

重庆新白沙沱长江特大桥施工江段鱼类时空分布特征研究*

石妮, 李英文, 刘智皓, 陈启亮

(重庆师范大学 生命科学学院 重庆市高校动物生物学重点实验室 重庆市高校生物活性物质工程研究中心, 重庆 401331)

摘要:【目的】了解重庆新白沙沱长江特大桥施工江段鱼类的时空分布特征及对该特征可能有影响的环境因子。【方法】于2015年12月22日和2016年3月29日、8月3日、11月2日在大桥上下游江段使用 Simrad EY60 回声探测仪对渔业资源进行水声学调查。【结果】4次调查结果显示:大桥上游江段的鱼类平均密度分别为 5.8×10^{-3} , 9.1×10^{-3} , 24.6×10^{-3} 和 8.4×10^{-3} 个 $\cdot \text{m}^{-3}$, 大桥下游江段的鱼类平均密度分别为 7.4×10^{-3} , 15.3×10^{-3} , 39.4×10^{-3} 和 20.6×10^{-3} 个 $\cdot \text{m}^{-3}$;2016年8月3日在大桥下游江段探测到的鱼类密度大于其他3次调查在同一江段探测到的鱼类密度,差异具有统计学意义($p < 0.05$)。【结论】新白沙沱长江特大桥上下游江段鱼类密度分布不均,下游的鱼类密度比上游的大,夏季的鱼类密度比冬、春季的大;鱼类密度的空间差异性和季节差异性可能与鱼类生命活动的季节变化、当地的河流环境差异相关,也可能与桥梁的施工影响相关。

关键词:回声探测仪;渔业资源;鱼类密度;鱼类体长;新白沙沱长江特大桥

中图分类号:Q178.1

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2017)06-0025-05

当前中国在长江兴建了许多水工建筑,如跨江桥梁、水力发电站、堤坝等,以促进长江两岸区域的经济发 展^[1-4]。目前国内学者在海洋工程对生态环境影响评价方面已作出积极的探索,并在内陆水域研究了三峡水库蓄水前后对长江水生态系统的影响^[5-8]。然而,长江拥有大量的鱼类资源,水工建筑在施工过程中对这些资源的影响研究却不多见^[9]。新白沙沱长江特大桥位于长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区附近,全长 920.4 m^[10]。它是世界上首座双层6线钢桁梁铁路斜拉桥,也是世界上延米荷载最重的钢桁梁斜拉桥^[11]。新白沙沱长江特大桥施工江段建筑物密集,为当地居民住宅、工厂等;目前有关大桥对该江段的鱼类资源的影响研究尚暂未见报道。由于水声学调查方法具有快速方便、不伤害鱼类等优点且已被广泛应用于鱼类资源量的评估^[12],因此本研究使用 Simrad 公司生产的 EY60 型分裂波束(Split-beam)回声探测仪在该桥施工江段进行勘察,通过分析回声探测仪所探测到的结果来了解此处鱼类的时空分布特征,并为长江渔业资源研究积累数据。

1 材料与方 法

1.1 调查区域

本研究探测江段为长江江津段距新白沙沱长江特大桥上游 500 m(北纬 $29^{\circ}20'40''$,东经 $106^{\circ}25'33''$ 至北纬 $29^{\circ}21'8''$,东经 $106^{\circ}25'24''$)和下游 500 m 处(北纬 $29^{\circ}20'59''$,东经 $106^{\circ}26'2''$ 至 $29^{\circ}21'16''$,东经 $106^{\circ}25'56''$)(封二彩图 1)。

1.2 设备

水声学数据采集用 EY60 型分裂波束回声探测仪,同时配以发射功率为 105 W,脉冲宽度为 128 μs 的分裂波束式换能器。数据采集过程中,超声波换能器用铁架固定于船体左侧,保持在水下 0.5 m,探测方向使之保持垂直向下。同时采用 Garmin 公司生产的 60CSx 型号 GPS 进行导航。

1.3 探测方法

调查时间为 2015 年 12 月 22 日和 2016 年 3 月 29 日、8 月 3 日、11 月 2 日,航线上采用“之”字形(封二彩图

* 收稿日期:2017-01-06 修回日期:2017-10-04 网络出版时间:2017-11-10 15:36

资助项目:重庆市渔政渔港监督管理处资助项目(No.CQYZCBHQ/2013-05)

第一作者简介:石妮,女,研究方向为水生生态环境保护与资源利用,E-mail:shiniaini13@qq.com;通信作者:李英文,教授,E-mail:377683289@qq.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20171110.1536.008.html>

2)。检测船基本保持平稳行驶,船速控制在 $7\sim 8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

1.4 数据录入及分析方法

利用松下 CF-31SEUAXFR 便携式电脑运行 Simrad EK60 程序,并将水声学数据和 GPS 数据的导入电脑。在数据导入前,在采样程序中设置相关参数,以便在数据采集过程中过滤掉噪声干扰得到较好的单目标信号,同时还需随时调整探测量程使最大探测距离达到水的底层^[13-15]。

采用 Sonar-5pro 分析软件对声学数据进行转换(文件格式由 *.dt4 转化为 *.uuu)和分析,具体参数设置见表 1。将转换后的文件先采用交叉滤波去除噪声,然后进行手动探底。由于在调查过程中,所探测到的目标大多属于个体分散形式,因此采用回波计数法(Echo counting)进行鱼类资源密度的评估,且在每个调查点的鱼类密度取同线路往返 3 次探测的密度平均值。

在数据分析上,本研究参考 Foote^[16]的关于目标强度(S_T)与体长(L_T)关系的经验公式 $S_T = 20\log_{10} L_T - 67.5$ 来计算。数据统计分析和图形绘制采用 SPSS 13 和 Graphpad Pad Prism 5 软件。当 $p < 0.05$ 时,结果具有统计学意义。

2 结果

2.1 回声探测仪在调查江段的探测效果

使用 EY60 回声探测仪在长江江津段新白沙沱长江特大桥上、下游经过 4 次时间探测,得到总的信号为 1 208 个。由于该桥正在施工,江底结构复杂,过往船只较多,导致背景噪声较大,探测到的很多信号都不是鱼体信号(封三彩图 3)。探测到上游的平均水深为 14.78 m,最大水深为 28.67 m;下游的平均水深为 13.10 m,最大水深为 24.95 m。

运用 Sonar-5pro 软件对鱼体信号进行自动判别与分析,可得到鱼体的运动轨迹,如图 4 所示。圆形为超声波波束,4 个分区域分别代表 1 个波束。对单个鱼体信号轨迹的确定,不仅可减少误判,还为鱼类自动识别计数提供了便利。

2.2 调查江段鱼体的目标强度值分布

通过 Sonar-5pro 分析软件识别鱼体信号,得到 2015 年 12 月 22 日上游的 S_T 分布。从图 5 中可看出,大多 S_T 都低于 -3 dB ,在 -48 dB 左右出现峰值。根据对单个信号的检视,得知小于 -54 dB 的信号大多数来自水底,可能是水底的石头或其他杂物,并不是鱼体信号。另外, $0\sim -18 \text{ dB}$ 范围内的信号主要为调查江段其他物体以及风浪等噪声。因此,调查江段中鱼体比例最多的个体 S_T 为 -48 dB 。

表 1 Sonar-5pro 分析软件参数设置

Tab.1 Parameter setting of Sonar-5pro analysis software

参数名称	参数设置
前景滤波器	1,3
背景滤波器	55,1
目标平滑滤波	1,3
信号长度	3~50
声学截面的最大增益补偿	6 dB
最小目标长度	2 ping
最大脉冲缺失	2 ping
门闸过滤范围	0.3 m

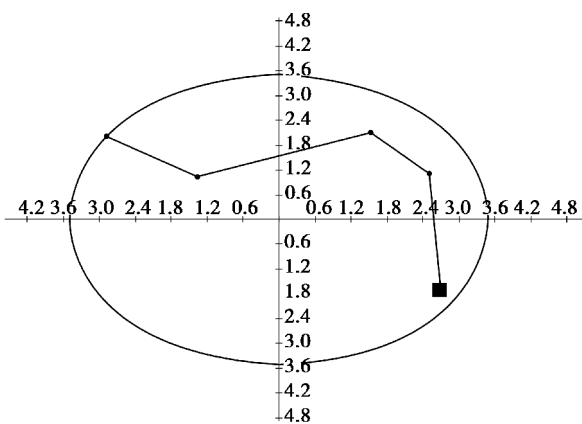


图 4 鱼类个体轨迹追踪

Fig. 4 Trajectory tracking of fish individual

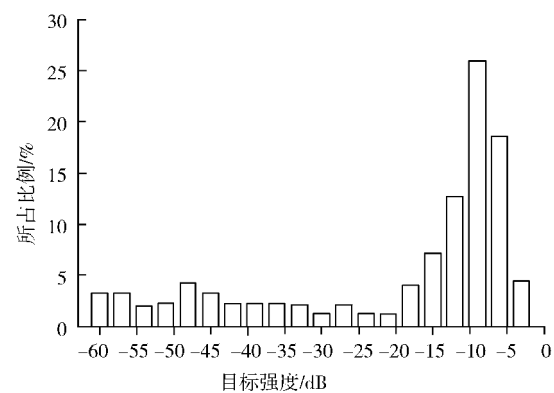


图 5 2015 年 12 月 22 日在调查江段上游所探测到的目标强度值分布

Fig. 5 The distribution of target intensity detected on December 22, 2015 in the upstream of Yangtze river

用 Foote 公式换算得到目标信号的体长范围为 6.68~26.60 cm,平均体长为 9.44 cm。用同样的方法,可得出其余结果如表 2 所示。经过 t 检验分析,上游与下游的鱼类体长无统计学意义上的差异。

2.3 调查江段鱼类的密度分布

通过 Sonar-5pro 分析软件可以得出以下结果:2015 年 12 月 22 日和 2016 年 3 月 29 日、8 月 3 日、11 月 2 日大桥上游江段的鱼类平均密度分别为 5.8×10^{-3} , 9.1×10^{-3} , 24.6×10^{-3} 和 8.4×10^{-3} 个 $\cdot m^{-3}$;大桥下游江段的鱼类平均密度分别为 7.4×10^{-3} , 15.3×10^{-3} , 39.4×10^{-3} 和从该结果可知,调查区域鱼类密度分布不均,下游的鱼类密度比上游的大,夏季的鱼类密度比冬、春季的大。

3 讨论与结论

3.1 水声学在调查过程中的应用

水声学探测早在 1929 年就应用于鱼类资源。相比其他调查方法(如刺网采样),水声学探测方法探测鱼类资源不仅快速便捷,而且不伤害鱼体,相比于仅靠渔民经验判断更准确。因此,水声学调查方法是鱼类资源探测较为全面的评估方法。

3.2 目标强度与鱼类体长的换算

通过 Foote 公式得到表 2 结果,由于后期对检测到的目标信号进行了筛选,所以得到的鱼类体长对应相应的目标强度。在此过程中可能筛选掉了最大体长和最小体长的鱼类,但根据调查江津区珞璜镇渔民的渔获物结果可知,该声学调查结果基本反应了调查江段可捕捞鱼类的大小。

3.3 鱼类密度分布分析

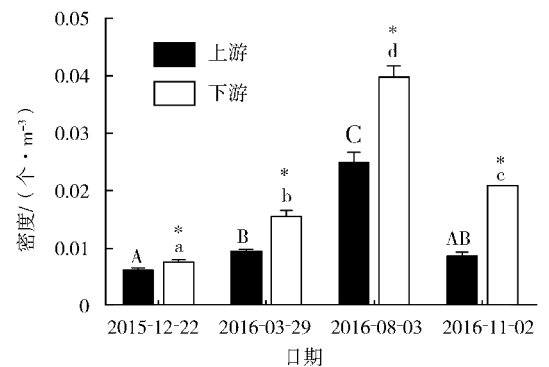
新白沙沱长江特大桥上下游江段鱼类的分布不均匀,所探测到的下游鱼类密度相对于上游鱼类密度增大,具有统计学意义($p < 0.05$)(图 6)。新白沙沱长江特大桥桥址上游是川黔铁路白沙沱长江特大桥,调查期间不时有火车通过,火车产生的噪声可能对该段鱼类生长分布产生了影响。大桥下游是西部最大火电厂华能珞璜电厂运输煤炭的卸货码头,运输煤炭的散货船所产生的噪声不仅使鱼类的繁殖发育和生长遭到破坏,而且会使鱼类逃离当地的水生环境。另外,由于新白沙沱长江特大桥的 3 号墩所在,地形复杂(例如江底岩石凸起),因此基础施工需采用双壁钢套箱围堰、水下爆破和钻孔桩等操作^[17]。这些不可避免的环境因素应是新白沙沱长江特大桥施工江段鱼类资源稀少的重要原因。

鱼类的温度敏感性和和顺从性较强,因此季节变化而变化的环境温度对鱼类的生命活动有明显影响^[18]。夏季是鱼类的繁殖季节,也是饵料生物的盛期,鱼类的分布会因

表 2 调查江段鱼类依据不同目标强度值换算得出的体长

Tab. 2 Body length of fish converted according to different target strength values in the survey section

区域	日期	比例最多的目标强度值/dB	鱼类体长范围/cm	鱼类平均体长/cm
上游	2015-12-22	-48	6.68~26.60	9.44
	2016-03-29	-48	6.68~37.58	15.84
	2016-08-03	-39	13.34~53.09	26.61
	2016-11-02	-36	26.61~53.09	24.13
下游	2015-12-22	-45	6.68~37.58	9.44
	2016-03-29	-45	4.73~74.99	18.84
	2016-08-03	-36	13.34~53.09	37.58
	2016-11-02	-36	13.34~53.09	51.76



注:不同大写字母表示上游 4 次采样时间之间的鱼类密度差异具有统计学意义($p < 0.05$),不同小写字母表示下游 4 次采样时间之间的鱼类密度差异具有统计学意义($p < 0.05$);* 表示上下游同一采样时间的鱼类密度差异具有统计学意义($p < 0.05$)。

图 6 新白沙沱长江大桥上下游鱼类密度分布探测到的目标强度值分布

Fig. 6 The fish density distribution in lower reaches and higher reaches of the New Baishaotuo Yangtze river bridge

产卵习性、饵料生物分布而变化。而入冬以后,由于鱼类的摄食活动减少,进入深水区域越冬,导致探测到的鱼类密度较低。

另外,当探测船经过上游靠岸调查区域时,鱼类出现频率较高。其中主要原因是上游靠岸调查区域的水流缓慢,长江里大多数鱼类会聚集在静水区域索饵或者藏匿于深潭躲避敌害或者捕捞。当然,这也有可能和上游靠岸调查区域外的其他水域中因渔民进行过度捕捞(单船年捕捞量约为 573.5 kg~670.2 kg)致使鱼类密度过低有关。总之,本研究发现:新白沙沱长江特大桥上下游江段鱼类密度分布不均,下游的鱼类密度比上游的大,夏季的鱼类密度比冬、春季的大;鱼类密度这种空间差异和季节差异可能与鱼类生命活动的季节变化相关,与该地区的河流环境差异相关,也可能与桥梁的施工影响相关。

参考文献:

- [1] 于道平,汪克来.铜陵长江特大桥对豚类栖息地的影响[J].生态学报,2002,22(12):2079-2084.
YU D P, WANG K L. The impact of Tongling Yangtze bridge on the dolphins habitats[J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(12): 2079-2084.
- [2] 董哲仁.水利工程对生态系统的胁迫[J].水利水电技术,2003,34(7):1-5.
DONG Z R. The stress by hydraulic regulation to ecosystem [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2003, 34(7): 1-5.
- [3] 孙宗凤,董增川.水利工程的生态效应分析[J].水利水电技术,2004,35(4):5-8.
SUN Z F, DONG Z C. Ecological effect analysis for a water conservancy project [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2004, 35(4): 5-8.
- [4] 陈庆伟,刘兰芬,刘昌明.筑坝对河流生态系统的影响及水库生态调度研究[J].北京师范大学学报(自然科学版),2007,43(5):578-582.
CHEN Q W, LIU L F, LIU C M. Impacts of dam construction on ecosystem and dispatches of ecological water [J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2007, 43(5): 578-582.
- [5] 吴强,段辛斌,徐树英,等.长江三峡库区蓄水后鱼类资源现状[J].淡水渔业,2007,37(2):70-75.
WU Q, DUAN X B, XU S Y, et al. Studies on fishery resources in the Three Gorges reservoir of the Yangtze river [J]. Freshwater Fisheries, 2007, 37(2): 70-75.
- [6] 徐兆礼,陈华.海洋工程环境影响评价中渔业资源价值损失的估算方法[J].中国水产科学,2008,15(6):970-975.
XU Z L, CHEN H. Estimating economic costs of potential fishery losses caused by marine engineering [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(6): 970-975.
- [7] 陈勇,段辛斌,刘绍平,等.三峡水库三期蓄水后浮游植物群落结构特征初步研究[J].淡水渔业,2009,39(1):10-15.
CHEN Y, DUAN X B, LIU S P, et al. Community structure of the phytoplankton in the Three Gorges reservoir after the third period of sluic [J]. Freshwater Fisheries, 2009, 39(1): 10-15.
- [8] 陈华,徐兆礼.杭州湾洋山工程群对邻近水域浮游动物数量分布的影响[J].中国水产科学,2010,17(6):1319-1326.
CHEN H, XU Z L. Effects of Yangshan project in Hangzhou bay on distribution of zooplankton biomass in the adjacent waters [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(6): 1319-1326.
- [9] 黄真理.三峡工程中的生物多样性保护[J].生物多样性,2001,9(4):472-481.
HUANG Z L. Biodiversity conservation for the Three Gorges project [J]. Biodiversity Science, 2001, 9(4): 472-481.
- [10] 蔡红珍.新白沙沱长江特大桥 3# 主墩基础施工方案比选[J].铁道建筑,2014(2):14-17.
CAI H Z. Selection of construction scheme of No.3 main pier foundation of new Baishatuo Yangtze river super-long bridge [J]. Railway Engineering, 2014(2): 14-17.
- [11] 宁洪伟,李艳哲,贾为民,等.新白沙沱长江特大桥 3 号墩双壁钢套箱围堰施工技术[J].施工技术,2014(17):49-52.
NING H W, LI Y Z, JIA W M, et al. Construction technology of double-wall steel boxed cofferdam of the No.3 pier for new Baishatuo Yangtze river bridge [J]. Construction Technology, 2014(17): 49-52.
- [12] Simmonds J, Maclellan D. Fisheries acoustics: theory and practice, second edition [M]. [S.l.]: Blackwell, 2007.
- [13] Romare P. An evaluation of horizontal echo sounding as a method for behavioural studies of 0+ fish in field experiments [J]. Journal of Fish Biology, 2001, 58(6): 1512-1523.
- [14] Mcquinn I H, Nellis P, Nellis P. An acoustic-trawl survey of middle St. Lawrence estuary demersal fishes to investigate the effects of dredged sediment disposal on Atlantic Sturgeon and Lake Sturgeon distribution [C] // American

- Fisheries Society Symposium, USA: [s.n.], 2007.
- [15] Conti S G, Roux P, Fauvel C, et al. Acoustical monitoring of fish density, behavior, and growth rate in a tank [J]. *Aquaculture*, 2006, 251(2/3/4): 314-323.
- [16] Foote K G. Fish target strengths for use in echo integrator surveys [J]. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1987, 82(3): 981-987.
- [17] 周功建. 新白沙沱长江特大桥 3 号主墩基础施工技术 [J]. *桥梁建设*, 2015(1): 1-5.
ZHOU G J. Construction techniques for foundation of main pier No.3 of new Baishatuo Changjiang river bridge [J]. *Bridge Construction*, 2015(1): 1-5.
- [18] 彭静, 曾令清, 曹振东, 等. 恒温 and 周期性变温对鳊幼鱼自发运动的影响 [J]. *重庆师范大学学报(自然科学版)*, 2016, 33(3): 27-30.
PENG J, ZENG L Q, CAO Z D, et al. The effects of constant and diel-fluctuating temperature acclimation on the spontaneous activity in juvenile *Parabramis pekinensis* [J]. *Journal of Chongqing Normal University (Natural Science)*, 2016, 33(3): 27-30.

Animal Sciences

Study on Spatial and Temporal Distribution of Fish in the Construction Section of the New Baishaotuo Yangtze River Super-long Bridge

SHI Ni, LI Yingwen, LIU Zhihao, CHEN Qiliang

(Chongqing Engineering Research Center of Bioactive Substances, Chongqing Key Laboratory of Zoobiology, College of Life Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: [Purposes] In order to determine the spatial and temporal distribution characteristics of fish in the river that is carrying out the new Baishaotuo Yangtze river bridge construction as well as which environmental factor may be affected. [Methods] On December 22, 2015, March 29, August 3, and November 2, 2016, SIMRAD EY60 echo sounder was used to carry out underwater acoustic survey for fishery resources in the upper and lower reaches of Yangtze River. [Findings] The average densities in the upper stream of the four surveys are respectively 5.8×10^{-3} , 9.1×10^{-3} , 24.6×10^{-3} , and 8.4×10^{-3} ind. \cdot m $^{-3}$; the average densities in the lower stream of the four surveys are respectively 7.4×10^{-3} , 15.3×10^{-3} , 39.4×10^{-3} , and 20.6×10^{-3} ind. \cdot m $^{-3}$. The results show that the fish density detected in the lower reaches of the bridge on August 3, 2016 was statistical significant larger compared with the fish density detected in the other three times ($p < 0.05$). [Conclusions] The bridge on the downstream of fish density distribution is uneven, the downstream than upstream, in summer than in winter and spring. The spatial differences and seasonal variations of fish density may be related to the seasonal changes of fish life, and are related to the difference of river environment in the region, and may also be related to the construction effects of bridges.

Keywords: echo sounder; fishery resources; fish density; body length; the new Baishaotuo Yangtze river bridge

(责任编辑 方 兴)