

公路桥梁施工工艺中的绿色建造与环境保护技术应用研究

孙良 董艳武

赤峰市中交公路勘察设计有限责任公司

DOI:10.32629/btr.v8i10.5081

[摘要] 公路桥梁施工需践行绿色建造理念,本文阐述了绿色建造在公路桥梁施工中的内涵与原则,包括资源高效利用、污染最小化等。介绍了生态保护、污染控制、资源节约与循环利用、智能化环境监测等技术体系,探讨了施工工艺优化、施工组织与管理创新、全生命周期环境管理等协同应用路径。分析了技术集成难度、成本与效益平衡、监管与执行力度等挑战,并提出相应对策,为公路桥梁绿色施工提供参考。

[关键词] 公路桥梁施工; 绿色建造; 环境保护技术; 协同应用; 可持续发展

中图分类号: U415.6 文献标识码: A

Research on the Application of Green Construction and Environmental Protection Technologies in Highway and Bridge Construction Processes

Liang Sun Yanwu Dong

China Communications Highway Survey and Design Co., Ltd., Chifeng

[Abstract] Highway and bridge construction must adhere to the principles of green construction. This paper elaborates on the connotation and principles of green construction in highway and bridge engineering, including efficient resource utilization and minimization of environmental pollution. It introduces technical systems such as ecological protection, pollution control, resource conservation and recycling, and intelligent environmental monitoring. The study further explores collaborative application pathways, including construction process optimization, innovation in construction organization and management, and full life-cycle environmental management. Key challenges such as difficulties in technology integration, balancing cost and benefit, and enforcement of supervision are analyzed, and corresponding countermeasures are proposed to provide references for green construction of highway and bridge projects.

[Key words] Highway and Bridge Construction; Green Construction; Environmental Protection Technology; Collaborative Application; Sustainable Development.

引言

公路桥梁建设规模持续扩大,传统施工工艺对资源消耗大且易造成环境污染,与生态环境保护矛盾凸显。在此背景下,绿色建造理念应运而生,该理念强调资源高效利用、污染最小化及全生命周期环境管理。将绿色建造与环境保护技术应用于公路桥梁施工,不仅能降低施工对生态环境的影响,还能提升工程经济效益与社会效益。深入探讨相关技术应用及协同路径,对推动公路桥梁施工行业可持续发展具有重要意义。

1 绿色建造理念在公路桥梁施工中的内涵与原则

1.1 绿色建造的内涵

资源高效利用与循环利用是公路桥梁绿色建造的核心支撑,依托科学管理与技术进步,在施工全过程中提升各类资源利用效率,减少天然资源消耗,推动施工废弃物的分类处理与资源化

复用,契合绿色建造中资源节约的核心导向,也是实现工程建设与生态协同发展的重要路径^[1]。污染最小化与生态修复聚焦施工过程中的环境管控,通过优化施工工艺、选用环保材料,降低施工活动对周边大气、水体、土壤的不利影响,同时针对施工造成的生态扰动,采取针对性修复措施,维系区域生态系统的完整性与稳定性,符合公路工程绿色施工的基本要求。全生命周期环境管理贯穿公路桥梁施工全流程,从施工准备、实施到收尾阶段,统筹考量施工活动对环境的长期与短期影响,建立系统化的环境管控机制,实现施工过程与运营阶段的环境协同管控,彰显绿色建造全周期环保的核心理念。

1.2 绿色施工的核心原则

自然优先原则强调尊重施工场地原有生态系统,在施工规划与实施过程中,充分勘察场地地形地貌、植被分布等生态信息,

规避生态敏感区域,减少人为活动对自然生态的扰动,维系生态系统的自然演化规律,这是公路桥梁绿色施工的首要遵循。整体优化原则要求统筹兼顾施工效率与环保效益,摒弃传统施工中重效率、轻环保的模式,通过工艺优化、资源配置调整,在保障施工进度与工程质量的基础上,实现环保目标的同步达成,体现绿色建造的系统性思维。技术集成原则注重多学科技术的协同融合,整合材料科学、生态工程、施工技术等多领域成果,推动各类绿色技术的有机结合与高效应用,破解施工过程中环保与效率的协同难题,为公路桥梁绿色施工提供技术支撑。

2 公路桥梁施工中的环境保护技术体系

2.1 生态保护技术

施工场地生态勘测与规划是生态保护的基础前提,通过专业勘测手段明确场地内生态敏感区域分布,结合施工实际需求制定科学的保护方案,规避施工活动对敏感生态区域的破坏,维系场地原有生态格局。表土剥离与再利用聚焦土壤资源保护,施工前剥离场地表层肥沃土层并进行妥善存储,避免土壤养分流失,后续将存储表土用于施工后场地复绿、植被培育等环节,实现土壤资源的高效复用。植被保护与恢复贯穿施工全过程,施工规划中合理避让原有植被群落,施工过程中采取防护措施减少植被破坏,施工结束后及时开展复绿作业,选用适配场地气候与土壤条件的植被品种,逐步恢复场地植被覆盖,维系区域生态平衡。

2.2 污染控制技术

扬尘污染控制通过多种技术手段协同发力,推行封闭化施工模式减少扬尘扩散,采用湿法作业降低施工过程中粉尘产生量,对裸露土方及建筑材料覆盖防尘网,从源头遏制扬尘污染。噪声与振动控制以源头管控为核心,选用低噪声施工设备降低噪声排放,在施工区域与敏感点之间设置隔声屏障,优化施工时间避开居民休息时段,减少噪声与振动对周边环境的影响^[2]。水污染控制依托配套处理设施,设置沉淀池、隔油池对施工废水进行分级处理,去除废水中的泥沙、油污等污染物,搭建废水循环利用系统,实现处理后废水的二次复用,减少水资源浪费与水体污染。光污染控制注重施工照明合理布置,科学规划照明设备安装位置与照射角度,避免强光直射居民区,降低光污染对居民生活的干扰。

2.3 资源节约与循环利用技术

节能技术聚焦施工过程能耗管控,推广太阳能照明设备替代传统照明,采用智能温控设备优化施工区域温度调节,选用低能耗施工机械降低动力消耗,通过技术优化实现施工能耗的有效管控。节水技术通过多渠道水资源利用实现节水目标,搭建雨水收集系统收集自然降水,经过处理后用于施工降尘、养护等环节,推行中水回用模式,选用节水型器具减少施工用水损耗,提升水资源利用效率。材料循环利用聚焦建筑垃圾资源化处理,对施工产生的建筑垃圾进行破碎再生处理,将废弃混凝土加工为再生骨料,用于道路基层铺设、小型构件制作等环节,实现材料资源的循环复用,减少固体废弃物排放。

2.4 智能化环境监测技术

物联网传感器网络构建全方位环境监测体系,在施工区域及周边布设各类传感器,实时捕捉空气质量、噪声强度、水质指标等环境参数,实现环境数据的实时采集与传输。大数据分析平台对接传感器网络数据,对采集的环境参数进行系统化分析,动态研判施工活动对周边环境的影响,根据分析结果优化施工方案,及时调整施工工艺与管控措施,实现环境保护与施工活动的动态协同,提升环境管控的精准度与效率。

3 绿色建造与环境保护技术的协同应用路径

3.1 施工工艺优化

模块化与预制化施工聚焦现场作业管控,将桥梁构件、基础模块等在工厂标准化预制生产,运至施工现场后进行组装拼接,大幅减少现场浇筑、加工等作业量,降低施工过程中粉尘、噪声等污染物排放,同时提升施工效率与工程质量,实现绿色建造与污染控制技术的协同衔接。非开挖技术立足地表生态保护,采用定向钻进、顶管等工艺开展地下管线、基础施工,避开地表植被覆盖区域与生态敏感地带,减少土方开挖量,规避地表生态破坏与水土流失,兼顾施工进度与生态保护双重目标^[3]。温拌沥青技术通过添加专用改性剂优化沥青性能,降低沥青混合料施工温度,减少施工过程中有害气体挥发,降低大气污染,同时提升沥青路面施工质量与耐久性,实现节能降耗与污染控制的协同推进。

3.2 施工组织与管理创新

绿色施工管理体系围绕协同管控构建,建立分级管理机制明确各岗位环保责任分工,细化环保操作规程,将绿色建造要求与环境保护技术应用纳入施工全流程管理,规范施工行为,确保环保措施落地执行。动态环境监控机制依托智能化监测技术,整合监测数据与施工环节,根据实时环境参数调整施工策略,优化工艺参数与作业时间,实现施工活动与环境保护的动态适配,提升管控针对性与有效性。人员培训与意识提升聚焦施工队伍建设,定期开展绿色施工技术、环境保护规范等相关培训,提升施工人员环保操作技能,强化环保意识,推动施工人员主动践行绿色建造理念,规范使用环境保护技术,夯实协同应用的人力基础。

3.3 全生命周期环境管理

设计阶段融入绿色建造与环境保护理念,结合工程场地生态环境特征,优化工程布局与结构设计,规避生态敏感区域,选用环保型材料与节能工艺,从源头减少施工与运营阶段的环境影响,为后续环境保护技术应用奠定基础。施工阶段严格执行既定环保措施,整合生态保护、污染控制、资源循环利用等技术,强化施工各环节污染源管控,及时处理施工废弃物与污染物,确保施工活动符合绿色建造要求。运营阶段持续开展生态恢复监测,跟踪场地植被恢复、土壤与水体质量变化情况,完善生态维护方案,推行常态化养护与管控,延续施工阶段环境保护成效,实现公路桥梁全生命周期绿色管控与生态保护的协同推进。

4 挑战与对策

4.1 技术集成难度

4.1.1 多学科技术融合的复杂性

公路桥梁绿色建造需整合桥梁工程、环境科学、材料科学、数字化技术等多个学科领域的核心技术,不同学科技术体系存在本质差异,技术原理、应用标准与实施路径缺乏有效衔接。绿色建造技术与传统施工工艺的融合过程中,易出现技术适配性不足、协同运行效率低下等问题,难以形成系统性的技术应用体系。现有技术集成多停留在单一环节应用,未能实现设计、施工、运维全链条技术协同,进一步增加多学科技术融合的复杂程度,这与桥梁智能与绿色建造领域多技术协同的研究现状高度一致。

4.1.2 多学科技术融合难题的解决对策

强化桥梁工程、环境工程、材料科学等领域的跨领域协作,搭建产学研用一体化合作平台,推动不同学科技术的深度融合与协同创新^[4]。依托行业现有标准体系,结合绿色建造技术应用需求,完善公路桥梁绿色建造技术集成标准,明确各技术的应用边界、适配要求与协同流程。通过建立技术共享机制,整合各类绿色技术资源,规范技术集成流程,破解多学科技术融合过程中的衔接难题,推动技术集成向标准化、系统化方向发展,契合行业绿色标准建设的发展趋势。

4.2 成本与效益平衡

4.2.1 绿色技术初期投入较高

绿色建造技术的应用需投入大量资金用于新型环保材料采购、节能设备更新、环保工艺改造及技术研发,相较于传统施工工艺,初期投资成本显著增加。新型绿色建材与节能设备的市场定价普遍高于传统产品,且部分绿色技术尚未形成规模化应用,研发与推广成本均摊至单个项目中,进一步提升项目初期投入压力。多数施工单位过度关注短期经济效益,对绿色技术长期环境效益与经济效益的认知不足,导致绿色技术应用的积极性受限,这与绿色施工技术应用中成本管控的实际困境相符。

4.2.2 成本与效益平衡的优化对策

引入全生命周期分析方法,对公路桥梁项目从设计、施工、运营至拆除的全流程进行成本与效益核算,全面考量绿色技术的初期投入、运营阶段的节能降耗收益及环境效益转化价值。基于全生命周期分析结果,优化项目成本结构,合理分配各阶段资金投入,将绿色技术的长期收益纳入项目效益评估体系。通过优化绿色技术应用方案,推广成熟适用的绿色技术与材料,降低技术应用成本,实现短期成本投入与长期效益的均衡发展,符合

全生命周期管理在绿色公路建设中的应用要求。

4.3 监管与执行力度

4.3.1 环保措施落实不到位

公路桥梁施工场景复杂,施工环节多且分散,环保措施的执行缺乏有效的监督与约束机制。部分施工单位为加快施工进度、降低施工成本,存在擅自简化环保流程、违规排放施工废弃物、忽视生态保护等行为,导致绿色建造理念与环保技术未能真正落地。环保措施的执行效果缺乏科学的评估标准与检测手段,难以精准掌握环保措施的落实情况,无法及时发现并纠正施工过程中的环保违规问题,与低碳施工过程控制的相关要求存在差距。

4.3.2 环保措施落实与监管强化对策

建立健全施工单位内部环保监督机制,明确各岗位环保职责,细化环保措施执行标准,加强对施工全过程的环保监督检查,确保环保措施贯穿施工各个环节。引入第三方专业评估机构,依据行业绿色施工评价标准,对环保措施的执行效果进行客观、公正的评估,形成独立的评估报告^[5]。依托第三方评估结果,督促施工单位规范环保行为,及时整改评估中发现的问题,提升环保措施的执行力度,推动绿色建造与环境保护技术真正落地见效,契合行业环保监管的发展方向。

5 结束语

公路桥梁施工工艺中绿色建造与环境保护技术的应用,是实现工程建设与生态保护协同发展的关键。通过构建完善的技术体系,优化施工工艺与组织管理,强化全生命周期环境管理,能有效应对施工过程中的资源与环境问题。同时,针对技术集成、成本效益、监管执行等挑战采取有效对策,可推动绿色建造与环境保护技术真正落地。

[参考文献]

- [1]牛青玉.浅析绿色施工背景下的公路桥梁施工技术[J].四川建材,2025,51(1):41-43.
- [2]廖长才.绿色理念下的公路桥梁施工技术要点分析[J].建材发展导向,2025,23(18):10-12.
- [3]赵方彬.基于绿色理念的公路桥梁施工技术探讨[J].科技资讯,2025,23(5):165-167.
- [4]李进.绿色生态理念下公路桥梁施工技术探讨[J].中州建设,2025(2):31-32.
- [5]王一鸣,李名洲,周贤屹.绿色施工理念在公路桥梁建设中的应用研究[J].运输经理世界,2025(10):157-159.