

# 基于红外相机技术分析不同人类干扰强度对森林动物栖息的影响

许大明 吴家连 朱志成 吴逸卿 周荣飞 叶珍林 吴友贵\*

钱江源-百山祖国家公园庆元保护中心 庆元 323800

**摘要:** 人类干扰影响着野生动物的栖息、生存、繁衍等各个环节。干扰强度不同,对野生动物的负面影响也不同。为了了解不同强度人类干扰对野生动物栖息的影响,2021年1月,在浙江百山祖国家级自然保护区,根据人为干扰综合强度预先设定点位,布设40台红外相机。40个点位被分为4种干扰区,干扰强度从低到高依次为基本无干扰区、干扰轻微区、干扰较轻区和干扰较重区,每区10个点位,监测365 d,共监测14 585相机日。研究表明:(1)拍摄到野生动物独立照片4 256张,其中兽类3 485张,鸟类771张。除啮齿类动物外,拍摄到31种动物,其中兽类14种、鸟类17种,另外有3张因照片不够清晰而未能识别鸟的种类。国家一级重点保护野生动物2种,国家二级重点保护野生动物9种。(2)基本无干扰区、干扰轻微区、干扰较轻区及干扰较重区所拍摄到的野生动物独立照片数量和种类分别为1 798张29种(兽类15种,鸟类14种)、1 308张23种(兽类15种,鸟类8种)、756张19种(兽类12种,鸟类7种)、394张18种(兽类13种,鸟类5种),各区之间的独立照片数量差异极显著( $P < 0.01$ )。随着人类干扰强度的增加,拍摄到的独立照片数量逐渐减少,拍摄到的独立照片数量与人类干扰强度之间存在极显著的负线性关系( $P < 0.01$ )。同时,随着人类干扰强度的增加,拍摄到的野生动物种类也逐渐减少,尤其是鸟类减少幅度更大。(3)国有林内23台相机拍摄到3 163张,计33种(兽类16种、鸟类17种);集体林内17台相机拍摄到1 093张,计22种(其中兽类13种、鸟类9种)。集体林内平均每台红外相机拍摄到的照片数量为国有林的46.75%,差异极显著( $P < 0.01$ ),这可能是由于早些年份的林木采伐使栖息地遭受不同程度的破坏,并导致生境片段化,进而影响野生动物栖息。因而,对于野生动物保护来说,栖息地保护是一项相当重要的工作。

**关键词:** 红外相机技术; 人类干扰; 野生动物; 栖息地

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2023) 03-357-09

## Effects of Different Degree of Human Disturbance on Forest Wildlife Habitats Based on Camera Trap Data

XU Da-Ming WU Jia-Lian ZHU Zhi-Cheng WU Yi-Qing  
ZHOU Rong-Fei YE Zhen-Lin WU You-Gui\*

Qingyuan Conservation Center of Qianjiangyuan-Baishanzu National Park, Qingyuan 323800, China

**基金项目** 浙江省庆元县科技项目 (No. 庆科发 (2020) 23 号);

\* 通讯作者, E-mail: qywyg@sina.com;

**第一作者简介** 许大明, 男, 工程师; 研究方向: 自然保护区生物多样性保护; E-mail: 993209413@qq.com。

收稿日期: 2022-06-14, 修回日期: 2022-12-26 DOI: 10.13859/j.cjz.202303005

**Abstract: [Objectives]** It is well known that human disturbance has been affecting the habitat, survival, reproduction of wild animals, with the negative impacts depending on the intensity of human disturbance. In order to understand how the human disturbance impacts wild animals, we set up 40 infrared cameras at the previously selected sites with distinct disturbance intensities in Baishanzu National Nature Reserve, Zhejiang Province, China in January 2021. **[Methods]** Based on the differences in the human disturbance intensity, the selected sites were divided into four groups (i.e., few disturbance area, slight disturbance area, minor disturbance area and serious disturbance area, from low to high human disturbance level). The monitoring period lasted 365 days, and there were 14 585 camera days in total. Shapiro-test of R software was used for normality test. *t*-test was used to analyze the difference if the normal distribution was met, and Wilcox-test was used to analyze the difference if the distribution of data was not normal. **[Results]** 4 256 independent photographs were taken, of which 3 485 were for mammals and 771 were for birds. We found there were 31 species of animals photographed besides rodents, including 14 mammals and 17 birds. Specifically, two of those were under the first-class state protection and nine belonged to the second-class state protection. Because of the blurry images, three photographs of birds were not identified to species. The number of animal species photographed in few disturbance area, slight disturbance area, minor disturbance area and serious disturbance area were 29 (15 mammals and 14 birds with 1 798 photographs), 24 (15 mammals and 9 birds with 1 308 photographs), 20 (12 mammals and 8 birds with 756 photographs) and 18 (13 mammals and 5 birds with 394 photographs), respectively. It was found that there was a significantly negative relationship between the degree of human disturbance and the number of independent photographs ( $P < 0.01$ ). Namely, with the human disturbance intensifying, less species of animals, particularly for birds, were photographed. Moreover, 3 163 of these photographs were taken from 23 infrared cameras deployed in the state-owned forests, being identified to 16 mammals and 17 birds. In the collective-owned forests, 17 infrared cameras produced 1 093 photographs (identified to 13 mammals and 9 birds). The number of photographs taken by one camera in the collective-owned forests was only 46.75% of that in the state-owned forests, with a significant difference between them ( $P < 0.01$ ), possibly due to forest cutting in the early years and thus the destroyed and fragmented habitat had a negative impact on animals. **[Conclusion]** As such, habitat protection should be an important task for wildlife conservation and be taken seriously.

**Key words:** Infrared triggered camera technique; Human disturbance; Wild animal; Habitat

当前,生态学对于干扰没有统一的定义,Pickett 等(1987)把干扰定义为使生态系统、群落或物种结构遭受破坏,使基质和物理环境的有效性发生显著变化的一种离散性事件。根据干扰的起因,干扰可以分为自然干扰和人为干扰。人为干扰是人类在生产活动过程中对周围生态系统产生的影响,其表现形式多样,如放牧、砍伐、采集、捕捞、狩猎、耕作、火烧、开发、污染等(魏斌等 1996,李政海等 1997),一般说来,这些干扰对生态造成的负面影响较

为明显(Rovero et al. 2017)。人为干扰是现阶段自然保护区野生动物面临的最大的威胁因素之一,但人为干扰类型较多,发生位置难以预测,加之保护区面积较大,采用传统的调查方法需要消耗大量人力、物力,而且很难掌握人为干扰的准确信息(刘周等 2020)。开展野生动物监测以明确其生存状态、种群动态变化和受威胁状况,并提出有针对性的保护措施显得尤为重要。减少甚至消除人为活动对野生动物的干扰是自然保护区管理机构当前急需开展的

工作。

与传统调查方法相比，红外相机技术在监测和研究大中型哺乳动物方面具有明显的优势。红外相机可以潜伏在复杂生境中对动物进行连续监测并真实成像，以最小的干扰来动态评估研究地的动物资源，并对濒危物种数量和分布进行有效本底调查，从而为野生动物保护管理和资源利用提供重要参考资料（李晟等 2014）。近几年来，越来越多的学者使用红外相机技术来连续监测野生动物的活动。除了绝大多数用于物种多样性、活动节律、行为等的研究（李晟等 2014，肖治术等 2014a，胡强等 2020，郑伟成等 2021，李安梅等 2022），也有一些用于研究人类活动对野生动物栖息的影响（刘周等 2020，石江艳等 2020，徐婉芸等 2020，莫秀洪等 2022）。本研究在浙江百山祖国家级自然保护区范围内按不同强度人类干扰分别布设红外相机，通过数据分析，试图解释以下三个问题：随着人类干扰强度的增加，红外相机拍摄到的野生动物数量或者野生动物活动频次是否减少？随着人类干扰强度的增加，红外相机拍摄到的野生动物种类是否减少？人为干扰对野生动物的影响是否长久，“人进兽退，人退兽进”现象是否存在？并对影响进行探讨，以期为野生动物保护提供证据和参考，为自然保护区管理机构科学制定保护措施提供依据。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区域概况

浙江百山祖国家级自然保护区位于浙江省庆元县境内，总面积为 10 880.1  $\text{hm}^2$ ，主峰海拔 1 856.7 m，地带性植被为常绿阔叶林，植被保存较为完好（吴友贵等 2017）。该保护区是中国 17 个具有全球意义的生物多样性保护关键区域之一——“浙江、福建、江西交界山地”的重要组成部分（中国生物多样性国情研究组 1998），植物物种丰富，珍稀特有物种较多（金孝锋等 2004），在生物多样性保护、生态学研

究等方面具有重要的价值（徐敏等 2007）。保护区以侵蚀地貌为主，土壤以黄壤为主，山地坡度大多在 30°以上。属亚热带季风气候，温暖湿润多雨。百山祖自动气象观测站（海拔 1 105 m）的资料显示，年均气温 13.3  $^{\circ}\text{C}$ ，最高温 34  $^{\circ}\text{C}$ ，最低温 - 11.8  $^{\circ}\text{C}$ ，平均年降水量 2 294.2 mm，无霜期 293 d，积温 4 134.9  $^{\circ}\text{C}$ （吴友贵等 2017）。

### 1.2 监测区的人类干扰强度划分

按照人类活动的频度、与村庄和农田以及公路的距离、林木采伐情况、曾发生偷猎情况等干扰的综合强度，把监测区域分为基本无干扰区、干扰轻微区、干扰较轻区和干扰较重区。

基本无干扰区：除了布设红外相机、更换红外相机电池和取卡、森林资源样地调查外，没有其他人为活动的区域。

干扰轻微区：偶有的野外巡护和野生植物调查、每年秋末初冬清理防火线活动，户外运动爱好者较少穿行。

干扰较轻区：野外巡护和调查经常行走线路、户外运动爱好者经常行走线路的区域，距离公路虽较远，但能够听到汽车喇叭声。

干扰较重区：村庄或农田附近、公路边，早些年份周边采伐过林木，偶有偷猎行为等的区域。

### 1.3 红外相机安装与数据收集

2021 年 1 月，在浙江百山祖国家级自然保护区范围及其边界，在四种干扰强度区各布设 10 台红外相机（型号为东方红鹰 E1B，深圳东方红鹰科技有限公司），共 40 台。布设区域地理位置 119°11'24" ~ 119°12'59" E，27°43'49" ~ 27°46'46" N，海拔 1 319 ~ 1 650 m，具体位置见图 1。为了减少植被类型不同而引起的差别，相机点位的植被类型选择常绿阔叶林或针阔混交林。相机固定于乔木或者灌木上，离地面约 0.5 ~ 0.8 m，确保视野开阔。参照文献（肖治术等 2014b）相机参数设置为拍照加录像模式，连续拍摄 3 张，间隔时间 1 min，录像时间为 10 s。存储卡容量 32 G，电池为南孚 5 号电池。

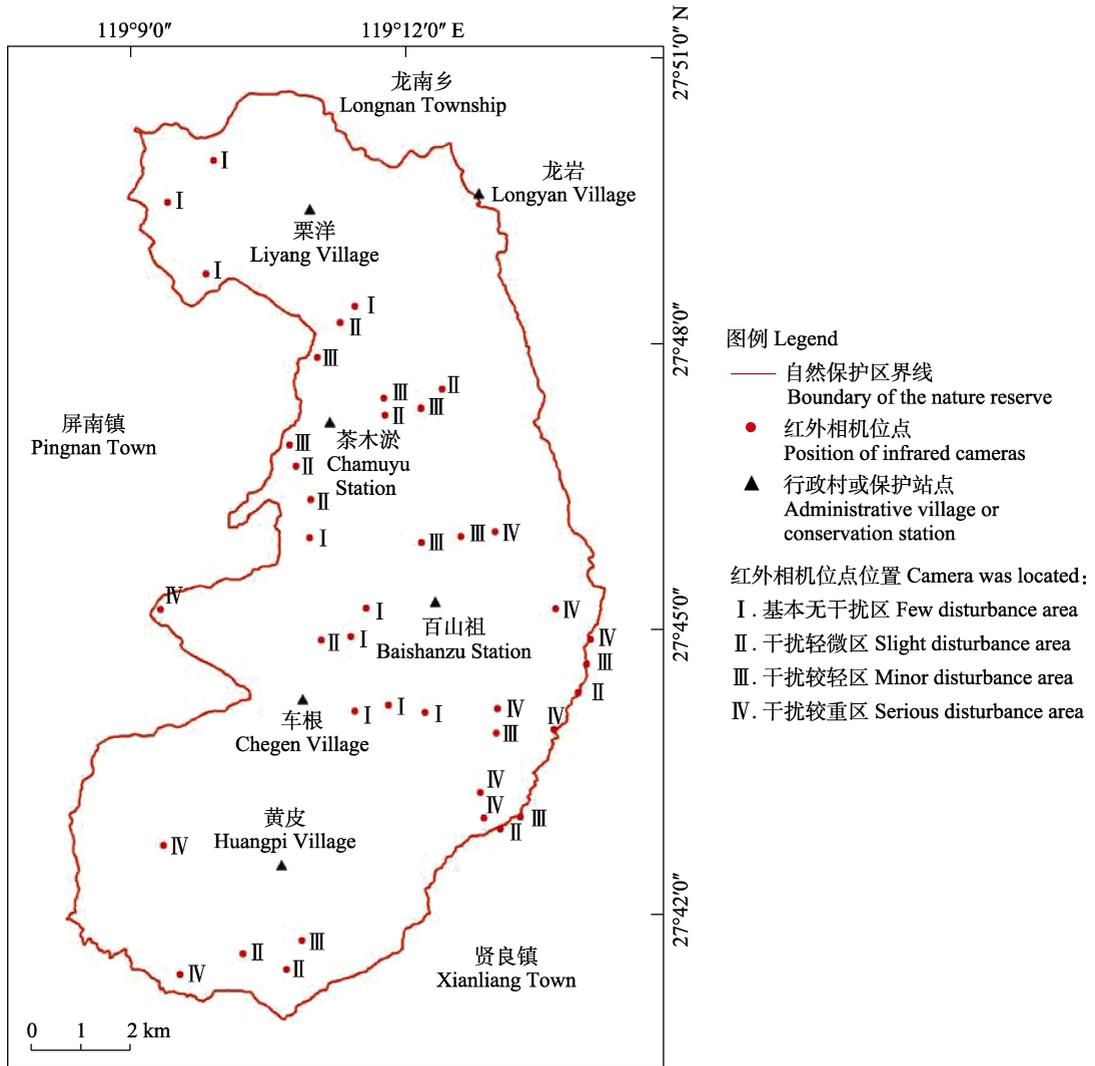


图 1 红外相机监测点位置示意图

Fig. 1 The position of infrared cameras trap

每隔 4 个月更换电池并提取 SD 卡内数据，保证电池和存储卡正常使用（王云等 2016）。监测时长 365 d。

### 1.4 数据处理与分析

**1.4.1 照片整理** 收集来的相机照片用 ACDSsee pro 3 图片浏览器软件导出属性数据生成 Excel 文件，包括照片拍摄的日期和时间，对所拍摄动物进行物种识别。同一相机在 30 min 内相继拍摄到相同的物种，则只将中间一张计为该次拍摄的独立照片（independent

photo）。同一照片拍摄到两个或两个以上物种时，总数计为 1 张独立照片，统计单独物种时各计 1 张独立照片。其他情况下拍摄的照片直接视为独立照片。再用该软件逐张浏览，记录种类、数量等数据，并以视频资料为辅助进行物种鉴定（吴友贵等 2017）。

**1.4.2 国有林和集体林的划分** 为了分析和比较布设在不同权属森林内红外相机拍摄到的野生动物情况，根据红外相机点位所处的森林权属进行划分，位于国有权属内部的定为国有

林, 集体权属内部的定为集体林, 而将国有与集体交界 20 m 以内的统一为集体林。

**1.4.3 分析方法** 红外相机监测点位置图用 ArcGIS 10.2 作图。为了分析各个红外相机拍摄到的独立照片数量是否属于一个正态总体, 利用 R 软件 Shapiro 检验进行正态性检验。符合正态分布的用  $t$  检验进行差异性分析, 不符合正态分布则用 Wilcoxon 检验进行差异性分析。

## 2 结果

### 2.1 相机拍摄到的鸟兽总体情况

40 台红外相机共监测 14 585 相机日, 除拍摄到户外运动爱好者、采集野生大型真菌人员照片外, 经识别鉴定, 共拍摄到野生动物独立照片 4 256 张, 其中兽类 3 485 张, 鸟类 771 张。40 台相机拍摄到的动物照片数量符合正

态分布 ( $P > 0.05$ )。由于啮齿类动物夜间照片不容易区分, 为此将它们简单分为松鼠科 (Sciuridae) 和鼠科 (Muridae) 两类。除啮齿类动物外, 拍摄到 31 种动物, 其中, 兽类 14 种, 鸟类 17 种。另外有 3 张由于照片不清晰, 未能识别鸟的种类。动物种类及在各区的照片数量详见表 1, 其中一张同时拍摄到黄腹角雉 (*Tragopan caboti*) 和白鹇 (*Lophura nycthemera*)。其中, 国家一级重点保护野生动物有黑麂 (*Muntiacus crinifrons*) 和黄腹角雉, 二级有猕猴 (*Macaca mulatta*)、中华鬣羚 (*Capricornis milneedwardsii*)、豹猫 (*Prionailurus bengalensis*)、蛇雕 (*Spilornis cheela*)、白鹇、勺鸡 (*Pucrasia macrolopha*)、白眉山鹧鸪 (*Arborophila gingica*)、红嘴相思鸟 (*Leiothrix lutea*) 和画眉 (*Garrulax canorus*) 9 种 (国家林业和草原局等 2021)。

表 1 红外相机拍摄到的各区动物种类及其独立照片数量

Table 1 Species and its numbers of independent photos in each area photographed by infrared cameras

物种 Species	总数量 Quantity	基本无干扰区 Few disturbance area	干扰轻微区 Slight disturbance area	干扰较轻区 Minor disturbance area	干扰较重区 Serious disturbance area
小鹿 <i>Muntiacus reevesi</i>	2 582	1 097 <sup>Aa</sup>	848 <sup>ABa</sup>	437 <sup>Bb</sup>	200 <sup>Cc</sup>
鼠科 <i>Muridae</i> ssp.	271	103 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	62 <sup>a</sup>	67 <sup>a</sup>
野猪 <i>Sus scrofa</i>	168	98 <sup>a</sup>	25 <sup>ab</sup>	21 <sup>b</sup>	24 <sup>b</sup>
猕猴 <i>Macaca mulatta</i>	83	6 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>
鼬獾 <i>Melogale moschata</i>	76	10	31	31	4
松鼠科 <i>Sciuridae</i> ssp.	61	45	7	8	1
猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	55	31	8	12	4
果子狸 <i>Paguma larvata</i>	44	10	16	14	4
中华鬣羚 <i>Capricornis milneedwardsii</i>	27	10	7	9	1
食蟹獾 <i>Herpestes urva</i>	25	6	9	7	3
黑麂 <i>Muntiacus crinifrons</i>	10	3	3		4
华南兔 <i>Lepus sinensis</i>	8	2	3	3	
豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	7	4	2		1
中国豪猪 <i>Hystrix hodgsoni</i>	5	4	1		
黄腹鼬 <i>Mustela kathiah</i>	3		1	1	1
黄鼬 <i>M. sibirica</i>	2	2			
白鹇 <i>Lophura nycthemera</i>	603	258 <sup>Aa</sup>	226 <sup>ABab</sup>	78 <sup>Bbc</sup>	41 <sup>Bc</sup>
黄腹角雉 <i>Tragopan caboti</i>	46	11	3	28	4

续表 1

物种 Species	总数量 Quantity	基本无干扰区 Few disturbance area	干扰轻微区 Slight disturbance area	干扰较轻区 Minor disturbance area	干扰较重区 Serious disturbance area
虎斑地鸫 <i>Zoothera dauma</i>	35	20	8	7	
黑领噪鹛 <i>Garrulax pectoralis</i>	23	16	4	3	
白眉山鹧鸪 <i>Arborophila gingica</i>	8		6		2
红嘴相思鸟 <i>Leiothrix lutea</i>	12	12			
紫啸鸫 <i>Myophonus caeruleus</i>	12	3	2	4	3
勺鸡 <i>Pucrasia macrolopha</i>	9	2		7	
灰胸竹鸡 <i>Bambusicola thoracicus</i>	8	8			
斑背燕尾 <i>Enicurus maculates</i>	4	4			
蛇雕 <i>Spilornis cheela</i>	2	1			1
松鸦 <i>Garrulus glandarius</i>	2	1	1		
画眉 <i>Garrulax canorus</i>	1	1			
灰背鸫 <i>Turdus hortolorum</i>	1			1	
红尾鸫 <i>T. naumanni</i>	1	1			
红胁蓝尾鸲 <i>Tarsiger cyanurus</i>	1	1			
棕脸鹟莺 <i>Abroscopus albogularis</i>	1		1		
未能识别鸟 Unrecognizable birds	3		2	1	

标有不同大写字母者表示不同区域间差异极显著 ( $P < 0.01$ )；标有不同小写字母者表示区域间差异显著 ( $P < 0.05$ )；而标有相同小写字母者表示区域间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

Those marked with different capital letters showed extremely significant difference between groups ( $P < 0.01$ ); and those marked with different small letters showed significant difference between groups ( $P < 0.05$ ); while those marked with the same small letters showed no significant difference between groups ( $P > 0.05$ ).

## 2.2 各区的独立照片数量比较

经 Shapiro 检验, 4 个区拍摄到的独立照片数量均符合正态分布 ( $P > 0.05$ )。基本无干扰区拍摄到的野生动物独立照片数量最多, 共计 1 798 张, 单个相机拍摄到的数量范围为 130 ~ 231 张, 平均 ( $179.8 \pm 29.6$ ) 张; 干扰轻微区拍摄到的野生动物独立照片数量次之, 共计 1 308 张, 单个相机拍摄到的数量范围为 115 ~ 147 张, 平均 ( $130.8 \pm 10.4$ ) 张; 干扰较轻区拍摄到的野生动物独立照片数量较少, 共计 756 张, 单个相机拍摄到的数量范围为 52 ~ 98 张, 平均 ( $75.6 \pm 12.8$ ) 张; 干扰较重区拍摄到的野生动物独立照片数量最少, 共计 394 张, 单个相机拍摄到的数量范围为 17 ~ 38 张, 平均 ( $39.4 \pm 15.4$ ) 张。

基本无干扰区、干扰轻微区、干扰较轻区、干扰较重区拍摄到的独立照片数量依次减少。经  $t$  检验, 各区拍摄到的独立照片数量之间均存在极显著的差异 ( $P < 0.01$ )。将基本无干扰区、干扰轻微区、干扰较轻区、干扰较重区分别量化赋值为 1、2、3、4, 回归研究发现, 干扰强度与拍摄到的野生动物独立照片数量之间存在极显著的负线性关系, 回归公式为  $y = 225.5 - 47.6x$ , 式中,  $x$  表示干扰强度,  $y$  表示拍摄到的野生动物独立照片数量 ( $R^2 = 0.886$ ,  $P < 0.01$ )。表明野生动物的活动频次随着人类干扰强度的增加而减少。

## 2.3 动物种类在各区的比较

基本无干扰区、干扰轻微区、干扰较轻区、干扰较重区拍摄到的野生动物种类 (松鼠科、

鼠科各按 1 种对待，未能识别鸟不计种类）分别为 29 种（兽类 15 种，鸟类 14 种）、23 种（兽类 15 种，鸟类 8 种）、19 种（兽类 12 种，鸟类 7 种）、18 种（兽类 13 种，鸟类 5 种）（表 1）。中国豪猪（*Hystrix hodgsoni*）、黄鼬（*Mustela sibirica*）、红嘴相思鸟、灰胸竹鸡（*Bambusicola thoracicus*）、斑背燕尾（*Enicurus maculates*）、松鸦（*Garrulus glandarius*）、画眉、红尾鸫（*Turdus naumanni*）、红胁蓝尾鸫（*Tarsiger cyanurus*）、棕脸鹟莺（*Abroscopus albogularis*）这 10 个物种只在基本无干扰区和干扰轻微区拍摄到。干扰较轻区和干扰较重区拍摄到的动物种类少于基本无干扰区和干扰轻微区，尤其鸟类物种少得较多，说明在人类干扰相对较重的地区，偶见种、稀有种较少发现。

经 Shapiro 检验，4 个区所拍摄到的各种动物照片数量均不符合正态分布（ $P < 0.01$ ），说明各种动物被拍摄到的机率完全不同。经 wilcoxon 配对检验，除干扰轻微区与干扰较轻区外，其余各区之间均存在显著的差异（ $P < 0.05$ ），总体上来说，红外相机拍摄到的野生动物种类及其数量随着人类干扰强度的增加而减少。

对各个干扰区至少有 3 台相机拍摄到物种的独立照片数量进行差异性检验（表 1）。小鹿（*Muntiacus reevesi*）在基本无干扰区与干扰轻微区差异不显著（ $P > 0.05$ ），基本无干扰区与干扰较轻区、干扰较重区差异极显著（ $P < 0.01$ ），干扰轻微区与干扰较轻区差异显著（ $P < 0.05$ ），干扰较重区与干扰轻微区、干扰较轻区差异极显著（ $P < 0.01$ ）；野猪（*Sus scrofa*）在基本无干扰区与干扰较轻区、干扰较重区差异显著（ $P < 0.05$ ）；白鹇在基本无干扰区与干扰较轻区、干扰较重区差异极显著（ $P < 0.01$ ），干扰轻微区与干扰较重区显著差异（ $P < 0.05$ ）。鼠科、猕猴在各区之间差异不显著（ $P > 0.05$ ）。

## 2.4 国有林与集体林的比较

为了分析早些年份林木采伐对野生动物栖息造成的影响，将红外相机布设点位分别按国

有林和集体林进行统计。国有林内共布设 23 台相机，拍摄到 3 163 张照片，平均每台拍到（ $137.5 \pm 48.7$ ）张，计 33 种（松鼠科、鼠科各按 1 种对待，未能识别鸟不计种类），其中兽类 16 种、鸟类 17 种，各相机拍摄到的照片数量符合正态分布（ $P > 0.05$ ）。集体林内共布设 17 台相机，拍摄到 1 093 张照片，平均每台拍到（ $64.3 \pm 37.0$ ）张，计 22 种，其中兽类 13 种、鸟类 9 种。集体林内各相机拍摄到的照片数量也符合正态分布（ $P > 0.05$ ），但  $P$  值较小，为 0.055，从侧面说明集体林遭受不同程度的干扰。集体林内平均每台红外相机拍摄到的照片数量为国有林的 46.75%。经  $t$  检验，拍摄到的野生动物独立照片数量在国有林与集体林之间存在极显著的差异（ $P < 0.01$ ）。

## 3 讨论

### 3.1 林木采伐的影响

虽然早在 1985 年百山祖建立了省级自然保护区，但由于当地交通不便和经济落后，加上没有生态补偿，采伐销售林木资源是当地社区林农的主要经济收入，尤其在 20 世纪 90 年代前后，集体林内的大量阔叶树被采伐用于香菇生产。森林采伐直接破坏了野生动物原有的栖息地，还导致生境片段化或破碎化，珍稀禽兽越来越少，尤其是鸟类数量大大减少，有的鸟类正濒临灭绝（李耀翔等 1998）。李保国等（2000）研究发现，人类大规模采伐行动的干扰迫使川金丝猴（*Rhinopithecus roxellana*）较长距离地迁移到其他地带。生境片段化通过减少原有生境面积，增加空间隔离度，造成了物种栖息地丧失和破碎，影响了物种种群的繁殖和迁移，改变了正常的生态格局和过程，对生物多样性造成了极大的影响（吴倩倩等 2017）。朱芸等（2022）以贵州花溪大学城破碎化自然林地作为研究区，发现鸟类物种丰富度与林地斑块的面积存在显著正相关，生境破碎化对物种多样性具有明显的负效应。经调查档案，发现本研究的相机点位中除 2 个集体林点位周围在

近 30 年内无商业性采伐外, 其余 15 个点位在 2000 年前后都曾有过商业性采伐。集体林内拍摄的野生动物种类和独立照片数量明显低于国有林, 分析其原因, 可能与集体林早年的林木采伐有密切关系。集体林直到 21 世纪初才全面停止商业性采伐, 早年的森林采伐对野生动物栖息环境造成破坏, 还在一定程度上导致生境片段化, 而国有林较少采伐林木, 其森林质量远高于集体林。虽然有的森林采伐发生已近 20 年, 但其影响还难以消除, 这表明生境破坏对野生动物的负面影响是长期的, 并非短期内能够恢复的。因而, 栖息地保护对于野生动物保护来说至关重要, 建议从全面保护生态系统的角度来保护野生动物。

### 3.2 行人的影响

有研究表明, 某些动物具有较高的警觉性和警惕性(车焯等 2014), 当可视范围内的人类干扰增加, 野生动物的警惕性也会随之增加(Pays et al. 2012), 当感知风险过高时, 鸟类等野生动物可能根据当前生存情况而改变自身行为(Mikula 2014), 通过调节活动节律来回避人类干扰, 也可能会从人类干扰强度高的地区向强度低的地区迁移(Wallace 2016)。在本研究中, 虽然发现有多张照片存在户外运动爱好者行走、村区居民采摘野生食用大型真菌等, 但多张照片显示, 在人走后 2 h 内就会有动物经过, 说明这些行为对野生动物造成的影响比较轻微。如果对进入森林从事非破坏性活动, 如野外巡护、科学考察、自然体验、自然教育等的人员在数量上加以限制, 对野生动物不会造成较大的影响。但是, 过多的人员进入, 不仅会对环境造成负面影响, 还会影响野生动物的生活习性、分布状况(Kowarik 1995, Mckinney 2006), 甚至影响野生动物取食植物种子行为, 从而影响到植物的扩散。

### 3.3 本研究有待进一步改进

本研究所布设的红外相机位于自然保护区内及其边界, 虽然 2000 年前后尚有林木采伐, 偶尔也有偷猎行为发生, 但与自然保护区外的

森林相比, 保护区内森林资源保护与野生动物保护明显严格得多, 人为干扰强度也更低, 本研究所划分的 4 个区的干扰强度梯度较小, 且没有明确的过渡界线, 假如将干扰较轻区和干扰较重区布设到保护区外, 干扰强度梯度将更大, 干扰强度对野生动物栖息的影响可能更加清晰。由于本研究区域总体干扰强度不大, 可能对野生动物的活动节律影响不大, 所以没有分析干扰对动物活动节律的影响。

## 参 考 文 献

- Kowarik I. 1995. On the role of alien species in urban flora and vegetation // Pyšek P, Prach K, Rejmánek M, et al. *Plant Invasions-General Aspects and Special Problems*. Amsterdam: SPB Academic Publishing, 85–105.
- Mckinney M L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3): 247–260.
- Mikula P. 2014. Pedestrian density influences flight distances of urban birds. *Ardea*, 102(1): 53–60.
- Pays O, Blanchard P, Valeix M, et al. 2012. Detecting predators and locating competitors while foraging: An experimental study of a medium-sized herbivore in an African Savanna. *Oecologia*, 169(2): 419–430.
- Pickett S, White P S. 1987. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. New York: Academic Press, 1–472.
- Rovero F, Owen N, Jones T, et al. 2017. Camera trapping surveys of forest mammal communities in the Eastern Arc Mountains reveal generalized habitat and human disturbance responses. *Biodiversity & Conservation*, 26(5): 1103–1119.
- Wallace P. 2016. Managing human disturbance of wildlife in coastal areas. *New Zealand Geographer*, 72(2): 133–143.
- 车焯, 李忠秋. 2014. 动物的警戒行为——回顾及展望. *四川动物*, 33(1): 144–150.
- 国家林业和草原局, 农业农村部. 2021. 第 3 号公告《国家重点保护野生动物名录》[EB/OL]. [2022-06-10]. <http://www.forestry.gov.cn/>
- 胡强, 林红强, 戴强, 等. 2020. 卧龙保护区三种中型食肉动物的生态位差异. *动物学杂志*, 55(6): 685–691.
- 金孝锋, 丁炳扬, 郑朝宗, 等. 2004. 浙江百山祖自然保护区种子

- 植物区系分析. 云南植物研究, 26(6): 605–618.
- 李安梅, 李言阔, 邵瑞清, 等. 2022. 基于红外相机技术分析鼬獾的活动节律. 动物学杂志, 57(2): 225–235.
- 李保国, 任宝平, 高云芳, 等. 2000. 森林采伐导致秦岭川金丝猴夏季活动范围变化. 动物学报, 46(4): 464–466.
- 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.
- 李耀翔, 朱景龙. 1998. 论森林采伐的生态效应. 森林工程, 14(3): 28, 21.
- 李政海, 田桂泉, 鲍雅静. 1997. 生态学中的干扰理论及其相关概念. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 28(1): 133–137.
- 刘周, 周虎, 郭瑞, 等. 2020. 浙江清凉峰国家级自然保护区华南梅花鹿栖息地内人为干扰类型及时空分布格局. 兽类学报, 40(4): 355–363.
- 莫秀洪, 莫麒麟, 卢宪旺, 等. 2022. 天津盘山风景名胜区人类干扰对野生动物活动节律影响的初步研究. 四川动物, 41(1): 30–41.
- 石江艳, 杨海, 华俊钦, 等. 2020. 利用红外相机研究白冠长尾雉日活动节律与人为干扰的关系. 生物多样性, 28(7): 796–805.
- 王云, 关磊, 朴正吉, 等. 2016. 应用红外相机技术监测长白山区公路对大中型兽类出现率的影响. 四川动物, 35(4): 593–600.
- 魏斌, 张霞, 吴热风. 1996. 生态学中的干扰理论与应用实例. 生态学杂志, 15(6): 51–55.
- 吴倩倩, 梁宗锁, 刘佳佳, 等. 2017. 中国生境片段化对生物多样性影响研究进展. 生态学杂志, 36(9): 2605–2614.
- 吴友贵, 叶珍林, 吴义松, 等. 2017. 基于红外相机技术的野生白鹇活动规律. 四川动物, 36(1): 25–29.
- 肖治术, 李欣海, 姜广顺. 2014a. 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, 李欣海, 王学志, 等. 2014b. 探讨我国森林野生动物红外相机监测规范. 生物多样性, 22(6): 704–711.
- 徐敏, 骆争荣, 于明坚, 等. 2007. 百山祖北坡中山常绿阔叶林的物种组成和群落结构. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 33(4): 450–457.
- 徐婉芸, 刘琰冉, 梦梦, 等. 2020. 利用红外相机数据分析藏东南地区物种对人为干扰的耐受性. 生态学杂志, 39(9): 3164–3173.
- 郑伟成, 陈智强, 郑子洪, 等. 2021. 浙江九龙山国家级自然保护区黑熊活动监测及其华东地区潜在分布区预测. 动物学杂志, 56(4): 509–521.
- 中国生物多样性国情研究组. 1998. 中国生物多样性国情研究报告. 北京: 中国环境科学出版社, 47–154.
- 朱芸, 盛尚, 郑进凤, 等. 2022. 贵州花溪大学城破碎化林地中鸟类群落的小岛屿效应. 动物学杂志, 57(2): 205–212.