隔 Δh 可以通过键盘任意设置的功能具有很大的灵活性。表中数据表明,0~14.3m区间是微弱的正温度梯度,若忽略温度第2位小数,则可以视为等温层。从这区间的数据可以看到,温度值的第二位小数无起伏变化,说明仪器的稳定性很高。这种稳定性的提高主要在模拟电路上采用了优质运放和电压-频率转换器。表中的盐度 $s = 30\%$ 是查阅该海区的海洋参数资料而得,把温深数据和盐度代入声速公式计算后获得右列所示的声速值。

5 结束语

声速深度仪在海洋声学的理论研究中是

表 在某海区的测量结果 ($s = 30\%$)

h[m]	t[$^\circ\text{C}$]	c[m/s]
0.00	26.91	1533.18
1.00	26.91	1533.20
1.70	26.92	1533.23
2.30	26.93	1533.26
2.80	26.94	1533.29
3.60	26.93	1533.29
4.20	26.94	1533.32
4.90	26.94	1533.33
5.50	26.94	1533.34
6.30	26.94	1533.35
6.80	26.94	1533.36
7.40	26.95	1533.39
8.00	26.95	1533.40
8.70	26.95	1533.41
9.60	26.96	1533.45
10.30	26.96	1533.46
11.00	26.97	1533.49
11.60	26.98	1533.52
12.30	26.98	1533.54
12.90	26.99	1533.57
13.60	26.99	1533.58
14.30	27.00	1533.61
15.20	26.36	1532.25
16.00	23.17	1524.82
17.20	22.21	1522.42
17.70	21.09	1519.49
18.50	16.28	1505.60
19.20	14.21	1498.97
19.80	12.74	1494.03
20.60	12.18	1492.10
21.60	11.84	1490.93
22.90	11.74	1490.60
24.00	11.61	1490.16
25.50	11.57	1490.04
26.80	11.47	1489.70
28.00	11.44	1489.62
29.20	11.43	1489.60
30.40	11.41	1489.55
31.40	11.36	1489.39
32.70	11.34	1489.34
33.70	11.31	1489.25
34.80	11.28	1489.16
36.00	11.26	1489.11
37.10	11.29	1489.23
38.40	11.27	1489.18
39.40	11.27	1489.20
39.60	11.27	1489.20

不可缺少的实验仪器,在水声技术中也是一种重要的测量设备。本文介绍的研制方法与常规方法相比,具有智能化,小型化,结构简单可靠,便于现场使用和维修等特点,而且温度和声速分布可以同时获得,其测量精度不差于以前的同类仪器。如果我们以后在探头中再装上盐度传感器,那么就可以实现温盐

两种医用压电超声换能器材料的 研制及使用

李全禄

(西安, 陕西师范大学应用声学研究所)

本文简要报道了两种医用压电超声换能器材料的配方、研制工艺及使用情况。

1 引言

为了适应医用压电超声换能器的需要, 我们研制了SF型PZT和F₁型PZT。用它们制作的换能器, 经过长时间的使用, 效果良好。

2 配方

SF型PZT: $\text{Pb}_{0.94}\text{Sr}_{0.6}[\text{Zr}_{0.525}\sim$
 $0.535\text{Ti}_{0.475}\sim 0.465]\text{O}_3$

外加: $0.1\text{wt}\%(\text{NiCO}_3$
 $+ \text{Cr}_2\text{O}_3)$

过量: $\text{PbO}0.2\text{wt}\%$ 左右。

F₁型PZT: $0.998[\text{Pb}_{0.94}\text{Sr}_{0.06}$
 $(\text{Zr}_{0.525}\sim 0.535\text{Ti}_{0.475}\sim$
 $0.465)\text{O}_3] + 0.003\text{BiFeO}_3$

外加: $0.0035\text{molFe}_2\text{O}_3$
 0.002molMnO_2

过量: PbO 为 $0.5\text{wt}\%$

3 研制

参考文献[1~4]报道的是干法陶瓷工艺, 本所采用以下工艺环节:

2.1 研制所用原材料

见表1。

2.2 配料

按设计的配方计算各组分含量。各原料磨细后用200目/英寸分样筛, 筛过分装, 用分析天平准确称量各分组的量。

2.3 混合

用湿法球磨14~19h, 球磨机上配硬质塑料球磨罐, 填充系数为0.7, 用玛瑙磨料球, 混合比为料:磨料球:水 = 1:2:0.45~0.55, 出料后用快速干燥箱烘干。若是总量小于0.5kg, 则可用研钵干磨混合均匀。

2.4 预压坯件

在烘干料中掺以料重5%的水分, 用 $\phi 40$ 的模具在油压机上冲压, 压力为 $1\text{t}/\text{cm}^2$, 压成预烧坯件。

深3参数同时实测, 使得利用海洋声速公式计算出来的声速更接近于实际值, 进一步提高仪器的测量精度。

参考文献

1. Principles of underwater Sound/3rd edition, Robert J. Urick.
2. 钱炳兴, 丁玉薇, 自平衡电桥在测温电路中的应用, 电子与自动化, 19(6)