

基于碳中和目标的室内空间绿色材料应用与碳排放评估研究

王昊

15210419960101523X

摘要:在全球碳中和战略推进背景下,建筑行业作为碳排放核心领域,其室内空间的绿色转型成为实现双碳目标的关键抓手。室内空间材料的生产、应用及废弃全生命周期均伴随碳排放,因此推广绿色材料应用并建立科学的碳排放评估体系具有重要现实意义。本文基于碳中和目标导向,首先阐述室内空间绿色材料应用的核心价值;其次梳理当前主流室内绿色材料类型及应用现状,分析其低碳特性与应用瓶颈;再次构建室内空间材料碳排放全生命周期评估框架,明确评估指标与方法;最后提出优化绿色材料应用与碳排放管控的策略,为室内空间低碳化转型提供理论支撑与实践参考。

关键词: 碳中和; 室内空间; 绿色材料; 碳排放评估

DOI: 10.69979/3029-2727.26.02.024

引言

随着全球气候变暖问题严峻,碳中和成为世界各国发展共识。我国提出2030年前碳达峰、2060年前碳中和目标。建筑行业是能源消耗与碳排放重点领域,碳排放量占全国超30%,室内空间各环节贡献大量碳排放。室内空间是人类主要活动场所,其环境质量与低碳水平关乎生活品质与双碳目标进程。传统室内装修材料多为高能耗、高污染化工产品与不可再生资源,全生命周期碳排放强度高,还易释放有害气体危害健康。而绿色材料具有低能耗、低排放等特性,能降低室内全生命周期碳排放并提升环境质量。不过,当前室内空间绿色材料应用存在认知不足、成本高、标准不统一、碳排放评估体系不完善等问题,制约了规模化推广。

1 碳中和目标下室内空间绿色材料应用的核心价值

建筑全生命周期含建材生产、施工建造、运营使用、拆除废弃四阶段,其中建材生产阶段碳排放量占比超50%。室内空间材料是建筑材料核心,其选择影响建筑全生命周期碳排放。绿色材料生产用清洁能源和节能减排技术,减少不可再生资源消耗,如秸秆、竹材板材,生产阶段碳排放量较传统木材板材降40%以上。部分绿色材料保温隔热、节能降噪性能好,如绿色保温涂料、节能门窗型材,可降室内运营能源消耗、间接减碳。传统室内装修材料含甲醛等有害物质,易引发健康问题。绿色材料遵循环保标准,禁或限用有害添加剂,如无甲醛实木颗粒板、水性环保涂料,有害气体释放量低于国标,可改善室内空气质量。部分绿色材料还具有吸湿调

湿、抗菌抑菌功能,如硅藻泥、竹纤维壁纸,契合健康中国战略。碳中和倒逼建材行业向绿色低碳转型,推广室内绿色材料可带动产业链发展,促企业加大研发、提升节能减排技术。绿色材料多以可再生资源或工业废弃物为原料,如新型墙体材料、再生板材等,能实现资源循环利用,推动循环经济,助力形成闭环模式。

2 室内空间主流绿色材料类型及应用现状

2.1 主流室内绿色材料类型及低碳特性

当前室内绿色材料种类多,按应用场景分墙面、地面、吊顶、家具材料等几类,各类有独特低碳特性与功能优势。墙面材料,硅藻泥、水性环保涂料、植物纤维壁纸是主流。硅藻泥以天然硅藻土为原料,能吸附有害气体,生产能耗低,碳排放量降30%-50%;水性环保涂料以水为稀释剂,减少VOCs排放,生产与使用阶段碳排放较传统涂料降60%以上;植物纤维壁纸以可再生植物纤维为原料,可自然降解,生产无污染,透气吸湿。地面材料,实木复合地板、竹地板、再生橡胶地板应用广。实木复合地板用速生木材与环保胶粘剂,减少珍贵木材消耗,胶粘剂甲醛释放达标;竹地板以竹子为原料,生长周期短、可再生,生产能耗低、碳吸收强,能实现碳汇;再生橡胶地板以废旧橡胶为原料,实现废弃物资源化,减少污染与碳排放。吊顶材料,铝合金集成吊顶、石膏基生态板是主要选择。铝合金集成吊顶用可回收铝合金,生产工艺节能环保,碳排放低;石膏基生态板以石膏为主要原料,添加环保添加剂,功能多,生产无有害气体排放,可自然降解。家具材料,无甲醛实木颗粒板、竹制家具板材、再生塑料家具材料逐渐替代传统板

材。无甲醛实木颗粒板用农林废弃物与无醛胶粘剂，能耗低、碳排放少，无甲醛污染；竹制家具板材利用竹子优势，生产环保，力学性能好；再生塑料家具材料以废旧塑料为原料，减少环境影响，降低原生塑料的碳排放。

2.2 室内绿色材料应用现状及瓶颈

近年来，随着环保意识提升与双碳政策推进，室内绿色材料市场需求渐长，应用范围扩大。住宅装修中，水性涂料等绿色材料使用率超50%；公共建筑因对环境质量要求高，绿色材料应用比例更高，部分高端公共建筑使用率达80%以上。同时，政府出台相关政策标准，为其推广提供支撑。

然而，室内绿色材料应用仍有诸多瓶颈。一是认知与市场问题，部分消费者对绿色材料认知不足，市场存在虚假宣传、缺乏认证与监管，扰乱市场秩序。二是成本制约，其研发、生产复杂，成本高，售价较传统材料高20%-50%，影响选择。三是技术与性能缺陷，部分绿色材料性能不稳定、寿命短、施工复杂，影响应用效果。四是评估体系不完善，室内材料碳排放评估缺乏统一指标与方法，范围局限于生产阶段，难全面反映低碳水平。

3 室内空间材料碳排放全生命周期评估框架构建

3.1 评估原则

室内空间材料碳排放全生命周期评估应遵循全生命周期性、科学性、系统性、实用性原则。全生命周期性原则要求涵盖材料从原料开采、生产加工、运输仓储、施工安装、运营使用到拆除废弃及回收利用的整个过程，全面核算各环节碳排放量；科学性原则要求评估指标与方法基于客观数据，采用标准化的计算模型，确保评估结果准确可靠；系统性原则要求综合考虑材料生产、应用及废弃各环节的相互关联，避免单一环节评估的片面性；实用性原则要求评估框架简洁易懂，数据易于获取，评估方法可操作性强，能够为实际应用提供指导。

3.2 评估范围界定

根据全生命周期理论，室内空间材料碳排放评估范围界定为从摇篮到坟墓的全流程，具体分为五个阶段：一是原料开采阶段，包括绿色材料原料的获取过程，如植物纤维的种植、矿物原料的开采、废旧材料的回收等，该阶段碳排放主要来源于原料开采设备的能源消耗、运输能耗等；二是生产加工阶段，包括原料的加工、成型、包装等过程，碳排放主要来源于生产设备的电力消耗、

燃料燃烧、化学试剂反应等；三是运输仓储阶段，包括材料从生产厂家到施工场地的运输及仓储过程，碳排放来源于运输车辆的燃料消耗；四是施工安装阶段，包括材料的切割、组装、固定等施工过程，碳排放来源于施工设备的能源消耗、施工人员的生活能耗等；五是运营使用阶段，包括材料在使用过程中的维护、修缮等，碳排放来源于维护材料的生产、维护设备的能源消耗等；六是拆除废弃及回收利用阶段，包括材料使用到期后的拆除、运输、填埋、焚烧或回收再加工等过程，碳排放来源于拆除设备的能源消耗、废弃物处理过程的能耗及温室气体排放等。

3.3 评估指标体系构建

基于评估范围与原则，构建室内空间材料碳排放全生命周期评估指标体系，分为目标层、准则层、指标层三个层次。目标层为室内空间材料全生命周期碳排放量；准则层为各生命周期阶段的碳排放量，包括原料开采阶段碳排放、生产加工阶段碳排放、运输仓储阶段碳排放、施工安装阶段碳排放、运营使用阶段碳排放、拆除废弃及回收利用阶段碳排放；指标层为各准则层下的具体碳排放指标，如原料开采阶段的开采设备能耗碳排放、原料运输能耗碳排放；生产加工阶段的生产设备电力消耗碳排放、燃料燃烧碳排放、化学反应碳排放；运输仓储阶段的运输车辆燃料消耗碳排放、仓储设备能耗碳排放；施工安装阶段的施工设备能耗碳排放、施工辅料碳排放；运营使用阶段的维护材料生产碳排放、维护设备能耗碳排放；拆除废弃及回收利用阶段的拆除设备能耗碳排放、废弃物填埋/焚烧碳排放、回收加工能耗碳排放等。

3.4 评估方法选择与计算模型

当前主流碳排放评估方法有生命周期评价法（LCA）、碳排放系数法、物料衡算法等。结合室内空间材料特点，以生命周期评价法（LCA）为核心评估方法，辅以碳排放系数法量化计算。LCA能覆盖材料全生命周期各环节，系统评估环境影响，符合全生命周期评估原则；碳排放系数法通过能源或物料消耗数据乘以对应系数计算碳排放量，操作简便、数据需求低。具体计算模型如下：全生命周期碳排放量（E）为各阶段碳排放量之和，即 $E=E_1+E_2+E_3+E_4+E_5+E_6$ ，其中 E_1-E_6 分别为原料开采、生产加工、运输仓储、施工安装、运营使用、拆除废弃及回收利用阶段碳排放量。各阶段碳排放量用碳排放系数法计算，公式为 $E_i=\sum(M_i \times K_i)$ ， E_i 为第 i 阶段碳排放量， M_i 为第 i 阶段能源或物料消耗

数量, K_i 为对应碳排放系数(如电力、煤炭、汽油等碳排放系数)。碳排放系数可参考《省级温室气体清单编制指南》《建筑碳排放计算标准》等国家标准及行业规范数据。

4 碳中和目标下室内空间绿色材料应用与碳排放管控优化策略

4.1 强化政策引导与标准体系建设

政府应进一步完善绿色材料相关政策法规,出台针对性的激励政策与约束机制。一方面,加大对绿色材料研发、生产企业的扶持力度,如提供财政补贴、税收减免、信贷支持等,降低企业研发与生产成本,推动绿色材料价格下降;另一方面,制定严格的绿色材料认证标准与市场监管机制,规范绿色材料市场秩序,打击虚假宣传行为,建立绿色材料信息公开平台,公布认证合格的绿色材料名单及其中碳排放数据,为消费者与企业提供参考。同时,完善室内空间材料碳排放评估标准,统一评估指标、范围与方法,推动碳排放评估规范化、标准化。

4.2 加大技术研发与创新力度

企业与科研机构应加强合作,加大绿色材料研发投入,突破当前绿色材料存在的性能缺陷与技术瓶颈。一是研发高性能、低能耗的新型绿色材料,如兼具保温隔热、抗菌抑菌、碳汇功能的复合绿色材料,提升绿色材料的综合性能;二是优化绿色材料生产工艺,采用更先进的节能减排技术,如利用太阳能、风能等清洁能源替代传统能源,降低生产阶段碳排放;三是研发高效的废旧材料回收利用技术,提高材料的回收利用率,推动循环经济发展;四是开发智能化的碳排放评估工具,整合全生命周期数据,实现碳排放的快速、准确评估。

4.3 提升市场认知与推广应用水平

通过多种渠道开展绿色材料与碳中和知识普及宣传,提升消费者与企业的环保意识与低碳认知。一是利用媒体、网络平台、社区宣传等方式,普及绿色材料的低碳特性、环保优势及使用价值,引导消费者树立绿色消费理念;二是开展企业培训与行业交流活动,提升建筑设计、施工企业对绿色材料应用的重视程度,推动绿色材料在室内装修中的规模化应用;三是推广绿色装修标准与示范项目,如建设绿色住宅、绿色公共建筑示范

工程,展示绿色材料的应用效果,发挥示范引领作用。

4.4 构建全生命周期碳排放管控体系

建立覆盖室内空间材料全生命周期的碳排放管控体系,实现各环节的碳排放精准管控。在原料开采阶段,优先选择可再生资源、工业废弃物等作为原料,减少不可再生资源消耗;在生产加工阶段,推广清洁能源应用,优化生产工艺,降低能耗与碳排放;在运输仓储阶段,选择低碳运输方式,优化运输路线,减少运输能耗;在施工安装阶段,采用绿色施工技术,减少施工设备能耗与施工辅料消耗;在运营使用阶段,加强材料维护与管理,延长材料使用寿命,减少维护过程中的碳排放;在拆除废弃及回收利用阶段,建立完善的废旧材料回收体系,推动材料回收再加工,减少废弃物填埋与焚烧带来的碳排放。

5 结论与展望

碳中和目标下,室内空间绿色材料应用是降低建筑全生命周期碳排放、提高室内环境质量的关键,科学碳排放评估体系是推广绿色材料的保障。本文分析绿色材料应用价值,梳理主流类型及现状,构建全生命周期碳排放评估框架,提出多维度优化策略。研究显示,绿色材料有低能耗等优势,但应用面临认知不足等问题;强化政策引导等举措可推动其规模化应用、降低室内碳排放。随着技术进步和政策完善,室内绿色材料应用与碳排放评估发展空间大。一方面,新绿色材料研发注重多功能集成与碳汇提升,如开发主动碳吸收材料;另一方面,碳排放评估更智能精准,结合新技术实现实时监测与动态评估。同时,绿色材料应用将从室内装修延伸至建筑全产业链,推动行业实现碳中和。

参考文献

- [1] 丁雨莲. 碳中和视角下乡村旅游地净碳排放估算与碳补偿研究[D]. 南京师范大学, 2015. DOI: 10. 7666/d.Y2857454.
- [2] 丁明磊等. "碳中和目标下的国土空间格局优化:理论框架与实践策略." #i {自然资源学报}.
- [3] 李凯. 新基建背景下绿色建筑低碳节能设计研究[J]. 2025.
- [4] 高翔. 绿色建筑室内设计中的"碳中和"目标实现途径分析[J]. 居舍, 2025(27): 25-27.