

# 地采暖用木质地板甲醛释放量检测方法探讨

王宏棣<sup>1, 2</sup>, 赵秀<sup>1, 2</sup>, 刘一楠<sup>1, 2</sup>, 贾潇然<sup>1, 2</sup>

(1. 黑龙江省林科院木材科学研究所, 黑龙江哈尔滨 150081; 2. 国家林业局制材研究重点实验室, 黑龙江哈尔滨 150081)

**摘要:** 概述现有木质地板的甲醛检测方法及各种检测方法的优缺点, 根据目前国内普遍采用的人造板甲醛定量分析方法的特点, 提出气候箱法及变色酸法更适用于地采暖用木质地板甲醛释放量的检测, 建议需根据地采暖的环境温度特点, 确定试样的平衡处理条件及气候箱内增设模拟地热装置参数。

**关键词:** 地采暖; 木质地板; 甲醛释放; 检测方法

中图分类号: TS67; TU225 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2018) 03-0025-04

## Test Methods of Formaldehyde Emissions from Wood-based Flooring Products Used in Ground Heating System

WANG Hong-di<sup>1, 2</sup>, ZHAO Xiu<sup>1, 2</sup>, LIU Yi-nan<sup>1, 2</sup>, JIA Xiao-ran<sup>1, 2</sup>

(1. Research Institute of Wood Science, Heilongjiang Academy of Forestry, Harbin 150081, Heilongjiang, China;

2. Key Laboratory of Lumber of State Forestry Administration, Harbin 150081, Heilongjiang, China)

**Abstract:** The authors summarized current test methods, including gas analysis, desiccator, extraction and chamber methods, of formaldehyde emissions from wood-based flooring products used in a ground heating system. Characteristics of formaldehyde quantitative test methods, including acetyl acetone, chromotropic acid and phenol reagent methods, were also compared.

It was proposed that chamber and chromotropic acid methods were the most suitable for measuring formaldehyde emissions from wood-based flooring products used in a ground heating system. It is suggested that the equilibrium treatment conditions of the testing sample and parameters of the simulated ground radiant heating device in the chamber be determined according to actual environment temperature characteristics for ground radiant heating.

**Key words:** wood-based flooring products; ground heating system; formaldehyde emission; test methods

随着人民生活水平不断提高, 科学技术不断进步, 地面辐射供暖技术被广泛用于新建住宅, 东北、西北地区新房地暖安装比例接近 100%; 华北地区的北京、山西等地, 地暖占比约 60%, 而华北其他地

区采用地暖的新房, 占新房总数 90%以上<sup>[1]</sup>; 长江以南地区, 近两年地暖市场的年增长率亦超过 30%。据不完全统计, 装有地暖的民用住宅中, 约 80%的卧室地面铺装的是木地板<sup>[2]</sup>, 地采暖用木质地板的应用市场十分广阔。

地面供暖系统, 是通过地面辐射层中的热媒在加热管内循环流动, 均匀加热整个地面, 利用地面自身蓄热和热量辐射的规律, 由下至上传导热量, 传热均匀, 效率高, 但也会增加地面铺设材料的 VOC 释放。

收稿日期: 2017-09-15; 修改日期: 2018-03-28

基金项目: “十三五”国家重点研发计划课题“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: 王宏棣(1961—), 男, 黑龙江省林业科学研究院木材科学研究所研究员。

已有研究表明,环境温度对甲醛释放影响显著。从18℃升至50℃时,30L气候箱中的四种建材,甲醛的有效扩散系数均随温度升高而增大<sup>[3]</sup>;1m<sup>3</sup>环境模拟仓测试法,从23℃升至50℃,实木复合地板的甲醛释放量增加了18倍<sup>[4]</sup>;采用带底部加热的干燥器法,地板和家具在23℃、37℃和50℃三种温度条件下,甲醛的扩散速度均随着温度升高而增大<sup>[5]</sup>。因此,地采暖环境下的木质地板,其甲醛释放量往往会高于常规使用条件下的木质地板。

现有标准LY/T 1700-2007《地采暖用木质地板》中,甲醛释放量检测方法按GB 18580的规定进行,其甲醛释放限量及检测方法仅适用于常温使用状态的木质地板,随着地面供暖系统应用地域的不断扩大,需要研讨适用于地采暖木质地板的甲醛释放限量的检测方法。

## 1 木制品的甲醛检测及定量分析方法

### 1.1 甲醛检测方法

GB 18580-2017《室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量》,规定了室内装饰装修用人造板及其制品中甲醛释放限量要求、试验方法等,适用于各种类人造板及其制品的甲醛释放限量检测。现行地板标准中,只有极少数标准单独提出甲醛释放限量值,大部分标准对甲醛释放限量的要求是“应符合国标GB 18580的要求”。

新版标准GB 18580-2017中,所有地板的甲醛释放限量的试验方法,是依照GB/T 17657-2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》中4.60甲醛释放量1m<sup>3</sup>气候箱的方法进行。气体分析法、干燥器法或穿孔萃取法,均有一定的局限性,仅限于进行生产控制时的参考。

#### 1) 气体分析法

该方法的缺点是测试温度较高,且相对湿度较低,高温低湿的测试环境与地板的实际使用环境相悖,必然导致测试结果出现偏差。

#### 2) 干燥器法

该方法使用的干燥器是一个密闭的空间,无空气交换,且空间较小,严重偏离地板的实际使用条件;此外,测定的只是24h内试件的甲醛散发量,而不是总可散发量<sup>[6]</sup>。

#### 3) 穿孔萃取法

通过高温和萃取的方式,可将板材中所含的甲醛全部测定出来,因此,该方法测定的是人造板内游离甲醛的总含量,而人造板中的游离甲醛不可能全部散发出来,两者不存在对应关系,用于评价地板的甲醛释放量有欠客观,且高温检测环境可影响板材的理化性能。

#### 4) 气候箱法

气候箱法测试空间大,设置了空气换气率(1.0±0.05)h<sup>-1</sup>、试件表面空气流速(0.1~0.3m/s)及承载率(1.0±0.02)m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>。室内通风换气是建筑正常使用的必要条件,欧洲、美国标准和GB 50325-2010《民用建筑工程室内环境污染控制规范》均规定,模拟室内环境测试舱测定人造板等挥发有机化合物时,标准舱内换气次数为1.0次/h;现行行业标准JGJ 134-2001《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》规定,居住建筑冬季采暖和夏季空调室内换气次数为1.0次/h,并以此来设计确定室内温度和其他指标。由此可见,气候箱的测试条件最接近人造板的真实使用状况。

### 1.2 甲醛定量分析方法

甲醛质量浓度定量普遍采用分光光度法,投资成本低、操作简便、测量精确,被国内外广泛采用。国内外人造板材、家具及室内环境环保指标中甲醛含量(或释放量)的测定,常用乙酰丙酮法、变色酸法及酚试剂法。

#### 1) 乙酰丙酮法

该方法显色剂较为稳定,最低检出浓度为0.25mg/L,测定线性范围较宽,适合高含量甲醛的检测。如国标GB/T 17657-2013;欧洲标准EN 717-1-2005“EN 717-1-2005 Wood-based Panels-Determination of Formaldehyde Release-Part 1: Formaldehyde Emission By The Chamber Method”;EN 717-2-1994“Wood-based panels-Determination of formaldehyde release- Part 2: Formaldehyde release by the gas analysis method”;EN 717-3-1996“Wood-based panels - Determination of formaldehyde release - Part 3: Formaldehyde release by the flask method”;EN 120“Wood-based panels -Determination of formaldehyde content: Extraction Method called the perforator method”。

## 2) 变色酸法

改变变色酸浓度和采样手段,可满足不同浓度甲醛的检测需要,用0.1%的变色酸和86%的硫酸溶液作吸收液,检测限可达0.020 mg/L。

如美国大小气候箱法标准 ASTM E 1333-14 “Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentrations in Air and Emission Rates from Wood Products Using a Large Chamber”; ASTM D 6007 “Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentrations in Air from Wood Products Using a Small-Scale Chamber”; ASTM D5582-14 “Standard Test Method for Determining Formaldehyde Levels from Wood Products Using a Desiccator” 及 GB/T 33043-2016 《人造板甲醛释放量测定大气候箱法》。

该方法的优点是快速灵敏,缺点是须在浓硫酸介质作用下进行,对安全因素要求较高,操作较繁琐,且易受酚类、烯类化合物及NO<sub>2</sub>等的干扰。

## 3) 酚试剂法

酚试剂法操作简便,灵敏度高,最低检出浓度为0.015 mg/L,较适合测定微量甲醛含量的板材。但乙醛、丙醛的存在及二氧化硫,对测定均有一定干扰,易使测定结果偏低;酚试剂的稳定性较差,显色剂显色后吸光度的稳定性也不如乙酰丙酮法,且易受时间与温度的干扰。

采用此方法的标准有 GB/T 18883-2002 《室内空气质量标准》及 GB/T 18204-2000 《公共场所卫生标准检验方法》<sup>[7-8]</sup>。

## 2 地采暖地板甲醛释放量检测方法探讨

### 2.1 温、湿度的影响研究

在研究温度对板材甲醛释放的影响时发现,升高温度将促进板材甲酸释放,尤其是初始阶段的甲醛释放速率,8 h内释放量就可达到释放总量的80%以上,说明该阶段的甲醛释放对外界温度变化最敏感;随着时间的延长,甲醛释放速率逐渐减慢并趋于平缓,达到动态平衡<sup>[9-10]</sup>。其原因是,温度升高尤其是超过30℃时,会造成板材中已固化的脲醛树脂分解并释放出甲醛,且随着温度上升其分解力度加大,甲醛释放量增多。

相对湿度升高也会促进甲醛释放,因为在湿度

大的环境中,胶黏剂逐步发生水解并释放出甲醛,即使已经固化的胶黏剂,在高湿条件下也会发生水解反应<sup>[11]</sup>。已有研究发现,当湿度低于50%时,随着湿度增加,胶合板释放的甲醛量仅小幅上升,但当相对湿度超过50%时,甲酸释放量随湿度的增大而明显加大<sup>[12]</sup>。

### 2.2 检测方法研究

LY/T 1700-2007 《地采暖用木质地板》规定,地板甲醛释放量检测方法采用气候箱法,甲醛释放量指标参照 GB 18580 的限定,试验温度为(23±1)℃,甲醛限量值( $E_1 \leq 0.124 \text{ mg/m}^3$ ),没有考虑环境温度对地板甲醛释放量的影响,也没有规定地采暖地板在较高温使用状态下的限量,不能准确评价地采暖状态下地板的甲醛释放量。

已有的地采暖用地板甲醛释放变化规律的研究,较多采用的是干燥器法,并在干燥器下面增加加热装置,但加热方式不同。

有些研究完全按照地采暖铺装的方式进行加热,将粒径为5~12 mm的豆石混凝土铺设于烘箱电热管之上,厚度为50 mm,电热管首先加热混凝土,混凝土再将热量传递给地板试样;恒温恒湿处理在烘箱内完成,用40 L的干燥器置于40℃的烘箱内收集甲醛<sup>[13]</sup>。

该方法的问题是:1) 恒温恒湿处理过程仅考虑了温度因素,没有考虑湿度因素;2) 干燥器置于烘箱内整体加热,与地采暖加热的实际情况有差距,因为地采暖加热时,由下至上存在温度梯度;3) 干燥器法与地板的真实使用环境也相差较远。

也有采用恒温水浴加热方式模拟地暖加热,即将干燥器置于恒温水浴之上,对干燥器底部进行加热<sup>[14]</sup>。该方法的问题同样是采用了整体加热法,且干燥器内相对湿度不可调。

在研究环境因素对人造板VOC释放的影响时,很多学者采用了气候箱法。如研究温度对VOC释放影响时,通常是先加热箱内空气,再通过热空气加热人造板试样<sup>[15-18]</sup>。该方法用于模拟地采暖环境时,也是整体均匀加热,而不是梯度加热,因此,亦不适用于地采暖环境下地板甲醛释放规律的研究。

目前国内对地采暖用木质地板甲醛释放量检测方法的研究,主要采用加热干燥器和气候箱内加热

法模拟地采暖环境。两者均为均匀加热环境温度的方式,检测结果可用于模拟室内有供暖散热器加热时的状态,但不适用于地面辐射供暖方式的地暖环境。因为实际情况是,地暖环境的热量由下向上辐射和传导,需要设置一个可以形成由下至上存在温度梯度的热环境,用于地采暖用木地板的试验。

### 2.3 今后研究重点

通过对比国内外人造板甲醛释放量的检测方法标准,分析各种方法的优缺点及适用情况,地采暖用木地板的甲醛释放量检测方法应着重研究:

1) 地板试样在检测之前要进行恒温恒湿处理,箱内相对湿度和温度的变化,将影响试件质量达到恒定的时间和甲醛释放量,因此,地采暖用木地板的恒温恒湿处理不宜简单套用 GB 18580-2017 的处理方法,即(23±1)℃、相对湿度(50±3)%条件下放置(15±2)d。有待通过研究,合理设置地采暖用地板试件适宜的恒温恒湿处理参数。

2) 地采暖用木地板在地热环境中的甲醛扩散过程,是一种非平衡扩散过程,地板上下表面存在温度梯度,因此,应在气候箱内加入模拟的地热装置。例如以水为热媒的加热板放置在地板下面,将加热板温度控制在30℃,同时将箱内气体温度控制在23℃,考察地板甲醛释放量。

3) 在地热环境下,地板的甲醛释放量会增加,有待通过试验建立地热温度与地板甲醛释放量的关系,合理制定地采暖用木地板的甲醛释放限量。

4) 随着科学技术及生产工艺的进步,地采暖地板产品的甲醛释放量已明显下降,因此,其甲醛释放量的定量分析宜采用变色酸法或者其他检出限较低的方法。

### 3 结语

1) 应建立特有的地采暖用木地板的甲醛释放量检测方法,例如在气候箱内加装模拟地热的装置,该方法应能准确客观地模拟地采暖环境,检测地板在地采暖环境下的真实甲醛释放量。

2) 用气候箱法测试地采暖用木地板在地热环境下甲醛释放量时,需根据具体测试环境参数确定恒温恒湿处理条件,采用更为灵敏、精确的分析方法进行甲醛定量分析。

### 参考文献:

- [1] 金涛. 大未来:论地热地板的实木化与实木地板的地热化[C]. 上海:第七届地暖地板高峰论坛, 2018.
- [2] 邓有源. 上游地暖系统对地暖地板有哪些要求[C]. 上海:第七届地暖地板高峰论坛, 2018.
- [3] Zhang Y P, Luo X X, Wang X K, et al. Influence of temperature on formaldehyde emission parameter of dry building materials[J]. Atmospheric Environment, 2007, 41(15): 3203-3216.
- [4] Wiglusz R, Sitko E, Nickel G, et al. The effect of temperature on the emission of formaldehyde and volatile organic compounds (VOC) from laminate flooring: case study[J]. Building and Environment, 2002, 37(1): 41-44.
- [5] Kim S, Kim HJ. Comparison of formaldehyde emission from building finishing materials at various temperature in under heating system; ONDOL[J]. Indoor Air, 2005, 15(5): 317-325.
- [6] 严伟. 建材 VOCs 散发关键参数测定及散发模拟研究[D]. 北京:清华大学, 2009.
- [7] 赵晶, 范必威. 分光光度法测定甲醛[J]. 广东微量元素科学, 2006, 13(2): 17-20.
- [8] 李晶平, 陆慧宁, 鲁统部. 甲醛毒性及其常用检测方法[J]. 广州化工, 2006(1): 51-53.
- [9] 白雁斌, 刘兴荣. 模拟仓内温度对甲醛扩散的影响[J]. 中国公共卫生, 2003, 19(5): 577-578.
- [10] 庄晓虹, 王维宽, 马春蕾, 等. 大芯板中甲醛的释放规律及影响因素分析[J]. 环境保护科学, 2008, 34(3): 21-23.
- [11] 周定国, 韩书广. 温度对刨花板甲醛散发的影响[J]. 建筑人造板, 1997(4): 3-4.
- [12] 王小恒, 刘兴荣. 环境温度对细木工板甲醛释放的影响[J]. 环境与健康杂志, 2008, 25(10): 897-899.
- [13] 叶春香, 崔启鹏, 吴玉琪, 等. 地采暖用实木复合地板甲醛释放变化规律[J]. 林业与环境科学, 2016, 32(2): 31-33.
- [14] 代平国. 地暖环境条件下木地板甲醛释放量测定及收集装置[J]. 福建分析测试, 2012, 21(6): 55-57.
- [15] 王敬贤. 环境因素对人造板释放影响的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学, 2011: 24-36.
- [16] 龙玲, 李光荣, 周玉成. 大气候室测定家具中甲醛及其他 VOC 的释放量[J]. 木材工业, 2011, 25(1): 12-15.
- [17] 张侃, 王志. 基于气候箱法的实木复合地板甲醛释放规律研究[J]. 安防科技, 2011(9): 48-50, 53.
- [18] 曹连英. 人造板 TVOC 释放多相传质模型及释放特性参数研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学, 2013.

(责任编辑 向琴)