



公路路域科学系列丛书

Road Ecological Engineering

公路生态工程学

林才奎 周晓航 夏振军 主 编
王 洁 杨红军 曹子龙 副主编
陈 兵 主 审



人民交通出版社
China Communications Press



Road Ecological Engineering

公路生态工程学

林才奎 周晓航 夏振军 主 编
王 洁 杨红军 曹子龙 副主编
陈 兵 主 审



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书从重视人与自然的和谐与统一的角度出发,全面、系统地阐述了公路生态工程学的原理及应用。全书共分7章,主要内容包括:概论、公路生态工程学原理、生物资源保护与利用、公路沿线土壤保护与利用、植被恢复、水土保持、公路污染控制。

本书可供从事公路桥梁建设工作的技术人员、管理人员或从事环境保护工作的相关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路生态工程学 / 林才奎, 周晓航, 夏振军主编

— 北京: 人民交通出版社, 2011.6

ISBN 978-7-114-08454-6

I. ①公… II. ①林…②周…③夏… III. ①公路—生态环境—环境保护 IV. ①U418.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 260910 号

书 名: 公路生态工程学

著 作 者: 林才奎 周晓航 夏振军

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

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 720×960 1/16

印 张: 20.5

字 数: 313千

版 次: 2011年6月 第1版

印 次: 2011年6月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08454-6

定 价: 48.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序

《公路生态工程学》是《公路路域科学系列丛书》自2009年出版《公路路域生态学》以来，丛书又一著作。美国哈佛大学教授，道路生态创始人 Richard T. T. Forman 在访问中国时，与我进行了非常友好、坦诚地交流，他对中国出版的《公路路域科学系列丛书》产生了强烈的兴趣，一再祝福丛书顺利出版并获得巨大成功。

公路路域生态学是生态科学的重要内容之一，云南大学生态学家段昌群教授在今年出版的《生态科学进展（第五卷）》中撰文《路域生态学知识体系的构建与学科发展动态》，专门介绍国内外生态学科发展动态，并对其在我国发展的宏伟蓝图作了描绘。

《公路生态工程学》从大量的国内实体工程案例与经验出发，对公路路域生态学的理论观点进行实践探索，可以说《公路生态工程学》是公路路域生态学理论与方法在公路工程中的实践。

借《公路生态工程学》出版之机，希望大家记住2005年2月胡锦涛同志深情的一段讲话，“大量事实证明，人与自然的关系不和谐，往往会影响人与人的关系、人与社会的关系。如果生态环境受到严重破坏、人们的生产生活环境恶化，如果资源能源供应高度紧张、经济发展与资源能源矛盾尖锐，人与人的和谐、人与社会的和谐是难以实现的。如果不能有效保护生态环境，不仅无法实现经济社会可持续发展，人民群众也无法喝上干净的水，呼吸上清洁的空气，吃上放心的食物，由此必然引发严重的社会问题”。最后胡锦涛同志期望“要增强全民族的环境保护意识，在全社会形成爱护环境、保护环境的良好风尚”。

当前，我国公路建设仍然处于高速发展阶段，高速公路、农村公路建设正在中西部地区广泛开展，由于这些地区生态较为敏感，公路建设必然对沿线的生态环境产生影响，甚至使其遭到破坏。因此，在公路建设中，如何处理好植被恢复、野生动物通道、服务区污水处理等公路生态工程关键技术，越来越受

到关注。如果缺乏相应的工程技术指南，工程技术措施不当，将会对公路沿线的生态环境产生明显的负面影响。这样既不利于资源节约型、环境友好型的公路建设，也不利于公路建设的可持续发展和生态文明战略的实施。有鉴于此，公路生态工程方面的专家组织编写了《公路生态工程学》，该书对公路生态工程的理论和关键技术进行系统地论述并对国内典型生态工程案例进行总结，为公路工程建设中有效保护生态环境提供了有益的基础资料。

《公路生态工程学》的编者们大多战斗在公路生态工程建设一线，对于我国公路建设工程中保护生态环境的技术难题有着切身体验，并对国际上学科前沿动态有深刻了解。亲身经历告诉他们，源头保护才是最有效的保护，只有坚持“设计阶段最大保护，施工阶段最小破坏，运行阶段最大恢复”才能真正做到公路工程建设的生态环境保护。

希望《公路生态工程学》的出版，能为公路生态学和工程学界各位同仁提供有益的参考；能为社会大众关注并支持我国公路生态学科发展打开一个窗口。相信我国《公路路域科学系列丛书》的出版，将促动我国公路生态学科的更好发展，并为交通建设提供技术支持。



2011年3月于北京

《公路生态工程学》

编写组名单

主 编：林才奎 周晓航 夏振军

副主编：王 洁 杨红军 曹子龙

主 审：陈 兵

编 委：雷尊贵 方建勤 徐一鸣 雷 鸣

席嘉宾 董世魁 张巨明 路瑞锁

马 进 张智才 秦晓春 贺泽敏

林俊彬 陈代露 张晓峰 张前进

伍玉容 肖 芳 余 君 杨望涛

柴 智

前言

随着我国改革开放事业的进一步深入和发展,我国的公路建设,尤其是高速公路建设也进入了快速发展的阶段。交通基础设施的建设,不仅方便了百姓出行,更对我国经济发展具有重要的促进作用,但同时,公路建设又会对沿线的自然环境和生态系统产生一定的不良影响,如山体大面积裸露,大量弃土、弃渣侵占耕地、植被被破坏、水土流失加剧、土壤退化、动物生境分隔、噪声污染等,这些问题如果得不到妥善解决,会给公路路域的生态安全带来长久的隐患。

随着国家对环境的重视,我国公路建设造成的生态问题引起了社会和交通部门的普遍关注。2009年,《公路路域生态学》的出版标志着我国的公路建设者和科研人员把公路的生态问题作为一个学科领域正式提出,推动了我国公路路域生态学的研究。但是,对高速发展的公路建设来说,“路域生态学”研究的深度和广度都需要进一步扩展和完善,加之我国幅员辽阔,生态类型和自然条件复杂多变,公路建设急需解决生态问题的各项技术作支持,因此编写一本工程技术方面的学术专著就显得极为迫切和重要。

本书的编写围绕公路建设可能产生的环境问题,从生态工程学原理出发,围绕公路对生态环境影响较大的影响因子和工程急需解决的问题,重点介绍了公路路域动植物资源保护和利用、公路沿线的土壤保护、公路沿线的植被恢复和水土保持等技术,最后介绍了公路的环境污染控制技术。

参加本书编写工作的有广东云梧高速公路有限公司林才奎、夏振军、杨红军、雷尊贵、方建勤、徐一鸣、雷鸣、贺泽敏、林俊彬,交通运输部科学研究院周晓航、王洁、曹子龙、路瑞锁、张晓峰、张前进、伍玉容、肖芳、余君、杨望涛、柴智,北京师范大学董世魁,华南农业大学张巨明,中山大学席嘉宾,浙江农林大学马进,北京天灏柯润环境有限公司陈代露,华南理工大学秦晓春,北京师范大学张智才等。全书由林才奎、周晓航、夏振军统

稿，由陈兵主审。

本书在编写过程中得到了交通运输部科学研究院和人民交通出版社的大力支持，在此一并表示感谢！

由于水平所限，疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

作 者

2010 年 12 月于北京

目 录

第一章 概论	1
第一节 公路生态工程的概念	1
第二节 公路生态工程的研究进展	8
第二章 公路生态工程学原理	19
第一节 系统性原理	19
第二节 区域性原理	24
第三节 生态学原理	28
第四节 技术调控原理	37
第五节 公路工程学原理	40
第三章 生物资源保护与利用	49
第一节 植物资源的相关概念和调查方法	49
第二节 植物资源的保护及合理开发利用	71
第四章 公路沿线土壤保护与利用	85
第一节 土壤调查	86
第二节 土壤保护	103
第三节 土壤利用	119

第五章 植被恢复	126
第一节 公路植被恢复理念	126
第二节 公路植被恢复工程技术	134
第六章 水土保持	199
第一节 公路水土保持内容	199
第二节 公路水土保持工程	213
第七章 公路污染控制	266
第一节 公路水污染控制	266
第二节 公路噪声控制	296
第三节 公路其他污染控制	306
参考文献	309

第一章 概论

第一节 公路生态工程的概念

一、公路生态学和生态工程的重要概念

1. 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。

2. 公路路界

我国《公路工程技术标准》(JTG B01—2003) 规定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。

3. 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，路域又可成为公路廊道（图 1-1）。

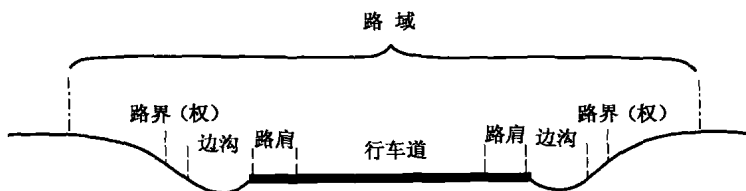


图 1-1 路域横断面示意图

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，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、公路对野生生物移动路线的干扰、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方式的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。主要决定因素有:公路自身特征、交通特征、公路沿线生态系统特征和人类行为干扰特征四个方面。

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;在水流侵蚀、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要根据实际要求进行合理界定。

4. 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。

1) 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。

2) 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。对于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，施工建设阶段最低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。在确保公路畅通的条件下，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系统的根本任务。

3) 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。公路路域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，公路路域系统是由这三个子系统融合而成的有机整体。

(1) 公路路域生态系统

公路路域生态系统主要强调的是路域系统中自然界的基本属性要素。支撑公路通行的自然环境具有自然生态系统的一切特点。任何公路都是在一定的自然介质中进行设计、建设和维护的。气候、地形、地质、地貌、土壤及其中的植物、动物、微生物等自然因素都与公路之间产生相互作用和相互影响，这种影响的规律和特点是公路路域生态学的基本内容。认识好、掌握好、利用好生态规律，才能更好地指导公路设计、建设和进行维护。

(2) 公路路域经济系统

公路路域经济系统主要强调路域系统中的经济要素。公路建设的目的是为了满足不同人类的直接物质流通和人员往来需求，这种需求是建立在经济

利益驱动下的，建什么样的公路、如何建、什么时候建都是经济发展中的客观要求。

(3) 公路路域社会系统

公路路域社会系统主要强调路域系统中的社会性要素。任何公路建设不仅仅只是在自然地带上修筑一条满足人车通行的道路，而且要满足社会长期发展的需求。公路的走向、样式、护坡及公路沿线的绿化既是公路本身功能的要求，也包含公路经过地区的文化元素，具有一定的区域性和民族性。尤其是体现了公路经过区域的人文景观、风土人情、社会文化和民族区域特征。这些既是现代公路景观建设中经常考虑的因素，也成为公路路域社会系统的重要组成部分。

5. 公路路域生态学

公路路域生态学是研究与公路和车辆相关的有机体与所在的自然环境之间相互作用的科学。它的研究对象是公路路域生态系统。它把人—车—路这种人工系统和公路沿线的生态环境有机结合起来，综合地考虑、系统地分析研究这个统一体，使公路与自然达到和谐统一。

6. 生态工程

生态工程的概念最早是由 H. T. Odum 提出的，他应用了群落工程的概念“Community Engineering”，群落涉及生态群落或是在一个生态系统中相互作用的物种种群。生态工程的主要目的，是要解决当今世界面临的生态环境保护与社会经济发展的协同问题，也可以说是解决现代人类社会的可持续发展问题。

大家都知道，生态环境(Ecological Environment)是指整个生物群落所在地段的、影响其发生发展的全部无机因子和有机因素的总和。生态系统(Ecosystem)是在一定的时间和空间内，生物群落与环境之间由于不断进行物质和能量流动而形成的统一有机体。工程是指人类在自然科学原理的指导下，结合生产实践中所积蓄的技术，发展形成包括规划、可行性研究、设计、施工、运行管理等一系列可操作、能实现的技术科学的总称。工程的核心是设计，关键是自然科学原理与生产实践的结合。那么，什么是生态工程？马世俊教授 1986 年指出：“生态工程是应用生态系统中物种共生与物质循环再生原理，结合系统工程最优化方法，设计的分层多级利用物质的工艺系统。生态工程的目标就是在促进自然界良性循环的前提下，充分



发挥物质的生产潜力,防止环境污染,达到经济效益和生态效益同步发展。”王如松教授1997年7月25日在《中国科学报》海外版发表的《生态工程与可持续发展》一文中指出:“生态工程是一门着眼于生态系统持续发展能力的整合工程技术。它根据生态控制论原理去系统设计、规划和调控人工生态系统的结构要素、工艺流程、信息反馈关系及控制机构,在系统范围内获取高的经济和生态效益,不同于传统末端治理的环境工程技术和单一部门内污染物最小化的清洁生产技术。生态工程强调资源的综合利用、技术的系统组合、科学的边缘交叉和产业的横向结合,是中国传统文化与西方现代技术有机结合的产物。”可见生态工程中的生态是指生态系统,不是指生态环境(实际上生态系统包含了生态环境)。生态工程简单地可概括为生态系统的人工设计、施工和运行管理,它们着眼于生态系统的整体功能与效率,而不是单一因子和单一功能的解决;强调的是资源与环境的有效开发以及外部条件的充分利用,而不是对外部高强度投入的依赖。这是因为生态工程包含着有生命的有机体,它们具有自我繁殖、自我更新、自我选择,和改造环境的能力,这也是区别于一般工程如土木工程、水利工程等的实质所在。

7. 公路路域生态工程

公路路域生态工程技术是指根据公路建设和养护的特点,遵循系统优化原理和生态学原理,综合运用工程措施、生物措施与农艺措施,在完成公路工程建设的同时,对路域生态环境进行保护、恢复或重建,使公路基础设施,与周围环境在更大范围内融为一体的工程方法。

公路路域生态工程是以路域的植被恢复为核心,以路域生态系统的保护和恢复为目的,以公路景观的美化和周边自然环境的融合为特色,通过生态技术和土木工程技术的有机结合,使公路路域生态系统得到保护,使公路交通服务功能和交通安全得到保障。

二、公路生态工程与主体工程的关系

公路的生态工程建设,是正确认识人与自然关系的结果。公路生态工程设计本质上是一种系统认识和重新安排公路与环境关系的生态规划设计,也就是按照生态学原理、方法和系统科学的手段去辨识、模拟和设计公路工程生态系统内的各种生态关系,探讨改善生态系统功能,促进人与环境关系的可持续发展。

公路生态工程与主体工程的关系包括下列几点。

1. 同时性

在以往的公路建设过程中,公路生态工程往往作为附属工程而存在,成为美化环境的局部点缀和生态补救措施,导致生态工程往往在其他工程结束以后才开始实施。由于这一阶段很多生态问题已经形成,使得生态工程存在严重的后置性。根据循环经济的理论,公路生态工程是公路工程建设的一个重要组成部分,所以,应从公路建设的全过程出发,认真研究公路工程建设对自然环境及社会环境带来的影响,并结合沿线城镇居民区、工农业经济区、名胜古迹旅游区、自然保护区的现有规模及发展规划进行综合分析,以预测主体工程对生态环境短期、中期及长期的影响,将生态工程融入公路工程的决策、可行性研究、施工图设计、施工和营运的各个环节中,进行统筹安排,保证生态工程与主体工程“同时设计、同时施工、同时验收”。同时针对所修筑公路的特点,因地制宜,利用公路所在区域的现有自然资源,辅以合理的施工工艺,达到建设资源节约、环境友好的生态型公路的目的。

2. 尊重性

公路作为一种特殊的带状人工构造物,具有跨度长、影响范围大的特点,是自然环境中的一个重要组成部分。如果公路主体工程建设无视生态环境,破坏超出了环境的承载力阈值,那最终必将受到自然的惩罚。相反,如果能够充分地尊重自然,利用公路生态工程建设的契机改良不利的自然条件,则是对自然生态系统平衡稳定的促进和贡献。这不但体现人类活动与地域环境的不可分割性原则,而且使主体工程建设充分尊重公路所在区域内的土地、环境和栖息者的自然属性,使公路建设从传统的仅仅进行环境保护补偿实施的被动状态变为促进社会经济与人类环境协调发展的重要途径。

3. 灵活性

公路生态工程设计应针对主体工程的特点,因地制宜地运用标准。一般公路路线较长,地形、地貌等环境条件变化较大,设计前应明确各环境单元的设计目的和要求;避免片面追求高指标,教条化执行标准。对于不能满足规范的路段,应通过科学的论证及安全技术经济比较,可采用低标准方案,灵活地、有针对性地进行生态工程设计,做到目的性、整体性、