

# 数字孪生在建筑设计领域的应用研究

## Research on the Application of Digital Twin in Architectural Design

朱贇雅

(菏泽学院, 山东 菏泽 274015)

ZHU Yun-ya

(Heze University, Heze 274015, China)

**【摘要】**从数字孪生技术的基本概念和特点出发,探讨数字孪生技术在建筑设计领域的应用,包含建筑模拟和可视化、建筑材料和构件的仿真、建筑施工和监测、建筑物运营和维护、建筑物的智能化、灾害应对与防范等方面,并对数字孪生技术在建筑领域应用的发展前景进行了探讨。

**【Abstract】**Based on the basic concept and characteristics of digital twin technology, this paper discusses the application of digital twin technology in the field of architectural design, including building simulation and visualization, simulation of building materials and components, building construction and monitoring, building operation and maintenance, building intelligence, disaster response and prevention, and discusses the development prospect of digital twin technology in the field of construction

**【关键词】**数字孪生;建筑设计;建筑智能化;可视化

**【Keywords】**digital twin; architectural design; building intelligence; visualization

**【中图分类号】**TU17; TU201

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1007-9467(2023)11-0110-03

**【DOI】**10.13616/j.cnki.gcjsysj.2023.11.236

## 1 引言

随着科技的不断发展和创新,数字孪生技术逐渐引起了人们的广泛关注,其在各个领域的应用也日益普及。建筑设计领域,作为数字孪生技术的重要应用场景之一,正面临着前所未有的机遇与挑战<sup>[1]</sup>。本文将探讨基于建筑设计领域的数字孪生应用研究,旨在深化对数字孪生技术在建筑设计中的实际应用与价值的理解,以期推动建筑行业的发展和

创新。  
本文将从数字孪生技术的基本概念和特点出发,探讨数字孪生技术在建筑设计领域的应用,并对数字孪生技术的发展前景和挑战进行探讨。

## 2 数字孪生技术的基本概念和特点

### 2.1 数字孪生技术的基本概念

数字孪生技术(Digital Twin)是一种将物理世界和数字世界紧密结合的创新方法,为各行业提供了全新的解决方案<sup>[2]</sup>。它通过创建物理实体在数字空间中的虚拟映射,实现对现实

世界中的设备、系统或过程的模拟和预测。数字孪生技术的核心思想是为现实世界的物体或系统建立一个与之高度相似的数字模型,通过实时数据传输,使数字模型能够持续更新并与现实世界的状态保持同步。

### 2.2 数字孪生技术的特点

数字孪生技术具有以下特点。

1)高度相似性。数字孪生模型需与其对应的现实世界物体或系统具有高度的相似性,包括外观、结构和功能等方面。这种高度相似性使数字孪生能够准确地反映现实世界中的状态和变化。

2)实时数据传输。实时数据传输是数字孪生技术的关键支柱,它确保数字模型能够及时反映现实世界中物体或系统的状态变化<sup>[3]</sup>。通过实时监测和传输数据,数字孪生模型能够与现实世界保持同步,为决策提供及时准确的信息。

3)双向交互。数字孪生技术不仅可以模拟现实世界中物体或系统的行为,还可以将数字模型中的调整或优化应用到现实世界,实现数字与现实之间的双向交互,这使得人们能够在数字空间中进行尝试和优化,进而在现实世界中实施相应的改进措施。

4)预测与优化。通过对数字孪生模型的分析 and 仿真,可以

**【作者简介】**朱贇雅(1999~),女,江苏溧水人,本科在读,从事建筑设计与研究。

预测现实世界中物体或系统可能遇到的问题,从而制订优化方案以提高效率和降低风险。数字孪生技术使人们能够在数字空间中进行多种可能性的探讨和验证,为现实世界中的决策提供有力支持。

### 3 数字孪生技术在建筑设计中的应用

#### 3.1 建筑模拟和可视化

通过运用数字孪生技术,建筑设计师能够创建建筑物的虚拟模型,实现在各种环境和条件下的实时模拟与可视化。借助 BIM 和 GIS 等技术,设计师可以对建筑物的结构、设备以及能源消耗进行深入分析,进一步优化设计方案。设计师利用三维建模软件(如 Revit、SketchUp 等)创建建筑物的详细模型,清晰呈现设计意图。然后,通过 BIM 技术整合建筑物的各种信息,包括结构、设备和材料等。在此基础上,利用 GIS 系统将建筑物定位于城市环境中,并部署物联网(IoT)设备至建筑物内收集实时数据。最后,借助云计算、人工智能(AI)及机器学习(ML)技术对这些数据进行实时分析和处理,生成可视化效果,为设计师和管理者提供直观参考。

除此之外,虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术的结合使设计师、施工人员和业主能够身临其境地感受建筑物的外观、内部结构和氛围,更直观地查看和评估设计方案。这种技术不仅帮助建筑师更好地展示自己的设计方案,还让客户更深入地理解和评估建筑物的设计方案。

#### 3.2 建筑材料和构件的仿真

数字孪生技术可以用于建筑材料和构件的仿真<sup>[9]</sup>。例如,可以使用数字孪生技术对不同材料的力学性能进行模拟和分析,以便更好地选择合适的材料。数字孪生技术还可以对建筑构件的强度、稳定性等进行仿真,从而帮助建筑师更好地理解 and 优化建筑构件的设计方案。

数字孪生技术在建筑材料和构件仿真方面需要使用有限元分析(FEA)、计算流体动力学(CFD)、多物理场仿真软件(如 ANSYS、Abaqus 等)和 BIM 技术等一系列成熟和先进的技术。设计师和工程师利用 BIM 技术创建构件和材料的详细三维模型,包括几何形状、力学特性、热性能等。通过 FEA、CFD 和多物理场仿真软件对这些模型进行复杂的数值计算,模拟材料和构件在实际工况下的应力、变形、疲劳、热传导等性能。最后,根据仿真结果对材料和构件进行优化设计,以满足建筑物

的安全性、耐久性和环保要求。

#### 3.3 建筑施工和监测

数字孪生技术在建筑施工和监测领域的应用正逐步深入,为提高施工效率、降低成本、确保工程质量提供了强有力的支持。通过实时收集现场数据并与虚拟模型进行对比,数字孪生技术能够为施工团队提供及时的反馈和建议,以便在各个阶段做出相应调整。施工团队和项目管理者可以实时监控施工进度、资源分配和工程质量,从而更加高效、安全地进行施工。此外,数字孪生技术有助于发现潜在的施工风险,提前采取预防措施,降低事故发生的概率。同时,这一技术还可以优化施工流程,减少浪费和成本,实现更加可持续的建筑施工。

随着技术的不断发展,数字孪生技术在建筑施工和监测方面将展现更多创新和应用。例如,VR 和 AR 技术,为施工团队提供沉浸式的培训和操作体验;通过更先进的 AI 和 ML 算法,实现更智能化、自动化的施工监测和管理;开发更多与数字孪生技术相结合的智能施工设备和工具,提高施工效率和安全性。

#### 3.4 建筑物运营和维护

数字孪生技术可以用于建筑物的运营和维护。例如,可以使用数字孪生技术对建筑物的能源利用情况进行分析和优化,从而减少能源浪费和降低能源成本。数字孪生技术还可以对建筑物的运行和维护进行监测和规划,从而及时发现和处理问题,减少维修成本和延长建筑物的使用寿命。

数字孪生技术应用于建筑运营和维护方面时,可以对能耗、设备性能、室内环境、安全监控、设施维护、外部数据 6 类数据进行使用。能耗数据包括建筑物内各个设备和系统的用电量、用水量、用气量等。实时监控能耗数据,可以制定合理的能源管理策略,降低能源消耗和成本。设备性能数据包括设备的运行状态、工作效率、故障记录等。通过收集和分析设备性能数据,设施管理者可以实现预防性维护,降低设备停机时间和维修成本。室内环境数据包括温度、湿度、空气质量、照明等。实时监控室内环境数据,设施管理者可以调整建筑物的空调、通风和照明系统,创造舒适的居住和工作环境。安全监控数据包括门禁记录、监控视频、火灾报警等。实时监控安全监控数据,可以确保建筑物内人员和财产的安全。设施维护记录包括设备维修历史、保养周期、更换零部件等。分析设施维护

记录,可以优化设备维护计划,提高设备使用寿命。外部数据包括天气数据、能源价格、政策法规等。整合外部数据,可以更全面地了解建筑物运行的外部环境,进一步优化运营策略。

### 3.5 建筑物的智能化

数字孪生技术与物联网和人工智能的结合可以实现建筑物的智能化。通过对建筑物内部及周边环境的实时监测,智能建筑系统能够自动调节能源消耗、设备状态和室内环境参数,从而提升用户舒适度和建筑物的能源效率。借助 AI 和 ML 算法,精确的设备故障预测和资源优化成为可能。此外,数字孪生技术通过与其他智能系统(如智能交通、智能电网等)融合,有望在更广泛的智慧城市应用中发挥作用。这种跨领域的整合将为城市规划和管理带来更高效、可持续的解决方案,进一步提升城市居民的生活品质。

### 3.6 灾害应对与防范

数字孪生技术在建筑设计中的灾害应对与防范应用具有重要意义,它通过模拟和分析建筑物在各种自然灾害和人为灾害条件下的表现,帮助设计师优化建筑结构和设施,提高建筑物的抗灾能力和安全性。数字孪生技术可以应用于建筑物的抗震性能评估和优化。设计师通过有限元分析等仿真方法,模拟建筑物在不同震级和震源方向下的地震响应,如位移、加速度、应力等。根据仿真结果,可以对建筑物的结构和布局进行调整和优化,提高建筑物的抗震性能。同时,数字孪生技术还可以用于评估和优化建筑物的隔震和减震措施,如隔震支座和减震器等。此外,数字孪生技术可以应用于建筑物的防洪和排水设计。通过 CFD 和 GIS 技术,可以模拟建筑物所处区域在极端降雨条件下的洪水淹没情况和排水系统的运行效果。据此,设计师可以优化建筑物的基础高程、防洪墙和排水设施等,提高建筑物的防洪能力。数字孪生技术还可以应用于建筑物的防火和疏散设计。通过热传导和烟雾扩散仿真,设计师可以评估建筑物在火灾情况下的火势蔓延速度和烟雾扩散情况,从而优化建筑物的防火隔断、消防设施和疏散通道等。同时,人群动力学仿真技术可以帮助设计师模拟火灾等紧急情况下的人员疏散过程,以提高疏散效率和安全性。在应对人为灾害方面,数字孪生技术可以模拟建筑物在恐怖袭击、爆炸、撞击等极端情况下的结构响应和破坏程度。通过对比分析不同设计方案和防护措施的效果,设计师可以优化建筑物的抗冲击性能和安全设施。

数字孪生技术的实现方法需要结合多种先进技术和软件工具。在建筑物抗震性能评估和优化方面,需要使用有限元分析软件(如 ABAQUS、ANSYS 等)和结构优化软件(如 OptiStruct、Tosca 等)。在防洪和排水设计方面,需要使用计算流体动力学软件(如 FLUENT、OpenFOAM 等)和地理信息系统软件(如 ArcGIS、MapInfo 等)。在防火和疏散设计方面,需要使用热传导和烟雾扩散仿真软件(如 FDS、PyroSim 等)和人群动力学仿真软件(如 Simulex、AnyLogic 等)。在应对人为灾害方面,需要使用爆炸和撞击仿真软件(如 LS-DYNA、DYNA3D 等)等工具。

## 4 结论

数字孪生技术作为一种新兴的技术手段,正在逐渐改变建筑设计的方式和方法。数字孪生技术可以帮助建筑师更好地理解和管理建筑物,提高建筑物的效率和可持续性,促进建筑业的创新和发展。数字孪生技术的应用已经在建筑设计领域得到广泛应用,如建筑模拟、设计优化、施工管理、维护保养和拆除等方面。数字孪生技术还有很大的发展空间,未来将越来越精细化、智能化、全生命周期化和普及化。建筑业作为国民经济的重要组成部分,对社会和环境有着重要的影响。数字孪生技术的应用不仅可以提高建筑物的效率和可持续性,还可以降低建筑物对环境和资源的消耗,减少建筑产生的污染和废弃物。数字孪生技术的应用将为建筑业的可持续发展和绿色发展提供有力的支持。

在数字孪生技术的应用过程中,需要充分发挥技术的优势,同时也需要注意技术的局限性和不足之处。数字孪生技术的应用需要建筑业相关人员具备一定的技术素养和应用能力,同时也需要加强数字孪生技术的标准化和规范化建设,以确保数字孪生技术的应用效果和质量。db

### 【参考文献】

- [1]韩冬辰.迈向智能建筑:建筑数字孪生体的构建与探索[J].建筑技术,2022,53(12):1758-1760.
- [2]袁梦琦.基于建筑领域的数字孪生应用研究[J].住宅与房地产,2022(33):40-43.
- [3]李兆才,吴冬梅,高晶,等.数字孪生城市与 BIM 数字化交付[J].城市开发,2022(6):118-119.
- [4]顾于珏,陆磊,吴源昊.基于 Unreal Engine 的建筑数字孪生平台解决方案及应用[J].中国建设信息化,2021(15):72-73.

【收稿日期】2023-08-08