

2000 年北京沙尘暴源地解析

李令军¹, 高庆生²

(1. 北京师范大学 资源与环境科学系, 北京 100875; 2. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要: 2000 年我国北方春季干旱少雨, 气温回升快, 低涡频繁侵入, 4 月 3~9 日连续 3 次冷空气活动, 造成了北京地区严重的沙尘暴天气。笔者利用卫星云图和中尺度数值模式 MM5, 分析了该次沙尘暴源地及沙尘输送机制。结果证明, 北京沙尘暴初始源地为蒙古高原及冷涡移动路径上的沙漠戈壁地区, 北京周边地区裸露地的沙尘在气旋尾部上升气流的扰动下, 亦形成了边界层的近距离输送。

关键词: 沙尘暴; 冷锋; 东北低涡; 云图

中图分类号: X16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-6929(2001)02-0001-03

Source Analysis of Beijing Sand-Dust in 2000

LI Ling-jun, GAO Qing-xian

(1. Resource and Environment Science Department of Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: North China was drought with little rainfall, and became warm earlier in the spring in 2000. Eddy often arrived. From 3 to 9 April three cold eddies continuously brought a great deal of sand-dust to Beijing. In this paper with cloud map data from satellite and results from Model MM5, the source of this sand-dust storm and the mechanism of sand transportation are analyzed. As a result, it is found that air current from upper reaches brought sand-dust through free atmospheric layer. Moreover, sand-dust from the peripheral bare soil was raised from the end of eddy and brought to Beijing.

Key words: sand-dust storm; cold front; northeast eddy; cloud map

2000 年春季北京接连爆发了 10 多次沙尘天气, 引起了政府部门和广大科学工作者的高度重视。沙尘暴虽说是一种自然现象, 但人为的生态破坏加速了其发生的频率和强度, 可以说沙尘暴是自然规律和人类活动对生态系统扰动结合的结果。国内外在沙尘暴方面已有研究^[1~3]。沙尘暴的发生离不开丰富的沙源, 充分了解不同土地覆盖类型配合怎样的流场使得沙尘暴天气得以发生, 可为研究沙尘暴天气提供科学的依据。

笔者利用 GMS 卫星资料、地面气象观测资料、中尺度数值模式 MM5 资料输出等对我国 2000 年 4 月 3~9 日连续的 3 次东北气旋过程形成的沙尘暴天气进行了研究。通过分析, 对北京沙尘暴的源地、

传输路径以及沙尘的输送机制等有了一定的了解, 其结果对制定沙尘源的防治对策, 确定大周边和小周边沙尘源的影响提供了最基本的原始资料。

1 沙尘暴背景

沙尘暴是大风把地面大量的沙尘卷入大气中, 使水平能见度小于 1 km 的灾害性天气现象。因此, 风速和能见度是确定沙尘暴强度的主要因素。最强的沙尘暴天气瞬间最大风速可达 10 级以上, 相应的最大能见度小于 50 m, 最强沙尘暴瞬时能见度仅有 0 m。

强风、沙源和热力不稳定是形成强沙尘暴的三大因子。沙尘暴天气形成的主要条件是: ①持久的阵性强风, 风速只有等于或大于起沙临界值, 才能裹挟沙粒进入大气层; ②在冷空气路径上锋面气旋经过的地区植被稀疏、土地干燥疏松, 为沙尘暴的发生提供丰富的沙尘源; ③大气边界层气温的垂直分布处于不稳定状态, 有时是绝对不稳定状态, 在边界层中储存有大量不稳定能量。

收稿日期: 2000-10-07

基金项目: 中国西部干旱区生态环境演变与调控研究项目

(G1999043505)

作者简介: 李令军(1966-), 男, 山东莒县人, 硕士研究生。

沙尘暴天气主要发生于邻近沙漠的干旱和半干旱地区,世界上主要的沙尘暴发生区有我国的西北地区、西南亚、中亚、北非、美国西南部和中南部、澳大利亚、阿拉伯、阿富汗、印度等地。

我国沙尘暴天气多发区主要位于新疆和田及吐鲁番地区、甘肃河西走廊、宁夏黄河灌区及河套平原、青海柴达木盆地、内蒙伊克昭盟和阿拉善高原、鄂尔多斯高原、陕北榆林及长城沿线^[2]。这些地区向大气中输送的沙尘可波及我国华北、东北甚至东南及附近邻国,造成浮尘、泥雨及沙尘暴天气,严重危害工农业生产,对生态环境造成严重的破坏。

沙尘暴天气具有明显的季节变化,春季是沙尘暴天气多发季节,这是由天春季冷暖空气都异常活跃、气旋活动频繁、降雨稀少,易形成干热不稳定的边界层,北方裸露土地缺少植被保护易起沙尘,形成了我国北方春季多风沙和沙尘暴天气的气候学和地理学特征。频繁的冷锋过境,形成的大风水平辐合流场和垂直输送场,为沙尘的远、近输送创造了良好的气象条件。

2 北京沙尘暴源地及沙尘输送机制

根据卫星云图(见图1,因彩印图1放在封四上)和气象观测资料,2000年4月3~9日有3次东北低涡影响我国,均为春季季风冷平流沿低涡后部由贝加尔湖北部侵入我国。西北、青藏高原、山东半岛南部及黄海皆为高气压控制,冷暖空气异常活跃,在冷锋经过的地区,包括蒙古高原、内蒙古、甘肃、宁夏、陕西、山西、河北、京津地区先后出现沙尘暴天气,其中以5~6日影响我国面积最大。

2.1 沙尘源地

该次沙尘暴形成之初,蒙古高原处于东北气旋控制之下,且已出现零星的沙尘点源,云图上表现为分散的黄色亮点(图1,见封四);当气旋移近北京时黄色亮点群突然增强,并连片成区,说明北京沙尘暴应该有两部分沙尘来源,远周边的自由大气输送和近周边的边界层输送。上游蒙古高原及冷空气移动路径上扬起的沙尘,沿锋面辐合带卷入气旋中心,细小沙粒被垂直输送到边界层以上的自由大气中,沙尘随西北气流输送到北京上空。冷锋经过北京地区时形成明显的气流辐合,将近周边沙尘汇聚到辐合带中,造成北京地区沙尘的浓度继续增高。4月6日10:00在北京昌平区定陵观测到空气中的尘浓度峰值超过 $1\,000\text{ mg/m}^3$;中午12:00可吸入颗粒物全市平均浓度相当于国家二级标准的10倍。根据

中尺度数值模式MM5输出资料,4月6日08:00由北京沿锋面作一东北向垂直剖面(图2,见封四),从图2可以看出,北京地区辐合带垂直输送高度大约2.0 km,属边界层输送。因此北京沙尘来自自由大气动量下传和近周边地区边界层的输送。从流场角度看,4月3~9日沙尘暴当属典型东北低涡型。

2.1.1 大沙漠边缘是初始沙尘暴形成的主要源地

由4月6日08:00左右卫星云图(图1,见封四)观测资料,在浑善达克沙地西部和南部存在2条东西向沙尘暴点源群(卫星云图上的黄色亮点群为众多的中小尺度对流单体),这些地区属农牧交错带,气候相对干旱,分布着广阔的小型沙地、严重沙化的农耕地、退化的草地等。由于前期地表干旱,土层疏松,遇两三日持续晴暖天气,白天可形成众多的边界层低空局部高温低湿低压区,产生多个中小尺度对流单体,云图上显示为黄色亮点。冷锋逼近或地形辐合,可使众多单体相互合并,形成更大尺度的沙尘暴云区,卫星云图上显示为面状黄色亮区。显然浑善达克沙地西部和南部边缘是初始沙尘暴的形成源地。

2.1.2 北京近周边有明显沙尘源

对比卫星资料中的沙尘云系演变过程发现,沙尘暴移入北京后多有加强,从卫星云图(图1,见封四)看表现为黄色亮区扩大、亮度增强。4月6日13:00左右锋面移入北京时云区面积和亮度达到生命史中的最强阶段,这显然与近周边(包括冀北高原、河北平原及京津地区)存在众多的分散沙尘源有关,其中主要是一些小型沙地、裸露荒地、闲置耕地、干河道、建筑工地、垃圾场。冷锋辐合汇聚作用,使沙尘暴增强,因此,冷锋过境时沙尘云的扩展和增强来自近周边辐合大风的起沙作用。

2.2 东北气旋控制下的沙尘输送机制

沙尘暴天气常发生于荒漠化区以及地形风切变、冷暖空气交绥、高温低压以及锋面经过的辐合区。沙尘暴形成后,沿辐合带移动,在移动过程中,将沙尘卷入边界层和自由大气中。沙尘暴影响的面积和地区取决于辐合带的影响范围和沙尘暴向下游移动的距离。由于沙尘暴具有沿辐合带向下游移动以及存在明显日变化的特征,地面植被分布与沙尘暴多发区往往不一致,地面植被状况好的地区,如果近周边是严重沙化区,同样会受到沙尘暴的严重危害。北京位于蒙古高原戈壁和内蒙古境内沙漠的下游,常受来自上游沙尘的侵害。此外,北京的沙尘天

气还与地形条件有关^[3]。

4月3~9日沙尘暴天气发生时,北京位于东北气旋的冷锋西南尾部,而冷锋的西北和东南部均为高压控制,因此冷暖空气交汇及大风辐合异常强烈。由4月6日08:00时2.0 km水平流场图(图3,见封四)及从北京至气旋中心的垂直剖面图(图2,见封四)上看出,北京及周边地区处于低涡的上升气流控制下,沙尘被卷入锋面辐合区,大颗粒由于重力作用只在边界层内进行近距离输送,增加了北京地区的沙尘浓度,而细小颗粒则被垂直输送至自由大气,沿辐合带向气旋中心进行远距离输送,且输送高度逐渐增高,气旋中心垂直输送高度高达9.0 km左右。低涡移动过程中一并将沿途沙尘卷入东北气旋中心。根据图2,北京地区有一明显的次级环流圈,垂直高度约2.0 km,显然北京沙尘的输送机制是沙尘借助辐合带进次级环流圈,再沿冷锋辐合带远距离输送至气旋中心的上空,沙尘随低涡的移动向更远处输送,进一步造成辽宁和朝鲜半岛的沙尘暴、浮尘和泥雨天气。

3 结论

2000年4月3~9日的沙尘暴是影响我国的大范围灾害性天气,主要是由于连续3次东北低涡及其后部的春季强季风冷平流作用形成的。在冷空气路径上,冷锋经过的地区形成了不同类型的沙尘天气。

a. 该次沙尘暴属移动型(锋面气旋型)。其与气旋及强冷空气活动有关,沙尘被上升气流卷入气旋中并随气旋移动,形成沿途地区的沙尘天气。同时在新疆塔里木盆地发生了日变化型沙尘暴天气,日变化型沙尘暴一般无大的天气系统控制,只受局

地热力特性的制约(在此不作详述)。

b. 卫星云图上(图1)的黄色点源及点源群是冷空气路径上的初始沙尘暴源地,主要发生于蒙古高原、浑善达克沙地西部和南部的沙漠边缘面积相对较小的沙地和裸露耕地及草地。初始点源区及冷空气路径上源区的沙尘随气旋进入自由大气,经气流的辐合作用及远距离输送通道上的动量下传以及地形形成的气流下沉作用,输入北京地区,为北京地区沙尘暴的远距离输送。

c. 点源沙尘暴群在华北地区并合形成区域性沙尘云区或称为面源沙尘暴(云图上显示为面状黄色亮区),属北京地区的近周边边界层输送。沙尘暴近周边输送主要发生于1500 m以下边界层中输送通道的大风辐合区。

d. 低涡沙尘的输送机制是:低涡南部冷锋尾部受辐合流场的影响,地面沙尘被卷起并随气流移动,开始输送高度通常只有2.0 km左右;受垂直气流作用,部分沙尘由边界层卷入低涡中心,造成更远更高的沙尘输送,形成朝鲜半岛及日本的泥雨和浮尘天气。

本文得到任阵海院士和苏福庆教授的指导,在此谨表谢意。

参考文献:

- [1] 名古屋大学水圈科学研究所(日本),黄浏[M],全浩主译,北京:中国建筑工业出版社,1995.
- [2] 夏训诚,杨根生,中国西北地区沙尘暴灾害及防治[M],北京:中国环境科学出版社,1996.
- [3] 方宗义,朱福康,江吉喜,等,中国沙尘暴研究[M],北京:气象出版社,1997.