

蔡惠文,吕恩奇,陈欣昊,等. 高陵区 PM_{2.5} 污染特征及其与气象要素的关系研究[J]. 陕西气象,2021(5):42-46.

文章编号:1006-4354(2021)05-0042-05

高陵区 PM_{2.5} 污染特征及其与气象要素的关系研究

蔡惠文¹,吕恩奇²,陈欣昊³,刘萍珠¹,钟 鸣¹

(1. 高陵区气象局,陕西高陵 710200;2. 蓝田县气象局,陕西蓝田 710500;
3. 西安市气象台,西安 710016)

摘要:利用高陵区 2018 年 1 月 1 日—2020 年 12 月 31 日 PM_{2.5} 质量浓度监测资料、空气质量指数,分析 PM_{2.5} 的污染特征,结合气象观测资料,通过线性相关分析定量分析不同季节 PM_{2.5} 质量浓度与气温、相对湿度、风向风速、降水等气象要素之间相关性。结果表明:(1)近 3 a 来高陵区污染天气首要污染物为 PM_{2.5} 的累计时间远超其他污染物为首要污染物的累计时间。(2)PM_{2.5} 平均质量浓度月变化呈明显的“U”型特征,1 月最高,2 月、12 月次之;季节变化规律为冬春高、夏秋低,冬季最高,夏季最低。(3)PM_{2.5} 质量浓度日变化呈单峰单谷特征,23 时为最大峰值,17 时左右为谷值,此变化趋势与气温、风速的日变化呈相反趋势,与相对湿度日变化趋势基本一致。(4)不同季节 PM_{2.5} 质量浓度和气象要素的相关性存在差异,PM_{2.5} 质量浓度与风速及降水量在各个季节均呈显著负相关,与气温整体上呈负相关,与相对湿度整体呈正相关。(5)PM_{2.5} 质量浓度高值主导风向为偏西北风,其次是东北风,风向偏东和西南时 PM_{2.5} 质量浓度值相对较小。

关键词:PM_{2.5} 质量浓度;气象要素;相关性;高陵区

中图分类号:X16

文献标识码:A

由于 PM_{2.5} 粒径较小,在大气中停留时间较长且输送距离远,可对大气环境质量产生很大的影响。PM_{2.5} 表面可吸附病原微生物等有毒害物质,长期 PM_{2.5} 暴露有诱发心脑血管^[1]或肺部^[2]疾病的危害。目前针对 PM_{2.5} 的研究主要包括 PM_{2.5} 的污染特征、时空变化特征、化学组成、源解析、气象因素的影响^[3]等。曹军骥^[4]等研究了我国 PM_{2.5} 污染现状与控制对策,研究表明华北、华东、华中、华南及四川盆地是我国 PM_{2.5} 的重污染区。刘晟东^[5]等研究了中国典型城市群 PM_{2.5} 污染特征研究进展,分析了京津冀城市群、长三角城市群与川渝城市群 PM_{2.5} 组成与污染特征。王红军^[6]等通过分析关中区域主要大气污染物时空分布特征,发现 2014—2018 年 PM_{2.5} 年平均质量浓度呈逐年下降趋势。张帆^[7]等就砭矶岛国家大气背景站 PM_{2.5} 化学组成及季节变化特征

进行了分析。李云燕^[8]总结分析了我国京津冀、长三角、珠三角三大区域 PM_{2.5} 源解析的研究进展。

高陵区位于关中平原腹地,地势西北微高东南较低,南望秦岭,北临黄土高原,东南方向为骊山山脉。北部易受裸露黄土影响,东南部受山体阻挡,大气扩散条件较为不利。随着高陵经济发展,制造业基地建设规模不断扩大,工业的快速发展加剧了大气污染物排放。近年来,高陵区大气污染事件频发,大气污染物对人体健康、工农业生产以及区域环境与气候都有着重要影响,而气象要素对大气污染物的稀释、扩散以及输入型污染的减少有着重要作用,因而研究大气污染特征及其与气象要素的关系可为本地大气污染的治理提供科学依据。本文利用西安市生态环境局高陵分局 PM_{2.5} 质量浓度监测数据、空气质量指数资

收稿日期:2021-02-04

作者简介:蔡惠文(1988—),女,汉族,陕西西安人,硕士,工程师,从事预报服务及空气污染研究。

料及高陵区国家一般气象站相关气象资料,分析了 PM_{2.5} 污染特征、质量浓度变化特征,并通过相关分析方法分析了 PM_{2.5} 质量浓度与气象要素的关系,为空气污染预报和服务提供基础依据。

1 资料选取

资料选取 2018 年 1 月 1 日—2021 年 12 月 31 日的月平均、日平均及小时平均的 PM_{2.5} 质量浓度、气温、相对湿度、风向、风速资料以及逐日空气质量指数。PM_{2.5} 日均质量浓度数据和空气质量指数级别来自西安市生态环境局高陵分局,数据均经过国家环境监测总站审核和质量控制。气象要素数据为高陵区国家一般气象站(34°32′41″N, 109°01′16″E)观测资料(风向、风速、气温、降水、相对湿度等的日均值和小时值)。

2 PM_{2.5} 污染基本特征

2018 年 1 月 1 日—2020 年 12 月 31 日期间,由于仪器故障、仪器维护维修、停电等原因导致高陵区 PM_{2.5} 质量浓度 44 d 无数据,有效数据日数为 1 052 d。经统计,3 a 来高陵区 PM_{2.5} 日均质量浓度平均值为 61.34 μg/m³,其中超过《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)中环境空气污染物二级标准浓度限值(75.0 μg/m³) 的日数为 282 d,超标日均质量浓度范围为 76.0~322.0 μg/m³,超标率为 26.8%。高陵区近 3 a 在不同等级污染天气中首要污染物为 PM_{2.5} 的累计日数见图 1。高陵区近 3 a 重度污染以上天气累计日数达 79 d,首要污染物 PM_{2.5} 占比 92.4%(73 d);中度污染天气达 60 d,首要污染物 PM_{2.5} 占比 91.7%(55 d);轻度污染天气达 275 d,首要污染物 PM_{2.5} 占比 49.8%(137 d)。总体上污染天气首要污染

物为 PM_{2.5} 的累计日数远超其他污染物,由此可见高陵区污染天气的首要污染物为 PM_{2.5}。

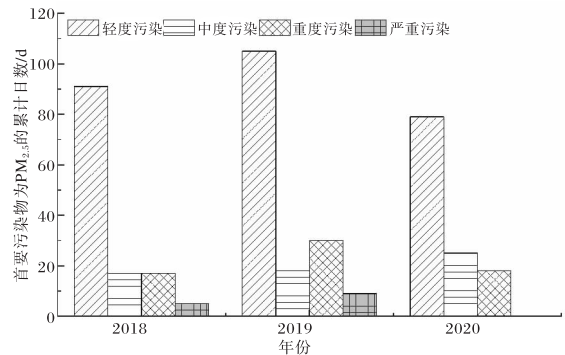


图 1 2018—2020 年高陵区在不同等级污染天气中首要污染物为 PM_{2.5} 的累计日数

3 PM_{2.5} 质量浓度月、季变化特征

PM_{2.5} 质量浓度的月均值变化呈明显的“U”型特征,11月至次年 2 月为高值时段,1 月是污染最为严重的月份。以近 3 a 逐月 PM_{2.5} 质量浓度平均值做距平图(平均值为近 3 a PM_{2.5} 日均质量浓度的均值),从距平图来看(图 2a),11 月至次年 2 月为正距平值,说明在此期间 PM_{2.5} 质量浓度相对较高,空气污染较严重。其中,1 月和 2 月的距平值较大,表明这两个月污染最为严重。从各月 PM_{2.5} 质量浓度的变化范围来看(图 2b),8 月 PM_{2.5} 质量浓度的下四分位数(25%)和上四分位数(75%)之间跨度最小,这显示 8 月 PM_{2.5} 质量浓度变化相对稳定,PM_{2.5} 质量浓度均值、中位数等也最小,说明 8 月空气质量相对较好。1 月数据跨度最大,大致在 29~316 μg/m³ 之间,且 1 月 PM_{2.5} 质量浓度的均值、中位数最大,这说明 1 月 PM_{2.5} 质量浓度最高,空气污染最严重,2 月次之。

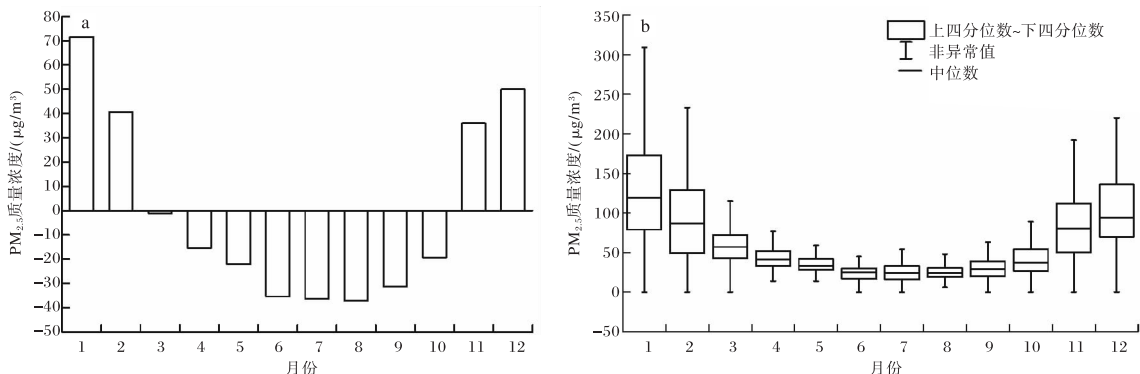


图 2 2018—2020 年高陵区 PM_{2.5} 月平均质量浓度距平图(a)及箱线图(b)

PM_{2.5}质量浓度的季节变化特征表现为冬春高、夏秋低,其中冬季平均质量浓度最高(102.22 μg/m³),春季(49.89 μg/m³)次之,秋季(44.33 μg/m³)第三,夏季(26.44 μg/m³)最低。由于冬季取暖造成污染物排放量大,且静风高湿等稳定天气形势影响,易导致污染物积累,颗粒物质量浓度增高。夏季太阳辐射强烈,大气扩散条件好,其次降水较多,湿清除作用强,有效降低了颗粒物质量浓度。春、秋季大气扩散条件和降水的湿沉降作用介于冬夏之间,空气质量也明显好于冬季。

4 PM_{2.5}质量浓度日变化特征

利用2018年1月1日—2020年12月31日PM_{2.5}质量浓度逐小时监测数据,计算了PM_{2.5}质

量浓度的逐小时平均值,分析其日变化特征。由图3可知,PM_{2.5}质量浓度日变化呈“单峰单谷”特征:在17时前后PM_{2.5}质量浓度处于全天最低值,随后太阳辐射逐渐减弱,PM_{2.5}质量浓度逐渐升高;傍晚开始太阳辐射消失,由于地面逆辐射使得接地逆温开始形成并逐渐加强,大气扩散能力迅速下降,PM_{2.5}质量浓度迅速升高,并在23时达到峰值;随后逆温开始逐渐减弱,大气扩散能力逐渐改善,PM_{2.5}质量浓度逐渐下降,日出后随着太阳辐射的不断增强逆温很快消失,大气扩散能力迅速加强,PM_{2.5}质量浓度下降趋势显著。PM_{2.5}质量浓度日变化趋势与气温、风速的日变化呈相反趋势,与相对湿度日变化趋势基本一致。

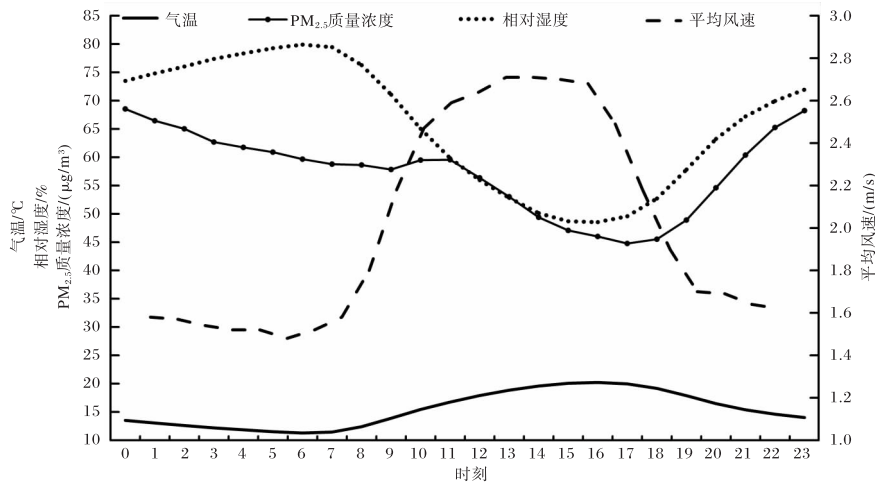


图3 2018—2020年高陵区PM_{2.5}质量浓度及气象要素日变化图

四季PM_{2.5}质量浓度的日变化曲线与3a平均日变化基本一致(图4),峰值和谷值出现的时间也接近,峰值在23时,谷值在17时左右。曲线

的起伏表现为冬季最为显著、春季次之、秋季最小。PM_{2.5}质量浓度在夏季较低且变动幅度小,冬季最高且变动幅度大,污染最严重。

5 气象要素与PM_{2.5}质量浓度的关系

PM_{2.5}质量浓度与气温和风速、降水量整体呈负相关(图5),相关系数分别-0.62、-0.25、-0.18;与相对湿度呈正相关,相关系数为0.05(表1)。

不同季节PM_{2.5}质量浓度与气象要素相关性存在差异(表1),其中PM_{2.5}质量浓度与降水量及风速在各个季节均呈显著负相关,风速是影响秋季和冬季污染物输送的主要因素之一^[9],其对污染物的影响主要是整体输送以及稀释作用,降水

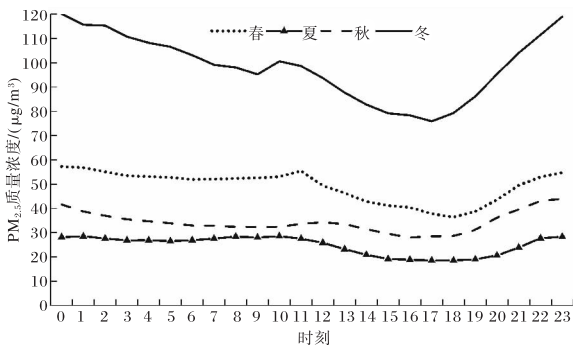


图4 2018—2020年高陵区不同季节PM_{2.5}质量浓度日变化图

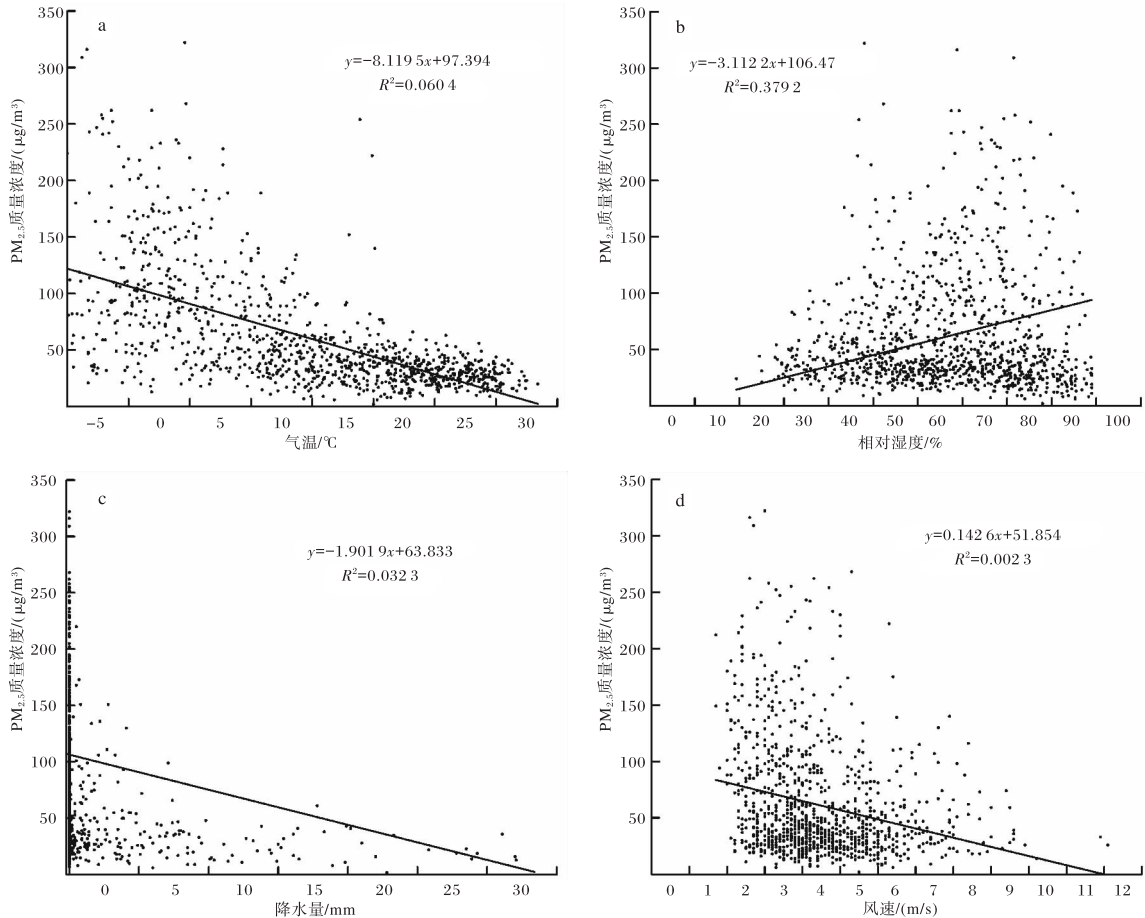


图5 2018—2020年高陵区PM_{2.5}质量浓度和气象要素相关性散点图(直线为拟合线)

表1 2018—2020年高陵区不同季节PM_{2.5}质量浓度与气象要素的Pearson相关系数

气象要素	春季	夏季	秋季	冬季	3 a 平均
气温	-0.23	0.14	-0.52	-0.06	-0.62
相对湿度	-0.13	-0.06	-0.02	0.44	0.05
风速	-0.07	-0.13	-0.22	-0.36	-0.25
降水量	-0.01	-0.17	-0.23	-0.14	-0.18

的湿沉降作用对大气中颗粒物质量浓度降低有很大作用。

PM_{2.5}质量浓度与气温在夏季呈正相关,在春季、秋季和冬季呈负相关。随着近地表气温升高,大气层结稳定度低,湍流运动强烈,空气垂直运动明显,将低层空气污染物随着对流向上输送,污染物质量浓度降低^[10]。冬季对流层易出现“逆温”,会造成局部大气上热下冷,阻碍空气垂直运动的发展,使大量烟尘、污染物等聚集在下面,不利于污染物扩散,导致颗粒物质量浓度增高。

PM_{2.5}质量浓度与相对湿度在冬季呈显著正相关,其他季节呈负相关。冬季在一定的湿度条件下,当空气相对湿度增大PM_{2.5}质量浓度值也相应增大,应该是由于空气相对湿度偏大时,空气中水汽含量增大,有利于吸湿粒子的增长,导致PM_{2.5}质量浓度增大^[11]。

风向对污染物质量浓度的变化也有着重要影响^[12],输入型污染是高陵地区空气污染的主要来源,不同风向决定了输入型污染的强度,通过分析风向变化可以确定输入型污染的来源。从风向频次与PM_{2.5}质量浓度分布图(图6a)可以看出,PM_{2.5}质量浓度高值对应风向为偏西北风,其次是东北风,风向偏东和西南时PM_{2.5}质量浓度值相对较小。结合平均风速玫瑰图(图6b)可以看出,高陵区偏东风(NE—ESE)的风速相对较大。虽然关中地区污染来源主要为“当地产生+东北方向输入”^[13],当风向为东北风时有利于区域外污染物的输入,但是较大的风速也有利于污染物的

扩散,使得污染物浓度反而较小。这与高陵区处于汾渭平原下游最窄处的特殊地理位置有密切关系,受山脉阻挡和背风坡气流下沉作用影响,易形

成反气旋式的气流停滞区,在污染阶段地面辐合形势明显,污染物辐合后被困,不易扩散导致污染物累积。

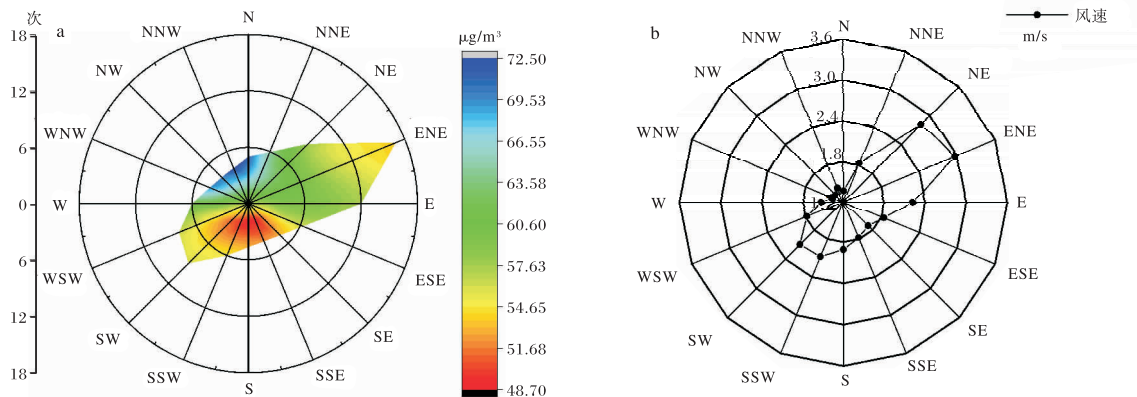


图6 2018—2020年高陵区风向频次与PM_{2.5}质量浓度分布(a)和风速玫瑰图(b)

6 结论

(1)近3a来高陵区污染天气首要污染物为PM_{2.5}的累计时间远超其他污染物。PM_{2.5}月平均质量浓度变化呈现明显的“U”型特征,1月最高,2月、12月次之,8月最低,相对稳定。PM_{2.5}质量浓度四季变化规律为冬春高、夏秋低,冬季最高,夏季最低。PM_{2.5}质量浓度日变化呈“单峰单谷”特征,23时为一日的峰值,17时左右为谷值,其日变化趋势与气温、风速的日变化呈相反趋势,与相对湿度日变化趋势基本一致。

(2)PM_{2.5}质量浓度与降水量在各个季节均呈显著负相关,相关系数为-0.18;与气温和风速整体上呈负相关,相关系数分别为-0.62、-0.25;与相对湿度整体上呈正相关,相关系数为0.05。

(3)PM_{2.5}质量浓度高值对应风向为偏西北风,其次是东北风。风向偏东和西南时PM_{2.5}质量浓度值相对较小。

参考文献:

[1] 邓翔,王永丽,张星亮,等. PM_{2.5}及其对肺组织损伤的研究进展[J]. 中华实用儿科临床杂志,2019(39):1828-1830.
 [2] 李腾,杜雪,郑昕. PM_{2.5}与心血管疾病的相关性研究进展[J]. 中华内科杂志,2019,58(4):14-19.
 [3] 陈欣昊,张蕾,杨晓春,等. 近五年周至空气污染气

象条件分析[J]. 陕西气象,2019(1):29-32.

[4] 曹军骥. 我国PM_{2.5}污染现状与控制对策[J]. 地球环境学报,2012(5):1030-1036.
 [5] 刘晟东,史君楠,程勇,等. 中国典型城市群PM_{2.5}污染特征研究进展[J]. 环境科学研究,2020,33(2):243-251.
 [6] 王红军,何晓媛,苏静,等. 关中区域主要大气污染物时空分布特征分析[J]. 陕西气象,2020(3):26-30.
 [7] 张帆,陈颖军,王晓平,等. 砮矾岛国家大气背景站PM_{2.5}化学组成及季节变化特征[J]. 地球化学,2014,43(4):317-328.
 [8] 李云燕,葛畅. 我国三大区域PM_{2.5}源解析研究进展[J]. 现代化工,2017,37(4):1-7.
 [9] 陈雷华,余晔,陈晋北,等. 2001—2007年兰州市主要大气污染物污染特征分析[J]. 高原气象,2010,29(6):1627-1633.
 [10] 吴昊旻,王伟征,麻碧华,等. 丽水市大气污染的时空分布特征及气象要素的相关分析[J]. 环境污染与防治,2012,34(10):51-55.
 [11] 冯亚洁. 济南市PM_{2.5}污染特征及影响因素分析[D]. 曲阜:曲阜师范大学,2020.
 [12] 程念亮,张大伟,李云婷,等. 风向对北京市重污染日PM_{2.5}浓度分布影响研究[J]. 环境科学与技术,2016,39(3):143-149.
 [13] 洪超. 西安市空气污染特征及重污染天气成因研究[D]. 兰州:兰州大学,2017.