

文章编号:1000-694X(2008)01-0161-09

一次强沙尘暴活动对中国城市空气质量的影响

张加云^{1,2}, 刘晓东¹

(1. 中国科学院地球环境研究所 陕西 西安 710075; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要: 对 2006 年 4 月 8—12 日发生在中国北方地区的一次强沙尘暴天气过程及其对中国大陆城市空气质量的影响进行了分析研究。结果表明:①造成此次沙尘天气过程的直接原因是伴随着西伯利亚强冷空气南下的冷锋自西北向东南方向的移动。沙尘暴鼎盛时期卫星观测的中国境内大气沙尘气溶胶指数(AI)的分布存在一个高值区和两个次高值区。高值区位于内蒙古西部地区、河西走廊和河套地区;两个次高值区分别位于塔克拉玛干沙漠及华北至东北地区。与此同时,地面观测的最小能见度小于 10 km 的气象站点分布最密集的地区也主要分布在上述 3 个区域。AI 的分布与最小能见度的分布之间有着很好的一致性。②这次沙尘天气过程的影响范围主要在 33°N 以北。从西到东沙尘天气影响的程度逐渐减轻,受污染最严重的城市集中在西北地区东部。根据锋面过境时间与发生大气污染事件时间的对比可将受沙尘天气影响的城市大致分为两类:第一类城市大气污染事件发生在冷锋过境期间(I 类城市),第二类城市大气污染事件发生在冷锋过境前(II 类城市)。I 类城市受沙尘过程影响发生空气污染事件的持续时间相对较短,空气污染事件主要出现在锋面过境前后。II 类城市受沙尘过程影响发生空气污染事件的持续时间相对较长,空气污染事件的出现时间要明显超前于锋面过境时间。两类城市的共同特征是能见度与空气污染指数(API)之间存在着良好的反位相关系。

关键词: 沙尘暴; 空气质量; 空气污染指数(API); 冷锋

中图分类号: P445.4 **文献标识码:** A

沙尘暴是在特定的地理环境和下垫面条件下,由特定的大尺度大气环流背景和某种天气系统所诱发的一种小概率的灾害性天气现象。它不仅对工农业生产造成巨大的直接危害和经济损失,还可诱发大气污染事件使空气质量急剧恶化,并对大气能见度、大气光学特性、地气辐射平衡等地球环境的多方面带来严重影响,导致自然生态环境破坏,甚至危害人类健康。现在越来越多的人认识到沙尘暴是不可忽视的大气和生态环境问题之一^[1]。

20 世纪 20 年代初, Hankin^[2]首先对印度的“Andhi”型沙尘暴的上升和下沉气流进行了分析。20 世纪 80 年代, Jauregui^[3]对墨西哥城沙尘暴的时空分布进行了系统研究。20 世纪 90 年代, Tegen 等^[4]研究了沙尘气溶胶通过调节地球热力平衡对区域气候变化的重要贡献。国内对沙尘暴的研究^[5-19]开始于 20 世纪 70 年代,在沙尘暴天气的时空分布以及沙尘暴成因分析等方面已经做了大量的工作,并且取得了很多重要成果。钱正安等^[12]提出沙源、强风及热力不稳定的空气层结是产生沙尘暴的 3 个主要条件。王功功等^[10]从沙尘天气区划方面分析了我国沙尘天气的区域特征。Qian 等^[13]和 Liu 等^[14]分析了

气候因子对中国北方春季沙尘暴活动的影响。

在沙尘天气对空气环境影响的研究方面我国的科学工作者也做了大量的工作^[20-29]。例如,刘晓东等^[28]通过分析研究发现,春季塔克拉玛干沙区上空的沙尘活动主要影响我国西北东部地区,而对我国东部地区城市空气质量的影响不大。杨民等^[29]通过一次沙尘暴过程对兰州市环境影响的个例分析发现,沙尘暴天气可以使兰州市出现严重的大气污染事件,空气质量恶化 2 到 5 倍,瞬时可达数十倍。但以前大部分研究多集中在沙尘暴对某个具体城市空气质量的影响方面,在沙尘天气对中国城市空气质量影响的区域范围及受影响城市的分类等方面研究较少。

2006 年 4 月 8—12 日,受强冷空气影响,我国北方出现了一次范围广、能见度低于 500 m 的强沙尘暴天气,影响范围包括新疆东部和南疆盆地、青海北部、甘肃、宁夏、内蒙古西部和中部、山西北部、河北北部、辽宁西部和北京等 10 省(区、直辖市),上述地区的平均风力 6~7 级、阵风 8 级,并出现了 8~14°C 的强降温。此次沙尘天气还造成部分地区空气质量严重下降甚至达到重度污染,例如,兰州市空气质量在 4 月 10 日 16 时达到重污染状态^[30]。本文将

收稿日期:2006-08-16; 改回日期:2006-11-06

基金项目:国家公益性行业专项“京津经济区及华北区域气溶胶对云的改变导致的降水变化及其在天气预报中的应用研究”;国家重点基础研究发展计划项目(2004CB720208);国家自然基金项目(40599424)资助

作者简介:张加云(1981—),女(汉族),硕士研究生,主要从事大气环境变化研究。E-mail: zhangjy@ieecas.cn

利用实时气象观测资料、再分析获得的网格点风场资料、国家环保总局发布的空气质量日报以及卫星遥感获得的大气沙尘气溶胶指数资料等,系统分析 2006 年 4 月 8—12 日发生在中国北方的这次沙尘天气过程对我国城市空气质量的影响,以期对沙尘暴过程影响我国城市空气质量的范围和程度进行探讨。

1 资料来源

本文使用了此次沙尘暴过程期间(2006 年 4 月 8—12 日)多种来源的气象与环境观测资料,这些资料包括:

1) 常规气象观测资料:由中国气象局提供的气象台站观测的每日 3~8 次的能见度、海平面气压等常规气象观测值。

2) 格点大气环流资料:美国国家环境预报中心及美国能源部(NCEP/DOE)经过再分析处理的 2.5° (纬度) $\times 2.5^{\circ}$ (经度)一日四次的 700 hPa 风场、500 hPa 等位势高度场及海平面气压场资料^[31]。

3) 卫星观测资料:美国宇航局(NASA)提供的每日一次的 1° (纬度) $\times 1.25^{\circ}$ (经度)的全球网格点大气气溶胶指数(Aerosol Index, AI)资料。气溶胶指数算法参见文献^[32]。由于对紫外辐射有较强吸收作用的气溶胶(如沙尘和生物质燃烧)的大气气溶胶指数一般大于零,而小于零的大气气溶胶指数一般对应非吸收性气溶胶^[33],因此本文利用大于零的吸收性气溶胶指数($AI > 0$)来反映沙尘暴期间的大气沙尘含量的变化。

4) 空气污染指数资料:我国大陆城市逐日的空气污染指数(Air Pollution Index, API)取自国家环保总局正式发布的全国重点城市空气质量日报。关于 API 的具体定义及等级划分可参见国家环保总局网页^[34]。

2 强沙尘暴天气发生的气候背景、环流形势与沙尘天气实况

2.1 前期气候背景

自 2006 年 1 月份以来,由于影响我国的冷空气势力较弱,中国北方大部分地区气温较常年偏高,降水量也较常年偏少^[30];3 月至 4 月上旬,全国大部地区仍然是温度偏高,降水偏少,其中 3 月份西北、华北和黄淮大部月平均气温偏高 $1\sim3^{\circ}\text{C}$,月降水量比常年同期偏少 5 成以上,加之大风天气多,土壤不断失墒。3 月 28 日 FR-2C 卫星测墒结果表明:西北地

区东部、华北大部和黄淮西部表层(0—20 cm)土壤相对湿度(相对含水量)已降至 60%以下,出现不同程度的旱情^[35]。土壤水分的散失,使地表下垫面变得更为干燥,加剧了下垫面的沙尘化,造成沙源地地表疏松,地表干土层增厚,为这次强沙尘天气的爆发提供了丰富的物质源以及有利的热力条件。

2.2 天气形势分析

图 1 给出了此次沙尘暴过程期间高空和地面的环流形势。4 月 8 日 18 时,500 hPa 欧亚环流形势为一槽一脊型,乌拉尔山西侧有一长波脊,脊线位于 $40^{\circ}\sim60^{\circ}\text{N}, 40^{\circ}\sim50^{\circ}\text{E}$ 之间,在西西伯利亚到咸海有一低压槽(图 1a)。与高空形势相对应的地面系统变化是:中亚地区为高压控制,蒙古气旋在外蒙古中部开始发展(图 1b)。4 月 9 日 08 时(图略),乌拉尔山长波脊开始东移,西西伯利亚到咸海的低槽加深形成 508 位势米的闭合等高线区,长波槽后不断有冷空气沿偏北气流补充加入,并形成与长波槽相配合的 -48°C 闭合冷温度中心,西西伯利亚到蒙古有冷空气的大量堆积,在贝加尔湖-巴尔喀什湖形成了温差达 16°C 的东北-西南向的高空锋区,槽前风速明显加大,发展成为高空急流,急流轴中心最大风速 $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,这时高空长波槽偏北部分沿西西北气流迅速东南移,对应的地面冷锋北段加速东移。4 月 10 号 08 时(图略),由于冰岛冷空气的加强,下游中亚至乌拉尔山的高压脊迅速发展,西西伯利亚低槽加强东南移。至 4 月 10 日 18 时,整个大槽从北到南横贯外蒙古,西伸至甘肃北部以及新疆东部地区,形成一个东北-西南向的低压槽区(图 1c);蒙古气旋随着高空引导气流东移至 $50^{\circ}\sim55^{\circ}\text{N}, 120^{\circ}\sim125^{\circ}\text{E}$ 之间(图 1d)。4 月 12 日 08 时(图略),随着大槽的减弱东移,地面高压中心移至华北西部以及西北地区,沙尘天气结束。

图 2 为 2006 年 4 月 8—12 日冷锋的移动路径图。如图 2 所示,2006 年 4 月 8—12 日冷锋的移动路径为:4 月 8 日 20 时,地面锋线主要位于新疆北部边缘,4 月 9 日 20 时,地面锋线从新疆北部边缘移到了新疆东部、甘肃西部地区,冷锋附近出现了大风和降温天气,到了 4 月 10 日 20 时,地面冷锋东移南下扫过新疆、甘肃、内蒙古中西部、宁夏、青海等地使这些地区出现了强沙尘天气;4 月 11 日 20 时,地面锋线的位置已经从 4 月 10 日的西北地区东部及内蒙古东部地区移到了重庆-山东-北朝鲜一带,地面冷锋已经移出了沙尘的加强源区;到了 4 月 12

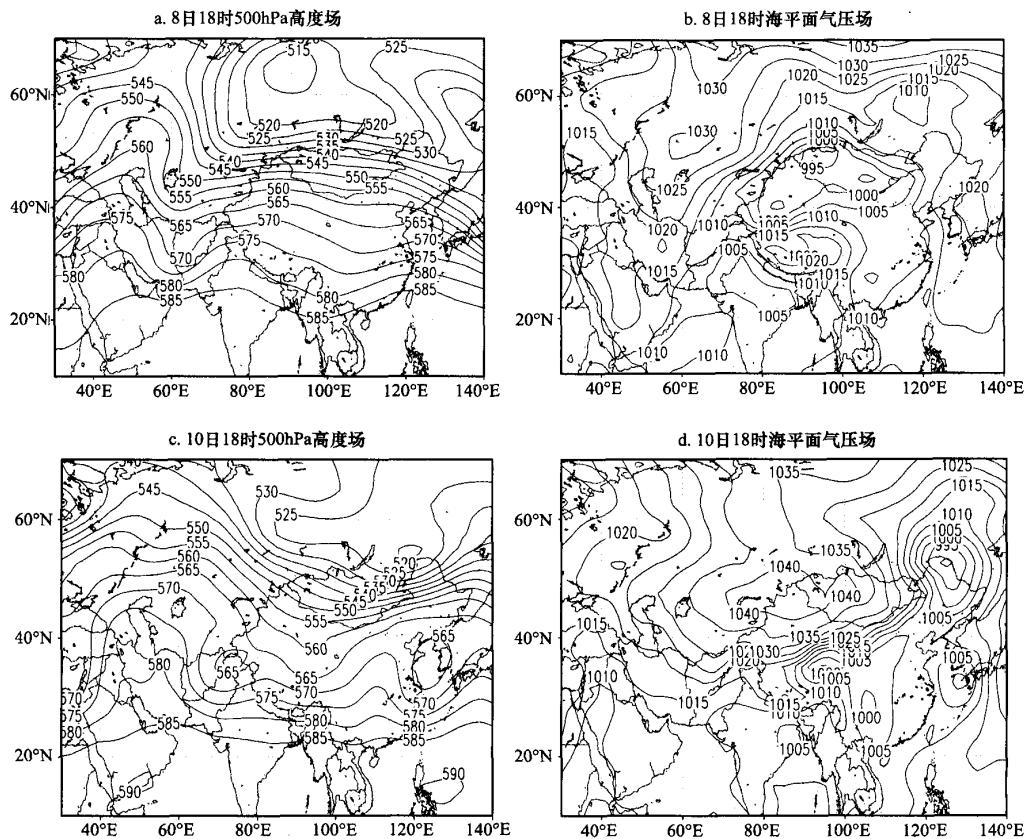


图 1 2006 年 4 月 8 日 18 时及 10 日 18 时 500 hPa 位势高度场(单位:10 gpm)和海平面气压场(单位:hPa)

Fig. 1 The 500 hPa geopotential height (10gpm) and sea level pressure fields (hPa) at 18 pm on Apr. 8th and 10th, 2006

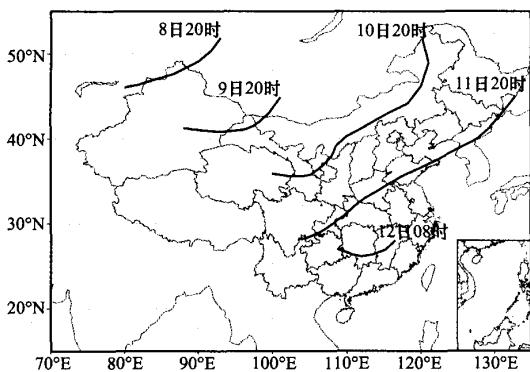


图 2 2006 年 4 月 8—12 日逐日冷锋位置

Fig. 2 Positions of the cold front from Apr. 8th to 12th, 2006

日 08 时, 地面冷锋断裂, 北支东移入海, 南支南压到了华南地区。

2.3 2006 年 4 月 10 日沙尘强度分析

能见度和风是气象观测中对沙尘天气进行分级

的两个重要指标。《地面气象观测规范》^[36]将沙尘天气划分为:①浮尘——尘土、细沙均匀的浮游在空中,使水平能见度<10.0 km;②扬沙——由于大风将地面尘沙吹起,使空气相当混浊、水平能见度在1.0 km 至 10.0 km 以内;③沙尘暴——由于强风将地面大量尘沙吹起,使空气很混浊,水平能见度<1.0 km。

引起能见度降低的因素很多,局地的烟、霾、雾及降水等天气现象的发生都会使能见度降低,为了明确区分由沙尘天气引起的能见度降低和由其他天气现象引起的能见度降低,在分析时根据实时天气现象资料去除了其他天气现象引起的能见度降低。

从天气形势的分析中可知,2006 年 4 月 10 日是这次沙尘天气过程最强盛的时期。图 3a 给出了 2006 年 4 月 10 日 AI 和最小能见度<10 km 气象站点的空间分布,可以看到 4 月 10 日中国区域内 AI 的分布存在一个高值区两个次高值区。高值区位于内蒙古西部地区、河西走廊和河套地区, AI 峰

值在 3.5 以上;两个次高值区分别位于塔克拉玛干沙漠及华北、东北地区, AI 峰值都在 2.5 以上。而最小能见度小于 10 km 的气象站点分布最密集的地区也主要分布在上述 3 个区域。AI 的分布与最小能见度的分布之间有着很好的一致性。

图 3b 为 2006 年 4 月 10 日 700 hPa 的风场及垂直速度的空间分布,从图 3a 和图 3b 的对比中可以看出, AI 指数的几个高值区都有上升气流区与之相配合,沙尘被强风吹起后,通过上升运动和湍流混合作用,被携至东部地区沉降。

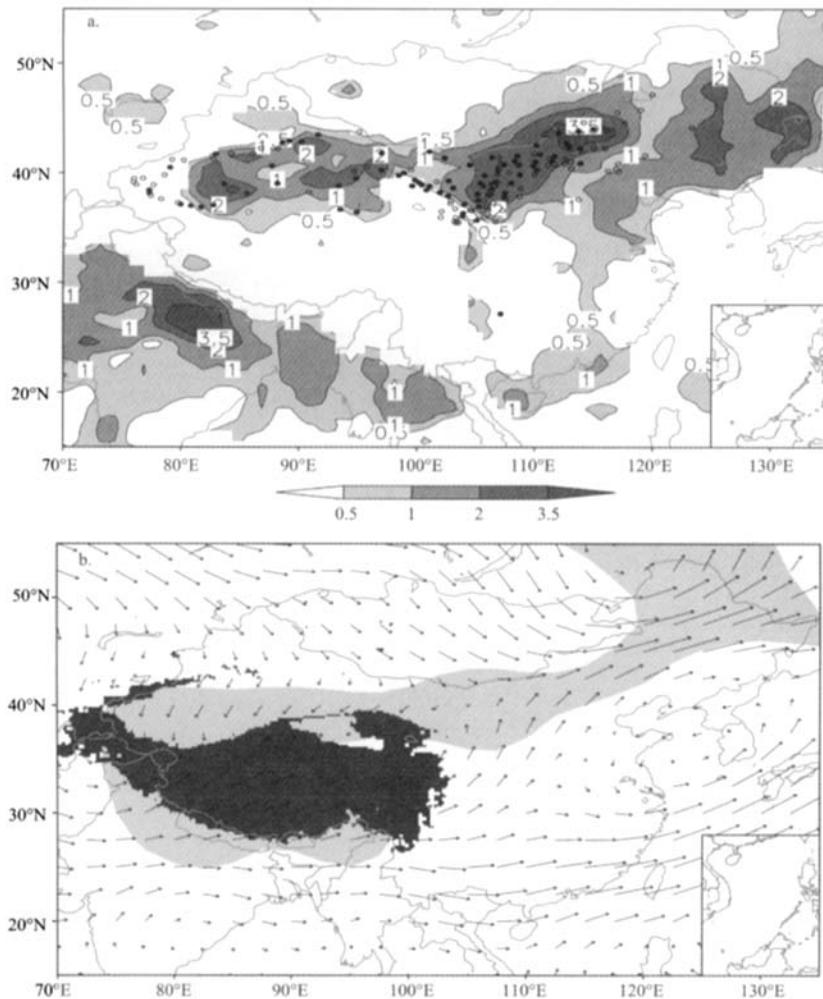


图 3 2006 年 4 月 10 日沙尘气溶胶指数 AI 和最小能见度的空间分布(a)及 700 hPa 风场和垂直速度分布(b)
(图 3a 中实心点为最小能见度<1 km 的气象站点,空心点为 1 km≤最小能见度<10 km 的气象站点;图 3b 中浅色阴影区
为垂直速度 $<-1 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的上升运动区,深色阴影区表示地形高度超过 3 000 m 的地区)

Fig. 3 Distributions of the aerosol index (AI) and the minimal visibility (a), and the wind and vertical velocity at 700 hPa (b) on Apr. 10th, 2006

3 沙尘天气对我国城市空气质量的影响

3.1 沙尘天气与空气污染的空间分布

图 4 给出了 2006 年 4 月 8—12 日沙尘天气与

污染指数综合分布。可见这次沙尘天气过程的影响范围相当大,其中,沙尘暴天气主要分布在蒙古国西部及南部、内蒙古中部及西部、河西走廊、青海中部、新疆东北部及南部地区;扬沙及浮尘天气对中国北方大部分地区都有影响,主要分布在 33°N 以北的地区。从污染指数的分布来看,4 月 8—12 日污染

指数达到5级以上重污染的城市有10个,污染指数达到4级中度污染的城市有5个,污染指数达到3级轻度污染的城市共有23个。在污染指数达到3级以上的38个城市中,在沙尘天气影响范围之内的城市共有30个。

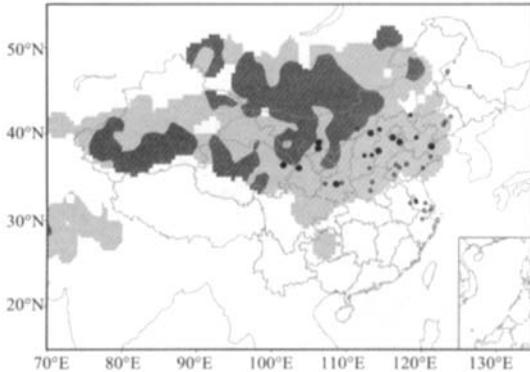


图4 2006年4月8—12日沙尘天气与污染指数综合分布
(图中深色阴影区为发生沙尘暴天气的区域,浅色阴影区为发生
浮尘及扬沙天气的区域;图中大实心点指示 $\text{API} \geq 300$ 的城
市位置,小实心点为 $200 \leq \text{API} < 300$ 的城市位置,空
心点为 $100 \leq \text{API} < 200$ 的城市位置)

Fig. 4 Distributions of dust weather and air pollution index during Apr. 8th to 12th, 2006

将图2与图4以及逐日沙尘天气实况(图略)进行对比分析发现,此次沙尘天气起源于蒙古高原中西部地区,沿途经过蒙古南部戈壁、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和毛乌素沙地等地,先后影响到新疆、青海、甘肃、宁夏、陕西、内蒙、山西、河北、河南、山东等省区。表1中列出了4月8—12日出现沙尘天气且

表1 2006年4月8—12日出现沙尘天气

且出现空气污染的城市

Tab. 1 List of the cities which suffered from the dust storm and air pollution during Apr. 8th to 12th, 2006

城市	最大 API	平均 API	最小能见度/km	平均能见度/km	天气现象
兰州	500	184.2	0.0	18.31	沙尘暴
石嘴山	413	153.2	0.0	18.30	沙尘暴
银川	500	169.4	1.0	16.74	扬沙
大同	500	207.8	5.0	12.10	扬沙
西安	345	141.2	2.0	14.00	扬沙
呼和浩特	263	117	6.0	21.50	扬沙
鞍山	151	99	3.0	11.15	扬沙
沈阳	138	86.2	2.0	11.61	扬沙
北京	500	289.4	2.0	13.63	浮尘
大连	472	246.4	2.0	11.74	浮尘
烟台	106	65.2	3.0	5.73	浮尘

最大 API 值大于 100 的城市(共 11 个)。从表 1 中可以看到,在受沙尘天气过程影响的城市中,从西部到东部各城市受影响的程度逐渐减轻,受污染最严重的城市主要集中在西北地区东部。从表中也能看出,最小能见度与空气污染指数之间存在反相关关系。由于 API 资料的限制,新疆吐鲁番、喀什等城市虽也受到此次沙尘天气影响发生了严重的空气污染事件但是没有被列入表中。

3.2 从单站分析看沙尘暴对空气污染影响的时间变化

众所周知,冷锋过境时地面气压会出现明显的变化:在冷锋到达前期地面气压会出现缓慢减压,并在冷锋过境后迅速增加,之后又缓慢降低。因此,地面气压的变化可以指示冷锋的到达时间。

沙尘暴天气的产生以及沙尘污染物的扩散、输送与地面天气系统的移动有着十分密切的关系。根据地面冷锋的移动方向自西向东选取了银川、西安、北京、大同等 10 个代表性城市进行单站分析。结果发现受沙尘天气影响的城市根据锋面过境时间与发生大气污染事件时间的对比可大致分为 2 类:① 大气污染事件发生在冷锋过境期间的城市(图 5)(以下简称 I 类城市);② 大气污染事件发生在冷锋过境前的城市(图 6)(以下简称 II 类城市)。

从图 5 和图 6 的对比中可以发现,两类城市的共同特征是:能见度与空气污染指数之间存在着很好的反相关关系;这一特征在图 5a 中表现得尤为明显。两类城市的不同点主要是:I 类城市受一次沙尘过程影响发生空气污染事件的持续时间相对较短,空气污染事件主要出现在锋面过境前后。II 类城市受一次沙尘过程影响发生空气污染事件的持续时间相对较长,空气污染事件的出现时间要明显超前于锋面过境时间。

4 结论

1)造成 2006 年 4 月 8—12 日中国北方沙尘天气过程的直接原因是伴随着西伯利亚强冷空气南下的冷锋自西北向东南方向的移动。此次沙尘暴鼎盛时期卫星观测的中国境内大气沙尘气溶胶指数(AI)的分布存在一个高值区和两个次高值区。高值区位于内蒙古西部地区、河西走廊和河套地区, AI 峰值在 3.5 以上;两个次高值区分别位于塔克拉玛干沙漠及华北至东北地区, AI 峰值都在 2 以上。而最小能见度小于 10 km 的气象站点最密集的地区

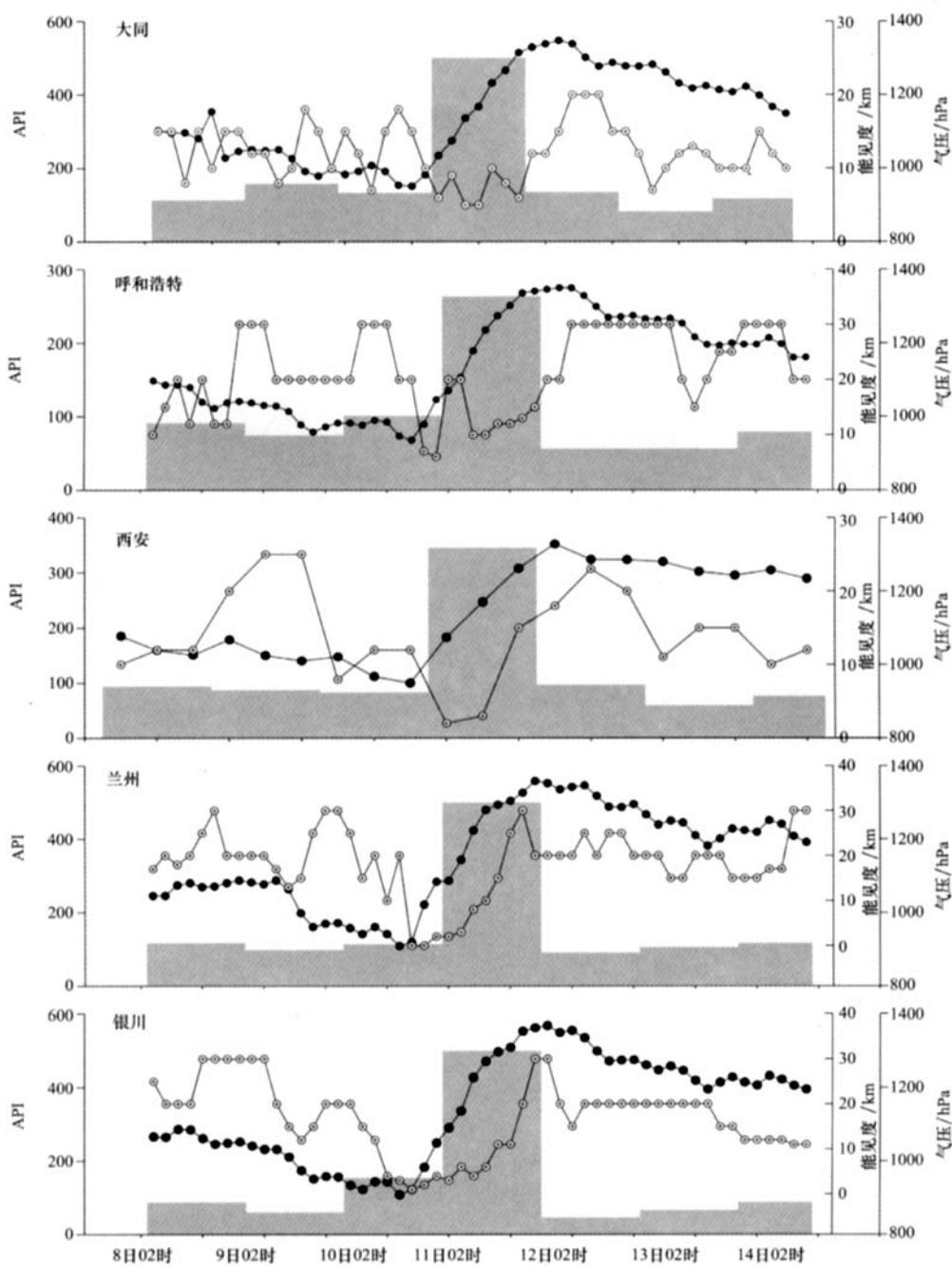


图 5 2006 年 4 月 8—14 日 I 类城市日平均 API(阴影柱)及气压(实心点线)和能见度(空心点线)随时间的变化

Fig. 5 Time series of station pressure (lines with solid dots), visibility (lines with hollow dots) and daily averaged API (shaded bars) in the first kind of cities from Apr. 8th to 14th, 2006

也主要分布在上述 3 个区域。AI 的分布与最小能见度的分布之间有着很好的一致性;同时 AI 指数的几个高值区在 700 hPa 高度上都有上升气流区与之相配合。

2)沙尘天气过程的影响范围主要在 33°N 以北的地区。此次沙尘天气起源于蒙古高原中西部地区,沿途经过蒙古南部戈壁、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和毛乌素沙地等地,先后影响到新疆、青海、甘

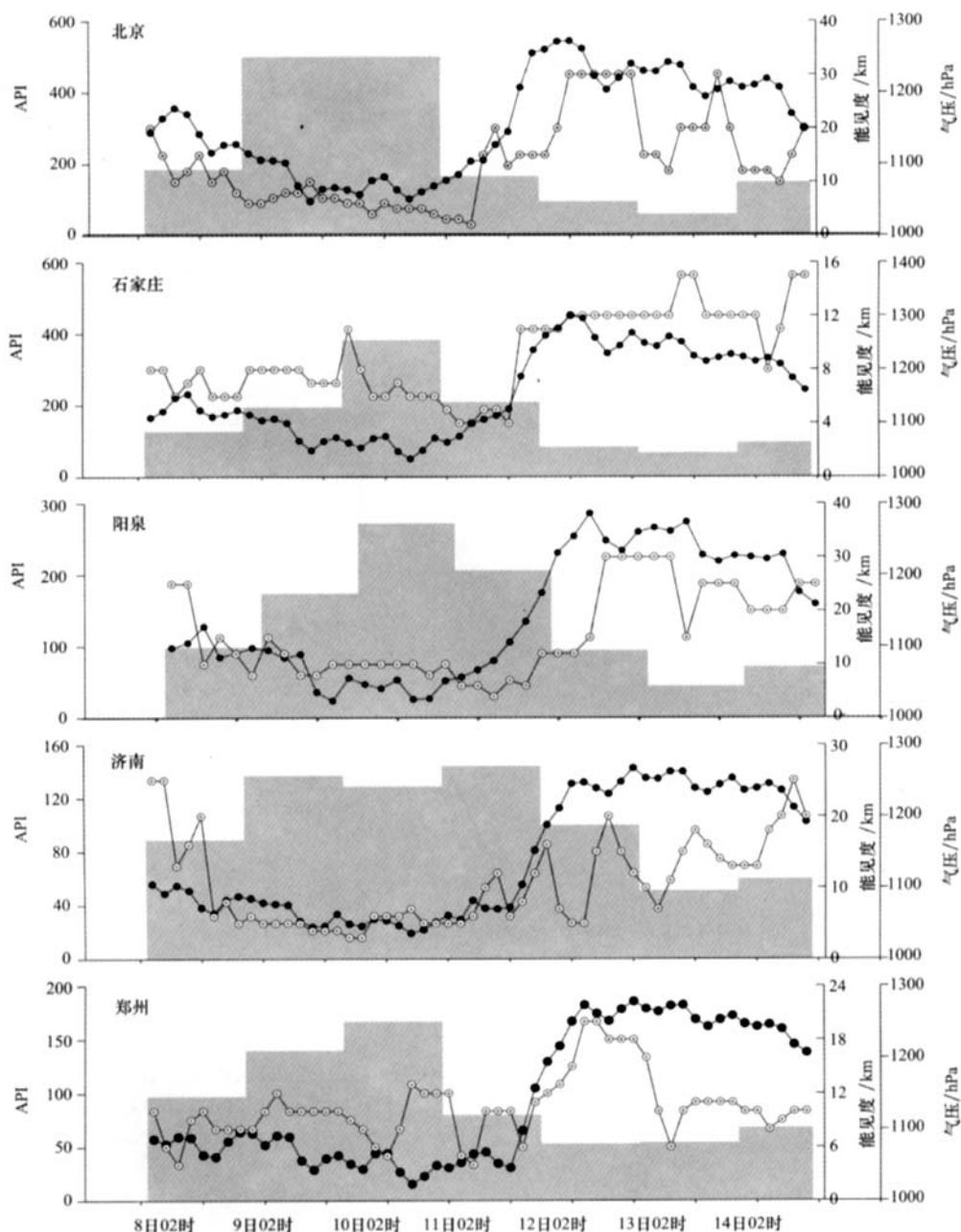


图 6 2006 年 4 月 8—14 日 II 类城市日平均 API(阴影柱)及气压(实心点线)和能见度(空心点线)随时间的变化

Fig. 6 Time series of station pressure (lines with solid dots), visibility (lines with hollow dots) and daily averaged API (shaded bars) in the second kind of cities from Apr. 8th to 14th, 2006

肃、宁夏、陕西、内蒙、山西、河北、河南、山东等省区的空气质量。从西到东沙尘天气影响的程度逐渐减轻,受污染最严重的城市主要集中在西北地区东部。根据锋面过境时间与发生大气污染事件时间的对比,将空气质量受沙尘天气影响的城市可大致分为

2类:第一类大气污染事件发生在冷锋过境期间的城市(I类城市),第二类大气污染事件发生在冷锋过境前的城市(II类城市)。I类城市受沙尘过程影响发生空气污染事件的持续时间相对较短,空气污染事件主要出现在锋面过境前后。II类城市受沙尘

过程影响发生空气污染事件的持续时间相对较长, 空气污染事件的出现时间要明显超前于锋面过境时间, 但两类城市能见度与空气污染指数之间均存在着很好的反位相关系。

参 考 文 献 (References):

- [1] 邱斌, 张志元, 朱学义, 等. 生态环境与空气污染 [M]. 兰州: 甘肃民族出版社, 2001: 256—258.
- [2] Hankin E H. On dust raising winds and descending currents [J]. India Meteorological Memoris, 1921, 22(6): 210—223.
- [3] Jauregui E. The dust storms of Mexico City [J]. Inter J Climatol, 1989, 9(2): 169—180.
- [4] Tegen I, Lacis A A, Fung I. The influence on climate forcing of mineral aerosol from disturbed soil [J]. Nature, 1996, 380: 419—422.
- [5] 徐国昌, 陈敏连, 吴国雄. 甘肃省 "4·22" 特大沙尘暴分析 [J]. 气象学报, 1979, 37(4): 26—35.
- [6] 王式功, 杨德保, 金炯, 等. 我国西北地区黑风暴的成因和对策 [J]. 中国沙漠, 1995, 15(1): 19—30.
- [7] 夏训诚, 杨根生, 等. 中国西北地区沙尘暴灾害及防治 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996: 5—12.
- [8] 钱正安, 贺慧霞, 翟章, 等. 我国西北地区沙尘暴的分级标准、个例谱及其统计特征 [C]//方宗义等编. 中国沙尘暴研究. 北京: 气象出版社, 1997: 1—10.
- [9] 王涛, 陈广庭, 钱正安, 等. 中国北方沙尘暴现状及对策 [J]. 中国沙漠, 2001, 21(4): 321—327.
- [10] 王式功, 王金艳, 周自江, 等. 中国沙尘天气的区域特征 [J]. 地理学报, 2003, 58: 193—200.
- [11] 杨续超, 刘晓东. 东亚中纬度地区前期降水对中国北方春季强沙尘暴影响初探 [J]. 干旱区地理, 2004, 27(3): 283—290.
- [12] 钱正安, 蔡英, 刘景涛, 等. 中蒙地区沙尘暴研究的若干进展 [J]. 地球物理学报, 2006, 49(1): 83—92.
- [13] Qian W H, Quan L S, Shi S Y. Variations of the dust storm in China and its climatic control [J]. Journal of Climate, 2002, 15 (10): 1216—1229.
- [14] Liu X D, Yin Z Y, Zhang X Y, et al. Analyses of the spring dust storm frequency of northern China in relation to antecedent and concurrent wind, precipitation, vegetation, and soil moisture conditions [J/OL]. Journal of Geophysical Research, 2004, 109 (D16), D16210, doi: 10.1029/2004JD004615.
- [15] 常生华, 李广, 侯扶江. 我国沙尘暴发生日数的空间分布格局 [J]. 中国沙漠, 2006, 26(3): 384—388.
- [16] 冯建英, 陈旭辉, 陆登荣, 等. 我国西北干旱区区域性沙尘暴特征及成因研究 [J]. 中国沙漠, 2004, 24(5): 582—587.
- [17] 张杰, 郭锐, 荣潇泓. 西北地区东部冬季降水与次年沙尘暴发生的关系 [J]. 中国沙漠, 2004, 24(5): 603—606.
- [18] 杨晓玲, 丁文魁, 钱莉, 等. 一次区域性大风沙尘暴天气成因分析 [J]. 中国沙漠, 2005, 25(5): 702—705.
- [19] 李栋梁, 王涛, 钟海玲. 中国北方沙尘暴气候成因及未来趋势预测 [J]. 中国沙漠, 2004, 24(3): 376—379.
- [20] 罗晓玲, 李岩英, 李耀辉, 等. 河西走廊东部沙尘天气与武威市大气污染的关系研究 [J]. 中国沙漠, 2004, 24(5): 1—5.
- [21] 丁瑞强, 杨德保, 王式功, 等. 沙尘暴对兰州市空气污染的影响 [J]. 高原气象, 2001, 20(增刊): 104—108.
- [22] 王建鹏, 王式功, 孟小绒, 等. 沙尘天气等对西安市空气污染影响的研究 [J]. 中国沙漠, 2004, 24(5): 1—7.
- [23] 宁海文, 王式功, 杜继稳. 西安沙尘天气特征及其对空气质量的影响 [J]. 中国沙漠, 2005, 25(6): 886—890.
- [24] 李田玲. 沙尘暴对金昌市环境空气质量的影响及控制对策 [J]. 干旱环境监测, 2002, 16(4): 225—227.
- [25] 张迪, 孙继松, 王华. 2004 年北京市沙尘天气对空气质量影响的对比分析 [J]. 气象科技, 2005, 33(6): 533—537.
- [26] 徐鸣, 王建国. 一次特大沙尘暴对乌鲁木齐市环境空气质量的影响分析 [J]. 干旱环境监测, 2002, 16(3): 139—144.
- [27] 罗丽萍, 郭宇宏. 春季区域性沙尘暴对南疆及东疆城市环境空气质量的影响及应对措施 [J]. 干旱环境监测, 2004, 18(3): 159—162.
- [28] 刘晓东, 田良, 张小曳. 塔克拉玛干沙尘活动对下游大气 PM10 浓度的影响 [J]. 中国环境科学, 2004, 24(5): 528—532.
- [29] 杨民, 王式功, 李文莉, 等. 沙尘暴天气对兰州环境影响的个例分析 [J]. 气象, 2004, 30(4): 46—50.
- [30] 肖劲风. 今春北方为何沙尘频频观察 [N]. 科学时报, 2006-04-17(3).
- [31] Kanamitsu M, Ebisuzaki W, Woollen J, et al. NCEP—DEO AMIP-II reanalysis (R-2) [J]. Bull Atmos Met Soc, 2002, 83 (11): 1631—1643.
- [32] Torres O, Bhartia P K, Herman J R, et al. Derivation of aerosol properties from satellite measurements of backscattered ultraviolet radiation: Theoretical basis [J]. Journal of Geophysical Research, 1998, 103(D14): 17099—17110.
- [33] 高庆先, 任阵海, 李占青, 等. 中国北方沙尘气溶胶时空分布特征及其对地表辐射的影响 [J]. 资源科学, 2004, 26(5): 2—10.
- [34] 国家环保总局. 中国重点城市空气质量日报 [EB/OL]. (2006-06-15) [2006-06-15]. <http://www.zhb.gov.cn/quality/background.php>.
- [35] 中国气象局. 农业气象条件回顾 [EB/OL]. (2006-04-15) [2006-05-20]. http://www.cma.gov.cn/cma_new/tqyb/nyqx/tjhg/t20051205_105812.shtml.
- [36] 中国气象局. 地面气象规范 [M]. 北京: 气象出版社, 1979: 22.

Influence of a Severe Dust Storm on Chinese Cities' Air Quality

ZHANG Jia-yun^{1,2}, LIU Xiao-dong¹

(1. Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: During April 8th to 12th, 2006, a severe dust storm occurred in northern China. The climatic background of drought, synoptic situation and the impact of this dust storm on Chinese cities' air quality are documented in the current study. The main results can be summarized as follows: ① The distribution of satellite-observed aerosol index (AI) shows a high value region and two sub-high value regions in northern China. The former lies in western part of Inner Mongolia, Hexi Corridor and Hetao area, and the latter two lie in Taklimakan desert, North China to Northeast China. The meteorological observation stations with minimal visibility lower than 10 km mainly distribute in the three above-mentioned regions. The spatial patterns of AI and the minimal visibility are similar. ② The impact area of this dust weather was mainly located on north of 33°N. Moreover, the influence of the dust storm weakened gradually from west to east and the cities influenced most severely by the dust storm concentrated on the eastern part of Northwest China. Based on the lead-lag relationship between the arrival of cold front and the occurrence of air pollution, the cities which suffered from the dust storm can be divided into two kinds. In the first kind of cities, the air pollution event concurred with the arrival of cold front; and in the second kind of cities, the air pollution event occurred before the arrival of cold front, with a lasting time relatively longer than that in the first kind of cities.

Keywords: severe dust storms; air quality; Air Pollution Index(API); cold front