

绿色施工理念在公路工程中的应用与实践

王震

新疆北新岩土工程勘察设计有限公司 新疆 乌鲁木齐 831400

摘要: 本文系统阐述了绿色施工理念的内涵与原则,分析了当前我国公路工程建设中存在的主要环境问题,并从规划设计、材料选用、施工技术、能源管理、废弃物处理及智慧化监管等多个维度,深入探讨绿色施工理念在公路工程中的具体应用路径与实践案例。研究表明,通过全生命周期视角整合绿色施工措施,不仅能够显著降低公路工程对生态环境的负面影响,还能提升资源利用效率、控制建设成本并增强企业社会责任形象。最后,本文提出完善政策法规体系、强化技术创新、构建绿色评价机制等建议,以期为推动我国公路工程绿色高质量发展提供理论参考与实践指导。

关键词: 绿色施工; 公路工程; 可持续发展; 环境保护; 资源节约; 低碳建造

引言

21世纪以来,中国交通基础设施建设迅猛发展,公路网规模持续扩大。截至2023年底,全国公路总里程已超过535万公里,其中高速公路达17.7万公里,位居世界第一。然而,大规模公路建设在促进区域经济发展、改善民生的同时,也带来了土地占用、水土流失、噪声污染、碳排放增加等一系列生态环境问题。传统“高投入、高消耗、高排放”的粗放型施工模式已难以为继,亟需向资源节约、环境友好、生态协调的绿色建造模式转型。在此背景下,“绿色施工”理念应运而生。绿色施工是指在保证工程质量和安全的前提下,通过科学管理和技术进步,最大限度地节约资源(节能、节地、节水、节材)、保护环境和减少污染,实现工程建设全过程的绿色化。将绿色施工理念融入公路工程全生命周期,不仅是响应国家“双碳”战略(碳达峰、碳中和)的必然要求,也是推动交通强国建设和生态文明建设深度融合的关键举措。

1 绿色施工理念的内涵与核心原则

1.1 绿色施工的定义与特征

绿色施工并非简单的环保措施叠加,而是一种贯穿项目策划、设计、施工、运营乃至拆除全过程的系统性工程管理理念。其核心在于“四节一环保”——即节能、节地、节水、节材和环境保护。相较于传统施工,绿色施工强调全过程控制,要求从项目立项到竣工验收的每一个环节都纳入绿色考量;同时注重资源的高效利用,通过循环利用、替代材料、智能调度等方式提升资源效率;此外,绿色施工还致力于将环境负外部性最小化,有效控制扬尘、噪声、废水、固废及碳排放;在人文层面,它坚持以人为本,既保障施工人员的职业健康,也

维护周边居民的生活质量;最终,绿色施工依赖于技术创新驱动,依托新材料、新工艺、数字化技术实现绿色目标。

1.2 绿色施工的核心原则

首先,坚持预防为主、源头控制,意味着在设计阶段就应充分考虑施工可行性与潜在环境影响,避免后期被动治理带来的成本增加与效果打折。其次,因地制宜、分类施策是确保绿色措施有效落地的关键,不同区域的生态敏感度、气候条件、地质特征差异显著,必须制定差异化方案。第三,采用全生命周期视角,不仅关注施工期的资源消耗与污染排放,还需评估运营期的能耗、维护成本及长期生态效应^[1]。第四,强调协同治理,绿色施工不是单一主体的责任,而需要政府、企业、社区乃至公众共同参与,形成绿色共建合力。最后,追求经济与生态双赢,绿色措施必须兼顾成本效益,避免陷入“为绿而绿”的形式主义陷阱,确保绿色转型具有可持续的内生动力。

2 公路工程中面临的环境挑战

2.1 土地资源占用与生态破坏

公路选线常穿越农田、林地、湿地等生态敏感区,导致植被破坏、生物栖息地碎片化。例如,山区高速公路建设易引发边坡失稳与水土流失。

2.2 能源消耗与碳排放高企

公路施工依赖大量机械设备,燃油消耗巨大。据统计,每公里高速公路建设平均碳排放量达8000-12000吨CO₂当量,其中沥青拌合、混凝土生产、土石方运输为主要排放源。

2.3 建筑垃圾与废弃物处理难题

施工过程中产生大量废弃混凝土、沥青铣刨料、包

装材料等。若未有效回收,不仅占用土地,还可能污染土壤与水体。

2.4 水资源浪费与水污染

施工用水量大,且基坑排水、混凝土养护废水若未经处理直接排放,易造成地表水体富营养化或重金属污染。

2.5 噪声与扬尘扰民

施工机械噪声可达85分贝以上,影响周边居民生活;土方作业、物料运输产生的扬尘亦是PM2.5的重要来源。

3 绿色施工理念在公路工程中的应用路径

3.1 规划设计阶段的绿色前置

绿色施工的根基在于前期规划与设计。只有在路线选线阶段就充分融入生态优先理念,才能从根本上规避后续施工对环境的破坏。现代公路设计应优先采用生态选线技术,主动避让自然保护区、饮用水水源地、基本农田等生态敏感区域,最大限度减少对自然系统的干扰。在此基础上,可推广“低影响开发”(LID)理念,在工程结构中嵌入动物通道、生态边沟、植草护坡等生态友好型设施,以缓解公路对野生动物迁徙和水文循环的割裂效应。BIM(建筑信息模型)技术的应用进一步提升了设计的绿色水平,通过三维可视化模拟与土石方智能调配,可显著减少不必要的开挖与填筑。例如,某山区高速公路项目借助BIM平台优化纵断面设计,不仅使土方开挖量减少了15%,还相应节约柴油消耗约200吨,实现了资源节约与生态保护的双重目标。

3.2 绿色建材的推广应用

材料是绿色施工的物质基础。近年来,再生材料在公路工程中的应用日益广泛。废旧沥青路面(RAP)经过热再生或冷再生技术处理后,可重新用于基层或面层,再生利用率普遍达到30%至50%。某省道改造项目采用厂拌热再生技术,成功节省新沥青用量40%,并减少碳排放1200吨,经济效益与环境效益显著。在水泥基材料方面,推广使用粉煤灰、矿渣微粉等工业废渣部分替代水泥熟料,不仅降低了水泥生产的高能耗与高排放,还改善了混凝土的工作性能^[2]。同时,高性能混凝土的应用使得结构构件尺寸得以优化,在保证强度的前提下间接实现了节材目标。此外,环保型沥青技术如温拌沥青(WMA)正逐步取代传统热拌工艺,其拌合温度可降低20至40℃,从而减少燃油消耗15%至20%,并显著降低挥发性有机物(VOCs)的排放,为施工人员和周边环境提供更健康的作业条件。

3.3 节能减排施工技术

施工过程中的能源消耗是绿色施工关注的重点。近年来,电动与氢能工程机械开始在部分示范工地试点应用。

例如,雄安新区某干线公路项目引入电动自卸车,单台设备年均可减少碳排放约50吨,虽初期投资较高,但长期运维成本优势明显。在传统机械领域,智能压实与摊铺技术的引入极大提升了施工效率与能源利用水平。基于GPS定位与实时传感器反馈的智能压实系统,能够精准监测路基或路面的压实度,避免因过压或欠压导致的返工与燃油浪费。此外,临时施工设施的绿色化也不容忽视。许多项目在施工营地照明、视频监控、门禁系统等环节采用光伏发电,有效减少了对柴油发电机的依赖,降低了现场碳足迹与噪声污染。

3.4 水资源循环利用

水资源的节约与保护是绿色施工的重要组成部分。施工现场可通过建设雨水收集池或蓄水罐,将降雨汇集后用于洒水降尘、车辆冲洗等非饮用用途,减少对市政供水的依赖。在混凝土养护环节,传统漫灌方式浪费严重,而采用保水养护膜或自动定时喷淋系统,可在保证养护质量的同时将用水量减少30%以上。某跨江大桥引道工程创新性地设置了中水回用系统,将基坑排水和设备清洗废水经简单沉淀、过滤后回用于场地抑尘,日均回用量达80吨,整体节水率高达45%,为水资源紧张地区的公路建设提供了可复制的经验。

3.5 废弃物资源化管理

建筑垃圾的资源化是实现“零废弃工地”目标的关键。绿色施工倡导建立“分类收集—集中处理—再生利用”的闭环管理体系。钢筋下脚料可送回钢厂重熔再造;木模板经修复后可多次周转使用;混凝土块则可通过现场移动式破碎站加工为再生骨料,直接用于路基填筑或临时便道铺设^[3]。

3.6 生态修复与景观融合

施工结束并不意味着绿色责任的终结,及时开展生态修复是绿色施工的延续。边坡绿化应优先选用适应当地气候的乡土植物,通过“植生袋+液压喷播”等复合技术提高植被成活率,增强水土保持能力。同时,公路不仅是交通通道,也应成为流动的风景线。在服务区、互通立交、隧道洞口等节点区域,融入园林景观设计理念,配置乔灌草多层次植被,既能提升视觉美感,又能为小型动物提供栖息微环境,促进生物多样性恢复,实现工程功能与生态美学的有机统一。

3.7 智慧工地赋能绿色监管

数字化技术为绿色施工提供了强有力的监管工具。依托物联网(IoT)、大数据与人工智能,可构建“智慧工地”综合管理平台,对PM2.5、噪声、能耗、用水等关键环境指标进行实时在线监测。一旦某项指标超标,系

统可自动触发预警并联动控制设备,如启动雾炮降尘或限制高噪作业^[4]。这种“感知—分析—响应”的闭环管理模式,使绿色施工从经验判断走向数据驱动,显著提升了环境管理的精准性与时效性。

4 实践案例分析:川藏铁路配套公路(雅叶高速)生态保护实践

雅叶高速公路穿越青藏高原东缘,沿线高寒、高海拔、生态极度脆弱,对绿色施工提出了极高要求。项目团队在设计阶段即预留12处野生动物迁徙通道,确保藏羚羊、岩羊等珍稀物种的活动不受阻隔。针对裸露边坡易风化、难绿化的难题,采用“植生袋填充本地土壤+液压喷播乡土草种”的复合生态防护技术,植被成活率高达85%,有效遏制了水土流失。所有施工营地均配备一体化污水处理设备,确保生活污水与施工废水经处理达标后回用或安全排放,实现“零直排”。为减少对黑颈鹤等珍稀鸟类的干扰,项目严格限制夜间施工,并在繁殖季节暂停敏感区域作业。这一系列因地制宜的生态保护措施,彰显了绿色施工在极端环境下的适应性与责任感。

5 面临的挑战与对策建议

5.1 主要挑战

尽管绿色施工理念不断深化,但在实际推广中仍面临多重障碍。首要问题是成本压力,部分绿色技术如电动机械、高性能再生材料等初期投入较高,中小企业因资金有限而望而却步。其次,标准体系尚不健全,目前缺乏全国统一的绿色公路施工评价标准与第三方认证机制,导致“绿色”成效难以量化与横向比较。再者,技术集成度不足,许多项目仅将绿色措施作为孤立“亮点”展示,未能形成覆盖全链条的系统解决方案。监管机制亦显薄弱,环保执法往往侧重环评审批,对施工过程中的动态环境行为监督不足。最后,人才短板突出,既懂工程技术又具备环境管理知识的复合型人才严重匮乏,制约了绿色施工的深度实施。

5.2 对策建议

首先,应完善政策激励机制,将绿色施工表现纳入工程招投标评分体系,对积极采用再生材料、低碳技术的企业给予税收减免、信贷支持或财政补贴;同时探索

将公路建设减碳量纳入全国碳市场交易,使其转化为可量化的经济收益。其次,亟需健全标准与评价体系,由交通运输部牵头制定《公路工程绿色施工技术指南》,并推广绿色公路星级评价制度,将评价结果与企业信用、资质升级挂钩,形成正向引导。第三,强化技术创新与集成,鼓励产学研合作,重点研发低成本、高可靠性的绿色施工装备与工艺,并推动“绿色+智能”深度融合,打造具备自我感知、自我优化能力的数字孪生工地。第四,加强全过程监管与公众参与,利用无人机巡检、卫星遥感等手段开展非现场执法,并建立环境信息公开平台,保障公众知情权与监督权。最后,应着力培育绿色人才队伍,在高校土木工程、交通工程专业增设绿色建筑、可持续基础设施等课程,并面向施工管理人员开展绿色施工专项培训,夯实人才基础。

6 结语

绿色施工理念是实现公路工程可持续发展的必由之路。通过在规划设计、材料选择、施工工艺、资源管理及智慧监管等环节系统性融入绿色要素,不仅能有效缓解工程建设对生态环境的压力,还能提升工程质量、降低全生命周期成本、塑造企业绿色品牌。未来,随着“双碳”目标的深入推进和数字技术的广泛应用,绿色施工将从“可选项”转变为“必选项”。唯有政府、企业、科研机构与社会公众协同发力,构建制度完善、技术先进、管理高效的绿色公路建设体系,方能真正实现“人·车·路·自然”的和谐共生,为交通强国与美丽中国建设奠定坚实基础。

参考文献

- [1]叶时伟.绿色施工理念在公路工程施工管理中的应用与研究[J].汽车周刊,2024,(07):170-172.
- [2]刘海超.绿色公路工程施工管理理念及运用分析[J].汽车周刊,2025,(11):209-211.
- [3]王虎盛.绿色低碳理念下公路工程施工组织设计的优化策略研究[J].青海交通科技,2025,37(01):134-137.
- [4]和菲艳.基于绿色施工理念的农村公路工程管理现状及路径分析[J].低碳世界,2025,15(01):127-129.