

基于数字孪生的中学校园微空间参与式设计研究

王彬羽, 张俊玲

四川外国语大学附属外国语学校, 重庆 400039

DOI:10.61369/EIR.2026010028

摘要: 为回应中学校园中小尺度空间使用效率不高、学生参与度不足等问题, 本文以校园微空间为研究对象, 探讨数字孪生技术支持下的参与式设计路径。研究通过文献分析、实地调研与问卷调查等方法, 构建校园微空间的数字化表达模型, 并引导学生参与空间问题识别与设计构想过程。研究表明, 基于数字孪生的可视化表达有助于降低学生参与设计的理解门槛, 提高设计过程的透明度与参与度; 参与式设计机制能够更有效回应学生的空间使用需求, 对提升校园微空间品质具有积极意义。本文从方法路径层面为中学校园微空间的参与式更新提供了参考。

关键词: 数字孪生; 中学校园; 微空间; 参与式设计; 可视化表达

Research on Participatory Design of Middle School Campus Micro-Spaces Based on Digital Twins

Wang Binyu, Zhang Junling

Foreign Language School Attached to Sichuan International Studies University, Chongqing 400039

Abstract: In response to issues such as low utilization efficiency of small-scale spaces and insufficient student participation in middle school campuses, this paper takes campus micro-spaces as the research object and explores a participatory design approach supported by digital twin technology. Through literature analysis, field research, and questionnaire surveys, the study constructs a digital representation model of campus micro-spaces and guides students to participate in the process of identifying spatial issues and formulating design concepts. The research indicates that the visual representation based on digital twins helps lower the comprehension barrier for students participating in design and enhances the transparency and engagement of the design process. The participatory design mechanism can more effectively respond to students' spatial usage needs and holds positive significance for improving the quality of campus micro-spaces. This paper provides a reference for the participatory renewal of middle school campus micro-spaces from the perspective of methodological approaches.

Keywords: digital twins; middle school campus; micro-spaces; participatory design; visual representation

引言

随着教育理念的不断发展, 中学校园空间不再仅承担教学功能, 其环境品质与学生情绪体验、交往行为之间的关系日益受到关注。校园中的楼宇间空地、走廊节点等微空间虽尺度有限, 却是学生日常高频使用的重要场所。然而, 现有校园微空间在规划与更新过程中, 往往以管理或功能需求为主, 学生作为主要使用者参与不足, 导致空间使用单一、活力不足等问题。

参与式设计强调将使用者纳入设计过程, 有助于提升空间方案的适配性与认同感。但在中学校园情境中, 受限于表达方式与专业门槛, 学生往往难以有效参与空间设计讨论。数字孪生技术通过对现实空间的数字化映射与可视化呈现, 为校园微空间的参与式设计提供了新的可能。

基于此, 本文以中学校园微空间为研究对象, 探讨数字孪生技术在支持学生参与空间设计过程中的应用方式, 重点关注其在空间问题识别、设计构想交流等环节中的作用, 旨在为校园微空间参与式更新提供可行的研究路径。

课题信息: 本论文是重庆市青少年创新人才培养雏鹰计划第六期项目《基于数字孪生的中学校园微空间参与式设计研究与创新素养培育实践》成果。

作者简介:

王彬羽 (2012.09-), 女, 汉族, 重庆人, 四川外国语大学附属外国语学校就读, 学生。

张俊玲 (1982.12-), 女, 汉族, 四川人, 四川外国语大学附属外国语学校就职, 职称: 中一。毕业单位: 西华师范大学, 专业: 计算机科学与技术, 学位: 工学学士; 研究方向: 计算机。公开发表学术论文5篇。

一、基于数字孪生的中学校园微空间参与式设计研究意义

核心在于数字孪生技术可以整合多源数据并实现虚实空间中的实时交互，在校园小尺度空间中提升设计透明化和民众参与度，允许师生甚至其家长直接参与空间设计过程之中。基于虚拟模型，设计师可以模拟不同设计策略的影响并发现潜在的问题，从而优化空间布局；该工具还可以增加学校环境与生态系统的互动性及适应性，以应对教育的变化需求。本文采用文献分析法、案例调研法以及实地调研相结合的方式，探讨数字孪生技术在校园微尺度规划设计的应用，在借鉴国内外成功案例的同时也能规避失误，为校园微尺度设计提供参考方案和方法。我们不仅注重技术上的创新，也注重参与式策划对于校园内部空间品质提升的意义。

二、基于数字孪生的中学校园微空间参与式设计

中学校园微空间是学生日常学习与交往活动中高频使用的重要场所，其空间品质直接影响学生的行为方式与情绪体验。已有研究表明，校园空间环境与学生心理状态、交往行为及学习体验之间存在显著关联^[1-2]。然而，在传统校园微空间的规划与改造过程中，设计决策往往由专业人员主导，学生及教师等实际使用者参与程度有限，设计过程缺乏充分的沟通与反馈，容易导致空间方案与实际使用需求之间存在偏差^[3]。

数字孪生技术通过对现实校园微空间进行数字化表达和可视化呈现，为提升校园微空间参与式设计的可行性提供了新的技术支持。相关研究指出，数字孪生在空间规划与设计领域中的核心价值之一，在于其对物理空间的可视化映射能力及对设计过程的动态呈现能力^[4]。相较于以往以图纸和文字为主的设计沟通方式，基于数字孪生的虚拟模型能够更直观地呈现空间结构、尺度关系与设计变化过程，有助于提高设计过程的透明度，使不同参与主体能够清晰理解设计意图与空间问题^[5]。

在参与式设计层面，数字孪生技术在一定程度上降低了学生参与空间设计讨论的表达门槛。参与式设计理论强调使用者在设计过程中的主体地位，认为设计应建立在使用者真实体验与需求表达的基础之上^[6]。通过数字孪生支持的可视化模型与虚拟场景，学生无需具备专业设计背景，便可基于自身使用体验对空间问题进行观察、理解与表达，从而更有效地参与到校园微空间的分析与构想过程中。这种以数字化表达为媒介的参与方式，有助于激发学生的参与兴趣，提升其在设计过程中的主动性与表达意愿^[7]。

此外，基于数字孪生的校园微空间参与式设计有助于构建多主体协商机制。研究表明，在校园空间更新过程中，引入多主体协商与反馈机制，有助于提升设计方案的适配性与使用认同度^[8]。在虚拟空间平台支持下，教师、学生及家长等不同参与主体可以围绕同一空间模型展开讨论与交流，表达各自的使用需求与关注重点。通过多轮反馈与协商，设计方案得以不断调整与优

化，从而在一定程度上平衡不同主体之间的诉求，提高设计结果的合理性与可接受性^[9]。

需要指出的是，本文所讨论的数字孪生应用并非强调复杂的实时控制或高度自动化系统，而是侧重其在校园微空间参与式设计中的工具属性，即通过数字化与可视化手段支持沟通、协商与理解。基于这一定位，本文旨在从方法路径层面探讨数字孪生技术如何服务于中学校园微空间的参与式设计实践，为中学校园微空间更新与教育空间优化提供参考。

三、基于数字孪生的中学校园微空间参与式设计应用分析

为深化数字孪生技术在中学校园微空间参与式设计中的应用实践，本章从数字化表达方式、学生参与设计过程、方案交流反馈机制以及参与式设计对空间认知的影响等方面进行分析，旨在构建可操作的参与式设计路径。

（一）校园微空间数字化表达方式

校园微空间的数字化表达是参与式设计的重要基础。通过对微空间进行可视化建模，能将空间中隐含的几何关系、材料信息及环境特征直观呈现，使非专业参与主体（如学生与教师）能够基于真实空间语境理解空间特性^[9]。数字孪生技术强调调现实空间的高保真映射，通过三维模型、虚拟场景界面等数字化方式将实体微空间复现在可交互环境中，同时为后续参与式讨论和反馈提供基础^[10]。在中学校园场景中，利用数字模型结合平面图、剖面图等辅助表达方式，可以有效降低参与者对传统二维设计语言的理解门槛，增强空间理解与判断能力。

数字孪生的可视化表达强调“人人可看懂”的特性，这一特性对于构建参与式设计场景至关重要。相比传统的二维图表达，三维微空间模型和虚拟场景界面为参与主体提供了更加直观的空间感知体验，有利于支持不同年级学生参与空间识别与反馈。

（二）学生参与空间问题识别的过程

在数字孪生环境下开展参与式设计的第一步，是组织学生对微空间进行问题识别与现状表达。本文在前期调研基础上，通过问卷调查与实地观察等方法收集学生对校园微空间使用行为与情绪体验的主观意见。调研中采用数字孪生模型引导学生对具体空间进行观察，学生在虚拟模型中“漫游”和停留时间等行为数据作为辅助评价指标，这一过程兼具定性和定量特征。

在组织讨论环节，可将学生分组围绕数字模型开展空间问题识别讨论，通过引导式提问，例如“哪些区域你愿意停留？”、“哪些地方让你感觉空间狭窄或不舒适？”等问题，帮助学生逐步从感性认识过渡到理性描述。这种基于数字孪生的数据辅助讨论方法，不仅确保了调研过程的系统性，也鼓励学生更加积极主动地参与空间问题识别，从而提升参与式设计的主体性。

（三）数字孪生支持下的方案交流与反馈

数字孪生平台作为参与式设计交流的载体，为多主体协商提供了统一的沟通空间。在设计方案阶段，师生、家长等多方主体可以基于同一个数字模型浏览不同设计方案，并通过标注、评

论、投票等方式提出反馈。在这一过程中，学生可以直接在虚拟场景中对设计变更进行直观评价，并通过声音、文字或图形标注的方式表达个人偏好。

通过数字孪生平台进行方案交流，不仅提高了设计过程的透明度，也增强了反馈的即时性，这一特点是传统图纸评审无法比拟的。多主体在统一的数字语境中进行交流和反馈，有利于形成共识基础，推进下一轮微空间设计方案的优化与调整。

（四）参与式设计对空间认知的影响

参与式设计过程本身不仅是设计结果的生成过程，更是参与者空间认知能力提升的过程。在数字孪生支持下的参与式设计中，学生通过反复的空间观察、问题识别与讨论反馈，逐步提高了对空间结构、空间属性和空间运作逻辑的理解。参与者不再仅仅是“空间使用者”，而是空间问题的识别者、评价者和共同构想者。

研究表明，教育性空间设计应强调交互性和参与性，以提高学生空间认知能力及主观参与感。通过参与式设计，学生对空间构成关系的理解更加深入，同时在讨论中培养了解决实际问题的能力，从而推动微空间参与式设计从技术展示向教育实践融合方向发展。

结束语：本文围绕中学校园微空间的参与式设计问题，探讨了数字孪生技术在支持学生参与空间设计过程中的应用方式。研究认为，通过数字化可视化表达校园微空间，有助于降低学生理解和参与空间讨论的难度，提升参与式设计的可行性。本文研究仍处于探索阶段，未来可在更长周期和更丰富空间类型中进一步验证其应用效果。研究对推动校园微空间优化及科技教育融合具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 张彤. 校园景观空间对大学生心理健康的影响机制研究 [D]. 华中科技大学, 2023.
- [2] 叶萌翎. 基于青少年心理健康的中学校园公共空间设计研究 [D]. 华中科技大学, 2023.
- [3] 靳涛. 初级中学建筑设计中存在的问题及解决策略研究——以沁源县太岳中学为例 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024 (16):124-126.
- [4] 邹冬芳. 认知地图理论视角下城市视觉设计与空间规划的交互影响. 现代城市研究, 2025(11):48-52.
- [5] 刁生富, 黄海琪. 基于数字孪生的虚拟实践探讨 [J]. 佛山科学技术学院学报 (社会科学版), 2025(02):49-55.
- [6] 张幸荣. 以用户需求为导向的产品设计研究 [J]. 包装工程, 2020 (20):303-305+309.
- [7] 李婷. 依靠多媒体互动工具调动学生参与积极性 [J]. 小学科学, 2025 (15):127-129.
- [8] 唐琳, 吕丽, 吕帆推动“以人为本”的校园规划: 北京大学公众参与机制研究 [J]. 2025 (12):67-72.
- [9] 袁莉. 基于数字孪生技术的智慧校园研究 [J]. 数字通信世界, 2026 (01):45-47.
- [10] 郭滨鸿. 2025年第三届中国智慧体育科学大会论文集 (上) [M]. 中国广东广州: 中国班迪协会 (CBF), 2025.11:50-57.