2005—2010年沙尘天气影响我国城市环境空气质量分析

李亮^{1,2}, 李健军², 王瑞斌², 郑皓皓², 石峰², 任敏²

1. 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029

2. 中国环境监测总站, 北京 100012

摘要:根据2005年建成较完整的环保重点城市空气质量日报监测网后的监测数据,分析2005—2010年期间,影响113个环保重点城市空气质量的沙尘天气过程次数范围在每年5~14次之间,平均每年10次左右,总计59次。在此期间,影响113个重点城市空气质量的沙尘天气过程累计的影响时间总计130 d,平均在每年22 d左右。影响环保重点城市的沙尘天气过程主要集中在3—5月,在部分年份的1—2月、6月和11—12月也有出现。受沙尘天气影响,113个重点城市总共的超标天数平均每年在332 d次左右,每年范围在147~546 d次之间。其中,受沙尘暴天气影响的重污染天数平均每年在40 d次左右,每年范围在14~78 d次之间。受沙尘暴天气影响的超标天和重污染天主要出现在3~5月。近年来沙尘天气对我国尤其是北方地区的影响程度很大。每年沙尘天气过程对我国城市空气质量影响的时间不短,尤其在春季对我国东中部地区城市造成了很严重的影响,近年大范围的沙尘天气过程还影响到了我国东南包括台湾地区和港澳地区。

关键词:沙尘;沙尘暴;城市环境空气质量;颗粒物;超标天数;空气污染

中图分类号:X823

文献标志码:A

文章编号:1002-6002(2013)03-0015-05

The Analysis for the Impact of Dust-weather On the Urban Ambient Air Quality In China During 2005 ~ 2010

LI Liang^{1,2}, LI Jian-jun², WANG Rui-bin², ZHENG Hao-hao², SHI Feng², REN Min²

1. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

2. China National Environmental Monitoring Centre, Beijing 100012, China

Abstract: During 2005 ~ 2010 there were totally about 59 large-scale dust-weather or sandstorm cases in the mainland. Among them, there were about 10 episodes that could impact the ambient air quality of the major environmental protection cities. Inflected by the dust-weather or sandstorm, the non-attainment days appearing in the major environmental protection cities were approximately 332 days, which included about 40 heavy pollution days according to the daily standards of Air Pollution index (API). These episodes most occurred in the spring season every year. Conclusively, the dust-weather or sandstorm have a significant impact on the urban ambient air quality in the mainland of China, which the inflection could even reach to the south-east areas including Hongkong and Taiwan region. To reduce impact of dust-weather or sandstorm on the urban ambient air quality, the ecological situation should be continuously improved with efforts.

Key words: dust; sandstorm; urban ambient air quality; particle matter; non-attainment day; air quality

沙尘暴是一种灾害性的大气现象,是人类不适当活动对自然环境干扰的结果,也是影响我国大气环境质量的重要因素,尤其是北方地区影响环境空气中颗粒物浓度的主要因素之一^[1]。目前全球沙尘暴主要是发生在4大地区,一是非洲撒哈拉沙漠中非沙暴区,二是美国中南部沙暴区,三是澳洲中部沙暴区,四是由哈萨克斯坦、蒙古国南部和中国西北部组成的中亚沙暴区,其中中非沙暴区和中亚沙暴区是处于活跃期。中亚沙暴区的风系为东亚冬季风,由亚洲大陆北部(即

西北利亚地区)与北太平洋之间的温差形成的,随两者之间的温差加大使得该地区频频出现沙尘暴。

1 数据来源和评价标准

目前为了监测沙尘天气对我国城市空气质量的影响,国家环保部组建了监测沙尘天气影响城市空气质量的环境监测网,该网覆盖面积约330多万km²,人口约5亿多。监测网由2部分组成:

收稿日期:2011-05-17;修订日期:2011-11-29

作者简介:李亮(1980-),男,山东泰安人,博士,助理工程师。

国家环保重点城市空气质量日报监测网和国家沙尘天气影响城市环境空气质量监测网。

由113个环保重点城市组成的环保重点城市空气质量日报监测网,在大范围沙尘天气发生时,可以反映沙尘天气对城市空气质量的影响。该网络从2005年开始基本实现113个环保重点城市的全年日报。2005—2010年,该网络是环境保护部沙尘天气影响城市环境空气质量监测网在2011年初建成使用以前的主要沙尘天气影响监测手段,并辅助以北方地区有限数量点位的颗粒物监测传真报进行报告分析^[2-5]。国家沙尘天气影响城市环境空气质量监测网专门用于监测沙尘天气对城市空气质量影响的监测网,于2007年开始筹建,在2011年初基本建成并开始投入使用。该网络由92个环境监测站组成,覆盖我国北方14个省、自治区和直辖市。由于环保重点城市空气质量日报监测网建成时间较早且覆盖范围为全国主要重点城市,所以研究数据主要来自于该网络。

沙尘天气对城市空气质量的影响主要为可吸入颗粒物浓度,评价标准执行1996年10月1日颁布的《中华人民共和国国家环境空气质量标准》(GB 3095—1996)。可吸入颗粒物标准分别为日平均 0.05 mg/m^3 (一级标准), 0.15 mg/m^3 (二级标准), 0.25 mg/m^3 (三级标准)。Air Pollution Index(API)是空气污染指数,我国城市空气污染指数范围及相应的空气质量类别见表1。

表1 API范围及相应的空气质量类别

API指数	空气质量状况	表征颜色	对健康的影响
0~50	优	蓝	可正常活动
51~100	良	绿	
101~150	轻微污染	黄	易感人群症状有轻度加剧,健康人群出现刺激症状
151~200	轻度污染		
201~250	中度污染	橙	心脏病和呼吸系统疾病患者应减少体力消耗和户外活动
251~300	中度重污染		
>300	重污染	红	健康人运动耐受力降低,有明显强烈症状,提前出现某些疾病

2 沙尘天气影响城市空气质量的状况和变化

2.1 沙尘天气发生次数状况和变化

2005—2010年6年间,根据沙尘天气年鉴和中国气候影响评价统计,我国总共发生较大尺度(影响面积一般在 1 万 km^2 面积的量级以上)的

沙尘天气过程(包括气象术语上的扬沙、沙尘暴和强沙尘暴过程)93次,每年发生的次数范围在10~22次之间,平均每年16次左右(见表2)。

表2 2005—2010年影响113重点城市空气质量的沙尘天气过程次数

时间	沙尘天气过程次数	影响113重点城市空气质量的沙尘天气过程次数	累计影响时间/d
2005	19	11	23
2006	17	14	31
2007	18	14	23
2008	13	6	19
2009	10	5	10
2010	16	9	24
合计	93	59	130

根据2005年建成较完整的环保重点城市空气质量日报监测网后的监测数据统计(见表2),2005—2010年期间,影响113个重点城市空气质量的沙尘天气过程次数范围在每年5~14次之间,平均每年10次左右,总计59次。在此期间,影响113个重点城市空气质量的沙尘天气过程累计的影响时间总计130d,最少时为2009年的10d,最多时为2006年的31d,平均在每年22d左右^[6-11]。总体而言,每年沙尘天气过程对我国尤其是北方地区的城市空气质量影响的时间不短。

2.2 沙尘天气影响的超标天数状况和变化

根据环保重点城市空气质量日报监测网的数据统计(见表3),2005—2010年期间,影响环保重点城市的沙尘天气过程主要集中在3—5月,在部分年份的1—2月、6月和11—12月也有出现。

表3 2005—2010年受沙尘暴天气影响的113重点城市超标天次

月份/月	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
1	—	—	10	—	—	—
2	—	7	27	—	5	—
3	51	160	39	76	18	301
4	270	199	42	20	79	108
5	33	70	29	152	—	4
6	—	—	—	35	—	—
11	—	—	—	—	—	105
12	—	—	—	—	125	28
合计	354	436	147	283	227	546

受沙尘暴天气影响,113个重点城市总共的超标天次平均每年332d次左右,其中2007年最少为147d次,2010年最多546d次。其中,受沙尘天气影响的113重点城市重污染天次平均每年40d次左右,每年范围在14~78d次之间(见表4)。受沙尘天气影响的重污染天次也主要出现

在3—5月。

表4 2005—2010年受沙尘暴天气影响的113重点城市重污染天数

月份/月	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
1	—	—	—	—	—	—
2	—	1	1	—	1	—
3	—	25	8	7	4	66
4	14	27	11	1	16	9
5	—	9	7	25	—	—
6	—	—	—	1	—	—
11	—	—	—	—	—	3
12	—	—	—	—	3	—
合计	14	62	27	34	24	78

2.3 2005—2010年沙尘天气影响城市空气质量状况

2005年,沙尘天气分11次23d影响了我国西北、华北大部、东北、中南和华东部分地区的城市环境空气质量。受其影响,上述地区的环保重点城市共出现空气质量超标天数354d次,其中4月份出现270d次最多,包括颗粒物重污染14d次(见表3和表4)。在上述过程中,4月5—9日沙尘天气过程影响的范围最广。

2006年,沙尘天气分14次31d影响了我国北方地区的城市环境空气质量。受其影响,上述地区的环保重点城市共出现空气质量超标天数436d次,其中3、4月分布出现160、199d次高值。出现颗粒物重污染62d次,其中3、4月份分别为8、11d次(见表3和表4)。在上述过程中,4月9—11日沙尘天气过程影响的时间最长和范围最广。

2007年,沙尘天气分14次23d影响了我国北方地区的城市环境空气质量。受其影响,上述地区的环保重点城市共出现空气质量超标天数147d次,其中3、4月份出现39、42d次最高。出现颗粒物重污染62d次,其中3、4月份分别为8、11d次(见表3和表4)。在上述过程中,3月30至4月2日沙尘天气过程影响的时间最长和范围最广。

2008年,沙尘天气分6次19d影响了我国西北、华北大部、东北、中南和华东部分地区的城市环境空气质量。受其影响,上述地区的环保重点城市共出现空气质量超标天数283d次,其中5月份出现152d次最多并占半数以上,3月份出现76次超过四分之一。出现颗粒物重污染62d次,其中5月份有25d次占约一小半(见表4和表3)。在上述过程中,5月26至6月3日沙尘天气

过程影响的时间最长和范围最广。

2009年,沙尘天气分5次10d影响了我国西北、华北大部、东北、中南和华东部分地区的城市环境空气质量。受其影响,上述地区的环保重点城市共出现空气质量超标天数227d次,其中4月份出现79d次占三分之一以上,12月份出现125次占约半数。出现颗粒物重污染24d次,其中4月份有16d次占大部分(见表3和表4)。在上述过程中,4月23—26日沙尘天气过程影响的强度最大和范围最广。

2010年,沙尘天气分9次24d影响了我国西北、华北大部和东北、中南、华东、东南、华南和西南部分城市的城市环境空气质量。受其影响,上述地区的环保重点城市共出现空气质量超标天数546d次,其中3月份出现301d次最多并占半数以上,4月份出现108次,11月份出现105次。出现颗粒物重污染78d次,其中3月份有66d次占大部分(见表3和表4)。在上述过程中,3月19—23日两次连续沙尘天气持续影响的时间最长和强度最大。

2.4 典型沙尘天气影响空气质量过程分析

典型沙尘天气持续时间长,影响范围广,形成和发展过程具有明显的代表性,对全国范围内其它沙尘天气具有重要的研究意义。研究典型沙尘天气过程对理解沙尘暴的发生,发展趋势及以后的预报具有重要意义,对东亚地区沙尘天气监测、预警和结果分析提供评估,可以为我国沙尘天气的长期统计特征及其气候环境背景分析,东亚沙尘天气监测分析和沙尘特性的定量观测分析和遥感反演,风沙动力学,沙尘天气的数值预告和气候距平形势的动力学预测,灾害评估方法,以及世界沙尘天气概况,沙尘暴防治问题提供重要的参考价值。

以2010年3月发生的一次典型沙尘天气过程为例,3月19—23日,蒙古气旋和强冷空气从蒙古国西部和南部过境,途径以及内蒙古中西部沙源地过境,形成的强沙尘天气,在影响我国北方大部分地区后,一路南下,继续影响到我国长江中下游、江南地区和东南沿海地区。此次较长时间的沙尘天气过程源区为蒙古国西部和南部、以及内蒙古中西部的沙源地。从处于沙尘源区的内蒙古阿拉善地区监测到的源的结果区沙尘天气可将该次沙尘天气分为3次过程。

第一次的发生时间为3月18日凌晨3时至

当晚20时,持续时间接近20h,颗粒物(PM_{10})浓度峰值为 0.8 mg/m^3 。超过国家日均空气质量日均值标准(0.15 mg/m^3)的4倍以上。第二次的发生时间为3月19日12时至20日23时,持续时间约30h,颗粒物峰值为 0.98 mg/m^3 。超过国家日均空气质量标准(0.15 mg/m^3)的5倍以上。第三次的发生时间为3月21日14时至3月23日,颗粒物最高浓度 0.38 mg/m^3 ,超过国家日均空气质量标准(0.15 mg/m^3)的近1倍。

自源区发生的第一次沙尘过程于3月19日6时至20日3时影响呼和浩特,持续时间接近20h,颗粒物其峰值接近 0.9 mg/m^3 。于20日2时至15时影响北京,持续时间有所减少缩短,为13h,但影响程度有所增加,颗粒物浓度超过 1 mg/m^3 。21—22日此过程沙尘天气已经影响到江南和东南沿海地区。自源区发生的第二次沙尘过程天气于21日7时起影响呼和浩特,于22日8时起影响对北京有所影响,持续时间至23日基本结束。自源区发生的第三次沙尘天气过程影响范围较小,对其他区域的空气质量无明显影响。

此次沙尘天气影响到了我国包括西北、华北大部(包括环渤海)和东北、中南、华东(包括长三角)、东南(包括台湾)和华南(包括粤港澳)和西南(四川)部分等大范围地区的空气质量。受其影响,我国环保重点城市的环境空气质量累计超标421d次,其中重污染累计天数达74d次。沙尘天气影响城市环境空气质量监测网络的部分城市实时监测结果显示,甘肃敦煌、内蒙古阿拉善左旗、呼和浩特、宁夏银川、陕西榆林可吸入颗粒物(PM_{10})小时浓度最高值分别达到了 0.467 、 0.977 、 0.335 、 0.459 、 0.827 mg/m^3 。

3 与沙尘天气影响空气质量相关的主要因素

影响沙尘天气发生过程的主要条件包括沙源条件和引起沙尘传输天气条件。其中,影响沙源的因素包括地表硬度以及降水量和气温等大气条件。降水量和气温能够影响沙源地的地表疏松程度,从而影响沙源地是否容易起沙。影响沙尘传输的天气系统主要表现在提供刮起风沙的风力和旋转上升以及中高空长距离输送的条件。由于春季气温较干燥以及回暖影响沙源地的地表疏松程

度,强劲的冷空气往往具备气流旋转上升和从北方沙源区经过并南下的输送条件,因此春季较容易发生沙尘暴。

近年影响我国的沙尘天气很大部分与起源于蒙古国沙源地和蒙古气旋所引起强劲冷空气南下活动有关。由于我国北方沙源地以及周边蒙古国沙源地的客观存在,同时由于东亚大陆的内陆干旱气候特点的客观存在,也由于冬半年冷空气的气旋天气系统活动的客观存在,因此沙尘天气在上述几方面的共同作用下,在客观条件合适时发生是不可控的过程。但是,通过地表条件的改善,可以影响和减少沙尘天气过程的发生。包括不懈地努力扩大北方地区的森林和草原等植被面积,不断减少沙地面积,改善水土条件,对从源头上治理沙尘天气和改善区域环境空气质量是有明显好处和效果。

4 结论

2005—2010年期间,影响113环保重点城市空气质量的沙尘天气过程次数范围在每年5~14次之间,平均每年10次左右,总计59次。在此期间,影响113个重点城市空气质量的沙尘天气过程累计的影响时间总计130d,平均在每年22d左右。影响环保重点城市的沙尘天气过程主要集中在3—5月,在部分年份的1—2月、6月和11—12月也有出现。

受沙尘天气影响,113个重点城市总共的超标天次平均每年在332d次左右,每年范围在147~546d次之间。其中,受沙尘暴天气影响的重污染天次平均每年在40d次左右,每年范围在14~78d次之间。受沙尘暴天气影响的超标天和重污染天主要出现在3—5月。

总体而言,近年来沙尘天气对我国尤其是北方地区的影响程度很大。每年沙尘天气过程对我国城市空气质量影响的时间不短,尤其在春季对我国东中部地区城市造成了很严重的影响。近一、二年,大范围的沙尘天气过程还从中蒙边界起一直影响到了我国江南以至东南包括台湾地区和华南包括粤港澳珠三角地区,提供细颗粒物造成沙尘天气影响形成的当地灰霾现象和空气质量下降现象。由于东亚大陆的内陆干旱气候的特点,沙尘天气在沙源地、冷空气等客观因素的共同作用下,在条件合适时发生是不可控的过程现象。

减缓沙尘天气的频度与强度的关键还是在于持续做好地面生态保护与建设,扩大北方地区的森林和草原等植被面积,不断减少沙地面积,改善水土条件,从源头上治理沙尘天气和改善区域环境空气质量。

参考文献:

- [1] 卢琦,杨有林. 全球沙尘警示录[M]. 北京:中国环境科学出版社,2001.
- [2] 2007年中国环境质量报告书[M]. 北京:中国环境科学出版社,2007.
- [3] 2008年中国环境质量报告书[M]. 北京:中国环境科学出版社,2008.
- [4] 2009年中国环境质量报告书[M]. 北京:中国环境科学出版社,2009.
- [5] 2010年中国环境质量报告书[M]. 北京:中国环境科学出版社,2010.
- [6] 2005年沙尘年鉴[M]. 北京:中国环境科学出版社,2005.
- [7] 2006年沙尘年鉴[M]. 北京:中国环境科学出版社,2006.
- [8] 2007年沙尘年鉴[M]. 北京:中国环境科学出版社,2007.
- [9] 2008年沙尘年鉴[M]. 北京:中国环境科学出版社,2008.
- [10] 2009年沙尘年鉴[M]. 北京:中国环境科学出版社,2009.
- [11] 2010年沙尘年鉴[M]. 北京:中国环境科学出版社,2010.