

# 面向双碳目标的绿色施工技术体系构建与协同实践研究

袁世伟

金昌建设有限公司

DOI: 10.12238/j pm.v6i12.8587

**[摘要]** 在“碳达峰、碳中和”目标全面推进的战略背景下，建筑行业作为能源消耗与碳排放的核心领域，传统施工模式面临资源利用率低、环境污染严重及碳排放强度高等突出问题，其低碳转型已成为实现双碳目标的关键环节。当前绿色施工技术虽在节能、环保等方面取得一定成效，但普遍存在技术应用碎片化、体系整合不足及多主体协同机制缺失等瓶颈，难以适配双碳目标下全生命周期低碳管控需求。本研究围绕双碳目标导向，系统阐述绿色施工技术体系的构建逻辑与协同实践路径：在技术体系构建层面，形成“核心技术+管理保障”双维度框架——核心技术层整合节能设计、环保材料应用、废弃物资源化及可再生能源耦合等关键技术，明确各技术的节能减排量化指标；管理保障层借鉴区域实践经验，融入BIM数字化模拟、物联网实时监测等信息化手段与装配式施工等工业化模式，构建覆盖“策划-设计-施工-运营”全生命周期的管控机制。在协同实践方面，提出多维度协同方案：技术间效能协同、全产业链协同，并结合典型工程案例验证体系可行性。本研究旨在弥补当前绿色施工技术应用的碎片化短板，为建筑行业提供系统化、可落地的绿色施工技术体系框架与协同实践路径，助力行业降低能源消耗与碳排放强度，推动建筑工程全生命周期低碳化发展，为实现“双碳”目标提供理论支撑与实践参考。

**[关键词]** 建筑施工现场；绿色施工技术；探索

**[中图分类号]** TU714

## Research on Green Construction Technology System Development and Collaborative Practice for Dual Carbon Goals

Yuan Shiwei

Jinchang Construction Co., Ltd.

**[Abstract]** Under the strategic framework of advancing "carbon peaking and carbon neutrality" goals, the construction industry—being a core sector in energy consumption and carbon emissions—faces prominent challenges such as low resource utilization efficiency, severe environmental pollution, and high carbon emission intensity in traditional construction models. Its low-carbon transition has become a critical component in achieving dual carbon objectives. Although current green construction technologies have made certain progress in energy conservation and environmental protection, they commonly encounter bottlenecks including fragmented technology application, insufficient system integration, and lack of multi-stakeholder coordination mechanisms, making it difficult to meet the low-carbon management requirements across the entire lifecycle under dual carbon goals. This study systematically expounds the construction logic and collaborative practice pathways of green construction technology systems oriented toward dual carbon goals: At the technical system development level, a dual-dimensional framework of "core technologies + management safeguards" is established. The core technology layer integrates key technologies such as energy-saving design, eco-friendly material application, waste resource utilization, and renewable energy coupling, with quantified energy-saving and emission-reduction indicators for each technology. The management safeguard layer incorporates regional practical experience, integrating information technologies like BIM digital simulation and real-time IoT monitoring, along with industrialized models such as prefabricated construction, to establish a comprehensive control mechanism covering the entire lifecycle from "planning-design-construction-operation." In terms of collaborative practice, multidimensional coordination solutions are proposed, including inter-technology efficiency synergy and full industrial chain collaboration, with feasibility verified through typical engineering case studies. This study aims to address the fragmented application of green construction technologies, providing the construction industry with a systematic and implementable framework for green construction technology systems and collaborative practice pathways. It seeks to help the industry reduce energy consumption and carbon

emission intensity, promote low-carbon development throughout the entire lifecycle of construction projects, and offer theoretical support and practical references for achieving the "dual carbon" goals.

[Key words] construction site; green construction technology; exploration

## 引言

随着国家“双碳”战略深入推进,建筑业作为能源消耗与碳排放重点领域,其传统高消耗、高排放施工模式面临着前所未有的转型压力。在保证建筑工程质量基础上,如何有效降低施工过程中资源消耗、环境污染,特别是碳排放强度,已成为支撑行业低碳转型、服务国家战略目标当务之急。绿色施工技术作为一种创新施工模式,倡导在施工过程中最大限度地节约资源、减少环境污染、保护生态环境,实现经济效益与环境效益双赢。因此深入探究面向双碳目标绿色施工技术体系构建与协同实践,对于促进建筑业可持续发展,以及助力我国在全球绿色经济竞争中占据有利地位具有重要意义。

## 1 绿色施工技术分类与应用

### 1.1 绿色施工技术主要类型

绿色施工技术体系围绕“碳减排-资源节约-环境友好”三维目标构建多模块技术集群,覆盖建筑工程全生命周期低碳化管控需求,各技术模块均具备明确技术参数与环境效益指标。节能设计模块聚焦建筑热工性能优化与能源系统能效提升,核心技术含外立面保温结构与设备智能调控:采用100mm厚EPS保温板(热导率 $0.035\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ )可使建筑围护结构热损失降 $30\text{W}/\text{m}^2$ 以上,Low-E玻璃窗(热传导系数 $1.4\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ )借镀膜技术减少红外辐射传递,较普通玻璃减 $50\text{W}/\text{m}^2$ 热负荷,直接推动空调系统能效升30%;变频空调系统结合室内温差动态调控逻辑,单 $3000\text{m}^2$ 建筑年节电可达 $50000\text{kWh}$ ,对应削减25t标准煤消耗产生碳排放。

环保材料模块以“低碳生产-循环利用”为核心导向,低碳水泥借优化熟料配比与添加矿渣掺合料,将生产阶段碳排放量控制在 $500\text{kg}/\text{t}$ 以内(较普通水泥降44%),再生骨料经破碎、筛分、清洗工艺处理后(密度 $2.4\text{t}/\text{m}^3$ ),可替代30%天然砂石用于非承重结构,每吨材料成本降50元同时减少天然资源开采依赖。废弃物管理技术构建“分类收集-破碎加工-再生利用”闭环体系,废混凝土回收率达95%,加工后可作道路基层骨料或预制构件原料,废钢筋经熔炼提纯后可省0.8t矿石铁/吨,同步削减 $1.2\text{tCO}_2$ 排放;木材与塑料废弃物借专项处理工艺转化为建筑模板或生物质燃料,资源化率分别达85%与80%,显著降低填埋处置带来环境压力。

### 1.2 各类技术实际应用

绿色施工技术在建筑工程中实际应用,已形成“技术适配-效果量化-场景拓展”成熟落地路径,不同工程类型借技术选型优化实现环境效益与经济效益协同提升。在民用建筑领域,节能设计技术集成应用展现显著能效提升: $50000\text{m}^2$ 公共建筑项目采用100mmEPS保温板与Low-E玻璃窗组合方案,建筑围护结构热工性能优化后,年能耗较传统设计减 $150000\text{kWh}$ ,折算减75t标准煤消耗;变频空调与热回收通风系统联用,借回收排风中热量预热新风,进一步降空调负荷 $60000\text{kWh}$ ,对应碳排放削减84t,全系统能效比提升至0.7-1.0区间。

环保材料规模化应用成为建筑项目碳减排关键抓手,住宅项目在主体结构施工中用1000t低碳水泥,直接削减 $500\text{tCO}_2$

排放,再生骨料替代30%天然砂石后,材料采购成本降15%,同时减10%砂石开采量,缓解区域自然资源供需矛盾。废弃物管理技术在市政项目中实现产业化落地,道路改造项目施工废弃物综合回收率稳定在85%,废混凝土经移动式破碎机处理后生产再生骨料,替代10%天然砂石用于路基铺设,废钢筋回收再利用省40%钢材资源,间接降项目建材采购成本约8%,减弃土弃渣处置量80%以上。

可再生能源技术在大型建筑集群中展现能源替代潜力,产业园区借分布式太阳能光伏系统布局,年发电量达 $300000\text{kWh}$ ,满足园区20%用电需求,对应削减 $200\text{tCO}_2$ 排放;太阳能热水系统覆盖施工人员生活区与办公区,40%热水需求无需依赖市政供热,减天然气消耗30%,降施工期间碳足迹。公路桥梁工程领域,装配式施工技术打破传统现场浇筑局限,跨河桥梁项目将上部结构拆解为标准化预制构件,工厂生产阶段实现钢筋加工精度误差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内,现场拼装效率升50%,材料损耗率从传统工艺8%降至3%,施工周期缩22%,同时减现场湿作业带来扬尘与噪声污染。

## 2 面向双碳目标的绿色施工技术体系构建与协同实践研究中存在的问题

### 2.1 技术应用碎片化,全过程整合缺失

当前绿色施工技术多盯着单项技术的落地,没充分考虑建造全生命周期的综合需求与系统集成。从《绿色建造进展及体系构建以山东省为例.pdf》的研究来看,其明确提到绿色建造领域里“侧重单项技术多、简单过程多”,对“策划-设计-施工-运营”全流程的技术协同设计做得不够——比如节能设计里的EPS保温板、Low-E玻璃,和可再生能源中的太阳能光伏技术,两者效能没能很好结合;环保材料像低碳水泥、再生骨料,与废弃物资源化技术之间也存在衔接断层,这使得技术整体的减排效益没达到最优水平。设计是绿色施工的源头环节,可目前缺乏专项政策和标准支撑,没办法有效引导后续施工环节的低碳化。例如山东省目前还没有专门发布绿色设计相关的政策文件或技术标准,相关的绿色设计要求分散在《被动式超低能耗居住建筑节能设计标准》《绿色建筑标准》等文件里。这就导致设计阶段很难把双碳目标要求,比如碳排放预判、低碳材料选型,系统地融入进去,进而造成施工阶段技术适配性不足——比如有些项目在设计阶段没考虑再生骨料的力学性能需求,到了施工时就得临时调整材料方案,既增加了成本,又额外产生了碳排放。

### 2.2 监管机制不健全,政策执行不到位

绿色施工政策落地后的监管存在“盲区”,难以形成有效约束。尽管国家和地方都出台了绿色施工相关法规,但“监管资源有限”,偏远地区没办法对项目进行全周期监控,部分中小型企业存在“侥幸心理”,违规使用高耗能设备、随意处置建筑垃圾;另外,绿色施工评价大多集中在施工阶段,对设计、运营阶段的监管缺失,这就导致全生命周期碳排放管控有漏洞——比如部分项目在施工期能达标,但到了运营期,因为没落实能耗监测,碳排放又反弹到不达标水平。企业和管理者对绿

色施工的认知还停留在“合规层面”，没有双碳目标下的协同思维。中小型建筑企业对绿色施工的重视程度明显不够，员工因为缺乏专项培训，“对环保措施重要性认识不够”，更愿意选成本低的传统建材；从项目管理角度看，管理者“更关注工程进度与成本控制，忽略生态效益与社会责任”，这就使得设计、施工、监理等多个主体之间没有协同的动力——比如设计单位没跟施工方说清楚低碳材料的施工工艺要求，施工方为了赶工期又简化了节能措施，最终形成“设计-施工”脱节的情况。

### 2.3 产业链体系不成熟，供需协同不足

绿色施工缺乏统一、细化的技术标准，也没有以双碳为导向的评价体系，很难量化减排效果。绿色建造“技术标准不健全，评价标准和认证体系有待建立”——现有标准像《建筑与市政工程绿色施工评价标准》，虽然涵盖了环保、节材等维度，但没针对双碳目标设定碳排放量化指标，比如单位面积碳排放量限值，而且评价方法更侧重“结果考核”，像废弃物回收率，缺乏“过程管控”，比如材料生产阶段的碳排放核算。绿色施工产业链上下游，包括材料供应商、施工企业、运营单位，缺乏协同机制，很难形成低碳闭环。绿色建造“产业链体系不成熟”，从供应商角度看，低碳建材比如低碳水泥、低 VOC 涂料，产能和供给稳定性都不够，有些地区得跨区域采购，增加了运输能耗；施工企业和供应商之间协同也不够，比如没提前跟再生骨料供应商约定材料性能参数，导致进场的材料还得二次加

工；运营单位没参与施工阶段的能耗系统设计，这就造成运营期节能改造成本增加。

## 3 推广与改进绿色施工技术建议

### 3.1 加强政策法规建设

绿色施工技术推广离不开政策法规引导与约束，因此需要加强相关政策法规建设。针对于此，可以从三方面着手：

第一，细化法律法规。明确绿色施工技术指标和评价体系。例如，可针对建筑垃圾回收率、能源消耗限额等关键指标制定强制性标准，进而为施工企业提供清晰操作指南。

第二，通过经济激励降低企业转型成本。对于采用绿色施工技术企业应给予税收减免或财政补贴，以激发其主动性。例如，深圳市“绿色建筑容积率奖励”政策。

第三，强化监管与信用评价联动机制。相关部门应建立全国统一绿色施工信用平台，将违规行为纳入企业征信系统，利用“黑名单”制度来倒逼企业合规。

### 3.2 强化人才培养与管理

绿色施工技术持续发展离不开专业化人才队伍。所以建议从教育端着手，在高校土木工程专业增设“绿色施工技术”“可持续建筑管理”等课程，以此来培养复合型人才。而对于企业层面，需要建立分级培训体系，详细而言如下表 2 所示。不仅如此，企业还应构建内部绿色施工管理体系，确立岗位责任，例如，设立“绿色施工专员”岗位，负责监督施工现场能耗与排放数据，并与绩效考核挂钩，从而形成闭环管理。

表 2 绿色施工培训内容

培训对象	培训内容	考核方式
管理层	政策法规、成本效益分析等。	笔试+案例答辩
技术人员	BIM 技术应用、设备操作规范等。	实操考核
施工工人	扬尘控制、垃圾分类实操等。	现场技能评估

### 3.3 加强宣传与社会监督

公众参与是绿色施工技术推广社会基础，基于此，有关部门可利用新媒体平台发布“绿色施工科普动画”，利用通俗易懂方式来普及技术价值。同时也应建立“公众监督-企业响应-政府核查”联动机制，例如，开发“绿色施工随手拍”APP，鼓励市民举报违规排放行为，并对处理结果进行公示。另外行业组织也要积极展开行动，建议定期评选“绿色施工示范项目”，通过案例集、现场观摩会等形式来推广相关经验，以形成区域辐射效应。

### 3.4 推动全产业链协同发展

绿色施工技术应用和创新需要打破行业壁垒，实现全链条协同。例如，在设计阶段，应积极推行“绿色一体化设计”，要求设计师在保证质量和经济性基础上，尽可能地选用可再生建材。而对于施工阶段，除了选用能耗低设备以及环境保护措施外，施工单位还需与材料供应商建立数据共享机制，精准匹配材料需求，以减少库存浪费<sup>[6]</sup>。运维阶段则可引入物联网技术实时监测建筑能耗。不仅如此，还可成立“绿色施工产业联盟”，整合设计院、施工单位以及环保企业等多领域资源，共同制定行业标准，助力技术高速发展。

## 4 结束语

总之，绿色建筑施工技术体系作为实现建筑业低碳转型和

绿色发展关键途径，其构建与协同实践重要性愈发凸显。通过对绿色建筑施工技术系统化构建与跨领域协同实践，不仅能够显著提升建筑项目能效水平，减少碳排放，还能推动建筑行业向更加环保、高效、可持续方向发展，为达成“双碳”目标贡献重要力量。

## [参考文献]

- [1]王彪.低能耗绿色住宅建筑施工技术实践与应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2025(2): 120-123.
- [2]王立珍.绿色建筑施工技术创新与实践[J].建筑与装饰, 2025(1): 145-147.
- [3]全家豪, 武荣荣.绿色建筑施工技术在施工现场中应用[J].中国厨卫, 2025, 24(1): 22-24.
- [4]龚宣超, 郭强.绿色建筑施工技术在建筑工程中应用探析[J].科技与创新, 2025(1): 209-211, 215.
- [5]季长清.绿色建筑施工技术创新与应用研究[J].建筑与装饰, 2025(2): 119-121.
- [6]李瑞霞.绿色建筑施工技术在建筑工程中运用探析[J].建材发展导向, 2025, 23(1): 37-39.

作者简介：袁世伟，1998 年 10 月 29 日，男，汉族，江西南昌人，助理工程师，本科学历，建筑施工专业。