

工程建设行业生成式 AI 大模型现状与趋势综述

宋盛禹^{1,3}, 黄欣², 王诗羽³, 郭文军⁴, 康凯³, 张一鸣², 张微², 王明溥¹, 林佳瑞^{1,*}

- (1. 清华大学土木工程系, 北京 100084;
2. 中铁十八局集团有限公司, 天津, 300222;
3. 清云小筑(北京)创新技术有限公司, 北京 100083;
4. 北京云建信科技有限公司, 100080)

[摘要] 生成式人工智能正驱动工程建设行业从数字化向智能化跨越。本文深度剖析了生成式大模型在工程建设行业全生命周期的应用现状与趋势, 创新性地提出了基于“信息熵流变”的输入/输出 (Input/Output, I/O) 任务分类框架。内容生成 (I/O 扩张): 实现从抽象意图到具象建筑方案、三维建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM) 及施工文档的高效生成; 解析推理 (I/O 均衡): 打破数据孤岛, 实现图纸与 BIM 模型等工程资产的语义级解析、跨模态比对与逆向重构; 评估决策 (I/O 压缩): 在图纸智能合规审查、施工进度风控及运维能源调度中展现出显著决策优势。研究显示, 生成式大模型的工程建设应用正全面迈入高效场景落地阶段, 将持续助力行业的效率效益提升。

[关键词] 大模型; 人工智能; 工程建设; 生成式模型; 文献综述

A Review of the Current Situation and Trends of Generative AI Large Models in the Engineering Construction Industry

SONG Shengyu^{1,3}, HUANG Xin², WANG Shiyu³, GUO Wenjun⁴, KANG Kai³, ZHANG Yiming², ZHANG Wei², Wang Mingpu¹, LIN Jiarui^{1,*}

- (1. Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;
2. China Railway 18th Bureau Group Co., Ltd., Tianjing 300222, China;
3. QingyunArch (Beijing) Innovation Technology Co., Ltd., Beijing 100083, China;
4. Beijing CBIM Technology Co., Ltd., Beijing 100080, China)

abstract: Generative Artificial Intelligence (AI) is propelling the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) industry's transition from digitalization to intelligentization. This paper provides an in-depth analysis of the current application landscape and future trends of generative large models throughout the AEC lifecycle. It innovatively proposes an Input/Output (I/O) task classification framework based on the "flow of information entropy". Content Generation (I/O Expansion): Enables the efficient generation of concrete architectural designs, 3D Building Information Modeling (BIM), and construction documents from abstract intents. Parsing and Reasoning (I/O Equilibrium): Breaks down data silos to achieve semantic-level parsing, cross-modal comparison, and reverse reconstruction of engineering assets such as drawings and BIM data. Evaluation and Decision-Making (I/O Compression): Demonstrates significant decision-making advantages in intelligent drawing compliance reviews, construction progress risk control, and operation and maintenance (O&M) energy scheduling. Research indicates that the application of generative large models in the AEC sector is comprehensively entering a phase of efficient, scenario-based deployment, which will continuously drive improvements in the industry's overall efficiency and effectiveness.

Keywords: Large models; artificial intelligence; engineering construction; generative models; literature review

引言

我国工程建设领域数字化进程持续推进。建筑信息模型（Building Information Modeling, BIM）自 2015 年住房和城乡建设部发布应用指导意见以来，在设计、施工、运维各阶段得到广泛应用^[1]。数字孪生、物联网等在智慧工地中已实现设备、环境及工序的实时监测与调度^[2]。但普遍存在的数据跨阶段标准不统一、跨专业协同不足、以及非结构化理解缺陷等瓶颈^[3]，依然制约行业发展与数据要素价值释放。

近年来，人工智能（Artificial Intelligence, AI）高速发展，正成为工程建设数字化转型的重要动力^[4]。政策上，AI 赋能已成为重心，如《“十四五”建筑业发展规划》强调加快 BIM 与新一代信息技术融合应用^[5]，《智能建造与建筑工业化协同发展指导意见》将智能建造软件列为重点任务^[6]。应用上，大模型被视为提升协同效率、重构知识范式的突破口^[7]。其在规范解译^[8]、设计方案优化^[9]、图模解析^[10]、施工风险预警^[11]、运维决策支持^[12]等环节已开展应用。然而，相关系统性与综述仍较少，亟需梳理应用现状与发展趋势。本文通过多平台检索，系统性梳理了生成式 AI 大模型在工程建设行业的应用动态、案例与技术路径，揭示了 AI 大模型赋能工程全流程智能化升级的重要潜力。

1 生成式 AI 应用的整体框架

基于收集的各应用场景、案例、技术原理、数据流转方式等信息，本研究通过应用任务分类及 AI 大模型分类两个维度进行归纳梳理，提出工程建设行业生成式 AI 大模型的整体应用框架。

1.1 基于信息熵流变的任务分类

为了系统剖析生成式 AI 在工程建设领域的应用模式，本文引入信息熵流变（Information Entropy Flow）理论，将任务的输入/输出（I/O）数据量级关系作为核心分类指标，建立任务分类体系。信息熵流变的目标是系统地追踪数据输入输出过程中，其数据量和数据模态的动态变化。具体的，相关任务可分为三大类：

（1）内容生成类（I/O 扩张）：即输入

远小于输出数据量的任务，包括建筑效果图、施工计划与工序方案、管理文档的生成等。

（2）解析推理类（I/O 均衡）：即输入与输出数据量处于同量级的任务，包括对工程文档、运维记录、各类表单等数据进行解析理解、内容比对、一致性审查、问题归纳等，此类任务多用于工程文档数据的结构化理解与推理。

（3）评估决策类（I/O 压缩）：即输入远大于输出数据量的任务，包括将海量数据进行汇总摘要、异常检查与凝练决策，如图纸与 BIM 模型的合规性审查，跨合同/日志/进度等多源数据的风险识别与处置决策。

由于任务特点的差异，上述任务对 AI 模型的能力需求则各有侧重：1）内容生成类更依赖生成质量与可控性，宜采用指令微调的大语言模型、视觉生成模型及多模态生成模型；2）解析推理类强调逻辑推理与信息抽取，适合采用具函数调用/工具使用与检索增强能力的大模型，配合多模态理解模型与必要的规则引擎；3）评估决策类侧重多源数据汇聚、长上下文处理、异常检测与决策优化能力，适合采用知识库增强且具备长上下文能力的大模型，联合多模态时序模型与运筹优化/仿真等专用模块支持。

1.2 基于数据类型的 AI 大模型分类

当前生成式 AI 大模型按照处理的数据类型主要分为三类：大语言模型、视觉模型以及多模态模型^[13]。大语言模型专注于文本数据，能够辅助工程人员高效完成基于文本的分析与决策^[14]，可用于工程规范解析、技术文档自动生成、方案推理等任务；视觉模型主要包括视觉理解模型，和视觉生成模型两大类，功能包括图像检测、分类、描述、生成、修复、编辑等^[15]，可用于识别视频图像工况与病害情况，将建筑草图转化为渲染图等；多模态模型则集成文本、视觉等多模态编码器，可支持文本、图像、图纸、模型等多源异构数据的处理^[16]，具备跨模态理解和协同处理能力，可适应工程建设中半结构化及非结构化信息的复杂交互与集成需求。

1.3 结合任务与 AI 大模型分类的总体框架

基于上述两类维度进行梳理汇总，形成

整体综述框架体系如图 1 所示。框架从工程建设任务、数据类别、数据处理方法及其对应 AI 大模型共四个层面阐释了生成式 AI 大模型赋能行业创新的总体框架。

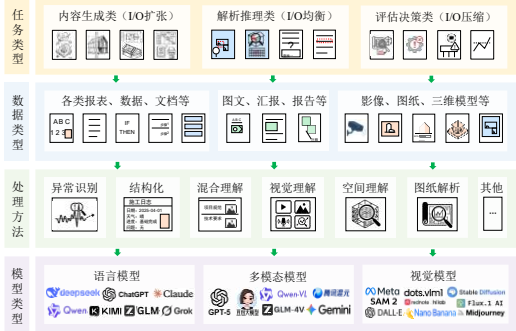


图 1 工程建设领域生成式 AI 大模型应用总体框架

Fig.1 Overall framework for the application of generative AI large model construction in the field of engineering

2 关键应用场景

参照框架部分提出的任务信息熵流变分类体系，生成式 AI 大模型在工程中各类应用场景可被解构为内容生成（I/O 扩张）、解析推理（I/O 均衡）、评估决策（I/O 压缩）三大类型。以下按照这三大场景类型顺序，对当前工程应用场景进行系统性归纳。三大类型任务的总览对比如表 1 所示。

表 1 工程建设领域三类典型 AI 应用场景一览

Table 1 An overview of three typical AI application scenarios in the field of engineering construction

任务信息分类	核心价值	典型场景	适用的 AI 技术
内容生成	I/O 扩张 创造力、效率倍增	效果图、方案生成	Diffusion, LLM, GANs
解析推理	I/O 均衡 互操作性、知识提取	BIM 逆向建模、规范解译、日志解析	LLM (RAG), VLM
评估决策	I/O 压缩 全局洞察力、风控	图纸审查、安全监控、进度预警、预测性维护	LLM (长文本), 时序分析等

2.1 内容生成类（I/O 扩张）

此类任务的特征为“以少生多”：即由低熵意图生成高熵内容。其核心在于通过 AI 的概率预测与多模态能力，实现从抽象意图向具象工程成果实体的映射，从而显著增强

创造力，并提升产出效率。

2.1.1 建筑设计生成与推演

在项目早期，设计团队需在限时内探索多重方案并实现概念可视化。为此，生成式 AI 主要应用于以下三类任务。

2.1.1.1 概念方案推演

概念设计方案推演的核心是将低熵的概念意图（功能、指标、草图等）转化为具备高维几何与拓扑特征的设计方案。此类应用已从灵感扩充、形体生成逐步演化为具备“理解-生成-分析-优化”闭环能力的 AI 智能体体系，其应用点可归纳如下。

(1) AI 与几何引擎约束的场地级推演。在场地规划与体块生成层面，AI 体系可在日照、风环境、噪音及造价等约束下帮助最大化土地价值。如 Autodesk Forma 仅需基本地理参数即可在数分钟内推演出数百种布局方案，并无缝接入 Autodesk 软件生态^[17]。

(2) 专业理解与分析模块驱动单体与平面优化。AI 体系可以理解设计师的专业表述，并调用专用模块进行指标优化。例如广联达 Concetto 可基于文本或草图推演建筑方案，并接入光照分析、成本估算等专业模块进行指标量化^[18]。TestFit 的财务模块可针对财务回报率对方案进行优化。

(3) AI 助手驱动的软件专业功能交互。部分软件已将 AI 助手作为交互重点，支持对话式调用专业功能。以小库设计云平台 AI 对话助手为例，可通过大模型调用专用的平面布局图神经网络，设计师只需定义空间边界与功能需求，AI 即可基于图论逻辑自动填充墙体、门窗与家具布局。

2.1.1.2 建筑效果图生成

效果图生成旨在将文本、体块、线稿等转化为具备高分辨率细节、光照氛围与材质表现的视觉图像，服务于概念表达与风格比选。随 Stable Diffusion^[19]、Nano Banana 等模型的进化，该领域正向精确可控、语义交互及局部精修演进，其应用点如下：

(1) 基于节点工作流的精确控制生成。例如广联达 Concetto^[18]、小库设计云的效果图生成应用，普遍采用基于 ComfyUI 的节

点式 workflow 进行精确控制,通过引入白模图、深度图或法线贴图作为强约束,精确控制几何特征^[20]。

(2) 工程数据驱动的可控优化。采用 CAD 图纸、BIM 模型等空间数据进行联动优化是保障可控性的关键^[20]。如 Veras 的 Revit 插件可直接基于 BIM 模型的空间布局、材质特点进行空间控制;

(3) 面向高频场景的特化调优。可以针对高频典型场景进行性能调优。

2.1.1.3 图纸与 BIM 模型生成

设计深化阶段的生成任务侧重于工程可用性、可编辑性与跨专业一致性。该类应用已形成“大模型意图解析+专业模型求解/规则约束+软件 API 成果写入”的协同范式,正从构件级应用向高精度、高可信的生产力 workflow 演进。应用点可归纳如下。

(1) 经验规律、物理受力与规则约束下的结构设计生成。清华大学陆新征团队采用历史结构布置数据进行 AI 模型训练,采用规则库校核来满足物理与规则约束,基于文本提示词与轮廓草图输出符合工程设计要求的 CAD/BIM 结构剪力墙布局方案^[21]。

(2) 施工方案图纸与 BIM 模型方案的生成。例如, Autodesk、Bentley 的 CAD/BIM 生成式 AI 组件可基于简要指令自动绘制场地布置图纸,并在 BIM 模型中添加构件。Hypar 的“Text-to-BIM”功能允许自动大模型解析指令并生成 IFC 格式的 BIM 模型。DeepSeek 可生成 Dynamo/Python/C# 脚本,驱动参数化 BIM 建模^[22]。

(3) 强几何与工艺约束下的机电 BIM 构件系统布置生成。AI 可综合考虑管线长度,弯头数量、避让距离进行求解^[23],例如 Autodesk 生成式 AI 设计模块已可部分实现机电管线的自动路线布置与实时调整。

2.1.2 工程方案计划的生成

工程方案计划生成侧重于生成可执行的步骤、方案、进度与资源清单等。这对大模型的逻辑推理与规划能力要求较高。

2.1.2.1 工程文档自动撰写

工程文档贯穿项目全生命周期,覆盖从

可研、招标到施工、验收的各类资料,编制耗时大且易产生合规风险。生成式大模型的语义理解能力可帮助减少文档编制中的信息不对称与法律纠纷隐患,其应用点如下。

(1) 自动化的标书编制。广联达 AceGPT 等行业大模型可基于规模、结构、位置、工期等基本参数,自动生成完整投标文件草案,支持自定义填充技术措施。

(2) 自动化工程数据报表。AI 数据汇总已在数据报表阶段得到应用。例如 Procore 的 Helix 智能层,可通过自然语言指令抓取施工安全日志数据,生成对应统计图表。

(3) 工艺、安全规程相关的检索生成。例如,万翼科技 AI 助手可检索 BIM 模型构件信息,结合工艺标准资料自动生成施工技术交底清单。

2.1.2.2 施工组织设计与进度计划生成

施工组织设计与进度计划是建设项目管理的核心。其正从传统的关键路径法向。生成式大模型驱动的动态调度与风险分析机制转变,应用点如下。

(1) 施工组织设计的生成。此类生成依赖已有规范库与案例的经验,并需要特定参数约束。例如, ChatGPT 可生成施工组织初稿^[24],广联达的 AceGPT 可基于项目文档信息生成施工组织设计草案,并关联技术规程,根据地质报告推荐技术工艺。

(2) 施工进度计划的编制。例如, Alice 的 Schedule Insights 智能体可让 AI 根据约束条件进行参数化模拟,结合 BIM 模型自动生成大量 4D 进度计划,并对比各类计划的工期与成本曲线。

2.1.2.3 运维管理文档与策略的生成

运维阶段正由基于固定时间表的预防性维护转向而生成式大模型驱动的动态预测性维护。AI 大模型显著提升了运维资料的可用性与策略响应的即时性。其应用点如下。

(1) 运维管理文档的自动编纂。例如, Edocuments 等运维平台可基于生成式大模型可自动解析提取设备手册、厂家资料、竣工图纸等,生成电子运维手册;Facilio 在此基础上,还支持通过指令派发维护工单给对

应班组。

(2) 维护策略与计划的生成。例如 CityFM 等服务商采用 AI 建立设备健康基线模型，基于传感器数据感知设备状态，预测剩余使用寿命，实时生成并调整后续维护计划，从而延长设备寿命。

2.2 解析推理类 (I/O 均衡)

解析推理类任务以理解与推理为核心，其输入与输出数据量级基本持平。在工程建设场景中，生成式 AI 大模型可充当解析器与翻译官，将海量非结构化工程数据转化为结构化逻辑，实现信息流转与逻辑校验。

2.2.1 图纸/BIM 模型智能解析与关联转换

图纸与 BIM 模型作为工程核心数据载体具有较高的专业门槛。生成式大模型的多模态能力可帮助图纸与模型数据的解析、关联与格式转换，为专业数据流转奠定基础。

2.2.1.1 图纸智能解析与语义理解

工程图纸格式多样，通常包括 CAD、PDF 以及图片格式，对大模型的视觉识图能力要求较高。可采用视觉模型或多模态模型对图像进行解析，提取文字说明与基础几何线条，识别墙、柱、门窗等典型图元及拓扑关系，并可结合语言模型进行语义理解。

例如，品览平台的 AI 功能可基于规范知识库，自动识别生成构件模型与施工图的基础尺寸、清单信息等；万翼科技的图纸大模型基于大量构件数据训练而来，可识别图框、轴网图元，并结合语义理解与检索增强，提取项目概况、平面构件布置等信息。

2.2.1.2 图纸到 BIM 模型的关联转换

基于识图能力，图纸内构件信息可被转化为 BIM 模型的构件参数信息，从而进行图纸到 BIM 的逆向重建或一致性比对。此类任务的核心在于 2D 与 3D 两类数据的跨模态逻辑推理与一致性检查能力。

例如，Make a BIM 公司借助 AI 大模型读取建筑平面图、手绘草图等多类图纸，对不完整信息进行自动推理补全。

2.2.2 规范与技术知识的解析与推理问答

生成式大模型结合知识库技术，可将篇幅巨大的工程规范与技术文档转化为结构

化知识库，实现自动化的精准检索、理解与逻辑推理问答^[8]。

2.2.2.1 标准与规范知识的推理问答

此类任务大多采用大模型结合检索增强等技术进行实现，通过向量检索在海量规范文本中定位关联条文，并利用大模型进行语义理解与逻辑推理问答^[8]。

例如，清华大学、中国建筑出版传媒有限公司团队均针对住建领域法规标准构建了各具特色的知识大模型，汇聚大量行业标准与规范文本，支持规范内容智能检索与问答以及规则推理、BIM 审查等需求^[8]。

2.2.2.2 行业知识与技术资料的推理问答

海量行业知识与企业内部技术资料的智能搜索与问答同样是大模型推理问答的应用重点。其依赖大模型与知识库体系的专业理解能力、长文本能力以及演绎推理能力，已在企业内部 AI 助手场景得到应用。

例如，中国建筑工业出版社与上海建工集团联合推出的 Construction-GPT 已成为企业级问答产品，积累了大量技术标准、工法文件与图集资料，支持施工技术细节问答。

2.2.3 工程数据的结构化处理与逻辑推断

标书、合同、日志、单据等大量碎片化的工程文档可由大模型解析内容，提取关键字段进行结构化，辅助逻辑判断与因果分析。

2.2.3.1 合同条款的解析与风险提取

工程合同法律与技术条款复杂，人工审核专业要求高且任务繁重。生成式大模型可自动化解析工期罚款、索赔时效等关键条款，生成专项风险清单与建议。

例如，CrunchAI 建筑合同审查工具采用大量真实合同与规范训练，能标记模糊、冲突的施工要求，识别可能导致超支的条款，帮助理解合同边界。

2.2.3.2 日常业务数据的自动解析

日常施工管理会产生大量碎片化的图像、文字与语音记录。生成式大模型可归集碎片文本、转录录音，识别图像与视频内容，实现管理数据的无感化梳理应用。

例如，Procore 智能体可根据现场人员的语言描述、进度数据以及图像信息，全自

动生成施工日报与问题摘要，腾讯会议 AI 助手可帮助工程会议进行自动总结^[25]。

2.2.3.3 数字孪生数据资产的信息解析映射

随数字孪生在工程中的普及，BIM、点云、实景影像、倾斜摄影、高斯泼溅等数字孪生资产的自动化解析成为关键。生成式大模型结合计算机视觉、3D 深度学习，实现了物理实体与语义属性的精准映射应用。

具体的，大模型可检索 BIM、资产表以及 IoT 点位表的关联，实现数字孪生设备数据的自动对齐。例如 OpenSpace 基于多模态大模型，将现场图像与语音解析为问题清单并物理定位，实现数字孪生语义对齐。

2.3 评估决策类（I/O 压缩）

评估决策类任务旨在从海量、多源的工程数据中提炼核心价值，是典型的将大数据压缩凝练为关键结论的高阶任务。其对生成式模型的超长文本处理、跨模态融合、知识推理能力都提出了较高要求。

2.3.1 工程设计的合规性与一致性审查

设计审查属于典型的 I/O 压缩与强逻辑判断场景。生成式大模型可将法律、规范强条等内容转为可计算的审查逻辑，帮助对图纸与模型执行比对。其应用点如下。

2.3.1.1 图纸与 BIM 模型的智能合规性审查

设计合规性审查涉及海量图纸/模型与繁杂规范强条的精细比对。传统人工审查耗时长且易受主观影响。AI 大模型可将标准规范条文转为可计算的逻辑规则，输入图纸/模型识别引擎推理执行，实现自动化审查。

例如，清华大学林佳瑞团队的规范自动解译的 BIM 审图智能方法，采用大模型将消防、建筑等专业的规范强条导入 Revit 与 IFC 引擎，实现 BIM 模型的智能审查^[26]。万翼科技的 AI 审图系统可发现 CAD 图纸的强条违规，尺寸错误等问题并高亮输出。

2.3.1.2 多专业跨模态的一致性检查

大型项目中建筑、结构、机电等不同专业的图纸/模型往往存在数据冲突，一致性检查依赖跨专业知识经验。大模型可用于多专业底层数据结构的统一校验，识别隐藏逻辑冲突，提升跨专业协作效率。

例如，DeepSeek 被用于校验 IFC 数据资产的完整性与合规性^[27]。万翼科技的图云平台基于大模型可跨专业发现图纸冲突并纠正错误，提升跨专业图纸核对效率。

2.3.2 施工进度与安全风险的分析预警

施工现场环境复杂且实时数据量庞大（含视频、传感器、日志等）。大模型可主动提取现场关键信息，经风险推理输出预警指标，实现从被动监督到主动预警的跨越。

2.3.2.1 基于视觉大模型的安全隐患识别

传统依赖人工的施工安全巡检存在局限。视觉语言大模型具备少样本学习能力与深层理解能力，显著提升了复杂长尾场景的精度，不但能识别危险源，还可识别未系安全带、危险区域入侵等等复杂危险行为。

例如，广联达 AI 安全哨兵可视觉识别高处作业未戴安全带、未戴个人防护装备等行为。海外 ViAct 平台可视觉识别吸烟、未戴安全帽、危险区域入侵等不安全行为。

2.3.2.2 进度偏差分析与延误预警

施工进度管控正从依赖人工经验转向基于 AI 和历史数据的客观推演。大模型可基于历史进度经验，对照现场关键进度数据，自动分析偏差，并预测延误概率发出预警。

例如，英国 nPlan 的 AI-SRA 基于 75 万份历史进度数据进行训练，可基于现场数据预测延期情况，输出完工概率。Alice 的 Schedule Insight 智能体可提取进度信息，自动分析延误因素，并给出进度差异报告。

2.3.3 运维阶段的预测性维护

在建筑运维期，机电暖通等设备产生庞大数据流。大模型可从中分析设备状态，优化能耗策略，总结故障模式，预测后续情况，实现从事后维修向事前预测的转变。

2.3.3.1 数字孪生与 AI 驱动的设备故障预测

行业正加速将三维数字孪生平台、设施管理与大模型深度集成，建立 AI 驱动的设备故障预测体系。例如大模型结合时序推理可实时监控分析暖通空调、电梯等设备的温度、振动等情况，进行故障预测。

例如，Facilio 设施管理平台可分析历史数据与实时传感器数据，预测水泵等设备的

失效时间，生成预防性的维护工单。

2.3.3.2 基于实时设备数据的主动能耗优化

在“双碳”目标驱动下，能耗优化已从被动管理转向主动调度。生成式大模型可通过跨模态融合气象预报、电价、人流、设备数据，实现全局统筹的动态节能与削峰填谷。

例如，Facilio 的 Copilot AI 智能体可综合天气条件与入住率等情况，实时调整暖通与照明系统设定，降低电耗成本。

3 结论与展望

本文通过系统性调研分析，梳理了生成式 AI 大模型在工程建设全周期场景的应用现状。结果表明，生成式 AI 在工程建设领域的应用已从单点概念验证迈向深度场景落地。基于本研究提出的信息熵流变框架，大模型的核心价值体现为：

（1）内容生成与创造（I/O 扩张类）。基于多模态生成能力，解决了传统人工创作效率瓶颈，实现了从低熵提示词到高熵概念设计、BIM 模型或文档的自动转化，带来了生产力与创造力的大幅跃升。

（2）数据互操作与复用（I/O 均衡类）。大模型的深度解析与特征对齐能力可帮助解决工程场景数据孤岛难题，实现图纸、模型等多专业数据的结构化提取，从而展现数据资产跨界复用与深度整合应用价值。

（3）知识规则化与全局智能决策（I/O 压缩类）。大模型的规则转化与数据凝练能力，突破了繁杂规范难以校验，海量现场数据难以统筹的局限，带来了在设计合规性审查、安全风险及运维决策中的智能辅助价值。

本研究在大模型应用的长期效益评估、应用效果的同一基准测试、应用难点分析、以及数据安全伦理探讨层面仍存在局限性。未来研究可聚焦于：（1）开展对落地应用实例的长期跟踪与定量的效益分析。（2）构建各类场景的基准测试评级，标准化评价各应用场景的实际智能化水平。（3）深化难点应用场景的分析，如垂类模型幻觉、原生三维 AI 推理能力、复杂任务 AI 智能体等。

参考文献：

[1] 林佳瑞，张建平. 我国 BIM 政策发展现

状综述及其文本分析[J]. 施工技术, 2018, 47(06): 73-78.

[2] 张建平, 林佳瑞, 胡振中, 等. 数字化驱动智能建造[J]. 建筑技术, 2022, 53(11): 1566-1571.

[3] FAN C, CHEN M, WANG X, et al. A review on data preprocessing techniques toward efficient and reliable knowledge discovery from building operational data[J]. Frontiers in Energy Research, 2021, 9: 652801.

[4] REGONA M, YIGITCANLAR T, XIA B, et al. Opportunities and adoption challenges of AI in the construction industry: A PRISMA review[J]. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 2022, 8(1): 45.

[5] 住房和城乡建设部. “十四五”建筑业发展规划[R]. 北京: 住房和城乡建设部, 2022.

[6] 住房和城乡建设部等 13 部门. 关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见: 建市〔2020〕60 号[R]. 北京: 住房和城乡建设部, 2020-07-03.

[7] 汪鹏, 张集芳, 齐艳, 等. 大模型引导的自监督和语义增强的知识图谱推理框架[J/O L]. 计算机应用, 1-9[2026-04-21]. <https://link.cnki.net/urlid/51.1307.TP.20260420.2035.032>.

[8] 林佳瑞, 陈柯吟, 郑哲, 等. 建筑工程标准规范智能解译关键技术及应用[J]. 工程力学, 2025, 42(02): 1-14.

[9] 李晓岸, 严继鹏, 裴状壮. 生成式人工智能技术驱动下的建筑设计数字化 workflow [J]. 中国建设信息化, 2024(13): 56-61.

[10] 林佳瑞, 周育丞, 郑哲, 等. 自动审图及智能审图研究与应用综述[J]. 工程力学, 2023, 40(07): 25-38.

[11] PAN Y, ZHANG L. Integrating BIM and AI for smart construction management: Current status and future directions[J]. Archives of Computational Methods in Engineering, 2023, 30(2): 1081-1110.

[12] YAN K, ZHOU X, YANG B. Editorial: AI and IoT applications of smart buildings and smart environment design, construction and maintenance[J]. Building and En

vironment, 2022, 229: 109968.

[13] 刘邦奇, 聂小林, 王士进, 等. 生成式人工智能与未来教育形态重塑: 技术框架、能力特征及应用趋势[J]. 电化教育研究, 2024, 45(01):13-20. DOI:10.13811/j.cnki.eer.2024.01.002.

[14] 徐月梅, 胡玲, 赵佳艺, 等. 大语言模型的技术应用前景与风险挑战[J]. 计算机应用, 2024, 44(06): 1655-1662.

[15] ZHANG J, HUANG J, JIN S, et al. Vision-language models for vision tasks: A survey[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2024, 46(8): 5625-5644.

[16] WANG X, CHEN G, QIAN G, et al. Large-scale multi-modal pre-trained models: A comprehensive survey[J]. Machine Intelligence Research, 2023, 20(4): 447-482.

[17] 罗海涛, 湛冰, 李德桥, 等. Autodesk AI 技术在工程建设行业的探索应用[J]. 中国勘察设计, 2024, (05):34-39.

[18] 饶玉其. 基于广联达智能化设计的住宅项目提效实践[J]. 中国勘察设计, 2026, (02):74-76.

[19] 郑凯, 王葑. 人工智能在图像生成领域的应用——以 Stable Diffusion 和 ERNIE-ViLG 为例[J]. 科技视界, 2022, (35):50-54.

[20] XU C, QU C. A modular AI workflow for architectural facade style transfer: A deep-style synergy approach based on ComfyUI and Flux models[J]. Buildings, 2026, 16(3): 494.

[21] LIAU W, LU X, FEI Y, et al. Generative AI design for building structures[J].

Automation in Construction, 2024, 157: 105187.

[22] JANG S, BORRMANN A, LEE G. Automated natural language building descriptor for building information models[C]//Proceedings of the 2025 European Conference on Computing in Construction (EC3) & CIB W78 Conference on IT in Construction. 2025.

[23] YANG C, ZHENG Z, LIN J R. Automatic design method of building pipeline layout based on deep reinforcement learning[C]//Proceedings of the 30th International Conference on Intelligent Computing in Engineering (EG-ICE 2023). London, UK, 2023: 42-51.

[24] PRIETO S A, MENGISTE E T, GARCÍA DE SOTO B. Investigating the use of ChatGPT for the scheduling of construction projects[J]. Buildings, 2023, 13(4): 857.

[25] 赵浜, 曹树金. 生成式 AI 大模型结合知识库与 AI Agent 开展知识挖掘的探析[J]. 图书情报知识, 2025, 42(04):88-101. DOI:10.13366/j.dik.2025.04.088.

[26] ZHENG Z, HAN J, CHEN K Y, CAO X Y, LU X Z, LIN J R. Translating regulatory clauses into executable codes for building design checking via large language model driven function matching and composing[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2026, 163: 112823.

[27] YANG Y, JING X, LIU Y M. Automated checking of highway bridge BIM models based on large language models[J]. Buildings, 2025, 15(19): 3465