

大黄鱼的声刺激行为研究

刘贞文^{1,2}, 许肖梅³, 黄二辉¹, 杨燕明¹

(1. 国家海洋局第三海洋研究所 福建 厦门 361005; 2. 国家海洋局海岛研究中心 福建 平潭 350400;
3. 厦门大学海洋与地球学院 福建 厦门 361005)

摘要: 为了解水下强噪声对大黄鱼的影响, 结合行为学方法开展了3个年龄的大黄鱼声刺激实验。结果发现: 3个年龄的大黄鱼在水中声压约10 Pa时均能对声波发生条件反应, 但是, 它们的声波敏感频率和直接致死的声压阈值差异较大; 1个月幼苗和8个月小鱼的声波敏感频率分别为800 Hz和600 Hz, 直接致死的声压阈值约为40 Pa和4 kPa。13个月大鱼的声波敏感频率也在600 Hz, 但当声压达到4 kPa时, 鱼群受惊吓明显, 且未能直接致死。另外, 这些曾经暴露在强声波中的各年龄段的大黄鱼在随后48 h里较多出现相继死亡的现象。表明这些长时间暴露在水下噪声中的大黄鱼可能会因累积效应引起行为模式改变和间接致死等慢性危害。

关键词: 海洋生物声学; 大黄鱼; 声波; 水下噪声; 听力敏感

DOI: 10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2014. 01. 014

中图分类号: Q62

文献标识码: A

文章编号: 2095-4972 (2014) 01-0105-06

大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*), 隶属于鲈形目 (Perciformes), 石首鱼科 (Sciaenidae), 黄鱼属 (*Pseudosciaena*)。在我国, 北起黄海南部, 经东海、台湾海峡, 南到南海雷州半岛水深60 m以内的广阔沿岸近海水域均有分布。大黄鱼是我国传统“四大海产”之首, 在近海渔业中占有相当重要的地位^[1], 被誉为我国国鱼。作为名贵经济鱼类, 大黄鱼除了具有极高的经济价值外, 还具有丰富的营养和良好的医药价值^[2-3]。

大黄鱼不仅自己能够发出一种强烈的间歇性声音, 而且对外界声响也相当敏感^[1]。在受到水下强噪声影响时, 许多大黄鱼往往会受惊吓跳出水面, 在随后几天会造成轻则食欲减退、生长缓慢、成熟个体小型化等的种质退化现象, 重则直接死亡^[4]。上世纪50~60年代在中国盛行的敲罟作业和过度捕捞, 导致野生大黄鱼几乎灭绝的窘境, 正是利用了大黄鱼对水中声音较敏感这一特性。

近年来, 随着海洋工程与沿岸环海公路等建设项目的增多, 水下爆破、临近海边的公路隧道、山体爆破等产生的水下冲击波和强噪声对附近海域的石首鱼科尤其是大黄鱼的健康养殖造成较大的影

响^[5]。特别是在福建沿海的宁德至泉港一带海域, 大量养殖大黄鱼, 当进行近岸工程爆破时, 由于大黄鱼对水下强噪声十分敏感的先天缺陷, 导致即使较小的爆破药量也极易造成这些高经济价值鱼类的间接或直接死亡, 进而引起养殖户与爆破施工方的纠纷, 甚至阻挠爆破施工。例如, 1998年, 湄洲湾火电厂水下工程爆破时, 发现离爆破点600~700 m的网箱养殖的大黄鱼曾发生连续不断的、不同程度的死亡现象^[4]; 2005年, 洋山深水航道炸礁的两次爆破后发现石首鱼科当场出现100%的死亡现象^[6]; 2009年, 罗源县龟屿隧道爆破作业中, 虽然爆破区与大黄鱼育苗池相距达570 m宽度, 但在爆破施工的2个多月时间内不断出现大黄鱼幼苗非正常死亡现象^[6]。2010年, 泉港区附近的水下炸礁等作业时, 渔民在爆破期间发现大黄鱼存在被“炸死”现象, 于是组织人员阻挠施工单位继续施工, 并提出经济赔偿; 2013年, 在宁德小岁屿的水下爆破作业, 同样发生大黄鱼养殖户阻挠爆破施工并产生经济纠纷的现象。在多次的事件中, 当地主管部门在如何指导爆破施工以减少经济损失, 以及在与养殖户谈判赔偿问题过程中处境十分被动。暴露出的主要问题是, 管理

收稿日期: 2013-07-15

基金项目: 国家海洋局第三海洋研究所基本科研业务费专项资助项目(海三科2012022); 国家海洋公益性行业科研专项资助项目(201105011-3)

作者简介: 刘贞文(1979~), 男, 博士, 副研究员; E-mail: Lzwy@126.com

决策部门无法找到大黄鱼和爆破声波之间的相关声学数据,并科学地指导爆破施工。

截至目前,国内外科学家虽然在鱼类的趋声性和畏声性方面有一定的研究^[7-44],但涉及水下声波对石首鱼科乃至对大黄鱼伤害的研究却十分缺乏。在爆破安全规程中规定了水中声波对鱼类影响的安全控制标准^[15],但这些资料来源几乎都是针对普通鱼类和少数的石首鱼科,从未以大黄鱼作为研究对象。事实上,从实际观察来看,大黄鱼对声波的敏感性远高于其他鱼类。因此,为了解大黄鱼对水下噪声的敏感效应,减小或避免在养殖过程中水下噪声对大黄鱼生长的影响,进而为沿海各类工程爆破和大黄鱼在抗水下环境噪声新品种的培育中提供必要的数据,本文开展了大黄鱼的声刺激实验。

1 实验方法

1.1 大黄鱼的发声与行为

近年来逐步深入的研究和实验表明,大黄鱼的发声与其生物学行为关系紧密,大黄鱼在觅食、繁殖、受惊、识别同类等不同行为下均会发出不同的声信号^[16-48]。陈毓楨(1983)给出了大黄鱼生物声和单艇敲舟古声的声谱图,二者的谱峰频率相近,频率范围基本一致^[17]。章芝蓉等(1994)分析的大黄鱼声谱和其产卵时叫声的频率范围基本相同,但最大谱峰处于 250 Hz,次峰为 800 Hz^[19]。许兰英等(1999)在产卵场录下大黄鱼发出“咯咯”的声音,声频范围 130 ~ 2 000 Hz,谱峰在 630 ~ 800 Hz^[20]。由此说明敲舟古声能为大黄鱼所接收,并产生逃避的自卫行为。任新敏等(2008)通过对喂食及产卵时大黄鱼的发声信号分析表明,大黄鱼的发声谱峰在 800 ~ 850 Hz 附近^[6]。魏翀等(2013)通过对网箱中人工养殖的两组不同年龄大黄鱼产生的声信号进行定量分析和比较,发现大黄鱼发声的物理过程及年龄特征存在一定的联系^[21]。

鱼类行为是指鱼类进行的各种运动,是鱼类对外界环境和内部环境变化的反应,包括游泳、摄食、生殖、避敌、攻击、求偶等^[22]。结合行为学的方法(Behavior Method),是结合声音和饵料或道具的威吓,运用鱼的条件反射(饵料的诱引或逃离道具)判断鱼对刺激声的反应^[7]。采用行为学观察,主要是利用某些鱼类的畏声性:某些鱼类对声音刺激的反应比较敏锐,闻声后会避开声源。例如,在对底层鱼的观察中发现,当向底层鱼播放预先录制噪声时,它们就会出现很明显的起跳现象^[7]。海啄、鲸鱼等海兽发出的声音能使多数鱼类出现受惊、下沉、分散或

逃逸等行为反应,它们正是利用这种声音可将鱼群赶到预定的区域^[23]。近年来,国外也常利用行为学的方法研究鱼的听觉阈值^[23-24],在捕鱼时利用主动声呐发出某种声音使特定的鱼感到厌恶,以避免捕捞不需要的特定鱼类^[24]。

一般认为,既然大黄鱼能发出这些 130 ~ 2 000 Hz 频段(谱峰在 630 ~ 800 Hz)的声音,它们就能接收落在该频段的声音,也说明用于声刺激实验的人工水下声波发射器的频段可以在这些范围内使用。基于此,本文大黄鱼的声刺激实验的发射频率选择在 200 ~ 2 000 Hz。

1.2 实验系统

本实验的地点是宁德市福鼎水产公司大黄鱼养殖基地。实验中所搭建的系统示意如图 1 所示。实验系统共分两部分,一是信号发射部分,由信号源、功率放大器和水声发射换能器组成;二是信号接收和监测部分,由 B&K 公司的 8105 水听器、电荷适配器和 Pulse 多通道记录软件组成,采集软件根据大黄鱼发声信号频率^[25]和人工发射频率把采样频率设置为 10 kHz。另外,接收水听器与发射换能器间距约 1 m,用于记录人工发射的声波和大黄鱼在水池中的叫声。

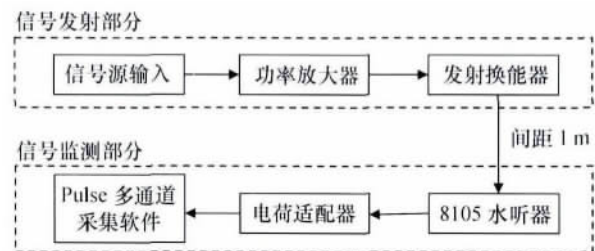


图 1 大黄鱼听力敏感测试实验方案示意

Fig. 1 Experimental setup of hearing sensitive test for *Pseudosciaena crocea*

1.3 实验方法

选择有 3 种不同年龄的鱼:生长 1 个月的幼苗(鱼体长约 1 cm)、8 个月的小鱼(鱼体长约 10 ~ 12 cm)和约 13 个月的大鱼(鱼体长约 20 ~ 24 cm)。实验选在大黄鱼的培育水池进行,水池大小为 10 m × 5 m,水深约 1.6 m,每个水池的大黄鱼数量约几百只不等,长期在各自的水池中喂养,极少受外界的惊吓。实验开始前先将水声换能器和水听器置于水池中并静待 5 ~ 10 min,以恢复大黄鱼因仪器布放过程中所受的惊扰。实验过程中,首先发射周期性有规律的单脉冲、多脉冲信号(1 ~ 10 个随机变化,周期为 0.5 s)和单频正弦波信号,频率可调,信号强度可调,如图 2 所示。在发射信号的同时,一方面采用人

工和摄像机观察实验对象的反应并记录存储, 另一方面利用信号监测系统监测发射信号波形和幅度, 同时记录大黄鱼的发声现象。

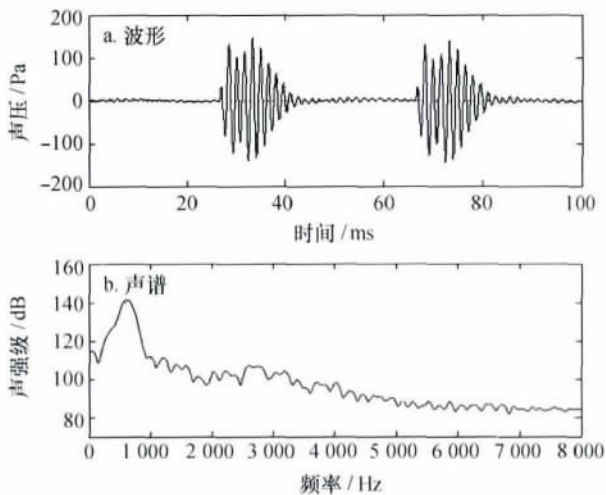


图2 培育池水中实测主动发射的脉冲信号波形和声谱
Fig.2 Oscillogram and spectrogram of pulsed sound pattern
from active transducer in the training pool
填充 800 Hz 正弦波

2 观测结果

2.1 幼苗的声刺激现象

实验开始前, 幼苗(喂养 1 个月, 鱼体长约 1 cm) 成自由状随机洄游。当发射周期性有规律的单脉冲和多脉冲声波的声压峰值达 10 Pa 时, 观察到大量幼苗随着发射脉冲的节奏跳起, 就像蛙跳一样; 但当停止发射时, 幼苗立即恢复自由状态, 如此重复多次, 均有类似行为。可能的原因应是该周期性脉冲信号导致幼苗的惊吓, 但强度不足以使幼苗直接致死。表明了即使刚生长 1 个月未下排的大黄鱼幼苗, 亦能够对水中的声波起反应。但是, 在我们实验的整个过程中并未发现有任何幼苗主动发出声音, 可见, 1 个月幼苗的声接收系统已经形成, 但发声系统还不健全。

为寻找幼苗的听力敏感频率, 我们发射了不同频率(200 ~ 2 000 Hz) 的单频正弦波信号。当频率增至 800 Hz 时, 观察到幼苗有快速主动避开声源位置的行为发生。当将声压峰值增至约 40 Pa 时, 有少量的幼苗开始原地打转或翻转肚皮, 呈直接致死的趋势。当继续增加声压峰值达到 400 Pa 时, 观察到较多的幼苗死亡, 并且死亡后幼苗嘴形呈张开状态。随后, 我们以相同的声压在较低的频率和较高的频率发射声波, 发现幼苗直接致死现象不如 800 Hz 强烈。这表明了幼苗在 800 ± 50 Hz 的声波敏感度较强, 并且当声压达到 40 Pa 以上, 极有可能导致幼苗

的直接死亡。

2.2 小鱼的声刺激现象

实验开始前, 小鱼(喂养约 8 个月, 鱼体长约 10 ~ 12 cm) 未受惊扰时, 远离水面而小群分散在池底区域洄游。我们采取相似的方法发射各种声波。当声压峰值较小时(< 40 Pa), 观察到小鱼集群并有主动避开声源的行为发生, 以 600 Hz 的发射频率最为明显。即使试图将鱼群赶往声源附近区域, 小鱼群也会寻机绕开。随后, 当声压峰值增大至 2.2 kPa 时, 观察到少量小鱼在翻滚打转, 特别是在声源正上方的小鱼翻滚动作最剧烈, 而且反应变得十分迟钝; 声波发射期间, 绝大部分小鱼均远离声源(> 4 m), 有部分的小鱼从较深的池底游向较浅的水面区域。当声压峰值增至 4 kPa 时(由于功率放大器的限制, 最大声压峰值只能达到 4 kPa), 观察到有 2 只小鱼当场死亡。可见, 水中的小鱼比幼苗更能承受较高强度的声音。当停止发射声音时, 鱼群恢复自由状态, 那些打滚的小鱼也活跃起来。此外, 在实验中观察到另一个有趣现象: 在突然发射频率为 600 Hz 声压峰值为 4 kPa 的单频声波时, 水池的鱼群纷纷跳出水面或者来回打转, 但未有直接致死的现象发生。随后停止发射声波, 短暂静待后重复多次发射相同声波, 观察到小鱼不再有其他异常现象发生, 持续时间越长, 现象越不明显, 表明小鱼已逐渐适应了此类信号。

在实验结束约 10 ~ 15 h 之后, 养殖基地工作人员反映这些用来做实验(受声波惊扰) 的小鱼基本不再进食; 到了第 3 天(约 40 ~ 48 h), 有较多的小鱼逐渐死去。因此, 当开展小鱼的声刺激实验时, 不仅要考虑声波对小鱼的直接致死, 而且要考虑声波对小鱼生长的副作用, 即间接死亡。

2.3 大鱼的声刺激现象

将换能器和水听器置于大鱼水池中(1[#]池, 喂养约 13 个月, 鱼体长约 20 ~ 24 cm), 采取相似的方法进行实验。当突然发射频率为 600 Hz 声压峰值为 4 kPa 的信号时, 鱼群纷纷跳出水面, 有部分大鱼翻身(鱼肚朝上) 沿着水池壁来回绕圈, 并且当用手去触摸鱼时, 这些鱼反应十分迟钝, 并不逃跑。有趣的是, 紧邻该水池的另一池(2[#]池) 的大鱼(两池间隔约 1 m, 喂养时间约 13 ~ 14 个月) 也有几只跳出水面。经测量 2[#]池的声压峰值比 1[#]池降低约 4 倍(1 kPa)。当将 1[#]池声压峰值减小到 320 Pa 时, 两池的大鱼仍均有避开声源位置的行为发生; 当停止发射时, 两池大鱼群恢复常态。继续重复发射, 鱼群对声波的反应逐渐减小。在整个实验过程未发现有的直接致死现象。

同样,在第2天(约18~24 h),养殖工作人员反映这些用来做实验的大鱼也不肯进食,并有少量死亡;到了第3天(约40~48 h),死亡数量继续增大,且1#池比2#池死得多.表明了水中声波可能增加大鱼的不舒服感,并影响进食和生长,导致间接致死的副作用.水中声波的声压峰值越大,间接致死的可能性越大.

2.4 不同年龄的鱼对声刺激的行为比较

实验统计结果见表1.从中可得,幼苗的敏感频率在800 Hz,但未见有主动发声的现象,发射声波的声压约10 Pa时对声波即有明显反应,声压约40 Pa时有少量幼苗死亡,当声压达到400 Pa时有较多的幼苗直接死亡.8个月小鱼的测试结果与幼苗明显不同.小鱼的声波敏感频率转移至600 Hz,当声

压达到40 Pa以上,小鱼仍未有致死现象,仅有主动避开声源的行为发生,当声压达到2.2 kPa,声源正上方的小鱼才开始变得十分迟钝,当声压达到4 kPa时,仅观察到声源正上方2只小鱼直接致死,由此说明了小鱼最大可承受声压远大于幼苗.对于生长约13个月大鱼,其声波敏感频率在600 Hz附近,当声压达到4 kPa时,鱼群受惊吓明显,反应迟钝,但未能直接致死.从2#池的连锁反应看,声压约100 Pa时,大鱼对声波有条件反射行为发生.可见,不同年龄的大黄鱼对水中声音的反应存在明显差异.文中3种不同年龄的鱼对声音的敏感频率集中在600~800 Hz频带上,符合大黄鱼主动发声时的主要谱峰位置^[15].

表1 声刺激实验过程中发射声波的声压观测值与鱼的行为反应

Tab.1 Active sound pressure amplitude and behavioral responses of fish during the sound stimulation experiment

规格	声波敏感频率/Hz	发射声波的声压/Pa	鱼的行为反应或状态
1个月的幼苗	800	10	鱼群主动避开声源
		40	少量死亡
		400	较多幼苗死亡
8个月的小鱼	600	40	鱼群主动避开声源
		2 200	声源正上方的鱼翻滚,反应迟钝
		4 000	鱼群受惊吓,跳离水面,反应迟钝
13个月的大鱼	600	100	少量鱼快速游离
		320	鱼群主动避开声源
		1 000	鱼群快速逃离,几只跳出水面
		4 000	鱼群受惊吓,跳离水面,沿池壁绕圈,反应迟钝

3 讨论

3.1 鱼龄与声波敏感频率的关系

不同年龄的大黄鱼的声波敏感频率有差别,生长年龄越小的鱼,其声波敏感频率越高.此种现象可与人类听觉类比,成年人的发声频带低于幼年的发声频带.同样,人类的听力敏感曲线也随着年龄逐渐低频化和钝化.因此,大黄鱼的发声是否遵循此规律?若是,则可以说明大黄鱼的声波敏感性与鱼体大小、生长年龄、耳石大小存在相关性,这需要将来进一步的实验.

3.2 长期声刺激后的声剩余掩蔽现象和鱼的非正常行为

在声刺激实验期间,8个月大的小鱼和13个月的大鱼极少在实验的当天直接致死,而是在第2天、第3天出现不进食然后死亡的现象.一般认为,水中的过高压和超低压交替产生的振动,是导致海洋生

物直接死亡的主要因素.因此,长时间暴露于水下噪声的海洋生物也可能受到慢性威胁,造成海洋生物的间接死亡^[16].通常,长时间暴露在强噪声中的大黄鱼可能因累积效应引起的慢性危害有以下3种:声剩余掩蔽、紧张和行为模式改变.鱼类声剩余掩蔽现象的显著性与原刺激性的强度和作用时间有很大关系.研究表明,鱼类在受到声强级为痛觉阈或接近痛觉阈的声刺激作用之后,只有经过较长的时间才能使听觉敏感性得以恢复^[7].本实验8个月的小鱼和13个月的大鱼在经过至少2 h以上约4 kPa的声音刺激之后(实验后半阶段),鱼对声音刺激的敏感行为并不明显,因此可能存在声剩余掩蔽现象,即长时间受到声强级为痛觉阈或接近痛觉阈的声刺激作用而引起暂时性“变聋”的缘故.当然,该现象的另一种解释是:可以推测大黄鱼有一定的声适应能力,初次发射声波使得小鱼突然受惊吓导致纷纷跃出水面,但随后小鱼逐渐适应该种信号,不再因该种信号

的出现而受惊扰.这种解释的理论依据是:有些实验表明,鱼类听觉对频率和强度不变的声音刺激的适应都是非常迅速的^[7].但是,根据第2、3天大黄鱼出现较多数量死亡的现象来看,本文倾向于前一种解释.

在声音发射过程中还观察到大黄鱼有的上浮,有的不断绕着水池壁游走,有的翻转肚皮,有的晕头转向等非正常行为发生.此种现象可解释如下:长期暴露在较高强度的水下噪声中还可能致鱼类处于高度紧张状态,造成鱼类的行为模式改变.行为模式改变包括游泳姿态的改变、摄食行为的变化、出现躲避行为、反应迟钝等.鱼类紧张时,可能造成心率加快,引起上浮或不时跳出水面,游速加快,导致更多的能量消耗,影响各器官和健康水平.长时间的行为节奏被破坏还将造成内分泌失调和免疫力下降.

3.3 脉冲波比正弦波更具危害性

实验过程不仅采用了连续的正弦波,还采用

了脉冲波进行声刺激.从观测结果来看,即使在同一声压幅度下,大黄鱼对脉冲波的行为反应也更为强烈.此种结果表明,快速的脉冲波产生的损伤与相同数量平缓的声波产生的损伤不同.该现象可从一般材料的属性来解释:在水中,声波通过鱼体到达鱼鳔,引起鱼鳔的振动.类比于人类,人通过耳朵来感知空气中声压的压力变化,其感受器为鼓膜.而鱼鳔和鼓膜都是一弹性灰白色半透明材料.在瞬时大应力作用下,弹性材料属性发生变形,需要一定的时间才能恢复到它们本来的形变.但是,如果在它们恢复之前再施加应力,材料就更加容易受损.因此,在实际工程中,爆破产生的水下冲击波对大黄鱼产生影响的声压阈值可能比实验测量的声压幅度更小.

参考文献:

- [1] 福建省科学技术厅.大黄鱼养殖[M].北京:海洋出版社,2004.
- [2] 粘宝卿,黄衍镇.对声屏障圈养大黄鱼的展望[J].海洋科学,1999(4):30-31.
- [3] 陈园园.大黄鱼三种凝集素的克隆表达、进化分析和功能研究[D].广州:中山大学,2010.
- [4] 刘文辉.黄花鱼抗爆试验研究[J].爆破器材,2001,30(6):24-26.
- [5] 刘贞文,许肖梅,覃柳怀.隧道爆破声波对毗邻养殖水中声场环境的影响研究[J].爆炸与冲击,2011,31(1):88-94.
- [6] 蒋玫,沈新强,杨红.水下爆破对渔业生物影响的研究[J].海洋渔业,2005,27(2):150-153.
- [7] 何大仁,蔡厚才.鱼类行为学[M].厦门:厦门大学出版社,1998.
- [8] Sloman K A, Wilson R W. Behavior and physiology of fish[M]. Amsterdam: Elsevier, 2006.
- [9] Mark W S. The single sonic muscle twitch model for the sound-production mechanism in the weakfish (*Cynoscion regalis*) [J]. The Journal of the Acoustical Society of America, 2000, 108(5): 2 430-2 437.
- [10] 李文涛,张秀梅.水爆破施工对鱼类影响的估算及预防措施[J].海洋科学,2003,27(11):20-23.
- [11] 陈毓楨,陈若琦,王法吉,等.鲈鱼听觉能力的电生理学研究[J].海洋水产研究,1981(1):71-78.
- [12] 梁之安,冯俊明,扬琼华.压力波对听觉器官的致伤作用I:致伤部位和损伤特性[J].生理学报,1983,35(4):369-376.
- [13] 申钧.鱼类听觉器官的结构与功能[J].生理科学进展,1983,14(1):58-62.
- [14] 黄玉霖,周士杰.两种鳢科鱼类声反应特性初探[J].厦门大学学报:自然科学版,1982,21(4):491-495.
- [15] 中国工程爆破协会.爆破安全规程 GB 6722-2011[S].北京:中国标准出版社,2011:1-75.
- [16] 任新敏,高大治,姚玉玲,等.大黄鱼的发声及信号特性研究[J].大连水产学院学报,2007,22(2):123-128.
- [17] 陈毓楨.鱼类的发声、听觉及其在渔业上的应用[J].海洋湖沼通报,1983(2):72-78.
- [18] Parmentier E, Lagardere J P, Braquegnier J B, et al. Sound production mechanism in carapid fish: first example with a slow sonic muscle[J]. The Journal of Experimental Biology, 2006, 209: 2 952-2 960.
- [19] 章之蓉.水生生物与物理因子[M].北京:科学出版社,1994.
- [20] 许兰英,齐孟鹤.黄渤海两种鱼噪声谱的水下观测[J].海洋科学,1999(4):13-14.
- [21] 魏翀,张宇,张赛,等.网箱养殖大黄鱼合成声信号特性研究[J].声学学报,2013,38(3):300-305.
- [22] 柴毅,谢从新,危起伟,等.鱼类行为学研究进展[J].水利渔业,2006,26(3):1-3.
- [23] Manna D A, Lu Z M, Hastings M C, et al. Detection of ultrasonic tones and simulated dolphin echolocation clicks by a teleost fish, the American shad (*Alosa sapidissima*) [J]. The Journal of the Acoustical Society of America, 1998, 104(1):562-568.
- [24] Mann D A, Lu Z, Popper A N. Ultrasound detection by a teleost fish[J]. Nature, 1997, 389: 341.
- [25] 刘贞文,许肖梅,覃柳怀.大黄鱼发声信号特性研究[J].声学技术,2010,29(6):342-343.

Study on behavior of sound stimulation for large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*)

LIU Zhen-wen^{1,2}, XU Xiao-mei³, HUANG Er-hui¹, YANG Yan-ming¹

(1. Third Institute of Oceanography, SOA, Xiamen 361005, China;

2. Island Research Center, SOA, Pingtan 350400, China;

3. College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: An experiment of hearing sensitive test for 3 different ages of large yellow croaker (*Pseudosciaenacrocea*) was carried out for behavioral observation to understand the impact of injury levels by underwater strong noise. The results showed that all 3 age fish generated condition response when the underwater sound pressure reached approximately 10 Pa. However, their hearing threshold and acoustic sensitive frequency were significantly different. The hearing thresholds of direct mortality for 1-month seedling and 8-month fish were 40 Pa and 4 kPa respectively. Similarly, the acoustic sensitive frequencies were 800 Hz and 600 Hz. For 13-month fish, despite its acoustic sensitive frequency at 600 Hz, no direct mortalities but significantly frightened were found when the sound pressure climbed to 4 kPa. Additionally, the fishes exposed by strong sound pulses in the experiment tend to die-offs in 48 hours. The analysis show that the fishes exposure long to underwater sound pulses may have cause cumulative effects of behavior pattern change and indirect chronic hazards when noise persisted.

Key words: marine bioacoustics; large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*); sound; underwater noise; hearing sensitive characteristics

DOI: 10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2014. 01. 014

(责任编辑: 王 静)