

监测与评价

复合型工业城市重空气污染过程 大气污染特征

楚希¹,何立志²,张俊丰¹

(1.湘潭大学化工学院,湖南湘潭 411105;2.湘潭环境保护监测站,湖南湘潭 411104)

摘要:以湘潭市地区 2013 年 10 月 29 日一次重空气污染过程为例,利用湘潭市空气自动监测站 24 小时连续监测数据,研究此次重空气污染过程大气污染浓度变化特征。结果表明 SO₂、NO₂、PM₁₀、CO、O₃ 和 PM_{2.5} 的日均值分别为 105 ug/m³、117 ug/m³、542 ug/m³、2.583 mg/m³、146 ug/m³、419 ug/m³,PM_{2.5} 污染最为严重,其日均浓度超出国家二级标准(75 ug/m³)4.59 倍。SO₂、NO₂、PM₁₀、CO、O₃ 和 PM_{2.5} 日变化显著,SO₂ 和 O₃ 的日变化均呈单峰型,PM₁₀、PM_{2.5}、CO 和 NO₂ 日变化均呈早晚双峰型。通过调查研究,这次污染事件的主要原因有极端不利的气象条件,近郊区大量焚烧秸秆以及 PM_{2.5} 的区域污染传输。

关键词:湘潭市;重空气污染;日均值;日变化;PM_{2.5}

中图分类号:X5

文献标识码:B

文章编号:1006-8759(2015)04-0052-05

ATMOSPHERIC POLLUTANTS CHARACTERISTICS OF A SEVERE AIR POLLUTION EPISODE OVER THE COMPLEX INDUSTRIAL CITIES

CHU Xi¹, HE Li-zhi², ZHANG Jun-feng¹

(1.School of Chemical Technology, Xiangtan University, Hunan Xiangtan 411105, China;

2. Environmental Protection Monitoring Station of Xiangtan, Hunan Xiangtan 411101, China).

Abstract:Based on the Xiangtan city air automatic monitoring station for 24 hours continuous monitoring data, the characteristics of a severe air pollution episode which occurred over the Xiangtan city on October 29, 2013 was analyzed. The results showed that the daily average concentration of SO₂, NO₂, PM₁₀, CO, O₃ and PM_{2.5} during the observation period reached 105, 117, 542, 2.583, 146 and 419 ug/m³, respectively. The PM_{2.5} pollution of which daily average concentration exceeded the National Ambient Air Quality Standard II by 4.59 times was serious. There are obvious diurnal variation of SO₂, NO₂, PM₁₀, CO, O₃ and PM_{2.5}. There is only one peak of SO₂ and O₃ has been observed, however there are two peaks in sooner and later of PM₁₀, PM_{2.5}, CO and NO₂ have been observed. Through investigation and study, the main causes of the contamination are extremely unfavorable weather conditions, burn of a large number of straws in suburbs and area transfer of PM_{2.5} pollution.

Key words:Xiangtan City; severe air pollution; daily average concentration; diurnal variation; PM_{2.5}

收稿日期:2014-12-24

第一作者简介:楚希(1989-),汉,女,湖南湘潭人,研究员,硕士,主要从事大气污染扩散模型模拟研究,承担的基金项目有:湖南省自然科学基金项目 12JJ3020;湖南省科技厅重点项目 2012FJ2008.

近年来随着我国经济的飞速发展以及工业化程度不断加快,能源消耗带来的大气环境污染问题日趋严峻,对人体健康构成了严重的威胁,成为了人类目前面临的重要环境问题之一。可吸入颗粒物(PM_{10})、细颗粒物($PM_{2.5}$)、二氧化硫(SO_2)、二氧化氮(NO_2)、一氧化碳(CO)、臭氧(O_3)等是影响大气环境质量的重要污染物,其中可吸入颗粒物(PM_{10})和细颗粒物($PM_{2.5}$)污染近期尤其严重,并得到了公众的广泛关注。

湘潭市地处湖南省中部偏东地区,是我国重要的工业基地之一,由于数量众多的工业企业、日益增多机动车和能源消耗,导致大量的污染物排放到大气中,使该地区空气污染问题突显。研究表明,湘潭市地区空气污染呈现出区域性和复合型特征,传统的煤烟型污染仍较严重,渐增的机动车和电厂导致 O_3 和 $PM_{2.5}$ 的二次污染接踵而来,污染物通过大气运输造成湘潭市各区域大气污染相互影响,形成了湘潭市地区区域性大气复合污染。

2013年10月29日重空气污染过程是湘潭市地区近年来最严重的一次雾—霾事件,首要污染物为 $PM_{2.5}$,其空气质量指数AQI为446,根据《环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行)》(HJ633-2012),当天的空气质量指数达到了最高级别6级,严重污染,严重影响了人们的身体健康和生活。因此以此次重污染过程为例,选择位于湘潭市区的六个国控站点对主要大气污染物进行24小时连续监测的数据,分析该地区的污染水平和污染特征,为湘潭市大气污染监测和治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 观测站点与时间

湘潭市范围内共设置六个观测站点,分别监测不同功能区的空气质量,各环境空气质量监测站的名称和具体地理位置见表1和图1。

本次监测起止时间为2013年10月29日1:00-10月30日0:00,采用24小时连续采样。

表1 湘潭市环境监测站名称

序号	监测点名称	地址	经度(°E)	纬度(°N)	特征
1	市监测站	市环保局	112.9116	27.8403	城区、商业区
2	岳塘	湖南工程学院南苑	112.9228	27.8159	文教区
3	板塘	市三水厂	112.9433	27.8614	城区、居民区
4	昭山	城建职业技术学院	113.0049	27.9152	文教区
5	科大	湖南科技大学图书馆	112.9075	27.9119	文教区
6	江麓	市民政局	112.8937	27.8729	城区、居民区



图1 湘潭市监测点位置分布图

1.2 观测方法和设备

本次研究观测的大气污染物有 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、CO、 O_3 和 $PM_{2.5}$,其中 SO_2 、 NO_2 、CO、 O_3 采用河北先河环保科技股份有限公司的气体分析仪, SO_2 观测使用 EC9850B 二氧化硫分析仪,其最低检测限为 0.5 ppb;零漂: $<\pm 1.0$ ppb(24 h);跨漂: $<\pm 0.5$ %读数值(24 h)。 NO_2 观测使用 EC9841B 氮氧化物分析仪,其最低检测限为 0.5 ppb;零漂: $<\pm 1$ ppb(24 h);跨漂: $<\pm 1$ %读数值(24 h)。CO 观测使用 EC9830B 一氧化碳分析仪,其最低检测限为 0.05 ppb;零漂: $<\pm 0.1$ ppm(24 h);跨漂: $<\pm 0.5$ %读数值(24 h)。 O_3 观测使用 EC9810B 臭氧分析仪,其最低检测限为 0.5 ppb;零漂: $<\pm 1.0$ ppb(24 h);跨漂: $<\pm 0.5$ %读数值(24 h)。 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 采用美国 MetOne 公司 BAM1020 粒子监测仪,其质量分辨率: ± 0.1 $\mu g/m^3$;最低检测限: <4.8 $\mu g/m^3$ 从 0.000 到 0.100 mg/m^3 (1 h), <1.0 $\mu g/m^3$ (24 h)。

所有仪器都置于 25 °C 室内恒温观测,气体采样头固定在屋顶,并定时进行更换和清洗。为确保数据质量,各仪器每个星期进行一次标定,标定系统由 EC83011LC 的零气发生器和 Gasca-1100 型号的动态气体校准仪组成,标准气体是由国家环境保护总局标准样品研究所提供。原始数据记录为 1 min 平均值,文中所用数据是质控后的小时均值^[1]。

2 结果与讨论

2.1 污染物日均值分析

表2给出了观测期间湘潭市主要大气污染物的日均值统计情况, SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、CO、 O_3 和 $PM_{2.5}$ 的日均值分别为 105 $\mu g/m^3$ 、117 $\mu g/m^3$ 、547 $\mu g/m^3$ 、2.583 mg/m^3 、146 $\mu g/m^3$ 、419 $\mu g/m^3$ 。 SO_2 最大值为

187 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,出现在板塘站点; NO_2 、 PM_{10} 、 CO 最大值都出现在江麓站点,分别为 132 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、712 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3.162 mg/m^3 ; O_3 最大值为 209 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,出现在昭山站点; $\text{PM}_{2.5}$ 最大值为 572 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,出现在市监测站。

所观测的污染物按照国家最新颁布的《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中的二级标准, SO_2 、 CO 、和 O_3 三项污染物的日均值均在国家二级标准浓度限值以下,而 NO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 的浓度则出现了超标现象,超标倍数分别为 0.46、2.61 和 4.59,其中 $\text{PM}_{2.5}$ 超标最为严重,可见湘潭市地区细颗粒物污染严峻,公众及相关部门应该引起高度重视。

表2 污染物日均值统计 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

项目	最大值	最小值	日均值	日均值标准	超标倍数
SO_2	187	75	105	150	0
NO_2	132	100	117	80	0.46
PM_{10}	712	388	542	150	2.61
CO	3.162	1.967	2.583	4	0
O_3	209	110	146	160	0
$\text{PM}_{2.5}$	572	227	419	75	4.59

2.2 污染物日变化特征

2013年10月29日各污染物日变化见图2,整体而言,污染物日变化规律基本一致, NO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 CO 均呈现早晚双峰型, SO_2 和 O_3 呈单峰型,但是同一污染物日变化振幅、峰值大小和出现的时间存在差异^[2]。

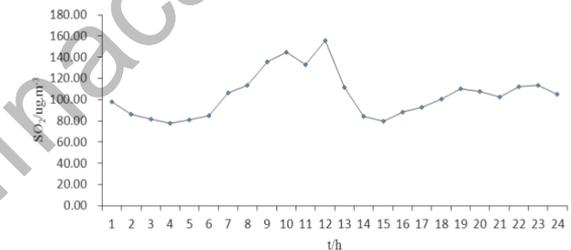
SO_2 的日变化呈单峰型,峰值出现在中午 12:00 左右,随着混合层高度抬升,大气扩散能力增强,污染物浓度逐渐降低,在午后 14:00 左右出现最低值,随后 SO_2 浓度略有上升并维持相对稳定。

O_3 是光化学反应产物,浓度变化主要受太阳辐射强弱和温度变化的影响,其日变化呈明显的单峰型。在上午 8:00 之前维持在相对稳定的低浓度,日出后,随着太阳辐射的增加和温度的升高, O_3 浓度逐渐升高,在午后 15:00 左右达到峰值,此后又由于太阳辐射减弱,温度降低, O_3 浓度逐渐降低,在凌晨达到最低值。

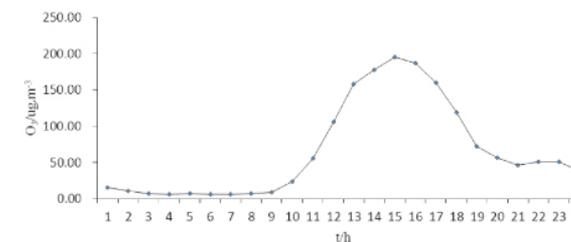
NO_2 日变化形式大体呈双峰型,早晨 07:00-09:00 NO_2 浓度呈现上升趋势,并在上午 8:00 左右达到峰值,此时段是上班早高峰,城市中机动车等交通工具排放的污染物较多,之后随着太阳辐射的增加, NO_2 光解参与 O_3 生成的光化学反应,使得 NO_2 浓度降低,在午后 15:00 左右达到最低

值。午后随着 NO_2 消耗速率的降低,同时 NO 与 O_3 反应产生 NO_2 , NO_2 浓度又逐渐上升,在晚上 18:00-21:00 又达到一个峰值。在 NO_2 出现最低值时,对应的 O_3 出现最大值,两者表现出很好的负相关性。

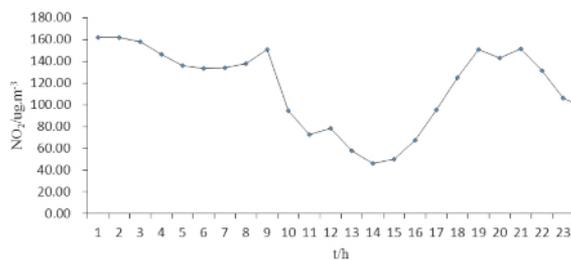
PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 和 CO 日变化规律基本一致,都呈现出双峰型,峰值分别出现在上午 9:00 和凌晨 1:00 左右,其中 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 最高小时均值分别达到了 929.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 1120.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,是造成本次重空气污染的主要污染物,这与污染物排放和气象因素有关。上午 9:00 出现峰值之后,随着扩散条件好转,污染物浓度逐渐下降,并于午后 15:00 左右达到最低值。晚上由于发生逆温,使地面上产生的颗粒物不易扩散持续累积,最终导致污染物浓度不断上升,在凌晨 1:00 左右出现峰值,之后随着车辆的减少,道路扬尘降低,污染物浓度略有下降,从图中可以看出 PM_{10} 日变化明显大于 $\text{PM}_{2.5}$ 和 CO 。



(a) SO_2



(b) O_3



(c) NO_2

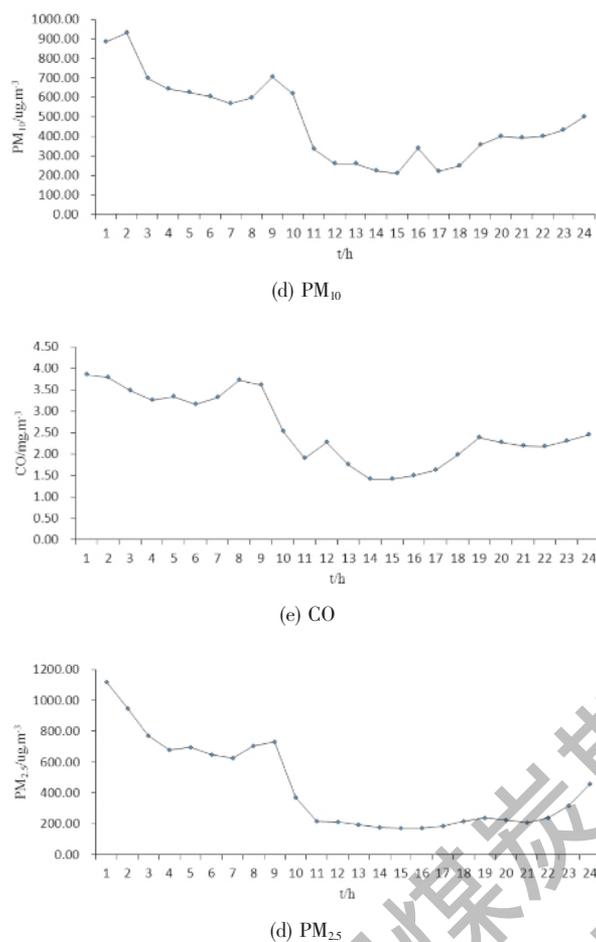


图2 污染物浓度日变化趋势

2.3 污染原因分析

此次空气重污染过程具有形成迅速、复合型污染特征明显的特点。自28日起,本市各项污染物浓度迅速上升,特别是PM_{2.5}上升尤为明显,各地区空气污染级别一日之内出现跨两级增长,从前一日的3、4级轻度及中度污染直接跃升至5、6级重度及严重污染,空气质量恶化的速度非常迅速。分析此次重污染过程的原因,主要有三个方面:

- 2.3.1 极端不利的气象条件是形成本次重污染的直接诱因。当日湘潭市范围内风速小,大气湍流较弱,水平输送和垂直扩散能力不强,大气处于相对稳定的状态,再加上夜间发生逆温现象,致使各类污染源排放的污染物难以扩散,在空气中持续积累,浓度水平不断升高。同时,由于地面基本静稳,湿度接近饱和,高浓度气态污染物易发生化学反应,转化为PM_{2.5},进一步提高PM_{2.5}的污染水平。
- 2.3.2 污染物排放是空气重污染的根本原因。机动车尾气排放、燃煤、工业污染和建筑施工扬尘是我

市大气污染的主要来源。在当日极端不利的气象条件下,能够容纳污染物的大气环境容量急剧压缩减小,使得污染物排放量远超过环境容量,最终造成重污染。从监测数据来看,近郊区PM_{2.5}的浓度水平较城区普遍高15%以上,从一定程度上说明秋收季节秸秆焚烧排放对本市空气质量的重大影响。

2.3.3 PM_{2.5}区域污染传输也是形成本次重污染的重要因素。本市周边长沙、株洲等多个城市空气质量也达到6级严重污染。周边地区污染物传输影响本市,与本地排放的污染物叠加,进一步加重污染水平。

2.4 控制建议

2.4.1 空气质量连续出现轻度污染以上恶劣天气,要求主要污染的企业限产、停产,汽车限行、公车停开等。

2.4.2 严格防治各类建筑施工扬尘污染,全面加强颗粒物各类开放源的控制,尤其是对各大园区新建工地及拆迁工地的监管。

2.4.3 大力推广清洁能源的使用,加强对燃煤设施的污染防治,减缓煤烟型污染。

2.4.4 加强环境保护宣传和执法监管,督导市民减少垃圾焚烧、明火烧烤、秸秆焚烧以及在城区内燃放烟花、爆竹等不良生活方式。

2.4.5 一旦发生重空气污染,立即启动《湘潭市环境空气重污染天气应急预案》,建立有效的工作机制,部门联动、形成合力,确保各项治理措施落到实处。

3 结论

3.1 湘潭市地区在本次重污染过程中,SO₂、NO₂、PM₁₀、CO、O₃和PM_{2.5}的日均值分别为105 ug/m³、117ug/m³、547ug/m³、2.583mg/m³、146ug/m³、419ug/m³。SO₂、CO、O₃均达到了国家二级标准,而NO₂、PM₁₀和PM_{2.5}出现日均值超标现象,根据国家二级标准,超标倍数分别是0.46、2.65和4.59,PM_{2.5}污染最为严重。

3.2 SO₂和O₃的日变化均呈单峰型,峰值分别出现在中午12:00左右和下午15:00左右;NO₂的日变化呈双峰型,在早晨07:00-09:00和晚上18:00-21:00出现峰值;PM₁₀、PM_{2.5}、CO日变化趋势基本一致,均呈现早晚双峰型,峰值均出现在上午9:00

和凌晨 1:00 左右。

3.3 PM_{2.5} 为本次重空气污染的首要污染物,造成这次污染事件的主要原因有极端不利的气象条件,郊区大量焚烧秸秆以及 PM_{2.5} 的区域污染传输。

参考文献

- [1] 于阳春,胡波,王跃思.北京东灵山地区主要大气污染物浓度变化特征[J].环境科学,2013,34(7):2505~2511.
- [2] 刘鲁宁,申雨璇,辛金元,吉东生,王跃思.秦皇岛大气污染物浓度变化特征[J].环境科学,2013,34(6):2089~2097.
- [3] 杜吴鹏,王跃思,宋涛,辛金元,程一松,吉东生.夏秋季石家庄大气污染变化特征观测研究[J].环境科学,2010,31(7):1409~1415.

- [4] 余纬,罗栩羽,范绍佳,刘洁,冯业荣,樊琦.珠三角一次重空气污染过程特征分析及数值模拟[J].环境科学研究,2011,24(6):645~653.
- [5] 严茹莎,陈敏东,高庆先,刘婷,胡顺星,高文康.北京夏季典型臭氧污染分布特征及影响因子[J].环境科学研究,2013,26(1):43~49.
- [6] 于建华,虞统,魏强,王欣,时建纲,李海军.北京地区 PM10 和 PM2.5 质量浓度的变化特征[J].环境科学研究,2004,17(1):45~47.
- [7] 王艳,柴发合,王永红,刘敏.长江三角洲地区大气污染物输送规律研究[J].环境科学,2008,29(5):1430~1435.
- [8] 王莉莉,王跃思,吉东生,辛金元,胡波,王万筠.天津滨海新区秋冬季大气污染特征分析[J].中国环境科学,2011,31(7):1077~1086.
- [9] 张宝贵,孙丽华.秦皇岛市空气污染与气象要素的关系[J].气象与环境学报,2009,25(4):43~47.

(上接第 44 页)

注 1:《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)

注 2:表中“未”表示该项指标为未检出

注 3:《煤炭工业污染物排放标准》(GB 20426-2006)表 2 新(扩、改)标准

3.3 结果与分析

三李煤矿矿井水监测结果表明,矿井原水中的重金属 Cu、Zn、Cd、Pb、Hg、As 均未检出,Cr⁶⁺浓度很低,石油类也为未检出,说明矿井水水质相对较好。该处理系统对色度、浑浊度、硝酸盐氮、氨氮、COD_{Mn}、SS、COD_{Cr} 的处理效率高,其处理效率分别达到了 88.4%、94.2%、43.1%、66.7%、97.7%、100%和 97.7%。在无机陶瓷膜和加氯消毒的共同作用下,总大肠菌群和菌落总数的去除率达到了 100%,虽因加氯消毒使出水中氯化物从 2.7 mg/L 增加到 17.5 mg/L,增加了 4.48 倍,但其浓度仍距生活饮用水卫生标准要求相距甚远,可满足饮用水标准要求。Fe³⁺、Mn²⁺ 等的去除与沉淀物的吸附去除均有关。经无机陶瓷膜处理后,矿井水中的 25 项指标均可满足生活饮用水卫生标准要求,完全可以做为居民生活饮用水。

4 结论

4.1 无机陶瓷膜处理矿井水工艺不仅大大缩短了工艺流程,而且从根本上避免了矿井水处理对化工药剂的依赖,从而根除了采用化工药剂对健康

和环境造成的各种隐患,这是一种纯粹的物理净化工艺,其先进性是其它工艺不可比拟的。

4.2 郑州矿区为缺水和严重缺水地区,矿井水的净化利用特别是作为饮用水,从根本上解决了矿区水资源短缺和矿井水外排对环境的污染问题,对防止矿区水源枯竭,改善矿区环境,解决矿区生产、生活与农业争水的矛盾、提高矿井水利用率、削减水污染物排放量都具有积极的作用,具有很好的经济、社会和环境效益,本工程具有很好的示范作用。

参考文献

- [1] 何绪文,杨静,邵立南等.我国矿井水资源化利用存在的问题与解决对策[J].煤炭学报,2008,33(1):63~66
- [2] 朱晓玉.淮北矿区矿井水处理技术与应用研究[D].安徽合肥:合肥工业大学,2012.
- [3] 王伟宁.矿井水处理工艺设计及资源化研究-以淮南矿区为例[J].安徽淮南市:安徽理工大学,2010.
- [4] 高亮.我国煤矿矿井水处理技术现状及其发展趋势[J].煤炭科学技术.2007.09.35(9):1~5
- [5] 刘钦,李德彬,高进远,张鹏.浅谈矿井水的综合处理[J].水资源保护,2009,25(1):143~145
- [6] F.M.Kusin, A.P.Jarvis, C.J.Gandy. Hydraulic performance assessment of passive coal mine water treatment systems in the UK [J]. Ecological Engineering, 2012,49:233~243
- [7] 中华人民共和国卫生部.国家标准化管理委员会[S].生活饮用水卫生标准(GB5749-2006).2006.