

建筑施工

人工智能在绿色建筑全生命周期碳排放控制中的应用

袁应红

重庆外语外事学院 重庆 401120

【摘要】本研究旨在探讨人工智能在绿色建筑全生命周期碳排放控制中的应用方式与效果，以应对全球气候变化背景下绿色建筑行业碳减排的迫切需求。采用文献研究法梳理人工智能与绿色建筑碳排放相关理论，结合案例分析法剖析实际项目应用情况。研究发现，在绿色建筑全生命周期的规划设计、施工建造、运营维护及拆除回收各阶段，人工智能均可发挥显著作用。人工智能为绿色建筑全生命周期碳排放控制提供了创新且有效的途径，然而目前面临技术整合与系统协同不足、经济成本与投资回报矛盾以及标准规范与政策支持不足等挑战，未来需通过技术创新与系统优化、降低技术成本及完善标准政策等措施加以应对，以推动其更广泛应用。

【关键词】智能建筑技术；绿色建筑；全生命周期碳排放；应用

Application of artificial intelligence in carbon emission control in the whole life cycle of green building

Yuan Yinghong

Chongqing Institute of Foreign Studies, Chongqing 401120

【Abstract】 The purpose of this study is to explore the application mode and effect of artificial intelligence in the carbon emission control of the whole life cycle of green building, so as to meet the urgent demand of carbon emission reduction in the green building industry in the context of global climate change. The literature research method is used to sort out the related theories of artificial intelligence and green building carbon emission, and the actual project application was analyzed with case analysis method. The study found that AI can play a significant role in all stages of planning, design, construction, operation and maintenance, demolition and recycling of the whole life cycle of green buildings. Artificial intelligence for the green building whole life cycle of carbon emission control provides innovative and effective way, but now facing the technology integration and system coordination, economic cost and return on investment contradiction and standards and policy support challenges, the future through technology innovation and system optimization, reduce the technical cost and improve the standard policy measures to deal with, to promote its more widely used.

【Key words】 intelligent building technology; green building; carbon emission in the whole life cycle; application;

智能化管理是智慧工地降低碳排放的核心。智慧工地利用大数据和人工智能平台，对收集到的数据进行深度挖掘与分析，实时掌握工地运营状态。通过 AI 技术及各类智能传感器，实时收集海量数据，如能耗、排放等指标，为精准管理和决策提供依据。这种智能化的管理方式能够大幅提高管理效率，减少因管理不善导致的碳排放增加。

一、绿色建筑全生命周期碳排放及人工智能相关理论基础

1. 绿色建筑全生命周期碳排放管理。(1) 全生命周期阶

段划分。1) 建材生产与运输。钢铁、水泥等建材的生产及运输过程碳排放占比显著，需通过清洁能源替代和低碳技术优化供应链。隐含碳排放核算需覆盖原材料开采、加工、运输全流程，结合循环经济提升再生建材使用比例。2) 施工建造。施工工艺优化（如装配式建造）可减少材料浪费与机械能耗，降低现场碳排放强度。智能施工技术（如北斗定位、机器人扫描）实现精细化管控，减少施工误差导致的二次碳排放。3) 运营维护。空调、照明等设施能耗占建筑运行碳排放的 25%–40%，需通过被动式节能设计（如自然采光、隔热结构）降低能源需求。光储直柔技术、建筑光伏一体化（BIPV）等可再生能源应用可显著减少运营阶段直接碳排放。

放。4) 拆除回收。拆除阶段的机械作业能耗及废弃建材处理(填埋/焚烧)产生碳排放,需推动模块化拆解和建材循环利用技术。(2) 核心管理策略。1) 政策驱动。建立全生命周期碳排放评估机制,强制要求新建项目在设计阶段提交碳足迹报告,并纳入审批流程。推广绿色建筑标准(如《上海市绿色建筑管理办法》),明确各阶段碳排放限值及监管责任。2) 技术创新。数字化工具: BIM 与 LCA 工具集成,实现设计优化、施工模拟及运维预测,减少全周期碳冗余。

二、人工智能技术在绿色建筑中的重要性

1. 人工智能的定义。人工智能(Artificial Intelligence, AI)是计算机科学的分支,旨在通过模拟、延伸或扩展人类智能,赋予机器感知、学习、推理及决策能力。其技术体系涵盖机器学习、深度学习、自然语言处理(NLP)、计算机视觉等核心领域。(1) 根据能力层次, AI 可分为: 计算智能: 快速计算与存储能力,如早期计算机程序; 感知智能: 识别与判断自然界的具象事物(如图像、语音),依托深度学习技术实现突破; 认知智能: 理解、分析与推理的高级能力,如大模型对复杂逻辑的处理。

2. 全生命周期碳减排的核心支撑。(1) 设计阶段优化。AI 算法结合 BIM 模型生成低碳设计方案,减少设计变更导致的资源浪费,并通过能耗模拟预测建筑全周期碳排放,优化结构布局与材料选择。生成式 AI(如 ChatGPT)辅助建筑师快速生成符合绿色标准的参数化设计,缩短设计周期并提升能效潜力。(2) 施工建造精准管控。基于北斗定位和物联网的智能施工系统,实时监测施工能耗与碳排放,减少机械空转和材料损耗,碳排放强度可降低 10%-15%。机器人三维扫描技术结合 AI 算法,自动检测施工误差,避免返工产生的额外能源消耗。(3) 运营维护动态调控。AI 驱动的能耗管理系统通过传感器网络实时采集数据,动态调节空调、照明等设备运行参数,实现建筑运行能耗降低 20%-30%。光储直柔技术与 AI 预测模型结合,优化可再生能源(如光伏)的存储与调度效率,提升绿电消纳比例。(4) 拆除回收效率提升。AI 识别废弃建材类型并规划拆解路径,推动模块化回收与循环利用,减少填埋产生的碳排放。

3. 绿色建筑智能化转型的关键驱动。(1) 数据驱动的策略支持。机器学习模型分析建筑全生命周期数据(如材料碳足迹、设备能效),为低碳策略提供量化依据,例如预测建材替代方案的减排潜力。(2) 跨系统协同管理。AI 整合建筑能源系统、暖通空调、安防等子系统,实现多目标优化(如舒适度与能耗平衡),避免传统分项管理的低效问题。(3)

应对气候变化的适应性。AI 预测极端天气对建筑能耗的影响(如高温增加空调负荷),提前调整能源调度策略,增强建筑气候韧性。

4. 智能调控: 基于物联网的能耗监测系统,结合机器学习动态优化能源使用效率。市场机制。通过绿色金融补贴、碳税减免等政策分担低碳材料增量成本,激励企业采用环保技术。建立碳排放权交易机制,将建筑全周期碳配额纳入市场流通,促进减排技术商业化应用。

三、人工智能在绿色建筑全生命周期碳排放控制中的应用

1. 设计规划阶段。(1) 方案优化与能耗模拟。AI 通过遗传算法等技术生成多套设计方案,自动分析能效、采光、通风等指标,实现能效与成本的最优平衡。同时, AI 驱动的仿真工具可模拟建筑在不同季节和气候条件下的能耗表现,预测全生命周期碳排放趋势。(2) 隐含碳与材料优化。AI 在设计初期分析建筑材料供应链的碳足迹,结合建筑形态优化建议,减少隐含碳排放。例如, AI 算法可推荐低碳建材组合,并优化结构设计以降低材料浪费。

2. 施工阶段。(1) 智能化进度与资源管理。AI 系统实时监控施工进度,结合天气、设备状态等变量预测潜在延误,动态调整施工计划以减少能耗和废弃物。例如,机器学习模型可优化混凝土浇筑时间,降低施工能耗。(2) 智能物流与材料调配。AI 通过分析供应链数据,动态规划建筑材料运输路径和存储方案,减少运输过程中的碳排放,并避免材料过剩导致的资源浪费。

3. 运营管理阶段。(1) 实时能耗调控。AI 整合楼宇自控系统(如空调、照明)与外部数据(电网负荷、天气、电价),动态调整设备运行策略。例如,智能恒温器根据人员流动模式自动调节温度,降低空调用电峰值。(2) 可再生能源与电网协同。AI 预测太阳能/风能发电量,优化储能设备充放电时序,提升绿电消纳比例。同时,用户侧储能和虚拟电厂通过 AI 参与电力市场交易,提升需求响应能力(达最大负荷的 3%-5%)。(3) 智能化运维与碳追溯。AI 结合物联网设备实时监测建筑能耗,生成碳排放报告,并通过故障诊断算法优化设备维护周期。

4. 拆除与回收阶段。废弃物智能分拣与再生。AI 视觉识别技术辅助分拣废弃建材,精准分类混凝土、金属等材料,提升再生骨料生产效率,减少填埋导致的二次污染。

四、人工智能应用于绿色建筑碳排放控制面临以下挑战及应对策略

1.人工智能应用于绿色建筑碳排放控制面临的挑战。

(1)技术整合与系统协同不足。绿色建筑涉及 AI、物联网、能源管理等多项技术,但各子系统(如楼宇控制、安防、能源系统)间协议不统一,难以实现高效互联互通,导致整体能效优化受限。核心智能设备(如物联多联机、能源管理系统)国产化率低,技术依赖进口,制约技术自主性和规模化应用。(2)数据采集与质量缺陷。老旧建筑缺乏高精度传感器和稳定网络,实时能耗数据获取困难,影响 AI 模型训练和预测精度。新能源(如光伏、风能)的波动性导致数据时序特征复杂, AI 需处理的能源供需匹配难度增大,模型适应性不足。(3)经济成本与投资回报矛盾。低碳智慧建筑改造成本高昂,包括新型节能建材、智能设备及系统集成,而节能收益需长期积累,市场投资动力不足。分时电价政策下,依赖场外清洁能源的建筑面临用能成本上升风险,进一步削弱技术推广的经济可行性。(4)标准缺失与政策执行差异。行业缺乏统一的能效分级标准和技术规范,各地对绿色建筑的政策支持力度不一, AI 技术落地缺乏制度保障。跨部门数据共享机制不健全,建筑能耗数据库分散,制约 AI 模型训练和跨区域协同优化。(5)用户认知与专业人才短缺。开发商和业主对 AI 技术的减排效益缺乏信任,更关注短期成本而非长期环境价值。兼具 AI 技术和绿色建筑知识的复合型人才稀缺,运维团队难以应对智能系统复杂性,导致技术应用效果打折。人工智能在绿色建筑碳排放控制中面临技术、数据、经济、政策和人才等多维度挑战,需通过技术国产化突破、跨系统标准化、政策激励及人才培养等综合措施逐步化解。

2.人工智能应用于绿色建筑碳排放控制的应对策略。

(1)技术创新与系统优化。智能设计与施工升级。利用 AI 算法生成低碳建筑设计方案,通过模拟分析建筑全生命周期碳排放,优化材料选择与空间布局(如 AI 驱动的生成对抗网络技术)。部署智能化施工设备(如机器人焊接、3D 打印建材),减少施工阶段的能源浪费与碳排放。1)动态能源管理系统开发。结合物联网传感器与 AI 预测模型,实时监测建筑能耗数据,动态调节供暖、空调等系统运行参数(如需

求响应控制技术)。2)整合光伏、储能等新能源设备,通过 AI 实现多能源协同调度,提高清洁能源利用率。(2)政策支持与市场机制。1)财政激励与绿色金融。政府提供税收减免、专项补贴等政策,降低低碳建筑改造的初期投资成本。建立碳交易市场机制,将建筑减排量纳入交易体系,提升企业应用 AI 技术的经济收益。2)示范工程与规模化推广。打造“零碳商业综合体”等标杆项目,验证 AI 技术的减排效益。通过 PPP 模式吸引社会资本参与,推动智能建筑技术从试点向规模化应用过渡。(3)标准化与数据共享。1)建立统一能效标准。制定建筑碳排放分级评价体系,明确 AI 技术应用规范(如能源审计标准、碳足迹核算方法)。推动跨区域建筑能耗数据互通,构建行业级碳排放数据库,提升 AI 模型训练精度。2)开放数据平台建设。建立政府主导的建筑能效数据共享平台,整合电网、气象等多源数据,支持 AI 算法优化能源分配策略。(4)人才培养与公众参与。1)复合型人才培养。加强高校“AI+建筑”跨学科课程建设,培养兼具算法开发与暖通专业知识的复合型人才(如同济大学创业团队模式)。开展行业培训计划,提升从业人员对智能运维系统的操作能力。2)公众教育与协作机制。通过可视化数据展示(如碳排放实时监测面板),增强业主对 AI 技术减排效果的信任。建立开发商、租户、物业多方利益共享机制,推动低碳技术协同落地。通过技术创新突破、政策与市场双轮驱动、标准化体系完善及人才生态建设,人工智能可系统性解决绿色建筑碳排放控制难题,加速实现建筑领域“双碳”目标。

总之,智能建筑技术集通信技术、人工智能、大数据、系统集成技术、传感器与物联网技术等,对建筑进行监测,赋予建筑智能化与自动化,能极大提高管理效益。同时,可通过平台实时管控现场状态,管理设备设施等,在改善人居环境的同时,最大化利用资源,减少对额外资源能源的依赖与消耗。智能化技术是绿色建筑发展的必然趋势,智能化建筑技术能有效提高管理效益,同时降低能耗、减少碳排放,促进建筑行业健康可持续发展。

参考文献

- [1]王福生.绿色智能建筑新技术发展应用.2021.
- [2]刘浩宇.智能建筑与绿色建筑的灵活整合研究.2023.