

济南市某办公场所室内空气颗粒物浓度及变化特征

李新伟¹, 张华², 张杨¹, 张济¹

摘要: [目的] 了解室内空气颗粒污染物污染水平及变化趋势。[方法] 于 2012 年 9 月至 2013 年 8 月工作日期间在济南市某办公场所采用 LD-5C(B) 微电脑激光粉尘仪对室内空气颗粒物 PM₁₀、PM_{2.5} 进行监测。每间隔 1 h 采样, 每次采样 5 min, 计算日平均浓度。[结果] 济南市某办公场所室内颗粒物 PM₁₀、PM_{2.5} 年均浓度分别为 0.112 mg/m³、0.078 mg/m³; 1 月、2 月、6 月、7 月和 10 月期间室内颗粒物浓度较高; 第一季度室内 PM_{2.5} 浓度高于其他季度 ($H=10.829$, $P=0.013$), PM₁₀ 浓度在各季度间差异无统计学意义 ($H=7.284$, $P=0.063$); 采暖季节 (当年 11 月 15 日至次年 3 月 15 日) PM_{2.5} 浓度高于非采暖季节 ($Z=-2.368$, $P=0.018$), PM₁₀ 浓度差异无统计学意义 ($Z=-0.927$, $P=0.354$); 采暖季节和非采暖季节 PM_{2.5}/PM₁₀ 值分别为 0.79 和 0.65, 差异有统计学意义 ($Z=-4.897$, $P=0.000$)。[结论] 济南市某办公场所室内颗粒物污染较重, 室内颗粒物浓度呈季节变化趋势, 采暖对室内细颗粒物 PM_{2.5} 浓度影响较大。

关键词: 室内空气; 颗粒物; PM₁₀; PM_{2.5}; 变化趋势

Concentrations and Variations of Office Indoor Air Particulate Matters in Jinan LI Xin-wei¹, ZHANG Hua², ZHANG Yang¹, ZHANG Ji¹ (1.Department of Environmental Health, Jinan Center for Disease Prevention and Control, Shandong 250021, China; 2.Department of Nursing, Jinan Vocational College of Nursing, Shandong 250102, China). Address correspondence to ZHANG Ji, E-mail: zhangji1967@hotmail.com • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To assess the concentration of particulate matters in indoor air and its variation tendency. [Methods] Indoor air levels of PM_{2.5} and PM₁₀ were monitored with LD-5C(B) microcomputer laser fine particulate matter monitor in an office in Jinan during working days from September 2012 to August 2013. The sampling was conducted once an hour, and each lasted 5 min to calculate daily concentrations. [Results] The indoor average concentrations of PM₁₀ and PM_{2.5} were 0.112 mg/m³ and 0.078 mg/m³, respectively. The monthly average concentrations of indoor particulate matters for January, February, June, July, and October were higher than those of the other months. The PM_{2.5} concentration of the first quarter was higher ($H=10.829$, $P=0.013$) than those of the other three quarters, while there was no significant difference ($H=7.284$, $P=0.063$) among the seasons for the PM₁₀ concentrations. The PM_{2.5} concentration during the heating period (15 November 2012–15 March 2013) was higher ($Z=-2.368$, $P=0.018$) than that of the non-heating period, while no significant difference ($Z=-0.927$, $P=0.354$) was observed for the PM₁₀ concentrations. The ratios of PM_{2.5}/PM₁₀ during the heating and non-heating periods were 0.79 and 0.65, respectively ($Z=-4.897$, $P=0.000$). [Conclusion] The indoor air in Jinan is heavily polluted by particulate matters. The concentrations of particulate matters show seasonal variations. Central heating systems contribute a significant proportion to local indoor PM_{2.5} concentration.

Key Words: indoor air; particulate matter; PM₁₀; PM_{2.5}; variation tendency

近年来,随着空气污染的日益加重,空气颗粒物尤其是细颗粒物 PM_{2.5} 的污染日益引起民众的关注,2012 年我国发布了大气环境中 PM_{2.5} 的标准,目前我国只有关于室内 PM₁₀ 的标准,还未制定 PM_{2.5} 室内空气卫生标准。为了解室内空气中颗粒物浓度水平及变化规律,为颗粒物污染治理及制定相应的室内空气质量标准提供依据,本研究选择济南市某办公场所作为监测点,对其工作期间室内空气中颗粒物浓度进行为期 1 年的检测。本文报道该检测结果。

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2014.0231

[作者简介] 李新伟 (1975—),男,硕士,主管医师;研究方向:环境卫生监测与评价;E-mail: jnedchjws@163.com

[通信作者] 张济, E-mail: zhangji1967@hotmail.com

[作者单位] 1. 济南市疾病预防控制中心环境卫生所, 山东 250021; 2. 济南护理职业学院护理系, 山东 250102

1 材料与方法

1.1 监测点设置

以济南市疾病预防控制中心某办公室作为监测点,该建筑物位于济南市经一路和纬六路之间,北侧和西侧均靠近马路,车流量较大,周围无工业生产和扬尘作业场所。监测点位于 10 楼,高度约 30 m,室内面积 33 m²,可开窗面积 0.3 m²,室内有办公桌、椅和文件柜等办公设施,办公室内一般有 2 名文职办公人员,夏冬季节窗户关闭,春秋季节经常开启。城市冬季供暖为燃煤热电集中供暖,本次检测的办公室夏冬季节均使用空调,空气调节采用多联机空调系统。监测期间室内无吸烟。

1.2 监测时间

2012 年 9 月 2 日至 2013 年 8 月 31 日,工作日正常工作期间 8:30 时至 16:30 时,间隔 1 h 采样,每次采样 5 min,计算日平均浓度。

1.3 检测方法

按照 GB/T 17220—1998《公共场所卫生监测技术规范》，采样器放置在房间中心，离地面高度为 1.5 m 的呼吸带高度，同时检测 PM_{2.5} 和 PM₁₀。

采用 LD-5C(B) 微电脑激光粉尘仪(北京绿林创新科技数码有限公司)进行采样，分别使用 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 切割器，每次检测前仪器进行校正。

1.4 评价

按照 GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》对 PM₁₀ 浓度进行评价，参照 GB 3095—2012《环境空气质量标准》二类区域限值对 PM_{2.5} 浓度进行评价。

1.5 统计学分析

利用 Excel 软件进行数据录入，利用 SPSS 16.0 进行统计分析，统计描述指标有中位数、四分位数间距、最小值和最大值等，统计分析方法有非参数检验，如 Mann-Whitney 检验(独立两样本)和 Kruskal-Wallis 检验(多样本)，检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 室内空气颗粒物浓度

全年共获得 238 个工作日的 PM_{2.5} 日平均浓度，中位浓度为 0.078 mg/m³；其中 115 个工作日平均浓度 ≤ 0.075 mg/m³，超标日数 51.7%；获得 220 个工作日的 PM₁₀ 的平均浓度，中位浓度为 0.112 mg/m³；其中 143 个工作日的 PM₁₀ 浓度 ≤ 0.15 mg/m³，超标日数 35.0%，见表 1。

表 1 室内空气颗粒物年平均浓度 (mg/m³)

颗粒物	n	浓度范围	中位数	P ₂₅	P ₇₅
PM _{2.5}	238	0.005~0.434	0.078	0.037	0.142
PM ₁₀	220	0.022~0.501	0.112	0.066	0.195

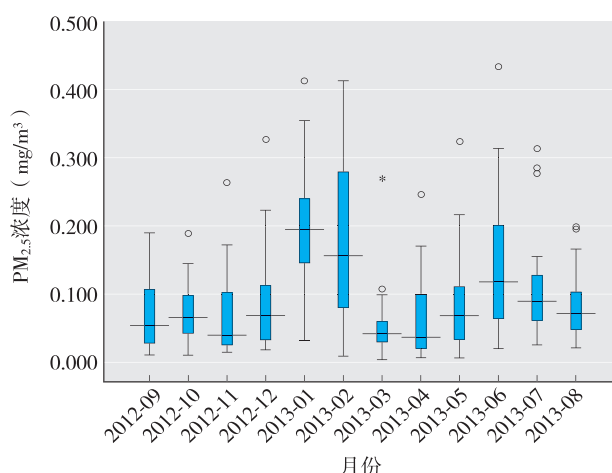
2.2 室内颗粒物月平均浓度

对每个月空气颗粒物浓度进行分析，PM_{2.5} 月平均浓度最高的 4 个月份分别为 2013 年 1 月、2 月、6 月和 7 月，浓度分别为 0.196、0.157、0.119 和 0.090 mg/m³，PM₁₀ 月平均浓度最高的 4 个月份分别为 2012 年 10 月、2013 年 1 月、2 月、6 月，浓度分别为 0.150、0.226、0.200 和 0.149 mg/m³，见表 2、图 1 和图 2。

表 2 不同月份室内空气颗粒物浓度 (mg/m³)

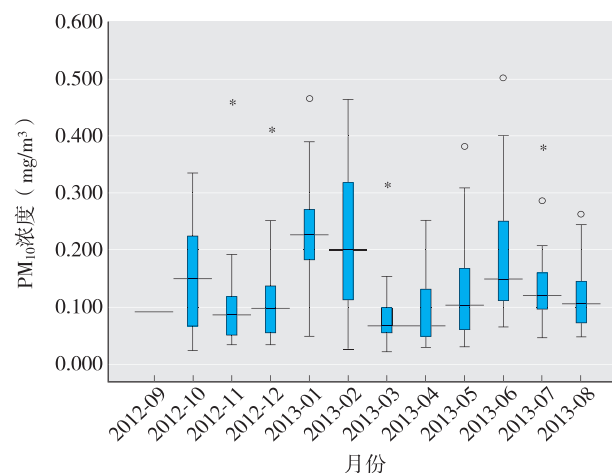
监测年月	PM _{2.5}				PM ₁₀			
	n	中位数	P ₂₅	P ₇₅	n	中位数	P ₂₅	P ₇₅
2012-09	14	0.055	0.029	0.118	1*	0.091	—	—
2012-10	19	0.066	0.041	0.167	19	0.150	0.060	0.237
2012-11	25	0.041	0.027	0.109	25	0.086	0.049	0.139
2012-12	21	0.069	0.033	0.117	21	0.098	0.053	0.140
2013-01	22	0.196	0.144	0.244	22	0.226	0.181	0.274
2013-02	15	0.157	0.081	0.285	15	0.200	0.111	0.320
2013-03	21	0.043	0.029	0.072	21	0.067	0.055	0.106
2013-04	23	0.038	0.021	0.102	23	0.067	0.048	0.131
2013-05	21	0.070	0.032	0.115	20	0.103	0.057	0.168
2013-06	18	0.119	0.064	0.208	17	0.149	0.101	0.252
2013-07	21	0.090	0.060	0.135	19	0.121	0.096	0.162
2013-08	18	0.072	0.046	0.116	17	0.106	0.070	0.171
合计	238	0.078	0.037	0.142	220	0.112	0.066	0.195

[注]*：因设备原因，2012 年 9 月仅 1 d 进行了 PM₁₀ 的监测。



[注]○：超过 1.5 倍四分位间距的值(离群值)；*：超过 3 倍四分位间距的值(极值)。

图 1 各月室内 PM_{2.5} 浓度分布图



[注]○：超过 1.5 倍四分位间距的值(离群值)；*：超过 3 倍四分位间距的值(极值)。

图 2 各月室内 PM₁₀ 浓度分布图

2.3 室内颗粒物各季度浓度

对每季度空气颗粒物浓度进行分析，监测结果如表 3 所示。经 Kruskal-Wallis 检验，不同季节的 PM_{2.5} 浓度差异有统计学意义 ($H=10.829$, $P=0.013$)，第一季度 PM_{2.5} 平均浓度最高，PM₁₀ 浓度差异无统计学意义 ($H=7.284$, $P=0.063$)。

表 3 不同季节室内空气中的颗粒物浓度 (mg/m³)

季度	PM _{2.5}				PM ₁₀			
	n	中位数	P ₂₅	P ₇₅	n	中位数	P ₂₅	P ₇₅
一季度	58	0.104	0.043	0.215	58	0.140	0.072	0.248
二季度	62	0.073	0.034	0.126	60	0.115	0.065	0.172
三季度	53	0.079	0.049	0.126	37	0.107	0.077	0.161
四季度	65	0.062	0.032	0.111	65	0.097	0.053	0.161

2.4 采暖季与非采暖季空气颗粒物浓度

采暖季节(城市集中供暖从每年的 11 月 15 日至次年 3 月 15 日)室内 PM_{2.5}、PM₁₀ 的浓度分别为 0.091、0.116 mg/m³，非采暖季节 PM_{2.5}、PM₁₀ 的浓度分别为 0.072、0.107 mg/m³，经非参数

Mann-Whitney 检验,采暖季节室内PM_{2.5}浓度高于非采暖季节($Z=-2.368, P=0.018$),采暖季节与非采暖季节PM₁₀浓度差异无统计学意义($Z=-0.927, P=0.354$),非采暖季节PM_{2.5}/PM₁₀为0.65,采暖季节PM_{2.5}/PM₁₀为0.79,经非参数检验,差异有统计学意义($Z=-4.897, P=0.000$)。

表 4 采暖与非采暖季节室内空气颗粒物浓度 (mg/m³)

采暖情况	PM _{2.5}				PM ₁₀			
	<i>n</i>	中位数	P ₂₅	P ₇₅	<i>n</i>	中位数	P ₂₅	P ₇₅
采暖季节	82	0.091	0.043	0.193	82	0.116	0.066	0.220
非采暖季节	156	0.072	0.036	0.120	138	0.107	0.066	0.173

3 讨论

近年来,随着大气污染的加重,尤其2013年以来持续雾霾天气的出现,空气颗粒物对人体健康的影响日益引起公众关注,室外空气颗粒物污染研究证实大气PM_{2.5}暴露与人群呼吸系统和心血管系统疾病的发病率及死亡率相关,会增加人群健康风险^[1-4]。

有研究证明,室外颗粒物是室内PM_{2.5}的主要来源^[5-6],室内空气中PM_{2.5}浓度随着室外浓度的增加而增加^[7]。本次调查发现,室内空气颗粒物在1、2、6、7、10月份浓度较高,可能与2013年初持续雾霾污染及夏季高温空气污染物容易形成二次污染有关^[8]。张桂芹等^[9]对济南市室外空气细颗粒物PM_{2.5}的研究发现,济南市污染比较严重,并且采暖季污染比非采暖季严重,本次室内空气颗粒物监测也证实了这一点,采暖季节室内PM_{2.5}的浓度高于非采暖季节,而PM₁₀差异无统计学意义,这与张永等^[10]和贾小宁等^[11]的研究不一致,采暖季节PM_{2.5}/PM₁₀值高于非采暖季节,提示城市集中供暖对济南市室内细颗粒物的贡献更大。

我国尚未制定室内PM_{2.5}浓度标准限值,不同公共场所对颗粒物中的PM₁₀进行了限定,公共场所监测评价室内空气质量时一般采用单日采样评价,存在一定的偶然性。本次研究采用年度工作日连续采样的方法对办公场所室内空气颗粒物进行了检测,发现全年35.0%的工作日PM₁₀浓度超过《室内空气质量标准》要求,51.7%的工作日PM_{2.5}浓度超过GB 3095—2012《环境空气质量标准》二类区域限值。

光散射法具有操作简便、容易携带、可实现实时监测等优点,是测量公共场所可吸入颗粒物的标准方法^[12],虽与膜称重法相比,结果有一定的不确定性,但是相同仪器监测结果间有较好的一致性^[13]。另外,空气污染物存在一定的空间分布特征^[14],本次研究仅限于某一办公区域的检测,有关室内颗粒物的变化规律有待进一步深入探讨。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

[1] 孟紫强, 张剑, 杨振华, 等. 沙尘天气细颗粒物对呼吸及心血管系统疾病日门诊人数的影响[J]. 环境与职业医学, 2008, 25(3): 225-231.

[2] 殷永文, 程金平, 段玉森, 等. 上海市霾期间PM_{2.5}、PM₁₀污染与呼吸科、儿呼吸科门诊人数的相关分析[J]. 环境科学, 2011, 32(7): 1894-1898.

[3] 张衍荣, 马国霞, 於方, 等. 2013年1月灰霾污染事件期间京津冀地区PM_{2.5}污染的人体健康损害评估[J]. 中华预防医学杂志, 2013, 93(34): 2707-2710.

[4] 李湉湉, 杜艳君, 莫杨, 等. 我国四城市2013年1月雾霾天气事件中PM_{2.5}与人群健康风险评估[J]. 中华预防医学杂志, 2013, 93(34): 2699-2702.

[5] LIM JM, JEONG JH, LEE JH, et al. The analysis of PM_{2.5} and associated elements and their indoor/outdoor pollution status in all urban area[J]. Indoor Air, 2011, 21(2): 145-155.

[6] LAZARIDIS M, ALEKSANDROPOULOU V, HANSEN JE, et al. Inorganic and carbonaceous components in indoor/outdoor particulate matter in two residential houses in Oslo, Norway[J]. J Air Waste Manag Assoc, 2008, 58(3): 346-356.

[7] 马彦, 魏建荣, 陶晶, 等. 北京市2013年冬季极端天气时室内细颗粒物浓度水平及其特征研究[J]. 中华预防医学杂志, 2013, 47(9): 832-836.

[8] 李旭芳, 初钧晗, 于令达, 等. 北京市城区单监测点PM_{2.5}质量浓度变化特征[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2011, 47(3): 258-261.

[9] 张桂芹, 刘泽常, 杜世勇. 济南市环境空气细粒子PM_{2.5}污染特征及影响因素[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(12): 520-522; 550.

[10] 张永, 李心意, 姜丽娟, 等. 室内空气中PM_{2.5}初步研究[J]. 环境与健康杂志, 2010, 27(10): 906-907.

[11] 贾小宁, 张庆芳, 陈华春, 等. 采暖期和非采暖期某高校教室空气质量监测[J]. 环境与健康杂志, 2010, 27(9): 834.

[12] 中华人民共和国卫生部. WS/T 206—2001 公共场所空气中可吸入颗粒物(PM₁₀)测定方法—光散射法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.

[13] 邓芙蓉, 王欣, 吴少伟, 等. 三种空气颗粒物监测仪监测结果比较研究[J]. 环境与健康杂志, 2009, 26(6): 504-506.

[14] 郭涛, 马永亮, 贺克斌. 区域大气环境中PM_{2.5}/PM₁₀空间分布研究[J]. 环境工程学报, 2009, 3(1): 147-150.

(收稿日期: 2014-02-07)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 张晶; 校对: 丁瑾瑜)