

# 公路绿化生态效益评估与提升途径

王洪涛

河北九门口复线建设发展有限公司 河北 秦皇岛 066000

**摘要：**作为缓解公路负面生态影响、构建绿色交通廊道的关键举措，公路绿化已从传统的美化、防护功能，逐步向多功能、复合型的生态系统服务转型。本文系统梳理了公路绿化的内涵与演进，深入剖析了其在固碳释氧、净化空气、涵养水源、调节微气候、降低噪声、保护生物多样性及水土保持等多维度的生态效益。在此基础上，文章构建了一个涵盖指标体系、评估方法与技术路径的综合评估框架，并针对当前公路绿化实践中存在的生态理念滞后、物种选择不当、管护模式粗放、生态连通性不足等核心问题，提出了以近自然生态修复理论为指导、优化植物群落配置、推广智慧化与低维护管护、强化生态廊道功能以及完善全生命周期管理体系等一系列科学、可行的提升途径。研究表明，推动公路绿化向高质量、高韧性、高效益的生态化方向发展，对于建设美丽中国、实现交通强国战略与生态文明建设的深度融合具有重要的现实意义。

**关键词：**公路绿化；生态效益；评估体系；提升途径；生态廊道；近自然修复

## 引言

公路作为国家经济发展的大动脉，在促进区域联通、资源流动和城镇化进程中扮演着不可替代的角色。然而，大规模的公路建设不可避免地带来一系列严峻的生态挑战：线性工程对自然景观和生态系统的物理割裂，导致栖息地破碎化，阻碍物种迁徙与基因交流；车辆运行产生的尾气、噪声、路面径流等污染物，对沿线环境质量构成持续威胁；施工及运营过程中的水土流失，进一步加剧了区域生态退化风险。在此背景下，公路绿化已超越其最初“栽树种草”的简单范畴，被赋予了修复受损生态、提升环境品质、构建绿色基础设施的战略使命。现代公路绿化不仅是工程技术的一部分，更是国土空间生态修复与生态安全格局构建的重要组成。它通过模拟自然生态系统的结构与功能，在人工干预下形成具有自我维持能力的植被群落，从而提供多元化的生态系统服务。然而，长期以来，公路绿化实践往往偏重于短期视觉效果和工程防护，对其深层次的生态效益缺乏系统认知、科学评估与有效提升，导致“绿而不活”、“绿而不稳”、“绿而不连”的现象普遍存在。因此，如何科学、全面地评估公路绿化的生态效益，并在此基础上探索切实有效的提升路径，已成为当前交通生态学与景观生态学交叉领域的前沿课题。

## 1 公路绿化的内涵演进与生态功能定位

公路绿化的发展历程可大致划分为三个阶段。第一阶段（20世纪50-80年代）以“工程防护”为主导，核心目标是稳定路基边坡、防止风沙侵蚀和雪害，植物选择上多采用速生、耐瘠薄的单一树种，如杨树、刺槐等，

生态功能考虑较少。第二阶段（20世纪90年代至21世纪初）进入“景观美化”时期，随着人们对出行环境舒适度要求的提高，绿化设计开始注重色彩、季相变化和景观协调性，但仍未摆脱“盆景式”、“园林化”的思维定式，忽视了区域生态本底与植被的自然演替规律。

进入新时代，公路绿化迈入“生态服务”新阶段。其核心理念是将公路廊道视为一个动态的、开放的生态系统，强调绿化不仅要满足基本的工程与美学需求，更要主动承担起生态修复、环境净化、生物多样性保育等多重功能<sup>[1]</sup>。这一转变标志着公路绿化从被动适应向主动营造的跃升，其功能定位也从单一走向复合：（1）生态屏障功能：通过合理的植被配置，形成过滤带，拦截、吸附、降解来自公路的各类污染物。（2）生态修复功能：对因工程建设而破坏的原生植被和土壤进行修复，加速生态系统的正向演替。（3）生态连接功能：作为潜在的生态廊道，缝合被公路割裂的栖息地斑块，促进物种扩散与生态过程流动。（4）生态调节功能：通过植被的生理活动，调节局地小气候，改善热岛效应，营造舒适宜人的行车与周边环境。这种功能定位的转变，要求公路绿化必须遵循生态学原理，尊重地域自然规律，实现从“造景”到“营境”的根本性跨越。

## 2 公路绿化生态效益的多维解析

公路绿化的生态效益是一个复杂的、多维度的概念体系，主要体现在以下几个方面：

### 2.1 大气环境调节效益

这是公路绿化最直接、最显著的生态效益之一。公路两侧的植被通过光合作用吸收二氧化碳（CO<sub>2</sub>），释放

氧气(O<sub>2</sub>),是重要的“碳汇”。研究表明,单位面积的森林绿地年固碳量可达数吨。同时,植物叶片表面的绒毛、蜡质层及分泌物能有效吸附、滞留空气中的颗粒物(PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>),并通过雨水冲刷将其带离大气环境。此外,某些特定树种(如夹竹桃、女贞等)还能吸收二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、氮氧化物(NO<sub>x</sub>)等有害气体,起到净化空气的作用。

## 2.2 水文调节与水质净化效益

公路绿化带,特别是植草沟、下凹式绿地等低影响开发(LID)设施,能够有效截留、渗透和净化路面径流。当降雨发生时,绿化带首先通过冠层截留减少地表径流量;其次,土壤和根系系统像一个天然的“过滤器”,通过物理沉降、化学吸附和微生物降解等过程,去除径流中的油类、重金属(如铅、锌、铜)、氮磷营养盐等污染物,显著改善受纳水体的水质,减轻城市内涝压力,并补充地下水。

## 2.3 声环境与热环境改善效益

茂密的乔灌木复层结构能有效衰减交通噪声。声波在穿过树林时,会因树叶、树枝的反射、散射和吸收而损失能量,通常宽度在30米以上的林带可降低噪声5-10分贝。在热环境方面,植被通过蒸腾作用消耗大量热能,有效降低地表及近地面空气温度<sup>[2]</sup>。夏季,绿化良好的路段比无绿化路段气温可低3-5℃,显著缓解城市热岛效应,提升驾乘人员的舒适度和安全性。

## 2.4 生物多样性保育效益

尽管公路本身是生物多样性的威胁源,但科学规划的绿化带可以转化为潜在的“生命通道”。通过种植乡土蜜源、食源植物,为传粉昆虫、鸟类等小型动物提供食物和临时栖息地;通过构建连续、多样的植被结构,为两栖爬行类等移动能力较弱的物种提供安全的迁徙廊道,减少路杀事件。这对于维持区域生态系统的完整性和稳定性至关重要。

## 2.5 水土保持与土壤改良效益

公路边坡是水土流失的高发区。绿化植被的根系能牢牢锚固土壤,增加土壤团粒结构,提高土壤的抗冲刷能力。枯枝落叶层则能缓冲雨滴对地表的直接冲击,减缓地表径流速度,从而有效控制水土流失。长期来看,植被的凋落物分解还能增加土壤有机质含量,改善土壤理化性质,为更高级别的生态演替创造条件。

## 3 公路绿化生态效益评估体系构建

要精准量化并管理上述生态效益,必须建立一套科学、可操作的评估体系。

### 3.1 评估指标体系

一个完整的评估指标体系应遵循“目标层—准则层—指标层”的逻辑结构。

目标层:公路绿化综合生态效益指数。

准则层:对应前述五大效益维度,即大气调节、水文净化、声热环境、生物多样性、水土保持。

指标层:选取具体、可量化的指标。例如:

大气调节:单位面积年固碳量(kg/m<sup>2</sup>·a)、PM<sub>2.5</sub>削减率(%)。

水文净化:径流峰值削减率(%)、总悬浮固体(TSS)去除率(%)、重金属去除率(%)。

声热环境:噪声衰减(dB)、夏季日间平均降温幅度(℃)。

生物多样性:乡土植物比例(%)、物种丰富度指数、关键物种出现频率。

水土保持:土壤侵蚀模数(t/km<sup>2</sup>·a)、植被覆盖率(%)。

### 3.2 评估方法与技术路径

(1)模型模拟法:利用专业生态模型进行定量评估。例如,采用i-Tree模型估算固碳释氧和空气净化价值;运用SWMM(暴雨洪水管理模型)耦合LID模块,模拟不同绿化方案对径流和水质的调控效果;使用噪音预测软件(如Caddna/A)结合绿化参数,计算降噪效能。(2)实地监测法:在典型路段设置对照断面,通过布设传感器、采样分析等手段,获取真实、动态的生态数据。这是验证模型精度、发现实际问题的关键环节。

(3)遥感与GIS技术:利用高分辨率卫星影像和无人机航拍,大范围、快速地提取植被覆盖度、类型、健康状况(NDVI指数)等信息,并结合空间分析,评估绿化的空间格局及其连通性。(4)综合评价法:采用层次分析法(AHP)、模糊综合评价等方法,将各单项指标进行标准化处理和权重赋值,最终得出综合生态效益得分,便于横向比较和纵向追踪。

## 4 当前公路绿化实践中的主要问题

尽管理念不断更新,但在具体实践中仍存在诸多制约生态效益充分发挥的瓶颈:(1)生态理念滞后,重“形”轻“神”:许多项目仍将绿化视为“面子工程”,过度追求即时成景和整齐划一,偏好使用外来观赏性强但生态功能弱的园艺品种,忽视了乡土植物的适应性和生态位。(2)植物配置单一,群落结构失衡:普遍存在“一行树、一片草”的单调模式,缺乏乔、灌、草、藤的合理搭配,导致生态系统结构简单、稳定性差、服务功能单一。(3)管护模式粗放,可持续性不足:后期养护依赖高强度的人工干预,如频繁修剪、大

量灌溉、滥用化肥农药,不仅成本高昂,而且破坏了植被的自然生长节律,抑制了生态功能的发挥<sup>[1]</sup>。(4)生态连通性考量缺失:绿化设计往往局限于公路红线范围内,未能与周边的自然山林、河流湿地等生态斑块进行有效衔接,使其成为孤立的“绿色孤岛”,无法发挥廊道功能。(5)评估与反馈机制缺位:绿化工程竣工后,缺乏对其长期生态绩效的跟踪评估,导致“建而不管、管而不评”,无法为后续设计优化提供数据支持。

### 5 公路绿化生态效益提升的核心途径

针对上述问题,亟需采取系统性策略,全面提升公路绿化的生态价值。

#### 5.1 以近自然生态修复理论为指导

摒弃“园林化”思维,转向“近自然化”营建。充分调研项目所在地的地带性植被、土壤、水文等立地条件,模仿顶级群落的结构与物种组成,选择适应性强、生态功能优的乡土树种和草种。通过混交、异龄、复层的配置方式,构建一个能够自我更新、自我调节的近自然植物群落,从根本上提升其生态韧性和服务功能。

#### 5.2 优化植物群落配置,打造多功能复合系统

推行“功能性植物群落”设计理念。例如,在靠近车行道的区域,优先配置吸附粉尘、吸收有害气体能力强的树种(如银杏、悬铃木);在边沟或低洼处,构建由湿生、水生植物组成的植草沟或雨水花园,强化水质净化功能;在路侧开阔地带,营造由蜜源、食源植物组成的灌丛或疏林草地,吸引野生动物。通过空间上的功能分区和物种上的精准搭配,实现“一地多能”。

#### 5.3 推广智慧化与低维护管护模式

引入智慧林业理念,利用物联网、大数据技术,建立绿化智能监测与灌溉系统,实现按需精准灌溉和病虫害预警,大幅降低水资源消耗和人力成本<sup>[4]</sup>。同时,确立“低维护”养护标准,允许植被自然生长,减少不必要的修剪和干预,让枯落物回归土壤,形成健康的物质循环,使绿化系统逐步走向自给自足。

#### 5.4 强化生态廊道功能,促进区域生态融合

在规划设计阶段,就应将公路绿化纳入区域生态安全格局进行统筹考虑。识别并预留关键的生态节点和潜

在廊道位置,通过建设野生动物通道(如生态桥、涵洞)、设置引导性植被等方式,主动弥合生态断裂。鼓励打破硬质隔离带,采用通透式、生态化的隔离形式,促进公路内外生态要素的交换与流动。

#### 5.5 构建全生命周期管理体系

将生态效益评估贯穿于公路绿化的规划、设计、施工、运营和管护全过程。在前期规划中,利用评估模型进行多方案比选;在建设期,严格监控施工对生态的扰动;在运营期,建立长期监测网络,定期发布生态绩效报告,并将评估结果反馈应用于未来项目的优化设计,形成“评估-反馈-优化”的闭环管理机制。

### 6 结语

公路绿化绝非简单的植树造林,而是关乎国家生态安全、人居环境质量和可持续发展能力的重大系统工程。其生态效益的深度挖掘与高效转化,是实现交通基础设施绿色转型的核心命题。本文通过系统阐述公路绿化的生态效益内涵,构建了多维度的评估框架,并深刻剖析了当前实践中的症结所在。在此基础上,提出的以近自然修复为魂、以科学配置为骨、以智慧管护为脉、以廊道连通为络、以全周期管理为纲的综合提升路径,旨在为公路绿化从“量”的扩张转向“质”的飞跃提供清晰的行动指南。未来的公路,不应仅仅是钢铁与沥青铺就的冰冷通道,更应是生机盎然、功能完备的绿色生命线。唯有将生态优先、绿色发展的理念深深植入交通建设的基因之中,才能真正实现人与自然和谐共生的现代化交通图景,为美丽中国建设筑牢坚实的绿色根基。

#### 参考文献

- [1]高翔.公路生态绿化模式的应用研究[J].交通世界,2022,(34):11-13.
- [2]李龙龙.高速公路绿化设计与生态环境保护研究[J].智能建筑与智慧城市,2024,(02):132-134.
- [3]章林平.公路绿化生态恢复措施探讨[J].住宅与房地产,2021,(09):103-104.
- [4]张振华.高速公路生态绿化的重要性分析[J].工程技术研究,2021,6(15):183-184.