

# 绿色可持续发展理念下的生态型道路建设策略

武煜昕

新疆建业建筑安装工程有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:** 在全球气候变化加剧、资源环境约束趋紧的背景下,绿色可持续发展已成为基础设施建设的核心导向。作为国家交通网络的骨干,传统道路工程在建设运营过程中对生态环境造成显著扰动,亟需向生态型道路转型。本文以绿色可持续发展理念为指引,系统剖析生态型道路的内涵与特征,深入探讨其在规划设计、材料选用、施工工艺、运营维护及智慧管理等全生命周期环节中的关键技术策略。文章指出,生态型道路建设不仅是工程技术的革新,更是发展理念的深刻转变,需通过多学科交叉融合、政策法规引导、标准体系完善及全生命周期成本核算等综合措施,推动道路工程从“灰色基础设施”向“绿色基础设施”跃迁,最终实现交通功能、生态效益与社会价值的有机统一。

**关键词:** 绿色可持续发展;生态型道路;全生命周期;低碳材料

## 引言

传统道路工程长期以来遵循“以车为本、效率优先”的建设理念,在追求通行能力与建设速度的同时,往往忽视了对自然生态系统的尊重与保护。大规模的土地占用、山体开挖、水系阻断、植被破坏以及施工期和运营期产生的大量碳排放、噪声污染、光污染和径流污染等问题,严重削弱了区域生态系统的稳定性和服务功能,与生态文明建设和“双碳”(碳达峰、碳中和)战略目标背道而驰。21世纪以来,随着全球对可持续发展议题的日益关注,《巴黎协定》等国际共识的达成,以及我国“绿水青山就是金山银山”理念的深入人心,基础设施建设领域正经历一场深刻的绿色革命。在此背景下,“生态型道路”应运而生,它超越了传统道路仅满足交通功能的单一维度,将生态保护、资源节约、环境友好和社会和谐内化为其核心属性。本文旨在系统阐述绿色可持续发展理念下生态型道路的内涵,并提出一套覆盖规划、设计、施工、运营与管理全过程的综合性建设策略,以期为我国乃至全球的道路工程绿色转型提供理论参考与实践指导。

## 1 生态型道路的内涵与核心特征

生态型道路是在绿色可持续发展理念指导下,以最小化生态足迹、最大化生态系统服务为目标,集交通功能、生态功能、景观功能与社会功能于一体的新型道路基础设施。其核心在于实现人、车、路、自然的和谐共生。

### 1.1 内涵解析

一是生态优先原则:将生态保护置于道路选线、设计和施工的首要位置。优先避让生态敏感区(如水源保护区、自然保护区、生物多样性热点区域),最大限度减少对原生地貌、水文过程和野生动植物栖息地的干

扰。二是资源循环利用:贯彻循环经济理念,在材料选择上优先使用再生骨料、工业固废(如钢渣、粉煤灰、建筑垃圾)和可再生资源;在能源消耗上,推广使用清洁能源和节能技术,降低全生命周期的能耗与碳排放。三是环境友好性:有效控制和削减道路全生命周期内的各类污染源,包括施工扬尘、噪声、废水,以及运营期的交通噪声、尾气排放、路面径流污染(携带油污、重金属、微塑料等)。四是韧性与适应性:增强道路系统应对极端气候事件(如暴雨、洪水、高温)的能力,通过海绵城市技术、耐候性材料等手段,提升其气候韧性和长期服役性能。

### 1.2 核心特征

(1) 低干扰性:通过精细化的线形设计(如采用更平缓的纵坡、更小的填挖方)、隧道与桥梁替代方案等,将对地形地貌的切割降至最低。(2) 自维持性:道路自身的生态系统(如边坡植被、中央分隔带、路侧绿地)能够形成稳定的群落结构,具备自我修复和维持能力,减少后期人工养护成本<sup>[1]</sup>。(3) 多功能融合:道路不仅是交通廊道,也是生态廊道(连接破碎化的生境)、雨水管理设施(LID, Low Impact Development)和城市公共空间。(4) 智慧化管理:利用物联网(IoT)、大数据、人工智能(AI)等技术,实现对道路状况、交通流、环境质量的实时监测与智能调控,优化资源配置,提升运营效率。

## 2 生态型道路全生命周期建设策略

生态型道路的成功建设依赖于覆盖其“摇篮到坟墓”全过程的系统性策略。

### 2.1 规划与设计阶段:源头控制与系统整合

此阶段是决定道路生态绩效的关键,需进行前瞻

性、系统性的思考。(1)生态选线与避让:运用GIS(地理信息系统)和遥感技术,叠加生态敏感区、地质灾害风险区、基本农田等图层,进行多方案比选,优先选择对生态环境影响最小的走廊带。引入“生态红线”概念,严格禁止穿越核心保护区。(2)融入区域生态网络:将道路规划纳入区域国土空间规划和生态保护修复规划中,使其成为区域生态网络的有机组成部分。例如,通过设置野生动物通道(上跨式天桥、下穿式涵洞),恢复被道路割裂的动物迁徙廊道。(3)海绵城市理念植入:将道路视为城市海绵体的一部分。通过设计下沉式绿地、植草沟、雨水花园、透水铺装等LID设施,实现对降雨径流的“渗、滞、蓄、净、用、排”,有效削减洪峰流量,补充地下水,并净化初期雨水<sup>[2]</sup>。(4)人性化与景观化设计:从“以车为本”转向“以人为本”,增设完善的慢行系统(自行车道、人行道),并保障其安全与舒适性。同时,注重道路景观美学,选用乡土植物进行绿化,营造具有地域特色的道路景观,提升市民的获得感与幸福感。

## 2.2 材料与结构阶段:绿色低碳与循环再生

材料是道路工程的物质基础,其选择直接决定了项目的环境负荷。(1)推广低碳胶凝材料:减少高碳排的普通硅酸盐水泥用量,积极研发和应用高贝利特水泥、硫铝酸盐水泥、碱激发胶凝材料(地质聚合物)等低碳甚至负碳胶凝体系。(2)大规模应用再生材料:将建筑垃圾、废旧混凝土经过处理后,作为路基、底基层甚至面层的骨料,实现“城市矿山”的资源化利用。将粉煤灰、矿渣、钢渣、脱硫石膏等工业副产品作为掺合料或替代集料,既消纳了固废,又改善了材料性能。通过厂拌热再生、就地热再生等技术,将铣刨下来的旧沥青路面材料重新利用,是道路行业循环经济的典范。(3)开发功能性环保材料:一是光催化材料:在路面或护栏上涂覆二氧化钛( $\text{TiO}_2$ )涂层,利用阳光分解汽车尾气中的氮氧化物( $\text{NO}_x$ )等污染物。二是降噪路面:采用多孔沥青混凝土(PAC)或橡胶沥青路面,通过其连通孔隙结构吸收轮胎-路面噪声,有效降低交通噪声5-10分贝。三是温拌沥青技术:通过添加温拌剂或发泡技术,降低沥青混合料的拌和与压实温度,从而大幅减少温室气体和有害烟气的排放,并改善施工环境。

## 2.3 施工与建造阶段:精益化与最小化扰动

施工是生态扰动最剧烈的阶段,需采取精细化管理措施。(1)绿色施工组织:制定详细的绿色施工专项方案,明确生态保护、水土保持、节能减排的具体目标与措施。采用BIM(建筑信息模型)技术进行施工模拟与优

化,减少返工和浪费。(2)水土保持与生态修复同步:施工前先行布设临时排水沟、沉砂池等水土保持设施。路堑、路堤边坡开挖后,应立即进行生态防护(如喷播植草、三维植被网、生态袋等),防止水土流失,并促进植被快速恢复<sup>[3]</sup>。(3)智能建造技术应用:推广使用智能摊铺机、无人驾驶压路机等先进装备,提高施工精度与效率,减少材料浪费和能源消耗。利用无人机进行进度监控和土方量计算,实现动态管理。(4)废弃物全过程管理:对施工过程中产生的弃土、建筑垃圾等进行分类收集、集中处理和资源化利用,严禁随意倾倒。

## 2.4 运营与维护阶段:智慧化与预防性养护

道路建成后的长期运营是实现其全生命周期绿色效益的保障。(1)构建智慧运维平台:整合来自路面传感器、气象站、视频监控、移动终端等多源数据,建立道路资产健康档案。利用AI算法对路面病害(裂缝、车辙、坑槽)进行自动识别与预测,实现从“被动修复”到“主动预防”的转变。(2)推广绿色养护技术:一是预防性养护:在路面结构尚好但出现轻微病害时,及时采取微表处、稀浆封层、雾封层等低成本、低能耗的技术进行干预,延长道路使用寿命,避免后期大修带来的巨大资源消耗。二是冷再生技术:对于需要结构性修复的路段,优先采用就地冷再生或厂拌冷再生技术,常温下即可完成旧料的再生利用,节能环保优势显著。(3)强化环境监测与治理:在敏感路段(如临近居民区、学校、河流)持续监测噪声、空气质量及路面径流水质。必要时增设声屏障、空气净化装置或末端雨水处理设施,确保环境影响可控<sup>[4]</sup>。(4)探索光伏道路等新型模式:在条件允许的路段(如服务区、停车带、部分慢行道),试点铺设光伏路面,将道路空间转化为清洁能源生产单元,实现“交通+能源”的融合发展。

## 3 保障生态型道路建设落地的支撑体系

要将上述策略从理念转化为现实,需要强有力的外部支撑。

### 3.1 完善政策法规与标准体系

强有力的制度供给是生态转型的根本保障。当前,我国在绿色交通领域的顶层设计已初具雏形,但具体到道路工程层面,仍存在标准滞后、激励不足、约束不强等问题。未来工作应聚焦于“刚柔并济”:刚性约束方面,亟需修订《公路工程技术标准》《城市道路工程设计规范》等核心法规,将生态选线避让原则、海绵城市设施强制配置率、再生材料最低应用比例、全生命周期碳排放限额等关键指标纳入强制性条文,使生态要求成为项目审批和验收的“硬杠杠”。柔性激励方面,可设

立国家级或省级“绿色道路示范工程”专项资金,对采用先进低碳技术、高比例固废利用或取得显著生态效益的项目给予建设补贴或运营期税收减免。此外,应加快建立一套科学、权威、国际接轨的生态型道路评价与认证体系(如可借鉴LEED、BREEAM等绿色建筑评价体系,开发“中国绿色道路评价标准”),通过星级评定等方式,为市场提供清晰的价值导向,引导投资流向。

### 3.2 创新投融资与成本核算机制

传统工程决策过度依赖“初始建设成本最小化”,低估了生态破坏的长期成本。因此,必须推行全生命周期成本分析(LCCA),将运营期的养护费用、环境治理成本及灾害损失等全部纳入考量。同时,结合全生命周期环境影响评价(LCA),量化项目碳足迹、水足迹等指标,并尝试通过生态价值核算将其部分货币化,揭示生态型道路“初期投入略高、长期综合效益巨大”的优势。投融资模式上,推广PPP模式,吸引社会资本参与,形成风险共担、收益共享的可持续合作机制。

### 3.3 加强多学科协同与人才培养

生态型道路是交叉学科产物,需土木工程、环境科学等多学科深度融合。当前,高校专业设置和行业实践存在学科壁垒。为此,高等教育机构应设立“绿色基础设施”等交叉学科方向,开设生态规划、循环材料等课程模块。科研机构应组建跨学科联合实验室,围绕“工业固废高值化利用于道路工程”等前沿课题协同攻关。行业协会和龙头企业应建立产学研用一体化平台,加速实验室成果向工程标准的转化,缩短创新周期。

### 3.4 提升公众参与与社会认知

生态型道路建设应是一个开放、透明的公共过程。项目前期规划阶段,应通过社区听证会、线上意见征集、VR/AR技术展示等形式,充分听取沿线居民、环保组织等利益相关方的意见,将公众对慢行系统、噪声控制等诉求融入设计方案。项目建成后,可通过设立科普

标识牌、开放日活动等方式,向公众阐释透水路面净化雨水、野生动物通道保护生物多样性等知识,提升全社会对绿色基础设施价值的认知与认同。让生态型道路真正成为凝聚社会共识、增进民生福祉的民心工程。

## 4 结语

绿色可持续发展理念为道路工程建设指明了未来方向。生态型道路建设是一项复杂的系统工程,其本质是从线性消耗的“获取-制造-废弃”模式,转向循环再生的“设计-使用-再生”模式。这不仅要求我们在技术层面不断创新,广泛应用低碳材料、海绵设施、智慧系统等工具,更要求我们在思想层面完成一次深刻的范式转换——将道路视为一个有生命的、能呼吸的、与自然协同演化的有机体,而非冰冷的、割裂自然的工程构筑物。展望未来,随着“双碳”目标的深入推进和生态文明建设的不断深化,生态型道路将从理念倡导走向大规模实践。通过构建涵盖规划引领、技术创新、政策保障、社会共治的完整体系,我们完全有能力打造出更多集高效、安全、绿色、智慧、美丽于一体的现代化道路,使之成为承载高质量发展、高品质生活和高水平保护的坚实基础,为子孙后代留下一个更加宜居、韧性、可持续的美好家园。

## 参考文献

- [1]郭雪艳,魏霖霖,达良俊.生命友善理念下的生态型绿色道路发展[J].林草政策研究,2024,4(02):46-54.
- [2]杨三强,工业固废低碳生态型道路再生材料关键技术研究.河北省,河北大学,2024-04-30.
- [3]顾民,祁文洋.绿色生态型道路的设计策略与管控实践[J].上海公路,2021,(04):119-123+146.
- [4]何佳,朱晓东,张兴宇,等.基于可拓云模型的绿色生态型市政道路综合评价方法应用研究[J].交通节能与环保,2022,18(01):102-107.