•生物编目•

基于红外相机技术调查佛坪国家级自然保护区兽类和鸟类多样性

马亦生^{1*} 马青青² 何念军¹ 朱大鹏¹ 赵凯辉¹
刘红彩¹ 李 帅¹ 孙 亮¹ 唐流斌¹

1 (陕西佛坪国家级自然保护区管理局, 陕西汉中 723400)

2 (陕西省渭南市农业技术推广中心, 陕西渭南 714000)

摘要: 2015年1月至2017年12月, 在陕西佛坪国家级自然保护区57条巡护样线上布设130台红外相机, 对兽类和鸟类多样性进行调查。累计相机工作日101,220天, 共捕获独立有效事件36,100次, 其中兽类独立照片30,563张, 鸟类3,244张。共记录到野生兽类6目15科29种, 相对多度较高的前5个物种依次是秦岭羚牛(*Budorcas bedfordi*, RAI = 11.53)、野猪(*Sus scrofa*, RAI = 4.80)、小鹿(*Muntiacus reevesi*, RAI = 4.35)、大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*, RAI = 1.81)和中国豪猪(*Hystrix hodgsoni*, RAI = 1.13)。共记录到鸟类8目14科54种, 相对多度最高的前5个物种依次是红腹锦鸡(*Chrysolophus pictus*, RAI = 0.97)、红腹角雉(*Tragopan temminckii*, RAI = 0.74)、紫啸鸫(*Myophonus caeruleus*, RAI = 0.51)、红嘴蓝鹊(*Urocissa erythrorhyncha*, RAI = 0.13)、黑领噪鹛(*Garrulax pectoralis*, RAI = 0.12)。保护区鸟类新记录4种, 包括白眉地鸫(*Geokichla sibirica*)、白眉鸫(*Turdus obscurus*)、长尾地鸫(*Zoothera dixonii*)和灰脸鵟鹰(*Butastur indicus*); 保护区兽类新记录1种, 为亚洲狗獾(*Meles leucurus*)。本研究利用红外相机技术客观记录了佛坪国家级自然保护区兽类和鸟类的本底情况, 不仅初步了解了保护区内的野生动物分布, 而且更新了保护区鸟类资源数据库, 为保护区未来的保护和管理提供了数据基础。

关键词: 佛坪国家级自然保护区; 红外相机技术; 兽类; 鸟类; 生物多样性

Camera-trapping survey of mammals and birds in the Foping National Nature Reserve, China

Yisheng Ma^{1*}, Qingqing Ma², Nianjun He¹, Dapeng Zhu¹, Kaihui Zhao¹, Hongcai Liu¹, Shuai Li¹, Liang Sun¹, Liubin Tang¹

1 Foping National Nature Reserve Administration, Hanzhong, Shaanxi 723400

2 Weinan Agricultural Technology Extension Center, Weinan, Shaanxi 714000

Abstract: From January 2015 to December 2017, 130 camera traps were installed on 57 transects to investigate mammals and avian diversity in the Foping National Nature Reserve, Shaanxi Province. After an extensive survey effort of 101,220 camera-days, we recorded 36,100 independent images including 30,563 of mammals and 3,244 of birds. We recorded 29 wild mammal species belonging to 15 families and 6 orders. The 5 most detected mammal species were *Budorcas bedfordi* (RAI = 11.53), *Sus scrofa* (RAI = 4.80), *Muntiacus reevesi* (RAI = 4.35), *Ailuropoda melanoleuca* (RAI = 1.81) and *Hystrix hodgsoni* (RAI = 1.13). A total of 54 wild bird species belonging to 14 families and 8 orders were identified, and the 5 most detected birds were *Chrysolophus pictus* (RAI = 0.97), *Tragopan temminckii* (RAI = 0.74), *Myophonus caeruleus* (RAI = 0.51), *Urocissa erythrorhyncha* (RAI = 0.13) and *Garrulax pectoralis* (RAI = 0.12). We recorded four new bird and one new mammal species in the Foping National Nature Reserve, including *Geokichla sibirica*, *Turdus obscurus*, *Zoothera dixonii*, *Butastur indicus* and *Meles leucurus*. Our results provide basic information on the community structure, spatial distribution and relative abundance of terrestrial wild mammals and birds in the Foping National Nature Reserve, with guidelines for reserve management and

收稿日期: 2019-08-01; 接受日期: 2019-12-08

基金项目: 大熊猫国际合作资金项目(SG1405)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: mystnr@163.com

long-term monitoring of Foping.

Key words: Foping National Nature Reserve; camera-trapping; mammal; bird; biodiversity

陕西佛坪国家级自然保护区(以下简称佛坪保护区)位于陕西秦岭中段南麓佛坪县境内,地理坐标为107°41′–107°55′ E, 33°33′–33°46′ N, 1978年12月经国务院批准建立,是以保护大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)和森林生态系统为主的国家级自然保护区,是秦岭地区生物多样性最为丰富的区域。区内最低海拔980 m,最高海拔2,904 m,总面积292.40 km²,森林覆盖率98.5%,属于北亚热带向暖温带过渡的山地气候。保护区内共设西河、三官庙、凉风垭、大古坪、岳坝及龙潭子6个保护站,其中西河保护站和三官庙保护站管辖片区为保护区的核心区和主要功能实验区。

区内动植物资源丰富,珍稀濒危动物种类繁多,有陆生脊椎动物32目101科452种(刘新玉等, 2017)。其中兽类7目26科73种,国家I级重点保护野生动物有大熊猫、川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)、秦岭羚牛(*Budorcas bedfordi*)、林麝(*Moschus berezovskii*)、金钱豹(*Panthera pardus*) 5种;国家II级重点保护野生动物有黑熊(*Ursus thibeanus*)、金猫(*Catopuma temminckii*)、中华斑羚(*Naemorhedus griseus*)、中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)等9种。鸟类17目54科316种,其中金雕(*Aquila chrysaetos*)、朱鹮(*Nipponia nippon*)、中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*) 3种为国家I级重点保护野生动物,红隼(*Falco tinnunculus*)、赤腹鹰(*Accipiter soloensis*)、红腹锦鸡(*Chrysolophus pictus*)、红腹角雉(*Tragopan temminckii*)、血雉(*Ithaginis cruentus*)等34种为国家II级重点保护野生动物。然而,调查仅有名录,很难真实反映保护区内现有物种分布状况。

红外相机技术是调查自然保护区兽类和鸟类多样性的一种有效方法,特别适用于大中型地栖兽类和鸟类(周文良等, 2014; 李晟等, 2016; 李佳等, 2018)。佛坪是国内最早一批引入红外相机对野生动物进行研究的保护区之一,关于佛坪及其周边区域红外相机研究的报道也非常多(武鹏峰等, 2012; 何百锁等, 2016; 刘小斌等, 2017)。然而,一直以来还未有利用红外相机对佛坪保护区野生动物多样性研究的报道。因此,本研究在佛坪保护区的全境内

布设红外相机,对兽类和鸟类进行全面调查,以期掌握重要物种的最新种群状况,为保护区野生动物资源保护管理和监测工作提供基础资料。

1 研究方法

1.1 红外相机布设

2015年1月至2017年12月,根据保护区功能区划分并结合地形地貌特征,在全区61条巡护样线中的57条上布设了130台红外相机(型号为Ltl-6210MC),相机布设重点针对大熊猫分布特点并兼顾覆盖全境(图1,附录1)。相机安装海拔最低1,166 m,最高2,787 m,主要布设在动物活动的通道、水塘等附近的活树干上,安装高度50–120 cm。每条样线上至少安装2台红外相机,间距500 m以上。相机安装好后,记录安装的日期、时间、相机编号、GPS位点、海拔、坡度、坡向、距水源距离、植被状况等信息。

红外相机设置为拍照+摄像模式,先连拍3张照片,然后摄像15–20 s,触发间隔时间0 s,全天24 h拍照,照片大小12 M,视频规格1,080 p。每3–4个月更换1次电池并回收照片和视频数据。

1.2 数据处理和分析

将拍摄的照片和视频数据下载到计算机,利用Bio-Photo (V2.0)软件对拍摄照片进行分析,生成Excel文件。浏览照片和视频,进行判读与物种鉴定,填写表格中的各列信息。兽类物种的鉴定参考《中国兽类野外手册》(Smith和解焱, 2000),《中国哺乳动物多样性(第2版)》(蒋志刚等, 2017),而鸟类物种的鉴定参考《中国鸟类野外手册》(约翰·马敬能等, 2000)和《中国鸟类分类与分布名录(第3版)》(郑光美, 2017)。同一只(群)动物在相机前持续活动时,记录第一次拍摄照片或视频作为“独立捕获首张”,在此列入“1”,即为有效捕获照片,其余记录条目中此列保留空白。同一种动物多次被相机捕获的时间间隔若小于30 min,则作为1次捕获事件;如时间间隔大于30 min,则记录为2次独立捕获事件。

利用Excel 2010对兽类和鸟类物种有效捕获照片数量进行统计分析,分别计算兽类和鸟类物种的

图1 佛坪国家级自然保护区红外相机布设位点示意图

Fig. 1 Location of camera-trapping stations in Foping National Nature Reserve

相对多度指数(relative abundance index, RAI)。RAI = $T_i \times 100 / N$ 。其中, T_i 表示*i*物种出现的独立捕获次数, N 为总的相机工作日, 即全部位点上红外相机工作日的总和。

2 研究结果

红外相机累计工作101,220 d, 共捕获独立有效事件36,100次(照片 + 视频), 其中野生兽类独立照片30,563张, 家畜227张, 野生鸟类3,244张, 巡护监测人员1,762张, 科研人员163张, 其他人类干扰活动141张。

2.1 兽类

共鉴定出野生兽类6目15科29种(附录2), 其中灵长目1科1种, 啮齿目3科7种, 偶蹄目4科7种, 食肉目5科12种, 劳亚食虫目1科1种, 翼手目1科1种。其中, 没有鉴定到种的小型啮齿目动物鼠科有效独立照片28张, 没有鉴定到种的翼手目动物有效独立照片20张。在所有记录到的野生兽类中, 国家Ⅰ级重点保护野生动物5种, 分别是大熊猫、川金丝猴、秦

岭羚牛、金钱豹、林麝; 国家Ⅱ级重点保护野生动物6种, 分别是中华斑羚、中华鬣羚、金猫、黑熊、黄喉貂(*Martes flavigula*)、水獭(*Lutra lutra*)。IUCN红色名录(<https://www.iucnredlist.org>)中, 列为濒危(EN)的有川金丝猴、林麝2种; 列为易危(VU)的有大熊猫、秦岭羚牛、金钱豹、中华斑羚、黑熊、猪獾(*Arctonyx collaris*) 6种; 列为近危(NT)的有金猫、中华鬣羚、水獭、毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)和复齿鼯鼠(*Trogopterus xanthipes*) 5种。佛坪保护区新记录1种, 即亚洲狗獾(*Meles leucurus*)。RAI较高的前5个物种依次是秦岭羚牛(RAI = 11.53)、野猪(*Sus scrofa*, RAI = 4.80)、小鹿(*Muntiacus reevesi*, RAI = 4.35)、大熊猫(RAI = 1.81)、中国豪猪(*Hystrix hodgsoni*, RAI = 1.13)。

大熊猫、秦岭羚牛等为佛坪保护区的主要保护对象, 全域分布, 且在白天和晚上均有活动(附录3), 川金丝猴仅见白天活动。金钱豹主要分布在三官庙和西河的无人区, 19次在山脊和沟谷记录到其白天和晚上的活动影像。金猫为偶见物种, 3年来仅在西

河记录到2次夜晚的活动影像。黑熊为常见种, 全域分布, 相对多度居于第13位。黄喉貂和豹猫也是全域分布物种, 相对多度居于第7、8位, 白天夜晚都有活动。花面狸(*Paguma larvata*)主要分布在中低山地区, 为夜行性动物(附录3)。其他食肉目动物还有亚洲狗獾(附录3)、黄鼬(*Mustela sibirica*)、水獭、鼬獾(*Melogale moschata*)、猪獾5种。保护区内记录到7种偶蹄目食草动物, 即秦岭羚牛、中华鬣羚、中华斑羚、林麝、毛冠鹿、小鹿、野猪(附录3), 它们均为全域分布动物。

2.2 鸟类

共鉴定出鸟类8目14科54种(附录2)。其中, 鸡形目1科5种, 鸽形目1科1种, 夜鹰目1科1种, 鹰形目1科10种, 鸮形目1科6种, 啄木鸟目1科4种, 隼形目1科1种, 雀形目7科26种。在所有记录到的野生鸟类中, 国家I级重点保护鸟类1种, 即金雕; 国家II级重点保护鸟类有红腹角雉、红腹锦鸡、血雉、勺鸡(*Pucrasia macrolopha*)(附录3)、红隼等20种。佛坪保护区新记录4种, 即白眉地鸫(*Geokichla sibirica*)、白眉鸫(*Turdus obscurus*)、长尾地鸫(*Zoothera dixonii*)和灰脸鵟鹰(*Butastur indicus*)。RAI最高的前5个物种依次是红腹锦鸡(RAI = 0.97)、红腹角雉(RAI = 0.74)、紫啸鸫(*Myophonus caeruleus*, RAI = 0.51)、红嘴蓝鹊(*Urocissa erythroryncha*, RAI = 0.13)、黑颈噪鹛(*Garrulax pectoralis*, RAI = 0.12)。

3 讨论

经过连续3年的红外相机监测, 在佛坪保护区共记录到兽类29种, 鸟类54种, 分别占佛坪保护区已有记录的39.72%和17.0%。其中, 共拍摄到6种国家I级重点保护野生动物, 占已有分布记录的75%; 拍摄到国家II级重点保护野生动物26种, 占已有分布记录的57.78% (刘新玉等, 2017)。佛坪保护区的历史本底名录中, 共记录有食肉目动物18种, 灵长目1种, 偶蹄目7种, 鸡形目7种(刘新玉等, 2017)。本次红外相机拍摄到12种食肉目动物, 包括金钱豹和金猫, 为研究该区域食物链顶端物种种群变化和种群间关系提供了珍贵资料。但是, 目前没有记录到赤狐(*Vulpes vulpes*)、狼(*Canis lupus*)、豺(*Cuon alpinus*)、貉(*Nyctereutes procyonoides*)、小熊猫(*Ailurus fulgens*)、大灵猫(*Viverra zibetha*)和黄腹鼬

(*Mustela kathiah*)等7种动物。赤狐、狼、豺、貉和大灵猫5种动物数量极少, 它们的分布与种群情况还需进一步监测确认; 小熊猫在秦岭地区是否有分布存在争议; 野外能够发现黄腹鼬活动踪迹, 但本次红外相机监测未拍摄到。鸡形目动物中, 本次记录了红腹角雉、红腹锦鸡、血雉、勺鸡和灰胸竹鸡(*Bambusicola thoracicus*) 5种, 但仍有3种没有拍摄到。其中白冠长尾雉(*Syrnaticus reevesii*)分布于保护区东部龙潭子与社区交界的边缘地带, 数量很少; 环颈雉(*Phasianus colchicus*)分布于较低海拔的农林交错地带; 石鸡(*Alectoris chukar*)分布在低山区。在野外监测中常常能够发现这3种雉类的活动痕迹, 但在这些地方没有安装红外相机。佛坪保护区还应增加红外相机数量, 调整相机布设位置, 利用红外相机技术长期监测来确定物种是否存在及其种群动态情况。

红外相机技术对于多数活动于林冠层的小型鸟类调查存在一定困难。对鼠、松鼠等小型啮齿目和蝙蝠等翼手目动物来说, 拍摄的大部分照片为夜间照片, 由于体型较小, 外形相似, 无法利用照片和视频进行物种鉴定, 这也是红外相机的局限性之一(刘芳等, 2012; 李晟等, 2016; 李佳等, 2018)。

本研究利用红外相机技术客观记录和丰富了佛坪保护区兽类和鸟类的本底情况, 但是野生动物本底数据资料的积累和数据库完善是一个长期的过程, 佛坪保护区还需要加强和完善红外相机调查监测, 以获得更多有价值的监测数据, 为保护管理提供重要参考依据。

致谢: 本研究得到佛坪国家级自然保护区基层保护站工作人员的大力支持, 熊柏泉、何义文、王小林、宋日彦、范定刚、李吉玉等参加了部分野外工作, 中国科学院动物研究所聂永刚副研究员、周文良博士提供了技术帮助和指导。国家林业局野生动植物保护与自然保护管理司给予支持和指导, 在此表示最诚挚的感谢。

参考文献

- He BS, Sun RQ, Chen P, Dong W, Wang J, Wang DJ, Li S (2016) Baseline survey of mammal and bird diversity using camera-trapping in the Changqing National Nature Reserve

of Shaanxi Province. *Acta Theriologica Sinica*, 36, 348–356. (in Chinese with English abstract) [何百锁, 孙瑞谦, 陈鹏, 董伟, 王军, 王大军, 李晟 (2016) 基于红外相机技术调查长青国家级自然保护区兽类和鸟类多样性. 兽类学报, 36, 348–356.]

Jiang ZG, Liu SY, Wu Y, Jiang XL, Zhou KY (2017) China's mammal diversity (2nd edition). *Biodiversity Science*, 25, 886–895. (in Chinese with English abstract) [蒋志刚, 刘少英, 吴毅, 蒋学龙, 周开亚 (2017) 中国哺乳动物多样性 (第2版). 生物多样性, 25, 886–895.]

Li J, Liu F, Ye LX, Liu SL, Peng H, Li DQ (2018) Camera trapping survey of the diversity of mammals and birds in Fengyang Mountain of Zhejiang Province, China. *Acta Theriologica Sinica*, 38, 95–103. (in Chinese with English abstract) [李佳, 刘芳, 叶立新, 刘胜龙, 彭辉, 李迪强 (2018) 利用红外相机调查浙江省凤阳山兽类和鸟类多样性. 兽类学报, 38, 95–103.]

Li S, Wang DJ, Bu HL, Liu XG, Jin T (2016) Camera-trapping survey on the mammal diversity of the Laohegou Nature Reserve, Sichuan Province. *Acta Theriologica Sinica*, 26, 282–291. (in Chinese with English abstract) [李晟, 王大军, 卜红亮, 刘小庚, 靳彤 (2016) 四川老河沟自然保护区兽类多样性红外相机调查. 兽类学报, 26, 282–291.]

Liu F, Li DQ, Wu JG (2012) Using infrared camera to survey wildlife in Beijing Songshan National Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 32, 730–739. (in Chinese with English abstract) [刘芳, 李迪强, 吴记贵 (2012) 利用红外相机调查北京松山国家级自然保护区的野生动物物种. 生态学报, 32, 730–739.]

Liu XB, Wei W, Zheng XG, Zhao KH, He SW, Zhou WL (2017) Activity rhythms of golden pheasant (*Chrysolophus pictus*) and Satyr tragopan (*Tragopan temminckii*) revealed by infrared-triggered cameras. *Chinese Journal of Zoology*, 52, 194–202. (in Chinese with English abstract) [刘小斌, 韦伟, 郑筱光, 赵凯辉, 何少文, 周文良 (2017) 红腹锦鸡和红腹角雉活动节律——基于红外相机监测数据. 动物学杂志, 52, 194–202.]

物学杂志, 52, 194–202.]

Liu XY, Dang KL, Ma YS (2017) Biodiversity of Foping National Nature Reserve and Habitat of Giant Panda in Shaanxi. Northwest A & F University Press, Yangling. (in Chinese) [刘新玉, 党坤良, 马亦生 (2017) 陕西佛坪国家级自然保护区生物多样性与大熊猫栖息地研究. 西北农林科技大学出版社, 杨凌.]

MacKinnon J, Phillipps K, He FQ (2000) A Field Guide to the Birds of China. Hunan Education Publishing House, Changsha. (in Chinese) [约翰·马敬能, 卡伦·菲利普斯, 何芬奇 (2000) 中国鸟类野外手册. 湖南教育出版社, 长沙.]

Smith AT, Xie Y (2000) A Guide to the Mammals of China. Hunan Education Publishing House, Changsha. (in Chinese) [Smith AT, 解焱 (2000) 中国兽类野外手册. 湖南教育出版社, 长沙.]

Wu PF, Liu XH, Cai Q, He XB, Songer M, Zhu Y, Shao XM (2012) The application of infrared camera in mammal research in Guanyinshan Nature Reserve, Shaanxi. *Acta Theriologica Sinica*, 32, 67–71. (in Chinese with English abstract) [武鹏峰, 刘雪华, 蔡琼, 何祥博, Songer M, 朱云, 邵小明 (2012) 红外相机技术在陕西观音山自然保护区兽类监测研究中的应用. 兽类学报, 32, 67–71.]

Zheng GM (2017) A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China, 3rd edn. Science Press, Beijing. (in Chinese) [郑光美 (2017) 中国鸟类分类与分布名录(第3版). 科学出版社, 北京.]

Zhou WL, Pan T, Li B, Chen JY, Song T, Peng ZJ, Zhang GC, Pu FG, Zhang BW (2014) Camera trapping survey of mammals and birds in Tianma National Nature Reserve, China. *Biodiversity Science*, 22, 776–778. (in Chinese) [周文良, 潘涛, 李斌, 陈锦云, 宋涛, 彭昭杰, 张国晨, 蒲发光, 张保卫 (2014) 利用红外相机对安徽天马国家级自然保护区鸟兽的初步调查. 生物多样性, 22, 776–778.]

(责任编辑: 李晟 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 佛坪国家级自然保护区红外相机布设位点

Appendix 1 Location of infrared camera traps in Foping National Nature Reserve
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019240-1.pdf>

附录2 佛坪国家级自然保护区红外相机监测所获得的兽类和鸟类记录

Appendix 2 Mammals and birds recorded by camera traps in Foping National Nature Reserve
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019240-2.pdf>

附录3 红外相机拍摄到的部分重要物种图像

Appendix 3 Photographs of some important species captured by camera traps
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019240-3.pdf>