规划设计

# 基于水鸟多样性提升的天福国家湿地公园生态修复成效评估*

许媛媛[1] 张影宏[2] 刘钺昕[2] 吴赟頔[2] 朱 颖[1,3]

1 苏州科技大学建筑与城市规划学院 江苏苏州 215011
2 苏州市湿地保护管理站 江苏苏州 215000
3 江苏太湖湿地生态系统国家定位观测站 江苏苏州 215000

**摘要**：水鸟多样性是衡量湿地生态健康的关键指标，也是湿地生态修复的重要内容。文章以苏州天福国家湿地公园生态恢复区为研究对象，通过实地调研和数据分析对场地生态修复设计成效进行分析，探究生境变化对水鸟多样性的影响。结果表明：1）研究区记录到 209 种鸟类，其中鸻鹬类、鹭类、雁鸭类分别占总种数的 39%、26%、22%，Shannon-Wiener 多样性指数由 2.34 增加至 3.36，水鸟多样性显著提升。2）整体水域面积增加 22.76 $hm^2$，水体最短轴大于 50 m，最长轴大于 150 m，紧凑度大于 0.4，提升了湿地环境容纳量，为多种水鸟提供适宜的栖息场地。3）场地地形坡度小于 10%，水岸岸线发育系数大于 2，近圆率小于 0.9，植被类型以乡土草本植物为主，共 77 种，植被覆盖度为 40%~70%，植被高度为 30~40 cm，满足水鸟对栖息场地食源、隐蔽条件等的需求。综上，研究区的生境变化与水鸟多样性提高息息相关，生态修复设计对生物多样性保护和提升发挥积极作用。

**关键词**：水鸟多样性；湿地生态修复；天福国家湿地公园
DOI：10.12169/zgcsly.2022.12.14.0002

## Assessment of Ecological Restoration Effects in Tianfu National Wetland Park Based on Enhancement of Waterfowl Diversity

Xu Yuanyuan[1] Zhang Yinghong[2] Liu Yuexin[2] Wu Yundi[2] Zhu Ying[1,3]

(1. School of Architecture and Urban Planning, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215011, Jiangsu, China; 2. Suzhou Wetland Conservation Management Station, Suzhou 215000, Jiangsu, China; 3. National Positioning Observatory of Taihu Lake Wetland Ecosystem, Suzhou 215000, Jiangsu, China)

**Abstract**: The diversity of waterfowl is a key indicator of wetland ecological health and an important content of wetland ecological restoration. This paper takes the ecological restoration area of Tianfu National Wetland Park in Suzhou as the research object to analyze the effect of ecological restoration design of sites through field investigation and data analysis, and explores the impact of habitat change on waterfowl diversity. The results are as follows: 1) 209 species of birds are recorded in the study area, of which shorebirds, herons and wild ducks account for 39% , 26% and 22% , respectively. The Shannon-Wiener

收稿日期：2022-12-14
* 基金项目：教育部人文社会科学研究项目（17YJAZH137）；苏州科技大学风景园林学学科建设项目；江苏省企业研究生工作站项目；江苏省太湖湿地生态系统国家定位观测研究站项目

第一作者：许媛媛（1999-），女，硕士，研究方向为地域生态环境与景观规划。E-mail：1214406466@qq.com
通信作者：朱颖（1973-），女，博士，教授，研究方向为地域生态环境与景观规划。E-mail：zhuying@mail.usts.edu.cn

diversity index increases from 2. 34 to 3. 15, and the diversity of waterfowl increases significantly; 2) The total water area increases by 22. 76 ha, and the shortest axis of the water body is more than 50 m, while the longest axis is more than 150 m, with the compactness at more than 0. 4, which increases the environmental capacity of wetland and provide suitable habitats for a variety of waterfowls; and 3) The slope gradient of the site is less than 10% , the shoreline development coefficient is more than 2, and the near-circle ratio is less than 0. 9. The vegetation is composed of 77 species, dominated by native herbaceous plant. The vegetation coverage ranges from 40% to 70%, and the vegetation height is between 30-40 cm. This means that the site can meet the needs of waterfowls for forage and shading. In conclusion, the habitat change in the study area is closely related to the improvement of waterbird diversity, and the ecological restoration design can play an active role in the protection and promotion of biodiversity.

**Keywords**: waterfowl diversity; wetland ecological restoration; Tianfu National Wetland Park

水鸟是湿地生态系统最重要的组成部分之一，也是湿地生态环境健康的重要指示性物种，其多样性提高能够直接体现湿地生态环境质量的提升[1-3]。我国水鸟种类较多，分布较广。近年来随着城市化的快速发展导致大量自然湿地退化，水鸟栖息地面积出现萎缩，水鸟种群数量呈下降趋势[4]。水鸟及其栖息地保护已成为湿地生物多样性研究的热点。

水、隐蔽条件、食源与干扰因素是水鸟栖息地选择的重要影响要素。目前已有研究表明，开阔水域为水鸟提供充足的鱼类食源，草滩可以为水鸟提供丰富的苔草食源[5-7]。湿地水位通过影响水域面积而对水鸟的觅食区域与食源分布产生影响，水位过低和水生植被减少是栖息地雁鸭类水鸟种群下降的主要原因[8-9]。丰富的水域形态以及湿地水岸微地形的生态设计可以提升水生生物多样性，保证水鸟食源的充足[10]，曲折不规则形式的水岸线有利于水陆间物质能量交换，促进湿地生态系统中的食物链循环，对水鸟多样性提高大有裨益[11-12]。植被是水鸟的重要食物来源[13]，其覆盖度、高度对栖息地隐蔽条件具有较大影响，适宜的植被特征可以保证湿地水鸟活动的安全性[14-16]。综上，湿地修复与水鸟栖息地恢复密切相关，但已有的湿地恢复研究较少考虑以水鸟多样性提高为目标的湿地生态修复成效评估。

因此，以 2016 年改造的天福国家湿地公园为研究地，从湿地生态修复与水鸟多样性提高的角度，分析场地生态修复前后鸟类种群和湿地生境的变化，评估水鸟多样性提高的生态修复措施，以期为湿地生态修复设计提供参考。

## 1　研究区概况与生态修复方案

### 1.1　研究区概况

天福国家湿地公园位于江苏省昆山市花桥镇，是以村庄、农田、鱼塘等为基础建立的，属于北亚热带南部季风气候区，四季分明、温暖湿润、雨水丰沛、光照充足，全年平均气温为 16.5 ℃，年平均降水量 1 447 mm，常年主导风向为东南风，次主导风向为西北风。公园总面积约为 779.54 $hm^2$，湿地面积总和约为 495.94 $hm^2$，湿地恢复率约 63.62%。湿地公园以水稻田为主，包括池塘、河流、沼泽等多种类型，为多种水鸟种群提供生存、栖息、越冬、繁衍及生长场所。

研究区域位于公园东北角，占地 52 $hm^2$。2016 年末为实现以鸻鹬类和雁鸭类为代表的湿地水鸟多样性提升的目标，开始对场地进行生态修复，2017 年至今，研究区水鸟多样性得到显著提高，区域内鸟类物种数量逐年提升，成为浅滩湿地修复的典范。

### 1.2　生态修复方案

为避免人为活动带来的干扰，根据国际重要保育组织 IUCN 之保护区经营管理原则设定和国家林草局分区管理标准，将研究区由中心向外围进行分区，依次为保育核心区、保护缓冲区、宣教展示区，并依据各个区域不同的功能定位进行空间设计与访客管理（表 1）。同时，为减少周边村庄居民活动对场地带来的干扰，在研究场地最外围沿圩区设置了以乡土植物为主的绿化隔离带，为鸟类提供食源。

为营造多样化栖息地，满足水鸟栖息需求，

研究区在水域、微地形、植被 3 个方面进行修复设计。1）水域方面：开挖 8 个规模不一的水塘，在冬季对场地原有水稻田进行灌水以增加场地水域面积（图 1）。8 个水塘水深设计各不相同，其中 8#为大型水塘，水深控制在 1.2 m 以内；3#、4#、5#、6#、7#水塘设计成深水区，水深控制在 1.0 m 以内；1#、2#水塘为浅水区，水深小于 0.5 m。2）微地形方面：对场地水岸进行改造设计，在竖向上以缓坡形式入水，平面上设计蜿蜒曲折有较强连续性的水岸线。3）植被方面：场地采用自然恢复的方式，并且根据不同水鸟生境偏好对不同水域进行适度改造。在浅水区种植水芹（*Oenanthe javanica*）、慈姑（*Sagittaria trifolia* subsp. *leucopetala*）等植物，深水区种植菱（*Trapa bispinosa*）等浮叶型植物。

表 1 研究区主要分区及特点

| 主要分区 | | 分区面积/hm$^2$ | 特征与功能 | 开放程度 |
|---|---|---|---|---|
| 保育核心区 | | 13.86 | 维持生态草泽的状态,提供充裕的栖息环境 | 禁止访客进入 |
| 保护缓冲区 | 生态埤塘区 | 12.31 | 划分为浅水区和深水区,满足不同水鸟对栖息环境的多样化需求 | 禁止访客进入 |
| | 水稻生产区 | 20.42 | 作为缓冲屏障,并进行季节性灌水,在不同季节为多种水鸟提供生活、觅食空间 | |
| 宣教展示区 | | 4.15 | 以科普展示生态修复与环境监测的内容为主 | 访客限制性进入 |
| 绿化隔离带 | | 1.26 | 多选择乡土植物,减少周边村庄居民活动对场地带来的干扰 | 允许访客进入 |

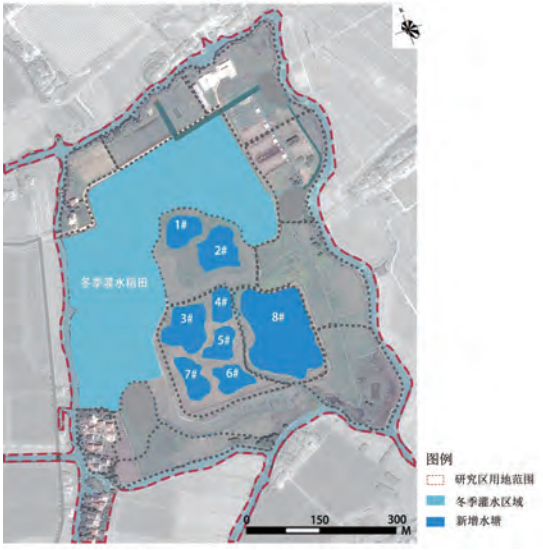



图 1 研究区水域分布

## 2 研究方法

### 2.1 鸟类调查

本研究在场地生态修复完成之后，每月定期在晨昏两个时段采用“样带法”进行鸟类调查，2 名调查人员同时以 1~2 km·h$^{-1}$的速度行进，对样线及样点 100 m 范围内样带进行鸟类种类与数量的记录。鸟类鉴别依据《中国鸟类野外手册》《Birds of East Asia》，鸟类分类系统划分依据《中国鸟类分类与分布名录》（第三版）。

### 2.2 湿地生境调查

本研究通过实地调研以及相关文献资料获取水域面积、水域形态、水位变化、岸线微地形等数据，分析场地生态修复后的生境变化。

### 2.3 植被调查

根据研究区实际情况，选取 45 块人类活动较少的用地。依据已有的植物野外清查的研究方法[17]，在每个样地中随机选取 3 个 1 m×1 m 样方，一共 135 个样方。每个样方框分割成 25 个 20 cm×20 cm 的小方格以便估算植被特征数据。调查记录样方内植被种类、覆盖度、高度，参照《中国植物志》和《江苏植物志》进行植物种类鉴别，覆盖度和高度采用目测法进行估算。

### 2.4 数据分析

本研究选择 Shannon-Wiener 多样性指数（$H'$）[18]分析区域内水鸟群落多样性变化。选取最长轴（L）、最短轴（$L_1$）、紧凑度（C）3 个几何形态指标[19]用于分析区域内水域规模与开阔程度，其中最长轴和最短轴分别表示过水塘中心点相距最长和最短的两点间的距离；紧凑度 C 指数反映水面开阔程度，数值越大，水面越开阔[19]。

## 3 结果与分析

### 3.1 鸟类群落组成与多样性变化

生态修复完成后，研究区共记录到 13 目 41 科 209 种鸟类，其中鸻鹬类、鹭类、雁鸭类分别占总种数的 39%、26%、22%。留鸟占总数的 21%，夏候鸟占 17%，冬候鸟占 42%，过境鸟占

20%。发现世界自然保护联盟（IUCN）近危（NT）等级的鸟类 5 种，易危（VU）等级 1 种，濒危（CR）等级 1 种，极危（EN）等级 1 种。

图 2 表明，2016—2020 年鸟类 Shannon-Wiener 多样性提升较为明显，由 2.34 增加至 3.36，并保持平稳趋势。由图 3 可知，2017 年 7—12 月，除 8 月外，每月平均增幅为 28%～33%，且至少新发现 6～10 种鸟类过境或栖息，鸟种数较修复之前增加 43%。截止 2020 年，区域内水鸟种类由 2016 年的 110 种增加到 209 种，其中鸻鹬类鸟种数增幅为 53%，雁鸭类鸟种数增幅为 62%，成为苏州单位面积鸟种数最丰富的区域之一。

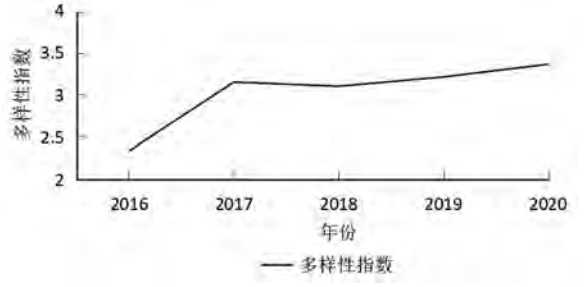



**图 2　2016—2020 年鸟类 Shannon-Wiener 多样性指数**

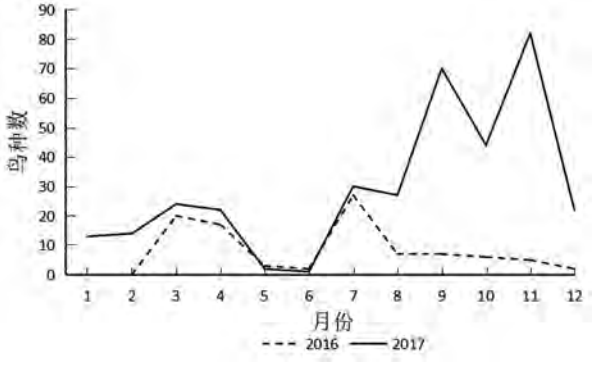



**图 3　生态修复前后每月鸟种数对比**

### 3.2　湿地水文条件变化与调控

#### 3.2.1　水域面积与类型增加

研究区在生态修复前虽存在因地带低洼形成的少量水坑，但不足以为水鸟提供充足的栖息环境。在生态修复中依据场地原有现状，在低洼地带开挖规模不一的 8 个水塘，使水域面积增加 22.76 $hm^2$，占研究区总面积的 43.8%，湿地环境容纳量得到较大提高。水稻田作为特殊的人工湿地，生态修复后通过休耕季蓄水改造使得场地内冬季水域面积进一步增加 15%，适宜鸟类栖息的湿地生境面积得到显著扩充。将冬季蓄水稻田与周边非蓄水稻田鸟类调查数据对比发现，蓄水稻田鸟种数是非蓄水稻田的 1.6～5 倍，充分发挥了农业用地对水鸟栖息地的积极作用。

同时，8 个水塘各不相同，其中有 4 个面积为（0，2］$hm^2$，有 3 个（2，4］$hm^2$，有 1 个大于 5 $hm^2$，4#水塘面积最小为 0.91 $hm^2$，8#水塘面积最大为 8.03 $hm^2$。

研究区在生态修复设计中利用场地现状增加水域面积的同时也提升了水域类型的多样性，丰富了场地生境类型，为不同种类水鸟提供了适宜的栖息空间。

#### 3.2.2　水域形态开阔

水域形态可以通过几何形态指标中的最长轴（L）、最短轴（$L_1$）以及欧式几何形态指标中的紧凑度（C）3 个指标共同体现。研究区 8 个水塘最短轴均大于 50 m，最长轴均大于 150 m；紧凑度大于 0.5 的水塘有 5 个，小于 0.5 的有 3 个但均位于［0.4，0.5］（表 2），属于较开阔的水域，能够满足水鸟起飞需求，也为雁鸭类水鸟提供了偏好的大水面活动区域。

**表 2　研究区水塘形态指数**

| 几何形态指数 | 1#塘 | 2#塘 | 3#塘 | 4#塘 | 5#塘 | 6#塘 | 7#塘 | 8#塘 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 面积 S/$hm^2$ | 1.98 | 3.01 | 3.00 | 0.91 | 1.38 | 1.52 | 2.94 | 8.03 |
| 最长轴 L/m | 200.40 | 214.50 | 229.30 | 139.30 | 183.50 | 202.80 | 255.00 | 428.90 |
| 最短轴 $L_1$/m | 131.20 | 182.50 | 167.50 | 70.00 | 96.00 | 116.40 | 127.00 | 233.70 |
| 紧凑度 C | 0.55 | 0.73 | 0.62 | 0.58 | 0.41 | 0.43 | 0.57 | 0.48 |

#### 3.2.3　水位季节性调控

场地 8 个水塘深浅不一，分为 0.5～1.0 m 的深水区和小于 0.5 m 的浅水区。由于不同水鸟对于水位需求具有差异性，因此迁徙季节对水塘进行水位调节设计能够更大程度满足水鸟对栖息地的需求。图 4 表明，研究区对 8 个水塘水位的具体调控设计为：1#、2#水塘全年水位控制在 10 cm，3#水塘水位控制在 20～30 cm，8#水塘全

年水位控制在 30~40 cm。在 3—5 月候鸟迁徙季，将 4#、5#、6#、7#水塘水位控制在 10~20 cm 为鸻鹬类水鸟营造栖息地，同时兼顾场地内白鹭（*Egretta garzetta*）的栖息需求；在 8—11 月候鸟迁徙高峰期，将 3#、4#、5#、6#、7#水塘水位升高至 30~40 cm，为雁鸭类水鸟停留做准备。水塘的多种水深设计搭配水位调控设计，在不同季节对场地水位进行灵活调控，可进一步增加场地栖息环境的多样性。

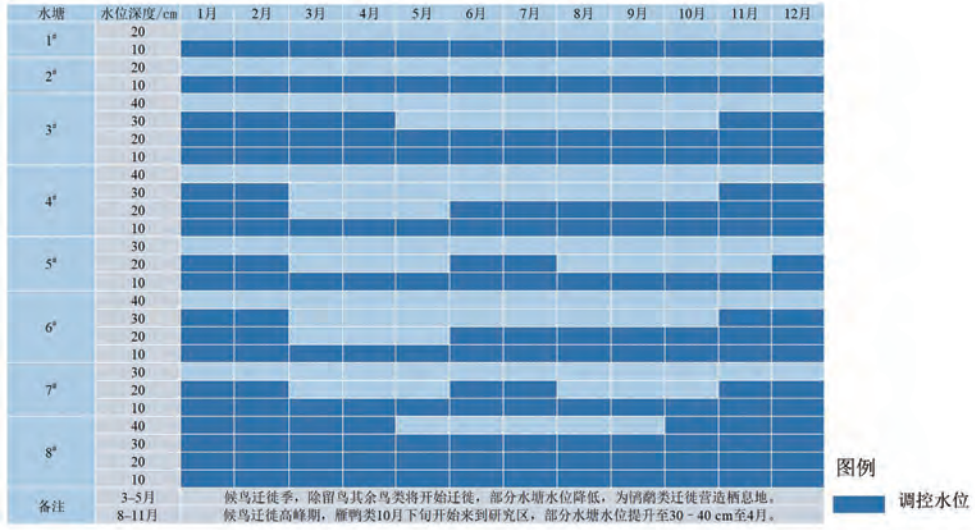



图 4 研究区水塘水位调控设计

## 3.3 微地形与植被群落变化

### 3.3.1 曲折多变的水岸微地形

微地形设计可以丰富水鸟食源，塑造多种栖息环境。生态修复完成后研究区各水塘水岸在竖向上坡度值均位于 0.2%~9.6%（表 3），以缓坡形式入水。平面上用岸线发育系数和近圆率两个指标描述水域岸线的曲折变化，岸线越复杂曲折，其岸线发育系数也将越大；近圆率则可以反映空间形状离散程度，近圆率越小，岸线曲率就越大，形状周长也越长[19]。8 个水塘岸线发育系数的区间均在［2，3］，且近圆率小于 1 位于［0.7，0.9］，呈现复杂蜿蜒形式。研究区微地形的改造为鱼、虾等水生生物营造了适宜的生存环境，创造出更多的光滩和浅滩水域为水鸟提供了丰富的觅食生境。

表 3 研究区水塘岸线形态学指标计算

| 形态学指标 | 1#塘 | 2#塘 | 3#塘 | 4#塘 | 5#塘 | 6#塘 | 7#塘 | 8#塘 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 坡度/% | 0.2~2.5 | 2.5~2.9 | 1.4~9.8 | 2.9~6.7 | 3.8~6.7 | 6.7~9.6 | 0.~3.3 | 1.8~6.7 |
| 岸线发育系数 | 2.27 | 2.15 | 2.18 | 2.22 | 2.27 | 2.38 | 2.21 | 2.84 |
| 近圆率 | 0.78 | 0.87 | 0.84 | 0.81 | 0.77 | 0.71 | 0.82 | 0.77 |

### 3.3.2 适宜的植被类型

研究区植被经自然恢复后以草本植物为主，共记录到 30 科 72 属 77 种，木本植物相对较少，且多为乡土植物。主要植被有：苋草（*Arthraxon hispidus*）、喜旱莲子草（*Alternanthera philoxeroides*）、狗尾草（*Setaria viridis*）、狗牙根（*Cynodon dactylon*）、钻叶紫菀（*Symphyotrichum subulatum*）、小蓬草（*Erigeron canadensis*）、合萌（*Aeschynomene indica*）等，多为低矮耐水湿植物。在水域部分种植水八仙，其中浅水域为水芹、慈姑等；深水域则以菱等植物为主。不同水鸟对植被类型的需求各不相同。自然恢复后的研究区植被类型符合鸻鹬类水鸟喜低矮植被的特点，为鸭科、鹬鹬科植食性水鸟提供充足的植物食源，满足部分水鸟偏好在漂浮植物和挺水植物上活动营巢的需求，为水鸟栖息地营建提供了基础。

#### 3.3.3　合理的植被特征

对植被进行定期管理可以保证植被特征符合水鸟对栖息地的需求。区域整体植被覆盖度常年在 40%～70%，水域植被覆盖度为 45%～65%，植被高度则常年保持在 30～40 cm（表 4）。研究区植被特征的管控避免了植被对水鸟移动、躲避行为的干扰，为水鸟提供了安全的栖息场所。

**表 4　2019—2021 年研究区植被覆盖度与植被高度**

| 年份 | 植被覆盖度/% | 水域植被覆盖度/% | 植被高度/cm |
|---|---|---|---|
| 2019 | 68 | 63 | 35.52 |
| 2020 | 53 | 45 | 30.17 |
| 2021 | 56 | 54 | 34.72 |

### 3.4　湿地生态修复设计评估

生态修复完成后，研究区鸟类群落组成和多样性发生较大变化，2016—2020 年区域鸟种数增长了 90%，其中鸻鹬类、鹭类、雁鸭类水鸟种数均显著提高，鸟类多样性指数在 2020 年达到最大值（3.36），鸟类多样性得到显著提高。

水文条件影响湿地鸟类栖息地的选择。鲁斌等[20]认为栖息地水域面积占比为 40%～60%时，鸻鹬类水鸟数量最多，季缘[21]提出鸻鹬类、鹭类水鸟多在浅水域觅食，而雁鸭类水鸟主要在水位小于 30 cm 水域觅食，在大于 50 cm 水域栖息、活动。生态修复后研究区整体水域面积占总面积的 43.8%，各水域呈开阔形态，并在不同水鸟迁徙季节进行水位调控，最大程度增加了适宜水鸟栖息的湿地面积。

湿地水岸微地形设计可以使局部产生不同的水分、土壤等，营造多孔隙的环境以滋养细菌、微生物等，形成良好的生物链载体[22]。研究区水岸在竖向上以缓坡形式入水，在平面上水岸线呈现曲折多变的形式，增加了微生物、底栖动物、鱼类等适宜的生存环境，从而为湿地水鸟提供丰富的食物来源。

植物的叶、芽、根茎可以为部分植食性水鸟提供食源[23]。徐海婷等[24]指出鹭类水鸟要求栖息地植被覆盖度在 40%～60%，雁鸭类水鸟要求栖息水面植物覆盖度在 30%～75%，偏好在植被高度为 30～200 cm 的栖息地中觅食。研究区以草本植物为主，整体植被覆盖度在 40%～70%，高度大于 30 cm，既可以为湿地水鸟提供食源，也满足了水鸟对栖息地的隐蔽需求。

## 4　讨论

### 4.1　湿地生境对水鸟种群的影响

湿地生态修复完成后场地内各类水鸟种数有明显增长，说明湿地水文条件、微地形、植被群落等生境要素的变化对水鸟栖息地的选择具有较大影响。不同规模水域的增加和水位条件的季节性变化影响水鸟栖息地的选择，这与代文章等[25]对北仑河口水鸟分布及其影响因素分析的研究结论具有一致性。湿地水岸微地形设计，增加了水体与陆地接触面积，提高了水陆间物质能量交换，为水鸟提供了丰富的植物性食源和动物性食源。这与杨云峰[22]对湿地公园鸟类栖息地营建的研究相符合。作为水鸟营巢、食物和隐蔽空间来源，湿地植被类型与特征与水鸟多样性息息相关。这验证了邱新天等[26]在基于鸟类栖息的植物景观规划设计研究中的结论。

### 4.2　湿地生态修复完成后植被管理的必要性

研究区自 2018 年起在场地非鸟类迁徙季对水塘内芦苇（*Phragmites australis*）、菰（*Zizania latifolia*）等植被进行收割管理，主要采用周期性分片区轮番收割，2 年为一个周期。芦苇收割季为当年 10 月至翌年 4 月，为避开目标鸟类迁徙高峰期和冬候鸟越冬稳定期，场地选在每年 11 月或 2 月对芦苇进行收割，并且在芦苇收割时适当保留一些水域与陆地边缘的芦苇带，对于收割的芦苇保留 90 cm 高度，以在水平和垂直空间以大程度维持鸟类种数与数量。茭草管理则选择夏季通过提高水塘水位进行淹没处理。正是由于定期的植被管理，保证了研究区植被覆盖度和高度保持在适宜范围，促进场地内水鸟多样性的提高。因此在湿地生态修复中定期的植被管理是湿地生态修复后期维护工作的重要组成部分，是湿地生态系统功能正常发挥的基本保障。这也与李春华等[27]在近自然湿地生态修复研究中的结论相符合。

## 5　结论

2016—2020 年，研究区水鸟种数增加了 90%，其中鸻鹬类、鹭类、雁鸭类水鸟种数均有所增加，水鸟多样性指数从修复前的 2.34 增加至

修复后的3.36。说明研究区湿地生态修复设计对水鸟多样性的提高具有积极作用。

生态修复工程影响下，区域内水文条件发生较大改变，不同规模水域共增加22.76 $hm^2$，水位随季节进行调控设计，微地形改造创造出多种类型生境，植被的自然恢复与定期管理为水鸟提供食源和营巢、栖息场所。这说明在湿地生态修复中的水文条件、微地形、植被群落等是影响水鸟多样性的重要因素。

**参考文献**


[1]任璐,袁嘉,伍叶丹,等.基于鸟类生境需求的城市湖岸带设计与修复评估:以梁平双桂湖为例[J].中国城市林业,2024,22(1):43-52.

[2]SAVARD J P L, CLERGEAU P, MENNECHEZ G. Biodiversity concepts and urban ecosystems [J]. Landscape and Urban Planning,2000,48(3/4):131-142.

[3]黄源欣,李梦婷,胡慧建,等.广州南沙湿地公园鸟类2014—2018年际动态及其对生境变化的响应[J].热带地理,2023,43(1):71-87.

[4]王国栋,姜明,盛春蕾,等.湿地生态学的研究进展与展望[J].中国科学基金,2022,36(3):364-375.

[5]康洪莉.武汉沉湖湿地鸟类群落与生境之关系及保护研究[D].武汉:武汉大学,2005.

[6]姚简.菜子湖越冬水鸟多样性及其与环境因子的关系研究[D].合肥:安徽大学,2021.

[7]陈雪微.基于生物多样性保护的城市湿地公园规划设计方法研究:以衡水湖城市湿地公园为例[D].北京:北京林业大学,2017.

[8]王思路,张曼玉,陈泰宇,等.泗洪洪泽湖湿地国家级自然保护区雁鸭类群落组成及其季节动态[J].湿地科学,2022,20(6):801-809.

[9]张超,李言阔,任琼,等.鄱阳湖夏季极端水位条件下越冬水鸟多样性、空间分布及其保护对策[J].湖泊科学,2022,34(5):1584-1599.

[10]刘旭,张文慧,李咏红,等.湿地公园鸟类栖息地营建研究:以北京琉璃河湿地公园为例[J].生态学报,2018,38(12):4404-4411.

[11]苏芮.基于鸟类栖息地营造的城市湿地公园规划设计研究:以武安市铭湖湿地公园规划设计为例[D].北京:北京林业大学,2021.

[12]唐承佳,陆健健.围垦堤内迁徙鸻鹬群落的生态学特性[J].动物学杂志,2002,37(2):27-33.

[13]闫佳伦,董宇翔,叶可陌,等.基于鸟类栖息地营建的郊野公园规划设计研究:以石家庄龙泉湖公园东区为例[J].北京林业大学学报,2019,41(12):153-166.

[14]顾春望,周敏军,郑炜,等.苏州东太湖湿地公园鸻鹬类水鸟栖息地建设策略研究[J].苏州科技大学学报(工程技术版),2021,34(3):74-80.

[15]吴小辉,刘晖,王晶懋,等.银川市中心城区不同滨水绿地的鸟类群落结构差异[J].中国城市林业,2023,21(4):8-14.

[16]张淑菁,王成.近20年来欧洲城市生物多样性研究进展[J].中国城市林业,2022,20(6):15-24.

[17]方精云,王襄平,沈泽昊,等.植物群落清查的主要内容、方法和技术规范[J].生物多样性,2009,17(6):533-548.

[18]马克平,刘玉明.生物群落多样性的测度方法Ⅰα多样性的测度方法(下)[J].生物多样性,1994,2(4):162-168.

[19]袁旸洋,朱辰昊,成玉宁.城市湖泊景观水体形态定量研究[J].风景园林,2018,25(8):80-85.

[20]鲁斌,潘珉,李滨,等.滇池常见水鸟形态特征及生境需求选择分析[J].环境科学导刊,2022,41(2):15-19.

[21]季缘.广州海珠国家湿地公园二期水鸟栖息地改造设计研究[D].广州:华南理工大学,2020.

[22]杨云峰.城市湿地公园中鸟类栖息地的营建[J].林业科技开发,2013,27(6):89-94.

[23]荆贝贝.上海市公园中关于湿地水鸟栖息地构建的规划设计[J].水利规划与设计,2022(4):24-28,49.

[24]徐海婷,张曼胤,崔丽娟,等.北京市公园中兼顾水鸟栖息地恢复的湿地景观设计[J].湿地科学,2018,16(1):33-37.

[25]代文章,曹爱清,亢红涛,等.2018年11月至2019年3月北仑河口虾养殖塘区水鸟分布及其影响因素分析[J].湿地科学,2022,20(4):591-597.

[26]邱新天,尹心安,刘洪蕊,等.面向鸟类栖息地保护的洪泽湖湿地植被种植方案研究[J].水生态学杂志,2020,41(5):107-114.

[27]李春华,叶春,刘福兴,等.近自然湿地生态修复的概念、理论与实践[J].环境工程技术学报,2023,13(1):394-402.