

卧龙自然保护区公路动物通道设置研究

王云^{1,2,4}, 李海峰², 崔鹏¹, 吴浩³

(1. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所 成都市 610041; 2. 交通部规划研究院交通仿真与决策支持研究中心 北京市 100029; 3. 四川省交通厅公路规划勘察设计研究院 成都市 610041; 4. 中国科学院研究生院 北京市 100039)

摘要: 自然保护区公路建设及运营不可避免地对保护区内野生动物生存环境产生干扰, 如导致生存栖息地的丧失、破碎及退化。在适当位置设置动物通道成了缓解动物生存压力的必要途径。本文从动物通道设置目标、分类、使用影响因素、设置原则等方面总结了50多年来国内外在此领域的研究成果, 并结合卧龙自然保护区公路改建项目实际情况提出动物通道设置原因、重大意义、限制性因素, 具体介绍了通道细部设计思路, 包括通道尺寸、建造材料、外观、监测系统及其他配套工程等。在国内首次从设计上专门考虑公路动物通道建设。

关键词: 生态敏感区; 景观设计; 动物通道; 公路设计; 生态环境保护

许多国家在公路建设中都十分重视动物保护, 尤其当公路穿越自然保护区等生态敏感区域时, 设立动物通道、在公路沿线恢复生物栖息地、设立警示牌、限制车速等都是有效的保护措施。国外大量研究证明公路分割野生动物栖息地会造成动物死亡、巢区转移、种群数量减少、基因交流受阻等负面影响, 且该影响是不可逆的。在应对这些问题时, 国外工程师通常采取的主要缓解措施之一就是为野生动物设立专门通道。自19世纪50年代美国佛罗里达州出现世界上第一个专门为动物通过而设计的通道以来, 至今, 已经有上百个大型动物通道分布在全球各地, 尤其以欧洲、北美和澳大利亚居多^[1]。我国在过去几十年的公路建设中, 某些地区也结合涵洞、小桥布设了一些供野生动物穿行的通道。但是受当时公路建设理念的影响, 并没有修建真正意义上的动物通道。对于穿越珍稀野生动物种类繁多的卧龙自然保护区的公路, 面临着如何选择合适位置设立动物通道及动物通道设计方法等课题研究。鉴于国内在该方面研究的缺乏, 本文首先详细介绍国内外有关动物通道研究进展, 后结合卧龙自然保护区公路建设实际提出设计通道的思路与方案。

1 国内外研究进展

1.1 国外研究

通常在野生动物广布的区域如自然保护区, 为了使动物能够安全地横穿公路, 降低道路交通致死率, 公路建设部门通常会在动物分布较多的路段设置专门的为动物通过的通道, 以满足动物的基本生理需求, 如寻找食物、寻求配偶、个体的移动和扩散等。动物通道从体积上可分为大通道和小通道。

小通道是指直径或者高度小于1.5 m的通道, 该类通道在欧洲有很多^[2]。通道建设材料包括混凝土、金属或者塑料等。在荷兰, 300多个野生动物管道沿着高速公路分布, 因此对于恢复物种多样性有极大的好处^[3]。然而那些并非专门为动物而设计的排水涵洞、管路也会被动物利用, 在一些监测这些“非野生动物工程”的数据中显示了其已经成为地方野生动物重要的连接通道^[4,5]。小的通道常常与栅栏一起使用来引导动物到达通道入口, 而防止它们直接跑到路面从而造成道路致死事故, 篱笆、土堆、植被是引导动物到达通道入口有效的方法^[6]。

大通道是指半径或者高度大于1.5 m的通道, 主要是为大型哺乳动物和各种类型动物而设计的, 包括上跨式和下穿式两种^[7,8]。目前大型通道在北美和欧洲分布相对较少, 但是在规划中的却有很多。下穿式通道直径变化幅度很大, 从2 m宽的金属或混凝土地道到高架桥下部大于100 m宽的通道。多数下穿通道的高度在2 m左右, 有的甚至达到4~5 m

高^[9]。其设计有许多变化,然而在北美大致分为3种类型:金属的多层管道(圆型或椭圆型的);预制混凝土通道;大跨度桥梁(跨越地表或水域)。上跨式通道主要是为了大型哺乳动物的通过而设计的,多数是30~50 m宽,但也有200 m或更宽的。目前全球有将近50个大型野生动物上跨通道,大多数在欧洲,北美仅有约6个。然而,随着各国公路的不断拓宽和交通量的持续增长,使用上跨桥作为连接道路两侧破碎栖息地的可行性也在持续增长,术语“绿桥”(green bridge)通常就是指野生动物上跨通道,伴随着道路横穿相对广阔的自然植被带^[10]。

影响动物通道使用的因素有很多,但主要包括:通道的设计特征(如通道尺寸、位置、类型)、周围景观特征、附近人类干扰程度三大类^[4]。研究者对加拿大Albert国家公园公路2种形式的通道(2座52 m宽的上跨桥和2座3 m和7 m宽的下穿通道)进行了历时4年的观测,发现熊、狼及食草动物(鹿、獐子、鼠、加拿大盘羊等)喜欢从上跨桥上通过,而美洲狮更喜欢下穿通道,黑熊没有特别的喜好^[11]。南加州的研究显示通道两侧出现适宜生存栖息地是通道被使用的有效预测因子,同时也发现通道尺寸对于鹿和狼的通过也非常重要^[12]。在对Banff国家公园的11个高架桥下通道监测研究中发现人类行为对食肉动物和有蹄类动物影响最大,通道大小的影响相对较小,因为动物们已经几乎适应了有12年历史的高架桥下通道^[13]。从动物通过频率的观测数据中得出一些高架桥下通道设计建议,例如,鹿及其他食草动物喜欢至少7 m宽、2.4 m高、附近还有植被覆盖的通道^[9]。

对于大型哺乳动物,通道的位置和宽度比表面设计和植被覆盖类型更为重要,宽度小于20 m的上跨桥几乎不被野生动物使用。红外视频监控显示动物更喜欢宽阔的通道,且较宽阔的上跨桥提供的不仅仅是临近栖息地的连接且是在广阔景观尺度上的连接。上跨桥宽度主要依赖于客观条件限制(如地形、投资等)和目标物种的需求,研究发现50~60 m宽的通道几乎能够满足所有野生动物的需求。荷兰最近完成一项上跨通道工程,中央宽30 m,两侧末端宽度达到100 m,荷兰交通部门认为这对于保护大型哺乳动物和所有其他现存物种是最好的选择。研究也显示通道位置在决定通道的功能中产生了至关重要的作用^[14,9]。对于食肉动物来说通道两侧保证足够的视距是非常重要的,在佛罗里达州,足够的

视距和通道宽度、高度同等重要^[15]。

综合国外相关文献,我们总结了以下动物通道设置原则。

(1)经济性原则:最有效的缓解措施是在花费最小前提下达到保护目标的最佳选择方案。

(2)预先设计原则:公路工程的大量桥梁、涵洞建设是最经济有效的动物通过的通道。同时隧道建设也对动物保护非常有利。

(3)考虑累计和时滞效应原则:当规划和评估通道使用效率之时,道路对种群和生物多样性的累计影响和时滞影响是非常重要的,必须加以考虑。

(4)结构综合利用原则:整合野生动物横穿结构和栅栏(动物逃脱、诱导装置)的缓解措施比单一使用动物横穿结构更加有效。

(5)通道尺寸因地制宜原则:对于通道大小尺寸没有固定标准,因为物种会自行调整生存习性以适应不同通道类型和设计结构。此外,设计还要结合目标物种个体大小、生活习性等来考虑。

(6)景观角度选址原则:动物通道的设置位置是非常重要的因素,基于道路致死率和动物行踪的数据的位置选择并不是最佳的选择,相比较而言,基于总体景观格局和能够创造有效的景观连接的通道位置才是能发挥长期效应的最佳选择。

(7)确保通道的可持续效应原则:动物通道要达到持续效应,物种的适应环境变化、数量特征、动物习性、栖息地条件和附近人类行为等都是对通道的可持续效应产生影响的因素。

1.2 国内研究

在我国,公路建设对生态环境的影响已经引起了公路建设部门和环境保护部门的广泛关注,近年来公路建设对野生动物影响的文章也有一些,但是多集中于国外文献的综述和分析,缺乏具体案例研究^[16,17,18]。直到2005年,部分研究者对青藏铁路建设中野生动物保护进行了初步的研究^[19]。目前国内只有青藏铁路专门修建了动物通道,已经在理念上与国际接轨,举起了在生态敏感区工程建设中体现“人与自然和谐相处”理念的大旗,而国内公路建设中对野生动物保护的相关研究与实践还很缺乏。在当今公路建设走向“生态路、环保路”的今天,很有必要开展公路建设与野生动物保护相互关系研究,包括动物通道设置研究。

2 案例分析

2.1 卧龙自然保护区简介



卧龙自然保护区位于四川省汶川县境内,总面积约70万 hm^2 ,处于邛崃山脉东麓,青藏高原向四川盆地过渡地带的高山峡谷区。保护区内5 000 m以上的高山就有101座,最高峰四姑娘山海拔6 250 m,沟内最低海拔1 150 m,相对高差5 100 m。卧龙是动物“活化石”大熊猫生存和繁衍后代理想的地区。卧龙自然保护区已被列为联合国国际生物圈保护区,保护区的核桃坪大熊猫研究中心,拥有目前世界上规模最大的大熊猫圈养种群。保护区内有各种植物三、四千种,有四川红杉、金钱槭等珍贵植物,有各种兽类96种,鸟类300多种,属国家保护的珍贵动物就达29种,国家珍稀濒危动物57种。在“四川大熊猫栖息地”的统一名称下,邛崃山系的大熊猫栖息地——卧龙·四姑娘山·夹金山脉目前正在联合申报世界自然遗产,因此该区域保护价值极高。

2.2 保护区公路设置动物通道的重大意义

卧龙国家级自然保护区栖息的野生动物种类之多、数量之大在国内少有,且是国宝大熊猫的故乡,目前保护区正在积极申报世界自然遗产。由于地方经济发展和旅游资源开发的需要,不可避免地要建设公路工程,而在这样的生态敏感区内栖息的野生动物必然受到较大程度的影响。随着公路的建成,越来越多游客的涌入、公路沿线景点的开发等人为活动干扰的加剧,整个保护区会被以公路为中心的条带状干扰廊道切割为两个面积较小的保护区,且公路两侧物种的交流会不同程度受到影响。而为野生动物设置专门的“通道”无疑是缓解公路负面影响的重要途径之一。

目前该条公路已经给保护区内野生动物带来较为显著的影响,突出表现在:动物不敢靠近公路,部分路段道路致死率较高,公路两侧动物隔绝,栖息地被切割,种群近亲繁殖,后代基因变异等。目前公路车流量较小,沿线景点还未充分开发,有些野生动物会在夜间悄悄穿越公路,而伴随着地方旅游资源的开发和未来公路的扩建,动物穿越公路的可能性将很小。因此,建设动物通道意义重大。

目前国外已经在许多生态敏感区设立了公路动物通道,其中以欧洲和美国最多。而我国是世界上野生动物种类最丰富的国家之一,约占世界总种数的10%左右。青藏铁路已经在国内率先提出了工程建设中保护野生动物(如藏羚羊)的先进理念,并在铁路沿线多处设立了一些专门为野生动物通过的通道。而生态敏感区域的公路建设,却缺乏相应的对野

生动物保护的考虑。国内公路建设,为野生动物设立专门动物通道的报道极少,因此本条公路有望成为国内第一条从设计上专门设立动物通道的公路。

卧龙自然保护区无论在国内还是国际上都是令人瞩目的焦点。在科研上,国内外多家科研机构已经对保护区生物栖息地、野生动物、生态系统、景观等开展了大量卓有成效的研究,这也为我们即将开展的公路动物通道设计提供了许多可借鉴参考的基础数据;同时本条公路动物通道的成功设置也能为相关动物、生态系统、景观研究提供数据搜集平台,为卧龙自然保护区整体资源保护提供理论和实践依据,为其他生态敏感区公路建设环境保护工作提供指导和借鉴。

2.3 动物通道基础数据搜集及通道设置制约因子

2.3.1 道路致死率及动物靠近公路相关数据搜集

官方数据主要来自卧龙自然保护区自然资源局、各保护站(邓生保护站、三道桥保护站等)。民间数据来自对公路沿线数十户居民、经常使用该条路的面包车司机、较有规模饭店老板等人群的调查。数据经整理后发现,公路沿线三大段落内动物较多,且经常发现动物靠近公路或穿越公路现象,与车辆相碰撞也时有发生。三大段落内动物种类、保护级别及拟设通道位置如图1所示。

2.3.2 保护区公路沿线地形地貌情况

本段公路总体在高山峡谷中穿行,设置上跨式通道难度较大。在动物分布较多的三个段落内,只有第二个段落“K31两河交汇处—K40梅子坪”路右侧地势较平缓,具备设置上跨式通道条件,其他两段两侧较为陡峭,设计上跨式通道难度较大。在局部路侧有下挖条件的平台或平地可设计下穿式通道,同时可加宽现有小型涵洞和增设涵洞以满足两侧野生动物迁徙需要。

2.4 通道具体细部设计

2.4.1 通道尺寸

上跨式通道宽度不小于20 m,在地形和经济允许的条件下,越宽越好,国外研究已经证明宽度小于20 m的上跨桥被动物通过的频率很低,且50 m~60 m可满足所有动物通过的需求。下穿式通道宽度和高度以不小于2 m为宜,本研究采用不小于10 m的桥墩跨径,部分地形允许处将设置跨径20 m的桥墩,如大阴沟动物通道,采用跨径20 m桥墩,效果图如图2所示。

2.4.2 通道材料



图1 卧龙自然保护区公路动物通道设置示意



图2 大阴沟下穿式动物通道示意(吴浩制作)

国外研究显示混凝土材料较好,比金属的和其他材料的更适合动物通行。因此我们采用混凝土作为通道建设材料。

2.4.3 通道内部设计

通道表层铺设土堆且种植与周边一致的植被物种,但是需要保持良好的透视效果,较好的通透视距使得动物有安全感,敢于通过。为了吸引动物使用通道,可在通道上种植动物熟悉或喜食的植被,对于食肉动物可设计其喜爱的特殊气味等。具体设计还需

要根据目标物种生活习性如迁徙规律等来有针对性设计。如对于扭角羚, 必须考虑到其食盐特性、喜温暖干燥厌恶阴暗潮湿环境、季节性迁徙特性等, 从而有针对性设计通道内部环境。

2.4.4 通道监测系统

配合保护区科研, 可在通道上设计监测系统, 将来可查明通道的使用效率。

2.4.5 通道配套设置

在通道两侧设置栅栏以诱导或引导动物到达通道入口; 在通道位置前后设计标志牌、警示牌或减速标志、禁鸣标志等, 提醒司机乘客注意; 教育周围群众不在通道周围进行人为活动, 提高大众动物保护意识; 同时在法律上对捕杀动物、破坏动物通道行为进行惩罚。

3 结语

目前我国在公路建设中强调环境保护已形成共识, 然而在实践中体现的仍然不够。如对于野生动物的保护, 近年来相关文献中涉及极少, 基础资料的缺乏、环保意识的落后等已经大大制约了我国公路环保景观整体水平的提高。尤其是在生态敏感区的公路建设过程中, 野生动物栖息地的扰动、原生自然植被、湿地的破坏等现象仍然屡有发生。在生态敏感区(如自然保护区)公路建设中缺乏对野生动物资源保护的考虑。基于国内研究的缺乏, 本文主要从国内外动物通道已有相关研究入手, 介绍了动物通道设置目标、动物通道分类、影响因素、设置原则等, 后结合具体工程实践初步提出了卧龙自然保护区设立动物通道的必要性、意义和细部设计等内容, 以期引起相关部门的重视以进一步开展公路工程与野生动物保护的相关研究。

参考文献

- [1] Evink G L. Florida Department of Transportation initiatives related to wildlife mortality [A]. In: Evink G L, Garrett P, Zeigler D, et al. Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality. Publication Tallahassee: Florida Department of Transportation [C]. 1996.
- [2] Friedman D S. Nature as Infrastructure: The National Ecological Network and Wildlife-Crossing Structures in The Netherlands [M]. Report 138. Wageningen, Netherlands: DLO Winand Staring Centre, 1997.
- [3] Bekker H G J, Canters K. The continuing story of badgers and their tunnels [A]. In Habitat Fragmentation and Infrastructure, edited by K. Canters, [C]. 1997.
- [4] Yanes M, Velasco J, Suarez F. Permeability of roads and railways to vertebrates: The importance of culverts [J]. Biological Conservation, 1995, 71.
- [5] Rodriguez A, Crema G, Delibes M. Factors affecting crossing of red foxes and wildcats through non-wildlife passages across a high-speed railway [J]. Ecography, 1996, 20.
- [6] Huijser M P, Bergers P J M. The effect of roads and traffic on hedgehog (Erinaceus europaeus) populations [J]. Biological Conservation, 2000, 95.
- [7] Forman R T T, Hersperger A M. Road ecology and road density in different landscapes, with international planning and mitigation solutions [A]. In: Berry J, Evink G L, Garrett P, et al. Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality [C], Publication Tallahassee: Florida Department of Transportation. 1996.
- [8] Forman R T T, Alexander L E. Roads and their major ecological effects [J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1998, 29.
- [9] Foster M L, Humphrey S R. Use of highway underpasses by Florida panthers and other wildlife [J]. Wildlife Society Bulletin, 1995, 23.
- [10] Keller V. The Use of Wildlife Overpasses by Mammals: Results from Infra-Red Video Surveys in Switzerland, Germany, France and The Netherlands [R]. Report to Infra Eco Network Europe (IENE), Fifth IENE Meeting. Budapest, Hungary. 1999.
- [11] Gloyne C C, Clevenger A P. Cougar use of wildlife crossing structures on the Trans-Canada Highway in Banff National Park, Alberta [J]. Wildlife Biology, 2001, 7.
- [12] Sandra J Ng, Jim W Dole, Raymond M Sauvajot, et al. Use of highway under crossings by wildlife in southern California [J]. Biological Conservation, 2004, 115.
- [13] Bunyan R. Monitoring Program of Wildlife Mitigation Measures: Trans-Canada Highway Twinning-Phase [M]. Final Report to Parks Canada, Banff National Park, 1990.
- [14] Pfister H P, Keller V, Reck H, Georgii B. Bio-ecological effectiveness of wildlife overpasses or "green bridges" over roads and railway lines [M]. Bonn-Bad

Godesberg, Gemany: Herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr und Beteiligungsstrassenbau. 1997.

[15] Beier P, Loe S. A check list for evaluating impacts to wildlife movement passages[J]. Wildlife Society Bulletin, 1992, 20.

[16] 杨文斌. 高速公路对野生动物生存环境的影响[J]. 生命科学研究, 2004, 8(2).

[17] 胡忠军, 于长青, 徐宏发, 等. 道路对陆栖野生动物的生态学影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4).

[18] 李月辉, 胡远满, 李秀珍, 等. 道路生态研究进展[J]. 应用生态学报, 2003, 14(3).

[19] 夏霖, 杨奇森, 李增超, 等. 交通设施对可可西里藏羚羊季节性迁移的影响[J]. 四川动物, 2005, 24(2).

A Study on Wildlife Passage Along Highway in Wolong National Nature Preserve

WANG Yun^{1,2,4}, LI Hai-feng², CUI Peng¹, WU Hao³

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Science, Chengdu 610041 China;

2. Transport Decision Support Research Center, Transport Planning and Research Institute, MOC, Beijing 100029, China;

3. Highway Planning, Survey, Design and Research Institute, Department of Communications of Sichuan Province, Chengdu 610041, China;

4. Graduate School, CAS, Beijing 100039, China.)

Abstract: Highway construction in National Nature Preserve has unavoidable to take impact on habitat of wildlife. Design wildlife passage on proper place along highway is one of best mitigated methods according to almost 50 years studies at home and abroad. The research progress related to wildlife passage is introduced, including: objective, function, types, impact factors, and design guidelines etc of designing wildlife passage in details. On the basis of factual condition of parkway in Wolong National Nature Preserve, important research significance, reasons, limited factors to design wildlife passage are provided and detailed design of wildlife passage is described, including: passage size, material, appearance design, monitor systems and other related project methods. Purpose of this research is to considering firstly and specially the construction of highway wildlife passage from design in China.

Key words: ecologically sensitive area; landscape design; wildlife passage; highway design; ecological environment protection

武汉阳逻长江大桥钢箱梁吊装合龙

近日, 在建的武汉阳逻长江大桥北接线建成通车, 主桥钢箱梁吊装合龙。这标志着大桥建设取得重要进展, 向武汉大外环“画圆”迈出了坚实的一大步。

武汉阳逻长江公路大桥是国家“十五”期重点建设项目, 是京珠、沪蓉国道主干线武汉绕城公路东北段的重要组成部分和控制性工程, 是湖北省规划建设“六纵五横一环”公路主骨架的重要组成部分, 也是《武汉市城市总体规划》中一项具有战略性、支撑性的重大项目。大桥全长10 km, 由3 km 长的主桥、7 km 长的接线及一处互通式立交桥构成。主桥及引桥面净宽33 m, 接线路基宽35 m, 均为沥青混凝土路面。大桥按双向六车道、全封闭、全立交式高速公路特大桥标准设计建设, 设计行车时速120 km, 总投资20亿元, 建议工期4年。

武汉阳逻长江大桥于2003年11月6日正式开工建设, 预计2007年3月完成钢箱梁焊接, 6月开始桥面沥青混凝土铺设, 9月完成机电等附属工程, 10月实现通车。