

区域大气环境中 $PM_{2.5}$ / PM_{10} 空间分布研究

郭涛 马永亮* 贺克斌

(清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要 提出了一种利用移动监测技术研究区域大气环境中 $PM_{2.5}$ / PM_{10} 空间分布的方法, 并在 2004 年 12 月进行了宁波市全市域 $PM_{2.5}$ / PM_{10} 空间分布的研究。数据显示: 相同路径所代表的地区 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 具有很好的相关性, 多数路径上 $PM_{2.5}$ 与 PM_{10} 数据的相关系数平方在 0.95 以上, 而不同路径上 $PM_{2.5}$ 与 PM_{10} 的比值不同。文中给出了宁波市 $PM_{2.5}$ / PM_{10} 污染的空间分布图, 直观地显示出 $PM_{2.5}$ / PM_{10} 污染的空间分布情况, 突出了污染的重点点位和地区。

关键词 移动监测 PM_{10} $PM_{2.5}$ 空间分布

中图分类号 X513 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2009)01-0147-04

Study on spatial distributions of $PM_{2.5}$ / PM_{10} in regional atmospheric environment

Guo Tao Ma Yongliang He Kebin

(Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract In this paper, a new method for the study on regional ambient $PM_{2.5}$ and PM_{10} concentrations spatial distribution using mobile monitoring is introduced. Experiments were carried out to survey the spatial distributions of $PM_{2.5}$ and PM_{10} concentrations in Ningbo City in December 2004. Results show that there is a high correlation coefficient between $PM_{2.5}$ and PM_{10} , with $r^2 > 0.95$ in most routes representing different areas. Ratios of $PM_{2.5}$ / PM_{10} vary among routes. Spatial distribution maps of $PM_{2.5}$ and PM_{10} concentrations are given, from which the key spots and/or areas with significant pollution problems can be figured out easily.

Key words mobile monitoring; PM_{10} ; $PM_{2.5}$; spatial distribution

可吸入颗粒物 (PM_{10}) 和可入肺颗粒物 ($PM_{2.5}$) 能够长期悬浮在空气中, 不易沉降, 是大气中大量有害物质的载体。当其通过呼吸道进入人体时, 所带来的危害往往高于单一污染物。而 $PM_{2.5}$ 因其粒径更为细小, 大部分可直接进入人体的肺部, 并在肺部沉积, 进入血液循环, 因而对人体产生的危害更大。

美国、欧洲等地流行病学研究表明, 城市空气中 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的浓度与医院就诊率、呼吸器官疾病发病率乃至死亡率等诸多有害健康效应之间均有密切关系。目前我国已经有 200 多个城市建立了 500 多个空气自动监测站, 对包括 PM_{10} 在内的数种污染物进行定点连续监测, 但由于监测点位有限, 因此很难确定城市区域大气污染物的空间分布以及特殊区域的污染特征。孙在等^[1]对上海市中心街道峡谷内 $PM_{2.5}$ 的垂直分布进行了连续监测实验研究。杨龙等^[2]对北京市近郊区秋冬季节的 $PM_{2.5}$ 质量浓度的垂直分布也进行了为期 4 周的监测实验研究。这些研究进一步拓展了城市颗粒物污染的研究范围, 在

一定程度上弥补了自动监测站定点监测的不足。但是目前对 $PM_{2.5}$ / PM_{10} 的空间连续分布的实验研究还鲜见报道。本实验利用颗粒物实时测量仪器和 GPS 仪组成的移动监测系统开展宁波市区域大气环境中 $PM_{2.5}$ / PM_{10} 空间分布的研究, 为大气颗粒物空间分布研究提供了一种简单易行的新方法, 可以直观显示颗粒物污染的空间分布, 确定污染的重点区域和点位。

1 实验仪器与方法

本研究中 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 测量仪器采用美国 TSI 公司制造的 DustTrak (Model 8520)。这是一种便携式直读仪器, 可设定时间间隔自动记录监测数据。本研究中所涉及颗粒物监测数据记录间隔时间均为

收稿日期: 2007-05-14; 修订日期: 2008-10-05

作者简介: 郭涛 (1981~), 男, 硕士研究生, 主要从事大气污染与控制研究工作。

*通讯联系人, E-mail: liang@tsinghua.edu.cn

1 min,测量范围 0.001 ~ 150 mg/m³,流量 1.7 L/min,记录的数据自动存入仪器自带的存储器中,稍后导入 PC。它基于气溶胶微粒的体积与光散射强度成比例的原理,再经过严格的标定程序获得颗粒物的质量浓度。在使用前用流量计进行流量标定和调零。在进行移动监测前后采用 TEOM1400a (美国 Rupprecht & Patashnik 公司)对 DustTrak 8520 进行标定和修正。TEOM 1400a 采用振荡微天平技术 (tapered element oscillating microbalance, TEOM) 测定环境中颗粒物的质量浓度,已通过美国环保局认证,并已成为联邦等效测试方法,在欧美国家得到普遍的应用^[3~5],也是我国多数自动监测站使用的设备。

GPS 仪采用美国 Gamin 公司的 GPS Map 60CS,数据记录间隔时间同颗粒物记录间隔时间一样,也设定为 1 min,以方便和颗粒物测试数据配准,记录数据自动存入仪器自带的内存中,稍后导入 PC。

GPS 数据和 PM_{2.5}/PM₁₀ 监测数据的同步使得 PM_{2.5}/PM₁₀ 监测数据的空间分布可以通过 GIS 软件表达出来。

2 实验路线

2004 年 12 月 13 ~ 17 日,分别在宁波市各个区

县进行了 PM_{2.5}/PM₁₀ 空间分布的移动监测实验。表 1 为测试时间、路线和区域。选取的实验路线覆盖了各个区县。13 日实验路线由宁波北仑电厂至宁波市区中心,主要路线为高速路;14 日实验路线由宁波市区中心出发途经北仑区、慈城、余姚、慈溪、镇海而后返回至出发点,测试路线主要为国道和区县间一般公路;15 日奉化实验途经鄞州区至奉化溪口风景区之后返回,绕道东钱湖旅游风景区,主要路线为一般公路;17 号宁海奉化实验受道路限制,从宁波市区出发途经宁海至象山县后原路返回,主要路线为高速公路,中间途经数处隧道。

表 1 PM_{2.5}/PM₁₀ 移动监测概况
Table 1 General information on mobile monitoring of PM_{2.5}/PM₁₀

实验编号	实验时间	实验区域	监测项目
a	2004-12-13	宁波北仑	PM _{2.5} 、PM ₁₀
b	2004-12-14	江北区、余姚市、慈溪、镇海	PM _{2.5} 、PM ₁₀
c	2004-12-15	奉化、鄞州	PM _{2.5} 、PM ₁₀
d	2004-12-17	宁海、象山	PM _{2.5} 、PM ₁₀

3 实验结果

3.1 实验数据相关性分析

对 PM_{2.5} 与 PM₁₀ 的实验数据进行相关性分析,结果如图 1 所示。4 次实验 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 的监测数

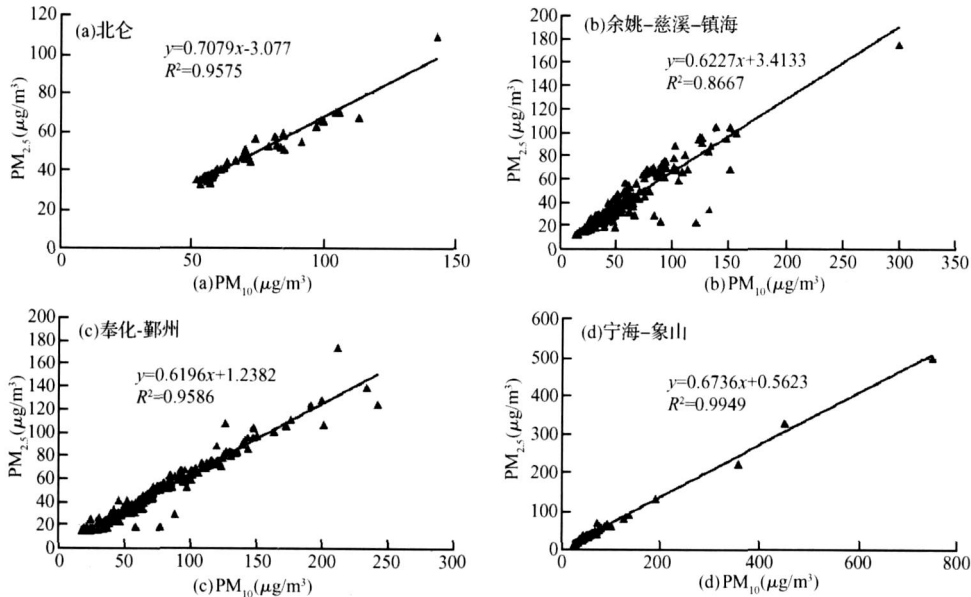


图 1 宁波市 PM_{2.5}/PM₁₀ 空间监测数据相关性分析

Fig 1 Scatter plots and linear regression of PM_{2.5} versus PM₁₀ in Ningbo

据相关性都比较好,图中显示 a、c 和 d 3 次实验中 $PM_{2.5}$ 与 PM_{10} 数据相关系数平方都在 0.95 以上,实验 b 中由于途中经过了一些交通路面比较差的路段,局部扬尘对 PM_{10} 影响比对 $PM_{2.5}$ 的影响更为严重,导致部分 PM_{10} 的监测数据较高,而对应的 $PM_{2.5}$ 的数据却相对较低,但是总体说来 $PM_{2.5}$ 与 PM_{10} 的监测数据的相关性相当明显。

3.2 $PM_{2.5} / PM_{10}$ 平均浓度及其比值

各时间段 $PM_{2.5}$ 与 PM_{10} 质量浓度及其比值列于表 2。由于测点分布于交通线路上,与一般的环境自动监测站的位置有一定的差别,并且该实验中的仪器采用光学测量原理,使得实验数据可能高于环境自动监测站的监测数据。但这并不影响区域颗粒物污染空间分布的相对比较以及 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的比值分析。空间监测结果显示,宁波市道路 $PM_{2.5} / PM_{10}$ 比值在 80% 左右,相较黄鹂鸣等^[6]得出的 2001 年南京市 $PM_{2.5} / PM_{10}$ 为 68%、杨复沫等^[7]得出的 1999 年北京市 $PM_{2.5} / PM_{10}$ 为 55% 以及吴国平等^[8]给出的全国 4 个城市 1995 ~ 1996 年的 $PM_{2.5} / PM_{10}$ 比值污染点 51% ~ 66%、对照点 57% ~ 75% 都要高,说明宁波市大气气溶胶中细粒子的比例较高,该区域近年来霾出现次数增多与此可能有着密切关系。

表 2 $PM_{2.5} / PM_{10}$ 监测浓度均值及其比例

Table 2 Average concentrations and ratios of $PM_{2.5} / PM_{10}$			
实验时间	$PM_{2.5}$ 浓度均值 ($\mu g / m^3$)	PM_{10} 浓度均值 ($\mu g / m^3$)	$PM_{2.5} / PM_{10}$ 比值 (%)
2004-12-13	126	155	81.10
2004-12-14	102	120	84.82
2004-12-15	136	175	77.34
2004-12-17	96	115	83.69

3.3 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 浓度的空间分布

将 DustTrak 自动记录数据里面的时间与 GPS 仪记录的经纬度对应的时间同步之后,利用 Arc Info 对 $PM_{2.5} / PM_{10}$ 的监测数据进行分析,得出 $PM_{2.5} / PM_{10}$ 的空间分布图如图 2 和图 3 所示。

由图 2 和图 3 可以很明显地看出目前宁波市 $PM_{2.5} / PM_{10}$ 污染的空间分布情况,污染情况较轻和污染最严重的点位、区域都在图中一览无余。特殊点位(收费站、隧道)污染情况较城区严重,城区污染较连接城区的乡村、城乡结合带严重,交通堵塞路

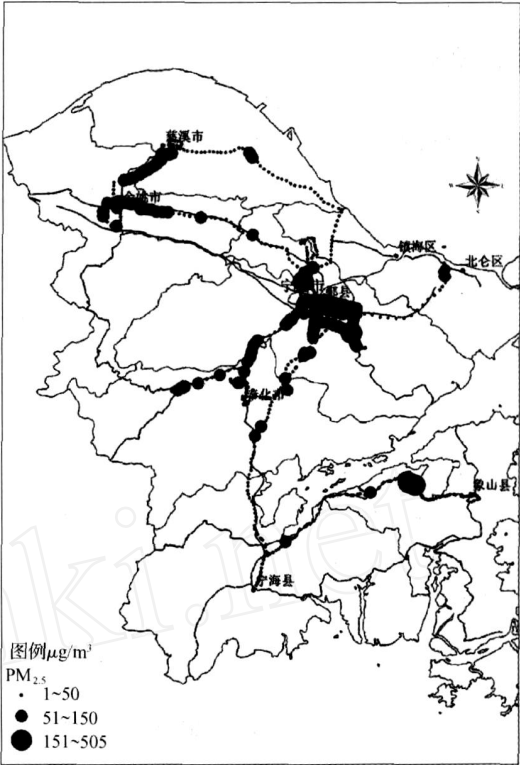


图 2 宁波市 $PM_{2.5}$ 空间分布示意图
Fig. 2 Spatial distribution of $PM_{2.5}$ in Ningbo City

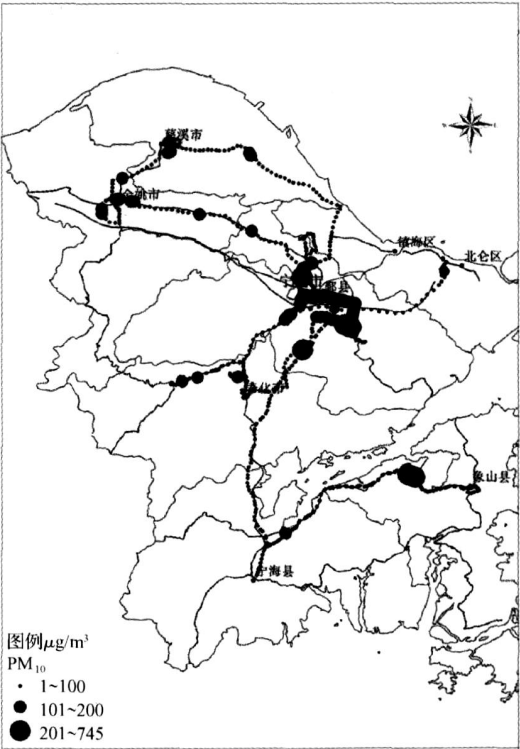


图 3 宁波市 PM_{10} 空间分布示意图
Fig. 3 Spatial distribution of PM_{10} in Ningbo City

段较交通畅通路段污染严重,宁波市区、鄞州、余姚、慈溪、奉化较宁海、象山严重。

$\text{PM}_{2.5}$ 污染在宁波市区、鄞州、奉化、余姚以及余姚至慈溪路段比较突出。此外,在宁海-象山之间的特殊地段——隧道附近污染最为严重。 PM_{10} 污染在宁波市区、鄞州最为突出,此外余姚、慈溪、奉化城区也分布有相当数量的高浓度点。宁海、象山则相对较轻,只有其中间的隧道等特殊地段 $\text{PM}_{2.5}$ 污染较为严重。

4 结 论

提出的主要由颗粒物实时测量仪器和GPS结合的移动监测方法简单易行,为区域颗粒物污染特征研究提供了一种新的手段。通过对宁波市 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 空间分布的实验研究,可以快速得出其 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 污染的基本特征和空间分布情况,找出各区域间的差异,确定 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 污染的重点点位、区域,对于颗粒物危害的预防以及控制重点的确定均有一定的参考意义。

由于本次实验路线主要沿交通道路,因此实验数据受交通污染影响比较大,实验结果在很大程度上反映了交通污染的空间分布情况,而对于交通不便的农村及森林地区的颗粒物污染情况则反映不足。如果采用小型交通工具运载,覆盖区域可以更为广泛和更具有代表性。

参 考 文 献

- [1] 孙在,黄震,王嘉松,等. 城市街道峡谷内 $\text{PM}_{2.5}$ 空间分布特征的实验研究. 中国环境保护优秀论文集. 北京: 中国环境科学出版社, 2005. 439~443
- [2] 杨龙,贺克斌,张强,等. 北京秋冬季近地层 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度垂直分布特征. 环境科学研究, 2005, 18(2): 23~28
- [3] Allen G, Sioutas C, Koutrakis P, et al. Evaluation of the TEOM method for measurement of ambient particulate mass in urban areas. Journal of Air and Waste Management Association, 1997, 47: 682~689
- [4] David Muir. New directions: The suitability of tapered element oscillating microbalances (TEOMs) for PM_{10} monitoring in Europe: The use of PM_{10} data as measured by TEOM for compliance with the European air quality standard. Atmospheric Environment, 2000, 34: 3209~3211
- [5] Ayers G P, Keywood M. D., Gras J. L. TEOM vs manual gravimetric methods for determination of $\text{PM}_{2.5}$ aerosol mass concentrations. Atmospheric Environment, 1999, 33: 3717~3721
- [6] 黄鹂鸣,王格慧,王荟,等. 南京市空气中颗粒物 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 污染水平. 中国环境科学, 2002, 22(4): 334~337
- [7] 杨复沫,贺克斌,马永亮,等. 北京 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的变化特征及其与 PM_{10} 、TSP的关系. 中国环境科学, 2002, 22(6): 506~510
- [8] 吴国平,胡伟,滕恩江,等. 我国四城市空气中 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 的污染水平. 中国环境科学, 1999, 19(2): 133~137
- [1] 孙在,黄震,王嘉松,等. 城市街道峡谷内 $\text{PM}_{2.5}$ 空间分