

# 建筑外墙用防火保温材料的绿色化研究

高美琴

浙江工业大学工程设计集团有限公司黑龙江分公司 黑龙江 哈尔滨 150000

**摘要:**随着建筑行业绿色低碳转型推进,建筑外墙防火保温材料的绿色化成为行业发展关键方向。本文系统研究建筑外墙防火保温材料绿色化相关内容,先概述材料分类(有机、无机、复合)、防火保温原理及绿色化内涵(全生命周期环保与资源高效利用);再阐述绿色化意义,包括强化消防安全保障、减少环境污染、推动可持续发展;深入分析绿色材料的性能优化与测试方法;探讨了应用挑战及应对策略。通过研究,为绿色防火保温材料的研发、应用提供理论与实践参考,助力建筑行业实现安全、环保与节能的协同发展,推动“双碳”目标落地。

**关键词:**建筑外墙;防火保温材料;绿色化

引言:在建筑行业绿色低碳转型浪潮下,建筑外墙防火保温材料的绿色化发展迫在眉睫。传统材料在消防安全、环境保护等方面存在诸多短板,难以满足当下建筑领域的高要求。而绿色防火保温材料凭借其环保、安全、节能等优势,成为行业发展的新方向。深入探讨建筑外墙防火保温材料绿色化的内涵、意义、性能优化、应用挑战及应对策略,为行业发展提供有益参考。

## 1 建筑外墙防火保温材料概述

### 1.1 材料分类

建筑外墙防火保温材料按材质特性分有机、无机与复合三类。有机保温材料如聚苯乙烯泡沫、聚氨酯泡沫,质轻、保温隔热性能优,导热系数常低于 $0.04\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,施工便捷,但防火性能弱,燃烧时产生有毒有害气体,有消防安全隐患。无机保温材料有岩棉、玻璃棉、膨胀珍珠岩等,原料多为天然矿物或工业废弃物,不燃、耐高温,防火性能好,来源广、成本低,不过密度大、保温性能差,部分材料纤维脱落还影响人体健康。复合保温材料通过有机与无机材料复合,如聚苯板与岩棉复合等,结合两者优势,既保留有机材料轻质高保温性,又提升整体防火性能,在中高端建筑外墙保温项目应用占比渐升。

### 1.2 防火保温原理剖析

建筑外墙防火保温材料防火与保温功能基于不同机制。防火上,无机材料如岩棉、玻璃棉不燃,高温不燃不释放毒气,靠纤维结构热阻隔延缓热量传递;有机材料添加阻燃剂(如卤素、磷系阻燃剂)阻燃,高温分解产生惰性气体稀释氧气或形成碳化层阻止燃烧;复合材料分层设计,无机防火层对火源,有机保温层在后,形成“防火屏障+保温核心”结构。保温核心是减少热量传递,材料多孔结构储存静止空气,空气导热系数低,可阻断热量传导与对流;部分材料添加红外反射剂,减少热辐射传递,

实现室内外温度隔离,降低空调、供暖能耗<sup>[1]</sup>。

### 1.3 绿色化的内涵

建筑外墙防火保温材料绿色化涵盖全链条,目标是保障性能同时实现环境友好与资源高效利用。原材料环节,优先选天然可再生资源、工业废弃物或可循环材料,减少对不可再生资源依赖,避免用有毒有害原料,降低风险。生产过程强调低能耗、低污染,优化工艺减少能源消耗,引入回收处理系统控制污染物排放,减少边角料浪费。使用周期中,材料服役期要稳定保持性能,减少维修更换,具备良好透气、防潮性,避免产生有害物质;安装施工要减少扬尘、噪音污染。废弃处理环节,材料要可回收或可降解,无法回收的材料要实现无害化降解,避免形成污染,实现全生命周期绿色管理。

## 2 建筑外墙防火保温材料绿色化的意义

### 2.1 消防安全保障

绿色化发展显著强化建筑外墙防火保温材料的消防安全保障。传统有机保温材料保温好但防火差,火灾中易助燃、释放毒气,阻碍疏散救援;部分无机材料防火佳,却可能因有害辅料或性能衰减影响消防安全。绿色化材料严格筛选原材料,禁用易燃、有毒成分,优化工艺,提升防火等级至A级不燃标准,在复杂环境下能长期保持稳定防火性能,降低防火失效风险。而且,绿色化材料燃烧时几乎不释放有毒有害气体,为人员逃生争取时间,降低伤亡率;其热阻隔性能优异,可延缓火灾对建筑主体结构的破坏,为消防救援赢得宝贵时间,从根本上提升建筑整体消防安全水平。

### 2.2 环境保护贡献

建筑外墙防火保温材料的绿色化,对减少环境污染、保护生态环境具有重要现实意义。从原材料开采环节来看,绿色材料优先选用工业废弃物(如粉煤灰、钢渣)

或天然可再生资源,替代传统材料对天然矿物(如石棉、石英砂)的过度开采,减少对山体、植被等自然生态的破坏,同时实现工业废弃物的资源化利用,降低废弃物填埋、堆放带来的土地污染与土壤重金属超标风险。在生产过程中,绿色化工艺通过引入清洁能源(如太阳能、风能)、优化生产流程(如采用无溶剂发泡技术),大幅减少煤炭、石油等化石能源的消耗,降低二氧化碳、二氧化硫等温室气体与有害气体的排放,缓解大气污染与全球温室效应;同时,绿色材料生产过程中严格控制废水、废渣排放,通过回收处理系统实现水资源循环利用与废渣二次加工,避免生产污水对河流、地下水的污染,减少工业固废对生态环境的侵占<sup>[2]</sup>。在材料使用与废弃阶段,绿色材料因无有毒有害物质释放,可避免对室内空气与室外环境造成污染,且废弃后可通过回收再生或自然降解处理,减少“白色污染”与有毒垃圾的产生,真正实现对生态环境的全周期保护。

### 2.3 可持续发展推动

建筑外墙防火保温材料的绿色化,是推动建筑行业乃至社会可持续发展的重要助力。从能源节约角度来看,绿色防火保温材料凭借优异的保温性能,能有效降低建筑空调、供暖系统的能耗——据统计,采用绿色保温材料的建筑,冬季供暖能耗可降低30%~50%,夏季制冷能耗可降低20%~40%,大幅减少对煤炭、天然气等不可再生能源的依赖,缓解能源供应紧张局面,为能源资源的长期可持续利用奠定基础。从经济可持续发展角度,绿色材料虽初期研发与生产成本可能略高,但在全生命周期内具有显著的经济优势:一方面,其优异的耐久性可减少材料维修、更换的频率与成本,延长建筑外墙保温系统的使用寿命;另一方面,材料生产过程中对工业废弃物的利用,可降低原材料采购成本,同时减少废弃物处理费用,形成“资源-产品-废弃物-再生资源”的循环经济模式,推动建筑行业从“高消耗、高污染、低效益”向“低消耗、低污染、高效益”转型。从社会可持续发展角度,绿色材料的应用能提升建筑室内居住舒适度与健康安全性,减少因材料污染导致的疾病风险,改善居民生活质量。

## 3 绿色防火保温材料的性能优化与测试

### 3.1 防火性能提升

绿色防火保温材料的防火性能优化,需在保障环保属性的前提下,通过配方调整、结构设计与工艺改进实现。配方上,有机材料摒弃有毒卤素阻燃剂,改用环保磷系、氮系复合阻燃剂,搭配纳米蒙脱土、石墨烯提升热稳定性与炭化层致密性;无机材料通过调整矿物比例

(如增加岩棉中玄武岩含量)、优化纤维参数,增强耐高温与热阻隔能力,避免高温失效。结构设计采用“梯度复合”模式:外层用高密度岩棉等强防火无机材料,中层为改性聚苯板等保温有机材料,内层加防火涂料,形成多层协同防火体系;同时在材料拼接处设防火密封槽并填充膨胀密封胶,防止火焰从缝隙蔓延。性能测试严格依据GB8624标准,通过垂直燃烧、氧指数测定(绿色材料需 $\geq 32\%$ )、烟密度测试等,确保材料达A级不燃或B1级难燃标准,再经全尺寸模拟建筑火灾试验,验证实际应用可靠性。

### 3.2 保温性能优化

绿色防火保温材料保温性能优化的核心是提升热阻隔能力、降低导热系数,且不削弱防火与环保属性。材料结构优化方面,有机泡沫材料采用超临界二氧化碳发泡技术,制备小孔径、均匀分布的闭孔结构(闭孔率 $\geq 90\%$ ),减少空气对流传热;无机纤维材料通过调整纤维长度与密度,形成致密纤维网络,间隙填充纳米气凝胶(导热系数约 $0.012\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ),进一步提升保温性。新型材料研发聚焦相变材料与绿色防火材料复合体系:将相变材料(如石蜡、脂肪酸)封装于膨胀珍珠岩、硅藻土等无机多孔载体中,复合进保温材料,利用相变吸热、放热平衡室内温差,减少热量传递,且无机载体可保障防火性<sup>[3]</sup>。保温性能测试依据GB/T10294,用防护热板仪测导热系数(需 $\leq 0.038\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ),热流计法评估不同温度下热流密度以测保温稳定性,再经温湿度循环试验,检测长期使用后导热系数变化率,避免环境导致的性能衰减。

### 3.3 耐久性增强

绿色防火保温材料耐久性优化需从抗老化、抗腐蚀、抗机械损伤入手,保障长期稳定服役。抗老化方面,有机成分高的材料添加环保抗氧剂、紫外线吸收剂,抑制光照高温下的氧化降解与分子链断裂,减少收缩开裂;无机材料通过硅烷偶联剂涂层改性,提升抗风化能力,避免雨水、紫外线导致的粉化脱落。抗腐蚀上,材料配方添加耐酸耐碱改性剂,或表面涂覆水性氟碳涂层,阻断雨水、二氧化硫等腐蚀性物质接触内部结构;同时优化孔隙结构,减少水分渗透,提升防潮性,避免霉变与保温下降。抗机械损伤通过调整配方(如增加复合材料中无机纤维含量)、改进成型工艺(如模压替代切割),提升抗压、抗折、抗冲击强度,减少施工与使用中的破损;柔性材料(如岩棉毡)添加增强纤维,提升撕裂强度,保障结构完整。耐久性测试通过紫外老化、湿热老化等人工加速试验,模拟10~20年环境影响,检测老化后

性能变化率；再依GB/T18250做冻融循环试验，评估材料在高低温交替环境下的抗冻融能力，确保适应不同气候区域。

#### 4 绿色防火保温材料的应用挑战与应对策略

##### 4.1 成本挑战与应对策略

绿色防火保温材料由于采用了环保型原材料和先进的生产工艺，其初期生产成本相较于传统材料高出15%~30%。这一成本差距使得部分追求短期经济效益的建筑企业在选择材料时有所顾虑，从而阻碍了绿色防火保温材料的推广。

为应对成本挑战，可从两个方面着手。一方面，通过规模化生产降低单位成本。建立大型绿色材料生产基地，优化供应链管理，实现原材料的集中采购和生产过程的标准化，提高生产效率，从而分摊固定成本，降低单位产品的生产成本。另一方面，政府应出台相关补贴政策。对使用绿色防火保温材料的建筑项目给予税收减免或财政补贴，减轻建筑企业的成本压力，提高其采用绿色材料的积极性。

##### 4.2 施工适配性挑战与应对策略

绿色防火保温材料施工适配性不足，制约其应用。部分绿色材料（如多层复合保温板、相变保温材料）对施工工艺精度要求高，传统施工技术及设备难以满足。如复合保温板因层间结合特性，传统切割工具易致层间剥离，影响完整性；相变材料施工时温度控制不当，易出现相变泄漏，降低保温性能。此外，施工人员不熟悉绿色材料安装规范，操作不当（如拼接缝隙大、粘结剂过量）会使材料性能衰减，甚至引发安全隐患<sup>[4]</sup>。

应对此问题，需从技术研发与人员培训突破。技术研发方面，开发适配绿色材料的专用施工设备与工艺：为复合保温板研发精准定位、防尘的专用切割机床，避免层间损伤；为相变材料设计模块化安装组件，简化流程、防止泄漏；编写专项施工指南，明确材料存储、切割、粘结、拼接等操作标准，如复合板拼接缝隙控制在2mm以内，粘结剂涂抹均匀。人员培训上，建立“企业+协会+院校”协同机制：企业组织施工人员参加行业协会培训，邀请院校专家与企业技术人员讲解材料特性、施工要点及问题

处理方法；培训后实操考核，颁发专项资格证书，确保规范操作，提升施工质量。

##### 4.3 市场认知度挑战与应对策略

目前，部分开发商和消费者对绿色防火保温材料的性能优势和长期效益了解不够深入，在材料选择时往往更倾向于价格较低的传统材料，导致绿色材料的市场需求不足。

为提高市场认知度，需强化市场推广与科普工作。通过举办行业展会、技术研讨会等活动，展示绿色防火保温材料的实际应用案例和检测数据，让开发商和消费者直观地了解其性能特点和优势。利用媒体平台进行宣传，介绍绿色材料的环保、节能效益，提高公众对绿色建筑的认识和接受度。另外，将绿色材料应用纳入建筑评价体系，如绿色建筑评级，引导市场优先选择绿色防火保温材料，促进其广泛应用。

#### 结束语

建筑外墙用防火保温材料的绿色化研究意义重大，关乎消防安全、环境保护与可持续发展。尽管目前面临成本、施工适配性及市场认知度等挑战，但通过规模化生产、专用设备研发、市场推广科普等策略，能有效推动其广泛应用。未来，需持续优化材料性能，加强技术创新，提升施工水平，提高市场接受度。让绿色防火保温材料在建筑领域发挥更大作用，为构建安全、环保、可持续的建筑环境贡献力量，助力建筑行业迈向绿色发展新征程。

#### 参考文献

- [1]张树广.浅论建筑节能工程外墙保温施工[J].科技经济导刊, 2021, 28(22):35+34.
- [2]卓萍.王国辉.胡胜利.等.国外建筑外保温系统发展动态[J].消防科学与技术, 2020, 29(6):462 - 465.
- [3]刘建志,刘驰宇,陈现景等.可燃级保温材料薄抹灰外墙保温系统建筑防火性能研究[J].工业建筑,2023,53(S2):732-735.
- [4]朱小杨.高层建筑外墙保温系统防火材料选型及防火措施研究[J].中国建筑装饰装修,2022,(02):55-56.