

北京雾灵山自然保护区冬春季地面活动鸟兽 红外相机初步调查

汤小明^① 张德怀^② 马志红^② 吴同路^② 张源笙^① 鲍伟东^{①*}

① 北京林业大学生物科学与技术学院 北京 100083; ② 雾灵山自然保护区管理处 北京 101506

摘要: 为了解北京雾灵山自然保护区野生动物资源现状, 于2014年11月至2015年4月, 在保护区内放置30台红外相机开展调查。结果共记录鸟类5目14科27种, 兽类4目8科10种, 其中勺鸡(*Pucrasia macrolopha*)、红角鸮(*Otus sunia*)、纵纹腹小鸮(*Athene noctua*)和中华斑羚(*Naemorhedus griseus*)为国家II级重点保护野生动物。鸟类物种数月变化剧烈。相对丰富度最高的6种动物为狍(*Capreolus pygargus*) (60.19)、红嘴蓝鹊(*Urocissa erythrorhyncha*) (34.14)、星鸦(*Nucifraga caryocatactes*) (27.78)、岩松鼠(*Sciurotamias davidianus*) (23.34)、松鸦(*Garrulus glandarius*) (23.34)、中华斑羚(21.99)。对狍、岩松鼠、中华斑羚进行日活动节律分析, 狍属晨昏活动型; 中华斑羚有两个活动高峰; 岩松鼠的日活动高峰集中在晨间, 为单峰型。本研究提供了北京雾灵山部分鸟兽资源的最新动态现状及活动节律信息, 同时表明红外相机在拍摄地栖性鸟类、大中型兽类、夜行性动物方面具有优势, 而对于非地栖鸟类和小型兽类, 红外相机有一定局限性。本研究为应用红外相机技术开展森林野生动物多样性监测提供了经验。

关键词: 行为节律; 北京雾灵山; 鸟类和兽类; 红外相机; 相对丰富度;

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2016) 05-751-10

Camera Trapping Survey on Ground-dwelling Birds and Mammals of Spring and Winter in Beijing Wulingshan Nature Reserve

TANG Xiao-Ming^① ZHANG De-Huai^② MA Zhi-Hong^② WU Tong-Lu^②
ZHANG Yuan-Sheng^① BAO Wei-Dong^{①*}

① College of Biological Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083; ② Wulingshan Nature Reserve Management of Mingyun, Mingyun 101506, China

Abstract: From November 2014 to April 2015, 30 infrared-triggered automatic cameras were deployed in Beijing Wulingshan Nature Reserve in order to collect the latest data of wild birds and mammals. During the period, 27 species of birds, belonging to 14 families and 5 orders, and 10 species of mammals, belonging to 8

基金项目 北京市科技计划项目 (No. Z121100000312107);

* 通讯作者, E-mail: bao-weidong@126.com;

第一作者介绍 汤小明, 女, 本科生; 研究方向: 动物行为学; E-mail: 2058507827@qq.com.

收稿日期: 2015-11-16, 修回日期: 2016-05-13 DOI: 10.13859/j.cjz.201605005

families and 4 orders, were detected, which included 4 second class of state key protected species, Koklass Pheasant (*Pucrasia macrolopha*), Oriental Scops Owl (*Otus sunia*), Little Owl (*Athene noctua*) and Chinese Goral (*Naemorhedus griseus*) (Table 1 and Table 2). The Kolmogorov-Smirnov test indicated the distribution of bird species was normal ($Z = 1.534, P = 0.02$) whereas the mammal species was not ($Z = 0.864, P = 0.44$). The number of bird species varied strongly among months. The 6 species that owned the highest relative abundance indexes (RAI) were Roe Deer (*Capreolus pygargus*, RAI = 60.19), Red-billed Blue Magpie (*Urocissa erythrorhyncha*, RAI = 34.14), Spotted Nutcracker (*Nucifraga caryocatactes*, RAI = 27.78), David's Rock Squirrel (*Sciurotamias davidianus*, RAI = 23.34), Eurasian Jay (*Garrulus glandarius*, RAI = 23.34) and Chinese Goral (RAI = 21.99) (Table 1 and Table 2), of which the mammals were selected to conduct daily activity pattern analyses. The results revealed that the daily rhythm of Roe Deer presented a dimodal pattern with peaks at 8:00 - 10:00 and 16:00 - 18:00 (Fig. 1a), while Chinese Goral had active peaks at 2:00 - 4:00 and 20:00 - 22:00 (Fig. 1b). David's Rock Squirrel was most active at 8:00 - 10:00 in the morning (Fig. 1c). This study provided the latest information about species diversity and activity rhythm of birds and mammals in Beijing Wulingshan Nature Reserve. It's advisable to use camera trapping to photograph epigeous bird, large- and medium-sized mammals and nocturnal species, however, inappropriate for little rodents or birds resided in trees. This study offered the valuable practical experience in application of camera trapping in wildlife diversity monitoring in mountain forest.

Key words: Activity patterns; Beijing Wulingshan Nature Reserve; Birds and mammals; Camera trapping; Relative abundance index

红外相机陷阱技术 (camera trapping) 为利用红外感应设备, 在野外无人操作环境下, 自动拍摄野生动物的照片及视频, 将结果运用于野生动物行为及节律、种群数量、群落构成及动态变化研究以及生物多样性监测和保护区管理评估等多个研究领域 (李晟等 2014, Pebsworth et al. 2014)。红外相机调查法具有全时性、客观性、无损伤、抗环境干扰、监测范围广、长期劳动成本低、可获取夜行性及行为隐蔽物种信息等长处 (Gerber et al. 2014, McShea et al. 2016), 可与传统调查研究方法互补 (Lyra-Jorge et al. 2008), 目前已被广泛应用于自然保护区本底调查、生物多样性长期监测和特有珍稀濒危动物研究之中 (Wang et al. 2006, Pendleton et al. 2015, Šprem et al. 2015, Roy et al. 2016)。

北京雾灵山市级自然保护区位于北京市东北部密云区境内, 野生动植物资源丰富。该保护区已有诸多植物方面的科研调查 (李利平

2005, 岳永杰等 2008), 然缺乏近期的野生动物研究 (宋福春等 2005)。本调查采用红外相机陷阱技术, 对该区域林下活动的鸟类和兽类进行监测, 目的在于掌握该区域野生鸟兽资源动态现状, 为保护区生物多样性保护提供科学参考, 同时探究该方法在野生动物长期监测工作中的应用效果及改进方案。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区为北京市雾灵山自然保护区, 地处北京市密云区东部, 是雾灵山系的北京部分, 与河北省兴隆县雾灵山国家级自然保护区毗邻。地理坐标为 $40^{\circ}34' \sim 40^{\circ}38' \text{ N}$, $117^{\circ}19' \sim 117^{\circ}25' \text{ E}$, 总面积 $4\,247 \text{ hm}^2$, 森林覆盖率达 67%。海拔大致在 $500 \sim 1\,700 \text{ m}$ 间, 最高峰海拔 $1\,735 \text{ m}$ 。山势自东南向西北延伸并逐渐降低, 地形构造复杂多变。属于暖温带大陆性气候, 夏季高温多雨, 冬季寒冷干旱, 年均温

9.9°C, 年均降水量 683.5 mm。植被类型以暖温带落叶阔叶林、温带针阔混交林和温带针叶林为主, 森林乔木种类以华北落叶松 (*Larix gmelinii*)、白桦 (*Betula platyphylla*)、蒙椴 (*Tilia mongolica*)、山杨 (*Populus davidiana*) 等为主 (李利平 2005, 岳永杰等 2008)。

1.2 红外相机布放

数码红外相机 (LTL-5210, 深圳市维可信科技发展有限公司) 布放日期为 2014 年 11 月 3 日至 2015 年 4 月 22 日, 共 30 台。栖息地坡度较大, 地形较为复杂, 故采取随机布放原则, 并根据实际地形情况调整, 回避陡坡, 沿山脊于水源地、兽径处 (具毛发、粪便、拱土等动物留下的痕迹) 选取视野开阔地带, 将红外相机固定于树干上, 镜头方向与兽径垂直。相机布设密度为 141.57 hm²/台。每台相机有明确标号, 记录相机序号、卡号、装卡时间、操作人员、坐标、海拔、坡度、主要树种等信息。隔月更换红外相机电池和存储卡, 记录取卡时间、取卡人等信息。拍摄模式设置为 1 张照片加 15 s 录像, 间隔 2 s。

1.3 数据处理和分析

所获得红外相机资料, 首先删去无野生动物出现的照片和视频, 但保留文件夹中首尾两张照片, 以防相机时间设置错误, 将有效照片和视频逐一浏览, 确定所有能分辨的动物物种, 记录拍摄日期、时间、物种名、数量、群体结构 (性别和年龄) 等数据。鸟类识别参照《常见野鸟图鉴·北京地区》(自然之友野鸟会 2013), 名称则参照《中国鸟类分类与分布名录》(郑光美 2011); 兽类识别及名称参照《中国兽类野外手册》(Smith 等 2009); 鸟兽地理分布型参照《中国动物地理》(张荣祖 2011)。对时间、地点连续或相近的照片和视频, 通过对比动物特征 (角型、斑纹、毛色、体型大小等) 区分前后出现的是否为同一个体或群体, 把出现同一物种具有独立性的照片和视频定义为独立事件 (independent capture, IC)。

以相机工作 24 h 为一个相机日 (trap day),

用相对丰富度指数 (relative abundance index, RAI) 来衡量保护区内各种鸟类和兽类的数量和构成。相对丰富度指数公式参照薛亚东 (2014): $I_{RA} = 1000 N_i / T$, 式中, N_i 为第 i 类动物的独立事件数, T 为总相机日。

将一天划分为 12 个时间段, 每时段 2 h, 如 0:00 ~ 2:00 为第 1 个时间段, 时间段相对丰富度 (time relative abundance index, TARI) 公式参照 Bhattacharya 等 (2012): $I_{TAR} = 100N_{imt} / N_i$, 式中, N_{imt} 为第 i 类动物第 m 月第 t 个时间段独立事件数, N_i 为第 i 类动物的独立事件数, I_{TAR} 为时间段相对丰富度。

所有数据在 Excel 2007 和 SSPS 17.0 中处理分析, 鸟类和兽类的相对丰富度用单样本 Kolmogorov-Smirnov test 检验是否呈正态分布, 显著水平值为 0.05。

2 结果和分析

2.1 物种组成

本次相机数据累计共 5 184 个相机日, 1 471 个独立事件, 记录野生动物隶属 9 目 22 科 37 种, 其中鸟类 5 目 14 科 27 种, 包括鸡形目、鸽形目、鸮形目、鸢形目、雀形目, 以雀形目种类为主 (表 1)。分布型构成有古北型、东北型、全北型、东洋型、华北型、季风区型、不易归类 7 种, 古北型种数比例最重, 占 44.44%。兽类 4 目 8 科 10 种, 有偶蹄目、食肉目、兔形目和啮齿目, 分布型有古北型、东洋型、季风区型 3 种, 古北型种数占 50.0% (表 2)。国家 II 级重点保护野生动物有勺鸡 (*Pucrasia macrolopha*)、红角鸮 (*Otus sunia*)、纵纹腹小鸮 (*Athene noctua*) 和中华斑羚 (*Naemorhedus griseus*) 4 种, 北京市 I 级重点保护野生动物有豹猫 (*Prionailurus bengalensis*)、白背啄木鸟 (*Dendrocopos leucotos*)、灰头绿啄木鸟 (*Picus canus*) 和红嘴蓝鹊 (*Urocissa erythrorhyncha*) 4 种。

2.2 相对数量

鸟类独立事件总数 729, 兽类独立事件总

数 742, 鸟类相对丰富度不呈正态分布 ($Z = 1.534, P = 0.02$), 兽类相对丰富度呈正态分布 ($Z = 0.864, P = 0.44$)。兽类优势种为狍、岩松

鼠、中华斑羚 (表 2), 鸟类优势种为红嘴蓝鹊、星鸦、松鸦 (表 1)。

2.3 日活动节律

表 1 鸟类红外相机调查结果

Table 1 Result of bird species based on camera trapping

物种 Species	分布型 Distribution types	居留型 Residential types	拍摄位点数 Sites	独立事件数 Independent captures	相对丰富度 Relative abundance indexes
1 勺鸡 <i>Pucrasia macrolopha</i>	U	R	13	39	7.52
2 环颈雉 <i>Phasianus colchicus</i>	U	R	7	25	4.82
3 山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i> *	E	R	1	23	4.44
4 红角鸮 <i>Otus sunia</i>	O	S、P	1	2	0.39
5 纵纹腹小鸮 <i>Athene noctua</i>	U	R	1	1	0.19
6 白背啄木鸟 <i>Dendrocopos leucotos</i>	U	R	2	2	0.39
7 灰头绿啄木鸟 <i>Picus canus</i>	U	R	2	4	0.77
8 太平鸟 <i>Bombycilla garrulus</i> *	C	W、P	1	1	0.19
9 松鸦 <i>Garrulus glandarius</i> *	U	R	6	121	23.34
10 红嘴蓝鹊 <i>Urocissa erythrorhyncha</i> *	W	R	5	177	34.14
11 星鸦 <i>Nucifraga caryocatactes</i> *	U	R	5	144	27.78
12 小嘴乌鸦 <i>Corvus corone</i> *	C	R	9	56	10.80
13 棕眉山岩鹀 <i>Prunella montanella</i>	M	W	1	2	0.39
14 红胁蓝尾鸲 <i>Tarsiger cyanurus</i>	M	P	2	4	0.77
15 北红尾鸲 <i>Phoenicurus auroreus</i>	M	S、P	1	1	0.19
16 红尾鸲 <i>Turdus naumanni</i>	M	P	1	1	0.19
17 斑鸫 <i>Turdus eunomus</i> *	M	W、P	4	40	7.72
18 山噪鹛 <i>Garrulax davidi</i>	B	R	5	16	3.09
19 银喉长尾山雀 <i>Aegithalos caudatus</i> *	U	R	2	6	1.16
20 沼泽山雀 <i>Parus palustris</i> *	U	R	3	18	3.47
21 褐头山雀 <i>Parus songarus</i> *	C	R	3	3	0.58
22 大山雀 <i>Parus major</i>	U	R	3	15	2.89
23 普通鸺 <i>Sitta europaea</i>	U	R	4	4	0.77
24 燕雀 <i>Fringilla montifringilla</i> *	U	W、P	1	7	1.35
25 北朱雀 <i>Carpodacus roseus</i> *	M	W、P	2	12	2.31
26 白腰朱顶雀 <i>Carduelis flammea</i> *	C	P	4	3	0.58
27 灰眉岩鹀 <i>Emberiza godlewskii</i>	O	R	2	2	0.39

分布型: B. 华北型; C. 全北型; E. 季风区型; M. 东北型; U. 古北型; W. 东洋型; O. 不易归类。鸟类居留型: R. 留鸟; S. 夏候鸟; W. 冬候鸟; P. 旅鸟。* 示集群鸟类。

Distribution types: B. North-China type; C. Holarctic type; E. Monsoon type; M. Northeast type; U. Palaearctic type; W. Oriental type; O. Hard-to-defined type. Residential types: R. Resident; S. Summer visitor; W. Winter visitor; P. Passage migrant. *. Gregarious birds.

表 2 兽类红外相机调查结果

Table 2 Result of mammal species based on camera trapping

物种 Species	分布型 Distribution types	拍摄位点数 Sites	独立事件数 Independent captures	相对丰富度 Relative abundance indexes
1 黄鼬 <i>Mustela sibirica</i>	U	6	10	1.93
2 猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	W	11	55	10.61
3 豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	W	11	28	5.40
4 野猪 <i>Sus scrofa</i>	U	6	9	1.74
5 狍 <i>Capreolus pygargus</i>	U	23	312	60.19
6 中华斑羚 <i>Naemorhedus griseus</i>	E	11	114	21.99
7 岩松鼠 <i>Sciurotamias davidianus</i>	E	8	121	23.34
8 花鼠 <i>Tamias sibiricus</i>	U	5	23	4.44
9 北社鼠 <i>Niviventer confucianus</i>	W	2	13	2.51
10 托氏兔 <i>Lepus tolai</i>	U	13	57	11.00

分布型: B. 华北型; C. 全北型; E. 季风区型; M. 东北型; U. 古北型; W. 东洋型; O. 不易归类。

Distribution types: B. North-China type; C. Holarctic type; E. Monsoon type; M. Northeast type; U. Palearctic type; W. Oriental type; O.

Hard-to-defined type.

根据相机温度记录选取均温较低的 4 个月, 即 11 月至翌年 2 月, 作为冬季。进一步对狍、中华斑羚和岩松鼠这 3 种优势兽类进行冬季日活动节律分析。狍属于晨昏活动型(图 1a), 活动最高峰在 8:00 ~ 10:00 时, 第二峰在 16:00 ~ 18:00 时, 傍晚活动强度明显较清晨低。同属有蹄类的中华斑羚在 2:00 ~ 4:00 时和 20:00 ~ 22:00 时各有一高峰(图 1b), 在 10:00 ~ 12:00 时跌至低谷。岩松鼠活动呈典型单峰型, 峰值出现在 8:00 ~ 10:00 时(图 1c)。

3 讨论

3.1 鸟兽多样性和红外相机技术

红外相机调查拍摄到 10 种兽类, 多为大中型地栖兽类。其中, 中华斑羚为国家 II 级重点保护野生动物, 其相对丰富度在兽类中位居第三, 根据体型大小, 角型和头顶毛型(有的个体头顶的毛发成一撮尖角)判断大致有 18 只个体, 大部分个体单独行动, 此外便是母子对或雌雄对(图 2a), 出现点海拔为 1 009 ~ 1 606 m, 分布海拔较高。北京雾灵山的斑羚种群情况相

对稳定, 可对其展开进一步研究。拍摄到的 27 种鸟类中, 有 19 种已在宋福春等(2005)进行的北京雾灵山冬季鸟类调查中有过记录, 其余 8 种(山斑鸠、红角鸮、纵纹腹小鸮、白背啄木鸟、太平鸟、红胁蓝尾鸲、北朱雀、白腰朱顶雀)未被记录。有 25 种在河北雾灵山的调查文献中有过记录(李春秋等 1996, 白顺江 2006, 夏亚军 2011), 2 种(红角鸮、白腰朱顶雀)未被记录。

本次调查与先前记录相比, 物种数明显偏少, 没有涵盖猛禽、游禽、涉禽等鸟类, 小型啮齿类种数偏少。因红外相机需要固定于岩石、树干等坚实和不易移动的物体上, 布放位点有一定局限性, 适用于拍摄地栖的、大中型的鸟类(图 2b)和兽类(图 2a, c, d), 就行动迅捷的小型鼠类和活动于林层、水边、山崖峭壁上的动物而言, 红外相机具有明显不足。Swan 等(2013)运用红外相机法、活体陷阱法和毛发检测法对不同植被类型栖息地进行兽类多样性调查, 发现对于干旱森林, 红外相机法效果最佳, 而对于湿润森林, 红外相机法和陷阱法

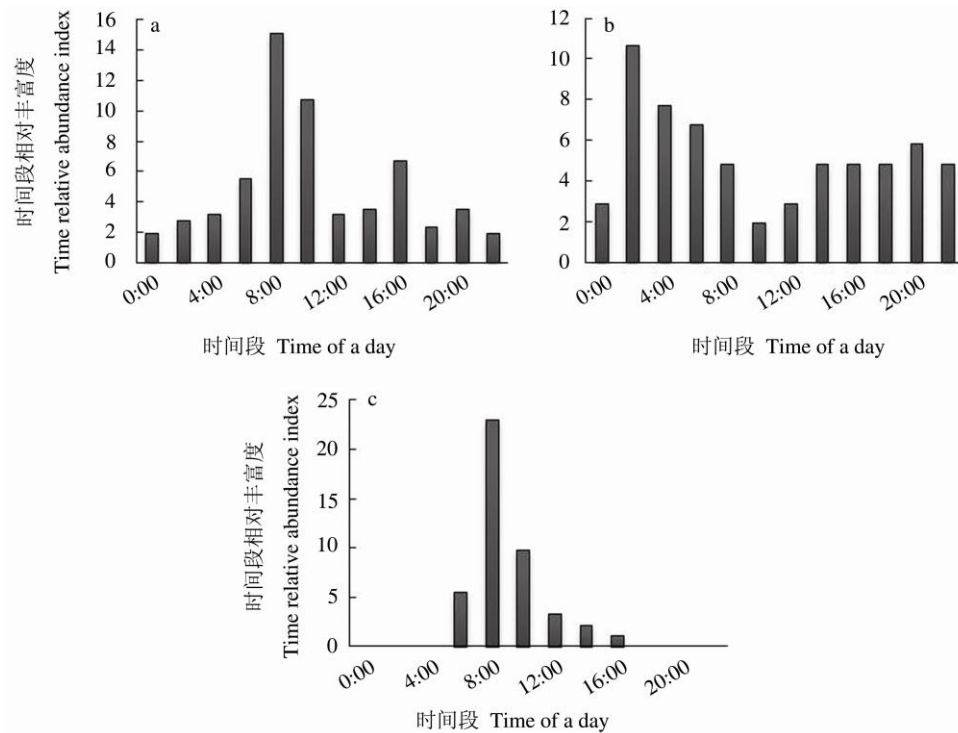


图 1 三种优势兽类冬季日活动节律

Fig. 1 Winter daily activity patterns of three dominant mammal species in Beijing Wulingshan

a. 狍; b. 中华斑羚; c. 岩松鼠。a. Roe Deer; b. Chinese Goral; c. David's Rock Squirrel.

结合使用效率最高, 因此想完全覆盖山地森林自然保护区(如北京雾灵山保护区)的物种组成, 红外相机法独木难支, 应结合传统方法如样线法、陷阱捕捉法等。此外相机还拍摄了许多无法辨认的动物照片, 如兽类局部、视野过暗、小型物种等。使用红外相机的另一个缺点是难以在人类活动较频繁的自然保护区内实施, 红外相机被盗的事件频发(刘芳等 2014, 汪国海等 2014)。尽管存在以上缺陷, 红外相机的优点不容忽视。例如, 红外相机所收集的照片、视频资料具有无可辩驳的客观性和准确性, 不因研究人员的主观判断致使结果偏误, 是自然保护区本底调查、稀有物种存在甚至是新种发现的确凿证据, 如西藏东南部猕猴新种白颊猕猴(*Macaca leucogenys*)的发现(Li et al. 2015)。再者, 红外相机的 24 h 不间断工作不仅利于监测夜行性物种, 还可研究动物的夜间

行为, 有利于对目标物种的适应策略进行更全面的了解(Tan et al. 2013)。本次调查拍摄到夜间在水源地饮水的红角鸮和纵纹腹小鸮, 为北京雾灵山物种组成新增了鸮形目鸟类。不仅如此, 相机还记录了 1 只幼年雄狍夜间持续约 1.5 h 的卧息行为, 狍卧息因地点隐蔽加上其生性胆小机警, 不易观察, 本研究完整地、近距离地记录了此过程。卧息前, 该个体在平坦处嗅闻后, 用前蹄刨松地面。躺下后, 一直保持头部仰起姿势, 并伴有反刍, 其间有两次变换卧息朝向, 这些影像有助于了解狍的行为适应。

红外相机现已作为自然保护区管理和野生动物研究的一种基础手段而被广泛运用, 近几年国内外都在积极完善红外相机方法论, 如不同布设方案的监测效果(Weingarth et al. 2015), 同其他方法的对比与结合(Espartosa et al. 2011, Galaverni et al. 2012, 马鸣等 2011,



图 2 北京雾灵山红外相机鸟兽照片

Fig. 2 Photographs of Beijing Wulingshan from camera trapping

a. 中华斑羚雌雄对; b. 雄勺鸡; c. 豹猫; d. 猪獾。

a. Mating couple of Chinese Goral; b. Male Koklass Pheasants; c. Leopard Cat; d. Hog Badger.

Garrote et al. 2014)。然而，红外相机法与其他技术方法不能只是机械性的叠加，要充分权衡可利用资源和研究效果，有意识地按研究需求及各种方法优缺点统筹整体方案，避免浪费人力物力。也就是说，除了改善红外相机法自身以外，该法同各种研究手段的有机结合也亟待进一步深入。红外相机的设置也有一些细节需注意，如安装高度，若以中小型类群为目标，则 20 ~ 50 cm 较合适，这个高度同时也可监测大型物种，特别是用于标记重捕法；若是只针对大型物种，减少其他动物的探测几率，则不少于 1 m 的高度更为适合 (Meek et al. 2014)。北京雾灵山此次红外相机调查小型啮齿类种类不足，可在将来相应降低一部分相机设置高度。另外，对于山地鸟类多样性调查，相机最佳布放位点是水源地。从本次拍摄情况看，水源地

出现的鸟类物种数丰富，甚至有同一时间点出现 6 种鸟类的记录。而非水源地鸟类丰富度较低。有些红外相机研究甚至以人造水源为诱饵监测鸟类多样性 (Seki 2010)。

3.2 物种数月变化

鸟类物种数变化剧烈，与雾灵山分布的许多鸟类具有迁徙习性有关，在本次调查中候鸟和旅鸟种数占鸟类总数的 37.04%，11 月有来此过冬的冬候鸟和越境的旅鸟，到 12 月时，旅鸟已过境，夏候鸟也南迁完毕，物种数降至最低。到了 3 月，夏候鸟（如北红尾鸲、红角鸮）到来、旅鸟（如红胁蓝尾鸲）过境，鸟类物种数迅速上升。兽类变化不大，12 月拍摄到的物种数最少，导致物种数下降的原因可能是兽类活动减少和一部分物种有冬眠或半冬眠行为（如花鼠和猪獾）。

3.3 日活动节律分布

动物行为节律既受外因影响，像温度、光照、生境、食物、天敌等要素，又受内因影响，如年龄、性别、是否繁殖期、种群大小和结构等，通过年、季节、月、日不同时间水平的节律分析掌握野生动物的活动特点，可了解各种生态因子对动物行为的作用机制及规律，并加以利用 (Yasukawa et al. 2013)。

尽管栖息地环境条件迥异，狍的晨昏双峰型活动特征保持相对稳定，但在各研究区域中存在程度不同的季节性差异 (Cederlund 1989, Chapman et al. 1993, Wallach et al. 2010, 胡磊 2013, Pagon et al. 2013)。说明其内源效应强，而环境因子则起或强或弱的塑造作用 (Aschoff 1966)。在本研究区域其冬季日活动分布也呈现双峰型 (图 1a)，且清晨活动峰明显强于傍晚出现的峰，亚平宁山脉的狍 (*Capreolus capreolus*) 在冬季呈现了相似特点 (Pagon et al. 2013)。温度是影响有蹄类活动节律变化的主要缘由之一 (Belovsky 1981)，有蹄类对低温的适应可体现在减少冬季活动以保存能量 (Georgii 1981, Georgii et al. 1983, Green et al. 1990)，狍在冬夜活动度低可能也是出于此目的。经过长达一晚的消耗，狍必须摄入较多的能量 (Pagon et al. 2013)，而日出后 8:00 ~ 10:00 这段时间环境温度在逐渐上升，活动所造成的热量损失较低，从而形成了这段时间的活动最高峰。中华斑羚日活动分布同 Bhattacharya 等 (2012) 在 Khangchendzonga 生态圈保护区得出的喜马拉雅斑羚 (*Naemorhedus goral*) 节律十分相似，但后者的活动高峰在 4:00 ~ 6:00 时与 16:00 ~ 18:00 时。在陕西观音山对中华斑羚的研究显示了不同的结果 (武鹏峰等 2012)：没有中午的活动低谷，晚间的活动较少，可能与研究区域有关，斑羚的行为节律还需进一步探索。此次北京雾灵山红外相机调查中未发现大型捕食者，其在该区不存在或是数量极低，因此对两种有蹄类的节律造成影响的可能性很小。对比狍和斑羚，发现两者的活动高峰期相互错

开 (图 1a, b)，有较明显的时间生态位分离现象，因此两者之间的相互影响可能也是节律形成的要素。岩松鼠为我国特有物种 (陈卫等 2002)，其冬季日活动分布为典型单峰型，活动集中在晨间 (图 1c)，与 Tonkin (1983) 对松鼠 (*Sciurus vulgaris*) 的季节性节律研究结果相似。岩松鼠的取食地点与鸦科鸟类有重复，相机拍摄到岩松鼠遭松鸦驱逐，因此，岩松鼠晨间活动可避开松鸦等鸟类的活动高峰。

参 考 文 献

- Aschoff J. 1966. Circadian activity pattern with two peaks. *Ecology*, 47(4): 657–662.
- Belovsky G E. 1981. Optimal activity times and habitat choice of moose. *Oecologia*, 48(1): 22–30.
- Bhattacharya T, Bashir T, Poudyal K, et al. 2012. Distribution, occupancy and activity patterns of goral (*Nemorhaedus goral*) and serow (*Capricornis thar*) in Khangchendzonga Biosphere Reserve, Sikkim, India. *Mammal Study*, 37(3): 173–181.
- Cederlund G. 1989. Activity patterns in moose and roe deer in a north boreal forest. *Blackwell Publishing Ltd*, 12(1): 39–45.
- Chapman N G, Claydon K, Claydon M, et al. 1993. Sympatric populations of muntjac (*Muntiacus reevesi*) and roe deer (*Capreolus capreolus*): a comparative analysis of their ranging behaviour, social organization and activity. *Journal of Zoology*, 229(4): 623–640.
- Espartosa K D, Pinotti B T, Pardini R. 2011. Performance of camera trapping and track counts for surveying large mammals in rainforest remnants. *Biodiversity and Conservation*, 20(12): 2815–2829.
- Galaverni M, Palumbo D, Fabbri E, et al. 2012. Monitoring wolves (*Canis lupus*) by non-invasive genetics and camera trapping: a small-scale pilot study. *European Journal of Wildlife Research*, 58(1): 47–58.
- Garrote G, Ayala R D, Teller á J. 2014. A comparison of scat counts and camera-trapping as means of assessing Iberian lynx abundance. *European Journal of Wildlife Research*, 60(6): 885–889.
- Georgii B. 1981. Activity patterns of female red deer (*Cervus*

- elaphus* L.) in the Alps. *Oecologia*, 49(1): 127–136.
- Georgii B, Schröder W. 1983. Home range and activity patterns of male red deer (*Cervus elaphus* L.) in the alps. *Oecologia*, 58(2): 238–248.
- Gerber B, Williams P, Bailey L. 2014. Primates and cameras. *International Journal of Primatology*, 35(5): 841–858.
- Green R A, Bear G D. 1990. Seasonal cycles and daily activity patterns of Rocky Mountain elk. *The Journal of Wildlife Management*, 54(2): 272–279.
- Li C, Zhao C, Fan P F. 2015. White-Cheeked Macaque (*Macaca leucogenys*): A New Macaque Species from Medog, Southeastern Tibet. *American Journal of Primatology*, 77(7): 753–766.
- Lyra-Jorge M, Ciocheti G, Pivello V, et al. 2008. Comparing methods for sampling large- and medium-sized mammals: camera traps and track plots. *European Journal of Wildlife Research*, 54(4): 739–744.
- McShea W, Forrester T, Costello R, et al. 2016. Volunteer-run cameras as distributed sensors for macrosystem mammal research. *Landscape Ecology*, 31(1): 55–66.
- Meek P D, Ballard G, Claridge A, et al. 2014. Recommended guiding principles for reporting on camera trapping research. *Biodiversity and Conservation*, 23(9): 2321–2343.
- Pagon N, Grignolio S, Pipia A, et al. 2013. Seasonal variation of activity patterns in roe deer in a temperate forested area. *Chronobiology International*, 30(6): 772–785.
- Pebsworth P, LaFleur M. 2014. Advancing primate research and conservation through the use of camera traps: Introduction to the Special Issue. *International Journal of Primatology*, 35(5): 825–840.
- Pendleton R, Hoehinghaus D, Gomes L, et al. 2015. Trophic downgrading results in complex ecosystem dynamics in experimental tropical flood plain food webs. *Hydrobiologia*, 760(1): 15–28.
- Roy M, Qureshi Q, Naha D, et al. 2016. Demystifying the Sundarban tiger: novel application of conventional population estimation methods in a unique ecosystem. *Population Ecology*, 58(1): 81–89.
- Seki S. 2010. Camera-trapping at artificial bathing sites provides a snapshot of a forest bird community. *Journal of Forest Research*, 15(5): 307–315.
- Šprem N, Zanella D, Ugarković D, et al. 2015. Unimodal activity pattern in forest-dwelling chamois: typical behaviour or interspecific avoidance? *European Journal of Wildlife Research*, 61(5): 789–794.
- Swan M, Stefano J, Christie F, et al. 2013. Detecting mammals in heterogeneous landscapes: implications for biodiversity monitoring and management. *Biodiversity and Conservation*, 23(2): 343–355.
- Tan C L, Yang Y Q, Niu K F. 2013. Into the night: camera traps reveal nocturnal activity in a presumptive diurnal primate, *Rhinopithecus brelichi*. *Primates*, 54(1): 1–6.
- Tokin J M. 1983. Activity patterns of the red squirrel (*Sciurus vulgaris*). *Mammal Review*, 13(2): 99–111.
- Wallach A D, Shanas U, Inbar M. 2010. Feeding activity and dietary composition of roe deer at the southern edge of their range. *European Journal of Wildlife Research*, 56(1): 1–9.
- Wang D J, Li S, William M J, et al. 2006. Use of remote-trip cameras for wildlife surveys and evaluating the effectiveness of conservation activities at a nature reserve in Sichuan Province, China. *Environmental Management*, 38(6): 942–951.
- Weingarth K, Zeppenfeld T, Heibl C, et al. 2015. Hide and seek: extended camera-trap session lengths and autumn provide best parameters for estimating lynx densities in mountainous areas. *Biodiversity and Conservation*, 24(12): 2935–2952.
- Yasukawa K, Tang-Mart ínez Z. 2013. *Animal Behavior: How and Why Animals Do the Things They Do? Volume1: History, Causation and Development*. Santa Barbara: Praeger, 351–385.
- 白顺江. 2006. 雾灵山森林生物多样性及生态服务功能价值仿真研究. 北京: 北京林业大学博士学位论文, 33–35.
- 陈卫, 高武, 傅必谦. 2002. 北京兽类志. 北京: 北京出版社, 158.
- 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. 北京: 北京林业大学硕士学位论文, 15–17.
- 李春秋, 吴跃峰, 武明录, 等. 1996. 雾灵山、小五台山自然保护区陆生脊椎动物研究. 北京: 中国科学技术出版社, 10–28.
- 李利平. 2005. 北京雾灵山自然保护区植被分类与重点保护植物评价. 北京: 北京林业大学硕士学位论文, 12–97.
- 李晟, 王大军, 肖治术, 等. 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(6): 685–695.
- 刘芳, 宿秀江, 李迪强, 等. 2014. 利用红外相机调查湖南高望界国家级自然保护区鸟兽多样性. 生物多样性, 22(6): 779–784.
- 马鸣, 徐峰, Bariushaa M, 等. 2011. 新疆雪豹种群密度监测方法探讨. 生态与农村环境学报, 27(1): 79–83.
- Smith A T, 解焱. 2009. 中国兽类野外手册. 长沙: 湖南教育出版社, 61–499.
- 宋福春, 张香, 张文林, 等. 2005. 北京雾灵山自然保护区冬季鸟类物种多样性调查. 动物学杂志, 40(2): 50–54.
- 汪国海, 施泽攀, 刘秀菊, 等. 2014. 花坪保护区鸟兽物种的红外相机初步监测. 生物多样性, 22(6): 785–787.
- 武鹏峰, 刘雪华, 蔡琼, 等. 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(1): 67–71.
- 夏亚军. 2011. 雾灵山动物垂直分布. 河北林业科技, 39(1): 29–30, 39.
- 薛亚东. 2014. 基于红外相机的库姆塔格沙漠地区野骆驼活动规律和适宜生境研究. 北京: 中国林业科学研究院博士学位论文, 14.
- 岳永杰, 余新晓, 牛丽丽, 等. 2008. 北京雾灵山植物群落结构及物种多样性特征. 北京林业大学学报, 30(增刊 2): 165–170.
- 张荣祖. 2011. 中国动物地理. 北京: 科学出版社, 259–329.
- 郑光美. 2011. 中国鸟类分类与分布名录. 2 版. 北京: 科学出版社, 60–377.
- 自然之友野鸟会. 2013. 常见野鸟图鉴: 北京地区. 北京: 机械工业出版社, 107–342.