



公路路域科学系列丛书

公路路域生态学

Road Ecology

毛文碧 段昌群 等 编著



人民交通出版社
China Communications Press



公路路域科学系列丛书

公路路域生态学

毛文碧 段昌群 等 编著



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书是公路路域科学系列丛书之一, 主要内容包括: 绪论、公路路域生态系统特征、公路路域生态学的基本理论、公路路域生态系统分析、公路路域生态环境影响评价与保护, 共五章。本书深入浅出地介绍了公路路域生态学的相关理论, 同时配合实例介绍了公路路域生态学理论在工程中的应用。

本书可供公路与生态环境研究、设计、施工人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

公路路域生态学/毛文碧等主编. —北京: 人民交通出版社, 2009.1

ISBN 978-7-114-07428-8

I.公... II.毛... III.公路-路侧地带-生态系统-研究
IV.U418.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 154408 号

书 名: 公路路域生态学

著 作 者: 毛文碧 段昌群 等

责任编辑: 韩亚楠

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: 010-59757969, 59757973, 85285977

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 13.75

字 数: 206 千

版 次: 2009 年 1 月第 1 版

印 次: 2009 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07428-8

印 数: 0001—3000 册

定 价: 36.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序

前不久，从文碧老院长那里听到“公路路域生态学”的概念，感到很新鲜。“公路”是我熟悉的专业，“生态”则是陌生的领域，两者结合的学问让人有耳目一新的感觉。近日，当我读罢“公路路域生态学”时，觉得它是一本难得的好书，犹如一把理论梳子将公路与其周围生态相互影响的关系梳理得清晰可见，值得一读。同时，也愈发觉得公路路域生态学是一门有生命力的学科，因为它顺应了时代的发展和要求。

“路域生态学”起源于20世纪60年代。欧美国家在席卷全球的环境启蒙运动中，对公路建设带来的水土流失、水文效应给予了关注。1970年后，欧洲和美国开始为野生动物穿越公路建设专门的桥梁与通道。1980年后，荷兰等国推动了与公路建设相关的生态学的研究。2003年美国著名景观生态学家Forman教授等14位科学家，共同撰写了首部路域生态方面的专著《路域生态学：理论与实践》，提出了“路域生态学”的概念和学科内容，标志着“路域生态学”的诞生。

我国公路建设中的生态保护工作起步也很早。多年来我国对公路建设中的路旁植树、水土保持、风沙治理等都相当重视。20世纪70年代公路交通环保工作开始起步，1987年交通部发布《交通建设项目环境保护管理办法（试行）》，进一步推动了气、水、声等公路交通污染防治工作的发展；1997年交通部发布《公路建设项目环境影响评价规范（试行）》，规定对社会环境、生态环境、环境空气、环境噪声的影响进行评价；1998年交通部又发布了《公路环境保护设计规范》，这一年交通部科学研究院、北京大学、陕西省高速公路管理局共同开展《黄土地区高速公路建设生态环境影响评价指标体系研究》，在国内率先研究高速公路生态环境评价指标体系，为公路交通行业在生态环境影响评价领域的发展进行有益的探索。20世纪90年代初，世界银行在我国公路贷款项目评估中，要求进行项目环境影响评估，推动了我国公路生态环境保护

事业的发展。

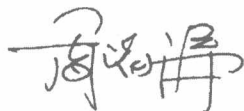
进入21世纪，我国公路建设者的生态保护意识明显提高。2003年交通部在四川省川主寺到九寨沟公路的改造工程中，提出并实践了“设计阶段最大程度地保护生态，施工阶段最小程度地破坏生态和最大程度地恢复生态”的建设原则。2004年交通部在全国公路勘察设计工作会议上提出“六个坚持，六个树立”^注的建设理念，并在全国高速公路中示范推广，一批路域生态保护与设计施工良好的公路工程建成通车。

应该指出的是，虽然我国在公路路域生态保护方面的工作有了明显进步，但将其作为独立的学科进行发展才刚刚起步，很多空白还需要填补与开拓。

在新的历史条件下，公路生态保护事业的发展面临前所未有的机遇与挑战。党的“十七大”确定的2020年实现全面建成小康社会的奋斗目标中，明确提出：“建设生态文明，基本形成节约能源资源和保护生态环境的产业结构、增长方式、消费模式。循环经济形成较大规模，可再生能源比重显著上升。主要污染物排放得到有效控制，生态环境质量明显改善。生态文明观念在全社会牢固树立”。

我国多位生态学、社会学等相关专业的专家和公路专业工作者，齐心协力，在短短两年多时间就撰写成这本《公路路域生态学》，为公路专业人士打开了一扇通往生态世界的大门，使我们逐步认识生物、环境及其规律；也为生态学者找到了一个在工程领域进行研究与探索的空间，使他们逐步了解公路建设过程；为共同建设我国“公路路域生态学”，推动我国公路交通学科的发展作出了积极贡献。

谨向各位作者及人民交通出版社表示衷心的祝贺和敬意。



中华人民共和国交通运输部总工程师

2008年6月30日于北京

注：“六个坚持，六个树立”：一是坚持以人为本，树立安全至上的理念；二是坚持人与自然相和谐，树立尊重自然、保护环境的理念；三是坚持可持续发展，树立节约资源的理念；四是坚持质量第一，树立让公众满意的理念；五是坚持合理选用技术指标，树立设计创作的理念；六是坚持系统论的思想，树立全生命周期成本的理念。

《公路路域科学系列丛书》出版说明

公路路域科学是一门探讨如何处理公路建设中引起生态环境与社会问题的学科。它将相关的生态问题、经济问题、社会问题同我们国家的资源环境与发展问题有机结合,以其综合性、系统性、交叉性、实用性、前瞻性初步构建了具有时代前沿特征和中国特色的学科体系。本套丛书以《公路路域生态学》的出版为开篇,目前已经建构了公路路域方面有关工程学、恢复工程技术、公路路域工程实例、经济学、社会学等知识体系和理论框架,并将在陆续出版的《公路路域科学系列丛书》中与读者见面。

公路网络及其承载的各种交通工具为人类社会带来巨大便利和社会效益,但也对自然景观和各种生态系统产生了严重影响,各种分割、扰动、破坏、污染等效应对公路沿线生态系统产生的负面作用越来越受到社会关注。如何趋利避害;如何在进行公路设计、建设过程中,将可能出现的各类生态环境问题化解在源头之中,是公路建设领域构建和谐社会、建设生态文明的突破口和切入点。

20世纪70年代,公路建设部门开始将公路的环境问题纳入工作视野中,但直到20世纪90年代,工作重点主要集中在公路建设的废水、废气、废渣这些“三废”处理和公路边坡绿化及水土保持方面。进入21世纪,随着国际社会对生态系统服务功能、生态健康、生物多样性这些涉及全人类未来基本福祉问题的纵深关切,仅仅围绕行业内直观的生态环境问题就难以满足社会发展对资源环境保护的需要。把覆盖在地球表面的公路网络有机地融合到可持续发展的生物圈中,使公路建设和运行对自然生态系统的影响降低到最小程度,使公路建设在顺应自然规律的基础上提高公路的寿命和运行通畅性,已经成为公路事业的主旋律。在认识该问题的过程中,公路路域生态学在进入新世纪之初应运而生。2003年,“景观生态学之父”、哈佛大学Forman教授联合全

美14位科学家，历经27个月的时间，撰写了国际上首部系统阐述公路生态学影响的专著——《路域生态学：理论与实践》（Road Ecology: Science and Solution），书中初步提出了路域生态学的概念和学科内涵，标志着路域生态学的诞生。

我国目前是世界公路建设的主战场，这里既急需理论指导又可孕育最新理论，既急需技术支持又是技术创新的舞台。我国路域生态学的研究在注重解决具体实际问题方面有自己的长处，但在基础知识积累、学科积淀、技术创新、学术思想形成和理论构建方面还十分薄弱。未来我国除应在自己的传统优势领域提升理论高度，形成优势外，还应抓住我国当前大规模建设这一机遇，解决世界各国科学家从来没有或很少面临的基础科学工程技术难题，通过任务带动解决具体问题，发展路域生态学及其他路域科学体系。

我国公路生态科学研究与实践，应该顺势而谋，乘势而上，在提升研究水平、追赶国际前沿的同时，构建中国公路路域生态学的学科高地，争取在多个优势领域引领路域生态学的学科潮流。为此我们组织了多位生态学、社会学和公路工程学方面的专家共同编写了《公路路域科学系列丛书》。在出版《公路路域生态学》的基础上，还将继续推出《公路路域工程学》、《公路路域恢复工程技术》、《公路路域经济学》、《公路路域生态工程实例集》等分册。丛书中的理论基础、研究方法及工程实例将为公路工程学、生态学、经济学、社会学等方面的研究人员提供有益的参考。

《公路路域生态学》编写组名单

顾 问：汪星宇 舒 翔

主 编：毛文碧 段昌群

编写人员：段昌群 李海峰 甄晓云 陈 兵 王 云 陶 磅
张智才 王 洁 秦晓春 续勇波 吴家勇

统 稿：毛文碧 段昌群

前 言

截至2007年底,我国公路通车总里程达357.3万公里,其中,高速公路超过5万公里,高速公路的通车里程已居世界第二,仅次于美国。虽然我国的公路建设,从规划、设计、材料、工程机械到施工与质量控制等方面,都取得了许多成功的经验,建设水平大大提高,甚至已经走在世界的前列。但是,和世界上的许多国家一样,“公路对自然环境的负面影响和影响的复杂性”也才刚刚被我们认识。

据有关研究资料报道,公路建设对环境和自然生态系统有着显著的负面影响,如:土地资源占用、植被破坏、水土流失、汽车运行造成的大气污染和噪声污染等。根据有关资料显示,每建设1公里高速公路,占用的土地最高可达5~7公顷;在长江中下游地区,由于公路建设,每年新增水土流失量达到5 000万吨,仅四川省,每年因公路建设新增水土流失达2 678万吨。

据美国的研究表明,道路路网的形成对自然景观和生态系统有分割、孤立、干扰、破坏、退化、污染等各种负面影响,而这些影响,可能超过了人类活动的其他方面。美国的科学家们同时指出:道路网络主要形成于20世纪70年代,那个时代交通部门注重提供安全和高效率的交通环境,而不大关心生态学。然而今天,情况发生了变化,交通部门和生态学家正积极解决由于过去错误决策而带来的恶果,并防止其在未来继续发生。世界上第一部有关道路和生态学方面的专著《路域生态学:理论与实践》出版,推动了此方面研究并标志着“路域生态学”的诞生。

我国首部《公路路域生态学》的创作目的,是在认识公路“对自然环境的负面影响和影响的复杂性”的基础上,把公路工程建设纳入和谐社会建设的大战略中去具体实施,并真正做到公路建设以人为本,人与自然和谐相处。人与自然和谐相处的关键是“相处”。“相处”就要承认自然、尊重自然、爱护自然、保护自然;自然界是人类赖以生存和发展的基本条件,保护自然就是保

护人类，建设自然就是造福人类。所以，在研究路域生态系统、路域经济系统、路域社会系统和公路这种人工构造物共存的时候，确保公路沿线生态系统的完整性，实现公路与生态系统的和谐与动态平衡，是公路路域生态学的根本任务。

《公路路域生态学》一书，由毛文碧，段昌群，李海峰，甄晓云，陈兵，王云，陶磅，张智才，秦晓春，王洁，续勇波，吴家勇十二人共同写作完成，汪星宇、舒翔为本书的顾问。全书共分序、前言、第一章至第五章共七部分。其中，前言由毛文碧主笔，第一章和第三章由段昌群主笔、统稿；第二章和第五章由陈兵主笔、统稿；第四章由李海峰、王云主笔；毛文碧和段昌群负责全书统稿。人民交通出版社杨文银社长对本书的出版提出了许多宝贵的建议；人民交通出版社韩亚楠编辑对本书进行了认真的加工整理。

本书在编写过程中得到了云南利鲁环境建设有限公司董事长苏一江先生和河南高远路业集团董事长刘廷国先生的全力支持，保证了多次编审会议圆满成功。云南利鲁环境建设有限公司是从事自然生态环境研究、设计与恢复的专业公司；河南高远路业集团是我国集公路养护技术研发、设备和材料生产，及工程施工为一体的专业化企业。在此对以上各位领导和同仁对该书出版工作给予的大力支持和指导表示衷心感谢。

正如大卫·白威尔先生对美国版《路域生态学：理论与实践》的评价中所说：“路域生态学是交通行业的‘寂静的春天’。如果我们不能及时地从道路工程学转移到路域生态学中，我们必将生活在一个拥挤的、破碎的生态系统的世界中……”。

我们衷心期望，我国首部《公路路域生态学》的出版，能为我国的公路建设、公路路网交通与生态系统的和谐和发展，提供必要的理论支持，为生态文明理念在全社会的牢固树立和生态文明建设作出应有的贡献。

路域生态学作为一门新型学科，正处在研究阶段，它的学术思想很多方面还不成熟，也还没有形成它自己的理论框架。有鉴于此，《公路路域生态学》的许多基本观点和理论论述，难免有不当之处，希望有关专家和学者不吝赐教。

编 者

2008年6月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 公路路域生态学的基本概念	2
第二节 公路路域生态学研究的内容	11
第三节 公路路域生态学的理论与方法	15
第四节 公路路域生态学的发展动态	27
第二章 公路路域生态系统特征	32
第一节 公路路域生态系统的组成	32
第二节 公路路域生态系统的结构	38
第三节 公路路域生态系统的功能	44
第四节 公路路域生态系统的动态变化和生态平衡	48
第三章 公路路域生态学的基本理论	58
第一节 生态环境变化的一般规律	58
第二节 生态学基本原理	65
第三节 现代工程学的基本原理	87
第四节 路域生态学相关的经济学原理	93
第五节 路域生态学相关的社会学原理	97

第四章	公路路域生态系统分析	101
第一节	路域自然环境	101
第二节	路域生物	115
第三节	路域生态系统	130
第四节	路域景观	141
第五节	绿道	152
第五章	公路路域生态环境影响评价与保护	157
第一节	公路路域生态环境影响评价	157
第二节	公路路域生态环境保护原则	177
第三节	公路路域生态环境保护的关键环节	184
附录		205
参考文献		206

第一章

绪 论

公路网络是地球表面最大的人工设施，作为人类文明的重要象征，连接不同的区域，汇聚了巨大的人流、物流，创造着价值流和信息流，不断提高人类的可移动性。公路网更加便捷、快速地推动着现代社会的交流和发展，成为人类社会发展的巨大驱动力。

自然界中的植物、动物、微生物通过复杂多样的食物链和食物网有序地统一起来，维护着生物地球化学循环、能量流动和信息传递，在为生命世界的发展和演化提供支持条件的同时，也为人类社会提供了无可替代的生态服务及人类赖以生存和发展的资源和环境。

公路网络覆盖在地球表面，在提高人类的活动性和物质流的同时，也对自然生态系统产生着影响。包括对植物、动物等生存环境的影响，对生物地球化学循环过程的影响，对自然连续性破坏的影响和对景观分割的影响，同时也影响自然生态系统功能的发挥。随着公路建设规模的扩大、公路密度的增加、公路向更广阔的自然界延伸，这种影响将变得更加突出。

如何使公路的建设和运行对自然生态系统产生的影响降低到最小程度，如何使公路建设在顺应自然规律的基础上提高公路的使用寿命和运行通畅性，这些既是公路建设中面临的重要课题，也是环境保护工作的重要内容。公路路域生态学正是探讨如何处理公路建设所引发的生态环境问题的一门应用学科。



第一节 公路路域生态学的基本概念

公路路域生态学是一个新型交叉学科,涉及很多概念。有的属于传统生态学和工程学的基本术语,有的则是在本学科理论体系构建过程中融合了多学科的概念并进行了拓展。

一、公路路域

公路路域是公路路域生态学的一个核心概念。基于生态学的基本理论并结合公路工程学的特点提出这一概念,其具体阐述如下:

(一) 公路

路(Road)又称道路,是提供给人及交通工具通行的公共地面。根据通行界面的不同,路分为水路、陆路等。在陆路中,根据服务区域不同,又可分为公路、城市道路等。在公路中,根据公路功能、路网规划和适应的交通量的不同,又可将公路分为五个等级:高速公路、一级公路、二级公路、三级公路和四级公路。在一定区域内,不同标准等级的公路相互交织,构成了公路网络(简称路网)。

(二) 公路路界

我国《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)在确定公路用地范围时应符合以下规定:①公路用地范围为公路路堤两侧排水沟外边缘(无排水沟时为路堤或护坡道坡脚)以外,或路堑坡顶截水沟外边缘(无截水沟为坡顶)以外不小于1m范围内的土地;在有条件的地段,高速公路、一级公路不小于3m,二级公路不小于2m范围内的土地为公路用地范围。②在风沙、雪害等特殊地质地带,设置防护设施时,应根据实际需要确定用地范围。③桥梁、隧道、互通式立体交叉、分离式立体交叉、平面交叉、交通安全设施、服务设施、管理设施、绿化以及料场、苗圃等用地,应根据实际需要确定用地范围,这些用地范围的边界称之为路界。

公路用地范围内的土地以及公路设施,是公路管理部门依法管理、维护的路产路权。

(三) 公路路域

公路路域是指公路建设、维护和运行管理过程中所改变和影响的地面自然带状空间,这种带状空间既包括公路建筑设施,还涵盖与公路产生相

互作用和影响的自然生态系统相关区域。在景观生态学中，路域又可称为公路廊道（图1-1）。

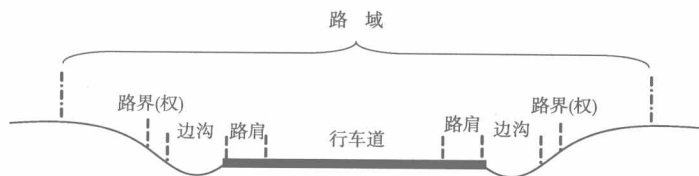


图1-1 路域横断面示意图

公路是穿越自然环境的一个人工构造物，它在建设、维护和运行管理过程中必然要和沿线或者路网所在区域中的自然生态系统发生关系。因此，路域在空间尺度上涵盖路界，而路界只是路域内人工限定其使用隶属关系的空间。

公路路域这个概念主要强调公路与自然之间的相关作用，这种作用包括两个层次，一个层次是公路与其沿线的植被、动物、水体、沉积物等生态因子的相互作用，另外一个层次是公路穿越大自然时与所在区域生态系统的相互作用。

公路的显著影响一般表现在公路用地范围内，但有些影响可延伸和跨越较远的距离。如由于公路建设所引起的人类可达性干扰、侵入性物种传播、公路对溪流的影响、公路对野生动物移动路线的干扰、公路对对流层——高层大气循环的影响等。又如有研究表明，北美路网对野生动物驯鹿的影响距离可达到5km。

由于公路经过不同区域，对自然生态系统产生的影响范围、程度、持续时间也有所不同，因而路域范围是不规则的，同时也是动态变化的。公路本身一旦建设完成，它对周围环境的影响范围往往还因交通流量、运输物品的属性及突发事件的发生地点、人工处理生态环境问题的方式不同而产生很大差异。因此，不宜简单地确定固定的路域边界。

公路路域的大小是由公路建设和运行管理过程中公路交通系统对生态系统的扰动程度和范围所决定的。主要决定因素，包括公路自身特征、交通量特征、公路沿线生态系统特征和人类行为干扰特征四个方面。

（1）公路的自身特征主要指公路横断面的宽度和路面面层类型，如沥青混凝土路面、水泥混凝土路面等类型。



(2) 交通量特征主要指交通量大小、车型组成、交通量时间分布特征等内容。

(3) 公路沿线生态系统特征主要指生物的群落结构、分布特征、行为方式等, 及其对公路交通干扰反应的敏感程度, 或抗干扰程度等内容。

(4) 人类行为干扰状况主要指人类行为沿着公路进行扩散, 从事生产活动或资源获取的范围和强度等内容。

需要强调的是, 公路沿线生态系统的复杂性决定了路域大小和边界的复杂程度。一般来说, 顺风面的路域要大于逆风面的路域; 在水流浸蚀、溶解、运输与沉积共同作用影响下公路下坡侧的路域要大于公路上坡侧的路域; 草地公路的路域要大于密集森林内公路的路域。由于沉积作用、水流等物质运输的影响, 在很大程度上扩大了公路影响的范围。

路域范围以影响自然生态系统的尺度和范围来界定, 但也要根据所研究工作的具体需要和工程操作层面上的可行程度来矫正该范围。因此, 虽然路域是客观存在的, 但其研究的范围往往需根据实际要求进行合理界定。

为了尽量减少公路对自然生态系统的干扰和破坏, 在规划选线和整个建设过程中, 必须分析研究公路路线所经过的自然生态系统, 把其对生态系统的影响程度作为项目可行性研究的重要指标, 使其负面影响降低到最小。而一旦公路路线确定, 在建设过程中, 必然会对原有的自然生态系统产生分割、破坏等负面作用, 这就需要在施工工艺和防护对策上进行认真研究, 使这种破坏作用减少到最小。公路投入运行之后, 还要通过科学有效的管理, 以达到对沿线生态系统最小干扰的目的。因此, 在研究自然生态系统和公路共存的时候, 要分析公路沿线的生态系统现状, 力求在保持原有自然生态系统结构和功能的基础上, 实现公路与自然界的共生和协调, 形成新的动态平衡。

二、公路路域系统

公路建设的目的是服务经济社会的发展, 满足交通工具安全运行的需要, 实现人流、物流、价值流的有序流动。这种由人、交通工具及其承载物、路域组成的, 能够完成人类运输要求的功能体系称为路域系统。简而言之, 路域系统就是由人、车、路及路域构成的复合系统。

(一) 公路路域系统是一个复合的、动态的系统

公路路域系统的复合性和动态性主要体现在如下方面: 首先, 该系统是

由人工构筑物覆盖和叠加在自然生态系统上形成的，它既有人工构造物的成分，也有自然生态系统的成分。其次，公路设计、建设和运行受到经济社会等因素的驱动和约束。随着经济技术条件的不断发展，公路的宽度、桥隧的密度和高度、公路网的密度都发生着翻天覆地的变化。同时公路产生的影响还与行驶在公路上的人流、车流密切相关，而后者显然与公路通行区域经济社会发展条件密切相关。

公路路域系统的复合性和动态性在不同阶段的影响有不同的体现。在公路的建设阶段，这个系统不仅涉及公路的用地范围、建筑限界和施工方案与所在的自然生态系统的关系，还涉及取土坑、弃土场、料场等用地对所在生态系统的扰动；在公路建设完成并投入运行以后，公路路域生态系统就是一个由人、车、路和公路沿线的自然生态系统组成的复杂系统，同时这这也是一个动态平衡的系统，在运行车辆的干扰（噪声、废气、污水、固体垃圾等）下不断变化，最终达到一种新的相对稳定的动态平衡。

（二）公路路域系统是一个人工化的生态系统

公路路域系统是一个人工化的生态系统，因为任何公路都是人工构造物。公路穿行的自然生态系统即使采取相应的生态保护措施也不可能完全恢复到原有状态，同时由于公路运行过程中的交通扰动等因素，自然恢复往往十分缓慢，经过长期的自然演变后公路沿线的边坡和路基上的生物和环境状况也只是部分地逐渐地接近临近的生态系统，有些地方甚至没有恢复的可能。因此，公路路域生态系统打上了人工烙印。

公路路域系统虽然带有很强的人工色彩，但其基础仍然是自然生态系统。现代公路建设的理念就是在公路规划设计阶段最大限度保护自然生态系统，施工建设阶段最小程度破坏自然生态系统，运行管理阶段最大限度恢复自然生态系统。在确保公路通畅的条件下，建立自然生态系统和公路（人工构造物）之间的动态平衡，实现公路与生态系统的和谐共处是公路路域生态研究的根本任务。

（三）公路路域系统包含的三个子系统

公路路域系统体现的是人的意志。其结合方式和形式受技术、经济、社会条件的制约，它是自然性、经济性和社会性的统一体。为研究方便，我们可以将这个自然—经济—社会的复合系统划分为三个子系统：公路路域生态系统、公路路域经济系统和公路路域社会系统，公路路域系统是由