

王秀磊,张波,常青,等.宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区鸟兽多样性及活动节律[J].中国沙漠,2025,45(3):162-174.

宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区鸟兽多样性及活动节律

王秀磊¹,张波²,常青²,孙向波²,李星耀²,吴波³,李佳³

(1.中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所 生物多样性保护国家林业和草原局重点实验室,北京 100091; 2.宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区管理局,宁夏 中卫 751700; 3.中国林业科学研究院生态保护与修复研究所 荒漠生态系统与全球变化国家林业和草原局重点实验室,北京 100091)

摘要:掌握自然保护区内野生动物本底资源现状,及时更新物种名录,对制定有效的生物多样性保护策略至关重要。本研究于2022年10月至2024年5月,在沙坡头国家级自然保护区及周边长流水区域布设136台红外相机进行野生动物本底资源调查,累计工作67 456个相机日,共获得25 699张有效独立照片,鉴定出5目8科10种野生兽类和13目24科52种野生鸟类。结果表明:(1)国家一、二级重点保护野生动物分别为2种和14种;《中国生物多样性红色名录》列为濒危(EN)物种3种,易危(VU)3种,近危(NT)7种。(2)荒草湖记录到54种野生兽类和鸟类,长流水、小湖和金沙岛分别记录到30种、26种和14种;相对多度指数(R_{AI})前5位依次为中亚兔(*Lepus tibetanus*)、鹅喉羚(*Gazella subgutturosa*)、赤狐(*Vulpes vulpes*)、环颈雉(*Phasianus colchicus*)和喜鹊(*Pica pica*)。(3)日活动节律分析显示,鹅喉羚和环颈雉为昼行兼晨昏性动物,环颈雉夜间几乎不活动;亚洲狗獾(*Meles leucurus*)、中亚兔和赤狐为夜行兼晨昏性动物,亚洲狗獾和中亚兔白天几乎不活动;亚非野猫(*Felis lybica*)为夜行性动物,夜间活动强度显著高于白天和晨昏时段。(4)豹猫(*Prionailurus bengalensis*)为沙坡头保护区新增物种,原科考报告中的荒漠猫(*F. bieti*)修订为亚非野猫。

关键词:沙坡头国家级自然保护区;鸟类;兽类;活动节律;活动选择指数;红外相机

文章编号:1000-694X(2025)03-162-13

DOI:10.7522/j.issn.1000-694X.2025.00038

中图分类号:Q958

文献标志码:A

0 引言

自然保护区是中国生物多样性最丰富、动植物资源种类最繁多、珍稀濒危物种最集中的天然分布区域,在维持生态平衡、保护生物多样性等方面起到关键作用^[1-2]。然而,中国多数自然保护区是在生态环境遭受破坏和生物多样性严重丧失的情况下抢救成立的,工作重点以保护野生动植物资源和自然生境为主,长期未开展野生动植物资源调查,在制定保护管理对策时,常面临着基础数据缺乏的限制^[3]。在全球气候持续变暖和人类活动日益扩张的双重威胁下,野生动物保护面临严峻挑战,亟须对现有野生动物资源进行全面清查,为及时有效制定保护措施提供数据支撑^[4-5]。过去,中国野生动物资

源调查主要采用样线调查、定点观测、GPS颈圈跟踪和访问座谈等传统方法,这些方法在调查时间、范围、效率和准确性等方面存在着主观性强、重复性差等局限,难以全面反映数量稀少、活动隐秘(如夜间、洞栖等)的野生动物生存现状^[6-7]。相比传统调查方法,红外相机作为“非损性”的野生动物调查技术,因其具有隐蔽、能够获得难以观察的物种、可以连续长时间监测等优势,近年来在自然保护区野生动物调查中得到广泛应用,为研究野生动物活动节律和制定有效保护对策提供了科学可靠的数据支持。

宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区(简称沙坡头保护区)地处黄河和腾格里沙漠交会处,是中国

收稿日期:2024-12-25; 改回日期:2025-04-01

资助项目:2023年中央财政林业草原生态保护恢复资金项目(沙坡头国家级自然保护区国家重点野生动植物保护)

作者简介:王秀磊(1978—),女,山东济宁人,博士,主要从事野生动植物保护与利用。E-mail: hellowxl@163.com

通信作者:李佳(E-mail: lijia2530@126.com)

北方干旱区建立的第一个保护天然沙生植物和人工治沙成果的荒漠生态类型保护区^[8]。沙坡头保护区在40余年的防沙治沙和生物多样性保护探索实践中,加强人工防护林的近自然修复,着重提升生态系统多样性和稳定性,建设成为多林种多树种并举、乔灌草相结合的稳定荒漠生态系统,为生活在腾格里沙漠的野生动物提供了重要栖息地^[9-13]。沙坡头保护区成立以来,管理局先后多次开展野生动物本底资源调查,累计记录到25种野生兽类和178种野生鸟类,为该区域野生动物监测奠定基础^[8]。近年来,随着沙坡头保护区保护力度的加强和周边生态环境和质量的持续改善,曾经威胁野生动物生存的因素(如过度放牧、栖息地退化等)得到有效缓解,沙坡头保护区和周边野生动物及其赖以生存的栖息地正在逐渐恢复。为进一步掌握沙坡头保护区及周边野生动物资源现状,本研究于2022年10月至2024年5月,在该区域利用红外相机技术开展野生动物资源调查,以期更全面地了解该区域兽类和鸟类多样性现状与分布规律,为沙坡头保护区制定科学的生物多样性保护管理策略提供科学依据。

1 研究区和研究方法

1.1 研究区概况

沙坡头保护区位于宁夏回族自治区中卫市(37°25′—37°37′N, 104°49′—105°09′E),是中国防沙治沙标杆,研发了被誉为“治沙魔方”的草方格治沙技术和“五带一体”铁路防风固沙体系,在维护区域生态平衡、保障包兰铁路畅通等方面发挥了十分重要的作用。保护区始建于1984年,总面积约1.40万hm²,1994年晋升为国家级保护区,主要保护对象为天然沙生植被、治沙科研成果,以及野生动植物和其生存繁衍的栖息地。保护区西北高、东南低,由西北向东南倾斜,海拔1230~1570 m。该区域属于典型的大陆性干旱气候,气候干燥,风大沙多,近10年平均气温10.05℃,多年平均降水量182.8 mm,降水集中在7—9月。沙坡头保护区处于西北与黄土高原植物区系的交会地带和草原向荒漠的过渡地带,加上人工防护林和人工湿地等景观,形成了生境类型多样的人工-自然复合荒漠生态系统,为众多野生动物生存提供了重要栖息地,其中包括玉带海雕(*Haliaeetus leucoryphus*)、鹅喉羚

(*Gazella subgutturosa*)、赤狐(*Vulpes vulpes*)等52种国家重点保护野生动物,以及沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)、半日花(*Helianthemum songaricum*)、野大豆(*Glycine soja*)等5种国家重点保护野生植物^[8]。

1.2 调查方法

2022年10月至2024年5月,在沙坡头保护区及周边长流水区域(图1A)利用136台红外相机(型号:云林YL-RD0105)开展野生动物资源监测(表1)。安装红外相机前,将沙坡头保护区内荒草湖(图1B)、金沙岛(图1C)和小湖(图1D)区域,以及周边长流水区域利用ArcGIS10.8(ESRI Inc.,美国)划分为500 m×500 m的网格,作为安装红外相机位置参照。根据不同生境类型,选择在每个500 m×500 m网格内野生动物活动痕迹较多的区域(如人工水源点、兽道、粪便等)安放1台红外相机。红外相机固定在距离地面0.5~0.8 m的树(木)桩上,清除镜头前方杂草和杂灌,避免阳光直接照射镜头前方,减少触发误拍。红外相机灵敏度设置为“中度”,采取24 h监测,野生动物经过时会触发相机,自动拍摄3张照片和1段15 s视频(统称照片)。每隔4个月下载存储卡中数据,更换相机电池^[14]。

1.3 数据分析

鉴定红外相机拍摄到的沙坡头保护区野生兽类和鸟类物种,主要参照《中国兽类图鉴》^[15]《中国鸟类野外手册》^[16]等野外调查手册及《宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区第三期综合科学考察报告》^[8],无法准确鉴定到种的鼠类统一命名为啮齿类。野生兽类分类系统、中文名称、拉丁文参考《中国哺乳动物多样性:编目、分布与保护》^[17],野生鸟类则参考《中国鸟类分类与分布名录》^[18]。野生动物保护级别依据国家林业和草原局、农业农村部共同发布的《国家重点保护野生动物名录2021》^[19],受威胁状况参考生态环境部、中国科学院联合发布的《中国生物多样性红色名录·脊椎动物卷(2020)》^[20],以及《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES)附录I、II^[21]。

分析数据时,删除同一台红外相机在30 min内连续拍摄到的同一物种的多张照片,保留1张作为有效独立照片。根据野生动物有效独立照片计算

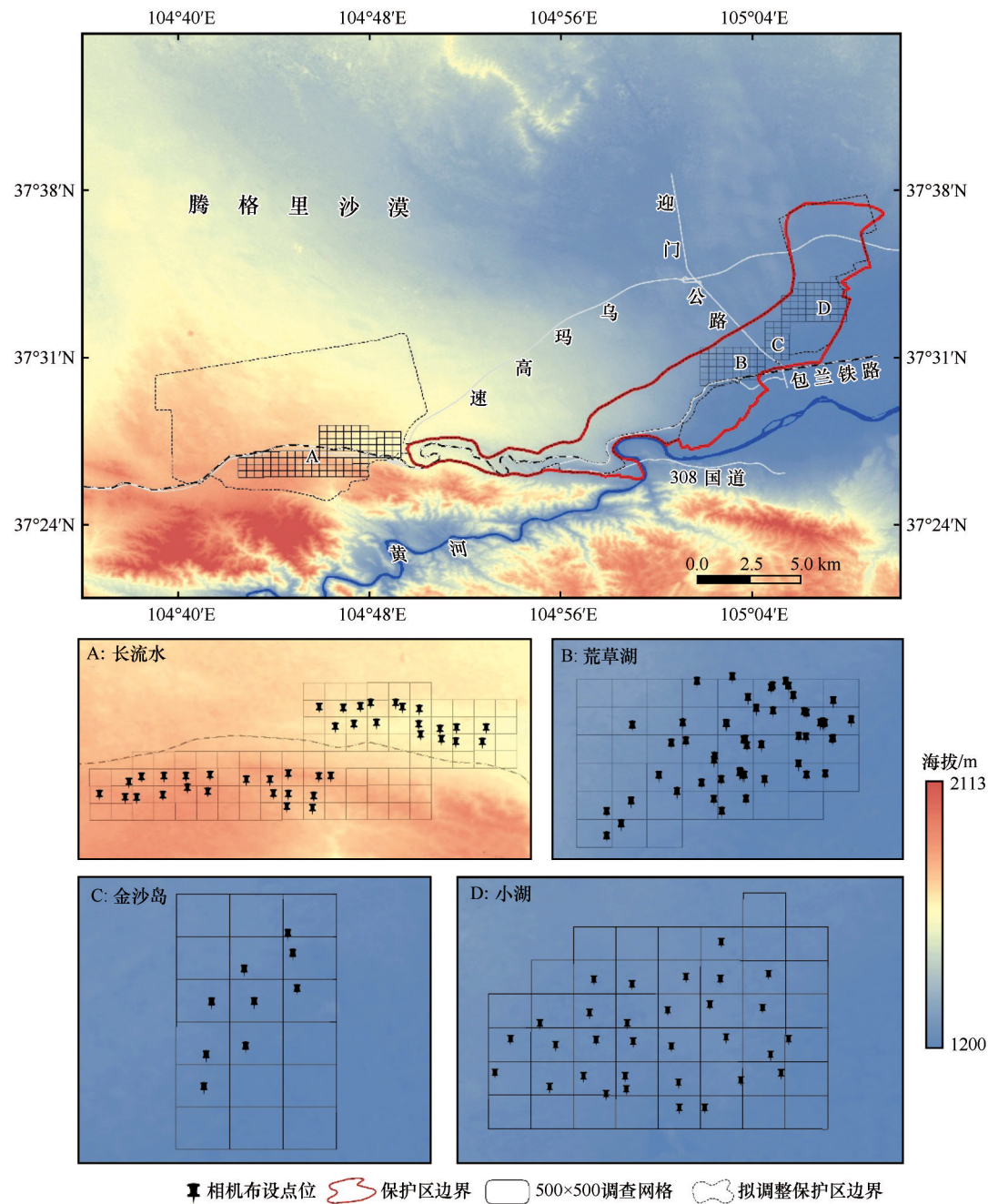


图1 宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区地理位置和红外相机布设点位

Fig.1 Geographical location and infrared camera distribution points of Zhongwei Shapotou National Nature Reserve, Ningxia

表1 宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区红外相机布设生境类型描述

Table 1 Description of infrared camera habitat types in Zhongwei Shapotou National Nature Reserve, Ningxia

研究区域	相机点位数量	生境类型描述	备注
长流水(A)	39	以天然-人工灌木林(丛)、草地、沙地生境类型为主	乔木林以新疆杨、小叶杨、刺槐等为主
荒草湖(B)	57	以天然-人工灌木林(丛)、人工乔木林、人工湿地、沙地等生境类型为主	灌木林(丛)以锦鸡儿、花棒、猫头刺、驼绒藜、油蒿、白刺、怪柳等为主
金沙岛(C)	9	以天然-人工灌木林(丛)、人工乔木林、人工湿地、草地等生境类型为主	草地以芨芨草、芦苇、拂子茅、早熟禾、赖草、狗尾草等为主
小湖(D)	31	以人工乔木林生境类型为主	

相对多度指数(R_{Ai})^[22]:

$$R_{Ai}=1000 \times A_i / N \quad (1)$$

式中: A_i 为第*i*种野生动物独立有效照片数量; N 为红外相机有效工作日总数。有效工作日为红外相机拍摄到的第一张和最后一张野外照片的日期之间的间隔天数^[23]。

根据红外相机拍摄的野生动物独立有效照片数量,计算沙坡头保护区野生动物群落 Shannon-Wiener 多样性指数(H)、Pielou 均匀度指数(E)^[24]:

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (2)$$

式中: S 为红外相机拍摄的野生动物种类之和; P_i 为*i*种野生动物独立有效照片数量与独立有效照片总数之比。

$$E = H / H_{\max} \quad (3)$$

式中: H_{\max} 为 $\log_2 S$; S 为物种种类数量。

同时,将红外相机拍摄到的野生动物照片上记录的时间转换成真太阳时间(Sun time),以减小昼夜长短、日出日落时间差异对野生动物日活动节律分析造成的误差^[25]。使用非参数核密度评估方法(Kernel density estimation, KDE)分析鹅喉羚、赤狐、中亚兔(*Lepus tibetanus*)、亚洲狗獾(*Meles leucurus*)、亚非野猫(*Felis lybica*)和环颈雉(*Phasianus colchicus*)等沙坡头保护区主要野生动物日活动节律,绘制上述物种活动强度曲线^[26],采用R软件的activity包进行核密度分析。查询中卫市2022—2023年平均日出和日落时间,将全天时间划分为3个时间段——晨昏(日出日落前后1 h)、白天(日出后1 h至日落前1 h)和夜间(日落后1 h至日出前1 h),计算沙坡头保护区主要野生动物全天不同时间段活动选择指数:

$$w_i = o_i / e_i \quad (4)$$

式中: w_i 为*i*时间段的野生动物活动选择指数; o_i 为*i*时间段野生动物(如鹅喉羚)独立有效照片数量占该物种独立有效照片总数的比例; e_i 为*i*时间段的长度占全天比例。 $w_i > 1$ 表明该物种偏好在该时间段活动, $w_i \leq 1$ 表明回避该时间段活动^[27]。

2 结果与分析

2022年10月至2024年5月,安装在沙坡头保护区的红外相机累计67 456个相机工作日,共拍摄到41 910张野生动物及家畜照片,删除同一相机在

30 min内连续拍摄到同一物种的重复照片,共计获得25 699张有效独立照片。其中,野生兽类20 777张,野生鸟类3 593张(图2),无法准确鉴定到种的啮齿类动物230张,以及家畜(家猫、家犬、家羊、家猪、家牛、家马和家骆驼)1 099张。

2.1 兽类多样性

红外相机在沙坡头保护区共记录到5目8科10种野生兽类(表2),其中,小湖拍摄到10种野生兽类,长流水9种,荒草湖8种,金沙岛6种。野生兽类群落 Shannon-Wiener 多样性指数(H)为1.57, Pielou 均匀度指数(E)为0.47。相对多度指数(R_{Ai})排前5位的野生兽类是中亚兔($R_{Ai}=178.09$)、鹅喉羚($R_{Ai}=81.83$)、赤狐($R_{Ai}=37.15$)、亚洲狗獾($R_{Ai}=4.43$)和五趾跳鼠(*Allactaga sibirica*; $R_{Ai}=4.11$)。红外相机拍摄到的野生兽类中:①鹅喉羚、亚非野猫、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)和赤狐被列为国家二级重点保护野生动物。②亚非野猫被《中国生物多样性红色名录》评估为濒危(EN)物种,鹅喉羚和豹猫被评估为易危(VU)物种,亚洲狗獾和赤狐被评估为近危(NT)物种。③鹅喉羚被IUCN红色名录评估为易危(VU)物种,亚非野猫和豹猫被CITES公约附录II收录;④豹猫为沙坡头保护区新记录物种。

2.2 鸟类多样性

红外相机在沙坡头保护区共记录到13目24科52种野生鸟类(表3),其中,荒草湖拍摄到46种野生鸟类,长流水21种,小湖16种,金沙岛8种。野生鸟类群落 Shannon-Wiener 多样性指数(H)为2.56, Pielou 均匀度指数(E)为0.45。相对多度指数(R_{Ai})排前5位的野生鸟类是环颈雉($R_{Ai}=24.48$)、喜鹊(*Pica pica*; $R_{Ai}=10.10$)、山斑鸠(*Streptopelia orientalis*; $R_{Ai}=6.23$)、灰喜鹊(*Cyanopica cyanus*; $R_{Ai}=6.14$)和麻雀(*Passer montanus*; $R_{Ai}=1.19$)。红外相机拍摄到的野生鸟类中:①猎隼(*Falco cherrug*)和玉带海雕被列为国家一级重点保护野生动物;大鵟(*Buteo hemilasius*)、凤头蜂鹰(*Pernis ptilorhynchus*)、白尾鹞(*Circus cyaneus*)、雀鹰(*Accipiter nisus*)、黑鸢(*Milvus migrans*)、鸢(*Pandion haliaetus*)、短耳鸱(*Asio flammeus*)、灰背隼(*Falco columbarius*)、红隼(*Falco tinnunculus*)和云雀(*Alauda arvensis*)被列

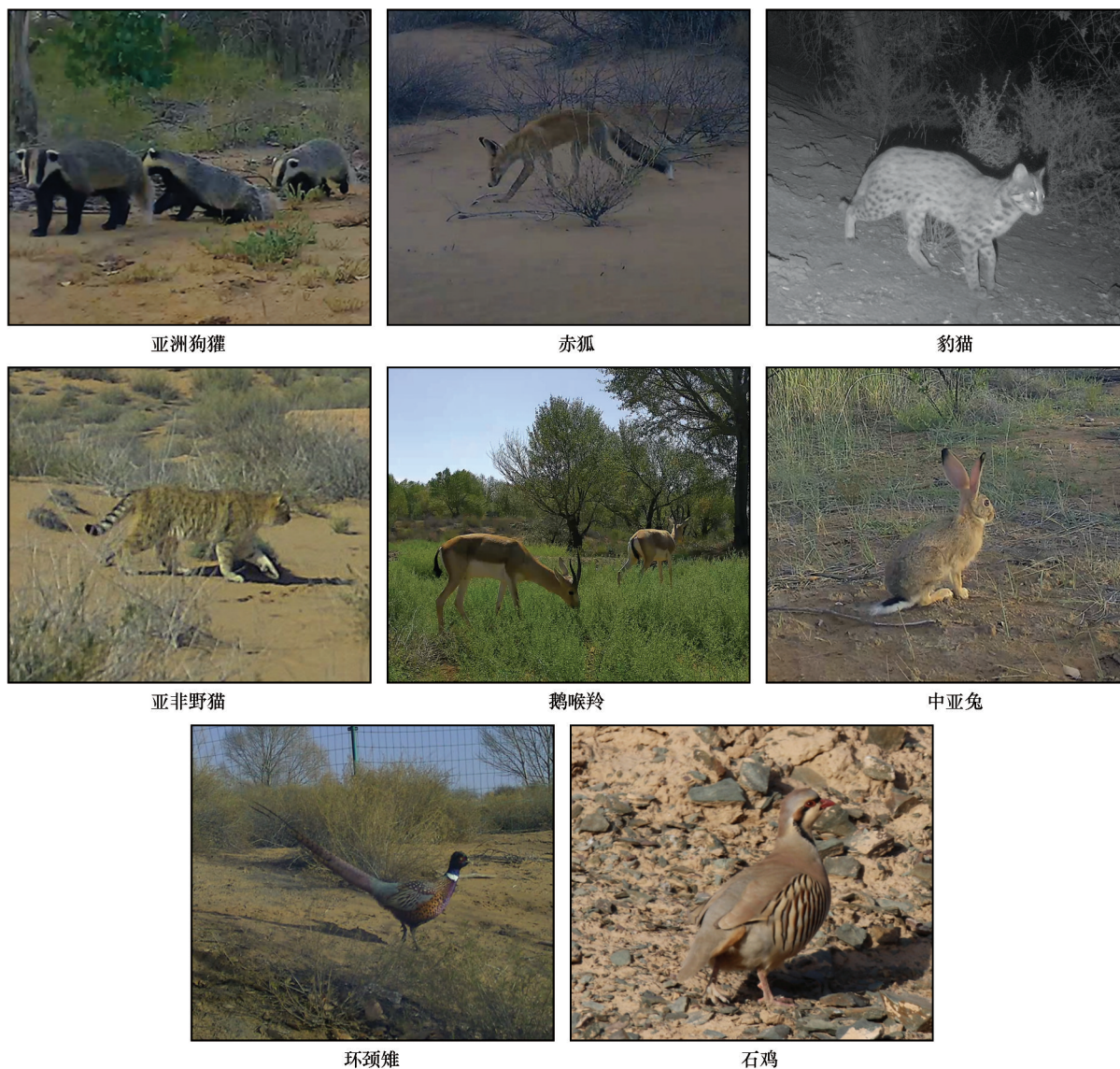


图2 宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区红外相机拍摄到的部分野生兽类和鸟类

Fig.2 Mammals and birds captured by infrared camera in Zhongwei Shapotou National Nature Reserve, Ningxia

为国家二级重点保护野生动物。②玉带海雕和猎隼被《中国生物多样性红色名录》评估为濒危(EN)物种,大鸛被评估为易危(VU)物种,凤头蜂鹰、白尾鹞、鸢、短耳鸱和灰背隼被评估为近危(NT)物种。玉带海雕和猎隼被IUCN红色名录评估为易危(EN)物种,鹌鹑(*Coturnix japonica*)被列为近危(NT)物种。

2.3 日活动节律

鹅喉羚和环颈雉日活动节律相似,白天($w_i=1.42$ 和 1.75)和晨昏($w_i=1.31$ 和 1.40)的活动选择系数大于1,夜间($w_i=0.43$ 和 0.06)活动选择系数小于

1,表明鹅喉羚和环颈雉都属于典型的白天活动、夜间休息动物,活动高峰出现在08:00—18:00,22:00—05:00几乎不活动。亚洲狗獾和中亚兔夜间($w_i=1.24$ 和 1.67)和晨昏($w_i=1.45$ 和 1.51)活动强度明显高于白天($w_i=0.10$ 和 0.16),活动高峰出现在20:00至翌日06:00,10:00—18:00几乎不活动。赤狐夜间($w_i=1.24$)和晨昏($w_i=1.45$)比白天($w_i=0.59$)更加活跃,夜间(20:00—08:00)活动强度相对较高,白天(10:00—14:00)活动强度较低。亚非野猫夜间($w_i=1.73$)活动强度明显高于白天($w_i=0.45$)和晨昏($w_i=0.61$),活动高峰出现在00:00—04:00,属于典型的夜间活动、白天休息动物(图3)。

表 2 宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区红外相机记录到的兽类名录

Table 2 The list of mammals captured by infrared camera in Zhongwei Shapotou National Nature Reserve, Ningxia

物种	保护等级	三有名录	IUCN 红 外名录	中国生物多样性 红色名录	CITIES 公约	相对多度 指数	拍摄 区域
兔形目(LAGOMORPHA)							
兔科(Leporidae)							
中亚兔(<i>Lepus tibetanus</i>)		是	LC	LC		178.09	A\B\C\D
啮齿目(RODENTIA)							
松鼠科(Sciuridae)							
阿拉善黄鼠(<i>Spermophilus alashanicus</i>)			LC	LC		0.09	A
跳鼠科(Dipodidae)							
五趾跳鼠(<i>Orientallactaga sibirica</i>)			LC	LC		4.11	A\D
鲸偶蹄目(CETARTIODACTYLA)							
牛科(Bovidae)							
鹅喉羚(<i>Gazella subgutturosa</i>)	二级		VU	VU		81.83	A\B\C\D
食肉目(CARNIVORA)							
鼬科(Mustelidae)							
亚洲狗獾(<i>Meles leucurus</i>)		是	LC	NT		4.43	A\B\C\D
猫科(Felidae)							
亚非野猫(<i>Felis lybica</i>)	二级		LC	EN	II	1.17	A\B\C\D
豹猫(<i>Prionailurus bengalensis</i>)	二级		LC	VU	II	0.67	A\B\C\D
犬科(Canidae)							
赤狐(<i>Vulpes vulpes</i>)	二级			NT		37.15	A\B\C\D
劳亚食虫目(EULIPOTYPHLA)							
猬科(Erinaceidae)							
达乌尔猬(<i>Mesechinus dauuricus</i>)		是	LC	LC		0.04	B\D
大耳猬(<i>Hemiechinus auritus</i>)		是	LC	LC		0.43	B\D

注:EN: 濒危,VU: 易危,NT: 近危,LC: 无危;A: 长流水,B: 荒草湖,C: 金沙岛,D: 小湖。

表 3 宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区红外相机记录到的鸟类名录

Table 3 The list of birds captured by infrared camera in Zhongwei Shapotou National Nature Reserve, Ningxia

物种	保护等级	三有名录	IUCN 红 外名录	中国生物多样 性红色名录	CITIES 公约	相对多度 指数	拍摄 区域
鸡形目(GALLIFORMES)							
雉科(Phasianidae)							
鹌鹑(<i>Coturnix japonica</i>)		是	NT	LC		0.04	A\B
斑翅山鹑(<i>Perdix dauurica</i>)		是	LC	LC		0.46	A\B
环颈雉(<i>Phasianus colchicus</i>)		是	LC	LC		24.48	B\C\D
石鸡(<i>Alectoris chukar</i>)		是	LC	LC		0.40	A
雁形目(ANSERIFORMES)							
鸭科(Anatidae)							
斑嘴鸭(<i>Anas zonorhyncha</i>)		是	LC	LC		0.09	B\D
赤嘴潜鸭(<i>Netta rufina</i>)		是	LC	LC		0.03	B\D

续表 3

物种	保护等级	三有名录	IUCN红 外名录	中国生物多样性 性红色名录	CITIES 公约	相对多度 指数	拍摄 区域
鸽形目(COLUMBIFORMES)							
鸠鸽科 (Columbidae)							
灰斑鸠 (<i>Streptopelia decaocto</i>)		是	LC	LC		1.02	B\C\D
山斑鸠 (<i>Streptopelia orientalis</i>)		是	LC	LC		6.23	B\C\D
岩鸽 (<i>Columba rupestris</i>)		是	LC	LC		0.28	B\D
珠颈斑鸠 (<i>Streptopelia chinensis</i>)		是	LC	LC		0.06	B\D
沙鸡目(COLMBIFORMES)							
沙鸡科 (Pteroclididae)							
毛腿沙鸡 (<i>Syrhaptes paradoxus</i>)		是	LC	LC		0.04	A
鹃形目(CUCULIFORMES)							
杜鹃科(Cuculidae)							
四声杜鹃 (<i>Cuculus micropterus</i>)		是	LC	LC		0.12	D
鸻形目(CHARADRIIFORMES)							
鸻科(Charadriidae)							
灰头麦鸡 (<i>Vanellus cinereus</i>)		是	LC	LC		0.04	B
鹈形目(PELECANIFORMES)							
鹭科(Ardeidae)							
苍鹭 (<i>Ardea cinerea</i>)		是	LC	LC		0.03	B
草鹭 (<i>Ardea purpurea</i>)		是	LC	LC		0.01	B
大白鹭 (<i>Ardea alba</i>)		是	LC	LC		0.03	B
鹰形目(ACCIPITRIFORMES)							
鹰科(Accipitridae)							
大鵟 (<i>Buteo hemilasius</i>)	二级		LC	VU		0.04	B
凤头蜂鹰 (<i>Pernis ptilorhynchus</i>)	二级		LC	NT		0.01	B
玉带海雕 (<i>Haliaeetus leucoryphus</i>)	一级		EN	EN		0.01	B
白尾鹞 (<i>Circus cyaneus</i>)	二级		LC	NT		0.01	A
雀鹰 (<i>Accipiter nisus</i>)	二级		LC	LC		0.04	B
黑鸢 (<i>Milvus migrans</i>)	二级		LC	LC		0.15	B
鸢科(Pandionidae)							
鸢 (<i>Pandion haliaetus</i>)	二级		LC	NT		0.04	B
鸮形目(STRIGIFORMES)							
鸱鸮科(Strigidae)							
短耳鸮 (<i>Asio flammeus</i>)	二级		LC	NT		0.04	C
犀鸟目(BUCEROTIFORMES)							
戴胜科(Upupidae)							
戴胜 (<i>Upupa epops</i>)		是	LC	LC		0.46	A
啄木鸟目(PICIFORMES)							
啄木鸟科(Picidae)							
大斑啄木鸟 (<i>Dendrocopos major</i>)		是	LC	LC		0.10	B
灰头绿啄木鸟 (<i>Picus canus</i>)		是	LC	LC		0.16	D

续表 3

物种	保护等级	三有名录	IUCN 红 外名录	中国生物多样 性红色名录	CITIES 公约	相对多度 指数	拍摄 区域
星头啄木鸟 (<i>Dendrocopos canicapillus</i>)		是	LC	LC		0.01	B
隼形目(FALCONIFORMES)							
隼科(Falconidae)							
灰背隼 (<i>Falco columbarius</i>)	二级		LC	NT		0.01	B
红隼 (<i>Falco tinnunculus</i>)	二级		LC	LC		0.03	B
猎隼 (<i>Falco cherrug</i>)	一级		EN	EN		0.03	B
雀形目(PASSERIFORMES)							
伯劳科(Laniidae)							
楔尾伯劳 (<i>Lanius sphenocercus</i>)		是	LC	LC		0.03	B
鸦科(Corvidae)							
喜鹊 (<i>Pica pica</i>)		是	LC	LC		10.10	A\B\C\D
灰喜鹊 (<i>Cyanopica cyanus</i>)		是	LC	LC		6.14	A\B\C\D
小嘴乌鸦 (<i>Corvus corone</i>)		是	LC	LC		0.01	B
山雀科(Paridae)							
大山雀 (<i>Parus cinereus</i>)		是	LC	LC		0.01	B
百灵科(Alaudidae)							
云雀 (<i>Alauda arvensis</i>)	二级		LC	LC		0.03	A
凤头百灵 (<i>Galerida cristata</i>)		是	LC	LC		0.27	B
蒙古短趾百灵 (<i>Melanocorypha mongolica</i>)						0.07	B
树莺科(Cettiidae)							
强脚树莺 (<i>Horornis fortipes</i>)		是	LC	LC		0.01	B
棕鸟科(Stumidae)							
灰棕鸟 (<i>Spodiopsar cinereus</i>)		是	LC	LC		0.46	A
鸫科(Turdidae)							
斑鸫 (<i>Turdus eunomus</i>)		是	LC	LC		0.03	B
赤颈鸫 (<i>Turdus ruficollis</i>)		是	LC	LC		0.12	A\C\D
黑喉鸫 (<i>Turdus atrogularis</i>)		是				0.01	D
鹎科(Muscicapidae)							
白顶鹎 (<i>Oenanthe pleschanka</i>)		是	LC	LC		0.07	A\B
红胁蓝尾鸲 (<i>Tarsiger cyanurus</i>)		是	LC	LC		0.03	A\B
黑喉红尾鸲 (<i>Phoenicurus hodgsoni</i>)		是	LC	LC		0.01	A\B
雀科(Passeridae)							
麻雀 (<i>Passer montanus</i>)		是	LC	LC		1.19	A\B\C\D
鹨科(Motacillidae)							
树鹨 (<i>Anthus hodgsoni</i>)		是	LC	LC		0.04	A
草地鹨 (<i>Anthus pratensis</i>)		是	LC	LC		0.01	A
田鹨 (<i>Anthus richardi</i>)		是	LC	LC		0.01	A
鹀科 (Emberizidae)							
小鹀 (<i>Emberiza pusilla</i>)		是	LC	LC		0.01	B

注:EN: 濒危, VU: 易危, NT: 近危, LC: 无危; A: 长流水, B: 荒草湖, C: 金沙岛, D: 小湖。

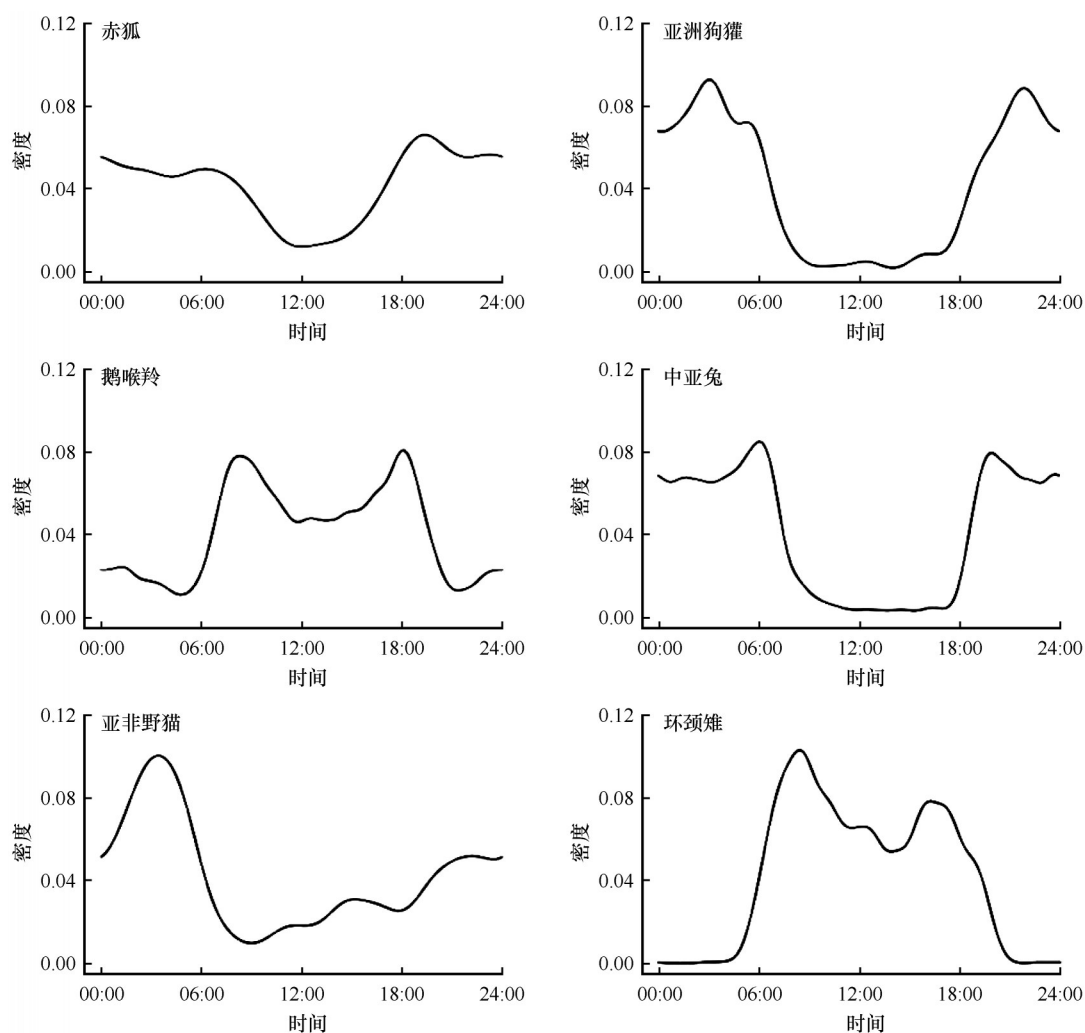


图3 宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区主要兽类和鸟类日活动节律曲线

Fig.3 Daily activity rhythm curves of mammals and birds in Zhongwei Shapotou National Nature Reserve, Ningxia

3 讨论

掌握野生动物资源现状,及时更新和修订野生动物名录,是自然保护区的基础性工作,也是制定生物多样性保护对策的重要依据^[28]。沙坡头保护区管理局先后组织多期沙坡头保护区综合科学考察,但因为缺乏长期系统监测和有效观测的技术手段,部分野生动物是否存在难以判定。本研究采用红外相机技术开展沙坡头保护区野生动物调查,获得了大量影像资料,共记录到10种野生兽类,并且在野外调查中观察到岩羊(*Pseudois nayaur*)实体活动,原科考报告名录中的大、中型野生兽类仅猞猁(*Lynx lynx*)、艾鼬(*Mustela altaica*)没有监测到,可能这些物种在沙坡头保护区内确实没有分布或仅存极少数个体。本次监测红外相机拍摄到230张无法鉴定到种的啮齿类动物,这也是该技术存在的局

限性,不适合开展体型较小的兽类调查^[29]。红外相机拍摄到的豹猫为沙坡头保护区新增物种,拍摄到的亚非野猫(亦称草原斑猫^[19]、野猫(*F. silvestris*)^[30])是宁夏回族自治区的首次记录,影像资料清晰地证明沙坡头保护区乃至宁夏回族自治区分布的是亚非野猫,而非一直存在争议的荒漠猫(*F. bieti*)^[31-32],充分体现了红外相机技术对于调查活动隐秘、种群数量稀少的野生动物资源的优势。红外相机在沙坡头保护区兼捕(By-catch)记录到52种野生鸟类,表明该技术在鸟类监测中同样能够发挥重要作用,可以有效弥补鸟类传统调查方法的不足^[33]。

沙坡头保护区受青藏高原余脉(香山)地质构造、黄河水补给、人工湿地和人工固沙植被等因素的影响,降水量、地下水含量远高于腾格里沙漠腹地,在腾格里沙漠南缘与黄河之间形成荒漠绿洲,形成荒漠、天然沙生灌丛、铁路沿线人工固沙林、人

工湿地等多种生境类型,为众多荒漠野生动物提供了适宜栖息地^[8]。红外相机拍摄到的野生动物种类栖息在多种生境类型:①荒漠生境类型,如鹅喉羚、五趾跳鼠、毛腿沙鸡(*Syrrhaptes paradoxus*)等;②湿地生境类型,如斑嘴鸭(*Anas zonorhyncha*)、赤嘴潜鸭(*Netta rufina*)、苍鹭(*Ardea cinerea*)等湿地鸟类;③沙生植被和灌丛生境类型,如赤狐、亚洲狗獾、亚非野猫、环颈雉等;④人工林生境类型,如灰头绿啄木鸟(*Picus canus*)、灰喜鹊、喜鹊等伴人物种。栖息在沙坡头保护区多种生境类型中的野生动物类群,通过复杂的食物关系网交汇在一起,在维持人工-自然复合荒漠生态系统功能、结构及生态过程方面发挥着至关重要的作用^[34-35]。食肉动物(赤狐、亚非野猫、亚洲狗獾等)是沙坡头保护区食物链顶端物种,种群稳定是衡量生态系统是否健康的重要标志。红外相机监测到沙坡头保护区食肉动物和主要猎物(环颈雉、中亚兔、五趾跳鼠等)相对多度指数(R_{AI})丰富,表明人工-自然复合荒漠生态系统状况良好。鹅喉羚是腾格里沙漠最具代表性的野生有蹄类动物,对维持腾格里沙漠荒漠生态系统结构稳定和服务功能具有十分重要的意义。研究发现,随着沙坡头保护区及周边生态环境持续好转,保护区周边(如长流水区域)鹅喉羚种群数量已远超保护区内的种群,需采取有效措施进一步提升鹅喉羚种群栖息地整体规模和连接水平^[36]。

日活动节律描述野生动物以24 h为周期的活动规律,对理解野生动物如何分配活动时间来适应昼夜、日出日落变化具有重要意义^[37]。过去由于调查方法的限制,许多活动隐秘(尤其是夜间活动物种)、种群数量稀少的野生动物的日活动节律研究相对较少。近年来,随着红外相机技术普及应用,积累了大量连续且长时间记录的野生动物照片和视频,为研究野生动物活动节律提供了新的手段^[38]。沙坡头保护区赤狐日活动节律与宁夏罗山、青海三江源、四川邛崃山的种群相似^[39-41],亚洲狗獾日活动节律与青海湖、天津盘山的种群相似^[42-43],表明赤狐和亚洲狗獾对存在明显差异的气候和环境条件有非常强的适应能力,以维持种群内源性节律稳定^[44]。相反,生活在不同区域的同一物种更可能因为资源竞争、捕食风险、气候条件乃至人类活动干扰的差异,而采取完全不同的行为策略^[45]。沙坡

头保护区鹅喉羚日活动高峰呈晨昏双峰模式,与新疆卡拉麦里、甘肃极旱荒漠区域的鹅喉羚日活动高峰期呈单峰模式(12:00—14:00)存在显著差异^[46-47]。新疆卡拉麦里、甘肃极旱荒漠区域的鹅喉羚面临着狼(*Canis lupus*)、猞猁等食肉动物的捕食风险,以及蒙古野驴(*Equus hemionus*)、普氏野马(*E. przewalskii*)、戈壁盘羊(*Ovis darwini*)等多种有蹄类动物竞争资源,鹅喉羚需要调整活动时间来适应同域捕食者和竞争者的存在^[46-47]。沙坡头保护区鹅喉羚是该区域体型最大、数量最多并且唯一生活在荒漠区域的野生有蹄类动物,资源竞争压力相对较小,且因该区域缺乏大型食肉动物,捕食风险几乎可以忽略。中亚兔和环颈雉日活动节律完全相反,中亚兔通常白天藏在洞穴或草丛休息,晨昏和夜间才出洞觅食,这种活动模式更具隐蔽性,可以有效降低白天被猛禽捕食的风险;环颈雉白天在地面活动,夜间栖息在树上静息不动,同样有助于降低夜间被赤狐、亚非野猫等食肉动物捕食的风险^[48]。本研究初步揭示亚非野猫日活动节律,以夜行性为主,白天选择在树洞、灌丛休息。

沙坡头保护区成立初衷是为了保护包兰铁路沙坡头段以人工防护林和草方格固沙植被为主体的“五带一体”铁路防沙体系,主要保护对象为以防护林为主体的人工-自然复合生态系统等治沙科研成果^[8]。人工-自然复合生态系统需依靠人工灌溉和管理,再加上保护区及周边有沙坡头、鸣钟等村庄5 000余人,以及乌玛高速、308国道、迎门公路等多条道路穿越保护区,人类活动频繁,不可避免会给野生动物活动带来影响。如包兰铁路切割长流水区域(图1A)沿线野生动物栖息地,阻碍两侧野生动物种群跨区活动和基因交流;迎门公路将荒草湖(图1B)和金沙岛(图1C)隔开,野生动物需要绕道人类活动频繁的区域才能实现种群交流。铁路和道路的存在已成为既定事实,采取怎样的措施来缓解铁路和道路及运营特征(如车辆、灯光、噪音等)给野生动物活动带来的负面影响,同时兼顾沙坡头保护区生态保护高质量可持续发展,将成为沙坡头保护区面临的巨大挑战。

4 结论

2022年10月至2024年5月,采用红外相机技术对沙坡头国家级自然保护区及周边长流水区域的

兽类和鸟类资源进行了系统调查。结果表明,保护区内鹅喉羚、赤狐、亚非野猫等多种濒危物种与环颈雉、中亚兔等相对丰富度较高的物种共存,反映出该人工-自然复合荒漠生态系统维持着良好的生态功能,在保护野生动物及其栖息地方面发挥着关键作用。研究进一步阐明了鹅喉羚、赤狐等关键物种的日活动节律模式,为深入探究同域分布物种的共存机制及其环境适应策略提供了基础数据支撑。值得一提的是,本次调查首次在宁夏地区获得亚非野猫的影像记录,不仅完善了该物种的地理分布信息,也为开展亚非野猫生态学研究提供了理想的天然实验基地。

参考文献:

- [1] 薛达元,张渊媛.中国生物多样性保护成效与展望[J].环境保护,2019,47(17):38-42.
- [2] 王伟,李俊生.中国生物多样性就地保护成效与展望[J].生物多样性,2021,29(2):133-149.
- [3] 米湘成.生物多样性监测与研究是国家公园保护的基础[J].生物多样性,2019,27(1):1-4.
- [4] Liz A V, Gonçalves D V, Velo-Antón G, et al. Adapt biodiversity targets to climate change[J]. Science, 2022, 6: 376(6593): 589-590.
- [5] Roberts C M, O'Leary B C, Hawkins J P. Climate change mitigation and nature conservation both require higher protected area targets[J]. Philosophical Transactions B, 2020, 375(1794): 20190121.
- [6] McShea W J, 申小莉, 刘芳, 等. 中国的野生动物红外相机监测需要统一的标准[J]. 生物多样性, 2020, 28(9): 1125-1131.
- [7] 肖治术, 肖文宏, 王天明, 等. 中国野生动物红外相机监测与研究: 现状及未来[J]. 生物多样性, 2022, 30(10): 230-255.
- [8] 刘荣国, 牛清河, 刘俊江. 宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区第三期综合科学考察报告[M]. 银川: 阳光出版社, 2020.
- [9] 马全林, 张锦春, 李得禄, 等. 腾格里沙漠植物区系特征分析[J]. 草业学报, 2020, 29(3): 16-26.
- [10] 陈应武, 陈庆霄, 杨昊天. 腾格里沙漠陆生野生脊椎动物多样性及区系[J]. 中国沙漠, 2020, 40(4): 171-182.
- [11] 袁鹏, 刘荣国, 张波, 等. 宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区景观格局变化对鸟类多样性的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2024, 38(8): 189-200.
- [12] 张迎梅, 王香亭. 宁夏沙坡头自然保护区鸟类区系与沙漠治理[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1990, 26(3): 88-98.
- [13] 虞闰六, 包新康, 张迎梅, 等. 宁夏沙坡头地区环境结构变化与鸟类生物多样性[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2002, 38(6): 78-83.
- [14] 李佳, 王秀磊, 杨明伟, 等. 自然保护区生物标本资源共享平台红外相机数据库建设进展[J]. 生物多样性, 2020, 28(9): 1081-1089.
- [15] 刘少英, 吴毅, 李晟. 中国兽类图鉴[M]. 福州: 海峡出版社, 2022.
- [16] 约翰·马敬能. 中国鸟类野外手册[M]. 北京: 商务印书馆, 2021.
- [17] 蒋志刚. 中国哺乳动物多样性: 编目、分布与保护[M]. 福州: 海峡书局, 2024.
- [18] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录[M]. 北京: 科学出版社, 2023.
- [19] 国家林业和草原局, 农业农村部. 国家重点保护野生动物名录 2021 [EB/OL]. [2021-02-01]. <http://www.forestry.gov.cn/main/5461/20210205/122418860831352.html>.
- [20] 生态环境部, 中国科学院. 中国生物多样性红色名录·脊椎动物卷(2020) [EB/OL]. [2023-05-19]. www.mee.gov.cn.
- [21] 中华人民共和国濒危物种进出口管理办公室. 濒危野生动植物种国际贸易公约附录 I, 附录 II 和附录 III [EB/OL]. [2024-09-03]. <http://www.cites.org.cn>.
- [22] O'Connell A F, Nichols J D, Karanth K. Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses [M]. New York, USA: Springer, 2011.
- [23] Li J, Xue Y D, Liao M F, et al. Temporal and spatial activity patterns of sympatric wild ungulates in Qinling Mountains, China [J]. Animals, 2022, 12: 1666.
- [24] 孙儒泳, 王德华, 牛翠娟, 等. 动物生态学原理 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2019.
- [25] Nouvellet P, Rasmussen G S A, MacDonald D W, et al. Noisy clocks and silent sunrises: measurement methods of daily activity pattern [J]. Journal of Zoology, 2012, 286(3): 179-184.
- [26] Meredith M, Ridout M. Overlap: estimates of coefficient of overlapping for animal activity patterns [EB/OL]. [2022-07-03]. <https://cran.r-project.org/web/packages/overlap>.
- [27] Mella-Méndez I, Flores-Peredo R, Pérez-Torres J, et al. Activity patterns and temporal niche partitioning of dogs and medium-sized wild mammals in urban parks of Xalapa, Mexico [J]. Urban Ecosystem, 2019, 22: 1061-1070.
- [28] 肖治术, 李欣海, 姜广顺. 红外相机在我国野生动物监测研究中的应用 [J]. 生物多样性, 2016, 36(3): 270-271.
- [29] 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.
- [30] 魏辅文, 杨奇森, 吴毅, 等. 中国兽类名录(2024版) [J]. 兽类学报, 2025, 45(1): 1-16.
- [31] 刘珂, 韩思成, 遇赫, 等. 荒漠猫的演化遗传、分类和保护研究进展 [J]. 生物多样性, 2022, 30(9): 46-54.
- [32] Yu H, Xing Y T, Meng H, et al. Genomic evidence for the Chinese mountain cat as a wildcat conspecific (*Felis silvestris bieti*) and its introgression to domestic cats [J]. Science Advances, 2021, 7: eabg0221.
- [33] 朱淑怡, 段菲, 李晟. 基于红外相机网络促进我国鸟类多样性

- 监测:现状、问题与前景[J].生物多样性,2017,25(10):1114-1122.
- [34] 李治霖,多立安,李晟,等.陆生食肉动物竞争与共存研究概述[J].生物多样性,2021,29(1):81-97.
- [35] Ripple W J, Estes J A, Beschta R L, et al. Status and ecological effects of the world's largest carnivores[J]. Science, 2014, 343 (6167):1241484.
- [36] 张宇,张波,常青,等.宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区鹅喉羚活动节律和适宜生境分布[J].应用生态学报,2024,35 (12):3469-3476.
- [37] Vilella M, Ferrandiz-Rovira M, Sayol F. Coexistence of predators in time: effects of season and prey availability on species activity within a Mediterranean carnivore guild[J]. Ecology and Evolution, 2020, 10: 11408-11422.
- [38] O'Malley C, Elbroch L K, Lendrum P E, et al. Motion-triggered video cameras reveal spatial and temporal patterns of red fox foraging on carrion provided by mountain lions [J]. PeerJ, 2018, 6: e5324.
- [39] 李涛,孟德怀,腾丽微,等.基于红外相机技术的罗山国家级自然保护区赤狐活动节律[J].野生动物学报,2020,41(4): 894-896.
- [40] 王东,赛青高娃,王子涵,等.长江源区同域分布兔孙、藏狐和赤狐的时空重叠[J].生物多样性,2022,30(9):119-128.
- [41] 施小刚,史晓昀,胡强,等.四川邛崃山脉雪豹与赤狐时空生态位关系[J].兽类学报,2021,41(2):115-127.
- [42] 李峰,蒋志刚.狗獾夜间活动节律是受人类活动影响而形成的吗?基于青海湖地区的研究实例[J].生物多样性,2014,22 (6):758-763.
- [43] 莫秀洪,莫麒麟,卢宪旺,等.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[J].四川动物,2022,41 (1):30-41.
- [44] Kronfeld-Schor N, Dayan T. Partitioning of time as an ecological resource[J]. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 2003, 34: 153-181.
- [45] 刘继亮,冯怡琳,王永珍,等.黑河中游人工固沙植被恢复对爬行类和兽类动物多样性的影响[J].中国沙漠,2024,44(6): 167-177.
- [46] 夏参军,徐文轩,杨维康,等.不同季节鹅喉羚昼间活动节律特征[J].干旱区研究,2011,28(3):548-554.
- [47] 李建亮,李佳琦,王亮,等.基于红外相机技术分析极旱荒漠有蹄类动物的活动节律[J].兽类学报,2020,40(2):120-128.
- [48] 张红勇,张德嘉,毛锐锐,等.甘肃兴隆山森林生态系统豹猫及其潜在猎物的日活动模式[J].野生动物学报,2023,44(2): 239-247.

Infrared camera traps for surveying mammal and bird diversity and activity rhythm in Zhongwei Shapotou National Nature Reserve, Ningxia

Wang Xiulei¹, Zhang Bo², Chang Qing², Sun Xiangbo², Li Xingyao², Wu Bo³, Li Jia³

(1. Key Laboratory of Biodiversity Conservation of National Forestry and Grassland Administration, Ecology and Nature Conservation Institute, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. Management Bureau of Ningxia Zhongwei Shapotou National Nature Reserve, Zhongwei 751700, Ningxia, China; 3. Key Laboratory of Desert Ecosystem and Global Change of National Forestry and Grassland Administration, Institute of Ecological Conservation and Restoration, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Understanding the current status of wildlife baseline resources in nature reserves and timely updating species inventories are crucial for formulating effective biodiversity conservation strategies. From October 2022 to May 2024, this study deployed 136 infrared cameras in the Shapotou Nature Reserve and the surrounding Changliushui area to conduct a baseline survey of wildlife resources. Over a cumulative total of 67 456 camera days, 25 699 valid independent wildlife photographs were captured, identifying 10 species of wild mammals from 5 orders and 8 families, and 52 species of wild birds from 13 orders and 24 families. The results indicate: (1) Two species were classified as National Grade I protected wildlife, and 14 species as Grade II. According to the China Biodiversity Red List, 3 species were assessed as Endangered (EN), 3 as Vulnerable (VU), and 7 as Near Threatened (NT). (2) A total of 54 species of wild mammals and birds were recorded at Huangcao Lake in the Shapotou Reserve, followed by 30 species at Changliushui, 26 species at Xiaohu, and 14 species at Jinsha Island. The top five species by relative abundance index (R_{AI}) were the Tolai hare (*Lepus tibetanus*), goitered gazelle (*Gazella subgutturosa*), red fox (*Vulpes vulpes*), common pheasant (*Phasianus colchicus*), and Eurasian magpie (*Pica pica*). (3) Analysis of daily activity patterns revealed that goitered gazelles and common pheasants are diurnal and crepuscular, with the latter being almost inactive at night. Asian badgers, Tolai hares, and red foxes are nocturnal and crepuscular, with the former two being nearly inactive during the day. African-Asian wildcats (*Felis lybica*) are strictly nocturnal, with significantly higher activity levels at night compared to daytime and twilight periods. (4) The leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) was identified as a new species in the Shapotou Reserve, while the previously reported Chinese mountain cat (*F. bieti*) was revised to the African-Asian wildcat. This study provides a preliminary understanding of the current status of wildlife resources and the daily activity patterns of key species in the Shapotou Nature Reserve, offering a scientific basis for the development of effective biodiversity conservation strategies and enhanced management practices.

Key words: Shapotou National Nature Reserve; bird; mammal; activity rhythm; activity selection index; infrared camera