

数字技术赋能环境设计：参数化建模与虚拟现实的艺术建构

石晓宁^{1,*}

1. 山东理工大学, 美术与设计学院, 山东 淄博, 255000

摘要: 随着数字技术深入到环境设计领域, 参数化建模与虚拟现实技术正在改变设计模式。本文试图跳出工具论的视角, 研究二者如何凭借自身的技术美学内涵及协同效应, 为环境设计的艺术建构提供助力。通过对理论分析以及案例研究, 文章剖析了参数化建模的生成逻辑、形式美学以及它在性能化建构与参数化表意中的艺术路径, 分析了虚拟现实的沉浸性、体验美学以及它在空间叙事、实时交互、方案优化中艺术维度, 并建构了“生成—体验—迭代”的协同闭环流程。研究发现参数化建模使环境艺术性能与文化得以深度交融, 虚拟现实把艺术价值固定于人的真实感受, 两者共同造就了理性生成与感性验证的迭代体系, 明显改进了设计的科学性, 速度和艺术效果, 而且还孕育出动态过程性技术美学。结论显示, 这样的协同方式使环境设计由静态的结果取向转变为动态的过程体验, 并且极大地加宽了它的艺术革新范畴。

关键词: 数字技术; 环境设计; 参数化建模; 虚拟现实; 艺术建构; 技术美学

Digital technology empowers environmental design: Parametric modeling and the artistic construction of virtual Reality

Xiaoning Shi

1. Shandong University of Technology Department of Arts and Design, Shandong University of Technology,
Zibo, Shandong, China, 255000

Abstract: As digital technology penetrates into the field of environmental design, parametric modeling and virtual reality technology are transforming the design model. This paper attempts to break away from the tool-oriented perspective and study how these two technologies, relying on their own technical aesthetic connotations and synergy effects, can provide assistance for the artistic construction of environmental design. Through theoretical analysis and case studies, the article analyzes the generation logic, form aesthetics, and artistic path of parametric modeling in performance-based construction and parametric expression, and analyzes the immersion, experience aesthetics, and artistic dimension of virtual reality in spatial narrative, real-time interaction, and scheme optimization. It also constructs a "generation - experience - iteration" collaborative closed-loop process. The research finds that parametric modeling enables the performance and culture of environmental art to deeply integrate, and virtual reality fixes the artistic value in people's real feelings. Together, they have created an iterative system of rational generation and emotional verification, significantly improving the scientificity, speed, and artistic effect of design, and also giving birth to dynamic process-based technical aesthetics. The conclusion shows that this collaborative approach has transformed environmental design from a static result-oriented orientation to a dynamic process experience, and has greatly broadened its artistic innovation scope.

Keywords: Digital technology, Environmental design; Parametric modeling; Virtual reality; Artistic construction; Technological aesthetics

在当前以数字技术驱动的新质生产力发展大背景之下，参数化建模和虚拟现实技术作为环境设计领域的新兴技术，已经引起了国内、外学者的广泛关注。国内方面有陈增辉对于数字虚拟技术的初步探索^[1]，徐林玉、杨之武等针对VR技术在环境艺术设计中的应用价值进行具体分析，打下了基础^[2,3]；国外学者的研究大多集中在元宇宙环境设计、VR教育创新以及协同设计模型的开发上。但是现有的研究大多仍然停留在对参数化建模、虚拟现实技术的操作介绍上，缺少了对于参数化建模、虚拟现实技术内在美学逻辑和系统协同赋能环境艺术建构的剖析。本文的创新之处在于摆脱单纯的技术工具视角，第一次把技术美学理论系统地引入到该领域，重点剖析两项技术各自的艺术建构路径，以及它们协同形成的“生成—体验—迭代”闭环设计流程的创新潜力。

1 绪论

1.1 研究背景

当前正处于数字技术深度渗透的“新质生产力”时代。数字赋能成为各行业创新与变革的动力。在环境设计领域中，传统的设计方法依靠的是设计师的经验直觉和静态的图纸表达，存在着设计周期长、方案推敲不直观、各专业协同效率低、最终成果与预期体验存在偏差等很多局限。随着社会对于空间环境品质、个性化、可持续性、体验感的要求越来越高，这些传统的不足就越来越明显。

在此背景下，参数化建模（Parametric Modeling）和虚拟现实（Virtual Reality, VR）技术作为两项前沿的数字技术，给环境设计带来了革命性的工具和视角。

1.2 文献综述

现有的文献为本文的研究工作打下了基础。相关学者提出数字技术支持下的高职院校植物景观设计教学模式^[4]，也有学者提出新质生产力背景下环境设计专业人才的培养路径^[5]，相关学者提出数字赋能背景下建筑设计类课程质量提升的作用。这些研究都肯定了数字技术在教育领域所起的积极作用^[6]。

国际学者以对比研究的方式来分析元宇宙环境设计对VR课堂体验质量的影响^[7]。对VR在环境设计专业的建筑课程中应用进行研究^[8]。

参数化设计上，已有研究探究了参数化符号学在VR技术里的应用，给本研究赋予了二者结合的理论线索^[9]。国际上就VR技术环境下环境设计教育创新展开研究^[10]；已有研究探寻VR加共识模型简化建成环境设计合作^[11]。

总体上，目前的研究由技术工具论向设计方法论转变，但大多侧重于教学、展示或者单一技术的应用。已有研究虽然提到了数字艺术的“愈”见未来^[12]，但是没有深入到环境设计的具体建构中。已有研究提出的“范式转换”“价值锚点”给本研究给予理论启示，不过要于环境设计领域予以具体化^[13]。因此，本文将在已有的文献上，以“艺术建构”为核心，对参数化和VR的技术美学内涵以及环境设计中的协同创新路径进行系统的分析。

1.3 研究目的与意义

1.3.1 研究目的

深入剖析参数化建模和虚拟现实技术各自的技术美学内涵，探究它们在环境设计艺术建构中所起的独特作用；创建二者协同赋能的设计流程和模式；借助理论分析和案例佐证，说明这种协同模式怎样扩展环境设计的艺术表现力和创新边界。

1.3.2 研究意义

理论意义：把技术美学理论引入环境设计数字技术应用研究，超越单纯的技术工具视角，从美学和艺术建构的角度来理解参数化和VR的价值。通过建立生成、体验、迭代的协同模式，给数字时代环境设计理论的发展提供新思路。

实践意义：为环境设计师提供了一套可以操作的、将参数化生成与VR体验相结合的创新设计方法。该方法可以提高设计方案的科学性、艺术性、用户体验，降低设计决策的风险，使环境设计实践朝着更高效、更精准、更具沉浸感、更互动的方向发展，满足“新质生产力”对设计行业的要求。

2 参数化与虚拟现实的技术美学内涵

2.1 参数化建模的生成逻辑与形式美学

参数化建模的关键是“关联”与“生成”，也就是设置参数（尺寸、角度、环境数据等），再用参数及其逻辑算法驱动计算机自动创建设计结果，使设计思维从主观的形态推敲变成客观的逻辑创建。

美学来源于算法驱动的复杂性与秩序感，环境设计中体现为两个方面，一是模拟自然生长、流体等逻辑，形成有机形态（蜂巢结构、适应风环境的表皮），实现视觉与科学的统一；二是具有动态响应能力，参数可变使得设计能够根据条件自动调整，呈现出非标准化的“柔性”美学。

所以参数化设计的结果不是一种固定的形态，而是一个包含各种可能性的设计家族，它的价值在于生成过程中所体现的智能和秩序。

2.2 虚拟现实的沉浸特性与体验美学

虚拟现实技术的美学核心就是它所创造的沉浸感和交互性。它利用头戴显示设备等设备给用户提供包围式的多感官反馈，使人有身临其境的感觉。

其美学有三方面，一是空间尺度的真实感，用户可自由1:1行走、环视，直接评判空间尺度及序列；二是时间维度的加入，可模拟不同时间的光影乃至植物生长、人流动线，实现四维时空；三是主体参与的叙事性，用户由被动观察者变为主动探索者，其行进路线即为独一无二的个人叙事。

所以，VR技术把环境艺术的价值重新定位到人与空间真实的关系上，注重以用户体验为主导的动态感受，而不是静态的图纸呈现。

2.3 两项技术的内在关联性与协同赋能潜力

参数化建模和虚拟现实虽然侧重点不同，但是存在着深刻的内在联系。参数化建模擅长创建复杂的、数据驱动的设计原型，是高效的“创作者”，虚拟现实擅长给出关于这个原型的沉浸式的、人性化反馈，是敏锐的“体验官和检验者”。

二者的协同赋能潜力就是：把参数化生成的“客观逻辑”与VR体验的“主观感受”闭环连接。参数化模型给VR体验提供精确的三维数据基础，VR体验获得的定性、定量反馈（空间舒适度、流线合理性、视觉偏好等）又可以反哺参数化模型，作为调整和优化参数的重要依据。理性生成与感性验证的循环迭代，就成为数字技术加持环境艺术建构的关键机制，设计的过程成为不断自我修正、趋向最优体验的智能系统。

3 参数化建模的艺术建构路径

3.1 性能艺术建构

这条路径把环境性能分析（日照、通风、声学、人流模拟）直接加入到形态生成过程中，做到“形态追随性能”。

响应日照的遮阳系统：在建筑立面或者景观廊道的设计中，用参数化的算法，使遮阳构件的角度、密度随着太阳的运行轨迹而变化，得到既满足遮阳效率又具有独特韵律感的形式。不但是技术构件，更是表达生态智慧的艺术语汇。

改善风环境的景观地形，通过计算流体动力学模拟，参数化地微调地形起伏，引导风流、改善小气候，最终形成的景观地貌既是功能性的，又具有一种源于自然力的雕塑感。

基于人流分析的广场铺地：用模拟人群活动轨迹的方式参数化生成铺地图案的变化密度，在人流密集区使用更耐磨、防滑的材料和构造，将人流线视觉化，形成动态的、有功能指示性的地面艺术。

这样的建构途径使环境艺术形式不再是肤浅的装饰，而是内在环境性能的直接外化，实现了功能与形式的深度统一。

3.2 参数化表意

这条线侧重于用参数化工具做文化意象、情感表达的艺术探索。设计师把某种文化符号、自然意象或者情感模式转化成算法规则，用计算机来生成符合现代审美同时又带有文化深度的空间形态。

文化符号的转译与再生，比如把中国传统纹样（云纹，冰裂纹）的生成逻辑抽离出来，转化为算法，然后应用到景观护栏，室内隔断，灯具等设计中去，生成无数种变化但又神韵相通的形式，从而实现传统文化的当代转译。

地域性材料的数字化表达，对当地材料的肌理、砌筑方式进行分析，得到其规律并参数化，用这些规律来生成新的砌体图案或者墙体组织形式，使新建环境与地域文脉之间建立起数字层面的联系。

情感化空间的产生，即根据曲线的曲率、构件的疏密、光线的强弱等参数的变化来对应不同的感情氛围（舒缓、紧张、欢快），进而产生能够引起特定情绪反应的空间场景。

参数化表意拓展了环境设计的叙事能力，使技术成为承载文化与情感的新媒介。

4 虚拟实的艺术建构维度

4.1 空间叙事重构

VR技术使设计师可以打破物理的限制，去构建非线性的、富有想象力的空间序列。在博物馆、展览馆的环境设计当中，设计师可以借助VR预先体验多种参观流线，精心安排空间的开合、明暗、视角转换，像电影导演一样构筑起承转合的空间叙事节奏，引导观众的情绪变化，让“游览”过程本身成为一场沉浸式的艺术体验。

4.2 实时交互艺术

VR的交互性给环境艺术增加了动态、参与的维度。方案阶段设计师可以与虚拟环境中的元素进行实时互动，移动家具、更换材质、调节灯光等。更进一步，可以设计一些有艺术性的交互节点，例如当参与者触摸到虚拟的墙面上的时候，墙面上就会出现光影涟漪或者播放一段音效。把交互设计引进到环境艺术当中，就等于消融了艺术与媒介之间的界限，创造出一种前所未有的参与性艺术。

4.3 方案预见与优化

VR最直接的艺术建构作用就是预见性和精确性。在项目建成之前，设计师、业主、潜在使用者就可以一起进入VR环境，从人的真实视角去审视设计。可以评价材质的真实感，空间比例，光环境舒适度。所见即所得的体验在设计过程中就可以及时发现设计中不协调、不美观的细节，从而在施工前做精准的优化，保证最终落成的环境作品在艺术品质上达到甚至超过预期的效果。它本质上就是把艺术评判的标准提前，并交由最广泛的“体验者”来完成。

5 结论与展望

5.1 研究主要结论

参数化建模与虚拟现实技术凭借各自的“生成逻辑”和“沉浸体验”，塑造出不一样的技术美学内核，给环境设计的艺术建构赋予了新的理论支撑和操作手段。

参数化建模依靠“性能化建构”和“参数化表意”这两条途径，把环境艺术由形式表象推进到内在逻辑与文化表达的深层融合当中去。

虚拟现实技术用“空间叙事重构”、“实时交互艺术”、“方案预见优化”这三个方面把环境艺术的价值核心重新定位到人的实际空间体验上。

参数化加VR的组合产生出“生成-体验-迭代”的闭环式设计流程，这是数字技术助力环境艺术创建最有前途的发展走向，它达成了一种理性与感性、生成与评价的螺旋式上升态势，从而明显改善了环境设计的艺术品质和创新水准。

5.2 研究的局限性

本研究主要是对理论框架的构建和探索，存在以下不足之处，首先引用的案例大多是理论推演或者基于公开资料的二次分析，没有一手项目实证数据的支持。其次，对于参数化和VR协同的具体技术实现路径（软件平台间的数据无缝对接、实时渲染效率等）没有做深入的探讨。除了设计阶段之外，对于两项技术在施工建造阶段、运营维护阶段等全生命周期内对于环境艺术价值延续的作用有所欠缺。

5.3 未来展望

未来的研究可以按照如下方向继续进行：其一，通过行动研究法开展具体的工程项目，检验和完善本文所提出的工作模式。第二，探索人工智能技术在参数化算法生成、VR智能体验分析等方面的应用，进一步发展“AI辅助的环境艺术生成与评价系统”。第三，拓展研究视角，研究参数化与VR技术在环境设计中促进公众参与、实现社会价值方面的艺术潜力。随着元宇宙概念的出现，基于参数化和VR技术创造出来的、具有很高艺术性的虚拟环境本身，也可能会成为未来环境设计的一个新领域，值得继续关注。

参考文献

- [1] 陈增辉. 基于数字虚拟技术的环境艺术设计研究[J]. 现代电子技术, 2020, 43(04): 134-136+141.
- [2] 杨之武, 鲁家成. 虚拟现实技术在环境艺术设计中的应用[J]. 滁州职业技术学院学报, 2025, 24(01): 70-73.
- [3] 徐林玉. 虚拟现实技术在环境艺术设计中的应用[J]. 上海包装, 2024, (09): 37-39.
- [4] 柳照娟. 数字技术支持下的环境艺术设计专业教学模式探讨——以高职院校植物景观设计实务课程为例[J]. 美术教育研究, 2025, (15): 156-158.
- [5] 张平青, 王洋. 新质生产力赋能环境设计专业人才培养策略研究[J]. 高教学刊, 2025, 11(20): 159-162.

- [6] 刘柳, 雷体洪, 向澄. 数字赋能建筑设计类课程高质量发展研究[J]. 现代教育前沿, 2024, 5(4): 60.
- [7] Uribe V, Figueroa P, Gomez V. The influence of metaverse environment design on the quality of experience in virtual reality classes: a comparative study[J]. Frontiers in Education, 2024, 91451859-1451859.
- [8] Zhang Z. Research on the Application of Virtual Reality Technology in Architectural Courses of Environmental Design Major[J]. Journal of Frontier Disciplines Research, 2025, 2(2): 99-101.
- [9] 李智. 参数化符号学在虚拟现实技术中的应用探究[J]. 科技视界, 2018(34): 3.
- [10] Chen Y. Innovation of Environmental Design Education under the Background of Virtual Reality Technology[J]. Education Journal, 2023, 6(5).
- [11] Yuxuan Z, Bo X, Xinming L. Integrating Virtual Reality and Consensus Models for Streamlined Built Environment Design Collaboration[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2024, 150(4).
- [12] 肖莎莎, 张国翠, 宋晓丽, 等. 数字艺术"愈"见未来[J]. 文化产业, 2025(6): 100-102.
- [13] 刘晓东. 新质赋能: 艺术设计的范式转换与价值锚点[J]. 东华大学学报(社会科学版), 2025, 25(1): 98-98.

^{1,*} 第1作者简介: 石晓宁 (2005-), 女, 学士在读, 山东理工大学, 研究方向: 环艺设计。E-mail: 1962780657@qq.com。