

# 绿色发展理念驱动下的生成式设计工作流程

臧之祺<sup>1,2</sup>, 丁文红<sup>3</sup>

(1. 汉口学院 艺术设计学院, 湖北 武汉 430212; 2. 云南大学 工商管理与旅游管理学院, 云南 昆明 650091; 3. 武汉科技大学 耐火材料与冶金国家重点实验室, 湖北 武汉 430081)

**摘要:**随着技术的不断发展,建筑行业正经历重大变革,信息化设计的普及使得人工智能在建筑设计中的应用成为必然趋势。文章深入探讨了将生成式设计技术应用于在可持续建筑设计全流程中的优势与必要性,对于从生成模型训练、备选方案生成、方案优化到可视化导出的全过程设计中如何应用生成设计与人工智能技术进行了介绍。结果表明:通过引入生成式设计,不仅可以提高设计效率,还可以显著提升设计解决方案的生态属性。本文结果可为工程建筑领域的可持续发展提供新的视角。

**关键词:**生成式设计; 信息化设计; 生态设计; 绿色发展理念; 可持续建筑

中图分类号: TU201.5

文献标识码: A

文章编号: 1673-8993(2024)08-0038-05

doi: 10.13402/j.gcjs.2024.08.103

## Generative design workflow based on the concept of green development in enhancing building sustainability

ZHNG Zhiqi<sup>1,2</sup>, DING Wenhong<sup>3</sup>

(1. Academy of Art and Design, Hankou University, Wuhan 430212, Hubei, China; 2. Tourism and Cultural College, Yunnan University, Kunming 650091, Yunnan, China; 3. Refractory Materials and National Key Laboratory, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, Hubei, China)

**Abstract:** As technology continues to evolve, the construction industry is undergoing significant transformation. The widespread adoption of information-based design has made the application of artificial intelligence in architectural design an inevitable trend. This article delves into the advantages and necessity of applying generative design techniques throughout the entire process of sustainable architectural design, introducing how to apply generative design and artificial intelligence technology from the training of generative models, generation of alternative schemes, optimization of schemes, to the export of visualization in the entire process of design. The results show that by introducing generative design, not only can design efficiency be improved, but the ecological attributes of design solutions can also be significantly enhanced. The findings of this paper can provide a new perspective for sustainable development in the field of engineering construction.

**Key words:** generative design, digital design, ecological design, green development, sustainable architecture

当前,随着国家对于绿色发展理念的强调,我国民众对于建筑可持续性的关注不断增加。在此背景下,建筑及相关工程建设行业的从业者们都需要重新思考如何基于绿色发展理念进行设计和创新。然而,符合这一理念的可持续建筑在设

计阶段通常需要涉及多学科的整合及跨专业合作,其复杂性远非单纯的技术障碍。传统设计方法在应对这类复杂问题时往往存在弊端,因此,在传统设计流程中引入生成式设计等人工智能技术或可以成为提升建筑可持续性、使工程建设项目契

收稿日期: 2024-05-25

作者简介: 臧之祺(1995—),女,硕士研究生,助教,从事工程管理相关研究。

通信作者: 丁文红(1967—),女,博士,博士生导师,教授,从事金属材料研发相关研究。

合绿色发展理念的关键。

生成式设计是一种基于计算机算法的智能设计方法, 设计师“不直接参与材料和产品交互”<sup>[1]</sup>, 而是通过迭代算法框架自动创建大量设计方案, 同时满足用户定义的标准和限制条件<sup>[2]</sup>; 其设计方案可以由计算机自动生成, 从而帮助设计师实现部分或全部设计过程的自动化<sup>[3-4]</sup>。随着人工智能技术的突破, 生成式设计为建筑设计带来了前所未有的前景。

当前, 关于工程建筑项目设计方案智能生成设计的研究仍处于相对初步阶段。SYDORA 和 STROULIA<sup>[5]</sup>研究了基于 BIM 的建筑内部规则性合规检查和生成式设计, 得出了利用自然语言自动生成 BIM 模型的方法及其有效性。LIGLER 和 ECONOMOU<sup>[6]</sup>研究了如何通过自动化描述 John Portman 的家庭建筑设计, 得出了在设计阶段实现风格化自动化描述的可行性。梁晏恺<sup>[7]</sup>研究了人工智能技术在建筑设计中的应用, 并以小库 xkool 为例, 得出了人工智能技术可以有效地应用于建筑设计领域, 提高设计效率和质量。然而, 以绿色发展理念为核心, 以提高建筑可持续性为目标, 将生成式设计融入全设计流程的研究相对较少。

本研究旨在深入探讨生成式设计技术在人工智能时代, 以绿色发展理念为基础, 实现提升建筑设计可持续性的应用。本文将介绍从生成模型训练、备选方案生成、方案优化到可视化导出的全过程设计流程中的具体应用, 揭示其在优化工作流程及提升建筑可持续性方面的重要作用, 旨在为建筑领域向可持续性发展的持续演进提供新的视角和宝贵经验。

## 1 生成式设计在设计流程中的应用

### 1.1 自监督学习模型

基于优秀的设计案例库进行自监督学习, 对于构建高效的生成模型至关重要。该方法旨在通过输入大量已有的优秀设计案例, 让生成模型从中寻找规律, 并最终实现自监督学习。自监督学习的关键在于制定监督条件, 以引导生成模型的学习过程。通过建立包含定性参数(如户型组合形式、建筑朝向、房间拓扑关系等)与定量参数(如

面积、房间尺寸、门窗洞尺寸、窗墙比等)的有效监督条件, 生成模型能够逐步熟悉绿色发展的相关设计理念, 并将其融入到设计方案中。

在自监督学习过程中, 定性参数将会提供关于建筑设计的整体特征和环保理念的指导。基于针对定性参数的学习, 生成模型能够理解不同户型、朝向和房间布局对于能源效率、通风等方面的影响。定量参数则会负责提供具体的数值信息, 如面积和尺寸等。通过分析定量参数之间的关系, 生成模型能够更好地优化房间布局、窗户尺寸等设计细节, 以便最大程度地提高能源利用效率并降低建筑对于环境的不良影响。

通过结合定性参数和定量参数, 生成模型能够在自监督学习过程中不断优化生成设计方案的算法, 使其更加符合环保及可持续性原则。通过引入自监督学习, 不仅减少了模型建立阶段对于人工标注数据的需求, 还使设计过程更加智能化和创新化, 为基于绿色发展理念的生成式设计带来了新的可能性。

### 1.2 生成备选设计方案

如图 1 所示, 备选方案的生成包括信息输入和方案生成两个阶段。在信息输入阶段, 需要输入条件信息和目标设定(包括设计目标和性能目标), 并通过应用自然语言处理(NLP)和知识图谱识别出关键实体和属性。通过将识别后的关键信息映射到已有的知识图谱中进行解析, 可以实现信息的结构化和转化, 并形成设计需求的参数化编码。在实际操作过程中, 首先由经训练的模型基于参数化的设计需求编码生成符合需求的初步方案, 之后通过引入限定条件库进行筛选排序, 最后交由设计师选择备选方案。

通过设计过程的参数化, 可以在方案与设计参数之间建立快速的响应机制, 以提升方案修改的反馈速率。这样的快速反馈机制可以使设计师在调整设计方案时迅速观察到设计参数的变化, 从而在反复迭代中快速进行调整和优化。如此, 不仅提升了方案修改的反馈速率, 还提高了整体设计过程的效率与协调度。快速的参数化和自动化生成弥补了传统设计方法中受限于算力和反馈速度的局限, 使设计者更加深入地探索设计的可

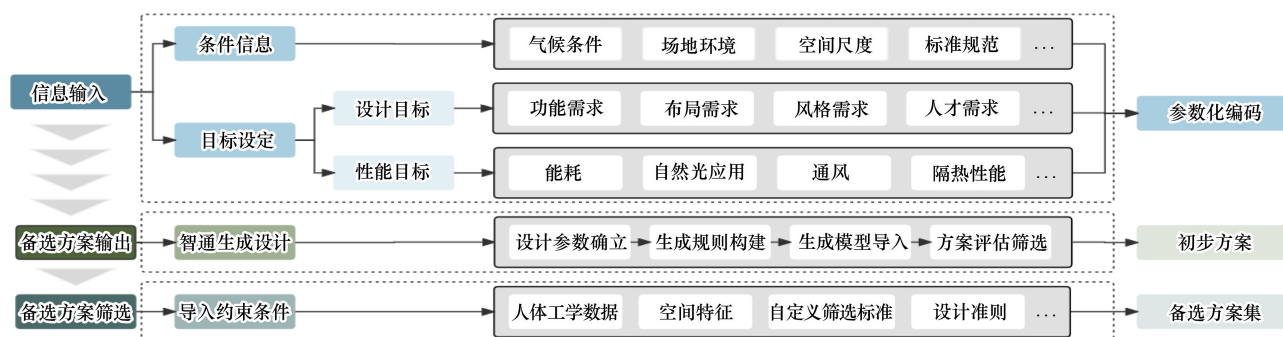


图1 备选方案生成路径

能性，为实现环保目标寻找最佳方案。

### 1.3 可变参数的识别及优化

如图2所示，经由设计师初步筛选的方案将进入下一步的优化程序，优化程序可以分为可优化参数的识别环节及具体优化环节。在实际操作过程中，首先通过识别空间架构中的内部空间可变参数和围护结构可变参数来共同确定待优化方案中的可变参数，之后通过算法选择或用户选择可优化参数进行优化。

可优化参数的识别环节中，算法将着重分析空间结构和外观设计。在设计稿中空间形态的结构参数分解的基础上，结合用户输入的限制信息和相关的优化设置，可以明确定位待优化方案中的可变参数（通常情况下，可变参数或涵盖建筑的内部布局以及围护结构）。随后，可以由设计师从待优化参数项中进行选择和优化；也可以采用基于性能参数的自动优化，通过算法直接进行性能导向的优化。

具体优化环节可以通过遗传算法（GA）对待选的可变参数进行优化。遗传算法是基于生物进化理论启发的一种算法。该算法通过模拟基因传递、交叉和变异的过程，在可选参数空间中搜索，逐

步改进和迭代设计，以达到预设的优化目标（优化目标可以涵盖最大化能源效率、满足美学和功能要求等任何用户自定义目标）。

借由遗传算法，设计人员能够在设计方案中找到更优的参数组合，进而实现更为优化的设计。该过程充分利用了人工智能技术，能够以更智能和迅速的方式探索设计空间，满足工程建设项目对于环保、美学和性能等多个维度的要求。

### 1.4 设计方案的可视化导出

设计方案的可视化是一个涵盖了设计方案本身的视觉展示及相关数据可视化呈现的概念。通过建设工程项目的环保相关数据的可视化呈现，可以建立设计选择与性能变化之间的直观联系。譬如，对设计方案进行修改时，其相关性能参数将通过可视化直观地进行呈现，从而使设计人员直观的感知到设计变动对性能的影响。同理，可视化导出也可以应用于基于性能参数调整的，可视化模型和相关信息的实时更新。

可视化模块可以将工程项目中抽象的设计参数、变量和属性转化为连贯的视觉展示。通过可视化交互，设计人员可以审查每个选定方案中的空间布局、材料选择、能源性能和环境影响。这

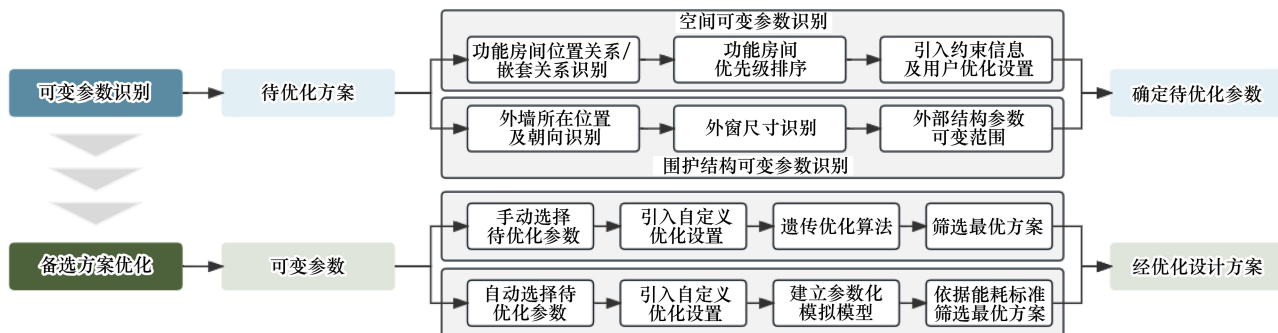


图2 方案优化路径

种沉浸式的参与将赋予设计人员批判性地评估设计成果的能力,并在设计方案中将宏观的绿色发展理念与建筑项目本身的功能需求保持一致。

2 生成式设计工作流程的优势

基于绿色发展理念的建筑设计通常会涵盖多个学科和领域。由于需要处理大量且庞杂的信息,使用传统设计方法进行可持续建筑的设计时,通常非常依赖设计人员的个人能力,且存在较大的不确定性。此外,由于性能反馈滞后,设计过程中常常需要多次反复调整,以期得到更优的设计方案。与此相比,运用生成式设计的工作流程无疑具备极大的优势(表 1)。

基于其复杂性,可持续建筑的设计可以被视作一个非确定性多项式(NP)问题。而对于结果未知、模糊或不确定的命题,在设计流程中引入算法有极大的助益。算法具有推断新知识的能力和扩展人类智力极限的能力<sup>[8]</sup>,这使其可以被用于推导、归纳、抽象、概括和结构化逻辑等工作中。通过系统的提出符合逻辑的原则,进而发展出完整的设计方案。在设计流程中,设计人员不直接参与方案设计本身,而是通过制定生成规则和限制条件来把控设计过程,控制设计方案的自动生成。这样的设计流程能够综合量化与非量化、主观与客观因素一同进行设计和决策,弥补常规状态下基于经验的设计过程所导致的设计结果偏差。

将生成设计引入建筑工程的设计流程不仅可

以提升工作效率,还可以显著的提升建筑的可持续性。譬如,在工程项目的规划阶段,可以通过制定城市设计语法代码,实现城市布局的自动生成<sup>[9]</sup>,从而选择对环境影响小的建筑地点,或者筛选已经被开发过但被废弃的地点重新开发。在设计初期阶段,可以通过快速获取大量符合要求的设计稿,并进行基于性能模拟数据的筛选和优化;生成式设计促进了绿色发展理念从设计过程的最初阶段即融入设计,并在之后的数次迭代中展现出更佳的性能。在之后的优化阶段,则可以结合遗传算法对建筑的能源效率、水使用策略及室内环境质量进行优化。并且在最终方案决策阶段,通过数据可视化生成直观的性能模拟参数,有助于量化环保指标,优选可持续性较强的设计方案。

3 结 论

本研究聚焦于基于绿色发展理念的生成设计工作流程在提升建筑可持续性中的应用,旨在探索如何借助人工智能技术完成更符合环保概念的设计方案。自监督学习生成模型的引入,可以为生成模型提供更丰富的素材和灵感。生成替代设计方案阶段的算法介入,可以使工程设计人员更迅速地进行设计修改和优化,从而更好地满足项目的环保目标。在可变参数的识别与优化阶段,遗传算法的应用使得设计人员能够在设计空间中探索更优的参数组合,以实现设计的多方面优化。

表 1 传统设计对比生成式设计工作流程

| 传统设计流程 |                            | 生成式设计流程                      |
|--------|----------------------------|------------------------------|
| 协作方式   | 跨多领域的多人设计协作                | 人机协作,设计人员与算法共同生成设计方案         |
| 设计初稿   | 设计人员制定初稿                   | 算法根据设计要求自动生成多个备选方案           |
| 设计修订   | 需要设计人员在多个部门间协作,往复多次修订设计稿   | 通过算法自动筛选和优化设计方案,减少人工修订次数     |
| 可持续性   | 在设计初稿阶段由专业人员或顾问团队提升设计的可持续性 | 通过自动筛选,进一步提升设计方案的可持续性        |
| 最终方案   | 经过多次修订后确定的最终设计方案           | 经过算法与设计人员的共同决策和优化后确定的设计方案    |
| 设计效率   | 相对较低,需要多次人工修订和协作           | 较高,算法可以快速生成和优化多个设计方案         |
| 创新性    | 受限于设计人员的经验和创意              | 算法可以探索更多设计可能性                |
| 决策过程   | 基于设计人员的专业判断和讨论进行决策         | 结合算法生成的备选方案和优化结果,由设计师进行决策和优化 |

此外,通过设计方案的可视化导出,设计人员可以直观地观察设计变化对性能的影响,从而更好地调整设计方案。同时,可视化模块还可以促进设计者与环保目标的对齐,为设计方案的沟通和表达提供了有力的工具。

综上所述,生成式设计技术在可持续建筑设计中的应用不仅可以提高设计效率,还可以增强设计方案的生态属性。在工程建筑项目的设计中整合人工智能技术,可以为我国的可持续发展做出贡献,为更环保、更高效、更美观的工程建筑设计开辟更为广阔的前景。

### 参考文献:

- [1] FISCHER T, HERR C. Teaching generative design [C]//Proceedings of the 4th International Conference on Generative Art. Milan: Princeton Architectural press, 2001.
- [2] KALLIORAS N, LAGAROS N. DZAI: Deep learning based generative design [J]. Procedia Manufacturing, 2020(44):591-598.
- [3] RHEINER M, EGGMANN F. Generative Design [C]//Total Interaction. Birkhäuser Basel, 2005.
- [4] SINGH V, GU N. Towards an integrated generative design framework[J]. Design Studies, 2012, 33(2):185-207.
- [5] SYDORA C, STROULIA E. Rule-based compliance checking and generative design for building interiors using BIM[J]. Automation in Construction, 2020, 120: 103368.
- [6] LIGLER H, ECONOMOU T. Lost in Translation: Towards an Automated Description of John Portman's Domestic Architecture [C]//Proceedings of the 19th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics. California: Sage Publications. 2015:657-661.
- [7] 梁晏恺. 浅谈人工智能技术在建筑设计中的应用:以小库 xkool 为例[J]. 智能建筑与智慧城市, 2019(1):3.
- [8] KOSTAS T. Algorithmic design: a paradigm shift in architecture [C]//Architecture in the Network Society [22nd eCAADe Conference Proceedings/ISBN 0-9541183-2-2-4]. Denmark: Copenhagen (Denmark). 2004: 201-207.
- [9] BEIRAO J. CityMaker. Designing Grammars for Urban Design [J]. Architecture and the Built Environment. 2012(5):179-232.
- [10] WANG X, SONG Y, TANG P. Generative urban design using shape grammar and block morphological analysis [J]. Frontiers of Architectural Research, 2020, 9(4): 914-924.
- [11] KALLIORAS N A, KAZAKRIS G, LAGAROS N D. Accelerated topology optimization by means of deep learning[J]. Structural and Multidisciplinary Optimization, 2020, 62(3):1185-1212.
- [12] YOO S, LEE S, KIM S, et al. Integrating deep learning into CAD/CAE system: generative design and evaluation of 3D conceptual wheel [J]. Structural and Multidisciplinary Optimization, 2021, 64(4):2725-2747.
- [13] ALSAKKA F, HADDAD A, EZZEDINE F, et al. Generative design for more economical and environmentally sustainable reinforced concrete structures [J]. Journal of Cleaner Production, 2023, 387:135829.
- [14] QIAN C, TAN R K, YE W. Design of architected composite materials with an efficient, adaptive artificial neural network-based generative design method[J]. Acta Materialia, 2022, 225:117548.
- [15] CALDAS L. Generation of energy-efficient architecture solutions applying GENE\_ARCH: An evolution-based generative design system [J]. Advanced Engineering Informatics, 2008, 22(1):59-70.
- [16] NAGY D, LAU D, LOCKE J, et al. Project discover: An application of generative design for architectural space planning [C]//Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design. California: The Society for Modeling and Simulation International, 2017:1-8.
- [17] ZHANG J, LIU N, WANG S. Generative design and performance optimization of residential buildings based on parametric algorithm[J]. Energy and Buildings, 2021, 244:111033.