

# 利用红外相机调查深圳梧桐山兽类群落组成及野猪的空间利用

叶丽敏<sup>①</sup> 李文华<sup>①</sup> 李成<sup>②</sup> 曾振平<sup>①</sup> 罗菁<sup>①</sup> 李晟<sup>③\*</sup>

① 梧桐山国家级风景名胜区管理处 深圳 518004; ② 西子江生态保育中心 深圳 518114;

③ 北京大学生命科学学院 北京 100871

**摘要:** 为了解深圳城市生物多样性现状及关键有蹄类物种野猪 (*Sus scrofa*) 的栖息地利用模式, 2019年4至10月, 在广东省深圳市梧桐山国家级风景名胜区设置 1 km × 1 km 的调查网格 32 个, 每个网格布设红外相机监测点位 1 处, 监测野生动物群落及野猪的空间利用。32 个监测点累积有效相机工作日 4 460 d, 记录到分属 4 目 8 科的兽类 13 种, 其中, 10 种为本地分布物种, 3 种为人为放生的外来物种。本地分布的大中型兽类中, 野猪的相对多度指数最高( $I_{RA} = 27.13$ ), 其后依次为鼬獾 (*Melogale moschata*,  $I_{RA} = 8.30$ )、豹猫 (*Prionailurus bengalensis*,  $I_{RA} = 7.17$ )、花面狸 (*Paguma larvata*,  $I_{RA} = 5.38$ )、赤麂 (*Muntiacus vaginalis*,  $I_{RA} = 2.24$ )、小灵猫 (*Viverricula indica*,  $I_{RA} = 0.67$ )、中国豪猪 (*Hystrix hodgsoni*,  $I_{RA} = 0.45$ ) 与猪獾 (*Arctonyx collaris*,  $I_{RA} = 0.45$ ); 其中, 赤麂为深圳市首次记录。野猪在梧桐山的总体网格占有率为 81%。单千米网格内相对多度指数 ( $I_{TRA}$ ) 分析结果显示, 野猪对梧桐山中心地带的利用率最高, 其次为监测区北部最外围的千米网格; 不同片区空间利用的差异可能与人为干扰及食物丰富度有关。本研究初步了解了深圳梧桐山的兽类群落组成, 为珠三角城市群的城市生物多样性保护与区域保护规划提供了本底资料。

**关键词:** 兽类群落; 相对多度; 红外相机; 生物多样性编目; 栖息地利用; 城市生物多样性

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2020) 06-702-10

## Camera-trapping Survey of the Mammal Community Structure and the Spatial Utilization of Wild Boar (*Sus scrofa*) in Wutong Mountain, Shenzhen

YE Li-Min<sup>①</sup> LI Wen-Hua<sup>①</sup> LI Cheng<sup>②</sup> ZENG Zhen-Ping<sup>①</sup> LUO Jing<sup>①</sup> LI Sheng<sup>③\*</sup>

① Administrative Office of Wutong Mountain National Scenic Area, Shenzhen 518004;

② Xizijiang Conservation Center, Shenzhen 518114;

③ School of Life Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

**基金项目** 生态环境部生物多样性调查、观测与评估专项 (No. 2019HB2096001006);

\* 通讯作者, E-mail: shengli@pku.edu.cn;

**第一作者介绍** 叶丽敏, 女, 高级工程师; 研究方向: 风景园林规划; E-mail: Kidr@163.com。

收稿日期: 2020-05-27, 修回日期: 2020-09-12 DOI: 10.13859/j.cjz.202006003

**Abstract:** To investigate the status of urban biodiversity in Shenzhen and learn the habitat use patterns of the key ungulate species of the region, wild boar (*Sus scrofa*), from April to October 2019, we conducted a camera-trapping survey in the Wutong Mountain National Scenic Area, Shenzhen, Guangdong Province, to monitor the activities of wild mammal community and the habitat spatial use of wild boar. The study area was divided into 1km × 1km survey grids, with one camera-trapping station set in each of the 32 blocks. With a total survey effort of 4 460 camera-days across the 32 stations, we recorded 13 mammal species belonging to 4 orders and 8 families, of which 10 were natively distributed species and the other 3 were introduced by human. Among the detected large- and medium-bodied wild mammals, wild boar was the most detected species ( $I_{RA} = 27.13$ ), followed by the Chinese ferret badger (*Melogale moschata*,  $I_{RA} = 8.30$ ), leopard cat (*Prionailurus bengalensis*,  $I_{RA} = 7.17$ ), masked palm civet (*Paguma larvata*,  $I_{RA} = 5.38$ ), Northern red muntjac (*Muntiacus vaginalis*,  $I_{RA} = 2.24$ ), small Indian civet (*Viverricula indica*,  $I_{RA} = 0.67$ ), Chinese porcupine (*Hystrix hodgsoni*,  $I_{RA} = 0.45$ ) and hog badger (*Arctonyx collaris*,  $I_{RA} = 0.45$ ). The Northern red muntjac was first recorded in Shenzhen. The grid occurrence rate of wild boar was 81% across all surveyed blocks. A relatively abundance analysis at individual block level ( $I_{TRA}$ ) showed that, the central area of Wutong Mountain was the most utilized region by wild boar, followed by some blocks along the northern edge of the study area. Such a spatial utilization may be attributed to the spatial patterns of human disturbance and food abundance. This study determined the composition of mammalian community in Wutong Mountain, and will provide valuable baseline data to the conservation of urban biodiversity and the regional conservation planning of the mega-cities in Pearl River Delta.

**Key words:** Mammal community; Relative abundance; Camera-trapping; Biodiversity inventory; Habitat use; Urban biodiversity

生物多样性是人类社会生存发展的重要支撑，生物物种编目是生物多样性研究与保护的基础（马克平 2015）。对物种多样性进行调查与监测，掌握生物群落及生态系统中的物种组成等基础数据，对区域性的开发、保护以及生态恢复具有重要意义。大中型兽类活动范围大，生境要求高，对环境变化敏感，是生物多样性保护和评价中的关键指示类群。红外相机技术（camera-trapping）是通过红外触发的自动相机系统来获取野生动物的静态照片或动态影像等数据，利用统计软件对相关数据进行处理，从而得出研究样区物种资源现状的一种技术与方法（肖治术等 2014）。由于红外相机技术具有能够在野外持续工作、不惊扰动物等优点，非常适合用于记录活动隐秘、数量稀少的兽类物种（李晟等 2014）。在我国，近年来利用红外相机调查技术对自然保护区的大中型兽类分

布与组成进行调查得到快速发展，红外相机技术的广泛应用为自然保护地体系建设和保护成效评估提供了可靠的技术与关键科学数据（肖治术 2019）。从 20 世纪 90 年代中期以来，红外相机调查技术在自然保护区的兽类野外研究与监测中得到了广泛的应用（李勤等 2013，李晟等 2014）。近 5 年，全国绝大多数国家级自然保护区均布设了红外相机用于野生动物调查和评估（李晟等 2014，肖治术等 2014）。

应用红外相机对城市公园或郊野公园进行兽类种群调查与分析的案例仍然不多。城市作为人类生产生活的集中场所，资源矛盾突出，一方面城市建设对原有自然环境进行了极大的改变，一部分物种的栖息地丧失，另一方面城市环境又为部分适应能力强的物种开辟了新的领地（McKinney 2002）。因此，在城市公园或郊野公园开展针对大中型兽类这一敏感类群的

红外相机调查, 对研究栖息地破碎化对生态系统的影响, 以及了解人类与野生动物的共存机制, 乃至对城市生态系统的修复均具有重要的意义。

深圳是我国改革开放以来最早设立的经济特区之一。从 1978 年深圳特区成立至今, 经历了经济的飞速发展与自然生境的快速改变, 城区面积不断扩大, 一些原本相互联系的生境被切断, 市区内残存的野生动物栖息地不断孤岛化。同时, 深圳又与香港毗邻, 香港相对于深圳保存了更为完整的动物群落。香港渔农署曾对境内的野生兽类分布做过较大范围的红外相机调查, 其兽类分布现状为深圳提供了不同尺度的参照。李伟东等 (2019) 曾对深圳市的羊台山、七娘山、排牙山等地进行过红外相机调查, 在累计 3 780 个相机日的调查中, 共记录到分属 6 科的 8 种兽类, 发现都市内野生动物的日活动节律与自然保护区中的存在一定差异 (李伟东等 2019)。综合而言, 我国基于红外相机调查技术对城市近郊兽类栖息地进行网格量化监测研究的案例较为缺乏。本研究选择深圳近郊的梧桐山国家级风景名胜区作为研究区域, 使用红外相机开展全区网格化监测, 以了解该区域内大中型兽类群落的物种组成、相对多度、活动范围等关键基础信息, 并对群落内优势种的空间利用模式进行评估。本研究的结果将为深圳市的野生动物保护、生态恢复、生态廊道建设等提供基础资料, 同时也可以为我国城市近郊破碎型栖息地内生活的兽类群落研究提供案例与参考。

## 1 研究区域概况

梧桐山国家级风景名胜区位于广东省深圳市东北部 (东经  $113^{\circ}17' \sim 114^{\circ}18'$ , 北纬  $22^{\circ}23' \sim 22^{\circ}43'$ ), 总面积  $42.03 \text{ km}^2$ , 横跨罗湖和盐田、龙岗三区, 包括东湖公园、仙湖植物园、布心山郊野公园、深圳水库和沙头角林场。梧桐山风景区南面与香港的红花岭郊野公园本属同一山脉延伸, 但在之间深港边界地区设置有密集

的铁丝网, 除了部分区域的溪涧相通外, 大型兽类难以直接穿越, 西部、北部及东部均为城市建成区, 仅东北部有植被覆盖较好的狭窄区域与马峦山郊野公园相连; 区域整体上处于半隔离状态。该区域属亚热带海洋性季风气候, 日照充足, 降水丰富, 气候温和湿润。全年平均气温  $22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 最低气温  $1.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 最高气温  $37.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。全年无霜期平均为 335 d。由于受南亚热带季风影响, 梧桐山年平均降水量  $1 948.4 \text{ mm}$ , 5 至 10 月为降水集中期, 11 月至次年 4 月为旱季, 东部降雨量多于西部, 7 月和 9 月受台风影响较大。调查选取自然生态较好并且空间相连的山体, 面积共  $28.07 \text{ km}^2$ 。区内植被以南亚热带次生常绿阔叶林为主, 低山区分布有少量人工种植的相思树 (*Acacia* spp.) 林、桉树 (*Eucalyptus* spp.) 林, 部分沟谷地段分布有少量果园、竹林, 山顶区域分布有亚热带山顶灌丛 (许建新等 2009, 王定跃 2011)。本区属风景名胜区且邻近深圳市城区核心区域, 日间人为干扰强, 人流量大, 但人为干扰多集中在旅游栈道与盘山公路周边, 在部分不通道路的溪谷、山坡等地还存在大片人为干扰较少的栖息地。

## 2 研究方法

### 2.1 红外相机调查

本次调查以野猪 (*Sus scrofa*) 等大中型兽类为目标, 参照大中型兽类的红外相机调查常用标准 (肖治术等 2014, 2017, 李佳琦等 2018), 利用 GIS 将拟定调查区划分为  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  的网格, 共获得 42 个与调查区域有重叠的千米网格。排除外围重叠面积不足单个千米网格面积  $1/3$  的网格后, 共选取 32 个千米网格进行调查 (图 1)。调查季节选择在当地的植物生长季 (4 至 10 月) 开展野外调查。

以每个选定的千米网格作为独立调查单元, 每个网格内设置 1 台红外相机, 相邻网格内的相机间距不小于  $300 \text{ m}$  (图 1), 以尽量保证不同相机之间数据的独立性 (李晟等 2014,



图 1 广东深圳市梧桐山风景区红外相机调查千米网格图

Fig. 1 Survey grids and camera station in the Wutong Mountain National Scenic Area, Shenzhen, Guangdong Province

肖治术等 2014)。在网格内，根据保护地前期积累的监测信息与实地发现的动物活动痕迹（例如粪便、足迹、食迹、卧迹等），寻找野生动物活动最频繁的区域放置红外相机，依据地形情况安装于离地 30~80 cm 高处。平均每个月收取一次数据。如果收取数据时发现红外相机丢失或损坏，则立即在相同位置补充安装新红外相机。红外相机品牌型号为 BESTOK m330，采用 8 节 5 号 (AA) 电池供电。相机拍摄模式设置为视频模式，每次拍摄时间为 10 s，连续触发拍摄之间的间隔为 5 s，灵敏度设置为中。整个调查期间共使用红外相机 40 台，其中 8 台为补充替换相机。

## 2.2 数据分析

数据回收后，对视频内容进行识别。画面内出现人类或动物的视频计为有效数据。对每个千米网格内的物种、拍摄频次进行汇总，统计调查区域内的兽类物种组成。哺乳动物分类系统参考蒋志刚等 (2017) 《中国哺乳动物多样性》(第二版) 与 IUCN 物种红色名录 (<https://www.iucnredlist.org/>)。以通用的“相机日 (camera-day)”为调查工作量的计量标准，即

每台红外相机持续工作 24 h 计为 1 个相机日。为评估梧桐山兽类的相对种群数量，分别计算每个物种的相对多度指数 (relative abundance index,  $I_{RA}$ ) (李晟等 2014),  $I_{RA} = (A_i/N) \cdot 1000$ , 其中,  $A_i$  为单个物种的总有效探测数,  $N$  为总有效相机日。单次有效探测定义为同一相机位点含同一物种的相邻连续有效照片, 照片之间的间隔时间不少于 30 min。对于野猪等群居动物, 考虑到单台红外相机每次拍摄时可能无法记录到集群内的所有个体, 群居动物的最低计量单位为群而非个体数。

考虑到不同网格的监测时长差异, 为分析主要调查物种野猪在调查范围内各个千米网格的空间分布格局, 单独计算每个千米网格的野猪的相对多度指数  $I_{TRA}$ ,  $I_{TRA} = (T_i/N_i) \cdot 1000$ , 式中,  $T_i$  为野猪在  $i$  网格范围内的总有效探测数,  $N_i$  为  $i$  网格内的总拍摄工作日。使用单个千米网格内野猪的相对多度指数数值作为评估该网格内野猪活动强度的指标, 并依据数值高低输出为野猪的网格分布格局图, 用于了解梧桐山风景名胜区内野猪的分布格局与活动密集区域, 为后续梧桐山风景名胜区的野生动物管理

提供参考依据。

### 3 结果

2019年4至10月,调查区域32个千米网格的红外相机累积有效相机日4460 d。其中,A2网格由于红外相机多次被人为恶意删除数据导致记录异常,有效工作日仅25 d。

### 3.1 物种组成

调查期间共记录到包括人类在内的有效探测数299次,除人类外共记录到分属4目8科的13种兽类(表1,附录1,2)。其中梧桐山本土分布的野生哺乳动物10种,包括野猪、赤麂(*Muntiacus vaginalis*)、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)、花面狸(*Paguma larvata*)、小灵

表1 梧桐山国家级风景名胜区红外相机调查记录到的兽类物种

Table 1 Mammal species detected by camera-trapping at Wutong Mountain National Scenic Area

物种 Species	国家保护级别 National protected category	IUCN 红色名录 IUCN Red List	位点数 No. detected stations	探测数 No. detections	相对多度指数 Relative Abundance Index
一 劳亚食虫目 EULIPOTYPHLA					
(1) 猬科 Erinaceidae					
1 东北刺猬 <i>Erinaceus amurensis</i>	三有	LC	1	2	0.45
二 食肉目 CARNIVORA					
(2) 犬科 Canidae					
2 家狗 <i>Canis lupus familiaris</i>	-	-	6	7	1.57
(3) 鼬科 Mustelidae					
3 鼬獾 <i>Melogale moschata</i>	三有	LC	13	37	8.30
4 猪獾 <i>Arctonyx collaris</i> *	三有	LC	2	2	0.45
(4) 灵猫科 Viverridae					
5 小灵猫 <i>Viverricula indica</i>	二级	LC	2	3	0.67
6 花面狸 <i>Paguma larvata</i>	三有	LC	12	24	5.38
(5) 猫科 Felidae					
7 豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	三有	LC	19	32	7.17
8 家猫 <i>Felis catus</i>	-	-	6	15	3.36
三 偶蹄目 ARTIODACTYLA					
(6) 猪科 Suidae					
9 野猪 <i>Sus scrofa</i>	三有	LC	26	121	27.13
(7) 鹿科 Cervidae					
10 赤麂 <i>Muntiacus vaginalis</i>	三有	LC	2	10	2.24
四 啮齿目 RODENTIA					
(8) 松鼠科 Sciuridae					
11 赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	三有	LC	3	5	1.12
(9) 鼠科 Muridae					
12 鼠类未定种 <i>Rattus</i> sp.	-	LC	4	7	1.57
(10) 豪猪科 Hystricidae					
13 中国豪猪 <i>Hystrix hodgsoni</i>	三有	LC	1	2	0.45

三有. 被列入《国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录》(简称“三有名录”); LC. 无危.\* 在 IUCN 红色名录中, 广东省内分布的猪獾属物种在分类上被认为是北猪獾 (*Arctonyx albobularis*), 评估等级为无危 LC, 大猪獾 (*A. collaris*) 被认为主要分布在东南亚中南半岛, 评估等级为易危 VU, 国内通用的分类系统中把两者均列为 *A. collaris*, 未做区分。

三有. The species is in the “List of National Protected Terrestrial Wild Animals with Important Ecological, Economic and Scientific Values”; LC. Least concern. \* In the IUCN Red List, the *Arctonyx* species distributed in Guangdong Province is recognized as Northern Hog Badger *Arctonyx albobularis*, which is evaluated as Least Concern; The Great Hog Badger *A. collaris* refers to another distinct species distributed in mainland Southeast Asia and evaluated as Vulnerable. The taxonomic systems in China usually consider them as a single species, i.e. *Arctonyx collaris*.

猫 (*Viverricula indica*)、鼬獾 (*Melogale moschata*)、猪獾 (*Arctonyx collaris*)、中国豪猪 (*Hystrix hodgsoni*)、赤腹松鼠 (*Callosciurus erythraeus*) 与某未定种鼠类 (*Rattus* sp.)。在这些本土兽类中, 赤腹松鼠在深港地区历史记载灭绝已久, 现有种群有可能为人为放生或自然迁徙而来的重建种群。另外记录到 3 种非本地分布的兽类, 包括 2 种散放家养动物即家猫与家狗, 与 1 种可能由于人为放生而引入的外来物种即东北刺猬 (*Erinaceus amurensis*)。本次调查在梧桐山记录到的所有哺乳动物中, 小灵猫为国家 II 级重点保护野生动物, 豹猫与中国豪猪为广东省重点保护动物, 野猪、赤鹿、鼬獾、猪獾、花面狸则为列入《国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录》的物种。在 IUCN 物种红色名录评级中, 上述所有物种均被列为无危级 (LC)。尽管本区域内大部分兽类物种的受威胁等级不高, 但赤鹿、猪獾、中国豪猪等兽类在深圳已极为罕见。其中, 赤鹿虽然历史上在深圳曾有记录, 但本次调查中记录到的赤鹿为深圳近年来首次野外拍摄记录。

### 3.2 相对多度

野猪为本研究中相对多度指数最高的野生动物, 其后依次为鼬獾、豹猫、花面狸。赤鹿、小灵猫、中国豪猪、猪獾在梧桐山数量稀少, 其相对多度指数也相对较低。鼠类在梧桐山虽然整体数量丰富, 但该类小型哺乳动物由于体型小而不属于适合采用红外相机技术进行调查监测的目标类群, 在本研究中计算得到鼠类的相对多度指数较低 (表 1)。

### 3.3 野猪对生境的空间利用

经过对梧桐山单个千米网格内野猪的相对多度指数  $I_{TRA}$  进行计算, 获得野猪在梧桐山的空间利用强度分布图 (图 2)。在 32 个调查网格中, 共有 26 个网格内拍摄到野猪活动, 整体网格占有率为 81%。排除数据异常的 A2 网格后, 调查区域中部为野猪的高强度利用区, 在 D5 ( $I_{TRA} = 98.76$ )、E3 ( $I_{TRA} = 65.39$ )、E2 ( $I_{TRA} = 48.25$ ) 网格的相对多度指数  $I_{TRA}$  最高; 红外相机的影像数据也显示野猪在此区域内繁殖。其他大部分网格相对多度指数  $I_{TRA}$  为 10~40, 属于野猪正常利用区域, 其中以调查区域北部和东南部边缘利用强度相对较高。相对多度指

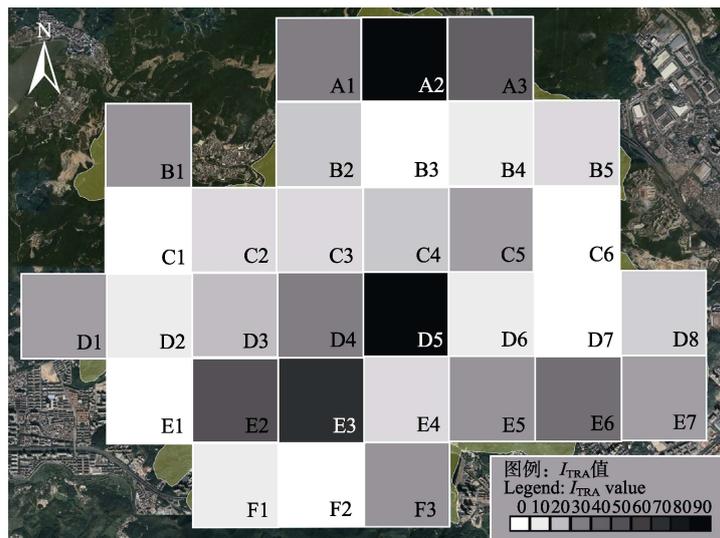


图 2 梧桐山国家级风景名胜区野猪空间利用分布图 (千米网格相对多度指数  $I_{TRA}$ )

Fig. 2 The spatial utilization of wild boar at Wutong Mountain National Scenic Area (Relative abundance index of individual 1 km × 1 km block)

数  $I_{TRA}$  小于 10 的区域主要位于调查区域的西部、东北和西南部, 野猪的活动相对较少。

#### 4 讨论

本次调查各物种相对多度指数的结果可以反映出, 野猪是梧桐山野生大中型兽类群落中的绝对优势物种, 其相对多度指数 (27.13) 远高于粤北各保护区记录的数据, 例如车八岭国家级自然保护区 ( $I_{RA} = 8.84$ , 束祖飞等 2018)、青云山自然保护区 ( $I_{RA} = 5.7$ , 佟富春等 2018), 也高于我国西南部的四川省老河沟自然保护区 ( $I_{RA} = 9.47$ , 李晟等 2016)。野猪在梧桐山的网格占有率为 81%, 趋近饱和。造成这一现象的原因与梧桐山地处热带北缘、初级生产力较高的自然条件有关之外, 也与该地相对孤立、生境空间狭小以及缺乏天敌等因素有关。野猪具有极强的环境适应能力与较高的繁殖力, 因此, 今后需要对该种群的发展动态进行长期监测与评估, 制定有针对性的种群管理方案, 以避免野猪种群快速增长后可能对当地植被、生态系统产生的负面影响, 以及可能引发的人兽冲突。

在本研究区域内, 野猪在研究区域中部的空间利用强度最高, 这可能是由于野猪倾向于避开人类干扰、远离吵闹的城区。但是, 野猪利用强度次高的网格为最外围、海拔最低的部分区域, 这可能与野猪的食物组成与食物资源的分布有关。这些外围区域靠近人类聚居区, 里面分布有垃圾站、饭店等, 人类丢弃的厨余垃圾为野猪提供了稳定的食物来源; 同时, 低海拔区域具有较多的林间空地和林缘生境, 生长有丰富的草本植物和人类栽培植物, 是野猪喜好的觅食环境。综合分析, 野猪在梧桐山活动的空间规律可能与人为干扰及食物丰富度均有密切关系。后续应对该区域野猪种群的食物组成、活动节律、觅食行为特征 (王长平等 2015) 进行深入研究, 同时考虑制定长期的监测规划, 系统收集数据以评估野猪活动及空间利用的季节性变化和时空规律, 为制定相关的

野猪种群管理措施和周边社区的管理措施提供可靠的数据支持与参考。此外, 本研究采用了  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  的千米网格作为红外相机布设的参考, 可以保证调查位点在整个区域内的空间分布较为均匀。但是, 由于单台红外相机的实际监控范围有限, 难以代表整个千米网格内栖息地和动物分布、利用的整体情况。在保护区后续的长期监测中, 需要考虑加大调查位点的布设密度, 增加调查样本量, 以期获得代表性更为全面的监测数据。

梧桐山风景名胜区属于城市范围内由于四周城镇化快速发展而被高度隔离的野生动物栖息地。这类区域被城市建成区及道路环绕、切割, 栖息地内部具有较高强度与较高频率的游客活动。在本研究中红外相机记录到的非野生动物中, 人类的相对多度指数为 7.17, 家猫与家狗的相对多度指数分别为 3.36 与 1.57。本研究通过对梧桐山进行红外相机千米网格量化调查, 尽可能保证相机覆盖的均匀性与调查规程的统一性, 获得了较为全面的梧桐山大中型兽类本底资料。在梧桐山调查区域内, 本研究在 4 460 个相机工作日内共记录到 8 科 10 种本土野生哺乳动物 (东北刺猬为人为放生物种不计入), 多样性高于李伟东等 (2019) 2014 和 2015 年在深圳全市范围内 57 个红外相机监测点上 3 780 个工作日调查的结果 (记录到 6 科 8 种), 与同样位于大城市郊区的天津八仙山国家级自然保护区经过 3 340 个相机工作日调查记录到的物种数 (6 科 10 种) 大体相当 (李立嘉等 2018)。与广东省其他自然保护区相比, 梧桐山的大中型兽类多样性高于具有类似生境的广东省青云山自然保护区 (1 120 个相机工作日中记录到 6 科 9 种哺乳动物, 佟富春等 2018), 接近广东车八岭国家级自然保护区 (11 399 个相机工作日中记录到 9 科 13 种哺乳动物, 束祖飞等 2018), 但明显低于广东南岭国家级自然保护区 (共记录到 13 科 23 种的哺乳动物, 蔡玉生等 2016)。这些结果显示, 尽管空间隔离程度高、人为干扰强度大, 梧桐山与其他面积相

近的城市近郊保护地相比具有较高的大中型哺乳动物多样性, 但整体多样性水平低于那些具有较大总面积、较低人类干扰程度以及较长保护历史的保护区(例如南岭国家级自然保护区)。其原因可能是一方面由于风景名胜区对区内人为活动有高强度的管理, 这些管理措施同时对盗猎野生动物的非法活动具有有效的抑制; 另一方面可能与梧桐山的区位有关, 在其南部的香港保留有多样性相对较高的哺乳动物群落, 而梧桐山地处香港与北部更大面积栖息地之间的关键生态廊道节点位置, 成为南、北区域之间动物迁移与扩散的通道, 从而维持了相对较高的物种多样性(唐跃琳等 2015)。但受限于有限的面积、较高的栖息地破碎化程度和较强的人为活动干扰压力, 梧桐山的物种多样性与大面积自然保护区相比仍有不及。此外, 本次调查中记录到东北刺猬与散放家猫、家狗等外来物种, 赤腹松鼠现有种群有可能为人为放生或自然迁徙而来的重建种群(Ho 1995, 张礼标等 2017), 这些结果也揭示了大城市近郊更容易遭受人为放生以及外来物种入侵的影响。考虑到梧桐山面积有限, 其栖息地支撑大中型哺乳动物长期生存的能力相对较弱, 有必要通过建设生态廊道形式, 打通其与香港红花岭郊野公园、马峦山郊野公园的生态联系, 形成更大范围的连续生境和保护地网络。

**致谢** 感谢梧桐山风景名胜区管理处王定跃主任对本研究项目的大力支持, 感谢西子江生态保育中心志愿者杨其运、白林壮、陆卓雨、梁颖欣、谭璐铭参与本次研究野外考察或数据整理工作, 感谢南兆旭老师为本次研究提供帮助。感谢深圳市规划和自然资源局、深圳市野生动植物保护处等单位为本次研究提供便利和支持。

## 参 考 文 献

- Ho C Y. 1995. The ecology of exotic squirrels (Sciuridae) in Hong Kong, with special reference to *Callosciurus erythraeus thai* (Kloss). Hong Kong: University of Hong Kong, Master Dissertation.
- McKinney M L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience*, 52(10): 883–890.
- 蔡玉生, 龚粤宁, 卢学理, 等. 2016. 南岭森林哺乳动物多样性的红外相机监测. *生态科学*, 35(2): 57–61.
- 蒋志刚, 马勇, 吴毅, 等. 2017. 中国哺乳动物多样性(第二版). *生物多样性*, 25(8): 886–895.
- 李佳琦, 徐海根, 万雅琼, 等. 2018. 全国哺乳动物多样性观测网络(China BON-Mammals)建设进展. *生态与农村环境学报*, 34(1): 12–19.
- 李立嘉, 田向玲, 刘馨, 等. 2018. 天津八仙山国家级自然保护区核心区鸟类和哺乳动物资源初探. *天津师范大学学报: 自然科学版*, 38(2): 38–42.
- 李勤, 郭建国, 寇晓军, 等. 2013. 相机陷阱在野生动物种群生态学中的应用. *应用生态学报*, 24(4): 947–955.
- 李晟, 王大军, 卜红亮, 等. 2016. 四川省老河沟自然保护区兽类多样性红外相机调查. *兽类学报*, 36(3): 282–291.
- 李晟, 王大军, 肖治术, 等. 2014. 红外相机技术在我国野生动物研究与保护中的应用与前景. *生物多样性*, 22(6): 685–695.
- 李伟东, 胡凯津, 曾毅龙, 等. 2019. 利用红外相机对深圳野生兽类和鸟类多样性的调查. *兽类学报*, 39(5): 565–574.
- 马克平. 2015. 中国生物多样性编目取得重要进展. *生物多样性*, 23(2): 137–138.
- 束祖飞, 卢学理, 陈立军, 等. 2018. 利用红外相机技术对广东车八岭国家级自然保护区兽类和鸟类资源的初步调查. *兽类学报*, 38(5): 77–85.
- 唐跃琳, 陶青, 王英永. 2015. 深圳梧桐山陆生脊椎动物. 北京: 科学出版社.
- 佟富春, 杨亚婷, 任荣荣, 等. 2018. 广东青云山自然保护区地面活动鸟兽调查. *福建林业科技*, 45(4): 83–86, 115.
- 王长平, 刘雪华, 武鹏峰, 等. 2015. 应用红外相机技术研究秦岭观音山自然保护区内野猪的行为和丰富度. *兽类学报*, 35(2): 147–156.
- 王定跃. 2011. 梧桐山风景区风景林调查与规划. 深圳: 深圳报业集团出版社.
- 肖治术. 2019. 红外相机技术在我国自然保护地野生动物清查与评估中的应用. *生物多样性*, 27(3): 235–236.
- 肖治术, 李欣海, 姜广顺. 2014. 红外相机技术在我国野生动物监测研究中的应用. *生物多样性*, 22(6): 683–684.
- 肖治术, 李学友, 向左甫, 等. 2017. 中国兽类多样性监测网的建设规划与进展. *生物多样性*, 25(3): 237–245.
- 许建新, 刘永金, 王定跃, 等. 2009. 深圳梧桐山风景区主要植物群落结构特征分析. *林业调查规划*, 34(2): 29–36.
- 张礼标, 郭强, 王英永, 等. 2017. 深圳兽类物种资源调查及其影响因素分析. *兽类学报*, 37(3): 256–265.

附录 1 深圳梧桐山国家级风景名胜区内每个千米网格内记录到的兽类物种及其探测数

Appendix 1 The mammal species detected and the number of detections in each camera-trapping survey block at

Wutong Mountain National Scenic Area, Shenzhen, Guangdong Province

网格编号 No. blocks	野猪 <i>Sus scrofa</i>	豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	赤麂 <i>Muntiacus vaginalis</i>	鼬獾 <i>Melogale moschata</i>	花面狸 <i>Paguma larvata</i>	中国豪猪 <i>Hystrix hodgsoni</i>	猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	小灵猫 <i>Viverricula zibetha</i>	流浪猫 <i>Felis catus</i>	东北刺猬 <i>Erinaceus amurensis</i>	赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	鼠类 <i>Rattus sp.</i>	狗 <i>Canis lupus familiaris</i>	人类 <i>Homo sapiens</i>	工作日 Camera day
A1	6	2	8	-	1	-	-	-	5	-	-	-	-	2	143
A2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	25*
A3	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	143
B1	4	-	-	5	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	135
B2	3	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1	-	-	8	138
B3	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	138
B4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	143
B5	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	143
C1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	136
C2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150
C3	2	2	-	2	2	-	-	-	-	-	3	-	-	1	150
C4	3	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	7	138
C5	4	2	2	8	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	138
C6	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	135
D1	4	-	-	4	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	142
D2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	151
D3	3	1	-	2	2	-	-	-	-	-	1	-	-	3	150
D4	6	1	-	4	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	143
D5	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	135
D6	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	138
D7	-	1	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	138
D8	2	1	-	2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	-	140
E1	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	151
E2	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	151
E3	13	2	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	141
E4	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	141
E5	5	2	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	2	-	143
E6	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	143
E7	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	149
F1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	149
F2	-	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	150
F3	5	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	1	2	150
RAI	27.13	7.17	2.24	8.3	5.38	0.45	0.45	0.67	3.36	0.45	1.12	1.57	1.57	7.17	-

\* A2 网格由于相机被破坏, 工作日数据异常; RAI. 相对多度指数. \* The survey effort of block A2 was low due to camera failure. RAI. Relative abundance index.

附录 2 深圳梧桐山国家级风景名胜区红外相机调查中拍摄到的部分动物照片

Appendix 2 Photographs of some mammal species captured by cameras in the camera-trapping survey at Wutong Mountain National Scenic Area, Shenzhen, Guangdong Province



野猪 *Sus scrofa*



赤鹿 *Muntiacus vaginalis*



豹猫 *Prionailurus bengalensis*



鼬獾 *Melogale moschata*



花面狸 *Paguma larvata*



小灵猫 *Viverricula indica*



中国豪猪 *Hystrix hodgsoni*