

# 2019年春节期间重庆市烟花爆竹燃放效果评估\*

刘姣姣<sup>1,2</sup> 张天<sup>3</sup> 叶堤<sup>1,2</sup> 许丽萍<sup>1,2</sup> 刘芮伶<sup>1,2</sup>

(1.重庆市生态环境监测中心,重庆 401147;

2.城市大气环境综合观测与污染防治重庆市重点实验室,重庆 401147;

3.重庆工业职业技术学院化学与制药工程学院,重庆 401120)

**摘要** 为评估2019年春节期间重庆市烟花爆竹燃放政策的实施效果,利用2015—2019年春节期间的空气质量自动监测数据及在线水溶性离子监测数据等资料,并采用烟花爆竹影响分级、PM<sub>2.5</sub>/CO法等方法,估算了除夕夜烟花爆竹燃放对重庆市各监测站点的影响。结果表明,2019年重庆市烟花爆竹燃放后,空气质量明显好于往年。主城区优良天数为近5年春节期最多,PM<sub>2.5</sub>平均浓度为近5年最低,除夕夜PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>最大峰值同比分别下降72.8%和74.1%,且烟花污染的强示踪组分K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>等也没有出现明显陡升,有近一半的监测站点空气质量基本未受烟花爆竹影响。

**关键词** PM<sub>2.5</sub> 烟花爆竹燃放 空气质量

DOI:10.15985/j.cnki.1001-3865.2020.04.018

**Evaluation of the effect of fireworks prohibition in Chongqing during the Spring Festival in 2019** LIU Jiaojiao<sup>1,2</sup>, ZHANG Tian<sup>3</sup>, YE Di<sup>1,2</sup>, XU Liping<sup>1,2</sup>, LIU Ruiling<sup>1,2</sup>. (1. Ecological and Environmental Monitoring Center of Chongqing, Chongqing 401147; 2. Key Laboratory for City Atmospheric Environment Integrated Observation & Pollution Prevention and Control of Chongqing, Chongqing 401147; 3. Faculty of Chemical and Pharmaceutical Engineering, Chongqing Industry Polytechnic College, Chongqing 401120)

**Abstract:** In order to evaluate the effect of fireworks prohibition policy in Chongqing during the Spring Festival in 2019, the online data of air quality automatic monitoring and water-soluble ion monitoring from 2015 to 2019 were analyzed. Moreover, the effects of fireworks on various sites were estimated by means of the influence classification factors and PM<sub>2.5</sub>/CO. The results showed that the air quality during the Spring Festival was significantly improved because of the fireworks prohibition. The excellent days in the main urban area were the most and the average concentration of PM<sub>2.5</sub> was the lowest in the past 5 years. The maximum peak concentration of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> on Chinese New Year's Eve decreased 72.8% and 74.1% respectively compared to last year. The components of PM<sub>2.5</sub>, such as K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup> showed no significant steep increase. Nearly half of the air quality sites were barely affected by fireworks.

**Keywords:** PM<sub>2.5</sub>; fireworks prohibition; air quality

烟花爆竹的集中燃放会在短时间内排放大量污染物,如PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、CO、SO<sub>2</sub>等,对环境空气质量造成明显污染<sup>[1-2]</sup>,并可能对人群产生健康风险<sup>[3]</sup>。有研究者研究了烟花爆竹燃放对环境空气质量的影响<sup>[4-7]</sup>,认为烟花爆竹的集中燃放会造成颗粒物短时间内成倍增加,并进一步分析了其主要污染物的组成和特性<sup>[8-10]</sup>。近年来,随着烟花爆竹燃放措施的实施,部分学者对燃放后的实施效果进行了评估,均发现燃放区污染物浓度明显降低,空气质量明显改善<sup>[11-13]</sup>,但有可能受到郊县等周边地区烟花爆竹燃

放的传输影响,导致重污染天气出现<sup>[14]</sup>。

根据《打赢蓝天保卫战三年行动计划》要求,为切实打好大气污染防治攻坚战,2019年春节期间重庆市启动了《重庆市燃放烟花爆竹管理条例》,规定重庆市主城区绕城高速以内及江津区、合川区等城市建成区禁止燃放烟花爆竹。本研究基于2015—2019年春节期空气质量数据,分析了主城区主要污染物的时间变化规律,对2019年春节期重庆市烟花爆竹燃放政策的实施效果进行了评估,并量化估算烟花爆竹燃放对PM<sub>2.5</sub>的贡献量及贡献率,有助

第一作者:刘姣姣,女,1982年生,硕士研究生,高级工程师,主要从事大气环境监测及预报。

\* 国家重点研发计划项目(No.2018YFC0214000)。

于环境管理部门科学决策。

## 1 材料与方法

### 1.1 监测点位与监测方法

选取重庆市环境空气质量自动监测站点(以下简称测点)作为研究对象,目前重庆市共设有71个测点,其中主城区测点30个。研究所分析的数据为2015—2019年春节期间的空气质量指数(AQI)和主要污染物( $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 、CO)浓度的逐时监测数据。

$PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 采用 $\beta$ 射线法监测,CO采用非分散红外吸收法监测。在线水溶性离子数据(包括 $Na^+$ 、 $NH_4^+$ 、 $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ )来自重庆市大气超级站,监测仪器为S611型在线气体与气溶胶成分监测仪(IGAC),为保证数据质量,根据《环境空气颗粒物中水溶性阳离子( $Li^+$ 、 $Na^+$ 、 $NH_4^+$ 、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ )的测定 离子色谱法》(HJ 800—2016)与《环境空气颗粒物中水溶性阴离子( $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $Br^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $PO_4^{3-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $SO_3^{2-}$ )的测定 离子色谱法》(HJ 799—2016)等标准要求,对仪器定期进行流量检查、切割头清洗、阴阳离子标准曲线绘制等质量保证和控制工作。

### 1.2 数据分析

大气主要污染物中CO相对稳定,受燃放的影响较小,因此以CO作为参照气体,基于 $PM_{2.5}/CO$ 法分析烟花爆竹燃放对 $PM_{2.5}$ 的贡献。计算公式如下:

$$M = C_{PM} - C_{CO} \times C'_{PM,a} / C'_{CO,a} \quad (1)$$

$$\eta = M / C_{PM} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $M$ 为集中燃放期(选取除夕23:00至初一4:00)烟花爆竹燃放对 $PM_{2.5}$ 贡献量, $\mu g/m^3$ ;  $C_{PM}$ 为集中燃放期 $PM_{2.5}$ 质量浓度, $\mu g/m^3$ ;  $C_{CO}$ 为集中燃放期CO质量浓度, $mg/m^3$ ;  $C'_{PM,a}$ 为非集中燃放期(选取除夕1:00—18:00) $PM_{2.5}$ 平均质量浓度, $\mu g/m^3$ ;  $C'_{CO,a}$ 为非集中燃放期CO平均质量浓度, $mg/m^3$ ;  $\eta$ 为烟花爆竹燃放对 $PM_{2.5}$ 的贡献率, %。

基于重庆市本地烟花爆竹燃放习俗,假设除夕1:00—18:00不存在烟花爆竹燃放现象且不发生显著的污染气团传输现象,除夕23:00开始集中燃放烟花。

## 2 结果与讨论

### 2.1 近5年主城区春节期间空气质量总体情况

2015—2019年春节期间的(除夕至初六)主城区

优良天数和颗粒物质量浓度变化见表1。2019年春节期间的优良天数为6d,同比增加3d,优良天数为近5年来最多。 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 平均质量浓度分别为55、74  $\mu g/m^3$ ,同比分别下降22.5%和18.7%, $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 平均浓度为近年来最低。2019年除夕和初一空气质量均达标,为近年来春节期间首次达标。主城区绕城高速以内及渝西地区燃放烟花爆竹,大幅减少大气污染物排放,并有利于巩固春节期间工地停工、工厂减产停产、主城车辆行驶大幅减少的减排成果,正效应叠加对主城区除夕和初一空气质量好转起到决定性作用。

表1 2015—2019年春节期间的主城区优良天数和颗粒物质量浓度

Table 1 The mass concentration of particulate matter and excellent days during the Spring Festival from 2015 to 2019

年度	优良天数/d	$PM_{2.5}$ /( $\mu g \cdot m^{-3}$ )	$PM_{10}$ /( $\mu g \cdot m^{-3}$ )
2019	6	55	74
2018	3	71	91
2017	5	66	86
2016	1	110	127
2015	5	63	85

### 2.2 小时变化趋势对比分析

2015—2019年主城区除夕至初一 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 小时质量浓度变化如图1所示。2019年采取烟花爆竹燃放管控措施后, $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 最大峰值分别为77、102  $\mu g/m^3$ ,没有出现大幅陡升情况,同比分别下降72.8%和74.1%,较近5年平均峰值分别下降68.2%和65.5%。全市71个测点中,实时空气质量达到重度及以上级别的测点同比减少37个,其中达到严重级别的测点同比减少25个。与往年同期相比,2019年除夕夜间至初一空气质量改善明显。另外,对正月十五烟花爆竹集中燃放时段 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 小时浓度变化分析表明,2019年 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 浓度也没有出现大幅陡升情况,仅受正月十五前后小风、高湿、静稳等不利气象条件的影响,颗粒物浓度呈缓慢累积上升趋势。

### 2.3 水溶性离子监测结果分析

在烟花爆竹燃放最为集中的时段(初一0:00—2:00),烟花污染的强示踪组分 $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Cl^-$ 等较往年同期相比没有出现明显陡升的情况,说明主城区烟花爆竹燃放效果明显。受夜间辐射逆温、边界层明显下压等不利气象驱动的影响,这些强示踪组分的峰值出现在初一8:00—11:00左右(见图2),与2019年 $PM_{2.5}$ 浓度峰值出现时间基本一致。在峰值时段, $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Cl^-$ 等烟花污染强示踪组分浓度

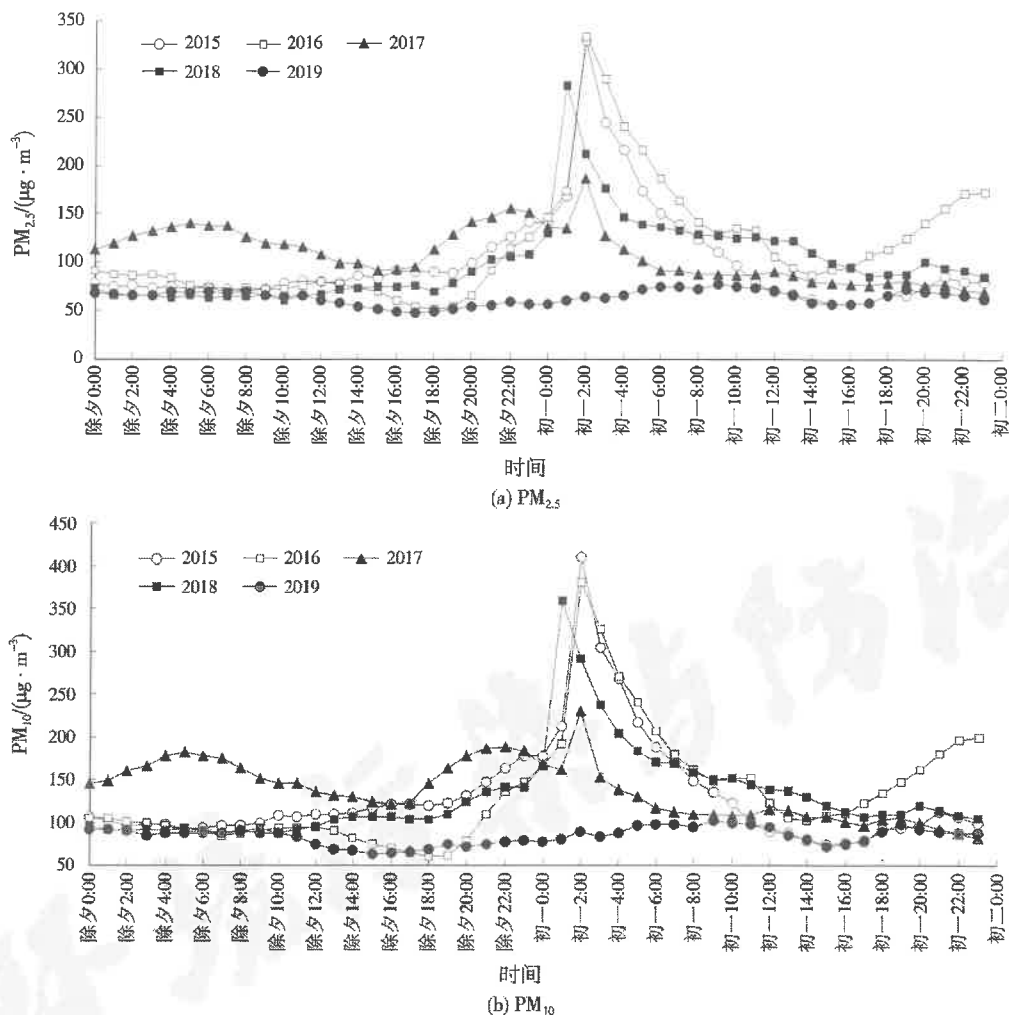
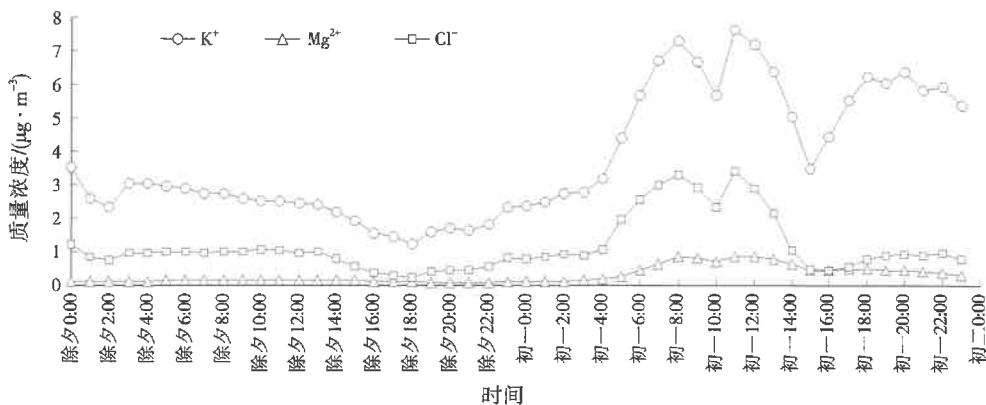


图1 2015—2019年除夕至初一主城区逐时PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>变化

Fig.1 Hourly mass concentration of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in the main urban area from Chinese New Year's Eve to Chinese New Year's Day during 2015-2019



注:考虑到8种水溶性离子中,K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>的变化最具有代表性,因此只展现了这3种水溶性离子。

图2 2019年春节期间PM<sub>2.5</sub>组分质量浓度逐时变化

Fig.2 Hourly mass concentration of PM<sub>2.5</sub> components during the Spring Festival in 2019

相对于其他参考组分(如 Na<sup>+</sup>)上升更为明显,其浓度以及在 PM<sub>2.5</sub> 中的占比均有所上升。从中国气象局气象信息综合分析处理系统(MICAPS)风场数据来看,初一凌晨重庆主城以东南风为主,同时用美国

国家海洋和大气管理局(NOAA)的混合单粒子拉格朗日综合轨迹模式(HYSPLIT)进行模拟,分析初一重庆市主城区气团轨迹,结果显示,500、800、1 000 m的气团均源于主城区东南方向,经过万盛

区、南川区上空到达主城区。结合主城区东南面测点小时浓度变化,初一6:00前主城区 $PM_{2.5}$ 浓度级别为良,主城区东南面万盛区和南川区为中度至重度污染,8:00主城区东南部巴南区、南岸区等区域 $PM_{2.5}$ 浓度逐步攀升达到轻度污染,从而导致主城区 $PM_{2.5}$ 浓度总体上升,但主城区其余区域仍为良,说明主城区在一定程度上也受到了周边非禁放区域烟花爆竹污染物输送的影响,但与其他地区相比,主城区受影响程度相对较小。

#### 2.4 烟花爆竹禁放措施效果评估

从图1可以看出,往年除夕夜受烟花爆竹集中燃放影响,空气质量恶化明显,与烟花爆竹燃放相关的特征污染物往往出现陡升现象,特别是 $PM_{2.5}$ 浓度上升尤为明显,是影响空气质量的首要污染物。综合考虑除夕至初一期间集中燃放期 $PM_{2.5}$ 峰值、峰值同比变化以及集中燃放期峰值相对于非集中燃放期的上升倍数等指标,将烟花爆竹对各测点 $PM_{2.5}$ 浓度的影响程度划分为5级:显著(峰值达严重污染、上升倍数大于4或峰值同比明显上升)、较显著(峰值达重度污染、峰值同比虽有明显下降但上升倍数仍大于2)、一般(峰值达轻度污染且上升倍数大于1)、基本无影响(峰值达轻度污染但上升倍数小于1)、无影响(峰值为优良水平)。对全市69个测点(71个测点中有2个测点因停电无数据,故不参与统计)进行统计分析,发现受烟花爆竹影响显著的测点有12个,占17.4%;影响较显著的测点有14个,占20.3%;影响一般的测点有9个,占13.0%;基本无影响的测点有14个,占20.3%;无影响测点有20个,占29.0%,有近一半的测点空气质量基本未受烟花爆竹影响。

除夕夜典型测点 $PM_{2.5}$ 峰值及上升倍数见图3。主城区禁放效果整体明显,测点基本均未受烟花爆

竹燃放的影响;渝西地区大部分区域均禁放烟花爆竹,但测点受烟花爆竹燃放影响差异显著,其中高寺路(南川区)、棠香(大足区)等测点受影响明显,而江津一中(江津区)、博物馆(永川区)等测点基本未受影响;另外其他地区因未禁放烟花爆竹,大部分测点受烟花爆竹燃放影响显著,主要有桃花源中路(酉阳县)、秀山高级中学(秀山县)和万寿大道(石柱县)等。

利用 $PM_{2.5}/CO$ 法分析2018年与2019年春节期间烟花爆竹(以除夕夜为例)燃放对 $PM_{2.5}$ 浓度的贡献。2018年除夕夜烟花爆竹集中燃放对主城区 $PM_{2.5}$ 浓度上升的贡献量为 $66\sim 201\mu g/m^3$ ,贡献率为45%~71%,平均贡献率约60%。而2019年除夕夜,烟花爆竹燃放对主城区 $PM_{2.5}$ 浓度的贡献量仅为 $1\sim 6\mu g/m^3$ ,贡献率为2%~8%,平均贡献率不超过5%,表明2019年主城区烟花爆竹禁放效果显著。典型测点烟花爆竹燃放对 $PM_{2.5}$ 浓度的贡献率结果见图4。主城区基本不受烟花爆竹燃放影响(以国控点为例);渝西地区南川区(以高寺路为例)影响显著,璧山区(以剑山路为例)影响相对较弱;其他地区中,秀山县(以秀山高级中学为例)、石柱县(以万寿大道为例)和酉阳县(以桃花源中路为例)影响显著,这与图3研究结果基本一致。

### 3 结论

(1) 2019年春节期间,重庆市主城区优良天数为6d,为近5年春节期间最多; $PM_{2.5}$ 平均浓度同比下降22.5%,为近5年最低;除夕和初一空气质量均达标,为近年来春节期间首次达标;空气质量明显好于往年,烟花爆竹禁放效果明显。

(2) 除夕夜间至初一,2019年主城区 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 最大峰值同比下降72.8%和74.1%,较近5年平

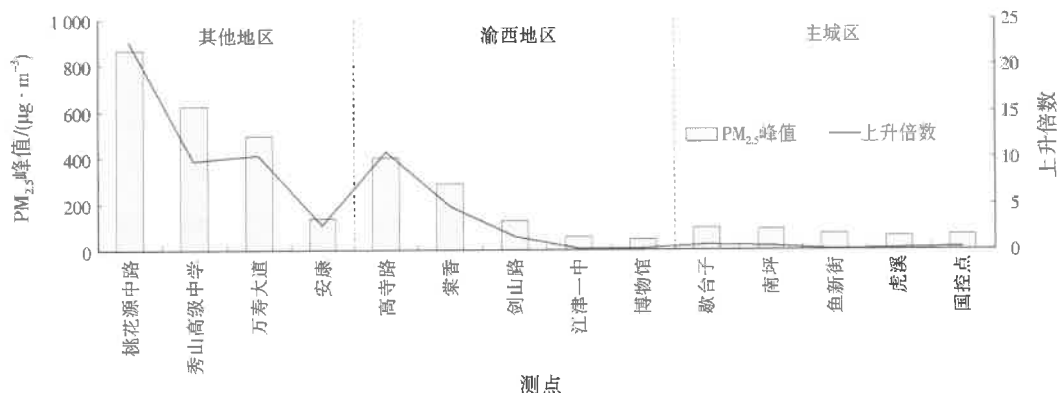


图3 除夕夜典型测点 $PM_{2.5}$ 峰值及上升倍数

Fig.3 Peak concentration and rising multiples of  $PM_{2.5}$  at typical sites on Chinese New Year's Eve

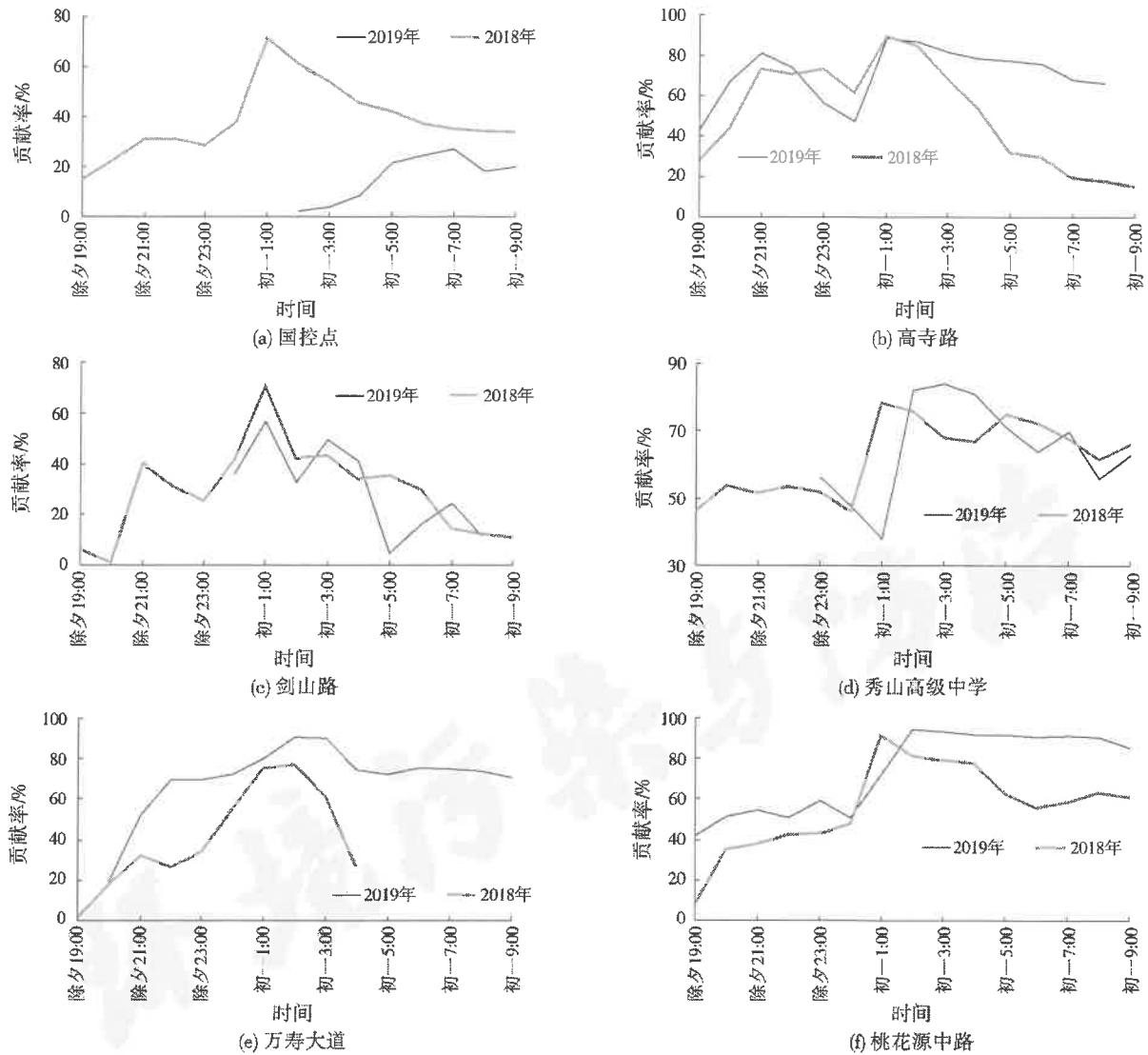


图4 除夕夜典型测点烟花爆竹燃放对PM<sub>2.5</sub>的贡献率

Fig.4 Contribution ratio of fireworks to PM<sub>2.5</sub> at typical sites on Chinese New Year's Eve

均峰值分别下降68.2%和65.5%，且烟花爆竹污染的强示踪组分K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>等也没有出现明显陡升，空气质量基本未受烟花爆竹燃放影响。

(3) 重庆市有将近一半的测点空气质量基本未受烟花爆竹影响(基本无影响的测点14个,占20.3%，无影响的测点20个,占29.0%)。主城区烟花爆竹燃放效果整体最明显,渝西地区禁放效果差异显著。

参考文献:

[1] 沈建东,焦荔,何曦,等.杭州城区春节PM<sub>2.5</sub>中水溶性离子在线观测[J].中国环境监测,2014,30(2):151-157.  
 [2] 王哲,王自发,郑海涛.一种评估烟花爆竹燃放对大气PM<sub>2.5</sub>影响的新方法[J].中国环境监测,2014,30(3):31-36.  
 [3] 潘本锋,李莉娜.春节期间燃放烟花爆竹对我国城市空气质量影响分析[J].环境工程,2016,34(1):74-77.  
 [4] 操晚,唐逸,薛鹏,等.烟花爆竹燃放对天津市空气质量的影响研究[J].气候与环境研究,2018,23(2):210-220.  
 [5] 王占山,李云婷,孙峰,等.烟花爆竹燃放对北京市空气质量的影响研究[J].中国环境监测,2016,32(4):15-21.  
 [6] 石琳琳,李令军,李倩,等.2016年北京市春节大气颗粒物污染特征激光雷达监测分析[J].环境科学,2017,38(10):4092-4099.  
 [7] 杨志文,吴琳,元洁,等.2015年春节期间天津烟花爆竹燃放对空气质量的影响[J].中国环境科学,2017,37(1):69-75.  
 [8] 谢瑞加,侯红霞,陈永山.烟花爆竹集中燃放的大气细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)成分图谱[J].环境科学,2018,39(4):1484-1492.  
 [9] 邹强,姚玉刚.春节烟花爆竹燃放期间苏州市区PM<sub>2.5</sub>组分特征分析[J].中国环境监测,2014,30(4):100-106.  
 [10] 潘楠,卢新卫.2016年春节期间西安市大气颗粒物中多环芳烃的污染特征[J].大气与环境光学学报,2018,13(3):208-217.  
 [11] 张志.禁放烟花爆竹对郑州市春节期间空气质量的影响分析[C]//2017中国环境科学学会科学与技术年会.厦门:中国环境科学学会,2017:1373-1376.  
 [12] 曹馨元,何月欣,陈卫卫,等.烟花爆竹禁燃对春节期间东北地区空气质量影响评估[J].中国环境监测,2018,34(4):77-84.  
 [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] 胡丙鑫,段青春,刘世杰,等.2018年春节期间京津冀及周边地区烟花燃放效果评估[J].环境科学研究,2019,32(2):203-211.

编辑:徐婷婷 (收稿日期:2019-04-30)

