

## 公路总体路线设计中生态保护与环境影响研究

陈 浩

湖北省交通规划设计院股份有限公司, 湖北 武汉 430050

**[摘要]**公路总体路线设计是公路工程施工的关键步骤,路线设计方案的质量关系到公路建设的投资大小、使用安全性以及线路周边环境保护,近年来我国倡导绿色发展理念,如何在公路路线设计时兼顾工程需求与环境保护,是对道路交通行业的一大考验。综述公路路线设计的基本原理以及环保设计理念,针对路线工程活动对土地资源、水资源、野生动物生存栖息环境造成的破坏机理进行总结,提出生态性优选方案、路基防护、设置动物过道等方法,建立从规划到竣工验收全过程的环境影响管理策略。公路建设虽然可以促进地方经济的发展,但是也会给周边的环境带来生物群落破坏、水土流失增大等问题,要在公路规划中实施源头保护,可以通过预测路域生态系统服务功能的变化,并结合路线走向分析侵占耕地面积、切割生态斑块等因素引起的直接和间接影响,来制定低生态影响的评价体系及决策标准。路域生态系统结构及功能分析说明,可以通过构建多元指标赋值评价模型,定量分析公路工程项目建设对生态的影响强度,研究结果可以为路线设计过程中的生态保护工作提供参考依据和技术支持。

**[关键词]**公路路线设计;生态保护;环境影响

DOI: 10.33142/sca.v9i5.19737

中图分类号: U412.32

文献标识码: A

## Research on Ecological Protection and Environmental Impact in the Overall Route Design of Highways

CHEN Hao

Hubei Communications Planning and Design Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430050, China

**Abstract:** The overall route design of highways is a key step in highway engineering construction. The quality of the route design scheme is related to the investment size, safety, and environmental protection of highway construction. In recent years, China has advocated the concept of green development. How to balance engineering needs and environmental protection in highway route design is a major test for the road transportation industry. Summarize the basic principles of highway route design and environmental protection design concepts, and summarize the damage mechanisms caused by route engineering activities to land resources, water resources, and the habitats of wildlife. Propose ecological optimization schemes, roadbed protection, and animal passages, and establish environmental impact management strategies for the entire process from planning to completion acceptance. Although highway construction can promote local economic development, it can also bring problems such as destruction of biological communities and increased soil erosion to the surrounding environment. In order to implement source protection in highway planning, a low ecological impact evaluation system and decision-making criteria can be formulated by predicting changes in the ecosystem service functions of the road area and combining the direct and indirect impacts caused by factors such as road route encroachment on arable land and cutting ecological patches. The analysis of the structure and function of the road domain ecosystem shows that a multi-dimensional indicator assignment evaluation model can be constructed to quantitatively analyze the impact intensity of highway engineering project construction on ecology. The research results can provide reference and technical support for ecological protection work in the process of route design.

**Keywords:** highway route design; ecological protection; environmental impact

### 引言

公路交通运输基础设施建设是国民经济和社会发展

的有力依托,截至 2025 年年底,我国公路通车里程达到 549 万 km,其中高速公路里程 19.1 万 km。公路属于线缆

类工程,在建设过程中不可避免要穿越各种不同的生态系统,也会给自然环境带来多角度的影响。传统意义上的路线设计侧重于工程造价以及运营的安全问题,忽视了对环境的保护,使得环境分裂、生物多样性降低等状况越来越严重。在开展生态文明建设过程中,我国提倡绿色、低碳的发展模式,在公路路线的设计中添加了生态环保意识,能够有效的减轻对自然环境的影响,实现公路建设的长远发展。生态环保理念下的设计原则强调把安全放在首位,把环保融入每一个环节当中,使工程建设项目与生态环境和谐共处。文章以公路总体路线设计框架为基础进行阐述,剖析了路线规划对生态环境的影响,归纳总结出一系列环境保护措施,希望能给绿色公路建设提供借鉴意义。

## 1 公路总体路线设计的理论基础与生态保护原则

### 1.1 公路总体路线设计理论基础

公路总体路线设计是在公路工程可行性研究和初步设计过程中,在考虑道路运输量、地势地质情况、工程技术指标、经济因素的基础上,统筹规划公路平面线型、竖向线型和平面布局的技术工作。公路路线设计的三条基本原则是安全可靠、行车舒适、节约成本,核心技术指标是平曲线半径大小、坡度高低、水平角大小、纵坡坡度、视距等重要技术参数。公路勘察设计必须进行深入细致的现场踏勘与调研,以获取公路建设施工的各项数据资料,用以指导公路路线设计、绿化设计、边坡防护措施、排水系统设计等方面的工作。线路规划的技术程序为走廊带选取、方案对比、局部线路调整三个步骤,在每一个步骤中都必须同时考虑地形地质、水文、城镇分布、生态环境等多种限制因素。

### 1.2 生态环境保护相关理论

生态环境保护的相关理论是公路线路设计中生态保护的重要理论基础。生态负荷论认为,生态系统的生态负荷,即维持生态系统的结构、功能平衡条件下所能够容忍的最大限度的破坏,用来衡量项目建设给生态环境带来的影响。景观生态学中的斑块-廊道-基质模型是了解公路建设对景观格局影响的一种工具,栖息地片段化以及边缘效应理论指出了线型基础设施分割连续的生态面体产生的生态效应。从可持续发展以及生态学理论出发,生态公路的概念以及特征是这样的:将生态环境因素纳入公路的设计环节,在道路规划过程中综合考虑公路的设计及公路整个生命周期的环境影响,运用灰色关联算法选出最优方案;依据环境影响结果选择环境影响的因素及其重要性;强调各种方案之间的环境影响差异;生境连通度模型可以用来判断路线对生态廊道的破坏大小,指导设立动物通道的位

置以及设计。

### 1.3 公路路线设计中的生态保护原则

公路线路规划中生态环境保护的原则包含以下几个方面:生态第一原则是指在路线方案的选择中,应该把避开生态环境敏感区放在工程建设经济技术指标之前;生态红线为刚性管控;节约用地原则是尽可能少占用良田及森林等优良土地;环境协调、景观融入的原则指路线走向与地形地物相适应,尽量避免大填大挖;生态低影响、低侵害的原则是在可能的情况下尽量减少土石方工程量,优先选用桥隧方案通过生态环境敏感区;绿色低碳原则是在设计阶段加入碳约束指标,选择最低碳的线路方案。生态理念在公路线路设计选址及布局上的运用,需要探究怎样在符合交通使用条件下,充分考虑生态方面的相关因素,在选择线路上如何避开或利用地形地貌、植被、水域等生态环境因素,以及在平纵断面的设计与自然环境相结合等问题,目的是降低公路工程建设对生态破坏的程度。

## 2 公路路线设计中的生态环境影响分析

### 2.1 公路建设对自然生态系统的影响

公路对自然生态系统的负面影响主要包括了生境破碎化及边缘效应增强、生态连通性丧失。生境破碎化,即完整的生态系统被公路分割为相互孤立的斑块,使得物种迁移困难,种群间基因交流受到影响;而边缘效应是指公路周边产生了强烈的干扰区,如光照、温度、湿度等环境要素发生变化,会直接影响到群落结构以及物种组成。高等级公路有线状连续的特点,项目的特性决定了高速公路要穿过其可能会碰到的所有生态系统,并且会对所经过的自然生态系统或者自然资源造成一定的影响。高等级公路建设的廊道效应、分割效应、逼近效应以及工程建设造成的占用土地、加剧水土流失、改变地表径流、破坏森林草地植被、污染大气水质等一系列环境不利影响问题,都需要从总体上进行评价分析并加以避免。基于青藏公路、青藏铁路案例,研究发现公路铁路对植被、水体、冻土、动物等有时间和空间叠加效应,路域植被覆盖率由升反降,对水土影响逐步加强,引起冻融变化以及水系阻隔,生物重新适应交通的时间藏羚羊是4年左右,藏野驴和藏原羚是在两三年之间。

### 2.2 对水环境与水土保持的影响

公路建设对水资源的影响主要表现在地表径流路径改变、水质污染、水土流失三个方面。路线穿过山体,影响了原地形的坡面产汇流情况;路基施工会堵塞沟道水系。在建设和营运过程中产生的悬浮物、油污、重金属等物质会随着地表径流到达水体中,导致水质变差。水土流失成

表 1 常用公路环境影响评价方法对比

| 评价方法    | 基本原理           | 适用阶段 | 数据需求   | 主要优点 | 主要局限     |
|---------|----------------|------|--------|------|----------|
| 清单法     | 列出可能受影响的生态环境要素 | 初步筛选 | 基础资料   | 简便易行 | 无法量化影响程度 |
| 矩阵法     | 建立行动-环境因子交互矩阵  | 方案比选 | 定性描述   | 系统全面 | 主观性较强    |
| GIS 叠置法 | 多图层空间叠加分析      | 选线优化 | 空间数据   | 可视化强 | 精度依赖数据   |
| HSI 模型  | 生境适宜性指数计算      | 精准评估 | 生态调查数据 | 定量化  | 建模复杂     |

为高等级公路建设中的主要环境问题。尤其是对于一些山区以及黄土丘陵区来说,大量的高填深挖会进一步加大土壤侵蚀的情况。绿色公路线路规划要合理选择通道位置,确定起点终点及大致方向,在工程需要的时候提前进行勘探,搜集地质、水文等相关资料。在方案比选过程中贯彻绿色交通理念,注重节约资源及保护环境,考察项目对土地、水域等自然资源的破坏程度,严格限制项目建设运营期产生的环境影响,路线方案中的水保措施有尽量减少填挖土石方量;完善好沟槽、排水设施;做好生态护坡等。

### 2.3 对野生动植物栖息环境的影响

公路对自然界的不利影响主要是栖息地破坏、撞伤以及阻隔。栖息地破坏为路线经过区域动物原有的生存环境被直接侵占及质量降低;撞伤指动物跨越公路过程中被过往车辆撞死;阻隔即公路成为动物迁移的障碍物,阻碍了不同种群之间的基因交流。青藏工程走廊中公路铁路重叠造成的微地形改善土壤保持能力,促进植物多样性,但是有蹄类对公路避让行为大于铁路。而且公路、铁路距离越近,则对公路的避让程度越大。针对青藏高原植被恢复难的问题,草皮存储和应用方式,草皮存活率达 20%以上。针对亚洲象与藏羚羊等对于动物通道和它们的生活环境的选择性特点,给出生境适应性评估,分析通道选位迁移走廊,结合选择的通道选位方案以及通道设计类型、数量、布局指标、隔离装置等方面的通道设计关键技术参数,指出桥梁高度大于或者等于六米才能够保证藏羚羊种群大规模的迁移需求。珍稀植物保护方式有线路避让、原地保护及迁地保护,在设计时要进行详尽的植物资源调研。

### 2.4 公路建设环境影响评价方法

环境影响评价是线路规划阶段发现并预测生态环境影响以及提出相应缓解措施的主要手段。线路设计方案评价的方法主要有清单法、矩阵法、GIS 空间叠加分析、生境适宜度模型等。

公路低生态影响评价方法,即通过对路域生态系统服务功能变化进行预测的同时,兼顾路线方案对土地资源的占用、生态斑块的切割等直接或间接的影响,建立生态约束指标体系并提出约束指标论证的方法。创建基于生态约

束的路线知识图谱决策系统,建立路线方案定量评价的多维多规则云模型,做到生态选择性线路定量决策。而生态综合性评价指数法则,是在各个因素对具体项目的全部生态影响因素的重要性上赋予权重,得出一个项目整体的生态影响量。这几种方法的应用,实现了环境影响分析由原来粗略的半定性半定量分析变为精确的定量分析,提高了环境影响评价的准确性,可以由年、公里级提高到月、百米级。

## 3 公路路线设计中的生态保护技术与环境影响控制策略

### 3.1 生态优化选线技术

生态保护线路优选技术的关键在于,在确定线路方案的过程中把生态敏感程度视为同工程技术指标一样重要的决定因素。具体技术环节为:走廊带选取时判断所处地区的生态敏感分布状况,划定不可跨越范围;方案对比时对各个候选方案进行生态影响的数量化分析,确定生态损失总价值系数;微调优选时针对选定方案进一步细调,使生态损失降到最低。

表 2 路线方案生态影响比选指标

| 比选指标      | 单位               | 方案 A  | 方案 B  | 方案 C  | 优选方向 |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|------|
| 路线长度      | km               | 42.5  | 44.2  | 41.8  | 较小   |
| 总用地面积     | hm <sup>2</sup>  | 186.3 | 201.5 | 179.2 | 较小   |
| 基本农田占用    | hm <sup>2</sup>  | 32.6  | 28.4  | 35.1  | 较小   |
| 植被破坏面积    | hm <sup>2</sup>  | 98.4  | 112.6 | 93.7  | 较小   |
| 水体穿越次数    | 次                | 5     | 7     | 4     | 较小   |
| 生态敏感区穿越长度 | km               | 2.6   | 0     | 3.2   | 较小   |
| 动物通道设置数量  | 处                | 3     | 4     | 2     | 较多   |
| 填挖方总量     | 万 m <sup>3</sup> | 328   | 365   | 310   | 较小   |
| 投资总额      | 万元               | 85600 | 89200 | 84300 | 较小   |

最小累积阻力法为生态选线的方法之一,基于生态源地点出发,以各类空间子单元内生物扩散过程所遇到的累积阻力值最低者为目标路线<sup>[1]</sup>,目前已被大量用于道路及铁路选线工作,在此基础上结合遥感影像解译以及 GIS 分析,可以得到线路位置的自动优选结果。方案比较时使用的评价参数有路线总长度、平竖曲线最小半径、全线征



地总面积、占用基本农田面积、路基土石方工程量、桥梁涵洞数量、总投资额等。

### 3.2 边坡生态防护与水土保持技术

边坡生态防护技术,既要达到边坡稳定又要达到生态环境修复的目的,其技术手段有植物防护、工程防护及生态工程复合防护三种方式<sup>[2]</sup>,植物防护主要有客土喷播、植生袋、液压喷播等方式,并优选使用本地植物;工程防护主要有骨架护坡、锚杆框架梁等;生态工程复合防护就是在工程结构上制造出适合植被生长的环境。施工企业根据植物防御屏障的要求,充分考虑到水文、地质、复杂地形、气候等因素要求的条件以及效果,采取的安全保护措施能很好地与周围环境相符。选择施工植物防御屏风时要结合当地的植被特点,保证所用植物符合当地环境才能提高防护强度。绿色地理固定墙技术可以成为传统砖石固化墙的一种替代品,它可以进行墙面及地面绿化,有利于生态环境保护。低影响开发排水系统设计采取分散排放代替集中排放,在道路两侧布置生态侧沟以及雨水花园等来减弱径流带来的水土流失。

### 3.3 生物通道与动植物保护技术

生物通道是缓解公路阻断影响的主要工程技术手段,通道有跨式动物通道(生态桥)、过路涵道(涵洞、箱涵)、林冠桥(专门为攀援动物所设)等多种形式,通道位置的选择要根据野生物种行动路径及生境适宜性的分析选择在物种迁徙通道与公路相交点附近进行布局<sup>[3]</sup>。对于两栖动物、爬行动物等小体型动物,干式涵洞和湿式涵洞结合设置可以提升通道的有效利用率;设置引导围网与通道联合应用,可以指引动物进入通道入口,减少路杀概率,通道使用情况的监测评估也是对设计提供反馈的重要部分,通过红外相机、足迹法等手段了解通道利用率进而指导通

道参数的设计调整。公路铁路建设对环境影响及减轻影响的研究表明,建立工程与生态保护指标体系,在设计技术上从源头进行保护。

## 4 结语

公路总体线型规划中的生态及环境的影响分析,是进行道路交通工程建设项目和自然保护两者间取得平衡的重要步骤。从理论依据上看,在路基的设计中要兼顾工程技术与生态保护两方面的理念,明确生态第一,减少干扰,生态环保的原则。从影响过程来看,公路建设对自然生态系统、水体环境、野生动物及植物生长环境都会造成全方位的影响,在规划设计时要做好系统的甄别、定量的研究。从技术途径上看,生态化最佳线路的选择、边坡的生态化处理、生物过道等构成全面的道路生态保护技术。未来研究应该强化路域生态环境长期动态监控、重视自然恢复以及乡土植被的应用。扩大研究范围,在开发适用于大中小型动物同时穿越为一体化廊道技术;促进生态韧性的共同提高,利用人工智能大数据技术给交通生态监测评估服务。在交通绿色发展的过程中,道路路线设计也将更加关注生态环境与减排效应的共同发展,助力美丽中国的建设。

### [参考文献]

- [1]左瑞芳.基于生态环保理念的绿色公路路线设计应用探讨[J].绿色中国,2025(3):175-177.
- [2]赵东旭.公路勘察设计中的环境保护问题研究[J].工程建设与设计,2024(8):64-66.
- [3]杨瑞倩.公路勘察设计中的环境保护问题研究[J].运输经理世界,2023(2):139-141.

作者简介:陈浩(1993—)男,汉族,湖北省武汉市人,工程师,2018年6月毕业于武汉理工大学交通运输工程专业,研究生学历,从事道路设计。