

# 环长白山旅游公路对周围环境的道路影响域研究

王云, 关磊, 孔亚平

(交通运输部科学研究院, 北京 100029)

**摘要:** 道路影响域是道路交通对环境影响的空间范围的总称。从公路交通、生物、非生物环境、景观四个角度总结了环长白山旅游公路建设及运营对路域生态环境的影响域, 具体指标为噪声、视觉、植物种类、植物高度、植被盖度、植被株数、植物多样性、动物种类、动物痕迹数量、光照强度、温湿度、斑块密度、Shannon 多样性指数、景观分割指数、蔓延度指数、最大斑块指数等。研究发现, 噪声影响域单侧超过 100m, 视觉影响域单侧约为 100m, 植物优势种变化较为剧烈的范围是单侧 10~20m, 公路对动物种类的影响不明显, 对动物痕迹的影响域约为单侧 50m, 光照影响域约为单侧 10m, 温湿度影响域约为单侧 10~20m, 景观格局影响域约为单侧 200m。通过本调查研究, 得出该路段对环境的道路影响域约为两侧 400m。

**关键词:** 长白山; 公路; 道路影响域; 路域; 道路生态学  
**中图分类号:** U418.9                      **文献标识码:** B

公路建设及运营对环境产生的影响具有多要素和时空动态变化的特征。Forman 综合了 9 种影响要素 (湿地、溪流、道路盐、侵入物种、驼鹿、鹿、两栖类、森林鸟、草地鸟), 从景观生态学视角来分析波士顿西部一段 10km 的多车道公路的生态影响效应, 发现这段高速公路的影响域约为单侧 300m, 两侧共 600m; 根据荷兰的噪声对鸟类影响的距离来综合评估美国受到道路系统影响的面积至少占国土面积的五分之一, 并且这个数据还被低估了。由于景观生态学家、生态学家、地理学家考虑的环境问题往往是大尺度的, 而公路规划师、设计者和建设者往往只是考虑狭窄范围内的, 即征地范围内的土地的设计 (right-of-way)。公路环保成效往往达不到理想的程度。道路影响域的研究可能成为生态学家和工程学家的观点达成一致的契机。总体看来, 国际上道路影响域研究较少。

我国在公路建设的环境影响方面进行了大量的研究, 这为综合各要素进行道路影响域的研究提供了可能。以典型区域为案例, 系统将不同环境要素的影响域叠加, 识别公路的环境影响要素和范围, 可为我国道路网络的生态影响范围确定提供基础资料。虽然有学者计算我国道路网络的生态影响范围约占我国国土面积的 18.37%, 但是缓冲范围缺乏理论和科学依据, 因此本研究将为未来缓冲范围的确定提供依据。

**基金项目:** 吉林省科技厅科技项目" 长白山区公路建设中野生动物资源保护技术研究" (2008-1-29); 吉林省交通厅科技项目" 环长白山旅游公路资源保护研究" (2008-1-2); 交通运输部西部交通建设科技项目" 公路建设野生动物影响域形成机理研究" (2010 318 221 009)。

**作者简介:** 王云 (1980-), 男, 安徽马鞍山人, 博士, 助理研究员, 研究方向为道路生态学。

## 1 研究区概况

环长白山旅游公路于 2007 年年底开始扩建, 主要沿着长白山自然保护区环区公路, 以利用现有的林道为主。起点为吉林省延边朝鲜族自治州安图县二道白河镇, 终点为白山市漫江镇, 全长 84.132km, 有大约 21km (K10~K31) 与保护区边缘重合, 有约 6km (K31~K37) 穿越了长白山自然保护区实验区。公路采用二级公路标准, 设计行车速度 60km/h, 路基宽度 10m。其余路段与保护区界几乎相平行, 与保护区界相距 8km 左右。研究区域如图 1 所示。



图 1 研究区域示意图

## 2 研究方法

**噪声影响域测量：**采用杭州爱华 AWA6228 型号噪声仪，选择穿越长白山区国家级自然保护区实验区段落 K31~K37，在距离公路路肩 0m、50m、100m、150m、200m、250m、300m 处测量车辆经过时的瞬时噪声值，每个点获取约 20 个样本量。

**视觉影响域测量：**选择穿越长白山区国家级自然保护区实验区段落 K31~37，垂直于公路往两侧森林内深入，当公路完全看不到时的人的位置与公路的距离即是视觉影响域。

**动物影响域指标测量：**在 2008 年冬季（11~12 月）和 2009 年冬季和 2010 年春季（11~3 月），共进行了 10 次调查。由于雪后的动物痕迹较易识别，选择雪后 2 天进行调查，每次调查时间持续 2~3 天，有雪被覆盖。从 K0 开始，每 5 km 垂直于公路往两侧各深入 200m 作为一条样线，调查观测到的各种痕迹的动物种类、数量和距离公路的垂直距离。以 50m 为区间，分析动物的痕迹在 4 个区间内是否有显著差异。冬季哺乳动物痕迹较易识别，因此我们以哺乳动物统计为主。

植物影响域、光照强度和温湿度等指标来源于文献 [11]。景观格局影响域来源于文献 [12]。

所有数据分析在 Microsoft Excel for Windows 和 SPSS 17.0 软件上完成。

## 3 研究结果

环长白山旅游公路建成运行后，由于路面加宽大大有利于各种车辆的行驶，带来噪声和视觉污染。根据我们监测，距离公路 0m（路肩处）噪声值约在 80db 左右，垂直于公路 100m 远处噪声下降到较低值 46db 左右，300m 才能降到 40db 以下（接近背景值，图 2）。根据单因素方差分析检验（ $p=0.000$ ），100m 范围内噪声显著降低，因此，本路噪声影响域为单侧 100m。经过现场测量，公路两侧的视觉影响域单侧也在 100m 左右。

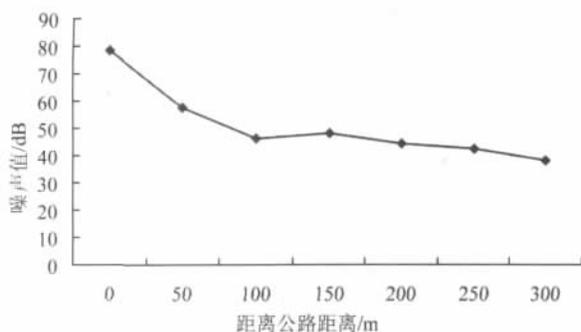


图 2 公路横断面上噪声递减情况

经过两个冬季的调查，我们在路域 200m 范围内共发现 11 种哺乳动物的痕迹（表 1），其中包括国家一级保护动物梅花鹿、紫貂，国家二级保护动物马鹿、青鼬。我们将 200m 划分为四个区间，不同距离动物种类丰富度无显著差异（卡方检验  $X^2=0.400, df=3, P=0.94$ ），四个区间分别为 11 种、11 种、9 种、9 种。不同距离动物痕迹数量也无显著差异（单因素方差分析  $p=0.079 > 0.05$ ），但是 0~50m 与 101~150m、0~50m 与 151~200m 区间内痕迹数量差异显著（ $p=0.039$  和  $p=0.017$ ）。说明动物活动靠近路域 50m 范围内较多。环长白山旅游公路对哺乳动物的影响域范围约为单侧 50m。

表 1 公路 200m 横断面样线上哺乳动物痕迹出现数量

垂直于公路距 离动物种类	0~50m	51~100m	101~150m	151~200m
东北兔	21	10	6	2
黄鼬	56	23	10	5
伶鼬	1	1	0	0
马鹿 <sup>II</sup>	7	4	1	0
梅花鹿 <sup>I</sup>	6	0	0	2
狍子	14	11	13	9
青鼬 <sup>II</sup>	8	5	0	2
鼠	14	4	5	1
松鼠	7	11	9	10
野猪	1	2	6	1
紫貂 <sup>I</sup>	7	3	3	6
总计	142	74	53	38

注：“I”表示：国家 I 级保护动物（National first-class protected animals）；“II”表示：国家 II 级保护动物（National second-class protected animals）。

根据陈建业等人的研究，距离本路两侧 10 m 远的位置是光照强度剧烈变化与趋势变缓的转折点。10~20m 是温度、湿度等生态因子剧烈变化与趋势变缓的转折点。因此，本路的光照影响域为单侧 10m，温湿度影响域为单侧 10~20m。

长白山区公路在植物多样性和组成方面，对于沿线草本植物的明显影响能达到 20m 左右，对于灌木能达到 10m 左右，影响强度随着距离公路渐远而逐渐减弱。因此，本路的植物影响域约为单侧 10~20m。

根据赵世元等人的研究，环长白山旅游公路改扩建工程对路域景观格局造成了一定影响，景观破碎化程度有所加剧。环长白山旅游公路对 200m 缓冲区以内的景观格局影响最为剧烈。因此，本路的景观格局影响域约为单侧 200m。

## 综合类

我们将不同环境影响因子综合在一张图上可清晰看出，环长白山旅游公路的道路影响域呈现多要素、空间不均匀特征，可预见的是还具有时间动态变化特征（如不同季节，植被密度和盖度不同，影响到小气候指标；不同季节动物活动频率和种类也不同，见图3）。

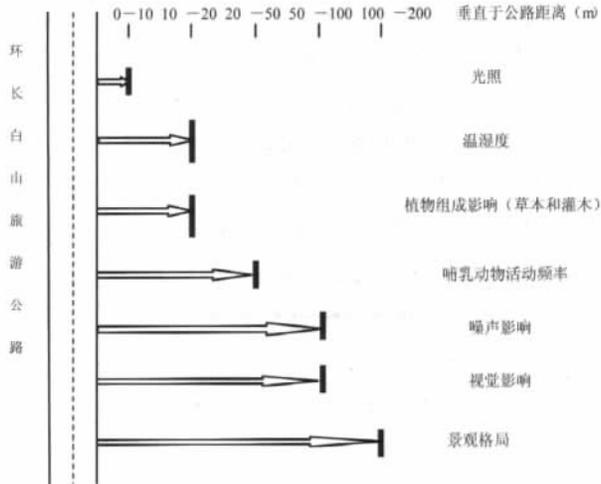


图3 环长白山旅游公路对7种环境要素的道路影响域示意图

## 4 讨论与结论

### 4.1 环长白山旅游公路的小气候影响域

已有研究表明无论是开阔地还是林地中，道路小气候带都是一个狭窄的带状。道路表面的热吸收和辐射很可能是小气候的决定性因子。我国学者发现公路生态恢复可显著改善小气候环境，具有环境效益，但是没有对公路小气候的影响距离进行估测。环长白山旅游公路光照影响范围约为单侧10m，温湿度影响域约为单侧10~20m，小气候影响局限在一个狭窄范围内，而光照对道路周围环境的影响则与森林疏密程度有关。由于本路在清表初期采用环保绿线理念及分步清表施工法，最大程度保护公路两侧原生植被，因此小气候影响域狭窄。

### 4.2 环长白山旅游公路的植物影响域

环长白山旅游公路的修建，首先改变了路域生态因子，林木的清除造成光照强度的增加，以及温湿度的变化。继而导致路域植物组成及多样性的变化。随着离公路距离的增加，呈现从喜光植物到耐阴植物的变化。由于植物多样性和组成变化与生态因子变化规律的一致性，综合得出，长白山区公路在植物多样性和组成方面，对于沿线草本植物的明显影响能达到单侧20m左右，对于灌木能达到单侧10m左右，影响强度随着距离公路渐远而逐渐减弱。

国际上研究较多的是外来物种沿着公路移动和横向扩散，研究显示最远的横向扩散距离是120m。在澳大利亚西部，林地内火烧之后的外来杂草从双车道开阔路

域垂直延伸了2m。研究显示虽然外来物种在路域不同距离处分布比较均衡，但是在路肩之外地方物种比重显著增大。环长白山旅游公路于2009年10月通车，在运营初期外来物种的扩散效应不明显。但随着交通量的增加，外来物种的引入及扩散可能影响到本路的植物影响域范围，应加强对外来物种的动态跟踪观测。

### 4.3 环长白山旅游公路的动物影响域

国外已经开展了不同类群动物的公路影响域研究，如鸟类、两栖爬行类和哺乳类等。本研究发现哺乳动物种类丰富度和痕迹数量在不同距离范围内无显著差异。但痕迹数量有靠近公路增多趋势，尤其50m范围内显著多于101~150m和151~200m内的痕迹数量，这可能与本研究主要在冬季有关，冬季交通量小，车辆干扰小，动物对公路的回避不明显，敢于靠近公路活动。另外，根据我们对黄鼬的研究，归纳出动物靠近公路活动的原因可能三个方面：第一，公路相比于密林内移动性增强，有利于哺乳动物的迁移，啮齿动物对道路的存在表现为不受影响或者受到正面影响；第二，公路与周围生境产生边缘效应，在道路两旁与周围生境的连接区域形成新的边缘生境，为某些物种提供了其所喜爱的生境类型，也为一些植物的生长提供适宜的空间，植物种子资源丰富，吸引了大量啮齿类动物，进而吸引一些以小型啮齿类动物为食的掠食者在道路附近活动，造成道路两侧野生动物的痕迹数量较多；第三，本路为连接长白山天池南坡、西坡和北坡的环区旅游公路，游客经常沿路丢弃食物、垃圾等，也间接促进了野生动物的靠近。

### 4.4 环长白山旅游公路的景观影响域

由于本路从老的林道改造而来，在改造过程中导致了很多三角地、施工便道、取弃土场等的产生，对该地区的景观格局造成了一定的影响。据研究发现公路对路域景观的影响限制在一定范围内，该地区公路附近200m范围内各景观指数变化剧烈。对这些三角区域、施工便道、取弃土场等进行植被恢复或人工促进自然恢复，增加与周围景观的相似性和连通度，可将公路改扩建导致的景观破碎化程度降低，尽可能地保护景观完整，为野生动植物的扩散及基因交流提供可利用的适宜廊道，对维持该地区生物多样性和生态系统稳定有重大意义。

### 4.5 环长白山旅游公路的道路影响域

综合小气候、植物、动物与景观影响域，我们认为环长白山旅游公路道路影响域为400m，单侧200m。澳大利亚国家公园内的公路影响域约为900m（单侧），但研究时间为7~9月，交通量1617辆/天，限速100km/h；环长白山旅游公路道路影响域小于澳大利亚国家公园的

公路影响域相比。可能的原因主要有两方面：(1) 两个地区本底的差异。由于不同地区其生境类型、植被类型、动物种类、地形条件、景观结构、气候因素等存在差异，造成其道路影响域的范围有所不同。(2) 本研究的调查季节主要为冬季，尤其开展动物调查的冬季交通量很小（少于100辆/天），限速60km/h，并且本路刚刚通车，道路交通对该地区生态系统的影响较小，道路影响域还未充分表现出来。

随着环长白山旅游公路的通车时间的增长，长白山旅游资源的开发，交通量的升高，道路影响域可能随之变化，选择有代表性的关键指标，跟踪长时期的变化，对深刻把握自然保护区旅游公路的生态环境影响具有重要意义。

公路建设者应该和道路生态学家携起手来共同为维护交通的通畅便捷和生物多样性保护之间的和谐发展更多对话和采取联合措施，从公路网规划、建设、运营等各个方面加强对道路周围生态环境影响的关注，才能有效的保持其原有生境的完整性，尽量减少对周边生境的影响，将道路影响域的范围缩小到最低程度。

#### 参考文献：

- [1] Forman R T T, Sperling D, Bissonette J.A.et al.Road Ecology: Science and Solutions.Washington D.C: Island Press, 2002.
- [2] 毛文碧, 段昌群, 李海峰, 等.公路路域生态学.北京: 人民交通出版社, 2009.
- [3] Forman, R.T.T., and R.D.Deblinger.The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway.Conservation Biology 2000.14:36-46.
- [4] Forman, R.T.T., Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States.Conservation Biology 2000.14:31-35.
- [5] 黄小军.生态公路研究与实践..北京: 人民交通出版社, 2008
- [6] 交通部公路司. 新理念公路设计指南.. 北京: 人民交通出版社, 2005
- [7] 沈毅, 晏晓林. 公路路域生态工程技术.. 北京: 人民交通出版社, 2009
- [8] 陈济丁, 孔亚平, 何子文.青藏高原多年冻土地区公路边坡植被生长的观测与研究.冰川冻土.2008.30(4) :704-709
- [9] 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.地理科学进展.2004.23(5) :78-85
- [10] Pocock Z, Lawrence R E.How far into a forest does the effect of a road extend Defining road edge effect in eucalypt forests of South-Eastern Australia.IN: Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation, Eds.Irwin CL, Garrett P, McDermott KP.Center for Transportation and Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC.2005.pp.397-405
- [11] 陈建业, 陆旭东, 王侗.长白山山区公路对路域植物物种组成及多样性的影响.生态环境学报.2010,19(2) :373-378.
- [12] 赵世元, 陈济丁, 孔亚平, 等.环长白山旅游公路改扩建对景观格局的影响.公路交通科技.2010,9(接收)
- [13] Laurance,W.F.Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves.Biological Conservation. 1991.57:205-19.
- [14] 李宁, 黄树青, 顾卫等.红外热像仪在公路小气候监测中的应用.公路交通科技.2006,23(9) :154-158
- [15] Milberg, P., and B.B.Lamont.Fire enhances weed invasion of roadside vegetation in Southwestern Australia .Biological Conservation 1995.73:45-49.
- [16] Ullmann I, Bannister P, Wilson J B.Lateral differentiation and the role of exotic species in roadside vegetation in southern New Zealand .Flora.1998.193:149-64.
- [17] Reijnen, R., Foppen R, Meeuwssen H.The effects of car traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands .Biological Conservation, 1996.75(3): 255-600
- [18] Boarman W I, Sasaki M.A highway's road-effect zone for desert tortoises (Gopherus agassizii) .J Arid Environ, 2006, 65:94-101.
- [19] Forman, R.T.T., Alexander L.E.Roads and their major ecological effects .Annual Review of Ecology and Systematics 1998.29: 207-31.
- [20] 王云, 朴正吉, 李麒麟, 等.黄鼬在吉林环长白山旅游公路路域活动的调查研究.四川动物.2010,29(2) :166-169.