

智能建造技术在绿色建筑设计中的应用

梁皓杰 闫伟昂

浙江省建材集团有限公司 浙江 杭州 310007

摘要：本文围绕智能建造技术在绿色建筑设计中的应用展开研究。首先分析二者融合背景，阐述绿色建筑全生命周期管理需求与智能建造技术的赋能作用；接着从数字化设计与协同管理、智能化施工与资源管理等四方面，梳理智能建造技术的核心应用场景；随后提出全流程数据驱动决策、多学科协同等优化路径；最后展望技术深度融合、规模化应用及全球化与本土化结合的未来趋势。为提升绿色建筑设计的精准性与可持续性提供参考，推动建筑行业向低碳智能方向转型。

关键词：智能建造技术；绿色建筑设计；全生命周期管理；可持续发展

引言：全球气候变化与资源短缺加剧，建筑行业作为能耗与碳排放重点领域，亟需向绿色可持续转型。绿色建筑虽为重要路径，但传统设计存在碎片化、决策依赖经验、资源利用率低等问题。智能建造技术以物联网、大数据、BIM、人工智能为核心，可打破信息壁垒、优化全流程决策。开展智能建造技术在绿色建筑设计中的应用研究，对突破传统设计局限、提升建筑绿色性能、推动行业高质量发展具有重要现实意义。

1 智能建造技术与绿色建筑的融合背景

1.1 绿色建筑发展需求

全球气候变化加剧与不可再生资源日益短缺的双重压力下，建筑行业作为能源消耗与碳排放的重点领域，亟需转型发展模式^[1]。绿色建筑通过优化设计、采用环保材料、提升能源利用效率等方式实现节能减排，同时推动水资源循环利用、建筑废弃物回收等资源循环体系建设，为行业可持续发展提供关键路径。绿色建筑并非局限于单一环节的环保措施，而是强调全生命周期的系统性管理。从项目前期的场地规划，到设计阶段的性能优化，再到施工过程的污染控制，以及运营阶段的能耗监测，直至最终拆除环节的资源回收，每个阶段都需围绕环境性能提升制定目标与策略，以此实现建筑全生命周期内环境影响最小化、资源利用最大化的核心诉求。

1.2 智能建造技术的赋能作用

智能建造技术以物联网、大数据、建筑信息模型（BIM）、人工智能等新一代信息技术为支撑，打破传统建筑行业各环节信息孤岛，构建全流程信息化与智能化管理体系。通过部署传感器实时采集建筑全生命周期数据，依托大数据分析技术挖掘数据价值，为各环节决策提供科学依据，显著提升建筑流程的精准性与效率。在绿色建筑实践中，智能建造技术的赋能作用尤为

突出。通过物联网设备实时监测能耗、水资源使用等数据，结合人工智能算法优化资源分配方案，可有效降低建筑运营阶段的能源浪费；借助BIM技术实现设计、施工环节的数字化协同，减少设计偏差导致的材料浪费与施工返工，降低施工过程中的环境污染；依托智能化分析工具预判建筑全生命周期的环境性能，提前规避潜在环保风险，推动绿色建筑从理念层面的环保目标，稳步转化为实际应用中的可持续成果。

2 智能建造技术在绿色建筑设计中的核心应用场景

2.1 数字化设计与协同管理

BIM技术作为数字化设计的核心工具，能够整合建筑几何信息、材料属性、性能参数等多维度数据，构建高精度三维可视化模型。该模型可打通设计、施工、运维各阶段信息通道，支持不同专业团队实时共享数据、协同作业，在设计阶段即可排查管线碰撞、空间冲突等潜在问题，提前消除施工阶段可能出现的返工风险，从源头减少因设计偏差导致的材料浪费与工期延误，为绿色建筑设计的精准落地奠定基础。虚拟仿真与优化技术依托参数化设计平台，将建筑性能指标转化为可量化的设计参数。通过模拟不同设计方案下建筑的采光时长、通风效率、能耗分布等数据，对比分析空间布局、窗墙比、围护结构选型对建筑能效与环境舒适度的影响，进而优化设计细节。例如调整建筑朝向以最大化利用自然光照，优化通风路径以提升室内空气流通效率，最终实现建筑在满足使用需求的同时，降低对人工照明、机械通风的依赖，强化绿色设计效果。

2.2 智能化施工与资源管理

物联网与传感器网络在施工阶段的应用，可实现对工地关键数据的实时采集与动态管控。通过在施工区域部署能耗传感器、扬尘监测仪、噪音检测器等设备，持

续追踪水电消耗、空气质量、噪音分贝等指标^[2]。当数据超出预设阈值时,系统可自动联动喷淋降尘设备启动降尘作业,或通过智能水电管理模块调节用量,结合采集数据动态调整施工方案,例如避开高能耗时段安排高负荷作业,减少施工过程中的能源浪费与环境干扰。智能装备与机器人的引入可革新传统施工模式。钻孔机器人、打磨机器人、焊接机器人等设备能够按照预设参数完成高精度作业,避免人工操作带来的误差,提升施工质量与效率。这类设备无需连续人工值守,可在复杂或危险工况下稳定作业,既减少对人工的依赖,又降低高空坠落、机械伤害等安全风险,通过标准化作业减少施工废料产生,契合绿色建筑对施工过程环保、安全的要求。

2.3 全生命周期能源与环境管理

智能能源系统在绿色建筑中的应用,聚焦可再生能源的高效利用与能源消费的精细化管控。系统可整合太阳能光伏板、小型风能装置等可再生能源设备,实时采集能源生产与消耗数据,借助AI算法分析建筑用能规律,动态优化能源分配方案。例如将太阳能产生的电能优先供给照明、家电设备,剩余电量存储至储能装置,不足时再接入市政电网,逐步实现建筑“零碳”或“近零碳”运营目标,减少对传统化石能源的依赖。环境监测与调控系统通过在建筑内外布置温湿度传感器、空气质量传感器,实时捕捉室内外环境变化数据。当室内温湿度偏离舒适区间,或空气质量指标超标时,系统可自动调节中央空调、新风系统运行参数;当自然光照充足时,自动关闭或调暗人工照明设备,既保障居住者健康舒适的生活环境,又避免能源不必要的消耗,实现环境友好与节能降耗的双重目标。

2.4 绿色材料与循环利用技术

绿色建材选型环节引入智能化数据库工具,可对各类建材的全生命周期环境影响进行量化分析。数据库涵盖建材开采、生产、运输、使用及废弃阶段的能耗、碳排放、污染排放等数据,设计人员通过检索对比,能够优先选用可再生原料制成、生产过程低能耗、废弃后可降解或回收再利用的建材,从材料源头降低建筑全生命周期的环境负担,贴合绿色建筑可持续发展理念。装配式建筑技术通过推广预制构件与模块化设计,改变传统现场浇筑的施工模式。构件在工厂标准化生产,质量可控且减少现场混凝土浪费、粉尘污染;运输至施工现场后,通过模块化组装快速完成建筑搭建,缩短施工周期。此外,模块化设计使建筑后期改造、拆除时,构件可拆解回收、重复利用,提升材料利用率,减少建筑废弃物对环境的压力,推动绿色建筑从设计到拆除的全流

程循环发展。

3 智能建造技术对绿色建筑设计的优化路径

3.1 全流程数据驱动决策

智能建造技术构建覆盖绿色建筑设计、施工、运维全流程的数据闭环体系。设计阶段通过采集同类建筑的能耗数据、环境适配数据,结合项目所在地的气候参数、资源条件,建立性能预测模型,提前预判建筑在不同运营场景下的能源消耗、环境影响等指标。进入施工阶段,实时采集建材使用、设备运行等数据,与设计阶段的预测数据对比分析,及时发现偏差并调整施工方案。运维阶段依托传感器网络捕捉建筑实际运行数据,包括设备能耗、室内环境质量等,将这些数据反馈至设计优化系统。数字孪生技术可基于实时数据构建建筑虚拟镜像,模拟不同设备运行策略下的能耗变化,据此调整设备启停时间、运行参数,在保障使用需求的前提下进一步降低能耗,实现从设计到运维的动态优化,通过数据预警潜在风险,如设备故障引发的能耗异常、结构老化导致的安全隐患等。

3.2 多学科协同与集成设计

智能建造技术搭建跨专业协同平台,打破传统绿色建筑设计中建筑、能源、环境、结构等学科的壁垒。各专业团队可在同一智能平台上共享设计数据,建筑专业提出空间功能需求时,能源专业可同步分析该需求下的能耗负荷,环境专业可评估空间布局对室内通风、采光的影响,结构专业则能判断设计方案的结构安全性与材料用量。平台支持实时数据交互与方案同步调整,避免传统设计中各专业独立出图后才发现的冲突问题,解决设计碎片化难题。通过多学科深度协作,设计方案可在满足建筑基本功能的基础上,平衡成本控制与环保目标,例如在优化建筑体型以降低能耗时,结构专业可同步优化构件选型减少材料浪费,能源专业可结合可再生能源集成方案降低运营成本,最终提升建筑整体的可持续性,让绿色设计理念贯穿于各专业环节。

3.3 个性化与适应性设计

智能建造技术依托数据采集与分析能力,推动绿色建筑设计走向个性化与适应性。设计前期通过调研收集用户行为数据,包括使用习惯、功能偏好、对室内环境的舒适度需求等,结合项目所在地的地域环境特征,如气候类型、光照时长、风力条件等,为不同用户群体、不同地域项目定制专属设计方案。针对地域气候差异,设计系统可自动匹配围护结构的隔热性能参数,在寒冷地区增加保温层厚度以减少热量流失,在炎热地区优化外墙散热设计降低制冷能耗^[3]。面对建筑使用场景的变

化,智能控制系统可实时调整运行模式,例如办公建筑在工作日与非工作日自动切换照明、空调的运行时段与强度,住宅建筑根据住户作息调整室内温湿度控制曲线,让建筑系统始终适配实际使用需求,既提升用户体验,又避免能源浪费,实现绿色设计与个性化需求的深度融合。

4 智能建造与绿色建筑融合的未来趋势

4.1 技术深度融合与创新

人工智能与数字孪生技术的协同应用将成为核心方向。人工智能通过机器学习算法分析海量建筑数据,从历史施工案例、能耗监测结果中挖掘优化规律,自动生成更高效的施工方案,例如根据不同季节气候特征调整施工工序安排,减少因天气因素导致的工期延误与资源浪费。数字孪生技术则进一步拓展应用边界,构建与实体建筑全要素同步的虚拟模型,不仅能模拟设计与施工过程,还可实现建筑全生命周期的虚拟运维,通过实时映射实体建筑的运行状态,提前预判设备故障、能耗异常等问题,为运维决策提供精准依据。5G技术与边缘计算的结合将突破数据传输与处理的瓶颈。5G网络凭借高带宽、低时延特性,大幅提升工地现场数据传输效率,确保传感器采集的能耗、环境、施工进度等数据实时上传至管理平台;边缘计算则将数据处理任务下沉至靠近数据源头的终端设备,减少数据传输至云端的延迟,支持施工过程中的实时决策,例如根据现场能耗数据动态调整设备运行参数,或通过远程协同管理系统实现异地专家对施工环节的实时指导,进一步提升绿色建筑建设与运营的智能化水平。

4.2 政策与市场驱动下的规模化应用

政策层面将通过多重举措推动智能建造技术在绿色建筑领域的普及。政府部门可通过设立试点示范项目,打造技术应用标杆,为行业提供可复制的实践经验;同时加快制定智能建造与绿色建筑融合的相关标准,明确技术应用规范与性能评价指标,引导行业规范化发展。这些政策措施将为技术落地提供制度保障,降低企业应用门槛。市场层面的需求升级将促使企业主动拥抱绿色智能方案。随着消费者对建筑环保性能、居住舒适度要求的提升,具备智能建造技术支撑的绿色建筑更易获得市场认可,企业可通过技术应用优化建设成本,例如通

过智能化施工减少人工与材料浪费,通过全生命周期能源管理降低运营成本,同时借助绿色智能标签提升品牌价值与市场竞争力。在政策与市场的双重驱动下,未来智能建造技术将逐步覆盖更多中小型建筑项目,形成从技术研发、设备制造到工程应用的完整产业生态,推动绿色建筑实现规模化发展。

4.3 全球化与本土化结合

全球化背景下,国际先进技术经验的借鉴将为本土发展提供助力。各国在智能建造与绿色建筑融合领域形成的技术成果、管理模式,可通过国际交流合作引入国内,例如学习发达国家在数字孪生运维、可再生能源集成等方面成熟经验,缩短本土技术研发周期。与此同时,技术应用将深度结合本土气候、文化、资源条件进行适应性创新。针对不同地域的自然环境特征,开发适配性技术方案,例如在热带地区,结合高温高湿气候特点强化建筑自然通风设计,通过智能遮阳系统减少太阳辐射热量进入室内;在寒冷地区,优化建筑围护结构保温性能,加大太阳能、地热能等可再生能源的比例,提升能源自给率。这种全球化与本土化结合的发展模式,既能吸收国际先进成果,又能确保技术方案契合本土实际需求,推动智能建造与绿色建筑融合在不同地域实现高效落地。

结束语

智能建造技术与绿色建筑设计的融合,是建筑行业顺应时代发展的必然选择。从核心应用场景的探索,到优化路径的实践,再到未来趋势的展望,都彰显出这一融合的巨大潜力。在政策与市场的双重驱动下,技术深度融合与创新不断推进,有望实现规模化应用。相信在未来,智能建造与绿色建筑的深度融合将推动建筑行业迈向更环保、更智能的新时代。

参考文献

- [1]邹骅.智能建造背景下的智慧工地集成与协同优化策略研究[J].建筑工人,2024,45(04):17-20.
- [2]余泽泽.智能建筑技术在绿色建筑中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2023,(09): 124-126.
- [3]石庚辰;赵悦辰;崔延伦;张崇智.智能建筑与绿色建筑的灵活整合研究[J].江西建材,2021,(06): 277+279.