

黄少妮,屈丽玮,姚静,等. 春节燃放烟花爆竹对西安空气质量的影响[J]. 陕西气象,2017(6):18-22.

文章编号:1006-4354(2017)06-0018-05

春节燃放烟花爆竹对西安空气质量的影响

黄少妮,屈丽玮,姚静,胡皓,刘瑞芳

(陕西省气象台,西安 710014)

摘要:利用西安泾河站气象观测资料和西安空气质量指数、污染物质量浓度等,对2014—2016年春节期间的西安市空气污染特征和气象条件的影响进行分析。结果表明:除夕夜间大量燃放烟花爆竹导致 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 质量浓度短时内骤增,但对 SO_2 和 NO_2 质量浓度影响不显著,春节期间空气污染主要是由细颗粒物($PM_{2.5}$)造成。气象条件对空气质量有明显影响。在静稳天气下风速小,湍流弱,贴地逆温持续存在,大气扩散能力差,春节期间烟花爆竹集中燃放,强污染源和大气扩散能力差是春节期间出现空气重污染的主要原因;而冷空气来临时,大气相对湿度降低,风速增大,湍流增强,大气扩散能力增强,加上降水的沉降作用,是空气质量改善的主要气象原因。

关键词:空气质量;气象条件;春节;燃放烟花爆竹;西安

中图分类号:X51

文献标识码:A

国内外的相关研究表明,大量燃放烟花爆竹对大气中颗粒物质量浓度、 SO_2 和 NO_2 质量浓度增加有明显影响,特别是对细颗粒物质量浓度贡献最大,燃放期间 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 质量浓度分别可达平时的4倍和6倍^[1-4]。也有研究表明,北京市春节燃放烟花爆竹对颗粒物质量浓度的影响要远高于对污染气体(SO_2 和 NO_2)的影响,特别是除夕集中燃放时段颗粒物质量浓度短时内快速上升^[4-5]。王繁强等^[6]研究也发现,2002—2007年春节燃放烟花爆竹导致西安市近地面空气中 PM_{10} 、 SO_2 和 NO_2 质量浓度上升,且对近地面污染物质量浓度的短时贡献远超过固有污染源的贡献。近年来霾和 $PM_{2.5}$ 受到越来越多的关注和认识,西安地区冬季 $PM_{2.5}$ 常常是首要污染物^[7]。

研究表明^[8-11],城市空气质量状况主要受排放源和气象条件的扩散稀释能力影响。短时间内,污染源变化不大的情况下,有利于污染物扩散稀释的气象条件将降低污染物质量浓度,而不利于扩散的气象条件将造成污染物累积,导致污染

物质量浓度升高并造成持续性污染。燃放烟花爆竹产生的污染物进入大气后,其扩散传输和转化主要取决于气象条件^[4-5],风速、降水、逆温层厚度等是影响污染物扩散与传输的主要因素。近年来有关春节燃放烟花爆竹对西安市空气质量影响的相关研究以个例分析为主^[12]。针对2014年至2016年春节期间的(农历除夕至正月初六,爆竹燃放集中时段)污染物质量浓度和气象条件进行研究,分析不同气象条件下除夕夜间烟花爆竹燃放对西安市空气质量的影响,重点研究颗粒物质量浓度变化和气象要素之间的关系,以期春节期间空气质量预报和空气污染控制提供参考。

1 资料与方法

环境资料来自国家环境监测总站网上发布的监测结果,包括西安市的AQI、 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 SO_2 和 NO_2 日平均质量浓度资料。气象资料来自陕西省气象信息中心,包括西安泾河站的风向、风速、气温、相对湿度等常规观测资料。研究时段为2014年1月30日—2月5日、2015年2月18日—24日和2016年2月7日—13日,其中,2014

收稿日期:2017-05-26

作者简介:黄少妮(1981—),女,汉族,陕西西安人,博士,工程师,从事天气变化预测研究和应用。

基金项目:陕西省气象局研究型业务重点科研项目(2015Z-3);陕西省气象局面上科研项目(2017M-2)

年1月30日、2015年2月18日和2016年2月7日为除夕。将农历除夕至正月初六作为春节时段,春节前后各15d作为非春节期间代表,将春节和非春节期间污染物日平均质量浓度进行对比分析。

PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂和NO₂的质量浓度日偏差是指实际值与理论值或者估计值的偏差的程度,即:偏差=(春节日均值-非春节日均值)/非春节日均值×100%。

2 空气质量演变特征

2.1 春节期间空气质量指数变化

对比2014年至2016年春节期间西安市空气质量指数AQI的变化(图1)可以看出,这3年西安均出现了不同程度的空气污染。其中,2014年春节空气污染最为严重,AQI值的变化范围为84~487,1月30日至2月2日(除夕至正月初三)持续4d出现严重污染(AQI值>300),1月31日(正月初一)AQI值最大;2015年春节空气污染最轻,AQI值变化范围为85~131,以轻度污染为主,2月18日除夕当天AQI值最大;2016年春节AQI值的变化范围为74~251,2月8日至11日(正月初一至初四)持续中到重度污染,其中2月8日(正月初一)AQI值最大。

除夕夜至初一是烟花爆竹燃放的高峰期,对应着AQI峰值,说明烟花爆竹燃放对空气质量具有直接影响。

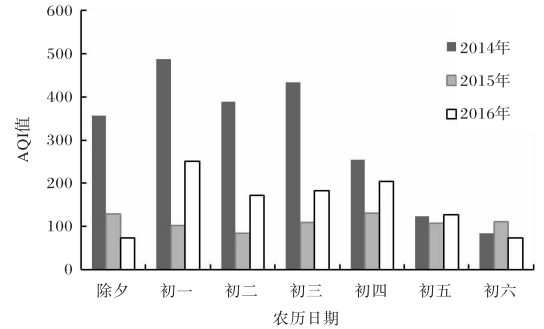


图1 2014—2016年春节期间西安市日平均空气质量指数对比

2.2 春节与非春节时段污染物对比

由表1可见,2014年至2016年春节和非春节期间PM₁₀和PM_{2.5}质量浓度偏差均为正值,说明PM₁₀和PM_{2.5}质量浓度春节期间高于非春节期间;而SO₂和NO₂质量浓度偏差多为负值,这可能与春节假日期间车辆出行明显减少,交通流量大幅度降低,汽车尾气排放量大大降低有关。与张小玲等^[5]研究一致,即春节大量燃放烟花爆竹导致PM₁₀和PM_{2.5}颗粒物质量浓度短时内骤增,但对SO₂和NO₂质量浓度影响不显著。

表1 春节和非春节时段污染物日平均质量浓度对比

μg/m³

污染物	2014年			2015年			2016年		
	春节	非春节	偏差/%	春节	非春节	偏差/%	春节	非春节	偏差/%
PM _{2.5}	271.5	151.7	79.0	64.6	52.1	24.0	110.0	64.2	71.2
PM ₁₀	377.4	218.0	73.1	160.9	125.8	27.9	184.9	142.8	29.5
SO ₂	69.7	78.1	-10.7	29.7	34.2	-13.4	38.7	28.3	36.7
NO ₂	64.7	64.0	1.1	24.3	38.0	-36.1	42.4	51.4	-17.5

2014年春节与非春节时段PM₁₀和PM_{2.5}日均质量浓度值均显著大于2015年和2016年的相应时段。2014年春节与非春节期间PM_{2.5}和PM₁₀质量浓度偏差分别为79.0%和73.1%,是3年中的最大值;2015年PM_{2.5}和PM₁₀质量浓度偏差分别为24.0%和27.9%,是3年中的最小值。2013年12月至2014年2月是西安近年来空气污染最为严重的冬季,春节前西安已连续多日出

现重度空气污染。2014年开始随着西安市环境治理措施持续加大,冬季空气质量有所改善。然而,2016年西安春节与非春节期间PM_{2.5}质量浓度偏差仍高达71.2%,接近2014年的79.0%,这主要是受不利于扩散的气象条件的影响。

2.3 春节期间PM_{2.5}逐时变化

2014年和2016年西安春节期间PM₁₀质量浓度的日变化与PM_{2.5}有显著的一致性(图略),

并且 $PM_{2.5}$ 占 PM_{10} 的质量分数平均达 65%。其中,污染最严重的正月初一 $PM_{2.5}$ 占 PM_{10} 的质量分数在 71%~80% 之间,说明细颗粒物在可吸入颗粒物中占较大比例。可见,春节燃放烟花爆竹造成的空气污染主要是由 $PM_{2.5}$ 造成的^[13]。

图 2 给出了 2014 年至 2016 年春节期间的西安 $PM_{2.5}$ 质量浓度逐时变化情况。2014 年春节前西安连续多日出现严重空气污染,1 月 29 日(腊月二十九)西安 $PM_{2.5}$ 质量浓度日均值 $242.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$;除夕白天维持在 $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 左右,夜间烟花爆竹集中燃放,导致午夜 $PM_{2.5}$ 质量浓度急剧上升,12 时前一直维持在 $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上,01 时达峰值 $642 \mu\text{g}/\text{m}^3$;正月初一 $PM_{2.5}$ 日平均质量浓度仍高达 $530 \mu\text{g}/\text{m}^3$;正月初二出现小幅回落后维持在

$300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 左右;直到初四午后受冷空气南下影响, $PM_{2.5}$ 质量浓度才骤降到 $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。2015 年春节前,西安 $PM_{2.5}$ 平均质量浓度仅为 $74.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$,空气质量以轻度污染为主。2016 年春节前西安空气质量状况良好,除夕白天 $PM_{2.5}$ 日平均质量浓度仅为 $41.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$,除夕夜间烟花爆竹集中燃放,午夜 $PM_{2.5}$ 质量浓度急剧上升,02 时达峰值 $339 \mu\text{g}/\text{m}^3$;正月初一西安 $PM_{2.5}$ 日均质量浓度为 $201.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$,午后出现小幅回落后,一直维持在 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 左右;直到初五因冷空气南下, $PM_{2.5}$ 骤降到 $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 左右。以上分析说明,2014 年和 2016 年春节期间的不利于污染物扩散的气象条件下,除夕夜间烟花爆竹的集中燃放,会使得 $PM_{2.5}$ 质量浓度出现短时段骤增的现象^[14],且峰值常常出现在正月初一凌晨 01—02 时。

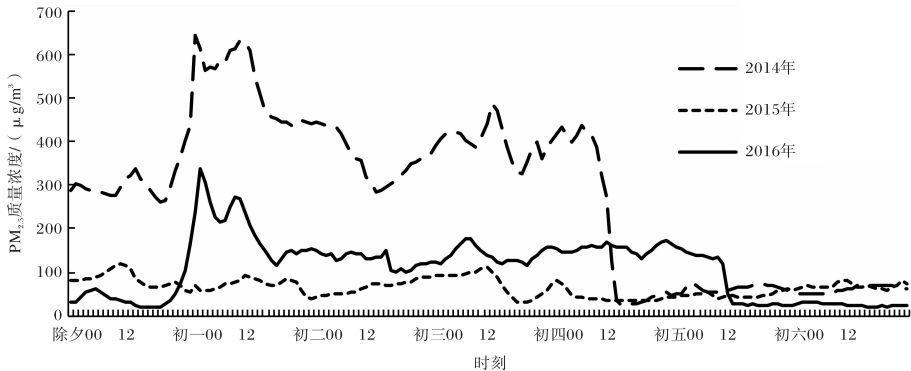


图 2 2014—2016 年春节期间的西安市 $PM_{2.5}$ 质量浓度逐时变化(汉字为农历日期,下同)

3 春节期间气象条件分析

研究表明^[15],除了受除夕集中燃放烟花爆竹的影响,气象条件也是影响春节期间空气质量的主要因素。当气象条件较稳定,地面风速稳定在 3 m/s 以下持续一段时间时,有利于颗粒污染物不断积累;当风速超过 3 m/s 时,有利于污染物扩散^[16]。

3.1 气象要素逐时演变

图 3 给出了 2014—2016 年春节期间的西安相对湿度、风速和气温等气象要素的逐时演变情况。2014 年西安春节污染严重时段地面风速偏低,相对湿度偏高。其中,除夕到正月初一平均相对湿度为 52%,地面平均风速小于 2 m/s 。在这种稳定性天气条件下,除夕夜间大量烟花爆竹的燃放

使得 $PM_{2.5}$ 质量浓度出现短时段骤增,直到正月初二出现小幅回落,之后一直至正月初四都维持高浓度。这种长时间维持高浓度的现象一方面是由于正月初二至初三相对湿度明显升高(平均值达 70%),另一方面地面长时间以弱风为主。低风速、高湿度的静稳天气使得污染物维持高质量浓度且不易扩散稀释。正月初四凌晨,地面冷锋过境后冷高压南下,相对湿度由 08 时的 72% 骤降到 13 时的 17%,地面风速也由 08 时的 0.9 m/s 增加到 13 时的 4.8 m/s 。大风速、低湿度的气象条件有利于污染物扩散和消减, $PM_{2.5}$ 质量浓度由 08 时的 $415 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 骤降到 13 时的 $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

2015 年除夕至初一西安地面平均风速达 5.3 m/s 。其中初一 04 时出现 7.7 m/s 的大风,

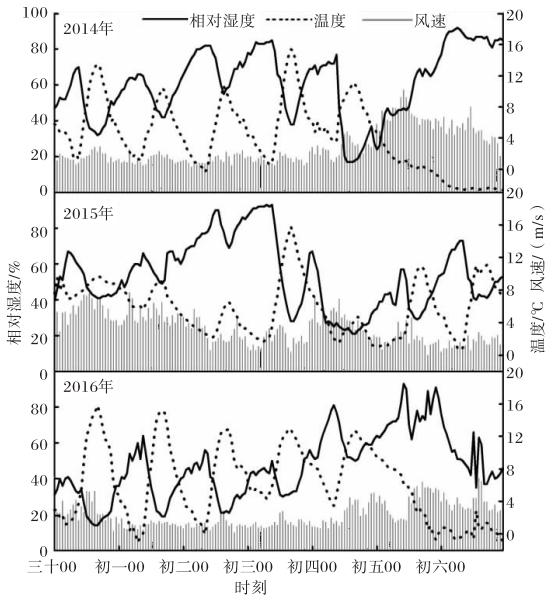


图3 2014—2016年西安市春节期间每日00—23时相对湿度(黑实线)、风速(灰色柱线)和气温(虚线)

有利于污染物的扩散,因而 $PM_{2.5}$ 质量浓度并没有出现骤增现象,仅维持在 $80 \mu g/m^3$ 左右。正月初二受西风槽东移影响,10时开始西安出现短时雨雪天气,地面风速减小到 $2 m/s$ 以下,大气的水平扩散能力减弱,加上相对湿度高达 90% , $PM_{2.5}$ 质量浓度略有升高。之后随着西风槽东移,正月初三开始地面冷高压南下,冷空气自北向南横扫陕西,初四凌晨西安地面风速再次增大,02时达 $7.2 m/s$,同时相对湿度减小, $PM_{2.5}$ 质量浓度再次降低。

与2014年相似,2016年春节西安气象条件也不利于污染物扩散,不同的是2016年春节前西安经历了一次弱冷空气过境,空气质量状况良好。除夕过后,西安地面风速减小到 $2 m/s$ 以下并持续到初四午后,相对湿度也较之前略有增大。正月初五随着新疆北部横槽转竖引导地面冷空气南下,陕西经历一场降温吹风天气,污染物被稀释扩散,空气质量转好。

综上所述:在冬季静稳天气条件下,风速小,湍流弱,大气扩散能力差,加之春节期间集中燃放烟花爆竹,污染源加强和大气扩散条件差是春节期间出现空气重污染的主要原因;而冷空气来时,大气相对湿度降低,风速增大,湍流增强,大气扩散能力增强,加上降水的沉降作用,是空气质量改善的主要原因。

3.2 边界层温度垂直分布

逆温层结是边界层大气的重要特征之一。近地层逆温对污染物的扩散起到抑制作用^[17],逆温按照分布空间分为贴地逆温和悬浮(脱地)逆温。由于2014年春节前西安泾河探空站数据缺测,仅给出了泾河站2015年和2016年春节前温度探空曲线(图4)。2015年,在850 hPa左右存在悬浮逆温,这主要是由于春节前西伯利亚冷涡底部不断有冷槽分裂南下,与高原东侧短波槽在西北地区东部叠加,冷暖空气交汇于陕西上空,对流层低层暖平流的输入有利于西安上空悬浮逆温的

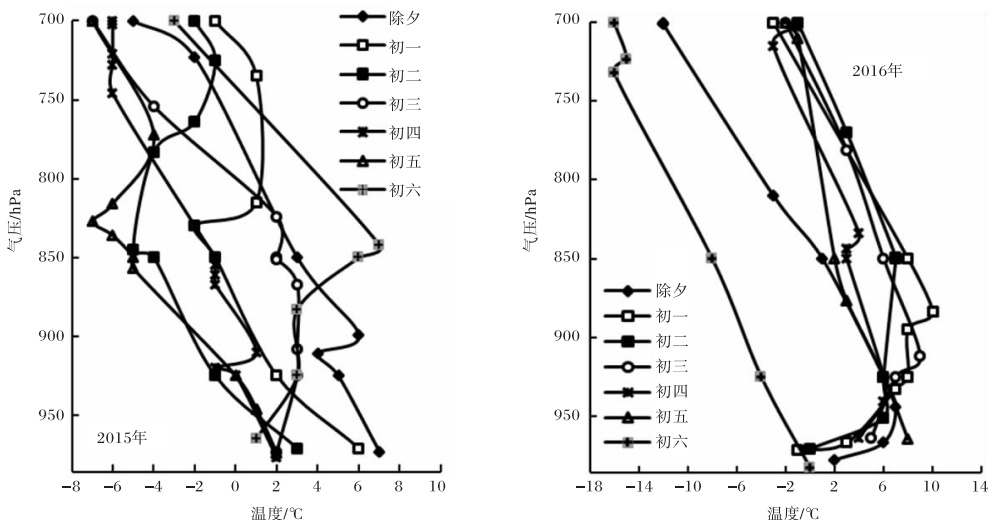


图4 2015年和2016年春节前泾河站08时温度探空曲线

形成;之后随着高空冷涡快速东移引导冷空气南下,冷锋自北向南横扫陕西,西安上空有锋面逆温形成。此时,冷空气南下,地面风速加大,大气扩散能力加强,污染物被稀释扩散。与2015年不同,2016年除夕至初四西安温度探空曲线显示,900 hPa以下存在贴地逆温,逆温强度在 $0.5\sim 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。贴地逆温的持续存在使得近地层大气层结稳定,空气污染物的稀释扩散能力减弱,PM_{2.5}质量浓度维持在较高水平。这一结果与兰州低空大气逆温和空气污染的关系一致,贴地逆温是影响市区空气污染程度的重要因素之一^[17]。

4 结论

春节期间烟花爆竹的集中燃放导致空气颗粒物质量浓度在除夕夜间出现显著上升,说明烟花爆竹燃放对短时间内空气质量的影响显著,同时春节期间气象条件对空气污染的演变有重要影响。

(1)春节期间大量燃放烟花爆竹导致PM₁₀和PM_{2.5}颗粒物质量浓度短时内骤增,但对SO₂和NO₂质量浓度影响不显著,春节期间空气污染主要是由PM_{2.5}造成的。

(2)气象条件对空气质量有明显影响。冬季在静稳天气下,贴地逆温的持续存在使得近地层大气层结稳定,风速小,湍流弱,大气扩散能力差,春节期间烟花爆竹集中燃放,强污染源和大气扩散能力差是春节期间出现空气重污染的主要原因。而随着冷空气的到来,大气相对湿度降低,风速增大,湍流增强,大气扩散能力增强,加上降水的沉降作用,利于空气质量改善。

参考文献:

- [1] DREWNICK F, HINGS S S, CURTIUS J, et al. Measurement of fine particulate and gas-phase species during the New Year's fireworks in 2005 in Mainz, Germany [J]. Atmospheric Environment, 2006, 40(23): 4316-4327.
- [2] MORENO T, QUEVOL X, ALASLUEY A, et al. Recreational atmospheric pollution episodes: Inhalable metalliferous particles from firework displays [J]. Atmospheric Environment, 2007, 41(5): 913-922.
- [3] WEHNER B, WIEDENSOHLER A, HEINTZENBERG J. Sub micrometer aerosol size distributions and mass concentration of the millenium fireworks 2000 in Leipzig, Germany [J]. Journal of Aerosol Science, 2000, 31(12): 1489-1493
- [4] 马小会,孙兆彬,丁海燕,等. 烟花爆竹燃放和气象条件对北京市空气质量的影响[J]. 气象与环境学报, 2015, 31(3): 50-55.
- [5] 张小玲,徐敬,李腊平. 不同气象条件下烟花爆竹燃放对空气质量的影响研究[J]. 气象与环境学报, 2008, 24(4): 6-11.
- [6] 王繁强,蔡新玲,周阿舒. 春节期间燃放烟花爆竹对西安市大气主要污染物质量浓度的影响[J]. 安全与环境学报, 2008, 8(1): 82-86.
- [7] 黄少妮,袁媛,井宇,等. 陕西关中地区冬季一次重霾污染过程及气象条件影响分析[J]. 干旱气象, 2016, 34(6): 1037-1046.
- [8] 周辉,权文婷,赵青兰. 陕西省关中霾天气时空分布特征分析[J]. 陕西气象, 2015(4): 21-23.
- [9] 马晓华,黄少妮,张科翔,等. 关中地区一次霾天气过程分析[J]. 陕西气象, 2017(4): 10-13.
- [10] 张小曳,孙俊英,王亚强,等. 我国雾-霾成因及其治理的思考[J]. 科学通报, 2013, 58(13): 1178-1187.
- [11] 张人禾,李强,张若楠. 2013年1月中国东部持续性强雾霾天气产生的气象条件分析[J]. 中国科学: 地球科学, 2014, 44(1): 27-36.
- [12] 王雯燕,唐文哲,邓小丽,等. 烟花爆竹燃放对西安环境空气质量影响的个例分析[J]. 成都信息工程学院学报, 2015, 30(2): 209-213.
- [13] 杨峰,李文青,谢放尖,等. 春节期间禁燃烟花爆竹对南京市空气质量影响[J]. 气象与环境学报, 2016, 32(4): 48-54.
- [14] 姚青,刘敬乐,韩素芹,等. 天津城区春节期间大气气溶胶污染特征和数浓度分布[J]. 气象, 2016, 42(4): 443-449.
- [15] 蒋宣文. 毕节市春节期间燃放烟花爆竹污染研究[J]. 科技通报, 2012, 28(5): 192-196.
- [16] 裴婷婷,陈小平,周志翔. 2007—2011年武汉市空气污染物时空分布特征[J]. 环境科学导刊, 2014, 33(2): 43-47.
- [17] 姜大膀,王武功,郎咸梅,等. 兰州市区低空大气温度层结特征及其与空气污染的关系[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2001, 37(4): 133-139.