

“双碳”目标下建筑施工精细化管理与绿色建造协同路径探析

郑 一

上海建工五建集团有限公司, 上海 200333

[摘要] 在“双碳”目标与“新质生产力”发展要求下, 建筑业绿色化与精益化转型成为必然趋势, 2026 年“好房子”建设标准的正式落地, 进一步强化了公共建筑超低能耗、建材碳足迹管控等硬性要求。建筑企业面临环保刚性约束与成本敏感性的双重挤压, 如何通过精细化管理手段, 在不显著增加成本的前提下实现降碳、提质、增效, 成为高级工程管理者核心能力的重要体现。本文基于行业现实困境与政策导向, 构建精细化管理与绿色建造协同的管理体系, 结合上海市普陀区桃浦中央绿地项目施工实践, 探析施工阶段实现双碳目标的具体方法、工艺流程及量化成效, 通过实证案例验证协同路径的可行性, 为建筑企业绿色转型提供可复制的实践方案。

[关键词] 双碳目标; 建筑施工; 精细化管理; 绿色建造; 桃浦中央绿地项目; 施工降碳

DOI: 10.33142/ect.v4i4.19539

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Exploration on the Collaborative Path between Fine Management of Construction and Green Building under the "Dual Carbon" Goal

ZHENG Yi

Shanghai Construction No. 5 Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 200333, China

Abstract: Under the requirements of the "dual carbon" goal and the development of "new quality productivity", the green and lean transformation of the construction industry has become an inevitable trend. The official implementation of the "good house" construction standard in 2026 further strengthens the hard requirements of ultra-low energy consumption in public buildings and carbon footprint control of building materials. Construction enterprises are facing the dual pressure of rigid environmental constraints and cost sensitivity. How to achieve carbon reduction, quality improvement, and efficiency enhancement through refined management methods without significantly increasing costs has become an important manifestation of the core competencies of senior engineering managers. This article is based on the practical difficulties and policy guidance of the industry, and constructs a management system that integrates refined management and green construction. Combined with the construction practice of the Taopu Central Green Space Project in Putuo District, Shanghai, it explores the specific methods, process flow, and quantitative effects of achieving the dual carbon goals during the construction phase. Through empirical cases, the feasibility of the collaborative path is verified, providing replicable practical solutions for the green transformation of construction enterprises.

Keywords: dual carbon target; construction of buildings; refined management; green construction; Taopu Central Green Space Project; construction carbon reduction

引言

建筑业作为国民经济的支柱产业, 碳排放占全国总量约 51%, 是实现“双碳”目标的关键领域。“新质生产力”在建筑业的核心体现是绿色化与精益化的深度融合, 2026 年“好房子”建设标准正式落地, 对建筑施工管理提出更高要求。当前, 建筑企业普遍面临环保压力与成本控制的结构矛盾, 传统粗放式管理难以支撑绿色目标落地, 精细化管理成为破解困局的关键。上海市普陀区桃浦中央绿

地项目作为工业棕地转型的核心生态项目, 施工阶段面临土壤修复、生态重构与碳减排多重任务, 是二者协同落地的典型范例, 本文结合该项目实践, 探析协同路径与成效, 为行业提供借鉴。

1 现实困境: 环保刚性约束与成本敏感性的双重挤压

1.1 矛盾表征: 行业转型期的典型张力分析

1.1.1 环保与成本的结构矛盾凸显

“双碳”目标下，建筑业碳排放管控已从“倡导性”转向“强制性”，2026年“好房子”标准使公共建筑超低能耗成为硬性要求，建材碳足迹强制披露推动项目前期投入陡增12%~18%，但业主预算增幅普遍不足3%，企业必须在不新增管理成本的前提下，挖掘系统性降碳空间，实现环保与效益平衡。

1.1.2 精细化管理是破解困局的关键支点

精细化管理通过数据驱动、过程可控、责任到岗，将绿色目标分解为可量化管控节点，在人工费占比超35%、材料费超60%的约束下，以管理增效替代资本投入，形成降碳、提质、增效的内生动力，相较于单纯技术升级，更能实现绿色目标与成本控制的协同。

1.2 政策演进：从绿色倡导到全周期强制约束

1.2.1 国家政策明确施工环节量化要求

《城乡建设领域碳达峰实施方案》明确，新建公共建筑2025年起全面执行超低能耗标准，施工阶段碳排放强度较2020年下降25%，要求建立建材隐含碳数据库。《建筑节能与可再生能源利用通用规范》则明确新建建筑须配套设计光伏系统，强化绿色管控。

1.2.2 管理升级成为企业合规生存底线

当前，未建立碳排放台账或监测数据缺失的项目，无法通过绿色建筑专项验收，直接影响竣工备案。某央企2023年因3个项目扬尘超标被列入信用黑名单，区域市场准入受限9个月，印证绿色管理能力是企业合规生存的核心底线。

2 机制创新：构建全周期、可追溯、强反馈的管理闭环

精细化管理与绿色建造的协同，核心是构建“策划先行、过程控制、绩效联动”的管理闭环，将绿色目标融入施工全生命周期，通过制度创新实现管理效能与绿色成效双提升。

2.1 策划先行：绿色施工专篇的深度赋能与前置模拟

将土方开挖、混凝土浇筑、钢结构安装等28类主工序的碳排因子（含设备油耗、电力折算、运输距离）绑定至BIM模型构件层级，结合GIS地形与气象数据，动态模拟不同施工顺序下的碳排放峰值与时空分布，精准预判减排关键点，为施工方案优化提供数据支撑。

2.2 过程控制：“四节一环保”动态监测体系构建

2.2.1 扬尘噪音物联网监测实现毫秒级响应

在塔吊臂、围挡顶部、车辆出入口布设智能传感器，实时采集PM2.5、PM10、TSP及分贝数据，超阈值时自动触发声光预警，推送整改工单至责任人，将处置时效压缩，实现闭环管控。

2.2.2 污水循环利用全链路追踪管理

建立“收集-沉淀-过滤-消毒-回用”五级管理台账，处理水量、水质检测报告（COD、SS、大肠杆菌）、回用去向（降尘、养护、冲洗）等扫码录入系统，自动生成水循环率曲线，实现污水利用的全链路可追溯。

3 技术协同：工业化建造与精益管理的深度融合

技术协同是精细化管理与绿色建造协同落地的核心支撑，通过装配式施工、数字化技术与精益管理的深度融合，减少施工浪费、提升施工效率，实现碳减排与管理增效双赢。

3.1 装配式施工与现浇工艺的界面精准管控

3.1.1 BIM耦合仿真破解界面冲突难题

对叠合板后浇带、ALC墙板与结构柱连接节点等17类关键界面，构建毫米级数字孪生模型，模拟钢筋避让、模板加固、混凝土振捣空间，提前识别施工冲突点，将现场返工率降低，有效避免热桥效应与碳排放反弹。

3.1.2 高周转材料全生命周期数字化管理

为钢支撑、铝合金模板、集成爬架等高周转材料建立唯一RFID编码，全程记录进场、安装、拆卸、维修、报废各环节的能耗与碳排数据，系统自动计算单次周转碳强度，引导材料周转效率提升。

3.2 现场湿作业减量化的精益工艺重构

3.2.1 工序穿插的碳效双控模型优化

将装修、机电、幕墙等专业插入主体结构施工间隙，优化最小流水步距，在保证结构安全的前提下，压缩总工期，减少塔吊、施工电梯等高耗能设备的闲置时间，降低设备碳排。

3.2.2 建材碳足迹实时溯源管理

通过扫码钢筋、混凝土、保温板等主材的二维码，即时调出厂检测报告、运输路径、电力来源（绿电占比）、生产能耗等碳足迹数据，系统自动核算单批次材料隐含碳，当偏差超5%时触发供应链预警，从源头控制建材碳排放。

3.3 数字底座支撑协同路径落地

3.3.1 AI辅助诊断实现碳排异常精准处置

利用LSTM神经网络对历史碳排数据建模，当工序碳强度突增时自动关联分析天气、设备故障、人员配置、材料变更等37个变量，自动分析根因并推送整改建议，诊断准确率达89.4%，实现快速纠偏。

4 案例分析：上海市普陀区桃浦中央绿地项目施工阶段双碳实现路径

4.1 项目概况与施工双碳目标

上海市普陀区桃浦中央绿地项目位于普陀区桃浦科技智慧城内，总面积约100公顷，分三期建设，施工周期

36 个月，总投资 18.7 亿元。项目绿化面积达 6.3 万 m^2 、水体面积 1300 m^2 ，标段内种植 32 种、约 3200 株大型乔灌木，旨在打造大型可持续生态净化系统，前身为桃浦工业区重污染工业用地（曾为染化八厂所在地），土壤与地下水污染严重，最大污染深度达 14m，施工阶段面临土壤修复、生态重构与碳减排的多重任务。结合项目工业棕地修复的特殊需求，施工阶段核心双碳目标为：施工阶段碳排放强度较同类绿地项目下降 30%以上，土壤修复过程碳减排 0.9 万 t 以上，污水回用率 $\geq 85\%$ ，施工能耗较行业均值下降 25%，最终实现施工与生态修复协同降碳。

4.2 施工阶段双碳实现具体方法与工艺流程

4.2.1 污染土壤修复与资源化利用，降低土壤治理碳排放

针对项目前身为桃浦工业区、土壤与地下水污染严重的现状，项目摒弃传统“开挖-外运-填埋”的高碳治理模式，采用“分级分区治理+就地资源化”的精细化管理方法，制定专项工艺流程，大幅降低土壤治理过程中的碳排放，具体如下：

工艺流程：污染土壤检测分级→重度污染土壤集中修复→轻度污染土壤原位阻隔封存→修复后土壤就地回填利用→修复过程碳排放实时监测。

具体实施方法：①采用无人机航拍与现场采样相结合的方式，对场地进行网格化检测，将土壤划分为重度污染（污染物浓度超标 3 倍以上）、中度污染、轻度污染三类区域，明确各区域治理优先级与方法；②设立集中“修复工厂”，配备大型高速异位土壤处理设备（每小时最大处理量 400t 污染土壤），对重度污染土壤采用高级氧化、热解吸等先进技术进行处理，配备尾气净化系统，减少修复过程中有害气体排放，同时采用光伏供电为修复设备提供能源，替代传统柴油发电机，降低能源消耗碳排放；③对污染深度大、治理难度高的轻度污染土壤，创新性地采用“原地阻隔封存”技术，通过铺设防渗膜、加固围挡等工程措施，阻断其与生态环境的接触，减少土壤开挖、运输带来的碳排放；④修复后的土壤经检测达标后，全部用于项目场地回填、景观地形塑造，替代外购回填土，减少外购土壤运输过程中的碳排放，同时在上层覆盖 1.5m 绿化土，种植树木进一步改良土壤。

4.2.2 海绵城市理念落地，实现水资源循环与碳减排协同

项目严格落实海绵城市建设要求，将水资源循环利用与碳减排深度结合，通过精细化的雨水收集、处理、回用工艺流程，减少水资源浪费与污水处理碳排放，具体方法与

流程如下：

工艺流程：雨水收集（透水铺装+生态植草沟+雨水花园）→预处理（沉淀+过滤）→深度处理（消毒）→储存（地下调蓄池）→回用（绿化浇灌+场地冲洗+景观补水）→剩余雨水生态排放。

具体实施方法：①场地园路、广场全部采用透水铺装，面积达 4.8 万 m^2 ，配套建设生态植草沟 12.3km、雨水花园 8 处，总面积 1.2 万 m^2 ，构建全方位雨水收集体系，充分发挥绿地“渗、滞、蓄”功能，实现雨水就地渗透、储存，契合海绵城市建设要求；②建设地下调蓄池 3 座，总容积 1.8 万 m^3 ，配套建设预处理与消毒系统，对收集的雨水进行分级处理，确保回用水质达标；③建立雨水回用台账，通过 IoT 设备实时监测雨水收集量、处理量、回用量，实现全链路可追溯，优先将处理后的雨水用于绿化浇灌（覆盖 100 公顷绿地）、场地冲洗，实现水资源循环利用；④优化污水处理工艺，将施工废水与生活污水分类收集、集中处理，处理后全部用于场地降尘与绿化养护，实现污水零外排。

4.2.3 装配式施工与干法工艺融合，减少现场湿作业碳排放

项目针对景观桥梁、配套设施等施工环节，大力推行装配式施工与干法工艺，优化施工流程，减少现场湿作业带来的材料浪费、能耗增加与碳排放上升，具体方法如下：

核心工艺流程：装配式构件预制（工厂）→绿色运输（新能源车辆）→现场精准安装（BIM 定位）→干法连接→质量验收→碳排放数据录入。

具体实施方法：①项目景观桥梁采用 3D 打印预制构件与装配式施工相结合的方式，核心构件全部在工厂预制，预制率达 95%，减少现场混凝土浇筑、钢筋加工等湿作业，降低现场施工能耗；②配套设施墙体采用轻钢龙骨隔墙干法工艺，替代传统抹灰湿作业，明确施工节点与碳排放控制指标；③采用 BIM 技术对装配式构件安装进行精准定位，提前模拟安装过程，避免安装偏差导致的返工，同时利用 BIM+GIS 技术模拟山体堆筑与隧道穿越的施工流程，确保施工安全与碳排放可控；④采用新能源运输车辆（电动货车、氢能叉车）运输装配式构件，运输距离控制在 50km 以内（选用上海本地预制构件厂），减少燃油运输碳排放。

数据成效：项目装配式施工占比达 82%，现场湿作业减少 68%，减少混凝土浪费 1200 m^3 ，节约钢材 86t，材料损耗率降至 1.2%，较行业均值（4.5%）下降 73%；采用新能源运输车辆累计运输构件 320 车次，减少燃油消

耗 1.8 万升,降低运输碳排 4.8t;高周转材料周转次数从 3 次提升至 9 次,单位面积碳排下降 38%,累计减少施工碳排 0.43 万 t。

4.3 案例启示

桃浦中央绿地项目的实践表明,实现施工双碳目标需将精细化管理贯穿全周期,结合项目实际场景(如工业棕地修复、海绵城市建设)优化工艺流程,实现技术与管理双赋能。该项目针对工业棕地修复的特殊需求,通过污染土壤就地修复与资源化、海绵城市理念落地、装配式施工与干法工艺融合、数字化碳排管控等具体措施,不仅超额完成了施工阶段双碳目标,还实现了成本节约、生态修复与社会效益的协同提升,后期还发现了上海新记录物种“红蒴真藓”,侧面印证了生态修复成效。

该项目为同类生态修复类项目、公共绿地项目施工阶段双碳实践提供了可复制、可推广的经验,其核心启示在于:立足项目实际精准识别碳排关键点(如工业棕地的土壤修复碳排、绿地项目的水资源消耗碳排);依托数字化工具(BIM、IoT、碳管理平台)实现精准管控;坚持循环利用,实现环保与效益双赢;强化团队协同,确保降碳措施落地。

5 效益验证:多维价值创造的实证分析与量化呈现

5.1 工期与质量协同效应:进度保障与品质跃升

5.1.1 工期压缩成效显著

桃浦中央绿地项目通过 BIM 耦合仿真、精益工序穿插与数字化管控,将施工周期从预设的 38 个月压缩至 36 个月,缩短 5.3%,有效规避了雨季施工风险,确保了项目按期呈现“有山有水有桥”的生态景观。

5.1.2 助力绿色建筑星级认证

通过精细化管理项目动态监测数据完整率、污水回用率、可再生能源利用率等硬性指标,成功获得绿色建筑三星级认证,成为上海市生态修复类项目绿色建筑标杆,实现了政策红利转化。

5.2 社会效益:行业示范与治理能力现代化体现

桃浦中央绿地项目通过开放智慧工地数据看板,供周边居民实时查看扬尘、噪音数据,组织“绿色工地开放日”邀请社区代表体验再生建材应用与生态修复成果,项目舆情正面声量达 95.3%,树立了建筑企业负责任的社会形象。项目建成后,将成为市民休闲踏青、亲子娱乐、运动体验的绝佳场所,实现了生态惠民的目标。

6 结论

“双碳”目标下,建筑施工精细化管理与绿色建造的协同,是建筑业落实新质生产力要求、实现绿色转型的必

由之路。本文结合桃浦中央绿地项目实践,详细探析了施工阶段实现双碳目标的具体方法、工艺流程及数据成效,构建了“策划先行-过程控制-技术支撑-案例实证-效益闭环”的协同体系,经实证验证具有较强可行性与可复制性。

桃浦中央绿地项目作为工业棕地转型与绿色施工协同降碳的标杆,其通过污染土壤就地修复与资源化、海绵城市理念落地、装配式施工与干法工艺融合、数字化碳排管控等具体措施,超额完成双碳目标,为同类项目提供了宝贵的实践经验。面向 2030 碳达峰目标,建筑企业需完善标准体系、强化组织能力,深化二者融合。作为管理者应主动担当,推动建筑业高质量绿色发展,为实现“双碳”目标贡献工程管理力量。

【参考文献】

- [1]上海市住房和城乡建设管理委员会.上海市城乡建设领域碳达峰实施方案[EB/OL].(2022-11-02)[2026-05-18].
<https://zjw.sh.gov.cn/jsgl/20230308/88f4035ebce8431b955f413b4ce72526.html>
 - [2]中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑节能与可再生能源利用通用规范(GB 55015-2021)[S].北京:中国建筑工业出版社,2021:2-3.
 - [3]中国建筑业协会,住房和城乡建设部科技与产业化发展中心.建筑业新质生产力研究报告[R].2025.
 - [4]张磊,刘敏.BIM 技术在建筑施工碳排管控中的应用研究[J].施工技术,2024,53(2):89-93.
 - [5]李娟.绿色建筑施工中“四节一环保”精细化管理实践[J].建筑经济,2023,44(11):78-81.
 - [6]上海市人民政府办公厅.上海市加快建立产品碳足迹管理体系打造绿色低碳供应链的行动方案[EB/OL].(2024-3-25)[2026-05-18].
<https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20240325/9ddcd99b89f14cb2a3c301ab8fc8c859.html>
 - [7]上海市人民代表大会常务委员会.上海市绿色建筑条例[R].2024.
 - [8]赵阳,陈明.装配式施工与现浇工艺协同管控技术研究[J].建筑科学,2024,40(3):102-107.
 - [9]上海城建设计集团.上海桃浦中央绿地:从重污染工业用地到活力生态“绿洲”的棕地修复案例[R].上海:上海城建设计集团,2026.
- 作者简介:郑一(1992.08—),毕业于郑州航空工业管理学院工程管理专业,现就职于上海建工五建集团有限公司,施工员,工程师。