




•研究报告•

合肥市小微湿地鸟类多样性的时空格局及其影响因素

汪婷^{1,2}, 周立志^{1,2*} 

1. 安徽大学资源与环境工程学院, 合肥 230601; 2. 湿地生态保护与修复安徽省重点实验室(安徽大学), 合肥 230601


摘要: 小微湿地是城市生态系统的重要组成部分,也是生物多样性的重点庇护场所。鸟类作为城市小微湿地生态系统的指示类群,其多样性时空格局受多种环境因子影响。本研究于2020年8月至2021年7月采用样点法对合肥市45个小微湿地鸟类的种类、数量分布和生境因子进行了调查,并获取湿地面积、湿地形状、建筑面积比例、植被面积比例、环境噪声、人为干扰和城市化指数等生境变量。通过 α 多样性和 β 多样性分析,研究城市小微湿地鸟类多样性的时空特征及其决定因素。采用信息论模型选择和模型平均法以及基于距离矩阵的多重回归模型进行计算,确定影响鸟类群落 α 多样性和 β 多样性及其组分的主要环境因子。结果显示,研究区域共有鸟类13目39科102种,其中水鸟31种,国家二级重点保护鸟类2种,安徽省重点保护鸟类17种,IUCN濒危物种红色名录中的易危(VU)物种1种。湿地面积和城市化指数对小微湿地陆地鸟类和水鸟的 α 多样性、 β 多样性及其组分均具有显著影响,其中陆地鸟类物种丰富度在中度和低度城市化之间的小微湿地中达到最高值,面积超过4 ha的小微湿地能维持较多的水鸟物种。植被面积比例对陆地鸟类多样性具有重要的影响,而建筑面积比例对水鸟多样性具有显著影响。此外,总体 β 多样性及其组分计算结果显示物种周转组分占明显优势,表明城市小微湿地群作为城市复合生态系统的重要组成部分,加强整体保护更为必要。研究结果对于加强城市鸟类保护和提高城市生态环境质量具有指导意义。

关键词: β 多样性; α 多样性; 小微湿地; 鸟类群落; 环境因子; 合肥市

汪婷, 周立志 (2022) 合肥市小微湿地鸟类多样性的时空格局及其影响因素. 生物多样性, 30, 21445. doi: 10.17520/biods.2021445.

Wang T, Zhou LZ (2022) The spatial-temporal patterns of bird diversity and its determinants in the small wetlands in Hefei City. Biodiversity Science, 30, 21445. doi: 10.17520/biods.2021445.

The spatial-temporal patterns of bird diversity and its determinants in the small wetlands in Hefei City

Ting Wang^{1,2}, Lizhi Zhou^{1,2*} 

1 School of Resources and Environmental Engineering, Anhui University, Hefei 230601

2 Anhui Province Key Laboratory of Wetland Ecosystem Protection and Restoration, Anhui University, Hefei 230601

ABSTRACT

Aims: Small wetlands are an important part of urban ecosystems and important shelters for wildlife. Bird diversity as an indicator of urban small wetland ecosystems, its spatial and temporal patterns are affected by many environmental factors. In this study, we studied urban small wetlands and their birds to identify the key environmental factors that affect the spatial and temporal patterns of bird diversity in small wetlands. We then make suggestions on the construction and management of urban small wetlands to promote the protection of urban birds and their habitat restoration.

Methods: A total of 45 small wetlands in Hefei City were taken as research units, and we used the fixed radius method to investigate the distribution of bird species and their abundance from August 2020 to July 2021. A number of environmental factors were also measured, including wetland area, wetland shape, proportion of construction area, proportion of vegetation area, environmental noise, man-made disturbance, and urbanization index. The spatial and

收稿日期: 2021-11-08; 接受日期: 2022-03-06

基金项目: 国家自然科学基金(32171530)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zhoulz@ahu.edu.cn

temporal characteristics of bird diversity in urban small wetlands were studied by α and β diversity analyses. Then, the model selection and model averaging based on information theory were used to determine the main environmental factors affecting α diversity of bird communities, and the multiple regression model based on distance matrix were used to determine the main environmental factors affecting β diversity of bird communities and their components.

Results: A total of 13 orders, 39 families, and 102 bird species were found in the surveyed wetlands, including 31 waterbird species. There were 2 species in the List of National Second-Class Key Protected Wild Animals, 17 species in the List of Key Protected Wild Animals of Anhui Province, and 1 Vulnerable (VU) species on the IUCN Red List of Species. The results indicated that the α diversity and β diversity of terrestrial birds and waterbirds in small wetlands were both significantly affected by wetland area and urbanization index. The proportion of vegetation area had a strong effect on terrestrial bird diversity, while the proportion of construction area had a significant effect on waterbird diversity. Meanwhile, the species richness of waterbirds and terrestrial birds were both positively correlated with wetland area. The species richness of waterbirds was negatively correlated with the urbanization index, while the species richness of terrestrial birds increased initially and then decreased as urbanization increased. The species richness of terrestrial birds peaked at the small wetlands between intermediate urbanization intensities and low urbanization intensities. When the area of the wetland was about 4 ha, the wetlands could maintain more waterbird species. In addition, terrestrial bird species richness was positively correlated with the proportion of vegetation area, while waterbird species richness was negatively correlated with the proportion of construction area. Beta diversity and species nestedness increased with the increase of key environmental factors, while species turnover exhibited an opposite trend. Furthermore, the results of total β diversity and its compositions indicated that the turnover component of species was predominant, signifying that small wetlands have important conservation significance as a meta-ecosystem.

Conclusion: Our study indicates that wetland area, urbanization index, the proportion of construction area, and the proportion of vegetation area were the key environmental factors affecting bird diversity in small wetlands. On the premise of protecting all small wetlands, we suggest that small wetlands with large areas should be retained and constructed. We must pay more attention to protect small wetlands with intermediate and low urbanization intensities. In addition, the area of natural vegetation should be retained and increased during the management and construction of small wetlands, and the number of artificial structures should be reduced.

Key words: beta diversity; alpha diversity; small wetland; bird communities; environmental factors; Hefei City

随着城市化的高速发展,全球湿地遭到严重破坏,生物多样性也随之锐减(Kale et al, 2018; 马硕等, 2021)。小微湿地以其面积小、数量多的独特优势,提高了城市中湿地生境的连续性,是城市复合生态系统的重要组成部分(马世骏和王如松, 1984; Murillo-Pacheco et al, 2018; 赵晖等, 2018; 崔丽娟等, 2021)。小微湿地在城市中广泛分布,为城市生物提供丰富的食物、良好的生存场所和繁衍空间(Jasmani et al, 2017)。然而,以往城市湿地生物多样性和生态系统功能的研究主要集中在大型湿地上(Strohbach et al, 2013)。随着城市化发展进程的加快,生物多样性受到的威胁日趋严重,小微湿地生物多样性的保护日益受到重视(Blackwell et al, 2011)。

鸟类作为生物多样性的的重要组成部分,对城市生态系统健康水平具有重要的指示作用(陈水华等, 2002; 杨刚, 2014)。城市小微湿地是城市鸟类的重要栖息地,各小微湿地鸟类群落可视为若干局域群落,这些群落构成了城市湿地鸟类的复合群落(崔

丽娟等, 2021)。同时,城市湿地鸟类多样性受多种环境因子的影响,在不同的湿地环境具有不同的时空特征(Yang et al, 2020; Rico-Silva et al, 2021)。大量研究表明,湿地面积是鸟类物种丰富度的关键影响因素,面积较大的湿地可以容纳更多的鸟类物种,同时物种的迁移率和灭绝率受湿地斑块的大小及湿地斑块间的距离的影响显著(Zhou & Chu, 2012; Chang & Lee, 2016; Dale, 2018; Meixler et al, 2019; Rico-Silva et al, 2021)。城市进程中土地利用方式的改变导致城市湿地丧失或人为干扰程度增大,鸟类物种丰富度与城市化程度呈现显著的负相关(Chace & Walsh, 2006)。然而一些研究表明,湿地鸟类多样性在不同的城市化梯度以不同的速度丧失,而鸟类物种丰富度在中度城市化地区的湿地中达到峰值(Marzluft, 2005; Batáry et al, 2018)。湿地内建筑面积比例的增高使得湿地内自然生境减少,对鸟类物种产生负面影响(Leveau & Leveau, 2016)。形状复杂的湿地由于受边缘效应的影响更加显著,鸟类物种也

随之减少(Yang et al, 2020)。此外,城市湿地的物种丰富度在很大程度上取决于物种的迁徙时间(LaSorte et al, 2014)。与低城市化的城市湿地相比,高度城市化的城市湿地中鸟类群落组成的季节性变化较小(Leveau et al, 2015; Leveau & Leveau, 2016)。

目前,鸟类群落多样性的研究主要集中在 α 多样性和 β 多样性两个尺度上(Anderson et al, 2011; Nielsen et al, 2014)。 α 多样性表示某个特定区域或群落的物种丰富度, β 多样性则表示不同环境梯度或格局下群落组成变化的幅度。由于 α 多样性和 β 多样性分别度量了同一区域以及不同区域间物种组成的差异,因此使用两种多样性共同分析能够在不同维度上更为直观地反映环境因子与鸟类多样性时空格局形成的相互作用(陈攀等, 2009; 谭珊珊等, 2013)。同时, β 多样性可拆分为周转和嵌套两个组分(Baselga, 2010)。物种周转表示不同群落间的物种替换,物种丧失会导致群落间物种丰富度产生差异;而当物种丰富度差异沿着某一梯度呈现出有序排列时,拥有较少物种的群落将是拥有较多物种的群落的子集,从而构成嵌套格局(斯幸峰等, 2017)。物种周转和嵌套组分在空间维度上反映了不同栖息地的质量和复合鸟类群落的时空动态变化特征,为深入理解城市湿地鸟类多样性维持机制提供了一个视角,为加强城市生物多样性保护提供了理论依据。

本文以合肥市小微湿地及其鸟类作为研究对象,探讨小微湿地面积、湿地形状、建筑面积比例、植被面积比例、环境噪声、人为干扰和城市化指数等环境因子对小微湿地鸟类 α 多样性、 β 多样性及其空间周转和嵌套组分的影响程度,旨在识别影响小微湿地鸟类多样性时空格局的关键环境因子,提出促进城市鸟类保护及其栖息地建设的小微湿地建设和管理建议。

1 研究区域概况

合肥市位于安徽中部,长江与淮河之间(116°41'–117°58' E, 30°57'–32°32' N),地势平坦,属亚热带季风性湿润气候,年际降水量变化较大,年均降水量近1,000 mm,主要集中在夏季^①。区域内水

系发达,境内巢湖是中国五大淡水湖之一,同时包含淝河、沛河、派河、丰乐河等多条河流和董铺水库、高王水库等水库^②。多条河道纵横交织与各水库形成了相互连接的水系网络,使得合肥市生物资源丰富且小微湿地数量众多,是研究小微湿地鸟类多样性的良好场所。

2 研究方法

2.1 小微湿地选择

利用Google Earth确定小微湿地的潜在位置,同时通过实地调查确保小微湿地能够到达并进行观测。确定小微湿地样本的原则主要包括:(1)各小微湿地与合肥市中心距离具有明显差异;(2)将湿地面积分为小(0–2 ha)、中(2–5 ha)、大(5–8 ha)3个梯度,每个梯度选取同等个数小微湿地;(3)小微湿地的形状、植被面积等环境因子均有较明显差异。根据上述原则,本研究最终选取了合肥市的45个小微湿地作为具体研究区域(图1),并根据小微湿地面积在研究区域内共设置210个样点进行鸟类监测。选取的研究区域代表了合肥市大多数小微湿地的普遍特征。

2.2 鸟类调查

2020年8月至2021年7月,选择晴朗无风的天气,采用样点法开展调查。沿小微湿地岸边设置半径为50 m的样点,对面积小于样点半径范围的小微湿地进行全覆盖调查,对于面积大于样点半径范围的小微湿地,则根据小微湿地面积与样点面积之比,确定最大样点个数,确保样点覆盖的范围能体现各小微湿地的鸟类多样性状况。本研究共设置210个样点,为防止观测重叠,将样点之间的距离设置为至少100 m。借助双筒望远镜(Swarovski, 8.5 × 42, Austria),观测和记录每个样点遇见的鸟类物种、数量,对飞过样点但未停留的鸟类不做记录,每个样点的观测时间为10 min。调查时间为鸟类活动高峰期(上午:冬季7:00–10:00,夏季5:00–9:00;下午:冬季15:00至日落,夏季16:30至日落),每月1次。为降低人员变化产生的误差,每次调查人员固定。整理鸟类的种类和数量分布、居留型、地理型等(张荣祖, 1999; 郑光美, 2017)。

① 徐素云 (2017) 合肥市土地资源承载力综合评价研究. 硕士学位论文, 安徽农业大学, 合肥.

② 刘伟 (2018) 基于生态风险性评价的合肥市主城区生态网络构建. 硕士学位论文, 南昌大学, 南昌.

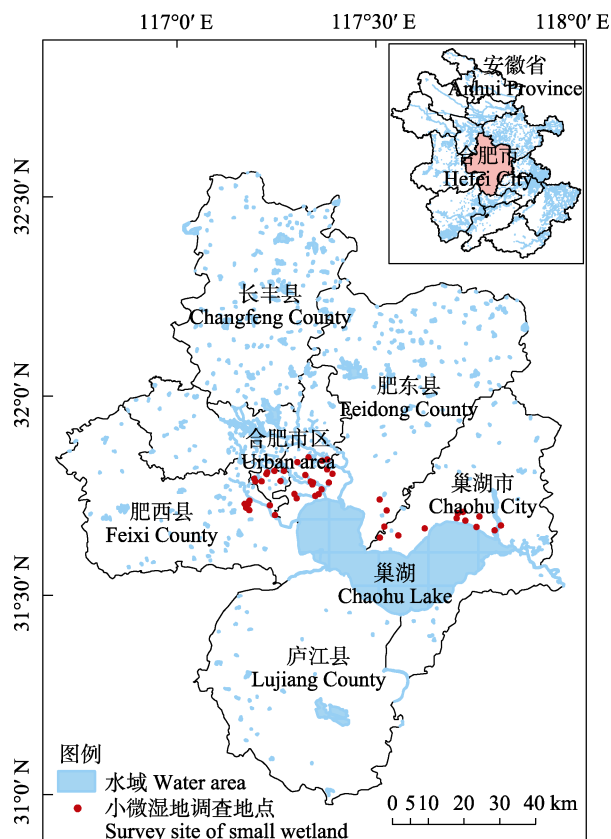


图1 安徽省合肥市小微湿地研究区域及调查地点分布图
Fig. 1 Distribution of study area and survey sites in Hefei City, Anhui Province

2.3 环境因子获取

本研究参考城市湿地公园鸟类多样性相关研究(Zhou & Chu, 2012; Chang & Lee, 2016; Canedoli et al, 2018), 同时结合城市小微湿地不同生态环境的实际情况开展实地调研, 确定了湿地面积、湿地形状、建筑面积比例、植被面积比例、环境噪声、人为干扰和城市化程度7类环境因子(附录1)。

(1)湿地面积: 使用Google Earth测量小微湿地面积(单位: ha)。

(2)湿地形状指数(SI): 使用Google Earth获取小微湿地的面积和周长。计算公式为: $SI = G / [2(\pi \times A)^{0.5}]$; G 表示湿地周长(单位: m), A 表示湿地面积(单位: ha) (Ewers & Didham, 2007)。

(3)建筑面积比例: 在Google Earth上勾勒出小微湿地边界并导入ArcGIS 10.8中。沿小微湿地边界向外延伸50 m缓冲区(Xie et al, 2020), 测量小微湿地及缓冲区内总的建筑面积(单位: ha)。计算公式为: 建筑面积比例 = 建筑面积/(小微湿地面积 + 缓冲

区面积)。

(4)植被面积比例: 与建筑面积比例获取方式相同。在Google Earth上勾勒出小微湿地边界并导入ArcGIS 10.8中。采用与建筑面积比例相同的方法测量小微湿地及缓冲区内总的植被面积(单位: ha)。计算公式为: 植被面积比例 = 植被面积/(小微湿地面积 + 缓冲区面积)。

(5)环境噪声: 使用分贝仪在每个小微湿地内的鸟类监测样点进行环境噪声测量。每月分别在早中晚3个时段进行1次测量, 每个样点测量时长为10分钟。最终对每个样点测得噪声值取平均数作为该小微湿地的环境噪声(单位: dB)。

(6)人为干扰程度: 该值为估测值, 每月与噪声测量同步进行, 在小微湿地内的鸟类监测样点观察并记录人流量, 每个样点监测时长为10分钟, 最终采用平均值。本研究依照人为活动情况分为5个等级, 1级表示样点内无人; 2级表示样点内人流量为1–2人/min; 3级表示样点内人流量为3–7人/min; 4级表示样点内人流量为8–17人/min; 5级表示样点内人流量为18人/min及以上(陈水华等, 2000)。

(7)城市化指数: 计算公式为: 城市化综合指数 = $100 / (\text{至市中心距离} + \text{环境噪音} + 20 \times \text{水污染程度} + 20 \times \text{人为干扰程度} + \text{建筑指数} / 2)$ 。其中, 至市中心距离以位于合肥市中心且人流量最大的之心城购物中心为 midpoint, 使用Google Earth测量各小微湿地中心点至市中心距离(单位: m)。水污染程度根据水的透明度和水生生物进行估测, 分为5个等级, 1级表示水透明度高且有鱼类; 2级表示轻度浑浊, 但仍能发现鱼类; 3级表示水透明度较低, 未发现鱼类但有底栖生物; 4级表示水透明度很低, 无鱼但有底栖生物; 5级表示水透明度很低, 未发现水生生物。建筑指数表示小微湿地周围建筑的比例, 建筑指数 = 小微湿地中心500 m范围内建筑的面积 + $0.5 \times$ (小微湿地中心1,000 m范围内建筑的面积) + $0.25 \times$ (小微湿地中心2,000 m范围内建筑的面积) + $0.125 \times$ (小微湿地中心3,000 m范围内建筑的面积)。计算中将各参数值调整为0–100, 数值越高则城市化程度越高。其中, 至市中心距离实测值倒置后乘以100; 水污染程度和人为干扰程度的参数值分别乘以20; 平均噪声监测值在30–80, 不调整; 建筑指数的实测值在0–200, 除以2 (陈水华等, 2000)。

2.4 多样性指数的计算

2.4.1 α 多样性指数

α 多样性指数选择物种丰富度指数、密度、多样性指数和均匀度指数(Zhou et al, 2020)。其中丰富度指数即鸟类的物种数(Zhou et al, 2020)。

$$(1) \text{密度: } D = N/S \quad (1)$$

式中, D 为某个小微湿地鸟类的密度(ind./ha); N 为某个小微湿地记录到的鸟类的总数量; S 为小微湿地样点的总面积(ha)。

(2) Shannon-Wiener多样性指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^T P_i \ln P_i \quad (2)$$

式中, T 为小微湿地鸟类的物种总数; P_i 为小微湿地内第 i 个物种的数量占鸟类总数的比例。

$$(3) \text{Pielou均匀度指数: } J = H' / \ln T \quad (3)$$

2.4.2 β 多样性指数

β 多样性指数选用Sørensen成对相异性指数(β_{sor})计算, 同时使用Baselaga分解法将两两小微湿地间的成对相异性指数分解为空间周转组分(β_{sim})和嵌套组分(β_{sne}) (Baselga, 2010)。

$$\beta_{sor} = \frac{b+c}{2a+b+c} \quad (4)$$

$$\beta_{sim} = \frac{\min(b,c)}{a+\min(b,c)} \quad (5)$$

$$\beta_{sne} = \beta_{sor} - \beta_{sim} = \frac{|b-c|}{2a+b+c} \times \frac{a}{a+\min(b,c)} \quad (6)$$

式中, a 为2个小微湿地间共有的物种数; b 为第1个小微湿地拥有而第2个小微湿地没有的物种数; c 为第2个小微湿地拥有而第1个小微湿地没有的物种数。

选用Sørensen多点相异性指数对总体 β 多样性及其空间周转和嵌套组分进行计算。参考Sørensen成对相异性指数的分解方法, 将Sørensen多点相异性指数(β_{SOR})分解为空间周转组分(β_{SIM})和嵌套组分(β_{SNE}) (Baselga, 2010)。

$$\beta_{SOR} = \frac{\left[\sum_{i<j} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right] + \left[\sum_{i<j} \max(b_{ij}, b_{ji}) \right]}{2 \left[\sum_i S_i - S_T \right] + \left[\sum_{i<j} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right] + \left[\sum_{i<j} \max(b_{ij}, b_{ji}) \right]} \quad (7)$$

$$\beta_{SIM} = \frac{\left[\sum_{i<j} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right]}{\left[\sum_i S_i - S_T \right] + \left[\sum_{i<j} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right]} \quad (8)$$

$$\beta_{SNE} =$$

$$\frac{\left[\sum_{i<j} \max(b_{ij}, b_{ji}) \right] - \left[\sum_{i<j} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right]}{2 \left[\sum_i S_i - S_T \right] + \left[\sum_{i<j} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right] + \left[\sum_{i<j} \max(b_{ij}, b_{ji}) \right]} \times \frac{\left[\sum_i S_i - S_T \right]}{\left[\sum_i S_i - S_T \right] + \left[\sum_{i<j} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right]} \quad (9)$$

式中, b_{ij} 为小微湿地 i 中的特有物种数; b_{ji} 为小微湿地 j 中的特有物种数; S_i 为小微湿地 i 中的物种总数; S_T 为所有调查小微湿地中的总物种数。

使用物种空间周转组分和嵌套组分所占比例表示小微湿地鸟类 β 多样性由何种组分决定, 即 $\beta_{ratio} = \beta_{SNE}/\beta_{SOR}$ 。当 $\beta_{ratio} < 0.5$ 时, 表示 β 多样性主要由物种空间周转决定; 若 $\beta_{ratio} > 0.5$, 则表示 β 多样性主要由嵌套组分贡献。

2.5 数据分析

在进行分析之前, 为避免因各环境因子之间的多重共线性关系而对分析结果造成干扰, 采用Pearson相关性检验了7个变量之间的两两相关性。其中, 人为干扰与城市化指数之间的相关系数 $|r| > 0.7$ (附录2), 同时由于人为干扰与鸟类多样性的相关性较低, 因此在后续的分析中将人为干扰去除, 保留了其他的环境因子用于以下的分析。

(1) α 多样性分析。选用基于信息论的模型选择和模型平均法来分析小微湿地环境因子对鸟类 α 多样性的影响。首先对保留下的环境因子进行所有可能的模型组合, 使用校正的赤池信息准则(AICc)进行组合的筛选和排序。 $\Delta AICc < 2$ 时的模型被认为是真实模型(Guthery et al, 2003)。然后, 我们通过计算 $\Delta AICc$ 得到每个模型的Akaike权重(w_i), 据此可选择最佳模型($w_i > 0.9$) (Anderson et al, 2001; Guthery et al, 2003)。最后, 由于Akaike权重(w_i)表明没有一个模型是明显最好的, 我们采用模型平均(model-average)的方法计算每个参数在95%置信区间内的相对重要性、模型估计值和标准误, 以排除模型选择中的不确定性(附录3)。

(2) β 多样性分析。由于数据集具有高维的特征, 传统的多元回归难以适用。因此, 在分析 β 多样性及其组分与小微湿地环境因子的关系时, 使用基于相异度矩阵或距离矩阵的多重回归模型(multiple regression model, MRM)。即在两个或多个相异度矩

阵或欧式距离矩阵的基础上进行回归分析，以解释一组变量对另一组变量的整体效应。首先，计算小微湿地间的成对相异性指数从而得到相异度矩阵，然后，计算环境因子的欧几里得距离矩阵，最后，使用MRM模型分别对环境因子距离矩阵进行回归获得回归方程以及相关系数和 P 值(附录3)。

以上所有统计分析均在R 4.1.0及相应的MuMIn包、ecodist包中完成。

3 结果

3.1 小微湿地鸟类群落组成

在合肥市小微湿地共记录鸟类13目39科102种(附录4)，以雀形目鸟类最多，为60种，占58.82%。水鸟31种，以鸬形目最多，为11种，占10.78%。共有冬候鸟30种，夏候鸟27种，分别占29.41%和26.47%；旅鸟8种，占7.84%；留鸟37种，占36.27%。鸟类区系组成分析结果显示，44种为古北界种，33种为东洋界种，25种为广布种。

各小微湿地分布的鸟类中，有国家二级重点保护野生鸟类2种：燕隼(*Falco subbuteo*)、小鸦鹃

(*Cuculus bengalensis*)；安徽省一级重点保护野生鸟类10种，包括噪鹛(*Eudynamys scolopacea*)、大鹰鹃(*Cuculus sparveroides*)、四声杜鹃(*Cuculus micropterus*)、家燕(*Hirundo rustica*)、金腰燕(*Cecropis daurica*)、北红尾鸲(*Phoenicurus aureus*)、黑卷尾(*Dicrurus macrocerus*)、灰喜鹊(*Dendrocitta formosae*)、红尾伯劳(*Lanius cristatus*)和棕背伯劳(*L. schach*)；安徽省二级重点保护野生鸟类7种，包括红头潜鸭(*Aythya ferina*)、斑嘴鸭(*Anas zonorhyncha*)、绿翅鸭(*A. crecca*)、赤麻鸭(*Tadorna ferruginea*)、环颈雉(*Phasianus colchicus*)、黑枕黄鹂(*Oriolus chinensis*)和暗绿绣眼鸟(*Zosterops japonicus*)。IUCN濒危物种红色名录中的易危(VU)物种1种，即红头潜鸭。

3.2 鸟类多样性季节分布格局

合肥市城市小微湿地鸟类多样性在不同季节呈现差异性分布(图2)，陆地鸟类多样性明显高于水鸟。从物种丰富度来看，陆地鸟类和水鸟物种丰富度均在冬季最高，其中陆地鸟类丰富度在秋季最低，而水鸟物种丰富度在夏季最低。鸟类密度季节差距

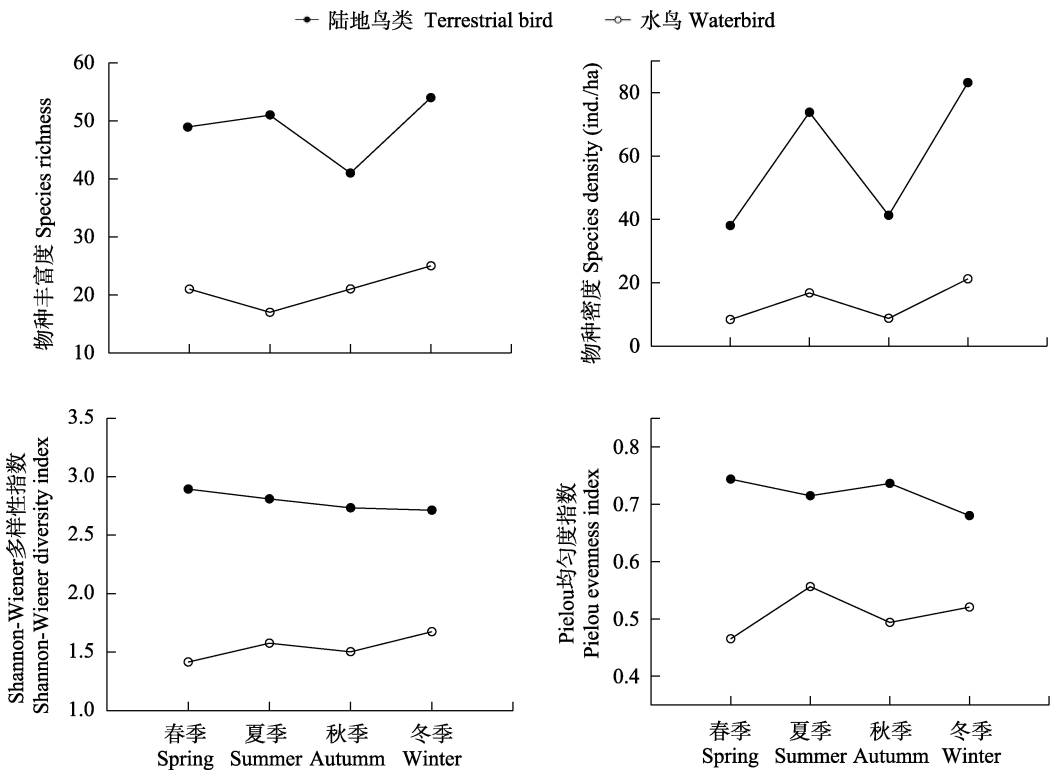


图2 合肥市小微湿地鸟类多样性季节变化特征

Fig. 2 Seasonal variation of bird diversity in small wetlands in Hefei City

较为显著，陆地鸟类和水鸟均呈现冬夏两季显著高于春秋两季的分布特征，其中冬季最高而春季最低。从Shannon-Wiener多样性指数来看，陆地鸟类在各季节中差距较小，整体呈现春季 > 夏季 > 秋季 > 冬季的分布趋势。而水鸟Shannon-Wiener多样性指数在冬季最高，春季最低。陆地鸟类Pielou均匀度指数在春秋季节明显高于冬夏两季，而水鸟Pielou均匀度指数则表现为春秋两季明显低于冬夏两季。

3.3 α 多样性与环境因子的关系

基于AICc模型选择标准，包含湿地面积、城市化指数、建筑面积比例和噪声在内的多变量模型是预测小微湿地水鸟物种丰富度期望值的最佳模型($\Delta AICc = 0$, $R^2 = 0.645$)，而包含面积、城市化指数、植被面积比例的模型是影响陆地鸟类物种丰富度的最佳模型($\Delta AICc = 0$, $R^2 = 0.723$) (表1)。然而，两

个最佳模型的Akaike权重(w_i)分别仅为0.2424和0.4607，表明模型选择存在很大的不确定性。模型平均结果表明，城市化指数($w_i = 1$, $P < 0.01$)、湿地面积($w_i = 0.997$, $P < 0.001$)和建筑面积比例($w_i = 1$, $P = 0.0702$)是影响水鸟物种丰富度的关键环境因子，而湿地面积($w_i = 1$, $P < 0.001$)、城市化指数($w_i = 0.959$, $P < 0.001$)和植被面积比例($w_i = 0.659$, $P < 0.001$)是影响陆地鸟类物种丰富度的关键环境因子(表2)。模型选择结果表明影响小微湿地鸟类密度和Shannon-Wiener指数的最佳模型的Akaike权重(w_i)均呈现较低值(表1)，模型平均结果表明城市化指数对水鸟Shannon-Wiener指数具有显著影响，而湿地面积对陆地鸟类密度和Shannon-Wiener指数具有显著影响(表2)。此外，鸟类Pielou均匀度指数与各环境因子无显著相关性。

表1 基于校正的赤池信息准则(AICc)的鸟类 α 多样性与环境因子模型选择结果
Table 1 Results of model selection relating bird α diversity to environmental factors using corrected Akaike information criterion (AICc)

生态类型 Ecological type	多样性指数 Diversity index	模型 Model	$\Delta AICc$	权重 Weight (w_i)	调整后的拟合值 Adjusted R^2	
水鸟 Waterbird	物种丰富度 Species richness	湿地面积 + 城市化指数 + 建筑面积比例 + 环境噪声 Wetland area + Urbanization index + PoC + EN	0	0.2424	0.6450	
		湿地面积 + 城市化指数 + 环境噪声 Wetland area + Urbanization index + EN	0.1706	0.2226	0.6030	
		湿地面积 + 城市化指数 + 建筑面积比例 + 环境噪声 + 植被面积比例 Wetland area + Urbanization index + PoC + EN + PoV	1.9774	0.0902	0.6420	
	Shannon-Wiener指数 Shannon-Wiener index	湿地面积 + 城市化指数 + 建筑面积比例 Wetland area + Urbanization index + PoC	0	0.1560	0.4020	
		湿地面积 + 城市化指数 Wetland area + Urbanization index	0.2946	0.1346	0.4070	
		湿地面积 + 城市化指数 + 建筑面积比例 + 湿地形状 Wetland area + Urbanization index + PoC + Wetland shape	1.6621	0.0679	0.4010	
		城市化指数 + 建筑面积比例 Urbanization index + PoC	1.9055	0.0602	0.3560	
		陆地鸟类 Terrestrial bird	物种丰富度 Species richness	湿地面积 + 城市化指数 + 植被面积比例 Wetland area + Urbanization index + PoV	0	0.4607
	Shannon-Wiener指数 Shannon-Wiener index		湿地面积 + 城市化指数 Wetland area + Urbanization index	0	0.1834	0.2720
			湿地面积 + 城市化指数 + 植被面积比例 Wetland area + Urbanization index + PoV	0.0460	0.1792	0.2940
物种密度 Species density	湿地面积 + 城市化指数 + 建筑面积比例 + 植被面积比例 + 环境噪声 + 湿地形状 Wetland area + Urbanization index + PoC + PoV + EN + Wetland shape		0	0.0858	0.4970	
	湿地面积 + 建筑面积比例 + 植被面积比例 + 湿地形状 Wetland area + PoC + PoV + Wetland shape		0.1216	0.0807	0.4550	

表中列出了 $\Delta AICc < 2$ 的模型。PoV: 植被面积比例; PoC: 建筑面积比例; EN: 环境噪声。
The table shows models with $\Delta AICc < 2$. PoV, Proportion of vegetation area; PoC, Proportion of construction area; EN, Environmental noise.

表2 预测小微湿地鸟类 α 多样性95%置信区间内各参数的模型平均化估值(θ)、标准误(SE)和模型权重(w_i)
Table 2 Model-averaged parameter estimates (θ), standard errors (SE) and relative variable importance (w_i) for each variable in the 95% confidence set for predicting bird α diversity in small wetlands

生态类型 Ecological type	多样性指数 Diversity index	环境因子 Environmental factors	权重 Weight (w_i)	估计值 Estimate	标准误 SE	P
水鸟 Water bird	物种丰富度 Species richness	湿地面积 Wetland area	0.9970	0.6582	0.1843	<0.001
		城市化指数 Urbanization index	1.0000	-0.0256	0.0079	0.001
		建筑面积比例 Proportion of vegetation	1.0000	-8.8486	4.8863	0.0702
	Shannon-Wiener指数 Shannon-Wiener index	城市化指数 Urbanization	0.9990	-0.0033	0.0015	0.0240
陆地鸟类 Terrestrial bird	物种丰富度 Species richness	湿地面积 Wetland area	1.0000	1.8941	0.2211	<0.001
		城市化指数 Urbanization index	0.9590	-0.0360	0.0084	<0.001
		植被面积比例 Proportion of vegetation	0.6590	15.5060	4.1302	<0.001
	Shannon-Wiener指数 Shannon-Wiener index	湿地面积 Wetland area	0.9770	0.0557	0.0181	0.0021
	物种密度 Species density	湿地面积 Wetland area	1.0000	-72.7007	17.0724	<0.001

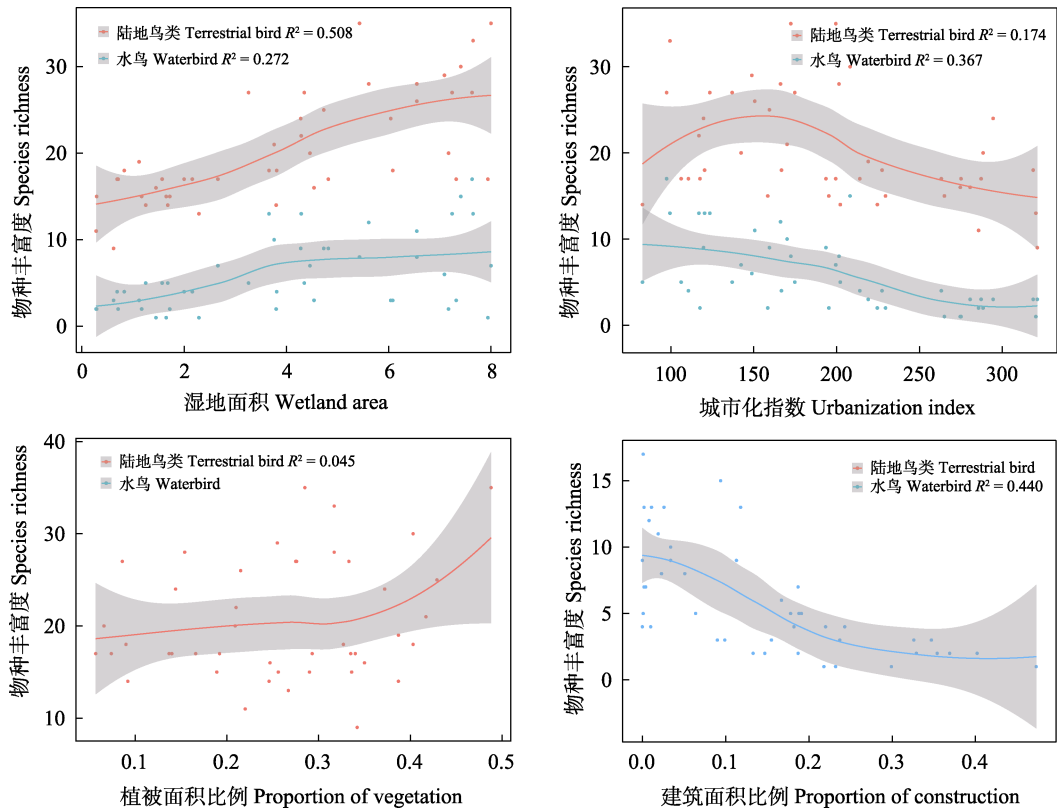


图3 物种丰富度与关键环境因子的非线性回归。灰色区域表示拟合线的置信区间。
Fig. 3 Non-linear regression between species richness and key environmental factors. The gray area stands for the confidential intervals for the fitted lines.

选取与各关键环境因子拟合度较高的物种丰富度指数进行局部加权回归, 分析关键环境因子对小微湿地鸟类物种丰富度的影响趋势。结果显示(图

3), 水鸟和陆地鸟类物种丰富度均与湿地面积呈正相关, 当面积在4 ha左右时, 水鸟的物种丰富度增加幅度较为缓慢。水鸟物种丰富度与城市化指数

表3 基于相异度矩阵或距离矩阵的多重回归模型的鸟类群落 β 多样性及组分与关键环境因子的关系

Table 3 Relationship between beta diversity and key environmental factors using multiple regression model

生态类型 Ecological type	环境因子 Environmental factors	多样性指数 Diversity index	斜率 Slope (a)	截距 Intercept (b)	相关系数 Correlation index (r)	P
水鸟 Waterbird	湿地面积差异 Difference in wetland area	β_{sor}	0.0130	0.5240	0.1386	0.0029
		β_{sim}	-0.0132	0.2748	0.1044	0.0278
		β_{sne}	0.0261	0.2492	0.2100	<0.001
	城市化指数差异 Difference in urbanization index	β_{sor}	0.0008	0.4972	0.2392	<0.001
		β_{sne}	0.0013	0.2211	0.2897	<0.001
	建筑面积比例差异 Difference in PoC	β_{sor}	0.5555	0.4803	0.3239	<0.001
陆地鸟类 Terrestrial bird	湿地面积差异 Difference in wetland area	β_{sor}	0.0093	0.3429	0.2032	<0.001
		β_{sim}	-0.0143	0.2729	0.2581	<0.001
		β_{sne}	0.0235	0.0700	0.4303	<0.001
	城市化指数差异 Difference in urbanization	β_{sor}	0.0002	0.3521	0.1349	0.0210
		β_{sne}	0.0003	0.1156	0.1439	0.0068
	建筑面积比例差异 Difference in PoC	β_{sne}	0.1586	0.1150	0.1584	0.0119

β_{sor} : β 多样性; β_{sim} : 物种周转; β_{sne} : 物种嵌套; PoC: 建筑面积比例。
 β_{sor} , β diversity; β_{sim} , Species turnover; β_{sne} , Species nestedness; PoC, Proportion of construction.

呈负相关, 而陆地鸟类物种丰富度随着城市化指数的增高呈现先上升后下降的趋势, 在中度城市化和低度城市化之间的小微湿地达到最高值。此外, 陆地鸟类物种丰富度与植被面积比例呈正相关, 而水鸟物种丰富度与建筑面积比例呈负相关。

3.4 β 多样性各组分占比及其与环境因子的关系

多点相异性指数计算结果显示, 小微湿地鸟类群落总体 β 多样性(β_{SOR})为0.960, 空间周转组分(β_{SIM})为0.950, 嵌套组分(β_{SNE})为0.010, 因此 $\beta_{ratio} < 0.5$, 表示小微湿地鸟类群落的多样性主要由物种空间周转决定。

基于相异度矩阵或距离矩阵的多重回归模型结果显示(表3), 湿地面积差异、城市化指数差异和建筑面积比例差异是影响小微湿地鸟类群落 β 多样性及其组分的主要环境因子。其中, 水鸟 β 多样性(β_{sor})与湿地面积差异、城市化指数差异和建筑面积比例差异均呈显著正相关, 物种周转(β_{sim})与湿地面积差异呈负相关, 物种嵌套(β_{sne})与湿地面积差异和城市化指数差异呈正相关。陆地鸟类 β 多样性(β_{sor})与湿地面积差异、城市化指数差异均呈显著正相关, 物种周转(β_{sim})与湿地面积差异呈显著负相关, 物种嵌套(β_{sne})与湿地面积差异和城市化指数差异呈正相关。

4 讨论

4.1 小微湿地鸟类群落季节动态变化特征

合肥市小微湿地鸟类群落季节差异程度较高。水鸟和陆地鸟类物种丰富度、密度均在冬季最高, 这是由于合肥市位于东亚-澳大利亚候鸟迁徙路线上, 有大量冬候鸟在此停歇。同时, 冬季湿地水位下降, 泥滩面积增大, 为鸟类提供了更多的食物资源, 从而导致冬季鸟类物种丰富度以及密度大幅提高(Zhou et al, 2020)。此外, 由于冬季有部分陆地鸟类如灰椋鸟(*Sturnus cineraceus*)、丝光椋鸟(*S. sericeus*)等大量集群, 因此陆地鸟类冬季Shannon-Wiener指数和均匀度指数较其他季节明显偏低。而冬季水鸟种类较多且分布均匀, 因此均匀度指数呈现较高水平。夏季陆地鸟类物种丰富度和密度同样处于较高水平。这是因为夏候鸟数量增加, 同时夏季小微湿地内树木冠层密度大, 可以为不同类群的陆地鸟类提供丰富的食物资源和繁殖场所(Alonso et al, 2009)。然而, 以冬候鸟为主的水鸟在夏季已完全迁离, 因此夏季水鸟物种丰富度较其他季节明显偏低。此外, 小微湿地内存在数量较大的灰翅浮鸥(*Chlidonias hybrida*)、池鹭(*Ardeola bacchus*)、黑水鸡(*Gallinula chloropus*)等鸟类, 使得夏季水鸟密度

仅次于冬季。随着大部分候鸟的迁离, 小微湿地内鸟类物种数和个体数量在春季和秋季大幅下降。研究显示, 陆地鸟类均匀度指数在春秋两季明显高于冬夏两季, 而水鸟均匀度指数则表现为春秋季节明显低于冬夏两季。这是由于春秋季节鸟类种数较少, 同时陆地鸟类在该季节集群现象较低, 因此均匀度指数较高。而水鸟中黑水鸡、小鸕鷀(*Tachybaptus ruficollis*)等留鸟在其他水鸟数量明显降低的情况下仍旧保持较大数量, 使得均匀度指数明显偏低。

4.2 小微湿地鸟类多样性影响因素

4.2.1 湿地面积效应

尽管本研究中小微湿地面积整体较小, 但湿地面积仍是影响鸟类多样性的重要环境因子, 对小微湿地陆地鸟类和水鸟均具有重要影响。研究结果显示鸟类物种丰富度随小微湿地面积增大而增大, 这与早期的“物种-面积关系”(species-area relationship)理论相一致(Boecklen & Gotelli, 1984)。在城市环境下, 小微湿地面积与其生态承载力呈显著正相关, 面积较大的小微湿地可以为鸟类提供更多的栖息地类型和食物资源, 从而建立一个更为丰富而稳定的集合群落(Froneman et al, 2001; Yang et al, 2020)。因此, 在城市建设和规划过程中, 应充分利用城市破碎化的剩余可用空间建设较大面积的小微湿地。小微湿地的面积对于陆地和水鸟物种多样性的影响稍有不同, 虽然随着小微湿地面积的增加, 物种丰富度都呈现增加趋势, 但当面积接近4 ha时, 水鸟的物种丰富度增加幅度较为缓慢, 因此着眼于水鸟保护的小微湿地, 应尽量使其面积扩大到4 ha以上。此外, 人类活动的扩张导致生境连续性的湿地逐渐破碎化, 形成了众多栖息地岛屿化的小微湿地。部分对栖息地面积比较敏感的物种在面积较小的小微湿地中首先消失, 而在面积较大的小微湿地中仍保留了这些物种种群。因此当湿地面积差异增大时, 小微湿地间物种差异增大, β 多样性指数也随之增加。本研究中部分国家级或省级保护物种如燕隼、小鸕鷀、红头潜鸭等, 仅在面积较大的小微湿地中出现, 而在面积较小的小微湿地中分布的鸟类物种如白头鹎(*Pycnonotus sinensis*)、喜鹊(*Pica pica*)、乌鸫(*Turdus merula*)等在面积较大的小微湿地中也均有出现。因此, 面积较小的小微湿地的物种组成表现为面积较大的小微湿地物种的子集, 从

而形成嵌套格局。当小微湿地面积差异较小时, 各小微湿地内不同的生境配置可以吸引不同种类的鸟类群落, 使得面积相近的小微湿地拥有各自的特有物种, 因此物种空间周转组分随之增长。

4.2.2 城市化效应

在不同的城市化水平上, 城市化指数较低的小微湿地物种丰富度较高, 相比城市化指数较高的小微湿地吸引了更多水鸟在此停歇, 其中以鸕鷀类和雁鸭类为主。这是由于城市化指数较高的小微湿地生境单一且受干扰强度大, 加上食物资源匮乏导致大量难以适应城市环境的鸟类在城市中逐渐消失, 因此形成了低城市化指数小微湿地向高城市化指数小微湿地的物种嵌套。同时物种相异度随着城市化指数差异的增大而提高, 从而导致了 β 多样性指数的变化。值得注意的是, 中、低度城市化小微湿地尽管城市化水平相对较高, 但其陆地鸟类丰富度明显高于其他小微湿地, 且在区域内仍发现大量斑嘴鸭、白骨顶(*Fulica atra*)、苍鹭(*Ardea cinerea*)等水鸟存在。这可能是由于城区缺乏足够的栖息地, 大量鸟类向城市边缘分布, 使得城郊小微湿地鸟类物种丰富度增高(Pal et al, 2019), 因此中、低度城市化程度的小微湿地对城市鸟类具有重要的生态价值。此外, 城市化指数较高的小微湿地尽管鸟类丰富度较低, 但作为城市适应型鸟类的栖息地其利用率很高(Schütz & Schulze, 2015), 使得城市化指数高的小微湿地内陆地鸟类丰富度仍旧呈现较高水平。因此城市化指数较高的小微湿地同样具有重要的保护意义。

4.2.3 植被面积比例与建筑面积比例的影响

植被面积比例较高的小微湿地由于拥有更多的林地及灌木丛生境, 其丰富的垂直结构为陆地鸟类提供了更多的隐蔽空间, 吸引了包括大山雀(*Parus major*)、黄腹山雀(*P. venustus*)、黑尾蜡嘴雀(*Eophona migratoria*)等在内的数量小型的雀形目鸟类。大面积林地中拥有更多样的植物组成, 提高了湿地的生境异质性, 可满足不同鸟类对于栖息环境的需求(Zhou & Chu, 2012; 赵伊琳等, 2021), 也为陆地鸟类提供了更加多样的栖息空间。此外, 水生植被较多的小微湿地可以吸引更多的水鸟, 使得即使面积仅为2 ha的小微湿地仍旧存在大量池鹭、黑水鸡、小鸕鷀等水鸟。小微湿地内建筑面积比例

的增加减少了天然的微生境致使部分鸟类物种难以存活。同时具有较高的建筑面积比例的小微湿地带来了更高的客流量,也会导致大量鸟类迁离。水鸟对建筑面积较多的小微湿地更为敏感,在对研究区域进行全年调查后发现部分建筑面积比例较高的仅存在1种水鸟,只有八哥(*Acridotheres cristatellus*)、喜鹊、灰喜鹊等杂食性鸟类更倾向于建筑面积比例更高的小微湿地。

5 结论

本研究结果显示,湿地面积和城市化指数对小微湿地陆地鸟类和水鸟的 α 多样性和 β 多样性及组分均有显著影响,陆地鸟类丰富度在中、低度城市化之间的小微湿地中达到最高值。而植被面积比例对陆地鸟类多样性具有较强的影响,建筑面积比例对水鸟多样性具有显著影响。因此,在城市建设和规划过程中应保留城市中面积较大的小微湿地,着眼于水鸟保护的小微湿地,尽量使其面积扩大到4 ha以上。同时注意加强不同城市化梯度的小微湿地建设,重点加强中、低度城市化之间的小微湿地的保护和建设。此外,在小微湿地管理和建设过程中应保留和增加湿地内天然植被面积,同时减少湿地内人工建筑物,使得不同面积的小微湿地均可以拥有较高的鸟类多样性。最后,本研究中各小微湿地间鸟类群落的组成差异主要由物种周转所导致,因此各小微湿地均具有潜在的保护价值,应对各小微湿地加强整体保护。

ORCID

周立志  <https://orcid.org/0000-0002-5702-4658>

参考文献

Alonso JC, Palacin C, Alonso JA, Martín CA (2009) Post-breeding migration in male great bustards: Low tolerance of the heaviest Palearctic bird to summer heat. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63, 1705–1715.

Anderson DR, Link WA, Johnson DH, Burnham KP (2001) Suggestions for presenting the results of data analyses. *The Journal of Wildlife Management*, 65, 373–378.

Anderson MJ, Crist TO, Chase JM, Vellend M, Inouye BD, Freestone AL, Sanders NJ, Cornell HV, Comita LS, Davies KF, Harrison SP, Kraft NJB, Stegen JC, Swenson NG (2011) Navigating the multiple meanings of β diversity: A roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters*, 14, 19–28.

Baselga A (2010) Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 134–143.

Batáry P, Kurucz K, Suarez-Rubio M, Chamberlain DE (2018) Non-linearities in bird responses across urbanization gradients: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 24, 1046–1054.

Blackwell MSA, Pilgrim ES (2011) Ecosystem services delivered by small-scale wetlands. *Hydrological Sciences Journal*, 56, 1467–1484.

Boecklen WJ, Gotelli NJ (1984) Island biogeographic theory and conservation practice: Species–area or species–area relationships? *Biological Conservation*, 29, 63–80.

Canedoli C, Manenti R, Padoa-Schioppa E (2018) Birds biodiversity in urban and periurban forests: Environmental determinants at local and landscape scales. *Urban Ecosystems*, 21, 779–793.

Chace JF, Walsh JJ (2006) Urban effects on native avifauna: A review. *Landscape and Urban Planning*, 74, 46–69.

Chang HY, Lee YF (2016) Effects of area size, heterogeneity, isolation, and disturbances on urban park avifauna in a highly populated tropical city. *Urban Ecosystems*, 19, 257–274.

Chen P, Shen JH, Hu G, Shen GC, Zhang FG, Li MH, Yu MJ (2009) Spatial distribution and beta diversity of forest communities in mountainous areas of the West Lake in Hangzhou, East China. *Acta Ecologica Sinica*, 29, 2929–2937. (in Chinese with English abstract) [陈攀, 慎佳泓, 胡广, 沈国春, 张方钢, 李铭红, 于明坚 (2009) 西湖风景名胜区内不同类型森林群落的空间分布及 β 多样性. *生态学报*, 29, 2929–2937.]

Chen SH, Ding P, Zheng GM, Zhuge Y (2000) Impacts of urbanization on the wetland waterbird communities in Hangzhou. *Zoological Research*, 21, 279–285. (in Chinese with English abstract) [陈水华, 丁平, 郑光美, 诸葛阳 (2000) 城市化对杭州市湿地水鸟群落的影响研究. *动物学研究*, 21, 279–285.]

Chen SH, Ding P, Zheng GM, Zhuge Y (2002) The richness of island habitat avian communities and their influencing factors. *Acta Ecologica Sinica*, 22, 141–149. (in Chinese with English abstract) [陈水华, 丁平, 郑光美, 诸葛阳 (2002) 岛屿栖息地鸟类群落的丰富度及其影响因子. *生态学报*, 22, 141–149.]

Cui LJ, Lei YR, Zhang MY, Li W (2021) Review on small wetlands: Definition, typology and ecological services. *Acta Ecologica Sinica*, 41, 2077–2085. (in Chinese with English abstract) [崔丽娟, 雷茵茹, 张曼胤, 李伟 (2021) 小微湿地研究综述: 定义、类型及生态系统服务. *生态学报*, 41, 2077–2085.]

Dale S (2018) Urban bird community composition influenced by size of urban green spaces, presence of native forest, and urbanization. *Urban Ecosystems*, 21, 1–14.

Ewers RM, Didham RK (2007) The effect of fragment shape

- and species' sensitivity to habitat edges on animal population size. *Conservation Biology*, 21, 926–936.
- Froneman A, Mangnall MJ, Little R, Crowe T (2001) Waterbird assemblages and associated habitat characteristics of farm ponds in the Western Cape, South Africa. *Biodiversity and Conservation*, 10, 251–270.
- Guthery FS, Burnham KP, Anderson DR (2003) Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. *The Journal of Wildlife Management*, 67, 655.
- Jasmani Z, Ravn HP, Bosch CCK (2017) The influence of small urban parks characteristics on bird diversity: A case study of Petaling Jaya, Malaysia. *Urban Ecosystems*, 20, 227–243.
- Kale M, Dudhe N, Ferrante M, Ivanova T, Kasambe R, Trukhanova IS, Bhattacharya P, Lövei GL (2018) The effect of urbanization on the functional and scale-sensitive diversity of bird assemblages in Central India. *Journal of Tropical Ecology*, 34, 341–350.
- LaSorte FA, Tingley MW, Hurlbert AH (2014) The role of urban and agricultural areas during avian migration: An assessment of within-year temporal turnover. *Global Ecology and Biogeography*, 23, 1225–1234.
- Leveau LM, Isla FI, Bellocq MI (2015) Urbanization and the temporal homogenization of bird communities: A case study in central Argentina. *Urban Ecosystems*, 18, 1461–1476.
- Leveau LM, Leveau CM (2016) Does urbanization affect the seasonal dynamics of bird communities in urban parks? *Urban Ecosystems*, 19, 631–647.
- Ma S, Wang BY, Wang JF, Xie HB, Li BC, Zhang W, Yang G (2021) Influence of habitat characteristics of urban parks on bird community: A case study of Shanghai. *Journal of Fudan University (Natural Science)*, 60, 222–230. (in Chinese with English abstract) [马硕, 王本耀, 王军馥, 谢汉宾, 李必成, 张伟, 杨刚 (2021) 城市公园栖息地特征对鸟类群落的影响: 以上海市为例. 复旦学报(自然科学版), 60, 222–230.]
- Ma SJ, Wang RS (1984) Social-economic-natural complex ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 4, 1–9. (in Chinese with English abstract) [马世骏, 王如松 (1984) 社会-经济-自然复合生态系统. 生态学报, 4, 1–9.]
- Marzluff JM (2005) Island biogeography for an urbanizing world: How extinction and colonization may determine biological diversity in human-dominated landscapes. *Urban Ecosystems*, 8, 157–177.
- Meixler MS, Fisher K, Sanderson EW (2019) Latitude-enhanced species-area relationships for conservation planning. *Landscape Ecology*, 34, 1877–1888.
- Murillo-Pacheco J, López-Iborra GM, Escobar F, Bonilla-Rojas WF, Verdú JR (2018) The value of small, natural and man-made wetlands for bird diversity in the east Colombian Piedmont. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 28, 87–97.
- Nielsen AB, van den Bosch M, Maruthaveeran S, van den Bosch CK (2014) Species richness in urban parks and its drivers: A review of empirical evidence. *Urban Ecosystems*, 17, 305–327.
- Pal M, Pop P, Mahapatra A, Bhagat R, Hore U (2019) Diversity and structure of bird assemblages along urban-rural gradient in Kolkata, India. *Urban Forestry & Urban Greening*, 38, 84–96.
- Rico-Silva JF, Cruz-Trujillo EJ, Colorado ZGJ (2021) Influence of environmental factors on bird diversity in greenspaces in an Amazonian City. *Urban Ecosystems*, 24, 365–374.
- Schütz C, Schulze CH (2015) Functional diversity of urban bird communities: Effects of landscape composition, green space area and vegetation cover. *Ecology and Evolution*, 5, 5230–5239.
- Si XF, Zhao YH, Chen CW, Ren P, Zeng D, Wu LB, Ding P (2017) Beta-diversity partitioning: Methods, applications and perspectives. *Biodiversity Science*, 25, 464–480. (in Chinese with English abstract) [斯幸峰, 赵郁豪, 陈传武, 任鹏, 曾嶼, 吴玲兵, 丁平 (2017) Beta多样性分解: 方法、应用与展望. 生物多样性, 25, 464–480.]
- Strohbach MW, Lerman SB, Warren PS (2013) Are small greening areas enhancing bird diversity? Insights from community-driven greening projects in Boston. *Landscape and Urban Planning*, 114, 69–79.
- Tan SS, Ye ZL, Yuan LB, Zhou RF, Hu G, Jin XF, Yu MJ (2013) Beta diversity of plant communities in Baishanzu Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 33, 6944–6956. (in Chinese with English abstract) [谭珊珊, 叶珍林, 袁留斌, 周荣飞, 胡广, 金孝锋, 于明坚 (2013) 百山祖自然保护区植物群落beta多样性. 生态学报, 33, 6944–6956.]
- Xie SL, Wang XK, Ren YF, Su ZM, Su YB, Wang SQ, Zhou WQ, Lu F, Qian YG, Gong C, Huang BB, Ouyang ZY (2020) Factors responsible for forest and water bird distributions in rivers and lakes along an urban gradient in Beijing. *Science of the Total Environment*, 735, 139308.
- Yang G (2014) The Influence of Multiple-scale Habitat Structure on Bird Community in Urban Parks. PhD dissertation, East China Normal University, Shanghai. (in Chinese with English abstract) [杨刚 (2014) 多尺度下的城市公园生境格局对鸟类群落的影响. 博士学位论文, 华东师范大学, 上海.]
- Yang XR, Tan XW, Chen CW, Wang YP (2020) The influence of urban park characteristics on bird diversity in Nanjing, China. *Avian Research*, 11, 45.
- Zhang RZ (1999) Zoogeography of China. Science Press, Beijing. (in Chinese) [张荣祖 (1999) 中国动物地理. 科学出版社, 北京.]
- Zhao H, Chen JQ, Chen X, Xiong YY, An SQ (2018) Conservation and management of small and micro wetlands. *Wetland Science & Management*, 14, 22–26. (in Chinese with English abstract) [赵晖, 陈佳秋, 陈鑫, 熊依依, 安树

- 青 (2018) 小微湿地的保护与管理. 湿地科学与管理, 14, 22–26.]
- Zhao YL, Wang C, Bai ZT, Hao ZZ (2021) Changes of bird community under urbanization and its relationship with urban vegetation. *Acta Ecologica Sinica*, 41, 479–489. (in Chinese with English abstract) [赵伊琳, 王成, 白梓彤, 郝泽周 (2021) 城市化鸟类群落变化及其与城市植被的关系. *生态学报*, 41, 479–489.]
- Zheng GM (2017) A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China, 3rd edn. Science Press, Beijing. (in Chinese) [郑光美 (2017) 中国鸟类分类与分布名录(第三版). 科学出版社, 北京.]
- Zhou DQ, Chu LM (2012) How would size, age, human disturbance, and vegetation structure affect bird communities of urban parks in different seasons? *Journal of Ornithology*, 153, 1101–1112.
- Zhou J, Zhou LZ, Xu WB (2020) Diversity of wintering waterbirds enhanced by restoring aquatic vegetation at Shengjin Lake, China. *Science of the Total Environment*, 737, 140190.
- (责编编委: 王彦平 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 合肥市小微湿地环境参数

Appendix 1 Environmental parameters of small wetlands in Hefei City
<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2021445-1.pdf>

附录2 环境因子的Pearson相关性(r)分析结果

Appendix 2 Pearson correlations coefficients (r) among seven environmental factors
<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2021445-2.pdf>

附录3 合肥市小微湿地鸟类多样性参数

Appendix 3 Parameters of bird diversity in small wetlands in Hefei City
<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2021445-3.pdf>

附录4 合肥市小微湿地鸟类名录

Appendix 4 Bird list of small wetlands in Hefei City
<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2021445-4.pdf>

附录 1 合肥市小微湿地环境参数
Appendix 1 Environmental parameters of small wetlands in Hefei City

湿地编号 Wetland code	湿地面积 Wetland area (ha)	城市化指数 Urbanization index	建筑面积比例 Proportion of vegetation area	植被面积比例 Proportion of construction area	湿地形状指数 Wetland shape	环境噪声 Environmental noise (dB)	人为干扰 Man-made disturbance
1	1.650	265.060	0.473	0.290	3.937	55.510	5
2	1.450	274.650	0.218	0.350	1.960	52.230	4
3	0.620	321.130	0.326	0.342	1.902	65.200	4
4	0.690	214.020	0.220	0.293	1.575	61.610	2
5	1.250	202.230	0.178	0.246	2.231	58.120	5
6	0.830	166.720	0.000	0.736	1.517	49.280	3
7	1.170	195.320	0.354	0.189	1.532	61.100	3
8	0.290	229.530	0.329	0.336	1.215	53.400	3
9	0.280	285.70	0.402	0.220	1.292	57.990	2
10	1.120	219.090	0.099	0.387	1.399	64.890	1
11	0.710	117.540	0.187	0.335	1.376	53.600	2
12	1.570	106.190	0.001	0.057	1.297	48.910	2
13	1.680	82.830	0.191	0.387	1.373	73.710	1
14	1.720	158.450	0.133	0.256	1.196	71.730	2
15	2.000	110.550	0.243	0.192	1.334	60.430	2
16	2.290	320.280	0.232	0.267	1.605	62.610	5
17	2.160	263.210	0.182	0.340	2.128	52.670	5
18	4.540	280.600	0.090	0.247	3.298	51.170	5
19	3.810	227.420	0.010	0.327	1.280	61.050	4
20	2.660	199.460	0.004	0.140	1.635	59.920	3
21	4.820	193.580	0.034	0.166	1.426	55.180	3
22	3.800	224.580	0.147	0.092	1.565	59.790	3
23	3.760	170.120	0.034	0.417	1.607	68.140	2
24	4.730	159.460	0.000	0.429	1.222	42.490	2
25	4.350	174.780	0.064	0.276	1.339	54.130	2
26	4.290	116.890	0.118	0.210	1.741	48.770	1
27	4.460	142.350	0.002	0.066	1.358	54.630	2
28	3.660	120.330	0.011	0.090	1.262	47.870	2
29	3.260	136.970	0.188	0.275	1.195	59.310	2
30	4.280	119.690	0.113	0.144	1.524	41.340	2
31	7.170	288.420	0.369	0.209	1.367	53.630	5
32	7.940	275.090	0.299	0.137	1.590	50.120	4
33	6.040	294.480	0.237	0.372	1.916	57.280	4
34	6.550	201.460	0.051	0.154	1.330	61.630	2
35	6.080	318.660	0.347	0.403	3.656	58.880	5
36	7.320	287.220	0.155	0.074	1.898	59.370	3
37	7.410	208.120	0.094	0.403	1.637	57.700	3
38	8.000	199.530	0.187	0.285	2.088	50.060	3
39	5.430	172.380	0.023	0.488	1.543	52.460	2
40	5.610	166.150	0.008	0.317	1.805	47.690	1

汪婷, 周立志 (2022) 合肥市小微湿地鸟类多样性的时空格局及其影响因素. 生物多样性, 30, 21445.
<https://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2021445>

湿地编号 Wetland code	湿地面积 Wetland area (ha)	城市化指数 Urbanization index	建筑面积比例 Proportion of vegetation area	植被面积比例 Proportion of construction area	湿地形状指数 Wetland shape	环境噪声 Environmental noise (dB)	人为干扰 Man-made disturbance
41	7.650	99.430	0.026	0.317	1.578	51.730	2
42	7.630	97.400	0.001	0.333	1.204	38.580	2
43	6.550	150.620	0.019	0.215	1.554	35.320	1
44	7.090	148.830	0.167	0.255	1.335	65.250	2
45	7.240	123.480	0.002	0.086	1.294	43.030	2

附录 2 环境因子的 Pearson 相关性(*r*)分析结果
Appendix 2 Pearson correlations coefficients (*r*) among seven environmental factors

	湿地面积 Wetland area (ha)	城市化指数 Urbanization index	建筑面 积 比 例 Proportion of construction area	植被面 积 比 例 Proportion of vegetation area	湿地形状 Wetland shape	环境噪声 Environmental noise (dB)	人为干扰 Man-made disturbance
湿地面积 Wetland area (ha)	1.000						
城市化指数 Urbanization index	-0.065	1.000					
建筑面积比例 Proportion of construction area	-0.299	0.587	1.000				
植被面积比例 Proportion of vegetation area	-0.180	0.080	0.308	1.000			
湿地形状 Wetland shape	0.019	0.503	0.401	0.130	1.000		
环境噪声 Environmental noise (dB)	-0.375	0.251	0.333	0.090	0.107	1.000	
人为干扰 Man-made disturbance	-0.043	0.764	0.495	0.070	0.610	0.107	1.000

附录 3 合肥市小微湿地鸟类多样性参数
Appendix 3 Parameters of bird diversity in small wetlands in Hefei City

湿地编号 Wetland number	物种丰富度 Species richness		物种密度 Species density (ind./ha)		Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index		均匀度指数 Pielou index	
	水鸟 Waterbird	陆地鸟类 Terrestrial bird	水鸟 Waterbird	陆地鸟类 Terrestrial bird	水鸟 Waterbird	陆地鸟类 Terrestrial bird	水鸟 Waterbird	陆地鸟类 Terrestrial bird
1	1	15	3.822	356.051	0	2.350	0	0.868
2	1	16	15.287	839.490	0	2.475	0	0.893
3	3	9	37.097	230.645	0.740	1.689	0.674	0.769
4	4	17	34.783	821.739	1.075	2.337	0.776	0.245
5	5	14	703.185	346.497	0.755	2.285	0.469	0.866
6	4	18	33.121	645.86	0.894	2.352	0.645	0.814
7	2	15	10.191	583.44	0.693	2.357	1	0.87
8	2	15	31.034	1706.900	0.349	2.262	0.503	0.835
9	2	11	25	1114.286	0.410	2.083	0.592	0.869
10	3	19	152.866	895.541	0.927	2.553	0.844	0.867
11	2	17	246.479	797.183	0.367	2.057	0.529	0.726
12	5	17	26.115	331.211	1.273	2.289	0.791	0.808
13	5	14	115.287	226.752	1.080	2.411	0.671	0.914
14	2	15	22.93	320.382	0.127	2	0.183	0.739
15	4	17	51.592	308.917	0.821	2.404	0.593	0.849
16	1	13	5.096	415.924	0	2.171	0	0.846
17	4	17	33.121	405.732	1.091	2.36	0.787	0.833
18	3	16	38.471	178.599	0.970	2.325	0.883	0.839
19	4	18	28.981	264.968	0.928	2.482	0.669	0.859
20	7	17	64.968	614.862	1.164	1.124	0.598	0.397
21	9	17	71.975	136.306	1.662	2.394	0.756	0.845
22	2	14	10.510	116.879	0.554	2.354	0.799	0.892
23	10	21	108.917	293.949	1.208	2.614	0.525	0.859
24	9	25	172.824	151.805	0.433	2.609	0.197	0.810
25	5	27	24.713	234.904	1.074	2.709	0.667	0.822
26	13	22	110.318	132.229	2.080	2.617	0.811	0.847
27	7	20	36.688	129.682	1.239	2.5	0.637	0.834
28	13	18	27.707	186.306	2.017	2.402	0.786	0.831
29	5	27	8.917	207.325	1.176	2.849	0.731	0.864
30	9	24	60.382	135.796	1.946	2.708	0.886	0.852
31	2	20	5.379	149.186	0.671	2.553	0.968	0.852
32	1	17	1.656	208.153	0	2.086	0	0.736
33	3	24	7.097	519.563	0.780	2.087	0.710	0.657
34	8	28	21.975	211.306	1.480	2.716	0.712	0.815
35	3	18	21.838	197.816	1.040	2.348	0.946	0.813
36	3	17	68.082	81.104	0.386	2.411	0.352	0.851
37	15	30	61.288	236.943	1.536	2.561	0.567	0.753
38	7	35	18.981	198.343	1.287	2.786	0.662	0.783

汪婷, 周立志 (2022) 合肥市小微湿地鸟类多样性的时空格局及其影响因素. 生物多样性, 30, 21445.
<https://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2021445>

湿地编号 Wetland number	物种丰富度 Species richness		物种密度 Species density (ind./ha)		Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index		均匀度指数 Pielou index	
	水鸟 Waterbird	陆地鸟类 Terrestrial bird	水鸟 Waterbird	陆地鸟类 Terrestrial bird	水鸟 Waterbird	陆地鸟类 Terrestrial bird	水鸟 Waterbird	陆地鸟类 Terrestrial bird
39	8	35	38.004	318.471	1.132	2.807	0.544	0.790
40	12	28	78.435	232.757	0.964	2.718	0.388	0.816
41	13	33	85.350	297.24	1.361	2.334	0.531	0.668
42	17	27	122.435	136.872	1.467	2.711	0.518	0.823
43	11	26	97.611	185.510	0.915	2.647	0.381	0.813
44	6	29	37.650	184.147	1.361	2.844	0.759	0.845
45	13	27	49.115	116.065	1.833	2.776	0.715	0.842

附录 4 合肥市小微湿地鸟类名录
Appendix 4 Bird list of small wetlands in Hefei City

物种 Species	中文名 Chinese name	学名 Scientific name	区系类型 Fauna type	居留型 Migratory type	保护级别 Protection grade
鸊鷉目 Podicipediformes					
鸊鷉科 Podicipedidae	1.小鸊鷉	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	广	留	
	2.凤头鸊鷉	<i>Podiceps cristatus</i>	古	冬、留	
鹳形目 Ciconiiformes					
鹭科 Ardeidae	3.苍鹭	<i>Ardea cinerea</i>	广	留	
	4.大白鹭	<i>Ardea alba</i>	广	冬	
	5.白鹭	<i>Egretta garzetta</i>	广	留	
	6.夜鹭	<i>Nycticorax nycticorax</i>	广	留	
	7.中白鹭	<i>Ardea intermedia</i>	东	夏	
	8.池鹭	<i>Ardeola bacchus</i>	东	夏	
	9.牛背鹭	<i>Bubulcus ibis</i>	东	夏	
	10.黄斑苇鹡	<i>Ixobrychus sinensis</i>	广	夏	
	11.黑苇鹡	<i>Dupetor flavicollis</i>	东	夏	
雁形目 Anseriformes					
鸭科 Anatidae	12.斑嘴鸭	<i>Anas zonorhyncha</i>	广	冬、留	省 II
	13.绿翅鸭	<i>Anas crecca</i>	古	冬	省 II
	14.赤麻鸭	<i>Tadorna ferruginea</i>	古	冬	省 II
	15.红头潜鸭	<i>Aythya ferina</i>	古	冬	省 II
鹤形目 Gruiformes					
秧鸡科 Rallidae	16.红脚田鸡	<i>Zapornia akool</i>	东	夏	
	17.黑水鸡	<i>Gallinula chloropus</i>	东	留	
	18.白骨顶	<i>Fulica atra</i>	广	冬	
鸻形目 Charadriiformes					
鸻科 Charadriidae	19.凤头麦鸡	<i>Vanellus vanellus</i>	古	冬	
	20.灰头麦鸡	<i>Vanellus cinereus</i>	古	夏	
鹬科 Scolopacidae	21.鹤鹬	<i>Tringa erythropus</i>	古	冬	
	22.青脚鹬	<i>Tringa nebularia</i>	古	冬	
	23.白腰草鹬	<i>Tringa ochropus</i>	古	冬	
	24.林鹬	<i>Tringa glareola</i>	古	旅	

汪婷, 周立志 (2022) 合肥市小微湿地鸟类多样性的时空格局及其影响因素. 生物多样性, 30, 21445.
<https://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2021445>

物种 Species	中文名 Chinese name	学名 Scientific name	区系类型 Fauna type	居留型 Migratory type	保护级别 Protection grade
鸥科 Laridae	25. 矶鹬	<i>Tringa hypoleucos</i>	古	旅	
	26. 扇尾沙锥	<i>Gallinago gallinago</i>	古	冬	
	27. 银鸥	<i>Larus argentatus</i>	古	冬	
	28. 红嘴鸥	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	古	冬	
燕鸥科 Sternidae	29. 灰翅浮鸥	<i>Chlidonias hybridus</i>	广	夏	
佛法僧目 Coraciiformes					
翠鸟科 Alcedinidae	30. 斑鱼狗	<i>Ceryle rudis</i>	东	留	
	31. 普通翠鸟	<i>Alcedo atthis</i>	广	留	
鸽形目 Columbiformes					
鸠鸽科 Columbidae	32. 山斑鸠	<i>Streptopelia orientalis</i>	广	留	
	33. 珠颈斑鸠	<i>Streptopelia chinensis</i>	东	留	
鹃形目 Cuculiformes					
杜鹃科 Cuculidae	34. 小鸦鹃	<i>Centropus bengalensis</i>	东	夏	国II
	35. 噪鹃	<i>Eudynamys scolopacea</i>	东	夏	省I
	36. 大鹰鹃	<i>Cuculus sparveroides</i>	东	夏	省I
	37. 四声杜鹃	<i>Cuculus micropterus</i>	广	夏	省I
戴胜目 Upupiformes					
戴胜科 Upupidae	38. 戴胜	<i>Upupa epops</i>	广	留	
鸢形目 Piciformes					
啄木鸟科 Picidae	39. 大斑啄木鸟	<i>Dendrocopos major</i>	广	留	
	40. 星头啄木鸟	<i>Dendrocopos canicapillus</i>	广	留	
隼形目 Falconiformes					
隼科 Falconidae	41. 燕隼	<i>Falco subbuteo</i>	广	留	国II
鸡形目 Galliformes					
雉科 Phasianidae	42. 环颈雉	<i>Phasianus colchicus</i>	古	留	省II
雀形目 Passeriformes					
百灵科 Alaudidae	43. 小云雀	<i>Alauda gulgula</i>	东	夏	
燕科 Hirundinidae	44. 家燕	<i>Hirundo rustica</i>	古	夏	省 I
	45. 金腰燕	<i>Cecropis daurica</i>	广	夏	省 I
鹁鸽科 Motacillidae	46. 白鹁鸽	<i>Motacilla alba</i>	古	留	
	47. 灰鹁鸽	<i>Motacilla cinerea</i>	古	留	

汪婷, 周立志 (2022) 合肥市小微湿地鸟类多样性的时空格局及其影响因素. 生物多样性, 30, 21445.
<https://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2021445>

物种 Species	中文名 Chinese name	学名 Scientific name	区系类型 Fauna type	居留型 Migratory type	保护级别 Protection grade
鹎科 Pycnontidae	48.黄鹂	<i>Motacilla tschutschensis</i>	古	夏	
	49.树鹎	<i>Anthus hodgsoni</i>	古	旅	
	50.水鹎	<i>Anthus spinoletta</i>	广	冬	
	51.白头鹎	<i>Pycnonotus sinensis</i>	东	留	
	52.领雀嘴鹎	<i>Spizixos semitorques</i>	东	留	
鸫科 Turdidae	53.乌鸫	<i>Turdus mandarinus</i>	东	留	
	54.斑鸫	<i>Turdus eunomus</i>	古	冬	
	55.红尾斑鸫	<i>Turdus naumanni</i>	古	冬	
雀科 Passeridae	56.麻雀	<i>Passer montanus</i>	广	留	
梅花雀科 Estrildidae	57.白腰文鸟	<i>Lonchura striata</i>	东	留	
伯劳科 Laniidae	58.红尾伯劳	<i>Lanius cristatus</i>	古	夏	省 I
	59.棕背伯劳	<i>Lanius schach</i>	东	留	省 I
黄鹌科 Oriolidae	60.黑枕黄鹌	<i>Oriolus chinensis</i>	广	夏	省II
卷尾科 Dicruridae	61.黑卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>	东	夏	省 I
	62.灰卷尾	<i>Dicrurus leucophaeus</i>	东	夏	
棕鸟科 Sturnidae	63.黑领棕鸟	<i>Gracupica nigricollis</i>	古	夏	
	64.灰棕鸟	<i>Sturnus cineraceus</i>	古	冬	
	65.丝光棕鸟	<i>Sturnus sericeus</i>	东	夏	
	66.八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	东	留	
鸦科 Corvidae	67.秃鼻乌鸦	<i>Corvus frugilegus</i>	古	冬	
	68.小嘴乌鸦	<i>Corvus corone</i>	广	留	
	69.达乌里寒鸦	<i>Corvus dauuricus</i>	古	冬	
	70.灰喜鹊	<i>Dendrocitta formosae</i>	古	留	省 I
	71.喜鹊	<i>Pica pica</i>	古	留	
鹡科 Muscicapidae	72.灰树鹊	<i>Dendrocitta formosae</i>	东	留	
	73.红嘴蓝鹊	<i>Urocissa erythrorhyncha</i>	古	冬	
	74.乌鹡	<i>Muscicapa sibirica</i>	古	旅	
	75.黑喉石鹡	<i>Saxicola torquata</i>	古	旅	
	76.鹡鹑	<i>Copsychus saularis</i>	东	留	

汪婷, 周立志 (2022) 合肥市小微湿地鸟类多样性的时空格局及其影响因素. 生物多样性, 30, 21445.
<https://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2021445>

物种 Species	中文名 Chinese name	学名 Scientific name	区系类型 Fauna type	居留型 Migratory type	保护级别 Protection grade
	77.北红尾鹀	<i>Phoenicurus aureus</i>	古	冬	
	78.红胁蓝尾鹀	<i>Tarsiger cyanurus</i>	古	夏	
画眉科 Timallidae	79.黑脸噪鹛	<i>Garrulax perspicillatus</i>	东	留	
鸦雀科 Paradoxornithidae	80.棕头鸦雀	<i>Paradoxornis webbianus</i>	东	留	
扇尾莺科 Cisticolidae	81.棕扇尾莺	<i>Cisticola juncidis</i>	东	夏	
	82.纯色山鹧鸪	<i>Prinia inornata</i>	东	留	
柳莺科 Phylloscopidae	83.黄眉柳莺	<i>Phylloscopus inornatus</i>	古	冬	
	84.黄腰柳莺	<i>Phylloscopus proregulus</i>	古	旅	
	85.褐柳莺	<i>Phylloscopus fuscatus</i>	古	冬	
树莺科 Cettiidae	86.棕脸鹟莺	<i>Abroscopus albogularis</i>	东	留	
	87.强脚树莺	<i>Cettia fortipes</i>	东	留	
	88.远东树莺	<i>Horornis canturians</i>	广	夏	
长尾山雀科 Aegithalidae	89.银喉长尾山雀	<i>Aegithalos caudatus</i>	古	留	
	90.红头长尾山雀	<i>Aegithalos concinnus</i>	东	留	
苇莺科 Acrocephalidae	91.黑眉苇莺	<i>Acrocephalus bistrigiceps</i>	东	夏	
山雀科 Paridae	92.大山雀	<i>Parus cinereus</i>	广	留	
	93.黄腹山雀	<i>Parus venustulus</i>	东	旅	
绣眼鸟科 Zosteropidae	94.暗绿绣眼鸟	<i>Zosterops japonicus</i>	东	夏	省 II
燕雀科 Fringillidae	95.燕雀	<i>Fringilla montifringilla</i>	广	冬	
	96.黄雀	<i>Carduelis spinus</i>	古	冬	
	97.黑尾蜡嘴雀	<i>Eophona migratoria</i>	古	冬	
	98.金翅雀	<i>Carduelis sinica</i>	广	留	
	99.黑头蜡嘴雀	<i>Eophona personata</i>	古	旅	
鹀科 Emberizidae	100.灰头鹀	<i>Emberiza spodocephala</i>	古	冬	
	101.小鹀	<i>Emberiza pusilla</i>	古	冬	
	102.黄喉鹀	<i>Emberiza elegans</i>	古	冬	

国 II: 国家二级重点保护鸟类; 省 I: 安徽省一级重点保护鸟类; 省 II: 安徽省二级重点保护鸟类