

2018年上海市PM_{2.5}的时空变异特征

张江华¹, 许慧慧¹, 东春阳¹, 贾晓东²

1. 上海市疾病预防控制中心健康危害因素监测与控制所, 上海 200336

2. 上海化学工业区医疗中心, 上海 201400

摘要:

[背景] PM_{2.5}持续暴露对人类健康构成严重威胁。空气污染成因复杂, 大型城市内部空气污染存在变异性, 研究若使用单一测量值作为暴露水平, 可能导致暴露错分。

[目的] 了解上海地区空气污染物PM_{2.5}的污染水平及时空变异来源, 分析城市PM_{2.5}空间分布特征。

[方法] 2018年在上海全市范围内设置区域背景点、城市背景点和交通点等20个固定监测点, 于冬季、夏季、秋季分别开展为期2周的PM_{2.5}监测, 并在距离国控自动监测站2 km范围内设置一个校准点进行全年监测, 对全年及3个季节的监测数据分别进行时间校准。观察不同采样时段PM_{2.5}的浓度时空变化情况, 使用方差组分分析法分析变异来源, 利用普通克里金插值法对不同采样季节的PM_{2.5}浓度进行空间插值, 采用留一交叉验证(LOOCV)法进行插值精度检验。

[结果] 全市校准年均浓度值为39.87 μg·m⁻³, 秋冬季校准PM_{2.5}平均浓度较高, 夏季明显降低。全年监测显示各个点位类型之间差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。全年总体浓度变异的83.84%归因于点位之间的变异, 16.16%归因于季节变异; 不同季节PM_{2.5}校准浓度贡献率主要来自点位间变异。普通克里金插值法PM_{2.5}的决定系数 R^2 波动范围为0.33~0.85, LOOCV法均方根误差波动范围为4.88~8.41 μg·m⁻³。PM_{2.5}浓度趋势面显示浓度污染高值区位于西部地区。

[结论] 上海市PM_{2.5}浓度呈现秋冬季高、夏季低的变化趋势, 空间上呈现西部高、东部低的格局。可以利用克里金插值法提供PM_{2.5}暴露浓度空间分析。

关键词: PM_{2.5}; 时空变化; 克里金插值; 暴露评估

Spatiotemporal variation characteristics of PM_{2.5} across Shanghai in 2018 ZHANG Jiang-hua¹, XU Hui-hui¹, DONG Chun-yang¹, JIA Xiao-dong² (1.Division of Health Risk Factors Monitoring and Control, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China; 2.Shanghai Chemical Industry Park Medical Center, Shanghai 201400, China)

Abstract:

[Background] Long-term exposure to PM_{2.5} poses a serious threat to human health. The spatial variability in air pollution within a large city is resulted from complex causes of air pollution. It will lead to exposure misclassification if a single measurement is used to evaluate exposure in epidemiological studies.

[Objective] This study aims to understand the pollution levels of PM_{2.5} and potential causes of spatiotemporal variability and analyze the spatial distribution characteristics of PM_{2.5} in Shanghai.

[Methods] Twenty fixed monitoring sites were selected in Shanghai in 2018, including regional background, urban background, and street-level sites. Three two-week PM_{2.5} samples were measured during winter, summer, and fall per site, and the average concentrations in the year and the three seasons for each site were calculated using continuous measurements at one routine background site 2 km away from the national automatic monitoring station as a reference. Spatiotemporal variation analysis and variance apportionment analysis were conducted. PM_{2.5} concentrations in different seasons were estimated by ordinary Kriging interpolation method, and their precisions were evaluated by leave one out cross validation (LOOCV).

[Results] The annual average calibrated concentration of PM_{2.5} was 39.87 μg·m⁻³, and the average calibrated concentration was higher in autumn and winter than in summer. There were no significant differences between different site types across the year ($P>0.05$). In addition,

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.19569

作者简介

张江华(1980—), 女, 博士, 副主任医师;
E-mail: zhangjianghua@scdc.sh.cn

通信作者

许慧慧, E-mail: xuhuihui@scdc.sh.cn
贾晓东, E-mail: jiaxiaodong@scipmc.com

利益冲突 无申报

收稿日期 2019-08-20

录用日期 2019-12-12

文章编号 2095-9982(2020)04-0314-07

中图分类号 R122.2

文献标志码 A

►引用

张江华, 许慧慧, 东春阳, 等. 2018年上海市PM_{2.5}的时空变异特征[J]. 环境与职业医学, 2020, 37(4): 314-320.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19569

Correspondence to

XU Hui-hui, E-mail: xuhuihui@scdc.sh.cn

JIA Xiao-dong, E-mail: jiaxiaodong@scipmc.com

Competing interests None declared

Received 2019-08-20

Accepted 2019-12-12

►To cite

ZHANG Jiang-hua, XU Hui-hui, DONG Chun-yang, et al. Spatiotemporal variation characteristics of PM_{2.5} across Shanghai in 2018[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(4): 314-320.

►Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19569

83.84% of the overall $PM_{2.5}$ variances were attributable to the variability among sites and 16.16% to the variability of seasons. The $PM_{2.5}$ spatial variability in different seasons was mostly determined by differences among sites. The coefficient of determination (R^2) by Kriging interpolation model ranged from 0.33 to 0.85, and the LOOCV root mean squared error ranged from 4.88 to 8.41 $\mu g \cdot m^{-3}$. $PM_{2.5}$ concentration trend surface showed that the area with high-concentration pollution was located in the western region of Shanghai.

[Conclusion] The $PM_{2.5}$ concentration exhibits a distinct spatiotemporal variation trend that the level is higher in winter and autumn than in summer, and higher in the western area than in the eastern area of Shanghai. Kriging interpolation can provide a spatial analysis on $PM_{2.5}$ exposure.

Keywords: $PM_{2.5}$; spatiotemporal variation; Kriging interpolation; exposure assessment

空气污染是非传染性疾病流行的重要危险因素之一, 大气细颗粒物 ($PM_{2.5}$) 浓度超标导致的空气质量下降及其对人体健康的危害已成为近期国内社会关注的热点。现已证实低浓度 $PM_{2.5}$ 的持续暴露对于人类健康亦有不可忽视的危害。 $PM_{2.5}$ 即使在低于大气环境质量的浓度下, 仍与多种不良健康结局相关, 如死亡、心血管疾病、肺癌、哮喘及不良妊娠结局^[1-4]。

早期的流行病学研究多直接将室外大气常规自动监测站点的单一平均测量值作为人群的暴露水平, 忽视了污染物随时间、空间各种因素的变化情况。近些年来, 国外大量流行病学研究利用多种暴露评价模型对大气污染物暴露水平进行评估^[5-8]。部分模型借助空间统计技术分析研究区域空气污染物浓度的时空变异^[9-11], 基于交通密度、土地利用、气象、人口特征等变量估算室外污染物浓度, 利用回归模型可根据队列参与者的家庭住址来估算空气污染物年平均浓度^[6], 可在一定程度上减少暴露错分。

上海是拥有 2 400 多万人口的超大城市, 也是我国重要的经济中心和航运中心, 人口规模庞大、机动车保有量增长迅速、工业能源结构不合理等因素都加重了空气污染问题。考虑到空气污染来源的多样性, 本研究根据上海本地空气污染特征设置不同类型监测点, 利用监测数据推算 $PM_{2.5}$ 长期平均浓度, 为空间分析模型提供数据; 分析不同点位的变异度来源, 比较不同类型监测点之间的差异; 借助地理信息系统工具来评估 $PM_{2.5}$ 长期污染水平, 观察 $PM_{2.5}$ 不同时间尺度和空间的变化趋势。

1 材料与方法

1.1 监测对象特征

上海位于江海交汇的长江三角洲东部, 地处东经 120°52′至 122°12′, 北纬 30°40′至 31°53′之间, 全市面积约 6 300 km², 共辖 16 个区, 2017 年末常住人口达

2 418.33 万。上海属北亚热带季风性气候, 四季分明, 日照充分, 雨量充沛。

1.2 监测点设置

在全市范围内设置 3 种类型 20 个 $PM_{2.5}$ 监测点, 分别为区域背景点 (3 个)、城市背景点 (5 个)、交通点 (12 个)。考虑到空气污染来源的多样性 (人口密度、交通密度等), 为了体现污染物浓度的空间梯度变化, 20 个监测点依据交通道路密度、人口密度进行正交分层, 高道路密度高人口密度、高道路密度低人口密度、低道路密度高人口密度、低道路密度低人口密度四类区域里监测点数量分别为 10 个、7 个、2 个、1 个, 记录监测点的经纬度坐标。区域背景点设在主城区之外, 且不受交通污染源的影响; 城市背景点设在主城区内部, 离主干道至少 50 m; 交通点设在建筑物正立面 (建筑物正门或主要通道所在的一面) 的道路边上。采样前对室外监测点位的地理位置、周围交通及建筑物等基本信息进行调查, 所有监测点 100 m 范围内均无其他污染源 (建筑工程、锅炉房、停车场等)。另外, 为调整监测浓度的时间变异性, 在距离环境空气质量国控自动监测站 2 km 范围内设置一个校准点, 进行全年连续采样, 用来校准其他点位的不连续的长期测量数据。校准点位设置原则同城市背景点, 避免周围污染源的影响。

1.3 采样方案

分别于 2018 年 1 月 25 日—2 月 7 日 (冬季)、7 月 12—25 日 (夏季)、10 月 18—31 日 (秋季), 对每个监测点持续采样 14 d, 进行污染物 $PM_{2.5}$ 监测; 校准点进行全年连续监测。所有大气颗粒物采样器均使用 PNS 16T-3.1 小流量采样器 (德国康姆德润达), 流速设置为 16.67 L·min⁻¹, 采集粒径小于 2.5 μm 的颗粒物, 收集至 47 mm 石英滤膜 (美国 PALL) 上, 采样前进行流量校准。采样口距地面高度在 5~15 m 范围内, 距支撑物表面 1 m 以上。为了防止滤膜颗粒物过载, 进行间隔采样, 采样 1.5 h 间歇 0.5 h, 2 d 的颗粒物采在同一

张膜上, 采样器每张膜可获得 36 h 的有效采样, 一个周期共采样 7 张膜。本次研究每张滤膜采样时间均在 30~40 h 之间, 每个监测点位覆盖 3 个采样周期。

1.4 检测方法

所有滤膜边缘平整, 厚薄均匀, 无毛刺, 无污染, 无针孔或任何破损。使用前放入马弗炉中 400 °C 下加热 5 h, 去除有机物及增加滤膜韧性。称重前进行平衡, 将滤膜放在 RG-AWS5 恒温恒湿自动称重系统 (青岛容广) 中平衡至少 24 h 后进行称量。平衡条件: 温度 (25±1) °C, 湿度 (50±5) %。记录恒温恒湿箱平衡温度和湿度, 确保滤膜在采样前后平衡条件一致。滤膜平衡后对滤膜进行称量。天平室的温度和湿度与恒温恒湿箱保持一致, 称量前使用静电去除器去除滤膜静电。

1.5 质量控制

每次采样前对采样器进行温度、气压及流量校准; 采样过程中监测气象参数、仪器状态参数等; 采样结束后, 滤膜装入保存盒置于密闭袋中避光运输, 样品于 -20 °C 密闭、避光保存。

每一轮采样季, 同时采集 3 个现场空白和 1 个平行样。在 3 个点位同时采集现场空白, 现场空白滤膜置于未连接的采样器上, 保留 14 d。本次研究空白滤膜前、后两次称量质量之差均远小于采样滤膜上的颗粒物负载量 (≤2%), 采样监测数据均有效。计算现场空白称重, 以标准差的 3 倍作为检出限。在校准点位同时设置 1 个平行样, 在每一轮采样季同时进行采样, 根据平行样的结果计算测量方法精度。

1.6 时间校准

上海市的空气污染水平呈现典型的季节变化趋势, 本次颗粒物采样监测覆盖 2018 年 3 个季度, 使用校准点连续性监测数据推算出每个监测点位的长期年平均浓度, 及每个采样季节的长期平均浓度^[6]。每一轮采样计算校准浓度 (校准点测量值与年平均浓度之差), 进行时间校准; 各个监测点的浓度减去同一个采样周期内的校准浓度来调节时间变异性, 计算长期变异趋势。另外, 将不同季节的监测数据进行校准, 计算冬季、夏季、秋季 (春季、秋季为过渡季, 本研究以秋季作为代表采样) 3 个季节的变异性趋势。在整个研究区域内比较各个点位年平均浓度和季节平均浓度。校准公式如下: 监测点校准浓度 = 监测点实测浓度 - (同采样时段校准点监测浓度 - 校准点全年或季节平均浓度)。

1.7 数据分析

计算各监测点位的校准年平均浓度和校准季节平均浓度, 使用方差分析方法比较城市背景点、区域背景点和交通点之间的差异, 并比较不同季节监测点平均浓度之间的差异; 使用方差组分分析来评估点位、季节方差差异; 计算区域背景点与城市背景点以及交通点与城市背景点 $PM_{2.5}$ 校准平均浓度比值。本研究使用 SAS 9.2 进行数据的处理和描述性统计。

为了直观反映研究区域 $PM_{2.5}$ 的空间特征, 基于地统计学进行模拟分析, 利用 ArcGIS10.2 平台地统计模块中“普通克里金插值法”进行插值, 生成空间连续分布图。普通克里金插值法是大气污染物浓度模拟应用较广泛的一种方法, 是建立在半变异函数理论分析基础上, 对有限区域内变量取值进行无偏最优估计的一种方法^[12], 对区域内具有空间相关性的数据模拟精度较高^[13]。普通克里金插值法的使用前提是要要求数据符合正态分布, 否则会产生比例效应, 影响预测精度, 故需对浓度数据进行正态性检验, 对不符合正态分布的数据进行自然对数转换。本研究中全年、冬季、夏季数据均符合正态分布, 仅秋季数据进行自然对数转换。采用留一交叉验证 (leave one out cross validation, LOOCV) 法来评价插值的精度, LOOCV 法是将多个已知点按顺序留下一点, 使用其他点来进行插值以获取该点的估测值, 然后将估测值和实测值进行比较并计算误差。本研究以均方根误差 (root mean squared error, RMSE) 作为指标评价插值精度。RMSE 可以反映插值数据偏离真实值的程度, RMSE 越小插值精度越高。

2 结果

2.1 基本情况及质量控制结果

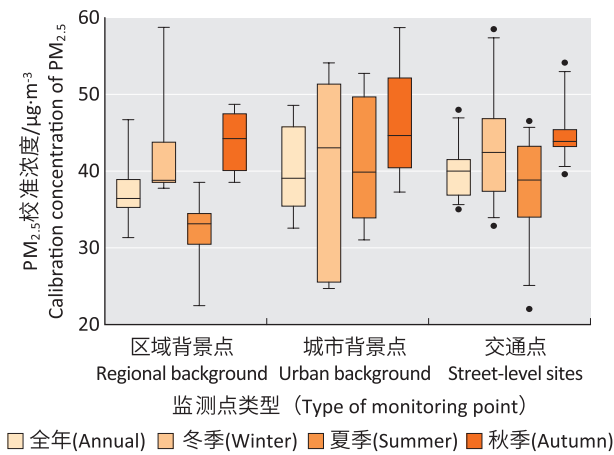
各个监测点位校准年均浓度值在 31.34~48.57 $\mu g \cdot m^{-3}$ 之间, 全市校准年平均浓度值为 39.87 $\mu g \cdot m^{-3}$ 。在不同季节的采样过程中, $PM_{2.5}$ 检出限为 2.52~8.83 $\mu g \cdot m^{-3}$, 本研究所有监测点位 $PM_{2.5}$ 的水平结果均高于检出限。平行样 $PM_{2.5}$ 水平变异系数为 5.17%, 显示采样重现性良好。全年自监测数据与国控点位数据一致性尚可 ($r=0.65$, $P<0.05$)。

2.2 时间变异性

校准点全年监测平均浓度为 (44.99±23.02) $\mu g \cdot m^{-3}$, 变异系数 51.17%。2018 年冬季、夏季、秋季 3 个监测点采样时段对应的校准点 $PM_{2.5}$ 平均浓度呈现鲜明的

季节趋势,从高到低依次为冬季、秋季、夏季,分别是(77.80±66.18)、(43.97±11.90)、(36.30±22.57) μg·m⁻³。

根据校准点的连续性监测数据,将所有监测点位进行年平均浓度和季节平均浓度校准,全市PM_{2.5}校准年平均浓度与未校准年平均浓度相关性较差($r=0.27$, $P<0.05$),校准结果见图1。根据校准季节浓度结果,秋冬季节校准PM_{2.5}平均浓度较高,夏季明显降低。



[注] 箱体范围依次为上四分位数、中位数、下四分位数;须表示 P_{10} 和 P_{90} ,超过须的数据点视为异常值。

[Note] Median and the 25th and 75th percentiles are shown in box shapes; whiskers indicate the 10th and 90th percentiles and individual outliers are shown as points.

图1 研究区域不同点位类型的PM_{2.5}校准浓度
Figure 1 Adjusted annual average PM_{2.5} concentrations by site type in the study area

2.3 空间变异性

全市年校准平均浓度极差为17.22 μg·m⁻³,其中:城市背景点变异最大,年校准平均浓度极差为16.00 μg·m⁻³;交通点变异最小,年校准平均浓度极差为12.97 μg·m⁻³。全年3个季度校准浓度数据方差组分分析结果显示,不同季节PM_{2.5}校准浓度贡献率主要来自监测点位间变异,而监测点类型对PM_{2.5}校准浓度影响不显著,仅夏季点位类型的变异占6.67%,其余采样季均为0,说明PM_{2.5}校准浓度变异主要来源于局部地区尺度。总体浓度变异的83.84%归因于监测点位之间的变异,16.16%归因于季节变异,不同点位类型的变异为0,说明全年不同季节的变异稀释了点位类型变异。见表1。

全年各个监测点位类型之间均无差异(均 $P>0.05$)。表2列出了区域背景点与城市背景点PM_{2.5}校准浓度比值以及交通点与城市背景点PM_{2.5}校准浓度

比值。结果显示:冬季区域背景点、交通点浓度高于城市背景点,其余采样季节均低于城市背景点,夏季区域背景点与城市背景点比值最低,仅为0.76。

表1 PM_{2.5}校准年平均浓度和校准季节平均浓度方差组分分析
Table 1 Variance apportionment based on adjusted annual mean and adjusted seasonal mean concentrations of PM_{2.5}

采样时段 Sampling season	不同点位类型的变异/% Variance among site types	点位之间的变异/% Variance among sites	季节变异/% Seasonal variance
全年 (Annual)	0.00	83.84	16.16
冬季 (Winter)	0.00	100.00	—
夏季 (Summer)	6.67	93.33	—
秋季 (Autumn)	0.00	100.00	—

表2 区域背景点与城市背景点以及交通点与城市背景点PM_{2.5}校准平均浓度比值

Table 2 Adjusted average PM_{2.5} concentration ratios of regional background to urban background and of street-level sites to urban background in the study area

采样时段 Sampling season	区域背景点与城市背景点比值 Ratio of regional to urban background	交通点与城市背景点比值 Ratio of street-level sites to urban background
全年 (Annual)	0.95	1.00
冬季 (Winter)	1.15	1.10
夏季 (Summer)	0.76	0.91
秋季 (Autumn)	0.95	0.98

2.4 大气污染物的空间浓度模拟

本研究对20个监测点位的2018年冬季、夏季、秋季及全年校准平均浓度数据分别进行普通克里金插值,得到全年和不同采样季节PM_{2.5}浓度的空间估值,结果见表3。PM_{2.5}的决定系数 R^2 波动范围为0.33~0.85,PM_{2.5}年均校准浓度LOOCV RMSE为5.19 μg·m⁻³,冬季、夏季、秋季季节平均校准浓度LOOCV RMSE分别为7.34、8.41、4.88 μg·m⁻³。

表3 普通克里金插值法对不同采样时段PM_{2.5}浓度的空间估值结果

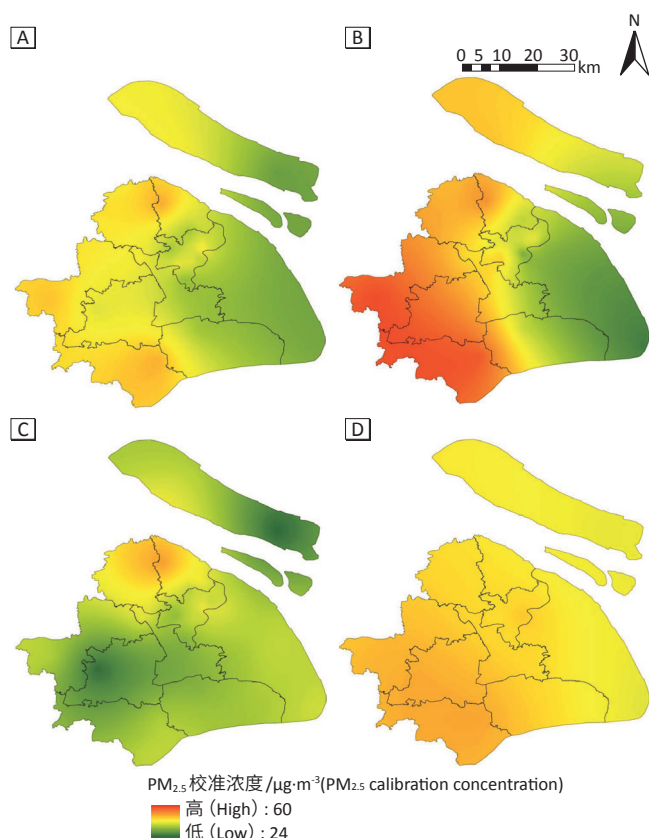
Table 3 Spatial estimates of annual and seasonal mean concentrations of PM_{2.5} by ordinary Kriging

采样时段 Sampling season	决定系数 R^2	均方根误差/μg·m ⁻³ RMSE	LOOCV 均方根误差/μg·m ⁻³ LOOCV RMSE
全年 (Annual)	0.85	7.57	5.19
冬季 (Winter)	0.66	5.58	7.34
夏季 (Summer)	0.70	11.64	8.41
秋季 (Autumn)	0.33	8.44	4.88

[注 (Note)] LOOCV: 留一交叉验证 (Leave one out cross validation)。

全年校准平均浓度呈现自西向东浓度逐渐递减的趋势,高浓度地区主要分布在西南部以及北部地区

(图2A)。冬季校准平均浓度呈现西高东低的分布特征,东部地区浓度最低,西部地区污染相对严重,高于其他季节(图2B)。夏季校准平均浓度不同于冬季,整体污染水平最低,南北分布特征明显,南部地区污染水平较低,高浓度污染值出现在北部地区(图2C)。秋季校准浓度全市范围较均一,没有明显地区差异,过渡不明显(图2D)。



[注] A: 全年; B: 冬季; C: 夏季; D: 秋季。

[Note] A: Annual; B: Winter; C: Summer; D: Autumn.

图2 普通克里金插值法预测2018年上海PM_{2.5}浓度

Figure 2 Predicted concentrations of PM_{2.5} by ordinary Kriging interpolation in Shanghai in 2018

3 讨论

本研究显示,2018年上海市大气污染物PM_{2.5}浓度有明显的季节变化规律,呈现秋冬季高、夏季低的变化特征,推测主要是由于大气污染物排放强度以及气象条件变化造成。上海市地处长江入海口,无采暖季,PM_{2.5}的形成和分布与天气情况和人类活动密切相关。冬季上海天气静稳,降水较少,风速小,受强冷高压脊影响,逆温天气发生频繁,及西向输送增加,使得PM_{2.5}浓度增加,大气污染严重^[14-15]。

流行病学研究评估空气污染物长期暴露的健康效应,通常采用居住地址污染物浓度来标识暴露水

平。早期的流行病学研究多直接将室外大气监测站点的测量值作为人群的暴露水平,据此建立与不同健康终点之间的相应关系。由于空气污染具有明显的空间异质性,并且局部污染源的变化污染浓度也会发生空间转移,估算社区水平污染物暴露时忽视了污染物随时间、空间等因素的变化情况,在一定程度上增加了暴露错分。在估算个人的真实暴露时可能引入随机误差,甚至导致观察空值^[16]。空间变异性结果提示用一个监测点浓度来代表城市平均浓度并不准确,因此采用地统计模型进行暴露评估是一个合适的选择。

本研究中,各监测点位PM_{2.5}校准年平均浓度与未校准年平均浓度相关性较差,主要是由于PM_{2.5}较大的时间变异度所致^[17]。方差分析结果显示:上海市PM_{2.5}总体浓度变异的83.84%归因于点位之间的变异,16.16%归因于季节变异;不同季节PM_{2.5}校准浓度贡献率则主要来自点位间变异。推测可能是因为研究设置监测点时对全区域交通道路密度、人口密度进行了正交分层,因此局部地区PM_{2.5}校准浓度的变异可能来源于人口或住宅密度、土地利用类型等因素^[18]。

本研究20个监测点位PM_{2.5}年均校准浓度值为39.87 μg·m⁻³,2018年上海市生态环境局发布的《2018上海市生态环境状况公报》显示,2018年上海市PM_{2.5}年均浓度为36 μg·m⁻³,超过GB 3095—2012《环境空气质量标准》二级标准的年平均限值(35 μg·m⁻³)。本研究只进行了3个季度2周的采样,自测年均浓度结果与空气质量标准年均值的对比意义非常有限,因此本研究设置校准点用于将所有监测点浓度数据校准成年均浓度^[6-8, 17]。

本研究结果提示2018年上海市大气PM_{2.5}不同季节各个点位类型之间差异均无统计学意义,点位类型的异质性并没有明确的规律,与Eeftens等^[17]的欧洲空气污染效应队列研究中立陶宛考那斯、英国曼彻斯特、奥地利福拉尔贝格、匈牙利杰尔等研究区域的结果类似。交通点和城市背景点PM_{2.5}校准平均浓度比值的差异主要来源于交通密度、交通车辆构成、局部地区气候和气象因素、局部地区地理特征和街道布局等。本研究交通点与城市背景点比值低于欧洲20个研究区域的平均水平^[17],可能是因为交通点与路边的距离大于其他研究区域。结果提示在不同研究中使用不同暴露指标(比如离主要道路的距离或附近道路的交通密度)往往会得到不同的暴露水平,因

而在比较交通道路相关健康效应时存在一定的限制。交通点与城市背景点比值比较低,可能与空气污染长距离输送高浓度 $PM_{2.5}$ 有关,局部地区污染源升高 $PM_{2.5}$ 浓度不显著。

本研究基于2018年上海市20个监测站点的 $PM_{2.5}$ 浓度数据,使用普通克里金插值法进行年均浓度和季节浓度插值,年均浓度插值结果拟合良好, R^2 为0.85, $RMSE$ 为 $5.19\mu g\cdot m^{-3}$ 。季节浓度插值拟合 R^2 波动范围为0.33~0.70。 $PM_{2.5}$ 季节性分布特征对插值结果有明显影响,秋季插值精度较高,而夏季插值精度最低。其他一些基于常规环境空气质量监测的国内外研究结果显示,普通克里金插值法时空建模的年均浓度拟合 R^2 在0.38~0.82之间^[19-20]。插值结果显示, $PM_{2.5}$ 年均值整体较低,与其他内陆城市相比,上海市空气质量较好。空间趋势上,自西向东逐渐递减,可能是因为上海市西部地区分布大量工业区,污染物种类和来源复杂,中心城区人口密集,而东部郊区人流量和车流量小,环境质量良好^[21]。

对2018年的上海市自监测数据进行插值,研究结果提示大气 $PM_{2.5}$ 存在一定空间变异,与交通污染、人口密度等因素有关,因此在设置空气污染监测点位时需考虑以上因素,不能单一地选取某种类型点位来代表整个城市的污染水平。利用空间插值结果,得出上海市连续的空气污染浓度曲面,可以用来估算全市任一点的污染浓度,初步用于空气污染流行病学的人群暴露评估。但是建模未考虑不同点位的人口密度、土地利用、污染源以及气象因素等影响,在下一步工作中可引入以上变量,开发土地利用回归模型,结合大量的监测数据开展准确的暴露评估以减少暴露错分。本研究使用的方法可为长期流行病学暴露研究提供一定基础;但是本次监测点位数量有限,采样数据相对少,一年监测数据也不足以用于队列研究的暴露评估,需要更进一步扩充点位数,连续收集监测数据,以获得更加稳定的模型。

综上,本研究显示2018年上海市大气污染物 $PM_{2.5}$ 浓度呈现明显秋冬季高、夏季低的变化特征;研究区域内 $PM_{2.5}$ 浓度监测点位类型差异不显著,但点位间差异显著;监测点 $PM_{2.5}$ 浓度交通点与城市背景点比值较低,可能与监测点位设置有关。地统计模型插值拟合良好,显示上海市 $PM_{2.5}$ 浓度呈现西高东低趋势,借助模型可评估长期暴露水平,为进一步探索适合我国特征的个体暴露评估提供研究基础。

参考文献

- [1] DOCKERY DW, POPE CA, XU X, et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities [J]. *N Engl J Med*, 1993, 329 (24): 1753-1759.
- [2] SCHWARTZ J. Harvesting and long term exposure effects in the relation between air pollution and mortality [J]. *Am J Epidemiol*, 2000, 151 (5): 440-448.
- [3] POPE III CA, THUN MJ, NAMBOODIRI MM, et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1995, 151: 669-674.
- [4] RAPPAZZO KM, DANIELS JL, MESSER LC, et al. Exposure to fine particulate matter during pregnancy and risk of preterm birth among women in New Jersey, Ohio, and Pennsylvania, 2000-2005 [J]. *Environ Health Perspect*, 2014, 122 (9): 992-997.
- [5] ZOU B, WILSON JG, ZHAN FB, et al. Air pollution exposure assessment methods utilized in epidemiological studies [J]. *J Environ Monit*, 2009, 11 (3): 475-490.
- [6] EEFTEENS M, BEELEN R, DE HOOGH K, et al. Development of Land Use Regression models for $PM_{2.5}$, $PM_{2.5}$ absorbance, PM_{10} and PM_{coarse} in 20 European study areas; results of the ESCAPE project [J]. *Environ Sci Technol*, 2012, 46 (20): 11195-11205.
- [7] MACINTYRE EA, GEHRING U, MÖLTER A, et al. Air pollution and respiratory infections during early childhood: an analysis of 10 European birth cohorts within the ESCAPE Project [J]. *Environ Health Perspect*, 2014, 122 (1): 107-113.
- [8] PEDERSEN M, GIORGIS-ALLEMAND L, BERNARD C, et al. Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE) [J]. *Lancet Respir Med*, 2013, 1 (9): 695-704.
- [9] CHEN T, HE J, LU X, et al. Spatial and temporal variations of $PM_{2.5}$ and its relation to meteorological factors in the urban area of Nanjing, China [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2016, 13 (9): 921.
- [10] LIU C, HENDERSON BH, WANG D, et al. A land use regression application into assessing spatial variation of intra-urban fine particulate matter ($PM_{2.5}$) and nitrogen dioxide (NO_2) concentrations in City of Shanghai, China [J]. *Sci Total Environ*, 2016, 565: 607-615.
- [11] ROSS Z, ITO K, JOHNSON S, et al. Spatial and temporal

- estimation of air pollutants in New York City : exposure assignment for use in a birth outcomes study [J] . Environ Health, 2013, 12 (1) : 51.
- [12] 刘妍月, 李军成. 长沙市大气中PM_{2.5}浓度分布的空间插值方法比较 [J] . 环境监测管理与技术, 2016, 28 (2) : 14-18.
- [13] CAO JJ, SHEN ZX, CHOW JC, et al. Winter and summer PM_{2.5} chemical compositions in fourteen Chinese cities [J] . J Air Waste Manag Assoc, 2012, 62 (10) : 1214-1226.
- [14] 王明莹, 庄惠生. 上海市大气PM_{2.5}污染特征及相关因素分析 [J] . 科学技术与工程, 2017, 17 (7) : 303-308.
- [15] 毛卓成, 马井会, 瞿元昊, 等. 2015年上海地区空气质量状况及其与气象条件的关系 [J] . 气象与环境学报, 2018, 34 (2) : 52-60.
- [16] GÖTSCHI T, HEINRICH J, SUNYER J, et al. Long-term effects of ambient air pollution on lung function : a review [J] . Epidemiology, 2008, 19 (5) : 690-701.
- [17] EEFTENS M, TSAI MY, AMPE C, et al. Spatial variation of PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{2.5} absorbance and PM_{coarse} concentrations between and within 20 European study areas and the relationship with NO₂ Results of the ESCAPE project [J] . Atmos Environ, 2012, 62 : 303-317.
- [18] DE HOOGH K, CHEN J, GULLIVER J, et al. Spatial PM_{2.5}, NO₂, O₃ and BC models for Western Europe-Evaluation of spatiotemporal stability [J] . Environ Int, 2018, 120 : 81-92.
- [19] ZOU B, LUO Y, WAN N, et al. Performance comparison of LUR and OK in PM_{2.5} concentration mapping : a multidimensional perspective [J] . Sci Rep, 2015, 5 : 8698.
- [20] 覃杰, 蔡周旸, 杨勇. 区域PM_{2.5}时空建模与分析研究——以福建省为例 [J] . 环境科学与管理, 2019, 44 (5) : 47-51.
- [21] 李敏, 何红弟, 郝杨杨. 上海市大气环境中PM_{2.5}/PM₁₀时空分布特征 [J] . 云南大学学报 (自然科学版), 2019, 41 (2) : 323-332.
- (英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 丁瑾瑜)

· 告知栏 ·

《环境与职业医学》入选2019—2020年度CSCD核心库

2019年4月29日, 中国科学院文献情报中心公布了2019—2020年度中国科学引文数据库 (Chinese Science Citation Database, CSCD) 1230种来源期刊名单。CSCD来源期刊分为核心库和扩展库两部分, 其中核心库908种, 扩展库322种, 《环境与职业医学》被CSCD核心库持续收录!

《环境与职业医学》2015年首次成为CSCD (扩展库) 来源期刊, 2017年进入核心库。近年编辑部在布局数字化业务、拓展传播途径、提升编辑素养、稳定出版质量等方面持续付出不懈努力, 陆续发表了《尘肺病治疗中国专家共识 (2018年版)》, “PM_{2.5}污染及其健康影响”“环境内分泌干扰物的健康影响”等一系列热点文章和专栏, 建立了布局完善、功能强大的网站及微信公众号, 并于2019年度全新改版杂志, 全方位紧跟数字化出版趋势, 实现CSCD、北大核心、科技核心全部持续收录。

杂志的点滴进步都离不开各位编委、审稿专家、作者和读者的支持和关注, 特此志谢! 衷心希望广大读者和作者一如既往支持本刊工作, 踊跃投稿!