

基于红外相机技术对佛坪国家级自然保护区大熊猫季节性空间分布与活动模式的研究

马亦生^① 马青青^② 孙亮^① 李帅^① 周刚^①
李涛^① 董乐乐^① 曹李华^① 朱大鹏^①

① 陕西佛坪国家级自然保护区管理局 佛坪 723400; ② 陕西省渭南市农业技术推广中心 渭南 714000

摘要: 2015年1月至2017年12月,在陕西佛坪国家级自然保护区海拔1200~2500 m的57条大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)活动频繁的巡护样线上,布设130台红外相机。累计红外相机有效工作日100685 d,共拍摄到大熊猫有效独立照片1831张。将红外相机拍摄的有效照片和相机工作日依据不同竹种类型及保护站归类,对大熊猫季节性空间分布与活动模式进行研究。结果表明:(1)大熊猫春季活动最为频繁,在巴山木竹(*Bashania fargesii*)林和秦岭箭竹(*Fargesia qinlingensis*)林中相对多度分别是2.89和3.72;其次是冬季,在巴山木竹林和秦岭箭竹林中的相对多度分别是2.95和2.74。3月份是其活动高峰,巴山木竹林和秦岭箭竹林中的相对多度指数都是最高;11、12和1月份,大熊猫在巴山木竹林中相对多度指数高于秦岭箭竹林;2至10月份,大熊猫在秦岭箭竹林中的相对多度指数都要高于巴山木竹林。(2)大熊猫在佛坪保护区各个保护站均有分布,且存在季节性空间分布差异。三官庙和西河保护站全年的12个月都能够捕获到大熊猫的身影,是大熊猫分布相对多度最高的两个区域,大古坪、岳坝和龙潭子3个保护站海拔较低,大熊猫主要集中在冬春季节活动;凉风垭保护站海拔较高,主要分布的是秦岭箭竹林,大熊猫主要在夏季活动。(3)干扰活动主要包括采集、放牧、旅游、家犬活动和监测5种类型。干扰活动类型在各个保护站存在差异,且多为零星干扰,对大熊猫的活动和分布存在一定影响。本研究较为全面地调查了佛坪国家级自然保护区大熊猫季节性活动动态和区域性分布状况,调查结果可为后期的保护管理提供有效的参考依据。

关键词: 大熊猫;佛坪国家级自然保护区;红外相机技术;季节性分布;相对多度

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2020) 01-020-09

The Seasonal Spatial Distribution and Activity Pattern of Giant Panda Distribution in Foping National Nature Reserve Based on Camera-trapping Data

MA Yi-Sheng^① MA Qing-Qing^② SUN Liang^① LI Shuai^① ZHOU Gang^①
LI Tao^① DONG Le-Le^① CAO Li-Hua^① ZHU Da-Peng^①

基金项目 大熊猫国际合作项目(No. SG1405, 2017115);

第一作者简介 马亦生,男,高级工程师;研究方向:野生动物保护与自然保护区管理;E-mail: mystnr@163.com.

收稿日期: 2019-06-14, 修回日期: 2019-12-12 DOI: 10.13859/j.cjz.202001003

① Foping National Nature Reserve, Shanxi Province, Foping 723400;

② Weinan Agricultural Technology Extension Center, Shanxi Province, Weinan 714000, China

Abstract: To study the seasonal activity pattern and regional heterogeneity distribution of the giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*), we installed 130 infrared cameras alongside 57 transects at 1200-2500m above sea level in Foping National Nature Reserve, Shaanxi Province, from Jan 2015 to Dec 2017. The infrared cameras operated effectively for 100 685 days and took 1 831 effective pictures of giant pandas. Then we classified the pictures and the cameras' working time according to bamboo-forest types and conservation-station locations to determine their seasonal spatial distribution and activity patterns. The results showed that: (1) Giant pandas were most active in spring, then in winter. The relative abundance indexes in *Bashania fargesii* forest and *Fargesia qinlingensis* forest, were respectively 2.89 and 3.72 in spring, and 2.95 and 2.74 in winter. The relative abundance index was highest in *Bashania fargesii* forest and *Fargesia qinlingensis* forest, and it means an activity peak of giant panda at March. The relative abundance index of giant pandas in *B. fargesii* forest was higher than that of *F. qinlingensis* forest in Nov, Dec and Jan, and lower in the remaining months. (2) Giant pandas existed in every conservation station, yet showed seasonal distribution differences. Sanguanmiao and Xihe stations, with the highest relative abundance indexes, caught their activity throughout the year. Giant pandas were primarily active in spring and winter at Daguping, Yueba and Longtanzi stations at a lower altitude; they were active in summer at Liangfenya station at a higher altitude, which is primarily covered with *F. qinlingensis* forest. (3) Human disturbance, showing some discrepancy between conservation stations, mainly included gathering, herding, travelling, domestic dog activity and monitoring. Though mostly sporadic, it affected the activities and distribution of giant pandas. This study has comprehensively investigated the seasonal dynamics and regional distribution of giant pandas in Foping National Nature Reserve. Its findings will provide valid reference for future conservation and management of giant pandas.

Key words: *Ailuropoda Melanoleuca*; Foping National Nature Reserve; Camera trapping; Relative abundance index

红外相机技术 (camera-trapping) 作为一种新兴的研究技术, 具有准确性、长期性、隐蔽性和无损伤性等特点 (O'Connell et al. 2011), 适合于探测活动隐蔽、数量稀少的野生动物, 不仅可以提供物种分布的准确证据, 还可以用来研究其行为活动和种群密度 (Rich et al. 2014, Campos-Candela et al. 2018)。近十余年来, 国内红外相机技术应用发展迅速, 一方面广泛应用于野生动物资源调查 (肖治术等 2014, 肖治术 2016, 2019), 如多年未见的特有物种的再发现 (Wang et al. 2014, 周文良等 2014)、分布新记录种发现 (黄湘元等 2019); 另一方面还应用于特有物种的行为生态学研究, 如动物活动节律 (Li et al. 2010, Liu

et al. 2013, 贾晓东等 2014)、交配行为 (郭洪兴等 2019)、人类活动干扰和栖息地选择 (Li et al. 2014, Yang et al. 2019) 等。佛坪国家级自然保护区是国内较早引用红外相机技术对大熊猫及其伴生物种进行研究 (Zheng et al. 2016, 刘小斌等 2017) 的保护区之一。

大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 是我国特有的珍稀濒危动物, 有着大约 800 万年的演化历史, 有“国宝”和“活化石”之称, 被列为国家 I 级重点保护野生动物和《濒危野生动植物国际贸易公约》(简称 CITES 公约) 附录 I 物种 (魏辅文 2018)。秦岭大熊猫的化石记录最早可以追溯到中更新世初期, 距今约 70 万年历史。1964 年, 郑光美首次报道了大熊猫

在陕西省佛坪县岳坝公社的分布。1978年经国务院批准,1980年正式成立佛坪国家级自然保护区。在全国第一次(1974年)、第二次(1986年)和第三次(1999年)大熊猫调查中,佛坪大熊猫种群数量分别为47只、27只和76只(不包括幼体)。2012年,全国第四次大熊猫调查结果显示,佛坪自然保护区分布有野生大熊猫67只,占陕西省全省野生大熊猫的19.42%,平均密度0.23只/km²,是秦岭乃至全国大熊猫种群密度最高的保护区(国家林业局2015,周灵国2017)。

大熊猫有垂直迁徙的习性,研究发现秦岭大熊猫全年大部分时间均采食巴山木竹(*Bashania fargesii*)(9月至翌年6月),仅在夏季(6至8月)短暂地在较高海拔的秦岭箭竹(*Fargesia qinlingensis*)林中觅食箭竹竹笋和嫩叶(雍严格等1994,潘文石等2001, Nie et al. 2015)。大熊猫这种季节性迁徙必然会引起其分布状况的动态变化。同时,保护区内竹子资源和人类活动干扰状况也存在显著的区域性差异,这种差异又必然会引起大熊猫分布的区域性差异(Zhang et al. 2014)。一直以来对于这种季节性和区域性的分布差异都缺乏较为详细的研究,本研究拟通过连续3年系统地在保护区全境布设红外相机,获得大熊猫季节性和区域性分布的详细状况,为后期的研究和保护提供理论依据。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

研究地点位于陕西秦岭中段南麓的陕西佛坪国家级自然保护区(107°41'~107°55' E, 33°33'~33°46' N),最低海拔980 m,最高海拔2904 m,总面积292.40 km²,森林覆盖率98.5%。

研究区域内大熊猫的主食竹为巴山木竹和秦岭箭竹。巴山木竹主要生长在海拔1000~1900 m的中低山区的落叶阔叶林和针阔叶混交林下,在秋冬季和初春大熊猫主要采食巴山

木竹叶和茎,而自4月底到6月初大熊猫则主要采食巴山木竹竹笋(Nie et al. 2015)。秦岭箭竹分布在海拔1900~2800 m区域,常常在针阔叶混交林、针叶林下分布,大熊猫在夏季迁徙到高海拔区域采食秦岭箭竹。海拔1800~1900 m是巴山木竹林和秦岭箭竹林的分界线及过渡带(雍严格等1993, Wei et al. 2015)。本研究以海拔1900 m为界限,将1900 m以下视为巴山木竹林分布区,1900 m以上视为秦岭箭竹林分布区。佛坪保护区属于亚热带和暖温带的过渡地带,四季变化明显,春季雨水较少,夏秋两季降雨量较多,冬季干冷(孟茹等2013)。根据当地气候特点将全年划分4个季节,其中,3~5月为春季,6~8月为夏季,9~11月为秋季,12月到次年2月为冬季(刘小斌等2017)。

1.2 红外相机布设

2014年11月至2015年3月,依照覆盖全区、侧重大熊猫核心分布区的原则,在全区设立57条样线,共布设130台红外相机(型号Ltl-6210MC)。其中,西河保护站40台、三官庙保护站54台、大古坪保护站16台、岳坝保护站8台、龙潭子保护站7台、凉风垭保护站5台(图1)。相机安装位置选择在大熊猫主要通道上、标记树附近的树干上;安装高度距地面50~120 cm;每条样线上至少安装2台红外相机,间距在500 m以上。记录安装的日期、时间、相机编号、GPS位点、海拔、坡度、坡向、植被状况等信息。相机安装最低海拔1278 m,最高海拔2430 m,其中,海拔1900 m以下的巴山木竹林中布设96台,海拔1900 m以上的秦岭箭竹林中布设34台。

红外相机存储卡为8~16 G的SD卡,设置为拍照加摄像模式,触发后先连拍3张照片,然后摄像15~20 s,间隔触发时间0 s,全天24 h拍照,照片像素12 M,视频像素1080 p。电池采用12节5号耐时锂电耐力干电池。每3至4个月更换一次电池并回收照片视频数据。

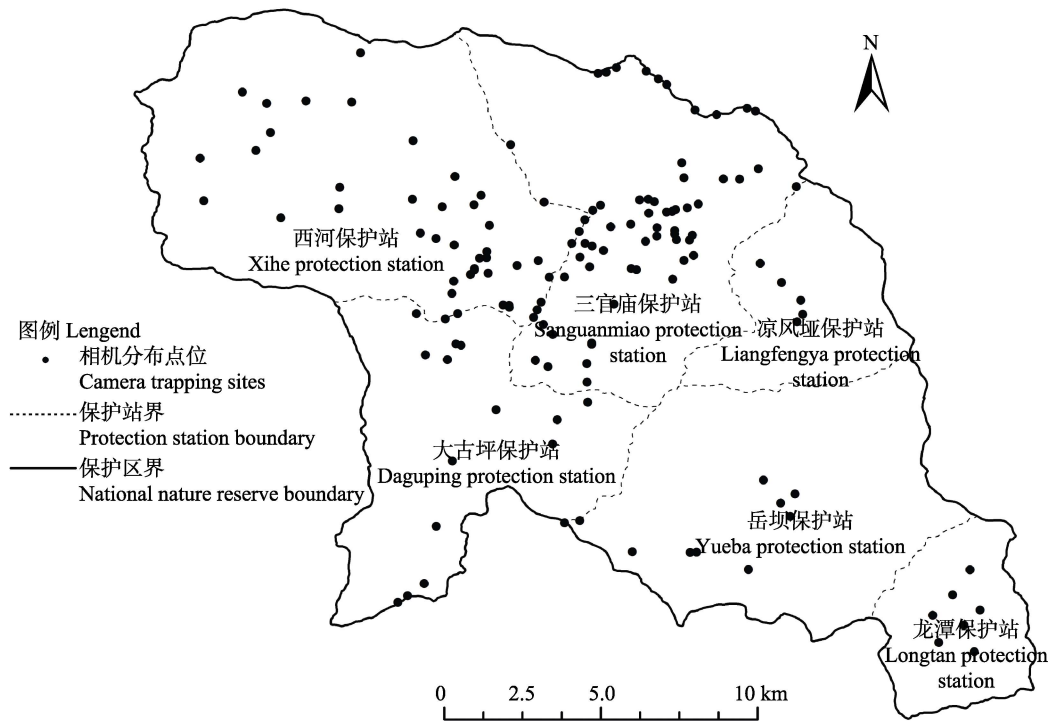


图 1 佛坪国家级自然保护区红外相机布设点位示意图

Fig. 1 Camera-trapping stations in Foping National Nature Reserve

1.3 数据处理和分析

将拍摄的照片与视频数据下载到计算机，按照相机布设点编号，删除连续空拍、无用的照片和视频，仅保留有拍摄对象的照片，同时核对并校正照片拍摄日期。利用 Bio-Photo (V2.0) 软件程序对拍摄照片进行分析，生成 Excel 文件。浏览照片和视频，进行判读与物种鉴定，填写表格中的各列信息。同一只（群）动物在相机前持续活动时，记录第一次拍摄照片或视频作为“独立捕获首张”，在此列处录入“1”，即为有效捕获照片，其余记录条目中此列保留空白。同一种动物反复多次被相机捕获的情况，若时间间隔小于 30 min，则认为是一次捕获事件，取一张有效捕获照片；如时间间隔大于 30 min，则记录为 2 次独立捕获事件，取 2 张有效捕获照片。

利用 Microsoft office Excel 2016 电子表格处理软件，主要对大熊猫有效捕获照片数量和

相机工作日天数进行统计分析，将有效照片和相机工作日天数按照不同物种类型和保护站进行归类，计算不同月份和季节大熊猫相对多度指数，以此推算该月份和季节大熊猫的活动强度。不同月份相对多度指数（monthly relative abundance index, I_{MRA} ）： $I_{MRA} = 100T_i / M_i$ ，式中， T_i 表示物种在第 i 月份出现的有效照片数， M_i 表示第 i 月份相机工作日总天数。不同季节间相对多度指数（seasonal relative abundance index, I_{SRA} ）： $I_{SRA} = 100S_i / N_i$ ，式中， S_i 代表第 i 季节物种出现的有效照片数， N_i 代表第 i 季节相机工作日总天数。依据同样的方法推算出干扰活动相对多度指数。

2 研究结果

2.1 大熊猫活动随月份和季节的变化

野外研究期间，红外相机累计有效工作日 100 685 d，共拍摄到大熊猫有效独立照片 1 831

张。对不同月份间大熊猫相对多度进行分析发现, 巴山木竹林和秦岭箭竹林中大熊猫相对多度指数的月份变化基本相似(图2)。大熊猫3月份活动最为频繁, 巴山木竹林和秦岭箭竹林中大熊猫相对多度指数都是最高, 且大熊猫在秦岭箭竹林中相对多度指数略高于在巴山木竹林中的相对多度指数。然而, 在我们的研究调查中的6~8月份, 无论是在巴山木竹林还是秦岭箭竹林中, 大熊猫相对多度指数都最小。11、12和1月份, 大熊猫在巴山木竹林中相对多度指数要高于在秦岭箭竹林中的相对多度指数; 2至10月份, 大熊猫在秦岭箭竹林中相对多度指数普遍高于在巴山木竹林中。

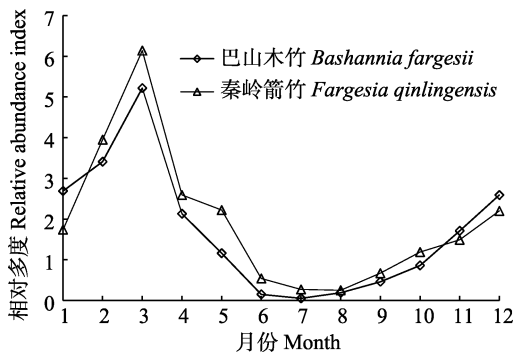


图2 不同类型竹林中大熊猫相对多度的月份变化
Fig. 2 Monthly variation of relative abundance index of giant pandas in different types of bamboo forests

同时, 分别统计了春夏秋冬4个不同季节大熊猫在巴山木竹林和秦岭箭竹林中独立有效照片数, 并计算不同季节大熊猫相对多度指数。大熊猫在春季活动最为频繁, 在巴山木竹林和秦岭箭竹林中相对多度分别是2.89和3.72; 其次是冬季, 在巴山木竹林和秦岭箭竹林中相对多度分别是2.95和2.74; 第三是秋季, 在巴山木竹林和秦岭箭竹林中相对多度分别是1.01和1.11; 夏季最低, 在巴山木竹林和秦岭箭竹林中相对多度分别是0.13和0.35。在巴山木竹林中, 大熊猫相对多度指数从大到小为冬季、春季、秋季、夏季; 在秦岭箭竹林中, 大熊猫相

对多度指数从大到小为春季、冬季、秋季、夏季。

2.2 不同保护站大熊猫分布及其活动差异

佛坪自然保护区有6个保护站, 分别统计各个保护站辖区内红外相机位点数量和相机工作日总天数。其中, 西河40个位点35569d, 大古坪16个位点8776d, 岳坝8个位点5542d, 三官庙54个位点42871d, 凉风垭5个位点3913d, 龙潭子7个位点4014d。依照各个保护站辖区内红外相机捕获大熊猫的独立有效照片数和相机工作日总天数, 计算各个保护站辖区内大熊猫不同月份和季节的相对多度(图3, 表1)。结果显示, 大熊猫在保护区各个保护站辖区内均有分布, 但是不同片区间分布状况存在很大差异。其中, 三官庙和西河保护站辖区内全年12个月都能够捕获到大熊猫影像, 2个保护站大熊猫季节活动状况类似, 即春季大熊猫相对多度指数最高, 其次为冬季; 再次为秋季, 夏季则最低。而大古坪、岳坝、龙潭子和凉风垭4个保护站辖区内, 红外相机捕获大熊猫的独立有效照片很少, 大熊猫相对多度指数均很低。

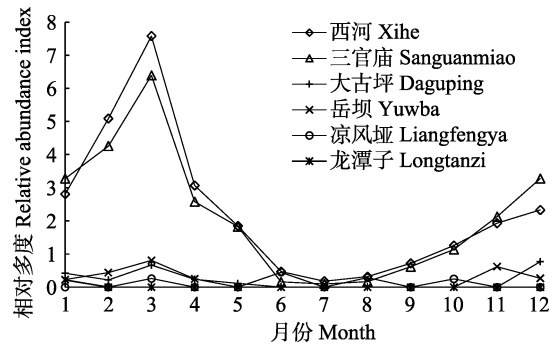


图3 不同月份6个保护站大熊猫相对多度变化
Fig. 3 The relative abundance index of giant pandas in the six protection stations varied with months

对不同季节拍摄到大熊猫独立有效照片进行统计分析, 发现在大熊猫相对多度指数较高的三官庙和西河两个保护站, 大熊猫相对多度指数季节性变化趋势由大到小均为: 春季、冬

季、秋季、夏季（表 1）。大古坪、岳坝和龙潭子海拔较低，大熊猫在大古坪主要集中在冬春 2 个季节活动，夏秋 2 个季节则没有捕获到其活动影像；岳坝春秋冬 3 个季节有大熊猫活动，夏季则没有；龙潭子仅仅在冬季捕获到大熊猫影像。凉风垭海拔较高，分布的是秦岭箭竹林，大熊猫主要在春夏秋 3 个季节在此活动。

表 1 不同季节 6 个保护站大熊猫相对多度季节性变化

Table 1 The relative abundance index of giant pandas in 6 protection stations varied seasonally

季节 Season	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
西河 Xihe	4.14	0.32	1.29	3.69
三官庙 Sanguanmiao	3.70	0.15	1.31	3.64
大古坪 Daguping	0.35	0.00	0.00	0.40
岳坝 Yueba	0.40	0.00	0.20	0.32
凉风垭 LangFengya	0.10	0.24	0.08	0.00
龙潭子 Longtanzi	0.00	0.00	0.00	0.45

2.3 人为干扰和栖息地差异性对大熊猫分布的影响

对 2015 至 2017 年连续 3 年各个保护站辖区内红外相机捕获到的不同人为干扰活动独立有效照片和相机工作日总天数进行统计分析，计算出各保护站辖区内不同干扰活动的相对多度指数（表 2）。结果发现，人为干扰活动主要包括采集、放牧、旅游、家犬活动及监测 5 种类型。三官庙、岳坝、大古坪和龙潭子 4 个保护站辖区内存在采集活动干扰，主要为采集野菜、真菌等，为零星活动，数量很少。放牧

干扰为村民的牛、羊偶尔在保护区边缘地带的集体林中活动，主要集中大古坪和岳坝，家畜数量较少，干扰强度很小。旅游活动干扰主要发生在三官庙和凉风垭，人员数量少，三官庙干扰强度较低，而凉风垭干扰活动强度较大。监测活动在 6 个保护站均有发生，大多是保护站日常巡护和科研工作者样本采集，活动强度较大，但工作人员都经过一定训练，干扰程度较小。家犬在三官庙、大古坪和凉风垭均发现其活动踪迹，尤以三官庙和大古坪区域家犬活动最为频繁。家犬均为山区村民散养，对大熊猫等野生动物活动存在一定程度的干扰。

大古坪、岳坝和龙潭子 3 个保护站的辖区位于佛坪自然保护区南部低海拔边缘地带的实验区，包括大古坪村、岳坝村和龙潭子村 3 个行政村，存在大量的集体林和农耕地，还有 1 119 名常驻村民在此地居住，从事农业、养殖业和林下经济活动，从而使这 3 个保护站辖区的低海拔区域形成农林复合系统，与三官庙、西河和凉风垭 3 个保护站的原生态森林生态系统存在明显的差异，即大熊猫栖息地存在差异性。大熊猫种群集中分布在没有农林牧业生产生活干扰的西河、三官庙和凉风垭原始森林生态系统中，而在岳坝、大古坪和龙潭子农林复合体系统中分布季节性强、密度小。

3 讨论

本研究的结果发现，大熊猫在春季活动最为频繁，其中 3 月份是大熊猫活动的高峰，此时无论是巴山木竹林还是秦岭箭竹林，红外相机监测到大熊猫的相对多度指数都达到最高。

表 2 6 个保护站内不同干扰类型及其强度变化

Table 2 Different interference types and their intensity changes in 6 protection stations

干扰类型 Disturbance type	西河 Xihe	三官庙 Sanguanmiao	大古坪 Daguping	岳坝 Yueba	凉风垭 Liangfengya	龙潭子 Longtanzi
采集 Collection	0.00	0.05	0.05	0.18	0.00	0.05
放牧 Graze	0.01	0.00	0.23	0.22	0.00	0.00
散养家犬 Free-ranging dog	0.01	0.42	0.35	0.00	0.05	0.00
旅游 Tourist	0.02	0.19	0.00	0.00	0.82	0.00
监测 Monitor	2.28	2.45	1.61	1.41	1.92	1.17

我们推测这与大熊猫的发情交配行为相关, 每年的 2 至 4 月是秦岭大熊猫的发情交配季节, 此时雄性个体为了传递自身的竞争能力, 气味标记频率明显增加 (Zhou et al. 2019)。长期的野外监测和研究发现, 在每个大熊猫繁殖交配的发情场, 少则 2 或 3 只大熊猫, 多则 6 或 7 只大熊猫参与争斗繁殖, 时间往往持续 5 至 20 余天不等 (雍严格等 2004)。有时, 还能发现雌性成体大熊猫带着 1 至 2 岁的亚成体。这个季节, 雄性大熊猫四处寻觅正处在发情期的雌性大熊猫, 大熊猫的移动和气味标记均最为频繁, 因而被红外相机捕获到的几率要远高于其他季节。冬季大熊猫的捕获率高于夏秋季, 这可能与大熊猫的食性和领地竞争相关。竹笋和一年生竹叶营养最为丰富, 是大熊猫最理想的食物来源, 大熊猫通过摄食这些组分可以获得大量的粗蛋白等营养物质 (Nie et al. 2015)。大熊猫秋季从高海拔的秦岭箭竹林中逐渐向下迁徙过渡至巴山木竹林, 分散在各个觅食斑块中独自觅食, 既大量采食秦岭箭竹一年生竹笋, 也大量采食巴山木竹一年生竹叶, 因而秋季大熊猫相对多度指数逐步提高。期间, 处于繁殖产仔期的雌雄大熊猫迁移到巴山木竹林中或者巴山木竹林与秦岭箭竹林的过渡区域, 寻找合适的洞穴产仔繁育后代, 活动范围和强度降低。随着一年生竹子资源的逐渐消耗, 冬季的一年生竹子资源非常少, 食物资源限制必然会增强个体间竞争, 此时大熊猫一方面通过大量移动来寻找优质的食物斑块, 另一方面通过大量进行气味标记来威慑竞争对手 (Li et al. 2017, Zhou et al. 2019)。

本次研究红外相机主要布设海拔为 1 300 ~ 2 400 m, 涵盖几乎所有的巴山木竹林和秦岭箭竹林。研究发现, 在低于 1 900 m 的巴山木竹林中, 大熊猫的相对多度在 6 至 8 月份最低, 这可能与秦岭大熊猫的季节性迁徙行为相关。每年的 6 月份, 是秦岭箭竹的发笋季节, 此时气温升高, 低海拔区域的巴山木竹的竹笋已经完全出林, 此时大熊猫垂直迁移到较高海拔地

区的秦岭箭竹林内采食秦岭箭竹竹笋和一年生竹叶, 一直到 9 月份气温降低才向低海拔区域迁徙 (雍严格等 1994, 潘文石等 2001, 蒋辉等 2012)。此时大熊猫基本完全迁徙到高海拔区域, 因而在巴山木竹林中大熊猫相对多度指数很低。然而, 我们的红外相机调查结果显示, 在秦岭箭竹林中, 大熊猫在 6 至 8 月份的相对多度指数并没有增加, 相反比其他季节还要低, 这可能与红外相机安装在高海拔地区秦岭箭竹林中的数量偏少相关。本次研究, 在海拔 1 900 m 以上的秦岭箭竹林中布设红外相机 34 部, 但是大多数都集中在海拔 1 900 ~ 2 100 m, 在高于 2 100 m 的高海拔地区布设的红外相机数量少, 仅 4 部。研究区域从 1 900 ~ 2 900 m 的范围都是秦岭箭竹的分布区域, 尽管本次调查在高海拔区域红外相机布设安装方面, 对大熊猫夏季栖息地红外相机布设梯度考虑不足, 但是本次研究数据还是在一定程度上能够表明大熊猫在夏季会迁徙至 2 100 m 或者更高海拔的区域去活动。在后期的调查监测中, 我们会加强对高山区及大熊猫夏季栖息地的关注。

对 6 个基层保护站的红外相机数据进行比较分析, 发现三官庙和西河保护站辖区大熊猫季节相对多度指数远远高于其他 4 个保护站, 且一年四季都有大熊猫活动。三官庙和西河是保护区的核心区, 森林植被处于原生状态, 大熊猫的相对多度最高、密度最大。其他 4 个保护站也有大熊猫分布, 但是相对数量少, 这可能是与不同区域的资源异质性相关 (Zhang et al. 2014)。大古坪、岳坝和龙潭子 3 个保护站海拔较低, 区域内主要为巴山木竹, 且竹子普遍较高较大, 不适合大熊猫采食竹叶, 因此大熊猫主要是在采食竹笋的季节在此区域觅食, 因而本研究中拍摄到大熊猫的照片主要集中在冬春季。凉风垭保护站海拔较高, 主要为秦岭箭竹林, 是大熊猫夏居地, 因而夏季大熊猫相对多度指数较高。

采集和放牧等人类活动干扰对大熊猫的活动存在着一定程度的影响。打竹笋等行为会直

接限制大熊猫采食竹笋数量, 而竹笋是大熊猫粗蛋白等营养物质的直接来源, 竹笋资源的减少对大熊猫, 特别是繁殖育幼期的个体产生严重的负面影响, 因此我们后期要加强社区宣传教育, 减少社区农林生产活动和其他干扰, 为大熊猫创造良好的栖息环境。同时, 研究还发现三官庙和大古坪区域存在大量的散养家犬活动, 散养家犬不仅会捕食小型野生动物, 还可能将携带的病毒传染野生动物 (Jin et al. 2017), 应当引起保护管理机构的重视。

红外相机技术为大熊猫等野生动物保护工作提供了有效途径, 本次调查仅为2015至2017年3年间的调查数据, 要掌握野生大熊猫种群数量动态变化规律, 尚需要数年、数十年长期不间断的监测积累, 后期我们会加大这方面的投入和支持力度, 使这一调查监测能够长期开展, 不断总结完善。同时, 我们还会进一步加大对秦岭箭竹林区域大熊猫活动的监测强度, 深入了解并探讨大熊猫在夏居地的活动模式。本次研究的成果为佛坪保护区野生大熊猫保护管理提供了有效的科学支撑和经验参考。

致谢 陕西佛坪国家级自然保护区管理局熊柏泉、张振华、李天亮、何念军、唐流斌、何义文参与了部分野外调查, 刘红彩、陈娅在数据分析中给予了帮助; 中国科学院动物研究所聂永刚博士、周文良博士及其三官庙野外研究基地研究人员提供了指导和帮助; 国家林业和草原局野生动植物保护与自然保护司给予支持和指导。在此一并感谢。

参 考 文 献

- Campos-Candela A, Palmer M, Balle S, et al. 2018. A camera-based method for estimating absolute density in animals displaying home range behaviour. *Journal of Animal Ecology*, 87(3): 825–837.
- Jin Y P, Zhang X K, Ma Y S, et al. 2017. Canine distemper viral infection threatens the giant panda population in China. *Oncotarget*, 8(69): 113910–113919.
- Li S, Mchea W J, Wang D J, et al. 2010. The use of infrared-triggered cameras for surveying phasianids in sichuan province, China. *Ibis*, 152(2): 299–309.
- Li X, 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(1): 251–256.
- Li Y, Swaisgood R R, Wei W, et al. 2017. Withered on the stem: is bamboo a seasonally limiting resource for giant pandas?. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11): 10537–10546.
- Liu X, Wu P, Songer M, et al. 2013. Monitoring wildlife abundance and diversity with infra-red camera traps in Guanyinshan Nature Reserve of Shaanxi Province, China. *Ecological Indicators*, 33: 121–128.
- Nie Y, Zhang Z, Raubenheimer D, et al. 2015. Obligate herbivory in an ancestrally carnivorous lineage: the giant panda and bamboo from the perspective of nutritional geometry. *Functional Ecology*, 29(1): 26–34.
- O'Connell A F, Nichols J D, Karanth K U, et al. 2011. *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. New York: Springer.
- Rich L N, Kelly M J, Sollmann R, et al. 2014. Comparing capture-recapture, mark-resight, and spatial mark-resight models for estimating puma densities via camera traps. *Journal of Mammalogy*, 95(2): 382–391.
- Wang T M, Yang H T, Xiao W H, et al. 2014. Camera traps reveal Amur tiger breeding in NE China. *Cat News*, 61(Autumn): 18–19.
- Wei W, Nie Y, Zhang Z, et al. 2015. Hunting bamboo: foraging patch selection and utilization by giant pandas and implications for conservation. *Biological Conservation*, 186: 260–267.
- Yang H, Han S, Xie B, et al. 2019. Do prey availability, human disturbance and habitat structure drive the daily activity patterns of Amur tigers (*Panthera tigris altaica*)?. *Journal of Zoology*, 307(2): 131–140.
- Zhang Z, Sheppard J K, Swaisgood R R, et al. 2014. Ecological scale and seasonal heterogeneity in the spatial behaviors of giant pandas. *Integrative Zoology*, 9(1): 46–60.
- Zheng X, Owen M A, Nie Y, et al. 2016. Individual identification of wild giant pandas from camera trap photos—a systematic and

- hierarchical approach. *Journal of Zoology*, 300(4): 247–256.
- Zhou W, Nie Y, Hu Y, et al. 2019. Seasonal and reproductive variation in chemical constituents of scent signals in wild giant pandas. *Science China Life Sciences*, 62(5): 648–660.
- 郭洪兴, 程林, 程松林, 等. 2019. 基于红外相机视频的猪獾交配行为观察. *兽类学报*, 39(3): 344–346.
- 国家林业局. 2015. 全国第四次大熊猫调查报告. 北京: 科学出版社.
- 黄湘元, 张兴超, 陈羣乐, 等. 2019. 云南省腾冲发现贡山鹿. *兽类学报*, 39(5): 595–598.
- 贾晓东, 刘雪华, 杨兴中, 等. 2014. 利用红外相机技术分析秦岭有蹄类动物活动节律的季节性差异. *生物多样性*, 22(6): 737–745.
- 蒋辉, 古晓东, 黄雁楠, 等. 2012. 四川与秦岭野生大熊猫在形态和生态习性上的差异. *西华师范大学学报: 自然科学版*, 33(1): 12–18.
- 刘小斌, 韦伟, 郑筱光, 等. 2017. 红腹锦鸡和红腹角雉活动节律——基于红外相机监测数据. *动物学杂志*, 52(2): 194–202.
- 孟茹, 田耀平, 孟凯. 2013. 2002—2011年佛坪县气象要素变化特征及主要气象灾害. *现代农业科技*, (21): 238–239.
- 潘文石, 吕植, 朱小健, 等. 2001. 继续生存的机会. 北京: 北京大学出版社.
- 魏辅文. 2018. 野生大熊猫科学探秘. 北京: 科学出版社.
- 肖治术. 2016. 红外相机技术促进我国自然保护区野生动物资源编目调查. *兽类学报*, 36(3): 270–271.
- 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(3): 235–236.
- 肖治术, 李欣海, 姜广顺. 2014. 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(6): 683–684.
- 雍严格, 王宽武, 汪铁军. 1994. 佛坪大熊猫的移动习性. *兽类学报*, 14(1): 9–14.
- 雍严格, 魏辅文, 叶新平, 等. 2004. 佛坪自然保护区野生大熊猫交配行为的观察. *兽类学报*, 24(4): 346–349.
- 雍严格, 张坚, 张陕宁. 1993. 佛坪大熊猫的分布与数量. *兽类学报*, 13(4): 245–250.
- 郑光美, 徐平宁. 1964. 秦岭南麓发现的大熊猫. *动物学杂志*, 6(1): 3.
- 周灵国. 2017. 秦岭大熊猫: 陕西省第四次大熊猫调查报告. 陕西: 陕西科学技术出版社.
- 周文良, 潘涛, 李斌, 等. 2014. 利用红外相机对安徽天马国家级自然保护区鸟兽的初步调查. *生物多样性*, 22(6): 776–778.