

上海地区霾天通风房间室内外粒子浓度的比较

Comparison of Particle Concentration between Indoor and Outdoor in Days of Haze in Shanghai

钟珂 杨方 朱辉 亢燕铭(东华大学环境科学与工程学院, 上海 201620)

摘要: 分别在夏、冬两季典型霾过程期间,对上海地区自然通风房间的室内外空气中 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 的逐时变化进行了连续实测和分析。结果表明,霾天无论室内或室外, $PM_{2.5}$ 均为颗粒物浓度的主要贡献者。利用实测数据讨论了 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 间的关系和室内外浓度I/O规律。 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 的变化范围在夏、冬两季实测霾过程中分别为0.741~0.984和0.788~0.957。此外,实测结果说明,在霾天气下通过单边自然通风来改善或维持室内空气质量将不会有实质性效果

关键词: 霾天气;自然通风房间; $PM_{2.5}$;空气质量;室内外浓度比

中图分类号: TU50 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-814X(2014)01-24-03

2009年以来,以京津唐地区大面积、多季节霾天气为典型特征的城市空气污染已经蔓延至我国南方大部分地区^[1-3]。2013年以来,我国华北、西北和中东部大部地区的霾、雾混合天气已经对生产生活、人员健康和出行造成了严重危害^[4-5]。2013年12月初发生的长时间、大面积霾过程,甚至也出现在了西藏拉萨地区,这是以前从未发生过的空气污染事件。由于城市市民的大部分时间在室内度过,所以,考察和分析室外空气污染水平及变化规律对室内空气质量的影响,并寻求合适的控制对策,以应对城市空气环境恶化带来的一系列环境、健康和社会问题,已成为许多学科和领域关心的焦点问题^[1-2,4-7]。

本文将2013年夏、冬两季发生在上海区域的两次典型霾天气为背景,通过连续实测自然通风房间室内外颗粒物浓度(PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 和气溶胶总数浓度等)的时间序列,以对比和分析室内外颗粒物浓度的变化特性与相互关系,为霾天气下室内空气质量的控制或后续深入研究提供必要的数据库。

1 实测内容及仪器

实测在上海市松江大学城一个无烟办公楼进行。测试房间为顶层(5层)南向中间房间,所选办公楼位于校园中央,

离最近交通线的直线距离大于300 m,周围无明显室内、外颗粒污染源。被测房间近5年来未进行过内部装修,地面为普通陶瓷地砖,房间外门为单扇平开门。室内有一般办公家具。正常工作时间室内人数为1人,楼内人员主要活动为静坐及走动。

实测房间有效容积为40 m³。南向的推拉窗上装有窗纱,开启面积为1.96 m²。霾发生时,室内无人员活动,单边自然通风。

选择2013年7月和2013年12月分别为夏、冬两季典型时间段,其中夏季为轻度霾天,冬季为重度霾天,持续时间均大于一周。夏季实测时间为7月8日至12日,冬季为12月1日至5日,实测起始时间均为起始日0:00。 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 测量仪器为Grimm-1.108(德国,Grimm公司),仪器使用前厂商已校准。作为参考,同时实测了室内外气溶胶总数浓度的变化(仪器为美TSI公司产P-Trak,型号8525)。其中室内测量点在房间正中,测点高度1 m;室外测点离窗户的水平距离0.3 m(离地面高度约为15 m)。所有采样仪器的数据采取间隔均为5 min,数据自动记录存储间隔为1 h。室内外 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 测量同时进行。

2 实测结果与分析

2.1 室外PM_{2.5}和PM₁₀质量浓度日变化

为便于得到简洁、明确的结果,这里仅选取实测过程中各3个连续工作日的结果。图1给出了夏、冬两季自然通风房间室外颗粒物PM_{2.5}和PM₁₀随时间变化曲线。由图1中结果可以看出,霾过程中,总体说来,夏、冬季室外PM_{2.5}和PM₁₀变化趋势基本一致,并且浓度大小接近。图1(a)的变化曲线指出,夏季霾过程开始时,室外PM_{2.5}/PM₁₀在首日相对略低,约为0.761,至第二日,PM_{2.5}和PM₁₀的变化即完全同步,并且PM_{2.5}/PM₁₀略有增加,为0.840。这一比值高于图中所示的我国主要城市的平均值^[8](0.52~0.75),如图1中标出的灰色区域。此外,据黄鹂鸣等人的实测结果^[9],长三角地区的PM_{2.5}/PM₁₀平均为0.717。

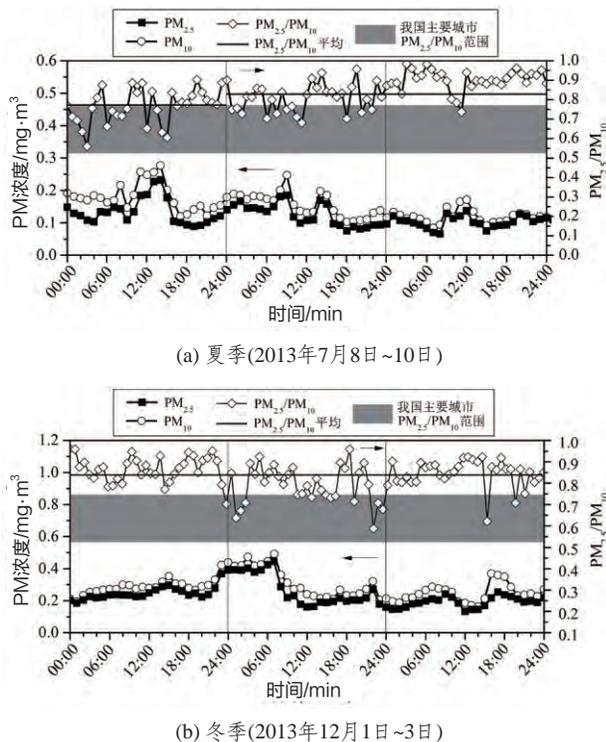


图1 霾天室外PM_{2.5}和PM₁₀变化实测曲线比较

图1(b)给出的冬季霾过程期间实测结果指出,室外PM_{2.5}和PM₁₀变化趋势与夏季类似,即二者的值相差不大,有较高的时间同步性。但夏、冬两季的室外PM变化规律不同。主要表现为每日PM(指PM_{2.5}和PM₁₀)浓度极值出现的时间和特点不同。夏季霾过程的PM日变化表现出了规律性双峰特征,分别出现在8:00和14:00左右;冬季则出现在8:00和17:00左右。对比夏、冬实测结果,可以看出,与正常天气相比,冬季霾天气时的PM日变化规律被模糊和破坏。夏季虽然也有类似迹象,但尚能看出时间序列的日变化规律。根据实测来判断,夏、冬季的这两个霾过程可能都受

到了异地霾的影响,当然,冬季过程看来更严重。夏季的轻度霾天气下,PM_{2.5}连续一周平均浓度为135.1 μg/m³,冬季的重度霾下,则高达231.6 μg/m³。但可以发现,两个实测段内,PM_{2.5}/PM₁₀的一周平均值分别为0.835和0.841,基本相同。根据文献结果^[8-9],与正常天气下的PM_{2.5}/PM₁₀比,霾期间的PM_{2.5}/PM₁₀偏高。这里要指出,本文夏季实测段经历的为轻度霾,而冬季为重度霾。故PM_{2.5}和PM₁₀范围相差较大,但仍然可以得知,PM_{2.5}/PM₁₀则基本保持不变,这是值得注意的特点。

2.2 自然通风房间室内外浓度I/O值

由于霾天室外空气环境对自然通风房间的室内空气质量有直接影响,为进一步说明PM_{2.5}和PM₁₀对自然通风房间气溶胶浓度的相对贡献,利用室内同步获取的实测数据,图2给出了实测房间的PM_{2.5}和PM₁₀的I/O(indoor to outdoor ratio)变化曲线。

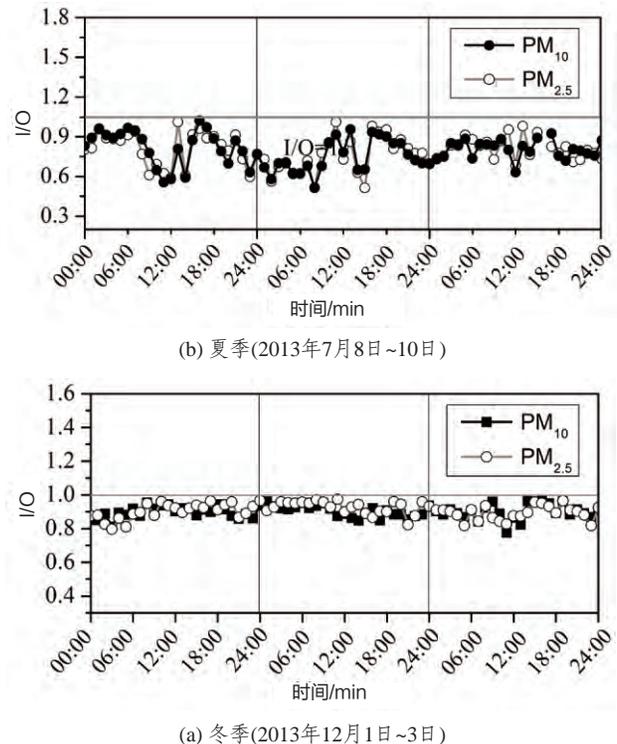


图2 霾天自然通风房间PM_{2.5}和PM₁₀的I/O比较

由图2可知,夏季被测自然通风房间内颗粒物中的PM_{2.5}和PM₁₀的I/O值均介于0.55~0.98之间,但I/O日变化波动明显,原因可能是测量期间室外有3~4级偏北风,所测房间通风状况有波动;冬季I/O比稍有不同,相应的PM_{2.5}和PM₁₀的I/O值一直偏高,介于0.75~0.98之间。由于冬季测量时间段为重霾天气,故风力虽然只有1~2级,且为偏西或西北风,但看来室外PM_{2.5}和PM₁₀同时对室内相应浓度有显著影响,即便仅采用了单边自然通风,室内空气环境也几乎与外界相同。

表1给出了夏、冬两季被测时间段内PM_{2.5}和PM₁₀的I/O平均值，实测过程中得到的数浓度I/O也一并在表中给出。

表1 自然通风房间秋冬季霾天气下PM_{2.5}和PM₁₀的平均I/O值

I/O	冬季	夏季
PM _{2.5}	0.896	0.821
PM ₁₀	0.834	0.803
气溶胶总数浓度	0.798	0.701

总体上来看，夏、冬两季自然通风房间PM_{2.5}的I/O值与PM₁₀的I/O值变化规律具有较好的一致性，未表现出时间延迟效应。还可以看到，PM_{2.5}的I/O值略大于PM₁₀ I/O值(见表1)，说明室外细颗粒比粗颗粒有更高的穿透性，更易进入室内。由于冬季为霾高发期^[1-2]，实测表现出的高PM_{2.5}浓度对于机械通风系统的空气过滤设备提出了较高的要求，中、初效过滤器看来很难对进风做到有效净化。这就意味着在霾天频发的地区，机械通风(包括集中式空调系统)的净化装置必须加以改进，以应对这种长时间、高浓度细粒子污染空气环境对室内空气质量的影响。

3 结语

(1) 夏、冬两季自然通风房间在单边通风的条件下，如遇霾天气，则室内空气质量都将受到室外高粒子浓度的影响。霾天气下连续实测期间，被测房间室内外PM_{2.5}和PM₁₀的变化没有表现出时间滞后效应；PM_{2.5}/PM₁₀的变化范围在夏、冬两季实测霾过程中分别为0.741 ~ 0.984和0.788 ~ 0.957。

(2) 就上海地区而言，霾天气下室内外空气环境中的PM_{2.5}和PM₁₀浓度接近，室内外颗粒物都以PM_{2.5}(即细颗粒)为主。由于室内细粒子浓度较高，故无论霾污染严重程度如何，夏、冬两季的房间自然通风都不能对改善室内空气质量起到正向作用。

(3) 上海地区霾天气下的PM_{2.5}和PM₁₀背景日变化规律与正常天气下的不同，因异地源可能影响本地背景浓度，故

实际变化似相当于在常规变化的基础上叠加了一个与本地关系不大的浓度变化序列。这可能是随后大气环境和城市空气环境研究中需要特别加以注意的问题。

国家自然科学基金(51278094)和上海市教委科研创新重点项目(14ZZ073)

参考文献:

- [1]王跃思,姚利,刘子锐,等. 京津冀大气霾污染及控制策略思考[J]. 中国科学院院刊, 2013, 28(3): 353-363.
- [2]张小曳,孙俊英,王亚强,等. 我国雾-霾成因及其治理的思考[J]. 科学通报, 2013, 58(13): 1178-1187.
- [3]吴兑. 近十年中国灰霾天气研究综述[J]. 环境科学学报, 2012, 32(2): 257-269.
- [4]WANG X, CHEN R, MENG X, GENG F et al. Associations between fine particle, coarse particle, black carbon and hospital visits in a Chinese city[J]. Science of the Total Environment, 2013, 458-460: 1-6.
- [5]JONES A P. Indoor air quality and health[J]. Atmospheric Environment, 1999, 33(28): 4535-4564.
- [6]谢元博,袁陈娟,李巍. 雾霾重污染期间北京居民对高浓度PM_{2.5}持续暴露的健康风险及其损害价值评估. 环境科学, 2014, 35(1): 1-8.
- [7]ZHONG K, YANG F, KANG Y. Indoor and outdoor relationships of CO concentrations in natural ventilating rooms in summer-Shanghai. Building & Environment, 2013, 62: 69-76.
- [8]吴国平, 胡伟, 滕恩江, 等. 我国四城市空气中PM_{2.5}和PM₁₀的污染水平[J]. 中国环境科学, 1999, 19(2): 133-137.
- [9]黄鸣鸣, 王格慧, 王荃, 等. 南京市空气中颗粒物PM₁₀、PM_{2.5}污染水平.[J] 中国环境科学, 2002, 22(4): 334-337.

收稿日期: 2013-12-25

作者简介: 钟珂, 东华大学环境科学与工程学院教授。作者通讯地址: 上海市延安西路1882号, 邮编: 201620。