

DOI: 10.11934/j.issn.1673-4831.2018.01.002

李佳琦, 徐海根, 万雅琼, 等. 全国哺乳动物多样性观测网络 (China BON-Mammals) 建设进展 [J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34(1): 12-19.

LI Jia-qi, XU Hai-gen, WAN Ya-qiong, et al. Progress in Construction of China Mammal Diversity Observation Network (China BON-Mammals) [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2018, 34(1): 12-19.

全国哺乳动物多样性观测网络 (China BON-Mammals) 建设进展

李佳琦¹, 徐海根¹, 万雅琼¹, 孙佳欣², 李 晟³, 蔡 蕾⁴ (1. 环境保护部南京环境科学研究所/国家环境保护生物安全重点实验室, 江苏 南京 210042; 2. 南京师范大学生命科学学院, 江苏 南京 210046; 3. 北京大学生命科学学院, 北京 100871; 4. 环境保护部自然生态保护司, 北京 100035)

摘要: 生物多样性是人类赖以生存的条件之一, 其中哺乳动物物种多样, 分布范围广, 对栖息地变化敏感, 是生物多样性保护和环境评价的关键指示生物类群。生境的退化或丧失、自然资源的过度利用和环境污染等因素造成我国哺乳动物受到严重威胁。针对哺乳动物种群持续衰退的现状, 为了掌握其生存状态、种群动态变化以及受威胁状况, 环境保护部组织开展了全国大中型哺乳动物观测网络建设。重点介绍了全国哺乳动物多样性观测网络的建设目标、主要内容、红外相机观测技术和样地选择方法等, 讨论了哺乳动物观测网络存在的问题及可能的解决办法, 提出进一步完善全国大中型哺乳动物观测网络及信息化数据平台的建议, 从而为我国生物多样性的保护管理和资源利用提供基础性数据。

关键词: 哺乳动物; 观测网络; 生物多样性保护; 红外相机技术

中图分类号: Q-9; X3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4831(2018)01-0012-08

Progress in Construction of China Mammal Diversity Observation Network (China BON-Mammals). LI Jia-qi¹, XU Hai-gen¹, WAN Ya-qiong¹, SUN Jia-xin², LI Sheng³, CAI Lei⁴ (1. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection/ State Key Laboratory of Environmental Protection and Biosafety, Nanjing 210042, China; 2. School of Life Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China; 3. School of Life Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 4. Department of Nature and Ecology Conservation, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100035, China)

Abstract: Biodiversity is one of the conditions essential to mankind for survival. Mammal among the biodiversity plays as a taxon of key indicator in biodiversity conservation and environment evaluation because of its species diversity, wide distribution and sensitive to changes in habitat. However, mammals in China have been under serious threat, as a result of degradation or loss of the habitats, excessive exploitation of the natural resources, environmental pollution and other various factors. Facing the continuous decline of mammalian communities and populations, the Ministry of Environmental Protection of PRC has unfolded construction of the China Biodiversity Observation Network for Mammals (referred to as China BON-Mammals), to monitor living conditions, population dynamics and endangerment of the mammals in China. Focus targets and key contents of the construction and infrared camera observation technologies and approaches to selection of sample plots adopted in the China BON-Mammals have been introduced. Problems existing in the China BON-Mammals and possible solutions have been discussed. Suggestions to further improve the China BON-Mammals and its informatized data platform are brought forth, so as to provide basic data for conservation, management and exploitation of the biodiversity in China.

Key words: mammals; biodiversity observation network; biodiversity conservation; infrared camera trapping

收稿日期: 2017-07-27

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC0503802); 环境保护部生物多样性保护专项; 环境保护部南京环境科学研究所基本科研业务专项(GYZX170308)

① 通信作者 E-mail: xhg@nies.org

② 共同通信作者 E-mail: cai.lei@mep.gov.cn

生物多样性观测是在一定区域内对生物多样性的定期测量。它通过获取生态系统的格局与质量、物种组成与分布以及环境要素等方面的数据,掌握生物多样性的变化趋势及其驱动因素,协助保护成效评估,是生物多样性保护的基础性工作和重要手段^[1]。其中,哺乳动物类群和物种多样,分布范围广,适应于多种生境类型,对栖息地变化特别敏感,是生物多样性保护管理与评价的关键指示类群^[2]。

我国哺乳动物多样性非常丰富,随着研究的深入,我国哺乳动物记录不断增加。截至2015年3月31日,我国确定现有12目55科245属673种哺乳动物,哺乳动物总种数占世界哺乳动物总种数的12.3%。此记录使我国哺乳动物丰富度世界排名超过印度尼西亚〔世界自然保护联盟(IUCN)红色名录记录的种数为670种〕而上升到第1位。同时,我国哺乳动物特有种丰富,有150种,特有种种数占比为22.3%^[3]。但是,我国近几十年来的经济快速发展、城镇化扩张和交通路网建设等原因,造成动物栖息地萎缩或丧失、资源过度利用和环境污染等负面影响,使得我国哺乳动物生存受到严重威胁^[4]。《中国生物多样性红色名录——脊椎动物卷》(2015年)评估结果显示,我国哺乳动物受威胁物种(极危、濒危和易危等级)共计178种,占物种总种数的26.4%,其中,特有种有38种为受威胁物种,占特有种总种数的25.3%^[5]。尽管我国出台了一系列生物多样性保护措施,但是生物多样性丧失仍在继续。针对哺乳动物种群持续衰退的现状,为了掌握其生存状态、种群动态变化及受威胁状况,进而提出有针对性的保护对策,开展哺乳动物多样性观测就显得非常重要。

1 国内外哺乳动物多样性观测网络概况

近年来,许多国际机构和国家陆续建设了全球、区域或国家层次的野外生态长期观测和研究网络。联合国环境规划署建立了全球环境监测系统(GEMS),对全球范围的兽类状况、鸟类状况、濒危物种贸易及国家公园和保护区进行观测。地球观测组织生物多样性观测网络(GEO-BON)提出了开展全球生物多样性状况评估的工作方向,试图建立全球生物多样性观测网络。在联合国《生物多样性公约》(2011—2020年生物多样性战略规划)的推动下,世界多国都在进行生物多样性观测网络建设^[6],制定了生物多样性观测的指标、方法和相关技术标准,实施了一系列生物多样性观测计划。例

如,热带生态评价与监测网络(Tropical Ecology Assessment and Monitoring Network, TEAM Network)自2007年起已在南美洲、非洲和亚洲等17个热带森林监测样地陆续开展监测研究(<http://www.team-network.org>),针对陆生脊椎动物(兽类和鸟类)多样性开展红外相机监测^[7]。

我国哺乳动物观测始于20世纪80年代。当时大量自然保护区的设立带动了我国哺乳动物观测工作的开展。其中,有针对哺乳动物物种资源开展的一次性本底调查^[8],有针对大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)(<http://www.forestry.gov.cn/main/72/content-742880.html>)、东北虎(*Panthera tigris altaica*)和东北豹(*Panthera pardus orientalis*)^[9-10]及江豚(*Neophocaena asiaorientalis asiaorientalis*)^[11]等旗舰濒危物种开展的观测,有针对农田害鼠等有害动物开展的观测研究^[12],有针对具体科研而开展的观测研究^[13]。

近年来,红外相机技术作为一种非伤害性野生动物观测技术,已成为生物多样性调查和观测的重要工具和动物生态学研究的重要手段,被广泛应用于我国大中型哺乳动物观测研究,该技术的应用取得了重要进展^[14]。红外相机技术在我国野生动物研究与保护中的应用始于20世纪90年代中期,被最先运用在云南省高黎贡山地区和台湾地区^[9]。红外相机技术应用领域包括野生动物资源调查及种类排查,涉及的自然保护区如广西花坪国家级自然保护区^[15]、卡拉麦里山有蹄类自然保护区^[16]等,利用观测数据估算雪豹^[17]、东北虎和东北豹^[18]及华北豹^[19]等大型猫科动物的种群数量及密度,以及用来分析评估雉类^[20]、小型食肉类^[21]和有蹄类^[22]等多种动物的活动节律和时间分配。相比于传统的观测方法,红外相机技术具有较明显的优越性,如:能在恶劣的环境中昼夜连续工作,进行长期观测;通过获得各种动物的真实图像确认物种的存在,可实现区域内动物多样性的快速评价;对大中型哺乳动物,行踪诡秘、夜行性、稀有和外形易于识别物种更加有效。

目前,国内各单位也在开展红外相机观测网络建设。中国科学院动物研究所联合国内外科研院所和相关自然保护区,已在全国初步建立了30余个基于红外相机技术的观测样区,并以此为基础建设兽类多样性观测网络^[23]。此外,北京大学、北京师范大学、东北林业大学、北京林业大学、中国林业科学研究院等高校和科研院所也建立了一些基于红外相机技术的区域性兽类观测专项网^[9]。

然而,哺乳动物观测工作存在各种局限性:(1)观测的物种数量较少,多集中于个别濒危旗舰种,其他不常见的濒危物种及重要生态功能物种缺乏观测;(2)缺乏长期性,有些地区仅观测1 a或一段时期,无法监测长期变化;(3)观测指标和方法不同,观测数据可比性差,数据区域共享困难;(4)观测地点和区域受限,缺乏全国层面的大尺度设计,无法形成全国多样性观测网络;(5)现有部分哺乳动物观测网络集中在科研部门内部,开展的工作以科研为主,内外联络不紧密,管理结构松散,数据不集中,对生物多样性保护工作支持力度不够。综上所述,现有的哺乳动物观测工作并未形成长期的、全面有效的观测网络,不能满足全国哺乳动物多样性保护和管理的需求。

全国生物多样性观测网络(China Biodiversity Observation Network,简称China BON)是由环境保护部发起,依据我国自然条件的地理分布规律、国家社会经济战略布局以及生物多样性保护需求,通过顶层设计而建设的野外观测网络,以长期定位观测为基本手段,开展生物多样性动态观测和变化机制研究,发现和认识规律,开发新技术并应用示范,为生物多样性保护和管理提供科技支撑。全国哺乳动物多样性观测网络(China Biodiversity Observation Network for Mammals,简称China BON-Mammals)是全国生物多样性观测网络中重要的子网络,目前主要利用红外相机技术开展我国哺乳动物多样性观测,并制定统一的观测技术指南。笔者主要介绍哺乳动物多样性观测网络规划与设计、建设目标、布局、观测指标和分析方法等,并总结了哺乳动物多样性观测网络建设的进展与存在的问题,为哺乳动物多样性观测网络工作的开展提供探索和指导。

2 全国哺乳动物多样性观测网络建设

2015年国务院批准的《生物多样性保护重大工程实施方案(2015—2020年)》,要求“建立布局合理、层次清晰、功能完善的全国生物多样性观测网络;通过对重要生物类群和生态系统开展常态化观测,掌握生物多样性动态变化趋势”。鉴于此,自2016年起,在环境保护部的支持下,环境保护部南京环境科学研究所牵头并组织全国各科研院所、高等院校、保护区等相关单位和部门开展全国大中型哺乳动物红外相机观测网络建设工作,逐渐形成覆盖全国的大中型哺乳动物多样性观测网络,建立规范的红外相机观测技术准则,掌握全国范围内大中型哺乳动物的多样性现状和种群动态变化趋势,分

析环境变化及人类活动对野生动物多样性变化的影响,评估生物多样性保护成效,为制定全国生物多样性保护相关管理措施和政策提供技术支撑。

2.1 建设目标

建立全国大中型哺乳动物多样性观测网络的主要目标是对陆生大中型哺乳动物群落及种群动态进行观测,为生物多样性保护管理和资源利用提供基础性数据。具体内容包括:(1)掌握大中型哺乳动物多样性现状及种群的动态变化,揭示影响其动态变化的关键因子,初步掌握物种分布、种群大小和活动规律等,建立物种名录及分布数据库;(2)深入了解观测样区大中型哺乳动物多样性面临的威胁因素,分析环境变化及人类活动对野生动物多样性变化的影响;(3)以观测结果为依据,评估观测样区现有保护措施和政策的有效性,提出针对生物多样性保护的建议和对策;(4)完善红外相机的观测标准和技术规范,促进全国哺乳动物多样性观测的网络化和信息化,通过建立和开发全国哺乳动物多样性观测信息数据库,实现数据的实时传输、网络化管理、长期有效存储,逐步建成全国哺乳动物多样性观测网络的公共信息平台。

2.2 观测原则

2.2.1 科学性原则

有明确的观测目标,观测样地和观测对象应具有代表性,能全面反映观测区域内哺乳动物多样性和群落的整体状况;应采用统一、标准化的观测方法,对哺乳动物多样性动态变化进行长期观测。观测方法和观测结果应具有可重复性。

2.2.2 可操作性原则

观测计划应考虑所拥有的人力、资金和后勤保障等条件,观测样地应具备一定的交通条件和工作条件。应在系统调查的基础上,充分考虑哺乳动物资源现状、保护状况和观测目标等因素,选择合适的观测区域和观测对象,采用效率高、成本低的观测方法。

2.2.3 可持续性原则

观测工作应满足生物多样性保护和管理的需求,并能有效指导生物多样性保护和管理。观测对象、观测样地、观测方法、观测时间和频次一经确定,应长期保持固定,不能随意变动。

2.2.4 保护性原则

尽量采用非损伤性观测方法,避免不科学的频繁观测。

2.2.5 安全性原则

野外观测会面临很多困难,观测者要做好相关

专业的野外技术培训,做好安全防护措施。

2.3 观测对象

根据哺乳动物体形和体重可分为小型、中型和大型哺乳动物 3 类。以兔形目动物(如蒙古兔)为准,体型小于或等于兔形目动物的为小型哺乳动物;以犬科动物(如狼)、灵长类动物(如猕猴)、偶蹄类动物(如麝)为准,体型大于兔形目动物、小于或等于狼、猕猴、麝的为中型哺乳动物;体型大于狼、猕猴、麝的为大型哺乳动物。该观测网络主要针对长鼻目、奇蹄目、偶蹄目、食肉目、灵长目的大中型哺乳动物及啮齿目松鼠科等部分小型哺乳动物。

2.4 主要内容和方法

2.4.1 样区的选择

从物种和生态系统 2 个层面考虑样区(sample

regions) 布置,重点关注旗舰物种、保护伞物种、濒危物种、经济物种以及重要生态系统类型。以代表性自然保护区为重点,兼顾珍稀濒危物种、国家重点保护物种的核心分布区,以及覆盖哺乳动物地理分布的重点区域,统筹考虑已有观测工作基础的地区^[24],形成全国哺乳动物多样性观测网络。重点观测大中型哺乳动物物种、群落组成及种群动态的变化趋势,并评估影响其种群变化的关键环境因子。

根据 XU 等^[24]建立的哺乳动物最佳监测点及相关专家提供的已有知识和经验设计了全国哺乳动物观测样区的网络布局(图 1),该网络涉及全国大部分省(自治区、直辖市)相关县级行政区或重点区域,共有 118 个样区。



图 1 截至 2017 年全国哺乳动物观测样区分布

Fig. 1 Map of the sample regions for mammal monitoring in China as of 2017

2.4.2 观测样地的设置

在每个样区采用公里网格抽样方案设置3个观测样地(sample plots),开展哺乳动物多样性观测。观测样地是在样区中开展实地调查和监测的区域。观测样地的选址对观测工作至关重要,为了保证观测样地的代表性及布局的合理性,需要对整个观测样区有充分了解。首先利用 Arcgis 软件将观测样区划分成 1 km×1 km 的网格,然后从物种和生态系统 2 个层面考虑样地的布设,在每个样区根据不同的海拔、不同的植被类型、不同的人为活动干扰强度和野生动物分布的先验知识等确定 3 个观测样地。样地应设置在相应群落的典型地段,代表的群落范围较大,地貌、植被等条件要具有同质性,样地之间具有异质性。每个样地面积约为 20 km²,样地间应保持一定间距,原则上大于 3 km。观测样地一般选择人为干扰较小、适宜大中型哺乳动物觅食栖息的地点。每个样地内有 20 个网格,在每个网格中心区域选择合适位置放置 1 台红外相机,不同网格之间的 2 个相机之间相隔距离至少 500 m,观测网格之间尽量保持连续形态。各样区可根据各自的河流、道路(巡护路线)或其他地形特征特点设计观测样地。另外,为保证观测实施的可行性,应选择具备一定交通条件和工作条件的区域。

2.4.3 观测方法

全国哺乳动物多样性观测网络主要采用红外相机观测法。根据红外相机拍摄到的哺乳动物照片、视频数据确定分类单元、种群数量(相对多度)、分布、行为和家域大小等,从而明确哺乳动物资源的时空动态、造成资源变化的影响因素以及资源变化所产生的后果等。该技术的应用受气候和地形的影响较小,可有效提供观测区域内哺乳动物的物种多样性与丰度(种类及数量)、地理分布格局、栖息地的利用、人为干扰和野生动物肇事等重要信息,适用于地栖性物种,对于大中型哺乳类、夜行性、行踪隐秘、稀有和外形易于识别的物种更为有效^[2]。此外,样带调查法将作为补充观测手段。根据各观测样区特点,在部分样区选择性地设置 3 条 5 km 长样带,在利用红外相机进行观测的同时,每年冬季开展 1 次补充调查,通过样带痕迹对哺乳类物种种类和分布区域进行调查。

2.4.4 数据采集与管理

对每个位点的相机进行定位和编号,收集每台相机的物种照片和视频,同时记录每个位点的生境信息,包括经纬度、海拔、地形、植被类型、植被覆盖度、水源类型、人为干扰类型和程度。各样区应根

据实际情况按照常规红外相机观测规范,对相机进行定期检查和维护。在保证相机数据和电池用量的前提下,每 3~4 个月换取 1 次相机存储卡和电池。对获取的图像和视频信息进行整理、识别和分类,最后将每个样区的观测数据导入全国哺乳动物观测数据库管理系统进行汇总和管理,实现全国哺乳动物观测数据的一体化和可视化。

2.4.5 数据分析

全国哺乳动物多样性观测网络收集的数据可用于以下分析:

(1)估算物种种群数量和密度。估算不同物种的种群数量和密度是野生动物生态学研究的重要内容。基于网格抽样方案所采集的红外相机野生动物观测数据,可用于估算种群数量。目前,可采用的统计分析模型主要包括标记-重捕模型(mark-recapture model)^[25]、随机相遇模型(random encounter model)^[26]和野生动物图片指数(wildlife picture index, WPI)^[27]等。但是估算种群数量和密度(绝对多度)对于实验设计、数据质量、观测时间和数据分析等要求较高,在实际应用中往往使用物种相对多度来表示群落结构。相对多度以基于相机拍摄率计算得到的相对多度指数(relative abundance index, RAI)来表征,用以代表动物种群的相对数量,指数越高,表明该物种的相对种群数量越多。

(2)计算物种探测率和占域率。物种的探测率(detection probability)和占域率(site occupancy rate)是生物多样性调查或观测中的重要参数^[28]。占域模型(site occupancy model)可以在目标物种占据某样点但不能每次都被探测到的情况下,通过多次重复调查,从而科学地估算单次调查对目标物种的探测概率,进而估算出特定位点或区域被目标物种占有的概率。该模型采用似然函数的原理,通过分析一定时期内所获得的物种出现/未出现的记录,得到探测率和占域率的最大似然估计^[29]。占域模型是通过重复调查以便准确估计低密度物种分布的模型,所以每个样点需要重复调查多次^[30]。由于可以方便地把每个位点上的调查历史分为若干连续的重复取样单元,红外相机拍摄的照片数据十分适合采用占域模型进行分析。

(3)动物行为学参数分析。由于红外相机在拍摄照片和视频时会自动记录时间、温度等信息,研究者可从红外相机照片或视频片段中提取行为类型、发生时间等信息,计算研究对象的活动节律、活动强度指数(relative activity index, RAI)并评估其活动水平。

3 进展与讨论

全国哺乳动物多样性观测网络建设已取得重要进展:(1)截至 2017 年 7 月,已在全国以长江经济带为重点,在 71 个县域观测样区布设了红外相机(图 1),完成 4 000 余台红外相机的布设并开展观测。目前已观测到哺乳动物共 5 目 21 科 87 种,鸟类共 11 目 27 科 118 种。(2)初步建立全国哺乳动物观测图像数据库,该数据库为所有上传的图像数据建立规范的存储标准,实现了网络化管理,并将按观测样区和类群(物种)建立多种类型的数据库、图片库和物种分布地图等。(3)开发了红外相机图像识别软件,该软件基于大数据、高通量计算平台,利用图像识别和视频分析等核心技术实现对生物多样性观测数据(海量图像与视频数据)的自动目标检测与识别,最终形成一套生物多样性观测数据分析处理与管理系统,大幅度提高用户分析生物多样性观测图像数据的效率。(4)编写了红外相机观测技术操作规程。上述重要进展将进一步推动我国哺乳动物多样性资源的网络化和标准化观测与研究。

伴随着观测工作的开展,全国哺乳动物多样性观测网络建设仍存在一些问题和困难,主要有以下几个方面:(1)红外相机丢失已经成为哺乳动物观测中的一大重要问题。如贡嘎山样区放置的 60 台相机,8 个月内累积丢失 28 台。相机之所以丢失一是因为部分样区在特定季节有虫草、竹笋等野生资源,造成大量山民涌入,导致相机丢失;二是因为部分样区存在盗猎现象,盗猎分子为防止自己被拍而盗走相机。(2)红外相机的损坏也是该项目面临的一个大问题,这些损坏包括人为损坏和自然损坏。人为损坏主要由盗猎人员造成,而自然损坏主要由于野外湿度较大导致部分相机进水而损坏。如黄山样区 60 台相机中有 1 台人为破坏,10 台进水后损坏;大别山样区 60 台相机中有 10 台进水损坏。另外,部分相机的质量也存在问题,不同批次采购的相同型号相机损坏率不同。(3)观测数据的质量控制存在难点。相机丢失、损坏问题会导致数据丢失,从而使得数据分析存在较大偏差。另外,在野外的实际观测中,同一个体往往可能会以不同角度被重复拍摄,在种群数量和种群密度的计算中被误认为是不同的个体,从而使种群参数的估算结果偏高。(4)野外观测过程中会遇见各类困难和危险,例如,南方地区每年雨季时间较长,山区容易出现山洪和泥石流;另外,夏天山区毒蛇、蚂蟥和马蜂等

有毒动物较多,这些都会对野外观测人员的人身安全造成威胁。(5)由于人力、物力等资源的限制,当前哺乳动物观测网络使用的观测方法较单一,观测到的物种覆盖率和探测精度不高,观测到的哺乳动物物种数仅约占物种总种数的 20%,未能覆盖翼手类、啮齿类等小型哺乳动物。(6)目前,我国各地已经实施或正在实施的与哺乳动物相关的多样性观测项目数量众多,应用的观测指标也互不相同,各具特色,观测方法及目标各有偏重,缺乏统一的观测标准和数据处理与分析规范,历史数据分析和比较相对困难。

针对以上问题,笔者认为应该从以下几个方面着手解决:(1)各观测样区应当加大红外相机的管护力度,增加护林员巡护频次,发现相机丢失或损坏应及时补充相机,同时研究开发更加牢固的固定设备如钢丝网、锁等,尽量减少相机丢失。(2)加大红外相机的质量控制,通过野外观测比较不同型号相机的性能,选择性能较好的型号,同时联系厂家开发针对性强的相机。(3)开发新的数据统计模型,在进行数据分析时,考虑将数据丢失问题纳入统计模型之中;开发哺乳动物红外相机观测的图像识别软件,该软件的使用不仅可以减少用于图像和视频识别的大量人力投入,还能降低人为因素造成的误差,同时也需要针对数据分析中重复统计问题开发新的数据分析模型,从而增加数据分析的准确性。(4)需加强观测人员的安全保障,野外工作需至少 2 人 1 组完成,在某些特殊情况下由于各种不利的因素如突降暴雨、天气环境恶劣等,可将野外工作时间向后顺延,若所选样地为地形复杂、地势险峻、多危险地段(悬崖、滑坡等)、植被浓密等难以到达的地区,可适当调整样地的布设。野外工作人员需要购买保险,同时提高自身安全意识。(5)加强生物多样性观测资金的申请和投入力度,扩大观测物种覆盖范围,除了应用红外相机观测技术以外,可以增加样方法和标记重捕法,同时考虑遥感监测技术、数字芯片标记、痕迹识别、DNA 快速检测和红外探头(摄像)等一系列更具前沿性的技术。(6)联合相关部门,吸纳各类已有资源,建立统一观测标准,制定明确的观测指标及数据处理标准,形成全国性的哺乳动物观测网络,避免资源投入的重复和浪费。

希望全国各地更多的单位和人员能够参与到全国哺乳动物多样性观测网络建设工作中,逐步完善全国哺乳动物多样性观测网络体系和数据管理信息平台,针对哺乳动物多样性资源开展长期稳定

的观测研究工作,提升我国哺乳动物多样性保护水平。

致谢:中国科学院动物研究所、北京大学、中国计量大学、浙江自然博物馆、钱江源国家公园生态资源保护中心、安徽大学、福建戴云山国家级自然保护区管理局、江西九连山国家级自然保护区管理局、江西齐云山国家级自然保护区管理局、江西武夷山国家级自然保护区管理局、江西师范大学、华中师范大学、湖南壶瓶山国家级自然保护区管理局、中南林业科技大学、湖南师范大学、广东省生物资源应用研究所、中国科学院华南植物园、广西师范大学、广西壮族自治区林业勘测设计院、长江师范学院、中国科学院成都生物研究所、西华师范大学、绵阳师范学院、贵州大学、贵州师范大学、中国科学院昆明动物研究所、中国科学院西双版纳热带植物园、纳板河流域国家级自然保护区管理局、云南师范大学、云南大学、陕西省动物研究所、陕西师范大学、陕西长青国家级自然保护区管理局、甘肃祁连山国家级自然保护区管理局、兰州大学、中国科学院西北高原生物研究所和西宁野生动物园等单位参与了观测工作。各单位观测人员辛勤工作,发扬了不怕苦、不怕累、一丝不苟的敬业精神,一并向他们表示感谢。

参考文献:

- [1] 徐海根,丁晖,吴军,等.2020年全球生物多样性目标解读及其评估指标探讨[J].生态与农村环境学报,2012,28(1):1-9. [XU Hai-gen, DING Hui, WU Jun, *et al.* Interpretation of the 2020 Global Biodiversity Targets and Its Assessment Indicators [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2012, 28(1): 1-9.]
- [2] 肖治术,李学友,向左甫,等.中国兽类多样性监测网的建设规划与进展[J].生物多样性,2017,25(3):237-245. [XIAO Zhi-shu, LI Xue-you, XIANG Zuo-fu, *et al.* Overview of the Mammal Diversity Observation Network of Sino BON [J]. Biodiversity Science, 2017, 25(3): 237-245.]
- [3] 蒋志刚,马勇,吴毅,等.中国哺乳动物多样性[J].生物多样性,2015,23(3):351-364. [JIANG Zhi-gang, MA Yong, WU Yi, *et al.* China's Mammalian Diversity [J]. Biodiversity Science, 2015, 23(3): 351-364.]
- [4] 臧春鑫,蔡蕾,李佳琦,等.《中国生物多样性红色名录》的制定及其对生物多样性保护的意义[J].生物多样性,2016,24(5):610-614. [ZANG Chun-xin, CAI Lei, LI Jia-qi, *et al.* Preparation of China Biodiversity Red List and Its Significance for Biodiversity Conservation of China [J]. Biodiversity Science, 2016, 24(5): 610-614.]
- [5] 蒋志刚,李立立,罗振华,等.通过红色名录评估研究中国哺乳动物受威胁现状及其原因[J].生物多样性,2016,24(5):552-567. [JIANG Zhi-gang, LI Li-li, LUO Zhen-hua, *et al.* Evaluating the Status of China's Mammals and Analyzing Their Causes of Endangerment Through the Red List Assessment [J]. Biodiversity Science, 2016, 24(5): 552-567.]
- [6] 马克平.监测是评估生物多样性保护进展的有效途径[J].生物多样性,2011,19(2):125-126. [MA Ke-ping. Assessing Progress of Biodiversity Conservation With Monitoring Approach [J]. Biodiversity Science, 2011, 19(2): 125-126.]
- [7] 肖治术,李欣海,王学志,等.探讨我国森林野生动物红外相机监测规范[J].生物多样性,2014,22(6):704-711. [XIAO Zhi-shu, LI Xin-hai, WANG Xue-zhi, *et al.* Developing Camera-Trapping Protocols for Wildlife Monitoring in Chinese Forests [J]. Biodiversity Science, 2014, 22(6): 704-711.]
- [8] 李晟,王大军,肖治术,等.红外相机技术在我国野生动物研究与保护中的应用与前景[J].生物多样性,2014,22(6):685-695. [LI Sheng, WANG Da-jun, XIAO Zhi-shu, *et al.* Camera-Trapping in Wildlife Research and Conservation in China: Review and Outlook [J]. Biodiversity Science, 2014, 22(6): 685-695.]
- [9] JIANG G S, QI J Z, WANG G M, *et al.* New Hope for the Survival of the Amur Leopard in China [J]. Scientific Reports, 2015, 5: 15475.
- [10] WANG T M, FENG L M, MOU P, *et al.* Amur Tigers and Leopards Returning to China: Direct Evidence and a Landscape Conservation Plan [J]. Landscape Ecology, 2016, 31(3): 491-503.
- [11] DONG L J, WANG D, WANG K X, *et al.* Yangtze Finless Porpoises Along the Main Channel of Poyang Lake, China: Implications for Conservation [J]. Marine Mammal Science, 2015, 31(2): 612-628.
- [12] YAN C, XU L, XU T, *et al.* Agricultural Irrigation Mediates Climatic Effects and Density Dependence in Population Dynamics of Chinese Striped Hamster in North China Plain [J]. The Journal of Animal Ecology, 2013, 82(2): 334-344.
- [13] 蔡玉生,龚粤宁,卢学理,等.南岭森林哺乳动物多样性的红外相机监测[J].生态科学,2016,35(2):57-61. [CAI Yu-sheng, GONG Yue-ning, LU Xue-li, *et al.* Camera Trap Survey of Mammal Diversity in Nanling Forests [J]. Ecological Science, 2016, 35(2): 57-61.]
- [14] 肖治术.红外相机技术促进我国自然保护区野生动物资源编目调查[J].兽类学报,2016,36(3):270-271. [XIAO Zhi-shu. Wildlife Resource Inventory Using Camera-Trapping in Natural Reserves in China [J]. Acta Theriologica Sinica, 2016, 36(3): 270-271.]
- [15] 汪国海,施泽攀,刘秀菊,等.花坪保护区鸟兽物种的红外相机初步监测[J].生物多样性,2014,22(6):785-787. [WANG Guo-hai, SHI Ze-pan, LIU Xiu-ju, *et al.* Camera Trap Survey of Mammals and Birds in Huaping National Nature Reserve, Guangxi [J]. Biodiversity Science, 2014, 22(6): 785-787.]
- [16] 董潭成,初红军,吴洪潘,等.卡拉麦里山有蹄类自然保护区鸟兽的红外相机监测[J].生物多样性,2014,22(6):804-807. [DONG Tan-cheng, CHU Hong-jun, WU Hong-pan, *et al.* Monitoring Birds and Mammals Through Camera Traps in Mount Kalamaili Ungulate Nature Reserve, Xinjiang [J]. Biodiversity Science, 2014, 22(6): 804-807.]

- [17] 马鸣,徐峰,Bariushaa Munkhtsog,等.新疆雪豹种群密度监测方法探讨[J].生态与农村环境学报,2011,27(1):79-83.[MA Ming,XU Feng,MUNKHTSOG B, *et al.* Monitoring of Population Density of Snow Leopard in Xinjiang[J].Journal of Ecology and Rural Environment,2011,27(1):79-83.]
- [18] 肖文宏,冯利民,赵小丹,等.吉林珲春自然保护区东北虎和东北豹及其有蹄类猎物的多度与分布[J].生物多样性,2014,22(6):717-724.[XIAO Wen-hong,FENG Li-min,ZHAO Xiao-dan, *et al.* Distribution and Abundance of Amur Tiger, Amur Leopard and Their Un-Gulate Prey in Hunchun National Nature Reserve, Jilin[J].Biodiversity Science,2014,22(6):717-724.]
- [19] 宋大昭,王卜平,蒋进原,等.山西晋中庆城林场华北豹及其主要猎物种群的红外相机监测[J].生物多样性,2014,22(6):733-736.[SONG Da-zhao,WANG Bu-ping,JIANG Jin-yuan, *et al.* Using Camera Trap to Monitor a North Chinese Leopard (*Panthera pardus japonensis*) Population and Their Main Ungulate Prey [J].Biodiversity Science,2014,22(6):733-736.]
- [20] 赵玉泽,王志臣,徐基良,等.利用红外照相技术分析野生白冠长尾雉活动节律及时间分配[J].生态学报,2013,33(19):6021-6027.[ZHAO Yu-ze,WANG Zhi-chen,XU Ji-liang, *et al.* Activity Rhythm and Behavioral Time Budgets of Wild Reeves's Pheasant (*Syrnaticus reevesii*) Using Infrared Camera [J].Acta Ecologica Sinica,2013,33(19):6021-6027.]
- [21] 李峰,蒋志刚.狗獾夜间活动节律是受人类活动影响而形成的吗:基于青海湖地区的研究实例[J].生物多样性,2014,22(6):758-763.[LI Feng,JIANG Zhi-gang.Is Nocturnal Rhythm of Asian Badger (*Meles leucurus*) Caused by Human Activity: A Case Study in the Eastern Area of Qinghai Lake [J]. Biodiversity Science,2014,22(6):758-763.]
- [22] 贾晓东,刘雪华,杨兴中,等.利用红外相机技术分析秦岭有蹄类动物活动节律的季节性差异[J].生物多样性,2014,22(6):737-745.[JIA Xiao-dong,LIU Xue-hua,YANG Xing-zhong, *et al.* Seasonal Activity Patterns of Ungulates in Qinling Mountains Based on Camera-Trap Data [J]. Biodiversity Science, 2014, 22 (6) : 737-745.]
- [23] 肖治术,李欣海,姜广顺.红外相机技术在我国野生动物监测研究中的应用[J].生物多样性,2014,22(6):683-684.[XIAO Zhi-shu,LI Xin-hai,JIANG Guang-shun. Applications of Camera Trapping to Wildlife Surveys in China [J]. Biodiversity Science, 2014, 22 (6) : 683-684.]
- [24] XU H G, CAO M C, WU Y, *et al.* Optimized Monitoring Sites for Detection of Biodiversity Trends in China [J]. Biodiversity and Conservation, 2017, 26 (8) : 1959-1971.
- [25] 谢文华,杨锡福,李俊年,等.八大公山自然保护区地栖性小兽多样性初步研究[J].生物多样性,2014,22(2):216-222.[XIE Wen-hua,YANG Xi-fu,LI Jun-nian, *et al.* A Preliminary Study of the Biodiversity of Ground-Dwelling Small Mammals in Badagongshan National Nature Reserve, Hunan Province [J]. Biodiversity Science, 2014, 22 (2) : 216-222.]
- [26] CUSACK J J, SWANSON A, COULSON T, *et al.* Applying a Random Encounter Model to Estimate Lion Density From Camera Traps in Serengeti National Park, Tanzania [J]. The Journal of Wildlife Management, 2015, 79 (6) : 1014-1021.
- [27] O'BRIEN T G. Wildlife Picture Index and Biodiversity Monitoring: Issues and Future Directions [J]. Animal Conservation, 2010, 13 (4) : 350-352.
- [28] PELLET J, SCHMIDT B R. Monitoring Distributions Using Call Surveys: Estimating Site Occupancy, Detection Probabilities and Inferring Absence [J]. Biological Conservation, 2005, 123 (1) : 27-35.
- [29] STANLEY T R, ROYLE J A. Estimating Site Occupancy and Abundance Using Indirect Detection Indices [J]. Journal of Wildlife Management, 2005, 69 (3) : 874-883.
- [30] BAILEY L L, SIMONS T R, POLLOCK K H. Estimating Site Occupancy and Species Detection Probability Parameters for Terrestrial Salamanders [J]. Ecological Applications, 2004, 14 (3) : 692-702.
- 作者简介:** 李佳琦(1983—),男,江苏句容人,助理研究员,博士,主要研究方向为生物多样性保护。E-mail: lijiaqihao@163.com

(责任编辑:李祥敏)