

关磊, 王云, 陈兵, 等. 思小高速公路野象谷段路域亚洲象活动规律[J]. 交通运输研究, 2020, 6(4): 52-59.
Guan L, Wang Y, Chen B, et al. Activity Rhythm of Asian Elephants at Wild Elephant Valley Section of Simao-Xiaomengyang Expressway[J]. Transport Research, 2020, 6(4): 52-59.

DOI: 10.16503/j.cnki.2095-9931.2020.04.007

思小高速公路野象谷段路域亚洲象活动规律

关磊^{1,2}, 王云¹, 陈兵², 王冀¹, 徐景江³, 郑宏民³, 赵琨²

(1. 交通运输部科学研究院, 北京 100029; 2. 交科院科技集团有限公司, 北京 100013;
3. 云南交通投资建设集团有限公司, 云南 昆明 650228)

摘要: 为了有效保障思小高速公路野象谷段运营安全及路域亚洲象种群生态完整性, 于2018年4月10日至2019年10月18日对该路段亚洲象 (*Elephas maximus*) 经常活动的4个区域布设20台红外相机进行监测, 研究该路域亚洲象的活动规律。结果显示, 亚洲象对高速公路桥梁和隧道周边的生境均有利用, 日活动节律最频繁的时间段是夜间和黄昏, 季节活动节律高峰是1月至7月, 其中3月份的活动程度最高。研究表明, 亚洲象对高速公路没有明显的回避行为, 但监测区内人为干扰对亚洲象的日活动节律影响比较严重; 季节活动节律与雨季和旱季的气候特征相关。目前中国境内发生的车辆与亚洲象直接相撞事故较少, 考虑未来交通网络发展对亚洲象生境的间接影响, 建议在该地区开展交通基础设施规划时, 将亚洲象及其生境作为专项内容进行评价, 评价结果纳入规划的参考因素。

关键词: 亚洲象; 思小高速; 生境; 日活动节律; 季节活动节律; 人为干扰

中图分类号: U412.2

文献标识码: A

文章编号: 2095-9931(2020)04-0052-08

Activity Rhythm of Asian Elephants at Wild Elephant Valley Section of Simao-Xiaomengyang Expressway

Guan Lei^{1,2}, Wang Yun¹, Chen Bing², Wang Ji¹, Xu Jing-jiang³,
Zheng Hong-min³, Zhao Kun²

(1. China Academy of Transportation Sciences, Beijing 100029, China;

2. CATS Technology Group Co., Ltd., Beijing 100013, China;

3. Yunnan Communications Investment & Construction Group Co., Ltd., Kunming 650228, China)

Abstract: In order to ensure the operation safety of Wild Elephant Valley section of Simao-Xiaomengyang expressway and guarantee the ecological integrity of Asian elephant (*Elephas maximus*) population in road area, 20 infrared cameras were arranged to monitor four Asian elephant active areas from April

收稿日期: 2020-06-22

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(20170617); 深圳市一个地球自然基金会项目(ORS000/1.1.03.01)

作者简介: 关磊(1984—), 男, 四川阆中人, 硕士, 副研究员, 研究方向为交通生态学。

E-mail: kwan0617@yahoo.com

10, 2018 to October 18, 2019 for researching their activity rhythm. The results show that Asian elephants use habitats around highway bridges and tunnels; the most frequent daily activity rhythm is at night and dusk; the peak period of seasonal activity rhythm is from January to July, with the highest degree of activity in March. The study indicates that Asian elephants have no obvious avoidance behavior on highways, but human disturbance in monitoring area has serious impact on daily activity rhythm of Asian elephants; the seasonal activity rhythm is related to climatic characteristics of rainy and dry seasons. At present, there are fewer direct collisions between vehicles and Asian elephants in China. Considering indirect impact of future transportation network development on habitat of Asian elephants, it is recommended that Asian elephants and their habitats should be taken as special evaluation content when transportation infrastructure planning in this area is carried out, and the evaluation results should be incorporated into planning reference factors.

Key words: Asian elephant; Simao-Xiaomengyang expressway; habitat; daily activity rhythm; seasonal activity rhythm; human disturbance

0 引言

我国公路建设发展迅速,截至2018年底我国高速公路总里程已超过14万公里,成为世界上高速公路里程最长的国家^[1]。公路的建设和运营不可避免地对周边生态环境和生物多样性造成影响,对野生动物的影响尤为突出^[2]。在我国,有两条公路对野生动物活动造成的影响最引人关注:青藏公路对藏羚羊迁徙的影响和思小高速对亚洲象活动的影响。其中,思小高速是全封闭型的高速公路,完全限制了亚洲象从高速公路穿越。

亚洲象属哺乳纲长鼻目象科亚洲象属,是我国一级重点保护野生动物,《中国濒危动物红皮书》将其列为濒危物种,《濒危野生动植物种国际贸易公约》(Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES)将其列入附录I物种^[3]。亚洲象曾广泛分布于我国南方地区,但是由于人为干扰和过度捕杀,亚洲象分布区域不断缩小,目前仅分布在云南省西双版纳、普洱和临沧3个地区^[4-5]。作为我国现存体型最大的陆生野生动物,亚洲象目前面临着栖息地丧失、栖息地破碎化、种群隔离、偷猎/盗猎等诸多威胁,估计我国境内种群数量为228~279头^[6]。

思小高速公路自2006年起通车运营,横穿西双版纳国家级自然保护区勐养子保护区。作为亚洲象分布的主要区域之一,活动在该地区的亚洲象种群是否对公路及通行车辆产生了适应性,值得开展持续的跟踪调研工作。由于亚洲象的区域性分布特征,国外有关交通对亚洲象的影响研究集中在印度地区,火车与亚洲象相撞致死统计研究是其关注的主要方面。统计显示,过去25年中印度有超过200头亚洲象被火车撞死^[7-8]。而关于交通对非洲象的影响研究则更多聚焦于道路修建带来的偷猎/盗猎等方面,因为道路修建为偷猎/盗猎者提供了更为便捷的入口。刚果盆地由于道路扩张以及随之而来的偷猎/盗猎活动,给当地大型野生动物带来巨大的生存压力,过去10年约有2/3的非洲象死于偷猎/盗猎^[9-10]。国内有关交通对亚洲象的影响研究相对较少,以动物通道、道路致死、路网阻隔等宏观层面的研究为主, Pan等^[11]在思小高速建成初期,于2006年3月到2006年10月对思小高速为亚洲象预留的23条野生动物通道和2个上跨式隧道进行了研究,发现只有44%的人工通道被亚洲象所利用,认为思小高速阻碍了亚洲象的活动;思小高速公路上共记录亚洲象活动44次,约40次发生在晚间至凌晨,其中1次造成车象相撞事故。Huang等^[12]使用最大熵

算法预测未来的交通网络扩张方案, 预测结果显示交通网络扩张可能会减少亚洲象栖息地, 亚洲象各种群间的隔离程度将进一步加深。

本研究采用红外相机技术对思小高速公路野象谷段的亚洲象活动现状开展监测。红外相机技术作为一种非损伤性调查方法, 为野生动物本地资源调查和生物多样性保护提供了可靠的技术保证, 目前已广泛应用于陆生脊椎动物多样性监测^[13]。本研究从亚洲象种群活动规律的微观层面开展研究, 跟踪监测思小高速公路运营多年后对亚洲象的影响范围及其活动节律的影响, 从动物本身的生态习性方面为相关保护和管理工作提供数据支持, 旨在更为科学有效地保护该区域的亚洲象种群以及保障公路运输安全。

1 研究地区概况

西双版纳傣族自治州位于云南省南部, 东经 $99^{\circ}56' \sim 101^{\circ}50'$, 北纬 $21^{\circ}08' \sim 22^{\circ}36'$ 。西双版纳野象谷地处西双版纳国家级自然保护区勐养子保护区(联合国教科文组织人与生物圈保护区)之内, 地处北回归线以南, 气候类型属于南亚热带山地季风气候, 年均气温 18°C , 年降雨量 $1000 \sim 2000\text{mm}$ 。5月至9月为雨季, 炎热多雨; 10月至次年4月为旱季, 温暖干燥^[14]。

思小高速 K78+450—K91+710 段穿越西双版纳国家级自然保护区勐养子保护区, 限速 80km/h , 路宽 22.5m , 桥隧长占线路总长的 26.4% 。在高速公路设计阶段, 为穿越保护区段的亚洲象活动区设置了2个隧道以及23条动物通道^[11]。

2 研究方法

2.1 相机布设与数据采集

从2018年4月10日到2019年10月18日, 通过前期调查, 在野象谷北立交、观象台、野象谷南收费站附近、野象谷隧道等4个亚洲象经常活动的区域共布设红外相机20台(型号为Ltl-Acorn 6210MC), 每台相机至少相隔 100m 。具体布设位置如图1所示。



图1 红外相机布设示意图

相机主要布设在桥梁、隧道等可能会被亚洲象利用的公路基础设施周边, 有亚洲象活动痕迹或兽道附近的区域。由于拍摄对象亚洲象体型巨大, 相机固定位置较高, 在乔木树干离地 2m 处。相机朝向通常与兽道呈锐角, 尽量避免阳光直射, 前方无遮挡, 并采用GPS记录红外相机布设点。

2.2 相机参数设置

红外相机参数设置如下: (1) 拍摄照片模式; (2) 照片像素大小为 9MP (900万像素); (3) 传感器灵敏度中等; (4) 触发间隔 10min ; (5) 每次触发连拍3张照片; (6) 监测期内通常每3~6个月即对相机进行检查, 更换记忆卡和电池。

2.3 数据处理

对拍摄的照片以人工目视的方式进行判别。由于亚洲象体型巨大, 大多数情况下以照片拍摄到亚洲象的清晰实体作为判别依据。但部分夜间情况下, 由于亚洲象距离较远而无法拍摄到大象实体, 则以确定的阴影作为依据来判别亚洲象。

以1台相机在野外工作 24h 作为1个相机工作日(Camera Day, CD), 对于同一个地点且时间相近(时间间隔小于 30min)连续拍摄的同一种动物的照片算作1张, 定义为1张独立照片(Independent Photograph, IP), 以此计算亚洲象的相对数量(Relative Number, RN)^[15]。

全天时间段划分如下: 06:00—08:00 清晨, 08:00—18:00 昼间 (8:00—12:00 上午, 12:00—14:00 中午, 14:00—18:00 下午), 18:00—20:00 黄昏, 20:00—06:00 夜间^[15]。

3 研究结果

3.1 路域亚洲象相对丰富度

调查期间 20 台相机从 2018 年 4 月 10 日到 2019 年 10 月 18 日共拍摄了 556 天, 累计 11 120 CD, 获得可判别的独立照片 68 组, 共拍摄到亚洲象 113 只次。其中, 拍到亚洲象数量最多的一组是 2019 年 3 月 23 日在野象谷南观象台附近拍到的 10 只亚洲象家族。

设置相机的 4 个位点所拍到亚洲象的有效照片数量差别极大, 其中最多的是在野象谷南观象台位点, 共拍摄到亚洲象有效照片 33 组, 共拍摄到亚洲象 63 只次, 最少的是在野象谷北立交位点, 共拍摄到亚洲象有效照片 1 组, 共拍摄到亚洲象 1 只次。各位点拍摄到的亚洲象情况如表 1 所示, 部分照片如图 2 所示。

表 1 4 个相机位点拍摄情况

相机位点	有效照片数量/组	亚洲象频次/只次
野象谷北立交	1	1
野象谷隧道	31	44
野象谷南观象台	33	63
野象谷南收费站	3	5



(a) 大桥下活动的亚洲象



(b) 亚洲象家族(10只)



(c) 隧道上方活动的亚洲象



(d) 高速公路边活动的亚洲象

图 2 拍摄的部分亚洲象照片

3.2 路域亚洲象日活动节律

根据照片上记录的拍摄时间, 对全天 24h 拍摄到的亚洲象有效照片数量和拍摄到的亚洲象个体数量进行统计分析, 结果见图 3。从图 3 中可以看到, 在监测区内亚洲象的活动频率在 16:00—23:00 处于高峰, 23:00—次日 8:00 活动频率相对较低。其中, 18:00—19:00 拍摄到亚洲象有效照

片7组，亚洲象22只次，19:00—20:00拍摄到亚洲象有效照片9组，亚洲象12只次。这两个时段

分别为有效照片数量和个体数量最多的两个时段。

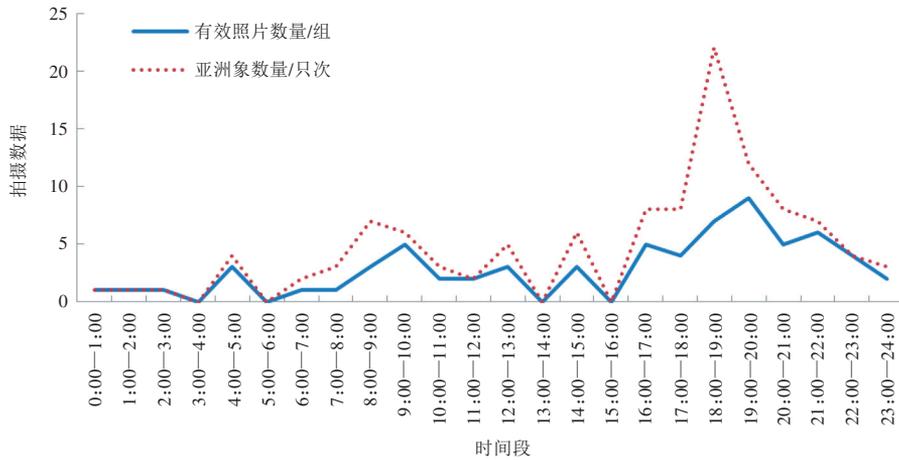


图3 红外相机拍摄数据随时间的变化

按照前文对全天时间段的划分，统计各个时间段累积拍摄的有效照片数量和亚洲象个体数量，结果如表2所示。可以看到，在监测区域内亚洲象活动最频繁的时间段是夜间，其次是黄昏，再次是上午和下午；活动最不频繁的时间段是清晨和中午。

表2 不同时间段有效照片及亚洲象个体情况

时间段	有效照片/组	亚洲象个体/只次
清晨(6:00—8:00)	2	5
上午(8:00—12:00)	12	18
中午(12:00—14:00)	3	5
下午(14:00—18:00)	12	22
黄昏(18:00—20:00)	16	34
夜间(20:00—次日6:00)	23	29

3.3 路域亚洲象季节活动节律

根据照片上记录的月份，对不同月份拍摄到的亚洲象有效照片数量和亚洲象个体数量进行统计。2018年和2019年均有4月—10月的数据，2018年4月和2019年10月两个月的拍摄时间不足一整月，故4月数据取2019年4月的数据，10月数据取2018年10月的数据，5月—9月数据取两年数据的均值，统计结果如图4所示。可以明显看到，亚洲象在监测区域内的活动高峰时期是

1月—7月，其中3月份的活动程度最高，拍摄到有效照片13组，亚洲象个体数量28只次。

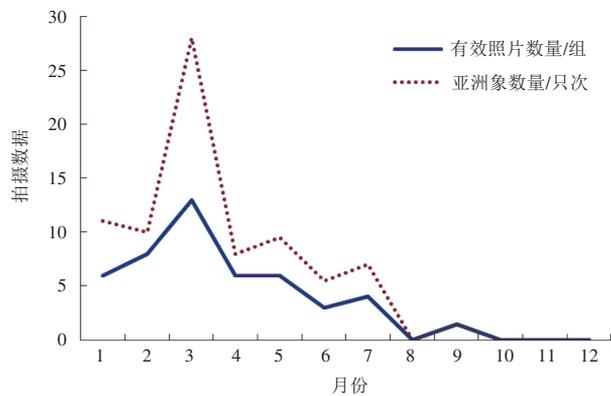


图4 红外相机拍摄数据随月份的变化

4 讨论

4.1 亚洲象对公路的适应现状

本次监测结果显示，亚洲象在公路沿线区域活动时对构造物桥梁和隧道均有选择，这与潘文婧^[1]对思小高速沿线23个亚洲象通道和2个隧道上方亚洲象活动情况的研究结论一致。亚洲象对公路构造物周边生境的选择没有明显差异性，但倾向于使用与其原有活动路径一致的人工通道。

亚洲象对道路已经没有明显的回避行为，多

次拍摄到亚洲象在国道边及思小高速桥下活动的行为。Gubbi 等^[16]和 Granados 等^[17]的研究也发现亚洲象可能会造访路边, 取食演替早期的植被, 且该研究没有发现亚洲象亚种群与道路的距离与亚洲象肇事风险之间存在关系。根据相关统计, 在中国亚洲象与车辆相关的事故比较少, 推测原因是亚洲象种群规模较小、特定区域有限速要求、高速公路栅栏阻隔以及野生物动保护部门和交通部门的协作等。

4.2 人为干扰对亚洲象日活动节律的影响

本研究监测区内的亚洲象日活动节律主要集中在夜间与黄昏。张立等^[18]对思茅区亚洲象种群的研究也发现, 象群主要在黄昏到次日黎明之间活动, 白天隐藏在密林中休息, 一般 17:00 以后象群才开始活动, 且象群的迁移也在夜间进行。而 Sukunmar^[19]对印度南部的亚洲象种群进行了研究, 发现受人为干扰较为严重的地区, 亚洲象有类似日落而出、日出而息的日活动节律。综合以上研究结论以及本研究的结果, 可以推测本研究监测区内人为干扰对亚洲象的日活动节律活动造成了一定程度的影响, 但与 2003 年该地区的亚洲象日活动节律相比没有明显的变化。后续研究中需要进一步加强对人为干扰因素的量化。

4.3 亚洲象季节活动节律分析

亚洲象除了具有日活动节律外, 还具有显著的季节活动节律。本研究观测到路侧亚洲象活动高峰时期是 1 月—7 月, 其中 3 月份的活动程度最高。亚洲象所在地区有明显的雨季和旱季气候特征, 通常将 5 月—9 月划分为雨季, 10 月—次年 4 月划分为旱季, 不同季节亚洲象的活动区域和活动范围有所差异。由于亚洲象喜食的植物在雨季来临后需 1~2 个月才能生长成熟, 因此其活动时间与季节更替时间相比有一定的时滞。根据北京师范大学张立课题组对亚洲象多年的观测^[20], 亚洲象在旱季来临时, 其位于热带雨林深处山地上的栖息地缺水, 食物来源会受到影响, 通常会迁徙到沟谷等水源较为充沛的地区进行取食等日常活动。公路通常沿沟谷修建, 本研究的监测区域也位于沟谷地区, 监测到的亚洲象季节活动频率

与当地的旱季与雨季交替气候条件基本一致。根据林柳等^[21]和王巧燕等^[22]的研究, 食物来源是引起亚洲象家域发生变化的重要因素。而本研究结果显示, 到历史数据的旱季末期才出现路域亚洲象活动的高峰, 因此推测出现该现象与 2018—2019 年的降雨、植被状况等亚洲象食物相关因子有关。

4.4 公路路域亚洲象活动区的管理

结合从思小高速公路普洱管理处收集到的 2017 年思小高速野象谷南收费站车流量统计数据 (见图 5), 可以明显发现车流量的两个高峰: 寒假 (2 月) 和暑假 (8 月)。其中寒假假期为亚洲象在野象谷区域活动的高峰时期, 应该在这个时期加强对该区域亚洲象的监控, 最大程度地避免人象冲突, 保证游客的人身及财产安全。

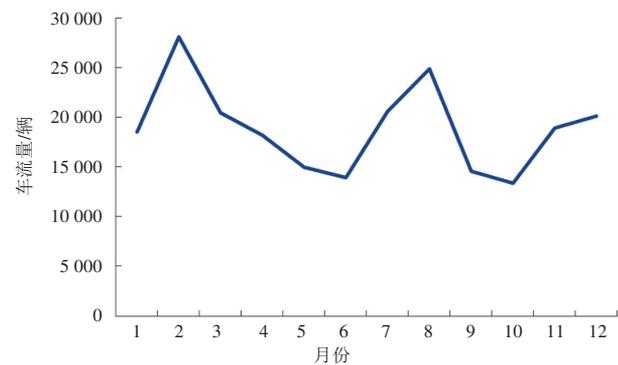


图5 2017年思小高速野象谷南收费站车流量统计

虽然在中国境内发生的车辆与亚洲象直接相撞事故较少, 但是关于印度的相关研究显示, 时速 60km/h 的火车在 1987—2015 年间撞死了超过 200 头亚洲象, 而更高等级的道路减少了 80% 的大象移动空间^[23]。因此, 需要更加关注交通建设和人为干扰对亚洲象造成的间接影响。Huang 等^[12]对中国西南地区亚洲象肇事的空间分布模型进行了研究, 并使用最大熵算法预测未来的交通网络扩张方案, 预测结果显示交通网络扩张可能会减少亚洲象栖息地, 亚洲象各种群间的隔离程度将进一步加深, 人象冲突将进一步加剧。因此, 建议在该地区开展交通基础设施规划时, 将亚洲象及其生境作为专项内容进行评价, 评价结果纳入规划的参考因素。同时, 在红外相机监测

期间, 亚洲象的活动区域中多次拍摄到当地村民、游客采野菜、野生菌等干扰行为, 其人身安全存在一定的隐患, 建议加强对亚洲象活动区域公路周边人类活动的管理。

5 结语

对思小高速公路运营14年后路域亚洲象活动规律的监测表明, 亚洲象对思小高速已没有明显的回避, 但人为干扰对其活动节律具有一定影响。为了减小由于道路修建和人类活动对亚洲象种群的影响, 建议持续对路域亚洲象活动范围、频次、种群动态等进行监测, 扩大监测区域, 延长监测时间, 为将来思小高速改扩建工程和周边其他交通工程建设合理避绕亚洲象活动重点区域, 修建更符合亚洲象原有活动路线的通道提供充分的数据和理论支撑, 为今后其他生物多样性较高地区高速公路的规划、设计、建设和运营提供参考。

参考文献

- [1] 中国交通新闻网. 70年交通大国迈向交通强国 [EB/OL]. (2019-08-15) [2020-06-22]. http://www.mot.gov.cn/jiaotongyaowen/201908/t20190815_3237967.html.
- [2] 王云, 朴正吉, 关磊, 等. 公路路域动物生态学研究方法综述[J]. 四川动物, 2014, 33(5): 778-784.
- [3] 汪松. 中国濒危动物红皮书——兽类[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [4] Zhang L, Dong L, Lin L, et al. Asian Elephants in China: Estimating Population Size and Evaluating Habitat Suitability[J/OL]. PLoS ONE, 2015, 10(5): e0124834. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124834>.
- [5] Zhang L, Ma L C, Feng L M. New Challenges Facing Traditional Nature Reserves: Asian Elephant (*Elephas Maximus*) Conservation in China[J]. Integrative Zoology, 2006, 1(4): 179-187.
- [6] 赵宇, 金崑. 亚洲象分布、数量、栖息地状况及种群管理[J]. 世界林业研究, 2018, 31(2): 25-30.
- [7] Joshi R. Train Accidental Deaths of Leopards *Panthera Pardus* in Rajaji National Park: A Population in Threat[J]. World Journal of Zoology, 2010, 5(3): 156-161.
- [8] Rangarajan M, Desai A, Sukumar R, et al. Gajah: Securing the Future for Elephants in India[R]. The Report of the Elephant Task Force. New Delhi, India: Ministry of Environment and Forest, 2010.
- [9] Wilkie D, Shaw E, Rotberg F, et al. Roads, Development, and Conservation in the Congo Basin[J]. Conservation Biology, 2000, 14(6): 1614-1622.
- [10] Clements G R, Lynam A J, Gaveau D, et al. Where and How are Roads Endangering Mammals in Southeast Asia's Forests?[J/OL]. PLoS ONE, 2014, 9(12): e115376. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115376>.
- [11] Pan W J, Lin L, Luo A D, et al. Corridor Use by Asian Elephants[J]. Integrative Zoology, 2009, 4(2): 220-231.
- [12] Huang C, Li X, Hu W, et al. Predicting Indirect Effects of Transportation Network Expansion on Asian Elephant: Implications for Environmental Impact Assessment[J]. Biotropica, 2020, 52(1): 196-202.
- [13] 魏辅文. 我国濒危哺乳动物保护生物学研究进展[J]. 兽类学报, 2016, 36(3): 255-269.
- [14] 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(1): 1-13.
- [15] 陈奕欣, 肖治术, 李明, 等. 利用红外相机对高黎贡山中段西坡兽类和鸟类多样性初步调查[J]. 兽类学报, 2016, 36(3): 302-312.
- [16] Gubbi S, Poornesha H C, Madhusudan M D. Impact of Vehicular Traffic on the Use of Highway Edges by Large Mammals in a South Indian Wildlife Reserve[J]. Current Science, 2012, 102(7): 1047-1051.
- [17] Granandos A, Weladji R B, Loomis M R. Movement and Occurrence of Two Elephant Herds in a

- Human-Dominated Landscape, the Bénoué Wildlife Conservation Area, Cameroon[J]. *Tropical Conservation Science*, 2012, 5(2): 150-162.
- [18] 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, 23(3): 187-193.
- [19] Sukunmar R. Ecology of the Asian Elephant in Southern India: I. Movement and Habitat Utilization Patterns[J]. *Journal of Tropical Ecology*, 1989, 5(1): 1-18.
- [20] 张立. 中国亚洲象保护研究[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [21] 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(7): 1725-1735.
- [22] 王巧燕, 陶永祥, 李劲松, 等. 西双版纳地区野生亚洲象种群分布及变迁原因分析[J]. *林业调查规划*, 2017, 42(4): 113-118.
- [23] Wadey J, Beyer H L, Saaban S, et al. Why Did the Elephant Cross the Road? The Complex Response of Wild Elephants to a Major Road in Peninsular Malaysia[J]. *Biological Conservation*, 2018, 218: 91-98.