

研究报告

DOI:10.14188/j.ajsh.20241205001

基于红外相机调查云南博吉金国家森林公园及其周边
地栖鸟兽多样性韩克国^{1,2,3}, 张家扬², 余金辉³, 布超³, 王光正⁴, 李军杰^{1*}

- (1. 大理大学 东喜玛拉雅研究院, 云南 大理 671003;
2. 西南林业大学 云南省高校极小种群野生动物保育重点实验室, 云南 昆明 650224;
3. 云南文山国家级自然保护区管护局, 云南 文山 663000;
4. 麻栗坡马关老君山省级自然保护区管护局, 云南 文山 663099)

摘要: 2023-06-29—2024-07-19, 在云南博吉金国家森林公园及其周边区域布设 17 台红外相机, 开展地栖鸟兽多样性调查。调查累计 4 370 个相机工作日, 获得照片 13 810 张, 独立照片数为 1 027 张, 鉴定出鸟兽 31 种, 其中鸟类 4 目 6 科 13 种, 兽类 5 目 10 科 18 种。国家一级重点保护野生动物有黑颈长尾雉(*Syrmaticus humiae*) 1 种, 国家二级重点保护野生动物 10 种。被列入濒危野生动植物种国际贸易公约(Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES)附录 I 的有 2 种, 列入附录 II 的有 6 种; 被世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)列为易危的有林沙锥(*Gallinago nemoricola*) 1 种, 列为近危的有熊猴(*Macaca assamensis*) 和 黑颈长尾雉 2 种; 被中国脊椎动物红色名录列为濒危的有纹鼬(*Mustela strigidorsa*) 1 种, 易危的有 5 种, 近危的 9 种。相对多度指数(R)和相机位点出现率(T)较高的兽类为野猪(*Sus scrofa*, $R=5.86$, $T=57.14$)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*, $R=3.20$, $T=78.57$)、猕猴(*Macaca mulatta*, $R=2.63$, $T=85.71$)、花面狸(*Paguma larvata*, $R=1.64$, $T=64.29$) 和 鼬獾(*Melogale moschata*, $R=1.53$, $T=50.00$), 鸟类为白鹇(*Lophura nycthemera*, $R=2.22$, $T=78.57$)。这 6 个优势种与人为干扰日活动节律均存在显著差异($P<0.01$), 除夜行性的花面狸和鼬獾外, 其余 4 种昼行性物种与人为干扰重叠度较高($\Delta\geq 0.70$), 表现为错峰活动。建议加强对该公园鸟兽多样性的关注和监测; 发展旅游业时兼顾社区福利, 引导居民转变生活生产方式, 减少对自然资源的依赖; 加强人类活动管控。

关键词: 云南博吉金国家森林公园; 多样性; 地栖鸟兽; 活动节律

中图分类号: Q958

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2025)02-0156-09

Investigation of diversity of terrestrial birds and mammals in Yunnan Bojijin
National Forest Park and its surrounding areas based on infrared camerasHan Keguo^{1,2,3}, Zhang Jiayang², Yu Jinhui³, Bu Chao³, Wang Guangzheng⁴, Li Junjie^{1*}

- (1. Institute of Eastern-Himalaya Biodiversity Research, Dali University, Dali 671003, Yunnan, China;
2. Key Laboratory of Conservation of Extremely Small Population Wildlife in Yunnan Province, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China;
3. National Nature Reserve Management and Protection Bureau in Wenshan, Yunnan, Wenshan 663000, Yunnan, China;
4. Provincial Nature Reserve Management and Protection Bureau of Laojunshan in Malipo, Wenshan 663099, Yunnan, China)

收稿日期: 2024-12-05 修回日期: 2025-03-03 接受日期: 2025-03-13

作者简介: 韩克国(1991-), 男, 硕士, 主要从事森林资源管理及动物多样性研究, E-mail: 1216626902@qq.com

* 通讯联系人: 李军杰(2001-), 男, 硕士, 研究实习生, 主要从事动物生态学研究, E-mail: Li-JunJie77@outlook.com

基金项目: 云南省重点保护有蹄类动物调查和监测项目(2023GS109D-05); 滇西北生物多样性保护区域肖氏乌叶猴和中缅灰叶猴等重点灵长类调查监测项目

引用格式: 韩克国, 张家扬, 余金辉, 等. 基于红外相机调查云南博吉金国家森林公园及其周边地栖鸟兽多样性[J]. 生物资源, 2025, 47(2): 156-164.

Han Keguo, Zhang Jiayang, Yu Jinhui, et al. Investigation of diversity of terrestrial birds and mammals in Yunnan Bojijin National Forest Park and its surrounding areas based on infrared cameras [J]. Biotic Resources, 2025, 47(2): 156-164.

Abstract: From June 29, 2023 to July 19, 2024, 17 camera traps were set up in Yunnan Bojijin National Forest Park and its surrounding areas to conduct a survey on the diversity of birds and mammals. During the survey, the camera worked for a total of 4 370 days, 13 810 photos were taken, of which 1 027 were independent photos. 31 species of birds and mammals were identified from these photos, including 13 species of birds belonging to 4 orders and 6 families, and 18 species of mammals belonging to 5 orders and 10 families. There is one national first class protected wild animal (*Syrmaticus humiae*) and 10 species of national second class protected wild animals. Two species are listed in Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) Appendix I, and 6 species are listed in Appendix II. 1 species, *Gallinago nemoricola*, is listed as vulnerable (VU) by International Union for Conservation of Nature (IUCN), and 2 species, *Macaca assamensis* and the *Syrmaticus humia*, are listed as near threatened (NT). 1 species, *Mustela strigidorsa*, is listed as endangered (EN) in Red List of China's Vertebrates, 5 species are listed as VU, and 9 species are listed as NT. Mammals with high relative abundance index values (R) and high trap occupancy values (T) are *Sus scrofa* ($R=5.86, T=57.14$), *Callosciurus erythraeus* ($R=3.20, T=78.57$), *Macaca mulatta* ($R=2.63, T=85.71$), *Paguma larvata* ($R=1.64, T=64.29$) and *Melogale moschata* ($R=1.53, T=50.00$). Among the birds, *Lophura nycthemera* ($R=2.22, T=78.57$) has a high relative abundance index and a high trap occupancy. There are significant differences in the daily activity rhythms between these six dominant species and human disturbance ($p<0.01$). Except for the nocturnal *Paguma larvata* and *Melogale moschata*, the other 4 diurnal species have a high overlap ($\Delta \geq 0.70$) with human disturbance, showing activity at staggered times. The suggestions are as follows: enhance attention to and monitoring of the diversity of birds and mammals in the park; take into account social welfare when developing tourism, and guide locals transform their living and production patterns to reduce their reliance on natural resources; strengthen the management of human activities.

Key words: Yunnan Bojijin National Forest Park; diversity; terrestrial bird and mammal; activity rhythm

0 引言

野生动物作为生态系统研究以及保护管理工作关切的生物群体,对人类的可持续发展意义非凡^[1]。然而,目前人类活动所引发的强烈干扰,叠加全球气候变化的影响,让野生动物的生存面临着前所未有的压力^[1]。因此,开展野生动物种群及其多样性的监测工作尤为重要。通过调查和长期监测,能够掌握生物多样性的演变情况,了解其发展轨迹,进而为自然资源的科学保护提供指导^[2-3]。

云南博吉金国家森林公园(简称博吉金森林公园)生态地位重要、资源丰富,但也面临发展困境,亟待对其野生动物开展系统调查。博吉金森林公园于2017年经国家林业和草原局批复成立,由博吉金片区和坝美片区组成^[4]。公园地处文山州广南县,县域内喀斯特地貌广布,全县23.81%面积的区域均有石漠化问题,生态环境脆弱^[5-6]。同时,博吉金森林公园是珠江流域的发源地之一,对保障中国南方城市群的供水安全起着关键的支撑作用,是珠江源头不可缺少的生态安全屏障。此外,该区域毗邻全球生物多样热点区域之一的印缅(Indo-Burma)区^[7],动植物资源十分丰富。前期初步统计数据显示,区域内共有5个植被型、7个植被亚型和13个群系,野生维管束植物有179科630属1112种,野生脊

椎动物有182种,其中,国家一级重点保护植物2种、国家二级重点保护植物7种,国家二级重点保护野生动物14种^[4]。然而,该区域也被作为重要旅游资源进行开发,以支撑周边社区的经济发展^[8],在保护生物多样性、筑牢生态安全屏障的同时,也面临着巨大的经济发展压力和严重的人为干扰。因此,有必要对该区域的野生动物开展系统调查,从而为其可持续发展政策的制定提供数据支撑。

为此,2023-06-29—2024-07-19,本研究使用红外相机技术对博吉金森林公园及其周边区域的地栖鸟兽多样性开展系统调查,收集具有时效性、连续性和真实性的数据^[9],旨在掌握区域内地栖鸟兽物种多样性,评估区域内人为活动对优势物种日活动节律的影响,以期为博吉金森林公园管理及物种保护提供科学参考,以及为非保护区野生动物多样性监测和保护提供数据支撑。

1 研究区域概况

博吉金森林公园位于滇东南文山州广南县西北部,其中,博吉金片区位于者兔、者太、底圩3个乡的接合部($24^{\circ}09'27''N \sim 24^{\circ}14'05''N$, $104^{\circ}42'42''E \sim 104^{\circ}45'51''E$),面积为1603.82 hm^2 ,海拔1346~1933 m;坝美片区位于阿科乡和八达乡交界处($24^{\circ}16'18''N \sim 24^{\circ}20'09''N$, $105^{\circ}00'38''E \sim 105^{\circ}04'08''E$),

面积 2 066.03 hm²,海拔 790~1 276 m。博吉金片区作为珠江流域的重要发源地之一,存留大面积原始半湿性常绿阔叶林,林中生长着伯乐树、云南拟单性木兰等古树;坝美片区以熔岩河道为主,先后 2 次伏入地下转为地下河,2 次出露地表转为地表河,与《桃花源记》有异曲同工之妙。博吉金森林公园地处中亚热带低纬高原季风气候区,气温垂直变化明显,月均温度在 14.5℃~18.5℃间,年降水量为 1 150~1 300 mm,年均相对湿度为 79%~85%,年日照时数为 1 843.9 h。植被类型以典型湿性常绿阔叶林、半湿润常绿阔叶林为主,植被覆盖率达 85.02%^[8]。

2 研究方法

2.1 调查方法

2023-06-29—2023-06-30,根据广南县森林资源分布情况,选取博吉金森林公园坝美片区外围坝边村后山公益林区和广南者兔乡九龙山区域作为调查区,结合当地地形、坡度、坡向、水源、植被类型等分布情况并考虑人力可达性,选取人类活动痕迹相对较少、动物经常出没(有粪便、足迹、巢穴、饮水点、食痕等)且比较隐蔽的区域,布设 17 台红外相机,见图 1,为避免重复记录,考虑动物活动习性,保证相邻相机直线间隔距离大于 500 m^[10-11]。相机安装过程中清除拍摄区域灌木杂草,减少误拍率;根据动物痕迹和场景选择合适的相机安装高度,安装高度范围为 0.5~1.2 m;适当调整拍摄方向和仰俯角,避免阳光直射^[10-11]。完整记录每台相机的位点信息

(相机编号、经纬度、海拔、坡度、坡位、坡向)。相机设置为连拍 3 张+10 s 视频模式,不间断感应拍摄。每隔 3~4 个月更换电池和存储卡,并清除视野中的杂草,2024 年 7 月回收所有相机。

2.2 数据分析

数据回收后,使用 Bio-Photo V2.1 软件提取每台相机所拍摄照片的信息(位点编号、拍摄时间等),并生成 Excel 表格,鉴定每张照片所拍摄到的物种,鉴定后在信息表内完善照片对应的物种信息,包括物种名、数量等。参考《中国鸟类观察手册》^[12]鉴定鸟类物种,参考《中国鸟类分类与分布名录:第 4 版》^[13]确定物种名规范;参考《中国哺乳动物图鉴》^[14]鉴定兽类,参考中国兽类名录(2024 版)^[15]确定物种名规范。参照濒危野生动植物种国际贸易公约(Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES)附录^[16]和国家重点保护野生动物名录^[17]确定物种保护级别,参考世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)物种红色名录^[18]和中国脊椎动物红色名录^[19]确定濒危等级。

每台相机连续工作 24 h 视为 1 个有效工作日,将每台相机在 30 min 内拍摄到的同一物种定义为 1 次独立照片,30 min 以内的照片含有不同种或能够辨同种不同个体的也记为独立照片^[20]。基于相机有效工作日分别计算已鉴定出的鸟、兽物种稀疏化曲线及其外推值,以此判断取样强度,使用 R 软件中的 iNEXT 包完成稀疏化曲线的相关计算^[21]。

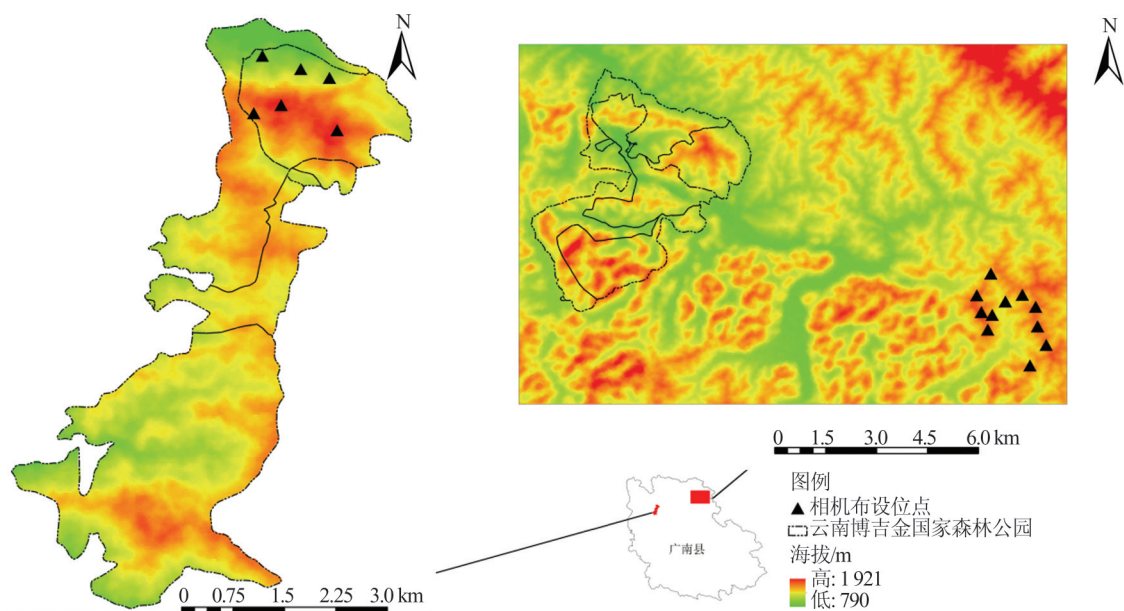


图 1 博吉金森林公园红外相机布设位点

Figure 1 Camera trap placement sites in Bojijin Forest Park

用相对多度指数评估物种相对种群数量^[20], 计算公式如下:

$$R = \frac{A_i}{N} \times 100\% \quad (1)$$

式中, R 表示相对多度指数; A_i 表示物种 i 的独立照片数; N 表示总的相机工作日。

使用物种的相机位点出现率反映不同物种的分布或活动范围大小^[22], 计算公式如下:

$$T = \frac{C_i}{S} \times 100\% \quad (2)$$

式中, T 表示相机位点出现率; C_i 表示调查期间拍摄到物种 i 的红外相机位点数; S 表示调查期间所有正常工作的红外相机位点数。

为了解博吉金森林公园内优势兽类和鸟类的物种活动节律及人为干扰(人类活动、家畜)对其的影响, 挑选出独立照片数大于 60 的野生动物, 基于核密度估计算法对其进行日活动节律分析。将独立照片时间转化为弧度数据, 使用 R 软件中 `overlap` 包的 `densityPlot()` 函数绘制不同野生动物与人为干扰的核密度曲线图, 用 `overlapEst()` 函数估计不同野生动物与人为干扰的重叠系数(Δ), 当样本量小于 75 时, 使用 Δ_1 , 当样本量大于 75 时, 使用 Δ_4 ^[23]。为了检验野生动物与人为干扰间的日活动节律是否存在显著差异, 使用 `activity` 包的 `compareCkern()` 函数, 用 Wald test 进行 1 000 次迭代循环概率检验, 差异水平设置为 $P < 0.05$ ^[24]。

3 结 果

3.1 相机工作情况

本次调查共收回 15 台红外相机, 累计 4 370 个相机工作日, 获取照片 13 810 张, 总独立照片数为 1 027, 其中鸟类 123 张, 兽类 694 张, 人为干扰 210 张(人类活动 58 张、家牛 145 张、家羊 1 张、家狗 6 张)。博吉金森林公园鸟兽物种稀疏曲线见图 2。通过为期 1 年的红外相机监测, 基本掌握了博吉金森林公园及周边的大部分地栖性鸟兽多样性情况。鸟类稀疏化曲线在整个调查过程中缓慢增长, 逐渐趋于饱和; 兽类在 500 个相机工作日前快速增长, 2 000 个工作日后缓慢增长, 外推值仍有增长趋势; 鸟兽整体暂未趋于饱和, 主要是兽类增长所致。

3.2 物种多样性

本次调查共鉴定出鸟兽 9 目 16 科 31 种, 其中鸟类 4 目 6 科 13 种, 兽类 5 目 10 科 18 种, 详见附录 1。国家一级重点保护野生动物 1 种, 即黑颈长尾雉(*Syrmaticus humiae*), 国家二级重点保护野生动物 10 种, 分别是猕猴(*Macaca mulatta*)、熊猴(*Macaca*

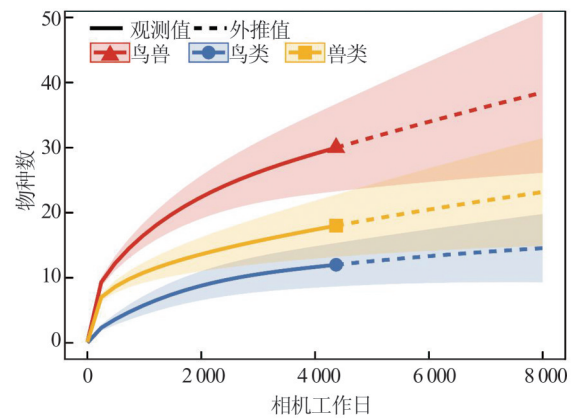


图2 博吉金森林公园鸟兽物种稀疏曲线
Figure 2 Rarefaction curves of bird and mammal species in Bojijin Forest Park

assamensis)、斑林狸(*Prionodon paricolor*)、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)、黄喉貂(*Martes flavigula*)、红原鸡(*Gallus gallus*)、白鹇(*Lophura nycthemera*)、林沙雉(*Gallinago nemoricola*)、褐林鸮(*Strix leptogrammica*)、灰林鸮(*Strix aluco*)。被 CITES 附录 I 收录的有 2 种, 附录 II 收录 6 种; 被 IUCN 列为易危的有林沙雉 1 种, 列为近危的有熊猴和黑颈长尾雉 2 种; 被中国脊椎动物红色名录^[19]列为濒危的有纹鼬(*Mustela strigidorsa*) 1 种, 易危的有 5 种, 近危的 9 种。

相对多度指数(R)和相机位点出现率(T)高的兽类为野猪(*Sus scrofa*, $R = 5.86$, $T = 57.14$)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*, $R = 3.20$, $T = 78.57$)、猕猴($R = 2.63$, $T = 85.71$)、花面狸(*Paguma larvata*, $R = 1.64$, $T = 64.29$)和鼬獾(*Melogale moschata*, $R = 1.53$, $T = 50.00$), 鸟类则为白鹇($R = 2.22$, $T = 78.57$)。博吉金森林公园人为干扰见表 1。人类干扰中, 家牛的相对多度指数最高, 为 3.32($T = 28.57$), 其次为人类活动($R = 1.33$, $T = 64.29$)、家狗($R = 0.14$, $T = 28.57$)和家羊($R = 0.02$, $T = 7.14$)。

3.3 动物活动节律

图 3 展示了相对多度指数高的 6 种鸟兽的活动

表1 博吉金森林公园人为干扰
Table 1 Human disturbance activities in Bojijin Forest Park

人为干扰类型	出现相机位点数	相机位点出现率	独立照片数	相对多度指数
家狗	4	28.57	6	0.14
家牛	4	28.57	145	3.32
家羊	1	7.14	1	0.02
人类活动	9	64.29	58	1.33

节律。可以看出,兽类中,野猪全天均有活动,但集中在白天活动,偏昼行性,09:00和19:00为其活动高峰期;赤腹松鼠和猕猴仅在白天活动,但活动高峰不同,赤腹松鼠集中在08:00~10:00和17:00~18:00活动;猕猴的活动高峰则为10:00和17:00。鼬獾和花面狸仅在夜间活动,两者活动高峰不同,鼬獾的活动高峰为21:00和03:00,花面狸的活动高峰则为22:00和05:00。鸟类中,白鹇为昼行性动物,活动高峰为10:00和17:00。人类活动和家畜集中在白天活动,夜晚活动较少,活动高峰为08:00~11:00以及18:00,除夜行性的鼬獾和花面狸外,其余4种昼行性物种与人类干扰活动重叠度较高($\Delta \geq 0.70$),且所分析的这6种野生动物与人为干扰活动节律均存在极显著差异($P < 0.01$)。

4 讨论

博吉金森林公园物种多样性较高,凸显了非保护区价值,值得关注。本次调查共安装17台红外相机,丢失2台,收回15台相机的数据。兽类稀疏化曲线仍在缓慢上升,表明此次采样强度尚未完全饱和,可能是因为本次相机数量投入较少。对于鸟类,其稀疏化曲线虽接近饱和,但调查到的物种数较少,表明仅基于地面红外相机开展的鸟类监测仍不全面,由于大部分雀形目鸟类只是偶然下地活动才会被红外相机拍摄到,因此还需采用其他调查方法来补充鸟类多样性调查^[25-26]。另一方面,红外相机监测数

据也可作为有效数据补充,为鸟类多样性调查提供支撑。如本次拍摄到的国家二级保护鸟类——林沙锥,近年在云南省内的调查报道中,除2023年在高黎贡保护区有录音数据报道外^[27],暂无其他影像资料报道,本次所拍摄到的林沙锥影像是云南省内的首次报道,证实了该物种在滇东南区域也有分布。基于本次红外相机数据,鉴定出博吉金森林公园内31种鸟类和兽类,其中国家一、二级重点保护野生动物11种,占比35.48%;被中国脊椎动物红色名录^[19]评估为近危及以上的有15种,占比48.39%。国家一级重点保护动物黑颈长尾雉在公园内外均有分布,被中国脊椎动物红色名录^[19]列为近危物种的食蟹獾(*Herpestes urva*)在文山其他地区还未见报道。这充分表明,该区域即便未被纳入保护区体系,却依然为区域内珍稀濒危物种提供了良好的栖息庇护。以往的红外相机本底调查大多聚焦于国家公园、国家级和省级保护区,然而,像博吉金森林公园这类非保护区,在为珍稀濒危物种提供庇护的过程中,可能会面临更为复杂多样的干扰,所以同样值得关注^[28]。

当地壮族的自然崇拜文化起到了关键的生态保护作用。博吉金森林公园地处广南县西北部,该区域是壮族的集聚区之一,前期对当地社区走访,了解到当地壮族居民将公园内的九龙山区域用壮语称为“博弘”,即大神山。在壮族民众的精神世界里,“博弘”地位崇高,神圣不可侵犯,他们世代敬畏、顶礼膜

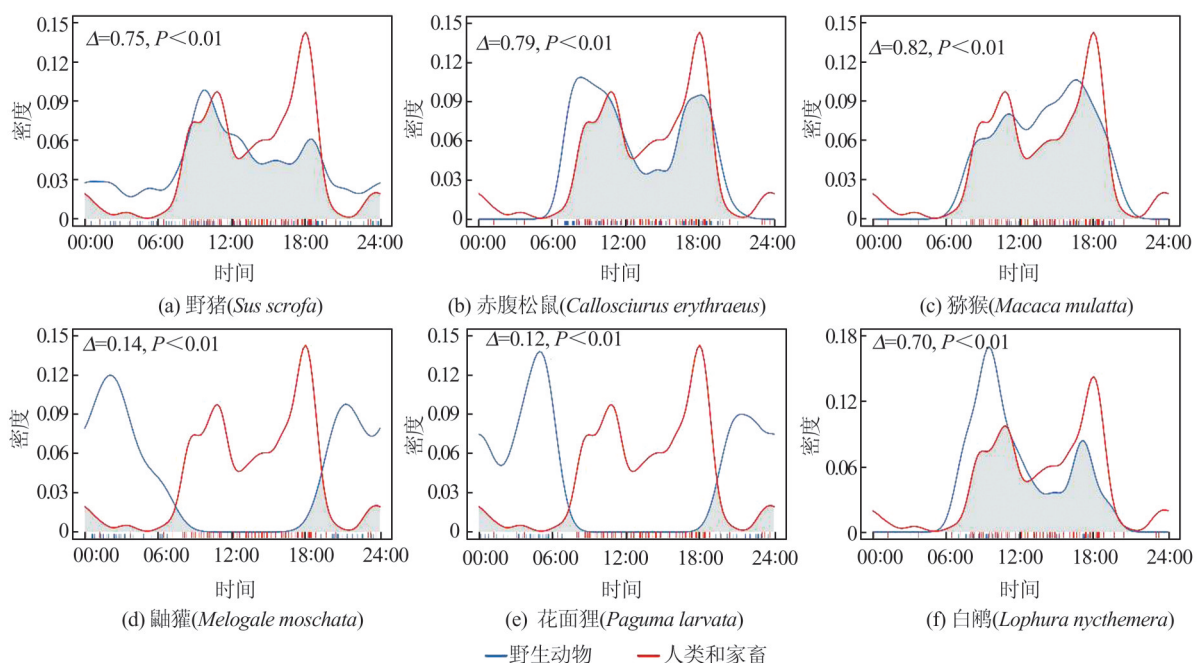


图3 鸟兽活动与人为干扰(人类和家畜)活动的节律

Figure 3 Rhythms of birds, mammals and human disturbance activities (human and livestock)

拜。这种敬畏之情被转化为切实的保护行动,壮族居民自发保护区域内的一草一木,禁止乱砍滥伐、开荒以及随地大小便。对于山里的野生动物,他们同样秉持尊重与敬畏的态度,力求与这些生灵和谐共生。这种源自民族文化内核的生态保护行为对博吉金森林公园区域的生态环境产生了极为深远且积极的影响。过往相关研究曾从多个维度剖析当地壮族的自然崇拜现象及其对生态保护的内在价值,研究成果清晰地表明,壮族在漫长历史进程中逐渐形成的自然崇拜文化,持续为博吉金森林公园区域的生态保护提供支撑^[29]。而本次调查所获取的数据有力验证了民族生态文化在生态环境保护实践中的显著成效,为理解文化与生态的互动关系提供了新的实证依据,也为推动更广泛的生态保护工作提供了极具价值的参考范例^[30]。

公园内家畜及人类活动干扰程度较高,需适当管控。本次调查显示,公园内人为干扰相对多度指数较高,其中家牛尤为突出,其独立照片数(145张)远高于大部分野生动物,主要在公园周边活动。家养有蹄类密度过高,可能会与食草类野生动物争夺食物资源和生存空间,导致其种群数量减少,影响整个生态系统的稳定^[31]。本次调查发现,大中型食草动物仅有赤麂(*Muntiacus vaginalis*) 1种,且仅拍摄到1张独立照片,这可能与当地较高的放牧强度有关,也有可能是本次调查区域有限,未涉及有蹄类的热点活动区域。对人类活动(独立照片58张)进行细分后发现,主要活动类型为采集和放牧(独立照片46张),存在少量的砍伐(独立照片6张)和盗猎(独立照片6张)活动,这表明该区域居民生计对自然资源仍有较强的依赖性,这对维持区域内生物多样性可能存在消极的影响。通过活动节律分析发现,公园内6种优势物种的活动节律与人为干扰均存在显著差异。以往的调查发现,在离公园较近的文山国家级自然保护区内,人为干扰活动仅有一个活动高峰,在12:00左右^[32],而博吉金森林公园内的人为干扰则存在晨昏两个峰值(08:00~11:00和18:00),这与白鹇、赤麂等晨昏性活动的野生动物重叠度较高,可能会干扰野生动物的正常活动。本次分析发现,区域内4种昼行性的野生动物(野猪、赤腹松鼠、猕猴和白鹇)活动节律均与人为干扰存在错峰现象,这证明区域内野生动物有避开人类干扰的趋势,因此要适当管控公园周边的人类活动,保证区域内野生动物的正常活动。

综上,博吉金森林公园内有着较为丰富的鸟兽资源,区域内的民族生态文化对生态保护起到了积

极作用,但区域内居民生计对自然资源仍有较强的依赖,可能会对野生动物的生存造成不利影响。因此,本文给出以下建议:(1)在该区域发展旅游业时,应更多考虑社区福利,带动周边社区的经济发展,以转变居民生活生产方式,减少其对自然资源的依赖和野生动物的干扰;(2)适当加强对公园内人为干扰的管控,并积极向周边社区宣传保护野生动物的重要性,提高居民法律意识。

本次调查受经费限制,投入的相机数较少,覆盖区域尚不全面,研究结果存在一定局限,可进一步增加对公园及周边区域鸟兽多样性的关注和监测,为相关管理政策的制定和调整提供更详实的科学数据支撑,助力区域生态文明建设。

参考文献

- [1] Ripple W J, Estes J A, Beschta R L, et al. Status and ecological effects of the world's largest carnivores[J]. *Science*, 2014, 343(6167): 1241484.
- [2] Jetz W, McGeoch M A, Guralnick R, et al. Essential biodiversity variables for mapping and monitoring species populations [J]. *Nature Ecology & Evolution*, 2019, 3(4): 539-551.
- [3] Tan K, Li D P, Li N, et al. The discontinuous elevational distribution of an ungulate at the regional scale: implications for speciation and conservation [J]. *Animals*, 2021, 11(12): 3565.
- [4] 云南省林业和草原局. 广南博吉金国家森林公园申报成功[EB/OL]. (2017-07-11) [2025-02-08]. https://lcj.yn.gov.cn/html/2017/zuixindongtai_0711/48481.html.
Yunnan Forestry and Grassland Bureau. Bojijin National Forest Park in Guangnan County has been successfully declared[EB/OL]. (2017-07-11) [2025-02-08]. https://lcj.yn.gov.cn/html/2017/zuixindongtai_0711/48481.html.
- [5] 苗培培, 赵筱青, 普军伟, 等. 喀斯特山区生态系统服务权衡/协同时空分异研究: 以云南广南县为例[J]. *山地学报*, 2023, 41(1): 103-114.
Miao P P, Zhao X Q, Pu J W, et al. Spatiotemporal differentiation of ecosystem service synergy/trade-offs in the mountainous karst areas: a case study of Guangnan County, Yunnan, China [J]. *Mountain Research*, 2023, 41(1): 103-114.
- [6] 李思楠, 赵筱青, 普军伟, 等. 西南喀斯特典型区国土空间功能质量评价及耦合协调分析: 以广南县为例[J]. *自然资源学报*, 2021, 36(9): 2350-2367.
Li S N, Zhao X Q, Pu J W, et al. Territorial space function quality evaluation and coupling coordination

- analysis in typical karst areas of Southwest China: a case study of Guangnan County[J]. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(9): 2350-2367.
- [7] Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities[J]. *Nature*, 2000, 403: 853-858.
- [8] 丁智强, 王平, 李玉辉, 等. 滇东南博吉金国家森林公园旅游资源评价研究[J]. *林业调查规划*, 2019, 44(2): 104-110.
- Ding Z Q, Wang P, Li Y H, et al. Evaluation on tourism resources of Bojijin National Forest Park in Southeastern Yunnan[J]. *Forest Inventory and Planning*, 2019, 44(2): 104-110.
- [9] 肖治术, 肖文宏, 王天明, 等. 中国野生动物红外相机监测与研究: 现状及未来[J]. *生物多样性*, 2022, 30(10): 234-259.
- Xiao Z S, Xiao W H, Wang T M, et al. Wildlife monitoring and research using camera-trapping technology across China: the current status and future issues[J]. *Biodiversity Science*, 2022, 30(10): 234-259.
- [10] 肖治术, 李欣海, 王学志, 等. 探讨我国森林野生动物红外相机监测规范[J]. *生物多样性*, 2014, 22(6): 704-711.
- Xiao Z S, Li X H, Wang X Z, et al. Developing camera-trapping protocols for wildlife monitoring in Chinese forests[J]. *Biodiversity Science*, 2014, 22(6): 704-711.
- [11] 李军杰, 詹继聪, 侯鑫磊, 等. 红外相机技术运用于野生动物资源调查的规范研究: 基于CNKI数据库的文献计量分析[J]. *四川林业科技*, 2024, 45(4): 72-83.
- Li J J, Zhan J C, Hou X L, et al. Study on the normative application of camera-trapping in wildlife resources investigation: bibliometric analysis based on CNKI database[J]. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2024, 45(4): 72-83.
- [12] 刘阳, 陈水华. 中国鸟类观察手册[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2021.
- Liu Y, Chen S H. The CNG field guide to the birds of China[M]. Changsha: Hunan Science & Technology Press, 2021.
- [13] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录: 第4版[M]. 北京: 科学出版社, 2023.
- Zheng G M. A checklist on the classification and distribution of the birds of China[M]. 4th ed. Beijing: Science Press, 2023.
- [14] 中国野生动物保护协会. 中国哺乳动物图鉴[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2005.
- China Wildlife Conservation Association. Atlas of mammals in China[M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 2005.
- [15] 魏辅文, 杨奇森, 吴毅, 等. 中国兽类名录(2024版)[J]. *兽类学报*, 2025, 45(1): 1-16.
- Wei F W, Yang Q S, Wu Y, et al. Catalogue of mammals in China (2024)[J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2025, 45(1): 1-16.
- [16] 中华人民共和国濒危物种科学委员会. 濒危野生动植物种国际贸易公约[R/OL]. (2023-02-27) [2024-12-01]. <http://www.cites.org/citesgy/fl/202302/W020240419330829472842.pdf>.
- Enangered Species Scientific Commission, P. R. China. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora [R/OL]. (2023-02-27) [2024-12-01]. <http://www.cites.org/citesgy/fl/202302/W020240419330829472842.pdf>.
- [17] 国家林业和草原局. 国家重点保护野生动物名录. [R/OL]. (2021-02-05) [2021-02-07]. https://www.gov.cn/zhengce/2021-02/05/content_5727412.htm.
- National Forestry and Grassland Administration. National key protected wildlife list [R/OL]. (2021-02-05) [2021-02-07]. https://www.gov.cn/zhengce/2021-02/05/content_5727412.htm.
- [18] International Union for Conservation of Nature. The IUCN red list of threatened species [EB/OL]. (2023-01-11) [2024-12-01]. <https://www.iucnredlist.org>.
- [19] 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 中国脊椎动物红色名录[J]. *生物多样性*, 2016, 24(5): 501-551, 615.
- Jiang Z G, Jiang J P, Wang H W, et al. Red list of China's vertebrates[J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(5): 501-551, 615.
- [20] O'Brien T G, Kinnaird M F, Wibisono H T. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape[J]. *Animal Conservation*, 2003, 6(2): 131-139.
- [21] Chao A, Gotelli N J, Hsieh T C, et al. Rarefaction and extrapolation with hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies[J]. *Ecological Monographs*, 2014, 84(1): 45-67.
- [22] 袁景西, 张昌友, 谢文华, 等. 利用红外相机技术对九连山国家级自然保护区兽类和鸟类资源的初步调查[J]. *兽类学报*, 2016, 36(3): 367-372.
- Yuan J X, Zhang C Y, Xie W H, et al. Using camera traps to investigate mammal and bird diversity in the Jiulianshan National Nature Reserve, Jiangxi Province[J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2016, 36(3): 367-372.
- [23] Meredith M, Ridout M. Overlap: Estimates of coefficient of overlapping for animal activity patterns [EB/OL]. (2014-01-19) [2025-01-15]. <https://CRAN.R-project.org/package=overlap>.

- [24] Rowcliffe J M, Kays R, Kranstauber B, et al. Quantifying levels of animal activity using camera trap data [J]. *Methods in Ecology and Evolution*, 2014, 5(11): 1170-1179.
- [25] 李军杰, 房以好, 王浩瀚, 等. 基于红外相机技术的云龙天池国家级自然保护区鸟兽多样性调查[J]. *四川动物*, 2023, 42(2): 222-233.
- Li J J, Fang Y H, Wang H H, et al. Camera trap survey of bird and mammal diversity in the Yunlong Tianchi National Nature Reserve, Yunnan[J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2023, 42(2): 222-233.
- [26] 钟平华, 张小燕, 陈康, 等. 基于红外相机技术调查江西永丰县的鸟兽多样性及优势物种活动节律[J]. *生物资源*, 2024, 46(5): 455-466.
- Zhong P H, Zhang X Y, Chen K, et al. Investigation of bird and mammal diversity and dominant species activity rhythm in Yongfeng County, Jiangxi Province based on infrared camera technology [J]. *Biotic Resources*, 2024, 46(5): 455-466.
- [27] 杨贵伟, 王斌, 李登科, 等. 林沙锥重现云南省[J]. *四川动物*, 2023, 42(6): 640.
- Yang G W, Wang B, Li D K, et al. Forest sand cone reappears in Yunnan Province [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2023, 42(6): 640.
- [28] 赵坤明, 陈圣宾, 杨锡福. 基于红外相机技术调查四川都江堰破碎化森林鸟兽多样性及优势种活动节律[J]. *生物多样性*, 2023, 31(6): 72-84.
- Zhao K M, Chen S B, Yang X F. Investigation of the diversity of mammals and birds and the activity rhythm of dominant species using camera trapping in a fragmented forest in the Dujiangyan region, Sichuan Province [J]. *Biodiversity Science*, 2023, 31(6): 72-84.
- [29] 杨宗亮. 云南壮族的自然崇拜及其对生态保护的意义[J]. *云南民族大学学报(哲学社会科学版)*, 2005, 22(2): 53-56.
- Yang Z L. The nature-worship of the zhuangs in Yunnan and its significance to ecological protection[J]. *Journal of Yunnan University for Nationalities (Social Sciences)*, 2005, 22(2): 53-56.
- [30] 王永莉. 试论西南民族地区的生态文化与生态环境保护[J]. *西南民族大学学报(人文社会科学版)*, 2006, 27(2): 13-16.
- Wang Y L. On ecological culture and environmental protection in Southwest Ethnic Areas [J]. *Journal of Southwest Minzu University (Humanities and Social Sciences Edition)*, 2006, 27(2): 13-16.
- [31] Ripple W J, Newsome T M, Wolf C, et al. Collapse of the world's largest herbivores [J]. *Science Advances*, 2015, 1(4): e1400103.
- [32] 韩克国, 李凯, 孙婧, 等. 基于红外相机技术对文山国家级自然保护区老君山片区地栖鸟兽多样性的调查[J]. *兽类学报*, 2023, 43(1): 89-101.
- Han K G, Li K, Sun J, et al. Diversity of birds and mammals in Laojunshan region, Wenshan National Nature Reserve based on infrared cameras [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2023, 43(1): 89-101.

附录1 博吉金森林公园红外相机调查的兽类和鸟类名录

Appendix 1 List of mammals and birds surveyed by camera trap in Bojijin Forest Park

纲	目	科	种	IUCN	中国脊椎动物红色名录	中国保护等级	CITES附录	出现相机位点数	相机位点出现率	独立照片数	相对多度指数
哺乳纲 Mammalia	灵长目 Primates	猴科 Cercopithecidae	猕猴 <i>Macaca mulatta</i>	LC	LC	二级	II	12	85.71	115	2.63
			熊猴 <i>Macaca assamensis</i>	NT	VU	二级	II	1	7.14	2	0.02
		鼯形鼠科 Spalacidae	中华竹鼠 <i>Rhizomys sinensis</i>	LC	LC			1	7.14	1	0.02
	啮齿目 Rodentia	松鼠科 Sciuridae	隐纹花鼠 <i>Tamias swinhoei</i>	LC	LC			1	7.14	5	0.11
			赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	LC	LC			11	78.57	139	3.20
			侧纹岩松鼠 <i>Rupetes forresti</i>	LC	LC			1	7.14	2	0.05
			珀氏长吻松鼠 <i>Dremomys pernyi</i>	LC	LC			2	14.29	3	0.07
		猪科 Suidae	野猪 <i>Sus scrofa</i>	LC	LC			8	57.14	256	5.86
			鹿科 Cervidae	赤鹿 <i>Muntiacus vaginalis</i>	LC	NT		1	7.14	1	0.02
	攀鼯目 Scandentia	树鼯科 Tupaiaidae	北树鼯 <i>Tupaia belangeri</i>	LC	LC		II	3	21.43	4	0.09
	食肉目 Carnivora	灵猫科 Viverridae	花面狸 <i>Paguma larvata</i>	LC	NT			9	64.29	64	1.64
			斑林狸 <i>Prionodon paricolor</i>	LC	VU	二级	I	2	14.29	2	0.05
		獾科 Herpestidae	食蟹獾 <i>Herpestes urva</i>	LC	NT			5	35.71	18	0.41
		猫科 Felidae	豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	LC	LC	二级	II	6	42.86	11	0.25
			鼬獾 <i>Melogale moschata</i>	LC	NT			7	50.00	67	1.53
		鼬科 Mustelidae	黄腹鼬 <i>Mustela kathiah</i>	LC	NT			1	7.14	1	0.02
			纹鼬 <i>Mustela strigidorsa</i>	LC	EN			1	7.14	1	0.02
			黄喉貂 <i>Martes flavigula</i>	LC	VU	二级		1	7.14	2	0.05
			丘鹑 <i>Scolopax rusticola</i>	LC	LC			2	14.29	2	0.05
	鸡形目 Galliformes	鹑科 Charadriidae	林沙锥 <i>Gallinago nemoricola</i>	VU	VU	二级		1	7.14	1	0.02
			红原鸡 <i>Gallus gallus</i>	LC	NT	二级		3	21.43	3	0.07
		雉科 Phasianidae	白鹇 <i>Lophura nycthemera</i>	LC	LC	二级		11	78.57	97	2.22
			黑颈长尾雉 <i>Syrmaticus humiae</i>	NT	VU	一级	I	3	21.43	4	0.09
	鸟纲 Aves	鸱鸃科 Strigidae	褐林鸱 <i>Strix leptogrammica</i>	LC	NT	二级	II	1	7.14	1	0.02
			灰林鸱 <i>Strix aluco</i>	LC	NT	二级	II	1	7.14	1	0.02
		鸫科 Turdidae	灰翅鸫 <i>Turdus boulboul</i>	LC	NT			2	14.29	3	0.07
			虎斑地鸫 <i>Zoothera aurea</i>	LC	LC			1	7.14	1	0.02
			紫啸鸫 <i>Myophonus caeruleus</i>	LC	LC			2	14.29	3	0.07
		噪鹛科 Leiothrichidae	灰翅噪鹛 <i>Garrulax cineraceus</i>	LC	LC			1	7.14	3	0.07
			银耳噪鹛 <i>Trochalopteron melanostigma</i>	LC	LC			1	7.14	1	0.02
			棕颈钩嘴鹛 <i>Pomatorhinus ruficollis</i>	LC	LC			1	7.14	3	0.07

注:EN表示濒危;VU表示易危;NT表示近危;LC表示无危。

Note:EN denotes endangered; VU denotes vulnerable; NT denotes near threatened;LC denotes least concern.