

吴正旺,韩宇婷,王岩慧,等.北京城市微小尺度上PM<sub>2.5</sub>分布的不均匀现象[J].环境科学与技术,2015,38(6P):52-55. Wu Zhengwang, Han Yuting, Wang Yanhui, et al. The PM<sub>2.5</sub> uneven distribution phenomenon of Beijing City in tiny scale[J]. Environmental Science & Technology, 2015, 38(6P):52-55.

# 北京城市微小尺度上PM<sub>2.5</sub>分布的不均匀现象

吴正旺, 韩宇婷, 王岩慧, 单海楠

(北方工业大学建筑学院, 北京 100144)

**摘 要:**对北京同一区域、位置相近的若干典型居住区进行了完整1年12个月48 d相同时段的同步性监测、比较、分析。指出在以下城市微小尺度上4种情形中均存在PM<sub>2.5</sub>分布的不均匀现象:(1)位置相近,但道路等级不同的居住区;(2)位置相近,建筑布局不同的居住区;(3)位置贴邻,建筑布局不同的居住区;(4)位置贴邻,建筑布局相似的居住区。指出这种不均匀分布的典型特征是:(1)在全年多个季节,在城市微小尺度上,普遍存在着PM<sub>2.5</sub>分布的不均匀现象。(2)不同季节中,在城市微小尺度上,PM<sub>2.5</sub>分布不均匀现象不同。(3)不同格局、道路网、建筑布置等因素,对城市微小尺度上PM<sub>2.5</sub>的分布有较大影响。

**关键词:**城市; 微小尺度; PM<sub>2.5</sub>分布; 不均匀

中图分类号:X513 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1003-6504.2015.6P.011 文章编号:1003-6504(2015)6P-0052-04

## The PM<sub>2.5</sub> Uneven Distribution Phenomenon of Beijing City in Tiny Scale

WU Zhengwang, HAN Yuting, WANG Yanhui, SHAN Hainan

(Architecture School of North China University of Technology, Beijing 100144, China)

**Abstract:** Beijing the same area, position close several typical residential areas full 1 year time analysis of the monitoring, comparing, at the same time. Pointed out that in the following cities districts exist in four kinds of situations of small scale distribution of PM<sub>2.5</sub> uneven phenomenon: (1) location, but different road grade residential area; (2) the location, layout of different residential areas; (3) location adjacent to, the layout of different residential areas; (4) location adjacent, layout of similar residential area. Put forward the uneven distribution of typical characteristics are: (1) in multiple seasons throughout the year, in the city of tiny scale, generally there is a phenomenon of uneven distribution of PM<sub>2.5</sub>. (2) in different seasons, small scale in cities, the phenomenon of uneven distribution of PM<sub>2.5</sub> is different. (3) factors such as different pattern, road network, building layout, the city has a great influence on the distribution of PM<sub>2.5</sub> tiny scale.

**Key words:** city; tiny scale; distribution of PM<sub>2.5</sub>; uneven

为探索城市微小尺度上PM<sub>2.5</sub>分布的基本特征,本团队在2014全年对北京西3、4环间的恩济里、定慧里、紫金长安等6个居住小区空气的PM<sub>2.5</sub>质量浓度数据进行了12个月的监测、比较及分析。所选取的研究对象位于同一城市的同一区域,其容积率、建筑密度、绿地率、道路密度等指标接近,环境条件相似,但建筑布局、绿地系统及道路网形态不同。研究区域南北长3 000 m,东西宽2 500 m(表1、图1~2)。

### 1 研究方法

依照中国环保部《环境空气PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>的测定重量法》(HJ 618-2011),共计监测每月4日,每日6~

18时共12 h,全年共计48个监测日,576 h,3 456组数据。本次监测所采用的是同时采集各个案例的PM<sub>2.5</sub>数据,对其进行比较研究的方法,意在考察城市小尺度上PM<sub>2.5</sub>分布的不均匀现象,故而对温湿度、风环境等相关因素不予监测。

#### 1.1 设备选型

针对PM<sub>2.5</sub>的监测,选用了获得美国EPA认证的Met One 831 PM<sub>2.5</sub>粉尘浓度监测仪。该仪器可同时测量和显示4种可吸入空气颗粒物的浓度,取样流量为0.1 cfm (2.83 L/min),量程0~1 000 μg/m<sup>3</sup>,分辨率0.1 μg/m<sup>3</sup>,最小测试粒径0.5 μm,测试粒径PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>4</sub>, PM<sub>10</sub>,测试及显示通道为4通道,以上4种粒径



表 1 拟监测、研究的几种居住区景观格局分组比较示意

布局方式	用地面积	具体布局方式	本次监测的案例及其概况	备注
本次监测的几种居住区局	分散式布局	均布分散式	紫金长安居住区概况:该居住区建筑呈行列式均匀布局,绿地均匀分布在各个建筑之间	绿地分散布置在居住区、居住小区、组团中
		分散联系式	郦城小区居住区概况:该居住区建筑呈行列式布局,无大型集中绿地,绿地分散在居住区中,绿地之间以廊道相连	
	集中与分散结合的景观格局	集中与分散结合最优景观格局绿地相对分散地布局在居住小区、组团中,绿地之间或有联系,或相对独立	恩济里居住区概况:该居住区绿地分为若干个大、小斑块,每个居住小区绿地相对集中,而各个居住小区绿地之间相互连通,并与大型城市绿地相连,居住区东侧还有昆玉河水系	几种格局的居住区尺度相近,具有可比性
			八里庄小区概况:该居住区绿地分为若干斑块,每个居住小区绿地相对集中,北部住宅集中高密度布局,并与大型城市绿地相连,居住区东侧有水系	
	集中式布局	集中分布式	北京印象居住区概况:建筑彼此相连,形成多个内部庭院,集中绿地连续分布在若干居住小区中	绿地集中布置在居住区中
			定慧里居住区概况:绿地集中呈带状分布在居住区中,建筑呈指状向外增高	



图1 监测案例分布图(图中白色方框所示)



图2 监测案例卫星影像图

的测试(取样)时间均为 1 min。

## 1.2 采样点及采样方式

采样点及采样方式:(1)采样点的选取:PM<sub>2.5</sub> 数据监测具体选取了八里庄小区、北京印象小区、定慧西里小区、恩济里小区、郦城小区、紫金长安等 6 个小区内的中心绿地作为数据监测的采样点。具体采集地点选择在中心绿地的宽阔草地上。(2)采样方式:数据由 6 个小组同时采集,采样高度均为距地 1.5 m。采样方法是:PM<sub>2.5</sub> 质量浓度数据每个采样点每次采样 3 次,每次测量时长 60 s,取 3 次平均值。

## 2 城市微小尺度上 PM<sub>2.5</sub> 分布的不均匀现象

监测表明,在居住区等城市微小尺度上普遍存在着 PM<sub>2.5</sub> 分布的不均匀现象,其质量浓度在以下 4 种情形中均存在较大差别:(1)位置相近,但道路等级不同的居住区;(2)位置贴邻但布局不同的居住区;(3)

位置贴邻且布局相似的居住区;(4)位置接近,布局相似的居住区等。

### 2.1 位置相近但道路等级不同的居住区中 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度值有较大差异

已有研究发现,不同道路等级及类型,其 PM<sub>2.5</sub> 浓度值有较大区别。如侯芳等对北京道路网的监测表明,道路密度大的区域 PM<sub>2.5</sub> 浓度也大<sup>[1]</sup>。潘纯珍等对重庆地区道路进行的监测表明不同道路类型其 PM<sub>2.5</sub> 浓度相差巨大,浓度最高的是街区道路,其浓度是郊区进城主干道的 2.53 倍<sup>[2]</sup>。本次监测中,6 个居住区的道路密度相近,道路类型相似,但 PM<sub>2.5</sub> 浓度值仍有较大差异。如恩济里居住区与郦城小区居住区位置接近,建筑密度、绿地率相似,均位于西四环,二者水平距离约 800 m,但恩济里居住区周围均为城市次干道、支路,而郦城小区则位于城市快速路、次干道旁,二者 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度有较大差别。以 2014 年 12 月 10



日为例,在全天日间 12 h 内,酆城小区的  $PM_{2.5}$  质量浓度值均高于恩济里小区,二者最高相差发生在清晨 7 时,约 1.8 倍,最小相差约 1.4 倍,发生在下午 4 时(图 3)。而在 2014 年 5 月 6 日,八里庄居住区  $PM_{2.5}$  质量浓度明显高于其它几个居住区。同样在下午 4 时左右,各个居住区之间的质量浓度值差距最小(图 4)。

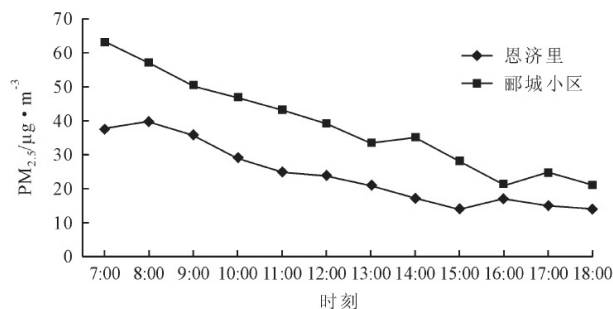


图3 2014年12月10日恩济里、酆城小区 $PM_{2.5}$ 比较

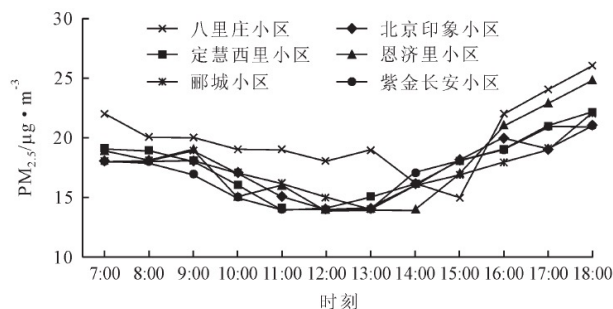


图4 2014年5月6日八里庄、北京印象、定慧里、紫金长安、恩济里、酆城小区 $PM_{2.5}$ 比较

## 2.2 位置相近但建筑布局不同的居住区 $PM_{2.5}$ 分布不均匀

居住区布局对其  $PM_{2.5}$  浓度值会产生多大影响是本次监测的研究内容之一。为此本次监测选取了环境条件相似,地理位置相近的两个居住区作为比较。已有研究表明,北京地区的大气逆温层位于地表 70~120 m 上方,所以在静稳天气条件下其建筑、道路、绿地布局可能会对其  $PM_{2.5}$  的扩散产生较大影响<sup>[3]</sup>。本次监测中,定慧里居住区与紫金长安居住区位置接近,都位于西翠路,二者相距约 500 m,但紫金长安建筑采用行列式布局,而定慧里采取中央点式高层,四周行列式分布的布局。在本次监测中,冬季定慧里居住区的  $PM_{2.5}$  质量浓度高于紫金长安。以 2014 年 11 月 11 日为例,二者相差最高达 1.5 倍,最低为 1.3 倍(图 5)。夏季,在 2014 年 8 月 16 日,北京印象居住区和紫金长安居住区  $PM_{2.5}$  质量浓度均有较大差别,最高相差 1.4 倍,最低相差 1.2 倍(图 6)。

## 2.3 位置贴邻但建筑布局不同的居住区 $PM_{2.5}$ 分布不均匀

城市气候学的相关研究发现,建筑的不同布局会

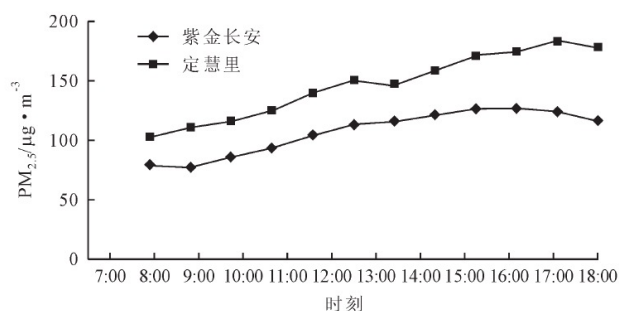


图5 2014年11月11日紫金长安居住区与定慧里居住区 $PM_{2.5}$ 比较

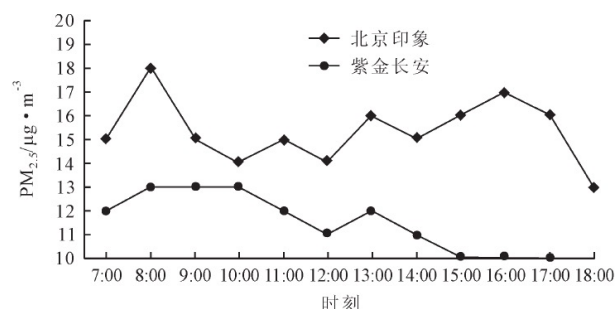


图6 2014年8月16日北京印象、紫金长安居住区 $PM_{2.5}$ 比较

导致微小尺度上温湿度及气候环境的变化,并产生街道风、街区层峡等诸多微气候现象,这些都会影响到居住区等相关城市景观的  $PM_{2.5}$  浓度分布及扩散<sup>[4]</sup>。本次监测中,北京印象居住区与定慧里居住区位置接近,二者都位于西四环与阜石路交叉口,北京印象居住区位于交叉口东北部,而定慧里位于交叉口的东南部,二者的布局不同,北京印象居住区采取“之”字形的建筑布局,形成若干个内庭院贯穿在建筑群中,而定慧里居住区这呈手指状从中央想四周延伸。本次监测中,定慧里居住区  $PM_{2.5}$  质量浓度高于北京印象居住区。如 2014 年 11 月 10 日,二者相差最长达 1.3 倍,最低为 1.1 倍(图 7)。

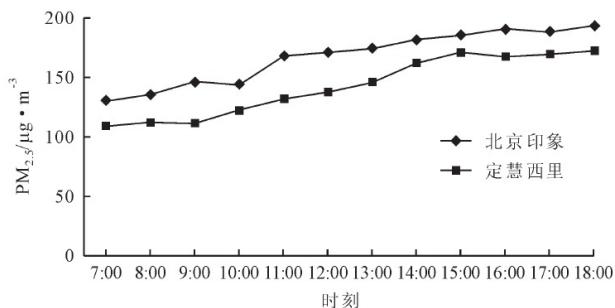


图7 2014年11月10日北京印象、定慧里居住区 $PM_{2.5}$ 比较

定慧里居住区与八里庄居住区分别位于阜石路南北两侧,位置贴邻,但八里庄居住区的建筑采取组团—居住小区—居住区的典型布局,建筑以多层为主,整个居住区分为 3 个居住小区,各个居住小区之

间以绿化带分割。而定慧里居住区则为居住小区—居住区布局,建筑以点式高层为主。在本次监测中,定慧里居住区的  $PM_{2.5}$  质量浓度高于八里庄居住区,并且其  $PM_{2.5}$  质量浓度较为稳定,而八里庄居住区则有所波动(图 8)。

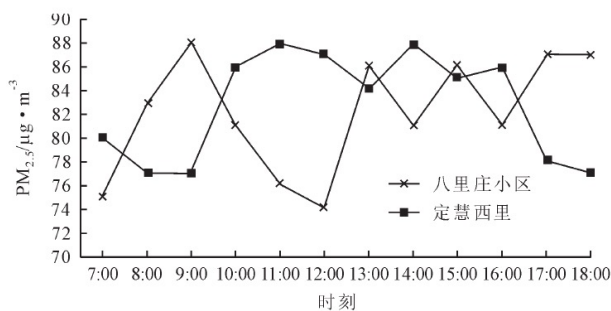


图8 2014年8月24日八里庄、定慧里居住区 $PM_{2.5}$ 比较

#### 2.4 位置贴邻, 建筑布局相似但道路形态不同的居住区 $PM_{2.5}$ 分布不均匀

本次监测中,恩济里居住区与八里庄居住区位置贴邻,恩济里居住区位于恩济西街西侧,八里庄居住区位于恩济西街东侧,并且二者的布局也很相似,都采用组团——居住小区——居住区的布局模式,所不同的是八里庄居住区道路采用的是典型的7 m宽双车道,而恩济里居住区则是3 m宽的单车道。在本次监测中,八里庄居住区  $PM_{2.5}$  质量浓度有时高于恩济里居住区,有时二者基本相同。在上午7~10时上班高峰期,二者相差最大。如2014年4月12日,从7时到12时,八里庄居住区  $PM_{2.5}$  浓度值约为恩济里居住区的1.2~2倍,而12时至18时,二者基本相当(图 9)。

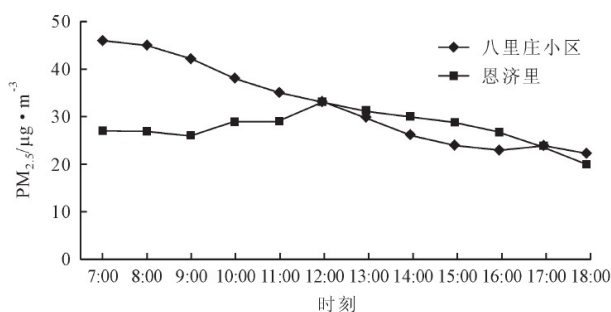


图9 2014年4月12日八里庄、恩济里居住区 $PM_{2.5}$ 比较

在居住区道路网规划中,一般有人车分流和人车混行两种道路网可供选择。从本次6个居住区的全年监测看,整体而言,采取人车分流的道路网的居住区,

其  $PM_{2.5}$  的质量浓度值均低于人车混行的居住区。在2014年7月12日,6个监测居住区  $PM_{2.5}$  质量浓度均有较大差别,最高仍为定慧里居住区,最低是恩济里、八里庄居住小区,而二者相距不过250 m(图 10)。

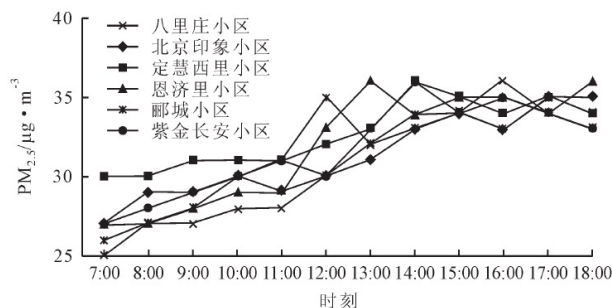


图10 2014年7月12日6个居住区 $PM_{2.5}$ 比较

### 3 结论

(1)道路、绿地、植物群落对降低  $PM_{2.5}$  的综合作用存在耦合效应。在本次监测中,各个居住区  $PM_{2.5}$  质量浓度值相差在1.1~2倍之间。这与已有道路、绿地、植物群落对降低  $PM_{2.5}$  的作用相比较尚有一定差距,表明上述各种要素对  $PM_{2.5}$  的作用之间存在相互干扰,其结果可能降低了综合作用的效果。

(2)在全年多个季节,在城市微小尺度上,普遍存在着  $PM_{2.5}$  分布的不均匀现象。这些不均匀分布现象普遍发生在不同季节、不同居住区以及不同时段上,具有普遍、广泛的特征。

(3)不同季节中,在城市微小尺度上, $PM_{2.5}$  分布不均匀现象不同。在春季  $PM_{2.5}$  浓度值较高的居住区,在冬季则可能较低,反之亦然。

(4)不同格局、道路网、建筑布置等因素,对城市微小尺度上  $PM_{2.5}$  的分布有较大影响。在同一城市、相同区域、位置相近的居住区,甚至贴邻的居住区中,其  $PM_{2.5}$  质量浓度值都可能有较大差异。其诱因应当是居住区道路、建筑、绿地的不同布局。

#### [参考文献]

- [1] 侯芳,赵文慧,李志忠,等.北京市城区不同等级道路网对可吸入颗粒物的浓度影响研究[J].测绘科学,2012,37(5):136-138.
- [2] 潘纯珍,陈刚才,杨清玲,等.重庆市地区道路  $PM_{10}/PM_{2.5}$  浓度分布特征研究[J].西南农业大学学报,2014,26(5):576-580.
- [3] 吴兑.近十年中国灰霾天气研究综述[J].环境科学学报,2012,2:257-269.
- [4] 王振.夏热冬冷地区基于城市微气候的街区层峡气候适应性设计策略研究[D].武汉:华中科技大学,2008,11.