

公路规划中野生动物保护对策的探讨*

孙金柱^{1,2} 孔亚平² 毕俊怀¹ 王云²

(1 内蒙古师范大学 呼和浩特 010022; 2 交通运输部科学研究院 北京 100029)

摘要:当前国内外关于公路与野生动物关系的研究主要集中在公路设计与运行阶段的影响和保护方面,从公路规划层面考虑的不多。通过总结国内外研究成果得出,公路对野生动物的影响主要表现在野生动物的公路致死、形成道路对野生动物的影响域(简称道路动物影响域)以及野生动物的种群稳定性3个方面。针对这些影响,可以通过调整公路网模式的设计、合理界定道路网密度以及交通量等来弥补野生动物保护措施的不足。提出在我国公路规划阶段即考虑野生动物保护的对策。

关键词:野生动物保护 公路规划 道路动物影响域 种群稳定性 道路生态学

中图分类号: Q958.1 S718.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-4241(2012)01-0030-05

Wildlife Protection Countermeasures in Highway Planning

Sun Jinzhu^{1,2} Kong Yaping² Bi Junhuai¹ Wang Yun²

(1 Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China;

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

Abstract: At present, the global research on the relationship between wildlife and highway mainly focus on the impact and protection at the phase of highway design and operation and there are fewer considerations at highway planning level. Based on the summary of domestical and overseas research results, it could be seen that the impact of highway on wildlife is mainly concentrated in three aspects: wildlife road mortality, the impact domain of highways on wildlife (Road-effect-zone of wildlife) and the stability of wildlife populations. To avoid, reduce and mitigate these effects, it is supposed to enhance wildlife protection by adjusting the design of highway network model, reasonable qualification of road network density and traffic volume and other measures. Finally, it was proposed to protect wildlife conservation at highway planning stage.

Key words: wildlife protection, road planning, road-effect-zone of wildlife, population stability, road ecology

目前,我国公路建设正处于快速发展阶段。截至2010年底,全国公路网总里程达到398万km,高速公路总里程达到7.4万km,位居世界第2^[1]。根据交通运输部“十二五”规划,到2015年将基本建成国家高速公路网,可见未来5年公路发展仍处于重要战略机遇期。公路建设的快速发展有力地保障了国民经济的快速发展和人民生活水平的稳步提高,但与此同时,公路网建设对生态系统的影响也日益凸显。研

究结果表明,中国公路网络影响生态系统的面积已经占国土面积的18.37%^[2],公路网对生态系统的影响已经不容忽视。

20世纪90年代以来,公路建设及运营带来的复杂多样的生态破坏与环境污染等问题得到了西方发达国家的高度重视,研究成果集中体现在2003年美国出版的“Road Ecology: Science and Solution”中。其中,公路对野生动物的影响是道路生态学研究的重

* 收稿日期: 2011-09-08

基金项目: 交通运输部西部交通建设科技项目(2010 318 221 009 2011 318 670 1290)

作者简介: 孙金柱,男,硕士研究生, E-mail: sunjz0919@163.com

通讯作者: 孔亚平, E-mail: ypkong@163.com

毕俊怀, E-mail: bijunhuai@imnu.edu.cn

要组成部分。当前,国内外的大量研究主要集中在一条或几条公路对野生动物的影响方面,而针对公路网对野生动物的影响及保护的研究不多。只有从公路网规划层面考虑野生动物保护,才能从源头上真正保护野生动物。因此,前瞻性地研究公路网与野生动物活动的相互关系以及基于野生动物保护的公路规划是非常必要和迫切的。本文通过总结国内外公路建设对野生动物影响方面的研究成果,将有助于从源头上避免和缓解公路工程建设中对野生动物的各种影响,为国内路网优化和公路建设过程中野生动物的保护提供理论依据。

1 公路对野生动物活动的影响

公路对野生动物的影响表现在很多方面,但最主要的有3点,分别是公路运营直接造成野生动物的死亡或受伤、公路对野生动物形成的回避或积聚效应集中于公路两侧的带状空间(道路动物影响域)以及公路运营多年后各种影响的累计效应可能造成两侧野生动物种群的退化和消失。

1.1 公路致死

关于公路运行对野生动物致死的影响世界各国都有大量报道,主要集中于北美^[3-5]、欧洲^[6-10]、澳大利亚^[11-12]和亚洲^[13-14]等。在荷兰,每年分别有15.9万只兽类、65.3万只鸟类和11.3万~34万只刺猬因车辆撞压而死,并且死亡数量还在不断增加^[9-10]。在澳大利亚,每年约有548万只蛙类和爬行类死亡^[12]。在美国,平均每天就有大约100万只脊椎动物因车辆撞压而死^[4]。在我国,王云等曾于2009年5—9月对环长白山旅游公路进行了4次调查,共记录到12个物种、900多只动物致死,分属两栖纲、爬行纲和哺乳纲^[13]。目前,全球对野生动物的公路致死已有大量报道,且致死数量呈逐年增加的趋势。可见,公路致死对野生动物的生存威胁已经越来越严重。Forman预言,公路致死已经取代狩猎成为野生动物的最大死因^[3]。

公路网密度和野生动物公路致死有着密切的关系。Forman通过理论研究指出,随着公路网密度的增加,公路与野生动物活动廊道的交叉点就越多,野生动物在寻找食物、水源或者进行迁移时被撞死撞伤的几率也就越大。对于被捕食的物种来说,较高的公路密度意味着遇到捕食者和人类干扰的可能性会进一步提高。但并不是公路网密度越大,对所有动物的

致死率就越高,一旦公路网密度增加到一定程度,动物致死率就会开始降低。因为在这种条件下动物种群已经严重破碎化,其可以利用的资源和空间非常有限,必将导致种群缩小或近于灭绝。因此,当公路网密度增加到某个阈值后,致死率反而会越来越小。

交通量也是野生动物公路致死的主要原因之一。国际上关于交通量与公路致死关系的研究已取得成果。对獾(*Meles meles*)的研究表明,当车流量高于某一阈值时,獾的死亡率会稳定在一个特定的水平上,而不再随着车流量的增加继续增加^[15]。但对于两栖爬行类动物来说情况却不一样。加拿大安大略省的一项关于两栖动物公路致死的研究发现3个显著趋势:1)交通量较低时,每公里双车道上两栖动物的实体和尸体的总数会较少;2)随着交通量的增大,公路上死亡的两栖动物会增加;3)当交通量进一步增加时,两栖动物在路边和毗邻栖息地的密度则会降低^[16]。这是因为当交通量达到某个阈值时,高交通量的公路对于行动缓慢的两栖爬行类近于完全阻隔,导致野生动物成功穿越道路的可能性大大降低,车辆的噪声和尾气等干扰也迫使两栖爬行类回避公路至一定范围,从而使致死率下降。可见,不同交通量对于不同种类动物的道路致死情况不尽相同,还有待于深入研究。

1.2 道路动物影响域

道路动物影响域是公路建设、维护和运行管理过程中改变和影响野生动物的地面自然带状空间,即公路建设和运行中对野生动物正常活动和生存影响的范围。道路动物影响域是深入了解公路与野生动物冲突问题的重要突破点。因此,道路动物影响域的界定对野生动物保护工作是非常重要的,同时对公路规划者科学决策也具有重要的参考价值。

道路动物影响域主要表现在野生动物回避公路的范围,回避的主要原因是噪声等干扰引起的种群生态效应的改变。由于物种的差别,回避距离从几十米、几百米到几公里不等^[17]。荷兰学者研究公路交通对繁殖鸟类种群的影响时发现,交通噪声是引起公路两侧鸟类数量减少的主要因素,影响距离达到1 km多^[18]。靠近高速公路的雄性柳莺繁殖失败的主要原因是交通噪音淹没了其求偶的鸣叫声^[19]。我国学者发现,环长白山旅游公路对黄鼬有集聚效应,约为50 m^[20]。若尔盖湿地施工中的G213线对黑唇鼠兔

(*Ochotona curzoniae*)的影响域为单侧 400 m^[14]。青藏公路两侧的藏野驴在距离路基 1 001 ~ 2 000 m 和 2 001 ~ 3 000 m 区域内的种群密度显著高于 0 ~ 500 m 的区域^[21]。

一般来说,确定道路动物影响域首先要对公路周边地形地势、风向、植被分布、动物行为等因素进行综合调查分析,并对公路交通流量、噪声等重要影响因子进行调查记录。不同等级公路对不同种类野生动物的影响域各不相同,并且随着时间的推移还在变化,这大大增加了研究的难度。公路网的加密、交通量的增加和车速的加快等都会扩大影响域,最终导致野生动物适宜生境的破碎化、退化甚至完全消失。道路动物影响域的扩大造成野生动物可利用生境的缩小势必会影响到其种群的稳定性。

1.3 种群稳定性

公路致死效应叠加道路动物影响域效应将对公路路域野生动物种群稳定性产生影响,且这种叠加效应在公路成网阶段可能最显著。很多研究表明,公路网造成的生境破碎化会明显减少野生动物的可利用生境,从而减少野生动物种类及其种群数量。当野生动物栖息地丧失 80% 以上时,物种会突然灭绝;丧失 60% 以上时,由于栖息地的剩余斑块太隔离而不能被野生动物所利用^[3]。

研究发现,森林鸟类仅在面积大于 100 hm² 的森林斑块中筑巢,因此应该采取措施防止生境退化和景观破碎,保护所有面积大于 100 hm² 的林地^[22]。对于西班牙伊比利亚半岛上的猞猁(*Lynx pardinus*)种群,当种群占有生境面积小于 500 km² 时就会灭亡。把相邻种群的距离缩小到 30 km 以内,并且增加临近种群的面积,也会使小种群得以维持生存^[23]。一些动物对栖息地损失尤其敏感。最敏感的物种是大型的、生活范围广阔、寿命长、低密度和低繁殖率的动物,如大型食肉动物。基于现存数据,食肉动物种群可能仅在公路密度低于 0.6 km/km² 的区域中才能生存^[24-25]。相比较而言,美国的公路密度平均为 1.2 km/km²,许多欧洲国家则超过了 2 km/km²^[3, 26]。

公路网造成的破碎生境斑块还致使一些动物种群产生近交压力和遗传漂变,种群间的交流被阻断^[27-28]。目前,我们对公路造成野生动物种群的活动性降低、隔离度增加和基因库分裂方面的长期生态学影响还知之甚少^[29]。

2 公路规划中保护野生动物的对策

通过对野生动物致死、道路动物影响域和种群稳定性的分析,认为只有在公路规划阶段考虑野生动物的保护,才能从源头上防止和减轻公路网形成后对野生动物造成的各种负面影响,起到事半功倍的效果。总结国际上类似的研究成果,公路网模式、公路网密度和交通量是公路规划阶段需要考虑的主要方面。

2.1 公路网模式

公路网的模式设计是从整个区域或更大空间尺度层面对公路网络的系统规划。在规划阶段识别出公路网存在的不足,预测和评价公路网规划实施后可能造成的重大环境影响,提出预防、减缓和补救措施与建议是一种促进公路可持续发展非常有必要的早期措施。

通过对公路网与区域自然生物栖息地相对空间位置的研究,与野生动物和谐的公路网络模式应具有 3 个特征^[30]: 1) 在自然生态环境良好的区域,保留大面积无公路区域; 2) 将主要交通量集中在几条主干道上; 3) 在穿越自然区域的公路上尽可能多地设置桥梁、隧道和涵洞等,以保障水系的连通性以及野生动物穿越迁徙的通道。如果目标动物对公路的回避性较低,则网格状的公路网络形式优于平行状的公路网络形式,因前者有更多的核心生境,动物遇到公路的机会较低;而当目标动物对公路的回避性较高时,情况则相反,因为在公路密度相同的情况下,平行的公路网络形成的斑块数目较少,隔离性较低,生境连通性高^[31-32]。

目前,国内外关于调整公路网模式实现野生动物保护的案例研究很少,已有研究都是基于既有公路网形成之后通过对大量观测数据的分析总结,从理论层面提炼出最佳路网模式的研究。因此,路网模式理论和原理在路网尚未成形的国家大有用武之地,尤其是在中国这样的发展中国家。当然路网模式理论研究还不成熟,有待于在实践中进一步完善。我国国家高速公路网规划环境影响评价报告书(送审稿)中将规划高速公路网与珍稀濒危物种(大熊猫、藏羚羊等)分布图相互叠加,从规划层面尽量绕避物种分布区,确实绕避不开就考虑设计各种缓解措施,如动物通道等,以达到保护野生动物的目的。实际上这正体现了我国在公路网规划层面对公路网模式的考虑。

2.2 公路网密度

公路网中被环绕的斑块面积或直径,即栅格的大小与公路密度呈负相关关系^[33]。随着公路网密度的增加,栅格会缩小,野生动物栖息地也随之减少、退化和破碎化。公路通常会降低种群规模并增加种群灭绝的风险,然而,大多数物种种群至少在一条公路出现时还是能够继续存在的,那么景观中维持野生动物种群稳定的公路密度极限值就是一个至关重要的指标^[29]。

一个典型的案例是美国黄石国家公园,其被誉为“世界上最著名的野生动物庇护所”,境内栖息的野生动物种类不计其数。为了保护包括野生动物在内的自然生态系统,尽管来自全球各国的游客数量每年都在增加,但园区道路的建设并不因为交通量的增长而无节制地发展。自1999年全部公路路面铺筑完成以后,除了一段改线之外,未新建公路,公路密度始终控制在一定的范围内。公路等级普遍较低,均为双车道,无高速公路分布。这样做的目的很明显,就是要将公路建设对环境的影响降低到最低程度^[34]。

2.3 交通量

交通量的限定主要是为野生动物的公路致死和公路避让考虑的,交通量的大小与野生动物的致死率息息相关。此外,交通量大的公路形成的野生动物影响域相应也增大,野生动物的避让行为越趋明显,适宜生境面积减小,若小于最小生境面积,种群将濒临灭绝。目前,我们在长白山山区公路研究中发现,每小时交通量与野生动物致死之间存在着显著的相关关系。

交通量还与野生动物穿越公路的关系密切。根据全球研究经验总结,当交通量小于1 000辆/天时,多数物种可以穿越;交通量为1 000~4 000辆/天时,部分物种可穿越,更多敏感物种会回避;而当交通量达到4 000~10 000辆/天时,阻隔效应会非常强烈,噪声和交通流会阻隔多数物种,道路致死数量会很大;如果交通量大于10 000辆/天,则多数物种都不能穿越。这可为我们在野生动物分布密集区调整不同公路的交通量提供参考^[35]。

3 结语

从目前资料来看,国内外关于公路规划阶段的野生动物保护研究不多,国外研究以理论总结为主,缺乏案例研究。出现这种情况的原因可能是:1)公路

网络造成栖息地破碎化影响的研究尚在进之中,而动物的进化是个漫长的过程,栖息地破碎化与动物种群稳定之间的内在关系还有待深入探讨;2)公路网络对动物的影响是多方面因素相互作用的结果,这增加了评估公路网络对动物影响的难度。

公路网络理论研究目前尚处于初级阶段,随着该理论的进一步完善,必将从更高的角度综合考虑景观的不同类型以及动物群落的不同特性等,为生态优化的公路网络建设提供系统可靠的依据。鉴于公路网络造成的栖息地破碎化对动物影响的复杂性,在今后研究工作中应侧重以下方面:1)在受到公路网络影响的各种栖息地斑块中设立监测站,对各类斑块中的野生动物进行长期观测,最终构建公路网络与野生动物种群稳定性关系模型,揭示公路网络造成栖息地破碎化对动物影响的形成机理。2)将国际上基于野生动物保护的公路网络模式、公路密度及交通量的研究成果应用于我国公路建设的实际中,同时结合我国公路网规划、生态敏感区分布以及野生动物分布的特点,提升公路网络模式的相关理论,构建适合我国不同生态敏感区域的网络模式。3)研究不同公路网络对野生动物影响程度的快速评价方法,选择适宜的目标保护物种,对公路密度做出合理界定,配合公路网空间模式设计和公路密度设定来调整不同公路的交通量。

参 考 文 献

- [1]李盛霖. 开创“十二五”交通运输科学发展新局面[C]. 2011年全国交通运输工作会议,北京,2010-12-29:1-12.
- [2]李双成,许月卿,周巧富,等. 中国道路网与生态系统破碎化关系统计分析[J]. 地理科学进展,2004,23(5):78-85.
- [3]Forman R T T, Alexander L E. Roads and their major ecological effects [J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1998, 29: 207-231.
- [4]Lalo J. The problem of road kill [J]. American Forests, 1987, 93(9/10):50-52.
- [5]Romin L A, Bissonette J A. Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts [J]. Wildlife Society Bulletin, 1996, 24(2):276-283.
- [6]Mladenoff D J, Sickley T A, Wydeven A P. Predicting grey wolf landscape recolonization: logistic regression models vs. new field data [J]. Ecological Applications, 1999, 9(1):37-44.
- [7]Hodson N L. A survey of road mortality in mammals and including data for the grass snake and common frog [J]. Journal of Zoology of London, 1966, 148(4):576-579.
- [8]Groot B G, Hazebroek E. Ungulate traffic collisions in Europe [J].

- Conservation Biology ,1996 ,10(4) : 1059 – 1067.
- [9] Huijser M P. Life on the edge , hedgehog traffic victims and mitigation strategies in an anthropogenic landscape [D]. Wageningen , The Netherlands: Wageningen University , 2000: 11.
- [10] Van der Zande A N , Ter Kuers J , Van der Weijden W J. The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat , evidence of a long distance effect [J]. Biology Conservation , 1980 , 18 (4) : 299 – 321.
- [11] Jones J A , Swanson F J , Wemple B C , et al. Effects of roads on hydrology , geomorphology , and disturbance patches in stream networks [J]. Conservation Biology 2000 , 14(1) : 76 – 85.
- [12] Ehmann H , Cogger H G. Australia's endangered herpetofauna: a review of criteria and policies [G] // G Grigg , R Shine and H Ehmann (eds). Sydney: Association with the Royal Zoological Society of NSW , 1985: 435 – 447.
- [13] 王云 , 张峰 , 孔亚平 . 我国交通建对野生动物的影响及保护对策 [J]. 交通建设与管理 2010(5) : 162 – 164.
- [14] 戴强 , 袁佐平 , 张晋东 . 等 . 道路及道路施工对若尔盖高寒湿地小型兽类及鸟类生境利用的影响 [J]. 生物多样性 2006 , 14(2) : 121 – 127.
- [15] Clarke G P , White P C L , Harris S. Effects of roads on badger meles populations in south – west England [J]. Biology Conservation , 1998 , 86(2) : 117 – 124.
- [16] Fahrig L , Pelar J H , Pope S E , et al. Effect of road traffic on amphibian density [J]. Biological Conservation , 1995 , 73(3) : 177 – 182.
- [17] 何磊 , 唐亚 , 李绍才 . 道路网络生态影响研究进展 [G] // 段昌群 . 生态科学进展 . 北京: 科学出版社 2006: 175 – 194.
- [18] Reijnen R , Foppen R. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. IV. Influence of population size on the reduction of density close to a highway [J]. Journal of Applied Ecology , 1995 , 32(3) : 481 – 491.
- [19] Reijnen R , Foppen R. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. I. Evidence of reduced habitat quality for willow warblers (*Phylloscopus trochilus*) breeding close to a highway [J]. Journal of Applied Ecology , 1994 , 31(1) : 85 – 94.
- [20] 王云 , 朴正吉 , 李麒麟 . 等 . 黄鹌在吉林环长白山旅游公路路域活动的调查研究 [J]. 四川动物 2010 , 29(2) : 66 – 169.
- [21] 殷宝法 , 于智勇 , 杨生妹 . 等 . 青藏公路对藏羚羊、藏原羚和藏野驴活动的影响 [J]. 生态学杂志 2007 , 26(6) : 810 – 816.
- [22] Skole D L , Chomentowski W H , Salas W A , et al. Physical and human dimensions of deforestation in Amazonia [J]. Bioscience , 1994 , 44(5) : 314 – 322.
- [23] Alejandro R , Miguel D. Population fragmentation and extinction in the Iberian lynx [J]. Biological Conservation , 2003 , 109(3) : 321 – 331.
- [24] Fofopoulos J , Ives A R. Reptile extinctions on land – bridge islands: life – history attributes and vulnerability to extinction [J]. American Naturalist , 1999 , 153(1) : 1 – 25.
- [25] Gaston K J , Blackburn T M. Birds , body – size and the threat of extinction [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences , 1995 , 347(1320) : 205 – 212.
- [26] Forman R T T , Friedman D S , Fitzhenry D . et al. Ecological effects of roads: toward three summary indices and an overview for North America [G] // K Canters (ed). Habitat fragmentation & infrastructure. Netherlands: Ministry of Transport Delft , 1997: 40 – 54.
- [27] 李太安 , 安黎哲 . 道路生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社 , 2008: 119 – 121.
- [28] May S A , Norton T W. Influence of fragmentation and disturbance on the potential impact of feral predator native fauna in Australian forest ecosystems [J]. Wildlife Research , 1996 , 23(4) : 387 – 400.
- [29] Andrews A. Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: a review [J]. Australian Zoologist , 1990 , 26(1) : 130 – 141.
- [30] Forman R T T. Good and bad places for roads: effects of varying road and natural pattern on habitat loss , degradation , and fragmentation [G] // Irwin C L , Garrett P , McDermott K P (eds). North Carolina: Center for Transportation and the Environment , North Carolina State University 2006: 164 – 174.
- [31] Jaeger J A G. Landscape division , splitting index , and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation [J]. Landscape Ecology , 2000 , 15(2) : 115 – 130.
- [32] Jaeger J A G , Fahrig L , Ewald K C. Does the configuration of road networks influence the degree to which roads affect wildlife populations? [G] // Irwin C L , Garrett P , McDermott K P (eds). North Carolina: Center for Transportation and the Environment , North Carolina State University 2006: 151 – 163.
- [33] Forman R T T. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions [M]. Cambridge , England: Cambridge University Press , 1995.
- [34] 刘子剑 . 黄石公园: 道路融于自然的典范 [N]. 中国交通报 , 2008 – 10 – 16(4) .
- [35] 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: 118 – 128.