

沈阳市交通干道细颗粒物污染特征研究

惠宇^{1,2}, 刘岩^{1,2}, 王维宽^{1,2}, 庄晓虹³

(1. 沈阳环境科学研究院, 辽宁 沈阳 110167; 2. 辽宁省城市生态重点实验室, 辽宁 沈阳 110167;
3. 辽宁大学环境学院, 辽宁 沈阳 110036)

摘要: 利用便携式气溶胶采样器对沈阳市崇山中路辽宁大学附近 $PM_{2.5}$ 的质量浓度进行了监测分析, 研究了沈阳市交通干道附近 $PM_{2.5}$ 的污染特征及变化规律, 同时记录了采样期间的机动车流量数据。结果表明: 受季节性污染源及气象因素影响, 沈阳市交通干道附近 $PM_{2.5}$ 质量浓度采暖季明显高于风沙季和夏秋季。监测期间, $PM_{2.5}$ 质量浓度的逐时变化曲线呈现双峰特征, 8:00 ~ 10:00 时和 21:00 ~ 22:00 时浓度值高, 期间浓度值低。 $PM_{2.5}$ 质量浓度与交通流量变化趋势基本一致, 均呈现双峰特征。

关键词: $PM_{2.5}$; 污染特征; 交通干道; 沈阳市

中图分类号: X823

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2018.05.015

Analysis of the Pollution Characteristics of Fine Particulates from the Traffic Roads in Shenyang City

Hui Yu^{1,2}, Liu Yan^{1,2}, Wang Weikuan^{1,2}, Zhuang Xiaohong³

(1. Shenyang Academy of Environmental Sciences, Shenyang 110167, China;
2. Key Laboratory of Urban Ecology of Liaoning Province, Shenyang 110167, China;
3. School of Environmental Sciences, Liaoning University, Shenyang 110036, China)

Abstract: In this paper, portable aerosol samplers were used to monitor and analyze the concentration of fine particulates near Liaoning University located in Chongshanzhong Road, Shenyang City. The pollution characteristics and variation laws of fine particulates near the traffic roads were studied. Meanwhile, the flux of vehicles through the crossing during sampling was also investigated. The results showed that affected by seasonal pollution sources and meteorological factors, concentration of $PM_{2.5}$ near the traffic roads in heating season was significantly higher than that in windy season, summer and autumn. During the monitoring period, variation of $PM_{2.5}$ concentration showed a bimodal feature higher from 8:00 to 10:00 and from 21:00 to 22:00 but lower at the rest of the day. Variation trend of $PM_{2.5}$ concentration basically complied with that of the traffic flux, both showing a bimodal pattern.

Keywords: $PM_{2.5}$; Pollution Characteristic; Transportation Road; Shenyang City

CLC number: X823

随着经济社会的快速发展,城市机动车保有量日益增长,机动车在提升市民生活品质、提高市民办事效率的同时,也给城市的大气质量造成巨大影响,交通拥堵及机动车尾气排放导致的道路交通性污染问题日趋严重^[1-2],机动车污染已成为城市大气污染的重要来源,是造成大气灰霾现象的重要原因。

2015年底,沈阳市机动车保有量已突破170万辆,并且机动车数量依然呈现递增趋势,大气污染已经由煤烟型污染转化为机动车和煤烟复合型污染^[3]。针对道路周边颗粒物污染的研究^[4-8]表明,机动车直接排放的颗粒物及行驶载带的道路扬尘对颗粒物浓度造成很大影响,已经成为颗粒物污染的重要来源,而且道路周边颗粒物污染较

收稿日期: 2018-04-19

基金项目: 国家重点研发计划重点专项(2017YFC0212500)基金资助

作者简介: 惠宇(1985-),女,博士、工程师。研究方向: 大气污染防治。

城市其他区域更为严重。这不仅影响了城市的环境空气质量和大气能见度,同时也危害了市民的身体健康。因此,研究城市交通干道附近细颗粒物的污染特征及变化规律是十分重要的。

文章利用便携式气溶胶采样器监测了 2016 年沈阳市交通干道附近 $PM_{2.5}$ 的质量浓度,同时结合监测期间机动车流量的统计结果,研究了交通干道附近的 $PM_{2.5}$ 质量浓度季节、日变化特征及变化规律,以期为采取合理措施改善环境空气质量提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样地点

沈阳市崇山路是东西走向的主要交通干线,

西起与塔湾街交汇处,东到与望花公铁桥交汇处,为沈阳市的一环路,交通流量大。选取崇山中路某交通路口一侧作为采样点位,用以分析沈阳市交通干道细颗粒物的污染特征。该采样点北临辽宁大学,东西向为交通路段,车流量每小时 2 000 ~ 3 000 辆,周边无大型工地、电厂或工厂,除背景污染外,机动车尾气及道路扬尘为主要污染来源。

1.2 采样时间

在风沙季、夏秋季、采暖季各进行一个采样周期,每个采样周期均为连续采样,历时 15 d,包括了工作日和非工作日。 $PM_{2.5}$ 监测时间从早 6 时至晚 10 时,覆盖了高峰时期和非高峰时期。监测期间同时记录车流量数据。具体采样时间安排,见表 1。

表 1 采样时间安排

采样期	采样日期	监测时间	监测因子	采样点
1(采暖季)	2015. 12. 12 ~ 2016. 1. 3	6:00 ~ 22:00	$PM_{2.5}$ 、车流量	崇山中路
2(风沙季)	2016. 4. 15 ~ 2016. 4. 29	6:00 ~ 22:00	$PM_{2.5}$ 、车流量	崇山中路
3(夏秋季)	2016. 9. 11 ~ 2016. 9. 25	6:00 ~ 22:00	$PM_{2.5}$ 、车流量	崇山中路

1.3 采样仪器

$PM_{2.5}$ 质量浓度采用美国 TSI 公司生产的 DustTrak 8532 便携式气溶胶采样器测定,该仪器每 20 秒记录 1 个数据,连续监测 10 min 取平均值作为该时间节点的 $PM_{2.5}$ 小时平均质量浓度。车流量数据采用录像观测法,通过记录任意 10 min 的车辆数目估算每小时的车流量。

2 结果与讨论

2.1 季节变化特征

2016 年沈阳市崇山中路采样点风沙季、夏秋季、采暖季 3 个季节监测期间的 $PM_{2.5}$ 日均质量浓度分别为 58. 765、61. 246 和 145. 805 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,受季节性污染源及气象因素的影响,采暖季明显高于风沙季和夏秋季,见表 2。

表 2 $PM_{2.5}$ 质量浓度

季节	$PM_{2.5}$ 日均浓度/ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
风沙季	58. 765
夏秋季	61. 246
采暖季	145. 805

夏秋季 $PM_{2.5}$ 较为稳定,异常值较少;风沙季和采暖季 $PM_{2.5}$ 变化较大,异常值明显增多。采暖季 $PM_{2.5}$ 波动范围最大,其中有 11 d 的 $PM_{2.5}$ 日均浓度都超过了 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,另外还有 2 d 的 $PM_{2.5}$ 日均浓度超过了 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。分析发现,这些极大值当日的空气质量差,能见度低,有灰霾现象发生,空气质量等级为严重污染、重度污染或中度污染。此时大气边界层较低,不利于颗粒物稀释和扩散,这也是造成 $PM_{2.5}$ 出现极值的重要原因,见图 1。

$PM_{2.5}$ 季节性差异与各季节天气形势有着密切关系。沈阳市夏秋季受东南季风和海洋的暖湿气流影响,空气湿润、雨量充沛、昼夜温差较小,利于污染物净化,二次粒子也能得到很好的清除,故夏秋季 $PM_{2.5}$ 质量浓度较低;冬季受冷高压控制,气压突然升高,气温骤降,低空逆温现象严重,会加重污染物的聚集,加上燃煤污染的影响, $PM_{2.5}$ 异常值出现较多。

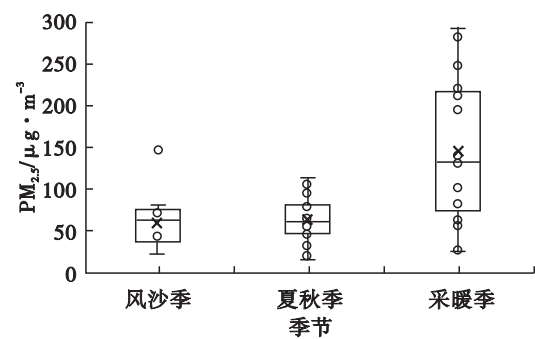


图1 2016年沈阳市交通干道附近PM_{2.5}质量浓度季节比较

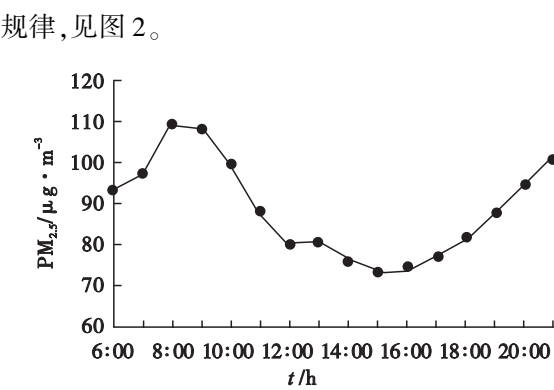


图2 PM_{2.5}质量浓度逐时变化

2.2 日变化特征

机动车尾气排放是城市PM_{2.5}污染的一个重要来源,且对人体健康和大气能见度的影响很大,所以研究PM_{2.5}质量浓度的日变化规律具有重要的科学和实践价值。

将2015~2016年PM_{2.5}共752组有效数据,按24h统计分析,得到PM_{2.5}质量浓度逐时变化

PM_{2.5}质量浓度的逐时变化规律呈现双峰特征。从6:00开始逐渐升高,至8:00达到最高值,随后逐渐下降,至15:00左右达到最低值,14:00~18:00 PM_{2.5}质量浓度相对较为稳定,从19:00开始又逐渐升高,至21:00达到最大值,与刘闽等^[9]的研究结果一致。

PM_{2.5}逐时质量浓度的各季变化趋势见图3。

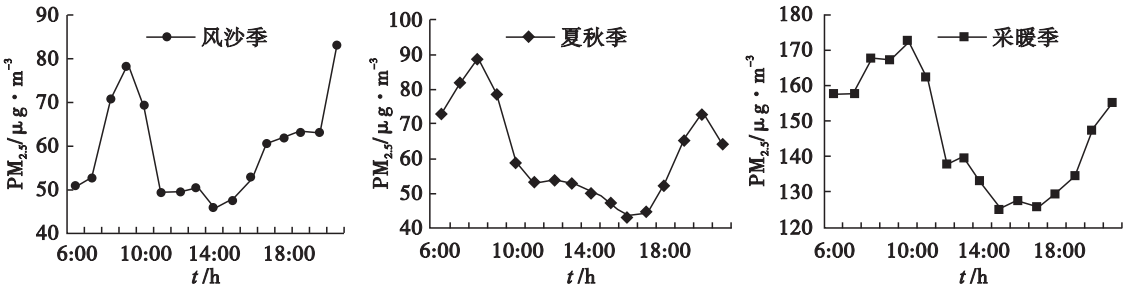


图3 PM_{2.5}逐时质量浓度的季节变化趋势

由图3可见,各季节的PM_{2.5}质量浓度逐时变化规律较为相似,均呈现双峰现象。风沙季PM_{2.5}质量浓度的变化在45.65~82.84 μg/m³,在早晨和夜晚的质量浓度较高,这即与污染物的排放状况相关,也与气象条件的变化相关。从11:00至16:00,PM_{2.5}的质量浓度相对较低,一般来说,下午是一天中扩散条件最好的时候,这个时间段多数污染物都呈现较低值^[10]。研究发现,在17:00左右,PM_{2.5}质量浓度显著升高,出现极值。该时间点正处于下班晚高峰,车流量短时间内急剧增加并达到高峰,致使机动车尾气排放量也急剧增加,因而导致了极值的出现。

夏秋季PM_{2.5}质量浓度的变化在43.08~88.65 μg/m³。与风沙季不同,夏秋季的浓度在

8:00维持在较高的水平,然后开始明显下降,于下午16:00至17:00时降至最低,而后又逐渐升高,到20:00达到次高值。这可能与夏秋季早晚天气比较凉爽,市民活动频繁,出行人数较多有关。

采暖季PM_{2.5}质量浓度的变化在125.56~172.46 μg/m³,明显高于风沙季和夏秋季。由于采暖季采样期间多次出现重污染天气,致使采暖季的PM_{2.5}质量浓度平均值始终维持在较高的水平。采暖季PM_{2.5}质量浓度的峰值分别出现在上午10:00时和晚上21:00时,滞后于其他两季,这可能与采暖季气温偏低,污染物扩散速率及在环境空气中发生二次粒子转化速率低有关。

2.3 PM_{2.5}与交通流量的关系

大气颗粒物质量浓度在一定程度上受气候影响,同时也受人类活动的即时影响^[11]。由于人类

活动的周期循环性,大气颗粒物质量浓度、降水、气温等要素也呈现出一定的周期效应^[12]。为分析沈阳市交通干道附近 PM_{2.5} 质量浓度与交通流量的关系,文章在采样期间对崇山中路采样点附近的交通流量进行了数据统计,并与 PM_{2.5} 质量浓度进行对比分析,结果见图 4。

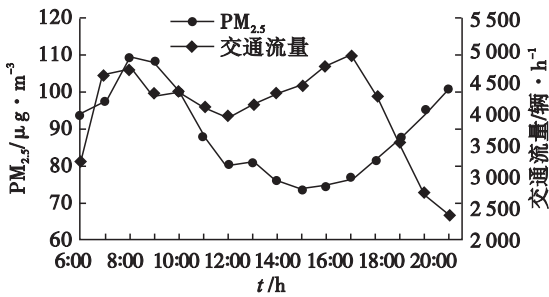


图 4 崇山中路采样点 PM_{2.5} 与交通流量关系

由图 4 可见,在 6:00 ~ 22:00 监测期间内,崇山中路采样点位的交通流量高,PM_{2.5} 质量浓度变化明显,受交通流量的影响显著。研究发现,PM_{2.5} 质量浓度变化与交通流量的变化趋势相对一致,随着车流量的增加,PM_{2.5} 质量浓度增加,车流量降低,PM_{2.5} 质量浓度也呈现出下降趋势,且呈现双峰特征。然而,晚上 18:00 ~ 21:00,PM_{2.5} 质量浓度与交通流量却出现完全相反的变化趋势,这可能与气象因素对颗粒物的扩散影响有关。由于机动车尾气排放为低层污染,夜晚温度低,扩散条件差,颗粒物容易积累;而白天温度高,扩散条件好,颗粒物不易累积^[13]。另外,由于该项研究中的小时车流量数据是用该小时内任意 10 min 通过的车量数量统计的,并不是该小时内通过机动车的实际数量,所以得到的变化趋势与实际变化趋势相比存在一定的误差。同时从图 4 可以发现,PM_{2.5} 的质量浓度变化滞后于车流量的变化,原因在于机动车排放的尾气扩散到环境空气中发生二次粒子转化并导致 PM_{2.5} 的质量浓度发生变化需要时间,一般滞后 0.5 ~ 1.5 h,与贾智海等^[14]的研究结果一致。

3 结论

(1) 沈阳市崇山中路辽宁大学附近 PM_{2.5} 质

量浓度各季节变化存在差异,采暖季明显高于风沙季和夏秋季。夏秋季较为稳定,异常值较少;采暖季波动较大,异常值明显增多。

(2) 在 6:00 ~ 22:00 监测期间内,PM_{2.5} 质量浓度的逐时变化曲线呈现双峰特征,8:00 ~ 10:00 时和 21:00 ~ 22:00 时浓度值高,期间浓度值低。

(3) 在不受气象因素影响时,PM_{2.5} 质量浓度与车流量的变化趋势一致,随着车流量的增加,PM_{2.5} 质量浓度增加,车流量降低,PM_{2.5} 质量浓度也呈现出下降趋势,但 PM_{2.5} 的质量浓度变化滞后于车流量的变化。

参考文献

[1] 贾智海. 青岛市李沧区 PM₁₀ 与 PM_{2.5} 污染变化特征分析研究[J]. 环境科学与管理,2016,41(2):113-115.

[2] 贾智海. 青岛市交通干线附近氮氧化物污染特征分析[J]. 中国环境管理干部学院学报,2016,26(5):83-85.

[3] 谢绍东,张远航,唐孝炎. 我国城市地区机动车污染现状与趋势[J]. 环境科学研究,2000,13(4):22-25.

[4] 陈建华,王 玮,刘红杰,等. 北京市交通路口大气颗粒物污染特征研究(1)-大气颗粒物污染特征及其影响因素[J]. 环境科学研究,2005,18(2):34-38.

[5] 段善春,李兴华,谭吉华,等. 北京冬季大气颗粒物数浓度的粒径分布特征及来源[J]. 环境科学研究,2009,22(10):1134-1140.

[6] 赵利容,王新明,封少龙,等. 广州市冬季城区街道行人 VOCs, PM₁₀ 和 CO 暴露水平[J]. 环境科学研究,2003,16(5):18-20.

[7] 吴 虹,张彩艳,王 静,等. 青岛环境空气 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 污染特征与来源比较[J]. 环境科学研究,2013,26(6):583-589.

[8] 王春艳,李 悦,孙范龙,等. 青岛市机动车尾气排放预测及其对空气质量的影响[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(12):437-439.

[9] 刘 阔. 沈阳市大气颗粒物 PM_{2.5} 污染现状分析[J]. 环境保护科学,2011,1(3):13-15.

[10] 朱 颖. 武汉市南湖大道南侧 PM₁₀、PM_{2.5} 及其重金属污染特征[D]. 武汉:华中农业大学资源与环境学院,2014.

[11] 龚道溢,郭 栋,罗 勇. 中国夏季日降水频次的周末效应[J]. 气候变化研究进展,2006,2(3):131-134.

[12] Forster P M, Solomon S. Observations of a weekend effect in diurnal temperature range [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2003,100(2):11225-11230.

[13] 李 婷,刘永红,朱倩茹,等. 广州市交通干线附近细颗粒污染特征[J]. 环境科学研究,2013,26(9):935-941.

[14] 贾智海. 青岛市交通干线附近细颗粒物污染特征分析[J]. 城市环境与城市生态,2016,29(2):43-46.