

环境管理

春节期间燃放烟花爆竹对南京市 环境空气的影响

王磊,刘端阳,孙燕,姜麟

(江苏省气象台,江苏,南京,210008)

摘要:根据南京市环境监测站采集的污染物浓度数据,研究了 2014 年春节期间实行限燃措施下的空气质量变化特征,对比分析了城区和近郊的浓度变化差异,监测数据表明:春节前后 20 天内污染超标率控制在 25%,PM_{2.5} 和 PM₁₀ 最大值均出现在除夕后半夜,SO₂、NO₂ 最大值稍超前或滞后于烟花爆竹的集中燃放期,O₃ 质量浓度具有明显日变化并呈现白天高夜间低的特点,草场门测站与浦口测站 PM_{2.5}、PM₁₀ 的浓度变化趋势基本一致,其差值反映了城郊污染物的累积存在区域差异,除夕 0:00~2:00 污染物浓度急剧增加并累积,元宵节晚间污染物浓度在 19:00 以后逐渐持续增加。

关键词:烟花爆竹;空气质量影响;气象条件

中图分类号:X508

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2018)01-0059-06

THE EFFECT OF SETTING OFF FIRECRACKERS AT SPRING FESTIVAL ON AIR ENVIRONMENT IN NANJING

WANG Lei, LIU Duan-yang, SUN Yan, JIANG Lin

(Jiangsu Meteorological Observatory, Nanjing, 210008, China)

Abstract:Based on the pollutant concentration data collected by Nanjing environmental monitoring station, variation of air quality was studied during 2014 Spring Festival under the limitation regulation of firecrackers. The concentration difference between urban and suburb area was compared and analyzed. The pollutant standard-exceeding rate is kept in 25% during 20 days before and after the Spring Festival. The maximum concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀ appear after midnight of Chinese New Year's Eve. The maximum concentrations of SO₂ and NO₂ appear slightly ahead or behind the period of concentrated setting off firecrackers. O₃ concentration has a significant diurnal variation, and is high in daytime and low at night. The concentration change trends of PM_{2.5} and PM₁₀ are quite similar between Caochangmen monitoring station and Pukou monitoring station. The difference of concentration change reflects the regional diversity in the accumulation of pollutants between urban and suburb area. The pollutant concentration increases and accumulates rapidly from 0:00 to 2:00 on Chinese New Year's Eve. The pollutant concentration keeps increasing slowly after 19:00 on Lantern festival.

Key words: firecrackers; air quality impact; meteorological condition.

收稿日期:2017-07-12

基金项目:科技部国家大气污染专项项目(JFYS2016ZY01002213)和江苏省

气象局预报员(JSYBY201603)共同资助

第一作者简介:王磊(1988-),女,助理,主要研究方向为环境气象研究,

伴随着我国社会和经济的快速发展,大气污染问题日益严峻,直接影响到经济发展、生态环境以及人民群众的健康安全。污染源既有自然因素也有人为因素,尤以人为因素(如工业废气、汽车尾气、燃烧等)影响严重。燃放烟花爆竹是中国两千多年来的传统习俗,是春节“年味”的催化剂。然而,大量烟花爆竹的不当燃放,可导致短时间内空气污染物浓度急剧升高,造成严重的环境污染,也易加剧近年来全国各地频繁出现的雾霾天气^[1-4]。基于环保和多因素的考虑,南京自2005年起实行有限开禁政策,2014年春节期间,仍然在鼓楼、玄武、秦淮、建邺四城区以及栖霞(仙林街道以及迈皋桥、马群、栖霞等街道的部分区域)、雨花台(绕城公路以内区域)限时间、限地点、限品种地燃放烟花爆竹。具体时间段为:2014年1月30日(农历除夕)、1月31日(初一)、2月4日(初五)和2月14日(十五)24小时开放,2月1日(初二)至2月3日(初四)、2月5日(初六)至2月7日(初八)每天10~22时开放,其他时间禁止任何单位和个人燃放烟花爆竹。

1 空气质量浓度变化特征

我们利用南京市环境监测站提供的玄武湖、瑞金路、中华门、草场门、山西路、迈皋桥、仙林、奥体、浦口站的平均值表征南京市城区及近郊空气的综合情况。环保部门大气污染程度的判定标准为:轻度污染($101 \leq \text{AQI} \leq 150$)、中度污染($151 \leq \text{AQI} \leq 200$)、重度污染($201 \leq \text{AQI} \leq 300$)、严重污染($\text{AQI} > 300$)。结合表1和图1的柱形图可以发现,2014年南京市对烟花爆竹施行进一步限燃措施后,取得了一定的成效。春节前后20d内共计5d空气污染级别为四级(中度污染)及以上,其中1月30日~2月2日为重度污染,1月28日为中度污染,其它时段空气质量基本介于轻度污染~优之间,污染超标率控制在25%。AQI指数的最大值出现在1月31日(AQI:293),即正月初一。细颗粒物仍然是主要污染物,可吸入颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$ 是首要污染物, PM_{10} 也对空气质量的下降有重要影响。

由图1可知,可吸入颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 的变化趋势基本一致,二者的变幅都很大。最大值出现在除夕的后半夜1:00~2:00,这与大多数市民选择在零点前后燃放烟花爆竹庆祝有很大关系,这以后浓度稍有下降, $\text{PM}_{2.5}$ 与 PM_{10} 次大值出现的时

日期	AQI 指数	污染级别	空气质量	首要污染物
2014/1/28	170	四级	中度污染 *	$\text{PM}_{2.5}$
2014/1/29	124	三级	轻度污染	$\text{PM}_{2.5}$
2014/1/30	283	五级	重度污染 **	$\text{PM}_{2.5}$
2014/1/31	293	五级	重度污染 **	$\text{PM}_{2.5}$
2014/2/1	244	五级	重度污染 **	$\text{PM}_{2.5}$
2014/2/2	222	五级	重度污染 **	$\text{PM}_{2.5}$
2014/2/3	108	三级	轻度污染	PM_{10}
2014/2/4	58	二级	良	PM_{10}
2014/2/5	40	一级	优	-
2014/2/6	37	一级	优	-
2014/2/7	58	二级	良	$\text{PM}_{2.5}$
2014/2/8	108	三级	轻度污染	$\text{PM}_{2.5}$
2014/2/9	84	二级	良	$\text{PM}_{2.5}$
2014/2/10	58	二级	良	$\text{PM}_{2.5}$
2014/2/11	83	二级	良	$\text{PM}_{2.5}$
2014/2/12	75	二级	良	$\text{PM}_{2.5}$
2014/2/13	95	二级	良	$\text{PM}_{2.5}$
2014/2/14	137	三级	轻度污染	$\text{PM}_{2.5}$
2014/2/15	139	三级	轻度污染	$\text{PM}_{2.5}$
2014/2/16	84	二级	良	$\text{PM}_{2.5}$

间稍有不同: $\text{PM}_{2.5}$ 的次大值出现在1月30日19:00~20:00,原因是市民多选择在年夜饭前后燃放烟花爆竹;而 PM_{10} 在2月3日2:00~3:00前后出现另一峰值,此时 $\text{PM}_{2.5}$ 也同样维持高值,仅次于次大值。春节后期,随着燃放量的减少,同时也受北方强冷空气及南京地区雨雪天气影响, $\text{PM}_{2.5}$ 及 PM_{10} 的浓度在2月3日以后锐减且保持较低浓度;2月6日起可吸入颗粒物的浓度基本持续维持在 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下,2月14日元宵节夜间颗粒物浓度回升, PM_{10} 达到 $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{PM}_{2.5}$ 达到 $146 \mu\text{g}/\text{m}^3$,但较春节前期已显著降低。

空气质量指数AQI的变化基本与细颗粒物变化一致,前期空气污染在轻度污染级别以上(1月28日~2月2日)尤其在1月30~31日南京出现了持续性雾霾天气;而春节后期(2月3日~2月13日)冷空气活动频繁多雨雪天气,空气质量大部分时间为良好~优,部分时间为轻度污染;元宵节(2月14日~2月15日)标志着春节的结束,尽管南京地区元宵节前仍以小雨天气为主,但随着新一轮烟花爆竹的大量燃放,空气质量等级处于轻度污染水平。

SO_2 、 NO_2 两种污染物浓度总体保持较一致的变化趋势,最大值出现在1月30日17:00~18:00,次大值出现在2月15日8:00~9:00前后,之间质量浓度一直维持较低的浓度,最大值和次大值稍超前或滞后于 PM_{10} 的质量浓度,主要是与大气的稳定性有关^[5];同时,春节假期由于南京城区内出行车辆的明显减少,交通流量有所控制,汽车尾气的排放量也大幅降低,这对氮氧化物的减少也

有积极意义。 O_3 作为大气中的二次污染物,不仅受前体物浓度制约,与太阳辐射的日变化也相当密切相关。图 1 中 O_3 的时间变化曲线呈锯齿状分布,其质量浓度具有明显日变化,白天在太阳光作用下挥发性有机物 (VOCs)、氮氧化物 (NO 和 NO_2) 和一氧化碳 (CO) 经过复杂的光化学反应生成 O_3 ;到了夜间, O_3 浓度减小,呈现白天高夜间低

的特点。部分鞭炮燃放的集中阶段 (如除夕和元宵节夜间), O_3 浓度不升反降;而农历正月初五的迎财神日同样也是烟花爆竹燃放的高峰期, O_3 浓度同样相对较高,由此可见, O_3 浓度与烟花爆竹燃放的关系非常复杂,并非简单的线性相关,烟花爆竹燃放对 O_3 的影响远不如对其它污染物直接。

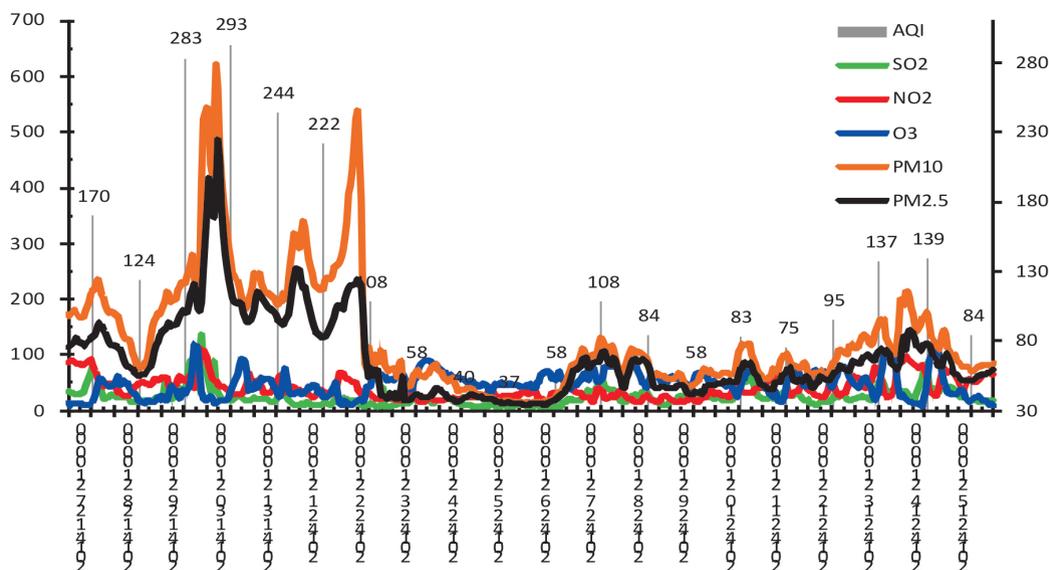


图 1 春节前后南京 AQI 指数、 SO_2 、 NO_2 、 O_3 、 PM_{10} 浓度 ($\mu g/m^3$) 随时间的变化

2 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 浓度日变化特征

由以上分析可以看出,燃放烟花爆竹对可吸入颗粒物浓度变化的影响尤为突出,为进一步探讨燃放烟花爆竹对 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的影响程度,图 2 分别给出了春节期间 1 月 28 日~2 月 16 日南京地区 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 浓度平均日变化、除夕和元宵节当日日变化、此两天平均日变化以及剔除这两日后的平均日变化情况。由图 2 可以看出,剔除集中燃放烟花爆竹的除夕和元宵节之后,多日平均浓度低于总体平均浓度,除夕和元宵节 20:00~03:00 集中燃放烟花对 $PM_{2.5}$ 总体平均的贡献可以达到 $25 \mu g/m^3$,而对 PM_{10} 的总体平均浓度贡献更大,可达 $28.5 \mu g/m^3$ 。 $PM_{2.5}$ 的平均日变化在晚间 22:00 达到日最高,中午 9:00 为日最低值;而 PM_{10} 的平均日变化在夜间 1:00 左右达到日最高,中午 11:00 为日最低值,都稍滞后于 $PM_{2.5}$ 的极值。而从除夕 (1 月 30 日 13:00~31 日 12:00) 和元宵节 (2 月 14 日 13:00~15 日 12:00) 南京市城区 $PM_{2.5}$ 和

PM_{10} 逐时浓度变化可以看出,烟花爆竹对 PM_{10} 的浓度急剧升高造成了显著的影响。

图 2 可以发现,除夕夜 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的浓度均有 2 个高峰期, $PM_{2.5}$ 的第 1 个高峰出现在晚上 21:00 前后 ($419.4 \mu g/m^3$),第 2 个高峰出现在夜间 2:00 ($487.5 \mu g/m^3$);而 PM_{10} 浓度高峰出现在晚上 22:00 前后 ($543.8 \mu g/m^3$) 和 1:00 ($621.7 \mu g/m^3$),两个峰值之间有短暂的间歇期;而元宵节 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的浓度曲线则从晚上 20:00 起直到 3:00 始终维持在较高水平,无明显的间歇期,可推测这两个重要节日期间人们燃放烟花爆竹的传统习俗略有不同。此外,我们注意到,除夕和元宵节 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的小时浓度最大值为春节多日平均小时浓度的 5 倍左右。

从 15:00~20:00、21:00~02:00、03:00~08:00、09:00~14:00 这四段时间 6 h 平均的 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 浓度对比曲线来看,1 月 30 日、2 月 2 日、2 月 14 日的 21:00~02:00 的 6 h 平均浓度远大于当日的 24 h 平均浓度,其它日期内基本与日 24 h 平均均值大

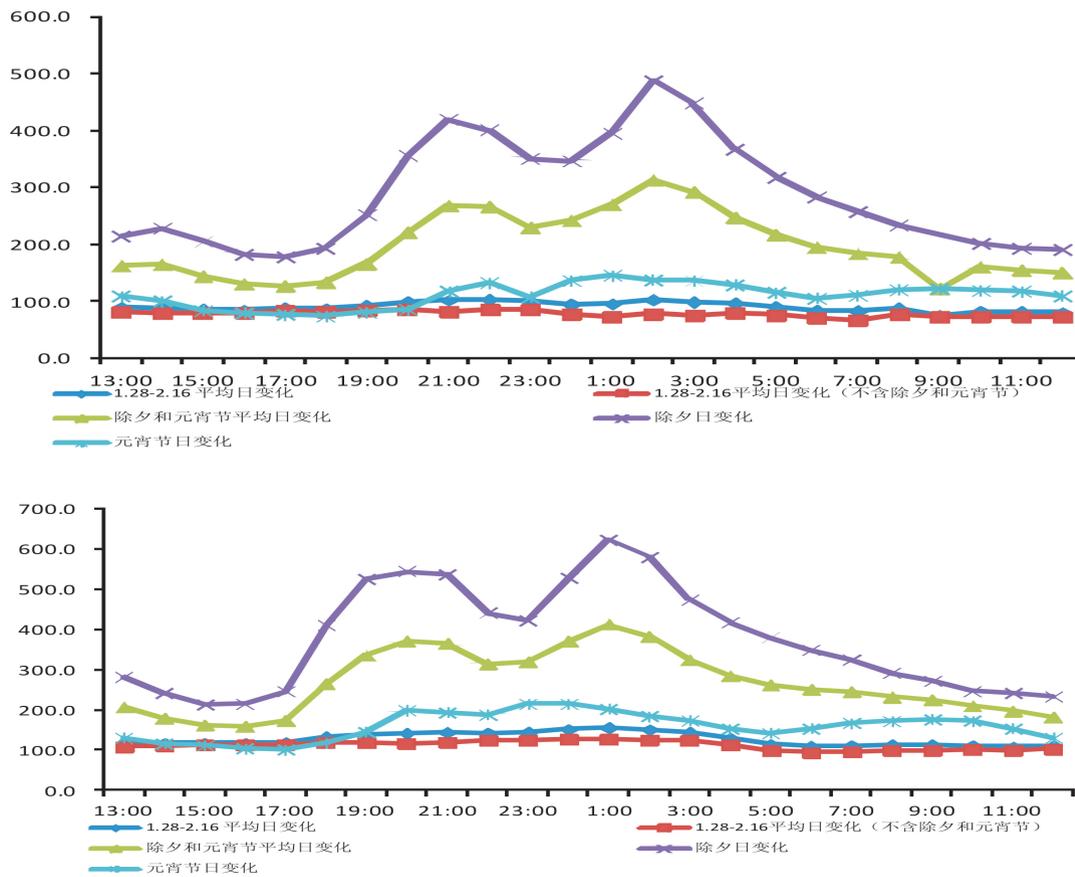


图2 春节期间南京 PM_{2.5}(a)和 PM₁₀(b)平均浓度日变化及除夕、元宵节当日逐时变化曲线(µg/m³)

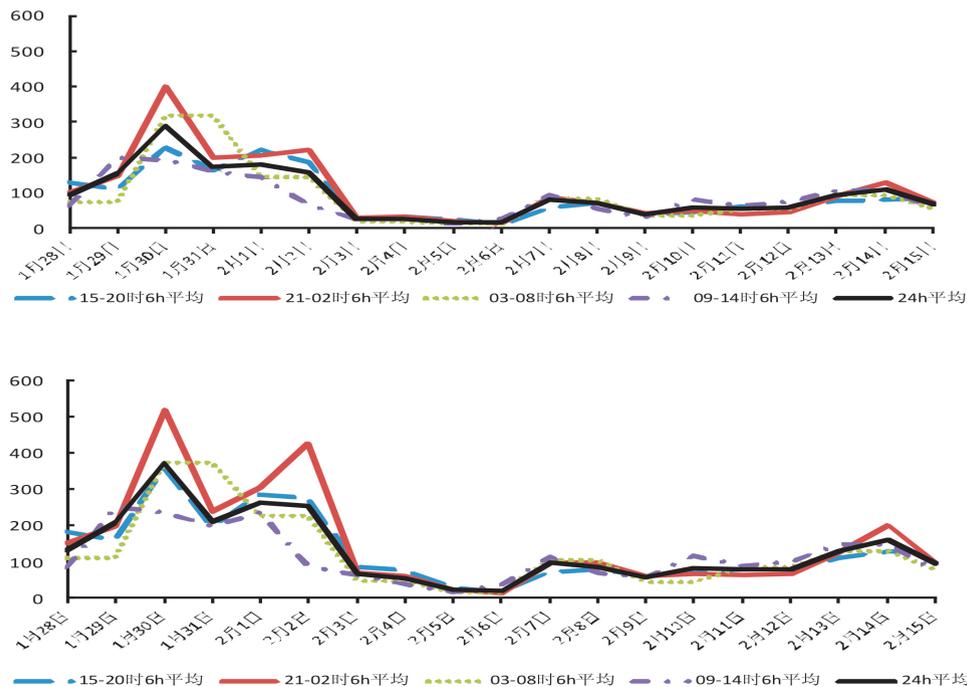


图3 春节期间南京 PM_{2.5}(a)和 PM₁₀(b)浓度逐日 24 h 平均和不同时段 6 h 平均变化曲线(µg/m³)

小相当。进一步证明,春节期间烟花爆竹的燃放对大气中 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的浓度变化有重要影响。且从这 4 个时段来看,21:00~02:00 受到燃放烟花爆竹的影响最大,其次是 15:00~20:00,而在白天 09:00~14:00 受影响程度最低。

3 城区及近郊燃放高峰期细颗粒物浓度变化

张小玲等^[6]对比分析了北京城区与远郊区细颗粒物浓度的异同,进一步探讨燃放烟花爆竹和气象条件对空气质量的影响,为合理引导烟花爆竹燃放相关法规的修订和污染控制措施的制定提供参考。南京市高楼林立人口集中,而近郊区人口密度相对低些,鞭炮燃放“禁改限”后,不同区域市民集中燃放大量烟花爆竹将对空气质量产生何种差异。为了考察春节期间不同区域燃放烟花爆竹对空气污染的影响程度,我们分别选取一个城区观测点(草场门)和一个近郊区观测点(浦口)的测站数据进行对比分析。图 4 a 和 4 b 分别反映了除夕和元宵节前后草场门和浦口观测站 $PM_{2.5}$ 和

PM_{10} 逐时的浓度变化情况,图中柱形图浓度差值均代表草场门站的观测值减去浦口站的观测值。由图 4 a 可以看出,草场门站 $PM_{2.5}$ 浓度大部分时段均高于浦口站,而在 1 月 30 日 0:00~2:00 浦口站和草场门站的浓度差异最大,同时段最大浓度差值可达 $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 月 31 日 2:00);浦口站的 $PM_{2.5}$ 浓度峰值出现在 1 月 31 日 3:00,滞后于城区草场门站;草场门环境测站则位于主城区,在除夕夜前后其 $PM_{2.5}$ 浓度出现了两次峰值,且日变化明显,最大峰值出现在 1 月 31 日 2:00 时,即新年 0:00 点大量烟花爆竹燃放,污染物累积了 2 小时后;另一峰值则出现在 30 日 21:00,即年夜饭前后燃放的烟花爆竹污染物累积 2 h 后。草场门测站与浦口测站 $PM_{2.5}$ 的浓度变化趋势基本一致,浦口站的变化稍滞后于草场门站 1~2 h,其差值反映了城市与近郊的污染物累积存在区域差异,同时也体现了城市人口密集区在节日期间燃放烟花爆竹对空气污染影响更大,空气污染级别更易超标。

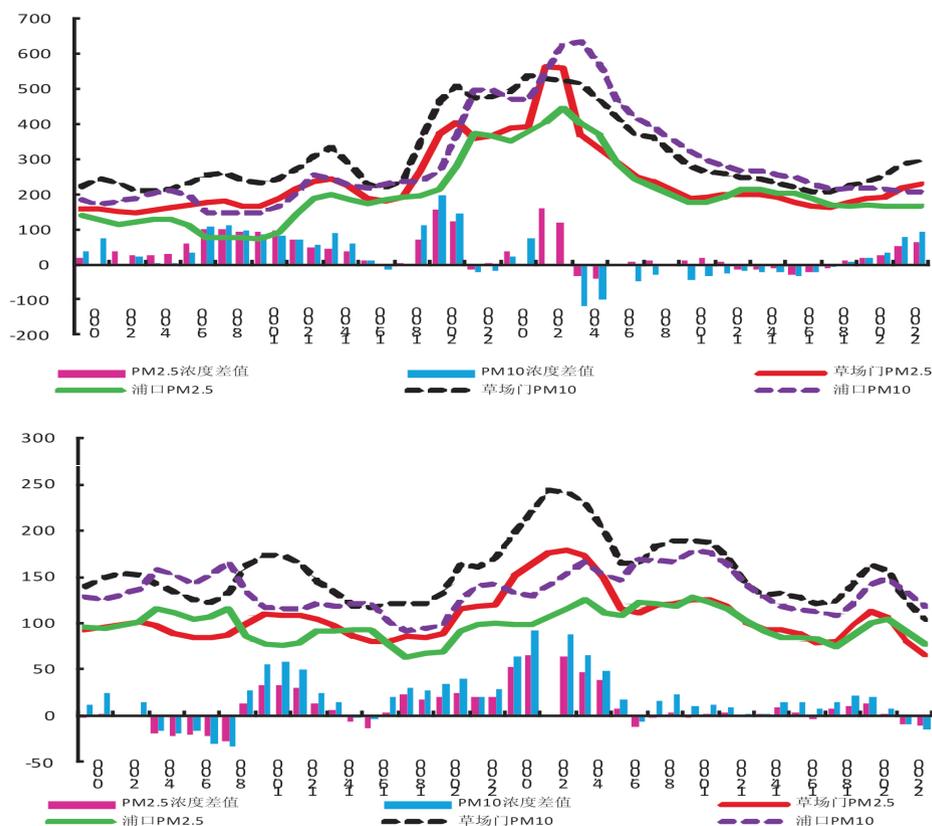


图 4 2 除夕(1 月 30 日 0:00~1 月 31 日 23:00)和元宵(2 月 14 日 0:00~2 月 15 日 23:00)前后南京城区草场门站和近郊区浦口站及两站差值 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 浓度变化曲线($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

图 4 b 反映了元宵节前后草场门测站和浦口测站逐时 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的浓度变化情况, 两者浓度的城郊差异也很显著, 无论是 $PM_{2.5}$ 还是 PM_{10} , 城区的污染浓度基本大于近郊区。浦口测站的 $PM_{2.5}$ 浓度日变化不大, 始终保持在 $70\sim 120\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间, 而 2 月 14 日草场门站的 $PM_{2.5}$ 浓度则仍有明显的峰值, 最大值出现在 2 月 15 日的 1:00~3:00 时; 相同时段也是城区草场门站 PM_{10} 浓度的峰值时, 最大值为 $244\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, 约为近郊区浦口的 1.5~2 倍。对比图 4 a 和图 4 b 两图, 可以发现, 虽然除夕和元宵节均为春节期间烟花爆竹燃放的相对集中期, 但二者仍存在较明显的差异, 具体体现在: 1) 除夕夜燃放时间更为集中, 新年到来之际的 0:00~2:00 内, 污染物浓度有累积并急剧增加的特点, 之后浓度降低的也比较快; 3 日在小雨的冲刷作用下, 污染物再度得到沉降; 2) 元宵节晚间燃放时间较长, 污染物浓度尤其是 $PM_{2.5}$ 浓度在 19:00 以后持续增加, 伴随春节节日的结束, 烟花爆竹燃放量减少, 颗粒物浓度逐渐降低。

3 结论

本文利用 2014 年春节前后污染物浓度资料, 分析了南京市在限燃措施规定下 (减少了燃放时间、增加了禁放区域、加强了烟花规格控制), 春节期间空气质量变化特征, 重点研究了春节前后可吸入颗粒物 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的变化特征, 对比分析了城区和近郊的浓度变化差异, 得到一些有益结论:

1) 南京市的进一步限燃措施取得了一定成效: 春节前后 20 d 内共 5 天空气污染级别达中度污染及以上 (1 月 28 日, 1 月 30 日~2 月 2 日), 其它时段空气质量基本介于轻度污染~优之间, 污染

超标率控制在 25%, 细颗粒物仍然是主要污染物, 可吸入颗粒物仍是主要污染物。

2) $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的变化趋势基本一致且变幅很大, 最大值均出现在除夕后半夜, 与市民选择在新年零点前后燃放烟花爆竹有一定关系。 SO_2 、 NO_2 两种污染物浓度总体保持平稳变化, 最大值和次大值的出现稍超前或滞后于烟花爆竹的集中燃放期, 说明其浓度变化受气象条件影响更大。 O_3 的质量浓度具有明显日变化, 呈现白天高夜间低的特点, 烟花爆竹燃放对其影响远不如对其它污染物直接。

3) 草场门测站与浦口测站 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 的浓度变化趋势基本一致, 其差值反映了城郊污染物的累积存在区域差异, 城市人口密集区燃放烟花爆竹对空气污染的影响更大, 污染级别更易超标。除夕和元宵节虽均为烟花爆竹燃放相对集中期, 但二者造成的污染存在差异: 除夕夜燃放时间更为集中, 0:00~2:00 污染物浓度急剧增加并累积, 之后浓度降低也较快; 元宵节晚间燃放时间长, 污染物浓度在 19:00 以后逐渐持续增加。

参考文献

- [1] 洪盛茂, 何曦, 祁国伟, 等. 杭州市区春节期将空气质量变化特点[J]. 气象科技, 2003, 31(6):340-344.
- [2] 韩向东, 刘献辉, 陈辉, 等. 燃放烟花爆竹对环境空气的影响[J]. 黑龙江环境通报, 2007, 31(4):60-61.
- [3] 张建华, 夏文前, 王斌, 等. 浅谈燃放烟花爆竹对环境空气的影响[J]. 黑龙江环境通报, 2004, 28(2):80-81.
- [4] 李令军, 李金香, 辛连忠, 等. 北京市春节期间大气污染分析[J]. 中国环境科学, 2006, 26(5):537-541.
- [5] 魏玉香, 董尧青, 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.
- [6] 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):6-12.

(上接第 34 页)

参考文献

- [1] 刘天佑. 地球物理勘探概论[M]. 地质出版社, 2007.
- [2] 王兴泰, 傅春久, 程德福等. 电法勘探新进展[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [3] 董浩斌, 王传雷, 许刚林. 分布式智能化高密度电法仪的研制[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2001, 26(S):17-22.

- [4] 徐加益. 高密度电法反演软件 Res2dinv 功能及其应用[J]. 黑龙江水利, 2016, 2(8):56-59.
- [5] 福建省 121 地质大队. 南日岛镇政府和鳌屿岛电法工作小结[R]. 福建省 121 地质大队, 2015.
- [6] 南京地质调查中心. 南日岛水文钻 15ZKJ03 孔设计[R]. 南京地质调查中心, 2015.
- [7] 南京地质调查中心. 南日岛水文钻 15ZKJ08 孔设计[R]. 南京地质调查中心, 2015.