

# 基于生态位需求的高密度城区鸟类微生境选择研究 ——以上海市浦东新区世纪大道地区为例

## Microhabitat Selection for Wild Birds in High-density Urban Areas Based on Niche Demand

### —Case Study in Century Avenue Area, Pudong New District, Shanghai

干靓\* 郭光普

GAN Jing\*, GUO Guang-pu

**摘要:** 选择上海市浦东新区世纪大道沿线地区作为样地, 基于鸟类群落微生境调查, 研究鸟类的生态位需求和实际的微生境选择, 重点分析鸟类对高密度城区特殊微生境——建筑物/构筑物的选择偏好。结果表明: 1) 鸟类群落的巢居空间和食性空间生态位需求以及实际微生境主要位于乔木层和地被层; 2) 立体硬质界面具备成为城市野生鸟类生境的潜力, 可作为现有城市生物生境系统的有益补充; 3) 针对部分城市野生鸟类利用建筑物孔洞筑巢的习性, 建议可在建筑立面、雕塑和街道家具的设计中有意识地预留孔洞, 为鸟类提供巢居空间。

**关键词:** 鸟类; 微生境选择; 生态位; 高密度城区

**基金项目:** 国家自然科学基金青年基金项目“基于生物多样性绩效测评的高密度城镇化地区生态空间格局优化研究”(批准号 51408426); 同济大学高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室自主科研项目

**Abstract:** Based on the bird surveys in blocks along Century Avenue, Pudong New District, Shanghai, this paper analyzes the niche demand and microhabitat selection, explores the preference of birds on the hard surface of buildings/structures as special microhabitat in high density urban areas. The results show that: 1) The tree canopy and herb surface provide main food and nest spatial niche, which are also verified by the analysis of microhabitat selection; 2) Vertical hard interfaces can also provide potential microhabitats for wild birds in the city, which could be used as a supplement to the existing biological habitat system; 3) Due to the demand of some wild birds to build their nests in urban building/structure holes, it is suggested to reserve certain holes in the design for building facade, sculpture and street furniture to provide potential space for the related birds' nest.

**Keywords:** birds; microhabitat selection; niche; high-density urban areas

**Fund Items:** the China National Natural Science Foundation "Urban Ecological Space Optimization Mechanism in high density urbanized area: based on Urban Biodiversity Assessment" (Grant No. 51408426); the independent research project sponsored by Key Laboratory of ecology and Energy-efficient Study of Dense Habitat (Tongji University), Ministry of Education

## 1 引言

鸟类是城市中较常见并与居民关系较为紧密的野生动物, 通常作为城市生态环境的指征物种<sup>[1]</sup>。鸟类和生境关系极为密切, 生境的质

量对鸟类的种类、丰度、生物量都有显著的决定性作用<sup>[2]</sup>。生境(habitat), 或称栖息地, 指能为物种生存或繁殖使用的所有环境因素的总和<sup>[3]</sup>。城市生境既包含绿地、林地、农田等

干靓/1979年生/女/上海人/博士/同济大学建筑与城市规划学院助理研究员/研究方向为城市生物多样性与建成环境、城市生态规划与研究(上海200092)  
通信作者邮箱(Corresponding author Email): jinggan@tongji.edu.cn

GAN Jing, who was born in 1979 in Shanghai, holds a Ph.D. degree of Urban Planning and Design in Tongji University and has been a lecturer in College of Architecture and Urban Planning in Tongji University. Her research focuses on urban biodiversity and built environment, urban ecological planning and research(Shanghai 200092).

郭光普/1969年生/男/河南人/博士/同济大学生命科学与技术学院副教授/研究方向为动物生态学、保护生态学(上海200092)

被植被覆盖的表面(vegetated surface)以及湿地水体等近自然生境,也包含城市特有的建筑、墙体、路牌、电线、桥梁、铁轨等硬质界面(hard surfaces)微生境<sup>[4]</sup>。

生境选择理论表明,鸟类所寻找的生活环境存在着某些基本的构型或形式<sup>[5]</sup>。这些生境选择背后隐含的是生物的生态位(Niche)需求。生态位是一个种群在生态系统中,在时间、空间上所占据的位置及其与相关种群之间的功能关系与作用<sup>[6]</sup>。美国生态学家奥德姆(1983)曾将生境比喻为生物的“地址”,而将生态位比喻为生物的“职业”<sup>[7]</sup>。鸟类和其他所有野生动物的基本需求包括食物(Food)、水(Water)和庇护所(Shelter or Cover)<sup>[8]</sup>。在高密度城区,空间是最具挑战性的生态位需求。由于城市中动物生存的空间有限,物种“生满为患”可能会导致可用资源(食物、水、庇护所)的竞争。鸟类的生境选择取决于环境条件是否能为该物种提供充足的食物资源、适宜的繁殖地点及躲避天敌和不良气候的条件等需求,以保证其生存和繁衍<sup>[9]</sup>。

本研究选择上海市浦东新区世纪大道沿线地区,基于鸟类的生态位需求和实际的微生境选择,重点分析鸟类对特殊微生境——建筑物/构筑物的选择偏好,以期在高密度城区空间生态化建设过程中为鸟类创造更为完善的适宜生境系统提供科学依据。

## 2 研究方法

### 2.1 研究区域

本研究选择上海市浦东新区世纪大道从陆家嘴金融区至世纪公园段两侧100m左右的完整街坊范围以及锦绣路沿线与世纪公园对街的街坊,共计51个地块作为样地,总面积4.60km<sup>2</sup>。该区域位于城市中心地区,按照《上海市用地分类标准(2011版)》<sup>①</sup>,主要用地类型为居住用地(20.22%)、公共设施用地(27.45%)、道路及广场用地(29.51%)、绿化用地(14.79%)、公共设施设备用地(6.72%)等,体现出典型的城市中心区用地结构,对于研究高密度城区鸟群及其微生境选择,具有一定的代表性(图1)。

### 2.2 调查方法

将研究区域分为5个调查片区,每片区设10~25个固定调查样点及一条样线,样线涵盖地块内的主要生境(图2)。调查时间为2014年11月—2015年10月,每月月上旬调查一次。根据日出时间确定调查时间为冬季7:00—10:00,春、秋季6:30—9:30,夏季6:00—9:00,使用8~10倍的双筒望远镜,以1.5km/h的速度行进,记录两边各25m范围内看见和听见的野生鸟类的种类、数量、行为和微生境等情况。鸟类

### 1 研究区域的位置与范围

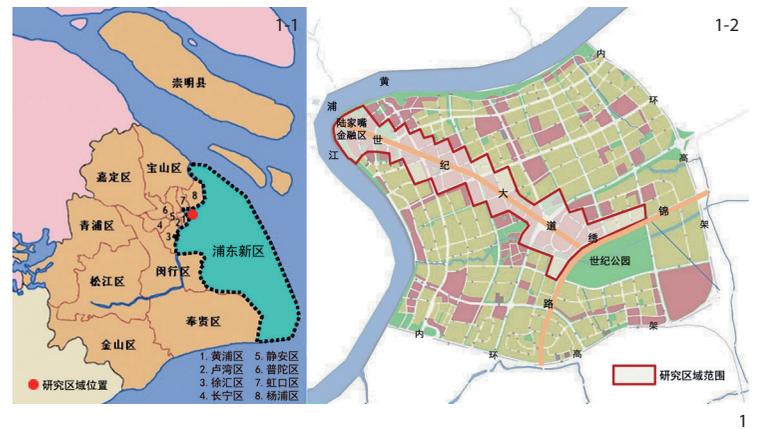
Location of the study area

#### 1-1 研究区域在上海市域范围的位置

The study area in Shanghai Metropolitan Area

#### 1-2 研究区域在浦东新区内环高架内的范围

The study area within the inner Ring of the Pudong New District



行为分为飞行、觅食、鸣叫、休息等。鸟类被发现时所处的微生境分为林木、灌丛、草地、建筑物/构筑物、水体、道路、硬地等类型。

## 3 结果与分析

调查共记录到城市野生鸟类10231只次,隶属8目25科47种,其中麻雀(*Passer montanus*)、白头鹎(*Pycnonotus sinensis*)和乌鸫(*Turdus merula*)为优势种,珠颈斑鸠(*Streptopelia chinensis*)、夜鹭(*Nycticorax nycticorax*)、灰喜鹊(*Cyanopica cyana*)、棕头鸦雀(*Paradoxornis webbianus*)、海鸥(*Larus canus*)、白鹡鸰(*Motacilla alba*)、棕背伯劳(*Lanius schich*)为常见种<sup>[10]②</sup>。

### 3.1 鸟类群落的空间生态位需求分析

食物资源和繁殖地点是城市野生鸟类最重要的生态位需求。本研究根据鸟类的取食和筑巢的生活习性,对研究区域内鸟类的食性空间和巢居空间生态位需求进行判定。

#### 3.1.1 食性空间生态位需求

城市为鸟类提供了较为丰富的食物资源。参考王彦平等<sup>[11]</sup>的研究,将研究区域内的鸟类按取食集团划分为:1)食虫:食物以昆虫及其幼虫为主;2)杂食:兼食昆虫和植物;3)植食:以植物为食;4)食肉:以鸟类、蛙类、哺乳动物等脊椎动物为食;5)食鱼虾:以鱼、虾等及潮间带生物为食。

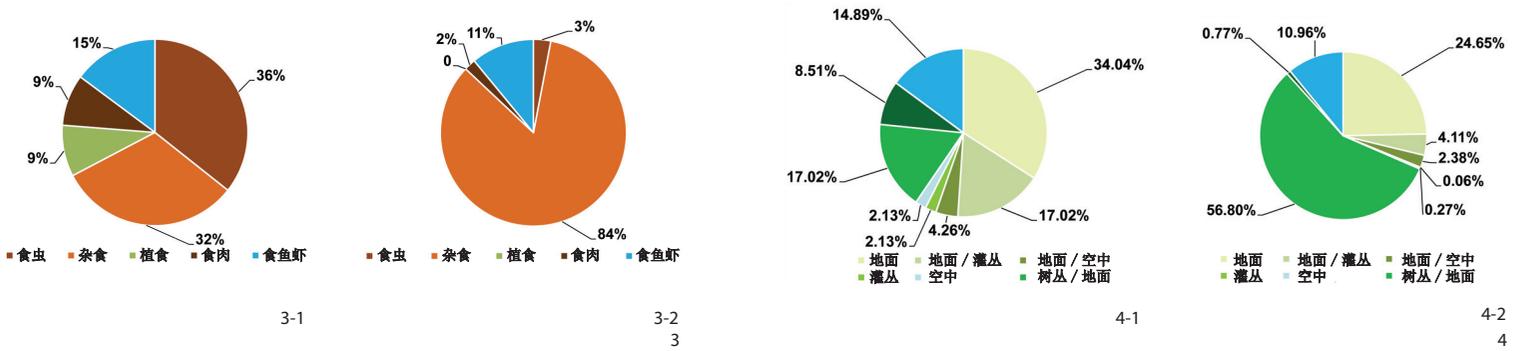
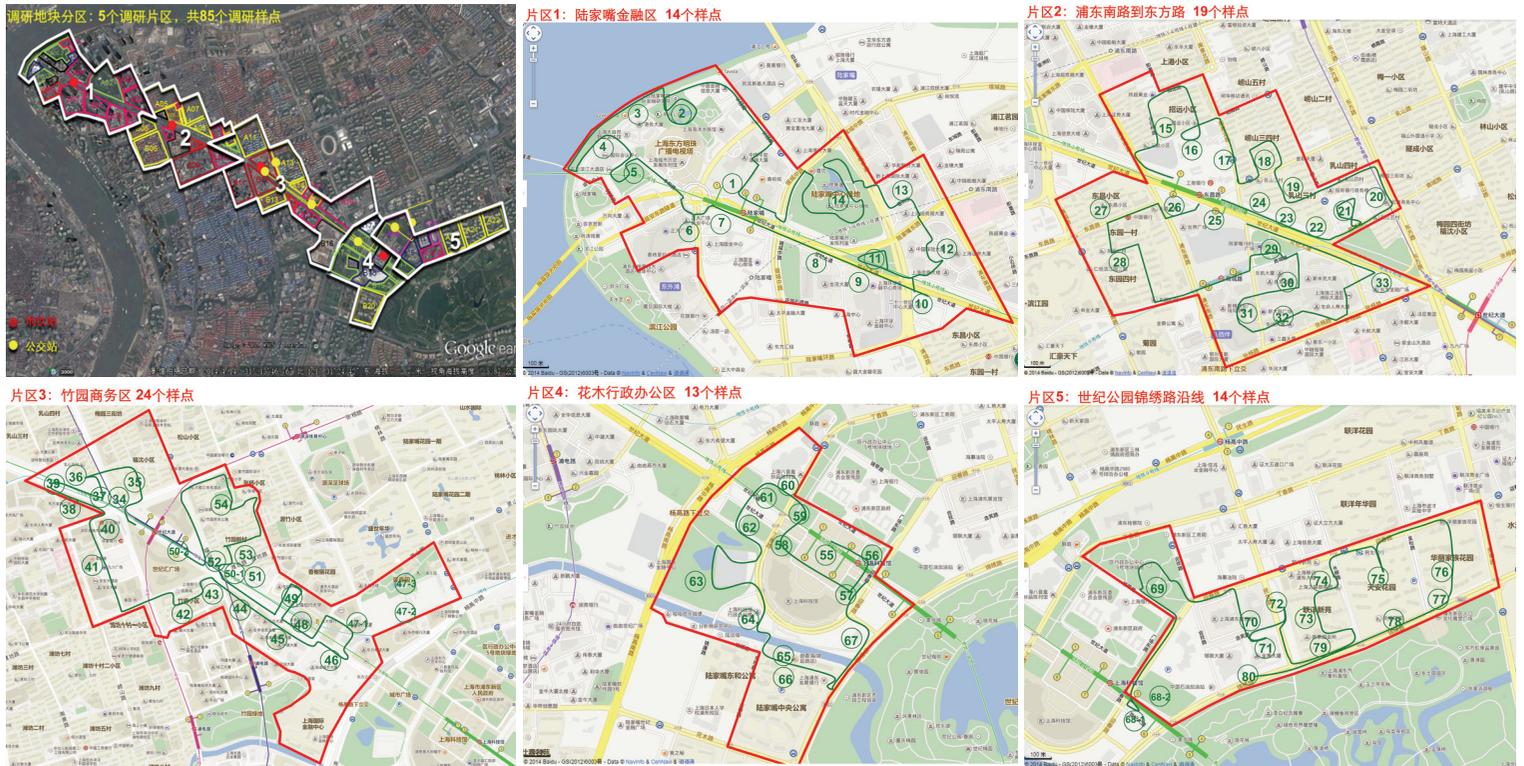
所记录的47种鸟类中,比例最高的为食虫性鸟种,其次是杂食性鸟种,分别占36%和32%;而杂食性鸟类的数量高达84%,这与城市野生动物“同步城市化”(Synurbization)进化特征中杂食性动物比例较高的特征相符<sup>[12]</sup>(图3)。

鸟的种类以陆地、树丛、灌丛取食为主,而在数量上,树丛/地

GUO Guang-pu, who was born in 1969 in Henan province, holds a Ph.D. degree and has been an associate professor in School of Life Sciences and Technology in Tongji University. His research focuses on animal ecology and conservation ecology(Shanghai 200092).

2 研究区域鸟类调查样地分区与调查样点、样线设置

Fives zones of the study area for bird survey with sample points and sample lines in tercept



面层生态空间取食的杂食性鸟类比例最高，其次为地面取食性鸟类，因此研究区域内鸟类的食性空间生态位需求主要为树丛和地面。另一方面，对于涉禽[夜鹭、白鹭(*Egretta garzetta*)、池鹭(*Ardeola bacchus*)]和游禽[小鸕鷀(*Tachybapus ruficollis*)、黑水鸡(*Gallinula chloropus*)、海鸥]等食鱼虾的水鸟而言，水体(含

潮间带)是其唯一需要的食性空间(图4)。

3.1.2 巢居空间生态位需求

47种鸟类中有25种繁殖鸟类，占53.19%，根据繁殖鸟类筑巢环境的不同，参考陈水华等<sup>[13]</sup>的研究，本文将鸟类巢居空间生态位分为水面巢、地面巢、灌草丛巢、树上巢、树洞或裂隙巢、建筑物巢。

研究区域内的繁殖鸟种以树上筑巢和建筑物筑巢最多，比例分别为42%和18%；其次为灌草巢和树洞或裂隙巢，均为16%，水面巢比例仅占8%。以数量来看，25种繁殖鸟中，数量最多的是树上巢和建筑物巢(均占47%)，其他几类比例都小于5%(图5)。由此可见，调研区域内鸟种的巢居空间生态位高

3 研究区域鸟类群落的取食习性分类及比例

Foraging habits of birds in the study area

3-1 以鸟种数计算

Counted by number of bird species

3-2 以鸟类数量计算

Counted by number of birds

4 研究区域鸟类群落的食性空间生态位需求

Food spatial niche demand of birds in the study area

4-1 以鸟种数计算

Counted by number of bird species

4-2 以鸟类数量计算

Counted by number of birds

5 研究区域繁殖鸟类的巢居空间生态位需求

Nest spatial niche demand of birds in the study area

5-1 以鸟种数计算

Counted by number of bird species

5-2 以鸟类数量计算

Counted by number of birds

度依赖林木资源和人工环境。

3.2 鸟类群落的实际微生境偏好分析

3.2.1 各类微生境偏好比例

以实地调查鸟类被发现时所处的微生境作为实际空间利用的分析要素, 结果表明: 50% 以上的鸟类出现在林木层, 8.47% 位于草地层, 4.22% 位于灌丛层, 5% 位于水体。由于城市环境的特殊性, 亦有 10.85% 位于建筑物或构筑物表面, 4.41% 位于硬质铺地上, 2.23% 位于道路上。树木、地面和建筑是利用最多的微生境(图6)。

3.2.2 与空间生态位需求的比较

与上文提到的空间生态位需求比照结果显示: 鸟类群落的觅食行为主要发生在林木层和草地层, 硬地、水域和道路中亦有一定发生频率(图7)。明确记录到的鸟类觅食行为共 11 次, 涉及 8 种 36 只鸟, 包括白鹡鸰、白头鹎、北红尾鹟(Phoenicurus aureus)、黑尾蜡嘴雀(Eophona migratoria)、黄眉柳莺(Phylloscopus inornatus)、灰喜鹊、丝光椋鸟

6 研究区域鸟类群落的微生境选择比例

Microhabitat selection of birds in the study area

7 研究区域鸟类群落觅食行为的微生境选择

Microhabitat selection of birds' foraging behavior in the study area

(Sturnus sericeus)和棕背伯劳, 觅取的食物包括香樟果、海棠果、大叶女贞果等果实, 蚯蚓等无脊椎动物以及小型鸟类, 取食空间均位于林木层和地面层。这与鸟的食性空间生态位的需求基本吻合。

调查中很难发现鸟类的筑巢行为, 仅在位于东方明珠电视塔旁的明珠公园中发现数以百计的夜鹭巢, 在个别住区内发现白头鹎巢和麻雀巢, 夜鹭巢与白头鹎巢为离地 3m 以上的树枝巢, 麻雀巢为建筑物孔洞巢(图8), 这与巢居空间生态位的需求相吻合。

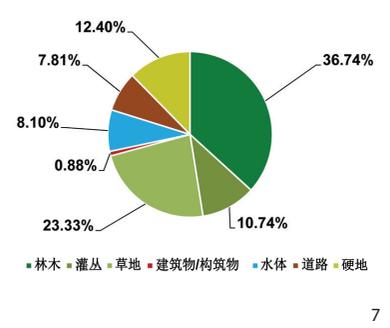
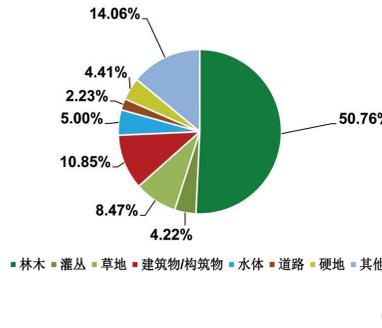
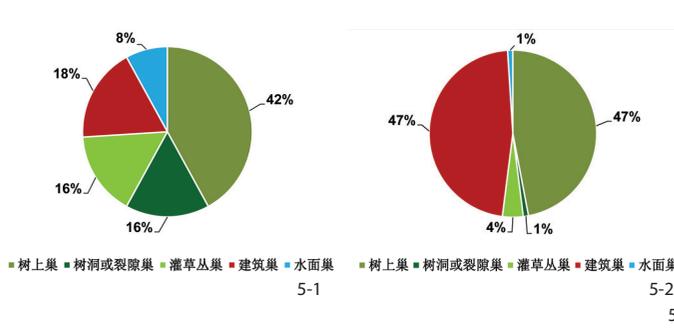
3.2.3 高密度城区特殊微生境——建筑物/构筑物

除了建筑物/构筑物之外, 其他各类微生境中鸟类飞行、觅食、鸣叫、休息行为比例相当, 仅有草地和硬地的觅食行为比例略高。而建筑物/构筑物则主要为鸟类提供休息场地, 觅食行为比例明显下降(图9)。这是因为研究区域的建筑物/构筑物基本没有配置立体绿化,

其垂直空间表面除了居民阳台的少量绿化外不具备提供食性空间的可能性。

共有 15 类 994 只次被发现时位于建筑物或构筑物上, 其中 435 只次记录了楼层数, 所涉及的鸟类按照数量多寡排序分别为麻雀、白头鹎、珠颈斑鸠、乌鸫等, 即优势种大量将建筑物或构筑物作为停留空间。7 种常见种中, 除了依赖水体生存的夜鹭和海鸥, 其他 5 种常见种均有在建筑物或构筑物上停留的现象(表1)。

各类用地中的进一步分析结果表明: 二类住宅组团用地(Rr2)中的建筑停留的鸟类数量最多, 在这类建造时间更久、老龄化比例也更高的住区, 建筑阳台和平台种植绿化并开放的比例通常高于三类住宅组团用地(Rr3), 对鸟类取食和栖居具有更大的吸引力。其次为公共绿地中的附属建筑。鸟类物种数量方面, 公共绿地内数值最高, 其次为二类住宅组团用地、基础教育设施用地和三类住宅组



8-1 明珠公园中的夜鹭巢  
Night heron nest in Pearl Park



8-2 梅园新村中的白头鹎巢  
Bulbul nest in Meiyuan Neighborhood



8-3 崂山新村的麻雀巢  
Sparrow nest in Laoshan Neighborhood

团用地（图 10）。

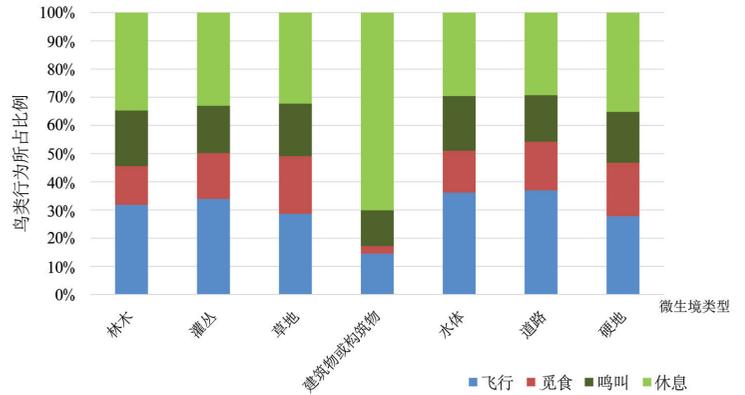
从停留的建筑垂直空间生态位来看，鸟类在建筑物上停留的位置最低位于半层，最高位于 16 层，平均楼层数 4 层半，90% 以上停留在 6 层以下，尤以 5 层居多，6~16 层间鸟类停留数量基本持平，只有 12 层出现一个小高峰（图 11）。

进一步分析各种用地中鸟类在各类微生境的停留层数，可以发现：对于公共绿地和广场用地而言，大部分鸟类的建筑停靠行为发生在 1~2 层，这与绿地广场附属建筑本身的层高数有关。对于建筑层数一般不超过 6 层的二类住宅组团用地、商业服务业用地、文化用地、基础设施用地而言，鸟类在商业建筑和文化建筑上停靠的楼层较低（3 层以内），在中小学建筑和二类住区建筑中一般停靠在 5 层左右。而对于本身楼层数高于 6 层的

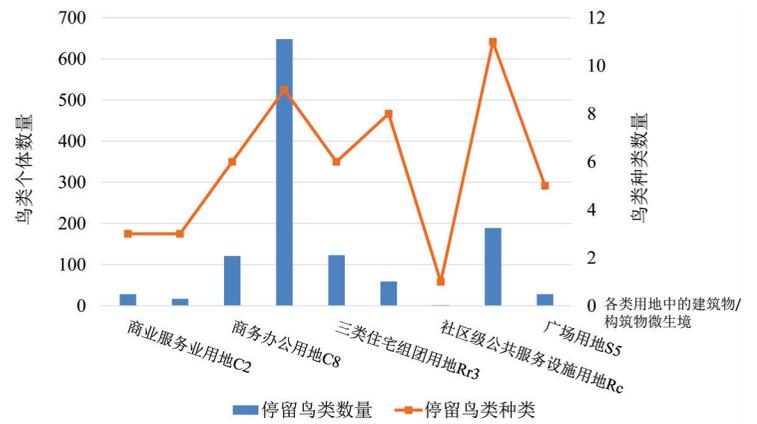
表 1 研究区域建筑物生态位栖息停留的鸟种及其数量和平均停留层数

Tab. 1 Number and average rest layers of bird species on microhabitats of building surfaces in the study area

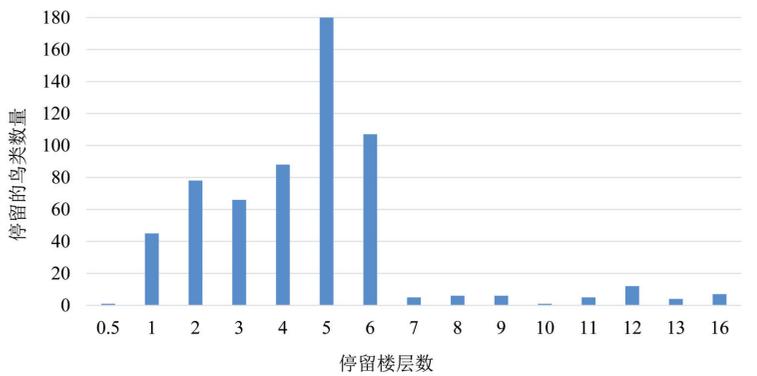
鸟种	只数	平均停留层数
麻雀 ( <i>Passer montanus</i> )	608	4.1
白头鹎 ( <i>Pycnonotus sinensis</i> )	186	5.7
珠颈斑鸠 ( <i>Streptopelia chinensis</i> )	100	4.3
乌鸫 ( <i>Turdus merula</i> )	53	4.8
棕背伯劳 ( <i>Lanius schich</i> )	8	4.5
八哥 ( <i>Acridotheres cristatellus</i> )	7	5.5
白鹡鸰 ( <i>Motacilla alba</i> )	6	5
北红尾鸲 ( <i>Phoenicurus aureus</i> )	6	未记录
树鹨 ( <i>Anthus hodgsoni</i> )	5	10.4
棕头鸦雀 ( <i>Paradoxornis webbianus</i> )	5	2
丝光椋鸟 ( <i>Sturnus sericeus</i> )	4	2.7
大山雀 ( <i>Parus major</i> )	3	4.5
灰喜鹊 ( <i>Cyanopica cyana</i> )	1	未记录
鹊鸂 ( <i>Copsychus saularis</i> )	1	3
喜鹊 ( <i>Pica pica</i> )	1	未记录
合计	994	4.5



9



10



11

9 研究区域各种微生境空间的鸟类行为所占比例

Percentage of birds' behaviors in different microhabitats in the study area

10 研究区域各类用地鸟类停留建筑物 / 构筑物微生境的数量和种类数量

Number of birds and bird species resting on special microhabitats-buildings/structures in different land uses in the study area

11 停留在研究区域各层建筑物微生境的鸟类数量

Number of birds resting on microhabitats of building in the study area

商务办公用地和三类住宅组团用地，鸟类在商业建筑上停靠的楼层同样不超过6层，这可能是因为研究区域中的高层商业建筑墙面以玻璃幕墙为主，缺少鸟类向上攀援的踏脚石，而小高层和高层住宅建筑的停靠楼层比例相对较为均衡，峰值出现在3层以下和12层（图12），说明鸟类利用垂直空间作为其离地生境的可能性。

对停靠在建筑物上的鸟类行为的垂直空间分布特征分析表明：飞行行为和觅食行为一般发生在4层以下，休息行为具有更高的垂直空间可能性，但仍以7层以下为主（图13）。

另有56只鸟被记录为停留在电线、电线杆、灯杆、路牌、工地脚手架、广告牌上。其中以电线杆和电线居多（图14）。

除在建筑物/构筑物表面休息和觅食外，研究还观察到部分在原生环境中以树洞作为栖居地的鸟，在城市环境中对建筑物和城市雕塑、路灯、广告牌甚至路口的交通信号灯的横臂等构筑物上的孔洞具有一定的空间选择偏好，这些孔洞能避风雨，无论是长时间的筑巢还是短时间的休憩，都能提供安全庇护，也可安家（图15）。当然，鸟类这一行为不可避免会对人居环境造成一定的负面作用，如上海每年都有数起因麻雀在热水器管道中筑巢而引发的煤气中毒事故甚至死亡事件。但从另一个侧面来看，与其让鸟类自行“抢占”人居环境的通风道孔洞作为栖居地从而酿成悲剧，不如由人类在城市建设中主动为鸟类的筑巢行为提供适宜的空间。

#### 4 结论

综上所述，本研究发现：

1) 鸟类群落的巢居空间和食性空间生态位需求主要位于乔木层和地被层，也是鸟类利用最多的微空间。已有多项研究表明了多层次的植物配置更有利于鸟类的生存。由于乔木层和地被层是生物巢居和食性空间生态位的主体，因此需要密切关注这2层的配置，提供具有更多的食源性和安全庇护功能的植物。

2) 初步论证了立体空间界面基质具备为城市野生鸟类提供生境的潜力，大量优势种和常见种留鸟在建筑物/构筑物停留休憩，甚至觅食和筑巢。在多层建筑上，鸟类更多停留在5~6层以及屋顶，而在小高层和高层建筑上，更多利用12层左右作为停留休憩空间，这对在人工构筑结构表面的特定高度为生物创造一定的微生境停留、觅食甚至巢居空间以及增加生物栖居空间界面，提出了相应设计要求并提供了一定依据。国外已有研究表明，屋顶花园所提供的离地生境可为野生动物创造传粉、觅食、庇护、保护条件并提供原始资源，能够对生物多样性和生

12 研究区域各种用地中停留在建筑物微生境的鸟类数量垂直空间分布

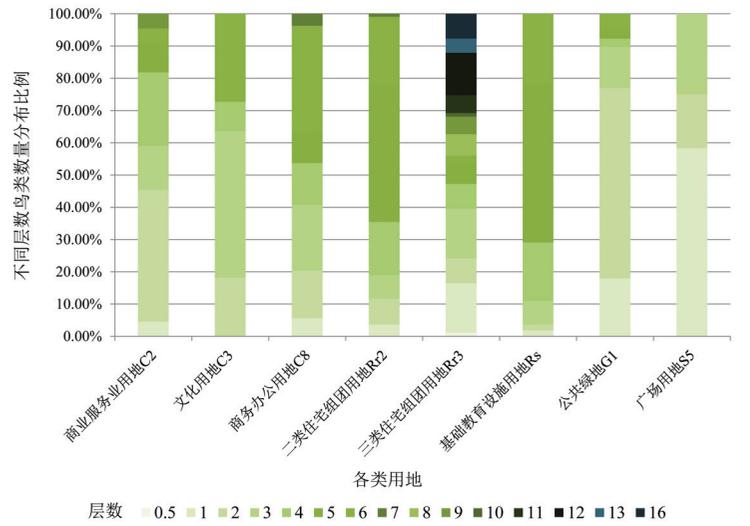
Vertical distribution of birds resting on bulding in different land uses in the study area

13 停靠在研究区域建筑物上的鸟类行为的垂直空间分布

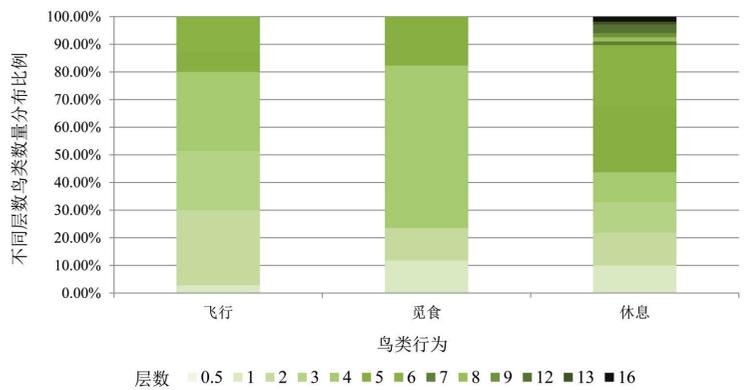
Vertical distribution of birds' behavior when resting on bulding in the study area

14 停靠在研究区域各类构筑物上的鸟类数量

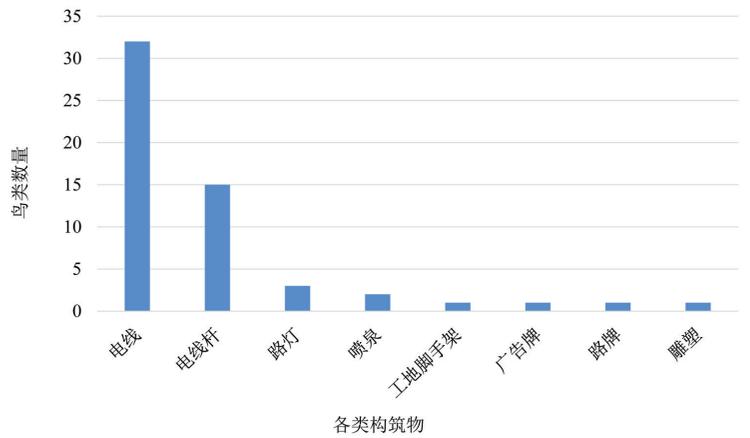
Number of birds resting on different structures in the study area



12



13



14

15 鸟类在研究区域建筑物构筑物上的孔洞空间选择偏好  
Preferences of birds' nest on holes of buildings/structures  
in the study area



15

态环境形成广泛的积极影响<sup>[14]</sup>；垂直绿墙也可以作为城市重要的潜在生境支持丰富的物种生存<sup>[15]</sup>。从生物多样性的角度来看，其潜在的好处是脱离地面的种植环境能够远离高强度的人类干扰，并有可能成为生物多样性的庇护所。对于中国的高密度城区而言，如能在立体空间的绿化规划建设中纳入生物多样性视角，将为城市生物提供更多的可利用空间，对现有的城市生物生境系统也是很好的补充。

3) 部分城市野生鸟类有利用建筑物孔洞筑巢的习性，因此在城市建筑立面、雕塑和街道家具的设计中，可以适当预留孔洞，为鸟类提供巢居空间。如德国在新建建筑和建筑改造中，有意识地为依赖建筑栖居的雨燕、鸽子以及蝙蝠提供筑巢场所<sup>[16]</sup>。在孔洞空间的设计中，需要仔细考虑目标物种的巢居空间、食性空间以及种群密度等条件的需求。

保护和合理利用野生鸟类资源是城市生态文明建设的标志之一。当城市满足野生鸟类生存的食物条件、饮水条件和庇护空间生态位需求时，鸟类自然会在各类微生境中出现。本研究对上海城区鸟类微生境选择进行了分析，探讨了鸟类的空间选择偏好及其背后的生态位需求，可为高密度城区的环境改善、实现鸟类等城市野生动物与人的和谐共生提供科学依据。

## 致谢：

同济大学宋怡然、戴宇晨、陈子鲲、江鹏程、李希伶、郭文煊、王玲、冷伶、吴晓凯、唐莺露、周星宇、吕彤、武健社

等同同学参与了调查，在此一并致谢。

## 注释：

- ①上海城市规划管理部门在城市规划和国土资源管理中采用《上海市用地分类标准（2011版）》，与国标《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB50137-2011）的分类方法略有不同，本文的用地分类以《上海市用地分类标准（2011版）》为依据。  
②因版面有限，本文未列出研究所记录到的47种鸟类的名录，如有需要，请联系作者。  
③本文图片由作者根据地图或根据调研所获得数据绘制，照片为作者拍摄。

## 参考文献 (References):

- [1] 陆伟玮, 唐思贤, 史慧玲, 等. 上海城市绿地冬季鸟类群落特征与生境的关系 [J]. 动物学杂志, 2007, 42 (5): 125-130.  
LU Yiwei, TANG Sixian, SHI Huiling, et al. Relationship between Avian Community and Habitat in Shanghai Urban Woodlots in Winter [J]. Chinese Journal of Zoology, 2007, 42(5):125-130.  
[2] 栾晓峰. 上海鸟类群落特征及其保护规划研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2003: 3.  
LUAN Xiaofeng. Studies on Avian Community of Shanghai and Planning of Conservation [D]. Shanghai: East China Normal University, 2003: 3.  
[3] 陆伟玮. 城市化对鸟类群落的影响及其鸟类适应性的研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2007: 3.  
LU Yiwei. Studies on the Influence of Urbanization on Avian Community and Bird's Adaption [D]. Shanghai: East China Normal University, 2007: 3.  
[4] Douglas I, James P. Urban Ecology: An introduction [M]. London: Routledge, 2014: 192-211.  
[5] 楚国忠, 郑光美. 鸟类栖息地研究的取样调查方法 [J]. 动物学杂志, 1993, 28(6): 47-52.  
CHU Guozhong, ZHENG Guangmei. Sampling investigation Methods of Bird Habitat [J]. Chinese Journal of Zoology, 1993, 28(6): 47-52.  
[6] 尚玉昌. 现代生态学中的生态位理论 [J]. 生态学进展, 1988, 5 (2): 77-84.  
SHANG Yuchang. Niche theory in modern ecology [J]. Ecology Progress, 1988, 5(2): 77-84.  
[7] 李雪梅, 程小琴. 生态位理论的发展及其在生态学各领域中的应用 [J]. 北京林业大学学报, 2007, 29 (S2): 294-298.  
LI Xuemei, CHENG Xiaoqin. Development of niche theory and its application in each fields of ecology [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2007, 29(S2): 294-298.  
[8] Johnston J, and Newton J. Building Green, A Guide for Using Plants on Roofs, Walls and Pavements [R]. London: The

London Ecology Unit, 1993.

- [9] 蒋爱伍, 周放, 覃明, 等. 中国大陆鸟类栖息地选择研究十年 [J]. 生态学报, 2012, 32 (18): 5918-5923.  
JIANG Aiwu, ZHOU Fang, QIN Ming, et al. 10-years of bird habitat selection studies in mainland China: a review [J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(18): 5918-5923.  
[10] 干靓, 郭光普. 上海高密度城区不同用地的鸟类群落结构研究 [J]. 中国城市林业, 2017, 15 (2): 18-23.  
GAN Jing, GUO Guangpu. Bird Communities in Different Land-use Types at High Density Urban Areas of Shanghai [J]. Journal of Chinese Urban Forestry, 2017, 5(2):18-23.  
[11] 王彦平, 陈水华, 丁平. 城市化对冬季鸟类取食集团的影响 [J]. 浙江大学学报: 理学版, 2004, 31 (3): 330-336, 348.  
WANG Yanping, CHEN Shuihua, DING Ping. Effects of Urbanization on the Winter Bird Foraging Guilds [J]. Journal of Zhejiang University: Science Edition, 2004, 31(3): 330-336, 348.  
[12] Luniak M. Synurbization-adaptation of animal wildlife to urban development [C]// Proceedings of the 4th Symposium International on Urban Wildlife, 2004: 50-55.  
[13] 陈水华, 丁平, 郑光美, 等. 城市鸟类群落生态学发展前景 [J]. 动物学研究, 2000 (2): 165-169.  
CHEN Shuihua, DING Ping, ZHENG Guangmei, et al. Research Perspective on Ecology of Urban Avian Community [J]. Zoological Research, 2000(2): 165-169.  
[14] Brenneisen S. Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland [J]. Urban Habitats, 4(1): 27-36.  
[15] Francis R.A. Wall ecology A frontier for urban biodiversity and ecological engineering [J]. Progress in Physical Geography, 2011, 35(1): 43-63.  
[16] Werner P, Grotklos M, Eppler G, Arndt T. Schutz gebäudebewohnender Tierarten vor dem Hintergrund energetischer Gebäudesanierung. Hintergründe, Argumente, Positionen. in Städten und Gemeinden [R]. Technical Report for BfN, 2016(8): 23-24.

(编辑 / 刘昱霁)