

呼和浩特地区沙尘污染的环流特征分析与预报

李浩

(民航内蒙古空管分局气象台, 呼和浩特 010070)

摘要呼和浩特地区每年发生多次大范围的沙尘天气污染,给交通运输、生态环境和人类生产生活带来诸多不利影响,尤其近年来, $PM^{2.5}$ 、 PM^{10} 已成为全社会关注的焦点,沙尘污染已引起社会与政府的高度关注。因此,对沙尘天气的分析与预报就显得尤为重要。本文对2002年至2011年近10年呼和浩特地区的沙尘污染下的天气环流特征进行了统计分析,并且进行了诊断分析,研究结果表明呼和浩特地区沙尘天气的气候特征是:年平均沙尘日数在27天以上,且大部分的沙尘污染源为系统性的外来沙尘,其余的为局地沙尘污染来自城市开发区域的地表裸土与建筑沙石;环流特征是当北太平洋地区副高势力高度偏低,青藏高原至新疆500hPa高压脊异常偏强,亚洲大陆中高纬高度场较常年偏高时,呼和浩特市沙尘日数偏少。当春季太平洋海温表现为反厄尔尼诺(厄尔尼诺)典型态时,同期沙尘日数偏多(少),反之亦然。通过对典型环流背景下沙尘暴的数值模拟和诊断分析,找出沙尘天气的预报着眼点:沙尘暴发生在不稳定的大气层结中,伴随有能量的积聚和释放,随着地面蒙古气旋及冷锋的强烈发展,中尺度切变线触发了沙尘活动。MODIS卫星也对沙尘有一定的预报监视作用。

关键词:沙尘污染;环流特征;蒙古气旋;冷锋;大风

中图分类号:X51 **文献标识码:**A **文章编号** 1007-0370 (2013)06-0061-05

The Circulation Characteristics Of Dust Pollution In Hohhot Area Analysis And Forecast

Li Hao

(Inner Mongolian Civil Meteorological Aviation ATM Branch, Hohhot 010070)

Abstract: A wide range of dust weather pollution has occurred many times per year in Hohhot area, which brought many adverse effects for transportation, ecological environment, human production and life, especially in recent years $PM^{2.5}$ and PM^{10} has become the focus of the whole society, social and government have paid close attention to the dust pollution. Therefore, the dust weather analysis and prediction is particularly important. In this paper, dust pollution of weather, which from 2002 to 2011 in Hohhot region, makes a statistic analysis on the circulation characteristics and has carried on the diagnosis analysis, the results show that the climate characteristics of sand and dust weather in Hohhot is: years average sand dust in 27d above and most of the dust of pollution sources of systemic external dust, the rest for atmospheric dust pollution from urban development area of bare soil surface and building sand; Circulation feature is: when the North Pacific subtropical high geopotential height is low, the Qinghai-Tibet plateau and the XINJIANG 500 hPa ridge is unusually strong, Cushman & Wakefield high field is on the high side in the Asian continent, Hohhot dust days less. When spring Pacific SST is the typical state of El Niño (La Niña), in the same period of sand dust days more (less), and vice versa. Through the circulation background of typical numerical sim-

ulation and diagnosis analysis , find out the way of dust weather forecast ; In dust storms occur in the instability of the atmosphere, the associated with the energy accumulation and release , with the strong development of Mongolia cyclone and ground cold front ,the mesoscale shear line triggered the dust . MODIS satellite also has certain prediction for dust monitoring

Keywords: Sand DustPollution ;Circulation Characteristic; Mongolia Cyclone ;Cold Front ;Gust

呼和浩特市位于内蒙古自治区中部,北靠阴山支脉大青山,东南紧邻蛮汉山 ,南部及西南部为土默川平原地形,地势由北东向南西逐渐倾斜降低呈一簸箕型,典型的蒙古高原地形利于高空低涡和地面气旋的发展,是沙尘污染的高发区。大范围的沙尘天气污染给交通运输 、生态环境和人类生产生活带来诸多不便,尤其近年来,PM_{2.5},PM₁₀已成为全社会关注的焦点,沙尘污染已引起社会与政府的高度关注 。因此,对沙尘天气的分析与预报就显得尤为重要

资料来源:

2002 年至 2011 年环流特征资料来源于美国国家环境预报中心(NCEP) 和国家大气研究中心 (NCAR) 联合执行的全球大气再分析资料;沙尘污染的统计资料来源于民航内蒙古空管分局气象台。

1 2002 年至 2011 年沙尘污染统计分析

根据 2006 年最新颁布的《沙尘暴天气等级》国家标准,将沙尘天气分为 5 级,1 级浮尘,2 级扬沙,3 级沙尘暴,4 级强沙尘暴,5 级特强沙尘暴。统计时将能见度小于 10 公里且大于 1 公里的分为沙尘天气,小于 1 公里且大于500 米的分为沙尘暴 。

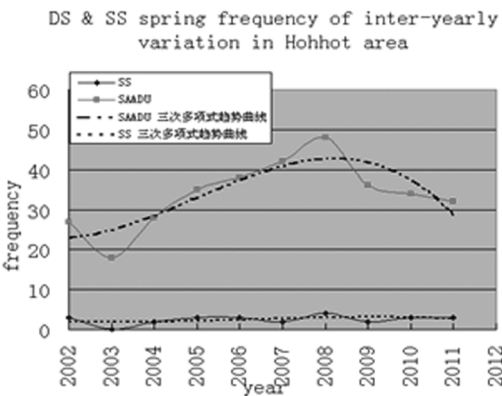


图 1 2002 年 - 2011 年呼和浩特地区春季沙尘与沙尘暴天气过程发生频数年际变化曲线及趋势

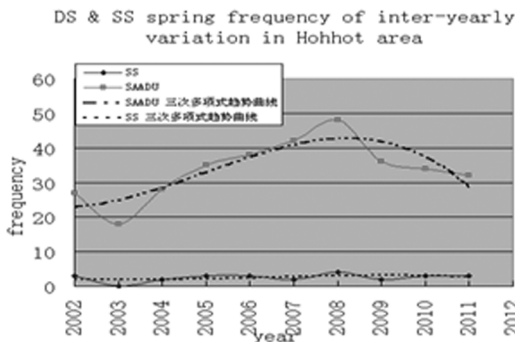


图 2 2002 年 - 2011 年呼和浩特地区沙尘与沙尘暴天气过程发生频数月际变化图

从图 1 可以看出,2007 至 2008 年是沙尘天气的高发期,2003 年至 2007 年呈上升趋势,2008 年后呈下降趋势;沙尘暴发生的频次基本保持稳定。图 2 明显表明春季(3 - 5 月)是呼和浩特地区沙尘污染最频发的季节,其次是冬季(前年 12 月到次年 2 月),不频发时段是夏秋两季。冬春季和系统性的大风沙尘有关,夏秋季多与雷暴大风和地方性土建施工相关。

2 沙尘天气下大气环流特征和诊断分析

Brazil 分析了美国亚利桑那州 1965 - 1980 年期间沙尘爆发时的各种天气特征后指出 4 中天气系统:锋面系统、雷暴与对流、热带扰动和上层切断低压系统 。王式功等总结了我国西北地区几次大范围沙尘暴过程,得出了沙尘暴多发生于:经纬向环流调整时期、冷锋活动时、低空东风急流、中尺度系统如中低压飑线等 。刘景涛等着眼于天气系统,较全面的分析了导致内蒙古地区强沙尘暴的天气系统类型,该研究利用 1957 - 1996 年高空地面天气图资料,建立了天气学概念模型 。

本文利用 NCEP - NCAR 的再分析格点资料,以刘等研究为基础,以 2002 - 2011 年发生在呼和浩特地区的沙尘暴统计数据为依据,从统计学角度分析大气环流条件与呼和浩特地区春季沙尘污染之间的关系,从

而在大气环流场中寻找具有显著影响的预报点,最后统计得出沙尘暴的发生需有力的大气环流及天气系统的配合,将导致本区沙尘暴的天气系统归纳概括为冷锋型、蒙古气旋型、蒙古冷高压底部倒槽型三种,并

选典型天气系统下的个例分析,见图 3。通过对各物理量场的诊断分析的研究,总结出了发生沙尘污染时各气象要素的变化特征,见表 1。

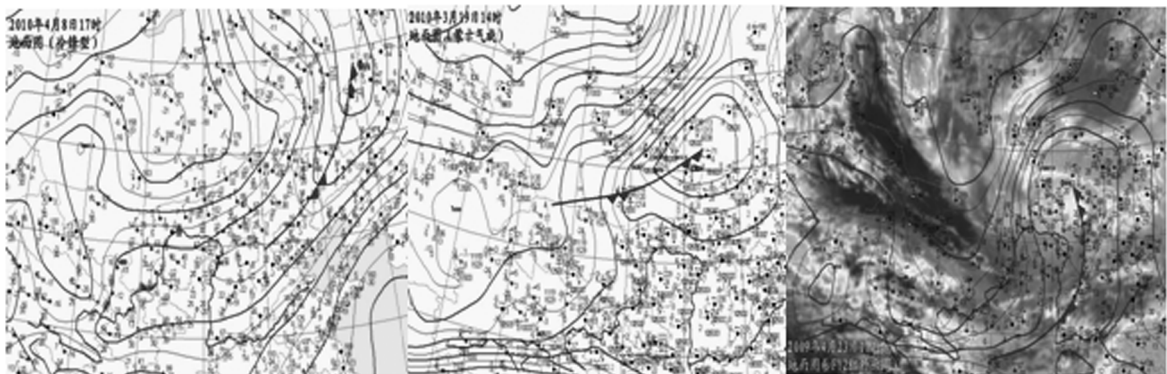


图 3 三种典型环流类型下的地面天气图

表 1 沙尘天气过程中气象要素特征

沙尘天气	中心气压(hPa)	3h 变压(hPa)	24h 变压(hPa)	24h 变温(℃)	地面气压梯度(hPa)	最大风力(级)	地面阵风(m/s)
沙尘暴	<990	+7 ~ -6	8 ~ 15	-8 ~ -13	(30 ~ 50)/10	6 ~ 8	25 ~ 27
扬沙浮尘	≥990	+5 ~ -4	7 ~ 12	-7 ~ -12	(20 ~ 25)/10	5 ~ 7	20 ~ 24

通过对格点资料物理场的研究,发现前期北半球不同区域的副高活动、亚洲区域的极涡活动、青藏高

原的位势高度春季太平洋海温与我区春季沙尘天气过程的发生频数之间存在显著的相关关系

表 2 呼和浩特地区春季沙尘天气过程频数与前期大气环流指数的相关系数。

大气环流指数名称	前春季	前夏季	前秋季	前冬季
西太平洋副高面积指数(110° - 180°E)	-0.40	-0.45	-0.30	-0.16
西太平洋副高强度指数(110° - 180°E)	-0.39	-0.48	-0.22	-0.14
亚洲区极涡面积指数(60° - 150°E)	0.05	0.35	0.12	0.12
青藏高原位势高度25° - 35°N, 80° - 100°E)	-0.16	-0.45	-0.23	0.36
NOAA 太平洋海温指数15°S - 15°N, 60° - 170°E)	-0.44	-0.38	-0.28	-0.32

注:蓝色和红色的数分别表示低于 0.05 和高于 0.05 统计显著性水平,其余的均在 0.01 统计显著水平之上。

从表 2 中可以发现,西太平洋夏季的副高面积和强度指数相对其他季节具有高相关性,相关系数达到了 0.01 的统计显著水平,亚洲区域前夏季极涡的伸缩和前一年春季太平洋的海温也对来年春季我区的沙

尘污染有显著影响。总之,北太平洋地区副高位势高度偏低,青藏高原至新疆 500hPa 高压脊异常偏强,亚洲大陆中高纬高度场较常年偏高时,呼和浩特地区沙尘日数偏少,当春季太平洋海温表现为反厄尔尼诺

(厄尔尼诺)典型态时,同期沙尘日数偏多(少),反之亦然。

3 卫星监测沙尘天气

目前常用的卫星监测有中国国家气象卫星美国的EOS 卫星等 自1998 年以来,国家卫星气象中心开始了利用气象卫星遥感方法监测沙尘暴的业务,沙尘暴与其它目标物(云、地表、植被等)在反照率和温度上均有明显区别,在此基础上,利用计算机分类的

方法可以判识沙尘暴过程。MODIS 的全称为中分辨率成像光谱仪(moderate-resolution imaging spectroradiometer),其搭载在由美国发射的一系列EOS (EARTH OBSERVATION SYSTEM)极轨卫星上,最大空间分辨率可达250米。MODIS 的多波段数据可同时提供反映陆地表面状况、云边界、云特性、大气气溶胶等地球状况一系列特征的信息,用于对陆表固态地球、大气和海洋进行长期全球观测。

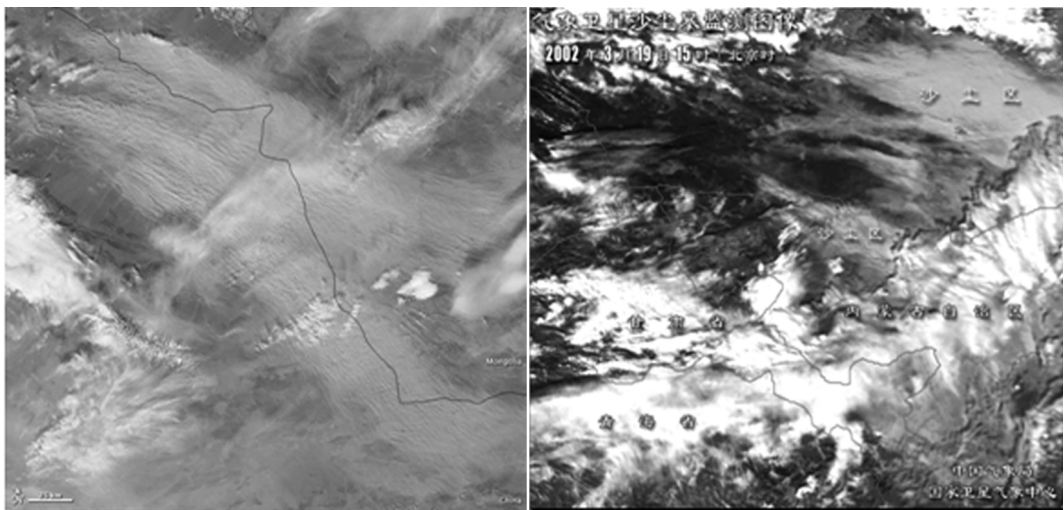


图4 MODIS 卫星和国家气象卫星分别监测到的2002年3月19日影响大半个中国的沙尘污染天气

2002年3月19日晚上到21日,新、青、陇、宁、蒙、晋、冀、鲁、豫等多地出现了沙尘污染天气,呼和浩特地区出现了强沙尘暴图4为卫星监测到的沙尘天气情况。

4 沙尘天气污染的预报着眼点

吴占华等对我国西北地区是沙尘暴进行了研究,得出沙尘暴的产生主要受三大因子支配强风因子、热力因子和沙源因子。张小玲等利用非静力平衡中尺度气象模式完全耦合的区域沙尘数值模式,模拟研究强沙尘天气过程中沙尘浓度的空间分布结构和时间演变趋势揭示了强沙尘天气过程的垂直分布结构和沙尘浓度的时空演变机制。顾润源等用高分辨数

值预报结果来制作沙尘暴的短期预报,在数值预报输出结果的基础上诊断出总体Richardson数(简称为Ri)和边界层摩擦速度 u^* ,当 $Ri \geq 0$ 时的大气状态不利于沙尘暴的产生;当 $Rib < 0$ 且 $u^* > 0.9\text{m/s}$ 时,最有利于沙尘暴产生。

本文通过对典型环流背景下沙尘暴的数值模拟和诊断分析,对三种类型的沙尘天气系统对比综合找出了沙尘天气的预报着眼点:沙尘暴发生在不稳定的大气层结中,沙尘暴伴随有能量的积聚和释放过程。伴随着强冷空气的入侵,地面蒙古气旋及冷锋的强烈发展,中尺度切变线触发了沙尘活动见表3

表3 沙尘污染三种典型天气系统类型的预报着眼点

类型		冷锋型	蒙古气旋性	高压底部型
特征				
系统尺度		天气尺度	天气尺度	介于天气尺度和 α 中尺度之间
环流特征		第Ⅱ类冷锋, 700hPa 以下 接近垂直, 500hPa 冷槽 附近温度梯度大低层锋区 接近南北走向。	从地面到高空呈强上升 涡旋状气流, 高空槽常 常形成切断。	蒙古冷高压南压, 河西南 部暖倒槽北抬, 高空冷平 流较弱, 华北地区易形成 准静止锋。
要素分析		锋后高空温度梯度可达 20 - 40℃/500km, 气压梯度 可达 5 - 25hPa/500 km, 低压 中心 6h 变压 $\leq$ 6hPa。	气旋中心 12h 加深率 $\geq$ 6hPa, 低层相对湿度 $\leq$ 50%。	边界层急流 $\geq$ 16m/s, 低 层相对湿度 $\geq$ 50%。
移动方向		锋后西北大风, 沙尘区自 西北 - 东南移动。	气旋冷锋后风从西北 - 偏 西 - 西南转变, 沙尘区位 于锋前西南大风位置, 呈 涡旋状	沙尘随低层上升气流自 动向西爬升, 在 650hPa 附近折而向东爬升
最强时间		午后至傍晚最强, 入夜后明显减弱。	无固定最强时间, 与太阳 辐射的日变化关系不大。	稳定少动, 持续时间较长 (可达 2 - 3d)

5 结论

5.1 呼和浩特地区近十年平均沙尘日数在 27 天以上, 季节性明显, 春季的 4 月份为最; 且大部分的沙尘污染源为系统性的外来沙尘, 其余的为局地沙尘污染来自城市开发区域的地表裸土与建筑沙石。

5.2 当北太平洋地区副高位势高度偏低, 青藏高原至新疆 500hPa 高压脊异常偏强, 亚洲大陆中高纬高度场较常年偏高时, 呼和浩特市沙尘日数偏少。当春季太平洋海温表现为反厄尔尼诺(厄尔尼诺)典型态时, 同期沙尘日数偏多(少), 反之亦然。

5.3 沙尘暴发生在不稳定的大气层结中, 伴随有能量的积聚和释放, 随着地面蒙古气旋及冷锋的强烈发展, 中尺度切变线触发了沙尘活动。

5.4 气象卫星对沙尘有一定的预报监视作用。

参考文献

[1] 钱正安, 蔡英, 刘景涛等. 中国北方沙尘暴研究的若干进展. 沙尘暴成因综合防治, 2004. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社. 3 - 5.

[2] 沙尘暴天气等级. 中华人民共和国国家标准 GB/T 20480 - 2006.

[3] Brazel A J. 1986. The Relationship of weather types to dust storm generation in Arizona (1965 - 1980) . Journal of Climatology, 6: 255 - 275.

[4] 王式功, 王金艳, 周自江, 尚可政, 杨德保, 赵宗锁. 中国沙尘天气的区域特征[J]. 地理学报, 2003 年 02 期.

[5] 刘景涛, 钱正安, 姜学恭等. 中国北方特强沙尘暴的天气系统类型分析. 高原气象, 2004. 23(4): 540 - 548.

[6] 周纪, 唐艳, 官阿都, 刘连友. 利用静止气象卫星数据提取沙尘信息. 中国矿业大学学报, 2009 年第 05 期, 414. 4.

[7] Brandon. F. Maccherone, National Aeronautics and Space Administration, MODIS website, <http://modis.gsfc.nasa.gov>.

[8] 吴占华, 任国玉, 徐卫丽, 刘瑞兰. 我国北方沙尘天气的气候成因分析[J]. 干旱区地理, 2011 年 03 期.

[9] 张小玲, 程丛兰, 谢璞, 王迎春, 徐晓峰, 刘伟东. 连续强沙尘天气的发展和时空演变机制的数值模拟[A]. 奥运气象预报与服务技术研讨会论文集[C], 2006 年.

[10] 顾润源, 孙永刚, 韩经纬, 姜学恭. 内蒙古自治区天气预报手册: 北京. 气象出版社, 2012. 7 ISBN978 - 5029 - 5506 - 9 中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012) 第 121704 号.

收稿日期: 2013 - 3 - 27

作者简介: 李浩(1986 -), 男, 研究方向: 天气预报技术和数值预报模式.