

基于 BIM 技术的绿色建筑施工全过程碳排放监测系统开发

刘 斌

广州珠江监理咨询集团有限公司 广东广州

【摘要】本研究围绕 BIM 技术在绿色建筑施工全过程碳排放监测中的应用展开，旨在构建一套集成化、动态化的碳排放管理平台。通过将 BIM 模型与碳排放计算标准相结合，实现对建筑材料、施工设备及能源消耗的实时监测与数据可视化，提升施工阶段碳排控制的精准性与效率。系统不仅有助于优化绿色施工方案，也为碳减排政策制定提供数据支撑，推动建筑业向低碳可持续方向发展。

【关键词】BIM 技术；绿色建筑；碳排放监测；施工全过程；数据可视化

【收稿日期】2025 年 3 月 12 日 **【出刊日期】**2025 年 4 月 5 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.2025000127

Development of a carbon emission monitoring system for the whole process of green building construction based on BIM technology

Bin Liu

Guangzhou Zhujiang Supervision Consulting Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong

【Abstract】This study focuses on the application of BIM technology in carbon emission monitoring throughout the construction process of green buildings, aiming to construct an integrated and dynamic carbon emission management platform. By combining the BIM model with carbon emission calculation standards, real-time monitoring and data visualization of building materials, construction equipment, and energy consumption are achieved, enhancing the accuracy and efficiency of carbon emission control during the construction phase. The system not only helps optimize green construction plans but also provides data support for the formulation of carbon emission reduction policies, promoting the low-carbon and sustainable development of the construction industry.

【Keywords】BIM technology; Green building; Carbon emission monitoring; Whole construction process; Data visualization

引言

建筑业作为高能耗、高碳排放的重点行业，正面临日益严峻的环境压力。如何在施工过程中实现碳排放的精准测算与动态监管，已成为行业转型的关键课题。传统碳排放评估方法依赖后期统计，缺乏实时性和可视性，难以满足绿色施工的精细化管理需求。在此背景下，BIM 技术凭借其信息集成与三维建模优势，为碳排放监测提供了全新路径。本文基于 BIM 平台，开发适用于绿色建筑施工全过程的碳排放监测系统，探索其在数据采集、模拟分析与可视化展示等方面的应用潜力，以为建筑业碳减排实践提供技术支持和理论参考。

1 绿色建筑施工中碳排放监测的现实挑战

当前，建筑业作为我国能源消耗与温室气体排放

的主要来源之一，其施工阶段的碳排放问题日益受到关注。尽管绿色建筑理念逐渐普及，但施工过程中碳排放的监测仍面临诸多难题。一方面，传统施工管理方式多依赖经验判断和事后统计，缺乏对材料运输、机械作业及现场能耗等环节的实时数据采集能力，导致碳排放测算存在滞后性与不准确性。另一方面，施工现场涉及多方参与，信息传递链条长、数据格式多样，难以实现跨阶段、跨系统的数据整合，限制了碳排放全过程监管的有效性。现行碳排放评估标准多适用于运营阶段，针对施工阶段的量化模型与评价体系尚不完善，使得碳排放控制缺乏统一的技术依据与监管框架。

从技术应用层面来看，现有碳排放监测手段大多基于人工填报或阶段性抽样调查，不仅效率低下，而且易受人为因素干扰，难以满足绿色建筑施工动态化、精

细化管理的需求。尤其是在复杂工程项目中,建筑材料种类繁多、施工工艺多样,若无法实现碳排放数据的自动化采集与智能分析,将严重影响碳减排策略的制定与执行。由于缺乏统一的数据接口与平台支撑,各类监测设备与管理系统之间难以形成有效联动,造成信息孤岛现象严重,进一步加剧了施工碳排放监管的难度。

在此背景下,如何构建一个高效、精准、可追溯的碳排放监测机制,成为推动绿色建筑施工发展的关键课题^[1]。特别是在“双碳”目标驱动下,施工企业亟需借助先进技术手段提升碳管理水平,以应对政策约束与市场竞争的双重压力。BIM 技术以其强大的信息集成能力与可视化优势,为解决上述问题提供了可行路径。通过将 BIM 模型与碳排放因子数据库相结合,能够实现施工全过程碳排放的动态追踪与模拟预测,从而为绿色施工决策提供科学依据和技术支撑。

2 BIM 技术在碳排放数据集成与建模中的应用

建筑信息模型(BIM)技术通过多维信息集成与全过程数据管理,为绿色建筑施工阶段碳排放的精准测算与动态监管提供了有效支撑。BIM 的核心优势在于其能够将建筑设计、施工进度、材料属性及工程量清单等关键信息进行统一建模,并在此基础上嵌入碳排放因子数据库,实现从构件级到项目级的碳排放量化分析。这种基于模型的数据集成方式,不仅提高了碳排放计算的精细化程度,还大幅减少了传统人工统计带来的误差与重复工作。尤其在复杂工程项目中,BIM 可通过参数化建模手段快速生成各施工阶段的碳排预测数据,辅助施工方提前识别高碳排放环节并优化资源配置。

在实际应用中,BIM 技术能够与物联网(IoT)、地理信息系统(GIS)以及能耗监测设备进行数据联动,构建覆盖“设计—采购—施工—拆除”全生命周期的碳排放追踪体系^[2]。例如,在施工准备阶段,基于 BIM 的 4D 模拟功能可结合施工组织设计对机械设备运行路径与作业时间进行仿真,从而估算不同施工方案下的碳排放强度;在施工实施阶段,通过与现场传感器和移动终端的数据对接,系统可实时采集能耗数据并自动更新至 BIM 模型中,形成动态碳排放台账。这种高度集成的信息系统,显著提升了施工过程碳排放的透明度与可控性。

BIM 技术还可支持碳排放建模的标准化与可视化表达,为绿色施工评价与决策提供科学依据。借助 BIM 平台,碳排放数据不仅可以按照《建筑碳排放计算标准》等规范要求进行分类统计,还能以三维热力图、趋势曲

线等形式直观展示,便于管理者识别高碳区域并制定针对性减排措施。BIM 模型所承载的历史碳排数据也为后期碳足迹认证、碳交易核算及政策制定提供了可靠的数据基础,推动建筑行业向低碳化、数字化方向转型升级。

3 碳排放监测系统的功能设计与实现路径

围绕绿色建筑施工全过程的碳排放管理需求,基于 BIM 技术构建的碳排放监测系统需具备数据采集、模型分析、动态模拟、可视化展示及预警反馈等核心功能。该系统通过集成多源异构数据接口,能够对接施工现场的智能电表、能耗监测设备、运输车辆 GPS 信息以及材料进场记录等,实现对施工活动中能源消耗与碳排放量的实时采集与自动归类。在此基础上,系统依托 BIM 模型所嵌入的碳排放因子数据库,结合《建筑碳排放计算标准》对各类施工行为进行精准量化分析,形成分部分项、分阶段的碳排明细清单,为施工企业提供可追溯、可对比的碳管理依据。

在系统架构层面,该监测平台采用“云一边一端”协同的技术路径,确保数据处理的高效性与响应的实时性。边缘计算模块可在施工现场部署本地服务器,实现初步的数据清洗与特征提取,减少对云端计算资源的依赖;云端平台则负责存储历史数据、执行复杂建模任务,并支持跨项目、跨区域的数据共享与对比分析;终端应用包括 Web 端与移动端界面,便于管理人员随时查看碳排放趋势、接收异常预警并调整施工方案。这种分层协同的设计模式,不仅提升了系统的稳定性与扩展性,也增强了现场碳排放监管的灵活性与响应速度。

从实施流程来看,系统开发需经历多个关键阶段,包括前期的需求调研与功能定义、BIM 模型的构建与参数化设置、碳排放计算模块的开发与集成、系统的测试与性能优化,以及最终在实际工程中的部署与应用。在需求分析阶段,需充分了解绿色建筑施工过程中各阶段的碳排放特征及管理需求,确保系统功能具有针对性和实用性;在模型构建环节,BIM 技术不仅要实现建筑构件的三维建模,还需融合时间(4D)、成本(5D)等多维信息,以支撑全过程碳排模拟;在功能集成方面,碳排放算法的嵌入逻辑尤为关键,需结合国家标准和项目实际,建立科学合理的计算模型,并实现与 BIM 构件属性的自动匹配;由于施工现场涉及多种监测设备和管理平台,多系统间的数据交互机制也成为系统开发的重要难点,必须确保数据采集、传输、处理与展示各环节的高效协同^[3-7]。通过在典型绿色建筑

工程中开展试点运行，系统可在真实场景下不断验证其适用性与准确性，逐步完善功能模块和技术路径，最终形成一套可复制、可推广的碳排放数字化管理解决方案，为建筑行业由粗放式管理向精细化低碳转型提供有力支撑。

4 系统在典型绿色建筑工程中的应用验证

在实际工程实践中，基于 BIM 技术的绿色建筑施工全过程碳排放监测系统已在多个示范项目中开展应用验证，涵盖住宅、公共建筑及装配式建筑等多种类型。以某绿色生态园区建设项目为例，该工程在施工阶段全面部署了碳排放监测平台，通过与 BIM 模型的深度集成，实现了对土方开挖、结构施工、设备安装等关键环节的碳排动态追踪。系统将施工图纸中的构件信息与材料碳排放因子库进行绑定，结合现场物联网传感器采集的能耗数据，自动计算每日碳排放总量，并生成分部分项的碳排报表。这种实时反馈机制不仅提升了施工过程碳管理的精细化水平，也为项目后期碳足迹认证提供了详实的数据支撑。

在具体实施过程中，系统展现出良好的适应性与可操作性。针对不同施工工艺带来的碳排放差异，系统通过 4D BIM 模拟功能对施工进度与资源配置进行优化分析，提前识别高碳排放工序并提出替代方案。例如，在混凝土浇筑阶段，系统根据运输距离、搅拌设备能耗及养护方式的不同组合，模拟出多种施工路径下的碳排放强度，辅助项目经理选择最优实施方案^[8]。在钢结构吊装作业中，系统结合 GPS 定位与起重机运行数据，评估不同吊装顺序和机械配置对碳排放的影响，从而实现了对施工机械能耗的有效控制。这些功能的应用，显著提高了施工企业在碳减排方面的决策效率与执行能力。

为进一步验证系统的推广价值，项目团队还将其应用于另一座装配式建筑工地。由于装配式建筑具有构件预制率高、施工现场湿作业少等特点，其碳排放特征与传统现浇结构存在较大差异。监测系统通过调整碳排放因子数据库与建模逻辑，成功实现了对预制构件生产、运输及现场拼装全过程的碳排测算。数据显示，相比传统施工方式，该项目在主体结构施工阶段碳排

放量降低了约 28%。这一结果不仅为装配式建筑的低碳优势提供了量化依据，也验证了系统在不同类型绿色建筑工程中的适用性与准确性。通过多项目的实践反馈，该系统逐步形成了标准化的数据接口与模块化功能架构，具备向更大范围推广应用的基础条件。

5 结语

基于 BIM 技术的绿色建筑施工全过程碳排放监测系统，不仅实现了对施工各阶段碳排放的精准测算与动态监管，也为建筑行业低碳转型提供了有力支撑。通过实际工程应用验证，该系统在数据集成、智能分析与可视化展示方面表现出良好的实用性与可推广性。未来，随着“双碳”目标的深入推进，该系统将进一步完善算法模型与标准体系，助力建筑业实现高质量与可持续发展。

参考文献

- [1] 张玲玲.基于 BIM 技术的装配式绿色建筑施工场地动态优化[J].中国建筑金属结构,2025,24(09):88-90.
- [2] 付一鸣,马福贵.BIM 技术在装配式绿色建筑中的应用研究[J].佛山陶瓷,2025,35(05):77-79.
- [3] 崔爱改,王文涛,李军,等.BIM 技术在绿色建筑施工中的应用措施研究[J].中国建筑装饰装修,2025,(09):85-87.
- [4] 李晓雯.BIM 技术在绿色建筑施工材料管理中的运用探析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(11):107-109.
- [5] 薛茜,曹鑫,杨茹.基于 BIM 技术的绿色建筑施工协同管理体系研究[J].项目管理技术,2025,23(04):106-112.
- [6] 张雪龙.建筑施工技术的绿色化发展探讨[J].建材发展导向,2025,23(05):37-39.
- [7] 马健,王宜涛.基于 BIM 的绿色建筑施工节能与环保效果分析[J].新城建科技,2025,34(02):52-54.
- [8] 杨成.绿色建筑施工技术的应用与实践研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(06):148-150.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS