



野生中华穿山甲 行为谱及PAE编码系统的构建

高瑞麒¹, 高海洋², 孙松², 王镜欣², 杨锦圳², 顾佳音^{1*}, 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, 150040;

2. 广东省林业科学研究院, 广东省森林培育与保护利用重点实验室, 广州, 510520)

稿件运行过程

收稿日期: 2024-02-27

修回日期: 2024-03-26



关键词: 中华穿山甲;
行为谱;
PAE编码;
红外相机

Keywords: Chinese pangolin (*Manis pentadactyla*);
Behavior ethogram;
PAE coding system;
Infrared camera

中图分类号: Q958.1

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2024)-04-0709-08

DOI: 10.12375/ysdwxb.20240403

摘要

中华穿山甲(*Manis pentadactyla*)是国家一级重点保护野生动物,由于其穴居性且习性隐蔽,难以在野外被直接观测,有关行为学研究大多基于圈养个体的观察记录。为探究野生中华穿山甲的行为学特征,2020年10月—2022年10月,于广东省河源市和平县林区前期调查发现的中华穿山甲洞穴附近布设269台红外相机,共记录并识别1806段野生中华穿山甲活动影像,基于“姿势(posture)-动作(act)-环境(environment)”(PAE)三要素并结合其行为功能,构建野生中华穿山甲的行为谱和PAE编码系统。结果显示:共记录到5种姿势、33种动作和9种环境类型,并将行为划分为警戒、觅食、运动、挖掘、筑巢、家庭和标记七大类,共计22种行为。通过建立中华穿山甲的PAE行为谱,有效补充了该物种在野外行为研究上的空缺,同时为中华穿山甲行为学的深入研究提供了基础数据。

Construction of Ethogram and PAE Coding System of Wild Chinese Pangolin

GAO Ruiqi¹, GAO Haiyang², SUN Song²,
WANG Jingxin², YANG Jinzhen², GU Jiayin^{1*}, HUA Yan^{2*}

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

2. Guangdong Academy of Forestry, Guangdong Provincial Key Laboratory of
Silviculture, Protection and Utilization, Guangzhou, 510520, China)

基金项目: 广东省自然科学基金面上项目(2022A1515010626)

第一作者简介: 高瑞麒(1999—),男,硕士研究生;主要从事野生动物保护与利用研究。E-mail:1053512520@qq.com

*通信作者: 顾佳音, E-mail:yin.blue@aliyun.com; 华彦, E-mail:wildlife530@hotmail.com

Abstract: Ethogram is the basic of animal behavior research. The Chinese pangolin (*Manis pentadactyla*) is one of the primary protected wild animals in China, and it plays the role of ecosystem engineer through burrowing and foraging. However, due to its burrowing and hidden habit, it is difficult to be observed directly in the field. Most of the behavioral studies of the Chinese pangolin are based on the observation of the captive individuals. In order to explore the behavioral characteristics of wild Chinese pangolins, we deployed 269 infrared cameras near their burrows in the forest area of Heping County, Heyuan City, Guangdong Province from October 2020 to October 2022, and a total of 1,806 wild Chinese pangolin activity images were recorded and identified. Based on the three elements of “posture-act-environment” (PAE) and combined with its behavioral functions, the ethogram and PAE coding system of wild Chinese pangolin were constructed. A total of five postures and 33 actions of wild Chinese pangolins were recorded in nine environmental types. 22 types of behaviors were divided into seven categories according to the behaviors, including vigilance, foraging, locomotive, digging, nesting, family and marking behavior. The construction of PAE behavior ethogram of the Chinese pangolin effectively filled the gap in the field behavior study, and provided basic data for the in-depth study of Chinese pangolin’s behaviors.

动物行为学是动物学的重要分支。动物的行为指动物某种形式的动作或运动,是基因和环境共同作用的结果^[1],是动物个体为满足自身生理需求,以特定的姿势所完成的一系列动作^[2]。系统性地将动物的行为辨别分类并建立行为谱,有助于深入了解动物的习性,分析各种行为的功能和目的以及内在联系,为野生动物保护提供科学依据。蒋志刚^[3]通过对麋鹿(*Elaphurus davidianus*)行为进行系统性观察,构建了以“姿势(posture)-动作(act)-环境(environment)”为主要框架的PAE行为谱编码系统。PAE编码将动物的行为根据其生态功能进行分类,从结构上将动物的行为划分层次,减少了主观理解上的偏差,便于理解动物的真实行为特征及其意义,同时也能将动物的行为学特征量化,在物种层面上进行个体行为的研究,以促进开展更深入的研究工作^[4-5]。

中华穿山甲(*Manis pentadactyla*)隶属鳞甲目(Pholidota)鲮鲤科(Manidae)鲮鲤属(*Manis*),为国家一级重点保护野生动物^[6],主要分布在中国,另有少量种群分布在缅甸、老挝等周边国家^[7-8]。自1960年起,我国境内野生中华穿山甲数量急剧减少,野外种群数量降低90%左右^[9-11]。为更好地开展就地保护,科研人员需要深入了解中华穿山甲的食性、栖息地偏好等,行为学研究是基础,而构建中华穿山甲行为谱是对其行为进行深入研究的关键步骤。以往由于野生中华穿山甲种群数量稀少,且营穴居生活,夜行性,难以通过直接观测来进行野外行为数据的收

集。随着红外相机技术的发展,这种低干扰、无损伤的监测方式便于科研人员获取到穿山甲在野外环境中的行为数据。本研究利用红外相机所获取到的影像数据,构建了野生中华穿山甲的行为谱和PAE编码系统,描述了构成其行为的最基本元素,即姿势、动作和环境,能够减少不同学者对同一行为的不同修饰性描述而造成的理解偏差,同时使研究者能根据各种行为的环境、姿势和动作等来理解行为的真实特征和生物学功能,为该物种行为学的深入研究以及种群保护恢复工作的开展提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于广东省河源市和平县林区,覆盖和平县下辖的林寨、彭寨和东水3个镇区,面积约137.43 km²。和平县总面积2 286.00 km²,林地面积1 897.97 km²,占全县国土面积的83.03%,全县森林面积1 734.38 km²,占全县国土面积的75.87%,森林覆盖率达到74.20%^[12]。据科学考察资料记载,和平县境内共有陆生野生动物191种,隶属22目74科^[12]。其中,在林寨镇、彭寨镇布设的红外相机观测到过中华穿山甲、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)和斑林狸(*Prionodon pardicolor*)等国家重点保护野生动物。

1.2 设备安装和数据收集

2020年10月—2022年10月,选择中华穿山甲洞穴位置布设红外相机,将红外相机固定在正对洞

口的树干上,每台相机设置每次触发视频拍摄5~15 s。在监测期间,每隔3~4个月对相机进行储存卡和电池的更换。在研究区内总计布设269台红外相机(图1)。

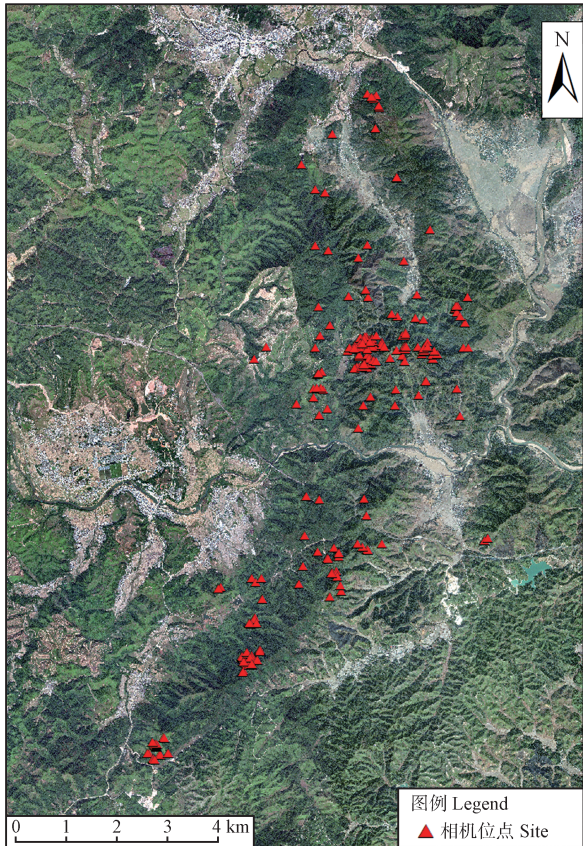


图1 和平县林区红外相机布设位点示意图

Fig. 1 Location of infrared camera traps in Heping Country forest area

1.3 行为定义和编码

参照王才益^[13]、廖国宇等^[14]对人工圈养中华穿山甲和马来穿山甲(*Manis javanica*)的相关行为分类体系和行为特征来定义野生中华穿山甲的行为,并参考蒋志刚^[3]对麋鹿行为的编码方法将野生中华穿山甲的行为划分为姿势、动作和环境3个要素。其中,姿势指中华穿山甲在一定时间内身体各主要结构所保持的位置与形状;动作指在较短时间内中华穿山甲骨骼肌群运动使得机体部分发生结构运动、收缩、舒张、弯曲和位移;环境指中华穿山甲行为发生的环境。环境包括生物环境和非生物环境,例如同种动物个体之间的生物环境决定其交配、繁殖、育幼以及社会行为,植被也是生物环境之一,决定动物的采食、隐蔽和调温等行为活动。中华穿山甲是无被毛动物,气温也是影响其行为的重要因素之一,因

此,将气温纳入环境因素中。根据中华穿山甲这一物种的生理特性,当气温低于18℃时,定义为“低温”;当气温高于31℃时,定义为“高温”^[15];18~31℃时,定义为“舒适温度”^[16]。

行为是动物姿势和动作的组合,是在一定姿势基础上完成的一系列动作,是较姿势和动作更高级的单元。根据野生中华穿山甲特定行为发生的环境,涉及的姿势和动作建立行为谱和PAE编码系统。

2 结果

由于外业时间限制以及部分相机出现故障,截至2022年10月共回收到96台红外相机数据,将红外相机拍摄的所有影像由澳盾AI系统识别出包含“穿山甲”的影像,再将包含“穿山甲”的影像进行人工复查,剔除错误识别的影像。回收的96台红外相机皆记录到中华穿山甲活动,最后获得1 806段共计24 090 s可用影像。其中1 779段为单个个体影像,27段为母子同时出现的影像。

2.1 中华穿山甲的姿势编码

对1 806段包含中华穿山甲活动的影像进行观察和识别,共识别并记录到5种姿势,即立、站、走、跑和攀(表1)。

表1 中华穿山甲的姿势编码及定义

Tab. 1 The codes and description for each posture of the Chinese pangolin

姿势 Posture	描述 Description	编码 Code
立 Rearing	后肢站立,前肢悬空,四肢保持静止	1
站 Standing	四肢着地并保持静止	2
走 Walking	躯干发生移动,四肢交错前伸	3
跑 Running	躯干发生移动,四肢快速交错前伸	4
攀 Climbing	四肢交错移动向上攀升	5

2.2 中华穿山甲的动作编码

根据影像资料中野生中华穿山甲发生动作的部位,将动作划分为头颈部、嘴部、眼鼻部、四肢和腰荐腹尾部5个部分。共识别并记录野生中华穿山甲33种动作,对其进行编码(表2)。

2.3 中华穿山甲的环境编码

依据野生中华穿山甲行为发生的生物环境和非生物环境、年龄以及集群模式等,将环境划分为阔叶林、针叶林、针阔叶混交林、灌丛、成体、幼体、高温、低温和舒适温度共9种类型,并分别对其编码(表3)。

表2 中华穿山甲的动作编码

Tab. 2 Action codes of the Chinese pangolin

部位 Part	动作 Act	编码 Code
头颈部 Head and neck	晃头	1
	静止	2
	抬头	3
	低头	4
	左转	5
	右转	6
	前伸	7
	下颌蹭	8
嘴部 Mouth	吐舌	9
	拱	10
眼鼻部 Eyes and nose	闭眼	11
	眨眼	12
	嗅	13
四肢 Limbs	前肢直立	14
	后肢直立	15
	前进	16
	后退	17
	前肢挖土	18
	后肢挖土	19
	前肢下屈	20
	后肢下屈	21
	前肢抱草	22
	单前肢抬起	23
	双前肢抬起	24
	四肢抱尾(幼)	25
腰荐腹尾部 Hindquarter and tail	直腰	26
	弯腰	27
	左转身	28
	右转身	29
	尾伸直	30
	尾弯曲	31
	摆尾	32
臀抬起	33	

2.4 野生中华穿山甲行为的PAE编码

共观察到野生中华穿山甲22种行为,将其分为警戒、觅食、运动、挖掘、筑巢、家庭和标记行为七大类,其中,警戒行为指中华穿山甲对其周边的环境保持警惕的行为;觅食行为指中华穿山甲为满足自身能量消耗而进行探索寻找食物的行为;运动行为指

表3 中华穿山甲的环境编码

Tab. 3 Environment codes of the Chinese pangolin

环境 Environment	生物环境 Biotic	非生物环境 Abiotic	编码 Code
阔叶林 Broad-leaved forest	+		1
针叶林 Coniferous forest	+		2
针阔叶混交林 Coniferous and broad-leaved mixed forest	+		3
灌草丛 Shrub herbosa	+		4
成体 Adult	+		5
幼体 Young	+		6
低温 Low temperature		+	7
高温 High temperature		+	8
舒适温度 Comfortable temperature		+	9

注:“+”代表该环境属于本环境类别,空白表示该环境不属于本环境类别。

Note: “+” indicates that the environment belongs to the category of this environment, the blank indicates that the environment not belongs to the category of this environment.

中华穿山甲通过四肢的交错移动,使身体向各方向进行一定距离位移的行为;挖掘行为指中华穿山甲为摄取食物或其他目的而进行挖掘的行为;筑巢行为指中华穿山甲在低温下为保持自身体温稳定收集枯枝落叶的行为;家庭行为指成年中华穿山甲在幼体未能独立生活时所表现出的哺育、保护以及中华穿山甲幼体与成体的交互行为;标记行为指中华穿山甲为某种目的分泌化学物质并将其涂抹于环境表面的行为。最后将姿势、动作和环境编码综合为PAE要素编码(表4)。

2.5 野生中华穿山甲的各类行为频率及强度

将野生中华穿山甲的行为分为7个类别,即警戒、觅食、运动、挖掘、筑巢、家庭和标记行为。筑巢行为只在秋冬两季被监测到;家庭行为只在春冬两季被监测到;警戒、觅食、运动、挖掘和标记行为全年都能被监测到。其中,频率最高以及总持续时间最长的是运动行为,在1 679段影像中被观察到,共计11 481 s,每段影像中运动行为的平均持续时间为 (6.84 ± 3.08) s;其次是觅食行为,在1 494段影像中被观察到,共计9 348 s,平均持续时间为 (6.27 ± 3.30) s;警戒行为在569段影像中被观察到,总持续时间为1 538 s,平均持续时间为 (2.70 ± 1.29) s;挖掘行为在82段影像中被观察到,总持续时间为388 s,

表4 中华穿山甲的行为谱及PAE编码系统
Tab. 4 PAE coding system and ethogram of the Chinese pangolin

行为类型 Behavior type	行为 Behavior	季节 Season	序号 Sequential code	PAE码		
				姿势码 Posture	动作码 Act	环境码 Environment
警戒行为 Vigilance behavior	直立张望	Y	1	1	1,2,3,4,7,9,12,13,14,15,26,28,29,30,31	1,2,3,4,7,8,9
	洞口张望	Y	2	2	1,2,3,4,5,6,7,11,12	2,4,5,7,8,9
觅食行为 Foraging behavior	洞内嗅探	Y	3	1,2,3	1,2,5,6,7,14,30,31,32	1,2,4,5,7,8,9
	洞口嗅探	Y	4	1,2,3	1,2,3,4,5,6,7,11,12,13,15,30,31,32	2,3,4,5,6,7,9
	立起嗅探	Y	5	1	1,2,3,4,5,6,7,9,11,12,13,15,24,26,30,31	1,2,7,8,9
运动行为 Locomotive behavior	行走嗅探	Y	6	2,3	1,2,3,4,5,6,7,11,13,16,26,28,29,30,31,32	1,2,3,4,5,6,7,8,9
	行走	Y	7	2,3	1,2,3,4,5,6,9,11,16,26,28,29,30,31,32	1,2,3,4,5,6,7,8,9
	奔跑	Y	8	4	1,4,5,6,16,26,28,29,30,32	1,2,3,4,5,6,7,8,9
	爬树	Y	9	4	1,4,5,6,7,12,14,15,16,22,23,25,27,30	2,3,7,8,9
	爬坡	Y	10	1,5	1,4,5,6,7,12,16,22,23,26,27,30,32	1,2,3,5,6,7,8,9
	进洞	Y	11	3,4	1,2,3,4,5,6,12,13,16,18,30,32,33	1,2,3,4,5,6,7,8,9
	倒退进洞	Y	12	1,3,4	1,2,3,4,5,6,10,12,17,27	2,3,4,7,8,9
挖掘行为 Digging behavior	出洞	Y	13	3,4	1,2,3,4,5,6,12,13,14,15,16,26,30,32	1,2,3,4,5,6,7,8,9
	洞口挖掘	Y	14	2,3	1,4,5,6,10,13,18,19,26,27	1,2,3,4,7,8,9
筑巢行为 Nesting behavior	抱草进洞	A,W	15	3,4	1,4,5,6,7,12,13,14,15,16,17,22,28,29,30,31,32,33	2,3,4,7
	抱草	A,W	16	2,3	1,4,5,6,7,12,13,14,15,16,17,22,28,29,30,31,32,33	2,3,4,7
家庭行为 Family behavior	抱尾	W,S	17	2,3	1,2,3,4,5,6,25	1,2,3,4,5,7,9
	带崽	W,S	18	2,3,4	1,2,3,4,5,6,7,12,16,26,30	2,3,4,6,7,9
	跟随	W,S	19	3,4,5	1,2,3,4,5,6,16	1,2,3,4,5,7,9
	碰头	W,S	20	2,3	1,2,3,4,7,13,16,23,24,26,30,31	1,2,3,4,5,6,7,9
标记行为 Marking behavior	标记树木	Y	21	1,2,3	1,2,3,4,8,20,21,26,27,31,33	1,2,3,4,7,8,9
	标记洞口	Y	22	1,2,3	1,2,3,4,8,20,21,26,27,31,33	1,2,3,4,7,8,9

注：Y. 全年发生；A. 秋季发生；W. 冬季发生；S. 春季发生。

Note: Y. The behavior is seen all year around; A. The behavior is only seen in autumn; W. The behavior is only seen in winter; S. The behavior is only seen in spring.

平均持续时间为(4.72 ± 2.36)s;筑巢行为在178段影像中被观察到,总持续时间为670s,平均持续时间为(3.76 ± 2.02)s;家庭行为在114段影像中被观察到,总持续时间为422s,平均持续时间为(3.71 ± 1.99)s;频率最低以及持续时间最短的为标记行为,共在68段影像中被观察到,总持续时间为243s,平均持续时间为(3.56 ± 1.52)s(图2)。在1806段影

像中,有1379段影像发生在夜间(19:00—06:00),总计20532s,占比85.23%,这说明野生中华穿山甲更偏向在夜间进行洞外活动。中华穿山甲在高温区间活动的持续时间共有4485s,在舒适温度区间活动的持续时间共有12375s,在低温区间活动的持续时间共有7330s,在各气温区间的各行为时间如图3所示。

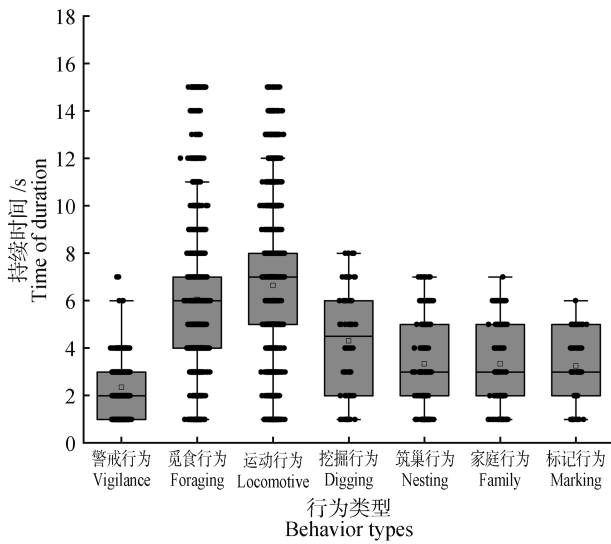


图2 中华穿山甲各类行为在每段影像中的持续时间

Fig. 2 Duration of each behavior of the Chinese pangolin in each video

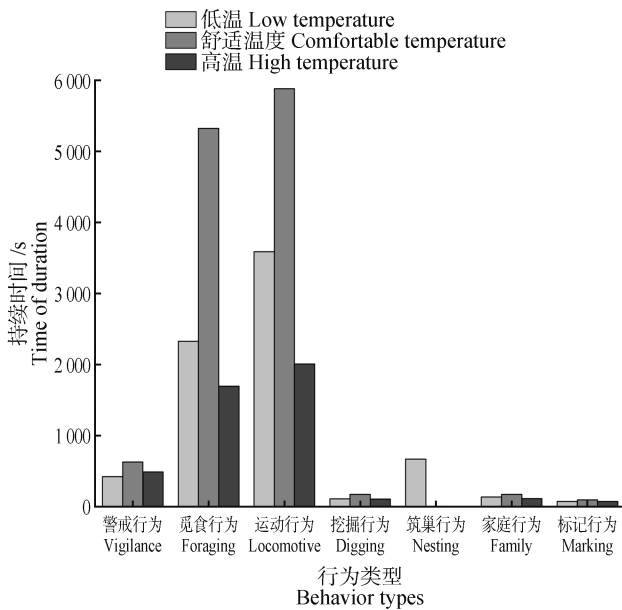


图3 中华穿山甲各类行为在不同温度区间的累计持续时间

Fig. 3 The total duration of each behavior of the Chinese pangolin over different temperature range

3 讨论与结论

根据红外相机数据的鉴别分析,本研究初步构建了野生中华穿山甲的行为谱和PAE编码系统,涉及5种姿势、33种动作和7类22种行为。气温、湿度等动态气候因素也会对动物的行为造成显著影响,但之前对其他动物行为谱PAE系统的构建并未将这些因素纳入环境因素中,而本研究将气温分为高温、低温和舒适温度3个范围,并作为环境因素纳入到野生中华穿山甲的行为谱PAE编码系统中。

野生中华穿山甲大部分行为,如行走、挖土等,与圈养穿山甲相比是一致的,但人工圈养环境的限制可能导致同一物种的行为出现差异,原因主要是与自然环境相比,圈养环境单调且贫乏。例如觅食行为,由于在人工饲养条件下无法提供整个蚁巢作为穿山甲的食物来源,常采用成品饲料饲喂的方式,圈养穿山甲不需要采取太多行动就能获取食物,而野生中华穿山甲则需要在复杂的野外环境中通过嗅探等动作寻找地表下的蚁巢并通过挖掘等一系列行为来获取食物。

野生中华穿山甲会收集洞穴周边的落叶和干草,并将这些落叶和干草拖拽进洞穴内进行类似筑巢的行为,而在圈养环境下,饲养人员会给中华穿山甲提供干稻草并放置于窝中以起保温作用,圈养中华穿山甲不需要出洞寻找落叶枯草。王少龙^[17]的研究显示,中华穿山甲冬季居住的洞穴内部会铺垫细软的杂草等用以保暖,这与红外相机拍摄到的影像相吻合。监测数据显示中华穿山甲大多会选择干枯的芒萁 (*Dicranopteris pedata*) 以及掉落的干枯杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 枝叶,这与其洞穴所在地的植被覆盖有关。野生中华穿山甲在舒适温度区间的活动强度明显高于高温与低温区间,是因为其洞穴具有热避难所的功能,当温度过低或过高时,中华穿山甲以及其他动物会倾向利用洞穴以获得舒适稳定的温度环境^[18-19]。

穿山甲的家庭行为以育幼行为为主,育幼行为是穿山甲种群繁衍的重要组成部分,对于提高幼仔成活率,保证幼仔健康成长至关重要^[20]。某些动物育幼时会将幼仔携带于身体的某些部位或特化器官,例如雌性负子蟾 (*Pipa carvalhoi*) 会将受精卵沉积在背部,受精卵能在背部皮肤形成的小穴中发育,以提高孵化率和幼体的生存率^[21];东亚钳蝎 (*Buthus martensii*) 的母蝎会协助刚生产下的幼体爬上自己的背部进行背负,并且在幼体尝试离开自己背部时会进行阻拦^[22]。幼年中华穿山甲行动能力较弱,无法独立觅食,需要母亲哺乳,若独自遭遇天敌则难以逃脱。因此,雌性中华穿山甲在行动时会让幼仔抱住自己的尾部再进行移动,以提高幼崽的生存概率。

根据获得的影像显示,部分野生中华穿山甲会将下颌在环境表面上刮蹭,初步推测中华穿山甲下颌部位存在腺体,通过在环境表面上刮蹭并分泌标记物进行标记。相似行为在其他动物上也有表现,

例如雌性和雄性家兔(*Oryctolagus cuniculus*)都存在下颌标记的行为,对于雌性,它被认为是交配意愿的宣传,而对于雄性,它被认为是表明统治地位和与领土防御有关的标志^[23-25];林鼬(*Mustela putorius*)在离开进食地点或刚刚在巢穴中储存食物后离开时,会摩擦下巴进行标记,且春季和夏季摩擦下巴的频率明显增加^[26],而穿山甲标记行为的具体目的目前尚未明确,有待进一步深入研究。

采用红外相机对野生动物进行野外监测,具有无干扰等多种优点,能更加真实地记录其在自然环境下的行为特征,且极大减少研究人员的工作时间,因此被广泛应用于野生动物行为学的研究中。本研究共记录到野生中华穿山甲的5种姿势、33种动作和9种环境类型,能满足中华穿山甲行为学研究的需要,为深入理解中华穿山甲的行为奠定了基础,但中华穿山甲是典型的穴居物种,在洞穴内活动的时间很长,目前的技术还无法对穿山甲在洞内的行为进行观测,希望野外监测技术能进一步发展,以便获取洞穴内野生中华穿山甲的行为影像,对中华穿山甲的行为学研究进行补充和完善,发现更多未记录到的中华穿山甲野外行为,挖掘其更深层次的含义以及揭示其行为的内在机制。

参考文献:

- [1] 尚玉昌. 动物行为学[M]. 北京:北京大学出版社, 2005.
SHANG Y C. Ethology [M]. Beijing: Peking University Press, 2005.
- [2] 蒋志刚, 李春旺, 彭建军, 等. 行为的结构、刚性和多样性[J]. 生物多样性, 2001, 9(3): 265-274.
JIANG Z G, LI C W, PENG J J, et al. Structure, elasticity and diversity of animal behavior [J]. Biodiversity Science, 2001, 9(3): 265-274.
- [3] 蒋志刚. 麋鹿行为谱及PAE编码系统[J]. 兽类学报, 2000, 20(1): 1-12.
JIANG Z G. Behavior coding and ethogram of the Père David's deer [J]. Acta Theriologica Sinica, 2000, 20(1): 1-12.
- [4] SCHLEIDT W M, YAKALIS G, DONNELLY M, et al. A proposal for a standard ethogram, exemplified by an ethogram of the bluebreasted quail (*Coturnix chinensis*) [J]. Zeitschrift Für Tierpsychologie, 1984, 64(3/4): 193-220.
- [5] 宁致远, 董贵信, 唐虹, 等. 基于PAE编码系统的半放养阿拉伯狒狒的行为多样性[J]. 生物多样性, 2017, 25(9): 1008-1018.
NING Z Y, DONG G X, TANG H, et al. Behavioral diversity of semi-captive hamadryas baboons (*Papio hamadryas*) on the basis of the PAE coding system [J]. Biodiversity Science, 2017, 25(9): 1008-1018.
- [6] 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年2月1日修订)[J]. 野生动物学报, 2021, 42(2): 605-640.
National Forestry and Grassland Administration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. List of national key protected wild animals (revised on February 1, 2021) [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2021, 42(2): 605-640.
- [7] HUA Y, WEI S C, BAO H, et al. Last chance to prevent the extinction of the Chinese pangolin [J]. Oryx, 2020, 54(6): 760-761.
- [8] 吴诗宝, 孙建坤, 岑鹏, 等. 国家一级保护动物中华穿山甲的种群现状及保护措施[J]. 生物学通报, 2023, 58(1): 9-14.
WU S B, SUN J K, CEN P, et al. Population status and conservation measures of Chinese pangolin: a national class protected animal [J]. Bulletin of Biology, 2023, 58(1): 9-14.
- [9] 吴诗宝, 马广智, 唐玫, 等. 中国穿山甲资源现状及保护对策[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 174-180.
WU S B, MA G Z, TANG M, et al. The status and conservation strategy of pangolin resource in China [J]. Journal of Natural Resources, 2002, 17(2): 174-180.
- [10] 吴诗宝, 刘迺发, 张迎梅, 等. 中国穿山甲受危状况评估[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(4): 456-461.
WU S B, LIU N F, ZHANG Y M, et al. Assessment of threatened status of Chinese pangolin (*Manis pentadactyla*) [J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2004, 10(4): 456-461.
- [11] 吴晓刚. 穿山甲非法贸易现状、成因和对策[J]. 森林公安, 2017(6): 26-27.
WU X G. Status quo, causes and countermeasures of pangolin illegal trade [J]. Forest Public Security, 2017(6): 26-27.
- [12] 徐小芳. 和平县自然保护地整合优化浅析[J]. 绿色科技, 2021, 23(11): 118-120.
XU X F. Analysis on the integration and optimization of nature reserves in Heping County [J]. Journal of Green Science and Technology, 2021, 23(11): 118-120.
- [13] 王才益. 人工饲养穿山甲行为的观察[J]. 经济动物学报, 2000, 4(3): 41-44.
WANG C Y. Behavior observations of the Chinese pangolin under artificial rearing [J]. Journal of Economic Animal, 2000, 4(3): 41-44.
- [14] 廖国宇, 彭建军, 余经裕, 等. 野生马来穿山甲被引入圈养后的应激对策和对新环境的适应[J]. 林业科技通讯, 2016(3): 41-45.
LIAO G Y, PENG J J, YU J Y, et al. Stress countermeasures and adaptation to the new environment of wild Malayan pangolin after it was introduced into captivity [J]. Forest Science and Technology, 2016(3): 41-45.
- [15] 吴诗宝, 张富华, 孙儒泳. 中华穿山甲对圈舍环境温度变化的行为响应[C]//第十三届全国野生动物生态与资源保护学术研讨会暨第六届中国西部动物学学术研讨会论文集. 成

- 都: 中国生态学会动物生态专业委员会, 2017: 191.
- WU S B, ZHANG F H, SUN R Y. Behavioral response of Chinese pangolin to ambient temperature changes in its enclosure [C]//The 13th national conference on wildlife ecology and resource protection and the sixth conference on zoology in western China abstracts. Chengdu: Animal Ecology Committee of Chinese Ecological Society, 2017: 191.
- [16] 廖国宇. 马来穿山甲的圈养场所设计及日常饲养管理的初步研究 [D]. 重庆: 重庆师范大学, 2018.
- LIAO G Y. A preliminary study on the design of captive base of Malayan pangolin and management of daily breeding [D]. Chongqing: Chongqing Normal University, 2018.
- [17] 王少龙. 中国鲟鲤的野外生活习性初步观察 [J]. 引进与咨询, 2005(4): 52-53.
- WANG S L. Preliminary observation on the wild life habits of China carp [J]. Straits Science, 2005(4): 52-53.
- [18] BAO F Y, WU S B, SU C, *et al.* Air temperature changes in a burrow of Chinese pangolin, *Manis pentadactyla*, in winter [J]. Folia Zoologica, 2013, 62(1): 42-47.
- [19] 孙松. 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 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2022.
- SUN S. Study on characteristics of Chinese pangolin burrow and the utilization of commensals for pangolin burrow thermal refuge [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2022.
- [20] 田丽, 周材权, 吴孔菊, 等. 圈养金钱豹产仔及育幼行为初步观察 [J]. 四川动物, 2011, 30(4): 593-595.
- TIAN L, ZHOU C Q, WU K J, *et al.* Calving and nursing behaviors of the captive leopard [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2011, 30(4): 593-595.
- [21] GREVEN H, RICHTER S. Morphology of skin incubation in *Pipa carvalhoi* (Anura: Pipidae) [J]. Journal of Morphology, 2009, 270(11): 1311-1319.
- [22] 吕锡岫. 东亚钳蝎的生物学特性 [J]. 中药材科技, 1982, 5(2): 11-12; 30.
- LÜ X X. Biological characteristics of the East Asian scorpion [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 1982, 5(2): 11-12; 30.
- [23] HAYES R A, RICHARDSON B J, WYLLIE S G. Semiochemicals and social signaling in the wild European rabbit in Australia: I. Scent profiles of chin gland secretion from the field [J]. Journal of Chemical Ecology, 2002, 28(2): 363-384.
- [24] HAYES R A, RICHARDSON B J, CLAUS S C, *et al.* Semiochemicals and social signaling in the wild European rabbit in Australia: II. Variations in chemical composition of chin gland secretion across sampling sites [J]. Journal of Chemical Ecology, 2002, 28(12): 2613-2625.
- [25] MELO A I, CHIRINO R, JIMÉNEZ A, *et al.* Effect of forebrain implants of testosterone or estradiol on scent-marking and sexual behavior in male and female rabbits [J]. Hormones and Behavior, 2008, 54(5): 676-683.
- [26] CLAPPERTON B K. Scent-marking behaviour of the ferret, *Mustela furo* L. [J]. Animal Behaviour, 1989, 38(3): 436-446.