

文章编号: 1004-4353(2019)01-0090-05

延吉市 PM_{2.5} 时空分布特征及其与气象要素的相关性分析

付强¹, 赵晶¹, 赵春子²

(1. 延边朝鲜族自治州气象局, 吉林 延吉 133001; 2. 延边大学 理学院, 吉林 延吉 133002)

摘要: 利用延吉市城区 3 个空气质量监测站 2015 年 PM_{2.5} 浓度小时数据,探讨了延吉市城区 PM_{2.5} 时空分布特征,并将 PM_{2.5} 浓度与气象要素做相关性分析.研究表明: ①延吉市 PM_{2.5} 季节浓度由高到低依次为冬季、秋季、春季和夏季. ②延吉市 PM_{2.5} 月均浓度变化均呈单峰单谷型,其中 11 月、12 月、1 月浓度值相对较高,2 月开始逐月递减至 10 月份后开始回升. ③PM_{2.5} 日均浓度曲线呈现出尖峰和深谷交替变化的锯齿状. ④延吉市城区 3 个监测点 PM_{2.5} 浓度日变化在春季、夏季、秋季和冬季都呈现双峰双谷型. ⑤PM_{2.5} 浓度与气压、气温日较差、风速、相对湿度等气象要素之间存在显著地相关性.

关键词: 延吉市; PM_{2.5}; 时间分布; 空间分布; 气象条件

中图分类号: X513 **文献标识码:** A

Spatio-temporal distribution of PM_{2.5} in Yanji City and its relationship with meteorological conditions

FU Qiang¹, ZHAO Jing¹, ZHAO Chunzi²

(1. *Yanbian Meteorological Bureau, Yanji 133001, China;*
2. *College of Sciences, Yanbian University, Yanji 133002, China*)

Abstract: Based on the PM_{2.5} concentration hour data of three air quality monitoring stations in Yanji City, the spatial and temporal distribution characteristics of PM_{2.5} in Yanji City were discussed, and the correlation between PM_{2.5} concentration and meteorological elements was analyzed, the results showed that: i) PM_{2.5} seasonal concentration of Yanji City from high to low were winter, spring, autumn, summer; ii) The PM_{2.5} monthly average concentration of Yanji City displays single peak and single valley, the highest monthly average concentration appears were November, December and January, Declining from February; iii) For the whole year, daily variation of PM_{2.5} showed a jaggies curve; iv) Diurnal average concentrations of PM_{2.5} showed an obviously bimodal curve in spring, summer, autumn and winter, autumn and spring; v) There was a significant correlation between PM_{2.5} concentration and meteorological elements.

Keywords: Yanji City; PM_{2.5}; temporal distribution; spatial distribution; meteorological condition

随着社会、经济的发展,环境污染问题越来越受到人们的重视. 在各类大气污染物中,PM_{2.5} 已经成为影响我国城市大气环境质量的重要污染物. PM_{2.5} 不仅影响空气能见度,而且危害人体健康,尤其是对心血管系统和呼吸系统^[1-2]. 延吉市于 2015 年实现了空气质量自动化监测,其中包含了 PM_{2.5} 的监测数据. 本文以 2015 年延边朝鲜族自治州环境保护局 3 个国控环境空气自动监测站

的 PM_{2.5} 监测数据为依据,分析延吉市 PM_{2.5} 浓度的时空分布特征以及与气象要素的关系,以期为延吉市空气污染防治和空气污染气象条件预报提供依据。

1 数据来源与方法

PM_{2.5} 小时浓度数据(24 h 连续监测数据)取样站分别位于延吉市中心商业区(Y 站)、中心商业区西南偏西 3.5 km 处的新城区(J 站)、中心商业区西南偏西 12 km 处的远郊(C 站),PM_{2.5} 统计基础数据均为小时数据,统计时间为 2015 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日。PM_{2.5} 的日均值根据每天 24 h(00:00—24:00)的数据求得,月均值和季均值根据 PM_{2.5} 的日均值求得。全年中,1、2、12 月为冬季,3、4、5 月为春季,6、7、8 月为夏季,9、10、11 月为秋季。用 Excel 2010、SPSS 22.0 软件统计分析数据。

2 结果与分析

2.1 PM_{2.5} 浓度季节变化

图 1 为 3 个监测站点不同季节的 PM_{2.5} 浓度图。按季节看,冬季 PM_{2.5} 平均浓度最高,达到 59.9 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$;其次为秋季、春季,分别为 37.2 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 34.1 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$;夏季最低,为 16.3 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。按站点来看,延吉市 PM_{2.5} 浓度在冬季、秋季和春季 Y 站最高,分别为 66.4、41.7 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 36.0 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,在夏季 C 站最高,为 17.5 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

研究^[3-9]表明,不同季节 PM_{2.5} 平均浓度的时空变化主要是由污染物排放量、大气环流转换两方面因素决定的。由图 1 可以看出,受污染物排放量的影响,延吉市 3 个监测站点各季节的 PM_{2.5} 平均浓度均呈现冬季最高,秋季、春季次之,夏季最低的特征。出现该特征的原因是:延吉市每年 10 月中旬至次年 4 月中旬为供暖期,该段时间燃煤所产生的细颗粒物排放量明显增多,进而导致 PM_{2.5} 平均浓度显著增高。各季节 3 个监测站点 PM_{2.5} 浓度的空间分布特征主要受大气环流的季节性转换影响。延吉市春季、秋季和冬季受西风带环流影响盛行偏西风,夏季受海上高压影响盛行偏东风,在风的作用下大气污染物会向下风向飘

散,因此延吉市 PM_{2.5} 浓度在春季、秋季、冬季 Y 站最高,在夏季 C 站最高。

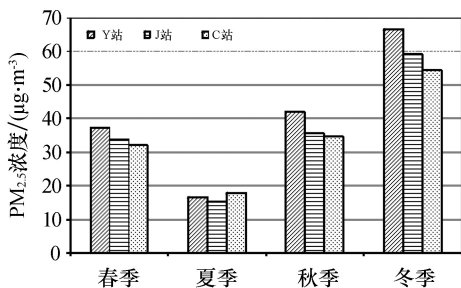


图 1 各站点不同季节的 PM_{2.5} 平均浓度分布图

2.2 PM_{2.5} 浓度逐月变化

延吉市 3 个监测站点的 PM_{2.5} 月均浓度变化如图 2 所示。由图 2 可以看出,延吉市 PM_{2.5} 月均浓度变化均呈单峰单谷型,高峰值出现在冬季,低谷值出现在夏季。1、2、11 月和 12 月的 PM_{2.5} 平均浓度较高(月均浓度均超过 50.0 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)。其中 Y 站的月 PM_{2.5} 浓度在 12 月份达到最高,为 76.9 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$;J 站和 C 站的月 PM_{2.5} 浓度在 1 月达到最高,分别为 63.5 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 60.6 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。在 1 月和 12 月,3 个监测站点 PM_{2.5} 浓度的中位数均在 50.0 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 以上,第 3 和第 4 分位数在 80.0 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 左右。统计各站点的超标天数,结果显示:1 月份,Y、J、C 站点的超标天数分别为 19、17、16 d,12 月份超标天数分别为 20、19、16 d,这 2 个月的超标率均超过 50%。

2.3 PM_{2.5} 浓度逐日变化

图 3 为各监测站点 PM_{2.5} 平均浓度的逐日变化曲线。图 3 中各站点曲线均呈锯齿状,且存在明显的尖峰和深谷。1 月、2 月、3 月、11 月和 12 月尖峰处的 PM_{2.5} 日均浓度远高于相邻深谷,Y 站、J 站和 C 站相邻尖峰和深谷的最大差值分别为 238.9、233.5 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 183.9 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。其余月份尖峰处和相邻深谷处的 PM_{2.5} 日均浓度差值相对较小。1 月、2 月、3 月、11 月和 12 月的 PM_{2.5} 浓度特征与这一时期(供暖期)的污染物排放量有关。供暖期细颗粒污染物排放量增多,当天气不利于大气污染物扩散时,PM_{2.5} 浓度会随着污染物的排放而不断升高。当天气(如降水、大风等天气)有利于污染物扩散时,PM_{2.5} 浓度会发生骤降,因此

导致相邻两天的 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度相差很大。

2.4 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度日变化

为分析延吉市 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的日变化规律,以季节为基本单元,统计 3 个监测站点每日不同时刻 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的平均值,结果见图 4。从图 4 可以看出,3 个监测站点的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度日变化在春季、秋季和冬季均呈现明显的双峰双谷型,其中冬季最为明显;夏季呈现不明显的双峰双谷型。双峰分别出现在 7:00—10:00 和 18:00—20:00,双谷分别出现在 13:00—16:00 和 2:00—5:00,并且傍晚的低谷值要明显低于凌晨时段。

统计分析延吉市的 $\text{PM}_{2.5}$ 观测数据发现,延吉市 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的日变化特征主要受早晚出行高峰汽车尾气排放、采暖期每日的供热燃煤时段,以及大气湍流交换能力 3 方面因素决定。延吉市早晚出行高峰时段为 7:00—9:00 和 17:00—

19:00,采暖期供热燃煤时段为 5:00—9:00 和 16:00—20:00。大气污染物的排放高峰时段与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的高峰时段基本重合。下午和凌晨出现 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度低谷值,一方面是由于污染物排放量减少,另一方面是由于白天伴随气温不断升高,大气的湍流扩散能力不断增强,有利于大气污染物在水平和垂直方向向外扩散,因此一天中 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度最低值一般出现在下午。

2.5 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度与气象条件

$\text{PM}_{2.5}$ 浓度与气象要素密切相关^[10-11]。由表 1 可以看出,延吉市各月的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度与气象要素均呈极显著相关,但各季节相关性存在差异。春季 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度与气压、气温日较差呈极显著正相关,与风速呈极显著负相关;夏季 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度与气温日较差呈极显著正相关,与相对湿度呈极显著负相关;秋季 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度与气压呈显著

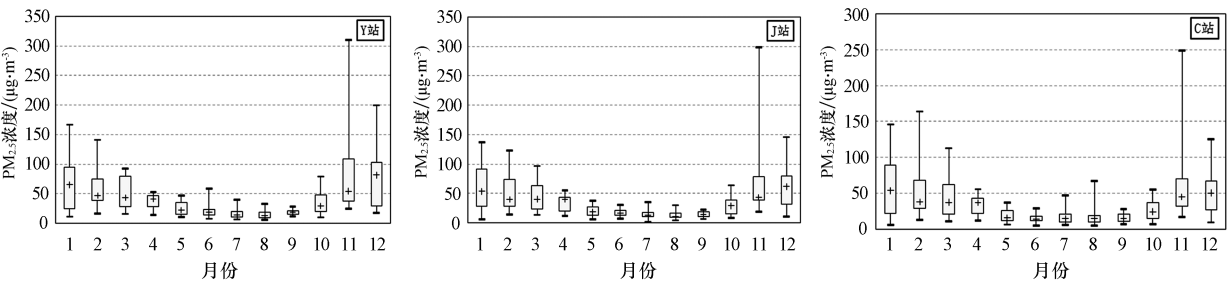


图 2 各站点的 $\text{PM}_{2.5}$ 月均浓度箱线图

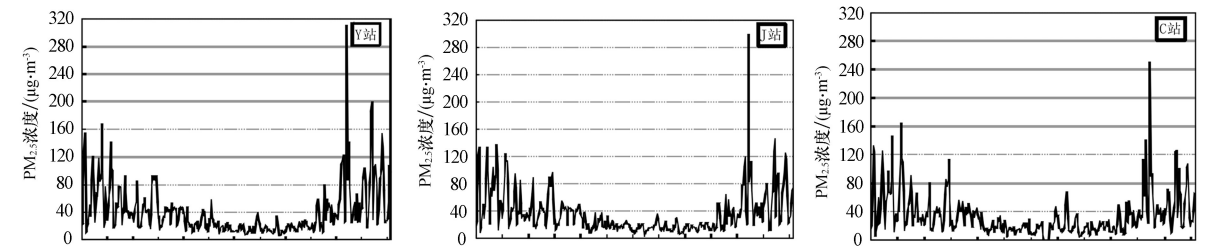


图 3 各站点 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度逐日变化曲线

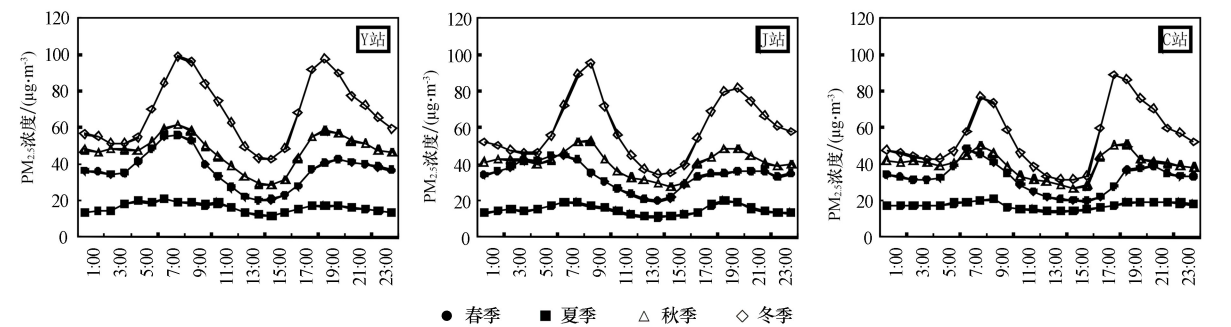


图 4 各站点 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度日变化曲线

正相关,与气温日较差呈显著负相关;冬季 PM_{2.5} 平均浓度与气温日较差、相对湿度呈显著正相关,与风速呈极显著负相关.各气象要素中,气温日较差与延吉市各季节 PM_{2.5} 浓度均呈显著正相关.气温日较差可以反映大气层结稳定度,气温日较差越大,大气层结越稳定,空气在水平和垂直方向上的湍流运动就越小,越不利于大气污染物稀释扩散.就气压而言,一般情况下当地面受低压控制时,四周高压气团流向中心,使中心形成上升气流,利于污染物向上扩散;相反,若地面受高压控制,中心部位出现下沉气流,抑制污染物向上扩散,在稳定高压的控制下,污染物积累,颗粒物浓度加剧.从相对湿度来看,相对湿度大会易使颗粒

物聚集;但有研究^[12]表明,当相对湿度较高,并伴有降水时,会降低空气中颗粒物浓度.

图 5 为延吉市 PM_{2.5} 浓度与风向的关系.由图 5 可以看出,风对空气污染物的来源、聚集和扩散有重要影响.春季、秋季和冬季,在 WSW 风向下 PM_{2.5} 的平均浓度最高,达到 61.2、34.8 μg · m⁻³ 和 91.3 μg · m⁻³.其余风向下,PM_{2.5} 的平均浓度明显低于 WSW 风向时.根据以往预报经验,延吉市在雨雪天气来临前,通常出现 WSW 风,使得细颗粒物不易扩散,空气质量较差.夏季,在各种风向下 PM_{2.5} 的日平均浓度均低于 20 μg · m⁻³,所以延吉市夏季的空气质量较好.

表 1 不同季节 PM_{2.5} 浓度与气象因素之间的相关性

时段	日平均气压	日平均风速	气温日较差	相对湿度	日降水量
1—12 月	0.401 **	−0.199 **	0.235 **	−0.256 **	−0.216 **
春季	0.374 **	−0.342 **	0.319 **	−0.192	−0.200
夏季	−0.019	0.066	0.316 **	−0.340 **	−0.105
秋季	0.252 *	−0.066	0.252 *	−0.160	−0.055
冬季	0.080	−0.721 **	0.215 *	0.645 **	−0.052

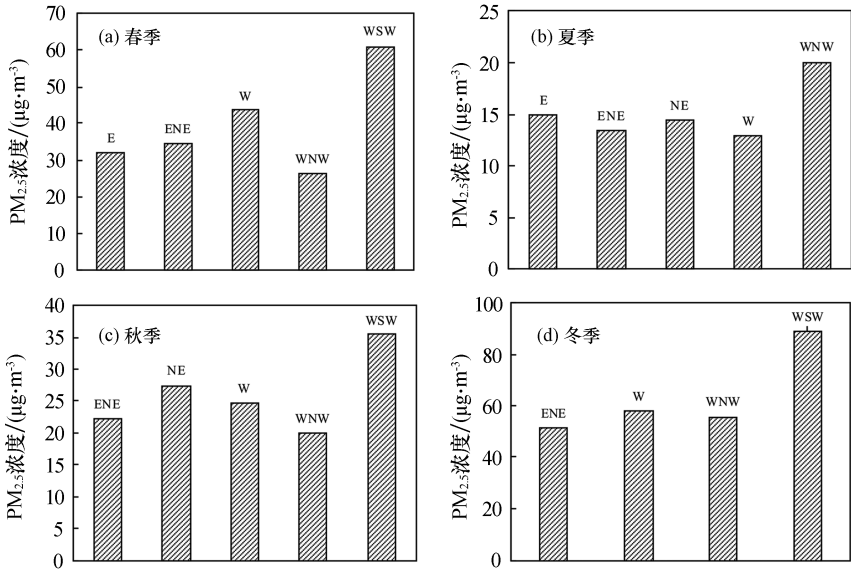


图 5 PM_{2.5} 浓度与风向的关系

3 结论

1)从季节看,延吉市城区 PM_{2.5} 浓度由高到低依次为冬季、秋季、春季和夏季,各季节的 PM_{2.5} 浓度值分别为 59.9、37.2、34.1 μg · m⁻³ 和

16.3 μg · m⁻³.
2)延吉市 PM_{2.5} 月均浓度变化呈单峰单谷型,月均浓度最高值出现在 1 月,2 月开始逐月递减,10 月份开始回升.在 1 月、2 月、11 月和 12 月均出现 PM_{2.5} 浓度超标情况,其中 1 月和 12 月的

超标率超过 50%。

3)延吉市 $PM_{2.5}$ 浓度逐日变化曲线呈锯齿状,具有明显的尖峰和深谷,尖峰处的 $PM_{2.5}$ 日均浓度高于相邻深谷。在 1 月、2 月、3 月、11 月和 12 月,各空气监测站点的 $PM_{2.5}$ 日均浓度变化剧烈,尖峰处 $PM_{2.5}$ 浓度远高于相邻深谷,其余月份日均值浓度变化相对较小。

4)受污染物排放量日变化和大气湍流扩散能力日变化的影响,延吉市 $PM_{2.5}$ 浓度日变化曲线在春季、夏季、秋季和冬季都呈现双峰双谷型,其中冬季波动最大,其次为秋季和春季,夏季最小。

5)延吉市 $PM_{2.5}$ 浓度与各类气象要素之间存在显著的相关性,且季节不同其相关性也存在差异。

参考文献：

[1] 魏复盛,滕恩江,吴国平,等.我国 4 个大城市空气 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 污染及其化学组成[J]. 中国环境监测, 2001,17(特刊):1-6.
[2] 张金良,高健,刘喆,等.2013 年灰霾事件及其对北京市医院成人门急诊量影响的描述性研究[J]. 环境

与健康杂志,2014,31(10):853-859.
[3] 刘翠玲,常艳君.鲑鱼圈地区污染气象特征分析[J]. 气象与环境学报,2006,22(1):29-33.
[4] 黄菁莲.石河子市空气质量状况及动态变化分析[J]. 山西建筑,2007,33(15):358-359.
[5] 刘晓峰.改善兰州大气质量的建议[J]. 职业与健康, 2002,18(6):94-95.
[6] 赵娜,贾秀丽.近 10 年辽阳市大气环境质量及污染趋势分析[J]. 气象与环境学报,2007,23(3):50-53.
[7] 王英伟.长春市大气污染防治对策[J]. 吉林林业科技,2001,30(6):34-36.
[8] 孟燕军,程丛兰.影响北京大气污染物变化的地面天气形势分析[J]. 气象,2002,28(4):42-47.
[9] 柳长冀,杨柏生.成都市冬季大气污染气象条件预报方法[J]. 四川气象,1995,53(3):10-14.
[10] 张睿,蔡旭辉,宋宇.北京地区大气污染物时空分布及累积效应分析[J]. 北京大学学报(自然科学版),2004,40(6):930-938.
[11] 王占山,李云婷,陈添,等.2013 年北京市 $PM_{2.5}$ 的时空分布[J]. 地理学报,2015,70(1):110-120.
[12] WANG J H, OGAWA S. Effects of meteorological conditions on $PM_{2.5}$ concentrations in Nagasaki, Japan[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2015, 12(8):9089-9101.

(上接第 48 页)

4 结语

实验验证表明,本文提出的基于混合蒙特卡罗算法的网络隐式节点的监测方法,其最高丢包率仅为 0.05,低于蚁群算法(0.29)与 PEAS 算法(0.48),说明本文方法对网络隐式节点监测的输出控制性能较好,具有一定的实际应用价值。今后我们将研究进一步缩短网络隐式节点监测时间的方法,以提高监测网络隐式节点的效率。

参考文献：

[1] 郑宝林,唐惠康,谭营军.舰船通信网络中的移动脆弱节点定位与实现[J]. 舰船科学技术,2017,39(2A):103-105.

[2] 朱清超.多跳吞吐量分析及邻节点实时估计算法设计[J]. 计算机应用,2017,37(9):2484-2490.
[3] 廖福保,张文梅.改进的基于蚁群算法的非均匀分簇路由协议[J]. 计算机测量与控制,2017,40(4):36-38.
[4] 魏明东,何小敏,许亮.基于能量优化的无线传感器网络动态分簇目标跟踪[J]. 计算机应用,2017,37(6):1539-1544.
[5] 王楚捷,王好贤.M-CORD 下无线接入网络资源分配研究[J]. 计算机工程与应用,2018,54(22):92-98.
[6] 王清,龚晓峰,雒瑞森.基于圆阵虚拟阵列平移的相干信源数目估计[J]. 计算机工程,2018,44(9):78-82.