

Evaluation of Difference and Influence Factors of Indoor Formaldehyde Pollution in Public Places

Qi Wang¹, Haihu Ma¹, Xiaodan Wang², Binbin Jin¹

¹School of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou, China

²School of Chemistry and Chemical Engineering, Southwest University, Chongqing, China

Email: wangqi@wzu.edu.cn, wangxd@swu.edu.cn

Abstract: In recent years, public health problems caused by formaldehyde pollution in public places have been drawing strong public concern in China. A case of Wenzhou indoor formaldehyde pollution in public places was investigated. The order of indoor formaldehyde pollution in public places was shopping, internet café, hotel, dining, classroom, office and laboratory. Formaldehyde concentration was significant differences in ventilation, decoration degree and decoration time conditions between them. Indoor formaldehyde pollution in public places was higher in the condition of ventilation poorer, decoration degree luxury and decoration time shorter and exceeded standard. Overall rate of indoor formaldehyde pollution in public places in Wenzhou exceeded standard was 41.3%.

Keywords: public places; indoor formaldehyde pollution; influence factors; Wenzhou; SPSS software; public health

公共场所室内甲醛污染差异及影响因素分析与评价

王 奇¹, 马海虎¹, 王晓丹², 金彬彬¹

¹温州大学生命与环境科学学院, 温州, 中国, 325035

²西南大学化学化工学院, 重庆, 中国, 400715

Email: wangqi@wzu.edu.cn, wangxd@swu.edu.cn

摘 要: 公共场所室内甲醛污染引起了政府和研究学者的广泛关注。选择 7 类不同的场所进行取样检测, 每类 15 个采样点以上, 采用 PPM400 便携式甲醛分析仪测量采样点的甲醛浓度, 同时用温度计测量该点的气温。调查了温州市公共场所室内空气中甲醛污染状况, 并对结果进行深入的分析。各种公共场所室内甲醛浓度大小依次是: 商场>网吧>酒店>食堂>教室>办公室>实验室。7 类场所间甲醛浓度差异具有显著性差异, 通风条件不同的各组之间, 装修程度不同的各组之间, 装修时间不同的各组之间, 差异具有统计学意义。目前温州市公共场所室内空气中甲醛浓度分布不平衡, 通风条件好, 装修时间较长且装修程度一般的场所一般室内甲醛浓度不超标, 反之, 通风条件差, 装修时间短, 且装修豪华的场所室内甲醛浓度基本超标。温州公共场所室内甲醛污染总体超标率为 41.3%。

关键词: 公共场所; 室内甲醛污染; 影响因素; 温州; SPSS 软件; 大众健康

1 引言

甲醛是一种具有强烈刺激性的气体, 对人体的眼、呼吸、免疫、神经和内分泌系统等都有较大的影响, 被称为公共场所室内空气污染人体的隐性杀手, 被世界卫生组织确定为致癌物质, 是“不良建筑综合症”的首要

暴露因素^[1], 因此, 甲醛污染对人体健康引起了政府和研究学者的广泛关注。

Lovreglio, P 等人提出了室内甲醛浓度明显高于室外^[2]。目前, 净化室内甲醛主要有吸附法^[3]、高级氧化法^[4]和生物滤料法^[5]等方法。

检测公共场所室内空气甲醛污染越来越受重视, 了解温州市公共场所室内甲醛空气污染的现状, 并探讨其

资助信息: 本论文在国家级创业教育类人才培养模式创新实验区项目资助下完成。

污染的影响因素,为公共场所室内甲醛空气污染的防治提供科学的依据。

2 实验材料与方法

2.1 调研对象

通过对公共场所室内空气甲醛浓度进行检测,并对结果进行统计分析,了解温州市区公共场所室内空气中甲醛的污染情况。调查的主要对象是温州市内的商场、酒店、网吧、温州大学实验室、教室、办公室和食堂等装修时间和程度各不相同的公共场所。监测前关闭门窗 2h 以上,或者在早上 8~9 点测量,一个 20~40 平方米对于公共场所至少设置一个采样点;以 40~200 平方米的场所,设置 3~4 个采样点;200 平方米以上的场所设置 5~6 个采样点,一般一个长方形的大型场所在四个角落及中心设置采样点。7 类公共场所共设监测点 127 个。

通风条件的评价以 20~40 平方米的场所,8 平方米以上的开窗面积为好,2~6 平方米开窗面积的为中,2 平方米开窗面积以下的为差;以 40~200 平方米的场所,20 平方米以上的开窗面积为好,5~20 平方米开窗面积的为中,5 平方米开窗面积以下的为差;200 平方米以上大型场所,40 平方米以上的通风面积为好,10~40 平方米通风面积的通风条件为中,10 平方米以下通风面积的为通风条件差。装修程度视地板的铺设,胶合板、细工木板、中密度纤维板和刨花板等人造板材、墙面涂料的使用量等情况。

采样点避开通风口,因吸烟产生大量甲醛,测试环境避免吸烟。离墙壁距离大于 0.5 米,相对高度 1.5 米。

2.2 实验材料

采用美国 Interscan 公司的 PPM400 甲醛检测仪来测量室内甲醛浓度。选好采样点后,按下 on-off 键来让仪器自动调零,待 5 秒钟左右稳定后,按 Sample 键进样测定,稳定后从显示屏上直接读数,测定三次,取平均值。读出数据的单位是 ppm,所以需要转化为 mg/m^3 。采样点的气温用随仪器附带的水银温度计来测量。

2.3 数据处理方法和评价标准

采用 SPSS 17.0 统计软件对相关数据进行 t 检验, $P < 0.01$ 为差异极显著。为评价超标情况,采用我国《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002)中规定的

$0.10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 进行评价。

3 结果与讨论

3.1 不同类型场所的甲醛浓度差异

不同类型场所室内甲醛浓度结果见表 1。

Table 1. Indoor formaldehyde concentrations in different public places types

表 1. 不同类型场所的甲醛浓度结果数据

| 类别 | 样本点 | 平均值 | 标准差 | 每组范围 | 超标率 |
|-----|-----|-------|-------|-------------|-------|
| 商场 | 23 | 0.148 | 0.064 | 0.061~0.24 | 78.3% |
| 网吧 | 15 | 0.145 | 0.042 | 0.094~0.220 | 86.7% |
| 酒店 | 15 | 0.127 | 0.039 | 0.061~0.180 | 66.7% |
| 实验室 | 16 | 0.070 | 0.030 | 0.040~0.150 | 12.5% |
| 教室 | 25 | 0.081 | 0.019 | 0.061~0.120 | 16.0% |
| 办公室 | 15 | 0.077 | 0.020 | 0.061~0.110 | 13.3% |
| 食堂 | 18 | 0.089 | 0.033 | 0.061~0.170 | 17.0% |

由表 1 可知:超标率从高到低依次是网吧>商场>酒店>食堂>教室>办公室>实验室,网吧超标率最大,实验室超标率最小。网吧室内甲醛浓度在 $0.094\text{--}0.220 \text{ mg}/\text{m}^3$ 之间,商场室内甲醛浓度在 $0.061\text{--}0.24 \text{ mg}/\text{m}^3$ 之间,实验室室内甲醛浓度在 $0.040\text{--}0.15 \text{ mg}/\text{m}^3$ 之间不同场所室内甲醛浓度对比图见图 1。

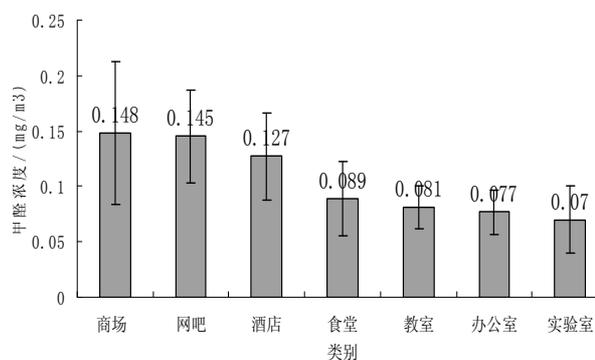


Figure 1. Comparison plot of indoor formaldehyde concentrations in different public places types

图 1. 不同类型场所室内甲醛浓度对比图

各组的甲醛浓度具有极显著差异。由图 1 可知:商场、网吧、酒店这三类的甲醛浓度明显高于实验室、教室、办公室、和食堂的甲醛浓度,平均浓度商场>

网吧>酒店>食堂>教室>办公室>实验室。这三种类型的场所一般窗户较少，通风条件普遍不如教室、办公室、食堂、实验室类场所一般通风条件好，特别是实验室除自然通风外，一般都装有机械通风装置，通风条件很好。但动物标本室里面的标本是用福尔马林溶液制作，门窗关闭，通风条件极差，挥发出的大量甲醛无法扩散，因此该点的甲醛浓度较高。通风是被认为是最直接有效的降低室内甲醛浓度的方法。这也与公共场所的设计、使用装潢材料及通风状况等因素有关。因为商场、网吧、酒店这三种类型的场所的装修程度明显高于其它类型，装修比较豪华。如果不考虑室内通风情况，追求豪华而大量使用装饰材料，即使使用的是环保材料也会造成甲醛含量超标。其中温州乐得家超市中的甲醛浓度值极高，均值在 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以上，超标 2 倍以上。由于通风极差，200 平方米以上的面积只有大门及少量门窗，通风面积不足 10 平方米，且无机械通风装置，再加上其装修后不到半年，出现了甲醛浓度高的情况。

3.2 影响室内甲醛浓度的因素分析

影响公共场所室内甲醛浓度的因素错综复杂，主要因素有：通风条件、装修程度和装修时间。

3.2.1 通风条件对室内空气中甲醛浓度的影响

大型公共场所多为半封闭或全封闭结构，自然通风渠道几乎没有或极少空气自净能力极弱^[6]。通风条件是影响室内甲醛浓度的重要因素之一。

不同通风条件下公共场所室内甲醛浓度结果见表 2。

Table 2. Indoor formaldehyde concentrations in different ventilations
表 2. 不同通风条件下室内甲醛浓度结果数据

| 通风条件 | 样本点 | 平均值 | 标准差 | 每组范围 | 超标率 |
|------|-----|-------|-------|-------------|-------|
| 差 | 40 | 0.151 | 0.051 | 0.061~0.24 | 76.1% |
| 中 | 37 | 0.099 | 0.039 | 0.037~0.184 | 41.0% |
| 好 | 50 | 0.075 | 0.017 | 0.037~0.110 | 12.1% |

不同通风条件公共场所室内甲醛浓度对比图见图 2。

由表 2 和图 2 可知：在通风条件差的条件下，超标率最高，公共场所室内甲醛浓度的平均值也最大。每组甲醛浓度具有极显著性差异；甲醛浓度平均值大小：通风条件差>通风条件中>通风条件好；超标率：

通风条件差>通风条件中>通风条件好。

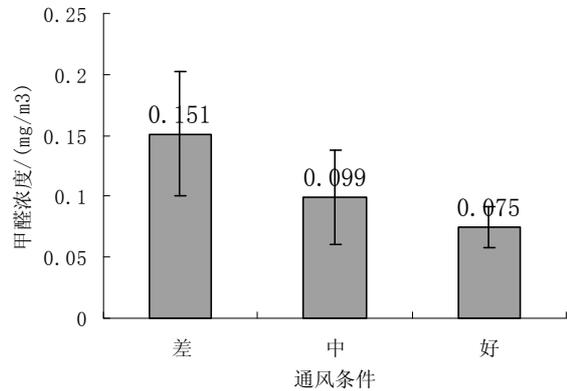


Figure 2. Comparison plot of Indoor formaldehyde concentrations in different ventilations

图 2. 不同通风条件下室内甲醛浓度对比图

网吧类公共场所普遍甲醛浓度较高，这与网吧类场所通风条件普遍较差有关，一般只有几个小窗户，通风面积不足 10 平方米。而且装修程度较好，而且吸烟者较多。加强室内通风换气是控制甲醛浓度的有效途径^[7]。

3.2.2 不同装修程度对室内甲醛浓度的影响

公共场所室内装饰装潢等建筑材料常用的地板胶、塑贴面、胶合板、乳胶漆、合成纤维、粘合剂等释放出甲醛，不同装修程度释放甲醛的含量不同，从而影响公共场所室内的空气质量。因为温州经济条件好，公共场所装修普遍档次比较高，根据室内的地板铺设，墙面涂料，胶合板，密度板使用量等情况，将全部类型的场所的甲醛浓度数据分为中等和好两种装修程度。

不同装修程度下公共场所室内甲醛浓度结果数据见表 3。

Table 3. Indoor formaldehyde concentrations in different decoration degrees
表 3. 不同装修程度公共场所室内甲醛浓度结果数据

| 通风条件 | 样本点 | 平均值 | 标准差 | 每组范围 | 超标率 |
|------|-----|-------|-------|-------------|-------|
| 中 | 49 | 0.079 | 0.027 | 0.037~0.172 | 15.5% |
| 好 | 78 | 0.123 | 0.052 | 0.061~0.294 | 65.7% |

由表 3 可知：装修好的甲醛浓度超标率为 65.7%，而装修中等的超标率为 15.5%，装修好的比装修中等的超标率要高 50%。因此，装修好的即使用的装修材

料质量好些，但装修材料多，释放的甲醛污染也多。

不同装修程度下公共场所室内甲醛浓度对比见图 3。

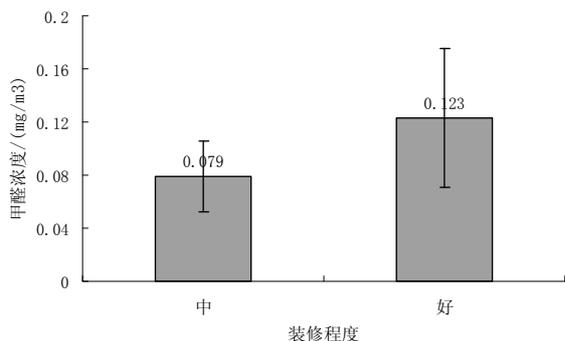


Figure 3. Comparison plot of indoor formaldehyde concentrations in different decoration degrees

图 3. 不同装修程度下室内甲醛浓度对比图

不同的装修程度下的甲醛浓度具有极显著差异性。由图 3 可知：装修程度好的环境中的甲醛浓度平均值要明显高于装修程度一般的，装修程度好的场所的甲醛浓度超标率也明显高于装修程度中等的场所。建筑装饰材料使用量和甲醛释放总量都较大，是导致公共场所室内甲醛污染的主要因素之一。

3.2.3 不同装修时间对室内甲醛浓度的影响

装修时间指最近一次装修到现在的时间。随着装修时间的增加，甲醛释放速率会逐渐减少。不同装修时间对公共场所室内甲醛浓度影响采用统计学意义进行研究，而不是针对某一具体对象。

不同装修时间公共场所室内甲醛浓度结果见表 4。

Table 4. Indoor formaldehyde concentrations in different decoration times

表 4. 不同装修时间室内甲醛浓度结果数据

| 时间(年) | 样本点 | 平均值 | 标准差 | 范围 | 超标率 |
|-------|-----|-------|-------|-------------|-------|
| 0.5 | 5 | 0.235 | 0.042 | 0.184~0.294 | 100% |
| 1 | 21 | 0.138 | 0.048 | 0.061~0.221 | 78.1% |
| 2 | 43 | 0.092 | 0.034 | 0.061~0.184 | 51.2% |
| 3 | 26 | 0.111 | 0.046 | 0.037~0.184 | 42.1% |
| 5 | 3 | 0.106 | 0.007 | 0.098~0.110 | 19.1% |
| 7 | 10 | 0.071 | 0.013 | 0.061~0.098 | 7.1% |
| 10 | 19 | 0.078 | 0.014 | 0.061~0.10 | 0% |

由表 4 可知：第 3 年的平均值虽然比第 2 年的大些，可能是由于选择研究样本的差异引起的，但从总体趋势可以看出，随装修时间的增加，公共场所室内甲醛浓度超标率逐渐降低的趋势，并且 10 年以上才能所调研样本全部都达标。

不同装修时间公共场所室内甲醛浓度拟合见图 4。

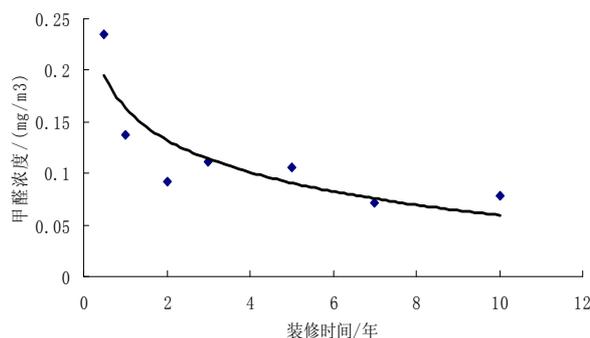


Figure 4. Comparison plot of indoor formaldehyde concentrations in different decoration times

图 4. 不同装修时间下室内甲醛浓度对比图

由图 4 可知：不同装修时间下室内甲醛浓度具有极显著的差异性，半年以内装修的场所室内甲醛浓度要明显高于装修半年后的。甲醛浓度随装修时间的增长而呈现出下降的趋势。

4 结论

各种公共场所室内甲醛浓度大小依次是：商场>网吧>酒店>食堂>教室>办公室>实验室。按通风条件，甲醛浓度平均值大小：通风条件差>通风条件中>通风条件好。装修程度好的甲醛浓度大于装修程度中等。随装修时间的增加，公共场所室内甲醛浓度超标率逐渐降低的趋势。调研的温州市公共场所室内甲醛浓度总体超标率 41.3%，必须引起人们的高度警惕。

致 谢

对支持本课题研究的各个公共场所人员表示衷心的感谢。

References (参考文献)

[1] Lim, Y. W., Kim, H. H., Yang, J. Y., et al., Improvement of Indoor Air Quality by Houseplants in New-built Apartment Buildings[J], *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 2009, 78(4),P456-462.

[2] Lovreglio, P., Carrus, A., Iavicoli, S., et al., Indoor formaldehyde and acetaldehyde levels in the province of Bari, South Italy, and estimated health risk[J], *Journal of Environmental Monitoring*,

- 2009, 11(5),P955-961..
- [3] Katsura, E., Ogawa, H., Hori, Y., et al., Effect of building materials and ventilation on indoor air pollution by formaldehyde[J], *Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health*, 1998, 44(4),P310-320.
- [4] Trenbath, K., Hannigan, M. P. and Milford, J. B., Evaluation of retrofit crankcase ventilation controls and diesel oxidation catalysts for reducing air pollution in school buses[J], *Atmospheric Environment*, 2009, 43(37),P5916-5922.
- [5] Ondarts, M., Hort, C., Platel, V., et al., Indoor Air Purification by Compost Packed Biofilter[J], *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 2010, 8,P54.
- [6] Jiang Chunhong, Analysis on the Environment Quality Condition of Typical Public Place in Shenyang City[J], *Environmental Prevention Science*, 2008, 34(8), P117-119 (Ch).
姜春红, 沈阳市典型公共场所室内环境质量状况分析[J], *环境保护科学*, 2008, 34(8), P117-119.
- [7] Hu Xiaoling, Kang Deying, Indoor Pollution of Formaldehyde and Its Changing Trend[J], *Modern Preventive Medicine*, 2003, 30(3), P62-65 (Ch).
胡晓玲, 康德英, 室内空气中甲醛污染及其变化规律探讨[J], *现代预防医学*, 2003, 30(3), P62-65.