基于城市形态学的数字化城市设计方法研究

高 波

成都天府新区规划设计研究院有限公司 四川 成都 610218

摘 要：城市设计包含两个重要内容，在此背景下，一是在市民感知与行为需求预判的基础上，在城市空间形态的塑造中搭建城市活力空间；二是通过对城市形态特征的提取，伴随空间形态与城市生活相互作用来指导设计实践。城市形态学注重的是对历史演变的认识，而城市设计则是通过对人的感觉认识来对其进行创作。伴随着数字、智能的不断更新和海量开放资源的不断出现，城市设计的数字化手段也在不断地更新发展。本文研究的关键是基于传统的城市形态学视角，审视城市设计学科与数字化技术的融合是如何在当下智能科技为主流的时代背景下促进城市科学、动态发展。

关键词：数字化；城市形态学；城市设计方法

城市形态和城市设计是城市问题的一体两面，城市形态学立足认知，以人的认识为基础，注重历史与现实的演进，而城市设计则是以行动为导向，以展望未来。在中国，城市建设由增量向存量转型的背景下，城市设计逐渐向精细化、精细化、规范化、开放化方向发展。

1 城市设计数字化发展趋势分析

1.1 技术融合驱动多模态表达。数智化技术（如5G、AR/VR、人工智能）深度融合，推动城市语言景观向多模态交互体验转型。例如，动态光影投射、裸眼3D技术重构文化遗产的叙事空间，使静态历史元素转化为可感知、可交互的文化符号。BIM技术则贯穿建筑设计全生命周期，提升项目协同效率与精准度。数字艺术装置和智能导览系统进一步丰富了人在城市空间设计过程中的感知维度。

1.2 智慧城市基础设施构建日趋完善。以物联网、大数据和AI为核心的新型基础设施加速落地。全球智慧城市市场规模预计2027年复合增长率达25.8%，中国建筑业数字化转型支出2025年将突破82.8亿美元。智能交通、能源管理系统及“城市大脑”平台成为提升治理效能的关键支撑。

1.3 数据驱动与协同治理共同发展。数据开放共享推动“多规协同”体系建立，整合国土、生态、交通等规划数据，实现全域化动态监管。AI算法优化资源配置，例如通过人流热力图调整公共服务设施布局。数字孪生技术则构建虚实映射的决策沙盘，支持城市问题模拟与预判。

1.4 虚拟空间构建与实体空间设计相融合。数字化打破物理边界，形成多中心互联网络结构。虚拟共享空间（如元宇宙社区）与实体空间互补，重塑社交与经济活

动场景。城市智能体通过时空智能耦合技术，实现泛在感知与实时决策，推动“数字底座”向更高阶智慧化演进。

1.5 城乡融合与功能结构重组。数字技术跨越城乡鸿沟，促进要素双向流动。例如，远程医疗、在线教育等公共服务下沉乡村，而农产品电商平台反向激活城市消费市场。区域治理趋向协作化，跨行政区的数据互通助力产业分工与生态保护联动。

1.6 城市信息的透明化促进城市规划的公众参与度提高。数字化工具（如社交媒体、众筹平台）降低公众参与门槛，实现规划意见实时采集与反馈。区块链技术保障数据溯源，增强公众对规划过程的信任度^[1]。部分城市试点“数字市民”系统，赋予居民更多城市治理投票权。城市设计数字化正呈现技术集成化、治理协同化、空间虚实化、参与社会化四大特征。未来需重点关注数据安全、技术普惠性及模型精准性等挑战，以实现可持续、包容性的智慧城市愿景。

2 城市形态学发展概述

2.1 学科起源与早期发展。城市形态学起源于19世纪末至20世纪初的欧洲，早期研究聚焦于城市平面格局分析。德国学者康泽恩（MRG Conzen）结合历史地理学视角，提出以城镇平面分析为核心的形态学方法，形成了康泽恩学派的核心理论框架。其著作《城镇平面格局分析》奠定了从物质空间层面对城市进行系统性研究的路径。工业革命对形态学的推动工业文明加速了城市扩张，催生了棋盘式、放射状等经典城市形态。古希腊的米利都城邦棋盘布局、文艺复兴时期的几何对称城市设计，均体现了功能需求与美学原则的融合。工业革命后，城市扩展模式由同心圆向多核放射状转变，呈现蔓延扩展、飞地扩展等形态特征。

2.2 理论深化与跨学科融合。随着学科体系的完善,城市形态学逐步形成三大经典学派:以康泽恩学派为代表的物质空间分析、以法国学派为代表的社会经济过程研究,以及以意大利学派为代表的类型形态学^[1]。这些学派共同构建了城市形态与功能、社会、经济关联性的分析框架。城市形态学与城市设计的关系是协同演进,呈现“认知-操作”的双向互动。前者通过解析历史演变规律为设计提供理论支撑,后者则将形态学研究成果转化为空间品质塑造手法,形成“评价-设计”闭环机制。例如,公共空间活力与形态要素的量化关联研究直接指导了当代城市更新实践。

2.3 技术革新与当代转型量化方法的引入。大数据、GIS和空间句法等技术推动了城市形态学研究从定性描述向定量分析转变。通过提取形态特征参数(如密度、连通性、分形维度),揭示空间形态与城市功能、居民行为的动态关系。在国内,中国学者结合快速城市化特点,探索康泽恩理论的适应性,在历史街区保护中的形态基因识别、新城扩张与旧城形态演变的矛盾协调和国土空间规划体系下的形态管控创新等结合当下社会发展背景提出的新思路和新方向中探索前进^[3]。

3 数字化城市设计工作原理

3.1 数据采集与整合。全域感知体系构建利用遥感(RS)、激光雷达扫描、无人机摄影测量、物联网传感器等技术,实时采集城市地理、建筑、交通、环境等数据,建立包含地形高程、建筑形态、基础设施等要素的数字地表模型(DSM)。多源数据融合通过地理信息系统(GIS)、建筑信息模型(BIM)等技术,整合来自卫星影像、城市传感器、人口流动等多维度数据,形成统一的“资源禀赋一本账”基础数据库。

3.2 建模分析与决策支持空间仿真。基于三维可视化技术构建城市数字孪生体,支持对交通流量、能源消耗、生态承载力等场景的模拟推演,辅助规划者直观判断设计方案的可行性。算法驱动优化应用人工智能(AI)和大数据分析技术,识别城市发展瓶颈(如交通拥堵、用地冲突),并生成多套优化方案。例如,通过机器学习预测人口增长对基础设施的需求。

3.3 成果可视化与实施动态反馈。动态可视化呈现将规划目标转化为三维空间形态(如“大美梁平一幅画”),通过交互式界面展示城市风貌设计方案,便于公众参与和决策层审阅。实施闭环管理采用“统筹实施一盘棋”机制,通过项目全生命周期管理系统监控建设进度,并将实施效果数据反馈至原始数据库,形成“数据→规划→实施→反哺数据”的可持续治理循环。

3.4 技术支撑体系。基础技术层包括云计算、边缘计算、5G网络等,保障海量数据的实时传输与处理能力;应用工具层集成GIS空间分析、BIM参数化设计、交通仿真软件等专业工具,提升规划方案的精细度;协同平台层构建跨部门协作平台,支持规划、建设、管理等多主体在线协同。

3.5 动态优化机制。通过物联网实时监测城市运行状态(如空气质量、能耗水平),结合数字孪生体的持续更新,实现规划方案的自适应调整。例如,根据交通流量变化动态优化信号灯配时方案。综上,数字化城市设计并非静态的图纸绘制,而是以数据为燃料、算法为引擎、反馈为修正的动态迭代系统,其本质是通过数字技术重构城市规划的“感知-分析-决策-执行”全链条。

4 基于城市形态学的数字化城市设计方法

城市形态学与数字化技术的结合,推动了城市设计从经验导向向数据驱动转型,形成以“形态-功能-行为”动态耦合为核心的研究框架。

4.1 技术框架:多源数据融合与全流程数字化。数据采集与集成:通过遥感、GIS、物联网等技术完成城市三维空间、历史文脉、人群活动等数据的动态采集,构建多精度时空数据库,支持城市形态的量化解析。分析建模:基于形态类型学(Typo-Morphology)建立数字化建模框架,将传统城市肌理分类方法升级为可量化、可迭代的算法模型,例如南京老城研究中通过数据科学手段实现大尺度拼贴化形态的解析。参数化设计:运用参数化平台(如Grasshopper、CityEngine)生成自然形态空间原型,通过因子叠加、情景模拟优化城市空间结构,提升设计逻辑的系统性。

4.2 核心方法:形态类型建模与动态响应。形态类型建模(Modeling Typo-morphology)是将经典形态分类与算法结合,建立可扩展的类型库,支持从街区尺度到城市片区的形态生成与评估,突破传统分类方法的效率瓶颈。动态响应是利用实时数据(如手机信令、交通流量)监测城市空间使用效率,通过数字孪生技术实现设计方案与城市运行的动态交互,例如通过空间句法优化路网可达性。

4.3 应用场景:从空间营造到系统治理。一是历史城区保护:通过数字化形态解析识别历史街区的空间基因,指导更新设计中的文脉延续,例如南京老城保护与改造。二是自然形态重构:借鉴传统城市自然造型逻辑,运用参数化技术生成复杂而有机的空间结构,例如“多纤维城市”设计中通过数字化工具实现生态与功能的平衡^[4]。三是智慧管控:从设计到实施建立全链条数字

化平台,支持规划方案的三维报建、建设过程监测及运营反馈,提升城市治理精度。

4.4 创新价值:跨学科重构与认知升级。一是在认知维度的拓展:夜间灯光分布、POI密度等大数据技术揭示了城市形态与人类活动的深层关联,形成更全面的空间认知图谱。二是在学科边界突破:通过建筑学、地理学、数据科学的深度融合,推动城市形态学从描述性研究转向预测性干预,例如建立与国土空间规划衔接的算法模型。三是促进公众参与革新:基于数字平台(如百度地图热力图、无人机影像)实现公众意见的实时采集与可视化,提升参与深度与决策透明度。城市形态学与数字技术的结合将更注重“算力-知识”协同,一方面强化AI在形态生成中的应用;另一方面通过跨学科知识库建设提升算法的可解释性,最终形成兼具科学性与人文性的新一代城市设计范式。

5 数字化城市设计未来发展趋势与挑战

5.1 未来发展趋势。技术融合驱动智能生成范式, AI与数字孪生协同,通过深度学习算法生成城市形态方案,结合数字孪生技术实时验证设计效果,支持多情景模拟与动态优化(如15分钟社区规划)。多源数据将融合分析,整合地理信息、市民行为感知、环境监测等数据,构建三维立体形态模型,实现从宏观规划到微观空间品质的精准调控。动态化与弹性化规划模式更加容易,利用参数化技术模拟自然生长规律,设计叠合空间、多纤维结构等复杂形态,增强城市应对气候变化与人口流动的适应性。实时反馈机制广泛运用,依托物联网传感器与边缘计算技术,动态监测城市运行状态,即时调整设计方案(如交通流量优化、能源消耗平衡)。人本导向的精细化设计空间效能评估日新月异,采用数据包络分析(DEA)、贝叶斯统计等模型,评估街区形态的投入-产出效率,优化公共空间资源配置。虚拟现实参与式设计异军突起,通过VR/AR技术实现市民沉浸式体验,提升公众参与度,确保设计方案满足多元群体需求^[5]。全生命周期数字化闭环系统基本形成,从设计到运维一体化,基于BIM和数字孪生技术,打通规划、施工、运营全流程,实现建筑能耗、碳排放等指标的动态管控。

5.2 核心挑战,技术瓶颈与数据壁垒任然存在。建模精度与真实性的矛盾:复杂城市系统的数字化建模难以完全还原现实场景,算法生成的方案可能脱离实际需求。数据共享与隐私保护的矛盾:多部门数据整合面临权责划分难题,市民行为数据的采集易引发隐私泄露争议。实施路径与跨领域协同治理的障碍:城市规划、交通、能源等系统需同步数字化升级,但部门间技术标准与利益诉求差异导致协同效率低下。智能设施运维困境:部分城市因资金或技术能力不足,导致传感器网络、智慧平台等设施建成后沦为“数字废墟”。社会公平与数字鸿沟技术普及不均的矛盾:弱势群体对数字化工具的认知与使用能力不足,可能加剧空间资源分配的不平等^[6]。文化遗产的削弱:历史城区更新中,数字化手段易偏向经济效益导向,忽视传统空间肌理与社区记忆的保护。

5.3 关键突破方向。在技术层面,研发轻量化、低成本的边缘计算设备,降低智慧设施运维门槛;推动生成式AI与城市形态学的理论融合。在治理层面,建立跨部门数据共享协议与隐私保护法规,完善数字孪生平台的标准化建设。在社会层面,通过社区数字素养培训与公众参与机制设计,缩小技术应用鸿沟。

总之,对数字化城市设计方法的研究,不仅是对传统城市形式学与城市设计方法的合理反思,也是对精细化、高质量、规范化、开放性的城市设计的一种有益的探索。

参考文献

- [1]赵灵.量化城市形态学:涌现、概念及城市设计响应.2022.
- [2]袁承慧.基于城市形态学的数字化城市设计方法探讨.2023.
- [3]赵宏宇.城市修补视角下的郑州市中原区老旧小区改造的策略研究.2022.
- [4]肖红艳.城市形态学的数字化城市设计方法分析.2021.
- [5]杨慧园.全数字化城市设计的理论范式探索.2023.
- [6]易海云.关于全数字化城市设计的理论范式探索.2022.