

公路两栖类动物通道设置方法研究

王 云, 周红萍, 王玉滴, 关 磊, 孔亚平

(交通运输部科学研究院, 北京 100029)

摘要: 鉴于目前关于我国公路建设中两栖类动物通道设置方法还缺少系统性研究, 基于国内外成功经验, 结合我国国情, 初步提出了公路两栖类动物通道的设置方法, 包括位置确定、诱导生境(包括微型水塘群和迁徙走廊)设置、迁徙走廊保护设施(隔离栅、易进出的构造物和标志牌)设置、效果评价等。以交通运输部典型绿色循环低碳示范路——鹤大高速公路穿越靖宇国家级自然保护区段为依托工程, 应用上述方法设置了6处两栖类动物通道, 指出了未来要继续深化研究通道的关键参数和设计要求等, 以促进我国道路生态学的发展。

关键词: 公路; 两栖类动物; 动物通道; 路域; 生境诱导; 道路生态学

中图分类号: U412; Q149

文献标识码: A

文章编号: 2095-9931(2017)04-0016-06

Methods of Designing Amphibian Corridors Crossing Highway

WANG Yun, ZHOU Hong-ping, WANG Yu-di, GUAN Lei, KONG Ya-ping

(China Academy of Transportation Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: The methods of designing amphibian corridors crossing highway were short of research presently in China. Based on the successful experiences both at home and abroad, combined with the present conditions in China, the methods of designing amphibian corridors crossing highway were provided primarily in China, including: locations, attractive habitat (small-scale pond groups and migration corridors), utilities for protecting migration corridor (fences, structures of easy entering and exiting, alert signs), evaluation of efficiency. Hegang-Dalian Expressway cutting through Jingyu National Nature Reserve Section, which was selected as the pilot project for green highway by Ministry of Transport of the People's Republic of China, was took as case study. Via the methods provided, six amphibian corridors crossing highway were designed to mitigate the negative impact of expressway, and the ongoing monitoring has begun. Furthermore, some suggestions were provided to deepen the research of variables of amphibian corridors crossing highway and promote the development of road ecology in China.

Key words: highway; amphibian; wildlife corridor; roadside; attractive habitat; road ecology

收稿日期: 2017-07-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(51508250); 中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(20150605)

作者简介: 王云(1980—), 男, 安徽马鞍山人, 博士, 研究员, 主要研究方向为道路生态学。

E-mail: wangyun80314@163.com。

0 引言

公路对环境的影响复杂而多样,主要表现在对野生动植物及其生存环境的影响等方面。2003年美国哈佛大学教授 Richard T. T. Forman 联合 14 位来自于交通、生态、环境、工程、管理等不同学科的专家共同撰写了一部里程碑式的巨著《道路生态学:理论与实践》(*Road Ecology: Science and Solutions*),系统化地阐述了公路对环境的影响,正式提出道路生态学学科体系和理论框架,生态学新分支学科正式诞生^[1]。随后,道路生态学研究在全球许多国家蓬勃发展。我国在 2009 年出版了《公路路域生态学》,在亚洲率先提出了道路生态学学科框架体系和理论基础^[2]。公路对野生动物的影响一直是道路生态学中最为重要的一个研究方向,研究内容包括公路交通引发的野生动物致死、回避效应、阻隔效应以及路网形成后造成的栖息地破碎化,进而可能导致野生动物种群区域性灭绝等问题^[3]。而野生动物通道已经成为缓解全球各国公路交通对野生动物负面影响的重要手段。欧美许多国家已经或正在将野生动物通道建设纳入交通规划之中,并成为其中的重要组成部分和必要步骤^[4]。对已有动物通道的监测表明,野生动物通道在缓解交通对野生动物的负面影响和保障交通安全方面效果显著,如加拿大班夫国家公园内的国家高速公路上跨式野生动物通道工程已经成为全球道路生态学领域中的一个典型示范工程^[5]。

公路上行驶的车辆对野生动物一个最为显著的影响是碰撞导致的野生动物死亡,尤其是移动缓慢且具有季节性迁徙特性的两栖类动物^[6-9]。近几十年来,两栖类动物正以空前的速度在全世界范围内减少和灭绝^[10]。因此,亟待在公路上设置有效的动物通道来缓解种种不利影响。中华人民共和国行业标准《公路工程技术标准》(JTG B02—2014)关于“路线交叉——动物通道”明确指出:公路应结合沿线放牧及野生动物迁徙需要,选择合理位置设置必要的动物通道^[11]。

本研究在总结提炼国内外大量已有成功经验的基础上,结合工程实践,提出了公路两栖类动物通道的设置方法,以期指导新建和改扩建公路工程两栖类动物通道的设置。

1 公路对两栖类动物的影响

两栖类动物大多具有在越冬地、繁殖地与栖息地之间进行季节性迁徙的特征^[12]。如在东北长白山区,两栖类动物春季出蛰离开河流或越冬地进入繁殖地,繁殖产卵地多选择在开阔、阳光充足的公路边的池塘生境或公路附近林地内的积水池,繁殖结束后大量成体或变态幼体要离开水塘,进入林地内的陆地生活栖息地。进入秋季,两栖类动物又开始从林地内的陆地生活栖息地返回越冬地。一年中有春季和秋季两个集中迁徙过程。

公路对两栖类动物的影响主要体现在三个方面。

一是破坏了水体,即动物繁殖场所。传统公路建设由于路基取弃土等施工作业掩埋了很多中小型水体,而这些水体大多是两栖类动物的繁殖场所,因此需要在公路两栖类动物通道建设时重新创造和改善。此外,施工期机械设备油污洒漏和灰尘扩散等对附近水体造成不同程度的污染,不利于两栖类动物生存^[13]。

二是破坏了陆地,即动物生活场所。目前的涵洞或桥梁下部和周边由于受公路施工干扰,往往地面植被覆盖率低,土壤干燥、瘠薄,导致两栖类动物不愿意接近和利用。因此需要在设计公路动物通道时提高路域两栖类动物栖息地的质量,设计诱导和隐蔽设施,尽量恢复至公路建设之前两栖类动物原始栖息地的状态。

三是破坏了迁徙廊道。现有涵洞和桥梁即使位于两栖类动物迁徙通道上,由于缺少保护和引导设施,两栖类动物仍然从路面直接穿越,而不会从桥梁和涵洞穿越,从而导致两栖类动物受车辆撞击致死,因此要设置两栖类动物迁徙廊道保护设施以保障两栖类动物从桥梁和涵洞安全穿越公路。现有涵洞进出口铺砌有的采用跌水井设计,有的采用八字墙设计,但因施工回填不当或冲刷下陷,导致洞口通行不畅,从而不利于两栖类动物的穿越,甚至成为两栖类动物的“死亡陷阱”,因此需要在设计涵洞出入口时考虑两栖类动物容易进出的洞口设计方案。在路域分布有两栖类动物繁殖场和栖息地的路段,公路运营产生的车辆噪声和尾气污染也会造成不良影响。两栖类动物主要依靠鸣声进行交流,而

噪声会严重干扰两栖类动物的交流,造成两栖类动物回避公路,甚至影响遗传的多样性^[14~18],因此需要减少繁殖场周边的噪声和人员等干扰。

2 公路两栖类动物通道的设置方法

2.1 选择拟设通道的位置

2.1.1 新建公路工程

对于新建公路,根据目标物种的活动范围识别公路路域一定范围内繁殖场、栖息地、越冬地与公路线位的空间关系,结合现场调查,确定两栖类动物的迁徙路线。迁徙路线与公路路线交叉的路段即为建议设置动物通道的路段(如图1所示)。

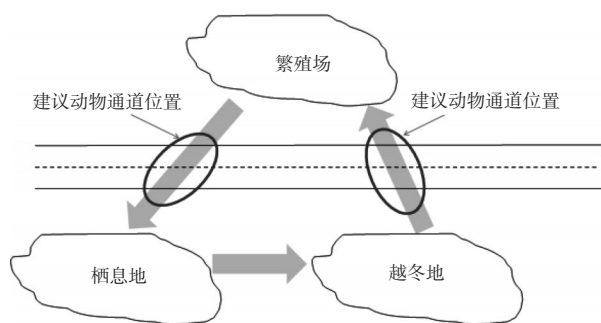


图1 新建公路拟设两栖类动物通道位置示意图

2.1.2 改扩建公路工程

对于改扩建公路,可通过至少一年的监测,辨识两栖类动物致死率最高的点位或路段,该点位或路段即为建议设置动物通道的位置。监测时段选择在两栖类动物大规模迁徙的春秋两季的特定时间段,并结合路域主要物种的生活习性和迁徙时间来设置监测方案。

2.2 设置两栖类动物通道诱导生境

由于公路建设干扰面主要发生在征地界范围内,故诱导生境主要在该范围内布设。

2.2.1 设置微型水塘群

设置微地形,有效汇集路面径流,营造两栖类动物繁殖场,以动物通道为中心,向外辐射设置不同面积和深度的珠链式微型水塘群。微型水塘群的大小是根据汇水面积而定,汇水面积大、路域有较大空间的区域水塘面积大。人工挖掘面积不等的珠

链式微型水塘群,对水塘间裸露地面进行生态恢复,水塘底部采用防渗设计(如图2所示)。

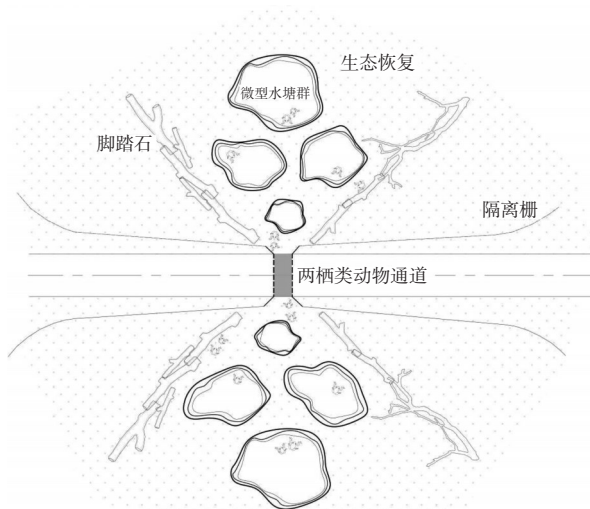


图2 两栖类动物通道诱导生境设计示意图

2.2.2 设置迁徙走廊

沿着水塘群四周种植灌草,摆放枯树枝与乱块石,构成动物隐蔽、栖息场所,起到“脚踏石”作用,呈线形延伸,且穿越动物通道内部一直到公路另一侧,动物通道底部尽量设置自然基底,如土质基底和水道。两栖类动物喜欢潮湿的环境,因此要保持迁徙走廊内部湿润。

2.3 设置两栖类动物迁徙走廊保护设施

2.3.1 隔离栅

沿着动物通道往两侧设置一定距离的漏斗状隔离栅,延伸距离根据目标物种的活动能力、生活习性和栖息地分布范围来确定;隔离栅高度根据两栖类动物跳跃能力而定,一般在50~80cm之间,隔离栅底部为导水与动物通行所用,隔离栅端头向垂直于公路方向外侧弯曲,通过顶部的这个弯头遮蔽,侧壁光滑以防止两栖类动物攀爬;隔离栅靠近迁徙走廊带一侧,保持两栖类动物移动路线的顺畅,并防止两栖类动物通过地面微地形、植被攀爬越过隔离栅从而进入公路,发生致死事件;隔离栅材料一般为预制混凝土板、玻璃、塑料、金属等。

2.3.2 洞口与地面的过渡段设计

将动物通道出入口与周围地面过渡段的形态和坡度设置为两栖类动物容易进出的形式,如在动物

通道内壁跌水井内用砖块沿井壁铺置螺旋式上升的梯步或斜道, 步道顶端与迁徙小道相连接; 或者在跌水井内倾斜搭置木板、枯树干、石堆、表面粗糙的混凝土板, 并与迁徙小道相连接; 或者直接将跌水井边坡放缓, 坡度小于 45° , 与周围地面自然衔接。

设置八字墙的涵洞, 在隔水墙沿涵洞轴线方向各2m范围内以周边土体平顺覆盖, 厚度约为5cm, 营造与洞口相似的环境。

2.3.3 洞内设计

动物通道通常设计为矩形或圆形。在雨季, 洞内积水比较普遍。为了营造洞内环境与生存环境的相似性, 使两栖类动物顺利通过, 在矩形涵洞断面底部两侧设置平台, 平台要高出雨季最高水位线, 平台上铺以泥土, 供两栖类动物通行。

2.3.4 设置禁鸣和减速标志牌

在公路两栖类动物通道系统前后路段设置禁鸣和动物通道指示标志牌, 提示司乘人员和道路使用者不破坏该系统和尽量减小各种干扰, 包括噪声、光源、垃圾等。

2.4 动物通道效果评价

在公路两栖类动物通道系统设置完成之后, 应通过至少一年的持续监测, 评价两栖类动物通道的应用效果, 不断完善和优化公路两栖类动物通道系统设计方案, 以利于今后更好地实践。

3 公路两栖类动物通道设置案例

3.1 设置位置

鹤大高速公路是交通运输部2014年遴选的科技示范工程。新建鹤大高速公路K270~K285段穿越靖宇国家级自然保护区实验区。通过3S技术结合现场调查认为, 保护区段路域小型沟谷密布, 地表水系发达, 适合两栖类动物繁殖和越冬。因此建议在这些沟谷区域设置两栖类动物通道。通过对穿越类似环境条件的长白山国家级自然保护区的公路连续3年的调查, 发现两栖类动物致死数量最大, 占总数的86.21%^[9]。结合本路段结构物设置位置, 选择K275+500等6处设置两栖类动物通道(详见表1)。

表1 鹤大高速公路两栖类动物通道设置情况

编号	中心桩号	结构类型	孔数—跨径×净高	辅助设施
1	K275+500	钢筋混凝土盖板涵	1—3m×2m	—
2	K275+683	钢筋混凝土盖板涵	1—3m×2m	内部设置60cm×100cm平台
3	K275+731	钢筋混凝土盖板涵	1—3m×2m	内部设置60cm×100cm平台
4	K275+780	钢筋混凝土盖板涵	1—3m×2m	内部设置60cm×100cm平台
5	K275+855	钢筋混凝土盖板涵	1—3m×2m	—
6	K275+950	钢筋混凝土盖板涵	1—3m×2m	—

3.2 设置两栖类动物迁徙诱导生境

改造微地形, 汇集路面径流, 营造两栖类动物繁殖场, 以6处动物通道为中心, 向外辐射设置不同面积和深度的珠链式微型水塘群(见图3); 对水塘群之间的裸地进行植被恢复; 通道底部尽量设置自然基底, 如土质基底和水道, 沿水道摆放枯树枝与乱块石, 起到“脚踏石”的作用。“脚踏石”连续设置, 穿越通道内部从公路的一侧延伸至公路另一侧, 并保持迁徙走廊湿润。



图3 在两栖类动物通道附近设置的微型水塘群

3.3 设置两栖类动物迁徙走廊保护设施

沿着两栖类动物通道往两侧呈漏斗状延伸100m长的隔离栅, 该延伸距离是根据北美两栖类动物通道隔离栅研究的结论和咨询长白山区动物学家后综合确定的^[20]。公路两侧主要活动的两栖类动物有中国林蛙、中华大蟾蜍、极北鲵等。经咨询专家, 设置60cm高的隔离栅, 端头向垂直于公路方向向外侧弯曲, 以防止两栖类动物攀爬; 隔离栅材料

选择绿色铁皮材料,表面光滑以防止两栖类动物攀爬(见图4)。铁皮材料价格低廉,易于购买,且施工便利,绿色也易融于周边自然环境中。



图4 两栖类动物通道隔离栅现场实景图

在公路两栖类动物通道系统前后路段设置禁鸣和减速标志牌,提示司乘人员在该路段行车尽量减小各种干扰,包括噪声、光源、垃圾等(见图5)。



图5 配合两栖类动物通道设置的标志牌

在雨季,洞内积水比较普遍。为了营造洞内环境与生存环境的相似性,使两栖类动物顺利通过,在积水最严重的三处涵洞底部设置60cm×100cm的平台,平台上铺以泥土,供两栖类动物通行(见图6)。

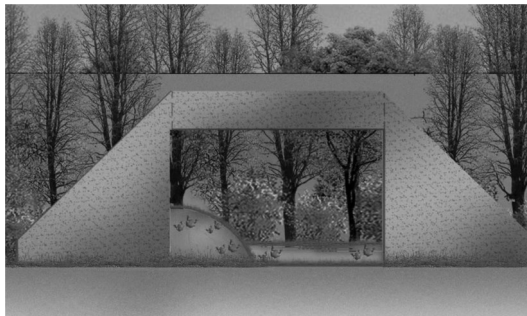


图6 洞内积水严重的涵洞底部设置平台

3.4 动物通道效果评价

鹤大高速公路吉林段于2016年10月底通车,对两栖类动物通道的监测正在进行中,目前尚不能就通道效果做出评价结论。

4 结语

本文初步提出了我国公路两栖类动物通道设置的方法,包括确定动物通道位置,设置两栖类动物迁徙诱导生境如微型水塘群、迁徙走廊等,设置两栖类动物迁徙走廊保护设施如隔离栅、两栖类动物容易进出的构造物及警示标志,并对动物通道应用效果进行评价。该方法在鹤大高速公路穿越靖宇国家级自然保护区路段进行了应用尝试,结果还有待进一步检验。由于我国公路两栖类动物通道的设置与实践才刚刚起步,还有大量的科学与工程问题需要进一步研究,如适应不同两栖类动物种类的通道尺寸、配套设施、诱导设计的关键参数和设计要求等内容。

参考文献

- [1] FORMAN R T T, SPERLING D, BISSONETTE J A, et al. Road Ecology: Science and Solution[M]. Washington D C: Island Press, 2003.
- [2] 毛文碧,段昌群,李海峰,等.公路路域生态学[M].北京:人民交通出版社,2009.
- [3] FORMAN R T T, ALEXANDER L E. Roads and Their Major Ecological Effects[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1998, 29(1): 207-231.
- [4] GLISTA D J, DEVAULT T L, DEWOODY J A. A Review of Mitigation Measures for Reducing Wildlife Mortality on Roadways[J]. Landscape and Urban Planning, 2009, 91(1): 1-7.
- [5] BECKMANN J P, CLEVINGER A P, HUIJSER M P, et al. Safe Passages: Highways, Wildlife, and Habitat Connectivity [M]. Washington D C: Island Press, 2010.
- [6] LAURANCE W F, GOOSEM M, LAURANCE S G. Impacts of Roads and Linear Clearings on Tropical Forests[J]. Trends in Ecology and Evolution, 2009, 24(12): 659-669.
- [7] WANG Y, PIAO Z J, GUAN L, et al. Road Mortalities of Vertebrate Species on Ring Changbai Mountain Scenic Highway, Jilin Province, China[J]. North-Western Journal of Zoology, 2013, 9(2): 399-409.

- [8] 罗玉梅, 王卓聪, 王超, 等. 长白山路域两栖类动物损失调查及保护[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2015, 16(1): 108-112.
- [9] KIROS W, KIBROM F, RAMAN P V, et al. Vehicle-Wild Vertebrate Collision Mortality on the Highways of Tigray, Ethiopia, Implications for Conservation[J]. African Journal of Ecology, 2016, 54(4): 442-449.
- [10] 罗玉梅, 王超, 朴正吉, 等. 长白山路域两栖动物调查与保护[J]. 吉林林业科技, 2015, 44(2): 49-54.
- [11] 交通运输部公路局, 中交第一公路勘察设计研究院有限公司. 公路工程技术标准: JTG B01—2014[S]. 北京: 人民交通出版社, 2014.
- [12] 王卓聪, 王云, 王超, 等. 长白山国家级自然保护区两栖类动物道路致死特征分析[J]. 动物学杂志, 2015, 50(6): 866-874.
- [13] 罗玉梅, 朴正吉, 王卓聪, 等. 长白山两栖类繁殖期路域水生境选择性分析[J]. 四川动物, 2015, 34(4): 559-564.
- [14] EIGENBROD F, HECNAR S J, FAHRIG L. Quantifying the Road-Effect Zone: Threshold Effects of a Motorway on Anuran Populations in Ontario, Canada[J]. Ecology and Society, 2009, 14(1): 24.
- [15] DANUNCIACAO P E R, LUCAS P S, SILVA V X, et al. Road Ecology and Neotropical Amphibians: Contributions for Future Studies[J]. Acta Herpetologica, 2013, 8(2): 129-140.
- [16] LUKANOV S, Simeonovska-Nikolova D, TZANKOV N. Effects of Traffic Noise on the Locomotion Activity and Vocalization of the Marsh Frog, *Pelophylax ridibundus*[J]. North-Western Journal of Zoology, 2014, 10(10): 359-364.
- [17] PRNIER J G, KAUFMANN B, LENA J P, et al. A 40-Year-Old Divided Highway Does not Prevent Gene Flow in the Alpine Newt *Ichthyosaura alpestris*[J]. Conserv Genetics, 2014, 15(2): 453-468.
- [18] SALINAS F V, CUNNINGTON G M, AMEZQUITA A, et al. Does Traffic Noise Alter Calling Time in Frogs and Toads? A Case Study of Anurans in Eastern Ontario, Canada[J]. Urban Ecosystems, 2014, 17(4): 945-953.
- [19] 王云, 朴正吉, 关磊, 等. 环长白山旅游公路对野生动物的影响[J]. 生态学杂志, 2013, 32(2): 425-435.
- [20] CLEVINGER A P, HUIJSER M P. Wildlife Crossing Structure Handbook—Design and Evaluation in North America [R]. Washington D C: Federal Highway Administration, 2011.