参数化与智能化协同的景观生成式设计*

——以晋城市康养中心石景庭院为例

袁旸洋[1,2] 毛婧雯[1] 董则奉[3] 洪仟雨[1] 张心宇[3] 姚思丹[1]

(1. 东南大学建筑学院，南京 210096；2. 江苏省城乡与景观数字技术工程中心，南京 210096；3. 上海园林（集团）有限公司第一分公司，上海 200001)

摘要：【目的】为解决现有景观生成式模型存在空间认知与设计逻辑构建能力不足的问题，构建一种参数化与智能化协同的生成式设计方法。【方法】以晋城市康养中心石景庭院为案例，首先，基于 Grasshopper 平台，结合 Random、Voronoi 等算法完成景石的参数化布局生成，形成可解释、可调控的空间结构；其次，借助 ComfyUI 平台，利用 Stable Diffusion 模型，通过 LoRA 微调方法与 ControlNet 模块实现多方案的快速生成与多样化表达。【结果】参数化方法能够在保持空间结构逻辑稳定的前提下高效生成多种布局方案；Segmentation 模块在保持原有景石布局的基础上，可有效提升植物配置与层次深化效果；当 CFG 值控制在 8~10 时，扩散模型在风格表达与图像质量之间取得较优平衡。【结论】构建的“规则可控+多样生成”的生成式设计框架，实现了从空间结构生成到景观风格表达的连续设计过程，为景观生成式设计提供了一种兼具可解释性、可控性与高效性的技术路径。

关键词：人工智能；生成式设计；空间结构；Grasshopper；Stable Diffusion

DOI：10.12169/zgcsly.2026.01.14.0002

A Generative Design Method Combining Parametric Design and Artificial Intelligencefor Landscape Architecture: A Case Study of the Rockery Garden of Jincheng Health and Wellness Center

Yuan Yangyang[1,2] Mao Jingwen[1] Dong Zefeng[3] Hong Qianyu[1] Zhang Xinyu[3] Yao Sidan[1]

(1. College of Architecture, Southeast University, Nanjing 210096, China; 2. Jiangsu Engineering Center for Digital Technology of Urban-Rural and Landscape, Nanjing 210096, China; 3. First Branch of Shanghai Garden Group Co., Ltd., Shanghai 200001, China)

Abstract: 【Objective】 To address the insufficient spatial cognition and weak design-logic construction in existing generative models for landscape architecture, this study aims to develop a collaborative generative design method integrating parametric and intelligent approaches. 【Method】 Taking the Rockery Garden of the Health and Wellness Center in Jincheng City as a case study, parametric layout generation of rockery elements was first implemented on the Grasshopper platform using algorithms such as Random and Voronoi, forming an interpretable and controllable spatial structure. Subsequently, with the support of the ComfyUI platform and the Stable Diffusion model, rapid generation of multiple design schemes and

收稿日期：2026-01-14

* 基金项目：国家自然科学基金项目（52278011）；东南大学“至善青年学者”支持计划（2242023R4002）

通信作者：袁旸洋，女，1987 年生，博士，副教授，硕士生导师，研究方向为风景园林规划设计及理论、数智景观技术、城市蓝绿空间。E-mail：yyy@seu.edu.cn

董则秦，男，1987 年生，上海园林（集团）有限公司第一分公司技术中心经理，绿化林业高级工程师，研究方向为园林数字化技术。E-mail：460184713@qq.com

diversified visual expressions were achieved through LoRA fine-tuning and the ControlNet module. 【Result】 The parametric method efficiently generated multiple layout schemes while maintaining stable spatial structural logic. The Segmentation module effectively enhanced planting configuration and spatial layering while preserving the original rockery layout. When the CFG scale was controlled within the range of 8-10, the diffusion model achieved a favorable balance between stylistic expression and image quality. 【Conclusion】 The proposed generative design framework characterized by rule-based controllability and diverse generation enables a continuous design process from spatial structure generation to landscape style expression. It provides a technical pathway for generative design in landscape architecture that is interpretable, controllable, and efficient.

Keywords: Artificial Intelligence; Generative Design; Spatial Structure; Grasshopper; Stable Diffusion

近年来，以人工智能（Artificial Intelligence，AI）等技术为核心驱动力的第 4 次工业革命迅速渗透至传统专业设计领域，推动行业面向数据化、智能化的转型。

生成式设计（Generative Design）作为一种以算法为驱动的设计方法，通过设定明确的目标、约束条件与设计规则，借助计算机自动生成多种设计方案[1]。在早期研究中，生成式设计主要依托参数化设计方法实现。参数化设计强调理性控制与结构化生成，通过改变初始条件并由计算机自动执行计算，实现设计的高效迭代与自动化[2]。参数化设计方法以科学分析为基础，融合设计实践与研究过程，被广泛应用于景观规划、路径生成、构筑物建造等设计场景[3-5]。然而，参数化方法在面对多要素、复杂场景的生成时，难以快速生成完整且复杂的方案。近年来，为提升生成效率与优化性能，相关研究在参数化设计框架下引入遗传算法、多目标优化等计算方法，以实现绿地优化设计[6]、街区空间形态优化[7-8]及城镇开发边界划定[9]等生成过程的自动化与性能导向优化。上述研究仍建立在规则建构与参数控制基础之上，通过算法调控减少人工反复调整过程，推动生成式设计由“人工调控”向“自动优化”阶段演进。

人工智能技术的发展进一步推动生成式设计向智能化方向演进。与参数化设计通过显式规则控制生成过程不同，智能化设计方法基于机器学习从大量样本数据中提取潜在设计模式，使系统具备从经验数据中学习隐性知识并自动生成方案的能力[10-11]。在方法层面，智能化设计则通过模型训练获得生成机制，使生成式设计由“规则驱动”逐步转向“数据驱动”。

根据基本算法逻辑可将人工智能技术分为分析式和生成式 2 种类型。分析式人工智能可深度分析多维度数据，已逐步成为辅助设计决策的重要工具[12-13]；生成式人工智能展现出强大的跨场景适应与创新能力，可高效可视化并实现自动化的方案生成。基于生成式算法的智能化设计在应对复杂设计场景时显示出更综合的设计生成能力[14]，在建筑形态生成[15]、城市空间布局优化化[16-17]，以及景观要素融合生成[18]等方面展现出较强的设计生成能力。同时，生成式人工智能能够在较低数据规模与训练成本条件下输出符合特定设计约束与审美偏好的方案，从而提升生成结果的专业匹配度与定制化水平[19-20]。这些进展推动着设计领域从以经验为主的传统模式向数据驱动、智能生成的新模式转型。

尽管生成式人工智能在图像构图与风格生成方面表现突出，但在设计应用过程中难以融入场地条件、空间逻辑，生成的结果近似于创意表达的“绘画”而非具有严密设计逻辑的“图纸”[21]，也就无法满足设计深化与施工转化的需求。因此，单一依赖图像生成模型与实际设计中的系统性与可控性需求具有较大差距，这也是基于人工智能的生成式设计方法在面对景园设计实践时的困境[22]。基于此，本文尝试将参数化算法的逻辑建构能力与智能化算法高效的创新生成能力在设计中进行协同，构建一种兼具可解释性、可控性与高效性的景观生成式设计方法。

1　研究案例与方法

1.1　案例概况

以山西省晋城市康养中心的石景庭院为研究

案例。晋城市康养中心绿化总面积近 3.5 万 m^2，石景庭院位于园区南部中庭核心，面积约 560 m^2。庭院场地整体地形较为平整，标高变化较小，尺度相对紧凑，四周被建筑围合，形成半开放式庭院空间（图 1）。根据总体规划设计，该庭院为石景主题庭院，即以石为主题造景元素，结合植物、水体、铺装等组合形成中式庭院景观，强调通过组织景石营构空间结构与视觉焦点，生成空间意境。

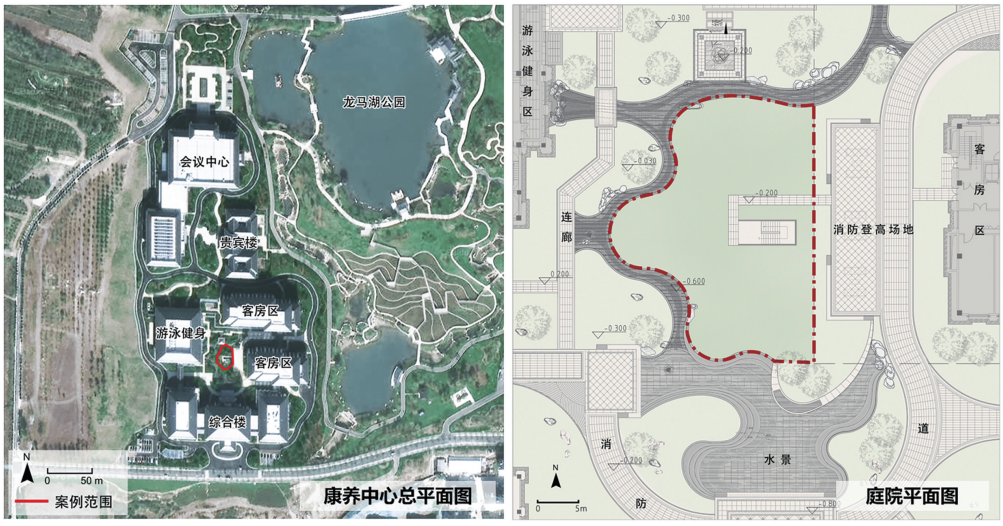


图 1 晋城康养中心总平面及石景庭院平面

1.2 技术路径

中式石景庭院中，置石是造景的核心要素，可视为最小空间单元，而置石之间的位置关系及整体布局可抽象为景园空间的位置关系与整体结构。基于此，本文构建了“规则可控+多样生成”的协同设计框架，以形成从空间结构生成到景观风格表达的连续技术路径（图 2）。首先，基于 Grasshopper 平台，结合 Random、Voronoi 等算法完成景石的参数化布局生成，通过明确的参数规则与空间约束实现空间结构的可控构建；随后，借助 ComfyUI 平台，利用 Stable Diffusion 模型，通过 LoRA 微调方法与 ControlNet 控制模块进行多方案的快速生成与多样化表达[23-24]，在保持空间结构逻辑稳定的前提下实现景观风格的灵活输出。通过调整训练步数并多次迭代，该框架可在较短时间内生成多个石景庭院设计方案，实现参数化方法逻辑建构能力与智能化算法高效生成能力的协同。

1.2.1 参数化布局生成

参数化景石布局算法流程主要包括景石单体塑形、主景石点位生成、次景石点位生成、景石布局优化调整 4 个环节（图 3）。首先，结合景石长、宽等参数构建基础矩形并拉伸成体；再利用 Deconstruct Brep 拆解，经 Populate 2D 在表面布点，并处理点数据；接着提取特定点，以 sIHull3D 构形凸包算法生成景石外形，最后对景石单体进行外形平滑处理，实现主景石从基础形体到精细塑形。其次，运用 GH 中的 Populate 2D 函数在设计范围内随机生成若干点位，作为主景石的候选位置；之后通过调整点位数量控制景石间的疏密关系，使用 Random 函数从中筛选出最终点位；生成主景石点位后，再采用 Voronoi 算法以主景石点位为中心生成泰森多边形；在每个泰森多边形范围内使用 Populate 2D 函数随机生成次景石候选点位，并通过 Random 函数筛选，完成次级石点的初步布置。最后，优化整体景石布局，计算主、次景石的向量与距离，对次景石位置、分布角度及放置方向进行调整后生成景石布局方案（图 3）。上述步骤涉及的参数如表 1 所示。

1.2.2 智能化方案生成

景石布局生成之后，首先通过大语言模型 ChatGPT 生成由图像生成的文本提示词；而后基于 Stable Diffusion 模型，采用 LoRA 微调方法对 SD 模型参数进行高效优化，并结合 ControlNet 模块，将设计图纸中的平面布局、线条、材质等结构信息作为条件输入，以增强生成过程的可控性（图 4）。通过调整训练步数并多次迭代，最终生成多个石景庭院设计方案。

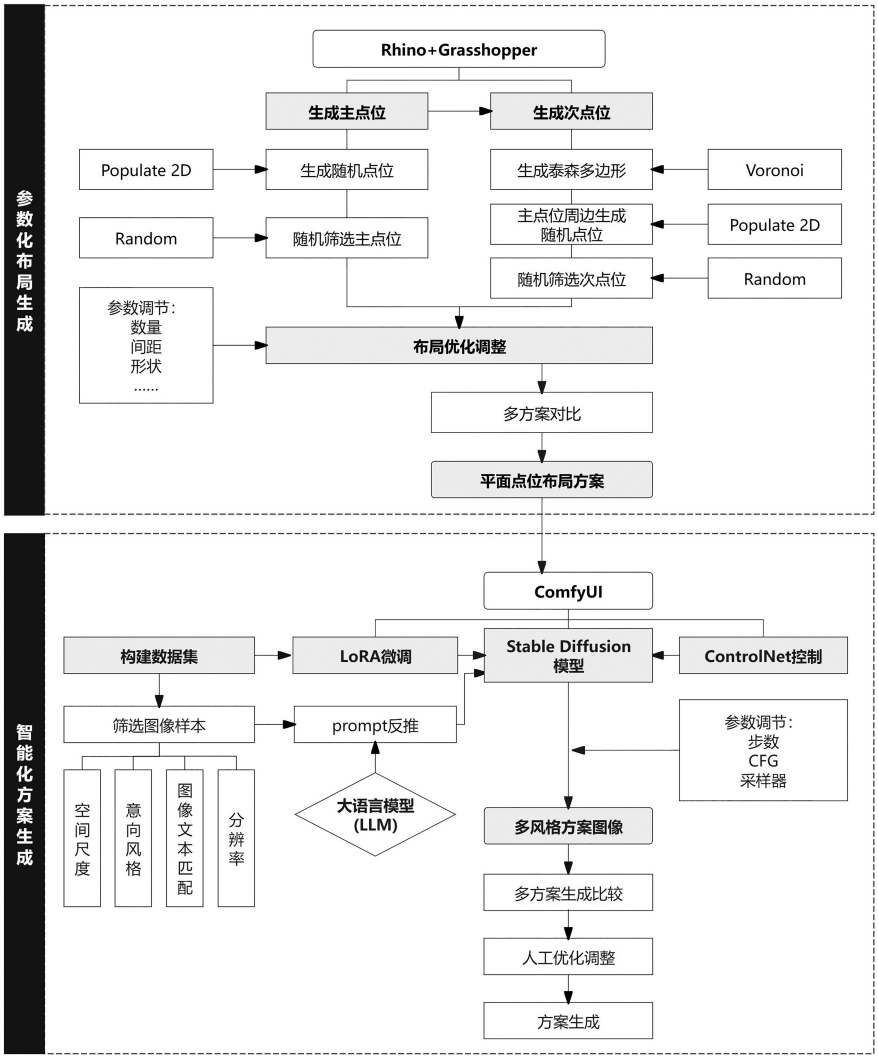


图 2　石景庭院生成式设计技术路径

表 1　参数化布局生成的算法函数与涉及的参数

布局生成环节		算法函数	涉及的参数
景石单体塑形		凸包算法	a：景石长；b：景石宽；c：景石高
主景石点位生成		Populate 2D 运算函数、Random 运算函数	n_1：总平面范围内随机生成的主景石候选点数量；N_a：最终选取的主景石点位数量；Seed：随机函数种子参数
次景石点位生成		Voronoi 运算函数、Populate 2D 运算函数、Random 运算函数	n_2：单个泰森多边形内随机生成的次景石候选点数量；N_b：单个主景石组合内最终选取的次景石点位数量；Seed：随机函数种子参数
布局优化调整	主/次景石疏密关系调整优化	向量计算、距离校验算法	x：景石位移距离调整参数（取值范围 −100～100）；d：主/次景石三维模型长边长度（重合校验阈值）
	主/次景石布局形式调整优化	夹角计算、布局规则校验算法	θ_1：主景石周围次景石之间的夹角（剔除规则：0°～30°、150°～180°范围内自动剔除点位）
	主/次景石放置角度调整优化	Orient 运算函数、Rotate 运算函数	θ_2：景石模型与世界坐标轴 X 轴的初始夹角；y：景石旋转角度调整参数

1）基于大语言模型的概念生成。借助大语言模型 ChatGPT4，将项目的基本条件与预期效果转化为文字输入，由模型生成相应的提示词，进一步引导设计风格方向与概念构思。本次设计拟生成自然草本式、混合花境式、彩植组团式和单色绿篱式 4 种不同的庭院景观风格。使用 ChatGPT4 撰写庭院方案概念提示词如表 2 所示。

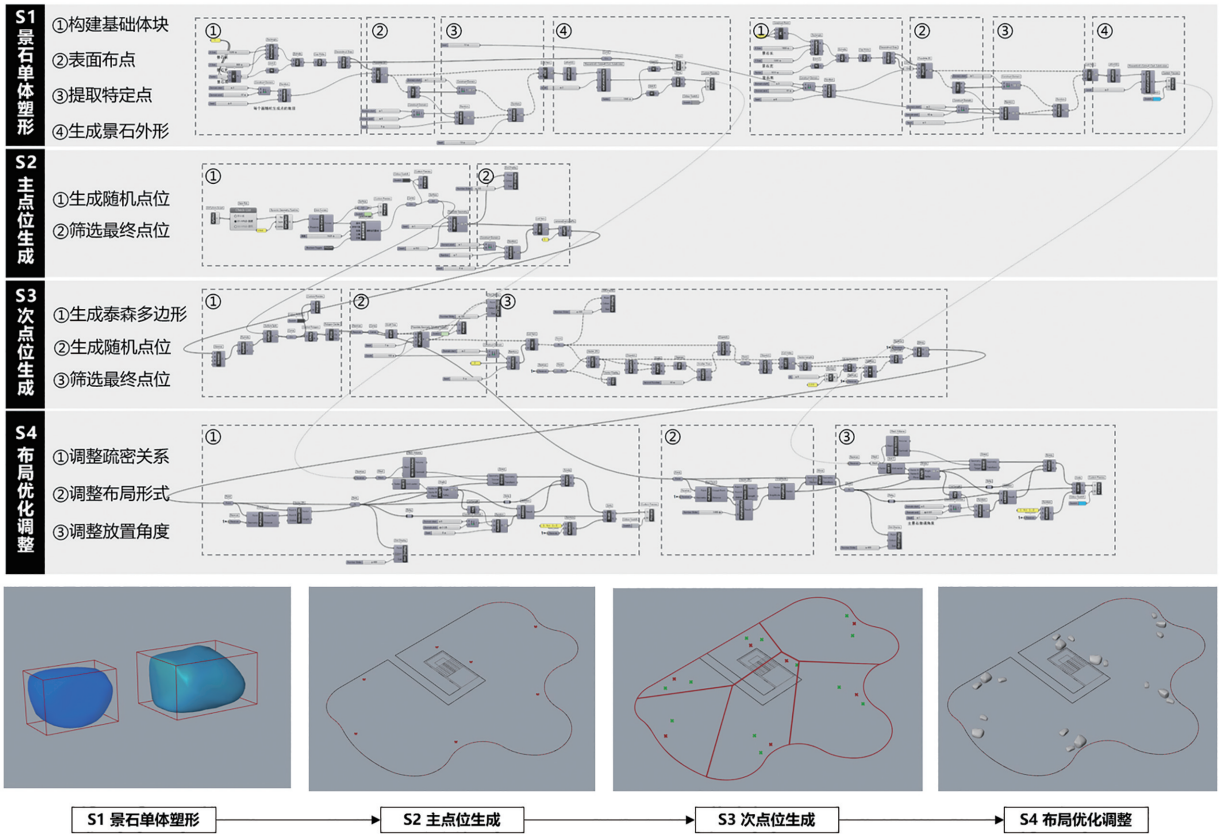


图 3 基于 Grasshopper 的景石布局参数化生成

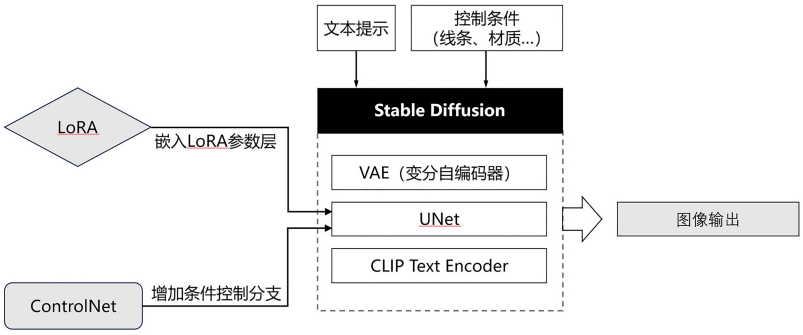


图 4 LoRA、ControlNet 协同 Stable Diffusion 图像生成

表 2 基于 ChatGPT 的方案概念提示词

场景风格	提示词
自然草本式	naturalisticlandscape garden, ornamental grasses, overgrown native grasses and wildflowers
混合花境式	a green lawn courtyard with mixed flower borders planted in flowing curves, perennials, ornamental grasses, surrounded by lush greenery, naturalistic landscape style
彩植组团式	neatly trimmed green hedge as a background or border, group planting with colorful shrub spheres and tall trees,loropetalum balls, golden duranta balls, green boxwood balls, vibrant ornamental shrubs with varying colors and textures, oblique aerial view of tall camphor trees with light canopies and visible swim_trunks
单色绿篱式	several tall Camphor trees surrounded by a group of small-area neatly trimmed hedges, formal garden layout, Irregular and well-shaped trees, clean and orderly environment

2）LoRA 权重文件训练。为提升方案生成的空间尺度与风格特征适应性、增强场景表达能力，采用 LoRA 方法对 SD 模型进行微调。首先，构建符合目标设计语境的数据集。从网络资源中筛选大量具有代表性的中式庭院图像，按照自然草本式、混合花境式、彩植组团式和单色绿篱式 4 种

不同风格的进行分类；在数据集构建中，优先选择鸟瞰视角图像，该视角能够减少遮挡与透视畸变，有利于模型准确提取空间结构特征，提升生成结果的可控性与可靠性；将图像数据裁剪为符合训练输入要求的统一分辨率，共得到 52 张、分辨率为 512×512 的图像构建的中式庭院数据集。然后，为图像匹配文本标签，得到对应的图文匹配数据集。在训练平台 SD-Trainer 中进行 LoRA 训练，选择 RealisticVisionV6.0 为基底模型，仅对添加的 LoRA 层进行训练，使模型逐步学习并融合所需的空间感、尺度比例与景观元素特征；检查模型的损失函数，当其在训练过程中已基本收敛并趋于稳定、能够有效表征目标特征且未出现明显过拟合时，即导出最终的 LoRA 权重文件（图 5）。LoRA 权重文件可在训练阶段灵活加载并对 SD 模型进行微调，实现对不同设计风格或空间语义的快速调用与切换。

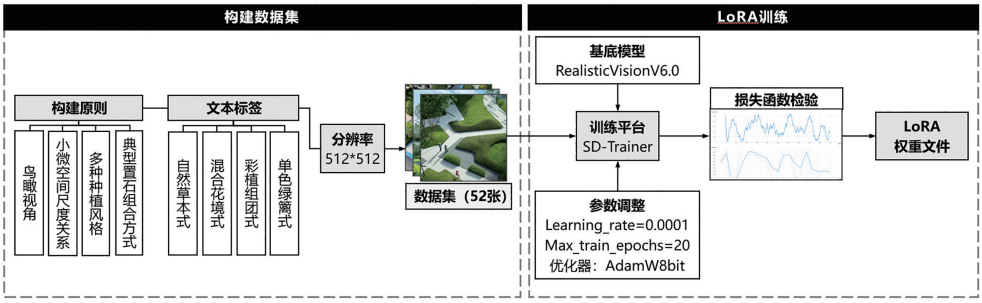


图 5　数据集构建及 LoRA 训练流程

3）搭建石景庭院方案生成工作流。在 ComfyUI 中构建 Stable Diffusion 模型、LoRA 方法和 ControlNet 模块协同的石景庭院方案生成工作流。

2　结果与分析

2.1　参数化布局生成

基于同一场地与参数设置条件，通过调整景石数量、点位分布及随机参数，可得到多种具有差异性的置石方案（图 6），为庭院景观设计提供多样化的空间组织方式。

在 Voronoi 算法的控制下，主景石点位作为生成泰森多边形的中心，将场地划分为若干相互独立的空间单元。各主景石在空间中的分布相对均衡，能够有效避免景石过度集中或过于稀疏的情况，从而形成较为稳定的空间骨架结构。在此基础上，次景石在各泰森多边形内部随机生成，并通过随机筛选与参数控制进行优化，使次景石围绕主景石形成具有一定层次关系的组合布局。

从生成结果来看，参数化方法能够在保持整体布局逻辑一致的前提下，产生多种不同的空间组合形式。各方案在景石密度、空间节奏及视觉重心方面呈现出一定差异，但总体上保持了较好的空间均衡性与自然分布特征。这种基于算法的布局方式不仅提高了设计效率，也为设计师在早期方案阶段提供了更多可比较与筛选的设计可能性。

2.2　智能化方案生成

2.2.1　不同 ControlNet 模块的方案生成结果对比

为探讨不同输入条件在设计表达中的适用性，研究对比了 Canny、SoftEdge 和 Segmentation3 种 ControlNet 模块的图像控制效果（图 7）。在模块强度为 0.8～1.0 时，Segmentation 能够在保证原有景石布局平面方案不变的基础上，进一步通过植物的种类配置和层次搭配深化方案整体效果，生成的方案效果符合预期；SoftEdge 相对更灵活，其通过对原始方案边缘特征的重新解析与调整，能够生成更具变化性和完整性的植物配置方案，但不完全保留原有空间布局，并且在迭代过程中景石容易被错误识别为灌木或者其他要素，生成结果与原方案的适配性不高；而 Canny 对线条结构的控制能力相对较强，能够提取边缘轮廓精准限定景石位置，同时保持原方案的空间格局与结构关系，但对景石周边环境的深化存在一定局限，即过强的线条控制会显著抑制植物景观的生成，且当模块强度>1.0 时几乎无法生成植物景观，而当模块强度在 0.6～0.8 时虽然能生成少量植物，但整体效果依然欠佳。

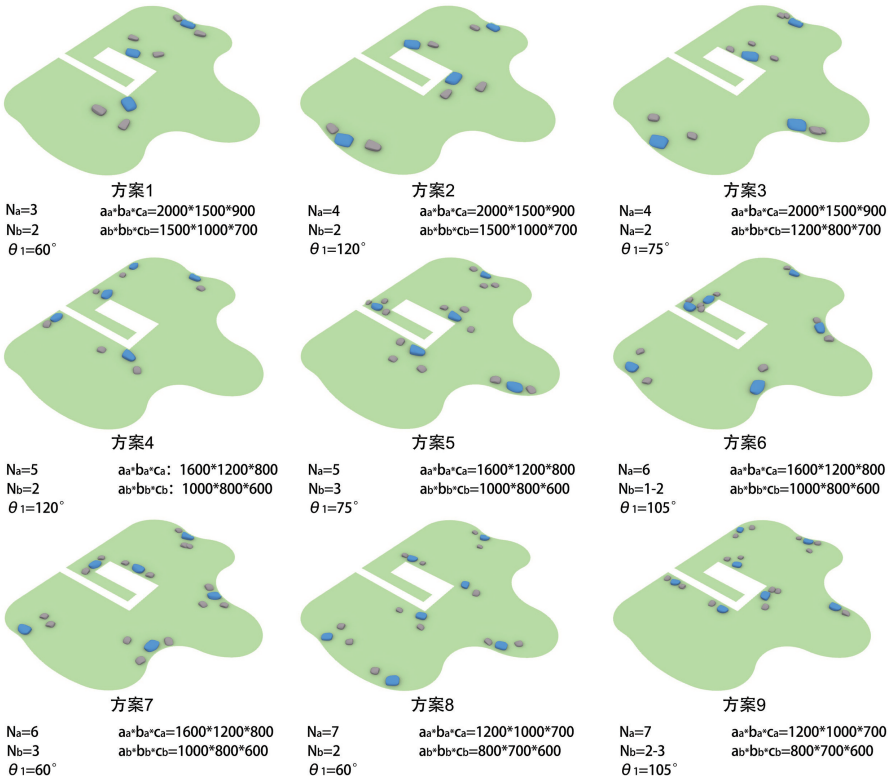


图 6　多个景石布局平面方案的快速生成

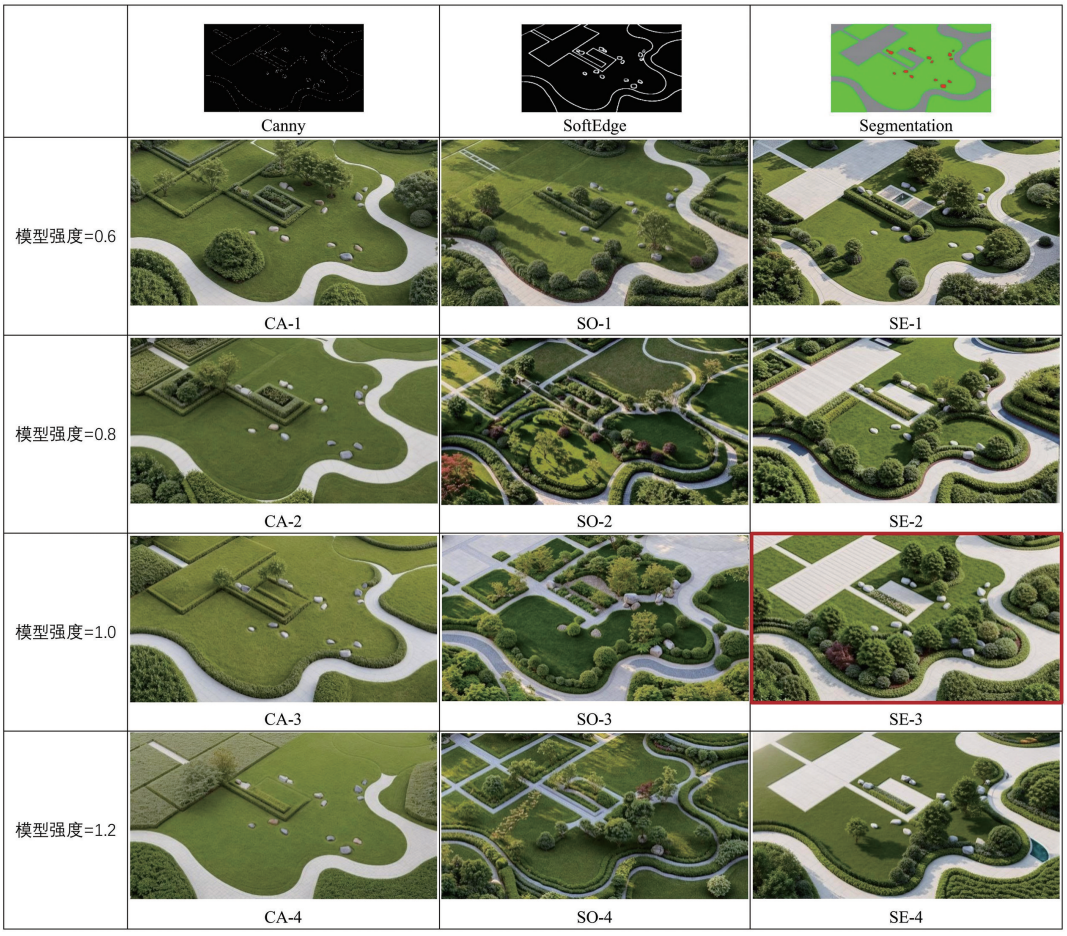


图 7　不同 ControlNet 模块生成结果比较

综上，Canny 在保持线条结构和空间格局方面具有较强的控制能力，低强度下可在方案推敲阶段快速将草图转为效果图；SoftEdge 则更具灵活性和表现力，能够生成变化丰富的意象性方案，但因其对原有布局的保持能力不足，更适合用于设计初期的意向表达与空间布局的细化；Segmentation 在控制效果和方案深化方面更为突出，能在不改变原有景石布局的前提下保留材质信息，并通过植物配置和层次搭配有效提升方案的整体效果（表 3）。因此，根据本次设计的特点，采用 Segmentation 模块生成的 SE-3 进行后续的方案深化。

表 3　ControlNet 模块种类、原理及其适用场景

类型	原理简述	适用场景
Canny	利用 Canny 边缘检测算法提取图像的显著轮廓边缘，强调边界清晰度	方案推敲阶段
SoftEdge	基于神经网络的边缘检测方法，提取更柔和、连续的边缘信息	空间布局细化
Segmentation	利用语义分割模型将图像根据材质划分为不同语义区域	方案深化、图纸出图阶段

2.2.2　不同分类器自由引导强度条件下的方案生成结果对比

基于 ControlNet 模块对比试验的结果，后续方案生成采用 Segmentation 模块，以材质作为输入条件来控制生成图像，使生成结果在整体空间布局上与原方案保持一致。输入不同庭院风格的提示词并调整参数，生成自然草本式、混合花境式、彩植组团式和单色绿篱式 4 种不同风格的庭院景观方案（图 8）。图像在不同的分类器自由引导强度（Classifier-Free Guidance，以下简称 CFG）下生成，反映了文本引导强度对图像风格与细节表现的影响。整体而言，在 CFG 值由 6～12 的变化过程中，图像生成质量呈现出明显差异：当 CFG 值较低（≤6）时，生成结果具有较高自由度，但细节模糊、边缘不清，风格表达不够精准；在中等 CFG 值（8～10）下，图像在风格呈现与细节表现之间实现良好平衡，内容清晰、空间逻辑合理；而当 CFG 值过高（≥12）时，尽管细节和轮廓更加精致，但图像过于受提示词控制，容易出现元素堆砌和空间关系失真等问题。研究结果显示，通过 LoRA 方法对 SD 模型微调，模型能更好地捕捉植物配置、景石形态与景观空间布局的细节特征，生成结果显著优于未经微调的 SD 通用模型。因此，该景石庭院最终确定以绿篱式风格方案中的 MH-3 作为后续深化设计方向，建成后效果如图 9 所示。

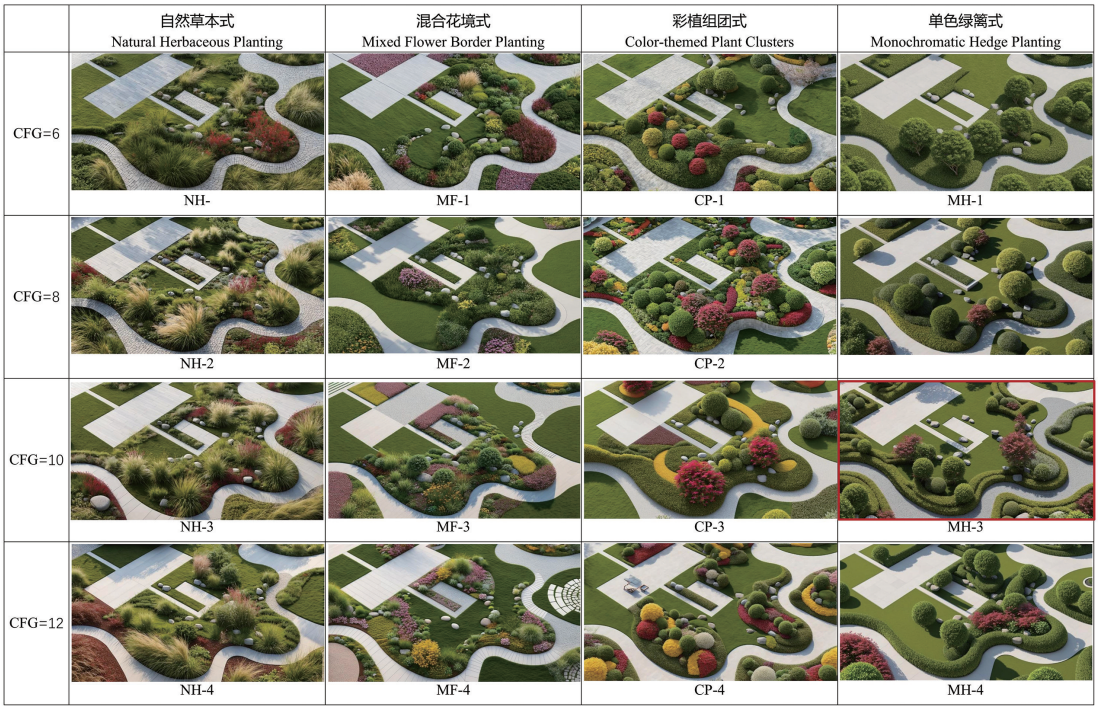


图 8　不同 CFG 值下多方案生成结果



图 9 石景庭院建成效果

3 讨论

3.1 参数化与智能化协同的生成式设计方法在石景庭院设计中的优势

本研究构建的面向石景庭院设计的生成式设计流程能够在保持空间结构逻辑稳定的前提下，提高设计方案生成的效率与多样性。参数化布局方法为庭院提供了清晰的空间骨架与结构约束，确保景石分布均衡并形成可实施的设计基础；而基于条件控制与轻量化微调的智能化生成方法在此骨架上实现多样化庭院风格表达，并提升生成方案对专业景观特征的适配能力。两者协同使生成方案既保持空间结构逻辑，又具备丰富视觉表现，这种组合优势是单纯参数化或单纯智能化方法难以实现的。相比以往仅依赖图像生成模型或参数化规则的研究，本方法兼顾了方案可控性、生成效率与风格表达能力，为石景庭院设计提供了一种高效且可操作的生成式设计路径。

3.2 基于景园空间的参数化与智能化协同生成逻辑

本文将置石视为最小空间单元，而置石之间的位置关系及整体布局抽象为景园空间节点的关系与整体结构。在小尺度庭院空间中，石景庭院作为高度凝练的空间类型，其空间组织特征具有一定的代表性，能够以相对明确的空间节点、结构关系与控制参数反映景观空间生成逻辑。景园空间可解构为由空间节点“点”与节点之间的连接关系“线”共同构成的整体。如将古典园林空间结构解读为由单元空间和边界联接而成的网络，从而建构从局部到整体的园林空间层级结构，以解释复杂的空间组构秩序[25]。此外，景园空间的整体组织可以从拓扑学的角度进行解读，即经过拓扑形变依然保持空间原有的层次关系和组织关系。

3.3 生成式人工智能在景观设计中的适用性

尽管本研究验证了参数化与智能化协同的生成式设计方法在庭院景观设计中的可行性，但实验结果也反映出当前生成式人工智能技术在景观设计应用中的适用条件与边界。在生成机制方面，扩散模型仍具有较强的“黑箱”特征，模型内部的特征学习与决策过程难以被设计师完全理解与控制。这种不透明性在复杂设计任务中可能导致生成结果与设计意图之间出现偏差，因而在需要精确逻辑约束的设计环节中更适合作为辅助工具而非独立设计主体。在空间逻辑表达方面，当前技术仍以视觉特征匹配为主导，在部分情况下仍存在空间关系偏移问题，说明其更适用于概念表达、风格探索及方案比选等阶段。

综上，在当前技术条件下，生成式人工智能更适合嵌入设计流程的特定环节，而难以独立完成全流程的设计任务。设计师仍需对算法生成结果进行筛选、调整与深化，以保证方案的空间逻辑与建造可行性。明确技术的适用边界，有助于更理性地将人工智能工具整合入景观设计实践。

4 结论与展望

本文构建了“规则可控+多样生成”的协同设计框架，有效协同了参数化方法的逻辑建构能力与智能化算法的高效生成能力；验证了协同方法在庭院景观设计中的有效性；提出了基于景园

空间结构的参数化与智能化协同生成逻辑，为风景园林生成式设计提供了一种兼具可解释性、可控性与高效性的技术路径。

本研究也存在一定局限性：首先，案例尺度较小（约 560 m^2）、要素相对单一（以景石为核心），所提出的方法框架仍需在更大尺度与多类型场地中加以丰富、验证与扩展；其次，生成实验主要基于二维平面图像进行，对于地形高差、空间尺度关系及三维景观体验等因素尚难以准确反映。未来研究将进一步在复杂场地中验证该方法的适用性，有望在以下方向取得突破：一是从二维图像生成向三维可控生成拓展，通过融合地形、尺度与功能等多维约束，提升对复杂景观空间逻辑的建构能力；二是构建兼顾性能指标与设计目标的综合评估体系，增强生成结果的可解释性与可比性，为方案筛选提供客观依据；三是建立人机协同与反馈循环机制，使人工智能不仅作为设计工具，更成为能够与设计师共同思考、共同进化的“智能合作者”，推动景观设计实现真正意义上的智能化设计转型。

参考文献

[1]TURRIN M, VON BUELOW P, STOUFFS R. Design explorations of performance driven geometry in architectural design using parametric modeling and genetic algorithms [J]. Advanced Engineering Informatics, 2011, 25(4): 656-675.

[2]池志炜，谌洁，张德顺.参数化设计的应用进展及其对景观设计的启示[J].中国园林，2012，28(10)：40-45.

[3] DENG Y, XIE L T, XING C Y, et al. Digital city landscape planning and design based on spatial information technology[J]. Neural Computing and Applications, 2022, 34(12): 9429-9440.

[4] TANG F L, MA T, ZHANG J H, et al. Integrating three-dimensional road design and pavement structure analysis based on BIM[J]. Automation in Construction, 2020, 113: 103152.

[5]LOH N, BHIWAPURKAR P. Urban heat-mitigating building form and façade framework[J]. Architectural Science Review, 2022, 65(1): 57-71.

[6]左翔，刘晖.基于遗传算法的绿地地形设计与植物生境优化[J].北京林业大学学报，2025，47(11)：147-158.

[7]李涛，陈兆哲，王怀斌，等.基于遗传算法的传统街区空间形态优化研究：以喀什老城为例[J].城市规划，2023，47(9)：67-77.

[8]WANG R Y, HE Q S, ZHANG L, et al. Coupling cellular automata and a genetic algorithm to generate a vibrant urban form: a case study of Wuhan, China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(21): 11013.

[9]汤燕良，詹龙圣.基于耦合神经网络与元胞自动机的城镇开发边界划定：以惠州市为例[J].规划师，2018，34(4)：101-106.

[10]袁旸洋，成玉宁.过程、逻辑与模型：参数化风景园林规划设计解析[J].中国园林，2018，34(10)：77-82.

[11]陈然，罗晓敏，何越衡，等.生成式算法在风景园林生成设计中的适应性研究[J].风景园林，2024，31(9)：12-23.

[12]史舒琳，王暠，杨锐.人工智能推动中国风景园林专业发展的潜力及路径[J].中国园林，2024，40(9)：6-14.

[13]GHERMANDI A, DEPIETRI Y, SINCLAIR M. In the AI of the beholder: a comparative analysis of computer vision-assisted characterizations of human-nature interactions in urban green spaces[J]. Landscape and Urban Planning, 2022, 217: 104261.

[14]甘惟，吴志强，王元楷，等.AIGC 辅助城市设计的理论模型建构[J].城市规划学刊，2023(2)：12-18.

[15]ZHENG H, YUAN P F. A generative architectural and urban design method through artificial neuralnetworks[J]. Building and Environment, 2021, 205: 108178.

[16]杨俊宴，朱骁.人工智能城市设计在街区尺度的逐级交互式设计模式探索[J].国际城市规划，2021，36(2)：7-15.

[17]刘宇波，胡凯，邓巧明.人工智能辅助的“基于案例设计”：以深圳南头古城周边地区城市肌理织补为例[J].南方建筑，2023(10)：20-27.

[18]吴一凡，孟露，李倓.基于网络大数据与人工智能生成内容（AIGC）微调模型的绿道辅助设计路径[J].风景园林，2025，32(7)：96-105.

[19]FRANZONI V, TAGLIENTE S, MILANI A. Generative models for source code: fine-tuning techniques for structured pattern learning[J]. Technologies, 2024, 12(11): 219.

[20]申佳可，王云才.风景园林在人工智能时代的前景：智慧景观的深度画像[J].中国园林，2025，41(12)：65-72.

[21]刘雨杉，倪冰冰，凌霄，等.基于节点介导的风景园林布局生成设计研究[J].风景园林，2025，32(12)：12-23.

[22]洪齐远，夏俊豪，龙瀛.城市设计中生成式人工智能应用的进展综述[J].风景园林，2025，32(12)：24-34.

[23]ZHANG X L, WEI X Y, HU W T, et al. A survey on personalized content synthesis with diffusion models[J]. Machine Intelligence Research, 2025, 22(5): 817-848.

[24]BAO J M, CHEN D D, CHEN Y C, et al. Uni-ControlNet: all-in-one control to text-to-image diffusion models[C]//Advances in Neural Information Processing Systems 36. Neural Information Processing Systems Foundation, Inc. (NeurIPS), 2023: 11127-11150.

[25]陆邵明.上海古典园林曲水园空间结构中的网络特征[J].中国园林，2011，27(9)：60-64.