

西宁市公共场所空气中 5 种化学 污染物健康风险评估

王燕青^{1,2}, 吉秀亮^{1,2}

1. 青海大学医学部公共卫生系, 青海 西宁 810000; 2. 青海省疾病预防控制中心学校卫生科

摘要:目的 了解并评估西宁市公共场所室内空气中甲醛、氨、苯、甲苯、二甲苯 5 种常见化学污染物的健康风险, 为西宁市公共场所环境卫生管理提供技术支持。方法 2020—2022 年在西宁市城西区 and 城中区设置监测点, 监测酒店和理发店常见化学污染物数据, 并根据《化学物质环境健康风险评估技术指南》(WS/T 777-2021) 对化学污染物进行健康风险评估。结果 2020—2022 年宾馆共设有监测点 238 个, 仅 2 个甲醛监测点超标, 宾馆甲醛总合格率为 99.16%, 宾馆的苯、甲苯、二甲苯总合格率均为 100%。理发店共设有 47 个监测点, 各监测点甲醛、苯、甲苯、二甲苯、氨总合格率均为 100%。理发店的室内空气中苯浓度 (0.001 mg/m^3) 低于宾馆 (酒店) (0.002 mg/m^3), 差异有统计学意义 ($Z = -2.708, P < 0.05$)。理发店共 47 个监测点中有 23 个监测点风险介于 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 之间, 占比 48.9%, 其余风险值高于 10^{-4} , 宾馆共 238 个监测点中有 154 个监测点风险介于 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 之间, 占比 64.7%, 其余风险值高于 10^{-4} ; 理发店有 34 个监测点的风险小于 10^{-6} , 占比 72.3%, 宾馆有 138 个监测点风险小于 10^{-6} , 占比 58%, 二者的 P_{75} 和最大值浓度的风险值均大于 10^{-6} 。宾馆甲醛有 150 个监测点 $HQ > 1$, 占 63%, 风险值最大为 3.6; 苯有 2 个监测点 $HQ > 1$, 占 0.8%, 风险最大值 1.08; 甲苯和二甲苯的所有 HQ 均小于 1。理发店甲醛有 31 个监测点 $HQ > 1$, 占 66%, 风险值最大为 3.72; 其余污染物 HQ 均小于 1。结论 西宁市 2020—2022 年公共场所空气中 5 种化学污染物浓度基本符合国标要求, 但甲醛和苯引起的致癌风险和非致癌风险应重点关注。

关键词: 公共场所; 化学污染物; 健康风险评估

中图分类号: R126.4 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2024)12-2159-05

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202312495

Health risk assessment of five chemical pollutants in the air of public places, Xining City

WANG Yan-qing*, JI Xiu-liang

* Department of Public Health, Qinghai University, Xining, Qinghai 810000, China

Abstract: **Objective** To understand and assess the health risks of five common chemical pollutants, formaldehyde, ammonia, benzene, toluene and xylene, in indoor air of public places in Xining City, and to provide technical support for environmental health management of public places in Xining City. **Methods** From 2020 to 2022, monitoring sites were set up in the western and central districts of Xining City to monitor the data of common chemical pollutants in hotels and barbershops, and conduct health risk assessment of chemical pollutants according to the Technical Guide for Environmental Health Risk Assessment of Chemical Substances (WS/T 777-2021). **Results** From 2020 to 2022, there were 238 monitoring points in the hotel, only 2 formaldehyde monitoring points exceeded the standard. The total qualified rate of formaldehyde in the hotel was 99.16%, and the total qualified rate of benzene, toluene and xylene in the hotel was 100%. There are 47 monitoring points in barbershop, and the total pass rate of formaldehyde, benzene, toluene, xylene and ammonia at each monitoring point is 100%. The concentration of benzene in indoor air in barbershop (0.001 mg/m^3) was lower than that in hotel (0.002 mg/m^3), and the difference was statistically significant ($Z = -2.708, P < 0.05$). Among 47 monitoring points in barbershop, 23 monitoring points had a risk between 10^{-4} and 10^{-6} , accounting for 48.9%, and the rest had a risk value higher than 10^{-4} ; Among 238 monitoring points in hotel, 154 monitoring points had a risk between 10^{-4} and 10^{-6} , accounting for 64.7%, and the rest had a risk value higher than 10^{-4} ; There were 34 monitoring sites in barbershop with risk less than 10^{-6} , accounting for 72.3%, and 138 monitoring sites in hotel with risk less than 10^{-6} , accounting for 58%. The risk values of P_{75} and maximum

基金项目: 青海省科协中青年科技人才托举工程 (2021QHSKXRCTJ21)

作者简介: 王燕青 (1998—), 女, 硕士在读, 研究方向: 环境卫生学

通信作者: 吉秀亮, E-mail: 674221859@qq.com

concentration of both sites were greater than 10^{-6} . Hotel formaldehyde has 150 monitoring points $HQ > 1$, accounting for 63%, the maximum risk value is 3.6; There were two monitoring points for benzene with $HQ > 1$, accounting for 0.8%, and the maximum risk was 1.08. All HQ of toluene and xylene are less than 1. There were 31 monitoring points for formaldehyde in barbershop, $HQ > 1$, accounting for 66%, and the highest risk value was 3.72. HQ of other pollutants is less than 1.

Conclusion The concentration of five chemical pollutants in the air of public places in Xining City from 2020 to 2022 basically meets the requirements of the national standard, but the carcinogenic risk and non-carcinogenic risk caused by formaldehyde and benzene should be paid attention to.

Keywords: Public place; Chemical pollutants; Health risk assessment

公共场所是满足公众学习、工作、医疗、娱乐、体育活动等各种社会生活需求所能够使用的一切公用的建筑物^[1]。公共场所与人群活动密切相关,因人员流动性较大,所以其室内空气质量状况对人群健康的影响尤为重要^[2]。宾馆、理发店这类公共场所,有害化学污染物主要以甲醛、苯、氨等有害化学污染物为主,长期暴露于这类污染物可能会导致多种健康危害,如头痛、昏迷以及呼吸道和肺部疾病^[3],严重者可导致癌症发生^[4]。科学证据表明,公共场所空气污染对公共健康构成严重威胁^[5]。因此,需明确公共场所常见化学污染物的暴露水平和健康风险。且既往研究^[6]中对西宁市重点公共场所卫生状况进行了基本监测,本文主要评估了西宁市公共场所化学污染物对从业人员的健康危害,对 2020—2022 年西宁市宾馆、理发店室内空气中的五种常见化学污染物进行监测,分析各化学污染物浓度分布特征并评估其致癌与非致癌风险,为西宁市公共场所大气污染防治提供理论依据及技术支持。

1 对象与方法

1.1 研究对象 本文选择西宁市城西区 and 城中区的各个宾馆和理发店开展室内空气质量监测,从 2020—2022 年,每年按《全国公共场所健康危害因素监测工作方案》要求进行监测,三年共监测理发店 40 家(2020 年 10 家,2021 年 14 家,2022 年 16 家),宾馆 72 家(2020 年 18 家,2021 年 27 家,2022 年 27 家)。

1.2 采样方法 监测项目包括公共场所室内空气中的氨、甲醛、苯、甲苯、二甲苯,每年分别在第二、第四季度监测。监测方法按照《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)^[7]的规定进行,其中宾馆根据客房数量抽取,客房数量小于等于 100 间时,抽取总量的 3%~5% 进行监测,大于 100 间的,抽取 1%~3% 进行监测,每间设一个监测点;理发店座位数小于 10 个设一个监测点,10~30 个设两个监测点,综上,本研究共设置 285 个监测点(包括宾馆 238 个、理发店 47 个)。

1.3 检测方法 检验方法根据《公共场所卫生检验方法第 2 部分:化学污染物》(GB/T 18204.2)^[8]的要

求进行,氨选用纳氏试剂分光光度法,甲醛选用酚试剂分光光度法,苯、甲苯、二甲苯选用二次热解析—毛细管气相色谱法;最后检测结果按照《公共场所卫生指标及限值要求》(GB 37488-2019)^[9]评价,甲醛、苯、甲苯、二甲苯、氨的标准限值分别为 0.10、0.11、0.20、0.20、0.50 mg/m^3 。

1.4 健康风险评估 参照国际癌症研究机构分类清单^[10](IARC)以及《化学物质环境健康风险评估技术指南》(WS/T 777-2021)^[11],甲醛和苯属于 1 类致癌物,甲苯和二甲苯属于 3 类致癌物,符合致癌风险评估的指标有苯、甲醛,非致癌风险评估的指标有甲醛、苯、甲苯、二甲苯、氨。对宾馆和理发店内空气中常见的 5 种指标进行经吸入途径的健康风险评估和 risk 判定,见表 1。查询美国环境保护局风险信息数据库(IRIS)^[12]和美国毒物和疾病登记署(ATSDR)^[13],得到以上 5 种公共场所常见化学污染物经吸入途径的毒理学参数,氨、甲醛、苯、甲苯和二甲苯的日均参考浓度(RfC)分别为 0.50、 9.83×10^{-3} 、0.03、5.00 和 0.10 mg/m^3 。甲醛和苯的致癌单位风险因子(IUR)分别为 1.03×10^{-5} 和 $2.20 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ 。

表 1 风险判定方法

Table 1 Methods of risk determination

CR	致癌风险	HQ	非致癌风险
$< 10^{-6}$	较低	≤ 1	较低
$10^{-6} \sim 10^{-4}$	有一定致癌风险	> 1	较高
$> 10^{-4}$	较高		

1.4.1 致癌风险评估

$$CR = ADD \times IUR \times 1\ 000$$

其中:CR:致癌风险;ADD:日均暴露浓度, mg/m^3 ;IUR:致癌单位风险因子, $\text{m}^3/\mu\text{g}$ 。

ADD 计算公式如下:

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

其中:C:污染物浓度, mg/m^3 ;ED:暴露周期, a (本文设定为 30a);EF:暴露频率, d/a (根据相关研究显示,宾馆从业人员每年工作 305.81 d,理发店为 324.42d^[14]);ET:暴露时间, h/d (相关文献研究表明,宾馆从业人员暴露时间为 8.45 h/d,理发店为 10.98

$h/d^{[14]}$); AT:暴露时长,非致癌效应设定为 30 年, $AT = 30a \times 365 d \times 24 h = 262\ 800 h$; 致癌效应固定为 70 年, $AT = 70a \times 365 d \times 24 h = 613\ 200 h$ 。

1.4.2 非致癌风险评估

$$HQ = ADD/RfC$$

其中: HQ:危害商; RfC:日均参考浓度, mg/m^3 。

1.5 统计学分析 数据整理及风险评估计算采用 Microsoft Excel 2016 进行。数据分析采用 SPSS 25.0 进行,因化学污染物的浓度分布为非正态,故采用非参数检验对数据进行描述,双侧检验水准 $\alpha = 0.5$ 。

2 结果

2.1 化学物浓度分布情况 宾馆共设有 238 个监测点,除有两个监测点甲醛不合格外,其余监测点均合格,宾馆甲醛总合格率为 99.16%,理发店共设有 47 个监测点,其五种污染物总合格率均为 100%。Mann

-Whitney U 检验显示,理发店的室内空气中苯浓度 ($0.001 mg/m^3$) 低于宾馆(酒店) ($0.002 mg/m^3$),差异有统计学意义 ($Z = -2.708, P < 0.05$); 理发店与宾馆室内空气中甲醛、甲苯、二甲苯浓度比较,差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。详情见表 2,表 3。

2.2 致癌健康风险评估 宾馆、理发店化学污染物的致癌风险如表 4 所示,宾馆和理发店的甲醛均存在致癌风险,其中,理发店共 47 个监测点中有 23 个监测点风险介于 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 之间,占比 48.9%,其余风险值高于 10^{-4} ,宾馆共 238 个监测点,其中有 154 个监测点风险介于 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 之间,占比 64.7%,其余风险值高于 10^{-4} ; 宾馆和理发店的苯存在一定的致癌风险,理发店有 34 个监测点的风险小于 10^{-6} ,占比 72.3%,宾馆有 138 个监测点风险小于 10^{-6} ,占比 58%,二者的 P_{75} 和最大值浓度的风险值均大于 1.0×10^{-6} 。

表 2 宾馆、理发店室内空气中五种化学污染物水平

Table 2 Five kinds of chemical pollutants in the indoor air of hotels and barber shops

场所类型	污染物	<i>n</i>	含量范围(mg/m^3)	$M(P_{25}, P_{75}) (mg/m^3)$
宾馆	苯	238	0.001 ~ 0.110	0.002(0.001, 0.010)
	甲苯	238	0.001 ~ 0.070	0.003(0.001, 0.008)
	二甲苯	238	0.001 ~ 0.030	0.001(0.001, 0.004)
	甲醛	238	0.010 ~ 0.120	0.050(0.010, 0.070)
理发店	苯	47	0.001 ~ 0.020	0.001(0.001, 0.003)
	甲苯	47	0.001 ~ 0.020	0.003(0.001, 0.007)
	二甲苯	47	0.001 ~ 0.009	0.001(0.001, 0.002)
	甲醛	47	0.010 ~ 0.090	0.045(0.010, 0.074)
	氨	47	0.005 ~ 0.100	0.040(0.005, 0.070)

表 3 西宁市不同公共场所化学污染物比较

Table 3 Comparison of chemical pollutants in different public places in Xining City

污染物	宾馆	理发店	Z 值	P 值
甲醛	0.050(0.010, 0.070)	0.045(0.010, 0.074)	-0.803	0.422
苯	0.002(0.001, 0.010)	0.001(0.001, 0.003)	-2.708	0.007
甲苯	0.003(0.001, 0.008)	0.003(0.001, 0.007)	-0.840	0.401
二甲苯	0.001(0.001, 0.004)	0.001(0.001, 0.002)	-1.741	0.082

表 4 西宁市宾馆、理发店健康危害因素的致癌风险(CR)

Table 4 Carcinogenic risk(CR) of health hazards in hotels and barber shops in Xining City

场所类型	污染物	最小值	P_{25}	M	P_{75}	最大值
宾馆	苯	2.78×10^{-7}	2.78×10^{-7}	5.56×10^{-7}	2.78×10^{-6}	3.06×10^{-5}
	甲醛	1.64×10^{-5}	1.64×10^{-5}	8.30×10^{-5}	1.15×10^{-4}	1.97×10^{-4}
理发店	苯	3.83×10^{-7}	3.83×10^{-7}	3.83×10^{-7}	1.15×10^{-6}	7.67×10^{-6}
	甲醛	2.27×10^{-5}	2.27×10^{-5}	1.02×10^{-4}	1.68×10^{-4}	2.04×10^{-4}

表 5 西宁市宾馆、理发店健康危害因素的非致癌风险(HQ)

Table 5 Non-carcinogenic risk(HQ) of indoor air pollutants in hotels and barber shops in Xining City

场所类型	污染物	最小值	P_{25}	M	P_{75}	最大值
宾馆	苯	9.83×10^{-3}	9.83×10^{-3}	1.97×10^{-2}	9.83×10^{-2}	1.08
	甲苯	5.90×10^{-5}	5.90×10^{-5}	1.77×10^{-4}	4.72×10^{-4}	4.13×10^{-3}
	二甲苯	2.95×10^{-3}	2.95×10^{-3}	2.95×10^{-3}	1.25×10^{-2}	8.85×10^{-2}

(续表)

场所类型	污染物	最小值	P_{25}	M	P_{75}	最大值
理发店	甲醛	3.00×10^{-1}	3.00×10^{-1}	1.52	2.1	3.6
	苯	1.36×10^{-2}	1.36×10^{-2}	1.36×10^{-2}	4.06×10^{-2}	2.71×10^{-1}
	甲苯	8.13×10^{-5}	8.13×10^{-5}	2.44×10^{-4}	5.69×10^{-4}	1.63×10^{-3}
	二甲苯	4.07×10^{-3}	4.07×10^{-3}	4.07×10^{-3}	8.13×10^{-3}	3.66×10^{-2}
	甲醛	4.14×10^{-1}	4.14×10^{-1}	1.86	3.06	3.72
	氨	4.07×10^{-3}	4.07×10^{-3}	3.25×10^{-2}	5.69×10^{-2}	8.95×10^{-2}

2.3 非致癌健康风险评估

2.3.1 宾馆 甲醛有 150 个监测点 $HQ > 1$, 占 63%, 风险值最大为 3.6; 苯有 2 个监测点 $HQ > 1$, 占 0.8%, 风险最大值 1.08; 甲苯和二甲苯的所有 HQ 均小于 1, 见表 5。

2.3.2 理发店 甲醛有 31 个监测点 $HQ > 1$, 占 66%, 风险值最大为 3.72; 其余污染物 HQ 均小于 1, 其中, 苯有 41 个监测点 HQ 低于 0.1, 占 87.2%, 见表 5。

3 讨论

本次调查研究结果显示, 宾馆有两个监测点的甲醛存在浓度超标的情况, 合格率为 99.16%, 其余四种化学污染物合格率均为 100%, 理发店五种污染物合格率均为 100%。西宁市的几种常见化学污染物与济南市^[14]与河南某县^[15]相比合格率均较高。但理发店室内空气中的苯浓度低于宾馆(酒店), 这与陕西省^[16]和河南省鹤壁市某区^[17]的研究结果相反, 这可能是因为西宁市部分宾馆(酒店)近些年才建立, 为了宾馆的舒适度和吸引顾客使用了华丽的装修材料有关。室内苯常常来源于装修材料, 装修所用的涂料、乳胶及家具等, 这些材料的大量使用都可能造成苯的释放^[16]。

本研究显示, 宾馆和理发店的甲醛均存在致癌风险, 这与国内其他研究结果一致^[14, 18-19], 其中, 理发店有 23 个监测点风险介于 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 之间, 占比 48.9%, 其余风险值高于 10^{-4} , 宾馆有 154 个监测点风险介于 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 之间, 占比 64.7%, 其余风险值高于 10^{-4} ; 宾馆和理发店的苯存在一定的致癌风险, 理发店有 34 个监测点的风险小于 10^{-6} , 占比 72.3%, 宾馆有 138 个监测点风险小于 10^{-6} , 占比 58%, 二者的 P_{75} 和最大值浓度的风险值均大于 1.0×10^{-6} 。以上结果与实际检测出的浓度相比, 甲醛仅有两个监测点超过标准限值, 但是其仍存在较高的致癌风险, 苯在合格率 100% 的情况下仍有一定致癌风险, 在浓度合格的情况下并不能说该污染物无风险, 在考虑了人群暴露频率和暴露时间等人群特征之后, 更能反映公共场所化学污染物对人群的危害效应。因此, 当地卫生行政部门应加强相关公共场所的监督, 针对

各个公共场所的通风设施进行检查监督, 确保室内空气质量, 通过对从业人员做好轮岗换班制度, 减少从业人员暴露时间来降低致癌风险。

本文研究结果显示, 宾馆甲醛有 150 个监测点 $HQ > 1$, 占比 63%, 风险值最大为 3.6; 理发店甲醛有 31 个监测点 $HQ > 1$ 占比 66%, 风险值最大为 3.72; 其余各监测点污染物 HQ 均 < 1 ; 宾馆和理发店室内空气中甲醛 HQ 中位数均 > 1 , 表示暴露量超过了一定的不良反应阈值, 对从业人员均存在一定非致癌风险, 该结果与石家庄^[20]研究结果一致; 宾馆和理发店的苯、甲苯、二甲苯及理发店的氨非致癌风险均相对较低, 其最大 HQ 小于 1, 可认为这两类公共场所室内苯、甲苯、二甲苯及氨可能不会造成显著损伤, 这与河南省鹤壁市某区^[17]及青岛市^[18]的研究一致。

综上, 虽然上述化学污染物经风险评估后发现大部分处于可接受水平, 但宾馆和理发店的甲醛仍存在致癌风险, 应在后续工作中优先加强监测与控制, 苯存在一定的致癌风险与非致癌风险, 也应引起重点关注, 需开展持续性监测与风险评估。本次评估存在一定的局限性, 首先, 场所在西宁市的两个城区随机选择, 未覆盖至其他县区, 且选择场所类型较少, 仅能反映部分公共场所情况。其次, 本次暴露的从业人员情况来自于参考文献, 非西宁市从业人员实际情况, 因此本次健康风险评估结果具有一定的不确定性。

综上所述, 在后续研究中, 应针对从业人员实际工作情况开展调查, 并扩大至其他行政区, 不断完善西宁市公共场所化学污染物数据库。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] 康家宁, 张金萍, 平宗选, 等. 公共场所室内甲醛、PM_{2.5} 和苯系物污染水平测评[J]. 建筑科学, 2020, 36(4): 90-98.
Kang JN, Zhang JP, Ping ZX, et al. Assessment on indoor pollution level of formaldehyde, PM_{2.5} and BTEX in public places [J]. Building Science, 2020, 36(4): 90-98.
- [2] 单冰, 杨晓莹, 王丽娟, 等. 2019 年度济南市公共场所卫生状况监测结果分析[J]. 预防医学论坛, 2020, 26(9): 661-664.
Shan B, Yang XY, Wang LH, et al. Analysis on surveillance results of public places, Jinan city, 2019 [J]. Preventive Medicine Tribune, 2020, 26(9): 661-664.
- [3] 孙毓国. 室内污染物苯系物危害现状及防治对策[J]. 北方环

- 境,2012,24(5):234-236.
- Sun YG. The indoor pollutants BTEX harm situation and control counterasures[J]. Inner Mongolia Environmental Sciences, 2012, 24(5): 234-236.
- [4] Cheng Z, Li BZ, Yu W, et al. Risk assessment of inhalation exposure to VOCs in dwellings in Chongqing, China [J]. Toxicology Research, 2018, 7(1): 59-72.
- [5] Derikvand A, Taherkhani A, Hassanvand MS, et al. Indoor air quality in the most crowded public places of Tehran: an inhalation health risk assessment[J]. Atmosphere, 2023, 14(7): 1080.
- [6] 吉秀亮,杨君胜,谢晓媛,等. 2021 年西宁市公共场所健康危害因素监测结果分析[J]. 环境卫生学杂志,2022,12(10):731-735,756.
- Ji XL, Yang JS, Xie XY, et al. Analysis of the monitoring results of health hazards in public places of Xining, China, 2021 [J]. Journal of Environmental Hygiene, 2022, 12(10): 731-735, 756.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 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[S]. 北京:中国标准出版社,2013.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. GB/T 18204.6-2013 Health inspection methods in public places - Part 6: Technical specifications for health monitoring[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 18204.2-2014 公共场所卫生检验方法第 2 部分:化学污染物[S]. 北京:中国标准出版社,2013.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. GB/T 18204.2-2014 Methods of health inspection in public places - Part 2: chemical pollutants[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.
- [9] 国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会. GB 37488-2019 公共场所卫生指标及限值要求[S]. 北京:中国标准出版社,2019.
- State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of China. GB 37488-2019 Health indicators and limit value requirements in public places[S]. Beijing: Standards Press of China, 2019.
- [10] 崔亮亮,杜艳君,李焱焱. 环境健康风险评估方法第二讲危害识别(续一)[J]. 环境与健康杂志,2015,32(4):362-365.
- Cui LL, Du YJ, Li TT. Environmental health risk assessment methods lecture 2 hazard identification (continued 1)[J]. Journal of Environment and Health, 2015, 32(4): 362-365.
- [11] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. WS/T 777-2021 化学物质环境健康风险评估技术指南[S]. 北京:中国标准出版社,2021.
- The National Health Commission, PRC. WS/T 777-2021 Technical guidelines for the environmental health risk assessment of chemical substances [S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [12] United States Environmental Protection Agency. IRIS advanced search [EB/OL]. [2024-05-20]. <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/search/index.cfm>.
- [13] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Agency for toxic substances and disease registry [EB/OL]. [2024-05-20]. <https://www.cdc.gov/TSP/MRLS/mrlsListing.aspx>.
- [14] 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 Science, 2021, 59(12): 110-119.
- [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] 贾茹,郑晶利,丁勇. 陕西省公共场所空气中苯污染状况及其健康风险评估[J]. 环境卫生学杂志,2021,11(3):296-299.
- Jia R, Zheng JL, Ding Y. Current status and health risk assessment of benzene pollution in air of public places in Shaanxi province, China [J]. Journal of Environmental Hygiene, 2021, 11(3): 296-299.
- [17] 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.
- [18] 王寅,于红卫,徐春生,等. 青岛重点公共场所室内空气化学污染物健康风险评估[J]. 环境卫生学杂志,2023,13(2):110-116.
- Wang Y, Yu HW, Xu CS, et al. Health risk assessment of indoor air chemical pollutants in key public places in Qingdao, China [J]. Journal of Environmental Hygiene, 2023, 13(2): 110-116.
- [19] 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.
- [20] 曾芳婷,曲玥,杜茜茜,等. 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[J]. 现代预防医学,2024,51(2):343-347.
- Zeng FT, Qu Y, Du QQ, et al. Formaldehyde exposure and health risk assessment of indoor air in four types of public places, in Shijiazhuang city [J]. Modern Preventive Medicine, 2024, 51(2): 343-347.