

•生物多样性监测专题•

中国兽类多样性监测网的建设规划与进展

肖治术^{1,5*} 李学友² 向左甫³ 李明¹ 蒋学龙² 张礼标⁴

1 (中国科学院动物研究所, 北京 100101)

2 (中国科学院昆明动物研究所, 昆明 650223)

3 (中南林业科技大学生命科学与技术学院, 长沙 410004)

4 (广东省生物资源应用研究所, 广州 510260)

5 (中国科学院大学生命科学学院, 北京 100049)

摘要: 兽类类群和物种多样, 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。中国兽类多样性监测网是由中国科学院近年来推动建立的中国生物多样性监测与研究网络的专项网之一, 重点对分布于我国境内的陆生兽类物种多样性及资源进行监测与研究。针对当前我国兽类监测研究面临的三大根本任务(兽类物种有什么? 在哪里? 有多少?), 当务之急是应尽快建立和完善我国兽类各类群的监测技术规范, 制定常态监测计划, 全面建设全国性的兽类多样性监测网络技术体系和监测数据公共信息平台。本文在总结国内外兽类监测研究的基础上, 提出了我国陆生兽类多样性监测网的建设规划, 重点介绍该监测网的科学目标、布局、监测技术和监测数据产品等。本文也总结了近年来我国陆生兽类多样性监测网建设所取得的重要进展及存在的问题, 为全面推动我国兽类多样性监测网明确发展方向。

关键词: 中国兽类多样性监测网; 生物多样性保护; 科学目标; 监测数据产品; 监测技术

Overview of the Mammal Diversity Observation Network of Sino BON

Zhishu Xiao^{1,5*}, Xueyou Li², Zuofu Xiang³, Ming Li¹, Xuelong Jiang², Libiao Zhang⁴

1 Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101

2 Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223

3 College of Life Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004

4 Guangdong Institute of Applied Biological Resources, Guangzhou 510260

5 College of Life Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

Abstract: Mammals are key indicators for biodiversity conservation and management due to their high diversity, wide distribution range, and sensitivity to habitat changes. Recently launched by the Chinese Academy of Sciences, the Mammal Diversity Monitoring Network of Sino BON (Sino BON-Mammal) is a key member of the Biodiversity Monitoring Networks of Sino BON for the monitoring and inventory of terrestrial mammal resources in China. Firstly, this paper reviews several major advances in terrestrial mammal diversity observations in both China and other parts of the world. We then provide an overview of Sino BON-Mammal, including the major scientific goals, monitoring framework, methods, and data products. In addition, we also summarize some working advances of the Mammal Diversity Observation Network of Sino BON since 2011. This overview will be helpful for the development of national observation programs of mammal diversity in China.

Key words: Mammal Diversity Monitoring Network of Sino BON (Sino BON-Mammal); biodiversity conservation; scientific goals; monitoring data products; monitoring methods

兽类类群和物种多样, 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。据 IUCN (2014) 公布的红色名录统计, 近 500 年来全世界有 79 种大

收稿日期: 2016-06-14; 接受日期: 2017-02-28

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC0500105)、“十二五”国家科技支撑项目(2012BAD19B02)和中国生物多样性监测与研究网络项目(Y6236G1001)

*通讯作者 Author for correspondence. E-mail: xiaozs@ioz.ac.cn

中型兽类已经灭绝, 1,199 种兽类濒临灭绝(Monastersky, 2014)。近百年来, 我国已有赛加羚羊(*Saiga tatarica*)、普氏野马(*Equus przewalskii*)、华南虎(*Panthera tigris amoyensis*)等 10 余种(或亚种)大中型野生兽类种群灭绝。研究表明, 大肆捕杀、栖息地丧失或变化等人类活动的直接和间接影响是造成这些珍稀兽类灭绝或种群显著减少的重要驱动因子(Dirzo et al, 2014; Monastersky, 2014)。

相对于鸟类, 有关兽类的长期监测研究多集中于局部区域和少数类群(物种), 并在调查监测过程中也存在着较多问题和困难, 具体表现在: (1)许多兽类(特别是大型食肉动物)的种群数量日渐减少、密度低, 甚至濒临灭绝; (2)许多物种的外形和痕迹相似, 难以准确进行物种判定; (3)许多动物活动隐秘, 很难直接观察到实体或痕迹; (4)许多兽类仅分布在人迹罕至的森林或其他生境中, 监测难度大、成本高; (5)兽类行为习性和生存空间多种多样(Rovero et al, 2010; 肖治术等, 2014a)。从已有的监测研究来看, 大中型兽类调查多采用目击实体、足迹、粪便和其他痕迹等传统调查方法, 小型兽类调查则多采用笼捕、夹捕和陷阱等方法, 翼手类多采用网捕法(杨锡福等, 2014)。自 20 世纪 90 年代以来, 现代科技手段开始广泛应用于兽类的监测研究, 如“3S”技术、分子生物学技术(如 DNA 条形码技术)、数码影像技术(如红外相机技术)和网络信息技术等。近 10 年来, 红外相机技术比传统调查方法对大中型兽类的监测研究具有明显的优越性, 如能在恶劣环境中昼夜连续工作, 通过获得各种动物的真实图像来确认物种存在, 实现区域内兽类资源的快速评价等。目前, 该技术已逐渐发展成地栖性大中型兽类和鸟类的常规监测方法(Rovero et al, 2010; O'Connell et al, 2011; 肖治术等, 2014a)。

中国兽类多样性监测网(Mammal Diversity Monitoring Network of Sino BON, 简称 Sino BON-Mammal)是中国科学院发起建立的中国生物多样性监测与研究网络的重要专项网之一, 重点对分布于我国境内的陆生兽类资源进行监测与研究。本文在总结国内外兽类监测研究的基础上, 提出了中国兽类多样性监测网的建设规划, 重点介绍该监测网的科学目标、布局、监测技术和监测数据产品等。本文也总结了近年来中国兽类多样性监测网建设所取得的重要进展与存在的问题, 为全面推动我国

兽类多样性联网监测明确发展方向。

1 国际兽类多样性监测概况

国际上, 许多兽类物种及种群在欧洲、北美、非洲、澳洲和亚洲各地局部区域均有长达数十年甚至上百年的长期监测记录, 如北半球的小型兽类——田鼠(*Microtus* spp.)、旅鼠(*Lemmus* spp.)等(Elton, 1942; Krebs, 2013); 基于毛皮记录的雪兔(*Lepus americanus*)与猞猁(*Lynx canadensis*)的数据(1845–1937, MacLulich, 1937); 基于狩猎者狩猎行为和狩猎收获的数据(1950–1990s: Brinkman et al, 2009; 1950s–2010: Coad et al, 2013); 基于本土市场野生动物肉类流通量的数据(Fa et al, 2015); 基于本土生态知识和猎人狩猎经验的等秩分析(ordinal-scale measures)数据(1953 年以前及 1953–2005 年: Loucks et al, 2009)。然而, 针对大中型兽类在群落多样性水平的长期监测研究却极少。近 20 多年来, 随着红外相机技术、DNA 条形码技术等现代科学技术的发展, 当前兽类多样性监测呈现以下发展趋势: (1)不限于某些特定物种, 监测类群更加多样、全面; (2)开展长期定位监测(定时、定点和定量), 保证时间和空间上的长期性、连续性和可比性; (3)监测技术客观, 建立同步监测规范; (4)数据管理规范化和数据分析标准化, 监测数据信息实现网络化和可视化管理; (5)建立区域性、乃至全球性的监测网络(Ahumada et al, 2011; 肖治术等, 2014a)。

近年来, 国外关于兽类监测研究网络的建设处于快速发展之中, 如美国史密森研究院(Smithsonian Institution)和北卡罗莱纳州立大学于 2013 年合作建立的网络数据信息平台 eMammal(<http://emammal.si.edu/>), 主要通过红外相机技术来记录和收集美国和其他区域的兽类数据, 以便解答兽类分布和数量变化的相关问题, 为保护提供详实的科学数据。热带生态评价与监测网络(Tropical Ecology Assessment and Monitoring Network, TEAM Network)提出并执行了针对陆生脊椎动物(兽类和鸟类)多样性的红外相机监测规范(TEAM Network, 2011), 于 2007 年起已在南美洲、非洲、亚洲等 17 个热带森林监测样地陆续开展监测研究(<http://www.teamnetwork.org>)。该监测规范提出每个监测样地需建立 2–3 个公里网格的监测样方, 每个样方由 20–30 台相机构成一个相机列阵, 相机布设密度为

1 台/1–2 km², 覆盖面积可达 60–90 km²。每个相机位点每年在旱季完成为期 30 天的监测(Ahumada et al, 2011)。2014 年全球森林生物多样性监测网络(CTFS/ForestGEO, <http://www.ctfs.si.edu/>)的部分森林动态监测样地采用 TEAM Network 红外相机监测规范用于陆生脊椎动物的监测。这些监测网络针对兽类的监测均以红外相机技术为支撑。此外, 一些区域性或国家层面的兽类多样性监测计划也正在实施和筹划中, 但通常与其他生物多样性长期监测计划结合在一起。

2 我国兽类多样性调查与监测概况

我国地域辽阔, 自然环境和生境类型多样, 蕴含了丰富多样的兽类资源。新中国成立以来, 我国曾多次开展重点区域或全国性兽类等野生动物资源调查, 对全国兽类本底资源有了整体了解。1995–2001 年间, 由国家林业局组织完成了第一次全国陆生脊椎动物资源调查, 初步掌握了 252 种动物(包括兽类 78 种)的种群数量、分布、栖息地以及影响这些动物资源变动的主要因子等。2009–2011 年, 国家环境保护部在一些生物多样热点地区(如云南省滇西北地区)开展了生物物种资源调查试点工作, 并以县域为单位编制野生动物物种名录。2010 年 9 月, 环境保护部会同 20 多个行业部门和相关单位编制了《中国生物多样性保护战略与行动计划》(2011–2030), 提出了我国未来 20 年的生物多样性保护总体目标、战略任务和优先行动, 并将“开展生物多样性调查、评估与监测”列入优先领域和行动计划中。2011 年起, 国家林业局又启动了第二次全国陆生脊椎动物资源调查项目。这些野生动物资源调查结果初步反映了全国野生动物资源的现状。

然而, 由于传统监测方法的局限性与受重视程度差异, 过去我国兽类监测的种类(或类群)或区域较少, 仅少数旗舰濒危物种有长期监测数据, 如大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)(<http://www.forestry.gov.cn/main/72/content-742880.html>), 东北虎(*Panthera tigris altaica*)和东北豹(*P. pardus orientalis*)(Jiang et al, 2015; Wang et al, 2016), 江豚(*Neophocaena asiaeorientalis asiaeorientalis*, Kimura et al, 2010; Dong et al, 2015)。关于区域性大中型兽类多样性的长期监测仅见于吉林长白山国家级自然保护区。该保护区自 1980 年起已由吉林长白山科学研究院采

用样带痕迹调查和访问调查等方法对大中型兽类进行了连续 30 多年的监测, 发现东北虎、东北豹、梅花鹿(*Cervus nippon*)和原麝(*Moschus moschiferus*)等在这里可能已绝迹, 而马鹿(*C. elaphus*)、亚洲黑熊(*Ursus thibetanus*)和棕熊(*U. arctos*)等的种群数量急剧减少(朴正吉等, 2011, 2012)。此外, 我国农田害鼠等有害动物也有一些长期监测研究(Zhang et al, 2003, 2010; Yan et al, 2013)。

依据早年的贸易数据, 有研究对少数物种的种群动态曾进行过分析, 如: 王应祥等(1997)基于 1954–1992 年间云南各地、州、市豹猫(*Prionailurus bengalensis*)皮张收购量的统计, 分析了 36 年间豹猫在云南不同区域的密度变化, 从而对豹猫皮张的出口配额提出了建议。Yang 等(2003)从 11 省市药材公司收集了 1952–1988 年间的麝香历史收购量, 通过统计模型对我国麝(*Moschus spp.*)种群动态及趋势进行分析和预测。但是由于早年的购销模式已不存在, 现已很难获取类似数据, 尽管当代电商平台可提供一些数据, 但其真实性难以保证。

由于缺乏国家层面的整体性、全局性的设计和规划, 一些珍稀濒危兽类物种的监测主要为研究者根据具体研究需要而开展的, 如秦岭羚牛(*Budorcas taxicolor*)季节性迁移路线(Guan et al, 2013), 西黑冠长臂猿(*Nomascus concolor*)和海南长臂猿(*N. hainanus*)种群动态与繁殖特征和交配行为(Huang et al, 2013; Zhou et al, 2008), 滇西北地区麝(*Moschus spp.*)种群萎缩程度(Li XY & Jiang, 2014), 亚洲象(*Elephas maximus*)种群动态(林柳等, 2011)、气候变化与分布区退缩(Luo et al, 2014; Li XH et al, 2015)、亚洲象对生态走廊的利用(Pan et al, 2009)和人象冲突(Zhang & Wang, 2003)。

随着现代科技的发展, 监测手段与方法得到很大改进, 监测效率与结果可信度也得到极大提高。Zhan 等(2006)通过在四川王朗国家级自然保护区全面收集野生大熊猫粪便样品的基础上, 利用微卫星分子标记准确地鉴定了大熊猫个体, 并以 DNA 为基础的标志重捕法确定了王朗保护区的大熊猫种群数量, 从而建立了一种全新的大熊猫种群数量调查方法。Li XY 等(2014)通过对样线粪堆计数法和红外相机技术监测高山麝(*Moschus chrysogaster*)等 4 种高山偶蹄类动物监测结果的比较, 评估了红外相机技术在高山偶蹄类种群监测中的应用前景。然

而,我国许多珍稀濒危兽类,如印度野牛(*Bos gaurus*)、赤斑羚(*Naemorhedus baileyi*)、豚鹿(*Axis porcinus*)、云豹(*Neofelis nebulosa*)等,由于缺乏调查和长期监测,其种群现状及动态尚不清楚。2007年在陕西镇坪发生的“华南虎事件”凸显了我国兽类资源长期监测研究的缺失。

近年来,红外相机技术作为新型监测方法开始广泛应用于我国大中型兽类的监测研究,并取得了重要进展(李晟等, 2014; 肖治术等, 2014a; 张履冰等, 2014; 肖治术, 2016)。20世纪90年代,我国台湾(裴家骐等, 1997; 裴家骐, 1998)和云南高黎贡山(马世来和 Harris, 1996)陆续将自动感应照相系统用于野生动物调查。特别令人惊喜的是, Li C 等(2015)近期借助红外相机在西藏墨脱县格当乡的岗日嘎布山拍摄了大量猕猴的精彩照片,经与猕猴属(*Macaca*)近缘物种的对比研究和声音声谱分析,确定为灵长类新物种——白颊猕猴(*M. leucogenys*)。近5年来,价廉、质优的被动式红外相机在我国野生动物监测中所投入的数量达2万多台(据不完全统计)。目前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监测样区,并以此为基础建设兽类多样性监测网络(肖治术等, 2014b)和野生动物多样性监测图像数据管理系统 CameraData (肖治术等, 2014c)。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监测专项网(李晟等, 2014),尤以对东北虎、东北豹及其猎物的监测研究取得了显著成效(Jiang et al, 2015; Wang et al, 2016)。

总的来看,我国多数生态功能区如自然保护区、国家公园等的兽类本底资源仍未完全掌握,许多区域甚至没有调查记录,更是缺乏针对兽类多样性资源开展长期监测研究的工作。因此,当前我国兽类物种多样性监测研究面临3大根本任务,即弄清不同区域兽类物种资源现状(有什么物种?),这些物种的分布(在哪里?),每个物种的种群数量(有多少?)。当务之急是应尽快建立和执行我国兽类各类群的监测技术规范(包括数据管理与分析规范),制定常态监测计划,全面建设全国性兽类多样性监测网络体系和监测数据公共信息平台。

3 中国兽类多样性监测网的建设规划

基于中国森林生物多样性监测网络(CForBio, www.cfbiodiv.org/)、中国生态系统研究网络(CERN, <http://www.cern.ac.cn/>)、自然保护区网络以及我国重点生态功能区划要求,在野生动物行政主管部门的支持下及其他相关部门的配合下,中国兽类多样性监测网将针对我国森林、农田和草原荒漠等陆地生态系统的分布格局和特点,拟在我国境内典型陆地生态系统中设立一系列监测网点,逐渐形成覆盖全国陆生兽类多样性的监测网络,推动并建立兽类多样性的监测技术规范,准确记录兽类物种出现与否及其丰富度,以比较兽类多样性与种群的时空变化及环境因素所产生的影响。目前,中国兽类多样性监测网的监测对象包括我国境内重要监测区域内的各种陆生兽类。

3.1 科学目标

服务于国家生态文明建设和生态安全战略的整体需要,中国兽类多样性监测网的科学目标涉及以下几个方面:

(1)促进兽类多样性监测研究的健康发展。根据我国兽类资源的地理分布特征和多样性格局,以监测样地、样带、样点为核心分别在森林、农田草原和关键区域建立布局合理、综合配套的陆生兽类多样性监测站点,以科研院所和基层监测单位为主体联合组建全国兽类多样性监测研究专业队伍。

(2)促进国家兽类生物多样性本底调查与客观评价,探索兽类资源常态监测的长期方案。中国兽类多样性监测网的近期目标还将包括对所监测的重点区域内的兽类本底资源进行调查和评价,以便掌握这些重点监测区域内的兽类资源现状,为在全国范围内开展长期监测研究确定综合监测技术和关键监测指标等。

(3)完善监测标准与技术规范,促进国家兽类资源监测网络化和信息化发展。通过完善适合我国国情的兽类多样性监测长远目标和监测技术规范,建立和完善全国兽类多样性监测信息数据库,实现网络化分析管理、中长期态势分析的要求与目标,逐步形成全国兽类监测网络公共信息平台,同时为科普、教育、科研、生产与保护等各领域提供多样化的信息服务与决策支持。

(4)促进多学科、多平台的协同合作,提高国家

兽类资源监测水平和社会服务功能。依靠计算机网络信息技术、数码影像技术、“3S”技术、DNA 条形码技术等现代科学技术手段,建立比较领先的兽类监测技术体系和公共服务平台,建设一批具有自主创新与自我研究思路的观测设施,对兽类进行全面、多层次的监测与研究,为国家生物多样性保护和生物资源可持续利用提供科学数据和咨询建议。

3.2 总体设计

针对我国兽类资源特点和地理分布格局,在野生动物行政主管部门的支持和其他相关部门的配合下,中国兽类多样性监测网拟在全国逐步设立森林动态监测样地兽类监测系统、关键区域珍稀兽类监测系统和农田草原兽类监测系统(附录 1)。

(1)森林动态监测样地兽类监测系统。依托中国森林生物多样性监测网络所设立的森林大样地对兽类多样性进行长期监测与研究,建立并执行统一的兽类多样性监测技术规范,准确记录兽类物种多样性与资源变化,比较兽类多样性与种群的时空变化及环境因素所产生的影响,开展兽类的生态系统功能和生态服务评价研究,服务于我国森林生物多样性监测网络的建设和发展,为我国森林生物多样性资源保护提供科学依据和决策支持。

(2)关键区域珍稀兽类监测系统。对我国青藏高原、云贵高原、横断山、秦岭、东北和海南等关键区域珍稀兽类资源(大熊猫、灵长类、东北虎和有蹄类等)及其栖息地进行长期监测与研究,建立并执行统一的兽类多样性监测技术规范,服务于我国生物多样性关键区域珍稀兽类的物种保护与自然保护区管理成效的评价等,为我国重要珍稀濒危物种和其他土著物种及其栖息地的保护管理提供科学依据和决策支持。

(3)农田草原兽类监测系统。对我国重要农区(华北平原、东北平原、洞庭湖区)和草原荒漠区(内蒙古锡林郭勒、青海湖)有害兽类及其天敌资源进行长期监测与研究,建立并执行统一的兽类多样性监测技术规范,服务于我国农田和草原荒漠生态系统兽类多样性资源管理以及有害生物控制,为我国农牧业可持续发展提供科学依据和决策支持。

上述兽类多样性监测网点的设立具有代表性,既涵盖了我国兽类多样性和特有物种丰富的关键区域,又涉及了我国陆地生态系统的主要生态功能区(森林、农田和草原荒漠)。“十三五”期间,兽类监测

网点建设将在此基础上补充一些监测网点(特别是西部区域),加强对特有物种和重要类群的监测研究,最终形成覆盖全国重要生态功能区的综合性兽类监测研究网络。此外,我国上述森林动态监测样地也是全球森林生物多样性监测网络的重要组成部分,有关监测结果将可与全球其他监测样地进行比较研究。通过采用公里网格监测方案,我国这些监测样地获得的红外相机监测数据也可与热带生态评价与监测网络相关样地所获得的数据进行比较研究。

3.3 主要内容、方法和指标

3.3.1 主要内容

中国兽类多样性监测网选择我国重要生态功能区域和生物多样性热点区域,按森林(12 个样地)、关键区域(12 个样地)和农田草原(5 个样地)等形成全国陆生兽类物种多样性监测网络,重点监测陆生大中型兽类(包括部分地栖鸟类)和小型兽类(含翼手类)物种与群落组成及种群变化以及影响其变化的关键环境驱动因子。内容包括建立并完善兽类物种多样性监测的标准化技术体系,并按照标准化的监测技术规范对兽类物种组成、种群动态及其相关驱动因子开展长期监测研究;建立并完善兽类物种多样性监测数据公共信息平台,为我国重要兽类资源保护、有害生物管理与控制提供科学依据和决策支持。

3.3.2 主要监测方法

中国兽类多样性监测网将以监测样地、监测样点为单位分类采集。陆生兽类监测主要方法将覆盖所有兽类类群以及相关兽类的行为、扩散和通讯等方面。因此主要监测数据包括依据图像、音频、视频、标本和组织样品等,以确定分类单元,纲、目、科、属或物种、种群数量以及其相关指标(种群数量、分布、行为、家域大小等),从而明确兽类资源的时空动态、造成兽类资源变化的影响因素以及兽类资源变化所产生的后果等。主要监测方法分述如下:

(1)红外相机技术:该技术的应用受地形、气候影响小,可有效提供监测区域内兽类的物种多样性与丰富度(种类及数量)、地理分布、栖息地利用、人为干扰、野生动物肇事等重要信息,对于大中型兽类、行踪诡秘、夜行性、稀有物种、外形易于识别物种更为有效,适用于地栖性物种。兽类监测专项网拟采用公里网格抽样方案对所设监测样点进

行长期监测。公里网格抽样方案参考 TEAM Network (2011)所提出并执行的监测规范。公里网格抽样方案整体上考虑了大中型兽类的活动范围和分布情况,但对大型猫科动物的监测效果不理想(Wearn et al, 2013)。建议每个监测区域设置 2–3 个公里网格的监测样方,每一样方布设 20–30 台红外相机组成一个相机阵列,相机布设密度为 1 台/2 km²或 1 台/km²(肖治术等, 2014b)。每个相机位点在每年旱季(热带和亚热带区域)或秋冬季(温带区域)完成为期 30–60 天的监测,有条件的监测点可开展常年监测。监测样方的选择需考虑植被类型、海拔梯度和人类活动干扰梯度等。具体相机位点的设置和布设可根据当地地形、动物行走路线、工作难度和相机安全性等进行综合考虑。公里网格抽样方案从 2014 年起已在我国各森林动态监测样地和相关自然保护区陆续开展。

(2)标记重捕技术:小型兽类(占我国兽类物种的 40%以上,不包括翼手类)在兽类多样性组成和生态系统功能中具有重要作用,但由于其体型较小、外形相似,难以通过红外相机技术所获得的影像进行物种识别。因此,标本采集与标记重捕法是掌握小型兽类物种与群落动态的重要途径。以森林动态监测样地为例,每个样地(15–30 ha)随机选取 3–5 个 1 ha (100 m × 100 m)的样方作为重复,每个样方布设 7 × 7 = 49 个捕鼠笼(笼间距为 12 m),连续放置 3 天(谢文华等, 2014)。每个森林动态监测样地在每年秋季完成 1 次调查,对捕获的个体记录种类、性别、体重和繁殖情况等。此外,利用陷阱法在样方内随机埋设 9 只小桶,调查食虫目种类和小型啮齿类物种(杨锡福等, 2014)。

(3)超声波监测技术:为翼手目种类的主要监测手段,可以用于分析物种组成、行为活动以及种群内个体间通讯交流等内容(Kunz & Parsons, 2009)。

(4)视频监测技术:该技术主要用于多数兽类物种的各种行为以及兽类与植物之间种间互作关系等数据的收集和分析(赵清建等, 2016)。

(5)声音监测技术:野生动物栖息地内的声音信号可以反映栖息地质量、人为干扰强度、野生动物个体及种群的分布、活动、种群结构及生理状况等保护生物信息(Blumstein et al, 2011)。声音信号具有传递范围远、受障碍物限制小的优点,对于生性胆怯、行踪隐秘、栖息于亚冠层生境中的动物,由

于光线和离地高度导致视觉信号传递受限,声音信号在物种调查及监测中优势更为明显。该技术可实时监测兽类物种及其栖息地,通过设置多台录音机组成的阵列,采集兽类物种声音数据分析物种组成、种群内个体间声音通讯行为等内容。

(6)GPS 跟踪技术:该技术主要用于兽类物种的时间和空间定位、家域大小、扩散、迁移等方面的研究(Kays et al, 2015)。

(7)非损伤性 DNA 监测技术:主要针对一些珍稀濒危且分布区较狭窄的大型种类的监测,可用于分析物种的种群数量、迁移扩散等内容(Mondol et al, 2009)。

3.3.3 监测数据产品

中国兽类多样性监测网的监测数据产品包括:

(1)制定我国陆生兽类各类群的监测技术规范和监测标准,建立示范性监测网点和监测示范区,并在全国范围内各部门进行示范推广。

(2)建立和完善我国陆生兽类多样性监测数据公共信息平台,包括兽类图像、视频及音频数据集、哺乳动物的活动规律和迁移扩散模式、兽类与植物之间相互关系的数据集或数据库。

(3)建立和完善我国陆生哺乳动物资源的分布数据库。

(4)基于上述数据库,建立和完善我国陆生兽类多样性保护管理成效的评估标准和评价细则,及时发布我国陆生兽类多样性监测的年度报告、进展报告以及相关论著等。

4 中国兽类多样性监测网的进展及展望

经过 6 年来的发展(2011–2016),中国兽类多样性监测网主要在兽类多样性红外相机联网监测方面取得了如下重要进展:

(1)在全国陆续建立了兽类监测样区 30 余个,其纬度跨度大(从大兴安岭寒温带森林到西双版纳热带森林),涉及了我国主要森林植被类型,如:针阔混交林、落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、常绿阔叶林和热带雨林。每个监测样区布设了 20–150 余台红外相机,采用公顷网格方案和公里网格方案监测大中型兽类和地面活动鸟类(肖治术, 2014, 2016; 肖治术等, 2014b)。

(2)初步建立了基于红外相机技术的监测数据库管理规范与分析标准,率先在国内建立了针对红

外相机监测数据的图像数据管理系统 CameraData (<http://cameradata.ioz.ac.cn>, 于2013年9月起开始运行) (肖治术等, 2014c)。CameraData 为所有上传的图像数据建立规范的分析标准, 实现了网络化管理, 并将按监测区域和类群(物种)建立多种类型的数据库、图片库和物种分布地图等。目前, CameraData 上传照片超过 100 多万张, 已鉴定兽类 80 余种和鸟类 160 余种, 有关数据仍在进一步积累中。

(3)为了推动我国野生动物红外相机监测规范的建立和执行, 促进我国红外相机监测数据信息的快速分析和及时发布, 于 2014 年 7 月和 2016 年 8 月在北京成功举办了两届野生动物多样性监测学术研讨会及相关的红外相机监测技术培训班。参会代表充分认识到野生动物红外相机监测规范和数据管理规范的重要性, 对我国野生动物红外相机监测规范、数据管理与分析、数据共享、科研合作等方面展开了讨论, 为全面推进我国野生动物红外相机联网监测研究工作起到了承前启后的作用。

(4)近期在《生物多样性》(2014)、《森林与人类》(2015)和《兽类学报》(2016)等杂志组织发表了野生动物红外相机监测研究专辑。上述专辑总结了近 20 年来红外相机技术在我国野生动物监测中的应用成果和经验教训, 为我国野生动物红外相机联网同步监测研究明确了发展方向(肖治术等, 2014a; 肖治术, 2016)。

中国兽类多样性监测网的运行以及所取得的重要进展, 标志着我国兽类多样性联网监测进入新的发展阶段。2016 年年底, 环保部负责的生物多样性保护专项启动了长江经济带 58 个监测样区(自然保护区)的大中型哺乳动物红外相机监测, 这将进一步推动我国兽类多样性资源网络化和标准化监测与研究。然而, 全面建设全国尺度的兽类多样性监测网络还存在不足, 监测网络建设任重道远, 今后需要落实以下 3 个方面: (1)针对不同生态功能区和不同兽类类群, 在全国范围内制定并严格执行的监测技术规范和相关监测标准, 保证数据的连续性、可比性和长效性; (2)建立和健全我国兽类多样性监测数据库和公共信息共享平台, 实现监测数据的信息化、网络化和可视化; (3)对我国兽类多样性长期监测予以稳定支持, 发展和壮大专业监测队伍, 开展技术培训, 加强学术交流, 有效促进国内和国际的科研合作。

参考文献

- Ahumada JA, Silva K, Gajapersad C, Hallam J, Hurtado E, Martin A, McWilliam B, Mugerwa T, O'Brien T, Rovero F (2011) Community structure and diversity of tropical forest mammals, data from a global camera trap network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences*, 366, 2703–2711.
- Blumstein DT, Mennill DJ, Clemins P, Girod L, Yao K, Patricelli G, Deppe JL, Krakauer AH, Clark C, Cortopassi KA, Hanser SF, McCowan B, Ali AM, Hanser SF (2011) Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus. *Journal of Applied Ecology*, 48, 758–767.
- Brinkman TJ, Chapin T, Kofinas G, Person DK (2009) Linking hunter knowledge with forest change to understand changing deer harvest opportunities in intensively logged landscapes. *Ecology and Society*, 14, 36.
- Coad L, Schleicher J, Milner-Gulland EJ, Marthews TR, Starkey M, Manica A, Abernethy KA (2013) Social and ecological change over a decade in a village hunting system, central Gabon. *Conservation Biology*, 27, 270–280.
- Dirzo R, Young HS, Galetti M, Ceballos G, Isaac NJB, Collen B (2014) Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345, 401–406.
- Dong L, Wang D, Wang K, Mei Z, Wang S, Akamatsu T, Kimura S (2015) Yangtze finless porpoises along the main channel of Poyang Lake, China: implications for conservation. *Marine Mammal Science*, 31, 612–628.
- Elton C (1942) *Voles, Mice and Lemmings: Problems in Population Dynamics*. Clarendon Press, Oxford.
- Fa JE, Olivero J, Farfán MÁ, Márquez AL, Duarte J, Nackoney J, Vargas JM (2015) Correlates of bushmeat in markets and depletion of wildlife. *Conservation Biology*, 29, 805–815.
- Guan TP, Ge BM, McShea W, Li S, Song YL, Stewart C (2013) Seasonal migration by a large forest ungulate: a study on takin (*Budorcas taxicolor*) in Sichuan Province, China. *European Journal of Wildlife Research*, 59, 81–91.
- Huang B, Guan ZH, Ni QY, Orkin J, Fan PF, Jiang XL (2013) Observation of intra- and extra-group copulation and reproductive characters in free ranging groups of western black crested gibbon (*Nomascus concolor jingdongensis*). *Integrative Zoology*, 8, 427–440.
- Jiang G, Qi J, Wang G, Shi Q, Darman Y, Hebblewhite M, Miquelle DG, Li Z, Zhang X, Gu J, Chang Y, Zhang M, Ma J (2015) New hope for the survival of the Amur leopard in China. *Scientific Reports*, 5, 15475.
- Kays R, Crofoot MC, Jetz W, Wikelski M (2015) Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science*, 348, aaa2478.
- Kimura S, Akamatsu T, Li S, Dong S, Dong L, Wang K, Wang D, Arai N (2010) Density estimation of Yangtze finless porpoises using passive acoustic sensors and automated

- click train detection. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 128, 1435–1445.
- Krebs CJ (2013) *Population Fluctuations in Rodents*. University of Chicago Press, Chicago.
- Kunz TH, Parsons S (2009) *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Li C, Zhao C, Fan PF (2015) White-cheeked macaque (*Macaca leucogenys*): a new macaque species from Modog, southeastern Tibet. *American Journal of Primatology*, 36, 679–690.
- Li S, Wang DJ, Xiao ZS, Li XH, Wang TM, Feng LM, Wang Y (2014) Camera-trapping in wildlife research and conservation in China: review and outlook. *Biodiversity Science*, 22, 685–695. (in Chinese with English abstract) [李晟, 王大军, 肖治术, 李欣海, 王天明, 冯利民, 王云 (2014) 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. *生物多样性*, 22, 685–695.]
- Li XY, Jiang X (2014) Implication of musk deer (*Moschus* spp.) depletion from hunter reports and dung transect data in northwest Yunnan, China. *Journal for Nature Conservation*, 22, 474–478.
- Li XY, Buzzard P, Jiang X (2014) Habitat associations of four ungulates in mountain forests of southwest China, based on camera trapping and dung counts data. *Population Ecology*, 56, 251–256.
- Li XH, Jiang G, Tian H, Xu L, Yan C, Wang Z, Zhang Z (2015) Human impact and climate cooling caused range contraction of large mammals in China over the past two millennia. *Ecography*, 38, 74–82.
- Lin L, Zhang LT, Luo AD, Wang LF, Zhang L (2011) Population dynamics, structure and seasonal distribution pattern of Asian elephant (*Elephas maximus*) in Shangyong Protected Area, Yunnan, China. *Acta Theriologica Sinica*, 31, 226–234. (in Chinese with English abstract) [林柳, 张龙田, 罗爱东, 王利繁, 张立 (2011) 尚勇保护区亚洲象种群数量动态、种群结构及季节分布格局. *兽类学报*, 31, 226–234.]
- Loucks C, Mascia MB, Maxwell A, Huy K, Duong K, Chea N, Seng T (2009) Wildlife decline in Cambodia, 1953–2005: exploring the legacy of armed conflict. *Conservation Letters*, 2, 82–92.
- Luo Z, Jiang Z, Tang S (2014) Impacts of climate change on distributions and diversity of ungulates on the Tibetan Plateau. *Ecological Applications*, 25, 24–38.
- Ma SL, Harris RB (1996) Use of remote camera systems to document wildlife species presence in forested areas of Yunnan. *Zoological Research*, 17, 360–370. (in Chinese) [马世来, Harris RB (1996) 自动感应照相系统在野生动物调查中的应用. *动物学研究*, 17, 360–370.]
- Maclulich DA (1937) *Fluctuations in the Numbers of Varying Hare (*Lepus americanus*)*. University of Toronto Press, Toronto.
- Mondol S, Karanth UK, Samba Kumar N, Gopalaswamy AM, Andheria A, Ramakrishnan U (2009) Evaluation of non-invasive genetic sampling methods for estimating tiger population size. *Biological Conservation*, 142, 2350–2360.
- Monastersky R (2014) Life, a status report. *Nature*, 516, 158–161.
- O’Connell AF, Nichols JD, Karanth KU (2011) *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Springer, New York.
- Pan W, Lin L, Luo A, Zhang L (2009) Corridor use by Asian elephants. *Integrative Zoology*, 4, 220–231.
- Pei KQ (1998) An evaluation of using auto-trigger camera to record activity patterns of wild animals. *Taiwan Journal of Forestry Science*, 13, 317–324. (in Chinese with English abstract) [裴家骥 (1998) 利用自动照相设备记录野生动物活动模式之评估. *台湾森林科学*, 13, 317–324.]
- Pei KQ, Chen CZ, Wu ST, Teng MQ (1997) Use of camera-trapping and geographic information system to study spatial distribution of forest wildlife. *Quarterly Journal of Chinese Forestry*, 30, 279–289. (in Chinese with English abstract) [裴家骥, 陈朝圳, 吴守徒, 滕民强 (1997) 利用相机捕获和地理信息系统研究野生动物在森林中的空间分布. *中华林学季刊*, 30, 279–289.]
- Piao ZJ, Piao LG, Wang ZC, Luo YM, Wang C, Sui YC (2012) Population size variation of black bear (*Ursus thibetanus*) and brown bear (*U. arctos*) between 1986 to 2010 in the Changbai Mountain Nature Reserve, China. *Chinese Journal of Zoology*, 47(3), 66–72. (in Chinese with English abstract) [朴正吉, 朴龙国, 王卓聪, 罗玉梅, 王超, 睢亚橙 (2012) 长白山自然保护区黑熊和棕熊种群数量动态分析. *动物学杂志*, 47(3), 66–72.]
- Piao ZJ, Sui YC, Cui ZG, Zhang GL, Wang Q, Fu XK (2011) The history and current status of felid population in Changbai Mountain Nature Reserve. *Chinese Journal of Zoology*, 46(3), 78–84. (in Chinese with English abstract) [朴正吉, 睢亚橙, 崔志刚, 张国利, 王群, 傅学魁 (2011) 长白山自然保护区猫科动物种群数量变化及现状. *动物学杂志*, 46(3), 78–84.]
- Rovero F, Tobler M, Sanderson J (2010) Camera trapping for inventorying terrestrial vertebrates. In: *Manual on Field Recording Techniques and Protocols for All Taxa Biodiversity Inventories and Monitoring* (eds Eymann J, Degreef J, Häuser C, Monje JC, Samyn Y, Vanden Spiegel D), pp. 100–128. The Belgian National Focal Point to the Global Taxonomy Initiative.
- TEAM Network (2011) *Terrestrial Vertebrate Protocol: Implementation Manual*, v. 3.1. Tropical Ecology, Assessment and Monitoring Network, Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International, Arlington VA (accessed on April 2011)
- Wang TM, Feng LM, Mou P, Wu JG, Smith JLD, Xiao WH, Yang HT, Dou HL, Zhao XD, Cheng YC, Zhou B, Wu HY, Zhang L, Tian Y, Guo QX, Kou XJ, Han XM, Miquelle DG, Oliver CD, Xu RM, Ge JP (2016) Amur tigers and leopards returning to China: direct evidence and a landscape conservation plan. *Landscape Ecology*, 31, 491–503.

- Wang YX, Jiang XL, Feng Q, Chen ZP, Wang WM (1997) Abundance, sustainable utilization and conservation of leopard cat in Yunnan. *Acta Theriologica Sinica*, 17, 31–42. (in Chinese with English abstract) [王应祥, 蒋学龙, 冯庆, 陈志平, 王为民 (1997) 云南豹猫资源量的可持续利用与保护. 兽类学报, 17, 31–42.]
- Wearn OR, Rowcliffe JM, Carbone C, Bernard H, Ewers RM (2013) Assessing the status of wild felids in a highly-disturbed commercial forest reserve in Borneo and the implications for camera trap survey design. *PLoS ONE*, 8, e77598.
- Xiao ZS (2014) An introduction to wildlife camera trapping monitoring from Chinese Forest Biodiversity Monitoring Network (CForBio). *Biodiversity Science*, 22, 808–809. (in Chinese) [肖治术 (2014) 我国森林动态监测样地的野生动物红外相机监测. 生物多样性, 22, 808–809.]
- Xiao ZS (2016) Wildlife resource inventory using camera-trapping in natural reserves in China. *Acta Theriologica Sinica*, 36, 270–271. (in Chinese) [肖治术 (2016) 红外相机技术促进我国自然保护野生动物资源编目调查. 兽类学报, 36, 270–271.]
- Xiao ZS, Li XH, Jiang GS (2014a) Applications of camera trapping to wildlife surveys in China. *Biodiversity Science*, 22, 683–684. (in Chinese) [肖治术, 李欣海, 姜广顺 (2014a) 红外相机技术在我国野生动物监测研究中的应用. 生物多样性, 22, 683–684.]
- Xiao ZS, Li XH, Wang XZ, Zhou QH, Quan RC, Shen XL, Li S (2014b) Developing camera-trapping protocols for wildlife monitoring in Chinese forests. *Biodiversity Science*, 22, 704–711. (in Chinese with English abstract) [肖治术, 李欣海, 王学志, 周岐海, 权锐昌, 申小莉, 李晟 (2014b) 探讨我国森林野生动物红外相机监测规范. 生物多样性, 22, 704–711.]
- Xiao ZS, Wang XZ, Li XH (2014c) An introduction to CameraData: an online database of wildlife camera trap data. *Biodiversity Science*, 22, 712–716. (in Chinese with English abstract) [肖治术, 王学志, 李欣海 (2014c) 野生动物多样性监测图像数据管理系统CameraData介绍. 生物多样性, 22, 712–716.]
- Xie WH, Yang XF, Li JN, Tao SL, Xiao ZS (2014) A preliminary study of the biodiversity of ground-dwelling small mammals in Badagongshan National Nature Reserve, Hunan Province. *Biodiversity Science*, 22, 216–222. (in Chinese with English abstract) [谢文华, 杨锡福, 李俊年, 陶双伦, 肖治术 (2014) 八大公山自然保护区地栖性小兽多样性初步研究. 生物多样性, 22, 216–222.]
- Yan C, Xu L, Xu T, Cao X, Wang F, Hao S, Yang H, Zhang Z (2013) Agricultural irrigation mediates climatic effects and density dependence in population dynamics of Chinese striped hamster in North China Plain. *Journal of Animal Ecology*, 82, 334–344.
- Yang XF, Xie WH, Tao SL, Li JN, Xiao ZS (2014) A comparison of live traps and pitfall traps for monitoring the diversity of ground-dwelling small mammals in forests. *Acta Theriologica Sinica*, 34, 193–199. (in Chinese with English abstract) [杨锡福, 谢文华, 陶双伦, 李俊年, 肖治术 (2014) 笼捕法和陷阱法对森林小型兽类多样性监测效率比较. 兽类学报, 34, 193–199.]
- Yang Q, Meng X, Xia L, Feng Z (2003) Conservation status and causes of decline of musk deer (*Moschus* spp.) in China. *Biological Conservation*, 109, 333–342.
- Zhan X, Li M, Zhang Z, Goossens B, Chen Y, Wang H, Wei F (2006) Molecular censusing doubles giant panda population estimate in a key nature reserve. *Current Biology*, 16, 451–452.
- Zhang LB, Cui SP, Huang YJ, Chen DQ, Qiao HJ, Li CW, Jiang ZG (2014) Infrared camera traps in wildlife research and monitoring in China: issues and insights. *Biodiversity Science*, 22, 696–703. (in Chinese with English abstract) [张履冰, 崔绍朋, 黄元骏, 陈代强, 乔慧捷, 李春旺, 蒋志刚 (2014) 红外相机技术在我国野生动物监测中的应用: 问题与限制. 生物多样性, 22, 696–703.]
- Zhang L, Wang N (2003) An initial study on habitat conservation of Asian elephant (*Elephas maximus*), with a focus on human elephant conflict in Simao, China. *Biological Conservation*, 112, 453–459.
- Zhang ZB, Pech R, Davis S, Shi DZ, Wan XR, Zhong WQ (2003) Extrinsic and intrinsic factors determine the eruptive dynamics of Brandt's voles *Microtus brandti* in Inner Mongolia, China. *Oikos*, 100, 299–310.
- Zhang ZB, Xu L, Guo C, Wang Y, Guo YW (2010) Effect of ENSO-driven precipitation on population irruptions of the Yangtze vole *Microtus fortis calamorum* in the Dongting Lake region of China. *Integrative Zoology*, 5, 176–184.
- Zhao QJ, Gu HF, Yan C, Cao K, Zhang ZB (2016) Impact of forest fragmentation on rodent-seed network. *Acta Theriologica Sinica*, 36, 15–23. (in Chinese with English abstract) [赵清建, 顾海峰, 严川, 曹科, 张知彬 (2016) 森林破碎化对鼠类-种子互作网络的影响. 兽类学报, 36, 15–23.]
- Zhou J, Wei FW, Li M, Pui Lok CB, Wang DL (2008) Reproductive characters and mating behaviour of wild *Nomascus hainanus*. *International Journal of Primatology*, 29, 1037–1046.

(责任编辑: 蒋志刚 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

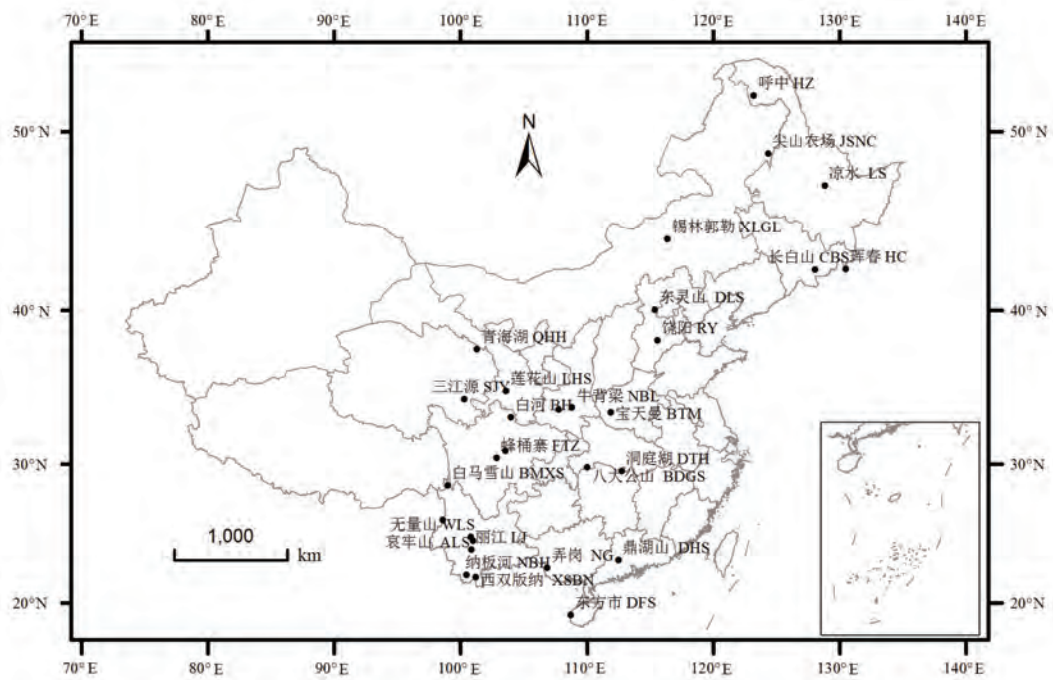
附录1 中国兽类多样性监测网首批监测网点分布示意图

Appendix 1 Map of the first proposed monitoring sites for Mammal Diversity Monitoring Network of Sino BON

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016159-1.pdf>

肖治术, 李学友, 向左甫, 李明, 蒋学龙, 张礼标. 中国兽类多样性监测网的建设规划与进展. 生物多样性, 2017, 25 (3): 237-245.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016159>



附录 1 中国兽类多样性监测网首批监测网点分布示意图

Appendix 1 Map of the first proposed monitoring sites for Mammal Diversity Monitoring Network of Sino BON