

# 基于红外相机技术的交通野生动物通道监测与有效性评价

朱广河<sup>1</sup>, 李娜<sup>1</sup>, 王云<sup>2\*</sup>, 关磊<sup>2</sup>, 孔亚平<sup>2</sup>

(1.内蒙古自治区交通建设工程质量监督局, 内蒙古 呼和浩特 010020; 2.交通运输部科学研究院)

**摘要:**近年来随着中国交通建设向山区和生态敏感区延伸,野生动物通道的设置成为一项重要内容。然而,中国在野生动物通道监测与评价方面还处于起步阶段。该文基于国内外成功经验,结合中国国情,初步提出了交通野生动物通道监测与有效性评价的方法,包括选择监测的通道、确定目标物种、设置红外相机(数量、位置、高度、角度、参数等)、有效性评价(独立照片选择与分类、定义“尝试穿越”与“实际穿越”、有效性评价)。以青藏铁路穿越可可西里国家级自然保护区和三江源国家级自然保护区内 K2991+500 涵洞为依托,应用该文提出的方法进行了藏野驴对该涵洞穿越的有效性评价,效果良好。该文还指出了未来要继续深化研究的几个方面。

**关键词:**公路;铁路;野生动物;路域;桥梁;涵洞;道路生态学

## 1 引言

交通建设及运营对野生动物产生了复杂而深刻的影响,已经引起了国际关注。为了缓解负面影响,很多国家设置了野生动物通道,主要分布在欧洲、北美、澳大利亚,亚洲的日本、韩国、新加坡等。中国近年来结合重大交通工程建设也设置了野生动物通道并开展监测,代表性的有青藏铁路藏羚羊动物通道,思小高速公路亚洲象通道,鹤大高速公路兽类和两栖类动物通道,新疆民哈高速公路大中型动物通道等。这些动物通道的设置为缓解交通工程对野生动物的影响奠定了良好的基础。但是,中国在交通野生动物通道监测方面还没有系统方法来指导。现有通道监测主要是采用足迹观察法和现场监测法,足迹观察法适用条件苛刻,如天气条件良好、对调查人员业务水平要求高,且现场工作量很大(动物通道往往位置偏僻)。现场监测法适用范围也很有限,一般适合于白昼活动的、容易观察到的、有明显活动规律的物种,如藏羚羊季节性迁徙穿越青藏公

路和铁路,因此现场监测法应用范围也很有限。同时,中国在动物通道有效性的评价方法方面也缺乏总结。现有的评价方法主要是从实际穿越的频率和数量来判断,缺乏对动物通道入口尝试穿越但实际失败案例的考虑,因此不能全面合理评价动物通道的有效性。

红外相机技术是20世纪90年代开始流行的一种监测兽类和鸟类活动的常规技术,可实现全天候无人状态下的连续动态监测,动物通道的位置一般位于无人区和偏远地区,调查人员现场调查十分不便,红外相机技术恰好弥补了这一缺陷。该文提出一种基于红外相机技术的交通动物通道监测与有效性评价的方法,将红外相机技术应用于公路和铁路动物通道监测的有益探索,将为中国交通动物通道监测和评价提供新的思路。

## 2 动物通道图片采集与数据处理

### 2.1 选择拟监测的野生动物通道

选择交通线路穿越或毗邻野生动物活动区的动物

收稿日期:2018-07-22

基金项目:内蒙古自治区科技创新引导项目(编号:2016-106575);吉林省交通运输厅科技项目(编号:2018-1-14);国家科技支撑计划项目(编号:2014BAG05B06);交通运输部科技示范工程项目(编号:2016002);中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(编号:20170617)

作者简介:朱广河,男,硕士,高级工程师.E-mail:49985344@qq.com

\*通信作者:王云,男,硕士,研究员.E-mail:wangyun80314@vip.sina.com

通道,开展监测。野生动物活动区是指野生动物活动频繁或潜在活动的区域,包括但不限于自然保护区、国家公园、湿地及森林公园等。

## 2.2 确定拟监测的目标物种

根据交通野生动物通道两侧的自然保护区相关资料、环评报告、科研论文及调查报告,结合沿线走访调查、通道附近痕迹调查综合确定监测的目标物种。

## 2.3 设置交通野生动物通道的监测相机

在交通野生动物通道内布设红外相机时,遵循以下步骤:

(1) 确定所需红外相机的数量。根据所监测的动物通道尺寸规模确定红外相机的数量。依据红外相机最佳感应距离  $X(\text{m})$  计算,若通道出口或入口宽度不大于  $X(\text{m})$ ,则设置 1 台相机;若宽度大于  $X(\text{m})$  不大于  $2X(\text{m})$ ,则设置两台相机,以此类推。

(2) 选择红外相机设置的位置。对于整体式路基,在通道出入口分别设置红外相机;对于分离式路基,在出入口和通道中部同时设置。

(3) 确定红外相机设置高度。根据所监测野生动物体型大小确定红外相机设置高度。

(4) 确定红外相机设置角度。根据通道出入口安装条件,在垂直平面上,将红外相机镜头设置为平视或俯视角度,将通道出入口全部覆盖;在水平平面上,将红外相机镜头设置为与野生动物移动方向呈  $45^\circ$  交角,避免垂直拍摄造成的物种拍摄不全和辨识困难。

(5) 红外相机参数设置。对通道两侧野生动物活动频繁的区域,将拍摄间隔时间设为  $1\sim 60\text{ s}$ ;对通道两侧野生动物活动稀少的区域,将拍摄间隔时间设为  $1\sim 60\text{ min}$ 。

## 2.4 评价交通野生动物通道的有效性

在评价交通野生动物通道通行的有效性时,遵循以下步骤。

(1) 独立照片选择与分类。至少监测 1 年,理想情况是持续 4 年,将红外相机照片进行分类,删除无效照片,选择可识别的独立照片,建立每个通道每台相机每个物种的独立照片文件夹。独立照片是指不同种类的个体照片或者同一种类不同个体的照片或者同一种类同一个体但拍照时间超过  $0.5\text{ h}$  的照片。

(2) 定义“实际穿越”与“尝试穿越”。将  $30\text{ min}$  之内既在通道入口处的相机内出现也在通道出口处的相机内出现的某物种的独立照片,且独立照片内该物种移动方向一致,记录为该物种“实际穿越”,统计独立照片的数量,记录为  $S$ ;将只在通道入口或出口处的相

机内拍摄的某物种的独立照片,记录为物种的“尝试穿越”,统计独立照片的数量,记录为  $C$ ,注意尝试穿越包括实际穿越。

(3) 交通野生动物通道有效性的评价。对于“实际穿越”和“尝试穿越”的数量,先用  $K-S$  检验数据是否符合正态分布,若符合正态分布,采用  $t$  检验,若不符合正态分布,采用 Mann-Whitney  $U$  检验等非参检验判别两者是否有显著性差异,如果在  $0.05$  显著性上没有显著差异,则认为某物种对该类型野生动物通道的通行效率较好,监测的目标物种能够顺利穿越该类型通道。

# 3 案例研究

## 3.1 选择拟监测的交通野生动物通道

青藏铁路  $K2\ 900\sim K3\ 150$ (对应青藏公路桩号)穿越了可可西里国家级自然保护区和三江源国家级自然保护区的试验区,保护区段设置了大量的涵洞通道,结合现场调研,初步选择  $K2\ 991+500$  处涵洞开展监测,因为在该涵洞两侧发现了大量野生动物足迹,包括藏野驴、藏羚羊、藏原羚、野牦牛、狼、狐狸等。

## 3.2 确定拟监测的目标物种

已有研究都是集中于藏羚羊开展监测,而对国家一级保护动物藏野驴还缺乏关注,此次选择藏野驴开展其穿越涵洞通道的有效性评价研究。

## 3.3 设置监测红外相机

(1) 确定所需红外相机的数量。选择  $\text{Irl6210}$  红外相机,该相机感应距离约为  $20\text{ m}$ ,所选涵洞宽度为  $3\text{ m}$ ,因此在出入口各设置 1 台相机,共两台红外相机,即可覆盖通道出入口范围。

(2) 选择红外相机设置的位置。青藏铁路路基为整体式,因此在通道出入口分别设置红外相机各 1 台。

(3) 确定红外相机设置高度。所监测物种藏野驴平均肩高约为  $1.4\text{ m}$ ,通道周边为无人区,可将红外相机高度设为  $1\text{ m}$ ,捆绑于铁路隔离栅上,相机拍摄范围可完全覆盖藏野驴全身。

(4) 确定红外相机设置角度。所选涵洞通道属于小型通道,出入口尺寸为  $3\text{ m}\times 3\text{ m}$ ,长度为  $8\text{ m}$ ,因此在垂直平面上,红外相机镜头只需平视即可覆盖出入口全部范围;在水平平面上,将红外相机镜头设置为与藏野驴移动方向呈  $45^\circ$  交角,避免造成物种拍摄不全,辨识存在困难。

(5) 红外相机参数设置。由于涵洞通道出入口发

现大量藏野驴粪便和足迹,且通道两侧人为干扰极少,预计藏野驴活动强度大,将拍摄间隔时间设为30 s。

### 3.4 评价哺乳动物通道的有效性

监测时间为2015年8月20日到2016年8月1日,历时340 d。首先将涵洞通道出入口两台红外相机中藏野驴照片进行筛选,剔除无效照片,选择独立照片分别建立两台相机的藏野驴独立照片的文件夹。

对于该涵洞通道,将30 min之内既在通道入口相机内出现也在通道出口相机内出现的独立照片,且独立照片内藏野驴移动方向一致,记录为实际穿越的数量,共18组33张;计算只在动物通道入口和出口处相机拍摄的独立照片的数量,共28组43张,为尝试穿越的照片数。

经K-S检验,数据非正态分布,故采用Mann-Whitney U检验,发现0.05显著性上没有显著差异(Mann-Whitney  $U=287.000$ ,  $p=0.055$ ),故认为该涵洞动物通道的通行效率较好,藏野驴能够顺利穿越该通道。

## 4 结论

该文提出的基于红外相机技术的交通野生动物通道监测与有效性评价的方法,具有3个特点:①将红外相机这种新兴的主流野生动物监测技术引入交通野生动物通道监测领域,且根据交通线路的特点加以改进,使得监测更加科学合理;②根据筛选的独立照片出现的位置区分尝试穿越和实际穿越,且通过两者对比以综合评价交通野生动物通道的有效性,较传统的野生动物通道有效性评价方法更加科学合理;③红外相机可实现24 h无人持续动态监测,较传统的依靠人力大规模多频次现场调查,省时省力,节约成本。

该文提出的方法仍然存在一些缺陷和未来值得改进之处:①红外相机监测的有效区域约在镜头前20 m内,通过提高相机设置密度可提高覆盖范围,但是相机本身的安全性值得担忧,在交通线路附近人为活动强度大,相机丢失率很高;②红外相机技术本身存在技术和管理缺陷,如受周围环境影响无效拍照率高,有些地区遭到偷盗和破坏风险大,对体型小、移动速度快、体色与环境对比度低的物种效果不佳,应加强传统调查技术与红外相机技术的综合应用研究;③野生动物通道有效性应结合通道两侧种群稳定性来综合评价,该文提出的方法还无法达到这一目标,有待于未来

进一步深入探索完善。

### 参考文献:

- [1] FORMAN RTT, SPERLING D, BISSONETTE JA, et al. Road Ecology: Science and Solutions [M]. Washington: Island Press, 2003.
- [2] VAN der ree, R, SMITH DJ, GRILO C. Handbook of Road Ecology [M]. Oxford: John Wiley & Sons, Ltd, 2015.
- [3] CLEVINGER AP, HUIJSER M. Wildlife Crossing Structure Handbook—Design and Evaluation in North America [R]. Federal Highway Administration, 2011.
- [4] 王云, 简丽, 顾晓峰. 关于赴日本参加2015年国际野生动物管理学大会的报告 [J]. 交通运输研究, 2015(5).
- [5] 殷宝法, 淮虎银, 张懿铨, 等. 青藏铁路、交通对野生动物活动的影响 [J]. 生态学报, 2006(12).
- [6] 吴晓民, 王伟. 青藏铁路建设之野生动物保护 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [7] XIA L, YANG QS, LI ZC, et al. The Effect of the Qinghai—Tibet Railway on the Migration of Tibetan Antelope *Pantholopshodgsonii* in Hoh—Xil National Nature Reserve, China [J]. Oryx, 2007, 41: 352—357.
- [8] YANG QS, XIA L. Tibetan Wildlife is Getting Used to the Railway [J]. Nature, 2008, 452: 810—811.
- [9] 李耀增, 周铁军, 姜海波. 青藏铁路格拉段野生动物通道利用效果 [J]. 中国铁道科学, 2008(4).
- [10] 张洪峰, 封托, 姬明周, 等. 青藏铁路小桥被藏羚羊等高原野生动物利用的监测研究 [J]. 生物学通报, 2009(10).
- [11] Pan WJ, Lin L, Luo AD, et al. Corridor Use by Asian Elephants, China [J]. Integrative Zoology, 2009, 4: 220—231.
- [12] 王云, 王德民, 关磊, 等. 鹤大高速交通靖宇保护区段野生动物通道设计 [J]. 吉林交通科技, 2015(4).
- [13] 朱玉峰, 沈毅, 董博昶, 等. 新疆明哈高速交通野生动物通道设置 [C]. 中国环境科学学会学术年会论文集, 2013.
- [14] 肖治术, 李欣海, 姜广顺. 红外相机技术在我国野生动物监测研究中的应用 [J]. 生物多样性, 2014(6).
- [15] 张履冰, 崔绍朋, 黄元骏, 等. 红外相机技术在我国野生动物监测中的应用: 问题与限值 [J]. 生物多样性, 2014(6).
- [16] 汤小明, 张德怀, 马志红, 等. 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 [J]. 动物学杂志, 2016(5).
- [17] 王云, 关磊, 朴正吉, 等. 应用红外相机技术监测长白山区交通对大中型兽类出现率的影响 [J]. 四川动物, 2016(4).
- [18] STRASBURG JL. Conservation Biology: Roads and Genetic Connectivity [J]. Nature, 2006, 440: 875—876.