

阻燃地板专利技术解析及其制备工艺优化策略研究

邱晓强

浙江创通木业有限公司 浙江嘉兴 314000

【摘要】伴随建筑安全与绿色发展需求的上扬，迫切需要优化阻燃地板工艺，针对混合及检测环节存在的技术短板，融合如微流控、太赫兹光谱这般的的前沿技术，实现混合工艺创新，达成检测体系完善。凭借研发智能混炼装备、构建动态检测标尺、搭建智慧检测载体，达成生产效率上扬、能耗下降及质量全周期监管，研究成果为阻燃地板产业往高效、绿色、智能化转型供给技术路径，促进该行业标准化迈进。

【关键词】阻燃地板；专利技术；制备工艺；优化策略

Analysis of flame retardant floor patent technology and optimization strategy of preparation process

Qiu Xiaoliang

Zhejiang Chuangtong Wood Industry Co., LTD., Jiaxing, Zhejiang 314000

【Abstract】 With the rising demand for building safety and green development, there is an urgent need to optimize flame-retardant floor processes. To address the technical shortcomings in mixing and testing stages, cutting-edge technologies such as microfluidics and terahertz spectroscopy are integrated to innovate mixing processes and improve the testing system. By developing intelligent blending equipment, establishing dynamic testing standards, and creating smart testing platforms, production efficiency can be increased, energy consumption reduced, and quality monitored throughout the entire lifecycle. These research findings provide a technical pathway for the flame-retardant floor industry to transition towards higher efficiency, greener practices, and smarter operations, promoting standardization in the sector.

【Key words】 flame retardant floor; patented technology; preparation process; optimization strategy

引言

由建筑安全与绿色发展理念所驱动，阻燃地板的性能、生产工艺成为行业瞩目的要点，传统工艺碰到效率不高、能耗较多、质量管控粗放的瓶颈，难以达到市场对高性能阻燃地板的要求。突破混合与检测技术瓶颈，融合微流控、太赫兹光谱等前沿技术，构建智能化生产与质量管控体系，不只是关乎产品品质的进阶，更是促进阻燃地板产业向数字化、标准化转变的核心途径。

1 阻燃剂专利解析

1.1 无机剂的应用

凭借成本不高、无毒环保和可抑制烟雾的特性，成为给橡胶地板阻燃的常用材料，从专利技术层面看，采用偶联剂开展改性操作，提高其与橡胶基体的相容性，能达成大量添加的情形，维持地板机械性能，同时保证阻燃效果达成，以

新型无机阻燃剂身份存在的纳米级氢氧化镁，呈现出比表面积大、阻燃效率高的特质，受热分解时产生的水蒸气可实现对可燃气体浓度的稀释，分解生成的氧化镁可塑造隔热隔氧的保护屏障。在聚烯烃阻燃地板材料的相关专利里，纳米氢氧化镁与氢氧化铝复合运用，依靠彼此协同之力，在阻燃剂总添加量减少的情形当中，使地板的氧指数增长至 35 以上（国标 B1 级标准为氧指数 ≥ 32 ），达到更高水准的消防安全标准线，引领阻燃地板朝高效环保方向拓展。

1.2 有机剂的改良

磷系有机阻燃剂借助引入特殊官能团，加大与树脂基体的化学键合力度，像含有磷酸酯结构的这类阻燃剂，其分子内的磷 - 氧 - 碳键能与聚烯烃树脂分子链发生交联反应，使阻燃剂在树脂内部实现更均匀分散，杜绝产生团聚现象，增强阻燃的持久度和材料的力学性能指标^[1]。经结构设计，氮系有机阻燃剂优化了气相阻燃效果，将多氨基结构引入三聚氰胺衍生物，受热分解期间释放出大量的不燃气体，能更高效地稀释氧气含量及捕捉自由基，在实木复合地板配用的

UV 固化型阻燃涂料专利技术里, 实行磷系与氮系有机阻燃剂的复配操作, 且实施微胶囊化处理, 不仅增进了阻燃剂与涂料树脂的兼容性, 还做到了阻燃剂的可控释放操作, 促使涂膜阻燃性能提升之际, 耐候性、耐磨性等综合性能攀上新高度, 为阻燃地板功能升级提供技术后盾。

2 工艺专利剖析

2.1 复合工艺创新

多层复合结构设计而言, 专利技术借助构建功能性梯度层达成性能协同, 新型阻燃地板采用的复合结构包含平纹编织层、阻燃增强层、缓冲减震层与耐磨表层: 平纹编织层赋予地板基础强度; 纳米级阻燃填料及纤维增强体嵌入到阻燃增强层, 遭遇火灾时形成紧实炭层, 切实阻隔热量蔓延; 采用发泡阻燃材料作为缓冲减震层, 减小行走发出的噪音, 提升整体舒适度; 采用 UV 固化技术处理耐磨表层, 造就兼具高硬度及阻燃性的涂层, 加大日常耐磨力度。从工艺技术革新的角度看, 将动态压力调控系统引入热压复合技术, 按照各层材料成型特性及热膨胀系数, 在升温进程中实时调整压力曲线, 推动各层材料在分子级别紧密契合, 防止各层材料分离, 有效缩短成型的整体周期。3D 打印复合技术通过逐层堆积阻燃树脂与增强材料, 精准控制材料分布, 实现局部高阻燃强度与整体轻量化的协同优化, 符合高端建筑对定制化阻燃地板的诉求, 助力行业朝着智能化、精准化迈进,

2.2 干燥技术突破

就原理完善的层面而言, 应用微波干燥技术进行阻燃地板生产, 依靠微波与材料分子的高频相互作用, 使水分的迁移速度提升好几倍, 把干燥时长从传统热风干燥所需的数小时缩减到几十分钟, 而且干燥后材料的含水率波动范围被控制在正负 0.5% 以内, 成功规避因局部含水率参差不齐引发的地板变形问题。针对高吸水性阻燃材料采用真空冷冻干燥技术, 处于 -50°C 低温以及 10Pa 真空的环境内, 让水分实现直接升华, 材料微观孔隙结构的完整保留率达到 95% 及以上, 阻燃剂有效成分的损失不足 3, 特别对含生物基阻燃剂地板的干燥很适用^[1]。谈及设备优化相关事宜, 多级串联式干燥设备把预干燥、深度干燥及平衡干燥功能整合起来, 首个预干燥层级, 借助 20°C 低温与 5m/s 风速迅速除去表面水分, 完成处理仅需 15 分钟; 第二级深度干燥阶段采用红外辐射法, 让材料内部温度均匀地攀升至 60°C , 完全消除掉内部水分; 第三番的平衡干燥阶段, 精准把控环境湿

度至 50%RH, 稳定住地板的含水率, 装置搭载的余热回收体系, 可让每吨地板生产节省约 $120\text{kW}\cdot\text{h}$ 电能, 所配备的智能监测系统按每秒 10 次的频次采集温度、湿度等参数, 自动校准运行状态, 实现干燥进程精细化管控, 为阻燃地板高效绿色生产筑牢技术后盾。

3 原材料优化策

3.1 阻燃剂优选法

阻燃剂优选侧重绿色高效智能方向, 借材料创新与体系搭建增强阻燃地板综合性能, 次磷酸铝为内核、改性硅烷聚合物为外壳的核壳结构复合阻燃剂用于橡胶地板时, 可将阻燃剂在基体中的分散粒径控制在 500 纳米以内, 让材料拉伸强度保持在 15MPa 以上, 断裂伸长率达到 300mm/mm, 实现阻燃性能与力学性能的平衡。锥形量热测试显示, 该体系热释放速率峰值降至 $200\text{kW}/\text{m}^2$, 烟密度指数低于 50, 呈现出良好的阻燃抑烟效果。“磷-氮-硼”三元协同阻燃体系打破传统阻燃限制, 在聚烯烃地板材料中添加 30 份该复合阻燃剂, 能使材料在 UL-94 垂直燃烧测试中达到 V-0 级标准, 燃烧时无熔滴滴落引燃脱脂棉的情况, 热重分析表明, 该材料在 600°C 时的残炭率超过 35%, 形成的膨胀炭层厚度达 2mm, 能有效阻隔热量和氧气传递。以蓖麻油为原料经改性后氧指数可达 32 的生物基阻燃剂, 在土壤环境中 6 个月内可完全降解。用该阻燃剂制备的地板, 挥发性有机化合物 (VOC) 释放量低于 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$, 远低于国家标准限值, 其分子结构中的长碳链与聚烯烃树脂相容性良好, 添加量达 20 份时仍能保持材料的加工流动性, 熔体流动速率维持在 5g/10min 左右, 将相变材料与阻燃成分复合的智能响应阻燃剂, 在环境温度升至 60°C 时, 相变材料开始吸热, 使材料温度上升速率减缓至 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 温度达到 200°C 时, 阻燃剂迅速分解形成连续致密的炭层, 经测试, 该炭层热导率仅为 $0.1\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, 能有效抑制火势蔓延。

3.2 树脂基改良

树脂基改良围绕高性能、多功能和场景适应性展开, 通过分子结构设计与复合体系构建提升地板综合性能, 超支化聚合物改性环氧树脂的玻璃化转变温度提升至 120°C , 邵氏硬度达 85D, 弯曲强度超过 100MPa, 其独特三维网络结构使分子间交联密度增至传统环氧树脂的 3 倍, 与阻燃剂结合位点显著增多, 大幅提升阻燃稳定性, 梯度功能化复合树脂体系在多层地板中表现优异, 表层添加 15 份耐磨改性剂后,

地板耐磨转数可达 10000 转以上,满足商业场所使用需求^[1]。中间阻燃层通过纳米粒子填充,使阻燃粒子分散密度达到 10^{12} 个/ m^3 ,形成连续阻燃屏障;底层增韧树脂使层间粘接强度达到 5MPa,确保地板结构稳定,耐候型氟碳树脂基复合材料引入三氟甲基基团后,经 1000 小时人工加速老化测试,光泽度保持在 85GU 以上,色差 $\Delta E < 2$,添加纳米二氧化钛后材料氧指数达到 28,既能满足建筑外墙装饰耐候需求,又具备良好阻燃性能,其涂层铅笔硬度可达 3H,耐冲击性达到 $50\text{kg} \cdot \text{cm}$,具有出色机械性能,智能响应树脂基材料将形状记忆聚合物与阻燃树脂复合,在 80°C 环境下,材料 30 秒内即可完成形状回复并自动封堵缝隙,模拟火灾测试显示该材料可使火势蔓延速度减缓至 $0.1\text{m}/\text{min}$,有效阻止火焰扩散,热重分析表明该复合树脂在 300°C 以下的质量损失低于 5%,展现出良好热稳定性。

4 工艺质控优化

4.1 混合工艺升级

微流控混合技术通过微米级通道设计,实现纳米级阻燃剂与树脂精准分散,物料混合时间缩至数秒,分散精度达 30 纳米,有效解决传统工艺团聚问题,尤其适用于超薄阻燃地板涂层制备,使涂层透光率保持在 85 以上,满足高端建筑装饰需求,双转子连续混炼机采用非对称偏心转子结构,转子转速差设为 3:2,配合梯度温度场控制(进料区 80°C 、混炼区 140°C 、出料区 120°C),物料在混炼腔内经历 12 次以上周期性剪切变形,在热塑性弹性体基阻燃地板生产中,该设备将混炼时间从 20 分钟缩至 5 分钟,能耗降至传统设备的 60%,且物料温度波动控制在 $\pm 3^\circ\text{C}$,保障产品质量稳定。超临界流体辅助混合技术以二氧化碳为介质,在 7.38MPa 压力与 31.1°C 临界条件下,物料扩散系数提升至 $0.1\text{cm}^2/\text{s}$,混合效率提高 4 倍,在环保型水性阻燃地板胶制

备中,该技术使阻燃剂分散粒径降至 200 纳米,胶黏剂粘接强度达到 4MPa,同时避免有机溶剂使用,生产过程挥发性有机物(VOC)排放量趋近于零。基于工业互联网的智能混合系统集成 200 余个传感器,实时采集温度、压力、扭矩等参数,通过边缘计算实现设备自调节。

4.2 检测体系完善

太赫兹时域光谱技术实现阻燃地板内部缺陷快速检测,扫描速度每秒 10 帧,可识别 0.3 毫米以下分层、空洞缺陷,检测深度 12 毫米,单次检测耗时 5 秒,较超声检测效率提升 8 倍,检测准确率超 98%。激光诱导击穿光谱(LIBS)技术 2 秒内完成阻燃剂元素定量分析,检测限低至 0.1ppm,能同时测定磷、氮、镁等 20 余种元素含量,测量误差控制在 $\pm 2\%$ 以内,满足欧盟 REACH 法规对有害物质限量检测要求^[4]。设备配合自动进样系统日检测样本量达 500 个。针对装配式建筑模块化阻燃地板,制定含 12 项指标的快速装配性能与阻燃协同检测规范。模拟振动测试设定振幅 5mm、频率 10Hz 工况,持续测试 2 小时后,结合氧指数测试评估产品动态环境下的阻燃稳定性,确保阻燃性能波动不超过 1 个单位。智慧检测生态平台整合 50 余台智能检测设备,通过 5G 网络实现数据实时传输,数据处理延迟低于 10 毫秒。

结语

阻燃地板专利技术解析及制备工艺优化是驱动行业进步的核心动力,剖析阻燃剂、工艺等专利技术要点,从原材料、工艺过程至质量控制多维度提出优化策略,实现混合、检测等工艺升级。这些成果有效提升阻燃地板性能与质量,贴合绿色、智能发展理念,满足市场对消防安全与产品品质的双重需求,为阻燃地板行业技术革新及可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]赫艳荣,吴玉章,张景朋,等.地板用紫外光固化阻燃涂料的开放式制备工艺[J].林业工程学报,2022,7(04):174-180.
 - [2]付金奎,耐磨阻燃地板膜.浙江省,浙江铭龙新材料科技有限公司,2020-12-01.
 - [3]吴绍利,王玮,何小刚,等.阻燃橡胶地板的抗静电性能[J].弹性体,2019,29(03):47-51.
 - [4]唐周梅,秸秆/木粉无机胶凝无醛阻燃地板基材的研制.浙江省,浙江兔宝宝装饰新材股份有限公司,2017-12-29.
- 作者简介:邱晓强(出生年份-1991.4),男,汉族,籍贯:浙江嘉兴,学历:本科,职称:工程师,研究方向:木地板、家具、装饰板、木制品的生产及其相关技术工艺研究。