



## 天津市新装修住宅室内空气中甲醛污染特征分析

阎波

(天津市海洋资源与化学重点实验室, 天津科技大学海洋科学与工程学院, 天津 300457)

**摘要:** 2010年2月至2011年3月期间对天津市25户新装修住宅不同功能房间的室内空气中甲醛污染情况进行了调查,并对其中8个点位进行了为期1年的跟踪监测.结果显示,所调查的新装修住宅在刚装修竣工后,室内空气中甲醛的检出率为100%,超标率68%,最大超标倍数为2.3倍.不同功能房间的甲醛质量浓度均值为卧室>书房>客厅.在不同季节,室内甲醛质量浓度均值为冬季>春季>秋季>夏季.并建立了甲醛质量浓度随时间衰减的非线性模型,对室内甲醛的污染控制和浓度预测具有科学的指导意义.

**关键词:** 甲醛; 装修住宅; 室内空气; 污染特征; 天津

中图分类号: X510.6 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2012)04-0048-04

## Analysis of the Pollution Characteristics of Formaldehyde in Indoor Air of Newly Decorated Apartments in Tianjin

YAN Bo

(Tianjin Key Laboratory of Marine Resource and Chemistry, College of Marine Resource and Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** The pollution of formaldehyde in the indoor air of 25 newly decorated apartments in Tianjin was investigated from Feb. 2010 to Mar. 2011, and 8 representative apartments were tracked and monitored for about one year. The detection rate of formaldehyde in the 25 apartments was 100% immediately after decoration. In 68% of the apartments, the concentration of formaldehyde exceeded  $0.10 \text{ mg/m}^3$ , and the maximum concentration was 2.3 times more than standard value. The results showed that the concentration of formaldehyde was in bedroom>study>living room. In different seasons, the mean of formaldehyde concentration was winter>spring>autumn>summer. A nonlinear model about the decay of formaldehyde concentration with time was established, which can be used to control and forecast the formaldehyde pollution and concentration.

**Key words:** formaldehyde; decorated apartments; indoor air; pollution characteristics; Tianjin

随着经济的高速发展,居民生活水平不断提高,人们对居住环境、工作环境的舒适度及美观性要求越来越高,同时也带来了一系列的室内空气污染问题.甲醛是对人类健康危害最大的室内污染物,在我国有毒化学品优先控制名单上甲醛高居第二位.甲醛对人体健康的危害主要表现为对眼睛和上呼吸道黏膜的刺激作用、对神经行为的影响、致敏作用和致突变作用<sup>[1]</sup>.室内装饰装修材料、家具和涂料等均可产生不同程度的室内甲醛污染,控制甲醛污染已成为改

善人们生活环境质量的重要任务之一.

在室内空气污染物中,由于甲醛与其他室内有机污染物相比,其来源与影响在装饰装修室内环境中最为突出,因此也引起人们广泛的重视.目前,已有不少学者对甲醛的污染状况进行监测、分析,并提出合理的防治措施.如于涛等<sup>[2]</sup>对甲醛的污染特征、随时间变化情况进行了研究,表明装修后3个月的居室环境中甲醛污染最为严重.造成甲醛超标的主要原因是居室内采用不合格的家具和装饰装修材料、装修工

收稿日期: 2011-12-22; 修回日期: 2012-04-25

基金项目: 天津市高等学校科技发展基金资助项目(20090520); 天津科技大学引进人才科研启动基金资助项目(20100409)

作者简介: 阎波(1973—),女,河南人,高级工程师, yanbo@tust.edu.cn.

艺粗糙以及承载过多板式家具;并建议装修后6个月再行入住,加强通风可减少因装修污染对人体健康所造成的危害.刘吕端等<sup>[3]</sup>的研究表明,随着时间的推移甲醛并非呈持续下降的趋势,装修后1、3个月时浓度有回升,6个月时可降至《室内空气质量卫生规范》所规定的标准之下.孙德桥<sup>[4]</sup>对天津市内6区100户装修后一年内入住的住宅进行甲醛监测和住户随机调查,结果显示合格率仅为14%.本文对天津市25户新装修住宅室内空气中甲醛污染现状进行了监测,对其时间分布、空间分布、时间衰减变化等进行了研究,得出其甲醛污染的主要特征.

## 1 材料与方法

### 1.1 监测仪器

采用英国产 PPM400ST 甲醛现场检测仪对甲醛浓度进行现场监测,此仪器可直接显示以  $\text{mg}/\text{m}^3$  为单位的甲醛质量浓度.仪器使用前,用配制的甲醛校正源,采用一个已知浓度的甲醛校正管,通过温度及甲醛浓度对仪器进行校准.

### 1.2 室内甲醛的采样

选择25户新装修住宅,在装修竣工后,立即对其不同功能房间室内空气中的甲醛质量浓度进行监测,共计42个监测点位,采样时间依据每户装修竣工时间的不同而不同.同时选择其中8个点位进行了为期1年的跟踪监测.

这些房间面积皆为  $14 \sim 30 \text{ m}^2$ ,所以在每个房间内布设了一个点位,采样点<sup>[5]</sup>位于房间的中间位置,避开了窗户和门的空气对流的位置,离墙壁距离大于  $1.0 \text{ m}$ ,高度为  $1.2 \text{ m}$ .

采样前,关闭门窗12h以上,并且把室内所有家具打开,测试前把被测房间门关闭,采样流量为  $0.5 \text{ L}/\text{min}$ ,采样时间为  $45 \text{ min}$ ,并同时记录监测点的

干球温度和大气压强.每个采样点监测一次.

## 2 结果与讨论

以户为单位,监测25户新装修住宅在刚装修竣工后不同功能房间室内甲醛的质量浓度,计算每户室内甲醛质量浓度的平均值,结果见表1.

表1 各住户甲醛质量浓度监测结果

Tab. 1 Monitoring results of formaldehyde in decorated apartments

采样位	质量浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	采样位	质量浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$
住宅1	0.07	住宅14	0.27
住宅2	0.06	住宅15	0.15
住宅3	0.15	住宅16	0.05
住宅4	0.08	住宅17	0.07
住宅5	0.10	住宅18	0.33
住宅6	0.20	住宅19	0.14
住宅7	0.11	住宅20	0.17
住宅8	0.23	住宅21	0.17
住宅9	0.11	住宅22	0.13
住宅10	0.11	住宅23	0.18
住宅11	0.06	住宅24	0.09
住宅12	0.11	住宅25	0.08
住宅13	0.17		

GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》规定的甲醛标准值为  $0.10 \text{ mg}/\text{m}^3$ .所监测的25户刚装修完住宅中,室内空气中甲醛检出率为100%,甲醛质量浓度  $\geq 0.10 \text{ mg}/\text{m}^3$  的超标者为17户,占总监测样本的68%,最大超标倍数为2.3倍,这表明新装修住宅室内空气中甲醛污染问题较为严重.

### 2.1 新装修居室内甲醛的质量浓度分布情况

为了了解室内空气中甲醛质量浓度在卧室、客厅和书房等不同功能房间的分布情况,对25户刚装修竣工居民住宅内不同功能房间,共计42个监测点位的监测数据进行统计,结果见表2.

表2 装修居室内甲醛的质量浓度分布

Tab. 2 Concentration distribution of formaldehyde in decorated apartments

采样位	采样点/个	质量浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	质量浓度平均值/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	超标数/个	超标率/%	最大超标倍数
卧室	19	0.05 ~ 0.36	0.18	16	84.2	2.6
客厅	14	0.05 ~ 0.18	0.10	5	35.7	0.8
书房	9	0.04 ~ 0.18	0.13	6	66.7	0.8

结果表明,不同功能房间室内空气甲醛质量浓度均值为卧室>书房>客厅,超标率也为卧室>书房>客厅.这种规律与卧室的面积通常较小,卧室的装修

密度大于客厅,且充塞着木地板、墙面漆、床具、衣橱、布艺等释放源,加之出于私密性和清洁的需要,卧室的通风时间一般少于客厅的状况有关.

### 2.2 居室装饰装修竣工后甲醛质量浓度随时间变化规律

为了了解室内空气甲醛质量浓度随装修竣工

后时间的变化规律,对 42 个监测点位的其中 8 个点位进行了跟踪监测,依装修竣工后时间进行统计,结果见表 3.

表 3 居室装饰装修竣工不同时间甲醛质量浓度

Tab. 3 Concentration of formaldehyde at different times after decoration

竣工后时间/月	质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )	质量浓度平均值/(mg·m <sup>-3</sup> )	超标数/个	超标率/%	最大超标倍数
1	0.20 ~ 0.54	0.29	8	100	4.4
2	0.12 ~ 0.43	0.23	8	100	3.3
3	0.08 ~ 0.40	0.19	6	75	3.0
4	0.04 ~ 0.29	0.14	6	75	1.9
5	0.05 ~ 0.20	0.12	6	75	1.0
6	0.04 ~ 0.22	0.10	4	50	1.2
9	0.05 ~ 0.24	0.11	3	38	1.4
12	0.08 ~ 0.32	0.15	4	67	2.2

结果显示,在居室装修完工后的初期(1~2 个月),室内空气中的甲醛质量浓度的超标率达 100%,在装修完 4 个月室内甲醛的平均质量浓度明显降低. 随着装修后时间的推移,室内甲醛质量浓度随之减少,其超标率也逐渐降低. 但是根据本次监测结果,在装修竣工后 6~12 个月的时间里,甲醛监测的最高值和平均值又有所上升. 在装修竣工 12 个月时,室内甲醛质量浓度监测的最高值超过国家标准 2.2 倍,与装修竣工后 5 个月的甲醛监测最高值相比,上升了 0.6 倍;装修竣工 12 个月时,8 个监测点位甲醛质量浓度的平均值则是竣工 6 个月时平均质量浓度的 1.5 倍,超标率也有上升趋势,这表明室内空气中甲醛的释放并不是短期之内就能够完成的. 陈启石等<sup>[6]</sup>、Wang 等<sup>[7]</sup>的实验结果也证明了此观点.

为进一步定量分析甲醛的衰减规律,以跟踪监测的 8 个点位 12 个月内甲醛质量浓度随时间的变化曲线为研究对象,分别采用 origin 软件进行了多项式拟合和非线性拟合,拟合结果分析见图 1 和表 4. 从图 1 可见,在装修竣工后的前 4 个月,甲醛衰减较快,衰减速率也较高,从装修竣工后 4 个月到 6 个月期间,衰减速率逐渐降低,到装修竣工 6 个月时,达到衰减的最低值,质量浓度降低了约 65.5%,然后随着时间的变化,甲醛质量浓度有轻微上升. 分析其原因,室内甲醛污染的主要来源是室内装修材料和家具,这些材料中甲醛的释放受到内因和外因的共同作用,内因是装修材料和家具中的游离甲醛及其反应产物、树脂固化时的一些反应产物、脲醛树脂以及板材本身,庄晓虹等<sup>[8]</sup>从理论上估算出 2 张板材所含的游离甲醛要用近 12 年的时间才能释放完全,这就决定了室内空气甲醛质量浓度衰减的时间周期较长;影响甲醛释

放的外因是水、热和酸(CO<sub>2</sub>)等外部条件,在温度和湿度相对较高的环境下,甲醛的释放速率要相对较高,在本次跟踪监测的 12 个月间,装修竣工后的前 6 个月,甲醛是明显的释放过程,到装修竣工 6 个月时,质量浓度衰减虽逐渐趋于稳定,但甲醛质量浓度仍处于国家规定的标准值左右,并没有衰减到较低的浓度水平,而且随着监测季节不同,室内空气温度和湿度会发生一些变化,直接影响室内空气甲醛的质量浓度,在装修竣工后 6 个月至 12 个月,室内空气甲醛质量浓度甚至出现了轻微的上升,说明甲醛质量浓度仍处于不稳定状态,进一步释放至较低水平仍需较长的时间.

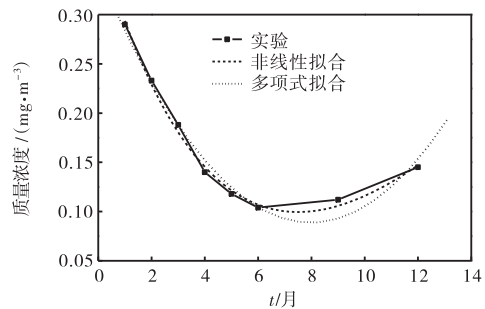


图 1 甲醛衰减变化规律及拟合曲线

Fig. 1 Decay of formaldehyde concentration with time and fitting curve

表 4 甲醛质量浓度衰减拟合方程

Tab. 4 Fitting equations of formaldehyde concentration decay

拟合方法	拟合方程	相关系数
多项式拟合	$y = 0.004 x^2 - 0.064 x + 0.343$	0.978 3
非线性拟合	$y = 0.723 e^{(-x/5.63)} + 0.034 x - 0.346$	0.994 2

通过对甲醛质量浓度随时间的衰减规律进行定

量拟合可见,装修竣工后12个月之内,甲醛的质量浓度衰减更符合非线性规律。有研究<sup>[9]</sup>表明,在描述室内空气中总挥发性有机物(VOCs)释放过程的模型中,一阶单衰减模型一般用于VOCs的初期释放,是最常用的经验模型,即VOCs浓度随时间降低到一定程度后,衰减速率逐渐减小。室内空气甲醛是VOCs的主要成分之一,从图1可知,在装修竣工后前6个月,甲醛释放是一个一阶单衰减过程,但6个月后,由于环境条件的影响和甲醛释放的复杂性,甲醛质量浓度处于不稳定状态,不再符合一阶单衰减规律。从表4的拟合结果来看,在短时间之内,甲醛质量浓度的释放更符合非线性模型。

### 2.3 不同季节甲醛质量浓度的分布情况

为了了解室内空气中甲醛质量浓度在不同季节的分布情况,对42个监测点位的所有监测数据,包括其中8个跟踪点位的跟踪监测数据按照监测季节不同进行统计,其中监测月份在3~5月为春季,6~

8月为夏季,9~11月为秋季,当年12月至次年2月为冬季,结果见表5。

从不同季节甲醛质量浓度的平均值可见,室内甲醛质量浓度均值为冬季>春季>秋季>夏季,监测最高值也符合冬季>春季>秋季>夏季,冬季监测最高值高达 $0.54 \text{ mg/m}^3$ ,超出国家标准4.4倍。这种规律与温度和室内通风状况有关。冬季室内甲醛质量浓度最高,是因为冬季虽然室外温度低,但随着人们生活水平的提高,居民采用暖气进行取暖,并由于冬季气候干燥,居民利用加湿器加湿室内空气,这就使室内保持一定的温度和湿度。而且由于冬季室外温度低,所以通风换气率低,致使甲醛释放速度快,且不易扩散。夏季室内甲醛质量浓度最低,是因为夏季虽然室外温度高,但居民通过使用空调使室内保持舒适的温度,在使用空调降低室内温度的同时使室内水汽被排出,使室内的湿度降低。而且夏季通风换气率高,致使释放出的甲醛容易扩散。

表5 不同季节甲醛质量浓度分布情况

Tab. 5 Concentration distribution of formaldehyde in different seasons

季节	采样点/个	质量浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	质量浓度平均值/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	超标数/个	超标率/%	最大超标倍数
春季	40	0.04~0.43	0.16	29	72.5	3.3
夏季	27	0.04~0.22	0.10	13	48.1	1.2
秋季	17	0.04~0.24	0.11	9	52.9	1.4
冬季	25	0.05~0.54	0.19	17	68.0	4.4

## 3 结 语

对天津市25户新装修住宅室内空气中甲醛污染状况研究表明:所调查的新装修住宅在刚装修竣工后,室内空气中甲醛的检出率为100%,超标率68%,最大超标倍数为2.3倍。不同功能房间内的甲醛质量浓度均值为卧室>书房>客厅。在不同季节,室内甲醛质量浓度均值为冬季>春季>秋季>夏季。通过对甲醛质量浓度随时间的衰减规律进行拟合可见,甲醛质量浓度变化在短时间内的释放更符合非线性模型。

### 参考文献:

- [1] 李艳莉,尹诗,黄宝妍. 室内甲醛污染来源及其对人体的危害[J]. 佛山科学技术学院学报:自然科学版, 2003, 21(1): 49-52.
- [2] 于涛,梁彦秋,章丽娜,等. 室内甲醛污染调查与控制[J]. 安全与环境工程, 2009, 16(6): 8-10.
- [3] 刘吕端,周振扬,张长国,等. 新装修住宅室内空气中甲醛消长规律研究[J]. 中国热带医学, 2008, 8(5): 871-

872.

- [4] 孙德桥. 天津市新装修居室甲醛污染调查与防治措施[J]. 长春工业大学学报:自然科学版, 2009, 30(2): 154-157.
- [5] 胡冠九,尹卫萍. 室内空气中甲醛的测定方法[J]. 环境监测管理与技术, 2002, 14(6): 12-13.
- [6] 陈启石,董征,李文卓. 我国室内甲醛污染特征及污染控制策略分析研究[J]. 中原工学院学报, 2009, 20(3): 8-11.
- [7] Wang Zhiwei, Cao Jingjing, Cai Huihua, et al. Study on indoor air quality characteristics and air contaminants control strategies in urban residential environment in Xi'an[C]//Proceeding of ICBBE 2009. Beijing: IEEE, 2009: 1-7.
- [8] 庄晓虹,胡筱敏,卢晓军,等. 室内空气中甲醛、苯系物的污染特征分析[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(5): 97-101.
- [9] 秦华鹏,刘阳生. 室内环境中挥发性有机物释放过程的数学模型[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(2): 96-99.

责任编辑:周建军