

绿色低碳建筑装饰工程数字化管理研究

周晶¹, 刘瑞洋^{1,*}

1. 泰山职业技术学院, 建筑工程系, 山东 泰安, 271000

摘要: 在“碳达峰、碳中和”战略与建筑行业数字化转型的双重背景下, 传统绿色低碳建筑装饰工程管理在设计、采购、施工、运维各阶段存在诸多痛点, 制约行业低碳发展与质量提升。本文基于全生命周期理论, 构建“5阶段+1平台+N技术”的数字化管理体系, 以BIM技术为核心, 融合物联网、大数据、数字孪生等关键技术, 搭建数字化集成管理平台, 明确各阶段低碳管控重点与技术应用路径。同时, 从制度、技术、人才维度提出实施保障, 分析其经济、环境与社会效益。研究表明, 该体系可实现装饰工程全流程低碳精准管控, 降低能耗与材料损耗, 推动行业数字化与绿色化协同转型, 为建筑装饰行业践行“双碳”目标提供可复制的实践方案。

关键词: 绿色低碳; 建筑装饰工程; 数字化管理

Research on Digital Management of Green Low-Carbon Building Decoration Projects

Jing Zhou¹, Ruiyang Liu^{1,*}

1. Department of Architectural Engineering, Taishan Polytechnic, Taian, Shandong, 271000, China

Abstract: Under the dual background of the "carbon peak, carbon neutrality" strategy and the digital transformation of the construction industry, traditional green and low-carbon building decoration project management has many pain points in the design, procurement, construction, and operation and maintenance stages, which restrict the low-carbon development and quality improvement of the industry. Based on the theory of the entire life cycle, this paper constructs a digital management system of "5 stages + 1 platform + N technologies", with BIM technology as the core, integrating key technologies such as the Internet of Things, big data, and digital twin, and building a digital integrated management platform. It clarifies the key points of low-carbon control and the technical application paths in each stage. At the same time, it proposes implementation guarantees from the dimensions of system, technology, and talent, and analyzes its economic, environmental, and social benefits. The research shows that this system can achieve precise low-carbon control throughout the decoration project process, reduce energy consumption and material waste, promote the coordinated transformation of the industry's digitalization and greenification, and provide a replicable practical solution for the construction decoration industry to fulfill the "carbon neutrality" goal.

Keywords: Green and low-carbon; Architectural decoration projects; Digital management

全球气候变化态势持续加剧, “碳达峰、碳中和”已逐步成为世界各国经济社会发展进程中的核心战略共识^[1]。在此背景下, 数字技术的快速迭代及其深度应用, 正持续推动建筑行业摆脱传统

粗放式管理模式，向数字化、智能化与精细化管理方向转型。需明确的是，这一转型进程受产业基础、技术适配度等多重因素影响，不同区域的推进节奏存在显著差异。

1 绿色低碳建筑装饰工程管理存在的问题

1.1 设计阶段低碳优化不足

传统装饰设计以美观性与使用功能为核心导向，绿色低碳理念的融入程度不足，缺乏对材料碳排放水平、能耗强度及环保性能的系统性考量^[2]。设计方式上，三维可视化技术与能耗模拟分析手段的应用较为匮乏，导致多方案低碳比选难以有效开展。此外，各专业设计工作相对独立，信息传递存在壁垒，设计碰撞问题频发，造成后期施工返工率居高不下，引发大量材料浪费与碳排放增量。

1.2 采购阶段绿色建材管控粗放

装饰材料品类繁杂，传统采购模式存在明显短板：缺乏明确的绿色建材筛选标准与完善的数字化管控体系，采购决策多以价格与质量为核心依据，对材料碳排放系数、环保等级及可回收性等低碳相关指标有所忽视。同时，材料采购信息呈现分散化特征，难以实现材料碳足迹从生产、运输至施工全流程的精准追踪；材料用量统计依赖人工估算，不仅易导致材料超采与浪费现象，还使得高碳材料违规使用问题较为普遍。

1.3 施工阶段能耗排放偏高

施工阶段是装饰工程资源消耗与碳排放的集中释放环节，传统施工管理模式存在诸多低碳管控痛点。其一，施工工艺较为落后，现场切割、湿作业占比偏高，材料损耗率高，建筑垃圾排放量较大；其二，施工设备能耗水平偏高，缺乏完善的能耗监测与优化管控机制，能源浪费问题突出；其三，施工过程中扬尘、噪音及 VOC 排放常超出标准限值，环境污染管控措施存在明显缺位；其四，施工进度计划制定不合理，窝工、返工现象频发，间接加剧资源消耗与碳排放；其五，低碳施工缺乏统一标准化流程与数字化监管手段，管控工作多依赖人工巡检，导致管控效率与精度难以保障^[3]。

1.4 运维阶段节能管控缺失

装饰工程运维阶段周期长、能耗占比高，但传统运维管理忽视低碳节能管控。缺乏装饰工程能耗、碳排放实时监测系统，无法精准定位高能耗区域与设备；照明、空调、通风等系统运行参数未结合装饰布局优化，能源利用效率低；装饰部品维护、更换缺乏数字化管理，可回收部品循环利用率低，废弃物排放量大；运维阶段低碳数据与设计、施工阶段数据脱节，无法实现全生命周期低碳数据闭环管理^[4]。

2 全生命周期数字化管理体系构建

2.1 全生命周期数字化管理体系框架

基于全生命周期理论，结合绿色低碳建筑装饰工程管理需求与数字化技术应用特征，构建“5阶段+1平台+N技术”的绿色低碳建筑装饰工程数字化管理体系。“5阶段”覆盖装饰工程设计、采购、施工、运维及拆除全过程，明确各阶段绿色低碳管控重点与数字化管理内容，实现全流程低碳闭环管控。“1平台”为绿色低碳装饰工程数字化集成管理平台，承担全生命周期数据整合、存储、分析与传递职能，实现低碳指标实时监测、智能分析、精准管控与多方协同，破除阶段与主体间的信息壁垒。“N技术”以 BIM 为核心，融合物联网、大数据、云计算、数字孪生、人工智能、区块链等技术，形成技术协同体系，为各阶段绿色低碳管理提供全面技术支撑，保障数字化管理体系高效运行与低碳目标落地。

2.2 数字化集成管理平台构建

数据层统一采集、存储全生命周期工程、材料、设备、低碳等数据，建立标准化数据库，保障数据完整准确。技术层集成 BIM、物联网、区块链、数字孪生等技术，提供数据处理、分析、模拟、预警等服务，提升平台智能化水平。应用层设置低碳设计、绿色建材、低碳施工、节能运维、碳排放核算、多方协同等功能模块，覆盖全流程低碳管理需求。展现层通过 PC 端、移动端、大屏等终端实现数据可视化，为管理人员提供监测、报表、预警、协同等便捷服务，保障低碳管控高效开展。

3 关键数字化技术的应用

3.1 以 BIM 技术为核心支撑

BIM 技术是绿色低碳装饰工程数字化管理的核心技术，依托三维可视化、信息集成、模拟优化等优势，覆盖项目全生命周期，为低碳管控提供系统性支撑。设计阶段可实现多专业协同设计，通过碰撞检测减少设计缺陷与后期返工，结合能耗及碳排放模拟，完成低碳方案比选与绿色建材选型，破解信息孤岛与低碳优化不足等问题。采购阶段可利用参数化模型精确核算材料用量，关联材料低碳指标，为绿色采购与碳足迹管控提供数据依据，减少材料损耗。施工阶段通过 4D 进度与 5D 成本模拟优化施工组织，降低窝工与资源浪费，强化低碳施工过程管控^[5]。运维阶段以竣工模型为基础构建运维系统，实现能耗监测、设施管理与低碳运行优化。在碳排放核算中，BIM 可精准归集各阶段材料与能耗数据，结合碳排放因子完成全生命周期碳排放量核算，为碳减排决策提供科学支撑。

3.2 依托物联网技术进行实时监测

物联网技术为低碳管理提供实时数据监测能力，通过传感器、RFID、二维码等设备，实现装饰工程全生命周期低碳相关信息的动态采集与传输。施工阶段可对施工设备能耗、碳排放及现场扬尘、噪声、VOC 等环境指标进行连续监测，及时掌握现场低碳管控状态。运维阶段可采集照明、空调、通风等系统能耗及室内环境参数，为节能优化提供数据支持。材料管理中可实现建材从生产、运输到现场使用的全过程追踪，掌握材料流向与使用效率，支撑碳足迹追溯。物联网采集的数据可同步上传至管理平台，实现低碳指标动态监控与异常预警，提升管控及时性与有效性。

3.3 利用大数据与人工智能技术进行智能分析

大数据与人工智能协同构成低碳管理的智能分析体系，实现海量数据挖掘与智能决策。大数据整合设计、采购、施工、运维等阶段的能耗、碳排放、材料损耗、环境监测等数据，经处理分析揭示内在规律，为管理决策提供数据基础^[6]。人工智能通过算法模型实现低碳数据深度分析，识别高能耗、高排放环节；对能耗超标、碳排放异常等问题自动预警并提出优化方案；在运维阶段可根据使用需求与环境变化智能调控机电系统，实现节能运行。

3.4 依赖数字孪生技术进行虚拟模拟

数字孪生通过构建装饰工程虚拟模型，实现物理实体与数字场景的实时映射与联动，贯彻先模拟后实施的低碳管理思路。施工前可对场地布置、施工工艺、设备调配等进行全过程模拟，预判材料浪费、能耗偏高、环境影响等低碳风险，优化施工方案以减少资源消耗与碳排放。施工中实现现场进度、能耗、环境等信息的实时同步，管理人员可通过虚拟场景远程监控，及时纠偏并保障低碳目标落实。运维阶段可对不同运维策略进行仿真对比，分析各类运行模式下的能耗与碳排放水平，优选低碳运维方案，持续提升运行阶段低碳效益^[7]。

4 数字化管理体系实施保障与应用效益分析

4.1 实施保障措施

为确保绿色低碳建筑装饰工程全生命周期数字化管理体系落地见效,需从制度、技术、人才及行业协同多维度构建实施保障。在制度层面,应建立适配数字化管理的绿色低碳装饰工程标准规范,明确各阶段低碳管控指标、数据采集标准及碳排放核算流程,将数字化管控成效纳入项目考核体系,形成刚性约束机制。在技术保障层面,需重点强化数字化系统的安全性与兼容性,构建完善的数据加密、权限分级及云端备份机制,有效防范工程全生命周期数据与碳排放信息的泄露、丢失风险。

4.2 应用效益分析

绿色低碳建筑装饰工程全生命周期数字化管理的落地实施,能够显著提升项目的经济、环境与社会效益。从经济效益来看,借助数字化技术实现材料用量的精准核算与施工方案的优化调整,可将材料损耗率控制在3%以内,大幅减少因返工、窝工产生的成本损耗^[8]。

环境效益方面,数字化管理贯穿设计至拆除全流程,可精准核算并削减碳排放量,推动装饰工程从高耗能、高排放向低碳环保转型。通过绿色建材优选、施工扬尘与VOC排放管控、建筑垃圾减量及回收利用,有效降低工程建设对周边环境的影响,契合建筑行业绿色低碳发展导向。

社会效益上,数字化低碳管理模式为行业转型升级提供可复制、可推广的实践路径,推动建筑装饰行业从粗放式发展迈向精细化、智能化新阶段。低碳环保的工程建设与运维模式,能够改善室内外环境质量,提升建筑使用舒适度与安全性,满足公众对绿色健康生活空间的需求。

5 结论

在“双碳”战略与数字化转型深度融合的背景下,传统绿色低碳建筑装饰工程管理在设计、采购、施工、运维各阶段均存在突出痛点,制约行业低碳目标落地与高质量发展。为破解上述难题,构建“5阶段+1平台+N技术”的全生命周期数字化管理体系,依托BIM、物联网、大数据等关键技术,搭建数字化集成管理平台,可实现各阶段低碳管控的精准化、协同化与智能化。该体系通过多维度实施保障落地后,能有效降低材料损耗与能耗排放,实现经济、环境与社会效益的统一,破解行业粗放式管理困境。综上,全生命周期数字化管理是建筑装饰行业践行“双碳”目标、实现数字化与绿色化协同转型的必然路径,为行业高质量发展提供了可复制、可推广的实践方案。

参考文献

- [1] 蔡晓明. 基于绿色生态技术的建筑装饰设计策略分析[J]. 住宅与房地产, 2024, (20): 83-85.
- [2] 苏海龙. 全流程数字化技术在复杂装饰造型建造中的应用[J]. 建筑施工, 2020, 42(8): 1544-1546.
- [3] 郭艳. 数字化智造装配式建筑——给您一个绿色、智能、舒适的饰界[J]. 中国建筑装饰装修, 2023, (3): 10-13.
- [4] 谷晓红, 张业. 绿色低碳背景下装配式建筑装饰的发展困境与突破策略[J]. 河南财经学刊, 2026, 40(1): 42-47.
- [5] 谢焕彩. 智能建造驱动绿色建筑装饰与智慧城市融合发展[J]. 中国建筑装饰装修, 2025, (20): 84-86.
- [6] 宁亚锋, 程瑞芳, 李强, 等. 建筑装饰装修工程中创新技术与材料的应用研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2025, (7): 101-103.
- [7] 曲毅, 丁如春, 黄斌, 等. 双碳背景下建筑装饰行业可持续发展探究[J]. 中国建筑装饰装修, 2022, (15): 112-114.
- [8] 陈永发, 杨雨霆, 司延博. 建筑装饰施工中节能环保绿色装饰材料的应用策略[J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (22): 84-86.

¹ 第1作者简介: 周晶(1989-), 女, 讲师, 研究方向: 项目管理。E-mail: 17865481176@163.com。

* 通讯作者简介: 刘瑞洋(1991-), 女, 讲师, 研究方向: 项目管理。E-mail: ryliu1991@163.com。