

文章编号:1000-694X(2006)01-0071-06

# 南疆盆地翻山型沙尘暴环流动力结构分析

杨莲梅<sup>1,2</sup>, 张广兴<sup>1</sup>, 杨青<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. 中国科学院 大气物理研究所, 北京 100029)

**摘要:** 2003年4月8日至9日发生了一次超极地冷空气入侵新疆并翻越天山造成南疆盆地大范围强沙尘暴过程, 分析沙尘暴强盛期的高度场、高空急流异变、螺旋度场、散度场和不稳定发展, 揭示了该类沙尘暴强盛期的环流动力结构。结果表明: ①伊朗高压的爆发性发展与乌拉尔山脊叠加形成成长波脊, 导致泰米尔半岛的极地强冷空气南下, 并直插新疆越过天山到达塔里木盆地, 造成大范围沙尘暴天气; ②强沙尘暴天气产生的根本原因是西西伯利亚地面冷高压爆发性南下并强烈发展; ③高空西风急流发生异变在南疆盆地上空形成急流区, 并通过动量下传导致地面大风, 是大范围沙尘暴发生的动力条件; ④沙尘暴区上空螺旋度垂直分布低层为正值、高层为负值, 揭示强的旋转上升运动是大范围沙尘暴发生的动力条件。⑤低层辐合高层辐散的垂直结构, 易于发生近地面大风和上升气流; ⑥该次沙尘暴是一次大范围强对流天气, 大气层结处于对流中性或对流不稳定状态, 但都有强的斜压不稳定发展, 并冷暖空气交换剧烈。沙尘暴影响前塔里木盆地有一个能量明显聚集期, 但聚集时间很短。

**关键词:** 翻山型沙尘暴; 动力结构; 高度场; 高空急流异变; 螺旋度场; 散度场; 不稳定发展

中图分类号: P425.55 文献标识码: A

沙尘暴是一种灾害性极强的天气现象, 严重威胁国家财产和人民群众生命安全。我国从20世纪70年代开始对沙尘暴天气个例进行研究<sup>[1]</sup>, 1993年5月5日强沙尘暴后开始对沙尘暴天气做系统的研究, 在沙尘暴天气的时空分布<sup>[2,3]</sup>、气象要素场演变<sup>[4]</sup>、卫星云图与光学特性<sup>[5]</sup>、沙尘气溶胶物理化学及辐射特性<sup>[6,7]</sup>和动力结构<sup>[7~12]</sup>等事实揭露方面已经做了大量的工作; 在沙尘暴成因分析方面, 涉及到了宏观天气气候条件和下垫面状况; 用数值模拟方法研究了沙尘暴天气个例和沙尘的输送<sup>[13,14]</sup>, 这些工作取得了很多有益的结论, 提出了沙尘暴发生发展的若干事实和预报着眼点及方法, 尤其对西北地区东部沙尘暴有较多的研究。我国沙尘天气影响路径分为偏北路径、偏西路径、西北路径、南疆盆地型、局地型等五类, 南疆盆地型沙尘暴沙尘天气起源于新疆南部, 并主要影响该地区, 研究表明<sup>[15]</sup>冷空气入侵翻越天山造成沙尘暴也不容忽视, 该型沙尘暴翻越天山后自北向南发生沙尘暴, 该类沙尘暴往往强度更强。目前南疆盆地沙尘暴研究主要为气候特征、天气学分析<sup>[16~19]</sup>, 对沙尘暴过程的环流动力结构还缺乏充分的了解, 而我国其他区域沙尘暴以西北和西方冷空气入侵为主, 同时由于南疆盆地三面环山的独特地理特征, 因此这两类沙尘暴与我国北方其他区域沙尘暴的

共同点和差异机理还缺乏足够的认识。笔者利用气象台站观测资料和T213客观分析格点资料(分辨率 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ), 分析了2003年春季1次冷空气入侵翻山造成南疆盆地大范围沙尘暴过程, 分析沙尘暴过程的高度场、螺旋度场、散度场、风场、急流和热力条件, 进一步认识南疆盆地的不同类型沙尘暴过程的环流动力结构。

## 1 天气事实

2003年4月8日11:30开始南疆盆地出现了一次冷空气入侵翻越天山而造成的自北向南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6~8级, 最大瞬时风速11级, 能见度在40~800m, 此后冷空气东移风力减弱, 整个盆地为扬沙和浮尘天气。4月8日11:00冷空气前锋移至天山附近, 一部分冷空气继续南压翻越天山进入南疆盆地, 冷锋于17:00到达盆地北部, 最终冷锋到达40°N。11:30盆地北部的阿克苏、拜城、库车、新和首先出现偏北大风和强沙尘暴, 偏北风7~8级, 瞬时风速11级, 能见度为40~800m, 最小能见度在40m以内, 并持续到8日20时。盆地西部、东北部和沙漠腹地约于4月8日13:00开始出现偏北大风和强沙尘暴, 偏北风7级左右, 能见度为200~600m。盆

收稿日期:2004-07-09; 改回日期:2004-09-06

基金项目: 科技部基础性研究项目“沙尘暴观测规范和分级标准的研究”; 科技部重大基础研究前期研究专项(2002cca04600); 中国气象局项目“沙漠气象及其生态环境的动态评估系统”共同资助

作者简介: 杨莲梅(1969—), 女(汉族), 河北隆化人, 副研究员, 在读博士, 主要从事灾害性气候和天气研究。E-mail: yanglm@idm.cn

地南部和东部于 8 日 17 时开始并持续到 9 日 02 时,偏北风 7~8 级,能见度为 200~800 m。

丰富的沙源、强风及不稳定的空气层结是产生强或特强沙尘暴的 3 个主要因素。塔克拉玛干沙漠为中国最大的流动性沙漠具有丰富的沙源。强风是吹起沙尘的动力,不稳定的气柱是促发起沙和对流的最佳热力条件,而冷暖空气交换,地表植被覆盖状况差,土层疏松,地面增温快的春季,更容易产生不稳定。为了了解沙尘暴发生时的环流动力结构,对沙尘暴强盛期的一些物理量作了分析。

## 2.1 高空形势及冷空气活动

强沙尘暴发生前欧亚范围内中、高纬为纬向环流,中纬为强锋区,低纬阿拉伯半岛到伊朗西部为长波脊,4 月 7 日该脊开始强烈向北发展,8 日该脊继续发展并东移到伊朗地区,并与中、高纬乌拉尔山发展起来的波动脊叠加,从而形成了从高纬到低纬的经向度达 50 个纬距的长波脊,584 位势什米几乎达 40°N,这在春季 4 月是少见的,且该长波脊的发展仅 24 h,是一种爆发性发展。图 2 中 a 为沙尘暴强

图 1 强沙尘暴影响路径

Fig. 1 Influencing path of strong sand-dust storm

## 2 环流动力结构分析

大范围沙尘暴的发生与系统性天气过程有关。

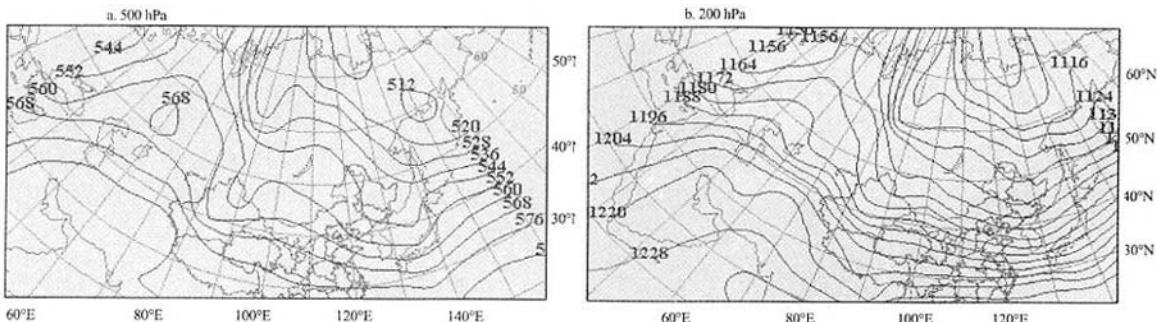


图 2 2003 年 4 月 8 日 20 时 200 hPa 和 500 hPa 高度场(单位:位势什米)

Fig. 2 Geopotential height at 200 hPa and 500 hPa on 20:00 of April 8, 2003

盛期 500 hPa 高度场,欧亚范围内中、高纬为经向环流,伊朗脊与乌拉尔山脊叠加形成长波脊,导致泰米尔半岛的极地强冷空气由北向南沿脊前的偏北气流(超极地路径)不断南下直插北疆并越过天山到达塔里木盆地南部,−24°C 冷空气到达 40°N,冷槽后部有一支大于  $28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  偏北风急流,最大风速  $36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,8 日 08 时到 20 时冷空气和最大风速中心均南压了 5 个纬距,说明冷空气移动很快,且高空锋区的移动与大风、强沙尘暴发生同步。850 hPa、700 hPa 乌拉尔山到伊朗均为长波脊(图略),200 hPa 高

度场(图 2 中 b)乌拉尔山到伊朗同样为强盛的长波脊,该长波脊从对流层低层到高层均存在,说明该系统深厚稳定从而引导极地强冷空气南下,造成塔里木盆地的偏北大风和大范围强沙尘暴。

分析 4 月 8 日 08 时和 20 时  $1000\sim200 \text{ hPa}$  的温度平流,结果发现各层次都有自北疆向南的强冷平流进入南疆盆地,4 月 8 日 20 时各层最大温度平流见表 1,可见冷空气深厚且自北向南直插塔里木盆地,700~500 hPa 的冷平流最强。冷平流强度远大于北京地区沙尘暴产生的冷平流<sup>[20]</sup>,由此也说明

表 1 4 月 8 日 20 时自北向南各层最大温度平流

Tab. 1 Every level max temperature from north to south on 20:00 of April 8, 2003

层次	1 000 hPa	925 hPa	850 hPa	700 hPa	500 hPa	200 hPa
最大温度平流/( $10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ )	−65	−62	−74	−103	−100	−68

超极地冷空气强度强。

## 2.2 地面影响系统

4月7日20时西西伯利亚地面冷高压位于 $60^{\circ}\text{N}$ ,冷高压中心为 $1\,025\text{ hPa}$ ,随后快速加强南下,8日02时已到巴尔喀什湖北侧,此后高压进一步加强东移南压,8日14时冷高压中心已达 $1\,040\text{ hPa}$ 并冷锋到达塔里木盆地北部,冷锋进入南疆后南压,17时已达盆地中部,说明冷空气爆发性南下。前期南疆盆地中东部发展一地面低压,中心为 $1\,000.0\text{ hPa}$ ,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,冷空气灌入南疆盆地,偏北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。

冷空气对比也反映在地面变压场上,地面3h变压场反映冷暖空气的最新演变趋势。8日11时、14时、17时和20时锋后 $+\Delta P_3$ 分别为 $5.4\text{ hPa}$ 、 $4.3\text{ hPa}$ 、 $3.0\text{ hPa}$ 和 $4.6\text{ hPa}$ ,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,尤其20h南疆盆地 $+\Delta P_3$ 非常强大达 $4.6\text{ hPa}$ ;同时锋前 $-\Delta P_3$ 却不明显在 $-1\text{ hPa}$ 以内,预示锋前热低压发展很弱。锋前后的变压差大,气压梯度也大,则利于强风产生。

这次强沙尘暴天气产生的根本原因是冷空气活动异常,强烈的气压梯度和变压梯度使冷空气加速

运动,冷空气活动伴有的西西伯利亚地面冷高压强烈发展东移,而西西伯利亚地面冷高压强烈发展是这次沙尘暴天气产生的重要地面天气系统。

## 2.3 急流异变和动量下传

沙尘暴天气发生的最主要动力条件是大风,所以风速场是沙尘暴研究的重要内容。沙尘暴发生前欧亚范围对流层上层西风急流位于 $35^{\circ}\text{N}$ 以南,急流中心位于青藏高原以东的中国东部和黑海、里海南侧,在强沙尘暴发生前后,随着伊朗脊的发展东移和极地冷空气的快速南下,西风急流发生异变,黑海、里海南侧急流沿脊顶北跳并快速东移,青藏高原以东的急流部分西退北上,从中亚南部到南疆盆地形成强西风急流(图3), $200\text{ hPa}$ 欧亚范围内有一急流区位于塔里木盆地上空且最大风速达 $56\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,沙尘暴区包围在高空急流 $\geq 32\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的等风速线区域中,急流这种振动与沙尘暴发生的时间、地点、强度和移动有密切关系。分析地面、 $850\text{ hPa}$ 、 $700\text{ hPa}$ 及 $500\text{ hPa}$ 的风场(图略),急流均位于盆地,中心在盆地北部和中部,地面、 $850\text{ hPa}$ 和 $700\text{ hPa}$ 南疆盆地为一致的北风, $500\text{ hPa}$ 为西风急流, $850\text{ hPa}$ 、 $700\text{ hPa}$ 及 $500\text{ hPa}$ 的最大风速分别为 $24\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $32\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $36\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,强风通过动量下传导致地面大风,是大范围沙尘暴发生动力条件,且地面到对流层高层有强的风垂直切变也是强对流发生的有利条件。

图3 2003年4月8日20时200 hPa流场和风速场(单位:  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

Fig. 3 Flow field and wind field at 200 hPa on 20:00 of April 8, 2003

## 2.4 螺旋度

螺旋度是近年来引入天气分析和预报的一个重要物理量,它不仅表达风场旋转性的强弱,而且还能反映对旋转性的输送,是一个反映动力条件的物理

参数,因而被广泛用于研究强对流天气的发生和发展。近十几年螺旋度常用于研究大气中一些与速度场密切相关的有旋系统及中尺度暴雨系统结构特征的研究,并得出了一些结果,在沙尘暴的研究中并不多。垂直螺旋度反映了大气的旋转上升,较单一的

诊断物理量如涡度、垂直速度等更能反映出重要天气的大气空间物理结构及物理机制。定义  $P$ -坐标中的垂直螺旋度  $h$  为：

$$h = (\partial v / \partial x - \partial u / \partial y) \omega = \zeta \omega$$

根据上式分别计算了 4 月 8 日 08 时和 20 时 925~200 hPa 的垂直螺旋度(仅计算有上升运动的区域)。结果表明：整个盆地内从 925~300 hPa 均为上升运动，200 hPa 上除盆地东北部外均为上升运动，上升运动的强中心带从阿克苏地区—盆地中部—盆地东南部，与强沙尘暴影响路径(见图 1)一致。上升运动最强在 700 hPa 和 500 hPa，最大上升速度为  $124 \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$  和  $144 \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。中低层较强的上升运动将沙尘垂直输送到空中，500 hPa 的强西风气流可以将卷起的沙尘水平输送到下游地区。图 4 为各层次螺旋度图，由图可见，强沙尘暴区对应 700 hPa 以下为正螺旋度区，700 hPa 和 850

hPa 的最大螺旋度值为  $600 \times 10^{-7} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-2}$  和  $1000 \times 10^{-7} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-2}$ ，500 hPa 以上为负螺旋度区，500 hPa 和 200 hPa 的最大螺旋度值为  $-800 \times 10^{-7} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-2}$  和  $-600 \times 10^{-7} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-2}$ 。沙尘暴区上空对应螺旋度低层为正值、高层为负值的分布与我国长江流域暴雨<sup>[21,22]</sup>区和北京地区沙尘暴区螺旋度<sup>[20]</sup>的分布特征相同，但正、负的分层不同，北京地区沙尘暴区螺旋度低层为正值达 500 hPa。螺旋度分布特征表明低层是一种强反气旋性旋转上升运动，说明地面西西伯利亚地面冷高压深厚，其影响可达 700 hPa，而 700 hPa 以上是一种气旋性旋转上升运动，主要受高空低槽的影响。盆地的最大螺旋度值小于北京地区沙尘暴区螺旋度值，但沙尘暴强度却远远强于北京地区沙尘暴，说明塔克拉玛干沙漠丰富的沙源和地表植被覆盖状况差、土层疏松是强沙尘暴发生的重要因素。

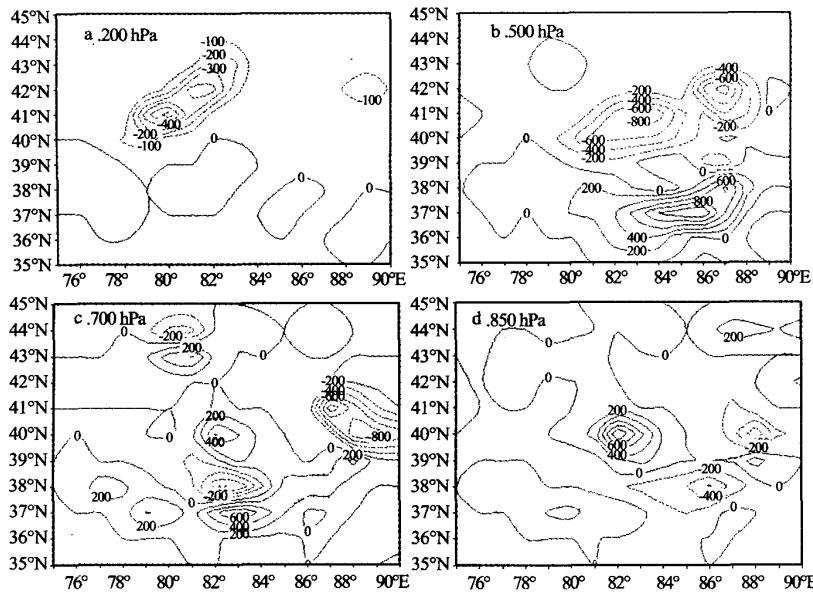


图 4 2003 年 4 月 8 日 20 时螺旋度(单位： $10^{-7} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-2}$ )

Fig. 4 Helicity on 20:00 of April 8, 2003

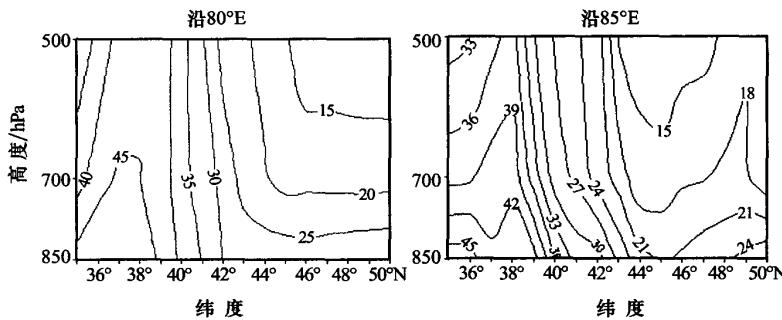
## 2.5 散度场

分析 4 月 8 日 08 时和 20 时 850~200 hPa 的散度场(图略)，在高度场上槽强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 8 日 20 时 200 hPa 的最大辐散值达  $40 \times 10^{-6} \cdot \text{s}^{-1}$ ，700 hPa 的最大辐散值达  $-100 \times 10^{-6} \cdot \text{s}^{-1}$ ，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。

## 2.6 大气层结状态分析

以往的研究指出沙尘暴发生时，大气层结多表现为不稳定状态<sup>[3,4]</sup>，对这次强沙尘暴过程 4 月 7 日 20 时、8 日 08 时和 20 时 850 hPa、700 hPa 和 500 hPa 新疆区域  $\theta_{se}$  计算分析表明，图 5 为沿  $80^{\circ}\text{E}$  和  $85^{\circ}\text{E}$  剖面的  $\theta_{se}$  垂直分布，由图可见 8 日 20 时从 850 hPa 到 500 hPa 南疆盆地西部地区  $\frac{\partial \theta_{se}}{\partial z}$  几乎为

图 5 2003 年 4 月 8 日 20 时沿 80°E 和 85°E 的  $\theta_{se}$  剖面Fig. 5 The  $\theta_{se}$  vertical structure along 80°E and 85°E on 20:00 of April 8, 2003

零,  $\theta_{se}$  几乎相等, 说明大气层结几乎处于中性状态, 盆地中、东部  $\frac{\partial \theta_{se}}{\partial z} < 0$ , 说明大气层结处于强对流不稳定状态, 由图可见整个盆地处于  $\theta_{se}$  锋区上和陡峭密集区, 说明冷暖空气交换剧烈。另根据倾斜涡度发展理论<sup>[23]</sup>: 当  $\theta_{se}$  面非常陡立时, 倾斜涡度发展可以非常迅猛, 导致低涡的剧烈发展, 比辐合项引起的涡度发展大一个量级以上, 因此, 倾斜涡度(斜压不稳定)是急剧天气发展的一种重要机制。在中纬度地区, 对流层中低层的  $\theta_{se}$  面呈倾斜分布, 那里应是倾斜涡度的常发区。图 5 表明盆地处于  $\theta_{se}$  锋区和陡峭密集区, 沙尘暴过程则有倾斜涡度(斜压不稳定)的显著发展, 是一次大范围的强对流天气。

分析沙尘暴发生前后 850 hPa、700 hPa 和 500 hPa  $\theta_{se}$  和总温度水平特征, 表明盆地  $\theta_{se}$  和总温度值在影响前都呈上升趋势, 而且都有高能舌出现, 从图 5 也可看出盆地自南向北有  $\theta_{se}$  高能区, 说明当沙尘暴影响时, 都有一个能量明显聚集期, 但聚集时间很短, 不超过 24 h(约从 7 日 08 时以后开始)。

### 3 结论

综上所述, 2003 年春季南疆盆地一次超极地路经沙尘暴天气的环流动力结构有以下几点主要特征。

(1) 伊朗脊爆发性向北发展与乌拉尔山脊叠加形成长波脊, 该长波脊非常深厚, 存在于整个对流层, 导致泰米尔半岛的极地强冷空气由北向南沿脊前的偏北气流(超极地路径)不断快速南下, 并直插新疆越过天山到达塔里木盆地, 高度场上新疆上空有深厚的低值系统, 中亚—乌拉尔地区有高脊, 其间的强气压梯度是沙尘暴的动力源。

(2) 此次强沙尘暴产生的天气学原因是西西伯利亚地面冷高压爆发性南下并强烈发展, 强烈的气

压梯度和变压梯度使冷空气加速运动, 加大风速。

(3) 高空西风急流异变在南疆盆地上空形成急流区, 强风通过动量下传导致地面大风, 是大范围沙尘暴发生的动力条件, 且地面到对流层高层有强的风垂直切变也是强对流发生的有利条件。

(4) 沙尘暴区上空螺旋度垂直分布低层为正值、高层为负值, 揭示强的旋转上升运动是大范围沙尘暴发生的动力条件。

(5) 低层辐合高层辐散的垂直结构, 易于发生近地面大风和上升气流, 有利于地面起沙上扬, 形成沙尘暴。

(6) 这是一次大范围的强对流天气, 大气层结处于对流中性或强对流不稳定状态, 但有强的倾斜涡度(斜压不稳定)发展, 并冷暖空气交换剧烈。沙尘暴影响前塔里木盆地有一个能量明显聚集期, 但聚集时间很短。

### 参考文献(References):

- [1] 徐国昌, 陈敏连, 吴国雄. 甘肃省“4.22”特大沙尘暴分析[J]. 气象学报, 1979, 37(4): 26—35.
- [2] 朱福康, 江吉喜, 郑新江, 等. 沙尘暴天气研究现状和未来[J]. 气象科技, 1999, (4): 1—8.
- [3] 许宝玉, 钱正安, 焦彦军. 西北地区五次特强沙尘暴前期形势和要素场的综合分析与预报[A]. 中国沙尘暴研究[C]. 北京: 气象出版社, 1997. 44—51.
- [4] 王式功, 杨德保, 孟梅芝, 等. 甘肃河西“5.5”黑风天气系统结构特征及其成因分析[A]. 中国沙尘暴研究[C]. 北京: 气象出版社, 1997. 62—64.
- [5] 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.
- [6] 邱金桓, 孙金辉. 沙尘暴的光学遥感及分析[J]. 大气科学, 1994, 18(1): 1—10.
- [7] 张宁, 倾继祖, 倪童, 等. 930505 特大沙尘暴沙尘在甘肃沉降状况研究[J]. 高原气象, 2001, 20(1): 46—51.
- [8] 赵光平, 王凡, 杨勤. 宁夏区域特强沙尘暴天气成因及其预报

- 方法研究[A]. 中国沙尘暴研究[C]. 北京: 气象出版社, 1997. 52—58.
- [6] 杨东贞, 纪湘明, 徐小斌, 等. 一次黄沙天气过程的分析[J]. 气象学报, 1991, 49(3): 334—342.
- [7] 江吉喜. 1993年5月5日甘肃等地特大沙尘暴成因分析[J]. 应用气象学报, 1995, 6(2): 177—184.
- [8] 刘景涛, 杨耀芳, 李远锦, 等. 中国西北地区1993年5月5日黑风暴的机理探讨[J]. 应用气象学报, 1996, 7(3): 371—376.
- [9] 张小玲, 程麟生.“93.5”黑风暴期间中尺度涡旋发生发展的涡源诊断[J]. 兰州大学学报, 1997, 44(4): 123—131.
- [10] 郑新江, 徐建芬, 罗敬宁, 等. 1998年4月14~15日强沙尘暴过程分析[J]. 高原气象, 2001, 20(2): 180—185.
- [11] 王可丽, 江灝, 吴虹. 2001年春季中国北方沙尘暴的环流动力结构分析[J]. 高原气象, 2002, 21(3): 303—308.
- [12] 周秀骥, 徐祥德, 颜鹏, 等. 2000年春季沙尘暴动力学特征[J]. 中国科学(D辑), 2002, 32(4): 327—334.
- [13] 陈伟民, 王强, 牛志敏, 等. 中国西北部“4.5”沙尘暴过程中尺度低压的数值模拟[J]. 中国沙漠, 1996, 16(2): 140—144.
- [14] 康凤琴, 李耀辉, 吕世华. 2001年4月8日强沙尘暴天气的数值模拟研究[J]. 中国沙漠, 2003, 23(3): 681—685.
- [15] 徐希慧. 塔里木盆地沙尘暴的卫星云图分析与研究[A]. 见: 中国沙尘暴研究[C]. 北京: 气象出版社, 1997. 88—91.
- [16] 何清, 向鸣, 唐淑娟. 塔克拉玛干沙漠腹地两次强沙尘暴天气分析[J]. 中国沙漠, 1998, 18(4): 320—327.
- [17] 陈勇航, 向鸣, 吕新生, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地盛夏十场沙尘暴综合分析与预报探讨[J]. 新疆气象, 1999, 22(1): 9—12.
- [18] Chen Yonghang, Zhang Wenyu, Chen Changhe, et al. Two types of dust storms caused by clod air crossing the mountains in Xinjiang[J]. Proc. of SPIE, 2003, 4890: 355—364.
- [19] 陈洪武, 王旭, 马禹. 塔里木盆地局地和区域性强沙尘暴天气过程研究[J]. 中国沙漠, 2003, 23(5): 533—538.
- [20] 申红喜, 李秀连, 石步鸿. 北京地区两次沙尘(暴)天气过程对比如分析[J]. 气象, 2004, 30(2): 12—16.
- [21] 杨越奎, 刘玉玲, 万振诠, 等.“91.7”梅雨锋暴雨的螺旋度分析[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 379—383.
- [22] 侯瑞钦, 程麟生, 冯伍虎.“98.7”特大暴雨低涡的螺旋度和动能诊断分析[J]. 高原气象, 2003, 22(2): 202—208.
- [23] 吴国雄, 刘还珠. 全型垂直涡度倾向方程和倾斜涡度发展[J]. 气象学报, 1999, 57(1): 1—15.

## Circulation Dynamical Structure of Sand-Dust Storm Caused by Cold Air Crossing Mountains in Southern Xinjiang

YANG Lian-mei<sup>1,2</sup>, ZHANG Guang-xing<sup>1</sup>, YANG Qing<sup>1</sup>

(1. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China; 2. Institute of Atmospheric Physics of Science, Beijing 100029, China)

**Abstract:** The fields of geopotential height, anomalous change of high-level jet-stream, helicity, divergence and stratification conditions as the circulation dynamical structure in course of the sand-dust storm occurrence in southern Xinjiang in spring of 2003 are analyzed based on observed data and T213 data. The results show that (1) the polar cold air entering into Tarim basin caused sand-dust storms in large extent because of eruptive development of Iran high and Ural ridge pile up; (2) The eruptive and violence development of west cold Siberian high pressure principally caused strong sand-dust storms; (3) The jetstream over South Xinjiang caused by anomalous change of high jetstream resulted in ground gale by descending momentum, which are one of the dynamical conditions of sand-dust storm; (4) The distribution feature of helicity over the sand-dust storm area is negative at the high level and positive at the lower, which implied that the strong rotating ascend is another one of the dynamical conditions of sand-dust storm; (5) There is a vertical structure with convergence at lower level and divergence at upper level over the sand-dust storm area, this is favorable for occurring strong wind near ground and rising stream; (6) The case of sandstorm is a strong convection process, when the air stratification is convection neutral or instability, but all with strong development of baroclinic instability. Cold air and warm air meet strongly; there is energy collecting period before sand-dust storm, and the period is very short.

**Key words:** sand-dust storm caused by cold air crossing mountains; dynamical structure; geopotential height; anomalous change of high-level jetstream; divergence; helicity; baroclinic instability