

联合追踪技术监测中华穿山甲效果初探

郭瑞萍^{①②} 高海洋^② 吴庆明^{①*} 窦红亮^② 杨锦圳^②
王镜欣^② 孙松^② 张奕航^② 华彦^{②*}

① 东北林业大学野生动物与自然保护地学院 哈尔滨 150000; ② 广东省林业科学研究院 广州 510520

摘要: 中华穿山甲 (*Manis pentadactyla*) 活动隐秘且穴居, 对其进行野外观察和追踪困难极大。目前尚无中华穿山甲 *aurita* 亚种的个体持续监测记录, 迫切需要总结有效的追踪方法, 填补该物种活动区和野外活动规律等方面的信息空白。2022年6月18日至2023年1月28日, 联合使用GPS卫星定位、甚高频无线电遥测和红外相机监测3种技术, 在广东省河源市成功连续224 d追踪了1只雌性中华穿山甲。结果表明, (1) 该个体活动区面积23.989 hm², 核心活动区面积10.953 hm²; (2) 该个体在哺乳期利用7个居住洞, 每个洞穴利用2~18 d; (3) 活动高峰时间为18:00时至次日1:00时, 洞外活动时间占比4.46%; (4) 虽然联合追踪方法针对中华穿山甲追踪具有一定优势, 但仍存在设备续航时间短, 人力搜寻困难等问题。该追踪方法可作为未来在山地环境中对中华穿山甲个体开展持续监测的有效方案。本研究结果也丰富了中华穿山甲的生态学基础数据, 为中华穿山甲保护措施的制定提供了一手资料。

关键词: 活动区; 活动模式; GPS定位; 无线遥测; 中华穿山甲

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2024) 06-879-08

Preliminary Study on the Effect of Combined Tracking Technique in Monitoring Chinese Pangolin *Manis pentadactyla*

GUO Rui-Ping^{①②} GAO Hai-Yang^② WU Qing-Ming^{①*} DOU Hong-Liang^② YANG Jin-Zhen^②
WANG Jing-Xin^② SUN Song^② ZHANG Yi-Hang^② HUA Yan^{②*}

① College of Wildlife and Protected area, Northeast Forestry University, Harbin 150000;

② Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China

Abstract: [Objectives] The Chinese Pangolin *Manis pentadactyla* is secretive and burrowing, making it difficult to observe and track in the wild. At present, there is no record of individual continuous monitoring of the Chinese Pangolin *M. p. aurita* in the mainland of China, and it is urgent to explore and summarize effective tracking methods to fill the information gap in the home range and wild activities of this species. **[Methods]** From June 18, 2022 to January 28, 2023, we used GPS satellite positioning, VHF radio telemetry and infrared camera monitoring to successfully track a female Chinese Pangolin for 224 consecutive days in

基金项目 广东省林业科技创新项目 (No. 2023KJCX023);

* 通讯作者, E-mail: qingmingwu@126.com, wildlife530@163.com;

第一作者介绍 郭瑞萍, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: 13069863265@163.com.

收稿日期: 2023-12-20, 修回日期: 2024-04-18 DOI: 10.13859/j.cjz.202423236

Heyuan City, Guangdong Province, China. We calculated the home range and core movement area using mix convex polygon method and kernel density estimates method, recorded the number of days that the resting burrows were used and counted the peak period of activities. **[Results]** Our results showed that: (1) The movement area of this female Chinese Pangolin was 23.989 hm², the core movement area was 10.953 hm², and the movement area was larger in wet season (Fig. 1). (2) During the lactation period, it frequently moved cub between different resting burrows, and of the seven resting burrows monitored, each resting burrow was used from 2 to 18 d (Fig. 2). (3) The peak time of activities was from 18:00 pm to 1:00 am the next day (Fig. 3), and the proportion of activity time outside the burrows was only 4.46%. (4) Although the combined tracking method has certain advantages for Chinese Pangolin tracking, there are still some problems such as short endurance time and difficulty in field investigation. **[Conclusion]** This combined tracking method can be used as an effective method for continuous monitoring of Chinese Pangolins in mountain areas in the future. This paper also enriched the basic ecological data of Chinese Pangolin, and provided key information on conservation of Chinese Pangolin.

Key words: Movement area; Activity pattern; GPS satellite positioning; Wireless tracking; Chinese Pangolin, *Manis pentadactyla*

野生动物追踪是获取动物分布位置或迁徙路线等空间信息的重要途径 (Parsons et al. 2014)。许多动物生态学的推论都建立在对野生动物活动区的估计上, 如描述种内种间互动、估计种群密度及确定资源评价尺度等 (Heit et al. 2021)。随着技术发展和多种理论框架的出现, 野生动物追踪工作获得了大量家域及活动规律等数据, 为解决种群扩散、栖息地利用、疾病传播等生态学问题奠定了基础 (Laver et al. 2008, Prakash et al. 2022, Bilby et al. 2024), 并推动了生态学、生物地理学和保护生物学等多学科发展 (Feng et al. 2022)。

中华穿山甲 (*Manis pentadactyla*) 隶属鳞甲目 (Pholidota) 鲛鲤科 (Manidae) 穿山甲属, 分布在亚洲的热带和亚热带雨林, 列入国际自然保护联盟 (IUCN) 濒危物种红色名录中的极危等级和《濒危野生动植物国际贸易公约》附录 I。由于非法狩猎及栖息地退化等问题, 近年来中华穿山甲种群数量严重下降 (Katuwal et al. 2017, Tamang et al. 2022)。中华穿山甲活动隐秘, 穴居, 一般日间在洞穴内处于睡眠状态, 夜晚出洞活动主要是出于觅食需要, 其次是繁殖、排泄和补充水分需要 (吴诗宝等 2005)。

特殊的生活习性使对其野外观察和追踪困难极大。Sun 等 (2019) 最早总结了在中华穿山甲尾鳞安装甚高频无线电发射装置的技巧, 使用无线电遥测法记录了中国台湾 1 只雌性个体的洞穴利用模式和活动位点, 但获取的位置时间不连续, 常探测不到运动中的动物, 导致研究中断 (Sun et al. 2021)。中华穿山甲 *aurita* 亚种尚无个体追踪报道, 仅有 2005 年对福建南部中华穿山甲野外习性的初步观察 (王少龙 2005)。因此需探究有效追踪中华穿山甲个体的方法, 补充中华穿山甲大陆种群活动区和生活习性等生态学基础信息, 为后续中华穿山甲野外种群保护提供技术支持。

单一的追踪技术无法满足对目标动物中华穿山甲持续监测需求。中华穿山甲日间在洞穴内休息时, 全球定位系统 (global positioning system, GPS) 因土壤阻隔无法运行 (Kim et al. 2015)。夜间出洞活动时, 使用甚高频 (very high frequency, VHF) 无线电遥测处于运动状态的目标时, 定位精度较低。本研究尝试使用 GPS 卫星定位、甚高频无线电遥测和红外相机 3 种技术联合方法追踪中华穿山甲, 获取中华穿山甲活动区等活动信息: GPS 定位夜间中华穿山

甲洞外活动位置；甚高频无线电遥测日间中华穿山甲的居住洞穴，补充土壤阻隔 GPS 信号传输时的位点空缺；在遥测定位居住洞穴的基础上，使用红外相机获取洞穴利用模式、洞穴内外活动时间及活动节律等更多行为细节。

1 研究地概况

研究地位于广东省河源市和平县彭寨镇与林寨镇交界处（115°05′~125°11′E，24°15′~24°32′N），中亚热带季风气候，气候温和，雨量充沛，季风明显，年平均气温 19.7℃，降雨集中期在 2~9 月份，无霜期长（孙松 2022）。研究地山岭纵横，溪流交错，有原生林和次生林。覆盖植被主要乔木为马尾松（*Pinus massoniana*）、冷杉（*Abies fabri*）、木荷（*Schima superba*）和乌桕（*Sapium sebiferum*）等，主要灌木为桃金娘（*Rhodomyrtus tomentosa*）及油茶（*Camellia oleifera*）等，主要草本为芒萁（*Dicranopteris dichotoma*）与苏铁蕨（*Brainea insignis*）等。

2 研究方法

2.1 设备安装

2022 年 6 月 18 日在 1 只被救护野生雌性中华穿山甲（救护记录编号：PENG017）尾部安装了追踪器（湖南环球信士，型号 HQZN，40 g）。该设备集成 GPS 定位和 VHF 无线电信号发射两个模块，重量不超过动物体重的 3%，符合动物福利标准（Bridge et al. 2011）。具体操作为：在动物臀部下方 5 cm 处选 1 枚中心尾鳞钻 2 个孔，孔直径 3 mm，孔间距 9 mm，用螺丝和尼龙绑带将设备与尾鳞连接（Sun et al. 2019）。安装过程耗时小于 5 min，安装结束后在原生洞穴放回动物，使用红外相机（优威 AQ-HY505-P）监测该动物个体 3 d，确保尾部设备不影响其活动和育幼。

2.2 联合技术追踪

追踪器 GPS 定位数据通过 GSM 网关传输。定位时间设置为夜间 22:00 时至翌日 4:00 时，

默认每晚定位 2~4 次，数据回传结束于 2023 年 1 月 28 日。2022 年 11 月 10 日至 2023 年 1 月 3 日的 48 d 内，使用手持 VHF 无线电接收机在日间寻找特定频率信号方向，直至找到目标动物休息的洞穴，记录洞穴坐标。将红外相机布设在洞穴前树干或自制立桩，相机对准洞穴入口，灵敏度设置为高，以监测中华穿山甲出入洞穴行为和时间（张玉林等 2023）。当红外相机拍摄到雌性穿山甲带幼崽转移时，次日白天使用无线电遥测法寻找其迁移后的洞穴并安装红外相机继续监测。

2.3 数据分析

筛选 GPS 回传的误差小于 10 m 的位点，计算活动区范围和面积。干湿季划分标准为，4~9 月为湿季，10 月到翌年 3 月为干季（陈创买等 1997）。活动区面积使用最小凸多边形法（minimum convex polygon, MCP）计算，核心活动区使用 50%核密度估算法（kernel density estimation, KDE）计算，密度估计平滑指数使用最小平方交叉验证法计算（李耀宇等 2023）。活动区面积计算基于 R 软件中的 raster、ade habitatHR、sf 和 rgdal 程序包，活动区范围使用 R 软件 getverticeshr 函数生成等值线后在 ArcGis 软件中绘制（徐沛卓等 2023）。统计目标中华穿山甲个体在基于无线电遥测发现的居住洞的天数。记录并统计红外相机监测到的动物出入洞穴时间分布和时长。

3 结果

3.1 活动区

GPS 追踪器安装的 203 d 中，共获得目标中华穿山甲洞穴外位点 105 个，精度符合要求的位点共 90 个，位置精度合格率 85.7%。该雌性中华穿山甲个体的活动区面积为 23.99 hm²，核心活动区面积 10.95 hm²（图 1a）。干季活动区面积 6.03 hm²，核心活动区面积 5.99 hm²，湿季活动区面积 23.54 hm²，核心活动区面积 6.87 hm²。从分布范围看，该个体湿季活动区面积大于干季，干季和湿季核心活动区不重叠（图 1b~c）。

3.2 居住洞利用模式

无线电遥测共持续 48 d, 2022 年 11 月 10 日通过无线电遥测找到首个居住洞穴, 2023 年 1 月 3 日设备故障失联, 追踪被迫结束。48 d 内共对目标中华穿山甲居住洞使用无线电遥测方法寻找 11 次, 成功 8 次, 该中华穿山甲处于哺乳期, 背负幼崽更换洞穴 7 个 (图 1d), 每个洞穴居住 2~15 d (图 2)。

3.3 洞内外活动时间

红外相机监测和无线电遥测同步进行, 共

48 d, 开始于 2022 年 11 月 10 日, 2023 年 1 月 3 日结束。监测期间未出现中华穿山甲离开时漏拍情况, 记录到 9 次雌性穿山甲留幼崽在洞穴内, 独自出洞活动后返回。洞穴外活动平均时长 (119.89 ± 36.04) min, 随哺乳进程延后, 洞外活动持续时间逐渐增加 (图 3)。雌性穿山甲洞穴内停留平均时长 (40.07 ± 7.12) h ($20.67 \sim 113.06$ h)。觅食和带崽更换洞穴多发生在 18:00 时至次日 1:00 时期间, 有两个活动高峰 (图 4)。总体洞外活动时间占比 4.46%。

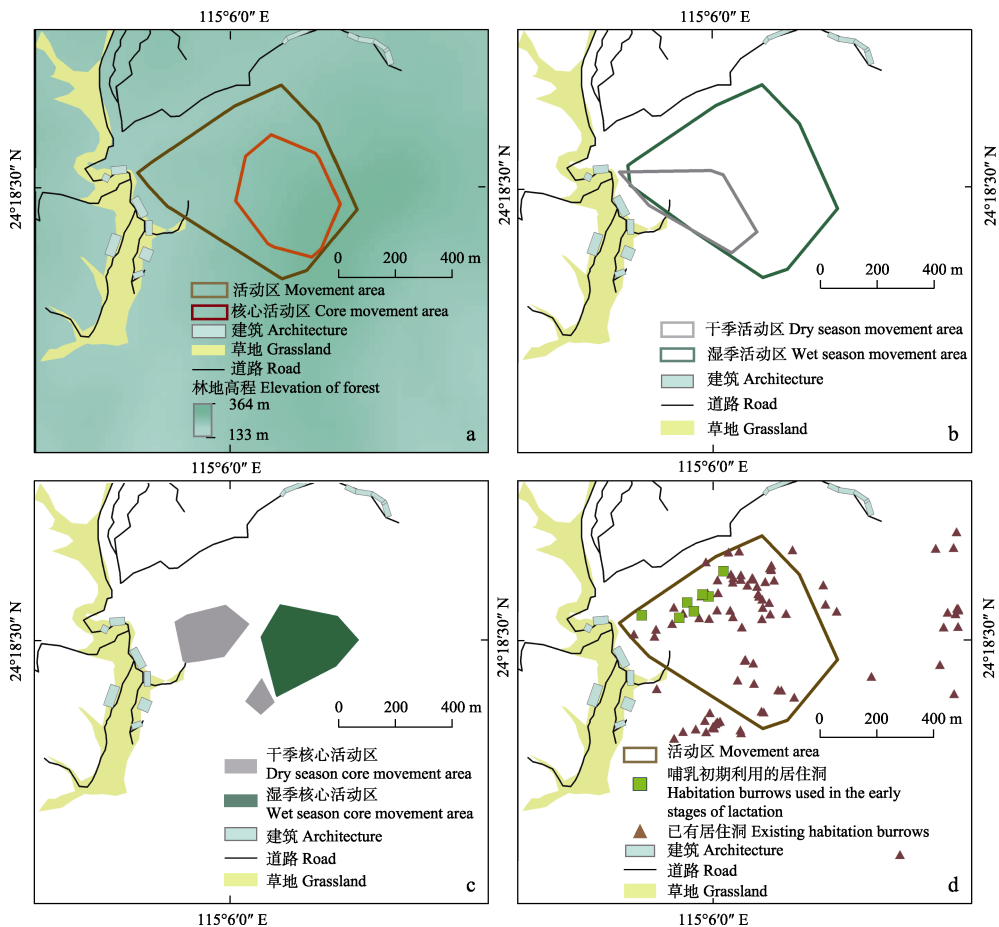


图 1 基于 GPS 定位获得的雌性中华穿山甲活动区范围和居住洞位置

Fig. 1 Movement area and residence cave location of a female Chinese Pangolin

Manis pentadactyla based on GPS locations

- a. 活动区和核心活动区范围; b. 干季和湿季活动区范围; c. 干季和湿季核心活动区范围; d. 冬季发现的居住洞穴在活动区内的位置。
 a. Movement area and core movement area; b. Dry season and wet season movement area; c. Dry season and wet season core movement area; d. Location of residence cave found in winter.

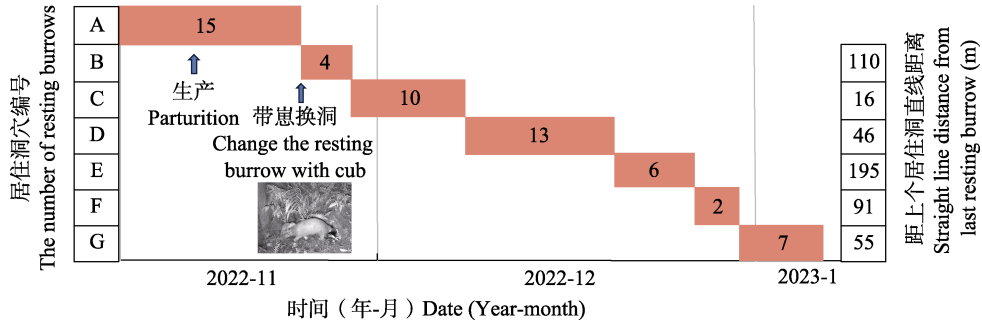


图 2 基于无线电遥测确定的雌性中华穿山甲居住洞穴利用模式

Fig. 2 Utilization of resting burrows by female Chinese Pangolin *Manis pentadactyla* based on radio telemetry

图中方框里的数字表示每个洞穴的连续居住天数。

The numbers in the boxes indicate the number of days each burrow has been inhabited.

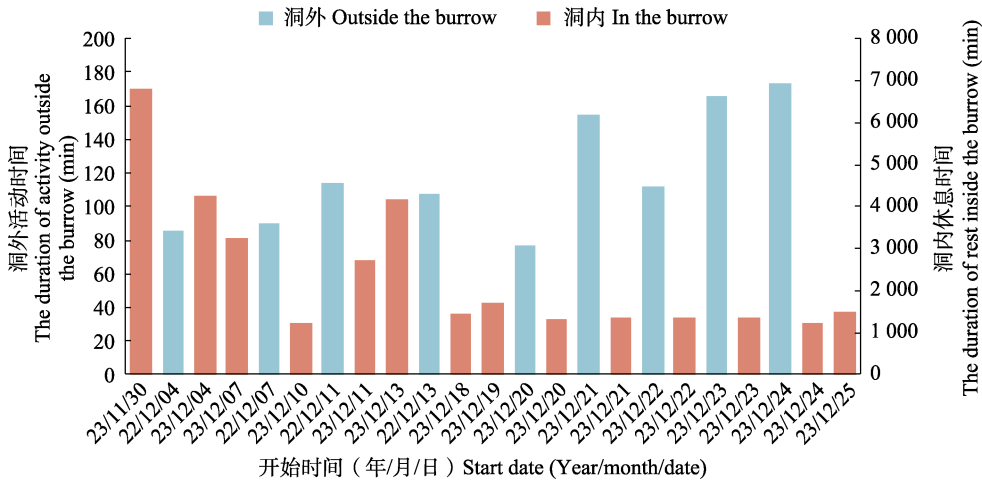


图 3 使用红外相机监测的雌性中华穿山甲洞外活动时长和洞内休息时长

Fig. 3 Time of activity outside burrow and rest time inside burrow of female Chinese Pangolin *Manis pentadactyla* using infrared camera

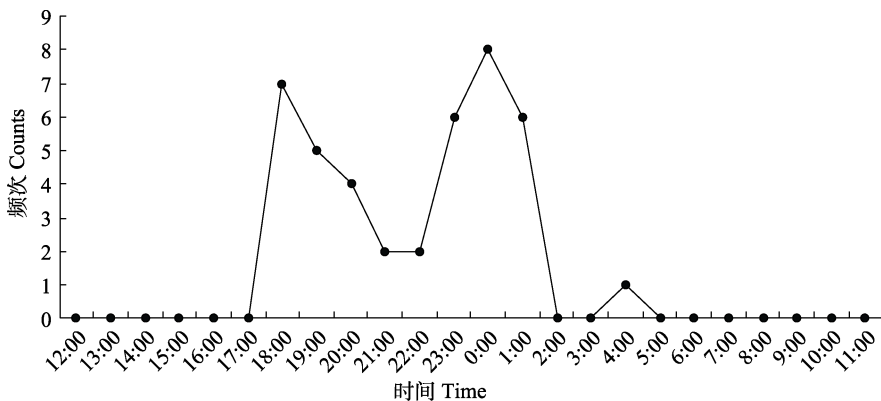


图 4 使用红外相机监测雌性中华穿山甲的活动节律

Fig. 4 Activity rhythm of the female Chinese Pangolin *Manis pentadactyla* by the infrared camera

4 讨论

本研究监测中华穿山甲 *aurita* 亚种个体活动区和核心活动区面积略小于中国台湾研究监测结果 (Sun et al. 2021), 但二者数量级相同。气候和环境差异可能是活动区面积不同的原因之一。本研究地为亚热带气候, 台湾研究地为热带气候 (中央气象局 1979), 两地均为景观高度破碎化的山地, 但台湾研究地为次生林、竹林、草地和农田多种土地类型混合的分布区 (Sun et al. 2021), 本研究区域穿山甲活动区环境较为单一, 均为次生林。两项研究均为对 1 只个体的追踪, 因此无法排除个体差异导致的活动区结果不同, 这也是本研究的不足之处。结合无线电遥测和 GPS 定位结果, 追踪的雌性中华穿山甲个体觅食等活动和居住区域大致吻合, 符合其以游牧形式觅食白蚁的习性 (吴诗宝等 2005)。湿季活动区范围大于且覆盖了干季活动区范围, 可能是食物的季节性变化和繁殖状态转变的共同作用导致的。根据最优觅食理论, 生物倾向于以最小的觅食成本来实现最大的能量摄入 (Lewis et al. 2011)。中华穿山甲主要以蚂蚁和白蚁为食, 其中白蚁的营养价值较高 (Tamang et al. 2022)。冬季白蚁会更多地转移到地下活动 (Lewis et al. 2013), 中华穿山甲找寻和挖掘白蚁巢的活动耗能增加, 移动范围较湿季有所减小。湿季和干季的核心活动区范围不重合现象也可能暗示, 干湿两季食物分布的季节差异。干季幼体的哺乳需求也可能限制了雌性穿山甲的活动范围。

本研究中中华穿山甲 *aurita* 亚种洞穴利用模式与中国台湾分布的 *pentadactyla* 亚种每个洞穴利用 1 ~ 35 d 的习性相似 (Sun et al. 2021)。穴居动物更换多个利用洞穴是减少体表寄生虫载量的策略之一 (Thomas et al. 2019)。中华穿山甲在山地森林环境中的体表有螨虫、蜱虫和虱子等寄生风险 (徐聪等 2018)。本研究监测个体更换设备期间也在其体表发现了蜱虫, 健康需求可能是其频繁更换居住洞的原因。

监测初期该个体在洞穴停留时长超过 113 h, 其幼崽需频繁哺乳, 故出洞频次少、时间短, 后外出觅食时长逐渐延长。幼体独自在洞穴有被捕食风险, 当地鼬獾 (*Melogale moschata*) 和豹猫 (*Prionailurus bengalensis*) 等捕食者对中华穿山甲洞穴有嗅探行为 (孙松 2022), 雌性穿山甲在觅食获取能量和保护幼崽间权衡, 也可能是前期出洞活动时间较短的原因。哺乳期间未观察到雄性穿山甲到访洞穴, 可能是监测周期过短所致。

近年来野生动物追踪技术不断发展, 细化了空间生态学的研究尺度 (Bernard et al. 2021)。无线电遥测是最早应用的穿戴式追踪方式 (刘会等 2017), 需在日间或适宜环境下进行 (滕扬等 2021, Sliwa et al. 2023)。GPS 定位精度和传输速率受限于山地、森林树冠等复杂环境 (Thomas et al. 2011), 水下和土壤下无法通信 (Kim et al. 2015), 不适合全生活史穴居物种的监测, 因此穴居物种的追踪多使用无线电 (Siegfried et al. 2023)。红外相机已广泛应用于发现濒危物种和节律研究 (Cserkés 2023), 但无法持续追踪指定动物个体。此外还有针对鸟类空域运动的雷达识别 (Washburn et al. 2022) 技术, 以及哺乳动物群迁移的自组传感网络 (wireless sensor network, WSN) 射频系统 (active radio frequency identification, aRFID) 等动物追踪方式 (Ellwood et al. 2017), 应用于不同场景。

我国台湾研究团队仅用无线电遥测法估计的中华穿山甲活动位置, 定位精度可能存在不足 (Sun et al. 2021)。中华穿山甲洞外觅食的特殊习性为探索使用 GPS 技术定位活动范围提供可能, 所获连续的位置信息细化了活动区的研究尺度。无线电遥测确定居住洞位置后, 部署红外相机提高了对目标动物的抓拍效率, 获取中华穿山甲洞内外活动的更多信息。本研究联合 GPS、无线电遥测和红外相机 3 种技术的中华穿山甲追踪方法, 弥补了数据获取时间空缺, 成功地监测了 1 只雌性中华穿山甲个体的

活动区、洞穴利用模式和活动节律。该尝试获得了中华穿山甲的丰富生态学基础数据，可作为未来中华穿山甲个体追踪研究的参考方法。若增加监测样本的个体数量，有望揭示中华穿山甲土地利用和种群交流方式等更多层面的生态学问题。

联合追踪方法也存在一些问题。在设备开发方面，传统的太阳能轻量追踪器不适合夜行的中华穿山甲，需权衡锂电池的续航和配重。本研究设备总重 40 g，定位和无线电同时正常运转续航最长 50 d。后期设备故障，动物失踪，可能是天线折损导致。红外相机后续监测到该设备与动物尾部间的尼龙连接断裂，导致设备脱落、监测结束，因此需进一步试验设备和动物甲片间的柔性连接材料，使其满足山地环境的追踪需求。信号传输方面，定位数据基于地上 2G 网络进行定时传输，动物在洞穴内部时无法定位，为保证位置信息传输质量，需根据目标中华穿山甲的活动时段自行动态调整传输时间。本研究监测的中华穿山甲活动高峰时间为 18:00~20:00 时和 23:00 时至次日 1:00 时，为了提高动物在地上活动时定位的成功率，建议首次设置 GPS 定位时间为 19:00 时和 0:00 时，后续根据不同动物个体的运动量数据回传情况微调。本研究使用单频率无线电遥测 1 只中华穿山甲个体，在雨季手持接收机搜寻时甚高频信号效果较差，地形复杂时山体反射干扰明显。研究区藤本植物和草本植物覆盖度高，兽道和洞穴隐藏其中，肉眼找到中华穿山甲居住洞有一定难度。未来可将无人机无线电遥测 (Saunders et al. 2022) 和单频编码多个体追踪技术 (Frick et al. 2023) 应用于中华穿山甲无线电追踪研究，增加搜寻范围，提高效率。有研究指出，犬只侦测是鳞甲目物种调查可行方法之一 (Willcox et al. 2019)，可考虑作为确定目标动物所在洞穴的辅助方法。

参 考 文 献

- Bernard A, Rodrigues A S L, Cazalis V, et al. 2021. Toward a global strategy for seabird tracking. *Conservation Letters*, 14(3): e12804.
- Bilby J, Moseby K. 2024. Review of hyperdispersal in wildlife translocations. *Conservation Biology*, 38(1): e14083.
- Bridge E S, Thorup K, Bowlin M S, et al. 2011. Technology on the move: recent and forthcoming innovations for tracking migratory birds. *BioScience*, 61(9): 689–698.
- Cserkés T, Kiss C, Sramkó G. 2023. Seasonal and diel activity patterns of small mammal guilds on the Pannonian Steppe: a step towards a better understanding of the ecology of the endangered Hungarian birch mouse (*Sicista trizona*) (Sminthidae, Rodentia). *Mammal Research*, 68(1): 13–25.
- Ellwood S A, Newman C, Montgomery R A, et al. 2017. An active-radio-frequency-identification system capable of identifying co-locations and social-structure: validation with a wild free-ranging animal. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(12): 1822–1831.
- Feng J F, Xiao X X. 2022. Multiobject tracking of wildlife in videos using few-shot learning. *Animals*, 12(9): 1223.
- Frick C H, Hole D, Sandow D, et al. 2023. The utility of coded very high frequency telemetry for monitoring reintroduced mammal populations. *Ecology and Evolution*, 13(6): e10193.
- Heit D R, Ortiz-Calo W, Montgomery R A. 2021. Landscape complexity persists as a critical source of bias in terrestrial animal home range estimation. *Ecology*, 102(8): e03427.
- Katuwal H B, Sharma H P, Parajuli K. 2017. Anthropogenic impacts on the occurrence of the critically endangered Chinese Pangolin (*Manis pentadactyla*) in Nepal. *Journal of Mammalogy*, 98(6): 1667–1673.
- Kim N, Jo U, Yun K, et al. 2015. A hybrid positioning scheme exploiting sensors and RSS of Wi-Fi signals. *Wireless Personal Communications*, 85(3): 1111–1121.
- Laver P N, Kelly M J. 2008. A critical review of home range studies. *The Journal of Wildlife Management*, 72(1): 290–298.
- Lewis V R, Leighton S, Tabuchi R, et al. 2011. Seasonal and daily patterns in activity of the western drywood termite, *Incisitermes minor* (Hagen). *Insects*, 2(4): 555–563.
- Lewis V R, Leighton S, Tabuchi R, et al. 2013. Influence of environmental factors on activity patterns of *Incisitermes minor*

- (Isoptera: Kalotermitidae) in naturally infested logs. *Journal of Economic Entomology*, 106(1): 338–346.
- Parsons M B, Gillespie T R, Lonsdorf E V, et al. 2014. Global positioning system data-loggers: a tool to quantify fine-scale movement of domestic animals to evaluate potential for zoonotic transmission to an endangered wildlife population. *PLoS ONE*, 9(11): e110984.
- Prakash H, Kumar R S, Lahkar B, et al. 2022. Animal movement ecology in India: insights from 2011–2021 and prospective for the future. *PeerJ*, 10: e14401.
- Saunders D, Nguyen H, Cowen S, et al. 2022. Radio-tracking wildlife with drones: a viewshed analysis quantifying survey coverage across diverse landscapes. *Wildlife Research*, 49(1): 1–10.
- Siegfried A C, Harris S N, Olfenbittel C, et al. 2023. Den site selection by eastern spotted skunks (*Spilogale putorius*) in the Blue Ridge Mountains, North Carolina. *Mammal Research*, 68(4): 533–545.
- Sliwa A, Azizi S, Eddine M Z, et al. 2023. Home ranges of African sand cats (*Felis margarita margarita*). *Journal of Arid Environments*, 210: 104909.
- Sun N C M, Pei K J C, Lin J S. 2019. Attaching tracking devices to pangolins: a comprehensive case study of Chinese Pangolin *Manis pentadactyla* from southeastern Taiwan. *Global Ecology and Conservation*, 20: e00700.
- Sun N C M, Pei K J C, Wu L Y. 2021. Long term monitoring of the reproductive behavior of wild Chinese Pangolin (*Manis pentadactyla*). *Scientific Reports*, 11(1): 18116.
- Tamang S, Sharma H P, Belant J L. 2022. Foraging burrow site selection and diet of Chinese Pangolins, Chandragiri Municipality, Nepal. *Animals*, 12(19): 2518.
- Thomas B, Holland J D, Minot E O. 2011. Wildlife tracking technology options and cost considerations. *Wildlife Research*, 38(8): 653–663.
- Thomas J L, Parrott M L, Handasyde K A, et al. 2019. Burrow use by juvenile platypuses (*Ornithorhynchus anatinus*) in their natal home range. *Journal of Mammalogy*, 100(4): 1182–1190.
- Washburn B E, Maher D, Beckerman S F, et al. 2022. Monitoring raptor movements with satellite telemetry and avian radar systems: an evaluation for synchronicity. *Remote Sensing*, 14(11): 2658.
- Willcox D, Nash H C, Trageser S, et al. 2019. Evaluating methods for detecting and monitoring pangolin (Pholidata: Manidae) populations. *Global Ecology and Conservation*, 17: e00539.
- 陈创买, 郑德娟, 赵仲辉. 1997. 广东干湿气候的特征. *热带气象学报*, 13(3): 193–200.
- 李耀宇, 陈昕昉, 赵闪闪, 等. 2023. 野外放归华南梅花鹿活动节律与家域特征. *兽类学报*, 43(5): 501–512.
- 刘会, 何向阳, 刘奇, 等. 2017. 无线电遥测技术研究澳门犬蝠的捕食区面积. *动物学杂志*, 52(3): 373–380.
- 孙松. 2022. 中华穿山甲洞穴特征及共栖物种对穿山甲洞穴热避难所的利用研究. 哈尔滨: 东北林业大学硕士学位论文.
- 滕扬, 张帅, 赛罕, 等. 2021. 赛罕乌拉自然保护区西伯利亚豹的家域动态分析. *北京林业大学学报*, 43(12): 73–82.
- 王少龙. 2005. 中国鲟鲤的野外生活习性初步观察. *海峡科学*, 22(4): 52–53.
- 吴诗宝, 刘迺发, 李有余, 等. 2005. 中国穿山甲的食性与觅食行为初步观察. *应用与环境生物学报*, 11(3): 337–341.
- 徐聪, 蒙海峰. 2018. 中华穿山甲人工饲养常见疾病治疗和预防. *野生动物学报*, 39(1): 137–141.
- 徐沛卓, 许青. 2023. 基于卫星追踪的东北地区红隼冬季家域及移动特点. *野生动物学报*, 44(3): 603–614.
- 张玉林, 窦红亮, 孙松, 等. 2023. 利用红外相机监测中华穿山甲出入洞穴完整事件的影响因素探究. *野生动物学报*, 44(1): 31–37.
- 中央气象局. 1979. 中华人民共和国气候图集. 北京: 地图出版社, 222–223.