

浅谈新型环保多功能无机聚合物建筑材料

邵丽红 张智慧

郑州西亚斯学院 河南 郑州 451150

摘要：文章围绕新型环保多功能无机聚合物建筑材料展开研究，分析其环保性、多功能性及无机性等特性，阐述以工业固体废弃物为原料的生产机理，探讨材料组成优化、制备工艺改进及性能测试评估等策略。研究表明，该材料在生产与使用过程中能耗低、污染少，兼具力学、防火、耐久等多种性能优势。通过生命周期评估发现，其环保性能显著优于传统材料，符合国内外环保政策法规要求，为建筑行业绿色可持续发展提供了新方向。

关键词：新型环保；多功能无机聚合物；建筑材料

1 新型环保多功能无机聚合物建筑材料特性分析

1.1 环保性

新型环保多功能无机聚合物建筑材料在环保层面展现出显著优势，成为推动建筑行业绿色转型的关键力量。从原材料来源看，这类材料大量采用工业固体废弃物，如粉煤灰、矿渣、偏高岭土等。而将其应用于无机聚合物建筑材料的生产，有效实现了废弃物的资源化利用，大幅减少对天然资源的依赖。在生产过程中，该材料的制备无需高温煅烧，相较于传统水泥生产，能极大降低能源消耗和二氧化碳排放。传统水泥生产需在1450℃左右的高温下进行，每生产1吨水泥约产生1吨二氧化碳；而无机聚合物材料在较低温度甚至常温下即可合成，其碳排放仅为传统水泥的1/3-1/5。材料在使用过程中，不会释放甲醛、苯等有害气体，且具有良好的抗菌性能，能有效抑制细菌和霉菌滋生，为室内营造健康安全的居住环境。当材料达到使用寿命后，还可回收再利用，减少建筑垃圾的产生，真正实现建筑材料全生命周期的绿色环保。

1.2 多功能性

新型环保多功能无机聚合物建筑材料打破了传统建筑材料功能单一的局限，集多种功能于一身。在力学性能方面，其抗压强度可达50-100MPa，抗折强度为5-10MPa，能满足不同建筑结构的承载需求，无论是用于建造高层建筑的承重结构，还是普通住宅的墙体，都展现出良好的结构稳定性。材料具备优异的防火性能，不燃性达到A1级，在火灾发生时不会燃烧、不释放有毒烟雾，能有效延缓火势蔓延，为人员疏散和火灾扑救争取宝贵时间^[1]。在耐久性上，该材料抗冻融循环能力强，经过300次冻融循环后强度损失仍小于5%，耐酸碱腐蚀性能

突出，可在恶劣环境下长期使用。它还具有良好的隔热保温性能，导热系数低至0.1-0.3W/(m·K)，能有效降低建筑物的能耗，减少空调和供暖设备的使用频率，实现节能减排。部分无机聚合物材料还具备自修复功能，当材料出现细微裂缝时，内部的活性成分会与空气中的水分和二氧化碳反应，生成新的矿物相填补裂缝，恢复材料的完整性和性能。

1.3 无机性

无机聚合物建筑材料以其无机特性区别于有机高分子材料，具有独特的性能优势。其化学组成主要为硅铝酸盐，分子结构以硅氧四面体和铝氧四面体为基本单元，通过共享氧原子连接形成三维网络结构。这种结构赋予材料良好的热稳定性，可在高温环境下长期使用而不分解，最高使用温度可达500-800℃，远高于有机材料。由于材料的无机特性，其耐老化性能优异，不易受紫外线、氧气、水分等环境因素影响而发生降解或变质，使用寿命长达50-100年。无机聚合物材料与无机基材（如混凝土、石材）具有良好的相容性，在复合使用时能形成牢固的界面结合，提高整体结构的稳定性和耐久性。同时材料的无机成分使其具有较低的吸水性，可有效防止水分渗透，避免因潮湿导致的发霉、腐烂等问题，适用于潮湿环境和地下工程。

2 新型环保多功能无机聚合物建筑材料的生产机理

2.1 原材料选择与分析

新型环保多功能无机聚合物建筑材料的原材料选择是其实现环保与高性能的基础。工业固体废弃物是主要原料来源，不同废弃物的化学成分和物理性质对材料性能有重要影响。粉煤灰中含有大量的活性二氧化硅和氧化铝，其玻璃体含量越高，活性越强，越有利于与碱性激发剂反应生成无机聚合物凝胶。矿渣主要成分是硅酸钙和铝酸钙，具有较高的潜在水硬性，经过粉磨细化

基金项目：2024年河南省民办普通高等学校专业建设资助项目（教政法〔2023〕369号）

后,在碱性条件下能迅速发生水化反应,提高材料的强度和耐久性。偏高岭土是高岭土经过500-700℃煅烧后得到的活性产物,其结构中的硅氧键和铝氧键被破坏,活性大幅提高,可显著改善材料的早期强度和耐高温性能。除工业固体废弃物外,还需添加碱性激发剂,如氢氧化钠、氢氧化钾、硅酸钠等,用于激发原材料的活性,促进无机聚合物的形成,适量的添加剂,如减水剂、缓凝剂、纤维等,可进一步调节材料的工作性能和力学性能。

2.2 生产工艺与技术路线

新型环保多功能无机聚合物建筑材料的生产工艺主要包括原材料预处理、混合搅拌、成型养护等环节。原材料预处理是关键步骤,工业固体废弃物需经过破碎、粉磨等处理,使其粒度达到一定要求,以提高材料的活性和反应均匀性。碱性激发剂通常配制成一定浓度的溶液,与预处理后的固体原料按比例混合,在搅拌设备中充分搅拌,使物料均匀分散,形成具有良好流动性的浆体。成型过程根据产品需求可采用浇注、压制、挤出等方式,将浆体注入模具或通过成型设备制成所需形状^[2]。养护环节对材料性能影响显著,可采用常温养护、湿热养护或蒸汽养护等方式。常温养护操作简单、成本低,但养护时间较长;湿热养护和蒸汽养护能加速无机聚合物的反应进程,缩短养护周期,提高生产效率,同时可显著提高材料的早期强度和密实度。

2.3 生产过程中的环保措施

在新型环保多功能无机聚合物建筑材料的生产过程中,采取了一系列环保措施,确保生产活动对环境的影响降至最低。在粉尘治理方面,对原材料破碎、粉磨等产尘环节配备高效除尘设备,如布袋除尘器、旋风除尘器等,将粉尘收集处理后达标排放,有效减少大气污染。生产过程中产生的废水主要来自设备清洗和场地冲洗,通过设置废水处理系统,采用沉淀、过滤、中和等工艺,将废水中的悬浮物、重金属离子等污染物去除,实现废水的循环利用,减少水资源浪费。对于生产过程中产生的噪声,通过合理布局生产设备、采用低噪声设备、安装隔音设施等措施进行控制,确保厂界噪声符合国家标准。优化生产工艺,提高原材料利用率,减少废弃物产生;对无法再利用的废弃物进行妥善处置,避免二次污染。

3 新型环保多功能无机聚合物建筑材料的性能优化策略

3.1 材料组成优化

材料组成优化是提升新型环保多功能无机聚合物建

筑材料性能的核心策略,其本质在于通过精准调控原材料配比,实现材料性能的定向优化。以偏高岭土为例,研究显示,当偏高岭土掺量从10%提升至30%时,材料1天抗压强度可从20MPa跃升至45MPa,3天强度增长幅度超过60%,这得益于偏高岭土中高活性的硅铝组分与碱性激发剂快速反应,形成致密的三维网络结构。然而当掺量超过40%时,材料流动性显著下降,工作性能恶化,因此需在强度提升与施工便捷性间寻求平衡。粉煤灰与矿渣的协同搭配同样至关重要,在某工程实践中,采用60%粉煤灰与30%矿渣的配比,不仅使材料生产成本降低25%,且28天抗压强度稳定维持在65MPa以上。这是因为粉煤灰的球形颗粒可优化浆体流变性能,矿渣的高钙特性则强化了后期强度发展^[3]。纳米材料的引入为材料性能提升开辟新路径,纳米二氧化硅的添加量为1%-3%时,可使材料孔隙率降低15%-20%,弹性模量提高10%-15%,显著增强材料的密实度与力学性能。纤维增强方面,0.5%-1%的碳纤维可使材料抗裂性能提升30%-40%,聚丙烯纤维则在抑制塑性收缩裂缝方面表现突出,有效延长材料的使用寿命。

3.2 制备工艺改进

制备工艺的精细化改进对新型环保多功能无机聚合物建筑材料的性能提升具有决定性作用。在搅拌工艺优化上,采用行星式强制搅拌机替代传统自落式搅拌机,配合高速分散叶轮,可使物料混合均匀度提高40%,反应活性物质分布更加均衡。研究表明,将搅拌速度从60r/min提升至120r/min,材料早期强度可提高20%-25%,这是因为高速搅拌促进了碱性激发剂与固体废弃物的充分接触,加速了聚合反应进程。成型工艺的优化需结合材料特性与产品需求,对于薄壁制品,采用真空振动成型技术,可使制品内部气泡含量降低50%以上,密度提高8%-10%,显著改善外观质量与力学性能;对于大体积构件,挤压成型配合智能温控模具,能有效控制成型过程中的水分蒸发与温度梯度,避免因收缩产生裂缝。养护工艺方面,某实验室通过正交试验发现,在60℃蒸汽养护条件下,材料1天强度可达标准养护7天的水平;而对于大规模生产的墙体材料,采用“常温养护24h+60℃湿热养护48h”的制度,既能保证早期强度满足施工要求,又可将养护成本降低30%,实现性能与成本的双重优化。

3.3 性能测试与评估方法

科学全面的性能测试与评估是新型环保多功能无机聚合物建筑材料研发与应用的重要保障。力学性能测试中,抗压强度测试采用标准立方体试件(150mm×150mm×150mm),依据《普通混凝土力学性

能试验方法标准》(GB/T50081),在2000kN压力试验机上以0.5-0.8MPa/s的加载速率进行测试,可精准反映材料的承载能力;抗折强度测试则通过三点弯曲试验,分析材料受弯破坏时的应力-应变关系。耐久性测试方面,冻融循环试验采用快冻法,将试件置于-20℃至5℃的环境中循环300次,通过测量质量损失率与强度损失率评估材料的抗冻性能;酸碱腐蚀试验则将试件浸泡于pH值为3的硫酸溶液或pH值为12的氢氧化钠溶液中,定期检测强度变化,以评价材料的耐腐蚀能力。热工性能测试借助防护热板法导热系数测定仪,在稳定热流条件下测量材料的导热性能,精度可达±3%。微观结构分析中,扫描电子显微镜(SEM)可直观呈现材料的微观形貌,揭示孔隙分布与凝胶结构特征;X射线衍射仪(XRD)则通过分析衍射图谱,确定材料的物相组成与晶体结构变化。

4 新型环保多功能无机聚合物建筑材料的环境影响评价

4.1 生命周期评估(LCA)方法应用

生命周期评估(LCA)是全面评价新型环保多功能无机聚合物建筑材料环境影响的有效方法。该方法从原材料获取、生产加工、运输使用到废弃处理的全生命周期角度,对材料的资源消耗、能源使用、污染物排放等环境影响进行量化分析。在原材料阶段,评估工业固体废弃物的回收利用对自然资源节约和废弃物减排的贡献;生产阶段重点分析能源消耗和碳排放情况,与传统建筑材料生产过程进行对比;使用阶段考虑材料的节能效果,如隔热保温性能对建筑物能耗的影响;废弃阶段评估材料的可回收性和再利用潜力,以及最终处置对环境的影响。

4.2 与传统建筑材料的环保性能对比

与传统建筑材料相比,新型环保多功能无机聚合物建筑材料在环保性能上具有明显优势。在资源消耗方面,传统水泥生产依赖大量石灰石等天然资源,而无机聚合物材料以工业固体废弃物为主要原料,减少了对天然资源的开采。能源消耗上,其生产过程能耗远低于传统水泥和陶瓷等材料。在使用过程中,传统建筑材料的隔热保温性能较差,导致建筑物能耗较高;而无机聚合物材料的低导热系数能有效降低建筑能耗。废弃后,传

统材料难以回收利用,大量建筑垃圾对环境造成严重负担;无机聚合物材料可回收再加工,减少废弃物排放,实现资源循环利用。

4.3 环保政策与法规的遵循情况

新型环保多功能无机聚合物建筑材料的研发、生产和应用高度契合国家和国际的环保政策与法规。我国出台了一系列鼓励资源综合利用、节能减排的政策,如《工业绿色发展规划(2016-2020年)》等,明确支持工业固体废弃物的资源化利用。该材料的生产符合这些政策要求,在减少废弃物排放、降低能源消耗方面成效显著,可获得政策支持和优惠^[4]。在国际上,欧盟的《建筑能效指令》《废弃物框架指令》等法规对建筑材料的环保性能提出了严格要求。新型环保多功能无机聚合物建筑材料在环保指标上达到或超过这些标准,有利于其在国际市场的推广应用。企业在生产过程中严格遵守环保法规,通过环境管理体系认证,确保生产活动符合环保要求,实现可持续发展。

结束语

新型环保多功能无机聚合物建筑材料凭借资源高效利用、性能多元及环境友好的特点,在建筑领域展现出巨大潜力。其从生产到应用的全流程绿色化,不仅推动建筑材料行业的技术革新,也为解决工业废弃物处理、降低碳排放等环境问题提供有效方案。随着研究的深入和技术的成熟,未来有望进一步优化性能、降低成本,扩大应用范围,成为建筑行业实现碳中和目标与可持续发展的重要支撑。

参考文献

- [1]李懿轩,孙俊奇.基于聚合物复合物的自修复与可修复聚合物材料[J].高分子学报,2020,51(08):791-803.
- [2]陈劭.施工企业材料管理中存在的问题及措施[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2021(7):93.
- [3]孔令余.建筑材料与建筑材料的管理研究[J].数码精品世界,2020(3):277.DOI:10.12277/j.issn.1009-0428.2020.03.262.
- [4]黄繁.建筑施工过程中建筑材料管理研究[J].建材发展导向(下),2020,18(7):322.