

文章编号:1000-694X(2008)02-0370-07

## 塔里木盆地一次东灌型沙尘暴环流动力结构分析

王敏仲<sup>1,2,3</sup>, 魏文寿<sup>1</sup>, 杨莲梅<sup>1</sup>, 李彦华<sup>3</sup>,  
肖书君<sup>4</sup>, 艾力·买买提明<sup>1</sup>

(1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 3. 新疆信息工程学校, 新疆 乌鲁木齐 830013; 4. 新疆气象台, 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:** 利用 NCEP 再分析资料和常规地面观测资料, 对 2006 年 4 月 10 日塔里木盆地发生的一次东灌型沙尘暴, 从气候背景、环流形势、螺旋度场、锋生次级环流、温度平流等方面进行分析, 揭示了此类沙尘暴强盛期的环流动力结构。结果表明: ①里海脊、乌拉尔脊、新地岛脊同位向叠加, 西西伯利亚横槽转竖南下, 引导泰米尔半岛强冷空气爆发直插新疆, 东灌进入南疆盆地, 造成大范围沙尘暴天气; ②西西伯利亚地面冷高压爆发性南下并强烈发展是造成此次沙尘天气的根本原因; ③盆地前期的干暖形势为沙尘暴的产生提供了有利的热力条件; ④沙尘暴区上空螺旋度垂直分布为低层正值、高层负值, 构成低空强辐合、高空强辐散的上升运动区, 揭示强旋转上升运动是大范围沙尘暴发生的动力条件; ⑤高空急流入口区次级环流下沉支导致高层动量下传, 促使对流层中低层风力加大, 冷锋南压, 驱动沙尘天气的发生。

**关键词:** 沙尘暴; 环流动力结构; 螺旋度; 锋生次级环流

中图分类号: P445.4 文献标识码: A

沙尘暴是在特定的地理环境和环流背景以及天气系统下诱发的一种灾害性天气。它不仅影响国民经济的可持续发展, 而且破坏自然生态平衡, 已成为社会普遍关注的气象灾害之一<sup>[1]</sup>。国外从 20 世纪 20 年代就开始了对沙尘暴时空分布、成因与结构以及监测与对策方面的研究<sup>[2]</sup>, 总结了沙尘暴的特征及天气类型<sup>[3]</sup>。我国从 20 世纪 70 年代开始对沙尘暴天气个例进行研究, 徐国昌等<sup>[4]</sup>对 1977 年 4 月 22 日张掖地区的西风型强沙尘暴天气进行了分析, 着重研究热力因子在黑风过程中的重要作用, 并提出了黑风预报的着眼点; 马禹等<sup>[5]</sup>对 1998 年“4·18”北疆特强沙尘暴从动力成因、地面观测事实、卫星云图方面进行了系统研究, 指出引发沙尘暴的地面大风主要源于冷锋的加强和锋后强冷平流以及高空急流的动量下传; 张小玲<sup>[6]</sup>、屠妮妮<sup>[7]</sup>、岳平<sup>[8]</sup>等曾分别对沙尘暴天气进行了时空演变机制的数值模拟、动力学以及稳定性度的诊断分析, 延昊等<sup>[9]</sup>从遥感的角度分析了青藏高原沙尘天气过程、影响范围和沙尘来源。申红喜<sup>[10]</sup>、陶健红<sup>[11]</sup>、张海霞<sup>[12]</sup>、李戈<sup>[13]</sup>等通过对螺旋度场的分析, 得出螺旋度的分布特征与沙尘暴的发生、发展有一定的对应关系, 可做为沙尘暴预报的参考依据; 杨莲梅等<sup>[14]</sup>曾对南疆盆

地翻山型沙尘暴的环流动力结构进行研究, 分析了高度场、螺旋度场、散度场以及不稳定发展, 得出了一些有意义的结论; 但对于典型的东灌型强沙尘暴的环流动力结构至今还未有深入的研究, 本文利用 NCEP 再分析格点资料(水平分辨率为  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ )和气象台站观测资料, 对 2006 年春季 1 次冷空气东灌入侵南疆盆地造成的大范围沙尘暴, 分析沙尘暴过程的前期环流背景、高低空影响系统、螺旋度场、锋生次级环流、温度平流、散度场, 探讨、揭示了此类沙尘暴强盛期的环流动力结构, 寻找具有预报意义的物理量特征, 以期提高对南疆盆地沙尘暴的预报水平。

### 1 沙尘天气过程简述

2006 年 4 月 9 日 23:00 开始南疆盆地出现了一次冷空气入侵造成的大范围强沙尘暴天气, 强沙尘暴影响路径见图 1, 平均风力达 5~7 级, 最大瞬时风速 10 级, 最小能见度达 10 m, 此后冷空气东移减弱, 整个盆地为扬沙和浮尘天气。4 月 9 日 16:00 左右冷空气前锋移至天山附近, 一部分冷空气通过吐尔尕特山口从帕米尔高原率先进入塔里木盆地; 23:16 盆地东南部的若羌首先出现偏东大风和强沙尘暴, 偏东风 6~7 级, 瞬时风速 10 级, 能见度为 30

收稿日期: 2007-09-03; 改回日期: 2007-10-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(40475041); 科技部科研院所社会公益研究专项(2005DIB6J113)资助

作者简介: 王敏仲(1979—), 男, 甘肃民勤人, 硕士研究生, 主要从事灾害性天气和气候研究。E-mail: yurenkeji@sina.com

~100 m, 最小能见度在 30 m 以内, 并持续到 11 日 03 时, 持续时间达 28 h, 达到了黑风标准<sup>[5]</sup>。沙漠腹地塔中、盆地南缘的且末、民丰、于田、和田等县约于 4 月 10 日 02 时开始出现偏东风和强沙尘暴, 偏东风 6 级左右, 能见度为 50~500 m。盆地西部于

10 日 06 时开始并持续到 21 时, 偏东风 5~6 级, 能见度为 200~900 m。这次沙尘暴过程的特点是: 持续时间长、覆盖面积大、强度强、且伴随有大风和大幅度的降温, 这是 2006 年塔里木盆地影响范围最大、持续时间最长的一次沙尘暴过程。

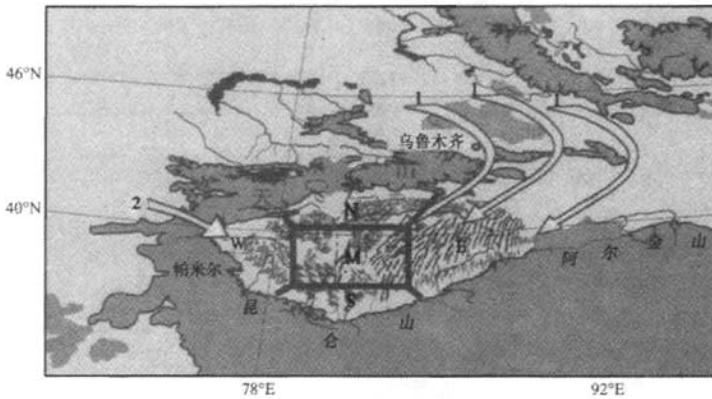


图 1 2006 年 4 月 9 日南疆盆地强沙尘暴影响路径<sup>[15]</sup>

Fig. 1 Influencing path of strong sand-storm on April 9<sup>th</sup>, 2006 in South Xinjiang

## 2 地理环境与前期气候特征

塔克拉玛干沙漠位于北半球中纬度欧亚大陆腹地, 是我国最大的流动性沙漠; 沙漠周围高山环绕, 阻挡了四面输送来的水汽, 常年降水少, 植被稀疏, 具有丰富的沙源。加之盆地常常在热低压的控制之下, 大气层结经常接近不稳定状态<sup>[1]</sup>; 这种地理环境特征为沙尘天气提供了丰富的物质基础, 创造了有利的条件。

2006 年 2—4 月, 气温持续上升(表 1)。3 个月降水合计 0.4 mm。4 月 6—9 日沙漠腹地日平均气温净升高 4℃ 左右。9 日最高气温达 30℃, 当冷锋过境时, 加速地面扰动和大气辐合上升运动, 强烈的上升气流将地面干燥松散的沙粒卷入空中, 导致扬沙、沙尘暴的发生。

表 1 塔中站 2006 年 2—4 月温度和降水

Tab. 1 Temperature and precipitation at Tazhong Meteorological Station during the period from February to April, 2006

月份	上旬平均 温度/℃	中旬平均 温度/℃	下旬平均 温度/℃	月平均温 度/℃	月降水 合计/mm
2	-4.0	-0.6	0.7	-1.3	0.4
3	6.6	2.9	10.0	6.5	0.0
4	14.7	11.1	21.4	15.7	0.0

## 3 高空环流形势及地面影响系统

### 3.1 100 hPa 环流形势分析

极涡是北半球最大的冷性涡旋系统, 它的变化将直接影响欧亚范围内冷空气的活动。为了深入了解此次沙尘暴发生的前期环流背景, 我们对 3 月 100 hPa 高度场进行了分析, 结果表明: 3 月下旬, 太平洋北部的阿拉斯加脊和北大西洋脊发展伸向极区, 迫使极涡分裂为两个中心, 分别向两大陆的北部移动, 极涡的这一变化导致北半球环流形势发生明显调整; 4 月上旬后期, 大西洋长波脊和欧洲沿岸长波槽发展, 其上游效应和能量频散作用促使乌拉尔山阻塞高压形成, 径向环流加强, 西伯利亚极涡内的长波槽一度发展伸向新疆, 冷空气爆发造成南疆盆地大范围强沙尘暴天气。

### 3.2 高空环流形势分析

4 月 4—8 日, 随着乌拉尔山阻塞高压的发展加强, 在西西伯利亚广大范围内形成了一个准东西走向的横槽, 其东西达 30 个经度以上, 脊前的偏东北风带不断引导极涡冷空气南下补充到西西伯利亚横槽, 低涡中心也进一步向南加深为 512 位势什米, 并有一个 -44℃ 的冷中心相配合。4 月 9 日, 里海脊、乌拉尔山脊、新地岛脊同位向叠加, 径向环流加强, 最大风速

中心为  $24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 随后西西伯利亚横槽转竖南下, 在南下过程中又与中亚南部的低槽结合, 使影响系统进一步得到加强, 导致极地强冷空气沿脊前的偏北气流(超极地路径)进入北疆, 沿天山东移从盆地东部缺口进入塔里木盆地(图2)。当低槽开始影响我区时,  $-24^\circ\text{C}$  冷空气到达  $40^\circ\text{N}$ , 槽前等高线和等温线密集,

横槽内聚集了大量极地冷空气及能量, 为大举南下打下了基础, 这正是此次冷空气爆发力强的关键因素所在。10日08时, 850 hPa、700 hPa 乌拉尔山均为长波脊, 200 hPa 高空乌拉尔山地区同样为强盛的长波脊, 说明该系统深厚稳定从而引导极地强冷空气南下, 造成了我区南疆盆地大范围的沙尘暴天气。

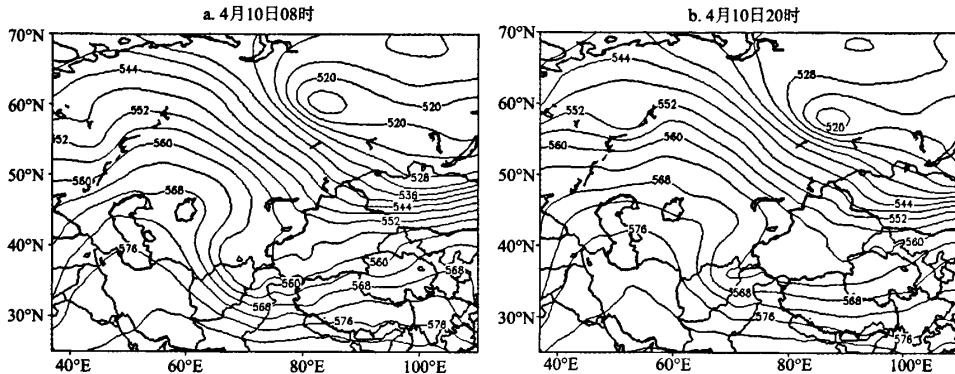


图2 2006年4月10日08时和20时500 hPa高度场(单位:位势什米)

Fig. 2 Geopotential height at 500 hPa on 8:00 and 20:00 of April 10, 2006

### 3.3 地面影响系统

4月8日20时西西伯利亚地面冷高压位于 $55^\circ\text{N}$ , 冷高压中心为1 028 hPa, 随后快速加强南下, 9日08时已到巴尔喀什湖北侧, 此后高压进一步加强东移南压, 10日08时冷高压已达1 040 hPa 并有 $-4.4^\circ\text{C}$  的冷中心相配合。前期南疆盆地中西部发展一地面低压, 中心为984.0 hPa, 锋面前部的热低压和后部强冷高压之间形成了北高南低的气压形势, 气压梯度爆发性增强, 冷空气沿天山东移从盆地东部进入, 偏东大风造成大范围强沙尘暴天气, 随着冷锋的移动沙尘暴区也随之扩大。

地面3 h变压场能够反映冷暖空气的最新演变趋势。10日11时、14时、17时和20时锋后 $+\Delta P_3$  分别为3.8 hPa、2.9 hPa、4.0 hPa 和3.7 hPa, 这与正常气压日变化本应为降压的趋势来说是非常大的变化, 显示了冷空气的强劲, 同时锋前 $-\Delta P_3$  变化也非常明显, 预示锋前热低压发展很强。锋前后的变压差大, 气压梯度也大, 有利于强风的产生。

这次强沙尘暴天气产生的环流特征是极涡分裂南移, 大西洋长波脊和欧洲沿岸长波槽发展, 促使乌拉尔山脊、里海脊、新地岛脊同位向叠加形成阻高, 横槽转竖, 径向环流加强, 引导超极地冷空气爆发南下。强烈的气压梯度和变压梯度使冷空气加速运动, 强烈发展的西西伯利亚地面冷高压是这次沙

尘暴天气产生的重要地面天气系统。

## 4 物理量诊断分析

为了了解沙尘暴发生时的动力结构, 对沙尘暴强盛期的一些物理量作诊断分析。

### 4.1 螺旋度

螺旋度是一个用于衡量环境风场具有多少沿气流方向的水平涡度及其贡献的参数, 是一个反映动力条件的物理参数。即是用来描述大气运动在其旋转轴方向的运动强弱或运动方向程度的参数<sup>[16]</sup>。螺旋度严格的定义式为风速与涡度点积的体积分:

$$H = \iiint V \cdot (\nabla \times V) d\tau$$

考虑实际应用, 定义P坐标系下的局地垂直螺旋度<sup>[17]</sup>(以下简称螺旋度)为:

$$H_{3l} = \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) \left( -\frac{\omega}{\rho g} \right) = -\frac{\omega}{\rho g} \zeta$$

式中: $\omega$  为P坐标系中的垂直速度;  $\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$  为相对涡度的垂直分量, 其余为气象上常用物理量符号, 单位为  $\text{hPa} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

根据强沙尘暴发生的区域, 选取范围 $36^\circ\text{--}42^\circ\text{N}, 75^\circ\text{--}90^\circ\text{E}$ , 在这一区域中计算螺旋度。强沙尘暴发生的时间约在9日23时到11日03时, 所采用资料的4个时次是02时、08时、14时和20时。根

据以上所描述的强沙尘暴发生时间,并结合资料的4个时次来考虑,下面选取9日14时、20时、10日02时、08时、14时、20时、11日02时、08时的资料来进行计算分析,其中9日14时至20时代表沙尘暴发生前,10日02时、08时、14时、20时代表了沙尘暴发生时,11日02时、11日08时代表了沙尘暴减弱结束时的情况(9日20时、10日02时、20时、11日02时的螺旋度垂直剖面图)。

图3是沿强沙尘暴区中心所在纬度( $38^{\circ}\text{N}$ )作的螺旋度纬向垂直剖面图。从图中可看出,9日14时(图3a),在沙尘暴发生前其上空600 hPa以下为较弱的正螺旋度,600 hPa以上为负的螺旋度;10日08时(图3b),在沙尘暴爆发区上空正螺旋度达到最大,这与最强沙尘暴发生的时间是基本一致的。10日08时和14时(图3c)两个时次螺旋度的垂直分布均呈明显的上负下正形式。08时,在500 hPa以上为负值区,最大负值中心位于350 hPa左右,500

hPa以下为正值区,最大正值中心位于700 hPa。14时,上下层正负值区的分界层有所抬高,盆地西部沙尘暴爆发区上空的正负值区分界层位于400 hPa,最大负值中心位于350 hPa,最大正值位于600 hPa;14时盆地中东部上空的正负值区分界层仍然在500 hPa左右。而从沙尘暴结束时的11日08时(图3d)来看,高低空都已成为负的螺旋度值,400 hPa存在一些弱的正螺旋度值。可见,在沙尘暴发生前9日14时和沙尘暴结束11日08时,或者螺旋度的垂直分布值较小,或者没有形成螺旋度明显的上负下正的分布形式,这与陶健红<sup>[11]</sup>的螺旋度在一次强沙尘暴天气分析中的应用一文中有关结论是一致的,但是其螺旋度正负值分界层略有不同。

由沿强沙尘暴区中心所在经度作的螺旋度的径向垂直剖面图(图略),也可以看出在沙尘暴发生时,上述强沙尘暴区上空螺旋度呈上负下正的分布特点。

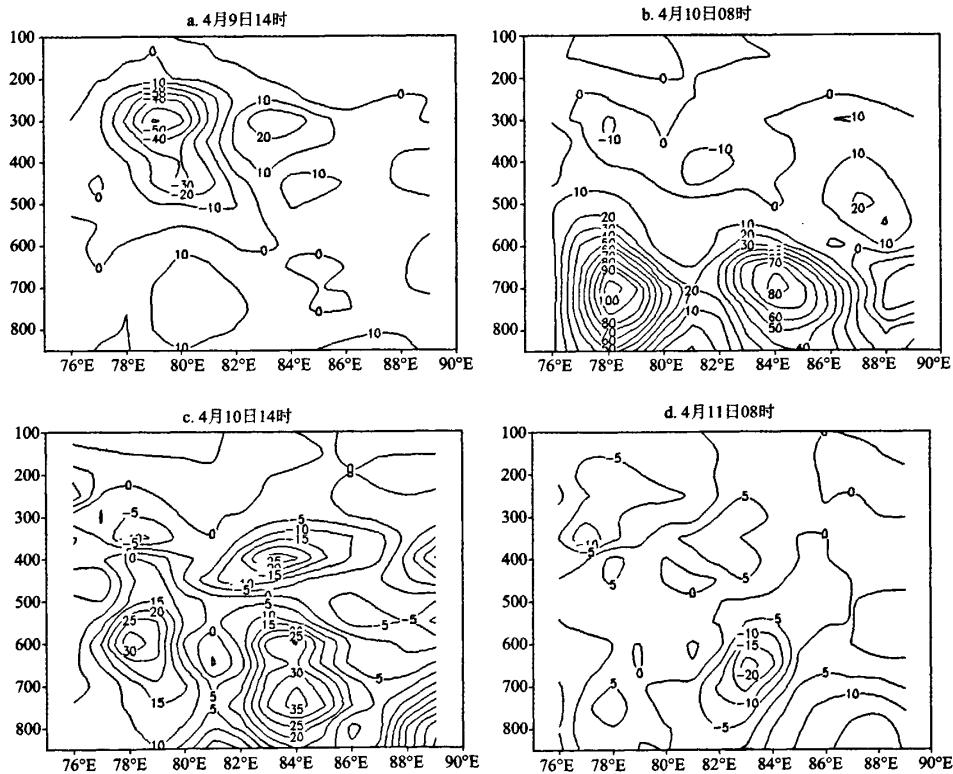


图3 沿强沙尘暴区中心所在纬度( $38^{\circ}\text{N}$ )螺旋度( $\times 10^{-6} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-2}$ )的纬向垂直剖面

Fig. 3 The latitudinal vertical section of helicity( $\times 10^{-6} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-2}$ ) along  $38^{\circ}\text{N}$

through the center of strong sandstorm area

以上分析表明,沙尘暴发生区上空螺旋度的垂直分布特征是在对流层下层为正值区(对应气旋式

涡度区),在对流层中上层为负值区(对应反气旋式涡度区),这种垂直结构对形成像沙尘暴这样的中尺度

度天气系统而言,构成了低空强辐合、高空强辐散的深厚上升运动区<sup>[11]</sup>,因而图3b和图3c所示的这种螺旋度垂直分布是十分有利于沙尘暴发展的一种形式。

#### 4.2 散度场

分析4月10日08时和14时200~850 hPa的散度场(图略),在高度场上槽前锋区和地面冷锋及其前部地区,低层是辐合区,高层是辐散区,周围则相反。4月10日08时200 hPa的最大辐散值达 $52 \times 10^{-6} \cdot s^{-1}$ ,700 hPa的最大辐散值达 $-92 \times 10^{-6} \cdot s^{-1}$ ,这种低层辐合高层辐散的结构易于发生近地面大风和上升气流,有利于地面起沙和向上扩散形成沙尘暴。

#### 4.3 温度平流

分析9日14时至11日08时每6 h一次的温度平流沿85°E经向垂直剖面图(图4)发现:9日14时(图4a)对流层为整层的暖平流,最大暖平流中心

位于38°N、150~200 hPa左右;38°~40°N、600~700 hPa有一个次暖平流中心。从9日20时(图4b)的图上我们可以看到40°N以北、700 hPa以下有一片强冷平流(冷平流中心为 $-60 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot s^{-1}$ )进入盆地,其他地区仍为整层的暖平流,最大暖平流达 $80 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot s^{-1}$ 。10日08时(图4c),强劲的冷平流不断加强南移,冷空气从底部将暖空气整层抬起,从近地面到400 hPa均为整层的强冷平流区(最大冷平流为 $-60 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot s^{-1}$ ),此时沙尘暴达到强盛期。11日08时(图4d),300 hPa以下仍为冷平流,但强度大大减弱,沙尘暴过境。由以上的分析我们可得出:在沙尘暴发生的整个过程,高低空冷暖平流分界清晰,冷平流一方面使高空低槽、冷锋东移南压,另一方面与暖平流共同作用促进锋面前部低压的发展。沙尘暴强盛期冷暖空气活动剧烈,冷锋过境后造成强斜压不稳定,导致不稳定能量的释放,引发地面大风;强风将地表面干燥丰富的沙粒吹起。

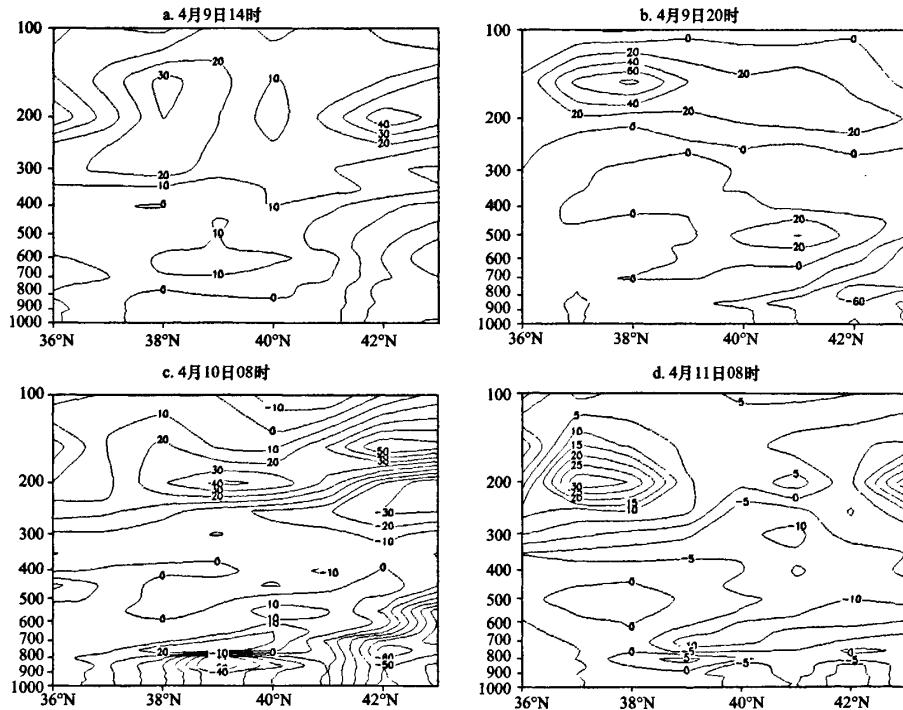


图4 沿强沙尘暴区中心所在经度(85°E)温度平流( $10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot s^{-1}$ )的经向垂直剖面

Fig. 4 The longitudinal vertical section of temperature advection ( $\times 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ) along 85°E through the center of strong sandstorm area

#### 5 锋生次级环流分析

高低空急流的稳定维持使低空急流和高空急流

耦合产生两个独立的次级环流<sup>[18]</sup>,在高空急流入口区辐散的气流向量表现出一单圈的直接力管环流,冷空气下沉,暖空气上升,在急流出口区为明显的深

厚间接力管环流圈<sup>[19]</sup>。正是直接环流北分支的下沉气流有利于高空急流动量下传,使对流层中低层风力加大,冷锋南压,触发斜压大气的不稳定,驱动沙尘天气的发生、发展。

分析9日20时至11日14时沿85°E每6 h一次经向风与垂直速度合成的垂直剖面图(图5),选取沙尘天气发生前、强盛期、结束期进行讨论:在9日20时,高空急流中心在300~200 hPa、46°—48°N之间,中心风速达70 m·s<sup>-1</sup>,低空急流尚未建立。大气分两个环流圈,一是急流及其南侧的间接环流圈,另一个是急流及其下方的直接环流圈。间接环流中心在550 hPa、43°N附近,向下倾斜到近地面,直接环流圈的下沉支从急流中心南部倾斜下沉至近地面层,环流中心在650~700 hPa、46°N附近,下沉

气流在环流中心下层以北风形式向南流动,在38°N附近与低层南风形成辐合上升气流。在锋区前为强劲的上升气流,锋后为大片的下沉气流。正是直接环流北分支的倾斜下沉运动,使得高空动量下传,对流层中低层风力加大,冷锋南压,大气的两个环流圈南移。塔里木盆地沙尘暴强盛期,高空急流稳定,低空急流位于800 hPa、39°N附近,中心风速为20 m·s<sup>-1</sup>,直接环流南压到500 hPa、43°N附近,塔里木盆地处于环流的上升支中,36°—40°N上空为强劲的上升气流,十分有利于沙尘天气的发生、发展。11日08时(图略),高空急流中心迅速南压到300 hPa、34°N以南,中心风速减小到40 m·s<sup>-1</sup>,低空急流明显减弱,两个环流的上升支已移出塔里木盆地,上升气流大大减弱,冷锋出境,这次沙尘暴天气结束。

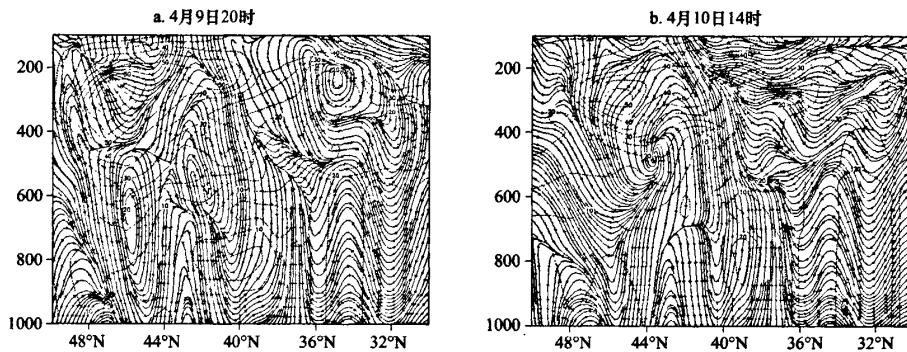


图5 沿强沙尘暴区中心所在经度(85°E)经向风与垂直速度合成的垂直环流剖面

(虚线表示全风速,单位:m·s<sup>-1</sup>)

Fig. 5 Longitudinal cross-section of v-w circulation field along 85°E through the center of strong sandstorm area

## 6 结论

综上所述,2006年春季南疆盆地一次超极地路径沙尘暴天气的环流动力结构有以下几点主要特征。

1)3月下旬太平洋北部阿拉斯加脊和北大西洋脊发展伸向极区,极涡被迫分裂为两个中心南移,导致北半球大尺度环流形势发生调整;4月上旬,大西洋长波脊和欧洲沿岸长波槽发展,其上游效应和能量频散作用促使乌拉尔山阻塞高压形成,这是引发此次沙尘天气的前期环流背景。

2)里海海脊、乌拉尔脊、新地岛脊同位向叠加,西西伯利亚横槽转竖南下,径向环流加强,导致泰米尔半岛强冷空气爆发直插新疆,东灌进入南疆盆地,造成大范围沙尘暴天气。

3)西西伯利亚地面冷高压爆发性南下并强烈发展是造成此次沙尘天气的根本原因和重要地面影响

系统,其间强烈的气压梯度和变压梯度使冷空气加速运动,为沙尘暴创造了必要的动力条件。

4)盆地前期的干暖形势为沙尘暴的产生提供了有利的热力条件。

5)沙尘暴区上空螺旋度垂直分布低层为正值(对应气旋式涡度区)、高层为负值(对应反气旋式涡度区),构成了低空强辐合、高空强辐散的深厚上升运动区,这种螺旋度垂直分布与沙尘暴的发生发展有一定的对应关系,可作为沙尘暴预报的一个参考依据。

6)高空急流入口区次级环流下沉支导致高层动量下传,促使对流层中低层风力加大,冷锋南压,驱动沙尘天气的发生。

## 参考文献(References):

- [1] 霍文,李霞,艾力,等.塔里木盆地2004年春季沙尘暴特征分析[J].干旱区研究,2006,23(2):210—215.

- [2] 王炜,方宗义.沙尘暴天气及其研究进展综述[J].应用气象学报,2004,15(3):366—381.
- [3] 丁一汇,王守荣.中国西北地区气候与生态环境概论[M].北京:气象出版社,2001:145—146.
- [4] 徐国昌,陈敏连,吴国雄.甘肃省“4.22”特大沙暴分析[J].气象学报,1979,37(4):26—35.
- [5] 马禹,王旭,肖开提.天山北麓一例黑风暴天气的成因[J].北京大学学报,2006,42(3):343—350.
- [6] 张小玲,程丛兰,谢璞,等.连续强沙尘天气的发展和时空演变机制的数值模拟[J].中国沙漠,2007,27(1):137—146.
- [7] 屠妮妮,娇梅燕,赵琳娜,等.引发强沙尘暴的蒙古气旋的动力特征分析[J].中国沙漠,2007,27(3):520—527.
- [8] 岳平,牛生杰,张强.民勤一次沙尘暴天气过程的稳定性分析[J].中国沙漠,2007,27(4):668—671.
- [9] 延昊,张佳华,赵一平,等.青藏高原沙尘天气的遥感研究[J].中国沙漠,2006,26(6):932—934.
- [10] 申红喜,李秀连,石步鸿.北京地区两次沙尘暴天气过程的对比分析[J].气象,2004,30(2):12—16.
- [11] 陶健红,王劲松,冯建英.螺旋度在一次强沙尘暴天气分析中的应用[J].中国沙漠,2004,24(1):83—87.
- [12] 张海霞,尤凤春,周伟灿,等.强沙尘暴天气形成机制个例分析[J].气象,2007,35(1):101—106.
- [13] 李戈,寿绍文,张广周,等.2006年4月11—12日平顶山市沙尘天气中尺度动力机制分析[J].气象与环境科学,2007,30(1):66—71.
- [14] 杨莲梅,张广兴,杨青.南疆盆地翻山型沙尘暴环流动力结构分析[J].中国沙漠,2006,26(1):71—76.
- [15] 韩永翔,方小敏,宋连春,等.塔里木盆地中的大气环流及沙尘暴成因探讨——根据沙漠风积地貌和气象观测重建的风场[J].大气科学,2005,29(4):627—635.
- [16] 杨越奎,刘玉玲,万振拴,等.“91.7”梅雨锋暴雨的螺旋度分析[J].气象学报,1994,52(3):379—383.
- [17] 岳彩军,寿亦萱,寿绍文,等.我国螺旋度的研究及应用[J].高原气象,2006,25(4):754—762.
- [18] 寿绍文,励申申,姚秀萍.中尺度气象学[M].北京:气象出版社,2003:218—300.
- [19] 丁一汇.高等天气学[M].北京:气象出版社,2005:138—139.

## Analysis on Circulation Dynamical Structure of a Strong Sand-dust Storm Case from East in Tarim Basin

WANG Min-zhong<sup>1,2,3</sup>, WEI Wen-shou<sup>1</sup>, YANG Lian-mei<sup>1</sup>,  
LI Yan-hua<sup>3</sup>, XIAO Shu-jun<sup>4</sup>, ALI Mamtimin<sup>1</sup>

*(1. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China; 2. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830002, China; 3. Xinjiang Information Engineering school, Urumqi 830013, Xinjiang, China; 4 Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China)*

**Abstract:** A strong sand-dust storm occurred in the Tarim Basin during the period from April 10 to 11 in 2006. This paper, using NCEP reanalysis data (horizontal resolution  $1^\circ \times 1^\circ$ ) and the simultaneous conventional observational data, analyzed its climatic background, circulation situation, helicity, divergence, temperature advection and frontogenetical second circulation. The circulation dynamical structure of this type of dust-sand storm was opened out: ①The Caspian ridge, Ural ridge and Xindidao ridge pile up, which causes the polar cold air entering into the Tarim basin and results in sand-dust storms in large extent; ②The eruptive and violent development of west cold Siberian high pressure is the principal cause of strong sand-dust storms; ③The dry and warm situation of the basin in prophase of sand-dust storm provides the advantageous thermal condition for sand-dust storms occurring; ④The vertical distribution of helicity over the sand-dust storm area is negative at the high level and positive at the lower, which imply that the strong rotating climbing movement is the dynamical condition of sand-dust storm occurring; ⑤The downward branch of the circulation in high jet entrance bring the high momentum to the lower layer, increasing the wind speed in the middle and the lower troposphere, pushing the cold front moved southward, and ultimately driving sand-dust storms broke out.

**Keywords:** sand-dust storm; circulation dynamical structure; helicity; frontogenetical second circulation