

文章编号:1001—7380(2022)03—0035—07

## 南京玄武湖鸟类多样性及空间分布

余恬静,刘一凡,危嘉航,陈 珑

(南京林业大学生物与环境学院,江苏 南京 210037)

**摘要:**鸟类是城市生物多样性的重要组成部分,发挥着重要的生态系统服务功能。为研究玄武湖公园的鸟类群落结构、多样性及其空间分布特征,于2021年4—12月采用固定样线法开展鸟类调查。调查共记录到鸟类49种,隶属于13目30科。通过分析鸟类群落组成状况,探讨生境对鸟类多样性及其空间分布的影响,发现玄武湖整体多样性较高,但是不同区域有一定差别,环湖路比5洲(环洲、樱洲、菱洲、梁洲、翠洲)的均匀度、丰富度和多样性指数高,优势度低;环洲和樱洲的鸟类物种相似性最高,翠洲与环洲、环湖路北段与环湖路南段相似性次之,其他区域相似性偏低。结果表明玄武湖具有较高的鸟类多样性;玄武湖不同区域鸟类的空间分布与景观格局、植被类型、人为活动密切相关。基于研究结果提出玄武湖鸟类多样性保护建议,以为生物多样性保护和管理提供科学参考。

**关键词:**玄武湖;鸟类多样性;空间分布;保护

**中图分类号:**Q958.15<sup>+</sup>5;Q958.2;Q959.7 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2022.03.006

## Avian diversity and spatial distribution of Xuanwu Lake in Nanjing

She Tianjing, Liu Yifan, Wei Jiahang, Chen Long

(College of Biology and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

**Abstract:** In order to protect the avian diversity of Xuanwu Lake and further explore the impact of urban habitat on bird diversity, this article took birds at Xuanwu Lake as the object and used fixed-transect method to survey bird assemble from April to December, 2021. A total of 49 bird species, belonging to 13 orders, 30 families, were recorded. The possible influence of habitat on the level of avian diversity was discussed by analyzing the diversity index and similarity of birds among different transects. The results showed that the overall bird diversity of Xuanwu Lake was high, but changed among different regions. The evenness, richness and diversity index of the road around were higher than those of the five isles (Huanzhou, Yingzhou, Lingzhou, Liangzhou and Cuizhou), but with lower dominance. The similarity of bird species between Huanzhou and Yingzhou was the highest, followed by that between Cuizhou and Huanzhou, next between north and south Huanhu Road. We concluded that the distribution of birds in different areas of Xuanwu Lake was closely related to the natural habitat patterns, vegetation types and human activities. To further safeguard avian diversity of Xuanwu Lake, several conservation measures were also suggested.

**Key words:** Xuanwu Lake; Avian diversity; Spatial distribution; Conservation

生物多样性是人类赖以生存和发展的基础,为人类提供了丰富的生物资源<sup>[1]</sup>,同时也发挥着重要的生态系统服务功能<sup>[2]</sup>,历来是生态学家和保护生物学家关注的重点研究主题之一。气候变暖、植被变化以及人为干扰等是鸟类多样性的重要威胁因素<sup>[3]</sup>。然而,城市化的发展正快速地改变鸟类的生存环境,可能威胁鸟类多样性<sup>[4-5]</sup>。因此,维持城市

生态系统平衡已成为城市建设的重要方面,受到社会各界的广泛重视。玄武湖是南京市最大的城内公园,发挥着重要的生态系统服务功能。目前,玄武湖仍没有开展较为系统的鸟类调查工作,对其鸟类群落结构、多样性、空间分布及其影响因素仍缺乏系统了解。因此,开展玄武湖鸟类多样性调查工作,形成科学的监测体系,在此基础上分析环境因

收稿日期:2022-04-07;修回日期:2022-04-25

基金项目:南京林业大学大学生创新训练计划项目“南京市玄武湖公园鸟类多样性研究”(2020NFUSPITP0821)

作者简介:余恬静(2001-),女,河南信阳人,大学本科生。E-mail:shetianjing@njfu.edu.cn

素对鸟类多样性及其空间分布的影响,为制定科学、合理的鸟类多样性保护策略提供依据,对促进城市的可持续发展进程具有重要意义<sup>[6]</sup>。

## 1 研究地及研究方法

### 1.1 研究地概况

玄武湖公园是江南地区最大的城内公园,是中国最大的皇家园林湖泊,更是仅存的江南皇家园林,被誉为“金陵明珠”。玄武湖公园位于江苏省南京市(32°N, 118.7°E),景区总面积 5.13 km<sup>2</sup>,湖面面积 3.78 km<sup>2</sup>。玄武湖结合山、水、园、林、城,由 5 个洲、湖面、沿湖绿地组成。5 个洲分别为环洲、樱洲、菱洲、梁洲和翠洲,是玄武湖人为景观和自然景观的聚集区。

### 1.2 研究方法及时问

调查采用固定样线法统计玄武湖公园鸟的种类和数量。以新翠洲门为起点、玄武门为终点,共设置 7 条调查样线(如图 1),样线 1—7 对应的顺序分别是环湖路北侧、环湖路南侧、翠洲、梁洲、环洲、樱洲和菱洲。调查样线覆盖林地、灌丛、草地、水域和人类活动区 5 种主要栖息地类型。



图 1 玄武湖鸟类调查样线分布示意图

2021 年 4 月 12 日至 6 月 16 日,每隔 5 d 开展 1 次鸟类调查,选择气候晴朗、风力不大的天气,在鸟类活动最为频繁的日出后 3 h 和日落前 3 h 进行<sup>[7]</sup>。调查时先用两步路 APP 确定样线起点的地理位置,然后以 2 km/h 的速度沿样线行走,仔细观察样线左右视区各 50 m 范围的鸟,采用直接计数法对鸟类群体计数。利用双筒望远镜(10×50,普徕),

结合鸟类的飞行姿态和鸣声等综合特征进行鸟类识别,记录鸟类地理位置、种类、数量,鸟类名录参考《中国鸟类野外手册》<sup>[8]</sup>。

### 1.3 多样性指数计算

#### (1) 多样性指数( $H'$ )

采用 Shannon-Wiener 指数计算,公式如下

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i)$$

其中, $S$  为物种数, $P_i$  为第  $i$  种物种的个体数量占全部物种个体数量的比例。

#### (2) 均匀度指数( $E$ )

根据 Pielou 均匀度公式计算均匀度指数,即  $E = H' / \ln S$

#### (3) 优势度( $C$ )

$$\text{计算公式: } C = \sum_{i=1}^S N_i(N_i - 1) / N(N - 1)$$

其中, $N_i$  为第  $i$  个类群的个体数, $N$  是所有类群的总个体数。

#### (4) 丰富度指数( $D_{MC}$ )

根据 Margalef 丰富度公式计算物种丰富度指数,即:  $D_{MC} = (S - 1) / \ln N$ <sup>[9]</sup>。

#### (5) 鸟类物种相似性

利用 Sorensen 指数衡量鸟类群落相似性,计算公式:  $S = 2C / (A + B)$ <sup>[10]</sup>。

$A$  和  $B$  分别为 2 个群落鸟类的物种数, $C$  代表 2 群落共有的鸟类物种数。

#### (6) 遇见率采用公式

$D = m / M \times 100\%$  计算,式中, $m$  为研究过程中该种鸟类遇见的总次数, $M$  为调查的所有鸟类遇见的总次数<sup>[11]</sup>。

#### (7) 鸟类丰富度

根据各生境实际观察到的鸟类数量,以 1 种鸟类的数量占所有鸟类总个体数的百分比计算其相对多度。依据相对多度划分鸟类数量等级: $P_i \geq 10\%$  的划分为“+++”, $P_i$  在 1%—10% 的为“++”, $P_i < 1\%$  的为“+”<sup>[12]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 鸟种类和数量

研究期间共开展鸟类调查 14 次,共记录到鸟类 49 种,3 843 只,隶属于 13 目 30 科(见表 1)。其中,样线 2 发现鸟的种类和数量最多,为 44 种 1 739 只,隶属 28 个科。样线 1 共发现鸟 35 种 1 238 只,

隶属 25 个科。绿地面积较大的环湖路物种种类和数量均高于其他 5 个洲。菱洲鸟种类和数量均最少,原因可能是由于菱洲有大面积的收费项目,游人密度高,人为干扰大,不利于鸟类的栖息。

表 1 玄武湖不同样线鸟种类及数量

中文名	拉丁名	样线							合计	频度	多度
		1	2	3	4	5	6	7			
绿头鸭	<i>Anas platyrhynchos</i>	2	10						12	0.31	+
赤麻鸭	<i>Tadorna ferruginea</i>		10						10	0.26	+
噪鹛	<i>Eudynamis scolopaceus</i>	5	1						6	0.16	+
山斑鸠	<i>Streptopelia orientalis</i>	22	36	2		2	4		66	1.72	++
珠颈斑鸠	<i>S. chinensis</i>	52	23			3	4		82	2.13	++
黑水鸡	<i>Gallinula chloropus</i>	48	141	13	6	10	5	4	227	5.91	++
白骨顶	<i>Fulica atra</i>		14						14	0.36	+
小鸊鷉	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	36	85	16	14	6	3	9	169	4.40	++
普通鸬鹚	<i>Phalacrocorax carbo</i>	46	4	2		2	1		55	1.43	++
黄苇鳉	<i>Ixobrychus sinensis</i>		1						1	0.03	+
夜鹭	<i>Nycticorax nycticorax</i>	36	63	9	11	5	1	3	128	3.33	++
白鹭	<i>Egretta garzetta</i>	9	10		2		1		22	0.57	+
池鹭	<i>Ardeola bacchus</i>	9	14						23	0.60	+
黑鸢	<i>Milvus migrans</i>	2	3			1	4		10	0.26	+
戴胜	<i>Upupa epops</i>		1						1	0.03	+
普通翠鸟	<i>Alcedo atthis</i>	2	1						3	0.08	+
星头啄木鸟	<i>Dendrocopos canicapillus</i>	2	7						9	0.23	+
大斑啄木鸟	<i>D. major</i>	1	1	1					3	0.08	+
红隼	<i>Falco tinnunculus</i>	1			1				2	0.05	+
小灰山椒鸟	<i>Pericrocotus cantonensis</i>		2						2	0.05	+
红尾伯劳	<i>Lanius cristatus</i>		1						1	0.03	+
棕背伯劳	<i>L. schach</i>	1	6						7	0.18	+
黑卷尾	<i>Dicrurus macrocerus</i>				1				1	0.03	+
灰喜鹊	<i>Cyanopica cyanus</i>	23	97	14	41	23		3	201	5.23	++
喜鹊	<i>Pica pica</i>	45	25	10	4	9	4	7	104	2.71	++
红嘴蓝鹊	<i>Urocissa erythrorhyncha</i>							1	1	0.03	+
大山雀	<i>Parus cinereus</i>	22	20	19	2	7	5		75	1.95	++
红耳鹎	<i>Pycnonotus jocosus</i>		1						1	0.03	+
白头鹎	<i>P. sinensis</i>	94	295	26	30	49	35	27	556	14.47	+++
家燕	<i>Hirundo rustica</i>	12	46						58	1.51	++
银喉长尾山雀	<i>Aegithalos glaucogularis</i>	74	83	16		22	1		196	5.10	++
红头长尾山雀	<i>A. concinnus</i>	15	25						40	1.04	++
黄眉柳莺	<i>Phylloscopus inornatus</i>			7					7	0.18	+
黄腰柳莺	<i>P. proregulus</i>		3						3	0.08	+
褐柳莺	<i>P. fuscatus</i>		1						1	0.03	+
画眉	<i>Garrulax canorus</i>	10		1					11	0.29	+
黑脸噪鹛	<i>G. perspicillatus</i>	16	23	8		1		1	49	1.28	++
棕头鸦雀	<i>Sinosuthora webbiana</i>	18	41	14	4	15		31	123	3.20	++
八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	28	58	8	10	12	5	3	124	3.23	++
灰椋鸟	<i>Spodiopsar cinereus</i>	46	163	3		3	19	3	237	6.17	++
丝光椋鸟	<i>S. sericeus</i>	219	51		36				306	7.96	++
乌鸫	<i>Turdus mandarinus</i>	65	114	19	16	34	15	4	267	6.95	++
鹊鸚	<i>Copsychus saularis</i>	30	11		6	2	2		51	1.33	++
红胁蓝尾鸲	<i>Tarsiger cyanurus</i>	2	4						6	0.16	+
北红尾鸲	<i>Phoenicurus aureoreus</i>		4						4	0.10	+
麻雀	<i>Passer montanus</i>	238	215	15	6	53	6	1	534	13.90	+++
白腰文鸟	<i>Lonchura striata</i>		5						5	0.13	+
白鹡鸰	<i>Motacilla alba</i>	3	19					2	24	0.62	+
金翅雀	<i>Chloris sinica</i>	4	1						5	0.13	+
个体总数		1 238	1 739	203	190	259	115	99	3 843		
物种数		35	44	19	16	19	17	14	49		

由遇见率结果可知(见表 2),白头鹎、乌鸫、麻雀、小鸊鷉和黑水鸡的遇见率高,属于优势种。赤麻鸭、戴胜、红尾伯劳、黑卷尾、红嘴蓝鹊、红耳鹎、黄眉柳莺和褐柳莺皆占总数的 0.07%,属于偶见种。经研究发现,

黑水鸡、小鸊鷉、夜鹭、喜鹊、白头鹎、八哥、乌鸫、麻雀在 7 条样线中都有记录;而赤麻鸭、戴胜、红尾伯劳、黑卷尾、红嘴蓝鹊、红耳鹎、黄眉柳莺和褐柳莺分布范围较窄,仅在局部区域分布。

表 2 玄武湖不同样线鸟类遇见次数

中文名	拉丁名	样线							合计	遇见率/%
		1	2	3	4	5	6	7		
绿头鸭	<i>Anas platyrhynchos</i>	1	2						3	0.21
赤麻鸭	<i>Tadorna ferruginea</i>		1						1	0.07
噪鹛	<i>Eudynamys scolopaceus</i>	4	1						5	0.35
山斑鸠	<i>Streptopelia orientalis</i>	12	23	1		2	2		40	2.77
珠颈斑鸠	<i>S. chinensis</i>	16	18			3	4		41	2.84
黑水鸡	<i>Gallinula chloropus</i>	17	54	7	5	3	4	3	93	6.43
白骨顶	<i>Fulica atra</i>		3						3	0.21
小鸊鷉	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	22	58	7	9	2	3	7	108	7.47
普通鸬鹚	<i>Phalacrocorax carbo</i>	1	3	2		1	1		8	0.55
黄苇鳉	<i>Ixobrychus sinensis</i>		1						1	0.07
夜鹭	<i>Nycticorax nycticorax</i>	18	27	6	6	3	1	3	64	4.43
白鹭	<i>Egretta garzetta</i>	5	7		2		1		15	1.04
池鹭	<i>Ardeola bacchus</i>	9	9						18	1.24
黑鸫	<i>Milvus migrans</i>	1	3			1	1		6	0.41
戴胜	<i>Upupa epops</i>		1						1	0.07
普通翠鸟	<i>Alcedo atthis</i>	1	1						2	0.14
星头啄木鸟	<i>Dendrocopos canicapillus</i>	1	3						4	0.28
大斑啄木鸟	<i>D. major</i>	1	1	1					3	0.21
红隼	<i>Falco tinnunculus</i>	1			1				2	0.14
小灰山椒鸟	<i>Pericrocotus cantonensis</i>		2						2	0.14
红尾伯劳	<i>Lanius cristatus</i>		1						1	0.07
棕背伯劳	<i>L. schach</i>	1	5						6	0.41
黑卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>				1				1	0.07
灰喜鹊	<i>Cyanopica cyanus</i>	13	40	4	6	9		2	74	5.12
喜鹊	<i>Pica pica</i>	25	18	6	3	5	4	6	67	4.63
红嘴蓝鹊	<i>Urocissa erythrorhyncha</i>						1		1	0.07
大山雀	<i>Parus cinereus</i>	10	17	8	2	3	3		43	2.97
红耳鹎	<i>Pycnonotus jocosus</i>		1						1	0.07
白头鹎	<i>P. sinensis</i>	42	84	9	12	14	10	12	183	12.66
家燕	<i>Hirundo rustica</i>	7	20						27	1.87
银喉长尾山雀	<i>Aegithalos glaucogularis</i>	16	12	4		5	1		38	2.63
红头长尾山雀	<i>A. concinnus</i>	1	3						4	0.28
黄眉柳莺	<i>Phylloscopus inornatus</i>			1					1	0.07
黄腰柳莺	<i>P. proregulus</i>		2						2	0.14
褐柳莺	<i>P. fuscatus</i>		1						1	0.07
画眉	<i>Garrulax canorus</i>	1		1					2	0.14
黑脸噪鹛	<i>G. perspicillatus</i>	8	10	1		1		1	21	1.45
棕头鸦雀	<i>Sinosuthora webbiana</i>	7	7	3	2	1		3	23	1.59
八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	16	28	2	5	8	3	2	64	4.43
灰椋鸟	<i>Spodiopsar cineraceus</i>	15	25	1		2	2	2	47	3.25
丝光椋鸟	<i>S. sericeus</i>	9	10		6				25	1.73
乌鸫	<i>Turdus mandarinus</i>	50	73	8	12	13	11	4	171	11.83
鹊鸚	<i>Copsychus saularis</i>	10	8		4	1	1		24	1.66
红胁蓝尾鸲	<i>Tarsiger cyanurus</i>	2	3						5	0.35
北红尾鸲	<i>Phoenicurus auroreus</i>		4						4	0.28
麻雀	<i>Passer montanus</i>	77	67	5	3	10	3	1	166	11.48
白腰文鸟	<i>Lonchura striata</i>		3						3	0.21
白鹡鸰	<i>Motacilla alba</i>	1	16					2	19	1.31
金翅雀	<i>Chloris sinica</i>	1	1						2	0.14
遇见次数		422	677	77	79	87	55	49	1 446	

## 2.2 不同样线多样性分析

样线2物种多样性指数最高,样线1次之,样线7的物种多样性指数最低。城市景观中,景观异质性是影响物种多样性的关键因子<sup>[13]</sup>。样线1与样线2均为环湖路,位于水陆生态交错带,植被条件好,乔木层盖度高,有较多的灌丛和湿地,水生植物多。有研究表明,人类干扰较少的区域具有较高的鸟类多样性<sup>[14-15]</sup>,样线2距离居民区远,样线1经过的南京站,是南京铁路枢纽的重要组成部分,规模大,客流量大,常有游客由此进入玄武湖观赏游玩,故此处人为干扰较大,虽然栖息地类型相似,但多样性低于样线2。样线7位于菱洲,沿着廊道散步游憩的游客较多,对生境干扰大。另外,生境破碎化是城市生物多样性减少的主要原因之一<sup>[4]</sup>,该样线建筑较多,生境破碎化程度高,因此多样性较低。

表3 不同样线鸟种类多样性指数

样线	$H'$	$E$	$C_{MC}$	$D$
1	2.816 7	0.792 2	0.091 6	4.774 4
2	2.931 5	0.770 1	0.077 2	5.897 3
3	2.707 6	0.919 6	0.070 0	3.387 8
4	2.299 0	0.829 2	0.125 6	2.858 8
5	2.400 3	0.815 2	0.116 9	3.239 3
6	2.286 2	0.806 9	0.144 0	3.372 0
7	2.024 4	0.767 1	0.185 1	2.829 1

样线1,2和7的鸟类均匀度指数均小于0.8,其余样线鸟类均匀度指数均大于0.8。其原因可能是样线1和2较长,树种丰富,可为不同鸟类提供栖息环境,而样线3,4,5,6中,树种相对单一且成片,鸟类栖息环境相对单一,从而导致均匀度增加;另外有研究表明,人为干扰强弱也可能影响鸟类的均匀度<sup>[16]</sup>,环湖路外侧环境分布各不相同,或为绿地、树林或为车站、商圈、立交桥、古建筑、学校、医院等,样线7北端为菱洲生态乐园,南端靠近鸡鸣寺,游客数量大,干扰频次高,影响了鸟类的栖息与活动。

样线1—3的优势度较低,其他样线较高。多样化的环境提供丰富的资源,对应的物种多样性相对较高。样线3虽然路线较短,但是环岛中森林郁闭度较高,受人为干扰较少,因此多样性较高。人为干扰影响鸟类诸多方面,如种群数量、觅食、空间分布、繁殖、生境、物种多样性和群落结构等<sup>[17]</sup>。玄武湖在周末以及节假日人流量大,会对鸟类优势度产

生影响。

在7条样线中,样线2鸟类丰富度最大,其次是样线1,可能原因是样线2和1的绿地面积比5个洲大。研究表明,城市鸟类丰富度与绿地面积之间存在极强的正相关关系<sup>[18-19]</sup>。面积大的样线有利于缓解边缘效应和外界干扰,比面积小的样线更适合鸟类长时间停留和生存<sup>[20]</sup>。此外,在绿地面积小或缺失的区域也有连续不断的行道树连通了相邻的绿地,减少了生境破碎化的程度,有利于鸟类的栖息与繁衍。相比之下,距离短、绿地少的样线7鸟类丰富度最小。

## 2.3 物种相似度指数分析

7条样线的相似系数详见表4。Whittaker认为,相似性指数达到60%时可认为群落相似性较高<sup>[21]</sup>。相似性最高的是样线5,6。从地理位置不难发现,样线5(环洲)对样线6(樱洲)整体呈环抱形态,将樱洲3面包围,虽然各为独立的岛屿,以桥为廊道连接,但是环洲和樱洲距离近,基本上不会对鸟类的飞行造成阻碍,加之玄武湖的开发建设多采用相同的树种组合,形成了相似的景观格局,所以2者的生境以及鸟类的相似度极高。表4中数据显示了环湖绿地与5个洲之间的鸟类相似度普遍较低,而五洲之间相似度大小的规律基本上是距离愈近相似度愈高,距离愈远相似度愈低,具有一定的岛屿特征。鸟种类的相似性间接反映了生境环境的相似性<sup>[22]</sup>。

表4 玄武湖公园不同样线鸟类群落相似性

样线	1	2	3	4	5	6	7
1	1.000						
2	0.835	1.000					
3	0.667	0.540	1.000				
4	0.588	0.467	0.629	1.000			
5	0.704	0.603	0.842	0.686	1.000		
6	0.654	0.557	0.722	0.667	0.889	1.000	
7	0.531	0.448	0.727	0.667	0.727	0.581	1.000

## 3 讨论与结论

### 3.1 玄武湖鸟类多样性

研究表明,玄武湖具有较高的鸟类多样性。与研究结果类似,有报道表明玄武湖公园鸟类多样性高,且高于大多数其他南京城市公园<sup>[23]</sup>。玄武湖兼有湖泊湿地,鸟类均匀度指数高于广东树木公

园<sup>[24]</sup>、广州麓湖公园<sup>[25]</sup>以及鄱阳湖鲤鱼洲白鹤小镇<sup>[26]</sup>这些城市(镇)湿地(公园)。可能是由于公园面积是影响鸟类多样性和丰富度最重要的因子之一<sup>[27]</sup>,而玄武湖是江南地区面积最大的城内公园。玄武湖栖息地类型丰富,植被多样性高,在发挥着游憩功能的同时也支持着大量的鸟类在此栖息,呈现较高的鸟类多样性。

### 3.2 玄武湖鸟类空间分布影响因素

玄武湖内不同样线的多样性整体较高,但空间分布也有一定差异。造成差异的原因主要是:

(1)景观格局不同:根据对千岛湖岛屿鸟类多样性的研究表明,岛屿与陆地的鸟类多样性有差异<sup>[28]</sup>。玄武湖5个洲形成了一定隔离度的岛屿格局,造成了5个洲与环湖绿地鸟类多样性的差异。

(2)人为干扰的影响:有研究表明,人类干扰程度越大的区域鸟类多样性越低<sup>[29]</sup>。与相关研究类似,玄武湖的5个洲经常举办活动,人为干扰比环湖绿地大,因此多样性也相应较低。

(3)植被结构不同:鸟类多样性与植物多样性、乔木的平均胸径呈显著正相关<sup>[30]</sup>。5个洲的植被类型多为草地和常见稀疏灌木,而环湖绿地则种植有高大的悬铃木、池杉等乔木,植物多样性高,结构层次明显,可为多种鸟类提供适宜栖息地。

对玄武湖鸟类均匀度、优势度、丰富度和多样性指数的结果分析表明,玄武湖具有较高的鸟类多样性,其不同区域鸟类空间分布与景观格局、植被类型、人为活动密切相关。

## 4 建议

基于本研究结果,为提高玄武湖鸟类多样性,实现人鸟和谐,提出如下建议:

(1)适当限制游客数量,尤其是节假日,保证园内实时游客数量和密度在公园的承载范围内、在鸟类对人类干扰的容忍度内。节假日游客暴增,举办活动频繁,影响鸟类的正常生命活动,特别是体型小的鸟类,更易受到影响<sup>[31]</sup>,导致鸟类数量减少、多样性降低、群落结构趋于单一化<sup>[32-35]</sup>。

(2)合理规划绿地的面积、层次和格局,提高绿地的空间异质性和生境的稳定性。多层复合植被的生境更加利于鸟类栖息、觅食和繁殖<sup>[36-38]</sup>;注重阔叶林与灌木丛相结合,尽量营造多样化的微生境<sup>[39]</sup>。另外,恢复沿湖植被,提高植被的层次结构,有利于鸟类丰富度的增加<sup>[40]</sup>。

(3)合理选择树种。多选用木本植物,研究发现,木本植物种类越多,植食性、肉食性、食虫性、杂食性等鸟类集团在秋冬季的多度越高<sup>[37,41]</sup>,而且高大乔木有利于鸟类筑巢、躲避人类干扰;食物的可获得性影响鸟类对生境的选择,多种植浆果树,保证有一定数量的冬季着果的浆果类树木,以满足鸟类冬季生存最低限度的取食需求<sup>[42]</sup>;不同树种搭配种植,增加树种的多样性,可以缓解城市景观中鸟类种类同质化现象<sup>[43]</sup>。

(4)减少对灌木和乔木树冠的修剪。乔木、灌木和草地是鸟类栖息和觅食的重要场所。灌木绿化带是人类与鸟类的天然屏障。为了达到减少视线遮挡、美化景观的效果,城市公园会定期维护植被的外观状态,这种做法很可能破坏城市鸟类多样性<sup>[44]</sup>。

(5)发动观鸟爱好者对玄武湖进行长期的鸟类多样性监测。在时间尺度上收集更多的数据,为玄武湖乃至为南京市鸟类多样性保护积累更丰富、更准确的本底资料。

### 参考文献:

- [1] 刘新平,付水广,余明泉.中国生物多样性及其保护的综述[J].南昌高专学报,2006(2):97-100.
- [2] 戴文龙.崇明东滩主要自然群落与人工恢复群落的生态功能比较[D].上海:华东师范大学,2017.
- [3] 王娜.中国鸟类物种丰富度与群落结构的分布及其影响因素[D].呼和浩特:内蒙古大学,2021.
- [4] 戚仁海.生境破碎化对城市化地区生物多样性影响的研究[D].上海:华东师范大学,2008.
- [5] 李俊生,高吉喜,张晓岚,等.城市化对生物多样性的影响研究综述[J].生态学杂志,2005,24(8):953-957.
- [6] 陈波.城市生物多样性及其保护途径[J].浙江农业学报,2009,21(1):71-76.
- [7] 刘大钊,周立志.安徽安庆菜子湖国家湿地公园景观格局变化对鸟类多样性的影响[J].生态学杂志,2021,40(7):2201-2212.
- [8] 约翰·马敬能,卡伦·菲利普斯,何芬奇.中国鸟类野外手册[M].长沙:湖南教育出版社,2000.
- [9] 张伯莲,谷金学,谷彦昌,等.黑龙江大沾河湿地自然保护区鸟类群落结构调查及其多样性分析[J].四川动物,2009,28(6):933-939.
- [10] 闫慧,李敏,杨贵生.内蒙古白银库伦鸟类多样性研究[J].四川动物,2011,30(3):424-428.
- [11] 孙忻,王丽.北京小龙门森林鸟类群落划分与生态分析[J].生态学杂志,2001,20(5):25-31.
- [12] 刘喜悦,李世纯,孙悦华,等.长白山次生林繁殖鸟的群落结构[J].动物学报,1998,44(1):11-19.

- [13] 王茜,刘智存,刘天宇,等.城市鸟类多样性研究中的多维度探索研究进展[J/OL].生态学杂志,2001,20(4):1-6.
- [14] 孙勇,鲁长虎,王征,等.长广溪国家城市湿地公园鸟类群落结构及季节动态[J].四川动物,2015,34(4):541-547.
- [15] 戴年华,蒋剑虹,赖宏清,等.江西鄱阳湖共青城市区域鸟类多样性研究[J].江西科学,2012,30(6):733-739.
- [16] 赵彬彬.鸕落坪夏季鸟类对不同人为干扰的响应机制[D].合肥:安徽大学,2021.
- [17] 王学文.鸟类应对干扰的响应策略[D].上海:华东师范大学,2019.
- [18] 隋金玲,李凯,胡德夫,等.城市化和栖息地结构与鸟类群落特征关系研究进展[J].林业科学,2004,40(6):147-152.
- [19] BLAKE J G, KARR J R. Breeding birds of isolated woodlots: Area and habitat relationships[J]. Ecology, 1987, 68(6): 1724-1734.
- [20] 吴贤斌,李洪远,黄春燕,等.城市绿地结构与鸟类栖息生境的营造[J].环境科学与管理,2008,33(6):150-153.
- [21] WHITTAKER R H. Ordination of plant communities [M]. Bostan, The Hague, Netherlands:Dr W Junk Publishers, 1978.
- [22] 王玉玲,张霁.河南漯河开源森林公园鸟种类及多样性研究[J].商丘师范学院学报,2019,35(6):25-29.
- [23] 杨雪如.南京城市公园鸟类多样性及其影响因素[D].南京:南京师范大学,2021.
- [24] 郭乐东,孙松,李哲泓,等.广东树木公园鸟类多样性及群落结构变化特征[J].野生动物学报,2022,43(1):121-130.
- [25] 胡君梅,丁志锋,王玲,等.广州城市绿地鸟类物种多样性的时空变化[J].野生动物学报,2017,38(1):44-51.
- [26] 陆远鸿,翁晓东,卢萍,等.江西鄱阳湖鲤鱼洲白鹤小镇鸟类多样性研究[J].江西师范大学学报(自然科学版),2021,45(2):172-179.
- [27] 刘珺.中国城市公园鸟类物种多样性与群落结构的分布格局及其机制[D].呼和浩特:内蒙古大学,2019.
- [28] 李必成.千岛湖岛屿鸟类多样性格局与海南鸕繁殖生态学研[D].杭州:浙江大学,2007.
- [29] 杨敏,吴庆明,齐锐,等.春季人为干扰活动对扎龙湿地鸟类群落结构影响的初步研究[J].野生动物,2008,29(3):118-120.
- [30] 毕骄.城市公园绿地植被结构与鸟类多样性关系研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2019.
- [31] 庄艳美,孔繁花,尹海伟,等.城市绿地空间格局对鸟类群落影响的研究进展[J].南京林业大学学报(自然科学版),2012,36(3):131-136.
- [32] 王巧艳,吴逸群,刘建文,等.渭南市及市郊秋冬季鸟类群落结构及多样性分析[J].湖北农业科学,2013,52(2):398-401.
- [33] 牛俊英,王玉.焦作城市园林夏季鸟类多样性初探[J].焦作师范高等专科学校学报,2007,23(3):76-78.
- [34] 王本耀,王小明,王天厚,等.上海闵行区园林鸟类群落嵌套结构[J].生态学报,2012,32(9):2788-2795.
- [35] 吴金亮,付焱.云南楚雄市鸟类多样性的研究[J].云南大学学报(自然科学版),1998,20(5):392-394.
- [36] 隋金玲,张志翔,胡德夫,等.北京市区绿化带内鸟类食源树种研究[J].林业科学,2006,42(12):83-89.
- [37] 谭丽凤,杨昌尚.柳州城市公园冬季鸟类食源树种调查研究[J].安徽农业科学,2010,38(34):19428-19430.
- [38] 姚月华,颜玉娟.柳州冬季观果树种应用与鸟类多样性调查研究[J].南方园艺,2014,25(1):19-21,35-35.
- [39] 邓娇,晏玉莹,张志强,等.城市化对长沙市城区城市公园繁殖期鸟类物种多样性的影响[J].生态学杂志,2014,33(7):1853-1859.
- [40] 贾少波,赛道建,朱江.东昌湖春季鸟类群落多样性初步研究[J].动物学杂志,2001,36(4):40-44.
- [42] 杨刚,许洁,王勇,等.城市公园植被特征对陆生鸟类集团的影响[J].生态学报,2015,35(14):4824-4835.
- [42] 毛志滨,郝日明.观果树种配植与城市鸟类生物多样性保护[J].江苏林业科技,2005,32(1):11-13.
- [43] 赵伊琳,王成,白梓彤,等.城市化鸟类群落变化及其与城市植被的关系[J].生态学报,2021,41(2):479-489.
- [44] 葛振鸣,王天厚,施文或,等.环境因子对上海城市园林春季鸟类群落结构特征的影响[J].动物学研究,2005,26(1):17-24.