

基于绿色理念的公路桥梁施工技术探讨

苏浙

浙江交工宏途交通建设有限公司, 浙江 杭州 311305

DOI:10.61369/ME.2025040026

摘 要： 随着生态文明建设的深入推进，绿色理念在公路桥梁施工中的应用成为行业发展的必然趋势。本文围绕基于绿色理念的公路桥梁施工技术展开研究，从绿色施工的核心内涵与原则、关键技术应用、保障措施与发展路径三个方面进行系统分析，结合实际工程案例阐述技术要点。研究旨在为公路桥梁绿色施工提供实践参考，推动施工过程的节能、环保与可持续发展，实现工程建设与生态保护的协同共进。

关 键 词： 绿色理念；公路桥梁；施工技术；节能环保；可持续发展

Discussion on Highway Bridge Construction Technology Based on Green Concept

Su Zhe

Zhejiang Jiaotong Hongtu Transportation Construction Co., LTD., HangZhou, Zhejiang 311305

Abstract： With the in-depth advancement of ecological civilization construction, the application of green concepts in highway bridge construction has become an inevitable trend in the industry's development. This article focuses on the research of highway bridge construction technology based on the green concept. It conducts a systematic analysis from three aspects: the core connotation and principles of green construction, the application of key technologies, and safeguard measures and development paths. It elaborates on the technical key points in combination with actual engineering cases. The research aims to provide practical references for the green construction of highway Bridges, promote energy conservation, environmental protection and sustainable development in the construction process, and achieve the coordinated progress of engineering construction and ecological protection.

Keywords： green concept; highway bridge; construction technology; energy conservation and environmental protection; sustainable development

引言

公路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分，其施工过程往往伴随着资源消耗、环境污染和生态破坏等问题。传统施工模式中，粗放式的材料管理、高能耗的设备使用以及未加处理的废弃物排放，对周边生态环境造成了负面影响。例如：某高速公路桥梁施工中，因混凝土搅拌站粉尘未有效控制，导致周边500米范围内农田土壤pH值下降0.3-0.5；另一桥梁桩基施工时，泥浆直接排入河道，造成水体悬浮物浓度超标3倍。在此背景下，将绿色理念融入公路桥梁施工全过程，通过技术创新与管理优化减少资源消耗和环境影响，具有重要的现实意义。本文基于多项绿色施工实践，系统探讨公路桥梁绿色施工技术，为行业转型提供借鉴。

一、绿色理念在公路桥梁施工中的核心内涵与原则

绿色理念指导下的公路桥梁施工，以“节约资源、保护环境、减少污染”为核心，需遵循系统性、全过程性和协同性原则，实现工程建设与生态保护的平衡。

（一）核心内涵

绿色施工的核心是在满足工程质量和安全的前提下，通过技术创新和管理优化，最大限度降低施工对环境的负面影响，实现“四节一环保”（节能、节地、节水、节材和环境保护）。

资源高效利用：通过材料循环使用、能源梯级利用等方式，

提高资源利用率。例如：某跨江大桥施工中，将桩基钻孔产生的3万立方米渣土经破碎筛分后，作为路基填料重新利用，减少了弃渣占地和新材料消耗。

生态保护优先：施工过程中采取措施保护周边植被、水体和土壤，减少生态破坏。某山区公路桥梁施工时，对桥位周边200米范围内的古树名木设置围栏保护，并采用无人机航拍监测植被变化，确保施工期间树木存活率达100%。^[1]

（二）基本原则

绿色施工需遵循以下原则，确保理念落地与技术应用的有效性。

预防为主原则：通过事前规划避免环境污染，而非事后治理。某高速公路桥梁施工前，对周边3公里范围内的敏感点（学校、居民区、饮用水源地）进行排查，针对学校区域将高噪声作业安排在周末进行，减少对教学秩序的干扰。

全过程控制原则：从施工准备到竣工验收的每个环节都融入绿色措施。某桥梁项目建立“施工全周期环境管理台账”，记录材料进场的环保指标、设备能耗数据、废弃物处理方式等，实现全过程可追溯。

（三）与传统施工模式的差异

绿色施工与传统施工在理念、技术和目标上存在显著差异，主要体现在资源利用、环境影响和管理模式三个方面。

资源利用方式：传统施工“按需消耗、一次性使用”，绿色施工则强调“循环利用、高效节约”。例如：传统桥梁模板多采用一次性木模板，周转率仅3-5次；某绿色施工项目采用钢模板，周转率达30次以上，单平方米模板成本降低60%。^[2]

环境管理模式：传统施工多为“被动应对”，绿色施工则“主动防控”。某桥梁施工中，传统模式下仅在环保部门检查时临时治理扬尘；而绿色施工项目安装在线扬尘监测设备，实时显示PM2.5浓度，超标时自动启动雾炮降尘，实现主动管控。

二、基于绿色理念的公路桥梁施工关键技术应用

绿色理念在公路桥梁施工中的落地，需通过具体技术手段实现，涵盖材料、设备、工艺和生态保护等多个维度。

（一）绿色材料应用技术

绿色材料是实现绿色施工的基础，通过选用环保、可再生或高性能材料，减少资源消耗和环境污染。

环保建材选用：优先使用低能耗、低排放的材料，如高性能混凝土（HPC）、再生骨料、低碳钢材等。某大桥承台施工采用C40高性能混凝土，掺加30%矿渣粉替代水泥，每立方米混凝土减少水泥用量80kg，降低碳排放约80kg（水泥生产每千克排放约1kgCO₂）。

再生材料循环利用：将施工废弃物加工为再生材料重新使用。某高速公路桥梁施工中，将拆除的旧桥混凝土破碎筛分后，作为新桥基层填料，用量达5000立方米，减少弃渣占地15亩，节约天然砂石料成本20万元。

绿色外加剂应用：选用无甲醛、低碱含量的外加剂，减少对环境的危害。某桥梁预制梁施工中，采用聚羧酸系减水剂（甲醛含量<0.05%）替代传统萘系减水剂，混凝土含碱量从3kg/m³降至2kg/m³，避免了周边土壤碱化。^[3]

（二）节能型施工设备与技术

通过设备升级和能源优化，降低施工过程中的能耗，减少碳排放。

新能源设备应用：推广电动工程机械、太阳能辅助设备等新能源装备。某桥梁施工现场投入10台电动装载机（功率55kW）替代传统柴油装载机，日均减少柴油消耗200L，降低废气排放约600kg（每升柴油燃烧排放约3kg污染物）。

设备能效提升：选用高效等级设备，并通过智能管控减少无效能耗。某特大桥塔吊采用变频调速技术，空载时自动切换至低速模式，功率从55kW降至15kW，月均节电8000度；同时安装能耗监测系统，对高耗能设备（如电焊机）设置能耗上限，超标时自动报警。

能源梯级利用：将施工中产生的余热、余压进行二次利用。某桥梁混凝土搅拌站利用锅炉排烟余热（温度150-200℃）加热骨料，冬季可将骨料温度从5℃提升至20℃，减少加热用天然气消耗30%，月均节约天然气5000立方米。^[4]

（三）环保型施工工艺技术

通过优化施工工艺，减少施工过程中的污染排放，降低对周边环境的干扰。

低扬尘施工工艺：对易产生粉尘的环节采取封闭、湿法等控制措施。某桥梁桩基施工采用“全套管钻机+泥浆循环净化系统”，钻孔过程中泥浆经三级沉淀池+离心机处理后循环使用，粉尘排放浓度控制在0.5mg/m³以下（国家标准为1.5mg/m³），周边空气质量较传统工艺提升60%。

噪声控制技术：采用低噪声设备和隔声措施，减少噪声污染。某城市桥梁施工中，对靠近居民区的箱梁预制场安装声屏障（高度3m，隔声量25dB），并选用低噪声振捣棒（噪声值75dB）替代传统振捣棒（90dB），使周边居民区昼间噪声从70dB降至55dB（国家标准为55dB）。

水污染防治工艺：对施工废水进行分类处理和回用。某跨河大桥施工时，设置“沉淀池+一体化净水器”处理系统，桩基施工废水经处理后悬浮物浓度从500mg/L降至10mg/L，回用率达80%（用于洒水降尘、混凝土养护），日均节约用水300吨。

（四）生态保护与恢复技术

施工过程中采取措施保护周边生态系统，施工后及时恢复受影响区域的生态功能。

植被保护与移植技术：对桥位周边原生植被进行保护性移植。某山区公路桥梁施工中，将桥位范围内的200株乔木（胸径10-20cm）移植至临时苗圃，采用生根剂处理和滴灌养护，成活率达90%，工程完工后回迁种植，恢复了原有植被景观。

水土保持技术：通过截排水、植被覆盖等措施防止水土流失。某桥梁施工场地边坡采用“三维网+喷播草籽”防护，网眼尺寸2cm×2cm，喷播草种选用狗牙根与紫花苜蓿混播（比例7:3），45天覆盖率达80%，雨水冲刷量较传统裸坡减少90%。

野生动物保护措施：针对施工区域周边的野生动物，设置迁徙通道和防护设施。某高速公路桥梁穿越湿地自然保护区，施工期间在桥位两侧设置2米高的防闯入围栏，并在夜间停止施工（22:00-次日6:00），避免干扰水鸟栖息，监测显示施工期间鸟类种群数量未发生明显变化。^[5]

三、基于绿色理念的公路桥梁施工保障措施与发展路径

绿色施工技术的有效应用需要完善的保障措施支撑，同时需

明确未来的发展方向，推动技术持续创新。

（一）政策与标准保障

健全的政策法规和标准体系是绿色施工推广的前提，为施工过程提供明确的规范和指引。

政策激励机制：通过补贴、奖励等方式鼓励企业采用绿色施工技术。某省对达到绿色施工评价标准的桥梁项目给予工程造价1%的奖励（最高500万元），某跨江大桥因全面应用绿色技术，获得480万元奖励，进一步激励了企业的投入。

标准体系建设：完善绿色施工评价标准，明确技术指标和考核方法。《公路工程绿色施工评价标准》（JTGF/T810-202X）中，对桥梁施工的“节能指标”（如施工能耗 $\leq 0.15\text{t}$ 标准煤/ m^2 ）、“环保指标”（如噪声、扬尘排放限值）作出明确规定，某桥梁项目依据该标准自评得分85分（满分100分），达到“优良”等级。

（二）技术创新与管理优化

通过技术研发和管理模式创新，提升绿色施工的可行性和经济性。

绿色技术研发：加大对新型环保材料、节能设备的研发投入。某建筑企业与高校合作研发的“低碳水泥”（掺加40%工业废渣），碳排放较传统水泥降低35%，已在3座桥梁施工中应用，累计减少碳排放5000吨。

数字化管理平台：利用BIM、物联网等技术实现绿色施工全过程管控。某高速公路桥梁项目搭建BIM绿色施工平台，集成材料消耗、能耗监测、环境监测数据，实时生成“绿色施工指标看板”，发现混凝土超耗10%时自动预警，及时优化配合比，最终节约水泥用量800吨。

施工组织优化：通过合理规划施工顺序和场地布局，减少资源浪费。某桥梁项目采用“工厂化预制+现场拼装”模式，将70%的构件（如盖梁、箱梁）在预制场生产，减少现场作业面积60%，降低了场地硬化带来的生态破坏。

（三）未来发展路径

面向“双碳”目标，绿色公路桥梁施工技术需向智能化、低碳化、循环化方向发展。

智能化绿色施工：利用人工智能、大数据优化资源配置。未来桥梁施工可通过AI算法预测材料需求，实现精准采购（减少库存积压15-20%）；通过无人机巡检识别扬尘、噪声超标区域，自动调度降尘设备，提升环保管控效率。

全生命周期低碳化：从施工阶段延伸至全生命周期的碳管理。某桥梁项目试点“全周期碳足迹核算”，不仅控制施工阶段碳排放，还通过选用耐久性材料（如防腐钢构件，寿命延长20

年）减少后期维护的碳排放，全周期碳减排达25%。

循环经济模式构建：建立“施工废弃物-再生资源-工程材料”的闭环体系。未来可推广“桥梁拆除-材料再生-新桥建设”的循环模式，某试点项目将拆除的旧桥钢材回炉重炼，再生钢材用于新桥护栏，减少铁矿石消耗3000吨，节约能耗1500吨标准煤。

（四）人才培养与社会协同

绿色施工技术的推广与深化，离不开专业人才的支撑和社会各界的协同参与，需构建多层次的人才培养体系和广泛的社会合作机制。

绿色施工专业人才培养：通过高校教育、职业培训等途径，培养具备绿色理念和技术能力的施工人才。某交通职业技术学院开设“绿色建造”专业方向，课程涵盖绿色材料应用、环保工艺、碳排放核算等内容，近三年为行业输送500余名专业人才，其中30%参与了省级以上绿色桥梁项目。同时，企业内部开展“绿色施工技能大赛”，某建筑集团通过竞赛选拔出100名“绿色工匠”，在其带动下，项目节能指标平均提升10%。

产业链协同创新：推动业主、设计、施工、材料供应商等产业链主体协同参与绿色施工。某高速公路桥梁项目构建“绿色供应链”，要求钢材供应商提供低碳认证（碳排放 $\leq 1.8\text{吨/吨钢}$ ），混凝土搅拌站采用光伏供电（占比20%），通过全链条协同，项目碳排放较行业平均水平降低22%。此外，业主单位在招标时将绿色施工指标（如废弃物回收率 $\geq 90\%$ ）纳入评标标准，权重占15%，引导企业主动采用绿色技术。^[6]

社会公众参与监督：通过信息公开、公众监督等方式，提升绿色施工的透明度和社会认可度。某城市桥梁施工中，在工地入口设置“绿色施工公示牌”，实时公布日能耗、扬尘浓度、废弃物处理等数据，接受公众监督；同时开展“工地开放日”活动，邀请周边居民参观环保设施（如废水处理系统、太阳能路灯），增强社会对绿色施工的理解与支持，该项目获得周边社区满意度评分92分。

四、结语

基于绿色理念的公路桥梁施工技术，是实现交通基础设施可持续发展的关键路。本文通过分析绿色施工的内涵原则、关键技术及保障措施，结合案例说明：绿色材料的应用可减少资源消耗，节能设备与环保工艺能降低环境污染，生态保护技术可实现施工与自然的和谐共生。

参考文献

- [1] 赵科利, 王伟康. 铁路桥梁绿色施工环境影响评价及其应用 [J]. 价值工程, 2024, 43(35): 124-127.
- [2] 魏子超. 目标管理在公路工程施工中的应用分析 [J]. 低碳世界, 2024, 14(12): 127-129.
- [3] 周卫锋. 绿色高新技术在公路桥梁建设中的应用 [J]. 中国科技信息, 2024, (23): 124-126.
- [4] 程纪泽, 文少辉. 绿色环保理念在道路桥梁施工中的技术运用分析 [J]. 现代装饰(理论), 2024, (07): 12-13.
- [5] 王仁贵. 践行新发展理念, 提升创新能力 助力公路桥梁高质量可持续发展——张靖皋长江大桥设计创新 [J]. 中国公路, 2024, (14): 64-67.
- [6] 王国宏. 绿色施工背景下的公路桥梁施工技术 [J]. 山西建筑, 2021, 47(17): 122-123+143.