

住宅室内空气颗粒物污染状况及其与大气浓度关系的初探

张永 李心意 姜丽娟 魏建荣 盛欣 刘玉敏 郭新彪¹

北京市疾病预防控制中心, 北京 100013

摘要:目的 了解当前住宅室内空气 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 的污染水平及其与室外大气浓度的关系。方法 选择 10 户市区常住家庭, 采用单孔多段冲击式颗粒物采样仪进行室内外空气 PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度的同时监测。结果 非采暖期室内空气 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 的浓度范围分别为 27.0~272.9 μg/m³ 和 42.9~309.6 μg/m³; 采暖期分别为 20.7~251.4 μg/m³ 和 34.0~283.9 μg/m³。PM_{2.5} 与 PM₁₀ 浓度之间呈良好的直线相关关系。室内外颗粒物浓度的相关关系在非采暖期和采暖期有所不同。结论 住宅室内空气颗粒物污染比较严重, 今后应进一步研究室内颗粒物的污染规律, 探讨颗粒物对人群健康的影响。

关键词: 室内空气 PM_{2.5} PM₁₀ 可吸入颗粒物污染

中图分类号: R122 X513 R126.6

文献标识码: A

Primary research on indoor air concentration of particulate matter in residential house and its relationship with ambient pollution level

Zhang Yong, Li Xin-yi, Jiang Li-juan, Wei Jian-rong, et al.

Beijing Center for Disease Prevention and Control, Beijing 100013, China

Abstract Objective To investigate the indoor air concentration of particulate matter in residential house and its relationship with ambient pollution level. **Methods** Indoor and outdoor air level of PM_{2.5} and PM₁₀ were monitored in 10 residential houses in downtown area. **Results** In the non-heating period, the indoor air level of PM_{2.5} and PM₁₀ were 27.0 - 272.9 μg/m³ and 42.9 - 309.6 μg/m³, respectively. In the heating period, PM_{2.5} and PM₁₀ were 20.7 - 251.4 μg/m³ and 34.0 - 283.9 μg/m³, respectively. There were good correlation between the indoor air concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀. The relationships between the indoor and outdoor air concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀, however, were not clear. **Conclusion** Our results showed that there were serious indoor air pollution of particulate matter in residential house. Further research will be needed to clarify the characteristics of indoor air particulate matter pollution and its influence on resident.

Key words: indoor air, PM_{2.5}, PM₁₀, inhalable particulates pollution

研究表明, 大部分有害元素和化合物都富集在细颗粒物上, PM_{2.5} 的主要成分为硫酸盐、硝酸盐、铵盐、含碳颗粒(包括元素碳和有机碳)、金属颗粒、矿物质等^[2]。颗粒物随着其粒径的减小, 在大气中的滞留时间和在呼吸系统的吸收率也随之增加, 因此对人体健康的影响也越大。

当前, 大气颗粒物已成为我国许多城市的首要空气污染物。王玮等对中国部分城市地区大气 PM_{2.5} 进行了 10 余年的监测, 结果发现北京、广州等大城市 PM_{2.5} 的质量浓度超过 100 μg/m³^[3]。大量流行病学研究发现, 大气 PM_{2.5} 的浓度的升高与心肺疾病的超额发病率、死亡率相关, 尤其是在原先患有呼吸、心血管系统疾病的人群及身体状况不佳的老年人中^[3]。常桂秋等进行的定量评价表明, 大气污染物中 PM₁₀ 浓度每提

高 100 μg/m³, 儿科门、急诊上呼吸道感染就诊人数增加 1.04%; 肺炎就诊人数增加 10.21%; 气管炎就诊人数增加 7.04%^[4]。Norms 等还发现西雅图市儿童哮喘急诊人数与细小颗粒物(粒径小于 1 μm)的污染水平显著相关, 当颗粒物浓度上升 1 μg/m³ 时, 急诊人数增加的相对危险度(RR) = 1.15 (1.08 ~ 1.23)^[5]。

随着我国经济的发展, 人们环保意识的加强, 城市人群在不断关注大气污染的同时, 对于室内的生活、工作环境, 尤其是室内空气质量也表现出极大的关注。同样, 室内可吸入颗粒物也是室内空气的主要污染物之一, 其来源不仅可来自室外大气, 也可来自室内活动, 如吸烟、烹饪、燃料燃烧及日常活动等。天津肿瘤研究所通过调查证实, 居室空气污染均受以 CO 和 BaP(苯并芘)为代表的完全燃烧烟尘污染物的严重影响, 并与家庭妇女肺癌的发生关系密切^[6]。因此, 室内可吸入颗粒物的浓度高低直接影响了人体健康, 特别是对在室内时间长的人群, 如老人和儿童的健康危害将会更大。目前, 我

基金项目: 北京大学与日本国立研究所合作项目

作者简介: 张永, 男, 主管医师, 硕士研究生

1 北京大学公共卫生学院

国室内空气质量标准规定的 PM_{10} 日平均浓度限值为 $150 \mu g/m^3$ 。1997 年美国环保局(EPA)制定了大气 $PM_{2.5}$ 的标准: 日平均浓度限值为 $63 \mu g/m^3$, 年平均浓度限值为 $15 \mu g/m^3$ 。本研究的目的是了解住宅室内空气颗粒物的污染状况及其与大气颗粒物浓度的关系, 为制订和修订相应的室内空气质量标准提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 方式和现场

本次研究采用入户采样监测的方式。选择 10 户本市常住家庭, 在知情同意和积极配合的情况下, 要求按日常生活规律活动, 无其他特殊要求。对同一户家庭室内外空气颗粒物于 2003 年 11 月的供暖日前(非采暖期)和 2003 年 11 月供暖期(采暖期)进行两次采样。

1.2 监测项目及方法

空气 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的同时采集使用日本柴田公司生产的 ATPS-20H 型单孔多段冲击式颗粒物采样仪, 所用滤膜为美国 PALLFLEX 公司生产的 TX40HI20 型滤膜。入户后, 在室内外各放置一台颗粒物采样仪, 设定采样流量为 $1.5 L/min$ 、采样时间为 24h。采样结束后, 将滤膜取出, 在恒温恒湿的天平室放置 24 小时衡重后, 用十万分之一的天平称重。

1.3 统计分析

使用 SAS6.12 统计软件对检测结果进行统计分析。

2 结果

2.1 室内、外颗粒物的污染状况

由表 1 可见, 非采暖期所测室内、外 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 浓度的中位数较高(最高达 $234.6 \mu g/m^3$), 且均大于采暖期所获结果。由于仪器故障, 非采暖期有 1 户家庭未能获得室外 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的监测结果。

表 1 不同采样期室内、外颗粒物浓度的检测结果

Table 1 The tested result of the particulate matter

时间	PM_{10}		$PM_{2.5}$	
	室内	室外	室内	室外
	非采暖期	167.1(42.9~309.6)	234.6(73.5~479.8)	143.1(27.0~272.9)
采暖期	77.2(34.0~283.9)	111.9(34.3~255.0)	64.1(20.7~251.4)	70.2(12.4~170.7)

表 2 不同采样期室内、外颗粒物浓度的分析结果

Table 2 The analysed result of the particulate matter $\mu g/m^3$

时间	PM_{10}		$PM_{2.5}$	
	室内	室外	室内	室外
非采暖期	174.1±77.3	252.0±177.9	146.8±70.9	173.2±110.0
采暖期	117.5±91.8	121.1±82.9	99.8±85.2	76.9±57.0

由表 2 可见, 采暖期室内 $PM_{2.5}$ 浓度的算术均数高于室外, 其余都表现为室外高于室内。

2.2 不同采样期室内 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 浓度的相关关系

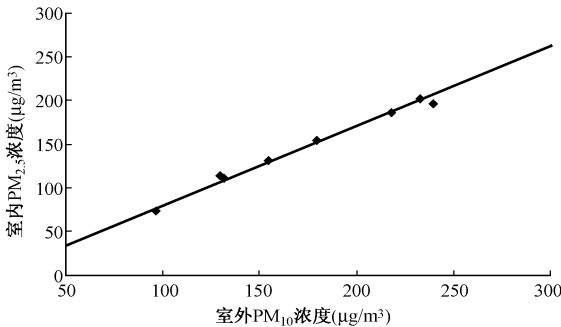


图 1 非采暖期室内 $PM_{2.5}$ 与 PM_{10} 浓度相关关系

Fig. 1 The correlation between the indoor air concentrations of $PM_{2.5}$ and PM_{10} in non-heating period

由图 1、图 2 可得, 室内 $PM_{2.5}$ 浓度与室内 PM_{10} 浓度之间, 无论是在非采暖期还是采暖期, 都表现出很强的直线相关关系, $R^2_{非采暖期} = 0.9945$ 和 $R^2_{采暖期} = 0.9951$ 。

2.3 不同采样期室内、外 $PM_{2.5}$ 浓度的相关关系

图 3 为去掉因故障数据缺失的家庭后的情况。图 3、图 4 可见, 两次采样室内、外 $PM_{2.5}$ 浓度相互关系较低, 各点分布比较散在, $R^2_{非采暖期} = 0.2844$ 和 $R^2_{采暖期} = 0.6288$ 。

2.4 不同采样期室内、外 PM_{10} 浓度的相关关系

图 5 为去掉因故障数据缺失的家庭后的情况。图 5、图 6

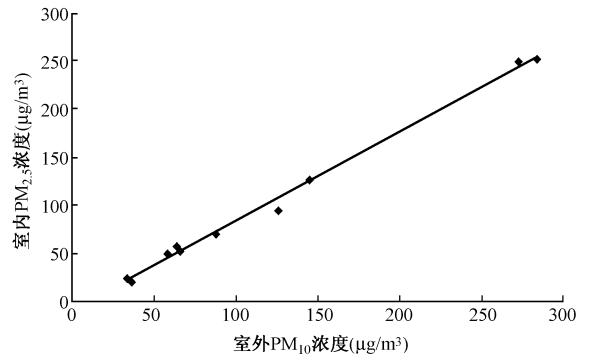


图 2 采暖期室内 $PM_{2.5}$ 与 PM_{10} 浓度相关关系

Fig. 2 The correlation between the indoor air concentrations of $PM_{2.5}$ and PM_{10} in heating period

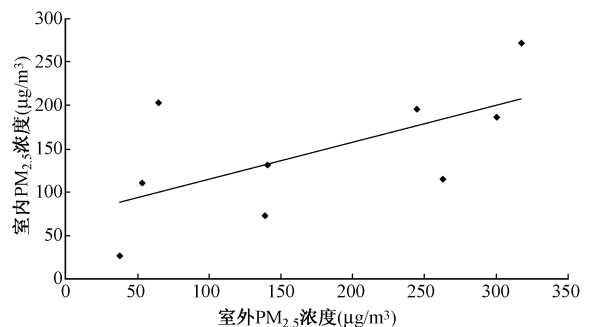
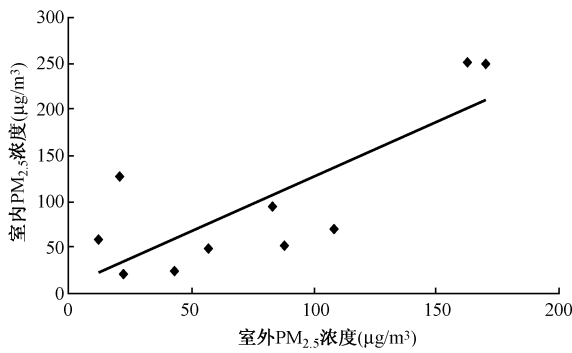
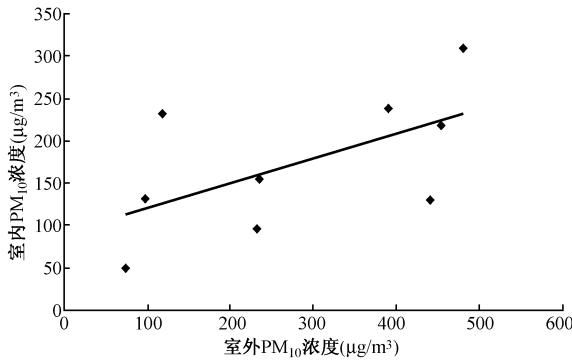
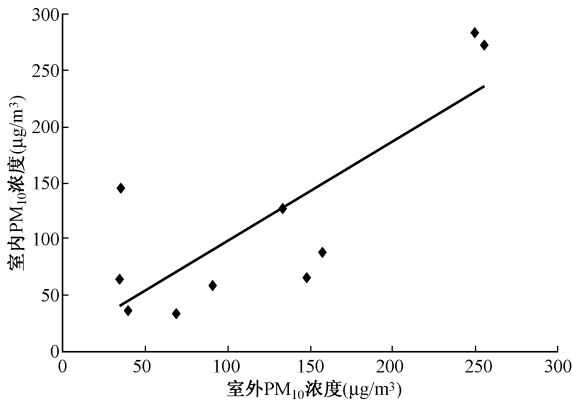


图 3 非采暖期室内、外 $PM_{2.5}$ 相关关系

Fig. 3 The correlation between the $PM_{2.5}$ concentrations of indoor and outdoor in non-heating period

可见, 两次采样室内、外 PM_{10} 浓度相互关系也较低, 各点分布比较散在, $R^2_{非采暖期} = 0.2505$ 和 $R^2_{采暖期} = 0.6387$ 。

图4 采暖期室内、外PM_{2.5}浓度相关关系Fig. 4 The correlation between the PM_{2.5} concentrations of indoor and outdoor in heating period图5 非采暖期室内、外PM₁₀浓度相关关系Fig. 5 The correlation between the PM₁₀ concentrations of indoor and outdoor in non-heating period图6 采暖期室内、外PM₁₀浓度相关关系Fig. 6 The correlation between the PM₁₀ concentrations of indoor and outdoor in heating period

3 讨论

由表1可见,被调查家庭室内PM_{2.5}浓度均较高,以美国EPA大气PM_{2.5}标准(日均浓度为 $65\mu\text{g}/\text{m}^3$)比较,非采暖期和采暖期超标率分别为90%和50%;另外以国家室内空气PM₁₀标准(日均浓度 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$)评价室内PM₁₀浓度,非采暖期和采暖期超标率分别为60%和20%。说明当前本地区家庭室内空气中存在颗粒物污染(PM_{2.5}和PM₁₀),且污染较重。

本次研究显示(图1、图2),室内PM_{2.5}与PM₁₀表现出很好的直线相关关系,其相关系数分别达到 $r=0.9973$ (非采暖期)和 $r=0.9976$ (采暖期)。在国家尚无室内PM_{2.5}卫生标准的情

况下,在同一地区室内监测PM₁₀所得的结果,对推断室内PM_{2.5}的污染水平,了解污染状况有一定的意义。

颗粒物室内、外浓度相关性比较(图3~6)显示,采暖期室内、外颗粒物(PM_{2.5}和PM₁₀)浓度之间的相关性要大于非采暖期。采暖期室内PM_{2.5}的浓度的算术均数高于室外,而非采暖期则低于室外。采暖期由于人员在室内活动时间增加,通风换气(开启门窗)的次数和时间减少,吸烟和烹饪等所产生的PM_{2.5}易滞留室内,可能导致室内PM_{2.5}浓度的增高。以上结果提示,不同时期室内外来源对室内PM_{2.5}浓度的贡献有所不同。然而,室内PM₁₀没有表现出上述变化特点。

吴国平等对我国四城市的大气PM_{2.5}污染水平的监测分析表明,大气中PM_{2.5}的来源主要是燃料的燃烧(以煤炭燃烧为主)及机动车尾气^[7]。而室内PM_{2.5}的来源除进入室内的大气污染物外,还可来源于燃料燃烧、室内吸烟等^[8]。而Brunekreef等认为,颗粒物的个体暴露的变化很大程度上归结于房间特点、行为因素(如吸烟习惯、运动、烹饪、清洁活动等)、室内外滞留时间、交通等因素^[9]。因此,如何全面评估家庭居室内颗粒物的暴露水平、影响因素及对人体健康影响将使我们今后的研究方向。

本次监测的结果显示,居民住宅室内空气的颗粒物污染较为严重,室内PM_{2.5}浓度与室内PM₁₀浓度呈良好的相关关系,提示可通过室内PM₁₀测定结果对室内PM_{2.5}浓度进行推测。研究还发现,室内外颗粒物浓度的相关关系在非采暖期和采暖期有所不同,其意义有待进一步的研究。以上研究结果为今后进一步深入开展室内空气颗粒物的研究提供了基础数据。

(致谢:感谢日本国立环境研究所新田裕史博士提供空气颗粒物采样仪并进行指导和帮助。)

4 参考文献

- Gamble JF. PM_{2.5} and mortality in long-term prospective cohort studies: Cause effect or statistical associations? *Environ Health Perspect*, 1998, 106(9): 535-549
- 王玮,汤大钢,刘红杰,等.中国PM_{2.5}污染状况和污染特征的研究. *环境科学研究*, 2000, 13(1): 1-5
- 戴海夏,宋伟民. 大气PM_{2.5}的健康影响. *国外医学卫生学分册*, 2001, 28(5): 299-303
- 常桂秋,王灵茹,潘小川. 北京市大气污染物与儿科门诊就诊人次关系的研究. *中国校医*, 2003, 17(4): 295-297
- Norris G, YoungPong SN, Koening JQ, et al. An association between fine particles and asthma emergency department visits for children in Seattle. *Environ Health Perspect*, 1999, 107(6): 489-493
- 赵伦. 大气颗粒物对人体健康影响的研究进展. *山东环境*, 1997, 1: 40-41
- 吴国平,胡伟,腾恩江,等. 我国四城市空气中PM_{2.5}和PM₁₀的污染水平. *中国环境科学*, 1999, 19(2): 133-137
- 赵厚银,邵龙义,时宗波. 室内空气PM_{2.5}研究现状及发展趋势. *环境与健康杂志*, 2003, (9): 310-312
- Brunekreef B, Janssen NAH, de Hartog JJ, et al. Personal, indoor, and outdoor exposures to PM_{2.5} and its components for groups of cardiovascular patients in amsterdam and Helsinki. *HEI Res Rep* 127: 71-78

(2004-11-05 收稿)