

智能建造技术在绿色建筑设计中的应用

度 航

北京市建筑设计研究院股份有限公司 北京 100045

摘要：智能化建筑材料、设备与系统及BIM与智能建造技术融合，为绿色建筑发展注入强劲动力。节能、环保、自适应材料优化性能与环保性；智能施工设备与系统实现施工节能、提质与环保；BIM与智能建造技术融合，贯穿设计、协同、施工、运维全流程，精准落地绿色设计参数，提升效率与质量，降低能耗与浪费，全方位支撑绿色建筑发展。

关键词：智能建造技术；绿色建筑；BIM；物联网

引言：在全球倡导可持续发展的大背景下，绿色建筑成为建筑领域的重要发展方向。如何实现建筑全生命周期的节能、环保与高效，是行业面临的关键问题。智能化建筑材料、智能施工设备与系统以及建筑信息模型与智能建造技术的融合应用，为绿色建筑的发展提供了创新思路与解决方案，正逐步改变着传统建筑模式。

1 智能建造技术与绿色建筑的理论基础

1.1 智能建造技术体系

智能建造技术体系是融合信息技术、智能制造技术与建筑工程技术的综合系统，以数字化、网络化、智能化为核心特征，涵盖感知、分析、决策、执行全链条。该体系以建筑信息模型为数据中枢，整合物联网、大数据、人工智能、云计算等前沿技术，构建从设计、施工到运维的全生命周期智能化管理框架。其中，感知层通过传感器、无人机、激光扫描等设备采集工程数据；网络层依托5G、工业互联网实现数据实时传输；数据层通过大数据平台进行数据存储与分析；应用层则结合人工智能算法实现智能设计、智能施工、智能运维等具体功能。该体系打破传统建筑行业信息孤岛，通过数据驱动提升工程质量与效率，为绿色建筑的落地提供技术支撑，实现建造过程的精准化管控与资源优化配置。

1.2 绿色建筑评价标准与核心目标

绿色建筑评价标准是衡量建筑绿色性能的量化指标体系，我国现行标准以《绿色建筑评价标准》GB/T50378为核心，从安全耐久、健康舒适、生活便利、资源节约、环境宜居五大维度建立评价框架^[1]。标准采用评分制，通过控制项、评分项和加分项综合评定建筑等级，其中资源节约维度重点关注节能、节水、节材、节地等关键指标，环境宜居维度强调建筑与自然生态的协调共生。绿色建筑的核心目标是实现建筑全生命周期的环境效益、经济效益与社会效益统一，在满足建筑使用

功能与舒适度的前提下，最大限度降低能源消耗和环境影响。具体包括减少建筑碳排放、提高资源利用效率、改善室内外环境质量、提升建筑整体性能等，最终构建可持续发展的建筑生态系统，契合我国“双碳”战略发展要求。

1.3 技术融合的逻辑框架

智能建造技术与绿色建筑的融合遵循“目标导向-技术支撑-效能反馈”的逻辑框架，以绿色建筑核心目标为引领，依托智能建造技术体系实现全生命周期绿色效能提升。在目标导向层面，明确节能降耗、生态环保等绿色目标，将其转化为具体技术参数融入智能建造各环节；技术支撑层面，通过BIM技术实现绿色设计参数可视化，借助物联网实现建筑能耗实时监测，利用人工智能算法优化资源配置方案，形成多技术协同支撑体系；效能反馈层面，构建绿色效能评价模型，通过智能监测设备采集建筑实际运行数据，与设计阶段绿色目标进行对比分析，形成“设计-施工-运维-优化”的闭环管理。该框架打破传统绿色建筑实施中技术分散、管控滞后的局限，通过智能技术赋能绿色目标精准落地，实现建造过程与绿色需求的深度耦合。

2 智能建造技术在绿色建筑设计中的具体应用

2.1 智能化建筑材料的应用

智能化建筑材料在绿色建筑设计中的应用，主要聚焦于材料性能的深度优化以及全生命周期环保性的显著提升。借助材料的智能化特性，达成节能降耗与环境高度适配的目标。在节能材料领域，相变储能材料展现出卓越的性能。它能够依据环境温度的变化，巧妙地吸收和释放热量，进而精准调节室内温度。当与智能温控系统协同工作时，可实现建筑采暖制冷能耗降低30%以上，大幅减少能源消耗。光伏建筑一体化材料同样出色，它将太阳能电池巧妙地与建筑围护结构相结合。这种创新

设计,不仅满足了建筑基本的保温防水需求,还能实现清洁能源的自发自用。以单栋建筑为例,其年发电量可达数万度,为建筑提供了可持续的能源支持^[2]。在环保材料领域,可降解混凝土成为亮点。通过添加生物降解成分,有效降低了建筑拆除后固体废弃物的污染程度。同时,配合智能监测芯片,可实现对材料强度的实时监测,避免因过度用料而造成的资源浪费,真正做到了环保与经济的双赢。在自适应材料领域,智能调光玻璃能根据室外光照强度自动调节透光率。在阳光强烈时减少透光,降低室内温度,减少人工照明能耗;在光线不足时增加透光,保证室内采光。自修复材料则通过内置微胶囊,在材料出现裂缝时自动释放修复物质进行修复,延长建筑使用寿命,降低维护阶段的资源消耗。这些材料凭借智能感知与响应能力,为绿色建筑提供了主动式的环保解决方案。

2.2 智能施工设备与系统的应用

智能施工设备与系统在绿色建筑施工阶段的应用,着重于实现施工过程的节能降耗、提质增效以及环境友好。在设备层面,智能塔式起重机表现出色。它运用负载感应与路径优化算法,能够根据实际负载情况自动调整运行路径,降低设备能耗15%以上。同时,配备的智能监控系统可实时监测设备运行状态,有效避免超载运行带来的安全隐患,保障施工安全。无人摊铺机结合激光找平技术,实现了沥青摊铺厚度的精准控制,将材料浪费率降低达10%,提高了材料利用率。

在系统层面,智能施工管理平台发挥了重要作用。它整合了施工进度、资源消耗、环境监测等多方面数据,通过大数据分析为施工方案的优化提供依据。例如,根据气象数据精准调整混凝土浇筑时间,避免因恶劣天气导致返工浪费,提高了施工效率。智能扬尘监测与治理系统能够实时采集施工现场的PM2.5浓度,一旦浓度超标,自动启动雾炮机等降尘设备,将施工扬尘严格控制在国家标准范围内,减少了对环境的污染。另外,装配式建筑智能吊装系统通过BIM技术预演吊装路径,配合自动化吊装设备,实现了构件的精准安装。这不仅减少现场湿作业带来的环境污染,还提升了施工效率40%以上,全方位支撑绿色施工目标的实现。

2.3 建筑信息模型(BIM)与智能建造技术的融合

建筑信息模型与智能建造技术的融合,构成了绿色建筑设计的核心支撑体系,通过三维数字化建模实现了绿色设计参数的精准落地与全流程管控。在设计阶段,BIM平台发挥了强大的整合作用。它将建筑、结构、机电等多专业数据集于一体,构建出直观的可视化模型。设

计师可借助平台内置的绿色分析工具,进行能耗模拟、采光模拟与通风模拟。例如,通过巧妙调整建筑朝向与窗墙比,能够使建筑自然采光利用率提升25%以上,有效降低人工照明能耗。在协同设计层面,BIM云平台为多专业设计师提供实时协同作业的平台。它能够自动检测设计冲突并发出预警,避免因设计失误导致的后期返工,从而减少材料浪费与碳排放,提高了设计效率与质量。在施工阶段,BIM模型与物联网技术紧密结合,实现了构件加工、运输、安装全流程的精准追踪。通过二维码技术关联构件信息,确保装配式构件能够精准对接,大大降低施工误差,提高施工质量^[3]。在运维阶段,BIM模型承载着建筑全生命周期的数据。配合智能传感器,可实现对建筑能耗、设备运行状态的实时监测。通过大数据分析,能够优化运维方案。例如,根据室内人员密度灵活调节空调运行参数,年节约运维能耗20%以上,真正实现了绿色设计与智能运维的无缝衔接。

3 智能建造技术在绿色建筑设计中的挑战与对策

3.1 技术成熟度与成本问题

当前,智能建造技术在绿色建筑应用领域面临着技术成熟度参差不齐与成本居高不下的双重严峻挑战。部分前沿技术,像建筑人工智能优化设计、智能生态修复技术等,尚处于试验探索阶段。在实际工程应用中,这些技术稳定性欠佳。例如,智能能耗预测系统在复杂多变的气候条件下,误差率可达20%以上,严重影响了预测结果的准确性和可靠性,进而影响绿色建筑的整体效能。成本方面,智能建造设备与材料价格昂贵。BIM软件年费、智能传感器等前期投入,相较于传统建造方式高出30%—50%。如此高昂的成本,使得中小企业在参与智能建造与绿色建筑项目时面临巨大资金压力,参与积极性严重不足。针对这些问题,需从技术研发与成本控制两方面精准施策。技术层面,要加大产学研合作力度,构建以企业为主导、高校积极参与的技术创新联盟。聚焦核心技术瓶颈,集中力量开展攻关,并通过工程试点验证,逐步提升技术成熟度。成本控制层面,推行模块化设计与标准化生产,降低智能构件制造成本。政府应出台专项补贴政策,对采用智能建造技术的绿色建筑项目给予税收减免与资金补助。同时,鼓励金融机构提供低息贷款,缓解企业资金压力,让企业能够更从容地投入到智能建造与绿色建筑项目中。

3.2 政策法规与标准体系的建设

政策法规与标准体系不完善,严重制约了智能建造与绿色建筑的深度融合发展。现行政策存在碎片化问题,部分地区仅出台绿色建筑专项政策,却未将智能建

造技术纳入配套支持体系，导致技术应用缺乏明确的政策引导，企业无所适从。标准体系方面，智能建造技术与绿色建筑融合的评价标准缺失。现有标准大多单独规范两类技术，未明确融合应用的技术指标与评价方法。例如，BIM技术在绿色建筑中的应用深度、数据交互标准等缺乏统一规定，使得技术应用缺乏规范和依据。此外，监管机制不健全，部分地区绿色建筑评价流于形式，智能建造技术应用监管缺位，无法保证项目质量。对策方面，需构建系统性政策法规体系。国家层面出台统筹性文件，明确技术融合的发展目标与重点任务，地方结合实际制定实施细则。标准体系建设上，由行业协会牵头，联合企业、科研机构制定融合应用标准，明确技术要求、数据规范与评价流程。同时，建立全流程监管机制，引入智能监管平台，对建筑设计、施工、运维各阶段的技术应用与绿色性能进行动态监测，确保政策与标准落地执行。

3.3 人才培养与技术创新

人才短缺与技术创新动力不足，是智能建造技术在绿色建筑应用中的关键瓶颈。当前建筑行业从业人员中，既掌握智能建造技术又熟悉绿色建筑标准的复合型人才占比不足5%。一线施工人员对智能设备操作能力欠缺，导致先进技术无法充分发挥效能，严重影响项目的推进和质量。技术创新方面，企业创新投入不足，多数企业更倾向于应用成熟技术，对核心技术研发的投入占比不足营收的3%。而且创新成果转化机制不完善，大量科研成果难以落地应用，造成资源浪费。解决这些问题需构建多层次人才培养体系与完善创新激励机制^[4]。人才

培养层面，高校调整专业设置，开设智能建造与绿色建筑交叉专业，增设BIM技术、绿色建筑评价等核心课程，培养适应行业发展需求的复合型人才。企业开展在职培训，与职业院校合作建立实训基地，提升现有从业人员技能水平。技术创新方面，政府加大科研经费投入，设立专项基金支持核心技术研发。建立创新成果转化平台，打通“研发-试验-应用”链条，对成功转化的创新成果给予奖励。同时，鼓励企业建立内部创新激励机制，对创新团队与个人给予股权、奖金等多重激励，激发创新活力。

结束语

智能化技术在绿色建筑领域的应用成果显著，从材料到施工，再到设计与运维，各环节紧密协作，为绿色建筑发展开辟了新路径。未来，随着科技的不断进步，这些技术将更加成熟和完善，推动绿色建筑向更高水平发展，为我们创造更加环保、舒适、高效的建筑环境，助力实现可持续发展的美好愿景。

参考文献

- [1]王翔.智能建造技术在绿色建筑设计中的应用[J].智能建筑与智慧城市, 2025(1):120-122.
- [2]李恒杰.智能建造技术在绿色建筑设计中的应用研究[J].工程技术研究, 2025,7(15):113-115.
- [3]顾文华.绿色建筑设计在智能建造技术中的应用研究[J].佛山陶瓷, 2025, 35(6):142-144.
- [4]王彩华,刘令洲,贾忠晴.智能建造技术在绿色建筑工程节能设计中的应用[J].绿色建造与智能建筑,2025(5):97-99.