

# 城市装修住宅室内空气甲醛污染调查分析

薛生国, 马亚梦, 李丽劼, 黄艳红, 王 钧

(中南大学 冶金科学与工程学院, 长沙 410083)

**摘要:**通过对长沙市83户装修住宅的344个受检对象室内空气检测分析, 结果发现: 装修后2年内的居室内甲醛检出率100%, 甲醛超标率53.3%, 甲醛平均含量 $0.11 \pm 0.07 \text{ mg/m}^3$ , 甲醛浓度范围为 $0.01 - 0.45 \text{ mg/m}^3$ , 甲醛污染指数分布区间0.1—4.5, 最大超标倍数达3.5倍; 不同功能区装修居室的甲醛平均含量高低顺序为: 小孩房 > 主卧(次卧、书房) > 客厅; 装修居室室内甲醛浓度随装修后时间延长呈总体下降态势, 装修后7个月以上的住宅室内甲醛平均含量降低 $0.04 \text{ mg/m}^3$ ; 装修后短期内室内甲醛含量超标率比装修后长期居室高约25%, 主卧的甲醛超标率更是高达82.35%; 经过相同装修时间后的住宅, 放置家具比未放入家具的居室甲醛平均含量提高 $0.04 \text{ mg/m}^3$ 。这表明, 城市装修住宅室内空气污染严重, 甲醛污染与住宅的功能分区、装修后放置时间有关, 家具对室内空气环境的影响也不容忽视。

**关键词:**长沙; 装修住宅; 室内空气; 甲醛污染; 功能居室

**中图分类号:** X511    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1674-4764(2011)03-0124-05

## Investigation of Indoor Formaldehyde Pollution in Newly Decorative Residences

XUE Sheng-guo, MA Ya-meng, LI Li-jie, HUANG Yan-hong, WANG Jun

(School of Metallurgy Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** Formaldehyde (FA) is usually the most abundant air pollutant in the decorated residential buildings and also the most studied due to its potential role in allergic diseases and its carcinogenic properties. In the present work, according to Indoor Air Quality Standard (GB/T 18883-2002), a series of investigations were carried out at 83 decorative residences by Intescan 4160-19.99 formaldehyde detector in Changsha from November 2008 to October 2009. It is showed that formaldehyde pollution was very serious in decorated residences with a 100% occurrence in the specimens and mean concentrations of  $0.11 \pm 0.07 \text{ mg/m}^3$ . Concentration of formaldehyde was ranging from 0.01 to 0.31  $\text{mg/m}^3$  with 53.3% of the over the standard rate. The maxium level reached 4.5 times of the standard. The mean concentration of formaldehyde in different rooms was the following: Children room > bedroom (sanctum) > living room. Formaldehyde concentration in decorative residences was gradually on the decline with prolonged time. Indoor formaldehyde dropped it concentration by  $0.04 \text{ mg/m}^3$  seven months later. Therefore, the formaldehyde concentration in residential buildings was connected with the type of the room, decorated time, furnituring and other factors.

**Key words:** Changsha; decorative residence; indoor air; formaldehyde pollution; functional room

**收稿日期:** 2010-11-31

**基金项目:** 国家公益性(环保)行业科研项目(200909065); 国家自然科学基金项目(40771181); 中国博士后科学基金资助项目(20080430565); 中国博士后科学基金特别资助项目(2008011119)

**作者简介:** 薛生国(1970-), 男, 博士, 副教授, 主要从事污染环境修复与室内空气污染防治技术研究, (E-mail) sgxue70@yahoo.com.cn.

随着室内装修和建筑隔热的发展,新购买的家具和各种装饰材料均不同程度地含有某些化学物质,这些有害物质缓慢释放导致了日益严重的室内空气污染,室内环境问题已成为近年公众关注的环境焦点。广西疾病预防控制中心对南宁近30套新婚房检测发现,高达72%的婚房遭遇装修污染<sup>[1]</sup>。《CCTV-2》首次对中国22个城市家庭装修室内环境污染调查报表明,68%的家庭甲醛超标<sup>[2]</sup>。沈阳市环境监测中心对51个家庭儿童房免费检测发现,室内污染物超标的达50户<sup>[3]</sup>。室内空气污染程度是室外的2—16倍,有的甚至超过100倍<sup>[4-5]</sup>。室内空气污染已成为危害公众健康的“隐形杀手”,被美国环保局列入对公众健康危害最大的5种环境因素之一<sup>[6]</sup>。在人类经过“煤烟型”和“光化学烟雾型”污染后,人们正进入以“室内污染”为标志的第3次污染时期<sup>[7]</sup>。

甲醛是城市住宅室内装修和建筑材料释放到空气中的主要污染物,可经呼吸道和皮肤等途径进入人体而产生刺激性,因其潜在的致敏性、致癌、致畸性已成为近年室内环境研究的热点。2004年6月,世界卫生组织(WHO)和国际癌症研究机构(IARC)对甲醛现有的致癌证据进行充分评估后,将甲醛上升为第I类人体致癌物质<sup>[6-9]</sup>。室内环境甲醛主要来源于建筑材料、胶合板、地板、粘合剂、油漆、家具等<sup>[5]</sup>。李娟等<sup>[10]</sup>研究发现重庆住宅装修后3个月室内甲醛浓度最高,郭宁晓等<sup>[12]</sup>发现银川装修住宅6个月后甲醛浓度呈逐步下降趋势。罗玉红等<sup>[13]</sup>认为装修后家具装饰齐全的住宅样品合格率最低。在2008年11月到2009年10月期间,对长沙市装修住宅室内环境甲醛含量进行系统调查和检测,研究装修居室不同功能区的甲醛污染状况和不同装修时间的居室甲醛含量变化趋势,并对室内环境质量采用甲醛环境质量指数进行评价,提出适宜的装修居室甲醛污染防治对策,对开展装修住宅室内环境污染防治和改善人民生活环境具有重要的科学意义。

## 1 研究方法

### 1.1 装修住宅基本状况

通过网络、宣传、走访等形式征集受检住户和单位,选取位于长沙市不同区域、不同社会背景的83户城市住宅,对不同功能房间(含客厅)的室内环境甲醛浓度进行测定。经与业主交流,这些受检对象均为装修完成后1个月到2年的住宅。被检住宅的房间类型与住宅装修完成后至检测时间分布如表1。

表1 装修居室的基本情况

装修后时间/月	客厅	主卧	书房	孩房	次卧
1	6	6	5	5	4
2	6	6	5	5	5
3	6	6	5	6	5
4	10	10	9	9	6
5	4	4	2	4	1
6	2	2	2	2	1
7	4	4	2	4	2
8	5	5	3	5	3
9	2	2	0	2	2
10	2	2	1	2	1
11	1	1	1	1	0
12	3	3	2	2	2
13	2	2	2	2	0
14	5	5	5	5	1
15	4	4	2	4	0
16	4	4	3	4	2
17	4	4	4	4	1
18	2	2	2	2	2
20	4	4	3	2	3
22	2	2	1	2	1
24	2	4	3	2	4
合计	80	82	62	74	46

### 1.2 布点和采样

装修住宅布点和空气采样参照中华人民共和国环境保护行业标准《室内环境空气质量监测技术规范》(HJ/T167—2004)<sup>[13]</sup>进行,并视实际情况作部分调整。甲醛检测在装修居室门窗关闭12h后开展,采样点相对高度0.5~1.5m,离墙壁距离大于0.5m,离门窗距离大于1m。为探讨不同功能房间的甲醛含量状况,依据装修居室的实际情况,分别对客厅、主卧、次卧、书房、小孩房等室内功能区进行检测。甲醛含量检测采用美国生产的INTERSCAN 4160—19.99型便携式甲醛分析仪,该仪器已获得质量技术监督局认证,并通过国家环保产品质量监督检验中心检测和中国预防医学科学院环境卫生监测所实验室评价,获得国家环保部门认可,符合中国国家《室内空气质量国家标准》(GB/T18883—2002)<sup>[16]</sup>及《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2001)<sup>[15]</sup>要求的各种检验方法的参数和标准。

### 1.3 数据处理

美国INTERSCAN 4160—19.99型便携式甲醛分析仪的检测值显示为国际通用单位ppm,考虑到室内环境甲醛污染状况评价需采用中华人民共和国国家标准《室内空气质量国家标准》(GB/T18883—2002),因此需参照中华人民共和国环境保护行业

标准《室内环境空气质量监测技术规范》(HJ/T167—2004)将其换算为国家标准单位<sup>[13]</sup>。室内环境甲醛含量单位体积质量浓度  $\text{mg}/\text{m}^3$  和体积比浓度  $\text{ppm}$  换算关系

$$\text{ppm} = \text{mg}/\text{m}^3 \times B/M$$

式中:  $B$  为标准状态下气体的摩尔体积( $0^\circ\text{C}$ 时,  $B = 22.4 \text{ L}/\text{mol}$ );  $M$  为被测物质的分子量,  $M_{\text{HCHO}} = 30 \text{ g}/\text{mol}$

该次长沙市装修住宅室内甲醛检测与评价依据参照中华人民共和国国家标准《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002)甲醛浓度指标为:  $0.10 \text{ mg}/\text{m}^3$ <sup>[14]</sup>, 数据处理分析及采用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 11.5 进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同功能类型居室的室内空气质量

依据中华人民共和国国家标准-室内空气质量标准(GB/T 18883-2002), 对分布在长沙市不同区域的 83 户城市住宅的 344 个受检对象检测发现, 装修后 2 年内居室甲醛含量超标率 53.3%, 平均值为  $0.11 \text{ mg}/\text{m}^3$ , 甲醛浓度范围为  $0.01 \sim 0.45 \text{ mg}/\text{m}^3$ , 甲醛污染指数分布区间  $0.1 \sim 4.5$ , 最大超标倍数达

3.5 倍(表 2)。不同功能区居室的甲醛平均含量高低顺序为: 小孩房 > 主卧(次卧、书房) > 客厅, 这与罗玉红等的研究结果基本一致<sup>[12]</sup>。污染最严重的小孩房甲醛最大超标倍数为 3.5, 小孩房的甲醛平均含量最高、高达  $0.13 \text{ mg}/\text{m}^3$ , 超标率达 63.5%; 主卧、书房和次卧的甲醛含量平均值约为  $0.12 \text{ mg}/\text{m}^3$ , 超标率均大于 50% (其中主卧甲醛超标率达 60.9%), 次卧的甲醛最大超标倍数相对较低, 书房的甲醛污染指数  $0.1 \sim 4.0$ ; 客厅的室内环境质量相对较好, 甲醛含量平均值为  $0.08 \text{ mg}/\text{m}^3$ , 但超标率仍达 33.7%, 甲醛含量分布范围  $0.01 \sim 0.26 \text{ mg}/\text{m}^3$ , 最大超标倍数 1.6(表 2)。小孩房、主卧、次卧、书房空气中甲醛平均浓度明显高于客厅, 这与房间的功能分区和装修特点有关。卧室存在面积小、封闭性好、通风不好, 以及装复杂, 多采用木地板, 木制家具多等特点; 书房除有一般的家具外, 还可能有打印机、大量的书籍及吸烟造成的浓度升高; 小孩房的重视程度较高、装复杂、使用板材较多, 污染源相对集中, 空间较小, 使甲醛扩散受阻, 这是小孩房甲醛平均含量和超标率高于装修住宅其他功能分区的主要原因。

表 2 不同功能类型居室的室内空气质量

测试点	样本数/ 个	体积质量浓度/ ( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	平均值/ ( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	甲醛污染指数	最大超标倍数	超标率/%
客厅	80	0.01—0.26	$0.08 \pm 0.05$	0.1—2.6	1.6	33.75%
主卧	82	0.01—0.40	$0.12 \pm 0.07$	0.1—4.0	3.0	60.98%
书房	62	0.01—0.40	$0.12 \pm 0.08$	0.1—4.0	3.0	56.45%
孩房	74	0.01—0.45	$0.13 \pm 0.09$	0.1—4.5	3.5	63.51%
次卧	46	0.02—0.31	$0.12 \pm 0.07$	0.2—3.1	2.1	54.35%
居室	344	0.01—0.45	$0.11 \pm 0.07$	0.1—4.5	3.5	53.33%

注: 居室指所有调查对象, 相关数据为全部受检对象的统计数据。

### 2.2 不同装修时间的住宅室内空气质量

为研究不同装修时间住宅室内甲醛含量状况及变化趋势, 将所测得的数据按房屋装修后的时间长短分成两组: 一组是装修后短期(1~6 个月, 下文意义相同); 一组是装修后较长期(7~24 个月, 下文意义相同)。装修后短期内室内甲醛含量超标率达 67.79%, 比装修后长期内室内甲醛超标率(42.56%)高出约 25%, 除客厅甲醛超标率为 47.06%外, 装修住宅其他功能分区甲醛超标率均在 60%以上, 主卧的甲醛超标率更是高达 82.35%。除客厅和次卧(超标率 30.43%和 44.44%)外, 其他房间普遍超标(>60%); 而装修后 7 个月以上的居室, 室内空气甲醛浓度范围为  $0.01 \sim 0.31$ , 超标率

大幅度下降, 最大超标倍数仅 2.1, 室内空气质量有明显好转, 客厅超标率只有 23.91%, 主卧、书房和次卧的甲醛超标率降低到 50%以下。然而, 无论是住宅装修后短期检测值还是长期检测值, 不同功能居室的室内甲醛平均含量、超标率和最大超标倍数都略低于中国同类研究成果<sup>[10-12]</sup>, 这是由于近年来人们对室内环境的重视度提高, 在板材选择、油漆使用和家具购买方面更多地关注相关材料的环保性能, 并且在入住前装修房子的实木地板下放置木炭、室内放置气体污染物清除材料和盆栽观赏植物(相关研究成果将在相关论文中讨论), 此外入住后环保意识增强, 注意经常通风换气。这些措施可能都对装修住宅室内环境质量的改善都有不同程度的贡献。

表3 装修后的不同时段中居室甲醛含量

测试点	样本数/个	体积质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )	最大超标倍数	超标率/%	
装修后短期	客厅	34	0.03—0.26	1.6	47.06
	主卧	34	0.04—0.40	3.0	82.35
	书房	28	0.04—0.40	3.0	75.0
	孩房	31	0.01—0.45	3.5	70.97
	次卧	22	0.05—0.24	1.4	63.63
	居室	149	0.01—0.45	3.5	67.79
装修后长期	客厅	46	0.01—0.15	0.5	23.91
	主卧	48	0.01—0.25	1.5	45.83
	书房	34	0.01—0.28	1.8	41.18
	孩房	43	0.01—0.31	2.1	58.14
	次卧	24	0.02—0.31	2.1	45.83
	居室	195	0.01—0.31	2.1	42.56

注:居室指所有调查对象,相关数据为全部受检对象的统计数据。

装修居室不同功能区室内空气中甲醛浓度随装修后时间延长呈总体下降态势,装修后7个月以上的住宅室内甲醛平均含量降低0.4 mg/m<sup>3</sup>(图1)。对比装修完成后不同时期的甲醛含量状况,除次卧室甲醛平均含量没有明显变化外,主卧、书房、客厅和小孩房的甲醛平均含量均有明显降低(图1),主卧和书房甲醛超标率下降幅度约45%,客厅甲醛超标率降低,小孩房和次卧室甲醛超标率下降幅度相对较低。这可能是由于主卧和书房利用率较高,甲醛有效扩散;客厅空间较大,本身在一个较低范围,而甲醛扩散是一个缓慢的过程;小孩房和次卧入住时间相对较少,利用率较低,导致甲醛等污染物扩散缓慢。此外,除次卧室甲醛最大超标倍数略有升高外,装修住宅不同功能房间的甲醛最大超标倍数均有明显降低,结合装修后不同时间次卧平均甲醛含量变化不大的现象,这是本阶段甲醛检测过程中出现个别室内环境甲醛含量异常高数据的缘故;再者,本次调查过程中只有44个次卧室甲醛检测数据,这种现象的出现或许与样本数量有关。同一居室甲醛含量随时间变化的研究正在进行之中,相关数据将有助于解决该研究出现的问题。

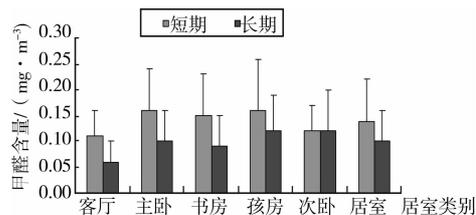


图1 装修时间对室内环境质量的影响

注:S为装修后短期内(装修至检测时间1—6个月)室内甲醛浓度水平;L为装修后长期内(装修至检测时间7—24个月)室内甲醛浓度水平。

### 2.3 家具对住宅室内甲醛浓度的影响

经过相同的装修时间后(4个月,装修后未放置家具,空置时间最长的为4个月)的住宅,分析家具放置对室内环境质量的影响,发现放置家具比未放置家具的居室甲醛平均含量提高0.04 mg/m<sup>3</sup>(图2)。相同功能的房间,放置家具的居室的甲醛浓度明显高于未进家具前,小孩房放置家具后室内甲醛含量变化最大,平均含量提高0.06 mg/m<sup>3</sup>,而客厅甲醛含量变化仅0.02 mg/m<sup>3</sup>。这表明家具自身甲醛的释放对住宅室内环境质量影响较大,这可从部分封闭式家具(衣柜、书柜等)内部空气质量检测值甲醛含量较高获得相应的证据。这与Jarnstro等<sup>[16]</sup>研究结果一致。由于客厅空间较大、通风透气效果好、家具放置相对密度低,因此家具对室内甲醛贡献份额较低。小孩房空间相对较小,功能全面(双层床、书桌、书柜、玩具放置等)、家具放置相对密度大、通风换气次数相对较少,这导致家具对室内甲醛含量有较大影响。

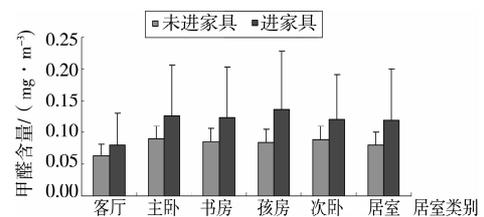


图2 家具对室内环境质量的影响

## 3 结论

1)长沙市不同区域、不同社会背景的83户装修住宅的344个受检对象在装修后2年内居室甲醛超标率53.3%,平均值为0.11 mg/m<sup>3</sup>,甲醛浓度范围

为 0.01~0.45 mg/m<sup>3</sup>, 甲醛污染指数分布区间 0.1—4.5, 最大超标倍数达 3.5 倍; 不同功能区居室的甲醛平均含量高低顺序为: 小孩房 > 主卧(次卧、书房) > 客厅; 污染最严重的小孩房甲醛超标率达 63.5%, 甲醛平均含量达 0.13 mg/m<sup>3</sup>, 甲醛最大超标倍数为 3.5。

2) 装修居室不同功能区室内空气中甲醛浓度随装修后时间延长呈总体下降态势, 装修后 7 个月以上的住宅室内甲醛平均含量降低 0.4 mg/m<sup>3</sup>; 装修后短期内室内甲醛含量超标率达 67.79%, 比装修后长期室内甲醛超标率(42.56%)高出约 25%, 主卧的甲醛超标率更是高达 82.35%。

3) 家具自身甲醛的释放对住宅室内环境质量影响较大。经过相同的装修时间后的住宅, 放置家具比未放置家具的居室甲醛平均含量提高 0.04 mg/m<sup>3</sup>; 相同功能的房间, 已进家具的居室的甲醛浓度明显高于未进家具前, 小孩房放置家具后室内甲醛含量变化最大, 平均含量提高 0.06 mg/m<sup>3</sup>, 而客厅甲醛含量变化仅 0.02 mg/m<sup>3</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 警惕“新婚房”的装修污染[EB/OL]. [http://www.huanbao163.cn/lai/lai\\_3767.html](http://www.huanbao163.cn/lai/lai_3767.html).
- [2] 《CCTV-2 首次全国城市家庭装修室内环境污染情况调查》组委会. 我国 22 个城市家庭装修室内环境污染调查报告(2005 年 8-10 月)[R].
- [3] 沈阳市环保局. [http://www.syepb.gov.cn/data/2006\\_06\\_20/](http://www.syepb.gov.cn/data/2006_06_20/)[EB/OL].
- [4] BAEZ A, PADILLA H, GARCIA R, et al. Carbonyl levels in indoor and outdoor air in Mexico city and Xalapa, Mexico [J]. *The Science of the Total Environment*, 2003, 302: 211-226.
- [5] MARCHANDA C, LE CALVE' A S, MIRABEL P, et al. Concentrations and determinants of gaseous aldehydes in 162 homes in Strasbourg (France) [J]. *Atmospheric Environment*, 2008, 42: 505-516.
- [6] Environmental protection agency (EPA) [EB/OL]. Indoor Air Pollution. <http://www.epa.gov/iaq/>.
- [7] 赵文霞, 白志鹏, 马玲. 石家庄市室内空气中甲醛、苯系物和 TVOC 的污染物征[J]. *城市环境与城市生态*, 2008, 21(6): 9-11.
- ZHAO WEN-XIA, BAI ZHI-PENG, MA LING. Concentration of formaldehyde, benzene homologues and TVOC in indoor air in Shijiazhuang [J]. *Urban Environment and Urban Ecology*, 2008, 21(6): 9-11.
- [8] World Health Organization (WHO). Indoor air pollution [EB/OL]. <http://www.who.int/indoorair/en/>.
- [9] IARC. Overall evaluation of carcinogenicity to humans, formaldehyde [50-00-0] The IARC monographs series [C]//International Agency for Research on Cancer 88, 2004.
- [10] 李娟, 黄海燕, 邵茂清. 重庆住宅室内空气中甲醛污染调查[J]. *重庆大学学报: 自然科学版*, 2006, 29(9): 144-146.
- LI JUAN, HUANG HAI-YAN, SHAO MAO-QING. Study on formaldehyde pollution of indoor air in Chongqing [J]. *Journal of Chongqing University: Natural Science Edition*, 2006, 29(9): 144-146.
- [11] 郭宁晓, 马福海, 舒学军, 等. 232 户新装修居室空气污染状况及对居民健康的影响[J]. *宁夏医学院学报*, 2008, 30(4): 452-454.
- GUO NING-XIAO, MA FU-HAI, SHU XUE-JUN, et al. Investigation of indoor air quality and health effects in newly decorated residences [J]. *Journal of Ningxia Medical College*, 2008, 30(4): 452-454.
- [12] 罗玉红, 赵小蓉, 朱神军. 新装修住房室内空气污染调查分析[J]. *安全与环境工程*, 2008, 15(2): 54-56, 60.
- LUO YU-HONG, ZHAO XIAO-RONG, ZHU SHEN-JUN. Investigation of indoor air pollution in newly decorated rooms [J]. *Safety and Environmental Engineerin*, 2008, 15(2): 54-56, 60.
- [13] HJ/T167—2004 室内环境空气质量监测技术规范[S].
- [14] GB/T 18883-2002, 室内空气质量标准[S].
- [15] GB 50325—2001 民用建筑工程室内环境污染控制规范[S].
- [16] JAMSTRO H, SAARELA K, KALLIOKOSKI P, et al. Reference values for indoor air pollutant concentrations in new, residential buildings in Finland [J]. *Atmospheric Environment* 2006, 40: 7178-7191.

(编辑 胡玲)