

2017—2018 年绍兴市主要公共场所室内颗粒物浓度及相关因素分析

郭江林, 李明

绍兴市疾病预防控制中心, 浙江 绍兴 312071

摘要: **目的** 了解绍兴市不同类型公共场所室内颗粒物浓度, 分析室内颗粒物浓度的变化规律及相关因素。 **方法** 收集 2017—2018 年绍兴市宾馆(酒店)、理发店、美容店室内颗粒物质量浓度及相关因素监测资料, 进行统计分析。 **结果** 绍兴市主要公共场所室内 PM_{10} 合格率为 99.1%, 高于 $PM_{2.5}$ 的 82.9% ($\chi^2 = 52.331, P < 0.001$); 宾馆(酒店)、理发店、美容店室内 PM_{10} 的质量浓度中位数分别为 61、63、85 $\mu g/m^3$, 差异有统计学意义 ($H = 17.844, P < 0.001$); 室内 $PM_{2.5}$ 的质量浓度中位数分别为 43、47、59 $\mu g/m^3$, 差异有统计学意义 ($H = 11.399, P = 0.003$); $PM_{2.5}$ 对 PM_{10} 贡献率中位数为 0.80; 室内温度与室内 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 均存在负相关关系 ($r_s = -0.316, P < 0.001$; $r_s = -0.304, P < 0.001$)。 **结论** 绍兴市主要公共场所均存在室内颗粒物污染, 但浓度较低, 以室内 $PM_{2.5}$ 为主, 美容店受影响较大, 冬春季最低气温天气有加剧污染风险。

关键词: 公共场所; 颗粒物; 室内污染; 相关分析

中图分类号: R122.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-3110(2020)10-1262-04 DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2020.10.029

颗粒物是我国大多数城市的主要污染物, 其理化特征复杂、成分多样、对人体危害大^[1], 人短期或长期暴露在颗粒物污染严重的环境中, 都会对人体呼吸、循环、生殖、内分泌等多系统造成健康损害^[2-4], 已是全球疾病负担的主要危险因素^[5]。相较室外环境而言, 人类更多的时间是在室内环境中度过的^[6], 而公共场所作为人们日常生活休闲的主要室内场所, 对人的健康影响不容忽视。有研究显示, 部分公共场所室内颗粒物污染情况比室外更甚^[7]。为了解绍兴市主要公共场所室内颗粒物浓度情况, 分析其变化规律及影响因素, 本研究于 2017—2018 年对绍兴市公共场所进行了监测分析。

1 对象与方法

1.1 监测对象 按照全国公共场所健康危害因素监测项目工作要求, 在 2017—2018 年从浙江省卫生监督系统绍兴地区名录中分别随机抽取辖区内 17 家宾馆(酒店)、12 家理发店、11 家美容店作为监测场所。每家宾馆(酒店)选取客房数的 2% 的房间作为监测采样点, 最少选择两间客房; 每家理发店、美容店选择主要作业区域为监测采样点。

1.2 监测方法 各监测场所布点参照《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) 执行; 各指标监测方法分别依据《公共场所卫生检验方法》(GB/T 18204.1-2013、GB/T 18204.2-2014、GB/T 18204.3-2013), 具体为室内空气温度由数显式温度计测定、相对湿度由氯化锂露点

湿度计测定、二氧化碳由不分光红外线气体分析仪测定、甲醛由实验室酚试剂分光光度法测定、可吸入颗粒物(PM_{10})由采用光散射法的微电脑激光粉尘仪测定、细颗粒物($PM_{2.5}$)由采用光散射法的微电脑激光粉尘仪测定、空气中菌落总数采用撞击法由六级微生物采样器进行采样后培养计数。

1.3 评价标准 评价标准依据《全国公共场所健康危害因素监测项目工作手册》要求的限值进行评价, PM_{10} 为 0.150 mg/m^3 , $PM_{2.5}$ 为 0.075 mg/m^3 。

1.4 统计分析 对服从正态分布的计量资料用均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 多组均数间比较, 满足方差齐性时采用单因素方差分析 (one-way ANOVA), 组间两两比较使用 LSD 法进行比较, 方差不齐时的两两比较改用秩和检验; 对于不服从正态分布资料用 P_{50} (中位数) 和 P_{25} 、 P_{75} 表示, 组间的比较采用 Wilcoxon 秩检验或 Kruskal-Wallis H 检验; 率的比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法; 对室内 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 质量浓度与其他各因素间相关性采用 Spearman 相关分析。统计过程由 SPSS 19.0 完成, 定义检验水准 $\alpha = 0.05$, 多组间两两比较时, 依据 Bonferroni 法校正 $\alpha' = \alpha / \text{两两比较次数}$ 。

1.5 质量控制 所有采样仪器均经过绍兴市质量技术监督检测院检定合格, 仪器运转维护记录由专人负责; 每次采样均有 2 名及以上监测人员在场, 进行现场记录并签字, 现场检测工作相同项目均由同一人完成, 使用前均按照仪器说明书进行现场校准调试, 所

有现场监测工作均在上午 9 : 00 ~ 12 : 00 时进行,监测人员均具有公卫医师执业资格。

2 结 果

2.1 不同公共场所 PM₁₀ 与 PM_{2.5} 合格情况 2017—2018 年共完成室内 PM₁₀ 与 PM_{2.5} 现场检测各 327 份,合格率分别为 99.1% 与 82.9%,差异有统计学意义($\chi^2=52.331, P<0.001$)。室内 PM₁₀ 合格率在不同场所类别间 ($\chi^2_{fisher}=2.424, P=0.271$)、不同季节间

($\chi^2_{fisher}=3.920, P=0.112$) 差异无统计学意义。室内 PM_{2.5} 合格率不同场所类别间 ($\chi^2=4.279, P=0.120$) 差异无统计学意义,但不同季节间 ($\chi^2=11.967, P=0.007$) 合格率存在差异。在控制季节因素后比较发现,不同场所间 PM_{2.5} 合格率差异在春季 ($\chi^2_{fisher}=12.545, P=0.001$)、秋季 ($\chi^2_{fisher}=14.408, P<0.001$)、冬季 ($\chi^2_{fisher}=6.461, P=0.031$) 均有统计学意义,见表 1。

表 1 2017—2018 年绍兴市不同公共场所不同季节室内 PM₁₀ 与 PM_{2.5} 合格情况 (n, %)

颗粒物 (μg/m ³)	季节	样本数 (份)	合格数	分类			χ ² 值	P 值
				宾馆 (酒店)	理发店	美容店		
PM ₁₀	春	59	57 (96.6)	38/39 (97.4)	7/8 (87.5)	12/12 (100.0)	2.415	0.293
	夏	112	112 (100.0)	74/74 (100.0)	17/17 (100.0)	21/21 (100.0)	—	—
	秋	107	106 (99.1)	69/69 (100.0)	17/17 (100.0)	20/21 (95.2)	3.506	0.355
	冬	49	49 (100.0)	33/33 (100.0)	8/8 (100.0)	8/8 (100.0)	—	—
	合计	327	324 (99.1)	214/215 (99.5)	49/50 (98.0)	61/62 (98.4)	2.424	0.271
PM _{2.5}	春	59	42 (71.2)	22/39 (56.4)	8/8 (100.0)	12/12 (100.0)	12.545	0.001
	夏	112	102 (91.1)	64/74 (86.5)	17/17 (100.0)	21/21 (100.0)	4.613	0.066
	秋	107	89 (83.2)	62/69 (89.9)	16/17 (94.1)	11/21 (52.4)	14.408	<0.001
	冬	49	38 (77.6)	29/33 (87.9)	5/8 (62.5)	4/8 (50.0)	6.461	0.031
	合计	327	271 (82.9)	177/215 (82.3)	46/50 (92.0)	48/62 (77.4)	4.279 ^a	0.120

注:a 为 pearson-χ² 值外,其余均为 Fisher-χ² 值。

2.2 不同公共场所间室内空气 PM₁₀ 与 PM_{2.5} 质量浓度 2017—2018 年绍兴市公共场所室内 PM₁₀ 质量浓度中位数 ($P_{25} \sim P_{75}$) 为 67 (47 ~ 90) μg/m³, PM_{2.5} 质量浓度中位数为 48 (34 ~ 65) μg/m³。在不同场所中,室内 PM₁₀ 质量浓度最高的是美容店,中位数为 85 (59 ~ 101) μg/m³,其与宾馆 (酒店)、理发店的室内 PM₁₀ 质量浓度差异有统计学意义 ($H=17.844, P<0.001$);在控制季节因素后进一步分析,在每个季节,美容店室内 PM₁₀ 质量浓度均高于其他两类场所,但质量浓度的差异仅在秋季有统计学意义 ($H=28.023, P<0.001$)。室内 PM_{2.5} 质量浓度在三类场所中最高的也是美容店,中位数为 59 (41 ~ 71) μg/m³,高于宾馆 (酒店) 的 43 (29 ~ 64) μg/m³ 以及理发店的 47 (42 ~ 61) μg/m³,差异有统计学意义 ($H=11.399, P=0.003$);在对各场所按季节分层后发现,春季的宾馆 (酒店) 以及夏、冬季的美容店室内 PM_{2.5} 质量浓度虽高于其他场所,但差异无统计学意义 ($P<0.003$),仅秋季差异有统计学意义 ($H=21.711, P<0.001$)。

公共场所室内 PM_{2.5} 对 PM₁₀ 贡献率中位数为 0.80 (0.65 ~ 0.87),不同类别公共场所间室内 PM_{2.5} 对 PM₁₀ 贡献率存在差异 ($H=6.824, P=0.033$),经两两比较后发现,理发店与美容店间该差异有统计学意义

($H=6.633, P=0.010$),理发店、美容店分别与宾馆 (酒店) 间该差异均无统计学意义 ($H=1.197, P=0.274; H=4.214, P=0.040$),见表 2。

表 2 2017—2018 年绍兴市不同公共场所室内 PM₁₀ 与 PM_{2.5} 质量浓度及 PM_{2.5} 占比情况

颗粒场所	季节	样本数 (份)	宾馆 (酒店) (μg/m ³)		理发店 (μg/m ³)		美容店 (μg/m ³)		H 值	P 值
			M	P ₂₅ ~P ₇₅	M	P ₂₅ ~P ₇₅	M	P ₂₅ ~P ₇₅		
PM ₁₀	春季	59	85	80~101	77	70~95	92	70~94	1.928	0.371
	夏季	112	60	32~80	53	48~68	63	45~98	2.733	0.255
	秋季	107	49	36~58	61	56~71	85	58~119	28.023	<0.001
	冬季	49	77	59~90	82	54~91	104	64~127	3.209	0.201
	合计	327	61	39~84	63	53~76	85	59~101	17.844	<0.001
PM _{2.5}	春季	59	74	40~91	48	42~63	60	55~62	5.539	0.063
	夏季	112	40	24~61	42	36~51	44	36~64	2.085	0.352
	秋季	107	36	24~48	49	46~61	74	41~96	21.711	<0.001
	冬季	49	55	45~64	68	42~78	70	54~88	3.320	0.190
	合计	327	43	29~64	47	42~61	59	41~71	11.399	0.003
PM _{2.5} /PM ₁₀	春季	59	0.84	0.63~0.92	0.59	0.55~0.64	0.65	0.63~0.67	9.066	0.011
	夏季	112	0.79	0.60~0.87	0.82	0.74~0.86	0.68	0.65~0.78	3.595	0.166
	秋季	107	0.83	0.68~0.88	0.87	0.79~0.90	0.81	0.74~0.85	4.106	0.128
	冬季	49	0.79	0.62~0.83	0.82	0.77~0.93	0.71	0.68~0.76	3.940	0.139
	合计	327	0.81	0.63~0.88	0.82	0.69~0.88	0.71	0.65~0.71	6.824	0.033

2.3 室内 PM₁₀ 与 PM_{2.5} 质量浓度及分别与室内其他因素的相关分析 公共场所室内其他因素的中位数 ($P_{25} \sim P_{75}$) 为空气温度 24.2 (20.5 ~ 25.9) °C,室内相

对湿度 63.7 (54.5 ~ 74.7)%, 甲醛 0.030 (0.020 ~ 0.054) mg/m^3 , 二氧化碳 0.060 (0.050 ~ 0.060)%, 菌落总数 396.0 (148.0 ~ 813.0) CFU/m^3 , 对公共场所 PM_{10} 与 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度及分别与各室内其他因素关联性分析发现, 温度 ($r_s = -0.316, P < 0.001$)、相对湿度 ($r_s = -0.156, P = 0.023$)、菌落总数 ($r_s = -0.206, P =$

0.002) 与室内 PM_{10} 质量浓度存在负相关, 且相关度按温度 > 菌落总数 > 相对湿度排列, CO_2 、甲醛与 PM_{10} 间相关性没有统计学意义; 温度 ($r_s = -0.304, P < 0.001$) 与室内 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度亦存在负相关, 相对湿度、 CO_2 、甲醛、菌落总数与 PM_{10} 间相关性无统计学意义, 见表 3。

表 3 公共场所室内 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度与其影响因素秩相关系数

指标	空气温度		相对湿度		CO_2		甲醛		菌落总数	
	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值
PM_{10}	-0.316	<0.001	-0.156	0.023	0.121	0.077	-0.064	0.351	-0.206	0.002
$\text{PM}_{2.5}$	-0.304	<0.001	-0.126	0.065	0.097	0.158	-0.103	0.133	-0.053	0.436

3 讨 论

室内 PM_{10} 与 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度与人体健康密切相关。有研究显示, 当人们暴露在 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 污染的室内空气时, 可增加哮喘、过敏性鼻炎等过敏性疾病发生的概率^[8]。当 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度每升高 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 暴露人群即可增加 18% 的患癌风险^[9], 每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 暴露人群的心血管死亡危险将增加约 11%^[10]。宾馆(酒店)、理发店及美容店等公共场所人群较为密集, 空间较为狭小, 室内通风欠佳, 易使室内 PM_{10} 与 $\text{PM}_{2.5}$ 在室内空气中积累, 造成室内空气颗粒物污染, 引起公众暴露与从业者职业暴露。

本次调查结果表明, 绍兴市主要公共场所室内 PM_{10} 合格率为 99.1%, 高于近年来北京市 97.4%^[11]、柳州市 66.7%^[12]、广州市越秀区 93.5%^[13] 等地合格率, 且不同类别场所不同季节合格率水平较稳定; 室内 $\text{PM}_{2.5}$ 合格率为 82.9%, 低于深圳市的 95.2%^[14], 高于柳州市的 14.3%^[12], 且冬春季合格率较低, 提示绍兴市公共场所室内 $\text{PM}_{2.5}$ 在低温天气下需加强关注。进一步分析室内颗粒物质量浓度发现, 绍兴市公共场所室内 PM_{10} 与 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度分别为 67 (47 ~ 90)、48 (34 ~ 65) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 低于北方兰州市^[15] 383 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{10})、254 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\text{PM}_{2.5}$), 略高于或相当于东南沿海深圳市^[14] 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\text{PM}_{2.5}$)、广州市^[16] 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\text{PM}_{2.5}$) 等城市, 可见绍兴市 2017—2018 年公共场所室内颗粒物污染水平较低, 合格情况尚可。不同类别场所间, 宾馆(酒店)颗粒物浓度均低于理发店、美容店, 结合公共场所基本情况调查发现: 宾馆(酒店)单个客房人员活动约为 6×10^{-5} 人/($\text{min} \cdot \text{m}^2$), 理发店、美容店单房间客流量分别约为 1.8×10^{-3} 人/($\text{min} \cdot \text{m}^2$)、 1.7×10^{-3} 人/($\text{min} \cdot \text{m}^2$), 表明室内人员数及人员活动会增加室内空气颗粒物浓度; 且所调查理发店、美容店多临近道路街道, 受到外界渗透^[17] 较多, 可致室内浓度升高, 理发店与美容店中的消费者及从业者更易暴露

于 $\text{PM}_{2.5}$, 需要引起重视, 加强对从业者的指导, 完善场所内工作区规划、加速室内通风、降低暴露风险。本次调查还发现, 本市公共场所室内 $\text{PM}_{2.5}$ 对 PM_{10} 贡献率较高, 达到 0.80 (0.65 ~ 0.87), 远高于刘洋等^[7]、李锦等^[18] 的研究结果, 表明绍兴市公共场所室内 PM_{10} 主要贡献者为 $\text{PM}_{2.5}$, 提示减少室内空气 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度是控制绍兴市公共场所室内颗粒物污染的关键。

对室内 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 的质量浓度及其他质量浓度影响因素做相关分析发现, 室内 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 二者之间呈高度正相关, 与目前对 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 间关系的认知相一致; 室内空气温度与室内 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 均存在负相关关系, 这与方道奎^[14] 等研究结果相一致。室内 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 质量浓度与各自影响因素相关性分析结果还表明, 室内空气相对湿度与室内 PM_{10} 呈现负相关, 与 $\text{PM}_{2.5}$ 也存在负相关, 但相关性均较弱, 且室内空气相对湿度与 $\text{PM}_{2.5}$ 的负相关无统计学意义, 查阅文献发现, 该相关性结论尚存在一定争议^[14, 18], 需进一步研究确定。 CO_2 与甲醛在本次调查研究中与 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 不存在相关性, 这与王巍等^[17] 的研究结果相一致。

综上所述, 绍兴市主要公共场所均存在室内颗粒物污染, 但浓度较低, 以室内 $\text{PM}_{2.5}$ 为主, 美容店受影响较大, 冬春季最低气温天气有加剧污染风险。

参考文献

- [1] 杨克敌. 环境卫生学[M]. 第7版. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 93-96.
- [2] 吴一峰, 陆蓓蓓, 陆毓剑, 等. 宁波市江北区室外细颗粒物污染对儿科呼吸系统疾病的影响[J]. 疾病监测, 2019, 34(3): 265-271.
- [3] 袁晶, 韩斌, 陈仁杰, 等. 空气颗粒物致心肺损害的基础研究[J]. 中华预防医学杂志, 2016, 50(8): 747-752.
- [4] Cacciottolo M, Wang X, Driscoll I, et al. Particulate air pollutants, APOE alleles and their contributions to cognitive impairment in older women and to amyloidogenesis in experimental models[J]. Transl Psychiatry, 2017, 7(1): e1022.