



•生物编目•

# 利用红外相机技术对四川王朗国家级自然保护区 野生动物物种多样性的初步调查

田 成<sup>1</sup> 李俊清<sup>1\*</sup> 杨旭煜<sup>2</sup> 余 鳞<sup>3</sup> 袁 丹<sup>3</sup> 黎运喜<sup>3</sup>

1 (北京林业大学森林资源与生态系统过程北京市重点实验室, 北京 100083)

2 (四川省野生动物资源调查保护管理站, 成都 610082)

3 (四川省王朗国家级自然保护区管理局, 四川绵阳 622550)

**摘要:** 本研究以四川王朗国家级自然保护区为研究区域, 利用红外相机对保护区内的主要野生动物进行了初步调查, 分析了该区域的物种多样性现状、相机数量和相机工作日与物种数量间的关系以及物种的相对丰富度。结果表明: 42台红外相机共拍摄到物种独立照片1,793张, 鉴定出野生动物25种, 包括大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)、四川羚牛(*Budorcas tibetanus*)和红喉雉鹑(*Tetraophasis obscurus*) 3种国家一级重点保护野生动物, 黑熊(*Ursus thibetanus*)、黄喉貂(*Martes flavigula*)、中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)、中华斑羚(*Naemoredus griseus*)等8种国家二级重点保护野生动物。在相机数量增加到23台的时候拍摄到了本次记录的全部25种野生动物, 并且在单台相机工作日达到180天时, 物种数达到饱和。保护区内物种相对丰富度最高的是血雉(*Ithaginis cruentus*)(29.28)和毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)(15.78); 大熊猫的相对丰富度为8.09; 红腹角雉(*Tragopan temminckii*)、中华鬣羚和红喉雉鹑的相对丰富度在2–5之间; 中华斑羚、勺鸡(*Pucrasia macrolopha*)、黑熊、四川羚牛和蓝马鸡(*Crossoptilon auritum*)的相对丰富度最低, 不到1。综上所述, 红外相机能够有效地对野生动物资源进行监测调查, 对于相对丰富度较低的物种需要投入更多的精力, 这些物种的栖息地保护对于自然保护区的发展至关重要。

**关键词:** 红外相机; 王朗国家级自然保护区; 物种多样性; 相对丰富度

## Preliminary surveys of wild animals using infrared camera in Wanglang National Nature Reserve, Sichuan Province

Cheng Tian<sup>1</sup>, Junqing Li<sup>1\*</sup>, Xuyu Yang<sup>2</sup>, Lin Yu<sup>3</sup>, Dan Yuan<sup>3</sup>, Yunxi Li<sup>3</sup>

1 Key Laboratory for Forest Resources &amp; Ecosystem Processes of Beijing, Beijing Forestry University, Beijing 100083

2 Wildlife Resources Investigation and Protection Management Station, Sichuan Province, Chengdu 610082

3 Wanglang National Nature Reserve Administration Bureau, Sichuan Province, Mianyang, Sichuan 622550

**Abstract:** We used infrared camera to monitor wild animals in Wanglang National Nature Reserve. Our goal was to estimate species diversity, the relationship between the number of cameras and number of species, the relationship between the camera days and number of species, and the relative abundance of species. Across 42 locations, we recorded a total of 1,793 images in which we found 25 species of wildlife. Species found in our camera traps included three national first-class protected species such as giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*), Sichuan takin (*Budorcas tibetanus*) and chestnut-throated partridge (*Tetraophasis obscurus*). We also recorded eight national second-class protected wild animals such as the Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*), yellow-throated marten (*Martes flavigula*), Chinese serow (*Capricornis milneedwardsii*), Chinese goral (*Naemoredus griseus*). These 25 species were captured when we increased the number of trap-days increased to 23 or any single the trap was placed for at least 180 days. Furthermore the blood pheasant (*Ithaginis cruentus*) (29.28) and the tufted deer (*Elaphodus cephalophus*) (15.78) had the highest relative abundances in the reserve. The relative abundance index for the giant panda was 8.09 and the indices for temminck's tragopan (*Tragopan temminckii*), Chinese serow and chestnut-throated partridge was between

收稿日期: 2018-03-20; 接受日期: 2018-04-08

基金项目: 国家环境保护公益性行业科研专项(201509042)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: lijq@bjfu.edu.cn

2 and 5. The Chinese goral, koklass pheasant (*Pucrasia macrolopha*), Asiatic black bear, Sichuan takin and blue eared-pheasant (*Crossoptilon auritum*) had the lowest relative abundance values (all < 1). In summary, we found camera-trapping to be an effective method for wildlife survey. Our findings suggest that less abundant species need more camera trapping effort. Nature reserves are important for protecting habitats of endangered species.

**Key words:** infrared camera; Wanglang National Nature Reserve; species diversity; relative abundance index

野生动物的物种多样性调查以及种群的动态监测一直都是种群生态学的核心内容。研究野生动物的物种多度等特征能够有效地了解生物多样性现状(斯幸峰和丁平, 2014), 对于保护政策的制定和保护措施的实施, 都具有十分重要的意义。

在生物学及生态学的研究中, 传统的野外调查方法对于野生动植物的干扰较大, 因此非损伤取样方法(noninvasive techniques)得到了科学家们越来越多的关注(Kays & Slauson, 2008; Carver et al, 2011), 尤其是红外相机被广泛应用于动物生态学的各个方面(李晟等, 2014; 薛亚东等, 2014a, b)。与传统调查方法相比, 相机陷阱调查技术的明显优势在于能在研究对象不被捕捉和研究者不在场的情况下获得准确的数据(O'Connell et al, 2011)。然而在实际监测过程中, 为了准确了解和分析单个物种的数量或者活动规律, 至少需要布设多少台相机、监测多长时间等问题将会直接影响监测数据的准确性和科学性, 甚至可能会事倍功半。因此, 本研究利用红外相机监测四川王朗国家级自然保护区的主要野生动物, 了解生物多样性现状, 同时预判红外相机监测作为一种方法的最小需求数量及最小周期, 以期为保护区的生物多样性监测提供有效的技术支持。

## 1 研究区域概况

王朗国家级自然保护区位于四川省平武县, 始建于1965年, 是中国最早建立的4个以保护大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)等珍稀野生动物为主的自然保护区之一(魏辅文等, 2011)。保护区隶属于岷山山系, 地势西北高, 东南低, 海拔2,300–4,980 m(段丽娟等, 2014)。处于丹巴–松潘半湿润气候区(赵志江, 2013), 年降水量约为862.5 mm(康东伟, 2015), 1月气温为全年最低, 平均为–6.1℃; 7月气温为全年最高, 平均为12.7℃(王梦君和李俊清, 2008)。保

护区内的野生动物资源非常丰富, 除了大熊猫外, 还分布有四川羚牛(*Budorcas tibetanus*)、川金丝猴(*Rhinopithecus roxellanae*)和绿尾虹雉(*Lophophorus lhuysii*)等国家一级重点保护野生动物, 以及血雉(*Ithaginis cruentus*)、蓝马鸡(*Crossoptilon auritum*)、黑熊(*Ursus thibetanus*)和中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)等国家二级重点保护野生动物(蒋志刚等, 2015, 2016)。

## 2 研究方法

根据王朗自然保护区的地势地貌特点和林分特征, 选取了野生动物活动频繁的16条样线, 按照海拔梯度将相机布设于野生动物活动痕迹(例如粪便、食迹和足迹等)较多的地点, 海拔范围在2,536–3,120 m, 每条样线根据线路长短分别布设1–5台红外相机(图1)。利用绳子将相机固定于距离地面约30–80 cm的乔木或者竹子上, 并根据地面的坡度利用树枝调整相机镜头的角度, 使之与地面平行。为保证相机拍摄照片的独立性, 每2台相机间的距离不低于100 m(胡磊, 2013)。设置相机的时间为北京时间, 并设定相应的相机编号, 相机均设置为拍照后立即录像20 s的模式。每隔2个月进行相机电池和存储卡的更换, 并收集整理照片及视频数据。本研究于2014年3月至2015年8月在保护区内布设了54台红外相机, 其中36台Ltl Acorn™5210A, 18台Ltl Acorn™6210。

## 3 数据处理

将每次取回的存储卡中的数据导入电脑, 建立Excel表格, 逐一查看红外相机拍摄的照片和视频, 并在表中记录拍摄到动物的每张照片的拍摄时间、相机编号、动物学名、数量、年龄、性别、行为等信息。拍摄的视频作为辅助数据。由于大部分动物都无法根据照片来达到识别个体的目的, 因此为确

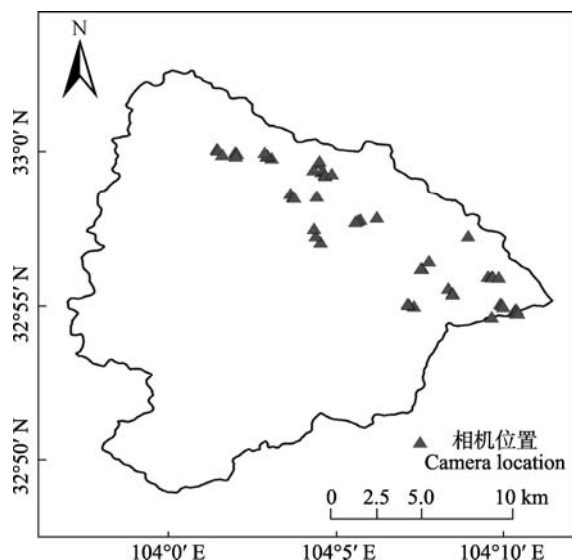


图1 王朗国家级自然保护区2014–2015年红外相机点位分布图

Fig. 1 The location of infrared camera in Wanglang National Nature Reserve, 2014–2015

保持拍摄样本的独立性,对于同一台相机在30 min内拍摄到的同一物种的照片,我们只记录其第一次被拍摄到的时间(Kelly & Holub, 2008; Ohashi et al, 2013; 李晟等, 2016)。每台红外相机连续工作24 h视为1个相机工作日,所有相机累计相加的工作日称为总相机工作日(total camera days, TCD)。

### 3.1 物种相对拍摄率

利用总相机工作日和物种独立照片数来计算物种的相对拍摄率(relative photo trap rate, RPTR)(Mohd-Azlan & Engkamat, 2013), 计算公式如下:

$$TCD = \sum c d_i \quad (1)$$

$$RPTR = (A_i \times 100) / \sum c d_i \quad (2)$$

其中,  $c$ 指获得动物照片数据的相机台数,  $d_i$ 指第 $i$ 台相机正常工作的天数,  $\sum c d_i$ 指总相机工作日,  $A_i$ 指第 $i$ 个物种的独立照片数。

### 3.2 物种相对丰富度

利用物种独立照片数占动物拍摄照片总数(不包括拍摄到人和流浪狗的照片)的百分比作为各个物种的相对丰富度(relative abundance index, RAI)(武鹏峰等, 2012; Sollmann et al, 2013; Jenks et al, 2016), 计算公式如下:

$$RAI = \frac{A_i}{N} \times 100 \quad (3)$$

其中 $N$ 指拍摄到的物种照片总数。

## 4 结果

### 4.1 相机捕获的物种多样性分析

本次调查共拍摄到独立照片1,793张(其中未鉴别到种的鸟类照片93张), 鉴定出野生动物25种, 其中兽类16种, 鸟类9种。分属于5目15科25种, 其中雀形目3科4种, 鸡形目1科5种, 食肉目5科7种, 啮齿目3科3种, 偶蹄目3科6种(附录1, 2)。包括3种国家一级重点保护野生动物, 即大熊猫、四川羚牛、红喉雉鹑(*Tetraophasis obscurus*), 8种国家二级重点保护野生动物, 即黑熊、黄喉貂(*Martes flavigula*)、中华鬣羚、中华斑羚(*Naemorhedus griseus*)、血雉、红腹角雉(*Tragopan temminckii*)、勺鸡(*Pucrasia macrolopha*)和蓝马鸡。

### 4.2 相机数量和工作日与物种数量间的关系

兽类、鸟类和总物种数均随着相机数量的增加而增加(图2)。其中鸟类在相机增加到10台的时候拍摄到全部9种, 兽类在相机增加到17台的时候拍摄到全部16种, 两者之和在相机增加到23台的时候拍摄到全部25种。

进一步分析发现, 兽类、鸟类和总物种数均随着相机工作日的增加而增加(图3)。从拍摄到第一张动物照片开始, 相机在最初的25天时间内监测到8个物种。在相机放置到150天时, 监测到兽类15种, 鸟类8种, 共计23个物种, 占本次研究监测到物种总数的92%。之后三者的拟合曲线均趋于平缓, 表明监测的物种数在150天后增加缓慢, 并在180天后停止增加。

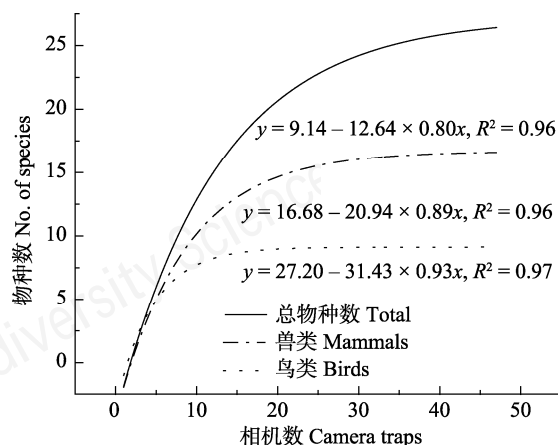


图2 王朗国家级自然保护区相机数量与拍摄到的物种数量间的关系

Fig. 2 Relationship between the number of infrared cameras and species in Wanglang National Nature Reserve

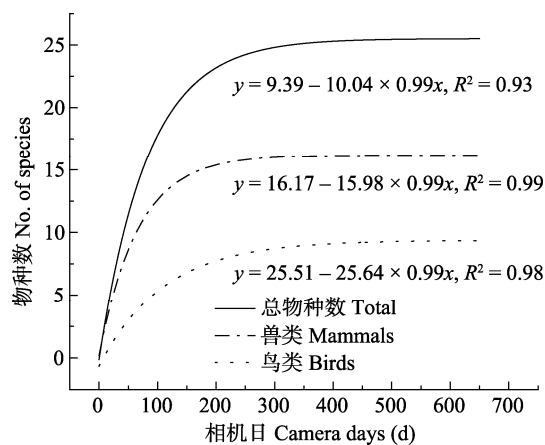


图3 王朗国家级自然保护区相机工作日与拍摄到的物种数量间的关系

Fig. 3 Relationship between the camera days and the number of species in Wanglang National Nature Reserve

4.3 相机捕获的物种相对丰富度

在王朗自然保护区中监测到的25种野生动物

中,除9种鸟类和隐纹花松鼠(*Tamiops swinhoei*)外,其余15种动物均在地面活动和觅食,因此相对捕获率较高;从野生动物的拍摄时间分布来看,只有豹猫(*Prionailurus bengalensis*)是夜行性动物,其余物种昼夜均可以被拍摄到。

从图4可以看出,物种相对丰富度最高的2个物种是血雉(29.28)和毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*) (15.78)。其中,本次监测的所有42台相机均拍摄到了血雉,有36台相机拍摄到了毛冠鹿,占总相机数的85.7%。说明这两个物种在保护区内的数量以及分布范围较大,密度较高。本次监测到大熊猫的相对丰富度较高(8.09),且被28台相机拍摄到,占总相机数的66.7%。红腹角雉、中华鬣羚和红喉雉鹑的相对丰富度在2-5之间,中华斑羚、勺鸡、黑熊、四川羚牛和蓝马鸡的相对丰富度最低,不到1。

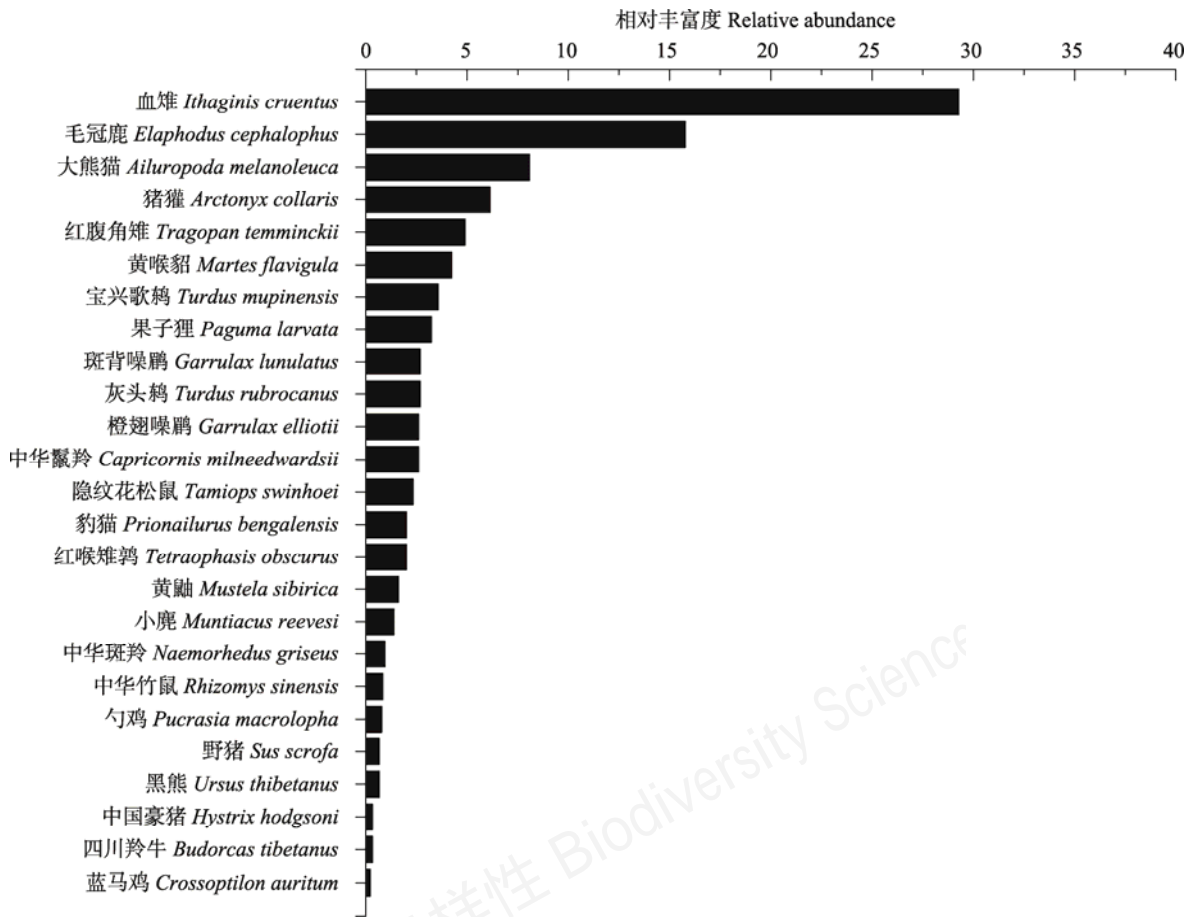


图4 红外相机监测到的物种相对丰富度

Fig. 4 Relative abundance index of species monitored by infrared camera



## 5 讨论

王朗自然保护区生物资源非常丰富,保护区内分布着大约62种兽类和152种鸟类(段丽娟, 2014)<sup>①</sup>。本次红外相机监测记录到兽类16种、鸟类9种,分别占总物种数的25.81%和5.92%,并没有发现新的物种。从相机监测到的野生动物的个体数及总数来看,由于红外相机拍摄到的照片无法直接精确地识别到个体,因此无法统计每个物种的绝对数量。但是根据每个物种的有效照片数量可以大致反映物种的相对数量大小。林木在森林群落中具有成层性,而且由于同域分布的不同兽类的体型大小和觅食特性不同,各物种间由于种间竞争会导致生态位分离(Zhang et al, 2004),生活在森林中的野生动物也在森林中分层栖居,所以在王朗保护区内大约有25.81%的兽类在2,536–3,120 m的海拔范围的地面活动觅食。而鸟类的活动范围相对较大,不止局限于林下(Tobler et al, 2008),相机能够拍摄到鸟类是因为它们在地面获取食物或者避难,而林下显然不是它们的主要栖息地或者食物来源,因此记录到的鸟类种类较少。

从捕获的物种数来看,保护区内的野生动物种类远比相机监测到的种类多,但是由于红外相机本身的局限以及布设地点的选择,只能监测到活动区域在地面的体型较大的物种。另一方面,红外相机在放置150–180天后物种数达到饱和,符合红外相机监测以半年为一个周期的研究结果(章书声等, 2012)。因此,在利用红外相机对自然保护区的野生动物进行监测时,需要根据保护区的面积以及动物活动热点区域面积的大小来选择布设的相机数量,相机数量太少无法监测到最大数量的野生动物物种,而相机数量过多则会造成人力和物力的浪费。另一方面,为获得最大数量的野生动物种类,相机应连续监测不低于6个月。此外在红外相机数量有限的情况下,定期更换监测地点,扩大监测范围比固定点位长期监测能记录到更多的物种(Si et al, 2014)。

由于大熊猫的活动范围较大,约为16 km<sup>2</sup> (古晓东等, 2011),本次野外布设的相机数量较多,基

本覆盖了王朗自然保护区内的大熊猫高密度分布区。因此相较于之前的研究结果(段丽娟, 2014)<sup>①</sup>,本次监测到的大熊猫相对丰富度大幅提高。此外,国家一级保护动物四川羚牛,国家二级保护动物中华斑羚、勺鸡、黑熊和蓝马鸡的相对丰富度均不到1。因此,在今后的自然保护区保护管理中,在保护主要野生动物的同时,对于相对丰富度较低的物种需要投入更多的精力,这些物种的栖息地保护对于自然保护区的发展至关重要。

综上所述,红外相机能够有效地对野生动物资源进行监测调查,尤其是一些体型较小且活动痕迹难以发现或者夜行性动物的物种调查。通过野生动物相对丰富度的分析可以为今后保护区的巡护和保护提供理论支撑。

**致谢:** 王朗国家级自然保护区的所有工作人员在野外调查工作中给予了支持和帮助,北京林业大学林学院生态学课题组的各位老师和师弟在外业工作及数据收集上提出了宝贵建议,在此一并感谢。

## 参考文献

- Carver BD, Kennedy ML, Houston AE, Franklin SB (2011) Assessment of temporal partitioning in foraging patterns of syntopic Virginia opossums and raccoons. *Journal of Mammalogy*, 92, 134–139.
- Duan LJ, Zhang YB, Kang DW, Wang XR, Li JQ (2014) Daily activity pattern and group behavior of *Ithaginis cruentus* in initial breeding period and brooding period. *Journal of Biology*, (6), 42–45. (in Chinese with English abstract) [段丽娟, 张玉波, 康东伟, 王小蓉, 李俊清 (2014) 血雉繁殖初期和育雏期的日活动模式及集群行为研究. *生物学杂志*, (6), 42–45.]
- Gu XD, Wang HJ, Zhang SN, Dai Q, Zhu LF, Gu HJ, Wang YZ, Wei FW (2011) Home range and activity rhythm of the reintroduced giant panda “shenglin 1” in Dujiangyan, Sichuan Province. *Sichuan Journal of Zoology*, 30, 493–497. (in Chinese with English abstract) [古晓东, 王鸿加, 张陕宁, 戴强, 朱立峰, 顾海军, 王跃招, 魏辅文 (2011) 放归大熊猫“盛林1号”的活动范围和活动节律监测. *四川动物*, 30, 493–497.]
- Hu L (2013) Activity Rhythms of Red Deer and Roe Deer and Group Pattern of Red Deer by Camera Trapping. PhD dissertation, Beijing Forestry University, Beijing. (in Chinese with English abstract) [胡磊 (2013) 基于红外自动相机技术的马鹿和狍活动节律与马鹿集群行为. 博士学位论文, 北京林业大学, 北京.]

① 段丽娟 (2014) 王朗自然保护区及其同域物种活动节律及栖息地利用研究. 硕士学位论文, 北京林业大学, 北京.

- Jenks KE, Chanteap P, Damrongchainarong K, Cutter P, Cutter P, Redford T, Lynam AJ, Howard J, Leimgruber P (2016) Using relative abundance indices from camera-trapping to test wildlife conservation hypotheses—An example from Khao Yai National Park, Thailand. *Tropical Conservation Science*, 4, 113–131.
- 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, 501–551. (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, 501–551.]
- Jiang ZG, Ma Y, Wu Y, Wang YX, Feng ZJ, Zhou KY, Liu SY, Luo ZH, Li CW (2015) China's mammalian diversity. *Biodiversity Science*, 23, 351–364. (in Chinese with English abstract) [蒋志刚, 马勇, 吴毅, 王应祥, 冯祚建, 周开亚, 刘少英, 罗振华, 李春旺 (2015) 中国哺乳动物多样性. *生物多样性*, 23, 351–364.]
- Kang DW (2015) Research on the Habitat Selection of Giant Pandas. PhD dissertation, Beijing Forestry University, Beijing. (in Chinese with English abstract) [康东伟 (2015) 大熊猫的生境选择研究. 博士学位论文, 北京林业大学, 北京.]
- Kays RW, Slauson KM (2008) Remote cameras. In: *Noninvasive Survey Methods for Carnivores* (eds Long RA, Mac Kay P, Zielinski WJ, Ray JC), pp. 110–140. Island Press, Washington, DC.
- Kelly MJ, Holub EL (2008) Camera trapping of carnivores: Trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on Salt Pond mountain, Giles County, Virginia. *Northeastern Naturalist*, 15, 249–262.
- Li S, Wang DJ, Bu HL, Liu XG, Jin T (2016) Camera-trapping survey on the mammal diversity of the Laohegou Nature Reserve, Sichuan Province. *Acta Theriologica Sinica*, 36, 282–291. (in Chinese with English abstract) [李晟, 王大军, 卜红亮, 刘小庚, 靳彤 (2016) 四川省老河沟自然保护区兽类多样性红外相机调查. *兽类学报*, 36, 282–291.]
- 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.]
- Mohd-Azlan J, Engkamat L (2013) Camera trapping and conservation in Lanjak Entimau Wildlife Sanctuary, Sarawak, Borneo. *Raffles Bulletin of Zoology*, 61, 397–405.
- O'Connell AF, Nichols JD, Käranta KU (2011) *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Springer, New York.
- Ohashi H, Saito M, Horie R, Tsunoda H, Noba H, Ishii H, Kuwabara T, Hiroshige Y, Koike S, Hoshino Y, Toda H, Kaji K (2013) Erratum to: Differences in the activity pattern of the wild boar *Sus scrofa*, related to human disturbance. *European Journal of Wildlife Research*, 60, 567.
- 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) [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.]
- Si XF, Kays R, Ding P (2014) How long is enough to detect terrestrial animals? Estimating the minimum trapping effort on camera traps. *PeerJ*, 2, e374.
- 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.
- Tobler MW, Carrillo-Percastegui SE, Leite PR, Mares R, Powell G (2008) An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11, 169–178.
- Wang MJ, Li JQ (2008) Research on habitat restoration of giant panda after a grave disturbance of earthquake in Wanglang Nature Reserve, Sichuan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 28, 5848–5855. (in Chinese with English abstract) [王梦君, 李俊清 (2008) 四川省王朗自然保护区地震干扰后大熊猫栖息地的恢复. *生态学报*, 28, 5848–5855.]
- Wei FW, Zhang ZJ, Hu JC (2011) Research advances and perspectives on the ecology of wild giant pandas. *Acta Theriologica Sinica*, 31, 412–421. (in Chinese with English abstract) [魏辅文, 张泽钧, 胡锦涛 (2011) 野生大熊猫生态学研究进展与前瞻. *兽类学报*, 31, 412–421.]
- Wu PF, Liu XH, Cai Q, He XB, Melissa S, Zhu Y, Shao XM (2012) The application of infrared camera in mammal research in Guanyinshan Nature Reserve, Shaanxi. *Acta Theriologica Sinica*, 32, 67–71. (in Chinese with English abstract) [武鹏峰, 刘雪华, 蔡琼, 何祥博, Songer Melissa, 朱云, 邵小明 (2012) 红外相机技术在陕西观音山自然保护区兽类监测研究中的应用. *兽类学报*, 32, 67–71.]
- Xue YD, Liu F, Guo TZ, Yuan L, Li DQ (2014a) Using camera traps to survey wildlife at water sources on the northern slope of the Altun Mountains, China. *Acta Theriologica Sinica*, 34, 164–171. (in Chinese with English abstract) [薛亚东, 刘芳, 郭铁征, 袁磊, 李迪强 (2014a) 基于相机陷阱技术的阿尔金山北坡水源地鸟兽物种监测. *兽类学报*, 34, 164–171.]

- Xue YD, Liu F, Zhang YG, Li DQ (2014b) Grouping behavior of wild camel (*Camelus ferus*) referred from video data of camera trap in Kumtag Desert. Biodiversity Science, 22, 746–751. (in Chinese with English abstract) [薛亚东, 刘芳, 张于光, 李迪强 (2014b) 利用红外相机视频数据进行库姆塔格沙漠地区野骆驼集群行为研究的可行性. 生物多样性, 22, 746–751.]
- 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 ZJ, Wei FW, Li M, Zhang BW, Liu XH, Hu JC (2004) Microhabitat separation during winter among sympatric giant pandas. Canadian Journal of Zoology, 82, 1451–1458.
- Zhao ZJ (2013) The Responses of *Abies faxoniana* and *Picea purpurea* to Climate Factors in Subalpine of Western Sichuan Province, China. PhD dissertation, Beijing Forestry University, Beijing. (in Chinese with English abstract) [赵志江 (2013) 川西亚高山岷江冷杉与紫果云杉对气候的响应. 博士学位论文, 北京林业大学, 北京.]
- (特邀责任编辑: 李晟 责任编辑: 闫文杰)

## 附录 Supplementary Material

### 附录1 红外相机监测到的王朗国家级自然保护区野生动物名录

Appendix 1 List of species detected by infrared camera in Wanglang National Nature Reserve  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2017082-1.pdf>

### 附录2 红外相机监测物种记录表

Appendix 2 Species record monitored by infrared camera  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2017082-2.xlsx>

田成, 李俊清, 杨旭煜, 余麟, 袁丹, 黎运喜. 利用红外相机技术对四川王朗国家级自然保护区野生动物物种多样性的初步调查. 生物多样性, 2018, 26 (6): 620–626.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2017082>

# 附录1 红外相机监测到的王朗国家级自然保护区野生动物名录

Appendix 1 List of species detected by infrared camera in Wanglang National Nature Reserve

物种 Species	照片总数 Total number of photos	独立照片数 Independent photos	保护等级 Protection level	相对拍摄率 Relative photo trap rate
<b>兽类 Mammals</b>				
食肉目 Carnivora				
大熊猫科 Ailuropodidae				
大熊猫 <i>Ailuropoda melanoleuca</i>	299	145	I	170.07
鼬科 Mustelidae				
猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	149	110	—	129.02
黄喉貂 <i>Martes flavigula</i>	109	76	II	89.14
黄鼬 <i>Mustela sibirica</i>	33	29	—	34.01
灵猫科 Viverridae				
果子狸 <i>Paguma larvata</i>	79	58	—	68.03
猫科 Felidae				
豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	58	36	—	42.22
熊科 Ursidae				
黑熊 <i>Ursus thibetanus</i>	23	12	II	14.07
鲸偶蹄目 Cetartiodactyla				
鹿科 Cervidae				
毛冠鹿 <i>Elaphodus cephalophus</i>	452	283	—	331.93
小鹿 <i>Muntiacus reevesi</i>	42	25	—	29.32
牛科 Bovidae				
中华鬣羚 <i>Capricornis milneedwardsii</i>	82	47	II	55.13
中华斑羚 <i>Naemorhedus griseus</i>	25	17	II	19.94
四川羚牛 <i>Budorcas tibetanus</i>	10	6	I	7.04
猪科 Suidae				
野猪 <i>Sus scrofa</i>	21	12	—	14.07
啮齿目 Rodentia				
松鼠科 Sciuridae				
隐纹花松鼠 <i>Tamias swinhoi</i>	53	42	—	49.26
鼯形鼠科 Spalacidae				
中华竹鼠 <i>Rhizomys sinensis</i>	17	15	—	17.59
豪猪科 Hystricidae				
中国豪猪 <i>Hystrix hodgsoni</i>	6	6	—	7.04
<b>鸟类 Birds</b>				
鸡形目 Galliformes				
雉科 Phasianidae				
血雉 <i>Ithaginis cruentus</i>	1048	525	II	615.76
红腹角雉 <i>Tragopan temminckii</i>	148	88	II	103.21
红喉雉鹑 <i>Tetraophasis obscurus</i>	73	36	I	42.22
勺鸡 <i>Pucrasia macrolopha</i>	25	14	II	16.42
蓝马鸡 <i>Crossoptilon auritum</i>	5	4	II	4.69



田成, 李俊清, 杨旭煜, 余麟, 袁丹, 黎运喜. 利用红外相机技术对四川王朗国家级自然保护区野生动物物种多样性的初步调查. 生物多样性, 2018, 26 (6): 620–626.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2017082>

物种 Species	照片总数 Total number of photos	独立照片数 Independent photos	保护等级 Protection level	相对拍摄率 Relative photo trap rate
雀形目 Passeriformes				
鸫科 Turdidae				
宝兴歌鸫 <i>Turdus mupinensis</i>	75	64	—	75.06
灰头鸫 <i>Turdus rubrocanus</i>	61	48	—	56.30
斑背噪鹛 <i>Garrulax lunulatus</i>	60	48	—	56.30
画眉科 Timaliidae				
橙翅噪鹛 <i>Garrulax elliotii</i>	62	47	—	55.13

保护等级参考《中国国家重点保护野生动物名录》

The protection level refers to the *National Catalogue of China's Key Protected Wildlife*