

中国亚洲象研究现状与展望

王智红, 陈飞, 杨子诚, 王梦君

(国家林业和草原局昆明勘察设计院, 国家林业和草原局亚洲象研究中心, 云南 昆明 650031)

摘要: 我国亚洲象栖息地减少, 伴随而来的人象冲突问题使亚洲象及其栖息地保护工作十分紧迫, 通过对中国亚洲象种群数量、遗传多样性、行为和人类冲突等方面进行归纳与总结, 对国内亚洲象相关研究工作梳理, 为亚洲象保护管理和人象冲突缓解工作提供科研基础。

关键词: 亚洲象; 种群数量; 遗传多样性; 人象冲突

Research status and prospect of Asian elephant

WANG Zhihong, CHEN Fei, YANG Zicheng, WANG Mengjun

(Kunming Survey & Design Institute of State Forestry and Grassland Administration,
Asian Elephant Research Center of State Forestry and Grassland Administration,
Kunming 650031, China)

Abstract: The problem of human-elephant conflict caused by habitat reduction of Asian elephants in China makes the protection of Asian elephants and their habitats very urgent. In this paper, the population number, genetic diversity, behavior and human-elephant conflict of Asian elephants in China are summarized, and the relevant research work of Asian elephants in China is sorted out to provide directions for the protection of Asian elephants.

Key Words: Asian elephant (*Elephas maximus*); population size; genetic diversity; human-elephant conflict

1. 亚洲象概述

亚洲象 (*Elephas maximus*) 隶属于哺乳纲 (Mammalia) 长鼻目 (Proboscidea) 象科 (Elephantidae) 亚洲象属 (*Elephas*)。雌性肩高 2.24~2.54m、重 2720~4160kg, 雄性肩高及体重分别可达 3.2m、5400kg^[1]。亚洲象寿命可达 60~70 岁, 11~15 岁性成熟。雌象受孕后 20~22 个月产一仔, 照顾幼仔直至成年后雄象离群^[2]。离群的成年雄象会单独生活或少数几头一起生活^[3,4], 仅在发情期交配时会和象群产生联系, 且不承担任何抚育子代的责任^[4,5]。

历史上, 亚洲象广布于亚洲大地的广阔地域^[6]。如今仅分布在包括中国在内的 13 个国家的零星区域内, 其中印度最多, 越南最少^[7-9], 其他大部分分布区内亚洲象已绝迹, 世界自然保护联盟 (IUCN) 将亚洲象列为濒危物种。

中国历史上亚洲象最北分布至河北阳原^[10], 17 世纪时处于濒危^[11], 现今中国野生亚洲象主要分布在云南南部 3 个地区内^[12]。

2. 亚洲象研究现状

1957 年证实云南南部确实有象后^[13], 国内学

收稿日期: 2020-12-20

作者简介: 王智红, 女, 动物学硕士, 主要研究方向: 动物生态学。

基金项目: 本文由“珍稀濒危物种调查监管与行业规范项目——人象冲突机制研究及应对处置(含栖息地改造技术研究)”项目资助。

者陆续开展了针对野象的大量研究。主要包括分布与种群数量、行为和生理、遗传多样性、栖息地、人象冲突等方面的研究。

2.1 我国亚洲象种群数量

在陆续开展的亚洲象分布与种群数量的研究中, 种群数量一直存在差异。依据调查研究时间来看, 对国内野生亚洲象数量的估计结果呈现出下降又回升的趋势。最早估计全国亚洲象数量为 266~299 头^[14], 此后估计数量为 200~250 头^[15-17]、165~213 头^[18], 甚至更少, 估计国内野生亚洲象数量约为 150~200 头^[19]。而此后逐步回升, 估计野生亚洲象数量为 250~300 头^[20,21]。直到 2018 年云南省林草局组织实施中国野生亚洲象资源本底调查后, 云南境内亚洲象的分布与数量才得到统一。根据调查结果, 我国野生亚洲象种群数量约为 293 头, 分布于云南省西双版纳傣族自治州(景洪市、勐腊县和勐海县)、普洱市(思茅区、江城、澜沧县、宁洱县和景谷县)和临沧市(沧源县)3 个州市的 9 个县区。

对亚洲象数量的研究中还可看出, 研究区域多为西双版纳傣族自治州或普洱市^[22-27], 而对沧源县这一区域的研究较为缺乏, 对其区域种群动态的研究显示种群数量相较于其他亚洲象分布区数量极少^[28]。

2.2 我国亚洲象遗传学研究

对云南野生亚洲象遗传多样性的研究结果均显示出各种群遗传多样性水平普遍较低, 无论是对西双版纳的勐养、尚勇或是勐腊保护区内的亚洲象, 还是普洱地区分布的亚洲象, 均呈现出这一特点^[20,21]。甚至部分研究结果显示普洱种群遗传多样性水平低于尚勇、勐养、勐腊、南滚河流域种群^[29]。基于系统地理学和遗传结构的研究结果显示中国野生亚洲象分为西双版纳和南滚河这两大地理单元, 现又因栖息地破碎化而缺乏自由交流的机会, 严重影响了种群遗传的稳定性和多样性, 保护现有栖息地、建立生态廊道, 促进种群健康发展成为关键^[19,21]。

2.3 亚洲象行为和生理研究

国内对野生亚洲象的行为研究包括了觅食行为、生殖行为、防御行为、斗争行为、社群行为及领域行为等^[30]。据研究, 野生亚洲象采食活动分

为集群和单独两种形式, 觅食行为主要分为取食、饮水、移动、其他行为 4 类并且这些行为无昼夜差异, 同时亚洲象还会根据采食不同植物采用多种采食方式^[31,32]。同时觅食会根据自身饥饿、食物充足情况、季节情况产生变化^[33]。亚洲象不仅具有采食偏好, 还有较高的采食多样性^[34,35]。除了采食植物, 还需饮水与食用矿物质^[32]。同时, 亚洲象具有调节体温、防御森林中蚊虫和防御人类的防御行为, 如水浴、泥浴、示警、护幼、攻击等^[30,33]。斗争行为则是亚洲象在求偶过程中产生的竞争行为, 主要表现在亚洲象发情期雄象间的驱赶和打斗^[30,33]。亚洲象具有一定的社群结构, 具有警戒与护幼的群体分工, 还伴随大量的集体觅食、饮水、攻击等集体活动^[33]。而对于亚洲象通讯行为方面的理论基础多基于国外的相关研究, 如声音与气味的交流^[36-38]。

基于圈养亚洲象的研究确定了雌象发情期、孕期与产仔数, 且成功在人为饲养条件下使雌象受孕产仔^[39]、通过人工哺育挽救了多头小象^[40,41], 掌握了亚洲象繁殖规律^[42-44]、交配行为基本过程^[45]与成熟的亚洲象繁殖护理技术^[46]。同时基于圈养象的研究还有血常规研究^[47,48]、尿液中雌二醇和孕酮含量研究^[49]、运动、取食和刻板行为^[50,51]、社群压力^[52]等的研究, 为保证圈养亚洲象健康提供了大量理论依据^[53-56]。

2.4 亚洲象栖息地研究

栖息地是野生动物赖以生存的环境, 研究并保护亚洲象栖息地是缓解人象冲突的根本。对近年亚洲象栖息地选择与适宜性分析研究梳理可知, 国内亚洲象通常偏好海拔 1000m 以下、坡向多为南、坡度小于 10° 的平坦沟谷或山体下部, 偏好植被类型多为竹林、竹阔混交林和灌丛^[57-63], 但也存在差异, 如南滚河流域亚洲象偏好植被类型为半常绿季雨林^[58]。也有研究表明, 在人类主导的景观中, 具有多种土地利用方式的森林基质(50% 的天然森林覆盖率)更适合大象生存, 而不是相对完整的森林^[64]。在水源距离、居民点距离、公路距离等方面则没有过高的一致性, 研究象群不同则结果不同。如南滚河流域与勐腊子保护区内亚洲象种群均趋向于距水源小于 500m 左右的地区^[58,62], 而普洱市及勐海县内亚洲象种群距水源距离均较远^[60,65]。这

说明,亚洲象对栖息地具有一定选择性和对生境的耐受性,食物是主导亚洲象栖息地选择的主要原因^[66],同时因为自然生境愈发恶劣,表现出对农作物的依赖^[66,67]。

2.5 人象冲突

近年来,国内人象冲突愈发严峻,亚洲象栖息地的破碎化、活动区域高度重叠、亚洲象对人类农作物的依赖,加剧了人象空间争斗,造成庞大的经济损失以及人畜伤亡^[68-70]。导致人象冲突的原因多样,主要包括两个方面,一是环境的改变,如林下食源减少、生境破碎、环境容量不足、高速路对其活动的阻隔等;二是亚洲象自身的改变,如取食习性改变、报复行为^[71-75]。为此部分学者研究了构建食物源基地对冲突的缓解,即在保护区构建食物源基地招引亚洲象在保护区内采食,减少周围村寨的人象冲突^[75,76]。食物源基地建设在吸引亚洲象、缓解冲突具有一定作用,因此被提倡^[77],而近年间的长期跟踪观测结果显示亚洲象对食物源基地的利用无论是在采食个体数量或采食时间上都呈现出下降的趋势^[78]。这首先说明,少量、零散、短期供应的食物难以成为亚洲象为其驻足的条件;其次,亚洲象在近年活动区域逐渐扩大、种群数量不断上升,逐步显示出亚洲象现有食物源以不充足,对农作物的需求更大的情况。这就意味着,开展食物源基地建设、组织亚洲象预警监测只能是短期应急措施,不足以长期缓解人象冲突问题。

3. 问题与展望

亚洲象保护面临的问题已成为国际关注的热点,种群保护、栖息地恢复以及人象冲突一直是问题的核心。国内已经积累了一定的亚洲象研究基础,但就解决亚洲象保护相关问题上仍显示出较多的不足。已有研究基础表明自然保护区适宜性下降与栖息地丧失,导致了人象活动区域重叠,还使亚洲象行为产生了变化。但其行为变化的内在启动因素与发生冲突的内因却少有论述。研究亚洲象取食农作物的时空变化^[79]、分析环境因素对取食农作物发生与强度的影响^[80],能更好地理解亚洲象在人为景观中的行为变化,成为缓解人象冲突的基础。并且,研究也显示了一味建设亚洲象食物源基地并非长

效之计,还应当结合不同农耕方式与人象冲突关系的相关研究^[81],在探索缓解方式的同时减少进一步对亚洲象食性的改变。其次,建立生态廊道被认为是保护种群遗传的关键,现有研究基础也纷纷强调了这点^[82],并提出了建设区位建议^[17]。但面对现今亚洲象多数活动于保护区范围外的现状,相应充分分析亚洲象迁徙的相关问题^[83,84]、更新廊道设计并评估当前景观下亚洲象对建设廊道的利用^[85],才能恢复栖息地连通的同时促进种群的交流。亚洲象保护与缓解当前严峻人象冲突的根本是其栖息地的保护,因此在物种适宜栖息地与森林植被保护存在差异的基础上探讨亚洲象长期保护机制十分必要^[86,87]。

随着社会经济的发展,保护工作面临着较大压力,如何更好地保护好亚洲象种群及其栖息地,更好的保护当地群众安全,促进人象和谐共处,都使得保护工作十分艰巨。因此,亚洲象保护研究工作还需在断地探索与尝试中碰撞出亚洲象保护新思路、开辟亚洲象保护新举措。

参考文献

- [1] Shoshani J, Eisenberg J F. *Elephas maximus* [J]. *Mammalian Species*, 1982(182): 1-8.
- [2] Dublin H T. *Elephants of the Masai Mara, Kenya: seasonal habitat selection and group size patterns* [J]. *Pachyderm*, 1996(22): 25-35.
- [3] Wilson E O. 1975. *Sociobiology: the New Synthesis* [M]. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press.
- [4] Sukumar R. 1992. *The Asian Elephant: Ecology and Management* [M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- [5] Poole J H, Moss C J. *Musth in the African elephant, Loxodonta africana* [J]. *Nature*, 1981(292): 830-831.
- [6] Santiapillai C, Jackson P. 1990. *The Asian elephant: an action plan for its conservation* [M]. Gland: IUCN/SSC Asian Elephant Specialist Group, IUCN.
- [7] 李永杰. 亚洲象现状 [J]. *野生动物*, 1998(19): 22-23.

- [8] Sukumar R. 2003. *The Living Elephants (Evolutionary Ecology, Behavior and Conservation [M])*. London: Oxford University Press.
- [9] Santiapillai C, Sukumar R. An overview of the status of the Asian elephant [J]. *Gajah*, 2006 (25): 3-8.
- [10] 贾兰坡, 卫奇. 桑干河阳原县丁家堡水库全新统中的动物化石 [J]. *古脊椎动物学报*, 1980 (18): 69-75, 101-102.
- [11] 许再富. 历史上向“天朝”上贡对滇南犀牛灭绝和亚洲象濒危过程的影响 [J]. *生物多样性*, 2000 (01): 112-119.
- [12] 张立. 中国亚洲象现状及研究进展 [J]. *生物学通报*, 2006 (41): 1-4.
- [13] 寿振黄, 高耀亭, 陆长坤. 云南南部的象 [J]. *动物学杂志*, 1959 (05): 206-209.
- [14] 杨德华, 张家银, 李纯. 云南野象的习性和数量 [J]. *野生动物*, 1987 (01): 16-17.
- [15] 汪松. 1998. *中国濒危动物红皮书·兽类* [M]. 北京: 科学出版社.
- [16] Li Zhang, Ning Wang. An initial study on habitat conservation of Asian elephant (*Elephas maximus*), with a focus on human elephant conflict in Simao, China [J]. *Biological Conservation*, 2003, 112 (3).
- [17] 林柳, 冯利民, 赵建伟, 等. 在西双版纳国家级自然保护区用 3S 技术规划亚洲象生态走廊带初探 [J]. *北京师范大学学报 (自然科学版)*, 2006 (04): 405-409.
- [18] Zhang Li, Ma Lichao, Feng Limin. New challenges facing traditional nature reserves: Asian elephant (*Elephas maximus*) conservation in China. [J]. *Integrative Zoology*, 2006, 1 (4).
- [19] 杨帆, 张立. 基于线粒体 DNA 的中国亚洲象种群遗传多样性及种群遗传结构 [J]. *兽类学报*, 2012, 32 (02): 90-100.
- [20] 蔡清秀, 林柳, 潘文婧, 等. 勐养保护区亚洲象微卫星位点筛选及种群遗传多样性分析 [J]. *兽类学报*, 2008 (02): 126-134.
- [21] 何长欢, 周玉, 王利繁, 等. 尚勇保护区亚洲象种群数量评估和遗传多样性分析 [J]. *生物多样性*, 2015, 23 (02): 202-209.
- [22] 江望高, 李宗强, 胡涛, 等. 西双版纳亚洲象的现状 [J]. *野生动物*, 1999, (01): 12-13.
- [23] 王巧燕, 肖宇, 杨子诚, 等. 西双版纳地区野生亚洲象种群年龄结构及内禀增长力研究 [J]. *林业调查规划*, 2018, 43 (04): 46-50.
- [24] 蒋桂莲, 朱高凡, 汤永晶, 等. 云南江城-思茅-景洪交界亚洲象种群数量及结构分析 [J]. *林业建设*, 2019, (06): 74-78.
- [25] 吕婷, 郑璇, 朱高凡, 等. 西双版纳勐腊亚洲象种群数量动态分析 [J]. *林业建设*, 2019, (06): 91-96.
- [26] 朱高凡, 郑璇, 吕婷, 等. 西双版纳-普洱亚洲象种群动态分析 [J]. *林业建设*, 2019, (06): 85-90.
- [27] 王智红, 张恒振, 赵文蓝, 等. 西双版纳勐海-普洱澜沧亚洲象种群动态分析 [J]. *林业建设*, 2019, (06): 79-84.
- [28] 汤永晶, 王志胜, 蒋桂莲, 等. 云南南滚河流域亚洲象种群动态分析 [J]. *林业建设*, 2019, (06): 97-102.
- [29] 杜娇娇, 何长欢, 朱頔, 等. 利用微卫星研究普洱亚洲象种群的遗传多样性 [J]. *兽类学报*, 2017, 37 (02): 200-206.
- [30] 周正军. 亚洲象行为生物学机制的研究 [J]. *河北林业科技*, 2003 (05): 16-18.
- [31] 国艳莉, 张立, 董永华. 西双版纳野生亚洲象的觅食行为 [J]. *兽类学报*, 2006 (01): 54-58.
- [32] 张立. 2018. *中国亚洲象保护研究* [M]. 北京: 科学出版社.
- [33] 陈明勇, 姜志诚, 王方, 等. 2018. *亚洲象行为学研究* [M]. 昆明: 云南科技出版社.
- [34] 陈进, 邓晓保, 张玲, 等. 西双版纳尚勇亚洲象的食物组成与取食生态 (英文) [J]. *生态学报*, 2006 (02): 309-316.
- [35] 姜志诚, 李正玲, 保明伟, 等. 中国亚洲象取食植物种类统计与分析 [J]. *兽类学报*, 2019, 39 (5): 514-530.
- [36] Payne K B, Jr W R L, Thomas E M. Infrasonic calls of the Asian elephant (*Elephas maximus*) [J]. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1986 (18): 297-301.
- [37] Michael Garstang. Long-distance, low-frequency elephant communication [J]. *J Comp Physiol A*, 2004, 190 (10): 791-805.
- [38] Schulte B A. Social structure and helping behavior in captive elephants [J]. *Zoo*

- Biology, 2000(19): 447-459.
- [39] 牛李丽, 王强, 王行亮, 等. 亚洲象的繁殖试验[J]. 四川动物, 2001(03): 146-147.
- [40] 李淑玲, 刘景臣, 黄守华. 亚洲象幼仔早期断乳的人工哺育初探[J]. 黑龙江动物繁殖, 2002(02): 30.
- [41] 李德荣, 杨鸿陪, 保明伟, 等. 哺乳期野生亚洲象的护理[J]. 中国畜牧兽医, 2009, 36(04): 178-179.
- [42] 邓智文, 何平, 李西坤. 亚洲象繁殖的初步研究[J]. 中国草食动物, 2006(03): 64-65.
- [43] 滕明生, 杨晓黎, 吴登虎. 亚洲象繁殖生物学特征探讨[J]. 动物学杂志, 2003(06): 86-90.
- [44] 谢绪昌, 郭爱霞, 徐凤珠, 等. 亚洲象的繁殖观察[J]. 野生动物, 2010, 31(04): 178-179+208.
- [45] 赛道建, 陈兆波, 张继忠, 等. 亚洲象的求偶交配行为观察[J]. 动物学杂志, 1998(06): 31-34.
- [46] 赵静, 李晓冬, 廖志生, 等. 亚洲象繁殖及护理技术研究[J]. 广西畜牧兽医, 2018, 34(05): 262-264.
- [47] 李德荣, 保明伟, 陈勇, 等. 亚洲象血液生化指标的测定与分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(17): 237-239.
- [48] 保明伟, 李德荣, 许定泽, 等. 亚洲象血常规指标的测定与分析[J]. 野生动物学报, 2017, 38(04): 599-602.
- [49] 杨帆, 王丽红, 贺倩, 等. 圈养亚洲象尿液中雌二醇和孕酮含量的周期性变化[J]. 兽类学报, 2007(01): 74-79.
- [50] 刘安荣, 师婧, 周杰琰, 等. 圈养亚洲象春季昼间行为时间分配及活动节律[J]. 野生动物学报, 2014, 35(04): 371-375.
- [51] 彭丹妮, 李一忱, 陈红卫. 圈养亚洲象的刻板行为初探[J]. 四川动物, 2012, 31(06): 928-930+935.
- [52] 唐如春, 徐可欣, 杨旋, 等. 社群压力对圈养雌性亚洲象动情的影响(英文)[J]. 兽类学报, 2019, 39(02): 111-118.
- [53] 邢万祥, 李寅, 赵军. 圈养亚洲象摄取营养的影响因素及分析[J]. 中国畜禽种业, 2017, 13(06): 38.
- [54] 卿钦. 圈养亚洲象摄取营养的影响因素分析[J]. 绿色科技, 2018(06): 166-167.
- [55] 王丽红, 张立, 贺倩, 等. 亚洲象野外及圈养条件下食物成分分析[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2006(02): 184-188.
- [56] 孙伟东, 梁作敏, 尹军力. 环境丰容对圈养亚洲象行为的影响[J]. 畜牧与兽医, 2013, 45(07): 34-35.
- [57] 冯利明, 张立. 云南西双版纳尚勇保护区亚洲象对栖息地的选择[J]. 兽类学报, 2005(25): 229-236.
- [58] 郎学东, 彭明春, 王崇云, 等. 南滚河流域亚洲象生境质量现状评价[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2008(04): 415-423.
- [59] 林柳, 金延飞, 杨鸿培, 等. 西双版纳亚洲象的栖息地评价[J]. 兽类学报, 2015, 35(01): 1-13.
- [60] 刘鹏, 代娟, 曹大藩, 等. 普洱市亚洲象栖息地适宜度评价[J]. 生态学报, 2016, 36(13): 4163-4170.
- [61] 李俊松, 陈颖, 飘优, 等. 尚勇自然保护区亚洲象种群数量及栖息地选择研究[J]. 林业调查规划, 2017, 42(02): 48-53.
- [62] 林柳, 金延飞, 陈德坤, 等. 西双版纳国家级自然保护区勐腊子保护区亚洲象种群和栖息地评价[J]. 生态学报, 2014, 34(07): 1725-1735.
- [63] 林柳, 金延飞, 陈德坤, 等. 西双版纳国家级自然保护区勐养子保护区亚洲象生境现状分析[J]. 生态学报, 2014, 7(34): 1725-1735.
- [64] Cheng Huang, Xueyou Li, Laxman Khanal, et al. Habitat suitability and connectivity inform a co-management policy of protected area network for Asian elephants in China[J]. PeerJ, 2019, 7: e6791
- [65] 王巧燕, 陈颖, 时坤. 基于最大熵生态位元模型预测亚洲象在勐海县的潜在分布区[J]. 林业调查规划, 2018, 43(05): 30-35.
- [66] 张立, 王宁, 王宇宁, 等. 云南思茅亚洲象对栖息地的选择与利用[J]. 兽类学报, 2003(03): 185-192.
- [67] 孟庆州. 亚洲象的生境选择[J]. 河南科技, 2013(04): 203.
- [68] 陈明勇, 杨士剑, 刘林云, 等. 中国亚洲象与人类关系[J]. 林业调查规划, 2006(04): 114-117.
- [69] 宗建坤, 郭贤明, 王兰新. 勐腊保护区亚洲象为害现状调查分析与对策[J]. 林业调查规划, 2013, 38(06): 102-106+111.
- [70] 余玲江, 谭爱军. 思茅区亚洲象活动现状及保护策略[J]. 林业调查规划, 2015, 40(01): 120-

- 123+128.
- [71] 余玲江, 谭爱军. 普洱市思茅区亚洲象肇事原因和对策分析[J]. 山东林业科技, 2015, 45(02): 74-78.
- [72] 何馨成. 近50年西双版纳人象关系演变研究[D]. 云南大学, 2013.
- [73] 吴展波, 孙捷, 郑光玉. 玉磨铁路对亚洲象的影响及保护对策[J]. 环境影响评价, 2017, 39(01): 38-41.
- [74] 刘煌, 邓玉, 李瑞年, 等. 思茅-澜沧高速公路对亚洲象栖息地影响分析及保护措施[J]. 公路交通技术, 2018, 34(05): 132-138.
- [75] 李中员. 亚洲象食物源基地建设对缓解人象冲突的作用[J]. 林业调查规划, 2012, 37(05): 81-84.
- [76] 郭贤明, 何馨成, 王兰新, 等. 西双版纳亚洲象食物源基地对缓解人象冲突的效应[J]. 生态学杂志, 2012, 31(12): 3133-3137.
- [77] 郭贤明, 王兰新. 西双版纳亚洲象食物源基地建设的思考[J]. 林业建设, 2019, (06): 30-33.
- [78] 则得, 杨帆, 王斌, 等. 西双版纳亚洲象食物源基地利用状态研究[J]. 绿色科技, 2020, (20): 24-26.
- [79] Branco PS, Merkle JA, Pringle RM, et al. Determinants of elephant foraging behaviour in a coupled human-natural system: Is brown the new green? [J]. J Anim Ecol. 2019, 88(5): 780-792.
- [80] Ngama S, Bindelle J, Poulsen JR, et al. Do topography and fruit presence influence occurrence and intensity of crop-raiding by forest elephants (*Loxodonta africana cyclotis*)? [J]. PLoS One. 2019, 14(3): e0213971.
- [81] Fernando P, Wikramanayake E, Weerakoon D, et al. Perceptions and Patterns of Human-elephant Conflict in Old and New Settlements in Sri Lanka: Insights for Mitigation and Management [J]. Biodiversity and Conservation, 2005(14): 2465-2481.
- [82] 陈颖, 孙亚宽, 曹静瑄, 等. 亚洲象保护的机遇和挑战[J]. 林业建设, 2019(06): 11-22.
- [83] Purdon A, Mole MA, Chase MJ, et al. Partial migration in savanna elephant populations distributed across southern Africa [J]. Sci Rep. 2018; 8(1): 11331.
- [84] Boettiger AN, Wittemyer G, Starfield R, et al. Inferring ecological and behavioral drivers of African elephant movement using a linear filtering approach [J]. Ecology. 2011; 92(8): 1648-1657.
- [85] Vanthomme HPA, Nzamba BS, Alonso A, et al. Empirical selection between least-cost and current-flow designs for establishing wildlife corridors in Gabon [J]. Conserv Biol. 2019; 33(2): 329-338.
- [86] 许再富. 亚洲象与竹/蕉分布隔离的生态效果及其保护对策探讨[J]. 生态学杂志, 2004, (04): 131-134.
- [87] 陈飞, 唐芳林, 王丹彤, 等. 亚洲象国家公园探索与思考[J]. 林业建设, 2019(06): 23-29.