

基于BIM-数字孪生-绿色建材的技术融合与可持续模式

王佐晓

浙江铭洋项目管理咨询有限公司 浙江 温州 325000

摘要：本文聚焦BIM、数字孪生与绿色建材技术，阐述三者概念原理及绿色建材优势，深入探讨技术融合路径，包括数据交互共享、协同应用模式及融合优势。研究表明，三者融合可实现绿色建筑设计优化、智能施工与资源管理、建筑运维可持续评估，为建筑全生命周期管理提供创新思路，对推动建筑行业数字化、智能化、绿色化发展具有重要意义。

关键词：BIM技术；数字孪生；绿色建材；技术融合

1 BIM、数字孪生与绿色建材技术概述

1.1 BIM技术概念

建筑信息模型（BIM）是集成化数字管理技术，将建筑全生命周期的几何、功能、性能、进度及成本等多维度信息整合于三维模型，为建筑设计、施工、运维提供协同平台与数据支撑。其核心在于“信息”与“模型”深度融合。设计阶段，设计师借助BIM软件构建可视化三维模型，直观呈现建筑空间布局与外观，及时优化设计，规避二维图纸易出现的构件碰撞问题。施工阶段，基于BIM模型的进度模拟，助力施工方科学安排工序、调配资源，减少工期延误与成本超支，且施工交底更清晰，保障施工质量。运维阶段，BIM模型涵盖的全生命周期信息，成为建筑智能化运维的数据基石，运维人员可快速定位故障设备，制定精准维护计划，提升运维效率、降低成本。

1.2 数字孪生技术原理

数字孪生通过整合物理模型、传感器数据、运行历史等信息，经多学科、多物理量仿真，在虚拟空间构建与物理实体实时同步、双向交互的数字镜像，反映实体全生命周期过程^[1]。数据采集依赖物联网技术，各类传感器实时获取物理实体运行状态与环境参数，为数字孪生模型提供准确数据。建模与仿真环节，运用计算机图形学等技术，构建高保真数字模型，模拟实体在不同工况下的运行，预测性能变化与潜在故障，辅助决策。双向交互是其重要特性，物理实体状态变化实时反馈至数字模型，模型中的优化指令也能反向控制实体。如智能建筑中，数字孪生模型依据室内环境参数，自动调节空调、照明设备，实现智能化管理。

1.3 绿色建材的定义

绿色建材是在原材料采集、生产、使用、废弃全生命周期内，降低自然资源消耗与环境影响，具备“节

能、减排、安全、便利和可循环”特征的建筑材料。原材料采集时，优先选用可再生资源，利用工业废弃物生产建材，减少天然资源开采。生产制造采用清洁技术，提高能效，严控污染物排放。使用阶段，绿色建材性能优异且安全环保，像保温墙体材料降低建筑能耗，无毒装饰材料改善室内空气质量。废弃后，绿色建材可回收再加工，重新制成建材，实现资源循环利用，减少建筑垃圾污染，推动建筑行业可持续发展。

2 绿色建材在绿色建筑施工与使用中的优势

2.1 降低建筑能耗与排放

绿色建材在降低建筑能耗与排放方面发挥着重要作用。在建筑围护结构中，采用高效保温隔热的绿色建材，如新型复合保温墙体材料、Low-E玻璃等，能够显著提高建筑的保温隔热性能。以新型复合保温墙体材料为例，其导热系数远低于传统墙体材料，可有效阻止热量的传递，减少建筑在冬季的热量散失和夏季的热量传入，从而降低空调和采暖设备的运行时间和能耗。在建筑设备系统中，使用节能型的绿色建材，如高效节能的通风设备、节水型卫生器具等，也能实现能耗和排放的降低。高效节能的通风设备在保证室内空气质量的前提下，能够降低风机的运行功率，减少电能消耗；节水型卫生器具通过优化设计，在不影响使用效果的情况下，减少水资源的浪费，降低污水排放。绿色建材的生产过程注重节能减排，相比传统建材生产，绿色建材生产采用的清洁生产技术和工艺，能够大幅降低生产过程中的能源消耗和污染物排放。据统计，采用绿色建材生产技术，可使建材生产过程中的二氧化碳排放量降低30%-50%，能源消耗降低20%-40%，从源头上减少对环境的影响^[2]。

2.2 提高建筑质量与使用寿命

绿色建材凭借其优异的性能，能够有效提高建筑质量和延长建筑使用寿命。许多绿色建材具有良好的物理

力学性能,如高强度、高耐久性、抗渗性好等特点。在建筑防水领域,采用新型绿色防水材料,如自粘聚合物改性沥青防水卷材、聚氨酯防水涂料等,具有良好的粘结性、柔韧性和耐候性,能够形成连续、完整的防水屏障,有效防止渗漏问题的发生,保护建筑结构不受水的侵蚀,延长建筑的使用寿命。绿色建材的生产工艺和质量控制更加严格,产品质量更加稳定可靠。通过先进的生产技术和质量检测手段,确保绿色建材在各项性能指标上符合高标准要求,从而为建筑质量提供了坚实的保障。使用绿色建材建造的建筑,在长期使用过程中,能够减少维修和更换频率,降低建筑全生命周期成本。

2.3 改善室内环境与居住舒适度

绿色建材在改善室内环境和提升居住舒适度方面具有独特优势。在装饰装修环节,采用环保型的装饰材料,如水性涂料、天然壁纸、环保板材等,能够有效减少甲醛、苯等有害挥发性有机化合物(VOCs)的释放。水性涂料以水为稀释剂,不含有机溶剂,在使用过程中几乎不产生有害气体,能够为居住者创造健康、安全的室内空气环境。另外,一些绿色建材还具有调节室内湿度、净化空气等功能。例如,硅藻土墙面材料具有多孔结构,能够吸附和释放水分,调节室内湿度,使室内环境更加舒适;硅藻土还能吸附空气中的有害气体和异味,并通过光催化等作用将其分解净化,改善室内空气质量。在声学性能方面,采用具有良好吸声、隔声性能的绿色建材,如吸音板、隔音门窗等,能够有效降低外界噪音的干扰,减少室内声音的反射和混响,营造安静、舒适的居住和工作环境。通过使用这些绿色建材,能够显著提升建筑的室内环境品质,提高居住者的生活质量和幸福感。

3 BIM-数字孪生-绿色建材的技术融合路径

3.1 数据交互与共享机制

实现BIM、数字孪生与绿色建材技术的融合,数据交互与共享是关键。首先,需要建立统一的数据标准和格式,BIM模型中包含了建筑的几何信息、材料信息、性能参数等多维度数据,数字孪生模型需要实时获取物理实体的运行数据,而绿色建材也有其自身的性能、环保等数据。通过制定统一的数据标准,如IFC(Industry Foundation Classes)标准,能够确保不同来源的数据在格式上的一致性,便于数据的交换和共享。其次,构建数据交互平台,利用云计算、大数据等技术,搭建一个集成化的数据交互平台,作为BIM模型、数字孪生模型和绿色建材数据的存储和交换中心。在这个平台上,各参与方可以实时上传、下载和更新数据。最后,

建立数据安全保障体系。在数据交互与共享过程中,要确保数据的安全性和完整性。采用数据加密、访问控制、备份恢复等技术手段,防止数据泄露和篡改。同时明确各参与方的数据使用权限,保证数据在安全、可控的环境下进行交互与共享。

3.2 技术协同应用模式

BIM、数字孪生与绿色建材技术的协同应用模式可以从建筑全生命周期的不同阶段来展开。在建筑设计阶段,设计师利用BIM技术构建建筑模型,并在模型中选择合适的绿色建材。通过BIM模型的可视化和分析功能,评估绿色建材对建筑性能的影响,如保温隔热性能、采光性能等,进行设计优化。同时将BIM模型与数字孪生技术相结合,创建建筑的数字孪生体,模拟建筑在不同环境条件下的运行情况,进一步验证设计方案的可行性和合理性^[3]。在施工阶段,基于BIM模型进行施工组织设计和进度管理,利用数字孪生技术实时监控施工过程。通过在施工现场部署的传感器,将施工进度、质量、安全等数据实时反馈到数字孪生模型中,与BIM模型进行对比分析。当发现施工偏差时,及时调整施工方案。同时,对绿色建材的进场验收、使用情况进行实时跟踪,确保绿色建材的质量和符合设计要求。在运维阶段,数字孪生模型持续收集建筑运行数据,结合BIM模型中的建筑信息和绿色建材的性能数据,对建筑设备进行智能化管理和维护。例如,根据绿色建材的使用寿命和性能衰减情况,制定合理的设备更换和维护计划。通过BIM-数字孪生-绿色建材的协同应用,实现建筑全生命周期的高效管理和可持续发展。

3.3 融合技术的优势分析

BIM、数字孪生与绿色建材技术融合具有多方面的显著优势。从设计角度来看,融合技术能够实现更加精准的性能模拟和优化。通过将绿色建材的性能参数融入BIM和数字孪生模型中,能够更准确地预测建筑在不同工况下的能耗、舒适度等性能指标,帮助设计师优化设计方案,提高建筑的性能和品质。在施工过程中,融合技术可以提高施工效率和质量。利用BIM模型进行施工模拟和数字孪生技术的实时监控,能够提前发现施工中的潜在问题,及时调整施工方案,避免施工错误和返工。对绿色建材的使用进行精细化管理,确保其性能得到充分发挥,提高建筑施工质量。在运维阶段,融合技术能够实现建筑的智能化运维和可持续管理。通过数字孪生模型实时掌握建筑设备和绿色建材的运行状态,结合大数据分析和人工智能技术,实现设备的预测性维护,降低运维成本。根据绿色建材的环保特性,对建筑的能源消耗

和废弃物处理进行优化,实现建筑的可持续发展。融合技术还能够促进建筑行业各参与方之间的协同合作,提高项目管理效率,推动建筑行业向数字化、智能化和绿色化方向发展。

4 基于技术融合的可持续应用场景

4.1 绿色建筑设计与优化

在绿色建筑设计与优化场景中,BIM-数字孪生-绿色建材技术的融合发挥着重要作用。设计师在利用BIM技术进行建筑设计时,将绿色建材的性能参数,如导热系数、光反射率、VOCs释放量等,输入到BIM模型中。通过BIM的性能分析功能,对建筑的能耗、采光、通风等性能进行模拟和评估。同时,借助数字孪生技术,创建建筑的虚拟模型,并模拟建筑在不同气候条件、使用场景下的运行情况。通过对数字孪生模型的分析,进一步优化建筑设计方案,提高建筑的舒适度和可持续性。例如,模拟不同季节室内外环境的变化,调整绿色建材的使用和建筑设备的运行策略,实现建筑的动态节能。通过将设计方案与实际案例进行对比分析,不断积累经验,持续优化绿色建筑设计,提高设计水平和质量。

4.2 智能施工与资源管理

在智能施工与资源管理方面,技术融合能够实现施工过程的精细化管理和资源的高效利用。利用BIM技术进行施工进度模拟和施工方案优化,制定详细的施工计划。在施工过程中,通过在施工现场部署的物联网传感器,将施工进度、材料使用、设备运行等数据实时传输到数字孪生模型中。数字孪生模型与BIM模型进行实时对比分析,当发现施工偏差时,及时发出预警,并提供调整建议。对于绿色建材的管理,通过扫描建材上的二维码或RFID标签,实现对绿色建材从进场验收、存储、运输到使用的全过程跟踪。利用BIM模型中的材料清单和数字孪生模型的实时数据,精确控制绿色建材的使用量,避免浪费。根据绿色建材的性能特点和施工要求,合理安排施工顺序和工艺,确保绿色建材的性能得到充分发挥,通过对施工资源的动态管理,优化资源配置,提高施工效率,降低施工成本。

4.3 建筑运维与可持续评估

在建筑运维与可持续评估场景中,BIM-数字孪生-绿色建材技术的融合为建筑的长期运营和可持续发展提供了有力支持。数字孪生模型实时收集建筑设备和绿色建材的运行数据,如设备的运行状态、能耗数据,绿色建材的性能衰减情况等。结合BIM模型中的建筑信息和绿色建材的原始性能参数,对建筑设备进行智能化管理和维护。例如,根据绿色建材的使用寿命和性能变化,提前制定设备更换和维护计划,降低设备故障风险^[4]。同时利用大数据分析和人工智能技术,对建筑的能耗、环境质量等数据进行分析,评估建筑的可持续性。通过与绿色建筑标准和指标进行对比,发现建筑在运行过程中存在的问题,并提出改进措施。例如,根据建筑的能耗数据,优化能源管理策略,提高能源利用效率;根据室内环境质量数据,调整通风、空调等设备的运行参数,改善室内环境。通过定期对建筑进行可持续评估,不断优化建筑运维策略,实现建筑的长期可持续运行。

结束语

综上所述,BIM、数字孪生与绿色建材技术的融合,为建筑行业可持续发展提供了新方向与新方法。从设计到运维的全流程应用,有效提升建筑性能与管理效率,降低能耗与环境影响。未来,随着技术的不断进步与完善,三者融合将在更多领域发挥更大价值,助力建筑行业实现绿色低碳高质量发展。

参考文献

- [1]田巍.房建工程中的绿色建筑设计与可持续发展策略[J].居舍,2024,(01):106-109.
- [2]周建军.可持续建筑设计与绿色建筑评估方法[J].石材,2023,(12):7-9.
- [3]付文钢,周友梅.可持续建筑设计中生态材料与绿色技术的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(01):67-69.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202501022.
- [4]吴可.BIM在可持续建筑设计中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(36):62-64.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202436021.