基于红外相机技术的广东曲江沙溪省级自然保护区兽类资源分析*

邓 辉[1] 罗教进[2] 朱卫兵[1] 黄志文[3]
张 迪[2] 张 毅[2] 罗名步[2]
（1. 广东曲江沙溪省级自然保护区管理处，广东 韶关 528400; 2. 广州市众森林业有限公司，广东 广州 510642;
3. 广东省科学院动物研究所，广东 广州 510260）

摘要 2019年7月，使用网格法布设了11台红外相机首次对广东曲江沙溪省级自然保护区大中型兽类资源进行了调查研究，调查累计102天，累计回收1 123个相机工作日的数据，共拍摄到兽类独立有效照片数103张，鉴定出兽类3目6科9种，分别为黄腹鼬 *Mustela kathiah*、鼬獾 *Melogale moschata*、斑林狸 *Prionodon pardicolor*、豹猫 *Prionailurus bengalensis*、野猪 *Sus scrofa*、小鹿 *Muntiacus reevesi*、赤腹松鼠 *Callosciurus erythraeus*、倭花鼠 *Tamiops maritimus* 和红腿长吻松鼠 *Dremomys pyrrhomer*，其中，斑林狸和红腿长吻松鼠为沙溪自然保护区新纪录种；发现相对多度指数最高的兽类是野猪，为29.39，分布最广泛的地栖兽类是鼬獾；建立兽类累积曲线发现前31天兽类种数上升较快，后71天趋于平缓；研究进一步证实了红外相机技术可以作为保护区兽类补充调查的重要手段，可以在保护区兽类物种编目、相对多度指数、分布现状与凭证标本等收集上发挥重大作用。

关键词 沙溪自然保护区；红外相机；兽类；相对多度指数；网格占有率
中国分类号：Q958.2 **文献标志码**：A **文章编号**：2096-2053（2021）01-0057-07

Analysis of Mammal Resources in Shaxi Provincial Nature Reserve of Qujiang , Guangdong Province Using Infrared Camera Traps

DENG Hui[1] LUO Jiaojin[2] ZHU Weibing[1] HUANG Zhiwen[3]
ZHANG Di[2] ZHANG Yi[2] LUO Mingbu[2]
(1. Guangdong Qujiang Sha-xi Provincial Nature Reserve Management Office, Shaoguan, Guangdong 528400, China; 2. Guangzhou Zhong-sen Forestry Co.,Ltd,Guangzhou, Guangdong 510642, China; 3. Guangdong Applied Research Institute of Biological Resources, Guangzhou, Guangdong 510260, China）

Abstract To understand the mammal resources in Guangdong Qujiang Sha-xi Provincial Nature Reserve, we deployed 11 infrared cameras in July 2019. With an intensive survey effort of 1 123 camera-days, 103 detections of mammal, including 9 species belonging to 6 families and 3 orders were obtained. They are *Mustela kathiah*, *Melogale moschata*, *Prionodon pardicolor*, *Prionailurus bengalensis*, *Sus scrofa*, *Muntiacus reevesi*, *Callosciurus erythraeus*, *Tamiops maritimus* and *Dremomys pyrrhomer*. Among them, *P. pardicolor* and *D. pyrrhomer* were first recorded. It was found that the mammal with the highest relative abundance index was *S. scrofa* (29.39) and the most widely distributed was *M. moschata*. The establishment of the animal cumulative curve showed that the number of mammals increased rapidly in the first 31 days and tended to be smooth in the after 71 days. This study

* **第一作者**：邓辉 (1979—)，男，技术员，主要从事自然保护区管理与野生动植物保护工作，E-mail：975153009@qq.com。
通信作者：罗教进 (1996—)，男，技术员，主要从事野生动物调查与林业规划设计工作，E-mail：2545471838@qq.com。

further confirmed that the infrared camera technology can be used as an important means to supplement the survey of mammals in the reserve, it can play an important role in the collection of mammal species cataloguing, relative abundance, distribution status and voucher specimens.

Key words Sha-xi Nature Reserve; infrared camera; mammals; relative abundance index; grid occupancy

随着科技的进步，红外相机技术得以快速发展，目前已成为调查大中型兽类和地栖鸟类的一种常规手段，在自然保护区物种调查中具有重要应用价值[1]。我国也在多个领域陆续采用红外相机技术开展研究[2]。红外相机技术相对于传统野生动物调查而言，不易受天气和地形等环境因素的限制，能昼夜连续工作且无需人在场操作，并且对野生动物干扰小[3]；可获得物种真实图像，尤其能在稀有大中型兽类凭证（图片）标本的收集上发挥重大作用，如广东省的大型稀有鹿类水鹿*Cervus equinus*，以往通过传统野外调查往往难以发现实体，如束祖飞等[4]在广东车八岭的调查，但通过利用红外相机技术，肖治术等[5]近年在广东车八岭拍摄到了水鹿，获得了凭证标本。随着我国大尺度生物多样性调查网络的构建，红外相机技术在我国各类自然保护地生物多样性调查中发挥的作用必将越来越大。

沙溪自然保护区本底资源丰富，但受历史原因限制，对本底资源的调查较为缺乏，仅在2005年晋升省级自然保护区前开展过综合科学考察，有关调查文献也仅有1篇[6]，这导致沙溪自然保护区对本底资源缺乏了解，尤其是野生动物资源中的大中型兽类资源，保护区仅在2005年综合科学考察时对野生动物资源进行了综合调查，当时共调查到野生脊椎动物206种，隶属69科，26目。当时用的调查方法主要为样线法和访问法，在兽类调查中布设了一定数量的鼠夹，其中兽类调查到40种，隶属7目17科，当时通过野外调查（样线法和布置鼠夹）实地考察到的兽类一共18种，其余22种均为核对前人考察报告和收集有关资料的访问数据，而且这18种实地考察到的兽类绝大部分是小型兽类（食虫类、翼手类和啮齿类占了14种），大中型兽类仅有猪獾*Arctonyx collaris*、爪哇獴*Herpestes javanicus*、野猪*Sus scrofa*和华南兔*Lepus sinensis*为实地考察到，这使保护区对兽类本底资料尤其是大中型兽类凭证标本的收集极其缺乏，难以判断一些以往有记载的兽类现今是否仍在保护区，因此摸清沙溪自然保护区兽类资源现状显得极必要和迫切。基于此，本研究于2019年7月使用网格法布设了11台红外相机，首次对沙溪自然保护区内的大中型兽类资源进行为期100多天的基于红外相机技术的连续调查，旨在进一步摸清沙溪自然保护区兽类本底资源现状，为该保护区野生动物研究与保护提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 调查区域概况

调查区域为沙溪自然保护区（图1），位于广东省韶关市曲江区东南部，地理位置为113°39′20″~113°47′15″ E，24°32′24″~24°41′48″ N，总面积9 333.3 hm^2。保护区地势东南高西北低，最高峰仙人嶂海拔1 097 m，最低处海拔为69.1 m（水域），保护区处于中亚热带南缘，属中亚热带季风气候，年平均气温20.1℃，年降雨量为1 558 mm。保护区属森林生态系统类型保护区，是南方常绿阔叶树自然分布的重要区域之一，也是重要的水源涵养地。

1.2 调查方法

根据系统抽样调查的方法，将整个保护区划分为22个2 km × 2 km的网格，均匀地抽取其中50%的网格（11个）作为调查样区，在每个调查样区内布设1个红外相机点位，共11个（图2）。红外相机点位选择优先位于发现有动物活动痕迹的地方，未发现动物明显痕迹时，通常选择靠近水源、人为干扰少、地形平缓、植被盖度较高的地方。相机的相关参数为：设置日期时间和相机编号，拍摄模式为视频15s+连拍3张，触发时间间隔“10s”，灵敏度视光线强度设为“中”或“高”。相机的安装高度为30~120 cm，安装时将相机牢固地捆绑在树干上，相机的镜头顺着动物通道方向或成一定夹角，并清除镜头前的杂物和小灌木之类的遮挡物[7]。调查时间为2019年7月24日至2019年11月2日。每台相机连续工作24 h

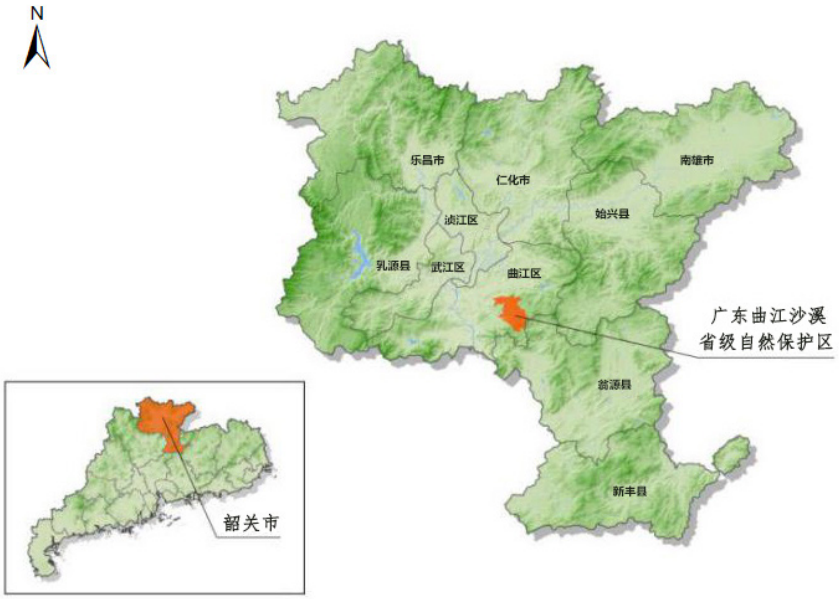


图 1 调查区域位置示意

Fig.1 Schematic view of monitoring area location

表 1 红外相机点位信息

Table 1 Position information table of infrared camera

相机编号 Camera number	经度 /° Longitude	纬度 /° Latitude	海拔 /m Altitude	相机工作日 Camera day
01	113.690 9	24.663 6	181	101
02	113.729 9	24.665 9	400	101
03	113.712 3	24.655 1	360	102
04	113.743 2	24.655 1	428	102
05	113.729 9	24.636 7	425	103
06	113.771 9	24.636 0	475	102
07	113.711 2	24.610 4	272	101
08	113.752 5	24.616 0	532	103
09	113.724 4	24.593 2	399	103
10	113.760 2	24.600 5	735	103
11	113.731 3	24.575 6	558	102

视为 1 个相机工作日。相机点位信息见表 1。

1.3　数据处理

调查人员逐张查看红外相机拍摄的所有相片与视频，依据《中国兽类野外手册》[8]、《中国哺乳动物多样性》(第 2 版)[9] 进行兽类物种鉴定。无法识别的兽类不列入数据处理统计，为避免样本重复计算，同一相机点位的相同兽类，在 30 min 以内有多次记录时，只记个体数最多的一次，为有效记录 [3,10]。

对沙溪自然保护区红外相机拍摄的兽类进行初步编目。

采用相对多度指数 (Rel-ative abundance index，

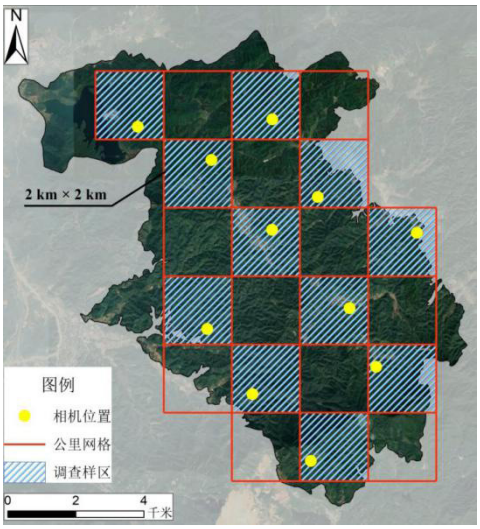


图 2 红外相机点位

Fig.2 Infrared camera site map

表 2 广东曲江沙溪省级自然保护区红外相机拍摄的兽类名录

Table 2 A list of mammals photographed by infrared camera in Shaxi provincial nature reserve, Qujiang, Guangdong province

物种名称 Species name	拍摄点位数 No. of camera stations	网格占有率 /% Grid occupancye	有效个体数 No. of effective individuals	相对多度指数 Relative abundance index	保护级别 Protection level
一、食肉目 Carnivora					
（一）鼬科 Mustelidae					
1 黄腹鼬 *M. kathiah*	1	9.09	1	0.89	LC, Ⅲ
2 鼬獾 *M. moschata*	5	45.45	19	16.92	LC
（二）灵猫科 Viverridae					
3 斑林狸 *P. pardicolor**	2	18.18	2	1.78	二 , LC, Ⅰ
（三）猫科 Felidae					
4 豹猫 *P. bengalensis*	4	36.36	9	8.01	LC, Ⅱ
二、偶蹄目 Artiodoactyla					
（四）猪科 Suidae					
5 野猪 *S. scrofa*	2	18.18	33	29.39	LC
（五）鹿科 Cervidae					
6 小麂 *M. reevesi*	1	9.09	1	0.89	LC
三、啮齿目 Rodentia					
（六）松鼠科 Sciuridae					
7 赤腹松鼠 *C.erythraeus*	5	45.45	28	24.93	LC
8 倭花鼠 *T.smaritimus*	1	9.09	2	1.78	LC
9 红腿长吻松鼠 *D. pyrrhomerus**	4	36.36	8	7.12	LC

注：*- 表示保护区新纪录种；二 - 表示国家二级重点保护野生动物；NT- 表示近危，LC - 表示无危（IUCN，2019-02）；Ⅰ / Ⅱ / Ⅲ表示 CITES（2019）附录Ⅰ / Ⅱ / Ⅲ。

Note: *indicates new record species in reserve；二 indicates national second-class protected wild animals；NT indicates near threatened,，LC indicates least con-cern（IUCN, 2019-02）；Ⅰ / Ⅱ / Ⅲ indicates CITES Appendix Ⅰ / Ⅱ / Ⅲ .

RAI) 作为评估沙溪自然保护区兽类相对种群数量的指标。计算公式为：RAI=(A_{IP} /T) × 1 000，其中，A_{IP} 为某兽类的独立有效照片数，T 为总有效相机工作日 [3,11]。

采用网格占有率 (Grid occupancy)，即某兽类被拍摄到的相机点位数占相机点位总数的百分率来评估地栖兽类分布现状 [12]。

利用 EXCEL 绘制兽类累积曲线，建立曲线的（X,Y）为（调查天数，拍摄到的兽类种数）。

2　结果与分析

2.1　兽类组成

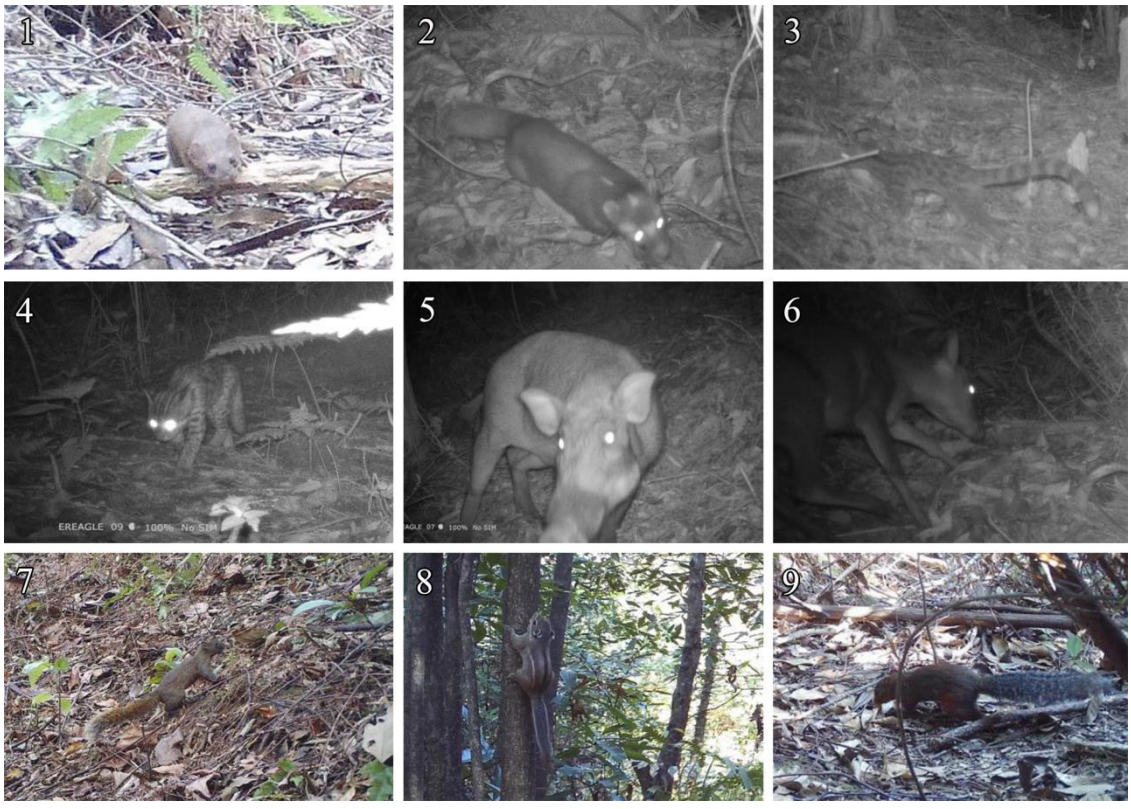
本次调查，共布设红外相机 11 台，回收红外相机 11 台，共回收 1 123 个相机工作日的数据，累计获得兽类独立有效照片数 103 张，从这些有效照片中共鉴定出兽类 9 种，其中食肉目 3 科 4 种，为黄腹鼬、鼬獾、斑林狸和豹猫；偶蹄目 2 科 2 种，为野猪和小鹿；啮齿目 1 科 3 种，为赤腹松鼠、倭花鼠和红腿长吻松鼠。其中斑林狸和红腿长吻松鼠为沙溪自然保护区兽类新记录种，斑林狸也为国家二级重点保护野生动物和 CITES 附录 I 保护野生动物（表 2、图 3）。

2.2　相对多度指数

调查到的 9 种兽类中，相对多度指数最高的是野猪（29.39），其次是赤腹松鼠（24.93），鼬獾（16.92），豹猫（8.01）、红腿长吻松鼠（7.12）；其余的兽类相对多度指数均较低。

2.3　分布现状

调查到的 9 种兽类中，有 6 种习性以地栖为主，除赤腹松鼠、倭花鼠和红腿长吻松鼠外。这 6 种兽类网格占有率最高的是鼬獾（45.45%），被 5 个相机点位拍摄到，据此评估地栖兽类中鼬獾在保护区的分布最广泛；其次是豹猫（36.36%），被 4 个相机点位拍摄到，据此评估豹猫在保护区的分布也较广泛；其余的兽类网格占有率较低，斑林狸和野猪（18.18%），各被 2 个相机点位拍摄到，据此评估这两种兽类在保护区的分布区域偏狭窄；黄腹鼬和小鹿（9.09%），仅被 1 个相机点



注：1 黄腹鼬；2 鼬獾；3 斑林狸；4 豹猫；5 野猪；6 小鹿；7 赤腹松鼠；8 倭花鼠；9 红腿长吻松鼠。
Note: 1 *M.kathiah*；2 *M. moschata*；3 *P. pardicolor*；4 *P. bengalensis*；5 *S. scrofa*r；6 *M. reevesi*；7 *C. erythraeus*；8 *T. maritimus*；9 *D. pyrrhomer.*

图 3 广东曲江沙溪省级自然保护区红外相机拍摄的兽类

Fig. 3 Mammals photographed by infrared camera in Shaxi provincial nature reserve, Qujiang, Guangdong province

表3 本次调查与2005年传统调查的兽类名录比较

Table 3 Comparison of mammal list between this survey and traditional survey in 2005

物种 Species	学名 Species name	2005年 2005 year	2005年资料来源 Sources for 2005	2019年 2019 year
中华穿山甲	*Manis pentadactyla*	√	②	
貉	*Nyctereutes procyonoides*	√	②	
黄腹鼬	*Mustela kathiah*	√	②	√
鼬獾	*Melogale moschata*	√	②	√
猪獾	*Arctonyx collaris*	√	①	
水獭	*Lutra lutra*	√	②	
大灵猫	*Viverra zibetha*	√	②	
小灵猫	*Viverricula indica*	√	②	
斑林狸	*Prionodon pardicolor*			√
果子狸	*Paguma larvata*	√	②	
爪哇獴	*Herpestes javanicus*	√	①	
豹猫	*Prionailurus bengalensis*	√	②	√
云豹	*Neofelis nebulosa*	√	②	
野猪	*Sus scrofa*	√	①	√
毛冠鹿	*Elaphoduscephalophus cephalophus*	√	②	
小麂	*Muntiacus reevesi*	√	②	√
赤麂	*Muntiacus vaginalis*	√	②	
水鹿	*Cervus equinus*	√	②	
中华鬣羚	*Capricornis milneedwardsii*	√	②	
华南兔	*Lepus sinensis*	√	①	
合计		19种		6种

注：1. 此表不包括食虫类、翼手类和啮齿类等小兽；2. 2005年调查数据按中国哺乳动物多样性2版（2017）分类系统分类；3. 资料来源：①表示调查实地观察物种；②表示访问的物种。

Note: 1. Small mammals such as Eulipotyphlas , Chiropteras, Rodentias were not included in this table；2. The survey data in 2005 was categorized according to China's mammal diversity (2nd edition) (2017)；3. Data source: ① indicates the species observed in the field survey, ② indicates the species from interview survey

位拍摄到，据此评估小鹿在保护区的分布最狭窄，然而黄腹鼬由于体型偏小，加之活动迅速及隐蔽，不能判断其在保护区分布情况，因为此次红外相机安装高度对小型地栖兽类调查的局限性较大。

2.4 兽类累积曲线

本次调查累计102天，共调查并鉴定到兽类9种，通过建立兽类累积曲线（图4），发现前31天兽类种数上升较快，调查到兽类7种，占调查到兽类总种数的77.8%，后71天变得缓慢，只增加了2种兽类，发现随着调查天数的增加，兽类数上升越趋平缓，这与章书声等[13]在乌岩岭保护区的调查结果（曲线开始上升较快，200天以后趋于平缓）较相似。

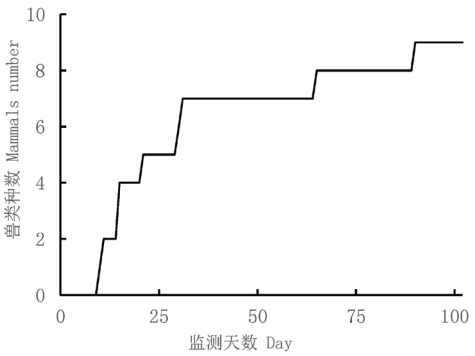


图4 广东曲江沙溪省级自然保护区红外相机监测兽类累积曲线

Fig.4 Species accumulation curve of infrared camera monitoring in Shaxi provincial nature reserve, Qujiang, Guangdong

3　结论与讨论

本次利用红外相机技术对沙溪自然保护区大中型兽类资源进行连续调查，共调查并鉴定到兽类 9 种，为沙溪自然保护区收集了相关兽类凭证标本、相对多度指数、分布现状等重要内容，为该保护区兽类本底资源现状积累了详实数据。

本次调查发现了保护区 2 种兽类新纪录：斑林狸和红腿长吻松鼠，斑林狸为典型夜行性动物，这进一步证实了红外相机技术可以很好地弥补传统调查方法对夜行性动物调查的明显不足 [14]，也进一步证实了红外相机技术能在珍稀濒危物种的重新发现和记录中发挥重要作用 [2]。

本次调查发现的 9 种兽类中，除 2 种保护区新记录，其余 7 种在保护区 2005 年综合科学考察中有记录，但这 7 种兽类中只有野猪和倭花鼠是当时实地考察到的物种，其余 5 种均是访问数据，此次通过红外相机技术获得了这些兽类的凭证标本，证实了这些物种在保护区存在，然而一些兽类在当年调查中有实地考察到，包括猪獾、爪哇穴和华南兔，此次调查中却未发现，对于这些物种是否还在保护区有待进一步研究。本次调查和 2005 年调查相比（不包括食虫类、翼手类和啮齿类等小兽），本次调查到兽类 6 种，2005 年调查到 19 种，相比显得偏少，造成这种原因可能是：1）调查计划的限制，相机调查时间为 2019 年 7 月 24 日至 2019 年 11 月 2 日，累积 102 天，缺乏一年中其它月份的数据；2）调查方法的差异，此次调查都是实地考察数据，2005 年的调查数据包括实地考察数据和访问数据，并且主要是访问数据（15 种，占 78.9%），对于一些以往通过访问数据记录的大中型食肉目和偶蹄目种类，随着栖息地受影响和食物的缺失可能已经消失了，但仍需进一步确证。

本研究得出，红外相机技术可以作为保护区兽类补充调查的重要手段，可以在保护区兽类物种编目、相对多度指数、分布现状与凭证标本等重要内容的收集上发挥重大作用；但也有突出的不足之处，即无法对空中翼手类、啮齿类和食虫类等小兽有效调查。针对本研究的这些限制和不足，对后续研究进行以下建议和展望：1）增加红外相机调查时间，相信仍有一些兽类会被调查到；2）有条件时开展红外相机技术结合样线法、翼手目网捕法、啮齿类铗日法等传统兽类调查方法，使调查涉及的兽类种类更加全面。

参考文献

[1] 和雪莲,罗康,鲁志云,等. 云南哀牢山国家级自然保护区野生鸟兽的红外相机初步调查[J]. 兽类学报, 2018, 38 (3): 318-322.

[2] 肖治术,李欣海,王学志,等. 探讨我国森林野生动物红外相机调查规范[J].生物多样性, 2014, 22 (6): 704-711.

[3] 潘秋荣,叶辉,韩婉诗,等. 利用红外相机技术对广东东源康禾省级自然保护区林下鸟兽群落组成及其特征的研究[J].林业与环境科学, 2019, 35(6): 67-73.

[4] 束祖飞,卢学理,王新财,等. 广东省水鹿的分布格局与保护对策[J]. 林业与环境科学,2016,32(1):62-65.

[5] 肖治术,陈立军,宋相金,等. 基于红外相机技术对广东车八岭国家级自然保护区大中型兽类与雉类的编目清查与评估[J].生物多样性,2019,27(3):237-242.

[6] 廖岩,陈桂珠,李庆泉,等. 广东省沙溪自然保护区植被资源与分布[J].生态科学,2006(4):346-349.

[7] 王玉玢,王军,徐婵娟. 野生动物调查中红外触发相机安装注意事项[J]. 陕西林业科技, 2013(2): 36-37.

[8] Andrew T Smith,解焱. 中国兽类野外手册[M].湖南: 教育出版社,2009.

[9] 蒋志刚, 刘少英, 吴毅, 等. 中国哺乳动物多样性[J]. 2版. 生物多样性, 2017, 25(8): 886-895.

[10] KELLY M J, HOLUB E L. Camera trapping of carni-vores: Trap success among camera types and acrossspecies, and habitat selection by species, on Salt Pondmountain, Giles County, Virginia[J]. Northeastern Natu-ralist, 2008, 15: 249-262.

[11] 李晟,王大军,卜红亮.等. 四川老河沟自然保护区兽类多样性红外相机调查[J].兽类学报, 2016, 36 (3): 282-291.

[12] 肖治术,马勇,束祖飞.等. 自然保护地野生动物及栖息地的调查与评估研究：广东车八岭国家级自然保护区案例分析[M]. 北京: 中国林业出版社,2019.

[13] 章书声,郑方东,李佳琦,等. 基于红外相机技术对乌岩岭国家级自然保护区地面鸟兽的初步调查[J].生物多样性, 2017, 25 (4): 427-429.

[14] 武鹏峰,刘雪华, 蔡琼, 等. 红外相机技术在陕西观音山自然保护区兽类调查研究中的应用[J]. 兽类学报, 2012, 32(1) : 67-71.