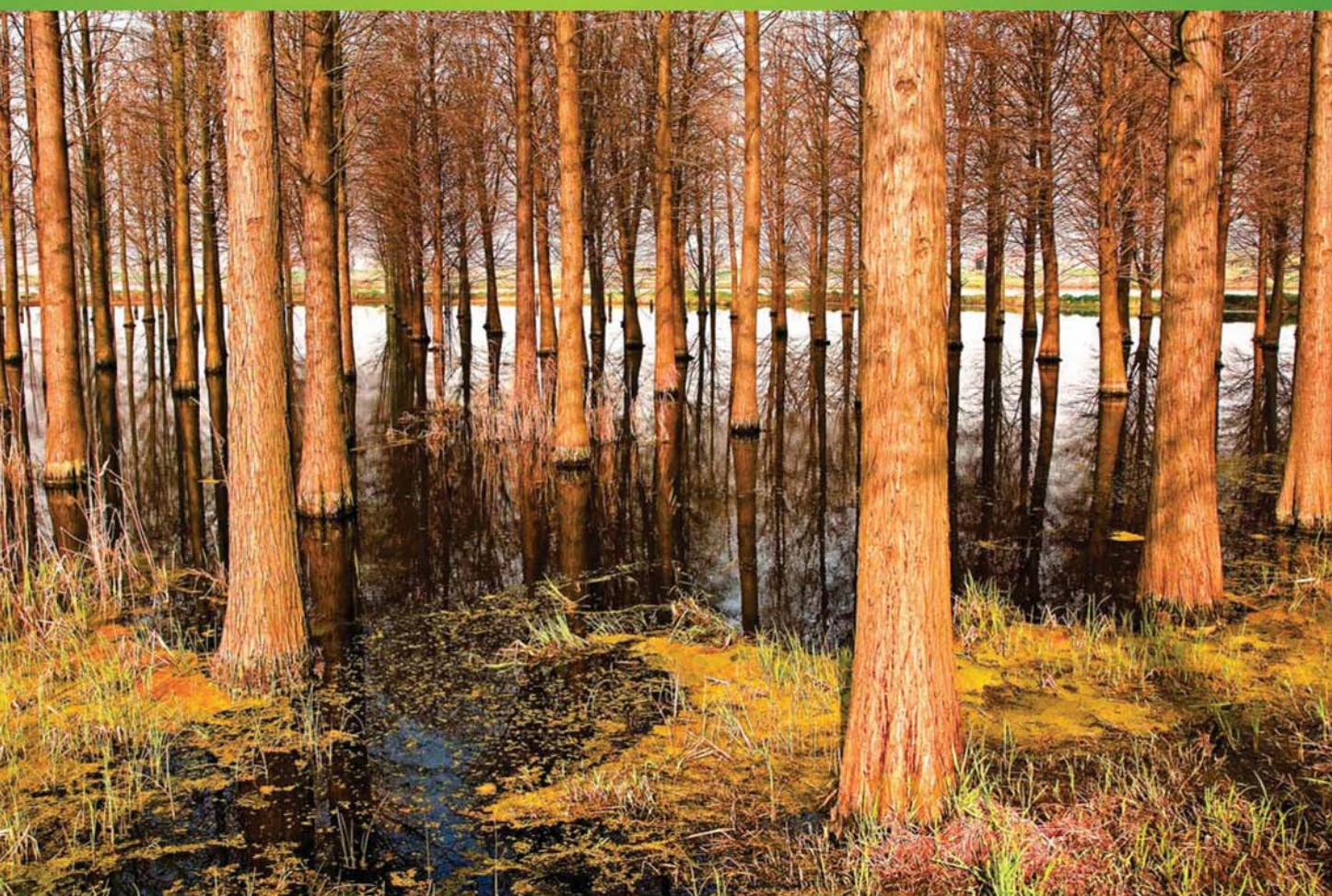


ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

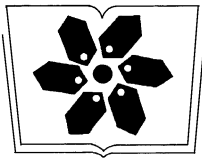
## Acta Ecologica Sinica



第32卷 第3期 Vol.32 No.3 **2012**

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 3 期

2012 年 2 月 (半月刊)

## 目 次

夏季可可西里雌性藏原羚行为时间分配及活动节律 .....	连新明, 李晓晓, 颜培实, 等 (663)
热带印度洋黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系 .....	杨胜龙, 张禹, 张衡, 等 (671)
洪湖水体藻类藻相特征及其对生境的响应 .....	卢碧林, 严平川, 田小海, 等 (680)
广西西端海岸四种红树植物天然种群生境高程 .....	刘亮, 范航清, 李春千 (690)
高浓度 CO <sub>2</sub> 引起的海水酸化对小珊瑚藻光合作用和钙化作用的影响 .....	徐智广, 李美真, 霍传林, 等 (699)
盖度与冠层水深对沉水植物水盾草光谱特性的影响 .....	邹维娜, 袁琳, 张利权, 等 (706)
基于 C-Plan 规划软件的生物多样性就地保护优先区规划——以中国东北地区为例 .....	栾晓峰, 孙工棋, 曲艺, 等 (715)
城市化对本土植物多样性的影响——以廊坊市为例 .....	彭羽, 刘雪华, 薛达元, 等 (723)
利用红外相机调查北京松山国家级自然保护区的野生动物物种 .....	刘芳, 李迪强, 吴记贵 (730)
基于树木起源、立地分级和龄组的单木生物量模型 .....	李海奎, 宁金魁 (740)
千岛湖社鼠种群遗传现状及与生境面积的关系 .....	刘军, 鲍毅新, 张旭, 等 (758)
气候变化对内蒙古草原典型植物物候的影响 .....	顾润源, 周伟灿, 白美兰, 等 (767)
中国西北典型冰川区大气氮素沉降量的估算——以天山乌鲁木齐河源 1 号冰川为例 .....	王圣杰, 张明军, 王飞腾, 等 (777)
植被类型对盐沼湿地空气生境节肢动物功能群的影响 .....	童春富 (786)
黔西北铅锌矿区植物群落分布及其对重金属的迁移特征 .....	邢丹, 刘鸿雁, 于萍萍, 等 (796)
云南中南部季风常绿阔叶林恢复生态系统萌生特征 .....	苏建荣, 刘万德, 张志钧, 等 (805)
筑坝扩容下高原湿地拉市海植物群落分布格局及其变化 .....	肖德荣, 袁华, 田昆, 等 (815)
三峡库区马尾松根系生物量的空间分布 .....	程瑞梅, 王瑞丽, 肖文发, 等 (823)
兴安落叶松林生物量、地表枯落物量及土壤有机碳储量随林分生长的变化差异 .....	王洪岩, 王文杰, 邱岭, 等 (833)
内蒙古放牧草地土壤碳固持速率和潜力 .....	何念鹏, 韩兴国, 于贵瑞 (844)
不同林龄马尾松凋落物基质质量与土壤养分的关系 .....	葛晓改, 肖文发, 曾立雄, 等 (852)
不同丛枝菌根真菌侵染对土壤结构的影响 .....	彭思利, 申鸿, 张宇亭, 等 (863)
不同初始含水率下粘质土壤的入渗过程 .....	刘目兴, 聂艳, 于婧 (871)
不同耕作措施的温室气体排放日变化及最佳观测时间 .....	田慎重, 宁堂原, 迟淑筠, 等 (879)
外源铅、铜胁迫对不同基因型谷子幼苗生理生态特性的影响 .....	肖志华, 张义贤, 张喜文, 等 (889)
温度和盐度对吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼鳃 Na <sup>+</sup> -K <sup>+</sup> -ATPase 活力的联合效应 .....	王海贞, 王辉, 强俊, 等 (898)
基于元胞自动机的喀斯特石漠化格局模拟研究 .....	王晓学, 李叙勇, 吴秀芹 (907)
边缘细胞对荞麦根尖铝毒的防护效应和对细胞壁多糖的影响 .....	蔡妙珍, 王宁, 王志颖, 等 (915)
川中丘陵区人工柏木防护林适宜林分结构及水文效应 .....	龚固堂, 黎燕琼, 朱志芳, 等 (923)
基于 AHP 与 Rough Set 的农业节水技术综合评价 .....	翟治芬, 王兰英, 孙敏章, 等 (931)
基于 DMSP/OLS 影像的我国主要城市群空间扩张特征分析 .....	王翠平, 王豪伟, 李春明, 等 (942)
生态旅游资源非使用价值评估——以达赉湖自然保护区为例 .....	王朋薇, 贾竞波 (955)
<b>专论与综述</b>	
基于有害干扰的森林生态系统健康评价指标体系的构建 .....	袁菲, 张星耀, 梁军 (964)
硅对植物抗虫性的影响及其机制 .....	韩永强, 魏春光, 侯茂林 (974)

## 研究简报

光照条件、植株冠层结构和枝条寿命的关系——以桂花和水杉为例 .....	占峰, 杨冬梅 (984)
Bt 玉米秸秆还田对小麦幼苗生长发育的影响 .....	陈小文, 祁鑫, 王海永, 等 (993)
汶川大地震灾后不同滑坡体上柏木体内非结构性碳水化合物特性 .....	陈博, 李志华, 何茜, 等 (999)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 344 \* zh \* P \* ¥ 70.00 \* 1510 \* 37 \* 2012-02



**封面图说:** 难得的湿地乔木——池杉池杉为落叶乔木, 高达 25 米, 主干挺直, 树冠尖塔。树干基部膨大, 常有屈膝状吐吸根, 池杉为速生树, 强阳性, 耐寒性较强, 耐干旱, 更极耐水淹, 多植于湖泊周围及河流两岸, 是能在在水里生长的极少数的大乔木之一, 故有湿地乔木之称。池杉原产美国弗吉尼亚沼泽地, 中国于本世纪初引种到江苏等地, 之后大量引种南方各省, 尤其是长江南北水网地区作为重要造树和园林树种而大量栽种。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com



DOI: 10.5846/stxb201109071312

刘芳, 李迪强, 吴记贵. 利用红外相机调查北京松山国家级自然保护区的野生动物物种. 生态学报, 2012, 32(3): 730-739.

Liu F, Li D Q, Wu J G. Using infra-red cameras to survey wildlife in Beijing Songshan National Nature Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(3): 730-739.

## 利用红外相机调查北京松山国家级 自然保护区的野生动物物种

刘 芳<sup>1</sup>, 李迪强<sup>1,\*</sup>, 吴记贵<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林生态环境重点实验室, 北京 100091;

2. 北京市松山国家级自然保护区, 北京 102115)

**摘要:** 红外相机是监测野生动物的有效工具, 目前广泛用于兽类资源调查以及动物损害、鸟巢生态学、种群评估、行为生态学等研究领域。为了调查北京松山国家级自然保护区的野生动物, 于 2010 年 5—12 月采用红外相机进行系统调查, 在 210 个位点放置了红外相机, 每台相机在每个地点上放置一个月。研究期间共拍摄到照片 2203 张, 其中 73% 为兽类, 12% 为鸟类, 13% 为工作人员, 2% 为其它人员。共鉴定出 17 种兽类 (分属 5 目 10 科) 以及 36 种鸟类 (分属 5 目 17 科)。兽类中拍摄率最高的前 5 种动物分别是岩松鼠 (*Sciurotamias davidianus*)、猪獾 (*Arctonyx collaris*)、豹猫 (*Prionailurus bengalensis*)、狗獾 (*Meles meles*) 和貉 (*Nyctereutes procyonoides*)。鸟类中拍摄率最高的前 5 种动物分别是紫啸鸫 (*Myophonus caeruleus*)、雉鸡 (*Phasianus colchicus*)、松鸦 (*Garrulus glandarius*)、勺鸡 (*Pucrasia macrolopha*) 和宝兴歌鸫 (*Turdus mupinensis*)。红外相机在不同海拔、不同植被类型以及不同月份所拍摄动物的拍摄率不同: 在 1000—1400m 的海拔段, 拍摄率显著高于低海拔 (600—1000m) 以及中高海拔 (1400—1700m); 在阔叶林中的拍摄率最高, 在针叶林、针阔混交林和灌丛中的拍摄率相似; 秋季 (8—10 月) 拍摄率较高, 夏季 (6—7 月) 次之, 冬季 (11—12 月) 最低。红外相机拍摄到的累积物种数与相机放置的时间成上升曲线, 但曲线的增长速率逐渐变缓。研究表明红外相机适合于调查和监测大中型兽类和部分鸟类, 所采集的动物数据以及拍摄的照片和视频资料将为保护区的监测、科研和环境教育提供资料。讨论了应用红外相机调查和监测野生动物的技术细节。

**关键词:** 红外相机; 监测; 兽类; 鸟类; 松山自然保护区

## Using infra-red cameras to survey wildlife in Beijing Songshan National Nature Reserve

LIU Fang<sup>1</sup>, LI Diqiang<sup>1,\*</sup>, WU Jigui<sup>2</sup>

1 Institute of Forest Ecology, Environment, and Protection, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Forest Ecology and Environment, State Forestry Administration, Beijing 100091, China

2 Songshan National Nature Reserve, Beijing 102115, China

**Abstract:** Understanding and monitoring the wildlife population and its dynamics is the major task for nature reserves. Infra-red camera is a useful tool for monitoring animals and has been widely used in mammal resource survey, wildlife damage, nest ecology, population estimates, behavioral ecology, etc. To survey and monitor the wildlife resources of Beijing Songshan National Nature Reserve, we set infra-red cameras in 210 sites, with each site maintained for one month, from May to December, 2010. The cameras totally took 2203 photos, among which 73% were mammals, 12% were birds, 13% were staff members, and 2% were other people. We have identified 17 species of mammals (belong to 5 order and 10

**基金项目:** 国家 973 计划课题 (2010CB955905); 国家林业局资助项目 (森林和野生动物类型生物多样性监测技术研究)

**收稿日期:** 2011-09-07; **修订日期:** 2011-12-02

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lidq@caf.ac.cn

family) and 36 species of birds (belong to 5 order and 17 family). The most common mammals occurred on photos included Rock squirrel (*Sciurotamias davidianus*)、Hog badger (*Arctonyx collaris*)、Lerpord cat (*Prionailurus bengalensis*)、the European badger (*Meles meles*) and raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*)、and the most common birds were the Blue Whistling-thrush (*Myophonus caeruleus*)、the Common Pheasant (*Phasianus colchicus*)、Euroasian Jay (*Garrulus glandarius*)、the Koklass Pheasant (*Pucrasia macrolopha*) and the Chinese Thrush (*Turdus mupinensis*). The photographic rates (PR) varied at different elevation, habitats and seasons: PR was significantly higher in elevation of 1000 — 1400m than that of 600 — 1000m and 1400 — 1700m; PR in broad-leaf forest was the largest, and was similar low in conifer, mixed conifer and broad-leaf forest and shrub; PR in autumn (August to October) was the highest, while in summer (June to July) was low, and in winter (November to December) was the lowest. The cumulative species number taken by infra-red cameras increased with camera days, but the trend slowed down. Infra-red cameras are more suitable to survey and monitor medium-large mammals and some birds and the photos and video of wildlife which are taken by infra-red cameras can be served for the monitoring, research, and environmental education of nature reserves. At the last part of the paper, we discussed the details of techniques on using infra-red cameras to survey and monitor biodiversity.

**Key Words:** infra-red camera; monitoring; mammal; birds; Songshan Nature Reserve

监测动植物的种群对于保护濒危物种、评估管理或狩猎效果以及追踪入侵种和害虫都是至关重要的<sup>[1]</sup>。对于保护区来说,监测是为了掌握资源和生物多样性变化的趋势,并且监测需要获得长时间可比较的数据<sup>[2]</sup>。目前,我国的保护区对野生动物资源的监测主要采用样线调查的方法,记录主要保护对象的数量、分布、活动规律以及人为干扰信息等<sup>[2-5]</sup>。由于野外工作中大部分的野生动物很难见到实体,因此保护区的监测大多记录动物的活动痕迹<sup>[5-6]</sup>,这就要求监测人员具有较高的辨认动物痕迹的能力。

自动照相系统用于记录动物的活动已有近半个世纪的历史<sup>[7-9]</sup>。随着技术的进步,带红外感应器的自动监测相机(以下简称红外相机)广泛用于鸟巢生态学、种群评估、行为生态学、兽类资源调查以及动物损害等研究领域<sup>[6,8,10-13]</sup>。在国内,研究者利用红外相机记录野生动物的活动模式<sup>[14]</sup>,探测野生动物的多样性<sup>[15-17]</sup>,或者记录特定的野生动物,如东北虎<sup>[18]</sup>、大熊猫<sup>[19-20]</sup>、雪豹<sup>[21-22]</sup>及华南虎<sup>[23-24]</sup>等,这些研究调查大多针对特定的目标动物,调查时间只有几天<sup>[16]</sup>或者1—3个月<sup>[19-22]</sup>,获取的动物照片数量也相对较少,影响其研究的全面性。

本研究于2010年5月—12月,使用数码红外相机对北京松山国家级自然保护区的野生动物资源进行了系统调查,测试该技术在北方林区系统调查野生动物的应用及存在的问题,提出利用红外相机系统调查野生动物资源的方法,以期为其它保护区提供借鉴。

## 1 研究地点概况

研究地点是北京市松山国家级自然保护区,位于北京市西北部的延庆县海坨山南麓,地理位置为东经115°43'44"—115°50'22",北纬40°29'9"—40°33'35",总面积4660hm<sup>2</sup>。保护区属暖温带大陆性季风气候,年平均气温8.5℃,年均降水量493mm。松山保护区森林覆盖率为87.7%,并以保存良好的华北地区唯一的大片珍贵天然油松林而著称。据记载保护区有脊椎动物53科184种及变种,其中兽类15科29种,鸟类29科125种及亚种<sup>[25]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 取样设计

将保护区划分为1km×1km的网格,每个网格内放置1台相机,每台相机放置1个月。1个月以后将相机移到另外的网格中。两台相机至少相距100m。

### 2.2 红外相机设置

本研究使用ScoutGuard Trail Camera SG550数字相机,相机拍摄照片为500万像素,连续两次拍照最短时



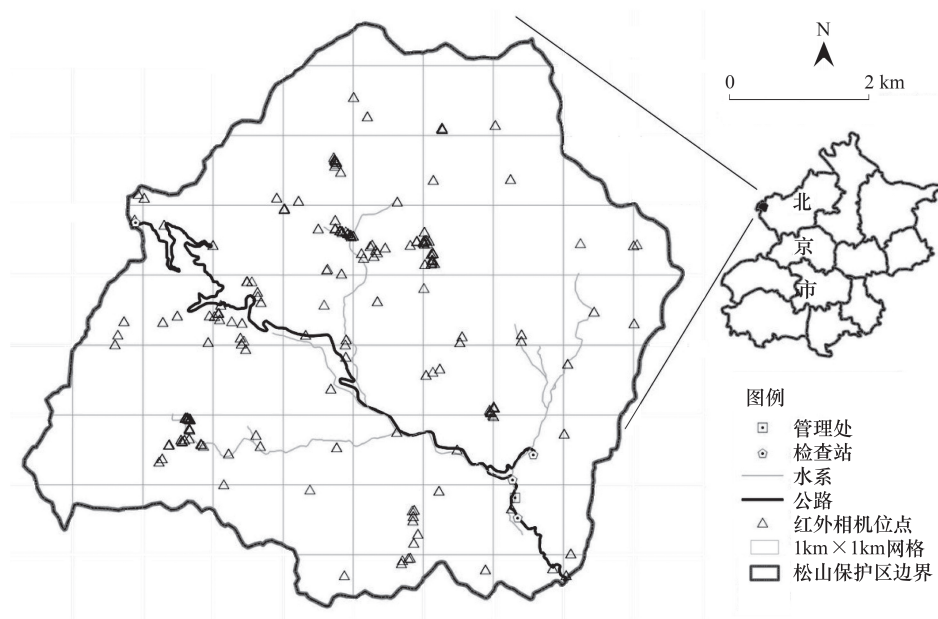


图1 2010年5—12月北京松山保护区红外相机放置位点图

Fig. 1 The location of infra-red cameras sites in Beijing Songshan nature reserve, May-December, 2010

间间隔为4s。将相机设置在动物痕迹(粪便、足迹和遗落物等)较多的地点(如兽径、水源点等处),相机固定于离地面50—80cm的树干上,相机镜头基本与地面平行。相机设好之后,工作人员需记录相机放置的日期、GPS位点、海拔、坡度、坡向、动物痕迹以及人为干扰等信息。

### 2.3 数据分析

红外相机拍摄的照片下载到计算机后,按照生境表编号建立文件夹,分别将每台相机每个地点上所拍摄的照片存入对应的文件夹,以使照片与生境表相对应。对于同一个地点上的红外相机拍摄的照片,将时间间隔小于1min的同一种动物的连续照片算作1张,作为1次探测。将照片按兽类、鸟类、其它动物、工作人员及其它人员进行归类。

采用动物的拍摄率作为其相对多度的指标。拍摄率按以下公式计算:

$$\text{拍摄率} = (\text{照片数} \times 100) / \text{相机日}$$

通过比较不同海拔段(600—1000m、1000—1400m及1400—1700m)、植被(阔叶林、针阔混交林、针叶林及灌丛)和月份的野生动物拍摄率,来比较不同栖息地类型的生物多样性丰富度。

### 3 结果与分析

2010年5月至12月,保护区监测队员使用30余台红外相机进行调查,共在210个位点放置了红外相机(图1),每台相机在每个地点上放置1个月,共拍摄到有效照片2203张,其中73%为兽类,12%为鸟类,13%为工作人员,2%为其它人员,其它动物仅拍到3张。兽类照片共计1605张,其中253张照片不可鉴别物种,其它照片共鉴定出17种动物,分属5目10科(表1)。鸟类照片共计267张,其中14张不可鉴别物种,其它照片共鉴别出36种动物,分属5目17科(表2),包括了很多小型鸟类(表2,图3)。

拍摄率最高的前5种兽类分别是岩松鼠、猪獾、豹猫、狗獾和貉(表1)。分布最广泛的也是以上5种动物,其中,岩松鼠共在92个位点被拍到照片,占有相机位点数的43.8%;猪獾和豹猫分别在62个位点被拍到,占有位点数的29.5%;狗獾在48个位点被拍到,占有位点数的22.9%;貉在24个位点被拍到,占有位点数的11.4%。其它分布较为广泛的兽类还包括野猪(20个位点)、花面狸(15个位点)和花鼠(15个位点)。52.9%的物种为古北型分布,其它为东洋型。除了斑羚和猪獾被IUCN红色名录列为近危种(NT),其它兽类被列为无危种(LC)。与保护区原有的兽类名录相比,大中型兽类中狗獾是新纪录,而艾虎没有拍到。

表 1 利用红外相机在北京松山保护区拍摄到的兽类名录(2010 年 5—12 月)

Table 1 The list of mammals photographed by infra-red cameras in Beijing Songshan nature reserve, May—December, 2010

物种 Species	分布型 DT	濒危等级 EC	科考报告 SS	位点数 SN	照片数 PN	拍摄率 PR
偶蹄目 ARTIODACTYLA						
牛科 Bovidae						
斑羚 <i>Nemorhaedus baileyi</i>	U	NT	有	2	4	0.06
牛 <i>Bos primigenius Taurus</i>	—	—	—	2	4	0.06
羊 <i>Capra aegagrus hircus</i>	—	—	—	4	9	0.14
鹿科 Cervidae						
狍 <i>Capreolus pygargus</i>	U	LC	有	3	3	0.05
猪科 Suidae						
野猪 <i>Sus scrofa</i>	U	LC	有	20	30	0.48
食肉目 CARNIVORA						
犬科 Canidae						
貉 <i>Nyctereutes procyonoides</i>	U	LC	有	24	79	1.25
狗 <i>Canis lupus familiaris</i>	—	—	—	8	10	0.16
猫科 Felidae						
豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	W	LC	有	62	150	2.38
家猫 <i>Felis silvestris catus</i>	—	—	—	1	1	0.02
鼬科 Mustelidae						
猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	W	NT	有	62	205	3.25
狗獾 <i>Meles meles</i>	U	LC	无	48	136	2.16
灵猫科 Viverridae						
花面狸 <i>Paguma larvata</i>	W	LC	有	15	23	0.37
食虫目 INSECTIVOR						
猬科 Erinaceidae						
东北刺猬 <i>Erinaceus europaeus</i>	U	LC	有	1	1	0.02
兔形目 LAGOMORPHA						
兔科 Leporidae						
蒙古兔 <i>Lepus tolai</i>	U	LC	有	5	13	0.21
啮齿目 RODENTIA						
松鼠科 Sciuridae						
岩松鼠 <i>Sciurotamias davidianus</i>	U	LC	有	92	656	10.41
花鼠 <i>Tamias sibiricus</i>	U	LC	有	15	26	0.41

DT: Distribution type, U 古北型 palaeartic species, W 东洋型 oriental species; EC: Endangered criteria according to IUCN redlist, EN 濒危 Endangered, LC 无危 Least Concern; SN: Sites number; PN: Photos number; PR: photographic rate,  $PR = (PN \times 100) / \text{camera days} (= 6300)$ ; SS: Compare with scientific survey<sup>[25]</sup>

鸟类中拍摄率最高的前 5 种动物依次是紫啸鸫、雉鸡、松鸦、勺鸡和宝兴歌鸫(表 2)。其中,雉鸡共在 24 个位点被拍到照片,占有相机位点数的 11.4%;其次是勺鸡,共在 13 个位点被拍到照片,占有相机位点数的 6.2%;松鸦和紫啸鸫分别在 7 个位点被拍到,虎斑地鸫和红嘴蓝鹊分别在 5 个地点被拍到。88.9% 的物种为古北型分布,8.3% 为东洋型,只有一种鸟类为广布种。大部分鸟类为夏候鸟(41.7%)和留鸟(47.2%),8.3% 的鸟类为繁殖鸟,只有 1 种鸟类为冬候鸟。除了栗耳鹀被 IUCN 红色名录列为濒危种(EN),其它所拍摄到的鸟类均被列为无危。与保护区已有的动物名录相比,戈氏岩鹀、栗耳鹀、苇鹀、理氏鹀、灰脚柳莺、宝兴歌鸫、虎斑地鸫和灰林鹀为新纪录,科考报告中提到的其它 91 种鸟类没有拍到。



表 2 利用红外相机在北京松山保护区拍摄到的鸟类名录(2010 年 5—12 月)

Table 2 List of birds photographed by infra-red cameras in Beijing Songshan Nature Reserve, May—December, 2010

物种 Species	分布型 DT	居留型 RT	濒危等级 EC	科考报告 SS	位点数 SN	照片数 PN	拍摄率 PR
鸽形目 CHARADRIIFORMES							
鹬科 Scolopacidae							
丘鹬 <i>Scolopax rusticola</i>	U	M	LC	有	1	1	0.02
鸡形目 Galliformes							
雉科 Phasianidae							
雉鸡 <i>Phasianus colchicus</i>	U	R	LC	有	24	43	0.68
勺鸡 <i>Pucrasia macrolopha</i>	U	R	LC	有	13	20	0.32
雀形目 PASSERIFORMES							
长尾山雀科 Aegithalidae							
银喉长尾山雀 <i>Aegithalos caudatus</i>	U	R	LC	有	1	1	0.02
鸦科 Corvidae							
大嘴乌鸦 <i>Corvus macrorhynchos</i>	U	R	LC	有	2	3	0.05
小嘴乌鸦 <i>Corvus corone</i>	U	M	LC	有	1	3	0.05
松鸦 <i>Garrulus glandarius</i>	U	R	LC	有	7	33	0.52
喜鹊 <i>Pica pica</i>	U	R	LC	有	3	5	0.08
红嘴蓝鹊 <i>Urocissa erythrorhyncha</i>	W	R	LC	有	5	5	0.08
卷尾科 Dicruridae							
发冠卷尾 <i>Dicrurus hottentottus</i>	W	M	LC	有	1	1	0.02
鸫科 Emberizidae							
戈氏岩鸫 <i>Emberiza godlewskii</i>	O	R	LC	无	2	2	0.03
栗耳鸫 <i>Emberiza jankowskii</i>	U	M	EN	无	1	2	0.03
三道眉草鸫 <i>Emberiza cioides</i>	U	R	LC	有	1	1	0.02
苇鸫 <i>Emberiza pallasi</i>	U	M	LC	无	1	1	0.02
小鸫 <i>Emberiza pusilla</i>	U	M	LC	有	1	2	0.03
黄喉鸫 <i>Emberiza elegans</i>	U	M	LC	有	2	4	0.06
雀科 Fringillidae							
锡嘴雀 <i>Coccothraustes coccothraustes</i>	U	W	LC	有	2	5	0.08
金翅雀 <i>Carduelis carduelis</i>	U	R	LC	有	2	4	0.06
鹀科 Motacillidae							
理氏鹀 <i>Anthus richardi</i>	U	B	LC	无	1	1	0.02
树鹀 <i>Anthus hodgsoni</i>	U	M	LC	有	2	2	0.03
鹎科 Muscicapidae							
蓝歌鸲 <i>Luscinia cyane</i>	U	M	LC	有	3	4	0.06
红喉姬鹎 <i>Parus montanus</i>	U	M	LC	有	1	1	0.02
北红尾鹎 <i>Phoenicurus aureus</i>	U	B	LC	有	2	2	0.03
红胁蓝尾鸲 <i>Tarsiger cyanurus</i>	U	M	LC	有	1	2	0.03
山雀科 Paridae							
大山雀 <i>Parus major</i>	U	R	LC	有	4	5	0.08
褐头山雀 <i>Parus montanus</i>	U	R	LC	有	1	1	0.02
煤山雀 <i>Parus ater</i>	U	R	LC	有	1	1	0.02
莺科 Sylviidae							
灰脚柳莺 <i>Phylloscopus tenellipes</i>	U	M	LC	无	1	1	0.02
画眉科 Timaliidae							
山噪鹛 <i>Garrulax davidi</i>	U	R	LC	有	1	1	0.02
鸫科 Turdidae							

续表

物种 Species	分布型 DT	居留型 RT	濒危等级 EC	科考报告 SS	位点数 SN	照片数 PN	拍摄率 PR
紫啸鸫 <i>Myophonus caeruleus</i>	W	B	LC	有	7	59	0.94
斑鸫 <i>Turdus naumanni</i>	U	M	LC	有	4	5	0.08
宝兴歌鸫 <i>Turdus mupinensis</i>	U	R	LC	无	4	17	0.27
赤颈鸫 <i>Turdus ruficollis</i>	U	M	LC	有	1	2	0.03
虎斑地鸫 <i>Zoothera dauma</i>	U	M	LC	无	5	6	0.10
啄木鸟科 Picidae							
灰头绿啄木鸟 <i>Picus canus</i>	U	R	LC	有	2	6	0.10
鸱鸃科 Strigidae							
灰林鸱 <i>Strix aluco</i>	U	R	LC	无	1	1	0.02

DT: Distribution type, U 古北型 palaearctic species, W 东洋型 oriental species, O 广布种 widely distributed species; EC: Endangered criteria according to IUCN redlist, EN 濒危 Endangered, LC 无危 Least Concern; RT: Resident type, R 留鸟 Residents, M 候鸟 Migrants, W 冬候鸟 Winter species, B 繁殖鸟 Summer breeders; SN: Sites number; PN: Photos number; PR: photographic rate,  $PR = (PN \times 100) / \text{camera days}$ ; SS: Compare with scientific survey<sup>[25]</sup>

红外相机在不同海拔、植被、月份及功能分区所拍摄动物的拍摄率是不同的(表3)。在1000—1400m的海拔段,红外相机的拍摄率显著高于低海拔(600—1000m)以及中高海拔(1400—1700m) ( $X^2 = 11.879$ ,  $df = 2$ ,  $P = 0.003$ )。红外相机在阔叶林中的拍摄率最高( $X^2 = 34.000$ ,  $df = 3$ ,  $P < 0.001$ ),在针叶林、针阔混交林和灌丛中的拍摄率相似( $X^2 = 0.650$ ,  $df = 2$ ,  $P = 0.723$ )。8—10月红外相机的拍摄率较高(月平均值为16.49),6—7月次之(月平均值为10.77),11—12月最低(月平均值为6.63),但各个季节月平均值的差异不显著( $X^2 = 3.588$ ,  $df = 2$ ,  $P = 0.166$ )。在核心区中红外相机的拍摄率最高,但是与缓冲区、实验区以及集体林中的拍摄率没有显著差异( $X^2 = 3.319$ ,  $df = 3$ ,  $P = 0.345$ )。

表3 不同海拔、植被及月份红外相机拍摄率

Table 3 The photographic rates of infra-red cameras at different elevation, vegetation and month

变量 Variable	类别 Category	相机位点数 SN	相机日 CD	物种数 SN2	照片数 PN	拍摄率 PR
海拔 Elevation/m	644—1000	41	1230	21	279	22.68
	1002—1396	84	2520	47	1244	49.37
	1406—1684	7	210	12	57	27.14
植被 Vegetation type	阔叶林 BF	101	3030	42	1326	43.76
	针叶林 CF	25	750	14	104	13.87
	针阔混交林 MCBF	7	210	8	23	10.95
	灌丛 Shrub	22	660	14	98	14.85
	其它 Other	11	330	9	29	8.79
月份 Month	6	70	2100	22	225	10.71
	7	102	3060	24	331	10.82
	8	108	3240	18	505	15.59
	9	45	1350	15	253	18.74
	10	37	1110	12	168	15.14
	11	16	480	13	33	6.88
	12	34	1020	17	65	6.37
功能区划	核心区	83	2490	50	942	37.83
	缓冲区	29	870	23	256	29.43
	实验区	40	1200	25	299	24.92
	集体林	13	390	20	107	27.44

BF: Broadleaf forest; CF: Coniferous forest; MCBF: Mixed coniferous and broadleaf forest; SN: Number of camera sites; CD: Camera days; SN2: Number of Species; PN: Number of photos; PR: Photographic rate =  $PN/CD$



本次调查共计 6300 个相机日,拍摄到了 53 种动物。红外相机拍摄到的累积物种数与相机放置的时间(即相机日)成上升曲线(图 2)。所有相机放置野外 5d 后,共拍摄到了 34 种动物,占有所有拍摄动物种数的 64.2%;相机放置 15d 后,共拍摄到了 45 种动物,占有所有拍摄动物种数的 84.9%。拍摄到的动物种数随着相机日的增加而增加(图 2),但物种数增加的趋势变缓,第 20 天到第 30 天只增加了 8 种。

4 结论与讨论

通过本项研究,测试了红外相机技术在北方林区调查动物资源的应用。利用红外相机,通过系统取样的方式,全面调查了北京松山自然保护区的兽类和鸟类资源,获取了大量的野生动物图片和视频资料(图 3,图 4)。调查中共鉴定出 17 种大中型兽类和 36 种鸟类,说明红外相机适用于调查大中型兽类和部分鸟类资源<sup>[6]</sup>,特别是在地形复杂的山区林地采用直接观察的方法难以执行的时候<sup>[14]</sup>。虽然红外相机对于小型兽类(如啮齿类动物)、小型鸟类以及冷血动物的应用有

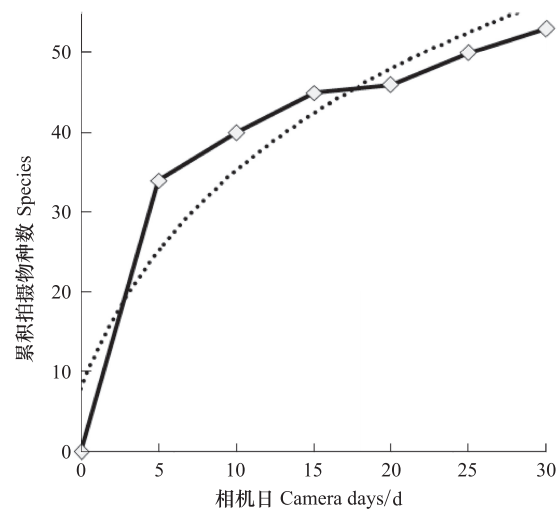


图 2 相机日与累积拍摄物种数关系

Fig. 2 The relationship between camera days and cumulative number of species  
虚线为对数趋势线



图 3 红外相机在松山保护区拍摄的小型鸟类照片举例

Fig. 3 Examples of small birds photographed by infra-red cameras in Beijing Songshan nature reserve

a: 大山雀 *Parus major*; b: 图 a 的局部放大 magnified part of figure a; c: 黄喉鹀 *Emberiza elegans*; d: 图 c 的局部放大 magnified part of figure d



限,但相比较其它的陆地监测技术,如无线电追踪,它具有非损伤性、客观性、隐蔽性、监测时间长、节省人力、昼夜都能监测的优势<sup>[10,20,26-29]</sup>,因此可以用于保护区的系统的长期的监测。

与保护区已有的兽类名录相比,调查拍摄到了新纪录——猪獾,但是未记录到艾虎。对于经常在地面上活动的鸟类,如雉类、虎斑地鸫等,红外相机可以作为较好的调查和监测手段<sup>[24,30]</sup>。但是,红外相机拍摄到的鸟类种数与已有动物名录相比还差很多,这是因为红外相机固定于距离地面 50—80cm 的树干上且镜头与地面基本平行,与大多数树栖鸟类活动范围不对应。针对此问题,可以将红外相机放置在鸟类活动较多的地点(如水源点附近),以拍摄到更多的鸟类照片。此外,长期的系统监测也将有助于进一步的调查鸟类资源状



图4 安装好的红外相机及红外相机拍摄照片示例

Fig. 4 Examples of set infra- red camera and photos taken by infra-red cameras

a. 安装好的红外相机;b. 由于阳光触发红外相机拍到的照片;c. 近距离拍摄照片;d. 镜头前有遮挡的照片(图中动物为豹猫);e. 鼠类照片(位于图中方框内);f. 质量好的照片(图中动物为母鸡)



况。由于通过照片鉴定小型鸟类的物种(图3)比较困难,将红外相机拍摄连续两张照片之间的最短时间间隔设为4s,以便可以从不同角度拍摄同一只动物,从而有利于物种鉴定。此外,也邀请到了具有较强的专业背景和经验的观鸟专家协助进行鸟种的鉴定。即便如此,仍旧有14张小型鸟类的照片无法鉴定物种。

评估了红外相机在不同海拔、植被类型、季节和保护区功能分区的拍摄率,可以作为动物相对丰富度的指标。红外相机在松山保护区的中海拔段(即1000—1400m)和阔叶林中的拍摄率和动物种数均最高,说明这些区域兽类和鸟类的种类和数量最为丰富。红外相机在6、7月份拍到的物种数最多,但8—9月份的拍摄率最高,可能是因为某些鸟类在8—9月份更为活跃。在核心区中红外相机的拍摄率最高,物种数也最多,但是与缓冲区、实验区以及集体林中的拍摄率没有显著差异,说明松山保护区核心区外兽类和鸟类的多样性并不高,而这些区域又是人为活动多、干扰大的区域,因此需要加强对这些地区的管护和监测。

利用红外相机全面、系统的调查和监测兽类和鸟类资源时,需要综合考虑取样方法、调查时长以及相机放置的技术细节,如相机放置位点的选择、镜头的方向、相机距离地面的高度以及与兽径的距离等。依据研究区域的大小以及研究目的,设定系统取样方法。将保护区划分为网格,在网格内轮流放置红外相机,这样使得调查更好的覆盖保护区内不同的海拔和植被类型<sup>[24]</sup>。本研究中相机在每个地点上放置的时间为一个月,但是累积物种数-相机日曲线尚未达到渐近线(图2),下一步研究计划延长相机放置时长,以获取更多的物种数据。相机需固定在坚实的物体之上(如树干、岩石,图4a),避免晃动,相机的镜头方向不能朝向太阳的方向,以免正午时太阳光会触发红外相机,拍下无效照片(图4b)。相机的高度应根据目标动物的个体大小适当调整<sup>[9]</sup>,当调查大中型兽类时,可以设置相机距离地面40—100cm处。调查区中大型动物(如斑羚、野猪和狍)较少,因此将相机放置在距离地面50—80cm处,对于部分小型动物(如鸟类,图3)和大中型动物的拍摄效果都很好。相机镜头距离动物可能经过的路径2—5m处,获得的照片效果很好,若拍摄距离太近只能拍摄到动物的部分身体(图4c),而拍摄的距离太远则红外感应器无法被动物触发。设置红外相机时,需移除相机前面的遮挡物,否则相机可能会对焦不准<sup>[9]</sup>,或者拍摄到的画面比较凌乱(图4d)。

未来的工作重点还可以侧重于利用红外相机进行长期的系统的监测、特殊的目标动物的密度估算<sup>[29]</sup>和空间分布研究(如某些鸟类的筑巢育幼行为及猪獾和狗獾的活动特点等)以及野生动物(如野猪)损害庄稼的情况等方面。

## References:

- [1] Marsh D M, Trenham P C. Current trends in plant and animal population monitoring. *Conservation Biology*, 2008, 22: 647-655.
- [2] World bank loan project management center of State Forestry Administration. Manual for potrolling and law enforcement of nature reserves. Beijing: China Environmental Science Press, 2009.
- [3] Chen Y P, Jiang S W, Zhao L J, Huang J Z. The monitoring on Giant panda and its habitat in Wanglang Nature Reserve, Sichuan Province. *Sichuan Journal of Zoology*, 2003, 22: 49-50.
- [4] Gu X D, Yang Z S, Wang G. The analysis of ecological monitoring of Giant panda nature reserve in Sichuan. *Sichuan Journal of Zoology*, 2003, 23: 146-148.
- [5] He S Q. Overview of wildlife resource monitoring in Xishuangbanna National Nature Reserve. *Forest Inventory and Planning*, 2008, 33: 84-86.
- [6] Li S, Wang D J, Gu X D, McShea W J. Beyond pandas, the need for a standardized monitoring protocol for large mammals in Chinese nature reserves. *Biodiversity Conservation*, 2010, 19: 3195-3206.
- [7] Gysel L W, Davis E M. A simple automatic photographic unit for wildlife research. *Journal of Wildlife Management*, 1956, 20: 451-453.
- [8] Cutler T L, Swann D E. Using remote photography in wildlife ecology: a review. *Wildlife Society Bulletin*, 1999, 27: 571-581.
- [9] Swann D E, Hass C C, Dalton D C, Wolf S A. Infrared-triggered cameras for detecting wildlife: an evaluation and review. *Wildlife Society Bulletin*, 2004, 32: 357-365.
- [10] Carthew S, MSlater E. Monitoring animal activity with automated photography. *The Journal of Wildlife Management*, 1991, 55: 689-692.
- [11] Harris P J. The role of trap cameras in catch per unit effort calculations for species of the South Atlantic bight snapper-grouper complex. *Fisheries Research*, 1995, 22: 1-9.
- [12] Martorello D A, Eason T H, Pelton M R. A sighting technique using cameras to estimate population size of black bears. *Wildlife Society Bulletin*, 2001, 29: 560-567.
- [13] Karanth K U, Chundawat R S, Nichols J D, Kumar N. Estimation of tiger densities in the tropical dry forests of Panna, Central India, using photographic capture-recapture sampling. *Animal Conservation*, 2004, 7: 285-290.

- [14] Pei J Q. An evaluation of using auto-trigger cameras to record activity patterns of wild animals. *Taiwan Journal of Forestry Science*, 1998, 13: 317-324.
- [15] Ma S L, He L L. Use of remote camera systems to document wildlife species presence in forested areas of Yunnan. *Zoological Research*, 1996, 17: 360, 370.
- [16] Xiao S B. The infra-red cameras recorded rainforest crisis. *Life World*, 2009: 66-69.
- [17] Li S, McShea W J, Wang D J, Shao L K, Gu X D. The use of infrared-triggered cameras for surveying phasianids in Sichuan Province, China. *IBIS*, 2010, 152: 299-309.
- [18] Li Z X. The Amur tiger occurred in Huichun again. *Chinese Journal of Wildlife*, 2004, 25: 34.
- [19] Lu X L, Jiang Z G, Tang J R, Wang X J, Xiang D Q, Zhang J P. Auto-trigger camera traps for studying giant panda and its sympatric wildlife species. *Acta Zoologica Sinica*, 2005, 51: 495-500.
- [20] He B S, Yuan C H, Zhang X M, Li X Z, Li J. Infrared triggered camera-trap survey technique and monitoring of Giant panda. *Science Journal of Northwest University Online*, 2009, 7: 1-5.
- [21] Ma M, Xu F, Chundawat R S, Jumabay K, Wu Y Q, Ai Z Z, Zhu M H. Camera trapping of snow leopards for the photo capture rate and population size in the Muzat Valley of Tianshan Mountains. *Acta Zoologica Sinica*, 2006, 52: 788-793.
- [22] Ma M, Xu F. Successful camera trapping on Snow leopard in the Muzat Valley, Tomur Feng Nature Reserve, Xinjiang, P. R. China (October — December 2005). *Arid Land Geography*, 2006, 29: 307-308.
- [23] Huang X Y, Hu D F, Liu W S, Muntifer J. Field survey on South China tigers and their habitat evaluation in Yihuang Provincial reserve in Jiangxi Province. *Journal of Beijing Forestry University*, 2003, 25: 54-58.
- [24] Huang X Y, Hu D F, Tang X P, Wang Z C, Liu W S. Field survey of south China tigers and their habitat evaluation in Hupingshan National Reserve. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2004, 21: 180-184.
- [25] Beijing Forestry Bureau. Album of survey of Songshan Nature Reserve. Haerbin: Northeast Forestry University Press, 1990.
- [26] Feng T, Wang J, Zhang H F, Wu X M. The application of auto-photography system in wildlife survey. *Chinese Journal of Wildlife*, 2010, 31: 161-163.
- [27] York E C, Moruzzi T L, Fuller T K, Organ J F, Sauvajot R M, DeGraaf R M. Description and evaluation of a remote camera and triggering system to monitor carnivores. *Wildlife Society Bulletin*, 2001, 29: 1228-1237.
- [28] Linkie M, Dinata Y, Nugroho A, Haidir I A. Estimating occupancy of a data deficient mammalian species living in tropical rainforests: sun bears in the Kerinci Seblat region, Sumatra. *Biological Conservation*, 2007, 137: 20-27.
- [29] Silver S C, Ostro L E T, Marsh L K, Maffei L, Noss A J, Kelly M J, Wallace R B, Gomez H A yala G. The use of camera traps for estimating jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx*, 2004, 38: 148-154.
- [30] Stein B, Fuller T, KMarker L. Opportunistic use of camera traps to assess habitat-specific mammal and bird diversity in northcentral Namibia. *Biodiversity and Conservation*, 2008, 17: 3579-3587.

#### 参考文献:

- [2] 国家林业局世界银行贷款项目管理中心. 自然保护区巡护与执法手册. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [3] 陈佑平, 蒋仕伟, 赵联军, 黄俊忠. 四川王朗自然保护区大熊猫及其栖息地监测. *四川动物*, 2003, 22: 49-50.
- [4] 古晓东, 杨志松, 王刚. 四川省大熊猫保护区生态监测现状分析. *四川动物*, 2004, 23: 146-148.
- [5] 何顺强. 西双版纳自然保护区野生动物资源监测概述. *林业调查规划* 2008, 33: 84-86.
- [14] 裴家骥. 利用自动照相设备记录野生动物活动模式之评估. *台湾林业科学*, 1998, 13: 317-324.
- [15] 马世来, 何理来. 自动感应照相系统在野生动物调查中的应用. *动物学研究*, 1996, 17: 360, 370.
- [16] 肖诗白. 红外相机记录雨林危机. *生命世界*, 2009: 66-69.
- [18] 李志兴. 珙春再现东北虎. *野生动物*, 2004, 25: 34.
- [19] 卢学理, 蒋志刚, 唐继荣, 王学杰, 向定乾, 张建平. 自动感应照相系统在大熊猫以及同域分布的野生动物研究中的应用. *动物学报*, 2005, 51: 495-500.
- [20] 何佰锁, 袁朝晖, 张希明, 李小枝, 李健. 红外线触发数码相机陷阱技术在大熊猫监测中的应用. *西北大学学报(自然科学网络版)* 2009, 7: 1-5.
- [21] 马鸣, 徐峰, Chundawat R S, Jumabay K, 吴逸群, 艾则孜, 朱玛洪. 利用自动照相术获得天山雪豹拍摄率与个体数量. *动物学报*, 2006, 52: 788-793.
- [22] 马鸣, 徐峰. 利用红外自动照相技术首次拍摄到清晰雪豹照片——新疆木扎特谷雪豹冬季考察简报. *干旱区地理*, 2006, 29: 307-308.
- [23] 黄祥云, 胡德夫, 刘伟石, Muntifer J. 宜黄自然保护区华南虎野生种群调查及栖息评价. *北京林业大学学报* 2003, 25: 54-58.
- [24] 黄祥云, 胡德夫, 唐小平, 王志臣, 刘伟石. 壶瓶山自然保护区华南虎野外调查及栖息评价. *浙江林学院学报* 2004, 21: 180-184.
- [25] 北京市林业局. 松山自然保护区考察专集. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1990.
- [26] 封托, 王静, 张洪峰, 吴晓民. 自动照相系统在野生动物调查中的应用. *野生动物*, 2010, 31: 161-163.



CONTENTS

Behavioural time budgets and diurnal rhythms of the female Tibetan gazelles in the Kekexili National Nature Reserve .....	LIAN Xinming, LI Xiaoxiao, YAN Peishi, et al (663)
The relationship between the temporal-spatial distribution of fishing ground of yellowfin tuna ( <i>Thunnus albacares</i> ) and thermocline characteristics in the tropic Indian Ocean .....	YANG Shenglong, ZHANG Yu, ZHANG Heng, et al (671)
Characteristics of algous facies of planktonic algae in lake honghu and its response to habitat .....	LU Bilin, YAN Pingchuan, TIAN Xiaohai, et al (680)
Tide elevations for four mangrove species along western coast of Guangxi, China .....	LIU Liang, FAN Hangqing, LI Chungan (690)
Effects of CO <sub>2</sub> -induced seawater acidification on photosynthesis and calcification in the coralline alga <i>Corallina pilulifera</i> .....	XU Zhiguang, LI Meizhen, HUO Chuanlin, et al (699)
Impacts of coverage and canopy water depth on the spectral characteristics for a submerged plant <i>Cabomba caroliniana</i> .....	ZOU Weina, YUAN Lin, ZHANG Liquan, et al (706)
Prioritizing biodiversity in conservation planning based on C-Plan: a case study from northeast China .....	LUAN Xiaofeng, SUN Gongqi, QU Yi, et al (715)
Effects of urbanization on indigenous plant diversity: a case study of Langfang City, China .....	PENG Yu, LIU Xuehua, XUE Dayuan, et al (723)
Using infra-red cameras to survey wildlife in Beijing Songshan National Nature Reserve .....	LIU Fang, LI Diqiang, WU Jigui (730)
Individual tree biomass model by tree origin, site classes and age groups .....	LI Haikui, NING Jinkui (740)
Population genetics of <i>Niviventer confucianus</i> and its relationships with habitat area in Thousand Island Lake region .....	LIU Jun, BAO Yixin, ZHANG Xu, et al (758)
Impacts of climate change on phenological phase of herb in the main grassland in Inner Mongolia .....	GU RunYuan, ZHOU Weican, BAI Meilan, et al (767)
Atmospheric nitrogen deposition in the glacier regions of Northwest China: a case study of Glacier No. 1 at the headwaters of Urumqi River, Tianshan Mountains .....	WANG Shengjie, ZHANG Mingjun, WANG Feiteng, et al (777)
Effects of vegetation type on arthropod functional groups in the aerial habitat of salt marsh .....	TONG Chunfu (786)
The plant community distribution and migration characteristics of heavy metals in tolerance dominant species in lead/zinc mine areas in Northwestern Guizhou Province .....	XING Dan, LIU Hongyan, YU Pingping, et al (796)
Sprouting characteristic in restoration ecosystems of monsoon evergreen broad-leaved forest in south-central of Yunnan Province .....	SU Jianrong, LIU Wande, ZHANG Zhijun, et al (805)
Distribution patterns and changes of aquatic communities in Lashihai Plateau Wetland after impoundment by damming .....	XIAO Derong, YUAN Hua, TIAN Kun, et al (815)
Spatial distribution of root biomass of <i>Pinus massoniana</i> plantation in Three Gorges Reservoir area, China .....	CHENG Ruimei, WANG Ruili, XIAO Wenfa, et al (823)
Differences in biomass, litter layer mass and SOC storage changing with tree growth in <i>Larix gmelinii</i> plantations in Northeast China .....	WANG Hongyan, WANG Wenjie, QIU Ling, et al (833)
Soil carbon sequestration rates and potential in the grazing grasslands of Inner Mongolia .....	HE Nianpeng, HAN Xingguo, YU Guirui (844)
Relationships between litter substrate quality and soil nutrients in different-aged <i>Pinus massoniana</i> stands .....	GE Xiaogai, XIAO Wenfa, ZENG Lixiong, et al (852)
Compare different effect of arbuscular mycorrhizal colonization on soil structure .....	PENG Sili, SHEN Hong, ZHANG Yuting, et al (863)
The infiltration process of clay soil under different initial soil water contents .....	LIU Muxing, NIE Yan, YU Jing (871)
Diurnal variations of the greenhouse gases emission and their optimal observation duration under different tillage systems .....	TIAN Shenzhong, NING Tangyuan, CHI Shuyun, et al (879)
Effects of exogenous pb and cu stress on eco-physiological characteristics on foxtail millet seedlings of different genotypes .....	XIAO Zhihua, ZHANG Yixian, ZHANG Xiwen, et al (889)
Combined effect of temperature and salinity on the Na <sup>+</sup> -K <sup>+</sup> -ATPase activity from the gill of GIFT tilapia juveniles ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	WANG Haizhen, WANG Hui, QIANG Jun, et al (898)
Pattern simulation of karst rocky desertification based on cellular automata .....	WANG Xiaoxue, LI Xuyong, WU Xiuqin (907)
The role of root border cells in protecting buckwheat root apices from aluminum toxicity and their effect on polysaccharide contents of root tip cell walls .....	CAI Miaozen, WANG Ning, WANG Zhiying, et al (915)
The suitable stand structure and hydrological effects of the cypress protection forests in the central Sichuan hilly region .....	GONG Gutang, LI Yanqiong, ZHU Zhifang, et al (923)
Comprehensive evaluation of agricultural water-saving technology based on AHP and Rough Set method .....	ZHAI Zhifen, WANG Lanying, SUN Minzhang, et al (931)
Analysis of the spatial expansion characteristics of major urban agglomerations in China using DMSP/OLS images .....	WANG Cuiping, WANG Haowei, LI Chunming, et al (942)
Evaluation of non-use value of ecotourism resources: a case study in Dalai Lake protected area of China .....	WANG Pengwei, JIA Jingbo (955)
<b>Review and Monograph</b>	
Assessment indicators system of forest ecosystem health based on the harmful disturbance .....	YUAN Fei, ZHANG Xinyao, LIANG Jun (964)
Role of silicon in regulating plant resistance to insect herbivores .....	HAN Yongqiang, WEI Chunguang, HOU Maolin (974)
<b>Scientific Note</b>	
Relationships among light conditions, crown structure and branch longevity: a case study in <i>Osmanthus fragrans</i> and <i>Metasequoia glyptostroboides</i> .....	ZHAN Feng, YANG Dongmei (984)
Effects of maize straw with Bt gene return to field on growth of wheat seedlings .....	CHEN Xiaowen, QI Xin, WANG Haiyong, et al (993)
Studies of non-structural carbohydrates of <i>Cupressus funebris</i> in different landslides after Wenchuan Earthquake .....	CHEN Bo, LI Zhihua, HE Qian, et al (999)

# 《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报  
(SHENGTAI XUEBAO)  
(半月刊 1981 年 3 月创刊)  
第 32 卷 第 3 期 (2012 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 32 No. 3 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元