

智能建造在绿色建筑施工中的应用

马文辉

河北省安装工程有限公司 河北 石家庄 050031

摘要:在双碳战略与建筑行业转型升级背景下,绿色施工成为行业发展核心趋势,而传统绿色施工存在管控粗放、能耗污染管控不精准等短板。本文界定绿色施工与智能建造核心概念,剖析二者融合逻辑,阐述BIM、物联网、人工智能等技术的实际应用,分析技术、管理、人才成本等层面的现存问题,针对性提出优化策略,旨在依托智能技术赋能绿色施工,助力建筑行业低碳高质量发展。

关键词:智能建造;绿色建筑施工;应用

引言:随着我国生态环保政策持续落地,建筑行业摒弃粗放式施工模式、推进绿色低碳发展已成必然趋势。绿色施工依托“四节一环保”原则,助力工程生态效益提升,但传统施工模式难以实现精细化、智能化管控。智能建造凭借数字化、自动化、协同化优势,可有效弥补绿色施工短板。基于此,本文探究智能建造在绿色建筑施工中的应用价值、现存问题与优化路径,为行业绿色智能化转型提供参考。

1 相关核心概念与理论基础

1.1 绿色建筑施工核心概述

(1)绿色建筑施工是以建筑工程全生命周期为核心,在保障施工质量、安全与进度的前提下,依托科学管理与技术手段,最大限度节约资源、降低施工污染、减少生态破坏的新型施工模式,核心内涵是兼顾工程效益、经济效益与生态效益。(2)绿色施工遵循“四节一环保”核心原则,即节能、节水、节材、节地与环境保护,贯穿施工筹备、现场作业、竣工验收全流程,是规范绿色施工开展的核心准则。(3)当前绿色施工依托国家及行业专项评价标准与规范开展,明确资源消耗限值、污染防治指标及现场管理要求,为绿色施工成效评估、合规作业提供标准化依据。

1.2 智能建造体系概述

(1)智能建造是融合信息技术与工程建造的现代化模式,核心特征体现为数字化、智能化、自动化、协同化,可实现施工数据精准采集、智能分析与动态调控。(2)其核心技术体系涵盖BIM技术、物联网、大数据、人工智能及自动化施工设备等,多技术协同支撑施工全过程智能化管控。(3)相较于传统建造,智能建造可突破人工管控局限,提升施工精度与效率,降低人为失误,实现施工过程可视化、精细化管理^[1]。

1.3 智能建造与绿色施工的融合逻辑

(1)融合具备充分可行性,智能技术与绿色施工管控需求高度适配,国家低碳建筑政策持续支撑,同时建筑行业转型升级的发展需求,为二者融合提供基础条件。(2)融合具有极强必要性,可有效破解传统绿色施工管控粗放、能耗与污染管控不精准、资源浪费严重等行业痛点,补齐传统施工管理短板。(3)二者融合的核心目标,是依托智能技术赋能绿色施工,实现建筑施工全周期低碳化、精细化、智能化管理,推动建筑行业绿色高质量发展。

2 绿色建筑施工中智能建造核心技术及应用

2.1 BIM技术在绿色施工中的应用

(1)施工前期建模优化。依托BIM三维建模技术,可对施工现场地形地貌、建筑布局、临时设施布置进行立体化模拟规划,科学优化场地分区、材料堆放区域及施工通行路线。有效规避传统人工规划的不合理性,减少场地重复改造、物料二次搬运等问题,从前期阶段降低土地资源与人力资源浪费,夯实绿色施工基础。(2)施工过程动态管控。施工阶段可利用BIM模型精准核算各类建材用量,实现材料限额领用,杜绝物料闲置与损耗。同时依托模型模拟各施工工序,优化施工流程,规避工序冲突、返工返修等问题。此外,可结合施工场景开展能耗模拟分析,实时把控施工能耗情况,为节能降耗管控提供数据支撑^[2]。(3)竣工阶段数据留存。项目竣工后,BIM模型可完整留存施工全过程的建材使用、能耗数据、施工工艺等核心信息,形成完整的数字化档案。不仅能够为绿色建筑专项验收、环保核查提供精准的数据依据,还可为建筑后期运维、节能改造、绿色评估提供长效数据支撑,实现施工与运维阶段的绿色衔接。

2.2 物联网与智慧工地技术应用

(1)施工现场环境智能监测。通过物联网传感器设备,可对施工现场扬尘、噪音、污水、废气等环保指标

进行24小时实时采集与动态监测,数据实时同步至智慧工地平台。当各项指标超出合规阈值时,系统自动触发预警,管理人员可及时采取降尘、降噪、污水处理等管控措施,实现施工污染精准防控。(2)设备与能耗智能管控。物联网技术可联动施工机械设备、水电计量设备,实时统计施工机械油耗、用电用水等能耗数据,自动分析能耗异常情况。通过数据研判优化设备运行时长与作业模式,关停无效能耗设备,精准把控施工能耗,有效降低施工阶段能源消耗。(3)人员与物料精细化管理。依托智慧工地人员考勤、定位及物料管控系统,可合理调配施工人员,杜绝人工冗余、岗位闲置等问题,提升人工效率。同时对物料采购、入库、领用、消耗全流程溯源管控,精准把控物料损耗,严格践行节材、节能的绿色施工理念^[3]。

2.3 人工智能与自动化施工技术应用

(1) AI智能优化施工方案。人工智能可依托海量施工案例与绿色施工标准,对初步施工方案进行智能研判与优化调整,自动识别方案中高能耗、高污染、高损耗的施工工序,替换为低碳环保、低消耗的施工工艺,从方案源头降低施工环境污染与资源消耗。(2)智能施工机器人应用。砌筑、抹灰、测绘等智能施工机器人可替代传统人工完成重复性作业,作业精度高、稳定性强,能够有效降低人工操作误差,减少返工造成的物料浪费与能源损耗,同时提升施工标准化水平,契合绿色高效的施工要求^[4]。(3)大数据分析助力低碳决策。通过归集施工全过程能耗、物料消耗、污染排放等数据,依托大数据技术进行深度挖掘与分析,精准识别施工过程中的高能耗、高浪费环节,针对性优化施工策略,为绿色施工低碳管控提供科学的数据决策支撑。

2.4 数字孪生技术的融合应用

(1)施工现场虚拟复刻。数字孪生技术可构建与实体施工现场完全同步的虚拟场景,实时映射现场设备运行、施工进度、环境状态、物料排布等全维度信息,实现施工全过程可视化、透明化管控,解决传统绿色施工管控盲区多、巡查不全面的问题。(2)施工工况模拟推演。在施工关键工序开展前,可通过数字孪生模型模拟不同施工工况的实施效果,提前预判施工过程中可能出现的环保超标、能耗过高、资源浪费等问题,提前优化施工计划、调整作业方式,从源头规避各类绿色施工风险,全面提升施工低碳管控水平。

3 智能建造赋能绿色施工现存问题与成因分析

3.1 技术应用层面问题

(1)技术融合度不足。当前建筑施工现场的智能技

术应用多呈现碎片化、单一化特征,BIM、物联网、人工智能等技术多为独立落地应用,各技术模块之间缺乏有效的联动衔接,未能构建起覆盖施工全流程的一体化绿色管控体系,难以发挥智能技术的协同赋能作用,制约了绿色施工整体管控效能提升。(2)技术落地适配性差。目前多数智能建造设备与数字化系统多针对大型工程项目研发,设备造价高、操作流程复杂,与中小型绿色施工项目的施工规模、场地条件和施工需求适配度较低,导致先进智能技术难以广泛落地,行业普及应用难度较大。(3)数据壁垒突出。施工生产数据、环保监测数据、能耗统计数据分属不同系统平台,数据接口不统一、标准不兼容,各部门数据独立存储、互不互通,形成明显的数字孤岛,无法实现数据整合分析与联动应用,难以支撑精细化、智能化的绿色施工决策。

3.2 行业管理层面问题

(1)行业标准不完善。我国智能建造与绿色施工融合领域仍处于发展阶段,尚未形成统一、细化的施工实施规范、技术应用标准和成效评价体系,行业开展智能绿色施工缺乏明确依据,导致项目施工质量、低碳成效参差不齐。(2)监管机制不健全。现阶段针对智能化绿色施工的专项监管体系尚未完善,监管方式较为传统,智能化监管手段不足,对项目绿色施工、智能技术落地的监督力度不足,部分管控要求流于形式,落地执行效果较差。(3)项目管控模式滞后。多数建筑企业仍沿用传统施工管理模式,管理思维、组织架构和管控流程较为固化,难以适配智能建造与绿色施工融合后的新型施工模式,无法满足数字化、精细化的绿色施工管控需求。

3.3 人才与成本层面问题

(1)复合型人才短缺。智能绿色施工对从业人员综合能力要求较高,需要同时掌握建筑施工、绿色环保、数字化智能技术的复合型人才,但目前行业人才培养体系滞后,专业人才储备不足,成为技术推广的核心阻碍。(2)前期投入成本较高。智能施工设备采购、数字化平台搭建、系统升级改造前期投入资金量大,中小型建筑企业资金压力较大,投入回报周期较长,导致企业推广应用智能绿色施工技术的积极性和意愿普遍偏低。(3)技术运维能力薄弱。多数企业重技术引进、轻后期运维,缺乏完善的设备运维、数据更新、系统检修体系,智能设备故障处理不及时、数据更新滞后,导致智能系统无法长期稳定发挥绿色施工管控作用。

4 智能建造优化绿色建筑施工的实施策略

4.1 强化技术融合与创新应用

(1)搭建一体化智能绿色施工数字化平台。整合

BIM、物联网、大数据等技术,统一各类施工数据接口标准,集中归集施工进度、物料消耗、能源损耗、环境监测等多维度数据,打破各系统独立运行的数据壁垒,实现数据互联互通、实时共享与协同分析,为绿色施工精细化管控提供一体化数据支撑。(2)优化技术适配方案。针对大型、中小型项目的施工特点、场地条件与建设需求,制定差异化、定制化的智能绿色施工模式。大型项目可搭建全维度智慧管控体系,全面落实智能化低碳管理;中小型项目简化设备配置与系统模块,选用轻量化、低成本的智能技术,提升技术落地适配性与普及度。(3)推动新技术迭代升级。结合建筑行业低碳发展需求,持续优化人工智能、数字孪生、自动化施工等核心技术,针对高能耗、高污染施工环节开展技术创新,完善智能化低碳施工工艺,持续提升建筑施工节能、减排、降耗的智能化水平。

4.2 完善行业标准与监管体系

(1)健全行业规范与评价标准。结合智能建造与绿色施工融合发展现状,统一技术应用、施工管控、低碳成效的行业标准,完善全流程实施规范与量化评价体系,明确施工管控要求与考核指标,解决行业标准模糊、施工质量参差不齐的问题。(2)构建数字化动态监管体系。依托智慧工地、大数据监测平台,对施工现场扬尘、噪音、能耗、污水排放等指标进行全天候实时监控,实现施工环保与能耗管控的动态化、可视化监管,及时发现并整改违规施工与高能耗问题。(3)建立激励与约束机制。行业主管部门设立智能绿色施工评价奖惩制度,对落实到位、低碳成效显著的项目给予政策扶持与荣誉表彰;对未达标企业进行整改问责,通过制度约束倒逼企业主动落实智能绿色施工管理要求^[5]。

4.3 优化人才培养与成本管控体系

(1)培育复合型专业人才。推行校企协同育人模式,高校增设智能建造与绿色施工交叉专业课程,企业定期开展在岗人员专项培训,兼顾智能技术操作与绿色施工管理知识,补齐行业复合型人才缺口。(2)降低技术落地成本。依托行业规模化推广降低智能设备与数字化平

台采购成本,同时借助政府专项补贴、税收优惠等扶持政策,减轻企业前期投入压力,提升企业智能化绿色施工改造的积极性。(3)搭建常态化运维体系。建立专业技术运维团队,制定设备定期检修、系统升级、数据更新制度,及时排查设备故障、修复系统漏洞,保障智能设备与数字化平台长期稳定运行,持续发挥绿色管控效能。

4.4 推进全生命周期融合落地

(1)落实全流程智能化绿色管控。将智能绿色施工理念与技术贯穿建筑设计、现场施工、竣工验收、后期运维全生命周期,从源头优化绿色设计、严控施工能耗、留存竣工数据、赋能低碳运维,实现全阶段绿色智能化管理。(2)发挥标杆项目示范引领作用。筛选智能绿色施工成效突出的优质项目作为行业标杆,总结推广成熟的技术方案、管理模式与实施经验,带动全行业借鉴升级,推动建筑行业绿色化、智能化整体转型升级。

结束语

本文系统梳理智能建造与绿色施工的融合体系,明确各类智能技术的应用场景,总结当前技术融合不足、行业标准不完善、复合型人才短缺等核心问题。提出技术创新、制度完善、人才培育、全周期管控的多维优化策略。推进智能建造与绿色施工深度融合,可有效降低施工能耗与污染、节约资源,对推动建筑行业转型升级、实现双碳目标、促进行业可持续发展具有重要现实意义。

参考文献

- [1]段瀚,张峰,陈高虹,等.建筑机器人驱动下的智能建造实践与发展[J].建筑经济,2022,43(11):85-89.
- [2]叶子青.智能建造技术在装配式项目建造中的应用实践[J].土木工程信息技术,2023,15(4):48-53.
- [3]张敬军.智能建造技术在高层建筑施工中的应用研究[J].新城建科技,2025,34(04):25-27.
- [4]秦雨培.智能建造在建筑施工技术中的应用及其发展趋势[J].工程建设与设计,2025,(08):76-78.
- [5]王璐.智能建造在建筑施工技术中的应用及其发展趋势[J].四川水泥,2024,5(10):22-24.