



研究论文 ORIGINAL PAPERS

人蝠冲突导致人居环境中
东方蝙蝠的种群衰退

卢冠军, 常 诚, 朱文明

(长春师范大学地理科学学院, 长春 130032)

稿件运行过程

收稿日期: 2025-03-23

修回日期: 2025-05-18



关键词: 东方蝙蝠;
种群动态;
人兽冲突;
人造建筑;
噪声干扰;
栖息地丧失

Keywords: Asian particolored bat
(*Vespertilio sinensis*);
Population dynamics;
Human-wildlife conflict;
Human-made structures;
Noise disturbance;
Habitat loss

中图分类号: Q958.1

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2025)-04-0745-09

DOI: 10.12375/ysdwxb.202503019

摘 要

伴人种蝙蝠常栖居于人造建筑物,其活动引发的噪声和粪便污染易导致人蝠冲突,但人类态度如何影响蝙蝠种群动态尚不清楚。为此,本研究于2015—2023年每年6月,通过直接观察法和声学监测法,对黑龙江省6个东方蝙蝠(*Vespertilio sinensis*)繁殖种群进行了长期追踪,并结合问卷调查揭示了居民对其栖居的态度及其原因。结果表明:6个种群的动态模式呈现4种类型。(1)哈尔滨桥面缝隙种群数量保持稳定;(2)哈尔滨房檐种群、大庆秋林房檐种群和大庆铁西房檐种群分别在2015、2016、2017年集中消失或迁出;(3)大庆楼牌种群逐年下降后消失或迁出;(4)牡丹江楼间缝隙种群数量由2015—2016年的(22.50 ± 1.72)只骤减至2017—2023年的(2.17 ± 0.89)只,并持续维持低位。问卷分析表明,居民普遍对东方蝙蝠栖居持消极态度,主要反感原因是噪声干扰(尤其在20:00—21:00和01:00—02:00)、粪便气味及对寄生虫的担忧。Fisher精确检验结果显示,种群动态与居民反感原因显著相关($P < 0.05$),由噪声引发的直接驱赶(如封堵出入口)是导致种群消失或迁出的关键因素。本研究证实人蝠冲突是驱动城市蝙蝠种群衰退的重要力量,强调在保护中必须考量社区态度并采取针对性管理策略,为缓解人兽冲突、制定科学的伴人种蝙蝠保护方案提供了关键案例。

Human-Bat Conflicts Have Caused
Population Decline of the Asian
Particolored Bat in Human Settlements

LU Guanjun, CHANG Cheng, ZHU Wenming

(College of Geographic Sciences, Changchun Normal University,
Changchun 130032, China)

基金项目: 长春师范大学自然科学基金项目(CSJ2023006ZK)

第一作者简介: 卢冠军(1983—),男,副教授;主要从事动物行为与保护研究工作。E-mail: luguanjun@ccsfu.edu.cn

Abstract: Synanthropic bats frequently inhabit human-made structures, where their presence can lead to noise pollution and fecal contamination, resulting in human-bat conflicts. However, the extent to which human attitudes influence the population dynamics of these bats remains poorly understood. Therefore, the present study conducted long-term monitoring of six breeding populations of the Asian particolored bat (*Vespertilio sinensis*) in Heilongjiang Province during June of each year from 2015 to 2023, utilizing direct observation and acoustic monitoring methods. Additionally, questionnaire surveys were employed to investigate residents' attitudes toward their roosting behavior and the underlying reasons. The results indicate that the dynamics of the six populations exhibited four distinct patterns. The population living in the Harbin bridge crevice exhibited stable numbers. The number of bats from Harbin eaves population, Daqing Qiulin eaves population, and Daqing Tiexi eaves population exhibited a concentrated disappearance or relocation during 2015 and 2017 respectively. The Daqing plaque population declined progressively, prior to its eventual disappearance or relocation. Bat population size in Mudanjiang tiny gap between buildings population experienced a precipitous decline from (22.50 ± 1.72) (2015–2016) to (2.17 ± 0.89) (2017–2023), and subsequently remained at a lower level. Questionnaires analysis revealed that the residents exhibited a consistently negative attitude towards the Asian particolored bat, primarily due to nocturnal noise disturbances (especially between 20:00–21:00 and 01:00–02:00), guano odors and ectoparasite concerns. Fisher's exact test revealed a significant correlation between population dynamics and the reasons for residents' aversion ($P < 0.05$), with direct expulsion caused by noise (such as sealing entrances) identified as a critical factor leading to population disappearance or relocation. This study confirms that human-bat conflict is a significant driver of urban bat population decline, underscoring the necessity of incorporating community attitudes and management strategies into conservation efforts. It provides critical case studies and evidence for mitigating human-wildlife conflicts and formulating scientifically informed conservation plans for synanthropic bat species.

物种灭绝是一个自然过程,即使没有人类活动也会发生。然而,当前全球生物多样性的丧失却大大加速了这一进程^[1]。生物多样性丧失显著降低了生态系统的恢复力,可能对人类生存造成直接威胁^[1]。因此,加强生物多样性的保护与管理对于维护地球生态平衡和实现人类可持续发展具有至关重要的意义。蝙蝠是世界上分布最广、进化最成功的哺乳动物类群之一,具有丰富的物种多样性。到目前为止,共鉴定出1 400多种,约占全球哺乳动物物种数的五分之一^[2]。蝙蝠在生态系统中占据独特生存空间,具有重要的生态价值,如控制害虫、传播花粉和种子及参与养分循环等^[3],同时被视为有效的环境指示生物^[4],其回声定位系统也为声纳和雷达系统技术提供了仿生学启示。因此,开展蝙蝠保护研究在保护生物多样性和维持生态平衡方面具有重要意义。

然而,蝙蝠种群极易受到人类活动的威胁,全球近1 000种需要保护或研究^[5]。近年来,由于自然生境破坏、环境污染及生物资源过度开发,大部分蝙蝠的适宜活动区域受到挤压,栖息地质量不断衰退,物

种分布面积持续缩小^[5-6]。特别对于依赖建筑物的物种而言,随着城市建设加快,大量旧建筑被拆除重建,直接破坏了其栖息和觅食环境^[7-9]。同时,栖息在建筑物中的蝙蝠也因排泄物气味、潜在病原携带、噪声干扰或引起恐惧等,严重影响居民生活^[10-13]。因此,将蝙蝠驱逐出人类住宅和建筑物的事件不断发生,其中一些过激的驱逐行为甚至导致了局部种群数量衰退或灭绝。在此背景下,缓解人蝠冲突、保护城市区域的蝙蝠多样性显得尤为迫切。

为了解决这些矛盾,国内外学者提出了一系列保护建议和管理措施^[5,14-15]。中国是全球蝙蝠多样性最丰富的国家之一,分布有约140种蝙蝠,约占全球物种总数的十分之一^[15]。尽管自21世纪以来,我国在蝙蝠研究方面已取得丰硕成果,包括生态学、系统发育学、病毒学、遗传学、生物地理学和生理解剖学等多个学科领域的研究^[15-17],但直接与保护相关的研究仍然很少,且多聚焦于洞穴栖息的蝙蝠物种^[17],而缺乏对建筑物中栖息的蝙蝠与人类相互作用方面的研究。

东方蝙蝠 (*Vespertilio sinensis*) 隶属于蝙蝠科

(Vespertilionidae)蝙蝠属(*Vespertilio*),广泛分布于中国中部和东部地区^[18],是常见的伴人种蝙蝠,其喜栖息于城市立交桥、建筑缝隙或废弃房屋中^[19-20]。雌性在夏季形成由数十只到数千只个体组成的哺育群体,于6月下旬至7月上旬产仔,每胎1或2只幼蝠^[19]。为厘清东方蝙蝠在人类建筑物中的种群动态,并揭示周边居民对其的态度与成因,本研究于2015—2023年每年6月,对黑龙江省6个栖息于建筑物内且个体数量较多的东方蝙蝠种群进行了长期跟

踪观测。

1 研究方法

1.1 栖息地分布与类型

2015—2023年每年6月,对黑龙江省的6个东方蝙蝠繁殖种群进行了追踪研究。依据其栖息的人造建筑结构特征,将栖息地划分为桥面缝隙、房檐、楼牌和楼间缝隙4种类型(表1,图1)。

表1 东方蝙蝠的6个种群栖息地信息

Table 1 Roosting habitat information six populations of the Asian particolored bat

栖息地类型 Habitat type	栖息种群 Populations	地点 Sites	经纬度 Latitude and longitude
桥面缝隙 Bridge crevice	哈尔滨桥面缝隙种群	哈尔滨市阿城区立交桥桥面缝隙	45°32'51" N, 126°59'42" E
	哈尔滨房檐种群	哈尔滨市交界街道居民楼房檐	45°20'51" N, 127°05'14" E
房檐 Eaves	大庆秋林房檐种群	大庆市秋林商场房檐	46°35'46" N, 125°00'35" E
	大庆铁西房檐种群	大庆市铁西小区房檐	46°35'37" N, 125°00'17" E
楼牌 Building plaque	大庆楼牌种群	大庆市悦园小区居民楼楼牌	46°36'58" N, 125°53'48" E
楼间缝隙 Tiny gap between buildings	牡丹江楼间缝隙种群	牡丹江市秋林小区两栋相邻居民楼间缝隙	44°34'45" N, 129°37'04" E



图1 东方蝙蝠的4种栖息地类型

Figure 1 Four habitat types of the Asian particolored bat

1.2 东方蝙蝠个体数量调查

2015—2023年,每年6月1—30日,在6个栖息地分别进行5次东方蝙蝠种群调查。根据种群内个体数量和栖息方式(集中栖息和分散栖息),分别采用以下2种调查方法。

(1)声学采样法。适用于栖息分散、具有多个出飞点的大型种群,包括哈尔滨桥面缝隙种群、哈尔滨房檐种群、大庆秋林房檐种群和大庆铁西房檐种群。该方法以“出飞持续时间”作为衡量种群大小的指标。具体操作,日落前30 min,在栖息地利用超声波探测仪(Echo Meter Touch 2 Pro, Wildlife Acoustics Inc.)录制出飞东方蝙蝠的回声定位声波。将首次同时录制到至少2只个体声波的时间点记为“出飞开始时间”;持续录制至连续5 min内未能再同时录得至少2只个体的声波,则将此前最后1次同时录制到2只及以上声波的时间点记为“出飞结束时间”。二者之间的时间间隔定义为“出飞持续时间”。

(2)直接观察法。适用于栖息集中、仅具单一出飞点的小型种群,包括大庆楼牌种群和牡丹江楼间缝隙种群。当东方蝙蝠离开栖息地时,可通过“直接观察计数”方法确定种群内的个体数量。具体操作,日落前30 min,在距离栖息地直线距离10 m的位置,使用夜视仪(Nikon A211,购自上海胜利测试技术有限公司)对出飞个体进行直接计数,直至连续5 min内无东方蝙蝠飞出,结束观察,所计总数即为该次调查的种群个体数量。

1.3 居民态度调查

为探究居民对东方蝙蝠栖居的态度及其成因,2016年7月10—30日,在6个栖息地周边开展了问卷调查。其中,哈尔滨桥面缝隙种群的调查覆盖立交桥两侧垂直距离200 m内的居民,发放问卷49份;牡丹江楼间缝隙种群的调查集中于构成栖息间隙的2栋居民楼内的居民,发放问卷36份;哈尔滨房檐种群、大庆秋林房檐种群、大庆铁西房檐种群和大庆楼牌种群仅调查了有东方蝙蝠栖息的居民楼内的居民,分别发放问卷39、32、40、50份。在问卷中,我们请受访者从“粪便气味、寄生虫、噪声、病毒风险、恐惧感和无影响”6个选项中选出1项最为突出的影响。针对选择“噪声”的受访者,进一步请其指明受干扰最严重的具体时间段(以1小时为间隔,从00:00—01:00,01:00—02:00,……,23:00—24:00中勾选)。所有调查均辅以现场访谈,以深入了解居

民对蝙蝠栖息地的处理方式。

1.4 数据统计

利用shapiro.test函数检验数据正态性,并使用bartlett.test函数检验数据的方差齐性。在此基础上,根据数据分布特征选择相应的统计检验方法,其中哈尔滨桥面缝隙种群数据符合正态分布且方差齐性,使用aov函数检验不同年份间的整体差异显著性,其余5个种群数据不符合正态分布或方差不齐性,则采用kruskal.test函数检验不同年份间的整体差异显著性。利用dunnTest函数对6个种群不同年份间差异显著性进行多重比较。利用Fisher.test函数分析不同种群栖息地周边居民对东方蝙蝠态度原因的差异显著性,并检验居民报告的主要反感原因与种群动态之间的相关性。利用ggplot2绘制箱线图和折线图,所有分析与绘图均在R 4.0.4中完成。

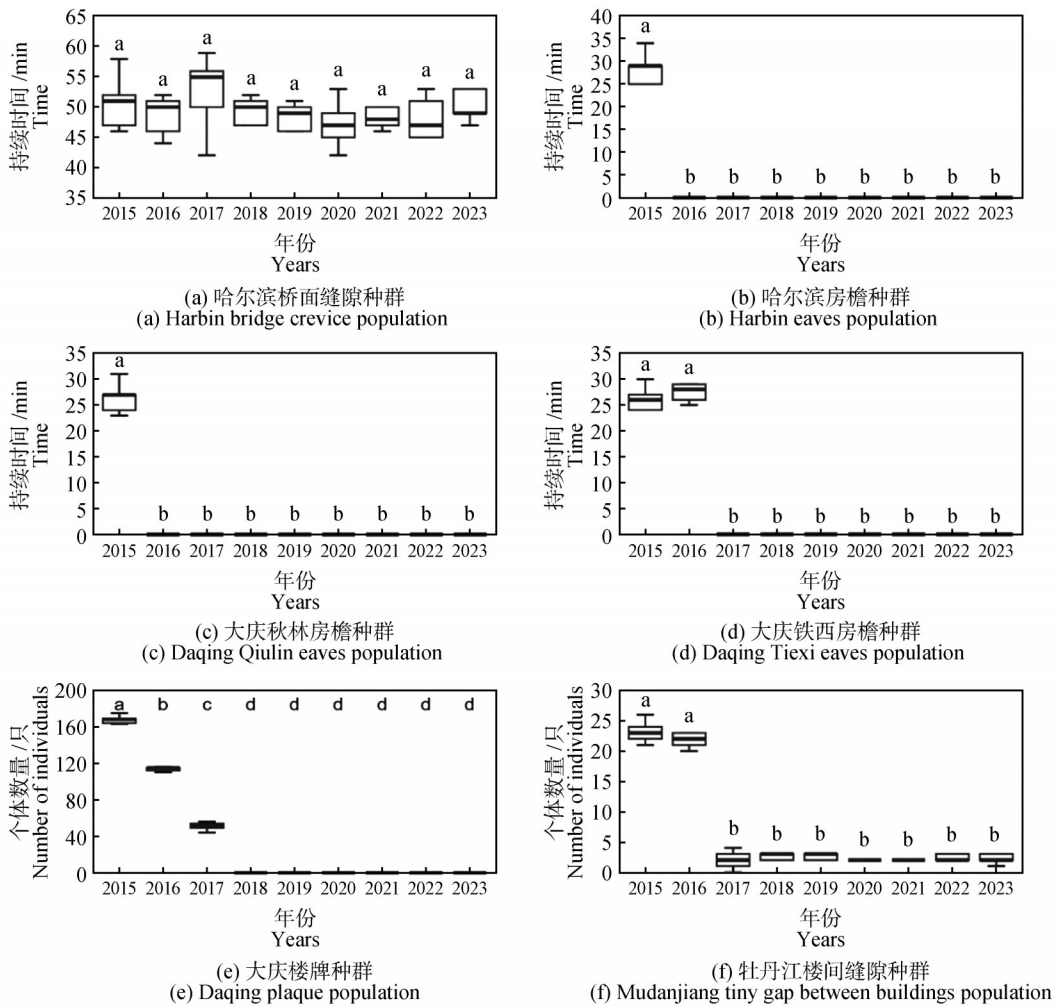
2 研究结果

2.1 东方蝙蝠种群的动态变化

基于方差分析和多重比较结果,将6个东方蝙蝠种群的动态模式分为4种类型。(1)稳定型:哈尔滨桥面缝隙种群的出飞持续时间在各年份间差异不显著($df = 8, F = 0.89, P > 0.05$),平均值为(49.16 ± 4.32) min,表明其种群数量保持稳定(图2(a))。(2)集中消失型:哈尔滨房檐种群($df = 8, \chi^2 = 43.83, P < 0.05$)、大庆秋林房檐种群($df = 8, \chi^2 = 43.82, P < 0.05$)和大庆铁西房檐种群($df = 8, \chi^2 = 43.18, P < 0.05$)出飞持续时间分别由(28.40 ± 3.71) min(2015年)、(26.40 ± 3.13) min(2015年)、(26.80 ± 2.15) min(2015—2016年)骤降至后续年份无东方蝙蝠出飞,种群集中消失或迁出(图2(b)–(d))。(3)持续衰退型:大庆楼牌种群($df = 8, \chi^2 = 43.76, P < 0.05$)的个体数量呈连续下降趋势,由(167.80 ± 4.76)只(2015年)减少到(113.60 ± 2.51)只(2016年)、(51.00 ± 4.69)只(2017年),于2018年消失或迁出(图2(e))。(4)骤减后低位稳定型:牡丹江楼间缝隙种群($df = 8, \chi^2 = 26.74, P < 0.05$)的个体数量在2015—2016年为(22.50 ± 1.72)只,于2017年骤减至(2.17 ± 0.89)只,并在此后(2018—2023年)维持了较少数量(图2(f))。

2.2 居民态度及其成因

问卷调查结果显示,不同东方蝙蝠种群对居民的影响存在明显差异,且影响类型直接关联到居民所采取的处理方式(表2)。在对牡丹江楼间缝隙种



不同字母标注表示各年份间差异显著。

Different letters indicate significant differences between years.

图2 2015—2023年东方蝙蝠种群大小的动态变化

Figure 2 Dynamics of population size in the Asian particolored bat from 2015 to 2023

群态度的调查中,有 88.89% 的受访居民表示未受东方蝙蝠栖息影响,因而未采取干预措施。与之相反,其余 5 个种群周边的居民大多报告了负面影响并持消极态度。其反对原因主要有两类。(1)反感粪便或惧怕寄生虫:居民的主要顾虑在于粪便气味难闻且污染环境及寄生虫带来的健康威胁,如哈尔滨桥面缝隙种群,居民因粪便或寄生虫反感蝙蝠的占比分别为 55.10% 和 40.82%,但该群体中噪声影响极低(4.08%),未引发居民采取物理干预措施。(2)夜间噪声干扰:蝙蝠发出“吱吱”可听声严重干扰居民生活,如哈尔滨及大庆地区的 3 个房檐种群,噪声成为绝大多数居民反映的主要问题,占比为 85.00%~90.63%,进而导致这些栖息处被居民封死出入口。进一步分析表明,00:00—02:00 和 20:00—21:00 为

2 个噪声干扰高峰期(图 3)。

Fisher 精确检验结果(表 2)显示,不同东方蝙蝠种群对居民的影响原因存在显著差异($P < 0.05$)。据此可将影响类型归为 4 类,即粪便气味+寄生虫型(哈尔滨桥面缝隙种群)、噪声型(哈尔滨房檐种群、大庆秋林房檐种群和大庆铁西房檐种群)、噪声+无影响型(大庆楼牌种群)和无影响型(牡丹江楼间缝隙种群)。这些结果反映出蝙蝠栖息位置与人类居住环境的交互关系具有高度特异性,而噪声是促使居民采取物理干预措施的关键因素。

2.3 居民反感原因与种群动态的关联分析

居民反感东方蝙蝠的原因(粪便气味+寄生虫型、噪声型、噪声+无影响型和无影响型)和种群动态(无变化、集中消失、逐渐减少后消失和减少后保持

表2 东方蝙蝠种群对居民的影响

Table 2 Impacts of Asian particolored bat population on local residents

种群 Population	有效问卷 Valid responses	影响占比 / % Reported impact					处理方式 Treatment	
		粪便气味 Fecal odor	寄生虫 Ectoparasite	噪声 Noise	病毒风险 Virus risk	恐惧 Fear		无影响 None
哈尔滨桥面缝隙 Harbin bridge crevice	49 ^a	55.10	40.82	4.08	0	0	0	无
哈尔滨房檐 Harbin eaves	39 ^b	7.69	2.57	89.74	0	0	0	封死出入口
大庆秋林房檐 Daqing Qiulin eaves	32 ^b	6.25	3.12	90.63	0	0	0	封死出入口
大庆铁西房檐 Daqing Tiexi eaves	40 ^b	10.00	5.00	85.00	0	0	0	封死出入口
大庆楼牌 Daqing plaque	50 ^c	8.00	2.00	64.00	0	0	26.00	人为干扰
牡丹江楼间缝隙 Mudanjiang tiny gap between buildings	36 ^d	8.33	2.78	0	0	0	88.89	无

注：同列数据后字母不同表示东方蝙蝠种群对居民的影响原因存在显著差异 ($P < 0.05$)。

Note: Values with different superscript letters within the same column indicate significant differences in the reported impacts among Asian particolored bat population ($P < 0.05$).

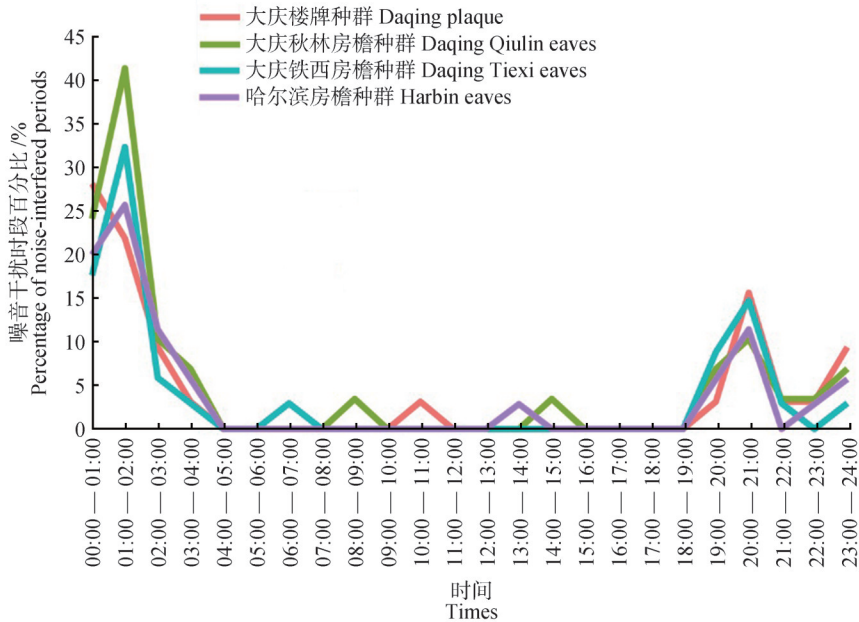


图3 东方蝙蝠产生噪声干扰的时段

Figure 3 Time periods of noise disturbance caused by Asian particolored bat

稳定)均可分为4种类型。Fisher精确检验结果显示,东方蝙蝠种群动态受到居民反感原因的影响 ($P < 0.05$)。尽管哈尔滨桥面缝隙种群(粪便气味+寄生虫型)存在公共卫生困扰,但由于未引发居民的干预,其种群数量在监测期内保持稳定。当东方蝙蝠产生噪声干扰时,当地居民采取2种处理方式均导致了种群消失或迁出:一是完全封死出入口,导致哈尔滨房檐、大庆秋林房檐和大庆铁西房檐这3个

“噪声型”种群消失或迁出;二是人为干扰栖息地,在大庆楼牌种群(噪声+无影响型),居民使用高压水枪或竹竿等方式直接驱赶,导致其种群数量逐年下降,并最终随2018年楼牌的人为拆除而消失或迁出(图2)。牡丹江楼间缝隙种群(无影响型)对居民的影响较小(88.89%的问卷对象选择无影响),调查期间未发现人为干扰或驱赶行为,其种群在初期骤减后维持在较低水平。

3 讨论

3.1 东方蝙蝠的种群下降及其影响因素

理解种群动态的驱动机制是动物生态学和保护生物学的核心议题之一^[21]。本研究通过9年的野外监测表明,83.33%(5/6)的东方蝙蝠种群呈现下降趋势,其中夜间产生噪声干扰的4个种群,其栖息地出入口常被居民封堵或遭受持续性人为干扰,导致东方蝙蝠死亡或迁出。类似研究结果在多个伴人蝙蝠物种中也见报道。例如,在西班牙,人为干扰导致成年雌性普通伏翼(*Pipistrellus pipistrellus*)存活率大幅度下降,其种群规模在1998—2000年减少了92%^[22];在美国O'shea *et al.*^[23]发现在2002—2005年,约有26%的建筑物内栖息的蝙蝠种群遭到驱逐,突显了人蝠冲突对城市蝙蝠生存构成的普遍威胁。这些案例共同印证了人为干扰在蝙蝠种群动态中的关键作用。尽管我们的研究也发现牡丹江楼间缝隙种群同样呈现下降趋势,但在调查过程中并未发现人为干扰行为,因此推断其种群衰退可能源于其他环境压力,如觅食生境丧失^[24]、灯光和交通噪声干扰^[20,25]或农业及环境中的化学药剂污染^[26]。这一案例说明,在城市生态系统中,蝙蝠种群的衰退可能是多种压力因子共同作用的结果。

3.2 人蝠冲突的驱动因素与行为机制

城市栖息的蝙蝠更容易与人类发生冲突而被驱逐出栖息地,从而导致蝙蝠死亡率增加^[8]。已有研究证实,人类从建筑物中驱逐蝙蝠的原因有两类:一是直接影响,包括噪声干扰^[10]、粪便气味^[11]和寄生虫^[10];二是认知层面的“恐蝙蝠症”(或对蝙蝠的恐惧),即公众因担忧疾病传播或受文化符号影响而对蝙蝠产生非理性恐惧^[12-14],这已成为全球蝙蝠保护的主要障碍之一^[27]。通常,宣传教育被视为缓解冲突、促进和谐共存的关键途径,因其能有效提升公众对蝙蝠生态价值的认知^[13]。然而,在本研究中,居民受到的是实际影响(如粪便气味和噪声),而非认知问题(如疾病和恐惧,表2),这可能暗示了仅依靠宣传教育的方式可能无法真正消除居民与东方蝙蝠间的矛盾冲突。

从声学机制看,尽管蝙蝠回声定位的声波超出人类听觉上限,但其社会性交流发出的叫声多处于可听范围内(< 20 kHz),这些可听声在育幼期特别明显。幼蝠通过可听声召唤归巢母蝠以实现母幼识

别^[28],此类可听声与蝙蝠在地面上移动产生的噪声叠加,共同构成对居民的噪声干扰^[10]。本研究发现,噪声干扰主要发生在栖息于居民楼的东方蝙蝠(表2),并有2个高峰期(图3):一个是日落前后(20:00—21:00),此时是东方蝙蝠外出捕食前的活跃期,个体间的交流较为频繁;另一个是凌晨(01:00—02:00),可能是母蝠捕食回归阶段,需要与幼蝠间通过可听声相互识别^[28]。本研究还发现,哈尔滨桥面缝隙种群对居民的主要影响是粪便气味和寄生虫。该栖息地位于桥面下的缝隙,由10 000多只东方蝙蝠组成^[29]。大量的东方蝙蝠粪便和体表寄生虫直接掉落在地表,堆积现象明显,居民更容易受这两方面的困扰。由于东方蝙蝠不直接栖息在居民楼,即使能产生大量噪声,但在传播过程中能量逐渐衰减,因此噪声对居民影响较弱。

3.3 东方蝙蝠栖息地的保护建议与挑战

栖息地是蝙蝠冬眠、交配和繁殖的重要场所^[30],其破坏是导致种群数量下降的直接原因之一^[7]。Luo *et al.*^[31]研究发现,娱乐活动对洞穴栖息地的干扰已对多个蝙蝠物种产生明显有害影响,并建议优先保护中国蝙蝠的地下栖息地。然而,在自然栖息地因丧失和土地利用变化而持续减少的背景下,更加强调了建筑物对蝙蝠的潜在可利用价值^[30]。本研究表明,栖息于建筑物的东方蝙蝠同样受到威胁,居民常采取的驱逐措施在一定程度上导致了其个体数量的减少。已有研究也发现我国蝙蝠数量在下降^[7],但相关的保护研究^[17,32]仍较少。我们再次呼吁更多栖息地保护方面研究,尤其应关注栖息在居民楼内的大型种群。这些种群因与居民接触密切,更易引起冲突并面临直接的生存危机。为有效保护蝙蝠物种多样性,学者们已提出完善相关法律法规^[16]和加强公众教育^[33]等建议。然而,在缺乏自然栖息地的情况下,大多数城市蝙蝠似乎更依赖于人造栖息地生存^[17]。城市蝙蝠与居民间存在不可调和的矛盾,这最终导致种群受到威胁^[7]。自14世纪以来,中国传统文化将蝙蝠与好运联系在一起,但我们的研究证实,仅凭这种积极的象征意义,而忽视当地居民与蝙蝠间的现实矛盾且缺少法律法规的支撑,将难以有效促进蝙蝠保护^[27]。因此,对于易引发公共卫生问题的蝙蝠种群,更需采取科学的特殊保护策略^[34]。

依据本研究结果,我们建议在东方蝙蝠的保护

实践中,应为其选择适宜的栖息地作为繁殖场所,并通过迁地保护的方式,减少其对当地居民造成负面影响。国际上的相关实践提供2个可以借鉴的经典案例:(1)荷兰的蝙蝠桥。该桥体为蝙蝠提供了3类栖息空间,能够满足其全年的生存需要,展现了功能服务与生态环保的完美融合^[35],可为未来城市立交桥重建提供参考。(2)蝙蝠箱。研究表明,蝙蝠箱能够有效缓解因自然栖息地减少所带来的生存压力^[36],并已被证实能够成功吸引蝙蝠栖息。目前全球已有71种蝙蝠被记录使用蝙蝠箱,其中31种将其作为繁殖场所^[37]。此外,蝙蝠箱因建造成本较低、安装便捷和选址灵活等优势,成为临时或长久栖息地的理想选择^[15]。

对东方蝙蝠的有效保护必须将科学研究和保护实践紧密结合,以准确识别现存问题、优化解决方案,并最终验证其对促进种群增长或维持种群稳定的成效^[5]。然而,在通过迁地保护建立新栖息地的过程中,存在3个急需解决的困难。(1)经费保障问题:保护地的长期维护需要稳定、持续的资金投入。尽管普通研究人员可能获得短期科研经费支持,但难于承担长期运营成本。因此,亟需呼吁政府、企业和社会力量的共同参与,建立多元化的资金支持机制。(2)迁入地选址与审批:新栖息地的选址涉及公共用地审批和建设流程需要政府部门全程参与协调,以确保能够提供合法、稳定且可适宜长期使用的替代栖息地。(3)基础数据支撑不足:本研究中的6个东方蝙蝠栖息地均为繁殖地,而新建栖息地外部环境的温度和湿度是否适宜幼蝠生存?周边环境的昆虫丰富度是否能够提供所需能量?这些问题均需要大量科研工作者的前期工作。这些关键问题的解答,均依赖于大量科研工作者开展前期的系统调查与数据积累。因此,为解决东方蝙蝠的种群危机,需要构建一个由政府主导、科研支撑及公众参与的综合保护体系。

4 结论

本研究表明,城市环境中东方蝙蝠的种群动态与人蝠冲突密切相关,且冲突类型的不同会导致不同的种群命运。哈尔滨桥面缝隙种群虽数量稳定,但其引发的粪便异味和寄生虫等问题构成了潜在的公共卫生风险;牡丹江楼间缝隙种群在未受直接驱赶的情况下仍显著衰退,具体诱因尚待深入解析;而

其余4个种群则因噪声干扰招致居民驱赶,最终消失或迁出,且在后续6~8年的监测中未显现恢复迹象。上述结果证实,人为干扰,特别是针对噪声的物理驱赶,会对东方蝙蝠种群产生不可逆的长期影响。类似的研究也证实人类活动可导致菲菊头蝠(*Rhinolophus pusillus*)种群规模逐年下降^[38]。鉴于蝙蝠在夜间害虫防控方面具有不可替代的生态服务价值,我们呼吁野生动物保护部门及相关管理者,将缓解人蝠冲突与人工栖息地的可持续管理纳入保护实践的核心内容,以实现城市蝙蝠多样性的有效维护。

参考文献:

- [1] ROCKSTRÖM J, STEFFEN W, NOONE K, *et al.* A safe operating space for humanity [J]. *Nature*, 2009, 461(7263): 472-475.
- [2] SIMMONS N B, CIRRANELLO A L. Bat species of the world: A taxonomic and geographic database, version 1.7 [DB/OL] [2025-04-18]. <https://batnames.org/>.
- [3] RAMÍREZ-FRÁNCEL L A, GARCÍA-HERRERA L V, LOSADA-PRADO S, *et al.* Bats and their vital ecosystem services: A global review [J]. *Integrative Zoology*, 2022, 17(1): 2-23.
- [4] JONES G, JACOBS D S, KUNZ T H, *et al.* Carpe noctem: The importance of bats as bioindicators [J]. *Endangered Species Research*, 2009, 8: 93-115.
- [5] FRICK W F, KINGSTON T, FLANDERS J. A review of the major threats and challenges to global bat conservation [J]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2020, 1469(1): 5-25.
- [6] MICKLEBURGH S P, HUTSON A M, RACEY P A. A review of the global conservation status of bats [J]. *Oryx*, 2002, 36(1): 18-34.
- [7] ZHANG L B, ZHU G J, JONES G, *et al.* Conservation of bats in China: Problems and recommendations [J]. *Oryx*, 2009, 43(2): 179-182.
- [8] RUSSO D, ANCILLOTTO L. Sensitivity of bats to urbanization: A review [J]. *Mammalian Biology*, 2015, 80(3): 205-212.
- [9] BORDER J A, NEWSON S E, WHITE D C J, *et al.* Predicting the likely impact of urbanisation on bat populations using citizen science data, a case study for Norfolk, UK [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2017, 162: 44-55.
- [10] VOIGT C C, PHELPS K L, AGUIRRE L F, *et al.* Bats and buildings: the conservation of synanthropic bats [M]// VOIGT C C, KINGSTON T. *Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a changing world*. Cham: Springer International Publishing, 2016: 427-462.
- [11] RAZAFINDRAKOTO N, HARWELL A, JENKINS R K B. Bats roosting in public buildings: A preliminary assessment from Moramanga, eastern Madagascar [J]. *Madagascar Conservation & Development*, 2010, 5(2): 85-88.
- [12] STRAKA T M, VOIGT C C. Threat perception, emotions and social trust of global bat experts before and during the COVID-19

- pandemic [J]. Sustainability, 2022, 14(18): 11242.
- [13] LU M M, WANG X D, YE H, *et al.* Does public fear that bats spread COVID-19 jeopardize bat conservation? [J]. Biological Conservation, 2021, 254: 108952.
- [14] KINGSTON T. Cute, creepy, or crispy: How values, attitudes, and norms shape human behavior toward bats [M]//VOIGT C C, KINGSTON T. Bats in the anthropocene: Conservation of bats in a changing world. Cham: Springer International Publishing, 2016: 571-595.
- [15] 江廷磊, 赵华斌, 何彪, 等. 中国蝙蝠生物学研究进展及其保护对策 [J]. 兽类学报, 2020, 40(6): 539-559.
JIANG T L, ZHAO H B, HE B, *et al.* Research progress of bat biology and conservation strategies in China [J]. Acta Theriologica Sinica, 2020, 40(6): 539-559.
- [16] GAO H M, XIANG Z Y, HE J L, *et al.* Using expert knowledge to identify key threats and conservation strategies for wildlife: A case study with bats in China [J]. Global Ecology and Conservation, 2023, 41: e02364.
- [17] FEIJÓ A, WANG Y Q, SUN J, *et al.* Research trends on bats in China: A twenty-first century review [J]. Mammalian Biology, 2019, 98: 163-172.
- [18] SMITH A T, 解焱. 中国兽类野外手册 [M]. GEMMA F, 绘. 长沙: 湖南教育出版社, 2009: 334.
SMITH A T, XIE Y. A guide to the mammals of China [M]. GEMMA F, illus. Changsha: Hunan Education Publishing House, 2009: 334.
- [19] DAI F K, OKAZAKI K, MIYAZAKI M, *et al.* The effect of roost environment on roost selection by non-reproductive and dispersing Asian parti-coloured bats *Vespertilio sinensis* [J]. Mammal Study, 2010, 35(2): 99-109.
- [20] ZOU W Y, WU P, WEI X Y, *et al.* Artificial light affects foraging behavior of a synanthropic bat [J]. Integrative Zoology, 2024, 19(4): 710-720.
- [21] SENDOR T, SIMON M. Population dynamics of the pipistrelle bat: Effects of sex, age and winter weather on seasonal survival [J]. Journal of Animal Ecology, 2003, 72(2): 308-320.
- [22] LÓPEZ-ROIG M, SERRA-COBO J. Impact of human disturbance, density, and environmental conditions on the survival probabilities of pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*) [J]. Population Ecology, 2014, 56(3): 471-480.
- [23] O'SHEA T J, NEUBAUM D J, NEUBAUM M A, *et al.* Bat ecology and public health surveillance for rabies in an urbanizing region of Colorado [J]. Urban Ecosystems, 2011, 14(4): 665-697.
- [24] RUSSO D, JONES G, MIGLIOZZI A. Habitat selection by the Mediterranean horseshoe bat, *Rhinolophus euryale* (Chiroptera: Rhinolophidae) in a rural area of southern Italy and implications for conservation [J]. Biological Conservation, 2002, 107(1): 71-81.
- [25] 许振文, 高志宽, 王瑞环, 等. 城市道路对蝙蝠活动的影响 [J]. 长春师范大学学报, 2020, 39(12): 148-152.
XU Z W, GAO Z K, WANG R H, *et al.* The effect of urban road on bat activity [J]. Journal of Changchun Normal University, 2020, 39(12): 148-152.
- [26] BAYAT S, GEISER F, KRISTIANSEN P, *et al.* Organic contaminants in bats: Trends and new issues [J]. Environment International, 2014, 63: 40-52.
- [27] LOW M R, HOONG W Z, SHEN Z Y, *et al.* Bane or blessing? Reviewing cultural values of bats across the Asia-Pacific region [J]. Journal of Ethnobiology, 2021, 41(1): 18-34.
- [28] JIN L R, WANG J, ZHANG Z Z, *et al.* Postnatal development of morphological and vocal features in Asian particolored bat, *Vespertilio sinensis* [J]. Mammalian Biology, 2012, 77(5): 339-344.
- [29] SONG S J, LIN A Q, JIANG T L, *et al.* Bats adjust temporal parameters of echolocation pulses but not those of communication calls in response to traffic noise [J]. Integrative Zoology, 2019, 14(6): 576-588.
- [30] KUNZ T H, LUMSDEN L F. Ecology of cavity and foliage roosting bats [M]//KUNZ T H, FENTON M B. Bat ecology. Chicago: The University of Chicago Press, 2005: 3-4.
- [31] LUO J H, JIANG T L, LU G J, *et al.* Bat conservation in China: should protection of subterranean habitats be a priority? [J]. Oryx, 2013, 47(4): 526-531.
- [32] 朱红靓, 杨保东, 高志宽, 等. 入宅蝙蝠的驱赶策略研究 [J]. 动物学杂志, 2022, 57(4): 521-527.
ZHU H L, YANG B D, GAO Z K, *et al.* Study on the strategy of how to repel a bat out of human house [J]. Chinese Journal of Zoology, 2022, 57(4): 521-527.
- [33] ZHAO H B. COVID-19 drives new threat to bats in China [J]. Science, 2020, 367(6485): 1436.
- [34] 邵光学. 新中国成立以来野生动物保护法制建设回顾及展望 [J]. 野生动物学报, 2021, 42(3): 923-929.
SHAO G X. Review of wildlife protection legal development since the founding of the People's Republic of China and prospects for the future [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2021, 42(3): 923-929.
- [35] 李鑫. 荷兰蝙蝠桥 [J]. 风景园林, 2016, 23(10): 82-91.
LI X. Bat bridge ready for habitation, the Netherlands [J]. Landscape Architecture, 2016, 23(10): 82-91.
- [36] PSCHONNY S, LEIDINGER J, LEITL R, *et al.* What makes a good bat box? How box occupancy depends on box characteristics and landscape-level variables [J]. Ecological Solutions and Evidence, 2022, 3(1): e12136.
- [37] RUEEGGER N. Bat boxes: A review of their use and application, past, present and future [J]. Acta Chiropterologica, 2016, 18(1): 279-299.
- [38] 邹文玉, 徐榕, 王桢, 等. 雄性菲菊头蝠夏季集群大小的变化及其影响因素 [J]. 动物学杂志, 2021, 56(3): 330-337.
ZOU W Y, XU R, WANG Z, *et al.* Variation in colony size and its influencing factors in male least horseshoe bats during summer [J]. Chinese Journal of Zoology, 2021, 56(3): 330-337.