

绿色建材在仓储建筑施工中的应用与减碳效果研究

王颖¹ 陈金辉²

1.国药物流管理有限公司 上海 200433

2.中国医药集团联合工程有限公司 湖北 武汉 430077

【摘要】：在双碳目标背景下，仓储建筑施工高碳排放问题日益突出，传统建材体系存在全流程高碳局限，绿色建材介入需破解适配性、经济性等关键难题。本文结合仓储建筑施工特征，分析碳排放来源与既有建材短板，探讨高强轻质结构材料、再生围护材料等绿色建材的典型应用方向，解析其在生产运输、施工过程中的减碳机理。研究表明，绿色建材可有效削减仓储施工各环节碳排放，减少能耗与废弃物产生，优化封闭作业环境负荷，实现多效益协同，同时明确其与仓储施工低碳化的内在耦合关系，为仓储建筑施工低碳转型提供理论与实践支撑。

【关键词】：绿色建材；仓储建筑施工；减碳效果；碳排放；施工应用

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.060

双碳目标推进下，建筑行业低碳转型成为必然趋势，仓储建筑作为体量较大、施工周期长的建筑类型，其施工阶段碳排放总量可观，减碳潜力巨大。当前仓储建筑施工仍普遍依赖传统高碳建材，导致生产、运输及施工全流程碳排放偏高，既加剧环境负担，也制约行业可持续发展。绿色建材凭借低碳、环保、节能的核心优势，为仓储施工减碳提供了新路径，但在实际应用中仍面临适配性不足、经济性欠佳等现实难题。基于此，本文聚焦绿色建材在仓储建筑施工中的应用场景，解析其减碳作用与效应，为推动仓储建筑施工低碳化、助力行业绿色转型提供理论与实践参考。

1 绿色建材在仓储建筑施工中的应用与减碳效果研究

1.1 仓储建筑施工碳排放的主要来源与特征

仓储建筑施工阶段碳排放覆盖材料制备、机械作业、现场施工全流程。水泥、钢材、烧结砖等传统建材生产需高温煅烧与高能耗加工，燃料燃烧与原料反应产生大量碳排放，加之建材自重较大、项目多地处城郊，长距离跨区域运输带来显著燃油排放。施工过程中，塔吊、泵车、挖掘机等大型机械持续作业，大量消耗燃油与电能；临时设施搭建、模板支护、混凝土养护等辅助工序也产生大量间接碳排放。仓储建筑体量庞大、施工周期久，碳排放时间集中、作业面分布广，整体碳排放量高于普通工业建筑。同时多数建材存在隐含碳，部分碳排放并未在施工阶段完全释放，会延续至运营阶段逐步排放，呈现明显的跨阶段转移特征。

1.2 既有建材体系在仓储施工中的减碳局限

现有建材体系在仓储建筑应用中存在明显减碳短板，整体全流程高碳问题突出。仓储建筑建材用量大、结构承载要求高，

目前仍高度依赖传统高碳建材，其生产过程消耗大量化石能源与电力，加之部分生产工艺落后、能源利用率低，碳排放居高不下，难以实现生产端减排^[1]。施工阶段，传统建材运输能耗较高，且材料适配性不足，现场二次切割加工易产生大量建筑垃圾，额外增加碳排放；同时施工工序繁琐，人力与资源投入较多，进一步扩大碳足迹。此外，传统建材保温隔热性能较差，会大幅提升仓储建筑后期运营能耗，加剧运营阶段碳排放。且多数传统建材回收利用率低，废弃后易造成资源浪费与环境负担，无法形成从生产、施工到运维、回收的全生命周期减碳闭环。

1.3 绿色建材介入仓储施工需要解决的关键问题

绿色建材介入仓储建筑施工，核心需破解适配性、经济性与技术适配性三大核心难题。仓储建筑对建材的承载性能、防潮防火等级、耐久性要求高于普通建筑，多数绿色建材如新型环保混凝土、再生骨料制品等，在满足仓储荷载需求与长期使用稳定性上仍存在短板，部分轻质绿色建材难以适配大型仓储的重型货架安装与货物堆放需求。绿色建材的生产成本普遍高于传统建材，仓储建筑施工规模大、耗材量大，建材成本的提升会大幅增加施工总造价，导致施工方采用意愿偏低。同时，现有施工工艺多基于传统建材设计，绿色建材的施工流程、衔接方式与传统工艺不匹配，缺乏专业的施工技术规范与熟练作业人员，易出现施工质量隐患，影响绿色建材减碳效能的充分发挥，也制约其在仓储施工中的规模化应用。

2 绿色建材在仓储建筑施工中的典型应用方向

2.1 高强轻质结构材料在仓储施工中的适用情形

高强轻质结构材料凭借高强度、低自重、抗裂性优的核心特性，在仓储建筑施工中有着明确且广泛的适用情形，尤其适

配大跨度、大空间的仓储主体结构施工。仓储建筑需满足货物堆放的荷载需求，同时需控制建筑自重以降低地基承载压力，此类材料可用于仓库屋架、檩条、梁柱等关键承重构件，既能承受货物堆放及屋面风雪荷载，又能大幅减少构件截面尺寸，节省施工空间^[2]。对于多层仓储建筑，其轻质特性可有效降低楼层自重，减少地基处理工程量，适配软土地质区域的仓储施工，避免因地基沉降影响仓储结构稳定性。此外，在仓储附属结构如挑檐、雨棚施工中，此类材料可降低施工吊装难度，缩短施工工期，适配仓储建筑高效施工、快速投用的需求，同时其良好的耐久性可减少后期维护工作量，契合仓储建筑长期稳定使用的核心要求。

2.2 再生与低碳围护材料用于仓储建筑界面构造

再生与低碳围护材料应用于仓储建筑墙体、屋面、地面等关键界面构造，可兼顾结构安全与低碳减排要求。墙体部位多采用再生混凝土砌块、再生骨料保温砂浆，此类材料以建筑废弃物经加工改性制备而成，既能降低建筑垃圾填埋量，又具备优良保温隔热效果，平稳室内温度，减少仓储空调能耗。屋面构造选用低碳保温隔热板材，并搭配再生防水卷材，在增强屋面防水耐久性能的同时，从材料源头降低生产碳排放。地面采用再生骨料混凝土结合低碳密封材料，既满足仓储重载堆放的承载要求，又可减少天然砂石资源开采，实现建材循环再生利用。综上，各类低碳再生材料在建筑各界面的合理应用，从构造层面有效落实仓储建筑全流程减碳目标。

2.3 低碳浇筑与预制体系适应仓储施工节奏的方式

低碳浇筑体系选用高性能绿色混凝土建材，搭配高效减水剂与矿物掺合料，在降低水泥用量、减少碳排放的同时，优化配合比设计适配仓储施工连续作业需求，可实现大面积无缝浇筑，减少施工缝产生，提升仓储地面、梁柱结构的整体性与耐久性，适配仓储荷载大、防渗防裂的核心要求。预制体系则提前在工厂完成仓储柱、梁、屋面板等构件的预制生产，采用绿色环保脱模剂与节能养护工艺，减少现场施工污染与资源浪费，构件运输至现场后通过模块化拼接安装，大幅缩短现场作业周期，适配仓储建筑规模化、快节奏的施工需求，同时预制构件可精准把控质量，减少现场返工，进一步降低施工阶段的碳排放量与资源消耗。

3 绿色建材在仓储建筑施工中的减碳作用解析

3.1 绿色建材生产与运输环节的碳排放属性差异

绿色建材与传统建材在生产环节碳排放上存在本质区别，低碳优势主要体现在原料选用与生产工艺两方面。硅酸盐水泥、烧结粘土砖等传统建材需高温煅烧，燃料燃烧与原料分解会释放大量二氧化碳。绿色建材多以粉煤灰、矿渣、工业废渣

等固废为替代原料，无需高温煅烧或仅需低温养护，有效减少生产能耗与碳排放；再生骨料、再生混凝土等建材直接加工建筑废弃物，省去天然矿石开采加工环节，从源头缩减碳足迹^[1]。运输环节中，绿色建材普遍采用本地化生产，厂区靠近施工场地，运输距离大幅缩减，同时材料轻量化设计降低了单位运输能耗，减少燃油消耗与尾气排放。生产、运输两大环节的低碳特征，共同奠定了绿色建材的减排基础，使其在全生命周期初始阶段便具备显著的低碳优势（见图1）。

绿色建材与传统建材在生产和运输环节的碳排放对比

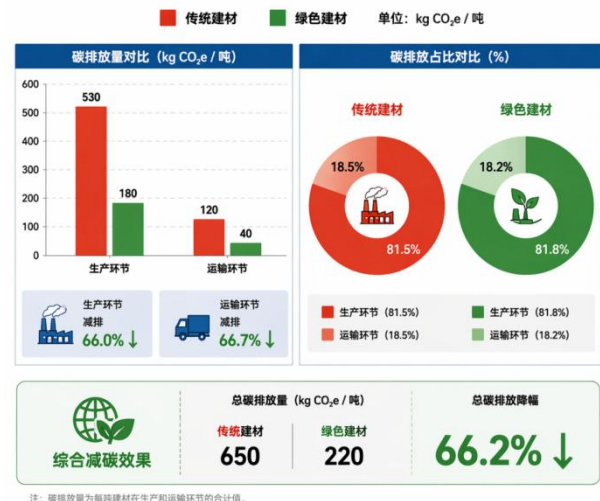


图1 绿色建材与传统建材生产、运输环节碳排放及综合减排效果对比

3.2 仓储施工过程中能耗下降与废弃物减少的机理

仓储施工过程中能耗下降与废弃物减少的机理，核心在于绿色建材的自身特性与施工工艺的协同适配，实现施工全流程的低碳化管控。绿色建材多采用工业废渣、再生骨料等废弃物加工而成，在生产环节已完成废弃物的资源化利用，无需额外消耗大量矿产资源与能源，从源头减少了施工原材料生产带来的能耗损耗。施工阶段，绿色建材如新型节能模板、保温一体化板材等，安装便捷且无需复杂的加工处理，可减少传统建材切割、打磨产生的能源消耗与粉尘污染，同时降低施工机械的使用频率，进一步缩减施工过程中的电力与燃油消耗。绿色建材的可回收性与可降解性，使得施工过程中产生的边角料、废弃构件可通过回收再加工重新投入使用，大幅减少建筑垃圾的产生量，降低废弃物清运、填埋过程中的能耗与环境负担，形成施工能耗与废弃物的双向减量效应。

3.3 仓储封闭作业环境下环境负荷削减的建材因素

仓储封闭作业环境普遍存在通风条件较差、粉尘易堆积滞留、噪音难以消散、有毒有害气体不易扩散等问题，施工过程

产生的粉尘污染、噪音干扰、有害气体释放以及各类资源过度消耗,共同构成了显著的环境负荷。科学合理选用绿色建材,是从材料源头缓解此类环境问题、降低施工环境负荷的核心途径。选用环保型砌筑砂浆、加气混凝土砌块等绿色墙体材料,能够有效减少水泥、砂石等传统建材使用量,从源头降低原材料开采、加工环节产生的污染排放,同时材料优异的密闭性能可抑制封闭空间内粉尘扩散、削弱噪音传播。此外,低VOCs环保涂料、密封胶等材料可大幅减少挥发性有害物质释放,避免有害气体在密闭空间内聚集累积,改善现场施工空气质量,兼顾材料使用性能与生态环保要求,全方位削减仓储封闭施工带来的多重环境负面影响。

4 绿色建材在仓储建筑施工中的减碳效应与工程特征

4.1 绿色建材应用前后施工碳排放特征的变化

未应用绿色建材时,仓储建筑施工碳排放主要分布于建材生产、运输与现场施工全过程。传统建材生产需耗费大量化石能源,原生原料开采亦伴随额外碳排放,加之材料自重大、运输路程长,加剧运输环节碳排放;现场切割、浇筑等施工工序能耗较高、建筑垃圾量大,整体碳排放总量偏高且分布零散,难以统一管控。引入绿色建材后施工碳排放格局明显改善,此类建材以工业固废再生材料为原料,从源头削减原料开采与生产环节碳排放;材料轻量化特质降低运输能耗与碳排,现场装配施工便捷高效,有效减少工序能源消耗,施工废料还可回收利用。整体各环节碳排放量显著降低,碳排放集聚于核心施工流程,管控更为便捷,整体碳排放强度相较于传统施工模式得到全面优化。

4.2 绿色建材对仓储施工不同环节的减碳贡献

绿色建材在仓储施工各环节的减碳贡献呈现明显的环节差异性。地基施工阶段采用高抗渗绿色混凝土,可减少基础服役期内的渗漏修补频次,仓储地基渗漏需大面积开挖重修,修缮过程将产生大量额外碳排放,材料耐久性提升直接降低了维修环节的碳排^[4]。主体结构施工阶段,高强轻质材料的应用改

变了传统施工组织方式,构件自重减轻后塔吊选型可降低等级,中小型起重设备即可完成吊装作业,设备功率下降带来电力消耗的实质性减少。围护结构施工阶段,再生砌块与保温板材的组合应用解决了仓储建筑围护界面的热桥问题,热桥部位的能耗损失通常高于普通部位,优化界面构造后无需额外增设保温层,减少了多道工序叠加带来的重复碳排。各环节减碳贡献彼此独立且不可替代,共同构成覆盖施工全过程的差异化减排体系。

4.3 绿色建材与仓储建筑施工低碳化的内在关联

绿色建材与仓储建筑施工低碳化存在紧密内在关联,核心在于建材全生命周期与仓储施工各环节深度耦合,二者相互支撑、协同发展。仓储建筑施工低碳化以降低减碳、降低环境污染为核心目标,而绿色建材的自身属性恰好与之匹配。绿色建材在生产环节采用低碳工艺,有效规避传统建材高温煅烧、高耗能加工产生的大量碳排放,兼具可回收、可循环及节能增效特点,从源头为仓储施工低碳化提供基础保障^[5]。在施工应用阶段,绿色建材可直接削减现场施工碳排放,同时凭借良好的保温隔热、防火耐久等性能,有效降低仓储建筑建成后的运营能耗,打通施工建设与后期运营的低碳衔接链路。二者理念契合、优势互补,构建起建材低碳生产—施工低碳应用—建筑低碳运营的全周期低碳闭环体系,充分体现出相辅相成、不可分割的内在联系。

5 结语

绿色建材的规模化应用,为仓储建筑施工低碳化转型提供了可行路径,破解了传统仓储施工高碳、高耗、高污染的痛点。其在结构、围护、浇筑预制等环节的合理适配,不仅能从生产、运输、施工全流程削减碳排放,还能降低施工能耗与废弃物产生,优化仓储封闭作业环境负荷,实现经济效益、环境效益与工程效益的协同提升。当前绿色建材在适配性、经济性等方面仍存短板,未来需通过技术创新完善建材性能、优化施工工艺,健全相关技术规范与成本控制体系。推动绿色建材与仓储施工深度融合,既是践行双碳目标的必然要求,也将推动仓储建筑行业向绿色低碳、可持续方向高质量发展。

参考文献:

- [1] 王汉东,徐义满.绿色环保建筑材料在土木工程施工中的应用分析[J].建材发展导向,2025,23(20):136-138.
- [2] 高光伟,鲁俊.房屋建筑工程中绿色建筑材料的应用研究[J].居舍,2025,(26):37-39.
- [3] 房玲.住宅建筑工程中绿色建筑施工技术应用研究[J].房地产世界,2025,(15):161-163.
- [4] 郭倩娜.绿色建材与建筑节能在工程中的应用分析[J].四川建材,2025,51(04):52-54.
- [5] 刘威.建筑工程施工管理中绿色建材的应用与挑战[J].建设机械技术与管理,2024,37(06):33-35.