

地采暖用木质地板甲醛释放量检测方法的对比

赵秀, 王宏棣

(黑龙江省林业科学院木材科学研究所; 国家林业和草原局制材研究重点实验室, 黑龙江哈尔滨 150081)

摘要: 为了定量分析木质地板在地采暖环境中的甲醛释放量, 采用自主研发的地采暖环境模拟舱, 先加热木质地板, 再通过地板向环境散发热量的模拟方法, 检测强化木地板的甲醛释放量, 并与常规 1 m³ 气候箱整体加热法的检测结果做比较。结果表明, 两种方法检测的地板样品甲醛释放量均随温度、相对湿度升高而增加; 在相同温、湿度下, 模拟舱法检测结果低于常规 1 m³ 气候箱的整体加热法。模拟舱更接近真实地采暖环境。

关键词: 强化木地板; 地采暖环境模拟舱; 常规 1 m³ 气候箱; 整体加热; 甲醛释放量; 检测方法; 释放速率

中图分类号: S781; TS67

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654 (2020) 02-0014-05

Comparison of Testing Methods for Formaldehyde Emissions from Laminated Wood Flooring used in Ground Heating System

ZHAO Xiu, WANG Hong-di

(Research Institute of Wood Science, Heilongjiang Academy of Forestry; Key Laboratory of Lumber of State Forestry Administration, Harbin 150081, Heilongjiang, China)

Abstract: An environment chamber simulating ground heating was developed for testing formaldehyde emissions from wood-based flooring used in ground heating system. The formaldehyde emission testing results from the chamber and a conventional 1-m³ climate chamber were compared. The formaldehyde emissions measured by the simulation chamber were lower than that by the conventional 1-m³ climate chamber at the same temperature and humidity level. The simulation chamber presented a closer real ground heating environment.

Key words: laminated wood flooring; ground heating environment simulation chamber; conventional 1-m³ climate chamber; integral heating; formaldehyde emission; testing method; emission rate

复合木地板等家居材料在加工过程中, 通常需使用醛系胶黏剂, 在地采暖环境下使用时, 随温度升高, 游离甲醛的脱附作用加强, 释放速度随之加快, 释放量增加。新修订的标准 LY/T 1700—2018《地采暖用木质地板》规定, 甲醛释放量检测方法按 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》的规定, 采用 1 m³ 气候箱法检测, 而该方法获得的是常温状态(23 ℃, 相对湿度 50%)下的人造板及其制品的甲醛释放量, 对于不同环境下地板的甲醛释放量, 并没有给出换算依据。

地采暖是自下而上的加热方式, 即地板下表面接触地采暖, 上表面接触的是环境空气, 故上下表面温度不同。以往对地采暖用木质地板甲醛释放量的研究, 无论是干燥器法还是气候箱法, 都是在整体均匀加热环境下测量^[1-5], 并不符合存在温度梯度

收稿日期: 2019-05-17; 修改日期: 2020-01-17

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: 赵秀(1980—), 女, 副研究员。Email: zhaoxiu1980@163.com

责任作者: 王宏棣, 男, 研究员。Email: whongdi803@163.com

的地采暖环境的实现,且干燥器法无法调节湿度及换气率。鉴于此,笔者针对木质地板地采暖加热的使用特点,设计了一种基于气候箱法的地采暖环境模拟舱,并应用于地采暖用强化木地板的检测,分析不同温度、相对湿度下地板的甲醛释放量、释放规律及释放速率,并将检测分析与常规气候箱整体加热法进行比较,为准确检测地采暖用木质地板甲醛释放量,及释放规律提供参考。

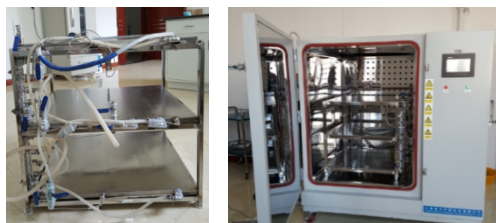
1 材料与方法

1.1 材料

浸渍纸层压木质地板(强化木地板),外购。尺寸为:1 215 mm×199 mm×11.3 mm,密度0.89 g/cm³,含水率5.9%。共162块。

1.2 试验装置

1)地采暖环境模拟舱:自主设计,如图1所示。



a. 模拟地采暖装置

b. 地采暖装置安放



c. 加热水箱与循环泵

图1 地采暖环境模拟舱

Fig.1 Ground heating environment simulation chamber

在常规1 m³气候箱内,安置单独的加热装置。装置主体采用钢板焊接而成,加热板为中空形式,共分三层,每层加热板外部有进水口、出水口及放气口,由传感器控制水温;加热板上方150 mm处安置的传感器,用来监测地板上方空气的温度(图1a),装置在气候箱内的安放如图1b;箱体正后方的风扇上方也安装传感器,控制整个舱内温度,使其保持在23℃。地采暖装置与箱体外的加热水箱连接,水箱内的水通过循环泵在加热装置与水箱之间循环

(图1c),模拟地采暖。

每层加热板尺寸为0.65 m×0.65 m,三层加热板总面积为1.2675 m²,最大承载率为1.2675 m²/m³。地板试样平铺在地采暖装置上。

2)1 m³气候箱:外购,箱内空气温度调节范围为15~30℃,相对湿度调节范围为30%~80%,空气交换率调节范围0~2.5,流量调节范围0~2 500 L/h,表面空气流速0.1~0.3 m/s。

3)手持红外测温仪。

1.3 试验设计

分别在常规气候箱和地采暖环境模拟舱内,测试强化木地板样品在不同温度、相对湿度环境下的甲醛释放限量。

其中1 m³气候箱采用整体加热方式,空气温度与地采暖温度相同,即试验设计温度;地采暖环境模拟舱法,则根据冬季室内采暖时地采暖木质地板底层温度^[6],设定地采暖加热板内的水温为30、35、40℃,舱内空气温度始终控制在23℃。考虑设备能力等因素,设定相对湿度变量水平为35%、50%、60%。

平衡处理15天后,用铝箔胶带封闭地板侧边及背面,在1 h内放入气候箱,平铺在加热板上。常规气候箱与地采暖环境模拟舱内的空气换气率均设为(1.0±0.05) h⁻¹,承载率(1.0±0.02) m²/m³。

1.4 检测方法

参照GB 18580—2017及GB/T 17657—2013,裁切7块尺寸为180 mm×650 mm、1块尺寸为110 mm×630 mm和1块尺寸为150 mm×630 mm的试件。取最后4次检测结果的平均值。

试验中发现,地采暖用木质地板试件的甲醛释放量通常在第8天达到稳定状态,故检测结果C_s取第5~8天的四次测试结果的平均值。

2 结果与讨论

2.1 温、湿度对地板甲醛释放量的影响

1)模拟舱法 图2为采用地采暖环境模拟舱法检测的地板甲醛释放量,随时间的变化情况。

试验用手持式红外线测温仪测量地采暖温度30、35、40℃时的地板表面温度,均在30℃左右。从图2可见,在温度相同时,地板甲醛释放量随着

相对湿度升高而增加；在同一相对湿度下，甲醛释放量随着温度升高亦增加。甲醛释放量基本呈现在第二天达到峰值，随后逐渐下降并趋于平稳。

不同温、湿度下地板甲醛释放限量统计结果，见表1。由表1可知，同一温度下，湿度每升高15%，甲醛释放限量增加9%~15%，平均增加12%；同一相对湿度下，温度每升高5℃，甲醛释放限量增加14%~22%，平均增加18%。

表1 两种方法检测的地采暖用强化木地板甲醛释放量

Tab.1 Formaldehyde emissions from laminated wood flooring samples tested by two methods

温度/ ℃	相对湿度/ %	C _s 甲醛释放限量/(mg·m ⁻³)		C _s (气候箱) / C _s (模拟舱)
		模拟舱	气候箱	
30	35	0.0180	0.0230	1.28
	50	0.0203	0.0270	1.33
	65	0.0228	0.0495	2.17
35	35	0.0213	0.0333	1.56
	50	0.0233	0.0415	1.78
	65	0.0260	0.0753	2.9
40	35	0.0248	0.0450	1.81
	50	0.0283	0.0568	2.01
	65	0.0313	0.1078	3.44

2) 常规气候箱法 图3所示为采用常规1 m³气候箱整体加热法，测试的地板甲醛释放量随时间变化情况。

对比图2、3可以看出，虽然加热方式不同，但温度和相对湿度对地板甲醛释放量的影响规律一致，均呈随着温度和相对湿度的升高，甲醛释放量增加的趋势。在测试初期，地板甲醛释放同样有一个升高的过程，基本在第二天达到峰值，随后逐渐下降趋于平稳。

同样，由表1数据可知，在同一温度下，整体加热法相对湿度由35%升高到50%时，甲醛释放量增加17%~28%，平均增加23%；相对湿度由50%升高到65%，甲醛释放量增加高达80%以上，平均增加85%。同一相对湿度下，温度每升高5℃，甲醛释放限量增加35%~54%，平均增加45%。很明显，整体加热环境下，相对湿度超过50%时，甲醛释放量急剧升高。

无论在整体加热环境还是模拟地采暖环境下，浸渍纸层压木质地板的甲醛释放限量随着环境温度和相对湿度升高而增加的原因是：

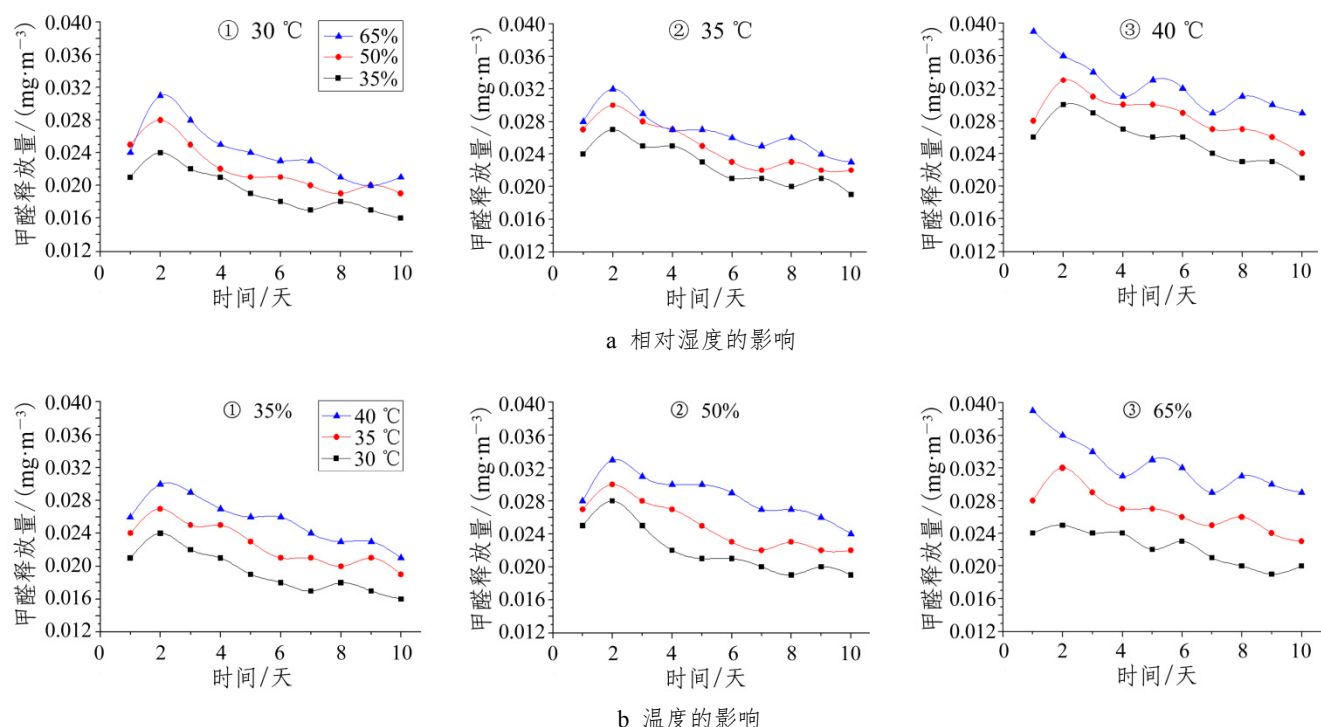
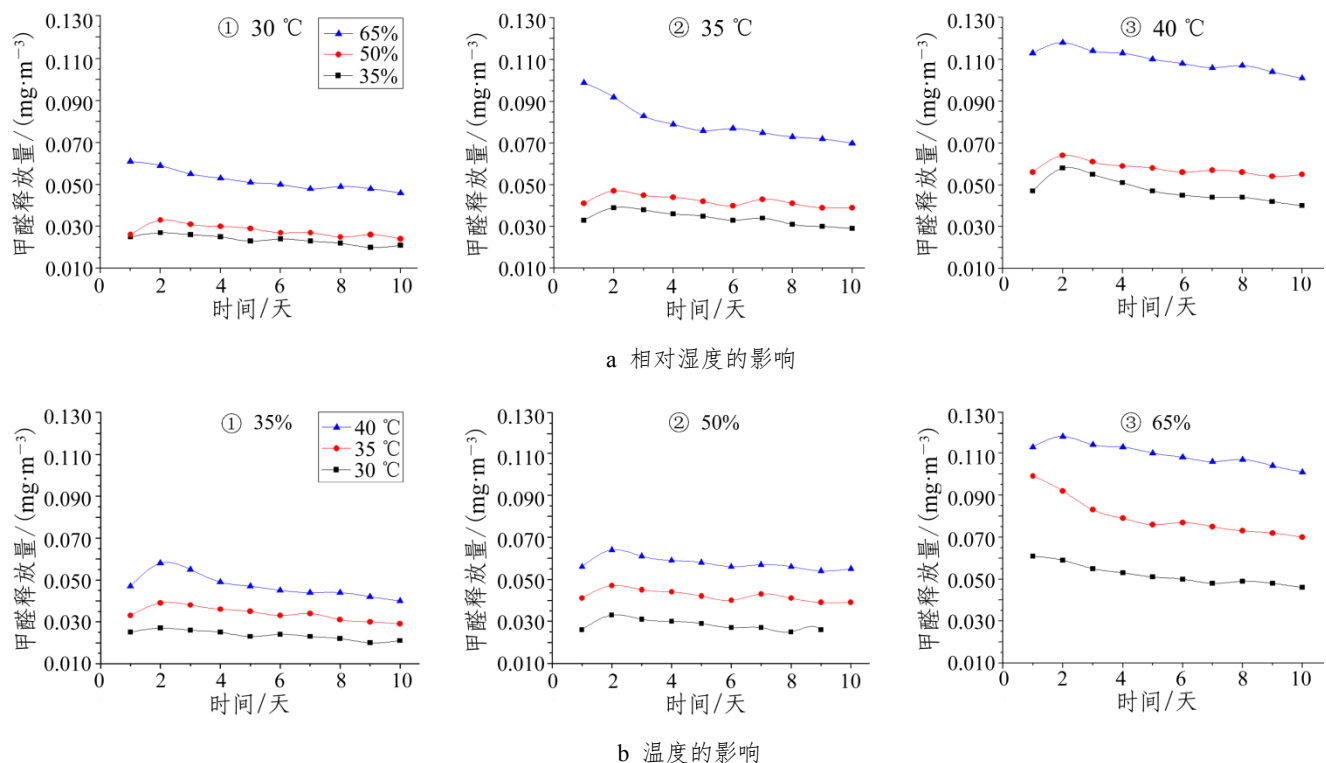


图2 地采暖模拟舱法强化木地板甲醛释放量检测结果

Fig.2 Formaldehyde emissions from laminated wood flooring samples tested by ground heating environment simulation chamber

图3 1 m³气候箱整体加热法检测强化木地板的甲醛释放量Fig.3 Formaldehyde emissions from laminated wood flooring samples tested by conventional 1-m³ climate chamber method

首先,地板自身的温度、含水率受环境影响而升高,易导致地板中胶黏剂的甲醛聚合物发生水解,水解过程中则释放出大量甲醛^[8],同时增加其分解速率及扩散系数;其次,空气温度的升高及相对湿度的增大,改变了环境气体压力,也会加速地板内部游离甲醛向环境中的释放速率;最后,甲醛极易溶于水,空气相对湿度升高,加速了地板中游离甲醛的释放^[8]。

2.2 两种方法的对比

由表1中两种方法的甲醛释放量比值可知,常规气候箱整体加热法测得的甲醛释放量,高于地采暖环境模拟舱法,在40℃、65%时,气候箱整体加热法的检测结果与模拟舱法的检测结果差异最大,达3.44倍;而在30℃、35%条件下,检测结果差异最小,为1.28倍。

以释放速率(emission rate, ER)^[7],评价两种方法的地板甲醛释放差异。

$$ER=1.23 C_S \times N/L \quad (1)$$

式中:ER—单位时间内单位面积的甲醛释放量,mg/(m²·h);C_S—稳定状态下空气中甲醛浓度,mg/m³;

N—每小时空气置换率,次/h⁻¹;L—承载率(试件面积与试件所在空间体积的比值),m²/m³。

试验中,两种检测方法的换气率N和承载率L均为1,测得的C_S代入式(1)可知,用整体加热法时,地板的甲醛释放速率更高,释放更快。

依据传质理论,释放速率受材料外部的对流过程、界面的分配过程、内部的扩散过程影响。对同一种强化木地板样品,释放速率不同,说明甲醛扩散的外部对流过程、界面分配过程不同。地采暖环境模拟舱法采用的是先加热木质地板,再通过地板向环境散发热量的方法,模拟舱内环境自下而上存在温度梯度,更接近真实生活中的地采暖环境,其检测结果更准确;整体加热方法的实际应用场合和检测条件更严苛,故测试结果偏高,放大了地板在地采暖环境下的甲醛释放的量。

3 结论

1) 在本试验条件下,地采暖环境模拟舱法与常规气候箱法的检测结果之间存在较大差异,常规气候箱的整体加热法,使甲醛释放量检测结果偏高、

甲醛释放速率更大,且差异随着温度和相对湿度的增加而增大。

2)地采暖模拟舱法虽然从理论上接近地板使用的真实环境,有待在大型的环境模拟舱内或者真实地采暖室内环境进行验证,进一步优化检测方法,为更精准地制定地采暖用木质地板的甲醛释放限量提供依据。

参考文献:

- [1] 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.
YE C X, CUI Q P, WU Y Q, et al. Formaldehyde release regularities in variation of engineered wood flooring for ground with heating system[J]. Guangdong Forestry Science and Technology, 2016, 32(2): 31-33.
- [2] Kim S, Kim H J. Comparison of formaldehyde emission from building finishing materials at various temperature in under heating system;

(上接第13页)

参考文献:

- [1] 杨学兵,欧加加.我国装配式木结构建筑体系发展趋势[J].建设科技,2018(5):6-11.
YANG X B, OU J J. Development trend of prefabricated wood structure building system in China[J]. Construction Science and Technology, 2018(5): 6-11.
- [2] 何敏娟,罗晶,李征.多高层木结构建筑的装配化特点及发展展望[J].建设科技,2017(5):16-20.
HE M J, LUO J, LI Z. Assemblage characteristics and development prospects of multi-high-rise wooden buildings[J]. Construction Science and Technology, 2017(5): 16-20.
- [3] 黄文龙.多层装配式木结构建筑关键技术研究[J].特种结构,2017,34(6):83-88.
HUANG W L. Research on key technologies of multistory prefabricated timber structure building[J]. Special Structures, 2017, 34(6): 83-88.
- [4] 刘静,张盛东.木结构防火设计方法简介[J].灾害学,2010,25(S0):131-135.
LIU J, ZHANG S D. Brief introduction of fire design method for wood structure[J]. Journal of Catastrophology, 2010, 25 (S0): 131-135.
- [5] 张新伟,王静,谈雄.浅议生态板的环保实用性[J].河北农机,2016(9):32-33.
ZHANG X W, WANG J, TAN X. A brief discussion on the practicality of eco-plate for environmental protection[J]. Hebeinonji, 2016(9): 32-33.
- [6] 武国芳,龚迎春,王朝晖,等.日式剪力墙覆面板钉连接性能试验研究[J].木材工业,2017,31(1):27-31.
WU G F, GONG Y C, WANG Z H, et al. Performance of nail connections in Japanese-style shear walls[J]. China Wood Industry, 2017, 31(1): 27-31.
- [7] 屈伟,吴玉章.表面涂布型阻燃树脂及其在中纤板的应用[J].木材工业,2017,31(5):13-17.
QU W, WU Y Z. Flame retardant amino resin for surface coating and its application in medium density fiberboard[J]. China Wood Industry,

ONDOL[J]. Indoor Air, 2005, 15(5): 317-325.

- [3] 李妍妍.强化复合地板模拟室内环境甲醛释放规律的研究[D].南京:南京林业大学,2008.
- [4] 王敏贤.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.
- [5] 王宏棣,赵秀,刘一楠,贾潇然.地采暖用木质地板甲醛释放量检测方法探讨[J].木材工业,2018,32(3):25-28.
WANG H D, ZHAO X, LIU Y N, JIA X R. Test methods of formaldehyde emissions from wood-based flooring products used in ground heating system[J]. China Wood Industry, 2018, 32(3): 25-28.
- [6] 卢金汉,吕斌,邹献武,杨忠.地采暖用木质地板甲醛释放限量指标探讨[J].木材工业,2019,33(1):34-37.
LU J H, LV B, ZOU X W, YANG Z. Limit of formaldehyde emissions from wood-based floorings for ground with heating systems[J]. China Wood Industry, 2019, 33(1): 34-37.
- [7] GB/T 33043-2016,人造板甲醛释放量测定大气候箱法[S].
- [8] 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.

(本文编校 向琴)

2017,31(5):13-17.

- [8] 王金平,朱江.常用建筑材料及家具的热值及其火灾荷载密度的确定[J].建筑科学,2009,25(5):70-72.
WANG J P, ZHU J. Heat value of commonly-used building materials and furniture and calculation of fire load density[J]. Building Science, 2009, 25(5): 70-72.
- [9] 宋宁.建筑物内部装修的防火对策[J].安全,2008(4):53-55.
SONG N. Countermeasures against fire in interior decoration of buildings[J]. Safety, 2008(4): 53-55.
- [10] 吴玉章,原田寿郎.人工林木燃烧性能研究[J].林业科学,2004,40(2):131-136.
WU Y Z, Toshiro H. Study on the burning behavior of plantation wood[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2004, 40(2): 131-136.
- [11] 唐博琛.木结构燃烧试验与抗火性能仿真模拟研究[D].北京:北京建筑大学,2016.
- [12] Hadvig S. Charring of wood in building fires: Practice, theory, instrumentation measurements[J]. Fire Safety Journal, 1983, 5(2): 171-172.
- [13] Spearpoint M J, Quintiere J G. Predicting the burning of wood using an integral model[J]. Combustion and Flame, 2000, 123: 308-325.
- [14] Tran C H, White R H. Burning rate of solid wood measured in a heat release rate calorimeter[J]. Fire & Materials, 1992, 16(4):197-206.
- [15] 王秀丽,张盛东.木材炭化速率及其影响因素分析综述[J].结构工程师,2018,34(3):177-182.
WANG X L, ZHANG S D. A review of Charring rate of wood and various influencing factors[J]. Structural Engineers, 2018, 34(3): 177-182.
- [16] 王斌.木结构榫卯节点抗火性能试验研究[D].南京:东南大学,2013.
- [17] Stec A A, Hull T R. Assessment of the fire toxicity of building insulation materials[J]. Energy Buildings, 2011, 43(2-3): 498-506.

(本文编校 孟凡丹、向琴)