

上海市大型展会部分室内空气污染物分布特征与健康风险评价

张莉萍, 倪骏, 郑毅鸣, 张莉君, 丁一辰, 张琳, 陈健

上海市疾病预防控制中心公共服务与健康安全评价所, 上海 200336

摘要:

[背景] 展会室内污染主要来源于布展材料和部分展品, 尤其大型展会布展材料种类多, 数量大, 无法预留挥发时间, 加上大量参展人群聚集在一起, 大型展会的室内空气污染可能带来健康风险。

[目的] 了解大型展会室内空气污染状况及从业人员健康风险, 为控制大型展会室内空气质量并制定有效管控措施提供科学依据。

[方法] 分别于2019年、2020年的7—9月对上海某大型会展中心9个展馆室内空气污染物中甲醛、苯、甲苯、二甲苯、氨和总挥发性有机物(TVOC)进行监测, 并依据GB 37488—2019《公共场所卫生指标及限值要求》进行评价, 运用美国环境保护局健康风险评估模型开展从业人员健康风险评估。同时, 对不同的通风状态和展品的监测结果进行分析比较。

[结果] 本次监测的上海某大型会展中心室内空气总合格率为96.3% (182/189), 合格率较低指标主要有甲醛(98.4%)、氨(99.5%)、TVOC(98.4%)。“全新风+开启馆门”的通风方式下甲醛、氨、苯和TVOC质量浓度(后称:浓度)的 $M(P_{25}, P_{75})$ 分别为0.041(0.033, 0.047)、0.028(ND, 0.039)、0.006(ND, 0.020)、0.100(0.062, 0.190) $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。“新风+回风+馆门关门”的通风方式下4者浓度分别为0.050(0.038, 0.063)、0.040(0.035, 0.070)、0.019(ND, 0.028)、0.155(0.095, 0.253) $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。“全新风+开启馆门”的通风方式下上述污染物浓度水平均低于“新风+回风+馆门关门”的通风方式。甲苯、二甲苯浓度均低于最低检出限, 在不同的通风模式下差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。展示服装、鞋类展馆的甲醛浓度为0.087(0.079, 0.091) $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, 高于展示游戏、动漫周边产品的展馆[0.053(0.045, 0.057) $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$] ($Z=-5.45$, $P<0.001$); 氨、苯、甲苯、二甲苯、TVOC在不同展品展馆内的浓度差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。健康风险评估结果显示: 男性、女性的致癌风险分别为 4.2×10^{-5} 、 3.8×10^{-5} , 属于可接受水平, 为低风险; 男性、女性的总危害商值分别为0.0250、0.0219, 属于低风险。

[结论] 本研究显示大型展会部分室内污染物存在一定的超标现象, 通风模式、展品类型对室内污染物浓度均会产生影响, 从业人员致癌风险和非致癌风险都处于可接受水平。

关键词: 会展场所; 室内空气; 污染物; 健康风险

Distribution characteristics of indoor air pollutants in large-scale exhibitions in Shanghai and its health risk assessment ZHANG Liping, NI Jun, ZHENG Yiming, ZHANG Lijun, DING Yichen, ZHANG Lin, CHEN Jian (Division of Public Health Service and Safety Assessment, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China)

Abstract:

[Background] The main sources of indoor pollution in exhibition halls are exhibition materials and exhibits. Especially in large exhibitions where there are numerous and varied exhibition materials and insufficient time for volatilization, the indoor air pollution may post potential health risks to the large number of participants.

[Objective] This study investigates the indoor air pollution status of large-scale exhibitions and the health risks of employees, aiming to provide a scientific basis for the improvement of indoor air quality of large-scale exhibitions and the formulation of effective control measures.

[Methods] Formaldehyde, benzene, toluene, xylene, ammonia, and total volatile organic compounds (TVOC) were monitored in 9 exhibition halls of a large-scale exhibition center in Shanghai from July to September in 2019 and 2020 respectively, and evaluated in accordance

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2021.20381

基金项目

上海市科技创新行动计划-自然科学基金资助项目(19ZR1444300)

作者简介

张莉萍(1979—), 女, 硕士, 副主任技师; E-mail: zhangliping_2@scdc.sh.cn

通信作者

陈健, E-mail: chenjian_3@scdc.sh.cn

伦理审批 不需要

利益冲突 无申报

收稿日期 2020-10-13

录用日期 2021-03-11

文章编号 2095-9982(2021)05-0489-05

中图分类号 R126.4

文献标志码 A

► 引用

张莉萍, 倪骏, 郑毅鸣, 等. 上海市大型展会部分室内空气污染物分布特征与健康风险评价[J]. 环境与职业医学, 2021, 38(5): 489-493.

► 本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2021.20381

Funding

This study was funded.

Correspondence to

CHEN Jian, E-mail: chenjian_3@scdc.sh.cn

Ethics approval Not required

Competing interests None declared

Received 2020-10-13

Accepted 2021-03-11

► To cite

ZHANG Liping, NI Jun, ZHENG Yiming, et al. Distribution characteristics of indoor air pollutants in large-scale exhibitions in Shanghai and its health risk assessment[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2021, 38(5): 489-493.

► Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2021.20381

with *Hygienic indicators and limits for public places* (GB 37488—2019). The health risk assessment model of the U.S. Environmental Protection Agency was used to perform health risk assessment of employees. In addition, the monitoring results in different ventilation conditions and of different exhibits were analyzed and compared.

[Results] The overall qualified rate of indoor air in the selected large exhibition center in Shanghai was 96.3% (182/189). The unqualified indoor air pollutants included formaldehyde (98.4% qualified), ammonia (99.5% qualified), and TVOC (98.4% qualified). In the “fresh air+doors open” mode, the $M(P_{25}, P_{75})$ concentrations of the four indoor air pollutants were 0.041 (0.033, 0.047), 0.028 (ND, 0.039), 0.006 (ND, 0.020), and 0.100 (0.062, 0.190) $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, respectively; in the “fresh air+return air+doors closed” mode, the concentrations of the four indoor air pollutants were 0.050 (0.038, 0.063), 0.040 (0.035, 0.070), 0.019 (ND, 0.028), and 0.155 (0.095, 0.253) $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, respectively. The concentrations of above four indoor air pollutants in the mode of “fresh air+doors open” were all lower than those in the mode of “fresh air+return air+doors closed”. The concentrations of toluene and xylene were lower than the limits of detection, and showed no differences between different ventilation modes ($P>0.05$). As to the results in different exhibition halls, the formaldehyde concentration in exhibition halls displaying clothing and footwear [0.087 (0.079, 0.091) $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$] was higher than that in exhibition halls displaying games and animation derivative products [0.053 (0.045, 0.057) $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$] ($Z=-5.45, P<0.001$). There was no difference in the concentrations of ammonia, benzene, toluene, xylene, and TVOC in the exhibition halls of different exhibits ($P>0.05$). The results of health risk assessment of staff in the exhibition center showed that the carcinogenic risks of males and females were 4.2×10^{-5} and 3.8×10^{-5} respectively, indicating an acceptable level and a low risk. The total hazard indexes for males and females were 0.025 0 and 0.021 9 respectively, both indicating a low risk.

[Conclusion] This study shows that some indoor air pollutants in the selected large-scale exhibition center exceed the national standards. Ventilation mode and exhibit type have an impact on indoor air pollutant concentration. Both the carcinogenic and non-carcinogenic risks of employees are at acceptable levels.

Keywords: exhibition hall; indoor air; pollutant; health risk

现代社会人类主要以室内活动为主, 研究表明, 室内空气质量与健康密切相关^[1]。我国展览业经过近十年的高速发展, 展会数量、面积已居于世界前列。由于场所的特殊性, 大型展会布展时普遍大量使用多种装修材料, 且无法预留足够的挥发时间即开展, 并在开展的过程中开启集中空调, 密闭门窗, 以上原因极易造成展会室内空气污染。目前展会室内污染水平的调查较多^[2-3], 而对于该场所从业人员多种污染物所致健康风险的研究较少。本研究对上海市大型展会室内空气污染物水平开展监测, 并进行从业人群污染物暴露风险评价, 为进一步提高展会室内空气质量 and 制定相关卫生政策提供客观依据。

1 材料与方 法

1.1 监测时间和指标

目前展会室内污染主要来源于布展材料, 依据化学性污染物温度高时挥发性较高的特性^[4], 本研究选择2019年、2020年的夏季(7—9月)分别对上海某大型会展中心的9个展馆进行监测, 监测指标包括甲醛、苯、甲苯、二甲苯、氨和总挥发性有机物(total volatile organic compounds, TVOC)。每个展馆均选择展期首日的10:00—12:00对展馆进行监测。

1.2 布点

GB/T 18204.6—2013《公共场所卫生检验方法 第6部分: 卫生监测技术规范》^[5]规定: 展览馆营业面积 $>1000\text{m}^2$ 的场所布置3个采样点, 香港《办公室及公共场所室内空气质量素管理指引》^[6]规定: $20\ 000\sim 30\ 000\text{m}^2$

布置21个采样点。由于监测所选展馆均为矩形面积且均约为 $2.7\text{万}\text{m}^2$, GB/T 18204.6—2013布点原则并不适用于超大型的空间, 因此本次监测参照香港《办公室及公共场所室内空气质量素管理指引》棋盘式设置21个采样点。各采样点采样高度为1.5m, 采样点避开走道和送风口, 距离墙壁大于0.5m。

1.3 监测方法和评价标准

按照GB/T 18204.2—2014《公共场所卫生检验方法 第2部分 化学污染物》^[7]要求监测室内空气污染物中甲醛、苯、甲苯、二甲苯、氨和TVOC。采样前用皂膜流量计校准采样器流量, 甲醛用吸收液以 $0.5\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ 流量采样, 采集气体10L; 氨用吸收液以 $0.5\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ 流量采样, 采集气体20L; 苯、甲苯、二甲苯用活性炭管以 $0.5\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ 流量采样, 采集气体20L; TVOC用Tenax TA采样管以 $0.5\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ 流量采样, 采集气体10L; 并记录采样时的温度和大气压。使用比色法分别对甲醛、氨进行检测, 使用热解吸-毛细管气相色谱法分别对苯、甲苯、二甲苯、TVOC的质量浓度(后称: 浓度)进行检测。甲醛、氨、TVOC、苯、甲苯、二甲苯检出限分别为 0.0055 、 0.017 、 0.0056 、 0.0056 、 0.011 、 $0.011\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, 按照GB 37488—2019《公共场所卫生指标及限值要求》^[8]对测定结果进行评价。

1.4 质量控制

由经过培训的专业人员进行现场采样, 承担分析任务的实验室具备相应的资质认证, 采集样品时设空白对照, 采平行样。实验室质控主要采用加标回收和重复测试的方式。样品加标回收率控制为 $>80\%$, 重复

测试值以及平行样测试值的平均偏差 <20%。

1.5 健康风险评估模型

运用美国环境保护局健康风险评估模型开展从业人员健康风险评估,该模型包括两个部分:非致癌风险评估和致癌风险评估。

1.5.1 非致癌风险评估

$$R_{HQ} = m_{CDI} / m'_{RFD} \quad (1)$$

(1) 式中: R_{HQ} 为单污染物的危害商值; m_{CDI} 为单污染物的日平均暴露量, $mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$; m'_{RFD} 为污染物的参考剂量, $mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$ 。

$$m_{CDI} = \rho \times V_{IR} \times t_{ED} / (m_{BW} \times t_{AT}) \quad (2)$$

(2) 式中: ρ 为污染物浓度, $mg \cdot m^{-3}$; V_{IR} 为呼吸速率, $m^3 \cdot d^{-1}$; t_{ED} 为暴露持续时间, d ; m_{BW} 为标准成人体重, kg ; t_{AT} 为终身平均时间, d 。

$$R_{HI} = \sum R_{HQ} \quad (3)$$

(3) 式中: R_{HI} 为多污染物的非致癌总危害商值。

当 $R_{HI} < 1$ 为健康风险较小, $R_{HI} \geq 1$ 为健康风险较大。

1.5.2 致癌风险评估

$$R_{CR} = m_{CDI} \times f_{SF} \quad (4)$$

(4) 式中: R_{CR} 为单污染物致癌风险; m_{CDI} 为污染物的日平均暴露量, $mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$; f_{SF} 为斜率因子, $(mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1})^{-1}$ 。

$$R_{TCR} = \sum R_{CR} \quad (5)$$

(5) 式中: R_{TCR} 为多污染物的致癌总风险。

根据 EPA 推荐的致癌风险, $R_{TCR} > 1 \times 10^{-4}$ 为高风险, R_{TCR} 介于 $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$ 为低风险, $R_{TCR} < 1 \times 10^{-6}$ 为无风险。

1.5.3 风险评估参数 本研究采用美国环境保护局健康风险评估模型针对会展中心展馆工作人员进行健康风险评估。污染物浓度(ρ)按监测浓度的中位值计;通过查阅美国环境保护局的综合风险信息数据库中的推荐值^[9],得到甲醛和苯的斜率因子(f_{SF})分别为 4.6×10^{-2} 、 $2.7 \times 10^{-2} (mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1})^{-1}$;甲醛、苯、甲苯、二甲苯的吸入毒性参考值(m'_{RFD})为 2×10^{-1} 、 4×10^{-3} 、 8×10^{-2} 、 $2 \times 10^{-2} mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$;暴露持续时间(t_{ED})按每周工作 40 h (折算为 1.667 d)、每年工作 35 周、工作年限 30 年计算,本研究取 1750 d;一生平均时间(t_{AT})取决于人群的期望寿命,本研究取 70 岁假定为 25550 d;根据《中国人群暴露参数手册(成人卷)》^[10]我国城市地区成人男性、女性标准体重为 67.3、57.5 kg,呼吸速率为 18.1、14.6 $m^3 \cdot d^{-1}$ 。

1.6 统计学分析

采用 SPSS 21.0 进行数据统计分析。采用 Shapiro-Wilk 检验法对数据的正态性进行检验,数据呈非正

态分布,采用中位数(M)和百分位数(P_{25} , P_{75})描述,两组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。统计过程中原始检测数据低于方法检出限的数值,以方法检出限的 1/2 代替。

2 结果

2.1 室内空气污染情况

本次监测的上海某大型会展中心室内空气总合格率为 96.3% (182/189),室内空气相关指标检测结果见表 1。甲醛的合格率为 98.4%,最大值为 $0.16 mg \cdot m^{-3}$,是标准限值的 1.6 倍;氨的合格率为 99.5%,最大值为 $0.22 mg \cdot m^{-3}$,是标准限值的 1.1 倍;TVOC 的合格率为 98.4%,最大值为 $0.976 mg \cdot m^{-3}$,是标准限值的 1.6 倍;苯、甲苯、二甲苯合格率均为 100%,最大值约为标准限值的 15%~35%。

表 1 2019—2020 上海市大型展馆室内空气污染物检测结果 ($n=189$)

指标	标准限值	合格样本量	合格率 / %	质量浓度 / ($mg \cdot m^{-3}$)		
				M	P_{25}, P_{75}	全距
甲醛	≤ 0.10	186	98.4	0.045	0.037, 0.057	ND~0.16
氨	≤ 0.20	188	99.5	0.037	0.034, 0.060	ND~0.22
苯	≤ 0.20	189	100.0	ND	ND, 0.0076	ND~0.039
甲苯	≤ 0.11	189	100.0	ND	ND, ND	ND~0.039
二甲苯	≤ 0.11	189	100.0	ND	ND, ND	ND~0.017
TVOC	≤ 0.60	186	98.4	0.149	0.076, 0.242	ND~0.976

[注] ND: 未检出。

2.2 不同通风模式下的室内污染物浓度比较

甲醛、氨、苯、TVOC 浓度在不同的通风模式下差异有统计学意义(均 $P < 0.05$),全新风+开启馆门的通风方式下甲醛、氨、苯、TVOC 浓度低于新风+回风+馆门关门的通风方式,甲苯、二甲苯浓度均低于最低检出限,在不同的通风模式下差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。见表 2。

表 2 不同通风模式展馆室内空气污染物质量浓度

Table 2 Indoor air pollutant concentrations in exhibition halls with different ventilation modes

指标	单位 (Unit): $mg \cdot m^{-3}$						Z	P
	新风+回风+馆门关门 ($n=126$)			全新风+开启馆门 ($n=63$)				
	P_{25}	M	P_{75}	P_{25}	M	P_{75}		
甲醛	0.038	0.050	0.063	0.033	0.041	0.047	-4.07	<0.001
氨	0.035	0.040	0.070	ND	0.028	0.039	-6.58	<0.001
苯	ND	0.019	0.028	ND	0.006	0.020	-3.55	<0.001
甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-1.20	0.232
二甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-0.68	0.496
TVOC	0.095	0.155	0.253	0.062	0.100	0.190	-2.30	0.021

[注] ND: 未检出。

2.3 不同展馆的室内污染物浓度比较

服装、鞋类展馆的甲醛浓度高于游戏、动漫周边产品的展馆 ($Z=-5.45, P<0.001$), 氨、苯、甲苯、二甲苯、TVOC在不同展品展馆内的浓度差异无统计学意义 (均 $P>0.05$)。见表3。

表3 不同展品展馆室内空气污染物质量浓度
Table 3 Indoor air pollutant concentrations in different exhibition halls

指标	单位 (Unit) : $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$						Z	P
	服装、鞋类 (n=21)			游戏、动漫周边产品 (n=21)				
	P_{25}	M	P_{75}	P_{25}	M	P_{75}		
甲醛	0.079	0.087	0.091	0.045	0.053	0.057	-5.45	<0.001
氨	0.018	0.035	0.110	0.035	0.040	0.062	-0.39	0.695
苯	ND	0.021	0.025	ND	0.021	0.028	-0.48	0.630
甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-0.63	0.528
二甲苯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-0.72	0.472
TVOC	0.098	0.106	0.164	0.108	0.159	0.226	-1.52	0.128

[注] ND: 未检出。

2.4 从业人员健康风险评估

结果显示: 男性、女性的致癌风险分别为 4.2×10^{-5} 、 3.8×10^{-5} , 属于可接受水平, 为低风险; 男性、女性的总危害商值为 0.025 0、0.021 9, 非致癌风险属于低风险。见表4。

表4 大型展会不同性别从业人员健康风险值
Table 4 Health risks of employees of different genders in a large exhibition center

参数	男性		女性	
	危害商值	致癌风险	危害商值	致癌风险
苯	0.0140	1.9×10^{-6}	0.0120	1.7×10^{-6}
甲苯	0.0013	—	0.0012	—
二甲苯	0.0053	—	0.0048	—
甲醛	0.0044	4.0×10^{-5}	0.0039	3.6×10^{-5}
合计	0.0250	4.2×10^{-5}	0.0219	3.8×10^{-5}

3 讨论

本研究显示, 展馆室内空气中甲醛、氨、TVOC浓度存在一定程度的超标现象, 苯、甲苯、二甲苯合格率均为100%, 展馆室内污染物总合格率均较高。风险评估结果显示, 大型展会从业人员致癌风险和非致癌风险均属于可接受水平, 为低风险, 男性从业人员健康风险略高于女性从业人员, 这主要与男、女性的生理特征差异有关, 男性呼吸量较大, 单位时间内比女性吸入的污染物多, 这与国内其他关于室内环境中污染物对男性的潜在健康风险高于女性的研究结论一致^[11]。

本次研究显示, 室内污染物浓度最大值是标准值的1.1~1.6倍。大量研究已证实建筑装饰装饰材料会

产生甲醛、氨、TVOC等化学性污染物^[12], 主要是因为布展过程中使用了大量的板材、塑料、涂料、胶凝材料、广告美工材料、纤维织品材料等多种建筑装饰装饰材料。同时, 展台搭建完成后通常立即进行展览, 也造成了污染物浓度的超标, 但TVOC浓度在竣工后100~130d内可完全降至卫生标准以下, 甲醛浓度则需要1年甚至更长时间才能低于卫生标准^[13]。因此需严把材料质量关, 使用绿色环保布展材料, 从源头控制室内空气污染。

足够的新风量可以稀释室内空气中的污染物。本次研究显示, 全新风+开启馆门的通风方式下污染物浓度水平低于新风+回风+馆门关门的通风方式, 这与区继军等^[14]研究结果基本一致。建议在展会期间合理加大集中空调通风系统的新风量, 开启馆门, 使得室内气压与室外相对正压有利于室内污染物的稀释扩散和排出至室外。

本研究针对展出不同展品的展馆室内空气污染物开展监测, 发现服装、鞋类的展馆内甲醛的浓度高于其他展馆, 与张金萍等^[15]研究结果一致, 也有研究表明展会会对人群健康造成不良影响^[16], 因此展品的卫生安全性不容忽视, 应加强对展品卫生安全性的管理。

综上所述, 本研究显示大型会展室内污染物存在一定的超标现象, 大型展会从业人员致癌风险和非致癌风险均属于可接受水平, 为低风险, 同时通风模式、展品类型对室内污染物浓度均会产生影响。因此建议会展运营单位合理规划布展时间, 尽可能预留污染物挥发的时间, 减少布展材料的负载量, 展会期间加强通风, 引导布展单位使用绿色环保布展材料。本研究对大型展会室内空气污染物开展监测, 分析健康风险水平, 明确健康风险管控措施, 为完善大型会展场所的卫生监督管理、卫生标准的制定以及企业健康风险管控提供有意义的参考。

本研究也存在一定的局限性, 主要是研究样本数量有限, 仅在夏季开展监测, 可能未反映大型展会室内污染物全年的实际情况; 同时, 选择的暴露评价模型参数中的暴露时间可能偏离实际的暴露时间, 因此如何全面科学的开展大型展会从业人员健康风险评估仍需进一步的研究。

参考文献

- [1] 张佳玲, 刘炜, 黄晨, 等. 上海市幼儿家庭居民病态建筑综合征与住宅室内装修的相关性[J]. 环境与职业医学,

- 2017, 34 (9) : 801-807.
- ZHANG JL, LIU W, HUANG C, et al. Associations of sick building syndromes with residential indoor decoration in families with children in Shanghai [J]. *J Environ Occup Med*, 2017, 34 (9) : 801-807.
- [2] 唐欢, 周理坤, 王春, 等. 博物馆展厅人流高峰期空气微生物丰度及多样性调查 [J]. *环境与健康杂志*, 2016, 33 (8) : 707-711.
- TANG H, ZHOU LK, WANG C, et al. Richness and diversity of air microorganisms during peak period of visitors flow in museum exhibition hall [J]. *J Environ Health*, 2016, 33 (8) : 707-711.
- [3] 龙堃. 博物馆展厅中的挥发性有害物质分析研究 [J]. *环境科学与管理*, 2020, 45 (3) : 76-79.
- LONG K. Analysis of volatile hazardous substance in museum exhibition hall [J]. *Environ Sci Manage*, 2020, 45 (3) : 76-79.
- [4] 梁晓军, 嵇心怡, 耿政祥, 等. 江苏省昆山市新装修住宅室内甲醛的污染特征 [J]. *环境与职业医学*, 2020, 37 (10) : 994-998.
- LIANG XJ, JI XY, GENG ZX, et al. Indoor formaldehyde pollution characteristics in newly decorated residences in Kunshan of Jiangsu Province [J]. *J Environ Occup Med*, 2020, 37 (10) : 994-998.
- [5] 公共场所卫生检验方法 第6部分: 卫生监测技术规范: GB/T 18204.6—2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- Examination methods for public places—Part 6: technical specifications of health monitoring: GB/T 18204.6—2013 [S]. Beijing: China Standard Press, 2014.
- [6] Indoor Air Quality Information Centre. Guidance notes for the management of indoor air quality in offices and public places [EB/OL]. [2021-01-06]. <https://www.iaq.gov.hk/tc/publications-and-references/guidance-notes.aspx>.
- [7] 公共场所卫生检验方法 第2部分: 化学污染物: GB/T 18204.2—2014 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- Examination methods for public places—Part 2: chemical pollutants: GB/T 18204.2—2013 [S]. Beijing: China Standard Press, 2014.
- [8] 公共场所卫生指标及限值要求: GB 37488—2019 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- Hygienic indicators and limits for public places: GB 37488—2019 [S]. Beijing: China Standard Press, 2019.
- [9] US EPA. Integrated risk information system [EB/OL]. [2021-01-06]. <https://www.epa.gov/iris>.
- [10] 环境保护部. 中国人群暴露参数手册(成人卷) [M]. 北京: 中国环境出版社, 2013: 39-43, 759-765.
- Ministry of Environmental Protection. Exposure factors handbook of Chinese population (adults) [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2013: 39-43, 759-765.
- [11] 刘世明, 刘泽春, 郑天可, 等. 农村室内公共场所甲醛污染及致癌风险评价 [J]. *公共卫生与预防医学*, 2015, 26 (1) : 61-64.
- LIU SM, LIU ZC, ZHENG TK, et al. Rural indoor formaldehyde pollution in public places and the evaluation on the risk of cancer [J]. *J Public Health Prev Med*, 2015, 26 (1) : 61-64.
- [12] 刘利亚, 周贻兵, 李磊, 等. 人造板材中不同胶粘剂对室内装修后甲醛污染水平的影响 [J]. *环境与职业医学*, 2015, 32 (10) : 963-965.
- LIU LY, ZHOU YB, LI L, et al. Impact on formaldehyde pollution level by different adhesives in artificial planks after interior decoration [J]. *J Environ Occup Med*, 2015, 32 (10) : 963-965.
- [13] 谭和平, 钱杉杉, 孙登峰, 等. 室内环境中有害有机物污染现状及标准研究 [J]. *中国测试*, 2015, 41 (1) : 1-5.
- TAN HP, QIAN SS, SUN DF, et al. Study on the pollution status and standards of indoor organic compounds [J]. *China Meas Test*, 2015, 41 (1) : 1-5.
- [14] 区继军, 石同幸, 杨轶戩, 等. 某大型展馆室内空气检测结果及危险因素分析 [J]. *世界最新医学信息文摘(连续型电子期刊)*, 2015, 15 (59) : 170-171.
- OU JJ, SHI TX, YANG YJ, et al. Analysis of a large exhibition hall indoor air testing results and risk factors [J]. *World Latest Med Inf (Electr Vers)*, 2015, 15 (59) : 170-171.
- [15] 张金萍, 赵亚庆, 邓京. 综合批发市场室内甲醛污染水平研究 [J]. *建筑科学*, 2018, 34 (2) : 14-20.
- ZHANG JP, ZHAO YQ, DENG J. Study on indoor formaldehyde pollution level in comprehensive wholesale markets [J]. *Build Sci*, 2018, 34 (2) : 14-20.
- [16] BOWMAN AS, WALIA RR, NOLTING JM, et al. Influenza A (H3N2) virus in swine at agricultural fairs and transmission to humans, Michigan and Ohio, USA, 2016 [J]. *Emerg Infect Dis*, 2017, 23 (9) : 1551-1555.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 丁瑾瑜)