

文章编号:1005-8656(2012)01-0015-04

一次快速发展气旋导致的沙尘暴天气过程的初步分析

孙鑫^{1,2}, 王文¹, 姜学恭², 吴学宏², 荀学义²

(1.南京信息工程大学,江苏 南京 210000;2.内蒙古气象台,内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要:文章概述了我国北方地区春季沙尘天气的特征,并对影响沙尘暴的天气气候背景、单站地面气象要素、环流形势、冷空气的强度及影响路径、沙尘暴的起沙源地、影响时间和范围等进行了分析。结果表明:此过程是蒙古气旋强烈发展所致。巴丹吉林沙漠和浑善达克沙地是沙尘暴的主要沙尘源区;蒙古气旋的爆发性发展和冷锋后大风是起沙的主要动力;在高空急流出口区左侧,气流辐散强迫形成干对流上升气流,该上升气流与湍流输送是沙尘向高空输送的动力机制。

关键词:强沙尘暴;蒙古气旋;卫星云图

中图分类号:P458.1'23 文献标识码:A

引言

内蒙古地区地处中亚中高纬度的干旱、半干旱地区,是我国沙尘暴多发区之一。内蒙古地区自西向东分布着9个沙漠和沙地。而且内蒙古地处我国北疆,是各路冷空气入侵我国的必经之地,当大风过境时为沙尘暴的形成提供了动力条件。因此,内蒙古地区是中国西北华北沙尘暴的高发区之一。也是主要沙尘暴的源地之一。沙尘暴的发生需要有利的天气流型及天气系统配合。Brazel(1986)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提出了4种天气系统:锋面系统、雷暴与对流、热带扰动和上层切断低压易产生沙尘暴天气过程。刘景涛等^[1]以地面环流系统进行分类和命名,将形成我国北方特强沙尘暴的环流系统归纳概括为纯强干冷锋型、蒙古气旋与干冷锋混合型、蒙古冷高压南部倒槽型和干飚线与冷锋混合型等四种类型,其中,第二种类型对我国华北及东北地区影响最大。

本文选取2008年5月26—27日北方强沙尘暴天气过程作为研究个例,该个例是2008年影响范围最广的一次强沙尘暴过程。这次沙尘暴过程具有持续时间长、覆盖面积大、强度大、且伴随有明显的大风和大幅度的降温等特点。

1 天气过程概述

所选沙尘暴天气过程是由一股较强冷空气经蒙古进入内蒙古境内,由于较强冷空气的入侵,导致蒙

古气旋强烈发展。26日20时冷空气开始侵入内蒙古西部,沙尘天气自西向东南横扫内蒙古大部地区,27日08时,沙尘暴增强,范围达到最大,27日14时,沙尘暴达到最强。其间内蒙古中、东部地区那仁宝力格、苏尼特左旗、西乌珠穆沁、正蓝旗、克什克腾旗、巴雅尔吐胡硕等6个站出现黑风暴。27日20时内蒙古东部沙尘暴天气开始减弱或停止。强沙尘暴进入内蒙古,沿40°N以北东移,最强区域在蒙古南部、内蒙古锡林郭勒盟、赤峰市、通辽市等地区。

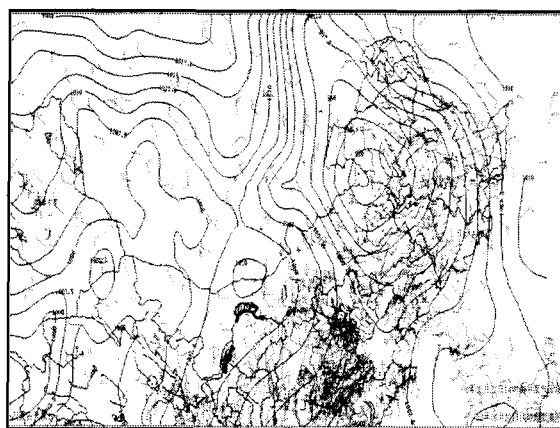


图1 2008年5月27日14时沙尘暴范围演变实况

2 沙尘暴发生的气候背景

2007年至2008年春期间内蒙地区连续少雨,干旱范围较大。2008年1月,由于影响我国的冷空气势力较弱,全国大部地区气温明显偏高,3月全国大部分地区温度偏高,西北西部、黄淮、内蒙古中东

部偏高 1~2℃,浙江等地偏高 2~4℃。气候异常偏暖的同时,我国北方大部地区降水明显偏少。2 月份北方大部地区月降水量不足 10mm,其中东北西部、华北大部、西北中部及南疆几乎无降水。3 月上中旬,北方大部地区的浅层土壤相对湿度仍低于 60%,内蒙古中东部、东北地区中西部部分地区的干土层厚度达 5~25cm。前期持续的高温少雨多风天气,加剧了土壤水分的散失,致使地表更为干燥,土质疏松,为这次强沙尘天气的爆发创造了有利条件,提供了丰富的物质源。同期相比,2008 年春季,我国北方地区沙尘天气过程相对频繁,强度偏强。此外,春季我国西北及内蒙古的沙源地区降水偏少,干旱少雨,加之春季气温偏高,有利于沙尘天气的形成。

3 环流形势分析

已有研究指出,有利于我国北方形成沙尘暴天气的 500hPa 环流形势特征:

(1)极涡偏向东半球且强度偏强;

(2)北支锋区径向度加大且东亚大槽偏强,东半球 500hPa 环流形势径向度明显加大,锋区强度也加强;

(3)南支槽偏弱,南支槽偏弱使西南暖湿气流在向北过程中受到抑制。

本次过程 500 hPa 高空图上东亚中高纬度高度场呈一槽一脊型(见图 2),由图可看到,亚洲东部为一深槽缓慢南压,槽区宽广,槽后形成强西北急流区,其前端达到内蒙偏北地区,具有明显的经向环流特征,为势能转换为动能提供了有利的大尺度背景场,有利于西伯利亚冷空气自西北向东南爆发。极涡不断有冷空气南下补充使锋区持续强盛,蒙古和内蒙古中西部出现强沙尘暴的地区恰位于锋区的西北高空急流轴上,因此,该急流区是沙尘暴形成的主要动力条件。

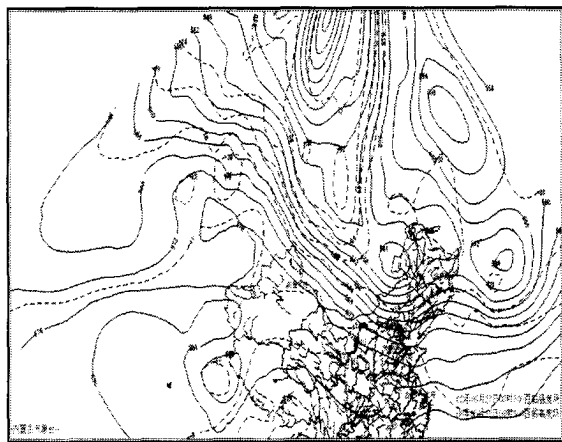


图 2 5 月 27 日 08 时 500 hPa 环流形势图

27 日 08 时 500 hPa 高空图上东亚大槽东移加强,切断成低涡,中心闭合等值线为 532hPa。冷槽后部等高线与等温线几乎垂直,冷锋的斜压性较强,锋区内强冷平流有利于冷锋继续加强。垂直方向上气压梯度加大,温度平流向西加强,冷涡迅速发展。从高低层配置看,气压场具有明显的斜压性,在高层强西北气流控制下,700 hPa 以下短波系统发展明显,对流旺盛,为动量下传提供了有利条件。同时,斜压性促使地面气旋强烈发展,形成地面大风,低层系统的发展加强了垂直动量交换。

4 气旋发展与沙尘暴

蒙古气旋的发展一般可以分为三个不同的阶段。蒙古气旋的初生阶段(形成闭合低压,但没形成气旋冷锋),地形影响是重要的强迫因素,其影响方式主要通过位涡守恒强迫背风坡涡度的产生,山地使蒙古气旋发展,此时,低层冷空气越过山地,地形影响使蒙古气旋发展,形成对流层低层的地面气旋冷锋,使斜压强迫成为该阶段气旋发展的主要强迫因素。在气旋发展后期,由于对流层高层高空槽下坡加深,急流加强,导致对流层顶折叠,引发高层等嫡位涡的下传,强迫地面气旋进一步发展。

2008 年 5 月 26—28 日一次蒙古气旋的快速发展引发了地面大风,造成内蒙古大青山以北以及河套北部地区出现了沙尘天气,内蒙古中部和锡林郭勒盟大部分地区也有扬沙或沙尘天气。为了更好地确定气旋的位置和移动,本文分析了海平面气压场。5 月 26 日 02 时(北京时,下同),贝加尔湖东南部存在一个低压,中心值 1010hPa,6h 后低压东移迅速加强形成蒙古气旋,1010hPa 的等压线范围明显扩大,强度迅速增强为 990hPa,到了 27 日 08 时低压继续加强,中心值达到 987.5hPa,此后缓慢东移,强度无明显变化。5 月 26 日 08 时气旋开始发展,27 日 08 时,中心值为 987.5hPa,12h 气压值下降了 22.5hPa,气旋到达最强,气旋后部出现地面大风,大风中心值达 $24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。气旋中心值 12h 下降 22.5hPa,相当于每小时下降 1.9hPa,表明气旋发展速度之快。

图 3—4 是 NOAA-18 和 FY-1D 气象卫星监测到的沙尘暴遥感图像。图 3 上分布着两条沙尘暴带,分别与蒙古气旋冷锋和副冷锋相联系,配合地面测站沙尘暴观测记录,沙尘暴主要出现在地面冷锋和副冷锋之后,配合有冷锋后大风带,因此,大风是形成沙尘暴起沙的主要动力。图 4 上位于蒙古南部浓密的沙尘带,14 时后侵入内蒙古中部,造成偏

减慢,沙尘暴猛烈加强,27 日在急流出口区左侧,东西 200km、南北 150km 中尺度范围内能见度降为 0m;高空急流核沿 42~43°N 东移,与蒙古气旋移动方向吻合。

综上所述,沙尘暴的最强中心出现在高空急流出口区左侧。高空急流核沿 42~43°N 东移是造成本次强沙尘暴过程最小能见度呈准纬向分布的主要原因;高空急流核强度与沙尘暴强度呈正相关关系;蒙古气旋的移动路径和速度与高空急流核的移动路径和速度关系密切。沙尘暴中心强度与气旋中心和急流核的相对位置有着密切关系;当蒙古气旋中心在高空急流出口区左侧距急流核较远时,气旋处于加深阶段;与急流核基本处于同一经度位置时,气旋加深到达最强;气旋中心位置较急流核偏西时,气旋填塞。

6 结论

本文对一次蒙古气旋快速发展导致的沙尘暴天气过程成因进行了初步分析,得出以下结论:

(1)强风是沙尘暴产生的动力,沙源是物质基础,不稳定的热力条件有利于风力加大、对流发展。

(2)西北及内蒙古沙源地区土壤湿度偏湿,冷

空气活动势力偏弱,造成春季降水偏少、土壤偏干。蒙古气旋的活动范围是东亚地区几大沙漠、沙地、戈壁之所在,这里有丰富的沙源,由于春季北方地面升温迅速、空气干燥,致使地表土质疏松,起沙的临界摩擦速度降低。

(3)高空急流出口左侧气流在地转适应过程中发生强烈辐散,形成对流性强上升气流(次级环流的上升支)。高空急流出口区左侧强烈的干对流上升气流是形成中小尺度强(特强)沙尘暴中心的主要动力机制,是大量沙尘向高空输送的主要动力。

参考文献:

- [1] 刘景涛, 郑新江, 康玲, 等. 蒙古气旋爆发性发展导致的强沙尘暴案例研究[J]. 气候与环境研究, 2003, 8(2): 218-228.
- [2] 乔林, 薛建军. 北方出现强沙尘暴 南方阴雨天气多[J]. 气象, 2002, 28(3): 3-5.
- [3] 杨德保, 尚可政, 王式功. 气候变化丛书-沙尘暴[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [4] 张金艳. 全国气温持续偏高 北方大部雨雪稀少[J]. 气象, 2002, 28(5): 58-61.
- [5] 郭锐, 张杰, 韩涛, 等. 西北特殊地形与沙尘暴发生的关系探讨[J]. 中国沙漠, 2004, 24(5): 576-581.
- [6] 林朝晖, 陈红, 张时煌, 等. 2003 年春季中国沙尘天气异常的气候及环境背景[J]. 气候与环境研究, 2004, 9(1): 191-202.

A Primary Analysis on a Sandstorm Process Caused by the Cyclone in Fast Development

Sun Xin^{1,2}, Wang Wen¹, Jiang Xuegong², Wu Xuehong², Xun Xueyi²

(1. Nanjing University of Information Science and Technology, Jiangsu Nanjing 210000;

2. Inner Mongolia Meteorological Bureau, Inner Mongolia Hohhot 010051)

Abstract: This article outlined the observational features of the sandstorm of spring in north China. The sandstorm process was analyzed by the weather and climate background, the weather factors at a surface station, circulation types, the intensity and tracks of the cold air, sources of sandstorm, affecting time and areas of the process. It is shown that the process was caused by the Mongolia cyclone in fast development. The main sources located in the Badain Juran Desert and the Hunshandak Sandland. The primary impetus for the dust emission came from the Mongolia cyclone in the fast development and the cold advection behind the cold front. The upward air current in dry convection was caused by the divergent flow of the left side of the exit of upper jet streams, and the upward air current and turbulent transfers were the main mechanism.

Key Words: strong sandstorm; Mongolia cyclone; satellite cloud photograph