

拖乌山大熊猫廊道人类干扰的空间与时间分布格局——红外相机阵列调查

黄蜂^{①②} 何流洋^{①②} 何可^① 戴强^{③*} 张勘^② 唐博^②
古晓东^④ 杨志松^{①*}

① 西华师范大学生命科学学院 南充 637002; ② 栗子坪国家级自然保护区管理局 石棉 625400; ③ 中国科学院成都生物研究所 成都 610041; ④ 四川省野生动物资源调查保护管理站 成都 610081

摘要: 小相岭山系大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 栖息地是所有大熊猫栖息地中破碎化问题最为严重的区域之一, 而拖乌山廊道则是连接小相岭山系最大两个大熊猫局域种群的关键区域。为调查廊道及其周边人为干扰现状, 2015 ~ 2016 年, 在廊道及其周边以阵列方式设置了 102 台红外相机, 对人为干扰的时间和空间分布格局进行了调查。研究表明, 廊道范围内人为干扰问题较为严重, 其中放牧干扰占据绝对多数, 共计记录到 508 次, 占总干扰次数的 89.7%。从干扰的季节分布看, 人类直接干扰在 7 月和 11 月较多。放牧干扰中, 黄牛 (*Bos primigenius taurus*) 在 10 月最多, 牦牛 (*B. mutus*) 则在 11 月前较后较多; 放羊的干扰在 4 ~ 7 月份较弱, 其余月份水平均较高; 而放马干扰则集中在 7 ~ 10 月。从空间分布上看, 干扰主要集中在廊道的西北部, 其次是东北部。研究还发现, 黄牛和羊 (*Caprinae*) 的干扰主要来自廊道所在县 (石棉县), 而牦牛和马 (*Equus caballus caballu*) 则主要来自邻县 (冕宁县)。这提示我们, 需要针对不同的干扰采取不同的措施, 同时也说明廊道保护工作不能仅仅局限在廊道所在县, 还需要与邻县联合开展工作。本研究表明, 利用红外相机阵列监测人为干扰对保护地的保护管理工作有重要价值。

关键词: 大熊猫; 人为干扰; 红外相机; 廊道

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2017) 03-403-08

Spatial and Temporal Distribution of Human Disturbance in Tuowushan Giant Panda Corridor: Survey by Camera Trap Array

HUANG Feng^{①②} HE Liu-Yang^{①②} HE Ke^① DAI Qiang^{③*} ZHANG Kan^② TANG Bo^②
GU Xiao-Dong^④ YANG Zhi-Song^{①*}

① College of Life Science, China West Normal University, Nanchong 637002; ② Management Bureau of Liziping National Nature Reserve, Shimian 625400; ③ Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041; ④ Sichuan Station of Wildlife Survey and Management, Chengdu 610081, China

基金项目 国家重点研发计划项目 (No. 2016YFC0503200), 四川栗子坪国家级自然保护区植物资源调查项目;

* 通讯作者, E-mail: yangzhisong@126.com; daiqiang@cib.ac.cn;

第一作者介绍 黄蜂, 男, 助理工程师 (林学)、硕士研究生; 研究方向: 保护生物学; E-mail: 22259203@qq.com.

收稿日期: 2017-01-05, 修回日期: 2017-03-20 DOI: 10.13859/j.cjz.201703005

Abstract: Tuowushan Corridor connects the two major local populations of Giant Panda (*Ailuropoda melanoleuca*) in the Xiaoxiangling Mountains. The habitat of giant panda in Xiaoxiangling Mountains is the most fragmented habitat among the six mountain ranges across its distribution. A camera-trapping array composed of 102 infrared-triggered digital cameras (Fig. 1) was employed from 2015 to 2016 to investigate the spatial and temporal distribution of human disturbances in Tuowushan Corridor and surrounding regions. The results showed that grazing was the most frequent human disturbance in the corridor, with a summed detection of 508 (89.7% of all types of disturbance). The human activity mainly occurred in July and November, while the time of grazing varied among different livestock. Cattles (*Bos primigenius taurus*) were common in October, Yaks (*B. mutus*) in November, horse (*Equus caballus caballu*) from July to October, and Goats (Caprinae) generally common except from April to July (Fig. 2). Most disturbances happened in the north-west part within the corridor, and some of them happened in north-east part. The results also implied that the disturbance of Cattle and Goat were contributed by local people from Shimian County, while that of Yak and Horse came from neighbor county. Suggestion on conservation were proposed based on the results, with a highlight that conservation endeavor should also be carried out in neighbor counties, not only in the county where corridor lies in. The results also proved that using camera-trapping to monitor human disturbance is valuable for conservation of protected areas.

Key words: Giant Panda, *Ailuropoda melanoleuca*; Human disturbances; Infrared-triggered digital camera; Corridor

大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 是全世界最受瞩目的珍稀野生动物。经过国内外保护工作者数十年的努力, 大熊猫野外种群得到持续增长, 栖息地稳定扩大, 2016 年大熊猫已经从 IUCN 红色名录的濒危 (EN) 降为易危 (VU) (Swaisgood et al. 2016)。但是野生大熊猫仍然面临着严重的栖息地破碎化问题, 而小相岭山系的栖息地则是所有大熊猫栖息地中破碎化问题最为严重的区域之一 (Qing et al. 2016)。拖乌山廊道是小相岭大熊猫交流的关键区域, 该廊道已经初步规划 (四川省林业厅 2015), 但准确边界尚未最后确定。建设该廊道对促进该山系面积最大、大熊猫数量最多的两个局域种群之间的交流具有重要意义 (青菁等 2016)。穿越廊道区域的国道 108 线对大熊猫的迁移造成了很大影响 (Zhu et al. 2010)。而且, 该区域周边的居民由于受传统生活方式的影响, 对自然资源依赖性较大, 对大熊猫及其栖息地的干扰仍然十分严重。尤其是天然林禁伐以来放牧活动在大熊猫栖息地及周边区域有扩大的趋

势, 成为主要的人为干扰类型 (四川省林业厅 2015)。相关研究指出, 人为干扰对大熊猫可食竹的盖度和年龄结构有明显的影响, 并且大熊猫对放牧等干扰区域有明显的回避行为 (冉江洪等 2003)。因此, 掌握、管控廊道区域人为干扰对于大熊猫廊道建设至关重要。

传统的调查方法很难准确地把握各种人为干扰的强度以及在时间和空间上分布。样线法和样方法对人为干扰的记录往往有很强的偶然性, 除非投入大量的人力长期调查, 否则数据偏差很大; 访查法的结果不仅可靠性存在问题, 准确的空间分布信息也难以获得。因此, 保护工作中针对性地对各种人为干扰进行有效的管理显得十困难, 极大地阻碍了大熊猫廊道的建设和恢复工作。

近年来, 红外相机在野生动物监测、调查、研究等方面应用越来越广泛 (Tobler et al. 2015, Gálvez et al. 2016), 在国内也开始逐渐普及 (刘芳等 2012, 王云等 2013, 李晟等 2014, 肖治术等 2014), 也有少量研究利用红外相机开展

人类干扰状况的调查 (Foster et al. 2010, Wang et al. 2015)。

为了掌握拖乌山大熊猫廊道范围内人类干扰的类型、空间分布与时间格局, 考察人类干扰对廊道内及周边大熊猫的影响, 为廊道的保护管理提供准确的依据, 本文在廊道范围内设置红外相机阵列 (肖治术等 2014), 开展了为期 1 年的红外相机调查。同时, 本研究也是对红外相机监测技术的一个探讨, 考察利用红外相机阵列监控人类干扰的有效性和可能存在的问题。

1 研究区域概况

拖乌山大熊猫廊道是连接小相岭山系公益海与石灰窑大熊猫局域种群栖息地的关键地带, 位于四川石棉县南部拖乌山北坡, 大致区域面积 23.9 km²。廊道范围内有常绿阔叶林、落叶阔叶林、寒性针叶林、温性针叶林、竹林、常绿灌丛、落叶灌丛、灌草丛等 9 种植被型, 其中面积最大的是落叶阔叶林 (占总面积的 25.8%), 其次为温性针叶林 (占总面积的 20.0%)。此外廊道内还分布有少量农田、建设用地 (四川省林业厅 2015)。

G5 高速公路和 G108 国道从南北方向穿过该区域, 并被认为是该廊道大熊猫迁移的主要隔离因素。拖乌山大熊猫走廊带周边分布有 4 个村、14 个村民小组, 665 户, 计 2 571 人, 全部为彝族, 人均收入 7 957 元/年, 经济来源主要是牧业、采药和外出打工, 户均年烧薪材 3 500 kg。经济相对落后, 居民中文盲率大约为 80%, 烧材、挖药、放牧给大熊猫走廊带造成了明显的压力。已经通过集中安置对孟获村的放牧等人为活动进行了控制, 对其余 3 村放牧等人为活动的管理相对薄弱。

2 方法

2.1 数据来源

红外相机调查数据来自本次调查结果。研究区域的大熊猫分布点数据来自全国第四次大

熊猫调查 (四川省林业厅 2015)。

2.2 红外相机布设

红外相机采用阵列布设: 由于廊道的准确边界尚未最后确定, 本研究在廊道及其周边区域划分 1 km × 1 km 的格网, 调查范围涵盖并超出初设的廊道大致范围。每个网格中设置 1 台红外相机 (型号: LTL-6210MC, 猎科) 组成红外相机阵列。除去被破坏相机外, 共计 102 台红外相机 (图 1)。山区人、兽的通道往往是共用的, 当地人上山采集、捕猎、放牧往往利用兽道, 而野兽也会使用人类开出的小道通行。因此, 所有相机都安放于林下或者林缘, 兽道或者人道附近的隐蔽处。红外相机于 2015 年 8 月布设, 每半年检查并回收一次数据。红外相机每次触发拍摄 3 张照片和 1 段视频 (10 s)。

2.3 数据分析

照片和视频取回后人工识别拍摄内容。人类活动干扰分为两大类: 人类直接活动和放牧活动。其中人类直接活动指拍摄到人, 但是具体活动内容无法判断; 放牧活动为拍摄到家畜, 由于不同的家畜放牧规律不同, 在保护管理中的处理方式也不同, 因此将其再细分为黄牛 (*Bos primigenius taurus*)、牦牛 (*B. mutus*)、羊 (*Caprinae*)、马 (*Equus caballus caballu*) 四类进行统计分析。为了排除拍摄目标短时间内重复拍摄对干扰频次统计的影响, 本文将 30 min 内的同一类型干扰作为同期数据, 合并为一次干扰记录进行分析。

3 结果

将正常工作的 102 台红外相机 2015 年 8 月 10 日到 2016 年 8 月 9 日期间拍摄的照片 (含视频) 汇总, 红外相机共计拍摄到 52 813 张照片 (含视频), 其中, 人类活动干扰 7 257 张照片 (含视频)。按照 30 min 原则合并同期数据后, 记录到 562 次干扰, 其中, 放牧干扰占据绝对多数, 共计记录到 508 次, 占总干扰次数的 89.7%。放牧干扰中, 又以放羊最为频繁, 达 257 次, 其次分别为马和牦牛, 黄牛记录次

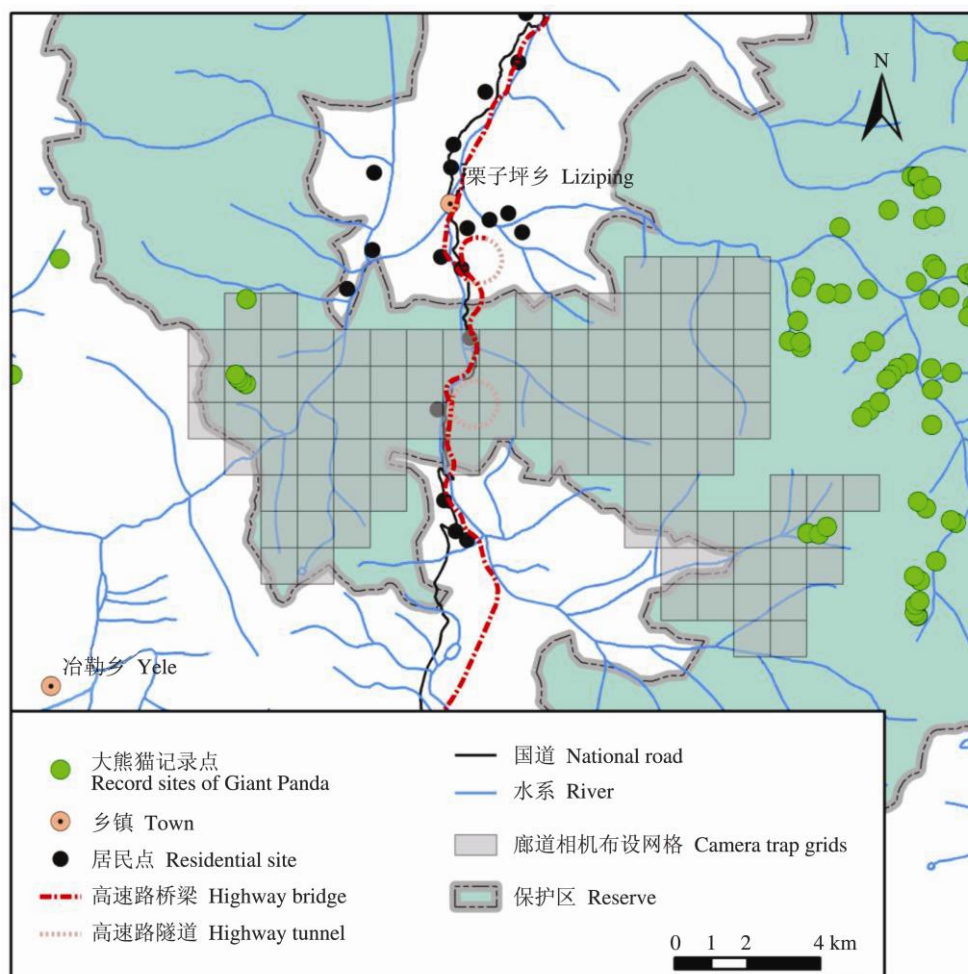


图 1 拖乌山大熊猫廊道红外相机阵列设置与周边全国第四次大熊猫调查大熊猫记录点
Fig. 1 Camera trap array in Tuowushan Giant Panda corridor and giant panda record sites from the 4th National survey on giant panda

数最少 (图 2a)。根据全国第四次大熊猫调查的结果, 研究区域及周边区域的大熊猫主要分布在廊道西北 (石灰窑局域种群) 和东部 (公益海局域种群) (图 1)。

从干扰的季节分布看, 人类直接干扰在 7 月和 11 月较多, 而冬春季节较少, 尤其 2 月最少, 这可能与春节有关。黄牛在 10 月最多, 牦牛则在 11 月达到顶峰。放羊的干扰在 4 ~ 7 月份较弱, 其余月份水平均较高。而放马干扰则集中在 7 ~ 10 月 (图 2b)。从干扰的昼夜分布看, 马的活动在全天各时间段均有记录, 而其余干扰均主要发生在白天 7:00 ~ 18:00 时之间

(图 2c)。

从空间分布上看, 干扰主要集中在研究区域的西北, 其次是东北 (图 3)。其中人类直接干扰集中在西北部居民点以南, 东北部也有分布。黄牛干扰主要分布在廊道偏西的河谷地带, 而牦牛和马的放牧干扰主要分布在廊道西部高海拔区域。除了高海拔区域外, 放羊干扰在廊道的西部和中部均有广泛分布。

4 讨论

研究区域的人类活动干扰主要集中在廊道的西北, 其次是东北。这两个区域邻近大熊猫

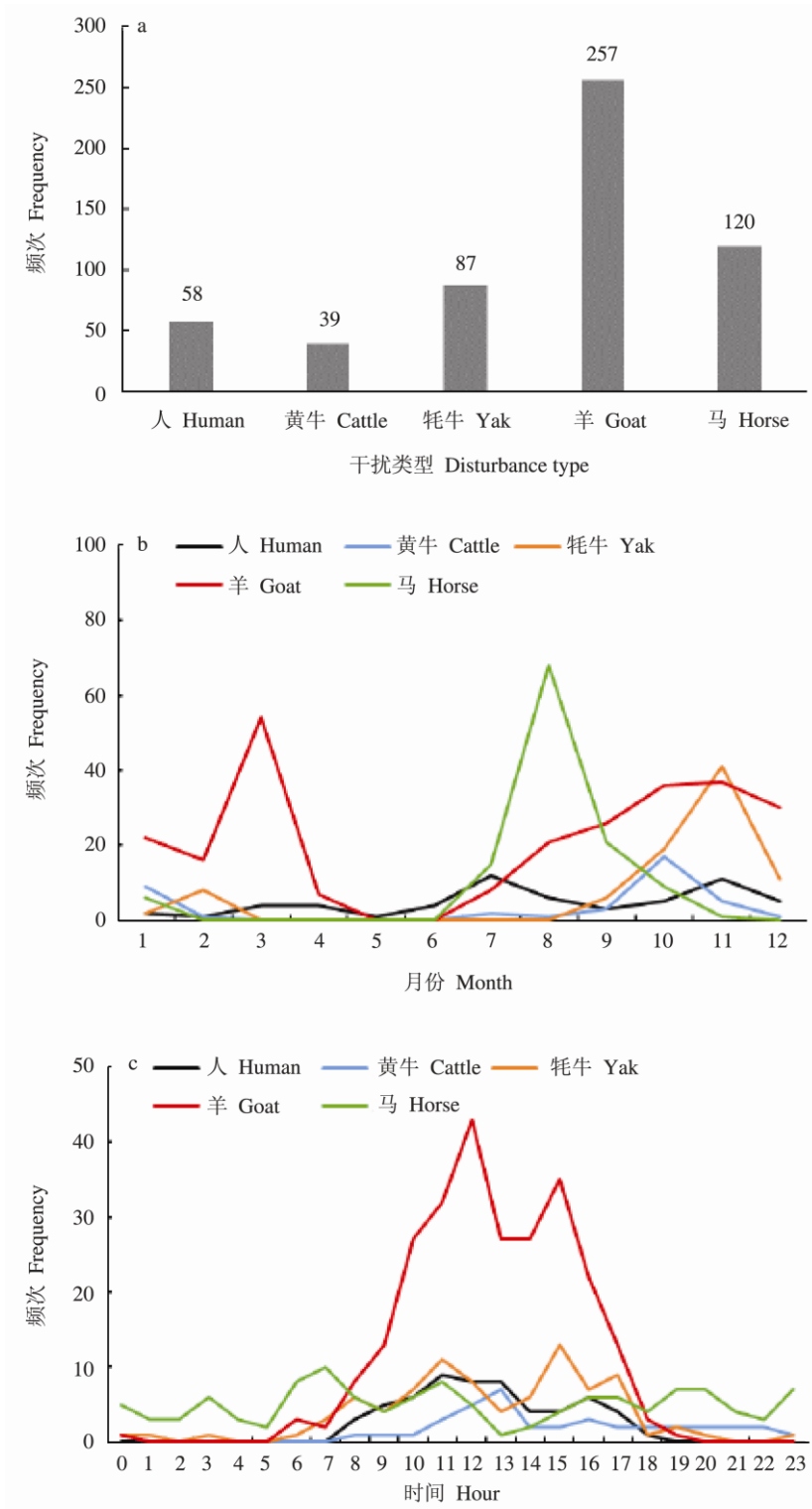


图 2 拖乌山廊道范围内各类型干扰记录频次 (a)、月份分布 (b) 与 24 h 分布 (c)
Fig. 2 Frequency (a) of records on disturbances in the corridor and the distributions pattern among months (b) and time (c)

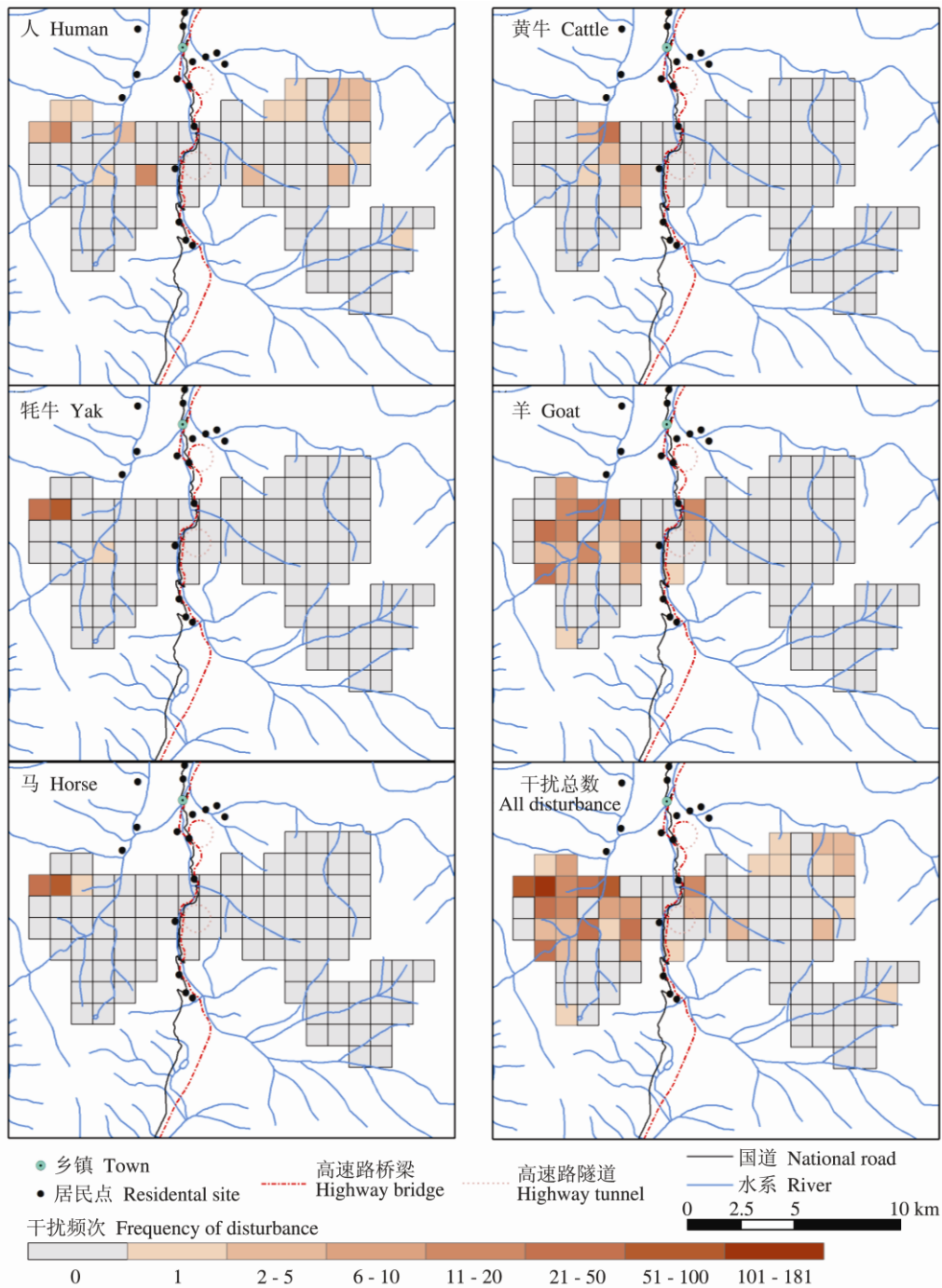


图3 拖乌山廊道内各红外相机干扰记录频次空间分布

Fig. 3 Distribution of disturbance in the corridor

石灰窑局域种群和东部公益海局域种群的活动区, 会影响大熊猫进入廊道。廊道中部是连通两侧大熊猫局域种群的必经之路, 放牧和人类

直接活动的干扰也较频繁, 这一区域亟需加强管理、减少各类干扰, 保证廊道通畅。

通过红外相机阵列为期一年的调查, 发现

该区域的人类干扰主要是直接人类活动(无法判断具体活动)和放牧活动两类。冉江洪等(2004)在小相岭区域的研究表明,这一区域的干扰主要包括采伐、放牧、采药、公路、偷猎、割竹采笋、耕作、开矿和旅游 9 种人类干扰。其中公路、耕作、开矿等干扰为长期永久性干扰,用红外相机进行监控的意义不大,而其余几类偶发干扰通过少数几次人工调查是难以得出全面结论的,而利用红外相机阵列则可以有效监控这一类干扰。尤其是放牧活动,通过红外相机识别出放牧活动又分为牦牛、黄牛、羊和马几类。这几类放牧活动的空间和时间分布存在明显的不同,因此在管理上也需要采取不同的措施。

在石棉县,7 月是采药活动较为集中的季节,而 11 月则是盗猎频发的时期。红外相机记录到的两个人类直接干扰高峰期可能与此对应。人类直接干扰在廊道范围内分布较广,尤其在居民区附近的廊道北部。这也提示夏秋季节应该在该区域加强对当地人上山采集和盗猎的管控。需要指出的是,虽然人类直接干扰频次远远低于放牧干扰,但是人造成的干扰可能比家畜更复杂也更强,因此保护管理中不应低估人类直接干扰的破坏。

几种放牧干扰的分布格局并不相同。黄牛主要分布在低海拔区域,从空间分布看应该多为石棉县本地人放养。牦牛和马则集中在廊道西北端的高海拔区域,应为邻近的冕宁县更高海拔区域的牧民所饲养,并在秋冬季节下行到廊道内部取食。从牧羊的分布看,羊群主要来自本地居民饲养。因此在管理上也需要不同的措施以应对。马昼夜均四处活动,可能对夜行性动物有较大的直接干扰,而其余类型的直接干扰对象主要是昼行性动物。但是如果考虑到对栖息地造成的间接影响,则无论昼行性还是夜行性动物均会受到这些干扰的影响。

针对本次红外相机调查发现的问题,我们建议需要加强四个方面的保护管理:

第一,廊道区域建标立界,向公众提示廊

道范围,明确车辆、人员进入廊道必须注意的事项。

第二,在入山人员较多的重点时期,加强巡护,对破坏森林、猎捕野生动物的违法行为予以坚决打击。

第三,倡导圈养牛羊,实施社区发展项目,逐步消除大熊猫廊道内的放牧;建设大熊猫友好型社区,在廊道周边社区发展沼气、太阳能、风能以及非木材建筑材料,推广大熊猫友好型农牧产品生产。

第四,与邻县保护管理部门联合开展大熊猫廊道的保护宣传工作,虽然廊道全部位于石棉县境内,但是保护宣传的范围必须扩大到周边县。

红外相机在野生动物调查和保护管理中正发挥越来越大的作用。本研究表明,通过红外相机监测人为干扰,可以对大熊猫廊道的保护管理提供有效信息。本方法对保护区、国家公园、公益林等保护地的保护管理工作也会有一定的帮助。以往的调查中,为了增加拍摄率,红外相机往往选择最容易拍到目标的区域设置,而根据主观经验判断没有目标的区域,往往就不再布设,从而造成一些遗漏。近年来随着相机成本的降低,拍摄率已经不再成为唯一目标。本研究在格网中基本均匀地布设红外相机阵列,虽然在单个格网内设置红外相机仍然要依据主观经验选择布设点,但是在研究区域层面上可以避免主观臆断造成的疏漏。正因为如此,本次调查才发现廊道西北角频繁的放牧活动,该区域一直是大熊猫进入廊道的入口。以前由于信息不全,只知道石棉县的居民在该区域没有放牧活动,而这次发现说明邻县居民的放牧活动同样会对该区域造成干扰。这一“意外”的发现给保护管理提供了极为重要的信息。

在单机成本降低后,红外相机阵列的最大局限性在于布设相机、回收数据耗费人力巨大,这一问题在道路交通不便的山区尤为严重。本研究的格网为 1 km^2 ,远远达不到全面监控的

目的,但是仅此 102 台相机的布设和回收就耗费了近 20 余名工作人员接近 30 d 的野外工作,而数万张照片、视频的判读整理更是耗费了大量的内业工时。目前红外相机的功能越发全面,通过无线传输数据,可以极大地减少工作人员的工作强度。但是随之而来的是耗电量的急剧增加,而在山区林下,无论太阳能还是风力发电都不可靠,而且还因为供电设备隐蔽性差、随时可以招来偷盗。此外,红外相机照片的判读工作也是一个海量的工作。在图像、视频识别技术发达的今天,仍然缺少针对性的处理软件,这很大程度上是因为这一市场缺少经济上的吸引力。因此,在技术上的进步是红外相机进一步发展的关键。

致谢 感谢栗子坪保护区工作人员在野外调查中辛苦工作。感谢 Eliezer Gurarie 对本文的建议与 Mira Liliana 的协调工作。感谢审稿人和编辑的宝贵建议,极大地提高了本文的科学价值。

参 考 文 献

- Foster R J, Harmsen B J, Doncaster C P. 2010. Habitat use by sympatric jaguars and pumas across a gradient of human disturbance in Belize. *Biotropica*, 42(6): 724–731.
- Gáñez N, Guillira-Arroita G, Morgan B J T, et al. 2016. Cost-efficient effort allocation for camera-trap occupancy surveys of mammals. *Biological Conservation*, 204: 350–359.
- Qing J, Yang Z, He K, et al. 2016. The minimum area requirements (MAR) for giant panda: an empirical study. *Scientific Reports*, 6: 37715.
- Swaigood R, Wang D, Wei F. 2016. *Ailuropoda melanoleuca*. (errata version published in 2016) The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T712A102080907. Downloaded on 15 April 2017.
- Tobler M W, Zuniga H A, Carrillo-Percestequi S E, et al. 2015. Spatiotemporal hierarchical modelling of species richness and occupancy using camera trap data. *Journal of Applied Ecology*, 52(2): 413–421.
- Wang F, Mcshea W J, Wang D, et al. 2015. Shared resources between giant panda and sympatric wild and domestic mammals. *Biological Conservation*, 186: 319–325.
- Zhu L, Zhan X, Wu H, et al. 2010. Conservation implications of drastic reductions in the smallest and most isolated populations of Giant Pandas. *Conservation Biology*, 24(5): 1299–1306.
- 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, 李迪强, 吴记贵. 2012. 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*, 32(3): 730–739.
- 青菁, 胥池, 杨彪, 等. 2016. 小相岭山系大熊猫廊道规划. *生态学报*, 36(4): 1125–1133.
- 冉江洪, 刘少英, 王鸿加, 等. 2003. 放牧对治勒自然保护区大熊猫生境的影响. *兽类学报*, 23(4): 288–294.
- 冉江洪, 刘少英, 王鸿加, 等. 2004. 小相岭大熊猫栖息地干扰调查. *兽类学报*, 24(4): 277–281.
- 四川省林业厅. 2015. 四川的大熊猫: 四川省第四次大熊猫调查报告. 成都: 四川省科学技术出版社.
- 王云, 朴正吉, 关磊, 等. 2013. 环长白山旅游公路对野生动物的影响. *生态学杂志*, 32(2): 425–435.
- 肖治术, 李欣海, 王学志, 等. 2014. 探讨我国森林野生动物红外相机监测规范. *生物多样性*, 22(6): 704–711.