

# 浅析内蒙古中西部一次沙尘暴预报过程

孟雪峰<sup>1,2</sup>, 云静波<sup>2</sup>, 哈斯<sup>3</sup>, 孙鑫<sup>2</sup>, 金迎春<sup>2</sup>

(1. 兰州大学资源环境学院, 甘肃 兰州 730020; 2. 内蒙古气象台, 内蒙古 呼和浩特 010051;

3. 包头市气象局, 内蒙古 包头 014030)

**摘要:** 对内蒙古地区 2006 年 3 月 9 日由蒙古气旋强烈发展造成的沙尘暴天气过程进行了天气学的诊断分析。通过与常规气象观测和卫星资料进行的对比, 分析发现, 强冷空气活动是本次沙尘暴天气发生的主要原因。在沙尘暴天气发生时, 蒙古气旋系统中动量下传效率较高, 这是地面蒙古气旋强烈发展形成本次沙尘暴过程最为显著的特点。它是由中高层西北气流控制下, 在中低层波动发展形成的次级环流使动量下传, 同时斜压强迫促使地面蒙古气旋强烈发展而形成的。与典型的高空深厚冷涡的形势形成鲜明的对比, 预报难度较大。

**关键词:** 蒙古气旋; 沙尘暴; 诊断分析

中图分类号: P425.5<sup>+</sup>5 文献标识码: B

## 1 引言

春季的大风或强风等是有利于沙尘暴或强沙尘暴形成的条件。内蒙古地区形成沙尘暴天气的主要影响系统是蒙古气旋。2006 年 3 月 9 日在内蒙古地区发生的沙尘暴天气过程是在中高层受西北气流控制下, 低层蒙古气旋强烈发展造成的, 与典型的中高层蒙古冷涡配合蒙古气旋的深厚系统不同, 预报难度较大。因此, 作者对本次强沙尘暴天气过程作了天气学的诊断分析, 希望通过对这次主要影响系统的动力机制分析, 揭示此类蒙古气旋造成内蒙古地区沙尘暴天气的成因和发生机制, 确定这种影响系统对沙尘暴天气的形成机理, 力求在预报业务中找出定量的预报指标, 同时配合 T<sub>213</sub> 的物理量场的诊断分析, 得出预报着眼点。

## 2 天气实况

受地面蒙古气旋的强烈发展影响, 2006 年 3 月 9 日, 内蒙古中西部出现了入春以来一次区域性的大风、沙尘暴天气, 9 日 08 时至 10 日 02 时, 蒙古国西部、南部和内蒙古中西部大范围出现了强沙尘暴和浮尘天气, 蒙古国西部、南部和内蒙古中西部偏北地区为最强的沙尘暴区域, 最大风速在  $17 \sim 23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 朱日和、阿巴嘎、苏尼特左旗能见度只有 0.1 km, 9 日 14 时

内蒙古沙尘暴天气达到最强。本次沙尘暴天气同时也影响到宁夏、陕西、甘肃和山西、河北省境内。从 3 月 9 日 14 时卫星云图可以看出, 本次沙尘暴的影响范围广、强度强, 同时沙尘暴发生源地为蒙古国西南部的阿尔泰山和杭爱山之间的戈壁, 并在内蒙古中西部地区加强。

## 3 前期气候背景的影响

利用 2005 年秋冬季土壤相对含水率实况资料, 取内蒙古中西部代表性的两站(阿拉善右旗和包头), 对 10 cm 和 20 cm 深度土壤水分进行分析, 结果表明, 阿拉善右旗从 9 月以后一直是下降趋势, 到 11 月土壤相对含水率只有 10%, 表明 2005 年冬季土壤相对含水率偏低, 导致 2006 年春季的地表干旱, 使地表容易起沙, 是本次沙尘暴发生的条件之一。

## 4 大尺度环流形势分析

### 4.1 高空环流形势场

3 月 9 日 08 时, 500 hPa 高空图(图略)上东亚中高纬为一槽一脊形, 亚洲东部为一槽槽缓慢南压, 槽区宽广, 乌拉尔山及其以东地区为一高压脊, 在槽脊间形成强西北高空急流, 其前端达到河滩地区, 经向形显著, 为势能转化成动能提供有利的大尺度背景场,

从而使得西伯利亚冷空气自西北向东南爆发。在高压脊前不断有冷空气南下补充使锋区持续强盛,蒙古国和内蒙古中西部出现强沙尘暴的地区正位于锋区的西西北高空急流轴上。可见这支高空急流是强沙尘暴形成的主要动力条件。

在 08 时 700hPa 高空图(图略)上与 500hPa 的强西北高空急流配合存在一浅槽,850hPa 高空图(图略)与高层配合存在高空西北气流下层乌兰巴托附近有一弱冷涡,中心闭合等值线为  $136\text{dagpm}$ 。850hPa 上乌拉尔山高压较高层势力明显增大,冷槽后部等高线与等温线几乎垂直,交角很大,说明该冷锋的斜压性很强,锋区冷暖平流的配置有利于冷锋的加强。气压梯度大,温度平流比高层强烈,冷涡发展迅速。从高低层配置看,具有明显的斜压性,在高层强西北急流控制下,700hPa 以下短波系统发展明显,对流旺盛,为动量下传提供了很好的条件。同时,斜压性促使地面气旋强烈发展,造成地面大风。可见,低层系统的发展加强了垂直动量交换。

#### 4.2 地面蒙古气旋的发展

大风是蒙古气旋的主要天气现象之一。从蒙古气旋动态演变图(图略)可以看到,3月8日20时,地面图上乌兰巴托西部有一蒙古气旋生成,中心值为  $1007.5\text{hPa}$ ,与  $850\text{hPa}$  弱冷涡相配合;9日02时,蒙古气旋稍动且闭合线加强,中心值为  $1007.5\text{hPa}$ ;9日08时,蒙古气旋移到沙音山德北部,其中心位于  $45^\circ\text{N}$ 、 $108^\circ\text{E}$ ,中心值为  $1007.5\text{hPa}$ ,蒙古气旋加强反映在等压线密集程度上,此时无沙尘暴天气出现;9日14时,蒙古气旋移到  $45^\circ\text{N}$ 、 $111^\circ\text{E}$ ,气旋中心值为  $995.0\text{hPa}$ ,气旋发展最强盛,地面气旋在此时达最强,气旋后部、底部地面风速增大,大部分地区大于  $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,地面风速陡增,此时蒙古国西部、南部和内蒙古中西部大部都出现了沙尘暴天气;9日20时,沙尘暴区稍东移,气旋中心值为  $999.9\text{hPa}$ ;到10日02时,气旋中心值为  $1002.0\text{hPa}$ ,只在多伦、化德和赤峰出现沙尘暴天气;10日08时沙尘暴影响的天气过程结束。

### 5 T213 物理量场的动力条件诊断分析

#### 5.1 冷平流分布特征

3月9日14时沙尘暴爆发时,内蒙古中西部河套地区及偏北地区,对流层中低层整层是负温度平流(图略)。冷涡前部为暖平流,后部冷平流,使冷涡发

展加强,进而使西北气流加强。可见,沙尘暴天气的形成主要原因是强冷空气爆发南下。这次沙尘暴天气是受对流层中高层( $500\text{hPa}$ 以上)强锋区配合的西北气流控制,在冷平流的作用下,对流层中低层( $700\text{hPa}$ 以下)短波槽发展形成冷涡,斜压势能向涡动动能转化。一方面,使地面蒙古气旋强烈发展,加强了地面大风;另一方面,对流层中低层短波槽的发展加强了垂直运动,为对流层中高层强西北气流的动量下传形成了有利条件,使强风区下传至近地层,进一步使地面风加大<sup>[6]</sup>。在春季干燥、裸露的下垫面极易引发沙尘天气。

#### 5.2 中低层次级环流分析

为了分析对流层高层强西北急流下的次级环流结构和动量下传机制,沿对流层高层强西北急流轴,自  $103.8^\circ\text{E}$ 、 $48.2^\circ\text{N}$  至  $111.8^\circ\text{E}$ 、 $40.2^\circ\text{N}$  做了9日14时预报场散度的剖面图(见图1)。图中可见,在700hPa层以下辐散、辐合较强,在500hPa层以上辐散、辐合较弱。说明低层系统发展较高层明显,对流主要发生在700hPa层以下。从散度分部来看,700hPa层存在辐合( $106^\circ\text{E}$ 、 $46^\circ\text{N}$ )  $-21 \times 10^{-6}\text{s}^{-1}$ 、辐散( $110.5^\circ\text{E}$ 、 $42^\circ\text{N}$ )  $19 \times 10^{-6}\text{s}^{-1}$ 、辐合  $-15 \times 10^{-6}\text{s}^{-1}$  两个中心,形成一逆时针的次级环流,这个次级环流与强沙尘暴区是对应的。正是这支次级环流将高空急流的动量下传至低层,使低层风速加大形成地面大风,另一方面,这一逆时针的次级环流也进一步加强了低层风速。因此,低层西北急流中小波动的发展,使对流加强,对次级环流的形成和动量下传起到关键作用。

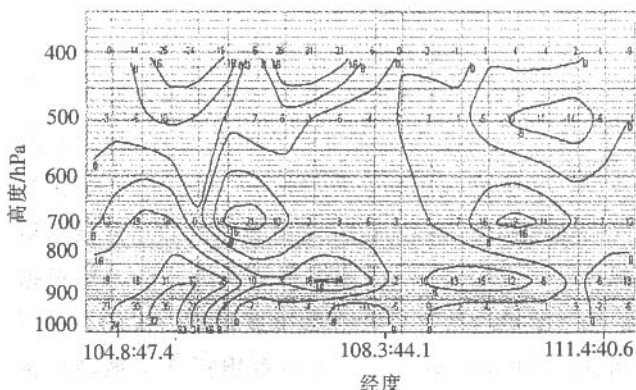


图1 3月9日14时预报场散度空间剖面图

#### 5.3 垂直速度分布特征

从3月9日14时850hPa预报垂直速度和流场叠加图(图略)中可以看到,在气旋外围的气流中,垂直

运动呈现多个正、负对偶分布。其中河套北部的正 ( $+24 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 上升) 负 ( $-8 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 下沉) 对偶对应着上述讨论的次级环流。可见, 在气旋外围的气流中会有多个波动自西北生成并沿气流向下游移动, 这些波动都有对应的次级环流, 在它们的作用下高空急流的动量得到下传。另外, 太阳辐射的日变化使得混合层日变化明显, 在混合层达到一定厚度时, 对流层低层的大风可以到达地面形成沙尘暴天气, 使沙尘暴天气有明显的日变化。

## 6 小结

1. 前期气候较干旱, 植被稀疏、降水少, 为沙尘暴的发生提供了有利的气候背景条件。

2. 本次强沙尘暴天气是对流层中高层西北气流控制下, 地面蒙古气旋强烈发展形成的, 低层系统发展和近地层不稳定是动量下传的关键。与典型的蒙古冷涡配合地面蒙古气旋形成沙尘暴天气不同, 预报难度较大。

3. 蒙古气旋是导致这次沙尘暴的主要影响系统, 中高层受强西北气流控制一直达到 700hPa, 高空的强冷平流是导致蒙古气旋发展的重要因素之一。

4. 对流层低层的次级环流将高空急流的动量下传至低层, 使低层风速加大形成地面大风, 低层西北急流中小波动的发展, 使对流加强, 对次级环流的形成和动量下传起到关键作用。

5. 在气旋外围的气流中会有多个波动自西北生成并沿气流向下游移动, 这些波动都有对应的次级环流, 在它们的作用下高空急流的动量得到下传。

## 参考文献:

- [1] 胡隐樵, 光田宇. 强沙尘暴发展与干飚线—黑风暴形成的一个机理分析[J]. 高原气象, 1996, 15(2): 178—185.
- [2] 项续康, 江吉喜. 西北地区强沙尘暴成因的中尺度分析[J]. 高原气象, 1996, 15(4): 448—455.
- [3] 胡隐樵, 光田宇. 强沙尘暴微气象特征和局地触发机制[J]. 大气科学, 1997, 24(5): 581—589.
- [4] 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.
- [5] 肖贤俊, 刘还珠. 2002 年 3 月 19 日沙尘暴爆发条件分析[J]. 应用气象学报, 2004, 15(1): 3—9.
- [6] 姜学恭, 沈建国. 导致一例强沙尘暴的若干天气因素的观测和模拟研究[J]. 气象学报, 2003, 61(5): 506—620.
- [7] 王娴, 唐毅, 孙绍菊, 等. 内蒙古自治区天气预报手册(上册)[M]. 北京: 气象出版社, 1987.

(上接第 11 页)

## 5.1 加强草原建设 改造孕灾环境

(1) 要控制载畜量, 采取划区轮牧, 降低放牧强度, 给草原以生息之机, 防止草原进一步退化。

(2) 加强牧区防灾基础设施建设, 增强自身的防灾能力。

(3) 合理利用气候资源, 发挥内蒙古农牧业的自然优势, 发展牧业的集约化经营。

(4) 大力发展草业, 种草养畜。

## 5.2 加强白灾监测预警, 做好过冬草料准备

认真分析暴雪灾害天气产生的过程, 找出其发展过程的物理机制和表现特征, 应用遥感技术、天气气候监测预测、畜牧气象、灾害学技术和信息技术研制开发雪灾分析评估、预测预警系统。入冬前根据草场承载能力和雪灾年度风险度进行白灾的气候预测, 以增加饲草储备和加大牲畜出栏率来减轻白灾的威胁。特别是因气候异常而牧草生长较差的年份, 要及早做好冬储草工作。

## 5.3 完善减灾体系

自然灾害的社会性决定的多部门的协同合作, 建立起完善配套的减灾体系。它的任务包括对灾害的监测预警、风险分析、问题分析、政策分析、决策组织实施等。气象部门主要是要求承担起对气象灾害发生、发展规律的研究, 利用气象资料探测系统、卫星遥感系统、计算机系统, 对灾害进行监测、信息收集、分析评估, 对各种减灾措施进行风险分析和技术评价, 为政府和决策者提供信息服务和决策支持。各部门全力协作, 共同做好减灾服务工作。

## 参考文献:

- [1] 宫德吉, 李彰俊. 内蒙古暴雪灾害的成因与减灾对策[J]. 气候与环境研究, 2001, 6: 233—237.
- [2] 康玲, 李一平, 李彰俊, 等. 内蒙古自治区大、暴雪过程日历[J]. 自然灾害学报, 2005, 14: 279—283.
- [3] 乌兰巴特尔, 刘寿东. 牧区雪灾综合评价评估方法研究[J]. 自然灾害学报, 2005, 14: 295—299.
- [4] 韩经纬, 祁伏裕, 康玲, 等. 内蒙古大(暴)雪天气的卫星云图特征[J]. 自然灾害学报, 2005, 14: 303—306.
- [5] 李三妹, 傅华, 姚艳丽, 等. EOS/MODIS 监测系统在新疆雪灾监测中的应用[J]. 自然灾害学报, 2005, 14: 294—301.
- [6] 郝璐, 王静爱, 李彰俊, 等. 基于 GIS 的北方草地畜牧业雪灾评估信息系统[J]. 自然灾害学报, 2005, 14: 313—317.