

池养鲶鱼的计数及长度测量的实验研究^{*}

陆庆扬 包一平

(中国科学院东海研究站 上海 200032)

本文探索了池养鲶鱼的计数及长度测量方法。实验测得鱼体长度与实体鱼的误差约为 $\pm 2\%$ 。

关键词: 池养鲶鱼, 计数, 测量

Experimental study on pool-catfish counting and measuring

LU Qingyang BAO Yiping

(Shanghai Acoustics Lab. Academia Sinica, Shanghai 200032)

The measurement method of pool-catfish counting and size are studied in this paper. The error is about $\pm 2\%$ between experimental size values and that of the living fish

Key words: pool-catfish, counting, measuring

1 引言

由于鲶鱼肉质细嫩, 味道鲜美, 生长迅速, 养殖只需深度为1m左右的浅池, 能迅速取得经济效益。目前世界上地处亚热带或热带地区的国家都争先恐后地发展鲶鱼养殖业。美国的密西西比州、华盛顿地区鲶鱼养殖业尤为发达。我国从1986年起引进北美鲶鱼, 经过10年摸索也已取得很高的经济效益。

随着鲶鱼的大量养殖, 国外市场上对不同长度的鲶鱼的需求量也不同。体重为0.75~1kg(相当6~18in长)的鲶鱼(如图1所示)为抢手货, 体重超过1kg的鲶鱼由于无人问津, 只能送去做鱼粉。而低于0.75kg的鲶鱼市场需求量很小。国外养殖户为了获得较高的经济效益, 要求科研部门开发一种测量装置, 用于测量池养鲶鱼的数量及长度。他们认为80%的鲶鱼处于0.75~1kg时, 围捕的经济效益为最好。



图1 引进的北美鲶鱼

2 实验研究

2.1 测量方案

如图2所示, 用7只换能器基元构成基阵。基元中心距离 $D = 3\text{cm}$, 基本测量在两只基元之间进行, 如图3所示。设鱼体为一根棒, 沿 A_1A_2 方向穿过两个基元, 发射机同时向 A_1 和

* 第一作者: 陆庆扬, 男, 1943年8月生, 高级工程师

收稿日期: 97-10-31; 修回日期: 97-12-18

A_2 施加激励脉冲。设第 i 个脉冲 A_1 收到信号, 第 n 个脉冲 A_1 收信结束。第 k 个脉冲 A_2 收到信号, 第 p 个脉冲 A_2 收信结束。则

$$T_1 = (n - i)\tau \quad T_2 = (p - k)\tau$$

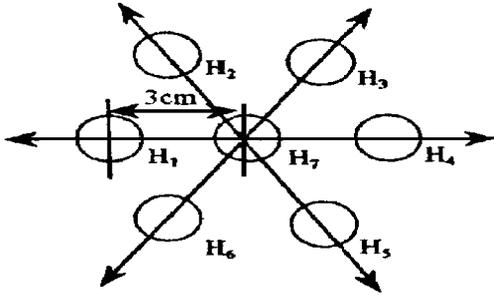


图2 (a) 基元排列



图2 (b) 实验基阵

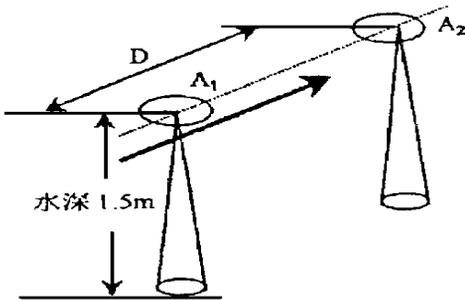


图3 基本测量方案

式中 $T_1 T_2$ 分别为棒穿过 A_1 和 A_2 的时间, τ 为发射时间间隔。当 $H = 1.5\text{m}$ 时, $\tau_{\min} = 2\text{ms}$ 。

设同一条鱼穿过 A_1 和 A_2 , 其游动方向与 $\overline{A_1 A_2}$ 的夹角不超过 15° , 则可近似认为:

$$T_1 \approx T_2 = T$$

声学技术

鱼穿过 A_1, A_2 的时间间隔为:

$$\Delta T = (k - i)\tau$$

D 已知, 则鱼游动速度鱼体长度分别为:

$$v = \frac{D}{\Delta T}, L = \frac{n - i}{k - i} D$$

参见图2, 以 H_7 作为参考, 凡是通过 H_7 的鲶鱼且 H_7 收到的脉冲个数与 H_6 及 H_3 (或 H_2 及 H_5, H_1 及 H_4) 收到的脉冲个数基本相同, 则参与统计, 否则放弃。这样就从理论上实现鱼的数量与长度测量。

2.2 实验方框图

实验方框图如图4所示

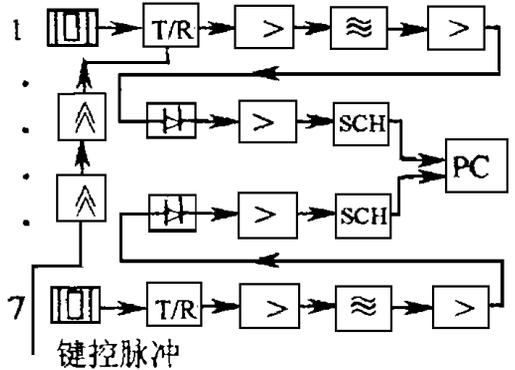


图4 实验方框图

2.3 基元

以 1.5m 处横向分辨率为 2cm 计算, 角分辨率 1.15° 。

近场距离 $d^2/4\lambda = 18.7\text{cm}$ (取 $d = 20\text{mm}$), 可观测距离为 $18.7 \sim 100\text{cm}$ 之间。

方向性锐角为:

$$2\theta = 2\sin^{-1}(0.61\lambda/a) = 3.745^\circ (a = 10\text{mm})$$

半功率点开角为:

$$2\theta = 2\sin^{-1}(0.2610141\lambda/a) = 1.602^\circ$$

$$f_0 = 2.875\text{MHz}, c = 1540\text{m/s}, \lambda = c/f_0 = 0.5357\text{mm}.$$

2.4 计算机内存量

发射时间间隔为 τ , 测量深度为 $H_1 = 1\text{m}$

$$\text{则: } \tau \left(2\frac{H_1}{c} + \frac{1}{3} \left(\frac{2H_1}{c} \right) \right) = 1.7316\text{ms}$$

为计算方便, 取 $\tau = 1.725\text{ms} = 115 \times 15\mu\text{s}$

发射脉宽 $\tau_1 = 2\Delta H / c = 13\mu s$, ΔH 为跟踪分辨率, 取为 $1cm$ 。

接收带宽 $\Delta f = 1/\tau = 77kHz$, 取 $\Delta f = 100kHz$, 鱼体通过每一组基元最长时间:

$T_\alpha = \frac{L_{max}}{V_{min}} + \frac{D}{V_{min}}$, $D = 6cm$ (基元间距为 $3cm$)。根据美方提供的数据:

$$V_{min} = 0.5m/s, \quad T_{ac} = 1.0348s$$

$$\text{采样时间 } T_{sa} = 13\mu s / 7 = 1.855\mu s$$

$$\text{RAM 的容量 } N_R = \frac{T_{ac}}{T_{sa}} = 557.736 \text{ kbits}$$

2.5 长度分辨率

根据美方数据:

$$V_{max} = 1m/s \quad (L_{max} = 18in)$$

$$T = L_{max} / V_{max} = 0.457s$$

$$\text{采样 } N_{sa} = T / \tau = 265.1,$$

$$\Delta L_{max} = \frac{L_{max}}{N_{sa}} = 0.1725cm$$

当鱼处于最小游速时,

$$T = L_{max} / V_{min} = 0.914s$$

$$N_{sa} = T / \tau = 529.8$$

$$\Delta L_{min} = \frac{L_{max}}{529.8} = 0.08638cm$$

2.6 声呐参数

2.6.1 目标强度 TS

由于鱼的高频目标强度尚无具体数据可以参考, Urick 和 Clay^[1] 给出的公式都是低频数据, 故根据文献[2]和 Haslett 的实验数据(鱼长 $7.5cm$, 测量频率 $1.5MHz$, 平均值 $\bar{\sigma} = -2dB$, 参考值 $0dB = 1cm^2$), 文献[2]的图 12 已计及 $1/4\pi$ 因子。由于频率相同时长度 L 的反向截面积 $\sigma_L = \bar{\sigma}_{cm^2} (-L/L_0)^n$, 式中 $L_0 = 7.5cm$, 指数 n 与 L/λ 有关, 当 $L \approx \lambda$ 时约在 $1.3 \sim 2.8$ 之间, 现取 $n = 2$ 。本文中 $L_{min} = 15.246cm$, $\bar{\sigma}_{cm^2} = 0.63096cm^2$, $\sigma_L = 2.6073cm^2$, 于是:

$$TS = 10 \lg \left[\frac{\sigma_L (m^2)}{1m^2} \right] = -35.838dB$$

2.6.2 双程传播衰减 TL

$$TL = 40 \lg R + 2\alpha R$$

由于鲶鱼需要较高的养殖温度, 低于 8

时鲶鱼将死亡。现取 $T = 15$ 。在高频时, 淡水吸收与海水吸收基本相同, 见表 1。

表 1

	25 dB/m	20 dB/m	15 dB/m	10 dB/m
2MHz	0.73	0.86	1.04	1.27
3MHz	1.64	1.94	2.34	2.86

由于 $f_0 = 2.875MHz$, 采用测量频率为 $3MHz$ 的数据较为合适。取 $\alpha = 2.35dB/m$, $R = 1.5m$, 则

$$TL = 14.064dB$$

2.6.3 指向性指数 DI

$$DI = 10 \lg \mathcal{Y}, \quad \mathcal{Y} = 4\pi\tau/\lambda^2, \quad D = 2cm, \\ S = \pi D^2/4, \text{ 求得 } DI = 41.386dB$$

2.6.4 噪声级

由于工作频率较高, 鱼池中噪声级主要由本机噪声决定。假定前级本机噪声 $\Delta f = 100kHz$ 时, $V_N = 10\mu V$, 基元接收灵敏度 $S_v = 0.5\mu V/bar$

$$NL = 20 \lg V_N - 20 \lg S_v = 26.020dB$$

2.6.5 由信噪比 S/N 求 SL 及发射声功率

取 $S/N = 20dB$ (在 $R = 1.5m$ 处)

$$S/N = SL - TL + TS - NL = 95.43dB$$

$$SL = 70.8 + 10 \lg P_a + 10 \lg r = 95.43dB$$

求得: $P_a = 0.021W$, 取 $P_a = 0.05W$

2.6.6 S/N 随距离衰减曲线

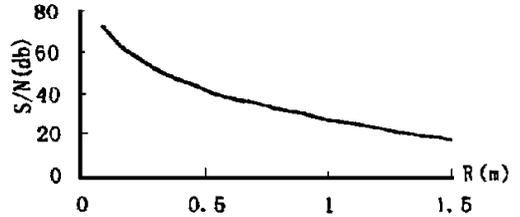


图 5 S/N 随深度变化曲线

由 $S/N = 95.43 - 40 \lg R - 2\alpha R - 35.83 - 26.02$ 得:

$$S/N = 33.58 - 40 \lg R - 6.54R$$

3 测量结果

表2

目标	实际长 (mm)	测量值 (mm)	误差 (%)
螺丝刀	210	216	+ 2.9
Φ0有机棒	525	512	- 2.4
Φ7尼龙棒	500	496	- 1
Φ.5铜丝	310	316	+ 2
木制假鱼	295	280	- 5
死鲶鱼	290	282	- 3
死鲶鱼	265	244	- 8
死鲶鱼	215	218	- 3
活鲶鱼	290	284	- 2
活鲶鱼	275	273	- 0.7
活鲶鱼	208	206	- 1

测量结果见表2,可以看出对实体鲶鱼长度可以进行测量,并可以对鱼体长度进行计算、分类和统计平均。根据实验方案,对不能测量的数据可以舍去。因此本实验方法对于开发这类装置有一定参考价值。

参考文献

- 1 [美]Urick 著,洪申译. 工程水声原理. 国防工业出版社, 1967: 264~265
- 2 布列霍夫斯基赫. 海洋声学. 科学出版社, 1983: 401~402