

· 调查研究 ·

# 儿童卧室内温湿度及通风量与甲醛和苯系物浓度的关系

刘平平, 周华元, 王雪颖, 路荣春, 刘炜, 蒋巧云, 龚莹莹, 周亚欣, 黄晨

上海理工大学环境与建筑学院, 上海 200093

**摘要:**目的 研究儿童卧室内气温、相对湿度、通风量与甲醛、苯系物浓度的关系。方法 于 2013 年 3 月—2014 年 12 月对 454 户装修时间超过 1 年的住宅内儿童卧室中甲醛和苯系物分别进行现场监测,并分析其与气温、相对湿度、通风量的关系。结果 本次调查的儿童卧室内甲醛和苯系物的浓度均值分别为 21.5、33.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,其中冬季甲醛和苯系物的浓度均值分别为 27.7、42.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,均明显高于其他季节,差异有统计学意义( $P<0.01$ )。秋、冬季住宅中卧室室内甲醛浓度日均值与室内气温呈负相关,夏、冬季卧室室内甲醛浓度日均值与室内相对湿度呈负相关,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。不同季节的卧室室内苯系物浓度日均值与室内气温和相对湿度均无明显相关性( $P>0.05$ )。冬季卧室通风量明显低于其他季节,且卧室室内甲醛浓度月均值与通风量的月均值呈负相关( $r=-0.651$ ,  $P<0.05$ )。结论 对于装修时间超过 1 年的儿童住宅,室内通风状况对室内甲醛和苯系物浓度的影响可能强于室内气温和相对湿度的影响。

**关键词:** 儿童卧室; 甲醛; 苯系物; 气温; 相对湿度; 上海

中图分类号: R122.2 文献标志码: A 文章编号: 1001-5914(2018)11-0991-04

## Relationship between indoor temperature, relative humidity, ventilation and formaldehyde, benzene-series concentrations in children's bedrooms

LIU Ping-ping, ZHOU Hua-yuan, WANG Xue-ying, LU Rong-chun, LIU Wei, JIANG Qiao-yun, GONG Ying-ying, ZHOU Ya-xin, HUANG Chen

School of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China

Corresponding author: HUANG Chen, E-mail: hcyhywj@163.com

**Abstract:** **Objective** To understand the relationship between indoor temperature, relative humidity, ventilation and formaldehyde, benzene-series concentrations in children's bedrooms. **Methods** During March 2013–December 2014, indoor concentrations of formaldehyde and benzene-series were monitored on site in 454 children's bedrooms decorated for more than one year, the relationship between them and indoor temperature, relative humidity, ventilation was analyzed. **Results** The mean concentrations of formaldehyde and benzene-series in these bedrooms were 21.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 33.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectively in whole period, 27.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 42.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectively in winter, which were significantly higher compared with other seasons ( $P<0.01$ ). The daily-averaged concentration of formaldehyde had significantly negative correlations with daily-averaged temperature in the bedrooms in autumn and winter, as well as relative humidity in summer and winter ( $P<0.05$ ). No significant correlations were found between daily-averaged concentration of benzene-series and indoor daily-averaged temperature, relative humidity ( $P>0.05$ ). Indoor ventilation in winter was obviously lower compared with other seasons. Monthly ventilation rates had significantly negative correlation with indoor concentrations of formaldehyde in bedrooms ( $r=-0.651$ ,  $P<0.05$ ). **Conclusion** Indoor ventilation significantly effects concentrations of formaldehyde and benzene-series in the children's bedrooms decorated for more than one year much stronger than indoor temperature and relative humidity do.

**Key words:** Children's bedrooms; Formaldehyde; Benzene-series; Temperature; Relative humidity; Shanghai

近年来,我国城市化步伐加快,住宅空调设备日趋普及<sup>[1]</sup>,住宅室内空气污染的健康影响为人关注<sup>[2]</sup>。研究发现,新型建筑装修材料和家具可散发多种污染水平较高的挥发性有机物(如甲醛和苯系物等)<sup>[3-5]</sup>,诱发呼吸系统刺激症状<sup>[6]</sup>。有研究显示,室内高浓度甲醛与儿童哮喘有关<sup>[7]</sup>。刘晓途等<sup>[5]</sup>总结了 1990 年以来关

于我国城市住宅室内空气品质的研究资料,发现甲醛、甲苯和二甲苯等是城市住宅室内的主要空气污染物,新装修住宅室内各种污染物均呈较高浓度,除甲醛外,其他挥发性有机物可随着装修时间的延长而迅速下降。有研究发现,除通风外,室内气温、相对湿度与室内家具和装修材料的挥发性有机物散发存在明显关联<sup>[8-13]</sup>。但目前关于普通住宅的室内气温、相对湿度与室内挥发性有机物浓度间的关系研究较少<sup>[14]</sup>。笔者对上海市学龄儿童的住宅进行现场检测,探讨上海地区普通住宅中儿童卧室室内甲醛和苯系物暴露水

DOI:10.16241/j.cnki.1001-5914.2018.11.014

基金项目:科技部“十三五”重点研发计划(2017YFC0702700);上海市

教委项目(14ZZ132);上海市大学生创新创业训练计划项目(SH2016109)

作者简介:刘平平(1994-)女,本科生,从事室内空气质量研究。

通讯作者:黄晨, E-mail: hcyhywj@163.com

平及其与室内气温、相对湿度的关系,为普通住宅室内挥发性有机物的有效控制提供参考。

## 1 材料与方法

**1.1 采样点选择及检测方法** 2013 年 3 月—2014 年 12 月对上海市 454 名 5~10 岁儿童的住宅室内环境进行现场检测和调查,所有住宅在现场监测前 1 年内均未进行装修。现场检测期间家庭成员均保持原有生活习惯。住宅选择方法见文献<sup>[15]</sup>。

采用 FMM-MD 多模式甲醛监测仪(分辨率  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 检测范围  $12\sim 800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 日本 SHINYEI 公司)连续 24 h 对儿童卧室的室内甲醛浓度进行监测<sup>[16]</sup>。采用 RING 被动吸附采样管(德国 AQUARIA 公司)连续 7 d 对儿童卧室的室内空气样本进行收集,采样后将采样管密封保存在  $-40^\circ\text{C}$  冰箱以备后续分析其中的苯系物。每户家庭均采样 1 次。甲醛监测点和空气样本采样点均设在儿童卧室中间且离地约 1 m。同时采用 HUMLOG 20 便携式检测仪(奥地利 E+E 公司)对儿童卧室室内气温、相对湿度进行连续 24 h 检测,取样间隔 1 min。此外,根据卧室内  $\text{CO}_2$  浓度分段连续变化趋势,结合卧室内人员代谢产生的  $\text{CO}_2$  散发量和房间体积,采用质量守恒模型计算各样本卧室夜间及白天的通风量,并采用时间加权法获得各样本 24 h 的平均通风量,然后计算出各月份被检儿童卧室的平均通风量,即为通风量月均值<sup>[17]</sup>。

**1.2 空气样品中苯系物的检测方法** 首先对样品进行前处理:将采样管从冰箱中取出,迅速放入带帽玻璃套管中。待采样管温度恢复至室温,进行两次超声萃取,第 1 次萃取加入 3 ml 二硫化碳( $\text{CS}_2$ ),在超声振荡清洗仪中超声 20 min(强度为 53 Hz),之后将溶剂取出,重新加入 2 ml  $\text{CS}_2$ ,进行第 2 次超声。将两次超声后的溶剂混合,利用氮吹仪浓缩萃取液至 0.5 ml。

采用 Trace 1310-ISQ 气相色谱-质谱联用仪(GC/MS, 美国 Thermo Fisher Scientific 公司)分析上述浓缩样品中的苯系物。气相色谱条件:色谱柱为 DB5-MS 柱,进样口温度  $260^\circ\text{C}$ ,辅助加热温度  $280^\circ\text{C}$ ,进样量  $1 \mu\text{l}$ ,柱温箱采用程序升温,初始温度  $50^\circ\text{C}$ ,以  $8^\circ\text{C}/\text{min}$  升到  $180^\circ\text{C}$ ,再以  $15^\circ\text{C}/\text{min}$  升温至  $280^\circ\text{C}$ ,载气为氦气,流量为  $1 \text{ ml}/\text{min}$ 。质谱条件:采用全扫描模式,扫描范围  $20\sim 500 \text{ amu}$ ,溶剂延迟时间 3 min。离子源温度  $250^\circ\text{C}$ ,四级杆温度  $280^\circ\text{C}$ 。最后采用 NIST 2008 数据库分析谱图中的苯系物<sup>[18]</sup>。

**1.3 统计学方法** 采用 SPSS 17.0 进行统计分析。采用单因素方差分析比较卧室室内甲醛和苯系物浓度、室内气温、相对湿度的季节差异。采用 Pearson 相关对卧室室内甲醛和苯系物的日均浓度与室内气温、相对湿度的关系进行相关性分析。 $P<0.05$  为差异有统计学

意义。

## 2 结果

**2.1 卧室室内甲醛及苯系物浓度** 454 户儿童住宅中,有 409 户(占 90.1%)检出甲醛,甲醛浓度均值为  $21.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,且浓度值均低于  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。甲醛浓度呈季节差异,冬季明显高于其他季节,差异有统计学意义( $P<0.01$ )。见表 1。

检出苯系物的有 358 户(占 78.9%),共检出 14 种苯系物。因大部分苯系物检出率较低,故将其合并进行后续分析。所有检出的苯系物浓度总和均值为  $33.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,且浓度值均低于  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。苯系物浓度的季节差异不明显,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 1。

表 1 不同季节卧室室内甲醛及苯系物的日均浓度

季节	甲醛			苯系物总和		
	检出数 (户)	$M$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$\bar{x}\pm s$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	检出数 (户)	$M$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$\bar{x}\pm s$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
春	118	17.6	$20.4\pm 10.3^a$	88	11.6	$29.2\pm 48.8$
夏	110	11.6	$19.7\pm 17.9^a$	96	15.9	$35.4\pm 81.6$
秋	92	18.3	$19.2\pm 12.6^a$	88	20.6	$30.6\pm 54.2$
冬	89	27.5	$27.7\pm 5.8$	86	14.7	$42.4\pm 95.8$
合计	409	19.6	$21.5\pm 13.0$	358	13.8	$33.9\pm 72.1$

注:与冬季比较  $P<0.01$ 。

**2.2 卧室室内气温及相对湿度** 454 户儿童住宅中,室内气温和相对湿度共有效调查 445 户(占 98.0%)。室内气温和相对湿度的日均值分别为  $21.4^\circ\text{C}$  和 64.6%。冬季室内气温和相对湿度均低于其他季节,差异有统计学意义( $P<0.01$ )。见表 2。

表 2 不同季节卧室室内气温和相对湿度的日均值( $\bar{x}\pm s$ )

季节	有效调查数(户)	气温( $^\circ\text{C}$ )	相对湿度(%)
春	128	$19.2\pm 3.6$	$62.6\pm 11.6$
夏	124	$28.1\pm 2.3$	$68.3\pm 10.3$
秋	102	$23.9\pm 4.2$	$64.5\pm 10.2$
冬	91	$12.2\pm 2.8^a$	$62.4\pm 10.0^a$
合计	445	$21.4\pm 6.6$	$64.6\pm 10.8$

注: $P<0.01$ 。

**2.3 卧室室内甲醛及苯系物浓度与气温、相对湿度的相关性分析** Pearson 相关分析显示,秋、冬季住宅中卧室室内甲醛浓度日均值与室内气温呈负相关,夏、冬季卧室室内甲醛浓度日均值与室内相对湿度呈负相关,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。不同季节的卧室室内苯系物浓度日均值与室内气温和相对湿度均无明显相关性( $P>0.05$ )。见表 3。

**2.4 卧室室内甲醛浓度与通风量的关系** 冬季卧室通风量明显低于其他季节,且卧室室内甲醛浓度月均值与通风量的月均值呈负相关( $r=-0.651$ ,  $P<0.05$ )。见图 1。

表 3 不同季节室内甲醛及苯系物日均浓度与室内气温、相对湿度的相关性( $r$  值)

季节	甲醛		苯系物	
	气温	相对湿度	气温	相对湿度
春	-0.048	-0.027	0.075	0.007
夏	-0.048	-0.268 <sup>a</sup>	-0.146	-0.044
秋	-0.294 <sup>a</sup>	-0.004	-0.009	0.031
冬	-0.252 <sup>a</sup>	-0.235 <sup>a</sup>	-0.057	0.054
合计	-0.250 <sup>a</sup>	-0.147 <sup>a</sup>	-0.056	0.005

注:<sup>a</sup> $P<0.05$ 。

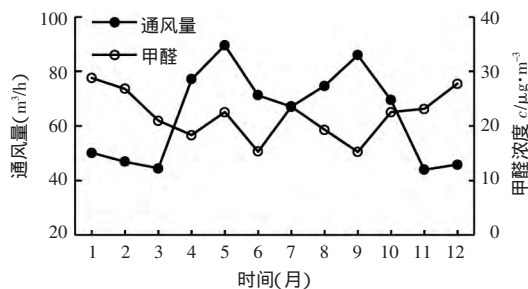


图 1 不同月份卧室室内甲醛浓度均值及与卧室通风量的关系

### 3 讨论

本研究发现,冬季儿童卧室甲醛浓度均值明显高于其他季节,而室内甲醛浓度与室内气温和相对湿度呈明显的负相关关系,可能与冬季儿童卧室通风量普遍不足有关<sup>[17,19]</sup>,也可能与冬季室外挥发性有机物浓度高于其他季节有关<sup>[20-22]</sup>。虽然冬季卧室通风普遍较差,但室外高浓度的挥发性有机物可能通过卧室窗户缝隙处渗透进入室内,且上海地区住宅在冬季一般采用空调等采暖设备保持室内较高的气温<sup>[17]</sup>。在太原<sup>[23]</sup>和长沙<sup>[24]</sup>开展的类似研究发现,住宅室内的甲醛浓度均高于夏季。但徐东群等<sup>[25]</sup>研究发现,不同城市甲醛浓度的季节变化特征不同,而主要取决于室内气温和通风状况。此外,本研究发现,卧室室内苯系物浓度不存在明显的季节差异,与以往某些研究结果类似<sup>[5]</sup>。

本研究显示的室内甲醛和苯系物浓度与室内气温、相对湿度的关系与大部分实验结果<sup>[9-12]</sup>和对新建住宅进行的现场检查结果<sup>[8,25]</sup>存在差异。一般来说,在实验室进行的研究对实验舱气密性和通风状况均进行了严格控制,而对新建建筑进行的现场检查均会根据《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002)在检测前 12 h 关闭门窗,导致室内通风状况对室内甲醛和苯系物浓度的影响较小,从而得到室内气温、相对湿度对室内甲醛和苯系物浓度的实际影响。但本研究为获得儿童的真实暴露水平,要求现场检测期间家庭成员保持通常的起居和生活习惯,未在检测前 12 h 关闭门窗,从而得出室内甲醛浓度与室内气温和相对湿度存在负相关关系的结果。由于增加室内气温、相对湿度

在逻辑上不能降低室内甲醛浓度,而本研究得出冬季卧室通风状况明显差于其他季节,且卧室通风量月均值与室内甲醛浓度呈负相关的结果,可推断出室内通风状况对室内甲醛和苯系物浓度的影响比室内气温、相对湿度的影响更明显。提示控制住宅的室内挥发性有机物暴露水平、保持良好的室内通风,比调控室内气温、相对湿度对甲醛及苯系物浓度的影响更重要。

综上所述,本次调查的上海地区儿童卧室室内甲醛和苯系物浓度水平存在较大差异。冬季卧室室内甲醛浓度高于其他季节,但苯系物浓度无明显季节差异,冬季卧室室内气温和相对湿度均明显低于其他季节。上述结果提示,儿童住宅室内挥发性有机物可能与室内气温、相对湿度的关系不明显,而与室内通风量的关系更为明显。

志谢 感谢清华大学张寅平教授和 Jan Sundell 教授、重庆大学李百战教授对本研究的支持和指导

### 参考文献

- [1] Zhang YP, Mo JH, Weschler CJ. Reducing health risks from indoor exposures in rapidly developing urban China [J]. Environ Health Perspect 2013, 121: 751-755.
- [2] Weschler CJ. Changes in indoor pollutants since the 1950s [J]. Atmos Environ 2009, 43: 153-169.
- [3] Yu C, Crump D. A review of the emission of VOCs from polymeric materials used in buildings [J]. Build Environ 1998, 33: 357-374.
- [4] Wilke O, Jann O, Brödner D. VOC- and SVOC-emissions from adhesives floor coverings and complete floor structures [J]. Indoor Air 2004, 14: 98-107.
- [5] 刘晓途, 闫美霖, 段恒轶, 等. 我国城市住宅室内空气挥发性有机物污染特征 [J]. 环境科学研究 2012, 25(10): 1077-1084.
- [6] 吕虹, 朴丰源, 吕飞燕, 等. 大连市某小区居室空气中的挥发性有机物检测分析 [J]. 环境与健康杂志 2009, 26(6): 514-516.
- [7] 丁文清, 王泽清, 马彦燕. 室内挥发性有机化合物污染与儿童哮喘关系的研究 [J]. 环境与健康杂志 2012, 29(7): 632-634.
- [8] Parthasarathy S, Maddalena RL, Russell ML et al. Effect of temperature and humidity on formaldehyde emissions in temporary housing units [J]. J Air Waste Manage Assoc 2011, 61: 689-695.
- [9] Liang W, Yang S, Yang X. Long-term formaldehyde emissions from medium-density fiberboard in a full-scale experimental room: emission characteristics and the effects of temperature and humidity [J]. Environ Sci Technol 2015, 49: 10349-10356.
- [10] 杨叶, 李立清, 马卫武, 等. 相对湿度、温度对胶合板甲醛释放的影响 [J]. 中国环境科学 2016, 36(2): 390-397.
- [11] 孙路, 唐超君, 葛大中. 不同温湿度条件下家具的甲醛释放量 [J]. 家具 2014, 35(1): 97-100.
- [12] Huang S, Xiong J, Zhang Y. Impact of temperature on the ratio of initial emittable concentration to total concentration for formaldehyde in building materials theoretical correlation and validation [J]. Environ Sci Technol 2015, 49: 1537-1544.
- [13] Huang S, Xiong J, Cai C et al. Influence of humidity on the initial emittable concentration of formaldehyde and hexaldehyde in building materials experimental observation and correlation [J]. Sci Rep, 2016, 6: 23388.
- [14] 王琨, 李玉华, 赵庆良, 等. 室内空气甲醛检测分析及其预测模型 [J]. 中国环境科学 2004, 24(6): 658-661.
- [15] Huang C, Wang XY, Liu W et al. Household indoor air quality and its associations with childhood asthma in Shanghai, China on-site inspected methods and preliminary results [J]. Environ Res 2016, 151: 154-167.



## · 调查研究 ·

## 苏州地区介水传染病与社会经济发展关系初步研究

杨海兵, 王建树, 刘强, 杭慧, 陈立凌, 赵敏娴, 王瑛, 陆颂文, 刘芳

苏州市疾病预防控制中心, 江苏 215004

**摘要:**目的 分析苏州地区介水传染病流行趋势并探讨其影响因素。方法 自国家传染病疫情报告系统获取 1990—2016 年苏州地区介水传染病发病数据, 分析其时间、地区、人群分布, 并对流行趋势与经济社会发展等指标的关系进行分析。结果 27 年间苏州地区介水传染病发病率由 1990 年的 471.4/10 万下降到 2016 年的 45.3/10 万, 该地区介水传染病发病率与当地国民生产总值(GDP)、人均国民生产总值、居民可支配收入之间呈统计学负相关( $P<0.05$ )。其他感染性腹泻发病率自 2004 年呈上升趋势, 且发病高峰出现在 11 月至翌年 1 月。结论 苏州地区介水传染病流行得到有效控制, 探索控制其他感染性腹泻的有效措施势在必行。

**关键词:** 介水传染病; 其他感染性腹泻; 国民生产总值; 卫生厕所

中图分类号 R181.3 文献标志码 A 文章编号: 1001-5914(2018)11-0994-03

## Relationship between waterborne infectious disease and socioeconomic development in Suzhou

YANG Hai-bing, WANG Jian-shu, LIU Qiang, HANG Hui, CHEN Li-ling, ZHAO Min-xian, WANG Ying, LU Song-wen, LIU Fang

Suzhou Center for Disease Control and Prevention, Suzhou, Jiangsu 215004, China

Corresponding author: LIU Fang, E-mail: 870143211@qq.com

**Abstract:** **Objective** To explore the epidemic trends of waterborne infectious disease in Suzhou. **Methods** The related data during 1990–2016 were collected from the national disease monitoring and information report system, the relationship was analyzed. **Results** The incidence of waterborne infectious diseases in Suzhou reduced from 471.4/100 thousand in 1990 to 45.3/100 thousand in 2016, which was significantly and negatively correlated with the gross national product (GDP), per-capita GDP and the disposable income of urban residents respectively ( $P<0.05$ ). The incidence of other infectious diarrhea increased since 2004, and revealed peak during November–January. **Conclusion** The epidemic of waterborne infectious diseases has been effectively controlled in Suzhou, it is imperative to explore effective measures to control the prevalence of other infectious diarrhea.

**Key words:** Waterborne infectious diseases; Other infectious diarrhea; Gross domestic product; Sanitary toilet

介水传染病严重威胁人群健康, 与饮水卫生、供水方式等因素密切相关<sup>[1-3]</sup>。随着社会发展, 介水传染病流行规律也发生了趋势性变化。笔者对 1990—

2016 年苏州地区介水传染病流行规律进行分析, 并就其与经济社会发展等因素的关系进行初步研究, 为探索并完善干预措施、控制介水传染病流行、保护人群健康提供科学依据。

## 1 材料与方法

1990—2016 年苏州地区介水传染病发病数据来源于国家传染病疫情报告系统, 包括经饮水传播的传染病疫情监测和饮水污染引发的突发公共卫生事件

DOI:10.16241/j.cnki.1001-5914.2018.11.015

基金项目 江苏省卫生计生委科研课题(Y2015021); 苏州市科学技术局应用基础研究(SYS201582); 苏州市民生科技-关键技术研究(SS201545)

作者简介 杨海兵(1967-), 男, 主任医师, 从事环境与健康研究; 王建树(1985-), 男, 主管医师, 从事环境与健康研究, 两人并列第一作者。

通讯作者 刘芳, E-mail: 870143211@qq.com

- [16] Maruo YY, Nakamura J, Uchiyama M. Development of formaldehyde sensing element using porous glass impregnated with  $\beta$ -diketone[J]. Talanta 2008, 74: 1141–1147.
- [17] Liu W, Huang C, Shen L et al. Associations between natural ventilation for the child's bedroom during night and childhood asthma in Shanghai, China [C]. 9th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning. ISHVAC 2015 Joint with the 3rd International Conference on Building Energy and Environment, COBEE 2015, 121: 501–505.
- [18] 谢为博, 邓克俭. NIST Chemistry Webbooks 数据库的批量查询和数据采集[J]. 计算机与应用化学, 2004, 21(2): 314–316.
- [19] 孙越霞, 侯静, 张庆男, 等. 天津市居住建筑新风量的测量与分析[J]. 暖通空调, 2016, 46(6): 10–13.

- [20] 高爽, 张坤, 高松, 等. 上海城郊地区冬季霾污染事件反应性 VOCs 物种特征[J]. 环境科学, 2017, 38(3): 855–866.
- [21] 崔虎雄, 吴彦名, 高松, 等. 上海城区典型污染过程 VOCs 特征及臭氧潜势分析[J]. 环境科学, 2011, 32(12): 3537–3542.
- [22] 张露露, 蒋卫兵, 张元勋, 等. 上海市青浦区大气挥发性有机化合物的特征[J]. 中国环境科学, 2015, 35(12): 3550–3561.
- [23] 齐惠萍, 杜银梅, 王向纯, 等. 太原市部分居室甲醛污染状况调查[J]. 环境与健康杂志, 2009, 26(3): 253–253.
- [24] 李念平, 朱孔敏, 潘尤贵, 等. 长沙市住宅建筑室内外 VOC 浓度的实测与分析[J]. 暖通空调, 2004, 34(6): 17–21.
- [25] 徐东群, 尚兵, 曹兆进. 中国部分城市住宅室内空气重要污染物的调查研究[J]. 卫生研究, 2007, 36(4): 473–476.

收稿日期: 2017-05-19 责任编辑: 黄丽媛