



繁殖行为与种群管理 Reproductive Behavior and Population Management

圈养野生动物福利
——多维困境和优化路径

刘召丽, 暴文爽, 姜广顺*

(国家林业和草原局猫科动物研究中心, 东北林业大学野生动物与自然保护地学院, 哈尔滨 150040)

稿件运行过程

收稿日期: 2025-04-25

修回日期: 2025-12-25



关键词: 圈养野生动物;
动物福利;
丰容;
游客效应;
行为管理;
福利评估

Keywords: Captive wild animals;
Animal welfare;
Enrichment;
Tourist effect;
Behavioral management;
Welfare assessment

中图分类号: Q958.12

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2026)-01-0030-11

DOI: 10.12375/ysdwxb.202504022

摘要

全球范围内饲养与圈养野生动物的目的是保护、研究、教育和娱乐。保障圈养动物福利不仅是一项道德义务,更是当下的迫切需求。本研究探讨了圈养野生动物的福利现状,评估了当前改善福利的主要策略,并着重剖析了常见的挑战。相较于自然生境,圈养环境下的动物在食物获取、兽医护理及免受捕食风险方面具有一定优势,但是它们在空间活动、社交互动及行为自主性等方面受到诸多限制,这可能导致刻板行为的产生以及慢性压力的积累,对活动范围广泛和认知较复杂的物种影响更为显著。当前改善圈养野生动物福利的主要措施包括丰容、积极强化行为训练和完善的兽医护理体系,此外适度地与人类互动也能对动物福利产生积极效应。但现有丰容措施存在习惯化、收益递减和实施不当等问题,需要持续更新相关策略并充分考虑物种特异性。动物福利评估方面,需从避免痛苦的“五大自由”向涵盖积极体验的“五领域模型”演进,并整合行为观察、生理指标及新兴技术进行多维度评估。未来动物福利科学需强化技术手段的应用,推动纵向与跨机构合作研究,关注动物积极情绪状态,提升公众教育透明度,并将福利纳入保护计划评估体系中,以实现动物福利与保护教育目标的协调统一。

Welfare of Captive Wild Animals:
Complex Dilemmas and Optimization Strategies

LIU Zhaoli, BAO Wenshuang, JIANG Guangshun*

(Feline Research Center of National Forestry and Grassland Administration,
College of Wildlife and Protected Area, Northeast Forestry University,
Harbin 150040, China)

第一作者简介: 刘召丽(2000—),女,硕士研究生;主要从事圈养野生动物行为学研究。E-mail:2636957099@qq.com

*通信作者: 姜广顺, E-mail: jgshun@126.com

Abstract: Wild animals are maintained and raised in captivity worldwide for purposes of conservation, research, education and recreation. The welfare of protecting captive animal is not only a moral obligation, but also an urgent need. The current status of captive wild animal welfare was explored, and the existing major welfare-improving strategies were assessed, and the common challenges were focused on analyzing in this study, respectively. Compared with the natural habitat, captive animals have certain advantages in food availability, veterinary treatment and protection from predators. However, captive animals in spatial mobility, social connections, and behavioral liberty are constrained by multiple factors, which can lead to the development of stereotypic behaviors and accumulation of chronic stress, especially for species with complex cognition and wide ranges. Currently, the main measures to improve the welfare of wild animals in captivity include enrichment, positive reinforcement of behavioral training and perfect veterinary care system. Moreover, moderate human-animal interaction can also have positive effects on animal welfare. However, existing enrichment strategies suffer from habituation, diminishing returns, and improper implementation. It is necessary to continuously update pertinent measures and fully consider species specificity. In terms of animal welfare evaluation, there should be a shift from the pain-avoidance-focused “Five Freedoms” to the positive-experience-encompassing “Five Domains Model” incorporating behavioral observations, physiological indicators, and emerging technologies for a multidimensional assessment. To achieve the coordination and integration of animal welfare and conservation education goals, future animal welfare science should focus on the positive emotional states of animals, improve the transparency of public education, integrate welfare into the evaluation system of conservation programs, strengthen the application of technological tools, and promote longitudinal and cross-institutional collaborative research.

在广义上,动物福利指动物在与人类或环境互动过程中,其整体身心健康与福祉状态,反映动物所处良好状态的程度^[1-3]。在理想福利状态下,动物健康、营养充足、免受痛苦和困扰,并能表现出一系列符合其物种特性的自然行为^[4]。圈养动物在食物供应、兽医护理与免受捕食威胁方面相较野生个体更具优势^[5-6],一些物种在圈养条件下表现出更长的寿命和更强的繁殖能力^[7],但圈养也不同程度地限制了动物的活动空间、饮食多样性、社交机会和行动自由,可能引发异常行为、应激激素水平升高,进而导致一系列健康问题。特别是分布广泛且活动量大的物种,如某些灵长类和大型食肉动物^[8-9],圈养环境对它们的负面影响尤为突出。研究显示,欧洲动物园中的亚洲象(*Elephas maximus*)平均寿命只有野外受保护种群的一半,幼象死亡率则是林区幼象的2倍以上^[10]。

改善圈养野生动物福利在道德和现实层面均具有极为重要的意义^[11]。从道德角度来看,当代社会普遍认同圈养动物应得到妥善对待^[5],享有“值得过的生活”,这一理念已被国内外动物园及实验室动物管理相关法规所采纳^[12-13]。从现实角度考量,动物

福利状况不佳将直接损害圈养机构的核心目标。表现出刻板行为或其他福利问题的动物不仅容易引发公众伦理争议、影响科研数据的可靠性^[14],还会削弱动物园在教育宣传与物种保护方面的公信力^[15]。因此,提升圈养野生动物福利是一个双赢的策略:它不仅使动物本身受益^[16],也提高了圈养计划的成效^[17-18]。目前,许多动物园已设立专门的福利部门^[19],科研机构也广泛采用“3R”(replacement、reduction、refinement,即替代、减少、优化)框架来积极改善动物福利状况^[20-21]。虽然在改善圈养野生动物福利方面已有很多相关举措,但如何实现圈养动物福利的持续提升仍是亟待解决的课题。中国动物园协会在发展规划中强调动物福利是动物园发展的重要内容,越来越多的机构开始使用标准化的福利评估工具,定期监测动物福利状况^[22-23],这种综合管理模式有助于协同维护动物的生理和心理健康。

1 圈养野生动物的福利挑战

圈养环境给野生动物的福利带来诸多挑战。深入了解不同圈养条件下动物的实际生存状况,是有效改善其福利的基础。动物园、实验室与研究机构

以及繁殖中心与救助站这几类典型圈养场所中的某些动物福利问题具有共性特征。

1.1 动物园

现代认证动物园在提升动物福利方面取得了显著进展,但挑战依然存在,特别是对具有广泛空间需求、较高认知能力和复杂社会结构的物种而言。空间限制是动物园面临的核心问题之一,即使按动物园的设计标准,那些看似宽敞的围栏通常也仅占大型猫科(Felidae)动物、熊、象及候鸟等物种自然活动范围的极小比例。由于缺乏足够的空间和环境复杂性,动物园往往难以满足动物特有的资源利用行为,限制了其日常探索与觅食活动,容易引发刻板行为和沮丧、无聊等负面情绪^[24-25]。例如,动物园中的象常表现出频繁摇晃身体的行为,并易遭受关节炎和肥胖等健康问题的困扰,这多与运动受限和坚硬的地面基质密切相关^[26-27]。

除了空间限制外,为动物提供符合物种特异性且动态适宜的社交环境,也是现代动物园管理中的一项核心挑战。群居物种在自然环境中依靠丰富的信息交流构建出复杂的社会系统,社交剥夺或社交结构不当可能对其整体福利造成显著负面影响。例如,对于具高度社会性的灵长类动物而言,单独饲养常导致其出现自伤行为或表现出类似抑郁的情绪状态^[28]。相反,对于具有强烈领地意识或自然独居习性的物种,强行群居则可能导致频繁的攻击性行为和应激反应^[29]。在此类环境中,社会等级较低的个体往往难以躲避优势个体的压迫,从而持续处于福利受损的状态。因此,在动物园中为动物构建适宜的社群结构,是一项复杂且关键的管理任务,需综合考量物种的生态习性、行为需求、空间利用模式与社交策略等因素,以实现动物福利的优化。

此外,在动物园中,动物认知挑战的系统性缺失也是一个突出问题。在自然环境中,动物通过动态空间探索和多模态感官刺激(如气味识别、猎物追踪等)充分表达其行为需求。然而,尽管现代动物园普遍采用“自然化”展区设计,但其在空间结构及感官丰富性方面仍存在局限^[30]。多数展区仅在外观上模拟自然景观,缺乏动态变化机制,难以再现自然环境中因资源竞争、合作觅食等行为所形成的动态社会关系,而人工投喂的普遍实施进一步削弱了环境刺激^[31]。

1.2 实验室与研究机构

出于研究目的而被圈养的野生动物面临一系列

独特的福利挑战。实验用灵长类动物常被长期单独饲养于狭小的金属笼中,易诱发严重的心理障碍^[32];而在自然环境中群居的啮齿类动物,在人工饲养环境下却常因密度过高而遭受拥挤压力,进而引发一系列应激行为^[33]。此外,研究方案中涉及的一些操作程序,如频繁注射、物理束缚和刺激性干预,即便在伦理审查机制的约束下,仍可能诱发动物持续的焦虑状态^[34]。野外捕获的个体在进入实验环境后面临更大的适应挑战。鸟类或小型哺乳动物在转入圈养条件后,常表现出典型的生理应激反应,如糖皮质激素水平升高与免疫功能抑制,且这种应激状态在部分物种中可能持续存在,表明其对圈养环境的适应能力较差^[35]。处于应激状态的动物往往表现出异常的生理指标和行为模式,从而可能干扰实验数据的有效性与可重复性^[36]。实验室和研究机构要努力平衡实验需求和动物福利,必须仔细规划饲养策略和环境布置,为动物提供充足空间和复杂结构,密切监测其应激迹象,并在动物福利受损时及时采取干预措施。

1.3 繁殖中心与救助站

繁殖中心与救助站在圈养野生动物保护管理中承担着不同功能,前者以提升濒危物种的种群数量为核心目标,后者则为濒危、获救、没收或退役个体提供庇护所。繁殖中心的项目常面临保护目标与动物个体福利的权衡困境,其管理策略侧重于提高动物繁殖效率和维持遗传多样性。典型的管理手段包括雄性个体的轮换隔离、促使雌性个体连续进入繁殖周期等,动物在此类干预下可能表现出刻板行为与心理应激反应。Greggor *et al.*^[37]指出,动物保护性繁育与动物福利之间存在协同关系(非应激个体繁殖成功率通常更高),二者在实践中会存在优先级竞争,需通过系统性管理加以协调,以优化繁殖效率与动物福利之间的动态平衡。相较于繁殖中心以种群维持为导向的管理模式,救助站更侧重于圈养动物个体层面的终身福利最大化。但福利导向实践同样面临挑战,包括救助动物复杂的创伤背景^[38]及在资源有限条件下的动物康复和野化困难^[39]。

1.4 游客效应

动物园中独特的人类干扰因素不可忽视。大量游客、噪声、摄影闪光及其他突发刺激,均可能成为动物的应激源^[40-41]。游客与动物的互动具有双重

性：一方面，适度互动可提升公众对动物的同理心与保护意识；另一方面，游客的存在及行为也可能成为压力源，尤其对性格胆怯和警惕性强的物种。研究表明，游客数量的增加可导致灵长类动物表现出更多攻击或回避行为^[40,42]。公众互动对动物的影响在一定程度上受动物个体性情及其先前经验的调节。Sherwen *et al.*^[43]指出，若动物将游客视为潜在威胁，其在高游客密度环境中可能持续处于应激状态。相反，一些生性好奇和已习惯人类存在的物种则可能从中获益，例如在游客能参与投喂的展区中，象将人类与正向激励联系起来，通过与游客互动获得额外的社会性刺激^[44]。但是，一些存在争议的游客互动行为，如抚摸幼崽、骑乘象背、与海豚共泳等，则可能对动物福利构成实质性风险^[45]。研究指出，被游客频繁抚摸的狮(*Panthera leo*)幼崽常表现出较高的皮质醇水平与社交行为异常^[46]。因此，如何科学管理“游客效应”，是动物园动物福利领域亟待解决的重要议题。

为保障动物福利，动物园已采取多项干预措施以缓解游客带来的潜在负面影响。其中包括设置遮蔽区域，允许动物自主规避游客视线，从而赋予动物一定程度的环境控制权。此外，通过开展游客行为教育（如提示禁止敲击玻璃、保持安静）及工作人员及时干预不当行为，有助于营造更稳定的展示环境。在合理管控下的游客互动可视为一种特殊的丰容形式，配合脱敏训练和饲养奖励，可降低动物对游客的应激反应。同时，设置“安静日”或限制游客密度也被认为是平衡动物福利与运营需求的有效策略。未来动物福利研究需进一步量化不同游客行为特征对动物的具体影响，并科学评估各类屏障设施和游客教育措施的实际缓解效果。近年来，红外热成像^[47]、声学监测^[48]等非侵入式技术为此类研究提供了更为客观的量化工具。部分动物园已引入远程互动系统，在减少现场干扰的同时实现公众教育职能，但需确保相关设备布设对动物无负面影响。公众展示是动物园的基本属性之一，确保其与高水平动物福利的兼容性，将是动物园实现可持续发展的重要前提。

2 圈养野生动物福利的优化策略与评估

2.1 丰容

丰容是改善圈养野生动物福利领域中最为人熟知且应用最广泛的方法^[49]。从广义上来说，丰容是

对动物的生活环境进行增添或改造，为其提供新的刺激和表达自然行为的机会^[50]。目前，在动物园、水族馆和实验室中，丰容已成为缓解动物无聊、减少刻板行为并增加行为多样性的常用手段^[51-52]，通常可分为以下5类。(1)营养丰容：基于动物的自然觅食生态设计喂食方式，通过时空异质性投放食物及模拟猎物等方式激活其探索与捕食行为。例如，提供可咀嚼骨骼或活体猎物等复合摄食刺激可显著降低猫科动物刻板性踱步频次^[53]。(2)结构丰容：通过三维空间结构改造（如增设栖架、绳索系统和更换垫料基质）提升环境复杂性，增强动物的空间利用和运动多样性。研究显示，为树栖灵长类增设树冠层绳索桥后，其攀爬和臂展等运动行为增加^[54]；为雪貂(*Mustela putorius furo*)设置挖掘坑^[55]、为亚洲象提供沙浴丘^[56]等微生境模拟措施，有助于动物特定行为的表达与情绪调节。(3)感官丰容：通过跨模态刺激（嗅觉/听觉/视觉）激活动物感知系统。例如：在有猎物气味时，圈养虎(*Panthera tigris*)会表现出与野生同类相似的行为序列^[57]；古典音乐被证实可降低有蹄类动物的外部压力^[58]；视觉刺激（如镜像暴露）可短暂激发鸟类的自我认知行为^[59]。(4)社会丰容：通过优化社群结构促进社会性物种的自然行为表达。同物种个体共栖可显著减少异常行为发生率，跨物种混养可提升环境复杂性^[60]。此外，经过严格训练的、有控的人与动物互动亦被视为社会丰容的辅助形式^[61]。(5)认知丰容：通过设置问题解决型任务激发动物的认知能力。常用策略包括提供可操作的机械装置及数字化交互设备^[62]，此类干预可有效缓解因环境刺激匮乏引发的动物行为抑制与刻板行为循环。

丰容训练可有效提升多种圈养动物的行为多样性并改善福利相关指标，即使是研究相对较少的类群也能从中受益。例如，在观赏鱼运输过程中添加遮蔽物和活体水生植物，能显著减少其因应激引发的游动不稳^[63]。基于体验的动物中心主义革新了传统的丰容理念。以食肉目(Carnivora)为例，饲养策略从投喂静态食物转向投放活体猎物，对动物的捕食行为进行了动态模拟。南京市红山森林动物园致力于营建鸟类友好型园区，明显改善了鸟类丰度和多度^[64]。

2.2 行为管理和兽医干预

积极强化训练(positive reinforcement training,

PRT)是圈养动物行为管理的核心策略之一,其原理是通过正向反馈建立动物自主参与医疗及管理程序的行为模式。例如,灵长类动物可通过PRT学会展示特定身体部位以配合采血、注射或主动进入运输箱、移动至指定区域^[65]。该方法的关键价值在于赋予动物一定程度的行为自主权,从而降低其在操作过程中的应激反应。同时,训练过程本身也具有认知刺激效应,实现了医疗与丰容的双重效益。精细化社群管理旨在动态调控圈养环境中动物的社会性压力源。例如,对狼(*Canis lupus*)进行社群重组时,需依赖对其社会等级结构的准确判断^[66]。有效的社群管理需遵循若干关键原则,包括消除动物慢性社会压力源、支持动物自主社交调节和持续监测动物的社群动态。兽医干预主要体现在预防医学与动物个体健康管理两个层面。针对大型食肉目动物的代谢特征制定精准的饲养方案,可有效减少其肝脏和心血管等方面的疾病^[67]。随着圈养动物寿命普遍延长,老年动物医学日益受到重视,疼痛管理方案的实施显著提升了老年个体的生活质量。通过系统地追踪动物个体福利变化并及时实施医疗干预和环境调整,可实现从传统被动治疗向主动健康管理的转变。总之,将积极强化训练、精细化社群管理和兽医护理结合起来的福利优化策略,能有效缓解圈养动物的身心问题。

2.3 典型动物类群的福利优化

基于分类学特征的行为生物学适配构成现代福利干预的核心范式。针对非人灵长类动物高度社会性与认知复杂性的特征,其福利策略强调社会性饲养和认知刺激^[68-69],通过广泛采用正强化训练,减少麻醉飞镖或强制保定等方式可能造成的创伤。大型猫科、熊科(*Ursidae*)等食肉动物的福利优化聚焦于其自然行为的重建与表达。例如,采用滑轨系统模拟猎物运动轨迹,促进虎、猎豹(*Acinonyx jubatus*)等物种捕食技能的表达;尊重熊科动物的生活节律,通过生态模拟支持其表达冬眠行为^[70]。长鼻目(*Proboscidea*)动物的福利干预应聚焦在三个维度:在认知刺激方面,可通过周期性调整圆木、轮胎等物件的位置,营造动态空间环境;在足部护理方面,可利用多基质分区配合正强化训练,提升依从性;在社群管理方面,应优先保障多代同群的社会性饲养,避免传统拴系与隔离管理模式。海洋哺乳动物的福利管理应依据其行为生态特征实施差异化策略。对于

一些鲸类动物,认知丰容措施包括与目标物互动、进行复杂行为训练及提供声学刺激,并可适度投喂活体饵料以激发其自然觅食行为,但需严格监控水质安全。鳍足类动物则应侧重于支持高速游动的空间布局,并结合猎物模拟装置以增强其运动与捕食能力。针对白鲸(*Delphinapterus leucas*)等深潜物种,可增加池体深度或分层悬挂丰容物以促进其对垂直空间的利用。对于爬行纲(*Reptilia*)动物,其福利保障高度依赖于精确的热梯度调控、紫外线照明及湿度分区等微环境参数的管理,动态丰容策略亦为关键手段。两栖纲(*Amphibia*)动物的福利优化重点在于原生态模拟,包括引入活体植被、设置多样化的水流结构,以及构建季节性气候循环系统。

2.4 圈养野生动物的福利评估

早期的动物福利评估多采用“五大自由”理念作为基准,包括免于饥渴、不适、疼痛、伤害、疾病、恐惧、痛苦和自由表达天性。然而,现代动物福利科学更强调“五领域模型”等更新理论,超越传统的“避免痛苦”范式,强调动物的积极福祉,更全面地理解和改善动物的生活质量^[71-72]。近年来,学术界愈发呼吁将动物的主观体验作为评估核心,并借助科学工具量化圈养动物的福祉状况。动物福利评估方法可分为主观评价和客观评估两大类。主观评价依赖饲养员或观察对动物状态的整体判断,由训练有素的观察者通过定性行为评估(qualitative behavioural assessment, QBA)对动物行为表现给出描述性评分,以此推断其情绪和舒适度^[73]。这为日常福利监测量表的开发奠定了基础,有助于及时发现动物福利问题并评估干预效果^[74]。客观评估则基于可量化的行为学和生理学指标。行为学指标包括正面行为(如游戏、社交)、负面行为(如刻板行为、攻击)以及行为多样性等。行为多样性被认为是福利的重要表征:行为丰富且接近野外模式,通常表示良好福利。此外,积极行为(如繁殖、探索)的出现频率也被用于评估动物心理健康。在生理学指标方面,应激激素水平是关键客观指标。通过检测粪便、尿液、唾液甚至毛发中的皮质醇,可评估动物的慢性应激状态,这种方法已在多个物种中得到验证^[75]。同时,免疫功能、心率变异性、繁殖和健康数据等生理指标也被纳入福利评估体系,用于客观衡量动物的身心健康状态。

单一指标往往难以全面反映动物福利,因而近年来兴起了多指标整合的评估框架。一个典型例子

是动物福利评估网格(Animal Welfare Assessment Grid, AWAG),该工具用于综合记录动物在身体健康、心理状态、环境状况和管理程序四维度的评分^[76]。每个维度下设若干指标,对个体打分后绘制成网格图,从而可视化其整体福利状况。杨勇等^[77]采用模糊层次分析法(fuzzy analytic hierarchy process, FAHP)构建了圈养大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)福利指标体系,涵盖5项准则,涉及25项具体指标。其权重分析表明,生理健康是大熊猫福利中最重要的维度。该研究不仅为评估大熊猫及其他野生动物的福利提供了定量工具,也体现了国内学者在该领域的探索。

除参考上述动物传统行为和生理指标外,科技的进步正为动物福利评估提供新的手段^[78]。非侵入式的生物声学监测为评价动物心理健康指明了新的方向。李晓媛等^[48]指出,利用被动声学监测技术收集动物声学特征,并结合皮质醇等生理指标,可为评估圈养动物的情绪和应激状态提供直接证据。声音监测多年前已用于我国圈养哺乳动物的福利研究^[79-80],为提升我国动物福利提供了多维度的解决方案。此外,视频监控结合人工智能分析动物行为、基于红外热成像检测动物体表温度变化以推断其情绪相关的生理反应、可穿戴生理传感器记录心率和活动量等技术也处于应用探索阶段,这些新兴方法有望进一步提高动物福利评估的精准度和时效性。

3 圈养野生动物福利困境和未来方向

3.1 福利困境

3.1.1 福利干预的局限

尽管多项福利干预措施已成为圈养动物管理的常规操作,但评估其实际效益与潜在局限性仍至关重要。丰容与饲养方式的优化在多数情况下可为动物带来显著的积极影响,但部分措施存在边际效益递减或引发非预期行为反应的风险。动物对重复性刺激存在习惯化趋势,导致干预效果随时间推移逐渐减弱^[81-82]。若丰容方式不当,可能诱发动物的挫败感与资源竞争,进而增加攻击性^[83]。因此,丰容的有效性取决于精细的设计与持续更新,以实现持续的福利提升。

现有福利科学研究多聚焦于减缓动物的负面状态,而对于积极福利的识别与促进方法仍不成熟。

尽管行为多样性指数和游戏行为被用作衡量动物积极福利的替代性指标^[14,84],但通过认知偏差测试等手段直接测量动物积极情绪仍处于发展初期^[85-87]。红外热成像、声学监测与可穿戴设备等技术虽已被用于监测动物的压力水平与活动状态^[88-89],但在解析动物主观体验方面仍存在技术瓶颈。未来需借助神经成像或生物标志物等新技术,进一步突破现有非侵入性测量手段的局限。当前圈养动物福利管理的发展现状表明,标准化的管理方案存在显著的分类学局限。例如,同样的嗅觉丰富措施能显著降低小型和中型食肉动物对旧设施的使用频次,而对大型食肉动物则无显著影响^[90]。物种特异性的福利干预策略标志着福利科学的纵深发展。例如,爬行纲与两栖纲动物的福利保障聚焦于微环境的精准调控,鸟类则需通过合理配置飞行空间并给予丰富的认知刺激来预防刻板行为^[91]。尽管现有的动物福利优化工具集已取得实质性进展,但是其跨物种适用性与长期效果仍需系统验证,这为未来研究确立了关键方向。

3.1.2 福利评估的挑战

当前动物福利研究对鸟类、爬行动物、两栖动物、鱼类及无脊椎动物的福利需求与评估指标关注仍显不足。这类物种在行为或生理层面的应激表现往往不易被察觉,致使蛙类的心理健康状况或爬行动物的应激状态均难以有效评估。与此同时,一些福利评估项目往往仅监测动物基本行为,而未系统地衡量其他福利指标,这可能导致低效或无效的措施持续存在。

在动物福利研究中,对圈养与野生动物的福利比较评估始终是一项持续性的挑战。尽管人们直观认为野生动物具有更高的自由度,但自然环境亦伴随捕食风险、疾病暴露与食物匮乏等生存压力。现有研究表明,一些鸟类及小型灵长类在圈养环境中的寿命普遍长于其野生同类,而象与海洋哺乳动物则表现出相反趋势^[10,92]。但寿命作为单一指标不足以全面反映动物的整体福利水平,因此亟需对野生种群开展多维度福利评估,以构建更具参考价值的福利基线。然而相较圈养动物而言,获取野生个体的高分辨率福利数据更具挑战性,这限制了跨环境福利比较研究的深入发展。但一项创新性的研究发现,圈养东北虎(*Panthera tigris altaica*)对其野生猎

物野猪(*Sus scrofa*)的视觉、听觉和嗅觉刺激表现出本能的偏好^[93],这为优化圈养环境的丰容设计、弥合圈养动物与野生同类在本能行为表达上的差异提供了关键参考。

总之,尽管动物福利科学已建立起较为坚实的研究基础,但仍存在亟待攻克挑战,包括明显的分类学偏倚、对动物积极福利状态理解不足以及评估工具的局限性。对这些结构性问题展开梳理与分析,并制定行之有效的应对策略,对于推动该领域的理论深化与实践改进具有重要意义。

3.2 未来方向

3.2.1 评估优化与数据共享

动物福利评估方法的优化应聚焦于增强数据收集和引入多维生物指标。首先,应更加系统地开展干预前后动物行为和生理数据的收集与分析,全天候客观监测动物对空间的利用状况和丰容措施的响应情况。其次,应扩展生理层面的评估维度。除非侵入性压力激素指标外,还应纳入氧化应激水平及与积极情绪相关的分子标志物,以实现更全面地动物生理状态判断。行为与生理数据的协同应用将显著提升动物福利评估的科学性与精确度,为干预效果的证据化提供坚实基础。

动物福利研究亟需加强纵向设计与跨机构协作。目前多数研究仍集中于短期观察,难以揭示福利干预的长期和累积效应。通过对动物个体从幼年到成年的福利指标进行纵向追踪,可揭示早期经历对长期福利状态的差异性影响。同时,建立统一的福利评估体系,并依托各机构动物数据库开展跨机构协作,将有助于扩大样本规模、提升统计效力。因此,推动纵向研究的系统开展与标准化数据共享机制的构建,是未来动物福利科学深化发展的关键路径。此外,福利评估工具的跨文化适用性也逐步显现。Bacon *et al.*^[94]研究发现,欧洲与中国动物园工作人员在动物福利概念上的认知高度一致,表明动物福利框架具备广泛的文化适应性与实践价值。因此,推动动物福利全球化发展应加强跨区域知识共享与合作,以应对不同地域与管理背景下的实践挑战。

3.2.2 实验创新

在过去的50年里,动物福利科学领域取得了巨大的进步,其关注点已从仅仅评估种群水平的指标(如繁殖成功率)发展到使用多种指示消极和积极福

利状态的参数来评估个体动物的福利。在这一进程中,认知测量与偏好评估仍有应用空间。认知偏差测试可用于评估动物对模糊刺激的情绪性判断,有望揭示传统行为观察难以捕捉的动物主观体验;偏好测试则允许动物在不同的笼舍条件、环境温度或社交对象间进行选择,以识别其实际偏好与福利需求。此外,福利研究应引入更严谨的实验设计,例如ABA逆转设计(基线—干预—撤除),以增强对丰容措施与行为变化间因果关系的识别^[95]。同时,动物护理人员的专业态度、培训水平与参与度在福利措施的执行效果中起决定性作用,即使最优的福利计划若未妥善执行亦可能失败。因此,未来动物福利研究应进一步依托技术手段获取客观数据,进行更长期、跨物种的严格设计,扩大对积极福利指标的应用,并加强人员培训和跨机构大样本协作。

4 结论与展望

4.1 主要发现和见解

尽管圈养环境使动物有效规避了自然环境中的生存风险,但同时引发了空间受限、刺激匮乏与自主性缺失等问题,易导致动物的刻板行为、健康障碍及广域分布或高认知物种的适应困难。基于丰容与积极强化训练的福利干预措施可有效减少动物异常行为和压力。从食肉动物的多模态丰容策略,到灵长类动物的社群性笼舍及象的锻炼计划,满足不同物种的特殊福利需求至关重要。然而,这些策略亦存在局限性,如丰容措施需定期更新以避免习惯化。此外,当前福利研究存在分类学偏倚及对积极情绪评估工具不足的局限,限制了对动物整体福利状态的全面认知与干预策略的优化。因此,未来研究应在扩大物种覆盖的基础上,深化对积极福利指标的开发与应用,以实现更具综合性与持续性的福利提升路径。当代动物伦理研究强调,圈养实践的合理性论证须基于严谨的福利指标评估与生态补偿效能的实证分析^[96],动物福利水平的实现依赖于环境设计与管理策略的质量。近年来,赋予动物更多自主权已成为改善圈养动物福利的重要趋势。与此同时,合理管控公众与动物的互动对于动物福利至关重要,人与动物良好的互动给予动物积极刺激,并且促使公众对动物保护计划秉持更包容的态度^[97]。动物福利的改善与公众教育、物种保护等目标间具有协同效应,福利水平较高的个体更可能展现自然行

为,从而增强公众教育效果、提升繁殖成功率,并为野化放归提供基础。

4.2 展望

圈养野生动物福利的未来发展应以严谨的科学评估和伦理审查为基础,广泛采用标准化的福利评估工具,整合多元技术手段,从活动量监测(加速度计)到基于人工智能的行为分析,以系统监测福利干预效果。同时,应推动基于物种特性和个体差异的个性化福利方案。未来圈养野生动物福利的发展需从系统层面重新审视物种选择、强化庇护所模式,并进一步整合保护与福利目标。动物园可优先展示更能适应圈养环境且有助于实现公众教育与物种保护目标的物种。对于难以适应传统圈养条件的物种,应提供近似自然的半野生环境,以实现更高水平的福利标准。将动物福利理念纳入物种保护项目,亦是未来发展的关键方向。例如,在动物转移过程中,依据激素指标选择低应激时间点。

未来圈养野生动物福利的发展可归纳为三大趋势。其一是推动全球相对统一的福利标准与法规体系,未能满足最低福利标准的机构将面临来自公众监督与政策法规的双重压力。其二是提升公众教育与管理透明度。未来的福利工作应包括引导公众理解动物福利实践,如创建动物个性化网页以增强公众对福利实践的认识与支持。这类举措不仅有助于提升公众参与资金投入,也有助于增强机构的教育职能与社会信誉。其三是深化以动物体验为中心的管理理念,强调动物的选择权、自主性。在丰容技术、福利评估工具及对动物情绪认知等方面取得的进展,将为圈养野生动物福利的提升奠定坚实的科学基础,并成为动物园及保护机构获取社会认可与长期支持的关键条件。

致谢: 本研究得到了国家林业和草原局猫科动物研究中心的大力支持,在此真诚感谢!

参考文献:

- [1] MELLOR D J, PATTERSON-KANE E, STAFFORD K J. The sciences of animal welfare [M]. Oxford: Wiley-Blackwell, 2009: 113-130.
- [2] BIRCH J. Should animal welfare be defined in terms of consciousness? [J]. *Philosophy of Science*, 2022, 89(5): 1114-1123.
- [3] BROOM D M. Animal welfare: Concepts and measurement [J]. *Journal of Animal Science*, 1991, 69(10): 4167-4175.
- [4] YEATES J W, MAIN D C J. Assessment of positive welfare: A review[J]. *The Veterinary Journal*, 2008, 175(3): 293-300.
- [5] BROWNING H, VEIT W. Freedom and animal welfare[J]. *Animals*, 2021, 11(4): 1148.
- [6] DIVINCENTI L, Jr, MCDOWELL A, HERRELKO E S. Integrating individual animal and population welfare in zoos and aquariums [J]. *Animals*, 2023, 13(10): 1577.
- [7] MARGRY K, HEITMANS W R B. Exceptional longevity of a male Madeira rock lizard *Teira dugesii* maintained in captivity for 41 years[J]. *Herpetological Bulletin*, 2021, 155: 15-17.
- [8] ARBOGAST D M, CREWS D E, MCGRAW W S, et al. Demography and epidemiology of captive former biomedical research chimpanzees (*Pan troglodytes*) 1: Survival and mortality [J]. *American Journal of Primatology*, 2023, 85(4): e23466.
- [9] VEASEY J S. Can zoos ever be big enough for large wild animals? A review using an expert panel assessment of the psychological priorities of the Amur tiger (*Panthera tigris Altaica*) as a model species [J]. *Animals*, 2020, 10(9): 1536.
- [10] CLUBB R, ROWCLIFFE M, LEE P, et al. Compromised survivorship in zoo elephants [J]. *Science*, 2008, 322(5908): 1649.
- [11] VEASEY J S. Differing animal welfare conceptions and what they mean for the future of zoos and aquariums, insights from an animal welfare audit [J]. *Zoo Biology*, 2022, 41(4): 292-307.
- [12] Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes [Z/OL]. (2019-06-26) [2025-04-20]. <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/63/oj>.
- [13] 李雪. 我国野生表演动物法律保护问题研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2022.
LI X. Study on the legal protection of wild performance animals in China [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2022.
- [14] MILLER L J, VICINO G A, SHEFTEL J, et al. Behavioral diversity as a potential indicator of positive animal welfare[J]. *Animals*, 2020, 10(7): 1211.
- [15] MILLER L J. Visitor reaction to pacing behavior: Influence on the perception of animal care and interest in supporting zoological institutions[J]. *Zoo Biology*, 2012, 31(2): 242-248.
- [16] MILLER L J, LAUDERDALE L K, MELLEN J D, et al. Relationships between animal management and habitat characteristics with two potential indicators of welfare for bottlenose dolphins under professional care [J]. *PLoS One*, 2021, 16(8): e0252861.
- [17] FINCH K, SACH F, FITZPATRICK M, et al. Longitudinal improvements in zoo-housed elephant welfare: A case study at ZSL Whipsnade Zoo [J]. *Animals*, 2020, 10(11): 2029.
- [18] 闫蔚然. 基于音频的大熊猫交配结果预测 [D]. 成都: 四川大学, 2021.
YAN W R. Audio-based prediction of giant panda mating [D]. Chengdu: Sichuan University, 2021.
- [19] MILLER L J, CHINNADURAI S K. Beyond the five freedoms: animal welfare at modern zoological facilities [J]. *Animals*, 2023, 13(11): 1818.

- [20] LAVELLE K, FOUAD K, ILLES J. Stepwise imperatives for improving the protection of animals in research and education in Canada [J]. *Animals*, 2024, 14(19): 2755.
- [21] ANUP A, DIETERICH S, OREFFO R O C, *et al.* Embracing ethical research: Implementing the 3R principles into fracture healing research for sustainable scientific progress [J]. *Journal of Orthopaedic Research*, 2024, 42(3): 568–577.
- [22] RACCIATTI D S, FELD A, RIAL L A, *et al.* Aekonc-AWA: A multi-species animal welfare assessment protocol for wild animals under human care to overcome the use of generic welfare checklists [J]. *Frontiers in Veterinary Science*, 2022, 9: 1033821.
- [23] JONES N, SHERWEN S L, ROBBINS R, *et al.* Welfare assessment tools in zoos: From theory to practice [J]. *Veterinary Sciences*, 2022, 9(4): 170.
- [24] BANDELI M, MELLOR E L, KROSHKO J, *et al.* The welfare problems of wide-ranging Carnivora reflect naturally itinerant lifestyles [J]. *Royal Society Open Science*, 2023, 10(9): 230437.
- [25] MASON G, CLUBB R, LATHAM N, *et al.* Why and how should we use environmental enrichment to tackle stereotypic behaviour? [J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2007, 102(3/4): 163–188.
- [26] READYHOUGH T S, JOSEPH S, DAVIS M, *et al.* Impacts of socialization on bull Asian elephant (*Elephas maximus*) stereotypical behavior [J]. *Journal of Zoological and Botanical Gardens*, 2022, 3(1): 113–130.
- [27] DOYLE C, RALLY H, O’ BRIEN L, *et al.* Continuing challenges of elephant captivity: The captive environment, health issues, and welfare implications [J]. *PeerJ*, 2024, 12: e18161.
- [28] NOVAK M A. Self-Injurious behavior in rhesus macaques: Issues and challenges [J]. *American Journal of Primatology*, 2021, 83(6): e23222.
- [29] MACDONALD D W, LOVERIDGE A J. The biology and conservation of wild felids [M]. Oxford: Oxford University Press, 2010: 125–160.
- [30] ZACCHI A, BANDOLI F, ACCORSI P A, *et al.* Enclosure design and welfare of plains zebras: Impact of enclosure design on behavior and space use of plains zebras under human care [J]. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 2024, 27(4): 779–795.
- [31] PUEHRINGER-STURMAYR V, FIBY M, BACHMANN S, *et al.* Effects of food-based enrichment on enclosure use and behavioral patterns in captive mammalian predators: A case study from an Austrian wildlife park [J]. *PeerJ*, 2023, 11: e16091.
- [32] DE LA BARRERA CARDOZO M, CHIBA DE CASTRO W A, AGUIAR L M. Stress behaviors in captive robust capuchins: Effects of humidity, visitors, management and sex [J]. *American Journal of Primatology*, 2021, 83(7): e23265.
- [33] BEERY A K, KAUFER D. Stress, social behavior, and resilience: Insights from rodents [J]. *Neurobiology of Stress*, 2015, 1: 116–127.
- [34] OPPLER S H, PALMER S D, PHU S N, *et al.* The role of behavioral management in enhancing clinical care and efficiency, minimizing social disruption, and promoting welfare in captive primates [J]. *Veterinary Sciences*, 2024, 11(9): 401.
- [35] DURANT S, LOVE A C, BELIN B, *et al.* Captivity alters neuroendocrine regulators of stress and reproduction in the hypothalamus in response to acute stress [J]. *General and Comparative Endocrinology*, 2020, 295: 113519.
- [36] MADDEN A A, OLIVERIO A M, KEARNS P J, *et al.* Chronic stress and captivity alter the cloacal microbiome of a wild songbird [J]. *The Journal of Experimental Biology*, 2022, 225(7): jeb243176.
- [37] GREGGOR A L, VICINO G A, SWAISGOOD R R, *et al.* Animal welfare in conservation breeding: Applications and challenges [J]. *Frontiers in Veterinary Science*, 2018, 5: 323.
- [38] KALOGEROPOULU S K, LLOYD E J, RAUCH H, *et al.* Chronic cholecystitis: Diagnostic and therapeutic insights from formerly bile-farmed Asiatic black bears (*Ursus thibetanus*) [J]. *PLoS One*, 2022, 17(3): e0264391.
- [39] WILLETTE M, ROSENHAGEN N, BUHL G, *et al.* Interrupted lives: Welfare considerations in wildlife rehabilitation [J]. *Animals*, 2023, 13(11): 1836.
- [40] LEWIS R N, CHANG Y M, FERGUSON A, *et al.* The effect of visitors on the behavior of zoo-housed western lowland gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*) [J]. *Zoo Biology*, 2020, 39(5): 283–296.
- [41] WARK J D, SCHOOK M W, DENNIS P M, *et al.* Do zoo animals use off-exhibit areas to avoid noise? A case study exploring the influence of sound on the behavior, physiology, and space use of two pied tamarins (*Saguinus bicolor*) [J]. *American Journal of Primatology*, 2023, 85(3): e23421.
- [42] SHERWEN S L, HARVEY T J, MAGRATH M J L, *et al.* Effects of visual contact with zoo visitors on black-capped capuchin welfare [J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2015, 167: 65–73.
- [43] SHERWEN S L, HEMSWORTH P H. The visitor effect on zoo animals: Implications and opportunities for zoo animal welfare [J]. *Animals*, 2019, 9(6): 366.
- [44] FERNANDEZ E J, UPCHURCH B, HAWKES N C. Public feeding interactions as enrichment for three zoo-housed elephants [J]. *Animals*, 2021, 11(6): 1689.
- [45] D’CRUZE N, KHAN S, CARDER G, *et al.* A global review of animal-visitor interactions in modern zoos and aquariums and their implications for wild animal welfare [J]. *Animals*, 2019, 9(6): 332.
- [46] CHORNEY S, DEFALCO A, JACQUET J, *et al.* Poor welfare indicators and husbandry practices at lion (*Panthera leo*) “cub-petting” facilities: Evidence from public YouTube videos [J]. *Animals*, 2022, 12(20): 2767.
- [47] MOTA-ROJAS D, PEREIRA A M F, MARTÍNEZ-BURNES J, *et al.* Thermal imaging to assess the health status in wildlife animals under human care: Limitations and perspectives [J]. *Animals*, 2024, 14(19): 2755.

- mals, 2022, 12(24): 3558.
- [48] 李晓媛, 张雯丽, 田澍辽, 等. 动物园基于生物声学监测的动物福利评价进展[J]. 生物多样性, 2024, 32(10): 33-48.
LI X Y, ZHANG W L, TIAN S L, *et al.* Advances in bioacoustic monitoring and animal welfare assessment in zoos [J]. Biodiversity Science, 2024, 32(10): 33-48.
- [49] 吴海丽, 沙炳福, 朱建青, 等. 通过环境丰富提高圈养野生动物福利[J]. 野生动物学报, 2015, 36(4): 463-467.
WU H L, SHA B F, ZHU J Q, *et al.* Improve the welfare of captive animals by environmental enrichment [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2015, 36(4): 463-467.
- [50] YOUNG R J. Environmental enrichment for captive animals [M]. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2013: 1-19.
- [51] 胡新波, 何鑫, 黄淑芳, 等. 环境丰富对笼养川金丝猴日常行为以及粪便皮质醇水平的影响[J]. 兽类学报, 2015, 35(3): 304-311.
HU X B, HE X, HUANG S F, *et al.* Effects of environmental enrichment on behaviors and fecal cortisol levels in captive golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) [J]. Acta Theriologica Sinica, 2015, 35(3): 304-311.
- [52] MELLOR D J, HUNT S, GUSSET M. Caring for wildlife: The world zoo and aquarium animal welfare strategy [M]. Gland: WAZA Executive Office, 2015: 34-37.
- [53] SKIBIEL A L, TREVINO H S, NAUGHER K. Comparison of several types of enrichment for captive felids [J]. Zoo Biology, 2007, 26(5): 371-381.
- [54] CHAN B P L, LO Y F P, HONG X J, *et al.* First use of artificial canopy bridge by the world's most critically endangered primate the Hainan gibbon *Nomascus hainanus* [J]. Scientific Reports, 2020, 10: 15176.
- [55] DANCER A M M, DÍEZ-LEÓN M, BIZLEY J K, *et al.* Housing and environmental enrichment of the domestic ferret: A multi-sector survey [J]. Animals, 2022, 12(9): 1065.
- [56] REES P A. Asian elephants (*Elephas maximus*) dust bathe in response to an increase in environmental temperature [J]. Journal of Thermal Biology, 2002, 27(5): 353-358.
- [57] SMITH J L D, MCDUGAL C, MIQUELLE D. Scent marking in free-ranging tigers, *Panthera tigris* [J]. Animal Behaviour, 1989, 37: 1-10.
- [58] CIBOROWSKA P, MICHALCZUK M, BIEŃ D M. The effect of music on livestock: Cattle, poultry and pigs [J]. Animals, 2021, 11(12): 3572.
- [59] PRIOR H, SCHWARZ A, GÜNTÜRKÜN O. Mirror-induced behavior in the magpie (*Pica pica*): Evidence of self-recognition [J]. PLoS Biology, 2008, 6(8): e202.
- [60] LEONARDI R, BUCHANAN-SMITH H M, DUFOUR V, *et al.* Living together: Behavior and welfare in single and mixed species groups of capuchin (*Cebus apella*) and squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) [J]. American Journal of Primatology, 2010, 72(1): 33-47.
- [61] CLAXTON A M. The potential of the human-animal relationship as an environmental enrichment for the welfare of zoo-housed animals [J]. Applied Animal Behaviour Science, 2011, 133(1/2): 1-10.
- [62] HRYHORENKO L, MCWHORTER T, WHITTAKER A, *et al.* The use of technology as environmental enrichment in zoos: A scoping review [J]. Animal Welfare, 2025, 34: e73.
- [63] VANDERZWALMEN M, CAREY P, SNELGROVE D, *et al.* Benefits of enrichment on the behaviour of ornamental fishes during commercial transport [J]. Aquaculture, 2020, 526: 735360.
- [64] 李贝. 鸟类友好型动物园的营建: 以南京市红山森林动物园为例 [J]. 江苏林业科技, 2023, 50(5): 39-45.
LI B. Construction of bird-friendly zoo: Taking Nanjing Hongshan Forest Zoo as an example [J]. Journal of Jiangsu Forestry Science & Technology, 2023, 50(5): 39-45.
- [65] PERLMAN J E, BLOOMSMITH M A, WHITTAKER M A, *et al.* Implementing positive reinforcement animal training programs at primate laboratories [J]. Applied Animal Behaviour Science, 2012, 137(3/4): 114-126.
- [66] SUNDERRAJ J, RABE J W, CASSIDY K A, *et al.* Breeding displacement in gray wolves (*Canis lupus*): Three males usurp breeding position and pup rearing from a neighboring pack in Yellowstone National Park [J]. PLoS One, 2022, 17(11): e0256618.
- [67] ROBBINS C T, TOLLEFSON T N, RODE K D, *et al.* New insights into dietary management of polar bears (*Ursus maritimus*) and brown bears (*U. arctos*) [J]. Zoo Biology, 2022, 41(2): 166-175.
- [68] MAYAGOITIA-NOVALES L, CERDA-MOLINA A L, MARTÍN-GUERRERO M A, *et al.* The comparative effect of occupational and musical enrichment on fecal glucocorticoid metabolite levels in a captive colony of stump-tail macaques (*Macaca arctoides*) [J]. Biology, 2024, 13(2): 124.
- [69] PADRELL M, AMICI F, CÓRDOBA M P, *et al.* Artificial termite-fishing tasks as enrichment for sanctuary-housed chimpanzees: Behavioral effects and impact on welfare [J]. Animals, 2021, 11(10): 2941.
- [70] DORI P, ANASTASIO I, MACCHI E, *et al.* Hibernating or not hibernating? Brown bears' response to a mismatch between environmental natural cues and captive management, and its welfare implications [J]. PLoS One, 2024, 19(7): e0306537.
- [71] MELLOR D J. Updating animal welfare thinking: Moving beyond the "five freedoms" towards "a life worth living" [J]. Animals, 2016, 6(3): 21.
- [72] LITTLEWOOD K E, HESLOP M V, COBB M L. The agency domain and behavioral interactions: Assessing positive animal welfare using the five domains model [J]. Frontiers in Veterinary Science, 2023, 10: 1284869.
- [73] ROSE P, RILEY L M. The use of qualitative behavioural assessment to zoo welfare measurement and animal husbandry change [J]. Journal of Zoo and Aquarium Research, 2019, 7(4): 150-161.

- [74] TALLO-PARRA O, SALAS M, MANTECA X. Zoo animal welfare assessment: Where do we stand? [J]. *Animals*, 2023, 13(12): 1966.
- [75] 窦金焕, 李钟淑, 徐青, 等. 毛发皮质醇激素作为慢性应激评定指标的研究进展 [J]. *中国畜牧兽医*, 2015, 42(9): 2405-2410.
DOU J H, LI Z S, XU Q, *et al.* Research progress on hair Cortisol as evaluation indicators of chronic stress [J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2015, 42(9): 2405-2410.
- [76] JUSTICE W S M, O'BRIEN M F, SZYSZKA O, *et al.* Adaptation of the animal welfare assessment grid (AWAG) for monitoring animal welfare in zoological collections [J]. *Veterinary Record*, 2017, 181(6): 143.
- [77] 杨勇, 赵英杰, 贾竞波. 基于FAHP的圈养大熊猫福利指标评价体系构建与重要性分析 [J]. *林业科技*, 2019, 44(2): 12-15.
YANG Y, ZHAO Y J, JIA J B. Fahp-based index evaluation system for captive giant *Ailuropoda melanoleuca* welfare and its importance analysis [J]. *Forestry Science & Technology*, 2019, 44(2): 12-15.
- [78] DIANA A, SALAS M, PEREBOOM Z, *et al.* A systematic review of the use of technology to monitor welfare in zoo animals: Is there space for improvement? [J]. *Animals*, 2021, 11(11): 3048.
- [79] PLATTO S, WANG D, WANG K X. Variation in the emission rate of sounds in a captive group of false killer whales *Pseudorca crassidens* during feedings: Possible food anticipatory vocal activity? [J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2016, 34(6): 1218-1237.
- [80] YAN W R, TANG M L, CHEN Z Y, *et al.* Automatically predicting giant panda mating success based on acoustic features [J]. *Global Ecology and Conservation*, 2020, 24: e01301.
- [81] LEE K, 钟曼娜, 刘世歆, 等. 玩具丰富对圈养白颊长臂猿行为的影响 [J]. *四川动物*, 2016, 35(6): 860-864.
LEE K, ZHONG M N, LIU S X, *et al.* Effects of environmental enrichment on the behaviors of the captive *Nomascus leucogenys* in Beijing Zoo [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2016, 35(6): 860-864.
- [82] ANDERSON C, ARUN A S, JENSEN P. Habituation to environmental enrichment in captive sloth bears: Effect on stereotypies [J]. *Zoo Biology*, 2010, 29(6): 705-714.
- [83] GIL-DOLZ J, AYUSO P R, RIBA D, *et al.* Neighbors, pros and cons: Impact of intergroup interactions on the welfare of captive chimpanzee groups (*Pan troglodytes*) [J]. *Ecologies*, 2024, 5(2): 279-295.
- [84] YAMANASHI Y, NOGAMI E, TERAMOTO M, *et al.* Adult-adult social play in captive chimpanzees: Is it indicative of positive animal welfare? [J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2018, 199: 75-83.
- [85] KOŠŤÁL L, SKALNÁ Z, PICHOVÁ K. Use of cognitive bias as a welfare tool in poultry [J]. *Journal of Animal Science*, 2020, 98(Supplement_1): S63-S79.
- [86] NEMATIPOUR B, BRAČIĆ M, KROHS U. Cognitive bias in animal behavior science: A philosophical perspective [J]. *Animal Cognition*, 2022, 25(4): 975-990.
- [87] MENDEL M, BURMAN O H P, PARKER R M A, *et al.* Cognitive bias as an indicator of animal emotion and welfare: Emerging evidence and underlying mechanisms [J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2009, 118(3/4): 161-181.
- [88] ROSS S R, LAKE B R, FULTZ A, *et al.* An evaluation of thermal imaging as a welfare monitoring tool for captive chimpanzees [J]. *Primates*, 2021, 62(6): 919-927.
- [89] 王虎诚, 魏齐, 杜伟, 等. 被动声学监测技术在九里湖湿地公园鸟类监测中的应用研究 [J]. *江苏林业科技*, 2023, 50(3): 30-36.
WANG H C, WEI Q, DU W, *et al.* Study on the application of passive acoustic monitoring technology in bird monitoring in Jiulihu Wetland Park [J]. *Journal of Jiangsu Forestry Science & Technology*, 2023, 50(3): 30-36.
- [90] 曹雅妮, 黄心蕊, 张媛媛, 等. 狒狒圈舍废弃栖杠的嗅觉丰富对圈养食肉动物行为的影响 [J]. *兽类学报*, 2023, 43(1): 59-68.
CAO Y N, HUANG X R, ZHANG Y Y, *et al.* Effects of olfactory enrichment using logs used by baboons on behaviors of captive carnivores [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2023, 43(1): 59-68.
- [91] PHILLIPS C J C, FARRUGIA C, LIN C H, *et al.* The effect providing space in excess of standards on the behaviour of budgerigars in aviaries [J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2018, 199: 89-93.
- [92] TIDIÈRE M, GAILLARD J M, BERGER V, *et al.* Comparative analyses of longevity and senescence reveal variable survival benefits of living in zoos across mammals [J]. *Scientific Reports*, 2016, 6: 36361.
- [93] WANG Q, LIU D, HOLYOAK M, *et al.* Innate preference for native prey and personality implications in captive Amur tigers [J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2019, 210: 95-102.
- [94] BACON H, VIGORS B, SHAW D J, *et al.* Is animal welfare an internationally understood concept in the zoo world? Thematic analysis of two regional groups of zoo staff [J]. *Animals*, 2021, 11(7): 2059.
- [95] RACHINAS-LOPES P, ROCHA I C, DIAS T, *et al.* The effects of enrichment on zoo-housed scarlet ibis behavior [J]. *Animals*, 2024, 14(13): 1903.
- [96] MINTEER B A, COLLINS J P. Ecological ethics in captivity: Balancing values and responsibilities in zoo and aquarium research under rapid global change [J]. *ILAR Journal*, 2013, 54(1): 41-51.
- [97] GODINEZ A M, FERNANDEZ E J. What is the zoo experience? How zoos impact a visitor's behaviors, perceptions, and conservation efforts [J]. *Frontiers in Psychology*, 2019, 10: 1746.