

# 石家庄市四类公共场所室内空气甲醛暴露及健康风险评估

曾芳婷<sup>1,2</sup>, 曲玥<sup>1,2</sup>, 杜茜茜<sup>1,2</sup>, 陈风格<sup>1,2,3</sup>, 张雪梅<sup>4</sup>

1. 石家庄市疾病预防控制中心公卫所, 河北 石家庄 050011; 2. 华北理工大学公共卫生学院;
3. 中国疾病预防控制中心环境与健康研究基地(石家庄); 4. 河北医科大学公共卫生学院

**摘要:** **目的** 了解石家庄市四类公共场所室内空气中甲醛污染浓度, 评估各类场所从业人员慢性非致癌与致癌风险。**方法** 利用公共场所健康危害因素监测数据, 分析 2021—2022 年石家庄市游泳馆、理发店、美容店、宾馆(酒店)室内空气甲醛的浓度水平, 并采用美国环境保护署(US EPA)经典“四步法”健康风险评估模型, 对上述四类公共场所从业人员甲醛的慢性非致癌与致癌风险进行评价。**结果** 2021—2022 年随机抽取石家庄市游泳馆、理发店、美容店和宾馆(酒店)共 169 家, 甲醛检测样本量共 485 份, 总合格率为 91.34%, 以上四类公共场所游泳馆室内空气中甲醛浓度合格率为 100% (161/161), 理发店为 93.10% (27/29), 美容店为 90.09% (20/22) 和宾馆(酒店)为 86.08% (235/273), 差异具有统计学意义( $\chi^2 = 24.931, P < 0.001$ ); 游泳馆从业人员甲醛的慢性非致癌效应  $HQ$  均值小于 1, 其他 3 类公共场所从业人员甲醛的慢性非致癌效应  $HQ$  均值大于 1, 游泳馆、理发店、美容店、宾馆(酒店)从业人员甲醛的致癌风险值分别为  $1.90 \times 10^{-5}$ 、 $8.19 \times 10^{-5}$ 、 $1.13 \times 10^{-4}$ 、 $5.63 \times 10^{-5}$ , 均高于美国环保局规定的限值( $1 \times 10^{-6}$ )。**结论** 石家庄市游泳馆室内空气中甲醛暴露量未超过不良反应阈值, 该类场所从业人员甲醛的慢性非致癌风险较低; 理发店、美容店、宾馆(酒店)从业人员存在一定的慢性非致癌和致癌风险, 以美容类场所从业人员甲醛的风险值最高, 应进一步研究分析。

**关键词:** 从业人员; 公共场所; 甲醛; 健康风险评估

中图分类号: R122.2 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2024)02-343-05

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202309014

## Formaldehyde exposure and health risk assessment of indoor air in four types of public places, in Shijiazhuang city

ZENG Fang-ting\*, QU Yue, DU Xi-xi, CHEN Feng-ge, ZHANG Xue-mei

\* Institute of Environmental Health, Shijiazhuang Center for Disease Control and Prevention, Shijiazhuang, Hebei 050011, China

**Abstract: Objective** To understand the concentration of formaldehyde pollution in indoor air of four types of public places in Shijiazhuang City, and to assess the chronic non-carcinogenic and carcinogenic risks of employees in various types of places.

**Methods** Using the monitoring data of health hazards in public places, we analyzed the concentration levels of formaldehyde in the indoor air of swimming pools, barber stores, beauty stores, and hotels in Shijiazhuang City in 2021-2022, and evaluated the chronic non-cancer and cancer risks of formaldehyde for employees in the above four types of public places by adopting the classic "four-step" health risk assessment model of the U.S. Environmental Protection Agency (US EPA).

**Results** From 2021 to 2022, a total of 169 swimming pools, barber stores, beauty stores and hotels were randomly selected, with a total sample size of 485 formaldehyde tests, and the overall pass rate was 91.34%. The pass rate of formaldehyde concentration in the indoor air of swimming pools in the above four types of public places was 100% (161/161), 93.10% (27/29) for barber stores, 90.09% (20/22) for beauty stores and 86.08% (235/273) for guesthouses (hotels), with statistically significant differences ( $\chi^2 = 24.931, P < 0.001$ ); the mean value of the  $HQ$  of the chronic non-carcinogenic effect of formaldehyde for practitioners in swimming pools was less than 1, and that for practitioners in the other three types of public places was greater than 1, and swimming pools, Hairdressers, beauty stores, and hotels, the cancer risk values of formaldehyde for employees were  $1.90 \times 10^{-5}$ ,  $8.19 \times 10^{-5}$ ,  $1.13 \times 10^{-4}$ , and  $5.63 \times 10^{-5}$ , respectively, which were higher

基金项目: 河北省医学科学研究重点课题(20191492)

作者简介: 曾芳婷(1995—), 女, 硕士在读, 研究方向: 环境卫生学

通信作者: 陈风格, E-mail: chenfengge319@163.com

than the limit value ( $1 \times 10^{-6}$ ) set by the U. S. Environmental Protection Agency (US EPA). **Conclusion** Exposure to formaldehyde in the indoor air of swimming pools in Shijiazhuang City doesn't exceed the threshold for adverse reactions, and the chronic non-carcinogenic risk of formaldehyde for practitioners in this type of venue is low. There was a certain amount of chronic non-carcinogenic and carcinogenic risk for practitioners in barber stores, beauty stores, and guesthouses, and the risk value of formaldehyde for practitioners in the beauty category of venues is the highest, and it should be analyzed in further studies.

**Keywords:** Employee; Public place; Formaldehyde; Health risk assessment

随着经济水平的快速发展,我国公共场所的数量和种类不断增加,各类公共场所装修越来越普遍频繁,加上公共场所空间密闭、空气流动性较差,室内空气中甲醛污染问题日益受到人们的重视<sup>[1-2]</sup>。甲醛是各行各业最广泛使用的物质之一,它已被国际癌症研究机构(IARC)列为人类致癌物<sup>[3]</sup>。国内研究多聚焦于各类公共场所污染物的超标问题,无法定量描述污染物对人群健康危害的风险<sup>[4]</sup>,故不能全面评估室内空气污染物对人群健康的影响,开展健康风险评估可以将环境污染程度与人体健康相联系,可定量评估各场所从业人员暴露于污染物所产生的健康危害<sup>[5]</sup>。《中华人民共和国公共场所管理条例》将公共场所分为7类28种,游泳馆、理发店、美容店和宾馆(酒店)场所人流量较为稳定,按照《全国公共场所健康危害因素监测》方案选取石家庄市四类重点公共场所室内空气甲醛污染物进行监测及健康风险评估,以了解该市四类公共场所室内空气甲醛污染水平对从业人员的慢性非致癌和致癌风险。

## 1 资料来源与方法

**1.1 资料来源** 按照河北省公共场所健康危害因素监测工作方案,2021—2022年在石家庄市随机抽取正常营业的游泳馆、理发店、美容店和宾馆(酒店)四类场所共169家,其中游泳馆109家,理发店16家,美容店8家,宾馆(酒店)36家,对该四类公共场所室内空气甲醛浓度进行监测。

### 1.2 监测与方法

**1.2.1 采样要求** 参照《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)、《公共场所卫生检验方法第2部分:化学污染物》(GB/T 18204.2—2014)进行布点、采样和检测,每个场所采样点均匀分布,采样时避开人流通道和通风口,采样高度1.2~1.5 m,距离墙壁0.5~1 m<sup>[4]</sup>,每个监测点采样频率为1次。

游泳馆:场所面积 $< 50 \text{ m}^2$ 的场所布置1个监测点,场所面积 $50 \text{ m}^2 \sim 200 \text{ m}^2$ 的设2个监测点,场所面积 $> 200 \text{ m}^2$ 的布置3个采样点。

理发店、美容店:座位数 $< 10$ 个设置1个采样点,座位数 $10 \sim 30$ 个设置2个采样点,座位数 $> 30$ 设置

3个采样点。

宾馆(酒店):客房数量 $\leq 100$ 间的场所抽取3%的房间进行监测,客房数量 $> 100$ 间的场所抽取1%~3%的房间进行监测,每个场所监测房间的数量不得低于2间,房间室内面积 $< 50 \text{ m}^2$ 的设置1个采样点, $50 \sim 100 \text{ m}^2$ 的设置2个采样点, $> 100 \text{ m}^2$ 的设置3~5个采样点。

**1.2.2 检测仪器与检测方法** 采用日本理研FP-30MK2(C)甲醛检测仪器,使用光电光度检测方法检测上述四类公共场所室内空气中甲醛浓度。

### 1.3 健康风险评估模型

**1.3.1 慢性致癌风险特征评价方法** 采用美国国家环境保护署经典“四步法”健康风险评估模型,来评估四类场所空气中甲醛呼吸吸入途径的致癌和非致癌风险。目标人群:从业人员。

暴露途径:呼吸吸入途径。暴露量:计算公式如下:

$$CR = LADD \times IUR \times CF \quad (1)$$

$$LADD = (C \times EF \times ED \times ET) / LT \quad (2)$$

式中:CR—癌症风险;LADD—终生日暴露剂量, $\text{mg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ (吸入途径);IUR—吸入单位风险, $\text{m}^3/\mu\text{g}$ ,参考美国EPA值为: $1.3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\mu\text{g}$ ;C—污染物浓度, $\text{mg}/\text{m}^3$ ;ED—暴露周期,年;EF—暴露频率,d/年;ET—暴露时间,h/d;LT—终生暴露时间,d,计算致癌风险时取人群平均寿命(70年),为25 550 d。

**1.3.2 慢性非致癌风险特征评价方法** 暴露途径:呼吸吸入途径。暴露量:计算公式如下:

$$HQ = ADD / RfC \quad (3)$$

$$ADD = (C \times EF \times ED \times ET) / AT \quad (4)$$

式中:ADD—平均日暴露剂量, $\text{mg}/\text{m}^3$ ;RfC—参考浓度, $\text{mg}/\text{m}^3$ ,参考美国EPA值为: $9.83 \times 10^{-3} \text{ mg}/\text{m}^3$ ,数据均来源于美国国家环保局综合风险信息查询系统(the integrated risk information system, IRIS)<sup>[6]</sup>和美国毒物和疾病登记署(agency for toxic substances and disease registry, ATSDR)。

### 1.4 暴露参数评价

**1.4.1 暴露浓度** 暴露浓度来源于现场监测数据。

**1.4.2 暴露时间** 根据现场问卷调查结果进行合理判断,并参照其他公共场所从业人员不同的工作年限及工作时长获取最终信息。见表1。

表 1 石家庄市不同类型场所从业人员累计工作时间

Table 1 Cumulative working hours of employees in different types of establishments in Shijiazhuang City

监测场所	每日工作时间 (h)	每月工作时间 (d)	节假日休息时间 (d)	每年工作时间 (d)	工作年限 (年)
游泳馆	10	26	14	298	30
理发店	10	28	14	322	30
美容店	12	26	14	298	30
宾馆(酒店)	8	26	14	298	25

1.4.3 评价标准 依据《公共场所卫生指标及限值要求》(GB 37488—2019)标准规定的甲醛评价标准限值 $\leq 0.1 \text{ mg/m}^3$ 。

1.4.4 风险判定 根据美国国家环境保护署 (US EPA) 风险评估方法,若  $HQ < 1$ , 预期将不会造成显著损害,表示暴露量低于产生不良反应的阈值,若  $HQ \geq 1$ ,表明暴露剂量超过产生不良反应的阈值;若  $CR$  值  $< 1 \times 10^{-6}$ ,则认为暴露量引起癌症风险较低,若介于  $10^{-4} \sim 10^{-6}$  之间,则认为有可能存在致癌风险,若  $CR$  值  $> 1 \times 10^{-4}$ ,则认为引起癌症的风险较高。

1.5 质量控制 所有参与本次监测的工作人员均按要求参加集中技术培训;采样过程严格按照国家技术手册进行,甲醛检测仪器定期送计量质量检测所校准,确保检测结果的准确性,数据录入采用双人核对并录入数据库。

1.6 统计学分析 运用 Excel 2016 进行数据清理,四类监测场所甲醛监测结果均不符从正态分布,用上、下四分位数描述甲醛浓度的分布情况,采用 SPSS 25.0 进行卡方检验分析各类公共场所甲醛合格率是否存在差异,双侧检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

2.1 不同场所室内空气中甲醛检测情况 2021—2022 年随机抽取游泳馆、理发店、美容店和宾馆(酒店)四类公共场所共 169 家,检测甲醛样本量共 485 份,总合格率为 91.34%;其中,游泳馆室内空气中甲醛浓度合格率为 100% (161/161),理发店为 93.10% (27/29),美容店为 90.09% (20/22) 和宾馆(酒店)为 86.08% (235/273),差异具有统计学意义 ( $\chi^2 = 24.931, P < 0.001$ )。见表 2。

表 2 石家庄市各类场所室内空气中甲醛检测情况

Table 2 Detection of formaldehyde in indoor air of all kinds of places in Shijiazhuang City

监测场所	甲醛污染物浓度 ( $\text{mg/m}^3$ )					
	中位数	上四分位数	下四分位数	最小值	最大值	检测数(合格率)/份
游泳馆	0.010	0.010	0.025	0.010	0.075	161(100.00)
理发店	0.040	0.020	0.061	0.015	0.120	29(93.10)
美容店	0.048	0.041	0.063	0.018	0.122	22(90.90)
宾馆(酒店)	0.043	0.024	0.087	0.005	0.600	273(86.08)

2.2 慢性非致癌风险评价结果 游泳馆从业人员甲醛的慢性非致癌危害系数  $HQ$  均值  $< 1$ ,理发店、美容

店、宾馆(酒店)从业人员甲醛的慢性非致癌危害系数  $HQ$  均值  $> 1$ 。见表 3。

表 3 石家庄市各类场所室内空气中甲醛浓度对从业人员慢性非致癌性健康风险

Table 3 Chronic non - carcinogenic health risks of formaldehyde concentration in indoor air of various types of establishments in Shijiazhuang City for employees

监测场所	ADD ( $\text{mg/m}^3$ )			RfC ( $\text{mg/m}^3$ )	HQ		
	中位数	上四分位数	下四分位数		中位数	上四分位数	下四分位数
游泳馆	0.003	0.003	0.009	$9.83 \times 10^{-3}$	0.31	0.35	0.87
理发店	0.015	0.007	0.022		1.53	0.75	2.28
美容店	0.020	0.017	0.026		2.03	1.70	2.61
宾馆(酒店)	0.012	0.007	0.024		1.22	0.75	2.41

2.3 致癌风险评价结果 美容店从业人员甲醛的致癌风险为  $1.13 \times 10^{-4}$ ,大于美国环境保护署规定的限值 ( $1 \times 10^{-6}$ ),游泳馆从业人员甲醛的致癌风险较低,

致癌风险均低于理发店、美容店、宾馆(酒店)。见表 4。

表 4 石家庄市各类场所室内空气中甲醛浓度对从业人员的致癌风险

Table 4 Carcinogenic risk of formaldehyde concentration in indoor air of various types of establishments in Shijiazhuang City for practitioners

监测场所	LADD(mg/m <sup>3</sup> )			IUR(m <sup>3</sup> /μg)	CR		
	中位数	上四分位数	下四分位数		中位数	上四分位数	下四分位数
游泳馆	1.46 × 10 <sup>-3</sup>	0.001	0.004	1.3 × 10 <sup>-5</sup>	1.90 × 10 <sup>-5</sup>	1.90 × 10 <sup>-5</sup>	4.73 × 10 <sup>-5</sup>
理发店	6.30 × 10 <sup>-3</sup>	0.003	0.010		8.19 × 10 <sup>-5</sup>	4.10 × 10 <sup>-5</sup>	1.25 × 10 <sup>-4</sup>
美容店	8.40 × 10 <sup>-3</sup>	0.007	0.011		1.13 × 10 <sup>-4</sup>	9.32 × 10 <sup>-5</sup>	1.43 × 10 <sup>-4</sup>
宾馆(酒店)	4.17 × 10 <sup>-3</sup>	0.002	0.008		5.63 × 10 <sup>-5</sup>	3.03 × 10 <sup>-5</sup>	1.10 × 10 <sup>-4</sup>

### 3 讨论

根据国家颁布的《公共场所卫生指标及限值要求》(GB 37488—2019)标准对公共场所室内空气甲醛的监测结果进行评价,游泳馆、理发店、美容店、宾馆(酒店)四类公共场所要求室内空气甲醛测定限值 ≤ 0.1 mg/m<sup>3</sup>,四类公共场所室内空气甲醛浓度均值均未超标,但根据美国 EPA 规定的甲醛癌症风险与慢性非致癌风险安全限值分别为 1 × 10<sup>-6</sup> 和 HQ < 1,结果显示,四类公共场所从业人员甲醛的致癌风险均超出了安全限值,其中以美容类场所从业人员甲醛致癌与慢性非致癌风险最高,应引起重点关注,与六安市<sup>[7]</sup>、鹤壁市<sup>[8]</sup>等地研究结果一致。出现这一结果的原因可能为:一方面,美容店类场所环境相对密闭,美容店通常被分成若干个美容间,导致室内空气流通不畅;另一方面,由于美容店在装修过程中使用胶黏剂、墙贴等高甲醛释放的化工材料<sup>[9]</sup>,从而导致美容店类场所室内空气中甲醛污染物浓度较高。为降低该市美容场所从业人员甲醛的健康风险,第一:可采取机械送、排风的方式促进室内空气的流通,也可在室内种植芦荟、绿萝、龟背竹等绿植<sup>[10]</sup>;第二,该类场所的装修、装饰材料应尽量选择环保建材<sup>[11-12]</sup>,装修结束后保持通风一段时间待甲醛浓度检测正常后再营业。

本次研究还发现,游泳馆室内空气甲醛浓度检测最大值为 0.075 mg/m<sup>3</sup>,检测值符合国家限值要求,但该场所室内空气甲醛浓度对从业人员仍存在致癌风险,说明甲醛浓度在未超标的情况下室内空气甲醛仍对从业人员存在一定的致癌风险,其原因主要为:目前我国颁布的公共场所卫生指标及限值要求是依据普通人群在公共场所暴露水平所承受的风险进行制定<sup>[13]</sup>,游泳馆从业人员暴露时间与暴露频率远大于普通人群,因此,室内空气中甲醛浓度在符合国家标准限值要求的情况下,对场所从业人员仍存在健康风险。为减少该类场所空气中甲醛浓度对从业人员的健康风险,可通过减少从业人员在场所工作的从业年限,通过轮班、减少每日工作时长<sup>[14]</sup>;游泳馆应严

格按照公共场所卫生管理规范要求进行空间合理布局<sup>[15]</sup>;加强从业人员相关知识的培训,增强自我保护意识。

健康风险评价是将环境污染和人体健康联系起来的一种评价方法,通过估算有害因子对人体发生不良影响的概率来评价人群暴露于该因子中人群健康的情况<sup>[16]</sup>。不仅需考虑各类场所室内空气中甲醛暴露浓度对从业人员的健康影响,还引入暴露时间和不同从业人群等多种因素。本研究也存在一些不确定性,其一是暴露参数,部分暴露参数来源美国环境保护署的推荐值,由于存在地域差异,可能会增加健康风险评价结果误差;其二是本研究应用公共场所短时间的监测数据对各类场所从业人员终生暴露情况进行风险预估,可能会高估暴露导致的健康风险。有研究显示,室内空气甲醛的释放与室温、湿度呈正相关,在夏季公共场所室内甲醛浓度高于秋季、冬季和春季<sup>[17]</sup>,为了更准确的评估各类公共场所从业人员甲醛的致癌与慢性非致癌风险,未来将进一步开展相关研究,在不同季节分别监测各类公共场所室内甲醛浓度,综合比较不同季节公共场所从业人员甲醛致癌与慢性非致癌风险。

**利益冲突声明** 本研究不存在任何利益冲突

### 参考文献

- 方道奎,周国宏,余淑苑,等.深圳市部分公共场所空气中苯和甲醛污染对从业人员健康风险评价[J].环境与健康杂志,2018,35(11):1013-1014.  
Fang DK, Zhou GH, Yu SY, et al. Evaluation of the health risks of airborne benzene and formaldehyde pollution to employees in selected public places in Shenzhen, China [J]. Journal of Environment and Health, 2018, 35(11): 1013-1014.
- 孙晓冰,张海霞,万博宇,等.2016年北京市朝阳区公共场所空气中甲醛污染状况分析[J].实用预防医学,2018,25(11):1377-1379.  
Sun XB, Zhang HX, Wan BY, et al. Analysis of formaldehyde pollution in the air of public places in Chaoyang district, Beijing, 2016 [J]. Practical Preventive Medicine, 2018, 25(11): 1377-1379.
- Khoshakhlagh AH, Mohammadzadeh M, Manafi SS, et al.

- Inhalational exposure to formaldehyde, carcinogenic, and non - carcinogenic risk assessment: A systematic review [ J ]. *Environmental Pollution*, 2023, 331 ( Pt 1 ): 121854.
- [ 4 ] 雷佩玉,郑晶利,贾茹,等. 2020 年陕西省农村饮用水典型金属及重金属健康风险评估[ J ]. *卫生研究*, 2022, 51 ( 1 ): 45 - 50. Lei PY, Zheng JL, Jia R, et al. Health risk assessment of typical metalloid and heavy metals in rural drinking water in Shaanxi Province in 2020[ J ]. *Journal of Hygiene Research*, 2022, 51 ( 1 ): 45 - 50.
- [ 5 ] 熊文艳,邱荣发,钟淙,等. 南昌市公共场所空气中甲醛污染对从业人员的健康风险评价[ J ]. *现代预防医学*, 2014, 41 ( 1 ): 14 - 16. Xiong WY, Qiu RF, Zhong C, et al. Health risk assessment of formaldehyde for employees in Nanjing public places [ J ]. *Modern Preventive Medicine*, 2014, 41 ( 1 ): 14 - 16.
- [ 6 ] United States Environmental Protection Agency. Integrated risk information system ( IRIS ) [ EB/OL ]. [ 2023 - 12 - 14 ]. <http://www.epa.gov/iris>.
- [ 7 ] 翟和亮,陈栋,罗慧敏,等. 六安市公共场所室内空气中甲醛污染对从业人员的健康风险评价[ J ]. *职业与健康*, 2020, 36 ( 17 ): 2396 - 2399. Zhai HL, Chen D, Luo HM, et al. Health risk assessment of formaldehyde pollution in indoor air of public places on employees in Lu' an City [ J ]. *Occupation and Health*, 2020, 36 ( 17 ): 2396 - 2399.
- [ 8 ] 闫晓娜,彭靖,赵秋艳,等. 河南省鹤壁市某区公共场所室内空气中化学污染物健康风险评估[ J ]. *现代疾病预防控制*, 2023, 34 ( 10 ): 782 - 786. Yan XN, Peng J, Zhao QY, et al. Health risk assessment of chemical pollutants in indoor air of public places in a region of Hebi city, Henan province [ J ]. *Modern Disease Control and Prevention*, 2023, 34 ( 10 ): 782 - 786.
- [ 9 ] 王肖红,王贺山,叶秀,等. 2016—2018 年北京市 M 区公共场所室内甲醛监测结果分析[ J ]. *中国卫生检验杂志*, 2020, 30 ( 23 ): 2937 - 2938. Wang XH, Wang HS, Ye X, et al. Analysis of indoor formaldehyde monitoring results in public places in M District of Beijing from 2016 to 2018 [ J ]. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*, 2020, 30 ( 23 ): 2937 - 2938.
- [ 10 ] 曾凡夫,陈洁平,潘刚雷,等. 宁波市非新装修住宅中甲醛的分布和健康风险评估[ J ]. *环境与职业医学*, 2021, 38 ( 12 ): 1340 - 1344. Zeng FF, Chen JP, Pan GL, et al. Distribution and health risk assessment of formaldehyde in non - newly decorated houses in Ningbo, China [ J ]. *Journal of Environmental & Occupational Medicine*, 2021, 38 ( 12 ): 1340 - 1344.
- [ 11 ] 单冰,崔亮亮,张迎建,等. 济南市宾馆,理发店和美容院室内空气中常见化学污染物的健康风险评估[ J ]. *山东大学学报:医学版*, 2021, 59 ( 12 ): 110 - 119. Shan B, Cui LL, Zhang YJ, et al. Health risk assessment of common chemical pollutants in the indoor air of hotels, barber shops and beauty salons in Jinan City [ J ]. *Journal of Shandong University: Health Sciences*, 2021, 59 ( 12 ): 110 - 119.
- [ 12 ] 杜英林,张晓,周汝彬,等. 聊城市理发美容场所空气中常见化学污染物暴露特征及从业人员健康风险评估[ J ]. *环境与职业医学*, 2023, 40 ( 3 ): 342 - 348. Du YL, Zhang X, Zhou RB, et al. Exposure characteristics of common chemical pollutants and health risk assessment in indoor air of barber shops and beauty salons in Liaocheng City [ J ]. *Journal of Environmental & Occupational Medicine*, 2023, 40 ( 3 ): 342 - 348.
- [ 13 ] 张晨光,李丽,范耀春,等. 公共场所空气甲醛对从业人员健康风险评估[ J ]. *环境卫生学杂志*, 2022, 12 ( 8 ): 606 - 610. Zhang CG, Li L, Fan YC, et al. Health risk assessment of formaldehyde on practitioners in public places [ J ]. *Journal of Environmental Hygiene*, 2022, 12 ( 8 ): 606 - 610.
- [ 14 ] 王政,张金萍,张佳琳,等. 商业类不同功能公共场所室内甲醛浓度水平及健康风险评价[ J ]. *建筑科学*, 2021, 37 ( 4 ): 156 - 161. Wang Z, Zhang JP, Zhang JL, et al. Concentration of formaldehyde in commercial public place with different functions and health risk assessment [ J ]. *Building Science*, 2021, 37 ( 4 ): 156 - 161.
- [ 15 ] 闫晓娜,彭靖,王永星,等. 河南某县公共场所甲醛污染状况及健康风险评估[ J ]. *中国卫生检验杂志*, 2022, 32 ( 1 ): 95 - 97, 101. Yan XN, Peng J, Wang YX, et al. Pollution status of formaldehyde and its risk assessment in public places in a county of Henan Province [ J ]. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*, 2022, 32 ( 1 ): 95 - 97, 101.
- [ 16 ] 张毅,吴华,安玉. 空气中甲醛水平对从业人员的健康风险评价[ J ]. *中国卫生工程学*, 2023, 22 ( 5 ): 587 - 589. Zhang Y, Wu H, An Y. Health risk assessment of practitioners exposed to airborne formaldehyde in some public places in Dalian [ J ]. *Chinese Journal of Public Health Engineering*, 2023, 22 ( 5 ): 587 - 589.
- [ 17 ] 陈栋,杨洋,罗慧敏,等. 基于健康风险评价模型对六安市公共场所室内甲醛暴露的研究[ J ]. *华南预防医学*, 2021, 47 ( 1 ): 67 - 69, 73. Chen D, Yang Y, Luo HM, et al. Study on indoor formaldehyde exposure in public places in Lu' an City based on health risk assessment modeling [ J ]. *South China Journal of Preventive Medicine*, 2021, 47 ( 1 ): 67 - 69, 73.

收稿日期:2023-09-01