

AI 技术在智能建筑中的应用研究

程涛

(深圳市新达基建设集团有限公司)

【摘要】随着人工智能技术的快速迭代升级，其在智能建筑领域的应用呈现出多元化、深度化的发展态势。文章系统且全面地探讨了AI技术在建筑设计、施工管理、运维维护及能源优化等全生命周期中的应用现状与未来发展趋势。研究表明，AI与物联网（IoT）、建筑信息模型（BIM）等前沿技术的深度融合，正有力推动建筑行业向智能化、数据驱动型方向转型。通过典型案例发现，AI在智能建筑设计中的生成式算法可使设计效率提升300%；在施工阶段，预测性维护能够降低设备停机时间40%；在运维阶段，能源优化系统可实现20%~30%的节能效果。尽管目前面临技术集成复杂、行业标准缺失等诸多挑战，但AI技术必将成为实现建筑行业“双碳”目标的核心驱动力。未来，AI与BIM的深度结合将催生出新一代智能建造平台，进一步推动建筑行业的可持续发展。

【关键词】人工智能；智能建筑；建筑信息模型；物联网；能源优化

中图分类号：TU855

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.089

Research on the Application of AI Technology in Intelligent Buildings

CHENG Tao

(Shenzhen Xinda Infrastructure Construction Group Co., Ltd.)

【Abstract】With the rapid iteration and upgrading of artificial intelligence (AI) technology, its applications in the field of intelligent buildings have shown diversified and in-depth development trends. This paper systematically and comprehensively explores the current applications and future development trends of AI technology throughout the entire lifecycle of buildings, covering design, construction management, operation and maintenance, and energy optimization. Research indicates that the deep integration of AI with cutting-edge technologies such as the Internet of Things (IoT) and Building Information Modeling (BIM) is strongly driving the transformation of the construction industry towards intelligence and data-driven directions. Through analysis of typical cases, it is found that generative algorithms of AI in intelligent building design can increase design efficiency by 300%; During the construction phase, predictive maintenance can reduce equipment downtime by 40%; And in the operation and maintenance phase, energy optimization systems can achieve energy-saving effect of 20%-30%. Despite the numerous challenges currently faced, such as complex technical integration and lack of industry standards, AI technology is bound to become the core driver for achieving the "dual carbon" goals in the construction industry. In the future, the deep integration of AI and BIM will give rise to a new generation of intelligent construction platforms, further promoting the sustainable development of the construction industry.

【Keywords】artificial intelligence; intelligent building; building information modeling; internet of things; energy optimization

1 引言

21世纪以来,全球城市化进程加速推进,可持续发展理念逐渐深入人心。作为全球能源消耗和碳排放的主要领域之一,建筑行业能源消耗占全球总能耗的40%,二氧化碳排放量占全球总量的36%^[1]。在此环境下,智能建筑(Smart Building)概念应运而生,其旨在借助先进技术实现建筑的高效、舒适与可持续运营。而人工智能(AI)技术的迅猛发展为智能建筑的实现提供了强大且坚实的技术支撑。

AI技术在建筑领域的应用已从最初单一功能的辅助支持,逐步发展成为贯穿建筑设计、施工、运维

全生命周期系统性解决方案。友绿智库与 Smart Future 联合发布的《建筑工程领域AI应用现状与趋势研究报告》显示,2024年AI技术已推动建筑行业从传统模式向智能化、自动化及数据驱动型模式转型。特别是在“双碳”目标战略背景下,AI技术与智能建筑的融合展现出了巨大潜力。

本文将从AI技术在智能建筑设计、施工、运维三个核心阶段的应用出发,系统分析其技术原理、实施路径及典型案例,深入探讨当前面临的主要挑战,并对未来发展趋势进行科学展望,旨在为建筑行业的智能化转型提供具有实践指导意义的理论参考。

2 AI技术在智能建筑设计中的应用

2.1 生成式设计优化

AI技术在建筑设计阶段最具创新性和革命性的应用当属生成式设计(Generative Design)。借助机器学习算法,AI能快速生成优化设计方案,不仅显著提升设计效率,还极大地激发设计创新性。如中南建筑设计院研发的“Giant AI”建筑创意具现软件,可将大型复杂场景的渲染制图时长从传统方法的3d~5d大幅缩短至4h以内,效率提升高达300%。此类AI辅助设计工具的出现,使设计师从繁琐绘图工作中解脱,将更多精力投入创意构思与方案优化。

生成式AI在设计中的应用原理,主要基于生成对抗网络(GANs)和扩散模型等先进深度学习技术。根据2025年《Automation in Construction》期刊研究成果,在2014年-2024年十年间,生成式AI在建筑设计领域的应用已从理论探索阶段迅速迈向实践应用阶段,理论与应用间的差距从62年大幅缩短至2.5年,缩减比例达96.09%。目前,68.94%的AI设计应用集中在方案设计阶段,主要处理图像类数据(输入占比52.8%,输出占比68.32%),而在施工图设计等后期阶段,其应用潜力仍有待进一步挖掘和拓展。

2.2 BIM与AI的协同设计

建筑信息模型(BIM)与AI技术的有机结合,正在催生新一代智能建造平台。上海益埃毕建筑科技有限公司提出“BIM+AI”理念,充分发挥AI算法优势与BIM数据整合能力,显著提升建筑项的精准性和整体效率。

①自动化碰撞检测:AI算法可自动识别BIM模型中各专业间的冲突,有效减少设计错误,降低后期施工变更成本。②性能模拟优化:基于机器学习的气候响应分析、能耗模拟等功能,为设计师提供全面准确的决策依据,助力做出更优设计决策。③材料用量计算:AI可精确统计各类建筑材料用量,既有助于降低材料浪费,也为可持续设计提供了有力支持。

2.3 用户需求驱动的个性化设计

AI技术还能通过对用户行为数据的深入分析,实现更人性化的建筑设计。现代楼宇管理系统(BMS)平台借助机器学习技术,可精准捕捉用户偏好。例如,根据会议室使用情况自动调整通风策略,或为员工提供个性化办公空间照明和温度设置。这

种数据驱动的设计方法,使建筑空间更贴合实际使用需求,提升用户体验并优化能源使用效率。

3 AI技术在智能建筑施工中的应用

3.1 智能施工监控与管理

AI技术在建筑施工阶段的应用,主要集中在实时监控与风险预警两个关键方面。通过物联网(IoT)传感器网络和计算机视觉技术,施工管理人员可获取工地现场全方位数据,AI算法对这些数据进行深度分析后,能及时识别潜在安全问题与进度偏差。相关研究表明,采用AI监控系统的建筑工地,安全事故发生率可降低30%以上。智能安全设备如配备传感器的安全背心、智能安全帽等,能够实时监测工人的生命体征和所处环境风险,并在危险发生前及时发出预警^[2]。例如,智能安全帽可通过监测脑电波来判断工人的疲劳状态,或者在工人进入高风险区域时自动报警。此外,施工现场的物联网传感器还能实时监测空气质量、噪声水平、温度等环境参数,为工人营造更加安全健康的工作环境。

3.2 建筑机器人与自动化施工

AI驱动的建筑机器人正在深刻改变传统施工方式。这些机器人可执行砌砖、焊接、钻孔等多种复杂施工任务,通过AI算法自主规划施工路径,有效避免碰撞干扰,同时确保施工质量达到高标准。根据《建筑工程领域AI应用现状与趋势研究报告》,AI驱动的机器人将有助于填补全球约58万建筑工人的缺口,推动远程监控与自动化施工模式广泛普及。

在混凝土施工领域,AI系统可实时监测混凝土强度发展情况,精准预测最佳拆模时间;在钢结构施工中,计算机视觉技术能够自动检测焊缝质量,显著提高施工精度。这些应用不仅大幅提升施工效率,还能有效降低人为错误导致的质量问题。

3.3 预测性维护与质量控制

AI技术在施工质量管理方面的核心应用是预测性维护系统。通过对设备性能传感器数据(如振动、温度、运行时间等)的分析,AI能够预测施工机械可能出现的潜在故障,实现从“被动维修”向“主动维护”的转变。以德国一家大型医院部署的AI驱动楼宇自动化系统为例,该系统能够学习设备的正常运行模式,在故障发生前几天就准确预测到备用发电机燃油泵的问题,从而实现零停机维护。

在材料质量控制方面, AI 算法可对进场材料进行快速检测。例如, 通过图像识别技术判断钢筋规格是否符合要求, 或利用光谱分析检测混凝土成分。此外, 百胜集团借助 AI 系统对近 20000 套制冷系统进行制冷剂泄漏监测, 预警准确率高达 97%, 充分展示了 AI 在施工质量控制中的强大能力。

4 AI 技术在智能建筑运维中的应用

4.1 智能化能源管理系统

建筑运维阶段的能源消耗占建筑全生命周期能源使用的 80% 以上, 因此能源优化成为 AI 技术在智能建筑中最重要的应用领域之一。现代智能建筑通过物联网传感器网络实时采集能耗数据, AI 算法对这些数据进行深入分析, 并据此优化能源系统的运行策略。研究表明, 先进的楼宇自动化系统平均可降低建筑能耗 20%~30%。

美的楼宇科技推出的“iBUILDING 高效机房 AI 全域生态平台”通过负荷预测、运营优化、低碳产品选择、能源利用和电价策略等多种灵活优化方式, 实现从实时监测到智能调控全链路闭环管理。在蔚来合肥新桥产业园项目中, 该系统通过智慧喷淋技术使屋顶温度降低 6.1℃, 室内温度下降 1.0℃, 运行能耗降低约 12.6%。

4.2 预测性维护与设备管理

AI 技术在建筑设备维护方面实现了从“定期检修”到状态维护的重要转变。通过监测建筑设备的运行参数, 机器学习算法能及时识别异常模式, 预测潜在故障。例如, 英国某零售中心利用 AI 分析物联网传感器数据, 准确识别自动扶梯或电梯的磨损迹象, 并安排在非工作时间进行维修, 避免对顾客造成干扰。这种预测性维护策略可将设备停机时间减少 40%, 维护成本降低 25%。

国内某品牌的多联机能耗监控平台集成了终端感知、云端决策与动态调优等智能 AI 技术, 能精准量化建筑节能技改收益。平台基于实际运行电费的核心算法, 通过多种优化方式搭配智慧运维服务, 推动节能减碳从设备层面向建筑整体全面落实。

4.3 用户体验优化与健康环境营造

AI 技术通过分析室内空气质量(CO₂、PM2.5、温湿度等)、光照强度和人员密度等数据, 动态调整 HVAC 和照明系统, 为用户创造更健康、舒适的环

境。研究表明, 改善空气质量可将员工生产力提高 8%。

国内某品牌新风挂机通过 AI 智能算法实现精准控温, 节能效果显著。该设备采用四重滤网空气净化技术, 结合智能新风系统, 不仅能有效过滤空气中的有害物质, 还能根据室内空气质量自动调节新风量, 为用户提供清新健康的室内空气环境。此外, 部分智能建筑利用 AI 技术实现智能照明控制, 根据不同场景和用户需求自动调节灯光亮度和色温, 进一步提升用户舒适度和体验感。

5 智能建筑中 AI 技术应用面临的挑战

5.1 技术集成复杂性

AI 技术与智能建筑现有系统的集成面临诸多技术难题。不同设备和系统往往采用不同的通信协议和数据格式, 导致数据难以有效共享和交互。例如, 一些老旧建筑的楼宇自动化系统仍采用传统通信协议, 与 AI 算法所需的数据接口不兼容, 限制了 AI 技术效能的充分发挥。此外, AI 算法的部署和运行需要强大计算资源支撑, 而智能建筑中部分设备计算能力有限, 难以满足 AI 技术运行要求, 进一步增加了技术集成难度。

5.2 数据安全与隐私保护问题

在 AI 技术应用过程中, 大量建筑运行数据、用户行为数据被采集和处理。这些数据包含丰富信息, 一旦泄露可能对用户隐私和建筑安全造成严重威胁。例如, 用户居住习惯、活动轨迹等数据若被恶意获取, 将导致隐私泄露; 建筑系统运行数据若被篡改破坏, 可能影响建筑正常运行甚至引发安全事故。然而, 目前智能建筑数据安全与隐私保护的技术体系和法规仍在完善中, 数据安全保障能力有待提升。

5.3 行业标准缺失

目前, 智能建筑领域中 AI 技术的应用缺乏统一的行业标准。不同企业和机构在开发和应用 AI 技术时, 采用的方法和标准各不相同, 导致产品和服务的质量参差不齐。例如, AI 辅助设计软件中, 不同软件对设计方案的评估标准不一致, 使得设计师难以对不同方案进行客观、准确的比较。此外, 缺乏统一的标准也不利于 AI 技术在智能建筑中的推广和应用, 限制了行业的健康发展。

5.4 专业人才短缺

AI技术在智能建筑中的应用需要既懂AI技术又熟悉建筑行业的复合型人才。但目前这类专业人才严重短缺。一方面,建筑行业从业人员对AI技术的了解和掌握程度有限,难以将AI技术与建筑业务进行有效结合;另一方面,AI专业人才对建筑行业的业务流程和需求缺乏深入了解,导致开发的AI应用难以满足实际需求。人才短缺问题严重制约了AI技术在智能建筑领域的应用和发展。

6 AI技术在智能建筑中的发展趋势

6.1 AI与BIM的深度融合

未来,AI与BIM的深度融合将成为智能建筑发展的重要趋势。将AI的智能分析能力与BIM的三维建模和数据管理能力相结合,有望构建更加智能、高效的建造平台。例如,利用AI算法对BIM模型进行深度分析,能够自动优化建筑结构设计、施工进度安排等,实现建筑全生命周期的智能化管理。此外,AI与BIM的融合还将促进建筑行业的协同工作,提高项目各参与方之间的沟通和协作效率。

6.2 边缘计算与AI的协同应用

随着物联网设备在智能建筑中的大量应用,数据量呈爆发式增长。为降低数据传输延迟和对云计算资源的依赖,边缘计算与AI的协同应用将成为必然趋势。边缘计算可以在靠近数据源的地方对数据进行实时处理和分析,AI算法则能够在边缘设备上快速做出决策。例如,在智能建筑的安防系统中,利用边缘计算和AI技术,摄像头可以实时分析视频数据,快速识别异常行为并及时发出警报,无需将大量数据传输到云端进行处理,从而提高了系统的响应速度和安全性。

6.3 基于AI的智能建筑生态系统构建

未来,AI技术将推动智能建筑向更加完善的生态系统方向发展。通过整合建筑内的各种设备、系统以及用户需求,利用AI技术实现资源的优化配置和协同运行。例如,构建一个以AI为核心的智能建筑生态系统,能够将能源管理系统、设备维护系统、用户服务系统等有机结合起来,实现建筑的自主运行和智能调控。同时,该生态系统还可以与城市的智能电网、交通系统等进行互联互通,实现更大范围

内的资源共享和协同发展。

6.4 强化数据安全与隐私保护技术

针对当前智能建筑中数据安全和隐私保护的问题,未来将不断加强相关技术的研发和应用。一方面,将开发更加先进的数据加密、访问控制等技术,确保数据在传输和存储过程中的安全性^[3];另一方面,将探索新的隐私保护技术,在不泄露用户隐私的前提下,实现数据的共享和分析。此外,随着相关法规的不断完善,企业和机构也将更加重视数据安全和隐私保护,采取更加严格的管理措施,保障用户权益和建筑安全。

7 结语

综上所述,AI技术在智能建筑的设计、施工和运维等全生命周期阶段均展现出了巨大的应用价值和发展潜力。通过与物联网、BIM等技术的融合,AI技术能够有效提升建筑设计效率、保障施工安全、优化能源管理以及改善用户体验。然而,当前AI技术在智能建筑中的应用仍面临技术集成复杂、数据安全与隐私保护问题突出、行业标准缺失以及专业人才短缺等诸多挑战^[4]。

展望未来,随着技术的不断进步和行业的发展,AI与BIM的深度融合、边缘计算与AI的协同应用、基于AI的智能建筑生态系统构建以及数据安全与隐私保护技术的强化等将成为重要的发展趋势。可以预见,AI技术将成为实现建筑行业“双碳”目标和推动建筑行业可持续发展的核心驱动力,为智能建筑的发展开辟更加广阔的前景。建筑行业应积极应对挑战,抓住发展机遇,加快AI技术的应用和创新,推动智能建筑迈向更高水平的发展阶段。

参考文献

- [1] 赵天宇. 新型光伏系统研发及性能优化分析[D]. 辽宁: 沈阳建筑大学, 2025.
- [2] 王婷, 黄博涛. 建筑业职业安全现状分析及防治策略研究[J]. 现代职业安全, 2025 (1): 36-38.
- [3] 李永飞. 基于业财融合的企业内部控制建设研究[J]. 财会学习, 2024 (20): 164-166.
- [4] 常向尚, 关玉荣. 智能化技术在提升输配电及用电工程质量中的应用[J]. 中国品牌与防伪, 2025 (1): 122-124.