

室内空气中的甲醛检测分析及其预测模型

王 琨*,李玉华,赵庆良,姜安玺 (哈尔滨工业大学市政环境工程学院,黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 对 2003 年哈尔滨市居室室内空气中的甲醛污染检测与统计分析表明,随机检测的 246 个样本中甲醛浓度范围 0.017~1.302mg/m³,年均值为 0.219mg/m³,样品超标率 77.24%。夏季 6~8 月的甲醛浓度月平均值是冬季采暖期的 2.0 倍。各月室内甲醛平均浓度与各月平均温度具有良好的线性相关性,相关系数 $R^2=0.8652$ 。依据影响甲醛浓度的因素及其实测数据,建立了预测室内空气中甲醛浓度的数学模型。

关键词: 室内空气; 甲醛; 预测模型

中图分类号: X511 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2004)06-0658-04

Indoor air formaldehyde measurement analysis and its prediction model. WANG Kun, LI Yu-hua, ZHAO Qing-liang, JIANG An-xi (School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China). *China Environmental Science*, 2004,24(6): 658~661

Abstract: Measurement analysis and statistic analysis of the indoor air formaldehyde pollution for the inhabitant houses in Harbin City during 2003 showed that in 246 samples of random measurement, formaldehyde concentrations were 0.017~1.302mg/m³, annual average was 0.219mg/m³, the samples exceeding the formaldehyde concentrations standard was 77.24%. The monthly average formaldehyde concentrations in July to August of summer were about 2 times of those during building heating period in winter. The indoor monthly average formaldehyde concentrations and the monthly average indoor air temperature possessed good linear correlatively with correlation coefficient (R^2) of 0.8652; and a mathematical model for predicting indoor air formaldehyde concentration was established based on the factors affecting formaldehyde concentration and its data measured actually.

Key words: indoor air; formaldehyde; mathematics model

研究表明,民用建筑室内空气中的甲醛主要来源于建筑材料、家具、各种粘合剂涂料、纺织品、藏书、炊烟和香烟等。甲醛对人体健康影响主要表现在嗅觉异常、刺激、过敏、肝功能异常和免疫功能下降等方面^[1]。

我国室内空气质量标准 GB/T18883-2002 规定甲醛限值为 0.1mg/m³^[2]。而对国内几十个城市的室内空气中甲醛的检测表明^[3],新装修装饰的建筑物室内空气中甲醛浓度峰值高达 2.3mg/m³ 以上,70%~80%的住宅室内甲醛浓度超标。

住宅装饰装修导致室内空气污染已成为居民关心的焦点之一。地处寒冷地区的哈尔滨市,人们在室内活动的时间相对较长,因此室内空气中甲醛污染状况与预测研究刻不容缓。作者在 2003 年对全市 7 个区新装饰装修 1 年左右的居民住宅,进行室内空气中甲醛调查检测和数据统计

分析,并且建立了预测室内空气中甲醛浓度的预测模型。

1 样品采集与分析方法

根据国家室内空气质量控制规范^[3]和室内空气质量标准 GB/T18883-2002^[2]规定,甲醛采样前,住宅门窗关闭 12h 以上,采样结束后方可打开门窗。采样点与内墙面距离不小于 0.5m,相对高度 0.5~1.5m。采样期间同时对室内温度、相对湿度和气压进行测定,并记录天气状况,收集房间面积、建筑物落成时间、居民装修完工时间、装修材料使用情况等相关资料。

甲醛浓度分析采用国家标准^[4],样品采集空气

收稿日期: 2004-05-10

基金项目: 黑龙江省科技攻关项目(2004G1316)

* 责任作者,副教授, wang02kun@163.com

量 1.0L/min×20min,分析仪器为 752 型紫外光栅分光光度计。

2 结果与分析

2.1 污染程度分析

对 2003 年 1~12 月室内的 246 个样本空气中的甲醛检测中,检出率为 100%,甲醛浓度范围 0.017~1.302mg/m³,全年平均值 0.219mg/m³.按国标 GB/T18883-2002 浓度限制标准对样品检测数据的超标统计结果见表 1,表明室内空气中的甲醛超标较严重.246 个样本中有 190 个甲醛浓度值超标,超标率达 77.24%.77%的居住者出现不同程度的眼睛和咽喉刺激的感觉.检测中未发现居住者眼睛强烈流泪情况(在甲醛超标的环境暴露 1h),更未发现死亡病例。

表 1 甲醛浓度超标统计(n=246)
Table 1 Statistical analysis of formaldehyde concentrations

浓度范围 (mg/m ³)	超标倍数	样本数 (个)	分段超标率 (%)
0.017~0.10	未超标	56	0
0.10~0.20	0~1	86	34.96
0.20~0.30	1~2	47	19.11
0.30~0.40	2~3	26	10.57
0.40~0.50	3~4	18	7.32
0.50~0.60	4~5	7	2.85
0.60~0.70	5~6	5	2.03
0.70~0.80	6~7	0	0
0.80~1.00	7~9	0	0
1.00~1.40	9~13	1	0.41

室内空气中的甲醛检测和调查纪录显示,污染严重的居室主要是复合人造板材家具所造成的.如果家具板材质量好,即使居室地面铺装复合板材地板,甲醛浓度大多低于 0.2mg/m³.污染严重的居室样本中,新购置的家具是导致甲醛污染严重的主要原因.在同一所居室中,有新购置家具的房间甲醛浓度比有旧家具的显著偏高.甲醛污染程度与室内装修材料、家具的原材料质量及其用量和装修后室内通风状况等密切相关。

2.2 甲醛浓度逐月变化与温度的关系

各类人造板材及其由此加工制作的家具受到温度、湿度、酸碱、风化、光照等环境的影响.板内未完全固化的树脂会发生降解,释放甲醛,即使完全固化的树脂也会离析,导致甲醛散发.研究表明^[5],历经长时间使用的人造板与刚刚热压成型的同类型人造板的甲醛散发量相差不大,有时甚至有所增加,甲醛散发具有长期性和顽固性。

人造板材的甲醛释放速率与室内温度密切相关.温度高,容易散发,室内甲醛降低较快;温度低,甲醛不易散发,通常要待室内温度转暖后继续散发,从而延长了甲醛降解的释放时间,导致甲醛长期污染室内空气。

哈尔滨市地处东北地区,冬季漫长,夏季温暖、时间短,具有典型的寒冷地区气候和生活特点.对居民住宅的 246 个样本空气中的甲醛浓度的检测数据和相应的室内空气温度数据进行统计分析,结果表明,采暖季节 10 月下旬~12 月和 1~4 月期间的甲醛月平均浓度值偏低,浓度范围为 0.134~0.198mg/m³; 5 月和 9 月甲醛浓度月平均值居中,分别为 0.262,0.260mg/m³;夏季 6~8 月间,甲醛浓度较高,月平均浓度值分别为 0.380,0.327,0.300mg/m³.夏季甲醛月平均浓度值是冬季采暖期的 2.0 倍.可见,各月的甲醛浓度水平虽有差别,却有一定的规律。

将室内甲醛月平均浓度和室内月平均温度数据进行统计,结果见图 1. 246 个检测样品的室内温度范围为 8~29℃,各月平均温度介于 17~26.5℃,室内年平均温度 21.49℃.由图 1 可看出,室内月平均甲醛浓度与月平均温度的变化趋势相近.对各月室内甲醛平均浓度与平均温度做线性相关性回归拟合(图 2),得到甲醛月平均浓度与室内月平均温度关系[式(1)],其线性相关系数 $R^2 = 0.8652$.

$$C = 0.0246T - 0.304 \tag{1}$$

式中:C 为 1~12 月份室内空气中的甲醛月平均浓度,mg/m³;T 为 1~12 月份的室内月平均温度,℃。

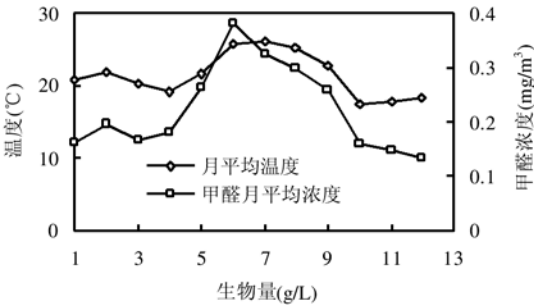


图 1 室内甲醛月平均浓度和月平均温度
Fig.1 Monthly average formaldehyde concentrations and temperature

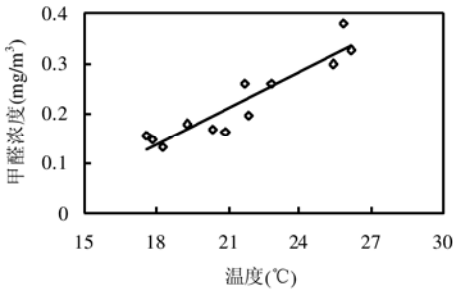


图 2 室内甲醛月平均浓度与月平均温度的相关性
Fig.2 Correlation of monthly formaldehyde concentrations with temperature

3 室内空气中甲醛浓度预测模型

3.1 影响室内空气中甲醛浓度的环境因子

室内空气中甲醛浓度受到多种环境因素的影响.随着室外气象状况和空气污染物浓度随时间和空间变化,室内空气质量必然产生相应的变化.室内空气换气率影响着室内甲醛污染源的释放速率和由其导致的空气扩散稀释作用使污染物浓度降低所需要的时间^[6,7];室内空气污染物浓度与其扩散的室内空间体积呈负相关,污染物在建筑物内的分布是不均匀的,具体的分布形式取决于污染源位置和空气循环情况;甲醛的释放量还会随着温度和湿度的升高而增加,温度和湿度也是室内甲醛浓度的重要影响因素^[8].此外,大气压力会通过含湿量间接地影响甲醛的释放量,从而间接地影响室内甲醛浓度.室内装修所用的板材和家具等含有的甲醛会在使用的最初 1~5

年间释放出其总量的 50%*.

3.2 甲醛浓度预测模型的建立

对 55 户居室的室内空气中甲醛浓度随机检测及其影响因素调查中,考察了影响室内甲醛浓度 6 种主要因素,即室内温度,室内空气含湿量,房间的换气率,以及房间使用板材的表面积,板材质量等级(按质量的优劣分为 1~5 级)和房间体积.依据这些影响因素与实测的室内空气中的甲醛浓度之间的因次关系,建立了预测室内空气中甲醛浓度的数学模型[式(2)].运用统计学软件 SPSS12 和检测、记录分析的实际数据对该数学模型进行非线性计算,得出式(2)中的待定参数分别为 $r=0.108$, $a=-0.907$, $b=0.001$, $e=0.193$, $f=0.582$, $i=1.401$ 和 $j=1.093$.因此得出室内空气中甲醛浓度预测模型经验公式[式(3)].该非线性经验公式的拟合相关系数 $R^2=0.7728$.

$$C=fQ(rT+a)(bD+e)/(i+jN/G) \tag{2}$$

式中: C 为室内空气甲醛浓度, mg/m^3 ; T 为室内温度, $^{\circ}\text{C}$; D 为室内空气含湿量, $\text{g}(\text{H}_2\text{O})/\text{kg}(\text{干空气})$; Q 为板材分类等级,取值 1~5; N 为房间每小时换气率,0.1~1.0次/h; G 为单位体积房间所使用板材的表面积(即板材表面积 S /房间容积 V), m^{-1} ; r, a, b, e, f, i, j 为待定系数.

$$C=0.582Q(0.108T-0.907)(0.001D+0.193)/(1.401+1.093N/G) \tag{3}$$

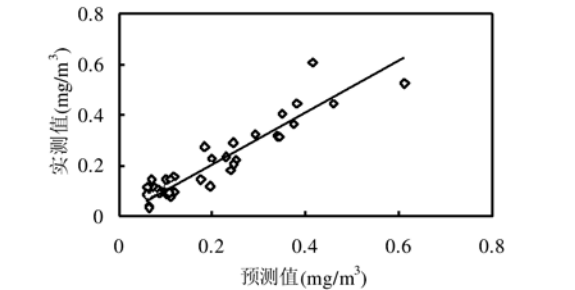


图 3 实测值与预测值的比较
Fig.3 Comparison of predictive value with the measured data

* Godish T, Rouch J. Efficacy of residential formaldehyde control: source removal [A]. Proceedings 3rd international conference on indoor air quality and climate [C]. Stockholm, Sweden, 1984.127-129.

为了检验上述预测模式的可靠度,将未参加建立预测模式的 36 组数据代入式(3),计算出预测值 C 。实测值 C 与预测值 C 的比较,见图 3,回归统计表明,二者的相关系数 $R^2=0.8670$,标准误差为 $0.053\text{mg}/\text{m}^3$ 。实测甲醛浓度范围为 $0.036\sim 0.610\text{mg}/\text{m}^3$,均值 $0.210\text{mg}/\text{m}^3$,标准误差 $0.024\text{mg}/\text{m}^3$,预测浓度范围为 $0.059\sim 0.612\text{mg}/\text{m}^3$,均值 $0.198\text{mg}/\text{m}^3$,标准误差 $0.023\text{mg}/\text{m}^3$ 。预测模式能较好地预测室内空气中的甲醛浓度。

4 结论

4.1 对哈尔滨市为期 1 年的室内 246 个样本空气中的甲醛检测结果表明,室内空气中的甲醛浓度为 $0.017\sim 1.302\text{mg}/\text{m}^3$,平均值为 $0.219\text{mg}/\text{m}^3$,样本中超标率达 77.24%。夏季室内空气中甲醛平均浓度是冬季采暖期的 2.0 倍。

4.2 室内温度与甲醛浓度密切相关。12 个月中各月的甲醛平均浓度与相应的室内平均温度有较好的线性相关性,相关系数 $R^2=0.8652$ 。

4.3 依据影响甲醛浓度因素及其实测数据,建立了预测室内空气中甲醛浓度的非线性数学模

型,其拟合相关系数 $R^2=0.7728$ 。

参考文献:

- [1] 崔九思.室内空气污染监测方法 [M]. 北京:化学工业出版社,2002.22-28.
- [2] GB/T18883-2002,室内空气质量标准 [S].
- [3] 王喜元.民用建筑工程室内环境污染控制规范辅导材料 [M]. 北京:中国计划出版社,2002.25-33.
- [4] GB/T16129-1995,居住区大气中甲醛卫生检验标准方法 AHMT 分光光度法 [S].
- [5] 周定国.国外人造板材甲醛散发研究现状 [J]. 世界林业研究,1995,8(5):9-17.
- [6] Pawel Wargocki, Zsolt Bakó-Biró, Geo Clausen, *et al.* Air quality in a simulated office environment as a result of reducing pollution sources and increasing ventilation [J]. Energy and Buildings, 2002,34(8):775-783.
- [7] Anthony L Hines, Tushar K Ghosh, Sudsarshan K Loyalka, *et al.* Indoor air quality and control [M]. New Jersey: PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1993.38-65.
- [8] Fariborz Haghighat. Material emission rates: literature review and the impact of indoor air temperature and relative humidity [J]. Building and Environment, 1997,33(5):261-277.

作者简介:王 琨(1964-),女,河北省冀县人,副教授,哈尔滨工业大学在读博士生,主要从事空气污染防治和污水处理研究,发表论文 10 余篇。