



疾病诊断与防控 Disease Diagnosis, Treatment and Prevention

圈养非洲象蹄甲开裂的综合诊疗

霍永腾[#], 王璐[#], 胥哲, 焦思敏, 赵旭,
李曦, 王宇奇, 王昕, 普天春^{*}, 赵娟^{*}

(北京动物园管理处, 圈养野生动物技术北京市重点实验室, 北京 100044)

稿件运行过程

收稿日期: 2025-09-25

修回日期: 2025-10-14



关键词: 非洲象;

蹄甲开裂;

荧光生物调节;

综合治疗;

行为管理

Keywords: African elephant (*Loxodonta africana*);

Toenail crack;

Fluorescence biomodulation;

Comprehensive treatment;

Behavior management

中图分类号: Q959.8

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2026)-01-0055-06

DOI: 10.12375/ysdwxb.202509020

摘要

蹄部疾病是影响圈养象健康与福利的常见隐患,其中蹄甲开裂易引发继发感染并损害运动功能,严重影响其生存质量。本报告详细记录了一例圈养雄性非洲象(*Loxodonta africana*)严重蹄甲开裂病例的综合诊疗过程。该病例于2024年1月在北京动物园确诊,其左前肢中趾见一长达60 mm的纵向蹄甲开裂。治疗采用以荧光生物调节疗法(肤维安PHOVIA系统,蓝光波长440~460 nm)为核心的综合方案,每周治疗1次,共20次,并辅以绿勒修蹄喷剂局部护理、祖诺消毒剂环境与蹄部消毒,同时优化饲养环境并实施基于正强化的行为干预。经7个月治疗,患象蹄甲完全康复,新生蹄甲长达52 mm,裂缝完全闭合。本研究首次量化该个体蹄甲的完全替换周期为6~7个月,治疗期间蹄甲生长速率显著提高。研究表明,荧光生物调节技术结合局部护理与行为管理的综合策略,对圈养象顽固性蹄甲开裂疗效显著。该方案不仅为临床治疗提供了有效的新路径,也为优化圈养非洲象蹄部健康管理体系积累了重要的实践参考数据。

Comprehensive Diagnosis and Treatment of a Toenail Crack in a Captive African Elephant

HUO Yongteng[#], WANG Lu[#], XU Zhe, JIAO Simin, ZHAO Xu,
LI Xi, WANG Yuqi, WANG Xin, PU Tianchun^{*}, ZHAO Juan^{*}(Beijing Zoo, Beijing Key Laboratory of Captive Wildlife Technologies,
Beijing 100044, China)

第一作者简介: 霍永腾(1988—),男,兽医师;主要从事野生动物疫病防控研究。E-mail: huoyongteng@126.com

[#] 共同第一作者: 霍永腾; 王璐^{*} 通信作者: 普天春, E-mail: putianchun0628@sina.com; 赵娟, E-mail: 275074123@qq.com

Abstract: Foot diseases are common hidden dangers to health and welfare concern in captive elephants, with hoof wall cracks being particularly problematic due to the risk of secondary infection, impaired locomotion, and reduced quality of life. This report details the comprehensive diagnosis and management of a severe toenail crack in a captive male African elephant (*Loxodonta africana*). The case was diagnosed in January 2024 at Beijing Zoo, presenting as a 60 mm longitudinal fissure in the medial toe of the left forelimb. Treatment consisted of an integrated protocol centered on fluorescence biomodulation therapy (PHOVIA system, blue light wavelength at 440–460 nm), administered once a week for 20 sessions in total, and supplemented with local care using Lvlle Hoof Care Spray, environmental and hoof disinfection with Zoono disinfectant, and optimized husbandry and positive reinforcement-based interventions. After seven months of treatment, the toenail achieved complete recovery, with 52 mm of new nail growth and full fissure closure. This study provides the first quantified record of a complete hoof replacement cycle in this individual, estimated at 6–7 months, and the growth rate of the hoof nail increased significantly during the treatment period. The results demonstrate that a combined strategy of fluorescence biomodulation, targeted local care and behavioral management is highly effective in treating refractory toenail cracks in captive elephants. This protocol not only offers a novel and effective clinical approach but also provides valuable practical data to improve hoof health management systems for captive African elephants.

象(Elephantidae)是现存体型最大的陆生哺乳动物,以其独特的形态结构、复杂的社会行为和突出的认知能力成为备受关注的物种。它们在动物园公众教育、物种保护宣传和科学研究中均具有重要价值。然而,圈养环境下象的蹄部健康问题十分普遍。研究表明,约50%的圈养象存在不同程度的蹄部病变,而在硬质地面饲养的个体中,该比例可高达80.4%^[1-3]。蹄病不仅直接影响其运动与站立舒适度,也严重损害其整体福利,因此发展安全、有效的防治策略尤为迫切。

光生物调节疗法(photo-biomodulation therapy, PBMT)是一种非侵入性的物理治疗手段,通过特定波长(通常为红光或近红外光)的光照射调节细胞功能、促进组织修复,已广泛应用于镇痛、抗炎和创面愈合等领域^[4-7]。荧光生物调节技术(fluorescence biomodulation)是PBMT的一种发展形式,其核心是采用特定波长(440~460 nm)的蓝光LED照射预先涂布的光转换凝胶,通过斯托克斯位移效应激发产生波长范围更宽(450~700 nm)的荧光。不同波长的光可穿透至不同组织深度(如蓝光作用于表皮,红光可达皮下组织),从而实现分层靶向治疗,兼具抗炎、抗感染和促进组织再生的多重效应。肤维安(PHOVIA)荧光生物调节仪是该技术的成熟应用设备,已在小动物皮肤病治疗中显示出良好效果^[8]。鉴于传统方法治疗圈养象蹄甲开裂等顽固性问题存

在愈合慢、易感染等局限,以及荧光生物调节技术在组织修复中的潜力,本研究采用该技术进行临床治疗,旨在评估其应用效果,为该类疾病的综合防控提供新方案和数据支持。

1 材料与方法

1.1 病例信息与饲养管理

患象为北京动物园自繁雄性非洲象(*Loxodonta africana*),2016年出生。该象饲养于内舍为水泥地面、外运动场为沙土地面(约1 000 m²)的圈舍中。圈舍配备用于蹄部护理的正强化训练设施,以及高度约50 cm的取食器以鼓励自然采食行为。

1.2 病史与临床诊断

2024年1月初,该象左前肢中趾蹄甲出现严重纵向开裂。临床检查见裂缝长达60 mm,近乎贯穿整个蹄甲;触诊患部无肿胀、皮温正常,动物精神、食欲及运动未见明显异常,排除急性感染与炎症。追溯病史,该趾近2年内曾有轻度开裂史,分析其成因可能与冬季干燥、地面硬质摩擦等因素有关。

1.3 综合治疗与护理方案

基于对患象病况的临床诊断,制定并实施为期7个月(2024年1—7月)的综合治疗计划。

1.3.1 核心治疗

采用肤维安(PHOVIA)荧光生物调节仪进行荧光生物调节治疗。治疗方案:以440~460 nm蓝光

照射治疗, 单次照射时长为5 min, 每周一次, 累计治疗20次, 旨在利用特定光波促进局部组织修复与角质健康。

1.3.2 辅助护理

辅助护理包括局部护理、环境卫生与行为管理3个维度。(1)局部护理: 对蹄甲开裂部位实施分阶段护理。在治疗初期, 每日使用绿勒修蹄喷剂清洗与保湿, 确保其均匀覆盖裂纹及周边1~2 cm区域; 待病情稳定后(蹄甲脆性降低、无新发裂纹), 护理频率调整为每周2或3次, 以维持蹄甲湿度并预防复发, 直至痊愈。(2)环境卫生管理: 执行严格的日常消毒制度。每日清扫时使用祖诺消毒剂对患象圈舍及运动场进行全覆盖喷洒消毒, 确保消毒液作用时间不少于15 min, 以有效降低环境中病原微生物载量。(3)行为管理: 天气适宜时, 每日将患象外放至湿润沙土运动场不少于2 h, 利用沙土的缓冲与保湿特性辅助软化蹄部角质、促进局部血液循环。圈舍配备高度约50 cm的铁笼取食器, 内置新鲜草料, 鼓励患象自主采食与活动, 促进蹄部功能恢复。

1.4 数据收集

在每次治疗前, 由固定兽医师使用数显游标卡尺(精度0.01 mm)测量蹄甲总长度、裂缝长度及新

生蹄甲长度, 同时记录动物行为表现。数据采用Excel 2021进行处理与分析。

2 结果

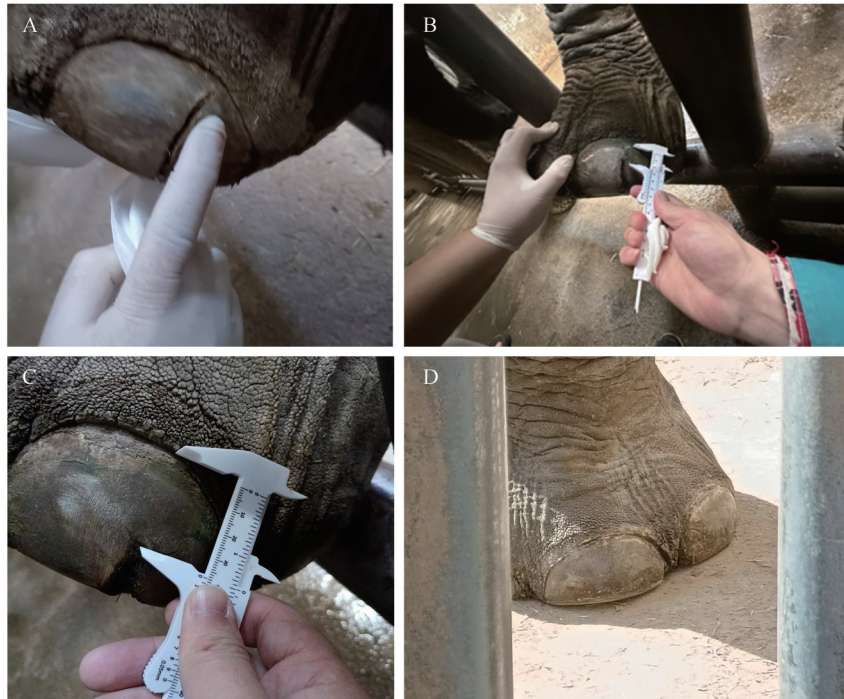
2.1 蹄甲临床愈合进程

治疗期间蹄甲恢复情况见表1及图1, 整体呈现新生组织持续生长、裂缝逐渐闭合的趋势。在治疗初期(1月11日—2月23日), 前3次治疗未见明显新生组织, 直至第4次(2月7日)才出现约2 mm新生组织, 此时裂缝长度由初始的60 mm缩短至58 mm。进入中期(3月1日—5月16日), 新生蹄甲生长加速, 第8次(3月28日)时新生组织长达10 mm, 第13次(5月16日)治疗时为35 mm, 裂缝同步缩短至25 mm。4月起增加运动场沙土湿度后, 裂缝闭合速率由2 mm/周提升至4 mm/周。在治疗后期(5月23日—7月11日), 新生组织继续生长并逐渐覆盖裂缝。第20次(7月11日)治疗时新生蹄甲总长达52 mm, 裂缝仅剩余8 mm并被新生组织覆盖, 表面仅留浅层痕迹。患象活动自如, 患肢负重正常, 临床判定康复。治疗期间(4月5日), 在右后肢新发现一处10 mm裂缝, 经消毒与局部护理后于4月25日愈合, 未影响治疗进程。

表1 非洲象蹄甲开裂修复过程记录

Table 1 Record of the healing process of the toenail crack in the African elephant

日期 Date	累计治疗次数/次 Cumulative treatment session	蹄甲总长度/mm Total length of toenail	裂缝长度/mm Fissure length	新生蹄甲长度/mm New toenail growth
2024-01-01	1	63	60	0
2024-01-17	2	63	60	0
2024-01-25	3	63	60	0
2024-02-07	4	63	58	2
2024-02-23	5	63	57	3
2024-03-14	6	63	55	5
2024-03-21	7	63	55	5
2024-03-28	8	63	50	10
2024-04-11	9	63	48	12
2024-04-17	10	63	45	15
2024-04-25	11	63	40	20
2024-05-09	12	63	32	28
2024-05-16	13	63	25	35
2024-05-23	14	63	25	35
2024-05-31	15	63	24	36
2024-06-07	16	63	24	36
2024-06-21	17	63	20	40
2024-06-27	18	63	16	44
2024-07-03	19	63	16	44
2024-07-11	20	63	8	52



A. 治疗初期(2024年1月11日)左前肢中趾蹄甲开裂状态(蹄甲纵向裂开,裂缝贯穿蹄甲近全层,长60 mm);B. 治疗中期(2024年3月14日)蹄甲开裂状态;C. 治疗结束(2024年7月11日)蹄甲状态(新生蹄甲覆盖原裂缝区域,仅残留8 mm浅层痕迹);D. 治疗后康复状态(2024年7月20日)。

A. Early treatment phase (11 January, 2024)-cracked state of the left forthmb medial toenail (the toenail exhibited longitudinal cracking, with the fissure extending through nearly the entire thickness of the nail, measuring 60 mm in length); B. Mid-treatment phase (14 March, 2024)-state of the toenail crack; C. End of treatment (11 July, 2024)-condition of the toenail (new nail tissue had grown over the original fissure area, leaving only a superficial trace 8 mm in length); D. Post-treatment recovery phase (20 July, 2024).

图1 非洲象左前肢中趾蹄甲开裂的治疗过程

Figure 1 Treatment process of the toenail crack on the left forelimb medial toe of the African elephant

2.2 蹄甲生长速率与替换周期

连续监测表明:在2024年1—7月的治疗期内,患象开裂蹄甲新生组织持续生长,累计新生长度达52 mm。据此推算,在该个体此轮病理性修复过程中,蹄甲的完全替换周期为6~7个月。在此周期内,蹄甲生长呈现明显的阶段性,治疗初期(1~3月)生长相对缓慢,累计生长约10 mm;而自第4个月起进入快速生长期(4~7月),累计生长约42 mm。

整个治疗期间,蹄甲总体平均生长速率达9.8 mm/月,处于文献记载自然生长速率范围(5.0~10.0 mm/月)的上限^[9]。与该范围中值(7.5 mm/月)相比,本次治疗的生长速率提高约30.7%;若以最低值(5.0 mm/月)为基准,提升幅度达96.0%,表明综合治疗方案(尤其在进入快速生长期后)可能对蹄甲再生具有显著促进作用。

3 讨论

3.1 圈养非洲象蹄甲开裂的病因分析

蹄甲开裂容易伤及蹄甲内层神经、血管及周边

角质,进而引发感染与炎症。这不仅影响动物运动能力,导致其疼痛跛行,还会对其福利构成持续危害^[10]。圈养非洲象蹄甲开裂病因复杂,通常并非单一因素所致,而是环境、圈舍条件、管理与生理因素协同作用的结果,其中圈养环境与个体运动量是影响该病发生的关键因素^[9-11]。从环境维度看,北方的干燥气候是蹄甲开裂的重要诱因。长期暴露于低湿度环境中,蹄甲角质层因持续失水而导致弹性和韧性下降、脆性增加,进而形成微裂纹;若缺乏及时干预,微裂纹可进一步扩展为肉眼可见的明显开裂,最终影响蹄部结构与功能。在圈舍条件方面,硬质地面(如水泥)缺乏自然环境的缓冲与磨损作用,且地面粪尿滞留易使蹄部长期处于潮湿与氨刺激环境,显著增加蹄部感染与角质异常软化的风险。管理与生理因素也可能加剧病变进程。运动不足直接影响蹄部血液循环,阻碍角质的正常生长与代谢;而圈养象常见的肥胖问题^[12]显著增加了蹄甲承重负荷,加速其结构性劳损。此外,随着象龄增长,组织再生与修复能力自然衰退,也使老年个体更易发生蹄部

病变。

3.2 个案疗效、蹄甲更替周期量化与临床启示

本研究通过为期7个月的综合干预,成功促使一例长度达60 mm蹄甲裂痕的病例完全愈合。结果显示,以每周一次荧光生物调节为核心治疗方法,并配合局部保湿、环境卫生与行为管理的综合方案,在20次治疗后,患象蹄甲裂缝已基本被新生组织覆盖。治疗期间蹄甲平均生长速率达9.8 mm/月,高于文献报道自然范围的中值,提示该综合方案有效促进了角质再生。其中,荧光生物调节可能通过光生物效应直接刺激细胞活性与蛋白合成;而系统性护理(保湿、消毒和行为管理)在控制感染、维持适宜愈合微环境及促进局部血液循环方面提供了关键支持。

在治疗期间,我们观察到两个重要现象:其一,在治疗中期实施沙土增湿与延长外放时间后,裂缝闭合速率由约2 mm/周提升至约4 mm/周,其时序关联提示环境与行为干预对加速愈合具有辅助作用;其二,治疗中新发的一处小型裂缝(10 mm)在仅进行基础护理下于20天内愈合,提示对轻症病例,规范局部护理可能已足够,而对深度开裂,光疗的深层再生刺激或是修复关键。

通过全程监测,本研究首次记录到该个体在病理性再生状态下的蹄甲更替周期为6~7个月。该数据虽可能高于生理常态,但为临床护理提供了关键时间框架,提示在生长高峰阶段实施系统性强化护理,对预防复发具有重要意义。

3.3 行为管理在蹄部健康维护中的应用价值

系统化的行为管理是改善蹄部健康的根本途径,其核心在于通过展区设计、环境丰容、行为训练、社群构建与操作日程五方面的协同配合^[13-16]。展区设计应适配蹄部生理特征,采用沙土、泥沼等自然材质地面以减少直接损伤,并划分功能分区:休息区铺设软垫或沙土堆以缓解足部压力;活动区确保充足空间,避免蹄部受力不均。环境丰容需通过设置高低错落的悬挂式取食器、埋置式食料点、木质蹭痒桩及泥浴水坑等丰容设施,引导动物增加行走、探索、清洁等自然行为,从而促进蹄部血液循环,减少蹄甲干裂、开裂的风险。以正强化行为训练为核心,建立标准化操作规程,提升动物对蹄部检查、护理的接受度与配合度,实现应激最小化的精准化健康管护。社群构建应在条件允许时推行合理群养,满足社群互动需求,减少因独居或争斗应激引发的异常行为

与蹄部损伤。操作日程则应制度化,建立“每日基础管护+每周常规检查+每月全面评估”的常态化流程,并将蹄部保湿、消毒、营养调控等措施纳入固定管理环节,最终构建起预防为主、全周期覆盖的蹄部健康管护体系。

4 结论与展望

本研究通过对一例圈养非洲象顽固性蹄甲开裂病例的治疗证实,采取融合荧光生物调节、精细化局部护理与系统性行为环境管理的综合治疗方案,具有良好的临床可行性和显著的康复效果。荧光生物调节技术可能直接促进蹄甲再生,而行为与环境干预在维持适宜愈合条件、加速修复进程方面发挥重要辅助作用。此外,本研究首次量化了在病理性修复状态下非洲象蹄甲的完整更替周期(6~7个月),为临床实施阶段性强化护理提供了时序依据。

本研究的结论基于单一个案,且治疗期间多项干预措施(光疗、保湿、消毒和行为管理)同步进行,难以剥离出荧光生物调节的独立效应。患象年龄(8岁)、性别(雄性)及所处特定圈养环境(北京干燥气候、水泥与沙土混合地面)也可能影响疗效。未来需在更多个体和不同饲养条件下开展对照研究,以进一步验证本方案的普适性,并优化光疗参数(如照射时长、频率)。尽管存在上述局限,本案例仍证实了融合现代物理治疗技术、精细化局部护理及系统性行为环境管理的策略,是应对圈养非洲象的顽固性蹄甲疾病的一种有效且可操作的干预手段。这不仅为单一疾病的治疗提供了新路径,更是将动物福利理念主动融入日常健康管理的实践中。未来,我们将以此为基础,探索建立基于蹄甲生长规律的预防性保健规程,并将荧光生物调节技术的应用拓展至其他野生动物因角质异常引起的皮肤或蹄部疾病的治疗中。

参考文献:

- [1] CSUTI B, SARGENT E L, BECHERT U S. The Elephant's Foot: Prevention and care of foot conditions in captive Asian and African elephants [M]. Ames: Iowa State University Press, 2001: 21-52.
- [2] KIDO N, TANAKA S, OMIYA T, et al. Novel treatment for chronic pododermatitis in an Indian elephant (*Elephas maximus indicus*) with Mohs' paste [J]. The Journal of Veterinary Medical Science, 2018, 80(12): 1834-1838.

- [3] 黄淑芳, 刘龙海, 江志, 等. 亚洲象趾甲沟炎的诊治[J]. 野生动物学报, 2021, 42(2): 499-503.
HUANG S F, LIU L H, JIANG Z, *et al.* Diagnosis and treatment of paronychia in Asian elephant[J]. Chinese Journal of Wildlife, 2021, 42(2): 499-503.
- [4] 刘承宜, 蔡庆, KARU T I, 等. 光生物调节作用研究进展[J]. 激光与光电子学进展, 2012, 49(2): 020001.
LIU C Y, CAI Q, KARU T I, *et al.* Progress in photobiomodulation studies [J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2012, 49(2): 020001.
- [5] 刘承宜, 金花, 王先菊, 等. 光生物调节作用在生物医学领域中的应用[C]//大珩先生九十华诞文集暨中国光学学会2004年学术大会论文集. 杭州: 中国光学学会, 2004: 133-136.
LIU C Y, JIN H, WANG X J, *et al.* Photobiomodulation applications to biomedicine[C]//Festschrift for Mr. Daheng's 90th birthday and proceedings of the 2004 Academic Congress of the Chinese Optical Society. Hangzhou: Chinese Optical Society, 2004: 133-136.
- [6] 李明, 倪涛. 光生物调节治疗在创面修复领域中的研究进展[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2021, 16(2): 162-165.
LI M, NI T. Advancement of photobiomodulation therapy in wound repair [J]. Chinese Journal of Injury Repair and Wound Healing (Electronic Edition), 2021, 16(2): 162-165.
- [7] 刘承宜, 容东亮, 刘颂豪. 光生物调节作用的研究进展[J]. 中国激光医学杂志, 2005, 14(3): 197-200.
LIU C Y, RONG D L, LIU S H. Progress in photobiomodulation studies[J]. Chinese Journal of Laser Medicine & Surgery, 2005, 14(3): 197-200.
- [8] MARCHEGIANI A, SPATERNA A, CERQUETELLA M. Current applications and future perspectives of fluorescence light energy biomodulation in veterinary medicine [J]. Veterinary Sciences, 2021, 8(2): 20.
- [9] FOWLER M E, MIKOTA S K. Biology, medicine, and surgery of elephants[M]. Ames: Blackwell Publishing, 2008: 271-290.
- [10] 崔媛媛, 卫泽珍, 刘琰, 等. 圈养象的足部护理实用要点[J]. 野生动物学报, 2019, 40(1): 163-167.
CUI Y Y, WEI Z Z, LIU L, *et al.* Practical guidelines on foot care in captive elephants [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2019, 40(1): 163-167.
- [11] 卫泽珍, 崔媛媛, 刘琰, 等. 非洲象的正强化行为训练探讨[J]. 野生动物学报, 2018, 39(1): 118-121.
WEI Z Z, CUI Y Y, LIU L, *et al.* Positive reinforcement training of African elephant[J]. Chinese Journal of Wildlife, 2018, 39(1): 118-121.
- [12] TANG Y P, JIA T, ZHOU F Y, *et al.* Obesity prevalence and associated factors in captive Asian elephants (*Elephas maximus*) in China: A body condition assessment study [J]. Animals, 2024, 14(24): 3571.
- [13] 崔媛媛, 卫泽珍, 刘琰, 等. 圈养象正强化行为训练探讨[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(13): 102-105.
CUI Y Y, WEI Z Z, LIU L, *et al.* Discussion on the training of positive reinforcement behaviors in captive elephants [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2020, 48(13): 102-105.
- [14] 刘文荣, 刘美艳. 行为管理在圈养亚洲象饲养管理中的作用探讨[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(1): 96-98; 101.
LIU W R, LIU M Y. Discussion on the role of behavior management in the feeding and management of captive Asian elephants [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2022, 50(1): 96-98; 101.
- [15] 张恩权, 李晓阳, 古远. 动物园野生动物行为管理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
ZHANG E Q, LI X Y, GU Y. Behavior management of wild animals in captivity [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018.
- [16] 夏怡, 张恩权. 圈养野生动物的行为管理与展示[J]. 特种经济动植物, 2022, 25(1): 37-40.
XIA Y, ZHANG E Q. Behavior management and exhibition of captive wild animals [J]. Special Economic Animals and Plants, 2022, 25(1): 37-40.