 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i4.9969

Research on Innovative Application and Development Path of Green Construction Technology in Construction Engineering

Huiyu Chen Ta'na Yu

Shandong Provincial Transportation Planning and Design Institute Group Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250000, China

Abstract

In the context of global sustainable development and the requirements of the national "dual carbon" development strategy, the transformation of the construction industry, which is mainly based on traditional methods, is urgently needed. The green construction technology of construction projects, as a bridge between green environmental protection concepts and the construction process, is undergoing significant changes from the application of a single technology to systematic and integrated innovation. Although technological innovation has achieved significant success, its large-scale application in the construction industry still faces a series of complex issues such as cost, policy support, and management methods. So finding the connection between technological innovation and promotion application, and seeking specific implementation plans for the application of green construction technology, has important practical significance and guiding role.

Keywords

construction engineering; green construction technology; innovative applications; development path

建筑工程绿色施工技术的创新应用与发展路径研究

陈荟宇 于塔娜

山东省交通规划设计院集团有限公司，中国·山东 济南 250000

摘 要

在全球可持续发展的大背景下以及国家“双碳”发展战略的要求下，以传统方式为主的建筑产业变革迫在眉睫。而建筑工程的绿色施工技术作为一种绿色环保理念与工程建设过程之间的桥梁，正在经历从单一技术的应用到系统化集成式创新的重大变化。虽然技术创新取得了明显的成功，但是大规模应用于建设行业中还面临着成本问题和相关政策支持以及管理方式等一系列复杂问题。所以找出技术创新与推广应用之间联系，寻求绿色施工技术应用的具体实施方案有着重要的现实意义与指导作用。

关键词

建筑工程；绿色施工技术；创新应用；发展路径

1 引言

建筑工程绿色施工技术的创新应用，是实现建筑业可持续发展的关键实践。该研究聚焦于节能技术、资源循环及水资源管理等核心环节，探讨数字化与工业化融合带来的系统性变革。目前还存在着技术整合问题、成本问题以及政策问题等一系列问题障碍。通过完善市场驱动机制、强化全过程监管以及提升产业协同能力等手段来明确发展方向，从而对建筑行业的走向低耗能、高效益、循环式绿色进程提供切实可行的方法和意见。

2 绿色施工技术的理论基础

绿色施工技术的基本思想来源于可持续发展理论，在此基础上提出了建设工程项目与自然环境和谐发展的理念，核心思想是坚持“四节一环保”，即：节能、节材、节水、节地和环境保护。从基本内涵上来看就是将环境保护的理念和节约资源的思想贯穿于整个建筑建设施工过程的一种思想。理论基础源于循环经济理论的思想指导，主张把传统的‘原材料—产品—废物’的一次性单向流动式的直线型结构转变成“原料—产品—原料”的闭环结构，来指导在施工过程中尽量减少对资源的消耗并且将废弃物尽可能资源化利用；全寿命周期评价（LCA）的方法为其提供了重要的分析手段，基于建筑材料的整个生命周期内，对生产、加工、运输、使用、废料回收处理等各个环节产生的环境效应进行定量化的计算和评估，从而为选择低环境负荷的工艺和技术以及环保建材提供决策参考；生态建筑的观点提倡将建筑作为一个自然的生态系统，不仅要降低建设中的土地资源占用率，减小工程对施工现场及其周围环境的影响，而且应当采取诸如

【作者简介】陈荟宇（1988–），女，中国山东济南人，硕士，高级工程师，从事建筑工程研究。

生态恢复措施、污染治理工程等方式积极对环境产生正面影响。上述三种理论相互补充形成了包括绿色施工基本理念、基本原则、基本手段和基本研究方法在内的完整体系，使之不再单单停留在各种技术的叠加运用，而是成为一种贯穿整个项目建设，统筹协调资源、环境和经济三者之间关系的综合性活动[1]。

3 建筑工程绿色施工技术的创新应用

3.1 节能技术与智能能源管理的创新应用

建筑施工绿色化过程中的节能减排技术创新使用正在由局部优化向整体重塑过渡，重点是实现对能耗由被动接收变为主动管理。原先施工用电靠市电接入，柴油发电，耗资巨大而且碳排放严重。目前创新首先是施工现场可再生资源的多样化应用，分布式的光伏电站已经在众多工地得到普及，施工临时设施屋顶围墙甚至是基坑边坡都可以成为太阳能电池板的平台，直接用于办公室照明以及电动工具充电等场景。进而还有风能、地热能等等因地制宜的能量获取手段也逐步尝试着使用起来，比如在风力条件良好的地方安装微型垂直轴风力发电机，在适合的地下的工程项目中利用土壤恒温特征进行冷热调节。

相较于单个的技术创新更为震撼的是智能能源管理系统集成。以物联网为基础的能源监管体系就是工地里的“智慧能源大脑”，通过工地里密布的智能电度表、传感器时刻掌握着工地上大大小小机械设备及照明的耗电量。它不仅能够准确计算出塔吊、升降机这些大型设备工作时的能量利用率、辨别无谓空转带来的“能量泄漏”，还能依据施工任务安排表和天气预报对用电量进行灵活调控，比如在中午用电高峰期自动降低一些非重要场所的亮度，或者在混凝土保温的时候使用深夜时段开启恒温装置等等这种“生产型节能”，将节能量同生产的进展紧紧联系在一起，让节能不再是效率的损失。而在未来，伴随蓄电池储电成本的降低与微型电网技术的发展，公地将成为一个“发、存、用、调节”一体化自给自足的能耗单位，甚至可以把自己多余的绿色电力回馈城市电网，完成从能耗者的身份转变为“产消者”。

3.2 节材与资源循环利用的体系化创新

节约材料与废弃物回收再利用的技术革新也在使建筑工程由原来单纯的“消费型”向“回收再生型”的模式深度转型，核心是以材料生命周期循环的闭环管理系统为依托。这一变革源于设计施工一体化及新型建造方式的应用，在基于 BIM 技术的设计中可以预先进行三维碰撞检查、管线综合排布，从而避免大量由于设计上的缺陷造成的材料损失以及重复施工的现象。从根本上来说，以装配式建筑为代表的工业化的建造方式正在改变着整个建造过程，预制混凝土、钢结构部品、集成卫浴等都在工厂里精准化规模化地制作好，运输到现场像搭积木一样组装起来，大大减少了现场模板支撑架设、混凝土现浇、抹灰等湿作业产生的建筑固体废弃物（根据实际统计分析可减少建筑垃圾排放达 70% 以上），同时减少了对水泥砂浆、模板脚手架用木材等常规性消耗材料的需求。

就材料循环利用角度而言，革新已经不仅仅是废弃物料的简单分类回收，数量庞大的工程渣土通过新型的固化和稳定技术转变为路基层填充物或者生态砌块原料，废弃混凝土经由移动式破碎筛分装备，在工地现场立即将其转化为不同颗粒尺寸的再生粗细集料，即刻进行现场的道路硬化或低强度垫层铺筑，形成“拆—处—用”的即时闭环。对废旧模板、脚手架等各种周转物资来说，基于物联网芯片的资产管理系统可以实时了解周转物资的所在地点以及使用次数和破损情况，在各工程项目之间合理调配周转反复使用，周转效率大幅提升。甚至，建筑材料数字化“护照”的雏形也开始出现，记载着材料组成结构、出处以及环境足迹等等信息，待建筑物拆除之时能够进行精细化的有针对性的高值化回收利用。上述种种均构成了从源头减量化设计、过程节约化改造到最终端资源化再生以及全过程信息追踪溯源为一体的智慧化资源管理系统，让“零废弃工地”的理念真正落地开花[2]。

3.3 节水与水资源智慧管控的系统性创新

节水技术的应用也由以前的节水器具普及，发展成对于工地“水脉”的系统化智慧控制的集成化工程。这个体系把水看作是需要精打细算的珍贵物资而不是任取任用的公共资源，它的基石是多种水源的分质供水网络组成。在施工场地内建设雨水收集、基坑降水回用以及洗漱用水等生活污水处理三合一的场区内水循环体系，将各类不同等级的水资源按级别加以利用。如经过简单沉淀过滤后的雨水与基坑降水，由于水质较为干净，多用来冲洗车辆、道路清扫抑尘以及养护混凝土；而经过简略生物净化的生活灰水可用于浇灌绿植或施工过程中的一些非接融用水，这就使以前被直接排放的“废水”，转化成了可靠的替代水源，大幅降低了市政供水的需求量。更为本质性的变革是智慧水务管理系统。该系统通过遍布管道的压力感应器、流量仪表、水质检测探头等设备感知整个施工场地内的用水动态变化情况。它能精确地判断出某段输水管道因为破损造成的突增流量并自动关断对应阀门，从而杜绝水资源在不知情的状态下白白流失。它还会依据施工工艺库对不同的施工工序如：制备砂浆、砖块润湿等等给出相应的用水需求指标，避免了依靠经验盲目多加水的情况发生。

4 绿色施工技术发展的制约因素与路径探索

4.1 技术研发、成本与市场动力的制约与路径

绿色施工技术的大规模的应用最先遇到的就是技术和资金及市场的多重现实困境。在技术方面，大量新型绿色技术尚处于实验或者小规模示范之中，可靠性和耐久性等需要进一步检验，是否适应复杂的施工场地环境还有待评估，如新式低碳建材缺乏足够的耐久性能检验数据，智能化监测仪

器能否适应极端施工工况存在不确定性等因素都加大了建筑施工企业的技术风险隐患。最关键的是，采用绿色工艺就意味着较高的资本支出。无论是节能减排装备、再利用水资源装置还是 BIM 信息模拟平台都需要较大资金支出来购买或者租赁，而预制部品部件以及绿色建筑材料本身市场价格就更高，这些增加的成本会明显反映到项目总造价之中，然而减少环境污染以及使用过程中的能源消耗节约却不能在施工单位现有会计科目中直观显现出来，缺乏充分的内部经济动力来促使施工单位进行选择 [3]。

路径研究一定要系统性地破此局题。技术创新方面要倡导“集成创新”和“场景适配”，支持产学研联合，对于典型的工程施工应用场景（比如深基坑施工、超高层建筑施工等），研发可信赖性强且易于落地的绿色施工技术包，并依托示范工程进行验证，减少技术风险。成本及市场方面两手都要抓。其一，政府部门可以通过更有针对性的财政补贴、减税降费、发放绿色贷款等方式来直接为企业的绿色施工技术研发应用节省额外开支，并对成效突出的企业予以容积率奖励等真金白银的支持。其二也要加速形成市场拉动力，比如强制要求政府投资建设项目和大规模房地产开发项目实施绿色施工，在招投标过程中将企业的绿色施工水平作为考核指标并与投标资格挂钩。

4.2 政策、标准与监管体系的制约与路径

绿色建筑技术的发展迫切需要清晰、稳定强有力的政策环境与标准体系支撑，而在现行政策环境与标准体系中存在诸多缺失及灰色地带成为主要瓶颈因素。政策环境方面，在国家层面上有大方向的指导意见，但是对于各地市来说缺少相应的实施细则以及鼓励措施与奖惩制度，比如对于施工剩余物资源化利用率的要求、施工现场配置可利用清洁能源的要求，各个地区间的规定都不尽相同并且要求尺度也不统一，这使得企业在投资时无法产生稳定长远的规划预期与针对性的投资决策。标准体系缺失为另一大主要障碍。绿色施工涵盖跨行业、跨工序环节，但是目前相关很多标准都分布于不同的部门或者行业协会（包括环保、节能、材料），缺少一部完整清晰、责任明确、易实施的国家强制标准。现阶段很多评估制度过于倾向于定性的描述以及末端检查，而缺乏对施工动态监控的过程控制以及定量化的指标考核方式方法，“绿色施工”就变成了填写表格以及应对抽查的形式 [4]。

路径探索的重点是搭建起“激励相容、监管有力”的长效机制。政策路径方面，要从上至下推进政策的刚性化、细化、本土化。国家层面要进一步推出具有强制性的顶层制度安排，设置清晰的中长期强制目标及路线图；地方层面要根据此进一步明确具体的实施办法，匹配足够的资金扶持及切实的优惠政策以形成稳定政策预期。标准与监管路径的核心是促使标准由“粗放指导”转变为“精细控制”。需尽快完善涵盖设计、采购、建设、验收、拆卸全生命周期的绿色施工标准体系并植入智能化计量、监测指标，使节能减排及资源利用类指标均可量化、可报送、可验证。同时一定要创新监管手段，积极推广基于物联网、无人机等手段的智能化、信息化在线监管系统，做到对施工现场污染排放的即时感知、自动报警、远程取证，提升监管效能及震慑作用。更为重要的是，一定要建立多部门协同执法机制以及信息通报平台，厘清执法职责分工，杜绝“三不管”地带，并大幅提升对违规排污、乱倒建筑垃圾等行为的惩戒力度，让无视绿色标准者付出高昂成本，以此来保障形成真正的“标准＋监管”的良性发展态势。

5 结语

建筑工程绿色施工技术的进步，不仅是技术层面更新换代的过程，也是建筑思想以及行业体系的整体变革过程，而研发新技术、健全政策措施、优化管理方式等多方举措相结合，或将逐渐克服现有瓶颈问题，带来持久的内在驱动力。面向未来，以智能建造推动循环发展的方式，绿色化施工也必将在建筑业发挥更加重要的作用，助力达成人与自然和谐共生和节约利用资源的发展目标。

参考文献

[1] 郭刚.水利工程绿色施工技术路径与发展前景分析[J].城市建筑与发展, 2025(17).

[2] 邱海燕,刘保民.建筑工程绿色施工技术创新与可持续发展路径研究[J]. 2024(23):25-26.

[3] 张欣.探索绿色施工理念视角下建筑工程管理的创新路径[J].居舍, 2020(14):173-173.

[4] 蒙尊重.建筑工程施工绿色施工技术的应用路径研究[J].中国室内装饰装修天地, 2019(19):2.