

民用建筑工程中绿色施工的关键技术应用探析

辛 硕

(山东港通工程管理咨询有限公司, 山东 烟台 264000)

摘 要 在全球气候变化加剧与国家“双碳”战略深入推进的背景下,民用建筑工程领域的绿色转型已成为行业实现可持续发展的核心议题。本文紧扣民用建筑工程绿色施工这一核心主题,深度剖析绿色施工的理论内涵与实践价值,重点聚焦节能环保、新型绿色建材应用、施工污染精准控制等关键技术为民用建筑施工各环节的具体应用路径。同时,从组织管理架构优化、施工全过程动态监管体系搭建、BIM 技术全流程支撑、施工人员绿色技能专项培训等维度,构建适配民用建筑工程特点的精细化绿色施工管理策略。结果表明,关键绿色施工技术的集成应用与管理模式的协同革新,二者相互支撑、缺一不可,是推动民用建筑行业实现高质量发展、达成“双碳”目标的必由之路。

关键词 绿色施工;民用建筑;BIM 技术;全生命周期;资源循环

中图分类号: TU74

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.18.019

0 引言

建筑业作为资源消耗与环境影响的重点领域,施工模式的绿色化转型与生态文明建设成果息息相关。绿色施工理念由原来的末端治理发展成为包含规划、设计、施工和运维全过程的系统工程。当前施工现场正在发生由粗放型向精细化、智能化的深刻变革,依靠数字化技术和新型工艺来重塑人、机、料、法、环之间的生产关系。转变不单要减少资源消耗和环境负荷,而且要靠科学管理来提高工程品质和效率。本文主要对绿色施工在民用建筑工程中的理论逻辑和技术路径进行梳理,并结合工程实践来探究如何依靠技术创新和管理优化实现工程建设与生态环境的和谐共生,为行业提供具有实际操作意义的范式。

1 绿色施工理念的理论与原则

1.1 绿色施工的定义与全生命周期视角

绿色施工是在保证质量、安全等基本要求的基礎上,用科学管理和技术进步的方法,最大程度地节约资源、减少对环境的负面影响的一种施工方式。该概念要放到建筑全生命周期的宏大视野里去考察,施工阶段是资源投入最集中、环境影响最剧烈的环节,起着承上启下的枢纽作用。全生命周期视角要求施工企业冲破时间、空间的束缚,把设计阶段的可施工性分析、材料选型改良,运营阶段的能效体现,拆除阶段的可回收性评判全都纳入考量范围。从这样的角度分析,施工过程就成为一个能量和物质交换的动态系统,任

何局部的改善都要为整体系统能效的最大化和碳足迹的最小化服务,不能出现局部绿色而整体高碳的现象,保证建筑产品从诞生那一刻起就有绿色的基因。

1.2 “四节一环保”核心原则解析

四节一环保即节能、节地、节水、节材、环境保护,是绿色施工的主要原则体系,四者之间存在紧密的逻辑耦合关系。节能为根本动力,用改进施工工艺、采用高效设备、利用可再生能源等方式减少对化石能源的依赖;节地为空间限制条件,重视在有限的土地上实现立体化布置和临时设施标准化,提高土地利用效率并保护周边环境;节水为资源循环,提倡创建分级用水体系和非传统水源利用机制,实现水资源的闭环流动;节材为物质基础,提倡精准算量、预制装配和废弃物资源化,从源头削减原材料消耗;环境保护为底线约束,包含扬尘、噪声、光污染和固体废弃物全方位控制。这五个要素不是孤立存在的,节材一般会带来节能和减排的效果,而环境保护措施的落实又可以促进水资源的循环利用。在实际操作过程中要兼顾这五个方面,用系统论的方法找到最佳的平衡点,不能由于过于强调某一个指标而使其他方面失衡,这样才能达到综合效益的最大化。

1.3 民用建筑工程实施绿色施工的政策依据与标准规范

当前我国民用建筑工程实行绿色施工有完备的标准规范作支撑。《建筑工程绿色施工规范》(GB/T 50905)

作者简介: 辛硕(1988-),男,本科,研究方向:土木工程。

是技术执行的根基,给出了绿色施工评价指标体系和技术要求。《绿色建造技术导则》对不同气候区、不同结构类型的建筑绿色施工技术要求做了更详细的说明,并给出了碳排放计算的边界和方法。地方层面各个先行示范区已经出台了更加严格的本地标准,对大型公建项目提出了必须安装扬尘噪声在线监测系统并接入监管平台的要求。除此之外,行业标准由原来的“推荐性”变为“强制性”,形成一套技术规范严密、执行标准统一的制度环境,使施工企业把绿色理念内化为企业的基因,促进整个行业的技术水平提高^[1]。

2 民用建筑工程中绿色施工的关键技术应用

2.1 节能环保技术与可再生能源利用

在民用建筑施工阶段,节能技术的关键之处在于削减临时设施的能耗比重,并且改善机械设备的能效状况。施工现场大部分采用变频控制的塔吊、施工电梯等大件设备,用智能负载识别调节输出功率,节能率比传统设备高20%以上。全部使用LED智能感应灯具,配光控、时控模块,杜绝长明灯。更前沿的应用在于施工现场的可再生能源微网系统,用基坑支护结构、临时屋顶铺设光伏发电板,配合储能装置,给办公区、生活区以及部分小型机具提供清洁电力,部分示范项目已经实现了临时用电30%的自给率。空气源热泵技术也被用在冬季施工供暖、夏季生活热水供应上,代替传统的燃煤或者电加热锅炉,大大减少了直接碳排放。这些技术的应用一方面可以减少化石能源的消耗,另一方面也可以使施工现场的能源韧性得到提高。

2.2 水资源循环利用与雨水收集系统应用

水资源高效利用是绿色施工技术亮点,关键在于创建源头减量、过程循环、末端净化的水系统。施工现场设置三级沉淀池和智能喷淋系统,把混凝土养护水、车辆冲洗水和基坑降水经过处理后回用到降尘、绿化灌溉和混凝土搅拌中,实现了非饮用水的100%循环利用。项目采用永久性和临时性相结合的雨水收集系统,将屋面和道路雨水收集到蓄水池中,经过初期弃流和过滤消毒后,用作景观补水或者消防备用水源。深基坑工程中用止水帷幕和降水回灌技术控制地下水位,保证施工安全的同时,把抽排出的地下水回灌到周边土层或者用作施工用水,有效地解决了城市地下水位下降的问题。表1为某高层住宅项目水回用系统技术指标表,从水回用系统的各项技术指标数据可以直观反映水回用技术的应用情况^[2]。

2.3 新型绿色建材的选择与废弃物资源化处理

材料的绿色化是源头控制,民用建筑工程正在逐步淘汰高能耗、高污染的传统建材,大规模使用高性能混凝土、高强钢筋、铝合金模板和装配式预制构件。

铝模体系周转次数达300次以上,不用脱模剂,大大减少了木材消耗和建筑垃圾的产生;预制装配式构件在工厂内生产,现场只需要拼装,大大减少了现场湿作业和材料损耗。对废弃物实行严格分类收集,就地资源化处理。采用移动式破碎筛分设备对废弃混凝土、砖瓦进行破碎、筛分,得到再生骨料,用作场地硬化、道路垫层或制作再生砖;废金属、木材、塑料等通过专业的渠道进行回收再利用。变废为宝模式不但可以减少外运处置的境压力,还可以创造可观的经济效益,形成闭合的物质循环链条。

2.4 施工现场扬尘、噪声与光污染的控制措施

环境污染控制是绿色施工最直接的体现,技术手段越来越趋于智能化、精准化。扬尘除了传统的围挡喷淋、裸土覆盖之外,还广泛使用PM2.5、PM10在线监测数据联动喷雾系统,当数值超标时自动开启高空塔吊喷淋和围墙雾森系统,定点清除。噪声控制采用源头降噪和传播途径阻断相结合的方式,使用低噪设备,设置声屏障,合理安排高噪作业时间,用BIM模拟优化设备布置避开敏感点。光污染控制只对夜间照明角度和强度加以限制,用遮光罩防止光线直射居民区,焊接作业用封闭式遮光棚。这些措施依靠物联网技术融入智慧工地平台,从而实现环境指标的即时感知并实施自动调节,保证施工行为对周围环境造成的干扰降到最低^[3]。

3 绿色施工技术在民用建筑项目中的管理策略

3.1 绿色施工组织管理体系的构建与责任落实

创建高效的绿色施工组织管理体系,是保证各项技术措施落实到位的制度根基,关键在于打破传统项目管理结构,构建以项目经理为第一责任人、全员参与的矩阵型管理网络。该体系要求施工准备阶段就成立绿色施工领导小组,下设技术研发组、物资管控组、环境监测组、教育培训组等专项工作组,明确各个层次、各个岗位的职责和权限界限,形成横向到边、纵向到底的责任链条。其关键之处在于把绿色施工目标量化分解到项目绩效考核体系当中,实行“一票否决制”,即绿色施工指标未达标的项目,即使工程质量、安全合格,该责任人也不能被评为优秀或晋升。

另外,需要建立起跨部门的协同联动机制,打通技术、生产、商务等各方面的信息壁垒,使绿色施工方案在技术可行、经济合理、现场可操作这三个方面找到最佳的平衡点。此外,引进第三方专业咨询机构或者设立专职绿色施工总监,对项目的实施进行独立的监督和全过程的指导,可以有效地弥补内部监管的不足和惰性,保证管理制度不流于形式,把绿色理念

真正地转化为具体的管理行为和操作规范,从组织架构和资源配置两个方面来夯实管理基础,给绿色施工的顺利开展提供强有力的组织保障。

3.2 施工全过程的绿色监控与动态评估机制

绿色施工管理要由静态的达标验收向数据驱动的全过程动态监控和持续改进机制转变,依靠物联网、大数据、云计算技术创建起环境监测、能源管理、资源消耗等智慧管控平台。该平台可以对施工现场能耗、水耗、碳排放、噪声、扬尘等主要参数进行实时采集,用算法模型生成动态趋势图和预警信息,从而达到对异常情况的秒级响应和自动控制的目的。创建月度、季度以及重要节点的绿色施工绩效评定体系,依照策划目的展开全方位的偏差剖析,细致探究数据背后隐藏的管理疏漏和技术难题,迅速制订纠偏办法并加以落实,塑造起“计划—执行—检查—处理”(PDCA)的闭环管理。

同时,采用生命周期评价法(LCA)对施工过程中的关键阶段进行碳排放预估和后测,量化各个绿色技术措施所起到的减排作用,为以后的决策提供科学的依据。这样一种动态评价机制使管理决策摆脱了依靠经验作出判断的状况,转而依靠即时准确的数据来支撑,可以及时应对现场出现的各种情况变化,从而保证持续改进螺旋式上升,防止出现前紧后松或者重结果轻过程的情况,推进绿色施工管理水平向着精细化和智能化方向前进^[4]。

3.3 BIM技术在绿色施工策划与管理中的深度赋能

建筑信息模型(BIM)技术已经成为绿色施工策划和管理的主要驱动力,它不仅仅体现在三维可视化上,还体现在施工全过程的模拟和优化上。施工策划阶段用BIM对场地布置的多方案进行比选和模拟,优化物流路线、大型机械站位、临时设施选址,最大程度地减少二次搬运和土地占用,提高空间利用率;利用碰撞检测和管线综合优化,提前发现并解决设计缺陷,避免返工造成巨大的材料浪费和工期延误。施工期间,BIM同进度计划(4D)、成本(5D)深度关联,准确测算各个阶段的材料需求量,限额领料和精准下料,从源头上把控材料损耗。

此外,BIM模型可以集成环境模拟插件来对施工现场风环境、光环境和噪声传播进行仿真分析,科学地指导围挡的高度、喷淋的位置以及作业的时间,提高污染控制措施的针对性和有效性。竣工之后,含有绿色信息的BIM模型可以立即交给运维阶段,为建筑的全生命周期绿色管理打下完整的数据根基,从而达成数字技术对于绿色观念的深度赋能,促使建筑业朝着数字化、智能化迈进。

3.4 从业人员绿色意识培养与技能实训体系

从业人员是绿色施工的执行主体,其环保意识和专业技能直接影响到各项措施的效果,因此要建立常态化的、系统的绿色施工培训和实训体系。企业应该把绿色理念、技术标准、操作规程、法律法规等纳入岗前教育和继续教育的必修内容当中,根据不同的岗位制定出不同的培训计划,保证管理人员懂策划、技术人员精方案、作业人员会操作。通过举办绿色施工技能竞赛、样板观摩、案例分享、虚拟现实(VR)体验等形式,提高一线人员实操能力和环保意识,使他们真正认识到绿色施工对个人、企业、社会带来的价值^[5]。

此外,创建绿色行为激励机制,设立专项奖励基金,对在节能减排、技术创新、废弃物资源化等各方面表现优异的个人和班组予以物质和精神双重奖励,塑造起“人人讲绿色、事事求环保”的企业文化氛围。只有把绿色理念变成员工自觉行动,形成全员参与、主动创新的良好局面,才能保证各项技术措施在现场得到不折不扣地执行,使绿色施工由“被动合规”变为“主动追求”。

4 结束语

绿色施工在民用建筑工程中的深度践行,是技术迭代、管理升级与理念革新的系统性变革。从关键技术的研发应用到管理模式的适配优化,从施工过程的严格管控到实际效益的综合考量,每一环都彰显着建筑业向绿色低碳转型的坚定决心。实践充分证明,绿色施工绝非应对环境压力的被动之举,而是提升工程品质、降本增效、塑造企业核心竞争力的主动战略选择。随着数字孪生、智能建造等技术的持续突破,未来民用建筑绿色施工将深度融合数字化与工业化优势,朝着零碳建造、智慧运维的方向加速迈进。行业从业者需紧扣技术应用核心,不断探索创新,将绿色基因植入民用建筑施工的全流程,为绘就美丽中国的生态蓝图、推动城乡建设可持续发展注入持久动力。

参考文献:

- [1] 尹平华.绿色施工理念下建筑电气安装技术浅析[J].新城建科技,2025,34(02):95-97.
- [2] 张友臣.建筑工程绿色施工技术应用分析[J].模型世界,2025(09):228-230.
- [3] 李志强.浅谈绿色施工在垃圾处理场站工程中的应用[J].砖瓦世界,2024(20):124-126.
- [4] 赵晓林.绿色施工理念下的建筑工程管理模式创新探讨[J].建筑·建材·装饰,2022(03):23-25.
- [5] 侯典业.绿色节能技术在建筑工程施工中的应用[J].城市建筑,2025,22(02):224-226.