

研究简报

室内空气中甲醛浓度与人造板使用量的关系

罗文圣¹, 兴 丰², 井学伟³, 罗 忻⁴, 李继光⁴

(1. 北京盛大华源科技有限公司, 北京 100071; 2. 德国柯诺木业集团中国管理总部, 北京 100068;
3. 黑龙江省林产工业研究所, 哈尔滨 150040; 4. 北京市木材家具质量监督检验站, 北京 100075)

摘要: 研究了材料甲醛释放量及设置率、换气次数、室内温度和湿度与室内空气中甲醛浓度的关系。在现有的材料设置率和环境条件下, 为了使空气中甲醛浓度 $\leq 0.10 \text{ mg/m}^3$ 或 $\leq 0.08 \text{ mg/m}^3$, 材料的甲醛释放量必须 $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ 或 $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ 。

关键词: 空气中甲醛浓度; 人造板; 甲醛释放量; 环境条件

中图分类号: TS6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2006)05-0024-03

Relationship between Formaldehyde Concentration of Indoor Air and Quantity of Wood-based Panels

LUO Wen-sheng¹, XING Feng², JING Xue-wei³, LUO Xin, LI Ji-guang⁴

(1. Shengdahuayuan Technology Co., Ltd, Beijing 100071, China; 2. Germany KRONO Group(China), Beijing 100068, China;
3. Heilongjiang Research Institute of Forest Products, Harbin 150040, Heilongjiang, China;
4. Beijing Quality Inspection & Supervision Station of Wood Furniture, Beijing 100075, China)

Abstract: A series of experiments were conducted to evaluate how the formaldehyde concentration indoors could be affected by some environmental conditions. The factors to be tested included the formaldehyde emission of panel materials, panel setting coefficient (panel quantity to room volume), times of air exchange, and indoor temperature and humidity. Results found that under the current panel setting coefficient of $0.6 \text{ m}^2/\text{m}^3$ and environmental conditions, to make the indoor formaldehyde concentration of a room attain $\leq 0.10 \text{ mg/m}^3$ or $\leq 0.08 \text{ mg/m}^3$, the formaldehyde emission of panels should be less than 0.5 mg/L and 0.3 mg/L respectively.

Key words: formaldehyde concentration of indoor-air; wood-based panel; formaldehyde emission; environmental condition

室内装饰装修用人造板中含有的甲醛是空气污染的主要污染源^[1]。为确保室内空气中的甲醛浓度 $\leq 0.12 \text{ mg/m}^3$, 日本 2002 年颁布的《修改建筑基准法实施细则部分内容的政令》规定: F**** 级甲醛释放量人造板在室内使用不受限制; F*** 级和 F** 级甲醛释放量人造板在室内使用受到限制。

我国 GB 18580-2001《室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量》亦规定: 用于室内装修和家具生产的人造板, 甲醛释放量应符合 E₁ 级标准要求。但近几年国家及地方的抽检结果表明, 大部分人造板产品的甲醛释放量为 E₂ 级, 甚至超过 E₂ 级标准的限量^[2]。

本文就装饰装修材料和家具的甲醛释放量及人造板使用量、环境温度和湿度、通风情况等与室内甲醛浓度的关系进行探讨, 以期为人造板生产企业提供参考。

收稿日期: 2005-10-28; 修改稿: 2006-08-20

基金项目: 2004 年度北京市优秀人才培养专项经费资助项目。

作者简介: 罗文圣(1966—), 男, 北京盛大华源科技有限公司总经理, 高级工程师, 博士。

1 理论

关于人造板的甲醛释放量与室内空气中甲醛浓度的关系,井上明生等^[3-7]提出关系式:

$$C = (0.158D + 0.017) \times [2/(1 + Q/S)] \times 1.09^{(t-23)} \times (h+55)/100$$
 (1)

式中: C —空气中的甲醛浓度, 10^{-6} ; D —干燥器法测定的甲醛释放量, mg/L ; Q —换气量, m^3/h ; S —材料用量, m^2 ; t —室内温度, $^{\circ}\text{C}$; h —室内相对湿度, $\text{RH}/\%$ 。

经过实际测试,牧勉等^[8]对式(1)进行了修订,并将空气中甲醛浓度的计量单位换算成 mg/m^3 ,得到:

$$C_1 = 0.79236 \times (0.158D + 0.017) \times [2/(1 + N/L)] \times 1.09^{(t_1-t_2-3)} \times (h+55)/100$$
 (2)

式中: N —换气次数($N=Q/V$), 次/h; L —材料设置率($L=S/V$), m^2/m^3 ; V —室内体积, m^3 ; t_1 —室内温度, $^{\circ}\text{C}$; t_2 —干燥器法测甲醛释放量时的温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

2 试验

国内的住宅基本未设置强制通风设施,只能依靠自然通风对室内空气进行置换。依据 GB 500325-2001《民用建筑工程室内环境污染控制规范》,检测室内甲醛浓度、温度、湿度和大气压力。首先将门窗打开 1 h,然后关闭 1 h,再采集空气样品进行分析。换气量受房屋结构、室外风速等自然条件的制约。

本试验选择的房间位于 21 层塔楼的第 7 层的北侧,户门面对电梯间,有 2 扇窗户朝北,室内净高 2.6 m。厨房、储藏间和卫生间铺设地砖,外屋铺设强化木地板 42 m^2 (甲醛释放量为 0.6 mg/L);外屋家具使用贴面刨花板(甲醛释放量为 0.8 mg/L),总面积为 29.35 m^2 。外屋毛坯房的甲醛浓度为 0.03~0.04 mg/m^3 ;铺设强化木地板和放置家具后甲醛浓度检测结果见表 1。

将表 1 所示的参数代入式(2),计算出换气次数 N 。由表 1 可知,4 次检测计算出的换气次数为

表 1 试验参数及换气次数计算结果

Tab. 1 Test parameters and results of air calculation

参数	铺设强化木地板后		放置家具后		备 注
	第一次	第二次	第一次	第二次	
$C/(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	0.17	0.19	0.25	0.29	
$D/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.6		0.68		地板和家具的加权平均值
$t_1/^{\circ}\text{C}$	26	27	27	28	
$t_2/^{\circ}\text{C}$	20	20	20	20	
$h(\text{RH}/\%)$	55	65	75	75	
$L/(\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3})$	0.3846		0.6534		
S/m^2	42		71.35		
V/m^3	109.2				
$N/(\text{次} \cdot \text{h}^{-1})$	0.186	0.223	0.292	0.235	计算值
$Q/(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	20.35	24.34	31.93	25.69	计算值

万方数据

0.186~0.292 次/h,平均值为 0.234 次/h。对于未设置强制通风设施的建筑,牧勉等^[8]采用的换气次数为 0.2 次/h。由此表明,上述人造板的甲醛释放量与室内空气中甲醛浓度的关系式对我国适用。

3 参数设定

3.1 人造板甲醛释放量

GB 18580-2001 规定,甲醛释放量 $\leq 1.5 \text{ mg/L}$ 的人造板可直接用于室内, $\leq 5.0 \text{ mg/L}$ 的人造板必须饰面处理后允许用于室内。但抽检结果表明,大部分人造板的甲醛释放量 $> 1.5 \text{ mg/L}$,有的甚至高达 30 mg/L ;但有些企业也在推广甲醛释放量 $\leq 0.2 \text{ mg/L}$ 的低甲醛释放人造板。因此,人造板的甲醛释放量分别取值 0.2、0.3、0.5、1.5、5.0、10.0 mg/L 。用干燥器法检测人造板甲醛释放量时的温度 t_2 为 20 $^{\circ}\text{C}$ 。

3.2 环境温度和湿度

国内各地的环境温度和湿度差异较大,部分城市的极端高温达到 40 $^{\circ}\text{C}$ 、湿度达到 90%以上。计算时室内温度和湿度分别取值为 20~35 $^{\circ}\text{C}$ 、45%~90%。

3.3 材料设置率

设定卧室的面积为 20 m^2 ,室内净高 2.6 m,室内体积 $V=52 \text{ m}^3$ 。卧室中人造板的最低配置为:1 组不带顶柜的大衣柜、1 张床、1 只电视柜,人造板使用量 $S=16.1 \text{ m}^2$,材料设置率 $L=S/V=0.31 \text{ m}^2/\text{m}^3$,因此材料设置率取 0.30 m^2/m^3 。

在南方,卧室中通常设置壁柜,使用的人造板材料较多,加上其他家具以及强化木地板,合计人造板使用量 $S=113.8 \text{ m}^2$,材料设置率 $L=S/V=2.19 \text{ m}^2/\text{m}^3$,材料设置率取 2.2 m^2/m^3 。计算时材料设置率的取值范围为 0.30~2.2 m^2/m^3 。

3.4 换气次数

如上所述,换气次数 N 的最低值设定为 0.2 次/h。自然通风条件下,按试验要求,理论最大换气次数为 0.5 次/h。换气次数的取值分别为 0.2、0.35、0.5 次/h。

4 分析讨论

4.1 室内空气中甲醛浓度与人造板甲醛释放量关系

室内空气中甲醛浓度与人造板甲醛释放量的关系见图 1。由式(3)和图 1 可知,其他条件一定时,随着人造板甲醛释放量的提高,室内空气中甲醛浓度增大,但随着换气次数的增加而减小。

当换气次数为 0.35 次/h,环境温度和湿度分别为 23 $^{\circ}\text{C}$ 和 45%、30 $^{\circ}\text{C}$ 和 90%,室内甲醛浓度 ≤ 0.08

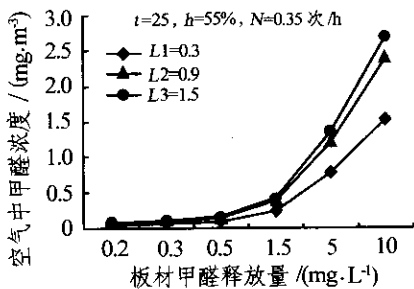


图 1 人造板甲醛释放量与室内空气中甲醛浓度的关系

Fig. 1 Relationship between formaldehyde emission from panels and formaldehyde concentration of indoor-air

mg/m³ 和≤0.10 mg/m³ 时,不同甲醛释放量材料的最大设置率见表 2。

由表 2 可知,在环境温度为 23 ℃、相对湿度为 45%、换气次数为 0.35 次/h 时,使用甲醛释放量≤0.2 mg/L 的材料,用量不受限制;使用甲醛释放量为 0.5~10.0 mg/L 的材料,室内空气中甲醛浓度分别达到≤0.08 mg/m³ 和≤0.10 mg/m³ 时,材料最大

表 2 各种甲醛释放量材料的最大设置率

材料甲醛 释放量/ (mg·L ⁻¹)	N=0.35 次/h, t=23℃, h=45%				N=0.35 次/h, t=30℃, h=90%			
	C≤0.08 mg/m ³		C≤0.10 mg/m ³		C≤0.08 mg/m ³		C≤0.10 mg/m ³	
	L/(m ² ·m ³)	S/m ²	L/(m ² ·m ³)	S/m ²	L/(m ² ·m ³)	S/m ²	L/(m ² ·m ³)	S/m ²
0.2	∞	∞	∞	∞	0.226	11.75	0.336	17.47
0.3	1.3	67.60	17.1	889.20	0.147	7.64	0.206	10.71
0.5	0.39	20.28	0.68	35.36	0.087	4.52	0.116	6.03
1.5	0.087	4.52	0.116	6.03	0.028	1.46	0.037	1.92
5.0	0.0234	1.22	0.030	1.56	0.0085	0.44	0.0106	0.55
10.0	0.0115	0.60	0.014	0.73	0.0043	0.22	0.0053	0.28

设置率 L 与材料甲醛释放量 D 之间的关系分别见式 (3)和(4),随着材料甲醛释放量的增大,最大使用量呈指数关系减少。而环境温度和湿度提高到 30 ℃和 90%时,材料的最大使用量减少了 61.7%~98.8%。

$$L_{0.08} = 0.2097D^{-0.8508}, R^2 = 0.996 \tag{3}$$

$$L_{0.10} = 0.3369D^{-0.7732}, R^2 = 0.991 \tag{4}$$

4.2 室内空气中甲醛浓度与环境温、湿度的关系

室内空气中甲醛浓度与环境温度和湿度的关系见图 2。由式(2)和图 2 可知,其他条件一定时,室内空气中甲醛浓度与环境温度呈指数关系,设定 23 ℃时室内空气中的甲醛浓度为 0.10 mg/m³,则温度为 25、30 和 35 ℃时,室内空气中的甲醛浓度分别为 0.11、0.183 和 0.281 mg/m³。

在我国,有两个特殊的气候段对室内空气中甲醛浓度有很大影响:一是 7~9 月的高温高湿天气;二是冬季采暖期,由于室内外温差较大,通常门窗紧闭,空气置换率几乎为 0,若使用地面采热方式,地板中甲醛的释放速度则会成倍增大。

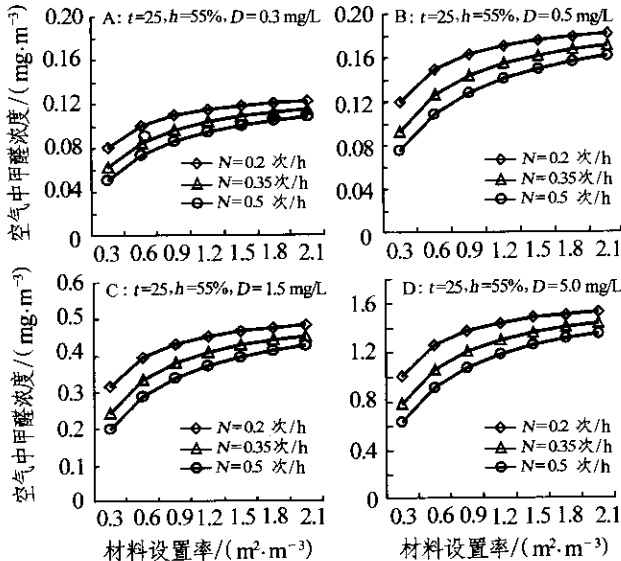


图 2 室内空气中甲醛浓度与换气次数和材料设置率的关系

Fig. 2 Formaldehyde concentration of indoor-air with respect to air exchange time and material

夏季使用空调时,室内温度通常为 23~27 ℃,设定换气次数为 0.35 次/h、材料设置率为 0.9 m²/m³,室内空气中甲醛的浓度见表 3。由表 3 可知,除甲醛释放量为 0.3 mg/L 的材料,在 23 ℃以及 25 ℃和 55%相对湿度条件

外,其他条件下室内空气中甲醛浓度均超过 0.10 mg/m³。使用甲醛释放量分别为 0.5、1.5、5.0 和 10.0 mg/L 的材料装修的房间,室内甲醛浓度分别超过 0.10 mg/m³ 限量的 0.2~36.3 倍。

4.3 室内空气中甲醛浓度与换气次数和材料设置率的关系

室内空气中甲醛浓度与换气次数和材料设置率

		表 3 23~27 ℃时的室内甲醛浓度				
		Tab. 3 Indoor formaldehyde concentration at temperature 23~27 ℃				
t/℃	h(HR/%)	材料甲醛释放量/(mg·L ⁻¹)				
		0.3	0.5	1.5	5.0	10.0
23	55	0.081	0.120	0.319	1.013	2.004
	70	0.092	0.137	0.362	1.151	2.278
	90	0.107	0.159	0.420	1.335	2.642
25	55	0.096	0.143	0.379	1.203	2.381
	70	0.109	0.163	0.430	1.367	2.706
	90	0.127	0.189	0.499	1.586	3.139
27	55	0.114	0.170	0.450	1.430	2.829
	70	0.130	0.193	0.511	1.625	3.215
	90	0.150	0.224	0.593	1.885	3.730

(下转第 44 页)

表 4 相同干燥基准木材基本密度与弦径向干缩系数比之间关系的回归方程

Tab. 4 Regression formulas for relationship between wood basic density and shrinkage ratio of tangential section to radial section adopting the same schedule

基准号	回归方程	R ²
1-1	$y = 29.582x^2 - 28.707x + 8.6648$	0.7824
15-1	$y = -4.2974x^2 - 0.4975x + 3.0023$	0.7294

表 4 这组数据回归出来的方程回归趋势不太明显,但仍然存在弦径向干缩系数比随着基本密度的增加而减少的趋势。笔者认为很大一部分的原因在于回归的数据过少导致。

初步研究表明,木材基本密度与干燥基准之间确实存在一定的关系。进行的下一步工作主要是对木材弦径向干缩系数比、密度、厚度、初含水率、年轮宽度等因子与基准三要素(初干球温度、终干球温度、相对湿度)之间的关系进行研究,并通过试验来验证。

2 结束语

常规蒸汽干燥的干燥基准对木材的干燥质量至关重要,而干燥基准的制定多数采用百度试验法来确

定。由于它忽略了木材初含水率及形状因子等的影响,对于一些进口木材、南方阔叶树材和小径材等不适用。材性法提出了以与干燥相关的木材材性指标为确定因子,根据资料及数据的收集,建立如:基本密度、弦径向干缩系数比、锯材尺寸、晚材率、年轮曲度等与干燥基准之间的关系模型,并通过试验,验证模型的可行性,为科学的制订基准提供简易,快速,准确的方法,简化了基准制定的步骤,提高干燥效率,保证干燥质量。本项研究仅是干燥基准制定法的一种新的尝试,后续还有大量工作有待进行,并且尚需要通过生产实践进行验证。

参考文献:

[1] 顾炼百. 木材工业实用大全:木材干燥卷[M]. 北京:中国林业出版社,1998.

[2] 朱政贤. 木材干燥[M]. 北京:中国林业出版社,2002.

[3] 何清慧. 木材干燥基准简易确定法:百度试验法[J]. 木材工业, 1998,12(6):39-41.

[4] 成俊卿. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1985.

[5] 许强. 新型干燥基准制订方法的探索与研究[D]. 北京:北京林业大学,2003.

(责任编辑 鲍加芬)



(上接第 26 页)

的关系见图 2。室内甲醛浓度(C₁)与材料设置率(L)之间呈对数关系,随着材料设置率的增大,室内甲醛浓度提高。室内空气中,甲醛浓度随着换气次数的增加而降低。在环境温度为 25℃、湿度为 55%的条件下,换气次数从 0.20 次/h 提高到 0.50 次/h,室内空气中的甲醛浓度可以降低 11.5%~37.5%,但降低幅度随着材料设置率的提高而减小。

通过以上分析,目前国内室内装修用材和家具用材的人造板使用量,折合成材料设置率最小为 0.6 m²/m³。即使采用空调将室内温度和湿度降低至 23℃和 55%,使用甲醛释放量>0.5 mg/L 的材料,室内的甲醛浓度仍然>0.10 mg/m³。解决室内空气中甲醛污染的唯一途径,是将装饰装修材料和家具材料的甲醛释放量控制在 0.5 mg/L 以下。

5 结论

1) 装饰装修材料和家具材料甲醛释放量较高,是造成我国室内空气中甲醛浓度超标的主要原因。

2) 在现有的材料设置率和环境条件下,为了使空气中甲醛浓度≤0.10 mg/m³,材料的甲醛释放量必须≤0.5 mg/L;如空气中甲醛浓度≤0.08 mg/m³,

材料的甲醛释放量必须≤0.3 mg/L。

3) 环境温度和湿度对室内空气中甲醛浓度有重要影响,可以通过降低室内温度和湿度的方式减轻甲醛污染程度。

4) 换气次数从 0.20 次/h 提高到 0.50 次/h,室内空气中的甲醛浓度可以降低 11.5%~37.5%。

参考文献:

[1] 罗文圣,罗忻,李继光,等. 甲醛清除膜清除人造板和家具中游离甲醛的试验研究[J]. 人造板通讯,2005,12(9):28-30.

[2] 央视国际[每周质量报告]. 揭开“绿色”装修材料的黑幕[EB/OL]. <http://www.cctv.com/news/china/20050403/100573.shtml>.

[3] 井上明生. 胶合板中甲醛散发随时间的变化:模拟住宅环境中浓度的测定[J]. (日)木材工业,1986,41(2):21-24.

[4] 井上明生. 大型气候箱实验中换气率和材料设置率对复合墙甲醛散发的影响[J]. (日)合板工业,1988(7):20-28.

[5] 井上明生,小野扩邦,千叶保人. 干燥器法测定的甲醛释放量与空气中甲醛浓度的关系[J]. (日)木材工业,1990,45(7):14-20.

[6] 井上明生. 空气中甲醛浓度的控制对策[J]. (日)木材工业,1997,52(1):9-14.

[7] 明波直道,大野贵久,吉田弥明,等. 木质材料中甲醛的散发(第 1 报)实际大小实验楼空气中甲醛浓度随时间的变化[J]. (日)木材工业,1998,53(12):595-600.

[8] 牧勉. 木质材料甲醛释放对策[J]. 住宅与木材,1999(7):12-25.

(责任编辑 鲍加芬)