

# 入宅蝙蝠的驱赶策略研究

朱红靓<sup>①</sup> 杨保东<sup>②</sup> 高志宽<sup>①</sup> 韩雨芙<sup>①</sup>  
刘晓美<sup>①</sup> 许振文<sup>①</sup> 卢冠军<sup>①\*</sup>

① 长春师范大学地理科学学院 长春 130032; ② 安徽师范大学地理与旅游学院 芜湖 241000

**摘要:** 除两极外, 蝙蝠在世界各地广泛分布。随着人类活动范围不断扩大, 与其接触的风险随之加大, 例如蝙蝠飞入人类住宅现象时有发生, 但目前缺少对此冲突解决方案的研究。本研究于 2021 年 5 至 7 月在吉林省长春市四家乡采集东方蝙蝠 (*Vespertilio sinensis*) 样本, 随后将样本放入废弃住宅, 将人为驱赶、灯光、噪音 3 种干扰因素自由组合, 设置 8 种干扰模式, 分别为无干扰、仅灯光干扰、灯光加人为驱赶、仅人为驱赶、仅噪音干扰、人为驱赶加噪音干扰、灯光加噪音干扰、人为驱赶加灯光加噪音干扰, 每种模式进行 7 次实验, 每次实验放入 1 只蝙蝠个体并记录其飞出废弃住宅所用时间。结果显示, 仅灯光干扰实验中蝙蝠未飞出住宅, 其中, 使用 50 W 灯源时 2.00 h 无飞行行为, 使用 20 W 灯源时超过 30.00 min 未飞出; 多重比较分析结果显示, 在无干扰模式中飞出用时最短, 平均 ( $5.14 \pm 2.41$ ) min; 灯光加人为驱赶干扰模式中飞出用时最长, 平均 ( $22.71 \pm 2.06$ ) min; 仅人为驱赶、仅噪音干扰、人为驱赶加噪音干扰、灯光加噪音干扰、人为驱赶加灯光加噪音干扰模式飞出用时无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 平均 ( $12.60 \pm 6.15$ ) min。上述结果表明, 不设置任何干扰是使蝙蝠飞出住宅最有效的解决方案。此结论为人类与蝙蝠相处方式的发展提供科学依据和理论基础。

**关键词:** 蝙蝠; 人类; 冲突; 解决方案; 保护

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2022) 04-521-07

## Study on the Strategy of How to Repel a Bat out of Human House

ZHU Hong-Liang<sup>①</sup> YANG Bao-Dong<sup>②</sup> GAO Zhi-Kuan<sup>①</sup> HAN Yu-Fu<sup>①</sup>  
LIU Xiao-Mei<sup>①</sup> XU Zhen-Wen<sup>①</sup> LU Guan-Jun<sup>①\*</sup>

① School of Geographic Science, Changchun Normal University, Changchun 130032;

② School of Geography and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China

**Abstract: [Objectives]** Bats are widely distributed around the world except the polar region. With the expansion of the sphere of human activity, the risk of human-bat contact is increasing. It is a common phenomenon in life that bats flying into human houses, however, there is no relevant research on proposing a

**基金项目** 吉林省科技厅中央引导地方科技发展项目 (No. 202002048JC), 国家自然科学基金青年基金项目 (No. 31500307), 长春师范大学研究生科研创新项目 (No.[2022]第 002 号);

\* 通讯作者, E-mail: luguanjun@ccsfu.edu.cn;

**第一作者介绍** 朱红靓, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物行为与保护; E-mail: zhuhongliang2345@163.com。

收稿日期: 2021-12-15, 修回日期: 2022-05-19 DOI: 10.13859/j.cjz.202204005

method to deal with the conflict. **[Methods]** In this study, Asian Particoloured Bats (*Vespertilio sinensis*) were collected from May to July 2021 in Sijia Township of Changchun City, Jilin Province, and simulated experiments were conducted in a field laboratory. Three interference factors were set up in this experiment - artificial repel, light and noise. These factors were combined into eight interference patterns, including no interference, only light, light + repel, only repel, only noise, repel + noise, light + noise, repel + light + noise. Seven experiments were performed in each pattern, with an individual bat being put into the field laboratory. We recorded the time of the bats flew out the house and implied R.4.0.4. to carry out the Bonferroni multiple comparisons on eight sets of data. **[Results]** The results showed that the bats did not fly out the house for more than 30-minute with '20 watt bulb' in the experiment of "Only light interference", and they did not even fly during 2-hour period in '50 watt bulb' experiment. The results of multiple comparative analysis showed that it took the shortest time for bats to fly out in the pattern of 'no interference' ( $5.14 \pm 2.41$  min on average), while the longest time was observed in the pattern of "repel + light", ( $22.71 \pm 2.06$  min). Besides, there were no significant differences in the time among other five patterns ( $P > 0.05$ ;  $14.57 \pm 7.91$  min,  $10.14 \pm 2.67$  min,  $14.71 \pm 8.71$  min,  $13.86 \pm 7.69$  min and  $9.71 \pm 2.69$  min, respectively). **[Conclusion]** In conclusion, "having no interference" is the most secure and effective solution to drive the bats fly out the human houses. Our study provides a scientific and theoretical basis for the development of the coexistence between human and bats.

**Key words:** Bat; Human; Conflict; Solution; Protection

蝙蝠广布于地球上除南极和北极以外的广大区域, 在农业和自然生态系统中扮演至关重要的角色 (Sritongchuay et al. 2019), 可为人类提供肥料等直接利益, 为生态系统提供如虫害抑制、种子传播和授粉等间接利益 (Kunz et al. 2011)。同时, 蝙蝠能够对公共卫生产生威胁 (Ghatak et al. 2000), 它们携带多种病毒, 其中一些已经直接或间接通过食物、粪便感染等扩散到人类和其他动物, 导致疾病 (Halpin et al. 2000, Letko et al. 2020)。

由于改变土地利用增加了人类与蝙蝠之间的接触几率 (Hayman et al. 2013, Smith et al. 2013)。尽管人类与其相互作用难以量化, 但这种相互作用正在增加, 并以多种方式发生。人类越来越多地侵入蝙蝠栖息地, 而蝙蝠也逐渐利用人工建筑作为栖息地 (Hayman et al. 2013)。同时, 人类居住地蝙蝠飞入现象频繁发生 (Anti et al. 2015)。但人类多采取不科学的方式进行处理, 并多以人类或蝙蝠受到伤害为结果。例如, 江西某居民卧室飞入一只蝙蝠, 用棍子多次将其击落致使蝙蝠受伤 (刘彬

2020); 呼和浩特某居民家中飞入蝙蝠, 捕获后不慎用塑料袋将蝙蝠闷死 (张彬 2020); 广州某居民住宅飞入蝙蝠, 居民受到惊吓 (刘艺明 2020)。目前为止, 缺乏对此现象的科学有效解决方案的研究。因此, 开展蝙蝠飞入住宅解决方案的研究非常必要。

东方蝙蝠 (*Vespertilio sinensis*) 隶属于蝙蝠科 (Vespertilionidae) 蝙蝠属。主要集群栖息于桥洞或旧建筑物的房檐内, 是社群结构高度复杂的一种蝙蝠 (Zhao et al. 2018)。经常出现在人类活动范围内并与人类发生冲突 (Fukui et al. 2010)。本研究以保护人类与蝙蝠为原则, 以东方蝙蝠为研究对象, 将捕获的样本放入废弃住宅, 评估东方蝙蝠在 8 种干扰模式下飞出住宅所用的最短时间, 探讨蝙蝠飞入人类住宅安全有效的应对方法, 为解决人类活动与蝙蝠矛盾提供科学依据和理论基础。

## 1 研究方法

### 1.1 研究地点

2021 年 5 月 28 日至 7 月 14 日期间, 于吉

林省长春市二道区四家乡 (125°46'29" E, 43°49'40" N) 日落时利用雾网采集东方蝙蝠个体, 为防止其意外飞走、个体体力不足等状况影响实验进程, 每晚捕捉 9 只成年雌性个体放入网笼内, 其中 7 只用于当日实验, 2 只备用。为不影响蝙蝠捕食活动, 每晚仅开展 1 种模式的实验, 每种模式至少进行 7 次实验, 每次使用 1 只蝙蝠个体, 8 种实验模式共使用 58 只蝙蝠个体。

选为临时实验室的废弃住宅长 8.00 m、宽 4.70 m、高 3.60 m, 有窗和门各 1 个, 窗户开放部分长 1.10 m、宽 0.50 m, 面积 0.55 m<sup>2</sup>; 门高 2.00 m、宽 1.48 m。实验过程中窗户为开放状态, 门处于全封闭状态。室内墙壁为白色, 无家具和其他人工建筑, 房屋外为自然光线, 经光度计 (DT-1309, 深圳市华盛昌科技实业股份有限公司) 测其照度 0 ~ 0.30 lx。开展人为驱赶或噪音干扰实验时, 为避免驱赶行为对蝙蝠造成伤害, 房屋内部放置红光夜灯 (0.03 W, 沈阳市跃威新能源灯具厂), 并用红布包裹灯源, 降低其亮度至肉眼可见蝙蝠的最低亮度, 经光度计测得其照度为 0.20 lx。在无干扰实验

中设置相同灯光。

## 1.2 干扰模式

根据普通居民居家条件设置 3 个物理干扰因素, 人为驱赶, 手持不锈钢杆软毛扫帚 (杆长 93 cm, 扫把头长 10 cm、宽 27 cm) 左右摇摆, 面对窗口不接触蝙蝠不间断驱赶, 平均每秒钟完成一次; 灯光, 准备家用电灯 50 W 和 20 W 两种 (慈溪市公牛电器有限公司) 持续照明; 噪音干扰, 通过摩擦普通硬质塑料袋制造 60 ~ 75 dB 噪音, 依据声级计 (AWA5636-3, 杭州爱华仪器有限公司) 显示数据控制声强, 摩擦时发出的声波频率为 0 ~ 30 kHz, 与东方蝙蝠回声定位所发出第一谐波频率 (20 ~ 50 kHz) 部分重合, 确保此噪音不对人耳造成伤害, 同时对蝙蝠产生干扰 (图 1)。实验过程中利用超声波检测仪 (Song Meter SM4BAT FS, 上海瑾瑜科学仪器公司) 录制东方蝙蝠回声定位声波及噪音, 通过 Avisoft Saslab Pro 软件进行分析。根据上述干扰因素设定 8 种干扰模式 (表 1), 每种模式进行 7 次实验, 每次实验在废弃住宅内放入 1 只个体。

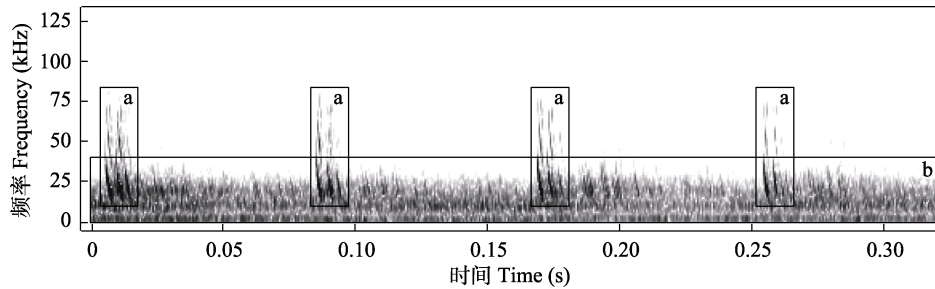


图 1 东方蝙蝠回声定位 (a) 与噪音 (b) 声波声谱图

Fig. 1 Typical echolocation call of Asian Particoloured Bats (*Vespertilio sinensis*) (a) and noise (b)

表 1 干扰模式

Table 1 Interference pattern

干扰因素 Interference factors	模式 1 Pattern 1	模式 2 Pattern 2	模式 3 Pattern 3	模式 4 Pattern 4	模式 5 Pattern 5	模式 6 Pattern 6	模式 7 Pattern 7	模式 8 Pattern 8
人为驱赶 Artificial repel			√	√		√		√
灯光 Light		√	√				√	√
噪音 Noise					√	√	√	√

表中“√”表示该模式存在的干扰因素。

The “√” in the table represent the interference factors in the pattern.

### 1.3 时间记录

每晚待完成东方蝙蝠采集后即开始实验，每天仅进行 1 种模式的实验。将捕获的蝙蝠放入长 40.00 cm、宽 40.00 cm、高 40.00 cm 木箱内，并置于废弃住宅地面中央位置，将木箱侧门（宽 40.00 cm、高 40.00 cm）打开。待东方蝙蝠自由飞行时开始干扰行为并计时，飞出窗口时计时截止，利用计时器（dretac T-580，大连汉和住生科技有限公司）记录蝙蝠飞出废弃住宅用时。实验结束后将未进行实验的个体放飞。

### 1.4 数据分析

仅灯光干扰模式进行了 9 次实验，保留 20 W 灯源的 7 个数据，其余每种模式进行了 7 次实验，每次实验采集了 1 只个体的时间数据，8 种模式共保存 56 个时间数据，对 8 种模式数据进行 Bonferroni 多重比较，箱线图由 ggplot2 程序包绘制，所有统计分析均在 R.4.0.4 中运行，后期于 Adobe illustrator 2020 中修饰。

## 2 结果

8 种干扰模式中，东方蝙蝠在无干扰因素

（模式 1）时飞出废弃住宅用时最短，平均为  $(5.14 \pm 2.41)$  min；其他干扰模式中 5 种的平均飞出时间分别为，仅人为驱赶（模式 4） $(14.57 \pm 7.91)$  min、仅噪音干扰（模式 5） $(10.14 \pm 3.67)$  min、人为驱赶 + 噪音干扰（模式 6） $(14.71 \pm 8.71)$  min、灯光 + 噪音干扰（模式 7） $(13.85 \pm 7.69)$  min、人为驱赶 + 灯光干扰 + 噪音干扰（模式 8） $(9.71 \pm 2.69)$  min，这 5 种干扰模式之间飞出用时差异不显著 ( $P > 0.05$ )，飞出用时均长于无干扰因素的模式 1 ( $P < 0.05$ )；人为驱赶 + 灯光干扰（模式 3）飞出用时最长，平均为  $(22.71 \pm 2.06)$  min；仅灯光干扰（模式 2）实验中，50 W 灯源条件下仅开展了 2 次实验，每次实验蝙蝠飞出木箱后，超 2.00 h 悬挂于墙角无活动迹象，为减小光对蝙蝠的伤害，此模式实验改用了 20 W 灯源，7 次实验蝙蝠均能够持续飞行，但超过 30.00 min 未飞出，为不影响蝙蝠当晚捕食活动，结束实验，时间数据记录为 30.00 min（图 2）。

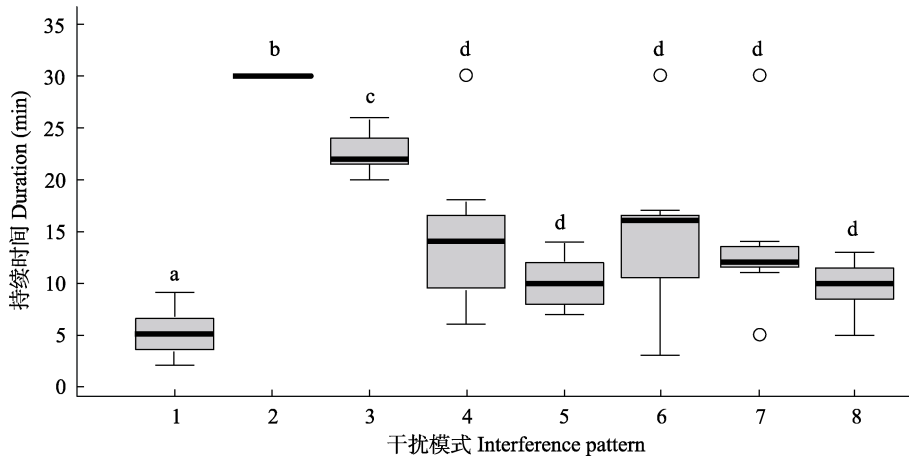


图 2 8 种干扰模式下蝙蝠飞出持续时间差异

Fig. 2 The duration difference of bat flight under eight interference patterns

1. 无干扰; 2. 仅灯光干扰; 3. 人为驱赶 + 灯光干扰; 4. 仅人为驱赶; 5. 仅噪音干扰; 6. 人为驱赶 + 噪音干扰; 7. 灯光 + 噪音干扰; 8. 人为驱赶 + 灯光 + 噪音干扰; 图中标注字母代表不同干扰模式下用时差异，字母相同无显著性差异 ( $P > 0.05$ )，不同则差异显著 ( $P < 0.05$ )。

1. No interference; 2. Only light; 3. Light + repel; 4. Only repel; 5. Only noise; 6. Repel + noise; 7. Light + noise; 8. Repel + light + noise; The letters in the figure represent the time difference under different interference modes. If the letters are the same, there is no significant difference ( $P > 0.05$ ); if the letters are different, there is significant difference ( $P < 0.05$ ).

### 3 讨论

人为驱赶、灯光、噪音对于蝙蝠的飞行行为能够产生不同程度的干扰 (Kuijper et al. 2008, 孙淙南等 2016)。本实验结果显示, 在无干扰情况下蝙蝠飞出住宅用时最短。自然状态下蝙蝠行为受其内在驱动因素支配, 其捕食、飞行等行为具有一定规律及策略 (Thomas et al. 1979)。蝙蝠飞入人类住宅, 多为误入, 住宅内并无满足其需求的条件, 当蝙蝠发觉某地点非目的地时, 会离开寻找满足其需求的目的地。蝙蝠的回声定位系统是一个十分精细的感知系统, 也是高度专化的反馈控制系统, 该系统能够充分提取和利用回声中所承载的各类信息, 精确感知周围环境, 使蝙蝠具有与环境高度适应的生物行为 (Griffin 1958, Popper et al. 1995, Ulanovsky et al. 2008), 所以无干扰状态下蝙蝠自行飞出方式效果最佳。

本实验中人为驱赶是用工具不接触蝙蝠的驱赶, 人为增加了蝙蝠飞行路径的障碍物。蝙蝠飞行过程中, 可随时因环境变化而调节发声信号 (杨明建 2018)。超过 90% 的蝙蝠物种使用回声定位, 它们通过比较发出的高频声脉冲和回声间的差异定位环境中的障碍 (Jakobsen et al. 2013)。在进行人为驱赶实验时, 如果障碍面不够大或移动频率不够高, 蝙蝠便能够绕过障碍物, 这种驱赶不能对蝙蝠产生有效影响; 蝙蝠面对无规律高频移动障碍, 回声系统接收的回声信息增多, 对此回声进行较为繁杂的处理。面对这种障碍不能保证回声定位系统高效率运行, 也不意味此类障碍能够对蝙蝠飞出产生正面影响。

环境噪音通过掩盖通讯信号, 降低蝙蝠适应能力, 阻碍对目标的发现, 从而对蝙蝠产生严重负面影响 (Araya-Ajoy et al. 2009)。环境噪音能够缩短声信号传播距离, 降低信噪比, 干扰蝙蝠对周围环境关键信号的检测和识别, 影响蝙蝠获取环境信息的能力, 从而改变蝙蝠飞行探测行为 (Evans et al. 2018, Wisniewska

et al. 2018), 迫使蝙蝠花费更多时间感应周围环境的回声线索 (Meillère et al. 2015, Kern et al. 2016, Shannon et al. 2016), 致使减少其他行为的时间 (Quinn et al. 2006, Shannon et al. 2014, 2016), 可能做出完成原本目的之次优决定 (Purser et al. 2011, Kern et al. 2016)。另外, 伴人类蝙蝠对噪音敏感度较山洞穴居蝙蝠低 (Adam et al. 2000)。有研究证实, 环境噪音水平高于 66 dB 时, 蝙蝠飞行行为才会受到显著干扰 (Bennett et al. 2013), 但依据《社会生活环境噪声排放标准》(环境保护部 2008), 人类居住区夜间噪音 50 dB 已造成扰民。所以, 无论从哪一方面来说, 噪音干扰都不是优选驱赶方式。

在有光照情况下, 蝙蝠活动显著减少, 飞行行为的发生也被推迟, 没有证据表明蝙蝠对光习惯化。有研究推测, 光可能对蝙蝠飞行路线选择产生显著的负面影响 (Stone et al. 2009)。本实验结果与此观点相契合。本研究在进行有灯光干扰实验中, 设置了 50 W 和 20 W 两种不同功率光源。其中, 当利用 50 W 光源作为灯光干扰时, 2 只蝙蝠均超过 2.00 h 未产生任何位移; 当室内用 20 W 光源作为灯光干扰且无其他干扰因素时, 蝙蝠有飞行行为, 具体表现为绕灯进行圆周飞行, 在人为干扰前并无飞出迹象。所以光源干扰在驱赶蝙蝠入宅方案中虽然对于蝙蝠和人类双方均无伤害, 但却并没有起到促进作用。

在澳大利亚, 对有伴人类蝙蝠存在的住宅区居民进行采访, 15.5% 的居民曾接触过蝙蝠, 并在冲突中均采取不科学的方式解决, 结果导致居民被咬伤或蝙蝠被居民捕抓时受伤 (Paterson et al. 2014)。蝙蝠对生态系统是有益的, 而且通常是关键物种 (Pennisi et al. 2004)。同时, 蝙蝠被公认为人畜共患病病毒的宿主 (Plowright et al. 2015)。人类也会因为蝙蝠的外形和传说而厌恶蝙蝠, 认为蝙蝠是代表邪恶或厄运的生物 (Tanalgo et al. 2016)。在驱赶入宅蝙蝠过程中人类与蝙蝠均为保护的对象, 人

类对入宅蝙蝠不恰当的处理方式将导致对双方不利的结果。所以,本研究得出结论,无干扰方式是确保人类和蝙蝠得到保护的同时使蝙蝠快速飞出的最有效方式。

## 参 考 文 献

- Adam M D, Hayes J P. 2000. Use of bridges as night roosts by bats in the Oregon Coast Range. *Journal of Mammalogy*, 81(2): 402–407.
- Anti P, Owusu M, Agbenyega O, et al. 2015. Human-bat interactions in rural West Africa. *Emerging Infectious Diseases*, 21(8): 1418.
- Araya-Ajoy Y M, Chaves-Campos J, Kalko E K, et al. 2009. High-pitched notes during vocal contests signal genetic diversity in ocellated antbirds. *PLoS One*, 4(12): e8137.
- Bennett V J, Zurcher A A. 2013. When corridors collide: Road-related disturbance in commuting bats. *The Journal of Wildlife Management*, 77(1): 93–101.
- Evans J C, Dall S R, Kight C R. 2018. Effects of ambient noise on zebra finch vigilance and foraging efficiency. *PLoS One*, 13(12): e0209471.
- Fukui D, Okazaki K, Miyazaki M, et al. 2010. The effect of roost environment on roost selection by non-reproductive and dispersing Asian parti-coloured bats *Vespertilio sinensis*. *Mammal Study*, 35(2): 99–109.
- Ghatak S, Banerjee R, Agarwal R, et al. 2000. Zoonoses and bats: a look from human health viewpoint. *The Journal of Communicable Diseases*, 32(1): 40–48.
- Griffin D R. 1958. Listening in the dark: the acoustic orientation of bats and men. *Science*, 128(3327): 766–766.
- Halpin K, Young P L, Field H, et al. 2000. Isolation of Hendra virus from pteropid bats: a natural reservoir of Hendra virus. *Journal of General Virology*, 81(8): 1927–1932.
- Hayman D, Bowen R, Cryan P, et al. 2013. Ecology of zoonotic infectious diseases in bats: current knowledge and future directions. *Zoonoses and Public Health*, 60(1): 2–21.
- Jakobsen L, Brinkløv S, Surlykke A. 2013. Intensity and directionality of bat echolocation signals. *Frontiers in Physiology*, 4: 1–9.
- Kern J M, Radford A N. 2016. Anthropogenic noise disrupts use of vocal information about predation risk. *Environmental Pollution*, 218: 988–995.
- Kuijper D P, Schut J, van Dullemen D, et al. 2008. Experimental evidence of light disturbance along the commuting routes of pond bats (*Myotis dasycneme*). *Lutra*, 51(1): 37.
- Kunz T H, Braunde T E, Bauer D, et al. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223(1): 1–38.
- Letko M, Seifert S N, Olival K J, et al. 2020. Bat-borne virus diversity, spillover and emergence. *Nature Reviews Microbiology*, 18(8): 461–471.
- Meillère A, Brischoux F, Angelier F. 2015. Impact of chronic noise exposure on antipredator behavior: an experiment in breeding house sparrows. *Behavioral Ecology*, 26(2): 569–577.
- Paterson B J, Butler M T, Eastwood K, et al. 2014. Cross sectional survey of human-bat interaction in Australia: public health implications. *BMC Public Health*, 14(1): 1–8.
- Pennisi L A, Holland S M, Stein T V. 2004. Achieving bat conservation through tourism. *Journal of Ecotourism*, 3(3): 195–207.
- Plowright R K, Eby P, Hudson P J, et al. 2015. Ecological dynamics of emerging bat virus spillover. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1798): 20142124.
- Popper A N, Fay R R. 1995. *Hearing by bats*. New York: Springer, 56–57.
- Purser J, Radford A N. 2011. Acoustic noise induces attention shifts and reduces foraging performance in three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *PLoS One*, 6(2): e17478.
- Quinn J, Whittingham M, Butler S, et al. 2006. Noise, predation risk compensation and vigilance in the chaffinch *Fringilla coelebs*. *Journal of Avian biology*, 37(6): 601–608.
- Shannon G, Angeloni L M, Wittemyer G, et al. 2014. Road traffic noise modifies behaviour of a keystone species. *Animal Behaviour*, 94: 135–141.
- Shannon G, Crooks K R, Wittemyer G, et al. 2016. Road noise causes earlier predator detection and flight response in a free-ranging mammal. *Behavioral Ecology*, 27(5): 1370–1375.
- Smith I, Wang L-F. 2013. Bats and their virome: an important source of emerging viruses capable of infecting humans. *Current Opinion in Virology*, 3(1): 84–91.
- Sritongchuy T, Hughes A C, Bumrungsri S. 2019. The role of bats in pollination networks is influenced by landscape structure.

- Global Ecology and Conservation, 20: e00702.
- Stone E L, Jones G, Harris S. 2009. Street lighting disturbs commuting bats. *Current biology*, 19(13): 1123–1127.
- Tanalgo K C, Teves R D, Salvaña F R P, et al. 2016. Human-bat interactions in caves of South Central Mindanao, Philippines. *Wildlife Biology in Practice*, 12(1): 1–14.
- Thomas D W, Fenton M B, Barclay R M. 1979. Social behavior of the little brown bat, *Myotis lucifugus*: I. Mating behavior. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 6(2): 129–136.
- Ulanovsky N, Moss C F. 2008. What the bat's voice tells the bat's brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(25): 8491–8498.
- Wisniewska D M, Johnson M, Teilmann J, et al. 2018. High rates of vessel noise disrupt foraging in wild harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1872): 20172314.
- Zhao X, Jiang T, Gu H, et al. 2018. Are aggressive vocalizations the honest signals of body size and quality in female Asian particoloured bats?. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 72(6): 1–16.
- 环境保护部. 2008. 社会生活环境噪声排放标准. 北京: 中国环境科学出版社, 2–4.
- 刘彬. 2020. 西瓜视频. [DB/OL]. (2020-04-20) [2022-1-19]. <https://v.ixigua.com/8ErDEj6/>.
- 刘艺明. 2020. 广州日报.[DB/OL]. (2020-02-18) [2022-1-24]. <https://mq.mbd.baidu.com/r/AaWIYLxGwM?f=cp&u=5d5dd73c672fabfc>.
- 孙淙南, 郭熊, 黄晓宾, 等. 2016. 环境噪声对蝙蝠回声定位叫声及飞行活动的影响. *兽类学报*, 36(4): 397–403.
- 杨明建. 2018. 普氏蹄蝠下丘行为相关声反应模式神经元的强度—时间特性和频率调谐研究. 湖北: 华中师范大学博士学位论文, 1–2.
- 张彬. 2020. 正北方网. [DB/OL]. (2020-02-12) [2022-1-19]. <http://m.northnews.cn/p/1811903.html>.