生物多样性 2019, **27** (12): 1339–1344
Biodiversity Science
doi: 10.17520/biods.2019345
http://www.biodiversity-science.net

•生物编目•

利用红外相机公里网格调查钱江源国家公园的兽类及鸟类多样性

余建平[1] 王江月[2] 肖慧芸[3] 陈小南[1] 陈声文[1] 李 晟[2*] 申小莉[3*]

1 (钱江源国家公园管理局，浙江开化 324300)
2 (北京大学生命科学学院，北京 100871)
3 (中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室，北京 100093)

摘要： 2014年5月至2019年4月，作者采用红外相机技术调查了浙江省钱江源国家公园的兽类及鸟类多样性。将整个国家公园划分为267个1 km × 1 km的调查网格，每个网格内设置3个固定调查位点，使用1台红外相机定期在同一网格内的位点之间进行轮换。其中，古田山片区在5年内共完成14轮次调查，古田山以外的区域自2018年7月纳入调查范围，何田、长虹片区完成2次轮换，齐溪片区完成1次轮换。在253个网格内的741个有效位点上共获得140,413个相机工作日的数据，采集兽类和鸟类的照片和视频268,833份，有效探测数74,368次，鉴定出21种野生兽类, 72种野生鸟类, 5种家畜及家禽。包括国家一级重点保护野生动物2种，即黑麂(*Muntiacus crinifrons*)、白颈长尾雉(*Syrmaticus ellioti*)；国家二级重点保护野生动物17种，合计占野生物种总数的20.4%。被IUCN物种红色名录评估为易危(VU)的5种，近危(NT)的4种，合计占物种总数的9.7%。被中国脊椎动物红色名录评估为濒危(EN)的1种，易危(VU)的9种，近危(NT)的10种，合计占物种总数的21.5%。相对多度指数最高的大中型兽类为小麂(*Muntiacus reevesi*)，鸟类为白鹇(*Lophura nycthemera*)。本次调查获得了国家公园内兽类和鸟类的多样性组成、空间分布和相对多度，为长期科研监测和科学管理提供了基础数据。

关键词： 钱江源国家公园；生物多样性编目；红外相机技术；野生动物监测；本底调查

Camera-trapping survey of mammalian and avian biodiversity in Qianjiangyuan National Park, Zhejiang Province

Jianping Yu[1], Jiangyue Wang[2], Huiyun Xiao[3], Xiaonan Chen[1], Shengwen Chen[1], Sheng Li[2*], Xiaoli Shen[3*]

1 *Qianjiangyuan National Park, Kaihua, Zhejiang 324300*
2 *School of Life Sciences, Peking University, Beijing 100871*
3 *State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093*

Abstract: From May 2014 to April 2019, we conducted camera-trapping surveys in the Qianjiangyuan National Park, Zhejiang Province. We divided the park into a grid containing 267 1 km × 1 km plots, with 3 fixed survey stations (> 300 m apart from each other) in each plot. One camera trap was set up in each plot and rotated among the stations within the plot every four months. In the Gutianshan section of the park, the cameras were running for 14 rotations from 2014–2019. The survey started in Hetian, Qixi and Changhong in 2018, and the cameras were rotated once in Qixi and twice in Hetian and Changhong. With a survey effort of 140,413 camera-days from 741 stations in 253 grids, we obtained 268,833 pictures/videos resulting in 74,368 independent detections. The survey recorded 21 wild mammalian and 72 avian species, as well as 5 domestic animal species. Among the species, two (black muntjac *Muntiacus crinifrons* and Elliot's pheasant *Syrmaticus ellioti*) are Class I, and seventeen are Class II national protected animals, accounting for 20.4% of total recorded wild species. Five species are red-listed by the IUCN as Vulnerable and four as Near Threatened, accounting for 9.7% of the total recorded wild species. One species is red-listed as Endangered,

收稿日期: 2019-11-04; 接受日期: 2020-01-02
基金项目：生态环境部生物多样性调查评估项目(2019HJ2096001006)和钱江源国家公园兽类资源调查项目
* 共同通讯作者 Co-authors for correspondence. E-mail: shengli@pku.edu.cn; xlshen@ibcas.ac.cn

生物编目

nine as Vulnerable and ten as Near Threatened by Red list of China's vertebrates, accounting for 21.5% of the total recorded wild species. The most detected mammal species was Reeve's muntjac *Muntiacus reevesi*, and the most detected bird species was silver pheasant *Lophura nycthemera*. Our results provide reliable baseline information on the species composition, their spatial distribution, and relative abundance of mammals and birds in the Qianjiangyuan National Park.

Key words: Qianjiangyuan National Park; biodiversity inventory; camera-trapping; wildlife monitoring; baseline survey

钱江源国家公园是我国第一批国家公园体制试点之一，位于浙江省开化县境内，地处浙、皖、赣三省交界处(29°10′32″–29°26′44″ N，118°03′58″–118°21′30″ E)，面积252 km^2，涉及开化县苏庄镇、长虹乡、何田乡和齐溪镇共4个乡镇(龚浩林等，2019)。包括2个原有的自然保护地：南部的古田山国家级自然保护区(面积81 km^2)与北部的钱江源森林公园(面积45 km^2) (余建平等, 2019)。钱江源国家公园地处中亚热带湿润季风区，气候温和，四季分明，降水充沛，以保护钱塘江水源地、中亚热带低海拔常绿阔叶林自然生态系统，以及国家一级重点保护野生动物黑麂(*Muntiacus crinifrons*)、白颈长尾雉(*Syrmaticus ellioti*)及其栖息地为主要目标(余建平等, 2019)。

红外相机技术主要用来探测和记录陆生大中型兽类和鸟类。与传统方法相比较，红外相机具有多项优势(李晟等，2014)，其工作隐蔽，不易被野生动物察觉，且可以全天24 h持续工作，对于探测活动隐秘、对人类活动敏感的物种有较好的效果。此外，使用红外相机进行调查基本不会对动物造成影响，不容易受到环境因子的限制(李晟等，2014；肖治术，2019)。基于以上优点，红外相机被广泛用于野生动物自然分布状况、种群密度和相对多度等方面的调查(陈立军等, 2019)。

近年来，已有学者使用红外相机对钱江源国家公园范围内的陆生大中型兽类和地栖鸟类组成进行了初步研究。章书声等(2012)调查了古田山保护区的兽类资源，记录到野生兽类14种，评估了“一”字型、“十”字型等不同相机布设模式在兽类监测中的效力及对相机拍摄率的影响。斯幸峰和丁平(2014)调查了古田山24 ha森林动态监测样地内的鸟兽多样性，记录到10种兽类与10种鸟类，分析了优势种的种群动态与日活动节律。陈声文等(2016)于2014年5月至2015年4月，调查了古田山保护区内的大中型兽类和雉类生物多样性组成，记录到了21种野生兽类和5种野生雉类。钱海源等(2019)收集了钱江源国家公园范围内基于多种野外观测手段所获得的鸟类物种记录，共记录到鸟类物种252种，红外相机记录到其中的69种。余建平等(2017, 2019)基于红外相机调查数据，分析了白鹇(*Lophura nycthemera*)的活动节律和黑麂潜在栖息地的空间分布。

以上研究工作的红外相机调查均集中在古田山保护区。为了对钱江源国家公园内陆生大中型兽类与地栖鸟类的物种组成和分布有更深入的了解，本研究采用红外相机技术及公里网格布设法，开展了覆盖国家公园全域的监测工作，以期为国家公园管理和规划提供数据支撑。

1 研究方法

1.1 方案设计

借助地理信息系统(geographic information system, GIS)，将整个国家公园划分为267个1 km × 1 km的网格。每个网格内设置3个固定调查位点，在每轮调查中选择其中1个位点布设1台红外相机，记录相机前经过的兽类和鸟类。每轮调查为期4个月，结束后相机被移动至同一网格内的下一个位点；在1年内完成全部3个位点的调查后，下一年则再次从1号位点开始轮换。所有位点间间距均大于300 m。在古田山片区(即原古田山国家级自然保护区)，自2014年5月至2018年末共完成14轮次的调查。在齐溪、长虹、何田3个片区，于2018年5–7月开始红外相机调查，至2019年4月在长虹、何田片区完成了2轮次调查，在齐溪片区完成了1轮次调查(图1)。

本研究使用了猎科Ltl-6210和易安卫士L710两款红外相机，均设置为全天24 h持续工作，每次触发连拍3张照片与1段10–15 s的视频，触发间隔为1 s。选择相机布设位点时充分考虑动物痕迹，如兽径、粪便、足迹、食迹、毛发遗落等，并将相机固

© 生物多样性 Biodiversity Science

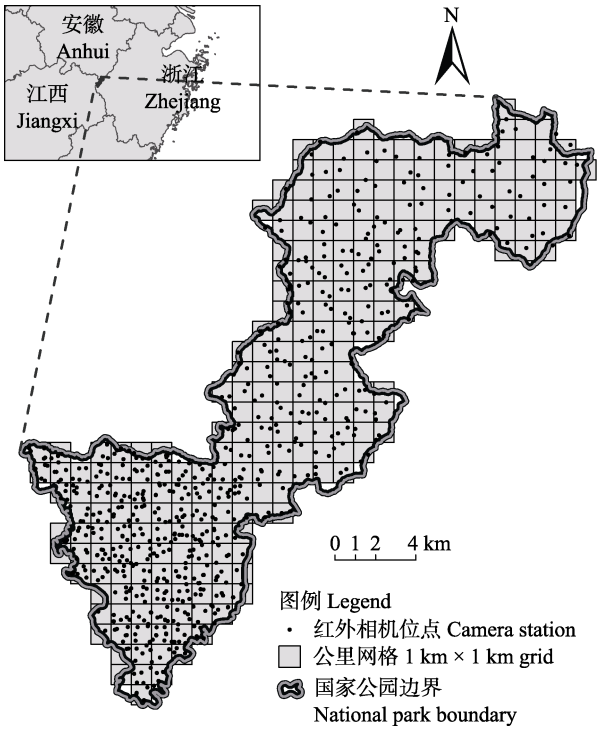

图1　钱江源国家公园2014–2019年红外相机调查公里网格与相机位点

Fig. 1 Camera-trapping survey grids and stations in the Qianjiangyuan National Park, Zhejiang Province, 2014–2019

定在树干上，距离地面50–80 cm，选择视野开阔但避开太阳直射的方向。同时详细记录红外相机编号、安放日期、GPS位点和生境信息如动物痕迹、植被类型等。

1.2　数据分析

收回每一轮野外调查数据后，对照片、视频进行物种鉴定。拍摄对象共划分为以下6类：兽类、鸟类、工作人员、其他人员、空拍、其他动物。基于Microsoft Access开发“钱江源国家公园红外相机网格化监测数据库”，将野外记录与照片鉴定结果录入数据库进行管理。兽类物种分类体系参照《中国哺乳动物多样性(第2版)》(蒋志刚等, 2017)，鸟类物种分类体系参照《中国鸟类分类与分布名录(第三版)》(郑光美, 2017)。IUCN物种红色名录评估等级参照IUCN Red List (http://www.iucnredlist.org/)，中国物种红色名录等级参照《中国脊椎动物红色名录》(蒋志刚等, 2016)。

将单个位点上30 min内拍摄到的同一物种的多张照片与视频合并记为该物种的一次有效探测。在统计各物种有效探测数的基础上，计算相对多度指数(relative abundance index, RAI) (Sollmann et al, 2013; 李晟等, 2014; 陈立军等, 2019)。单个物种RAI的计算方法如下：

RAI = (有效探测数/总有效相机工作日) × 1000

有效工作时长小于30天的调查位点未被计入本研究。采用iNEXT (R package)方法(Chao et al, 2014; Hsieh et al, 2016)绘制物种累积曲线，以描述记录物种数随红外相机调查工作日增长的趋势与规律。

2　调查结果

调查期间共在253个公里网格内完成741个有效位点的调查(图1)，总的有效相机工作日140,413天，共获得兽类、鸟类的照片和视频268,833份，有效探测数74,368次。其中，173,305份照片及视频可鉴定到物种，包含38,317次有效探测。记录到分属于5目14科的25种兽类(含家养兽类4种)，分属于7目23科的73种鸟类(含家禽1种)(附录1，附录2)。

从物种累积曲线可以看出，兽类取样比较充分，曲线在0–1万个相机日区间内快速上升，在约1.5万个相机日(图2a中箭头处)之后逐渐趋于平缓，证明调查时间充足，编目信息较为全面；而鸟类的曲线在0–2万个相机日区间内快速上升，2.5万个相机日(图2b中箭头处)之后逐渐趋缓，但仍保持较为明显的上升趋势(图2)。

2.1　兽类物种多样性与组成

在记录到的21种野生兽类中，国家一级重点保护野生动物1种，即黑麂，国家二级重点保护野生动物5种，为藏酋猴(*Macaca thibetana*)、猕猴(*M. mulatta*)、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)、亚洲黑熊(*Ursus thibetanus*)和中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)，合计占所有兽类物种数的28.6%。有3种被IUCN物种红色名录评为易危，分别是亚洲黑熊、猪獾(*Arctonyx collaris*)和黑麂；有3种被评为近危，分别是藏酋猴、毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)和中华鬣羚，共计占所有兽类物种数量的28.6%。根据中国脊椎动物红色名录，有1种(即黑麂)被评为濒危；有6种被评为易危，分别是藏酋猴、豹猫、亚洲黑熊、小麂(*Muntiacus reevesi*)、毛冠鹿、中华鬣羚；有5种被评为近危，分别是花面狸(*Paguma larvata*)、黄腹鼬(*Mustela kathiah*)、猪獾、鼬獾(*Melogale moschata*)和食蟹獴(*Herpestes urva*)，总计占兽类物种数的57.1%。上述数据显示，钱江源国家公园内受

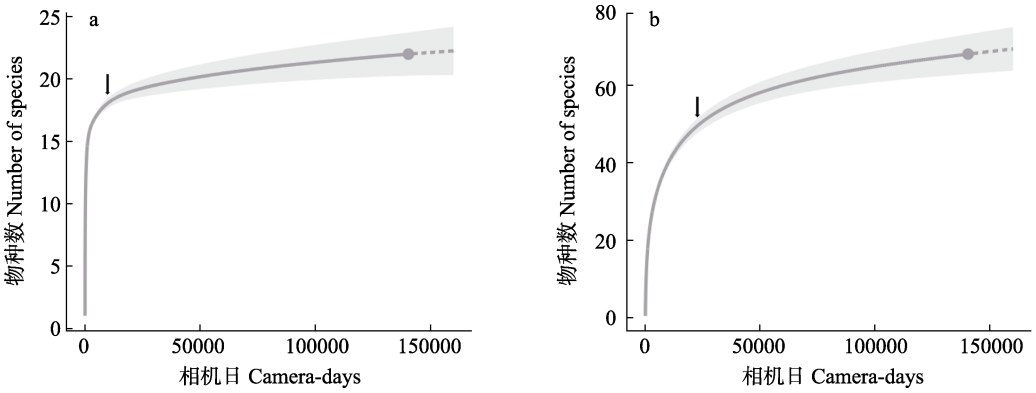

图2 钱江源国家公园红外相机调查记录物种数随相机日增加的累积曲线。a: 兽类; b: 鸟类。
Fig. 2 Species accumulation curves of camera-trap survey in the Qianjiangyuan National Park, Zhejiang Province. a, Mammals; b, Birds.

威胁兽类物种所占比例较高。

兽类中相对多度最高的是小麂(RAI = 102.6543)，最低的是藏酋猴(RAI = 0.0071)(附录1)。其中，藏酋猴仅有1次有效探测，据了解可能为1只逃逸或人为放生个体。

2.2 鸟类物种多样性与组成

在记录到的72种野生鸟类中，有国家一级重点保护野生动物1种，即白颈长尾雉，国家二级重点保护野生动物12种，分别是白鹇、勺鸡(*Pucrasia macrolopha*)、仙八色鸫(*Pitta nympha*)、凤头鹰(*Accipiter trivirgatus*)、松雀鹰(*A. virgatus*)、蛇雕(*Spilornis cheela*)、鹰雕(*Nisaetus nipalensis*)、赤腹鹰(*Accipiter soloensis*)、领角鸮(*Otus lettia*)、灰林鸮(*Strix aluco*)、领鸺鹠(*Glaucidium brodiei*)和草鸮(*Tyto capensis*)，共计占到鸟类物种数的18.1%。有2种被IUCN红色名录列为易危，分别是仙八色鸫和白喉林鹟(*Rhinomyias brunneata*)，1种被列为近危，即白颈长尾雉，合计占到鸟类物种数的4.2%。根据中国脊椎动物红色名录，有3种被列为易危，分别是白颈长尾雉、仙八色鸫和白喉林鹟，5种被列为近危，分别是画眉(*Garrulax canorus*)，凤头鹰、蛇雕、鹰雕和灰林鸮，共计占鸟类物种数的11.1%。鸟类物种受威胁的程度相比兽类较低。

鸟类物种中，相对多度最高的是白鹇(RAI = 112.7816)，雀形目、隼形目、鸮形目的鸟类相对多度指数较低(附录1)。

3 讨论

与陈声文等(2016)在古田山自然保护区进行的红外相机调查相比，本次钱江源国家公园境内的全域调查没有新增兽类和雉类物种。对于适用红外相机调查的地栖大中型兽类与鸟类(鸡形目)，以生物多样性编目为目的的红外相机调查在工作量达到数千相机日后，即可得到较为全面的记录(徐爱春等, 2014)。相比陈声文等(2016)的调查结果，本研究新增鸟种记录20种，增加了鹰形目和鸮形目的蛇雕、鹰雕、凤头鹰、赤腹鹰、领角鸮和草鸮等6种。在森林生态系统中，与兽类相比，鸟类的物种数更多，物种累积曲线的增长也相对较缓，主要原因是由于在森林生态系统中，非地栖性鸟类占比一般远超过地栖性鸟类，而这些鸟类是否能被红外相机拍摄到具有较大的偶然性，不是红外相机调查的目标类群，因此其物种数的增加与大幅提高的红外相机工作天数相关。对于非地栖性鸟类，不应把红外相机调查技术作为编目与监测的主要方法，而应把其列为补充手段之一(朱淑怡等, 2017)。

与周边的浙江凤阳山保护区(野生兽类18种，雉类4种，其他鸟类34种；李佳等, 2018)、乌岩岭保护区(野生兽类20种，雉类6种，其他鸟类8种；章书声等, 2017)、清凉峰保护区(野生兽类9种，雉类3种，其他鸟类3种；李必成等, 2017)、安徽牯牛降保护区(兽类12种，雉类3种，其他鸟类7种；方宏明，2017)近年来开展的同类红外相机调查结果相比，钱江源国家公园的野生大中型兽类及雉类多样性水平更高或与之相当。根据多年来红外相机调查与监测的结果，这些地处华东地区的保护地当前均存在大型食肉动物缺失的状况。在本次调查中，记录到的食肉目野生动物仅有7种，且以小型食肉动物如灵猫

© 生物多样性 Biodiversity Science

科、鼬科动物为主，猫科动物仅体型较小的豹猫1种。在近5年的调查中，国家公园范围内大中型食肉目动物探测数极低，如亚洲黑熊仅记录到3次。与浙江省开化县林业局与古田山自然保护区1999年编写的《浙江省古田山自然保护区自然资源综合考察报告》中的物种名录相比，钱江源缺失了13种食肉兽类，其中4种为大型食肉动物，分别是豹(*Panthera pardus*)、云豹(*Neofelis nebulosa*)、豺(*Cuon alpinus*)和狼(*Canis lupus*)。考虑到本研究中红外相机调查强度极高(位点覆盖全区，总相机工作日 > 14万天)，可以认为这些大型食肉动物在钱江源国家公园内处于“缺失”状态。而近15年来，整个华东地区众多自然保护区开展的红外相机调查均没有记录到这些大型食肉动物。大型食肉动物本就是容易受到灭绝威胁的类群(Caridillo et al, 2005; Ripple et al, 2014)。在我国华东、华南地区人口稠密，土地利用强度极高，人类生产生活对自然资源压力巨大且历史较长，这些因素都可能对这一地区大型食肉动物的种群、栖息地及其猎物产生深远的影响。钱江源国家公园大型食肉动物“缺失”的现状，在整个华东、华南地区都具有代表性(Tilson et al, 2004)，是该区域未来长期生态规划与保护管理中需要考虑的关键问题之一。

致谢: 感谢钱江源国家公园全体野外工作人员在红外相机布设和数据收集中付出的辛苦努力。感谢参与数据处理与物种鉴定的工作人员、学生、志愿者。

参考文献

Cardillo M, Mace GM, Jones KE, Bielby J, Bininda-Emonds ORP, Sechrest W, Orme CDL, Purvis A (2005) Multiple causes of high extinction risk in large mammal species. Science, 309, 1239–1241.

Chao A, Gotelli NJ, Hsieh TC, Sander EL, Ma KH, Colwell RK, Ellison AM (2014) Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. Ecological Monographs, 84, 45–67.

Chen LJ, Xiao WH, Xiao ZS (2019) Limitations of relative abundance indices calculated from camera-trapping data. Biodiversity Science, 27, 243–248. (in Chinese with English abstract) [陈立军, 肖文宏, 肖治术 (2019) 物种相对多度指数在红外相机数据分析中的应用及局限. 生物多样性, 27, 243–248.]

Chen SW, Yu JP, Chen XN, Shen XL, Li S, Ma KP (2016) Camera-trapping survey on the diversity of mammal and pheasant species in Gutianshan National Nature Reserve. Acta Theriologica Sinica, 36, 292–301. (in Chinese with English abstract) [陈声文, 余建平, 陈小南, 申小莉, 李晟, 马克平 (2016) 利用红外相机网络调查古田山自然保护区的兽类及雉类多样性. 兽类学报, 36, 292–301.]

Fang HM (2017) Preliminary survey and monitoring of the wildlife resources with infrared cameras in Anhui Guniujiang National Nature Reserve. Anhui Forestry Science and Technology, 43(5), 26–30. (in Chinese with English abstract) [方宏明 (2017) 利用红外相机对安徽牯牛降国家级自然保护区野生动物资源的初步调查监测. 安徽林业科技, 43(5), 26–30.]

Gong HL, Cao MC, Cui P, Yong F, Shao MQ, Jiang JH (2019) Bird diversity of Qianjiangyuan National Forest Park and the surrounding area, Kaihua County, Zhejiang Province, China. Journal of Ecology and Rural Environment, 35, 469–475. (in Chinese with English abstract) [龚浩林, 曹铭昌, 崔鹏, 雍凡, 邵明勤, 蒋剑虹 (2019) 浙江省开化县钱江源国家公园及周边区域鸟类多样性. 生态与农村环境学报, 35, 469–475.]

Hsieh TC, Ma KH, Chao A (2016) iNEXT: An R package for interpolation and extrapolation of species diversity (Hill numbers). Methods in Ecology and Evolution, 7, 1451–1456.

Jiang ZG, Liu SY, Wu Y, Jiang XL, Zhou KY (2017) China’s mammal diversity, 2nd edition. Biodiversity Science, 25, 886–895. (in Chinese with English abstract) [蒋志刚, 刘少英, 吴毅, 蒋学龙, 周开亚 (2017) 中国哺乳动物多样性(第2版). 生物多样性, 25, 886–895.]

Jiang ZG, Jiang JP, Wang YZ, Zhang E, Zhang YY, Li LL, Xie F, Cai B, Cao L, Zheng GM, Dong L, Zhang ZW, Ding P, Luo ZH, Ding CQ, Ma ZJ, Tang SH, Cao WX, Li CW, Hu HJ, Ma Y, Wu Y, Wang YX, Zhou KY, Liu SY, Chen YY, Li JT, Feng ZJ, Wang Y, Wang B, Li C, Song XL, Cai L, Zang CX, Zeng Y, Meng ZB, Fang HX, Ping XG (2016) Red list of China’s vertebrates. Biodiversity Science, 24, 500–551. (in Chinese and in English) [蒋志刚, 江建平, 王跃招, 张鹗, 张雁云, 李立立, 谢锋, 蔡波, 曹亮, 郑光美, 董路, 张正旺, 丁平, 罗振华, 丁长青, 马志军, 汤宋华, 曹文宣, 李春旺, 胡慧建, 马勇, 吴毅, 王应祥, 周开亚, 刘少英, 陈跃英, 李家堂, 冯祚建, 王燕, 王斌, 李成, 宋雪琳, 蔡蕾, 臧春鑫, 曾岩, 孟智斌, 方红霞, 平晓鸽 (2016) 中国脊椎动物红色名录. 生物多样性, 24, 500–551.]

Li BC, Wang JF, Fang GF, He Y, Wang ZH, Ding YZ, Yang G (2017) Investigation on the biodiversity of mammals and birds in the Qingliangfeng National Nature Reserve, Anhui Province. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 45(36), 83–84. (in Chinese with English abstract) [李必成, 王军馥, 方国富, 何娅, 王正寰, 丁由中, 杨刚 (2017) 安徽清凉峰国家级自然保护区鸟兽生物多样性调查. 安徽农业科学, 45(36), 83–84.]

Li J, Liu F, Ye LX, Liu SL, Peng H, Li DQ (2018) Camera-trapping survey of the diversity of mammals and birds in Fengyang Mountain of Zhejiang Province, China. Acta Theriologica Sinica, 38, 95–103. (in Chinese with

English abstract) [李佳, 刘芳, 叶立新, 刘胜龙, 彭辉, 李迪强 (2018) 利用红外相机调查浙江省凤阳山兽类和鸟类多样性. 兽类学报, 38, 95–103.]

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.]

Qian HY, Yu JP, Shen XL, Ding P, Li S (2019) Diversity and composition of birds in the Qianjiangyuan National Park pilot. Biodiversity Science, 27, 76–80. (in Chinese with English abstract) [钱海源, 余建平, 申小莉, 丁平, 李晟 (2019) 钱江源国家公园体制试点区鸟类多样性与区系组成. 生物多样性, 27, 76–80.]

Ripple WJ, Estes JA, Beschta RL, Wilmers CC, Ritchie EG, Hebblewhite M, Berger J, Elmhagen B, Letnic M, Nelson MP, Schmitz OJ, Smith DW, Wallach AD, Wirsing AJ (2014) Status and ecological effects of the world's largest carnivores. Science, 343, 1241484.

Si XF, Ding P (2014) Camera trap survey on population dynamics of mammals and birds in Gutianshan Forest Dynamics Plot, eastern China. Biodiversity Science, 22, 819–822. (in Chinese with English abstract) [斯幸峰, 丁平 (2014) 古田山森林动态监测样地内鸟兽种群动态的红外相机监测. 生物多样性, 22, 819–822.]

Sollmann R, Mohamed A, Samejima H, Wilting A (2013) Risky business or simple solution—Relative abundance indices from camera-trapping. Biological Conservation, 159, 405–412.

Tilson R, Hu D, Muntifering J, Nyhus PJ (2004) Dramatic decline of wild South China tigers *Panthera tigris amoyensis*: Field survey of priority tiger reserves. Oryx, 38, 40–47.

Xiao ZS (2019) Application of camera trapping to species inventory and assessment of wild animals across China's protected areas. Biodiversity Science, 27, 235–236. (in Chinese) [肖治术 (2019) 红外相机技术在我国自然保护地野生动物清查与评估中的应用. 生物多样性, 27, 235–236.]

Xu AC, Si XF, Wang YP, Ding P (2014) Camera traps and the minimum trapping effort for ground-dwelling mammals in fragmented habitats in the Thousand Island Lake, Zhejiang Province. Biodiversity Science, 22, 764–772. (in Chinese with English abstract) [徐爱春, 斯幸峰, 王彦平, 丁平 (2014) 千岛湖片段化栖息地地栖哺乳动物的红外相机监测及最小监测时长. 生物多样性, 22, 764–772.]

Yu JP, Qian HY, Chen XN, Li S, Shen XL (2017) Daily activity pattern of silver pheasant (*Lophura nycthemera*) using camera-traps. Chinese Journal of Zoology, 52, 937–944. (in Chinese with English abstract) [余建平, 钱海源, 陈小南, 李晟, 申小莉 (2017) 基于红外相机技术的白鹇日活动节律研究. 动物学杂志, 52, 937–944.]

Yu JP, Shen YY, Song XY, Chen XN, Li S, Shen XL (2019) Evaluating the effectiveness of functional zones for black muntjac (*Muntiacus crinifrons*) protection in Qianjiangyuan National Park pilot site. Biodiversity Science, 27, 5–12. (in Chinese with English abstract) [余建平, 申云逸, 宋小友, 陈小南, 李晟, 申小莉 (2019) 钱江源国家公园体制试点区功能分区对黑麂保护的有效性评估. 生物多样性, 27, 5–12.]

Zhang SS, Bao YX, Wang YN, Fang PF, Ye B (2012) Comparisons of different camera trap placement patterns in monitoring mammal resources in Gutianshan National Nature Reserve. Chinese Journal of Ecology, 31, 2016–2022. (in Chinese with English abstract) [章书声, 鲍毅新, 王艳妮, 方平福, 叶彬 (2012) 不同相机布放模式在古田山兽类资源监测中的比较. 生态学杂志, 31, 2016–2022.]

Zhang SS, Zheng FD, Li JQ, Bao QM, Lai JH, Cheng HY (2017) Monitoring diversity of ground-dwelling birds and mammals in Wuyanling National Nature Reserve using infrared camera traps. Biodiversity Science, 25, 427–429. (in Chinese) [章书声, 郑方东, 李佳琦, 包其敏, 赖家厚, 程宏毅 (2017) 基于红外相机技术对乌岩岭国家级自然保护区地面鸟兽的初步调查. 生物多样性, 25, 427–429.]

Zheng GM (2017) A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China, 3rd edn. Science Press, Beijing. (in Chinese) [郑光美 (2017) 中国鸟类分类与分布名录(第三版). 科学出版社, 北京.]

Zhu SY, Duan F, Li S (2017) Promoting diversity inventory and monitoring of birds through the camera-trapping network in China: Status, challenges and future outlook. Biodiversity Science, 25, 1114–1122. (in Chinese with English abstract) [朱淑怡, 段菲, 李晟 (2017) 基于红外相机网络促进我国鸟类多样性监测: 现状、问题与前景. 生物多样性, 25, 1114–1122.]

(责任编委: 丁平 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 钱江源国家公园2014–2019年红外相机调查记录到的兽类与鸟类动物名录

Appendix 1 Mammal and bird species recorded during the camera-trapping survey in Qianjiangyuan National Park, Zhejiang Province, 2014–2019

http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019345-1.pdf

附录2 钱江源国家公园2014–2019年红外相机调查中的兽类与鸟类位点记录

Appendix 2 Mammal and bird records and locations during the camera-trapping survey in Qianjiangyuan National Park, Zhejiang Province, 2014–2019

http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019345-2.xlsx

生物编目