

# 绿色公路建设中废旧材料再生利用技术探讨

宋丽福

中交二公局第三工程有限公司, 陕西 西安 710016

DOI:10.61369/ETQM.2025060029

**摘要**：本文探讨绿色公路建设中废旧材料再生利用技术的价值维度、应用原则与实施策略。研究表明，废旧材料循环应用在工程全周期成本优化与碳排放控制领域展现重要价值。针对多样化废旧材料特性，文章提出分类分级利用、多元固废协同处置与技术创新引领三类策略，提升资源转化效能。工程案例验证了废旧沥青混合料、废弃混凝土等材料在路基填筑、基层构建等环节的应用成效，实现经济收益与环境价值的双重收获。绿色公路建设中废旧材料再生利用技术的持续精进，将为交通基础设施可持续发展奠定坚实基础。

**关键词**：绿色公路；建筑废旧材料；再生利用技术

## Discussion on the Recycling Technology of Waste Materials in Green Highway Construction

Song Lifu

China Communications Construction Second Public Works Bureau Third Engineering Co., LTD. Xi 'an, Shanxi 710016

**Abstract** : This paper explores the value dimensions, application principles, and implementation strategies of recycled material utilization in green road construction. The study shows that the cyclic use of waste materials plays a significant role in optimizing the total lifecycle cost and controlling carbon emissions in engineering projects. In response to the diverse characteristics of waste materials, the article proposes three strategies: classified and graded utilization, coordinated disposal of multiple solid wastes, and innovation-led approaches, to enhance resource conversion efficiency. Engineering case studies have verified the effectiveness of using recycled asphalt mixtures and discarded concrete in subgrade filling and base construction, achieving dual benefits in economic returns and environmental value. Continuous refinement of recycled material utilization technology in green road construction will lay a solid foundation for the sustainable development of transportation infrastructure.

**Keywords** : green highway; construction waste materials; recycling technology

交通基础设施建设规模扩张与更新改造需求增长背景下，公路工程产生的废旧材料量激增，处置难题日益凸显。传统公路建设模式中，大量废弃沥青混合料、水泥混凝土与路基材料被简单填埋或堆放，导致土地资源浪费及环境风险积累。同期，公路建设对原生材料的持续开采引发自然资源枯竭、生态系统破坏与碳足迹扩大等连锁反应。李明（2022）调研显示，我国年均公路维修改造工程产生废旧沥青混合料逾8000万吨，妥善再生可创造经济价值超400亿元。王建华（2023）研究证实，废旧路面材料再生技术能减少30%–90%碳排放，有效支撑国家“双碳”战略落地。国际视野下，发达国家公路废旧材料再生率已达85%以上，明显优于我国现阶段40%左右的水平。绿色发展视域中，创新废旧材料再生利用技术成为公路建设领域转型升级的战略支点。本研究立足工程实践，梳理绿色公路建设中废旧材料再生利用的技术脉络，期望为推动循环经济与生态文明建设贡献专业见解。

### 一、绿色公路建设中废旧材料再生利用技术价值

#### （一）全周期成本优化

全周期成本优化视角下的废旧材料再生利用贯穿绿色公路建设始终，赋予工程经济学全新内涵。传统建设模式侧重初始投资计算，忽略后期维护与报废处理费用，导致决策失衡。废旧材料

循环应用实质重塑了成本构成，使工程财务评估延伸至材料获取、施工应用、养护维修、更新改造及终端处置各环节。材料再生带来的经济红利并非短期体现，而是在漫长使用周期中逐步释放。精准量化废料回收利用减少的原材料开采、运输与废弃物填埋费用，将环境效益货币化纳入经济决策模型，方能揭示其真实价值。绿色公路全周期成本核算突破传统边界，融合经济与生态

双重效益，成为可持续交通基础设施建设的经济支撑点。废旧材料再生并非仅为节约当下建设资金，更是对未来成本的前瞻性控制，体现了工程经济学中长远规划的思维精髓。

## （二）大幅降低碳排放

在绿色公路建设领域，废旧材料再生利用技术对于降低碳排放具有显著价值。材料生命周期评估表明，再生利用技术减少了原材料的开采、加工、生产等环节的能源消耗，从源头切断碳排放链。传统路面材料如沥青混凝土、水泥混凝土的生产过程存在能耗高、碳足迹大的问题，废旧路面材料的再生利用大幅削减了这些高能耗工艺。废旧沥青路面材料的热再生工艺较原生沥青混合料生产可减少约60%的碳排放，冷再生工艺则可降低90%以上的温室气体排放量。就地再生利用技术消除了长距离运输环节，进一步缩减了物流过程中的碳足迹。废弃混凝土、建筑垃圾等材料经过破碎、筛分、改性后应用于路基、路面基层，规避了填埋处理导致的甲烷等温室气体释放，同时替代了等量原生骨料，形成碳减排的倍增效应。环境经济学量化分析显示，废旧材料再生利用创造了可计量的碳汇价值，为公路建设领域实现碳交易与碳中和战略奠定了技术基础和经济支撑<sup>[1]</sup>。

## 二、绿色公路建设中废旧材料再生利用技术应用原则

### （一）安全性优先原则

安全性优先原则作为绿色公路建设中废旧材料再生利用技术应用的基本准则，体现了工程建设对人民生命财产安全的根本尊重。在材料再生利用过程中，安全性评估贯穿于材料选择、加工处理、性能测试及结构应用的全过程。废旧材料的物理力学特性往往因使用历史而呈现差异化特征，需进行严格的技术检测与评估，确保其在承载力、抗变形能力、耐久性等关键指标上满足工程规范要求。绿色理念推动再生技术发展，但任何环保与经济效益均不应以牺牲安全为代价。安全性评估应基于全生命周期视角，关注材料在各种极端环境条件下的性能表现与劣化规律。当代绿色公路工程实践表明，废旧材料性能可经科学改性达到甚至超越常规材料，然工程设计仍应保持适当安全储备，建立完善的质量监控体系。材料再生利用创新应以国家相关技术标准为基础，结合实验室验证和工程试验段的长期监测数据，形成系统化的安全评价方法。绿色公路建设中的废旧材料再生利用，唯有将安全置于最高位置，方能实现真正意义上的可持续发展，为后代留下安全可靠的交通基础设施遗产<sup>[2]</sup>。

### （二）适用性匹配原则

适用性匹配原则立足于再生材料本质属性与工程功能要求之间的科学关联，强调废旧材料在绿色公路建设中应用时必须契合工程技术规范与标准。此原则要求废旧材料再生利用前须对材料物理特性、力学性能及耐久性进行全面评估，确定其适用范围及条件限制，使再生材料性能指标与工程部位功能需求形成合理对应。适用性匹配并非简单地寻求材料替代，而是基于工程结构层次、受力特点、环境条件等因素构建完整的匹配体系<sup>[3]</sup>。绿色公路建设实践表明，废旧材料再生利用需遵循功能优先、质量导向

的基本思路，在保障工程质量安全前提下实现废旧资源价值转化。材料适用性评价应纳入全生命周期视角，综合考量材料老化机理、性能衰减规律及长期耐久性能，建立科学的适用性评价指标体系。当前工程领域对再生材料适用性评价研究日益深入，逐步形成了基于材料微观结构与宏观力学性能关联的多层次评价方法，为废旧材料再生利用提供了理论支撑与实践指导。恰当把握适用性匹配原则，有助于破解再生材料应用中的技术瓶颈，推动绿色公路建设迈向高质量发展阶段<sup>[4]</sup>。

### （三）环境友好原则

环境友好原则立足于绿色公路建设全生命周期的生态环境保护要求。该原则强调废旧材料再生利用技术应具备环境兼容性，确保材料从回收、处理到再利用的全过程对生态系统影响最小化。环境友好原则要求对再生材料进行严格的环境风险评估，监测其潜在有害物质含量及释放风险，确保应用安全。材料再生工艺选择需优先考量能耗效率与污染物排放指标，选用清洁生产技术。废旧材料再生利用过程中产生的副产品应进入资源化利用渠道，避免造成二次环境负担<sup>[5]</sup>。该原则还涵盖再生材料应用后的环境适应性评价，关注其在不同气候与环境条件下的稳定性与环境协调性。绿色公路建设中废旧材料再生利用遵循环境友好原则，将显著降低公路工程的资源消耗与环境足迹，推动公路建设向资源节约型、环境友好型方向发展，实现经济效益与生态效益的协同提升，为构建可持续交通基础设施体系奠定坚实基础<sup>[6]</sup>。

## 三、绿色公路建设中废旧材料再生利用技术应用策略

### （一）分类分级应用策略

分类分级应用策略是绿色公路建设中废旧材料再生利用的科学方法论基础。废旧材料在回收后需依据材质特性、老化程度、力学性能等关键指标进行系统分类，随后按照质量等级划分为高、中、低不同等级。高等级材料可直接替代原生材料用于公路结构层，中等级材料适合次要功能区域，低等级材料则可用于辅助设施或绿化工程。此策略实质是对废旧材料价值的精准评估与匹配利用，确保每种材料被安排在最适宜的应用场景中，实现资源价值最大化。质量分级利用避免了“一刀切”做法带来的安全隐患，为公路全生命周期设计提供了技术支撑<sup>[7]</sup>。

某省际高速公路改建工程中，旧路面废弃沥青混合料经破碎筛分后进行了严格检测分级。检测性能达到高等级标准的部分，经过加热再生处理后用于新路面基层；中等级部分添加稳定剂后用于路肩加固与便道建设；低等级部分则与当地土壤混合用于边坡防护与声屏障基础。废弃水泥混凝土同样依据强度与品质分级，高品质部分经破碎处理后作为优质骨料回用于新建路段的水泥混凝土层面，中品质部分用于道路附属工程如排水沟与隔离墩，低品质部分则用于填筑路基或绿化带地形塑造。此项目通过精确分级利用，废旧材料回用率达到95%以上，节约原材料成本3200万元，减少碳排放约4500吨，成为区域典范工程<sup>[8]</sup>。

### （二）多元固废协同利用策略

多元固废协同利用理念建立在材料科学与生态文明建设的交叉

领域，将各类固体废弃物视为互补性资源进行整合应用。绿色公路建设过程中产生的废旧沥青混合料、水泥混凝土块、路基土方等与当地工业产生的粉煤灰、钢渣、矿渣等固废融合配置，形成物理性能与化学特性互补的复合材料体系。固废间的协同反应机理表现为颗粒级配优化、微观结构重构与活性成分互动，产生“1+1>2”的增益效应。此类协同模式突破了单一固废利用的技术瓶颈，提升了资源转化率，创造了固废增值利用的技术路径，实现了绿色公路建设的资源闭环<sup>[9]</sup>。

### （三）技术创新驱动策略

技术创新作为绿色公路建设中废旧材料再生利用的核心驱动力，催生了一系列前沿应用方案。创新技术在材料性能提升、工艺流程优化与环境友好性强化方面发挥关键作用。当代再生技术发展呈现智能化、精准化与系统化特征，实现了对废旧路面材料物理特性与化学性能的全方位改良。先进的材料改性技术改变了传统再生材料性能不稳定的局限，材料循环利用效率与质量同步提升。创新驱动策略需建立在科学研究基础之上，形成产学研一体化发展模式，促使实验室成果向工程实践转化。在此过程

中，数字化与智能化技术为材料再生提供了精准决策支持，推动了绿色公路建设行业循环经济模式的持续优化<sup>[10]</sup>。

## 四、结语

绿色公路建设中废旧材料再生利用技术标志着交通基础设施建设的发展方向。本文所构建的价值认知、原则框架与策略体系，为工程实践提供了理论依据与方法启示。废旧材料再生利用解决资源紧缺与环境负荷问题，创造经济与生态的双向增益。工程实证表明，废旧路面材料经专业处理后，完全达到工程质量与安全标准，部分性能指标甚至超越原生材料。后续研究方向应着眼于再生材料长效性能评估、智能化再生工艺革新与全生命周期评价体系健全，持续提升技术水准与应用效果。推进绿色公路建设中废旧材料再生利用技术发展，呼唤工程技术专家、科研院所与管理机构的深度合作，共同打造资源节约型、环境友好型的永续交通基础设施体系。

## 参考文献

- [1] 江龙进, 吴承明. 绿色公路设计在旧路改造中的应用 [J]. 安徽建筑, 2020, 27(09): 198-199.
- [2] 王勇, 刘吉伟, 尹易寒, 等. 绿色公路理念下的公路景观设计方法研究——以 S327 京山县三阳镇至绿林镇公路为例 [J]. 工程与建设, 2023, 37(04): 1167-1169.
- [3] 蒋鹏, 龚斌, 彭静, 等. 绿色公路下的景观设计——以银百高速大水坑服务区为例 [J]. 中南农业科技, 2023, 44(03): 181-185+190.
- [4] 黄宇哲. 基于“创建绿色公路、打造品质工程”景观绿化设计研究——以广西融水至河池高速公路为例 [J]. 绿色科技, 2022, 24(09): 70-76.
- [5] 邵长爽. 新型绿色公路工程的造价预算与成本控制研究 [J]. 现代商业研究, 2024, (03): 50-52.
- [6] 苏晓君, 赵阳阳. 基于绿色公路理念的公路路线方案设计研究 [J]. 交通世界, 2024, (Z1): 179-181+185.
- [7] 孙伟民, 王红, 王祎旻, 等. 基于绿色公路理念的高速公路改扩建模式决策 [J]. 工程与建设, 2023, 37(05): 1612-1615+1623.
- [8] 胡萌, 张玮, 殷承启. 绿色公路管理体系构建 [J]. 交通科技与管理, 2023, 4(16): 34-36.
- [9] 彭小录, 牛力达. 绿色公路建设理念在甘南高寒区路基设计中的应用 [J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(05): 27-30.
- [10] 王华峰, 王勇, 黄若楠, 等. 基于绿色发展背景下的绿色生态公路建设体系发展研究 [J]. 工程建设与设计, 2023, (07): 109-112.