

低碳建筑材料的研发与应用前景

汪森棠

安徽建工建设安装集团有限公司 安徽 滁州 239000

摘要：本文全面解析低碳建筑材料的研发趋势、应用现状及市场前景。低碳建筑材料以低能耗、低排放、可回收为核心特性，成为建筑业脱碳的关键。全球范围内，政策推动、市场需求增长及技术创新驱动其快速发展。本文结合国内外案例，分析资源节约型、能源高效型及功能集成型材料的研发方向，并探讨市场机遇与挑战。未来，低碳建筑材料将通过技术突破与政策支持，实现规模化应用，助力全球碳中和目标。

关键词：低碳建筑材料；研发趋势；应用案例；市场前景；绿色建筑

引言：在全球气候危机和资源日益紧张的背景下，建筑业作为碳排放的主要源头，其低碳转型迫在眉睫。低碳建筑材料作为实现建筑业绿色发展的关键，扮演着核心角色，贯穿于建筑的全生命周期。本文将从低碳建筑材料的定义出发，深入探讨其研发进展、实际应用、市场现状以及未来发展趋势，旨在全面展现低碳建筑材料的价值与实践路径，为推动建筑业实现“双碳”目标提供有力支撑。

1 低碳建筑材料的定义、范畴与核心价值

1.1 低碳建筑材料的定义

低碳建筑材料顾名思义，是指在其生产、运输、使用及废弃等全生命周期内，碳排放量显著低于传统建筑材料的新型材料。其核心评价标准是全生命周期碳足迹评估（LCA），这一评估方法涵盖了从原材料开采、生产制造、运输配送、施工安装到最终拆除处理的所有阶段。通过这一综合评估，可以确保低碳建筑材料在各个环节都能实现低碳排放，从而达到减少整体碳足迹的目的。低碳建筑材料不仅关注碳排放量，还强调低能耗和可回收性。这意味着，在生产过程中，这些材料需要消耗较少的能源，同时产生的废弃物也要易于回收和再利用。这种设计理念不仅有助于降低生产成本，还能减少资源浪费和环境污染。

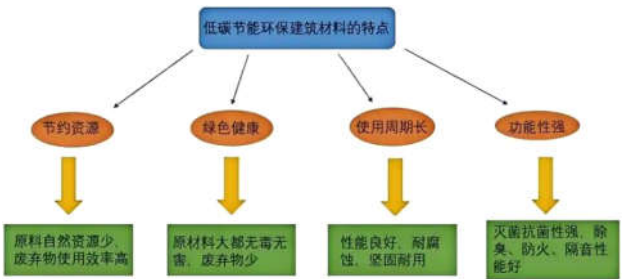


图1 低碳节能环保建筑材料特点图示

1.2 低碳建筑材料的范畴

低碳建筑材料的范畴广泛，涵盖了多种类型的新型材料。①生物基材料：这类材料主要来源于可再生资源，如植物、微生物等。竹材作为一种典型的生物基材料，具有强度高、生长速度快、可再生性好的特点，被广泛应用于建筑结构中。工程木材，如交叉层压木材（CLT），通过特殊的加工工艺，将多层薄木片交叉叠放并压制而成，具有优异的力学性能和防火性能。菌丝体复合材料则利用真菌的生长特性，将农业废弃物等转化为高强度的建筑材料。②工业废弃物再生材料：这类材料通过对工业废弃物进行回收和再利用，实现了资源的循环利用。生态水泥是一种利用矿渣、粉煤灰等工业废弃物为主要原料生产的水泥，具有低碳、环保的特点。再生塑料砖则利用废弃的塑料瓶、塑料袋等塑料废弃物，通过特殊工艺加工而成，既解决了塑料污染问题，又提供了新型建筑材料^[1]。建筑垃圾再生骨料则是将废弃的混凝土、砖块等建筑垃圾破碎、筛分后得到的骨料，可用于生产再生混凝土等建筑材料。③低碳功能材料：这类材料不仅具有低碳排放的特点，还具备特定的功能性能。真空玻璃通过两层玻璃之间的真空层，有效隔绝了热量的传递，提高了建筑的保温性能。气凝胶保温材料则以其极低的导热率和良好的隔音性能，成为建筑保温领域的佼佼者。光催化自洁涂层则利用光催化原理，将空气中的污染物分解为无害物质，保持建筑表面的清洁和美观。

1.3 低碳建筑材料的核心价值

①环境效益：全球建筑业碳排放占比高达39%，是碳排放的主要来源之一。低碳材料不仅在减少碳排放和资源消耗方面有着显著贡献，其还能改善建筑的环境质量。例如，采用低挥发性有机化合物（VOC）涂料和装饰材料，可以降低室内空气污染，提供更健康的居住或工作环境。再如，高性能保温材料能够提升建筑的热舒

适性，减少因能源消耗造成的环境负担。低碳建筑材料的广泛应用，可以显著降低建筑的隐含碳排放量，据统计，使用低碳建筑材料可以减少20%~50%的碳排放。这不仅有助于缓解全球气候变化，还能减少环境污染和生态破坏。②经济效益：虽然低碳建筑材料的初期投资可能较高，但其长期的经济效益却十分显著。第一，低碳建筑材料具有优异的性能和耐久性，可以降低建筑的维护成本和能耗成本；第二，随着技术的不断进步和市场规模的扩大，低碳建筑材料的生产成本将逐渐降低，价格也将更加亲民。这将为建筑业的可持续发展提供有力的经济支撑。③社会效益：低碳建筑材料的推广使用，有助于推动循环经济的发展。通过回收和再利用工业废弃物和建筑垃圾等资源，可以减少对自然资源的依赖和开采，降低资源消耗和环境压力。并且低碳建筑材料的应用还能促进建筑业的转型升级和绿色发展，提高建筑行业的整体竞争力。此外低碳建筑材料的使用还能提高建筑的能效和舒适度，改善人们的生活质量。

2 低碳建筑材料的研发趋势与技术突破

2.1 资源节约与循环技术

资源节约与循环技术是低碳建筑材料研发的重要方向之一。随着城市化进程的加速，建筑垃圾和工业固废的处理问题日益突出。而将这些废弃物转化为绿色建筑材料，不仅可以减少原生资源的开采，还能实现资源的循环利用。①城市矿山开发：城市矿山是指城市中蕴含的丰富资源，如建筑垃圾、工业固废等。通过先进的处理技术，这些废弃物可以被转化为绿色混凝土等建筑材料。例如，利用建筑垃圾中的废砖、废混凝土等作为骨料，再加入适量的水泥和外加剂，就可以生产出性能优良的绿色混凝土。这种混凝土不仅具有高强度、高耐久性的特点，还能显著降低生产成本和碳排放量。②生物固碳技术：生物固碳是指利用植物的光合作用等生物过程，将大气中的二氧化碳转化为有机物质并储存在植物体内的过程。竹子作为一种生长迅速、固碳能力强的植物，其固碳量是普通林木的1.46倍。因此，竹结构建筑在全生命周期内的碳储量甚至为负值，即建筑在使用过程中吸收的二氧化碳量大于其生产过程中的排放量。这种特性使得竹结构建筑成为了一种极具潜力的低碳建筑材料。

2.2 能源效率优化

能源效率优化是低碳建筑材料研发的另一个重要方向。通过提高建筑材料的能源效率，可以减少建筑在使用过程中的能耗和碳排放量。①本地化生产：本地化生产是指将建筑材料的生产地点尽可能靠近施工现场，以减少运输过程中的能耗和碳排放量。例如，采用3D打印技术就地利用沙漠砂生产建材，不仅可以降低运输成本，还能减少对环境的影响。此外，本地化生产还可以促进当地经济的发展和就业的增加。②纳米改性技术：纳米改性技术是指通过添加纳米材料来改变建筑材料的性能^[2]。例如，将石墨烯添加到混凝土中，可以显著提高混凝土的强度和耐久性；将二氧化钛添加到涂料中，可以制成具有光催化性能的自洁涂料。这些纳米改性材料不仅可以提高建筑材料的性能，还能降低其在使用过程中的能耗和碳排放量。

2.3 功能集成创新

功能集成创新是低碳建筑材料研发的又一重要方向。通过集成多种功能于一种材料中，可以实现建筑材料的多元化应用和高效利用。①智能响应材料：智能响应材料是指能够根据环境变化或外部刺激而自动调整其性能的材料。例如，相变储能墙体可以根据室内温度的变化而吸收或释放热量，从而调节室内温度；自修复混凝土则可以在受到损伤后自动修复裂缝，减少维护能耗和成本。这些智能响应材料不仅可以提高建筑的能效和舒适度，还能延长建筑的使用寿命。②碳汇型材料：碳汇型材料是指能够吸收并储存二氧化碳的材料。例如，藻类生物混凝土就是一种典型的碳汇型材料。它利用藻类的光合作用将二氧化碳转化为有机物质并储存在混凝土中。据研究表明，这种藻类生物混凝土每年的固碳量可达200kg/m³。这种特性使得碳汇型材料成为了一种极具潜力的低碳建筑材料，不仅可以减少建筑的碳排放量，还能应对全球气候变化做出贡献。

3 应用现状与实践案例

3.1 全球先锋案例

①挪威The Plus家具工厂：这座位于挪威的家具工厂采用了木结构和低碳混凝土作为主要建筑材料，不仅降低了建筑能耗，还实现了运营能耗低于同类建筑90%的显著效果。②荷兰漂浮办公室：荷兰的这座漂浮办公室采用了CLT（交叉层压木材）建造。效果请见表1

表1 国外低碳建筑材料应用案例对比

案例名称	地点	主要建筑材料	节能减排效果	其他环保措施
The Plus家具工厂	挪威	木结构、低碳混凝土	运营能耗低于同类建筑90%	屋顶光伏系统覆盖60%电力需求
荷兰漂浮办公室	荷兰	CLT（交叉层压木材）	碳减排1600吨	100%雨水回收率（屋顶雨水回收系统）

3.2 国内示范项目

①上海世博零碳馆：作为中国首个零碳排放的公共建筑，上海世博零碳馆采用了秸秆板、再生塑料砖等低碳建筑材料，这一项目不仅展示了低碳建筑材料在国内的应用成果，还为推动建筑业绿色转型提供了宝贵的

经验和示范。②雄安新区装配式建筑：雄安新区作为我国新区建设的典范，这一项目不仅提高了建筑效率和质量，还降低了碳排放量和资源消耗，为建筑业的可持续发展树立了新的标杆。

表2 国内示范项目对比

示范项目名称	地点	主要低碳建筑材料	特点/成效
上海世博零碳馆	中国上海	秸秆板、再生塑料砖	年碳减排量达624吨，展示了低碳建筑材料的应用成果，推动建筑业绿色转型。
雄安新区装配式建筑	中国雄安新区	再生骨料混凝土等	预制率超过90%，施工周期缩短50%，提高建筑效率和质量，降低碳排放量和资源消耗。

3.3 挑战与瓶颈

尽管低碳建筑材料的应用已经取得了一定的成果，但在推广和应用过程中仍面临着一些挑战和瓶颈。①成本溢价：目前，低碳建筑材料的价格普遍高于传统材料30%~50%，这在一定程度上限制了其广泛应用。为了推动低碳建筑材料的规模化应用，需要政府出台相关政策补贴，如中国实施的绿色建材税收优惠等，以降低低碳建筑材料的成本溢价。②标准缺失：在低碳建筑材料的碳足迹核算方面，目前还存在方法不统一、数据不准确等问题。为了准确评估低碳建筑材料的碳排放量，亟须建立全生命周期数据库，统一碳足迹核算方法，为低碳建筑材料的推广和应用提供科学依据。

用将使得项目获得更高的评分和更广泛的市场认可，从而增加其市场价值。这种趋势不仅推动了低碳建筑材料市场的快速发展，也促进了建筑行业的绿色转型。

4 市场驱动因素与发展前景

4.3 技术经济潜力

技术经济潜力的释放是低碳建筑材料市场发展的内在动力。随着规模化生产的推进，低碳建筑材料的成本正在不断下降。以光伏幕墙为例，其成本已降至15年前的1/3，使得光伏幕墙在建筑中的应用更加经济可行。同时再生混凝土等低碳建筑材料的成本也已接近传统材料，进一步降低了低碳建筑材料的推广难度。从市场规模来看，全球低碳建材市场的前景十分广阔。据预测，到2030年，全球低碳建材市场规模将达到1.2万亿美元，年复合增长率高达8.7%。这一数据充分表明，低碳建筑材料市场具有巨大的发展潜力和广阔的市场空间。

4.1 政策与规范

在国际层面，欧盟《建筑能效指令》要求到2030年所有新建建筑实现零碳排放，这一政策对建筑材料的选择提出了严格的要求，推动了低碳建筑材料的研发和应用。同时美国《通胀削减法案》也为绿色建材提供了税收抵免等优惠政策，进一步激发了市场活力。在我国政府同样高度重视低碳建筑材料的发展。根据《城乡建设领域碳达峰实施方案》，到2030年，中国城镇新建建筑中绿色建筑占比将达到70%以上。这一政策目标的实现，将极大地推动低碳建筑材料在国内市场的普及和应用^[3]。

结语

低碳建筑材料作为建筑业脱碳的关键路径，其研发与应用承载着行业绿色转型的重任。突破循环技术、智能材料创新及碳足迹精确核算，是低碳建材发展的关键方向。而政策的积极引导与市场机制的逐步完善，则为低碳建材的广泛应用奠定了坚实基础。展望未来十年，随着技术成本的持续优化，低碳建材市场将迎来转折点，由政策驱动逐步转向市场自觉，成为建筑领域实现碳中和目标的主战场，引领建筑业迈向更加绿色、可持续的未来。

4.2 市场需求增长

市场需求是低碳建筑材料市场发展的直接动力。随着消费者环保意识的提高，健康、低碳已成为购房者的核心决策因素。据调查，80%的Z世代购房者愿意为绿色建材支付溢价，这表明低碳建筑材料在消费者心中具有较高的认可度和价值。此外，使用低碳材料建设的建筑能够获得更高的市场认可度和竞争力，特别是在一些绿色认证体系（如LEED、BREEAM等）中，低碳材料的使用

参考文献

[1]王明.绿色建筑材料的发展与应用[J].建筑科学, 2021,38(5):112-118.
[2]张伟,李静.环保型建筑材料的应用现状及发展趋势[J].环境科学与管理,2020,25(3):45-52.
[3]张雪,王晓蕾,王汉东.工程检测在建筑工程材料质量控制中的作用分析[J].居舍,2024,(16):162-164+172.