

文章编号:1005-8656(2012)03-0023-02

一次沙尘暴过境前后呼市气象要素和 PM₁₀ 变化特征

李杨¹, 司瑶冰¹, 李云鹏²

(1. 内蒙古气象服务中心, 内蒙古 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古生态与农业气象中心, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要: 利用呼和浩特市自动站观测的气象要素资料和探空资料以及呼和浩特市环境监测站监测的 PM₁₀ 数据, 分析了沙尘暴过境前后地面气象要素、高空风和理查逊数以及 PM₁₀ 变化特征。结果表明: 沙尘暴发生前受地面低气压控制, 空气极度干暖, 风向为稳定的西南风, 3~5.5km 高度上有较强的动量下传, 大气不稳定性在 500~400hPa 之间。沙尘暴过境时气温迅速下降, 风速急剧增大, 风向突变为西北风, 空气呈干冷状态, 1.5~3km 高度上有较强的动量下传, 大气的不稳定性主要发生在 850 hPa 以下。沙尘暴发生时较发生前 PM₁₀ 浓度值增加 21 倍。

关键词: 沙尘暴; 气象要素; 理查逊数; PM₁₀

中图分类号: P425.47 文献标识码: B

引言

沙尘暴是内蒙古较为严重的灾害性天气之一, 沙尘暴天气常伴随着大风、低能见度、大气污染以及沙尘覆盖和掩埋等, 对交通、建筑、农、林、牧业、公共设施和社会活动造成较大的影响, 还影响到人们的健康和生活。为此, 许多学者从监测、预报、预测等不同方面对沙尘暴天气个例做了大量的分析研究^[1-9]。

研究沙尘暴的发生特点及成因, 沙尘暴天气过程气象要素变化、天气气候特征及预报方法等, 对准确预报沙尘暴的发生、发展和移动, 减轻由于沙尘暴造成的灾害提供有效依据。

2008年5月28日在呼和浩特市爆发了一次强沙尘暴天气过程, 此次沙尘暴和强风造成了呼市市区部分通电路中断, 电网出现多条次线路跳闸; 有的大树被连根拔起, 呼市街道多数广告牌遭到了毁灭性的破坏, 部分建筑物受损, 对交通运输也造成了极大的影响。

本文利用呼和浩特市自动站观测的气象要素资料和探空资料以及呼和浩特市环境监测站监测的 PM₁₀ 数据对此次沙尘暴过境前后的气象要素和可吸入颗粒物的变化特征进行分析, 从而对这次沙尘暴发生机理和对呼和浩特市大气环境的影响有一定的认识。

1 天气概况

2008年5月26日13时内蒙古生态与农业气

象中心利用极轨气象卫星监测到蒙古国境内出现大范围的沙尘天气, 到5月27日内蒙古包头市北部、呼和浩特市北部、锡林郭勒盟大部、赤峰市中东部、通辽市大部、兴安盟大部、呼伦贝尔市西南部及河北省北部、辽宁省西部等地区开始出现沙尘暴(图略)。2008年5月27日02—09时呼和浩特市出现浮尘, 到11时浮尘天气结束; 28日02时沙尘天气基本移出内蒙古自治区。28日08时蒙古国西南部地区又出现沙尘暴天气, 到28日16时影响到内蒙古自治区西部的巴彦淖尔市、鄂尔多斯市、包头市、呼和浩特市、乌兰察布市和锡林郭勒盟西部地区继续向东南方向移动。2008年5月28日15时16分呼和浩特市武川县开始出现扬沙天气, 随后全市范围均出现扬沙天气, 呼市市区、土左旗、托县在18时25分—22时40分之间先后出现沙尘暴, 最低能见度300~500m; 呼市市区17时开始出现扬沙到20时出现沙尘暴且能见度为200m, 瞬时最大风速达 22.0m·s⁻¹, 大风从28日15时25分持续到28日23时32分。29日05时内蒙古大范围的沙尘天气基本结束。

2 地面气象要素变化特征

2.1 地面温、湿场在沙尘暴过境前后的变化特征

从沙尘暴过境前后自动气象站监测到的地面温度和相对湿度逐小时演变情况可以看出, 沙尘暴来临之前的5月25、26日和5月28日白天最高气温分别达到32.1、29.7℃和29.5℃, 比近7年同期平均

最高气温高 5~10℃, 而相对湿度均在 10%左右, 表明地面空气为极度干暖状态, 为沙尘暴的发生提供了基本条件^[1]。在 5 月 28 日 20 时沙尘暴过境时气温迅速下降, 一小时内气温下降了 6℃。相对湿度增加了 4%; 之后气温继续下降, 到 29 日 06 时最低气温下降到 5.6℃, 较 28 日最低气温下降 5.6℃; 最高气温为 14.6℃, 较 28 日最高气温下降了 15.9℃, 但相对湿度没有明显增加, 空气呈干冷状态, 沙尘暴过程基本结束。由此看出沙尘暴发生前地面空气呈明显干热状态, 沙尘暴结束后地面呈干冷状态。

2.2 地面风场的变化特征

呼和浩特市自动监测站监测的沙尘暴过境前后地面十分钟风向风速数据表明在沙尘暴和强风前的 25—26 日 09 时, 风向稳定, 以南风为主, 风速在 0.7~4.0 m·s⁻¹; 到 26 日西南风风速增大, 到 17 时风向转为西北风, 出现了第一次调整; 到 26 日 22 时风速减小, 但风向仍然为西北和北风, 27 日 02 时出现浮尘, 27 日 11 时风速逐渐增大, 风速在 4.0~6.0 m·s⁻¹ 之间, 浮尘天气结束; 到 27 日 20 时风速开始减小, 风速在 0.2~2.0 m·s⁻¹ 之间; 到 28 日 10 时风向转为西南风, 风速开始增大, 28 日 18 时转为西北风, 出现了第二次调整, 风速增大到 9.0 m·s⁻¹, 瞬时最大风速达 22.0 m·s⁻¹, 出现沙尘暴天气, 持续到 28 日 23 时风速逐渐减小到 3.1 m·s⁻¹, 沙尘暴结束。之后风速减小, 但 29 日 08 时开始维持较大的西北风, 表明呼和浩特市受冷高压控制。在沙尘暴过境前风向为稳定不变的西南风但风速是逐渐增大的, 过境时风速急剧增大, 风向由西南风突变为西北风, 过境后维持较大的西北风。

2.3 地面气压在沙尘暴过境前后的变化特征

从呼和浩特市自动气象站监测到的沙尘暴过境前后地面气压的时间变化实况可以看出, 在沙尘暴过境前 8 小时内受地面低气压控制, 28 日 17 时气压达最低值, 为 992.8hPa; 之后沙尘暴过境, 强风天气出现, 气压值增大, 一小时内气压值增幅 1hPa; 到 29 日 00 时气压增幅减弱, 29 日 08 时气压增幅停止, 受地面高气压控制。在沙尘暴过境前后地面从低气压到高气压气压增幅 22.6hPa 左右。

3 高空风场的变化

从 2008 年 5 月 27—29 日呼和浩特市高空风时间剖面图 (图略) 可以看出, 在沙尘暴来临之前 (27 日和 28 日 08 时) 地面到 1500m 高度上, 风速在 2~8 m·s⁻¹ 之间, 到 3000m 高度上风速有明显的变化, 由 27 日 08 时 22 m·s⁻¹ 到 27 日 20 时减小到 8

m·s⁻¹, 到 28 日 08 时增加到 16 m·s⁻¹, 在 5500m 高度上风速变化不明显基本维持在 4~8 m·s⁻¹ 之间。28 日 08 时, 3000~5500m 高度风速在垂直方向上的变化为 4 m·s⁻¹, 表明在这一层有较强的动量下传发生。而在 3000m 高度与地面之间风速差为 14 m·s⁻¹, 即 3000m 以下无明显动量下传。28 日 20 时, 1500m 和 3000m 的高度上风速为 20 m·s⁻¹; 风速差值为零, 即在 3000m 以下有强动量下传发生, 其原因是高空急流的下沉^[2]。29 日 08 时沙尘暴结束, 地面到 1500m 高度风速垂直变化为 2m·s⁻¹, 在 1500m 高度上风速较 28 日 20 时减小了 14m·s⁻¹, 3000m 高度风速较 28 日 20 时风速减小 2 m·s⁻¹, 即在 1500m 高度上较沙尘暴发生时风速明显减小。

4 大气层结稳定度分析

沙尘暴是一种干对流风暴, 因此, 干对流强度是沙尘暴强度的一个重要决定因素。能够影响干对流强度的因素, 不仅有低层扰动的强弱, 还包括有力的层结条件^[6]。理查逊数 (Richardson) 是综合考虑了热力因子和动力因子, 其物理意义最明确的判定层结稳定和不稳定的重要参数。Richardson 数小于 1 为对称不稳定气流, Richardson 数大于 1 为对称稳定气流^[7], 我们利用探空资料对呼和浩特市发生强风和沙尘暴当日及前日 08 时和 20 时各层 (地面~850hPa、850~700hPa、700~500hPa、500~400hPa) 的 Richardson 数计算得表 1。Richardson 表达式^[8]为:

$$R_i = \left[\frac{g}{\theta_v} \frac{\partial \theta_v}{\partial z} \right] / \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right]$$

$$\theta_v = (1 + 0.608q)\theta \quad \text{为虚位温}$$

表 1 沙尘暴发生前 27 日和发生时 28 日 20 时前后不同高度 Richardson 数计算结果

	27 日 08 时	27 日 20 时	28 日 08 时	28 日 20 时	29 日 08 时
地面~850hPa	$R_i > 1$	$R_i > 1$	$R_i > 1$	$R_i < 1$	$R_i < 1$
850~700hPa	$R_i < 1$	$R_i > 1$	$R_i > 1$	$R_i > 1$	$R_i > 1$
700~500hPa	$R_i > 1$	$R_i = 0$	$R_i > 1$	$R_i > 1$	$R_i > 1$
500~400hPa	$R_i > 1$	$R_i < 1$	$R_i < 1$	$R_i < 1$	$R_i > 1$

由表 1 看出, 27 日 08 时的地面—850hPa 的 Richardson 数大于 1, 表明该层为绝对稳定状态, 由于 27 日 08—09 时呼和浩特市出现了浮尘天气, 浮尘天气减少了地面的净辐射^[9], 造成近地层出现稳定层结。850~700hPa Richardson 数小于 1, 有不稳定气流 (湍流) 存在, 表明这一高度上有较强的动力垂直切变, 700~400hPa Richardson 数均大于 1, 为稳定状态。27 日 20 时和 28 日 08 时 500~400hPa Richardson 数小于 1, 而在 500 hPa 以下的高度上

Richardson 数均大于 1,也就是说在呼和浩特市沙尘暴出现之前的 24h,500hPa 以下大气层结为稳定状态,500~400hPa 为不稳定状态,即沙尘暴到来之前该高度层有湍流发展,有利于将高空沙尘粒子传输到近地层。28 日 20 时地面至 850hPa Richardson 数小于 1,850~400hPa Richardson 数均大于 1,呼和浩特市出现沙尘暴天气。

通过对不同高度不同时间 Richardson 值分析表明,在沙尘暴出现前期大约在 5km 以下均维持稳定层结,而 5~6km 为静力和动力不稳定层结,随着沙尘暴的到来,不稳定能量下传,大约在 1.5km 以下出现不稳定层结,以上为稳定,沙尘暴影响的高度在 1~1.5km 之间。也就是此次沙尘暴发生时不稳定性主要在 850hPa 以下。到 29 日 08 时沙尘暴结束,但地面—850hPa 的 Richardson 数小于 1,850hPa 以上均大于 1,虽然沙尘暴结束但 850hPa(1.5km)以下层结仍为不稳定状态。

5 沙尘暴过境前后 PM_{10} 变化

根据呼和浩特市环境监测中心监测的 PM_{10} 逐小时数据看,27 日 00—10 时 PM_{10} 浓度值在 0.292~0.704 $mg \cdot m^{-3}$ 之间;在此期间呼和浩特市为浮尘天气,到 27 日 11 时 PM_{10} 浓度值迅速减小到 0.147 $mg \cdot m^{-3}$,到 28 日 18 时 PM_{10} 浓度值在 0.051~0.184 $mg \cdot m^{-3}$ 之间,到 28 日 20 时 PM_{10} 浓度值迅速增大到 1.062 $mg \cdot m^{-3}$,较 28 日 13 时沙尘暴发生前 5 个小时的 PM_{10} 浓度值(0.051 $mg \cdot m^{-3}$)增加了 21 倍,到 28 日 22 时 PM_{10} 浓度值减小到 0.289 $mg \cdot m^{-3}$,减小了 4 倍,到 29 日 01 时 PM_{10} 浓度值减小到 0.148 $mg \cdot m^{-3}$,之后浓度值逐渐减小,29 日 09 时 PM_{10} 浓度值为 0.024 $mg \cdot m^{-3}$,沙尘暴结束,较发生沙尘暴时的浓度值减小了 44 倍。另外,沙尘暴发生时的 PM_{10} 浓度值 1.062 $mg \cdot m^{-3}$ 是冬季重污染时期 PM_{10} 浓度值 0.400 $mg \cdot m^{-3}$ 的 2.6 倍。可见沙尘暴天气造成了严重的空气污染,对人体健康影响很大。

6 结论

通过以上分析得到如下结论:

(1) 沙尘暴过境前 3 日,地面空气为极度干暖状态,风向为稳定不变的西南风且风速是逐渐增大的,为沙尘暴的发生提供了基本条件。沙尘暴过境时气温迅速下降,风速急剧增大,风向由西南风突变为西北风,相对湿度略有增加,沙尘暴过境后空

气呈干冷状态,并维持较大的西北风。

(2) 在沙尘暴过境前 8h 内,受地面低气压控制,有利于将地面尘土扬起,沙尘暴过境时,地面气压值迅速增大,过境后受地面高气压控制。

(3) 在沙尘暴过境前 24h3000m 高度上风速变化明显,3000m 以下有明显的垂直风速切变;在沙尘暴出现之前 12h 内 3000~5500m 高度上有较强的动量下传;当沙尘暴过境时,强动量下传发生在 1500~3000m 的高度上。

(4) 呼和浩特市出现浮尘天气时,地面至 850hPa 为绝对稳定状态,不稳定性主要在 850~700hPa。在沙尘暴出现前期(24h 内)大约在 500hPa 以下层结均维持稳定状态,而 500~400hPa 为静力和动力不稳定层结。随着沙尘暴的到来,不稳定能量下传,在 850 hPa 以下为不稳定性,以上为稳定状态;此次沙尘暴影响的高度大约在地面到 1500m 之间。

(5) 沙尘暴发生时较发生前 5 个小时的 PM_{10} 浓度值增加了 21 倍,沙尘暴发生 2 小时后 PM_{10} 浓度值减小 4 倍,沙尘暴结束后较沙尘暴发生时的浓度值减小了 44 倍。沙尘暴发生时的 PM_{10} 浓度值是冬季重污染时期 PM_{10} 浓度值的 2.6 倍,表明沙尘暴发生时大气污染非常严重。

参考文献:

- [1] 许宝玉,钱正安,焦彦军.西北地区五次特强沙尘暴前期形势和要素场的综合分析及预报[M].中国沙尘暴研究.北京:气象出版社,1997:1-51.
- [2] 郑新江,孙兰东,徐建芬,等.1998年4月14-15日强沙尘暴过程分析[J].高原气象,2001,20(2):180-185.
- [3] 徐建芬,陶健红,杨民,等.2000年4月12日特强沙尘暴天气分析[J].气象,2001,27(6):22-26.
- [4] 胡泽勇,黄荣辉,卫国安,等.2000年6月4日沙尘暴过境时敦煌地面气象要素及地表能量平衡特征的变化[J].大气科学,2002,26(1):1-8.
- [5] 徐晓峰,张小玲,李青春.北京地区一次强沙尘天气过程的气象因子及空气污染状况分析[J].气象科技,2003,31(6):321-327.
- [6] 姜学恭,沈建国,刘景涛,等.导致一例强沙尘暴的若干天气因素的观测和模拟研究[J].干旱区资源与环境,2004,18(增刊):81-92.
- [7] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].4版.北京:气象出版社,2007:393-398.
- [8] 孙军,李泽春.西北地区沙尘暴预报方法的初步研究[J].气象,2001,27(1):19-24.
- [9] 孙继明,肖稳安,牛生杰,等.沙漠地区沙尘天气近地层湍流输送特征分析[J].南京气象学报,2002,25(4):489-495.
- [10] 司瑶冰,郑有飞,李影俊.呼和浩特空气污染浓度时空分布特征分析[J].内蒙古气象,2004,(1):14-17.

(下转第 31 页)

同时,图文包装系统和非线性编辑系统可以采集或输出 SDI 信号到切换台。

4.3 气象报文转换

基于 EDIUS 非线性编辑系统的天气现象符号库,利用 VB 编程实现了天气现象和气温、空气质量等气象报文的自动转入系统,把文字形式的天气预报稿转换为适合非线性编辑系统下的格式。

4.4 天气预报节目输出

数字化节目实现以后,节目输出效果明显提高,节目的输出格式也将明显增多,但根据现有的需要,现在我们主要有以下三种输出方式:(1)为满足电视台的要求,使用 DVCAM 磁带录制;(2)适应气象频道的实时播出,利用非线性编辑系统直接上载到气象频道;(3)为满足各类天气网站的需求,通过非线性编辑系统生成 *.WMV 格式文件并存储到硬

盘中,供网站调用。

5 结束语

内蒙古气象影视数字化改造建设工作完成以后,基本上达到了数字化的技术要求,极大地提高了天气预报制作水平和节目质量。但由于受其他条件限制,现在仍然由专人送带到电视台,下一步计划通过光缆直接传送,真正实现与电视台机房光缆对接。

参考文献:

- [1] 何陆军,吉海燕.浅谈新疆电视天气预报制作系统的数字化建设[J].沙漠与绿洲气象,2009,3(增刊):3-5.
- [2] 李宏虹.电视节目制作与非线性编辑[M].北京:中国广播电视出版社,2008.
- [3] 刘影.浅谈大洋 X-EDIT 非编在节目制作中的一些体会[J].电视字幕-特技与动画,2005(3):71-72.
- [4] 张宝安.中央电视台新闻中心数字化改造工程研究[C]//全国广播电视电影电视系统首届中青年优秀科技论文集.北京:中国广播电视出版社,2001:10-14.

Preliminary Analysis on the Building of Digital Weather Forecast Making System in Inner Mongolia

Ye Hu, Bai Xiaodong, Xu Lina, Sui Jianli

(Inner Mongolian Meteorological Service Center, Inner Mongolia Hohhot 010051)

Abstract: Application of digital technology in TV weather forecast made digital technology replaced simulation technology in TV weather forecast program system, and fully realized TV weather forecast program matching digital program in television station. In this paper, the building of digital weather forecast making system was analyzed from these aspects which were the necessity of the digitalization construction, design ideas, technical methods, optional equipments, digital program production, security maintenance and so on.

Key Words: TV weather forecast; digitization; program making system

(上接第 25 页)

The Variation Characteristic of Meteorological Element and PM₁₀ before and after a Sand-dust Storm in Hohhot

Li Yang¹, Si Yaobing¹, Li Yunpeng²

(Inner Mongolian Meteorological Service Center, Inner Mongolia Hohhot 010051;

2. Inner Mongolia Ecology and Agrimeteorology Centre, Inner Mongolia Hohhot 010051)

Abstract: By using Hohhot AWS observations of meteorological data, sounding information and environmental monitoring in Hohhot PM₁₀ data, analyzing of elements changes of ground weather, high-altitude winds changes, atmospheric instability changes and changing characteristics of PM₁₀ before and after sandstorm. Results indicate that: before sandstorm, surface is under low pressure control, air is extremely dry and warm, the wind is steady South-West wind while on 3 ~ 5.5 km altitude strong momentum is to download, and atmospheric instability is between 500 ~ 400hPa; after sandstorm, temperature drops rapidly, wind speed increases immediately, wind mutations to North-West wind, air is dry and cold, on 1.5 ~ 3km altitude strong momentum to download, and atmosphere instability is usually lower than 850hPa; the concentration of PM₁₀ increases by 21 times when sandstorm happens.

Key Words: Sand-dust storm; Meteorological elements; Richardson number; PM₁₀