

## 公路养护中绿色施工技术的应用与发展

郑虎强

新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830011

[摘要]随着社会经济不断发展以及城市交通网络逐步完善，公路养护工程的规模与数量都在持续增长，这使得对施工技术有了更高的环保以及可持续性方面的要求。绿色施工技术在公路养护当中的运用，一方面可以有效减少能源消耗以及环境污染情况，另一方面能提升施工效率以及资源利用率，达成经济、社会还有环境等多方面的效益。文中选取公路养护工程当作研究对象，全面且细致地分析了绿色施工技术所具备的优势、当前的应用状况以及未来的发展趋势，着重对智能化施工、资源循环利用、环保材料的选择以及污染控制等关键的技术手段展开探讨，还针对未来绿色施工的发展走向给出了较为科学合理的展望。研究显示，绿色施工技术的推广应用，既能明显改进施工环境，又能促使公路养护行业朝着高效、低碳以及智能化的方向去发展。

[关键词]公路养护；绿色施工技术；发展趋势

DOI: 10.33142/aem.v7i10.18239

中图分类号: U444

文献标识码: A

## Application and Development of Green Construction Technology in Highway Maintenance

ZHENG Huqiang

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830011, China

**Abstract:** With the continuous development of social economy and the gradual improvement of urban transportation network, the scale and quantity of highway maintenance projects are continuously increasing, which has raised higher requirements for environmental protection and sustainability of construction technology. The application of green construction technology in highway maintenance can effectively reduce energy consumption and environmental pollution, and improve construction efficiency and resource utilization, achieving multiple benefits such as economic, social, and environmental benefits. The article selects highway maintenance engineering as the research object, comprehensively and meticulously analyzes the advantages, current application status, and future development trends of green construction technology, focusing on key technical means such as intelligent construction, resource recycling, selection of environmentally friendly materials, and pollution control. It also provides a more scientific and reasonable outlook for the future development direction of green construction. Research shows that the promotion and application of green construction technology can not only significantly improve the construction environment, but also promote the development of the highway maintenance industry towards high efficiency, low carbon, and intelligence.

**Keywords:** highway maintenance; green construction technology; development trend

### 引言

近些年，城市交通建设以及高速公路网络快速拓展，使得公路养护工程数量增多且复杂程度加剧，传统施工模式在资源耗费、环境保护与施工效率方面存在的弊端慢慢显露出来。绿色施工技术的出现，给解决这一难题带来了整体性的思路，其通过在施工全过程对材料、能源以及施工工艺加以优化，尽可能减少施工对环境产生的负面影响，同时提升施工效率以及工程质量。特别是在公路养护这个领域，绿色施工技术的应用不但关乎项目本身的经济性和

环保性，而且会直接对交通安全、社会效益以及区域生态环境的可持续发展产生影响。所以，深入剖析绿色施工技术在公路养护中的应用优势以及发展趋势，对于推动行业技术发展和实现可持续发展有着重要的意义。

### 1 绿色施工技术的核心理念

绿色施工技术的核心思想在于追求资源的高效利用、环境保护和施工过程的可持续性。这一理念强调了在整个施工阶段中应当尽量降低能量的消耗、减少材料的浪费和污染的排放，同时还需要提高项目的质量与效益。绿色施

工推崇选择环境友好且可循环利用的建筑材料，例如再生资本和低碳材料，旨在减轻对自然资源的过度依赖。再者，环保施工也涉及对施工技术的改进，选用先进的节能设备和低排放技术，目的是减少施工给环境带来的负面影响。另外，绿色施工模式同样强调施工过程中生态系统的恢复以及废弃物的有效管理，以促进废弃物的全面循环利用。

## 2 绿色施工技术在公路养护中的优势

### 2.1 环境效益

绿色施工技术在公路养护领域的核心优势体现在显著的环境效益上。通过选用环保型材料、构建废弃物减量体系及优化施工工艺等关键举措，可从源头控制施工对周边生态环境的扰动。以隧道衬砌修复和桥梁支座更换、裂缝修补等具体维护作业为例，采用尾气后处理装置升级的小型液压捣固机、低排放沥青摊铺机等环保设备，结合柴油颗粒过滤器（DPF）和选择性催化还原（SCR）技术，能使废气中氮氧化物和颗粒物排放量降低 40% 以上；同时配套旋流沉淀+活性炭吸附废水处理系统，对施工产生的含油废水、泥沙废水进行集中处理，处理后的水质可达《污水综合排放标准》（GB8978—1996）一级标准，有效避免水体与土壤污染。这些技术应用精准契合国家“双碳”战略与生态文明建设要求，实现公路养护与生态保护的协同发展。

### 2.2 经济效益

绿色施工技术为公路养护工程带来了全生命周期的经济效益提升。通过材料优化配置、施工流程再造及资源循环利用等技术路径，在保障施工质量的前提下实现成本精准管控。例如在路面大修工程中，采用废旧沥青混合料再生技术，将铣刨回收的旧料经加热、筛分、添加再生剂后重新铺筑，可使天然砂石用量减少 60% 以上，材料采购成本降低 30%~40%；引入 BIM 技术进行施工模拟与进度管理，结合物联网设备对施工机械运行状态实时监控，能有效减少重复施工、窝工等现象，使施工周期缩短 15%~20%，人工成本降低 20% 左右。从长期效益来看，绿色施工技术可降低养护工程后期病害处理成本 40% 以上，减少环境治理投入，形成“资源节约-成本优化-效益提升”的良性循环，为公路养护项目提供可持续的经济运行模式。

### 2.3 社会效益

绿色施工技术在公路养护中还彰显出突出的社会效益，主要体现在人居环境改善与施工安全提升两个维度。在施工过程中，通过采用低噪声振捣棒、隔声围挡等降噪设备，结合雾炮机洒水降尘、施工区域全封闭覆盖等措施，

可使施工区域噪声值控制在 60dB 以下，粉尘浓度降低 80% 以上，显著改善施工区域及周边居民的生活环境质量，公众对施工项目的支持率提升至 90% 以上。同时，绿色施工体系强调“安全优先、文明施工”理念，通过推广智能安全帽、安全监测预警系统等技术手段，规范施工流程管理，可使施工人员职业健康风险降低 50% 以上，安全事故发生率下降 60%。这种“生态友好+安全高效”的施工模式，既提升了公路养护行业的社会形象，又为构建和谐施工环境提供了坚实支撑。

## 3 公路养护中绿色施工技术的应用

### 3.1 环保材料的选择与应用

环保材料的精准选型与科学应用是公路养护绿色施工的核心技术支持。在材料选择过程中，以“低碳化、可循环、高性能”为核心原则，优先选用符合《公路工程环保材料应用技术规范》的新型材料，在保障工程性能的同时最大化降低环境影响。例如在混凝土结构养护中，采用粉煤灰掺量达 30%~50% 的复合水泥，替代传统硅酸盐水泥，可减少水泥生产过程中 60% 的二氧化碳排放，同时降低天然石灰石消耗量；在沥青路面预防性养护中，采用废旧轮胎橡胶改性沥青，既实现废旧橡胶的资源化利用，又使路面抗老化性能提升 30%，延长使用寿命 3~5 年。需要注意的是，材料选用需建立“性能-环保-成本”三维评估体系，重点考量耐久性、施工和易性及环境兼容性，通过试验段铺筑验证材料性能，确保其在长期运营中保持稳定，实现材料绿色化与工程可靠性的有机统一。

### 3.2 资源循环利用与再生技术

资源循环利用与再生技术是公路养护绿色施工的关键实践路径，可有效解决传统养护中“废料围城”与资源浪费问题。针对养护施工产生的旧沥青混合料、混凝土废渣、废旧钢材等建筑垃圾，建立“分类回收-破碎筛分-再生加工-二次利用”的全链条处理体系。具体而言，旧路面混凝土经颚式破碎机破碎、振动筛分级后，粒径 5~31.5mm 的骨料可作为水稳基层填料，粒径小于 5mm 的石粉可替代部分水泥用于砂浆制备，再生利用率高达 100%；旧沥青混合料通过间歇式再生设备加热、添加再生剂及新骨料后，可直接铺筑中下面层，再生料掺量可达 50%~80%。此外，推广钢结构构件模块化设计与模板重复利用技术，钢模板周转次数从传统的 30 次提升至 80 次以上，木材模板用量减少 70%。这些技术的应用使养护工程资源利用率提升 40% 以上，固体废弃物排放量降低 90%，为公路养护实现“资源-产品-废弃物-再生资源”的循环经济模式提供了技术保障。

### 3.3 施工过程中的污染控制与管理

施工过程的精细化污染管控是实现公路养护绿色施工的重要保障，需针对粉尘、噪声、废水、固废等主要污染来源建立全流程防控体系。在粉尘控制方面，采用“湿法作业+封闭运输+植被覆盖”三重措施，铣刨作业时同步开启雾炮机，运输车辆加盖防雨篷布并安装冲洗装置，裸露施工区域铺设防尘网；在噪声管控方面，合理安排施工时间，敏感区域设置高度不低于2.5m的隔声围挡，选用噪声值低于75dB的低噪声设备；在废水处理方面，构建“沉淀池+隔油池+清水池”三级处理系统，废水经处理后用于洒水降尘，实现水资源循环利用；在固废管理方面，建立分类回收台账，可回收材料交由专业机构处理，不可回收材料运往指定消纳场。

### 3.4 智能化绿色施工技术的应用

智能化技术与绿色施工的深度融合，显著提升了公路养护工程的效率与环境管理水平，构建了“感知-分析-决策-执行”的智能化施工体系。通过搭建物联网监测平台，集成传感器、无人机、高清摄像头等设备，实现对材料消耗、机械能耗、空气质量、施工进度等数据的实时采集；利用大数据分析技术对采集数据进行深度挖掘，精准识别施工过程中的资源浪费与污染超标问题，为施工方案优化提供数据支撑。**BIM**技术的应用实现了施工全流程可视化管理，通过建立三维模型进行施工模拟，提前规避管线冲突、工序交叉等问题，减少材料浪费15%以上；在养护规划阶段，借助**BIM**模型对路面病害发展趋势进行预测，制定精准养护方案。此外，推广应用智能压实设备、无人驾驶摊铺设备等智能化施工机械，通过卫星定位与传感器技术实现施工参数的实时调整，使压实度合格率提升至98%以上，减少返工损耗。智能化绿色施工技术的应用，不仅使施工能耗降低20%以上，污染物排放减少30%以上，更实现了施工过程的精准化、高效化管控，为公路养护绿色发展提供了数字化支撑。

## 4 公路养护绿色施工技术的发展趋势

### 4.1 智能化与数字化水平提升

随着新一代信息技术的迭代升级，公路养护绿色施工正朝着“全域感知、智能决策、精准管控”的方向迈进。未来将构建“云-边-端”一体化智能施工平台，云端建立大数据管理中心，整合施工、养护、环境等全生命周期数据；边缘端部署智能网关实现数据实时处理；终端配备智能施工设备、环境监测传感器等硬件设施，实现施工全过程数据采集与控制。人工智能技术将深度应用于施工管理，通过机器学习算法对施工方案进行优化，利用计算机视觉

技术实现安全隐患与污染问题的自动识别，响应时间从传统的24h缩短至1h以内。数字孪生技术将实现养护工程的虚拟映射，通过构建与实体工程同步的数字模型，模拟施工过程中的环境影响与资源消耗，为绿色施工方案制定提供精准预测。智能化与数字化技术的深度应用，将使公路养护施工效率提升30%以上，资源利用率提升50%以上，成为绿色施工技术发展的核心驱动力。

### 4.2 与新技术的融合发展

绿色施工技术与新兴技术的跨界融合，正推动公路养护施工向自动化、精准化、高效化转型。无人机巡检技术已广泛应用于公路病害排查，搭载高清摄像头与红外热像仪的无人机可实现路面裂缝、桥梁结构损伤等病害的快速识别，检测效率较人工提升10倍以上；人工智能分析系统通过深度学习病害特征，识别准确率达95%以上，为养护决策提供精准依据。**3D**打印技术在小型构件预制中展现出独特优势，采用环保型混凝土材料打印路缘石、排水沟等构件，可减少材料浪费40%，生产效率提升60%。先进材料技术与绿色施工的融合更具突破性，自修复沥青材料通过内置微胶囊技术实现裂缝自动愈合，可减少养护频次50%；光伏路面技术实现交通承载与能源发电双重功能，为公路养护提供清洁能源支持。这些新技术的协同应用，推动绿色施工技术从单一技术应用向多技术集成系统演进，形成“感知-施工-养护-评估”的全链条绿色技术体系。

### 4.3 绿色施工标准与规范体系的完善

完善的标准规范体系是公路养护绿色施工高质量发展的制度保障，近年来国家层面已逐步构建起“法律法规-行业标准-技术规程”的三级标准体系。在国家层面，《绿色建筑评价标准》《公路工程绿色施工技术规范》等法规标准相继出台，明确了绿色施工的总体要求与技术指标；行业层面，针对沥青路面再生、混凝土循环利用等关键技术制定了专项技术规程，规范了技术应用流程；地方层面，结合区域生态特点制定了差异化的实施细则，如西北干旱地区重点强化水资源节约标准，南方水网地区突出水体保护要求。未来标准体系将呈现“全生命周期覆盖、精准化分类管控、国际化协同接轨”的发展趋势，在覆盖施工环节的基础上，进一步延伸至设计、运营、拆除等全生命周期阶段；针对高速公路、农村公路等不同类型项目制定分类标准，提高标准的适用性；积极对接国际绿色施工标准，引入碳足迹核算、生态影响评估等先进理念。标准体系的不断完善将为绿色施工技术的规范化应用提供制度支撑，推动公路养护行业绿色发展水平的整体提升。

#### 4.4 可持续发展与低碳化趋势

低碳化与可持续发展已成为公路养护绿色施工的核心导向，正推动行业从“末端治理”向“源头减排”转型。在低碳材料应用方面，推广低碳水泥、生物基沥青等新型材料，结合碳捕捉技术降低材料生产过程中的碳排放，目标到2030年养护工程材料碳足迹降低30%以上；在节能设备推广方面，普及电动施工机械、太阳能照明设备等节能装备，建立施工机械能耗核算体系，实现施工能耗降低25%以上。全生命周期管理理念将全面融入养护工程，在设计阶段开展碳足迹评估，施工阶段实施低碳技术管控，运营阶段建立长期监测机制，形成全流程低碳管控体系。同时，绿色施工将与生态保护深度融合，推广“公路+生态修复”模式，在养护施工中同步开展边坡绿化、植被恢复等生态工程，实现公路与自然生态的和谐共生。未来，低碳化将与智能化、标准化形成协同发展格局，通过数字技术优化低碳施工方案，借助标准体系规范低碳技术应用，最终实现公路养护工程经济效益、社会效益与生态效益的有机统一。

#### 5 结语

绿色施工技术为公路养护工程注入了可持续发展动力，通过环境效益、经济效益与社会效益的协同提升，实现了公路养护与生态保护的协调发展。在技术应用层面，环保材料选型、资源循环利用、污染精准管控及智能化施

工等关键技术的集成应用，有效解决了传统养护中资源浪费、环境污染等突出问题，显著提升了施工效率与工程质量。展望未来，随着智能化与数字化技术的深度渗透，绿色施工技术将实现从“技术应用”向“体系化发展”的跨越；与无人机、3D打印等新技术的融合应用，将不断拓展绿色施工的技术边界；标准规范体系的逐步完善，将为绿色施工提供更加坚实的制度保障；低碳化与可持续发展理念的全面践行，将推动公路养护行业实现高质量发展。推广应用绿色施工技术，不仅是公路养护行业响应“双碳”战略的必然要求，更是实现交通基础设施可持续发展的关键路径，必将为我国交通强国建设与生态文明建设提供强有力的支持。

#### [参考文献]

- [1]王晋.公路养护中绿色施工技术的应用与发展趋势[J].时代汽车,2025(20):177-179.
  - [2]卞慧芳.绿色施工技术在高速公路养护中的应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025(15):139-141.
  - [3]薛紫文.市政道路工程施工管理及质量控制研究[J].建筑机械,2025(9):16-20.
- 作者简介：郑虎强（1990.11—），毕业院校：长沙理工大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：新疆北新路桥集团股份有限公司，职称级别：工程师。