

绿色施工全过程碳排放智能核算系统开发

韦强

身份证号: 460026197104023911

DOI:10.61369/ME.2025030019

摘要: 文章围绕绿色施工全过程碳排放智能核算系统展开。阐述了 ISO14064 标准下碳排放计算, 介绍系统技术架构及各技术作用, 还涉及材料碳排放与质量关联、安全导向管控、多方协同管理等内容, 强调其对建筑工程的多方面价值及未来研究方向。

关键词: 绿色施工; 碳排放核算; 智能系统

Development of an Intelligent Carbon Emission Accounting System for the Whole Process of Green Construction

Wei Qiang

ID: 460026197104023911

Abstract: The article revolves around an intelligent carbon emission accounting system for the entire process of green construction. This article elaborates on the calculation of carbon emissions under the ISO14064 standard, introduces the system's technical architecture and the roles of various technologies, and also covers the correlation between material carbon emissions and quality, safety oriented control, multi-party collaborative management, and emphasizes its multifaceted value and future research directions for construction projects.

Keywords: green construction; carbon emission accounting; intelligent system

引言

随着全球对气候变化的关注度不断提高, 中国于2020年提出“碳达峰、碳中和”目标, 这对建筑行业的绿色低碳发展提出了更高要求。在此背景下, 绿色施工全过程碳排放智能核算系统的研究与开发具有重要意义。ISO14064标准为建筑工程碳排放计算提供框架, 而绿色施工碳排放核算需解析其规则。从碳排放清单处理方法到关键环节碳排放因子数据库建立, 从多技术融合的智能核算系统架构到建筑材料碳排放与质量的关联管理, 以及施工工艺优化和多方协同管理等方面, 都需深入研究, 以实现建筑施工的绿色低碳转型, 符合政策导向和行业发展需求。

一、绿色施工碳排放智能核算理论基础

(一) 建筑碳排放核算标准体系

ISO14064标准为建筑工程全生命周期碳排放计算提供了框架。在此框架下, 需解析其规则以适用于绿色施工碳排放核算。对于施工阶段, 碳排放清单的标准化处理方法至关重要。通过研究该方法, 可规范碳排放数据的收集与整理。同时, 建立关键环节的碳排放因子数据库是核算的基础。涵盖材料生产运输、施工机械、场地运维等环节, 这些环节的碳排放因子数据将为准确核算绿色施工碳排放提供依据, 确保核算结果的科学性和可靠性^[1]。

(二) 智能核算系统技术架构

绿色施工碳排放智能核算系统的技术架构融合了 BIM+IoT+AI 技术。BIM 模型信息抽取技术是关键, 通过该技术

可从 BIM 模型中获取建筑构件的几何与物理信息, 为碳排放核算提供基础数据^[2]。物联网传感器网络部署策略同样重要, 合理的传感器布局能实时采集施工现场的环境与设备运行数据, 如能耗、材料使用等信息。机器学习动态预测算法则对采集的数据进行分析处理, 建立碳排放预测模型, 实现对碳排放的实时监测与智能核算。这种集成应用路径充分发挥了各技术的优势, 提高了碳排放核算的准确性和实时性, 为绿色施工管理提供有力支持。

二、面向质量控制的碳排放协同管理

(一) 绿色施工质量标准耦合机制

建筑材料碳排放参数与质量标准存在紧密关联, 需建立关联矩阵。通过分析不同建筑材料的碳排放特性以及对应的质量要求, 确定其相互关系, 为后续的碳排放协同管理提供基础数据支

撑^[3]。同时，开发施工工艺碳排优化算法，考虑施工过程中不同工艺环节的碳排放情况，结合质量控制要求，优化施工工艺，以达到减少碳排放的目的。在此基础上，提出基于碳排放强度约束的质量验收标准动态调整模型。根据项目实际的碳排放情况以及预设的碳排放强度目标，动态调整质量验收标准，确保施工质量符合要求的同时，实现碳排放的有效控制。

（二）质量控制实时预警案例

以预制构件安装工程为例，系统利用 RFID 追踪技术精确获取构件的位置、时间等信息，同时结合三维激光扫描技术获取构件的实际安装状态数据^[4]。通过对这些数据的融合分析，能够实时监测施工过程中的质量情况。当出现质量缺陷时，系统可根据预设的算法和模型，关联到碳排放的异常波动。例如，构件安装位置偏差可能导致后续施工工序的调整，增加额外的材料运输和设备使用，从而引起碳排放的增加。系统能够智能诊断出这种质量缺陷与碳排放异常之间的关系，及时发出预警，以便施工方采取措施进行调整，实现质量控制与碳排放协同管理的目标。

三、安全导向的碳排放风险管控

（一）安全风险智能感知技术

1. 安全态势感知引擎研发

在绿色施工全过程碳排放智能核算系统中，多源数据融合的安全态势感知引擎研发至关重要。该引擎通过整合施工现场不同数据源的异构数据，包括视频监控、物联网传感器、设备运行日志等，实现对施工环境安全信息的全面感知。其核心技术在于数据融合算法，能够将这些来源多样、格式各异的数据进行清洗、转换和整合，形成统一的安全态势数据模型。这种融合不仅提升了数据的准确性和完整性，还为后续的智能分析提供了坚实基础。通过该引擎，施工管理人员可实时获取施工现场的安全状态，及时发现潜在风险，如设备故障、人员违规操作等，从而采取有效措施进行干预，避免安全事故的发生以及由此可能引发的碳排放增加。同时，该引擎还为预测性维护和资源优化调配提供了数据支持，有助于提高施工效率和降低碳排放，实现安全与低碳的双重目标。

2. 基于机器视觉的算法设计

基于机器视觉的危化品泄漏与机械能耗监测算法设计具有重要意义。危化品泄漏识别算法利用机器视觉技术，对危化品储存和使用区域进行实时监测，通过图像或视频分析，及时发现泄漏迹象，如颜色、形状、运动模式等异常变化，迅速发出警报，避免安全事故及碳排放增加。同时，起重机械能耗异常检测算法对机械能耗数据实时监测分析，依据历史数据和运行状态，建立能耗模型，识别异常能耗情况，从而保障施工安全并控制碳排放上升。这些算法提升施工安全性与碳排放管理效率，为绿色施工全过程碳排放智能核算系统提供有力支持。

（二）安全碳效评估模型构建

1. 关联矩阵的创建

在绿色施工全过程碳排放智能核算系统中，创建安全投入 -

碳排放关联矩阵，通过量化分析安全投入各要素（如安全培训、防护设施、机械设备维护等）与碳排放之间的关系，为施工安全管理提供决策依据。具体而言，通过收集和整理大量的施工项目数据，包括安全投入的成本、类型、实施效果以及相应的碳排放数据，运用统计分析和数据挖掘技术，建立数学模型，揭示两者之间的内在联系^[5]。例如，增加安全培训投入可以提高施工人员的安全意识，减少因操作不当导致的设备损坏和返工，进而降低碳排放；优化防护设施设计可以在保障施工安全的同时，减少材料浪费和能源消耗。此外，定期维护机械设备可以提高其运行效率，降低能耗和碳排放。通过创建安全投入 - 碳排放关联矩阵，施工企业能够更精准地评估不同安全措施对碳排放的影响，从而在确保施工安全的前提下，制定出更具针对性和有效性的碳减排策略，实现安全与低碳的协调发展，为绿色施工全过程碳排放智能核算系统提供有力支持。

2. 指标量化标准

安全碳效评估模型的指标旨在量化安全施工要素如脚手架周转率、临电系统冗余度等与碳排放效率的关系，为施工管理提供精准决策支持。以脚手架周转率为例，高周转率可减少材料重复生产运输，进而降低碳排放；临电系统冗余度的优化则能避免能源浪费，提升碳效。通过收集大量项目数据，运用统计与数据挖掘技术，建立量化模型，明确各安全参数对碳排放的具体影响。此模型助力施工企业平衡安全与低碳目标，在保障施工安全的基础上，通过优化相关参数实现碳排放的有效控制，为绿色施工全过程碳排放智能核算系统提供科学依据，推动建筑行业向绿色低碳转型^[6]。

四、工程项目管理集成应用

（一）进度 - 成本 - 碳排协同优化

1. 基于数字孪生的施工方案

在绿色施工中，数字孪生技术为施工方案的比选与推演提供了强有力的工具。通过构建施工过程的虚拟模型，实时映射施工现场的实际状态并模拟多种施工方案的实施效果，施工团队可以直观地评估不同方案在进度、成本和碳排放方面的表现，从而选择最优方案^[7]。基于数字孪生的施工方案比选与推演能提前识别潜在问题，优化资源配置，提高施工效率与质量，降低环境影响，推动绿色施工的有效实施。

2. 多目标优化算法与低碳施工组织方案

多目标优化算法应综合考虑进度、成本与碳效等关键因素，对不同施工方案进行全面评估，有效避免单一因素决策局限性。通过科学建模与智能分析，该算法可输出兼顾效率与低碳目标的施工建议。同时，低碳施工组织方案智能生成机制依据项目具体要求，自动生成满足进度、成本和碳排放要求的最优方案。它利用大数据分析机器学习技术，不断学习和优化方案生成逻辑，显著提高施工组织效率，推动绿色施工发展，助力实现建筑行业“碳达峰、碳中和”目标。

（二）多方协同管理平台设计

1. 信息共享与沟通功能

多方协同门户系统的信息共享与沟通功能是实现高效项目管理的关键。该功能通过搭建统一的信息共享平台，使业主、监理、总包等各方能够实时获取项目碳排放数据、施工进度和质量等关键信息，确保信息透明度与对称性^[8]。同时，实时沟通模块支持在线交流、问题反馈与指令下达，提高沟通效率，减少因信息滞后导致的决策延误。通过这种高效的信息共享与沟通机制，各方可协同优化施工方案，及时调整资源分配，确保项目在进度、成本和碳排放控制方面达到最佳平衡，促进绿色施工目标的实现。

2. 区块链技术

在绿色施工中，区块链技术的应用确保了碳排放数据的不可篡改性，为碳排放核算提供了真实可靠的数据基础。通过区块链的分布式账本技术，所有碳排放数据一经记录便难以篡改，从而从源头上保障了数据的真实性和可信度^[9]。此外，智能合约机制将碳排放效率（KPI）与工程款支付直接挂钩，实现了自动化的激励与约束。当施工方的碳排放表现优于既定目标时，智能合约会自动触发奖励机制，给予其更多的工程款；反之，若未能达到目标，则会相应扣减款项。这种机制不仅有效激励了各方积极参与碳减排，还促使施工方不断优化施工方案和行为，从而降低碳排放。通过区块链技术与智能合约的结合，建筑项目的碳管理效率得到了显著提升，同时也为建筑行业的绿色低碳转型提供了强有力的技术支持，推动了整个行业的可持续发展。

（三）项目后评价指标体系

1. 创新评价指标的构建

在绿色施工中，构建碳排放强度指数等创新评价指标意义重

大。碳排放强度指数衡量单位产出碳排放量，体现施工碳效率；质量碳效比关联工程质量和碳排放，推动在保质前提下减排；安全碳敏感度考量安全措施碳排放影响，鼓励采用低碳安全方式。这些指标为项目后评价提供多维视角，助力全面评估施工过程的绿色低碳水平，为建筑业可持续发展提供有力支持。

2. 基于大数据的基准制定

在建筑业绿色低碳发展中，基于大数据的碳效对标基准制定至关重要。通过收集海量建筑项目全生命周期的碳排放数据，涵盖设计、施工、运营等阶段，运用数据挖掘与分析技术，可精准提取不同建筑类型的碳排放特征与规律。依据建筑功能、规模、地域等因素分类，结合政策标准与行业最佳实践，制定科学合理的碳效对基准。该基准为建筑项目碳排放评估提供参照，助力建筑业实现碳排放的精细化管理与减排目标，推动行业绿色发展。

五、总结

绿色施工全过程碳排放智能核算系统具有多方面重要价值。在建筑工程中，其提升了质量，通过精准核算碳排放，为优化施工流程提供依据，间接保障工程质量；在安全管控方面，系统可对相关环节碳排放监测，辅助识别潜在风险，促进安全管理；于项目管理而言，有助于合理规划资源，提高管理效率。多技术融合实现了碳效透明度的显著提升，使碳排放数据更准确、全面。展望未来，边缘计算在现场级碳排监控方面具有巨大潜力，可实现实时、精准监测^[10]。同时，碳效数字孪生标准的制定也是重要研究方向，将进一步规范和推动绿色施工碳排放核算的发展。

参考文献

- [1] 刘宝蔓. 船舶建造碳排放核算及减排策略研究 [D]. 江苏科技大学, 2023.
- [2] 周明洋. 基于 MS 的船舶建造周期碳排放核算及碳成本研究 [D]. 江苏科技大学, 2023.
- [3] 郑雨霏. 半导体设备制造企业碳排放核算及减排策略研究 [D]. 华北电力大学 (北京), 2023.
- [4] 高蓉. 我国铜冶炼工业碳排放核算减排潜力评估 [D]. 西北师范大学, 2023.
- [5] 夏云峰. 安徽省工业碳排放核算及影响因素研究 [D]. 安徽理工大学, 2022.
- [6] 黄山倩, 黄学文, 高硕哈, 等. 基于 LCA 的高速公路建设全过程碳排放核算 [J]. 交通运输研究, 2022, 8(6): 72-80, 89.
- [7] 陈晋. 关于金融机构碳排放核算难点问题的思考 [J]. 绿色财会, 2022(7): 48-49.
- [8] 薛敏. “双碳”背景下关于做好企业碳排放核算的方法研究 [J]. 统计科学与实践, 2023(10): 61-64.
- [9] 牟宇, 董雯雯, 杨蕊蕊, 等. 《建筑领域碳账户碳排放核算与评价指南》解读 [J]. 绿色建筑, 2023(4): 5-9.
- [10] 张庭婷, 梁晓静, 吕强, 等. 面向碳中和的汽车行业碳排放核算 [J]. 汽车工程学报, 2022, 12(4): 341-350.