

低碳理念下建筑工程施工降碳技术路径研究

张爱华

新疆石河子市市容环境卫生服务中心 新疆 石河子 832000

摘要:在双碳战略全面推进的背景下,建筑工程施工高能耗、高碳排放问题成为行业绿色转型的主要阻碍。本文立足低碳施工核心内涵,梳理施工阶段碳排放来源与核心特征,依托全生命周期、循环经济等理论,从建材应用、设备能源、施工工艺、现场管控四个维度,系统构建施工降碳技术路径,并从制度、技术、政策层面制定落地保障措施,旨在为建筑施工领域降碳增效提供实操参考,助力建筑行业低碳可持续发展。

关键词:低碳理念;建筑工程;施工降碳技术;路径

引言:随着我国双碳目标持续落地,绿色低碳已成为建筑行业高质量发展的核心导向。建筑工程施工环节能耗大、碳排放占比高,粗放式施工模式造成严重的资源浪费与生态污染,制约行业转型升级。为有效破解施工降碳管控难题,本文基于低碳发展理念,结合建筑施工全流程特点,剖析施工碳排放核心规律,探索科学可行的降碳技术路径与保障体系,为规范绿色施工、降低施工碳排放、推动行业生态化发展提供理论与实践支撑。

1 低碳理念与建筑工程施工碳排放核心理论

1.1 低碳施工核心内涵与基本原则

(1) 低碳施工核心内涵:低碳施工是以绿色低碳发展理念为核心导向,贯穿建筑工程施工全周期的新型施工模式。其核心是摒弃传统高能耗、高污染的粗放式施工模式,通过优化施工工艺、规范现场管理、应用新技术,全方位减少施工过程能源消耗、降低温室气体排放、严控各类环境污染问题,在保障工程施工质量、生产安全与经济效益的基础上,实现施工建设与生态环保的协同统一,推动建筑行业绿色转型升级。(2) 低碳施工基本原则:主要包含四项核心原则。全程管控原则,覆盖施工准备、现场作业、竣工验收全流程,实现碳排放全过程监管;节能增效原则,以节能降耗为目标,优化资源配置,提升能源与材料利用效率;因地制宜原则,结合项目地域环境、气候条件、施工特点制定适配的降碳方案;技术适配原则,依托成熟、经济的绿色施工技术,保障降碳措施落地可行。

1.2 建筑工程施工阶段碳排放来源与特征

(1) 直接碳排放来源:指施工现场直接产生的碳排放,主要包括施工机械柴油、汽油等燃油消耗产生的排放,施工现场临时取暖、动火作业产生的碳排放,以及施工过程中产生的建筑垃圾自然分解、现场处置产生的

碳排放等。(2) 间接碳排放来源:为施工配套环节产生的碳排放,涵盖钢筋、水泥等建材生产加工与长途运输过程的碳排放,施工现场日常生活的水电资源消耗碳排放,以及模板、脚手架等周转材料损耗、更替产生的间接碳排放。(3) 施工碳排放核心特征:具备鲜明的行业特点,呈现阶段性集中排放特性,主体施工阶段能耗与碳排放量峰值突出;污染源分布零散,各类作业点位均会产生排放,管控难度大;施工工序交替导致能耗波动性大,碳排放数值不稳定;施工场景繁杂多元,整体碳排放管控场景复杂、系统性要求高^[1]。

1.3 建筑施工降碳的核心理论依据

(1) 全生命周期理论:该理论是施工降碳的基础核心理论,打破单一施工环节的管控局限,覆盖施工准备、现场施工、竣工验收全部阶段,实现全流程、系统化的碳排放统筹管控,为全程降碳提供理论支撑。(2) 循环经济理论:该理论以资源循环复用为核心,通过施工现场废旧建材回收、再生利用、周转材料重复使用等方式,减少资源浪费,降低新材料生产与资源消耗带来的增量碳排放。(3) 绿色施工理论:绿色施工理论是施工降碳的核心支撑理论,依托标准化、精细化、规范化的现场施工管理模式,优化作业流程,从源头实现减污降碳,推动施工绿色化、低碳化发展。

2 低碳理念下建筑工程施工核心降碳技术路径

2.1 建材绿色化与低碳应用技术路径

(1) 低碳建材选型应用:建材生产是建筑工程碳排放的主要源头之一,传统水泥、实心砖、普通混凝土等建材生产能耗高、碳排放量大。在施工选材阶段,需严格遵循低碳选材原则,优先选用再生骨料混凝土、低能耗绿色水泥、装配式预制构件、环保保温材料等低碳新型建材。此类建材依托改良生产工艺、再生资源加工等方式,大幅降低生产环节碳排放量,同时可满足工程结

构强度、安全性能等施工标准,能够有效替代传统高碳建材,从材料源头实现降碳管控。(2)建材运输与存储降碳:建材运输与现场二次搬运是施工间接碳排放的重要组成部分。项目施工过程中,需结合施工现场位置、建材采购点位,科学规划运输路线,避开拥堵路段,缩短运输里程。同时采用集中配送、批量运输模式,提高运输车辆装载率,减少车辆往返频次。此外,规范现场建材分区存储管理,做好防潮、防损、防尘防护,避免建材因存放不当出现破损、变质问题,减少材料损耗带来的重复采购与二次搬运碳排放^[2]。(3)废旧建材循环利用:秉持循环经济理念,推进施工现场废旧建材资源化利用。对施工过程中产生的废弃混凝土、施工废渣、废旧钢材、废旧模板、边角料等废弃物进行统一收集、分类筛选与回收再加工。经过破碎、筛分、除锈处理后的再生骨料、废旧钢材等可重新应用于垫层施工、临时构件搭建等工序,有效减少全新建材的使用量,降低资源消耗与建材生产碳排放,实现施工废弃物减量化、资源化、低碳化。

2.2 施工设备与能源节能降碳技术路径

(1)节能施工设备迭代应用:施工机械作业产生的燃油消耗是施工现场直接碳排放的核心来源。工程施工中需淘汰高能耗、高排放、老旧落后的施工设备,全面更新迭代节能型、轻量化施工机械。积极引入电动挖掘机、新能源塔吊、锂电运输车等新能源工程机械,替代传统燃油设备,从设备作业端降低化石能源消耗,有效削减机械作业产生的温室气体排放。(2)施工现场能源优化:优化施工现场能源结构是降低整体碳排放的关键举措。施工现场需大力推广清洁能源应用,结合场地条件安装太阳能光伏板、小型风能发电设备,为现场照明、临时办公、小型设备作业提供清洁电力。同时建立施工水电精细化管理制度,杜绝长流水、长明灯现象,优化大型设备用电配置,减少传统火电、市政水电的消耗,逐步替代化石能源,降低能源消耗碳排放。(3)设备精细化运维管理:设备老化、操作不当、空转作业会产生大量无效能耗与额外碳排放。项目需建立完善的施工设备运维管理制度,定期对机械设备进行检修、保养、调试,保障设备处于最佳运行状态,降低设备故障能耗。同时合理规划设备作业时间,推行错峰作业制度,避免设备空转、超负荷运行,减少无效作业产生的能源损耗与碳排放,提升设备作业节能效率^[3]。

2.3 施工工艺优化降碳技术路径

(1)装配式施工工艺:传统现浇施工模式存在工序繁琐、湿作业量大、能耗较高、建筑垃圾多等问题。采

用装配式施工工艺,通过工厂标准化预制墙板、梁柱、楼板等构件,运输至现场直接拼装施工,大幅减少现场浇筑、抹灰等湿作业工序。该工艺能够简化施工流程,缩短施工周期,显著降低现场能源消耗,从根本上减少建筑垃圾产生,实现施工全过程降碳减污。(2)绿色土方与桩基施工工艺:土方与桩基施工是建筑基础工程高能耗、高排放环节。施工过程中需优化土方开挖、回填施工方案,精准计算土方用量,减少土方外运与内运频次,避免土方重复转运。同时采用静压桩、新型钻孔灌注桩等低碳桩基施工技术,替代传统高扰动、高能耗施工工艺,降低施工机械作业强度,减少施工对周边环境的扰动,有效控制基础施工阶段的能源消耗与碳排放^[4]。

(3)智能化施工工艺:依托数字化、智能化技术赋能绿色降碳施工,充分运用BIM技术搭建建筑三维模型,提前模拟施工全过程,优化施工方案与工序排布,预判施工难点,规避不合理施工流程。搭配智能监测、智能调度系统,精准管控设备作业、材料调配、人员施工等各个环节,杜绝盲目施工、无效施工与返工问题,最大限度减少无效能耗,降低施工隐性碳排放。

2.4 施工现场精细化降碳管控路径

(1)施工现场扬尘与废弃物管控:落实施工现场减污降碳协同治理要求,全面做好扬尘治理工作,通过喷淋降尘、围挡封闭、裸土覆盖、车辆冲洗等措施抑制扬尘污染。同时建立施工垃圾分类回收体系,对可回收垃圾、建筑垃圾、生活垃圾分类存放、统一处置,推进垃圾资源化回收利用,减少废弃物填埋、焚烧产生的次生碳排放,实现降碳与环保同步推进。(2)施工进度与工序优化:结合工程总体建设目标,科学细化施工进度计划,合理排布各分项施工工序,明确各阶段施工任务,规避交叉作业、无序施工、工序脱节等问题。通过精细化管理,减少施工返工、停工、窝工等浪费现象,降低阶段性集中作业带来的能耗峰值,平稳控制施工碳排放强度,实现施工全过程低碳有序推进。(3)施工现场低碳监管:搭建智能化施工碳排放动态监测与监管体系,对施工现场机械能耗、水电消耗、建材损耗、污染物排放等数据进行实时采集、统计与分析。建立常态化低碳监管机制,及时发现高能耗、高排放问题并针对性整改,完善施工低碳管理制度与考核标准,实现施工全过程、全方位的碳排放精细化管理,保障降碳技术与措施有效落地。

3 建筑工程施工降碳技术落地保障措施

3.1 制度管理保障措施

(1)完善企业低碳施工管理制度,建立施工降碳考

核评价体系,明确各岗位降碳责任。建筑施工降碳工作的有序推进离不开完善的制度体系支撑,施工企业需结合双碳发展要求与项目施工特点,修订并完善低碳施工专项管理制度,填补传统施工管理中的降碳制度空白。同时构建全方位、可量化的施工降碳考核评价体系,将能耗管控、碳排放控制、资源利用率等指标纳入考核范畴,细化项目经理、施工员、安全员等各岗位的降碳工作职责,形成权责清晰、层层落实的降碳管理格局。

(2) 落实项目低碳施工专项方案审批制度,规范施工全流程低碳管控标准。在项目施工前期,需针对工程施工特点编制专项低碳施工方案,明确施工各阶段的降碳措施、技术标准与管控要求,严格执行方案审核、审批流程,杜绝无方案施工、方案流于形式等问题。以专项方案为依据,统一施工现场建材应用、设备运维、工艺施工、现场管控的低碳标准,实现施工准备、现场作业、竣工验收全流程的规范化低碳管控,保障降碳技术落地见效^[5]。

3.2 技术与人才保障措施

(1) 加大低碳施工技术研发与推广投入,引入新型绿色降碳技术与智能化管控设备。企业需提高低碳技术研发资金投入力度,积极联合科研机构优化适配建筑施工现场的降碳技术,改良传统高能耗施工工艺。同时主动引进成熟的绿色施工技术、低碳建材应用技术和数字化碳排放管控设备,依托智能化、现代化技术手段,解决传统施工降碳效率低、管控精度不足等问题,为施工降碳工作提供坚实的技术支撑。(2) 开展施工人员低碳技能培训,打造专业的绿色施工、降碳管控人才队伍。针对现阶段施工人员低碳施工意识薄弱、专业技能不足的问题,企业需常态化开展低碳施工专项培训,普及低碳施工理念、降碳技术操作规范、现场低碳管控方法。重点培育兼具施工管理能力与低碳专业素养的复合型人才,搭建专业化绿色施工人才团队,提升整体施工队伍的降碳实操能力,解决降碳技术落地人才短缺的核心问题。

3.3 政策与经济保障措施

(1) 依托双碳相关政策规范,落实低碳施工扶持政策,引导企业主动推进施工降碳转型。依托国家及地方双碳政策、绿色建筑发展规范,紧跟行业低碳发展导向,充分落实绿色施工补贴、税收优惠、评优加分等扶持政策。借助政策引导与约束作用,扭转部分企业重效益、轻环保的传统理念,调动施工企业开展低碳施工、应用降碳技术的主动性与积极性,推动建筑行业整体低碳转型。(2) 建立施工降碳成本管控与激励机制,平衡低碳施工投入与经济效益。低碳施工前期存在技术、设备、材料投入成本偏高的问题,企业需建立科学的降碳成本管控体系,优化资源配置,合理控制低碳施工投入成本。同时配套设立低碳施工激励机制,对降碳成效突出的项目与团队给予奖励,有效平衡低碳建设的经济成本与生态效益,实现企业可持续绿色发展。

结束语

本文系统探究了低碳理念下建筑工程施工降碳技术体系,明确了施工碳排放来源与管控重点,构建了多维度降碳技术路径及全方位保障机制。施工降碳是建筑行业绿色转型的关键环节,需依托技术革新、精细化管理与制度保障协同推进。未来仍需持续深耕智能化低碳施工技术研发,优化降碳管控体系,持续降低施工能耗与碳排放,助力建筑行业实现生态效益与经济效益协同发展。

参考文献

- [1]阮林中.环保理念下绿色建筑施工废弃物低碳处理技术研究[J].环境科学与管理,2022,44(2):78-82.
- [2]姜军伟.基于绿色施工理念的建筑工程管理存在的问题及优化对策探析[J].门窗,2023,10(1):120-122.
- [3]付青.碳中和目标下绿色施工技术路径研究[J].城建科技,2025,34(6):43-45.
- [4]孙德宇,徐伟,高雨识,等.建筑碳排放计算与核算标准体系研究[J].暖通空调,2025,55(6):129-137.
- [5]毕天平,冯策城.建筑工程碳中和监测管理平台构建研究[J].建筑经济,2025,46(1):62-70.