

红外相机在湿地公园资源监测中的应用

广东罗定金银湖国家湿地公园管理处 罗文书

摘要: 红外相机是研究野生动物资源的重要手段, 现已在自然保护区、森林公园、湿地公园资源监测中得到广泛应用。本文介绍了红外相机工作原理, 阐述了红外相机布设、参数设置、预实验及数据整理与分析方法, 最后举例说明红外相机在湿地公园动物资源监测中的应用。

关键词: 红外相机; 湿地公园; 资源监测

当野生动物在红外相机前方经过时, 动物体温与环境温度之差会引起相机周围的热量变化, 进而触发相机传感器自动拍摄, 这种技术称为红外触发相机陷阱(ITCT)技术, 简称红外相机技术。红外相机技术具有全天候、无损伤、隐蔽性强的特点, 用于野生动物监测成本低、抗干扰性强、时间长, 可获取隐蔽性物种、夜行性物种的活动信息。由于红外相机技术具有上述优点, 因此本文对红外相机在湿地公园资源监测中的应用进行了分析。

一、红外相机工作原理

(一) 红外相机外形与应用场景

红外相机外形如图1(a)所示, 应用场景如图1(b)所示。在相机后部留有穿布带的口, 通过布带将相机绑缚在树干上, 确保相机不脱落。相机外壳颜色与树干颜色相近, 这可以减少相机被人发现的机会, 并能降低被监测动物受到惊扰的概率。



图1 红外相机外形及应用场景

(二) 红外相机结构与原理

红外相机硬件结构由主板、镜头模组、补光灯组、控制面板、电池、外壳等组成, 内部包括红外传感器、CMOS图像传感器、图像处理器、存储卡、单片机、电源变压模块、Wi-Fi模块等。红外相机一般绑在树干上(如图1b所示), 当野生动物在相机前方经过时, 红外传感器感应到红外辐射的变化, 启动拍摄功能CMOS感光芯片在白天拍摄彩色相片, 夜间在红外补光灯照射下拍摄灰度相片。红外相机待机状态下, 工作电流在0.2mA以下, 处于节能状态; 被触发后, 白天工作电流能达到300mA, 夜间因为红外补光灯耗能, 工作电流将

达到1000mA。红外相机拍摄的相片存放在存储卡上, 而Wi-Fi模块可帮助相机与上位机通讯。

二、红外相机布设、参数设置与预实验

(一) 相机布设

相机布设流程: 野外选点→安装固定→安装电池→设置工作模式→GPS定位→记录→试拍→相机伪装→布设诱饵。

布设红外相机应充分考虑野生动物活动轨迹, 即动物留下痕迹的兽道、食迹、饮水点、粪便等处, 例如山脊分叉口、溪口等处。在这些位置寻找合适的树干, 再把相机绑在树干上, 高度0.5m左右。相机高度设置取决于动物体形, 镜头理想高度是对准动物的肩部, 若相机监测对象不是单一物种, 那么只能折中取值, 例如0.4~1.0m。相机可拍摄距离取决于监测对象体形、活动能力、拍摄模式等多种因素。小型动物只需1~2m距离, 大型动物、鸟类需要的距离可能超过10m。白天明亮背景下相机可以拍摄较远距离, 夜晚闪光灯作用距离一般不超过5m。综合多种因素, 相机理想的拍摄距离是3~5m。清理相机前的树枝、杂草, 保证镜头前视野开阔。相机镜头应朝向北方, 避免阳光直射镜头, 如果相机朝向东方(日出方向)或西方(日落方向), 红外传感器就有被阳光中的红外线触发的可能。镜头以地面为基准保持水平或俯视角不超过5°。多台相机之间的距离不少于500m。如果相机距离过小, 那么2台相机拍摄动物可能是同一头, 两点相片数据没有独立性。通常, 可以按照网格化布置, 例如监测区划分为1km×1km网格, 在每个网格中布设1台相机。每台相机及存储卡均应编号, 并记录经纬度、海拔等信息。相机布放分为一字型、十字形、(海拔)垂直型和随机型等模式, 一字型可拍摄较多的动物种类(鸟类、兽类), 垂直型拍摄的兽类种类较多。

(二) 参数设置

红外相机使用前需合理设置参数, 重要参数设置如下: (1) 日期与时间。相机布设时间是重要参数, 应当准确设置。(2) 拍摄模式。一般可设置为照片+视频模式, 例如连拍3张相片, 再录制一段10s的视频。(3) 拍照间隔。拍摄1张相片后需要间隔一定时间再拍摄下1张, 这个时间取决于相机监测需要。三连拍之间的时间



间隔应在1s以下，否则动物已远去，后面的相片失效。

(4) 监测方式。监测方式取决于动物活动规律，监测对象是多个物种，可设置全天监测方式(24h工作制)，白天拍摄彩色相片，夜晚拍摄灰度相片。监测对象是特定动物，可将监测方式确定为特定时间段，一般是该种动物的高峰活动时间，例如傍晚或晨昏时间。(5) 图像大小。一般相片可设置为800万或1200万像素，视频大小为720P或1080P。(6) 灵敏度。通常设置灵敏度为高或中。(7) 记录生境信息。每台相机所在位置(经纬度、海拔、坡度、坡向、离水源距离)、植物特征(树种、胸径)等。(8) 维护周期。一般间隔3个月就要对相机进行检查和维护，更换电池和存储卡，并收集数据。红外相机是精密的电子仪器，在野外工作期间受到高温、雨水、潮湿、低温等因素影响，容易出现故障，而且某些动物也会破坏相机，偷猎、采药等人员可能盗取相机，所以相机布设后需要维护。

(三) 预实验

正式调查以前，应开展预实验，这样可以合理确定和优化监测模式、相机参数，同时也能帮助工作人员熟悉和掌握调查方法，避免正式调查出现大的差错。预实验只是规模较小，监测要求与正式调查不应有所区别，要像正式调查一样按部就班、严谨地工作，如此才能取得较好的预实验成果。

三、数据整理与分析

(一) 数据整理

在计算机硬盘中按每台相机编号建立一个文件夹，将各台相机拍摄的相片、视频存入各自编号的文件夹内。逐一浏览相片或视频，删除无效相片或视频。然后

对相片或视频进行分类。分类依据：(1) 同一地点、同一种动物且拍摄间隔在30min内的相片视为1次独立事件或1张有效相片，只记录1次时间或状态。(2) 每台相机连续运行24h视为1个工作日。(3) 按鸟类、兽类、其他动物、工作人员、其他人员进行分类。鸟类分类和鉴别可参照《中国鸟类分类与分布名录》《中国鸟类野外手册》的方法进行，兽类分类和鉴别可参照《中国兽类野外手册》《中国哺乳动物多样性及地理分布》的方法进行。相片归类信息记录在Excel表格中，用于数据分析。

(二) 数据分析

衡量红外相机监测的野生动物种群数量可采用RAI(相对丰富度指数)来计算：

$$RAI = \frac{\sum_{i=1}^{j=1} d_i \times 100}{\sum_{i=1}^{j=1} t_{ni}} \quad (1)$$

式中： d_i 为第*i*点位的1次独立事件(有效相片)，100表示相机100个捕获日， t_{ni} 表示第*i*点位有效捕获日。

也可以采用TRAI(相对活动强度指数)来衡量野生动物的活动节律：

$$TRAI = \frac{T_i}{N_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中： T_i 为第*i*种动物在时间段*T*内(例如*T*=2h)的有效相片数， N_i 为第*i*种动物有效相片总数。

根据野生动物种群出现频率，可分为常见物种(拍摄率超过10%)、较常见物种(拍摄率在1.1%~10%之间)、偶现物种(拍摄率在0.1%~1%之间)、罕现物种

(拍摄率在 0.1% 以下)。拍摄率 (CR) 可按下式计算:

$$CR = \frac{N_i}{T_i} \times 100\% \quad (3)$$

式中: N_i 为第 i 种动物独立相片总数, T_i 为第 i 种动物总有效拍摄日。

检验不同物种、不同生境活动性差异, 可采用 SPSS 统计软件进行分析, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P \geq 0.05$ 表示差异不显著。各组数据均为正态分布, 采用 t 检验 (两组数据) 或单因素方差分析 (组数 ≥ 3); 任一组为非正态分布, 采用 Mann-Whitney U 检验 (两组数据) 或 Kruskal-Wallis 检验 (组数 ≥ 3)。

四、红外相机在湿地公园动物资源监测中的应用

(一) 在物种多样性清查中的应用

调查物种多样性是了解调查区域内存在多少物种。正式调查工作开始前, 向当地村民、林农了解所在区域中兽类、鸟类及其他动物, 例如向其展示动物图片、视频, 使其辨别和确认。在湿地公园上下游沿岸布设调查样线。样线长度 1 ~ 2km, 工作人员沿样线观察和记录兽径、食迹、巢穴、粪便等。根据调查结果设计红外相机布设方案。例如相机间距超过 300m, 设置工作模式 3 张相片 + 20s 视频, 24h 监测制, 绑扎树干高度 0.4 ~ 1m。经 18 个月的监测, 拍摄独立有效相片 1360 张, 发现兽类有偶蹄目、啮齿目、食肉目、灵长目、兔形目等, 鸟类有鸡行目、鸽行目、雀行目、鸪行目等。这些动物分布类型有季风型、地中海-中亚型、南中国型等, 有国家 I、II 级保护动物, 拍摄率 0.01% ~ 4.31%。植被类型包括常绿阔叶林、落叶阔叶林、针叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔混交林、灌丛、矮曲林等, 拍摄率 4.44% ~ 16.41%。物种数量最多的植被是针阔混交林 (近 80%), 其次为常绿落叶阔叶混交林 (超过 70%), 这两类植被主要是天然林。

(二) 在特定物种种群数量或密度调查中的应用

特定种群是指某一科目的动物, 例如啮齿目动物、鸡行目动物等。通过特定种群数量或密度的调查可以了解森林生态状况。以啮齿目动物密度调查为例, 植被类型为常绿阔叶林, 采用分块法布设红外相机。为了解这种动物分布密度, 采用布笼诱捕法进行初步调查, 发现啮齿目动物主要是松鼠和竹鼠。因为这种动物体型较小, 相机布置密度较大, 每 km^2 超过 80 台。在 2 年监测时间中, 在 24hm^2 范围内布设 20 台红外相机, 获得独立有效相片 1333 张, 设定啮齿目动物每日移动 200 ~ 300m, 估测啮齿目动物分布密度为 1.41 ~ 15.40 只/ hm^2 , 平均 (6.57 ± 0.81) 只/ hm^2 。采用诱捕法估计啮齿目动物分布密度 4.84 ~ 15.32 只/ hm^2 。经 SPSS 19.0 统计软件分析, 红外相机与诱捕法估测啮齿目动物分布密度差异无统计学意义 ($t=0.430$, $P=0.679 > 0.05$), 说明红外相机可用于啮齿目动物分布密度的调查。

(三) 在动物活动节律监测中的应用

活动节律是野生动物适应生存环境的一种主要特征, 红外相机则是研究动物活动节律的一种重要手段。以鸡行目鸟类为例, 这种动物一般生活在常绿阔叶林中。为了解其活动节律, 在 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 网格内布设红外相机, 每个网格中布设 1 台相机, 采用 24h 监测模式, 相机距地 0.4m, 工作模式为 3 张相片 + 30s 视频。经过 2 年的监测取得近 3000 张独立有效相片, 主要以鸪鸟为主, 占比接近 90%, 其次为鸬鸟和竹鸡, 后两者占比约 10%。采用核密度估计法分析鸡行目鸟类的活动节律, 以不少于 2 个周期长度的重叠系数分析成对鸡行目鸟类的日活动节律, 其分析步骤如下: 鉴定图像数据 → 原始时间转化为弧度数据 → 绘制单物种核密度曲线图 → 计算重叠系数 → 抽样并计算重叠系数置信区间 → 概率检验。经核密度估计法研究, 鸪鸟为昼行性动物, 活动高峰在上午 8 时至下午 3 时, 鸬鸟和竹鸡也是昼行性动物, 但它们与鸪鸟活动节律有些差别, 后者存在明显双峰现象。虽然重叠系数超过 0.8, 但鸪鸟与鸬鸟或竹鸡重叠系数存在显著差异 ($P < 0.05$)。

(四) 在动物特定行为监测中的应用

野生动物觅食、休息、迁徙、繁殖后代等行为贯穿其一生, 是研究动物行为的重要依据。以鸡行目鸬科鸟类为例, 这种生活在湿地中的鸟类, 以鱼、虾、水中昆虫为食, 繁殖期在夏季 5—7 月。为了解该种鸟类繁殖行为, 红外相机布设在鸬鸟筑巢区域周围较隐蔽的位置, 24h 监测, 工作模式为间隔 5min 拍摄 10s 视频。采集 10 余个巢数据。统计数据发现, 鸬鸟孵卵由雌雄亲鸟轮流进行, 在孵化期间各个时段中孵卵行为达到 48% ~ 78%。离巢觅食集中在早 6 时至午 11 时和下午 16 时至晚 8 时。鸬鸟晾卵的同时有张喙行为, 两者在早 6 时至午 12 时逐渐增多, 在午 12 时至晚 7 时逐渐减少, 这两种行为与白天气温变化有关。育雏高峰在下午 1 时至 2 时, 低谷在早 7 时至 8 时。

五、结束语

野生动植物是重要的生态资源, 自然保护区、森林公园、湿地公园在保护野生动植物资源方面具有极其重要地位。为了解湿地公园中野生动物资源情况, 现已广泛采用红外相机技术, 该技术的应用降低了工作人员的劳动强度, 提升了工作效率。

参考文献:

- [1] 付剑, 漆俊, 周林, 等. 湖北大别山国家级自然保护区鸟兽资源红外相机监测初报 [J]. 安徽林业科技, 2021, 47 (4): 6-10, 14.
- [2] 王晓宁, 满自红, 李文涛, 等. 甘肃连城国家级自然保护区地栖鸟兽红外相机初步监测 [J]. 野生动物学报, 2019, 40 (2): 322-331.
- [3] 王晨阳. 一种智能化野外红外相机系统分析与设计 [D]. 成都: 电子科技大学, 2021: 4-5, 10-15.
- [4] 黄凯, 万雅琼, 李佳琦, 等. 四川白河国家级自然保护区鸟兽红外相机监测 [J]. 生物多样性, 2021, 29 (4): 554-559.