

绿色材料应用革新建筑工程管理

曹俊辉

西安腾运置业有限公司 陕西 西安 710068

摘要:绿色材料为建筑工程管理带来革新性影响。技术上,推动施工工艺与监测技术升级;经济上,优化全生命周期成本并形成溢价机制;环境上,助力碳排放量化与废弃物闭环管理;管理上,催生跨学科团队与重构风险管理体系。然而,面临技术数据库不完善、跨部门协作缺失等挑战。需通过产学研协同、推广协同模式、加强政策对接等举措,推动建筑工程管理绿色低碳转型。

关键词:绿色材料;应用革新;建筑工程管理

引言:在全球积极践行可持续发展理念、大力推进“双碳”目标的大背景下,建筑行业作为能源消耗与碳排放的大户,其绿色转型迫在眉睫。绿色材料凭借低碳、环保、智能等特性,成为建筑行业变革的关键力量。其应用不仅关乎建筑工程的环境效益,更对传统建筑工程管理模式带来全方位挑战与机遇。深入探究绿色材料应用如何革新建筑工程管理,具有重要的现实意义与实践价值。

1 理论基础与文献综述

1.1 绿色材料技术发展脉络

(1) 新型低碳建材:以再生混凝土、气凝胶隔热材料为代表,聚焦碳排放削减与资源循环利用。再生混凝土通过建筑垃圾资源化再生技术,降低天然骨料依赖,助力建筑行业碳减排;气凝胶隔热材料凭借超低导热系数,大幅提升建筑节能效率,成为低碳建筑围护结构的核心材料之一,推动建材行业向绿色低碳转型。(2) 智能化材料:自修复混凝土、相变储能材料引领建材智能化升级。自修复混凝土通过内置修复剂载体,实现裂缝自主愈合,提升建筑结构耐久性;相变储能材料可实现能量的储存与释放,有效调节建筑室内温湿度,优化建筑能耗结构,契合智能建筑发展需求。

1.2 传统建筑工程管理痛点分析

(1) 成本-质量-工期三角困境:三者存在强耦合制约关系,传统管理模式下难以实现动态平衡。盲目压缩工期易导致质量隐患,过度追求质量则推高成本,缺乏科学统筹机制,常引发工程纠纷与效益下滑。(2) 信息孤岛与供应链协同不足:各参与方信息传递滞后、数据标准不统一,形成信息壁垒。供应链各环节缺乏高效协同,材料采购、运输、施工衔接不畅,易出现材料积压或短缺,影响工程进度与成本控制^[1]。

1.3 国内外研究现状评述

(1) 绿色材料应用的技术路径研究:现有研究多聚焦单一绿色材料的性能优化与施工工艺改进,形成了系列技术标准,为材料推广应用提供了技术支撑。(2) 工程管理数字化转型研究:围绕BIM、大数据等技术的应用展开,探索了数字化管理平台构建与流程优化方案,提升了管理效率。(3) 现有研究的空白点:一是缺乏绿色材料应用与工程管理的全生命周期整合研究,未形成覆盖设计、施工、运维全阶段的一体化方案;二是多主体协同机制研究不足,未能有效破解供应链协同与信息共享难题,制约了绿色材料与数字化管理的深度融合。

2 绿色材料对建筑工程管理的变革性影响

2.1 技术维度

(1) 施工工艺革新:绿色材料的适配性推动3D打印建筑、装配式模块化技术规模化应用。再生混凝土、植物纤维基复合材料等绿色材料的可塑性与环保特性,与3D打印精准控量、定制化构建的优势深度契合,大幅减少施工废料产生;装配式模块化技术则依托标准化绿色构件生产,实现现场快速组装,改变传统现浇施工模式,缩短工期的同时提升施工精度,倒逼工程管理流程向标准化、精细化转型。(2) 监测技术升级:绿色材料的性能稳定性需求驱动物联网传感器实时追踪技术普及。针对自修复混凝土、相变储能材料等智能绿色材料的动态性能变化,通过部署温度、应力、湿度等多维度物联网传感器,构建实时监测网络,实现材料性能全周期追踪。这一变革要求工程管理引入数字化监测体系,强化数据驱动的决策机制,提升对材料性能波动的预判与应对能力。

2.2 经济维度

(1) 全生命周期成本优化:绿色材料虽初始投资较高,但通过运维阶段的能耗节约实现全周期成本平衡。例如气凝胶隔热材料、节能型门窗材料等,可显著降低建筑采暖制冷能耗,长期运维费用降幅可达30%-50%。

这推动工程管理从传统的短期成本控制转向全生命周期成本核算,需建立涵盖设计、施工、运维的成本动态管控模型。(2)碳交易市场下的绿色材料溢价机制:双碳目标下,绿色材料的低碳属性使其在碳交易市场中具备溢价空间。采用低碳建材可降低建筑项目碳排放量,多余碳配额可参与交易获利,形成绿色效益转化通道。这要求工程管理新增碳资产管理模块,统筹绿色材料选型与碳配额核算,最大化项目经济与环境双重效益^[2]。

2.3 环境维度

(1)碳排放量化模型与减排路径规划:绿色材料的应用推动建筑工程建立精准的碳排放量化体系。通过整合绿色材料碳排放数据,构建覆盖材料生产、施工建造、运营使用全阶段的量化模型,明确各环节减排节点。工程管理需据此制定针对性减排路径,将减排目标分解至各管理流程,强化过程管控。(2)建筑废弃物闭环管理体系构建:再生类绿色材料的推广催生建筑废弃物闭环管理需求。工程管理需搭建“废弃物回收-破碎加工-再生利用”全链条体系,明确各参与方责任,规范回收流程与再生材料质量标准,实现建筑废弃物资源化利用率提升,推动建筑行业循环经济发展。

2.4 管理维度

(1)跨学科团队组建需求:绿色材料的深度应用要求工程管理团队融合材料科学、工程管理、环境科学等多学科知识。需组建复合型管理团队,其中材料专家负责选型评估、环境专家把控环保标准、工程管理人员统筹流程衔接,打破传统单一学科管理模式,提升团队综合决策能力。(2)风险管理体系重构:绿色材料应用带来技术可靠性与供应链稳定性双重风险。技术层面,新型绿色材料的应用成熟度有待验证;供应链层面,绿色材料产能、运输半径等因素易引发供应波动。这要求工程管理重构风险管理体系,新增技术验证、供应商资质评估、应急储备等风险管控环节,保障项目顺利推进。

3 绿色材料应用下的工程管理创新模式

3.1 全生命周期管理框架

(1)设计阶段。将建筑信息模型(BIM)的可视化、参数化优势与生命周期评价(LCA)的全阶段环境影响分析能力深度融合,建立绿色材料数据库,涵盖材料碳排放、能耗、环保性能等核心指标。设计过程中,通过BIM模型模拟不同绿色材料组合的建筑性能,结合LCA量化分析其全生命周期环境影响,实现材料选型的技术可行性、经济合理性与环境友好性协同优化,从源头把控绿色材料应用质量。(2)施工阶段。依托物联网、大数据技术搭建动态碳排放监控平台,实时采集绿色材料施

工过程中的能耗、废弃物排放等数据,精准核算碳排放强度。同时,以精益施工理念为指导,优化绿色材料运输、堆放、施工工序,减少材料损耗与二次污染;针对装配式构件、3D打印等绿色施工工艺,制定标准化作业流程,实现施工效率提升与碳排放管控的双重目标^[3]。(3)运维阶段。借助部署在建筑结构中的智能传感器,实时监测自修复混凝土、相变储能材料等智能绿色材料的性能衰减、损伤演化等状态数据,通过大数据分析构建材料健康诊断模型。基于模型预测材料故障风险,提前制定维护方案,替代传统事后维修模式,延长建筑使用寿命,降低运维成本,保障绿色材料长期稳定发挥环保效能。

3.2 数字化协同平台构建

(1)搭建基于区块链的材料溯源与碳足迹追踪系统。利用区块链去中心化、不可篡改的特性,构建覆盖绿色材料生产、运输、施工、运维全链条的溯源体系,记录材料生产厂家、环保认证、碳排放数据等关键信息,保障材料真实性与绿色属性可追溯。同时,整合碳足迹核算标准,实现材料全生命周期碳足迹的精准追踪与量化,为碳交易、碳核算提供可靠数据支撑,破解供应链信息不对称难题。(2)推动数字孪生技术在施工模拟中的深度应用。基于数字孪生技术构建建筑工程虚拟映射模型,集成绿色材料性能参数、施工环境、设备状态等多维度数据,对绿色材料施工过程进行全流程模拟。通过模拟分析不同施工方案下材料的适配性、施工难度及碳排放情况,优化施工方案;在施工过程中实现虚拟模型与实体工程的实时联动,动态校正施工偏差,保障绿色材料施工质量,提升工程管理的数字化、智能化水平。

3.3 政策-市场双轮驱动机制

(1)创新绿色金融工具赋能绿色材料应用。积极运用绿色债券、碳配额抵押、绿色信贷等金融工具,拓宽绿色建筑项目融资渠道。例如,发行绿色债券募集资金专项用于绿色材料采购与绿色施工技术升级;将项目碳配额作为抵押资产获取信贷支持,降低初始投资压力。通过绿色金融杠杆作用,引导社会资本流向绿色建筑领域,激发企业应用绿色材料的积极性。(2)构建碳税政策对材料采购决策的影响模型。结合碳税征收标准与绿色材料碳减排效益,建立量化分析模型,评估不同碳税税率下绿色材料与传统材料的采购成本差异。通过模型明确碳税政策对材料采购决策的导向作用,引导工程管理方优先选择低碳绿色材料;同时,基于模型优化材料采购方案,平衡碳税成本与材料性能需求,实现政策合规性与项目经济性的统一,推动绿色材料采购标准化、规范化^[4]。

4 绿色材料应用于建筑工程管理的挑战与对策建议

4.1 技术层面

(1) 绿色材料性能数据库不完善: 现有数据库缺乏统一标准, 涵盖的绿色材料种类有限, 且性能参数更新滞后, 难以支撑材料选型、性能评估及全生命周期分析。不同材料的碳排放、耐久性、适配性等核心数据碎片化, 导致工程管理中材料决策缺乏精准数据支撑, 制约绿色材料规模化应用。(2) 标准化体系滞后于技术创新: 绿色材料技术迭代速度快, 但对应的生产、施工、验收等标准化体系尚未同步完善。部分新型绿色材料的应用规范缺失, 施工工艺无章可循, 质量验收标准不统一, 增加工程管理难度, 易引发质量隐患与责任纠纷。

4.2 管理层面

(1) 跨部门协作机制缺失: 绿色材料应用涉及材料采购、施工管理、环保监管等多个部门, 但现有管理模式下部门间权责划分模糊, 信息传递不畅。缺乏常态化协同沟通机制, 导致材料选型与施工衔接脱节、环保要求与工程进度冲突等问题, 降低管理效率。(2) 复合型人才短缺: 绿色材料工程管理需兼具材料科学、工程管理、数字技术、环保法规等多领域知识的复合型人才。当前行业内此类人才储备不足, 现有管理人员对绿色材料性能、数字化管理工具的掌握程度不够, 难以适配创新管理模式需求^[5]。

4.3 政策层面

(1) 绿色建材认证体系国际互认不足: 国内绿色建材认证标准与国际标准存在差异, 且互认机制缺失, 导致出口导向型建筑项目中绿色材料选型受限, 增加跨国项目的合规成本与管理难度, 阻碍绿色材料国际化应用。(2) 碳定价机制覆盖范围有限: 现有碳定价机制未完全覆盖建筑全产业链, 对绿色材料生产、建筑施工等环节的激励与约束不足。碳价水平与减排成本不匹配, 难以有效引导工程管理方优先选择低碳材料, 制约碳减排目标落地。

4.4 对策矩阵

(1) 技术: 建立产学研用协同创新平台, 整合高校、科研机构、企业资源, 统一绿色材料性能数据标准, 完善数据库并实现动态更新; 同步推进技术创新与标准化体系建设, 加快新型绿色材料应用规范制定, 填补标准空白。(2) 管理: 推广IPD(集成项目交付)模式, 明确各参与方权责, 建立跨部门、全周期协同机制, 实现信息共享与高效联动; 加强复合型人才培养, 通过校企合作、专项培训等提升管理人员专业素养, 适配绿色材料管理需求。(3) 政策: 推动绿色建材认证体系国际互认, 加强与国际标准对接; 扩大碳定价机制覆盖范围, 优化碳价形成机制, 建立碳交易与绿色信贷联动机制, 通过金融激励与政策约束双发力, 引导工程管理向绿色低碳转型。

结束语

绿色材料在建筑工程管理中的应用是行业发展的必然趋势, 它从技术、经济、环境和管理等多维度带来了深刻变革, 为建筑行业绿色低碳发展注入强大动力。尽管目前面临技术标准不完善、管理协作不畅、政策支持待加强等挑战, 但随着产学研合作深化、管理模式创新以及政策体系的完善, 绿色材料必将在建筑工程管理中广泛应用, 推动建筑行业迈向更可持续的未来。

参考文献

- [1]安永飞,王庆刚.绿色建筑材料在建筑工程施工技术中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(34):192-194.
- [2]高成龙.绿色建筑材料在建筑工程施工技术中的应用研究[J].居舍,2025,(30):31-33.
- [3]胡东利.绿色建筑材料在建筑工程技术中的应用研究[J].佛山陶瓷,2025,35(09):184-186.
- [4]丁虎.住宅建筑工程绿色建筑技术与绿色建筑材料的应用[J].居舍,2025,(23):27-29.
- [5]郑志清.新型绿色建筑材料在土木工程施工中的应用分析[J].居舍,2024,(32):43-45.