

# 2006 年春季北方沙尘暴对赣北可吸入颗粒物浓度的影响

肖 安, 唐春燕, 郭达峰

(江西省气象台, 南昌 330046)

**摘要:** 利用卫星遥感数据、气象观测资料和江西庐山大气成分观测站的可吸入颗粒物浓度, 对 2006 年春季中国北方的 3 次沙尘暴过程和同期庐山大气成分观测站的可吸入颗粒物监测资料的对比分析发现, 沙尘暴所含的沙尘粒子在冷空气的引导下可进入江西, 对庐山的可吸入颗粒物浓度产生较大的影响, 也证明北方沙尘暴所携带的沙尘粒子是春季赣北空气污染的重要来源之一, 是预报空气质量异常偏高的重要依据之一。

**关键词:** 沙尘暴; 赣北; 可吸入颗粒物; 浓度

中图分类号: P425.5<sup>5</sup>

文献标识码: A

文章编号: 1673-7148(2008)增刊-0080-04

## 引言

沙尘暴是干旱和半干旱地区的一种风蚀现象<sup>[1]</sup>, 是沙尘和尘暴两者兼有的总称, 指强风把地面大量沙尘卷入空中, 使空气特别混浊, 水平能见度低于 1 km 的天气现象<sup>[2]</sup>。一般来说, 沙尘暴本身是一种局地灾害现象<sup>[3]</sup>, 但由沙尘暴所卷扬起的沙尘, 随高空风飘移, 可输送到几千千米以外的地区。

我国自 20 世纪 70 年代开始, 就对沙尘暴进行了研究。由于江西地处长江以南, 远离沙尘暴发生的源地和路径, 很少受沙尘影响, 这方面的研究工作非常有限。1988 年 4 月 9—16 日有一次沙尘天气, 波及全国很大范围, 至 12 日 20 时, 沙尘天气所波及的范围南缘为南昌、长沙、桂林<sup>[4]</sup>。张德二等根据我国历史文献中的沙尘记载, 将 28°N 作为历史沙尘记录的南界<sup>[5]</sup>, 即宁海、南昌一线以北。

以上分析都源自对沙尘的研究。实际上, 沙尘暴源地离江西很远, 而沙尘暴又是局地性灾害。沙尘暴发生后, 沙尘中的较大粒径的颗粒一般都会在源地及周围地区, 依靠颗粒自身的重力作用很快沉降, 而较小粒径的颗粒物则会被送到几百乃至几千或上万千米远的地方<sup>[6]</sup>。因此, 以是否观测到大颗粒沙尘沉降来研究沙尘暴对江西的影响, 是不够全面的。本文根据 2006 年春季中国北方连续 3 次沙

尘暴过程来分析这种灾害性过程对江西的影响。

## 1 江西可吸入颗粒物浓度分析

2006 年, 由中国气象局设立的庐山大气成分观测站(115°59'39"E, 29°34'12"N, 海拔高度 1 165 m)开始业务观测。观测项目包括 3 种可吸入颗粒物( $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$ 、 $PM_1$ )的浓度变化。最大程度地排除人类生产、生活对大气成分的影响, 采用庐山大气成分观测站的监测资料是非常合适的。

图 1 是 2006 年庐山大气成分观测站 3 种可吸入颗粒物的月平均浓度变化。从图 1 可以发现, 庐山整体的空气质量是非常好的, 其  $PM_{10}$  最高值仅仅达到  $60 \times 10^{-9} kg/m^3$ 。仔细观察这一年 3 种颗粒物的浓度变化趋势发现, 在 3、4 月,  $PM_{10}$  的浓度值要比  $PM_{2.5}$ 、 $PM_1$  大很多, 其中, 在浓度值相差最大的 3 月,  $PM_{10}$ : $PM_{2.5}$ : $PM_1$  的比例接近 6:4:3, 远大于其他时间的 3 种颗粒物浓度比例, 清楚地表明此时大气中含有较高浓度的粗颗粒物。10 月的月平均浓度值也较高, 但 3 种颗粒物浓度相差不大, 表明此时大气中含有较高浓度的细颗粒物。

图 2 是庐山大气成分观测站 3 月的日平均浓度变化图。从图中可以清楚地看到, 3 月 18—19 日、3 月 28 日和 4 月 1 日各有一次颗粒物浓度异常增大的过程, 同时也是 3 种颗粒物浓度值相差最大的时

收稿日期: 2008-06-06; 修定日期: 2008-07-25

作者简介: 肖安(1979-), 男, 江西南昌人, 工程师, 从事环境气象预报工作. E-mail: mrxiaoan@sohu.com

候。其余时间内,3种污染物浓度相差不多,且浓度值较小。因此,图1中所反映出来的3、4月平均浓度值偏高和3种颗粒物浓度值比例相差大,正是这3次过程的反映。

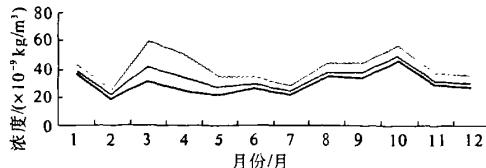


图1 庐山月平均浓度变化趋势图

由上往下分别为PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>1</sub>变化曲线,下同

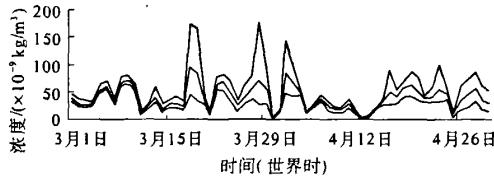


图2 3、4月庐山大气成分观测站日平均浓度

春季大气中由细颗粒物构成为主向粗颗粒物构成为主的过程性突变,很容易令人联想到北方沙尘暴的影响。根据相关研究,在沙尘暴里,粒径 $<9.0\text{ }\mu\text{m}$ 的粒子所占比例高达76.9%,而 $<2.1\text{ }\mu\text{m}$ 的粒子所占比例仅为16.1%<sup>[7]</sup>。

## 2 2006年春季中国北方沙尘暴实况

根据中国卫星遥感信息网监测,2006年3月13—17日,3月24—28日,3月30日—4月2日,利用气象卫星连续监测到了沙尘天气。与庐山大气

成分观测站3月18—19日、3月28日和4月1日的几次过程相对应。风云-1D北京时间3月28日8:11的卫星遥感资料表明,河南南部、湖北西北部等地天空也出现了大面积浮尘。其他两次沙尘暴天气也仅仅监测到影响华北北部地区。实际上,3、4月的卫星监测资料表明,北方沙尘暴影响的地区大部分都在中国西北、华北、东北和华东的部分地区,并没有监测到沙尘对江西造成了影响。但庐山大气成分观测站的资料显示,确实有3次浓度值异常偏高的现象,而且都是粗颗粒物浓度比细颗粒物浓度偏高得多。

## 3 沙尘暴影响庐山的可能性分析

本文以3月28日的颗粒物异常增加的这次过程为例,分析沙尘影响庐山的可能性。

### 3.1 卫星监测实况

图3(a)是2006年3月27日15:43(北京时)气象卫星(NOAA-16)的监测图像,从图中可以看到,沙尘影响范围扩大到陕西关中和山西南部地区,内蒙古中西部、陕西北部、宁夏中部和甘肃东部地区的沙尘天气强度趋于减弱。图3(b)是2006年3月28日08:11(北京时)气象卫星(FY-1D)的监测图像,从图中可以看到,27日下午出现在内蒙古中西部、甘肃、陕西、山西的沙尘,受西北大风影响向东南方向飘移,造成河南南部、湖北西北部等地天空的大面积浮尘。在15 h内,浮尘已经从陕西关中南移到湖北北部,南下速度非常迅速。

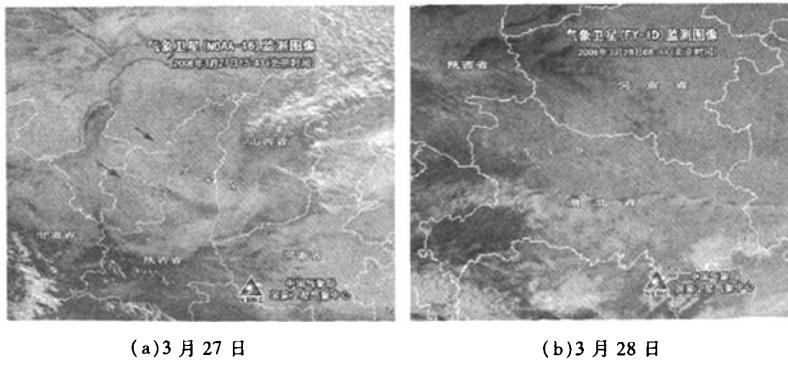


图3 沙尘暴卫星云图

### 3.2 地面气象站监测实况

根据地面气象站的历史记录,直到2006年3月28日20时,湖北宜昌和荆门两站仍有沙尘记录,23时后,两站均未再出现沙尘记录。这表明,沙尘天气已经到达湖北的中南部,这是这次沙尘暴天气所监

测到的最南缘。

以上都证明,沙尘暴所携带的沙尘可以飘移很长一段距离,给下游地区带来较大的灾害性天气。但这些观测记录都只能记录到较大颗粒的飘移,还有很多更细小的颗粒,比如可吸入颗粒物,并不能被

气象卫星和地面气象站所观测到。

### 3.3 沙尘输送距离的理论依据

沙尘的扬起是一个复杂的过程,是乱流扰动、大气热对流、系统性辐合和动力性强迫抬升等综合因素共同作用的结果。时少英等应用风搬运颗粒的模式,给出了不同粒径的沙尘可能被输送距离的公式:

$$L = Ut = \frac{2U\varepsilon}{(K^2 D^4)}$$

其中, $L$ 是悬浮颗粒的移动距离; $U$ 为平均风速; $t$ 是时间; $\varepsilon$ 是紊流交换系数,表示垂直大气的混合程度; $K$ 为 $\rho_p g / 18 \mu$ , $\rho_p$ 为颗粒密度, $g$ 为重力加速度, $\mu$ 为空气的动力学黏性系数<sup>[2]</sup>。根据公式计算可以得知,在平均风速为15 m/s的时候,10–20 μm的颗粒在 $\varepsilon = 10^5 \text{ cm}^2/\text{s}$ 可能被搬运到数百至数千千米之外的地方去。而1–10 μm的颗粒在 $\varepsilon = 10^5 \text{ cm}^2/\text{s}$ 时有可能被输送10<sup>6</sup> km以外的地方去。相反,较粗的颗粒很早就沉降了。比如 $\varepsilon = 10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$ 时,10–20 μm的颗粒被搬运距离大约只有500 km范

围。

因此,沙尘颗粒输送距离的长短,与当时的气象条件有直接关系。

### 3.4 沙尘传输的气象条件分析

沙尘传输的方向,取决于中低空风向。陈泰然等发现,沙尘随850 hPa风向移动<sup>[2]</sup>。

3月28日08时是一次冷空气过程的后期,整个亚洲仍为两槽一脊,阻塞高压在乌拉尔山地区。亚洲东部的低槽已经入海,槽后冷空气在强大冷平流作用下向东南方向移动。从28日08时500 hPa实况图(图4a)中可以看到,冷空气影响地区的风力都为20 m/s以上,个别地方超过了40 m/s。因此,沙尘的远距离输送具备了动力条件。从同时次850 hPa流场图(图4b)中可以看到,流线确实从陕西一带出发,进入江西境内,而陕西正是这次沙尘暴影响的重灾区之一。因此可以肯定,这次影响江西的冷空气是含有沙尘颗粒的冷空气。

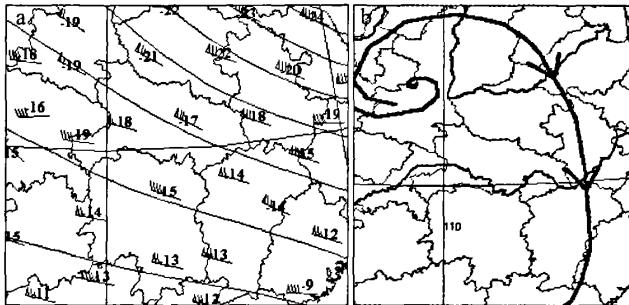


图4 2006年3月28日08时中层实况图(北京时)

从850 hPa 28日08时(北京时)24 h变温图(图5a)和20时24 h变温图(图5b)可以看到,冷空气在进入江西后,给南昌带来了小幅降温,但位于江西南部的赣州却没有降温,反而有小幅的升温。29

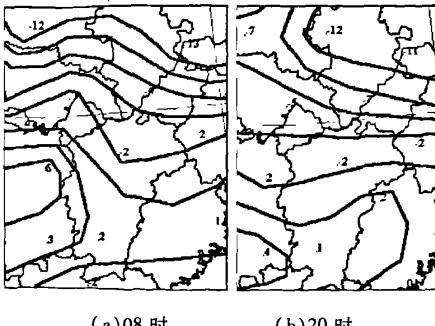


图5 28日850 hPa 24 h变温图(北京时)

日08时,赣州出现小幅降温,20时后又重新升高,具体的24 h变温数据见表1。表明这次携带沙尘的冷空气过程对赣北的影响要大于对赣南的影响。

表1 江西赣州850 hPa 24 h变温 ℃

时间	28日08时	28日20时	29日08时	29日20时
南昌变温	-2	-2	5	4
赣州变温	2	1	-1	2

### 3.5 庐山大气成分监测站的颗粒物浓度变化实况

根据850 hPa 24 h变温情况,可以认为在28日08时之前,庐山也受到冷空气的影响。从庐山大气成分监测站27–30日每5 min的颗粒物浓度监测实况可以看出,在冷空气南下开始影响庐山的时候,颗粒物PM<sub>10</sub>的浓度有一个突变的过程,时间是5:40—

5:45之间,浓度值从52跃升为136。而PM<sub>2.5</sub>的突变幅度则小得多,PM<sub>1</sub>几乎没有浓度的突变。在冷空气影响阶段,PM<sub>10</sub>浓度持续偏高,PM<sub>2.5</sub>浓度稍微偏高,而PM<sub>1</sub>的浓度反而降低。说明这时候确实是较粗的颗粒物在庐山站发生了沉降,较细粒子基本上没有发生沉降。由于庐山以南没有细粒子的观测资料,所以无法判断细粒子的沉降地点。另外,29日有一个浓度降低的过程,这个过程持续时间很短,其中的原因还有待进一步深入研究。

### 3.6 分析结果

根据以上理由可以得出结论,沙尘暴的影响范围不仅仅包括卫星和地面气象站所能观测到的大颗粒沙尘,而且还应该包括冷空气所携带的细颗粒沙尘。2006年3月28日,北方冷空气所携带的沙尘天气造成庐山大气的颗粒物浓度突然发生变化。

## 4 3月18—19日和4月1日的沙尘影响事件

这两次沙尘影响事件发生时的天气形势与3月28日的沙尘影响事件的天气形势相仿:在500 hPa东亚大槽的引导下,北方冷空气快速南下,华北、华东的风力,均达到20 m/s以上;西北、华北出现沙尘暴天气;850 hPa的流场从西北或华北等沙尘暴发生地流出,沙尘在中低层风力的引导下进入江西。

4月1日,受高空低槽和冷空气南下影响,南昌市出现9.1 mm的降水。受降水影响,南昌市受沙尘的影响微乎其微。由于庐山站没有出现明显降水,因而成功观测到了这次沙尘影响。

## Impact of Dust Storm in North China on the Concentration of Respirable Particles of North Jiangxi Province in 2006' Spring

Xiao An, Tang Chunyan, Guo Dafeng

(Jiangxi Provincial Meteorological Observatory, Nanchang 330046, China)

**Abstract:** In terms of satellite remote sensing data, meteorological observed data and concentration data of respirable particles in Lushan atmospheric observation station, three dust storm processes of north China in 2006' spring and monitoring data of respirable particles in Lushan atmospheric observation station in the corresponding period were analyzed comparatively. It was found that the dust particles contained in dust storms could enter Jiangxi province led by cold air, had a great effect on the concentration of respirable particles of Lushan. It also proved that the dust particles carried by dust storms were the significant source of air pollution in northern parts of Jiangxi in spring, which could be one of important bases in air quality forecast.

**Key words:** dust storm; north Jiangxi province; respirable particles; concentration

## 5 结语

从3月18日—4月1日这一段时间内,中国北方连续发生的3次沙尘暴事件都对江西产生了影响,说明北方沙尘暴对江西的影响不是偶然的,而是有其内在联系的。分析结果证实:

①在春季(3—5月),中国北方发生的较强沙尘暴事件,如果能在中低层气流的引导下,沙尘天气会影响江西。

②江西受沙尘天气影响主要表现在可吸入颗粒物浓度的异常变化。

③庐山大气成分观测站由于良好的监测环境,成功地监测到了分析时段内这3次沙尘影响事件。若能及时发现庐山遭遇沙尘天气的影响,可以尽可能早地发布预警预报信息,更好地布置安排防灾减灾工作。

## 参考文献

- [1]方宗义,王炜.2002年我国沙尘暴的若干特征分析[J].应用气象学报,2003,14(5):513—520.
- [2]杨德保.沙尘暴[M].北京:气象出版社,2003.
- [3]李戈,寿绍文,张广周,等.2006年4月11—12日平顶山市沙尘天气中尺度动力机制分析[J].气象与环境科学,2007,30(1):66—71.
- [4]黄美元.大气环境学[M].北京:气象出版社,2005.
- [5]张德二,孙霞.我国历史时期降尘记录南界的变动及其对北方干旱气候的推断[J].第四纪研究,2001,21(1):1—8.
- [6]张宁,陆萌.沙尘暴降尘的化学组份和粒径分布特征[J].甘肃环境研究与监测,1998,11(1):3—7.
- [7]庄过顺,郭敬华.2000年我国沙尘暴的组成、来源、粒径分布及其对全球环境的影响[J].科学通报,2001,46(3):191—197.