

连云港市大气降尘时空分布特征

姚瑶, 张丽, 施杨

(江苏省连云港环境监测中心, 江苏 连云港 222001)

摘要:采用2018年1月—2020年2月连云港市17个监测点位降尘数据,分析连云港市大气降尘变化规律和时空分布特征。结果表明,2018年连云港市平均降尘量为 $11.6 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$,超过江苏省考核标准 $[6 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})]$,超标倍数为0.93,其呈现出先增大再降低再增大的规律,春季、秋季降尘量最大,与大风、干燥天气有关;除了8月,其他月份县区降尘量均高于市区;市区降尘量变化比较平稳,县区下半年变化幅度比较大。各监测点降尘分布存在明显差异,市环境监测站、胡沟管理处、德源药业、矿山设计院4个监测点的降尘量与 $\text{PM}_{2.5}$ 及 PM_{10} 相关性较高,说明降尘与 $\text{PM}_{2.5}$ 及 PM_{10} 的来源具有一致性。2019年降尘量明显降低且差异略小,除了春季(3和4月)超标,其他季节均达标。

关键词:降尘;时空分布;连云港市

中图分类号:X513

文献标志码:B

文章编号:1674-6732(2021)01-0056-05

Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Atmospheric Dust-fall in Lianyungang City

YAO Yao, ZHANG Li, SHI Yang

(Jiangsu Lianyungang Environmental Monitoring Center, Lianyungang, Jiangsu 222001, China)

Abstract: Based on dust-fall data of 17 monitoring sites from January 2018 to February 2020 in Lianyungang City, temporal and spatial distribution characteristics of atmospheric dust-fall were researched. The results showed that the average amount of dust-fall in Lianyungang was $11.6 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$ in 2018, which exceeded the assessment standard of Jiangsu Province $[6 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})]$. The exceeding multiple was 0.93. The average amount of dust-fall first increased, then decreased, and then increased again. The highest amount of dust-fall in spring and autumn were related to strong wind and dry weather. Except for August, the dust-fall in the county area was higher than that in the urban area. The change of dust-fall amount in urban area was relatively stable, while the change of county area was relatively large in the second half of a year. The distribution of dust-fall in each monitoring site was obviously different. There was high significant correlation between the dust-fall and the mass concentration of $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} at four monitoring sites, including Lianyungang Environmental Monitoring Center, Hugou Management Office, Deyuan Pharmaceutical Co., Ltd and Bluestar Lehigh Engineering institute Co., Ltd., it indicated that the dust-fall was consistent with the source of $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} . The amount of dust-fall in 2019 reduced apparently, which reached the standard except in spring (March and April), and the difference of distribution characteristics decreased.

Key words: Dust-fall; Temporal and spatial distribution; Lianyungang city

大气降尘是城市大气环境监测的重要内容之一,虽然尘是可沉降的,对人体伤害没有那么大,但是降尘可以产生更小的颗粒物,成为环境空气中各类二次反应的载体。因此,降尘量对城市精细化管理程度的提升有着重要意义,减少降尘,同样是蓝天保卫战的重要一环。目前,国内降尘研究主要集中在西、北部等干旱、半干旱地区^[1-7],有研究人员对北京^[2]、兰州^[5]、太原^[6]、石嘴山^[7]、济南^[8]、南

京^[9]等城市的降尘分布及变化规律进行了研究,而关于连云港市大气降尘的研究尚未见报道。陈程等^[10]研究表明,2017年春季连云港市区扬尘对 $\text{PM}_{2.5}$ 贡献率为10.7%。扬尘对空气质量有一定影响。现利用2018年1月—2020年2月连云港市大气降尘监测数据,对大气降尘量时空分布及变化规律做初步分析,为改善环境空气质量提供参考。

收稿日期:2020-04-15;修订日期:2020-05-15

作者简介:姚瑶(1986—),女,工程师,硕士,主要从事环境监测工作。

1 研究方法

1.1 监测点位

每月采集降尘一次。采样点位见表1。其中1#—5#点位为市区监测点,1#为对照点,6#—17#为县区监测点。

表1 监测点位^①

编号	监测点位	所在辖区
1#	宁海乡杨场村*	海州区
2#	市环境监测站*	海州区
3#	德源药业	开发区
4#	胡沟管理处*	连云区
5#	矿山设计院	海州区
6#	赣榆县供电公司	赣榆区
7#	新城小学*	赣榆区
8#	江苏嘉宝制管有限公司	赣榆区
9#	西双湖游客服务中心	东海县
10#	东海县监测站*	东海县
11#	东海县城管局	东海县
12#	县污水处理厂	灌云县
13#	灌云县监测站*	灌云县
14#	灌云县物资局	灌云县
15#	灌南县气象局	灌南县
16#	灌南县环保局*	灌南县
17#	灌南县压铸机厂	灌南县

①*为国控点

1.2 监测时间

2018年1月—2020年2月。春(2018年3—5月、2019年3—5月)、夏(2018年6—8月、2019年6—8月)、秋(2018年9—11月、2019年9—11月)、冬(2018年12月—2019年2月、2019年12月—2020年2月)四季。

1.3 监测处理方法

降尘采集与测定按照《环境空气降尘的测定重量法》(GB/T 15265—94)。采用乙二醇水溶液做收集液的湿法采样,各监测点位于远离各类污染源且高度距离地面10 m以上的楼顶,周围无高大建筑物遮挡,采样口距平台1 m,每个监测点位放置装有乙二醇水溶液集尘缸,每月采集(30±2) d,样品收集后罩上塑料袋,带回实验室。在夏季多雨季节,为防止水满溢出,及时更换新缸,采集的样品合并后测定。测定样品前,用光洁的镊子将落入缸内的树叶、昆虫等异物取出,并用水将附着在上面的细小尘粒冲洗下来后扔掉,用淀帚把缸壁清洗干净,将缸内溶液和尘粒全部倒入500 mL烧杯中,在电热板上蒸发,使体积浓缩到10~20 mL,冷却后用水冲洗杯壁,并用淀帚把杯壁上的尘粒擦洗干

净,将溶液和尘粒全部转移到已恒重的100 mL瓷坩埚中,放在搪瓷盘里,在电热板上小心蒸发至干,然后放入烘箱于(105±5)℃烘至恒重。降尘总量按下式计算:

$$M = \frac{W_1 - W_0 - W_c}{S \times n} \times 30 \times 10^4$$

式中: M ——降尘量,t/(km²·30 d); W_1 ——降尘、瓷坩埚和乙二醇水溶液蒸发至干并在(105±5)℃恒重后的质量,g; W_0 ——在(105±5)℃烘干的瓷坩埚的质量,g; W_c ——与采样操作等量的乙二醇水溶液蒸发至干并在(105±5)℃恒重后的质量,g; S ——集尘缸口面积,cm²; n ——采样天数,准确到0.1d。

1.4 分析方法

运用SPSS22.0软件进行相关性分析,计算得出降尘量与PM₁₀、PM_{2.5}相关系数。

2 结果与讨论

2.1 大气降尘量时间分布特征

连云港市17个监测点位平均降尘量月际、季节及年度对比见图1(a)(b)。苏政发[2018]122号文大气降尘考核目标标准为6 t/(km²·30 d)。由图1(a)可见,连云港市2018年平均降尘量为11.6 t/(km²·30 d),超过江苏省考核标准,超标倍数为0.93;11月降尘量最高,为13.8 t/(km²·30 d),超标倍数1.30,其次为2月[13.3 t/(km²·30 d)]、4月[13.2 t/(km²·30 d)]、3月[12.7 t/(km²·30 d)],主要原因可能与气象条件有关,2018年2—4月风力3级及以上天数占80%以上,11月风力3级及以上为7 d,空气较干燥,宜激起扬尘,造成降尘量较大。8、9和7月降尘量年度最低,分别为8.6、8.9和9.4 t/(km²·30 d),超标倍数分别为0.43、0.48和0.57,这3个月空气湿度相对较高,降水偏多,平均风速低于其他月份,因此,降尘量低于其他月份。

2019年均降尘量均低于2018年,仅3和4月降尘量超过考核标准,其中3月降尘量最高,为10.6 t/(km²·30 d),超标倍数为0.77,3月发生沙尘天气,加上天气干燥,导致降尘量较大。

由图1(b)可见,2018年全市平均降尘量表现为:春[12.1 t/(km²·30 d)]>秋[11.6 t/(km²·30 d)]>夏[9.9 t/(km²·30 d)]>冬[7.9 t/(km²·30 d)],降尘量在春季最高,超过江苏省的

降尘标准, 冬季降尘量最低, 和气象因素有一定关系, 春季风大雨少, 秋季天气干燥, 导致降尘量较高, 而夏季雨水增多, 降尘随之减少, 冬季气温较低, 城市建设活动减少, 寒冷天气会出现局部地面冻结, 降尘量也不会大。2019 年全市降尘量季节规律与 2018 年一致, 除了春季 [$8.1 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$] 超过降尘标准, 其他季节均达标。

2018 年 11、2、6 和 12 月降尘量标准偏差较大, 说明这些月份不同点位降尘量变化较大, 其他月份以及 2019 年较小; 2018 年秋季、冬季降尘量标准偏差较大, 其他季节相对较小。

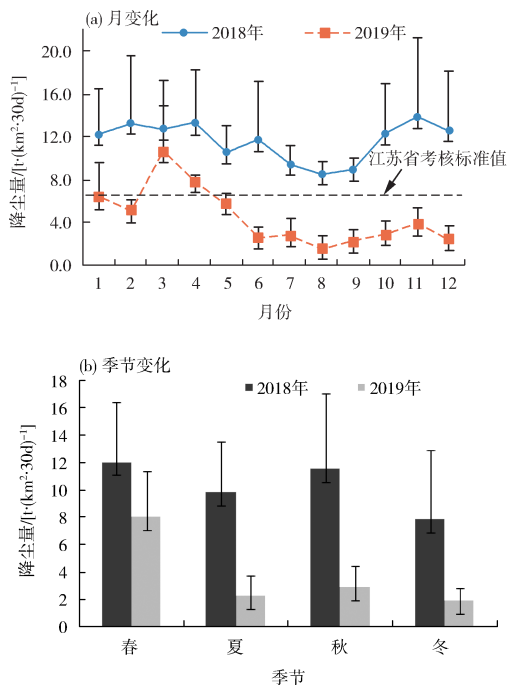


图 1 连云港市平均降尘量月际、季节变化及年度变化

图 2(a)(b) 所示为连云港市区、县区以及对照点的降尘量的月际、季节及年度变化。2018 年, 除了 8 月, 县区降尘量均高于市区, 市区降尘量变化比较平稳, 而县区下半年月变化幅度比较大, 11 月份达到最高值; 2019 年 3 月市区降尘量明显高于县区, 其他月份二者相差不大。季节上表现为, 2018 年市区除了冬季达标外, 其他季节均超过江苏省降尘标准, 县区降尘量明显高于市区, 均不达标, 县区降尘量冬季最高, 夏季最低; 2019 年市区和县区规律一致, 春季最高, 超过江苏省考核标准, 其他季节均达标。对照点降尘量均最低, 但是 2018 和 2019 年 4 月仍超过江苏省考核标准, 其他

月份均达标, 这与对照点处人为活动、植被覆盖等对降尘的贡献有关^[8]。

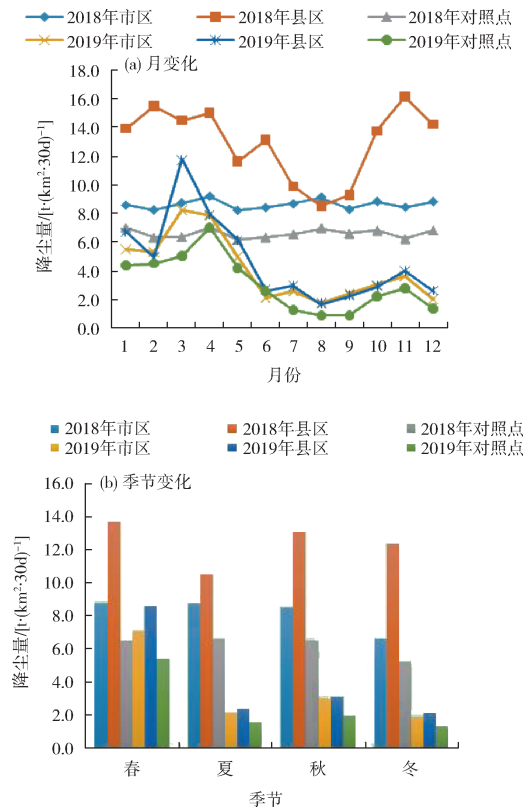


图 2 连云港市各监测区平均降尘量月际、季节及年度变化

2.2 大气降尘空间分布特征

2018 年各监测点降尘分布存在明显差异, 2019 年差异略小, 主要由于气候变化、站点地理位置以及周边环境不同所致, 连云港市各监测点位全年平均降尘量见图 3。对照点 1# 降尘量最小, 为 6.6 (2018 年) 和 $3.1 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$ (2019 年); 2018 年各监测点位降尘量均超过江苏省考核标准, 其中, 7# 点位值最高, 为 $21.2 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$, 超标倍数达 2.53; 2019 年 9# 和 14# 点位值略超过省考核标准, 分别为 $6.2 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$ 和 $6.6 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$, 超标倍数分别为 0.03 和 0.10, 其余点位均达标。7# 监测点西侧紧邻裸土地块, 东侧为在建小区, 周边较多待建裸地, 由于这些裸地、道路和建筑施工、大货车物流运输等扬尘源排放显著, 导致扬尘较大。6# (2018 年)、7# (2018 年)、8# (2018 年)、14# (2019 年) 点位年降尘量偏差较大, 说明这些点位降尘量存在月份差异较大, 经过控尘抑尘等管控措施, 2019 年 6#—8# 点位明显好转。

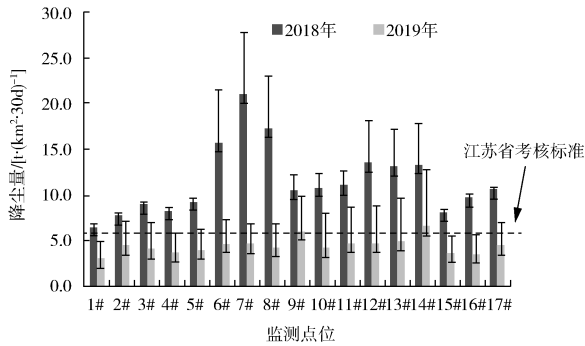


图 3 各监测点位全年平均降尘量

各采样点年均降尘量及变异系数见图 4。由图 4 可见,2018 年,连云港市降尘量:赣榆区 > 灌云县 > 东海县 > 灌南县 > 市区 > 对照点,均超过江苏省降尘标准,其中,赣榆区降尘最高,月均值为 $18.1 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$,超标率达 202%,最低点为市区,月均值为 $8.7 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$,超标率为 45%。赣榆区监测点受建设施工、货车运输、企业排放等影响,导致降尘量最高,但是赣榆区变异系数最大为 0.15,说明区各个监测点位降尘量波动不大。2019 年,降尘量灌云县 > 东海县 > 赣榆区 > 市区 > 灌南县 > 对照点,月均值均达标。变异系数东海县最大为 0.19,说明该县各监测点位降尘量略有波动。近两年的降尘数据可知县区降尘量均高于市区。

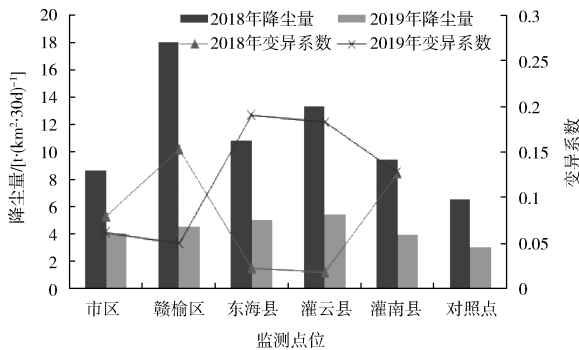


图 4 各采样点年均降尘量及变异系数

2.3 降尘量与细颗粒物 ($\text{PM}_{2.5}$)、可吸入颗粒物 (PM_{10}) 相关性

对 2#—5# 点位的 2018 年降尘量与 $\rho(\text{PM}_{10})$ 、 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 进行相关性计算,结果见表 2。由表 2 可见,4 个点位的降尘量与 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 相关性较高,说明降尘与 $\text{PM}_{2.5}$ 及 PM_{10} 的来源具有一致性,但是只有 2# 和 4# 点位的降尘量和 PM_{10} 显著性相关,其他并不显著。

表 2 降尘量与 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 的相关性^①

监测点	2#	3#	4#	5#
$r(M - \text{PM}_{2.5})$	0.994	0.988	0.996	0.981
$r(M - \text{PM}_{10})$	0.997*	0.996	0.999*	0.993

① r 为相关系数; M 为降尘; * 表示显著性 < 0.05 。

2#—5# 点位 2018 年每月的降尘量、 $\rho(\text{PM}_{10})$ 、 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 见图 5(a)(b)(c)(d)。

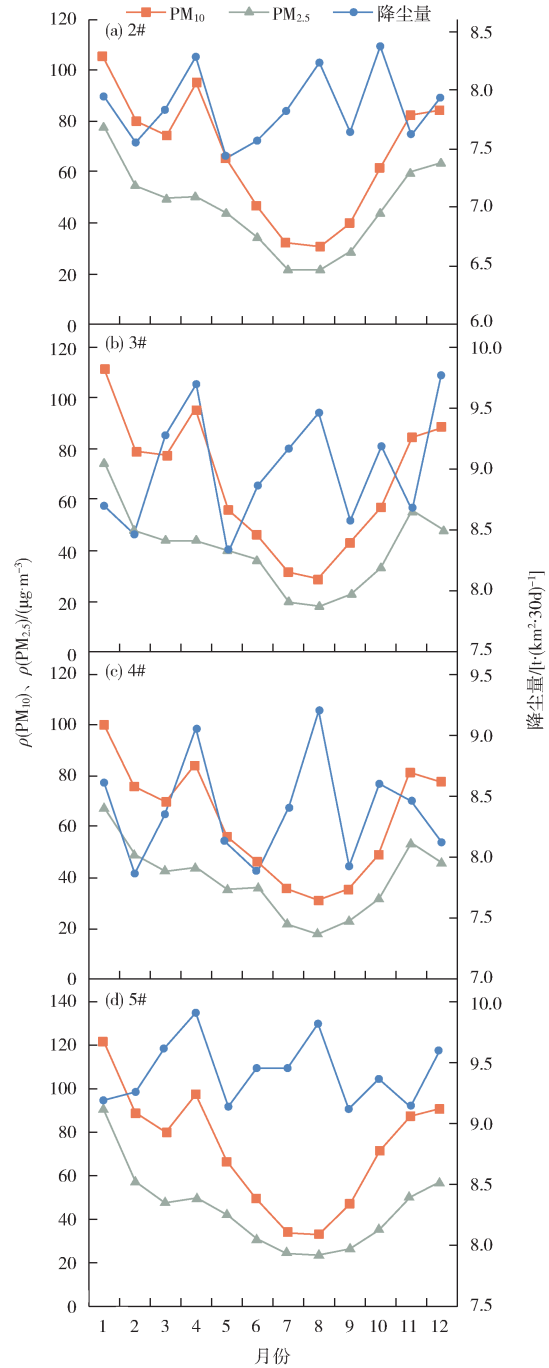


图 5 2#—5# 点位降尘量、 $\rho(\text{PM}_{10})$ 和 $\rho(\text{PM}_{2.5})$

由图 5 可见,这 4 个点位上半年的降尘量与 $\rho(\text{PM}_{10})$ 、 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 变化趋势基本一致,呈现先降低再增大再降低的规律,即在春季升高,夏季降低;而下半年,降尘量与 $\rho(\text{PM}_{10})$ 、 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 变化趋势略有差异, $\rho(\text{PM}_{10})$ 、 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 逐渐升高,但是降尘量呈锯齿状变化,表明降尘量与 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 具有季节分异性,主要原因可能是受地理位置和地形、人为活动以及气象条件影响。

3 结论

(1) 2018 年连云港市平均降尘量为 $11.6 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$,超过江苏省考核标准,超标倍数为 0.93,呈现出先增大再降低再增大的规律,春季、秋季降尘量最高,与大风、干燥天气有关;2019 年降尘量明显降低,除了春季(3 和 4 月)超标,其他季节均达标。

(2) 2018 年除了 8 月,县区降尘量均高于市区;市区降尘量变化比较平稳,除了冬季达标外,其他季节均超过江苏省考核标准;而县区下半年月变化幅度比较大,降尘量冬季最高,夏季最低,其中赣榆区降尘量最大,除了受气象条件影响,人为活动以及周边环境对降尘也有影响。

(3) 17 个监测点中,2018 年各监测点降尘分布存在明显差异,2019 年差异略小,部分监测站点周边存在裸露地块,道路和建筑施工、大货车物流运输等扬尘源排放显著,造成扬尘较大。

(4) 市站、胡沟、德源、矿山院 4 个监测点 2018

年上半年的降尘量与 $\rho(\text{PM}_{10})$ 、 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 变化趋势基本一致,下半年变化趋势略有差异,降尘量与 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 具有季节分异性;4 个监测点位的降尘量与 $\text{PM}_{2.5}$ 及 PM_{10} 相关性较高,说明降尘与 $\text{PM}_{2.5}$ 及 PM_{10} 的来源具有一致性。

[参考文献]

- [1] 姚喜军,张宇,吴全,等. 鄂尔多斯市伊金霍洛旗矿区降尘特征研究[J]. 干旱区资源与环境,2017,9(31):81-86.
- [2] 唐杨,徐志方,韩贵琳. 北京及其北部地区大气降尘时空分布特征[J]. 环境科学与技术,2011,2(34):115-119.
- [3] 蔺昕,李晓军,胡涛,等. 北方典型城市降尘时空分布特征及影响因素分析[J]. 生态环境,2008,17(1):143-146.
- [4] 靳楠. 铜川市空气中降尘变化特征及污染防治[J]. 中国环境管理干部学院学报,2019,29(2):77-80.
- [5] 张洁,高海燕,王燕萍,等. 兰州市大气降尘时空变化特征[J]. 环境研究与监测,2019,32(4):31-36.
- [6] 韩爱梅. 2017 年 8 月-2018 年 5 月太原市月降尘量变化及原因分析[J]. 山西科技,2019,34(1):133-135.
- [7] 张慧,姚建霞,姚淑萍,等. 2007—2016 年石嘴山市大气降尘分布特征研究[J]. 宁夏农林科技,2019,60(1):58-62.
- [8] 潘光,李少洛,朱丽,等. 济南市降尘通量时空分布特征研究[J]. 生态环境学报,2019,28(9):1802-1809.
- [9] 张群,傅寅,张予燕,等. 浅析南京市大气降尘规律[J]. 环境科学与管理,2009,34(4):68-71.
- [10] 陈程,张丽,姚瑶,等. 连云港春季 $\text{PM}_{2.5}$ 中主要水溶性无机离子污染特征及来源解析[J]. 环境监控与预警,2019,11(6):41-46.

栏目编辑 李文峻

(上接第 55 页)

- [8] 王心培,王格慧,谢郁宁,等. 长三角背景点夏季大气 $\text{PM}_{2.5}$ 中水溶性无机离子污染特征及来源解析[J]. 环境科学研究,2019,12(1):1-16.
- [9] 林昕,曹芳,翟晓瑶,等. 中国典型城市冬季大气细颗粒物水溶性离子特征及来源分析[J]. 生态环境学报,2019,28(2):307-315.
- [10] 杨懂艳,刘保献,张大伟,等. 2012~2013 年间北京市 $\text{PM}_{2.5}$ 中水溶性离子时空分布规律及相关性分析[J]. 环境科学,2015,36(3):768-773.
- [11] 赵金平,张福旺,徐亚,等. 滨海城市不同粒径大气颗粒物中水溶性离子的分布特征[J]. 生态环境学报,2010,19(2):300-306.
- [12] 蒋琳,朱彬,王红磊,等. 霾与轻雾天气下水溶性离子的组分特征——冬季长江三角洲地区一次污染过程分析[J]. 中国环境科学,2017,37(10):3601-3610.
- [13] 操文祥,陈楠,田一平,等. 武汉地区秋冬季清洁与重污染过程的水溶性离子特征研究[J]. 环境科学学报,2017,37(1):82-88.
- [14] 环境保护部,国家质量监督检验检疫总局. 环境空气质量标准:GB 3095—2012[S]. 北京:中国环境科学出版社,2012.
- [15] 王念飞,陈阳,郝庆菊,等. 苏州市 $\text{PM}_{2.5}$ 中水溶性离子的季节变化及来源分析[J]. 环境科学,2016,37(12):4482-4488.
- [16] 王鑫,安俊琳,苏筱倩,等. 南京北郊水溶性离子污染特征及其光学特性[J]. 中国环境科学,2020,40(2):506-512.
- [17] 邱晨晨,于兴娜,丁铨,等. 南京江北新区冬季 $\text{PM}_{2.5}$ 中化学组分的昼夜变化特征及其来源解析[J]. 环境科学,2020,41(2):529-535.
- [18] 陈刚,刘佳媛,黄甫延琦,等. 合肥城区 PM_{10} 及 $\text{PM}_{2.5}$ 季节污染特征及来源解析[J]. 中国环境科学,2016,36(7):1938-1946.
- [19] 张秋晨,朱彬,龚佃利. 南京地区大气气溶胶及水溶性无机离子特征分析[J]. 中国环境科学,2014,34(2):311-316.
- [20] 王晓琦,周颖,程水源,等. 典型城市冬季 $\text{PM}_{2.5}$ 水溶性离子污染特征与传输规律研究[J]. 中国环境科学,2016,36(8):2289-2296.