

城市绿地空间格局对鸟类群落影响的研究进展

庄艳美¹, 孔繁花^{1*}, 尹海伟², 张琳琳¹, 孙振如¹

(1. 南京大学国际地球系统科学研究所, 江苏 南京 210093; 2. 南京大学建筑与城市规划学院, 江苏 南京 210093)

摘要: 城市绿地作为城市生态系统的重要自然组成部分, 是鸟类及其他动物的重要生境和载体。快速城市化导致城市绿地空间格局剧烈变化, 对鸟类群落产生了明显的影响。笔者概括与总结国内外的相关研究, 按照城市绿地空间格局的成因将其属性分为非生物属性、生物属性和人为属性, 并从这3个方面总结与梳理绿地空间格局对鸟类群落丰富度及多样性的影响, 认为城市绿地空间格局与鸟类群落的关系应从研究尺度、技术方法、研究内容等方面深入研究。

关键词: 绿地空间格局; 鸟类群落; 城市化

中图分类号: Q958; S718.6

文献标志码: A

文章编号: 1000-2006(2012)03-0131-06

A review on the urban green space pattern affecting avian community

ZHUANG Yanmei¹, KONG Fanhua^{1*}, YIN Haiwei², ZHANG Linlin¹, SUN Zhenru¹

(1. International Institute for Earth System Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Urban green spaces is an important physical part of the urban ecosystem, they are also important habitats and carriers for birds and other animals. Rapid urbanization changed the urban green space pattern, and significantly impacted urban avian community. A lot of researches have been conducted on this subject to explore the influence that the changed the pattern of urban green space on the bird community. According to the formation causes of urban green space pattern, we divided its attributes into three parts: non-biological attributes, biological attributes, human attributes, and we reviewed the related study from these three aspects. Finally, we summarized the works to be done in the future, hoping to be references and guidance for the follow-up studies.

Key words: urban green space pattern; avian community; urbanization

城市绿地是城市用地的重要组成部分, 在维持城市生物多样性中发挥着举足轻重的作用^[1]。然而, 快速城市化导致城市绿地空间格局剧烈变化, 对维持城市生物多样性及生态系统的健康稳定造成了很大威胁^[2-4]。城市鸟类是城市生物多样性的重要组成部分和城市环境质量的重要评价标准之一^[5]。城市绿地作为城市鸟类重要栖息地, 能为鸟类提供较为充足的食物和适宜的繁殖地点, 利于鸟类躲避天敌及不良天气, 保证其生存和繁殖^[6]。城市绿地具有植被结构简单, 岛屿化、破碎化严重, 人类干扰频繁, 空间异质性较低等^[7]明显不同于自然栖息地的特征, 且城市鸟类处于城市生

态系统中食物网的较高层, 相对较易观察和识别、移动性较强, 其种类和数量的变化可以表征栖息地环境质量的变化^[8]。因而随着社会经济发展和城市化进程的加快, 城市绿地空间格局对鸟类群落影响的研究也逐渐增多^[9-14]。

纵观城市绿地空间格局对鸟类群落的影响研究^[9-10, 14], 主要为一定时空尺度下城市绿地空间格局的属性与鸟类群落丰富度、多样性等的关系研究。根据城市绿地空间格局的成因可将其属性分为: 非生物属性、生物属性、人为属性^[15], 城市绿地空间格局的这些属性互相作用、共同影响, 通过复杂的空间模式在多时空尺度上对鸟类群落产生影

收稿日期: 2011-06-08

修回日期: 2011-11-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(30700097; 40701047); 南京大学留学科学基金项目(2009AA122005)

第一作者: 庄艳美, 硕士生。* 通信作者: 孔繁花, 副教授。E-mail: fanhuakong@163.com。

引文格式: 庄艳美, 孔繁花, 尹海伟, 等. 城市绿地空间格局对鸟类群落影响的研究进展 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2012, 36(3): 131-136.

响。笔者从这3个方面总结与梳理绿地空间格局对鸟类群落丰富度及多样性的影响,一方面分析城市化对城市绿地蚕食导致城市绿地变化对鸟类群落的影响,进而为城市绿地建设及布局、生物保护提供依据;另一方面探索鸟类群落对城市绿地或城市用地类型变化的响应机制,进而反映城市生态系统的稳定性并为优化城市绿地要素与格局等提供参考。

1 城市绿地空间格局的非生物属性对鸟类群落的影响

气候、地形、地貌等非生物属性通常决定景观在大范围内的空间异质性^[13],大尺度上城市绿地空间格局通常也是由气候、地形、地貌等非生物属性决定,由此导致了不同城市绿地空间中的鸟类群落有明显地带性差异。一方面,受技术条件、研究周期、资金等因素的制约,不同城市绿地格局特征对鸟类影响的对比研究尚不多见。近些年来,随着GIS和RS技术的广泛应用,快速获取大尺度不同时相的城市绿地数据信息成为可能^[16-17];另外无线电遥测、卫星追踪、雷达监测、同位素示踪、分子生物学研究等先进技术为大空间范围内大时间尺度上的研究提供了可靠的技术支持,方便了鸟类数据资料的获取,这都促进了该领域大时空尺度的研究。另一方面,由于气候、地形、地貌等变化缓慢,短期内一定地带范围的城市鸟类群落相对稳定。因此,现有城市绿地空间格局对鸟类群落影响研究中,研究者关注较多的是气候的季节变化对鸟类群落的影响^[18]。而地形因子中的海拔相对于气候等其他非生物因素而言是一个静态变量,其对物种多样性的驱动作用早已被证实,比如Rosenzweig^[19]研究表明单峰形状的格局可解释热带地区物种多样性分布,物种多样性最高的地区往往出现在中等海拔处;Patterson等^[20]研究发现鸟类物种丰富度随着海拔高度的增加而减少。近年来学者较多的是结合地形、地貌等静态变量进行鸟类的预测研究,例如Nicholas等^[21]基于地形、土地利用以及卫星产品数据进行了繁殖鸟类物种多样性的预测。

2 城市绿地空间格局的生物属性对鸟类群落的影响

与非生物属性不同,生物属性(城市绿地面积、植被结构类型、植被盖度、破碎度、连接度等)通常在较小尺度上成为城市绿地空间格局的成因^[13]。从现有不同生物属性调查研究的尺度看,

可细分为样地尺度、斑块尺度、景观尺度。通常,对城市绿地面积的度量是在斑块尺度上,而对城市绿地植被类型、结构、盖度的量化通常是在样地尺度上,对城市绿地破碎度、边缘化、岛屿化、连接度的衡量则是在景观尺度上。但是,生物属性对鸟类群落的影响并不是孤立和彼此割裂的,而是互相作用互相影响的,研究中需根据实际情况具体考虑分别对待。例如Tammy等^[22]就学术界广泛争议的鸟类出现情况受绿地斑块面积和分离度何者影响更大的研究表明:面积对解释2个鸟类物种很重要,而分离度对解释其他鸟类物种的作用最重要。城市鸟类的扩散能力不同^[23-24],对所栖息的绿地空间的选择尺度也存在一定的差异^[25],虽然个别鸟类物种对不同空间尺度上绿地空间的选择并无差异^[26],但不能否认城市鸟类对绿地空间格局的选择以及城市绿地对鸟类群落空间分布格局的影响,存在着多维的互相作用关系^[27],是一个复杂的过程,是不同尺度上多层次的城市绿地生态环境因子综合作用的结果。研究表明,对城市绿地空间格局生物属性选择的描述取决于空间尺度,但由于某一尺度上鸟类与城市绿地的研究结果一般不能用于上推或下推到其他尺度^[28-29],故多尺度研究的必要性和重要性已被众多学者^[27,30]认可。

2.1 城市绿地面积方面

研究者对城市绿地斑块的面积与鸟类群落关系普遍较为关注,国内外研究结果表明城市鸟类物种丰富度和多样性与绿地面积之间存在相关性^[31-33]。Jokimäki^[32]对芬兰奥卢54个城市公园中的繁殖鸟类进行了调查,结果发现公园面积是决定繁殖鸟类在城市公园中出现与否的重要因子之一。赵欣如等^[18]对北京不同公园不同季节鸟类的种类和数量进行了统计,发现面积大的公园其鸟类群落多样性优于面积小的公园。Esteban^[33]研究表明公园的大小和年龄可以解释62%的物种丰富度信息,营巢度与公园面积呈正相关关系。也有学者研究发现不同生活史特征的鸟类对绿地面积的敏感程度不一致^[33-34],林冠层和树巢鸟与绿地面积关系不大,而在灌丛和地面营巢的种类则对绿地面积十分敏感,耐边缘种偏爱面积较小的斑块,而非边缘种偏爱在大面积的斑块中繁殖^[35]。大部分学者仍认为大面积城市绿地更利于城市鸟类群落的保护,因为往往大面积的城市绿地鸟类物种更丰富^[36-37]、稳定性强^[38-40]、巢区竞争压力小^[41]、适合鸟类长时间停留。考虑到在城市中特别是大城市增加绿地面积很困难,因此研究者希望通过研究

确定利于鸟类保护的绿地面积大小的阈值,但目前还没有明确的结论。Bruce等^[4]对威斯康星州南部的林地中鸟类群落进行研究,发现城市鸟类物种多样性随绿地面积的增大而增大,而鸟类群落对植被结构的响应几乎没有受到面积大小的影响。因此,在强调城市绿地面积对鸟类群落重要性的同时,学者也广泛关注城市绿地植被结构、类型、盖度等对鸟类群落的影响。

2.2 城市绿地植被类型、结构、盖度方面

鸟类对栖息地的选择以植被类型为基础^[4]。鸟类对城市绿地类型的选择取决于季节性变化的植被因素和鸟类在不同生活史阶段对城市绿地类型的不同需求。植被类型、盖度、结构都对鸟类群落有所影响^[43-44],不同鸟类群落对影响其密度、丰富度、多样性的植被参数的敏感性存在较大差异,并且在同年的不同季节变化显著^[45]。

鸟类分布与一定的植被类型有关,植被类型对鸟类群落的决定性在斑块水平上比景观水平上更明显^[46]。Thomas等^[47]通过对7种植被类型及其与之相关的鸟类进行分析,发现灌木上多为通食性鸟类,草地上主要是食虫鸟类,针叶林、落叶林和混交林中则多为食虫鸟类。在我国,由于多数城市在规划中较多的使用阔叶树和灌木,因此城市中大多数鸟类为阔叶林鸟^[4]。

植被盖度对鸟类群落的影响也较为显著。Goldstein等^[48]研究发现,在所有城市绿地参数中,植被盖度可以解释城市不同区域繁殖鸟类物种数差异的50%。戚仁海等^[49]对苏州6个面积较大城市公园秋冬季节鸟类物种组成、群落特征以及公园的生境特征因子进行调查和分析,发现灌木层盖度是影响城市鸟类群落丰富度和多样性的主要因子之一。

研究表明城市鸟类的分布及丰富度、多样性与城市绿地植被结构有明显的相关性,Almo^[50]对意大利托斯卡纳春夏季鸟类的丰富度、多样性进行研究,发现鸟类的丰富度和多样性与植被结构明显相关。Yolanda等^[51]对新西兰达尼丁市鸟类群落的研究结果表明,植被结构和物种组成对灌丛中本地鸟物种的多样性和丰富度的影响较为明显。Sandström等^[52]研究了瑞典厄勒布鲁市中心、居住区、绿道、城市边缘4个层次城市景观中城市绿地结构与春季鸟类物种多样性的关系,研究结果强调了具有自然植被结构的城市绿地能够承载较高的生态多样性。赛道建等^[53]定性分析了城市绿地结构在城市鸟类群落结构和生态分布中的重要影响。

隋金玲等^[54]对北京绿化隔离带内的鸟类及植被种类与数量的调查发现,鸟类种类及其多样性与绿地类型多样性、植物种类等均呈正相关关系。因此,在城市中探究鸟类群落与绿地植被结构类型的关系具有重要意义,特别是在增加城市绿地面积困难的城市,要提高城市鸟类的丰富度和多样性,增加城市绿地植被结构的复杂性、多样性以及植被异质性都是一种行之有效的方法。

2.3 城市绿地破碎度、边缘化、连接度方面

在城市化进程中,受自然干扰或人为活动的影响,大面积连续分布的城市绿地逐渐被分隔成小面积不连续的破碎斑块^[55],导致城市绿地破碎度增大,绿地空间格局改变。栖息地破碎化被视为“生物多样性的最大威胁”^[54]。很多生物学家和生态学家认为城市绿地破碎化对鸟类群落有消极影响^[55-57],即破碎化会降低鸟类的丰富度和多样性^[58]。也有研究表明适度的破碎化利于提高鸟类的丰富度和多样性^[59-60],如Howell等^[61]研究发现密苏里市中心破碎的绿地斑块中具有更多的物种丰富度和多样性。而Pablo等^[62]研究破碎化对鸟类影响的尺度效应的结果表明,调查到的20种鸟类中有9种鸟类的丰富度受破碎度的空间尺度交互影响。

城市绿地的破碎化使得绿地的边缘度增大,但边缘化的背景、方式、特征的不同,对鸟类群落利弊影响也不尽相同。如由交通流量大、干扰强的高速路穿越绿地造成的边缘地带,鸟类的密度、丰富度和多样性明显减少^[63]。交通流量小、干扰小的林间道路造成的边缘地带,反而利于增加鸟类的丰富度和多样性。Miroslavs等^[64]研究发现鸟类多样性在林地边缘最高,林地道路中次之,林地内部最低,这主要是由于轻度干扰提高了栖息地异质性,因此能吸引更多的鸟类。

行道树、河岸绿地、林荫道等是城市中对鸟类迁移起廊道作用的重要线性景观^[64],能够增加城市绿地的连接度进而缓解绿地破碎化造成的生境隔离效应对鸟类群落所带来的消极影响^[65],增强城市鸟类的适应力,提高鸟类物种的丰富度和多样性。景观连接度指景观结构单元间的空间连续性程度(结构连接度),或景观格局促进生态学过程在空间上扩展的能力(功能连接度)^[66-67]。由于城市绿地的空间连接度与鸟类的觅食、生长、繁殖等生态过程密切相关^[11,22,68],因此增加城市绿地的连接度、构建城市绿地网络对保护鸟类及维持城市生物多样性有重要意义。Sodhi等^[69]强调要加

强城市绿地的连接及绿地网络的设计和管理,以充分发挥城市绿地的功能。

3 城市绿地空间格局的人为属性对鸟类群落的影响

城市绿地处在人类活动的不断影响之中,人类干扰、管理水平、人们意愿等都对鸟类群落有一定的影响。Shwartz 等^[74]对以色列最大的城市公园中的鸟类进行调查,分析不同管理水平(根据除草、修剪、施肥等条件划分管理强度)的样地中鸟类的丰富度、多样性和群落组成的差异,结果发现:公园管理水平与当地鸟类丰富度有明显的相关性,中度管理区中鸟类丰富度和多样性最高,无管理区次之,高度管理区最低。Esteban 等^[33]研究了不同绿地结构中人类干扰对鸟类惊飞距离的影响,结果表明:不同物种之间的惊飞距离有明显的不同;个体小的鸟类比个体大的鸟类更易受人类干扰的影响,因此可把个体大的鸟类的惊飞距离作为设计道路距离及最小面积斑块间距离的指标;鸟类对干扰的忍耐程度随着干扰的增大而增强,城市绿地中特别是受欢迎的公园中人流量的增大似乎对鸟类群落并没有太大影响^[33]。Danielle 等^[11]对伊比利亚半岛 27 个城市公园中 90 种鸟类物种对噪音忍耐度的研究表明,不同鸟类对噪音的忍耐度不同,而且如果城市公园中的噪音可以降低到 50 dB 以下,很多受保护物种则可被吸引到城市公园中。城市鸟类的保护不仅需要科学的依据,还需要公众的支持,公众意愿在一定程度上会影响政府的决策和绿地系统的规划实施,进而影响绿地的空间格局。就公众意愿对鸟类群落的影响,在北美、法国等地区已有相关研究^[71],其他地区尚不多见^[72]。

4 城市鸟类群落研究中存在的不足

国内外学者就城市绿地空间格局对鸟类群落的影响研究,无论是定性分析,还是定量描述,都已取得了诸多成果,但在研究尺度、研究方法、研究内容方面还需要进一步挖掘。

首先,不同学者根据其研究目的、研究条件、研究需要等方面的不同,具体研究工作开展时空尺度也存在差异,如何根据研究目的量化确定最佳研究尺度,目前尚无定论^[73-75],仍是一个值得探讨的问题。另外,多时空尺度的研究的必要性和重要性虽已得到认可,但受鸟类历史数据缺失、城市绿地信息提取精度有限、研究周期等因素的制约,多尺度推演的研究并不多见^[62,73-75]。

其次,长期连续的鸟类历史数据的缺失和大范围鸟类数据获取较难的现状均制约了该方面研究的深入开展,不利于机制的探究。无线电遥测、卫星追踪、同位素示踪等技术的发展可在一定程度上弥补和改善这一状况。对城市绿地格局的空间分析,受研究尺度和绿地分类体系的影响,空间格局分析亦存在较大的不确定性。城市绿地空间格局的分析方法尚无统一的标准,定量描述的指标多、相关性高,不能全面合理地反映城市绿地空间格局的特征等^[76]都是实际工作中存在的问题,亟待解决。

最后,受技术条件、研究资金、研究者自身知识背景等方面的局限,目前的研究主要集中在生物属性方面,对非生物属性和人为属性关注较少。现有关注人为属性影响^[71,77-78]研究的深度和广度都有待加强。生物属性方面的研究虽然较多,但是多集中在对城市绿地的面积、植被的类型、结构、盖度、绿地的破碎度、边缘度、岛屿化、连接度等众多属性的某一个或者某几个与鸟类群落的关系研究,系统全面的分析较少。对某一具体属性而言,以城市绿地面积为例,虽有不少研究涉及绿地面积对鸟类群落的影响,但是目前尚难以量化各种鸟类在不同生长周期的最优面积和最小面积;更无法在城市绿地总面积一定的情况下,快速便捷地确定不同绿地斑块面积、数量、格局下所对应的鸟类物种多样性和丰富度的最大承重力和最佳承载力。总之,要把研究的成果具体量化应用于城市绿地规划和鸟类保护中,还有很多的基础性工作需要加强和深入。

参考文献:

- [1] Pham D U, Nobukazu N. Application of land suitability analysis and landscape ecology to urban green space planning in Hanoi, Vietnam [J]. Urban Forestry and Urban Greening, 2008, 1(7): 25-40.
- [2] Grimm N B, Foster D, Groffman P, et al. The changing landscape: ecosystem responses to urbanization and pollution across climatic and societal gradients [J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2008, 6(5): 264-272.
- [3] Lizée M H, Mauffrey J F, Tatoni T, et al. Monitoring urban environments on the basis of biological traits [J]. Ecological Indicators, 2011, 11(2): 353-361.
- [4] Juricic E F, Jimenez M D, Lucas E. Alert distance as an alternative measure of bird tolerance to human disturbance: implications for park design [J]. Environmental Conservation, 2001, 28(3): 263-269.
- [5] Mulsow R. Animals in Urban Environment [M]. Poland: Ossolineum Wroclaw, 1982.
- [6] Daniel P, Francisco R, Javier C, et al. Tolerance to noise in 91 bird species from 27 urban gardens of Iberian Peninsula [J].

Landscape and Urban Planning, 2012, 104: 1–8.

- [7] 隋金玲,李凯,胡德夫,等. 城市化和栖息地结构与鸟类群落特征关系研究进展 [J]. 林业科学, 2004, 40(6): 147–152
- [8] 马佳慧,刘阳,雷进宇. 鸟类调查方法实用手册 [M]. 香港: 香港观鸟会有限公司, 2006.
- [9] Haruka I, Tohru N. Environmental factors affecting the composition and diversity of avian community in mid-to late breeding season in urban parks and green spaces [J]. Landscape and Urban Planning, 2010, 96: 183–194.
- [10] Miroslav, Jana S, Petr Z. Edge effect of low-traffic forest roads on bird communities in secondary production forests in central Europe [J]. Landscape Ecology, 2010, 25(7): 1113–1124.
- [11] Danielle F S, Craig M, Hugh P P, et al. The influence of patch area and connectivity on avian communities in urban revegetation [J]. Biological Conservation, 2011, 144(2): 722–729.
- [12] Richard A M, Kenneth B R, Rose M C. Wetlands as habitat in urbanizing landscapes: Patterns of bird abundance and occupancy [J]. Landscape and Urban Planning, 2011, 100: 144–152.
- [13] Pilar C R, Iriana Z. The value of small urban greenspaces for birds in a Mexican city [J]. Landscape and Urban Planning, 2011, 100: 213–222.
- [14] Simone F, Thomas S, Fabio B, et al. How to manage the urban green to improve bird diversity and community structure [J]. Landscape and Urban Planning, 2011, 101: 278–285.
- [15] 邬建国. 景观生态学—格局、过程、尺度与等级 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [16] Sandström U G, Angelstam P, Mikusiński G. Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space [J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 77: 39–53.
- [17] 饶芬芳. 基于 GIS 的芜湖城市绿地空间格局特征分析 [J]. 资源开发与市场, 2009, 25(4): 317–352.
- [18] 赵欣如,房继明,宋杰,等. 北京的公园鸟类群落结构研究 [J]. 动物学杂志, 1996, 31(3): 17–21.
- [19] Rosenzweig M L. Species Diversity in Space and Time [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [20] Patterson B D, Stotz D F, Solari S, et al. Contrasting patterns of elevational zonation for birds and mammals in the Andes of south-eastern Peru [J]. Journal of Biogeography, 1998(25): 593–607.
- [21] Nicholas C C, Michael A W, Donald I. Exploring the relative importance of satellite-derived descriptors of production, topography and land cover for predicting breeding bird species richness over Ontario, Canada [J]. Remote Sensing of Environment, 2009, 113: 668–679.
- [22] Tammy L W, Elizabeth J J, John A B. Relative importance of habitat area and isolation for bird occurrence patterns in a naturally patchy landscape [J]. Landscape Ecology, 2009, 24: 351–36.
- [23] Hostetler M, Holling C S. Detecting the scales at which birds respond to structure in urban landscape [J]. Urban Eco-systems, 2000(4): 25–54.
- [24] Donovan T M, Flather C H. Relationships among North American songbird trends, habitat fragmentation and landscape occupancy [J]. Ecological Applications, 2002, 12(2): 364–374.
- [25] 张淑萍. 城市化对鸟类分布的影响 [J]. 生态学杂志, 2008, 27(11): 2018–2023.
- [26] Miller D A, Hurst G A. Habitat use of eastern wild turkeys in central Mississippi [J]. Wildlife Management, 1999, 63(1): 210–222.
- [27] Kotliar N B, Wiens J A. Multiple scales of patchiness and patch structure: a hierarchical framework for the study of heterogeneity [J]. Oikos, 1990, 59(2): 253–260.
- [28] Johnson D H. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference [J]. Ecology, 1980, 61(1): 65–71.
- [29] Combreau O, Smith T R. Summer habitat selection by houbara bustards introduced in central Saudi Arabia [J]. Journal of Arid Environments, 1997, 36: 149–160.
- [30] Orians G H, Wittenberger J F. Spatial and temporal scales in habitat selection [J]. American Naturalist, 1991, 137(S1): 27–49.
- [31] Almo F. Landscape structure and breeding bird distribution in a sub-Mediterranean agro-ecosystem [J]. Landscape Ecology, 1997, 12: 365–378.
- [32] Jokimaki J. Occurrence of breeding bird species in urban parks: Effects of park structure and broad scale variables [J]. Urban Ecosystems, 1999(3): 21–34.
- [33] Esteban F. Bird community composition patterns in urban parks of Madrid: the role of age, size and isolation [J]. Ecological Research, 2000(15): 373–383.
- [34] Park C, Lee W. Relationship between species composition and area in breeding birds of urban woods in Seoul, Korea [J]. Landscape and Urban Planning, 2000, 51: 29–36.
- [35] Halme P, Hakkila M, Koskela E. Do breeding Ural owls *Strix uralensis* protect ground nests of birds an experiment using dummy nests [J]. Wildlife Biology, 2004, 10(2): 145–148.
- [36] Patterson B D, Atmar W. Analyzing species composition in fragments [J]. Bonn Zoological Monograph, 2000, 46: 9–24.
- [37] 陈水华,丁平,郑光美,等. 岛屿栖息地鸟类群落的丰富度及其影响因子 [J]. 生态学报, 2002, 22(2): 141–149.
- [38] Esteban F. Spatial and temporal analysis of the distribution of forest specialists in an urban-fragmented landscape (Madrid, Spain): Implication for local and regional bird conservation [J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 69: 17–32.
- [39] Huste A, Bouliner T. Determinants of local extinction and turnover rates in urban bird communities [J]. Ecological Applications, 2007, 17: 168–180.
- [40] Yoshihiro N, Chobei I. Prediction of species richness of breeding birds by landscape-level factors of urban woods in Osaka, prefecture, Japan [J]. Biodiversity and Conservation, 1999(8): 239–253.
- [41] Bruce A, Stanley A T. Area-dependent changes in the bird communities and vegetation of southern Wisconsin forests [J]. Ecology, 1983, 64(5): 1057–1068.
- [42] 杨维康,钟文勤,高行宜. 鸟类栖息地选择研究进展 [J]. 干旱区研究, 2000, 17(3): 71–78.

- [43] Karl L E, Stuart E N, Kevin J G. Habitat influences on urban avian assemblages [J]. *Ibis*, 2009, 151: 19–39.
- [44] Khera N, Mehta V. Sabata. Interrelationship of birds and habitat features in urban greenspaces in Delhi, India [J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2009(8): 187–196.
- [45] 崔鹏, 邓文洪. 鸟类群落研究进展 [J]. *动物学杂志*, 2007, 42 (4): 149–158.
- [46] Major R E, Christie F J. Influence of remnant and landscape attributes on Australian woodland bird communities [J]. *Biological Conservation*, 2001, 102: 47–66.
- [47] Thomas R V, Albert J P, Kathleen C P. Bird communities and vegetation structure in the United States [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 1982, 72: 120–130.
- [48] Goldstein E L, Gross M. Breeding birds and vegetation: a quantitative assessment [J]. *Urban Ecology*, 1986(9): 377–385.
- [49] 戚仁海, 陆玮玮, 熊斯顿. 苏州城市公园秋冬季鸟类与生境特征的关系 [J]. *上海交通大学学报: 农业科学版*, 2009, 27 (4): 368–373, 393.
- [50] Yolanda H, Amber S, Renaud M. Diversity of native and exotic birds across an urban gradient in a New Zealand city [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2008, 87: 223–232.
- [51] 赛道建, 孙海基, 史瑞芳, 等. 济南城市绿地鸟类群落生态研究 [J]. *山东林业科技*, 1997(1): 1–4.
- [52] 隋金玲, 张香, 胡德夫, 等. 北京绿化隔离地区鸟类群落与环境因子关系研究 [J]. *北京林业大学学报*, 2007, 29 (5): 121–126.
- [53] Lord J M, Norton D A. Scale and the spatial concept of fragmentation [J]. *Conservation Biology*, 1990(4): 197–202.
- [54] Soulé M E. Viable Population for Conservation [M]. London: Cambridge University Press, 1987.
- [55] Robinson S K, Thompson F R, Donovan, et al. Regional forest fragmentation and nesting success of migratory birds [J]. *Science*, 1995, 267: 187–190.
- [56] Boulinier T, Nichols J D, Hines J E, et al. Forest fragmentation and bird community dynamics: inference at regional scales [J]. *Ecology*, 2001, 84(4): 1159–1169.
- [57] Rich A C, Dobkin D S, Niles L J, et al. Defining forest fragmentation by corridor width: The influence of narrow forest dividing corridor on forest nesting birds in southern New Jersey [J]. *Conservation Biology*, 1994(8): 1109–1121.
- [58] Lee D K, Kim E Y, Choi J Y, et al. The effects of development on forest-patch characteristics and bird diversity in Suji, South Korea [J]. *Landscape Ecology*, 2010(6): 171–179.
- [59] Gates J E, Gysel W. Avian nest dispersion and fledging success in field-forest ecotones [J]. *Ecology*, 1978, 59(5): 871–883.
- [60] Kroodsmar R L. Edge effect on breeding birds along power-line corridors in eastern Tennessee [J]. *American Midland Naturalist*, 1987, 118(2): 274–283.
- [61] Howell C A, Steven C L, Therese M D, et al. Landscape effects mediate breeding bird abundance in Midwestern forests [J]. *Landscape Ecology*, 2000, 15: 547–562.
- [62] Pablo M V, Juan J A. Responses of Chilean forest birds to anthropogenic habitat fragmentation across spatial scales [J]. *Landscape Ecol*, 2009, 24: 25–38.
- [63] Andren H. Effects of Landscape Composition on Predation Rates at Habitat Edges, In *Mosaic Landscape and Ecological Processes* [M]. London: Chapman and Hall, 1995.
- [64] Esteban F. Habitat island approach to conserving birds in urban landscape: case studies from southern and northern Europe [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2000(10): 2023–2043.
- [65] 吴贤斌, 李洪远, 黄春燕, 等. 城市绿地结构与鸟类栖息生境的营造 [J]. *环境科学与管理*, 2008, 33 (6): 150–153.
- [66] Taylor P D, Fahrig L, Henein K, et al. Connectivity is a vital element of landscape structure [J]. *Oikos*, 1993, 68: 571–572.
- [67] Tischendorf L, Fahrig L. How should we measure landscape connectivity [J]. *Landscape Ecology*, 2000, 15: 633–641.
- [68] Peter S, Carla J, Grashof B, et al. Scarifying patches for linear habitat elements enhances metapopulation performance of woodland birds in fragmented landscapes [J]. *Landscape Ecology*, 2009, 24: 1123–1133.
- [69] Sodhi N S, Clive B, Lily K, et al. Bird use of linear areas of a tropical city: implications for park connector design and management [J]. *Landscape and Urban Planning*, 1999, 45: 123–130.
- [70] Shwartz A, Shirley S, Kark S. How do habitat variability and management regime shape the spatial heterogeneity of birds within a large Mediterranean urban park [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2008, 84: 219–229.
- [71] Caula S, Hvenegaard G T, Marty P. The influence of bird information, attitudes, and demographics on public preferences toward urban green spaces: The case of Montpellier, France [J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2009(8): 117–128.
- [72] Gilbert O. The Ecology of Urban Habitats [M]. London: Chapman and Hall, 1989.
- [73] Conole L E, Kirkpatrick J B. Functional and spatial differentiation of urban bird assemblages at the landscape scale [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2011, 11: 11–13.
- [74] Danilo B, Jean P M. Is bird incidence in Atlantic forest fragments influenced by landscape patterns at multiple scales [J]. *Landscape Ecology*, 2009, 24: 907–918.
- [75] Amber S O, John T R. Scale – dependent habitat relations of birds in riparian corridors in an urbanizing landscape [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2009, 92: 264–275.
- [76] 赵红霞, 汤庚国. 城市绿地空间格局与其功能研究进展 [J]. *山东农业大学学报: 自然科学版*, 2007, 38(1): 155–158.
- [77] Scott R L, Marilyn O R, Jeffrey D B. Relationships between avian diversity, neighborhood age, income, and environmental characteristics of an urban landscape [J]. *Biological Conservation*, 2009, 142: 2578–2585.
- [78] José A, Arturo A, Lorna H, et al. Can human disturbance promote nestedness Songbirds and noise in urban parks as a case study [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2012, 104: 9–18.

(责任编辑 王国栋)