

关于碳中和目标下绿色施工技术的创新集成及其效益的评估

朱远潮

445381*****3190

摘要: 碳中和目标的提出对建筑行业提出了全新的挑战与机遇,绿色施工技术作为实现建筑领域节能减排、推动行业可持续发展的核心手段,其创新集成与效益评估成为当前研究的重要课题。本文围绕碳中和目标下绿色施工技术的创新集成与效益评估展开系统研究,从技术创新与系统集成两个层面,探讨了绿色施工技术的创新路径,涵盖节能降耗技术、可再生能源利用技术、节材与资源循环技术、污染防治技术等关键领域,并阐述了技术创新集成的模式与方法;随后,构建了绿色施工技术效益评估的多维度指标体系,包括环境效益、经济效益、社会效益及技术效益,详细阐述了定量与定性相结合的评估方法;最后,从政策引导、技术推广、管理优化等角度,提出了促进绿色施工技术创新集成与效益提升的策略。

关键词: 碳中和;绿色施工技术;创新集成;效益评估;建筑行业;可持续发展

DOI: 10.69979/3029-2727.25.12.039

引言

当前绿色施工技术的应用仍面临诸多挑战:一方面,单项绿色施工技术(如太阳能光伏发电、雨水收集利用)虽已取得一定进展,但技术分散、系统集成度低,难以形成协同效应;另一方面,绿色施工技术的效益评估缺乏统一的标准与方法,导致其环境、经济及社会效益难以被准确量化,影响了技术的推广与应用。因此,研究碳中和目标下绿色施工技术的创新集成模式,并构建科学的效益评估体系,对推动绿色施工技术的规模化应用、促进建筑行业绿色转型具有重要工程价值。本文从技术创新集成与效益评估两个核心维度展开研究,旨在为绿色施工技术的发展提供理论支撑与实践参考。

1 碳中和目标下绿色施工技术的创新集成路径

1.1 绿色施工技术的创新方向

绿色施工技术的创新是实现碳中和目标的技术基础,其创新方向聚焦于节能降耗、可再生能源利用、节材与资源循环、污染防治等关键领域。节能降耗技术通过优化施工工艺与设备,降低施工过程中的能源消耗。例如,采用高效节能的施工机械(如电动挖掘机替代柴油挖掘机)、优化施工流程(如合理安排工序减少设备空转时间)、推广智能照明系统(根据光照强度自动调节亮度)等措施,可显著降低电力与燃油消耗。可再生能源利用技术通过引入太阳能、风能等清洁能源,替代传统的化石能源。例如,在施工现场安装太阳能光伏

发电板,为照明、小型设备供电;利用小型风力发电机补充电力需求;在具备条件的地区,采用地源热泵技术调节施工现场的温度(如冬季供暖、夏季制冷),减少对传统能源的依赖。节材与资源循环技术通过优化材料使用与废弃物回收,提高资源利用效率。例如,采用BIM(建筑信息模型)技术进行精准下料,减少钢材、木材等材料的损耗;推广装配式建筑技术,通过工厂预制构件减少现场湿作业与材料浪费;建立建筑垃圾分类回收体系,将废弃混凝土破碎后用作再生骨料,将废弃木材加工为再生板材,将金属废料回炉重熔,实现资源的循环利用。污染防治技术通过控制施工过程中的扬尘、噪声、污水等污染物排放,减少对环境的影响。例如,采用洒水降尘、围挡遮挡、雾炮机喷雾等措施控制施工扬尘;设置隔音屏障、选用低噪声设备(如液压打桩机替代柴油打桩机)、合理安排施工时间(避免夜间高噪声作业)降低噪声污染;建设沉淀池、隔油池等污水处理设施,对施工废水(如混凝土养护水、车辆冲洗水)进行净化处理后循环利用,减少污水排放^[1]。

1.2 绿色施工技术的创新集成模式

绿色施工技术的创新集成是单项技术的系统化整合,通过技术协同与优化配置,形成“1+1>2”的节能减排效应。创新集成模式包括技术协同集成、管理协同集成及全生命周期集成三个层面。技术协同集成是指将不同类型的绿色施工技术有机结合,实现功能互补与效能提升。例如,将太阳能光伏发电技术与储能系统(如

锂电池)集成,解决可再生能源间歇性供电的问题;将雨水收集系统与节水灌溉技术结合,用于施工现场的绿化灌溉与道路冲洗;将装配式建筑技术与BIM技术融合,通过精准设计减少材料浪费并提高施工效率。管理协同集成是指通过信息化手段(如物联网、大数据)对绿色施工技术进行统一管理与调度。例如,利用物联网传感器实时监测施工机械的能耗数据、太阳能发电板的发电量、建筑垃圾的分类回收量等信息,通过大数据分析优化技术参数(如调整光伏板的倾斜角度以提高发电效率);通过智能管理系统协调不同技术的运行顺序(如优先使用可再生能源供电,不足部分由电网补充),确保技术集成的高效运行。全生命周期集成是指将绿色施工技术的应用从施工阶段延伸至建筑设计、建材生产、运营维护及拆除回收的全生命周期。例如,在设计阶段通过BIM技术优化建筑结构与材料选型,减少施工阶段的材料需求;在建材生产阶段选择低碳水泥、再生骨料等环保材料;在运营维护阶段利用施工阶段安装的太阳能光伏系统继续为建筑供电;在拆除回收阶段通过精细化拆解实现建筑材料的最大化再利用。

1.3 创新集成的关键技术方法

绿色施工技术的创新集成依赖于关键技术的支撑,包括数字化技术、智能控制技术及系统优化技术。数字化技术(如BIM、物联网)通过构建虚拟施工模型与实时监测网络,实现施工过程的可视化与数据化。例如,BIM技术可模拟施工流程,优化材料使用与工序安排;物联网传感器可采集施工机械的运行数据、环境参数(如温度、湿度)及资源消耗数据,为技术集成提供数据支撑。智能控制技术(如人工智能、自动控制)通过算法优化技术的运行参数,提高技术效能。例如,利用人工智能算法预测太阳能发电量与施工用电需求,动态调整储能系统的充放电策略;通过自动控制系统根据施工现场的扬尘浓度自动调节雾炮机的喷雾强度。系统优化技术(如线性规划、多目标优化)通过数学模型平衡技术集成的经济性、环境性与社会性。例如,采用多目标优化模型在降低碳排放的同时,兼顾施工成本与技术可行性;通过线性规划方法确定不同绿色施工技术的最佳配置比例(如太阳能光伏板的安装面积、雨水收集池的容积),实现资源的最优分配^[2]。

2 绿色施工技术创新集成的效益评估体系

2.1 效益评估的多维度指标体系

绿色施工技术创新集成的效益评估需综合考虑环境、经济、社会及技术四个维度的指标,构建多维度的评估体系。环境效益指标包括碳排放减少量(通过对比传统施工与绿色施工的碳排放量计算)、能源节约量(如电力、燃油消耗的降低值)、水资源节约量(如雨水收集利用减少的市政用水量)、建筑垃圾减量化率(如废弃物回收利用率提升比例)等,反映技术对生态环境的积极影响。经济效益指标包括施工成本降低率(如材料浪费减少、能源费用节约带来的成本下降)、投资回收期(如绿色施工技术的初始投资通过节能收益收回的时间)、运营维护成本节约(如太阳能光伏系统长期供电减少的电费支出)等,体现技术的经济可行性与投资价值。社会效益指标包括施工环境改善(如扬尘、噪声污染的降低对周边居民生活质量的影响)、行业示范效应(如绿色施工技术的推广对行业转型的带动作用)、从业人员健康保障(如低噪声、低粉尘环境对工人健康的保护)等,反映技术对社会发展的贡献。技术效益指标包括技术成熟度(如技术的可靠性与稳定性)、可推广性(如技术在不同工程场景中的适用性)、协同性(如不同技术集成的兼容性与互补性)等,体现技术的科学性与应用潜力。

2.2 效益评估的定量与定性方法

效益评估需结合定量分析与定性评价,确保评估结果的全面性与准确性。定量方法包括数据对比法、模型计算法及生命周期评估法。数据对比法通过统计传统施工与绿色施工的关键参数(如碳排放量、能源消耗量),计算两者的差值以量化效益;模型计算法利用数学模型(如碳排放计算模型、能源平衡模型)预测技术的效益,例如通过碳排放因子法计算施工阶段的碳排放减少量;生命周期评估法(LCA)从全生命周期视角评估技术的环境影响,包括建材生产、施工建造、运营维护及拆除回收各阶段的碳排放与资源消耗。定性方法包括专家打分法、问卷调查法及案例分析法。专家打分法邀请行业专家对技术的环境、经济、社会及技术效益进行主观评价(如采用1-5分制评分),通过加权平均计算综合得分;问卷调查法向施工企业、从业人员及周边居民发放问卷,收集对技术应用效果的主观反馈(如施工环境改善的满意度);案例分析法通过对比不同工程中绿色施工技术的应用效果,总结共性经验与差异性特征,为

评估提供参考依据^[3]。

2.3 评估流程与结果应用

效益评估的流程包括明确评估目标（如评估某绿色施工技术集成的综合效益）、确定评估指标体系（根据项目特点选择关键指标）、数据收集与处理（通过现场监测、问卷调查、文献资料获取数据）、评估方法选择（定量与定性方法结合）、结果分析与报告编制（形成评估结论与改进建议）。评估结果可用于指导技术优化（如针对效益较低的指标调整技术参数）、政策制定（如为政府补贴与激励措施提供依据）、企业决策（如帮助施工企业选择最优技术方案）及行业推广（如为绿色施工技术的标准化提供数据支撑）。

3 促进绿色施工技术创新集成与效益提升的策略

3.1 政策引导与激励机制

政府是推动绿色施工技术创新集成与效益提升的关键力量，需通过政策引导与激励机制营造良好的发展环境。政策层面，需制定绿色施工技术推广的强制性标准（如规定新建项目必须采用一定比例的可再生能源技术），将碳排放控制与资源循环利用指标纳入工程审批与验收环节；激励层面，需出台财政补贴政策（如对太阳能光伏系统、雨水收集设施给予资金支持）、税收优惠政策（如减免绿色施工技术研发企业的所得税）、金融支持政策（如为绿色施工项目提供低息贷款），降低企业应用绿色施工技术的成本与风险。

3.2 技术研发与推广应用

技术研发是绿色施工技术创新集成的核心驱动力，需加强产学研合作，整合高校、科研机构与施工企业的资源，重点突破关键技术瓶颈（如高效储能技术、建筑垃圾再生利用技术）。同时，需建立绿色施工技术的推广平台（如技术博览会、示范工程观摩会），通过现场展示与经验交流加速技术的传播；利用信息化手段（如在线培训课程、技术手册）普及绿色施工知识，提升从业人员的技术应用能力^[4]。

3.3 管理优化与人才培养

施工企业的管理水平直接影响绿色施工技术的实施效果，需通过管理优化提升技术的应用效率。例如，建立碳排放监测与资源消耗统计制度，实时跟踪技术的运行效果；完善绿色施工管理体系（如制定技术应用标准、操作规程），确保技术的规范实施；加强人才培养，通过职业教育与技能培训提升施工人员对绿色施工技术的认知与操作能力，培育一批懂技术、会管理的复合型人才。

4 结论

碳中和目标对建筑施工行业提出了绿色转型的迫切需求，绿色施工技术的创新集成与效益评估是实现这一目标的关键路径。本文从碳中和目标的要求与挑战出发，系统探讨了绿色施工技术的创新方向与集成模式，构建了多维度的效益评估体系，并提出了促进技术推广与效益提升的策略。研究表明，通过技术创新集成（如节能降耗、可再生能源利用、节材循环与污染防治技术的协同应用）与科学效益评估（环境、经济、社会及技术效益的综合考量），能够显著降低施工阶段的碳排放与资源消耗，提升建筑行业的绿色发展水平。未来，随着数字化与智能化技术的深度融合，绿色施工技术将向更高效、更协同的方向发展，为建筑行业碳中和目标的实现提供更有力的支撑。

参考文献

- [1] 高亦男. "双碳"背景下的绿色施工经济效益分析[J]. 中国科技投资, 2022(36): 129-131.
- [2] 周广辉. 低碳背景下绿色建筑施工技术创新研究及应用[J]. 佛山陶瓷, 2025(3): 170-172.
- [3] 陈鑫磊, 张学民, 陈进, 等. 基于碳排放评价的超小净距隧道绿色施工优化研究[J]. 中国公路学报, 2022, 35(1): 12-23.
- [4] 项炳泉, 李瑞林, 徐丹, 等. 既有建筑结构抗震加固技术研究综述[J]. 安徽建筑, 2024, 31(10): 43-47, 54.