

新型节能建筑材料在装配式建筑中的应用

杨兴然¹, 柳芙蓉¹, 史晓光¹, 闫子麟²

1. 河北环境工程学院, 河北 秦皇岛 066102

2. 河北建材职业技术学院, 河北 秦皇岛 066000

DOI: 10.61369/VDE.2025230019

摘要: 在绿色可持续发展的背景下, 建筑环保问题引起社会广泛重视。在此背景下, 基于工厂化生产与现场快速装配便捷性优势, 装配式建筑成为建筑节能的新发展方向。新型节能建筑材料是建筑结构的核心组成部分, 对提升建筑性能、降低能耗及实现低碳目标意义重大。本文立足“双碳”背景, 分析新型节能建筑材料在装配式建筑中应用的必要性, 阐述新型节能建筑材料在装配式建筑中应用的价值, 围绕装配式建筑关键部位, 探讨新型节能建筑材料的应用场景, 为装配式建筑的绿色化转型发展提供理论与实践参考。

关键词: 新型节能建筑材料; 装配式建筑; 应用

Application of New Energy-Saving Building Materials in Prefabricated Buildings

Yang Xingran¹, Liu Furong¹, Shi Xiaoguang¹, Yan Zilin²

1. Hebei Institute of Environmental Engineering, Qinhuangdao, Hebei 066102

2. Hebei Vocational College of Building Materials, Qinhuangdao, Hebei 066000

Abstract: Against the background of green and sustainable development, environmental protection issues in the construction industry have attracted widespread social attention. In this context, prefabricated buildings, leveraging the advantages of factory-based production and on-site rapid assembly, have emerged as a new development direction for building energy conservation. As a core component of building structures, new energy-saving building materials play a significant role in improving building performance, reducing energy consumption, and achieving low-carbon goals. Based on the "dual carbon" context, this paper analyzes the necessity of applying new energy-saving building materials in prefabricated buildings, elaborates on their application value, and explores the application scenarios of these materials focusing on the key components of prefabricated buildings. It aims to provide theoretical and practical references for the green transformation and development of prefabricated buildings.

Keywords: new energy-saving building materials; prefabricated buildings; application

引言

在“双碳”目标背景下, 以绿色可持续发展为导向, 全面控制建筑全过程中的碳排放量, 成为建筑行业高质量发展的重要方向。在建筑行业发展中, 凭借高效、环保的优势, 装配式建筑在我国得到广泛应用。装配式建筑是一种基于“工厂制造、现场组装”理念的建筑形式, 主要物料是来自工厂的模块化、标准化构件, 采用现场组装的方式进行施工, 具有施工效率高、规范性强的特点^[1]。在装配式建材的选择上, 新型节能材料对环境友好, 且带来的资源浪费和污染水平较低。运用新型节能材料, 有助于控制成本, 实现节能减排^[2]。尽管新型节能材料质量更好、环保性能佳, 但相较于传统材料, 价格往往相对昂贵。受多种因素影响, 在装配式建筑工程中, 部分企业仍选用传统材料, 未能考虑到这些材料对环境的影响。由此, 加强新型节能材料在装配式结构中的应用和推广势在必行。

一、新型节能建筑材料在装配式建筑的应用价值

命周期中的重要作用。

(一) 落实“双碳”战略, 提高节能环保效益

从双碳战略落实、绿色建筑打造、建筑产业升级三个维度, 剖析新型节能材料为装配式建筑带来的核心价值, 展现其在全生

命周期中的重要作用。从建筑全流程视角出发, 新型节能材料通过生产、使用、回收各环节的低碳设计, 以及与装配式生产模式的适配, 为双碳目

标落地提供关键支撑，具体体现在以下方面：

1. 生产环节：以工业固废为原料（如石膏基墙板用脱硫石膏、再生混凝土用建筑固废），减少天然资源开采与固废堆存，从源头削减碳排放，降低环境负荷。
2. 使用环节：凭借优异的保温隔热（真空绝热板）、密封防渗（复合胶黏剂）性能，减少建筑采暖制冷需求，间接降低能源消耗相关的碳排放^[3]。
3. 回收环节：高强度铝合金、薄壁型钢等材料可回收性强，拆除后能重新加工利用，避免传统建材沦为垃圾，形成“生产-使用-回收”低碳闭环。
4. 适配生产模式：与装配式“工厂预制”适配，工厂可精准控制材料用量与能耗，减少现场施工的能源浪费与污染，强化全流程环保效益^[4]。

（二）打造绿色建筑，提升建筑性能品质

新型节能材料通过功能集成、寿命延长与绿色属性强化，全方位满足绿色建筑对“节能、环保、舒适”的要求，具体表现为：

1. 功能集成化：突破传统材料单一属性，实现“一材多能”——如 ALC 板兼具轻质、保温、防火、隔声，既能降低结构负荷，又能营造稳定室内环境；植物基涂料可降解甲醛、调节湿度，改善人居舒适度^[5]。
2. 延长使用寿命：通过配方与工艺革新提升耐久性，如耐候钢靠表面氧化层抗腐蚀，减少维护需求；防水密封材料适应构件变形，避免渗漏导致的保温失效，减少维修资源消耗。
3. 强化绿色属性：从材料选择到应用全流程契合绿色建筑标准，如利用固废减少污染、高可回收性降低资源浪费，兼顾环保与实用价值。

（三）实现绿色施工，推动建筑产业升级

新型节能材料凭借标准化、轻质化特性，不仅优化装配式施工流程，更倒逼建筑产业向技术密集型转型，具体体现在施工效率与产业转型两方面：

1. 提升施工效率：构件标准化，材料多为工厂预制的标准化构件，如轻质隔墙板、装饰一体化金属板，现场无需复杂加工，仅需拼接安装。减少湿作业，规避传统抹灰、涂装等湿工序，降低天气依赖，缩短工期；轻质材料，如钢骨架轻型板，可以降低吊装难度，减少机械能耗^[6]。
2. 推动产业转型：生产端，工厂化生产需配套自动化设备与精准质控技术，推动建材生产技术升级。施工端，现场装配依赖专业团队与 BIM 等数字化技术，促进施工队伍向技能化、专业化发展，推动产业从“劳动密集型”转向“技术密集型”。

二、新型节能建筑材料在装配式建筑中的应用

按装配式建筑核心系统分类，阐述新型节能材料在围护结构、承重结构、保温隔热、防水密封四大系统中的具体应用场景与特性。

（一）围护结构系统中的新型节能材料应用

围护结构是装配式建筑阻挡内外热量交换、保障居住舒适度

的关键，新型节能材料通过性能集成化设计，实现保温、隔声与结构功能的统一，以下分外墙、内墙、楼板三类材料说明：

1. 外墙节能材料

蒸压加气混凝土板（ALC 板）：钙质 + 硅质原料经蒸压形成多孔结构，工厂预制预留洞口与连接件槽，现场固定后密封接缝防热桥，适用于住宅、公共建筑外墙，兼顾保温与防火。陶粒混凝土空心墙板：陶粒为骨料制成空心结构，可复合保温芯材，现场装配后无需额外保温层，降低建筑自重且提升隔声性，适配住宅外墙与内墙^[7]。

2. 内墙节能材料

石膏基复合墙板：脱硫石膏掺纤维与固废压制而成，干法拼接安装，嵌缝后无需抹灰，呼吸调湿改善室内环境，适用于住宅、办公建筑内墙。硅酸钙板复合隔墙板：硅酸钙板为面板，中间夹聚苯乙烯 / 岩棉芯材，可切割调整尺寸，龙骨固定便捷，兼具保温、隔声与防火，适配公共建筑内墙。

3. 楼板节能材料

预应力混凝土叠合板（节能改性）：掺矿粉、粉煤灰替代部分水泥，用轻质骨料降自重与导热系数，工厂预制底板与预应力筋，现场浇筑叠合层，适配住宅、车库楼板。钢骨架轻型板：冷弯型钢为骨架，填膨胀珍珠岩芯材，面层覆彩钢板 / 硅酸钙板，直接搭接主梁固定，无需额外支撑，适配轻钢住宅、工业厂房楼板与屋面。

（二）承重结构系统中的新型节能材料应用

承重结构需在保证建筑安全稳定的基础上实现节能目标，新型节能材料通过高强度化、轻质化与资源循环利用，平衡结构性能与低碳需求，具体包括混凝土与钢结构两类材料：

1. 节能型混凝土材料

高性能自密实混凝土：优化骨料级配 + 高效减水剂，无需振捣即可密实，高强度且低收缩，用于预制柱、剪力墙板，减少施工能耗与水泥用量，适配高层承重^[8]。再生骨料混凝土：建筑固废破碎改性后替代部分骨料，用于预制楼梯、楼板等次要构件，工厂优化配合比保强度，减少资源开采与固废堆存。

2. 节能型钢结构材料

薄壁型钢：冷轧 / 热轧制成轻薄截面（如 C 型钢），截面优化提强度，工厂预制标准化构件，螺栓拼接组装，降低建筑自重与吊装能耗，适配低层轻钢住宅。耐候钢：加铜、铬、镍形成氧化层抗腐蚀，无需涂装防锈，用于外墙骨架、柱梁，减少维护能耗与污染，适配工业厂房、公共建筑承重。高强度铝合金材料：合金化 + 热处理提强度，轻质（密度为钢 1/3）且耐腐蚀，用于门窗框、幕墙龙骨，工厂预制高精度型材，适配高端项目轻质承重。

（三）保温隔热系统中的新型节能材料应用

保温隔热系统是降低装配式建筑运行能耗的核心，新型节能材料通过高效阻断热量传递，减少采暖制冷需求，按应用部位可分为外墙、屋面、门窗三类保温材料：

1. 外墙保温材料

挤塑聚苯板（XPS）：聚苯乙烯挤压成闭孔结构，低导热且

高抗压，工厂复合外墙板或现场粘贴，机械 + 粘结固定，板缝密封，适配严寒地区外墙。聚氨酯硬泡 (PUF)：异氰酸酯 + 多元醇发泡，极低导热且粘结性强，工厂复合或现场喷涂，形成连续保温层，减保温厚度省空间，适配高效节能需求。真空绝热板 (VIP)：玻璃棉 / 气凝胶芯材真空封装，极致保温，复合外墙板、门窗框，减保温层厚度增加使用面积，适配被动式超低能耗建筑^[9]。

2. 屋面保温材料

发泡陶瓷保温板：陶瓷废料 + 页岩高温发泡，防火、耐高温、抗老化，工厂预制标准化板材，现场铺设固定，适配高温地区屋面，减资源浪费。玻璃棉板：熔融玻璃纤维化制成蓬松板材，保温 + 隔声 + 防火，复合金属屋面或铺设屋面层，龙骨固定 + 防潮层覆盖，适配工业厂房、体育馆屋面。

3. 门窗节能材料

Low-E 中空玻璃：镀低辐射膜 + 中空结构，反射红外热量，工厂预制门窗单元，现场安装后密封，降低门窗能耗，适配各类建筑门窗。断桥铝合金型材：嵌入 PA66 隔热条断热传导，与 Low-E 玻璃组节能门窗，工厂加工标准化构件，适配住宅、公共建筑门窗，延长使用寿命。复合塑料型材 (PVC-U/PE)：聚氯乙烯 / 聚乙烯加改性剂，低导热且耐腐蚀，加工成门窗框与中空玻璃组装，适配中低端住宅门窗，兼顾节能与经济。

（四）防水密封系统中的新型节能材料应用

装配式建筑拼接缝易因密封失效导致保温性能下降，新型防水密封材料通过防渗与抗变形设计，保障拼接部位节能效果，主要包括以下三类材料：

1. 复合胶黏剂 – 胶带系统：特种橡胶胶带 + 水性复合胶，耐候且抗变形，工厂预留粘贴槽，现场涂胶贴带，双重密封，适配外墙接缝，防水分层保温层。

2. 遇水膨胀止水条：橡胶 / 塑料基材掺膨胀树脂，遇水膨胀填缝，工厂嵌构件预留槽，现场装配后自动密封，配合灌浆料用，适配地下室、后浇带防水^[10]。

3. 水性高分子密封胶：丙烯酸酯 / 硅质为基料，水为溶剂无 VOC，弹性好且粘结强，用于门窗框、采光顶接缝，常温固化降低施工能耗，适配绿色施工。

三、结束语

综上所述，基于新型节能材料的应用价值与具体场景，下面对装配式建筑发展的核心意义，展望未来材料技术与行业应用趋势。

新型节能建筑材料为装配式建筑的低碳化、高质量发展提供了核心支撑，从落实“双碳”战略的全流程环保，到提升建筑性能的功能集成，再到推动产业升级的施工革新，其应用价值贯穿建筑全生命周期。在具体实践中，通过围护、承重、保温、防水等系统的材料创新，装配式建筑得以突破传统节能瓶颈，实现“绿色设计 – 绿色生产 – 绿色使用”的闭环。

未来，随着材料技术的进一步迭代，将出现高效的保温芯材、更环保的粘结剂，再加上材料标准体系的完善，新型节能材料将更精准适配装配式建筑需求，推动建筑行业向更低碳、更高效、更可持续的方向迈进，为“双碳”目标与绿色建筑发展注入持续动力。

参考文献

- [1] 陈广城, 顾连胜. “双碳”目标下装配式建筑碳减排路径研究 [J]. 中华民居, 2024, 17 (09): 48–50.
- [2] 黄俊. 基于住宅产业需求的装配式建筑设计优化研究 [J]. 城市开发, 2024, (12): 95–97.
- [3] 全凯萌, 孙洪军, 史博. 装配式建筑节能减排分析与发展趋势 [J]. 绿色建筑, 2024, (04): 87–90.
- [4] 白永晨, 郭福元. 轻型刚架联合生态环保材料在装配式建筑结构设计中的应用研究 [J]. 工程建设与设计, 2023, (24): 28–30.
- [5] 孙浩, 张涵, 郭强, 等. 绿色材料在装配式建筑中的应用 [J]. 住宅与房地产, 2023, (35): 61–63.
- [6] 王子佳, 韩玲. 绿色建筑材料在装配式结构中的应用及展望 [J]. 绿色建筑, 2023, (06): 101–103+107.
- [7] 董柯言, 王莉, 吴俊彤. 基于“双碳”目标的装配式建筑发展研究 [J]. 房地产世界, 2023, (20): 166–168.
- [8] 李春光. 装配式建筑绿色低碳发展路径探索 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (21): 196–198.
- [9] 曾舒娅, 朱丽. 绿色数据中心装配式建筑墙体材料研究 [J]. 大众标准化, 2023, (05): 159–160+163.
- [10] 刘方宁. 新型节能材料在装配式建筑中的研究与应用 [J]. 混凝土世界, 2021, (02): 82–85.