

# 装修材料和家具对室内甲醛污染影响的研究

深圳市建筑科学研究院股份有限公司 陈凤娜<sup>☆</sup>

清华大学 杨旭东

**摘要** 室内装修材料和家具是建筑室内甲醛污染最主要的来源。采用实验、仿真模拟、工程实践相结合的研究方法,分析了各类装修材料和家具对室内空气甲醛污染影响的特征和规律;比较了不同类型材料和家具引起室内空气甲醛污染的风险等级;提出了室内装修污染控制重点和建议。

**关键词** 甲醛污染 风险等级 源头控制 空气质量 装修材料 家具

## Impact of decoration materials and furniture on indoor air quality

By Chen Fengna<sup>★</sup> and Yang Xudong

**Abstract** Indoor decoration materials and furniture are the most important sources of formaldehyde pollution. Through the integration of experiment, simulation and engineering practice as a research method, analyses the characteristics and rules of the formaldehyde pollution influence of all kinds of decoration materials and furniture on indoor air. Compares the risk level of formaldehyde pollution caused by different types of materials and furniture. Proposes the key points and recommended measures of indoor decoration pollution control.

**Keywords** formaldehyde pollution, risk level, source control, air quality, decoration material, furniture

★ Shenzhen Institute of Building Research Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong Province, China

### 0 引言

甲醛以不同形式广泛存在于各类人造板及其制品、墙纸、化纤地毯、油漆涂料以及各种胶粘剂、防腐防潮剂等装修材料中。装修完工前后,各种装修材料持续向室内环境散发甲醛,并在空间中累积产生协同效应,严重加剧了室内的甲醛污染,导致在装修后几个月甚至几年内室内甲醛和挥发性有机化合物(VOC)浓度很高<sup>[1-2]</sup>,危害室内人员的身体健康。装修材料和家具作为室内空气主要污染源已引起广泛的关注。

解决室内空气污染问题有 3 种主要途径:源头控制、通风和空气净化,其中源头控制是最经济和环保的做法<sup>[3]</sup>,即在装修前或过程中避免或减少装修材料和家具等引起的污染。

室内装修时,使用人造板的数量和质量、家具承载率、油漆种类以及涂布的表面积、外部环境因

素(如温度、湿度)、陈放时间等多个因素均会影响室内空气中甲醛的浓度。较多文献<sup>[4-6]</sup>分析了人造板中甲醛的散发对室内空气污染的影响,但对其他类型材料或多个材料综合对室内空气质量影响规律的研究较少。在理论模型方面,文献<sup>[7]</sup>通过实验研究、理论分析及计算机模拟的方法,开发了描述材料污染散发过程的数学模型,但未结合装修材料和家具在实际工程中的使用情况。文献<sup>[8]</sup>提到了各类室内装修材料有害物质限量,为装修工程选材的质量控制提供了重要的依据,但由于标准规定的有害物质检测方法与现实使用条件差距较大,且未考虑材料用量和不同类型材料的污染物累积效应,致

☆ 陈凤娜,女,1983 年 7 月生,硕士研究生,工程师  
518049 广东省深圳市福田区梅坳三路 29 号  
(0) 15986643267

E-mail:287496305@qq.com

收稿日期:2015-07-06

修回日期:2015-08-20

使大部分项目装修后仍存在空气质量超标的现象。

本文采用实验、仿真模拟等多种研究方法,结合工程装修实际情况,分析各类装修材料和家具对室内空气质量影响的特征和规律,综合材料短期散发率、散发率衰减速度、施工进度等因素,比较不同类型的材料和家具引起室内甲醛污染的风险等级,明确室内装修污染源头控制的重点,并提出相应的建议和措施。

## 1 研究方法

本文采用 ASTM<sup>[9]</sup> 中推荐的环境气候箱法,测试木制家具、木地板、细木工板、门板、墙纸胶、墙纸基膜、涂料、防水涂料、玻璃胶、腻子、填缝剂等 11 种装修材料和家具的甲醛污染散发量,计算散发特性参数和散发率;利用装修污染预评价分析软件,以装修工程实际应用情况为边界条件,分析比较不同类型材料在装修后对室内甲醛污染浓度的影响程度和风险。

### 1.1 实验测试

环境气候箱法测试材料和家具的污染散发量,是将材料和家具样品按一定的承载率放置在一定容积的测试舱内,测定稳定条件下舱内甲醛或其他污染物的浓度。

材料测试设备为小型测试舱,舱容积为 1 m<sup>3</sup>;整体家具检测设备采用 30 m<sup>3</sup> 大型测试舱,如图 1 所示。测试条件按 GB/T 29899—2013《人造板及



图 1 环境测试舱

其制品中挥发性有机化合物释放量试验方法 小型释放舱法》<sup>[10]</sup> 和 GB/T 29592—2013《建筑胶粘剂挥发性有机化合物(VOC)及醛类化合物释放量

的测定方法》<sup>[11]</sup> 的规定进行设定,温度为  $(23 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ ,相对湿度为  $(50 \pm 5)\%$ ,通风换气次数为  $(1 \pm 0.05)\text{h}^{-1}$ 。

以某家具样品为例,图 2 为测试舱内不同采样时间的甲醛质量浓度,以及根据测试结果采用数值模型拟合计算的污染物散发曲线<sup>[12]</sup>。表 1 为拟合

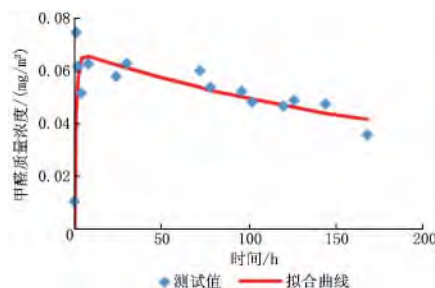


图 2 家具甲醛散发测试结果及拟合曲线

得到的甲醛散发特性参数,综合反映了家具样品甲醛污染散发的水平和变化规律,是进行污染预评价计算的基本边界条件。

表 1 主要散发源关键参数拟合结果

参数	数值
扩散系数 $D/(\text{m}^2/\text{s})$	3 760
分离系数 $K$	$2.09 \times 10^{-13}$
初始质量浓度 $C_0/(\text{mg}/\text{m}^3)$	2 806
168 h 散发率 $E_{168}/(\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}))$	0.005
拟合误差	0.005 7

### 1.2 预评价计算

本文采用室内空气质量预评估模拟软件<sup>[13]</sup>作为分析工具。软件包括污染源散发模型、吸附模型、通风模型和浓度计算模型。利用质量平衡方程,建立室内空气质量相关因素的耦合关联,包括多种材料同时散发和吸附过程。综合房间信息、材料污染散发规律、材料用量、通风、装修进度等因素,计算按装修方案实施后,房间甲醛浓度的逐时变化,以及不同时刻由各装修材料和家具引起的室内甲醛浓度。图 3 为某住宅工程主卧装修污染预

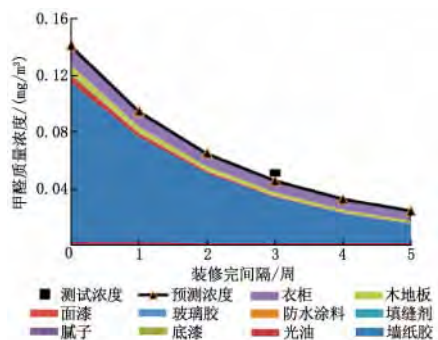


图 3 房间装修后甲醛浓度及污染源影响

评估分析结果。从第 3 周测试浓度和预测浓度比较可以看出,两者吻合较好。

## 2 结果分析

### 2.1 168 h 散发率

168 h 散发率表征材料和家具在使用后短时间内的污染水平。预测案例中所使用材料和家具的 168 h 散发率情况如表 2 所示,在木制品中,细

表 2 168 h 散发率结果汇总  $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$

材料	168 h 散发率
墙纸胶	0.061
填缝剂	0.059
玻璃胶	0.046
涂料	0.028
细木工板	0.026
腻子	0.017
墙纸基膜	0.012
防水涂料	0.011
门板	0.011
家具	0.009
木地板	0.007

木工板的甲醛散发率最高,门板、木地板、衣柜较低;各类湿材料(即使用时以液态形式涂抹于某一基底的材料)散发率排序为:墙纸胶>填缝剂>玻璃胶>涂料>腻子>墙纸基膜>防水涂料。湿材料 168 h 散发率明显高于木制品等干材料,即湿材料在使用后初期对室内甲醛浓度的影响更为严重。

### 2.2 甲醛散发率衰减速度

甲醛散发率衰减速度是指材料和家具在使用后甲醛污染水平降低的快慢。衰减越快,则材料对室内空气污染影响消除得越快;反之则污染影响持续时间越长。

根据材料的甲醛污染散发特性参数,预测材料在测试条件下(即环境温度为 $(23 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(50 \pm 5)\%$ )不同时间的甲醛散发率,并以 168 h(第 1 周)甲醛散发率为基准,计算不同时刻甲醛散发率的散发率比例。图 4 给出了各类材料典型样本的甲醛散发率比例-时间曲线。

由图 4 可看出:腻子、填缝剂、防水涂料衰减速度较快,第 3 周散发率低于 168 h 散发率的 30%;内墙涂料、墙纸基膜、墙纸胶、玻璃胶衰减速度中等,第 3 周散发率低于 168 h 散发率的 60%;家具、木地板、细木工板、门板衰减速度缓慢,第 3 周散发率高于 168 h 散发率的 60%。衰减速度较快的材料的甲醛散发在使用 6 周后可基本消除,即对室内

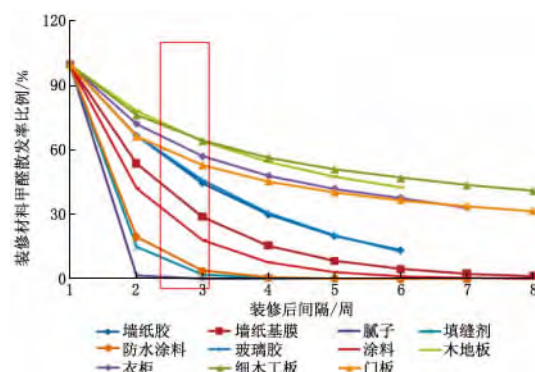


图 4 各类材料甲醛散发率衰减速度曲线

甲醛浓度的影响基本可忽略。

### 2.3 材料施工进度

由于材料甲醛散发率随时间逐渐衰减,因此装修后室内甲醛浓度与施工进度有密切关系。表 3 为预测案例工程的室内装修的进度安排。其中防

表 3 室内装修进度安排

工作环节		开始日期	完成日期	距完工时间/d
墙砖和地砖	防水	6 月 5 日	6 月 25 日	-138
	填缝	8 月 10 日	10 月 20 日	-21
内墙漆	腻子层	6 月 15 日	9 月 20 日	-51
	底漆	7 月 15 日	10 月 15 日	-26
	面漆	7 月 18 日	10 月 18 日	-23
天花板	吊顶	6 月 20 日	9 月 20 日	-51
	涂料	7 月 18 日	10 月 18 日	-23
家具	主体安装	8 月 22 日	10 月 30 日	-11
	打胶	8 月 23 日	10 月 31 日	-10
墙纸	基层防潮	7 月 5 日	10 月 15 日	-26
	墙纸粘贴	8 月 13 日	10 月 31 日	-5
木地板	地板铺设	8 月 25 日	11 月 10 日	0
检测				14
交付				28

水、腻子、吊顶等环节施工距完工交付时间长,所用的防水涂料、腻子、细木工板在交付前污染物能够充分地散发衰减;填缝、墙漆、防潮等环节施工距完工时间间隔中等,基本可确保材料污染散发有效的衰减;家具安装和打胶、木地板铺设、墙纸粘贴则往往距完工交付时间很短,在交付时材料甲醛污染散发仍保持在较高的水平。

### 2.4 甲醛污染风险

综合考虑 168 h 散发率、散发率衰减特性、室内装修工程施工周期等因素,全面评估装修材料和家具在交付后的甲醛散发率水平和对室内甲醛浓度的影响,并根据影响程度进行污染风险等级的划

分。风险等级越高,表明对交付使用后的室内甲醛浓度影响越大,Ⅰ级表示影响可基本忽略,Ⅱ级表示影响适中,Ⅲ级则表示影响较大。由图3可以看出:墙纸胶引起的甲醛浓度最高,家具、木地板也是较为明显的污染源,划分为Ⅲ级风险;内墙涂料、腻子、防水涂料、填缝剂在装修后对室内甲醛浓度已基本无影响,划分为Ⅰ级风险。因此风险等级为Ⅰ级的材料主要是散发率衰减快且施工距完工时间长的材料,如内墙涂料、腻子、防水涂料、填缝剂等;风险等级为Ⅲ级的材料是甲醛168 h散发率水平较高、散发率衰减速度慢、且施工距完工时间短的材料,如家具、木地板、墙纸胶等,这些材料是室内甲醛污染控制的关键环节。而细木工板等材料,虽然散发率水平较高,但由于施工距完工时间有一定的周期,且作为辅材用量相对少,故甲醛污染风险评估为Ⅱ级。

### 3 结论和建议

#### 3.1 结论

本文通过综合考虑装修材料和家具的甲醛短期散发水平、散发率衰减速度、装修施工进度等因素,分析了各类材料和家具引起室内甲醛污染的影响程度,建立了甲醛污染风险等级评估方法,提出了装修工程中室内空气污染源头的控制要点。

1) 进行装修材料选择时,应对材料污染散发率进行评估,优先选取污染散发率水平较低的材料。

2) 材料污染散发率衰减速度快,有助于装修后室内污染浓度在短时间内下降甚至消除。

3) 根据各材料的污染散发衰减规律,合理组织装修施工进度,尽量将散发率较高的湿材料施工环节提前,确保施工后至交付使用期间污染物能充分散发衰减。

4) 装修过程中,家具、木地板、墙纸胶是室内甲醛污染控制的关键环节,在合理组织施工进度的前提下,防水涂料、腻子、填缝剂的甲醛污染影响可基本忽略。

#### 3.2 建议

文中提供了装修材料和家具甲醛污染风险等级和源头控制的要点,对不同装修工程的室内空气质量防治有一定的普适性。但需要注意的是,室内空气质量还受环境的温度和湿度、材料用量、室内

通风量等诸多因素的影响,且根据装修工程规模和项目管理模式的差异,施工进度组织也有所差异,因此装修材料和家具的污染风险在不同的工程中可能有所差别。建议针对工程装修设计方和施工组织方案,结合室内空气质量的主要影响因素,开展装修污染预评价分析,确定更具体的针对室内污染源头的要求和措施。

#### 参考文献:

- [1] 陈凤娜,王圣. 深圳市新装修住宅室内空气质量调研分析[J]. 建筑科学,2011,27(10):36-39
- [2] 张寅平. 中国室内环境与健康研究进展报告 2012 [M]. 北京:中国建筑工业出版社,2012:36-74
- [3] SPENGLER J D, SAMET J M, MCCARTHY J F. Indoor air quality handbook [M]. New York: McGraw-Hill,2001:110-374
- [4] 刘爱康. 室内装饰材料甲醛释放规律的模拟及防治技术研究[D]. 长沙:中南大学,2010:3-74
- [5] 杨帅. 家居装修污染物甲醛散发的模拟研究[D]. 青岛:青岛理工大学,2008:11-66
- [6] 龚七一,郭静. 建筑装饰材料导致室内甲醛污染的预评价研究[J]. 住宅科技,2006,40(9):51-55
- [7] GUO Z S. Review of indoor emission source models. Part 1. Overview [J]. Environmental Pollution, 2002,120(3): 533-549
- [8] 李景广. 我国室内空气质量标准体系建设的思考[J]. 建筑科学,2010,26(4):1-7
- [9] ASTM International. Standard guide for small-scale environmental chamber determinations of organic emissions from indoor materials/products: ASTM D5116-97[S]. West Conshohocken, PA: American Society of Testing and Materials,1997:1-14
- [10] 中国林业科学研究院木材工业研究所. 人造板及其制品中挥发性有机化合物释放量试验方法 小型释放舱法:GB/T 29899—2013[S]. 北京:中国标准出版社,2013:5-8
- [11] 上海橡胶制品研究所. 建筑胶粘剂挥发性有机化合物(VOC)及醛类化合物释放量的测定方法:GB/T 29592—2013[S]. 北京:中国标准出版社,2013:4-8
- [12] HE G, YANG X, SHAW C Y. Material emission parameters obtained through regression[J]. Indoor and Built Environment,2005,14(1):59-68
- [13] 梁卫辉,杨旭东,陈凤娜. 建筑 VOC 预评估模拟软件[J]. 暖通空调,2013,43(12):74-79