

## 船只对南京长江江豚的行为影响分析

陈炳耀 陈力文 张俊 游秋逸 郝秀青 刘杉

### IMPACT OF VESSELS ON THE BEHAVIOR OF YANGTZE FINLESS PORPOISES IN NANJING

CHEN Bing-Yao, CHEN Li-Wen, ZHANG Jun, YOU Qiu-Yi, HAO Xiu-Qing, LIU Shan

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2024.2024.0067>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 首例长江江豚的野化及行为适应性研究

THE FIRST CASE OF REINTRODUCTION AND BEHAVIORAL ADAPTABILITY OF YANGTZE FINLESS PORPOISE

水生生物学报. 2023, 47(10): 1709–1718 <https://doi.org/10.7541/2023.2023.0064>

#### 江西水域枯水期长江江豚种群数量和分布特征

POPULATION AND DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF YANGTZE FINLESS PORPOISE IN JIANGXI WATERS DURING DRY SEASON

水生生物学报. 2023, 47(10): 1701–1708 <https://doi.org/10.7541/2023.2022.0503>

#### 长江生态考核指标: 基于被动声学监测的长江江豚数量

ECOLOGICAL ASSESSMENT INDICATOR OF THE YANGTZE RIVER: PASSIVE ACOUSTIC MONITORING BASED POPULATION SIZE OF THE YANGTZE FINLESS PORPOISE

水生生物学报. 2021, 45(6): 1390–1395 <https://doi.org/10.7541/2021.2021.0263>

#### 长江江豚自然保护区建设管理存在的问题及调整建议

PREDICAMENTS AND ADJUSTMENT SUGGESTIONS FOR CONSTRUCTION AND MANAGEMENT OF YANGTZE FINLESS PORPOISE NATURE RESERVES

水生生物学报. 2020, 44(6): 1360–1368 <https://doi.org/10.7541/2020.156>

#### 长江江豚脐带永生化成纤维细胞系建立及细胞生长特性研究

IMMORTALIZATION OF YANGTZE FINLESS PORPOISE FIBROBLAST CELL AND PRELIMINARY STUDY ON THE GROWTH CHARACTERISTICS

水生生物学报. 2021, 45(1): 39–47 <https://doi.org/10.7541/2021.2019.077>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2024.2024.0067

## 船只对南京长江江豚的行为影响分析

陈炳耀<sup>1</sup> 陈力文<sup>1</sup> 张俊<sup>2</sup> 游秋逸<sup>1</sup> 郝秀青<sup>1</sup> 刘杉<sup>2</sup>

(1. 南京师范大学生命科学学院, 南京 210023; 2. 南京长江江豚省级自然保护区管理站, 南京 210019)

**摘要:** 长江江豚(*Neophocaena asiaeorientalis*)仅分布于我国鄱阳湖、洞庭湖、长江中下游及支流中, 繁忙的船只不可避免地会对长江江豚产生影响。本课题组在2019—2023年对南京长江江豚开展了112d截线抽样船只监测, 调查船只对长江江豚行为的影响。结果表明: 船只的出现改变了长江江豚的行为类型, 觅食行为比例由48%下降到33%, 同时旅行行为比例由32%提高至43%; 船只距离对长江江豚的反应有显著影响, 300 m以上时江豚对船只的中立反应占95%, 未发现逃离行为, 但是随着距离的减少, 逃离行为逐渐增加, 在100 m内逃离反应比例接近30%; 不同船只类型和集群规模对长江江豚的行为有一定影响, 但不显著。综上, 船只有无、船只距离对长江江豚的正常活动均有较大的影响, 应加强重要栖息地航行船只的管理, 限速或禁止靠近岸边行驶, 最大限度地保护长江江豚。

**关键词:** 船只航运; 集群大小; 逃离行为; 行为响应; 长江江豚

**中图分类号:** Q958.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2024)10-1672-08



长江江豚(*Neophocaena asiaeorientalis*)隶属于鲸偶蹄目(Cetartiodactyla)、齿鲸亚目(Odontoceti)、鼠海豚科(Phocoenidae)、江豚属(*Neophocaena*)的小型齿鲸类动物, 是鼠海豚科唯一的淡水鲸类动物。长江江豚分布在中国宜昌至上海长约1700 km的长江干流及大型通江湖泊鄱阳湖和洞庭湖中<sup>[1]</sup>, 以及与两湖相连的支流中。1996年, 国际自然保护联盟将长江江豚列为濒危物种, 2013年长江江豚被列为极度濒危物种<sup>[2]</sup>。2021年2月5日最新修订的《国家重点保护野生动物名录》中, 长江江豚被升级为国家一级重点保护野生动物。

随着经济快速发展, 许多野生动物栖息地遭到严重的破坏, 自然生境出现明显的破碎化趋势, 生物多样性丧失率和濒危物种的灭绝速率不断加剧<sup>[3]</sup>。栖息地的丧失和破碎化是物种面临灭绝的主要原因之一<sup>[4]</sup>。长江流域内人类活动剧烈, 特别是上世纪末以来, 渔业、航运、水利工程发展迅速, 水体污染愈发严重<sup>[5]</sup>。虽然《中华人民共和国长江保护法》(2021年3月1日起执行)、《长江江豚拯救行动计划(2016—2025)》(2016年12月13日颁布)、《长

江十年禁渔计划》(2020年1月1日起执行)、渔民转产上岸等政策的实施, 对长江江豚保护有积极作用, 但是栖息地破坏和繁忙的航运仍然存在, 是目前长江江豚就地保护最大的困难。一个物种生存范围的收缩常常是其种群减少甚至灭绝的原因之一<sup>[6]</sup>。长江江豚喜欢自然岸线, 不太喜欢经过人类改造过的岸线<sup>[7]</sup>。然而, 长江中下游干流半自然岸线和固化岸线所占比例高达45.47%, 自然岸线在人类一些活动下已经破碎化<sup>[7]</sup>。目前长江中江豚栖息活动水域, 碎片化越来越严重, 对长江江豚的生存产生了严重的影响。繁忙的船只航行产生的噪音, 对长江江豚声信号有干扰。当船舶经过时, 江豚的发声次数显著降低, 其正常行为活动会受到一定影响<sup>[8]</sup>。通过研究长江和畅洲江段的大型船舶噪声对长江江豚的影响, 发现长江江豚长时间暴露在强度较大的噪音中, 它们的听力会受到严重的损伤, 包括暂时的或永久的失聪, 暂时失聪的江豚, 听力恢复时间与暴露在噪音下的时间成正相关<sup>[6]</sup>。

许多科学家已经开展了航运交通对鲸类影响的相关研究。首先, 船只撞击是一种最直接的伤害,

收稿日期: 2024-02-21; 修订日期: 2024-06-13

基金项目: 南京长江江豚省级自然保护区科研监测和动态评估(2023-JTY-07-02)资助 [Supported by the Scientific Research Monitoring and Dynamic Evaluation of the Yangtze Finless Porpoises in Nanjing Provincial Porpoise Nature Reserve]

通信作者: 陈炳耀(1978—), 男, 博士; 主要研究方向为鲸类种群生态学, 毒理生态学和保护生物学。E-mail: chby2632@163.com

一旦发生将会对鲸类造成严重的影响。例如, 座头鲸(*Megaptera novaeangliae*)和长须鲸(*Balaenoptera physalus*)很容易与航行中的船舶发生碰撞, 从而导致它们的死亡<sup>[9]</sup>。为避免船只撞击, 鲸类有时会改变正常活动, 例如, 白鲸(*Delphinapterus leucas*)和独角鲸(*Monodon monoceros*)会停止所有活动去躲避破冰船, 因此研究认为航行的船只严重危害鲸类的繁殖<sup>[10]</sup>。其次, 船只是海洋中最大的人为噪声贡献者<sup>[11]</sup>, 鲸类动物觅食和沟通是依赖声音来进行<sup>[12]</sup>, 因此船只噪声不可避免地影响鲸类行为。例如, 长须鲸在捕食或休息时会降低对环境声音的注意力, 从而使它们更容易受到伤害<sup>[13]</sup>。由于船只的噪音会掩盖猎物的回声, 因此柯氏喙鲸(*Ziphius cavirostris*)的回声定位受影响或者破坏了其他一些帮助其捕食的声学信号, 导致柯氏喙鲸的觅食行为受到干扰, 危害其正常活动<sup>[14]</sup>。在美国南加州附近, 部分地区的船只噪音较高, 并与鲸类活动区域重叠, 因此不再适合鲸类生存<sup>[15]</sup>。最后, 繁忙的船只航行对淡水和近岸港湾鲸类产生的影响更为严重。上行航船占据了长江江豚优先选择的近岸水域, 在过去的十几年中, 它们为了应对这种人为干扰改变了在长江中的分布模式<sup>[16]</sup>。除了长江江豚, 其他淡水鲸类动物如伊河海豚(*Orcaella brevirostris*)<sup>[17]</sup>和恒河豚(*Platanista gangetica*)<sup>[18]</sup>也不同程度的受到航运的威胁。港湾鼠海豚(*Phocoena phocoena*)对船只的反应只有中性或消极的行为, 而且所有类型的船只都有可能对其造成干扰<sup>[19]</sup>。长江江豚对机动船动力发出的水下噪音表现出逃避行为<sup>[20]</sup>, 船只活动增加了鄱阳段水域的长江江豚的逃避行为次数<sup>[21]</sup>, 天鹅洲故道航行的较大的运输船和客船阻止了长江江豚到串沟活动<sup>[22]</sup>。

动物行为的研究能够揭示动物活动规律、探索动物与环境之间的关系、探讨动物行为调节与适应环境<sup>[23]</sup>。科学家已经对长江江豚的行为学进行了相关研究, 在不同水域定义了多种行为。例如, 魏卓等<sup>[20]</sup>在2002年对长江八里江江段的野生长江江豚进行过行为学考察, 定义了集群、摄食、逃避、发情与交配、抚幼、歇息、玩耍共7大类行为。胥左阳<sup>[21]</sup>将鄱阳湖冬季枯水期的长江江豚行为分为6大类: 集群、摄食、逃避、抚幼、歇息和玩耍。陈炳耀等<sup>[24]</sup>定义了61种野生长江江豚的行为, 构建了长江江豚的行为谱和PAE(姿势-动作-环境)编码系统。而杨健等<sup>[22]</sup>对天鹅洲故道长江江豚定义了集群、抚幼、摄食和逃避四类行为。在铜陵半自然长江江豚的行为研究中, 蒋文华和于道平<sup>[25]</sup>曾对春季昼间活动节律进行观察, 对摄食、玩耍、

移动和休息行为发生的时间占比进行分析<sup>[26]</sup>, 陈燃等<sup>[27]</sup>初步定义了长江江豚的45种本能性行为和社会性行为。这些行为在船只的干扰下, 会发生怎样的变化, 还未可知。

我国自20世纪末开始系统地监测长江江豚, 随着监测方法不断更新完善, 对江豚的行为有了越来越多的了解<sup>[28]</sup>, 但是目前关于船只对长江江豚的行为影响研究较少。南京江段是长江江豚密度最高的江段之一, 作者于2019—2023年对南京长江江豚省级保护区内的长江江豚开展了系统监测, 本文重点分析了船只对长江江豚行为的影响, 并提出了保护管理建议。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查方法

采取国际通用的截线抽样法(Line-Transect Distance Sampling Method)对野外长江江豚进行调查。调查江段主要在南京长江江豚省级自然保护区内, 全长约48 km, 面积86.92 km<sup>2</sup>, 其中核心区面积30.25 km<sup>2</sup>, 缓冲区面积23.66 km<sup>2</sup>, 实验区面积33.01 km<sup>2</sup>。长江江面宽度1.10—4.30 km, 平均水深20—30 m, 最深达40—50 m<sup>[29]</sup>。由于长江水面较窄及航运繁忙, 不适宜设置横断面调查, 故设计4条纵向截线, 如图1所示。每天单船调查, 出发点位于中段大胜关大桥附近的水文码头, 每天调查选取上游(1、2号样线)或下游(3、4号样线), 交替进行, 2d覆盖保护区全水域, 确保所有水域调查次数相同。

船只调查一般选择天气晴朗、风力小于3级的气象条件下进行, 以8—15 km/h的速度航行。一般由4名队员执行, 3名队员在前方, 其中2名队员分别观察左右前方-90°—10°和-10°—90°范围视野, 1名队员居中观察前方180°视野, 并负责记录。4名队员每半小时轮转。调查人员以裸眼和望远镜观察相结合, 当发现长江江豚时, 不会刻意接近观察, 而是减速或停船, 观察时间比较短, 并尽快恢复样线调查, 从而最大限度的减少调查船只对江豚的行为产生的干扰。每次目击时, 记录以下变量: 发现位点经纬度(船只开到发现位点时记录)、观察的起止时间、天气状况、观察到的江豚数量、群体类型和行为、出水间隔、江豚周边约500 m范围内有无船只、船只类型、船只与江豚间的距离、江豚对船只做出的反应, 并对长江江豚进行拍照和摄影记录。记录幼崽的数量, 幼崽体型明显较小, 有时出水角度较大, 并始终与成体个体保持较近的距离。野外考察所用的仪器包括: 红外测距仪 Newcon Optik LRM 1500SPD, 佳能数码相机 Canon EOS-

1DX MarkII (100—400 mm 镜头), 风速计TRINA TN-2381, 望远镜STEINER 7×50, STEINER 8×30, 全球定位系统GPS Magellan 320, 角度尺, GPS map 60CSx。

## 1.2 数据类型

根据文献[18, 19, 28, 30]设计以下数据类型:

(1)行为类型: 旅行、捕食、玩耍、休息、游弋/其他; 游弋/其他是指除以上4种行为的其他行为, 游弋与旅行有所不同, 江豚比较分散;

(2)江豚对船只反应: 转向、逃离、吸引、中立(无行为改变);

(3)集群大小划分: 直接计数, 分析按1—2头、3—5头、6—10头、>10头;

(4)船只距江豚距离(m): ≤50、50—100、100—200、200—300、>300;

(5)船只类型: 散货船(<5000 t)、集装箱船(<3000 t)、快艇(<100 t)、游轮<500 t、轮渡(<100 t)。

## 1.3 数据分析

通过IBM SPSS Statistics 22软件, 正态分布检验, *t*检验、单因素方差分析(One-way ANOVA), 卡方检验, 取 $P < 0.05$ 为差异显著性判定标准。

## 2 结果

2019年6月至2023年4月共计调查112d, 发现长江江豚274次, 其中有幼崽的群30次。记录长江江豚周围约500 m范围内的船只549艘。

### 2.1 长江江豚的行为类型

无船只时, 长江江豚的捕食行为占48%, 旅行

行为占32%, 游弋行为占20%。船只出现时, 长江江豚的行为组成有所变化(图2), 长江江豚旅行行为占43%, 捕食行为占33%, 游弋行为占22%。整体来看, 相较于无船时, 有船时江豚的旅行行为明显增多, 捕食行为减少, 经卡方检验未达到显著性差异( $\chi^2=3.15$ ;  $P > 0.05$ )。

### 2.2 长江江豚对船只的整体反应

长江江豚周围约500 m范围内有船只出现时, 长江江豚共产生4种反应。在549次记录中, 中立行为433次, 占比最大(79%), 显著高于其他行为, 逃离行为84次, 约占15%; 转向行为27次, 约占5%; 占比最少的是吸引行为5次, 约占1% (图3)。

### 2.3 长江江豚对不同距离船只的反应

当船只距离长江江豚50 m以内时, 中立反应占65%, 逃离反应占26%, 转向反应占6%, 被吸引占3%。当船只距离长江江豚在50—100 m时, 中立反应占68%, 逃离反应占26%, 转向反应占4%, 被吸引占2%。当船只距离长江江豚在100—200 m时, 中立反应占84%, 逃离反应占10%, 转向反应占6%, 未被吸引行为。当船只距离长江江豚在200—300 m时, 中立反应占95%, 逃离反应占3%, 转向反应占2%, 未被吸引。当船只距离长江江豚在300 m以上时, 中立反应占95%, 转向反应占5%, 未记录到逃离和被吸引行为。

无论船只距离的远近, 中立行为始终占比最多(图4)。但随着船只离长江江豚越来越近, 可以看出逃离行为是逐渐增加的, 由300 m外时0, 到200—300 m时3%, 100—200 m时10%, 50—100和50 m以

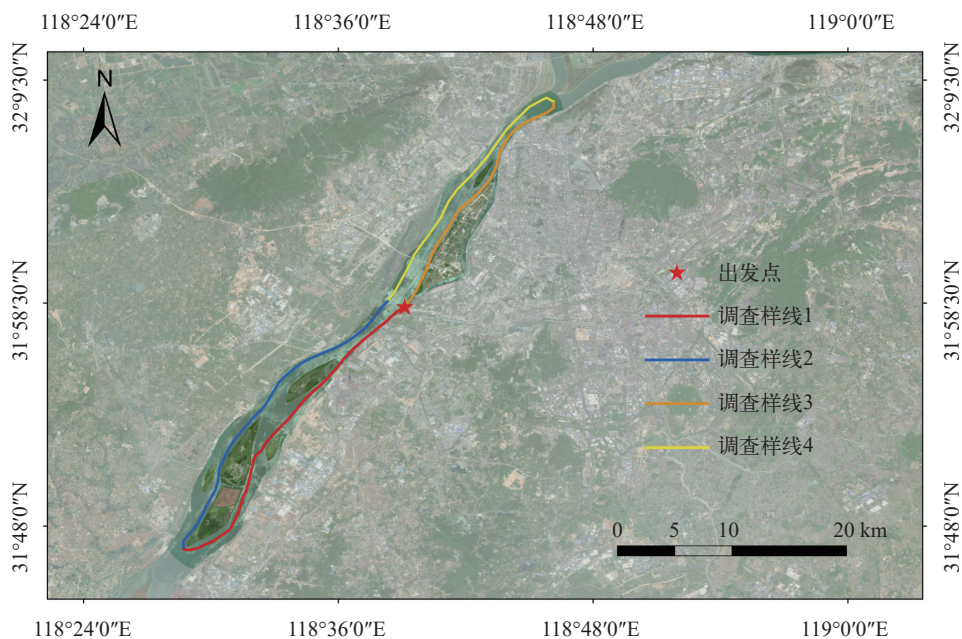


图1 南京长江江豚调查样线

Fig. 1 The survey lines designed for Yangtze finless porpoise in Nanjing Provincial Nature Reserve

内高达26%。被吸引最少见, 只有当船只离长江江豚在100 m以内时, 长江江豚才会表现出极少的被吸引行为。卡方检验结果说明船只距离与长江江豚的反应有显著相关性( $\chi^2 = 54.10 P=0.00 < 0.05$ )。

**2.4 长江江豚对不同船只类型的反应**

调查期间, 共记录到6种类型船只, 散货船出现461次, 最多(84%); 游轮出现5次, 最少(1%); 其余

4种船频率相近(集装箱船占4%, 快艇占4%, 轮渡占3%, 油轮占4%), 但频率远低于散货船(图5)。

在长江江豚对散货船的反应中, 中立反应370次, 占80%; 逃离反应63次占14%; 转向反应25次, 占5%; 被吸引3次, 占1%(图6)。在长江江豚对集装箱船的反应中, 中立反应占71%, 逃离反应占19%, 转向反应占5%, 被吸引占5%。在长江江豚对快艇的反应中, 中立反应占66%, 逃离反应占24%, 转向反应占5%, 被吸引占5%。在长江江豚对游轮的反应中, 中立反应占80%, 逃离反应占20%, 转向反应和被吸引很少。在长江江豚对轮渡的反应中, 中立反应占69%, 逃离反应占31%, 转向反应和被吸引很少。在长江江豚对油轮的反应中, 中立反应占76%, 逃离反应占24%, 转向反应和被吸引也很少见。

无论哪类船只, 长江江豚中立反应的占比始终高于其他反应(图6), 其次是逃离反应。散货船、集装箱船和快艇出现了吸引江豚的现象, 快艇和轮

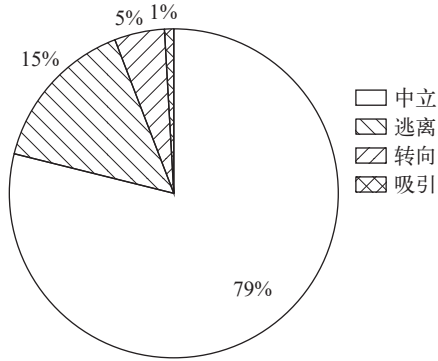


图3 长江江豚对船只的反应

Fig. 3 Response of Yangtze finless porpoise to vessels access

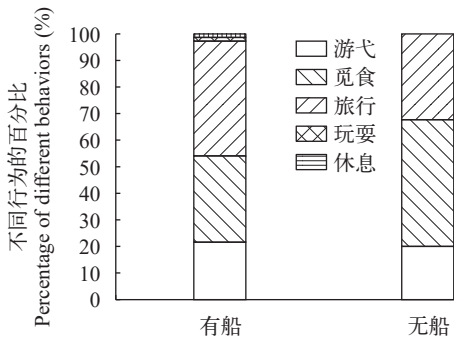


图2 有船和无船时长江江豚行为类型占比

Fig. 2 The proportion of behaviors of Yangtze finless porpoise with or without vessels nearby

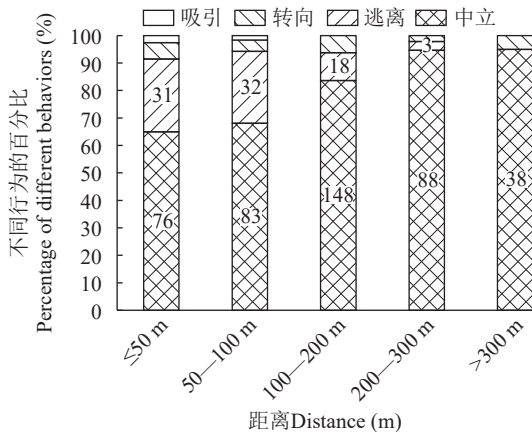


图4 长江江豚对不同距离(m)船只的反应

Fig. 4 Response of Yangtze finless porpoise to vessels in different distances (m)

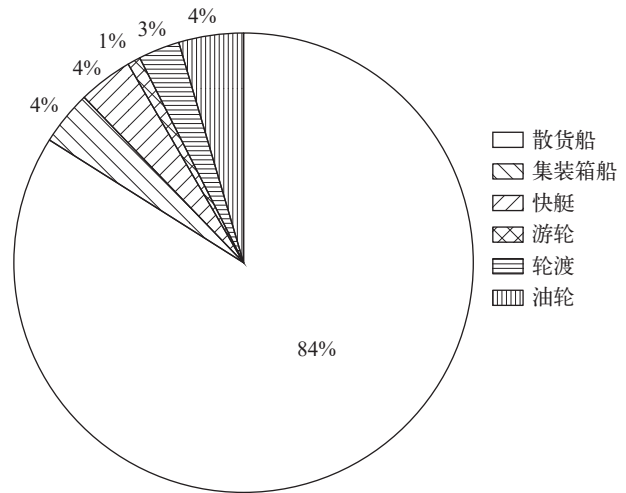


图5 各种类型船只出现的频率

Fig. 5 Frequency of various types of vessels

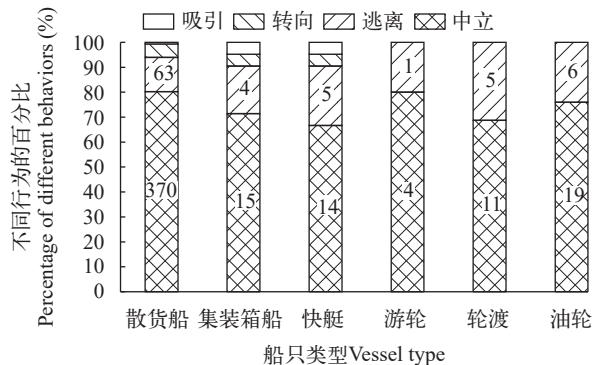


图6 长江江豚对不同类型船只的反应

Fig. 6 Response of Yangtze finless porpoise to different types of vessels

渡使长江江豚产生逃离反应的比例较大。虽然江豚对不同类型船只的反应有差异,但是经卡方检验无显著相关性( $\chi^2=16.96$ ;  $P>0.05$ )。

## 2.5 长江江豚集群规模对船只的反应

长江江豚不同集群规模出现的频率不同,1—2头的集群131次,占48%;3—5头的集群94次,占34%;6—10头的集群45次,占16%;10头以上的集群4次,占2%。

如图7所示,1—2头集群的长江江豚在遇到船只时,中立反应占79%,逃离反应占19%,转向反应占2%,未发现吸引行为。3—5头集群的长江江豚在遇到船只时,中立反应占75%,逃离反应占18%,转向反应占6%,被吸引占1%。6—10头集群的长江江豚在遇到船只时,中立反应占85%,逃离反应占9%,转向反应占5%,被吸引占1%。10头以上集群的长江江豚在遇到船只时,中立反应占100%,未发现逃离、转向、吸引反应。

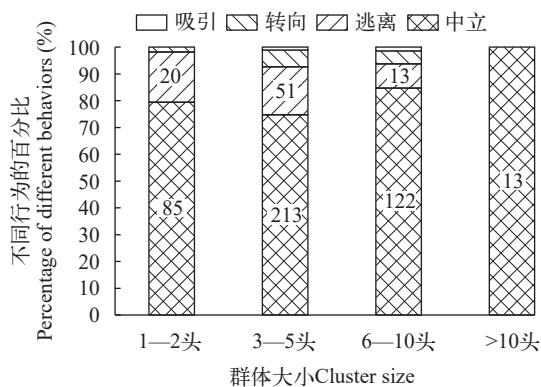


图7 长江江豚不同集群数量对船只的反应

Fig. 7 Response of different group size of Yangtze finless porpoise to vessels

无论长江江豚集群数量的多少,中立行为的占比(75%—85%)均远高于其他行为。集群数量越多,那么中立行为越多。若集群数量越少,则逃离等其他少数行为会明显增多。大于10头集群未发现逃离、吸引和转向行为。卡方检验说明长江江豚集群大小与长江江豚对船只的反应之间无显著相关性( $\chi^2=15.05$ ;  $P=0.09>0.05$ )。

## 3 讨论

本研究调查结果显示船只的存在明显降低了长江江豚的捕食行为(图2),在一定程度上与Oakley等<sup>[19]</sup>的研究结果较为一致,即船舶的存在会减少港湾鼠海豚的觅食活动。由于长江江豚主要利用回声定位来捕获猎物,而船只发出的噪音会干扰长江江豚对猎物的定位,从而影响其对猎物捕获效率。

船只本身也是物体的存在,被视为一种风险并引发江豚主动规避,而不仅仅限于船舶的噪音<sup>[31]</sup>。随着船只距离的不断接近,长江江豚的逃离行为逐渐增加,这与之前的研究结论一致,江豚存在一定程度的船只回避行为<sup>[32]</sup>。港湾鼠海豚和宽吻海豚的反应类似,表现出对距离较近的船只更强烈的回避反应<sup>[33]</sup>,尤其距离150—300 m的快艇<sup>[34—36]</sup>。由于快艇的航速较快,螺旋桨转速较快,易产生较高频率的空泡噪声<sup>[37]</sup>,从而使噪声能量的频带变宽变高<sup>[38]</sup>。而速度越快的船只,产生的高频噪声声压级衰减到低于低频噪声声压级所需的距离就越长,对江豚的影响范围就越广<sup>[39]</sup>。

除了快艇,长江江豚对其他类型的船只也不同程度的产生逃离反应,轮渡比例比较高,占31%。轮渡船只体型较大,横跨长江,动力比较强,噪声以高强度的中低频噪声为主,频带宽。虽然没有较强的高频成分,但是低频信号在水下的传播衰减较慢,对长江江豚的潜在影响较大<sup>[6]</sup>,会干扰长江江豚的交流和觅食<sup>[40]</sup>,从而导致江豚产生逃离反应。

虽然所有类型船只均使江豚产生了逃离行为,但实际上中立反应的占比才是最高的,达到67%—80%。一方面可能跟船的距离有关系,我们的记录表明,56%的船只距离江豚100 m以上,53%的逃离行为出现在船只距江豚100 m以内。另一方面,江豚可能对船舶的回声特征产生了一定的适应性<sup>[8]</sup>,例如之前的研究表明,船舶经过时,江豚游泳方向不存在显著性差异<sup>[8]</sup>。本文研究表明,江豚对散货船的反应中中立反应占比最高,甚至有3次吸引行为。可能是散货船以3000 t吨位以下的为主,船速较慢,引起的水下噪声小,影响范围相对较小<sup>[38]</sup>。前人通过调查也发现江豚存在主动游离接近船只的行为<sup>[41]</sup>。

以往对鄱阳湖江豚研究发现,1—2头个体组成群体的频次最高占60%—90%,5头(含)以上群体占比5%—12%<sup>[40]</sup>。而相应地南京5头以下群体略低占72%,9头以上占比2%,要远低于鄱阳湖。江豚喜欢集大群活动<sup>[22]</sup>,尤其在鄱阳湖,可能是鄱阳湖渔业资源比较丰富的原因,尤其在枯水期时,湖面面积缩小,空间和食物资源的双向驱动,使得江豚发生较大群的聚集,同时集大群可以更好的进行捕食和抚幼活动。而相对来说南京水域为长江干流,鱼群密度不如鄱阳湖那么高。不同大小的群体对船只干扰的反应有所不同。本研究发现10头以上的大群均为中立反应,但随着集群数量的减少,长江江豚的逃离行为开始增多(图7)。推测由于不同集群数量的长江江豚对环境的敏感度不同,江豚群体摄食

时对干扰反应较迟钝<sup>[20]</sup>, 10头以上的长江江豚集群, 因附近同伴较多, 从而降低了对环境的警惕程度不易受到外界的干扰; 相反, 集群较小的长江江豚, 由于同伴较少, 会提高对周围环境的警惕程度从而能对外界做出更快的反应。

多年来, 长江江豚一直受到广泛的关注。随着《中华人民共和国长江保护法》、《长江江豚拯救行动计划(2016—2025)》、《长江十年禁渔计划》、渔民转产上岸等政策的实施, 目前长江江豚急剧衰减的趋势得到缓解<sup>[42]</sup>, 虽然2022年种群有所恢复, 但是它仍然处于极度濒危的状况。虽然干扰因素有所减少, 栖息地质量有所恢复, 但是船只仍然带来严重的影响。同时, 在已建立的8个长江江豚自然保护区(就地保护)和4个迁地保护区(或基地)之外的野生长江江豚, 受到的保护力度还不够。基于本文的研究结果, 并考虑到南京保护区内长江江豚种群较小, 约65头左右<sup>[43]</sup>, 我们建议相关部门严格监督船只的航行路线, 不限于保护区, 而是有长江江豚分布的所有江段, 避免驶入江豚喜爱的浅水近岸区, 增加与江豚相隔的距离, 尽量减少船只对江豚的行为影响; 在长江江豚经常出现的水域中, 严格管控船只尤其高速快艇的航行速度; 加强野外种群监测, 通过全天候实时监测的“长江江豚水下声学实时智能监测系统”<sup>[28]</sup>, 除了解局部水域种群动态外, 长江江豚出现时, 通过通信系统及发出信号, 警示附近航行的船只减速并远离江豚。

#### 4 结论

本研究表明船只的出现会显著降低江豚捕食行为, 100 m内的船只对长江江豚负面影响更加严重, 不同的集群规模和船只类型对江豚的行为有一定影响, 但不显著。本研究加深了我们关于船只对长江江豚行为影响的认识, 有利于长江江豚就地保护管理。

(作者声明本文符合出版伦理要求)

#### 参考文献:

- [1] Gao A L, Zhou K Y. Geographical variation of external measurements and three subspecies of *Neophocaena phocaenoides* in Chinese waters [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 1995, **15**(2): 81-92. [高安利, 周开亚. 中国水域江豚外形的地理变异和江豚的三亚种 [J]. 兽类学报, 1995, **15**(2): 81-92.]
- [2] Wang D, Turvey S T, Zhao X. *et al.* *Neophocaena asiaeorientalis* ssp. *asiaeorientalis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013.
- [3] Haddad N M, Brudvig L A, Clobert J, *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems [J]. *Science Advances*, 2015, **1**(2): e1500052.
- [4] Tilman D, May R M, Lehman C L, *et al.* Habitat destruction and the extinction debt [J]. *Nature*, 1994(**371**): 65-66.
- [5] Mei Z, Cheng P, Wang K, *et al.* A first step for the Yangtze [J]. *Science*, 2020, **367**(6484): 1314.
- [6] Zhang T C, Ju T, Li S H, *et al.* Navigation noise properties of large vessels in Hechangzhou region of the Yangtze River and their potential effects on the Yangtze finless porpoise [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2018, **38**(6): 543-550. [张天赐, 居涛, 李松海, 等. 长江和畅洲江段大型船舶的噪声特征及其对长江江豚的潜在影响 [J]. 兽类学报, 2018, **38**(6): 543-550.]
- [7] Zhang J X, Chen M, Han Y, *et al.* River bank habitat assessment of the Yangtze finless porpoise in the main stem of middle-lower Yangtze River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, **43**(S1): 56-61. [章晋秀, 陈懋, 韩祎, 等. 长江中下游干流江豚岸线栖息地质量评估 [J]. 水生生物学报, 2019, **43**(S1): 56-61.]
- [8] Dong S Y, Dong L J, Li S H, *et al.* Effects of vessel traffic on the acoustic behavior of Yangtze finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides asiaeorientalis*) in the confluence of Poyang Lake and the Yangtze River: using fixed passive acoustic observation methods [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2012, **36**(2): 246-254. [董首悦, 董黎君, 李松海, 等. 江西鄱阳湖湖口水域船舶通行对长江江豚发声行为的影响 [J]. 水生生物学报, 2012, **36**(2): 246-254.]
- [9] García-Cegarra A M, Pacheco A S. Collision risk areas between fin and humpback whales with large cargo vessels in Mejillones Bay (23°S), northern Chile [J]. *Marine Policy*, 2019(**103**): 182-186.
- [10] Kochanowicz Z, Dawson J, Halliday W D, *et al.* Using western science and Inuit knowledge to model ship-source noise exposure for cetaceans (marine mammals) in Tallurutiup Imanga (Lancaster Sound), Nunavut, Canada [J]. *Marine Policy*, 2021(**130**): 104557.
- [11] Wilcock W S D. Tracking fin whales in the northeast Pacific Ocean with a seafloor seismic network [J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2012, **132**(4): 2408-2419.
- [12] Blair H B, Merchant N D, Friedlaender A S, *et al.* Evidence for ship noise impacts on humpback whale foraging behaviour [J]. *Biology Letters*, 2016, **12**(8): 20160005.
- [13] Panigada S, Pesante G, Zanardelli M, *et al.* Mediterranean fin whales at risk from fatal ship strikes [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2006, **52**(10): 1287-1298.
- [14] Aguilar Soto N, Johnson M, Madsen P T, *et al.* Does intense ship noise disrupt foraging in deep-diving cuvier's beaked whales (*Ziphius cavirostris*)? [J]. *Marine Mammal Science*, 2006, **22**(3): 690-699.
- [15] Redfern J V, Hatch L T, Caldwell C, *et al.* Assessing the

- risk of chronic shipping noise to baleen whales off Southern California, USA [J]. *Endangered Species Research*, 2017(32): 153-167.
- [16] Mei Z, Han Y, Turvey S T, *et al.* Mitigating the effect of shipping on freshwater cetaceans: the case study of the Yangtze finless porpoise [J]. *Biological Conservation*, 2021(257): 109132.
- [17] Whitty T S. Multi-methods approach to characterizing the magnitude, impact, and spatial risk of Irrawaddy dolphin (*Orcaella brevirostris*) bycatch in small-scale fisheries in Malampaya Sound, Philippines [J]. *Marine Mammal Science*, 2016, 32(3): 1022-1043.
- [18] Dey M, Krishnaswamy J, Morisaka T, *et al.* Interacting effects of vessel noise and shallow river depth elevate metabolic stress in Ganges River dolphins [J]. *Scientific Reports*, 2019, 9(1): 15426.
- [19] Oakley J A, Williams A T, Thomas T. Reactions of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) to vessel traffic in the coastal waters of South West Wales, UK [J]. *Ocean & Coastal Management*, 2017(138): 158-169.
- [20] Wei Z, Wang D, Zhang X F, *et al.* Population size, behavior, movement pattern and protection of Yangtze finless porpoise at Balijiang section of the Yangtze River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2002, 11(5): 427-432. [魏卓, 王丁, 张先锋, 等. 长江八里江江段江豚种群数量、行为及其活动规律与保护 [J]. *长江流域资源与环境*, 2002, 11(5): 427-432.]
- [21] Xu Z Y. The study of the Yangtze finless porpoise population status and behavior characteristics and protection in the key waters of Poyang Lake [D]. Nanchang: Nanchang University, 2015: 1-49. [胥左阳. 鄱阳湖重点水域长江江豚种群现状、行为特征及其保护研究 [D]. 南昌: 南昌大学, 2015: 1-49.]
- [22] Yang J, Chen P X. Movement and behavior of finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides* Cuvier) at Swan Oxbow, Hubei Province [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1996, 20(1): 32-40. [杨健, 陈佩薰. 湖北天鹅洲故道江豚的活动与行为 [J]. *水生生物学报*, 1996, 20(1): 32-40.]
- [23] Banchetti R, Erra F, Ricci N, *et al.* Ethogram of *Aspidisca sedigita* [J]. *Canadian Journal of Zoology*, 2003, 81(1): 14-20.
- [24] Chen B Y, Meng X Y, Liu S, *et al.* Preliminary construction of behavior ethogram and PAE coding system of wild Yangtze finless porpoise in Nanjing [J]. *Journal of Nanjing Normal University (Natural Science Edition)*, 2024, 47(2): 63-75. [陈炳耀, 孟祥垚, 刘杉, 等. 南京野生长江江豚行为谱及PAE编码系统构建 [J]. *南京师范大学(自然科学版)*, 2024, 47(2): 63-75.]
- [25] Jiang W H, Yu D P. Observation on diurnal activity rhythm of Yangtze finless porpoise in the semi-nature aqueous reserve during spring [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2006, 41(3): 54-58. [蒋文华, 于道平. 半自然水域中长江江豚春季昼间活动节律的观察 [J]. *动物学杂志*, 2006, 41(3): 54-58.]
- [26] Jiang W H, Yu D P. Preliminary observations on respiratory behavior of the Yangtze finless porpoise in the semi-nature aqueous reserve [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2006, 41(4): 97-99. [蒋文华, 于道平. 半自然水域中母仔长江江豚呼吸行为的初步观察 [J]. *动物学杂志*, 2006, 41(4): 97-99.]
- [27] Chen R, Li J H, Xiang Y. Construction of ethogram of the Yangtze finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides asiaorientalis*) in a semi-natural water area [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2014, 35(4): 388-393. [陈燃, 李进华, 项鹰. 半自然水域长江江豚行为谱的构建 [J]. *野生动物学报*, 2014, 35(4): 388-393.]
- [28] Chen B Y, Xin Y, Lu F T, *et al.* Monitoring status and prospects of Yangtze finless porpoise [J]. *Environmental Monitoring in China*, 2023, 39(2): 1-10. [陈炳耀, 信誉, 路方婷, 等. 长江江豚监测现状及展望 [J]. *中国环境监测*, 2023, 39(2): 1-10.]
- [29] Yin P Y, Zang Y P, Wo Y B, *et al.* Research and thinking on shoreline management and protection in Nanjing section of the Yangtze River [J]. *Water Resources Development Research*, 2020, 20(11): 49-52. [殷鹏远, 臧英平, 沃玉报, 等. 长江南京段岸线管理与保护的研究与思考 [J]. *水利发展研究*, 2020, 20(11): 49-52.]
- [30] Li S, Wang K, Wang D, *et al.* Origin of the double-and multi-pulse structure of echolocation signals in Yangtze finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides asiaorientalis*) [J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2005, 118(6): 3934-3940.
- [31] Pirotta E, Merchant N D, Thompson P M, *et al.* Quantifying the effect of boat disturbance on bottlenose dolphin foraging activity [J]. *Biological Conservation*, 2015(181): 82-89.
- [32] Zhao X, Barlow J, Taylor B L, *et al.* Abundance and conservation status of the Yangtze finless porpoise in the Yangtze River, China [J]. *Biological Conservation*, 2008, 141(12): 3006-3018.
- [33] Polacheck T, Thorpe L. The swimming direction of harbor porpoises in relationship to a survey vessel [J]. *Report of the International Whaling Commission*, 1990(40): 463-470.
- [34] Evans P G H, Carson Q, Fisher P, *et al.* A study of the reactions of harbour porpoises to various boats in the coastal waters of southeast Shetland [J]. *European Research on Cetaceans*, 1994, 8: 60-64.
- [35] Koschinski S, Kühlandweg. Possible impact of personal watercraft (PWC) on Harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) and Harbor seals (*Phoca vitulina*) [M]. Society for the Conservation of Marine Mammals (Gesellschaft zum Schutz der Meeressäuger). Quickborn, Germany, 2008: 1-12.
- [36] Papale E, Azzolin M, Giacoma C. Vessel traffic affects



- bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) behaviour in waters surrounding Lampedusa Island, south Italy [J]. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.*, 2012, **92**(8): 1877-1885.
- [37] Zhang H W, Hu Y H, Zhang C L. Discussion on the influence and control of ship underwater noise on marine animals [J]. *Marine Technology*, 2013(3): 44-46. [张华武, 胡以怀, 张春林. 船舶水下噪声对海洋动物的影响及控制探讨 [J]. *航海技术*, 2013(3): 44-46.]
- [38] Li D, Lin D Q, Wang Z G, *et al.* The relationship between population distribution and underwater noise of Yangtze finless porpoise in Zhenjiang provincial nature reserve, Jiangsu province [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2024, DOI: 10.7541/2024.2024.0015. [李栋, 蔺丹清, 王召根, 等. 江苏镇江长江豚类省级自然保护区长江江豚种群分布与水下噪声的关系探究 [J]. *水生生物学报*, 2024, DOI: 10.7541/2024.2024.0015.]
- [39] Zhang T C, Ju T, Dong L J, *et al.* Noise from two kinds of fast-speed boats in Tian-e-Zhou oxbow [C]. Key Laboratory of Ship Vibration and Noise, Hubei Acoustic Society. 2016 Annual Conference on Acoustic Technology Proceedings. Wuhan, 2016: 6. [张天赐, 居涛, 董黎军, 等. 天鹅洲豚类保护区内快艇噪声研究 [C]. 船舶振动噪声重点实验室, 湖北省声学学会. 2016年度声学技术学术会议论文集. 武汉, 2016: 6.]
- [40] Wang Z P, Xu Z W, Gong L Q, *et al.* Simultaneous monitoring and population dynamics analysis of Yangtze finless porpoise in Poyang Lake [J]. *Journal of Hydroecology*, 2023: 1-9. [王伟萍, 徐志文, 龚磊强, 等. 鄱阳湖长江江豚同步监测及种群动态分析 [J]. *水生态学杂志*, 2023: 1-9.]
- [41] Li S, Akamatsu T, Wang D, *et al.* Indirect evidence of boat avoidance behavior of Yangtze finless porpoises [J]. *Bioacoustics*, 2008, **17**(1-3): 174-176.
- [42] Huang J, Mei Z G, Chen M, *et al.* Population survey showing hope for population recovery of the critically endangered Yangtze finless porpoise [J]. *Biological Conservation*, 2020(**241**): 108315.
- [43] Chen B Y, Jiang X Y, Liu S, *et al.* The population dynamics of the Yangtze finless porpoise in Nanjing [J]. *Journal of Nanjing Normal University (Natural Science Edition)*, 2024, **47**(2): 54-62. [陈炳耀, 姜新月, 刘杉, 等. 2019-2023年南京长江江豚种群动态 [J]. *南京师范大学 (自然科学版)*, 2024, **47**(2): 54-62.]

## IMPACT OF VESSELS ON THE BEHAVIOR OF YANGTZE FINLESS PORPOISES IN NANJING

CHEN Bing-Yao<sup>1</sup>, CHEN Li-Wen<sup>1</sup>, ZHANG Jun<sup>2</sup>, YOU Qiu-Yi<sup>1</sup>, HAO Xiu-Qing<sup>1</sup> and LIU Shan<sup>2</sup>

(1. *The life of science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China*; 2. *Nanjing Yangtze Finless Porpoise Provincial Nature Reserve Management Station Nanjing, Nanjing 210019, China*)

**Abstract:** The Yangtze finless porpoise (*Neophocaena asiaorientalis*, YFP) is mainly distributed in Poyang Lake, Dongting Lake, and the middle and lower reaches of the Yangtze River and its tributaries in China. The heavy vessel traffic in these areas inevitably impacts YFPs. Our research group conducted a 112-day vessel-based survey on YFPs in Nanjing from 2019 to 2023 using the line transect sampling method to study the impacts of vessels on porpoise behavior. The results showed that the presence of ships changed the behavior of the YFPs, with the proportion of foraging behavior decreasing from 48% to 33%, while travel behavior increased from 32% to 43%. The distance of vessels from the YFPs had significant impacts. When vessels were over 300 meters away, YFPs showed a 95% neutral response, with no observed escape behavior. However, within 300 m, the frequency of escape reactions increased, reaching nearly 30% within 100 m. The vessel type and cluster size had slight, non-significant impacts on YFP behavior. In conclusion, the presence and proximity of vessels significantly impact the normal activities of YFPs. Therefore, strict restrictions on navigation routes are necessary to prevent vessels from traveling nearshore areas where porpoises are concentrated, in order to maximize the protection efficiency for this species.

**Key words:** Vessel traffic; Cluster size; Escape behavior; Behavior response; Yangtze finless porpoise