

绿色节能技术在建筑施工中的创新应用研究

简茂

510522*****0265

摘要: 随着全球气候变化加剧与能源资源约束趋紧,建筑行业作为能源消耗与碳排放的重点领域,其绿色转型已成为实现可持续发展目标的关键环节。本文聚焦建筑施工阶段的绿色节能技术创新应用,系统梳理传统施工模式下的能耗痛点与技术瓶颈,从材料革新、工艺优化、能源管理及智能化监控四个维度,深入探讨新型节能技术的原理、优势及实践路径。研究结合全生命周期管理理念,提出以技术创新为核心、政策引导为支撑、多方协同为保障的实施框架,旨在为建筑施工领域降低能耗、减少污染提供理论参考与技术指导。

关键词: 绿色节能技术; 建筑施工; 创新应用; 可持续性; 能耗控制

DOI: 10. 64216/3104-9664. 25. 01. 006

引言

建筑行业是国民经济的支柱产业之一,但其发展长期依赖高能耗、高排放的传统模式。据相关统计数据显示,我国建筑施工阶段能源消耗占建筑全生命周期总能耗的 25%-30%,同时产生大量建筑垃圾(约占城市垃圾总量的 40%)与粉尘、噪声污染。在“双碳”目标背景下,《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》明确提出,到 2025 年城镇新建建筑全面执行绿色建筑标准,星级绿色建筑占比目标提升至 30%以上。这一政策导向对建筑施工环节的绿色化、节能化提出了更高要求。然而,当前建筑施工中仍存在诸多问题:传统施工工艺依赖人工经验,材料利用率低;现场湿作业量大,水资源与能源浪费严重;临时设施能耗管理粗放,缺乏智能化调控手段。因此,推动绿色节能技术在建筑施工中的创新应用,不仅是应对环境约束的必然选择,更是提升行业竞争力、实现高质量发展的关键路径。本文通过理论分析与技术路径探讨,系统研究绿色节能技术在施工阶段的创新方向与应用策略,以期为行业实践提供参考。

1 绿色节能技术在建筑施工中的理论基础

1.1 绿色节能技术的概念界定与核心特征

绿色节能技术是指在建筑全生命周期中,通过科学设计与技术应用,最大限度降低能源消耗、减少环境污染,实现资源高效利用与生态友好的综合性技术体系。其核心特征体现在三个方面:其一,全生命周期性,覆盖材料生产、运输、施工、运营及拆除的全流程,而非仅关注施工阶段;其二,系统性,强调技术、管理、政

策的协同作用,而非单一技术的孤立应用;其三,经济性与环境效益的统一,在降低能耗与排放的同时,需兼顾成本可控与社会价值。与传统节能技术相比,绿色节能技术更注重“被动优先、主动优化”的原则。被动技术通过优化建筑朝向、围护结构保温性能等设计减少能源需求,主动技术则借助可再生能源利用、智能化管理等手段提升能源效率。二者结合形成复合技术体系,共同支撑施工阶段的节能目标。

1.2 建筑施工中绿色节能技术的体系构成

建筑施工阶段的绿色节能技术体系可分为四大模块:材料节能技术、工艺节能技术、能源管理技术及环境友好型技术。材料节能技术聚焦低能耗、低排放建材的研发与应用,如再生混凝土、环保型保温材料等;工艺节能技术通过改进施工流程,减少机械闲置、降低湿作业比例,如装配式施工、精准化配料等;能源管理技术涉及施工临时用电、用热的优化调度,如太阳能临时照明、地源热泵供暖等;环境友好型技术则针对施工污染控制,如扬尘在线监测、废水循环利用系统等。四大模块相互关联,构成“技术研发—工艺改进—管理优化—污染防控”的闭环系统。例如,再生建材的应用需配套工艺调整(如预制构件生产线的改造),同时依赖能源管理技术降低再生材料加工能耗,最终通过环境监测验证污染减排效果。这种体系化特征要求技术创新需从单一环节向全流程协同推进。

1.3 绿色节能技术创新的核心目标

建筑施工中绿色节能技术创新的目标可归纳为三

个层面：降低碳排放，通过减少化石能源使用与材料隐含碳，推动施工阶段碳达峰；提升资源效率，提高建材利用率（如混凝土损耗率从传统的 15% 降至 5% 以下）、水资源循环率（如雨水回收利用率提升至 70%）；改善施工环境，降低粉尘、噪声、光污染对周边生态的影响，保障施工人员健康。值得强调的是，技术创新需兼顾可行性与经济性。例如，尽管光伏建筑一体化（BIPV）技术在运营阶段节能效果显著，但其在施工阶段的安装成本较高，需通过模块化设计、标准化生产降低成本，才能实现大规模推广。因此，创新方向需平衡技术先进性与落地适应性。

2 传统建筑施工模式的能耗特征与问题剖析

2.1 材料生产与运输环节的高能耗

建筑材料生产是施工阶段能耗的主要来源之一。以水泥为例，其生产过程需高温煅烧石灰石，每生产 1 吨水泥约排放 0.8 吨二氧化碳，占建筑全生命周期碳排放的 10%-15%。此外，钢材、玻璃等建材的生产同样依赖高能耗工艺。运输环节中，砂石、混凝土等大宗材料的长距离运输（平均运距超过 50 公里）导致燃油消耗占比达施工机械总能耗的 20% 以上。传统模式下，材料“分散采购、粗放运输”的特点加剧了能源浪费。

2.2 施工过程的资源浪费与污染排放

现场湿作业（如混凝土浇筑、砂浆搅拌）是资源浪费的集中环节。据统计，传统施工中混凝土损耗率高达 15%-20%，多余砂浆多被直接废弃；模板工程因重复利用率低（木模板周转次数仅 5-8 次），每年消耗木材相当于 1000 万公顷森林。同时，湿作业产生的大量废水（含水泥碱性物质）未经处理直接排放，污染土壤与地下水；土方开挖与运输导致的扬尘占施工阶段 PM_{2.5} 排放的 60% 以上，噪声污染（如打桩机作业）则影响周边居民生活^[1]。

2.3 临时设施能耗管理粗放

施工临时设施（如办公区、生活区、加工区）的能耗长期被忽视。临时用电方面，传统配电线路损耗率高（约 8%-10%），且照明、空调等设备多为非节能型，待机能耗占比达 15%；临时供热依赖燃煤锅炉或燃油发电机，热效率低且污染严重。此外，临时设施的规划缺乏系统性，常出现“重复搭建、闲置浪费”现象，进一步推高能耗成本。上述问题的根源在于传统施工模式的

“高投入、低产出”特征，以及技术创新的滞后性。推动绿色节能技术的创新应用，需从材料、工艺、管理等多维度突破传统路径依赖^[2]。

3 绿色节能技术在建筑施工中的创新应用方向

3.1 材料革新：低能耗、高循环的新型建材开发

材料创新是绿色节能技术的基础。近年来，再生建材与功能型环保材料的发展为施工阶段降碳提供了关键支撑。再生混凝土是典型代表。通过将废弃混凝土破碎、筛分后替代天然骨料，再生混凝土不仅能减少砂石开采对生态环境的破坏，还可降低水泥用量（因再生骨料表面附着旧砂浆，需增加胶凝材料补偿强度）。研究表明，掺量 30% 的再生混凝土抗压强度可达 C30 标准，碳排放量较普通混凝土降低 25%。此外，再生钢材（废钢电炉炼钢）较传统铁矿石炼钢能耗降低 70%，碳排放减少 80%，已在高层钢结构施工中逐步推广。环保型保温材料方面，气凝胶隔热材料因其极低的导热系数（0.013W/(m·K)）成为研究热点。该材料通过纳米级孔隙结构阻断热传导，厚度仅为传统保温材料的 1/3 即可达到同等保温效果，可显著减少墙体厚度与建材用量。同时，生物基涂料（以植物树脂为基料）不含挥发性有机化合物（VOC），施工过程中无刺激性气味，有效改善作业环境^[3]。

3.2 工艺优化：从“粗放施工”到“精准建造”的转型

工艺创新是提升资源效率的核心手段。装配式施工技术的普及是典型例证。通过工厂化预制构件（如叠合板、预制楼梯），现场仅需进行拼接安装，可减少 60% 的湿作业量，降低混凝土损耗率至 3% 以下，同时缩短工期 20%-30%。预制构件的标准化设计（如统一模数）还可提高模具周转率（从木模板的 5 次提升至钢模板的 50 次以上），减少木材消耗。精准化配料与智能加工技术同样重要。传统砂石配料依赖人工估算，误差率高达 5%-8%，导致材料浪费。引入基于 BIM 的配料系统，通过三维模型精确计算各部位材料需求，结合自动称重设备，可将配料误差控制在 1% 以内。钢筋加工方面，数控弯箍机、剪切生产线等智能设备的应用，使钢筋废料率从 8% 降至 2%，加工效率提升 40%。

3.3 能源管理：智能化调控与可再生能源利用

能源管理创新聚焦“降本增效”。施工临时用电方

面,光伏临时电站与储能系统的结合可实现部分自发电。例如,在工地空闲区域安装光伏板(面积 1000 平方米),日均发电量约 300 度,可满足办公区照明、小型机械用电需求,减少电网依赖。储能电池(如磷酸铁锂电池)则可存储多余电能,在用电高峰时段释放,平衡负荷。地源热泵技术在施工供暖/制冷中展现出高效性。通过埋设地下换热管,利用土壤恒温特性调节室内温度,能效比(COP)可达 4-5(传统空调 COP 约 2.5-3),运行成本降低 50%以上。此外,施工机械的“油改电”改造(如电动塔吊、混凝土搅拌车)可消除尾气排放,配合智能调度系统(根据作业需求动态分配机械),使设备利用率从 60%提升至 85%,减少闲置能耗。

3.4 环境友好型技术: 污染防控的精细化实践

环境友好型技术创新旨在解决施工污染难题。扬尘智能监控系统通过 TSP(总悬浮颗粒物)传感器、视频监控与 AI 算法,实时监测工地扬尘浓度,联动雾炮机、喷淋系统自动降尘,使 PM10 超标率降低 80%。废水循环利用方面,设置三级沉淀池(沉淀—过滤—消毒),可将施工废水(如混凝土养护水、车辆冲洗水)净化后用于降尘、绿化,回用率达 90%以上。噪声控制技术则从源头与传播途径两方面入手^[4]。低噪声设备(如液压打桩机替代柴油打桩机)的应用可降低噪声 20-30 分贝;施工场地设置隔音屏障(高度 3 米以上)、合理安排作业时间(夜间禁止高噪声作业),可使周边噪声敏感区域达标率提升至 95%。

4 绿色节能技术应用的实施路径与保障机制

4.1 政策引导与标准体系建设

政策支持是技术创新的重要驱动力。政府需完善绿色施工评价标准,将节能技术应用纳入工程招投标与竣工验收环节。例如,提高绿色建筑星级认证中施工阶段的权重,对采用再生建材、装配式施工的项目给予容积率奖励或税收优惠。同时,制定施工能耗限额标准,倒逼企业加强节能管理。

4.2 技术研发与产学研协同

高校与科研机构应聚焦关键技术攻关,如低碳胶凝材料、建筑垃圾高效分拣技术等。企业与科研院所可通

过共建实验室、联合培养人才等方式,加速技术转化^[5]。

4.3 人才培养与管理模式创新

绿色节能技术的应用需专业人才支撑。高校应增设“绿色施工技术”课程,企业需开展常态化培训(如装配式施工、BIM 技术应用),提升从业人员技能。管理模式上,推行“全过程咨询+专业分包”模式,由专业团队负责节能技术方案设计与实施,确保技术落地效果。

4.4 全生命周期管理与数字化平台应用

依托建筑信息模型(BIM)与物联网技术,构建施工阶段能耗监测与管理系统。通过 BIM 模型模拟不同技术方案的能耗水平,辅助决策;利用物联网传感器实时采集材料消耗、机械能耗、环境参数等数据,形成动态优化方案。

5 结论

绿色节能技术在建筑施工中的创新应用,是推动行业低碳转型的核心抓手。通过材料革新、工艺优化、能源管理升级及环境友好型技术实践,可显著降低施工阶段能耗与排放,实现经济效益与环境效益的双赢。未来,需进一步完善政策体系、强化技术研发、提升人才素质,并借助数字化手段推动技术集成应用。随着绿色施工理念的深入与技术的不断成熟,建筑行业必将迎来更可持续的发展模式。

参考文献

- [1] 周鹏. 建筑工程施工中的绿色节能施工技术研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(9): 124-126.
- [2] 任晓亮. 基于绿色节能背景下建筑施工技术的改进创新与应用[J]. 陶瓷, 2023(1): 137-139.
- [3] 王青海. 低碳背景下绿色建筑施工技术分析[J]. 工程建设与设计, 2023(17): 178-180.
- [4] 刘海燕. 绿色节能施工技术在建筑施工中的应用——以滕州市善国盛景怡园建设工程项目为例[J]. 砖瓦, 2023(3): 136-138.
- [5] 康鑫, 陈浩, 彭琳娜. 高装配率绿色建筑设计与施工要点——以湖南创意设计总部大厦项目为例[J]. 绿色建筑与智能建筑, 2024(4): 47-51.