

# 基于红外相机技术对南京无想山 国家森林公园鸟兽多样性研究

孙文杰<sup>1,2</sup>, 窦浩<sup>3</sup>, 曹明明<sup>3</sup>, 丁晶晶<sup>1,2</sup>, 王磊<sup>1,2</sup>, 王玄<sup>1,2\*</sup>

(1. 江苏省林业科学研究院, 江苏 南京 211153; 2. 江苏扬州城市森林生态系统国家定位观测研究站, 江苏 扬州 225000;  
3. 南京市溧水区林特产技术推广站, 江苏 南京 211222)

**摘要:**2021年3月至2023年3月,在南京无想山国家森林公园利用公里网格法布设28台红外相机,对鸟兽多样性进行监测。红外相机总有效监测时长16 200 d,筛选出物种独立有效照片1 794张,共记录到鸟兽16种,隶属于8个目12个科。其中哺乳动物6种,其中,貉(*Nyctereutes procyonoides*)为国家Ⅱ级重点保护物种;鸟类11种,属于国家Ⅱ级重点保护物种的有白鹇(*Lophura nycthemera*)、画眉(*Garrulax canorus*)和黑鸢(*Milvus migrans*)。野猪(*Sus scrofa*)记录的独立照片最多,其次为山斑鸠(*Streptopelia orientalis*)。该研究丰富了南京无想山国家森林公园野生动物资源数据库,并为森林公园野生动物保护与管理提供了数据支持。

**关键词:**红外相机;无想山森林公园;本底调查;鸟兽多样性;监测

**中图分类号:**Q16;Q958.15 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2023.04.007

野生动物是生物多样性保护管理与科学评价的关键指示类群<sup>[1]</sup>,在维持区域生物多样性与生态系统功能的完整性上起着至关重要的作用。长期的动态监测有助于了解生态系统结构和功能变化,进而探明野生动物多样性的动态变化趋势、过程和影响因素,为进一步制定生态保护规划、科学的保护管理措施、推动生态文明建设等提供重要的基础数据<sup>[2-5]</sup>。

野外监测是评估生物多样性保护进展的有效途径,也是保护生物多样性的基础<sup>[2]</sup>。以往,我国自然保护区主要采用样线法、样点法、陷阱法和访问调查等传统调查方法对野生动物资源进行调查和记录<sup>[6]</sup>,然而这些方法对监测对象有着一定的影响,且较容易受极端天气等自然条件的限制。随着技术的发展,野外监测的方法也越来越多样化,红外相机技术就是其中一个非常有效的方法。这种方法具有非损伤、低干扰、持续工作等特点,较少受到环境和监测人员等条件限制<sup>[7]</sup>。近几年来,红外相机监测在我国野生动物多样性和动态变化的研究上起到了重要作用<sup>[8-10]</sup>。基于红外相机技术,众多自然保护区以及森林公园得以开展系统性的兽

类与鸟类多样性本底调查,为区域性乃至全国范围内的生物多样性调查提供了直接和基础的数据<sup>[11]</sup>。

南京无想山国家森林公园位于南京市溧水区,该地野生动物资源丰富,其优越的地理环境以及充沛的资源储备,在自然保护地体系中的作用也不容忽视。野生动植物本底资源监测调查和物种编目评估是自然保护地体系建立与完善过程中的重要工作内容<sup>[5]</sup>。南京市环境科学研究所生物多样性团队布设22条样线对溧水区进行了鸟类监测,全区共记录9目30科82种鸟类,但对于溧水区森林资源较丰富的无想山地区仅布设了一条样线<sup>[12]</sup>,为进一步探究南京无想山国家森林公园鸟兽资源的本底现状,采用了红外相机对其地区的鸟兽资源进行监测,从而完善无想山国家森林公园的鸟兽资源数据库,为今后森林公园的野生动物保护以及科学管理提供基础数据参考。

## 1 研究地区

南京无想山国家森林公园位于江苏省西南部南京市溧水区,属宁镇扬丘陵余脉,区域内多为丘陵岗

收稿日期:2023-05-10;修回日期:2023-06-20

基金项目:江苏省林业科技创新与推广项目“江苏重点地区野猪种群及非洲猪瘟病原监测研究”(LYKJ[2021]24);江苏省林业科技创新与推广项目“江苏省森林、湿地定位监测长期科研基地”(LYKJ[2020]21)

作者简介:孙文杰(2002-),男,江苏泰州人,专科毕业。主要从事动物生态学研究。E-mail:204386215@qq.com

\*通信作者:王玄(1990-),男,江苏泗洪人,助理研究员。主要从事动物生态学研究。E-mail:xuanzaiwang@163.com

地,平均海拔 100 m,最高处海拔约 209.5 m。属亚热带湿润季风气候区,气候无明显地域差异,受季风和环流影响较大,冬夏温差较为显著,季节性气候明显,气候温和湿润,降水量丰沛,日照充足,无霜期较长<sup>[13]</sup>。研究区域内有无想山、秋湖山、双尖山等诸多山头,林地覆盖率较高,野生动植物资源丰富。

## 2 研究方法

### 2.1 红外相机布设

利用 ArcGIS 在南京无想山国家森林公园的范围内按照 1 km×1 km 的采样网格大小筛选了 28 个网格进行红外相机布设(如图 1)。相机布设点主要选在有野生动物出没痕迹的地点,如视野开阔的兽道、水源地附近,尽量避免人为活动较多的区域<sup>[14]</sup>。相机设置为照相+视频模式,连拍照片 2 张,录像时间 10 s,全天 24 h 工作,并为每台相机设定唯一编号。将调试好的红外相机安装固定在距离地面 0.3—0.8 m 的树干上,清理相机前的杂草等遮挡物,相机拍摄角度避免阳光直射,降低相机误拍率。监测期间每 3—4 个月维护相机 1 次,并更换 1 次相机电池和存储卡。

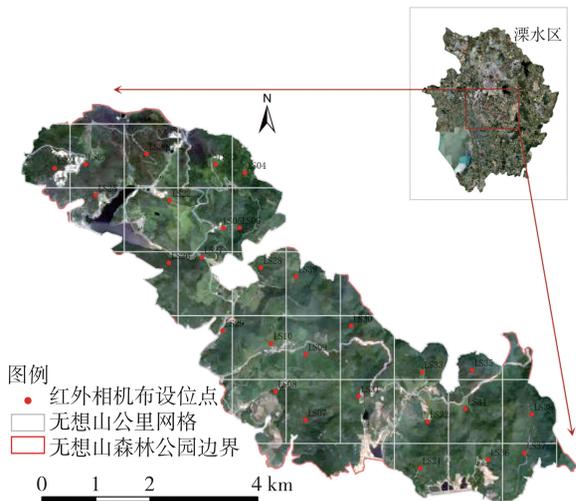


图 1 研究区域以及红外相机布设位点

### 2.2 数据分析

2.2.1 红外相机照片整理 物种识别参照《中国哺乳动物多样性(第二版)》<sup>[15]</sup>和《中国鸟类分类与分布名录(第三版)》<sup>[16]</sup>,物种濒危等级参照国家重点保护物种名录、IUCN 物种红色名录和江苏省重点保护物种名录等。

将每台红外相机所拍摄的间隔小于 30 min 的同一物种的连续照片记为 1 张独立有效照片,来衡

量野生动物的相对数量。单个相机位点在野外正常工作 24 h,即记为 1 个完整相机工作日<sup>[17]</sup>。按相机编号对照片进行分类整理,筛选有效照片、独立有效照片及物种数据。

2.2.2 数据分析 主要对物种相对丰富度、拍摄率、物种相机位点出现率、群落多样性指数、均匀度指数和物种活动节律等进行分析。

(1)物种相对丰富度。使用物种相对丰富度指数(Relative abundance index, RAI)对研究区域内物种相对种群数量进行比较,计算式如下:

$$RAI = A_i / N \times 100$$

式中,  $A_i$  指拍摄到的第  $i$  物种出现的独立照片数,  $N$  指物种独立有效照片总数<sup>[18]</sup>。

(2)拍摄率。采用拍摄率(Picture rate, PR)来反映不同物种的活动强度,计算式为:

$$PR = A_i / T \times 100$$

式中,  $A_i$  第  $i$  类物种的独立有效照片数,  $T$  是所有正常工作相机位点工作日的总和<sup>[19]</sup>。

(3)物种相机位点出现率(Trap occurrence, TO)反映监测区域不同物种的分布或活动范围,计算公式为:

$$TO = C_i / S \times 100$$

式中,  $C_i$  代表第  $i$  类物种出现的相机位点数,  $S$  代表正常工作的相机位点数<sup>[20]</sup>。

(4)群落多样性用群落多样性指数(Community diversity index,  $H'$ )表示,参照香农威纳指数,计算公式为:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)$$

式中,  $S$  为物种数,  $p_i$  为物种的独立照片数占总数的独立照片数( $i$ )的比值<sup>[17]</sup>。

(5)均匀度指数。根据 Pielou 均匀度公式计算均匀度指数:

$$E = H' / \ln S$$

(6)活动节律:选取相对多度居于前列的物种,分析其活动节律,每 2 h 进行 1 次统计分析,将每天 24 h 划分为 12 个时段,然后根据每个时段拍摄到的野生动物照片数和视频数,以及每个时段出现的物种数来进行统计分析,探究野生动物的活动规律。

## 3 研究结果

### 3.1 物种组成

南京市无想山国家森林公园的红外相机累计有效工作日为 16 200 d,拍摄照片总数 50 403 张,其

中,有效照片 3 454 张,独立有效照片 1 794 张。共记录到鸟兽 16 种,隶属 8 目 12 科,其中哺乳动物 3 目 4 科 6 种,包括食肉目 2 科 4 种,偶蹄目 1 科 1 种,兔形目 1 科 1 种。鸟类 5 目 8 科 10 种,包括鸡形目 1 科 1 种,鸽形目 1 科 1 种,雀形目 4 科 5 种,鸛形目 1 科 2 种,鹰形目 1 科 1 种(见表 1)。

红外相机记录到的哺乳动物中,貉(*Nyctereutes procyonoides*)属于国家 II 级重点保护物种,其他物种除野猪外均属于国家 III 级保护物种,红外相机拍

摄位点最多和独立有效照片数最多的是野猪(*Sus scrofa*)。记录到的鸟类中,属于国家 II 级重点保护物种的有白鹇(*Lophura nycthemera*)、画眉(*Garrulax canorus*)和黑鸢(*Milvus migrans*),其他鸟类均为国家 III 级保护物种,独立有效照片数最多的是山斑鸠(*Streptopelia orientalis*),相机拍摄位点最多的是红嘴蓝鹇(*Urocissa erythroryncha*)。本次记录的貉、红嘴蓝鹇、池鹭(*Ardeola bacchus*)和白鹭(*Egretta garzetta*)为江苏省重点保护动物(见表 1)。

表 1 南京市无想山国家森林公园红外相机记录的鸟兽名录

分类	物种	保护等级	IUCN 红色名录	相机位点出现率/%	拍摄率/%	相对丰富度/%
哺乳纲 Mammalia						
一、食肉目 Carnivora						
(一) 鼬科 Mustelidae						
	黄鼬( <i>Mustela sibirica</i> )	三有	LC	14.29	0.16	1.45
	亚洲狗獾( <i>Meles meles</i> )	三有	LC	10.71	0.04	0.39
	鼬獾( <i>Melogale moschata</i> )	三有	LC	10.71	0.14	1.23
(二) 犬科 Canidae						
	貉( <i>Nyctereutes procyonoides</i> )	国 II, 省重点	LC	28.57	0.2	1.78
二、偶蹄目 Artiodactyla						
(三) 猪科 Suidae						
	野猪( <i>Sus scrofa</i> )		LC	85.71	9.43	85.17
三、兔形目 Lagomorpha						
(四) 兔科 Leporidae						
	华南兔( <i>Lepus sinensis</i> )	三有	LC	25	0.48	4.29
鸟纲 Aves						
一、鸡形目 Galliformes						
(一) 雉科 Phasianidae						
	白鹇( <i>Lophura nycthemera</i> )	国 II	LC	14.29	0.04	0.33
二、鸽形目 Columbiformes						
(二) 鸠鸽科 Columbidae						
	山斑鸠( <i>Streptopelia orientalis</i> )	三有	LC	25	0.22	1.95
三、雀形目 Passeriformes						
(三) 鸦科 Corvidae						
	红嘴蓝鹇( <i>Urocissa erythroryncha</i> )	三有, 省重点	LC	32.14	0.17	1.56
	灰树鹊( <i>Dendrocitta formosae</i> )	三有	LC	14.29	0.06	0.5
(四) 树莺科 Cettiidae						
	棕脸鹟莺( <i>Abroscopus albogularis</i> )	三有	LC	3.57	0.01	0.06
(五) 噪鹛科 Leiothrichidae						
	画眉( <i>Garrulax canorus</i> )	国 II	LC	3.57	0.03	0.28
(六) 鹟科 Muscicapidae						
	白眉姬鹟( <i>Ficedula zanthopygia</i> )	三有	LC	7.14	0.02	0.22
四、鸛形目 Ciconiiformes						
(七) 鹭科 Ardeidae						
	池鹭( <i>Ardeola bacchus</i> )	三有, 省重点	LC	3.57	0.04	0.33
	白鹭( <i>Egretta garzetta</i> )	三有, 省重点	LC	3.57	0.04	0.39
五、鹰形目 Accipitriformes						
(八) 鹰科 Accipitridae						
	黑鸢( <i>Milvus migrans</i> )	国 II	LC	3.57/	0.01	0.06

注:表中“三有”表示该物种属于国家保护的有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物名录;“国 II”表示国家二级重点保护物种;“省重点”表示江苏省重点保护物种;“LC”表示 IUCN 红色名录中的无危物种

### 3.2 物种丰富度及多样性分析

南京无想山国家森林公园红外相机监测到的哺乳动物相对丰富度、拍摄率以及相机位点出现率最高的是野猪(85.17%, 9.43%, 85.71%),最低的是亚洲狗獾(0.39%, 0.04%, 14.29%)。监测到鸟类中相对丰富度和拍摄率最高的是山斑鸠(1.95%, 0.22%);相机位点出现率最高是红嘴蓝鹊(32.14%);此外,棕脸鹟莺(*Abroscopus albogularis*)和黑鸢(0.06%, 0.01%, 3.57%)相对丰富度、拍摄率和机位点效率均较低。南京无想山国家森林公园物种多样性指数为0.75,均匀度指数为0.27,其中兽类多样性指数为0.45,鸟类多样性指数为1.82。

### 3.3 主要物种活动规律

选取南京市无想山国家森林公园丰富度、拍摄率和机位点出现率最高的动物——野猪,进行日活动节律分析。从全年来看野猪活动呈现2个峰值,16:00—18:00为全天活动的最高峰,6:00—8:00为全天的次高峰,最高峰的时间段相对丰富度(Time period relative abundance index, *TRAI*)值为15.18%,表明野猪在早上和傍晚的活动较为频繁(如图2)。

可能受温度天气等因素,各季节的野猪日活动节率存在差异,其春季、夏季、秋季皆呈双高峰。在春季野猪活动的高峰时段在8:00—10:00和18:00—20:00,最高峰的 *TRAI* 值为14.22%;夏季活动高峰时段4:00—6:00和14:00—18:00,最高峰的 *TRAI* 值为14.29%;秋季活动高峰时段6:00—8:00和16:00—18:00,最高峰的 *TRAI* 值为13.77%;冬季高峰期16:00—18:00,最高峰的 *TRAI* 值为20.85%。

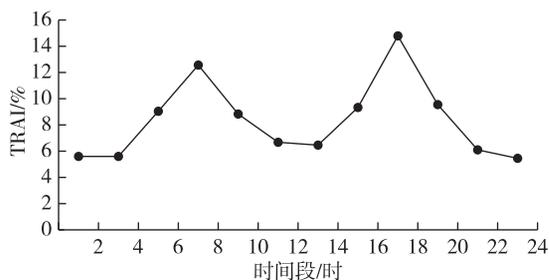


图2 野猪全年的日活动节律以及各季节活动节律

## 4 讨论与结论

### 4.1 无想山生物多样性情况

本次红外相机监测到黄鼬、亚洲狗獾、华南兔(*Lepus sinensis*)等6种兽类,以及山斑鸠、红嘴蓝鹊、

灰树鹊等10种鸟类。其中野猪在本次红外相机监测中,丰富度、拍摄率和机位点出现率均最高。表明野猪在当地缺少天敌和环境适应性强<sup>[21]</sup>。从相机位点出现率来看,貉、华南兔、山斑鸠和红嘴蓝鹊种群均有着稳定分布,部分物种拍摄照片数量较少,并不能说明该物种在该地区的种群数量较少。从物种多样性上看,无想山区域的鸟类物种多样性与2019年溧水区鸟类监测结果一致<sup>[12]</sup>,但低于紫金山监测的鸟类物种多样性指数<sup>[22]</sup>,可能存在以下原因:(1)本研究利用的红外相机监测技术对于体型较大的地栖鸟兽效果更加显著,对于体型较小的非地栖鸟兽(翼手目、食虫目等)则不会很有效<sup>[23]</sup>;(2)许多鸟类主要在树冠层栖息,只有当它们在地面停留时,才可能被红外相机捕捉到,因此这些鸟类能否被红外相机拍摄到具有较大偶然性<sup>[6]</sup>;(3)部分景区区域相机位点周围可能会有人为活动,会对野生动物存在一定的影响。

### 4.2 重点物种研究

此次研究初步记录了南京无想山国家森林公园4种国家Ⅱ级重点保护动物貉、白鹇、画眉、黑鸢。在监测中,野猪的相对丰富度指数在所有鸟兽物种中占主要地位。对此分析无想山野猪的日活动节律,从全年来看野猪早上和下午较为活跃<sup>[24]</sup>。分季节来看野猪春季在上午和晚上较为活跃,夏季、秋季在上午和下午较为活跃,冬季则是下午较为活跃,野猪表现出晨昏型活动规律,避开了白天人为活动较强而产生的人与野猪冲突的风险<sup>[25]</sup>。

就目前看来,想要更为清晰地了解南京无想山国家森林公园的鸟兽本底资源现状还需要更长期完善的监测。红外相机存在较高的误拍率,可能由一些外界因素如拍摄区域的遮挡物、阳光直射导致的光斑和人为的活动等因素导致<sup>[26]</sup>,后续安装红外相机时应当在这些因素中多加注意从而提高有效照拍摄率。此外景区以及人类活动频率高的区域内红外相机丢失率高,以及人为干扰等对数据的获取也会造成一定的影响<sup>[27]</sup>,因此在这些区域安装红外相机时需要注意位置的隐蔽性。在野生动物本底资源监测过程中可以与其他方法相结合,比如兽类样带法、活动痕迹识别、鸟类样点法和样线法<sup>[28]</sup>等进行补充。从而为多样性研究提供更加全面的资料。

### 参考文献:

[1] 肖治术,李学友,向左甫,等.中国兽类多样性监测网的建设规

- 划与进展[J].生物多样性,2017,25(3):237-245.
- [2] 马克平.监测是评估生物多样性保护进展的有效途径[J].生物多样性,2011,19(2):125-126.
- [3] 马克平.中国生物多样性编目取得重要进展[J].生物多样性,2015,23(2):137-138.
- [4] 肖治术.红外相机技术促进我国自然保护区野生动物资源编目调查[J].兽类学报,2016,36(3):270-271.
- [5] 肖治术.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[J].生物多样性,2019,27(3):235-236.
- [6] 钱磊,李言阔,李佳琦,等.利用红外相机技术调查江西省齐云山国家级自然保护区鸟类和兽类多样性[J].生态与农村环境学报,2022,38(7):890-896.
- [7] 贾晓东,刘雪华,杨兴中,等.利用红外相机技术分析秦岭有蹄类动物活动节律的季节性差异[J].生物多样性,2014,22(6):737-745.
- [8] 施小刚,胡强,李佳琦,等.利用红外相机调查四川卧龙国家级自然保护区鸟兽多样性[J].生物多样性,2017,25(10):1131-1136.
- [9] 丁晶晶,徐惠强,熊天石,等.江苏省鸟类新纪录白鹇[J].野生动物学报,2017,38(2):322-323.
- [10] 李涛,孟德怀,滕丽微,等.基于红外相机对宁夏罗山国家级自然保护区鸟兽多样性初报[J].野生动物学报,2020,41(3):757-766.
- [11] 肖治术,李欣海,姜广顺.红外相机技术在我国野生动物监测研究中的应用[J].生物多样性,2014,22(6):683-684.
- [12] 朱光,王雪,张文文,等.城市景观格局对鸟类群落的影响:以南京溧水区为例[J].生态与农村环境学报,2022,38(3):327-333.
- [13] 张胜华,李丙红.景区规划与开发[M].北京:北京理工大学出版社,2011:138.
- [14] 张宇硕,卢宪旺,关洪武,等.天津盘山风景名胜区内哺乳动物和鸟类多样性[J].野生动物学报,2021,42(3):774-782.
- [15] 蒋志刚,刘少英,吴毅,等.中国哺乳动物多样性(第2版)[J].生物多样性,2017,25(8):886-895.
- [16] 郑光美.中国鸟类分类与分布名录[M].3版.北京:科学出版社,2017.
- [17] 刘正霄,李东群,田成,等.基于红外相机技术对陕西老县城国家级自然保护区大中型兽类及林下鸟类资源分析[J].动物学杂志,2020,55(2):153-164.
- [18] 台德运,钟育谦,王波,等.江苏宜兴国家森林公园鸟兽多样性初步研究[J].野生动物学报,2020,41(2):331-338.
- [19] ROVERO F,ZIMMERMAN F.Camera trapping for wildlife research[M].Exeter: Pelagic Publishing, 2016.
- [20] 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.
- [21] 王莉.西安市秦岭山地野猪(*Sus scrofa*)种群现状调查及保护研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2019:71.
- [22] 张啸然,王森,王卉,等.南京紫金山国家森林公园繁殖鸟类多样性及年间变化[J].野生动物学报,2018,39(2):310-316.
- [23] 李晟,王大军,肖治术,等.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[J].生物多样性,2014,22(6):685-695.
- [24] 王玄,翟飞飞,孙立峰,等.南京市溧水区野猪危害特征及民意调查[J].江苏林业科技,2022,49(5):49-53.
- [25] 王道,李飞,李崇清,等.习水国家级自然保护区野猪活动特征和危害分析[J].野生动物学报,2022,43(2):323-330.
- [26] 胡茜茜,郑维超,李佳琦,等.四姑娘山国家级自然保护区鸟兽多样性初步调查[J].生物多样性,2018,26(12):1325-1331.
- [27] 陈红,吉晟男,张勤,等.小相岭山系大中型兽类多样性的红外相机调查[J].兽类学报,2022,42(4):461-470.
- [28] 崔鹏,徐海根,丁晖,等.我国鸟类监测的现状、问题与对策[J].生态与农村环境学报,2013,29(3):403-408.