

深圳城市公园灯柱中大山雀的繁殖生态

戎灿中^{①③} 朱磊^② 尹玉柱^{①③} 谢恺琪^{①③*}

① 深圳市红树林湿地保护基金会 深圳 518000; ② 广西科学院(广西红树林研究中心) 南宁 530007;

③ 深圳市福田红树林生态公园 深圳 518000

摘要: 大山雀 (*Parus cinereus*) 是一种广泛分布于我国的雀形目鸟类, 其对不同的环境具有较好的适应。2020 至 2022 年, 在深圳市福田红树林生态公园内对在灯柱中繁殖的大山雀开展系统调查, 共记录繁殖巢 43 个。结果显示, 2020 至 2022 年大山雀的平均窝卵数为 (5.0 ± 0.8) 枚 ($n = 32$), 平均孵卵天数为 (13 ± 1.6) d ($n = 18$), 平均育雏天数为 (18.6 ± 1.8) d ($n = 19$), 繁殖成功率为 49%, 共出飞幼鸟 63 只。繁殖失败的原因主要为巢掉落和人为干扰, 在城市灯柱中繁殖体现了大山雀对城市化的适应及其对城市中栖息地的需求。期望本研究结果为城市生物多样性保护提供思路。

关键词: 大山雀; 城市化; 繁殖; 灯柱

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2023) 04-505-09

Breeding Ecology of the Great Tit in the Lampposts of a Urban Park in Shenzhen, Guangdong

RONG Can-Zhong^{①③} ZHU Lei^② YIN Yu-Zhu^{①③} XIE Kai-Qi^{①③*}

① Shenzhen Mangrove Wetlands Conservation Foundation, Shenzhen 518000; ② Guangxi Academy of Marine Sciences (Guangxi Mangrove Research Center), Nanning 530007; ③ Shenzhen Futian Mangrove Ecological Park, Shenzhen 518000, China

Abstract: [Objectives] The Great Tit (*Parus cinereus*) is a passerine bird widely distributed in China, which has strong adaptability to varied environments. In order to understand the breeding ecology of Great Tits in the urban environment, we conducted a systematic survey of Great Tits breeding in the lampposts of Futian Mangrove Ecological Park, Shenzhen, Guangdong. **[Methods]** From 2020 to 2022, we surveyed Great Tits' nests in lampposts by using a selfie stick and a mobile phone, and recorded breeding activities at different stages by taking pictures from an appropriate distance. **[Results]** From 2020 to 2022, the Great Tits began nesting in early March each year, entering and exiting the lampposts from the lowest vent and building their nests between the internal wires and the inner wall of the lampposts (Fig. 1). A total of 43 nests were recorded, and the average clutch size of the Great Tits in the park was 5.0 ± 0.8 ($n = 32$). Most of their first eggs were laid in late March to early April ($n = 20$) (Fig. 2). In this study, the average incubation period was 13 ± 1.6 d ($n = 18$), and the average brooding period was 18.6 ± 1.8 d ($n = 19$), with a reproductive success rate of 49%

* 通讯作者, E-mail: xiekaiqi@mcf.org.cn;

第一作者介绍 戎灿中, 男, 助理工程师; 研究方向: 动物生态学; E-mail: rongcanzhong@mcf.org.cn.

收稿日期: 2022-11-12, 修回日期: 2023-05-06 DOI: 10.13859/j.cjz.202304004

(63 fledglings). As Great Tits are territorial, all nests are kept at a certain distance from each other (Fig. 3). The average spacing between the closest nests in 2020 was 94.29 ± 25.68 m (66 - 140 m), while the average spacing in 2021 was 86.69 ± 32.44 m (36 - 146 m), and 85.50 ± 57.71 m (20 - 254 m) in 2022. 12 end-of-breeding nests were collected for nest material analysis. These nests consist of grass leaves, moss, and cotton wool. The 12 nests weigh 70 - 527 g, with an average of 215 ± 171 g ($n = 12$). **[Conclusion]** In this study, the breeding parameters of the Great Tits in the lampposts in Shenzhen were compared with the breeding parameters of those in the nest boxes in Hainan, Henan, Hebei, and northeast China (Fig. 4). The average clutch size of the Great Tits in Shenzhen was similar to those in Hainan, and smaller than those in Henan, Hebei, and northeast China. The laying date of the first egg is close to that in Hainan. Higher the latitude, later the first laying date. The hatchability and reproductive success rate were significantly lower in the lamppost than that in the nest boxes. Our study shows that the breeding failures of the Great Tits in the park are mainly due to fallen nests and human disturbance. It is necessary to redesign the lampposts to provide suitable nest sites for the Great Tits in the park. The Great Tits' breeding behaviors in urban structures reflect the sign of their adaptations to urbanization.

Key words: Great Tit, *Parus cinereus*; Urbanization; Breed ecology; Lampposts

城市化所产生的栖息地破碎化 (Melles et al. 2003)、城市噪音 (Reijnen et al. 1995)、流浪动物 (Sims et al. 2008) 和人造光 (Dawson et al. 2001) 对野生鸟类产生了多方面的影响。繁殖是鸟类生活史中重要的一部分, 繁殖的成功与否关系到鸟类的种群动态变化和物种延续。城市化对鸟类繁殖的影响主要集中在繁殖期提前 (Deviche et al. 2014)、巢材改变 (Radhamany et al. 2016)、食物资源 (Small et al. 2005) 和巢址变化 (王龙祥等 2020) 等。广布种鸟类具有更高的表型可塑性, 可通过行为调节适应城市化带来的影响。

大山雀 (*Parus cinereus*) 隶属于雀形目 (Passeriformes) 山雀科 (Paridae), 是一种在我国广泛分布的鸟类。该物种以前曾被归为现欧亚大山雀 (*P. major*) 的亚种 (郑光美 2011), 但近年来更多被视为一个独立种, 包括曾置于大山雀种组下的 *minor*、*commixtus*、*hainanus*、*tibetanus* 和 *subtibetanus* 亚种 (郑光美 2017)。国外对欧亚大山雀的研究表明, 该种能够通过调节鸣唱 (Slabbekoorn et al. 2003)、减少体羽数量 (Sándor et al. 2021)、调节繁殖日期 (Cresswell et al. 2003) 和改变巢材 (Lambrechts

et al. 2017, Gładalski et al. 2021) 等方式适应城市化所带来的影响。国内对大山雀的研究主要集中在巢箱中的繁殖行为 (张维等 2009, 由玉岩等 2013, 万冬梅等 2017, 张建伟等 2019)、鸣声 (姜仕仁等 1998, 王爱真等 2014, 柯雯丹等 2015) 和性二态 (尹江南等 2021) 等方面, 对大山雀在城市中的繁殖行为未见专门报道。本研究以在城市环境中繁殖的大山雀为研究对象, 对其在城市灯柱中的繁殖行为开展调查和研究, 以了解大山雀在城市灯柱中的繁殖情况, 为城市中的鸟类保护提供思路和建议。

1 材料与方法

1.1 研究地点概况

福田红树林生态公园 (113°56' ~ 114°03' E, 22°30' ~ 22°32' N) 位于深圳市福田区南部沿海地区, 该区域属南亚热带季风气候, 长夏短冬, 气候温和, 年平均气温 22.4 °C, 年降雨量 1 933.3 mm。公园分为南北两区, 本研究工作均在北区开展。北区面积为 20 hm², 区内以人工绿化植被为主, 主要有小叶榕 (*Ficus concinna*)、木棉 (*Bombax ceiba*)、小叶榄仁 (*Terminalia neotaliala*)、香樟 (*Cinnamomum*

camphora)、凤凰木 (*Delonix regia*) 和阴香 (*Cinnamomum burmanni*) 等。公园实行生态化管理方式, 在每年鸟类繁殖季节 (3~5 月) 不进行植被修剪, 全年不喷洒农药 (谢恺琪等 2018)。

1.2 野外调查

在 2020 至 2022 年的 3 至 7 月, 使用自拍杆搭配智能手机对福田红树林生态公园内的灯柱进行调查, 并使用蔡司 Terra 8 × 42 双筒望远镜进行辅助观察。全园灯柱调查为每 10 d 一次, 记录有筑巢痕迹的灯柱号, 对此灯柱每 2 d 调查一次。调查时设置手机为自拍模式, 使用自拍杆将手机伸进灯柱通风口拍摄, 保存照片并记录灯柱内大山雀的筑巢情况、产卵时间、窝卵数、雏鸟数和亲鸟行为等繁殖参数。大山雀产卵早期存在盖卵行为, 记录窝卵数时, 以大山雀每日产 1 枚卵为依据, 对没有直接观察到首枚卵的进行回推判断 (郑作新等 1959)。由于路灯为一体式中空构筑物, 仅底部有维修口, 因此无法获取卵和雏鸟等其他方面信息。依据调查所获得数据计算窝卵数、繁殖成功率、孵化率、灯柱利用率及最近巢间距。孵化率为至少孵出 1 只雏鸟的巢数占总观察巢数的百分比。繁殖成功率指繁殖成功的巢数占总观察巢数的百分比, 有至少 1 只雏鸟出飞视为该巢繁殖成功 (Pribil 1998)。每年使用两步路 APP 对有繁殖记录的灯柱进行 GPS 点位记录, 将 GPS 点位导入 QGIS 软件, 制成当年巢址分布图, 并使用 QGIS 软件的测距功能测量最近巢间距, 即当年有繁殖记录且直线距离最短的两个灯柱之间距离。

1.3 巢材收集

繁殖结束后收集部分当年新筑巢的巢材。通过将铁丝从通风口往灯柱底部捅, 将巢破坏后从底部维修口收集掉落巢材。采用 Alabrudzinska 等 (2003) 描述的方法处理巢材, 将收集到的巢材存放于 -20 °C 冰箱 14 d, 杀死无脊椎动物, 后对巢材在相同的时间和温度下进行烘干和称重。称重工具为东阳英衡智能设

备有限公司生产的电子计重秤, 量程为 0 ~ 3 kg, 精度为 0.05 g。

1.4 灯柱规格

福田红树林生态公园内路灯数量为 190 根, 每根灯柱间隔约 10 m, 沿公园内各主要园路分布。园路宽 2.5 m, 路灯距离园路边缘 0.5 m。路灯由灯芯部、灯柱部和柱芯连接部三部分组成 (图 1a)。灯芯部为扁平椭圆形装置, 内置灯芯; 灯柱部为长宽均 8 cm、高 245 cm 的方形中空铁柱; 柱芯连接部为梯形体构造, 上部连接灯芯部, 下部连接灯柱部, 左右两侧对称各有三个不同规格大小的通风口, 从上到下各间隔 6 cm 分布, 规格分别为 3 cm × 10 cm、3 cm × 9 cm、3 cm × 8 cm, 最低通风口距离地面 285 cm, 柱芯连接部与灯柱连通处距离地面 245 cm (图 1a)。路灯整体外表均为灰色喷漆, 每根灯柱均按顺序编号。

2 结果

2.1 筑巢

大山雀每年 3 月初筑巢, 通过望远镜观察到大山雀叼干草从柱芯连接部最低通风口进入灯柱内部, 筑巢于柱芯连接部与灯柱部顶端连接处 (图 1a), 通过将干草固定于灯柱内电线与内壁间进行筑巢 (图 1b), 筑巢时间为 5 ~ 20 d。巢距地面高度约为 245 cm ($n = 43$)。所有大山雀筑巢及后期育雏均从柱芯连接部最低通风口进出 (图 1c)。

2.2 窝卵数与第一枚卵产卵日期

大山雀一般为早晨产卵, 每天产 1 枚卵。2020 至 2022 年的平均窝卵数为 (5.0 ± 0.8) 枚 ($n = 32$)。大山雀产第 1 枚卵时间主要集中在 3 月下旬至 4 月上旬 ($n = 20$) (图 2); 产下第 1 枚卵的最早记录和最迟记录分别为 3 月 4 日和 6 月 3 日。

2.3 繁殖成功率

2020 至 2022 年共记录繁殖巢 43 个。其中, 繁殖成功巢 21 个, 繁殖成功率为 49%, 共出飞幼鸟 63 只。2020 年繁殖 14 巢, 繁殖成功巢



图 1 在灯柱内繁殖的大山雀

Fig. 1 A Great Tit breeding in a lamppost

a. 灯柱外形与外部结构示意图; b. 灯柱内的大山雀巢; c. 大山雀进出灯柱; d. 灯柱内部结构; e. 正在收集苔藓巢材的大山雀。

a. Lamppost and sketch map; b. The Great Tit nest site in lamppost; c. A Great Tit leaves the lamppost; d. Internal structure of the lamppost; e. A Great Tit use moss to build nests.

7 个, 繁殖成功率 50%; 2021 年繁殖 13 巢, 繁殖成功巢 4 个, 繁殖成功率 31%; 2022 年繁殖 16 巢, 繁殖成功巢 10 个, 繁殖成功率 63%。繁殖失败的巢主要由于灯柱中空导致巢掉落, 以及人为活动干扰。3 年中因巢掉落繁殖失败为 9 巢, 因人为干扰繁殖失败为 3 巢, 不明原

因繁殖失败为 10 巢。巢掉落导致的繁殖失败占繁殖失败巢总数的 41%。

2.4 孵化与育雏

2020 至 2022 年整体孵化率为 53%, 孵化雏鸟 83 只, 平均孵卵天数为 $(13 \pm 1.6) \text{ d}$ ($n = 18$), 平均育雏天数为 $(18.6 \pm 1.8) \text{ d}$ ($n = 19$)。

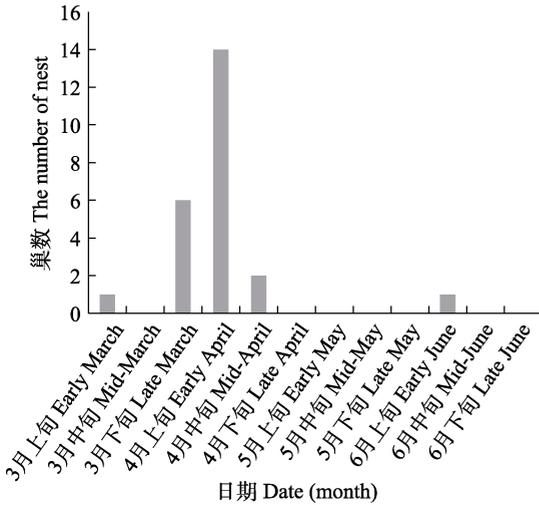


图2 大山雀产第1枚卵日期

Fig. 2 The laying date of the first egg of Great Tit

各年孵化率分别为50% (2020)、31% (2021)和75% (2022)。通过收集巢材中的食物残渣,发现黄蟋蟀 (*Platypleura hilpa*) 和鳃金龟 (*Melolonthinae* sp.) 的部分残留肢体, 猜测为大山雀育雏的食物。

2.5 旧巢利用

由于灯柱中空, 以往旧巢能够成为下一年的筑巢基础。2021与2022年的29个巢中14个巢在以往旧巢的基础上筑巢繁殖, 11个巢在

无旧巢基础上重新筑巢, 4个情况不明。在旧巢基础上繁殖的巢中只有1个因巢掉落而导致繁殖失败, 在无旧巢基础上筑巢的巢中有7个因巢掉落而导致繁殖失败。

2.6 巢材

共收集12个当年新筑巢的巢材, 巢材重量70~527 g, 平均重量为 (215 ± 171) g。巢材组成分别有苔藓、木棉棉絮、草叶、布条、羽毛和树叶。巢材的主要组成部分为苔藓和草叶的混合物。经过鉴定, 苔藓为新鲜的小羽藓属 (*Haplocladium* sp.) 苔藓, 草叶则为干枯的地毯草 (*Axonopus compressus*) 和细叶结缕草 (*Zoysia tenuifolia*), 木棉棉絮来自木棉 (*Bombax ceiba*) 和美丽异木棉 (*Ceiba speciosa*)。查阅2020至2022年37个巢的照片, 31个巢内有棉絮, 6个巢无棉絮, 其中, 2个有棉絮的巢材中分别发现了布条和鸟类羽毛。

2.7 灯柱利用率与最近巢间距

对2020至2022年灯柱的利用情况进行统计。结果发现, 被大山雀利用的灯柱共31个, 其中8个灯柱被利用两年, 被利用三年的灯柱1个, 其他灯柱均被利用一年。由于大山雀的领域行为, 各巢址之间具有一定的巢间距(图3)。2020年, 灯柱整体利用率为7.37%, 共14个

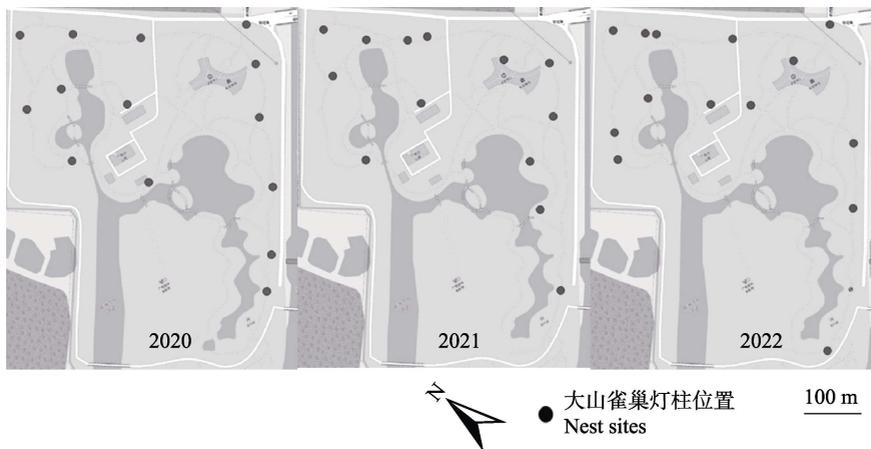


图3 2020至2022年大山雀巢址分布图

Fig. 3 Map of nest sites of Great Tits between 2020 and 2022

灯柱被大山雀筑巢利用, 平均最近巢间距为 (94.29 ± 25.68) m (66 ~ 140 m)。2021 年, 灯柱整体利用率为 6.84%, 共 13 个灯柱被大山雀筑巢利用, 平均最近巢间距为 (86.69 ± 32.44) m (36 ~ 146 m)。2022 年, 灯柱整体利用率为 7.37%, 共 14 个灯柱被大山雀筑巢利用, 平均最近巢间距为 (85.50 ± 57.71) m (20 ~ 254 m)。

3 讨论

3.1 窝卵数与繁殖时间

本研究中, 大山雀窝卵数为 (5.0 ± 0.8) 枚 ($n=32$), 与海南吊罗山国家级自然保护区的大山雀窝卵数 (5.5 ± 1.0) 枚 ($n=31$) 接近 (张建伟 2020)。本研究与河北塞罕坝国家森林公园的大山雀窝卵数 (7.7 ± 1.8) 枚 ($n=48$) 和河南董寨的大山雀窝卵数 (7.3 ± 1.5) 枚 ($n=59$) (张建伟 2020) 及吉林左家自然保护区的大山雀窝卵数 (10.04 ± 1.95) 枚 ($n=75$) (刘宇 2005) 相比较则较少。本研究中, 大山雀产第 1 枚卵的时间为 3 月下旬至 4 月上旬, 与海南的大山雀产第 1 枚卵时间 3 月上旬至 5 月下旬相似 (张建伟 2020), 与河南 (3 月下旬至 6 月上旬, 张建伟 2020) 和河北 (5 月上旬至 7 月上旬, 张建伟 2020) 的大山雀产第一枚卵日期比较呈现从南至北的先后顺序。深圳属亚热带地区, 地理位置位于河南和海南之间, 且纬度上更靠近海南, 窝卵数与产第 1 枚卵日期和海南接近, 而与其他地方的差异可能是鸟类因为纬度梯度变化而产生的结果。

3.2 巢材分析

本研究中, 大山雀巢材的主要组成部分为草叶、苔藓和木棉棉絮。草叶为支撑性巢材, 是大山雀筑巢时最先使用的材料, 对巢结构具有保护作用。苔藓在多种鸟类巢中都有出现, 具有抑菌和防腐的作用 (周艳等 2005, 蔡熙熙等 2007, 杜杨等 2010)。同种鸟类在不同环境中繁殖使用的苔藓种类具有一定差异 (Gładalski et al. 2021)。本研究中大山雀使用的苔藓均属

小羽藓属 (*Haplocladium* sp.), 是研究区域内较为常见的苔藓种类。研究区域内另外一类常见的苔藓为扭口藓属 (*Barbula* sp.), 观察发现大山雀只选择小羽藓属苔藓, 可能和扭口藓属较为短小, 小羽藓属更长更适合叼起用来筑巢有关。本研究中大山雀巢中的木棉棉絮为保暖性材料, 在吉林左家自然保护区 (焦石等 2010) 和辽宁仙人洞国家级自然保护区 (李音等 2017) 对大山雀巢材的研究中, 巢材主要的保暖性材料为兽毛和羽毛。保暖材料的不同可能和南方城市中兽类较少, 而木棉是城市中常见的树种, 春季飘絮期木棉棉絮较容易获得有关, 体现了大山雀对环境较好的适应。

本研究中, 大山雀不同巢的巢材重量变化较大 (70 ~ 527 g), 但均重于左家自然保护区大山雀巢材重 [(33.90 ± 13.44) g, $n=53$] (焦石等 2010) 和辽宁仙人洞国家级自然保护区大山雀巢材重 [(24.955 ± 1.305) g, $n=35$] (李音等 2017)。本研究中巢材的重量可能与大山雀筑巢的路灯结构有关, 大山雀在路灯筑巢的位置位于柱芯连接部与灯柱部顶端连接处, 大山雀通过将巢材塞入灯柱内的电线与内壁间将巢底部搭建起来。而不同于巢箱有底部木板承接巢材, 灯柱内部为中空, 大山雀筑巢中长期面临巢材掉落的情况, 因此导致大山雀不断往灯柱内运送巢材, 直至完成筑巢或因长期无法筑巢成功而放弃筑巢。本研究中不同巢的巢材重量差异明显, 可能与不同个体的筑巢能力和其对灯柱的适应有关。

3.3 繁殖成功率

鸟类的繁殖成功受多方面因素影响, 如巢捕食 (Martin 1993)、温度 (Madsen et al. 1999) 及食物供给 (Seress et al. 2020) 等。本研究中, 巢捕食仅记录到一次, 为锯尾蜥虎 (*Hemidactylus garnotii*) 试图捕食 1 日龄雏鸟, 后捕食未遂。Møller 等 (2018) 的研究表明, 鸟类倾向于在离人类活动较近的位置繁殖, 以减少捕食者和天敌的侵害。在本研究中, 一方面路灯位置离人活动地点较近, 人类活动降低了捕食者活动

的频率, 另一方面路灯为独立构筑物, 洞巢鸟常见的巢捕食者蛇类(张雷等 2014)、啮齿类(张克勤等 2010)难以到达。两方面原因导致了巢捕食率低的情况。

人类活动虽然能够通过影响巢捕食者而降低巢捕食现象, 但是也对鸟类繁殖具有负面影响(Price 2008)。在 Verhulst 等(2001)的研究中, 人类的干扰导致蛎鹬(*Haematopus ostralegus*)对子代的投入减少, 从而降低繁殖成功率。Gładalski 等(2016)通过比较 5 月份城市公园与郊野森林中的天气条件, 研究人类活动对蓝山雀(*Cyanistes caeruleus*)繁殖成功率的影响, 结果表明, 城市公园中雨天人类活动减少, 对蓝山雀繁殖具有积极影响, 而晴天人类活动增加, 对蓝山雀繁殖具有负面影响, 郊野森林中人类活动的影响则几乎可以忽略不计。在本研究中, 2022 年大山雀的孵化率和繁殖成功率均较前两年高, 可能与 2022 年公园中人类活动减少有关。据物业统计, 正常开园情况下公园日均人流量约为 1 300 人, 2020 年与 2021 年大山雀繁殖季(3 ~ 5 月)期间为全开放, 2022 年大山雀繁殖季期间因疫情和台风共闭园 38 d, 闭园期间公园仅有少量工作人员, 人流量大幅减少。

3.4 巢址选择与城市化适应

在 Newton(1994)的研究中, 森林中树洞

的多寡会影响洞巢鸟的种群密度。成熟天然林中丰富的树洞能够为洞巢鸟提供足够的巢址, 而新生的树林则会因为缺乏足够的树洞而限制洞巢鸟的种群密度。本研究地点为 2015 年新建立的城市公园, 由原本的高尔夫球场、停车场等改建而成, 园内的乔木大部分为建园后新栽种的苗木, 可能会因为树龄较短, 缺乏合适树洞从而导致了大山雀对灯柱的选择。

大山雀对灯柱的选择也体现了鸟类对城市化环境的一种适应。在城市化较高的区域, 鸟类利用建筑物和构筑物进行筑巢繁殖被认为是适应城市化的一种体现。Schnack(1991)发现城区的乌鸫(*Turdus merula*)比同域分布的欧歌鸫(*T. philomelos*)能更多地利用建筑巢址, 因此在城市区域种群密度更高。Wang 等(2015)对乌鸫的研究表明, 随着城市化程度增加, 城市建筑中的适宜筑巢地点显著增加, 乌鸫可以根据巢址资源情况灵活选择筑巢地点。

悬挂巢箱能够补充环境中巢址资源, 为次级洞巢鸟类提供筑巢场所, 起到增加次级洞巢鸟多样性, 增加鸟类群落结构稳定性的作用(李臻等 2008, 周大庆等 2009)。将本研究灯柱内繁殖的大山雀繁殖参数和张建伟(2020)在海南、河南和河北悬挂巢箱及刘宇(2005)在东北悬挂巢箱内繁殖大山雀的繁殖参数进行比较(图 4), 灯柱内繁殖大山雀孵化率和繁殖成功

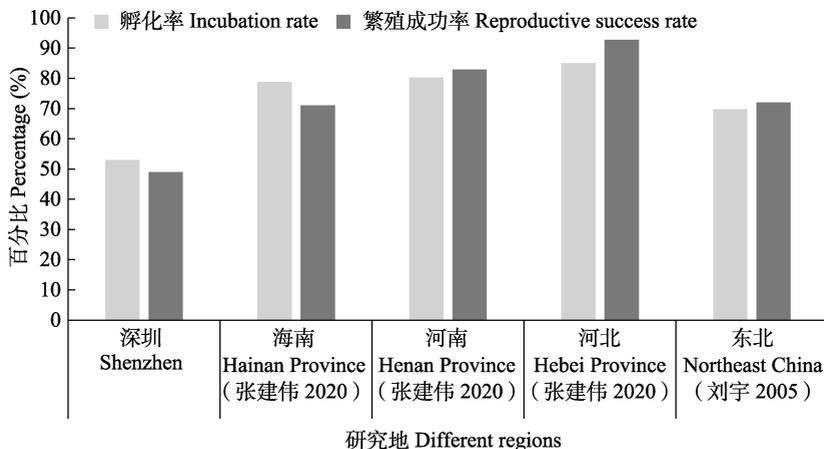


图 4 不同地区大山雀的繁殖参数比较

Fig. 4 Comparison of breeding parameters of Great Tits in different regions

率均明显低于巢箱中的孵化率和繁殖成功率。鸟类巢址选择是与环境协同进化而形成的繁殖对策,巢址质量对鸟类繁殖成功至关重要(Millones et al. 2018)。在本研究中,导致繁殖失败的最大原因为巢掉落导致的亲鸟弃巢。路灯内部为中空结构,与人工巢箱相比容易因为基底不牢固而造成筑巢失败或巢掉落。后续需结合灯柱改造,通过为洞巢鸟提供合适巢址,提高鸟类繁殖成功率,增加城市环境中鸟类群落稳定性。

致谢 特别感谢荷兰格罗宁根大学余高阳同学对调查提供建议,深圳市仙湖植物园左勤博士帮助鉴定苔藓,中山大学王健帮助鉴定壁虎,大湾区红树林湿地研发中心熊章静、符益健帮助处理巢材,万科物业梁磊、孙仲恩、曾露和冯鹏宾帮忙收集巢材,张之明提供公园游览人数,红树林基金会苏春丹和安小怡协助项目开展。公众志愿者黄旖琪、黄韵菲、徐宇涛、丁勇军、丁梓浩、刘虹、彭永刚、曾红梅、莫宁宁、吴丽华、谢金燕、罗丹、程子熙、杨小柏、金莹、王颖、余岚、朱启兰、郑子贤、曾爱琼及邝小乔参与野外工作,一并致谢。

参 考 文 献

- Alabrudzinska J, Kalinski A, Slomczynski R, et al. 2003. Effects of nest characteristics on breeding success of Great Tits (*Parus major*). *Acta Ornithologica*, 38(2): 151–154.
- Cresswell W, McCleery R. 2003. How Great Tits maintain synchronization of their hatch date with food supply in response to long-term variability in temperature. *Journal of Animal Ecology*, 72(2): 356–366.
- Dawson A, King V M, Bentley G E, et al. 2001. Photoperiodic control of seasonality in birds. *Journal of Biological Rhythms*, 16(4): 365–380.
- Deviche P, Davies S. 2014. Reproductive phenology of urban birds: Environmental cues and mechanisms // Gil D, Brumm H. *Avian Urban Ecology*. Oxford: Oxford University Press, 98–115.
- Gładalski M, Bańbura M, Kaliński A, et al. 2016. Effects of human-related disturbance on breeding success of urban and non-urban Blue Tits (*Cyanistes caeruleus*). *Urban Ecosystems*, 19(3): 1325–1334.
- Gładalski M, Wolski G J, Bańbura M, et al. 2021. Differences in use of bryophyte species in tit nests between two contrasting habitats: An urban park and a forest. *The European Zoological Journal*, 88(1): 807–815.
- Lambrechts M M, Charmantier A, Demeyrier V, et al. 2017. Nest design in a changing world: Great Tit (*Parus major*) nests from a Mediterranean city environment as a case study. *Urban Ecosystems*, 20(6): 1181–1190.
- Madsen T, Shine R. 1999. Life history consequences of nest-site variation in tropical pythons. *Ecology*, 80(3): 989–997.
- Martin T E. 1993. Nest predation and nest sites. *BioScience*, 43(8): 523–532.
- Melles S, Glenn S, Martin K. 2003. Urban bird diversity and landscape complexity: Species-environment associations along a multiscale habitat gradient. *Conservation Ecology*, 7(1): 5.
- Millones A, Frere E. 2018. How nest site characteristics influence breeding success in Red-legged Cormorants (*Phalacrocorax gaimardi*). *Acta Ornithologica*, 52(2): 239–244.
- Møller A P, Díaz M. 2018. Avian preference for close proximity to human habitation and its ecological consequences. *Current Zoology*, 64(5): 623–630.
- Newton I. 1994. The role of nest sites in limiting the numbers of hole-nesting birds: A review. *Biological Conservation*, 70(3): 265–276.
- Pribil S. 1998. Reproductive success is a misleading indicator of nest-site preferences in the Red-winged Blackbird. *Canadian Journal of Zoology*, 76(12): 2227–2234.
- Price M. 2008. The impact of human disturbance on birds: A selective review // Lunney D, Munn A, Meikle W. *Too Close for Comfort: Contentious Issues in Human-wildlife Encounters*. NSW: Royal Zoological Society of New South Wales, 163–196.
- Radhamany D, Das K S A, Azeez P A, et al. 2016. Usage of nest materials by House Sparrow (*Passer domesticus*) along an urban to rural gradient in Coimbatore, India. *Tropical Life Sciences Research*, 27(2): 127.
- Reijnen R, Foppen R, Braak C T, et al. 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reduction of

- density in relation to the proximity of main roads. *Journal of Applied Ecology*, 32(1): 187–202.
- Sándor K, Liker A, Sinkovics C, et al. 2021. Urban nestlings have reduced number of feathers in Great Tits (*Parus major*). *Ibis*, 163(4): 1369–1378.
- Schnack S. 1991. Breeding biology and nesting diet of the Blackbird *Turdus merula* L. and Song Thrush *Turdus philomelos* CL Brehm in Vienna and in an adjacent wood. *Acta Ornithologica*, 2(26): 85–106.
- Seress G, Sándor K, Evans K L, et al. 2020. Food availability limits avian reproduction in the city: An experimental study on Great Tits (*Parus major*). *Journal of Animal Ecology*, 89(7): 1570–1580.
- Sims V, Evans K L, Newson S E, et al. 2008. Avian assemblage structure and domestic cat densities in urban environments. *Diversity and Distributions*, 14(2): 387–399.
- Slabbekoorn H, Peet M. 2003. Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature*, 424(6946): 267.
- Small M F, Schaefer C L, Baccus J T, et al. 2005. Breeding ecology of White-winged Doves in a recently colonized urban environment. *The Wilson Bulletin*, 117(2): 172–176.
- Verhulst S, Oosterbeek K, Ens B J. 2001. Experimental evidence for effects of human disturbance on foraging and parental care in oystercatchers. *Biological Conservation*, 101(3): 375–380.
- Wang Y P, Huang Q, LAN S S, et al. 2015. Common Blackbirds *Turdus merula* use anthropogenic structures as nesting sites in an urbanized landscape. *Current Zoology*, 61(3): 435–443.
- 蔡熙煦, 田明月, 罗辑, 等. 2007. 宝兴歌鸫和北红尾鸫巢中藓类植物的研究. *四川动物*, 26(1): 137–140.
- 杜杨, 霍雅鹏, 万冬梅, 等. 2010. 杂色山雀对人工巢箱内苔藓类巢材的选择. *动物学杂志*, 45(4): 144–149.
- 焦石, 姜云垒, 张立世, 等. 2010. 大山雀营巢期投入对繁殖功效的影响. *长春师范学院学报: 自然科学版*, 29(4): 76–79.
- 姜仕仁, 丁平, 诸葛阳. 1998. 大山雀领域鸣唱的声谱分析与比较研究. *杭州大学学报: 自然科学版*, (1): 70–74.
- 柯雯丹, 杨晓菁. 2015. 武汉地区大山雀 (*Parus major minor*) 对 *major* 与 *minor* 亚种组鸣唱回放的差别反应. *动物学杂志*, 50(1): 41–51.
- 李音, 张雷, 张聪莹, 等. 2017. 筑巢投入与巢材组成对大山雀繁殖产出的影响. *生态学杂志*, 36(6): 1667–1671.
- 李臻, 杨丽媛, 刘文, 等. 2008. 人工巢箱对次级洞巢鸟类多样性及繁殖鸟类群落稳定性的作用. *生物多样性*, 16(6): 601–606.
- 刘宇. 2005. 人工巢箱条件下大山雀 (*Parus major*) 的繁殖功效及巢箱利用的研究. 长春: 东北师范大学硕士学位论文, 14–15.
- 万冬梅, 刘亚男, 张雷, 等. 2017. 山雀类洞巢鸟对不同巢口大小人工巢箱的选择研究. *辽宁大学学报: 自然科学版*, 44(1): 45–50.
- 王爱真, 鲁国元, 刘苏冕, 等. 2014. 青海西宁大山雀的鸣唱模式分析. *四川动物*, 33(1): 45–50.
- 王龙祥, 隋金玲, 马强. 2020. 赤腹鹰巢址选择和繁殖成效的影响因子分析. *林业科学*, 56(2): 116–122.
- 谢恺琪, 黄兰英, 唐佳梦. 2018. 社会公益组织管理城市公园的创新实践. *中国园林*, 34(增刊 2): 11–14.
- 尹江南, 余高阳, 努尔索力坦·恰汗, 等. 2021. 大山雀身体大小的性二态及其季节变化. *动物学杂志*, 56(6): 826–835.
- 由玉岩, 杜江峰, 邓秋香, 等. 2013. 巢址因子对大山雀繁殖成功的影响. *东北师大学报: 自然科学版*, 45(4): 103–106.
- 张克勤, 王海涛, 赵虹, 等. 2010. 人工巢箱条件下的大山雀巢捕食. *生态学报*, 30(19): 5391–5395.
- 张建伟. 2020. 大山雀不同地理种群的繁殖生态学比较. 海口: 海南师范大学硕士学位论文, 17–35.
- 张建伟, 王建峰, 刘建平, 等. 2019. 不同纬度洞巢鸟类对人工巢箱的利用及差异. *动物学杂志*, 54(4): 465–470.
- 张雷, 李东来, 马锐强, 等. 2014. 人工巢箱繁殖鸟类主要巢捕食者及其影响因素. *生态学报*, 34(5): 1235–1243.
- 张维, 刘宇, 左斌, 等. 2009. 人工巢箱条件下大山雀的窝卵数与繁殖成功的关系. *东北林业大学学报*, 37(3): 69–71.
- 郑光美. 2011. 中国鸟类分类与分布名录. 2 版. 北京: 科学出版社, 339–340.
- 郑光美. 2017. 中国鸟类分布与分类名录. 3 版. 北京: 科学出版社, 204–205.
- 郑作新, 钱燕文. 1959. 昌黎果区几种主要吃虫鸟之繁殖习性的研究. 11(1): 101–115.
- 周大庆, 周春发, 邓文洪. 2009. 潜在洞巢资源差异对次级洞巢鸟及繁殖鸟类群落的影响. *生物多样性*, 17(5): 448–457.
- 周艳, 苏慧, 郭晓燕, 等. 2005. 北京小龙门自然保护区四种苔藓鸟巢的观察. *动物学杂志*, 40(5): 110–113.