

# 一次区域性强沙尘暴天气过程成因分析

刘彩红<sup>1</sup> 王黎俊<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 南京信息工程大学大气科学院 南京 210044; <sup>2</sup> 青海省人工影响天气办公室 西宁 810001)

**摘要:** 本文以实况资料为基础,对2005年中发生在我国内蒙古的一次强沙尘暴天气过程进行风场和温度场等的诊断分析,结果显示(1)本次沙尘暴天气过程属于西北路径强冷空气入侵造成的,有利的气候背景是本次沙尘暴发生的基础。(2)大气斜压性强,动量下传作用是沙尘暴的天气诱因。200hPa高空急流的加强,850hPa强锋区和冷槽发生发展是沙尘暴的主要原因。在此基础上,得出沙尘暴的预报着眼点。

**关键词:** 锋区 冷空气 沙尘暴 诊断分析

中图分类号 X 513 文献标识码 B 文章编号 1007-0370(2006)04-0063-06

## CAUSES ANALYSIS OF ONE REGIONAL POWERFUL SANDSTORM WEATHER PROCESS

Liu Caihong

(The Atmospheric Science College of Nan Jing Information Engineering University, NanJing 210044)  
Wang Lijun

(The Artificial Impact Weather Office of Qin Hai province, Xi Ning 810001)

**Abstract:** According to the practical materials, the wind field and temperature field of one powerful sandstorm weather process happened in the middle of 2005 in Inner Mongolia are diagnosed and analyzed. The results show that the favorable climate background is foundation of occurrence of this sandstorm and strengthened 200 h Pa high altitude torrent and development of 850 h Pa powerful frontal zone and cold trough are major reason of sandstorm. Therefore, the key points to predict sandstorm are obtained.

**Key words:** Frontal zone; Cold air; Sandstorm; Diagnosis analysis

### 引言

沙尘暴是一种重要的自然灾害,是土地荒漠化程度的重要标志。沙尘暴天气对社会造成的极大损害,直接危害着交通安全、工农业生产、生态环境和人民生活。研究表明,沙尘暴的形成及其强弱,直接取决于风力、气温、降水及与其相关的土壤表层情况。一般认为,沙尘暴发生前期的干旱少雨和气温异常回暖是沙尘暴产生的有利条件,强劲的风力、丰富的沙尘源和不稳定的空气层结是沙尘暴产生的重要条件<sup>[1~2]</sup>。

我国西北地区,尤其是内蒙古地区是我国沙尘暴天气的高发区及重灾区,对于沙尘暴的气候学特征、动力学和其它物理量诊断,有关专家已进行了详细的研究。蔡晨霞等<sup>[3]</sup>研究认为,在适宜的环流形势下,内蒙古强沙尘暴扬起的细小沙尘可以长距离输送到我国东南沿海地区。刘景涛等<sup>[4]</sup>研究了内蒙古中西部强和特强沙尘暴的气候学特征。许东蓓<sup>[5]</sup>用MM5中尺度数值预报模式对西北地区沙尘暴过程进行了数值模拟,并得出一些有意义的结论。本文利用2005年台站气候资料,旨在探讨分析该区域沙尘暴发生的气候原因,为改善生态环境和防灾减灾提供参考依据。

收稿日期 2006-11-17

作者简介 刘彩红(1981-)女,青海人,硕士,助工,主要从事气候的诊断与预测工作。

## 1 资料及天气个例选取

本文查阅了2005年1~12月的地面图上我国预报区各站气象因子数据,并选取一次最强沙尘暴天气过程作为个例分析,资料来源准确、可信。为确定沙尘暴的移动路径、环流形势、锋面活动,本文查阅了4月的地面图、500hPa高空图、700hPa高空图、850hPa高空图。在对天气系统进行模拟分析时,使用了大气科学院大气物理研究所提供的NCEP再分析资料,水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ 经纬距,垂直方向有26层,本文主要使用100hPa以下的数据。

## 2 天气过程概述及地面要素分析

2005年4月27~29日在我国内蒙古的二连浩特、锡林浩特、王盖庙地区及蒙古国部分地区发生了一次强沙尘暴天气过程,能见度最小达到不足0.1km,范围波及14个台站,过程3天。地面能见度在27日14时蒙古国地区开始降低,沙尘暴天气开始,至20时已移入我国内蒙古北部地区,能见度达到最低,之后能见度增大,29日14时在内蒙古王盖庙又一次降到0.1km。气压演变表现为27日20时后出现明显下降,各站气压值在982~997hPa之间,这与冷锋前的低压活动及地面辐射增温的影响有关,而沙尘暴发生后(30日08时),气压明显上升(1007hPa),冷锋过境后冷空气爆发,而沙尘暴爆发前风向明显的东北—南风的变化,反映出冷锋前低压的移动,沙尘暴发生后,风向则维持东南风。沙尘暴发生前,气温的波动变化明显体现了地面加热的日变化,随着冷锋和沙尘暴的出现,气温也迅速下降,显示了冷锋强度较强。最值得注意的是风速的演变,27日08时,风速从6m/s迅速增强至14m/s,沙尘天气在一天内迅速增强,表明这次过程冷锋较强。

## 3 气候背景

干旱是内蒙古北部地区气候的主要特点,从2005年这次强沙尘暴天气的演变来看,气候背景也是此次沙尘暴天气过程的条件之一。2005年3~4月份冷空气

活动频繁,大气环流经向度大,前期降水较少,气温较高,使原本松软的地表更加松软,加剧了下垫面的沙尘化,土质疏松,地表干土层增厚,为沙尘暴提供了一定的物质基础,导致能见度恶化,沙尘暴在该地区发生频繁。

## 4 沙尘暴成因分析

### 4.1 地面气压场和风场分析

蒙古气旋及其后部地面冷高压、冷锋、风前中尺度气旋是沙尘暴天气发生的地面天气系统特征。以往分析表明,影响西北地区沙尘暴的冷空气路径有三条,一是西北路径:强冷空气来源于冰洋气团,自西伯利亚经新疆、内蒙古西部东移入侵河西走廊造成大风沙尘暴,然后移至鄂尔多斯。二是北方路径:冷空气来自极地气团或变性气团经贝加尔湖、蒙古国南下直冲我国西北东部、华北等地造成大风沙尘暴。三是西方路径:冷空气从中亚翻越帕米尔高原进入南疆沿塔里木盆地东移,影响新疆及河西走廊。通过对地面气压场变化特征的分析来判断本次沙尘暴冷空气路径是一个有效的手段。

4月27日08时,当新地岛冷空气沿乌拉尔山高压脊南下加深时,西西伯利亚冷空气高压形成,其前部的地面冷锋位于巴尔喀什湖附近,中心值达997.5hPa。在我国东北部也出现一个冷高压,中心值997.5hPa,中间蒙古国及我国内蒙古地区为低值区,中低压的形成使冷锋前后的气压梯度加强,锋前次级环流加强,其中心辐合上升运动增强,从而造成沙尘暴的爆发。

从27日14时到29日14时地面风场的演变来看,地面风向及移动路径与地面冷锋、锋前中尺度低压及沙尘暴发生区域有着较好的配合。27日14时(图1a),大风区位于蒙古国西北部,同时在我国东北的西北部有一弱的风向性中尺度气旋,沙尘暴发生在大风的后部。20时(图1b),大风区向南移动至蒙古国南部及我国内蒙古的北部地区,这一带的风速为8~12m/s,能见度骤然下降到小于0.1km,沙尘暴范围最大强度最强。由图1中可见,沙尘暴并不发生在最强风速中心,从27~29日沙尘暴从最强风速中心的左后方,移至风速中心的右侧、右前侧。

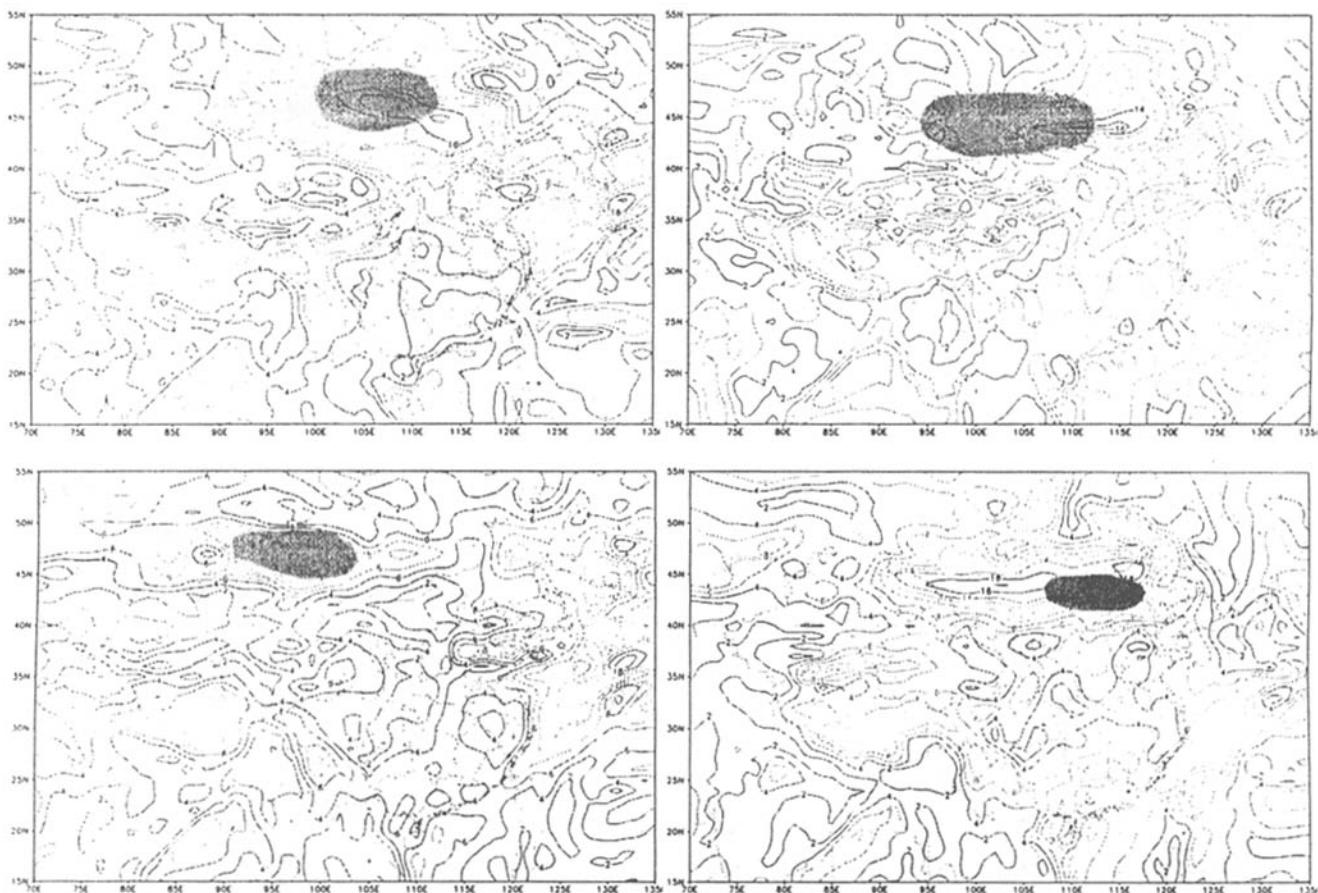


图1 1000hPa 27日14时( a ) 27日20时( b ) 28日14时( c ) 29日14时( d )全风速场(单位 m/s )

#### 4.2 高度场与温度场分析

26日500hPa乌拉尔山附近为低槽区,贝加尔湖到我国西北为弱高压区,700hPa为弱的两槽一脊形势:乌拉尔山偏东附近为弱低值区,贝湖至河套北部同500hPa高压区相重合,为弱高压脊区,我国东北至日本海附近为另一低槽区,中纬度气流扁平,此形势使高压控制区域天气较好,有利于地面增温。27日14时(图2),贝加尔湖到蒙古地区高压迅速减为低压区,在110°~130°E形成一个大的低槽区,中心值为5200。高空锋区位于北部50°N,随着横槽转竖,平直的西风气流被破坏,经向度加大,槽后的偏北气流引导冷空气南下,由于动量下传,700hPa蒙古到我国东北地区西北气流突然加强,风速加大,风速由原来的6m/s加大到14m/s,其中蒙古国个别台站风速达到16m/s,地面上蒙古国的40°~50°N、100°~110°E及我国内蒙古二连浩特、锡林浩特地区出现沙尘暴天气,850hPa锋区加强,沙尘暴发生在锋区附近(图3)。27日20时沙尘暴范围扩大,沙尘暴发生在锋区和冷槽附近,并且一天之内,沙

尘暴强度达到最强。28日08时至29日20时,500hPa高度场上,蒙古国西部低槽整体东移,东北低槽有所减弱,在这两天内仅在14日发生了范围较小的沙尘暴(图3c、d)。可以看出,在850hPa锋区与冷槽附近,易有较强的沙尘暴发生。

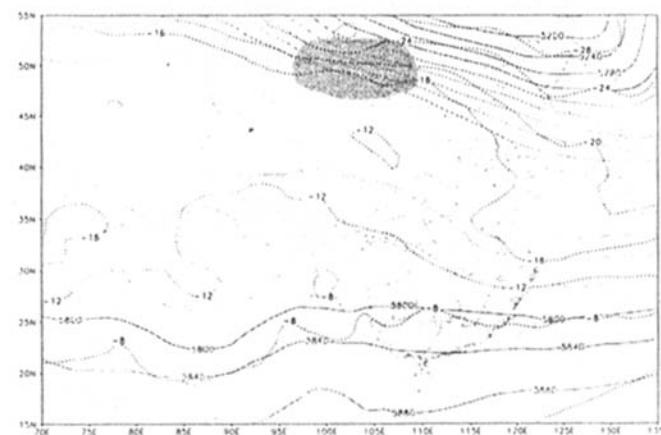


图2 27日08时500hpa等高线(阴影区为沙尘暴区)

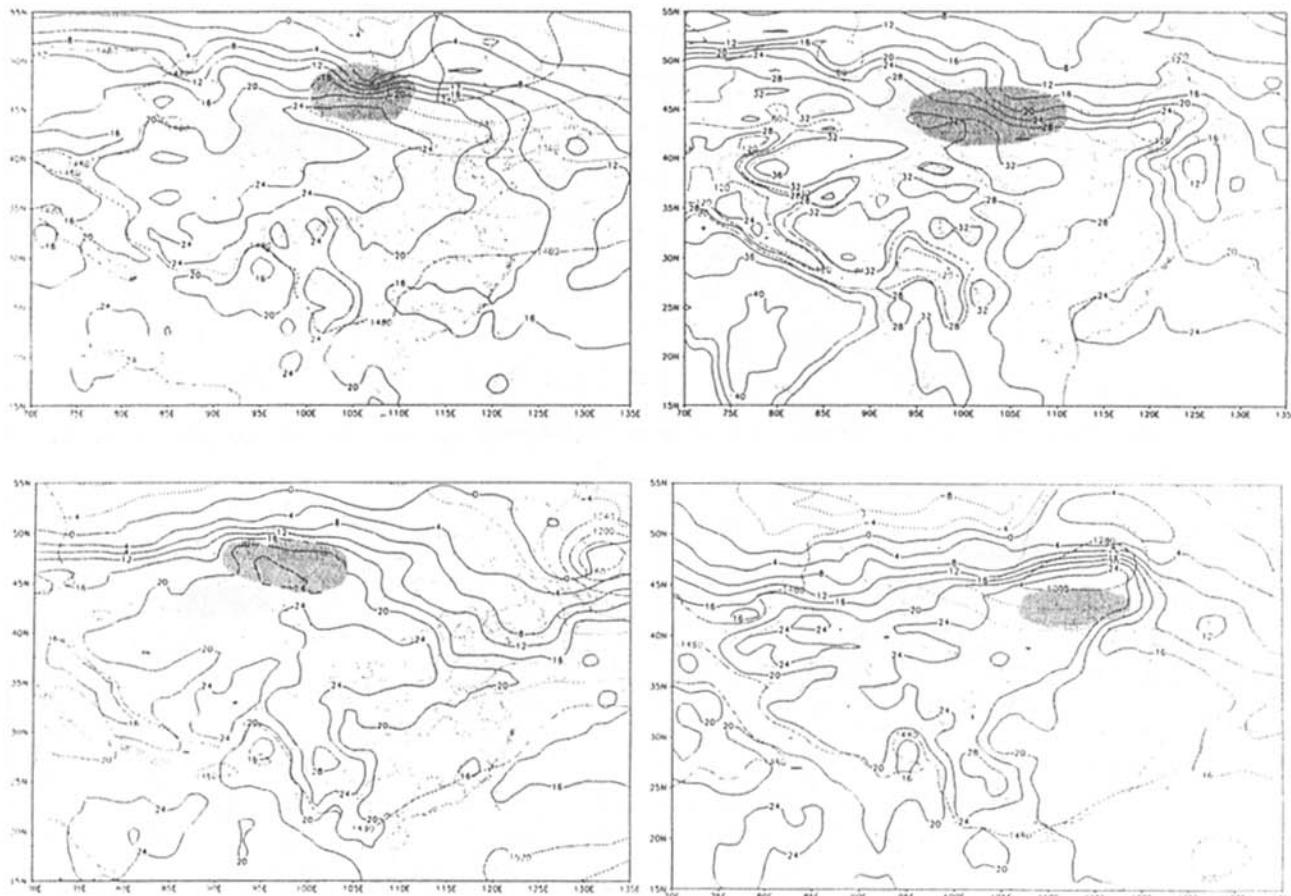
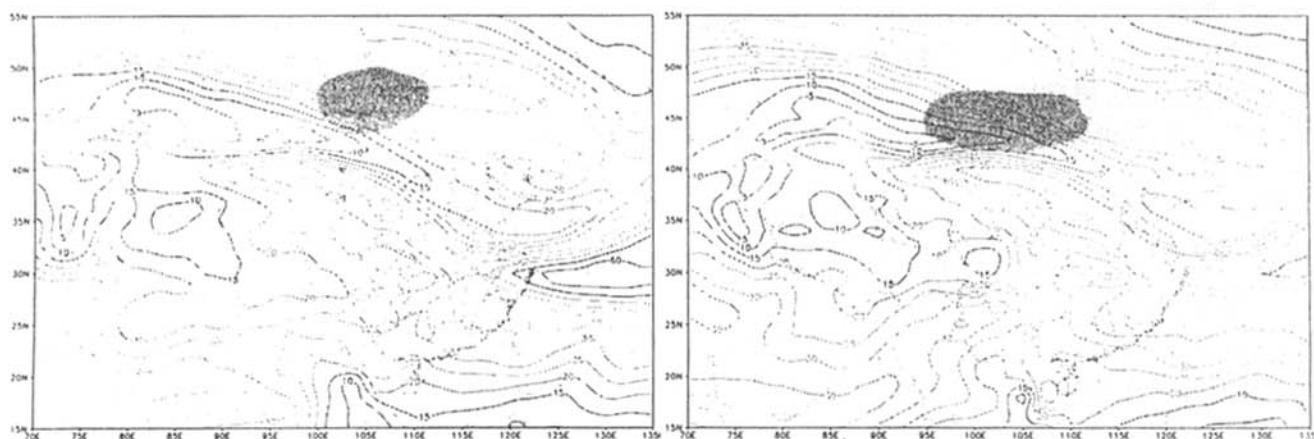


图3 27日14时( a ) 27日20时( b ) 28日14时( c ) 29日14时( d ) 800hPa ( b )等高线与等温线配置( 阴影区为沙尘暴区 )

#### 4.3 高空风场分析

通过对200hPa风场分析发现(见图4),在沙尘暴初期,蒙古国及我国西北地区200hPa高空风速已较强,低层的风速较弱(图略),27日14时之后,各高度层风速均有所加强,沙尘暴发生在高空急流的后部。这是因为在沙尘暴初期<sup>[6]</sup>,由于锋前次级环流还没有完全建立,高层的动量下传还没有达到850hPa,随着冷

锋前中尺度低压发展造成的次级环流的增强,高空与热、动力的交换,到了沙尘暴爆发的强盛时期,地面到高空由于高层动量的下传,都维持着较大的风速。在沙尘暴发生的最强盛期,沙尘暴处在高空急流的右侧,高空急流明显加强,在沙尘暴减弱期,高空急流可明显减弱。



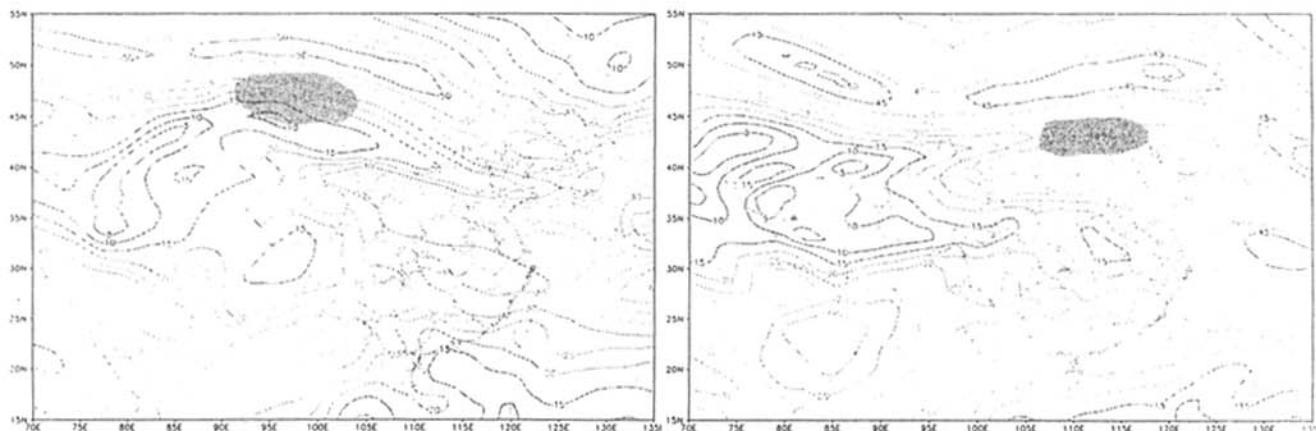
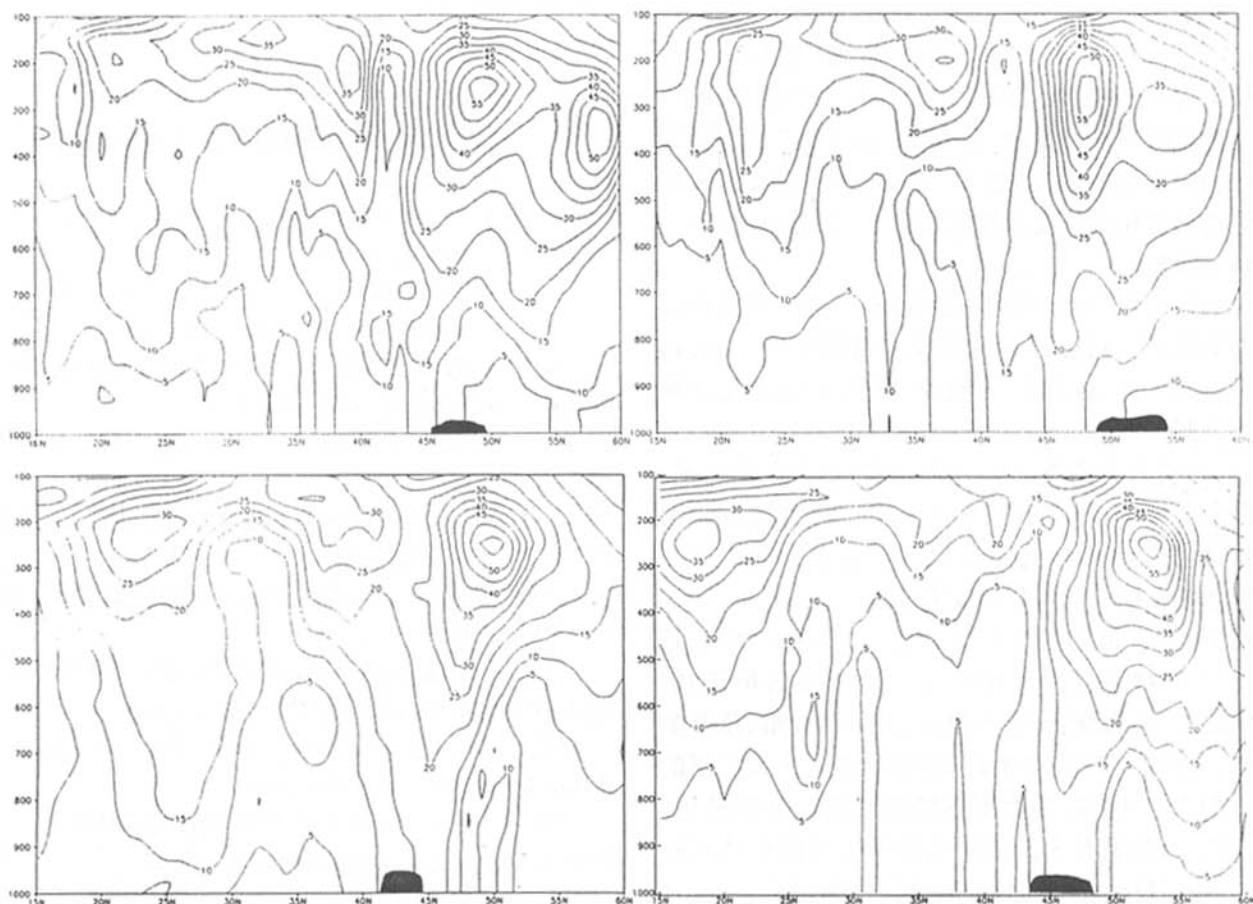


图 4 27 日 14 时( a ) 27 日 20 时( b ) 28 日 14 时( c ) 29 日 14 时( d ) 200hPa( b ) 全风速( 阴影区为沙尘暴区 )

#### 4.4 风场剖面分析

引起沙尘暴的大风除了地转偏差外,高空急流的动量下传对低层风速的加大作用也是不容忽视的一个重要因素,而高空急流的存在是动量下传产生沙尘暴的必要条件。黄安丽<sup>[7]</sup>等曾将高空急流分为三种类型:西北东南型、西风平直型和西南东北型,后被简称为西北风型、西风型和西南风型。本文在分析中发现,在  $50^{\circ} \sim 55^{\circ}\text{N}$  有一支西北风(或西风)急流,在 27 日 14

时沙尘暴发生在急流的左侧(图 5a)。27 日 20 时沙尘暴发生在高空急流的下方偏右,28 日 14 时沙尘暴发生在高空急流中心的右侧,29 日 14 时沙尘暴发生在急流的右前侧(图 5b),在 27 日 14—20 时明显可见高空风速向下方伸展(图 5c,d),有动量下传。在 28 日 14 时~29 日 14 时也可看到高空急流右侧低层风速随时间在增大。可见,高空动量下传也是本次沙尘暴生成的主要原因之一。

图 5 风速沿经向的变化 27 日 14 时沿  $105^{\circ}\text{E}$ ( a ) 27 日 20 时沿  $105^{\circ}\text{E}$ ( b ) 28 日 14 时沿  $95^{\circ}\text{E}$ ( c ), 29 日 14 时沿  $105^{\circ}\text{E}$ ( d )( 阴影区为沙尘暴区 )

## 5 预报着眼点

- 5.1 在西伯利亚地区有强冷空气,内蒙古北部地区为暖区,存在强斜压性。
- 5.2 冷锋前后的气压梯度加强,锋前次级环流加强,其中心辐合上升运动也有所增强。
- 5.3 存在高空急流,引起动量下传产生沙尘暴。
- 5.4 锋区加强,沙尘暴发生在锋区附近。在850hPa锋区与冷槽附近,易有较强的沙尘暴发生。

## 6 总结

- 6.1 4月27日强沙尘暴天气过程属于西北路径强冷空气入侵造成的,有利的气候背景是本次沙尘暴发生的基础。
- 6.2 天气斜压性强,系统深厚,高空冷槽及高空强锋区直接诱发了冷空气的爆发,动量下传作用是4月27日强沙尘暴的大气诱因。850hPa锋区的强弱、200hPa急流加强和减弱是沙尘暴天气发生发展到减弱的直接原因。

(上接57页)

(2)人工绿洲的开发在短期内很难获得经济效益,但从长期来看,人工绿洲所取得的效益非常显著,所以在人工绿洲的开发过程中,政府应该给予大力的支持。

(3)应用遥感等先进技术,建立监测系统,加强生态环境与荒漠化演变发展的监测工作,加强科学研究,实行科学管理。

(4)在沙漠综合治理的项目安排上,要以当地的资源条件为基础。目标设置的层面尽可能放宽一些,切忌单一。如林业、种植业、养殖业、副业、产品加工业等做到综合开发,多方面获益。

(5)调整农业产业结构,科技兴农,依靠科学技术,确保绿洲资源的合理配置,优化组合。选择适宜的耐旱作物,防止结构简单化而导致生态系统脆弱性,增强绿洲生态系统抵抗荒漠化的能力。

(6)培训大量的科技人员,目前,西北绿洲生态景观的构筑、种植业的优化栽培、优良耐旱品种的培育、产品的加工、喷灌滴灌、无土栽培、工厂化育苗、反季节性生产、盐碱地的改良与治理等高新技术、生物工程的试验、推广应用都需要大批有较高素质的科技队伍。通过宣传、示范教育大范围提高绿洲人民的整体科技水平,这样不仅能够提高科技对绿洲的贡献率,更有利干西北人工绿洲的持续、高效的发展。

## 参考文献

- [1] 叶笃正,丑纪范.关于中国华北地区沙尘天气的成因与治理对策[J].地理学报,2000,55(5):513-521.
- [2] 徐启运,胡敬松.中国西北地区沙尘暴天气的时间分布特征分析[A].方宗义,朱福康,江吉喜等.中国沙尘暴研究[C].北京:气象出版社,1997:37-43.
- [3] 蔡晨霞,蒋维楣,黄世鸿等.我国东南沿海两次沙尘的化学特征及其源地探讨[J].高原气象,2000,19(2):179-186.
- [4] 刘景涛,郑明倩.内蒙古中西部强和特强沙尘暴的气候学特征[J].高原气象,2003,22(1):51-64.
- [5] 许东蓓,康风琴,郑新江.1998/41180强沙尘暴分析及数值模拟研究.
- [6] 杨晓玲,丁文魁等.一次区域性大风沙尘暴天气成因分析.中国沙漠,2005,25(5):702-705.
- [7] 黄安丽.对流层、低空急流耦合作用的动力学分析[J].浙江大学学报,1982.
- [8] 周建秀.阿拉善地区沙尘暴的统计分析和发生规律及防治对策.内蒙古环境保护,2002,01.

## 参考文献

- [1] 张强,胡隐樵.绿洲地理特征及气候效应[J].地球科学进展,2002(4):1-2.
- [2] 张强,胡隐樵等.绿洲系统维持的非线性热力学系统分析[J].中国沙漠,2003(2):1-4.
- [3] 李福兴,姚建华.河西走廊经济发展与环境整治研究[M].北京:气象出版社,1997:128-130.
- [4] 丘汉学.干旱区水资源开发利用与可持续发展[J].海洋地质与第四纪地质,1998(4):2-3.
- [5] 申元村.中国绿洲[M].河南大学出版社,2001:35-37.
- [6] 张勃,石惠春等.河西地区绿洲资源优化配置研究[M].北京:科学出版社,2004.
- [7] 张林元,王乃昂等.中国的沙漠和绿洲[M].兰州:甘肃教育出版社,1994.
- [8] 王玉宝,何武全等.GIS技术在灌区灌溉管理中的应用[J].西北水资源与水工程,2003(3):2-3.
- [9] Bernd Wagner,Holger Cremer,late Pleistocene history of Lake Terrasovud,Amery Oasis,East
- [10] 王继国,金海龙等.新疆农业结构调整与生态安全研究[J].山西师范大学学报,2005(3):2-3.