

长江安庆段长江江豚分布特征及其影响因子探究

陈宇宽 蔺丹清 李栋 张家路 叶昆 张四刚 胡欣 陈丽蓉 严燕 刘凯

DISTRIBUTION CHARACTERISTICS AND ITS INFLUENCING FACTORS OF THE YANGTZE FINLESS PORPOISE IN ANQING SECTION OF THE YANGTZE RIVER

CHEN Yu-Kuan, LIN Dan-Qing, LI Dong, ZHANG Jia-Lu, YE Kun, ZHANG Si-Gang, HU Xin, CHEN Li-Rong, YAN Yan, LIU Kai

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2024.2024.0017>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

长江安庆段仔稚鱼群落特征调查研究

THE COMMUNITY CHARACTERISTICS OF LARVAE AND JUVENILE FISH IN THE ANQING SECTION OF THE YANGTZE RIVER

水生生物学报. 2019, 43(6): 1300–1310 <https://doi.org/10.7541/2019.154>

安庆西长江江豚迁地保护基地河岸带植物群落结构特征

CHARACTERISTICS OF RIPARIAN PLANT COMMUNITY IN YANGTZE FINLESS PORPOISE EX-SITU RESERVE IN XIJIANG OXBOW, ANQING CITY

水生生物学报. 2019, 43(3): 623–633 <https://doi.org/10.7541/2019.075>

长江中下游干流江豚岸线栖息地质量评估

RIVER BANK HABITAT ASSESSMENT OF THE YANGTZE FINLESS PORPOISE IN THE MAIN STEM OF MIDDLE-LOWER YANGTZE RIVER

水生生物学报. 2019, 43(S1): 56–61 <https://doi.org/10.7541/2019.167>

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>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2024.2024.0017

长江安庆段长江江豚分布特征及其影响因子探究

陈宇宽^{1,2} 蔺丹清¹ 李 栋¹ 张家路¹ 叶 昆¹ 张四刚³ 胡 欣³
陈丽蓉³ 严 燕³ 刘 凯^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 农业农村部淡水渔业和种质资源利用重点实验室, 无锡 214081; 2. 南京农业大学, 无锡渔业学院, 无锡 214081; 3. 安庆市水产技术推广中心站, 安庆 246002)

摘要: 研究于2021年秋季至2023年夏季在长江安庆段(安庆市程营村-凤凰码头)开展了2个周年共8次目视考察, 从种群数量、集群规模、迁移规律、栖息地偏好四个方面探讨了该水域长江江豚(*Neophocaena asiaeorientalis asiaeorientalis*)的分布特征及影响因子。研究期间共观测到长江江豚555群次、1000头次, 最大单次评估结果为192头; 其中2023年观测到长江江豚336群次、603头次, 较2022年分别上升53.4%和51.9%。研究期间长江江豚最大集群规模为8头, 平均集群规模为1.8头/群。考察发现长江安庆段长江江豚总体呈连续分布, 但存在明显的热点区域, 其中张家洲北汊、上三号洲、下三号洲尾及清淤洲洲头水域为长江江豚的重要栖息地, 四个栖息地内观测头次分别占总头次的19.3%、4.9%、12.6%和10.8%。禁捕后长江江豚在河口汇流区活跃的月份增加并有从八里江安徽段向下游扩散分布的趋势, 但码头、崩岸区对其栖息地范围的拓展仍存在一定影响, 华阳河口以下江段仍只有清淤洲洲头水域为长江江豚的重要栖息地。因此研究认为在十年禁渔及鄱阳湖极端枯水频发的背景下, 长江安庆段的长江江豚数量有明显上升趋势, 同时长江江豚对各重要栖息地斑块之间迁移通道的利用情况逐渐好转, 分布更具连续性。研究建议, 应在长江江豚可能的聚集觅食区及迁移通道保持自然岸线占比, 加大岸线整治力度, 加强人类活动管控; 根据极枯水位下鄱阳湖长江江豚迁移入江的时序特征, 制定湖口-华阳河口水域的应急管理预案。

关键词: 长江安庆段; 分布特征; 极枯水位; 重要栖息地; 长江江豚

中图分类号: S932.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2024)10-1651-09



长江是中国第一大河流, 长江流域是中国湿地类型最丰富的区域之一, 是长江江豚重要的栖息地和分布区^[1]。长江下游安庆段地处安徽省境内, 多沙洲且渔业资源丰富, 是长江江豚分布最为密集的江段之一^[2-4]。

长江江豚(*Neophocaena asiaeorientalis asiaeorientalis*)隶属于哺乳纲(Mammalia)、鲸目(Cetacea)、鼠海豚科(Phocoenidae)、江豚属(*Neophocaena*), 是我国特有的淡水小型鲸类, 于2018年通过基因组学验证正式被认定为独立物种^[5, 6]。但由于滥捕偷

捕、航运造成的意外死亡, 叠加饵料资源短缺及栖息地丧失对长江江豚生存生活造成的不利影响, 长江江豚的数量在过去几十年间急剧下降^[7], 由1991年的超2500头降至2012年的1045头^[8]。因此长江江豚在2013年被世界自然保护联盟的濒危物种红色名录(IUCN)列入极度濒危物种并在2021年被列为中国国家一级重点保护野生动物。为了扭转长江江豚数量下降的颓势, 我国目前已建立了8个长江江豚就地自然保护区, 同时于2020年始正式实施的长江禁捕也为长江江豚饵料数量的恢复提供

收稿日期: 2024-01-15; **修订日期:** 2024-02-29

基金项目: 中国水产科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2023TD11); 农业农村部财政专项“长江禁捕后常态化监测专项”资助 [Supported by Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS (2023TD11); Ministry of Agriculture and Rural Affairs Financial Special Project “Special Project for Normalized Monitoring After the Ban on Fishing in the Yangtze River”]

作者简介: 陈宇宽(1997—), 男, 硕士研究生; 主要从事水生生态保护方向研究。E-mail: 973144341@qq.com

通信作者: 刘凯, E-mail: liuk@ffrc.cn

了保障。2022年的全流域长江江豚考察结果显示长江江豚数量约为1249头,首次实现了止跌回升。然而长江江豚极度濒危现状仍未改变,且由于涉水工程的增加^[9],部分水域的长江江豚分布趋向于集中化和斑块化^[10]。

厘清长江江豚的分布特征及其影响因子有助于研究者对长江江豚的栖息地进行科学划分,从而提高长江江豚就地保护的效率,因此这也是近年来长江江豚生态研究的热点。目前对于长江江豚的生态研究,一方面是针对长江江豚栖息地选择驱动因素的挖掘,包括岸线固化^[11]、航道整治^[9]、分汊河段流态^[12]、饵料资源^[13]、气候^[14,15]等;另一方面是探究行船流量^[16]、噪声^[17,18]等环境压力对长江江豚生存生活的影响。长江安庆段毗邻鄱阳湖且分布了数量可观的长江江豚,当前长江正处禁捕初期,生态系统尚未稳定^[19,20]、加之近年极端枯水频发,部分鄱阳湖长江江豚迁移入江,使得长江安庆段内的长江江豚分布变化明显,探究该江段内长江江豚分布在当前背景下的适应性变化对阐明长江江豚的栖息地选择策略意义重大。因此,本研究于2021年11月始分季节先后8次在长江安庆段对长江江豚进行了目视考察,分析了其种群数量、集群规模、迁移规律等分布特征的时空变化,探究了禁捕初期影响长江江豚分布发生变化的关键因子,为长江安庆段长江江豚栖息地范围的科学划分提供了数据支撑,也为长江江豚的栖息地保护提供了重要的参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究时间与研究水域

长江江豚分布及数量考查于2021年11月至2023年7月间接季节分8次进行。具体考查时间为2022年度(2021年11月及2022年1月、5月和9月)和2023年度(2022年12月及2023年2月、5月和7月)。

研究水域为长江安庆段,全长约152 km。考察路线为从安庆市凤凰码头出发,上行至安庆市程营村,然后掉头返回下行至凤凰码头(图1)。

考查采用双船双程的方式。根据长江江豚的趋岸习性及其游泳速率^[21],双船将行船路径稳定在离岸300 m处,分别靠南北两岸以10 km/h的船速进行同步观测。为保证数据独立性,观测时双船相距5—10 km。

1.2 研究方法

本文以目视观测方式对长江江豚数量及分布进行研究。每艘船配备3名主要观察者(PO)及一名独立观察者(CIO),其中左右观察者分别观测船体

两侧-90°—10°和-10°—90°的水域(以航线方向为0°),记录者负责记录及前方180°范围内的观测工作,独立观察者负责补充主要观察者遗漏的江豚信息。观测长江江豚的同时通过连续拍照及GPS定位打点的方式对南北两岸的岸线进行记录,结合卫星遥感图将研究水域内的岸线划分为自然、抛石、崩岸、码头四个类型。

数据记录方法参照2017年长江淡水豚类考察方法^[4],包括发现长江江豚的时间、方向、数量、GPS位点、距岸距离等观测到的信息。采用卡方检验比较两个考察年间长江江豚目击率及估算数量的差异。

基于截线抽样法,选择简单模型,采用Distance 7.5软件对长江安庆段长江江豚的种群数量进行估计,其中长江江豚的种群密度计算公式:

$$\hat{D} = \frac{n \hat{f}(0) \hat{E}(0)}{2L} \quad (1)$$

式中, $\hat{D}$ 为种群密度; n 为观察到长江江豚的个体数量; $\hat{f}(0)$ 为中线上的概率密度函数; $\hat{E}(0)$ 为观察到长江江豚群体的大小; L 为观测路线的总长度^[22]。

在对探测函数 $g(x)$ 的拟合中,主函数和级数展开选择软件中的半正态分布函数核函数+余弦调整函数。本研究根据独立观察者对遗漏江豚信息的统计,分别计算了两个考察周年中主要观察员(PO)对航行路线上动物的观察概率以对长江江豚密度进行校正。

采用核密度估计法来分析长江江豚对长江安庆段生境的利用程度。通过home range tool插件在ArcGIS10.7中计算长江江豚的50%、75%和95%的概率密度轮廓,对其可能的核心栖息地进行划分,将KDE为95%的区域定义为长江江豚重要栖息地,

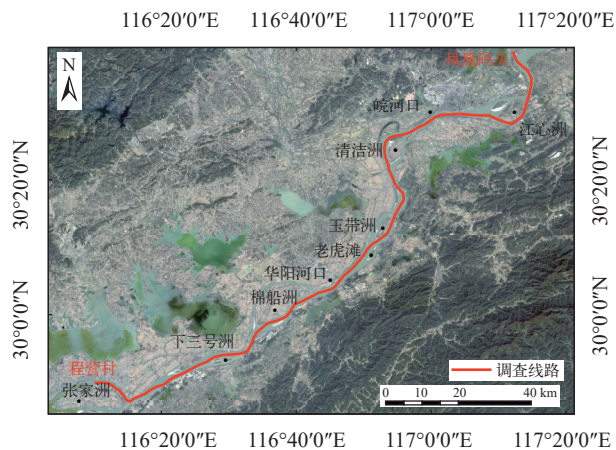


图1 长江江豚考察路线

Fig. 1 Survey line of Yangtze finless porpoise

将50%区域定义为核心栖息地。

采用 SPSS 25.0 进行数据分析, 采用 ArcGIS 10.7 绘制岸线分布图、长江江豚分布图及长江江豚重要栖息地分布图。

2 结果

2.1 长江江豚观测数量

本研究于2021年11月至2023年7月期间在长江安庆段(安庆市程营村凤凰码头)进行了8次考察, 共观测到长江江豚555群次, 计1000头次(表1)。在2023年度(2022年12月—2023年7月)共观测到长江江豚336群次, 计603头次, 观测群次及头次较2022年分别增长53.4%和51.9%。8次观测的平均目击率为0.098 群次/km, 其中2022年的平均目击率为0.078 群次/km, 2023年的平均目击率为0.118 群次/km, 两个观察年的平均目击率无显著性差异($X^2=3$, $df=1$, $P=0.083$), 其中2023年7月的目击率最高, 为0.146 群次/km。2022和2023年主要观察员(PO)对航行路线上动物的观察概率分别为0.657和0.628; 8次考察的长江江豚数量估算结果显示, 2023年的平均估算头数为172头, 较2022年平均值(162头)有所上升但无显著性差异($X^2=0.33$, $df=1$, $P=0.563$)。

2.2 长江江豚集群规模

研究期间, 长江江豚在研究水域的最大集群规模为8头, 平均集群规模为1.80 头/群, 长江江豚集群规模为1头占49.3%, 集群规模为2头和3头分别占31.9%和12.1%。2023年安庆段长江江豚的平均集群规模为1.79 头/群, 略低于2022年。在最后一次考察中未发现规模超过4头的群体。在8次考察中, 除2023年5月外, 集群规模为1和2的比例均超过75%, 且集群规模为1的比例有上升趋势(图2)。

2.3 长江江豚核心生境现状

通过对8次长江江豚考察数据进行核密度分析, 筛选目前长江安庆段内长江江豚的重要栖息地水

域。结果显示长江安庆段内满足重要栖息地($KDE \leq 95\%$)要求的水域共计65.22 km²(表2), 在重要栖息地内长江江豚出现的群次、头次分别占总江段的46.67%和47.60%, 同时重要栖息地涵盖了58.33%的母子豚目击位点。长江江豚重要栖息地主要分布在张家洲北汊、上三号洲南汊、下三号洲洲尾及清洁洲洲头水域, 其中仅有张家洲北汊水域存在长江江豚的核心栖息地($KDE \leq 50\%$), 且张家洲北汊—棉船洲洲头范围内长江江豚重要栖息地呈连续分布, 总面积达19.52 km²; 在华阳河口—皖河口江段内仅有清洁洲洲头水域一个重要栖息地, 面积为13.28 km²; 在皖河口以下江段没有发现长江江豚的重要栖息地(图3)。

2.4 长江江豚分布特征

对不同月份长江江豚的分布结果进行梳理, 本研究发除重要栖息地外, 长江安庆段仍存在一些节律性的热点分布区域(图4)。2022年长江江豚在棉船洲的洲头及洲尾水域皆有大规模聚集行为, 但对棉船洲两汊水道利用率较低, 在此区域观测到的长江江豚数目极少, 但2023年情况有所改善, 棉船洲南汊水道内长江江豚的遇见率明显增加; 2022年皖河口虽在枯水期有长江江豚分布但规模不大, 多数长江江豚仍聚集于清洁洲洲头附近水域, 但在2023年2月后的两次考察中, 长江江豚向皖河口的聚集规模明显增大; 安庆江心洲以下江段在8次观测期间都发现有长江江豚分布, 且在2023年的枯、丰水期(2和7月)皆在该水域发现有母子豚出现。

2.5 长江江豚对岸线的选择

长江安庆段上起宿松县汇口镇程营村, 下至枞阳, 全长243 km。研究结果显示安庆段两岸岸线总长度为460 km, 其中自然岸线长为287.94 km, 占总岸线62.67%; 抛石岸线长为139.25 km, 占总岸线30.31%; 码头岸线长为19.92 km, 占总岸线4.34%; 崩岸岸线长为12.35 km, 占总岸线2.69% (图5)。

表1 不同月份双程观察到的长江江豚群次、头次及估算数量

Tab. 1 Groups, headcounts, and estimated numbers of porpoises observed in different months

时间(年-月) Time (Year-Month)		群次 Group	头次 Individual	目击率(群/km) Encounter rate (group/km)	密度(头/km ²) Density (Individual/km ²)	面积 (km ²) Area (km ²)	估算数量 Estimation	有效里程 Distance (km)
枯水期 Low water level	2021-11	44	87	0.063	0.510	221.5	172	704
	2022-1	73	134	0.104	0.558	225.6	192	700
丰水期 High water level	2022-5	65	111	0.093	0.373	259.2	147	698
	2022-9	37	65	0.052	0.339	266	137	709
枯水期 Low water level	2022-12	74	137	0.105	0.515	221.5	182	704
	2023-2	96	171	0.138	0.526	225.6	189	694
丰水期 High water level	2023-5	60	139	0.082	0.371	259.2	153	728
	2023-7	106	156	0.146	0.361	284	163	724

在研究期间,长江江豚在自然岸线及抛石岸线活动较为频繁,共出现了533群次,占总群次的96%,在崩岸岸线和码头出现频率较低,共22群次,占总群次的4% (图 6)。

3 讨论

3.1 长江安庆段长江江豚种群数量变化

本研究通过对禁捕初期长江安庆段长江江豚的高频次连续监测,详细分析了近两年内长江安庆段长江江豚数量、集群规模及分布特征的变动情况。作为长江干流中长江江豚分布最密集的江段,长江安庆段聚集了长江干流中接近40%的长江江豚^[23]。本研究评估结果显示,2023年枯水期长江江豚数量约为185头,丰水期约为160头,枯水期较2020年Chen等^[11]的评估数量(180)略有升高,同时本次考察水域未涉及安庆市管辖外的江段,考察范围较2020年(张家洲—梅陇)更小。针对枯水期长江江豚数量评估结果高于丰水期的现象,研究推测存在两个原因:一是丰水期水域更广,目击长江江豚的难度更大,目标距离航线的垂直距离也更远,估

算的长江江豚数量可能略低于实际值;二是近年枯水频发,部分鄱阳湖长江江豚可能在枯水期由于生存空间遭受挤压、饵料缺乏主动进入了长江干流水域。综上,本研究认为在长江禁捕及极端枯水频发的背景下,近年长江安庆段长江江豚的数量有上升趋势。

3.2 长江江豚迁移活动规律分析

淡水豚类对生境变化非常敏感,其对栖息地的选择受饵料资源、水情水势、地形地貌等多方面因素调控^[11-13, 24]。长江江豚通常会选择沙洲的洲头、洲尾、洲侧浅滩水域作为栖息地^[25],但这种选择性在长江安庆段内的诸多沙洲中表现得并不完全一致。本研究认为江心洲附近水域的岸线类型直接影响了聚集在江心洲的长江江豚数量。以往研究表明固化河岸破坏了长江江豚喜爱的平缓坡度,降低了鱼类丰度,因而长江江豚对自然岸线具有强选择性^[25, 26]。皖河口—铜板洲江段内安庆江心洲两侧人工岸线较多,且码头及崩岸岸线在该水域有较高占比,因而长江江豚更青睐栖息于铜板洲洲头及安庆江心洲洲尾的附近水域(图 6)。相似的情况同样出现在了华阳河口—皖河口江段,连续的码头及崩岸岸线导致了长江江豚在玉带洲洲尾及下游10 km的江段内鲜有分布。相比之下清洁洲洲头因其沿岸连续分布的自然岸线,获得了长江江豚更高的利用率。河口的分布对长江江豚的栖息地选择及季节性迁移也存在直接的影响。河口汇流区是长江江豚在枯水期的主要觅食区域^[27],皖河口西侧北岸因其自然岸线占比高,小型鱼类群落优势度高,往往在枯水期会吸引大量长江江豚来此觅食,觅食时间最多持续至3月^[28-30]。然而本研究发现长江江豚在皖河口的聚集现象在2023年5月仍未消失,

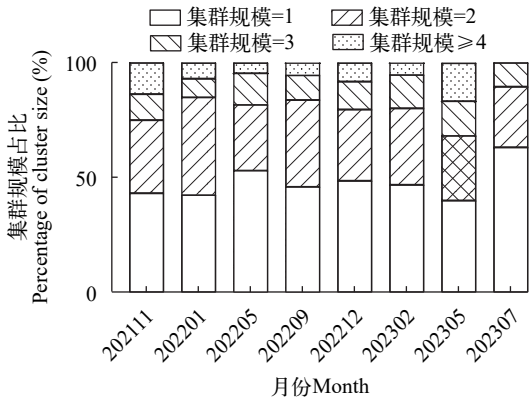


图 2 不同月份观测到的长江江豚集群规模

Fig. 2 Cluster size of Yangtze finless porpoise observed in different months

表 2 长江江豚核心生境内的目击情况

Tab. 2 Observations within the core habitat of Yangtze finless porpoise

KDE值区间 Range of KDE value	水域 Watershed	面积 Area (km ²)	观测群次 Group	观测头次 Individual
75%≤ KDE<95%	清洁洲洲头	13.28	54	108
	下三号洲洲尾	22.58	73	126
	上三号洲南汊	9.84	30	49
	张家洲北汊	8.92	27	43
50%≤ KDE<75% KDE<50%	张家洲北汊	7.74	50	91
	张家洲北汊	2.86	25	59
	总计Total	65.22	259	476

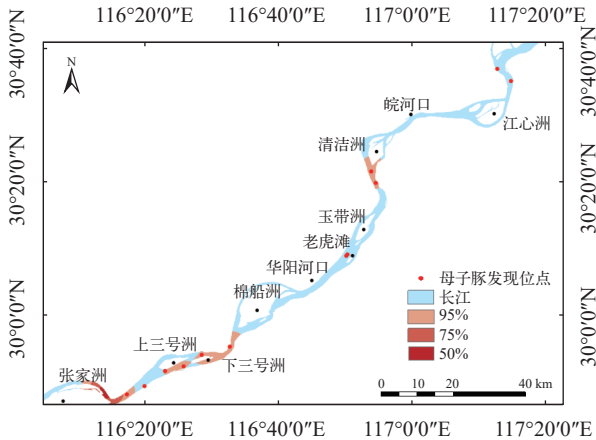


图 3 考察江段内长江江豚的核心生境分布图

Fig. 3 Core habitat distribution of Yangtze finless porpoise in investigated waters

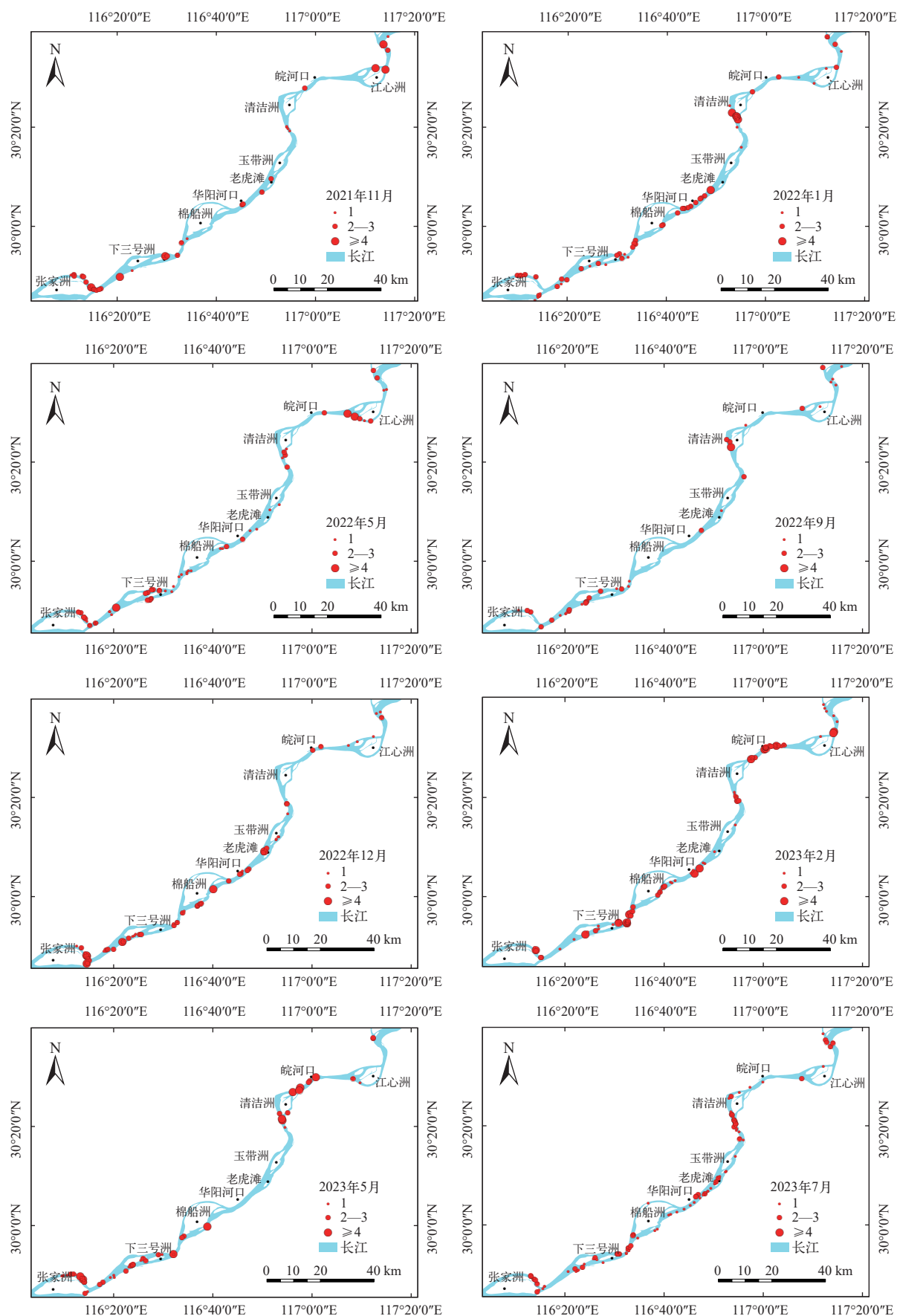


图4 考察水域长江江豚分布

Fig. 4 Distribution of Yangtze finless porpoise in investigated waters

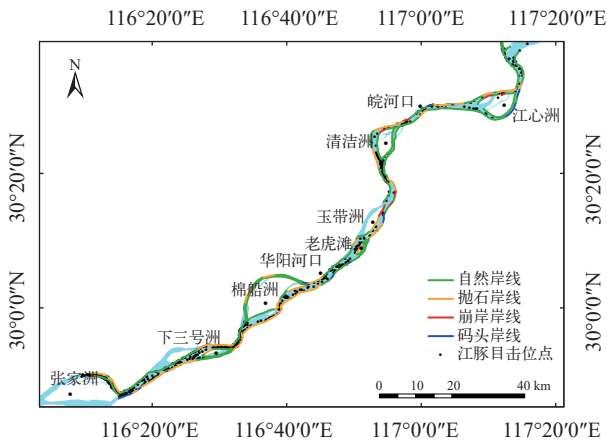


图5 考察路径两侧的岸线类型

Fig. 5 Shoreline types on both sides of the investigation path

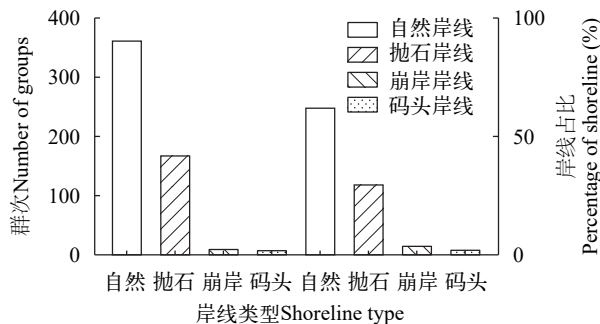


图6 长江江豚在不同岸线的出现次数

Fig. 6 Number of Yangtze finless porpoise along different shorelines

推测这可能是由于长江禁捕后皖河口水域渔业资源进一步恢复, 拥有了更为丰富的饵料资源, 进而延长了长江江豚在皖河口的活跃时间。

水利工程会直接破坏淡水豚类的栖息环境, 导致淡水豚类随栖息地的萎缩呈斑块状分布^[28, 31, 32]。张家洲-华阳河口江段分布的长江江豚数量在安庆段始终保持优势地位, 与陈敏敏等^[9, 11]的研究结果类似, 该江段的长江江豚主要集中在程营村-棉船洲洲头水域, 而在棉船洲两汊水道出现分布密度较低的情况, 推测可能与棉船洲南汊水道南岸皆为连续的抛石岸线有关。棉船洲水域于2021年完成航道整治工程, 从本研究2023年7月的长江江豚观测结果中可以看出经过两年的适应, 长江江豚开始重新利用该水域, 而该水域是张家洲与华阳河口两个栖息斑块间重要的迁移通道, 因此华阳河口水域的摄食场功能也随之强化, 在2023年两个水期均出现长江江豚聚集于此水域的现象。

鄱阳湖是当前可能仅有呈现长江江豚江湖迁移行为的水域^[23], 在20世纪末的研究中, 长江江豚被认为有季节性大规模江湖迁徙的行为^[33], 但迁徙

行为在2004年鄱阳湖公路大桥和铜九铁路大桥建成后很少被观测到^[34]。以往研究多从鄱阳湖长江江豚数量季节性变化^[35]及江湖通道处长江江豚的声学信号收集^[14]两个角度出发, 推断的长江江豚江湖迁移节律也大抵相同: 秋冬枯水期长江江豚由湖入江, 春夏丰水期反之。本研究结果显示枯水期安庆段的长江江豚种群数量较丰水期确有明显增加, 同时经历2022年极端枯水后, 2023年长江安庆段的长江江豚数目也有一定上升, 因此推测在极枯水位频发的背景下, 鄱阳湖长江江豚由湖入江的趋势将愈发明显。

总体而言, 长江江豚对长江安庆段的利用率有上升趋势, 对抛石岸线的容忍度也有一定提高, 但码头及崩岸岸线仍是造成长江江豚栖息地破碎化的重要原因, 影响了长江江豚的连续性分布。

3.3 长江江豚重要栖息地现状及发展趋势分析

核密度分析(KDE)是一种用于估计概率密度的非参数统计模型, 它可以定量描述动物在其特定地点花费的相对时间^[36], 进而划定动物的核心生境范围。本研究通过对8次考察数据进行核密度分析, 发现长江江豚重要栖息地水域至少有一侧为连续的自然岸线, 因此研究认为岸线类型是长江江豚选择栖息地的重要驱动因素。长江安庆段的长江江豚重要栖息地主要集中在程营村-华阳河口江段, 结合历史数据分析, 八里江下游水域及棉船洲洲尾水域^[10, 37]目前仍是长江江豚在长江安庆段最重要的核心生境。且赵修江和王丁^[37]认为八里江段的长江江豚群体中有较大一部分恋地性较强的个体, 这可能是该水域内长江江豚种群数量稳定保持在较高水平的重要原因。虽然皖河口附近水域仍未成为长江江豚的核心生境, 但从鱼类群落组成角度看, 在皖河口南岸水域与清洁洲水域中小型鱼类为优势种, 能够满足长江江豚的摄食需求^[29, 38]。同时从禁捕后长江江豚分布特征变化的角度看, 长江江豚在皖河口的活动频率正在逐年升高, 未来很有可能因摄食驱动成为长江江豚的重要栖息地。长江江豚抚幼区对水文条件的要求较为苛刻, 通常抚幼区水域的流速较缓, 水深较浅^[39], 本研究于2023年在安庆江心洲-铜板洲水域多次发现母子豚活动, 说明该水域存在满足条件的抚幼区, 未来也极有可能发展为长江江豚的重要栖息地。

4 结论

近年来长江安庆段长江江豚的数量在就地保护及长江禁捕的有序实行下有所上升, 栖息地的斑块化趋势也得到了遏制, 但人工岸线尤其是连续性

的码头、崩岸岸线仍对长江江豚拓展栖息地有较大的负面影响。随着干流内固有长江江豚的数目增加及极枯水位下鄱阳湖长江江豚的季节性迁入, 其原有的生存空间会受到挤压, 为了满足长江江豚的生存需要, 基于研究结果我们建议: (1) 加大对长江江豚可能觅食区(皖河口、华阳河口)的保护力度, 保持当前自然岸线的占比, 整治崩岸岸线。(2) 尽量减少迁移通道内的人类涉水活动, 在涉水工程施工阶段为长江江豚保留足够的迁移空间。(3) 对近年来枯水频发背景下, 一定数量鄱阳湖长江江豚迁入长江干流的情况做好应急预案, 在长江江豚的重要栖息地附近布设监控并搭建应急救援设施, 行使观测、补饵、救助的功能。

(作者声明本文符合出版伦理要求)

参考文献:

- [1] Zhu D L, Dai Y T, Su X, *et al.* Research on land and resource utilization and ecological environment protection in Anhui section of the Yangtze River [J]. *China Development*, 2023, **23**(5): 58-80. [朱道林, 代亚婷, 苏欣, 等. 关于长江安徽段国土资源利用与生态环境保护的调研 [J]. 中国发展, 2023, **23**(5): 58-80.]
- [2] Li X F, Ding L Q, He X H, *et al.* The community characteristics of larvae and juvenile fish in the Anqing section of the Yangtze River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, **43**(6): 1300-1310. [李新丰, 丁隆强, 何晓辉, 等. 长江安庆段仔稚鱼群落特征调查研究 [J]. 水生生物学报, 2019, **43**(6): 1300-1310.]
- [3] Ma J H. Present situation and protection suggestions of finless porpoise resources in Anqing Finless Porpoise Provincial Nature Reserve [J]. *Journal of Aquaculture*, 2022, **43**(11): 18-23. [马建华. 安庆江豚省级自然保护区江豚资源现状及保护建议 [J]. 水产养殖, 2022, **43**(11): 18-23.]
- [4] Huang J M, Mei Z G, Chen M, *et al.* Population survey showing hope for population recovery of the critically endangered Yangtze finless porpoise [J]. *Biological Conservation*, 2019(9): 108315.
- [5] Jefferson T A, Wang J Y. Revision of the taxonomy of finless porpoises (genus *Neophocaena*): the existence of two species [J]. *Journal of Marine Animals and Their Ecology*, 2011, **4**(1): 3-16.
- [6] Zhou X, Guang X, Sun D, *et al.* Population genomics of finless porpoises reveal an incipient cetacean species adapted to freshwater [J]. *Nature Communications*, 2018, **9**(1): 1276-1284.
- [7] Wang D. Population status, threats and conservation of the Yangtze finless porpoise [J]. *Science Bulletin*, 2009, **54**(19): 3473-3484. [王丁. 长江江豚的种群状况、威胁和保护 [J]. 科学通报, 2009, **54**(19): 3473-3484.]
- [8] Xu P, Liu K, Xu D P, *et al.* Protection status and research prospect of Yangtze finless porpoise [J]. *Scientific Fish Farming*, 2017(5): 1-3. [徐跑, 刘凯, 徐东坡, 等. 长江江豚的保护现状及研究展望 [J]. 科学养鱼, 2017(5): 1-3.]
- [9] Chen M M, Zhang K, Zhang P, *et al.* Spatio-temporal effects of waterway regulation engineering on population abundance and distribution of the Yangtze finless porpoise in Anqing section of the Yangtze River [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2023, **43**(10): 4242-4249. [陈敏敏, 张康, 张平, 等. 长江安庆段航道整治对长江江豚数量和分布的时空影响 [J]. 生态学报, 2023, **43**(10): 4242-4249.]
- [10] Liu X, Hao Y J, Liu Z L, *et al.* Predicaments and adjustment suggestions for construction and management of Yangtze Finless Porpoise Nature Reserves [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2020, **44**(6): 1360-1368. [刘馨, 郝玉江, 刘增力, 等. 长江江豚自然保护区建设管理存在的问题及调整建议 [J]. 水生生物学报, 2020, **44**(6): 1360-1368.]
- [11] Chen M, Yu D, Lian Y, *et al.* Population abundance and habitat preference of the Yangtze finless porpoise in the highest density section of the Yangtze River [J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2020, **30**(6): 1088-1097.
- [12] Wang Z X, Chen M M, Wang K W, *et al.* Comparison of Yangtze finless porpoise (*Neophocaena asiaeorientalis*) clustering in different flow patterns [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2022, **42**(2): 152-158. [王子璇, 陈敏敏, 王康伟, 等. 不同流态中长江江豚的栖息活动比较 [J]. 兽类学报, 2022, **42**(2): 152-158.]
- [13] Zhang X, Yu D, Wang H, *et al.* Effects of fish community on occurrences of Yangtze finless porpoise in confluence of the Yangtze and Wanhe Rivers [J]. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2015, **22**(12): 9524-9533.
- [14] Kimura S, Akamatsu T, Li S, *et al.* Seasonal changes in the local distribution of Yangtze finless porpoises related to fish presence [J]. *Marine Mammal Science*, 2012, **28**(2): 308-324.
- [15] Liu X, Mei Z, Zhang J, *et al.* Seasonal Yangtze finless porpoise (*Neophocaena asiaeorientalis asiaeorientalis*) movements in the Poyang Lake, China: implications on flexible management for aquatic animals in fluctuating freshwater ecosystems [J]. *The Science of the Total Environment*, 2022, **807**(1): 150782.
- [16] Nabi G, Hao Y, McLaughlin R W, *et al.* The possible effects of high vessel traffic on the physiological parameters of the critically endangered Yangtze finless porpoise (*Neophocaena asiaeorientalis ssp. asiaeorientalis*) [J]. *Frontiers in Physiology*, 2018(9): 1665-1676.
- [17] Popov V V, Supin A Y, Wang D, *et al.* Noise-induced temporary threshold shift and recovery in Yangtze finless porpoises *Neophocaena phocaenoides asiaeorientalis* [J].

- The Journal of the Acoustical Society of America*, 2011, **130**(1): 574-584.
- [18] Wang Z T, Akamatsu T, Duan P X, *et al.* Underwater noise pollution in China's Yangtze River critically endangers Yangtze finless porpoises (*Neophocaena asiaeorientalis asiaeorientalis*) [J]. *Environmental Pollution*, 2020(262): 114310.
- [19] Huang Z J, Tian J L, Wang Y P, *et al.* The community characteristics of larval and juvenile fish in Anqing section of the Yangtze river during the first year of fishing ban [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2024, **48**(4): 537-545. [黄中家, 田佳丽, 王银平, 等. 禁捕首年长江安庆段仔稚鱼群聚特征 [J]. 水生生物学报, 2024, **48**(4): 537-545.]
- [20] Wang Y P, Deng Y M, Liu S L, *et al.* Status analysis of fish community in the lower reaches of the Yangtze River at the beginning of 10-year fishing ban and assessment of fishing ban effect [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2023, **47**(2): 206-218. [王银平, 邓艳敏, 刘思磊, 等. 禁捕初期长江下游鱼类群落现状分析及禁渔效果初步评估 [J]. 水产学报, 2023, **47**(2): 206-218.]
- [21] Akamatsu T, Wang D, Wang K, *et al.* Diving behaviour of freshwater finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*) in an oxbow of the Yangtze River, China [J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2002, **59**(2): 438-443.
- [22] Borchers D L, Cox M J. Distance sampling detection functions: 2D or not 2D [J]? *Biometrics*, 2017, **73**(2): 593-602.
- [23] Mei Z, Zhang X, Huang S L, *et al.* The Yangtze finless porpoise: on an accelerating path to extinction [J]? *Biological Conservation*, 2014(172): 117-123.
- [24] Davis R W, Ortega-Ortiz J G, Ribic C A, *et al.* Cetacean habitat in the northern oceanic Gulf of Mexico [J]. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2002, **49**(1): 121-142.
- [25] Chen M M, Liu Z G, Huang J, *et al.* Effects of artificial riverbanks on distribution of the Yangtze finless porpoises in the Anqing section of the Yangtze River main stem [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, **38**(3): 945-952. [陈敏敏, 刘志刚, 黄杰, 等. 固化河岸对长江江豚栖息活动的影响 [J]. 生态学报, 2018, **38**(3): 945-952.]
- [26] Wei Z, Wang D, Zhang X F, *et al.* Population size, behavior, movement pattern and protection of Yangtze finless porpoises 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.]
- [27] Chen M, Yu D, Wang K, *et al.* Seasonal and diel activities of the Yangtze finless porpoise in natural and highly disturbed habitats: implications for conservation planning of freshwater cetaceans [J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2022, **32**(4): 605-616.
- [28] Tan J H, Lin D Q, Wang Y P, *et al.* Zooplankton community structure in main habitat of Yangtze finless porpoise, confluence of Wanhe River and the Yangtze River [J]. *Journal of Hydroecology*, 2022, **43**(1): 71-78. [谈金豪, 蔺丹清, 王银平, 等. 皖河口江豚主要栖息地浮游动物群落结构特征 [J]. 水生态学杂志, 2022, **43**(1): 71-78.]
- [29] Ye K. Study on the activity rules and influencing factors of Yangtze finless porpoise in Wanhe estuary [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019: 11-21. [叶昆. 皖河口长江江豚活动规律及影响因子探究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2019: 11-21.]
- [30] Chen M, Zhang X, Wang K, *et al.* Spatial and temporal distribution dynamics of the Yangtze finless porpoise at the confluence of the Yangtze and wanhe rivers: implications for conservation [J]. *Pakistan Journal of Zoology*, 2017, **49**(6): 2263-2269.
- [31] Khan M S, Pant A. Conservation status and distribution pattern of the Indus River Dolphin in River Beas, India [J]. *Biodiversitas*, 2014, **15**(1): 75-79.
- [32] Braulik G T, Arshad M, Noreen U, *et al.* Habitat fragmentation and species extirpation in freshwater ecosystems; causes of range decline of the Indus River dolphin (*Platanista gangetica minor*) [J]. *PLoS One*, 2014, **9**(7): e101657.
- [33] Zhang X F, Liu R J, Zhao Q Z, *et al.* The population of finless porpoise in the middle and lower reaches of Yangtze River [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 1993, **13**(4): 260-270. [张先锋, 刘仁俊, 赵庆中, 等. 长江中下游江豚种群现状评价 [J]. 兽类学报, 1993, **13**(4): 260-270.]
- [34] Kimura S, Akamatsu T, Wang K, *et al.* Comparison of stationary acoustic monitoring and visual observation of finless porpoises [J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2009, **125**(1): 547-553.
- [35] Xiao W, Zhang X F. A preliminary study on the population size of Yangtze finless propoise in Poyang Lake, Jiangxi [J]. *Biodiversity*, 2000, **8**(1): 106-111. [肖文, 张先锋. 截线抽样法用于鄱阳湖江豚种群数量研究初报 [J]. 生物多样性, 2000, **8**(1): 106-111.]
- [36] Worton B J. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies [J]. *Ecology*, 1989, **70**(1): 164-168.
- [37] Zhao X J, Wang D. Abundance and distribution of Yangtze finless porpoise in Balijiang section of the Yangtze River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2011, **20**(12): 1432-1439. [赵修江, 王丁. 长江八里江江段的江豚种群数量与分布 [J]. 长江流域资源与环境, 2011, **20**(12): 1432-1439.]
- [38] Lian Y X, Yang X G, Zhang X L, *et al.* Fish community structure around main habitat of the Yangtze finless porpoise, the Qingjiezhou shoal of Yangtze River [J]. *Biotic Resources*, 2020, **42**(6): 629-636. [连玉喜, 杨晓鸽, 张心璐, 等. 长江江豚重要栖息地清节洲水域鱼类

- 群落结构 [J]. 生物资源, 2020, 42(6): 629-636.]
- [39] Hua Y Y, Zhang J, Zhang X, *et al.* Research on the status quo and endangering factors of Baiji, *Lipotes vexillifer*, and the strategy for its protection [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 1995, 4(1): 45-51. [华元渝, 张建, 章贤, 等. 白鱀豚种群现状、致危因素及保护策略的研究 [J]. 长江流域资源与环境, 1995, 4(1): 45-51.]

DISTRIBUTION CHARACTERISTICS AND ITS INFLUENCING FACTORS OF THE YANGTZE FINLESS PORPOISE IN ANQING SECTION OF THE YANGTZE RIVER

CHEN Yu-Kuan^{1,2}, LIN Dan-Qing¹, LI Dong¹, ZHANG Jia-Lu¹, YE Kun¹, ZHANG Si-Gang³, HU Xin³, CHEN Li-Rong³, YAN Yan³ and LIU Kai^{1,2}

(1. Key Laboratory of Freshwater Fisheries and Germplasm Resources Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China; 2. Wuxi Fisheries College, Nanjing Agricultural University, Wuxi 214081, China; 3. Anqing Aquatic Technology Promotion Centre, Anqing 246002, China)

Abstract: In this study, we conducted a total of 8 visual surveys in the Anqing section of the Yangtze River (Chengying Village-Fenghuang Wharf) spanning from fall 2021 to summer 2023, covering two consecutive years. Our aim was to investigate the distribution characteristics of Yangtze finless porpoises (*Neophocaena asiaeorientalis asiaeorientalis*) in this watershed and the factors influencing them across four dimensions: population number, cluster size, migration pattern, and habitat preference. During the study period, a total of 555 groups and 1000 individuals were observed, with the largest single assessment recording 192 individuals. Notably, in 2023, we observed 336 groups of porpoises comprising 603 individuals, marking an increase of 53.4% and 51.9% respectively compared to 2022. The maximum observed cluster size of porpoises during the study was 8 individuals, with an average cluster size of 1.8 individuals per group. Our observations revealed that porpoises in the Anqing section of the Yangtze River exhibit a continuous distribution, with distinct hotspots identified. Particularly noteworthy were the North Branch of Zhangjiazhou, the Upper No. 3 Sandbar, the tail of the Lower No. 3 Sandbar, and the head of the Clean Sandbar, which emerged as important habitats, collectively accounting for 19.3%, 4.9%, 12.6%, and 10.8% of total observations respectively. Following the fishing ban, porpoises have displayed increased activity in the estuarine confluence area for more extended periods, with a tendency to spread downstream from the Anhui section of the Bali River. However, the expansion of their habitat is still constrained by factors such as wharf infrastructure and collapsed bank areas. Notably, only the Clean Sandbar area below the Huayang estuary remains as an important habitat for porpoises in the lower river section. Conclusively, our study indicates a significant upward trend in the Yangtze finless porpoise population in Anqing section of the Yangtze River, attributed to a decade-long fishing ban and the frequent occurrence of extreme droughts in Poyang Lake. Additionally, porpoises are displaying improved utilization of migration corridors between important habitat patches, resulting in a more continuous distribution pattern. Based on our findings, we recommend maintaining a proportion of natural shoreline in potential gathering, foraging areas, and migration corridors of porpoise, increasing shoreline improvements, and strengthening control over human activities. Furthermore, considering the temporal and sequential characteristics of Yangtze finless porpoise migration into the river during periods of extremely low water levels in Poyang Lake, we advocate for the formulation of a contingency management plan for the waters from the Hukou estuary to the Huayang estuary.

Key words: Anqing River section; Distribution characteristics; Extremely low water level; Critical habitat; Yangtze finless porpoise