

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2014.03.004

珠江首次禁渔西江段鱼类资源声学跟踪监测分析

武智^{1,2}, 谭细畅², 李新辉², 汤勇¹

(1. 大连海洋大学, 辽宁大连 116023; 2. 中国水产科学研究院珠江水产研究所, 广东广州 510380)

摘要: 2011年珠江开始实行禁渔期制度。该研究采用 Simrad EY60 鱼探仪, 分别于 2010 年 5 月 19 日和 2011 年 5 月 22 日对珠江西江段进行了走航式探测。结果显示, 珠江禁渔期期间西江段鱼类资源密度增加, 2010 年和 2011 年鱼类平均密度分别为 $0.0513 \text{ 尾} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $0.1068 \text{ 尾} \cdot \text{m}^{-3}$, 根据渔获物调查数据, 推算增幅分别为广东鲂 (*Megalobrama terminalis*) 47.85%、赤眼鲮 (*Squaliobarbus curriculus*) 18.54%、鲮 (*Cirrhina moitorella*) 10.87% 和鳊 (*Parabramis pekinensis*) 6.25%; 两年西江段深水区域鱼类密度均较大, 尤其是水底结构为凹形区域, 鱼类有明显的聚集现象; 浅水区域且底部较平整的水域, 鱼类分布分散且密度较低; 垂直分布方面, 鱼类主要分布 4~10 m 中下层水层。珠江禁渔期的实施, 在一定程度上保护了鱼类的产卵亲体繁殖, 对鱼类资源数量的补充起到了增殖作用, 同时在很大程度上护养了鱼类的自然生长, 起到了资源增重作用。

关键词: 鱼类资源; 禁渔; 声学评估; 珠江

中图分类号: S 932.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2014)03-0024-05

Acoustic monitoring on fish resources in Xijiang section of Pearl River during first closed fishing season

WU Zhi^{1,2}, TAN Xichang², LI Xinhui², TANG Yong¹

(1. Dalian Ocean University, Dalian 16023, China; 2. Pearl River Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510380, China)

Abstract: Closed fishing season was initially implemented in Pearl River in 2011. We used a Simrad EY60 echo-sounder with 120 kHz split-beam transducer to survey the Xijiang section of Pearl River. The results show that during the closed season, the density of fish resources was increasing, and the average fish densities were $0.0513 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ and $0.1068 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ in 2010 and 2011, respectively. According to the data of catches, the increases were deduced as follows: *Megalobrama terminalis* 47.85%, *Squaliobarbus curriculus* 18.54%, *Cirrhina moitorella* 10.87% and *Parabramis pekinensis* 6.25%. The deep water had higher fish density than shallow water, especially that fish obviously aggregated in concave region. The fish mainly distributed at depth of 4~10 m. The implementation of closed fishing season, to some extent, protects breeding of spawning stocks and supplements fish resources as well as maintains natural growth of fishes.

Key words: fish resources; closed fishing; acoustic assessment; Pearl River

珠江全长 2 129 km, 是中国南方最大的河流, 主要有西江、东江和北江 3 条支流。西江为珠江主要干流, 气候温和, 雨量充沛, 饵料资源充足, 渔

业资源丰富, 多样性高。20 世纪 80 年代初期, 中国水产科学研究院珠江水产研究所等单位对西江渔业资源进行系统调查, 记录鱼类 136 种^[1-3]。近年

收稿日期: 2013-12-05; 修回日期: 2014-01-25

资助项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903048-05); 广西区自然科学基金重大项目(2013GXNSFEA053003)

作者简介: 武智(1988-), 男, 硕士研究生, 从事渔业声学研究。E-mail: wzhi24@sina.cn

通信作者: 李新辉(1961-), 男, 研究员, 从事分子生物学、渔业资源与生态研究。E-mail: lxhui01@tom.com

来, 由于人类涉水活动影响, 江河水生生态环境遭受严重破坏, 鱼类生物多样性不断下降。目前有关西江鱼类资源的研究主要侧重于鱼类区系分布、生物学特性、群落多样性、鱼类早期资源和产卵场等方面^[4-10]。

农业部于2011年起在珠江水系实施禁渔期制度, 禁渔时间为每年的4月1日12时至6月1日12时, 禁渔期间禁止所有形式的捕捞作业。禁渔制度对渔业资源保护在海洋以及长江水系都表现出明显的经济效应和生态效应^[11-13], 而关于珠江禁渔对珠江渔业资源的保护报道较少。文章利用水声学方法对珠江梧州江段(长洲坝下)进行探测研究, 通过声学评估技术比较禁渔前后鱼类资源量的变化, 以期科学、快捷地评价资源保护效果和珠江禁渔效果, 为渔业管理部门进一步完善珠江禁渔制度和加强渔业资源管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 声学设备和数据处理软件

声学探测设备为 Simrad EY60 鱼探仪, 工作频率为 120 kHz, 功率为 250 W, -3 dB 波束宽 (beam width) 为 7.0°, 其换能器为分裂式波束^[14]。已知换能器的波束角和指向性函数时, 就可以直接测定鱼类目标强度^[15-16], 鱼体在声波束中的位置, 以及估算游泳速度及确定其活动轨迹^[17]。设备在调查之前进行现场校正^[18], 数据处理和分析采用 Echoview 5.4 软件。

1.2 调查区域及航线

探测江段的地理坐标为 (23.45°N ~ 23.42°N, 111.26°E ~ 111.21°E) (图1), 水深范围为 3.5 ~ 29.5 m, 平均水深约为 8 m。根据梧州航道管理局提供的信息, 两年的水位相近(2010年5月19日水位为 10.97 m, 2011年5月22日为 11.00 m), 因此该研究中认为两年的探测水域体积是相同的, 约为 $5 \times 10^5 \text{ m}^3$ 。2010年5月22日航线采用“之”字形, 航程为 20 km; 2011年5月19日, 航线采用等间距平行航线, 航线间距大约为 0.4 km, 航程为 27 km, 探测区域主要为长洲坝下水域。

1.3 生物采样

2010年5月19日和2011年5月22日声学采样之前, 分别对探测江段进行了生物采样, 捕捞工具为流刺网(网目为 6 cm), 采集的样本现场进行种类鉴别、称质量、测量体长、鉴别年龄结构。

图1 珠江西江声学调查区域

白色线为2010年航迹线, 黑色线为2011年航迹线。

Fig. 1 Map of acoustic survey in Pearl River

White and black lines are the track lines of

2010 and 2011, respectively.

1.4 声学数据采集和分析

换能器固定于大约水下 1 m, 波束发射方向为垂直向下。GPS 数据采用 Garmin GPS60CS 与 EY60 联机同步采集, 利用笔记本电脑运行软件 ER60, 记录水声学数据和 GPS 数据。

声学数据处理采用回波计数法。在一定的范围内对声学波束的扫描空间进行个体回波计数, 根据波束扩展采样角度计算扫描水域的体积, 获得该范围内的平均分布密度。波束的扩展角度根据比较不同深度单体回波的长度和船速求得。该研究使用 Echoview 5.4 分别进行单体回波识别、计数和体积计算, 最后获得密度的分布。相关参数设置参考 TAN 等^[19]。

1.5 鱼类密度估算

鱼类密度的估算采用回声计数方法^[20], 算法如下:

$$V = \frac{1}{3} \times \tan\left(\frac{\theta'}{2}\right) \times \tan\left(\frac{\varphi'}{2}\right) \times (R_2^3 - R_1^3) \quad (1)$$

$$\varphi = \frac{N}{PV} \quad (2)$$

式中 N 为探测到的鱼类的数目, φ 为单位体积水体鱼类数量, 即鱼类体积密度。 V 为每一个 ping 探测的水体体积; P 为分析数据的 ping 数量, θ' 和 φ' 分别为换能器的横向和纵向方向的有效检测角度, R_2 为探测位置水深, R_1 为换能器 1 m 以下的

图2 2010年(a)和2011年(b)探测区域鱼类的垂直分布

Fig. 2 Vertical distribution of investigated areas in 2010 (a) and 2011 (b)

水深。

目标强度和鱼体体长之间的关系采用 FOOTE^[18]提出的有鳔鱼类的经验公式:

$$TS = 20 \lg L - 71.9 \quad (3)$$

式中 TS 为目标强度(dB), L 为体长(cm)。数据分析和图表制作使用 Echoview 5.4 和 Origin 6.1 完成。

2 结果

2.1 鱼类垂直分布

在2次探测中,由于航线设置不同,因此探测到的最大水深不同,两年探测区域的平均水深为8~10 m。2010年鱼类主要分布在水下4~10 m;2011年鱼类主要分布在4~12 m(图2)。在深水区域鱼类密度较大,尤其是水底结构为凹形区域,鱼类有明显的聚集现象;对于水体相对较浅且底部较平整的区域,鱼类分布较分散且密度较低。

2.2 鱼类的目标强度分布

2010年和2011年不同尺寸的鱼类在江段中所占比例也不同(图3)。 $-60 \sim -54$ dB的鱼类所占比例较大,2010年为38.35%,2011年为42.83%,根据式(3)算得,其对应体长为3.9~7.8 cm; $-54 \sim -48$ dB的鱼类占有一定比例,分别为34.68%和38.79%,其对应体长范围为7.8~15.7 cm;其他大于 -48 dB的鱼体都为体长大

图3 目标强度分布图

Fig. 3 Distribution of target strength

于16 cm的鱼约占20%左右。分析表明2011年 $-60 \sim -54$ dB的鱼类较2010年增加4.48%, $-54 \sim -48$ dB的鱼类增加4.11%,大于 -48 dB的鱼类减少约8.59%。

2.3 鱼类密度及其资源增量变化

通过计算得到2010年的鱼类密度约为 0.0513 尾 $\cdot\text{m}^{-3}$,2011年约为 0.1068 尾 $\cdot\text{m}^{-3}$ 。探测江段体积约为 $5 \times 10^5 \text{ m}^3$,则两年同期的资源量分别为 2.57×10^4 尾、 5.34×10^4 尾。2011年鱼类密度明显高于2010年,增加 2.77×10^4 尾,是2010年资源量的1.08倍。根据渔获物调查数据,将其增幅

分配到几种经济鱼类上,增幅分别为广东鲂(*Megalobrama terminalis*)47.85%、赤眼鲮(*Squaliobarbus curriculus*)18.54%、鲮(*Cirrhina moitorella*)10.78%、鳊(*Parabramis pekinensis*)6.25%。

2.4 渔获物组成变化

2010年5月,在梧州江段(长洲坝下)共采集渔获物216 kg,有鱼类38种。其中广东鲂、赤眼

鲮、鲮、鳊4种主要经济鱼类占渔获物质量百分比的77.47%;2011年5月共采集220 kg渔获物,有鱼类15种。其中广东鲂、赤眼鲮、鲮、鳊4种主要经济鱼类占渔获物质量的92.8%。赤眼鲮以2~3龄为主,广东鲂以2~4龄为主,其他种类以1~2龄为主。2011年鱼类个体大小较2010年明显增大。

表1 2010年和2011年主要渔获物信息

Tab. 1 Catches in 2010 and 2011

种类 species	体质量/g weight		体长/cm length		体质量百分比/% percentage of weight		数量百分比/% percentage of quantity	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
广东鲂(<i>M. terminalis</i>)	359.56 ± 139.68	466.33 ± 193.71	25.72 ± 3.69	28.78 ± 18.85	44.41	50.10	12.54	47.90
赤眼鲮(<i>S. curriculus</i>)	108.03 ± 70.37	325.00 ± 163.21	17.56 ± 4.06	25.93 ± 4.85	17.18	21.71	23.68	28.63
鲮(<i>C. moitorella</i>)	172.23 ± 137.72	453.85 ± 205.02	18.23 ± 3.51	27.09 ± 3.49	10.05	18.37	16.87	15.08
鳊(<i>P. pekinensis</i>)	174.00 ± 65.84	233.14 ± 60.41	21.80 ± 2.88	26.77 ± 3.56	5.83	2.62	7.12	5.34
平均 average	334.37	405.90	19.07	27.48	-	-	-	-

3 讨论

此结果显示,探测区域鱼类主要分布在中下层水域。表层鱼类分布较少的原因可能有以下几个因素导致:1)换能器自身存在1~2 m的盲区,调查时声换能器距离太近,鱼类不能被探测到;2)白天江面有很多船只,鱼类对船只的回避行为导致数据有一定的偏差^[21-22];3)在航行过程中可能因为风或水流在表层产生了很大的噪声,在数据处理过程中把表层噪声大的一些区域剔除掉了,这样会把一些鱼体信号也删除了,对结果产生了一定影响;4)由于探测江段存在一些浅水区、礁石和涡流,考虑到人员和船只的安全,该次探测都在白天进行,因此会对结果造成一定的影响。具体如何定量评估这些影响造成的误差,还需日后作进一步的研究。

该次航线设计分别采用“之”字形航线和等间距平行航线,在现场调查时由于礁石、浅水区航线会略有偏移,但基本上能满足随机性和相邻航线非相关性的声学采样要求,能够较好地反映调查区域鱼类的水平分布和垂直分布。另外在探测期间发现有聚群鱼类出现在回波图上,形态表现为一个小群体,轨迹相互交错。根据其行为特征,判定为广东鲂^[23]。

实施禁渔期制度的目的:1)在一定的时空范围内保护主要经济鱼类幼鱼的生长,增加资源重量;2)最大限度地降低主要经济鱼类产卵群体自然繁殖时的捕捞死亡,增加补充群体数量^[12]。从上述结果来看,2个月的禁渔期,鱼没有捕捞压力,养护了鱼类的自然生长,同期鱼个体普遍增大,起到了资源增重作用;长洲水坝为出海口至西江的第一座水坝,繁殖季节鱼类上溯,由于水坝的阻隔,坝下水域成为了鱼类的集聚地,通常成为渔民重点捕捞的区域,禁渔制度的实施,同样在没有捕捞压力的情形下,使鱼类密度增加;4月~6月为珠江主要经济鱼类的产卵期^[7],禁渔制度的实施,有效的保护了繁殖群体免遭捕捞死亡,从而增加了鱼类资源数量。水声学作为一种渔业资源评估方法,可作为禁渔效果评估手段,但对珠江禁渔效果的评估还需长期监测和深入研究。

参考文献:

- [1] 郑慈英. 珠江鱼类志[M]. 北京: 科技出版社, 1989: 389-398.
- [2] 陆奎贤. 珠江水系渔业资源[M]. 广州: 广东科技出版社, 1990: 94-121.
- [3] 潘炳华. 广东淡水鱼类志[M]. 广州: 广东科技出版社, 1991: 11-19.
- [4] 王丹, 赵亚辉, 张春光, 等. 广西野生淡水鱼类的物种多样性

- 及其资源的可持续利用[J]. 动物分类学报, 2007, 32(1): 160-173.
- [5] 朱书礼, 李新辉, 李跃飞, 等. 西江广东肇庆段赤眼鳟的年龄鉴定及生长研究[J]. 南方水产科学, 2013, 9(2): 27-31.
- [6] 李跃, 李新辉, 谭细畅, 等. 西江肇庆江段渔业资源现状及其变化[J]. 水利渔业, 2008, 28(2): 80-83.
- [7] 李捷, 李新辉, 谭细畅, 等. 广东肇庆西江珍稀鱼类省级自然保护区鱼类多样性[J]. 湖泊科学, 2009, 21(4): 556-562.
- [8] 李捷, 李新辉, 贾晓平, 等. 西江鱼类群落多样性及其演变[J]. 中国水产科学, 2010, 17(2): 298-311.
- [9] 谭细畅, 李新辉, 陶江平, 等. 西江肇庆江段鱼类早期资源时空分布特征研究[J]. 淡水渔业, 2007, 37(4): 37-40.
- [10] 谭细畅, 李新辉, 林建志, 等. 基于水声学探测的两个广东鲂产卵群体繁殖生态的差异性[J]. 生态学报, 2009, 29(4): 1756-1762.
- [11] 陈春亮, 曲念东, 侯秀琼, 等. 2007年伏季休渔深圳海域渔业资源调查分析[J]. 水产科学, 2008, 27(12): 648-651.
- [12] 程家骅, 刘子藩. 东海区伏季休渔渔业生态效果的分析研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(4): 81-85.
- [13] 段辛斌, 刘绍平, 熊飞, 等. 长江上游干流春季禁渔前后三年渔获物结构和生物多样性分析[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(6): 878-885.
- [14] 谭细畅, 陶江平, 李新辉, 等. 回声探测仪在我国内陆水体鱼类资源调查中的初步应用[J]. 渔业现代化, 2009, 36(3): 60-64.
- [15] 赵宪勇, 陈毓楨. 狭鳕(*Theragra chalcogramma* Pallas)目标强度的现场测定[J]. 中国水产科学, 1996, 2(4): 19-27.
- [16] PELTONEN H, BALK H. The acoustic target strength of herring (*Clupea harengus* L.) in the northern Baltic Sea[J]. ICES J Mar Sci: Journal du Conseil, 2005, 62(4): 803-808.
- [17] TORGERSEN T, KAARTVEDT S. *In situ* swimming behaviour of individual mesopelagic fish studied by split-beam echo target tracking[J]. ICES J Mar Sci: Journal du Conseil, 2001, 58(1), 346-354.
- [18] FOOTE K G. Fish target strengths for use in echo integrator surveys[J]. J Acoust Soc Am, 1987, 82(3): 981.
- [19] TAN X C, MYOUNGHEE K, TAO J P. Hydroacoustic survey of fish density, spatial distribution, and behavior upstream and downstream of the Changzhou Dam on the Pearl River, China[J]. Fish Sci, 2011, 77(6): 891-901.
- [20] KIESER R, MULLIGAN T J. Analysis of echo counting data: a model[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1984, 41(3): 451-458.
- [21] GERLOTTO F, FRÉON P. Some elements on vertical avoidance of fish schools to a vessel during acoustic surveys[J]. Fish Res, 1992, 14(4): 251-259.
- [22] MISUND O A, TOTLAND B, FLOEN S, et al. Computer based detection of fish schools by a multibeam sonar[C]//BJORNO L. Proc 2nd Eur Conf Underwater Acoustics, Copenhagen, Denmark, 4-8 July, 1994. Amsterdam: Elsevier, 1994: 815-820.
- [23] 谭细畅, 李新辉, 陶江平, 等. 青皮塘产卵场广东鲂繁殖群体的水声学探测[J]. 生态学杂志, 2008, 27(5): 785-790.