

公路工程绿色施工技术应用研究

王 艳

新疆维吾尔自治区昌吉回族自治州奇台县农村公路养护管理站, 新疆 昌吉 831800

[摘要]公路工程建设资源消耗密集, 对沿线生态环境影响显著。“双碳”战略背景下, 绿色施工技术成为公路建设转型升级的关键路径。阐释绿色施工内涵与发展要求, 明确资源节约与循环利用、环境保护与生态协调两大原则。从节能降耗、水资源节约、废弃物资源化、生态保护四维度分析技术应用, 温拌及再生沥青技术能降低污染、节约资源并提升路面性能。针对推广困境, 从管理体系、技术创新、人员意识、全过程评价四方面提出提升措施。

[关键词]公路工程; 绿色施工; 资源节约

DOI: 10.64635/ja.2026.1277

中图分类号: U415.6

文献标识码: A

Application Research on Green Construction Technology in Highway Engineering

Wang Yan

Rural Highway Maintenance and Management Station of Qitai County, Changji Hui Autonomous Prefecture, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Changji, Xinjiang 831800, China

Abstract: Highway engineering construction is characterized by intensive resource consumption and significant impacts on the ecological environment along the route. Against the background of the “dual carbon” strategy, green construction technology has become a key path for the transformation and upgrading of highway construction. This paper explains the connotation and development requirements of green construction, and clarifies two major principles: resource conservation and recycling, and environmental protection and ecological coordination. The application of technologies is analyzed from four dimensions: energy conservation and consumption reduction, water resource conservation, waste recycling, and ecological protection. Warm-mix asphalt and recycled asphalt technologies can reduce pollution, conserve resources, and improve pavement performance. In view of the difficulties in promotion, improvement measures are proposed from four aspects: management system, technological innovation, personnel awareness, and whole-process evaluation.

Keywords: highway engineering; green construction; resource conservation

引言

交通运输业是我国碳排放重点领域之一, 公路工程建设过程中能源消耗和资源占用问题越来越严重。传统的施工方式是以进度和成本为向导, 对于生态环境保护的考虑不够, 从而导致土地占用、水源污染、植被破坏、温室气体排放等一系列的负面效应。近些年来, 伴随着生态文明建设的不断推进, 绿色低碳发展理念也渐渐渗透到公路建设的全过程之中。绿色施工技术的使用大大减少了高速公路建设过程中产生的碳排放, 提高了资源利用率, 给低碳发展提供了一条有效的途径。因此, 对公路工程绿色施工技术体系进行系统的探究, 寻找契合国情的技术应用途径, 对推进公路建设绿色转型有着十分重要的理论意义和现实意义。

1 公路工程绿色施工的内涵及应用意义

1.1 绿色施工的基本概念

绿色施工是以“四节一环保”为根本目标, 在工程建设中以科学管理、技术创新为基础, 保证工程质量、安全的前提下, 最大限度地节约资源、减少对生态环境的负面影响的一种施工活动。本质上就是对传统粗放式施工模式的彻底改变。

绿色施工内涵可以从三个方面来理解。从资源上讲, 施工全过程要达到材料、能源、土地、水资源的节约利用, 不得浪费。环境上要采取有效措施控制扬尘、噪声、废气、废水、固体废弃物排放, 保护施工现场及周边生态环境。从管理角度来说, 把绿色理念渗透到施工策划、现场组织、过程控制和评价改进等各个环节之中, 从而创建起系统的

管理体系。相比于传统的文明施工来说,绿色施工更加重视全生命周期环境绩效的体现,注重技术手段和管理手段的有机结合。

1.2 公路工程绿色施工的发展要求

公路工程线路长、跨度大、土石方量大,常常穿越各种生态区,绿色施工存在特殊困难。国家“双碳”战略要求公路建设加快低碳转型,资源再生利用、改进工艺技术、推广清洁能源、污染防治等措施成为绿色公路建设的重要抓手。公路工程绿色施工要达到以下发展要求。一是全生命周期管控的要求。绿色施工要从设计阶段开始统筹考虑,延伸到运营维护阶段,优先选用低环境负荷的材料和结构形式,严格控制施工碳排放和生态扰动。二是技术创新驱动的要求。公路工程绿色施工遇到复杂的地质状况及环境限制,须依靠技术创新冲破障碍。低环境负荷材料的制备、设计、施工、耐久性分析和 CO₂减排效益等关键技术研发,给公路绿色施工提供重要的技术支撑。温拌沥青、再生材料的利用、生态防护等技术已经经过实践检验。三是因地制宜原则要求。我国幅员辽阔,各个地区生态敏感性、环境承载力差别很大,青藏高原冻土区、黄土高原水蚀区、西南山地地质脆弱区对绿色施工有不同的要求,施工方案要充分考虑区域的环境特点,并采取相应的保护措施。第四是精细化管理的要求。公路工程施工战线长、参与主体多、管理跨度大,绿色施工措施的有效落实需要精细化管理,要建立覆盖各个工序、各个工点的环境监测和预警机制,对施工扰动进行动态控制。

2 公路工程绿色施工技术应用原则

2.1 资源节约与循环利用原则

公路工程消耗大量的钢材、水泥、沥青、砂石等原材料,施工机械运行消耗大量的燃油和电力。资源节约和循环利用原则,即在施工全过程中,尽可能地减少资源的消耗,提高资源的利用率。优先采用高性能、长寿命、可循环的工程材料,优化材料配比和用量,减少损耗;施工废水经过处理后循环使用,提高水资源的重复利用率;建筑垃圾和废旧材料按照分类回收、再生利用的原则进行处理,达到资源化的处理效果。再生沥青技术可以将废旧沥青混合料重新用于路面铺筑,既可以减少原材料的开采量,又可以降低废弃物填埋造成的土地占用以及环境污染。资源节约不是以牺牲工程质量为代价,而是用技术优化来达到质量、成本和环保三者统一的目的。

2.2 环境保护与生态协调原则

公路工程施工必然会对沿线的生态环境造成影响,地

表植被遭到破坏、水土流失加剧、野生动物栖息地被破坏、水体和空气受到污染等。环境保护和生态协调原则认为应该把生态保护放在首位,采取主动防护而不是被动治理的方式。路线选址时要尽量避开自然保护区、水源地、基本农田等生态敏感区,在施工过程中严格控制作业范围,做好水土保持工作,及时开展生态修复,工程完工后要实施植被恢复和景观再造,使工程设施与自然环境相融合。工程-植物复合防护技术可以改善生态修复效果、降低环境影响、提高边坡稳定、恢复区域生态。

3 公路工程绿色施工技术的具体应用

3.1 节能降耗施工技术应用

节能降耗属于公路工程绿色施工的主要内容之一,它包含材料节约、能源节约以及土地节约这三个方面。在节材技术上要改进混凝土和沥青混合料的配合比设计,在保证性能的同时降低水泥和沥青的使用量^[1]。用飞灰、炉石粉代替部分水泥,替代率可以达到 20%~31%,减碳比例约为 21%~37%。高性能材料的应用可以降低材料的消耗,高强度钢筋可以减少配筋率,高性能混凝土可以减少结构截面尺寸。另外,采用预制装配化施工工艺来减少现场湿作业造成材料浪费的情况。节能技术上应该优先采用节能型施工机械设备,科学安排机械的调度工作,防止出现空驶和怠速运行的情况。用场电代替移动式发电机组作电力来源,单位钢筋加工排放的二氧化碳减少到原来的五分之一。在沥青拌和站推广使用天然气等清洁能源代替重油,可以大大减少有害气体的排放。温拌沥青技术将拌和温度降低 30℃~50℃,节能效果明显。在节地技术上要合理安排施工便道、拌和站、预制场等临时设施,尽量利用荒地或者已征用的土地,减少新占用的临时占地。施工结束后及时复垦或者恢复植被。通过改善施工总平面布置,把临时设施集中布置,可以缩减临时用地面积 30% 以上。

3.2 水资源节约与循环利用技术应用

公路工程用水主要在混凝土拌和养护、降尘喷洒、设备清洗等地方。在水资源缺乏的地方,节水和循环利用技术就显得特别重要。节水技术上应该大力推行节水型施工设备,例如高压水射流清洗装置、自动喷淋降尘系统等。混凝土拌和站应设置准确的水计量装置,防止超量用水。养护作业可以使用覆盖保湿养护膜或者滴灌养护技术,比传统的漫灌方式节水 60% 以上。在水循环利用上要设置沉淀池、隔油池等处理设施,对施工废水进行分类收集和处理。清洗罐车产生的碱性废水经中和沉淀后可以回用于场

地降尘或者混凝土拌和。在改扩建工程中，设置污水收集和循环利用系统，可以达到施工废水零排放的目的。基坑降水过程中抽出的地下水经过沉淀处理后可以回用于施工或者周边植被浇灌。

3.3 施工废弃物减量化与资源化利用技术应用

公路工程所产生出来的废弃物有工程渣土、废旧路面材料、建筑垃圾等。减量化和资源化利用属于处理废弃物、削减环境负荷的手段。从源头上控制废弃物的产生量，即减量化。采用准确的工程量计算和材料采购管理来减少余料、废料的产生。使用先进的施工工艺，冷再生技术、厂拌热再生技术等来减少废弃物的产生量^[2]。废旧路面材料的再生利用属于资源化利用当中应用最广泛的技术途径。再生沥青技术对环境有好的影响，可以减少污染、节约资源，而且可以改善道路使用性能和寿命。废旧混凝土经过破碎筛分后可以制成再生骨料，用作路基填料或者低标号混凝土。工程渣土可以用于场地平整、路基填筑或者制砖，达到土方平衡的目的。在改扩建工程当中，固体废弃物再生利用属于削减填埋占地、缩减材料成本的手段。表 1 为常见的公路施工废弃物资源化利用途径汇总表。

表 1 公路工程施工废弃物资源化利用途径

废弃物类型	主要来源	资源化利用途径	利用率
废旧沥青混合料	路面铣刨	再生沥青混合料、冷再生基层	80%~100%
废旧混凝土	结构拆除	再生骨料、路基填料	70%~90%
工程渣土	路基开挖	场地平整、制砖、绿化用土	60%~85%
废旧钢筋	结构拆除	回炉冶炼、再加工	90%以上
废旧模板	结构施工	回收再造、生物质燃料	50%~70%

3.4 生态环境保护技术应用

生态环境保护技术有表土剥离与利用、水土流失防治、植被恢复与绿化、声屏障和扬尘控制等。表土属于宝贵的自然资源，含有很多有机质以及微生物。路基开挖前将表土层剥离并集中堆放，施工结束后回填到原地用于植被恢复。表土堆存要采取防冲刷措施，适时播撒草籽保持土壤活性。软土路基施工中，用清淤换填、CFG 桩、塑料排水板、高压旋喷桩等绿色施工技术来减少路基施工造成的环境污染。水土流失防治是山区公路施工的主要工作。应采取先拦后弃的原则，在弃渣场下游设置拦挡设施，沿施工便道布置截排水沟和沉淀池，控制泥沙进入水体。高填深挖路段可采取工程防护与植物防护相结合的方式，即喷播植草、客土喷播、三维植被网等技术。植被恢复要遵照“适地适树”的准则，首先选用乡土植物种苗，不能引进

外来入侵物种。路域绿化要考虑生态功能和景观效果，乔木、灌木、草地三者有机结合形成稳定的植物群落。BIM-GIS 智慧平台可以对施工全过程的环境进行监测和调节，给生态保护提供决策依据。扬尘控制应采用洒水降尘、密闭运输、覆盖防尘网等方式进行综合控制，沥青烟气排放应设置净化装置。

4 提升公路工程绿色施工技术应用效果的措施

4.1 完善绿色施工管理体系

绿色施工要得以有效推进，就必须要有健全的管理体系。建设单位应将绿色施工要求写入招标文件、合同条款中，对各参建单位环保责任做出规定。施工单位应成立绿色施工领导小组，编制绿色施工专项方案，将目标分解到分部分项工程^[3]。监理单位应针对绿色施工开展专项检查，建立问题台账，跟踪落实整改。施工计划优化、现场布置调整、动态监测等管理措施属于绿色施工技术发挥作用的保证。应建立绿色施工奖惩制度，把环保绩效纳入考核评价体系。

4.2 加强绿色施工技术创新与推广

技术创新是绿色施工水平提高的根本动力。依托国家重点研发计划、交通科技项目等平台开展低环境负荷材料、智能施工装备、碳排放核算等关键技术研究。公路工程低环境负荷施工技术的研发包含材料配方研发、路用性能检测、微观结构分析以及分子动力学模拟等诸多方面，给绿色施工技术在工程中的应用赋予了系统的支撑。推动形成以企业为主体、市场为导向、产学研用相结合的技术创新体系，促进成熟的技术走向工程化。编制绿色施工技术手册、工法，用示范工程、经验交流会等方式推广先进技术。应用绿色施工技术带来的增量成本，可以用优化设计、节约资源所产生的综合效益来抵消。

4.3 提高施工人员绿色施工意识

施工人员环保意识、操作技能影响绿色施工措施落实情况。应当创建分层分类的培训体系，管理人员主要培训绿色施工标准规范及评价办法，作业人员主要培训环保操作要点及应急处置办法。培训内容要联系工程实际，用案例教学、现场演示等形式来提高培训的针对性和实效性。施工现场应设置环保宣传栏、警示标识，创建绿色施工文化氛围。将绿色施工业绩同班组考核、个人绩效相联系，调动全体人员的积极性。

4.4 建立全过程绿色施工评价机制

绿色施工评价属于评判技术运用成果、不断改善管理水平的手段。应当形成包含施工准备期、施工过程中以及

竣工交付期全过程的评价体系。在施工准备阶段,按绿色施工标准做预评价工作,找出薄弱环节并提出改进意见。施工期间对绿色施工进行定期的检查和自评价,形成监测数据及评价报告。竣工后由第三方机构对绿色施工效果进行评估,总结经验、找出不足。评价指标要包含资源节约、环境保护、生态修复、碳排放等内容,设立可以量化考核的标准。评价结果要成为企业信用评价和工程评优的参考依据,形成正向激励的导向。

5 结语

公路工程绿色施工是交通基础设施建设同生态环境协调发展的重要途径。在“双碳”战略的引领下,绿色施工技术由理念倡导变为工程实践,在节能降耗、资源循环、生态保护等各方面都取得了较好的效果。但是技术推广还存在着成本制约、标准体系不健全、人员意识欠缺等诸多

问题。未来要继续完善政策法规体系,加大研发投入力度,加强人才队伍建设以及激励约束机制,促进公路工程绿色施工向着标准化、智能化、系统化的方向前进,给建设资源节约型、环境友好型交通强国赋予有力支持。

【参考文献】

- [1]张华.绿色环保理念在公路工程道路桥梁施工中的技术运用分析[J].智能建筑与智慧城市,2024(5):131-133.
- [2]卢朕,焦泽洲,孙世亮,等.高速公路改扩建项目绿色施工实现路径研究[J].科技风,2026(8):54-56.
- [3]唐博.公路工程项目中软土路基绿色施工技术[J].交通世界,2024(Z2):124-126.

作者简介:王艳(1975.09—),女,会计学专业,当前就职于新疆维吾尔自治区昌吉回族自治州奇台县农村公路养护管理站,职务是公路专干,公路工程专业工程师。