

# 2019—2023 年南京长江江豚种群动态

陈炳耀<sup>1</sup>, 姜新月<sup>1</sup>, 刘 杉<sup>2</sup>, 张 俊<sup>2</sup>, 郝秀青<sup>1</sup>, 朱 林<sup>1</sup>, 李 婷<sup>1</sup>, 陈力文<sup>1</sup>

(1. 南京师范大学生命科学学院, 江苏 南京 210023)

(2. 南京长江江豚省级自然保护区管理站, 江苏 南京 210019)

[摘要] 南京是长江干流中长江江豚分布最密集的水域之一, 一直受到广泛关注, 但是种群动态仍不清楚。2019—2023 年, 研究团队在南京长江江豚省级自然保护区水域持续开展了长江江豚的监测工作。本文分析了南京长江江豚的分布、家域及种群数量的动态变化, 通过 112 d (56 次) 野外船只调查, 发现江豚 274 次。平均最近邻工具检验表明江豚呈现聚集型分布, 主要出现在潜洲—江心洲—三桥和子汇洲—新济洲等两个水域。最小凸多边形 MCP、95% 核心密度法 KDE 和 50% KDE 家域面积分别为 50.86 km<sup>2</sup>、135.54 km<sup>2</sup> 和 60.81 km<sup>2</sup>, 2022 年 KDE 最大, 秋季要高于其他季节。2019—2023 年南京段长江江豚年平均数量分别为 52 头、60 头、57 头、62 头和 65 头, 呈现年际间的增长态势, 冬季高于其他季节。种群数量的增长可能是实施“长江大保护”、“十年禁渔”、长江江豚拯救行动计划等保护措施的结果。

[关键词] 长江江豚, 分布模式, 南京保护区, 家域, 种群数量

[中图分类号] Q958.8 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2024)02-0054-09

## The Population Dynamics of the Yangtze Finless Porpoise in Nanjing Between 2019 and 2023

Chen Bingyao<sup>1</sup>, Jiang Xinyue<sup>1</sup>, Liu Shan<sup>2</sup>, Zhang Jun<sup>2</sup>, Hao Xiuqing<sup>1</sup>, Zhu Lin<sup>1</sup>, Li Ting<sup>1</sup>, Chen Liwen<sup>1</sup>

(1. School of Life Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

(2. Nanjing Yangtze Finless Porpoise Provincial Nature Reserve Management Station, Nanjing 210019, China)

**Abstract:** Nanjing is one of the most densely distributed water area for Yangtze River Finless Porpoises in the main stream of the Yangtze River, which has been widely concerned, but its population dynamics are still unclear. The study has continuously monitored the Yangtze River Finless Porpoise in the waters of the Nanjing Yangtze River Finless Porpoise Provincial Nature Reserve between 2019 and 2023 by conducting a continuous field vessel survey. This article analyzed the dynamic changes in the distribution, home range, and population size of the Yangtze River Finless Porpoise in Nanjing. Through 112 ds of field vessel survey, 274 Finless Porpoises were found, mainly in Qianzhou, Jiangxin Island, Sanqiao and Zihuizhou Xinjizhou Waters. The distribution of pufferfish was arranged in an aggregated pattern, as shown by the average nearest neighbor tool test. The minimum convex polygon, 95% core density KDE, and 50% KDE family areas for KDE were 50.86 km<sup>2</sup>, 135.54 km<sup>2</sup>, and 60.81 km<sup>2</sup>, respectively, 12 km<sup>2</sup> and 60.81 km<sup>2</sup> respectively. The Finless Porpoise population size of the Yangtze River varies with time and season. From 2019 to 2023, the average population size of the Yangtze River Finless Porpoise in the Nanjing section was about 52, 60, 57, 62, and 65, respectively, with spring and winter being higher than autumn and summer. Compared to the past, the increase in population size may be related to measures such as the “Yangtze River Protection”, the “10-year Fishing Ban”, and the Yangtze River Finless Porpoise rescue action plan.

**Key words:** Yangtze Finless Porpoise, distribution pattern, Nanjing reserve, home range, population size

长江江豚(*Neophocaena asiaeorientalis*) 隶属于鲸偶蹄目(Cetacea)、齿鲸亚目(Odontoceti)、鼠海豚科(Phocoenidae)、江豚属(*Neophocaena*), 与东亚江豚(*N. a. sunameri*) 被认为是窄脊江豚的亚种<sup>[1]</sup>。2018 年

收稿日期: 2023-06-03.

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项目(2023-JTY-07-02)、南京长江江豚省级自然保护区江宁区域江豚本底调查项目(南京市江宁区农业农村局委托)。

通讯作者: 陈炳耀, 教授, 研究方向: 鲸类种群生态学、毒理生态学和保护生物学。E-mail: chby2632@163.com

基因组学研究发现,长江江豚与海洋江豚之间存在显著而稳定的遗传分化,可能为独立物种<sup>[2]</sup>,但目前还未被国际公认。

长江江豚种群数量一直处于下降之中。在 1984—1991 年,约为 2 700 头<sup>[3]</sup>;1997—1999 年,约为 2 000 头<sup>[4]</sup>。随后有研究结果显示,长江江豚的种群数量已不足 2 000 头<sup>[5]</sup>。我国于 2006、2012、2017 和 2022 年分别对长江江豚开展了 4 次全流域性的科学考察。长江江豚的种群数量从 2006 年的 1 800 只<sup>[6]</sup>,到 2012 年的 1 045 只<sup>[7]</sup>,再到 2017 年的 1 012 只<sup>[8]</sup>。在 2006—2017 年间有明显的减少趋势,在 2013 年甚至被 IUCN 红色名录列为极危 CR 级别。2022 年,全国长江江豚科学考察显示有 1 249 头,在长江干流、洞庭湖和鄱阳湖,均已呈现出一定程度的复苏迹象。

在全流域内,目前有关鄱阳湖、洞庭湖、部分长江干流内的长江江豚数据比较多。南京一直是长江江豚的重要栖息地,早在 1984—1991 年,张先锋等在长江中下游进行生态考察 18 次,估算出武汉—江阴段,其中包括南京江段的长江江豚平均密度为 1.84 头/km<sup>2</sup><sup>[3]</sup>,由此可以推断该期间湖口—南京段的江豚种群数量约为 755 头<sup>[9]</sup>。1998 年周开亚等调查估算出南京至湖口段的长江江豚约 697 头<sup>[10]</sup>;1993—1999 年,于道平等在南京—湖口江段进行了 11 次考察,结果显示该段长江江豚数量约为 1 054 头<sup>[11]</sup>。

但是除了 2012 年、2017 年的全国长江江豚科考之外,对南京长江江豚的持续性监测较少。南京师范大学 2017 年逐渐加大了监测力度。本文将报道 2019—2023 年南京长江江豚的种群动态情况。

1 研究对象与方法

1.1 船只调查方法

调查时间为 2019 年 3 月—2023 年 4 月,调查范围为南京长江江豚省级自然保护区,上起新生洲洲头,下至长江大桥,长约 48 km,面积为 86.92 km<sup>2</sup>。采用国际通用的截线抽样法进行江豚调查。长江水体宽度较窄以及行驶安全问题,不适宜设置横截面调查,同时江豚一般主要分布在离岸较近的浅水水域,故采用近岸纵向的截线,这也是 4 次全国江豚科考的样线设计原则。调查采取单船调查,每天走两条样线(样线 1、2 或样线 3、4),两天覆盖保护区全水域。

江豚调查采用国际通用的鲸豚类野外调查方法——截线抽样法。从 1990 年开始,我国的截线抽样法已经成为研究鲸豚类动物的主要方法,在多个水域多种鲸豚类物种中得到了成功的运用。截线抽样法属于距离抽样理论,该方法的应用须满足几个基本假设:位于截线上的动物都能被发现,或者发现概率是常数;目标动物在被发现时没有因为观察者而出现趋近或逃避的行为,即动物未被干扰;距离和角度等测

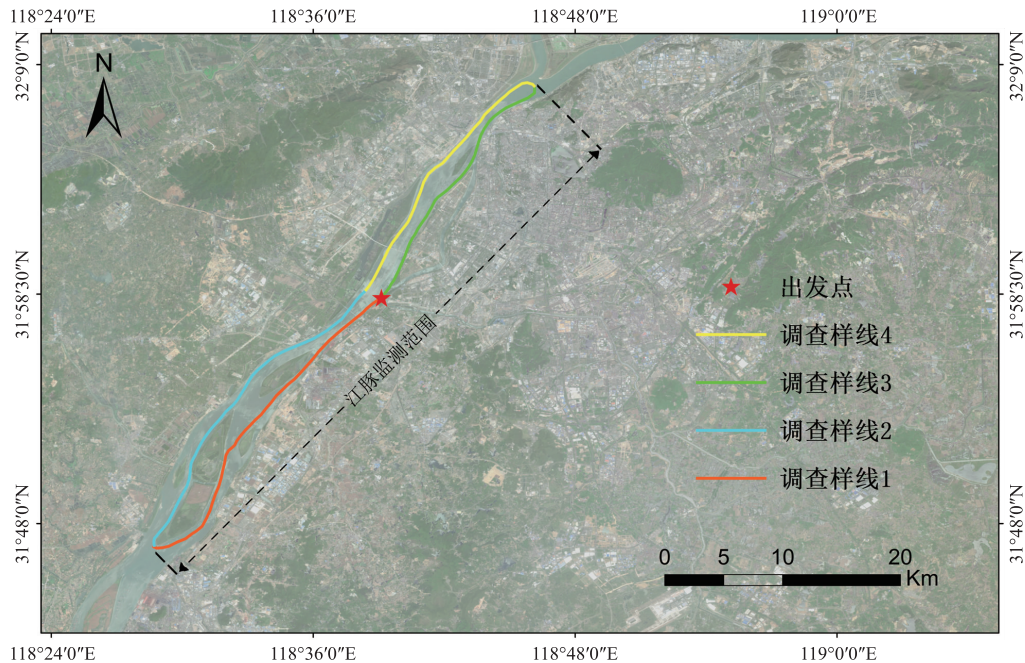


图 1 2019—2023 年南京保护区江豚野外船只调查样线

Fig. 1 The vessel-based survey line in Nanjing Yangtze Finless Porpoise nature reserve between 2019 and 2023

量值是准确的;样线是随机的,或是经过缜密设计的。

调查船为长 14 m、宽 3.5 m、65 马力的渔业指挥船,调查船按预先设置好的样线航行。为保证调查质量,一般选择天气状况良好、蒲福式风力 0~3 级、浪高 1 m 以下、能见度大于 5 km 的天气进行。调查时间为 8:30—16:00。调查船在调查区域内以 12~15 km/h 的速度航行。调查中至少有 4 名队员,在船前方有 3 名主观察队员,左右 2 名队员应用望远镜(STEINER 7×50, 8×30)各自观察两侧 100°的区域,中间考察队员观察正前方,并记录考察航行日志(考察过程中的船只情况、天气的变化、考察途中的调头、转向等),船后方有一名独立的观察队员,用于船前方观察队员未能目击目标物时可以进行补充观察,可以估算中线上的探测概率  $g(0)$  值。在调查过程没有发现目标物时,4 名调查队员相互独立、互不影响。为保证 4 名观察队员具有相同的观测贡献值及防止单一观测带来的疲劳,4 名调查队员每 30 min 进行一次顺序的调换。调查队员详细记录江豚群发现的时间、地点(GPS Magellan 320)、发现距离、江豚与船只航行方向的夹角(角度尺)、群体大小、外形特征、行为、水深、水温等,并进行拍照和录影(Canon EOS-1DX MarkII, DJ 精灵 4)。发现距离是非常重要的一个参数,要求准确测量,这里采取 3 种方法:(1)测距仪(Newcon Optik LRM 1500SPD)直接测量。这种方法适用于江豚旁边有参照物,如船只、浮标等,可以成功进行距离测量。(2)对比发现江豚时船的位置和江豚出现的位置,计算发现距离,这种情况适用于长距离。(3)在发现距离比较近时,前两种方法往往不奏效,用人为估测发现距离。在调查开始前、预调查以及调查期间,调查队员不断进行距离观测的训练和校正,生成回归方程,对估测的距离进行校正。最后综合 3 种方法,得出一个相对比较可信的距离。尽快收集完相关数据,返回航线继续截线调查。

### 1.2 分布模式检验

应用平均最近邻工具检验江豚的分布是随机型、均匀型还是聚集型。

平均最近邻指数的公式为:

$$R = \frac{\bar{r}_1}{\bar{r}_E} = 2\sqrt{D} \times \bar{r}_1. \quad (1)$$

平均最近邻指数  $R$  是平均观测距离( $\bar{r}_1$ )与预期平均距离( $\bar{r}_E$ )的比率。如果  $\bar{r}_E > \bar{r}_1$ , 代表指数小于 1, 分布模式趋向聚集分布。如果  $\bar{r}_E < \bar{r}_1$ , 代表指数大于 1, 分布模式趋向于离散分布。当这个指数越靠近 1, 就代表着随机分布的可能性越大<sup>[12]</sup>。

### 1.3 家域面积的估算

野生动物家域估计,研究是制定野生动物管理政策和保护措施的重要依据。家域的研究比较广泛,模型以 MCP 多边形法和 KDE 法研究的时间最早,目前是运用的最普遍、广为接受的两种家域空间估算的研究工具方法<sup>[13]</sup>。利用 ArcGIS 下载 HRT 插件来进行,首先将江豚位点可视化,其次将地理坐标系转换为投影坐标系,估算 MCP 和 KDE 的核密度家域大小。

### 1.4 种群密度估算

将长江江豚考察数据,如调查区域面积、每条样线长度、发现距离、角度、群体的大小等数据导入 Distance 7.5 软件中,应用 Key function(Uniform、Half-normal、Hazard-rate 和 Negative exponential)4 种函数,结合 Series expansion(Cosine、Simple polynomials 和 Hermite polynomials)3 种指数对数据进行拟合和分析。最后根据阿凯克信息标准(Akaike's information criterion, AIC)与函数形状标准(Shape criteria)进行模型选择,通过  $g(0)$  校正,估算密度和数量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 长江江豚的分布

2019 年 6 月—2023 年 4 月共计出江 112 d,发现长江江豚 274 次,其中具幼崽群 30 次(表 1)。

结果显示(图 2),江豚存在明显的季节分布差异性。春季和秋冬季,江豚主要分布在潜洲附近;而夏季潜洲附近的分布密度降低,江豚主要分布在子汇洲和三桥附近水域。枯水期江豚主要分布在潜洲、三桥水文码头和子汇洲洲尾附近,潜洲区域密度最高;而丰水期江豚主要在潜洲上游水域,其次是子汇洲洲尾和三桥附近水域,其他地方虽有分布但密度不是很高;平水期则主要分布在潜洲附近。



表 1 2019—2023 年南京长江江豚调查努力量

Table 1 The survey effort on Yangtze Finless Porpoise in Nanjing between 2019 and 2023

时间	发现次数	幼崽发现次数	时间	发现次数	幼崽发现次数
2019	68	4	夏季	91	10
2020	36	6	秋季	17	9
2021	58	11	冬季	106	2
2022	60	5	枯水期	106	2
2023	52	4	丰水期	91	10
春季	60	9	平水期	77	18
总数	274	30			

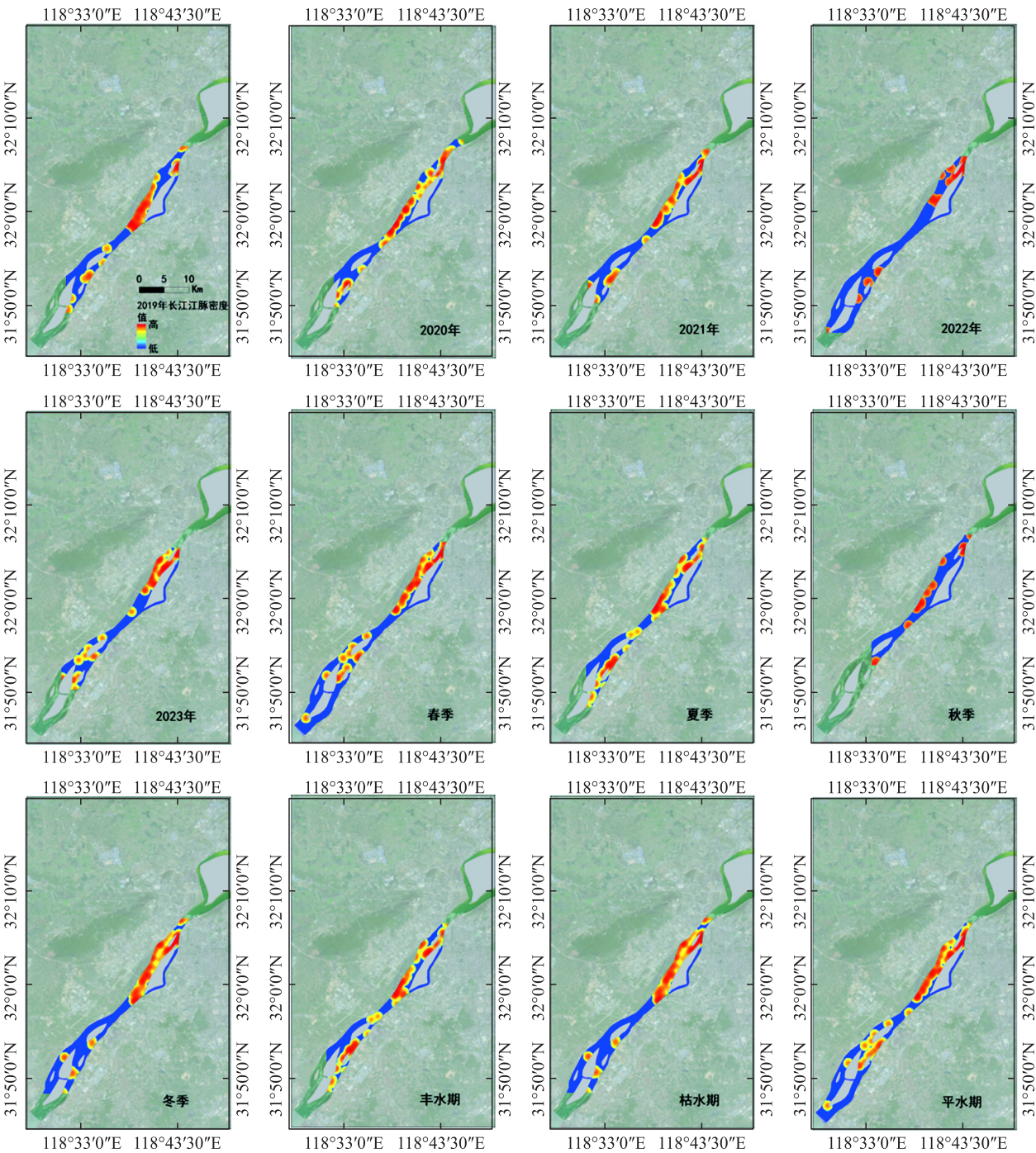


图 2 2019—2023 年及不同季节南京保护区内江豚分布密度

Fig. 2 The distribution of Yangtze Finless Porpoises in Nanjing nature reserve between 2019 and 2023

2.2 分布类型检验

总的来说,2019—2023 年南京保护区内的长江江豚的空间分布型呈聚集分布(表 2)。2019、2020、2021、2023 年平均最近邻比率小于 1,是聚集分布, $Z$  值为负数且值较小呈现出高度的聚集性特征。2022 年平均最近邻比率 0.97,十分接近于 1, $P$  值为 0.76,说明与随机分布没有显著性差异,从图 2 中也能看出,2022 年江豚的分布较其他年份来说更为均衡。

表 2 2019—2023 年南京长江江豚的平均最近邻分析检验结果

Table 2 Average nearest neighbor analysis test results of Yangtze Finless Porpoises in Nanjing nature reserve between 2019 and 2023						
年份	平均观测距离/m	预期平均距离/m	平均最近邻比率值	$Z$	$P$	分布模式
2019	387.28	585.39	0.66	-5.33	0	聚集分布
2020	427.26	681.23	0.63	-5.24	0	聚集分布
2021	1 484.09	3 036.20	0.49	-7.25	0	聚集分布
2022	927.10	955.36	0.97	-0.30	0.76	随机分布
2023	1 822.90	3 398.80	0.53	-6.20	0	聚集分布

2.3 MCP 和 KDE 估算家域面积

南京长江江豚 MCP、KDE 家域在不同年际和季节间有所变化(表 3、图 3、图 4)。2019—2023 年平均家域面积 KDE 50%、KDE 95%和 MCP 分别是 50.86 km<sup>2</sup>、135.54 km<sup>2</sup> 和 60.81 km<sup>2</sup>,其中 95% KDE 家域面积 2022 年最大,2021 年最小;MCP 家域面积在 2021 年最大,2022 年最小;KDE 50%家域面积 2022 年最大,2019 年最小(表 3)。多数年份,长江江豚的 50% KDE(除了 2022 年)以下游潜洲至三桥水域为主。

按自然季划分,春夏秋冬四季的 95% KDE 家域比较相近,秋季的 50% KDE 最大,冬季的 MCP 最大。枯水期江豚的 MCP 和 95%KDE 家域面积大于平水期和丰水期,但是 50%KDE 面积相近。

表 3 南京长江江豚核心家域 KDE 和最小凸多边形 MCP 家域面积

Table 3 The KDE and MCP home range of Yangtze Finless Porpoises in Nanjing nature reserve							
家域面积/km <sup>2</sup>	KDE 50%	KDE 95%	MCP	家域面积/km <sup>2</sup>	KDE 50%	KDE 95%	MCP
2019	32.34	128.31	63.22	夏季	47.47	133.98	63.91
2020	58.18	126.64	71.14	秋季	57.81	127.12	42.82
2021	51.29	137.86	55.39	冬季	47.59	141.20	86.48
2022	73.60	151.78	49.41	丰水期	47.47	133.98	63.91
2023	38.90	133.12	64.91	枯水期	47.59	141.20	86.48
春季	46.93	140.18	64.24	平水期	49.20	131.27	72.37

2.4 种群规模

从表 4 可以得知,2019—2023 年南京保护区内江豚种群平均数量约为 59 头(48—71),年际间有一定波动。其中 2019 年江豚数量最少约为 52 头,2023 年江豚数量最多约为 65 头。从估算结果来看,5 年间南京保护区内江豚的种群数量有了明显的增长趋势。

南京长江江豚数量也存在季节变化。冬季和春季要高于夏季和秋季,类似地,枯水期大于丰水期。

表 4 南京长江江豚密度估算结果

Table 4 The abundance of Yangtze Finless Porpoises in Nanjing nature reserve between 2019 and 2023							
时间	最优模型	AIC 值	有效宽度	密度	数量	95%置信区间	变异系数/%CV
2019	Half-normal/SP	1 383.48	224.89	0.598	52	41—65	11.4
2020	Half-normal/SP	1 377.05	200.61	0.691	60	46—77	13.3
2021	Hazard-rate/HP	1 382.68	206.37	0.657	57	43—74	13.5
2022	Hazard-rate/SP	1 099.98	140.16	0.710	62	45—84	15.8
2023	Half-normal/SP	655.96	263.65	0.753	65	41—104	23.8
春季	NE/HP	623.16	213.78	0.652	57	39—91	24.3
夏季	Hazard-rate/HP	1 415.58	231.21	0.640	56	42—73	14.0
秋季	Uniform/HP	175.61	175.06	0.646	56	36—87	21.7
冬季	Uniform/SP	1 194.85	210.55	0.809	70	52—93	14.7
丰水期	Hazard-rate/HP	1 415.58	231.21	0.640	56	42—73	14.0
枯水期	Uniform/SP	1 194.85	210.55	0.809	70	52—93	14.7
平水期	NE/HP	812.57	168.16	0.746	65	38—81	19.4
平均	Hazard-rate/HP	3 420.76	208.91	0.678	59	48—71	9.0

注:SP: Simple polynomial; HP: Hermite polynomial; NE: Negative exponential.



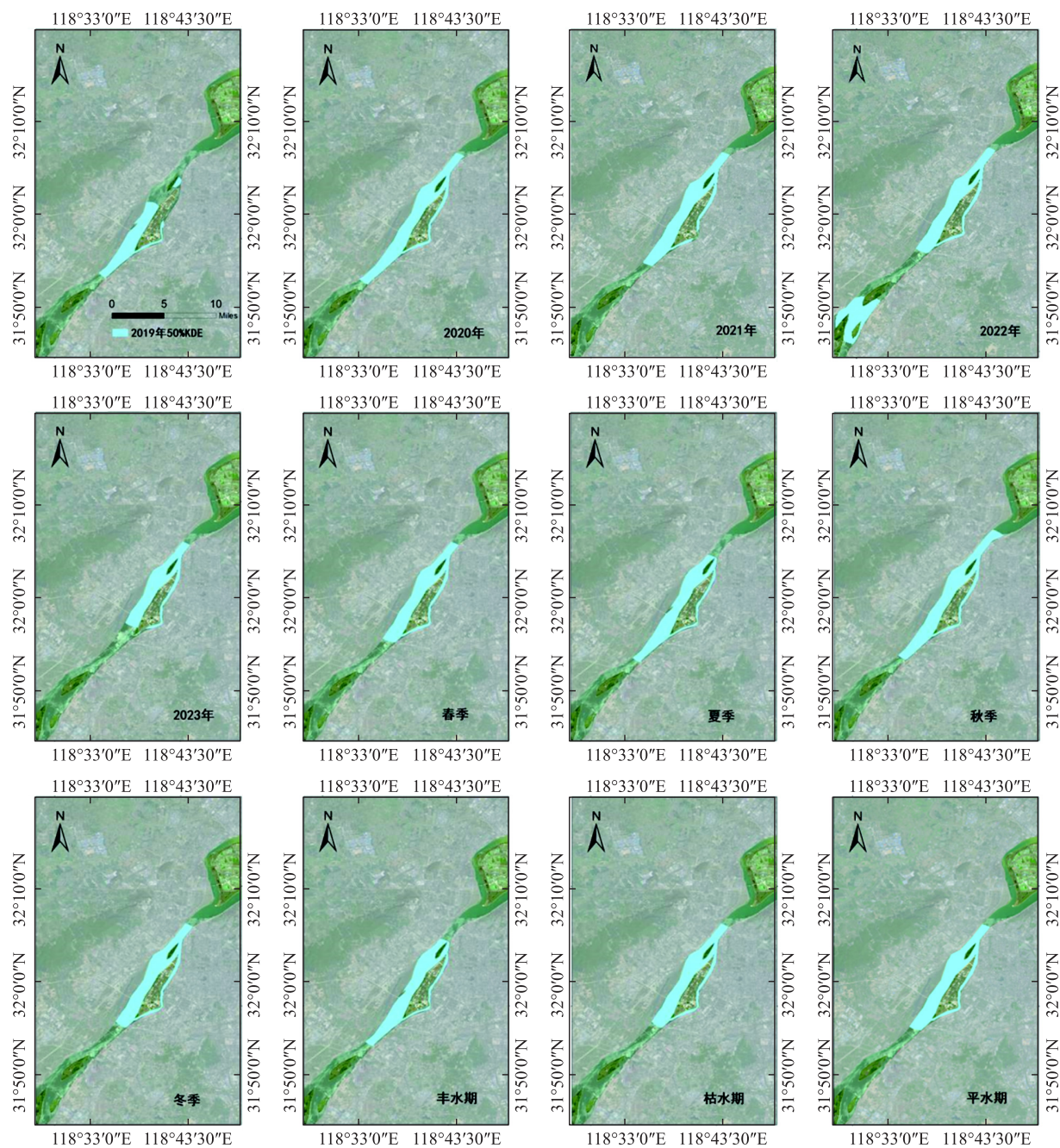


图3 南京保护区内长江江豚 50%KDE 家域

Fig.3 The 50% KDE home range of Yangtze Finless Porpoises in Nanjing nature reserve

2.5 讨论

根据农业农村部组织开展的 2022 年全流域长江江豚科学考察,长江江豚种群数量为 1 249 头,其中,长江干流约 595 头、鄱阳湖约 492 头、洞庭湖约 162 头. 与 2017 年 1 012 头相比,5 年数量增加 23.42%,年均增长率为 4.3%,实现了历史性转折,止跌回升<sup>[14]</sup>. 江苏—上海江段是长江江豚的分布最下游,约有 122 头江豚,呈现出明显的增长态势. 南京长江江豚省级自然保护区是江苏段中江豚最重要的栖息地. 2012 年和 2017 年的科考结果表明江苏长江江豚种群数量约在 30~40 头,2017—2018 年种群数量接近 50 头左右. 2019—2023 年研究表明,南京的长江江豚平均数量约在 57~65 头,虽有波动,但整体小幅上升. 2021—2022 年南京长江江豚种群数量约 62 头,占据了江苏段一半左右. 目前数量约为 65 头(41~104 头),CV 指数较高,精确度稍差.

长江江豚在长江干流中呈斑块状分布<sup>[15]</sup>,喜欢栖居在河床坡度平缓、水流较缓、底质为淤泥的近岸浅水区,这类水体具有水流速度比较慢、水深适中、底部沉积物丰富、水生植物保存完好、鱼类丰富、人类活动



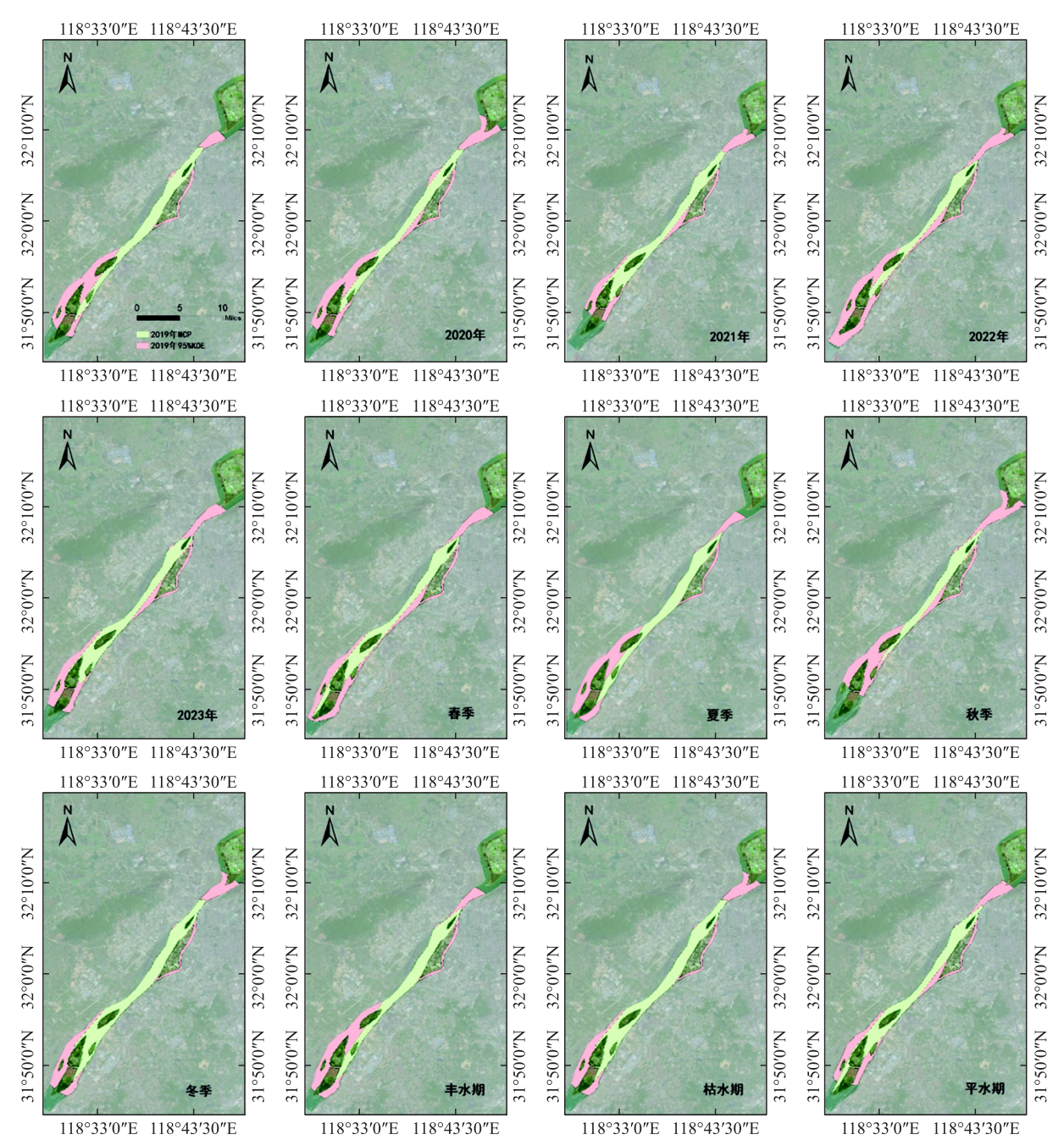


图 4 南京保护区内长江江豚 95% KDE 和 MCP 家域

Fig. 4 The 95% KDE and MCP home range of Yangtze Finless Porpoises in Nanjing nature reserve

少等特点<sup>[16-18]</sup>。在长江江苏段,南京保护区内洲滩众多,自然环境良好,人为活动影响小,无明显外源污染,并且综合全年水质评价为良好<sup>[19]</sup>。由于保护区内环境适宜,自然岸线水域鱼类资源丰富,水文和水生态环境更优质以及实行的长江十年禁捕等一系列政策,使得保护区内江豚的种群数量在逐年地增长,也可以说明南京段的江豚对于本区域的栖息地现状具有较高的适应性。动物的活动规律与其捕食对象的活动规律密切相关,海洋生态系统中的大型顶端捕食者可以随着猎物的移动而大规模迁移,以应对当地食物的限制,而长江江豚生活在淡水中,它们无法跟随猎物进行大规模迁徙<sup>[20]</sup>。南京段自成立江豚保护区以来,实行严格禁渔政策,一方面减少了捕鱼过程中对江豚的误捕、误伤;另一方面也保证了江豚有足够的食物来源。南京保护区内江豚的季节性变化也提示南京段的长江江豚可能存在上下游一定范围的移动。这种密度的季节性变化可能与食物资源的季节性变动相关,长江汛期也可能是一个原因。

2021 年 3 月 1 日长江保护法正式实行,两年间,共抓打保护、不搞大开发,修复长江生态环境摆在了压倒性的位置。《长江保护法》的禁渔制度退捕还渔,减少鱼类群落的相似性,恢复渔业生态,保证长江流

域鱼类的正常繁殖,让水生态系统休养生息<sup>[21]</sup>,为我国长江流域生物多样性保护提供了坚实的法律基础.长江十年禁渔的最终目标是为了恢复长江水生生物多样性.

在自然岸线上,几乎都有江豚的分布,但在人造岸线上,长江江豚的分布与固定堤段的所占比例呈现出明显的负相关<sup>[22]</sup>.南京长江岸线总长 280.82 km,长江南京段干流岸线占全省 23%.2022 年 4 月 28 日,南京市十六届人大常委会第三十八次会议审议了《南京市长江岸线保护条例(草案)》.条例草案拟对违法利用占用长江岸线的行为进行最严格的处罚,对水生生物和长江江豚、长吻鮠、铜鱼等珍稀物种进行最严格的保护<sup>[23]</sup>.此外海洋和淡水系统中的大型哺乳动物特别容易受到船舶交通的影响,船舶撞击通常会对大型水生哺乳动物造成致命或严重伤害.20 世纪末在长江下游发现的长江豚或白鱀豚死亡个体中,有近 30%被认为是死于船只撞击.因此加强长江执法效能,严格限制船只在指定航道内航行至关重要<sup>[24]</sup>.

自 2007 年白鱀豚被宣布“功能性灭绝”,长江江豚也成为目前生活在长江中唯一的鲸类动物.当种群面临灭绝危险时,应重点关注优质种群的保护和恢复<sup>[25]</sup>.作为长江江豚保护工作的基础,规划建立更多自然保护区,扩大保护范围,改善生态环境,尽量减少人类活动干扰,仍是保护及恢复长江江豚自然种群最重要的措施.我国长江江豚自然保护区的功能区划主要按照国际人与生物圈(MAB)计划、生物保护区的“三区”模式<sup>[26]</sup>,但是这种模式并不符合长江江豚的分布规律,也不能完全满足其栖息地保护的需要.通过科学规划,调整优化保护区范围和分区,规范管理方式,解决法律障碍,可以在一定程度上缓和经济发展与生态保护之间的矛盾,促进自然保护区的健康可持续发展<sup>[27]</sup>.除此之外,为更好地保护长江江豚,建议相关保护管理部门能够科学制定并实施保护措施,对长江江豚监测的标准化应尽早提上日程,制定截线抽样法、eDNA、被动声学等监测技术规范<sup>[28]</sup>.在长江中下游干流和重要支流,洞庭湖和鄱阳湖及重要支流等水域,按照水域的行政管辖权布置合适数量的水下被动声学监测设备,启动全天候长江江豚的监测工作<sup>[29]</sup>,促进长江江豚的保护与存续.加强就地保护,提高江苏省江豚保护区的生态环境条件,建立长江江豚监测和救护站,严格规范涉水工程建设和采砂活动.江苏省相关部门积极开展长江江豚科普宣传,让市民知道保护长江江豚的重要性.

### 3 结论

2019—2023 年,南京长江江豚呈现聚集型分布,核心分布在南京长江江心洲及潜洲、新济洲等附近水域.南京段长江江豚每年种群数量分别为 52 头、60 头、57 头、62 头和 65 头,种群数量存在着一定程度增长的趋势,且季节性明显.种群数量的增长可能是实施“长江大保护”、“十年禁渔”、长江江豚拯救行动计划等保护措施的结果.

### [参考文献]

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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(4): 260–270.
- [4] 梅志刚, 郝玉江, 郑劲松, 等. 长江江豚种群衰退机理研究进展[J]. *生命科学*, 2011, 23(5): 519–524.
- [5] 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[J]. *长江流域资源与环境*, 2000(4): 444–450.
- [6] ZHAO X, BARLOW J, BARBARA 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.
- [7] MEI Z, ZHANG X, HUANG S, et al. The Yangtze Finless Porpoise: On an accelerating path to extinction? [J]. *Biological conservation*, 2014, 172: 117–123.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 周开亚, 杨光, 高安利, 等. 南京—湖口段长江江豚的种群数量和分布特点[J]. *南京师大学报(自然科学版)*, 1998(2):



95-102.

- [11] 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[J]. 兽类学报,2005(3):302-306.
- [12] 丛丽,吴必虎,寇昕. 北京市会议产业空间格局及其影响因素研究[J]. 经济地理,2013,33(5):77-83.
- [13] 唐书培. 内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区中华斑羚家域、适宜生境及种群生存力研究[D]. 北京:北京林业大学,2019.
- [14] 长江十年禁渔成效初步显现江豚数量回升至 1249 头[J]. 渔业致富指南,2023,592(4):3-4.
- [15] 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.
- [16] 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(5):427-432.
- [17] 魏卓,张先锋,王克雄,等. 长江江豚对八里江江段的利用及其栖息地现状的初步评价[J]. 动物学报,2003(2):163-170.
- [18] 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[J]. 兽类学报,2005(3):302-306.
- [19] 邓超. 南京长江江豚省级自然保护区栖息地评价[D]. 南京:南京农业大学,2020.
- [20] YANG J W, WANG K, MEI Z G, et al. Temporal variation in the diet of Yangtze Finless Porpoise calls for conservation of semi-migratory fish[J]. Freshwater biology, 2021, 66(5):992-1001.
- [21] 蔡佳敏. 《长江保护法》再度规范禁渔制度之必要性[J]. 渔业致富指南,2023,4(6):19-25.
- [22] 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.
- [23] 姚雪青,张倩,肖日东. 苏皖两省三市单一物种流域性区域协同立法携手保护长江“微笑天使”[N]. 人民日报,2023-01-05(18).
- [24] MEI Z G, HAN Y, TURVERY 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):109-132.
- [25] WU B, WANG W, WANG H, et al. A retrospective analysis on the population viability of the Yangtze River Dolphin or Baiji (*Lipotes vexillifer*) [J]. Indian journal of animal research, 2022, 56(6):775-779.
- [26] SHAFER C L. US National park buffer zones: historical, scientific, social, and legal aspects[J]. Environmental management, 1999, 23(1):49-73.
- [27] 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.
- [28] 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] 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[J]. 水生生物学报,2021,45(6):1390-1395.

[ 责任编辑:黄 敏 ]