



## 研究论文 ORIGINAL PAPERS

基于红外相机技术的  
野生环颈雉行为谱及 PAE 编码系统陈文琦<sup>1#</sup>, 陈晓冰<sup>1#</sup>, 周一凡<sup>1</sup>, 李迎春<sup>2</sup>, 卢宪旺<sup>2</sup>, 关洪武<sup>2</sup>, 赵大鹏<sup>1\*</sup>(1. 天津师范大学生命科学学院, 天津 300387;  
2. 天津盘山风景名胜区管理服务中心, 天津 301901)

## 稿件运行过程

收稿日期: 2025-01-25

修回日期: 2025-09-14



关键词: 环颈雉;

红外相机技术;

行为谱;

PAE 编码系统

**Keywords:** Common pheasants (*Phasianus colchicus*);  
Camera trapping technology;  
Behavioral ethogram;  
Posture-act-environment (PAE) coding system

中图分类号: Q958.1

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2025)-04-0805-10

DOI: 10.12375/ysdwxb.202501020

## 摘要

动物行为谱和 PAE (posture-act-environment) 编码系统的建立有助于行为学数据的科学量化和深度分析。以广布种为研究对象开展此类研究, 能为揭示物种行为多样性特点及其生存适应机制奠定重要基础。为科学量化野生环颈雉 (*Phasianus colchicus*) 的行为数据, 2019年7月—2021年4月, 以天津盘山风景名胜区野生环颈雉为研究对象, 基于红外相机技术首次建立了该物种野生种群的行为谱及 PAE 编码系统, 并与其圈养种群行为多样性进行比较讨论。共获得野生环颈雉有效照片 1 207 张, 包含有效独立探测首张 217 张。野生环颈雉行为包括运动、采食、停歇、警戒、育雏和清理 6 类 11 种, 其中发生频次比例位居前 3 位的是运动、采食和停歇, 相较于圈养环颈雉增加了奔跑和腾飞 2 种行为。野生环颈雉的 PAE 编码系统由 7 种姿势编码、26 种动作编码和 7 种环境编码组成。基于整体数据的分析表明, 成年雌性的绝对行为多样性指数 ( $H$ )、相对多样性指数 ( $r$ ) 和校正多样性指数 ( $r$ -variable) 均高于成年雄性和幼体。 $H$  和  $r$  既无显著季节差异 ( $H: \chi^2 = 0.667, df = 3, P = 0.881; r: \chi^2 = 0.000, df = 3, P = 1.000$ ) 也无显著性别差异 ( $H: Z = -0.581, P = 0.561; r: Z = -0.866, P = 0.386$ )。本研究结果可为野生环颈雉的综合保护与管理提供科学依据。

基金项目: 生物多样性保护重大工程专项项目(2018-02-06-M2019-1); 天津市级大学生创新训练项目(202010065058)

第一作者简介: 陈文琦(2003—), 女, 本科生。E-mail: 13043591808@163.com

\* 共同第一作者: 陈文琦; 陈晓冰

\* 通信作者: 赵大鹏, E-mail: rocprof@foxmail.com

# Behavioral Ethogram and PAE Coding System of Wild Common Pheasants Based on Camera Trapping Technology

CHEN Wenqi<sup>1#</sup>, CHEN Xiaobing<sup>1#</sup>, ZHOU Yifan<sup>1</sup>,  
LI Yingchun<sup>2</sup>, LU Xianwang<sup>2</sup>, GUAN Hongwu<sup>2</sup>, ZHAO Dapeng<sup>1\*</sup>

(1. School of Life Sciences, Tianjin Normal University, Tianjin 300387, China;

2. Management Service Center of Tianjin Panshan Scenic Spot, Tianjin 301901, China)

**Abstract:** The establishment of animal behavior ethogram and posture-act-environment (PAE) coding system is conducive to the scientific quantification and in-depth analysis of behavioral data. Related research on widespread species could provide critical foundation for elucidating the characteristics of behavioral diversity and survival adaptation mechanisms. To scientifically quantify behavioral data of the wild common pheasant (*Phasianus colchicus*), this study was conducted from July 2019 to April 2021 in Tianjin Panshan Scenic Area. Focused on wild common pheasants firstly establish its behavioral ethogram and PAE coding system for this species using camera trapping technology, and compared with behavioral diversity of captive species. A total of 1 207 valid photographs were captured, including 217 effective independent detections. The behavioral categories of common pheasants consisted of active behavior, feeding behavior, resting behavior, vigilance behavior, parenting behavior, and cleaning behavior, in which active behavior, feeding behavior, and resting behavior being the most frequent. Compared with captive common pheasants, wild ones show increased frequencies of behaviors including running and flying. Its PAE coding system comprises seven posture codes, 26 action codes, and seven environmental codes. Based on the overall data, adult females exhibited higher absolute behavioral diversity indices ( $H$ ), relative diversity indices ( $r$ ), and corrected diversity indices ( $r$ -variable) compared to adult males and juveniles. No significant seasonal differences were found in  $H$  or  $r$  ( $H: \chi^2 = 0.667, df = 3, P = 0.881$ ;  $r: \chi^2 = 0.000, df = 3, P = 1.000$ ), nor were there significant gender differences ( $H: Z = -0.581, P = 0.561$ ;  $r: Z = -0.866, P = 0.386$ ). These findings provide valuable insights for the comprehensive conservation management of wild populations of this species.

动物行为是物种与环境在相互作用中为满足生存与繁殖需求而产生的高度组织化和综合化的活动模式<sup>[1]</sup>。行为谱是运用系统分析方法将特定物种在特定时期的行为进行分类、编目与描述,从而形成的一种标准化行为目录<sup>[2]</sup>。动物行为通常包含姿势(posture)、动作(act)和环境(environment)3个要素,分别体现动物的身体姿态、具体行为的表现及行为发生的背景,三者共同构成动物行为表达的基础元素<sup>[3-4]</sup>。PAE(posture-act-environment)编码系统是一种用于动物行为研究的编码体系,它以“姿势-动作-环境”3个核心要素作为行为编码的依据,对动物的行为进行精确记录与解析<sup>[4]</sup>。该编码系统已广泛应用于鱼类、两栖类、鸟类和哺乳类等物种<sup>[5-8]</sup>,研究对象包括特有物种如大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)<sup>[9]</sup>、黑叶猴(*Trachypithecus francoisi*)<sup>[10]</sup>,濒危物

种如中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*)<sup>[11]</sup>、中华穿山甲(*Manis pentadactyla*)<sup>[12]</sup>,常见物种如红嘴鸥(*Chroicocephalus ridibundus*)<sup>[13]</sup>、原鸽(*Columba livia*)<sup>[14]</sup>等。动物行为谱和PAE编码系统的建立有助于科学量化和分析动物的行为学数据,为揭示动物行为功能及进化适应机制奠定重要基础<sup>[4,15]</sup>。

环颈雉(*Phasianus colchicus*)属于鸟纲(Aves)鸡形目(Galliformes)雉科(Phasianidae)雉属(*Phasianus*),在IUCN濒危物种红色名录中被评估为无危(LC)等级<sup>[16]</sup>。作为广布种,环颈雉分布在中国、阿富汗、亚美尼亚、老挝、越南、乌兹别克斯坦、蒙古、韩国、朝鲜和俄罗斯等多个国家和地区<sup>[16-17]</sup>。目前,对野生环颈雉的研究多集中于遗传进化<sup>[18]</sup>、生境选择<sup>[19-20]</sup>、野化放归<sup>[21]</sup>、发声特征<sup>[22]</sup>和种群动态<sup>[23-24]</sup>等领域,而其行为学数据主要来源于圈养和野外的一

些观察研究<sup>[25-27]</sup>,针对性的行为谱和PAE编码系统尚未见报道。基于上述背景,本研究利用红外相机技术首次建立了野生环颈雉行为谱和PAE编码系统,以期揭示其行为多样性及生存适应机制,并为该物种的保护生物学研究及科学管理提供实证依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地点与红外相机布设

研究地点位于天津盘山风景名胜区,地处天津市蓟州区,位于燕山山脉南段(40° 04'45"—40° 06'25" N, 117° 14'40"—117° 17'20" E),属温带季风气候<sup>[7]</sup>,主要植被类型为针阔叶混交林、落叶阔叶林和灌丛。本研究于2019年7月—2021年4月,基于地理信息系统,在研究区域内按1 km × 1 km网格布设40台红外相机(型号:BG526)。布设点优先选择在具有动物活动痕迹的区域<sup>[7]</sup>。红外相机安装高度距离地面约0.5 m,24 h不间断工作,拍摄间隔为1 s,3张连拍模式,敏感度设置为中度。在监测期间,每3~4个月更换1次相机电池和存储卡。

### 1.2 数据整理与分析

根据研究区域的气候特征,将年度划分为春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)和冬季(12月至次年2月)。参考既有研究方法<sup>[28]</sup>,依据个体大小、羽毛颜色和尾羽长度等形态特征来区分环颈雉个体的性别和年龄组。行为分类借鉴笼养生境下环颈雉行为的相关成果<sup>[29-31]</sup>,将野生环颈雉的行为划分为运动、采食、停歇、警戒、育雏和清理6类,并参考周一凡等<sup>[7]</sup>对勺鸡(*Pucrasia macrolopha*)的行为定义和编码体系,编制环颈雉姿势、动作和环境所对应的P码、A码和E码,从而建立其PAE编码系统。

对于同一相机位点,若在30 min内连续拍摄到同一物种,则将首次拍摄到该物种的照片认定为1张独立有效照片<sup>[32]</sup>。在数据分析方面,利用公式 $P_i = T_i / B_i \times 100\%$ 计算环颈雉行为发生的频次比例,其中 $i$ 为红外相机工作的持续时间, $T_i$ 为该时间段内某行为的发生频次, $B_i$ 为该时间段内所有行为的总频次。采用Mann-Whitney  $U$ 检验或卡方检验对全年数据及频次占比前3的行为类型进行比较分析<sup>[7]</sup>。根据文献<sup>[7-8]</sup>对物种行为多样性的研究方法,分别计算样本的绝对行为多样性指数(absolute diversity index,  $H$ )、最大行为多样性指数(maximum diversity index,  $H_{\max}$ )、相对多样性指数(relative

diversity index,  $r$ )和校正多样性指数。其中, $H$ 表示行为发生的不确定性、变异性或多样性,公式为

$$H = -\sum_{i=1}^s (P_i \log_2 P_i), P_i = f_i / \sum f_i \quad (1)$$

式中: $f_i$ 为样本行为流里第 $i$ 种行为的发生频次。 $H_{\max}$ 表示行为发生的最大变异性,公式为

$$H_{\max} = \log_2 N \quad (2)$$

式中: $N$ 为野生环颈雉行为谱中的行为类别数。 $r$ 表示实际出现的行为多样性的相对比例,公式为

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

$r$ -variable表示绝对行为多样性指数 $H$ 与特定行为类型的行为多样性指数 $H_{\text{variable}}$ 的相对关系,公式为

$$r\text{-variable} = H/H_{\text{variable}}, H_{\text{variable}} = \log_2 n \quad (4)$$

式中: $n$ 是野生环颈雉特定行为类别的所有行为元素数。

基于整体数据,运用Wilcoxon检验 $H$ 和 $r$ 在两两季节间的差异,运用Friedman检验 $H$ 和 $r$ 在全年季节间的差异;性别组间的 $H$ 和 $r$ 的差异则通过Mann-Whitney  $U$ 检验进行评估。所有统计分析在SPSS Statistics 26.0中完成,显著性水平设为 $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 姿势编码

共获取野生环颈雉有效照片1207张,其中有效独立探测首张共217张。基于影像资料,共识别并定义了7种主体姿势(表1)。根据个体是否发生空间位移,将这些姿势归为静止姿势与运动姿势两类。其中“站”“立”“蹲”3种姿势属静止姿势,个体位置相对固定,没有明显位移;“走”“跑”“飞”“跳”4种姿势属运动姿势,个体处于动态移动状态,伴随明显的空间位置变化。

### 2.2 动作编码

根据野生环颈雉动作发生部位的不同,将其动作系统划分为5个部分,即头颈部、躯干及尾部、喙部、翅部和腿部,共辨识并记录了26种具体动作,并对其进行编码(表2)。

### 2.3 环境编码

本研究从非生物环境和生物社会环境两个维度,对野生环颈雉的行为发生背景进行编码(表3)。非生物环境主要依据下垫面与植被类型,划分为灌木、石头、落叶阔叶林及针阔叶混交林。生物社会环境则根据个体的年龄、性别及集群模式,划分为雌性与幼体、成体群及单一个体。以上共计7种环境类型。

表1 野生环颈雉姿势编码及定义

Table 1 Postural codes and definitions for wild common pheasants

编码 Code	姿势 Posture	定义 Definition
1	站 Stand	以双腿直立支撑身体, 稳固停驻于地面、岩石或树枝等表面, 身体保持静止
2	立 Rear	以单腿支撑身体, 身姿挺拔, 另一腿微微蜷缩收于腹下, 维持静止平衡
3	蹲 Squat	双腿大幅度弯曲, 贴近腹部, 整个躯干明显压低, 靠近地面
4	走 Walk	躯干平稳前移, 双腿交替、有节奏地向前迈步, 步伐相对稳健
5	跑 Run	躯干快速向前突进, 双腿交替蹬地发力, 步幅较大, 频率较快
6	飞 Fly	通过双翅快速有力地扇动, 使身体腾空或在空中移动, 包括从地面振翅起飞的瞬间
7	跳 Jump	主要依靠腿部瞬间发力蹬地, 使身体从较低位置向高处跃动, 过程中翅不参与主动扇动

表2 野生环颈雉动作编码

Table 2 Action codes for wild common pheasants

部位 Body part	动作 Act	编码 Code	部位 Body part	动作 Act	编码 Code
头颈部 Head and neck	立颈 Stretch neck	1	喙部 Beak	啄 Peck	14
	前伸 Extend forward	2		闭嘴 Beak closed	15
	左转 Turn left	3	翅部 Wing	抖(扇)翅 Shake wings	16
	右转 Turn right	4		张翅上举 Put up wings	17
	后转 Turn back	5		张翅下垂 Droop wings	18
	缩颈 Retract neck	6		拢翅 Preen wings	19
	低头 Lower head	7	腿部 Leg	单腿弯曲 Bent one leg	20
躯干及尾部 Trunk and tail	抖动 Shake	8		双腿弯曲 Bent two legs	21
	挺背 Arch back	9		单腿直立 Stand on one leg	22
	屈背 Flex flexion	10		双腿直立 Stand on two legs	23
	尾上举 Perk the tail	11		跑 Run	24
	尾下压 Hang down the tail	12		跳 Jump	25
	尾张开 Open the tail	13	伸 Step forward	26	

表3 野生环颈雉环境编码

Table 3 Environment codes for wild common pheasants

环境 Environment	描述 Description	生物 Biotic	非生物 Abiotic	编码 Code
灌木 Shrub	植被以灌木为主		√	1
石头 Stone	多存在裸露的石头, 地形相对复杂		√	2
落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest	季节性明显, 植被随季节更替	√		3
针阔叶混交林 Coniferous and broad-leaved mixed forest	针叶与阔叶树种共存、生态结构较为丰富	√		4
雌性与幼体 Females and their offspring	环颈雉雌性及其幼体共同活动的环境	√		5
成体群 Adult group	多个成年环颈雉个体形成群体活动的环境	√		6
单一个体 Single individual	仅有单独环颈雉个体活动的环境	√		7

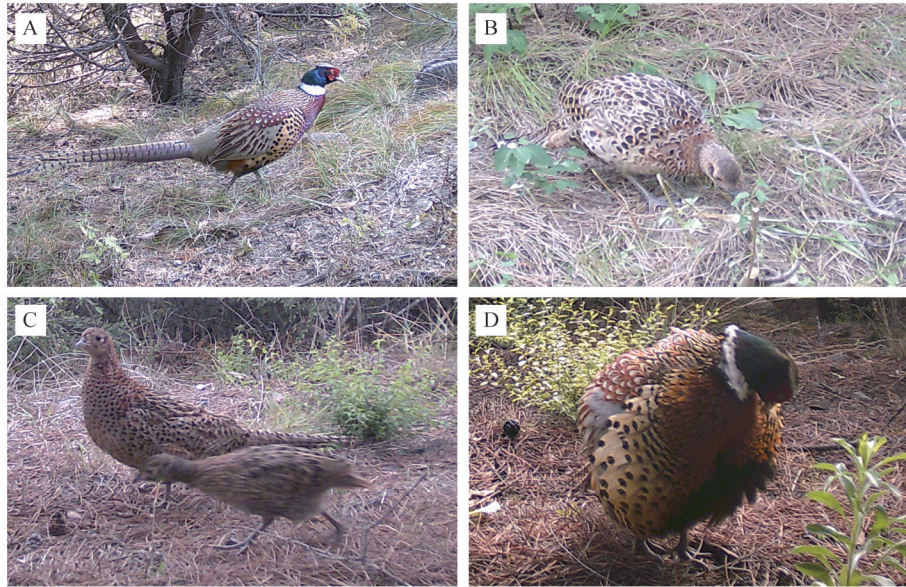
注: √. 属于该类型。

Note: √. It belongs to this type.

### 2.4 野生环颈雉PAE编码系统

共识别出野生环颈雉11种行为,并将其系统归纳为运动、采食、停歇、警戒、育雏和清理行为六大类

型(图1,表4)。在此基础上,通过整合行为发生时的姿势、动作及环境,成功建立了野生环颈雉的PAE编码系统(表5)。



A. 运动行为; B. 采食行为; C. 育雏行为; D. 清理行为。

A. Active behavior; B. Feeding behavior; C. Parenting behavior; D. Cleaning behavior.

图1 野生环颈雉的典型行为图示

Figure 1 Illustrations of typical behaviors in wild common pheasants

表4 野生环颈雉的行为分类与定义

Table 4 Behavior classification and definitions of wild common pheasants

行为 Behavior	定义 Definition
运动行为 Active behavior	通过双脚交替进行缓慢或快速的地面移动,以及通过飞行实现的空中位移,包括行走、疾走和起飞(上树、下树和原地腾飞)
采食行为 Feeding behavior	寻找和摄取食物的行为,用喙尖及爪快速刨食,并不时警觉地引颈四处张望,有时发出“ji ji”的低碎鸣声
停歇行为 Resting behavior	身体整体保持静止,无明显局部活动,多数时间闭眼,包括蹲伏静栖和站立静栖
警戒行为 Vigilance behavior	明显地站立张望,行走中急停观察后又疾走或受惊腾飞
育雏行为 Parenting behavior	雌雉用喙衔出食物,并发出快速的“ge ge”声呼唤雏雉采食,以及在行走时雌雉左顾右盼,发出中等速度的“ge ge”声呼唤雏雉紧紧跟随
清理行为 Cleaning behavior	清理羽毛或蹲伏沙上,以趾爪快速搔动腹下沙土,使形成土窝,然后左右轮番侧卧,伸蹬两腿,扇动两翼,并不时用头颈在沙中摩擦

### 2.5 活动特征

对整体数据的分析表明,野生环颈雉行为发生频次比例排名前3位的依次为运动、采食和停歇。野生环颈雉各行为类型的发生频次在月份间( $\chi^2 = 70.737, df = 55, P = 0.075$ ) (图2)和季节间( $\chi^2 = 23.409, df = 15, P = 0.076$ ) (表6,图2)均无显著

差异。

### 2.6 行为多样性

本研究共辨识出野生环颈雉11种行为元素(成年雄性9种,成年雌性11种,幼体1种),其 $H_{max}$ 为2.585。基于整体数据的分析表明:(1)成年雌性的 $H_{variable}$ 、 $H_r$ 和 $r$ -variable均高于成年雄性和幼体(表7);

表5 野生环颈雉的PAE编码系统

Table 5 Posture-act-environment (PAE) coding system for wild common pheasants

行为类型 Behavior type	具体行为 Specific behavior	季节 Season	序号 Sequential code	PAE码 PAE code			已有研究 Existing research
				姿势 Posture	动作 Act	环境 Environment	
运动行为 Active behavior	游走 Walk	春,夏,秋,冬	1	4	1,2,3,4,7,9,10,12,19,26	1,2,3,4,5,6,7	笼养 Captive <sup>[27]</sup>
	奔跑 Run	春,夏,秋,冬	2	5	1,2,9,10,12,19,24	2,3,4,5,6,7	
	跳跃 Jump	秋	3	7	7,10,12,19,25	3,7	笼养 Captive <sup>[27]</sup>
	腾飞 Fly	夏	4	6	1,8,11,13,16,17	1,3,7	
采食行为 Feeding behavior	低头寻觅 Look down for food	春,夏,秋	5	1,3,4	2,3,4,7,15,21,23,26	1,2,3,4,7	笼养 Captive <sup>[25,27,33]</sup>
	探啄 Probe and peck	春,夏,秋,冬	6	1,3,4	2,3,4,7,14,21,23,26	1,2,3,4,6,7	笼养 Captive <sup>[25,27,33-34]</sup>
停歇行为 Resting behavior	站立 Stand	春,夏,秋,冬	7	1,2	1,2,3,4,9,10,12,19,22,23	1,2,3,4,6,7	笼养 Captive <sup>[27]</sup>
警戒行为 Vigilance behavior	张望 Glance	夏,秋	8	1,4	1,2,3,4,5,6,7,23,26	3,4,7	笼养 Captive <sup>[25,33]</sup>
育雏行为 Parenting behavior	同行 Walk together	夏	9	1,4	23,26	1,4,5	笼养 Captive <sup>[34-35]</sup> ; 野生 Wild <sup>[36]</sup>
清理行为 Cleaning behavior	蓬松羽毛 Preen	夏	10	1	10,12,19,20	1,4,7	
	抖翅 Shake wings	秋	11	1	9,12,13,16,18,23	3,7	笼养 Captive <sup>[25,27]</sup>

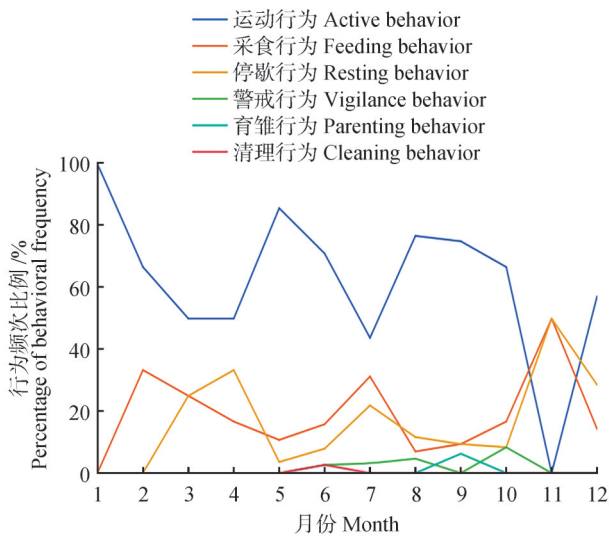


图2 不同月份野生环颈雉各类行为的发生频次比例

Figure 2 Frequency percentages of each behavior across months in wild common pheasants

(2)  $H$ 和 $r$ 均无显著季节间差异( $H: \chi^2 = 0.667, df = 3, P = 0.881; r: \chi^2 = 0.000, df = 3, P = 1.000$ )。

在性别组比较方面:(1)成年雌性和成年雄性秋季的 $H$ 和冬季的 $r$ 高于其他3个季节;(2)在春季,成年雌性的 $H$ 和 $r$ 均高于成年雄性;(3)而在秋季,成年

表6 不同季节野生环颈雉各类行为的发生频次比例

Table 6 Seasonal frequency percentages of various behaviors in wild common pheasants %

行为类型 Behavior type	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
运动行为 Active behavior	72.72	71.68	48.21	70.59
采食行为 Feeding behavior	13.64	9.73	28.57	17.65
停歇行为 Resting behavior	13.64	13.27	19.64	11.76
警戒行为 Vigilance behavior	0	2.65	1.79	0
育雏行为 Parenting behavior	0	1.79	0	0
清理行为 Cleaning behavior	0	0.88	1.79	0

表7 不同年龄性别组野生环颈雉的行为多样性指数

Table 7 Behavioral diversity indices at different age and sex groups of wild common pheasants

组别 Group	$H_{variable}$	$H$	$r$	$r-variable$
成年雄性 Adult male	1.504	1.287	1.504	1.287
成年雌性 Adult female	2.585	2.322	2.585	2.322
幼体 Nestling	0.582	0.554	0.582	0.554

雄性的 $H$ 和 $r$ 均高于成年雌性；(4)统计检验表明,尽管存在上述季节性波动,行为多样性指数 $H$ 和 $r$ 均无

显著性别组差异( $H: Z = -0.581, P = 0.561; r: Z = -0.866, P = 0.386$ )(图3)。

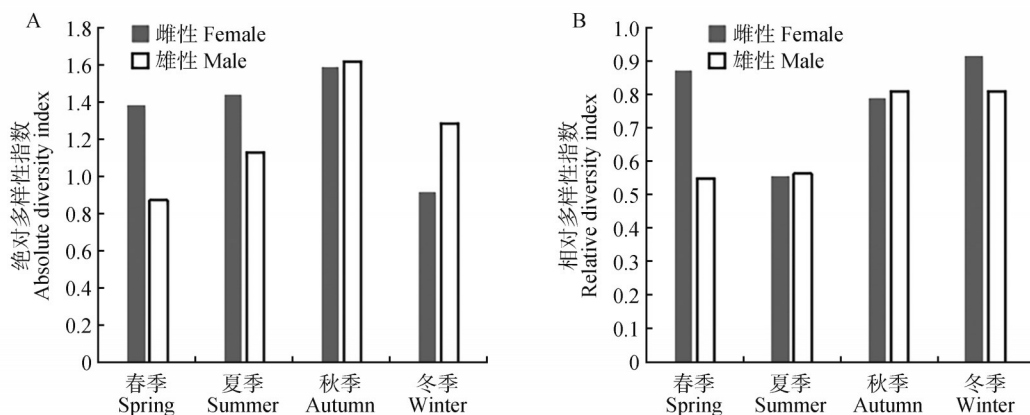


图3 不同季节成年野生环颈雉的行为多样性指数

Figure 3  $H$  and  $r$  of wild common pheasants across seasons

### 3 讨论

生存环境是影响动物行为多样性的关键因素<sup>[36]</sup>。本研究依据年度周期数据发现,野生环颈雉的主要行为包括运动、采食、停歇和警戒,这与圈养个体的主要行为类型(运动、采食和停歇)<sup>[27]</sup>基本一致。然而,由于人工选择和生活环境的差异,圈养与野生环颈雉的行为模式存在一定差异。野生环颈雉的行为种类相较于圈养种更加丰富,增加了奔跑和腾飞2种行为。该结果与宋芬等<sup>[38]</sup>对林麝(*Moschus berezovskii*)以及周一凡等<sup>[7]</sup>对勺鸡的研究结论一致,即野生个体在行为多样性方面普遍高于圈养个体。在行为记录中,育雏行为出现频率较低,这可能是环颈雉在育雏期间警戒及领地意识增强,偏好在隐蔽的树下或密草丛中活动<sup>[37]</sup>,导致该行为较少出现;清理行为出现较少的原因可能是清理行为较多发生在沙土环境中<sup>[25]</sup>,由于红外相机架设位点的环境局限性,导致清理行为较少被捕捉到。此外,Whiteside *et al.*<sup>[39]</sup>研究发现,由于捕食者的威胁以及对自然环境的未知性,野生环颈雉为降低捕食风险,会减少采食的暴露时间并增加警戒行为。

自然季节会影响野生动物的活动强度<sup>[40]</sup>。本研究发现,野生环颈雉在春季的运动行为占比高于其他3个季节。春季为环颈雉的繁殖期,个体通常通过增加运动、扩大活动范围来寻找配偶<sup>[41]</sup>,本研究结果验证了这一结论。赵运林等<sup>[42]</sup>对同为地栖性、一雄多雌制的白颈长尾雉(*Syrnaticus ellioti*)的研究也

发现,其在春季同样会提高运动行为的占比来提高其交配成功的概率。夏季是环颈雉交配繁殖后期,多数个体已进入建巢、孵卵或育雏阶段<sup>[41]</sup>。本研究观察到野生环颈雉在夏季出现育雏行为,同时随着幼体出现,警戒行为发生频率在夏秋季节有所增加。秋季农作物成熟,盘山周边的村民因农业生产会提高人为活动的频率,对环颈雉造成干扰,进一步促使警戒行为增加。此外,秋季采食行为占比高于其他季节,相对应的,运动行为占比却明显减少。这一现象可能与当地植被类型(针阔叶混交林或落叶阔叶林)及物候特征有关,秋季植物开始枯黄,但大部分还未开始脱落,隐蔽条件较好,同时农作物和果实成熟,对野生环颈雉来说获得更多的食物、积累脂肪以度过食物贫乏的冬季是这个季节最重要的行为活动<sup>[43-44]</sup>。此结果与赵序茅等<sup>[45]</sup>对白眼潜鸭(*Aythya nyroca*)的研究结果一致,反映出鸟类在能量储备季节行为策略上的趋同性。

动物的行为多样性存在性别差异<sup>[36]</sup>。本研究基于红外相机技术所建立的行为谱,对野生环颈雉不同年龄性别组的行为多样性进行分析,结果显示,野生成年环颈雉的行为多样性存在性别差异,即成年雌性的 $H_{variable}$ 、 $H$ 、 $r$ 和 $r-variable$ 均高于成年雄性,这可能与两性在繁殖过程中的行为分工有关,如本研究仅发现雌性有育雏行为。此外,成年野生环颈雉在秋季的 $H$ 高于其他季节。秋季农作物成熟,食物资源丰富,野生环颈雉的采食行为频率升高,行为丰富且分布均匀,从而提高了 $H$ 。而在冬季,其 $r$ 最高,

这可能是冬季植被覆盖度降低,减少了隐蔽环境,野生环颈雉会减少活动以降低被天敌捕食的风险,导致行为多样性整体下降<sup>[7]</sup>,进而引起相对行为多样性 $r$ 增高。

#### 4 结论

本研究首次运用红外相机技术建立了野生环颈雉行为谱及PAE编码系统,识别出运动、采食、停歇、警戒、育雏和清理共6类11种行为,并构建了由7种姿势、26种动作和7种环境组成的编码体系。研究发现,其行为以运动、采食和停歇为主,且成年雌性个体的多样性指数均高于雄性和幼体,这可能与其在繁殖周期中承担育雏等更复杂的行为角色有关。尽管本研究取得了阶段性成果,但因监测位点与环境的限制,育雏和清理行为记录较少且未监测到饮水、沙浴、求偶和排泄等行为,这可能与红外相机布设位点的生境特征、研究物种自身活动特点等因素有关。未来研究可通过优化红外相机布设方案、扩大监测范围与时长,以获取更全面的行为数据,从而为环颈雉的行为生态学与保护生物学研究提供更坚实的科学依据。

#### 参考文献:

- [1] 李怡婷. 广东省江门市海域中华白海豚(*Sousa chinensis* Osbeck, 1765)行为谱的构建和行为模式的初步研究[D]. 威海: 山东大学, 2017.
- LI Y T. Preliminary investigations on ethogram and behavior pattern of Chinese white dolphin (*Sousa chinensis* Osbeck, 1765) along the Jiangmen adjacent waters, Guangdong Province [D]. Weihai: Shandong University, 2017.
- [2] 蒋志刚. 动物行为原理与物种保护方法[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 36.
- JIANG Z G. Animal behavior principle and species protection method[M]. Beijing: Science Press, 2004: 36.
- [3] 冀雁蔚, 郝赤, 李晓红. 黄猩猩果蝇梳理行为目录的建立[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2008, 28(1): 17-20.
- JI Y W, HAO C, LI X H. Studies on repertoire of grooming behavior in *Drosophila melanogaster* [J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2008, 28(1): 17-20.
- [4] 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.
- [5] 朱挺兵, 颜文斌, 杨德国. 基于PAE编码系统的短须裂腹鱼行为谱[J]. 中国水产科学, 2018, 25(2): 294-300.
- ZHU T B, YAN W B, YANG D G. PAE coding system-based ethogram of *Schizothorax wangiachii* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2018, 25(2): 294-300.
- [6] LUO S L, WANG P, ZHANG Y F, et al. Ethogram of the Chinese giant salamander during the breeding period based on the PAE coding system[J]. Animals, 2023, 13(23): 3632.
- [7] 周一凡, 赵铁建, 冯小梅, 等. 基于红外相机技术的野生勺鸡行为谱及PAE编码系统[J]. 野生动物学报, 2023, 44(2): 347-357.
- ZHOU Y F, ZHAO T J, FENG X M, et al. Behavioral ethogram and PAE coding system of wild koklass pheasants based on infrared camera technology [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2023, 44(2): 347-357.
- [8] 刘玲, 肖爱刚, 赵铁建, 等. 基于红外相机技术的野生豹猫行为谱和PAE编码系统[J]. 兽类学报, 2023, 43(3): 270-279.
- LIU L, XIAO A G, ZHAO T J, et al. Behavioral ethogram and posture-act-environment coding system of wild leopard cats (*Pri-onailurus bengalensis*) based on infrared camera technology [J]. Acta Theriologica Sinica, 2023, 43(3): 270-279.
- [9] 张佳卉, 张明海, 吴代福, 等. 半散放大熊猫育幼期行为谱及PAE编码系统[J]. 野生动物学报, 2020, 41(2): 296-302.
- ZHANG J H, ZHANG M H, WU D F, et al. Behavior ethogram and PAE coding system of semi-free giant panda during breeding season [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2020, 41(2): 296-302.
- [10] 何晓露, 赵秋程, 冯月婷, 等. 基于PAE编码系统笼养黑叶猴的行为谱[J]. 野生动物学报, 2023, 44(4): 727-743.
- HE X L, ZHAO Q C, FENG Y T, et al. PAE coding system-based ethogram of captive François' langurs in Guangxi, China [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2023, 44(4): 727-743.
- [11] 刘培中, 陈俊竹, 樊荣, 等. 中华秋沙鸭越冬期行为谱及PAE编码系统[J]. 野生动物学报, 2023, 44(1): 106-117.
- LIU P Z, CHEN J Z, FAN R, et al. Ethogram and PAE (posture-act-environment) coding system of scaly-sided merganser during winter [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2023, 44(1): 106-117.
- [12] 高瑞麒, 高海洋, 孙松, 等. 野生中华穿山甲行为谱及PAE编码系统的构建[J]. 野生动物学报, 2024, 45(4): 709-716.
- GAO R Q, GAO H Y, SUN S, et al. Construction of ethogram and PAE coding system of wild Chinese pangolin [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2024, 45(4): 709-716.
- [13] 姜志诚, 梁良, 陈明勇. 昆明翠湖越冬红嘴鸥行为谱及PAE编码系统[J]. 林业调查规划, 2019, 44(4): 29-35; 41.
- JIANG Z C, LIANG L, CHEN M Y. Ethogram and PAE behavior coding system of wintering black-headed gull in Cuihu Park of Kunming [J]. Forest Inventory and Planning, 2019, 44(4): 29-35; 41.
- [14] 巩志伟, 李小龙, 王振龙. 笼养家鸽行为的PAE编码系统研究[J]. 郑州大学学报(理学版), 2015, 47(4): 86-93.

- GONG Z W, LI X L, WANG Z L. Studies on PAE coding system of behaviors in captive pigeons [J]. Journal of Zhengzhou University (Natural Science Edition), 2015, 47(4): 86-93.
- [15] 陈燃, 李进华, 项鹰. 半自然水域长江江豚行为谱的构建[J]. 野生动物学报, 2014, 35(4): 388-393.
- CHEN R, LI J H, XIANG Y. Construction of ethogram of the Yangtze finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides asiaeorientalis*) in a semi-natural water area [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2014, 35(4): 388-393.
- [16] BirdLife International. *Phasianus colchicus* (amended version of 2016 assessment) [JOL]. The IUCN Red List of Threatened Species, 2016: e. T45100023A85926819 (2016-10-01) [2024-11-01]. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T45100023A85926819.en>.
- [17] QU J Y, LIU N F, BAO X K, et al. Phylogeography of the ring-necked pheasant (*Phasianus colchicus*) in China [J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2009, 52(1): 125-132.
- [18] 林力钧, 王文慧, 张琦, 等. 十一个DNA甲基化位点对野生与圈养环颈雉鉴别能力的评价[J]. 野生动物学报, 2025, 46(1): 135-142.
- LIN L J, WANG W H, ZHANG Q, et al. Evaluation of the identification ability of 11 methylation loci between wild and captive common pheasants [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2025, 46(1): 135-142.
- [19] 李宏群, 邢立刚, 韩培士, 等. 陕西黄龙山褐马鸡和环颈雉适宜生境预测及重叠区域[J]. 东北林业大学学报, 2021, 49(12): 84-89.
- LI H Q, XING L G, HAN P S, et al. Suitable habitat prediction and overlap analysis between *Crossoptilon mantchuricum* and *Phasianus colchicus* in Huanglong Mountains, Shaanxi Province [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2021, 49(12): 84-89.
- [20] 邵继峰, 鲁庆彬, 金晶, 等. 清凉峰环颈雉冬季觅食地选择[J]. 浙江林学院学报, 2008, 25(4): 507-512.
- SHAO J F, LU Q B, JIN J, et al. Winter feeding site selection of ring-necked pheasants in Mount Qingliangfeng [J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2008, 25(4): 507-512.
- [21] FERRETTI M, FALCINI F, PACI G, et al. Captive rearing technologies and survival of pheasants (*Phasianus colchicus* L.) after release [J]. Italian Journal of Animal Science, 2012, 11(2): e29.
- [22] CZYŻOWSKI P, BEEGER S, WÓJCIK M, et al. Analysis of the territorial vocalization of the pheasants *Phasianus colchicus* [J]. Animals, 2022, 12(22): 3209.
- [23] 张克勤, 常桂英, 常维毅, 等. 吉林次生阔叶林环颈雉繁殖期的种群数量变化[J]. 四川动物, 2013, 32(5): 777-779.
- ZHANG K Q, CHANG G Y, CHANG W Y, et al. The population dynamics of breeding ring-necked pheasant in the secondary broad-leaved forest of Jilin Province [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2013, 32(5): 777-779.
- [24] 刘明成. 武威东沙窝喜鹊、环颈雉种群数量25年变化[J]. 甘肃林业科技, 2014, 39(4): 15-19.
- LIU M C. Population quantitative change of *Pica pica* and *Phasianus colchicus* of Wuwei Dongshawo in 25 years (1990 to 2014) [J]. Journal of Gansu Forestry Science and Technology, 2014, 39(4): 15-19.
- [25] 史延平. 河北亚种环颈雉的行为观察[J]. 中国畜牧杂志, 1991, 27(5): 42-43.
- SHI Y P. Behavioral observation of *Phasianus colchicus kiangsuensis* [J]. Chinese Journal of Animal Science, 1991, 27(5): 42-43.
- [26] MILLIGAN B N, BRIGHAM R M. The influence of group size on vigilance in captive-raised ring-necked pheasants [J]. The Condor, 1992, 94(3): 787-790.
- [27] ZAPLETAL D, SUCHÝ P, STRAKOVÁ E, et al. Behaviour patterns of the cage-housed breeding flock of pheasants (*Phasianus colchicus*) [J]. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2011, 59(3): 215-220.
- [28] MATEOS C. Sexual selection in the ring-necked pheasant: A review [J]. Ethology Ecology & Evolution, 1998, 10(4): 313-332.
- [29] MATEOS C, CARRANZA J. Effects of male dominance and courtship display on female choice in the ring-necked pheasant [J]. Behavioral Ecology and Sociobiology, 1999, 45(3): 235-244.
- [30] VESTERGAARD K S, BILDSØE M. Dustbathing in relation to early pecking experience in game pheasants (*Phasianus colchicus*) [J]. Acta Veterinaria Brno, 1999, 68(2): 141-148.
- [31] IFTIKHAR A, YAQOOB I. Ecology, behavior and conservation status of ring-necked pheasant (*Phasianus colchicus*): A comprehensive review [J]. Archives of Animal and Poultry Sciences, 2024, 2(4): 555593.
- [32] O'BRIEN T G, KINNAIRD M F, WIBISONO H T. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape [J]. Animal Conservation, 2003, 6(2): 131-139.
- [33] 任青峰, 刘阿妮. 雉鸡行为与对饲养环境适应的研究[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 1998, 26(增刊): 221-224; 228.
- REN Q F, LIU A N. Pheasant's behaviors and their adaptabilities to artificial environment [J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 1998, 26(Suppl.): 221-224; 228.
- [34] 陆克俭. 雉鸡的行为观察[J]. 中国家禽, 1989, 11(2): 17-19.
- LU K J. Observation on the behavior of common pheasant [J]. China Poultry, 1989, 11(2): 17-19.
- [35] 周长海. 笼养雉鸡孵化及育雏行为的观察[J]. 中国家禽, 1993, 15(6): 42-43.

- ZHOU C H. Observation on hatching and brooding behaviors of captive common pheasants [J]. *China Poultry*, 1993, 15 (6) : 42-43.
- [36] CORDERO-RIVERA A. Behavioral diversity (ethodiversity): A neglected level in the study of biodiversity [J]. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2017, 5: 7.
- [37] 乔桂芬. 野生雉鸡求偶行为与繁殖观察[J]. *吉林林业科技*, 2008, 37(4): 24-26.
- QIAO G F. Courtship and breeding behaviors of *Phasianus colchicus* *suehschanensis* [J]. *Jilin Forestry Science and Technology*, 2008, 37(4): 24-26.
- [38] 宋芬, 周芸芸, 黄太福, 等. 基于红外相机技术的林麝行为PAE编码与多样性[J]. *生物多样性*, 2024, 32(6): 24042.
- SONG F, ZHOU Y Y, HUANG T F, *et al.* PAE coding and diversity analysis of *Moschus berezovskii* behavior based on infrared camera technology [J]. *Biodiversity Science*, 2024, 32 (6) : 24042.
- [39] WHITESIDE M A, SAGE R, MADDEN J R. Diet complexity in early life affects survival in released pheasants by altering foraging efficiency, food choice, handling skills and gut morphology [J]. *Journal of Animal Ecology*, 2015, 84(6): 1480-1489.
- [40] PAUL M J, ZUCKER I, SCHWARTZ W J. Tracking the seasons: The internal calendars of vertebrates [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, 2008, 363(1490): 341-361.
- [41] GENOVESI P, BESA M, TOSO S. Habitat selection by breeding pheasants *Phasianus colchicus* in an agricultural area of northern Italy [J]. *Wildlife Biology*, 1999, 5(4): 193-201.
- [42] 赵运林, 吴良, 李立, 等. 人工饲养白颈长尾雉(*Syrnaticus ellioti*)夏、秋季行为节律研究[J]. *生态科学*, 2019, 38(1): 50-56.
- ZHAO Y L, WU L, LI L, *et al.* Behavioral rhythms of Elliot's pheasant (*Syrnaticus ellioti*) during summer and autumn in captivity [J]. *Ecological Science*, 2019, 38(1): 50-56.
- [43] 程晓福, 殷小慧. 宁夏六盘山自然保护区环颈雉秋季栖息地的选择[J]. *野生动物*, 2009, 30(4): 193-196; 200.
- CHENG X F, YIN X H. Autumn habitat selection of common pheasant (*Phasianus colchicus*) in Liupan Mountain National Nature Reserve [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2009, 30 (4) : 193-196; 200.
- [44] 吴至康. 雉鸡食性的初步分析[J]. *动物学杂志*, 1979, 14 (2): 28-30.
- WU Z K. Preliminary analysis on the feeding habits of common pheasants [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1979, 14 (2) : 28-30.
- [45] 赵序茅, 马鸣, 张同. 白眼潜鸭秋季行为时间分配及活动节律[J]. *动物学杂志*, 2013, 48(6): 942-946.
- ZHAO X M, MA M, ZHANG T. Time budget and behavioral diurnal rhythms of the ferruginous ducks in autumn [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2013, 48(6): 942-946.