

大黄鱼和许氏平鲈声反射特征与体重和体长关系的研究

栾 洋^{1,2} 关长涛^{1*} 石晓天³ 湛志新³

(¹青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室, 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 266071)

(²上海海洋大学, 201306)

(³农业部渔业装备与工程重点开放实验室 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092)

摘 要 以黄、渤海、东海主要养殖鱼类许氏平鲈和大黄鱼为研究对象, 在消声水池中选用 KF-668 双屏彩色探渔仪等仪器, 在 50、200 kHz 工作频率下对研究对象目标强度及背向反射声截面与体重和体长的关系进行研究。试验结果显示, 体重和体长均可用做定量表述上述两种鱼类目标强度的参数。 $TS_{\text{大黄鱼}}$ 在 50kHz 频率下身体各向目标强度值介于 $-32.85 \sim -58.01$ dB; 200kHz 频率下身体各向目标强度介于 $-29.3 \sim -56.99$ dB。 $TS_{\text{许氏平鲈}}$ 在 50 kHz 频率下身体各向目标强度值介于 $-31.74 \sim -75.87$ dB; 200 kHz 频率下身体各向目标强度介于 $-31.74 \sim -74.75$ dB。大黄鱼和许氏平鲈身体各向目标强度大小为 $TS_{\text{侧向}} > TS_{\text{背向}} > TS_{\text{头向}} > TS_{\text{尾向}}$ 。50 kHz: $TS_{\text{大黄鱼}} = 24.8 \log L (\text{cm}) - 73.9$ (侧向); 200 kHz: $TS_{\text{大黄鱼}} = 23.9 \log L (\text{cm}) - 71.3$ (侧向)。50 kHz: $TS_{\text{许氏平鲈}} = 25.7 \log L (\text{cm}) - 69.16$ (侧向); 200 kHz: $TS_{\text{许氏平鲈}} = 26.4 \log L (\text{cm}) - 70.8$ (侧向)。试验结果为声学水下监测仪器的设计提供数据支持。

关键词 目标强度 反射声截面 深水网箱 许氏平鲈 大黄鱼

中图分类号 S973.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)02-0047-06

The relationship between acoustic backscattering property and weight and body length of big yellow croaker and black rockfish

LUAN Yang^{1,2} GUAN Chang-tao^{1*} SHI Xiao-tian³ SHEN Zhi-xin³

(¹ Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology,

Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, 266071)

(² Shanghai Ocean University, 201306)

(³ Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Ministry of Agriculture, Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092)

ABSTRACT The aim of this study was to establish the relationship between target strength (TS), dorsal-aspect reflections section and weight, body length of yellow croaker *Pseudosciaena crocea* (Pc) and black rockfish *Sebastes schlegeli* (Ss). The results showed that both the weight and body length had the quantitative relationship with the target strength. At 50 kHz, the target strength of different body parts of Pc was between -32.85 and -58.01 dB; at 200 kHz, it was $-29.3 \sim -56.99$ dB. For the Ss, it was $-31.74 \sim -75.87$ dB, and $-31.74 \sim -74.75$ dB, respectively. At both 50 kHz and 200 kHz, the TS of the fish belly was maximal and that of the fish tail was

国家 863 计划课题(2006AA100302)和国家科技支撑计划课题(2006BAD09A13)共同资助

* 通讯作者。E-mail: guanct@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85821672

收稿日期: 2010-05-12; 接受日期: 2011-01-06

作者简介: 栾 洋(1984-), 男, 硕士研究生, 主要从事设施渔业研究。E-mail: Luan_y@163.com

minimal. The correlation between the mean lateral TS and the length was positive, for both 50 kHz and 200 kHz. At 50 kHz: $TS_{Pc} = 24.8 \log L (\text{cm}) - 73.9$ (side direction); at 200 kHz: $TS_{Pc} = 23.9 \log L (\text{cm}) - 71.3$ (side direction), and at 50 kHz: $TS_{Ss} = 25.7 \log L (\text{cm}) - 69.16$ (side direction); at 200 kHz: $TS_{Ss} = 26.4 \log L (\text{cm}) - 70.8$ (side direction). The results of the experiments are expected to provide data support for the design of underwater acoustic monitoring instruments.

KEY WORDS Target strength Reflecting acoustic pressure Deepwater net-cage
Big yellow croaker Black rockfish

近年来,随着深水抗风浪网箱的推广应用,我国的海水网箱养殖逐渐从 10 m 等深线向 20 m 深海域发展,养殖区域不断扩大,网箱趋于大型化,养殖生产中迫切需要解决水下观察和安全监控等技术问题,以使养殖业者能随时了解鱼类的生存状态和生长情况,有效避免因鱼类病害、鱼体死亡或者意外逃逸等造成的经济损失(王润田等 2004)。

目前,国内已采用光学方法研制出便携式单探头网箱水下监视器和 4 探头多视角网箱水下监视器,但由于光波在水中的传导性差、吸收大、衰减快,而且在水体透明度低时,可视距离很小,因此在应用中具有一定的局限性(关长涛等 2008)。而声波在同一种媒介中的传播速度基本为一常数,在海水中声速为 1 500 m/s,对目标的分辨率和检测距离与水介质的透明度无关,声波随着传播距离的增加能量衰减较光波小,是理想的信息载体(刘丽珍等 2007)。因此,采用声学探测技术实施网箱养殖过程管理和安全监控将具有更广泛的应用。利用声学原理进行鱼群探测和资源评估的基础是鱼体目标强度。国外对网箱养殖鱼类目标强度的研究较多,Knudsen 等(2004)对深水网箱养殖的大西洋鲑鱼单体背向和腹向目标强度(TS)进行测定,得到了大西洋鲑鱼体长与目标强度的经验公式。而国内对沿海主要养殖鱼类目标强度测定研究较少,尚未建立主要养殖品种目标强度与体长或体重的经验公式。为此,本文以我国东海和黄、渤海区海水网箱养殖的主要经济鱼类大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* 和许氏平鲈 *Sebastes schlegeli* 为对象(关长涛等 2005、2007),对单体目标强度和背向反射声截面与体重、体长的线性关系进行研究,为深水网箱声学监控仪的研制提供设计基础(王辉荣 2006)。此外,研究结果还可为大黄鱼和许氏平鲈海区自然资源及增殖放流补充资源的声学评估提供参考。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

试验材料来自浙江舟山海域养殖的大黄鱼和山东青岛崂山湾海域养殖的许氏平鲈。大黄鱼由舟山养殖场在上海的销售网点送至中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所,将活体大黄鱼放养在海水池中。许氏平鲈由崂山湾网箱养殖场捞取装入塑料密闭容器中,注入少量海水和充足氧气,装入泡沫箱后放入少量冰块后密封空运至上海,成活率接近 70%。样本运至上海后将活体许氏平鲈放养在海水池中。死亡个体存放于冰箱中 5 °C 保存。大黄鱼体重范围 294.3~741.5 g,体长范围 26~39 cm;许氏平鲈体重范围 38~605 g,体长范围 14~34 cm。

1.2 试验仪器和环境

试验于 2007 年 10~12 月、2008 年 6~7 月两次在中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所消声水池中完成。两次试验水层表层温度为 18 °C。试验选用 KF-668 双屏彩色探渔仪作为声波发射器。水听器选用丹麦 B/K 公司型号 8103 水听器。测量放大器选用丹麦 B/K 公司型号 2607 放大器。美国 TEK 公司生产的 2245A 示波器读出对应声压的电压值。

1.3 试验方法

换能器置于待测样本正前方 2 m 处,水听器置于待测样本前方 1 m 处,待测样本处于水下 3 m 处(图 1)。

入射声波和待测样本保持水平,待测样本由细线牵引转向满足试验测量鱼体各向的需求,试验分别测量鱼体侧向、背向、头向、尾向反射声压值,根据公式:

$$TS = 10 \lg(\mu_{\text{反射}}^2 / \mu_{\text{入射}}^2)$$

计算得到单体待测样本目标强度。入射声波频率选取 50、200 kHz 进行测定试验。

1.4 试验数据分析

国际上对于鱼类目标强度测定一般采用目标强度与体长的关系式进行表述 (Simmonds *et al.*, 2005),本试验数据将分别采用目标强度与体长、目标强度与体重关系进行对比分析。在渔业资源调查中一般采用背向的反射声截面数据对鱼群目标强度进行表述,本试验根据公式:

$$\sigma_{\text{bs}} = 10 \lg(\mu_{\text{反射}} / \mu_{\text{入射}})^2 \times 4\pi$$

计算得到大黄鱼和许氏平鲈背向反射声截面数据,并对两种鱼背向反射声截面与体长、体重的关系进行对比分析。

目标强度(TS)与声学截面(σ_{bs})的关系公式:

$$TS = 10 \log(\sigma_{\text{bs}})$$

TS-体长经验公式模型:

$$TS = a \log l + b$$

将试验测得目标强度数值带入 TS-体长经验公式,分别求出 a 和 b 的值,得到大黄鱼和许氏平鲈目标强度与体长的关系式,为声学水下监测仪器的设计提供数据支持。

2 试验结果

2.1 试验结果

2.1.1 不同频率测试中大黄鱼和许氏平鲈身体各向目标强度值

在 50 kHz 和 200 kHz 频率测试中,大黄鱼和许氏平鲈身体各向目标强度区间如表 1 所示。

表 1 在不同频率测试中两种鱼身体各向 TS 值范围

Table 1 TS range of two fish species with different frequency in the test

	50 kHz	200 kHz
TS _{大黄鱼}	-32.85 ~ -58.01 dB	-29.3 ~ -56.99 dB
TS _{许氏平鲈}	-31.74 ~ -75.87 dB	-31.74 ~ -74.75 dB

2.1.2 待测样本身体各向目标强度与体重的关系

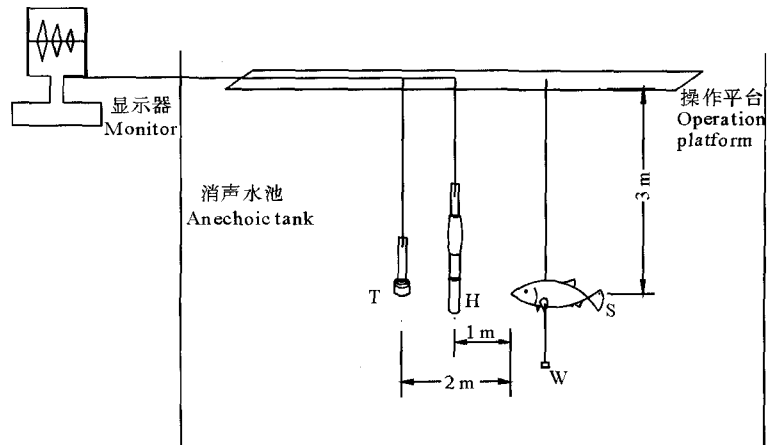
待测样本在 50 kHz 频率测试中,侧向、背向、头向、尾向目标强度与体重关系如图 2、图 3 所示。

待测样本在 200 kHz 频率测试中,侧向、背向、头向、尾向目标强度与体重关系如图 4、图 5 所示。

2.1.3 待测样本身体各向目标强度与体长的关系

待测样本在 50 kHz 频率测试中,侧向、背向、头向、尾向目标强度与体长关系如图 6、图 7 所示。

待测样本在 200 kHz 频率测试中,侧向、背向、头向、尾向目标强度与体长关系如图 8、图 9 所示。



T:换能器;H:水听器;S:样品;W:沉子

T: Transducer; H: Hydrophone; S: Sample; W: Weights

图 1 目标强度声学测定试验装置

Fig. 1 Illustration of experimental setup for acoustic measurements of target strength

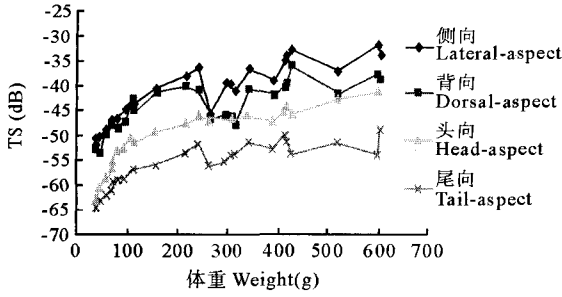


图2 许氏平鲉 50 kHz 身体各向目标强度与体重关系
Fig. 2 Relationship between TS and weight of *Sebastes schlegeli* at 50 kHz

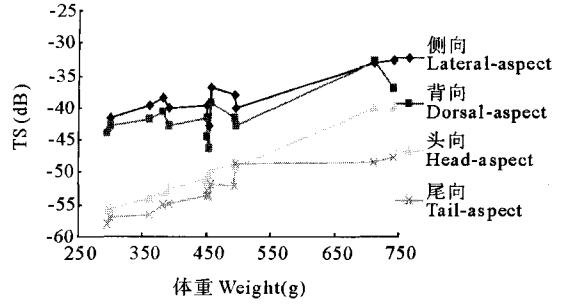


图3 大黄鱼 50 kHz 身体各向目标强度与体重关系
Fig. 3 Relationship between TS and weight of *Pseudosciaena crocea* at 50 kHz

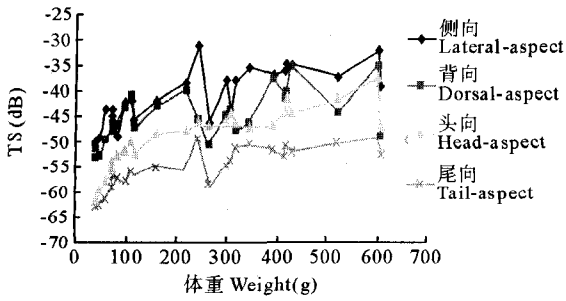


图4 许氏平鲉 200 kHz 身体各向目标强度与体重关系
Fig. 4 Relationship between TS and weight of *S. schlegeli* at 200 kHz

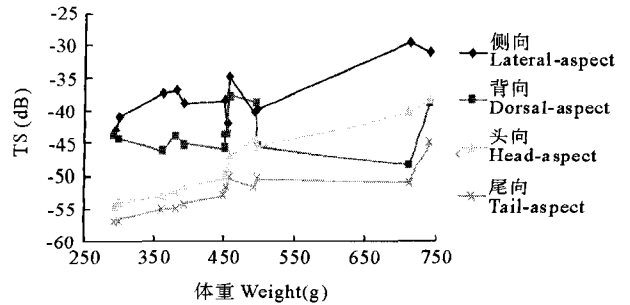


图5 大黄鱼 200 kHz 身体各向目标强度与体重关系
Fig. 5 Relationship between TS and weight of *P. crocea* at 200 kHz

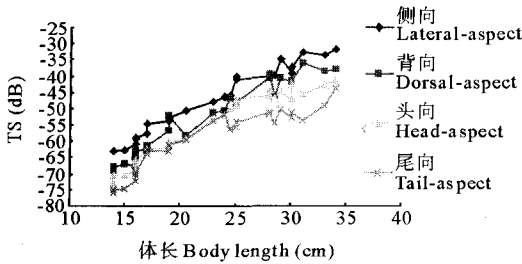


图6 许氏平鲉 50 kHz 鱼体各向目标强度与体长关系
Fig. 6 Relationship between TS and body length of *S. schlegeli* at 50 kHz

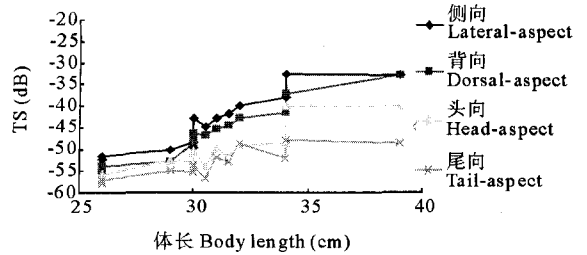


图7 大黄鱼 50 kHz 鱼体各向目标强度与体长关系
Fig. 7 Relationship between TS and body length of *P. crocea* at 50 kHz

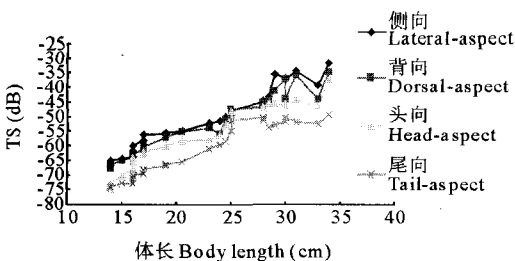


图8 许氏平鲉 200 kHz 鱼体各向目标强度与体长关系
Fig. 8 Relationship between TS and body length of *S. schlegeli* at 200 kHz

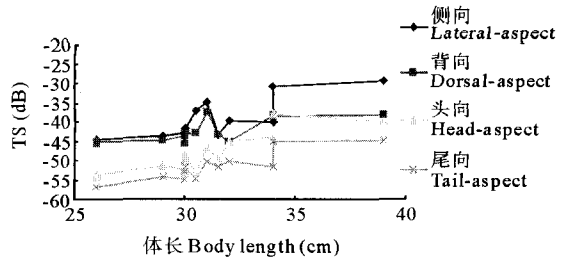


图9 大黄鱼 200 kHz 鱼体各向目标强度与体长关系
Fig. 9 Relationship between TS and body length of *P. crocea* at 200 kHz

2.1.4 大黄鱼在不同频率下反射声截面与体重和体长的关系

大黄鱼在 50、200 kHz 频率下反射声截面分别与体重和体长的关系如图 10、图 11 所示。

2.1.5 许氏平鲈在不同频率下反射声截面与体重和体长的关系

许氏平鲈在 50 和 200 kHz 频率下反射声截面分别与体重和体长的关系如图 12、图 13 所示。

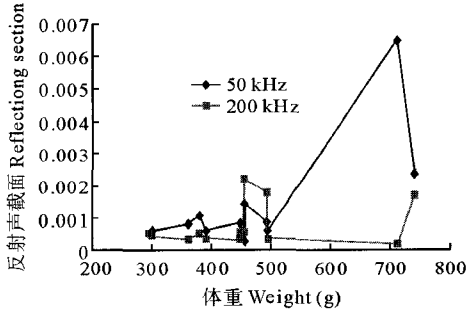


图 10 大黄鱼背向不同频率反射声截面与体重关系

Fig. 10 Relationship between dorsal-aspect reflection section and weight of *P. crocea* at different frequency

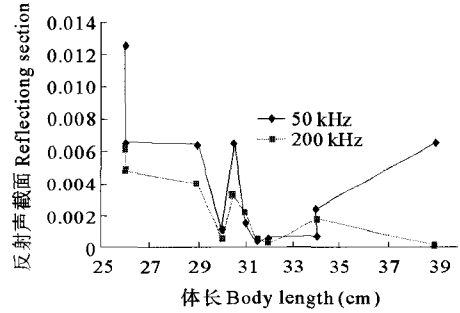


图 11 大黄鱼背向不用频率反射声截面与体长关系

Fig. 11 Relationship between dorsal-aspect reflection section and body length of *P. crocea* at different frequency

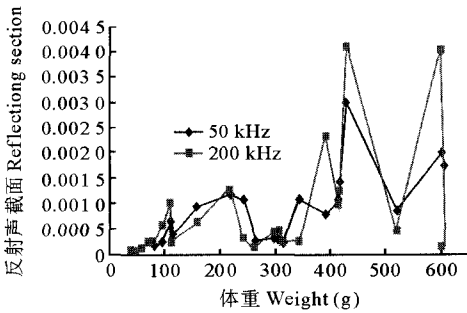


图 12 许氏平鲈背向不同频率反射声截面与体重关系

Fig. 12 Relationship between dorsal-aspect reflection section and weight of *S. schlegeli* at different frequency

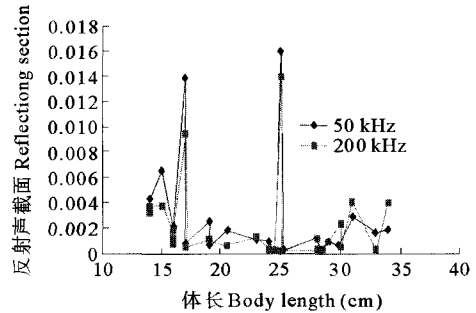


图 13 许氏平鲈背向不同频率反射声截面与体长关系

Fig. 13 Relationship between dorsal-aspect reflection section and body length of *S. schlegeli* at different frequency

3 讨论

3.1 水产声学监测系统最小目标强度参数的确定

由于网箱中养殖鱼类个体越小,自身抵抗水流冲击的能力越弱,当海水流速较大时,个体小、体重轻的幼鱼容易贴在网衣上,幼鱼和网衣接触时可能造成鱼体表面破损,增加鱼体患病的几率,影响养殖成活率。通常情况下体重在 50 g 以下的幼鱼不适合在深水网箱中养殖。从表 1 可以看出,在 50 kHz 工作频率下,最小试验用鱼许氏平鲈(体长 14 cm,体重 38 g)目标强度值为 -75.87 dB。因此可将 -80 dB 设定为回声信号的最低体积反向散射强度,作为深水网箱水下监测仪器可检测到的最小目标强度参数。提高监测仪器的敏感度,有效降低鱼群重叠信号对监测数据的影响。

3.2 大黄鱼和许氏平鲈在不同频率测试中身体各向目标强度与体重和体长的关系

从图 2~图 9 可以看出,无论是大黄鱼还是许氏平鲈身体各向目标强度值大小顺序依次为 $TS_{侧向} > TS_{背向} > TS_{头向} > TS_{尾向}$ 。鱼类个体目标强度可以通过鱼类体重、体长建立公式进行定量表述。 $TS_{侧向}$ 和 $TS_{背向}$ 值大小比较接近, $TS_{头向}$ 和 $TS_{尾向}$ 值大小比较接近。由于在购买大黄鱼试验材料时,没有购买到体重介于 500~700 g 之间的试验材料,因此没有得到体重范围在 500~700 g 之间的样本各向目标强度数据,在作图时未能体现这一区间样本各向目标强度与体长和体重的相关性。

从图5和图9可以看出,大黄鱼在200 kHz频率下在体重712 g、体长39 cm点位上, $TS_{\text{背向}} < TS_{\text{头向}}$,出现明显异常。异常的试验结果可能是由外界的噪声干扰引起的。

3.3 不同频率下大黄鱼和许氏平鲈侧向目标强度和体长的关系式

通过对试验数据的分析,大黄鱼和许氏平鲈侧向目标强度更符合 TS 与体长的经验公式,分别得到在50和200 kHz工作频率下大黄鱼和许氏平鲈侧向目标强度和体长的关系式:50: $TS_{\text{大黄鱼}} = 24.8 \log L(\text{cm}) - 73.9$; 200 kHz: $TS_{\text{大黄鱼}} = 23.9 \log L(\text{cm}) - 71.3$; 50 kHz: $TS_{\text{许氏平鲈}} = 25.7 \log L(\text{cm}) - 69.16$; 200 kHz: $TS_{\text{许氏平鲈}} = 26.4 \log L(\text{cm}) - 70.8$ 。

3.4 大黄鱼和许氏平鲈在不同频率测试中背向反射声截面与体重和体长的关系

从图10~图13可以看出,50 kHz工作频率和200 kHz工作频率均适于对鱼类单体目标强度的测定。在不同工作频率试验中,体长和体重均可作为参数对鱼类单体目标强度进行表述。

3.5 影响系统性能的其他参数

本试验是在消声水池中进行,因此可排除水中噪声对试验结果的影响。但是在声学监测系统研发中应将海中噪声影响作为系统参数进行修正,才能得到准确的数据。本试验中探渔仪与待测样本及水听器呈水平排列,这种情况在实地测试中无法实现,因此探渔仪与鱼群之间的夹角也应作为系统研发中的重要参数,在公式中进行修正。

3.6 网衣对目标强度的影响

在监测网箱中鱼群目标强度变化过程中,网衣本身的目标强度应作为重要参数与鱼群整体目标强度区分开。应当对不同尺寸网箱进行空网目标强度测定,在系统获得的整体目标强度参数中除去空网的目标强度,从而获得鱼群的目标强度数据,对网箱中鱼群整体目标强度的增减有明确的判断。

4 结论

(1) 体重和体长均可对鱼类单体目标强度进行定量表述。试验结论可以应用于深水网箱水下声学监测仪器的设计研发中,还可以应用于渔业资源定量调查与评估中。

(2) 试验样本在50和200 kHz频率测试中,身体各向目标强度大小为 $TS_{\text{侧向}} > TS_{\text{背向}} > TS_{\text{头向}} > TS_{\text{尾向}}$ 。

(3) 试验样本在50和200 kHz频率测试中,大黄鱼和许氏平鲈侧向目标强度和体长的关系式:50 kHz: $TS_{\text{大黄鱼}} = 24.8 \log L(\text{cm}) - 73.9$; 200 kHz: $TS_{\text{大黄鱼}} = 23.9 \log L(\text{cm}) - 71.3$; 50 kHz: $TS_{\text{许氏平鲈}} = 25.7 \log L(\text{cm}) - 69.16$; 200 kHz: $TS_{\text{许氏平鲈}} = 26.4 \log L(\text{cm}) - 70.8$ 。

(4) 声学水下监测仪器在50 kHz工作频率和200 kHz工作频率下均可有效完成对网箱中或海洋中渔业资源评估。

(5) 在50 kHz工作频率中,深水网箱声学监测仪器的最低目标强度测定值可设定为-80dB。

参 考 文 献

- 王润田,龚剑彬. 2004. 深水网箱中的声学监测问题. 中国科学院声学研究所东海研究站, (2004-01-02)[2008-01-16]http://www.sal2000.com/ds/ds3/Acoustics/acous-tics%20of%20cage.pdf
- 王辉荣. 2006. 深水网箱鱼群监测仪换能器转向驱动机构的设计. 福建水产, (2): 86~87
- 关长涛, 崔国平, 李 娇, 崔 勇. 2008. 多视角深水网箱水下监视器的研制. 渔业现代化, 35(1): 10~14
- 关长涛, 林德芳, 黄 滨, 黄文强, 崔 勇. 2007. 深海抗风浪网箱养殖设施与装备技术的研究进展. 现代渔业信息, 22(4): 6~8
- 关长涛, 林德芳, 杨长厚, 尉云乐, 黄文强, 黄 滨. 2005. HDPE 双管圆形深海抗风浪网箱的研制. 海洋水产研究, 26(1): 61~67
- 刘丽珍, 石晓天. 2007. 深水抗风浪网箱监测系统研制方案的探讨. 海洋渔业, 29(1): 90~94
- Knudsen, F. R., Fosseidengen, J. E., Oppedal, F., Karlsen, Ø., and Ona, E., 2004. Hydroacoustic monitoring of fish in sea cages; target strength (TS) measurements on Atlantic salmon (*Salmo salar*). Fisheries Research, 69, 205~209
- Simmonds, E. J., and MacLennan, D. N. 2005. Fisheries Acoustics: theory and practice 2nd ed. Oxford: Blackwell Science