

# 典型沙尘天气过程近地层气象要素演变特征

郝玉峰<sup>1</sup> 施占军<sup>2</sup> 相栋<sup>3</sup>

(1 山西省气象局, 太原 030002; 2 山西省大同市气象局, 大同 037000;  
3 山西省气候中心, 太原 030006)

**摘要** 选取 2009 年 3 月至 2010 年 3 月期间观测到的 3 次典型沙尘天气过程, 利用大同国家基准气候站的 20 m 气象梯度塔的风速、气温、相对湿度的观测资料, PM10 质量浓度资料以及能见度的部分观测资料, 分析了近地层气象要素和 PM10 质量浓度的演变特征。结果表明: 风速在沙尘暴、扬沙的发生、发展过程中均较大, 浮尘较小。3 种沙尘天气条件下, 1 m、2 m、4 m、10 m 高度与 20 m 高度的风速比大致在 0.48~0.84 和 0.41~0.79 范围内, 局地扬沙过程中近地层风速梯度较大。在浮尘天气过程中, 观测到的近地层气温变率与同一季节的昼夜气温变率有较明显差别, 反映了沙尘气溶胶的辐射强迫对局地温度变化速率的影响。在沙尘天气过程中, 还观测到相对湿度与气温之间的反常变化, 反映了来自于沙漠地区干燥气团的可能影响。总体上, 沙尘暴、扬沙、浮尘天气条件下的 PM10 平均质量浓度水平存在依次递减的趋势, 但是沙尘天气的 PM10 平均质量浓度水平并不唯一与风速大小有关, 尤其是在沙尘天气持续发展的后期, 随着近地面沙尘颗粒尺度谱性质的改变, PM10 质量浓度会出现下降, 导致能见度、风速变化与 PM10 质量浓度变化趋势不相一致。

**关键词** 沙尘天气 气象要素 PM10

## 引言

近年来, 我国的沙尘天气呈现出过程次数偏少, 强度偏弱的趋势, 这与我国近年来对生态保护的重视有着密切关系<sup>[1-6]</sup>。但同时, 我们也应当看到, 沙尘天气这种小概率、大灾害的特殊性仍然影响着人们的正常生活, 它能在短时间内给生态环境和空气质量造成严重影响<sup>[7-8]</sup>。沙尘天气与气象要素及下垫面的土壤和植被关系密切, 研究沙尘天气过程中气象要素的演变特征是了解沙尘天气发生及其演变的一个重要方法<sup>[9-15]</sup>。

大同地区位于我国沙尘天气系统移动的最主要路径——偏北路径上, 其西侧分布有毛乌素沙地、库布齐沙漠、腾格里沙漠、乌兰布和沙漠、巴丹吉林沙漠等众多沙尘源区, 东北侧有浑善达克沙地。2003 年起, 大同国家基准气候观测站(以下简称大同气象站)作为中国气象局沙尘暴观测站网的站点之一, 增加了近地层梯度气象要素、PM10 质量浓度等多项

观测内容。本文选取 2009 年 3 月和 2010 年 3 月观测到的 3 种沙尘天气中各选 1 次作为典型沙尘天气过程, 分析该地区典型沙尘天气过程中近地层气象要素和 PM10 质量浓度的演变特征。

## 1 观测站点与观测资料

大同地区全年主导风向为西北风, 年平均风速在 7 m/s 左右。春季降雨偏少, 气温回升快, 多大风, 为沙尘天气多发期。2001—2010 年的春季, 该站平均发生扬沙 6.2 次, 浮尘 1.3 次, 沙尘暴 0.5 次。

大同气象站位于大同市区东侧(东经 113°20', 北纬 40°06', 海拔 1056 m), 建有 20 m 气象塔, 连续观测 1 m、2 m、4 m、10 m、20 m 高度上的风向、风速、温度、相对湿度, 数据记录频率为每 10 s 一次。该站还安装有美国 R&P 公司的 TEOM1400a 型大气粒子监测仪, 连续测量 PM10 质量浓度, 数据记录频率为每 5 min 一次。

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

“第三届全国气象观测技术经验交流会”(2013 年 4 月, 北京)优秀论文

作者简介: 郝玉峰, 女, 1963 年生, 学士, 工程师, 主要从事高空大气成分管理工作, Email: 741561098@qq.com

收稿日期: 2013 年 6 月 20 日; 定稿日期: 2014 年 1 月 26 日

## 2 2010 年 3 月 19—20 日扬沙-沙尘暴天气过程

### 2.1 天气背景

2010 年 3 月 19—20 日我国出现一次较大范围的强沙尘暴天气过程。受蒙古气旋系统和冷锋的共同作用,内蒙古中西部和山西北部出现沙尘暴或强沙尘暴天气,西北地区东部和华北大部地区出现扬沙天气,浮尘天气一直向南波及川、渝、鄂等省(市)的长江以北地区以及长江中下游的浙、赣部分地区。大同地区于 2010 年 3 月 19 日 19:30 至 20 日 03:15 期间出现扬沙-沙尘暴天气,其中 20 日 01:51—03:15 为沙尘暴天气。

### 2.2 地面风速

如图 1 所示,19 日 17:30 前后,曾存在短暂的微风时段,其后风速逐渐增大,到 19:30 前后,10 m 最大瞬时风速 12.2 m/s,20 m 最大瞬时风速 15.8 m/s,能见度下降到不足 10 km,出现扬沙天气。其后,20 日 01:50,能见度基本维持在 5 km 左右;10 m 高度的稳定平均风速为 11.6 m/s,最大瞬时风速为 24.8 m/s;20 m 高度的稳定平均风速为 13.8 m/s,最大瞬时风速也为 24.8 m/s;风向为 W 和 WNW。20 日 01:51—03:15,能见度下降至 0.5 km,出现短暂的沙尘暴天气。这期间,10 m 高度的稳定平均风速为 11.3 m/s,最大瞬时风速为 23.0 m/s;20 m 高度的稳定平均风速为 13.2 m/s,最大瞬时风速也为 24.2 m/s;风向以 W 为主。20 日 03:15 后,能见度快速恢复到 10 km 以上,沙尘暴天气过程结束,风向逐渐转向至 NW,风速有所减小。06:00 以后的数据显示能见度为 7 km 左右,这有可能是沙尘暴天气结束后的短暂的扬沙过程。值得注意的是,扬沙期间和沙尘暴期间的风速并没有太大差别,甚至沙尘暴期间的风速还略低于扬沙期间,这说明沙尘

暴的形成并不唯一决定于风速的大小,还与大风的持续时间以及地表状况等条件密切相关。

从图 1 和表 1 还可以看到,1 m、2 m、4 m、10 m 各高度风速与 20 m 高度风速的比值均小于 1,1 m 高度的该比值最小,随着高度增加,该比值增大,反映了 20 m 气层内的风速梯度变化。扬沙-沙尘暴期间,1 m、2 m、4 m、10 m 各高度与 20 m 高度的风速比为 0.48~0.83,比扬沙-沙尘暴期间前后的风速比(0.52~0.87)偏低,说明在近地层高度内,由于扬沙-沙尘暴期间的风速较大,风向稳定,因而风速梯度较大。

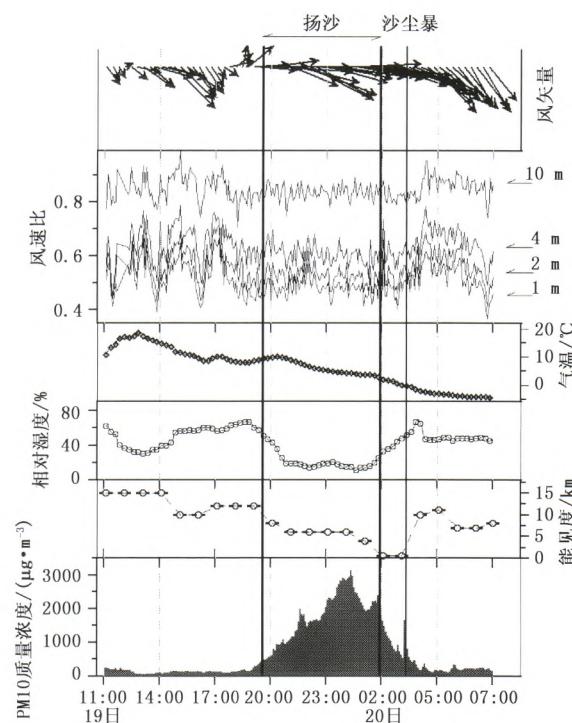


图 1 2010 年 3 月扬沙-沙尘暴天气过程的风速、气温、相对湿度、能见度、PM10 质量浓度变化

表 1 扬沙-沙尘暴天气过程及其前后时段各高度平均风速

		1 m	2 m	4 m	10 m	20 m
19 日 11:00—19:30 (沙尘天气前)	平均风速/(m·s⁻¹)	2.8	3.1	3.5	4.6	5.4
	平均风速比	0.52	0.56	0.65	0.85	1.0
19 日 19:30 至 20 日 03:15 (沙尘天气中)	平均风速/(m·s⁻¹)	6.8	7.4	8.6	11.7	14.1
	平均风速比	0.48	0.53	0.61	0.83	1.0
20 日 03:15—07:00 (沙尘天气后)	平均风速/(m·s⁻¹)	6.7	7.3	8.3	10.8	12.4
	平均风速比	0.54	0.59	0.67	0.87	1.0

### 2.3 气温和湿度

扬沙—沙尘暴天气期间的气温变化较为平缓,除扬沙出现初期气温有微弱上升外,总体呈现下降趋势,说明气温基本上受夜间的辐射降温影响控制。扬沙—沙尘暴天气期间的相对湿度基本上呈现浅“V”字形变化:扬沙出现初期呈现明显下降趋势;在扬沙维持阶段(19日21:00至20日01:00),相对湿度相对稳定在较低水平(低于20%),明显低于扬沙—沙尘暴之前和之后的水平(40%~60%);扬沙末期和沙尘暴期间,相对湿度逐渐升高。对比图1中温度和相对湿度的变化曲线,可以看出,在沙尘天气形成之前,温度和相对湿度的变化存在着较为明显的反相关关系;但在沙尘天气期间的低相对湿度时段,并未出现对应的气温升高的现象。沙尘天气过程中出现的低相对湿度过程,可能是受到大尺度天气系统携带来自于沙漠地区干燥气团的影响,同时也不排除是由于沙尘天气期间大量干燥的细小沙尘的“吸湿干燥”作用的影响。

### 2.4 PM10 质量浓度

扬沙—沙尘暴天气发生前,平均PM10质量浓度为 $129.1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。从扬沙形成初期开始,PM10质量浓度逐步上升,20日00:15,PM10的5 min质量浓度达到最大,其后出现下降趋势,这种下降趋势一直持续到04:00左右。扬沙期间,PM10的平均浓度和最大5 min浓度分别为 $1793.4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 $3141.0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,均高于沙尘暴期间(20日01:55—03:15,分别为 $1091.0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 $1791.1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )。沙尘暴过后(20日03:20—07:00)的PM10平均质量浓度为 $232.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,较扬沙—沙尘暴期间之前有所升高。

结合图1,可以看到,PM10质量浓度变化与能见度变化并完全不一致。在扬沙形成的初期(19日19:00—21:00前后),PM10质量浓度变化与能见度的变化存在一致性,即伴随PM10质量浓度的增加,能见度下降。扬沙发展到一定程度后(19日21:00以后),PM10质量浓度变化与能见度的变化出现不一致。19日21:00至20日00:00前后,尽管PM10质量浓度持续增加,并达到最大值,但是能见度基本保持不变;而且在扬沙的后期直至沙尘暴结束,即20日00:00至20日03:15前后,能见度持续降低,一度达到整个扬沙—沙尘暴期间最低值,但是PM10质量浓度并未随之升高,反而持续下降。

PM10质量浓度与能见度变化的不一致与沙尘天气发展进程中越来越多的大颗粒沙尘进入大气中有关系。扬沙初期,地表沙尘不断被大风吹起进入低层大气,因此能见度的降低与PM10质量浓度的增高相一致。随着沙尘天气的持续发展,一方面更多的地面沙尘进入低层大气,另一方面较细小的沙尘颗粒被气流夹卷输送至更高层,因而,在近地层附近大气中可能沙尘颗粒数浓度总数变化不大,于是,能见度变化不大,但由于较大粒径颗粒的相对数量增多,PM10质量浓度的显现出持续增高。当沙尘天气进一步发展,经过近地层强烈气流的“淘洗”作用下,越来越多的细小沙尘颗粒被气流夹卷输送至高层,只有粗大颗粒滞留在低层大气内反复被吹起—降落—再吹起—再降落。这时,尽管空中弥漫着大量沙尘颗粒,能见度很低,但由于PM10以下的小颗粒越来越少,因此观测到的PM10质量浓度不升反降。

## 3 2009年3月18日扬沙天气过程

### 3.1 天气背景

2009年3月18日的17:20—19:55,大同气象站观测到局地性扬沙天气。受贝加尔湖高空风区东移南压影响,大同站冷锋前后3 h变压差值较大,局地强风导致扬沙天气。

### 3.2 地面风速

如图2所示,18日扬沙天气出现之前的12:40—17:20时段,地面风速已经明显增大,该期间10 m高度平均风速和最大瞬时风速分别为7.4 m/s和14.6 m/s,20 m高度平均风速和最大瞬时风速分别为8.8 m/s和15.4 m/s,风向为WNW。尽管该时段风速较大,但并未出现扬沙天气,能见度维持在15 km左右。17:20以后,风速有小幅增加,但风向转换为偏北风,能见度最低迅速降至4 km左右,至19:55前的2.5 h时间里,10 m高度平均风速和最大瞬时风速分别为7.9 m/s和15.8 m/s,20 m高度平均风速和最大瞬时风速分别为10.0 m/s和16.6 m/s。其后风速逐渐减小,21:00以后,10 m、20 m高度的风速均回落至5 m/s以下。值得注意的是,扬沙天气前与扬沙期间的地面风速十分接近,唯一明显区别是风向不同。

如图2和表2所示,扬沙天气出现前,1 m、2 m、4 m、10 m各高度与20 m高度的风速比为

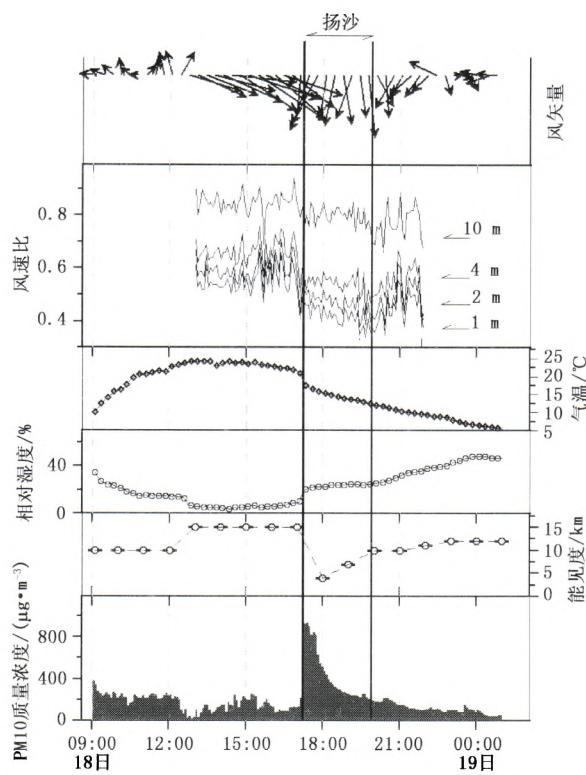


图2 2009年3月扬沙天气过程的风速、气温、相对湿度、能见度、PM10质量浓度变化

0.55~0.85,扬沙天气过程中1 m、2 m、4 m、10 m各高度与20 m高度的风速比较之前明显偏低,为0.41~0.79,说明扬沙期间近地层风速明显增大。扬沙天气结束后的一段时间内,1 m、2 m、4 m、10 m各高度与20 m高度的风速比仍然较低(0.44~0.77),这可能是由于该时段风向较为多变所致。

### 3.3 气温和湿度

从图2可以看到,18日的12:00前,气温上升

过程明显,午后气温基本维持在22~25 °C范围。扬沙出现的17:20前后,气温有小幅陡降,傍晚以后伴随辐射降温,气温持续平缓下降。12:40前,随着气温的升高,相对湿度平缓下降;12:40前后,伴随地面风向由偏南风向转为WNW,相对湿度小幅陡降至10%左右,并一直维持至扬沙天气出现的17:20。此时,伴随地面风向的转换和气温的小幅降低,相对湿度跃升至20%左右。扬沙期间的相对湿度保持相对平稳。扬沙结束后,相对湿度逐步回升至40%。总体上,18日的扬沙天气过程及其前后的气温和相对湿度的变化,存在较好的反相关关系,相对湿度的两次快速变化与两次风向切换有较好的对应关系。

### 3.4 PM10质量浓度的变化

从图2可以看到,扬沙天气发生前,平均PM10质量浓度为 $131.9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。扬沙天气形成后的数分钟内,PM10质量浓度即迅速升高(最高值 $930.3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ),但是维持时间很短,只持续了约1 h,5 min平均PM10质量浓度就已经低于 $500 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,其后更是逐渐降低,扬沙天气结束时,PM10质量浓度已下降至 $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 左右。扬沙期间(18日17:20—19:55)的PM10平均质量浓度为 $432.7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。扬沙结束后(18日19:55—22:00)的PM10平均质量浓度为 $153.3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,接近扬沙天气之前的水平。扬沙天气后期PM10质量浓度的快速下降,说明了形成此次沙尘天气的沙尘源地十分有限,是一次局地性沙尘天气过程。

表2 扬沙天气过程及其前后时段各高度风速

		1 m	2 m	4 m	10 m	20 m
18日13:00—17:20 (沙尘天气前)	平均风速/(m·s⁻¹)	4.8	5.2	5.8	7.5	8.9
	平均风速比	0.55	0.59	0.66	0.85	1.0
18日17:20—19:55 (沙尘天气中)	平均风速/(m·s⁻¹)	4.1	4.6	5.4	7.9	10.0
	平均风速比	0.41	0.46	0.54	0.79	1.0
18日19:55—22:00 (沙尘天气后)	平均风速/(m·s⁻¹)	2.5	2.8	3.1	4.5	5.8
	平均风速比	0.44	0.48	0.54	0.77	1.0

#### 4 2009年3月15日浮尘天气过程

##### 4.1 地面风速

从图3可以看出,14日19:00—23:10,地面风速较小,风向多变,10 m和20 m高度上的平均风速为2.1 m/s、2.6 m/s。23:10以后,风向稳定在W和WSW方向上,但风速仍然不大,14日23:10至15日06:25,浮尘天气尚未形成之前,10 m、20 m高度的平均风速为3.4 m/s、4.2 m/s,瞬时最大风速分别为9.4 m/s、10.8 m/s。06:27出现浮尘后,风速持续增大,初期风速和风向基本保持不变,大约10:00以后,风向逐渐由W、WSW转向W、WNW,风速继续增大,15:00前后各层风速达到最大。浮尘天气期间,10 m、20 m高度的平均风速为6.8 m/s、8.0 m/s,瞬时最大风速分别为17.2 m/s、18.2 m/s。浮尘天结束后,风向逐渐转为NW和N,风速逐渐减小,19:00前后,10 m、20 m高度的风速均回落至5 m/s以下。

如图3和表3所示,浮尘天气之前(14日19:00—23:10)和之后(15日16:30—19:00),由于风向相对多变,1 m、2 m、4 m、10 m各高度与20 m高度的风速比较低,分别为0.43~0.78和0.42~0.79,而在浮尘天气期间(15日06:27—16:32)与浮尘期间前的一段时间(14日23:10至15日06:25),

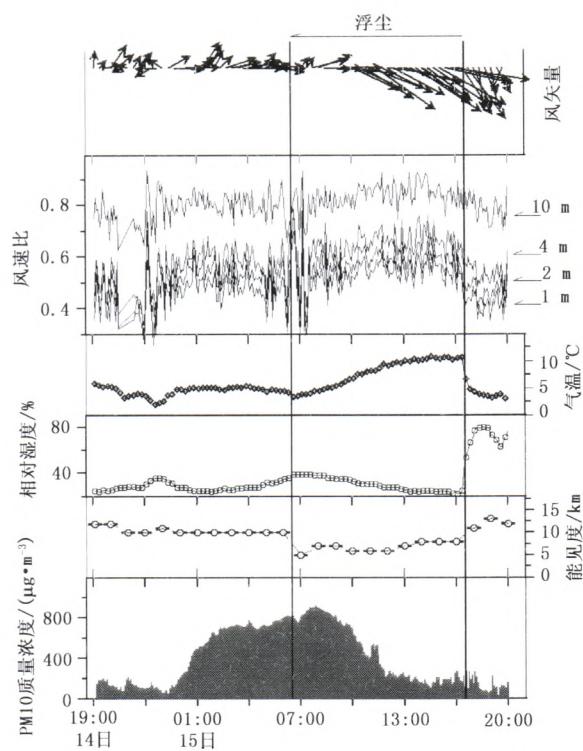


图3 2009年3月浮尘天气过程的风速、气温、相对湿度、能见度、PM10质量浓度变化

1 m、2 m、4 m、10 m各高度与20 m高度的风速比相对变化较小,分别为0.54~0.84和0.49~0.81。

表3 浮尘天气过程及其前后时段各高度风速

		1 m	2 m	4 m	10 m	20 m
14日19:00—23:10 (沙尘天气前)	平均风速/(m·s⁻¹)	1.1	1.3	1.2	2.1	2.6
	平均风速比	0.43	0.50	0.46	0.78	1.0
14日23:10—15日06:25 (沙尘天气前)	平均风速/(m·s⁻¹)	2.0	2.3	2.5	3.4	4.2
	平均风速比	0.49	0.54	0.59	0.81	1.0
15日06:25—16:30 (沙尘天气中)	平均风速/(m·s⁻¹)	4.3	4.7	5.2	6.8	8.0
	平均风速比	0.54	0.59	0.65	0.84	1.0
15日16:30—19:00 (沙尘天气后)	平均风速/(m·s⁻¹)	3.4	3.8	4.3	6.3	8.0
	平均风速比	0.42	0.47	0.54	0.79	1.0

##### 4.2 气温和湿度

从图3可以看出,除15日06:00—07:00,气温出现小幅下降外,15日00:00以后至凌晨,气温整体上较为恒定,并未有见到显著的夜间辐射降温,在07:00以后随着太阳辐射的增强,气温升高,其增温率高于一般晴好天气的平均增温率。由此可见,在

浮尘天气的情况下,沙尘气溶胶的辐射强迫影响了近地面气温的变化速率。在浮尘天气及其前后时段里,相对湿度和气温之间存在着较好的反相关变化的关系。

##### 4.3 PM10质量浓度的变化

按照现行GB/T20480—2006《沙尘暴天气等

级》规定以地面风速和能见度为判别指标的标准,影响大同地区的浮尘天气从 15 日 06:27 开始出现。但是,从图 3 的 PM10 质量浓度以及风向和能见度的变化综合来看,似乎可以认定浮尘天气从 14 日的 23:10 开始,或至少认定为从 15 日的 01:00 开始。因为,在 15 日 01:00—06:25 这段时间内,尽管能见度未达到低于 10 km 的程度,但是,PM10 质量浓度已经明显升高至  $500 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  或以上,并且地面风状况与 15 日 06:27 之后基本一致,说明大同地区已经开始受到大尺度的沙尘输送影响。按照这样的划分,浮尘天气前(14 日 19:00—23:10)的 PM10 平均质量浓度为  $131.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ; 浮尘天气前期(14 日 23:10—15 日 06:25)的平均质量浓度为  $588.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , 最大 5 min 质量浓度为  $817.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ; 浮尘天气期间(15 日 06:25—16:30)的平均质量浓度为  $468.9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , 最大 5 min 质量浓度为  $922.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ; 浮尘天气结束后(15 日 16:30—19:00)的 PM10 平均质量浓度为  $139.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。之所以浮尘天气前期的 PM10 平均质量浓度比浮尘天气后期还要略高,是因为 15 日 12:00 以后,PM10 质量浓度已经降至  $250 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  以下。在浮尘天气发展的后期,在能见度尚未好转前 PM10 质量浓度提前出现明显下降的情况,与上文分析的扬沙—沙尘暴天气过程后期出现的能见度与 PM10 质量浓度变化的不同步情况基本一致,两者都反映了沙尘天气过程中近地面沙尘颗粒性质随沙尘天气过程发展而发生改变的客观状况。

## 5 结论

本文讨论的大同地区 3 次典型沙尘天气过程,有两次是受大尺度沙尘天气系统影响,即 2010 年 3 月 19—20 日的扬沙—沙尘暴天气过程和 2009 年 3 月 14—15 日出现的浮尘天气过程,一次是局地性的,即 2009 年 3 月 18 日出现的扬沙天气。通过对 3 次沙尘过程的 20 m 气象塔的观测资料、PM10 沙尘质量浓度的分析讨论,可以得到以下认识。

(1) 3 种沙尘天气的地面风速为:沙尘暴 > 扬沙 > 浮尘。比较 3 次沙尘天气过程期间的 20 m 梯度塔的风速观测资料,可以发现 2009 年 3 月 18 日出现的局地扬沙过程中近地层风速梯度较大(1 m、2 m、4 m、10 m 各高度与 20 m 高度的风速比较低,为 0.41~0.79),而受大尺度天气系统影响的 2010

年 3 月 19—20 日的扬沙—沙尘暴天气过程和 2009 年 3 月 14—15 日的浮尘天气过程的近地层风速梯度则相对较小(1 m、2 m、4 m、10 m 各高度与 20 m 高度的风速比为 0.48~0.84)。

(2) 沙尘天气条件下,气溶胶的辐射强迫可以对局地气温变化速率产生影响。这种影响在 2009 年 3 月 14—15 日浮尘天气条件下气温变化率异常上体现的最为明显。

(3) 沙尘天气条件下,相对湿度与温度的变化趋势通常也能维持反相关变化的规律,但是在受到来自于沙漠地区干燥气团的输送影响,或受到沙尘天气期间大量干燥的细小沙尘“吸湿干燥”作用的影响时,也可能出现如 2010 年 3 月 19—20 日的扬沙—沙尘暴天气过程中观测到的反常情况。

(4) 沙尘天气的 PM10 平均质量浓度水平为:沙尘暴 > 扬沙 > 浮尘,但是沙尘天气的 PM10 平均质量浓度水平和瞬时变化并不唯一与风速大小有关。从沙尘期间的 PM10 质量浓度的变化看,沙尘初期 PM10 质量浓度上升较快,随着沙尘天气的发展和持续,随着近地面沙尘颗粒的尺度谱性质逐渐向大粒径范围转变,沙尘天气的后期 PM10 质量浓度会出现下降现象,由此导致能见度、风速与 PM10 质量浓度变化趋势不相一致的情况发生。

(5) 在 2009 年 3 月 14—15 日的浮尘天气过程前期,能见度未见显著减小,PM10 质量浓度就已经明显升高至与《沙尘暴天气等级》标准界定的浮尘天气同样的水平,说明颗粒物质量浓度在沙尘天气判别上同样具有重要的参考指示作用。

## 参 考 文 献

- [1] Nickling W G, Brazel A J. Temporal and spatial characteristics of Arizona dust storms (1965—1980) [J]. *J Climatology*, 1984, 4: 645-660.
- [2] Middleton N J. A geography of dust storms in South-West Asia [J]. *J Climatology*, 1986, 6: 183-196.
- [3] 江吉喜. 一次特大沙尘暴成因的卫星云图分析[J]. 应用气象学报, 1995, 6(2): 177-184.
- [4] 王炜, 方宗义. 沙尘暴天气及其研究进展综述[J]. 应用气象学报, 2004, 15(3): 366-381.
- [5] 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.
- [6] 祝从文, 徐康, 张书萍, 等. 中国春季沙尘暴年代际变化和季节预测 [J]. 气象科技, 2010, 38(2): 201-204.
- [7] 钱正安, 宋敏红, 李万元. 近 50 年中国北方沙尘暴的分布及变

- 化趋势分析[J].中国沙漠,2002,22(2):106-111.
- [8] 俞永江,王宏,林长城,等.沙尘气溶胶对福建沿海城市空气质量的影响[J].气象科技,2013,41(4):748-752.
- [9] 赵红岩,杨瑜峰,梁东升,等.中国北方沙尘暴与地温场的相关关系[J].中国沙漠,2007,27(3):509-513.
- [10] 袁国波,宋燕,吕晶洁,等.内蒙古西部依次沙尘暴环流背景和动力机制分析[J].气象科技,2012,40(4):642-646.
- [11] Stull R B.边界层气象学导论[M].北京:气象出版社,1991:182-194.
- [12] 周自江,章国材,艾婉秀,等.中国北方春季起沙活动时间序列及其与气候要素的关系[J].中国沙漠,2006,26(6):935-941.
- [13] Roland B. Stull.边界层气象学导论[M].北京:气象出版社,1991:182-194.
- [14] 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):513-521.
- [15] 周自江,章国材,艾婉秀,等.中国北方春季起沙活动时间序列及其与气候要素的关系[J].中国沙漠,2006,26(6):935-941.

## Variation Characteristics of Near-Surface Meteorological Parameters during Sand and Dust Storms

Hao Yufeng<sup>1</sup> Shi Zhanjun<sup>2</sup> Xiang Dong<sup>3</sup>

(1 Shanxi Provincial Meteorological Service, Taiyuan 030002; 2 Datong Meteorological Service, Shanxi, Datong 037000;  
3 Shanxi Climate Center, Taiyuan 030006)

**Abstract:** By means of wind, temperature, relative humidity, visibility, and PM10 mass concentration data from the 20 m observing tower, three sand-and-dust storm (SDS) events observed at Datong from March 2009 to March 2010 are studied in the aspects of the variation characteristics of near-surface meteorological parameters and PM10. These three sand and dust storm events (i.e., dust storm, blowing sand, and floating dust) are corresponding to three typical the sand and dust weather processes. The observation data show that the wind speeds during a dust storm and blowing sand were stronger than that during floating dust. The vertical gradients of wind speeds at 1, 2, 4, 10, 20 m heights during local blowing sand cases (with the wind speed ratios being greater than that of 20 m, from 0.41 to 0.79) were stronger than those in other two cases (with the wind speed ratios being greater than that of 20 m, from 0.48 to 0.84). Anomalous near-surface temperature variability was observed during the floating dust event, reflecting the impact of dust aerosol radiative forcing on near-surface air temperature. Also, anomalous non-relevant changes between relative humidity and air temperature were observed during the dust storm event, reflecting the possible impact of the dry air mass from desert regions. The averaged PM10 mass concentration levels during three sand and dust storm events were several-fold higher than those during non-SDS periods, and the PM10 concentration levels were: dust storm > blowing sand > floating dust. The variation of PM10 mass concentration is not solely relevant with wind speeds. In the late period of SDS events, because fine particles were blowing continuously out of the near-surface air, PM10 mass concentration shows non-synchronous decrease with visibility and wind speeds.

**Key words:** sand and dust storm, meteorological parameters, PM10 concentration