



研究论文 ORIGINAL PAPERS

景区人为干扰对
野生岩羊行为节律的影响祝招玲¹, 董亚鑫², 刘付宾², 余梦琦³, 滕丽微^{2,4*}, 刘振生^{2,4*}

(1. 佳木斯大学经济与管理学院, 佳木斯 154007;

2. 东北林业大学野生动物与自然保护地学院, 哈尔滨 150040;

3. 宁夏回族自治区森林病虫害防治检疫总站, 银川 750021;

4. 国家林业和草原局野生动物保护学重点实验室, 哈尔滨 150040)

稿件运行过程

收稿日期: 2025-05-19

修回日期: 2025-06-16



关键词: 岩羊;

人为干扰;

行为节律;

景区管理;

贺兰山

Keywords: Blue sheep (*Pseudois nayaur*);

Human disturbance;

Activity rhythms;

Landscape management;

Helan Mountain

中图分类号: Q958.1

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2026)-02-0186-12

DOI: 10.12375/ysdwxb.202505008

摘要

为探究景区旅游活动对野生动物的干扰效应,本研究以贺兰山国家级自然保护区内野生岩羊(*Pseudois nayaur*)为研究对象,通过量化苏峪口(强干扰区)与岩画(弱干扰区)两处景区的游客密度、道路与设施邻近度评估人为干扰强度,并结合长期行为观测,分析了不同干扰强度下岩羊行为节律的季节性响应。结果表明:在强干扰区,夏季岩羊的取食行为与游客数量呈显著负相关($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),警戒行为(成年雌性除外)与游客数量呈极显著正相关($P < 0.01$),其日活动节律表现出明显的适应性调整;冬季因食物资源有限,岩羊通过延长取食时间优化能量获取,仅幼体与亚成体的取食行为与游客数量呈显著正相关($P < 0.01$),同时,成年雄性和亚成体的休息行为与游客数量呈显著正相关($P < 0.05$)。相比之下,弱干扰区岩羊的行为模式相对稳定,仅冬季成年雄性与成年雌性取食行为与游客数量呈显著正相关($P < 0.05$)。研究表明,人为干扰强度显著影响岩羊的行为策略与时间分配,高强度干扰可迫使其调整核心活动节律以规避风险。据此建议,保护区在旅游开发中实施分区管理,限制游客近距离接触岩羊核心栖息地,并加强生态屏障建设,以缓解生态保护与旅游利用之间的矛盾。

基金项目: 宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局委托项目(D6400000141009056_2);黑龙江省哲学社会科学研究规划项目(21EDE308);佳木斯大学博士专项科研基金启动项目(JMSUBZ2021-17);黑龙江省教育厅基本科研业务费基础研究项目(2020-KYYWF-0312)

第一作者简介: 祝招玲(1976—),女,教授;主要从事生态旅游研究。E-mail: 630852335@qq.com

*** 通信作者:** 滕丽微, E-mail: tenglw1975@163.com; 刘振生, E-mail: zhenshengliu@163.com

Effects of Anthropogenic Disturbances in the Landscape on the Behavioral Rhythms of Wild Blue Sheep

ZHU Zhaoling¹, DONG Yaxin², LIU Fubin², YU Mengqi³, TENG Liwei^{2,4*}, LIU Zhensheng^{2,4*}

(1. College of Economics and Management, Jiamusi University, Jiamusi 154007, China;

2. College of Wildlife and Protected Area, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China;

3. Forest Pest Control and Quarantine Station of Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan 750021, China;

4. Key Laboratory of Wildlife Conservation, National Forestry and Grassland Administration, Harbin 150040, China)

Abstract: To evaluate the disturbance effects of tourism activities on wildlife, the blue sheep (*Pseudois nayaur*) in the Helan Mountain National Nature Reserve was selected as materials, and human disturbance intensity was quantified in two scenic areas, namely Suyukou (high-disturbance area) and Yanhua (low-disturbance area) and tourist density and the proximity to roads and artificial facilities were evaluated respectively, and long-term behavioral observations were combined with, the seasonal responses of blue sheep behavioral rhythms under different disturbance intensities were analyzed. The results showed that in the high-disturbance area during summer, feeding behavior of blue sheep was significantly negatively correlated with tourist numbers ($P < 0.05$ or $P < 0.01$), whereas vigilance behavior (except adult females) exhibited a highly significant positive correlation ($P < 0.01$), and daily activity rhythm of blue sheep showed obvious adaptive adjustment. In winter, constrained by limited food resources, blue sheep increased feeding duration to optimize energy acquisition, only the feeding behavior of juveniles and subadults showed a significant positive correlation with visitor numbers ($P < 0.01$), while the rest behavior of adult males and subadults showed a significant positive correlation with visitor numbers ($P < 0.05$). In contrast, behavioral pattern in the low-disturbance area was relatively stable, with a significant positive relationship between tourist numbers and feeding behavior detected only in adult males and adult females during winter ($P < 0.05$). These findings indicated that human disturbance intensity markedly affected behavioral strategy and time allocation of blue sheep, and high levels of disturbance would force individuals to adjust core activity rhythm to avoid risk. We would recommend that tourism development in protected areas implement zoning management, restrict tourists from close contact with the key habitat of blue sheep and strengthen the construction of ecological barriers, and alleviate conflicts between ecological conservation and tourism utilization.

随着城市化和农业的发展,人类活动范围不断向野生动物栖息地延伸,对其行为模式产生了复杂且深远的影响^[1]。道路建设、旅游设施开发等人为活动不仅直接破坏和分割野生动物的栖息地^[2],还可能间接改变其行为习性。更为频繁而直接的人为干扰则可能打破野生动物间原有的种间关系,对草食动物形成类似捕食压力的应激源,从而触发一系列反捕食行为响应^[3-4]。已有研究表明,野生动物常通过调节活动节律、改变行为策略(如规避人类活动频繁的时段或区域)等方式应对此类干扰^[3,5-6]。然而,干扰的实际效应受到干扰强度、环境异质性以及

物种适应能力等多重因素的共同影响^[7-9]。总体而言,人类干扰已成为驱动野生动物空间分布的关键因子,多数物种倾向于回避人为干扰强烈的区域,转而选择更适宜的栖息环境^[10]。但在部分自然保护区的旅游活动区内,一些野生动物却表现出一定程度的适应性,甚至发展出与人类活动共存的行为策略。例如,峨眉山地区的猴群常在游客活动区觅食,并在一定程度上依赖游客投喂获取食物^[11]。在这一背景下,如何协调自然保护区内野生动物生存与生态旅游发展之间的矛盾,已成为保护区管理不可回避的关键问题之一。为探索这一问题的解决方案,需要

针对具体物种和区域开展实证研究。

贺兰山国家级自然保护区地处宁夏回族自治区与内蒙古自治区交界地带,是我国西北地区重要的生态屏障和生物多样性热点区域^[12]。自建立以来,保护区内生态旅游逐步发展,已形成多个旅游集中区^[13]。这些区域的游客活动范围与岩羊(*Pseudois nayaur*)的栖息地高度重叠,对其日常活动构成显著干扰。岩羊作为昼行性动物^[14],其活动时段与游客高峰期基本一致。尽管在时空尺度上岩羊未表现出直接的回避行为,但其行为模式会随干扰情境发生适应性调整。例如,面对快速移动或体型较大的干扰源时,岩羊多选择迅速逃离;而在干扰强度较低或可预测性较强的情境中,则更倾向于采取就地警戒的策略^[15]。

在保护区的核心区内,野生动物受到的人为干扰多为间歇性的;而在旅游集中区,野生动物则面临持续且高频的游客干扰,压力显著增强^[16]。目前,关于此类持续性人为干扰如何影响野生动物日活动节律,仍缺乏系统性的实证研究。为此,本研究以贺兰山自然保护区两处典型景区(苏峪口与岩画)为研究对象,通过量化人为干扰强度,并结合对岩羊行为的长期观测,探讨不同人为干扰强度下岩羊行为节律及核心行为的变化模式,以期保护区制定基于实证的科学管理策略提供依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于宁夏贺兰山国家级自然保护区(38°19′—39°22′N, 105°49′—106°41′E)。贺兰山呈南北走向,绵延约250 km,主峰敖包疙瘩海拔3 556 m,是我国西北地区重要的气候分界线^[14,17]。其独特的地理位置、多样的植被类型和丰富的自然资源共同塑造了较为完整且相对稳定的山地生态系统,为岩羊等高山有蹄类动物提供了适宜的栖息环境^[17-19]。然而,保护区内生态旅游开发与自然保护并存的现状,也带来了显著的人为干扰压力。保护区内岩羊种群数量较多,且其部分日常活动区域与主要旅游区高度重叠,这使得岩羊频繁暴露于人类活动的影响之下。苏峪口国家森林公园和贺兰山岩画景区是区内两大主要旅游干扰区域。其中,苏峪口属于生态型森林公园,而岩画景区依托岩画遗址开展文化旅游。据宁夏回族自治区文化和旅游厅发布的《2024年宁

夏文化和旅游统计公报》显示,2024年全区累计接待国内游客8 125.0万人次,同比增长16.0%,表明宁夏全域旅游接待规模持续扩大。在此背景下,贺兰山国家级自然保护区内各景区所承载的游客压力也显著增加,从而为本研究提供了典型的干扰梯度场景。

1.2 人为干扰数据采集

基于预调查发现的岩羊活动热点、人为干扰梯度差异及道路的空间分割效应,将岩画景区划分为8个样地(编号1~8),苏峪口景区划分为5个样地(编号9~13)。所有样地均为在统一尺度与原则下建立的空间调查单元,每个样地面积为0.5 km²,其内部须包含至少一个岩羊活动核心点,并具有明显的人为干扰特征(如道路、建筑物和游客集中活动区),以确保各样地间干扰强度的可比性。样地布设兼顾不同强度的人类活动区及岩羊潜在栖息地,全面覆盖研究区内岩羊的核心活动区域与旅游活动密集区(图1)。结合景区历年游客数量数据,选取游客数量差异显著的夏季(2022年6—7月)和冬季(2022年12月—2023年1月)作为调查时段。在景区开放期间,采用逐个计数法记录各样地内游客的数量、出现时间及空间分布,并按样地编号汇总数据。使用激光测距仪等工具测量样地中岩羊活动点位中心与最近道路的直线距离,重复测量后取平均值作为该样地的“道路邻近度”。此外,对样地内各类人造设施(包括道路、房屋、雕塑、草坪和人造池塘等)进行系统清查并统计其数量,作为“人工设施密度”的评估依据。

1.3 岩羊行为谱记录

在采集人为干扰数据的同时,于各样地中心区域对岩羊行为进行系统观测。在正式调查前,通过为期3 d的预调查并结合历史文献^[19]确定了岩羊在不同季节的全天活动时段、主要活动路线及行为类别。在夏季观测中,苏峪口景区每日观测时段为04:00—19:00,岩画景区为04:00—17:00;在冬季观测中,苏峪口景区为08:00—15:00,岩画景区为07:00—16:00,每个季节观测10 d。依据预调查结果及当地气象预报综合选择气象条件相对稳定、无极端降水或大风的日期进行观测,以避免异常天气对岩羊行为活动的干扰,并确保观测期间景区开放及游客活动强度处于常态水平,从而提高行为节律数据的代表性与可比性。观测使用KOWA 40~60倍

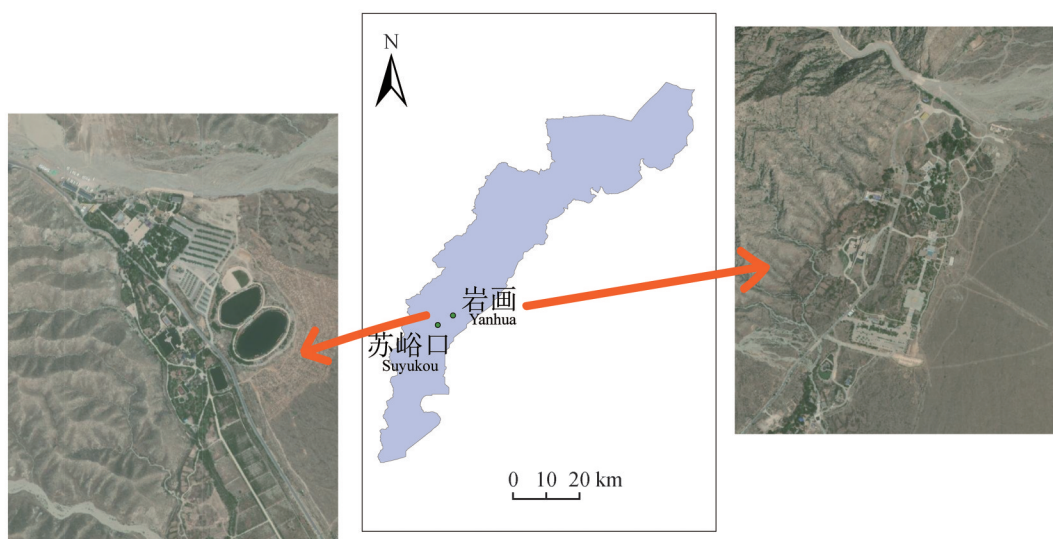


图1 研究样地位点图

Figure 1 Map of study sample locations

单筒望远镜和8×42倍双筒望远镜,在岩羊警戒距离以外进行跟踪记录。调查人员全程保持隐蔽,避免对羊群造成干扰。采用相机等记录工具瞬时扫描取样^[15,20-21],扫描频率为5 min/次,每次记录时间为30 s。在记录的过程中要尽量保持每次记录中包含不同类型(成年雌性、成年雄性、亚成体和幼体)的岩羊个体。个体类型依据体型、角形态及与成年个体的体尺对比进行现场判定^[22]。参照动物行为学研究

惯例^[19,22]及预调查结果,将岩羊主要行为划分为休息、移动、警戒、取食及其他5个类型(表1)。为明确区分,本研究将“警戒”行为定义为:个体在站立静止状态下,伴随频繁抬头、耳部转动、四周张望或凝视特定方向等明显警觉姿态的行为;而不伴随上述警觉表现的短暂静止状态,则视为行为间的过渡或停顿,根据情境归入“移动”或“其他”类别。

表1 岩羊行为谱

Table 1 Behavioral ethogram of blue sheep

行为类别 Behavioral category	描述 Description
休息 Rest	个体卧地,腹部或体侧接触地面,处于静止休憩状态
移动 Move	个体通过四肢摆动进行行走、奔跑等位移活动
警戒 Vigilance	个体站立静止,头部抬高,耳部转动,并伴有持续性张望或凝视特定方向的行为,表现为对周围环境的高度关注
取食 Feeding	包括搜寻、摄取植物性食物,以及伴随的反刍、饮水和哺乳等进食相关行为
其他 Others	未包含在上述类别的行为,如发声、打斗、交配和排便等

1.4 数据分析

人为干扰强度的评估采用黄子峻等^[23]提出的城市生态系统干扰强度量化体系,通过游客密度、道路邻近度及人工设施密度3个维度指标进行综合评判。各参数标准化处理公式为

$$S_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

式中: S_i 为参数标准化值; x_i 为参数 x 在第 i 个样地的测量值; $x_{\max}$ 为参数 x 的最大值; $x_{\min}$ 为参数 x 的最小值。

道路邻近度指标经逆向转换处理,以体现“距离越近、干扰越强”的关系。最终各样地的综合干扰强度值为

$$S = \sum_{i=1}^n S_{i0} \quad (2)$$

参考黄子峻等^[23]提出的干扰强度分级标准,设定 $S > 0.3$ 为显著干扰(Ⅱ级), $S > 0.5$ 为极显著干扰(Ⅲ级)。若两区域间 S 值差异率超过20%,则认定存在干扰等级分化。

行为数据按季节、地点、个体类型及行为类别等进行分组整理。所有数据均使用 Excel 2016 进行汇总,以小时为单位统计各行为频次,并计算各行为的占比。最后将不同性别、不同季节和不同区域的数据合并,计算各种行为的时间分配和行为节律。

在统计分析前,采用 Shapiro-Wilk 方法进行正态分布检验,若数据符合正态分布且方差齐性,则使用单因素方差分析(one-way ANOVA)检验组间差异;否则使用非参数检验(Mann-Whitney *U* 检验)^[24-25]进行分析。所有统计分析和图表绘制在 Excel 2016、SPSS 22.0 和 Origin7.5 软件中完成。

2 结果

2.1 人为干扰强度评估

夏季监测结果显示,岩画景区各样地干扰标准

化值为-0.96~0.88,其中7号样地最大($S = 0.88$),1号样地最小($S = -0.96$),区域整体标准化均值为-0.01;苏峪口景区干扰标准化值为-0.41~1.44,以13号样地干扰最强($S = 1.44$),9号样地最弱($S = -0.41$),区域均值为0.27。

冬季两景区干扰空间格局与夏季基本一致。岩画景区7号样地仍为干扰峰值($S = 0.95$),1号样地维持最低值($S = -0.95$),各样地干扰标准化均值升至0.13;苏峪口景区13号样地保持最高值($S = 1.44$),最小值出现在10号样地($S = -0.45$),均值为0.35。整体上,岩画景区夏、冬季平均干扰强度($S = -0.01$ 、 $S = 0.13$)均显著低于苏峪口景区($S = 0.27$ 、 $S = 0.35$),且两区间标准化值差异率超过20%(表2)。据此,在后续分析中将苏峪口景区作为强干扰区,岩画景区作为弱干扰区。

表 2 各样地人为干扰强度标准化值

Table 2 Normalized values of human disturbance intensity across sample plots

季节 Season	景区 Scenic area	样地编号 Sample plot No.	标准化值 Normalized value	季节 Season	景区 Scenic area	样地编号 Sample plot No.	标准化值 Normalized value
夏季 Summer	岩画 Yanhua	1	-0.96	冬季 Winter	岩画 Yanhua	1	-0.95
		2	-0.17			2	-0.17
		3	-0.21			3	-0.12
		4	-0.44			4	-0.19
		5	0.06			5	0.36
		6	0.05			6	0.38
		7	0.88			7	0.95
		8	0.69			8	0.81
		均值 Mean	-0.01			均值 Mean	0.13
	苏峪口 Suyukou	9	-0.41		苏峪口 Suyukou	9	-0.43
		10	-0.30			10	-0.45
		11	-0.01			11	0.30
		12	0.65			12	0.91
		13	1.44			13	1.44
		均值 Mean	0.27			均值 Mean	0.35

2.2 强干扰区岩羊行为与游客数量的关系

在强干扰区(苏峪口景区),岩羊夏季行为呈现明显的节律特征。休息高峰期出现在06:00—09:00和13:00—16:00,移动高峰期则在13:00—17:00,这两类行为与游客数量变化均无显著相关性。取食行为呈现多峰特征,高峰期分布于04:00—07:00、

11:00—14:00和15:00—18:00,且所有类型岩羊的取食行为均与游客数量呈显著负相关($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。在警戒行为中,除成年雌性外,其余类型岩羊(成年雄性、亚成体及幼体)的警戒行为与游客数量呈现极显著正相关($P < 0.01$)(图2,表3)。

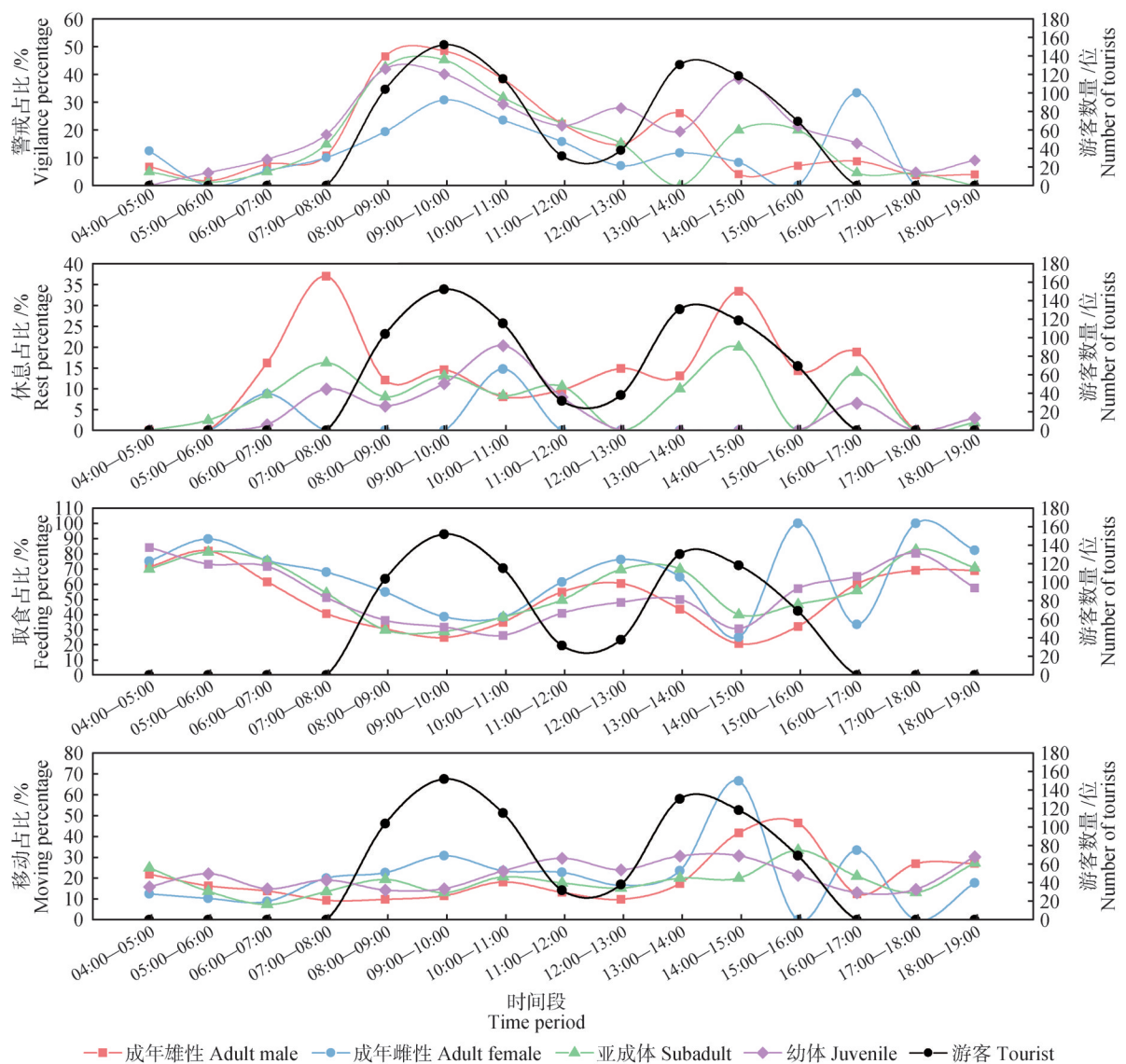


图2 强干扰区(苏峪口)夏季岩羊行为与游客数量的关系

Figure 2 Relationship between blue sheep behavior and tourist numbers in the high-disturbance area (Suyukou) in summer

表3 强干扰区(苏峪口)岩羊不同行为类别与游客数量的Pearson相关性分析

Table 3 Pearson correlation between different behavioral categories of blue sheep and tourist numbers in the high-disturbance area (Suyukou)

季节 Season	行为类别 Behavioral category	与游客数量的相关性 Correlation with tourist numbers			
		成年雄性 Adult male	成年雌性 Adult female	亚成体 Subadult	幼体 Juvenile
夏季 Summer	休息 Rest	0.243	0.145	0.387	0.322
	移动 Moving	0.118	0.492	0.117	0.238
	取食 Feeding	-0.830**	-0.551*	-0.709**	-0.789**
	警戒 Vigilance	0.738**	0.417	0.681**	0.819**
冬季 Winter	休息 Rest	0.408*	-0.128	0.186*	0.435
	移动 Moving	0.397	0.602	0.626	0.462
	取食 Feeding	0.327	0.492	0.680**	0.682**
	警戒 Vigilance	0.069	-0.366	-0.437	-0.327

*. 显著相关 ($P < 0.05$); **. 极显著相关 ($P < 0.01$).

*. Significant correlation ($P < 0.05$); **. Highly significant correlation ($P < 0.01$).

冬季,强干扰区的岩羊表现出与夏季不同的行为模式。休息行为集中于10:00—13:00,其中成年雄性和亚成体的休息行为占比与游客数量呈显著正相关($P < 0.05$)。移动高峰出现在08:00—09:00和13:00—14:00,但与游客数量无显著关联。取食行

为全天维持高占比,亚成体和幼体的取食强度与游客数量呈极显著正相关($P < 0.01$)。警戒行为在08:00—12:00占比突出,但与游客数量无统计学显著关联(图3,表3)。

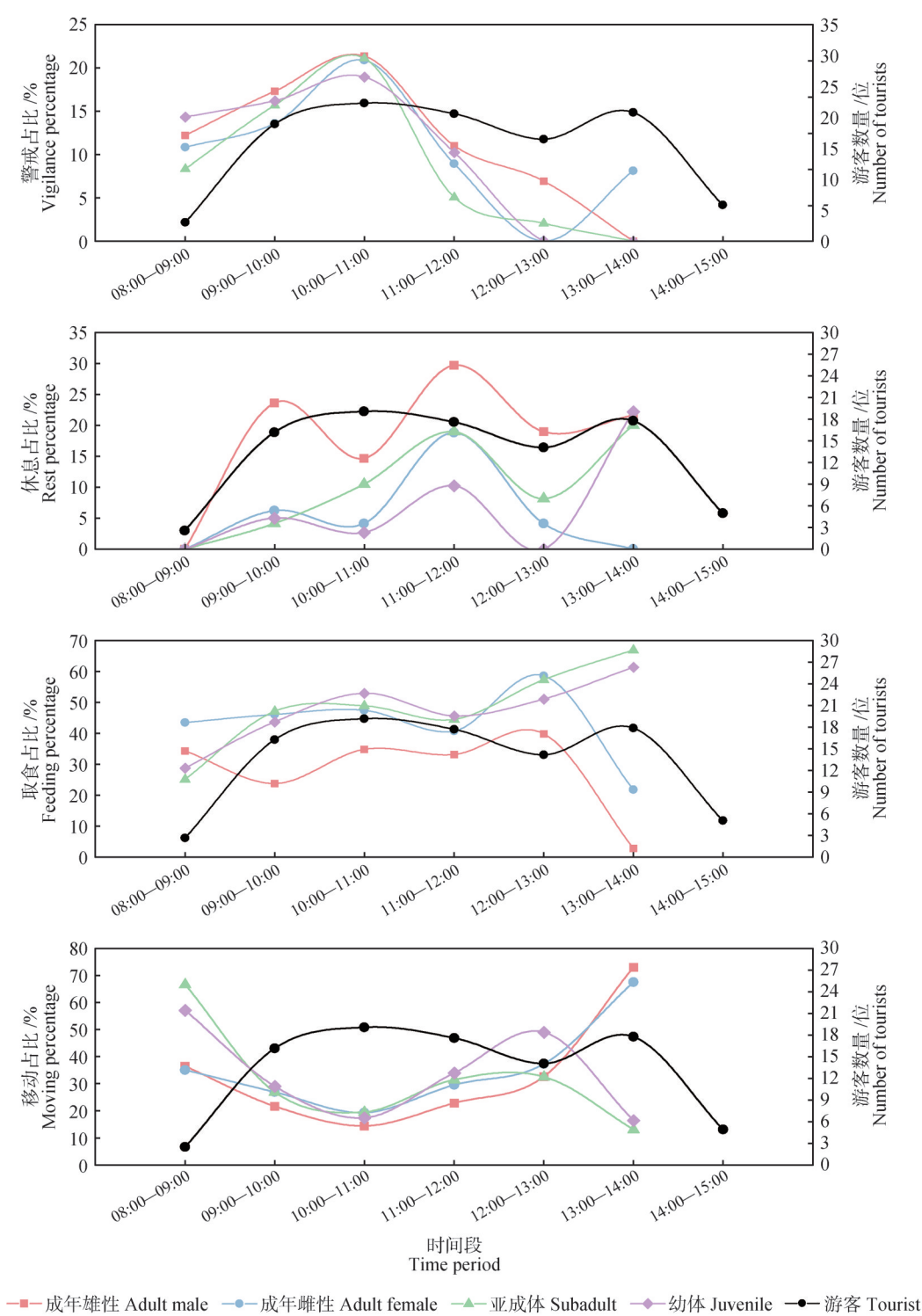


图3 强干扰区(苏峪口)冬季岩羊行为与游客数量的关系

Figure 3 Relationship between blue sheep behavior and tourist numbers in the high-disturbance area (Suyukou) in winter

2.3 弱干扰区岩羊行为与游客数量的关系

在弱干扰区(岩画景区),夏季观测显示岩羊休息高峰出现在06:00—09:00和13:00—16:00,该行为与游客数量无显著关联;移动行为呈现晨昏双峰模式,整体与游客数量呈负相关,但未达到显著水

平。取食高峰期分为04:00—07:00和08:00—14:00两个时段,其中雄性个体的取食行为与游客数量呈负相关;警戒行为则集中发生于08:00—15:00,基本与游客数量呈正相关变化(图4,表4)。

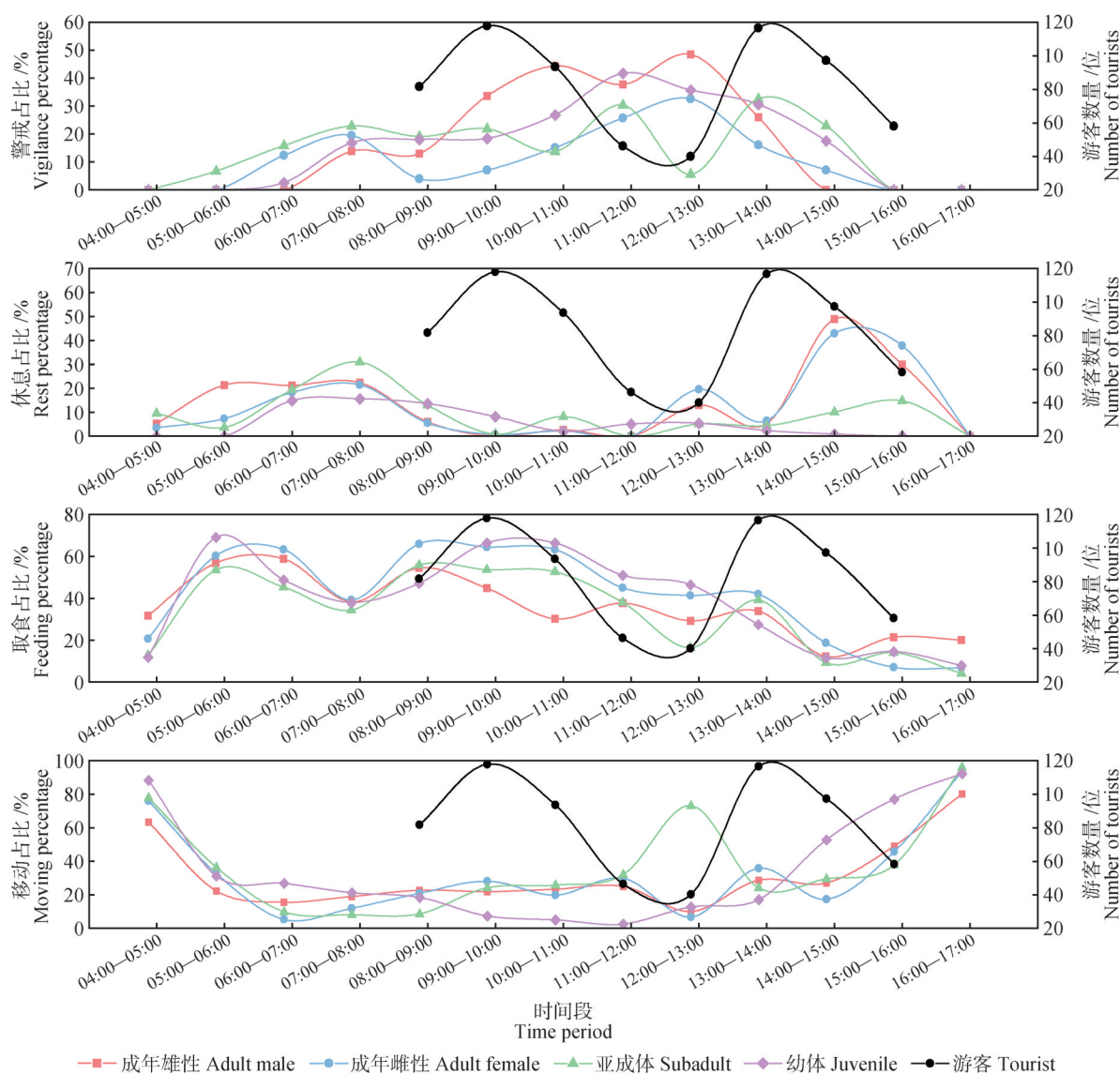


图4 弱干扰区(岩画)夏季岩羊行为与游客数量的关系

Figure 4 Relationship between blue sheep behavior and tourist numbers in the low-disturbance area (Yanhua) in summer

冬季,弱干扰区岩羊休息行为占比低于夏季,高峰在09:00—10:00和11:00—12:00,与游客数量无显著相关性;移动行为仍保持晨昏模式,同样与游客数量无显著相关性;取食行为全天维持高强度,成年雄性和成年雌性个体的取食行为与游客数量呈显著正相关($P < 0.05$);警戒行为整体占比低于夏季,且与游客数量无显著关联(图5,表4)。

3 讨论

野生动物的活动节律是对气候、光周期、食物资源及捕食风险等多种环境因子的综合响应^[19]。本研究通过量化景区游客干扰强度并结合岩羊行为数据,探讨了不同干扰梯度下贺兰山地区岩羊活动节律的适应性变化。研究表明,在强干扰区,岩羊

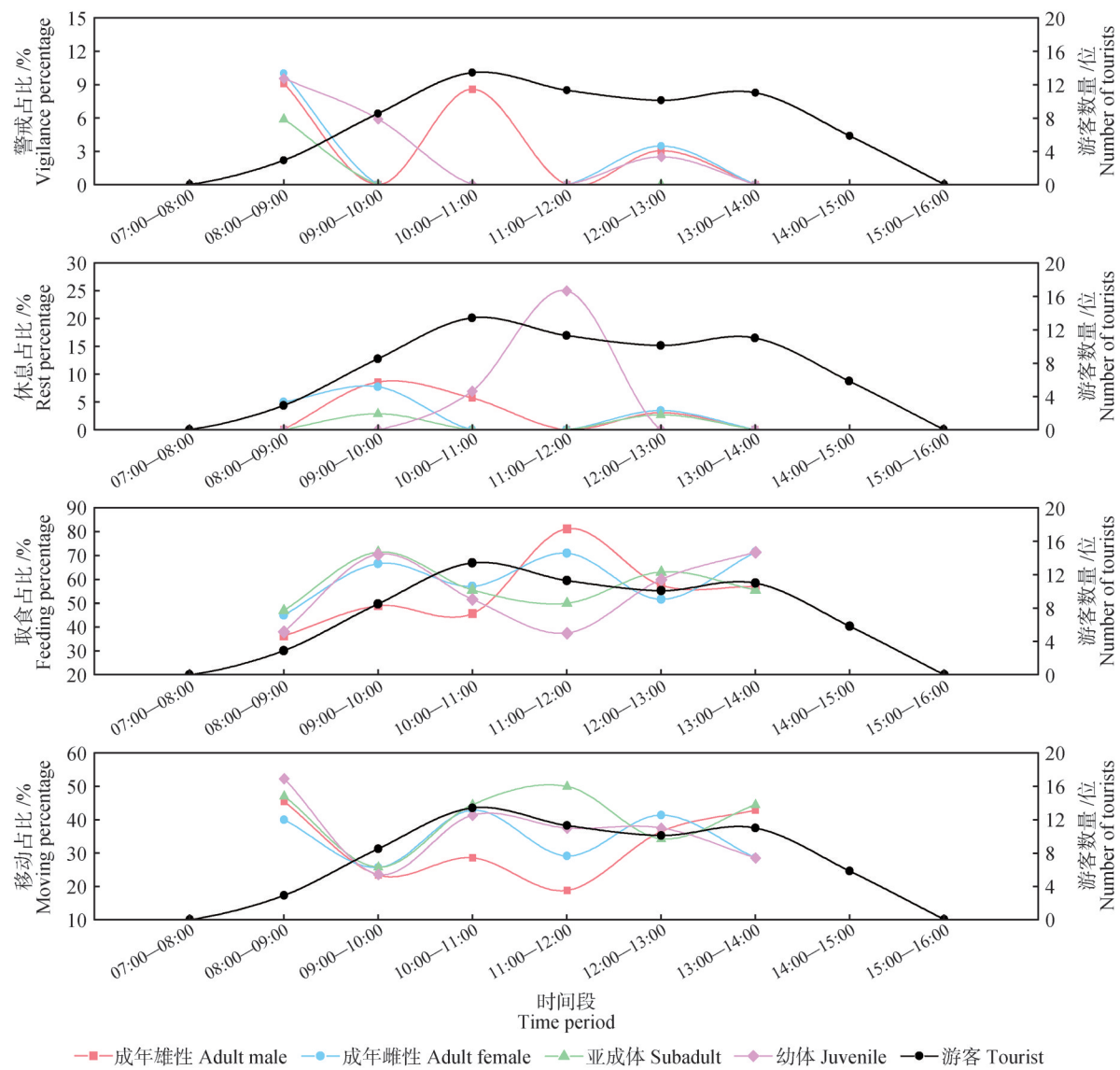


图5 弱干扰区(岩画)冬季岩羊行为与游客数量的关系

Figure 5 Relationship between blue sheep behavior and tourist numbers in the low-disturbance area (Yanhua) in winter

表4 弱干扰区(岩画)岩羊不同行为类别与游客数量的Pearson相关性分析

Table 4 Pearson correlation between different behaviora categories of blue sheep and tourist numbers in low-disturbance area (Yanhua)

季节 Season	行为类别 Behavioral category	与游客数量的相关性 Correlation with tourist numbers			
		成年雄性 Adult male	成年雌性 Adult female	亚成体 Subadult	幼体 Juvenile
夏季 Summer	休息 Rest	-0.053	0.044	-0.304	-0.101
	移动 Moving	-0.299	-0.283	-0.377	-0.420
	取食 Feeding	-0.203	0.225	0.276	0.151
	警戒 Vigilance	0.467	0.107	0.523	0.521
冬季 Winter	休息 Rest	0.408	-0.128	0.186	0.435
	移动 Moving	0.397	0.602	0.626	0.462
	取食 Feeding	0.327*	0.492*	0.680	0.682
	警戒 Vigilance	0.069	-0.366	-0.437	-0.327

*. 显著相关 ($P < 0.05$)。

*. Significant correlation ($P < 0.05$).

夏季表现出显著的游客规避行为,其取食高峰时段显著偏离游客密集期;而在冬季则通过延长取食时间、优化能量分配来应对资源压力。相比之下,在弱干扰区,岩羊的行为模式保持相对稳定,说明干扰强度是影响其行为可塑性的关键因素。

在本研究中,强干扰区岩羊夏季取食节律随游客数量增加整体呈显著负相关趋势($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$);而在弱干扰区,岩羊夏季取食行为的负相关关系仅在成年雄性个体中表现明显。相较而言,弱干扰区夏季的取食节律与游客数量的变化未表现出显著的关联。这意味着不同干扰强度对岩羊取食行为的影响存在差异。已有研究^[19]显示,在无人干扰的贺兰山沟道生境中,岩羊夏季取食高峰为 07:00—09:00、10:00—12:00 和 15:00—17:00。在本研究中,强干扰区岩羊的第一个取食高峰大幅提前,相较上述结果提前约 3 h,第二和第三高峰则呈现不同程度延后,弱干扰区同样存在一定偏移。这种节律调整可能与岩羊相对固定的家域范围^[14,26-27]有关,它们通过调整取食时间以避开游客高峰时段(09:00—12:00 与 14:00—16:00)。此外,游客不定时投喂高能量食物(如玉米、胡萝卜等)可能使岩羊在较短时间内满足能量需求,从而减少自然觅食时间、增加休息时长^[28]。尽管投喂在短期内为动物补充了营养,但长期可能改变其自然习性,增加对人类活动的依赖^[11,29]。在实际观察中,当游客远距离抛撒食物时,岩羊常中断原有行为并聚集抢食,部分个体甚至主动靠近人,表明投喂已对其行为产生直接干扰。警戒行为是动物应对潜在威胁的重要反捕食策略,其频率可反映个体感知的风险水平^[30-31]。在本研究中,岩羊在强、弱干扰区均对游客表现出警戒反应,但“逃跑”等剧烈规避行为较少发生。这表明岩羊在长期、低强度干扰下,可能形成了以“增强警戒、减少逃逸”为主的能量节约策略^[32],通过提高警觉性而非频繁移动来降低生存代价。这种以“感知-响应”为核心的行为适应机制,可能是岩羊在持续人类活动压力下维持日常行为和能量平衡的关键方式。

对麋鹿(*Elaphurus davidianus*)的研究表明,人类活动对野生动物的影响会随着土地利用与管理方式的不同而改变^[33],本研究结果与之类似。在本研究中,强干扰区由于缺少物理阻隔,游客追赶、近距离拍摄等行为直接增加了岩羊的风险感知,这可能是

夏季警惕行为与游客数量呈显著正相关趋势的主要原因之一。相较而言,尽管弱干扰区游客与岩羊直线距离更近,但由于地形限制,游客难以直接靠近,因此岩羊警戒水平相对较低。道路的存在本身就对野生动物构成了一定程度的干扰,但相比人类的直接接近行为,其干扰强度相对较低。在部分景区,封闭式道路可以通过限制人类通行而减轻对野生动物的干扰^[15,34]。值得注意的是,本研究中冬季警戒行为占比显著低于夏季,这主要源于游客数量的季节性减少,进一步说明游客规模是驱动警戒行为变化的关键因子。

基于上述发现,本研究结果可为贺兰山国家级自然保护区的旅游管理和生态保护提供科学依据。岩羊的避人行为提示,应通过合理规划游客活动空间、在岩羊高频活动区设置围栏等措施,避免游客与岩羊的近距离接触。此外,弱干扰区内岩羊行为的相对稳定表明,分区管理模式有助于减少人为干扰对野生动物的影响。通过优化栖息地隐蔽性、增设生态屏障,以及推广低干扰的生态旅游模式,保护区可以更有效地实现对岩羊种群的保护,实现生态保护与旅游开发的可持续协调。

参考文献:

- [1] DOHERTY T S, HAYS G C, DRISCOLL D A. Human disturbance causes widespread disruption of animal movement[J]. *Nature Ecology & Evolution*, 2021, 5(4): 513–519.
- [2] 麦晓炯, 康佳, 李梓琛, 等. 东北虎豹国家公园梅花鹿活动节律及其对道路响应[J]. *生物多样性*, 2024, 32(11): 24178. MAI X T, KANG J, LI Z C, *et al.* Assessing activity pattern of sika deer (*Cervus nippon*) and their response to roads in the Northeast China Tiger and Leopard National Park[J]. *Biodiversity Science*, 2024, 32(11): 24178.
- [3] GILBERT N A, STENGLEIN J L, PAULI J N, *et al.* Human disturbance compresses the spatiotemporal niche [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2022, 119(52): e2206339119.
- [4] CRAWFORD D A, CONNER L M, CLINCHY M, *et al.* Prey tells, large herbivores fear the human ‘super predator’[J]. *Oecologia*, 2022, 198(1): 91–98.
- [5] BEHERA A K, KUMAR P R, PRIYA M M, *et al.* The impacts of COVID-19 lockdown on wildlife in Deccan Plateau, India[J]. *Science of the Total Environment*, 2022, 822: 153268.
- [6] 胡远芳, 李斌强, 梁丹, 等. 人为干扰对白腹锦鸡活动节律的影响[J]. *生物多样性*, 2022, 30(8): 21484. HU Y F, LI B Q, LIANG D, *et al.* Effect of anthropogenic distur-

- bance on Lady Amherst's pheasant (*Chrysolophus amherstiae*) activity[J]. Biodiversity Science, 2022, 30(8): 21484.
- [7] GAYNOR K M, HOJNOWSKI C E, CARTER N H, *et al.* The influence of human disturbance on wildlife nocturnality [J]. Science, 2018, 360(6394): 1232–1235.
- [8] NICKEL B A, SURACI J P, ALLEN M L, *et al.* Human presence and human footprint have non-equivalent effects on wildlife spatio-temporal habitat use [J]. Biological Conservation, 2020, 241: 108383.
- [9] MUKEKA J M, OGUTU J O, KANGA E, *et al.* Human-wildlife conflicts and their correlates in Narok County, Kenya[J]. Global Ecology and Conservation, 2019, 18: e00620.
- [10] LI C, CONNOR T, BAI W K, *et al.* Dynamics of the giant panda habitat suitability in response to changing anthropogenic disturbance in the Liangshan Mountains[J]. Biological Conservation, 2019, 237: 445–455.
- [11] 李国刚, 丁伟, 刘泽华, 等. 峨眉山藏猕猴与游客的人猴关系[J]. 野生动物, 2011, 32(3): 115–117; 157.
- LI G G, DING W, LIU Z H, *et al.* Relation between *Macaca thibetana* and tourist at Mt. Emei, China [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2011, 32(3): 115–117; 157.
- [12] 丁乙轩, 刘鹏, 李宗智, 等. 利用红外相机技术对贺兰山岩羊集群行为的研究[J]. 野生动物学报, 2022, 43(1): 38–44.
- DING Y X, LIU P, LI Z Z, *et al.* Research on group patterns of blue sheep (*Pseudois nayaur*) based on infrared cameras [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2022, 43(1): 38–44.
- [13] 宋小龙. 宁夏贺兰山国家公园功能区划初步研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2019.
- SONG X L. Preliminary study on functional zoning of Ho-lan Mountains National Park in Ningxia [D]. Yinchuan: Ningxia University, 2019.
- [14] 崔爽, 胡天华, 余梦琦, 等. 贺兰山岩羊活动节律与家域特征[J]. 野生动物学报, 2024, 45(3): 480–489.
- CUI S, HU T H, YU M Q, *et al.* The activity rhythm and home range characteristics of blue sheep in Helan Mountain area [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2024, 45(3): 480–489.
- [15] 蒋天一. 宁夏贺兰山岩羊(*Pseudois nayaur*)人为干扰反应行为研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2011.
- JIANG T Y. Research on the response behaviors of blue sheep (*Pseudois nayaur*) in face of human-related disturbance on Helan Mountain, Ningxia Autonomous Region [D]. Shanghai: East China Normal University, 2011.
- [16] ZUKERMAN Y, SIGAL Z, BERGER-TAL O. COVID-19 restrictions in a nature reserve reveal the costs of human presence for the threatened Nubian ibex (*Capra nubiana*) [J]. Frontiers in Ecology and Evolution, 2021, 9: 751515.
- [17] 谢建冲, 孟德怀, 李宗智, 等. 宁夏贺兰山国家级自然保护区岩羊(*Pseudois nayaur*)种群数量及结构[J]. 生态学报, 2022, 42(10): 4189–4196.
- XIE J C, MENG D H, LI Z Z, *et al.* Population size and structure of blue sheep in Helan Mountains National Nature Reserves, Ningxia [J]. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42 (10) : 4189–4196.
- [18] 王加园. 宁夏苏峪口国家森林公园旅游资源与评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- WANG J Y. Study on tourism resources and evaluation of Ningxia Suyukou National Forest Park [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2015.
- [19] 董嘉鹏. 贺兰山岩羊不同性别昼间行为时间分配和活动节律研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2014.
- DONG J P. Daytime activity budgets and activity rhythms by blue sheep (*Pseudois nayaur*) with different sex classes in Helan Mountain [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2014.
- [20] 张明春. 贺兰山岩羊的种群动态及警戒行为研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2012.
- ZHANG M C. Population dynamics and flight responses of blue sheep in Ningxia Helan Mountain National Nature Reserve [D]. Shanghai: East China Normal University, 2012.
- [21] 刘群秀, 朱迎娣, 黄晶, 等. 笼养大猩猩行为研究中瞬时扫描最适取样时间间隔的确定[J]. 动物学杂志, 2010, 45(6): 71–77.
- LIU Q X, ZHU Y D, HUANG J, *et al.* Appropriate sampling interval of instantaneous scan by behavior observation on gorilla (*Gorilla gorilla*) in captivity [J]. Chinese Journal of Zoology, 2010, 45(6): 71–77.
- [22] 姚绪新. 宁夏贺兰山岩羊发情期行为与其社群状态关系[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2018.
- YAO X X. The relationship between the behavior and the social status of blue sheep (*Pseudois nayaur*) in Helan Mountains [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2018.
- [23] 黄子峻, 佟富春, 麦艳仪, 等. 干扰强度和斑块结构对广州城市公园鸟类群落的影响研究[J]. 林业与环境科学, 2023, 39(3): 8–18.
- HUANG Z J, TONG F C, MAI Y Y, *et al.* The effects of interference strength and patch structure on bird communities in urban parks of Guangzhou [J]. Forestry and Environmental Science, 2023, 39(3): 8–18.
- [24] CHEN L L, ABBASPOUR A, ASPVALL K, *et al.* Longitudinal study of gut microbiome in obsessive-compulsive disorder [J]. Brain and Behavior, 2023, 13(8): e3115.
- [25] CHEN G, LU H B, HUANG S Z, *et al.* Ecological and functional changes in the hindgut microbiome of Holstein cows at high altitudes [J]. Animals, 2025, 15(2): 218.
- [26] REGAN C E, PEMBERTON J M, PILKINGTON J G, *et al.* Having a better home range does not reduce the cost of reproduction in Soay sheep [J]. Journal of Evolutionary Biology, 2022, 35(10): 1352–1362.
- [27] BAUM E M. Monitoring domestic sheep energy requirements

- and habitat selection on summer mountain range using low-cost GPS collar technology [D]. Provo: Brigham Young University, 2021.
- [28] 陈瑞娟, 毕金峰, 陈芹芹, 等. 胡萝卜的营养功能、加工及其综合利用研究现状[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(10): 201–206.
- CHEN R J, BI J F, CHEN Q Q, *et al.* Research status nutritional and healthy function of carrot and its processing and comprehensive utilization [J]. Food and Fermentation Industries, 2013, 39(10): 201–206.
- [29] ORAMS M B. Feeding wildlife as a tourism attraction: A review of issues and impacts[J]. Tourism Management, 2002, 23(3): 281–293.
- [30] 马梅娜, 花蕊, 包达尔罕, 等. 高原鼠兔警戒鸣声识别[J]. 草原与草坪, 2024, 44(5): 166–173.
- MA M N, HUA R, BAODAERHAN, *et al.* Recognition of alarm call of *Ochotona curzoniae* [J]. Grassland and Turf, 2024, 44(5): 166–173.
- [31] 刘若爽, 石建斌, 刘定震, 等. 普氏原羚警戒行为和生理应激的影响因素分析[J]. 兽类学报, 2023, 43(5): 479–488.
- LIU R S, SHI J B, LIU D Z, *et al.* Analysis of factors influencing vigilance and physiological stress in Przewalski's gazelle[J]. Acta Theriologica Sinica, 2023, 43(5): 479–488.
- [32] BLUMSTEIN D T. Flight-initiation distance in birds is dependent on intruder starting distance[J]. The Journal of Wildlife Management, 2003, 67(4): 852–857.
- [33] FANG S B, ZHANG X S, JIA X B, *et al.* Evaluation of potential habitat with an integrated analysis of a spatial conservation strategy for David's deer, *Elaphurus davidians* [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2009, 150(1/2/3/4): 455–468.
- [34] TORRES A, JAEGER J A G, ALONSO J C. Assessing large-scale wildlife responses to human infrastructure development [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2016, 113(30): 8472–8477.