

DOI: 10.7672/sgjs2025210109

生成式人工智能与扩散模型在建筑工程设计中的应用*

季元吉,刘苑平,金艳萍

(上海市建筑科学研究院有限公司上海市工程结构安全重点实验室,上海 200032)

[摘要] 对生成式人工智能及其关键技术(扩散模型)在建筑工程设计中的应用进行研究,对图像生成原理进行介绍,包括卷积神经网络、生成对抗网络和扩散模型,并重点阐述扩散模型优势。通过3个实际工程案例应用,展示基于扩散模型的Stable Diffusion, Midjourney软件设计方案绘图效果。研究表明,生成式人工智能技术已能够有效辅助从室内房间到大型园区的不同尺度建筑设计任务。对于需求相对简单的场景,基于文本生成图像的方式即可满足快速概念表达。对于更复杂的项目,结合微调模型训练与精准控图技术能够实现高质量的定制化输出。

[关键词] 办公楼;人工智能;扩散模型;图像生成;建筑设计

[中图分类号] TU204

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)21-0109-07

Application of Generative Artificial Intelligence and Diffusion Model in Architectural Engineering Design

Ji Yuanji, Liu Yuanping, Jin Yanping

(Shanghai Key Laboratory of Engineering Structure Safety, Shanghai Research Institute of Building Sciences Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: This paper focuses on the application research and practice of generative artificial intelligence and its key technology (diffusion model) in the field of architectural engineering design. The principle of image generation is introduced, including convolutional neural network, generation countermeasure network and diffusion model, and the advantages of diffusion model are mainly described. Through the application of three practical engineering cases, the drawing effect of Stable Diffusion and Midjourney software design scheme based on diffusion model is displayed. The research results show that generative artificial intelligence technology has been able to effectively assist architectural design tasks of different scales from indoor rooms to large parks. For scenes with relatively simple requirements, the method of generating images based on text can meet the rapid concept expression. For more complex projects, the combination of fine-tuning model training and precise control image technology can achieve high-quality customized output.

Keywords: office buildings; artificial intelligence; diffusion models; image generation; architectural design

0 引言

随着科学技术水平的不断进步,人工智能生成内容正逐步渗透到多个行业,成为当前推动社会进步和产业变革的重要驱动力。在建筑工程领域,生成式人工智能及其关键技术(扩散模型)的应用正逐步改变着传统的设计、施工、运营、维护等环节,为行业带来前所未有的创新与发展机遇。

生成式人工智能作为AI技术的重要分支之一,其最大的优势在于强大的数据处理能力和内容生成能力,其核心在于算法能够处理各种输入内容(如文本、图像、音频、视频和代码),并生成全新、高质量的内容。在建筑工程领域,传统的设计流程需要在前期方案设计阶段依靠人力绘制大量建筑效果图,并存在后期多次重新绘制或修改的可能性,而借助生成式人工智能技术,不仅能够辅助建筑师和工程师快速完成相关设计任务,还能基于项目实际需求,通过改变生成提示词或借助相关辅助控制插件进行整体样式或局部细节的快速调整(见

*上海市住房和城乡建设管理委员会科研项目(沪建科 2022-002-024)

[作者简介] 季元吉,工程师, E-mail: jiyuanji@sribs.com

[收稿日期] 2025-06-15

图 1),达到提升设计效率和设计成本的目的。

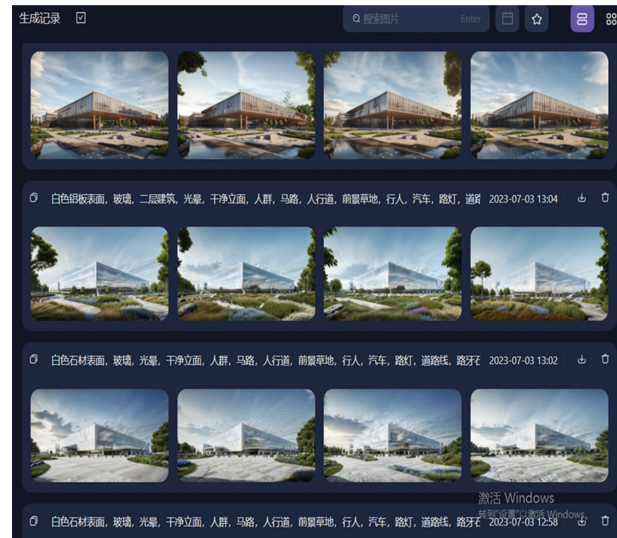


图 1 设计方案快速修改

Fig. 1 Quick modification of design schemes

1 图像生成原理

当前建筑图像生成相关的原理及研究方法多基于深度学习算法,常见的算法包括基于卷积神经网络的识别算法、基于生成对抗网络的训练方法及基于扩散模型的数据生成方法。

卷积神经网络广泛应用于图像识别与分析中,在建筑工程领域,卷积神经网络能够识别并分割效果图或建筑图纸中的多个目标,如建筑物、道路、绿化、门窗构件等,这对于复杂的建筑设计项目修改和优化有着重要作用。

生成对抗网络的核心在于通过利用图像进行训练,使计算机基于学习到的图像数据规律自动生成新的图像。在建筑设计领域,训练深度学习模型不可避免地依赖大量高质量数据,然而,真实世界的建筑图纸数据往往难以大量获取,利用生成对抗网络能够生成与真实数据相似的假数据,从而有效扩充训练数据集,提高模型泛化能力。基于上述特性,该网络能够生成高质量图像,这对于建筑设计中的渲染环节具有重要意义,因此被广泛应用于单栋建筑物和街区平面及三维效果图生成中。然而其缺点也显而易见,基于生成对抗网络的训练方式往往存在难度较大、训练效果难以控制等问题。

相比于生成对抗网络通过生成器与判别器的对抗训练实现数据生成,单次前向生成虽速度快,但存在模式崩溃问题,导致生成多样性不足,且训练过程需精细调参,收敛稳定性差,扩散模型在生成质量上具有显著优势。扩散模型作为生成式人工智能中的关键技术,以其独特的逐步添加和删除

数据集中的噪声方式,从简单的提示中生成高质量数据,其核心思想是首先定义了正向扩散过程,即由数据分布逐步转化为高斯噪声分布的过程,该过程可理解为在原图像数据中逐步添加噪声数据的过程(见图 2)。在该过程执行完成后,模型将学习上述过程的逆向操作,即从单纯的噪声数据开始,基于一系列逆向操作逐步去噪,最终生成接近原始数据分布的新样本,该过程通常称为反向扩散过程,如图 3 所示。当前在图像生成方面,扩散模型展现出了超越生成对抗网络的潜力和应用价值。

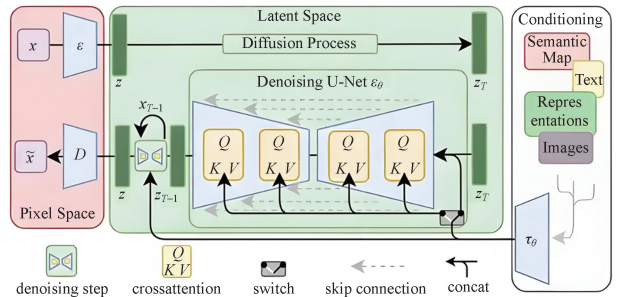


图 2 去噪扩散概率模型原理

Fig. 2 Principle of denoising diffusion probability model

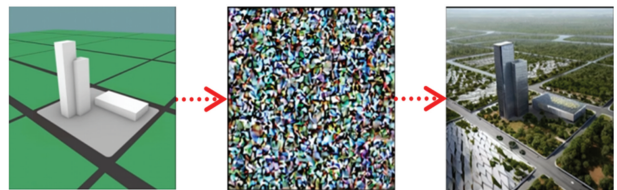


图 3 正向扩散(添加噪声)及反向扩散(去除噪声)过程
Fig. 3 Forward diffusion (adding noise) and reverse diffusion (removing noise)

在建筑设计领域,基于扩散模型原理诞生的产品 Stable Diffusion, Midjourney 已成为当前行业内应用广泛的效果图生成软件(见图 4, 5)。Stable Diffusion 软件以其开源免费、可高度定制、功能丰富且兼容各类插件而著称,更擅长高效地生成逼真且精准的图像,尤其适用于需要高度定制和可控性的场景。Midjourney 软件以其简单易用、高质量图像生成和广泛的用户社区为特色,更适用于快速生成创意图及对图片细节要求不高的场景。

2 工程应用

本文以 3 个实际工程项目为案例,通过应用基于扩散模型的 Stable Diffusion 或 Midjourney 软件进行方案效果图绘制。

2.1 室内设计项目

该项目位于上海市闵行区,工程总建筑面积为 34 080m²,其中地上共 7 层,地上总建筑面积为 25 080m²,地下 1 层为车库,地下总建筑面积为

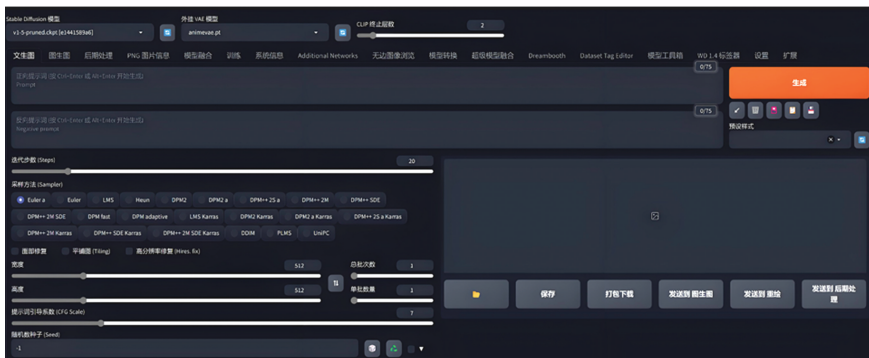


图 4 Stable Diffusion 软件操作界面

Fig. 4 Stable Diffusion software operation interface

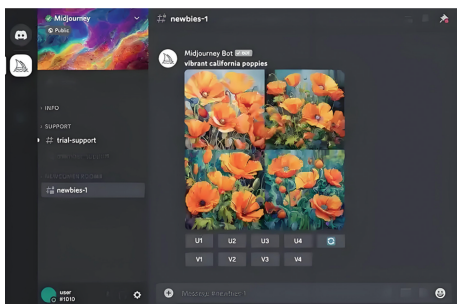


图 5 Midjourney 软件操作界面

Fig. 5 Midjourney software operation interface

9 000m²。该项目功能为企业研发总部,主体结构正在施工中。基于该项目前期建筑设计方案,需对其内部办公区域进行概念方案设计。

由于该项目具体的建筑形式和布局已确定,为提升效率,结合项目实际情况,采用 Midjourney 软件对室内设计进行了概念方案生成。借助给出相关提示词的方式,对不同房间进行设计,如在董事长办公区域室内概念设计中,给出如下提示词进行描述: *Elegant and luxurious CEO's office, featuring custom-made furniture crafted from exotic woods and polished stones. The room is adorned with bespoke decor and personalized accents, including metallic details that shimmer under accent lighting. A large, impressive desk sits at the center, surrounded by curated accessories and artwork. The atmosphere is sophisticated and refined, with a sense of power and prestige.* ,生成的概念图如图 6 所示。对于办公室洽谈区域的室内概念设计,给出如下提示词进行描述: *A modern corporate office negotiation area with minimalistic design, where natural light floods in through large windows. A round conference table is surrounded by black or dark-colored chairs, accentuated by touches of greenery. The floor features*

a reflective material, and in the background, the silhouettes of high-rise buildings are subtly visible, creating a serene and high-end atmosphere during the night. Focus on intricate details to showcase a professional yet cozy negotiation space. ,生成的概念图如图 7 所示。



图 6 董事长办公区域室内概念设计

Fig. 6 Interior conceptual design of chairman office area



图 7 办公室洽谈区域室内概念设计

Fig. 7 Interior conceptual design of office negotiation area

不难发现对于此类能够事先明确各区域房间用途的办公楼室内设计方案,基于 Midjourney 软件的文字生成图像功能在设计方案生成方面有着较高的效率,仅需提供房间整体描述和若干细节补充,即可较准确地生成可供使用的方案,可节省大量前期的时间和人力成本。

2.2 园区设计项目

该项目位于新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市城市副中心西北部头屯河区,地上总建筑面积约 9 万

m²,功能为企业总部办公园区。在该项目竞标过程中需提供合适的效果图方案,并依据业主方提出的相关需求进行修改调整。由于该项目业主单位对建筑样式和风格有一定需求,且需进行局部调整,因此采用开源并支持各类插件的 Stable Diffusion 软件更符合实际需求。

Stable Diffusion 软件生成的图像风格主要依据其训练的基础大模型(预调模型)及微调模型,具体的生成内容主要取决于提示词和以 ControlNet 为代表的控制插件进行细节部分的精确调控。随着生成式人工智能在建筑工程领域中的应用,精准控图技术越来越受到设计师的欢迎。以 ControlNet 插件为例,其可对图像生成过程进行多维度控制。该技术不仅继承了生成式人工智能的数据驱动优势,还通过引入草图、线稿、语义分割图等控制条件,将设计意图与生成结果紧密绑定,显著提升了设计输出的精确性与可调整性。相较于文字生成图像技术,精准控图技术更适用于需严格遵循规范要求、反复深化细节或需与既有模型联动的项目场景,如城市地标性建筑、大型公共设施及高精度工业园区的设计。从技术原理上看,精准控图技术仍以扩散模型为底层框架,通过逐步去噪与条件输入的融合,实现了从随机噪声到精细化图像的生成,其核心突破在于将设计约束(如空间布局、材料参数、结构规范)转化为可量化的控制信号,从而引导 AI 模型生成既满足创意需求又符合工程实际的设计方案。

本项目前期仅依靠现实风格的基础大模型生成图像,无法满足设计需求,因此需借助微调模型调整图像整体风格。首先使用 Lora 模型进行微调训练,训练配置如图 8 所示,通过对单位内部的项目案例图库进行筛选(见图 9),选择 500 张相关建筑

效果图,将其通过裁剪调整为统一的分辨率作为数据集,并选择其中需要的建筑特征进行打标签设置,打标签完成后即可开始训练(见图 10)。

利用训练完成后取得的模型文件进行效果图生成,通过配置合适的提示词,即可获取合适风格的建筑效果,如图 11 所示。

在后续与业主方的沟通与交流中,需对建筑方案的部分细节进行调整。基于已生成的效果图、相关提示词及反向提示词对画面整体视角及内容进行调整(见图 12),并结合 ControlNet 插件(该插件通过提取输入图像画面的线稿、深度关系、语义分割图等作为控制图像以精确指导 Stable Diffusion 软件图像生成过程,作为扩散过程的额外条件,引导生成更符合实际使用需求的图像)对图中的细节变化进行修改,最终形成了符合业主方要求的新方案,如图 13 所示。

本项目对精准控图技术的应用不仅是对文字生成图像技术的补充,更是对建筑设计全流程数字化的深化,实现了 AI 从“辅助创意”向“辅助实施”的跨越,为设计师提供了从概念探索到方案落地的完整工具链。

2.3 既有建筑改造设计项目

该项目位于上海市浦东区,为既有建筑改造、品质提升类项目,改造区域占地面积 3 000m²,需对建筑外立面及周边环境进行改造。

针对该项目特点,应用 Stable Diffusion 软件,基于项目现场照片(见图 14)提取现状线框图(见图 15),结合自训练的 Lora 微调模型及 ControlNet 插件,对建筑物及周边环境进行修改调整,并按照项目需求生成风格合适的方案效果,如图 16 所示。

传统出图步骤包括人工绘制线稿图、建立三维

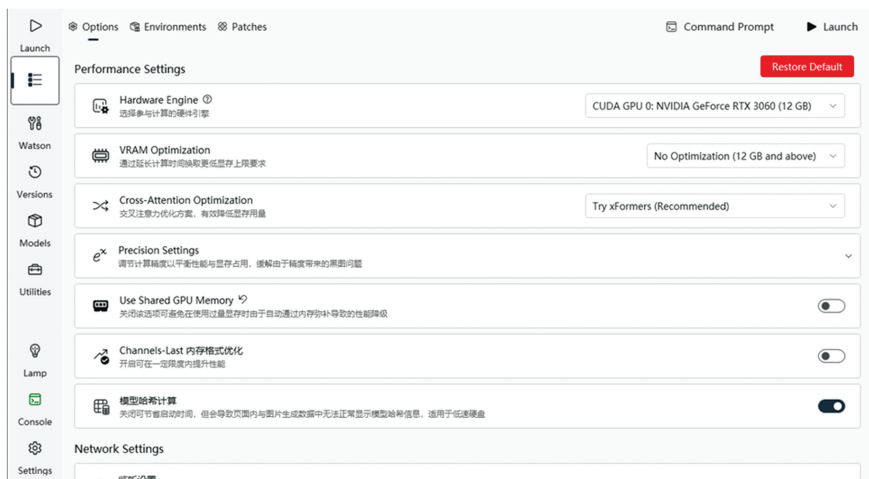


图 8 训练配置

Fig. 8 Training configuration

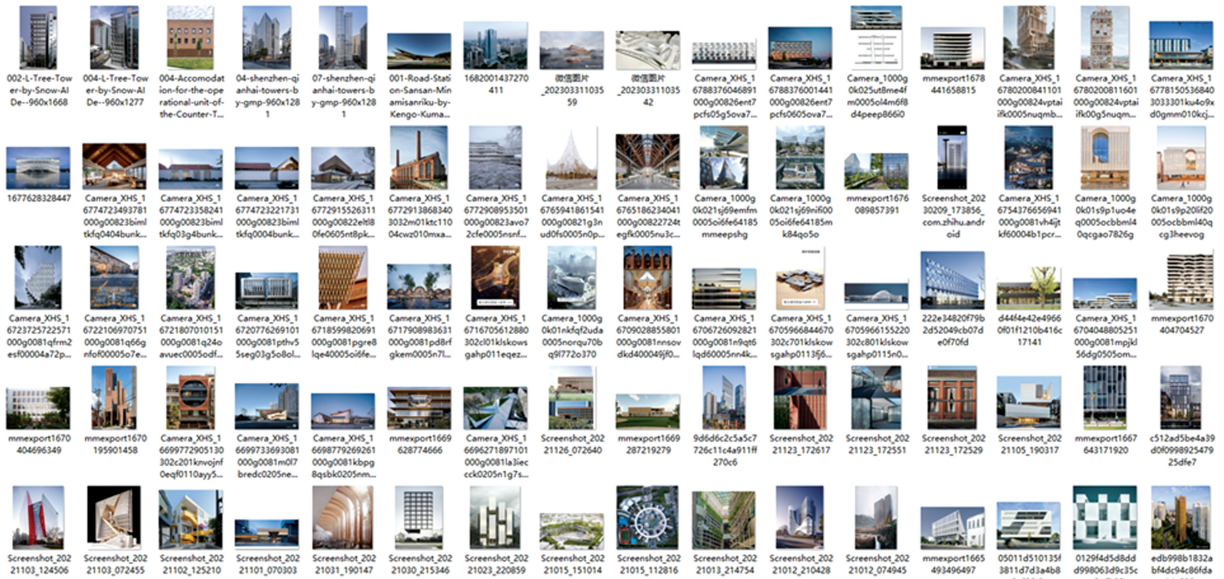
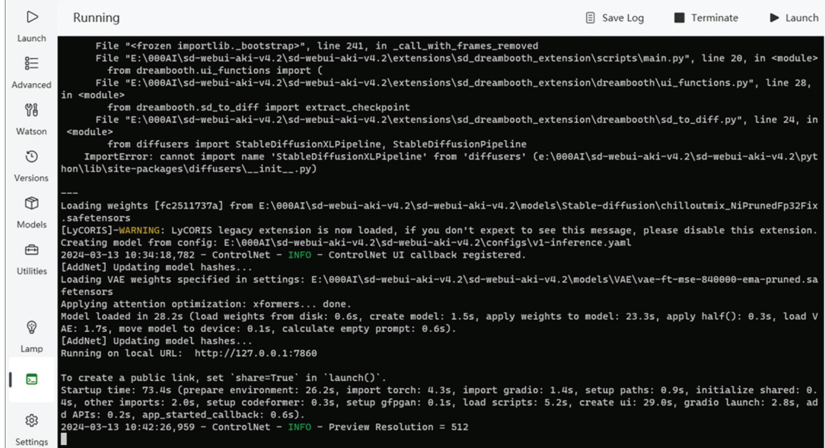


图9 训练图片筛选

Fig.9 Training pictures filtering



a 算法模型选择



b 模型训练

图10 训练过程

Fig.10 Training process

模型、美化处理、导出建筑效果图,本项目通过采用 Lora 微调模型及 ControlNet 插件,将以往需要 3~5

个工作日的工程量缩短至 1 个工作日以内完成,提高了方案设计和修改效率。



图 11 基于自训练 Lora 模型生成的建筑效果

Fig. 11 Building effect based on self training Lora model

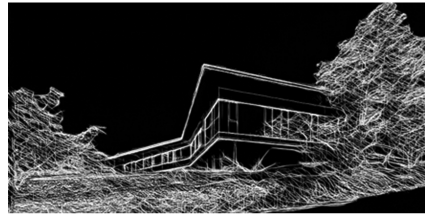


图 15 线框提取

Fig. 15 Wireframe extraction



图 13 调整后的项目效果

Fig. 13 Adjusted project effect



图 16 基于 Lora 微调模型和 ControlNet 插件的生成方案

Fig. 16 Generation scheme based on Lora fine-tuning model and ControlNet plug-in



图 14 项目现场照片

Fig. 14 Project site photo

3 结语

在国家大力推动建筑业数字化转型的大背景下,应用生成式人工智能辅助设计人员开展设计工作是未来的大势所趋。本文通过对生成式人工智

能及扩散模型相关原理的介绍,阐明了该项技术在建筑领域中的应用优势和前景,并结合具体工程实践案例展示了其应用效果。由工程实践可知,基于生成式人工智能和扩散模型的图像生成技术适用于片区、独栋建筑和房间室内效果快捷设计,对于相对简单的室内设计,可直接基于提示词文本生成图像的方式完成,而对于有较高设计要求的片区或整栋建筑,可基于实际项目需求,通过微调模型训练及应用 ControlNet 插件局部修改图像细节的方式满足相对复杂的图像生成需求。

本文所提方法对硬件设备有一定要求,机器学习过程需一定的样本数据支撑,且有一定的入门使

视角	设计对象	天空	建筑风格	立面材质	建筑物(特殊功能)
人视 Human View	建筑 building	清晨 early morning	现代 modern	玻璃 glass	工厂 factory
立面 elevation	塔楼 tower	日落 sunset	新中式 new chinese	混凝土 concrete	书店 bookstore
鸟瞰 Aerial view	古建筑 historic building	夜景 night view	新古典 Neo classic	金属 Metal	城堡 castle
透视 Perspective view	摩天大楼 skyscraper	雪景 snowy	古典 classical	石材 Stone	神社 shrine
近景 close shot	图书馆 library	晴天 sunny	未来 future	木材 wood	商店 shop
远景 distant view	剧院 theatre	雨天 rain	极简 Minimalism	砖 bricks	餐厅 restaurant
全景 panorama	体育馆 gymnasium	雾 fog	中古时期 Medieval period	瓦 tiles	火车站 train station
两点透视 two point perspective	学校 school	流星 shooting star	赛博朋克 cyberpunk	沥青 asphalt	钟塔 clock tower
低视角 low angle view	酒店 hotel	夜晚 night	科幻 science-fiction	铝版 aluminium plate	公交站 bus stop
高视角 high angle view	医院 hospital	傍晚 evening	工业 industry	塑料 plastic	便利店 convenience store
轴测图 axonometric	商业建筑 commercial building	正午 high noon	超现实 surrealist	石膏 Plaster	美术馆 art gallery
广角 wide shot	公共建筑 public buildings	阴天 cloudy day	中世纪 Middle Ages	竹子 bamboo	灯塔 lighthouse
顶视图 top-view	办公建筑 Office building	春天 spring	北欧 Nordic	油漆 paint	风车 windmill
侧视图 side view	公寓 apartment	夏天 summer	东南亚 Southeast Asian	水泥 cement	教堂 church
前视图 front view	别墅 villa	秋天 autumn	地中海 Mediterranean	大理石 marble	寺庙 temple
前景 foreground	居住建筑 residence	冬天 winter	伊斯兰 Islamic	不锈钢 stainless steel	电影院 movie theater
特写 close-up	工业建筑 industry building	多云 cloudy	包豪斯 bauhaus	涂料 coating	超市 supermarket
场景	室内	画面风格	灯光效果	色调	反向提示词
海洋 ocean	客厅 living room	素描 sketch	电影光效 cinematic lighting	冷色调 cold	低分辨率 low resolution
海滩 beach	卧室 bedroom	水彩 watercolor	镜头光晕 lens flare	暖色调 warm	低质量 low quality
湖泊 lakes	大厅 hall	写实 Realistic	背光 backlighting	高饱和度 high saturation	低质量 low quality
河流 river	厨房 kitchen	概念 art concept art	环境光 ambient light	低饱和度 low saturation	水印 watermark
室外 outdoor	餐厅 Dining room	插画 illustration	太阳光 sunshine	高对比度 high contrast	文字 text
室内 indoor	浴室 bathroom	漫画 comics	冷光 cold light	低对比度 low contrast	裁剪 cropped
街景 street scenery	洗手间 Toilet	二次元 Two dimensions	暖光 warm light	明亮 bright	签名 signature
森林 forest	阳台 balcony	手绘 Hand Painted	反射光 reflection light	柔和 soft	模糊 blurry
草地 meadow	楼梯 stairs	单色 monochrome	射线 tracing	红色 red	丑陋 ugly
广场 square	天花板 ceiling	灰度 Grayscale	闪烁效果 sparkle	白色 white	锯齿失真 jagged edges
草原 grassland	墙壁 wall	高对比度 high contrast	焦散 caustics	黑色 black	色彩单调 monotonous colors
雪山 snow mountain	床 bed	像素风 Pixel style	发光 glowing light	绿色 green	低清晰度 low definition
滨海 Coastal	书桌 desk	复古 Retro	明暗对比 chiaroscuro	黄色 yellow	画质粗糙 Rough image quality
湿地 meadow	沙发 sofa	油画 painting	虚影 vignetting	蓝色 blue	画面抖动 Picture shake
瀑布 waterfall	柜子 cabinet	剪影 silhouette	动态模糊 motion blur	紫色 purple	噪点 Noise
公园 park	茶几 coffee table	乐高 lego	晨光 morning light	灰色 grey	色彩失真 Color distortion
花海 Sea of flowers	衣柜 Wardrobe	草图 sketch	霓虹光 neon light	棕色 brown	屏幕闪烁 Screen flickers
街道 street	冰箱 refrigerator	马克笔 marker	全局柔光 Global soft light	青色 cyan	锯齿状边缘 jagged edges
乡村 rural	地毯 carpet	抽象 abstract	体积光 Volume light	橙色 orange	变形 deformed

图 12 相关提示词的应用与调整

Fig. 12 Application and adjustment of relevant prompt words

用门槛,但相比传统作业方式,其在提升设计效率、降低成本和激发创新方面的潜力已得到实践验证,具有推广应用价值。

可以预见,未来生成式人工智能在建筑领域的发展将呈现以下趋势:一是多模态融合,实现文本、图像、三维模型等多模态数据的联合生成与编辑;二是全过程应用,从概念设计延伸至施工图设计、施工管理和运维管理;三是人机协同,形成人类创意导向+AI生成迭代的新型工作模式。

参考文献:

- [1] 袁潮,郑豪.生成式人工智能影响下的建筑设计新模式[J].建筑学报,2023(10):29-35.
YUAN C,ZHENG H. A new architectural design methodology in the age of generative artificial intelligence [J]. Architectural journal,2023(10):29-35.
- [2] 邓志钱.基于深度学习的高层住宅立面生成设计研究[D].北京:北京建筑大学,2021.
DENG Z Q. Research on generating design of high-rise residential facade based on deep learning[D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture,2021.
- [3] 王志海,李兵.基于BIM技术的全生命周期数字交付管理研究[J].施工技术(中英文),2024,53(6):139-143.
WANG Z H,LI B. Digital delivery management of whole life cycle based on BIM technology[J]. Construction technology,2024,53(6):139-143.
- [4] 田润,郭凯,张洋.人工智能生成内容(AIGC)在施工单位精装修深化设计中的应用[J].建筑施工,2023,45(11):2330-2333.
TIAN R,GUO K,ZHANG Y. Application of artificial intelligence generated content in detailed design of fine decoration of construction unit[J]. Building construction,2023,45(11):2330-2333.
- [5] 赵冠婕.生成模型在园林设计中的应用研究[D].太原:山西大学,2023.
ZHAO G J. Research on application of generative model in landscape design[D]. Taiyuan: Shanxi University,2023.
- [6] 叶长昊.人工智能技术在建筑设计领域的探索[J].江苏建筑,2024(1):151-156.
YE C H. The exploration of applying AIGC in architectural design [J]. Jiangsu construction,2024(1):151-156.
- [7] 李逊.人工智能在建筑设计领域应用思考与探索实践[J].中国勘察设计,2024(5):40-43.
LI X. Application of artificial intelligence in architectural design: Thin and exploration [J]. China engineering consulting,2024(5):40-43.
- [8] 刘建华,王国军,王文剑,等.基于BIM的桥梁高支模三维可视化智能设计系统[J].施工技术(中英文),2024,53(13):153-159.
LIU J H, WANG G J, WANG W J, et al. BIM-based 3D visualization intelligent design system for bridge high support formwork[J]. Construction technology,2024,53(13):153-159.
- [9] 杨俊宴,朱骁,孙昊成.深度学习与特征参数结合的人工智能城市设计方法研究——以城市多类型建筑群落生成为例[J].当代建筑,2022(6):33-36.
YANG J Y,ZHU X,SUN H C. Research on artificial intelligence urban design method based on the combination of deep learning and characteristic parameters: Taking the formation of urban multi type building community as an example [J]. Contemporary architecture,2022(6):33-36.
- [10] 杨铄,许清风,王卓琳.基于卷积神经网络的结构损伤识别研究进展[J].建筑科学与工程学报,2022,39(4):38-57.
YANG S,XU Q F,WANG Z L. Research progress on structural damage detection based on convolutional neural networks[J]. Journal of architecture and civil engineering,2022,39(4):38-57.
- [11] 陈然,赵晶.基于样式生成对抗网络的风景园林方案生成及设计特征识别[J].风景园林,2023,30(7):12-21.
CHEN R,ZHAO J. Generation and design feature recognition of landscape architecture scheme based on style-based generative adversarial network[J]. Landscape architecture,2023,30(7):12-21.
- [12] 李果,张天度,邢致维.技术革命前夜:生成式AI工具浪潮下的建筑与场景设计革新[J].中外建筑,2023(9):24-28.
LI G,ZHANG T D,XING Z W. On the eve of the technological revolution: Architectural and scene design innovation under the wave of generative AI tools[J]. Chinese & overseas architecture,2023(9):24-28.
- [13] 朱思行.全流程数字化技术在超大型空间装饰工程中的应用[J].施工技术(中英文),2024,53(11):161-165.
ZHU S X. Research and application of full process digital technology in large-scale decoration projects [J]. Construction technology,2024,53(11):161-165.