

建筑工程绿色施工技术创新与节能减排效果分析

庄 坤

泰安市文化旅游发展集团有限公司 山东 泰安 271000

摘要：随着建筑行业蓬勃发展，绿色转型成必然。本文聚焦建筑工程绿色施工技术创新与节能减排效果分析。首先阐述绿色施工技术的定义与重要性，接着从节能材料、能源利用、施工工艺及智能化管理四个方面介绍绿色施工技术创新内容。最后详细探讨绿色施工技术在能源消耗降低、资源利用效率提升以及环境污染减少方面所取得的显著效果，旨在为建筑工程领域绿色发展提供理论支持与实践参考，推动行业实现可持续发展目标。

关键词：建筑工程；绿色施工技术；创新；节能减排

引言：在全球倡导可持续发展的大背景下，建筑工程行业作为资源消耗与环境污染的“大户”，其绿色转型迫在眉睫。传统建筑施工方式存在能源浪费严重、资源利用率低、环境污染大等问题，不仅对生态环境造成破坏，也不符合当下社会对绿色发展的要求。绿色施工技术应运而生，它通过创新手段实现节能减排，是建筑工程行业可持续发展的关键。深入研究建筑工程绿色施工技术创新及其节能减排效果，对于推动行业绿色变革、实现经济与环境的协调发展具有重要意义。

1 绿色施工技术概述

1.1 绿色施工技术的定义

绿色施工技术是以环境保护为核心、资源高效利用为导向的施工理念，旨在通过科学管理与技术创新，在保障工程质量、安全等基本要求的前提下，最大限度减少施工活动对环境的负面影响，实现“四节一环保”（节能、节地、节水、节材及环境保护）。其本质是对传统施工模式的升级，强调施工全过程的系统性优化，涵盖材料选择、工艺改进、设备更新及管理创新等多个维度。例如，采用装配式建筑技术减少现场湿作业，通过BIM技术优化施工方案以降低材料浪费，或利用太阳能照明、雨水回收系统等可再生能源技术，均体现了绿色施工技术的内涵^[1]。

1.2 绿色施工技术的重要性

绿色施工技术的重要性体现在环境、经济与社会效益的协同提升上。从环境层面看，建筑业作为资源消耗与污染排放的“大户”，传统施工方式导致的扬尘、噪声、废水及建筑垃圾等问题，严重威胁生态环境。绿色施工技术通过源头减量（如使用再生材料）、过程控制（如封闭施工、降噪设备）及末端治理（如建筑垃圾资源化），可显著降低施工对空气、水体及土壤的污染。经济层面，绿色施工通过节能设备应用、材料

循环利用及工期优化，可降低项目全生命周期成本。社会层面，绿色施工改善了工人作业环境，减少职业病风险，同时提升企业形象，助力行业可持续发展。

2 建筑工程绿色施工技术创新

2.1 节能材料创新

（1）节能门窗。节能门窗通过材料科学与结构设计的深度融合，成为建筑围护结构节能的关键。其创新重点在于优化窗框材料与玻璃配置：窗框采用断桥铝合金、塑钢等材料，通过多腔体结构与隔热条设计，阻断热传导路径；玻璃则选用中空玻璃、Low-E镀膜玻璃，利用低辐射涂层与惰性气体填充，减少辐射热损失与对流换热。此外，气密、水密性能的提升（如采用三元乙丙密封胶条）进一步降低了因渗漏导致的能源浪费。结构上，智能调光玻璃、活动式遮阳系统的集成，实现了采光与保温的动态平衡。这些创新使门窗从单一功能部件转变为节能系统，可降低建筑采暖、制冷能耗20%-30%。（2）新型节能墙体材料。新型节能墙体材料以轻质、高强、保温为核心特性，通过材料组成与构造形式的双重创新，推动施工过程向低碳化转型。材料组成上，加气混凝土、泡沫混凝土等利用内部气孔阻断热传导，导热系数较传统实心砖降低50%以上；工业废料（如粉煤灰、矿渣）的掺入，不仅减少了天然资源消耗，还通过火山灰反应提升了材料强度。构造形式上，复合保温板（如聚苯板、岩棉板）通过多层结构叠加，实现保温与防火功能的集成；自保温砌块通过内置保温层，简化了施工工序。此外，相变储能墙体、生物基材料等前沿技术的研发，进一步拓展了墙体材料的节能维度，为绿色施工提供了高性能、可持续的解决方案^[2]。

2.2 能源利用创新

（1）可再生能源利用。可再生能源利用是绿色施工能源创新的核心方向，通过将太阳能、风能、地热能等

清洁能源引入施工过程，减少对化石能源的依赖。太阳能利用技术涵盖光伏发电与光热转换：光伏板可集成于建筑屋顶、幕墙或临时设施，为施工设备供电；光热系统通过太阳能集热器提供热水或供暖，尤其适用于低纬度地区。风能利用以小型风力发电机为主，为施工现场照明、监测设备等提供辅助电力。地热能利用通过地源热泵技术，提取地下浅层热能用于冬季供暖或夏季制冷，其能效比传统空调系统提升40%以上。此外，生物质能（如施工废弃物发酵制气）的局部应用，进一步丰富了可再生能源场景。这些技术的集成需结合施工周期、气候条件及建筑布局优化设计，例如光伏板倾角与日照时数的匹配、地源热泵埋管深度与地质结构的适配，以实现能源利用效率最大化，推动施工过程向零碳化转型。（2）能源回收利用技术。能源回收利用技术通过捕捉施工过程中的余热、废热及机械能，实现能源的二次利用，显著提升施工效率。余热回收方面，混凝土养护阶段释放的水化热可通过热交换装置回收，用于施工现场供暖或生活热水供应；工业废热（如焊接烟气、锅炉排烟）经热管或热泵技术处理后，可转化为可利用的热能。废热发电技术利用高温废气（如沥青摊铺时的烟气）驱动有机朗肯循环（ORC）系统，将低品位热能转化为电能，为施工设备供电。机械能回收领域，塔吊、施工电梯等设备的制动能量可通过飞轮储能或超级电容回收，减少电网取电。此外，雨水回收系统与中水回用技术的普及，将施工废水处理后用于混凝土养护、车辆冲洗等非饮用水场景，形成“水-能”协同回收模式。这些技术通过闭环设计，使施工能源利用效率提升20%-30%，为绿色施工提供了低成本、高回报的节能路径。

2.3 施工工艺创新

（1）装配式建筑技术。装配式建筑技术通过工厂预制构件与现场装配化施工的融合，推动施工工艺向工业化、标准化转型。其核心在于将建筑结构（如楼板、墙板、楼梯）在工厂内标准化生产，采用高精度模具与自动化设备确保构件质量，运输至现场后通过机械化连接（如螺栓锚固、套筒灌浆）快速组装。该技术显著减少了现场湿作业、模板使用及脚手架搭建，施工周期较传统方式缩短40%-60%，同时降低人工成本与安全风险。工厂化生产环境可控，构件精度达毫米级，减少材料浪费；现场装配产生的建筑垃圾减少60%以上，噪声与粉尘污染大幅降低。此外，装配式建筑与BIM技术的结合，实现了施工模拟与碰撞检测，优化了构件吊装顺序与连接节点设计。其可拆卸重组的特性支持建筑全生命周期的灵活改造与资源循环利用，成为绿色施工向低碳化、

高效化发展的关键路径。（2）绿色混凝土技术。绿色混凝土技术以降低环境负荷为核心，通过原料优化、工艺改进与功能拓展，推动混凝土施工向低碳化、高性能化发展。原料层面，工业废料（如粉煤灰、矿渣、硅灰）替代部分水泥，减少石灰石开采与煅烧能耗，同时利用废料中的活性成分提升混凝土强度与耐久性；再生骨料（破碎建筑垃圾）的应用进一步降低了天然砂石消耗。工艺层面，预拌混凝土技术通过集中生产与封闭运输，减少现场搅拌的粉尘与噪声污染；低温蒸养技术利用余热或太阳能养护，降低能源消耗。功能拓展方面，自修复混凝土通过微胶囊或细菌技术自动修复裂缝，延长使用寿命；透水混凝土通过多孔结构实现雨水下渗，缓解城市内涝；相变储能混凝土通过嵌入相变材料调节室内温度波动。这些创新使混凝土施工兼具环保性与功能性，每立方米绿色混凝土可减少碳排放30%-50%，成为绿色施工材料创新的重要方向。

2.4 智能化管理创新

（1）智能建筑管理系统。智能建筑管理系统（IBMS）通过集成物联网、大数据与人工智能技术，实现建筑全生命周期的智能化管理。其核心功能涵盖能效管理、设备监控、环境调控与安全预警：通过部署在建筑内的传感器网络，实时采集能耗、温湿度、空气质量等数据，经AI算法分析后自动优化设备运行模式（如空调温度调节、照明显度控制），降低能源浪费20%-30%；设备监控模块可远程追踪电梯、消防系统等关键设备的运行状态，提前预警故障风险，减少停机时间；环境调控系统根据人员密度与活动规律动态调整新风量与温湿度，提升室内舒适度；安全预警模块通过视频分析识别异常行为（如闯入、火灾），联动报警装置快速响应。此外，IBMS支持移动端访问，管理人员可远程查看建筑运行数据并下达指令，实现施工阶段与运营阶段的无缝衔接，为绿色建筑的高效运维提供数字化支撑。

（2）施工过程智能化监控技术。施工过程智能化监控技术通过物联网、无人机与BIM技术的融合，构建了覆盖施工全流程的实时监控网络。其核心应用包括：质量安全监控方面，无人机搭载高清摄像头与激光雷达，定期巡检施工进度与结构质量，通过图像识别技术自动检测裂缝、变形等缺陷，精度达毫米级；环境监测方面，部署在工地的传感器网络实时采集噪声、粉尘、温湿度等数据，超标时自动触发降尘设备或调整作业时间；人员与设备管理方面，工人佩戴的智能安全帽内置定位芯片与生理监测模块，可追踪位置并预警疲劳作业；塔吊、挖掘机等设备安装传感器，实时反馈运行状态与负载数

据,避免超载风险。此外,BIM模型与监控数据的动态关联,实现了施工模拟与实际进度的对比分析,及时优化施工方案^[3]。

3 建筑工程绿色施工技术的节能减排效果

3.1 能源消耗降低效果

建筑工程绿色施工技术通过多维度能源管理实现能耗显著下降。在设备层面,采用变频调速技术优化施工机械运行模式,根据负载动态调整电机功率,避免空载或低效运行,可使机械能耗降低15%-25%。照明系统方面,LED灯具与智能感应控制结合,通过人体红外传感器和光照度阈值设定,实现“人走灯灭”或按需调光,综合节电率可达40%-60%。供热制冷领域,地源热泵技术利用地下浅层地热能作为冷热源,其能效比(COP)较传统空调系统提升40%-60%,冬季供暖能耗降低30%-50%。可再生能源应用方面,太阳能光伏板与风力发电装置的集成,可满足施工现场20%-40%的电力需求,减少对电网的依赖。

3.2 资源利用效率提升效果

建筑工程绿色施工技术通过循环经济模式显著提升资源利用率。建材循环方面,铝模板、钢模板等可周转材料的使用次数较传统木模板提升5-10倍,木材消耗减少80%以上;建筑垃圾经破碎、筛分后转化为再生骨料,用于路基铺设或混凝土制备,资源化率可达70%-90%。水资源管理上,雨水收集系统与中水回用技术结合,将施工废水处理后用于混凝土养护、车辆冲洗等非饮用水场景,水资源循环利用率提升至60%-80%。临时设施领域,装配式围挡、标准化集装箱房通过模块化设计实现多次拆装使用,材料损耗率降低40%-60%。此外,施工图纸电子化与BIM技术应用减少纸质文件使用,结合数字化管理平台优化材料采购计划,避免超量囤积,资源综合利用效率较传统模式提升30%-50%。

3.3 环境污染减少效果

建筑工程绿色施工技术通过源头管控与过程治理大

幅降低环境污染。扬尘控制方面,封闭式施工棚、自动喷淋系统与抑尘剂联合使用,可将施工扬尘浓度控制在0.5mg/m³以下,较传统施工降低60%-80%。噪声污染治理上,低噪声设备(如静音发电机、减震支座)的应用,配合声屏障和施工时间管控,使场界噪声较国家标准限值降低10-15分贝。水污染防治领域,沉淀池、隔油池与油水分离器的组合处理,使施工废水SS(悬浮物)浓度下降90%以上,COD(化学需氧量)去除率达80%,减少对周边水体的污染。固体废弃物管理方面,分类收集与资源化利用体系使建筑垃圾产生量减少30%-50%,有害废弃物(如废油漆桶)的无害化处理率达100%。此外,生态修复技术通过临时绿化和表土剥离再利用,减少施工对植被和土壤结构的破坏,区域环境质量显著改善^[4]。

结束语

建筑工程绿色施工技术创新是推动行业可持续发展的核心动力,其通过可再生能源利用、装配式建造、智能化管理等多维度创新,实现了能源消耗降低25%-35%、资源利用率提升30%-50%、环境污染减少60%-80%的显著成效。这些技术不仅契合“双碳”目标要求,更通过循环经济模式降低了全生命周期成本,形成了环境效益与经济效益的双赢。未来,需进一步强化政策引导、技术研发与标准完善,推动绿色技术从示范应用向规模化普及转型,为构建低碳、韧性、智慧的建筑产业体系提供坚实支撑。

参考文献

- [1]王蓓,王彦.绿色节能施工技术在住宅建筑工程中的应用研究[J].居舍,2025,(16):86-89.
- [2]周志军.绿色节能施工技术在住宅建筑工程中的应用[J].大众标准化,2025,(10):61-63.
- [3]吴海霞.绿色建筑施工技术在现代建筑工程中的应用与发展趋势[J].大众标准化,2025,(10):166-168.
- [4]李春节.建筑工程绿色施工创新技术与节能环保措施探析[J].建材与装饰,2019(23):56-57.