



研究论文 ORIGINAL PAPERS

北京市门头沟区七种兽类种群密度研究

任天祥^{1,2}, 鲍伟东^{1,2*}

(1. 北京林业大学林木育种与生态修复国家工程研究中心, 北京 100083;
2. 北京林业大学生物科学与技术学院, 北京 100083)

稿件运行过程

收稿日期: 2025-10-30

修回日期: 2026-07-13



摘要

关键词: 相机陷阱;
随机相遇模型 (REM);
种群密度;
有蹄类动物;
食肉动物

Keywords: Camera trapping;
Random encounter model
(REM);
Population density;
Ungulates;
Carnivores

中图分类号: Q958.1

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2026)-03-0326-08

DOI: 10.12375/ysdwx.202510030

野生动物种群动态是种群生态学的核心研究内容,也是物种保护管理工作的重要基础。北京市门头沟区是北京西部重要的生态屏障,承载着区域生物多样性保育的关键功能。本研究基于2022—2023年红外相机监测数据,运用随机相遇模型(random encounter model, REM)对门头沟区7种野生兽类开展种群密度估算,并分析其年度变化趋势及潜在影响因素。结果显示:狍(*Capreolus pygargus*)、中华斑羚(*Naemorhedus griseus*)、野猪(*Sus scrofa*)和猪獾(*Arctonyx collaris*)种群密度均呈上升趋势,增幅依次为24.4%、7.4%、34.6%和23.1%,其中野猪增长最快(由2.83只/km²升至3.81只/km²),中华斑羚增长最为平缓(由2.17只/km²升至2.33只/km²);豹猫(*Prionailurus bengalensis*)小幅下降(由3.41只/km²降至3.25只/km²);亚洲狗獾(*Meles leucurus*)降幅最大,达35.4%(由19.31只/km²降至12.47只/km²);赤狐(*Vulpes vulpes*)2022年有效监测数据不足,2023年种群密度为1.03只/km²,处于低密度水平。种群增长物种可能与区域退耕还林、封山育林等生态修复工程驱动的栖息地质量改善密切相关;亚洲狗獾的大幅衰退可能归因于2023年7月特大暴雨洪涝灾害导致的洞穴损毁与食物资源骤减;豹猫小幅下降和赤狐极低密度则反映出中型食肉动物对栖息地连通性降低和人为干扰加剧响应更为敏感。研究结果可为门头沟区生态修复成效评估及野生动物栖息地管护提供基准数据和科学支撑。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(32171653)

第一作者简介: 任天祥(1998—),男,硕士研究生;主要从事动物行为学研究。E-mail: rtx13366552262@163.com

* 通信作者: 鲍伟东, E-mail: wdbao@bjfu.edu.cn

Population Densities of Seven Terrestrial Mammal Species in Mentougou District, Beijing

REN Tianxiang^{1,2}, BAO Weidong^{1,2*}

(1. National Engineering Research Center of Tree Breeding and Ecological Restoration,
Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Wildlife population dynamics constitute a core focus of population ecology, and quantifying wildlife population density provides an essential foundation for species conservation and management. As a critical ecological barrier in western Beijing, Mentougou District plays a key role in regional biodiversity conservation. Based on infrared camera monitoring data collected from 2022 to 2023, this study used the random encounter model (REM) to estimate the population densities of seven wild mammal species in Mentougou District, and analyzed their interannual trends and potential influencing factors. The results showed that Siberian roe deer (*Capreolus pygargus*), Chinese goral (*Naemorhedus griseus*), wild boar (*Sus scrofa*) and hog badger (*Arctonyx collaris*) all exhibited increasing population density trends, with growth rates of 24.4%, 7.4%, 34.6% and 23.1%, respectively. Specifically, wild boar showed the fastest growth, rising from 2.83 to 3.81 individuals/km², while Chinese goral had the mildest increase, from 2.17 to 2.33 individuals/km². Leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) experienced a slight decline from 3.41 to 3.25 individuals/km². Asian badger (*Meles leucurus*) showed the largest decline of 35.4%, dropping from 19.31 to 12.47 individuals/km². Insufficient valid monitoring data were available for red fox (*Vulpes vulpes*) in 2022 to support reliable population density estimation; its density reached 1.03 individuals/km² in 2023, remaining at a low population level. Population increases of these species are closely associated with improved habitat quality driven by regional ecological restoration initiatives, such as the Grain-for-Green Program and hill-side closure for forest regeneration. The sharp decline in Asian badger density can be attributed to burrow destruction and a drastic reduction in food resources triggered by the extreme rainstorm and flood disaster in July 2023. The slight decline in leopard cat density and the extremely low density of red foxes indicate that medium-sized carnivores show heightened sensitivity to reduced habitat connectivity and intensified human disturbance. These findings provide baseline data and scientific support for evaluating ecological restoration effectiveness, as well as for wildlife conservation and habitat management in Mentougou District, Beijing.

野生动物种群动态是种群生态学核心研究方向,种群密度估算结果直接支撑物种受胁等级评估、栖息地保护规划及人兽冲突防控策略制定^[1-2]。斯里兰卡库马纳国家公园记录到的斯里兰卡豹(*Panthera pardus kotiya*)高密度种群,为大型猫科(Felidae)动物保护工作提供了重要参考^[3];山西省华北豹(*Panthera pardus fontanierii*)潜在猎物的种群密度及环境容纳量评估,可推测华北豹野生种群恢复潜力^[4];内蒙古汗马林区有蹄类动物种群密度评估,则可量化生境对东北虎(*Panthera tigris altaica*)种群的承载能力^[5];浙江清凉峰国家级自然保护区猪獾(*Arctonyx collaris*)、黑龙江省老爷岭南部亚洲狗獾

(*Meles meles*)的种群密度研究,也为两种兽类物种保护与栖息地精细化管理提供了建议^[6-7]。由此可见,种群密度量化既是野生动物种群现状评估的核心手段,也是落实保护管理行动的重要依据。

种群密度估算方法的进展为野生动物生态学研究提供了重要技术支撑。相较于传统野外种群调查方法,随机相遇模型(random encounter model, REM)是依托红外相机监测数据发展而来的经典估算方法,可针对个体间无明显区别特征的物种开展种群密度估算,估算结果具备更高可靠性与精确度,广泛适用于中小型、家域相对稳定的物种^[8-9]。该模型野外人力投入更低,可兼顾集群活动的野猪(*Sus*

scrofa)与独居型赤狐(*Vulpes vulpes*)等不同社群模式物种,也可适用于无标记夜行性物种的监测。已有研究对比REM、随机相遇停留模型(random encounter and staying time model, REST)和红外相机距离取样法(camera-trap distance sampling, CTDS)后证实,在红外相机设备性能受限的监测场景下,REM估算偏差最小,表明其密度估算结果稳定可靠^[9-11]。在地中海比奥科沃山(Mt. Biokovo)臆羚(*Rupicapra rupicapra*)种群密度测算中,REM输出结果与实地目视计数高度吻合,证明该模型在山区有蹄类密度估算中具备优势,尤其针对地形复杂、通达性差且物种探测率低的山地生境,传统调查方法在此类条件下可能无法实施^[12],因此,REM在野生动物种群研究领域得到日益广泛的应用。

北京市门头沟区是连通北太行山脉和燕山山脉的重要地理枢纽,也是京津冀地区协同开展华北豹种群保护和恢复的关键区域及核心扩散节点^[13]。区域内共分布有中华斑羚(*Naemorhedus griseus*)、豹(*Capreolus pygargus*)和野猪3种野生有蹄类动物^[14]。作为华北豹的主要猎物资源^[15],有蹄类动物既是物质循环的关键驱动角色,也是限制顶级捕食者种群恢复的主要瓶颈,对生态系统的健康与稳定性有重要影响^[16-17]。此外,区域内还栖息豹猫(*Prionailurus bengalensis*)、亚洲狗獾和猪獾等多种食肉目(Carnivora)动物^[14],这些物种虽在我国分布较广,但野外生态学研究仍相对匮乏,种群密度调查尤为不足^[18]。自华北豹在门头沟区域消失后,豹猫跃为当地食物链的顶层捕食者,通过中型捕食者释放效应主导区域食物网重构,在维持区域生态平衡中发挥关键作用^[19]。猪獾与亚洲狗獾属于杂食性动物,对植物种子传播和触发营养级联效应起重要作用,在维系生态系统结构与功能稳定性方面扮演重要角色,也可在大中型食肉动物种群恢复过程中作为潜在猎物。受全球性大型食肉动物种群衰退影响,中型食肉动物已在诸多生态系统中占据顶级捕食者生态位,其种群密度研究对生物多样性保护和生态系统管理至关重要^[20]。

本研究基于2022—2023年北京市门头沟区红外相机监测数据,对区内鲸偶蹄目(Cetartiodactyla)和食肉目野生动物开展种群密度研究,以期为北京市野生动物栖息地保护规划与门头沟区《迎豹回家——北京市门头沟区野生动植物栖息地保护与恢复行动

计划(2022—2027年)》的实施提供基础数据支撑。

1 研究方法

1.1 研究区概况

门头沟区位于北京市西部(39°48'34"—40°10'37"N, 115°25'00"—116°10'07"E),属典型暖温带半湿润半干旱季风气候,境内分布森林、灌丛、草甸、河流、湖泊和湿地等多种自然与半自然生态系统。区域全域面积1 455 km²,是北京市七大生物多样性中心之一,地势呈西北高、东南低的阶梯式特征,最高海拔为东灵山(2 303 m),最低海拔为永定河出境河段(70 m)^[21-22]。现阶段,门头沟区已累计记录野生动植物、大型真菌及昆虫等生物资源4 000余种,其中包括豹猫、貉(*Nyctereutes procyonoides*)和中华斑羚等多种国家重点保护野生动物和生态关键物种^[14, 22]。

1.2 红外相机布设

2022年1月—2023年12月,以10 km × 10 km网格为单元,在北京市门头沟区自然生态环境中开展红外相机布设与监测工作。结合区域植被覆盖、地形特征和野生动物活动痕迹等要素选择监测点位。于兽道、裸岩、树桩等兽类活动频繁区域布设红外相机(东方红鹰E1C、E1B、E3)(图1),共计有效工作相机68台。相机架设高度距地面0.5~0.8 m,拍摄模式为触发后拍摄1张照片并录制10 s视频,拍摄间隔60 s,灵敏度中等。每3个月更换一次电池,并清除红外相机前方遮挡植被,确保其稳定运行。在植被生长茂密、雨水频繁的夏季,视具体情况酌情下调相机布设数量。

1.3 种群密度估算

采用不依赖个体识别的REM估算各物种种群密度^[9],计算公式为

$$D = y\pi g/vrT(2 + \theta)。$$

式中: D 为相对种群密度(只/km²),以平均值±标准差表示; y 为相机独立有效探测记录次数; g 为单次探测画面内的动物个体数(只); T 为红外相机总有效监测时长(d); r 为相机扇形探测半径(m),根据视频中动物与岩石、树木等5~10 m范围内参照物的距离测算,本研究平均探测半径为7.5 m; θ 为相机探测扇形夹角(°),取红外相机拍摄视野参数(45°)设置为平均探测区角度; v 为兽类移动速度(km/h),

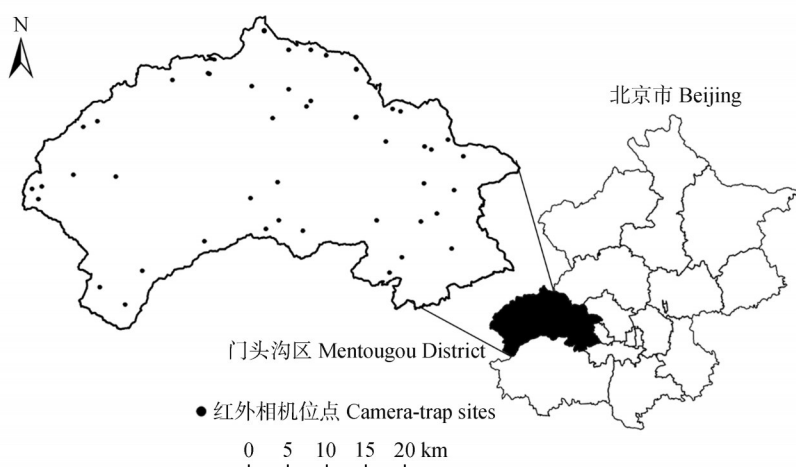


图1 北京市门头沟区地理位置及红外相机布设位点

Figure 1 Geographical location and camera-trap deployment sites in Mentougou District, Beijing

通过判读红外相机视频记录测算物种的平均移动速度。上述运算使用R 4.1.0软件cameratrappR程序包完成^[23]。

2 结果

2.1 兽类红外相机捕捉数量与时空分布特征

本研究于2022—2023年共布设68台有效监测红外相机,累计有效监测时长40 500 d,共获得7种野生兽类独立有效照片1 774张,其中狍797张、中华斑羚206张、野猪216张、豹猫173张、猪獾112张、亚洲狗獾212张和赤狐58张。从空间分布来看,狍在两年内均保持广泛分布,监测位点多,且记录量居于所有物种首位;野猪与亚洲狗獾分布范围较大,多集中在中东部区域;中华斑羚、豹猫和猪獾呈零散斑块状分布,存在明显的局域热点;赤狐的监测点位最为集中,仅局限于小范围区域。从时间动态来看(环形色带:红色为早期、绿色为后期),多数物种后期监测记录点位有所扩张或空间转移,2023年(图2B)相较于2022年(图2A),中华斑羚、野猪和豹猫的拍摄位点明显减少,部分物种的活动热点区域发生空间转移。灰色圆圈直观反映出不同位点的拍摄频次,狍在多个相机点位都形成了高记录量的核心分布区,其余物种在少数点位形成高密度监测记录。

2.2 基于影像估算的兽类移动速度

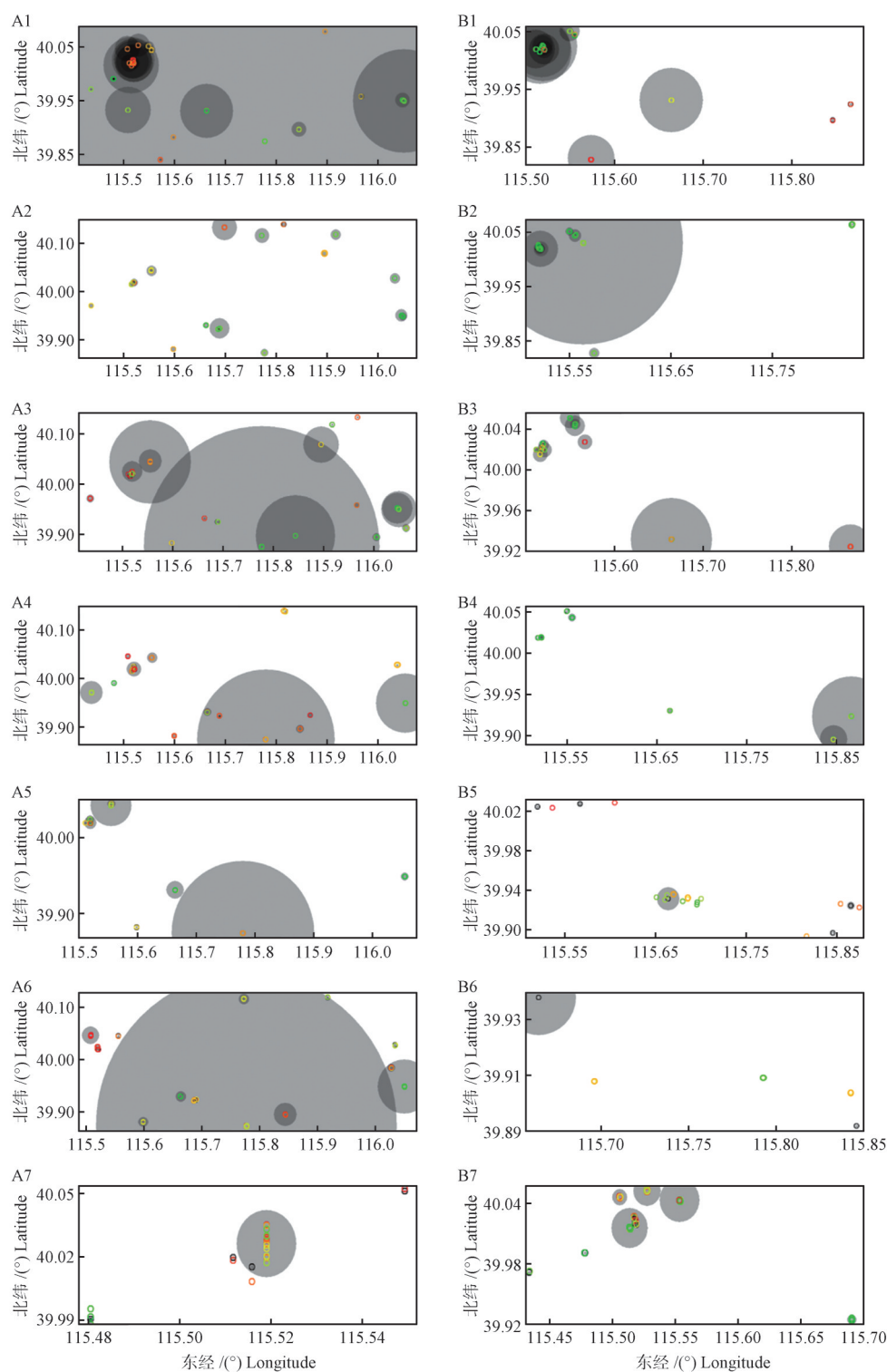
结合红外相机影像测算,狍日均移动速度为1.67 km/h,中华斑羚为0.68 km/h;野猪多以家族群活动,日常以觅食、拱土等低速移动为主,平均移动速度为1.50 km/h,与狍相近;猪獾、亚洲狗獾移动速

度分别为0.29、0.31 km/h;豹猫和赤狐受捕食行为驱动,移动速度较快,二者平均移动速度分别为0.98、0.86 km/h。

2.3 兽类种群密度

基于REM模型估算,2022—2023年7种兽类的种群密度变化如表1所示。总体来看,狍、中华斑羚、野猪和猪獾4个物种种群密度呈上升趋势,增幅依次为24.4%、7.4%、34.6%和23.1%。其中野猪增幅最大,密度由2.83只/km²升至3.81只/km²;狍次之,由2.91只/km²升至3.62只/km²;中华斑羚增长最为平缓,由2.17只/km²升至2.33只/km²;猪獾由11.48只/km²增至14.13只/km²,在4个增长物种中绝对密度最高。豹猫和亚洲狗獾种群密度呈下降趋势,降幅分别为4.7%和35.4%。豹猫密度由3.41只/km²略降至3.25只/km²,降幅较小且数值波动在标准差范围内,属相对稳定态势;亚洲狗獾则由19.31只/km²骤降至12.47只/km²,降幅居所有物种之首,种群衰退趋势明显。赤狐2022年有效监测记录不足,无法完成密度估算,2023年密度为1.03只/km²,在7种兽类中处于最低水平,表明门头沟区赤狐种群当前维持低密度状态。

多数物种年度间标准差较大(表1),反映出个体空间分布的异质性较强,或受局部生境质量差异的显著影响。部分物种如狍(2023年:±13.25)、亚洲狗獾(2023年:±34.32)和猪獾(2023年:±24.36)的标准差尤为突出,提示其种群在区域内呈斑块化分布,密度估算结果宜结合栖息地适宜性进行分层解读。



A. 2022年; B. 2023年。1. 狍; 2. 中华斑羚; 3. 野猪; 4. 豹猫; 5. 猪獾; 6. 亚洲狗獾; 7. 赤狐。灰色圆圈大小对应独立有效照片数量; 彩色记录点的中心和灰色圈的圆心为红外相机布设点位; 环形色带表征监测记录时间, 红色代表早期监测时段, 绿色代表后期监测时段, 黄色代表中间过渡监测时段。

A. 2022; B. 2023. 1. Siberian roe deer; 2. Chinese goral; 3. Wild boar; 4. Leopard cat; 5. Hog badger; 6. Asian badger; 7. Red fox. The size of gray circles corresponds to the number of independent valid wildlife photographs. The center of colored recording points and the center of each gray circle mark the deployment sites of infrared camera traps. Annular color bands denote the timing of monitoring records; red indicates the early monitoring period, green denotes the late monitoring period, and yellow stands for the intermediate transitional monitoring phase.

图2 北京市门头沟区2022年(A)和2023年(B)红外相机对7种兽类的捕捉记录

Figure 2 Capture records of seven animal species by infrared cameras in Mentougou District, Beijing in 2022(A) and 2023(B)

表1 2022—2023年北京市门头沟区七种兽类种群密度(REM估算)

Table 1 Population density of seven mammal species in Mentougou District, Beijing (estimated by REM) in 2022–2023

调查年份 Survey year	种群密度/(只·km ⁻²) Population density						
	狍 <i>Capreolus pygargus</i>	中华斑羚 <i>Naemorhedus griseus</i>	野猪 <i>Sus scrofa</i>	豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	亚洲狗獾 <i>Meles leucurus</i>	赤狐 <i>Vulpes vulpes</i>
2022	2.91 ± 2.41	2.17 ± 2.23	2.83 ± 3.12	3.41 ± 5.62	11.48 ± 19.94	19.31 ± 25.49	—
2023	3.62 ± 13.25	2.33 ± 1.86	3.81 ± 7.41	3.25 ± 6.89	14.13 ± 24.36	12.47 ± 34.32	1.03 ± 1.04

3 讨论

本研究结果表明,狍、中华斑羚、野猪和猪獾种群密度分别增长24.4%、7.4%、34.6%和23.1%。上述物种种群数量增长与门头沟区持续实施的退耕还林、封山育林等生态修复工程所驱动的栖息地质量改善密切相关^[21]。退耕还林和封山育林措施显著提升了栖息地食物资源的可利用性。人工栽植果树的果实、嫩枝叶可为野猪、猪獾等杂食性动物提供稳定食物来源。封山育林管控有效降低区域人为干扰,促进林下灌草植被自然恢复,既为狍、中华斑羚等植食性有蹄类扩充了天然食源,也提升了无脊椎动物丰度,为獾类增加了猎物供给。食物资源供给提升是驱动上述物种种群增长最直接的核心因素。本研究中狍2023年种群密度标准差较高(± 13.25),说明狍对生境变化敏感度较强,其活动与繁殖行为易受山地人为活动干扰,狍更偏好林木覆盖中等或偏低的栖息地,趋向选择较为温暖的阳坡生境^[24]。野猪种群增幅最高(34.6%),该物种为适应性极强的杂食性有蹄类,可栖息于森林、灌丛、草地及森林与农田交界地带等多种生境,食性宽泛,可取食植物根、茎、叶、果,无脊椎动物,小型脊椎动物,乃至大型动物腐肉等,加之繁殖能力强^[25]、行为可塑性高、对人为干扰耐受性强,可通过调整活动时段规避人类影响^[26–27],多重生物学和行为特征共同推动其种群快速增长。但野猪种群持续快速增长存在潜在风险,其易向农田和居民点扩散,损毁农作物、干扰生产生活,诱发人兽冲突^[28]。高密度野猪还可通过高强度采食、践踏和拱土等行为影响植被生长与森林更新,甚至对同域珍稀濒危物种产生负面影响^[29]。因此,2023年野猪3.81只/km²的种群密度需引起管理部门重视。中华斑羚偏好高海拔裸岩生境,陡峭山体便于其躲避天敌^[29],且食性宽泛,在3种有蹄类中受人为干扰程度最低^[30–31]。尽管中华斑羚繁育能

力较弱,但依托区域生境持续改善,其种群密度仍呈现平缓、稳定的上升趋势。综合来看,有蹄类种群增长既是保护区及各林场保护措施成效的体现,也与区域顶级捕食者缺失、自然调控机制弱化有关^[32]。

本研究结果发现,监测期间研究区域亚洲狗獾种群密度降幅达35.4%,这一显著变化可能与2023年7月末门头沟区特大暴雨洪涝灾害密切相关。亚洲狗獾为典型半地下穴居哺乳动物^[33],洞穴系统是其繁殖、避险和休息的核心生存载体,特大洪水极易淹没、冲毁洞穴,直接造成个体死亡;同时,洪涝对栖息地的严重破坏大幅削减食物资源,持续加剧物种生存压力^[34]。自然和人为因素导致的生境丧失与破碎化已严重影响到野生动物的生存。例如:大兴安岭北坡特大森林火灾导致紫貂(*Martes zibellina*)冬季适宜生境大幅度减少、破碎化加剧,隔离度增加^[35];汶川地震损毁大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)原生生境,加速栖息地破碎化进程,导致大熊猫遗传多样性降低^[36]。除自然灾害外,门头沟区兽类还长期受放牧、非法狩猎、旅游开发、矿山开采和公路建设等多重人为活动胁迫^[21]。2023年7月特大暴雨洪涝灾害后,门头沟区内大量道路、河道开展重建,进一步加剧了人为干扰,导致栖息地连通性降低、适宜栖息地丧失^[37]。本研究中豹猫种群小幅下降、赤狐种群密度处于极低水平[(1.03 ± 1.04)只/km²],反映出中型食肉动物对栖息地连通性要求更高,对人为干扰响应更加敏感。北京近郊浅山地区兽类研究证实,人为干扰强度是影响豹猫空间分布的主要因素^[38],道路建设等土地开发活动所产生的边缘效应,对食肉动物种群维持产生负面影响^[39]。

本研究估算了北京市门头沟区7种野生兽类的种群密度,研究结果可为区域生物多样性保护提供科学依据,填补本地野生兽类种群动态长期监测的数据空白,为门头沟区生态修复项目和野生动物栖息地管护提供关键基准数据。

参考文献:

- [1] 孙儒泳, 王德华, 牛翠娟, 等. 动物生态学原理 [M]. 4版. 北京: 北京师范大学出版社, 2019: 125.
Sun Ruyong, Wang Dehua, Niu Cuijuan, et al. Principles of animal ecology [M]. 4th ed. Beijing: Beijing Normal University Press, 2019: 125.
- [2] 边疆晖. 中国兽类种群生态学研究进展与展望 [J]. 兽类学报, 2021, 41(5): 556–570.
Bian Jianghui. Research advances and perspectives on mammal population ecology in China [J]. Acta Theriologica Sinica, 2021, 41(5): 556–570.
- [3] Rodrigo P, Anawarathna C, Weerasinghe H, et al. Occupancy, population density, and activity patterns of endangered Sri Lankan leopard (*Panthera pardus kotiya*) in Kumana National Park, Sri Lanka [J]. Journal of Asia-Pacific Biodiversity, 2025, 18(2): 416–426.
- [4] 吴庚兆. 山西省华北豹种群现状和环境容纳量评估[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2025.
Wu Gengzhao. Population status and carrying capacity of North China leopards in Shanxi Province [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2025.
- [5] 祁远轴. 内蒙古汗马林区有蹄类动物分布动态及其对东北虎种群支持能力的评估[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2024.
Qi Yuanzhou. Distribution dynamics of ungulates in the Inner Mongolia Hanma forest area and assessment of their support capacity for the Amur tiger population [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2024.
- [6] 王扬, 厉亮, 郑南忠, 等. 浙江清凉峰国家级自然保护区猪獾种群密度、活动节律和栖息地利用特征 [J]. 兽类学报, 2025, 45(1): 49–59.
Wang Yang, Li Liang, Zheng Nanzhong, et al. Population density, activity rhythm, and habitat utilization of hog badger *Arctonyx albobularis* in the Zhejiang Qingliangfeng National Nature Reserve [J]. Acta Theriologica Sinica, 2025, 45(1): 49–59.
- [7] 田新民, 王鑫雪, 郭文亮, 等. 黑龙江省老爷岭南部狗獾种群现状及栖息地适宜性评价 [J]. 生态学杂志, 2025, 44(7): 2304–2311.
Tian Xinmin, Wang Xinxue, Guo Wenliang, et al. Population status and habitat suitability evaluation of badger (*Meles meles*) in southern Laoyeling, Heilongjiang Province [J]. Chinese Journal of Ecology, 2025, 44(7): 2304–2311.
- [8] Šprem N, Janječić M, Mihelčić A, et al. Random encounter model to estimate density of a rapidly invading mesocarnivore, the golden jackal, in a Mediterranean habitat [J]. Mammalian Biology, 2025, 105(1): 131–138.
- [9] Rowcliffe J M, Field J, Turvey S T, et al. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition [J]. Journal of Applied Ecology, 2008, 45(4): 1228–1236.
- [10] Schaus J, Uzal A, Gentle L K, et al. Application of the random encounter model in citizen science projects to monitor animal densities [J]. Remote Sensing in Ecology and Conservation, 2020, 6(4): 514–528.
- [11] Palencia P, Rowcliffe J M, Vicente J, et al. Assessing the camera trap methodologies used to estimate density of unmarked populations [J]. Journal of Applied Ecology, 2021, 58(8): 1583–1592.
- [12] Šprem N, Fabijanić N, Protka K, et al. The applicability of camera trapping to estimate population density of chamois in Biokovo Nature Park [J]. Journal of Central European Agriculture, 2011, 12(4): 576–577.
- [13] Liang G F, Liu J Z, Niu H B, et al. Influence of land use changes on landscape connectivity for North China leopard (*Panthera pardus japonensis*) [J]. Ecology and Evolution, 2022, 12(10): e9429.
- [14] 刘雷雷, 赵永健, 王清春, 等. 基于红外相机陷阱法的北京百花山国家级自然保护区旅游线路周边野生动物的调查研究 [J]. 生态学报, 2018, 38(23): 8324–8335.
Liu Leilei, Zhao Yongjian, Wang Qingchun, et al. Preliminary investigation of wildlife using camera traps along tourism routes in Beijing Baihua Mountain National Nature Reserve [J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(23): 8324–8335.
- [15] 王姣. 山西铁桥山华北豹 (*Panthera pardus fontanierii*) 猎物丰富度及其食物组成的季节差异研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2020.
Wang Jiao. Seasonal differences in prey abundance and food composition of the north China leopard (*Panthera pardus fontanierii*) in Tieqiaoshan Nature Reserve, Shanxi [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2020.
- [16] 蒋志刚, 李立立, 胡一鸣, 等. 青藏高原有蹄类动物多样性和特有性: 演化与保护 [J]. 生物多样性, 2018, 26(2): 158–170.
Jiang Zhigang, Li Lili, Hu Yiming, et al. Diversity and endemism of ungulates on the Qinghai-Tibetan Plateau: evolution and conservation [J]. Biodiversity Science, 2018, 26(2): 158–170.
- [17] Wolf C, Ripple W J. Prey depletion as a threat to the world's large carnivores [J]. Royal Society Open Science, 2016, 3(8): 160252.
- [18] 杨剑煊, 李敬华, 杨浩炫, 等. 基于红外相机数据评估华南地区豹猫的种群密度和活动节律 [J]. 生物多样性, 2022, 30(9): 93–103.
Yang Jianhuan, Li Jinghua, Yang Haoxuan, et al. Population density and activity patterns of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in southern China: estimates based on camera-trapping data [J]. Biodiversity Science, 2022, 30(9): 93–103.
- [19] Takimoto G, Nishijima S. A simple theory for the mesopredator release effect: When does an apex predator protect their shared prey from a mesopredator? [J]. Oikos, 2022, 2022(5): e09021.
- [20] Roemer G W, Gompert M E, Van Valkenburgh B. The ecological role of the mammalian mesocarnivore [J]. BioScience, 2009, 59(2): 165–173.
- [21] 吉晟男, 邓怀庆, 范鹏来, 等. 北京市门头沟区松鼠亚物种监测 [J]. 动物学杂志, 2020, 55(3): 289–296.

- Ji Shengnan, Deng Huaqing, Fan Penglai, et al. The monitoring research of Sciurinae species in Mentougou District, Beijing [J]. Chinese Journal of Zoology, 2020, 55(3): 289–296.
- [22] 李恩杰, 严旭. 北京门头沟强化生态建设促进绿色发展[EB/OL]. (2024-12-16) [2025-10-30]. <https://www.forestry.gov.cn/c/www/dfdt/599909.jhtml>.
- Li Enjie, Yan Xu. Mentougou District of Beijing strengthens ecological construction to boost green development[EB/OL]. (2024-12-16) [2025-10-30]. <https://www.forestry.gov.cn/c/www/dfdt/599909.jhtml>.
- [23] Li X H, Tian H D, Piao Z J, et al. cameratrapR: an R package for estimating animal density using camera trapping data [J]. Ecological Informatics, 2022, 69: 101597.
- [24] 林梦飞, 张涛涛, 于兵, 等. 春秋季节狍三维栖息地选择和营养策略研究[J/OL]. 野生动物学报, 2025-09-08. <https://link.cnki.net/urlid/23.1587.s.20250905.1923.002>.
- Lin Mengfei, Zhang Taotao, Yu Bing, et al. Study on the three-dimensional habitat selection and nutritional strategy of Siberian roe deer in spring and autumn [J/OL]. Chinese Journal of Wildlife, 2025-09-08. <https://link.cnki.net/urlid/23.1587.s.20250905.1923.002>.
- [25] 刘少英, 吴毅, 李晟. 中国兽类图鉴[M]. 3版. 福州: 海峡书局, 2022: 312–313.
- Liu Shaoying, Wu Yi, Li Sheng. A field guide to the mammals of China [M]. 3rd ed. Fuzhou: Strait Publishing House, 2022: 312–313.
- [26] Wevers J, Fattbert J, Casaer J, et al. Trading fear for food in the Anthropocene: how ungulates cope with human disturbance in a multi-use, suburban ecosystem [J]. Science of the Total Environment, 2020, 741: 140369.
- [27] Rosalino L M, Teixeira D, Camarinha C, et al. Even generalist and resilient species are affected by anthropic disturbance: evidence from wild boar activity patterns in a Mediterranean landscape [J]. Mammal Research, 2022, 67(3): 317–325.
- [28] 王莉, 卜书海, 宋华东, 等. 西安市秦岭山地村民对野猪容忍性的研究 [J]. 四川动物, 2020, 39(5): 563–571.
- Wang Li, Bu Shuhai, Song Huadong, et al. Research on the villagers' tolerance to wild boars in the Qinling mountainous region of Xi'an, Shaanxi [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2020, 39(5): 563–571.
- [29] 陈小南, 田佳, 刘鸣章, 等. 基于红外相机数据估算浙江省开化县野猪种群数量 [J]. 兽类学报, 2023, 43(5): 523–532.
- Chen Xiaonan, Tian Jia, Liu Mingzhang, et al. Estimating the population size of wild boar (*Sus scrofa*) in Kaihua County, Zhejiang Province using camera-trapping data [J]. Acta Theriologica Sinica, 2023, 43(5): 523–532.
- [30] 刘伟, 李旭琴, 李忠伦, 等. 四川贡嘎山中华斑羚和中华鬃羚的时空分布及重叠性 [J]. 应用生态学报, 2023, 34(6): 1630–1638.
- Liu Wei, Li Xuqin, Li Zhonglun, et al. Spatio-temporal distribution and overlap of *Naemorhedus griseus* and *Capricornis milneedwardsii* in Gongga Mountain, Sichuan, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2023, 34(6): 1630–1638.
- [31] 唐书培, 姜秀丽, 王晓玲, 等. 内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区中华斑羚的季节性食物构成分析 [J]. 四川动物, 2018, 37(3): 311–316.
- Tang Shupe, Jiang Xiuli, Wang Xiaoling, et al. Seasonal diet analysis of *Naemorhedus griseus* in Saihanwula National Nature Reserve [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2018, 37(3): 311–316.
- [32] Carpio A J, Apollonio M, Acevedo P. Wild ungulate overabundance in Europe: contexts, causes, monitoring and management recommendations [J]. Mammal Review, 2021, 51(1): 95–108.
- [33] 上官周怡, 冯超凡, 王佳宁, 等. 基于 MaxEnt 模型的辽西地区亚洲狗獾生境适宜性分析 [J]. 兽类学报, 2024, 44(5): 611–621.
- Shangguan Zhouyi, Feng Chaofan, Wang Jianing, et al. Habitat suitability analysis of Asian badgers (*Meles leucurus*) in the western Liaoning Province based on MaxEnt model [J]. Acta Theriologica Sinica, 2024, 44(5): 611–621.
- [34] Zhang Y D, Li Z K, Ge W, et al. Evaluation of the impact of extreme floods on the biodiversity of terrestrial animals [J]. Science of the Total Environment, 2021, 790: 148227.
- [35] Xie F J, Li X Z, Xiao D N, et al. Post-fire habitat restoration of sables during winter season in northern slope of the Great Xing'an Mountains [J]. Journal of Forestry Research, 2006, 17(3): 231–237; 264.
- [36] 中国珍, 谢宗强, 冯朝阳, 等. 汶川地震对大熊猫栖息地的影响与恢复对策 [J]. 植物生态学报, 2008, 32(6): 1417–1425.
- Shen Guozhen, Xie Zongqiang, Feng Chaoyang, et al. Influence of the Wenchuan earthquake on giant panda habitats and strategies for restoration [J]. Journal of Plant Ecology (Chinese version), 2008, 32(6): 1417–1425.
- [37] 程宏毅, 鲍毅新, 葛宝明, 等. 栖息地片断化对动物种群间基因流的影响及其测定方法 [J]. 生态学杂志, 2006, 25(7): 863–868.
- Cheng Hongyi, Bao Yixin, Ge Baoming, et al. Effects of habitat fragmentation on gene flow among animal populations and their measuring methods [J]. Chinese Journal of Ecology, 2006, 25(7): 863–868.
- [38] 韩思成, 陆道炜, 韩宇辰, 等. 北京近郊浅山地区的野生豹猫分布及环境影响因素 [J]. 生物多样性, 2024, 32(8): 24138.
- Han Sicheng, Lu Daowei, Han Yuchen, et al. Distribution of leopard cats in the nearest mountains to urban Beijing and its affecting environmental factors [J]. Biodiversity Science, 2024, 32(8): 24138.
- [39] Ngoprasert D, Lynam A J, Gale G A. Human disturbance affects habitat use and behaviour of Asiatic leopard *Panthera pardus* in Kaeng Krachan National Park, Thailand [J]. Oryx, 2007, 41(3): 343–351.