

BIM技术的数字孪生建造施工技术应用

吴 涵 王 威 张永文 陈植加 王学奎
中建七局第六建筑有限公司 广东 深圳 518100

摘 要：BIM技术与数字孪生建造的融合在现代施工领域展现出显著优势。BIM技术通过创建三维建筑模型，实现建筑物理与功能信息的整合，推动全生命周期内的信息共享和协同作业。数字孪生技术则基于BIM模型构建了建筑的虚拟镜像，提供了实时监控与反馈控制功能。通过该技术，施工团队能实时掌握建筑状态与性能，优化设计与施工方案，提升运维效率。

关键词：BIM技术；数字孪生；建造施工技术

1 BIM 技术与数字孪生建造概述

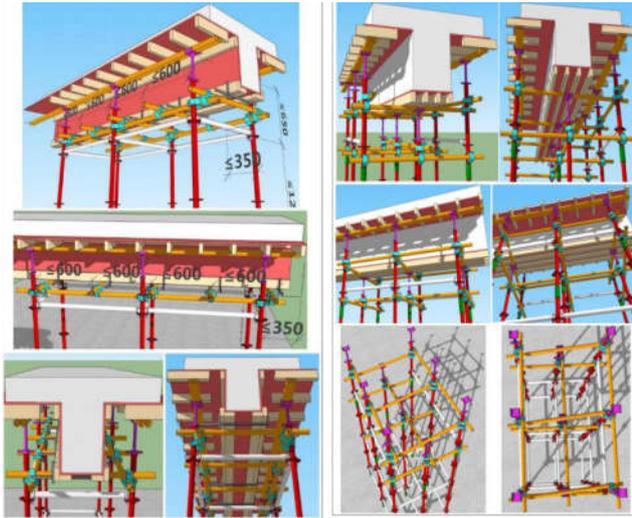
BIM技术与数字孪生建造是当代建筑业发展的两大关键概念，二者紧密结合，共同推动着建筑行业的数字化转型。BIM技术，即建筑信息模型技术，它通过数字方式表达建筑的物理和功能特性。借助BIM，建筑师、工程师和施工人员能够在项目全生命周期内实现信息共享与协同工作。从设计阶段的建筑模型构建，到施工阶段的进度管理与材料采购，再到运维阶段的设施管理与空间优化，BIM技术为建筑业提供了前所未有的便利与效率。数字孪生建造则是基于BIM技术的进一步深化应用。它通过建立建筑实体的虚拟副本，即数字孪生体，实现对建筑全过程的实时监控与反馈控制。数字孪生体不仅包含建筑的几何信息，还集成了材料性能、设备状态、环境参数等多维度数据。这使得建筑师和工程师能够实时了解建筑的状态和性能，进而对设计方案、施工计划以及运维策略进行优化调整。BIM技术与数字孪生建造的结合，为建筑业带来革命性的变革。它们共同提高项目的可预测性和可控性，降低风险与成本，提高工程质量与效率。

2 BIM 技术与数字孪生建造的优势

通过BIM技术的应用可以达到以下效果：（1）提高施工效率和质量：通过BIM技术的应用，可以实现施工过程的数字化和可视化，减少施工过程中的错误和冲突，提高施工效率和质量。施工团队可以更好地理解设计意图和施工要求，减少设计变更和施工错误，从而提高施工效率和质量。（2）优化设计和施工协调：BIM技术可以帮助设计团队和施工团队之间更好地协调和沟通。通过BIM模型的共享和协同工作，设计团队和施工团队可以实时共享设计和施工信息，减少信息传递的误差，提高设计和施工的协调性和一致性^[1]。（3）提升施工安全性：BIM技术的应用可以提升保障性住房施工的安全性。

通过BIM模型的可视化和冲突检测功能，可以及早发现施工过程中的安全隐患和冲突，采取相应的措施进行预防和解决，提高施工安全性。（4）实现施工过程的可持续性：BIM技术的应用可以实现保障性住房施工过程的可持续性。通过BIM模型的建立和使用，可以进行施工过程的优化和模拟，减少资源的浪费和能源的消耗，实现施工过程的可持续发展。（5）改善项目管理和监控：BIM技术的应用可以改善保障性住房施工项目的管理和监控。通过BIM模型的建立和使用，可以实时监测施工进度和质量，提供数据支持和决策依据，帮助项目管理团队更好地掌控项目进展和风险，提高项目管理的效率和精度。（6）促进信息共享和合作：BIM技术的应用可以促进保障性住房施工中的信息共享和合作。通过BIM模型的共享和协同工作，设计团队、施工团队、监理团队等各方可以实时共享设计和施工信息，加强合作和沟通，提高施工效率和质量。（7）智能化施工：随着BIM技术的应用，保障性住房施工可以实现更高层次的智能化。通过BIM模型的建立和使用，可以实现施工过程的自动化和智能化，例如自动化施工设备的使用、机器人施工、无人机巡检等，提高施工效率和质量。（8）虚拟现实和增强现实：BIM技术与虚拟现实（VR）和增强现实（AR）等技术的结合，可以为保障性住房施工提供更直观、沉浸式的体验。施工人员可以通过VR技术在虚拟环境中进行施工模拟和培训，AR技术可以实时将BIM模型叠加在实际施工场景中，提供更直观的指导和决策支持。（9）数据驱动的决策：BIM技术的应用可以产生大量的施工数据，包括设计数据、施工进度、材料使用等。通过对这些数据的分析和挖掘，可以实现数据驱动的决策，帮助项目管理团队做出更准确、科学的决策，提高施工效率和质量。（10）建筑生命周期管理：BIM技术可以支持保障性住房项目的全生命周期管理，包括设计、施工、运

营和维护等阶段。通过BIM模型的建立和使用,可以实现设计与施工的无缝衔接,为运营和维护提供准确的数据支持,延长建筑的使用寿命,降低运营成本。(11)与物联网和大数据的融合: BIM技术与物联网(IoT)和大数据等技术的融合,可以实现保障性住房施工过程的更深度数字化和智能化。通过传感器和设备的连接,可以实时监测施工过程中的各项数据,结合大数据分析,提供更精准的施工管理和决策支持。



BIM技术的应用如图所示

总的来说, BIM技术在保障性住房施工中的应用前景非常广阔。随着技术的不断进步和应用的推广,可以期待更多创新的成果和应用,提升保障性住房施工的效率、质量和可持续发展水平。

3 BIM技术在数字孪生建造施工技术中的应用实践

3.1 BIM模型构建与数据集成

在数字孪生建造施工技术中, BIM技术的应用实践显得尤为关键,尤其在BIM模型构建与数据集成方面。BIM模型的构建是数字孪生建造的基石。通过专业的BIM软件,设计师们能够精确创建三维建筑模型,并在模型中融入建筑的各种属性信息,如材料、结构、设备、性能参数等。这些信息在模型中相互关联,形成一个完整的建筑信息数据库。在模型的构建过程中,各方参与者能够协同工作,确保信息的准确性和一致性。数据集成则是将BIM模型中的信息与其他数据源进行整合的关键步骤。这些数据源包括来自施工现场的实时监测数据、来自设备制造商的产品性能数据等。通过制定统一的数据标准和接口, BIM平台能够实现多源数据的无缝集成,为数字孪生建造提供全面的数据支持。在实际应用中, BIM模型构建与数据集成在多个环节发挥了重要作用。在设计阶段,通过BIM模型,设计师能够更直观地展示设计方

案,并与各方参与者进行更有效的沟通。在施工阶段,基于BIM模型的数据集成能够实现对施工进度、材料消耗等的实时监控与管理。在运维阶段,通过对BIM模型中的数据进行分析,运维人员能够更准确地预测和应对潜在的问题,提高建筑的使用效率和安全性^[2]。

3.2 数字孪生施工过程的模拟与优化

在数字孪生建造的的施工阶段, BIM技术通过构建精细化的建筑信息模型,实现了对施工过程的虚拟仿真和可视化。施工团队可以利用BIM模型进行施工过程的预演,模拟不同施工方案下的施工进度、资源调度和工艺流程等。这种模拟可以帮助施工团队提前发现潜在的问题和冲突,例如结构冲突、空间布局不合理等问题,进而在施工过程中进行有针对性的优化和调整。通过BIM技术的模拟与优化功能,施工团队能够更精确地掌握施工过程中的关键节点和难点,提前制定应对措施,减少施工过程中的变更和返工。这不仅提高施工效率,还降低施工成本,确保施工质量和安全。数字孪生施工过程的模拟与优化还能够帮助施工团队实现施工进度的实时监控和动态调整。通过将实际施工进度与BIM模型中的进度计划进行比对,施工团队可以及时发现进度偏差,并采取相应的措施进行调整,确保施工按照计划顺利进行。

3.3 施工现场的实时监测与反馈控制

借助BIM技术的支持,施工现场得以安装一系列传感器,这些传感器能够实时采集各类数据,包括但不限于施工设备的运行状态、材料的使用情况、环境的温湿度变化以及工人的安全状况等。这些数据通过与BIM模型的无缝对接,实现了施工现场信息的集成与共享。实时采集到的数据经过处理和分析后,可以直观地在BIM模型中反映出来,使得施工现场的实际情况得到即时更新和可视化展示。这不仅方便了施工管理人员对现场情况的全面掌握,也为及时调整施工方案和优化资源调配提供了有力支持。通过BIM技术的反馈控制机制,施工现场的监测数据能够直接指导施工活动的进行。一旦发现异常情况或问题, BIM系统能够迅速作出反应,发出预警信号并制定相应的应对措施。这不仅提高施工过程的可控性,还有效降低潜在的安全风险和质量问题。基于BIM技术的施工现场实时监测与反馈控制还有助于提升施工效率和质量。通过精确掌握施工进度和资源利用情况,施工团队能够更有效地调整工作计划,减少不必要的浪费和延误。同时,实时的数据分析还能够揭示施工过程中的潜在问题和改进空间,为持续改进和优化提供重要依据。

4 数字孪生建造在施工和监管中的应用

4.1 数字孪生建造在质量控制中的应用

随着建筑行业信息化、智能化水平的不断提高,数字孪生技术在施工质量控制方面的应用日益突出。通过将施工现场的实时数据与虚拟的数字孪生模型进行对接和对比,实现对施工过程的精确监控和调控,从而显著提升建筑质量。以“世纪绿洲商业综合体”项目为例,该项目创新地运用数字孪生建造技术,构建高度精确的数字孪生模型。在施工过程中,项目团队通过安装先进的传感器和监控设备,实时采集并传输混凝土强度、钢筋焊接质量、温度变化等关键数据至数字孪生模型中。这些数据在模型中与预设的施工标准和质量要求进行对比分析。一旦发现实际数据与预期数据存在偏差或异常,数字孪生系统能够立即触发警报机制,并通过可视化的方式,直观地展示出存在问题的区域或环节。施工团队根据系统的提示,可以迅速定位问题所在,并采取相应的调整措施,如优化施工工艺、调整材料配比等,从而确保施工质量得到有效控制。数字孪生技术还能在施工前进行模拟分析,预测潜在的质量问题。项目团队利用数字孪生模型,对施工过程进行多轮模拟和测试,以识别潜在的质量风险点。

4.2 数字孪生建造在安全管理中的应用

在“锦绣华庭”高层住宅楼项目的施工过程中,安全管理得到前所未有的重视与提升。得益于数字孪生技术的引入,该项目在安全管理方面取得显著成效。在施工前期阶段,项目团队充分利用数字孪生模型的强大功能,进行多达五轮的施工方案模拟。这些模拟不仅涵盖各种施工场景,还精准地模拟施工过程中的各个环节。通过这种方式,团队成功识别出包括高处坠落、物体打击等在内的37个潜在安全风险点。针对这些风险点,团队迅速制定相应的安全措施和应急预案,并在实际施工中严格执行,从而确保施工过程的安全性^[3]。在施工过程中,项目团队利用数字孪生技术实现对施工现场的实时

监控。通过在关键部位安装先进的传感器和监控设备,团队能够实时获取施工现场的各类数据,如人员分布、设备运行状态等。一旦数据出现异常或超出预设范围,数字孪生系统便能立即发出警报,并通知相关人员进行处理。这种实时监测和预警机制使得安全事故的响应速度和处理效率得到大幅提升,平均响应时间缩短25%,有效避免了因处理不当而导致的事故扩大化。数字孪生技术还与项目现有的安全管理系统实现无缝对接。通过整合多源数据和信息,数字孪生系统为项目团队提供更加全面和深入的安全分析和安全管理功能。系统能够根据历史数据和实时数据对施工现场的安全风险进行动态评估和预测,为团队提供更为精准的安全管理建议和措施。在采用数字孪生技术后,“锦绣华庭”项目的安全事故发生率较传统施工方式降低45%。

结束语

随着信息技术的不断发展,BIM技术与数字孪生建造正逐渐成为现代建筑行业的重要驱动力。通过深入研究和应用这些先进技术,能够实现施工过程的可视化、精细化和智能化,提升施工效率和质量,降低安全风险,推动建筑行业的可持续发展。未来,需要继续加强技术研发和创新,推动数字孪生建造技术在建筑行业的广泛应用和深度融合,为建筑行业创造更大的价值和更广阔的发展空间。

参考文献

- [1]陈俊.BIM技术在大型场馆建设中的综合应用[J].江西建材.2023(10):137-139.DOI:10.3969/j.issn.1006-2890.2023.10.059.
- [2]徐瑞.叶芳毅.基于数字孪生技术的三维可视化安全监测系统[J].水利水电快报.2022.43(01):87-91.
- [3]刘海瑞.奚歌.金珊.应用数字孪生技术提升管理智慧化水平[J].水利规划与设计.2021(10):4-6.10.88.