

王金兰,胡亮帆,李改琴,等.新乡市大气污染特征与气象因子相关性分析[J].陕西气象,2020(6):55-59.

文章编号:1006-4354(2020)06-0055-05

新乡市大气污染特征与气象因子相关性分析

王金兰¹,胡亮帆¹,李改琴²,王 军³

(1. 新乡市气象局,河南新乡 453000;2. 濮阳市气象局,河南濮阳 457000;

3. 许昌市气象局,河南许昌 461000)

摘要:利用新乡市2015—2016年大气环境质量监测数据和同步常规气象观测数据,分析首要污染物质量浓度变化特征及其与气象因子的相关性,结果表明:PM₁₀和PM_{2.5}质量浓度冬高夏低,峰值出现在1月或12月,谷值出现在8月;而O₃则是夏高冬低,峰值出现在6月,谷值出现在1月或12月。三种首要污染物质量浓度在大多数月份都与海平面气压呈负相关,与24小时变温(ΔT_{24})呈正相关;PM₁₀和PM_{2.5}质量浓度多数月份都与10 min风速呈负相关;PM_{2.5}质量浓度大多数月份与相对湿度呈正相关,与24小时变压(ΔP_{24})呈负相关;PM₁₀质量浓度与相对湿度在冬季呈正相关,夏季呈负相关,与 ΔP_{24} 在春季呈正相关,在秋、冬季多呈负相关;而O₃质量浓度在所有月份与温度、10 min风速都呈正相关,与相对湿度都呈负相关。

关键词:首要污染物质量浓度;气象因子;相关性分析;新乡市

中图分类号:X51

文献标识码:A

大气污染特征与气象扩散条件之间的关系,一直是国内外学者关心的焦点问题^[1-3]。诸多研究表明^[4-6],在污染物总排放量一定的情况下,气象条件对环境空气质量影响很大。魏玉香等^[7]研究不同风速下污染物质量浓度分布时指出,污染物质量浓度与风速大小呈反相关;马敏劲等^[8]通过对兰州大气污染特征研究发现,大气污染与稳定的逆温层结密切相关。邱黎等^[9]对济南市2001—2010年环境空气污染指数及同期气象资料进行相关分析,结果表明环境空气污染指数与气象要素的相关系数较高。赵克蕾等^[10]分析了2012年库尔勒市PM₁₀大气污染状况和质量浓度变化特征。徐娟娟等^[11]在分析关中盆地一次霾重污染天气时发现,污染物质量浓度与低层风关系密切。纪凡华等^[12]在探究聊城大气污染事件发展规律时发现,2012年后冬季污染最严重,夏季污染最轻,霾和雾月出现日数与月大气污染出

现日数呈明显正相关。郑海涛等^[13]对2014年河南一次重污染过程模拟后注意到,尽管河南各地区同时出现高污染,但其来源各不同。董贞花等^[14]对2015年河南省3次重污染过程进行模拟,发现静稳天气有利于污染物的发展持续。

新乡市位于河南省北部,属于“2+26”通道城市之一,地势西高东低,平原占地总面积78%,是暖温带大陆性季风气候。近年来,新乡市经济发展迅速,大气污染物排放总量大,加之地形条件等因素,致使城市大气污染加重,尤其是秋冬季,重污染天气频发。本文分析新乡市首要大气污染物质量浓度变化特征,进一步探究首要污染物与气象因子的相关性,为提高大气污染气象条件等级预报和服务水平提供科学依据,为政府大气治理提供技术支撑。

1 资料和方法

1.1 资料来源

2015—2016年AQI(Air Quality Index,空气

收稿日期:2020-04-16

作者简介:王金兰(1971—),女,汉,河南新乡人,硕士,高工,从事环境气象预报工作。

通信作者:胡亮帆(1989—),女,汉族,河南三门峡人,硕士,从事环境气象预报工作。

基金项目:河南省气象局面上项目(KZ201610);河南省气象局重点项目(KZ201704)

质量指数), PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 O_3 、 SO_2 、 NO_2 等大气污染物逐日和逐小时监测数据取自新乡市环境保护局环境监测站, 同期新乡市常规气象观测数据取自中国气象科学数据共享服务平台 (<http://cdc.cma.gov.cn/home.do>) 的中国地面国际交换站气候资料日值数据集和逐 12 时 MICAPS 气象观测资料。

1.2 分析方法

采用 Pearson 相关系数法, 分析研究气温、相对湿度、海平面气压、10 min 风速、24 小时变温 (ΔT_{24} , 指当天的日平均气温减去前一天的日平均气温)、24 小时变压 (ΔP_{24} , 指当天的日平均气压减去前一天的日平均气压) 等气象因子与 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 及 O_3 的质量浓度 (分别用 $C(PM_{10})$ 、 $C(PM_{2.5})$ 、 $C(O_3)$ 表示) 的相关性。

分析首要污染物质量浓度的季节变化时, 季节按气象上的春、夏、秋、冬四季划分, 其中春季指 3—5 月, 夏季指 6—8 月, 秋季指 9—11 月, 冬季指 12 月—次年 2 月。因资料样本有限, 能完整反映冬季的只有 2015 年 12 月和 2016 年 1 月、2 月, 为了尽可能利用现有资料反映冬季首要污染物质量浓度的变化趋势, 用 2015 年 1—2 月代表 2014 年冬季, 用 2016 年 12 月代表 2016 年冬季。

2 首要污染物占比分析

新乡市开展长期监测的主要大气污染物有 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 O_3 、 SO_2 、 NO_2 等, 每种污染物对大气污染的贡献并不相同, 作为首要污染物出现的频次也不相同。新乡市首要污染物出现时数最多的是 $PM_{2.5}$, 2015 年占比约 65%, 2016 年占比约 58%; 其次是 PM_{10} , 2015 年占比约 34%, 2016 年占比约 39%; O_3 也占一定比例, 2015 年占比约 1%, 2016 年占比约 3%。 SO_2 、 NO_2 占比很小, 全年中只出现过 1~2 h; CO 占比 0, 从未成为首要污染物。因此, 仅分析对环境空气质量影响较大的 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 O_3 三种首要污染物的月、季变化特征, 及其与主要环境气象因子之间的相关性。

3 首要污染物质量浓度变化特征

3.1 $C(PM_{2.5})$ 的变化

3.1.1 月变化特征 2015、2016 年 $C(PM_{2.5})$ 的变化特征基本一致 (图 1), 峰值分别出现在 12 月

和 1 月, 谷值均出现在 8 月。2015 年 $C(PM_{2.5})$ 1 月为 $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 随后开始下降, 6—9 月维持在 $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 左右的低位波动变化, 8 月降至 $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 达到谷值; 随后上升, 12 月骤升至 $184 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 达到年度内峰值。而 2016 年 $C(PM_{2.5})$ 的峰值出现在 1 月, 为 $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 随后下降, 在 5—8 月维持在较低水平, 尤其是 8 月降至 $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 达到年内谷值; 随后波动上升, 在 11 月后快速上升, 12 月升至 $152 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

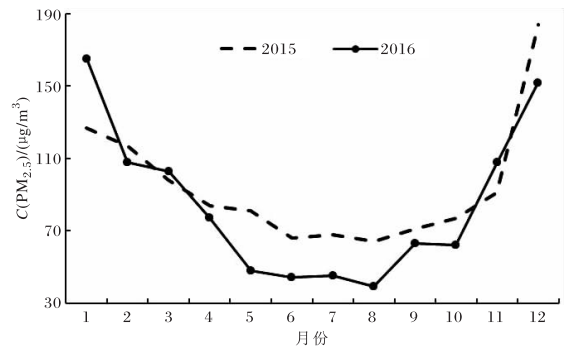


图 1 2015 年和 2016 年新乡市 $C(PM_{2.5})$ 月变化

3.1.2 季节变化特征 从季节均值来看 (图 2), $C(PM_{2.5})$ 季度变化特征较明显, 均是冬季高、夏季低, 春秋两季基本持平。2015 年春季为 $87.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 夏季降到 $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 秋季上升到 $79.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 冬季达到峰值 $152.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。2016 年形势开始好转, 春季为 $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 较 2015 年下降 $11.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 夏季较 2015 年大幅下降 $11.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 降到了 $42.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 秋季逐渐上升到 $77.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 与 2015 年基本持平; 而冬季大幅攀升, 再次达到峰值 $152 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

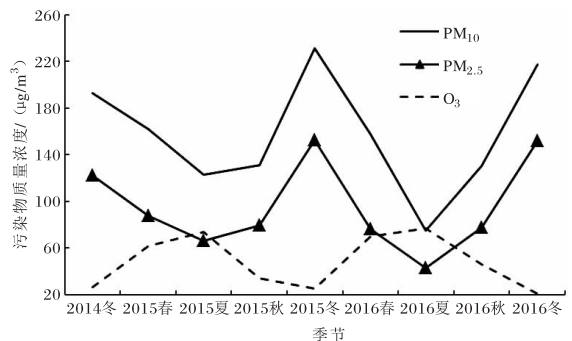


图 2 2015—2016 年新乡市 $C(PM_{2.5})$ 、 $C(PM_{10})$ 、 $C(O_3)$ 季节变化

3.2 $C(\text{PM}_{10})$ 的变化

3.2.1 月变化特征 $C(\text{PM}_{10})$ 月变化与 $C(\text{PM}_{2.5})$ 相近但不相同(图3)。2015年 $C(\text{PM}_{10})$ 从1月的 $194 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 开始平稳下降,8月降至谷底,为 $112 \mu\text{g}/\text{m}^3$;随后缓慢上升,12月骤升至 $283 \mu\text{g}/\text{m}^3$,达到最高值。2016年 $C(\text{PM}_{10})$ 最高值出现在1月,为 $243 \mu\text{g}/\text{m}^3$;随后波动下降,3月有所反弹,然后缓慢下降,8月降至谷底,为 $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$;随后波动上升,11月猛升至 $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$,12月攀升至 $217 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。两年均在8月达到谷底,但质量浓度相差近2倍,2016年5月开始 $C(\text{PM}_{10})$ 较2015年明显下降,且这种趋势维持到8月,这与2016年雨水显著偏多有一定关系,另外与管控措施关系密切。

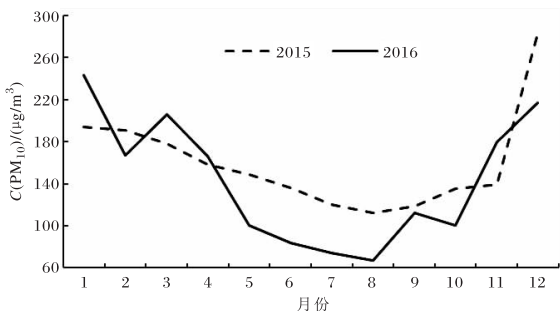


图3 2015年和2016年新乡市 $C(\text{PM}_{10})$ 月变化

3.2.2 季节变化特征 从季节均值(图2)来看, $C(\text{PM}_{10})$ 与 $C(\text{PM}_{2.5})$ 走势几乎平行,都是冬季高夏季低,且每个季节 $C(\text{PM}_{10})$ 均高于 $C(\text{PM}_{2.5})$ 。2015年春季为 $161.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$,夏季降到 $122.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$,秋季上升到 $131 \mu\text{g}/\text{m}^3$,冬季攀升到峰值,达 $231 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。2016年整体形势有所好转,春季为 $157.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$,较2015年略降低,夏季较2015年明显下降,降到 $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$,秋季上升到 $130.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$,与2015年基本持平,冬季继续攀升,再次达到峰值,达 $217 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

两年相比较可以看出,在多雨的夏季,不论是 $C(\text{PM}_{10})$ 还是 $C(\text{PM}_{2.5})$,均降到年度最低,而冬季则大幅攀升,这与采暖期排放物增加有关。而且,2016年四季的质量浓度较2015年均有所下降,证明随着管控力度加大,管控成效开始显现。

3.3 $C(\text{O}_3)$ 的变化

3.3.1 月变化特征 $C(\text{O}_3)$ 的月变化特征与 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 正好相反(图4),特别是2015年,呈

单峰型,1月 $C(\text{O}_3)$ 只有 $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$,后面一路攀升,6月达到峰值 $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$,随后直线下降,12月达到谷值 $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。2016年则呈双峰型,有6月和9月两个峰值,1月 $C(\text{O}_3)$ 为 $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$,是年内谷值,同样在6月达到峰值,为 $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$,9月达到次高值,为 $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。2016年9月 O_3 再次升高的原因有待进一步研究。

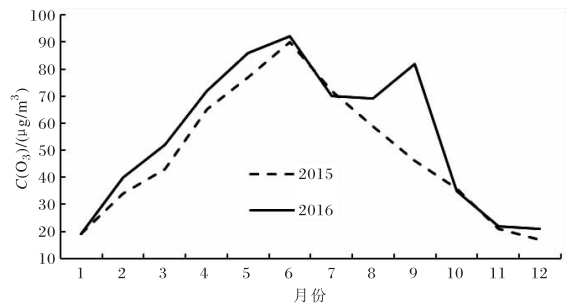


图4 2015年和2016年新乡市 $C(\text{O}_3)$ 月变化

3.3.2 季节变化特征 从季节分布上来看(图2),2015年和2016年两年 O_3 的变化特征完全一致,均为夏季高冬季低,不同的是2016年春、夏、秋三个季度的 $C(\text{O}_3)$ 值均比2015年偏高,2016年春季为 $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$,较2015年同期高出 $8.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$,2016年夏季为 $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$,较2015年同期高出 $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$,2016年秋季为 $46.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$,较2015年同期高出 $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。 $C(\text{O}_3)$ 夏季高,尤其6月达到峰值,与夏季气温高、日照时长长密切相关^[15]。

4 首要污染物质量浓度与气象因子的相关性

4.1 $C(\text{PM}_{2.5})$ 与气象因子的相关性

逐月计算 $C(\text{PM}_{2.5})$ 与6个气象因子的相关性(见表1),结果各不相同: $C(\text{PM}_{2.5})$ 与相对湿度、 ΔT_{24} 在绝大多数月份呈正相关,相对湿度越大, ΔT_{24} 越高,对应 $C(\text{PM}_{2.5})$ 越高,所有月份中不存在负相关的情况; $C(\text{PM}_{2.5})$ 与10 min风速在所有月份均呈负相关,即风速越小,则对应 $C(\text{PM}_{2.5})$ 越高; $C(\text{PM}_{2.5})$ 与 ΔP_{24} 绝大多数月份呈负相关, ΔP_{24} 越小,则对应 $C(\text{PM}_{2.5})$ 越高,所有月份中不存在正相关的情况; $C(\text{PM}_{2.5})$ 与海平面气压大多数月份呈负相关,海平面气压越低, $C(\text{PM}_{2.5})$ 越高,但在6、7月却呈正相关; $C(\text{PM}_{2.5})$ 与温度的相关没有规律可循,其中有5个月不相关,1、3、10、11月正相关,而6、7、12月负相关。

相关,只在2月和11月没有通过显著性检验; $C(O_3)$ 与相对湿度在所有月份均呈负相关,相对湿度越大, $C(O_3)$ 越低; $C(O_3)$ 与海平面气压在大多数月份呈负相关,气压越高, $C(O_3)$ 越低,只在1月和7月呈正相关,3月和11月没通过显著性检验; $C(O_3)$ 与 ΔP_{24} 的关系没有规律可循,其中有5个月不相关,1、5、8、10月负相关,而2、7、11月正相关。

5 结论

(1)新乡市首要污染物主要为 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 O_3 。 $C(PM_{2.5})$ 、 $C(PM_{10})$ 、 $C(O_3)$ 均存在明显的月际变化, $C(PM_{2.5})$ 和 $C(PM_{10})$,1月是峰值(或次峰值),然后逐渐下降,8月达到谷值;随后缓慢升高,进入采暖季后快速上升,12月攀升到次峰值(或峰值)。 $C(O_3)$ 则相反,1月是谷值(或次谷值),然后逐渐上升,6月达到峰值;随后开始下降,12月达到次谷值(或谷值)。从季节变化上看, $C(PM_{2.5})$ 和 $C(PM_{10})$ 都是冬季最高,夏季最低; $C(O_3)$ 则是夏季最高,冬季最低。在大气环境治理管控中,建议冬半年重点关注 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的管控,而夏半年则务必关注 O_3 污染源的治理。

(2) $C(PM_{2.5})$ 、 $C(PM_{10})$ 、 $C(O_3)$ 与气温、相对湿度、海平面气压、10 min 风速、 ΔT_{24} 、 ΔP_{24} 等的相关性各不相同。 $C(PM_{2.5})$ 、 $C(PM_{10})$ 、 $C(O_3)$ 大多数月份都与海平面气压呈负相关,与 ΔT_{24} 呈正相关; $C(PM_{2.5})$ 和 $C(PM_{10})$ 多数月份与10 min 风速呈负相关。 $C(PM_{2.5})$ 与相对湿度绝大多数月份呈正相关,与 ΔP_{24} 大多数月份呈负相关; $C(PM_{10})$ 与相对湿度冬季呈正相关,夏季呈负相关,春、秋两季规律不明显,与 ΔP_{24} 春季呈正相关,秋、冬季多呈负相关。 $C(O_3)$ 与温度、10 min 风速在所有月份都呈正相关,与相对湿度在所有月份都呈负相关,与 ΔP_{24} 没有规律可循。

参考文献:

- [1] ALLWINE K J, WHITEMAN C D. Single-station integral measures of atmospheric stagnation, recirculation and ventilation[J]. Atmos Environ, 1994, 28(4):713-721.
- [2] 杨静,武疆艳,李霞,等. 乌鲁木齐冬季大气边界层结构特征及其对大气污染的影响[J]. 干旱区研究, 2011,28(4):717-723.
- [3] 靳军莉,颜鹏,马志强,等. 北京及周边地区2013年1—3月 $PM_{2.5}$ 变化特征[J]. 应用气象学报, 2014, 25(6):690-700.
- [4] 蒋维楣,孙鉴泞,曹文俊,等. 空气污染气象学教程[M]. 北京:气象出版社,2004:12-14.
- [5] 马翠平,吴彬贵,李云川,等. 冀中南连续12天大雾天气的形成及维持机制[J]. 高原气象, 2012, 31(6):1663-1674.
- [6] 赵敬国,王式功,王嘉媛,等. 兰州市空气污染与气象条件关系分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2013,49(4):491-496.
- [7] 魏玉香,童尧青,银燕,等. 南京 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 变化特征及其与气象条件的关系[J]. 大气科学学报, 2009,32(3):451-457.
- [8] 马敏劲,郭世奇,王式功,等. 近11年兰州空气污染特征及其边界层结构影响的分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2012,48(6):69-73.
- [9] 邱粲,曹洁,王静,等. 济南市空气质量状况与气象条件关系分析[J]. 中国环境监测, 2014,30(1):53-59.
- [10] 赵克蕾,何清,钟玉婷,等. 2012年库尔勒市 PM_{10} 质量浓度的变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2014, 8(1):11-16.
- [11] 徐娟娟,郝丽,王百灵,等. 关中一次重污染天气过程气象特征分析[J]. 陕西气象, 2018(4):1-6.
- [12] 纪凡华,韩雪蕾,徐娟,等. 聊城市空气质量及相关大气污染事件特征分析[J]. 陕西气象, 2019(1):25-29.
- [13] 郑海涛,刘建国,李杰,等. 河南省一次 $PM_{2.5}$ 污染过程区域性影响数值模拟[J]. 环境科学研究, 2016,29(5):617-626.
- [14] 董贞花,孔海江,栗晗. 河南省冬季3次重污染过程的数值模拟及输送特征分析[J]. 环境科学学报, 2018,38(3):1071-1079.
- [15] 严晓瑜,缙晓辉,杨婧,等. 中国典型城市臭氧变化特征及其与气象条件的关系[J]. 高原气象, 2020,39(2):416-430.