

鱼群回声积分仪的功能、结构分析及 模拟组装的探讨

郑建元

(中国水产科学研究院东海水产研究所)

提要 本文对鱼群回声积分仪的理论基础及其基本功能和结构作了简要的阐述和分析。在此基础上,对利用现有的高性能鱼探仪和通用计算机模拟数字式积分仪进行组装的可能性,以及如何设计一种合适的接口装置进行了探讨。

一、引言

传统的渔业资源评估方法是用渔获物的生物学测定资料和捕捞努力量的资料,通过各种数理模式求取,由于各种技术因子的干扰,其精确度很难控制。本世纪五十年代以来,人们倾向于寻找一种直接的调查方法,以提高评估的精度。声学资源评估就是近年来愈来愈受重视的一种直接调查方法。

自三十年代回声探测技术用于鱼群侦察开始,在渔业中应用声学技术已有半个世纪的历史,但回声记录用于资源评估的尝试还是五十年代的事。Cushing(1952)试图用鱼群映象的水平延伸距离来估计相对资源量的年变化^[2]。Saetersdal 和 Midttun (1955, 1957)开始用单尾鱼的映象计数来推算资源量的绝对值。到六十年代,出现了一些与探鱼仪相联结的自动计数仪器,如脉冲计数器、回声积分器和脉冲高度分析仪等;这些仪器中,有的可对单尾鱼计数,有的可对鱼群进行计量。在回声积分仪中,为了使鱼群密度与输出数据成正比,采用了平方器对输出电压进行平方的技术,从而使这种方法的实用性提高了一大步,并已成为现代积分仪的基础。

六十年代中期,渔业声学技术已进入实用

阶段。Dragesund 和 Olsen (1965)通过对当龄鱼作回声测量来估计世代强度,该研究成果是这个阶段开始的标志。在这以后,以挪威和英国的科学家为首的渔业声学奠基者在理论和实践两个方面进行了许多研究。随着调查方法的不断改善,应用的范围也在不断扩大。现在国际海洋考察理事会(ICES)的各会员国,已将这门技术作为资源评估的常规调查手段之一。

联合国粮农组织对声学资源评估技术也很重视,许多渔业声学专家被聘请到该组织的渔业部担任专家,开设专门的培训班和出版有关的教材和论文集,为这门技术的普及和提高作出了贡献。

二、回声积分技术的理论基础

回声强度与各项参数的关系可用声纳公式表示:

$$I = I_0 \cdot \frac{\sigma}{4\pi} \cdot \frac{e^{-2\beta R}}{R^4} \cdot b^2(\theta, \varphi) \quad (1)$$

式(1)用分贝表示,即下式:

$$EL = SL + TS - TL + 20 \log b(\theta, \varphi) \quad (2)$$

式中, EL (即 $10 \log I$) 为回声水平; SL (即 $10 \log I_0$) 为声源级,即距离发射面 $1m$ 处的声强; TS ($10 \log \frac{\sigma}{4\pi}$) 为目标强度; TL (40

$\log R + 2\alpha R$) 为总传输损失。 R 为传输距离, α 为衰减系数 $= 4.34\beta$; $b(\theta, \varphi)$ 为目标物在声束内与声束轴的相对位置有关的参数。

用积分值求算鱼群密度的基本公式为:

$$\bar{\rho}_V = 10^{0.1(\bar{S}_V - TS - 10 \log \Delta R)} = M \cdot C / \Delta R \quad (3)$$

式中, $\bar{\rho}_V$ 为鱼群的平均密度; \bar{S}_V 为平均体积反射强度; TS 为平均目标强度; R 为深度; ΔR 为积分水层的厚度; M 为积分仪的输出值, 单位为 mm, 在理论上,

$$M = G \int_{t_1}^{t_2} V_{r.m.s}^2 \cdot dt;$$

其中, t 为与 R 相对应的时间; $V_{r.m.s}$ 为等效电压值; G 为与探鱼仪的增益或衰减有关的参数, 如果通过积分仪的衰减或增益进行补偿, 则 $G = 1$; C 为系统校验常数, 单位为 $t/nmile^2 \cdot mm$

三、积分仪的主要功能及其结构系统分析

鱼群回声积分仪经历了电子模拟式和数字式两个阶段。早期的积分仪是电子模拟式的, 电压平方用平方器进行模拟, 积分部分用储能电容完成。八十年代的积分仪是数字式的, 即将模拟量转换成数字后, 用数字计算机进行运算并输出结果。下面以挪威西姆拉公司的产品为例进行分析。

西姆拉公司早期生产的积分仪是电子模拟式积分仪。该公司在八十年代推出的新产品是 QD 型数字式回声积分仪, 其结构如图 1 所示。

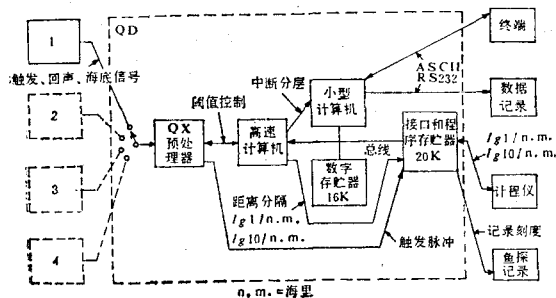


图 1 QD 型回声积分仪的结构框图

Fig. 1 The block diagram of QD integrator

QD 有 4 个探鱼仪输入接口, 以选择不同的频率范围 (10—200 KHz)。积分仪的第一部分是 QX 预处理器, 作为探鱼仪和通用计算机之间的接口。接受信号的可变量程为 70 分贝, 相对于 1 伏电压为 -50 — $+20$ 分贝, 即 3mV 到 10V。来自探鱼仪的信号有发射触发脉冲、海底脉冲和两者之间的定量回声信号, 以及阈值控制信号。后者可以减少噪音和浮游生物对积分值的影响, 回声信号在 QX 内进行模数转换后予以平方。在结构上, QX 包括一个高性能插波器、12 位的 ADC、高速平方器和累加器。

根据鱼群分布的水层深度, 操作人员在键盘上输入积分深度间隔 (QD 型在 1000m 水深内设有 8 个深度间隔)。QX 的输出信号需按不同的深度进行分类并对指定水层内的信号进行积分, 这个功能由计算机执行。深度的精度由取样的时间间隔决定。QD 的取样时间间隔为 $33\mu s$, 换算成深度为 2.5cm, 所以深度精度可高于 0.1m。需要积分的水层深度从键盘输入后在探鱼仪记录纸上显示出来。各水层可有不同的阈值。

遇到海底信号, 仪器会自动停止积分。遇到鱼群的密度特别大, 仪器误认为海底时, 也会停止积分。

积分仪的水平距离分隔有 1nmile 和 0.1 nmile 两种选择, 可由船上记程仪的输入脉冲进行控制。

四、模拟组装的可能性

鱼群回声积分仪是对大多数经济鱼类 (特别是中层鱼类) 进行资源评估的有力工具, 但整套积分仪连同校测设备价格十分昂贵。如果利用现有的探鱼仪和计算机, 只要设计出合适的接口装置, 模拟积分仪的各种功能, 也可取得满意的结果。这在美国和加拿大等国已有成功的先例。

根据上面的结构分析, 我们可以把数字式积分仪的主要功能用图概略地表示出来。

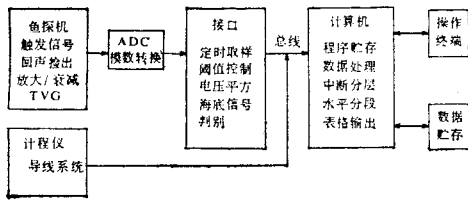


图 2 鱼群回声积分仪的功能框图

Fig. 2 The function block diagram of digital echo-integrator

由此可知,只要接口部分能实现模数转换、定时取样、阈值控制、信号平方和海底信号判别等功能,就可利用现有的鱼探仪和通用计算机进行组装。

在实现鱼群积分仪的各项功能时,需注意下列问题。

1. TVG 放大。通常探鱼仪中 TVG 的放大与 TVG 的理论值 $40 \log R + 2\alpha R$ 或 $20 \log R + 2\alpha R$ 不尽一致。两者的差值随时间的分布可通过计算求出具体的数值并用示波器显示,如果两者差值过大,需在接口或计算机内进行修正。

2. 定时取样的时间间隔可根据 ADC 的工作周期和计算机的运算速度选取。QD 的取样间隔为 $33 \mu s$, 相当于 2.5cm, 实际上,为减少计算机的工作量和降低对计算机的性能要求,间隔为 $133 \mu s$ (相当于 0.1m), 精度已经足够。

3. 阈值控制。为消除浮游生物或其它噪音的影响,可规定凡是小于某一电压值(阈值的)信号不予积分。但阈值需做到在一定范围内可调。

4. 中断分层。在电子模拟积分器中,需要积分的水层是用控制电压操纵积分仪工作,电压消除,积分仪即停止工作。数字式积分仪是利用计算机的中断功能,只对指定时间的采样数据进行累加。

5. 海底信号判别。电子模拟式积分器的作用,主要是判别回声的脉冲波形,对凡是清楚的、快速上升的前沿,振幅超过某一给定值的脉冲,均作海底处理;数字式积分仪对电压的平方

值规定一个上限,凡是超过这个界限的,就作为海底处理,不予累加。

6. 水平距离分段。QD 型积分仪的现场操作是每隔一段水平距离(如 1nmile 或 0.1nmile),打印出某个水层的平均密度参数 M, 其长短可根据航速和鱼群密度等因子来考虑。某些探鱼仪能将映象放大到单个鱼记数的程度,这就可分段求出系统校验常数 C。

电子模拟式积分器在每个水平分段结束时,储能电容放电。数字式积分仪在每个水平分段结束时,累加器输出结果并清零,以便重新开始积分。

以上的中断分层、海底信号判别和水平分段积分等功能的实现,在组装时均可采用数字式积分仪的实现方式。

五、接口装置的硬件选择

组装的接口框图如图 3 所示。

图中 ADC 的极性范围由探鱼仪的输出电压决定,可用几个 ADC 按不同的情况选择联结;其 bit 数需考虑平方后与后面的计算机的最大有效位数相适应;其工作周期要小于取样周期。

RAM 的储存量需大于 16K。EPROM 的储存量最好大于 20K。

中央处理器(CPU)可选用 Z-80 单板机或 MCS-48 或 MCS-51 系列的单片机。其中 MCS-51 系列是 Intel 公司在 MCS-48 系列的基础上于八十年代推出的产品,具有体积小、可靠性高、功能强等特点。它包括 8051、8751 和 8031 等 3 个产品,其中 8051 有一个 8 位处

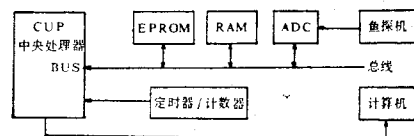


图 3 接口框图

Fig. 3 The block diagram of the interface device

理器、128 个字节的 RAM、4K 字节的 ROM、21 个特殊功能寄存器、2 个 16 位定时器/计数器, 并有 64K 字节外部数据存贮空间和 64K 字节外部程序存贮空间。本文建议采用的是 8031 单片机, 这种单片机是片内无 ROM 的 8051, 可外接 EPROM 作为程序存贮器。单片相当于 Z80-CPU, Z80-PIO, Z80-OTC, Z80-SIC 和 1 片 RAM 的全部功能; 片内还有 2 个定时器/计数器。其功能可满足定时取样和数据初步处理的需要。

综上所述, QD 型鱼群回声积分仪是一种先进的海洋资源测量仪器; 利用现有的高性能

探鱼仪和通用计算机, 只要设计出适当的接口装置, 有可能组装成同样能实现各种功能要求的鱼群回声积分仪。

参 考 文 献

- [1] Burczynski, J., 1980. Introduction to the use of sonar systems for estimating fish biomass. *FAO Fish. Tech. Pap.*(191) Rev. 1:89.
- [2] Cushing, D.H., 1952. Echo Surveys of Fish. *J. Cons. CIEM.* 18(1):45-60.
- [3] Johnnesson, K. A. and R.B.Mitson, 1983. Fisheries Acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation. *FAO Fish. Tech Pap.* (240):249.

THE MAIN FUNCTIONS AND STRUCTURE OF ECHO INTEGRATOR AND THE DESIGN FOR AN ANALOG ASSEMBLY

Zheng Jianyuan

(East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Science)

Abstract

Acoustic technique used for fish stock assessment is an efficient method developed by Norwegian scientists about 30 years ago and has been attached great attention by FAO and ICES and the like. Now it has been one of the regular means for stock survey in advanced fisheries countries.

In this paper, the basic theory of echo integration and the main functions and structure of integrator are briefly described and analysed, based on which, the possibility of analog assembly of integrator by means of existing high quality echo-sounder together with digital computer, and how to design an appropriate interface device are approached.