

智能建造与绿色数字化技术在建筑工程中的融合应用

许伟伟

上海颀创电子科技有限公司 上海 201103

摘要: 在时代不断进步的过程中,建筑行业也迎来更多发展契机,需要实现科学变革,灵活应用各种先进技术,以推动行业的发展与进步。在进行建筑工程项目建设的过程中,智能建造、绿色化数字技术的融合运用,具有提升项目建设率、节约能源使用量、控制环境污染等多项作用。本文主要进行了智能建造与绿色数字化技术在建筑工程中融合应用相关工作的探讨,仅供参考。

关键词: 智能建造;绿色数字化技术;建筑工程

一、概述

1. 研究背景

全球建筑业对碳排放的贡献高达40%,这主要源于建筑材料生产、施工过程和建筑使用阶段的能源消耗。为应对这一严峻挑战,中国在其十四五规划中明确设定了目标:到2025年,新建建筑中绿色建材的应用比例必须超过70%,以促进资源节约和环境友好型发展。实现双碳目标——即碳达峰和碳中和——的关键路径在于智能建造与数字化技术的深度融合。这种融合涉及建筑信息模型(BIM)、人工智能和物联网等技术的应用,通过优化设计、提高施工效率和管理建筑生命周期,有效减少能源浪费和温室气体排放,从而推动整个行业的可持续转型。

2. 应用价值

(1) 节约工程成本投入

数字化转型运用多种策略提升建筑工程施工效能并控制成本。应用高端BIM技术提高设计、规划与执行精度,减少返工和材料浪费。利用VR/AR技术模拟优化方案,减少现场风险。部署智能建造与自动化设备,减少人工需求、加快进度并降低成本误差。实时数据分析工具优化资源调度,提高使用率和效益。提升信息管理与沟通效率,精简决策链,进一步增强效率降低成本。这些数字化手段优化了整体施工效率并有效管理了成本。

(2) 降低施工风险

通过数字化手段减轻施工风险是建筑工程领域达成安全管理和提升项目成功率的重要方式。数字化技术如建筑信息模型(BIM)和数据分析工具的应用,能够实时监测施工进度,发现潜在风险,从而及时优化施工计划。虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术可以在施工前检测设计缺陷,预测潜在冲突,协助相关人员进行

更精确决策。传感器和物联网技术的使用,使施工现场各项指标得以实时监控,异常情况可以被快速应对,有效减少事故发生的可能性。通过融合各种数字化工具,施工风险管理的精度和响应速度显著增强。

(3) 实现环境保护

数字化转型在促进绿色施工与环境保护中扮演着至关重要的核心角色。通过运用BIM技术,能够精确模拟建筑模型,优化材料采购和分配,显著降低施工过程中的浪费现象,实现高精度的施工管理,从而减少资源消耗并提升整体效率。虚拟现实技术则使施工团队在施工前就能执行全面而准确的环境影响评估,通过虚拟场景模拟潜在生态干扰,及时调整方案以减轻对周边植被、水源和生物多样性的不良影响,确保生态平衡得以维护。智能化设备和自动化技术的广泛部署,如智能传感器和机器人系统,不仅降低能源消耗,还大幅减少碳排放,优化施工流程的可持续性。数字化监测系统实时监控施工过程中的关键环保指标,包括噪音水平、粉尘排放和水资源使用,提供数据驱动的决策支持,保障所有施工活动严格遵循可持续发展的国际标准。这为建筑工程在环保和可持续性方面提供了高效且全面的解决方案,推动行业迈向更绿色的未来。

二、智能建造与绿色数字化技术融合体系

1. 数字化管理平台架构设计

数字化管理平台基于分布式架构构建,形成数据采集、处理、应用三层结构。数据采集层采用物联网感知技术,部署比如说位移、温湿度、应力等多类传感器节点,建立覆盖施工现场全域的数据实时获取网络。数据处理层设计多维数据模型,对施工过程进度、温湿度、光照、风速等参数、设备运行参数、能耗参数等海量异

构数据进行分类清洗、结构化处理与深度融合分析，构建精确反映工程实体状态与进程的数字化运行模型。应用服务层开发如可视化引擎、预警引擎、评估引擎等智能分析模块，实现施工过程全息可视化展示、异常工况智能预警、施工环境动态评估等功能。平台通过统一的数据标准化接口实现各子系统信息互通与无缝集成，建立起贯穿施工规划、执行、监控、验收全过程的数字化管控体系。

2. 智能建造技术集成方案

建造技术体系深度融合BIM技术与智能施工设备，形成以数据为驱动的闭环施工控制系统。例如在幕墙安装工程中，采用三维激光扫描技术对建筑主体结构进行高精度空间定位与点云建模。比如说自动焊接机器人、幕墙安装机械臂等智能施工设备通过内置的激光导航与高精度定位系统，结合BIM模型与现场扫描数据的偏差分析结果，实时调整施工位姿，实现构件的毫米级精准安装与装配。系统集成如工业相机、AI图像识别算法等先进的机器视觉技术，对施工焊缝质量、安装平整度等实施动态监测与自动识别。基于监测数据与工艺数据库，建立施工工艺参数的智能优化模型，驱动施工过程的自适应调整，实现施工全流程的精细化、智能化管控。

3. 绿色建造技术体系

绿色建造技术体系集成应用节能环保材料与智能化控制系统，构建覆盖材料、能源、环境的绿色施工闭环管理模式。材料系统优先选用高性能低辐射玻璃以有效阻隔红外热辐射，并应用新型智能遮阳构件优化自然采光与遮阳。同时，采用双层幕墙通风技术，利用空气间层热压效应提升建筑外围护结构的保温隔热性能与自然通风效果，显著降低建筑运行能耗。设计智能化能源管理系统，采用如分区照明、空调控制等分层分区精细化控制策略，建立覆盖主要耗能设备的能耗实时监测网络与能效评估模型，指导节能运行。施工过程引入颗粒物传感器、噪声监测仪等智能环境监控设备，建立对粉尘浓度、噪声分贝值、有害气体等关键环境指标的动态监测体系，形成基于物联网的绿色施工数据分析平台，实现施工环境指标的实时监控、超标预警与智能化管控，最大限度减少施工活动对环境的影响。

4. 融合技术协同机制

融合技术协同机制旨在构建智能建造技术与绿色建造技术深度融合、高效协同的运行体系。建立统一的数据交换标准与共享平台，实现来自智能设备的实时监测数据与环境监测系统数据的有机融合与关联分析。构建“感知-分析-决策-执行”的多层级联动控制机制，将

实时环境监测数据作为关键输入参数，动态反馈至智能施工设备控制系统，触发设备运行速度、工艺参数等施工参数的自动调整与优化，在保障施工效率与质量的同时降低环境影响。设置施工质量关键指标与环境影响指标的联动预警阈值，当任一指标接近或超过阈值时，系统自动触发跨系统的协同预警与联动响应预案，形成质量精准管控与环境保护目标协同优化、相互促进的提升机制。

三、具体技术的应用分析

1. 在施工安全监测中的应用

建筑智能建造涵盖多个环节，施工安全作为其中的关键环节，物联网技术已深度融合重要应用场景，形成全方位监控网络。环境监测需依托智能建造系统实时监控粉尘污染、噪声污染、温湿度变化等环境指标，通过云端算法分析数据波动，对异常数据实施即时预警并推送至管理人员移动终端。结构安全领域通过分布式传感器持续监测建筑应力状态，结合三维建模技术分析结构变形趋势，确保及时识别潜在风险点。针对人员安全保障，物联网技术结合智能安全帽内置GPS定位和生命体征监测模块、人脸识别系统实时比对人员身份及行为，对施工人员实施全方位安全监控，有效预防违规操作。

2. 在能源管理中的应用

建筑智能建造需实施能源智能管理以提升能效，降低运营成本。智能管理系统融合物联网与人工智能技术，构建数据驱动架构，实现对建筑全生命周期的能源优化管理，涵盖设计、施工及运维阶段。系统配置万余个智能电表及温湿度传感器，覆盖全部用能单元如空调、照明及设备机房，采集数据经边缘计算设备实时预处理过滤噪声后上传云平台，确保数据时效性；基于深度学习算法分析历史能耗数据模式，结合天气预报及建筑使用率预测未来24小时能耗曲线，预测准确率达95%以上。系统基于预测自动调节设备参数，如空调温控风量匹配温差，智能照明自适应调光，最大化节能效果。

3. 在质量与进度管控中的应用

(1) 材料的追踪管理

物联网技术的深入应用正深刻推动建筑行业的革新进程，尤其在材料管理这一关键领域表现显著。射频识别标签因其技术优势被广泛应用于建筑材料全生命周期的追踪管理环节。此类标签具备10米有效读取距离的显著优势，且每个标签均承载着对应材料的完整信息档案，如规格型号、生产批次、供应商详情及质检报告等核心数据。在材料进场验收时，系统通过固定式读写器或手持终端自动捕获并记录相关数据，大幅提升效率的同时

将信息录入准确率稳定在99.9%的高水平。在仓储管理方面，区域内部署的智能货架系统结合重量传感与RFID技术，实现了库存状态的实时动态管理与预警。为进一步强化现场材料管控，系统配合搭载高精度摄像头的无人机与先进的计算机视觉技术，每日对露天材料堆场进行自动化巡检与智能盘点，成功将传统人工盘点的误差率大幅降低，使整体盘点精度提升至98%的可控范围。更为智能的是，系统内置的智能预警功能能够基于消耗速率、库存阈值及施工计划，精准预判潜在的材料短缺风险点，从而触发预警机制，促使项目管理人员及时补充所需物料，有效规避因材料供应中断导致的工程停工风险。

(2) 工艺的质量监控

建筑智能建造体系的核心组成部分之一便是其集成的工艺质量监控系统，该系统融合多源传感技术，实现了对关键施工工艺质量的全过程、精细化管控。例如，在混凝土浇筑这一关键工序中，严格按每10平方米1个的预设密度在结构内埋设高精度温度传感器，其测温精度被严格控制于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的可靠范围内。通过实时、连续地监测混凝土内部水化反应引起的温度变化曲线，系统能够智能分析并动态优化后续的覆盖、洒水等养护方案，有效预防温度应力裂缝的产生。与此同时，部署在模板或振捣设备上的振动传感器同步监测混凝土振捣过程中的频率、振幅及持续时间等关键参数，量化评估振捣密实度的达标情况。针对结构几何尺寸控制，现场采用三维激光扫描仪进行高频率复核，其可快速构建毫米级精度的点云模型，通过与设计BIM模型进行智能对比分析，精准识别定位诸如模板偏移、构件尺寸偏差等施工误差。系统后端集成的AI算法引擎，通过对海量历史工程质量数据的学习与分析，建立起复杂的预测模型，能够前瞻性地识别潜在的质量隐患点，其预测准确率经验证可达85%。

(3) 进度的可视化管理

作为智能建造体系的核心环节，进度管理系统深度融合物联网、BIM及大数据分析技术，实现了对项目施工进度的可视化动态监控与智能化优化调整。在施工现场的关键节点及作业面，定期部署的激光扫描仪持续获取点云数据，自动构建并更新反映实际建造状态的三维模型。系统通过智能算法将此实际模型与计划BIM模型进行多维度对比分析，自动计算各分部分项工程的实时完成百分比，并保持高达98%的进度计算精度。为精确掌握人力投入与效率，系统为建筑工人配备集成高精度定位模块的智能安全头盔，实时采集人员位置、工种信息及移动轨迹数据。基于此，系统能够深入分析不同工

种在不同作业区域的实际工作效率、资源配置合理性及人员流动模式。在进度预测与优化层面，系统采用长短期记忆网络算法，其擅长处理时序数据，通过学习分析海量的历史进度数据流并结合实时采集的现场施工信息，建立精准的进度预测模型，将整体进度预测的准确率提升至92%的先进水平，为项目管理者提供了强有力的进度管控决策支持工具。

四、案例分析

某大酒店以健康、节能为核心，构建全面的一体化平台，该系统整合物联网与数据分析、AI驱动的安防系统等多个子系统，旨在通过智能化手段提升酒店运营效率和宾客舒适度。其创新点具体体现在以下几个方面：

首先，物联网与数据分析技术的应用。现代弱电系统通过物联网技术实现设备互联，结合AI算法进行能耗预测与行为分析。例如，设备监控系统（BAS）可实时调节空调、照明等设备运行参数，提升能效30%以上。

其次，AI驱动的安防系统的应用。视频监控系统已从模拟信号升级为AI智能分析，支持人脸识别、异常行为检测等功能，并与消防、门禁系统联动，形成主动防御体系。

结束语

总之，在进行建筑项目建设的过程中，智能建造与绿色数字化技术的结合运用至关重要，通过大数据、智能化、BIM技术等先进技术的合理化应用，为工程建设的高效开展提供了参考和指导，实现了各种资源的高效利用，满足环境保护工作要求，并且技术的推广与应用提升了项目建设的规范化水平，成为了未来建筑行业的重要方向。

参考文献

- [1] 张佳庆, 韩起, 姜楠. 建筑工程施工数字化管理研究[J]. 前卫, 2022, (26): 0166-0168.
- [2] 房霆, 宸龚剑. 建筑工程数字化施工技术研究与探索[J]. 建筑施工, 2021, 43(06): 1117-1120.
- [3] 任强. 智能建筑结构设计中BIM技术的应用[J]. 中国建筑金属结构, 2020(10): 15-16.
- [4] 王申杰, 孙立权, 路希鑫, 等. BIM和智能物联网技术在装配式建筑智能建造中的应用研究[J]. 住宅产业, 2023(8): 75-78.
- [5] 李洋. 建筑智能建造中物联网技术的应用研究[J]. 建筑装饰装修, 2024(24): 70-72.