

对绿色建筑和绿色建筑材料应用的研究

蔡藏登¹ 澈博日²

1. 内蒙古阿拉善盟住房和城乡建设绿色发展中心 内蒙古 阿拉善盟 750300

2. 乌兰浩特市建设工程质量安全保障中心 内蒙古 乌兰浩特 137400

摘要: 在全球气候变化、资源枯竭与环境恶化等严峻挑战下,建筑行业作为能源消耗与碳排放的主要源头之一,其发展模式亟待转型。绿色建筑以其全生命周期内最大限度地节约资源、保护环境、减少污染并为人们提供健康、适用和高效的使用空间的核心理念,成为实现可持续发展的关键路径。本文旨在系统性地探讨绿色建筑的内涵与发展现状,并深入剖析绿色建筑材料的分类、性能特征、关键技术及其在工程实践中的应用案例。文章进一步分析了当前绿色建筑及材料推广过程中面临的技术、经济、政策与认知层面的多重障碍,并在此基础上,从技术创新、政策引导、市场机制与公众教育等维度,提出了促进其高质量、规模化发展的综合策略。研究表明,绿色建筑材料是绿色建筑得以实现的物质基础与技术支撑,二者的协同发展对于构建资源节约型、环境友好型社会具有深远的战略意义。

关键词: 绿色建筑;绿色建筑材料;可持续发展;节能减排;全生命周期

引言

21世纪的人类社会正面临着前所未有的生态危机。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)的报告一再警示,全球气温的持续上升已对生态系统和人类福祉构成严重威胁。在此背景下,作为全球最大的能源消费部门和温室气体排放源之一,建筑行业的“绿色革命”已成为全球共识。据统计,全球建筑运行能耗占总终端能耗的30%以上,若计入建材生产与建筑施工过程(即隐含碳),这一比例将攀升至近40%。同时,建筑活动还消耗了全球约40%的原材料和水资源,并产生了大量建筑垃圾。传统的“高投入、高消耗、高排放”的粗放式建筑模式已难以为继。绿色建筑(Green Building)应运而生,它超越了单纯节能的范畴,是一种整合性的设计理念与实践方法,强调在建筑的规划、设计、施工、运营、维护直至最终拆除的全生命周期中,系统性地考虑环境影响、资源效率与人居环境质量。而绿色建筑材料(Green Building Materials),作为构筑绿色建筑的“细胞”,其选择与应用直接决定了建筑的绿色性能上限。因此,深入研究绿色建筑的理论框架与实践路径,并聚焦于绿色建筑材料的技术创新与应用,不仅是学术界的热点,更是推动建筑业乃至整个社会向可持续未来转型的迫切需求。

1 绿色建筑的内涵、评价体系与发展现状

1.1 绿色建筑的核心内涵

绿色建筑并非指颜色为绿色的建筑,而是一种深刻的哲学理念与技术集成。其核心在于“四节一环保”——即节能、节地、节水、节材和环境保护,并在此基础上,追求为使用者创造健康、舒适、高效的生活与工作环境。这

一理念贯穿于建筑的全生命周期:(1)规划设计阶段:强调与自然环境的和谐共生,通过被动式设计(如自然采光、通风、遮阳)最大化利用可再生能源(太阳能、风能、地热能),优化建筑朝向、形态与布局,减少对场地生态的干扰。(2)施工建造阶段:倡导绿色施工,采用工业化、装配化技术减少现场湿作业与建筑垃圾,严格控制施工过程中的噪音、粉尘与污水排放^[1]。(3)运营维护阶段:通过高效的暖通空调(HVAC)、智能照明与楼宇自控系统,实现能源的精细化管理;采用雨水收集、中水回用等技术实现水资源的循环利用;选用低挥发性有机化合物(VOC)的建材保障室内空气质量。(4)拆除回收阶段:考虑建筑构件的可拆解性与材料的可再利用性,最大限度地延长材料寿命,减少填埋处置量。

1.2 全球与中国绿色建筑发展现状

全球范围内,绿色建筑正从理念走向大规模实践。欧美发达国家凭借成熟的市场机制和政策激励,绿色建筑已进入普及化阶段。新兴经济体也纷纷将绿色建筑纳入国家战略。在中国,绿色建筑的发展经历了从无到有、从点到面的快速跃升。自2006年首版《绿色建筑评价标准》发布以来,在强有力的政策推动下(如《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》),我国已成为全球绿色建筑规模最大的国家。截至“十三五”末,全国城镇累计建成绿色建筑面积已超过66亿平方米。然而,挑战依然存在:一方面,高星级(二星、三星)绿色建筑占比不高,部分项目存在“重设计、轻运营”的“漂绿”现象;另一方面,绿色建筑的增量成本、技术集成复杂度以及市场认知度仍是制约其更深层次发展的瓶颈。

2 绿色建筑材料的分类、特性与关键技术

绿色建筑材料是实现绿色建筑目标的基石。其定义可概括为：在原料获取、产品制造、流通使用、再生循环直至最终废弃处理的全生命周期中，对地球环境负荷最小、对人体健康无害，并能满足建筑功能要求的材料。

2.1 绿色建筑材料的主要分类

2.1.1 节能保温材料

(1) 无机保温材料：如岩棉、玻璃棉、膨胀珍珠岩、发泡水泥等。它们具有不燃、耐久性好、尺寸稳定性高的优点，是防火安全要求高的建筑的首选。(2) 有机保温材料：如挤塑聚苯板(XPS)、模塑聚苯板(EPS)、聚氨酯(PUR/PIR)泡沫等。其导热系数极低，保温性能优异，但需解决防火与老化问题。新型的石墨聚苯板(SEPS)通过添加石墨颗粒反射热辐射，进一步提升了保温效率。(3) 真空绝热板(VIP)：由芯材和高阻隔薄膜构成，在极薄的厚度下即可达到传统材料数倍的保温效果，适用于空间受限的改造项目，但成本较高且需解决穿孔失效问题。

2.1.2 可再生与循环利用材料

(1) 竹木材料：竹子生长迅速，固碳能力强，是优质的可再生建材。工程竹材(如胶合竹)强度高、稳定性好，可用于结构、幕墙和室内装饰。可持续森林管理认证(如FSC)的木材也是重要的绿色建材。(2) 再生骨料混凝土：将废弃混凝土破碎、清洗、分级后作为新混凝土的骨料，有效减少了天然砂石开采和建筑垃圾填埋，实现了资源的闭环利用^[2]。(3) 再生金属与塑料：废钢、废铝的回收再熔炼能耗远低于原生金属生产。再生塑料可用于制造管道、型材、甚至3D打印建筑构件。

2.1.3 功能性环保材料

(1) 调湿与净化材料：如硅藻土壁材、沸石、活性炭基复合材料等，能主动吸附空气中的水分和有害气体(甲醛、VOCs)，调节室内湿度，改善空气质量。(2) 光催化自清洁材料：以二氧化钛(TiO₂)为主要成分的涂料或瓷砖，在光照下能分解表面的有机污染物，保持建筑外立面清洁，并有助于降解城市空气中的氮氧化物(NO_x)。(3) 相变材料(PCM)：能在特定温度下发生相变(固-液)，吸收或释放大潜热，用于墙体、天花板或地板中，可有效平抑室内温度波动，降低空调负荷。

2.1.4 高性能结构与围护材料

(1) 高性能混凝土(HPC)与超高性能混凝土(UHPC)：通过优化配合比和添加矿物掺合料(粉煤灰、矿渣粉等工业废料)，不仅强度高、耐久性好，还大幅减少了水泥用量，从而降低了碳排放。(2) Low-E(低辐射)镀膜玻

璃：其表面镀有多层金属或其他化合物膜，对可见光高透过，而对红外线(热能)高反射，是实现建筑门窗节能的关键材料。(3) 绿色墙体材料：如加气混凝土砌块、陶粒混凝土空心砌块等，质轻、保温隔热性能好，且多利用工业废渣生产。

2.2 绿色建筑材料的关键技术

(1) 全生命周期评价(LCA)技术：这是甄别和量化材料“绿色”程度的核心工具。LCA系统地评估一种材料从“摇篮到坟墓”(Cradle-to-Grave)或“摇篮到摇篮”(Cradle-to-Cradle)全过程中的能源消耗、资源消耗、温室气体排放、水体富营养化、酸化等环境影响指标，为材料的选择与优化提供科学依据。(2) 纳米技术：纳米材料因其独特的物理化学性质，在绿色建材领域展现出巨大潜力。例如，纳米二氧化钛用于光催化自清洁和空气净化；纳米气凝胶是目前已知隔热性能最好的固体材料，可用于高端保温领域。(3) 生物技术与仿生学：模仿自然界生物的结构与功能来开发新材料。例如，模仿荷叶表面的微纳结构开发出超疏水自清洁涂层；利用菌丝体(蘑菇根部网络)作为粘合剂，将农业废弃物粘合成轻质、可完全生物降解的保温板材^[3]。(4) 智能制造与3D打印技术：通过数字化设计与自动化生产，可以精确控制材料用量，减少浪费，并能制造出传统工艺无法实现的复杂、高效的结构形式，如拓扑优化的轻量化构件。

3 绿色建筑材料的应用案例分析

理论的价值在于实践。以下通过几个典型项目，展示绿色建筑材料如何赋能绿色建筑。

3.1 案例一：上海中心大厦(中国)

作为中国第一、世界第二高楼，上海中心大厦是超高层绿色建筑的典范，获得了中国绿色建筑三星级和美国LEED-CS白金级双认证。其绿色建材应用亮点包括：(1) 双层幕墙系统：外层采用彩釉玻璃，内层为Low-E中空玻璃。两层幕墙之间的空间形成一个巨大的“空中庭院”，不仅提供了绝佳的视野和公共空间，更形成了有效的缓冲区，显著降低了建筑的冷热负荷。(2) 高性能混凝土：大量使用了掺加粉煤灰和矿渣粉的高性能混凝土，减少了水泥用量，降低了隐含碳。(3) 再生材料：内部装修中广泛使用了含有回收成分的地毯、石膏板和金属制品。(4) 雨水与中水回用：收集屋顶和幕墙清洗的雨水，经处理后用于冲厕和绿化灌溉。

3.2 案例二：The Edge(荷兰阿姆斯特丹)

被誉为“全球最智能、最绿色的办公楼”，The Edge获得了BREEAM历史上最高的98.4%评分。其建材应用极具前瞻性：(1) 物联网(IoT)集成：建筑本身就是一

个巨大的数据采集器。每个工位下方都装有传感器，实时监测光照、温度、occupancy（占用情况），并与员工手机App联动，实现个性化环境调节，极大提升了能效。（2）光伏一体化（BIPV）：南立面和屋顶几乎全覆盖了太阳能电池板，使其成为一座“能源正产出”建筑，产生的电力甚至超过了自身消耗。（3）地热储能系统：利用地下深层土壤作为巨大的“电池”，夏季将多余的热量储存起来，冬季再提取用于供暖，反之亦然，实现了跨季节的能量平衡。（4）模块化与可拆卸设计：内部隔断、吊顶、地板等均采用模块化设计，便于未来灵活调整和材料回收。

4 面临的挑战与未来发展趋势

4.1 面临的挑战

尽管前景广阔，绿色建筑及材料的推广仍面临诸多挑战：（1）初始成本障碍：许多高性能绿色建材的初期采购成本仍高于传统材料，使得开发商在市场竞争中顾虑重重。（2）技术标准与规范滞后：部分新型绿色建材缺乏统一的国家或行业标准，其长期性能、耐久性和安全性验证不足，阻碍了大规模应用。（3）产业链协同不足：设计、施工、材料供应、运维等环节尚未形成高效的协同机制，信息孤岛现象严重，难以发挥绿色技术的最大集成效益^[4]。（4）市场认知与信任缺失：消费者和部分专业人士对绿色建材的真实效益存疑，市场上也存在鱼龙混杂、“伪绿色”产品，损害了行业声誉。

4.2 未来发展趋势

面向未来，绿色建筑与材料的发展将呈现以下趋势：（1）从“节能”到“产能”再到“负碳”：建筑的角色将从能源消费者转变为能源生产者，甚至通过使用生物质建材（如木材）和碳捕获技术，成为城市的“碳汇”。（2）数字化与智能化深度融合：BIM（建筑信息模型）、物联

网、人工智能等技术将贯穿建筑全生命周期，实现对绿色建材性能的实时监控、预测性维护和动态优化。（3）循环经济模式主导：设计之初就考虑材料的“可拆解性”和“可循环性”，建立完善的建筑废弃物回收、分拣、再制造产业链，真正实现“城市矿山”的开发。（4）健康与福祉成为核心：后疫情时代，人们对室内环境健康的关注度空前提高。未来的绿色建材将更加注重抗菌、抗病毒、情绪调节（如亲生物设计）等健康属性。

5 结语

绿色建筑是应对生态危机、实现可持续发展的必然之选，绿色建筑材料则是其物质载体与技术引擎，二者相辅相成，构成未来建筑产业核心竞争力。为加速转型，本文提出建议：政府要强化顶层设计，完善法规标准体系，运用财政补贴等经济杠杆降低市场主体转型成本；鼓励产学研用协同创新，加大科技投入，突破绿色建材关键技术瓶颈，完善新型材料标准规范；培育成熟市场机制，健全认证等制度，打击“漂绿”行为，发展市场化服务模式；在建筑教育与职业培训中强化全生命周期理念，培养复合型人才，同时加强公众科普宣传，提升全社会对绿色建筑价值的认知与接受度。

参考文献

- [1]王向国.绿色建筑材料在住宅建筑中的应用技术研究[J].中国建筑装饰装修,2026,(04):106-108.
- [2]罗继超.绿色建筑材料在低碳转型中的应用及提升策略研究[J].佛山陶瓷,2026,36(02):143-145.
- [3]吴洪硕.绿色建筑工程土建设计的新材料应用分析[J].砖瓦,2026,(01):90-92.
- [4]蒯焜.新型绿色建筑材料在节能建筑中的应用性能研究[J].江西建材,2025,(12):366-368.