

云南主要公路沿线山地生态环境评估

YUNNAN ZHUYAO GONGLU YANXIAN SHANDI SHENGTAI HUANJING PINGGU

理论与实践

LILUN YU SHIJIAN

● 甘 淑 编著

■ 云南出版集团公司
■ 云南科技出版社

云南主要公路沿线山地 生态环境评估理论与实践

甘淑 袁希平 陈娟 等 编著



云南出版集团公司
云南科技出版社
· 昆 明 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

云南主要公路沿线山地生态环境评估理论与实践/甘淑编著.
—昆明: 云南科技出版社, 2007. 12
ISBN 978 - 7 - 5416 - 2747 - 7

I. 云… II. 云… III. 山区道路—环境—评估—云南省
IV. X322. 274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 203693 号

云南出版集团公司

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码:650034)

昆明市五华区教委印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 21.25 字数: 400 千字

2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 600 册 定价: 40.00 元

前 言

《云南主要公路沿线山地生态环境评估》(2003C0002Z)是云南省自然科学基金资助开展的重点研究课题。项目总的实施期限为2003年10月至2007年12月。主要承担单位有云南大学、中科院西双版纳植物园,主要合作单位有昆明理工大学、云南省公路规划勘察设计院。本论著为该项目研究的主要成果整理与汇编。本项目及论著的完成,还得到国家重点基础研究发展计划项目(2003CB415105)的支持,研究中所用的宏观尺度分析相关数据与资料均来自于国家重大基础研究项目的支撑。

按照本项目执行研究计划合同,《云南主要公路沿线山地生态环境评估》课题要求开展的主要研究内容包括以下三方面:①基于3S技术,尤其是现代地理空间信息科学,从宏观上阐释云南高原山地景观生态格局及其主要特征,分析不同山地景观生态格局中,主要公路沿线山地生态系统的变化及其与公路建设的交互作用关系;②在公路扰动的胁迫环境中,选择案例路段,深入分析典型生态系统变化与以公路为主的工程扰动之间的交互影响机制,建立案例路域公路建设沿线的生态环境影响评价指标体系;③对未来云南主要交通干线建设可能引发的生态环境变化进行预警分析探讨,探索公路工程效益维护,沿线山地生态环境保护的调控对策。

围绕课题研究所确定的内容与目标,在对相关研究论题进行综述与认识提高的基础上,结合对云南主要公路及其沿线山地生态环境区域背景资料的收集整理,分别就云南主要公路沿线山地生态环境有关变化与干扰驱动机制,主要生态环境过程与要素特性分解,以及山地生态环境评估方法与技术体系等相关理论问题进行了分析探讨,并选取案例开展了多尺度、多专题的评估实践运用。项目研究过程综合了多学科知识运用,从理论方面深化了对公路生态环境问题的探讨,拓展了云南高原山地生态学的研究方向,并在多尺度组织开展公路沿线山地环境评估应用方面取得一定进展,其案例评估实践成果对于云南山

区公路沿线的生态环境评估具有重要技术指导作用与示范意义。

本论著作为《云南主要公路沿线山地生态环境评估》课题研究成果的整理与汇编，其结构总体上也按三个大的方面进行组织安排。第一方面主要是基于文献资料收集与整理，对项目研究涉及的相关论题进行了综述，并就云南主要公路及其沿线区域的生态环境背景进行了资料收集与整理概述；第二方面围绕原计划研究内容，开展相关评估理论探索，包括对环境变化驱动要素的分析及驱动机制的剖析研究，对公路沿线环境过程及特性的分解讨论，对公路沿线生态环境评价方法、评价技术的分析整理等；第三方面则主要选取不同案例，从不同尺度与角度开展案例与实践运用过程，具体包括区域性生态环境背景评估，昆石公路沿线环境变化与遥感监测，高原面主要公路沿线植被调查分析，思小公路沿线景观特性案例分析，昆磨公路沿线地质环境脆弱性评估等。其中案例部分的资料主要来源于课题组成员发表的有关论文、博士论文、硕士论文等成果资料，主要涉及甘淑、张一平、袁希平、陈娟、贾治革、王馨、何云玲等相关成果资料整理与汇编，特此说明。

另外，由于开展云南主要公路沿线山地生态环境评估这样一个研究论题，涉及内容过于广泛，多学科交叉现象突出，有许多问题仍然有待深化与完善。本论著主要是基于课题研究工作成果的整理与汇编，不足之处在所难免、观点也难免偏颇，书中错误及不妥之处，恳请读者批评、指正。

编 者

目 录

第一章 综 述	(1)
1 公路沿线生态环境研究进展	(1)
1.1 国外公路沿线生态环境研究概述	(1)
1.2 国内公路沿线生态环境影响研究概述	(6)
2 山地环境研究概述	(9)
2.1 山地研究发展简析	(9)
2.2 山地环境特点	(10)
2.3 山地环境研究的主要内容及目前研究关注的方向	(11)
3 我国公路沿线山地灾害研究及存在问题分析	(12)
3.1 山地灾害类型	(12)
3.2 山地灾害的研究	(16)
3.3 存在问题	(18)
4 公路沿线生态环境评价及恢复研究状况	(19)
4.1 公路沿线生态环境评价	(19)
4.2 公路沿线生态环境恢复重建研究	(21)
5 公路沿线山地环境研究相关热点论题	(22)
5.1 公路沿线山地环境效应	(22)
5.2 公路沿线山地环境变化及驱动机制研究	(23)
5.3 公路沿线山地环境地质灾害调查研究	(24)
5.4 公路沿线环境地质脆弱性及地质灾害危险性评估问题	(27)
5.5 生态补偿问题	(29)
5.6 尺度问题及多尺度环境评价理念	(30)
第二章 云南主要公路沿线区域自然环境背景	(32)
1 云南主要公路沿线的区域地理环境及综合区划	(32)

1.1	云南区域地理位置及交通区位条件	(32)
1.2	云南区域地理环境特点	(32)
1.3	云南自然地理综合区划	(33)
2	云南区域地质环境及地表景观	(36)
2.1	云南区域地质环境	(36)
2.2	云南公路沿线的地表覆盖景观	(39)
3	云南生态环境特点及主要生态类型划分	(39)
3.1	云南主要生态环境特点	(39)
3.2	云南主要生态类型划分	(40)
4	土地资源状况分析	(42)
4.1	云南土壤类型及其分布	(42)
4.2	云南土地资源结构分析	(45)
4.3	土地资源特征	(49)
5	植被分布与土地利用	(52)
5.1	云南植被及其分布	(52)
5.2	土地利用状况	(59)
6	云南主要公路界定及其概况	(63)
6.1	云南主要公路界定	(63)
6.2	云南主要公路概况资料整理	(65)
第三章 公路沿线山地环境变化及驱动机制		(68)
1	公路沿线山地环境变化及驱动机制剖析	(68)
1.1	关于公路沿线山地环境中的变化分析	(68)
1.2	公路沿线山地环境中的干扰作用分析	(70)
1.3	公路沿线山地环境变化的干扰链作用	(72)
2	公路沿线山地环境变化的尺度特性分析	(74)
2.1	山区公路建设地表过程及其变化概念框架	(74)
2.2	公路及沿线山地环境的多尺度结构模式解析	(76)
2.3	公路沿线山地环境变化的尺度特性分析	(77)
3	公路沿线山地环境变化的直接驱动效应分析	(79)
3.1	直接驱动效应概述	(80)
3.2	典型直接驱动机制分析	(81)

4 公路沿线山地环境变化的潜在驱动作用及累积效应分析	(87)
4.1 潜在驱动作用分析	(87)
4.2 累积效应及阈值分析	(89)
4.3 公路工程环境影响的空间扩散效应探讨	(93)
第四章 公路沿线山地环境过程及特性分析	(96)
1 公路沿线山地环境水文过程概述	(97)
1.1 水与公路	(97)
1.2 水循环及陆地径流形成机制	(97)
1.3 公路沿线流水能量及其地貌作用	(101)
2 公路沿线山地环境地貌过程分析	(103)
2.1 坡面侵蚀与沉积过程解析	(103)
2.2 坡地暴雨侵蚀及典型地貌分析	(105)
2.3 公路沿线山地环境的块体运动及机制分析	(106)
2.4 公路边坡稳定性分析	(108)
3 公路与沿线水文地貌过程的交互作用分析	(110)
3.1 公路与沿线水文地貌过程交互概念模型解析	(110)
3.2 公路修建中潜在的环境地质灾害分析	(113)
4 公路沿线植被及特性	(115)
4.1 公路沿线山地植被类型	(115)
4.2 公路沿线山地植被特性	(115)
4.3 公路沿线山地植被的生态环境作用	(119)
4.4 森林生态系统功能特性分析	(120)
5 公路沿线的土壤及特性	(122)
5.1 土壤概述	(122)
5.2 土壤物质组成及其转化过程分析	(124)
5.3 土壤物理特性	(129)
5.4 土壤的生态环境作用	(131)
第五章 公路沿线山地生态环境评价方法体系	(135)
1 环境及评价概述	(135)
1.1 对环境的认识	(135)
1.2 关于环境评价类型	(136)

1.3	关于环境评价方法	(137)
2	公路沿线山地生态环境评估中的几个基础理论问题	(138)
2.1	压力-状态-响应理论框架与评价指标体系构建	(138)
2.2	土壤侵蚀模型估算及空间处理技术应用	(140)
2.3	指标选取与尺度问题	(142)
3	公路沿线山地环境评估的方法体系	(144)
3.1	植被专题评估	(145)
3.2	土壤专题评估	(146)
3.3	地质环境脆弱性评估	(147)
3.4	公路工程及沿线人为影响作用评估	(149)
3.5	土地质量综合评价	(151)
3.6	公路沿线生态区划及评价	(153)
3.7	生态足迹分析评估方法	(154)
3.8	情景分析方法	(155)
4	山区公路沿线生态环境野外调查方案设计	(157)
4.1	调查主要内容	(157)
4.2	调查方法	(157)
4.3	调查步骤	(157)
4.4	调查参数及调查技术处理方法的有关说明	(158)
4.5	野外调查设计表格	(159)
4.6	森林环境背景特征调查	(161)
第六章 公路沿线区域生态环境评估案例		(163)
1	云南区域山地生态环境现状评估	(163)
1.1	评估目的意义及方法概述	(163)
1.2	数据整理与评估单元确定	(164)
1.3	评估指标建立及标准化处理	(164)
1.4	综合评估模型确定	(165)
1.5	生态环境状况评估结果分析	(166)
2	云南主要公路沿线生态类型景观分析	(170)
2.1	云南主要生态类型空间分布	(170)
2.2	主要公路与生态类型叠加处理与信息整理	(171)

2.3	云南主要公路沿线的生态环境问题分析与讨论	(171)
3	云南区域自然植被净初级生产力的评估分析	(176)
3.1	区域植被 NPP 评估研究背景概述	(176)
3.2	研究资料与方法	(177)
3.3	云南省植被净初级生产力的时空分布格局	(180)
3.4	未来气候变化情景下的云南自然植被 NPP 的分析	(185)
3.5	结果与讨论	(186)
第七章 植被专题评估案例实践		(189)
1	滇南热带季节雨林与橡胶林林冠的持水能力试验研究	(189)
1.1	试验区选取及采样处理	(189)
1.2	林冠持水能力推算公式	(191)
1.3	热带季节雨林与橡胶林林冠持水能力分析	(192)
1.4	热带季节雨林与橡胶林的持水量变化分析	(193)
1.5	热带季节雨林与橡胶林林冠持水性分析与讨论	(197)
2	昆—石公路沿线植被群落调查分析	(200)
2.1	研究区概况	(200)
2.2	调查方案设计与调查实施	(201)
2.3	调查成果分析	(203)
3	滇中高原三条主要公路沿线植被特征分析	(205)
3.1	研究路段概况	(205)
3.2	研究路段沿线的植被状况总体分析	(206)
3.3	研究路段沿线的植被状况对比分析	(208)
3.4	主要公路沿线生态环境建设与保护对策探讨	(210)
3.5	公路沿线植被功能恢复刍议	(212)
4	昆明—磨憨公路沿线植被状况分析	(216)
4.1	昆明—磨憨公路概况及沿线植被分段区划	(216)
4.2	昆明—峨山附近路段片区	(217)
4.3	峨山—墨江附近路段片区	(219)
4.4	墨江—思茅的麻栗坪附近路段片区	(221)
4.5	普洱—磨憨附近路段片区	(223)
5	昆明—瑞丽公路沿线植被状况分析	(228)

- 5.1 昆明—瑞丽公路概况及沿线植被分段区划 (228)
- 5.2 昆明—大理附近路段片区 (228)
- 5.3 大理—保山大官附近路段片区 (231)
- 5.4 保山大官—蚂蟥箐附近路段片区 (233)
- 5.5 蚂蟥箐—龙陵附近路段片区 (234)
- 5.6 龙陵附近—瑞丽路段片区 (235)

第八章 公路沿线山地环境遥感监测应用及景观分析案例研究

- (237)
- 1 相关技术与方法概述 (237)
 - 1.1 土地利用/覆盖与空间信息处理技术 (237)
 - 1.2 基于 LUCC 的景观评价方法及指标 (239)
 - 1.3 基于 LUCC 的动态分析方法 (241)
- 2 昆石公路沿线地表植被变化遥感监测应用 (242)
 - 2.1 昆石公路概况及研究数据收集整理 (243)
 - 2.2 技术处理与实施 (243)
 - 2.3 结果统计与分析 (246)
- 3 峨山—磨憨路段沿线地区土地利用/覆盖遥感监测应用 (248)
 - 3.1 研究区土地利用与覆盖分类体系 (248)
 - 3.2 遥感图像分类处理 (249)
 - 3.3 分类精度评定与改进 (251)
 - 3.4 遥感分类的图形后处理与结果统计 (254)
 - 3.5 分类结果统计整理 (255)
- 4 峨山—磨憨公路沿线土地利用/覆盖变化分析 (256)
 - 4.1 公路沿线山地环境变化信息的遥感监测技术框架 (256)
 - 4.2 研究区山地环境变化信息的发现技术及处理 (258)
 - 4.3 研究区山地环境变化的数量分析 (259)
- 5 思小公路沿线山地景观特性分析 (262)
 - 5.1 资料收集与景观制图 (263)
 - 5.2 公路沿线山地景观变化分析 (263)
 - 5.3 景观类型转化分析 (265)
 - 5.4 景观类型级别指数特征分析 (269)

5.5 景观级别的景观指数分析	(272)
5.6 公路沿线梯度的景观格局变化分析	(273)
第九章 昆磨公路沿线山地环境脆弱性评估研究案例	(276)
1 公路沿线地表环境纵向结构剖析	(276)
1.1 昆磨公路整体纵剖面图剖析	(276)
1.2 昆磨公路分段纵剖面图剖析	(280)
2 公路沿线山地环境的降雨驱动作用分析	(285)
2.1 降雨侵蚀力及其估算	(285)
2.2 公路沿线山地环境中的降雨驱动力简析	(286)
2.3 昆磨公路沿线降雨驱动力估算处理	(287)
2.4 驱动力估算结果分析	(291)
3 山地地质环境脆弱性评估	(296)
3.1 植被覆盖度信息提取处理	(296)
3.2 地形指标提取处理	(298)
3.3 脆弱性综合评估处理与分析	(302)
4 对公路沿线山地生态环境脆弱性评估的讨论	(306)
4.1 对环境脆弱性评价的认识	(306)
4.2 公路沿线环境地质灾害脆弱性评价方法	(307)
4.3 区域环境地质脆弱性评估方法及运用	(308)
4.4 昆磨公路沿线地带环境地质脆弱性成果整理	(310)
参考文献	(313)

第一章 综 述

1 公路沿线生态环境研究进展

1.1 国外公路沿线生态环境研究概述

在欧美发达国家，由于高速公路发展较早，开展有关公路沿线的环境变化及其效应的研究也相对要早，而且目前的趋势是从对环境的直接干扰驱动研究转向对潜在生态环境效应的探索。Lan 早在 1998 年就对此前与公路生态环境效应研究相关的 388 篇文献进行过系统回顾，概括了公路影响的生态效应主要表现形式（表 1.1），认为在已经开展的有关公路生态效应研究中，相对较多的研究论题主要集中在公路对生物区系及其生态系统环境的污染与干扰效应，公路对生物区系及其生境的影响效应以及公路风险及影响评估等三个方面。Lan 最后还指出，未来公路环境效应研究的热点方向将是关于公路的污染、长期效应、环境影响评估（EIA）、生境破碎化、减缓对策、邻近缓冲带分析及管理等研究领域。

表 1.1 公路对沿线影响的生态效应表现

建设期间的效应

- (1) 生境和生物区系的直接丧失。
- (2) 那些来自于公路建设中有关配套基础设施及相关辅助支持活动的影响结果。
- (3) 公路建设中的生态影响有可能不仅仅发生在紧邻公路附近的区域，例如：水文方面的变化，为建设公路所进行的土石料开采与聚散活动会在不同地方发生，因此，确定合适的地理边界对评价生态影响是很重要的。



续表 1.1

短期效应

(1) 新建公路形成的线形表面将产生新的微气候, 并导致其他相关自然环境状况也随其与公路边缘距离远近而发生变化。

(2) 新建公路所产生的边界为边缘物种提供栖息地或生境。

(3) 植物死亡率具有沿着公路边界增加的趋势, 并且这种死亡率将随公路边缘外延扩展到不同的距离范围。

(4) 植物的死亡率对其他有机体具有直接或间接的次生影响。

(5) 一些动物群落由于生境丧失及自然干扰而被迫迁移到远离公路沿线的地区。

(6) 公路交通可能造成动物的死亡。

长期影响

(1) 公路交通将可能持续地造成动物的死亡。

(2) 死亡后的动物尸体还潜在着次生影响。

(3) 公路两侧的生境丧失与变化可能会沿空间延伸扩展而超出公路边缘范围。

(4) 生物群落变化也将延伸到公路沿线不同距离的空间范围。

(5) 生境的破碎化进一步促进公路沿线生境破坏与丧失, 造成有机体的分散分布以及物种的隔离状况。

(6) 公路边缘生境与公路交通有可能促使不同物种的空间扩散发生, 其中也包括有害物种扩散、入侵。

(7) 通过公路生态带或交通方式引起的有害物种扩散, 可能对生物群落具有潜在的次生影响。

(8) 桥梁、隧道等相关构筑物将可能为一些生物种群提供生境。

(9) 来源于公路修建所形成的各种地表径流对沿线水生群落具有影响。

(10) 放射物、废弃物、噪音和其他物理干扰可能会蔓延到公路沿线不同距离的植物机体内, 并造成物种生理结构的变化。

继 Lan 之后, 有许多学者也就公路生态环境影响, 特别是其生态效应开展过多方面的探讨。如 Davide Geneletti 等基于对公路建设导致的稀缺性生态系统的直接丧失问题考虑, 通过案例研究, 探讨了综合传统生物调查与制图技术方法, 并就公路对沿线生物多样性的影响效应进行分析评价。Anthony P. 针对公路建设中为大型哺乳动物修建动物通道的执行效应进行指数分析, 并就此提出响应对策。有关学者还特别对公路沿线的陆生与水生生物的生态影响作用进行了较深化的综述与整理。另外, 世界银行也就公路建设与环境问题开展了有关

的专门技术指导研究。特别地, 2003 年 Forman 等基于对公路生态环境效应研究成果而组织出版了著作《公路生态——科学与解决》, 这是国外有关公路环境研究中, 相对最系统、全面的公路生态研究代表性成果, 标志着对公路的生态研究已经上升到学科理论的高度, 亦即公路生态学的提出。该论著通过从公路、车辆与生态的关系, 公路对植被与野生生物的环境效应, 公路对水、化学物质和大气的环境效应, 以及公路系统及未来展望四个大方面, 分别就公路环境效应进行了系统的论述, 全面揭示了公路环境效应的内在规律, 并分析指出研究中仍然存在的问题和有待深入的探索方向。

其中, Forman 等在以下几方面的研究成果, 对于开展公路生态研究以及指导公路规划与建设都将具有深远的理论与实践意义, 为此特别进行了归纳整理。

在公路对沿线植被与野生生物的环境影响效应研究方面, Forman 等指出: ①“解读公路沿线”将给公路使用者带来关于公路沿线自然环境及相关历史、管理、道路沿线生态系统等的直观认识与明确理解。②公路沿线大量外来种可能对周围的牧场、农田及自然资源保护区具有巨大的潜在入侵胁迫, 但有关外来种与当地物种之间相互关系的研究并不充分, 对于公路沿线环境所包含的一些稀有本地物种, 关于它们的种类数量及空间分布的详细资料也较为贫乏, 因此迫切需要针对这些问题建立有效的管理和保护机制。③穿越各地的不同等级、类型的公路已经成为这些发达地区野生动物活动的主要障碍。它们形成更为破碎的生物栖息地, 阻碍野生动物正常的活动, 限制了动物在这些栖息地之间的移动。最直观的影响还体现在公路对种群的一系列效应, 如不可避免地导致公路沿线动物的高死亡率、降低了出生率和生存率, 这些与公路系统高度相关的效应最终可能导致曾生活在这片土地上的物种种类和种群数量的减少。④公路沿线地区的地表景观状况在很大程度上可以说是映射公路网络的一面镜子, 不断增长的公路密度必然使景观格局越来越破碎化, 形成封闭或半封闭的屏障, 阻碍动物的活动, 结果导致那些被离散化的野生动物种群的生存受到极大挑战, 最明显的是其生存将越来越大地受到公路交通随机事故的威胁。⑤对于社会和交通系统而言, 公路是联系人与人、社团与社团、城市与城市的生命线, 没有这些生命线, 人类的生活质量将会降低, 因此人们迫切需要针对公路生态环境问题与人类社会需求之间的矛盾, 寻求有效的解决办法。在未来公路发展战略中, 尤其需要特别注意的是, 在满足人类及其社团之间交流需求所依赖的生命线的同时, 也应该适当兼顾考虑满足生态系统及动物活动的必要需

求。⑥公路决策者应该做出两方面选择，一是减少那些直接造成野生动物死亡率上升的活动，二是减少公路栅栏的阻隔效应。其中要求公路规划者应该考虑的重要问题之一，就是要提高关于公路对种群和生物多样性影响的累积作用和滞后作用的认识。

在有关公路与水、化学物质和大气环境效应等研究方面，Forman 等指出：①公路系统与水之间的交互作用是极其复杂多样的，许多公路毁坏及道路环境影响均与水有着密切的关系。水的流动、冻结和下渗等，都可能会严重破坏道路，而公路也可能在景观上改变水、沉积物及污染物的运动循环过程，而且一些公路与边沟还可能变成沿线河网水系的一部分。②公路与沿线水系统的相互作用主要取决于公路在地表景观中的具体空间布局，在地表景观不同的空间位置环境状况下，公路与水的交互作用具有明显的差异。通常，布局在平缓高地景观上的公路，主要对地表水和地下水系统的环境污染有潜在影响；修建于坡地景观中的公路，由于阻断了坡地汇流的自然路径，因此必然影响到流水汇集的运动过程，同时公路本身也自然会受到流水作用的胁迫；修建于低洼地区的公路，不仅可能成为阻碍洪水自由蔓延及消退的屏障，而且同样自身也将受到洪水对它的扰动，如冲刷作用所导致的较大程度的破坏。③特别需要强调的是，由于流水作用是公路建设与维护中最主要的“敌人”，因此，人类对于防御它的危害，已经积累了许多克服与解决流水对公路建设扰动问题的设计思想和工程实践经验。然而，从另一角度考虑，公路也同样是自然流水汇流过程的主要“敌人”，但人们对于公路是如何阻止和破坏坡地汇流连续性的研究仍然比较薄弱，这将成为人类所必然面对的一个极具挑战性的工程与生态前沿问题。④沿公路沿线一定空间蔓延的污染物扩散过程是与地表交通状况密切相关的。随着道路分段穿越沿途不同的生态系统和各种土地利用类型之间，污染物不断地扩散到周围环境当中，这些化学物质势必引起广泛的生态影响。更为严峻的是，来自于公路干扰的大量不同类型的化学物质，它们在不同的地方具有不同的累积水平，而沿线不同环境对于不同种类的化学污染物的敏感度又是有差异的。结果使人类在对待社会与公路交通环境污染问题时显得进退两难。即人类对于公路的环境污染问题，似乎表现为“无所不知”，但对于公路沿线“无处不在”的明显环境退化状况却又表现得束手无策，境地尴尬。确实，对于与公路网络密切关联的化学物质的景观生态影响的探索，一直都是公路生态研究领域的一个空白。目前应该促使生态学家深入到交通运输领域，并与交通工程师以及其他专家联合开展工作，通过综合来源控制、减缓措施、精心设计

以及相关论题深化研究等,逐步揭示公路环境化学效应问题。⑤道路对水生生态系统的影响效应主要发生在道路沿线与水体相邻接的地区,具体问题表现在由于受风蚀、流水冲刷以及滑坡等作用,引起固体径流物质向水体的输送,导致土壤颗粒通过悬浮在水中或在水底形成沉积而影响水生生态系统状况。另外,土壤组成成分以及附着于土壤颗粒上的化学物质也是对水生生态系统造成影响的主要原因。⑥公路系统还在以下四方面对沿线景观生态环境具有重要的影响。即:公路表面和公路邻近地带是粉尘和相关化学污染物的主要来源;沿公路行驶的车辆所排放的废气是导致大气污染和温室气体增加的主要因素;用于公路建设中的混凝土也具有扩散温室气体的作用;在全世界范围,特别是在热带森林,不断增加的公路往往会导致大范围森林的砍伐,森林砍伐将导致贮藏于树木中的碳源的损失,结果成为温室气体排放的主要贡献者。总之,公路系统会直接或间接地制造污染、导致和干扰气候变化,越来越多的公路和汽车将会加剧这些不良影响。尽可能地减少公路密度,减少公路与广大森林地区的接近程度,也将减缓公路和汽车对大气环境的影响。

在公路系统与未来研究展望方面,Forman等指出:①公路和沿线土地之间确实存在着互为依存的关系,应考虑建立公路与相邻土地和土地利用相联系的公路系统评价体系。另外,公路与周围的土地之间具有密切的反馈机制,进行环境系统反馈机制的研究是十分必要的。②通常可以利用如下原则指导进行与公路相关的效应分析,即具有最小生态影响的公路网不仅指那些目前仍然保持无路状态的地区,而且还包括那些使交通流量相对集中于少数主要干道的状况。该原则的应用实质就在于不要规划建设太密集的公路网,避免造成其空间影响的叠加与累积。在有限的空间分布范围内,可针对具体问题实施相关的缓解对策以解决公路影响的问题。③在人工生态系统为主体景观的地区,公路的生态效应可能会出现在不同的时间和空间尺度上,但最主要的关注点是公路对沿线路域的环境效应,如对河流排水体系及其潜在的致洪水平以及对野生动物栖息地的影响等作用。④在自然生态系统为主体景观的地区,公路是促进地方发展的必然通道,是促进未来发展的先驱设施。因此对这些地区规划的公路基础设施的环境影响分析,需要在项目的早期就按照一定的原则与步骤进行系统评价。在这些地区,首先进入自然景观中的第一条公路具有相对较大的环境变化驱动作用。在此基础上,随着公路密度增加,许多生态环境效应及其影响将快速叠加并成倍扩增,在该状况下就可能会出现一个代表性的阈值。为了长期维护自然特性、自然过程以及自然生态系统的社会意义,首要的目标是避免达