

长江十年禁渔期鄱阳湖及支流水域江豚分布及迁移活动分析*

闵佳玲¹, 余进祥¹, 饶榕城¹, 黄怡¹, 刘芳宁¹, 梅志刚², 杨英¹, 魏玲霞¹, 尹恒¹, 张韵¹, 蔺丹清³, 陈宇宽³, 花麒¹, 李彩刚¹, 阙江龙^{1**}

(1: 江西省水生生物保护救助中心, 南昌 330096)

(2: 中国科学院水生生物研究所, 中国科学院水生生物多样性与保护重点实验室, 武汉 40072)

(3: 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)

摘要: 为掌握长江十年禁渔期鄱阳湖及支流水域长江江豚分布动态特征, 于 2022~2025 年在鄱阳湖不同水位期开展长江江豚监测。结果显示, 禁渔期长江江豚主要分布在湖区老爷庙-渚溪河口-瓢头、都昌-瓢山水域, 高水位期在湖区分散分布、范围宽广, 通江水道和支流尾闾分布较少; 低水位期集中于主航道, 并在砂坑、通江水道和支流尾闾分布增加。支流赣江、信江、饶河、抚河、修河均有长江江豚分布, 其中, 赣江扬子洲、信江犀牛角湾水域存在常年分布的长江江豚群体。长江江豚迁移活动与季节和水位相关: 冬季/低水位期由湖区迁入支流尾闾, 夏季/高水位期则由支流尾闾迁入湖区。且随着低水位时间的持续, 可能为寻求资源和空间, 长江江豚向支流尾闾迁移的距离增加。KDE 模型结果显示, 长江江豚核心家域(50%KDE) 高水位期主要在湖区中部呈连续分布状态, 低水位期则在湖区、支流尾闾呈破碎化分布状态。50%KDE 面积随水位下降而减少, 二者呈显著线性正相关($R=0.721$, $P<0.05$)。禁渔后, 鄱阳湖长江江豚分布范围扩大, 但受低水位常态化影响, 栖息水域面积缩减且破碎化显现, 可能是种群重要栖息风险因素。研究结果提示, 鄱阳湖长江江豚保护需重点关注低水位常态化背景下核心家域的保护与生态廊道的连通性。

关键词: 长江江豚; 迁移; 鄱阳湖; 核心家域; 水位

Distribution and migration activities of Yangtze finless porpoises in Lake Poyang and its tributaries during the Ten-year Fishing Ban of the Yangtze River

Min Jialing¹, Yu Jinxiang¹, Rao Rongcheng¹, Huan Yi¹, Liu Fangning¹, Mei Zhigang², Yang Ying¹, Wei Lingxia¹, Yin Heng¹, Zhang Yun¹, Lin Danqing³, Chen Yukuang³, Hua Qi¹, Li Caigang¹, Que Jianglong^{1**}

(1: Aquatic Conservation and Rescue Center of Jiangxi Province, Nanchang 330096, P. R. China)

(2: Key Laboratory of Aquatic Biodiversity and Conservation of the Chinese Academy of Sciences, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, P. R. China)

(3: 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, P. R. China)

Abstract: To explore the distribution dynamics of Yangtze finless porpoises (YFPs) in Lake Poyang and its tributaries during the mid-term of the fishing ban, we conducted ten field surveys across different water level conditions from 2022 to 2025. The results show that YFP populations are mainly concentrated in the waters of Laoye Temple-Zhuxi Estuary-Piaotou and Duchang-Piaoshan-Meixizui. During high water level periods, YFPs exhibit a scattered and widespread distribution across the lake area, with limited occurrence in the Yangtze River-connected waterways and tributaries. In contrast, during low water level periods, YFPs aggregate in major main channels, with increased distribution in sand pit habitats, Yangtze River-connected waterways,

*2025-11-08 收稿; 2026-03-12 收修改稿; 2026-03-16 录用。

江西省科技重大专项项目(20252ABF010001)、江西省农业农村厅长江江豚保护救助项目和江西省农牧渔业科研项目(2025-6-43)联合资助。

**通讯作者: E-mail: que_jianglong@sina.com

and tributary tail waters. YFPs are distributed in five major tributaries of Poyang Lake, including the Gan River, Xin River, Rao River, Fu River, and Xiu River. Stable year-round YFP populations were identified in the Yangzizhou section of the Gan River and the Xiniuwan section of the Xin River. The migratory behaviors of YFPs are closely associated with seasonal variations and water level fluctuations. Specifically, YFPs migrate from the main lake area to tributary tail waters during winter and low water periods, and reverse their migration from tributary tail waters back to the lake area during summer and high water periods. With the sustained decline in water levels, YFPs may migrate further toward tributary tail waters to acquire sufficient ecological resources and living space. Kernel Density Estimation (KDE) results reveal that the 50% core distribution areas (50% KDE) of YFPs present a continuous spatial pattern in the central lake area during high water level periods, whereas a fragmented distribution occurs in the lake area and tributary tail waters during low water level periods. The 50% KDE habitat area decreases gradually with declining water levels, showing a significant positive linear correlation ($R=0.721$, $P<0.05$). The implementation of the fishing ban has expanded the overall distribution range of YFPs in Poyang Lake. However, the normalization of low water conditions has resulted in the reduction and fragmentation of YFP habitats, which may constitute a critical threat to the survival of local YFP populations. These findings indicate that targeted conservation strategies for YFPs in Lake Poyang should prioritize the protection of core home ranges and the maintenance of ecological corridor connectivity under the persistent background of normalized low water levels.

Key words: Yangtze finless porpoises; Migration; Poyang Lake; Core Home Range; Water level

动物为了生存必须主动进行栖息地的选择，其空间分布格局能够反映其对栖息地的选择性利用。迁移则是动物为应对资源波动、气候变化或繁殖需求等，在相隔较远的两个或多个栖息地之间进行周期性或季节性移动的过程^[1]。动物栖息地分布及变化，往往体现其四季节律^[2]，也可反应栖息地破碎化^[3]和资源利用^[4]等生态问题。因而，厘清动物的分布及迁移活动规律，是精准识别风险、有效实施保护行动的基础，也为深入开展动物保护生态学研究提供方向。

鄱阳湖是国家一级保护水生野生动物长江江豚的重要栖息地^[5]，是典型的连通型湖泊，其水位变化主要受长江及其支流（赣江、信江、饶河、修河和抚河）来水的双重影响，具有“丰水一片，枯水一线”的独特水文节律^[6]。伴随着水位的变化，长江江豚也在不同季节有明显的分布变化，夏季高水位期在湖区分布多、支流极少，冬季低水位期则在湖区和支流均有分布^[7]。2005~2006年，赵修江^[8]在湖区种群数量调查显示，低水位期湖区长江江豚种群数量低于高水位期，推测长江江豚高水位入湖、低水位出湖。2018~2020年，刘馨在鄱阳湖南部水域开展调查，结果显示长江江豚低水位由主湖区进入支流、高水位则由支流进入主湖区^[9]。此外，鄱阳湖长江江豚还存在江湖迁移^[10]，低水位期多分布于湖区通江水道，高、中水位期则在长江干流活动^[11]。

而关于鄱阳湖及其支流长江江豚的全面监测调查较少、且时间久远。其中，1997~1999年肖文等^[7]和杨健等^[12]在鄱阳湖及支流水域监测到长江江豚分布在湖区的湖口-都昌-瓢山-龙口、渚溪河口、泗山、康山、汉池湖和金溪湖等水域，以及支流赣江北支、赣江南支、抚河、信江中下游和入湖口附近水域。20世纪末~21世纪，由于人类活动影响，长江江豚种群数量下降、分布范围缩小^[13]。2012年梅志刚^[14]监测到长江江豚在湖区内连续分布，其中康山、老爷庙、都昌县与永修县交界的砂坑水域密度较高，支流赣江北支、信江、抚河、饶河也有分布，且主要在支流交汇口水域。此后，缺少鄱阳湖及支流水域的全面监测调查。近年来的考察多为全湖低水位期监测，结果显示鄱阳湖低水位期适宜水深范围都有长江江豚分布^[15, 16]，并主要集中于望湖亭-渚溪河口、都昌-瓢山水域，赣江扬子洲水域也有长江江豚分布^[16]。因而，在鄱阳湖全湖及支流尺度上对长江江豚种群分布和迁移活动的系统性、连续性调查研究较为缺乏。

然而，鄱阳湖具有南宽北窄、深浅不一的复杂地形地貌^[17]，水域生境受水动力影响大^[18]，加上近年来异常气候^[19]以及采砂^[20]等人类活动影响，给湖区及支流长江江豚带来的分布及迁移改变尚不清楚。而鄱阳湖长江江豚存在搁浅、被困以及饵料短缺等栖息风险，例如，2022年极端低水位导致长江江豚被困鄱阳湖瓢头砂坑^[19]。如不掌握长江江豚分布及迁移活动，将难以精准识别风险，易造成救护的滞后性。此外，长江流域重点水域十年禁渔（以下简称“禁渔”）政策自2021年1月1日起全面实施，作为长江

流域的关键生态节点和长江江豚最重要的栖息地，鄱阳湖是评估禁渔成效的重要区域。目前，针对鄱阳湖禁渔效果的评估多集中于鱼类资源的变化^[21,22]，长江江豚是长江水生态系统健康状况的关键指示物种，其种群动态可直接反映禁渔政策的实施效果^[23]。基于此，本研究于 2022~2025 年禁渔期，在鄱阳湖及主要支流开展长江江豚考察，重点解析长江江豚分布范围、迁移活动及栖息地利用，为制定适应性保护管理策略、评估禁渔阶段性生态成效提供实证依据和数据支撑。

1 材料与方法

1.1 长江江豚考察

于 2022~2025 年在鄱阳湖及支流（赣江、信江、饶河、修河和抚河）水域，以铁皮船为平台，采用目视观测法^[8]监测长江江豚，并辅以拖曳式实时被动声学监测^[24]。高水位期采用“之”字形样线航行，其他时期采用直线样线航行（图 1），航速 8km/h~12km/h，低水位期部分水浅区域无法航行，采用岸上步行观测的方法。

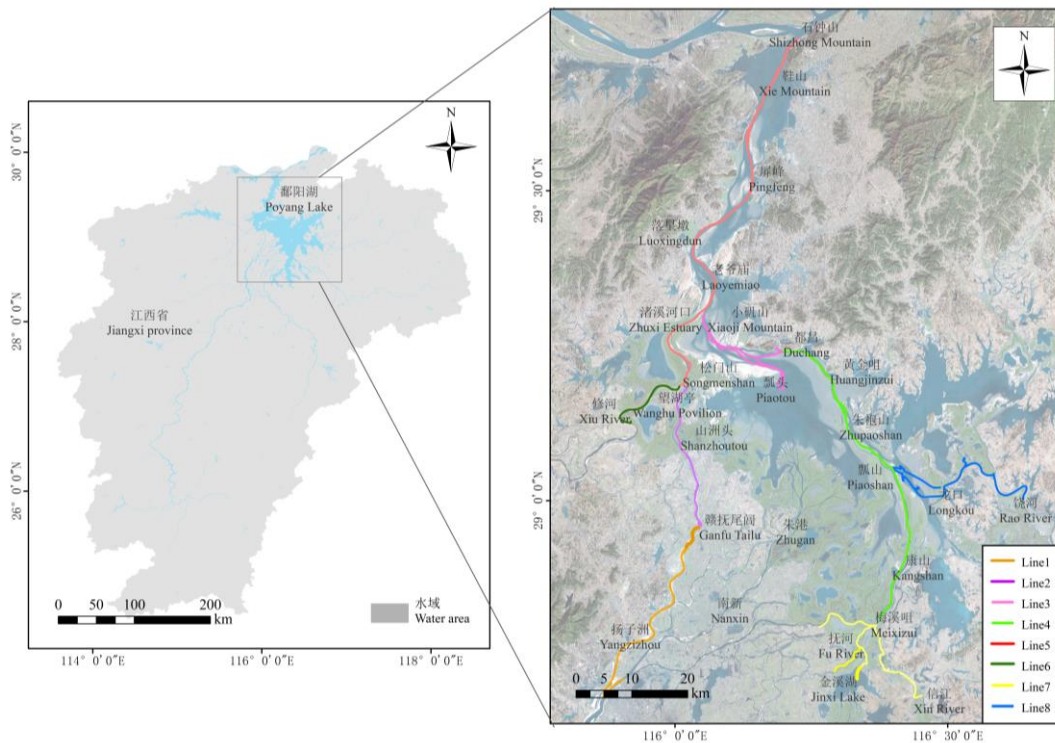


图 1 研究区域和调查样线

Fig.1 Study area and survey line

1.2 数据分析

通过地理空间数据云下载监测时间附近日期的卫星影像图，导入 ArcGIS10.8 进行图像处理，并绘制长江江豚空间分布图等。

家域（Home Range）是动物个体进行捕食、繁殖和抚幼的活动区域^[25]，能够反应动物对栖息地的适应和选择^[26]，核心家域是动物使用最频繁、功能最关键的区域^[27]。采用核心密度估计（Kernel density estimation, KDE）^[28]分析动物栖息地范围和核心家域，将长江江豚分布点位数据导入 ArcGIS10.8 矢量化，通过 Home Range Tools（HRT）插件完成家域分析，选择概率水平 95%、75%、50%分析长江江豚家域，50%KDE 为核心家域。

标准差椭圆（Standard Deviational Ellipse, SDE）^[29]是一种分析空间要素方向分布、离散度和集中趋

势的方法。将长江江豚分布点位数据导入 ArcGIS10.8，绘制标准差椭圆及平均中心，椭圆的方位角反映长江江豚空间分布的主趋势方向，长、短轴差异越大，表明方向性特征越显著，平均中心则代表长江江豚分布点要素总体分布的中心性。

使用 Origin2019 绘图。使用 SPSS 进行统计学分析，以皮尔逊相关系数、斯皮尔曼系数进行相关性分析，采用单因素方差分析(one-way ANOVA)进行不同季节与水位下长江江豚的差异性检验，采用 Mann-Whitney U-test 比较湖区与支流尾间的差异性， $P < 0.05$ 表示具有显著性差异。根据近年来鄱阳湖星子水位数据及考察时期的水文状况，将水位 ≥ 15 m 定义为高水位、13~8m 为中低水位、 ≤ 8 m 为极低水位，中低水位和极低水位统称为低水位。水位数据来源于江西水文监测中心官网。支流尾间水域包括赣江扬子洲-望湖亭、信江犀牛湾-瓢山、饶河莲湖大桥-瓢山、抚河及修河水域。

2 结果与分析

2.1 长江江豚分布

10 次考察共观察到长江江豚 3571 头次（表 1），高水位期观察到（147 \pm 63）头次、中低水位期观察到（394 \pm 86）头次、极低水位期观察到（426 \pm 132）头次，极低水位期目视头次显著高于高水位期（ $P < 0.05$ ）。

表 1 考察概况
Tab.1 Survey Overview

时间 Date	星子水位/m Water level of Xingzi Station	水情 Water conditions	季节 Season
2022/07	15.67	高水位	夏季
2022/09	8.15	中低水位	秋季
2022/12	7.59	极低水位	冬季
2023/07	12.19	中低水位	夏季
2023/12	7.92	极低水位	冬季
2024/08	17.18	高水位	夏季
2024/09	11.18	中低水位	秋季
2024/10	7.75	极低水位	秋季
2024/12	7.11	极低水位	冬季
2025/04	10.91	中低水位	春季

长江江豚主要分布区域为湖区的老爷庙-渚溪河口-瓢头、都昌-瓢山水域，支流中，赣江、信江、饶河、抚河、修河均监测到长江江豚，其中，赣江扬子洲、信江犀牛湾水域常年有长江江豚分布，饶河、抚河、修河则在低水位期有长江江豚分布（图 2）。高水位期，长江江豚主要集中分布在湖区中部，分散分布、范围宽广，而通江水道和支流尾间分布较少；低水位期，依然在湖区中部分布较多，且聚集在主航道内，并在砂坑、通江水道和支流尾间分布增加。

2.2 核心家域

长江江豚 50%KDE 主要集中在湖区中部老爷庙-渚溪河口-瓢头水域（图 4）。高水位期，50%KDE 大面积分布在湖区中部，呈连续状态：2022 年在湖区中部偏西部；2024 年则在湖区中部偏南部。低水位期，50%KDE 主要分布在湖区、支流尾间，呈破碎化状态：2022 年在湖区中部、通江水道和支流尾间；2023 年依然在湖区中部，但支流尾间增加、通江水道减少；2024 年更多集中在湖区中部水域；2025 年则在湖区中部、通江水道和支流尾间均有零散分布。

高水位期 50%KDE 面积为（174.22 \pm 25.47） km^2 、95%KDE 面积为（706.37 \pm 98.91） km^2 ，中低水位期 50%KDE 面积为（66.26 \pm 16.94） km^2 、95%KDE 面积为（225.17 \pm 72.52） km^2 ，极低水位期 50%KDE 面

积为 $(44.28 \pm 10.86) \text{ km}^2$ 、95%KDE 面积为 $(135.77 \pm 20.26) \text{ km}^2$ ，中低水位期和极低水位期家域面积均显著低于高水位期 ($P < 0.01$) (图 3A)。长江江豚 50%KDE 面积受水位影响明显，随水位下降而减少 (图 3B)，二者呈显著线性正相关 ($R=0.721$, $P < 0.05$)。2022 年、2023 年、2024 年极低水位 50%KDE 面积比高水位分别下降了 65.94%、36.63%、83.09%

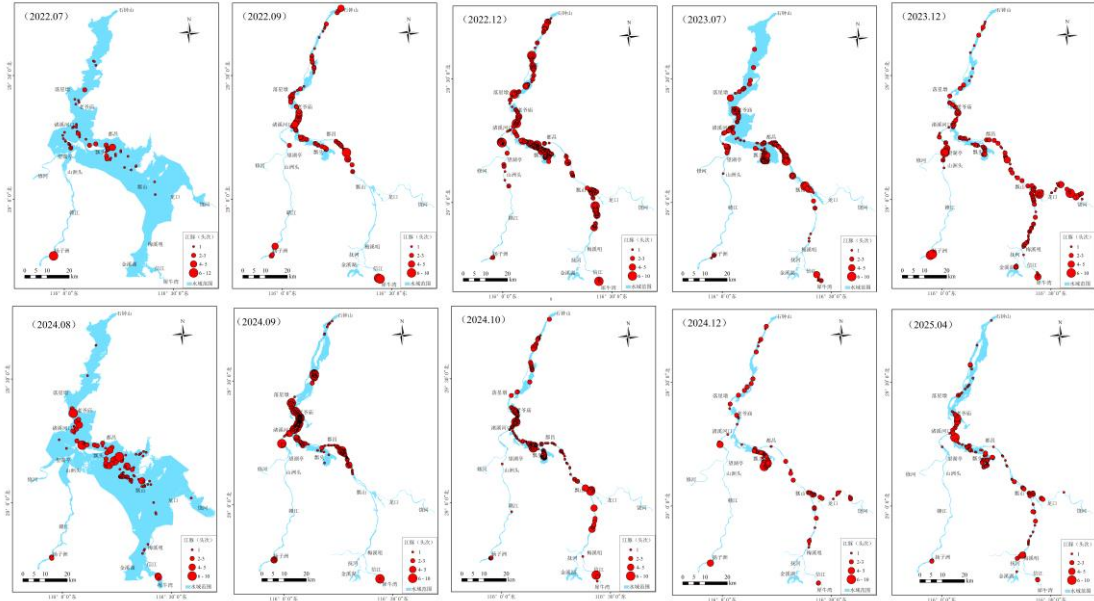


图 2 鄱阳湖及支流长江江豚分布与数量动态变化

Fig.2 Distribution and population dynamics of YFPs in Lake Poyangand its tributaries

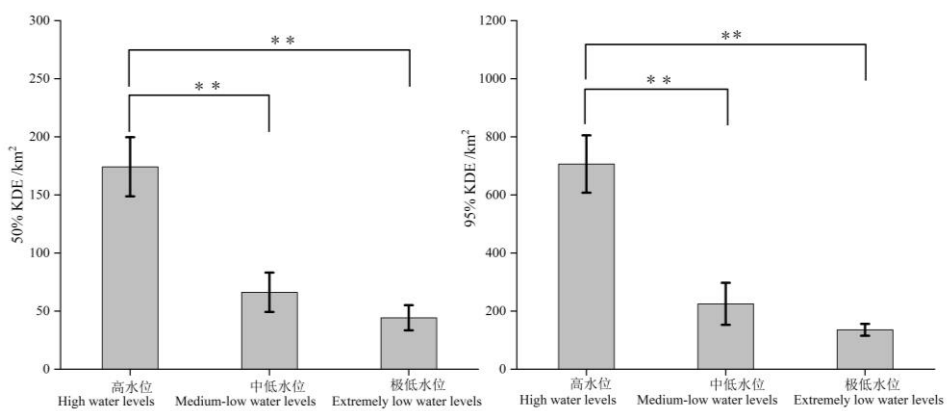


图 3A 不同水位的长江江豚家域面积

Fig.3A Home range area of YFPs at different water levels

2.3 长江江豚迁移活动

长江江豚分布标准差椭圆及平均中心分析显示 (图 5)，整体上，每年高水位平均中心均由南向北移，即支流尾间向湖区方向；低水位平均中心则由北向南移，即湖区向支流尾间方向。表明长江江豚时空分布变化具有方向性，且移动态势与水位变化存在关联。

从水位上看，支流尾间长江江豚数量在极低水位期显著高于中低水位期 ($P < 0.05$) (图 6A1)，由中低水位期的 (40 ± 22) 头次增长至极低水位期的 (130 ± 65) 头次。同时，湖区长江江豚数量在极低水位

期较中低水位期下降（图 6A2），由中低水位期的（342±99）头次降至极低水位期的（295±113）头次，说明湖区长江江豚随着水位的下降向支流尾间迁移。

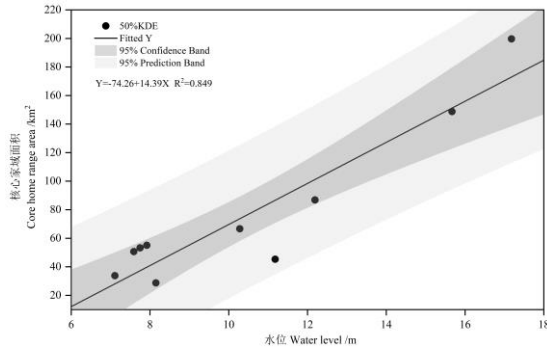


图 3B 水位与长江江豚核心家域面积的关系

Fig.3B Correlations between water level and the area of the YFPs core home range

图 4 鄱阳湖及其支流长江江豚核心家域范围

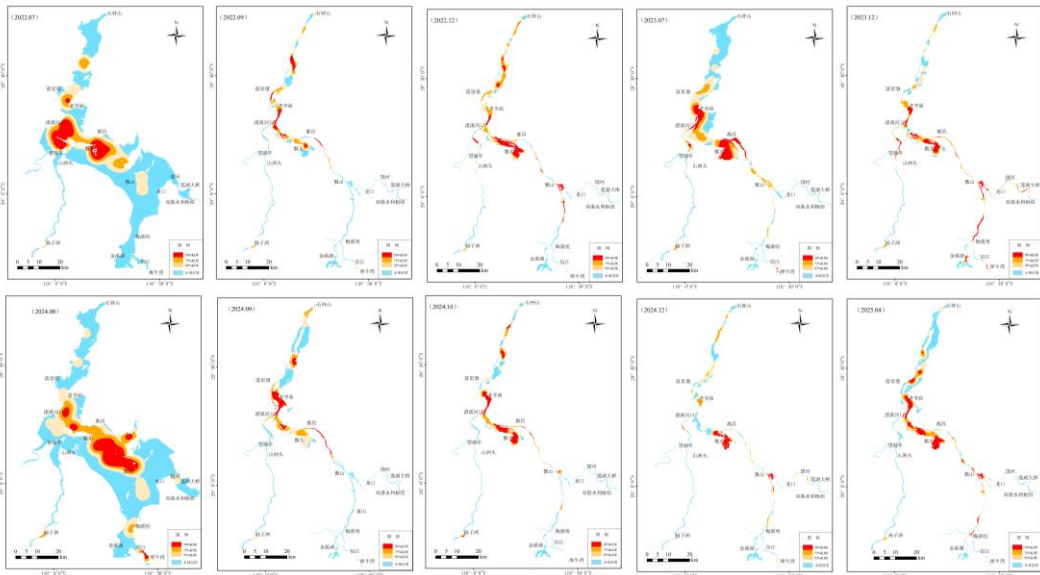


Fig.4 Distribution of core home range of YFPs in Lake Poyangand its tributaries

从季节上看，支流尾间长江江豚数量在冬季显著高于夏季 ($P < 0.05$) 和秋季 ($P < 0.05$) (图 6B1)，由秋季的 (39±21) 头次增长至冬季的 (150±64) 头次。同时，湖区长江江豚数量在冬季较秋季下降 (图 6B2)，由秋季的 (412±26) 头次降至冬季的 (265±115) 头次，说明湖区长江江豚在冬季向支流尾间迁移。此外，湖区长江江豚在夏季开始增加，而支流尾间长江江豚在夏季呈下降趋势，因而支流尾间长江江豚可能在第二年夏季开始迁回湖区。

历年分析结果显示，湖区长江江豚目视观察头次显著高于支流尾间 (Mann-Whitney U-test, $P < 0.01$)，其中 2023 年 12 月大量长江江豚迁入支流尾间，与湖区数量各占一半。总体而言，冬季/低水位期，长江江豚数量在湖区占比下降 (图 7)，而支流尾间占比上升；夏季/高水位期，长江江豚数量在湖区占比上升，而支流尾间占比下降。因而，长江江豚在冬季/低水位期由湖区迁入支流尾间，夏季/高水位期则由支流尾间迁入湖区。

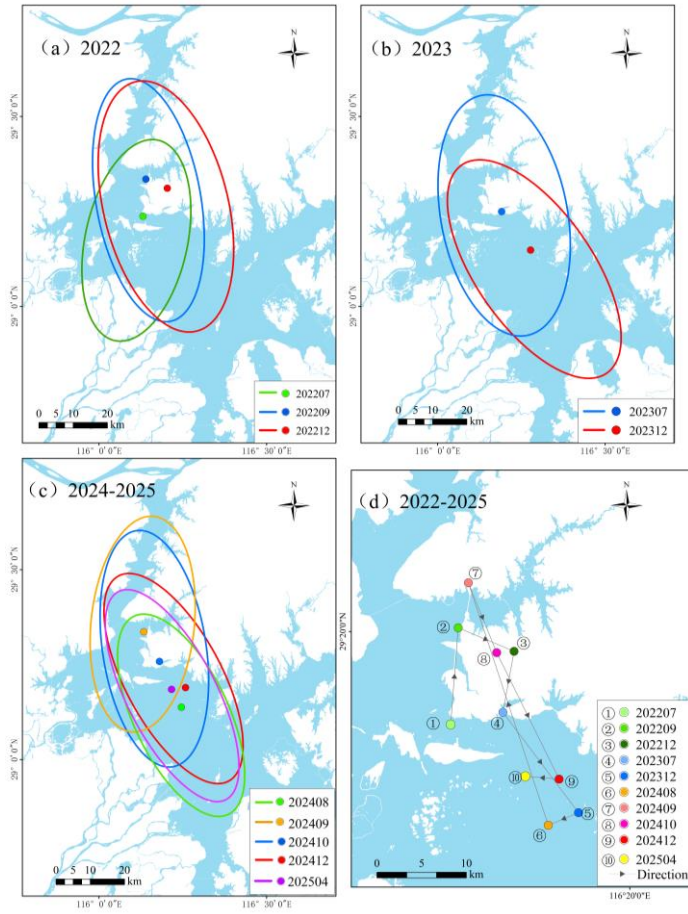


图 5 长江江豚分布标准差椭圆及平均中心移动方向

Fig.5 SDE and mean center movement direction of YFPs distribution

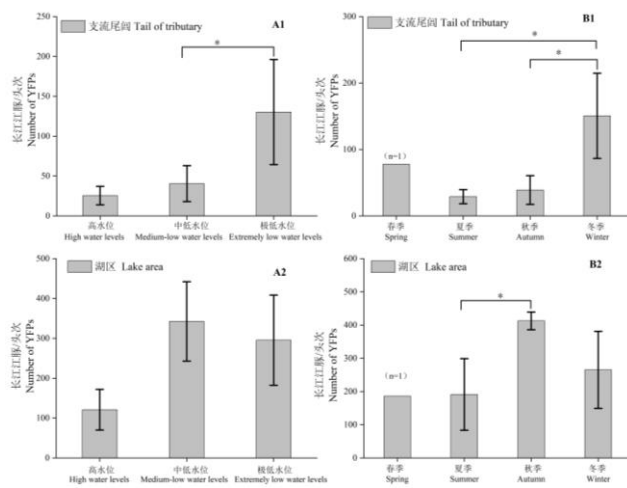


图 6 长江江豚不同水位和季节数量

Fig.6 The number of YFPs at different water levels and seasons

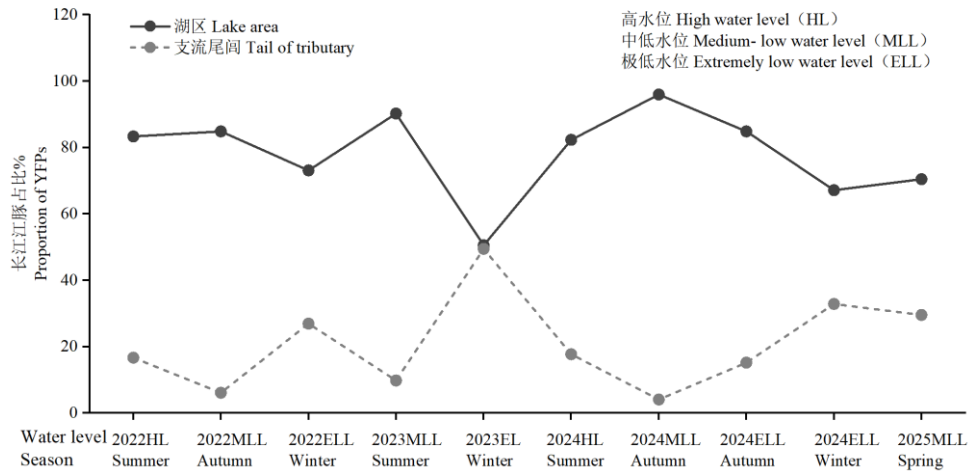


图7 长江江豚分布占比

Fig.7 Distribution proportion of YFPs

2.4 各局部水域长江江豚活动变化

各水域中（图8），高水位期都昌-瓢山水域长江江豚数量最高，为（41±36）头次；中低水位期老爷庙水域长江江豚数量最高，为（115±81）头次；极低水位期都昌-渚溪河口水域长江江豚数量最高，为（75±35）头次。老爷庙、都昌-瓢山水域在极低水位期长江江豚数量明显下降，可能是主要迁出水域。

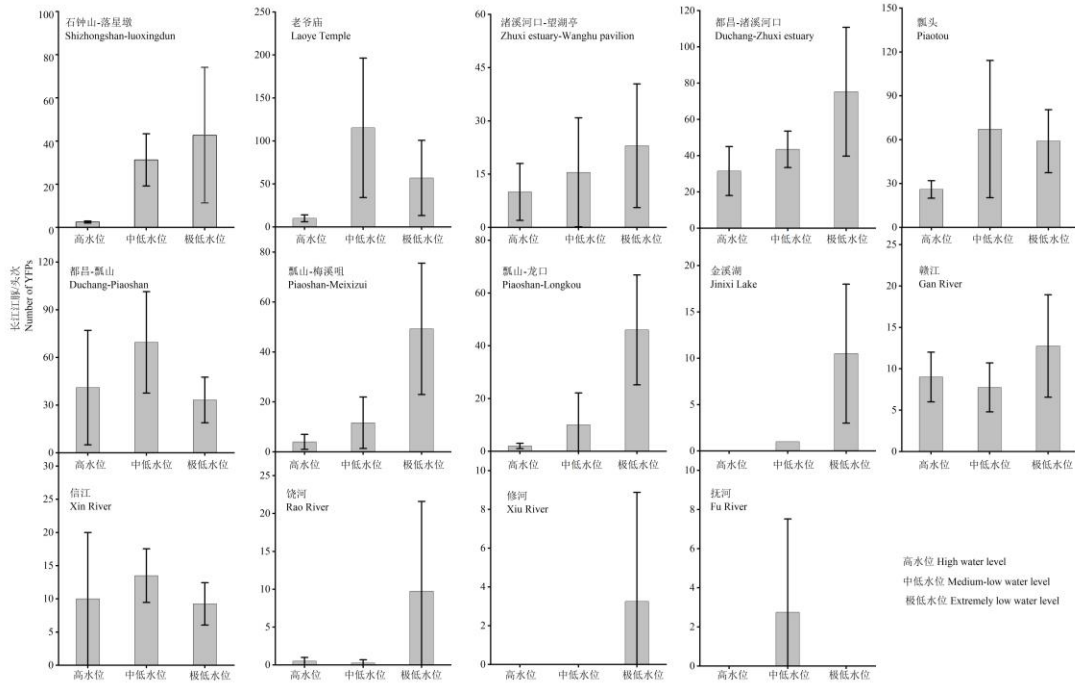


图8 各水域内长江江豚数量

Fig.8 The number of YFPs in various water area

相关性分析显示（图9），水位变化与石钟山-落星墩、渚溪河口-望湖亭、都昌-渚溪河口、瓢山-龙口、瓢山-梅溪咀、金溪湖等水域的长江江豚数量呈显著负相关（ $P < 0.05$ ），说明随着水位下降，上述水域内长江江豚数量增加。而湖区区内都昌-瓢山水域长江江豚数量与水位呈弱正相关，即水位下降长江江豚

数量减少,同时,都昌-瓢山水域与饶河、赣江水域长江江豚数量呈显著负相关 ($P < 0.05$),提示极低水位期迁入支流尾间的长江江豚主要来自都昌-瓢山水域。基于本研究中长江江豚历次考察(图3)及相关性分析结果(图9),总结主要活动特征见表2。

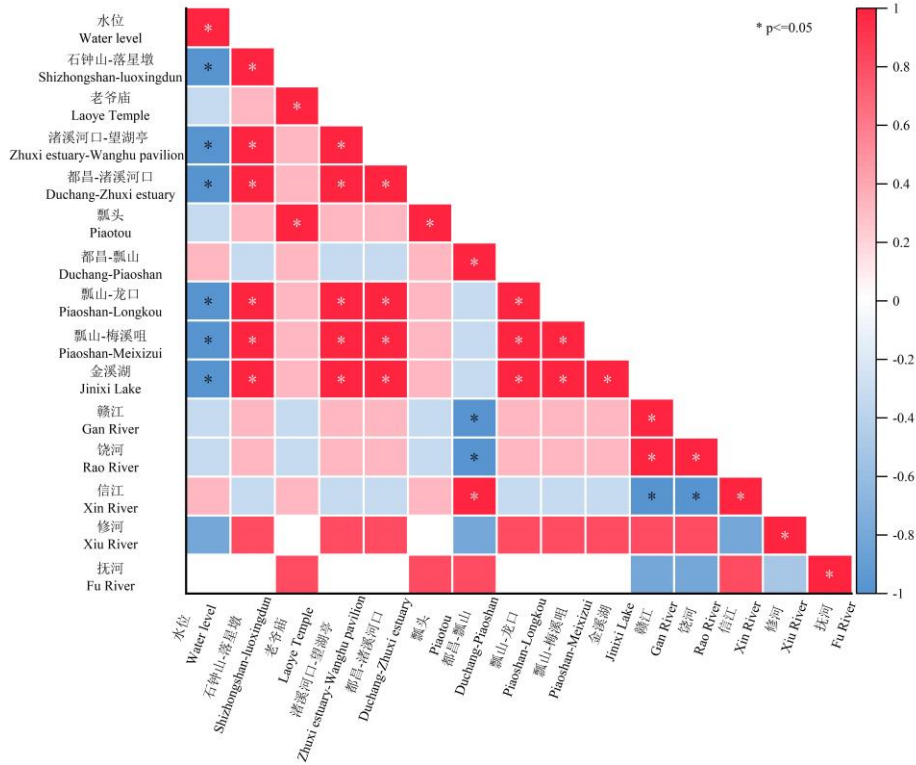


图9 长江江豚与水位的相关性

Fig.9 Correlation between YFPs and water levels

表2 2022~2025年鄱阳湖及支流水域长江江豚主要活动特征

Tab.2 Characteristics of YFPs main activity in Lake Poyangand its tributaries from 2022 to 2025

水域	长江江豚主要活动特征
石钟山-落星墩	低水位增加, 高水位下降
老爷庙	低水位增加, 约9月达到最高, 随后下降
渚溪河口-望湖亭	低水位增加、高水位下降
都昌-渚溪河口	低水位增加、高水位下降
瓢头	常年有豚, 高水位分散, 低水位聚集
都昌-瓢山	高水位迁入、低水位迁出, 约8~9月数量最高、12月数量最低
瓢山-龙口	低水位迁入、高水位迁出, 约12月~1月数量最高
瓢山-梅溪咀	低水位迁入、高水位迁出, 约12月~1月数量最高
金溪湖	低水位偶有迁入, 高水位迁出
赣江	扬子洲水域常年有豚; 山洲头水域低水位迁入、高水位迁出
信江	犀牛湾常年有豚, 低水位偶有向上游迁移, 高水位迁回
饶河	高水位迁出、低水位迁入, 约12月数量最高
抚河	仅2024年4月低水位迁入, 主要在河湖交汇口附近
修河	仅2023年12月低水位迁入, 主要在河湖交汇口附近

3 讨论

3.1 禁渔期鄱阳湖及支流水域长江江豚分布变化

历史上,江西省水域内长江江豚在鄱阳湖分布范围宽广,支流赣江从入湖口到中上游水域均有分布^[30]。而现代社会发展过程中,长江江豚受到过度捕捞和鱼类栖息地丧失带来的饵料短缺风险,以及非法捕捞和船舶碰撞等带来的物理伤害,种群数量逐渐下降^[13]。2012年,鄱阳湖及支流全面考察显示,长江江豚仅分布在湖区和部分支流交汇水域^[4]。禁渔前,鄱阳湖区渔民广泛使用非法渔具^[31],沿湖捕捞渔船遍布,约1.8万艘^[32],给长江江豚生存造成巨大威胁。2008-2016年统计显示,航运、非法渔具、饥饿是长江江豚的主要死亡原因^[5,33]。

禁渔实施后,随着渔民上岸、渔船网具的清理,以及各地巡护机制的完善,鱼类资源得到恢复,生态系统的规模扩大、稳定性和成熟度增加^[22],长江江豚栖息环境得到明显改善,种群数量由2017年457头^[15]增长至2022年的492头^[34],增长率为7.66%。长江江豚种群数量的增长和栖息环境的改善使得其分布范围扩大,2021年,在南昌赣江扬子洲发现多年未见的长江江豚群体,并通过被动声学监测^[24]。本研究显示相较于禁捕前肖文^[7]、杨健^[12]和梅志刚^[14]等人的监测结果,长江江豚分布范围增加了瓢头砂坑、黄金咀等水域,并向支流赣江、信江、饶河、抚河上游扩散(图2)。可见,禁渔政策的实施,促进了长江江豚的保护。同时,长江江豚保护重点也需扩展至鄱阳湖支流上游、砂坑等水域。

3.2 鄱阳湖水位变化对长江江豚迁移的驱动分析

本研究表明,鄱阳湖长江江豚的分布与迁移具有明显的季节性规律:夏季/高水位期由支流尾闾进入主湖,冬季/低水位期由主湖区进入支流尾闾。这一总体特征与刘馨等^[35]局部调查结果相吻合,但本研究基于全湖范围长周期的考察,结果显示迁移活动为动态、渐进的过程,例如:2023年12月低水位期,长江江豚广泛分布于湖区和主要支流尾闾;2024年8月高水位期,长江江豚在湖区分散分布,支流尾闾长江江豚迁回湖区;9月水位下降,长江江豚集中分布于湖区主航道水域;10月水位进一步下降,长江江豚开始向支流尾闾迁移,迁至瓢山-康山;12月则继续迁至龙口、饶河及梅溪咀;至2025年4月,饶河水域长江江豚已迁出,但梅溪咀上游以及抚河水域依然监测到长江江豚。上述时序变化显示,长江江豚在水位上升期由支流尾闾向主湖区迁移,而在退水过程中则逐步上溯支流。此外,本研究还发现了各局部水域长江江豚对水位变化的迁移响应细节及差异(表2),各水域长江江豚迁移、分布活动不同,提示种群对局部生境异质性的响应。

鄱阳湖属吞吐型浅水湖泊,近年来星子站水位通常于2月开始上升,7月达峰值后下降,11~12月降至最低,并维持约8m的水位至翌年2月,每年约有半年时间为低水位(星子水位 $\leq 12\text{m}$)(图10)。长江江豚以小型鱼类为食,食物资源是其栖息地选择的核心驱动因素^[4,10]。此外,长江江豚分布还受到水深、底栖、坡度和水质等影响^[36,37]。而水位的变化会影响湖泊生态系统^[38],改变水质^[39]、渔业资源^[40]、水深和水域面积等长江江豚栖息生境。因而,水位变化驱动的湖泊生境变迁,可能是促使长江江豚进行季节性迁移的内在生态机制。本研究中:(1)高水位期,湖区大片滩涂、沙洲被淹没,淹没的陆生植物吸引鱼类觅食,并为鱼类提供产卵场,进而吸引长江江豚捕食。同时,在主湖区中长江江豚适宜水深(3~9m)的水域面积大幅增加、水体连通性强,为长江江豚提供了广阔的栖息空间。因此,长江江豚表现出支流入湖的迁移活动,并沿主航道向周边扩散分布。(2)低水位期,水体空间大幅萎缩,根据江西省水文监测中心发布数据,通江水体面积可由高水位约3000km²下降至低水位约300km²。此时,沿岸消落带明显、浅水区增加,鱼类趋向于在水温较高的深水区越冬,长江江豚也呈现聚集分布在主航道深水区^[41,42]的特征。尽管单位面积的鱼类密度高于高水位期^[40],但水体面积远小于高水位期,饵料资源量和水体空间有限,加之长江江豚呈高密度分布状态,种内竞争加剧,从而趋使其向支流水域迁移以寻求更多空间和资源。随着低水位时间的持续,长江江豚向上游迁移的规模和距离增加。(3)低水位提前、持续,则驱使长江江豚基于捕食或寻找栖息空间的需求,大量向砂坑(例如瓢头砂坑、鄱阳县南北砂坑、余干县康山河砂坑)聚集^[43]。这是由于采砂激起的底质汇集浮游生物、昆虫幼虫和底栖生物,吸引大量小鱼前来觅食^[44],同时,低水位期砂坑人类活动少,为长江江豚提供了安静的栖息和抚幼环境。此外,部分长江江

豚或迁入隐秘湖汉（例如金溪湖、饶河尧山和洪家穴水域）。然而，一旦低水位持续，上述水域易形成孤立区域，长江江豚被困、搁浅风险加剧。例如，2022年鄱阳湖遭遇极端干旱，百余头长江江豚困于松门山瓢头砂坑水域，最终通过人工迁移才得以救护成功^[45]。

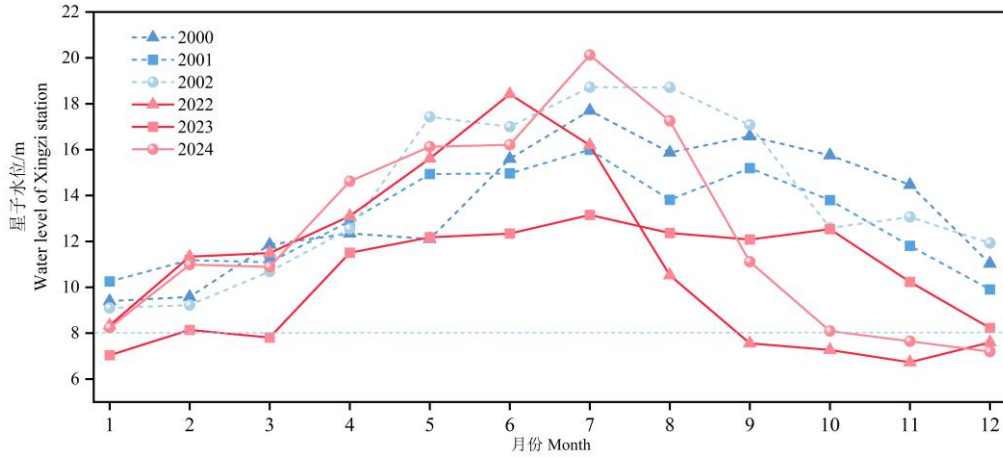


图 10 2000~2002、2022~2024 年月均水位变化

Fig.10 Monthly average water level changes from 2000 to 2002 and from 2022 to 2024.

3.3 鄱阳湖及支流水域长江江豚栖息地利用分析

从家域分布上看（图 4），仅湖区中部老爷庙-渚溪河口-瓢头家域分布较为连贯，且核心家域多。其中，老爷庙-渚溪河口在长江江豚省级自然保护区范围，位于接收鄱阳湖和赣江来水的位置，属于长江江豚喜爱栖息的汇流区^[46]，汇流施加的水动力影响下鱼类资源丰富，从而吸引长江江豚栖息^[47]；瓢头水域则属于湖区鱼类资源丰富的区域^[40]，具有长江江豚喜爱的砂坑地形^[44]，且在湖区中部、人类活动较少，为长江江豚提供适宜的栖息生境。然而，老爷庙以北的通江水道水面较宽、水深较深，但家域分布较少，长江江豚家域破碎化明显，这可能与通江水道鱼类丰度显著低于主湖区^[48]有关，且采砂、航运等人类活动较多^[17]，监测期间在蛤蟆石、落星墩等处可见明显的水质混浊。采砂会占据水体空间、破坏河床底质和水质，影响底栖生物和鱼类栖息地，增加水下噪声^[49]，可能干扰长江江豚生存。而通江水道是鄱阳湖长江江豚江湖迁移通道，此间栖息地破碎化还会影响江湖种群交流。此外，南部水域，如：朱袍山、龙口、金溪湖、犀牛湾以及三江口等，在低水位期水深较浅、连通性下降，易导致长江江豚迁移通道受阻、栖息地破碎化加剧。迁移阻隔将影响长江江豚种群交流^[50]，是淡水鲸豚类濒危的重要因素^[51]。

2022~2023 年，渚溪河口-望湖亭-山洲头水域长江江豚家域范围较多（图 4）。然而，2024 年该水域上游的赣抚尾闾运行后，该段水域家域范围明显减少。可能原因是长江江豚分布与船舶航运呈显著负相关^[52]，其离船较近时会出现逃避行为^[53]，而赣抚尾闾运行后，为等待过闸导致船舶停留时间增加、密度增大。此外，饶河水域 2023 年冬季低水位期长江江豚家域范围可至尚未运行的双港水利枢纽位置，2024 年冬季低水位期双港水利枢纽已经运行，长江江豚家域范围仅至下游莲湖大桥水域，家域范围缩小。因而，工程建设可能导致长江江豚栖息地减少。

自 2003 年以来，鄱阳湖水文节律发生变化，低水位提前、时间延长^{[54] [55]}。2000~2002 年低水位通常始于 11 月中下旬，月均水位无 <8 m（极低水位）的情形；而 2022 年~2024 年低水位提前至 9 月，每年极低水位持续约 2~4 个月（图 10）。低水位期长江江豚核心家域面积缩减，动物主要聚集分布在主航道深水区^[42]，导致核心家域与航运水域出现重叠。而航运是长江江豚主要的栖息威胁^[56]，其带来的水下噪音不仅会导致长江江豚声信号遮蔽、听力阈移^[57]，还会影响其昼夜捕食节律^[58]。此外，低水位还影响了鄱阳湖鱼类资源，根据鄱阳湖水生生物资源监测公报，2020 年鄱阳湖鱼类资源丰度为 5.2kg/km²/h^[59]，而遭遇 2022 年极端低水位后，2022 年、2023 年分别下降为 4.87 kg/km²/h^[60]、2.89 kg/km²/h^[61]，对长江江豚饵料资源产生不利影响。饵料资源短缺、栖息地丧失均是影响长江江豚种群长期发展的关键限制因

素^[13,62]。因此,低水位带来的长江江豚核心家域面积和资源量的减少,可能是鄱阳湖长江江豚重要栖息风险因素。

4 结论

本研究初步阐明了禁渔期鄱阳湖及其支流水域中长江江豚分布水域和核心家域,厘清了长江江豚低水位/冬季由湖区迁入支流尾闾水域、高水位/夏季则逐渐迁回湖区的活动特征。禁渔政策实施以来,鄱阳湖及支流水域长江江豚分布范围向支流尾闾上游、砂坑等扩大。然而,人类活动、低水位等导致的长江江豚可利用栖息水域面积缩减及破碎化,可能会给长江江豚带来栖息风险。

基于本研究结果,提出如下保护建议:一是科学开展巡护,高水位期向主航道至周边扩大巡护范围,低水位期向上游增加支流尾闾巡护路线;二是加强核心家域的保护,在长江江豚分布水域限制挖砂、管控航运、降低噪音;三是就低水位常态化制定长江江豚应急救援预案,对长江江豚分布的孤立水域加强饵料资源监测和生态廊道连通性建设。

致谢:感谢考察队员,万青、万紫薇、马文智、王生、王亚婷、王先勇、王佳蕾、王清水、王蓉蓉、文嗣鑫、方磊、孔赤平、邓庆国、邓宇亮、甘柳青、石新源、叶本祥、叶芄、田镇、代雨婷、兰若林、吕华睿、朱国才、朱蒸蒸、任家贤、邹倩、刘明超、刘祖鸣、江良、许群、孙帅、孙炜翔、孙晓冬、孙晶晶、牟悦、巫曦雅、李帅、李乐康、李承祥、李梦宇、吴斌、邱建松、余明进、余智杰、余锦平、邹超超、张河、张宝、张莹莹、张瑶瑶、张赢文、陈天佑、陈希娟、陈凯、陈圆圆、邵立琦、林发荣、欧阳梦芸、易霏霏、罗振、罗嘉、岳增深、金浩天、金韬、周志光、周春花、郑洋、赵诗悦、钟健伟、段鹏翔、贾晨晨、贾景帅、夏雯欣、徐寿焯、徐浩、徐博文、翁佳桥、高云云、高舜琪、高翔、高嘉敏、郭新巧、唐豪、黄佳成、黄滨、龚海波、章宇盟、梁海英、彭乐根、傅雪军、曾庆灵、曾贤良、谢世英、雷姚、廖作敏、廖宝雄、霍欢欢、戴卫鹏、戴银根(按姓氏笔画排序)的支持,特此致谢!

5 参考文献

- [1] Barnard C. Animal behaviour: Mechanism, development, function & evolution. Essex (England): Pearson Education New Zealand, 2004.
- [2] Wilson B, Thompson P M, Hammond P S. Habitat Use by Bottlenose Dolphins: Seasonal Distribution and Stratified Movement Patterns in the Moray Firth, Scotland. *Journal of Applied Ecology*, 1997, 34(6): 1365-1374. DOI: 10.2307/2405254.
- [3] Zhang K, Zhang P, Xia DJ *et al.* Utilization pattern and potential factors of the yangtze finless porpoise in an isolated habitat patch. *Acta hydrobiologica sinica*, 2024, 48(10): 1633-1641. DOI: 10.7541/2024.2023.0188. [张康, 张平, 夏德军等. 长江江豚对孤立栖息地斑块利用规律研究及潜在因子分析. 水生生物学报, 2024, 48(10): 1633-1641.]
- [4] Wang Z, Tomonari A, Mei ZG *et al.* Frequent and prolonged nocturnal occupation of port areas by Yangtze finless porpoises (*Neophocaena asiaorientalis*): Forced choice for feeding?. *Integrative Zoology*, 2015, 10(1): 122-132. DOI:10.1111/1749-4877.12102.
- [5] Mei ZG, Hao YJ, Zheng JS *et al.* Population status and conservation outlooks of the Yangtze finless porpoise in Poyang Lake. *J Lake Sci*, 2021, 33(5): 1289-1298. DOI: 10.18307/2021.0501. [梅志刚, 郝玉江, 郑劲松等. 鄱阳湖长江江豚的现状和保护展望. 湖泊科学, 2021, 33(5): 1289-1298.]
- [6] Min Q. Introduction to Poyang Lake. *J Lake Sci*, 1993, 5(1): 96-97. DOI: CNKI:SUN:FLKX.0.1993-01-015. [闵睿. 鄱阳湖简介. 湖泊科学, 1993, 5(1): 96-97.]
- [7] Xiao W, Zhang XF. Distribution and population size of Yangtze finless porpoise in Poyang Lake and its branches. *Acta Theriologica Sinica*, 2002, 22(1): 7-14. DOI:10.3969/j.issn.1000-1050.2002.01.002. [肖文, 张先锋. 鄱阳湖及其支流长江江豚种群数量及分布. 兽类学报, 2002, 22(1): 7-14.]
- [8] 赵修江. 河流系统鲸豚类种群数量调查方法探索及其应用研究[学位论文]. 武汉: 中国科学院大学, 2009.
- [9] Liu X, Mei Z, Zhang J *et al.* Seasonal Yangtze finless porpoise (*Neophocaena asiaorientalis asiaorientalis*) movements in the Poyang Lake, China: Implications on flexible management for aquatic animals in fluctuating freshwater ecosystems. *Science of The Total Environment*, 2022, 807(pt1): 150782. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150782.
- [10] Kimura S, Akamatsu T, Li S *et al.* Seasonal changes in the local distribution of Yangtze finless porpoises related to fish presence. *Marine Mammal Science*, 2012, 28(2):308-324. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2011.00490.x.
- [11] 段鹏翔. 鄱阳湖湖口水域长江江豚时空分布及其影响因子研究[学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2024.
- [12] Yang J, Xiao W, Kuang XA *et al.* Ecological studies on the distribution, population size and the active regularity of Lipotes Vexillifer and the Yangtze finless porpoise in Dongting and Poyang Lakes. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2000, 9(4): 444-450. DOI:10.3969/j.issn.1004-8227.2000.04.008. [杨

- 健, 肖文, 匡新安等. 洞庭湖、鄱阳湖白鱀豚和长江江豚的生态学研究. *长江流域资源与环境*, 2000, 9(4): 444-450.]
- [13] Ding W. Population status, threats and conservation of the Yangtze finless porpoise. *Chinese Science Bulletin*, 2009, 54(19): 3473-3484. DOI:10.1007/s11434-009-0522-7.
- [14] 梅志刚. 长江江豚种群变动趋势及濒危机制的研究[学位论文]. 武汉: 中国科学院大学, 2013.
- [15] Huang J, Mei Z, Chen M *et al.* Population survey showing hope for population recovery of the critically endangered Yangtze finless porpoise. *Biological Conservation*, 2020, 241: 108315. DOI: 10.1016/j.biocon.2019.108315.
- [16] Que JL, Rao RC, Yang Y *et al.* Population and distribution characteristics of yangtze finless porpoise in jiangxi waters during dry season. *Acta hydrobiologica sinica*, 2023, 47(10): 1701-1708. DOI: 10.7541/2023.2022.050. [阙江龙, 饶榕城, 杨英等. 江西水域枯水期长江江豚种群数量和分布特征. *水生生物学报*, 2023, 47(10): 1701-1708.]
- [17] Zheng S, Cheng H, Tang M *et al.* Sand mining impact on Poyang Lake: a case study based on high-resolution bathymetry and sub-bottom data. *Journal of Oceanology and Limnology*, 2022, 40: 1404-1416. DOI: 10.1007/s00343-021-1137-3.
- [18] Han Y, Sun Z, Fang H *et al.* Habitat succession of the Yangtze finless porpoise in Poyang Lake under the changing hydrodynamic and feeding environment. *Ecological Modelling*, 2020, 424: 109035. DOI:10.1016/j.ecolmodel.2020.109035.
- [19] Min JL, Yu JX, Que JL *et al.* Habitat Analysis of Yangtze Finless Porpoises in Poyang Lake under Extremely Low Water Level. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2023, 45(05): 1230-1239. DOI: 10.13836/j.jjau.2023113. [闵佳玲, 余进祥, 阙江龙等. 鄱阳湖极枯水位下长江江豚栖息状况分析. *江西农业大学学报*, 2023, 45(05): 1230-1239.]
- [20] Wang R, Li Q, Ren J *et al.* Increased megafauna stranding risk from sand mining: Lessons from the Yangtze finless porpoise. *Biological Conservation*, 2025, 306: 111111. DOI: 10.1016/j.biocon.2025.111111.
- [21] Shen YD, Wang YP, Hua Z *et al.* Spatial and temporal characteristics of the early resources of fish in the river-lake corridor of Lake Poyang at the beginning of the fishing ban. *J Lake Sci*. DOI: 10.18307/2025.0532. [沈迎东, 王银平, 华忠等. 禁捕初期鄱阳湖江湖通道鱼类早期资源时空特征. *湖泊科学*, 2025, 37(05): 1-14.]
- [22] Yang SF, Ye SW, Xu J *et al.* Evaluation of the effect on "10-year fishing ban" in Poyang Lake ecosystem based on Ecopath model. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2024, 48(8): 1402-1420. DOI:10.7541/2024.2023.0429. [杨舒帆, 叶少文等. 基于 Ecopath 模型的鄱阳湖生态系统“十年禁渔”效果评估. *水生生物学报*, 2024, 48(8): 1402-1420.]
- [23] Wang KX, Wang ZT, Mei ZG *et al.* Ecological assessment indicator of the Yangtze River: passive acoustic monitoring based population size of the Yangtze finless porpoise. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2021, 45(6): 1390-1395. DOI: 10.7541/2021.2021.0263 [王克雄, 王志陶, 梅志刚等. 长江生态考核指标: 基于被动声学监测的长江江豚数量. *水生生物学报*, 2021, 45(6): 1390-1395.]
- [24] Li W, Qiu J, Lei P *et al.* A real-time passive acoustic monitoring system to detect Yangtze finless porpoise clicks in Ganjiang River, China. *Frontiers in Marine Science*, 2022, 9. DOI:10.3389/fmars.2022.883774.
- [25] Burt WH. Territoriality and home range as applied to mammals. *Journal of Mammalogy*, 1943, 24(3): 346-352. DOI: 10.2307/1374834.
- [26] Zhang JD, H. V, Ouyang ZY. A review of home range studies. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(11): 3269-3279. DOI: 10.5846/stxb201201050017. [张晋东, H. Vanessa, 欧阳志云. 家域研究进展. *生态学报*, 2013, 33(11): 3269-3279.]
- [27] Samuel MD, Pierce DJ, Garton EO. Identifying areas of concentrated use within the home range. *Journal of Animal Ecology*, 1985, 54(3): 711-719. DOI: 10.2307/4373.
- [28] Worton BJ. Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home-Range Studies. *Ecology*, 1989, 70(1): 164-168. DOI: 10.2307/1938423.
- [29] Lefever DW. Measuring Geographic Concentration by Means of the Standard Deviational Ellipse. *American Journal of Sociology*, 1926, 32(1): 88-94. DOI: 10.2307/2765249.
- [30] Zhang Y, Liu J, Zheng S *et al.* Range contraction of the Yangtze finless porpoise inferred from classic Chinese poems. *Current Biology*, 2025, 35(9): R329-R330. DOI: 10.1016/j.cub.2025.02.052.
- [31] Mei ZG, Han Y, Dong L *et al.* The impact of fisheries management practices on the survival of the Yangtze finless porpoise in China. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2019, 29 (4): 1-8. DOI:10.1002/aqc.3078.
- [32] Yang J, Liu YL, Li X. Research on factors influencing Transferring Fishermen From Poyang Lake in Jiangxi Province. *Chinese Fisheries Economics*, 2019, 37(04): 20-30. DOI: 10.3969/j.issn.1009-590X.2019.04.005. [杨婧, 刘玉龙, 李欣. 江西省鄱阳湖退捕渔民转业影响因素研究. *中国渔业经济*, 2019, 37(04): 20-30.]

- [33] 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[学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2015.
- [34] Hao YJ, Tang B, Mei ZG *et al.* Further suggestions on conservation of the Yangtze finless porpoise based on retrospective analysis of the current progress. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2024, 48(6): 1065-1072. DOI: 10.7541/2024.2024.0020. [郝玉江, 唐斌, 梅志刚等. 长江江豚保护进展的回顾性分析及进一步保护建议. 水生生物学报, 2024, 48(6):1065-1072.]
- [35] 刘馨. 鄱阳湖主湖区及主要支流长江江豚移动规律与影响因素研究[学位论文]. 武汉: 中国科学院大学, 2020.
- [36] Mei Z, Chen M, Li Y *et al.* Habitat preference of the Yangtze finless porpoise in a minimally disturbed environment. *Ecological Modelling*, 2017, 353: 47-53. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2016.12.020.
- [37] 黄杰. 长江江豚种群现状及栖息地选择机制的研究[学位论文]. 武汉: 中国科学院大学, 2019.
- [38] Coops H, Beklioglu M, Crisman TL. The role of water-level fluctuations in shallow lake ecosystems – workshop conclusions. *Hydrobiologia*, 2003, 506(1): 23-27. DOI:10.1023/B:HYDR.0000008595.14393.77.
- [39] Wan J, Chen L, Lan X *et al.* Effects of the water level change of Poyang Lake on characteristics of water quality. *IEEE*, 2011. DOI:10.1109/RSETE.2011.5965929.
- [40] Li HF, Wang K, Yu XJ *et al.* Hydroacoustic surveys on spatial-temporal distribution of fishes during early fishing ban period in poyang lake. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2023, 47(1): 147-157. DOI: 10.7541/2023.2022.0163. [李慧峰, 王珂, 余绪俊等. 禁渔初期鄱阳湖鱼类时空分布特征. 水生生物学报, 2023, 47(1): 147-157.]
- [41] Wang K, Dong L, Akamatsu T *et al.* Effects of water levels on distribution patterns of the Yangtze finless porpoises in Poyang and Dongting Lakes, China. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2012, 131(4): 3361. DOI: 10.1121/1.4708665.
- [42] Dong L, Wang D, Wang K *et al.* Yangtze finless porpoises along the main channel of Poyang Lake, China: Implications for conservation. *Marine Mammal Science*, 2015, 31(2): 612-628. DOI: 10.1111/mms.12181.
- [43] Chen MM, Zhang Y, Hao YJ *et al.* Parentage-based group composition and dispersal pattern studies of the Yangtze Finless Porpoise Population in Poyang Lake. *International Journal of Molecular Sciences*, 2016, 17(8): 1268. DOI: 10.3390/ijms17081268.
- [44] Yu DP, Wang J, Yang G, *et al.* Preliminary analysis on habitat selection of the Yangtze finless porpoise in spring in the section between Hukou and Digang. *Acta Theriologica Sinica*, 2005, 25(3): 302-306. DOI:10.3969/j.issn.1000-1050.2005.03.016. [于道平, 王江, 杨光等. 长江湖口至荻港段江豚春季对生境选择的初步分析. 兽类学报, 2005, 25(3):302-306.]
- [45] 江西省重点水域禁捕退捕工作领导小组. 关于通报表扬 2022-2023 年度江西省枯水位长江江豚保护先进集体和个人的通知. 2024, https://nync.jiangxi.gov.cn/jxsnynct/ncrjhjzz/content/content_1906115032653942784.html.
- [46] Jiang ZX, Ding W. Distribution Patterns of Yangtze Finless Porpoise in Yangtze River and its Correlation to Hydrological Characteristics. *The Fourth Yangtze Forum*, Nanjing, 2011.
- [47] Ding R, Zhang X, Chen M *et al.* Vorticity preference of the Yangtze finless porpoise (*Neophocaena asiaorientalis*) during the dry season at the Wanhe River Estuary confluence. *Ecological Modelling*, 2023, 485: 110504. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2023.110504.
- [48] Yang M, Sheng P, Zhang YP *et al.* Characteristics of fish assemblages of poyang lake at the initial stage of the fishing ban. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2022, 46(10): 1569-1579. DOI: 10.7541/2023.2022.0161. [阳敏, 盛漂, 张燕萍等. 禁捕初期鄱阳湖鱼类群落的结构特征. 水生生物学报, 2022, 46(10): 1569-1579.]
- [49] 王振太. 洞庭湖采砂活动对长江江豚的影响研究[学位论文]. 武汉: 中国科学院大学, 2015.
- [50] Rao RC, Que JL, Tian Z *et al.* Analysis of the population genetics of the Yangtze finless porpoise population in the Poyang Lake Basin: Insight of conservation recommendations. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2024, 34(4): e4145. DOI: 10.1002/aqc.4145.
- [51] Braulik GT, Arshad M, Noureen U *et al.* Habitat fragmentation and species extirpation in freshwater ecosystems; causes of range decline of the Indus river dolphin (*Platanista gangetica minor*). *PLoS One*, 2014, 9(7): e101657. Doi: 10.1371/journal.pone.0101657.
- [52] 段鹏翔. 鄱阳湖湖口水域长江江豚时空分布及其影响因子研究[学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2024.
- [53] Chen BY, Chen LW, Zhang J *et al.* Impact of vessels on the behavior of Yangtze finless porpoise in Nanjing. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2024, 48(10): 1672-1679. DOI:10.7541/2024.2024.0067. [陈炳耀, 陈力文, 张俊等. 船只对南京长江江豚的行为影响分析. 水生生物学报, 2024, 48(10): 1672-1679.]
- [54] Chen H, Jin G, Tang H *et al.* Spatiotemporal variations of water levels and river-lake interaction in the Poyang Lake basin under the extreme drought. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 2025, 57(c): 102165. DOI: 10.1016/j.ejrh.2024.102165.
- [55] Min Q, Zhan LS. Characteristics of low-water level changes in Lake Poyang during 1952 -2011. *J Lake Sci*, 2012, 24(5): 675-678. DOI:10.18307/2012.0505. [闵骞, 占腊生. 1952-2011 年鄱阳湖枯水变化分析. 湖泊科学, 2012, 24(5): 675-678.]
- [56] Mei Z, Han Y, Turvey ST *et al.* Mitigating the effect of shipping on freshwater cetaceans: The case study of the Yangtze finless porpoise. *Biological Conservation*,

2021, 257: 109132. DOI: 10.1016/j.biocon.2021.109132.

- [57] Wang ZT, Akamatsu T, Duan PX *et al.* Underwater noise pollution in China's Yangtze River critically endangers Yangtze finless porpoises (*Neophocaena asiaeorientalis asiaeorientalis*). *Environmental Pollution*, 2020, 262: 114310. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114310.
- [58] Qiu J, Wang D, Li S *et al.* Reduced shipping during COVID-19 enhanced the diurnal feeding activities of a small odontocete: implications of modern anthropogenic activities. *National Science Review*, 2025, 12(03):101-104. DOI: 10.1093/msr/nwae476.
- [59] 农业农村部长江流域渔政监督管理办公室等. 2020年长江流域水生生物资源及生境状况公报. 2021, https://cyjzbg.moa.gov.cn/ztzl/202212/t20221212_6416919.htm.
- [60] 江西省水生生物保护救助中心. 2022年江西省水生生物资源及生境状况公报. 南昌: 江西科学技术出版社, 2023.
- [61] 江西省水生生物保护救助中心. 2023年江西省水生生物资源及生境状况公报. 南昌: 江西科学技术出版社, 2024.
- [62] Chen MM, 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. *Acta Ecologica Sinica*, 2023, 43(10): 4242-4249. DOI: 10.5846/stxb202206081628. [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. *生态学报*, 2023, 43(10): 4242-4249.]