哈尔滨城市居民区鸟类多样性与空间分布*

姜 瑞[1] 刘嘉博[2] 朱 逊[1]

1 哈尔滨工业大学建筑与设计学院 自然资源部寒地国土空间规划与生态保护修复重点实验室 哈尔滨 150006
2 广州市城市规划勘测设计研究院有限公司 广州 510050

摘要:【目的】探讨影响居民区绿地鸟类多样性的关键因子,旨在指导城市鸟类多样性保育和管理。【方法】以哈尔滨市主城区 42 个居民区作为研究区域,开展 161 个样点的实地调查,使用多元回归模型分析鸟类多样性的空间分异。【结果】1)共记录野生鸟类 2 576 只,隶属于 6 目 12 科 17 种,以麻雀、喜鹊为优势种。鸟类食物功能团主要包括杂食类、植食类和食虫类,体现了鸟类“同步城市化”特征。2)研究区域鸟类分布呈现滨河高层居民区鸟类多样性水平高,离河多层居民区鸟类多样性水平低,物种多样性在 4 类居民区绿地间差异显著;3)临近城市河流廊道的居民区绿地拥有显著鸟类群落结构,距城市生态源地较远的绿地尽管具有较大的群落规模,但鸟类群落结构单调,部分临近生态廊道的小型绿地虽个体数量少,但物种丰富度较高;4)除了植被和水体等自然生境,鸟类停留的人工界面包括建筑外立面及屋檐,道路、广场等硬质地表区和亭廊、电线杆、雕塑等设施;旅鸟与候鸟则更青睐于与地面垂直距离较远的植被层,40.93%位于高大乔木层。【结论】高密度居住区具有更高的鸟类多样性水平;对于同一区位的居住区绿地,提升绿地面积、绿地连接值、乔木丰富度能够促进鸟类多样性水平;迁徙鸟类偏好离地面更高、距河流更近的停歇点。未来城市居民区绿地更新建议根据距离生态源地的远近分级,增加鸟类调查的空间精度,为居住区内部绿地设计及鸟类保护提供依据。

关键词:居民区绿地;鸟类多样性;空间分布;栖息位置
DOI:10.12169/zgcsly.2025.01.21.0003

Bird Diversity in Urban Residential Areas of Harbin and Its Spatial Distribution

Jiang Rui[1] Liu Jiabo[2] Zhu Xun[1]

(1. School of Architecture and Design, Harbin Institute of Technology/Key Laboratory of Ministry of Natural Resources for National Territory Spatial Planning and Ecological Restoration in Cold Regions, Harbin 150006, China; 2. Guangzhou Urban Planning Design Survey Research Institute, Guangzhou 510050, China)

Abstract:【Objective】To explore the key factors affecting the bird diversity in green spaces of residential compounds.【Method】In the 42 urban residential compounds in the core area of Harbin, field surveys are conducted on 161 sampling points, and a multiple regression model is used to analyze the spatial differentiation of bird diversity. 【Result】1) A total of 2 576 wild birds belonging to 17 species in 13 families of 6 orders are recorded, with sparrows and magpies as dominant species. The birds are classified into omnivorous, herbivorous, and insectivorous groups by food sources, reflecting the characteristic of

收稿日期:2025-01-21
* 基金项目:黑龙江省科技创新基地奖励项目(JD24A015);黑龙江省文化和旅游科研课题重点课题(2024WL03)
第一作者:姜瑞(1995-),男,博士生,研究方向为生态规划与城市生物多样性。E-mail:21B334011@stu.hit.edu.cn
通信作者:朱逊(1979-),女,博士,教授,研究方向为风景园林历史与理论、风景园林规划与设计。E-mail:zhuxun@hit.edu.cn

"synchronous urbanization" of birds; 2) The distribution of birds in the study area shows a high level of bird diversity in high-rise residential compounds along the river, while a low level of bird diversity in multi-story residential compounds away from the river. There are significant differences in species diversity among the four types of green spaces in residential compounds; 3) Residential compounds near urban river corridors have significant bird community structures in their green space, while green spaces far from urban ecological sources have larger bird community sizes but narrow community structures. Some small green spaces near ecological corridors have a lower number of birds but higher species richness; and 4) In addition to natural habitats such as vegetation and water bodies, the artificial interfaces where birds stay include building facades and eaves, hard surface areas such as roads and squares, and facilities such as pavilions, utility poles, sculptures, etc; Migratory birds and visitor birds prefer vegetation layers that are vertically far from the ground, and 40.93% of these birds live in the layer of tall tree. 【Conclusion】 Residential compounds with a high density have a higher level of bird diversity. For green spaces in the same location, expanding the green space area, enhancing green space connectivity, and increasing tall tree richness can make the level of bird diversity uplifted. Migratory birds prefer resting points higher above the ground and closer to rivers. In the future regeneration of urban green spaces in residential compounds, the spatial precision of bird survey should be improved in accordance with the grades of distance from ecological sources so as to provide references for the design of green spaces in urban compounds and for bird protection.

Keywords: residential green space; bird diversity; spatial distribution; habitat location

鸟类是城市生态系统的重要组成部分和城市生态系统健康重要的生物指示物种[1-3]。近年来，快速城镇化导致鸟类栖息地面积缩小[4]、栖息地碎片化日趋严重[5]。绿地是城市生态系统功能的最基本空间单元和城市居民区主要绿地类型，也是迁徙候鸟通道停歇地的重要组成部分。但受城市规划的影响，城市部分居民区绿地占比变幅较大，导致城市绿地支持鸟类群落多样性功能的潜力下降[6]，已引起社会与城市规划者的关注[7]。

城市绿地鸟类群落多样性及其分布与居民绿地特点密切相关[8]。城市绿地植物种组成、乔灌草层结构、植被盖度与丰度以及食缘植物配比均对微观生境的鸟类群落起重要影响[9]。城市居民人口密度、噪声、光污染已成为影响鸟类迁飞的重要风险源[10-11]。但受各种因素影响，城市居民区绿地鸟类多样性及其分布的研究较少受到关注。

哈尔滨位于黑龙江省西南部，是东北地区重要的中心城市，也是中国东北亚候鸟迁飞的重要通道的重要繁殖地与停歇地[12]。近年来，哈长城市群核心城市的迅速扩张，改变了原有绿地分布格局，直接或间接改变了城市鸟类栖息生境，增加了城市化对鸟类多样性的干扰。因此，选择哈尔滨市中心城区内 42 个居民区为研究区域，调查居民区绿地中鸟类多样性与分布和居民区绿地的关系，探讨城市居民区绿地对鸟类多样性与分布的影响，为进一步探究高密度城市环境影响鸟类多样性、指导城市鸟类多样性保育和管理打下研究基础。

1　研究区概况

哈尔滨（121° 11′—135° 05′ E，43° 26′—53°33′N）地处松嫩平原东南部、小兴安岭南麓，张广才岭西麓，是中国纬度最高、气温最低的省会城市，属中温带大陆性季风气候，四季分明；土壤类型多样，主要包括黑土、草甸土和沼泽土等；森林覆盖率较高，主要以落叶松（*Larix gmelinii*）、白桦（*Betula platyphylla*）等针叶树和阔叶树为主；水网发达、湿地资源丰富，松花江穿城而过，其支流形成了"三沟一河"的城市水系，河道及其沿岸绿地是鸟类的迁徙通道及落脚点；野生鸟类资源丰富，以夏候鸟、留鸟为主，是东北亚候鸟重要的迁徙繁殖地、停歇地；不同城区的居民区开发具有先后顺序，提供了多种类型及密度的居民区组团样本。

2　研究方法

2.1　调查样地选择

为降低鸟类多样性与建成环境变量的数值误

差[13]，以居民区绿地满足鸟类群落生存的最低标准[14]，即斑块具有足以维持“种-面积”理论的绿地面积，面积在 0.5 hm^2 以上，且斑块间距至少 50 m，以避免空间自相关，同时避免鸟类种群的单一化，选择轮廓几何式、种植区面积占比（斑块绿地率）超过 50%、乔灌草植物配植方式多样、群落结构丰富的绿地为原则。选取位于哈尔滨市松花江畔的群力新区高层楼房居民区和道里区多层楼房居住区、何家沟上游的平房区何家沟沿岸多层楼房居住区 42 个居民区为调查样地，根据其位置将居民区分为滨河高层、离河高层、滨河多层、离河多层 4 个类型（表 1）。

表 1 样本居民区绿地概况

居民区	居民小区	住区总面积/m^2	住区绿化率/%	绿地总面积/m^2	建筑容积率	绿地斑块数量
滨河高层住区	盛和世纪	272 000	40.2	109 344.0	2.1	4
	群力观江国际	159 000	35.03	55 697.7	3.0	6
	群力新城中区	266 000	34.8	92 568.0	2.7	5
	恒盛豪庭	187 000	35.0	65 450.0	2.7	5
	恒盛皇家花园	120 000	33.4	44 880.0	2.3	5
	天鹅湾赫郡	105 000	37.2	39 060.0	2.2	3
	漫步巴黎	159 000	32.42	57 907.8	2.2	5
离河高层住区	上和园著	107 000	30.4	32 528.0	2.3	4
	海富第五大道	218 000	36.25	98 100.0	2.0	5
	天昊百年丽景	65 000	38.24	31 200.0	2.2	2
	天鹅湾第五大道	141 000	35.5	56 400.0	2.5	6
	玫瑰湾西区	147 000	44.2	64 974.0	1.9	3
	玫瑰湾东区	114 000	40.1	45 714.0	1.7	3
	恒大盛和天下	372 000	32.3	120 156.0	1.8	7
	南郡豪庭	110 400	36.0	39 744.0	2.2	6
	群力新苑	198 000	32.0	67 320.0	2.8	5
	美辰家园	123 000	27.1	33 333.0	2.1	3
	新城小区	105 000	26.5	27 825.0	2.7	4
	新城花园	41 000	27.86	13 062.6	2.0	1
滨河多层住区	河松小区一期	79 200	29.5	23 364.0	3.2	4
	河政花园小区	144 300	25.3	36 507.9	3.4	6
	河柏小区	143 200	26.2	37 518.4	3.1	4
	河松小区三期	64 500	24.5	15 802.5	3.2	4
	锦江绿色家园	102 900	35.6	38 690.4	2.4	5
	新天地家园	109 000	25.2	27 468.0	2.6	4
	海富康城	260 000	30.5	79 300.0	1.9	7
	绿地世纪城	231 000	27.6	68 376.0	2.2	4
	国际花都二期	116 000	34.5	40 020.0	2.5	3
	秀水名苑三期	70 500	30.6	21 573.0	2.3	3
	秀水名苑一期	88 000	31.1	27 368.0	2.2	3
	南城名苑	51 500	34.0	17 510.0	2.1	3
	建国公园居民区	87 200	27.4	23 892.8	2.8	1
	品阁小区	153 000	21.2	32 436.0	3.0	2
	河源小区	78 700	19.6	15 425.2	2.3	3
	运华广场	170 000	21.4	36 380.0	2.9	4
	河梁小区	47 200	18.8	8 873.6	2.9	3
	东安名苑	43 600	17.0	7 412.0	2.1	2
	建安小区	60 400	18.5	11 174.0	2.2	3
离河多层住区	河清街居民区(北)	104 900	15.5	162 59.5	2.5	3
	河清街居民区(南)	128 700	17.4	22 393.8	2.5	4
	地藏寺居民区	96 500	14.2	13 703.0	2.6	1
	正阳花园丁香名苑	105 200	22.6	27 983.2	2.4	3

2.2 鸟类调查

2022 年 7 月 15 日—8 月 25 日，选择无风晴朗天气，鸟类活动最旺盛的上午 7：00—9：00 和下午 15：00—17：00，采用样点法进行鸟类调查。样点按 150 m^2/个在绿地面积均匀布设在人可驻足观测的绿化区域，在 42 个居住区中共选出了 161 个样点，记录样点经纬度坐标与该点位周围 25 m 半径内存在的鸟类。记录其种属与数量，并

识别其栖息停留的位置。

2.3　数据分析

对于鸟类多样性的分析，通过遇见率确定鸟类的优势等级[15]，遇见率为特定鸟种出现次数占总鸟类出现次数的比值。统计各居民区绿地样点的鸟种数量、鸟类个体数量，并计算香农多样性指数[3]。

采用单因素方差分析法（ANOVA）分析区域鸟类多样性差异，并用 LSD 多重比较法比较不同区域之间的差异；使用多元回归分析探究绿地空间环境要素对鸟类多样性的影响，并使用非线性模型对关键因子的影响机制进行拟合。

3　结果与分析

3.1　鸟类群落组成与多样性

调查共记录到鸟类 2 651 只次，其中野生鸟类 2 576 只，除 33 只鸟未辨识种类外，隶属于 6 目 12 科 17 种（表 2）。从鸟种遇见率来看，本地留鸟麻雀为优势种；喜鹊、灰喜鹊、褐头山雀 3 种留鸟的占比均为 10%左右，为亚优势种；红尾伯劳、黄喉鹀、灰伯劳、银喉长尾山雀、家鸽的占比处于 2%～10%，为伴生种；金腰燕、红嘴鸥、四声杜鹃、绿头鸭、鸳鸯的占比均处于 2%以下，遇见率极低，为偶见种。

表 2　研究区域鸟类群落组成

种名	拉丁名	目	科	属	居留型	栖息类型	食性	遇见率/%
麻雀	*Passerdomesticus*	雀形目	雀科	麻雀属	留鸟	林鸟	杂食	40.53
喜鹊	*Pica pica*	雀形目	鸦科	鹊属	留鸟	林鸟	杂食	12.38
灰喜鹊	*Cyanopica cyanus*	雀形目	鸦科	鹊属	留鸟	林鸟	杂食	11.03
褐头山雀	*Poecile montanus*	雀形目	山雀科	山雀属	留鸟	林鸟	植食	9.39
红尾伯劳	*Lanius cristatus*	雀形目	伯劳科	伯劳属	留鸟	林鸟	食虫	5.18
黄喉鹀	*Emberiza elegans*	雀形目	鹀科	鹀属	夏候鸟	林鸟	杂食	4.92
灰伯劳	*Lanius excubitor*	雀形目	伯劳科	伯劳属	留鸟	林鸟	食虫	4.13
银喉长尾山雀	*Aegithalos glaucogularis*	雀形目	山雀科	山雀属	留鸟	林鸟	植食	3.79
家鸽	*Columbalivia domestica*	鸽形目	鸠鸽科	鸽属	留鸟	林鸟	杂食	3.15
金腰燕	*Cecropis daurica*	雀形目	燕科	燕属	夏候鸟	林鸟	食虫	1.73
红嘴鸥	*Larus ridibundus*	鸻形目	鸥科	鸥属	夏候鸟	近水鸟类	食虫	1.56
四声杜鹃	*Cuculus micropterus*	鹃形目	杜鹃科	杜鹃属	夏候鸟	林鸟	杂食	1.47
绿头鸭	*Anas platyrhynchos*	雁形目	鸭科	鸭属	夏候鸟	水鸟	食鱼虾	0.55
鸳鸯	*Aix galericulata*	雁形目	鸭科	鸳鸯属	夏候鸟	水鸟	杂食	0.17
灰鹡鸰	*Motacilla cinerea*	雀形目	鹡鸰科	鹡鸰属	旅鸟	近水鸟类	食虫	—
大斑啄木鸟	*Dendrocopos major*	鴷形目	啄木鸟科	啄木鸟属	旅鸟	林鸟	食虫	—
白鹡鸰	*Motacilla alba*	雀形目	鹡鸰科	鹡鸰属	旅鸟	近水鸟类	食虫	—

鸟类居留型以留鸟为主，占 89.58%，夏候鸟占 10.42%，旅鸟不统计遇见率（表 2）。鸟类食物功能团中，杂食性鸟类占比最大，为 73.65%；其次为植食性鸟类，占 13.18%；食虫鸟类比例为 12.6%，食鱼虾的鸟种仅占 0.55%。表明研究区域鸟类因适应环境变化，以杂食性食物为主，体现了鸟类的“同步城市化”特征（图 1）。

3.2　鸟类多样性分布

鸟类生境选择与居民区绿地植被特征以及居民区人工设施有关。根据实地观察结果，麻雀作为优势种广泛分布于草坪、裸土等软质地表以及道路、广场等硬质地表；喜鹊、灰喜鹊、家鸽等鸟种，主要亚乔木层、灌木层栖息，也在地表、亭廊、建筑屋顶、建筑外立面等人工界面上停留；黄喉鹀、褐头山雀、银喉长尾山雀主要栖息于灌木层，在乔木与建筑外立面上也有少量分布；红尾伯劳、灰伯劳偏好于地面垂直距离较远的植被层，在高大乔木层、亚乔木层、高灌木层均有分布；金腰燕、红嘴鸥、四声杜鹃、绿头鸭、鸳鸯等迁徙鸟种与城市河流的关联密切，主要栖息于临近水体的高大乔木或亚乔木。

图 2 显示，不同居民区绿地鸟类群落多样性变化区域不一致，其中滨河高层住区的物种丰富度、多样性水平均处于四者之最，但绿地间波动幅度较大，存在结构丰富程度显著优势区；离河高层住区的物种丰富度、多样性水平较高且绿地间稳定性最强；滨河多层住区的物种丰富度波动幅度最大。

方差分析显示（表 3），不同居民区类型之间的鸟类丰富度、个体数量、香农多样性指数均存

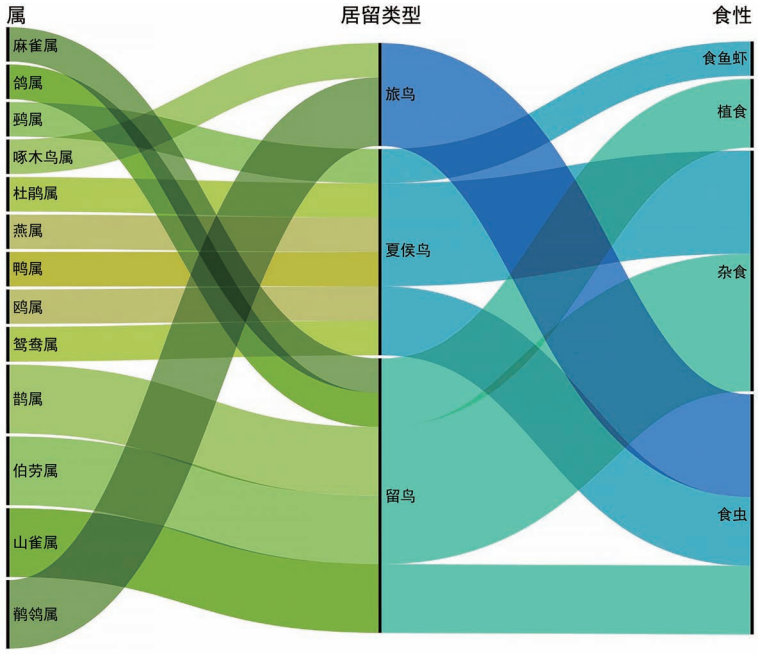


图 1 研究区域鸟种系统分类、居留类型与营养功能团的关联性

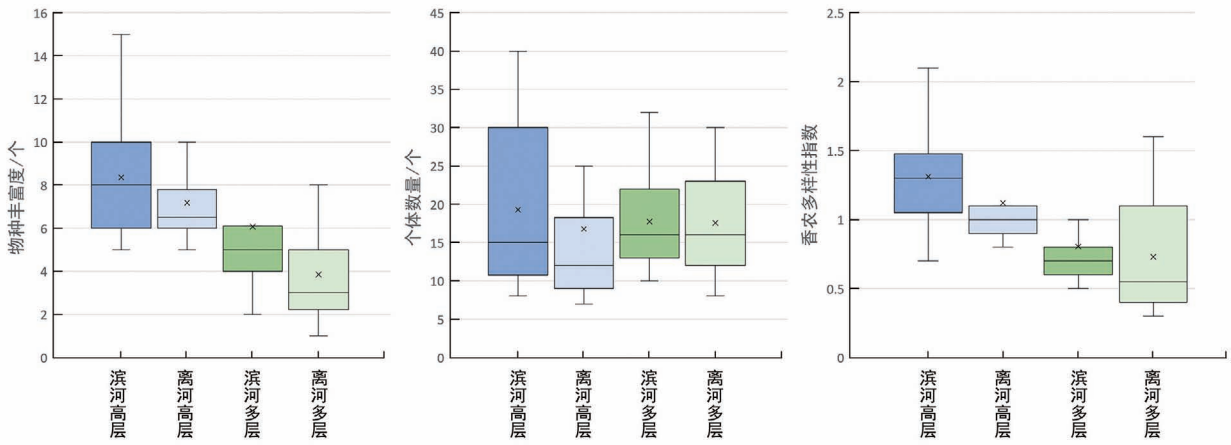


图 2 样本居住区鸟类多样性特征

在显著差异。LSD 多重比较显示（表 4），4 类居住区的鸟种丰富度呈现显著的高低次序为滨河高层>离河高层>滨河多层>离河多层；滨河高层住区绿地的鸟类个体数量显著高于其他类型，离河高层的鸟类个体数量显著低于其他类型，两类多层居住区间的差异不显著；对于香农多样性指数，滨河高层住区绿地显著高于其他类型，离河高层显著高于滨河多层。

表 3 居民区类型的鸟类多样性水平差异

鸟类多样性特征	平方和	均方	F	显著性
物种丰富度	308. 637	154. 318	13. 557	0. 001
个体数量	16 890. 731	8 445. 366	17. 508	0. 002
香农多样性指数	12. 945	6. 473	16. 428	0. 001

表 4 居民区类型的 LSD 多重比较

鸟类多样性特征	居民区类型	两类比较	平均值差值	标准误	显著性
物种丰富度	滨河高层	离河高层	2. 105	0. 555	0. 000
		滨河多层	4. 547	1. 016	0. 000
		离河多层	5. 533	1. 258	0. 001
	离河高层	滨河高层	−2. 105	0. 555	0. 000
		滨河多层	2. 442	1. 014	0. 017
		离河多层	3. 428	1. 249	0. 011
	滨河多层	滨河高层	−4. 547	1. 016	0. 000
		离河高层	−2. 442	1. 014	0. 017
		离河多层	0. 986	0. 387	0. 002
	离河多层	滨河高层	−5. 533	1. 258	0. 001
		离河高层	−3. 428	1. 249	0. 011
		滨河多层	−0. 986	0. 387	0. 002
个体数量	滨河高层	离河高层	33. 437	6. 612	0. 000
		滨河多层	15. 715	3. 611	0. 000
		离河多层	16. 820	3. 712	0. 007
	离河高层	滨河高层	−33. 437	6. 612	0. 000
		滨河多层	−17. 722	6. 598	0. 008
		离河多层	−16. 617	3. 865	0. 007

表 4(续)

鸟类多样性特征	居民区类型两类比较		平均值差值	标准误	显著性
个体数量(续)	滨河多层	滨河高层	-15.715	3.611	0.000
		离河高层	17.722	6.598	0.008
		离河多层	1.105	0.247	0.076
	离河多层	滨河高层	-16.820	3.712	0.007
		离河高层	16.617	3.865	0.007
		滨河多层	-1.105	0.247	0.076
香农多样性指数	滨河高层	离河高层	0.313	0.103	0.001
		滨河多层	1.041	0.189	0.003
		离河多层	1.177	0.201	0.047
	离河高层	滨河高层	-0.313	0.103	0.001
		滨河多层	0.728	0.189	0.003
		离河多层	0.864	0.194	0.088
	滨河多层	滨河高层	-1.041	0.189	0.003
		离河高层	-0.728	0.189	0.003
		离河多层	0.136	0.055	0.136
	离河多层	滨河高层	-1.177	0.201	0.047
		离河高层	-0.864	0.194	0.088
		滨河多层	-0.136	0.055	0.136

3.3　影响居民区鸟类多样性的主要因子

对全部 161 个样点的物种多样性、个体数目、香农多样性指数分别进行多元回归分析，模型拟合优度（R^2）分别为 0.680、0.827、0.665，各因子的标准化系数如表 5 所示。居民区绿地的规模、形态、组成对香农多样性指数、物种丰富度、个体数目三者均呈显著的正向影响，说明绿地规模越大，形态越接近几何式，鸟类多样性水平越高。基于绿地轴线的连接值、平均深度值对 3 项多样性指标分别呈显著正、负影响，反映连通性越强的绿地结构具有更好的鸟类多样性水平。植物群落结构 6 项指标均呈显著正相关，对各多样性指标的影响强度接近，验证了植被对鸟类多样性的支持作用。

表 5　居民区绿地因子的标准化系数

居民区绿地因子		物种丰富度	个体数目	香农多样性指数
绿地面积与形态	绿地率	0.074 **	0.184 **	0.258 **
	水体面积	0.043 **	0.107 *	0.144 *
	绿地面积	0.594 **	0.694 **	0.540 **
	绿地面积优势度	0.036 *	0.021 **	0.014 *
	绿地周长	0.130 ***	0.127 ***	0.151 ***
	形状指数(LSI)	-0.138 *	-0.153 ***	-0.176 ***
绿地位置与布局	基于绿地轴线的局部深度值(R3_depth)	-0.040	0.048	0.015
	基于绿地轴线的连接值(Connectity)	0.315 **	0.380 **	0.329 **
	基于绿地轴线的平均深度值(Mean_depth)	-0.074 **	-0.059 *	-0.044 **
植物群落结构与功能	最优生境面积占比	0.028 **	0.016 *	0.148 *
	水平郁闭度	0.046 **	0.021 *	0.074 *
	草本层植被盖度	0.032 *	0.026 *	0.053 **
	乔木层植被盖度	0.005 *	0.108 *	0.077 *
	灌木层植被盖度	0.177 *	0.113 *	0.108 **
	垂直层级多样性	0.068 *	0.031 *	0.046 **
	高大乔木占比	0.008 *	0.010 *	0.076 *
	乔木物种丰富度	0.354 *	0.310 *	0.330 *
	乔木物种多样性	0.317 *	0.385 *	0.368 *
	灌木物种丰富度	0.195 *	0.058 *	0.117 *
	灌木物种多样性	0.132 *	0.036 *	0.102 *
	食缘植物运用率	0.029 **	0.021 **	0.010 *

注：* 表示 $P<0.05$，** 表示 $P<0.01$，*** 表示 $P<0.001$。

选取模型解释力度较高的绿地面积、绿地连接值、乔木物种丰富度、乔木物种多样性作为关键因子，将关键因子与居住区绿地鸟类香农多样性指数进行非线性拟合（图 3）发现：0.2～0.5 hm^2绿地面积为居民区内绿地最普遍的规模，仅有少量的中心绿地、边缘绿地的规模可超过 0.5 hm^2；绿地面积在 0～0.4 hm^2时，曲线增幅较大；当绿地面积达 0.4 hm^2时，香农多样性指数可达至 1.75 的较高水平；在 0.4～0.6 hm^2区间，曲线几近平稳，鸟类多样性几乎无变化；在 0.7～1.0 hm^2区间曲线重新呈现上升趋势，增幅虽弱于初始区间，但当绿地面积达 0.95 hm^2时鸟类多样性可提升至 2.5 的理想水平。

绿地轴线网络的绿地连接值（图 3）处于 0～2.5 时，鸟类多样性受较强抑制作用；在指标为 2.5 附近时，下跌至 0.7 的谷值水平；当指标处

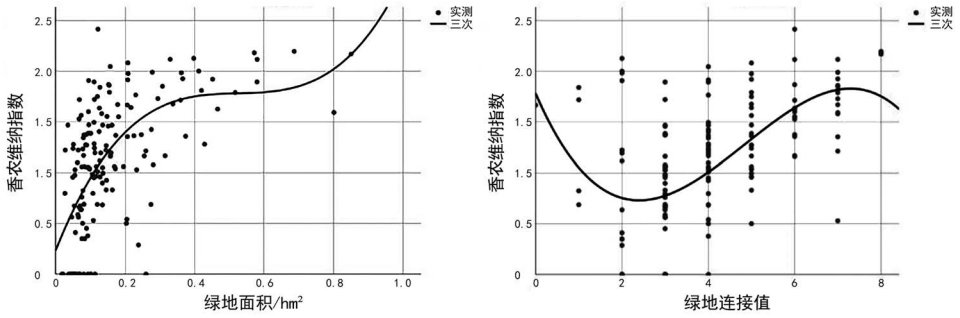


图 3 绿地面积、绿地连接值对鸟类多样性的影响

于 2.5~7.0 的中高值区间时，鸟类多样性受较强的促进作用；在 7.0 附近达到 1.7 的峰值水平；超过 7.0 时则重新呈抑制作用，但曲线降幅较低。说明居民区绿地的局部可达绿地数量对鸟类多样性影响存在较强的区间差异性。调研发现，园林化程度较高的高层住区普遍具有结构稳定的绿地轴线，可直接抵达的生境斑块数量通常为 4~7 处；而绿地总量匮乏、布局结构性较差的多层居民区内可达绿地数量通常少于 3 处。更新中应尽可能提高居民区内绿地斑块的密度和布局均匀程度。

由图 4 可知：乔木物种丰富度在 0~10 区间时，鸟类多样性受其促进效果较强，乔木种属数目达 9 种时鸟类多样性可达至 1.5 的较佳水平；当指标在 10~20 时，鸟类多样性仍受促进作用，在指标为 16 时鸟类多样性达到 2.0 的理想水平。说明提高乔木物种丰富度是住区绿地鸟类多样性提升的重要途径，结合调研发现样本绿地的乔木树种使用量通常低于 12 种，在绿化预算允许的条件下，丰富树种类型对鸟类多样性的优化成效显著。

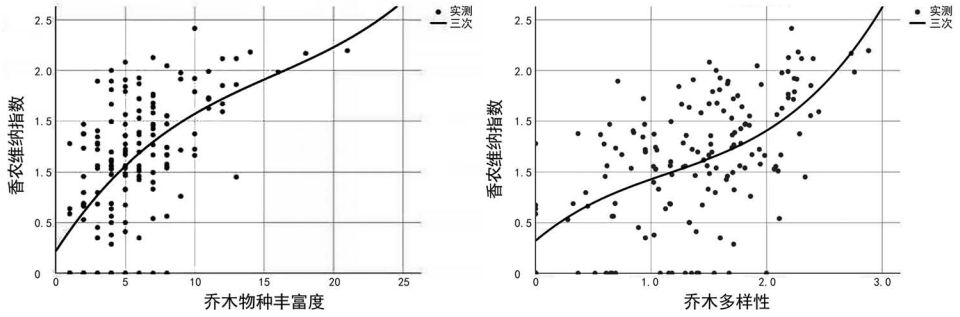


图 4 乔木物种丰富度、乔木多样性对鸟类多样性的影响

鸟类多样性在乔木多样性指数（图 4）处于 0~2 的低水平区间受显著促进作用，当指标达到 2 时，鸟类多样性提高至 1.3 的较佳水平；在 2~3 时促进效率显著提高，当指标达到 3 时，鸟类多样性可达 2.5 的优越水平。结合调研发现，样本居民区绿地的乔木多样性普遍处于 0.5~2.5 时，高层居民区绿地的乔木多样性通常显著高于多层绿地，故可在资金、种植条件允许的情况下提高乔木树种的种属类型和配置丰富程度以促进鸟类多样性的支持能力。

4 讨论

4.1 基于城市居民区鸟种群垂直分布特征的生境设计

调查发现，居民区绿地鸟种存在高度效应，反映在城市中鸟类的栖息空间、人类活动空间存在垂直层面的叠合。鸟类可充分利用包括建筑立面顶面、不同高度的乔灌木层、构筑物的垂直生态位置完成停歇、筑巢、取食活动，尽管与人类的活动空间在水平方向上重合，但在垂直方向上拉开了距离，得以较好的规避干扰[16]。居民区建筑的立面设计可多保留凸出的体块，裙房顶面可增加人工巢箱[17]，为鸟类提供乔木之外的停歇点，增加居民区鸟类的活动范围。

鸟类生境设计兼具隔绝干扰、提供食物、栖身、藏匿之所的功能。首先修建养护高大乔木与亚乔木层形成高度差异[18]，遵循乡土性树种原则和招鸟性原则增加树种，并在高处枝干上设置人工巢箱、喂鸟器。其次，由于中高层灌木底部可

供小型鸟类容身，枝干则可供体积较大的鸟类活动，因此应提升高灌木层的叶片茂盛程度，并移栽可食的落叶灌木[19]。

4.2　基于城市住区鸟种群水平分布特征的栖息地规划

研究发现，临近城市河流廊道的绿地拥有显著优于该居民区内其他斑块的鸟类群落结构，一些距城市生态源地较远的绿地尽管具有较大的群落规模，但群落结构单调[20]；部分临近生态廊道的小型绿地虽个体数量少，但物种丰富度较高，说明该片区优越的鸟类资源基础赋予其极高的物种保护机遇[21]。

迁徙种群多度的热点区主要为沿城市河流廊道居民区，该居民区内的边缘绿地、中心绿地、大型组团绿地均可容纳一定数量的迁徙性鸟类。滨河居民区绿地承担了更多鸟类多样性保护责任，应发挥好滨河住区的迁徙廊道缓冲区功能，着重优化其边缘绿地生境质量，经营好“引鸟入居”的第一站，应优化中心绿地和重点组团绿地，实现居民区绿地的迁徙种群聚集点功能。

5　结论

在中心城区尺度，更高密度、更靠近城市河流的居住区具有更高的鸟类多样性水平；对于同一区位的居住区绿地，提升绿地面积、绿地连接值、乔木丰富度能够促进鸟类多样性水平；迁徙鸟类偏好离地面更高、距河流更近的停歇点，可依托高大乔木与景观构造营造其生境。未来研究可增加鸟类调查的空间精度，为居住区内部绿地设计及鸟类保护提供依据。

参考文献

[1] FRAIXEDAS S, LINDÉN A, PIHA M, et al. A state-of-the-art review on birds as indicators of biodiversity: Advances, challenges, and future directions[J]. Ecological Indicators, 2020, 118: 106728.

[2] MARTIN P R, BURKE K W, BONIER F. Plasticity versus evolutionary divergence: what causes habitat partitioning in urban-adapted birds? [J]. The American Naturalist, 2021, 197(1): 60-74.

[3] 王云才，卢星昊，王若静. 上海主城区绿地对鸟类多样性的影响及其边际效应[J]. 中国城市林业，2023，21(4)：1-7.

[4] PENG L Q, LIU Q, WANG Q W, et al. Effects of urbanization and vegetation on bird diversity in a megacity of Central China[J]. Biological Conservation, 2024, 297: 110718.

[5] CHIRON F, LORRILLIÈRE R, BESSA-GOMES C, et al. How do urban green space designs shape avian communities? Testing the area-heterogeneity trade-off[J]. Landscape and Urban Planning, 2024, 242: 104954.

[6] DONG L, MA Q, SUN Z K, et al. The value of residential green spaces for birds: a comparative study with urban parks of different scales[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2024, 102: 128562.

[7] 黄一翔，栗德祥. 生态视角下深圳市居住区绿地的现状与问题浅析[J]. 华中建筑，2010，28(2)：186-189.

[8] 干靓，吴志强. 城市生物多样性规划研究进展评述与对策[J]. 规划师，2018，34(1)：87-91.

[9] 杨刚，王勇，许洁，等. 城市公园生境类型对鸟类群落的影响[J]. 生态学报，2015，35(12)：4186-4195.

[10] 郝庆丽，任卓菲，刘刚，等. 光和噪声污染胁迫下城市生态斑块鸟类风险评价[J]. 生态学报，2022，42(6)：2186-2201.

[11] 干靓，吴志强，郭光普. 高密度城区建成环境与城市生物多样性的关系研究：以上海浦东新区世纪大道地区为例[J]. 城市发展研究，2018，25(4)：97-106.

[12] 王舒，童玉平，王志洁，等. 哈尔滨市城市化建设对鸟类群落的影响[J]. 野生动物学报，2015，36(3)：295-302.

[13] 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.

[14] 唐志尧，乔秀娟，方精云. 生物群落的种—面积关系[J]. 生物多样性，2009，17(6)：549-559.

[15] 林雨昕，郑督来，丁颖泓，等. 福州市河流廊道绿地鸟类群落变化特征及其对城市化的响应[J]. 现代农业研究，2025，31(2)：78-85.

[16] 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.

[17] 冯艳民，许誉馨，郑元斌，等. 鹊鸲(Copsychus saularis)对人工巢箱位置的选择策略[J]. 热带生物学报，2024，15(4)：437-444.

[18] 徐诗，王成，孙振凯，等. 北京综合性社区鸟类与植物的关系[J]. 中国城市林业，2022，20(2)：15-22.

[19] 殷鲁秦，王成，韩文静. 基于取食行为探究北京居民区鸟类的食源特征及多样性[J]. 生物多样性，2023，31(5)：37-50.

[20] 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.

[21] 汪洁琼，李心蕊，王敏，等. 基于水鸟栖息地保育的城市滨水生境网络构建与优化策略：以昆山市为例[J]. 风景园林，2021，28(6)：76-81.