



京师青年教师出版资助基金
JINGSHI QINGNIAN JIAOSHI CHUBAN ZIZHU JIJIN

DAOLU JINGGUAN SHENGTAIXUE YANJIU

道路景观生态学研究

刘世梁◎著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社



北京师范大学出版社

基金
J JIN

DAOLU JINGGUAN SHENGTAIXUE YANJIU

道路景观生态学研究

刘世梁◎著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

道路景观生态学研究 / 刘世梁著. —北京: 北京师范大学出版社, 2012.8

ISBN 978-7-303-13372-7

I. ①道… II. ①刘… III. ①公路景观—生物生态学
IV. ① U418.9 ② Q149

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 176117 号

营销中心电话 010-58802181 58805532
北师大出版社高等教育分社网 <http://gaojiao.bnup.com.cn>
电子信箱 beishida168@126.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印刷: 北京京师印务有限公司

经销: 全国新华书店

开本: 148 mm × 210 mm

印张: 14.75

字数: 319 千字

版次: 2012 年 8 月第 1 版

印次: 2012 年 8 月第 1 次印刷

定价: 36.00 元

策划编辑: 胡廷兰

责任编辑: 胡廷兰

美术编辑: 毛 佳

装帧设计: 毛 佳

责任校对: 李 茵

责任印制: 李 啸

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58806697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

本书的写作和出版得到国家自然科学基金项目“西部典型生态脆弱区道路网络演变及其区域生态效应(40871237)”、环保公益项目“不同类型建设工程生态环境影响定量评价技术和方法(201209029)”和十二五科技支撑项目(2012BAC01B02)的资助支持。

..... 前 言

道路对社会和经济的发展有着非常重要的作用，同时又对生态环境产生严重的影响。近半个世纪来，我国公路扩展速度很快，特别是高等级公路的建设在近几年发展迅速。公路扮演着双刃剑的角色，如何在公路建设的同时保护生态环境，进而实现区域环境的可持续发展，是一个十分重要和值得关注的问题。

从景观角度来说，道路作为景观中最主要的廊道，是人类干扰的先导和主要渠道，也是城镇化等景观变化进程的主要驱动力之一，它会扰乱地表景观格局的自然演进。道路网络的管理和完善离不开对其大尺度上生态效应的分析和研究，随着对道路生态效应的关注，从多尺度、多层次来认识和发现道路生态效应开始受到重视，目前道路生态学已成为生态科学研究的前沿。

本书共分为7个章节：第一章为道路景观生态学的产生和发展；第二章为道路景观生态学的相关概念和理论基础；第三章为景观尺度上研究道路生态学的方法；第四章为道路景观生态效应的内涵和研究进展；第五章为道路景观生态效应的相关研究；第六章为道路环境质量和景观生态评价，并对我国现行的环境影响评价制度进行了分析；第七章为公路建设中景观规划和设计及其生态管理的对策分析。

本书结合景观生态学的最新进展，系统总结和梳理了道路存在和扩展对区域生态系统的影响，并评价了道路建设的生态效应。本书以地理学为基础，以生态学为内涵，从不同尺度、不同角度和不同层次对道路的生态效应进行了案例分析。具体来说，从不同道路等级（特别是考虑了高等级路和低等级路的

影响)、道路网络入手,揭示生态系统因子、景观结构和区域生态功能的变化规律;从地理空间分析入手,分析区域道路网络的影响,初步确定典型区域道路影响域的范围和空间相关分析。

本书由刘世梁总体设计并拟定章节内容。其中,第一章、第二章、第三章由刘世梁撰写,第四章、第五章由刘世梁、温敏霞撰写,第六章由刘世梁、温敏霞和杨敏撰写,第七章由刘世梁、杨敏、富伟撰写。刘世梁、王聪、刘琦、杨敏和安晨最后统稿。在书稿编写过程中,董世魁教授、崔保山教授和杨志峰教授对本书提出了宝贵意见,在此表示感谢。

以往对道路生态效应影响和对策的研究主要从环境污染入手,或者从道路景观规划设计入手,对生态效应的分析往往更多集中在较小尺度或者单一要素类型,较少从多尺度或者空间角度分析道路的生态效应,道路生态效应的空间规律也较少涉及。在理论方面,已有许多学者在道路生态效应方面做了探讨,这些也为作者写作提供了基础和营养。景观生态学是跨学科的科学理论,是笔者的主要研究方向,在学习和工作中,也有一些新的观点和发现,但限于技术和能力,未能深入地作出更多研究。本书愿抛砖引玉,希望更多的学者能够关注此方面的研究。由于学科的交叉性,道路景观生态研究范围十分广泛,因此本书难免会有疏漏之处,也希望读者多提宝贵意见并批评指正。

刘世梁

2011年10月31日于北京

..... 目 录

第一章 道路景观生态学的产生和发展	1
第一节 道路的环境影响与生态效应	1
第二节 道路景观生态学的产生和发展	7
第二章 道路景观生态学的相关概念和理论基础	28
第一节 道路发展历史	28
第二节 道路的类别及道路发展	35
第三节 道路景观生态系统的概念和内涵	44
第四节 生态学相关原理	51
第五节 景观生态学相关原理	59
第三章 道路景观生态学的研究方法	81
第一节 GIS 相关方法	81
第二节 地理网络分析法	89
第三节 景观生态学方法	96
第四节 道路环境生态效应研究方法	105
第四章 道路景观生态效应	118
第一节 道路环境生态效应机制	118
第二节 道路对植被种群和群落影响研究	143
第三节 道路对野生动物影响研究	154
第四节 道路对水生态系统影响研究	168
第五节 道路对土壤因子影响研究	185
第六节 公路的社会环境影响	194

第五章 道路景观生态效应研究	219
第一节 道路建设对区域景观动态的影响	219
第二节 道路的空间特征与区域人类干扰	228
第三节 区域道路影响域的确定	264
第四节 城市化过程中道路对景观的点—廊道效应	275
第六章 道路环境质量和景观生态评价	290
第一节 公路建设的环境质量现状评价	291
第二节 公路环境影响评价的理论和方法	303
第三节 道路影响下的景观生态评价方法	336
第七章 道路景观规划设计与生态环境管理	367
第一节 公路环境规划和环境总体设计	367
第二节 公路环境监测和管理	376
第三节 公路景观生态规划设计的理论基础	391
第四节 公路景观生态规划设计的方法和技术	397
第五节 道路景观生态管理	419

第一章 道路景观生态学的 产生和发展

第一节 道路的环境影响与生态效应

近几十年来，我国道路网络总规模和整体建设水平有较大提高，国道主干线建设取得了重大发展；但为适应国民经济发展的需要，体现交通运输业作为国民经济发展的枢纽和先锋作用，必须新建和扩建各种等级公路，增加汽车保有量。然而在道路交通运输业促进地区经济迅速发展的同时，也在一定程度上加剧了资源、环境、人口之间的矛盾。伴随着我国总体环境质量的恶化和人口的增加，道路的环境影响与生态效应逐渐引起社会的广泛关注。

一、道路的环境影响

(一) 环境与环境问题

环境(Environment)是指人类和生物生存的空间。《中华人民共和国环境保护法》对环境的定义是：环境是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体。按照环境的自然和社会属性分类，环境包括自然环境和社会环境。更多意义上，环境以人类社会为中心，指的是人类的生存环境，即围绕着人群的空间及其中可以直接、间接地影响人类生活和发展的各种自然环境要素和社会环境要素的总体。

环境问题，并不仅仅局限于环境污染和公害等问题，它可

以从广义和狭义上进行理解。从广义上讲,就是自然力和人力引起的生态失衡,最后直接或者间接影响人类的生存和发展的一切客观存在的问题;从狭义上讲,主要是由于人类生产和活动使得自然界生态系统失去平衡,反过来影响人类生存和发展的一切问题。而环境污染一般是指由于人为因素、环境的化学组成和物理状态发生了变化,与原来的情况相比,环境质量恶化,扰乱和破坏了生态系统和人类正常生产和生活条件。具体来讲,环境污染指有害的物质,主要是“三废”对大气、水体、土壤和生物的污染。

(二)道路的环境影响

道路作为人类活动的产物,具有环境干扰的特点,由于其本身具有环境污染源的性质,带来的环境影响往往具有特殊性。道路的环境影响是路域环境出现的不利于人类生存和发展的各种现象。道路建设必然影响环境,尤其是高速公路建设,其施工、运营期造成的环境影响会更严重。

道路环境问题的产生主要来源于高等级道路——公路的建设。随着我国改革开放的不断深入和西部大开发战略的逐步实施,我国公路建设进入了前所未有的飞速发展时期,但公路建设不可避免地会带来一定程度的环境问题,主要有:

(1)公路建设直接对土地资源的占用,特别是基本农田、基本草原的占用。据有关资料计算,每建设 1 km 高速公路,占用的土地最高可达 $5\sim 7\text{ hm}^2$ 。

(2)选线不当破坏沿线生态环境、植被群落的结构和功能。公路基础设施建设强度和规模的加大造成森林、草原、湿地和沙地植被破坏严重、生态功能退化;由于公路建设衍生的环境

污染和生态破坏导致了植物的破坏、动物的消失，生物多样性也面临着很严重的威胁，这种影响对于生态敏感区来说更为显著。

(3)取(弃)土过程、临时施工、路基防护过程造成水土流失，如坡面侵蚀与泥沙沉淀等。在长江中下游地区，由于公路建设，每年新增水土流失量达 $5\,000 \times 10^4$ t。

(4)公路施工期废水、固体废弃物等造成土壤、水体等环境污染。

(5)公路通车运营期间，车辆对沿线造成的大气污染。机动车排放的有害废物主要是碳氢化合物、一氧化碳、氮氧化物、含铅化合物、苯并[a]芘等，以及二次污染物——光化学污染物等。大城市中，汽车排放一氧化碳对大气污染的分担率达85%。对烟尘、氮氧化物、一氧化碳和二氧化硫4种主要污染物的统计表明：交通运输业产生的污染物已占我国大气污染物的10%，机动车尾气污染已成为我国的主要大气环境问题之一。

(6)公路施工期和运营期产生的噪声危害。尽管施工噪声具有暂时性特点，但是由于人口稠密、施工任务繁重、施工面广而工期较长，其噪声危害相当严重。而运营期交通噪声问题无论在城市还是乡村，无论对人还是生物，都会带来负面影响。

(7)公路附属设施运营期间造成的污染，如服务区等设施造成的大气污染、水污染。

(8)公路建设的环境地质问题突出，有些路段地质灾害较为频繁，滑坡、崩塌、泥石流、地面沉降、地裂缝等地质灾害

呈增多趋势。

在以上过程中，有些污染物如果进入水体或者地下水等，会引起二次污染。

一般情况下，一条公路如果严格按照现行公路工程设计标准及《公路环境保护设计规范》(JTJ B04—2010)进行设计，按公路工程施工技术规范进行施工，就可以起到对路域自然环境的保护作用，并能够对社会环境进行调整和完善。目前我国对于高等级公路建设实行环境影响评价制度，评价主要关注以上的环境问题，并针对问题提出合理的环境保护和管理措施，这能够在很大程度上降低高等级公路建设对环境的污染和破坏程度。

二、道路的生态效应

生态概念强调以生命为中心，可以理解为生物系统与其所处的环境系统之间的相互关系，生态学研究也偏重生物内在的作用机制以及生物与环境间相互作用规律的研究。生态学研究使得环境等相关科学研究进入了更深入的层次，环境强调外在的表现形式；而生态具有生物的内涵，只有对具体的环境和生物进行研究，才能了解环境与生物的生态作用规律及其机制。

广义上，环境问题所产生的生态效应也是相互联系的，环境影响和生态效应难以截然分开，只是关注点不同；而如何处理环境问题及其所带来的生态效应也成为环境科学研究的重点。从这个意义上讲，道路的环境问题研究应从重视环境污染转移到环境破坏，从直接环境影响转向广泛的生态效应，从单一尺度研究上升到多尺度研究，从关注道路的建设和运营扩展到道路设计、规划等全过程分析，从单一道路研究拓展到区域

生态效应研究上。

(一)线型工程的生态效应受到重视

线型工程是指人类在绵延数十千米，甚至上百千米的地域上进行的，呈线状或带状的自然资源开发建设项目，如公路、铁路、输油管道、输气线路、输水灌渠、运河、索道等建设项目(程胜高，2002)。

长期以来，包括一些专家在内的许多人都认为：占地面积仅为整个区域百分之几的线型工程不会对生态环境产生明显的影响。然而，近十几年来，交通设施飞速发展，生态环境遭到严重破坏，以往线型工程引发的生态环境影响逐渐暴露出来。虽然造成生态环境恶化的原因是多方面的，而且人类对自然不合理的开发利用不仅仅体现在交通建设方面，但是生态环境破坏的现状提示我们：线型工程的影响作用并没有得到应有的重视，其带来的生态环境问题远远超出了我们的认知和预测能力，而且有些影响可能是巨大的、不可逆的。

事实上，线型工程建设项目延伸距离长，虽然其占地总面积不大，但影响范围广，沿途可能经过多种生境和生态系统，在千差万别的生态背景下可能以不同途径造成不同程度的生态环境影响，产生的生态环境问题往往是长期的、潜在的(王飞飞，2003)，如潜在的土壤侵蚀、水土流失、生物栖息地面积或数量减少、动植物数量减少或灭绝等；有些线型工程也可能产生有利的生态影响，如保护有益种、维护生物多样性等。

线型工程项目因其所处地理位置、开发强度不同，尤其是工程建设施工和运营期的人为补偿措施不同，所产生的环境影响的结果也不同，对于每个生态系统的影响不一且不局限于单

一的生态系统。由于生态系统之间有千丝万缕的联系，其中任何一个生态系统的变化都可能对周围的生态系统产生影响，从而造成高一等级环境体系(景观)的变化；而维持生态系统的平衡也不能靠对单一生态系统的恢复和保护来实现，因为景观整体的变化决定其内部每个生态系统斑块的动力。

(二)道路建设的生态效应

道路作为线型工程，对区域生态环境同样产生较大的影响，主要有以下几个方面。第一，扰动地表：施工破坏地表植被、土壤、结皮、砾幕，会破坏景观的生态完整性，还可能引发区域性的水土流失和土地荒漠化；第二，道路工程作为景观中人为添加的廊道，改变了景观的格局，使能流、物流、物种流流动受到阻断，使景观生态系统中的生态用水和生物多样性受损；第三，道路工程对生境的切割造成景观破碎化和岛屿化，可能使敏感物种的生存受到威胁，甚至灭绝，影响景观生态系统中的物种多样性(王飞飞，2003)。

大量生态环境破坏的现状和事实表明：许多生态问题都是由道路工程建设项目导致的。许多区域内的水土流失、荒漠化加剧、生境破碎化、岛屿化以及物种灭绝都与建设道路工程开发不当有关。道路工程不论在施工建设期间还是在运营期间，都会对生态环境产生众多影响，而且有区域影响性质和影响效应累积性的特点。不同的道路工程对生态环境产生的影响不同，其中有些影响是明显的、短期的、局部的或者可逆的，而有些影响是潜在的、长期的、区域性的甚至不可逆的。

不仅道路建设过程会产生生态效应，道路网络的扩展和路网密度的增加也会产生巨大的生态效应。区域道路网络是反映

人为干扰的一个综合指标，通常伴随着周围区域的城市化、土地利用变化等一系列人为活动。因此，路网既是连接人类与自然的桥梁，也是人类活动直接介入、干预自然的重要途径。

长期以来，对于生态效应的研究更注重某一条或一段道路的影响范围和强度，极少关注道路网作为一个整体的生态学效应，道路环境影响评价也仅针对某一路段，未涉及区域尺度路网的影响；而在区域尺度上，道路网络及道路和其他要素的耦合作用对区域生态系统产生了重要的影响，探索其影响强度和作用机制在目前具有一定的必要性。

第二节 道路景观生态学的产生和发展

随着国家对高速公路环境保护的不断重视，对道路生态效应的探讨和研究也越来越受到重视。纵观西方发达国家(如欧美)，道路建设已经从大规模工程建设发展到提高出行质量和工程建设与自然环境相和谐的境界，人们逐渐意识到道路系统对自然环境越来越严重的威胁，如大气、水质、野生动物、植被及栖息地的破碎和物种的灭绝等。解决这些问题需要综合交通学、水文学、野生生物学、植被生态学、种群生态学、土壤科学、水化学、水生生物学和鱼类学学科的知识，这些学科的整合形成了道路生态学研究的主要方向。

近些年来，我国的公路绿化、环境保护景观设计、新理念指导下的公路设计均是道路生态学相关领域的突破性研究进展。不少学者研究道路建设对区域经济发展的巨大推动作用，并且开始研究道路建设对区域自然生态系统和城市环境产生的

影响,但是还没有上升到道路生态学的角度。“道路生态学”这个概念在我国是个新事物,国外道路生态学所包含的内容、研究方法、理论体系、经验总结等的研究深度、发展速度无不让人惊叹。作为世界上自然地理条件最丰富、人口最多、道路建设规模和发展速度最快的国家,有必要关注全球范围内的道路生态学相关研究的进展,以提高我国道路建设与自然和人文环境相和谐的水平。

一、道路景观生态学发展简介

(一)道路生态学产生背景

国外的道路生态学研究可以追溯到 20 世纪 70 年代。这一时期,道路生态学主要集中于某一段道路对动物及环境污染的影响研究,处于探索研究阶段。道路对动物的影响包括物种的分布、迁移、种群数量等,道路对环境的影响包括噪声污染、大气污染、化学污染等。比如, Oxley 等(1974)、Vestjens(1973)研究道路对小型哺乳动物和野生动物造成的影响; Flanagan 等(1980)通过计算道路两旁植物中重金属铅和锌的分布,研究道路对其周围环境的污染; Free 等(1975)研究道路对某些种类昆虫的影响; 美国交通部的研究机构(Research Board Transportation, 1979)出版的手册,已经开始重视高速公路对湿地的生态影响。Laursen(1981)研究过道路对鸟类空间分布和出现频率带来的影响; Knutson(1987)重点研究道路对动物区系生态行为及其生境的影响。

进入 20 世纪 90 年代以来,有关道路生态学的文献大量出现。荷兰和澳大利亚的学者率先研究道路网络和交通廊道对自然生态系统的分割、干扰与破坏(Andrews, 1990; Lamont et

al., 1995; May et al., 1996); 90 年代美国学者开始主导道路生态学的研究, 重点转移到道路网络、道路影响带及其相关领域(Lugoa et al., 2000); 英国学者 Sherwood 等(2002)在分析了道路网对野生生物巨大的毁灭能力之后, 提出有必要全面进行生态道路网设计。

2002 年, 美国景观生态学之父、哈佛大学教授 Forman 联合来自交通部门、生态环保相关部门共 14 位科学家, 在经过 27 个月详细耐心的全球范围内的文献检索与案例研究之后, 出版了专著《道路生态学: 科学与解答》(Road Ecology: Science and Solution)(Forman et al., 2003)。这是全球范围内首次对分散的道路生态学研究进行的系统化和详尽总结, 并且试图上升到理论高度。在该书的 14 个章节中, Forman 教授详细论述了道路生态学的形成基础、发展过程以及道路与各种景观要素、动植物区系的相互作用关系。Forman 教授指出: 道路网络已经成为当今社会和经济发展的中枢, 其分布范围之广和发展速度之快都是其他人类建设工程不能比拟的。当道路网络和各种交通工具为人类社会带来巨大效益的同时, 对自然景观和生态系统的分割、干扰、破坏、退化、污染等各种负面影响也在不断加大, 而这种影响长期以来被人类社会所忽视。有关资料研究表明, 这种影响至少涉及全球陆地的 15% ~ 20% (Forman, 1998; 宗跃光等, 2003)。进入 2003 年, 国际社会多次召开道路生态学的学术会议, 例如 2003 年 5 月在美国加利福尼亚州首次召开的道路生态学研讨会以及 8 月在纽约召开的“国际生态学与运输大会”。尽管道路生态学还是一个新兴学科, 但是它在协调人工与自然生态系统之间的关系方面可以发