

长株潭城市群 PM_{2.5} 污染的春节假日效应

昌晶亮¹, 余洪², 罗伟伟³, 王磊^{4,5} (1. 湖南城市学院商学院, 湖南 益阳 413000; 2. 湖南城市学院城市管理学院, 湖南 益阳 413000; 3. 军事经济学院基础部, 湖北 武汉 430035; 4. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 5. 宁夏大学人文学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 利用长株潭城市群 24 个监测点 PM_{2.5} 小时监测数据, 研究 2013—2015 年春节期间(7 d) 和春节前后(14 d) PM_{2.5} 污染差异及变化, 并分析旅游休闲活动对空气质量的影响。在去除气象条件(日降水量大于 4 mm) 影响后, 从 PM_{2.5} 污染程度差异、PM_{2.5} 浓度日变化差异和假日效应的空间差异 3 个方面分析了 PM_{2.5} 污染的春节假日效应。结果表明, 整体上长株潭地区春节期间 PM_{2.5} 浓度比春节前后高 12 μg·m⁻³, 但春节后(7 d) PM_{2.5} 浓度比春节期间低 41.5%, “节后效应”明显。由于受烟花燃放等假日活动影响, 春节期间 PM_{2.5} 浓度在 00:00—02:00 时段显著上升, 02:00 时 PM_{2.5} 浓度比非春节期间高 47.6%。在假日效应的空间差异方面, 长沙作为游客流入地, 春节期间 PM_{2.5} 浓度比非春节期间高 33.5%, 体现了人流出行和旅游活动对空气质量的显著影响。

关键词: 空气污染; PM_{2.5}; 春节; 假日效应; 旅游活动; 长株潭城市群

中图分类号: X823 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4831(2016)05-0724-05

DOI: 10.11934/j.issn.1673-4831.2016.05.006

Holiday Effect of Spring Festival on PM_{2.5} Pollution in Chang-Zhu-Tan Metropolitan Area. CHANG Jing-liang¹, YU Hong², LUO Wei-wei³, WANG Lei^{4,5} (1. Business School, Hunan City University, Yiyang 413000, China; 2. City Management School, Hunan City University, Yiyang 413000, China; 3. Basic Department, Military Economics School, Wuhan 430035, China; 4. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Beijing 100101, China; 5. School of Humanities, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: PM_{2.5} has been a major concern of the public due to its obvious effect of reducing visibility and endangering human health. Based on the hourly PM_{2.5} monitoring data gathered around the clock at 24 monitoring sites in the Chang-Zhu-Tan metropolitan area, analysis was performed of variation of PM_{2.5} pollution throughout 7 days before spring festival, 7 days of spring festival and 7 days after the festival in 2013, 2014 and 2015 to explore impacts of holiday activities, including tourism, on air quality. After excluding the effect of meteorological factors (e.g. daily precipitation > 4 mm), holiday impacts were analyzed from the following three aspects, namely, difference in PM_{2.5} pollution level, difference in daily variation of PM_{2.5} concentrations, and spatial variation of the holiday effect. Results show that PM_{2.5} concentration was 12 μg·m⁻³ higher during the holiday period than during the days before and after the holiday, as a whole in the metropolitan area, and 41.5% lower during the 7 days after the holiday than during the holiday period, revealing an obvious "post-holiday effect". Strongly affected by holiday activities, like setting off fire-cracks and fireworks, PM_{2.5} concentration soared dramatically during the early hours from 00:00 to 02:00 each day of the holiday period, peaking at 02:00 and being 47.6% higher than that during the non-holiday periods. The holiday effect varied spatially across the study area. In Changsha, being the destination of tourists during the holiday period, PM_{2.5} concentration was 33.5% higher during the Spring Festival than during the non-holiday periods, demonstrating apparent impacts of travelling and tourism activities on air quality.

Key words: air pollution; PM_{2.5}; holiday effect; tourism activity; Chang-Zhu-Tan metropolitan area

近年来, PM_{2.5} (环境空气中空气动力学直径 ≤ 2.5 μm 的颗粒, 也称细颗粒物) 由于其显著降低大气能见度且严重危害人体健康而备受关注^[1]。空气污染不仅危害人体健康, 还会影响旅游产业发展^[2]。空气质量与旅游活动的影响是交互的^[3]。一方面, 空气质量的优劣影响了人们旅行目的地选

择^[4], 如随着空气质量恶化, 城市旅游接待量的增长趋势会变缓^[5]; 另一方面, 旅游休闲活动反过来

收稿日期: 2016-01-29

基金项目: 湖南省哲学社会科学基金(12JD11)

① 通信作者 E-mail: Duke@nxu.edu.cn

也会影响空气质量^[6-9]。城市居民有规律的休假活动显著改变了空气污染物浓度的时空变化,相关研究发现周末空气质量优于工作日,这被称为空气污染的“星期效应”^[10]。重要节假日期间旅游休假活动会改变人们短期内生产、生活和出行方式,其对空气质量的影响被称为“假日效应”(holiday effect)。

春节是中国最重要的传统节日,TAN等^[11]最早研究了台北都市区1994—2006年间的春节假日效应,研究发现春节期间NO_x、SO₂、PM₁₀等污染物浓度低于非春节期间,并认为这与春节期间污染物排放减少有关。在随后的研究中,TAN等^[12]以整个中国台湾地区为例开展研究,发现由于城乡差异的存在,空气污染的春节假日效应存在明显的东西部空间差异。但中国大陆的相关研究表明,春节期间的空气污染比非春节期间严重,例如陈欣等^[13]指出中国31个省会城市春节期间的空气污染指数比非春节期间高约6%,其中集中供暖区域的空气污染指数比非集中供暖区域高约37%;雷瑜等^[14]同样发现北京城区春节期间PM_{2.5}等污染物浓度高于非假日期间,并认为这可能与春节期间烟花爆竹燃放有关。综合来看,春节期间人们的休假活动对空气质量的影响既包括因生产活动减少而带来污染物排放减少的有利影响,也包括节日期间大量、集中的烟花燃放导致的不利影响^[14]。

虽然空气污染的春节假日效应已有研究,但针对不同地区、不同污染物的假日效应可能存在差异。长株潭城市群是华中地区最大的连片城市化区域,其中长沙是全国著名旅游城市。该研究以长株潭城市群为研究区,获取2013—2015年春节期间PM_{2.5}浓度数据,从PM_{2.5}污染程度的假日差异、PM_{2.5}浓度日变化的假日差异和假日效应的空间差异3个方面分析长株潭城市群PM_{2.5}污染的春节假日效应,研究结果将为人们健康出行和大气污染防治提供参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况

长株潭城市群位于湖南省中东部,包括长沙、株洲、湘潭3市,属亚热带季风性气候区,季节变化明显;地形以平原、丘陵为主,南高北低;3市沿湘江呈品字形分布,结构紧凑。长沙是湖南省会,是全省经济中心,人口密集;株洲是老工业城市,工业发达;湘潭作为湖湘文化发源地,历史悠久。自长株潭城市群获批两型社会改革试验区以来,城市发展

迅速,但空气污染问题也越来越突出,颗粒物污染严重^[15-16]。

1.2 PM_{2.5}浓度数据

中国从2013年开始在全国范围监测PM_{2.5},长株潭是首批重点监测区域。目前,长株潭城市群共有24个国家控制空气质量监测点,其中长沙10个,株洲7个,湘潭7个。从中国环境监测总站全国城市空气质量实时发布平台(<http://106.37.208.233:20035/>)获取2013—2015年春节前后各监测点PM_{2.5}浓度小时监测数据。由于株洲、湘潭监测点2013年春节期间尚未实施PM_{2.5}监测,因此2013年春节期间只获取了长沙地区的监测数据。

1.3 气象数据

气象条件显著影响空气质量,尤其是风和降水。在研究PM_{2.5}污染的假日效应时,需要考虑气象条件的影响。从中国气象数据网(<http://data.cma.gov.cn/>)获取研究区长沙和株洲2个气象站2013—2015年春节前后日平均风速和日平均降水量数据,取2个气象站监测结果的平均值表征研究区当日的风速和降水量。

1.4 研究方法

春节是农历新年,对应的公历时间每年不一样,但基本在公历1—2月。参照已有研究^[13],以农历除夕(腊月三十,部分年份为农历腊月二十九)至正月初六作为春节期间(7 d),将春节期间前7 d和后7 d作为对照组,称为非春节期间,以研究PM_{2.5}污染的春节假日效应。2013—2015年春节期间和春节前后对应的公历日期如表1所示。

表1 2013—2015年农历春节对应的公历日期

Table 1 Solar calendar dates of the spring festival in 2013, 2014 and 2015

年份	春节前7 d	春节期间	春节后7 d
2013	02-02—02-08	02-09—02-15	02-16—02-22
2014	01-23—01-29	01-30—02-05	02-06—02-12
2015	02-11—02-17	02-18—02-24	02-25—03-03

基于PM_{2.5}浓度实时监测数据,研究春节期间(7 d)和非春节期间(春节前后各7 d)PM_{2.5}污染程度差异和不同时期PM_{2.5}浓度日变化差异。此外,统计各监测点春节期间和非春节期间PM_{2.5}浓度均值,以研究PM_{2.5}污染假日效应的空间差异。为避免或尽量减小气象条件(风和降水)对空气质量的影响,依据气象条件对PM_{2.5}监测数据进行筛选。

2 结果与分析

2.1 $PM_{2.5}$ 浓度时间序列变化

2013—2015 年春节期间和非春季期间 $PM_{2.5}$ 日均浓度和日平均气温、日平均降水量的变化如图 1 所示。

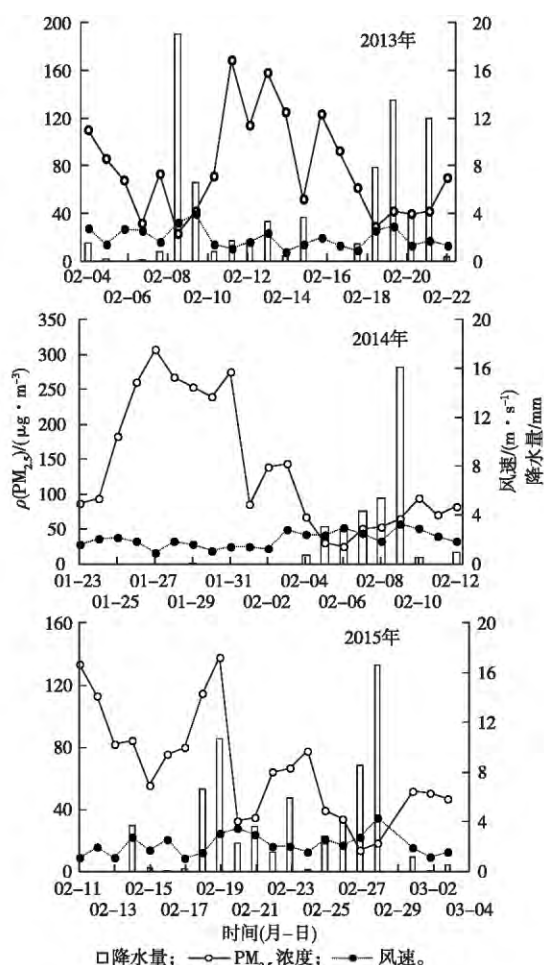


图 1 2013—2015 年春节研究期内 $PM_{2.5}$ 浓度和日平均降水量、风速变化

Fig. 1 Daily mean $PM_{2.5}$ concentration, precipitation, and wind speed during the spring festivals of 2013, 2014 and 2015

由图 1 可知,不同年份春节前后 $PM_{2.5}$ 污染程度和变化情况存在明显差异。2013 年春节前 $PM_{2.5}$ 浓度维持在较低水平,但春节期间 $PM_{2.5}$ 浓度显著上升,至春节后 $PM_{2.5}$ 浓度明显回落。2014 年春节前,长株潭地区经历了一次明显的 $PM_{2.5}$ 重污染事件,除夕前 5 d $PM_{2.5}$ 日均质量浓度为 $254 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,是 GB 3095—2012《环境空气质量标准》中 $PM_{2.5}$ 二级限值 ($75 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) 的 3.4 倍。除夕至正月初一

$PM_{2.5}$ 污染加重,至正月初二(2月1日) $PM_{2.5}$ 污染才有所减轻,春节后 $PM_{2.5}$ 污染水平较低。2015 年春节前 3 d, $PM_{2.5}$ 浓度也逐渐攀升,至正月初一(2月19日)达到污染峰值,随后污染程度有所减轻。虽然不同年份春节研究期内 $PM_{2.5}$ 浓度变化不同,但除夕至正月初一 $PM_{2.5}$ 浓度都有明显上升,这与节日烟花燃放有很大关系^[14, 17]。

此外,图 1 还表现了气象条件对 $PM_{2.5}$ 浓度的显著影响:2013 年春节前及春节后、2014 年春节后和 2015 年春节后, $PM_{2.5}$ 污染相对轻微,这是因为出现了明显的降水过程。降水对空气质量的改善作用非常明显。相比之下,由于深居内陆,研究区日平均风速变化不大,基本维持在 $1 \sim 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,因此主要考虑避免或尽量减小日降水量对空气质量的影响。依据各年研究期内降水量大小及降水时间,剔除日降水量超过 4 mm 的当日 $PM_{2.5}$ 监测数据。雷瑜等^[14]在研究北京市 $PM_{2.5}$ 及其他空气污染物浓度星期效应和假日效应时,以日降水量大于 3 mm 和风速大于 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 为条件对极端天气的数据进行剔除。长株潭城市群位于长江以南,同期降水量比北京高,笔者确定的剔除标准(降水量超过 4 mm)相对合理。按照确定的标准,共剔除了 14 d 的 $PM_{2.5}$ 监测数据。剔除后,2013 年春节前、春节期间和春节后有效时间分别为 5、7 和 4 d; 2014 年春节前、春节期间和春节后有效时间分别为 7、7 和 4 d; 2015 年春节前、春节期间和春节后有效时间分别为 7、4 和 4 d。后续研究、分析均基于剔除降水影响后的有效监测数据。

2.2 $PM_{2.5}$ 污染程度差异

汇总各年份春节期间和非春节期间 $PM_{2.5}$ 浓度数据,得到 2013—2015 年春节期间 $PM_{2.5}$ 质量浓度均值为 $110 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,而非春节期间为 $98 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,春节期间 $PM_{2.5}$ 质量浓度比非春节期间高 $12 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,研究结果与同类研究^[13-14]相近。春节期间,工业排放相对减少;但春节休假期间人们密集的出行活动包括旅游活动,对空气质量仍然产生了巨大压力。DE SAENZ 等^[6]研究发现西班牙东部马略卡岛(Mallorca)游客数量每增加 1%,会使 PM_{10} 浓度上升 0.45%。而大量、集中的烟花燃放也会加重春节期间的 $PM_{2.5}$ 污染^[17]。

在研究假日效应时,人们关注节前效应和节后效应。图 2 显示,2013 年春节期间 $PM_{2.5}$ 浓度高于春节前、后,但 2014 和 2015 年 $PM_{2.5}$ 浓度均表现为春节前>春节期间>春节后。2014 和 2015 年春节前

PM_{2.5}浓度均较高,尤其是2014年春节前经历了明显的PM_{2.5}重污染事件。春节前,工业企业各项生产活动正常进行,加上大气环境中前期污染物的累积,使得整体污染水平较高。相对于春节前,2013、2014和2015年春节后PM_{2.5}浓度均比春节期间低,比春节期间平均降低41.5%,表现出明显的“节后效应”。春节期间,工业企业生产活动多少受到影响,污染物排放减少,大气环境中污染物累积减少,导致春节后空气质量优于春节期间和春节前。

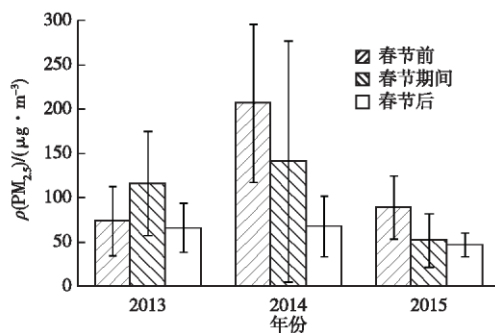


图2 2013—2015年春节期间和春节前后PM_{2.5}浓度均值

Fig. 2 Mean PM_{2.5} concentration before, during and after the spring festival in the three years from 2013 to 2015

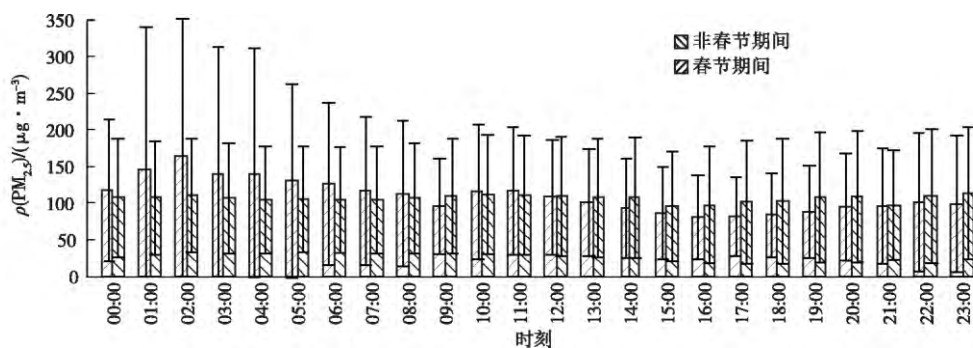


图3 春节和非春节期间PM_{2.5}浓度的日变化

Fig. 3 Daily variation of PM_{2.5} concentration in the spring festival holiday and non-holiday

2.4 假日效应的空间差异

统计每个监测点春节期间和非春节期间PM_{2.5}浓度均值,再汇总得到2013—2015年长沙市以及2014—2015年株洲市和湘潭市监测点春节期间和非春节期间的浓度均值数据。其中,湘潭市韶山监测点春节期间数据缺失严重,仅有2015年2月22日的监测数据,故不考虑该点。图4显示,PM_{2.5}污染的假日效应存在明显的空间差异。非春节期间,株洲市PM_{2.5}浓度最高,株洲是湖南省传统工业基地,工业排放是造成该地区空气污染的重要原因。

2.3 PM_{2.5}浓度日变化的差异

逐小时汇总研究区2013、2014和2015年春节期间和非春节期间(包括春节前和春节后)PM_{2.5}浓度日变化,结果如图3所示。图3显示春节期间PM_{2.5}浓度呈现明显的日变化,凌晨00:00—02:00,PM_{2.5}浓度显著上升,随后PM_{2.5}浓度逐渐回落;随着日间活动的增多,上午10:00—11:00形成PM_{2.5}浓度日间峰值;午后PM_{2.5}浓度逐渐降低,16:00后又开始回升。相比之下,非春节期间PM_{2.5}浓度日间变化没有春节期间明显。整体上,春节期间夜间PM_{2.5}浓度高于非春节期间;而白天,非春节期间PM_{2.5}浓度高于春节期间,尤其是下午。

春节期间PM_{2.5}浓度在凌晨00:00—02:00显著上升,至02:00达到峰值(164 μg·m⁻³),比非春节期间高47.6%。相关研究认为这与烟花燃放有很大联系^[17]。长沙市橘子洲景区每年除夕夜都有盛大的烟花表演,吸引了大量游客,这在增添节日气氛的同时也加重了空气污染。节日烟花燃放对空气质量的显著影响在其他国家也有研究,如SEIDEL等^[18]研究了美国独立日(7月4日)烟花燃放对PM_{2.5}浓度的影响,结果显示独立日当天晚上及次日早晨PM_{2.5}浓度显著高于独立日前后2 d。

从春节期间和非春节期间PM_{2.5}浓度对比来看,长沙市2013—2015年春节期间PM_{2.5}浓度比非春节期间高33.5%,株洲市2014—2015年春节期间PM_{2.5}浓度比非春节期间高13%。湘潭市春节期间和非春节期间PM_{2.5}浓度则没有明显差异,但湘潭市春节期间PM_{2.5}浓度空间变化差异较大。除烟花燃放外,人们的出行旅游活动也会显著影响空气质量。长沙是长株潭城市群的核心城市,又是全国重点旅游城市,2016年春节期间长沙吸引游客283万人次^[19],约占长沙市常住人口的39%^[20];春节期间大

量游客到访,出行活动频繁,机动车通勤显著增加,这给当地空气质量带来巨大压力。研究结果充分体现了人流出行和旅游活动对空气质量的显著影响。

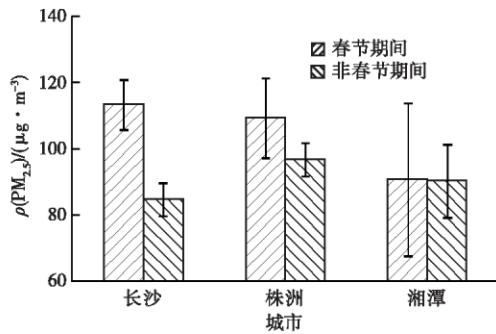


图 4 各城市春节和非春节期间 PM_{2.5} 浓度

Fig. 4 PM_{2.5} concentration in the spring festival holiday and non-holiday relative to city

3 结论

长株潭城市群的 PM_{2.5} 污染存在明显的春节假日效应。整体上,2013—2015 年春节期间 PM_{2.5} 浓度比非春节期间(包括春节前和春节后)高 12 μg·m⁻³;但春节后 PM_{2.5} 浓度比春节期间低 41.5%,节后效应明显。由于烟花燃放的影响,春节期间 00:00—02:00 时段 PM_{2.5} 浓度显著上升,02:00 时 PM_{2.5} 浓度比非春节期间高 47.6%。PM_{2.5} 污染的春节假日效应存在明显的空间差异,长沙作为区域人流流入地,春节期间 PM_{2.5} 浓度比非春节期间高 33.5%,人流出行和旅游活动对空气质量影响显著。

参考文献:

[1] 昌晶亮,余洪,罗伟伟.珠三角地区 PM_{2.5} 浓度空间自相关分析[J].生态与农村环境学报,2015,31(6):853-858.
 [2] SAJJAD F,NOREEN U,ZAMAN K.Climate Change and Air Pollution Jointly Creating Nightmare for Tourism Industry[J].Environmental Science and Pollution Research,2014,21(21):12403-12418.
 [3] 张金凤.大气环境质量与旅游的交互影响效应分析[J].四川文理学院学报,2011,21(2):109-111.
 [4] ZHANG A,ZHONG L,XU Y,et al.Tourists' Perception of Haze Pollution and the Potential Impacts on Travel: Reshaping the Features of Tourism Seasonality in Beijing,China[J].Sustainability,2015,7(3):2397-2414.
 [5] 凌茜,杨韵,梁韵莹.城市空气质量对其旅游活动的影响研究:基于宏、微观视角[J].北京第二外国语学院学报,2015,37

(5):1-7.
 [6] DE SAENZ M O,ROSSELLÓ J.Modeling Tourism Impacts on Air Pollution:The Case Study of PM₁₀ in Mallorca[J].Tourism Management,2014,40(4):273-281.
 [7] DE SAENZ M O,ROSSELLO J.Tropospheric Ozone,Air Pollution and Tourism:A Case Study of Mallorca[J].Journal of Sustainable Tourism,2013,21(8):1232-1243.
 [8] 黄毅,蒙迅,吴生虎,等.张家界市一次旅游高峰期前后 PM_{2.5} 污染演化的动力特征分析[J].南通大学学报(自然科学版),2015,14(1):43-49.
 [9] 乔雪,肖维阳,唐亚,等.旅游和区域大气污染对四川九寨沟气溶胶的贡献[J].中国环境科学,2014,34(1):14-21.
 [10] STEPHENS S,MADRONICH S,WU F,et al.Weekly Patterns of Mexico City's Surface Concentrations of CO,NO_x,PM₁₀ and O₃ During 1986-2007[J].Atmospheric Chemistry and Physics,2008,8(17):5313-5325.
 [11] TAN P,CHOU C,LIANG J,et al.Air Pollution "Holiday Effect" Resulting From the Chinese New Year[J].Atmospheric Environment,2009,43(13):2114-2124.
 [12] TAN P,CHOU C,CHOU C C K.Impact of Urbanization on the Air Pollution "Holiday Effect" in Taiwan[J].Atmospheric Environment,2013,70:361-375.
 [13] 陈欣,刘喆,吴佩林.中国城市空气质量的“春节效应”分析:来自 31 个重点城市的经验证据[J].统计与信息论坛,2014,29(12):57-62.
 [14] 雷瑜,张小玲,唐宜西,等.北京城区 PM_{2.5} 及主要污染气体“周末效应”和“假日效应”研究[J].环境科学学报,2015,35(5):1520-1528.
 [15] 罗岳平,刘孟佳,甘杰,等.长株潭城市环境空气中 PM_{2.5} 和 O₃ 质量浓度的相关性研究[J].安全与环境学报,2015,15(4):313-317.
 [16] 廖志恒,范绍佳,黄娟,等.2013 年 10 月长株潭城市群一次持续性空气污染过程特征分析[J].环境科学,2014,35(11):4061-4069.
 [17] 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.
 [18] SEIDEL D J,BIRNBAZUM A N.Effects of Independence Day Fireworks on Atmospheric Concentrations of Fine Particulate Matter in the United States[J].Atmospheric Environment,2015,115:192-198.
 [19] 中国日报.2016 年春节期间长沙市接待游客同比增长 8% [EB/OL].(2016-02-14 [2016-05-08]).http://cnews.china-daily.com.cn/2016-02/14/content_23476156.htm.
 [20] 湖南省统计局.湖南统计年鉴 2015[M].北京:中国统计出版社,2015:369-369.

作者简介:昌晶亮(1982—),女,湖南益阳人,讲师,硕士,研究方向为生态旅游与环境保护。E-mail:21665601@qq.com

(责任编辑:许素)