

DOI: 10.7524/j.issn.0254-6108.2015.09.2015022401

周霁阳, 沈振兴, 党文鹏, 等. 西安市办公和家庭室内空气质量状况分析[J]. 环境化学, 2015, 34(9): 1642-1648

ZHOU Jiyang, SHEN Zhenxing, DANG Wenpeng, et al. Indoor air pollution in office and residence environment in Xi'an [J]. Environmental Chemistry, 2015, 34(9): 1642-1648

西安市办公和家庭室内空气质量状况分析*

周霁阳^{1,2} 沈振兴^{1,3**} 党文鹏² 王琳庆¹ 曹军骥³ 黄宇³

(1. 西安交通大学能动学院环境工程系, 西安, 710049; 2. 陕西云杭环保科技有限公司, 西安, 710075;
3. 中国科学院地球环境研究所气溶胶化学与物理院重点实验室, 西安, 710075)

摘要 本文对西安市74户住宅(194个居室)和10个办公场所(25个房间)进行了甲醛、苯、甲苯、邻二甲苯等8种单体VOC及TVOCs浓度测定,发现西安市室内空气中的污染物浓度整体超标严重.住宅和办公场所的甲醛超标率在80%—90%之间,最大超标倍数分别为3.89和4.88;TVOCs超标率分别为77.9%和50%,最大超标倍数分别为17.4和49.6.探讨温、湿度与甲醛和TVOCs浓度的关系发现,甲醛和TVOCs浓度都随温度增加而增加;甲醛浓度随湿度增加先增加后减少,而湿度对TVOCs浓度影响不大.分析各种装饰材料与污染关系后发现,板材是室内空气中甲醛和TVOCs污染的最主要来源,白乳胶、壁纸、木地板次之.建议通过夏季晾晒房间、减少板材使用和延长晾晒时间(至少半年以上)等方式有效减少室内空气污染.

关键词 西安, 室内环境, 甲醛, TVOCs.

Indoor air pollution in office and residence environment in Xi'an

ZHOU Jiyang^{1,2} SHEN Zhenxing^{1,3**} DANG Wenpeng² WANG Linqing¹
CAO Junji³ HUANG Yu³

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, 710049, China;

2. Shaanxi YunHang Environmental Protection Technology Co, Ltd, Xi'an, 710075, China;

3. Key Lab of Aerosol Physic and Chemistry, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Science, Xi'an, 710075, China)

Abstract: To investigate the indoor air pollution levels in Xi'an, concentrations of eight monomers of VOCs including formaldehyde, benzene, toluene, *o*-xylene and TVOCs were determined in 194 residences and 25 office sites. The results show that the concentrations of indoor air pollutants in Xi'an, overall, exceeded the limit values seriously. Formaldehyde concentrations exceeded the national standard in 80% residential and 90% office sites, and the maximum exceeding standard times were 3.89 and 4.88 individually. The TVOCs levels in 77.9% residential and 50% office sites exceeded the national standard, and the maximum exceeding standard times were 17.4 and 49.6. Formaldehyde and TVOCs levels increased with the temperature. TVOCs were barely affected by humidity, while formaldehyde levels first increased with humidity and then decreased. The results showed that the panels are the main source of indoor formaldehyde and TVOCs, followed low white latex, wallpaper, and wood floor. Some methods, such as airing the newly decorated house long enough especially in summer, reducing the use of panels, should be taken to reduce the indoor air pollution effectively in Xi'an.

Keywords: Xi'an, indoor air, formaldehyde, TVOCs.

2015年2月24日收稿.

* 科技部基础工作专项(2013FY12700);中央高校基本科研业务费项目(XKJC2015002)资助.

** 通讯联系人, E-mail: zshen@mail.xjtu.edu.cn

据估计,人一生中约有 80%—90%的时间是在室内度过的^[1-2],而有报道称室内有机污染物浓度已超过了室外浓度^[3]. 因此室内空气质量对人体健康十分重要. 室内空气质量(Indoor air quality, IAQ)^[4]的概念在 70 年代后期开始被一些西方国家所重视. 美国供热制冷空调工程师学会(ASHRAE)对良好室内空气品质所作的定义为:空气中已知的污染物达到公认的权威机构所确定的有害浓度指标,并且处于这种空气中的绝大多数人($\geq 80\%$)对此没有表示不满意. 该定义得到了大多数组织、学者的认同. 我国“九五”期间开始制定相关室内空气质量标准,包括由国家环保总局、卫生部制定的《室内环境质量评价标准》;由国家质检总局制定的《室内建筑装饰装修材料有害物质限量》等.

甲醛和挥发性有机物(VOCs)是室内主要污染物. 甲醛(HCHO)是最简单的醛类,具有易挥发的特性,熔点 $-92\text{ }^{\circ}\text{C}$,沸点 $-19.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,无色有刺激性气味的气体. 甲醛的室内源主要有建筑材料、家具、黏合剂、涂料、合成织品等^[5],被国际癌症研究机构(IARC)确定为 A 类致癌物,其对人体健康的影响主要表现在嗅觉异常、刺激、过敏、肺功能异常、肝功能异常和免疫功能异常等方面^[6].

挥发性有机化合物(VOCs)是指在常温下饱和蒸汽压大于 70 Pa、常压下沸点在 $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下的有机化合物. VOCs 是一大类强挥发、有特殊刺激性气味、有毒的重要污染物. VOCs 会刺激眼、鼻、咽喉及皮肤,引起头痛、头晕、呕吐、呼吸困难等病症. Evridiki 等人^[7]报道了孕妇产前接触多环芳烃会导致胎儿出生时体重偏轻,早产概率增加. TVOCs 浓度小于 $0.2\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 时,不会引起刺激和不适,超过 $0.2\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 后可能引起刺激,头疼,超过 $25\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 甚至产生一些神经毒性作用^[8].

西安市是我国西北部最大的城市,经济发展水平相对不高,因而人们对室内空气污染的关注甚少,在室内空气污染方面所做的研究非常有限. 本文对西安市 194 个住宅房间,25 个办公场所观测点进行了甲醛和 TVOCs 的测定,目的是分析西安市目前室内空气污染现状,并提出室内污染防治的对策.

1 实验方法

从 2014 年 3 月到 2014 年 10 月,本实验对西安全市范围内 74 户住宅的 194 个房间,10 个室内办公场所的 25 个观测点进行了甲醛和 TVOCs 检测. 所选检测点均匀散布在西安市区范围内,以市中心钟楼为原点向四周辐射. 各检测点的装修时间状况为装修完工 1 月到 2 年不等. 在检测开始前房间先封闭 12 h 再进行检测,检测过程中房间全封闭. 国家室内空气质量标准(GB/T18883—2002)甲醛与 TVOCs 的标准限值(单位均为 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)分别为:甲醛(0.1),苯(0.11),甲苯(0.2),邻二甲苯(0.2),对(间)二甲苯(0.2),乙酸正丁酯(0.09),乙苯(0.09),苯乙烯(0.09),正十一烷(0.09),TVOC(0.6).

1.1 甲醛测定

甲醛采集和分析使用的仪器包括大型气泡采样管(出气口内径为 1 mm,出气口至管底距离 $\leq 5\text{ mm}$);恒流采样器(QC-2 型大气采样仪,北京市劳动保护科学研究所);分光光度计(UV-2600AH 型紫外可见分光光度计,尤尼柯仪器有限公司). 采集过程为用 1 个内装 5 mL 吸收液的大型气泡吸收管,以 $1\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 流量采气 10 L,并记录采样点的温度($T,^{\circ}\text{C}$)和湿度(%). 采样后的样品立即分析或保存在 $0\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下 24 h 内分析.

甲醛测定原理为空气中的甲醛与酚试剂反应生成嗪,嗪在酸性溶液中被高铁离子氧化成蓝绿色化合物. 根据颜色深浅,比色定量. 甲醛标准曲线的绘制方法如下:

取 10 mL 具塞比色管,用甲醛标准溶液制备不同浓度的系列标准,其浓度分别为 0、0.02、0.04、0.08、0.12、0.16、0.2、0.3、0.4 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. 各管中加入 0.4 mL 1% 硫酸铁铵溶液,摇匀,放置 15 min. 用 1 cm 比色皿,在波长 630 nm 处,以水作参比,测定各管溶液的吸光度. 以甲醛的含量为横坐标,吸光度为纵坐标,绘制曲线,并计算回归线斜率,以斜率倒数作为样品测定的计算因子 $B_g(\mu\text{g}/\text{吸光度})$. 标准曲线每月重新绘制 1 次.

采样后,将样品溶液全部转入比色管中,用少量吸收液清洗吸收管,合并清洗使总体积为 5 mL. 按绘制标准曲线的操作步骤测定吸光度,在每批样品测定的同时,用 5 mL 未采样的吸收液作试剂空白,测定试剂空白的吸光度. 空气中甲醛浓度按下式计算:

$$C_n = (A - A_0) \times B_g \cdot V_0^{-1} \quad (1)$$

式中, C_n 为空气中甲醛的质量浓度, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$; A 为样品溶液的吸光度; A_0 为试剂空白的吸光度; B_g 为计算因子, $\mu\text{g}/\text{吸光度}$; V_0 为换算成标准状态下的采样体积.

1.2 TVOCs 测定

TVOCs 测定所需仪器设备及化学试剂: 恒流采样器(QC-2型大气采样仪, 北京市劳动保护科学研究所); 内壁光滑的不锈钢 Tenax 吸附管(管内装有 200 mg 的 Tenax-TA 吸附剂); 热解吸装置(JX-3 热解吸仪, 中惠普公司); 配备有氢火焰离子化检测器的气相色谱仪(FULI 9790 型气相色谱仪, 福立分析仪器有限公司); 毛细管柱(SE-30, 50 m \times 0.32 mm 石英毛细管柱, 南京伽诺仪器仪表有限公司); TVOCs 标准溶液.

采样时, 采样仪置于三脚架上, 离地约 1.5 m. 采样过程中流量稳定在 $1\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, 用 Tenax-TA 吸附管采集 10 L 空气, 同时记录温度、湿度(RH) 等参数; 采样完毕后, 用封口膜密封采样管两端, 带回实验室 12 h 内分析.

TVOCs 样品的分析 TVOC 分析采用热解吸气相色谱法. 通过热解吸装置加热吸附管, 得到 TVOCs 的解吸气体. 热解吸的解吸温度为 $300\text{ }^\circ\text{C}$, 载气流速为 $30\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, 解吸时间为 2 min; 将 TVOCs 的解吸气体直接由进样阀注入气相色谱仪进行色谱分析, 以保留时间定性, 峰面积定量. 柱操作条件为程序升温, 初始温度为 $50\text{ }^\circ\text{C}$, 保持 10 min, 升温速率 $5\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, 温度升至 $250\text{ }^\circ\text{C}$, 保持 2 min.

TVOCs 标准曲线绘制 取 1—5 mL 含液体组分 $100\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 和 $10\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的标准溶液注入 Tenax-TA 吸附管分别制备标准系列, 其分析方法同样品分析方法. 以扣除空白后峰面积的对数为纵坐标, 以待测物质量的对数为横坐标, 绘制标准曲线. 标准曲线每月重绘 1 次.

2 结果与讨论

2.1 甲醛与 TVOCs 浓度水平

在 219 个检测点中, 有 178 个检测点的甲醛浓度超标, 超标率为 81.6%, 最大浓度为 $0.489\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$; 有 144 个检测点的 TVOCs 超标, 超标率为 66.2%, 最大浓度为 $49.6\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, 其超标情况如表 1 所示. 可以看出, 西安市的室内污染较为严重.

表 1 住宅和办公场所中甲醛与 TVOCs 的污染情况

Table 1 The contamination situation of indoor formaldehyde and TVOCs in residence and office places

污染物	超标 1 倍以内/%	超标 1—3 倍/%	超标 3—6 倍(包括 3 倍)/%	超标 6 倍及以上/%	总超标率/%	最大浓度/ ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	最大超标倍数
甲醛	43.7	35.2	2.7	0	81.6	0.489	3.89
苯	0.5	0	0	0	0.5	—	—
甲苯	31.2	11	5.5	1.4	49.1	3.86	18.32
邻二甲苯	12.3	3.2	1	1	17.5	3.97	18.86
对(间)二甲苯	21.5	12.3	5	5.9	44.7	12.50	61.50
乙酸正丁酯	16.9	11	6.4	13.1	47.4	5.314	58.04
乙苯	23.7	19.2	7.8	9.9	60.6	13.63	150.44
苯乙烯	18.1	11	5.5	5.9	40.9	2.809	30.21
正十一烷	4.1	0.9	0	0	5	0.246	1.73
TVOCs	43.7	35.2	2.7	0	81.6	49.6	50.60

2.2 住宅中不同房间的甲醛与 TVOCs 污染状况

检测的 74 户住宅 194 个房间中, 客厅有 60 个, 卧室有 119 个, 其他房间(书房、卫生间和厨房等)共 17 个, 超标情况如表 2 至表 4 所示.

对比分析客厅、卧室、其它房间的数据可知, 3 种房间均为甲醛超标最为严重, 超标率均超过 80%, 客厅和其它房间的超标率已接近 90%, 最大超标倍数分别为 3.89、3.49、2.49, 大多数房间甲醛的超标倍数都在 1 倍以内. 说明西安市居室内甲醛超标现象非常普遍.

在苯系物中, 苯的达标率较高, 除了所测 1 间卧室中浓度超标外, 其它房间均未超标. 邻二甲苯的污染也相对较轻. 但甲苯、乙苯、对(间)二甲苯、苯乙烯的超标情况都较为严重. 这一结果与马微^[9] 等报道

的结论基本相同,所不同的是本实验测得的苯乙烯超标率与其它 3 种物质相当,也是 TVOCs 中的主要污染物质。从以上分析可知苯系物超标问题同样十分严重。苯系物主要来源于油漆、涂料等,这些材料被大面积地涂敷在墙体、家具表面。按照国家标准苯在油漆中的含量不能超过 0.5%,而在这些油漆中甲苯、二甲苯的含量通常在 10%—40%^[9],因而许多油漆打着“无苯”的旗号却并非真正环保漆。3 种房间的乙酸正丁酯超标率分别为 46.7%、41.2% 和 41.1%,最大超标倍数为 29.93、27.57 和 58.04,超标问题也很严重,且超标 6 倍以上的房间数较多,而清漆的大量使用是导致乙酸正丁酯超标的主要原因。3 种房间的正十一烷超标率分别为 5%、4.2%、11.8%,最大超标倍数分别为 1.16、1.73 和 0.72,说明正十一烷污染相对较轻。

表 2 客厅中甲醛与 TVOCs 中主要污染物的污染情况

Table 2 The contamination situation of formaldehyde and TVOCs in living rooms

污染物	超标 1 倍以内/%	超标 1—3 倍/%	超标 3—6 倍(包括 3 倍)/%	超标 6 倍及以上/%	总超标率/%	最大浓度/(mg·m ⁻³)	最大超标倍数
甲醛	53.3	23.3	11.7	0	88.3	0.489	3.89
苯	0	0	0	0	0	—	—
甲苯	33.3	8.3	6.7	1.7	50	1.924	8.62
邻二甲苯	13.3	0	1.7	0	15	1.074	4.37
对(间)二甲苯	23.3	11.7	10	3.3	48.3	2.041	9.21
乙酸正丁酯	15	11.7	5	15	46.7	2.784	29.93
乙苯	25	15	10	10	60	13.63	150.44
苯乙烯	13.3	8.3	10	5	36.6	2.809	30.21
正十一烷	3.3	1.7	0	0	5	0.194	1.16
TVOC	32.0	23.3	6.7	5%	67	8.737	13.56

表 3 卧室中甲醛与 TVOCs 中主要污染物的污染情况

Table 3 The contamination situation of formaldehyde and TVOCs in bedrooms

污染物	超标 1 倍以内/%	超标 1—3 倍/%	超标 3—6 倍(包括 3 倍)/%	超标 6 倍及以上/%	总超标率/%	最大浓度/(mg·m ⁻³)	最大超标倍数
甲醛	41.2	24.4	15.1	0	80.7	0.449	3.49
苯	0.8	0	0	0	0.8	0.217	0.97
甲苯	29.4	9.2	7.6	1.7	47.9	3.864	18.32
邻二甲苯	10.9	1.7	1.7	0	14.3	0.851	3.26
对(间)二甲苯	21.0	10.1	5.0	0.8	36.9	2.632	12.16
乙酸正丁酯	11.8	4.2	8.4	16.8	41.2	2.571	27.57
乙苯	21.0	12.6	10.1	9.2	52.9	3.47	37.56
苯乙烯	20.1	5.9	3.4	6.7	36.1	2.809	30.21
正十一烷	4.2	0.8	0	0	4.2	0.246	1.73
TVOC	31.1%	17.6	4.2%	6.7	59.6%	11.06	17.43

表 4 其它房间中甲醛与 TVOCs 中主要污染物的污染情况

Table 4 The contamination situation of formaldehyde and TVOCs in other rooms

污染物	超标 1 倍以内/%	超标 1—3 倍/%	超标 3—6 倍(包括 3 倍)/%	超标 6 倍及以上/%	总超标率/%	最大浓度/(mg·m ⁻³)	最大超标倍数
甲醛	41.2	29.4	17.6	0	88.2	0.349	2.49
苯	0	0	0	0	0	—	—
甲苯	23.5	0	5.9	0	29.4	0.823	3.12
邻二甲苯	17.6	0	5.9	0	23.5	0.792	2.96
对(间)二甲苯	23.5	5.9	0	5.9	35.3	1.933	8.66
乙酸正丁酯	5.9	11.8	0	23.5	41.1	5.314	58.04
乙苯	5.9	11.8	23.5	5.9	47.1	2.851	30.68
苯乙烯	17.6	11.8	5.9	0	35.3	0.442	3.91
正十一烷	11.8	0	0	0	11.8	0.155	0.72
TVOC	17.	17.8	5.9	5.9	47.4	11.07	17.45

2.3 办公场所中的甲醛和 TVOCs 污染状况

本实验对 10 个办公场所的 21 个房间进行了检测,其中有 10 个测点在学校内,两个测点在医院内,其它测点均为公司的会议室或办公室. 结果如表 5 所示.

从表 5 可以看出,办公场所各污染物的超标情况与居室内大体相似,但也有不同之处. 首先,甲醛超标率为 76.1%,尽管稍低于住宅内的甲醛超标率,但依然很高,最大超标倍数为 4.88,高于住宅中各房间甲醛最大超标倍数. 和住宅检测结果类似,办公场所苯无超标现象,甲苯、对(间)二甲苯、乙苯仍是 TVOCs 中的主要物质,所不同的是苯乙烯超标率降到 10%以下,并且最大超标倍数只有 2 倍左右. 乙酸正丁酯的超标率为 47.6%,最大超标倍数为 34.41,与住宅中的超标情况相类似. 正十一烷未被检出超标.

表 5 办公场所中的甲醛和 TVOCs 污染情况

Table 5 The contamination situation of formaldehyde and TVOCs in office areas

污染物	超标 1 倍以内/%	超标 1—3 倍/%	超标 3—6 倍(包括 3 倍)/%	超标 6 倍及以上/%	总超标率/%	最大浓度/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	最大超标倍数
甲醛	33.3	19.0	23.8	0	76.1	0.588	4.88
苯	0	0	0	0	0	—	—
甲苯	23.8	4.8	9.5	0	38.1	1.376	5.88
邻二甲苯	4.8	9.5	0	9.5	23.8	3.971	18.86
对(间)二甲苯	0	4.8	14.3	9.5	28.6	12.5	61.50
乙酸正丁酯	28.6	0	9.5	9.5	47.6	3.187	34.41
乙苯	4.8	4.8	4.8	23.8	38.2	13.63	150.44
苯乙烯	4.8	4.8	0	0	9.6	0.282	2.133
正十一烷	0	0	0	0	0	—	—
TVOC	14.3	9.5	9.5	14.3	47.6	30.36	49.60

2.4 温度和湿度对甲醛和 TVOCs 污染状况的影响

甲醛和 TVOCs 浓度随温度变化见图 1, 温度分布范围是 17.3—31 °C. 平均温度为 25.7 °C. 由图 1 可以看出,随着室温的升高,甲醛的浓度呈现上升趋势,超标率显著上升,与其它文献报道的情况相一致. 而温度对 TVOCs 浓度的影响没有甲醛那样显著,一方面可能是温度的升高导致 Tenax-TA 管内吸附剂对 TVOCs 吸附效果减弱^[9]. 另一方面可能是某些温度(如 17 °C)的实验点较少,不能反映真实情况.

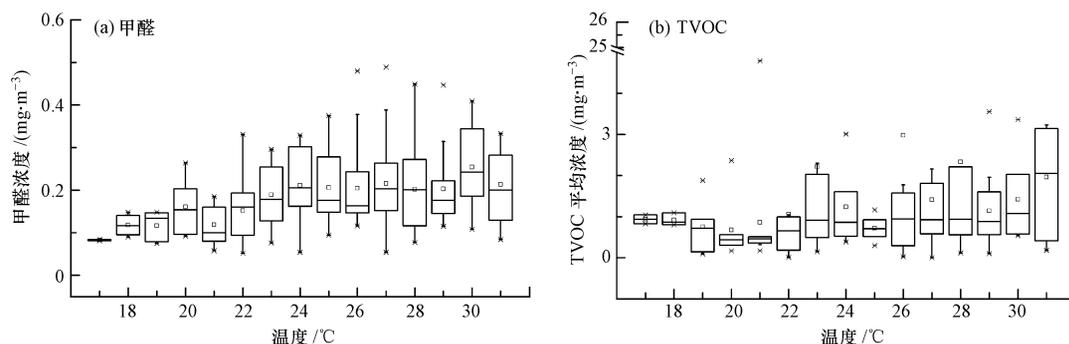


图 1 甲醛、TVOC 浓度与室内温度的变化关系

Fig.1 The variation of formaldehyde and TVOC concentrations with room temperature

湿度对甲醛和 TVOCs 的影响见图 2, 检测期内湿度分布范围是 34.9%—85%, 平均湿度为 63.2%. 由图 2(a)可以看出,随着湿度的增加,甲醛浓度呈现先上升再平稳再下降的趋势,分析原因可能是湿度较低时,随着湿度增高,环境空气中弱酸性水蒸气会和脲醛树脂胶中游离二甲醇低聚物反应或者促进其中羟甲基脲和木材纤维素反应生成甲醛,同时还可以促进脲醛树脂胶水解释放甲醛;而当湿度达到 65% 以上时,湿度的增加会抑制甲醛的释放. 由图 2(b)可以看出,随着湿度的增加,TVOCs 浓度有十分微弱的上升趋势,分析其原因可能是其中的水溶性物质溶于水而促进了该物质的进一步释放,但 TVOCs 中水溶性物质只占很小一部分,因此其浓度的上升趋势不明显.

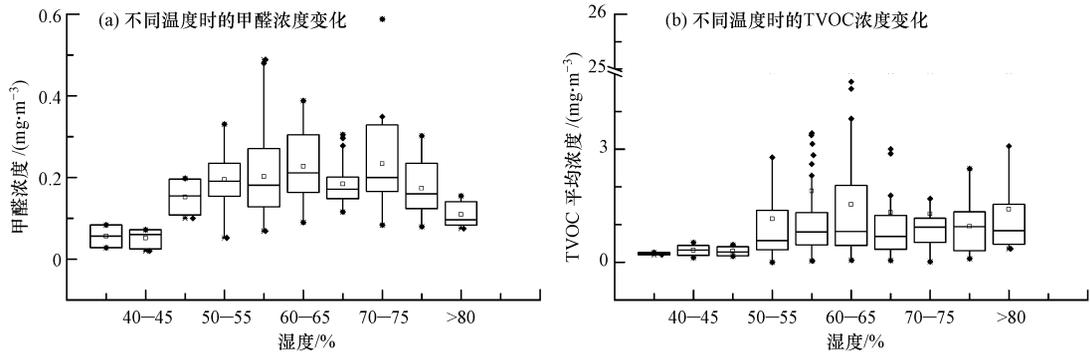


图 2 甲醛和 TVOC 浓度与湿度的关系

Fig.2 The variation of formaldehyde and TVOC concentrations with room humidity

2.5 装饰材料对室内空气质量的影响

客厅、卧室、其他房间以及办公房间所用的装饰材料情况如表 6 所示,可以看出,板材家具在各种房型中的使用频率都较高,尤其是在卧室、书房和储藏室等地方,由此可以推断,板材家具含有的甲醛和 TVOC 可能是室内空气污染的最主要来源.住宅中,人们追求温馨舒适而大量使用壁纸和乳胶漆,客厅大多设有布艺沙发或皮沙发,卧室和书房等大多安装木地板,这也是住宅内空气污染的一个重要来源.而办公房间中,板材家具和乳胶漆则是其污染的主要来源.

表 6 家庭和办公室使用材料分布

Table 6 The distribution of ornamental materials used in house and office

房间种类	木地板		壁(墙)纸		沙发		乳胶漆		板材家具	
	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%
客厅	15	25	26	43.3	28	46.7	19	31.7	28	46.7
卧室	67	56.3	52	43.7	2	1.7	29	24.4	95	79.8
其他房间	9	52.9	6	35.3	0	0	1	5.9	13	76.5
办公房间	4	19.0	0	0	0	0	8	38.1	12	57.1

对比分析不同装饰材料房间中甲醛和 TVOC 污染状况如图 3 所示.由图 3(a)可知,有板材和白乳胶漆的房间,甲醛平均浓度相对较高,是标准的两倍以上,其原因主要是板材的制造过程中使用了大量的黏接剂(如脲醛树脂等),由于缩聚反应的可逆性以及部分游离甲醛的残留,造成甲醛的大量释放;而白乳胶漆以聚乙烯醇缩甲醛为其主要黏接基料,因而也会有大量甲醛释放.壁纸本身不会释放甲醛,而贴壁纸所用的黏胶含有大量甲醛,尽管被壁纸覆盖,但也会逐渐渗透出来.木地板有实木、复合板等之分,但由于数据不足,故不具体讨论,但从图上仍能看出超标情况依然严重.

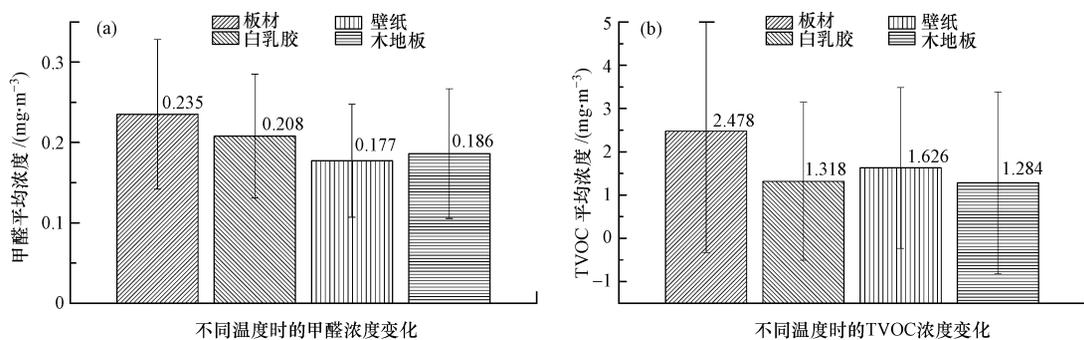


图 3 污染情况与装饰材料的关系

Fig.3 The relationship between pollution levels and ornamental materials

由图 3(b)可知,存在这 4 种材料的房间 TVOCs 浓度都达到标准的 2—4 倍,其中有板材时超标最多,主要是板材使用量最大,其制造过程中加入了大量的黏接剂(如酚醛胶和三聚氰氨胶等),因而其中

含有的各种挥发性有机物会大量释放出来,成为室内 TVOCs 的主要来源。

2.6 装修后晾置时间对室内空气污染状况的影响

分析 7 套典型住宅的 TVOCs 和甲醛浓度与装修后晾置时间的关系,结果如图 4 所示。由图 4 可以发现,随着晾置时间延长,TVOCs 和甲醛浓度均呈下降趋势。TVOCs 浓度降低较快,6 个月以后几乎能降到国家限值($0.6 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$)以下;而甲醛浓度降低较为缓慢,13 个月仍高于国家限值($0.1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$)。因而房间晾置时间应至少超过半年为宜,晾置时间越长,污染物浓度越低。

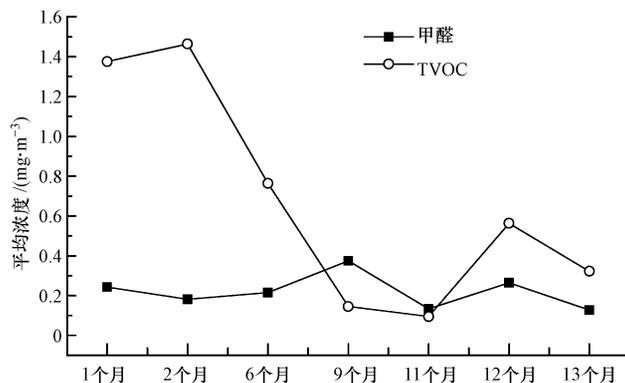


图 4 污染物浓度与晾置时间变化的关系

Fig.4 The relationship between pollutants levels and airing time

由温度与甲醛、TVOC 浓度关系可知,随着温度升高,甲醛与 TVOC 的挥发性增强,其室内浓度也都增大,因而夏季是晾置房间的最佳时节。经过夏季高温烘烤后能极大降低室内装饰材料中的污染物,而在晾置的同时,保持良好的通风也是加速污染物释放的较好途径。

3 结论

(1) 西安市室内空气中的污染物浓度整体超标严重,检测的 219 个点中,甲醛超标率为 81.6%,最大浓度为 $0.489 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$;TVOCs 超标率为 66.2%,最大浓度为 $49.6 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

(2) 客厅、卧室、其它房间(住宅中除客厅、卧室外的房间)中,甲醛超标率都在 80%以上,超标倍数大多 1 倍以内,说明西安市居室内甲醛污染现象非常普遍。甲苯、乙苯、对(间)二甲苯、苯乙烯是苯系物中的主要物质,乙酸正丁酯超标情况也较严重,正十一烷污染相对较轻。办公场所污染情况与住宅大体相似,所不同的是苯乙烯超标率在 10%以下,最大超标倍数只有 2 倍左右;甲醛超标情况稍严重一些。

(3) 甲醛浓度随着温度的增加而升高,而随着湿度增加呈现先增加后减少的变化趋势。TVOCs 浓度随温度升高而增加,而湿度增加对 TVOCs 浓度变化影响较小。板材家具是室内空气中甲醛和 TVOCs 污染的最主要来源。白乳胶、壁纸、木地板是仅次于板材的室内污染重要来源。

(4) 根据室内污染状况和特征,提出通过房间晾置半年以上,特别是夏季晾置、减少板材使用等措施可以有效降低室内空气污染。

参 考 文 献

- [1] Grump D. Strategies and protocols for indoor air monitoring of pollutants[J]. Indoor Built Environment, 2001, 10(3/4): 125-131
- [2] 伊芹,刘杰民,赵鹏,等. 常用室内装修建材污染物释放及其异味活性[J]. 环境化学, 2013, 32(4): 622-629
- [3] Christophe Y, Alina Dulaurent, Caroline Laffargue, et al. Characterization of VOC and formaldehyde emissions from a wood based panel: Results from an inter-laboratory comparison[J]. Chemosphere, 2010, 79: 414-419
- [4] 刘剑利,耿世彬. 室内空气质量的主要影响因素及其改善措施[J]. 洁净与空调技术, 2004, 3(4): 22-27
- [5] Akram A, Gavana M, Haidich A B, et al. Low birth weight and prenatal exposure to indoor pollution from tobacco smoke and wood fuel smoke: A matched case-control study in gaza strip[J]. Matern Child Health, 2012, 16(8): 1718-1727
- [6] 李韵谱,吴亚西,徐东群,等. 室内甲醛污染状况分析[J]. 环境化学, 2005, 24(2): 221-222
- [7] Evridiki P, Frank J, Kelly. Indoor exposure and adverse birth outcomes related to fetal growth, miscarriage and prematurity-a systematic review[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2014, 11(6): 5904-5933
- [8] 唐孝炎,张远航,邵敏. 大气环境化学(第 2 版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 656-678
- [9] 马微,王林,沈亦钦. 室内空气中 TVOC8 种组分浓度的分布特征探讨[J]. 上海环境科学, 2007, 26(3): 129-131