

工程建设领域生成式 AI 发展趋势与变革挑战应对

闫克霄¹ 宋盛禹² 郭文军³ 林佳瑞¹

(1. 清华大学土木工程系, 北京 100084; 2. 清云小筑(北京)创新技术有限公司, 北京 100083; 3. 北京云建信科技有限公司, 北京 100080)

摘要: 本文系统梳理了人工智能(AI)技术,特别是生成式大模型在工程建设领域的最新研究进展与应用挑战。研究表明,以扩散模型与Transformer架构为核心的生成式AI已成为主流技术基座,实现了“文本-图像-3D模型”端到端生成,显著提升设计效率。当前研究聚焦多目标优化与可解释性并重、认知交互与感性工学融合,但面临数据版权碎片化、生成结果可解释性不足等问题。面对这些问题,本文提出企业需平衡模型规模与业务需求、构建高质量知识资产、优化智能体工作流;个人应转型为智能体指挥官、严控AI幻觉、锤炼深度决策与创新能力。本研究为行业应对AI驱动的生产力重构提供了系统性策略框架,强调“人机协同”而非“机器替代”的核心发展路径。

关键词: 生成式AI; 工程建设; 工作流; 智能体; 新质生产力

Trends of Generative AI in the Field of Engineering Construction and Responses to Transformative Challenges

YAN Kexiao¹ SONG Shengyu² GUO Wenjun³ LIN Jiarui¹

(1. Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084; 2. QingyunArch (Beijing) Innovation Technology Co., Ltd., Beijing 100083; 3. Beijing CBIM Technology Co., Ltd., Beijing 100080)

Abstract: This article systematically reviews the latest research progress and application challenges of artificial intelligence (AI) technology, especially generative large models, in the field of engineering construction. Research shows that generative AI, centered on diffusion models and Transformer architectures, has become the mainstream technical foundation, achieving end-to-end generation from "text-image-3D models" and significantly enhancing design efficiency. Current research focuses on the integration of multi-objective optimization and interpretability, as well as the fusion of cognitive interaction and sensibility engineering. However, it faces problems such as fragmented data copyrights and insufficient interpretability of generation results. In response to these issues, this article proposes that enterprises should balance model scale and business needs, build high-quality knowledge assets, and optimize the workflow of intelligent agents; individuals should transform into intelligent agent commanders, strictly control AI hallucinations, and cultivate deep decision-making and innovation capabilities. This study provides a systematic strategic framework for the industry to deal with the productivity reconstruction

driven by AI, emphasizing the core development path of "human-machine collaboration" rather than "machine replacement".

Keywords: Generative AI; Engineering construction; Workflow; Intelligent agent; New quality productivity

0 引言

传统工程建设领域在漫长的发展历程中形成了一套高度依赖经验、以二维图纸为核心载体、以人工协调为主要协同方式的典型流程体系。整体而言，在传统概念方案阶段可拆分为需求获取、资料研读、概念生成、专业协调、方案比选、正式制图、评审迭代与成果定稿八大环节，各环节之间既存在严格的先后顺序，又充斥着大量的返工与往复，形成一条“高耦合、低效率”的线性链条。该体系在工业时代曾有效支撑了大量基础设施与建筑项目的落地，但在数字化、智能化浪潮席卷而来的当下，其内在的低效性、割裂性与不可持续性日益凸显。

当前，工程建设领域正经历一场由“工具升级”跃迁至“范式革命”的深层次转变。传统 AI 工具需要依赖人类输入明确指令，在封闭域内完成单一任务，是被动的。而生成式 AI 驱动的智能体（Agent）则构建了“感知-规划-行动”的完整闭环，通过整合大模型（大脑）、工具调用（手脚）和编排层（神经系统），形成能够自主观察世界、分解目标、调用 API、纠正错误的动态系统。这种架构使 AI 具备了任务感和环境适应性，能够在开放域中持续优化决策路径，是自主协作的。其革命性在于人机关系的重构。在生成式 AI 的发展趋势下，技术、市场、政策与竞争格局的多重变量交织共振，使得行业从“经验驱动的线性流程”迈向“数据驱动的网络协同”，从“单一交付图纸”转向“全生命周期价值运营”。

1 背景

现代的 AI+BIM 方式是以数据+算法驱动，通过大量的数据和先进的算法来优化设计和决策过程。在建模上采用参数化建模的方法，能够快速、准确地创建模型，并且可以根据不同的需求进行灵活调整。例如，在设计过程中实现了协同设计，各个参与方可以在同一平台上进行实时的协作和交流，大大提高了工作效率。其迭代速度非常快，能够及时根据反馈对方案进行修改和优化。此外，还具备可视化分析的功能，通过直观的可视化展示，让各方人员更好地理解建设方案和项目情况。

2026 年及未来的建筑、工程与施工（Architecture, Engineering, and Construction）行业生成式 AI 大模型的应用将呈现以下趋势。

调研显示，早期的生成式 AI 应用热潮多集中于建筑设计前期的视觉呈现与灵感生成，而近年来生成式 AI 技术在项目全生命周期的各阶段场景中得到普遍的渗透应用。2024 年以来 AI 技术应用在设计、施工、运维等全生命周期各阶段内的受关注度均在大幅上涨，这反映了行业各环节对提升智能化水平的共同需求。随着技术的不断发展，未来生成式 AI 在各阶段内的任务场景将逐渐打通融合，形成更加一体化的智能应用体系。

工程建设行业具备较高的专业门槛，各类场景任务对数据的物理准确性、规范合规性以及逻辑完整性有严格要求。然而在工程细分的专业领域中，通用大模型往往存在明显的 AI 幻觉，难以保证输出

内容的准确性与逻辑推理的稳定性。保证生成内容准确可用，给 AI 应用兜底下限是其应用推广的关键，因此生成式 AI 大模型应用正向专业垂类模型与知识增强的体系迈进，例如通过专业领域语料训练微调垂类专用模型、结合知识库与知识图谱进行专业增强等技术提升垂类场景 AI 能力，已成为一大发展趋势。

在工程场景应用中，大模型的应用范式正从单次的对话问答逐渐转向 AI 智能体驱动的工作流（图 1）。生成式 AI 已经从提供文本建议的顾问逐渐发展为能够自主理解任务指令，规划方案与实现步骤、调用软件接口、并且自主完成任务的智能体，已经在施工管理与进度优化等领域实现应用。另外，学术界与产业界正积极推进 AI 智能体与 BIM 专业软件工具的集成结合，使 AI 能直接理解自然语言指令，自主在 BIM 软件中进行构建生成与属性修改，大幅重塑专业软件的使用方式。

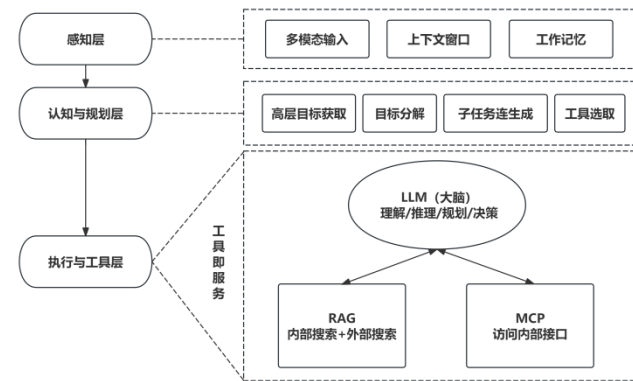


图 1 生成式 AI 工作流——三层递阶式架构示意

与常见的纯文本生成、图像生成应用场景的一大核心差异在于，工程建设行业的核心载体是三维物理空间。建筑图纸、BIM 模型、点云、倾斜摄影、三维高斯等工程建设的常见数字孪生数据均蕴含着丰富的空间几何、拓扑关系以及物理属性数据。当前结合 3D 深度学习等技术，AI 智能体已经可以在

数字孪生环境中开展空间净高检测、管道布局等任务。未来空间数据与生成式 AI 技术的深度融合，可增强空间推理能力，进一步提升 AI 应用的深度与广度。

生成式 AI 技术同样给工程场景的人机交互与协同带来突出变化，其主要表现为专业门槛的显著降低以及人机协同方式的转变。AI 智能体工具的渗透使得各类专业软件的使用门槛大幅降低，当前未经专业训练的人员可直接借助效果图 AI 生成工具，输出与传统专业渲染流水线输出相差无几的 AI 效果图，并轻松进行交互调整。除概念性的草图、效果图外，可用于工程指导的精确图纸、BIM 模型、施工方案等同样可由 AI 智能体进行制作。AI 智能体工作流的低门槛，高效率正驱动着全新的人机协同工作方式，从业人员的角色将逐渐从一线的绘图员、操作员，转变为 AI 工具的指挥者与审核者，可指挥调度众多 AI 智能体完成任务。

2 现存问题

在行业领域内，诸如“AI 一键成图”“数字孪生实时优化”等应用渐趋热门。然而，从实验室原型到真实项目落地，其间仍存在十条难以规避的隐性障碍。这些挑战并非单纯的技术不够先进或人才不够充裕，而是贯穿于需求形成、资源配置、技术路径、组织行为、政策环境乃至价值伦理的全链条矛盾。若缺乏对矛盾根源的系统梳理，任何单点工具的创新都可能陷入“示范容易、推广困难”的困境。因此，有必要在范式转换的宏观视角之外，回归微观实践场景，剖析阻碍技术价值释放的主要结构性难题。

当前研究多聚焦 AI 技术本身，缺乏对工程安全特殊性的系统考量。工程设计具有后果不可逆性（设

计错误在施工后难以修正）、标准刚性（必须符合建筑规范强制条款）和责任主体复杂性（涉及设计师、企业、软件供应商多方）三大特征，这些要求使得通用 AI 的输出或将难以直接适用^[1]。

此外，随着 AI 技术从人工定义规则、算法学习特定数据，跨越式发展到如今兼具多任务甚至初具通用能力的大模型时代，工程建设行业迎来了深度的生产力重构。大模型的广泛应用不仅在重塑行业的业务流程与商业模式，更对身处其中的企业战略抉择与个人职业发展提出了全新的挑战与要求。

3 新一代人工智能发展现状

3.1 关键技术

(1) 大模型与多模态

2025 年，国产 DeepSeek 系列以不到 OpenAI 训练成本的十分之一实现 Llama-3 级性能，首次把千亿参数稠密模型训练门槛降到 2 亿元人民币以内，引发新一轮高性能和低成本竞赛^[2]。同期，GPT-4o、Gemini-2 等闭源模型将上下文长度扩展至 2M tokens，支持文本、图像、音频、视频、3D 点云五模态混合输入，推动人机交互向所见即所得演进^[3]。技术层面，Transformer 架构仍是基座，但引入 MoE（混合专家）与稀疏激活后，推理阶段仅 5% 参数被激活，可在 100 ms 内完成 1k tokens 生成，满足实时对话需求^[4]。

(2) AI Agent 与多智能体协作

2026 年被业界定义为 Agentic AI 规模化拐点^[5]。Anthropic 通过上下文压缩与分层记忆，将单 Agent 持续工作时间从小时级延长至周级^[6]。Gartner 指出，多 Agent 编排（multi-agent orchestration）正成为技术核心^[7]。上层编排器（Orchestrator）负责任务分解，中层主代理（Supervisor Agent）动态调度，下

层功能代理（Function Agent）完成子任务，形成控制平面和数据平面的分布式网络^[8]。

(3) 具身智能

中国信通院把具身智能技术栈拆为“感知—决策—行动—反馈”四闭环^[9]。2025 年，腾讯 Tairós 平台发布多模态大模型+机器人中间件一体化方案，在展厅导览、语音指令做饭等场景任务成功率达 80%，超越 GPT-4o 的 65%^[10,11]。硬件侧，特斯拉 Optimus Gen2 身高 1.73m、体重 57kg，负载 20kg，行走速度 8km/h，计划 2025 第 4 季度小批量交付；国内宇树、越疆等厂商采用 Isaac GR00T 合成数据方案，使机器人抓取训练效率提升 30%^[12]。2025 年中国具身智能市场规模 52.95 亿元，占全球 27 %；人形机器人市场 82.39 亿元，占全球 50%^[13]。

(4) AI 芯片与云智一体

高盛 2026 年报告指出，AI 服务器正从 GPU 通用加速走向 ASIC 专用架构，预计 2026 年大中华区 ASIC AI 服务器渗透率将由 2025 年的 18% 提升至 35%，单位瓦特算力提升 3.5 倍^[14]。云端，阿里云“云智一体 3.0”把千卡级训练集群 PUE 降到 1.08，线性加速比维持 92%；百度百舸 3.0 通过显存-存储统一虚拟化，使千亿模型推理成本下降 50%^[15]。边缘侧，5G+AI 芯片协同让 1.6T 光模块在 2026 年进入规模量产，端到端延迟<5ms，满足工业现场控制需求^[16-18]。

(5) 世界模型与决策智能

世界模型（World Model）被定义为能够在内部模拟行动后果，并据此进行规划与决策的生成式架构^[19]。2025 年底，DeepMind 发布 Genie 2，可根据单张静态图片生成可交互的 3D 场景，并支持人类或 Agent 在其中进行 1 分钟以上的连续操作，用于

训练无人车与机器人^[20]。Gartner 预测，到 2028 年 50%的自动驾驶系统将以世界模型替代传统模块化流水线^[21]。

(6) 原生 AI 终端

2025 年起，终端硬件进入原生 AI 设计阶段^[22]。手机 SoC 集成 NPU 算力 > 50 TOPS，PC 处理器引入片内 AI 加速单元，XR 眼镜内置轻量级多模态模型^[22]。Counterpoint 数据显示，2025 年全球 AI 手机出货量 4.1 亿部，占智能机总量 32%；AI PC 出货 5300 万台，渗透率 26%^[23]。体验层面，AI 手机可在本地完成 10 亿参数模型推理，支持实时通话翻译、图像语义搜索、健康管理建议；AI PC 通过异构计算架构(CPU+GPU+NPU)实现视频会议背景生成、代码辅助、文档总结，端到端功耗下降 40%^[24,25]。

未来，随着 MCP (Model Context Protocol)、A2A (Agent-to-Agent Protocol)、A2UI 等标准化协议成熟，多 Agent 互操作性将显著提升，AI 系统将从单点替代走向群体协同，为通用人工智能 (AGI) 奠定基础。

3.2 代表企业及产品

(1) 国内篇

① 广联达

广联达 AECOS 平台是广联达建筑工业互联网平台，将自主知识产权的技术能力通过平台向全行业开放，赋能行业应用，加速数字化转型，为行业开发者提供领先的 BIM 技术、GIS 技术、图形技术、行业智能服务、行业大数据、物联网和云计算能力。让应用开发回归业务与创新，用 API 让每个项目更快成功^[26]。

② 云建信

北京云建信科技有限公司（依托清华大学

4D-BIM 科研成果）于 2016 年上线 4DCloud 云平台（又称 4DBIM 云平台），是国内领先的建筑工程全生命周期 BIM PaaS 云平台。平台以 3D 模型与时间维度（第四维）为核心，融合 BIM、物联网、大数据、云计算等技术，打通工程勘察、设计、施工、运维全阶段数据壁垒，实现多参与方、多终端（PC/网页/微信）协同的 4D 动态集成管理，为基础设施工程（路桥、轨道交通、市政等）提供 BIM 模型管理、进度模拟、质量安全管控、数据共享与应用开发支撑。

(2) 国外篇

① OpenAI

OpenAI 作为全球生成式 AI 标杆企业，2025 年持续领跑多模态与智能体技术。o3-preview（2024 年 12 月）在 ARC-AGI-1 基准高算力配置下以 87.5%首次超越人类平均水平（85%），为复杂智能体规划提供核心支撑，巩固了其在通用人工智能领域的领先地位^[27,28]。

② Google

Google 以 Gemini 3 与智能体生态构建技术壁垒，2025 年推出的 Gemini 3 Pro 在 Video-MMMU 评测中领先 GPT-4o，支持千万 token 级超长上下文窗口，多模态与长文本处理能力突出。面向企业与开发者，谷歌推出无代码智能体平台 Agentspace，吸引大量企业参与内测；Vertex AI Agent Engine 原生打通 Workspace、Maps、Search 等 50 余项 API，形成完善的企业级 AI 服务体系^[29]。

4 人工智能辅助设计的研究现状

(1) 生成式模型成为主流技术基座

2025 年以后，扩散模型（Diffusion）与 Transformer 架构在视觉、文本、多模态生成上的突

破,使“文本-图像-3D 模型”端到端生成成为现实。

Stable Diffusion XL、Midjourney V6 在 1024×1024 分辨率下 FID (Frechet Inception Distance 评估指标是一种用于评估生成式模型生成的样本质量的评估指标,核心是衡量生成样本分布与真实样本分布之间的差异。)分别降至 7.2 与 6.8,已满足工业级概念草图需求^[30]。

(2) 多目标优化与可解释性并重

面向碳中和的混凝土 AI 辅助设计研究表明,将机器学习预测与多目标优化(NSGA-III、强化学习)耦合,可在 24h 内搜索 50 万种配合比,较传统网格法减碳 23%、降本 18%,且通过 SHAP 值解释确保配比满足 JCI 耐久性规范^[31]。飞机气动外形设计领域,NASA X-59 低噪超音速验证机采用深度强化学习生成翼型,在保持升阻比前提下,将设计迭代周期由 12 个月压缩至 3 周,缩短 90%^[32,33]。

(3) 认知交互与感性工学融合

当生成式 AI 作为“认知放大器”时,设计师概念发散阶段的脑电 γ 波段活跃度提升 27%,验证了“人机协同”而非“机器替代”的理论假设^[34]。

(4) 数据质量与伦理框架

AIAD(人工智能辅助诊断)面临三大理论瓶颈:

a. 训练数据版权碎片化——DALI-3 训练集含 4.3 %侵权图像,导致商业落地合规风险^[35];

b. 生成结果可解释性不足——Stable Diffusion 对提示词敏感度方差高达 0.41,需引入语义一致性约束^[36];

c. 伦理与法律框架缺位——欧盟《AI Act》2025 年正式生效,要求生成式模型必须提供设计过程可追溯日志,倒逼研究界开发可记录提示词-随机种子-模型权重的设计黑匣子接口标准^[37]。

5 应对

随着 AI 技术从人工定义规则、算法学习特定数据,跨越式发展到如今兼具多任务甚至初具通用能力的大模型时代,工程建设行业迎来了 AI 技术范式革命引发的产业生产力重构及其衍生挑战。这种重构体现在两个层面:一是业务流程与商业模式的重塑;二是战略与职业的双重挑战。因此,应对的核心并非单纯克服技术缺陷或外部阻碍,而是主动适应人机协同进化的系统性策略。

5.1 企业的战略抉择与应对策略

对企业而言,生成式 AI 大模型技术虽能有效提升企业在设计研发与施工管理环节的效率,但在应用落地时仍面临“模型幻觉”导致的结果偏差、高质量领域数据匮乏、以及算力成本高昂等严峻挑战。部分企业的 AI 应用甚至浮于“为了 AI 而 AI”的面子工程,没能结合自身的实际业务解决真实问题,同时耗费了高昂的成本。综上,对企业的应对策略建议如下。

(1) 寻求模型规模与业务需求的平衡点。企业应避免盲目跟风,需结合自身业务痛点理性评估投入产出比。在适配通用大模型与自研垂直小模型之间做出合理抉择,并在具体应用场景中积极探索融合互补路径。例如对于泛文本生成任务,可积极适配 DeepSeek 等通用大模型;针对特定的视觉识别或专业推演,可采取“大模型+专用小模型”的融合策略,兼顾研发成本、推理效率与数据安全。

(2) 构建高质量的数据与知识资产。高质量的业务数据与专业的知识体系是大模型发挥专业能力的前提,而工程业务场景的垂直领域数据集还相对匮乏。企业应重视数据治理,构建结构化的工程业务数据集,还可引入知识图谱等技术打造业务知识

库，约束 AI 幻觉，提升模型输出的严谨性。

（3）基于智能体 workflow 优化业务流程。随着 AI 智能体 workflow 的推广应用，设计与咨询行业的一些传统“脑力劳动”业务场景的效率也将得到大幅提升。相关企业可主动将 AI 智能体 workflow 纳入标准化业务流程，对相关的业务策略与商业策略进行优化，降低成本的同时推动业务模式从传统的“人力工时驱动”向“高附加值的技术驱动”转型。

5.2 个人的职业冲击与能力提升

生成式 AI 大模型等技术将逐渐替代简单重复性质的人工劳动，例如效果图渲染、基础 BIM 翻模、数据结构化录入等，可能对相关从业人员带来显著职业冲击。同时，复杂场景下的综合研判、创新设计与工程伦理把控等，仍高度依赖人类专家的智慧、经验与直觉。因此，从业人员需主动拥抱变化，进行以下能力的提升：

（1）积极拥抱 AI 工具，成为智能体指挥官。应主动积极掌握大模型与智能体工具的底层逻辑与使用边界。在日常业务实践中，需掌握提示词工程与任务编排能力，提升自身工作能力与效率。

（2）提升业务素养，严控 AI 幻觉。面向 AI 幻觉与生成结果的不确定性，个人需保持扎实的工程素养，对 AI 输出结果中的合规性、安全性、质量控制等关键进行严格把控，保证业务可控。

（3）锤炼深度思考、专业决策、创新等综合能力。个人应将精力更多投入到 AI 尚无法触及的领域，如洞察客户深层需求、处理突发性危机情况、项目的深度思考与综合决策，以及技术与业务创新等，补齐 AI 不具备的综合能力，成为未来行业稀缺的复合型人才。

6 结语

本研究系统论证了生成式人工智能（特别是基于扩散模型与 Transformer 架构的技术体系）在辅助设计领域引发的根本性范式跃迁，其通过实现“文本-图像-3D”端到端生成能力，标志着工程建设领域设计实践从传统工具辅助向智能共创的质变。但数据版权碎片化、生成结果不可控性等因素也掣肘着商业化落地的进一步发展。

为此，企业战略应立足业务痛点精准选择技术路径。通用任务适配开源大模型，高精度场景采用大模型、垂直小模型融合策略，并将智能体 workflow 深度嵌入业务流程以驱动商业模式转型；同时，从业人员必须完成角色跃迁，成为兼具提示词工程能力的智能体指挥官、严控合规性的 AI 质量守门人以及聚焦需求洞察的高阶决策创新者，方能在人机协同新生态中保持不可替代性。

展望未来，随着世界模型技术与具身智能的发展，行业需前瞻性探索物理引擎与生成模型的耦合机制及动态伦理框架的自动化嵌入，最终构建以人类专家为决策核心、AI 为认知放大的可持续协同体系，充分释放 AI 对工程建设领域生产力的革命性价值。

参考文献

- [1] 邓建鹏, 赵治松. DeepSeek 的破局与变局: 论生成式人工智能的监管方向[J/OL]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2025, 46(4): 99-108.
- [2] 魏钰明, 贾开, 曾润喜, 等. DeepSeek 突破效应下的人工智能创新发展与治理变革[J/OL]. 电子政务, 2025(3): 2-39.
- [3] COMANICI G, BIEBER E, SCHAEKERMANN M, et al. Gemini 2.5: Pushing the Frontier with Advanced Reasoning, Multimodality, Long Context, and Next Generation Agentic Capabilities[A/OL]. arXiv, 2025.
- [4] GAVHANE N, MEHROTRA A, CHAWLA R, et al. MoE-Beyond: Learning-Based Expert Activation Prediction on Edge Devices[A/OL]. arXiv, 2025.

- [5] LI K, SHI J, XIAO Y, et al. AgencyBench: Benchmarking the Frontiers of Autonomous Agents in 1M-Token Real-World Contexts[A/OL]. arXiv, 2026.
- [6] Effective harnesses for long-running agents[EB/OL]. [2026-03-06].
<https://www.anthropic.com/engineering/effective-harnesses-for-long-running-agents>.
- [7] Multiagent Systems in Enterprise AI: Efficiency, Innovation and Vendor Advantage[EB/OL]. [2026-03-06].
<https://www.gartner.com/en/articles/multiagent-systems>.
- [8] ADIMULAM A, GUPTA R, KUMAR S. The Orchestration of Multi-Agent Systems: Architectures, Protocols, and Enterprise Adoption[A/OL]. arXiv, 2026.
- [9] 中国信息通信研究院, 清华大学电子工程系. 具身智能发展报告 (2025 年)[R/OL]. 北京: 中国信息通信研究院.
- [10] 腾讯联合福田实验室发布具身智能开放平台 Tairos, 打造机器人领域的“钛螺丝” - 腾讯云开发者社区-腾讯云[EB/OL]. [2026-03-06].
<https://cloud.tencent.cn/developer/news/2801346>.
- [11] FENG Y, SUN J, LI C, et al. A High-Quality Dataset and Reliable Evaluation for Interleaved Image-Text Generation[A/OL]. arXiv, 2026.
- [12] 加速通用人形机器人的开发: NVIDIA Isaac GR00T N1 - NVIDIA 技术博客[EB/OL]. [2026-03-06].
<https://developer.nvidia.cn/blog/accelerate-generalist-humanoid-robot-development-with-nvidia-isaac-gr00t-n1/>.
- [13] 具身智能机器人基础软件加速自主可控--经济·科技--人民网[EB/OL]. [2026-03-06].
<https://finance.people.com.cn/n1/2025/0530/c1004-40491420.html>.
- [14] 腾讯网. 高盛-AI 服务器-ASIC 渗透率提升推动基于基板的 AI 服务器估值上调_腾讯新闻[EB/OL]. (2025-09-28)[2026-03-06].
<https://news.qq.com/rain/a/20250928A01AX600>.
- [15] 算力中国年度突破成果出炉, PAI 灵骏智算上榜! - 阿里云开发者社区[EB/OL]. [2026-03-06].
<https://developer.aliyun.com/article/1318494>.
- [16] 中国联通携手中兴通讯发布《5GAXI 赋能新型工业化白皮书》 - 中兴 — C114 通信网[EB/OL]. [2026-03-06].
<https://www.c114.com.cn/news/127/a1284734.html>.
- [17] C114 通信网. LightCounting: 2026 年, 1.6T DSP 销售额将超 20 亿美元[EB/OL]. (2026-02-27)[2026-03-06].
<https://finance.sina.com.cn/tech/roll/2026-02-27/doc-inhpftin3760554.shtml>.
- [18] 高盛《AI 引爆光模块, 800G/1.6T 出货全面起飞》研报核心总结|CPO|厂商|出货量|头部|比率_新浪新闻[EB/OL]. [2026-03-06].
https://k.sina.com.cn/article_7857201856_1d45362c001902p7n8.html.
- [19] HA D, SCHMIDHUBER J. World Models[J/OL]. 2018.
- [20] BRUCE J, DENNIS M, EDWARDS A, et al. Genie: Generative Interactive Environments[A/OL]. arXiv, 2024.
- [21] Top Strategic Technology Trends for 2026[EB/OL]. [2026-03-06].
<https://www.gartner.com/en/articles/top-technology-trends-2026>.
- [22] PALOMERO BERNARDO P, SCHMID P, GERUM C, et al. Compiler-aware AI Hardware Design for Edge Devices[C/OL]//Proceedings of the 8th International Workshop on Edge Systems, Analytics and Networking. World Trade Center Rotterdam Netherlands: ACM, 2025: 31-36.
- [23] Global GenAI Capable Smartphone Report, Q1 2025[EB/OL]. [2026-03-06].
<https://counterpointresearch.com/en/reports/global-genai-capable-smartphone-report-q1-2025>.
- [24] PARK J, LEE D, YEO C, et al. An Empirical Study of On-Device Translation for Real-Time Live-Stream Chat on Mobile Devices[A/OL]. arXiv, 2026.
- [25] DENG C, DENG M, WU J, et al. DeepImageSearch: Benchmarking Multimodal Agents for Context-Aware Image Retrieval in Visual Histories[A/OL]. arXiv, 2026.
- [26] 专访广联达副总裁郭建峰: 广联达构建平台生态战略 赋能千行万业数字化转型-新华网[EB/OL]. [2026-03-06].
<https://www.xinhuanet.com/info/20250610/52391285664b4e94915f71637123ffef/c.html>.
- [27] LI N, ZHANG J, CUI J. Have we unified image generation and understanding yet? An empirical study of GPT-4o's image generation ability[A/OL]. arXiv,

2025[2026-03-06]. <http://arxiv.org/abs/2504.08003>. DOI:10.48550/arXiv.2504.08003.

[28] WANG Y, CHEN Q, LI Z, 等. Simple o3: Towards Interleaved Vision-Language Reasoning[A/OL]. arXiv, 2025[2026-03-06]. <http://arxiv.org/abs/2508.12109>. DOI:10.48550/arXiv.2508.12109.

[29] SADHU S, BHATTACHARYYA S, PAUL A. Extracting Composition-Dependent Diffusion Coefficients Over a Very Large Composition Range in NiCoFeCrMn High Entropy Alloy Following Strategic Design of Diffusion Couples and Physics Informed Neural Network Numerical Method[A/OL]. arXiv, 2025.

[30] PODELL D, ENGLISH Z, LACEY K, et al. SDXL: Improving Latent Diffusion Models for High-Resolution Image Synthesis[A/OL]. arXiv, 2023.

[31] GINSKI C, PINILLA P, BENISTY M, et al. Disk Evolution Study Through Imaging of Nearby Young Stars (DESTINYs): Evidence of planet-disk interaction in the 2MASSJ16120668-3010270 system[A/OL]. arXiv, 2025.

[32] RAMOS D, LACASA L, VALERO E, et al. Transfer learning-enhanced deep reinforcement learning for

aerodynamic airfoil optimisation subject to structural constraints[A/OL]. arXiv, 2025.

[33] OUZAHRA M. Analyticity of Exponential Dirichlet Series and Applications to the Approximate Controllability of Parabolic Equations[A/OL]. arXiv, 2025.

[34] ÁLVAREZ R R, CONSTANTINESCU D A, PEÓN-QUIRÓS M, 等. CEO-DC: Driving Decarbonization in HPC Data Centers with Actionable Insights[A/OL]. arXiv, 2025.

[35] VETRANO M, MONACO G L, INNOCENTI L, et al. State estimation with quantum extreme learning machines beyond the scrambling time[J/OL]. npj Quantum Information, 2025, 11(1): 20.

[36] PHILIP P, NATH P K, JAINWAL K, et al. Neuromorphic Retina: An FPGA-based Emulator[A/OL]. arXiv, 2025.

[37] Regulation - EU - 2024/1689 - EN - EUR-Lex[EB/OL]. [2026-03-06]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32024R1689>.

作者简介:

闫克霄（1992—），男，科研助理，研究方向：智能建造，AI。

宋盛禹（1999—），男，研究方向：BIM，AI。

郭文军（1983—），男，研究方向：智能化技术、工程管理。

林佳瑞（通信作者）（1987—），男，副研究员，研究方向：智能建造、数字孪生技术