

南京市大气 PM_{2.5} 时空分布特征与潜在源区贡献分析

高月¹ 孙荣国^{1,2} 陈卓^{1,*} 臧庆大¹

(1. 贵州师范大学 化学与材料科学学院, 贵阳 550025;

2. 中国科学院地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550081)

摘要: 对 2017 年南京市 7 个自动空气质量监测点的 PM_{2.5} 质量浓度 ρ (PM_{2.5}) 数据进行分析, 采用克里金 (Kriging) 空间插值法、气流运动轨迹聚类、潜在源贡献因子法 (PSCF) 和浓度权重轨迹分析法 (CWT) 探讨了四季大气中 ρ (PM_{2.5}) 的时空分布特征和潜在来源。结果显示, 四季大气中 ρ (PM_{2.5}) 均值由高到低依次为冬季 (65.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、春季 (41.70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、秋季 (35.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 和夏季 (23.56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。秦淮区四季大气中 ρ (PM_{2.5}) 均最高。春季南京大气中 ρ (PM_{2.5}) 易受黄海海岸和北方大陆性输送气流的影响, 来自黄海方向的气流轨迹 2 贡献比例达 51.65%, 对应的 ρ (PM_{2.5}) 为 50.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; 夏季南京大气中 ρ (PM_{2.5}) 主要受江苏、东部海洋和南部沿海城市输送气流的影响, 其中源自江苏的气流轨迹 1 对南京大气 PM_{2.5} 贡献比例最大 (33.64%), 气流轨迹对应的 ρ (PM_{2.5}) 为 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; 秋季南京大气中 ρ (PM_{2.5}) 易受短距离的偏北气流影响, 来自山西南部、河南中部、安徽中部的气流轨迹 5 对应的 ρ (PM_{2.5}) 最高, 出现概率 (21.11%) 和贡献比例 (27.81%) 均较高; 冬季南京大气中 ρ (PM_{2.5}) 主要受北方大陆性输送气流影响, 来自俄罗斯、蒙古国东部、河北北部、北京、天津、山东中部的长距离气流轨迹 4 对应的 ρ (PM_{2.5}) 最高, 达 109.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 其贡献比例为 26.86%。PSCF 和 CWT 分析发现, 安徽、山东、浙江与江苏交界和黄海海岸是影响南京市空气质量的主要潜在源区, 此外, 湖北、北京、天津以及渤海海岸也是南京大气 PM_{2.5} 的潜在源区。

关键词: PM_{2.5}; 时空特征; 轨迹聚类; 潜在源贡献因子; 浓度权重轨迹分析

中图分类号: X513 文献标识码: A 文章编号: 1672-9250(2019)03-0268-07 doi: 10.14050/j.cnki.1672-9250.2019.47.040

近年, 我国大气环境 PM_{2.5} (空气动力学当量直径小于等于 2.5 μm 的颗粒物) 污染局势严峻, PM_{2.5} 是我国众多城市和地区大气环境的主要污染物, 对大气环境质量、气候变化和人体健康有显著影响^[1], 制约着社会经济的可持续发展。预防和治理大气 PM_{2.5} 污染迫在眉睫, 故大气 PM_{2.5} 污染问题已成为环境领域的研究热点之一^[2]。其中, PM_{2.5} 的污染特征与来源解析, 尤其是定量识别 PM_{2.5} 的主要来源等相关科学问题的研究, 对有效控制大气 PM_{2.5} 污染有重要意义。通常, 国内外学者采用 CMB^[3-4]、PCA^[5-7]、PSCF^[8-9]、CWT^[10] 和 GIS^[11] 等方法手段解析大气污染物的来源。

南京是长三角地区第二大城市, 是沪宁杭经济

核心地区的枢纽城市, 常住人口达 833.5 万, 工业园区规模的扩大及城市机动车保有量的增加是影响南京城市空气质量的主要原因^[12]。目前, 南京地区大气污染的研究主要集中在大气 PM_{2.5} 的化学组分和气溶胶粒子的微物理特征^[13-14]、冬季大气污染特征和霾事件中 PM_{2.5} 的来源^[15-16]、PM_{2.5} 扩散与气象条件的关系^[17] 以及南京空气质量状况分析^[18] 等方面, 有关大气 PM_{2.5} 来源和潜在源区等科学问题有待进一步探究。本研究以南京市为研究地点, 探讨大气 PM_{2.5} 时空分布特征与来源, 并对污染源进行量化识别, 进一步了解南京市四季 PM_{2.5} 时空分布特征、气流输送途径及潜在源区贡献程度, 以期为南京市空气质量改善政策的制定提供科学依据。

收稿日期: 2018-07-12; 改回日期: 2018-11-21

基金项目: 国家自然科学基金项目 (21767007); 贵州省科技厅 (黔科合基础[2018]1111); 贵州师范大学博士科研启动基金项目; 贵州师范大学“省级大学生创新创业训练计划”项目。

第一作者简介: 高月 (1994-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为环境污染化学。E-mail: 2982837160@qq.com.

* 通讯作者: 陈卓 (1976-), 女, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向为大气环境化学。E-mail: chenzhuo19@163.com.

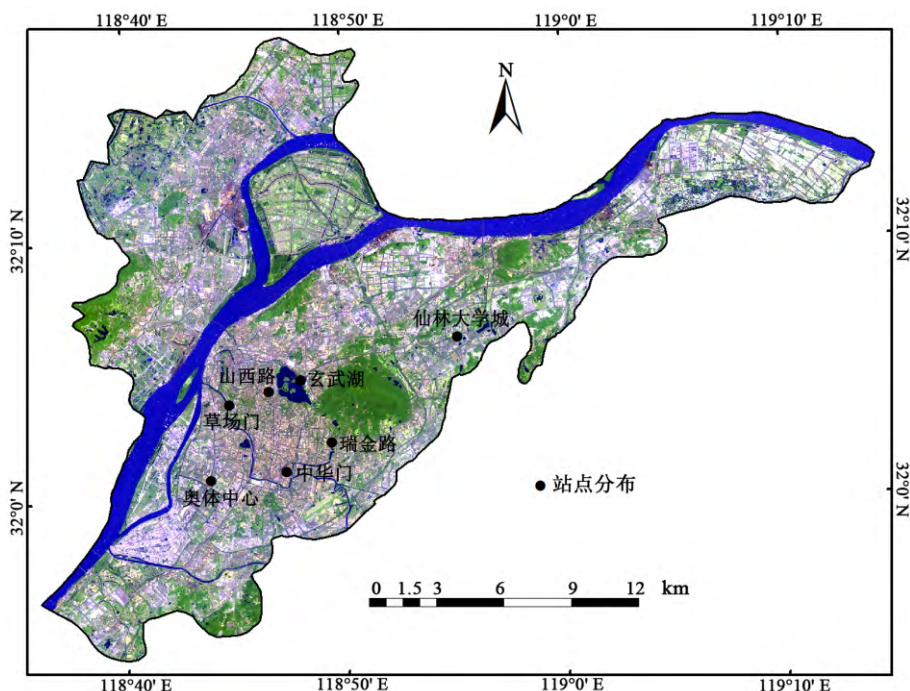


图1 南京市7个自动空气质量监测点位置

Fig.1 Location of 7 automatic air monitoring stations in Nanjing

1 数据来源

本项研究所用 ρ (PM_{2.5}) 数据为南京市7个自动空气质量监测点提供(山西路(118°47' E, 32°04' N)、玄武湖(118°49' E, 31°05' N)、草场门(118°45' E, 32°04' N)、奥体中心(118°45' E, 31°01' N)、中华门(118°48' E, 32°01' N)、仙林大学城(118°55' E, 32°06' N)和瑞金路(118°49' E, 32°02' N)(图1)。PM_{2.5}监测仪采用7201-PM_{2.5}型β射线法悬浮颗粒物分析仪,每天24 h连续采样。气象数据来自美国国家环境预报中心(NCEP)提供的全球资料同化系统(Global data assimilation system)2017年数据,此数据6 h记录一次,分别为00:00、06:00、12:00和18:00(UTC,世界时),资料下载地址:ftp://arlftp.arl.noaa.gov/pub/archives/gdas/。

2 研究方法

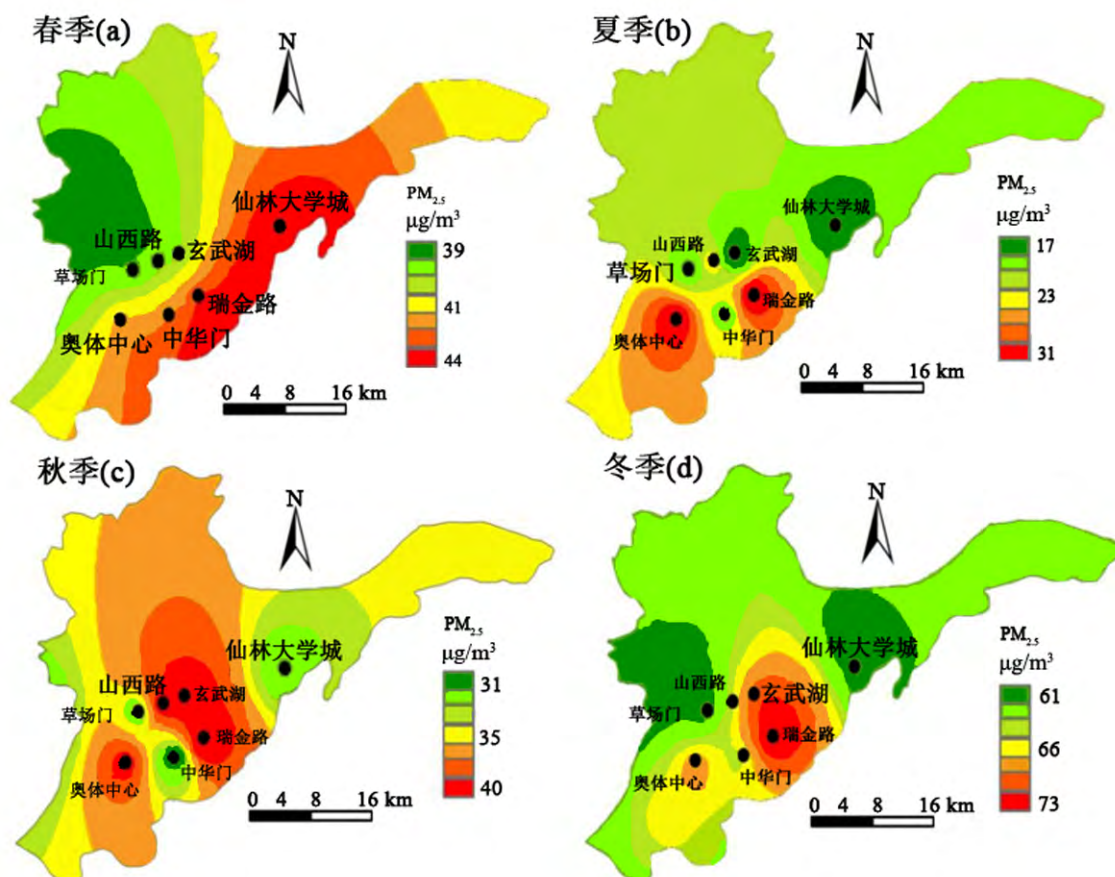
对南京市7个自动空气质量监测点的 ρ (PM_{2.5}) 数据进行整理,利用气流运动轨迹聚类(HYSPLIT模式)^[19]、潜在源贡献因子法(PSCF)^[20]以及浓度权重轨迹分析法(CWT)^[21],以瑞金路监测点为模拟研究点位,计算每日00:00到达该监测点高度为500 m的72 h后向轨迹,甄别大气PM_{2.5}的来源及不同潜在源区贡献程度。并运用地统计

学的克里金(Kriging)空间插值法^[22]进一步揭示南京市大气PM_{2.5}的时空分布特征。

3 结果与讨论

3.1 时空分布特征

可以看出 ρ (PM_{2.5}) 变化具有明显的季节变化规律, ρ (PM_{2.5}) 均值由高到低依次为冬季、春季、秋季和夏季,分别为65.54、41.70、35.18和23.56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,冬春季污染严重,夏秋季污染相对较轻。冬季(图2d)大气中 ρ (PM_{2.5}) 最高,是中国环境空气质量二级标准年均浓度限值(35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)^[23]的1.87倍,浓度较高的区域主要集中在秦淮区(72.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)和玄武区(69.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$),主要因为冬季气温低,空气对流活动较弱,导致颗粒物不易扩散,且邻近春节,烟花爆竹燃放频繁,颗粒物排放量显著增加,短时间内 ρ (PM_{2.5}) 居高不下;春季(图2a)污染浓度高值区主要分布在秦淮区(46.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、栖霞区(46.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)和建邺区(45.79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$),春季气候条件改善,有助于降低颗粒物浓度,较冬季 ρ (PM_{2.5}) 有所降低;秋季(图2c)污染浓度高值区主要分布在建邺区(38.400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、秦淮区(40.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、彭浦区(34.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)和玄武区(39.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$);夏季降水增多,对于空气中的污染物具有沉降作用,夏季植被覆盖率增加,植物叶片对污染

图2 南京 $PM_{2.5}$ 季节空间分布Fig.2 The seasonal distribution map of $PM_{2.5}$ in Nanjing

物有吸附和移除大气污染物的作用^[24-25],故夏季大部分区域 $\rho(PM_{2.5})$ 均较低(图2b)。

3.2 气流轨迹的影响

春季主要受黄海海岸和北方大陆性气流影响,气流轨迹2的输送距离最短(图3a),其出现的概率最大(46.74%), $\rho(PM_{2.5})$ 较高(表1),说明来自黄海区域的气流是春季 $PM_{2.5}$ 的重要来源,贡献比例达51.65%;轨迹1的输送距离最长,其出现的概率与 $\rho(PM_{2.5})$ 均较高,内蒙古中部、北京、天津、河北北部、渤海、山东中部区域也是南京市大气 $PM_{2.5}$ 的重要来源。夏季(图3b)江苏气流轨迹1对南京大气 $PM_{2.5}$ 贡献比例最大(33.64%),气流轨迹对应的 $\rho(PM_{2.5})$ 为 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$;其次是轨迹4和轨迹2,贡献比例和出现概率均较高,说明夏季南京 $\rho(PM_{2.5})$ 主要受江苏、东部海洋和南部沿海城市输送气流的影响。秋季(图3c)短距离气流轨迹5对应的 $\rho(PM_{2.5})$ 最高,出现概率(21.11%)和贡献比例(27.81%)均较高,说明山西南部、河南南部和安徽中部是南京市秋季大气 $PM_{2.5}$ 的主要来源;秋季易

受短距离的偏北气流影响,气流轨迹3的概率(32.24%)与 $\rho(PM_{2.5})$ 均较高,故渤海、山东东北部地区也是秋季南京大气 $PM_{2.5}$ 的潜在源区。冬季(图3d)主要受北方大陆性气流影响,气流轨迹4对应的 $\rho(PM_{2.5})$ 最高,达 $109.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$,其贡献比例(26.86%)相对较高,其中轨迹2出现的概率(44.44%)最大,贡献比例(47.59%)和 $\rho(PM_{2.5})$ 均最高,说明来自北方内陆地区的河北北部和山东东部区域是其重要潜在源区。

3.3 污染气流潜在源区

南京市大气 $PM_{2.5}$ 的潜在源区按照距离和海陆分布分为4类。第一类为本地潜在源区,以南京及邻近城市为主,分布在南京附近周边300 km范围内,其WPSCF值 >0.9 ,说明该区域是最重要的污染源区;第二类为区域潜在源区,位于距南京500 km范围内,包括江苏省、安徽省、浙江省和上海市等地区,其WPSCF值 >0.6 ,此区域 $PM_{2.5}$ 排放源相对较多^[26];第三类为远距离输送潜在源区,主要指长三角以外的内陆区域,主要分布在京津冀鲁、晋蒙为

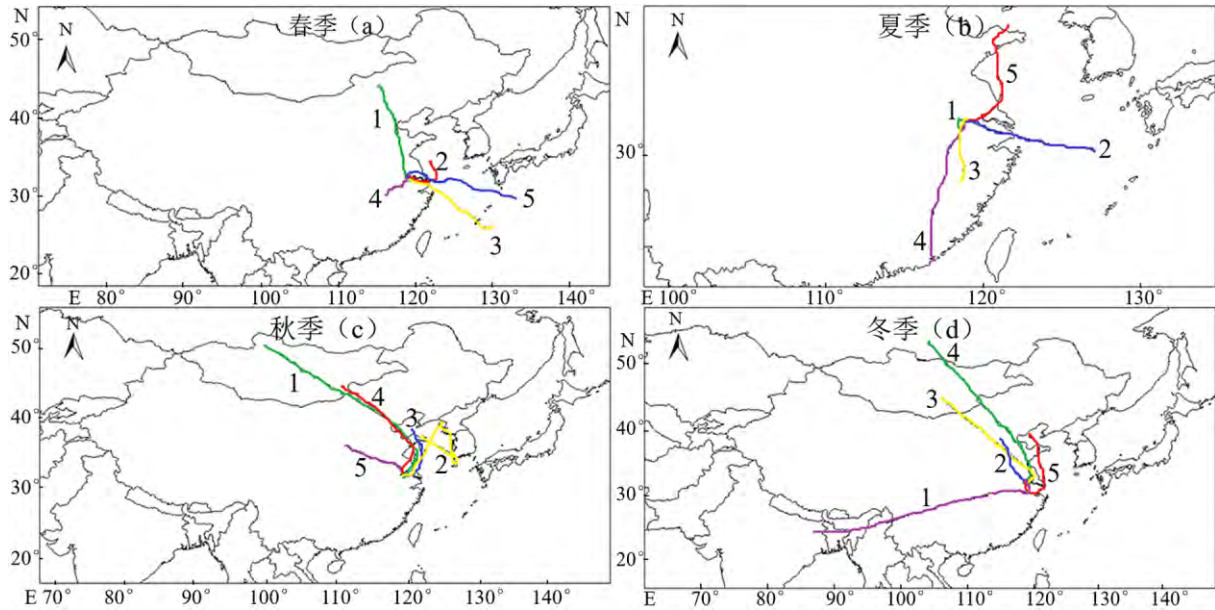


图 3 2017 年南京后向轨迹聚类的季节分布

Fig.3 Seasonal distribution of back trajectories clusters in Nanjing , 2017

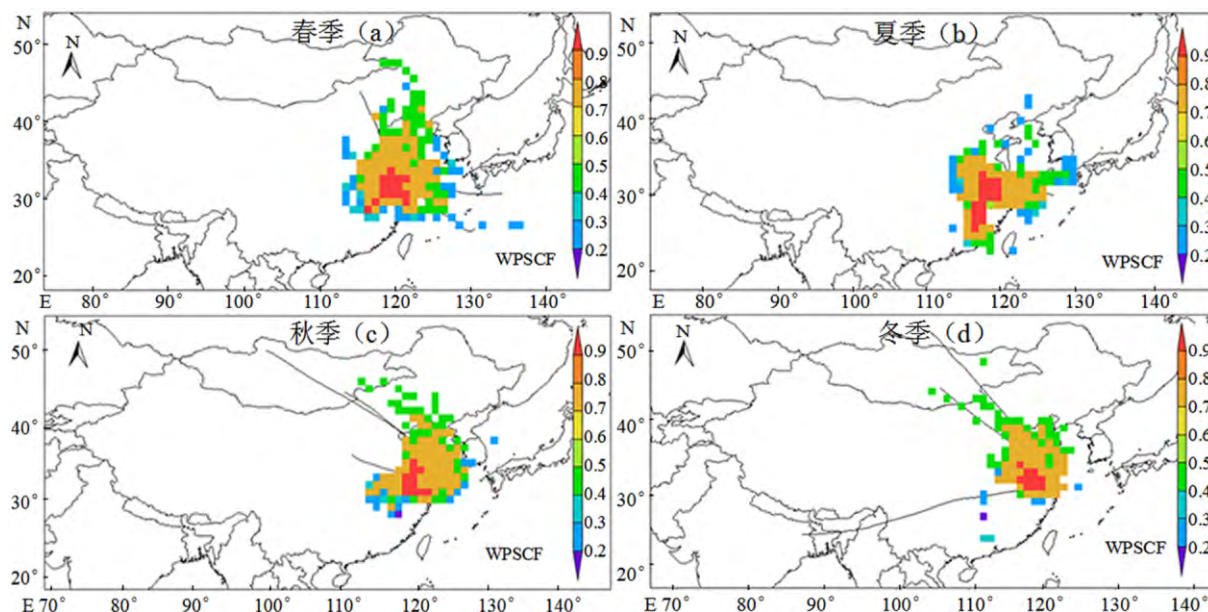
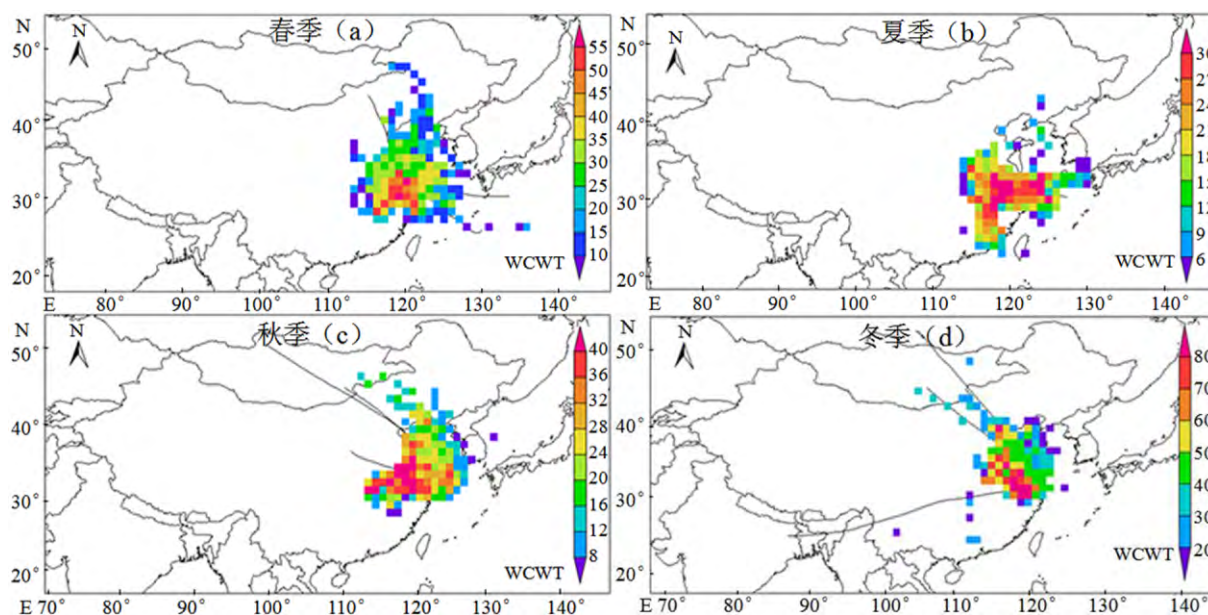
主的北方源区, 从内蒙古中部-河北北部-北京-天津-山西南部-河南-安徽中部-江苏西南部区域, 以及以湖北东北部为主的华中地区; 第四类为海洋上的潜在源区, 主要是东海、黄海和渤海海域, 分布范

围较大, 其中东海距海岸线 400 km 和黄海距海岸线 250 km 范围内的海域均可能是 PM_{2.5} 的潜在源区, 这可能与长三角沿海发达的航运有关^[27-29]。WPSCF 高值区主要分布在安徽至上海的长江中下

表 1 2017 年南京各类轨迹区域特征的季节分析

Table 1 Seasonal analysis of regional characteristics of backward trajectories in Nanjing , 2017

季节	类型	途径区域	所有轨迹		
			$\rho (PM_{2.5}) / (\mu g/m^3)$	出现概率/%	贡献比例/%
春(3~5月)	1	蒙中、北京、天津、冀北、渤海、鲁中	39.32	30.43	25.97
	2	黄海	50.91	46.74	51.65
	3	太平洋、东海、上海	46.00	1.09	1.08
	4	鄂东南、皖中	51.48	15.22	17.00
	5	太平洋、黄海、上海	30.33	6.52	4.29
	总			46.07	
夏(6~8月)	1	江苏本地	35.00	29.35	33.64
	2	黄海、上海	36.03	18.48	21.80
	3	浙南、皖东南	12.00	1.09	0.42
	4	闽南、浙东北、皖南	25.78	38.04	32.11
	5	渤海、鲁东北、黄海	28.17	13.04	12.03
	总			30.54	
秋(9~11月)	1	蒙古国北、蒙中、冀北、渤海、鲁东北、黄海	36.96	28.89	26.38
	2	鲁东北、黄海、境外、黄海	33.00	1.09	0.89
	3	渤海、鲁东北	35.67	32.24	28.42
	4	蒙古国南、蒙中、冀北、渤海、鲁东北、黄海	40.07	16.67	16.50
	5	晋南、豫中、皖中	53.32	21.11	27.81
	总			40.47	
冬(1~2,12月)	1	境外、滇西北、重庆、鄂南、皖南	59.81	5.58	4.59
	2	冀北、鲁中	77.83	44.44	47.59
	3	蒙古国南、蒙中、晋东北、冀南、鲁中、黄海	67.14	31.11	28.73
	4	俄罗斯、蒙古国东部、冀北、北京、天津、鲁中	109.80	17.78	26.86
	5	渤海、鲁东、黄海、上海、浙北	41.00	1.09	0.60
	总			72.67	

图4 2017年南京PM_{2.5}潜在源贡献的季节分析Fig.4 Seasonal distribution of potential source contribution function (PSCF) of PM_{2.5} in Nanjing, 2017图5 2017年南京PM_{2.5}浓度权重轨迹的季节分布Fig.5 Seasonal distribution of concentration-weighted trajectory (CWT) of PM_{2.5} in Nanjing, 2017

游区域和杭州湾区域,江苏、安徽、上海和浙江交界等地为影响南京空气质量的重点潜在源区,这与Huang等^[26]研究的长三角人为排放源大气污染物高排放区分布相似。采用PSCF对南京大气中PM_{2.5}污染状况进行分析,发现PSCF最高值分布与表1中气流运动轨迹主要途经地区较一致(图4)。

3.4 浓度权重轨迹分析

采用CWT对影响 ρ (PM_{2.5})大小的潜在源区

进行模拟,结果发现,春季(图5a)WCWT较大值主要集中在黄海海岸、河南南部、湖北东部、山东和安徽,为南京市PM_{2.5}的主要潜在源区,这些地区对南京市日均 ρ (PM_{2.5})贡献在35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上,此外渤海中部、辽宁南部和内蒙古等地对南京市大气PM_{2.5}也有一定贡献。夏季(图5b)WCWT的最大值主要集中在江苏本地城市、黄海和渤海海岸以及安徽东南部区域,由于南京夏季盛行东南

风,气象条件有利于污染物的扩散,因此 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 较低。秋季(图5c)WCWT的较大值主要集中在安徽中部、湖北东北部、山东西部和上海等地,此外,北京、天津和黄海海岸等区域,这些区域的对南京市 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 的贡献在 $32\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上。冬季(图5d)WCWT的较大值主要集中在河北中部、河南中部、安徽南部、浙江交界和山东中西部地区,这些区域对南京市 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 的贡献在 $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上,冬季主导风向为西北风,能够携带大量北方内陆地区的PM_{2.5},进一步增加南京市大气中 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 。总的来看,四季大气中PM_{2.5}的潜在源区均在南京市周边地区,可见当地人为污染源对PM_{2.5}的影响较大。

4 结论

1) 南京市冬季大气中 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 最高($65.54\mu\text{g}/\text{m}^3$),是中国环境空气质量二级标准年均浓度限值的1.87倍,夏季大气中 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 浓度最低($23.56\mu\text{g}/\text{m}^3$),秦淮区四季大气中 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 均最高。春季南京市大气中 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 主要受黄海海岸和北方大陆性气流影响;夏季易受江苏、东部海洋和南部沿海城市输送气流的影响;秋季主要受短距离的偏北气流影响;冬季易受北方大陆性气流影响。

2) PSCF和CWT的高值区域主要集中在安徽、山东、浙江交界和黄海海岸,此外,湖北、北京、天津以及渤海海岸也是南京大气PM_{2.5}的潜在源区。

参 考 文 献

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climatechange 2007 – The physical science basis [M]. UK: CambridgeUniversity Press, 2007.
- [2] 程念亮,李云婷,孟凡,等. 我国PM_{2.5}污染现状及来源解析研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 49(15): 4721–4724.
- [3] 任丽红,周志恩,赵雪艳,等. 重庆主城区大气PM₁₀及PM_{2.5}来源解析[J]. 环境科学研究, 2014, 27(12): 1387–1394.
- [4] Martínez Cinco M, Santos Guzmán J, Mejía Velázquez G. Source apportionment of PM_{2.5} for supporting control strategies in the Monterrey Metropolitan Area, Mexico[J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2016, 3(6): 1763–1776.
- [5] 林瑜,叶芝祥,杨怀金,等. 成都市西南郊区春季大气PM_{2.5}的污染水平及来源解析[J]. 环境科学, 2016, 37(5): 1629–1638.
- [6] Khare P, Baruah B P. Elemental characterization and source identification of PM_{2.5}, using multivariate analysis at the sub-urban site of North-East India[J]. Atmospheric Research, 2010(98): 148–162.
- [7] 孟琛琛,王丽涛,苏捷,等. 邯郸市PM_{2.5}化学组成特征及来源解析[J]. 环境科学与技术, 2016, 39(2): 57–64.
- [8] 任传斌,吴立新,张媛媛,等. 北京城区PM_{2.5}输送途径与潜在源区贡献的四季差异分析[J]. 中国环境科学, 2016, 36(9): 2591–2598.
- [9] Burkart K, Canarion K, Burkart, et al. Interactive short-term effects of equivalent temperature and air pollution on human mortality in Berlin and Lisbon[J]. Environmental Pollution, 2013, 183: 54–63.
- [10] 蒋永成,赵天良,王宏,等. 福州市PM_{2.5}污染过程中大气边界层和区域传输研究[J]. 中国环境科学, 2015, 35(2): 347–355.
- [11] 臧星华,鲁垠涛,姚宏,等. 中国主要大气污染物的时空分布特征研究[J]. 生态环境学报, 2015, 24(8): 1322–1329.
- [12] 路云霞,刘海滨,于忠华,等. 南京市环境空气污染特征与治理对策研究[J]. 环境科学与管理, 2013, 38(4): 79–82.
- [13] 周瑶瑶,马嫣,郝军,等. 南京北郊冬季霾天PM_{2.5}水溶性离子的污染特征与消光作用研究[J]. 环境科学, 2015, 36(6): 1926–1934.
- [14] 杨军,牛忠清,石春娥,等. 南京冬季雾霾过程中气溶胶粒子的微物理特征[J]. 环境科学, 2010, 31(7): 1425–1431.
- [15] 王博妮,濮梅娟,陈鹏,等. 南京城区冬季大气污染特征[J]. 环境科学研究, 2017, 30(9): 1335–1345.
- [16] 陈善莉,韩珣,赵云卿,等. 基于硫碳同位素研究南京北郊冬季霾事件中PM_{2.5}来源[J]. 中国环境监测, 2018, 34(4): 60–66.
- [17] 姜迪,李聪. 南京市PM_{2.5}扩散与气象条件的关系[J]. 环境监测管理与技术, 2016, 28(1): 36–40.
- [18] 刘春蕾,谢放尖,杨峰,等. 2014–2016年南京市空气质量现状及对策研究[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2017, 27(3): 90–93.
- [19] Sirois A, Bottenheim J W. Use of backward trajectories to interpret the 5-year record of PAN and O₃ ambient air concentrations at Kejimikujik National Park, Nova Scotia[J]. Journal of Geophysical Research, 1995, 100(D2): 2867–2881.
- [20] 王爱平,朱彬,银燕,等. 黄山顶夏季气溶胶浓度特征及其输送潜在源区[J]. 中国环境科学, 2014, 34(4): 852–861.
- [21] Seibert P, Kromp-Kolb H, Baltensperger U, et al. Trajectory analysis of aerosol measurements at high alpine sites[J]. Transport and Transformation of Pollutants in the Troposphere, 1994: 689–693.
- [22] 丁卉,余志,徐伟嘉,等. 3种区域空气质量空间插值方法对比研究[J]. 安全与环境学报, 2016, 16(3): 306–315.
- [23] 环境保护部,国家质量监督检验检疫总局. GB 3095-2012环境空气质量标准[S].北京:中国环境科学出版社, 2012: 1–12.
- [24] 赵晨曦,王玉杰,王云琦,等. 细颗粒物(PM_{2.5})与植被关系的研究综述[J]. 生态学杂志, 2013, 32: 2013–2210.
- [25] McDonald A G, Bealey W J, Fowler D, et al. Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM₁₀ in two UK conurbations[J]. Atmospheric Environment, 2007, 41(38): 8455–8467.

- [26] Huang C, Chen C H, Li L, et al. Emission inventory of anthropogenic air pollutants and VOC species in the Yangtze River Delta region, China [J]. *Atmospheric Chemistry & Physics*, 2011, 11(9): 4105–4120.
- [27] 杜祯宇. 北京市水溶性有机碳来源与光吸收特征研究[D]. 北京: 清华大学, 2014.
- [28] Yang H, Yu J Z, Ho S S H, et al. The chemical composition of inorganic and carbonaceous materials in PM_{2.5}, in Nanjing, China [J]. *Atmospheric Environment*, 2005, 39(20): 3735–3749.
- [29] Neff J C, Holland E A, Dentener F J, et al. The origin, composition and rates of organic nitrogen deposition: A missing piece of the nitrogen cycle? [J]. *Biogeochemistry*, 2002, 57–58(1): 99–136.

Spatial-temporal Characteristics of Atmospheric PM_{2.5} and Contribution Analysis of Potential Source Areas for Nanjing

GAO Yue¹, SUN Rongguo^{1,2}, CHEN Zhuo¹, ZANG Qingda¹

(1. School of Chemistry and Material, Guizhou Normal University, Guiyang 550025, China; 2. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550081, China)

Abstract: Data of PM_{2.5} from 7 automatic air quality monitoring stations of Nanjing in 2017 were discussed to examine the temporal and spatial characteristic of PM_{2.5} and its sources. The analyzed methods include Kriging spatial interpolation method, Trajectory clustering of air flows, Potential Source Contribution Function (PSCF), and Concentration-Weighted Trajectory (CWT). The results indicated that the highest PM_{2.5} concentrations ρ (PM_{2.5}) was observed in winter (65.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), followed by spring (41.70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), autumn (35.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), and summer (23.56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). All the highest ρ (PM_{2.5}) were peaked in Qinhuai district in four seasons. In spring, the atmospheric PM_{2.5} was easily affected by the coastal and northern continental transport airflow in Nanjing. The contribution of airflow trajectory 2 was up to 51.65% from the Yellow sea, and the ρ (PM_{2.5}) was 50.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In summer, the atmospheric PM_{2.5} was mainly affected by the transport airflow in Jiangsu province, the Eastern seas and southern coastal cities, in which the contribution of airflow trajectory 1 originated from Jiangsu province was the largest contributor to atmospheric PM_{2.5} (33.64%) in Nanjing, and the corresponding airflow trajectory ρ (PM_{2.5}) was 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In autumn, the atmospheric PM_{2.5} was susceptible to short-distance northerly airflow, and the airflow trajectory 5 corresponding to the south of Shanxi, central in Henan and central in Anhui, which was the highest ρ (PM_{2.5}), with a higher occurrence probability (21.11%) and contribution proportion (27.81%). The atmospheric PM_{2.5} was mainly affected by the northern continental transport airflow in winter, which was the highest ρ (PM_{2.5}) corresponding to the long-distance airflow trajectory 4 that from Russia, eastern in Mongolia, northern in Hebei, Beijing, Tianjin and central in Shandong province, up to 109.80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, with the contribution rate of 26.86%. PSCF and CWT analysis showed that Anhui, Shandong, the Zhejiang province borders Jiangsu province and the Yellow sea coast were the main potential source regions, their affected the air quality in Nanjing, the Hubei province, Beijing, Tianjin and the coasts of the Yellow seas and the Bohai seas also made contributions to the air pollution in Nanjing.

Key words: PM_{2.5}; spatial-temporal; trajectory clustering; PSCF; CWT