

## 公路路域生态环境保护与恢复技术现状与展望

陈学平<sup>1,2</sup>, 江玉林<sup>2</sup>, 张洪江<sup>1</sup>, 李振宇<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 交通部科学研究院 交通可持续发展研究中心, 北京 100029)

**摘要:**针对公路建设造成的环境影响, 综述了发达国家在公路生态环境保护与恢复建设的经验教训, 并在对我国公路建设生态环境保护制度建设、技术发展、管理体制问题等综合分析基础上, 提出了公路生态环境保护发展思路。

**关键词:**公路; 路域; 生态环境保护; 环境恢复

**中图分类号:**U412; X171.4

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)05-0111-04

## The Review and Prospect of Technology of Eco-environment Protection and Restoration in Highway Rights-of-way

CHEN Xue-ping<sup>1,2</sup>, JIANG Yu-lin<sup>2</sup>, ZHANG Hong-jiang<sup>1</sup>, LI Zhen-yu<sup>2</sup>

(1. College of Soil Water and Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Centre for Sustainable Transportation, China Academy of Transportation Sciences, Beijing 100029, China)

**Abstract:** To protect and restore the environment deriving from highway construction, foreign and domestic technology on eco-environment protection and restoration were reviewed, based on general measures including regulation drafting, technology exploration and management tactics relating to highway eco-environment construction was given.

**Key words:** highway; rights-of-way; eco-environment protection; restoration

公路尤其是高速公路建设在方便人们通行的同时也造成系列环境问题。在建设期, 施工对地形、地貌、自然植被和景观的破坏, 将会引起水土流失以及生物多样性的减少; 大挖和大填将会增加地质脆弱带公路边坡的不稳定性; 景观的破坏还会造成视觉和环境的污染<sup>[1,2]</sup>。桥梁、路基、隧道等施工均可对沿线生态环境造成严重影响, 路面雨水径流是高速公路对周围水体、农地进行污染的方式之一, 同时车辆交流对沿线空气也产生了较大影响<sup>[3-7]</sup>。正因为如此, 公路建设生态环境保护与恢复是当今世界公路建设中的核心工作内容之一。本文旨在综述发达国家与我国在公路生态环境保护与恢复技术现状的基础上, 提出我国公路生态环境保护发展思路。

### 1 国外公路生态环境保护与恢复技术研究现状

自世界上第一条高速公路于20世纪40年代在德国诞生以来, 发达国家的高速公路已走过了近70a的历史。对生态环境是在系列环境灾害事故发生的惨痛教训后才逐渐得到重视, 并通过制订法律予以确定。公路生态环境保护与恢复是在大环境保护工作得到发展后在公路建设领域进行的环境保护措施。经过几十年的发展, 国外已建立起比较完善的公路生态环境保护与恢复制度, 并在技术水平上取得了巨大进步。现对主要发达国家在公路环境保护与恢复中取得的成就作一简要介绍。

#### 1.1 公路生态环境保护制度建设

欧美发达国家在公路建设中的环境保护突出特点是, 健全的公路建设环境保护预防措施, 公路建设资源的保护是国外公路建设考虑的重点。如美国在1969年NEPA(国家环

境保护法)出台后, 在3个方面开创了新的篇章, 即: 建立国家环境政策、建立了环境影响报告书制度(EISs)、建立了环境委员会等<sup>[8]</sup>。随着湿地保护法、濒危物种保护法、国家史迹维护法、土地与水资源保护法、公众参与、居民墓地保护补偿法、国家环境空气质量标准、鱼类与野生生物保护法等系列法规的出台, 初步建立了公路环境保护的法律法规体系。这些法律法规体系, 对土地利用、社区影响评价(环境、社会、经济)、视觉影响、文化资源、生态资源(水体、濒危物种、侵入物种、候鸟、关键鱼类生境)等方面进行了严格的规定, 在湿地的保护方面, 实行湿地零损失法令, 确保湿地资源的保护<sup>[9]</sup>。在景观资源保护方面, 也颁布了系列法规, 如美国的清洁水法、河流与港口法, 英国的乡村法(1968)等。在公路环境保护机构建设上, 美国交通部对联邦的各种公路进行全面的负责与管理, 并实行早期协调制度, 即通过在公路建设前期联邦、地方政府、代理机构及所有人, 在项目开发阶段早期参与、对于所影响区的信息共享, 以确保环境影响从各个利益角度均能得到考虑。同时, 在环境保护与恢复工程设计工作突出“团队”的特点, 此项工作已成为一个涵盖公路工程师、生态学家、环境工程师、景观规划师、给排水师、考古学家等组成的团队共同的任务, 以确保公路工程的设计能够满足环境保护与生态恢复各专业方面的要求<sup>[3,10]</sup>。

#### 1.2 理论方法与实用技术

公路路域作为一个具体的范围, 通常指的是公路的路权范围, 路的征地范围内, 包括路基路面、取弃土地、临时施工便道, 是一特殊的工程系统, 包括了道路、车辆及其环境组

收稿日期: 2006-11-15

基金项目: 西部交通建设科技项目“公路路域生态工程技术研究”(200331822333)

作者简介: 陈学平(1973—), 男, 四川眉山人, 副研究员, 博士生, 主要从事公路路域恢复生态研究。

成的有机的、相互影响的统一体。近年来景观生态学等学科理论在国外公路生态环境保护与恢复建设中已成为一个热点研究内容,3S技术在公路网建设规划环境影响评价、公路项目环境影响评价、公路环保选线设计等过程中得到了广泛的应用<sup>[11]</sup>。公路作为一种线型构造物,其对环境的影响包括了景观分割、水、气噪声环境影响、动植物、历史遗迹、路域植被与恢复建设影响等方面,其内容不同于传统生态学。随着 Forman 的公路生态学“Road Ecology”一书的发表,标志着国外在公路生态方面的理论研究已走向成熟。下面对一些主要实用技术研究方面的成果作一简要介绍<sup>[12]</sup>。

(1)水土保持技术方面。水土保持研究与治理的重点是路域内水与土的管理。如美国要求在土壤侵蚀控制暴雨管理方面实施水质净化管理的最佳管理措施(BMPs),规定公路建设动土必须制订临时侵蚀与沉降控制规划(TESC),要求涉及增加地表不透水能力均需制订暴雨规划(SSP)。将公路路域的地表径流分成两类实行分治管理,一类是污水,包括公路路面径流污水、公路设施生活污水及油污水等;另一类为雨水,包括路侧上边坡的截流水,干扰地表的水流、沉降与蓄积管理实现路域水体的最佳净化管理<sup>[8]</sup>。在土壤侵蚀控制技术中研究开发了路线区域的减少土壤侵蚀的综合措施。如修建谷坊、导流措施、临时山坡排水沟、消力设施、泥沙围栏、稻草垛和灌木栅栏等。主要宗旨是尽量恢复坡面植被,限制裸露面积,固沙和调节径流,从而达到公路水土保持的目的。

(2)植被工程技术方面。欧美由于实行了严格的资源保护制度,公路建设对植被等自然资源的破坏较小。边坡生态恢复难度也相对较小,如美国,其路侧边坡一般坡比仅为1:3,以生物防护为主,生物与工程防护相结合。其边坡植被的管理投入较大,通过修剪、施肥、种子补播等技术手段实现外来物种的控制与乡土物种的建成。在植物选择方面,强调乡土植物资源的利用,液压喷播技术与客土喷播在生态恢复中得到大量应用。日本的边坡防护技术较为领先。由于是一个多山的国家,其高速公路建设往往修建在山岭之间,造成大量的挖方岩石坡面,其岩质边坡客土喷播技术是公路环保建设的重要内容,并已较为成熟。在物种运用中,提出边坡森林化,由于大量运用有机质基材,故资金投入较大,并控制植物组合中的草本添加量,生态恢复的进程较为缓慢,但其效果一劳永逸<sup>[13,14]</sup>。

(3)公路景观规划美学研究。景观规划美学的评价也取得了较大发展,出现景观评价技术百家争鸣的景象,目前已形成专家学派、心里物理学派、认知学派(或称心里学派)、经验学派(现象学派),美国交通部也提出将统一性、完整性、生动性作为公路景观评价的3个重要属性<sup>[9,15]</sup>。

### 1.3 国外教训

国外公路生态环保建设也走过了一段弯路,如在早期公路基础设施建设飞速发展时期由于对环境重视程度不够、公路生态工程技术水平较低,导致公路选线不合理等问题造成较大的生态环境破坏。如瑞士、奥地利,正在对早年修建公路时形成的大拉沟和劈山地段进行生态环保处理。即对早

年修建公路时形成的大拉沟重新修建成隧道,对较大的劈山地段修建成半隧道,同时在隧道顶部、边缘、洞口进行充分的植被绿化,与大自然混为一体<sup>[16]</sup>。这些措施无疑会比一次性的建设需要更多的经济与环境代价,对我国目前的公路生态环保建设颇有启发。

## 2 我国的公路生态环保技术研究发展

### 2.1 制度建设与问题

(1)制度建设。公路环境保护内涵丰富,它包括了对公路建设环境质量影响与评价、公路环境保护工程措施设计与实施的方方面面。我国政府极为重视保护与提高公路生态环境质量,《环境保护法》与《环境影响评价法》的制订与颁布实施为公路建设环境保护在内的项目奠定了法律基础。交通部门也出台了《交通建设项目环境保护管理办法》、《公路环境影响评价规范(试行)》、《公路环境保护设计规范》等部门规章与技术规范,对公路建设环境保护与恢复做出了具体指导。目前我国已初步建成公路环境保护法律法规体系,“三同时制度”与环境影响评价制度是公路生态环境保护与恢复建设的核心内容,所谓三同时是指环境保护工程与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运营,环境影响评价制度是在公路建设之前,对公路建设环境影响进行综合,这一体系也贯穿于公路建设项目实施之中。

目前公路建设项目实践,进行的主要环境保护程序有:①建设项目环境影响评价及水土保持方案编制,按照法律规定,在项目可行性研究阶段、特殊情况下在初设阶段进行;②项目可行性研究报告、初步设计、施工图设计文件中环境保护设计,分别在可行性研究阶段、初设阶段及施工图设计阶段完成;③生态环境保护设计文件(通常为景观绿化设计或生态恢复工程设计),一般在施工图设计实施期间,全部或大部分边坡挖填完成之后进行;④环境保护竣工验收文件(包括水土保持竣工验收),一般在公路建设完成之后进行;⑤环境保护后评价文件,在公路运营期间进行。

(2)存在问题。公路建设对环境的影响主要为生态影响,即由于公路建设产生的水、气、声、渣的环境影响,环境保护是全方面的、跨专业的。环境保护设计是灵魂,直接决定了保护成效,环保设计涵盖在以下几个环节之中:环境影响评价报告书、主体工程设计文件、水土保持方案及景观绿化设计文件。

国家法律法规体现了三同时制度,即环境保护与主体工程同步设计、同时施工、同时投入运营。在实践中,由于环境保护专业性强,不同专项设计的实施单位不一,形成了环评中环保措施设计、水保设计、景观绿化等几方面的分割,分别在公路建设不同时期介入,从而使得并非全部环保设计都与主体工程设计同步进行,这对三同时制度实施大打折扣。造成生态环境保护成效降低。同时,由于部门分割,不同设计部门间受利益驱使、专业性质水平、管理体制等影响对环境保护内涵理解不一,也造成成效降低。

生态环保设计与主体工程设计是密不可分的,但两者的专业性却有着极大差异,客观上存在一定的结合难度。工程设计要考虑路线平纵、弯曲、边坡挖填、桥隧替代等;环保设计要考虑土地占用、景观保护、水土保持以及生态恢复对土

壤、水分等要求的综合影响。工程设计决定了环保建设的方向,构成了环保设计背景条件,而真正目标应是环境保护与工程设计的合理统一、经济统一。

近年来,高速公路建设者也从公路环保建设经验与教训中意识到所存在的问题,在管理体制上进行了一些探索创新。如一些业主将景观绿化设计纳入主体工程设计中,即由主体工程设计单位完成,同时一些公路主体工程设计单位也招纳环保设计人才成立专门环保设计组,以更好地进行公路环保设计。但由于环保设计专业性强,主体工程设计单位往往无法完成环保设计内容需求,在实践中,一些设计单位将环保设计外包,形成事实上的两个设计单位,形成新的分隔;而另一些主体工程设计单位勉为其难地进行着环保专项设计,但其设计有效性、可实施性、专业性均不大理想,使管理者良好意愿仍难达到预期效果。

## 2.2 公路生态环境保护与恢复技术发展问题

(1)技术发展。在早期,我国的公路生态环保技术经历了从简单到多样、从传统技术到现代技术的发展过程,这种发展变化是与公路建设发展直接相关的。在高速公路建设前,我国公路环保技术主要指公路绿化技术,最初公路绿化就是种行道树,主要借鉴林业部门的造林技术。随着高速公路的蓬勃发展,大量裸露边坡需要绿化,为传统造林技术提出了挑战。20世纪90年代,液压喷播技术与客土喷播技术的引进解决了这一难题,得我国初步具备了现代化的公路绿化技术体系,并将绿化范围向岩石边坡延伸。同时,生态环境保护技术已突破传统公路绿化的范畴,扩展到包括公路选线规划技术、生态环境影响评价技术、生态恢复技术等多方面技术,初步构成了公路生态环境建设的框架。

(2)存在问题。我国公路环境保护技术还存在一些问题,在这3项主要环保技术中,公路选线规划技术、生态环境影响评价技术发展较为滞后,生态环境恢复与重建技术也尚有许多问题未解决,这已严重制约了公路环境保护成效。

在我国公路选线规划中,大量工程实践采用传统选线设计技术,具有费时、考虑环保因素少、选线效率低的缺点,而且一旦选定线路,由于涉及测量多、计算工作量巨大,其再次修改实施难度极大。近年来,景观生态学理论及相应的3S技术的发展为公路选线规划水平的提高奠定了良好的基础。基于景观生态学的3S技术在景观选线规划、景观生态恢复中的应用才刚刚起步,且较不成熟<sup>[17]</sup>。

从生态环境影响评价技术来看,一方面公路路网形成对环境的影响研究尚少,规划环境影响评价工作才刚刚开始,评价方法、手段都还需要进一步提高。此外,就公路项目环境影响评价而言,由于环境影响评价单位往往很少参加恢复工程实践,对生态恢复难易了解不足,环境保护与恢复措施建议可实施性不强,针对性不足,这在一定程度上限制了环评技术水平的整体提高。

生态恢复与重建技术方面开展研究相对较多,取得了较大进步,初步形成了包括栽植与播种技术、液压喷播技术、客土喷播技术、植物选择技术等生态工程技术体系,能满足公路边坡植被建植初步需要。但在植被稳定性评价、乡土植物

开发研究方面较薄弱,这已成为制约公路生态环境恢复技术可持续发展的瓶颈。由于单一草本易退化,植被稳定性较差,导致仍有大量外来草种被采用,这一模式日益显现弊端,植被退化迅速,边坡重新裸露,水土流失日益加重。如今绿化理念已发生重要改变,乡土植物为主的草灌混交植被作为南方广大地区的植被重建目标日渐得到重视。但植物开发具有研究周期长、内容较复杂等特点,我国气候、地理类型复杂、各地物种丰富,而在工程实践中,所收集并试验的大量野生植物存在不同的出苗障碍,其在路域的建成技术开发尚需要较长时间与精力进行研究解决。

从路域资源的保护与利用来看,不论是公路初期建设中表土资源、植被资源、还是路域范围内的降水资源,对于公路工程而言运用价值不大,但在生态工程建设中,这些材料均可用作生态恢复的材料。由于目前的公路工程设计中环保设计大多是后期介入,各专业技术人员并未形成一个高效的团队合作团队,导致这些资源的保护与利用效率较低。如在路面排水设计中,在路域排水系统的设计上,由于公路工程设计人员专业相对单一,我国的路域排水系统设计基本上都是以公路工程的安全性为根本出发点,而很少考虑水资源管理的环保要求。此外,在动物生境重建以及公路交通对空气、及土壤的污染防治技术等基础研究的开展工作也极少。

## 3 公路生态环境保护与恢复技术发展展望

### 3.1 公路生态环境保护与恢复工程的复杂性与管理体制

我国公路生态环境保护成效的不足突出表现为公路生态影响的系统性与公路生态保护分散性之间的矛盾。公路建设及其环境影响是一项复杂的系统工程,这就决定了环境保护与恢复的复杂性。这一复杂性公路工程本身的复杂,如公路建设需占用土地,公路建设区域存在施工人员生活、施工材料堆放、灰土拌和、沥青混凝土拌和、施工机械安放等行为。不同施工工艺措施带来的不同环境问题,如路基工程、桥梁工程、隧道工程等三大工程中,路基工程有着土石方的大量开挖与搬移等生态问题,而桥梁工程则存在水上生产区钻孔灌注桩施工过程中的钻渣、泥浆,混凝土水上拌和站的废水,施工机械(如钻机、空压机等)的废油料及润滑油,施工人员生活污水等对河流污染等问题;隧道施工则面临弃渣堆放与处理等问题<sup>[4-6]</sup>。不同时期,不同路段生态工程也不一,由于空间阻隔、承包单位的不同或者工程工期要求的不同还可造成环境影响程度的巨大差异。如对隧道弃渣而言,理想状态是弃渣全部用作路基填土,然而在实施中,隧道弃渣性质、产生量与速度、开挖方式(单侧开凿或双侧同时开凿)等多种因素均会影响到隧道弃渣的利用程度。

公路生态环保工程与主体工程的进度、工艺是紧密联系为一体的,这就要求生态环保与恢复技术与公路工程的规划设计技术应作为一个统一体进行考虑,即要求我们借鉴美国模式,将包括环境科学(如土壤学、水及空气化学、生物学、植物学、园艺学、林学)、社会科学(如学、经济学、政治学、公众参与)及规划设计专业(如城市与交通规划、工程学、建筑学、景观规划学、建设管理学等)等多专业设计人才组成设计团队进行公路工程及环保综合规划设计,其合作开始于项目规

划阶段,贯彻于整个项目建设过程之中。这样就可实现公路建设资源保护与利用、环境污染与控制的有效管理。以水资源管理为例,通过综合多专业角度的设计,可实现路基路面的工程安全性排水要求与路域内植物资源的水分需求、路侧水污染的土地处理、取弃土场地及绿化用地的水污染处理利用、路域土地利用规划等方面实现高效统一。

### 3.2 实现生态环境保护系统的科学评价与优化设计

目前我国已在开始实施规划环境影响评价制度,以此为契机,应加强区域环境影响评价技术水平的提高。重点考虑路网建设规划对动植物生境破坏及地区空气质量的影响。

### 3.3 实现公路生态环境保护与恢复重建研究的协调发展

(1)生态系统的优化设计研究。研究重点将转向生态系统的优化设计,即从单纯工程技术层面上的初级研究,逐渐向生态系统建设的高级研究过渡阶段。所谓生态系统建造与恢复是以建设前公路所需穿行的区域生态系统的空间分布规律为依据,通过相适宜的工程技术手段,建造与恢复自然度、美感度、野性度等均较高的生态系统。

(2)关键生态系统的保护技术研究。包括一些在结构与功能均十分重要的生态系统的保护技术,如公路建设对湿地、荒漠、草原、森林等生态系统的影响与综合保护技术。

(3)生态系统评价技术研究。在生态恢复领域,经过多年的发展,我国公路生态恢复的研究应重点建成两个评价系统。一是公路景观评价系统,包括景观美学评价、自然度评价等;其二是生态恢复评价系统,包括生态系统多样性评价、恢复程度等级评价等。

(4)生态恢复重建技术研究。主要是指公路植被恢复工程技术,包括为达到某种生态系统建设目标的普通喷播、客土喷射、普通栽植与播种、植物选择与应用等技术在空间与时间上的综合集成。

通过乡土植物的筛选利用研究,最终目标是对各地的乡土植物种类进行认真筛选、对各种绿化工程技术的适应性进行科学总结分析,从而建立全国的公路乡土植物开发利用数据库,乡土植物的开发与利用是通过加强植物种类调查、分布区划及生长繁育习性的系统化研究,筛选出适合各地生态条件的乡土植物种类是提高我国公路绿化工程技术发展的前提与基础。

### 3.4 转变理念,实现可持续性的公路生态环保与恢复策略

公路生态环保与恢复工程的效果体现是一个相对较长期的系统工程,需要工程实施前的土建工程配套合理、绿化工程得当、管理工程到位等系统程序密切配合,也不是一蹴而就的事情。长期以来,人们对公路生态恢复工程前期要求较高,并在公路主体工程设计中对生态环境保护与恢复技术考虑不足,这一弊端损害到公路环境保护的可持续发展,是路域生态系统退化的重要原因之一。为了切实保障生态恢复成效,需要从长远的眼光看待公路生态环境恢复与重建。

## 4 结 语

我国公路建设正在经历一个飞速发展时期,按照国家高速公路网的规划目标,将连接所有目前城镇人口超过20万的城市,在这一发展进程中,对环境的压力还将进一步加大。

只有在理念上树立生态工程建设的长期性观念;在政策体制上实现公路工程设计的团队协作机制;在技术手段上实现科学的规划、项目环境影响评价,景观与生态系统的恢复评价,以及以自然资源保护与利用为基石的生态环境保护与恢复技术,才能切实提高环保成效,实现公路交通的可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 江玉林.公路路域环境生态恢复研究与实践[M].北京:中国农业出版社,2004.
- [2] 孙书存,包维楷.恢复生态学[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [3] AASHTO. Highway Subcommittee on Design Task Force for Environmental Design. A Guide for Transportation Landscape and Environmental Design [M]. American Association of State Highway and Transportation Officials, 1991.
- [4] 黄显忠.公路隧道施工中的环境保护问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,(6):27-30.
- [5] 张旭亮,史宏江,李维生,等.桥梁施工期间对环境的影响及防治措施[J].内蒙古农业大学学报,2006,27(2):107-109.
- [6] 赵剑强.公路路面径流水污染与控制技术探讨[J].长安大学学报(建筑与环境科学版),2004,21(3):50-53.
- [7] Van Bohemen H D, Janssen V D, Laak W H. The Influence of Road Infrastructure and Traffic on Soil, Water, and Air Quality[J]. Environmental Management, 2003, 31(1):50-68.
- [8] Roadside Manual[S]. Washington state department of transportation, 2003.
- [9] Visual Impact Assessment For Highway Projects[R]. U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 1988.
- [10] U. S. Department of Transportation. Visual Impact Assessment for Highway Projects[M]. Washington, D. C. Office of Environmental Policy, 1998.
- [11] 李秀珍.从第15届美国景观生态学年会看当前景观生态学发展的热点和前沿[J].生态学报,2000,20(6):1113-1115.
- [12] Forman R T T, Sperling D, Bissonette J A, et al. Road ecology: Science and Solutions[M]. Washington: Island Press, 2002.
- [13] 安保昭.坡面绿化施工法[M].北京:人民交通出版社,1988.
- [14] 山寺喜成,安保昭,罗晶,等.恢复自然环境绿化工程概论——坡面绿化基础与模式设计[M].北京:中国科学技术出版社,1997.
- [15] 俞孔坚.风景资源评价的主要学派及方法[A].见:俞孔坚.景观:文化、生态与感知[M].北京:科学出版社,1998.40-50.
- [16] 项新里.借鉴发达国家经验,融公路于自然环境之中[J].公路交通技术,2002,(1):62-63.
- [17] 江玉林,张前进,陈学平,等.高速公路选线环境影响评价方法研究[J].公路,2005,(7):71-74.