

文章编号: 1674-5566(2013)05-0672-06

褐菖鲉发声系统形态结构及其发声特征研究

张旭光^{1,2,3}, 谢伟^{1,3}, 郭弘艺^{1,3}, 胡庆松⁴, 潘迎捷², 宋佳坤^{1,3}

(1. 上海海洋大学 海洋生物系统与神经科学研究所, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 食品学院, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306; 4. 上海海洋大学 工程学院, 上海 201306)

摘要: 分别采用形态学和模拟领地入侵的方法研究了褐菖鲉发声系统和发声特征。结果表明, 褐菖鲉发声系统由鱼鳔肌和鱼鳔组成。鱼鳔肌前方附着于颅骨的翼耳骨, 后经第1~7肋骨, 与鱼鳔背后侧部相连。在领地入侵模拟实验中, 褐菖鲉发出了连续脉冲的“咕噜噜”声音, 其平均脉冲周期为 (32.6 ± 2.6) ms, 平均脉冲间隔为 (51.8 ± 81.4) ms, 主频为68~175 Hz。对单个声音脉冲中包含的正弦波型的能量周期分析发现: 其声音主频与最大能量周期的倒数一致, 表明褐菖鲉是采用鱼鳔肌收缩的发声机制。

研究亮点: 通过形态学和行为学方法, 确定了褐菖鲉发声生物学特征, 并对不同发声频率的行为特征进行分析, 这些结论是国内首次报道, 可为应用被动声学技术调查褐菖鲉的种群分布和生殖场的界定提供重要的声音鉴别数据。

关键词: 褐菖鲉; 鱼鳔肌; 发声; 脉冲; 声学监控

中图分类号: S 917.4; Q 959.4

文献标志码: A

褐菖鲉(*Sebasticus marmoratus*)为暖温岩礁性鱼类, 定居性强, 对入侵的敌害或同类有防御行为^[1]。褐菖鲉肉质细嫩可口, 具有很高的经济价值和海洋旅游开发潜力^[2]。但是, 由于过度捕捞和航道开发等, 褐菖鲉的资源量已急剧下降, 其个体也趋向小型化^[3]。另外, 由于褐菖鲉卵胎生的生殖习性, 完全意义的褐菖鲉人工繁殖目前仍属空白^[4]。因此, 对褐菖鲉资源的保护已迫在眉睫。褐菖鲉生殖场的界定则是实施保护措施中的关键一步^[5]。在20世纪70年代, HALLACHER对鲉形目的形态研究表明, 它们都具有相同模式的鱼鳔肌, 并推测它们可利用鱼鳔肌收缩的机制来发声^[6]。鱼类的发声通常与特定的行为相关^[7-9], 通过监听鱼类发声则可以确定鱼类的各种行为特征^[10-11]。近年来, 这种被动声学监控技术作为一种对渔业资源无破坏的调查方式, 已被广泛应用于确定鱼类种群分布和生殖场界定的研究中^[12-16]。目前, 只有较少的

平鲉科鱼类的发声研究被报导^[17-18]。本文通过形态解剖确定了褐菖鲉鱼鳔肌的分布模式, 并通过领地入侵模拟实验确定褐菖鲉的发声特征, 为鲉形目鱼类发声生物学的系统研究提供了必要的基础资料, 同时为应用被动声学监控技术鉴别鱼类种群分布提供了重要发声库数据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用褐菖鲉于2011年10月, 购自浙江省舟山枸杞岛(122°45.787'E, 30°43.235'N)渔民定置网具所捕渔获物, 体长为12.3~15.5 cm, 平均为 (13.6 ± 1.1) cm, 体重为28.3~73.0 g, 平均为 (45.9 ± 12.4) g, 运至实验室内暂养。暂养水槽规格为100 cm×40 cm×45 cm, 水温为22~24℃, 根据褐菖鲉喜栖岩礁的特点, 暂养水槽内设置两个水泥管礁体作为褐菖鲉的栖息场所。暂养期间投喂活体杂鱼和人工配合颗粒饲料。

收稿日期: 2013-04-11 修回日期: 2013-05-19

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2011CB111608); 上海市教育委员会科研创新项目(12YZ133)

作者简介: 张旭光(1980—), 男, 博士后, 研究方向为鱼类感觉和行为生物学。E-mail: zhang_xuguang@163.com

通信作者: 宋佳坤, E-mail: jksong@shou.edu.cn

1.2 形态观察

褐菖鲈采用 MS-222 麻醉后,用 4% 多聚甲醛固定并保存,以进行发声系统的形态观察。褐菖鲈的发声系统主要由鱼鳔和鱼鳔肌组成。实验时,去除实验鱼一侧的肌肉和内脏器官,确定鱼鳔和鱼鳔肌、鱼鳔肌与鱼肋骨的相对位置,拍照并绘制其模式图。在手术显微镜下将颅骨周围的组织和肌肉轻轻挑去,以确定鱼鳔肌的起源。所有系统结构的模式图由软件 CorelDRAW 绘制。

1.3 发声记录

实验利用褐菖鲈的领地性特点,设计了领地入侵的实验方法进行声音记录。实验在隔音室(3.0 m × 2.5 m × 2.5 m,背景噪声 25 dB,上海伽煜声学医疗设备,上海)内的实验水槽(100 cm × 40 cm × 45 cm)中进行。水槽由一块不透明 PVC 隔板隔成两个视觉上独立的空间,其底部分别放置两个水泥管礁体(间距 30 cm,与暂养槽内礁体相同,图 1)。实验前,将褐菖鲈根据体长相似原则进行随机两两配对,共 10 组。实验时将一组鱼分别放入实验水槽两侧暂养 10 ~ 24 h,并通过隔音室外的视频监控观察鱼的状态,待两条鱼分别进入各自礁体内时,将中间的隔板抽离,移去一侧的礁体后,开始记录发声,记录时间为 1 ~ 5 h。

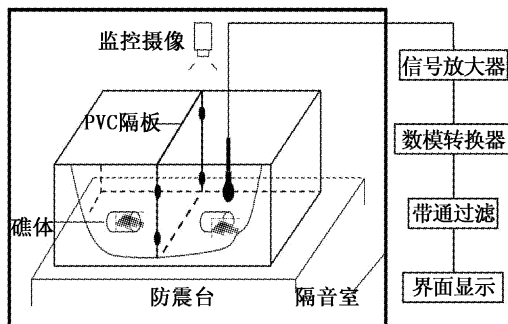


图 1 声音记录示意图

Fig. 1 The sketch map of sound recording

声音信号由 RHS30 水听器(灵敏度: -193 dB re. 1 μ V/Pa,浙江杭州应用声学研究所)进行采集,放大(RHS 放大单元,浙江杭州应用声学研究所)后以 200 kHz 采样频率输入数模转换器(CED 1401mk II, Cambridge Electronic Design, UK)。记录的声音文件由 Cool Edit Pro 2.0 (Syntrillium Software Corporation, Phoenix,

Arizona)进行带通过滤后(0 ~ 1 000 Hz)保存为 192 kHz 的高品质 wav 文件。声音的时程、脉冲数、脉冲宽度、脉冲间隔由 SPIKE 软件(Cambridge Electronic Design, UK)直接根据声音波形的时域特征进行确定。声音的谱率由声音分析软件 Praat(Phonetic Sciences, University of Amsterdam)进行快速傅立叶分析确定。主频则定义为单个脉冲频谱图中的最高频率峰。由于实验鱼与水听器间的距离和放大单元的增益系数不确定,则没有计算声音强度。

2 结果

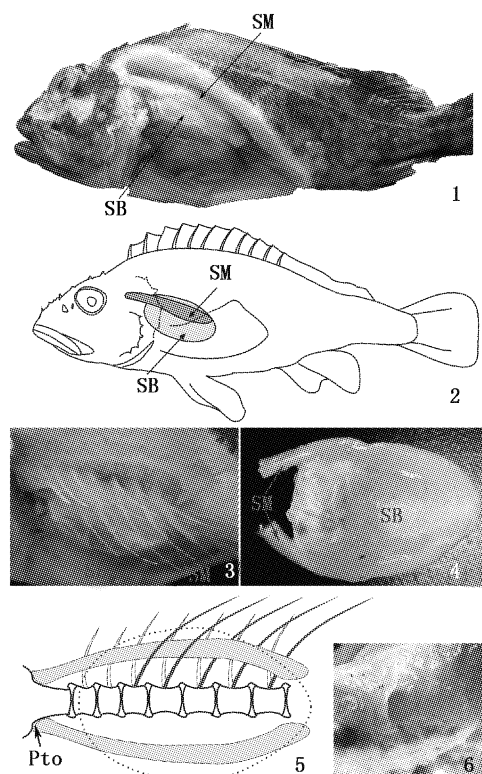
2.1 发声系统的形态

对褐菖鲈解剖发现,其性腺发育阶段为 1 期或 2 期,从形态看并没有显著的性别差异,并且其鱼鳔肌的形态也具有极大的相似性(图版)。褐菖鲈的鱼鳔位于脊柱正下方,并通过肌键与脊柱(第 1, 2, 3, 4)紧密相连。褐菖鲈鱼鳔肌呈细长状,白色且有光泽,左右对称地覆盖在鱼鳔背侧部,很容易与躯干肌肉区分开来(图版-1,4)。鱼鳔肌的前端与鱼颅的翼耳骨(Pterotic bone, Pto)相连,后端与鱼鳔末端相连。值得注意的是,鱼鳔肌并非完全与鱼鳔背侧相连,而是从翼耳骨出发,经过第 1、2 背肋骨下方,从第 3、4 背腹肋骨之间穿过后,转入第 5、6、7 腹肋骨下方,并开始与鱼鳔背侧部直接紧密相连。这在鱼体壁内侧(第 3、4 背腹肋骨之间)表现为形成一个孔状(图版-3,5,6),鱼鳔肌经孔直接插入体壁肌肉夹层,向前延伸至颅部翼耳骨处。

2.2 领地入侵行为和发声特征

实验鱼对人工礁体的领地行为一般表现为身体一侧紧贴礁体,或以腹鳍立于礁体内部和上方。当一侧实验鱼的人工礁体被移去后,该条实验鱼(入侵鱼)则表现两种运动趋势,游向水槽的角落或游向另一侧的人工礁体(领地鱼)。入侵鱼在游至另一侧礁体接近领地鱼时,领地鱼则会迎头游出或以腹鳍立起身体。在这个过程中则可记录到发声,持续数秒时间后,领地鱼游至礁体的另一侧或入侵鱼便从领地鱼上方游过。

实验中,实验鱼发出了“咕噜噜”的叫声,其声音波形由几个单独脉冲和一组连续脉冲构成(图 2-a, b),波形特征基本相似,每个脉冲中包含 3 ~ 5 个类正弦波的能量周期,能量最大值(振



图版 褐菖鲈的发声系统形态
Plate The morphology of the sonic system
of *S. marmoratus*

1-2. 褐菖鲈鱼鳔和鱼鳔肌相对位置; 3. 褐菖鲈鱼鳔肌和肋骨侧面观; 4. 褐菖鲈鱼鳔和鱼鳔肌背面观; 5. 褐菖鲈鱼鳔肌和肋骨背面观的模式图, 其中白色肋骨为背肋骨, 黑色代表腹肋骨, 虚线部分表示鱼鳔位置; 6. 鱼体壁内侧的孔。SB. 鱼鳔; SM. 鱼鳔肌; Pto. 翼耳骨。

幅最大) 出现在第 1 或 2 周期内, 之后则逐渐衰减, 平均脉冲宽度为 (32.6 ± 2.6) ms, 平均脉冲间隔 (51.8 ± 81.4) ms ($0 \sim 195$ ms)。对脉冲宽度和脉冲间隔分别进行变异系数 (CV) 分析, CV 值大于 1 表明数据间差异显著, 而 CV 值小于 1 则表明数据间差异不显著, 结果表明脉冲宽度之间差异不明显 ($CV = 0.08$), 脉冲间隔差异明显 ($CV = 1.57$)。其中前几个单独脉冲的脉冲间隔较大, 而连续脉冲的脉冲间隔则较小, 最后几个脉冲几乎重合。对单独脉冲进行频谱分析发现该声音中具有二种不同的频率特征, 其中主频为 (83 ± 4) Hz, 类似谐波的频率峰为 (168 ± 12) Hz (图 2-c), 而连续脉冲的频率特征基本相同, 主频为 (175 ± 2) Hz (图 2-d)。

3 讨论

尽管褐菖鲈是我国重要的经济鱼类和海洋旅游开发的主要对象, 但对其发声生物学的研究

仍属空白。这可能由于褐菖鲈的发声不如石首鱼科鱼类发声频繁、响亮, 而没有引起关注^[8]。本文是国内首次对褐菖鲈的鱼鳔肌分布模式进行研究, 并通过领地入侵的模拟实验成功记录到其发声。HALLACHER 对鲈形目近 30 种鱼类的鱼鳔肌的比较研究表明, 根据鱼鳔肌是否与偶鳍肩带骨相连, 平鲈属鱼类的鱼鳔肌可分为二类: I 型与肩带骨相连; II 型不与肩带骨相连, 并推测所有具有鱼鳔肌的平鲈类都可以发声^[6]。但是 NICHOLS 对 15 种平鲈属鱼类发声研究后发现, 只在 3 种 II 型鱼鳔肌的鱼类 (云纹平鲈 *Sebastes nebulosus*, 铜平鲈 *Sebastes caurinus*, 背平鲈 *Sebastes maliger*) 中记录到发声, 同时还发现 II 型鱼类在求偶时有发声行为^[18]。很明显, 褐菖鲈为 II 型鱼鳔肌类型, 其声音的波形特征和时域模式均与 NICHOLS 的报导结果相似。

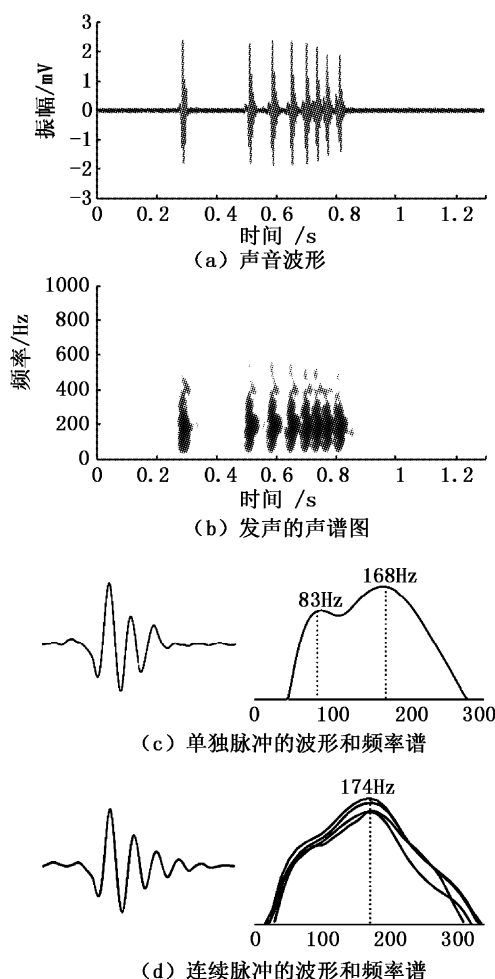


图 2 褐菖鲈的发声

Fig. 2 The sound produced by *S. marmoratus*

实验中,水听器置于礁体上方 5 cm 处,实验鱼与水听器的相对位置的变化只会影响声音声压的变化,而不会影响声音的固有频率。另外,实验水槽的最小共振频率为 2 618 Hz,大于实验鱼的发声频率,因此可认为实验中没有发生频率失真^[19]。但在领地入侵实验中,记录到的褐菖鲉发声具有两种频率特征,这可能来自于不同的实验鱼或同一实验鱼的不同发声状态。类似的是稀棘平鲉(*Sebastes paucispinis*) 在群居条件下也产生两种波形特征相似但却不同频率(165 Hz 和 115 Hz) 的声音^[17]。LADICH 认为鱼类的争斗行为可产生攻击发声和顺从发声,尽管两者差别较小,但争斗失败或逃跑者通常会发出频率较低的顺从发声^[7]。褐菖鲉在遭遇入侵者时,可产生防御成功或失败两种不同结果,本文记录的单独脉冲和系列脉冲的发声也可能代表了领地入侵中两种不同的状态。但这两种声音脉冲的波形相似,表明它们应当是采用相同的发声机制。

根据 SPRAGUE 的理论:发声鱼类的鱼鳔肌可视为振动弹簧模型,弹性肌肉的收缩和释放则分别对应于正弦波的不同半周期,而鱼鳔则作为一个阻尼结构,使鱼鳔肌的收缩逐渐衰减^[20]。褐菖鲉发出的脉冲声中,单个脉冲中包含 3~5 个类正弦波的能量周期,能量最大值(振幅最大)出现在第 1 或 2 周期内,之后则逐渐衰减(图 3-c, d)。这表明,褐菖鲉是利用鱼鳔肌的收缩的机制进行发声^[21]。进一步对主频和每个脉冲内的单个能量周期比较分析发现,第二能量周期(5.3~6.1 ms)与主频的倒数值(5.5~5.9 ms)相接近,表明褐菖鲉的发声频率与鱼鳔肌的收缩速度有关,即收缩得越慢其主频则越小。研究表明,鱼鳔肌的收缩速度不仅与鱼鳔肌质量、长度有关^[22],而且由中枢神经系统的发声核调节^[23]。不同发声鱼类则可通过发声系统(鱼鳔和中枢调节)的差异来表征其发声的种间或种内差异^[24]。在应用被动声学技术进行鱼类监控时,面临的最大难题是从背景噪声中鉴别目标鱼的发声,尤其对于同一海区存在二种或二种以上的发声鱼类时^[25]。浙江省舟山枸杞岛附近海区是褐菖鲉的主要栖息地之一,但同时存在大黄鱼、小黄鱼和黄姑鱼等石首鱼科发声鱼类^[3]。尽管野生大黄鱼的发声特征尚不清楚,但对养殖大黄鱼的发声研究表明,大黄鱼的发声主频为 550~800 Hz,且

声音脉冲的波形特征也与褐菖鲉的发声存在许多差异^[26-27]。黄姑鱼的发声主频为 650 Hz 左右^[26],也大于本文记录到的褐菖鲉发声频率。因此,在应用被动声学监控时则可通过不同声音的频率和波形差异来鉴别褐菖鲉的发声。另外,由于环境对声音传播的影响,其声音参数在一定程度上也反应了环境特征(如海藻场的大小和不同环境的食物丰度)^[28]。通过声学分析,我们可对褐菖鲉的栖息环境等方面进行渔业调查^[5]。本文第一次对非生殖期褐菖鲉的发声参数进行了详细描述,但在今后工作中,我们将继续开展对生殖期褐菖鲉发声行为的研究,确定生殖期的发声特征,发声行为的日、年周期变化,以及发声强度和种群丰度的相关性等,来进一步理解褐菖鲉的发声生物学意义。同时,增加对其它鱼类发声的比较研究也是必需的^[5, 28]。

感谢林昱、于世亮在采样和实验过程中提供的协助。

参考文献:

- [1] 吴常文. 浙江舟山近海褐菖鲉 *Sebasticus marmoratus* 生物学研究[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版, 1999, 18 (3): 185-190.
- [2] 朱爱意, 谢佳彦, 江丽华, 等. 褐菖鲉肌肉营养组成与评价[J]. 营养学报, 2011, 33(6): 621-623.
- [3] 章守宇, 王蕾, 汪振华, 等. 枸杞岛海藻场优势种类群体特征及其在不同生境中的差异[J]. 水产学报, 2011, 35 (9): 1399-1407.
- [4] 吴常文, 王志铮, 王伟洪, 等. 褐菖鲉 *Sebasticus marmoratus* 增殖技术研究[J]. 浙江水产学院学报, 1997, 16 (3): 169-174.
- [5] GANNON D P. Passive acoustic techniques in fisheries science: a review and prospectus[J]. Transactions of the American Fisheries Society, 2008, 137 (2): 638-656.
- [6] HALLACHER L E. The comparative morphology of extrinsic gasbladder musculature in the scorpionfish genus *Sebastes* (Pisces: Scorpaenidae) [J]. Proceedings of the California Academy of Sciences, 1974, 40: 59-86.
- [7] LADICH F. Agonistic behaviour and significance of sounds in vocalizing fish [J]. Marine and Freshwater and Behavior and Physiology, 1997, 29 (1): 87-108.
- [8] RAMCHARITAR J, GANNON D P, POPPER A N. Bioacoustics of fishes of the family Sciaenidae (Croakers and Drums) [J]. Transactions of the American Fisheries Society, 2006, 135 (5): 1409-1431.
- [9] BASS A H, LADICH F. Vocal-acoustic communication: from neurons to behavior [M]// WEBB J, POPPER A N, FAY R R. Fish Bioacoustics, New York: Springer, 2008: 253-

- 278.
- [10] BERTUCCI F, BEAUCHAUD M, ATTIA J, et al. Sounds modulate males' aggressiveness in a cichlid fish [J]. *Ethology*, 2010, 116 (12): 1179 - 1188.
- [11] LOCASCIO J, MANN D. Localization and source level estimates of black drum (*Pogonias cromis*) calls [J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2011, 130 (4): 1868 - 1879.
- [12] LUCZKOVICH J J, SPRAGUE M W, JOHNSON S E, et al. Delimiting spawning areas of weakfish *Cynoscion regalis* (family Sciaenidae) in Pamlico Sound North Carolina using passive hydroacoustic surveys [J]. *Bioacoustics*, 1999, 10 (2/3): 143 - 160.
- [13] CONNAUGHTON M, FINE M, TAYLOR M. Use of Sound for Localisation of Spawning Weakfish in Delaware Bay (USA) and Effects of Fish Size, Temperature and Season on Sound Parameters [J]. *Bioacoustics*, 2002, 12 (2/3): 294 - 296.
- [14] ŠIROVIĆ R, CUTTER G R, BUTLER J L, et al. Rockfish sounds and their potential use for population monitoring in the Southern California Bight [J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2009, 66(6): 981 - 990.
- [15] LOWERRE-BARBIERI S K, BARBIERI L R, FLANDERS J R, et al. Use of passive acoustics to determine red drum spawning in Georgia waters [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 2008, 137 (2): 562 - 575.
- [16] LOASCIO J V, MANN D A. Diel periodicity of fish sound production in Charlotte Harbor, Florida [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 2008, 137(2): 606 - 615.
- [17] ŠIROVIĆ A, DEMER D A. Sounds of captive rockfishes [J]. *Copeia*, 2009 (3): 502 - 509.
- [18] NICHOLS B. Characterizing sound production in nearshore rockfishes (*Sebastes* spp.) [D]. Master thesis. Tampa: University of South Florida, 2005: 17 - 25.
- [19] AKAMATSU T, OKUMURA T, NOVARINI N, et al. Empirical refinements applicable to the recording of fish sounds in small tanks [J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2002, 112(6): 3073 - 3082.
- [20] SPRAGUE M W. 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): 2430 - 2437.
- [21] CONNAUGHTON M A, TAYLOR M H, FINE M L. Effects of fish size and temperature on weakfish disturbance calls: implications for the mechanism of sound generation [J]. *Journal of Experimental Biology*, 2000, 203 (9): 1503 - 1512.
- [22] CONNAUGHTON M A, FINE M L, TAYLOR M H. Weakfish sonic muscle; influence of size, temperature and season [J]. *Journal of Experimental Biology*, 2002, 205 (15): 2183 - 2188.
- [23] CHAGNAUD B P, BAKER R, BASS A H. Vocalization frequency and duration are coded in separate hindbrain nuclei [J]. *Nature Communications*, 2011, 14 (2): 346.
- [24] VANCE T L, HEWSON J M, MODLA S, et al. Variability in sonic muscle size and innervation among three sciaenids: spot, Atlantic croaker, and weakfish [J]. *Copeia*, 2002 (4): 1137 - 1143.
- [25] LUCZKOVICH J J, MANN D A, ROUNTREE R A. Passive acoustics as a tool in fisheries science [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 2008, 137: 533 - 541.
- [26] 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.
- [27] 刘贞文, 许肖梅, 覃柳环. 大黄鱼发声信号特性研究 [J]. *声学技术*, 2010, 29 (6): 342 - 343.
- [28] BASS A H, CLARK C. *The Physical Acoustics of Underwater Sound Communication* [M]//SIMMONS A, FAY R R, POPPER A N. *Acoustic communication*. New York: Springer, 2003: 15 - 64.

The morphology of sonic system and sound characteristics of the marbled rockfish *Sebasticus marmoratus*

ZHANG Xu-guang^{1,2,3}, XIE Wei^{1,3}, GUO Hong-yi^{1,3}, HU Qing-song⁴, PAN Ying-jie², SONG Jia-kun^{1,3}

(1. Institute for Marine Biosystem and Neuroscience, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

4. College of Engineering Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Many fishes are capable of producing sounds for communication. Sound characteristics and sound production system of marbled rockfish *Sebasticus marmoratus* were investigated. The sound production system consists of swimbladder and swimbladder muscles. The muscles originate on the base of the pterotic bones of skull, pass the I-VII ribs, then attach on the posterior portion of the swimbladder dorsolaterally. During dyadic agonistic encounters, the fish produce the sounds that consist of a series of individual pulses with average duration of (32.6 ± 2.6) ms, average interpulse intervals of (51.8 ± 81.4) ms, and dominant frequency of 68 – 175 Hz from fish about 13 cm in body length. The dominant frequency is consistent with the reciprocal of second energy cycle of pulse. The results suggested that the sound was produced by the contracting and relaxation of swimbladder muscles.

Key words: marbled rockfish; swimbladder muscle; sound production; pulse; acoustic monitoring

欢迎订阅 2014 年《上海海洋大学学报》

《上海海洋大学学报》为上海海洋大学主办,面向全国的以海洋、水产科学技术为主的综合性学术刊物。主要刊登研究论文,少量刊登综述、评述、简讯,并酌登学术动态和主要书刊评介等。目前学报是《中国科学引文数据库》来源期刊,《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊,《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录期刊,万方数据—数字化期刊群全文收录期刊,中国科技论文统计源核心期刊,水产渔业类中文核心期刊。

本刊为双月刊,大 16 开,国内外公开发行。每期单价:10.00 元。国际标准刊号:ISSN 1674 – 5566,国内统一刊号:CN 31 – 2024/S。国内邮发代号:4 – 604,国际发行代号:4822Q。读者可在当地邮局订阅,也可直接汇款至编辑部订阅。

编辑部联系地址:上海市临港新城沪城环路 999 号,上海海洋大学 201 信箱

邮政编码:201306

联系人:郭丰红

联系电话:021 – 61900229

传 真:021 – 61900229

E-mail: xuebao@shou.edu.cn

网 址: <http://www.shhydxxb.com>