

绿色建造理念在智能建造体系中的融合与实践

——基于BIM与装配式建筑的分析

师育珂

烟台大学土木工程学院, 山东 烟台

收稿日期: 2025年2月25日; 录用日期: 2025年3月17日; 发布日期: 2025年3月27日

摘要

近年来, 绿色建造已成为土木工程领域的重要发展趋势, 其核心目标是通过高效、环保、节能的施工技术, 实现建筑全生命周期的可持续发展。智能建造体系的快速发展, 为绿色建造理念的落地提供了新的机遇, 其中BIM (建筑信息模型)技术与装配式建筑的结合, 极大地提高了施工效率和资源利用率。本文探讨了绿色建造理念在智能建造体系中的融合路径, 重点分析BIM技术和装配式建筑在绿色施工中的实践应用, 并结合典型工程案例进行分析。研究表明, 绿色建造理念在智能建造体系中的应用, 不仅能降低资源消耗和环境污染, 还能提升施工精度和建筑质量。未来, 随着数字化与智能化技术的深入发展, 绿色建造将在建筑行业的可持续发展中发挥更加重要的作用。

关键词

绿色建造, 智能建造体系, BIM技术, 装配式建筑, 可持续发展

Integration and Practice of Green Construction Concept in Intelligent Construction System

—Analysis Based on BIM and Prefabricated Buildings

Yuke Shi

School of Civil Engineering, Yantai University, Yantai Shandong

Received: Feb. 25th, 2025; accepted: Mar. 17th, 2025; published: Mar. 27th, 2025

Abstract

In recent years, green construction has become an important development trend in the field of civil

engineering, with the core goal of achieving sustainable development throughout the entire lifecycle of buildings through efficient, environmentally friendly, and energy-saving construction technologies. The rapid development of intelligent construction systems has provided new opportunities for the implementation of green construction concepts. Among these, the combination of BIM (Building Information Modeling) technology and prefabricated construction has greatly improved construction efficiency and resource utilization. This paper explores the integration path of green construction concepts within intelligent construction systems, focusing on the practical application of BIM technology and prefabricated construction in green building practices, and analyzes typical engineering cases. The research results show that the application of green construction concepts in intelligent construction systems not only reduces resource consumption and environmental pollution but also improves construction accuracy and building quality. In the future, with the continuous development of digital and intelligent technologies, green construction will play an increasingly important role in the sustainable development of the construction industry.

Keywords

Green Construction, Intelligent Construction Systems, BIM Technology, Prefabricated Construction, Sustainable Development

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

全球气候变化、资源短缺以及环境污染等问题,使得建筑行业面临着前所未有的挑战。作为全球能源消耗和碳排放的重要来源,建筑行业的可持续发展已成为学术界和工程实践关注的重点[1]。在此背景下,绿色建造理念应运而生,成为未来土木工程发展的必然趋势。

近年来,智能建造体系的快速发展为绿色建造理念的应用提供了技术支撑。智能建造体系涵盖 BIM 技术、装配式建筑、物联网、人工智能等多个领域,这些技术的结合可极大地优化建筑设计、提升施工效率、减少资源浪费,并推动建筑行业向更绿色、更智能的方向发展[2]。本研究在回顾绿色建造理念的基础上,系统探讨其在智能建造体系中的融合方式,重点分析 BIM 技术和装配式建筑的应用,并结合实际案例进行分析,以期对未来绿色建造的发展提供参考。

2. 绿色建造理念与智能建造体系的融合

2.1. 绿色建造与智能建造体系的基本概念

绿色建造是一种基于生态学和可持续发展原则的建筑方法,旨在通过优化资源利用、降低环境负荷、提升建筑性能,实现建筑与自然环境的和谐共存[3]。智能建造体系是指通过 BIM、物联网、大数据、人工智能等先进技术,优化建筑全生命周期的管理,提高建筑质量和施工效率,同时减少资源浪费和环境污染[4]。

2.2. 绿色建造理念在智能建造体系中的作用

绿色建造理念与智能建造体系的融合体现在以下几个方面:

1) 精准设计与优化。精准设计是绿色建造的重要前提。在智能建造体系中, BIM 技术能够通过三维数字模型集成建筑的各项信息,优化建筑结构设计,提高空间利用率,并减少材料浪费。例如,在建筑

方案设计阶段, BIM 可以模拟不同的节能方案, 优化光照、通风系统的布置, 以提升建筑能效[5]。Azhar 等[6]指出, BIM 技术的应用趋势表明, 其不仅能够优化建筑设计, 还能提高工程质量, 减少施工误差, 并在建筑全生命周期内降低能耗。此外, BIM 技术还能提前发现和解决潜在的设计冲突, 减少施工阶段的变更, 提高施工效率。通过模拟施工过程, 预测可能的资源浪费点, 并制定相应优化方案, 从而实现更精准的施工管理[7]。

2) 智能施工管理。在施工过程中, 智能传感器、大数据分析和物联网技术的结合, 可以实现施工现场的实时监测, 优化施工工艺。例如, 智能监测系统能够收集施工设备的能耗数据, 并通过数据分析优化机械调度, 减少能源浪费[8]。此外, 机器人技术的应用也提升了施工的精准性和效率。例如, 混凝土 3D 打印技术可以减少模板使用量, 并减少施工过程中的废弃物生成。同时, 智能建造体系能够通过远程监控施工进度, 优化施工资源调度, 提高项目整体效率[9]。

3) 高效资源利用。装配式建筑是提高资源利用效率的重要手段。相比传统建筑方式, 装配式建筑减少了现场施工环节, 使建筑材料的浪费降至最低[10]。此外, 建筑拆除后的构件可以进行回收再利用, 提高建筑材料的循环利用率。例如, 装配式混凝土构件可以在建筑生命周期结束后重新加工, 用于新的建筑项目, 从而减少建筑垃圾的产生[11]。

4) 可持续运维管理。建筑在运行阶段的能耗管理同样是绿色建造的重要内容。智能建造体系能够结合物联网技术, 实时监测建筑的能耗情况, 并通过智能控制系统优化建筑能源利用。例如, 智能暖通系统能够根据建筑内部温度、湿度和人员流动情况, 动态调整空调和照明系统的运行参数, 从而降低能耗[12]。此外, 智能传感器可以监测建筑结构健康状况, 提前发现安全隐患, 降低建筑维护成本。

3. 典型工程案例分析

3.1. 案例 1: 上海某绿色办公楼项目——BIM 与绿色建筑结合

该项目位于上海市中心, 旨在打造一个绿色环保的办公楼, 满足 LEED 金级认证的标准。项目采用了 BIM 技术与绿色建筑设计理念相结合的方式, 重点关注节能、节水与材料的绿色选择。

该项目采用了装配式建筑技术, 旨在减少施工现场的浪费、提高施工效率, 并降低对环境的影响。该项目位于深圳市, 是一个大型的住宅小区, 采用了装配式预制混凝土构件, 并结合 BIM 技术进行精准设计和施工管理。BIM 技术的应用如下:

精准设计与优化: 通过 BIM 模型, 设计团队能够对建筑的热环境、光照、空气流通等方面进行模拟, 并优化建筑外立面的结构, 使得建筑能够最大限度地利用自然光, 减少人工照明的需求。建筑内的空调、供暖等系统布局也通过 BIM 进行了优化, 确保了能源的高效利用。

建筑材料优化: BIM 还对建筑材料的选择进行了精准优化。所有建筑材料的性能、来源、生命周期等信息都被集成到 BIM 模型中, 设计团队能够实时查看并选择环保且高效的材料, 例如采用了高性能的隔热玻璃和低 VOC (挥发性有机化合物) 涂料, 降低了材料对室内空气质量的影响。

施工管理与节约: 在施工过程中, BIM 技术帮助施工团队进行资源调配与进度控制, 有效减少了材料浪费, 施工周期也因此缩短, 最终实现了较低的能耗与碳排放。

通过 BIM 技术的应用, 该项目成功地提升了能源利用效率, 减少了建筑废弃物, 并为办公楼的使用者提供了一个舒适、绿色的工作环境。在项目竣工后, 能效比标准建筑高出 20%, 并通过了 LEED 金级认证。

3.2. 案例 2: 深圳市装配式住宅小区项目

该项目不仅缩短了施工周期、提高了施工质量, 还实现了显著的资源节约与环保效果。项目竣工后,

建筑的能源消耗比同类传统建筑低了 15%，并获得了绿色建筑标识(GBDL)三星认证。装配式建筑的应用如下：

快速施工与资源节约：由于预制构件在工厂提前生产，现场施工过程中仅需将预制构件进行组装，减少了现场混凝土浇筑、模板搭设等繁琐工序。据统计，该项目的施工周期比传统施工方式缩短了 30%，大大减少了施工过程中的资源浪费。

构件回收与再利用：项目采用的预制混凝土构件具有较高的回收价值。在建筑生命周期结束后，拆卸下来的构件可以进行再加工，并用于新的建筑项目，从而实现建筑材料的循环利用。项目设计阶段就考虑到构件的可拆卸性，确保了材料的高效再利用。

环保与节能：该小区的每栋住宅楼都进行了绿色建筑标识，外立面采用了节能隔热材料，并配备了智能节能系统。BIM 技术帮助设计团队进行建筑的能源模拟与优化，确保每栋建筑在使用过程中能够最大程度地降低能耗。

3.3. 案例 3：北京某大型商业综合体——绿色施工与智能管理系统应用

该项目位于北京市，是一个大型的商业综合体，包含了购物中心、办公楼及娱乐设施等。为了实现绿色施工和运营，该项目在施工与运营阶段都采用了智能建造技术与绿色建造理念相结合的方式。绿色建造方案不仅在施工阶段节约了大量资源，还在运营阶段大大降低了能耗。项目投入使用后，能源消耗比传统商业建筑减少了 25%。此外，该项目还获得了“北京市绿色建筑示范项目”称号。智能建造应用如下：

智能施工管理：在施工阶段，项目使用了基于物联网(IoT)技术的智能施工管理系统。该系统实时监测施工现场的能耗、资源使用及建筑结构的健康状况。通过数据分析，项目管理团队能够实时调整施工方案，减少能源消耗与资源浪费。

智能建材管理：所有建筑材料都进行了智能跟踪与管理，通过 BIM 与 RFID 技术的结合，确保了每种材料的使用量都得到严格控制，并避免了过量采购和浪费。同时，项目采用了环保型建筑材料，如低碳钢材、可回收的建筑构件等，降低了环境负担。

绿色设施管理：在建筑运营阶段，项目安装了智能节能设备，例如智能空调、智能照明系统和自动化能耗监控系统。这些设施可以实时监测建筑的能耗情况，并根据建筑内的使用需求动态调整，确保建筑能效最大化。

3.4. 案例分析总结

通过上述几个案例的分析，可以看到绿色建造理念与智能建造技术的结合能够在实际项目中取得显著的环境和经济效益。BIM 技术与装配式建筑在设计、施工和运营管理等各个环节中都有着广泛的应用，不仅提升了建筑的性能，还有效降低了对环境的负面影响。未来，随着技术的进一步发展，绿色建造理念将在更多项目中得到推广，成为推动建筑行业可持续发展的重要力量。

4. 绿色建造理念在智能建造体系中的未来发展趋势

随着科技的不断进步，智能建造在未来将呈现以下发展趋势：

1) **人工智能与 BIM 的深度融合：**未来，人工智能(AI)将在 BIM 技术的应用中发挥更加重要的作用。AI 可以通过大数据分析和深度学习，提高建筑设计的智能化水平。例如，AI 可自动生成最优建筑设计方案，预测材料需求，并优化施工路径。此外，基于 AI 的智能监测系统可以实时分析施工数据，提前发现潜在风险，提高施工安全性和工程质量。

2) 5G 与物联网在施工管理中的深化应用: 5G 技术的高速率、低延迟特性将推动物联网(IoT)在建筑施工管理中的广泛应用。例如, 施工现场可通过 5G 网络连接各类智能传感器, 实现远程实时监测, 包括设备运行状态、施工进度、环境参数等。工地管理者可以通过移动终端实时获取数据, 提高施工调度的精准性, 优化资源配置, 减少能源浪费。

3) 智能机器人施工技术的广泛应用: 智能机器人施工技术将成为未来建筑行业的重要发展方向。例如, 3D 打印建筑机器人可以快速构建复杂结构, 减少材料浪费, 提高施工效率。智能焊接机器人和无人驾驶施工设备可在复杂环境下执行高精度操作, 减少人工干预, 提高施工安全性。此外, 智能巡检机器人能够自动检测建筑结构健康状况, 提前预警结构安全隐患, 降低维护成本。

4) 智能运维系统的升级: 随着建筑智能化的发展, 智能运维系统将成为建筑全生命周期管理的重要组成部分。基于 BIM 和物联网的智能运维系统, 可以实时监测建筑能耗情况, 优化空调、照明、电梯等设备的运行策略。例如, 智能暖通系统可根据建筑内部环境变化自动调整温度, 减少能源浪费。同时, 基于大数据分析的预测性维护技术, 可以提前发现建筑设施的潜在故障, 提高建筑使用寿命。

5) 绿色材料与可循环建造: 未来, 绿色建材的应用将进一步推动建筑行业的可持续发展。例如, 高性能保温材料、可再生混凝土、自修复混凝土等新型绿色材料的应用, 将提高建筑的节能性能和耐久性。此外, 模块化建筑技术的推广, 使得建筑构件可拆卸、回收再利用, 大幅减少建筑垃圾, 实现建筑行业的低碳化发展。

6) 数字孪生技术助力绿色建造: 数字孪生技术(Digital Twin)是一种通过实时数据与虚拟模型交互, 实现建筑全生命周期管理的先进技术。在绿色建造中, 数字孪生可用于实时模拟建筑能耗情况, 优化能源利用策略。例如, 通过虚拟建筑模型对不同节能方案进行模拟分析, 选择最优方案, 提高建筑运行效率, 降低碳排放。

7) 政策与标准体系的完善: 政府和行业标准的引导对于绿色建造和智能建造的发展至关重要。Darko 等[13]研究发现, 在美国, 绿色建筑技术的采用受多种因素影响, 如政府激励政策、市场需求、企业社会责任等。研究还表明, 尽管绿色建筑在节能减排方面具有显著优势, 但初期投资较高仍然是阻碍其广泛应用的重要因素。因此, 结合国内外经验, 推动政府出台相应激励措施、降低绿色建造技术的实施成本, 将有助于加快绿色建筑的发展进程。

5. 结论

随着建筑行业对可持续发展和绿色建造理念的关注日益增强, 智能建造体系为绿色建造理念的实施提供了重要的技术支撑。本文通过分析 BIM 技术、装配式建筑、智能施工管理等关键技术绿色建造中的应用, 探讨了智能建造体系如何助力绿色建造理念的实现。研究发现, 绿色建造理念的核心目标——减少资源消耗、降低环境污染、提升建筑能效, 在智能建造体系中得到了有效的实践。

首先, 精准设计与优化是绿色建造成功实施的基础。通过 BIM 技术的应用, 建筑设计和施工过程能够得到更为精确的模拟与优化, 从而最大化地减少材料浪费, 提高建筑能效。智能施工管理体系的引入, 能够实现资源的高效配置与实时监控, 从而优化施工流程, 减少能源消耗和施工时间, 提高建筑项目的绿色属性。

其次, 装配式建筑作为绿色建造的关键手段, 利用其标准化、模块化的优势, 显著提高了建筑材料的使用效率, 并降低了施工现场的资源浪费。在施工过程结束后, 构件的回收和再利用为建筑材料的循环利用奠定了基础, 有效减少了建筑垃圾的产生。

进一步地, 智能建造体系的运维管理, 通过物联网技术与智能传感系统的结合, 使建筑在使用阶段能够实时监测和调节能耗。智能控制系统能够根据实际需求优化能源使用, 降低建筑的整体运行成本。

同时, 数字化监控系统的广泛应用, 使建筑的维护管理更加精细化和智能化, 保障了建筑结构的长期健康与安全。

通过深入分析智能建造体系中的绿色建造实践, 本文明确了当前建筑行业面临的资源短缺、环境污染等问题, 突出了绿色建造在智能建造技术中的创新性应用。智能建造与绿色建造理念的有机结合, 不仅推动了建筑行业向低碳、环保、节能的方向发展, 也为建筑全生命周期管理提供了新的思路与技术方

参考文献

- [1] 肖建庄, 夏冰, 肖绪文. 工程结构可持续性设计理论架构[J]. 土木工程学报, 2020, 53(6): 1-12.
- [2] 赵彦革, 孙倩, 魏婷婷, 等. 装配式建筑绿色建造评价体系研究[J]. 建筑科学, 2022, 38(7): 134-140.
- [3] 郭文博, 郑小丰, 揭仕钦, 等. 基于 BIM 技术的建造智能化与绿色化研究[J]. 建筑结构, 2023, 53(S1): 2367-2370.
- [4] 张永清. 基于 BIM 的装配式绿色建筑施工全过程智能化管理技术研究[J]. 建筑施工, 2024, 46(8): 1353-1357.
- [5] 李炜. 基于 BIM 探讨预制装配式建筑绿色施工的应用实践[J]. 绿色环保建材, 2021(5): 21-22.
- [6] Azhar, S. (2011) Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, **11**, 241-252. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)lm.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(asce)lm.1943-5630.0000127)
- [7] 谭名燕, 何中豪, 何海波, 等. BIM 技术在装配式建筑中的应用价值分析[J]. 砖瓦, 2020(10): 54-55.
- [8] 贺红伟. BIM 技术在预制装配式建筑施工安全管理中的应用分析[J]. 智能城市, 2020, 6(11): 102-103.
- [9] 黄时锋. 装配式建筑绿色施工中 BIM 综合应用研究[J]. 项目管理技术, 2020, 18(2): 82-85.
- [10] 杜世焯. 基于 BIM 的高层建筑施工管理机制研究[J]. 砖瓦, 2023(12): 102-104.
- [11] 陈继强, 赵根兄, 王康妮, 等. BIM 技术在甘肃省村镇装配式建筑中的应用[J]. 建材技术与应用, 2022(3): 58-61.
- [12] 孙渝波. 绿色建造与智能建筑助力建筑行业可持续发展的路径研究[J]. 城市建筑空间, 2024(S1): 184-185.
- [13] Darko, A., Chan, A.P.C., Owusu-Manu, D.G. and Ameyaw, E.E. (2017) Drivers for Implementing Green Building Technologies: An International Survey of Experts. *Journal of Cleaner Production*, **145**, 386-394. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.043>