

# 中国2018年PM<sub>2.5</sub>的空间分布特征 ——基于地理信息系统的研究

王涛, 王明悦, 胡薇, 周云平, 郑玉新, 冷曙光

青岛大学医学部, 山东 青岛 266021

## 摘要:

**[背景]** 近年来, 越来越多的研究关注区域细颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>) 的污染状况及其时空分布特征, 但大部分研究局限于单一城市或区域范围, 少数全国性研究也仅局限于 31 个省会城市, 对全国代表性较差, 且不利于空气污染干预措施的精准实施。

**[目的]** 分析中国 2018 年 PM<sub>2.5</sub> 的空间分布特征, 为下一阶段全国大气污染防治措施的制定提供科学依据。

**[方法]** 收集 2018 年中国 334 个地级及以上城市 PM<sub>2.5</sub> 实时监测数据。基于城市年平均值, 首先运用全局型 Moran's *I* 统计量分析 PM<sub>2.5</sub> 在中国整个区域的空间分布模式。其次运用局域型 Moran's *I* 统计量探明 PM<sub>2.5</sub> 的局部空间聚集性区域、聚集类型状态和确切分布位置。最后采用普通克里格法插值估计全国区域范围内的 PM<sub>2.5</sub> 浓度。

**[结果]** 2018 年, 中国 334 个地级及以上城市 PM<sub>2.5</sub> 年平均质量浓度 (后称浓度) 的均值为 (39.3±14.4) μg·m<sup>-3</sup>。196 个城市 (58.7%) 高于我国 PM<sub>2.5</sub> 年平均浓度限值 (35 μg·m<sup>-3</sup>)。PM<sub>2.5</sub> 存在全局空间自相关性 (Moran's *I*=0.58, *P*<0.001)。局域空间自相关探测到 98 个城市为高-高区域 (代表该空间单元观测值高, 其周围空间单元观测值也高, 余同), 15 个城市为低-高区域, 2 个城市为高-低区域, 99 个城市为低-低区域。新疆西部、京津冀及周边地区 PM<sub>2.5</sub> 浓度高, 呈现高值聚集区。广西壮族自治区的柳州市和甘肃省的武威市属于高-低区域, 该城市的 PM<sub>2.5</sub> 浓度高, 但其周围城市的 PM<sub>2.5</sub> 浓度较低。空间克里格插值结果显示有两个高污染城市聚集地, 分别为新疆西部及以河北、河南、山东、山西交界处为中心的区域。

**[结论]** 中国城市 PM<sub>2.5</sub> 年平均浓度具有空间自相关性。基于空间分布特征, 未来 PM<sub>2.5</sub> 污染治理仍应以京津冀及周边地区为核心, 加强区域联动治理模式, 共同打好大气污染防治的攻坚战。

**关键词:** 细颗粒物; 空气污染; 空间自相关; 普通克里格法; 地理信息系统

**Spatial distribution characteristics of PM<sub>2.5</sub> in China in 2018—A study based on geographic information system** WANG Tao, WANG Ming-yue, HU Wei, ZHOU Yun-ping, ZHENG Yu-xin, LENG Shu-guang (School of Medicine, Qingdao University, Qingdao, Shandong 266021, China)

## Abstract:

**[Background]** In recent years, more and more studies focus on the pollution status and spatial distribution characteristics of fine particulate matters with median aerodynamic diameter ≤ 2.5 μm (PM<sub>2.5</sub>), but most studies are limited to a single city or regional scope, and a few national studies are limited to 31 provincial capitals, which are poorly representative of the whole country, and are not conducive to accurate implementation of air pollution intervention measures.

**[Objective]** The spatial distribution characteristics of PM<sub>2.5</sub> in China in 2018 are analyzed to provide a scientific basis for the formulation of national air pollution control measures in the next stage.

**[Methods]** The real-time monitoring data of PM<sub>2.5</sub> in 334 cities at prefecture level and province level in China in 2018 were collected. Firstly, global Moran's *I* was used to quantify country-level spatial distribution pattern of PM<sub>2.5</sub>. Secondly, local Moran's *I* was used to explore potential spatial aggregation regions, aggregation types, and exact locations of PM<sub>2.5</sub> distribution. Finally, ordinary Kriging was used to interpolate the PM<sub>2.5</sub> concentration on a national scale.

**[Results]** In 2018, the annual mean concentration of PM<sub>2.5</sub> in selected 334 Chinese cities was (39.3±14.4) μg·m<sup>-3</sup>. The concentrations of PM<sub>2.5</sub> in 196 cities (58.7%) were higher than the national

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.19845

## 基金项目

国家自然科学基金重大研究计划重点支持项目 (91643203); 国家自然科学基金面上项目 (81872600); 广东省自然科学基金项目 (2018B030312005); 中国博士后科学基金面上项目 (2019M660161)

## 作者简介

并列第一作者  
王涛 (1988—), 男, 博士生;  
E-mail: 569478490@qq.com  
王明悦 (1997—), 女, 本科生;  
E-mail: 157622808@qq.com

## 通信作者

周云平, E-mail: zhouyp@qdu.edu.cn

利益冲突 无申报

收稿日期 2019-12-06

录用日期 2020-04-24

文章编号 2095-9982(2020)06-0553-05

中图分类号 R122

文献标志码 A

## ► 引用

王涛, 王明悦, 胡薇, 等. 中国 2018 年 PM<sub>2.5</sub> 的空间分布特征——基于地理信息系统的研究 [J]. 环境与职业医学, 2020, 37 (6): 553-557.

## ► 本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19845

## Funding

This study was funded.

## Correspondence to

ZHOU Yun-ping, E-mail: zhouyp@qdu.edu.cn

**Competing interests** None declared

**Received** 2019-12-06

**Accepted** 2020-04-24

## ► To cite

WANG Tao, WANG Ming-yue, HU Wei, et al. Spatial distribution characteristics of PM<sub>2.5</sub> in China in 2018—A study based on geographic information system[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(6): 553-557.

## ► Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19845

limit ( $35 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). The global spatial autocorrelation analysis results showed that the distribution of  $\text{PM}_{2.5}$  was spatially autocorrelated in China (Moran's  $I=0.58$ ,  $P<0.001$ ). The local spatial autocorrelation analysis results showed 98 cities presented a high-high relationship with their neighbors (the annual mean concentration of  $\text{PM}_{2.5}$  was in the high values in a location, and the annual mean concentrations of  $\text{PM}_{2.5}$  were also high in its surrounded areas, thereafter), 15 cities had a low-high relationship, 2 cities had a high-low relationship, 99 cities had a low-low relationship. The  $\text{PM}_{2.5}$  concentration was high in Western Xinjiang, Beijing-Tianjin-Hebei and surrounding areas. Liuzhou City in Guangxi Zhuang Autonomous Region and Wuwei City in Gansu Province belonged to high-low regions, displaying a high  $\text{PM}_{2.5}$  concentration in the city and lower concentrations in surrounding cities. The results of Kriging interpolation showed that two highly polluted urban agglomerations were Western Xinjiang and the juncture of Hebei, Henan, Shandong, and Shanxi provinces.

**[Conclusion]** The annual average concentrations of  $\text{PM}_{2.5}$  in Chinese cities show spatial autocorrelation. Based on the characteristics of spatial distribution, we should strengthen the regional linkage management with Beijing-Tianjin-Hebei and surrounding areas at its core and jointly take solid actions in the critical battles of air pollution prevention and control.

**Keywords:** fine particulate matter; air pollution; spatial autocorrelation; ordinary Kriging; geographical information system

随中国城市化、工业化进程加快, 空气质量日益下降, 尤其细颗粒物 (fine particulate matter with median aerodynamic diameter  $\leq 2.5 \mu\text{m}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ) 已经成为首要大气环境污染物。越来越多的研究应用地理信息系统 (geographical information system, GIS) 描述区域  $\text{PM}_{2.5}$  的污染状况及其时空分布特征, 如王振波等<sup>[1]</sup> 采用空间数据统计模型, 揭示全国 190 个城市 2014 年  $\text{PM}_{2.5}$  浓度的时空变化规律, Yang 等<sup>[2]</sup> 对珠三角地区、李雪梅等<sup>[3]</sup> 对京津冀地区大气污染的空间分布特征进行了分析。为治理和消除雾霾天气, 中国政府于 2013 年颁布了《大气污染防治行动计划》等一系列措施, 在全国范围内划分 13 个大气污染防治重点区域 (三区十群), 落实区域联防联控要求, 空气质量逐年改善, 大气污染物的空间分布特征也不断发生变化。因此, 本研究采用空间统计学方法分析 2018 年全国  $\text{PM}_{2.5}$  浓度的空间变化规律, 为制定下一阶段全国大气污染防治措施提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 资料来源

$\text{PM}_{2.5}$  浓度数据来源为中国环境监测总站实时发布的城市空气质量监测数据, 根据日平均值计算每个城市年平均  $\text{PM}_{2.5}$  浓度, 本研究的分析基于城市平均值。2018 年中国已有 338 个地级及以上城市开展  $\text{PM}_{2.5}$  浓度监测, 由于缺失昌都地区、林芝地区、日喀则地区和山南地区的数据, 本研究的分析基于其余 334 个地级及以上城市的  $\text{PM}_{2.5}$  监测数据。

### 1.2 分析方法

空间自相关可分析相邻空间区域的位置属性特征是否存在空间关联<sup>[4]</sup>。本研究首先运用全局型 Moran's  $I$  统计量探讨  $\text{PM}_{2.5}$  在中国整个区域的空间

分布模式。其次运用局域型 Moran's  $I$  统计量探明中国  $\text{PM}_{2.5}$  的局部空间聚集性区域、聚集类型状态和确切分布位置。Moran's  $I=0$  表明不存在空间自相关性,  $0<\text{Moran's } I\leq 1$  且  $P<0.05$  代表有空间正相关关系,  $-1\leq\text{Moran's } I<0$  且  $P<0.05$  则表示有空间负相关关系<sup>[5]</sup>。局域型 Moran's  $I$  统计量可判定每个空间单元自相关性, 结合  $Z$  检验可探测出四种有统计学意义的空间关联模式<sup>[4-5]</sup>: ①高-高区域, 代表该空间单元观测值高, 其周围空间单元观测值也高; ②高-低区域, 代表该空间单元观测值高, 但其周围空间单元观测值低; ③低-低区域, 代表该空间单元观测值低, 其周围空间单元观测值也低; ④低-高区域, 代表该空间单元观测值低, 但其周围空间单元观测值高。

对于具有空间自相关性的监测点数据, 可通过插值了解全区域内的完整空间分布。克里格法是一种无偏、最优估计的方法<sup>[6]</sup>。本研究采用普通克里格法插值估计全国区域范围内的  $\text{PM}_{2.5}$  浓度, 其中变异函数模型选用球形模型。

### 1.3 统计学分析

应用 ArcGIS 10.6 进行地图制作、空间自相关分析及克里格插值分析。

## 2 结果

### 2.1 空间分布基本特征

2018 年, 中国 334 个地级及以上城市  $\text{PM}_{2.5}$  年平均质量浓度 (后称浓度) 为  $(39.3\pm 14.4) \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , 中位数 ( $P_{25}$ ,  $P_{75}$ ) 为 37.1 (28.9, 47.8)  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。  $\text{PM}_{2.5}$  年平均浓度低于世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 标准限值 ( $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) 的城市仅有阿勒泰地区 ( $8.8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), 且 196 个城市 (58.7%) 高于我国  $\text{PM}_{2.5}$  年平均浓度限值 ( $35 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )。  $\text{PM}_{2.5}$  年平均浓度排名前十位的城市分别

为和田地区 ( $116.6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、喀什地区 ( $96.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、阿克苏地区 ( $74.3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、安阳 ( $72.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、临汾 ( $69.9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、石家庄 ( $69.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、五家渠 ( $69.0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、邯郸 ( $68.9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、邢台 ( $68.7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、保定 ( $66.4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )。三区十群重点区域  $\text{PM}_{2.5}$  年平均均值由高至低分别为新疆乌鲁木齐城市群 ( $58.28 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、陕西关中城市群 ( $56.56 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、京津冀 ( $54.97 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、山东半岛城市群 ( $49.43 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、山西中北部城市群 ( $46.78 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、长株潭城市群 ( $44.22 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、武汉及其周边城市群 ( $43.47 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、成渝城市群 ( $42.59 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、长江三角洲 ( $41.59 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、甘宁城市群 ( $39.78 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、辽宁中部城市群 ( $38.83 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、珠江三角洲 ( $30.66 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、海峡西岸城市群 ( $24.77 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )。334 个地级及以上城市年平均  $\text{PM}_{2.5}$  浓度分布见图 1。

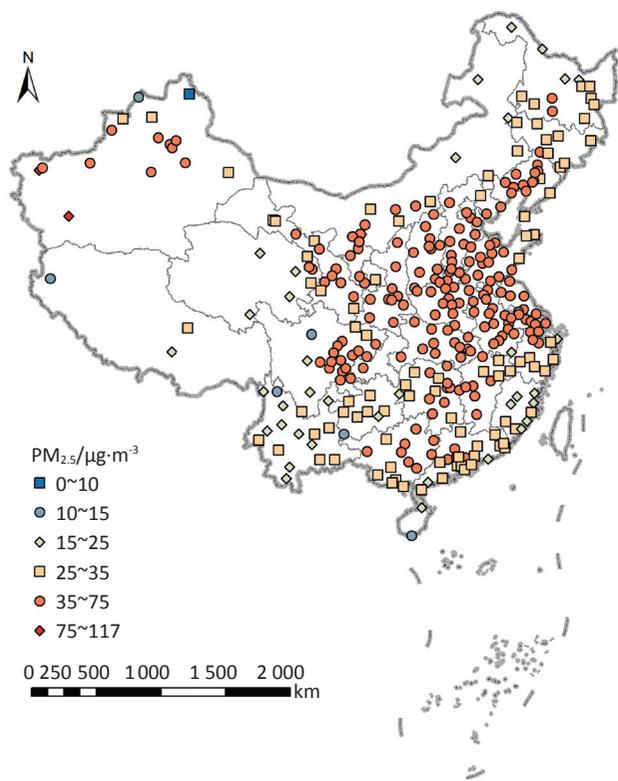


图1 2018年中国334个城市年平均  $\text{PM}_{2.5}$  浓度分布  
Figure 1 Distribution of  $\text{PM}_{2.5}$  annual mean concentrations in 334 cities of China in 2018

## 2.2 全局空间自相关

以地级及以上城市为空间单位进行全局 Moran's  $I$  分析, 空间自相关系数 Moran's  $I=0.58$ , 且  $P<0.001$ , 表明2018年我国各城市  $\text{PM}_{2.5}$  年平均浓度存在全局空间自相关性。

## 2.3 局域空间自相关

图2展现了2018年我国334个地级及以上城市

年平均  $\text{PM}_{2.5}$  浓度的空间关联模式分布, 214 个城市的局域空间自相关性有统计学意义。其中, 98 个城市为高-高区域, 即该 98 个城市年平均  $\text{PM}_{2.5}$  浓度高, 而其周围城市  $\text{PM}_{2.5}$  浓度也较高, 主要分布于北京市、天津市、河北省、河南省、山东省、山西省、江苏省、安徽省、湖北省及新疆维吾尔自治区; 15 个城市为低-高区域, 即这 15 个城市的  $\text{PM}_{2.5}$  浓度低, 位于周围的城市  $\text{PM}_{2.5}$  浓度较高, 主要分布于陕西省及其周边区域; 2 个城市为高-低区域, 即这 2 个城市的  $\text{PM}_{2.5}$  浓度高, 位于其周围的城市  $\text{PM}_{2.5}$  浓度较低, 分别为广西壮族自治区的柳州市和甘肃省的武威市; 99 个城市为低-低区域, 即这 99 个城市的  $\text{PM}_{2.5}$  浓度低, 其周围城市的  $\text{PM}_{2.5}$  浓度也较低, 主要分布于空气质量较好的吉林省、黑龙江省、福建省、广东省、海南省、贵州省、云南省以及广西壮族自治区。

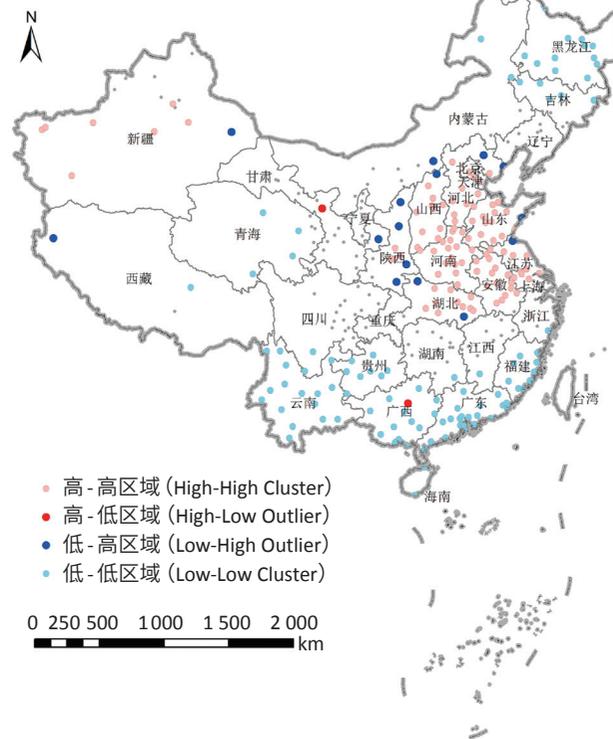


图2 2018年中国334个城市  $\text{PM}_{2.5}$  年平均浓度空间聚集  
Figure 2 Spatial clusters of  $\text{PM}_{2.5}$  annual mean concentrations in 334 cities of China in 2018

## 2.4 克里格插值估计

空间自相关分析显示  $\text{PM}_{2.5}$  浓度具有空间相关性, 因此可运用空间克里格插值方法依据监测点浓度值估计全国  $\text{PM}_{2.5}$  浓度。结果显示有两个高污染城市聚集地: 一是新疆西部,  $\text{PM}_{2.5}$  年平均浓度以此为中心

向四周逐渐降低；二是以河北、河南、山东、山西四省交界处为中心，四周  $PM_{2.5}$  年平均浓度逐渐降低。见图 3。

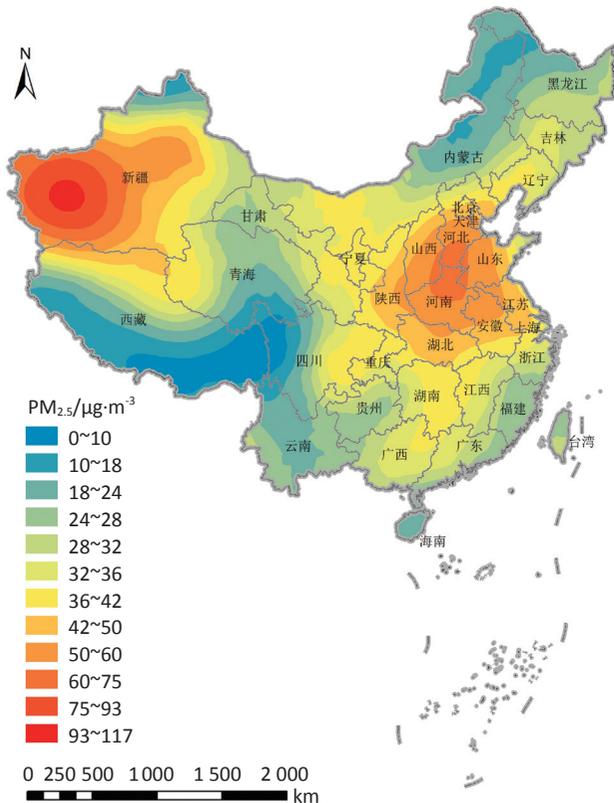


图 3 2018 年中国  $PM_{2.5}$  年平均浓度普通克里格插值分布图  
Figure 3 Distribution of  $PM_{2.5}$  annual mean concentrations by ordinary Kriging interpolation in China in 2018

### 3 讨论

2018 年，中国 334 个地级及以上城市的  $PM_{2.5}$  年平均浓度为  $39.3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，2014 年 190 个监测城市的年平均  $PM_{2.5}$  浓度为  $61 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ <sup>[1]</sup>，与之相比，2018 年我国的空气质量大为改善，但仍有 58.7% 的城市超过我国  $PM_{2.5}$  浓度限值 ( $35 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )，与 WHO 标准限值 ( $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) 相差更远，与 2015—2017 年美国 ( $7.9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、2015—2016 年欧洲 ( $7.8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )、2015—2017 年东亚 ( $19.0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) 的差距仍然很大<sup>[7]</sup>。因此，中国政府仍需加强相关措施，改善空气质量。

地级及以上城市间  $PM_{2.5}$  空间分布具有正相关性，呈空间聚集特征，高值聚集地区数量与低值聚集地区数量相当。局域空间自相关分析和克里格插值估计均发现新疆西部、京津冀及周边地区  $PM_{2.5}$  浓度高，呈现高值聚集区。其中，新疆西部高  $PM_{2.5}$  浓度主要是取暖燃煤排放  $PM_{2.5}$  以及气态污染物，加上气象条件和地形条件不利于污染物扩散所致<sup>[7]</sup>。此外，新疆虽然在

16 个城市设立了监测点，但其监测点数量相对于其面积仍较少，可能影响空间自相关分析及克里格插值的结果。另外，局域空间自相关分析还探测到广西壮族自治区的柳州市和甘肃省的武威市属于高-低区域，即这 2 个城市的  $PM_{2.5}$  浓度高，但其周围城市的  $PM_{2.5}$  浓度较低，其污染来源应值得关注。柳州市为广西第一大工业城市，工业生产排放为其  $PM_{2.5}$  主要来源，且其三面环山的地形不利于污染物的扩散；武威市地处三大高原交汇地带，气候干燥，境内有沙漠，易出现扬尘浮尘极端天气，这是造成该市颗粒物污染严重的客观自然地理条件，另外以燃煤为主的冬季采暖期也是其  $PM_{2.5}$  浓度高的原因。低-高区域同样应引起重视，他们近邻高污染区，高污染区的扩散效应易对其产生不利影响。

尽管越来越多的研究揭示  $PM_{2.5}$  分布的空间异质性，但大部分研究局限于某一地理区域，少数全国性研究地仅局限于 31 个省会城市<sup>[2-3, 8-9]</sup>，而本研究分析了全国 334 个地级及以上城市，代表性更强，空间插值更准确、更平滑。虽然 Kuerban 等<sup>[7]</sup> 的研究与本研究同样基于中国所有空气质量监测点并发现了华北以及西北地区的高污染区，但本研究利用空间自相关分析，除了探测到高-高区域、低-低区域外，还探测到高-低区域及低-高区域的分布模式；另外，本研究进一步利用已有的监测点进行插值分析，插值结果可以对无监测点的区域进行估计，节约监测成本。

2012 年，原国家环境保护部、国家发展和改革委员会、财政部公布的《重点区域大气污染防治“十二五”规划》中，划定了全国 13 个大气污染防治重点区域（三区十群）。经过多年的努力，区域大气污染联防联控等综合治理措施的实施，大气环境质量稳步改善，本研究发现 2018 年珠江三角洲区和海峡西岸城市群  $PM_{2.5}$  浓度已符合国家标准。重点区域大气污染防治，可在经济政策、产业布局、能源供应等方面统一规划、统一标准，突出区域防治重点。由于城市发展水平差异，通过联防联控带动区域产业结构调整，可使优势产业和技术辐射到相应区域。本研究基于城市平均值的空间分析可为国家大气污染重点区域的修订提供依据及参考。此外，由于我国农村地区大气污染面积广、点源分散、排污随机、污染隐蔽且不易监测，基于国家监测点开展空间分析，可较好反映城市大气污染状况，但因农村地区大气监测数据的缺失，导致容易忽视我国农村大气污染现状。

本研究基于GIS, 描述了中国2018年PM<sub>2.5</sub>的分布, 并指出其高浓度聚集区, 为国家全面制定下一步的相关政策和居民的健康防护提供一定的依据。根据本研究分析结果, 未来PM<sub>2.5</sub>污染治理仍应以京津冀及周边地区为核心, 针对重点地区、重点时节要做到时时监管, 提前防控, 打好防治大气污染的攻坚战, 做到区域绿色协调发展。

### 参考文献

- [1] 王振波, 方创琳, 许光, 等. 2014年中国城市PM<sub>2.5</sub>浓度的时空变化规律 [J]. 地理学报, 2015, 70 (11): 1720-1734.
- [2] YANG X, ZHENG Y, GENG G, et al. Development of PM<sub>2.5</sub> and NO<sub>2</sub> models in a LUR framework incorporating satellite remote sensing and air quality model data in Pearl River Delta region, China [J]. Environ Pollut, 2017, 226: 143-153.
- [3] 李雪梅, 许东明. 京津冀城市群PM<sub>2.5</sub>的空间分布及相关性分析 [J]. 生态与农村环境学报, 2019, 35 (2): 174-179.
- [4] 王涛, 王玲, 崔峰, 等. 2013—2015年山东省淄博市布鲁菌病的空间自相关分析 [J]. 中华地方病学杂志, 2016, 35 (10): 721-724.
- [5] 任晓卫, 白亚娜, 刘新风, 等. 甘肃省2012年手足口病空间聚集性研究 [J]. 中华流行病学杂志, 2015, 36 (6): 620-623.
- [6] 李骁. 全球人群肾素-血管紧张素-醛固酮通路内关键基因的空间遗传学研究——探索“基因节俭学说”的进化生态学证据 [D]. 济南: 山东大学, 2011.
- [7] KUERBAN M, WAILI Y, FAN F, et al. Spatio-temporal patterns of air pollution in China from 2015 to 2018 and implications for health risks [J]. Environ Pollut, 2019, 258: 113659.
- [8] WANG Y, YING Q, HU J, et al. Spatial and temporal variations of six criteria air pollutants in 31 provincial capital cities in China during 2013-2014 [J]. Environ Int, 2014, 73: 413-422.
- [9] ZHAO S, YU Y, YIN D, et al. Annual and diurnal variations of gaseous and particulate pollutants in 31 provincial capital cities based on in situ air quality monitoring data from China National Environmental Monitoring Center [J]. Environ Int, 2016, 86: 92-106.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 汪源)

· 告知栏 ·

## 欢迎关注《环境与职业医学》微信公众号

《环境与职业医学》微信公众号已正式上线, 该平台包括“读者”“作者”和“我们”三个主菜单, 主要提供稿件状态查询、当期最新内容及稿件撰写要求等内容, 同时也发布国内外最新研究动态及发展前沿等资讯, 满足读者网络时代碎片化阅读的需求。本平台旨在为编者、作者、读者之间搭建一个分享、学习、互动的平台, 以此推动《环境与职业医学》的健康发展。

请直接扫描右侧二维码或在公众号中搜索“环境与职业医学”(微信号: JEOM), 即可关注本刊微信公众号。

