

DOI: 10.13332/j.1000-1522.20180272

# 三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板气味释放分析

李赵京<sup>1</sup> 沈 隽<sup>1</sup> 蒋利群<sup>1</sup> 李新兵<sup>2</sup> 董华君<sup>1,3</sup> 王启繁<sup>1</sup>

(1. 东北林业大学材料科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 索菲亚家居股份有限公司, 广东 广州 511300;  
3. 哈尔滨商业大学, 黑龙江 哈尔滨 150028)

**摘要:**【目的】为了探究贴面处理对中纤板气味释放浓度和强度的影响,比较分析贴面处理后的中纤板与其素板的TVOC及各组分的气味浓度和强度的差异。【方法】采用1 m<sup>3</sup>气候箱法对三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板及其MDF素板进行气体采样,利用气相色谱-嗅闻-质谱联用仪确定气味特征化合物。【结果】三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板的气味总质量浓度比其MDF素板降低了21.06%;贴面处理后板材释放的芳香烃、醛酮类气味特征化合物质量浓度分别增加了16.88%、3.08%,酯类、烯烃类、醇类和无气味化合物质量浓度分别降低了7.74%、4.34%、0.20%和7.68%;三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板气味特征化合物释放的种类比其MDF素板增多,但其气味强度均比较弱;气味特征化合物的气味分为苦味、焦味糊味、清香味、烤甜味、芳香味、青草味这6种类型;邻苯二甲酸二丁酯、癸醛、2-乙基-1-己醇、苯在贴面与未贴面的板材气味释放中均被检测到,且在素板中的质量浓度、气味强度均要高于三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板中的质量浓度、气味强度;MDF素板经过贴面处理后,气味类型虽然增加,但气味强度均属于稍可察觉(气味等级≤2),对板材的整体气味强度贡献不大。【结论】三聚氰胺浸渍纸贴面会抑制气味特征化合物的释放,降低其质量浓度和气味强度,且同一种气味特征化合物的质量浓度会在一定程度上影响其气味强度的大小。

**关键词:**三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板; 气相色谱-嗅闻-质谱; TVOC; 气味特征化合物

**中图分类号:**S784   **文献标志码:**A   **文章编号:**1000-1522(2018)12-0117-07

**引文格式:**李赵京,沈隽,蒋利群,等. 三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板气味释放分析[J]. 北京林业大学学报,2018,40(12):117-123. Li Zhaojing, Shen Jun, Jiang Liqun, et al. Odor emission analysis of melamine faced MDF [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2018, 40(12): 117-123.

## Odor emission analysis of melamine faced MDF

Li Zhaojing<sup>1</sup> Shen Jun<sup>1</sup> Jiang Liqun<sup>1</sup> Li Xinbing<sup>2</sup> Dong Huajun<sup>1,3</sup> Wang Qifan<sup>1</sup>

(1. College of Materials Science and Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China;  
2. Suofeiya Home Collection Co. Ltd, Guangzhou 511300, Guangdong, China;  
3. Harbin University of Commerce, Harbin 150028, Heilongjiang, China)

**Abstract:** [Objective] This paper aims to study the effects of melamine faced treatment on odor concentration and intensity, and the difference of TVOC and components between melamine faced MDF and MDF. [Method] Melamine faced MDF and its control MDF were sampled by 1 m<sup>3</sup> climate chamber, and odor-characteristic compounds were determined by gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry. [Result] The results revealed that the total odor mass concentration of melamine faced MDF decreased by 21.06% compared with the control. After melamine paper overlaying, the mass concentration of arenes and aldehyde ketones increased by 16.88% and 3.08%, respectively, while the

收稿日期: 2018-08-25 修回日期: 2018-10-09  
基金项目: 国家研发计划项目(2016YFD0600706)。  
第一作者: 李赵京。主要研究方向: 人造板生产工艺。Email: lizhaojing@nefu.edu.cn 地址: 150040 黑龙江省哈尔滨市香坊区和兴路26号东北林业大学材料科学与工程学院。  
责任作者: 沈隽,教授,博士生导师。主要研究方向: 人造板生产工艺。Email: shenjunr@126.com 地址: 同上。  
本刊网址: http://j.bjfu.edu.cn; http://journal.bjfu.edu.cn

mass concentration of esters, alkenes, alcohols and odorless compounds decreased by 7.74%, 4.34%, 0.20% and 7.68%, respectively. More types of the odor-characteristic compounds were given off from overlaid MDF than its control, but its odor intensity was relatively weaker. The order of odor-characteristic compounds can be classified as bitter, charred, fragrant, roasted sweet, aromatic, and grassy smells. Dibutyl phthalate, decanal, 2-ethyl-1-hexanol and benzene were detected in both boards. In addition, the mass concentration and odor intensity of the control were higher than the overlaid MDF. Although the types of odor increased after overlaying, the odor intensity was somewhat perceptible (odor level  $\leq 2$ ) and contributed little to the overall odor intensity of the board. [Conclusion] The odor-characteristic compounds, their mass concentration and odor intensity were inhibited by the melamine impregnated paper. The mass concentration of the same odor-characteristic compound will influence the odor intensity to some extent.

**Key words:** melamine faced MDF; gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry; TVOC; odor-characteristic compounds

人造板作为室内装饰的内装材被广泛用于住宅设计中,其良好的装饰性和易加工性为设计带来了无限可能。但随着室内人造板使用率增高,室内建材散发出高浓度挥发性有机化合物并产生的刺鼻异味影响着人体感官效应和超敏感效应<sup>[1]</sup>,从而诱发人类头痛、困倦、恶心、流鼻涕等病态建筑物综合征<sup>[2]</sup>(Sick building syndrome, SBS)。人的一生中至少有80%以上的时间是在室内环境中度过的<sup>[3]</sup>,所以室内挥发性有机化合物(Volatile organic compounds, VOCs)及其散发的气味对人体的危害成为消费者关注的热点。

气味成分是人们可以通过嗅觉感觉到的挥发性气味物质,它与板材自身制作材料、生产工艺、施胶种类、施胶量、饰面材料等密切相关。在以往VOCs研究中,研究者主要通过气相色谱-质谱联用仪(Gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS)进行表征分析,得到VOCs在不同环境下的释放特征规律。但对气味检测而言,GC-MS的检测限为 $1 \times 10^{-12}$ ,而人鼻对气味的检测下限可达 $1 \times 10^{-19}$ <sup>[4]</sup>,并且GC-MS无法确定单个挥发性化合物气味对板材整体气味的贡献大小。Schreiner等<sup>[5]</sup>通过GC-MS与人类感官评价相结合表征分析香柏木(*Sabina pingü*)中的气味特征化合物,检测到60余种气味特征化合物,其中22种通过主观嗅闻被鉴定为关键气味特征化合物。Félix等<sup>[6]</sup>利用液液萃取和顶空固相微萃取(HS-SPME)与GC-MS结合嗅闻测定分析木塑复合材料(Wood-plastic composites, WPCs)中的气味特征化合物,发现WPCs中释放的气味特征化合物均未对人体健康造成威胁。气相色谱-嗅闻-质谱(Gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry, GC-O-MS)是一种从VOCs中利用分析仪器分离检测出人体能够感知的气味化合物具体成分及其质量

浓度,结合主观嗅觉描述气味特征的检测技术,它将GC的分离能力与人鼻对气味灵敏性的反映主客观结合起来<sup>[7]</sup>,从而实现挥发性有机化合物的定性定量分析。

本实验采用1 m<sup>3</sup>气候箱法分别采集三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板及其素板中的挥发性有机化合物,并通过GC-O-MS对气味化合物成分、质量浓度、气味强度、气味特征进行分析,探索三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板气味产生的规律及来源。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

本试验材料采用广东某企业生产的MDF素板和以相同素板作为基材的饰面中纤板,板材密度为0.71 g/cm<sup>3</sup>,含水率为6%。基材选用MDI胶黏剂,贴面选用三聚氰胺浸渍纸。板材贴面热压温度为186℃,热压压力为21 MPa,保压时间为32 s。产品规格为2 440 mm(长)×1 220 mm(宽)×18 mm(厚)。试验前将板材裁剪成单面面积为1 200 mm×50 mm的样品,样品边部沿厚度方向用铝箔胶带密封,目的是为了防止边部VOCs的高度释放。内标物氘代甲苯配成质量浓度为200 µg/L的标准液。

### 1.2 研究方法

1 m<sup>3</sup>气候箱(广东东莞升微机电设备有限公司)分别循环MDF素板和以相同素板作为基材的三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板,使用恒流气体采样器和Tenax-Ta吸附管(英国Markes公司)分别抽取2 L气体,然后采用气相色谱-嗅闻-质谱联用仪(美国Thermo公司TRACE DSQ II气相色谱质谱仪、瑞士Brecht公司Sniffer9000嗅味检测仪)对VOCs及气味特征化合物进行分析。

1.2.1 定性分析

挥发性有机化合物由质谱分析 (Mass spectrometer, MS)、保留指数 (Retention index, RI) 和嗅闻 3 种定性方法来确定。(1) MS 分析:对挥发性有机化合物通过 NIST 和 Wiley 谱库进行检索,当且仅当正反匹配度均大于 800 (最大值为 1 000) 的鉴定结果才予以确认<sup>[8]</sup>。(2) RI 鉴定:对 C<sub>6</sub> ~ C<sub>16</sub> 的正构烷烃进行分析,根据 Kovats RI 公式<sup>[9]</sup>计算各化合物的 RI。(3) 嗅闻鉴定:嗅闻人员对板材样品的气味特征随着时间的流逝而发生的动态变化特征进行评估<sup>[10]</sup>,评估人员嗅闻到气味后,立即记录该气味的强度和持续时间,并描述其气味特征。其中保留指数 RI 的计算公式根据 C<sub>6</sub> ~ C<sub>16</sub> 正构烷烃换算得到:

$$RI = 100 \times n + \frac{100(t_i - t_n)}{t_{n+1} - t_n}$$

(1)

式中: $t_i$ 为待测组分 i 的保留时间,其中  $t_n < t_i < t_{n+1}$ ;  $t_n$  和  $t_{n+1}$  分别为正构烷烃 C<sub>n</sub> 和 C<sub>n+1</sub> 的保留时间, $n$  和  $n + 1$  分别为未知物流出前后正构烷烃的碳原子数。

1.2.2 定量分析

采用内标法(内标物氘代甲苯 2 μL,质量浓度 200 μg/L)对挥发性有机化合物进行分析,试验数据处理由 Xcalibur 软件系统完成。挥发性有机化合物进行分离鉴定时根据添加内标物的质量浓度、色谱峰面积以及未知化合物的色谱峰面积之间的关系,

按公式(2)计算出每一种待测组分的质量浓度。

$$m_i = A_i \times \left( \frac{m_s}{A_s} \right)$$

(2)

式中: $m_i$ 是未知化合物的质量浓度, μg/L;  $m_s$ 是内标物的质量浓度, μg/L;  $A_i$ 是未知化合物的峰面积; $A_s$ 是内标物的峰面积。

1.3 时间-强度法确定特征气味成分

GC-O 分析采用时间-强度法<sup>[11]</sup>,即检出物出峰后,通过评估人员嗅闻,记录从色谱柱流出的各组分所对应的保留时间、所闻到的气味特征和气味强度。本研究分为 2 组,每组各由 3 名嗅辨员组成一个气味分析评价小组,年龄在 20 ~ 30 岁之间,男 1 女 2,嗅觉器官无疾病,不吸烟,不施重妆,不食有刺激性气味食物(含口香糖、槟榔),经过筛选和培训,对板材中的各种气味化合物进行熟悉,包括了解板材气味特征、气味强度的评价方法,同时积累常用的气味描述词汇。试验前嗅辨员均统一经过闻香培训。嗅辨试验在通风条件良好且温度保持在 20 ~ 25 ℃,相对湿度 40% 的室内进行,要求室内无异味。每个样品被 2 组各 3 名评价员重复嗅闻 2 次,整理记录试验结果时,将至少有 2 名嗅辨员在同一嗅闻时间得到的相同气味特征描述记入结果,气味强度结果则取 6 位嗅辨员的平均值作为强度值。本研究嗅辨员对气味强度的判别参考日本标准<sup>[12]</sup>,详见表 1。

表 1 气味强度判别标准(日本)  
Tab.1 Odor intensity criteria (Japan)

气味强度(级) Odor intensity(grade)	0	1	2	3	4	5
表示方法 Representation method	无臭 Odorless	勉强可感觉出的气味 (检测阈值) Barely perceptible odor (detection threshold)	稍可感觉出的气味 (认定阈值) Slightly perceptible odor (identified threshold)	易感觉出的气味 Lightly perceptible odor	较强的气味 (强臭) Strong odor (strong stink)	强烈的气味 (剧臭) Intensive odor (intense stink)

注:引自参考文献[12]。Note: quoted from reference [12].

2 结果与分析

2.1 贴面处理对 VOCs 组分及气味特征化合物释放的影响

三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板及其素板释放的 VOCs 组分及气味特征化合物的质量浓度如表 2 所示。贴面处理后 TVOC 浓度和气味物质总质量浓度分别降低 32.40%、21.06%,说明贴面处理会抑制中纤板自身释放挥发性有机化合物,从而降低了气味特征化合物的质量浓度。但也同时发现贴面处理后芳香烃化合物的总质量浓度及气味物质质量浓度分别是素板的 1.05 倍、1.54 倍,说明贴面材料和贴面处理时使用的胶黏剂会释放出一定量的 VOCs,其

中芳香烃类化合物居多。

由图 1 发现:中纤板素板的主要气味物质为芳香烃类、酯类、醇类化合物,三聚氰胺浸渍纸贴面处理后主要气味物质变为芳香烃类、醛酮类、醇类化合物。三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板与素板释放的无气味化合物、酯类、烯烃类和醇类物质相比,其比例分别降低了 7.68%、7.74%、4.34%、0.20%;而三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板中的芳香类和醛酮类化合物所占比例相对增高,两种组分分别高出 16.88%、3.08%。产生这种现象的原因是三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板的气味特征化合物的成分和含量是贴面材料和素板相互作用的结果。中纤板内部与 1 m<sup>3</sup> 气候箱内的平衡气体本体间存在一定的 VOCs 浓度梯



表 2 三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板和 MDF 素板 VOCs 组分分析

Tab. 2 Analysis of the content of VOCs in melamine faced MDF and MDF

板材 Panel	类别 Category	芳香烃类 Arenes	醛酮类 Aldehyde ketones	酯类 Esters	醇类 Alcohols	烯烃类 Alkenes	烷烃类 Alkanes	其他 Others	TVOC
中纤板素板 MDF	TVOC 质量浓度	57.87	28.74	18.02	13.1	6.04	0	15.42	139.19
	TVOC mass concentration								
	气味物质质量浓度	18.33	8.28	18.02	13.1	6.04	0	0	63.77
	Odor compound mass concentration								
三聚氰胺浸渍 纸贴面中纤板 Melamine faced MDF	TVOC 质量浓度	60.79	12.14	4.9	8.67	2.74	3	1.85	94.09
	TVOC mass concentration								
	气味物质质量浓度	28.27	8.5	4.9	8.67	0	0	0	50.34
	Odor compound mass concentration								

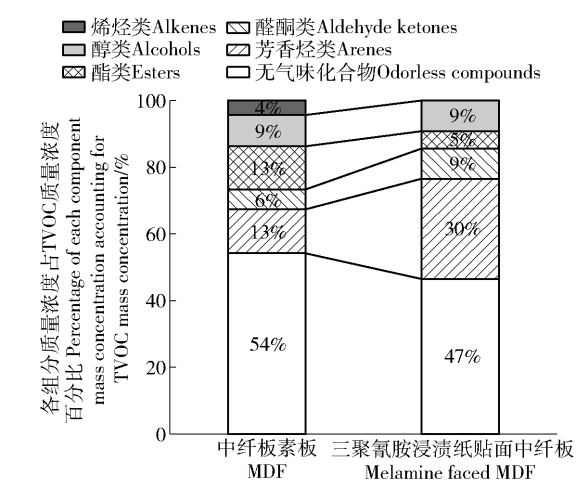


图 1 三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板及其素板  
气味释放趋势对比

Fig. 1 Comparison in odor emission trend of melamine  
faced MDF and MDF

度,贴面处理后由于三聚氰胺浸渍纸的封闭作用,VOCs 由中纤板-气体界面扩散到 1 m<sup>3</sup> 气候箱气体本体中的传质阻力增大,使得中纤板中的 VOCs 分子由高浓度区(中纤板内部)向低浓度区(1 m<sup>3</sup> 气候箱内)扩散减缓,所以三聚氰胺浸渍纸贴面处理会使部分化合物的释放受到抑制。同时,三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板是将色素原纸或印刷装饰纸经氨基树脂(三聚氰胺甲醛树脂和 MDI 树脂)浸泡,然后干燥到一定固化程度,将其铺装在中纤板表面,经热压而成,它含有一定的挥发物和树脂,主要为芳香烃化合物和醛类化合物,所以贴面处理后芳香烃、醛酮类气味特征化合物占比会上升一定比例。

2.2 三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板及素板气味化合物特征分析

通过 GC-O-MS 技术检测出中纤板素板具有 7 种气味化合物,三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板具有 10 种气味化合物(表 3)。贴面后的中纤板气味化合物

释放种类增多,主要为芳香烃化合物和醛类化合物,其来源主要为三聚氰胺浸渍纸贴面材料。三聚氰胺浸渍纸会释放出一定的醛类和醇类化合物,胶黏剂中会挥发出芳香烃、醛类化合物<sup>[13]</sup>。同时,贴面材料会抑制中纤板本身气味特征化合物的释放。三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板释放的总气味化合物的质量浓度比同基材素板降低了 18.91%。因此,中纤板自身的释放、三聚氰胺浸渍纸贴面材料、贴面材料上的胶黏剂、添加剂等方面共同作用于三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板气味化合物的释放。

由表 3 可知:芳香烃、醛类、酯类、醇类化合物在三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板及其素板中均为主要气味来源,在贴面板中分别占总气味来源的 50.16%、16.89%、9.73% 和 17.22%,素板中分别占 28.74%、12.98%、28.26% 和 20.54%。其中,邻苯二甲酸二丁酯、癸醛、2-乙基-1-己醇、苯在两种板材中均被检测到,且相较中纤板素板,贴面中纤板中所检测到的物质浓度均有所降低,说明这 4 种物质均可能来源于中纤板自身的释放。邻苯二甲酸二丁酯、2-乙基-1-己醇可能来源于生产 MDI 胶时添加的增塑剂,其中 2-乙基-1-己醇也可能来源于 MDI 树脂的溶剂及生产 MDI 胶时使用的消泡剂和分散剂;癸醛则可能是中纤板生产加工过程中产生的挥发性副产物及添加的香料;苯主要来源可能是木素自身的释放、MDI 树脂的溶剂及溶剂间的反应作用。这些物质由于三聚氰胺浸渍纸贴面的影响使其气味特征化合物的释放受到一定程度的抑制。对比可知:邻苯二甲酸二丁酯、癸醛、2-乙基-1-己醇和苯在三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板中的释放量比同基材素板中的释放量分别降低了 72.81%、66.67%、33.82%、16.74%,说明三聚氰胺浸渍纸贴面材料对邻苯二甲酸二丁酯、癸醛封闭效应最佳,其次为 2-乙基-1-己醇、苯。

对比表 3 中三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板与素板相同的挥发性有机化合物的质量浓度和其气味强度,发现同一气味特征化合物的质量浓度会在一定程度上影响其气味强度的大小。所以,贴面处理不

仅阻止了很大一部分中纤板 VOCs 的释放,也降低了气味特征化合物的气味强度,从而降低了板材整体气味强度。

表 3 中纤板素板及三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板气味特征化合物定性定量分析

Tab. 3 Qualitative and quantitative analysis of odor-characteristic compounds of MDF and melamine faced MDF

类别 Category	保留时间 Retention time/min	化合物 Compounds	保留指数 Retention index	质量浓度 Mass concentration/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		定性方法 Qualitative method	感官评定 Sensory evaluation		气味描述 Odor description
				三聚氰胺浸渍纸 贴面中纤板			三聚氰胺浸渍纸 贴面中纤板		
				MDF	Melamine faced MDF		MDF	Melamine faced MDF	
芳香烃类 Arenes	5. 51	苯 Benzene	601	10. 21	8. 5	MS, RI, Odor	2	1	焦味糊味 Charred flavor
	14. 48	乙苯 Ethylbenzene	839	2. 66		MS, RI, Odor	1		清香 Fragrant
	28. 19	1-亚甲基-1H-茚 1-methylene-1H-indene	1 159		3. 35	MS, RI, Odor		1	微苦、油脂 Slight bitter, grease
	32. 31	2-甲基萘 2-methylnaphthalene	1 291		2. 09	MS, RI, Odor		1	青涩气味 Acerbic
	34. 76	联苯 Biphenyl	1 486		2. 88	MS, RI, Odor		1	尖刺糊味 Spiked charred flavor
	40. 69	芴 Fluorene	2 104		11. 45	MS, RI, Odor		1	青草气味 Grassy smell
	44. 21	菲 Phenanthrene	1 584	5. 46		MS, RI, Odor	1		清香 Fragrant
烯烃类 Alkenes	8. 71	2-丙烯基环丁烯 2-propenylidene-cyclobutene	722	4. 35		MS, RI, Odor	1		焦味糊味 Charred flavor
醛类 Aldehydes	19. 32	苯甲醛 Benzaldehyde	948		2. 77	MS, RI, Odor		2	特殊杏仁味、 苦味 Special almond flavor, bitter
	25. 17	壬醛 Nonanal	1 066		2. 97	MS, RI, Odor		1	清香 Fragrant
	28. 63	癸醛 Decanal	1 170	8. 28	2. 76	MS, RI, Odor	3	1	清香 Fragrant
酯类 Esters	46. 2	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	1 897	18. 02	4. 9	MS, RI, Odor	2	1	芳香 Aromatic
醇类 Alcohols	22. 17	2-乙基-1-己醇 2-ethyl-1-hexanol	983	13. 1	8. 67	MS, RI, Odor	3	2	烤甜香 Roasted sweet

注:RI 代表保留指数,MS 代表参照谱库检索结果定性,Odor 代表根据嗅闻气味特征定性。Notes: RI represents retention index,MS represents the qualitative method by comparison of the mass spectrum in reference databases, and Odor represents the qualitative method by odor characteristics.

2.3 三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板及其素板挥发性气味强度轮廓图分析

板材气味是由多种挥发性物质共同决定的。虽然各个挥发性化合物气味能通过阈值<sup>[14]</sup>和计算共同确定,但因为气味物质以复合形式存在,相互之间会出现累加、协同、融合、掩盖的相互作用,不能确定板材整体气味特征,因此需要气味特征化合物与感官评价建立一种联系<sup>[5]</sup>,图 2 为三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板气味轮廓图。

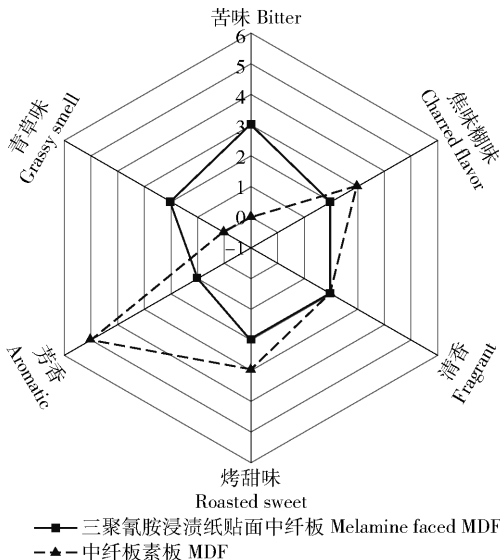


图 2 三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板和 MDF 素板气味轮廓图  
Fig. 2 Odor component profile of melamine faced MDF and MDF

根据嗅闻人员嗅闻结果,将各气味特征化合物的气味特征划分为 6 种气味类型:苦味、焦味糊味、清香、烤甜味、芳香、青草味,然后将具有相同气味的挥发性化合物的相对强度值相加,其值作为该气味类型的相对强度值,从而构成三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板及其素板气味轮廓图。从图 2 可以看出:三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板和其素板的气味轮廓图有显著的差异。中纤板在经三聚氰胺浸渍纸贴面处理后其气味类型增加,其气味可能来源于三聚氰胺浸渍纸、热压工艺,但这些气味强度均属于气味可察觉的强度,其中苦味相对强度值为 3,其余气味类型的相对强度值均为 2。中纤板素板的气味类型主要以芳香气味为主,相对强度值为 5,其次烤甜味和焦味糊味嗅闻感明显,相对强度值为 3。所以,经贴面处理的中纤板虽然气味特征化合物增多,但是其气味相对强度值以 2 为主,仅有一种气味类型(苦味)相对强度值为 3,对板材整体气味强度贡献不大。

由于三聚氰胺浸渍纸本身孔隙结构的致密性优于素板表面,所以中纤板中 VOCs 的释放在边界层气体中的传质阻力增加,同时释放系数减小,使得中

纤板释放 VOCs 减缓,从而降低了板材的气味强度。图 3 为三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板和其 MDF 素板释放的相同气味特征化合物的气味强度比较,分析可知:在三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板中检测到的邻苯二甲酸二丁酯、癸醛、2-乙基-1-己醇、苯,不仅其质量浓度均低于中纤板素板,且其气味强度也均弱于素板。癸醛和 2-乙基-1-己醇的气味强度级别分别由 3 降为 1、2,邻苯二甲酸二丁酯和苯的气味强度级别也分别均由 2 降为 1。说明同一特征化合物的气味强度会在一定程度上随质量浓度的降低而有所减弱,过低的质量浓度值则会导致嗅闻员觉察不到。故贴面处理仅会在一定程度上抑制素板自身气味特征化合物的释放,降低板材整体气味强度。

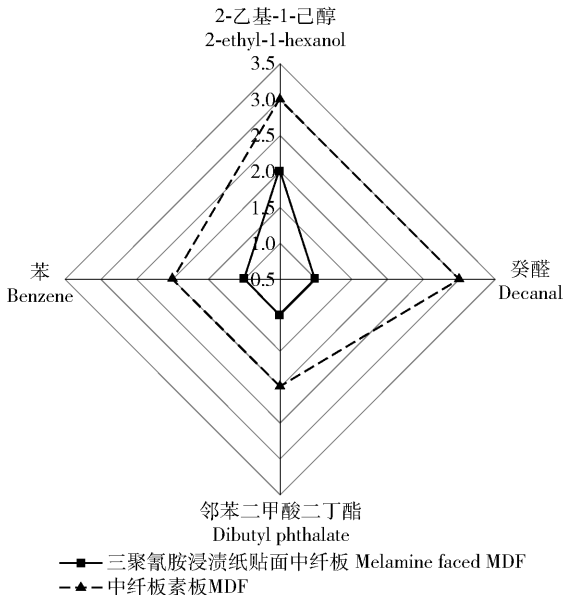


图 3 三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板和 MDF 素板中相同气味特征化合物的气味强度比较

Fig. 3 Comparison of odor intensity of the same odor-characteristic compounds of melamine faced MDF and MDF

3 结 论

根据贴面处理对 VOCs 组分和气味特征化合物成分分析,以及气味特征化合物对板材整体气味影响分析,得出以下结论:

- (1)三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板的 TVOC 质量浓度和气味总质量浓度均低于素板;与素板相比,三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板的无气味化合物质量浓度降低,酯类、醇类和烯烃类物质质量浓度也有所下降,而芳香族化合物和醛酮类化合物质量浓度增加。
- (2)贴面处理后的中纤板气味特征化合物种类增多,主要为芳香烃化合物和醛类化合物;三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板及其素板的主要气味来源为芳香烃、醛类、醇类化合物;邻苯二甲酸二丁酯、癸醛、2-

乙基-1-己醇、苯在两种板材中均被检测到,这 4 种化合物在素板中的质量浓度、气味强度均要高于三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板中的。

(3) 气味特征化合物的气味分为苦味、焦味糊味、清香、烤甜味、芳香、青草味这 6 种类型;中纤板素板用三聚氰胺浸渍纸贴面后气味类型增加,但气味均属于稍可察觉,对板材整体气味强度贡献不大;三聚氰胺浸渍纸贴面中纤板检测出来的物质气味强度均要弱于素板检测出来的同种物质的气味强度。

参 考 文 献

[ 1 ] 樊红梅. 室内空气中总挥发性有机化合物的测定与治理方法探讨[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2009, 22(4): 5-6.  
Fan H M. Discussion on determination and treatment of total volatile organic compounds in indoor air [ J ]. Journal of Heilongjiang Vocational Institute of Ecological Engineering, 2009, 22(4): 5-6.

[ 2 ] 邵亚丽, 沈隽, 邓富介, 等. 表面涂饰对杨木强化材 TVOC 释放影响的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38(2): 114-121.  
Shao Y L, Shen J, Deng F J, et al. The influence of surface coating on TVOC emissions from the treated *Populus* wood [ J ]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2018, 38(2): 114-121.

[ 3 ] Klepeis N E, Nelson W C, Ott W R, et al. The national human activity pattern survey ( NHAPS ): a resource for assessing exposure to environmental pollutants [ J ]. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 2001, 11(3): 231-252.

[ 4 ] 谢建春. 现代香味分析技术及应用[M]. 北京: 中国标准出版社, 2008.  
Xie J C. Modern fragrance analysis technology and application [ M ]. Beijing: Standards Press of China, 2008.

[ 5 ] Schreiner L, Loos H M, Buettner A. Identification of odorants in wood of *Calocedrus decurrens* ( Torr. ) Florin by aroma extract dilution analysis and two-dimensional gas chromatography-mass spectrometry/olfactometry [ J ]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2017, 409(15): 3719-3729.

[ 6 ] Félix J S, Domeño C, Nerín C. Characterization of wood plastic composites made from landfill-derived plastic and sawdust: volatile compounds and olfactometric analysis [ J ]. Waste Management,

2013, 33(3): 645-655.

[ 7 ] 谢恬, 王丹, 马明娟, 等. OAV 和 GC-O-MS 法分析五香驴肉风味活性物质[J]. 食品科学, 2018, 39(8): 123-128.  
Xie T, Wang D, Ma M J, et al. Identification of flavor-active compounds in spiced donkey meat by odor activity value ( OAV ) calculation and gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry [ J ]. Food Science, 2018, 39(8): 123-128.

[ 8 ] 孙宗保, 赵杰文, 邹小波, 等. HS-SPME/GC-MS/GC-O 对镇江香醋特征香气成分的确定[J]. 江苏大学学报( 自然科学版 ), 2010, 31(2): 139-144.  
Sun Z B, Zhao J W, Zhou X B, et al. Determination of characteristic aroma compounds of Zhenjiang fragrance vinegar using HS-SPME/GC-MS/GC-O [ J ]. Journal of Jiangsu University ( Natural Science Edition ), 2010, 31(2): 139-144.

[ 9 ] 于立志, 马永昆, 张龙, 等. GC-O-MS 法检测句容产区巨峰葡萄香气成分分析[J]. 食品科学, 2015, 36(8): 196-200.  
Yu L Z, Ma Y K, Zhang L, et al. Analysis of aroma composition of Kyoto grape from Jurong by GC-O-MS [ J ]. Food Science, 2015, 36(8): 196-200.

[ 10 ] 常玉梅. 描述性检验与消费者接受度感官分析方法研究—以豆腐干为例[D]. 无锡: 江南大学, 2013.  
Chang Y M. Research on sensory analysis methods of descriptive test and consumer acceptability—by testing of dried bean curds [ D ]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.

[ 11 ] McDaniel M R, Miranda-Lopez R, Watson B T, et al. Pinot noir aroma: a sensory/gas chromatographic approach [ J ]. Developments in Food Science, 1990(24): 23-36.

[ 12 ] Ministry of the Environment. Law no. 91: offensive odor control law[S]. Tokyo: Government of Japan, 1971.

[ 13 ] 蒋利群, 沈隽, 董华君, 等. 饰面处理对刨花板 VOCs 释放的影响[J]. 北京林业大学学报, 2018, 40(5): 110-116.  
Jiang L Q, Shen J, Dong H J, et al. Effects of surface finishes on VOCs emission from particleboards [ J ]. Journal of Beijing Forestry University, 2018, 40(5): 110-116.

[ 14 ] 马永昆, 刘晓庚. 食品化学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2007: 305.  
Ma Y K, Liu X G. Food chemistry [ M ]. Nanjing: Southeast University Press, 2007: 305.

(责任编辑 吴 娟  
责任编辑 赵广杰)