

# 家具气味源分析及控制技术的研究进展

刘如, 黄安民, 王晨, 吕斌

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

**摘要:** 随着定制家具的理念愈发普遍, 其气味的问题也越来越重视。文中对木质家具气味的研究进展进行了概述, 包括气味来源、影响因素、检测方法和控制技术等, 并提出了未来气味研究方向的建议。

**关键词:** 家具; 木质材料; 气味; 挥发性有机物 (VOC)

中图分类号: TS664.1; TS67 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2018) 03-0034-05

## Review of Odor Source and Controlling Technology for Furniture

LIU Ru, HUANG An-min, WANG Chen, LV Bin

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** With customized furniture being popular, the odor released from furniture gets more and more attentions by consumers. In this paper, the recent research are summarized for odor in wood furniture, including the sources, influencing factors, test methods, and controlling technologies. Suggestions for future research on controlling odor are presented.

**Key words:** furniture; wooden materials; odor; volatile organic compounds (VOC)

通常木质材料会散发气味, 特别是定制家具, 由于使用了大量的木质材料, 且具有不可移动特点, 气味问题更加严重。据笔者市场调查, 近年来因为气味问题而遭到客户投诉的定制家具企业比例高达1%。尽管气味的感受程度因人而异, 也不是所有的气味对人体有害, 但一些不良气味会使人不愉悦, 甚至引发感观不适, 以及其他一些严重症状<sup>[1]</sup>。解决木质家具材料气味问题, 对改善室内环境有积极作用。

鉴于此, 笔者从木质家具材料的气味来源、影响因素、检测方法以及控制技术等方面进行分析, 为正确引导消费者认识家具的气味问题、以及构建健康安全的室内环境提供依据。

收稿日期: 2017-09-29; 修改日期: 2018-03-22  
基金项目: “十三五”重点研发计划“木材工业节能降耗与生产安全控制技术”课题“木质家居材料健康安全性能检测与评价技术研究”(2016YFD0600706)。  
作者简介: 刘如 (1987—), 男, 中国林科院木材工业研究所助理研究员。

## 1 气味的来源及影响因素

### 1.1 气味的来源

木质家具包括实木家具与板式家具, 几乎都会产生气味<sup>[2]</sup>。气味来源包括: 木材本身、表面涂料、胶黏剂、装饰材料、封边条、添加剂以及包装材料等, 产生的挥发性有机物 (VOC), 如醇、醛、酮、酯、醚、芳香烃、萜烯以及胺等物质<sup>[3]</sup>。

#### 1) 木材本身

通常木材自身的气味, 源于木材所含的易挥发性抽提物, 如成材的樟树树干和根部含有 20%~25% 的樟脑和樟脑油, 具有强烈的樟脑香气; 松木的晚材部分含有约占木质部体积 0.1%~0.7%、多达数百个的树脂道, 树脂道中存储了大量的松香和松节油, 使松木具有清香的松脂气味。木材的天然气味一般不会对人体产生危害, 反而可以适当利用, 如利用樟木气味能够杀菌防虫的特点, 制作成衣柜、书柜等<sup>[4]</sup>。

但有些木材, 例如非洲热带木材爪哇木、平滑

圭巴卫矛木、异味豆木等，因含有粪臭素，会散发酸臭味；又如重蚁木等，因含有羟基苯乙烯，散发的气味对人体有害，造成皮肤过敏现象。此外，在木材的运输、贮存以及使用过程中，由于环境温湿度、微生物以及光照等因素，使木材成分降解，也会产生其他刺激性气味。这些不良气味可能会引发消费者对家具产品的投诉。

#### 2) 表面涂饰材料

溶剂型、水性、UV 涂料在木质材料表面形成的膜物质统称“涂料成膜物”，简称“涂膜”，其中含有大量有机物残留，常见有甲苯、二甲苯、乙酸乙酯、环己酮等，具有强烈的刺激性。如硝酸纤维素漆中的 2-辛烯醛和 2-癸烯醛，酸性固化漆中的丁醇和甲醛，紫外光固化漆中的丙酮，水性聚氨酯漆中的 2-(2-丁氧基-乙氧基-乙醇)和 1-丁氧基-2-丙烯酸酯，不饱和聚酯漆中的 1-甲氧基-2 丙烯酸酯和 C2-烷基苯，都具有浓郁的刺激性<sup>[5]</sup>。该类残留物会随时间延长和温度升高而逐渐消失。

#### 3) 胶黏剂

板式家具常用脲醛胶，施胶量通常为 7%~12%。其中未完全反应的游离甲醛释放到空气中，是造成空气强烈刺激性气味的主要原因<sup>[6]</sup>；其他木材胶黏剂，例如丙烯酸也会产生气味，主要来源于胶黏剂中未固化的单体物质<sup>[7]</sup>；采用热塑性塑料与木粉制备的木塑复合材料，由于木粉和塑料的热降解，也会表现出较强烈的烧焦味<sup>[8]</sup>。

#### 4) 贴面装饰材料

板式家具的表面一般采用聚氯乙烯 PVC 薄膜或装饰纸饰面，虽然对人造板中的 VOC 释放起到封闭作用，减少气味；但自身也会释放一些 VOC，在短期内 VOC 的释放量增加，使气味加重<sup>[9]</sup>。

PVC 是由氯乙烯单体聚合而成的热塑性高聚物；PVC 薄膜以 PVC 树脂为主要原料，还加入适量抗老化剂、改剂、增塑剂等，其释放的 VOC 主要包括邻苯二甲酸二丁酯和邻苯二甲酸二辛酯，具有刺激性<sup>[10]</sup>。PVC 塑料在受热后容易释放氯乙烯、三氯甲烷和三氯乙烯等物质，表现出酸味和塑料味<sup>[11]</sup>。

装饰纸包括宝丽纸、华丽纸、预油漆纸和三聚氰胺浸渍纸，是板式家具常用的表面装饰材料。有些装饰材料表面有印刷装饰，背面涂胶。如宝丽纸和华

丽纸，在贴面时需要使用胶黏剂，预油漆纸表面经过涂饰油漆，而三聚氰胺浸渍纸浸渍的三聚氰胺树脂，都会释放一定量的 VOC 气体，从而产生气味。

#### 5) 封边条

与贴面装饰材料相同，封边条也起到封闭作用，然而自身亦有一些气味。PVC 封边条是常用的材料，其中含有一些 VOC 成分，并且易受热分解而产生气味；此外，PVC 采用热熔胶进行封边，其中乙烯以及醋酸乙烯等单体物质释放，也会产生气味。

#### 6) 添加剂

有些家具用板材在生产中需要添加 1%~5% 的防水剂、阻燃剂、防腐剂、着色剂等，这些会产生微量气味，而劣质产品的气味更严重。例如石蜡防水剂中不饱和烯烃裂解会散发气味<sup>[12]</sup>，而未精炼的劣质石蜡甚至产生鱼腥味等；含氯阻燃剂中的二氯苯等物质<sup>[13]</sup>，铜类防腐剂的乙醇胺、氨水等溶剂成分<sup>[14]</sup>，着色剂中的磺酸盐或苯甲烷等化合物，在存放过程中均会散发气味<sup>[15]</sup>。

#### 7) 包装材料

木质材料由于具有多孔性特征，可以吸附一些包装材料如聚烯烃塑料、纸张、皮革、纺织品等中的气味，而在使用过程中散发到空气中。

#### 8) 其他材料

除上述材料外，家具中还会使用其他辅助材料。如用于防震、缓冲、隔热、隔音等海绵状多孔硫化橡胶（泡沫胶），因加入了起泡剂碳酸铵、尿素、偶氮二异丁氰等，具有刺激性气味；用于粘结玻璃用的硅酮胶（玻璃胶），在酸固化过程中添加了醋酸，会产生刺激性酸味；用于减少滑轨摩擦的聚有机硅氧烷（润滑剂），加热过程中未固化的有机硅单体的释放，导致产生塑料气味。

### 1.2 气味的影响因素

木质家具材料的气味除了与木材树种和板材结构等自身性能有关，还受温度、相对湿度、空气流速、光照和储存环境等因素的影响。

#### 1) 树种

不同树种木材所含抽提物的种类与含量均不同，因此气味亦不同。一般来说，木材抽提物含量较高的树种气味比较明显。木材抽提物约占绝干木材的 2%~5%。对于同一树种，心材的抽提物含量远

高于边材，晚材高于早材，例如马尾松的松脂，晚材中的含量是早材的16倍，因而气味比较浓烈。

#### 2) 板材结构

板材结构也是影响板式家具材料气味的主要因素之一。厚度较大以及表层致密的板材透气性较差，气味较浓<sup>[16]</sup>。

#### 3) 温度

温度是影响气体分子扩散速度的重要因素，升高温度会加速VOC气体分子的扩散，使气味更大。但升高温度又可以加快装饰和涂饰材料中VOC的释放，使气味随时间延长而变淡。此外，高温还会造成木材成分以及其他物质的降解，其中半纤维素在高温下脱乙酰化会产生乙酸，甲基葡萄糖醛酸脱甲基化会产生甲醇，还有碳化反应，因而产生酸味、酒精味和焦炭味<sup>[17]</sup>。

#### 4) 相对湿度

环境相对湿度影响木材含水率，水分子能与吸附于木材孔隙中的VOC分子竞争木材的吸着点；同时，水溶性的VOC气体分子又能伴随水分扩散而释放到空气中。水分对木材和胶黏剂的降解还具有催化作用<sup>[18]</sup>。因此，增加环境相对湿度，木质材料的气味会变得更明显；但相对湿度过大，由于水分子在木质材料表面的屏蔽效应，能够将VOC气体分子封锁在木材内部，使气味反而下降<sup>[19]</sup>。

#### 5) 空气流速

在密闭环境中，木质材料释放的VOC气体浓度较大，气味较浓烈；增加空气流速，可以稀释空气中的VOC气体，木质材料的气味也会下降。

#### 6) 光照

紫外线能够使木材分解产生自由基，造成光降解。其中木质素对紫外光较敏感，会吸收紫外光降解，产生苯、酚、萘、醌等物质，从而产生气味<sup>[20]</sup>。此外，涂饰材料中的化合物在光照作用下，可发生氧化反应，进一步恶化空气质量<sup>[21]</sup>。

#### 7) 储存环境

在适当的温湿度以及密闭的环境中，木材容易滋生霉菌以及腐朽菌，造成生物裂化，产生氨气、硫化氢、丁酸、乙醇硫等刺激性气体，具有霉味<sup>[22]</sup>。在通风条件较好的储存场所则气味较小。

## 2 气味的检测方法与控制技术

### 2.1 气味检测方法分类

目前，有关气味的检测方法主要包括主观评价法与客观评价法两种，此两种方法虽然均可以用来评判木质材料的气味，但也存在一定的局限性。

#### 1) 主观评价法

即嗅觉法，是当前国内外比较公认的气味检测方法。气味检测已经应用在食品、纺织、化工、皮革等诸多领域，并颁布了相关标准，如纺织行业GB 18401-2010《国家纺织产品基本安全技术规范》等。但目前国内外尚无关于木质材料气味的检测标准。

此方法基于1972年日本颁布的《恶臭防止法》分级，将样品密闭存放在一定体积的容器中，在恒定温度下放置一段时间，通过人的嗅觉识别气味，进行等级判断（表1）。在纺织行业的判定标准中，还将霉味、石油味、鱼腥味和芳香烃味进行单独评判，若出现该种气味，则判定为“有异味”<sup>[23]</sup>。

表1 气味的等级判断

Tab.1 Grade of odor determination

等级	描述
1	没有引人注意的气味
2	稍有气味，但不引人注意
3	明显气味，但不令人讨厌
4	强烈的、讨厌的气味
5	非常强烈的讨厌气味

嗅觉法能够较快对样品的气味进行识别，但是对检验人员的专业技能要求较高。检验人员对气味种类的正确理解、熟悉程度以及个体因素对检验结果会产生较大的影响，应经过系统的训练和考核，不能有嗅觉缺陷，不能是吸烟爱好者及重香味化妆品使用者等，还应定期对试验人员的嗅觉进行比对。

#### 2) 客观评价法

是通过科学仪器对产生气味的VOC气体进行定性、定量分析。目前国内一些现行标准，如HJ 571-2010《环境标志产品技术要求 人造板及其制品》、GB 18883-2002《室内空气质量标准》等，都是利用仪器客观判断木质产品或室内空气中的VOC，但没有对气味等级进行判断与限定。

目前可用于VOC气体气味的客观评价法包括：顶空-气相色谱-质谱联用法和电子鼻技术。

顶空-气相色谱-质谱联用法 目前发展较为成熟,根据气相色谱-质谱中对应化合物出现的时间以及峰强度完成整个测试过程,可用于定性、定量测定物质,但不能识别气味。因此,通常将气相色谱-质谱与嗅辨仪联用,在测试的过程中,同时对气味产生的时间、强度以及气味特征进行描述<sup>[24]</sup>。

电子鼻技术 是采用仿生学原理,由取样操作器、气敏传感器阵列和信号处理系统组成,能够分析气态、液态和固态等各种形态的样品,传感器信号图和样品雷达图是电子鼻系统的测定结果,根据雷达图对气味进行直观判断其种类<sup>[25]</sup>。

客观评价法对 VOC 气体的识别和判断比较精准,但对某些气味以及多种气体综合作用产生的气味,识别效果较差。同时,有研究发现<sup>[26]</sup>,气相色谱-质谱中 VOC 浓度高的时候,并不是气味最浓烈的时候。此外,客观评价法并不能区别木质材料气味为“良性”或“恶性”。

## 2.2 国外相关组织的评测程序

目前国外已有相关组织机构对家具木制品的 VOC 释放及其气味进行评测,主要包括德国建筑产品健康评价委员会 AgBB、芬兰室内空气质量与气候学会 FiSIAQ、丹麦房屋和城市工作部 ICL 以及国际环境组织 Natureplus<sup>[27]</sup>。

1) 德国 AgBB: 基于测试室的排放测量,制定了一种建筑产品的感官测试方法。该方法是由专业人员主观评价,参考 1972 年日本颁布的《恶臭防止法》对气味强度进行评估。VOC 排放测量试验参照欧洲标准 DIN ISO 16000-9~11 进行,分别描述了使用试验室和试验步骤,以及采样和样品存储以及试验样本制备的方法。

在评估程序中,先在 3 天后进行总挥发性有机物(TVOC)判定和初次气味感官测试;在 28 天后再次进行 TVOC 判定以及第二次气味感官测试,同时增加半挥发性有机化合物(SVOC)以及单体化合物的最低感量值评价。尽管在测试程序中提到了气味评价,但由于在测试方法上未达成协议,故未实施气味评价。

2) 芬兰 FiSIAQ: 将所有建筑按照有害物质释放量的大小以及气味等级,依次划分为 M1、M2、M3 三个级别。其中有害物质包括 VOC、甲醛、氫以及

致癌物质,而气味测试是随机选取的方式,以人的主观嗅觉感受来判断样品表面是否有气味。等级依次为闻到气味的人数低于总人数的 15%、30%以及 30%及其以上三等。

3) 丹麦 ICL: 主要是测量室内相关时间值,该值是指产品从 VOC 释放开始,至所有 VOC 浓度都低于 VOC 气味刺激阈值一半时所需要的时间。同一时间内,产品必须满足气味感官评价的要求,而且不能释放致癌物质。

4) Natureplus: 其测试也限定了样品气味,其评价方式亦是基于主观识别法,在一定时间内评价样品的气味强度,其限定值须不高于 3 级。

由此可见,国外相关机构对于木制家具材料的气味评价体系主要采用主观识别法,容易受到个体因素的影响,需要多名专业人员进行操作。

## 2.3 气味的控制技术

基于木质家具材料气味的来源与影响因素,笔者认为可从以下方面进行气味控制。

1) 对木质材料气味的来源把控。在选取原料时应剔除气味较大的树种,收购的木片应无发霉和腐朽;对于抽提物含量较多的树种,如松木,可采用高温干燥等方式脱除木材内的部分抽提物,降低气味源物。

对涂饰材料、胶黏剂和添加剂等,要严格把控其质量,不使用劣质产品。对合成产品要加强工艺和质量控制,减少 VOC 气体的产生。例如制备脲醛树脂时要控制甲醛和尿素的量比,采用二次尿素添加的方式,加入适当的甲醛捕捉剂,如三聚氰胺、乙二胺、六次甲基四胺等,减少游离甲醛释放。

2) 人造板生产过程控制。要优化热压时间、温度、压力等,适当采用微波热处理等技术,保证胶黏剂充分固化,减少板材中游离甲醛以及其他单体含量,同时避免木材成分严重降解与碳化。

3) 延长半成品及成品的气味释放时间。制备的板材产品应保证足够的养生期,保持通风使木材本身的气味和产品的气味尽快散发;制备的半成品可采用二次熏蒸等方式快速释放气味。

产品储存过程中,场地地面要做好排水,并储存在雨棚下面,避免被雨水淋湿或暴晒,从而出现霉变等现象。

4) 产品使用过程环境控制。注意室内环境的湿度,避免紫外光直接照射;同时注意通风,降低气味,在气味浓烈之处,可以利用气体捕捉剂等,吸附释放气味的气体。

5) 开发其他气味控制技术。借鉴其他行业的废气废水等处理措施,如通过活性炭或沸石进行物理或化学吸附;或采用喷淋等方法,将可溶于水的气体吸收,利用微生物降解过滤等方式;以及汽车行业采用的等离子、负离子、臭氧、光触媒等净化空气的方法,都可以用于室内空间气味处理。

### 3 结语

尽管国内外研究者已经开始对木质材料的气味进行研究,但还存在一些不足:

1) 木质材料的气味来源与机理尚未完全明确,与其 VOC 气体的关系(浓度、相互作用等)还未确定;2) 对木质材料的气味评价,仍主要单一采用主观评价法;3) 控制技术多集中于企业环境控制,气味控制技术有待突破;4) 国内尚无木质家具材料气味的检测标准。

未来还需进一步深入气味机理、评价方法以及控制技术的研究,除了主观评价法快速评判木质材料的气味等级,还可以辅助仪器分析方法定性、定量进行最终判定,以更全面地掌握气味;完善木质家具材料的控制技术,加快相关标准的制定,以提升产品的环保品质,促进室内环境的健康安全。

### 参考文献:

[1] Kim Y M, Harrad S, Harrison R M. Concentrations and sources of VOCs in urban domestic and public microenvironments[J]. *Environmental Science & Technology*, 2001, 35(6): 997-1004.

[2] 吕斌, 杨俊魁, 杨忠, 等. 浅谈木制家具的气味和环保性能[J]. *中国人造板*, 2017, 24(3): 4-6.

[3] Filipy J, Rumburg B, Mount G, et al. Identification and quantification of volatile organic compounds from a dairy[J]. *Atmospheric Environment*, 2006, 40(8): 1480-1494.

[4] 谢力生. 居室环境与木材气味[J]. *家具与室内装饰*, 2001(3): 13-15.

[5] Jensen L K, Larsen A, Mølhave L, et al. Health evaluation of volatile organic compound (VOC) emissions from wood and wood-based materials[J]. *Archives of Environmental Health*, 2001, 56(5): 419-432.

[6] 巩柏韬, 刁倩倩, 邹迪明, 等. 绿色环保型人造板生产工艺初探[J]. *山西建筑*, 2014, 40(15): 212-213.

[7] Denk P, Buettner A. Sensory characterization and identification of odorous constituents in acrylic adhesives[J]. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 2017, 78(7): 182-188.

[8] Félix J S, Domeño C, Nerin 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.

[9] 王敬贤. 环境因素对人造板 VOC 释放影响的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2011.

[10] Järnström H, Saarela K, Kalliokoski P, et al. Comparison of VOC and ammonia emissions from individual PVC materials, adhesives and from complete structures[J]. *Environment International*, 2008, 34(3): 420-427.

[11] Tsai C J, Chen M L, Chang K F, et al. The pollution characteristics of odor, volatile organochlorinated compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons emitted from plastic waste recycling plants[J]. *Chemosphere*, 2009, 74(8): 1104-1110.

[12] Durrett L R. Determination of petroleum wax odor by gas chromatography[J]. *Analytical Chemistry*, 1966, 38(6): 745-748.

[13] Salthammer T, Fuhrmann F, Uhde E. Flame retardants in the indoor environment—Part II: Release of VOCs (triethylphosphate and halogenated degradation products) from polyurethane[J]. *Indoor Air*, 2010, 13(1): 49-52.

[14] 金重为, 施振华, 张祖雄. ACQ 木材防腐剂及防腐处理木材[J]. *木材工业*, 2004, 18(4): 34-36.

[15] 彭万喜, 李凯夫, 范智才, 等. 木材染色工艺研究的现状与发展[J]. *木材工业*, 2005, 19(6): 1-3.

[16] 杨俊魁, 林秋兰. 人造板气味控制技术研究[J]. *中国人造板*, 2017, 24(3): 14-18.

[17] Esteves B, Pereira H. Quality assessment of heat-treated wood by NIR spectroscopy[J]. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 2008, 66(5): 323-332.

[18] Dunky M. Urea-formaldehyde (UF) adhesive resins for wood[J]. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 1998, 18(2): 95-107.

[19] 齐丛亮. 人造板甲醛释放规律、机理及处理方法研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2015.

[20] Chirkova J, Andersone I, Irbe I, et al. Lignins as agents for bio-protection of wood[J]. *Holzforschung*, 2011, 65(4): 497-502.

[21] Salthammer T, Schwarz A, Fuhrmann F. Emission of reactive compounds and secondary products from wood-based furniture coatings[J]. *Atmospheric Environment*, 1999, 33(1): 75-84.

[22] Hernández J, Dorado A D, Lafuente J, et al. Characterization and evaluation of poplar and pine wood in twin biotrickling filters treating a mixture of NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, butyric acid, and ethylmercaptan[J]. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 2017, 36(1): 171-179.

[23] 高维全, 何勇, 韩冀彭, 等. 纺织品异味的来源及检测标准[J]. *染整技术*, 2009, 31(5): 47-48.

[24] Brattoli M, Cisternino E, Dambruoso P R, et al. Gas chromatography analysis with olfactometric detection (GC-O) as a useful methodology for chemical characterization of odorous compounds[J]. *Sensor*, 2013, 13(12): 16759-16800.

[25] Daniel H, Joachim G. Characterization of smelling contamination of textiles using a gradient microarray as an electronic nose[J]. *Sensors & Actuators B Chemical*, 2008, 132(2): 644-649.

[26] Wang Q, Shao Y, Cao T, et al. Identification of key odor compounds from three kinds of wood species[C]. 2017 International conference on Environmental Science and Sustainable Energy, ESSE139, Suzhou, China, 2017.

[27] 沈隽, 王雨, 潘燕伟, 等. 室内装饰装修材料挥发性有机化合物释放标签的发展[J]. *林产工业*, 2013, 40(2): 39-43.

(责任编辑 向琴)