

应用气候箱法测定胶合板的 VOC 释放

李春艳, 沈晓滨, 时 阳

(郑州轻工业学院热能与动力工程系, 郑州 450002)

摘要: 采用气候箱模拟室内气候环境, 研究胶合板的甲醛释放规律, 分析环境因素对处于稳定释放期的胶合板甲醛及其他 VOC 释放机理的影响。研究发现: 在模拟的空气环境条件下, 胶合板甲醛释放呈现的规律为: 在较短时间内急速上升, 达到最大值后逐渐衰减, 直到趋于稳定值; 在稳定释放状态, 环境因素对甲醛及某些 VOC 散发有显著作用。同时对 VOC 作了化学成分的检测, 受试胶合板主要释放有 8 种 VOC。

关键词: 气候箱; 胶合板; 挥发性有机化合物(VOC); 释放

中图分类号: TS653.3 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2007)04-0040-03

Study on VOC Emissions from Plywood Using a Climate Chamber

LI Chun-yan, SHEN Xiao-bin, SHI Yang

(Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, Henan, China)

Abstract: A climate chamber was used to study the emission of formaldehyde from plywood. Results showed that under certain conditions, the concentration of formaldehyde emitted quickly increased to a maximum value in several hours, and then began to decline until it reached a steady value. In the steady emission state, environmental factors had remarkable effects on formaldehyde and other VOC emissions. A test on the composition of the emissions found the presence of eight different VOCs.

Key words: climate chamber; plywood; volatile organic compounds(VOC); emission

人造板是建筑常用的装饰装修材料, 为了防止人造板释放出的有害气体对人体健康的危害, 我国政府及许多国家都对人造板的甲醛释放作出限量规定, 并建立了检测板材甲醛含量的各种方法^[1-2]。常用的方法是穿孔法和干燥器法。然而穿孔法和干燥器法测试的结果是板材中甲醛的含量, 而板材的实际释放量会受到环境因素的影响^[3-5]。因受环境、树种密度等影响, 采用气候箱法检测更能反应出甲醛实际释放情况^[6]。因此笔者采用气候箱模拟实际室内气候环境, 研究人居建筑装修常用的胶合板, 对其甲醛的释放量、释放规律及影响因素进行研究, 并检测了胶合板释放的挥发性有机化合物(VOC)的成分, 并对 VOC 的释放影响因素作了初步试验研究。

1 检测方法

1.1 检测仪器

1) 采用河南省建筑科学研究院 8 m³ 气候箱, 气候箱内表面采用不锈钢材料, 以保证无吸附和释放任何气体。箱内密封, 装有风扇和空气循环系统, 以维持检测试样表面的空气流速为 0.1~0.3 m/s, 保证采样点有害物的释放量能够代表箱内有害物的平均释放量。箱内还装有加热、加湿和空气流量控制装置, 以模拟实际室内气候环境。配备的活性炭空气过滤装置, 可保证进入箱内空气的甲醛含量 < 0.006 mg/m³。试验时箱内空气交换率为 (1.0 ± 0.05) 次/h。为更好地保证气候箱内空气参数的稳定, 整个气候箱置于空调房间中。

2) 采用甲醛测试仪(Formaldemeterppm 400)检测箱内甲醛释放量, 用气体液相色谱法/质谱仪(gas chromatography/mass spectrometry)鉴别 VOCs 成分。

收稿日期: 2006-09-26; 修改稿: 2007-06-25

基金项目: 河南省科技攻关项目(0624440046)。

作者简介: 李春艳(1968—), 女, 郑州轻工业学院热能与动力工程系讲师, 硕士。

1.2 测试材料

3 mm 厚(芯材为杨木)脲醛树脂胶合板,市场采购。用专用塑料膜(经测试无甲醛)封装后运回,裁制成 1 m×1 m 的规格,沿四周用铝质胶带(不含甲醛)封边处理。本试验中甲醛释放面积按双面计。

1.3 测试方法

先用强碱性清洗剂和清水分别清洗箱内表面,再用离子水清洗 2 遍,擦干后空载运行,使气候箱风干。按标准条件设定气候箱参数,即空气温度(23±0.5)℃,相对湿度(45±3)%,承载率为(1.0±0.02) m²/m³。将受测试材垂直固定在气候箱的中心位置后密闭箱门,当达到标准环境参数时开始取样测试,直到最后 2 d 内测试的甲醛释放量下降<5%,即可视为其释放状态已经基本稳定,此时所测得的箱内甲醛含量为平衡含量,结束测量。

1.4 分析及计算

按文献[2]计算公式:

$$R=\frac{N \cdot C}{L}$$

式中:R—甲醛释放率,mg/(m²·h);N—空气交换率,次/h;L—承载率,m²/m³;C—稳定状态下空气中甲醛含量,mg/m³。

本试验参照 GB 18580-2001《室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放量》,空气交换率取 1.0 次/h,承载率取 1 m²/m³。

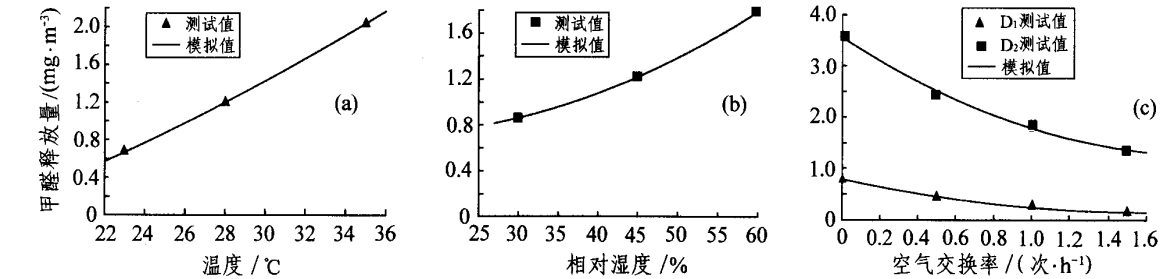


图 2 稳定状态胶合板甲醛释放量与各环境参数的关系
Fig. 2 Relationship between formaldehyde emission and environmental conditions

2 结果与讨论

2.1 试验方案与结果

测试分组:A,标准条件试验;B,稳定释放期温度试验;C,稳定释放期湿度试验;D,稳定释放期通风率试验(见表 1)。甲醛释放量变化见图 1~2;主要化学成分测定结果见表 2。

从图 1 中可以看出,在气候箱的模拟条件下,胶合板的甲醛释放有一定规律性,从最大值出现后开始

表 1 试验方案
Tab. 1 Experimental scheme

测试组别	温度/℃	相对湿度/%	空气交换率/(次·h ⁻¹)	承载率/(m ² ·m ⁻³)
A	23	45	1.0	1.0
B	23/28/35	45	1.0	1.0
C	28	30/45/60	1.0	1.0
D	23/28	45/60	0/0.5/1.0/1.5	1.0

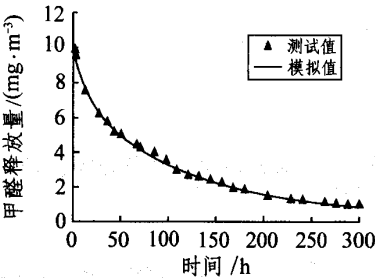


图 1 标准条件下胶合板甲醛释放规律
Fig. 1 Formaldehyde emission under standard condition

表 2 胶合板的 VOCs 成分

Tab. 2 Composition of VOCs from plywood

测试组别	温度/℃	相对湿度/%	空气交换率/(次·h ⁻¹)	苯/(mg·m ⁻³)	甲苯/(mg·m ⁻³)	乙酸丁酯/(mg·m ⁻³)	乙基苯/(mg·m ⁻³)	对,间二甲苯/(mg·m ⁻³)	邻二甲苯/(mg·m ⁻³)	十一烷/(mg·m ⁻³)
B	23	45	1.0	0.227	0.013	0.061	0.065	0.025	0.016	0.0010
	28			0.487	0.703	0.067	0.065	0.157	0.108	0.0130
	35			0.121	0.017	0.030	0.067	0.020	0.021	0.0140
C ₁	28	30	1.0	0.159	0.028	0.049	0.060	0.023	0.023	0.0006
		60		0.184	0.035	0.119	0.061	0.016	0.014	0.0100

衰减,经过约 300 h 后呈稳定状态,此时的甲醛释放量为 0.96 mg/m^3 ,严重超出 GB 50325-2001《民用建筑工程室内环境污染控制规范》中,Ⅱ类民用建筑甲醛限量为 0.12 mg/m^3 的规定。

图 2(a)是胶合板处于释放稳定阶段,温度对其甲醛释放率的影响。随着温度从 23°C 升高到 35°C ,甲醛释放量从 0.67 mg/m^3 升到 2.04 mg/m^3 。

从图 2(b)可看出,空气相对湿度对甲醛释放量同样有较大影响。相对湿度从 30% 升高到 60%,甲醛释放量从 0.86 mg/m^3 升高到 1.79 mg/m^3 。

图 2(c)是 D 组 2 种测试条件下进行的空气交换率试验。 D_1 为低温低湿条件,空气交换率从 0 次/h 增加到 1.5 次/h,甲醛释放量从 0.8 mg/m^3 降低到 0.15 mg/m^3 ; D_2 的条件略高于 D_1 ,甲醛释放量从 3.58 mg/m^3 降低到 1.36 mg/m^3 。表明空气交换率增大只能较快稀释箱内甲醛含量,对甲醛散发速率的影响较小。同样可以看出,温度对胶合板中甲醛的释放有较大影响。

表 2 是在气候箱的不同环境条件下,胶合板中释放的 VOC 及其释放量。共检测出 7 种芳香族有机化合物,分别是苯、甲苯、乙酸丁酯、乙基苯、对,间二甲苯、邻二甲苯、十一烷。从表 2 中亦可看出,环境温、湿度对 VOC 的释放同样有较大影响,基本上遵循温度升高,湿度增大,VOC 释放量增大的规律,与环境温、湿度对甲醛的释放作用一致。

2.2 VOC 散发机理分析

根据传质学原理,在板材内部和空气中存在 VOC(含甲醛)释放量梯度,因此会使板材内部 VOC 不断向空气中释放。VOC 的释放可分为:

1) 板材表面的挥发,包括蒸发、对流等,并与材料表面空气流速、紊流度、材料表面等特性有关;

2) VOC 在板材内部的扩散过程。

因此,VOC 在空气环境中的释放速率的快慢取决于几个要素:VOC 在板材中的含量、VOC 在空气中的释放量、VOC 在板材内部的扩散系数、VOC 的质量转移系数。当环境温度升高,VOC 在板材内部的扩散系数增大,加速了 VOC 向外移动速度;当环境湿度增大,在温度、水分和酸的作用下,木材本身的降解也会导致甲醛生成和外逸;同时树脂固化时部分残留甲醛、以及固化后树脂裂解释放出的甲醛,在受到外界温度、湿度的作用,也会因结构发生分解而释放。VOC 在空气中的含量越小,也会加速板材中 VOC 的释放速率,空气中 VOC 含量增大到某一最

大值(板材表面释放量)时,会抑制板材内部 VOC 的释放。这在空气交换率为零的试验中已得到证实。

以上理论同样可以解释图 1 所示的甲醛释放规律:在前 300 h 内,甲醛释放处于快速释放期(不稳定期),此过程主要受板材表面的 VOC 蒸发、对流过程控制;当板材表面 VOC 释放量下降到小于板材内部 VOC 释放量时,释放进入稳定期,此时释放速率受板材内部的扩散过程控制,此过程缓慢且具有稳定性和重现性,释放期很长,一般需 3 年以上^[7]。

3 结论

1) 在模拟的空气环境条件下,胶合板甲醛释放呈现出在较短时间内急速上升达到最大值,然后逐渐衰减,直到趋于稳定值。

2) 胶合板处于稳定散发阶段,环境温度和湿度是最主要的影响因素,随着温、湿度的升高,甲醛释放速率增大;换气速率增加,可稀释箱内甲醛的含量。

3) 胶合板中除释放甲醛外,还同时释放多种 VOC。

4) 环境因素对胶合板中的 VOC 释放有显著影响,苯和甲苯,基本遵循温、湿度增大,其释放量增大;而对,间二甲苯、邻二甲苯则是湿度增大其释放量降低;温度升高,释放量升高。但当温度升高到 35°C 时释放量出现了下降。关于环境因素对甲醛以外的 VOC 的释放速率的影响还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 周中平. 室内污染检测与控制[M]. 北京:化学工业出版社, 2002:25-136.
- [2] 封跃鹏. 室内空气的分析测试技术[J]. 环境检测管理与技术, 2003,15(2):16-18.
- [3] Kundsén H K, Kjaer U D, Nielsen P A. Characterization of emissions from building products: long-term sensory evaluation, the impact of concentration and velocity[J]. The Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate-Indoor Air, 1997,96(3):551-556.
- [4] Hai Guo, Frank Murray, Shun-Cheng Lee. Emissions of total volatile organic compounds from pressed wood products in an environmental chamber[J]. Building and Environment, 2002,37(1):117-126.
- [5] Wolkoff P. Impact of air velocity, temperature, humidity on long-term VOC emissions from building products[J]. Atmospheric Environment, 1998,32(14-15):2659-2668.
- [6] 王维新. 甲醛释放与检测[M]. 北京:化学工业出版社, 2003.
- [7] 朱天乐. 室内空气污染控制[M]. 北京:化学工业出版社, 2003: 236-265.

(责任编辑 鲍加芬)