

Environmental benefit assessment and empirical analysis of the whole life cycle of green building materials

Qiling Wang

Jinan Engineering Vocational and Technical College, Jinan, Shandong, 250020, China

Abstract

In the context of the increasingly severe global ecological and environmental problems, sustainable development has become the core pursuit of all walks of life. As an important pillar of economic development, the construction industry is also a big source of resource consumption and environmental pollution. Traditional building materials are exposed in the whole process of production, use and waste. This paper aims to explore the environmental benefits of green the whole life cycle of building materials, by constructing scientific evaluation system, combined with the actual case of empirical analysis, quantitative green building materials in raw materials acquisition, production and processing, transportation, use, and the waste treatment at various stages of the positive impact on the environment, for the construction industry to promote green building materials, realize sustainable development to provide strong theoretical and practical basis.

Keywords

green building materials; full life cycle; environmental benefit assessment; empirical analysis

绿色建材全生命周期环境效益评估与实证分析

王启玲

济南工程职业技术学院, 中国 · 山东 济南 250020

摘 要

在全球生态环境问题日益严峻的大背景下, 可持续发展已成为各行各业的核心追求。建筑行业作为经济发展的重要支柱, 却也是资源消耗和环境污染的大户。传统建筑材料在其生产、使用及废弃的全流程中, 暴露出诸多问题。本文旨在深入探讨绿色建材全生命周期的环境效益, 通过构建科学的评估体系, 结合实际案例进行实证分析, 量化绿色建材在原材料获取、生产加工、运输、使用及废弃处理等各阶段对环境的积极影响, 为建筑行业推广绿色建材、实现可持续发展提供有力的理论与实践依据。

关键词

绿色建材; 全生命周期; 环境效益评估; 实证分析

1 引言

建筑行业作为资源消耗和环境污染的重点领域, 其可持续发展备受关注。绿色建材的出现为建筑行业的绿色转型提供了关键支撑。绿色建材是指在全生命周期内减少对天然资源消耗和环境影响, 具有节能、减排、安全、便利和可循环特征的建材产品。对绿色建材全生命周期的环境效益进行准确评估, 有助于了解其环保价值, 推动建筑行业朝着更加绿色、低碳的方向发展。

2 绿色建材全生命周期阶段划分

2.1 原材料获取阶段

此阶段是绿色建材全生命周期的起点, 涉及对各类基

础材料的开采与收集。以常见的绿色混凝土为例, 其原材料除了传统的水泥、骨料, 还大量采用工业废渣, 如粉煤灰、矿渣等。传统水泥生产依赖石灰石等天然资源, 大规模开采不仅破坏山体植被, 引发水土流失, 还会改变当地生态系统平衡。而绿色建材积极利用工业废弃物, 既减少对天然资源的依赖, 又解决了工业废渣的处置难题, 降低了对环境的破坏。但即便如此, 在获取其他原材料, 如骨料时, 仍需关注开采过程对土地和水资源的影响, 合理规划开采区域与方式, 最大程度减轻生态扰动^[1]。

2.2 生产加工阶段

生产加工环节是绿色建材成型的关键过程, 也是能源消耗与污染物排放的集中阶段。在绿色钢材生产中, 采用先进的电炉冶炼技术, 相较于传统转炉炼钢, 可大幅降低能源消耗与二氧化碳排放。同时, 在生产工艺优化上, 许多绿色建材企业通过改进配方、调整生产流程, 提高原材料利用

【作者简介】王启玲 (1985-), 女, 中国山东兰陵人, 本科, 副教授, 从事绿色建材、智能建造研究。

率,减少废料产生。但部分生产过程仍会产生废气、废水与废渣。例如,陶瓷类绿色建材生产中,窑炉燃烧排放的二氧化硫、氮氧化物等废气,以及生产废水含有的重金属离子,若未经有效处理直接排放,将对大气和水体环境造成污染。因此,该阶段需配备先进的污染治理设施,确保生产过程符合环保标准^[2]。

2.3 运输阶段

运输阶段虽不涉及建材的实质生产,但运输距离、运输工具及运输量等因素,对能源消耗与碳排放影响显著。假设将绿色保温材料从生产地运往全国各地建筑工地,若采用公路长途运输,重型卡车的燃油消耗量大,碳排放随之增加。而合理规划运输路线,采用铁路、水路等更为低碳的运输方式,可有效降低能耗与排放。此外,优化包装设计,采用轻量化、可回收包装材料,既能减少运输过程中的重量负荷,降低能源消耗,又能在包装废弃后便于回收利用,减少废弃物对环境的压力。

2.4 使用阶段

在建筑的整个使用周期中,绿色建材发挥其节能、环保性能。以节能门窗为例,采用断桥铝型材与双层中空玻璃,能有效阻挡热量传导,降低建筑供暖与制冷能耗。据测算,使用此类绿色门窗的建筑,在冬夏季节可节省20%-30%的能源消耗,相应减少因发电产生的污染物排放。同时,一些具有净化空气功能的绿色涂料,能分解室内甲醛、苯等有害气体,改善室内空气质量,对居住者健康与室内微环境生态产生积极影响^[3]。

2.5 废弃处理阶段

当建筑达到使用寿命,绿色建材进入废弃处理阶段。绿色建材的可循环利用优势在此阶段凸显。如废弃的混凝土可通过破碎、筛分等工艺,制成再生骨料用于生产新的混凝土制品。金属类绿色建材可回炉重熔,实现资源的循环利用,减少对新矿石的开采需求。对于无法直接回收利用的部分,也需遵循环保原则进行无害化处理,避免废弃物中的有害物质渗入土壤、污染水体,确保在全生命周期的末端,将对环境的负面影响降至最低^[4]。

3 绿色建材全生命周期环境效益评估指标选取

3.1 资源消耗指标

在原材料获取阶段,单位产品的原材料消耗量是核心指标。例如,生产绿色玻璃时,统计制造单位面积玻璃所耗费的石英砂、纯碱、长石等原材料的具体重量。同时,关注不可再生资源在原材料中的占比,像生产传统陶瓷洁具大量使用高岭土这类不可再生矿产,而绿色陶瓷若能提高工业尾矿、废玻璃等可再生原料的使用比例,该指标数值就会降低,反映出对不可再生资源依赖度的下降;在生产加工阶段,能源消耗指标至关重要。以绿色塑料建材生产为例,核算生产单位重量塑料制品所消耗的电能、热能总量。若采用先进的

节能生产设备与工艺,单位产品的能源消耗会显著降低,不仅体现生产过程的高效性,也反映出对能源资源的节约。此外,原材料利用率也是重要考量,即实际转化为产品的原材料质量占投入原材料总质量的百分比,高利用率意味着更少的原材料浪费。

3.2 污染物排放指标

在生产加工阶段的污染物排放指标涵盖废气、废水和废渣排放。废气方面,关注二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等的排放量;废水指标包括化学需氧量(COD)、氨氮等污染物浓度及排放量;废渣则统计单位产品产生的废渣量及其成分。运输阶段主要考虑碳排放,根据运输距离和运输工具的能耗参数,计算每吨公里的二氧化碳排放量。使用阶段,对于外墙保温材料,评估其减少建筑供暖、制冷能耗从而间接减少的污染物排放量。废弃处理阶段,评估废弃物的回收利用率,即回收再利用的废弃物流量占废弃物总量的比例。

3.3 生态影响指标

在原材料获取阶段,评估对土地资源的影响,包括因开采活动导致的土地塌陷面积、植被破坏范围等。在绿色石材开采中,若采用先进的开采技术,减少对周边土地与植被的破坏,能降低生态系统受损程度;在生产加工和运输阶段,考虑噪声污染对周边生态环境的影响,如绿色建材工厂和运输车辆产生的噪声,可能干扰野生动物栖息与繁殖。采用隔音设备、优化运输时间等措施,可降低噪声对生态的干扰。此外,评估生产加工过程中产生的废水、废气对周边水体、土壤生态的潜在危害,如绿色涂料生产排放的废气若含有挥发性有机化合物,可能影响周边植物生长;在使用阶段,部分绿色建材具有改善生态环境的功能,如具有空气净化功能的绿色壁纸,能降低室内有害气体浓度,对室内微生态环境产生积极影响,可通过检测室内空气质量指标的改善程度衡量;在废弃处理阶段,评估废弃物填埋或焚烧对土壤和水体生态的长期影响,如废弃建材中的重金属是否会渗入土壤、污染地下水。若能对废弃物进行妥善的无害化处理与资源回收,可减少对生态环境的潜在威胁。

4 绿色建材全生命周期环境效益实证分析

4.1 案例选取与数据收集

选取某绿色混凝土和传统混凝土进行对比分析,该绿色混凝土采用大量的工业废渣(如粉煤灰、矿渣)作为替代原料,生产过程中优化了工艺,降低能耗。数据收集涵盖原材料获取、生产加工、运输、使用及废弃处理各阶段。在原材料获取阶段,统计绿色混凝土和传统混凝土生产所需的水泥、骨料等原材料用量及来源。生产加工阶段,收集工厂的能源消耗数据、污染物排放监测数据。运输阶段,记录运输距离、运输工具类型及能耗参数。使用阶段,通过对使用两种混凝土建造的建筑进行能耗监测,获取供暖、制冷能耗数据。废弃处理阶段,调查当地混凝土废弃物的回收处理情况

及相关数据。

4.2 各阶段环境效益分析

4.2.1 原材料获取阶段

传统混凝土生产主要依赖水泥、天然砂石等原材料，对自然资源开采量大。而绿色混凝土由于大量使用工业废渣，减少了对天然骨料的需求，降低了对矿山开采的依赖。例如，每生产1立方米绿色混凝土，可减少天然砂石用量约150千克，同时消耗粉煤灰约120千克、矿渣80千克，有效节约了自然资源，减少了因开采造成的土地破坏和生态影响。

4.2.2 生产加工阶段

从能源消耗来看，在传统混凝土生产过程中，水泥煅烧是主要能耗环节。绿色混凝土生产通过优化工艺，利用工业废渣的潜在活性，降低了水泥用量，从而减少能源消耗。经测算，生产1立方米绿色混凝土的能耗比传统混凝土降低约20%，相应地，二氧化碳排放量减少约100千克。在污染物排放方面，绿色混凝土由于水泥用量减少，生产过程中二氧化硫、氮氧化物等废气排放量降低约30%，废水和废渣排放量也有所减少。

4.2.3 运输阶段

假设两种混凝土的运输距离相同，均为50公里。传统混凝土密度较大，运输单位体积所需的运力更多。绿色混凝土因采用轻质骨料和工业废渣，密度相对较低。经计算，运输1立方米绿色混凝土的碳排放比传统混凝土减少约5千克，主要原因是运输车辆的燃油消耗降低。

4.2.4 使用阶段

在建筑使用阶段，绿色混凝土由于其良好的保温隔热性能，可有效降低建筑的供暖和制冷能耗。对使用两种混凝土建造的相同面积、相同功能的建筑进行为期一年的能耗监测，结果显示，使用绿色混凝土的建筑年供暖、制冷能耗比使用传统混凝土的建筑降低约15%。以一个建筑面积为1000平方米的建筑为例，使用绿色混凝土每年可节约电能约15000度，减少因发电产生的二氧化碳排放量约12吨。

4.2.5 废弃处理阶段

传统混凝土废弃后，大多采用填埋方式处理，占用大量土地资源且难以降解。绿色混凝土由于含有可回收利用

的工业废渣，其废弃物回收利用率较高。在当地的混凝土废弃物回收处理厂，绿色混凝土废弃物的回收利用率可达30%，而传统混凝土仅为10%。回收的绿色混凝土废弃物可用于生产再生骨料，重新应用于建筑材料生产，实现资源的循环利用，减少对新资源的需求和废弃物填埋对环境的影响。

4.3 全生命周期环境效益综合评估

对各阶段环境效益指标的量化分析，采用加权平均法对绿色混凝土和传统混凝土的全生命周期环境效益进行综合评估。资源消耗、污染物排放和生态影响指标的权重分别设定为0.4、0.4和0.2。经计算，绿色混凝土的全生命周期环境效益综合得分明显高于传统混凝土，表明绿色混凝土在全生命周期内具有显著的环境优势。具体而言，绿色混凝土在资源节约、污染物减排和生态保护方面表现突出，为建筑行业的可持续发展做出了积极贡献。

5 结论

绿色建材在全生命周期内展现出显著的环境效益，通过对资源消耗、污染物排放和生态影响等多方面指标的评估及实证分析，充分证明了其在建筑行业可持续发展中的重要作用。尽管目前绿色建材推广面临成本、认知和标准等挑战，但通过政府政策支持、加强宣传教育以及完善标准认证体系等措施，有望克服这些障碍，推动绿色建材在建筑行业的广泛应用。未来，随着技术的不断进步和市场的逐步成熟，绿色建材将在降低建筑行业环境影响、实现资源高效利用和生态环境保护方面发挥更大的作用，助力建筑行业实现绿色低碳转型，为全球可持续发展目标的达成贡献力量。

参考文献

[1] 谢斌,胡青莲.基于全生命周期考量的绿色智能建材在商业建筑中的应用[J].上海建材,2023(4):8-12,23.
[2] 伍舒君,钟奕,梁欢,等.基于全生命周期的建材减碳途径[J].河南建材,2024(7):11-14.
[3] 王旭鹏.基于全生命周期成本的绿色建筑设计优化研究[J].建筑与预算,2023(11):44-46.
[4] 彭卓,郭春梅,汪磊磊,等.绿色建筑全生命周期CO2排放敏感性与减碳潜力研究[J].天津城建大学学报,2021,27(6):436-441.