

复合地板用脲醛树脂胶粘剂甲醛释放规律及其影响因素研究

桑小龙

辰泓建设发展有限公司 河北 邯郸 056000

摘要: 本文深入研究复合地板用脲醛树脂胶粘剂的甲醛释放规律及其影响因素,对脲醛树脂合成原理及其在复合地板生产中的应用进行深入剖析,采用实验验证与理论论证相结合的研究路径,探讨温度、湿度、时间等因素对甲醛释放量的影响规律,甲醛释放速率的演变趋势表现为初期快速上升、后期缓慢下降的阶段性特征,温度与湿度对释放过程的影响显著,对降低建筑材料中甲醛释放的预防措施进行了探讨,本研究的目的是为强化复合地板的环保性能提供理论支撑与实际操作指南。

关键词: 甲醛释放速率;复合地板;温度;湿度

1 引言

鉴于民众生活条件的明显改善,居住环境品质的要求水平持续攀升,室内空气质量问题逐渐成为公众关注的焦点,引起了广泛关注,甲醛污染现象在该领域内表现尤为明显,当前市场上,复合地板作为一类普遍采用的地面装饰材料,以其美观大方、耐磨耐用、安装操作简便等特性著称,消费者普遍赞誉[1]。复合地板的制造工艺中,脲醛树脂胶粘剂作为粘接介质被大量采用,该产品采用甲醛与尿素为原料,通过缩聚反应制备而成的高分子化合物,复合地板的使用,对室内甲醛污染的贡献不容忽视,一种无色、具有明显刺激性的气体,属于挥发性有机化合物范畴,世界卫生组织将其纳入一类致癌物质的范畴。持续暴露于甲醛含量超过国家标准的室内空间内,对人体健康构成重大威胁,所述症状涉及眼部、鼻腔、咽喉部刺激感、呼吸道症状及皮肤过敏反应等症候群,病情严重时,白血病、鼻咽癌等重大疾病的发病率有显著上升的趋势,特别照顾孕妇、婴幼儿及老年人等易感人群,甲醛的毒害效应显著放大[2]。

2 脲醛树脂胶粘剂概述

2.1 合成原理

脲醛树脂的合成技术涉及一个由多个反应阶段构成的复杂有机化学合成体系,本项研究对尿素与甲醛缩聚反应的化学过程及其在相关领域的应用进行了全面探讨,在弱碱性情境中,尿素与甲醛的反应首先经历加成反应阶段,制备一羟甲基脲以及二羟甲基脲等羟甲基脲类衍生物。反应序列逐步实施,在酸性作用域内,羟甲基脲分子间的化学反应以缩聚反应为主,形成高分子聚合物,合成特定分子量的脲醛树脂,缩聚反应中,分子链的连接主要依靠醚键($-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-$)和亚甲基键($-\text{CH}_2-$)的化学键合,伴随生成反应,水作为副产物亦同步产出。在制备与合成阶段,温度、pH值以及尿素与甲醛的摩尔比等反应条件对脲醛树脂的结构与性能产生显著影响,甲醛与尿素摩尔比偏高,树脂羟甲基含量呈现增长趋势,进而显著提升了胶粘剂的粘接强度,此举亦可能引起甲醛释放量的增加反应[3]。

2.2 在复合地板中的应用

在复合地板的生产制造阶段,脲醛树脂胶粘剂在粘接工艺中占据核心地位,本技术旨在将耐磨层、装饰层、基材层以及平衡层等不同层次材料牢固地粘结在一起,赋予复合地板优异的物理力学特性,以市面上常见的浸渍纸层压木质地板,亦即强化地板为典型,对装饰性纸张及耐磨性纸张实施脲醛树脂胶粘剂的浸渍作业,实现材料对胶粘剂的充分吸附,采用高温高压技术对基材(通常为中密度纤维板或刨花板)进行热压复合处理。在热压工艺实施阶段,脲醛树脂胶粘剂进入固化反应阶段,构建三维网络空间结构,实现各层材料间的牢固粘接,地板应具备卓越的耐磨、防水及尺寸稳定性性能,在脲醛树脂的合成过程中,往往存在部分未完全反应的游离甲醛残留,亦需评估其在运用阶段所遭遇的外部环境因素的干扰效应,甲醛的释放过程将逐步分解,并逐步向外界扩散释放至环境中,该现象对室内空气质量安全构成潜在的污染威胁[4]。

3 甲醛释放规律研究

3.1 实验设计与方法

对复合地板中脲醛树脂胶粘剂释放甲醛的动态规律进行系统的学术分析,实施了一系列实验性研究活动,本次实验采用的样本为市场上普遍销售的复合地板产品,依照《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》的国家规定,采用1立方米气候箱测试手段,对甲醛释放量进行科学检测。该实验装置由1立方米气候舱、空气采样系统以及甲醛检测仪器等关键设备组成,将复合地板样本置于气候模拟装置中,进行气候环境适应性检验,对气候箱内部环境进行精确调控,涉及温度、湿度及空气交换率等参数,以实现设定值,构建与实际应用场景高度相似的仿真实验平台,在规定的节点上对气候箱内的空气样本进行采集活动,采用分光光度计等甲醛检测仪器对样品中的甲醛浓度进行定量分析,对各个时间点甲醛释放量进行数据收集与存档整理。

3.2 甲醛释放量随时间的变化

对实验数据结果进行深入剖析,实验数据表明,复合

地板的甲醛释放速率随时间推移呈现出初期迅速、后期逐渐减缓的演变轨迹,在初始阶段,甲醛的扩散速率显著偏高,排放量迅猛增长,就复合地板的生产工艺环节而言,部分游离甲醛聚集在材料表层及其邻近部位,挥发性组分易于迅速进入大气环境。随着时间的不断延伸,甲醛的挥发速率正逐步降低,显示出减缓的迹象,释放量的增长速度正逐步减缓,该现象系因表层的甲醛含量逐步降至释放极限所致,甲醛在深层胶层内的释放,必须借助扩散作用,穿越材料内部结构,才能进入空气,扩散现象的进展速度较为平缓,表现出渐进性,引起释放效率的下降 [5]。

3.3 甲醛释放的阶段特征

对甲醛释放机理进行深入剖析,本事项可被拆分为三个阶段:初始快速释放阶段、中期逐步释放阶段和后期稳定释放阶段三个阶段,在初始阶段的迅猛释放阶段,甲醛的生成主要源自材料表面及浅层胶层中未充分反应的游离甲醛,以及某些不稳定的低聚物分解所释放的甲醛。本阶段甲醛的释放比例在总释放量中占据了较高的比重,表层甲醛的释放效果在数月内即可实现大部分的释放,随着时序的演进,逐步过渡至中位阶段,释放速率呈现出逐步降低的态势,表层甲醛的挥发过程已接近尾声,甲醛在深层胶层结构中,借助扩散机制,正逐步向外环境释放。鉴于扩散现象在材料微观结构中遭遇阻碍,释放过程明显减慢,本阶段持续周期较长,其持续时长可长达数年,当前阶段为后期稳定发布期,目前甲醛的排放量已达到极低标准,逐步达到一个相对稳定的水平面,目前所检测到的甲醛释放,主要是由脲醛树脂在长期使用过程中逐步分解所导致的少量甲醛释放,材料深处含有不易散布的甲醛残留,目前这一阶段的甲醛排放浓度较低,鉴于其持续期间的延长。

4 影响甲醛释放的因素

4.1 温度的影响

在甲醛释放的诸多影响因素中,环境温度占据着核心地位,实证分析揭示,气温每上升十个摄氏度阶数,甲醛的挥发量增速增至1至2倍,气温升高阶段,分子热运动的激烈程度加剧,脲醛树脂分子结构中的化学键活性呈现明显增强趋势,提高甲醛从树脂材料中释放并扩散至空气中的效率。温度的上升对材料内部甲醛扩散速率具有加速效应,进而激发其释放潜能,在酷暑盛行的夏季气候环境中,室内气温偏高,复合木地板的甲醛释放水平往往呈现出较为明显的上升态势,研究资料证实,当室内气温由20摄氏度过渡至30摄氏度阶段,实验数据表明,复合木地板的甲醛释放量增幅可达50%至100%,夏季高温期间,室内甲醛污染对人体的不适体验加剧,这一现象提示我们关注室内空气质量对健康的潜在影响。

4.2 湿度的影响

湿度对甲醛挥发速率的影响显著,这一现象揭示了两

者之间的内在联系,环境湿度状况出现上升变化,特定条件下,脲醛树脂分子中的某些化学键将发生水解反应,甲醛的散发量出现增长,水分含量上升了10个百分点,甲醛的逸出量增长了15%至20%。此现象的产生,可归结为水分子与脲醛树脂中特定基团的相互作用,对分子结构的稳定性进行破坏性干扰,实现甲醛分解的机理,湿度水平上升明显,材料表面将构筑一层薄薄的水性隔离膜,本措施有利于甲醛溶解与扩散速率的提高,持续强化其释放速度的加速,我国东南部湿润气候带,考虑到空气中湿度水平较大,北方干燥地区复合木地板的甲醛释放量,往往高于其他气候条件下的释放水平。

4.3 通风条件的影响

良好的空气流通条件对降低室内甲醛浓度具有积极影响,实施强化复合地板甲醛挥发效率的优化方案,在通风效果显著的场所,室内环境中甲醛的释放过程持续不断地向室外扩散,维持室内甲醛浓度在较低的安全界限,实现了对材料表面与空气中甲醛动态平衡的打破,按照扩散规律,复合木地板所含甲醛将持续向空气中低浓度区域扩散,力求实现新的平衡模式,该现象促进了甲醛的快速释放,在既定环境内,在通风条件较好的室内空间内,复合地板的甲醛释放水平往往显著高于通风不良的室内环境,维持室内空气质量,通风换气是降低甲醛含量的有效途径。

4.4 复合地板自身特性的影响

复合木地板的固有物理化学性质探讨,考虑板材密度、胶粘剂使用量及品质等关键指标,该要素亦将对甲醛的释放量造成一定影响,板材的密度水平偏高,内部结构的紧密性明显,材料内部甲醛的扩散路径呈现延长趋势,扩散阻抗水平上升,降低甲醛的挥发频率,必须强调的是,高密度复合板材在分解过程中若释放甲醛,其内部甲醛含量较高,甲醛释放过程呈现缓慢态势,持续释放的持续时间或许会增长,胶粘剂的使用量及其品质对甲醛释放量的影响具有显著的相关性,胶粘剂的使用量呈增长态势,该样本的甲醛含量呈现递增趋势,甲醛的释放量亦呈现出增长现象,该胶粘剂的质量堪称上乘,该分子的结构稳定性水平明显提高,该物质在合成与使用阶段,游离甲醛的含量低于一般水平,本方法有效降低了复合地板的甲醛释放水平,基于低甲醛释放型脲醛树脂胶粘剂或无醛胶粘剂技术生产的复合地板产品群,本产品甲醛释放量较一般产品明显减少。

5 降低甲醛释放量的措施

5.1 优化脲醛树脂胶粘剂配方

对尿素与甲醛的摩尔比进行科学配比优化,减少甲醛的用量,本方法可有效降低脲醛树脂中的游离甲醛含量,甲醛与尿素摩尔比由传统1.5至2.0比降至1.0至1.2比之际,针对甲醛释放问题,脲醛树脂的改进措施取得了显著

成效,实现了甲醛释放量的明显减少。在合成阶段适量加入改性添加剂,诸如三聚氰胺、苯酚等化学物质,通过本方法,可对脲醛树脂的分子结构进行有效改良,提升其结构稳定性能水平,采取有效措施降低甲醛的释放速率,采用三聚氰胺改性的脲醛树脂合成技术,分子结构中引入了三聚氰胺所形成的环状结构片段,大幅增加了树脂的交联度,增强甲醛的分解阻力。

5.2 改进复合地板生产工艺

在复合地板的生产阶段,改进热压工艺参数对于降低甲醛释放量具有显著的正向效应,适度提升热压处理过程中的温度参数并适当延长热压持续时间,实现脲醛树脂胶粘剂的全面固化,降低游离甲醛未反应的累积量,必须强调的是,热压过程中,若温度过高或时间过长,将对板材的物理力学性能产生不良后果,为优化热压工艺,必须通过实验手段确定其最佳工艺参数组合,运用前沿的生产工艺,对复合地板实施表层封闭工艺,本系统设计可高效防止室内甲醛的散发,执行三聚氰胺浸渍纸贴面处理工艺,在复合地板表层形成了一层高密度的保护层,本方法显著降低了甲醛的释放水平。

5.3 后处理技术

实施复合地板的后处理工艺,是降低甲醛挥发量的有效途径,实施甲醛吸附剂对复合地板的表面处理工艺,甲醛去除剂能够与甲醛分子实施特定的化学反应机制,实施物质固化及无害化处理,以消除其危害性,针对甲醛的捕捉,氨基化合物和尿素衍生物等物质已成为主流的吸附剂,采用甲醛捕捉剂溶液对复合地板进行浸泡处理,亦可通过喷涂、涂布等工艺,将甲醛捕捉剂敷设于复合地板的表面,针对醛类物质的去除,所有测试对象均显现出一定的成效。光催化技术在降低复合地板甲醛释放方面展现出显著效果,在复合地板之表面附着有光催化作用的物质,诸如二氧化钛,在光照射情境中,光催化作用能够激发出具有强氧化性的自由基,采用催化手段将甲醛分解为二氧化碳及水,实现空气污染的治理。

结论

本文对复合地板用脲醛树脂胶粘剂释放甲醛的规律及其影响因素进行了深入的探讨与分析,甲醛的挥发速率变化呈现出一种初期迅速增加、后期逐渐减少的规律性特征,按照释放速率的递变,该过程可分为初期快速释放阶段、中期缓慢释放阶段和后期稳定释放阶段三个阶段。温度、湿度、通风状况以及复合地板固有属性等要素对甲醛释放量产生显著影响,气温上升及湿度增加均能加速甲醛的释放,提高其挥发速率,理想的通风系统对甲醛扩散具有积极影响,复合地板的密度、胶粘剂用量及其质量等内在属性,是影响甲醛释放初始含量及释放速率的主要因素,追求降低复合地板甲醛的释放限量,可实施对脲醛树脂胶粘剂配方进行优化、对复合地板生产工艺进行改进以及采纳后处理技术等手段,对配方进行优化并引入改性添加剂,本方法在降低游离甲醛含量的基础上,显著提高了树脂的化学稳定性;提升热压加工技术并采纳封闭式处理技术路径,有效降低生产环节中甲醛的残留与释放的百分比;实施甲醛吸附剂及光催化技术等后续处理方法,应用此技术,复合地板在应用阶段的甲醛释放量得到显著降低。

参考文献

- [1] 林时峰.环保型脲醛树脂胶及其胶合制品项目通过鉴定[J].林产工业,2007,34(1):47-47.
- [2] 李子东(摘编).脲醛胶中甲醛超标难题已得到解决[J].粘接,2006,27(5):1.DOI:JournalArticle/5ae9fafcc095d713d89d76c9.
- [3] 王晓琴.脲醛树脂浸渍实木复合地板表板的性能研究[D].北京林业大学[2025-04-17].
- [4] 陈姗姗.采用耐高温复合脲醛树脂生产全桉木实木复合地板的方法:CN201610747076.X[P].CN106272849A[2025-04-17].
- [5] 朱丽滨,顾继友.低毒脲醛树脂胶接实木复合地板性能研究[C]//2007北京国际粘接技术研讨会暨第二届亚洲粘接技术研讨会.[2025-04-17].