

基于 BIM 技术的绿色装配式建筑设计与生产一体化技术研究

谢涛

湖南博弘工程设计咨询有限公司

摘要：本文围绕基于BIM技术的绿色装配式建筑设计与生产一体化技术展开研究，旨在探讨BIM技术如何促进装配式建筑的绿色、高效设计与生产。首先，从装配式建筑设计阶段开始，分析了BIM技术的模块化设计支持、绿色设计数据管理与流程融合的能力，以及如何利用BIM进行高效决策。随后，研究了BIM在装配式建筑生产与施工阶段的应用。进一步，探讨了绿色装配式建筑的生产一体化技术策略。最后，论文讨论了BIM技术在建筑维护与运营阶段的应用，为实现高效、绿色的装配式建筑提供了实践路径。

关键词：BIM技术；绿色装配；建筑设计；生产一体化；研究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.13.092

引言

绿色装配式建筑以其高效、节能和环境友好性日益受到重视，但其设计与生产的复杂性为行业发展带来挑战。BIM建筑信息模型技术作为一种先进的信息技术，通过提供精准的设计与施工信息，促进项目管理和决策过程，成为推动绿色装配式建筑发展的重要工具。本研究旨在探讨BIM技术在绿色装配式建筑设计与生产一体化中的应用，以期达到提高建筑效率及可持续性的目标，对该领域的进一步发展具有重要意义。

一、BIM技术在装配式建筑设计阶段的应用

（一）模块化设计的BIM支持

模块化设计是装配式建筑的一大特点，其通过预制构件的标准化和可重复使用，实现建筑的快速组装。首先，BIM能够提供一个三维可视化的环境，设计师可以在这个环境中创建模块化元素，确保每个部件的精确匹配和高效集成。其次，BIM通过准确的数据模型支持，能够在设计初期预测和解决潜在的结构、材料上的问题，大大降低现场施工中的风险和成本。利用BIM技术设计者能够轻松地修改和调整模块，以适应项目的具体需求，从而增加了装配式建筑的灵活性和可定制性。

（二）绿色设计的数据管理与分析

在绿色装配式建筑的设计中，数据管理与分析尤为重要。BIM技术提供的详细和准确的数据模型，使得绿色设计的各个方面，如能源效率、材料选择、水利用、室内环境质量等都可以在设计的早期阶段得到充分考虑。利用BIM，设计师可以轻松地对建筑的能耗进行模拟，分析各种材料和构造方案的环境影响，从而做出更

加可持续的设计决策。此外，BIM还能帮助设计团队跟踪和管理整个项目的碳足迹，确保项目符合绿色建筑的标准和认证要求。

（三）BIM与装配式建筑设计流程的融合

BIM技术的应用使得装配式建筑设计流程变得更加紧凑和高效。项目启动的开始，BIM可以促使设计团队、承包商、供应商、施工团队等所有项目参与者之间的信息共享和协同工作。这种高度集成的工作方式，不仅缩短了设计阶段的时间，也使得设计与施工阶段的过渡更加顺畅。同时，因为所有的设计决策和修改都记录在BIM模型中，项目的一致性和准确性得到了保证，避免了不必要的返工和浪费。

（四）设计阶段的决策支持系统

BIM技术是装配式建筑设计阶段决策支持系统的基础。基于BIM模型的分析 and 模拟工具，使得设计团队能够在准确的信息基础上评估不同设计方案的性能，包括结构安全性、能源消耗、生命周期成本等重要因素。通过这些工具，设计团队可以做出基于数据的，更加合理的设计决策。BIM还支持利益相关者的参与，通过提供易于理解的可视化模型，让非技术背景的客户和用户参与到设计决策过程中，实现更加人性化和满足用户需求的设计方案。

二、BIM技术在装配式建筑生产阶段的应用

（一）生产组织与计划的BIM支持

生产组织与计划是装配式建筑生产阶段的关键，需要精确的计划与高效的执行。BIM技术在此阶段通过提供详细的设计信息和构件数据，使生产计划更加准确。BIM模型能够清晰地显示每个预制构件的尺寸、材料和安装顺序，这有助于生产团队有效地规划生产线的布局和作业流程^[1]。BIM技术还能预测和解决生产过程中可能遇到的问题，如材料供应的延迟或是生产线的瓶颈。通过将这些信息集成到生产计划中，可以优化资源配置，避免生产中中断和浪费，确保生产过程的顺畅和高效。

（二）材料及成品运输过程管理

利用BIM模型中的构件和材料信息，可以实现对运输需求的精确预测，合理安排物流计划。基于BIM的物流管理系统能够确保预制构件的按时供应，减少现场仓储的需求，并降低因运输延迟导致生产中断的风险。通过跟踪BIM模型中每个预制构件的状态，可以实时监控运输和交付过程，确保材料和成品以最高效的方式运输至工地或仓库，从而提升整个项目的时间效益和经济效

益。

（三）生产自动化与信息化集成

BIM模型提供的详尽和准确的设计数据，使得生产线上的机器人和自动化设备能够精确识别每个构件的规格和工艺要求，从而实现高效率的自动化生产。同时，BIM技术与生产管理系统（PMS）的集成，可以实现生产流程的实时监控和动态调度。这种信息化集成不仅提高了生产的灵活性和响应速度，还有助于减少人为错误，确保预制构件的质量和一致性，最终提升了整个生产过程的效率和质量。

（四）质量控制与过程监测

BIM技术在质量控制与过程监测方面可以提供强有力的支持。利用BIM技术，可以建立详细的质量检查清单和标准，确保生产过程中每一步骤都符合预定的质量标准。BIM还能够与质量管理系统集成，实现对整个生产过程的实时监控和评估。这种监控包括对预制构件质量的检测、对生产环境、设备状态等因素的监控，从而及时发现问题并采取纠正措施。通过这种方式，BIM技术有助于减少缺陷和返工，确保预制构件的高质量，最大限度地提升项目的整体质量和性能。

三、BIM技术在装配式建筑施工阶段的应用

（一）施工模拟与计划调整

施工模拟是利用BIM技术进行实时模拟建筑施工过程的一种方法。通过BIM软件，项目团队可以在施工开始前进行全面的施工模拟，这包括从地基施工到主体结构安装、再到室内装修的全过程模拟。在模拟过程中，BIM能够帮助团队预见可能遇到的空间冲突、材料匹配问题，以及工序安排上的不合理之处。对施工过程的全面模拟BIM使项目团队能够在工程实施前对施工计划做出精细的调整，提前解决潜在问题。

（二）施工过程的资源优化与调度

利用BIM技术精确的三维模型和丰富的数据库，能够帮助项目团队在施工前进行资源需求分析和优化。施工团队能够准确估算所需材料的数量、预制构件的生产和运输时间，以及人力资源的实际需求量。BIM技术还可以通过对施工过程的模拟，帮助施工团队优化资源调度。例如通过BIM模拟，施工团队可以确定施工设备的最佳布置方案，确保设备的高效利用和施工安全。同时，BIM也支持施工过程中的资源调整，根据实际施工进度和现场情况，进行资源的动态分配和调整，从而保证施工过程的连续性和高效性。

（三）风险预测与应急管理

施工阶段面临的风险多样且不可预测，包括自然灾害、施工安全事故、材料供应不足等。BIM技术可以帮助项目团队进行系统的风险分析和预测。通过BIM模型，结合历史数据和现场情况，施工团队能够识别项目中的潜在风险点，并进行量化分析，评估风险发生的可能性和影响。在风险预测的基础上，BIM也支持应急管

理的制定。利用BIM团队可以根据不同风险场景制定相应的应急措施和应对计划。在实际施工过程中，一旦识别到风险事件的发生，便能够根据预设的应急计划迅速采取措施，最小化风险带来的影响。此外，BIM还支持对应急措施的模拟演练，通过模拟实施应急计划，确保施工团队在面临真实风险时能够有效响应。

四、绿色装配式建筑的生产一体化技术策略

（一）能源效率与可持续性分析

能源效率关乎建筑物在运行阶段的能源消耗和碳排放，同时也涉及建筑的生命周期，从材料的提取、运输，到建筑物的构建、使用乃至拆解与回收。绿色装配式建筑倾向于采用高效的设计原则和技术，从而最小化对环境的影响和运行成本。从设计开始，通过使用高性能的绝热材料和优化建筑物的朝向，可以大大降低建筑的热损失，减少供暖和冷却的能源需求。此外，利用自然光照减少人工照明的需求，整合太阳能板或其他可再生能源系统来满足建筑的能源需求，这些都是提高能源效率的常用策略^[2]。在建筑施工阶段，绿色装配式建筑通过模块化和预制构件的生产，可以在工厂环境中更精确地控制生产过程，减少材料浪费，并通过优化逻辑和运输方式减少碳排放。同时，由于现场安装速度更快，施工相关的能耗和排放也相应降低。

（二）循环材料使用与废物管理

选择可回收或再生材料，是循环材料使用的第一步。比如使用回收的钢铁或混凝土，可降低对原生材料的需求，同时减少建筑行业的总体碳足迹。在材料的实际使用过程中，通过设计优化来减少材料浪费同样重要。在装配式建筑中，由于大部分构件都是在工厂预制，这为材料的精确切割和使用提供了可能，从而最小化剩余和废弃物。其次，绿色装配式建筑注重在建设 and 拆卸过程中对废物的有效分类和回收。通过将废弃物分为可回收、可再利用和不可回收的不同类别，并确保各类废物得到适当处理，可以大大减少建筑过程中对填埋场的依赖^[3]。

（三）基于BIM的协同设计

基于BIM技术能够实现建筑、结构、机电等多个专业之间的协同设计和冲突检测，实现材料统计、装载率统计、增量成本计算等自动化智能应用，提高各专业之间的协作能力，达到精细化设计的目的。

在对装配式建筑进行设计时，数字化模型能够实现预制构件的拆分设计，通过图形可视化技术，在确保结构设计效果的前提下，对装配式构件的类型进行优化，提高装配式构件的标准化程度，避免方案存在不合理的部分。

此外，数字模型的碰撞检测能够对不同专业的预制构件、管网等多个常规方法无法发现的交错碰撞问题进行有效的探测与修复，从而为装配式建筑设计中的安全隐患提供有效的技术手段。

（四）基于 BIM 的构件设计

利用数字设计软件，能够实现对构件的深化设计。BIM技术可以结合预制构件设计数据和加工图纸智能建模，既能将传统2D制图中的离散信息融入同一数字化模型，又能清楚表达复杂的空间关系。这种数字化模型数据可以更加密切地进行设计和生产的协调与对接，达到设计和生产的一体化。

（五）基于 BIM 的装配式建筑设计

“少规格、多组合”是指用少量的标准部件就能产生成千上万种不同的组合形式。如果按照传统的人工判别法，要找出与各个专业要求相适应的组合模式，往往要耗费大量的时间。采用“产生-评估-优选”的数字化设计方法，借助计算机的运算能力，自动产生与节点尺寸、组合逻辑和设备要求相匹配的组合，然后按照设计逻辑对结果进行评分，并对结果进行最优呈现，最后经过人工决策，实现装配式建筑设计最优方案的快速获取。

（六）BIM 智慧建造管理平台

基于BIM技术，结合互联网和智能装备等，能够构建装配式建筑设计与制造一体化管理平台，实现对现场作业效率的实时分析，优化调度施工队伍，同时能够对构件设计与制造的进度、质量、位置等信息进行追踪，对构件进行过程管理。管理平台还可以利用大数据分析，实现人、机、料、法、环的全方位质量管理与集成管理，并与整体施工组织设计方案相结合，编制施工网络规划，对关键路径进行分析判定，模拟施工工序。

（七）BIM 技术自动化生产线结合

为解决多个工程中标准化数字构件的复用问题，需要采用参数驱动的方法。通过对标准部件的驱动参数进行调节，满足不同工程或相同工程中相似部件的设计要求，自动生成构件图纸。将新的构件参数进行数字化处理，并将其添加到标准构件库中，实现对部件的设计积累，促成良性循环。

五、BIM 技术在维护与运营阶段的应用

（一）设施管理与维护优化

在建筑的维护与运营阶段，BIM可以帮助设施管理团队准确了解建筑的结构和功能，优化日常维护和长期策略规划。每个构件的详细信息，如型号、安装日期、维护历史等，都可以在BIM模型中记录和更新。这使得设施管理人员能够迅速定位到具体的维护需求，并制定针对性的维护计划。BIM还支持建立预测性维护策略，通过分析建筑构件的使用情况和性能数据，预测潜在的故障和磨损。这样，维护工作可以在问题发生之前被安排，从而减少意外停机和维护成本。通过整合BIM技术与智能建筑系统，如物联网传感器，设施管理团队可以实时监控建筑的关键性能指标，如能耗、空气质量等，实现更高效和动态的维护管理。

（二）能效管理与性能监测

将BIM模型与建筑自动化系统集成，可以实现对建筑能效的实时监控和优化。BIM模型中包含的详细能源使用数据，配合实时性能数据，能够帮助运营团队识别能效低下的区域，分析能源浪费的原因，并制定针对性的改进措施。比如，运用BIM可以模拟不同的能源系统方案，评估它们对建筑总体能效的影响，选择最优解^[4]。BIM模型还可以用于模拟建筑内部的热流动、空气流动等，为节能通风和自然采光提供设计支持。在建筑运营期间，持续监测建筑的实际能耗与BIM模型中的预计值进行对比，确保建筑长期运营的能源效率最大化。

（三）生命周期成本分析

生命周期成本分析是指在建筑的设计、建造、运营和拆除整个生命周期内，关于其总成本的预测和计算，包括初始投资、运行维护、替换以及最终拆除的成本。BIM为生命周期成本分析提供了一个详细且动态的信息平台，使得成本分析更加精确和全面。利用BIM模型设计师和建筑师可以在设计阶段就考虑到各种材料和系统的维护成本、耐用性和能效，从而做出成本效益最高的决策。在建筑运营阶段，BIM技术可以帮助管理人员监测实际成本与预算的偏差，及时调整运营策略以控制成本。BIM还支持对不同维护计划、能效改进措施等的成本效益分析，促进建筑长期运营的经济效益^[5]。

六、结束语

综上所述，本文深入探讨了基于BIM技术的绿色装配式建筑设计与生产一体化技术的多个方面，展示了其在提升建筑效率、可持续性以及环境友好性方面的巨大潜力。面对技术挑战、政策和法规约束以及行业接受度等障碍，提出多学科合作、政策创新以及行业教育等针对性策略，以促进绿色装配式建筑的进步和推广。借助BIM技术，绿色装配式建筑有望开启建筑行业的新篇章，为实现更加可持续的社会发展做出贡献。

参考文献

- [1] 王青. 基于BIM技术的绿色装配式建筑构建质量检测方法[J]. 安阳工学院学报, 2023, 22(02): 83-87.
- [2] 李志剑. BIM技术在装配式建筑绿色施工的应用研究[J]. 佛山陶瓷, 2023, 33(04): 90-92.
- [3] 张红. BIM技术在预制装配式建筑绿色施工中的应用[J]. 产品可靠性报告, 2023(10): 100-101.
- [4] 何梦瑶, 李伟丽, 冯雨欣等. 绿色建造背景下BIM技术与装配式建筑融合研究[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(31): 181-184.
- [5] 彭鹏, 张文文. 基于BIM技术的装配式建筑在绿色建造中的应用研究[J]. 住宅与房地产, 2023(35): 52-54.