

闵月,李娜,汤浩.2015年春季北疆沿天山一带一次强沙尘暴过程分析[J].沙漠与绿洲气象,2017,11(5):30-37.
doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2017.05.005

2015年春季北疆沿天山一带一次强沙尘暴过程分析

闵月¹,李娜¹,汤浩^{1,2}

(1.新疆气象台,新疆 乌鲁木齐 830002;2.中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:利用NCEP1°×1°全球格点再分析资料和常规地面观测资料,对2015年4月27日北疆沿天山一带的沙尘暴天气过程进行了诊断分析。结果表明:乌拉尔山低槽分裂短波槽与中纬度锋区上中亚低槽汇合东移是沙尘暴发生的影响系统,地面冷锋过境是沙尘暴出现的直接原因;前期高温少雨,时值春播期为沙尘暴的发生提供了丰富的沙尘源;中层400 hPa至低层700 hPa强冷平流的入侵,加大了热力不稳定;假相当位温锋区的强迫抬升作用,触发了不稳定能量的释放;300 hPa高空西南急流的增强,以及低空西北急流的快速东移,为沙尘暴提供了充足的动力;水平风速增大和局地上升运动的共同作用,加大了空气的扰动和流动,促进了沙尘暴的产生。沙尘暴天气发生在地面冷锋后部西北大风区内、 ΔP_3 中心前部、850 hPa强冷平流前部以及850 hPa强上升运动区内。 $\Delta P_3 \geq 10.0$ hPa、水平螺旋度 $\leq -300 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ 对沙尘暴天气的预报有较好的指示意义。

关键词:沙尘暴;冷锋;物理量特征

中图分类号: P425.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-0799(2017)05-0030-08

沙尘暴作为一种强破坏力的自然灾害,常对农牧业、交通、电力、通信和人类健康造成严重危害,因而受到社会广泛关注。准噶尔盆地为我国八大沙尘源地之一,北疆沿天山一带位于准噶尔盆地内古尔班通古特沙漠南缘,由于其特殊的地理位置及气候特征,使其沙尘暴的动力学机制有其特殊性和复杂性。目前,针对沙尘暴的形成机理研究已广泛开展,并取得了一定成果。杨民等^[1]从环境背景和天气气候方面分析了2000年春季中国北方沙尘暴频繁爆发的原因;李令军等^[2]对沙尘暴源地和输送机制进行了分析;徐剑芬等^[3]对西北地区一次由斜压槽及冷锋锋生触发的沙尘暴个例进行了动力结构分析;胡隐樵等^[4]、周秀骥等^[5]从中尺度动力学上建立了沙尘暴发生和发展的物理模型;程海霞等^[6]、李岩瑛等^[7]分别研究了高空急流、螺旋度在沙尘暴过程中的变

化特征,得出了一定的预报指标;王汝佛等^[8]、钱莉等^[9]、贺哲等^[10]针对不同沙尘暴天气个例从大尺度环流背景、动力热力机制等方面进行了天气学分析。许多学者已对新疆沙尘暴天气进行了研究分析^[11-23],但研究成果主要集中在沙尘暴的气候特征、环流背景和边界层要素特征等方面,且多针对南疆塔里木盆地沙尘暴过程,对北疆沿天山一带沙尘暴过程的环流动力结构分析尚未涉及。

2015年4月27日凌晨至午后,一场罕见的沙尘暴侵袭了北疆沿天山一带,此次过程是北疆沿天山一带近10 a来出现的强度最大、影响范围最广的一次风沙天气,具有大风风力大、沙尘强度强、影响范围广等特点。本文针对此次沙尘暴过程,通过分析沙尘暴发生前后的高低空环流配置和物理量诊断特征,探讨春季北疆沿天山一带沙尘暴的成因,总结其环流动力结构配置,为北疆沿天山一带农业区沙尘暴天气预报提供参考。

1 资料与过程概况

本文所用资料包括:常规观测资料、地面自动站

收稿日期:2017-05-22;修回日期:2017-06-27

基金项目:新疆维吾尔自治区科技计划项目“新疆大风沙尘暴灾害性天气数值预报技术研究”(201433112)资助。

作者简介:闵月(1989-),女(回族),助理工程师,主要从事天气预报和灾害性天气研究。E-mail: moonminyue@163.com

资料、NCEP1°×1°全球格点逐6 h再分析资料和ECMWF欧洲中心逐3 h数值预报产品。文中所用时间均为北京时间。

受北方冷空气及地面冷锋过境的影响,2015年4月27日06:00乌苏至木垒一线的北疆沿天山一带自西向东出现强风沙天气,伴随4~5级西北风,阵风6~9级,极大风速17~28 m·s⁻¹,能见度100~900 m。在北疆沿天山一带有10个国家站出现沙尘暴(表1),其中炮台、莫索湾、蔡家湖、奇台4站出现强沙尘暴,能见度在100~300 m,沙尘天气在石河子附近强度最强,在乌鲁木齐附近强度略减弱,至奇台附近又一次增强。

表1 沙尘暴站点能见度、风速、持续时间

站名	最小能见度/km	极大风速/(m·s ⁻¹)	沙尘暴持续时间/h	站名	最小能见度/km	极大风速/(m·s ⁻¹)	沙尘暴持续时间/h
炮台	0.1	17.3	3	米东	0.9	13.5	1
莫索湾	0.1	16	5	乌鲁木齐	0.9	21.6	2
蔡家湖	0.2	18.3	5	吉木萨尔	0.8	28.7	1
呼图壁	0.8	20.7	2	奇台	0.3	25.4	7
昌吉	0.5	21.4	3	木垒	0.7	25	3

通过分析北疆沿天山各代表站逐小时能见度的变化曲线可以清晰地看到(图1),沙尘暴沿自西向东的路径依次影响北疆沿天山一带。27日05:00莫索湾站的能见度骤降,07:00—08:00能见度维持在100 m的低值,随后昌吉、乌鲁木齐、木垒能见度依次降低,至10:00整个北疆沿天山一带站点能见度均维持在1 km以下,16:00开始能见度自西向东逐步转好。由此可见,此次沙尘暴天气的爆发性极强,传播速度极快,仅4 h就影响了整个北疆沿天山一带。

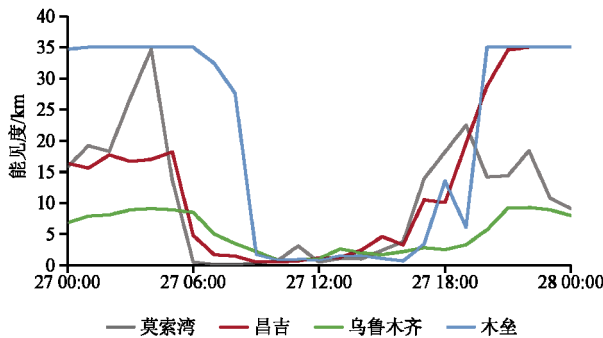


图1 2015年4月27日00:00—28日00:00
各站能见度变化

2 沙尘暴成因分析

2.1 地理环境及气候特征

大风、沙尘暴天气的发生发展,离不开丰富的沙尘源。准噶尔盆地中心的古尔班通古特沙漠为中国最大的固定半固定沙漠(面积为4.78×10⁴ km²)^[24],为此次沙尘暴提供了丰富的沙源。本次沙尘暴天气发生前期,自中亚地区至贝加尔湖一线为宽广高压脊,新疆受较强的干暖气团控制,25日08:00 700 hPa气温升至8℃,850 hPa北疆准噶尔盆地气温升至20℃。26日北疆沿天山一带除木垒外,其余15个站点最高气温达30℃,蔡家湖、莫索湾等4站最高气温达35℃,各站平均气温比历年同期偏高6~9℃。同时,过程前一周内北疆沿天山一带没有降水,前期降水偏少、气温异常偏高的气候背景使得地表土壤湿度低,对大范围沙尘暴的产生提供了丰富的沙尘源条件。针对沙尘暴产生的环境背景研究指出,春季降水偏少,气温偏高的气候背景有利于沙尘暴天气产生。另外,北疆沿天山一带农业面积广阔,春季4月下旬正是大规模农事活动期,在耕地的过程中,土质比较疏松,附着力小,比一年内其余时间更易发生沙尘暴。

2.2 沙尘暴天气影响系统分析

2.2.1 高空环流形势特征

2015年4月26日08:00 500 hPa高空图上,欧亚大陆中高纬地区为两脊两槽,高压脊分别位于西欧和中西伯利亚高原,低槽分别位于乌拉尔山地区和鄂霍次克海。极地冷空气自西欧高压脊前北风带汇入乌拉尔大槽,极锋锋区位于乌拉尔大槽底部60°N附近,并不断分裂短波槽东移。中纬度在黑海附近为高压脊,里咸海南部为中亚低槽,副热带锋区位于中亚低槽底部35°N附近,此时新疆受暖高压脊控制。伊朗副高呈带状分布,588线平直分布在28°N附近。26日20:00西欧脊和黑海脊发展东移,伊朗副高向北伸展,乌拉尔大槽加深,槽底分裂出一支短波槽,与东移的中亚低槽在巴尔喀什湖西部汇合加深形成一低槽,槽后等高线与等温线交角大,表明有较强冷平流。27日08:00西欧脊和黑海脊持续发展东移,推动巴尔喀什湖低槽快速东移进入北疆地区,北疆沿天山一带沙尘暴天气大面积爆发。

由分析可知,此次沙尘暴过程主要受南北两支锋区汇合东移的影响。南、北急流带上两套波动叠加,使得高空槽在中亚加强南伸的形势,有利于大降水的产生^[24]。此次过程非但没有产生大降水,反而产生了大面积的沙尘暴,这与以往的研究成果有一定差异。通过分析此次过程的水汽条件,发现过程中虽然两支锋区汇合为巴尔喀什湖低槽东移进入北疆,

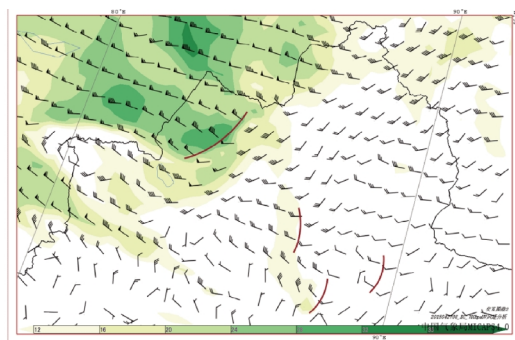
但伴随巴尔喀什湖低槽进入的冷空气水汽条件极差,不利于降水的产生。27日08:00北疆地区在700 hPa和850 hPa上存在 $T-T_d>15.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的干区。中低层干区的存在,不利于降水,但有利于沙尘暴天气的产生。

2.2.2 低层风场特征

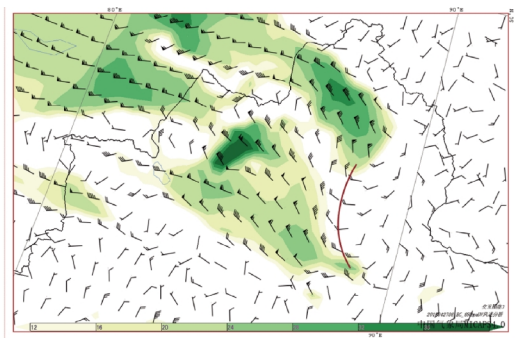
利用空间分辨率较高的ECMWF $0.25^{\circ}\times 0.25^{\circ}$ 细网格数值预报产品,可以清晰地看出沙尘暴发生时的低层风场特征。在27日08:00起报的ECMWF细网格风场初始场上,700 hPa偏西急流进入北疆西部,在塔城北部存在西北风和西南风的切变线,在昌吉州西部、东部及乌鲁木齐东部均有偏西风和偏南风的弱切变,表明冷空气已进入昌吉、乌鲁木齐地区,在昌吉州西部至乌鲁木齐一线由于地形作用,出现 $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 西北急流(图2a)。850 hPa上,27日08:00乌苏至奇台一线均为强盛的西北急流,急流强度达 $28\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,昌吉州东部有明显偏西风和偏南风的切变线(图2b)。低层切变线和低空急流的出现,有利于冷暖空气的交汇,有利于锋生和垂直上升运动,促进了沙尘暴的产生。

2.2.3 地面冷高压及冷锋特征

在海平面气压图上,26日20:00在北疆、南疆各



(a) 27日08:00 700 hPa



(b) 27日08:00 850 hPa

图2 2015年4月27日08:00 ECMWF数值预报
细网格风场初始场

(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,阴影区域为 $\geq 12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 等风速线填色)

存在一个低压中心,一个位于北疆沿天山一带,中心气压为997 hPa;一个位于和田西部,中心气压为994 hPa。在中亚地区存在一个高压中心,中心气压为1026 hPa。根据中亚地区高压中心及北疆低压中心的变化可知,自26日23:00—27日05:00高、低压中心位置少动,中亚地区高压中心气压为1032 hPa,北疆低压中心气压为997 hPa,高低压中心气压梯度达到35 hPa。高、低压中心之间强气压梯度的维持,有利于梯度风的产生。27日08:00,中亚地区的高压明显北抬,中心气压降至1030 hPa,冷空气进入北疆,北疆低压减弱消。

26日23:00地面冷锋压在新疆西部国境线附近(图3),阿拉山口站出现 $16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西北风。27日02:00冷锋进入北疆地区,伊犁河谷、博尔塔拉蒙古自治州大部地区转为偏西风。27日05:00冷锋移至石河子附近,乌苏至呼图壁一线的北疆沿天山一带出现 $6\sim 8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 西北风,石河子周边站点出现沙尘暴。27日08:00冷锋迅速东移至北疆偏东地区,锋后乌苏至木垒的北疆沿天山一带站点全部转为西北风,风速大于 $8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,局地风速为 $14\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,此时北疆沿天山一带沙尘暴天气大面积爆发。地面冷锋的移动与大风、沙尘暴的产生有较好地对应关系,沙尘暴发生在地面冷锋后部的西北大风区内。

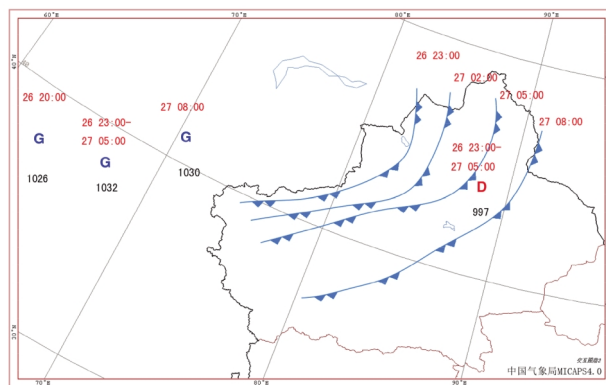


图3 2015年4月26日20:00—27日08:00 海平面气压
中心值变化(单位:hPa)及冷锋移动路径

2.2.4 3 h变压特征

根据地面3 h变压场(ΔP_3)变化得知,在沙尘暴发生期间,随着地面冷锋的东移,地面 ΔP_3 中心逐步东移, ΔP_3 中心值维持在 $+9.0\sim +10.0\text{ hPa}$ (表2)。当27日08:00冷锋移至奇台时,冷锋后部的 ΔP_3 值达到最大,为 $+10.9\text{ hPa}$ 。在27日05:00—08:00 $\Delta P_3\geq 10.0\text{ hPa}$ 时,北疆沿天山一带站点出现了沙尘暴,这与钱莉等^[9]得出的结论相一致。锋面附近的变压梯

表2 沙尘暴发生期间 ΔP_3 变化

时间	冷锋位置	最大 ΔP_3 / hPa	变压中心位置
27日02:00	乌苏	9.9	伊宁
27日05:00	呼图壁	9.3	塔城
27日08:00	奇台	10.9	昌吉
27日11:00	哈密	10.1	奇台

度加大,导致变压风加大,从而加大了沙尘暴强度。

2.3 物理量场分析

2.3.1 温度平流

贺哲^[16]通过对2006年3月末河南一次沙尘暴个例分析时指出,随着高空槽的快速东移,产生强烈的冷平流,根据气压倾向方程: $\frac{\partial p_{z0}}{\partial t} = - \int_0^\infty g(u \frac{\partial p}{\partial x} + v \frac{\partial p}{\partial y}) dz - \int_0^\infty g\rho(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}) dz$ 和 ω 方程: $(\sigma \nabla^2 + f^2 \frac{\partial^2}{\partial p^2})\omega = f \frac{\partial}{\partial p} [v_g \cdot \nabla (f + \zeta_g)] - \nabla^2 [v_g \cdot \nabla \frac{\partial \phi}{\partial p}] - \frac{R}{c_p p} \nabla^2 \frac{dQ}{dt}$ 可知,有冷平流时地面气压将上升,有暖平流时地面气压下降;在暖平流区有上升运动,冷平流区有下沉运动。因而冷暖平流的急剧转化不但会引发地面气压骤变,产生变压风,导致风力加大,而且还能在锋面附近激发出气流垂直运动,二者相结合,促进了湍流混合加强,成为将地面沙尘暴吹起上扬的有利条件。

分析此次沙尘暴天气发生期间925~200 hPa的温度平流,发现在26日20:00自中层400 hPa至低层700 hPa在巴尔喀什湖低槽后部70°E附近均受冷平流控制,在78°E低层850 hPa存在强冷平流中心,中心强度 $\leq -100 \times 10^{-5} K \cdot s^{-1}$ (图4a)。此时北疆沿天山一带中低层为弱冷暖平流交汇区,有利于锋生和垂直运动。随着高空槽的快速东移,强冷平流进入北疆,北疆沿天山一带沙尘暴爆发。27日08:00随着地面冷

锋东移至昌吉州东部,低层850 hPa强冷平流中心东移至木垒上空,强度仍然维持 $\leq -100 \times 10^{-5} K \cdot s^{-1}$ (图4b),表明冷空气前锋已经移过了北疆沿天山一带。强冷平流的侵入,加大了热力不稳定,激发了垂直运动,从而引发了此次大风、沙尘暴天气。

2.3.2 假相当位温

分析此次沙尘暴天气发生期间925~200 hPa的假相当位温场(θ_{se}),发现在26日20:00由于巴尔喀什湖低槽槽前干冷空气和北疆地区干暖空气交汇,在80°E以西地区形成等 θ_{se} 锋区,此锋区随着高度向西倾斜,坡度较大。北疆沿天山一带为315~325 K的高能区,巴尔喀什湖附近为300~305 K的低值区,低值区内对应低层西风急流,风速大小在20~32 m·s⁻¹。锋区位置与地面冷锋位置基本一致。27日02:00随着冷空气的东移,等 θ_{se} 锋区东移至新疆西部国境线处,锋区倾斜度增大(图5a)。在86°E附近出现了“漏斗”形,说明此阶段对流层低层的气旋性涡度显著增长。27日08:00等 θ_{se} 锋区东移至石河子附近,等 θ_{se} 锋区坡度继续增大,925~600 hPa锋区陡立,前部出现20~24 m·s⁻¹偏北急流(图5b)。由于假相当位温锋区的强迫抬升作用,当地面冷锋移进北疆时,触发了不稳定能量的释放,导致大风、沙尘暴天气的发生。

2.3.3 高低空急流

分析此次沙尘暴天气发生期间925 hPa~200 hPa的等风速场,发现在26日08:00沿44°N高空急流强度明显增强,在66°E附近300 hPa上出现 $\geq 50 m \cdot s^{-1}$ 的西南急流(图6a)。此时北疆地区风速较小,自地面至200 hPa风速值均小于10 m·s⁻¹。26日20:00高空急流中心强度维持50 m·s⁻¹西南急流,强风速带逐步向中低层延伸至850 hPa,近地面至850 hPa出现 $\geq 30 m \cdot s^{-1}$ 的低空西风急流(图6b)。27日02:00随着低槽的东移,高空西南急流东移至77°E,强度增强

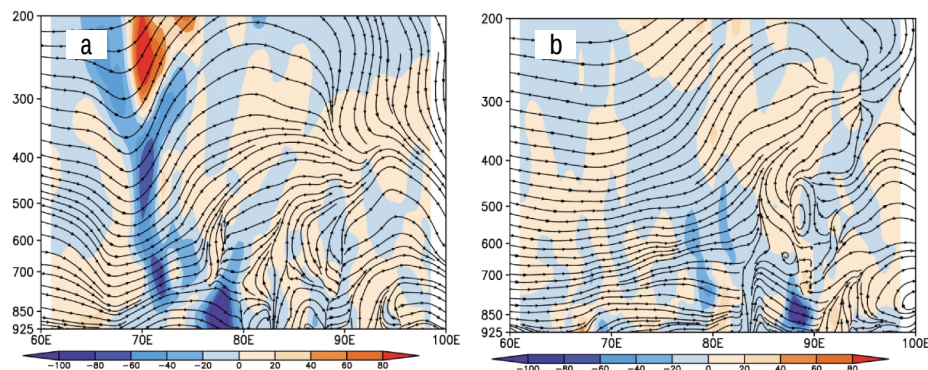


图4 2015年4月26日20:00 (a)、27日08:00 (b)沿44°N温度平流垂直剖面(单位: $10^{-5} K \cdot s^{-1}$)

到 $55\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,此时 $25\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 低空西风急流进入北疆,并迅速东移(图6c)。27日08:00低空转为西北急流,并迅速东移扫过北疆沿天山一带(图6d),对应沙尘暴天气爆发。此次沙尘暴天气的爆发,伴随着高空300 hPa西南急流的增强,以及低空西北急流的快速东移。中高空急流强盛,高空锋区增强,有利于低层风速的增大。

2.3.4 垂直运动

分析此次沙尘暴天气发生期间925~200 hPa的

垂直速度场,发现沙尘暴天气发生前,在26日20:00对应地面冷锋附近,在 $83^{\circ}\sim 87^{\circ}\text{E}$ 范围内自925~300 hPa均为上升运动,上升运动中心分别位于600 hPa和700 hPa(图7a),600 hPa上升运动中心位于 84°E ,垂直速度 $\geq 0.3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,700 hPa上升运动中心位于 86°E ,垂直速度 $\geq 0.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。上升运动区西侧,88~89°E整层为强下沉运动,下沉运动中心位于700 hPa,垂直速度 $\geq 0.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。沙尘暴天气发生时,27日08:00上升运动区东移至石河子以东的北疆沿天山

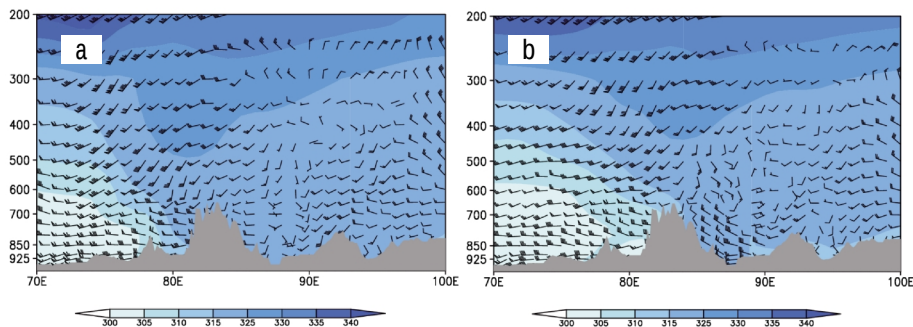


图5 2015年4月27日02:00(a)、27日08:00(b)沿 44°N 假相当位温垂直剖面(单位:K,阴影部分为地形)

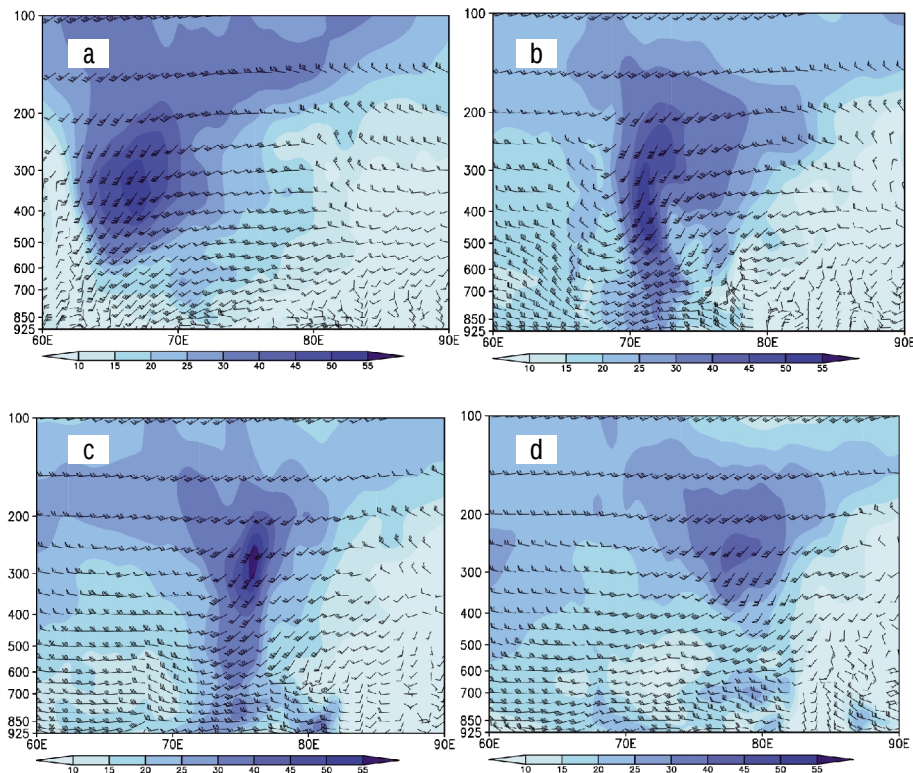


图6 2015年4月26日08:00—27日08:00沿 44°N 等风速线垂直剖面(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
(a为26日08:00;b为26日20:00;c为27日02:00;d为27日08:00)

一带,存在两个上升运动大值中心,分别位于700 hPa和850 hPa,强度明显增强(图7b)。700 hPa上升运动中心位于85°E,垂直速度 $\geq 0.3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,850 hPa上升运动中心位于88°E,垂直速度 $\geq 0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。在上升运动区两侧,84°E附近以及92~95°E对应下沉运动区。对垂直运动的分析表明,在本次沙尘暴天气过程中,除了有水平风的作用外,还有局地的上升运动,加大了垂直方向上空气的扰动和流动。虽垂直方向上风速不大,但局地上升气流的存在有利于沙尘暴的出现和发展。

2.3.5 螺旋度

螺旋度是表征流体边旋转边沿旋转方向运动的物理量,在沙尘暴分析中有广泛的应用,分为垂直螺旋度、水平螺旋度及完全螺旋度。通常所说的水平螺旋度,是忽略垂直运动水平分布不均匀下的相对风暴水平螺旋度:

$$A_{he} = \int_0^h (\mathbf{V} - \mathbf{C}) \cdot \boldsymbol{\omega} dz. \quad (1)$$

在中小尺度系统中,水平螺旋度的量级远大于垂直螺旋度,较大程度上决定了总的螺旋度的情况。利用此次沙尘暴过程中低层600~850 hPa各层的格

点分析场资料计算2017年4月26日20:00—27日20:00水平螺旋度,发现在27日02:00北疆大部的螺旋度为正值,且数值较小,在西部国境线附近出现大片的螺旋度负值区,在巴尔喀什湖西侧和阿拉木图附近分别存在南北两个负值中心,强度均为 $-100 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ (图8a)。27日08时螺旋度负值区东北移至北疆北部和准噶尔盆地,负值中心位置移至克拉玛依附近,负值中心强度增强至 $-300 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$,对应北疆沿天山一带沙尘暴天气爆发(图8b)。水平螺旋度负值中心值的增强,表明近地层西北风速增大,加大了水平方向上空气的扰动和流动,水平方向上容易起沙,进而促进了沙尘暴的产生。这与李岩瑛等对水平螺旋度与沙尘暴的关系研究结果相一致。通过分析得知,此次沙尘暴过程水平螺旋度的分布对沙尘暴预报有较好的指示意义。

3 结论

(1)在前期降水偏少、气温异常偏高的气候背景下,500 hPa乌拉尔山低槽分裂短波槽与中纬度锋区上中亚低槽汇合东移、700 hPa和850 hPa低空急流增强和切变线的维持、地面冷锋过境以及 $\Delta P_3 \geq$

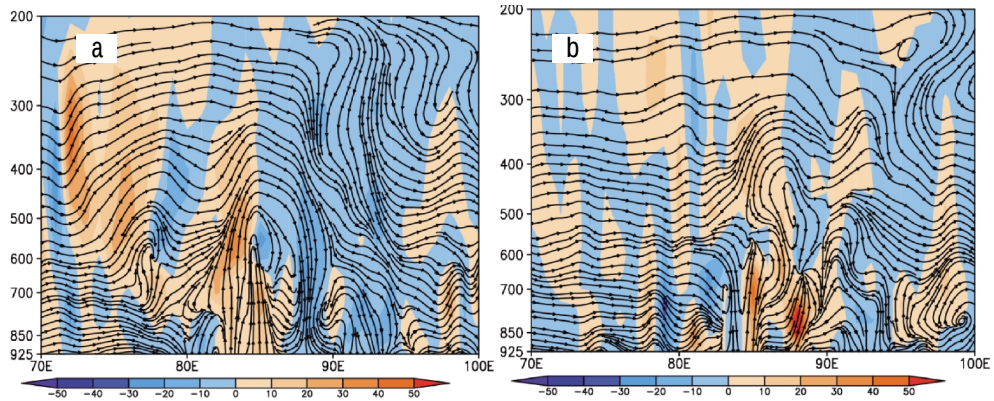


图7 2015年4月26日20:00 (a)、27日08:00 (b)沿44°N垂直速度垂直剖面(单位: $\times 10^{-2} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

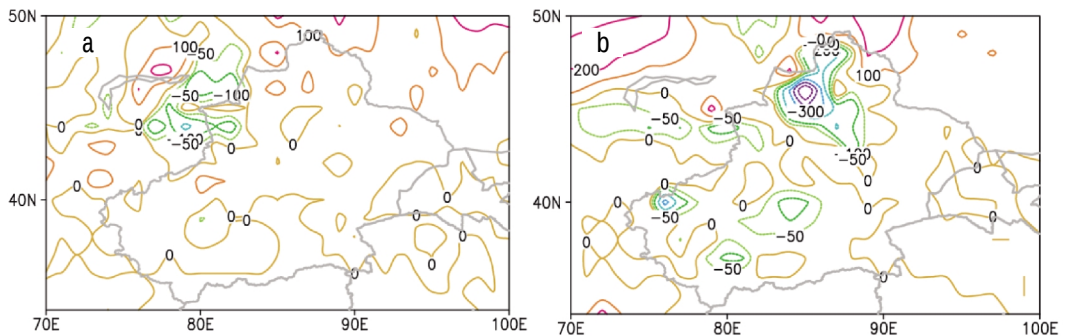


图8 2015年4月27日02:00 (a)、27日08:00 (b)水平螺旋度场(单位: $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$)

10.0 hPa的共同作用造成了此次沙尘暴天气。

(2)地处古尔班通古特沙漠南缘、暖干气候造成地表土壤湿度低和农事活动造成土质疏松,附着力小,共同为沙尘暴提供了沙源。中层400 hPa至低层700 hPa强冷平流的入侵加大了热力不稳定;假相当位温锋区的的强迫抬升作用,触发了不稳定能量的释放;高空300 hPa西南急流的增强,以及低空西北急流的快速东移,为本次沙尘暴提供了充足的动力;水平方向上西北风风速增大和局地上升运动的共同作用,加大了空气的扰动和流动,进而促进了沙尘暴的产生和发展。

(3)通过分析环流动力结构配置,表明此次沙尘暴天气发生在地面冷锋后部西北大风区内、 ΔP_3 中心前部、850 hPa强冷平流前部以及850 hPa强上升运动区内。 $\Delta P_3 \geq 10.0$ hPa、水平螺旋度 $\leq -300 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ 对沙尘暴天气的预报有较好的指示意义。

参考文献:

- [1] 杨民,蔡玉琴,王式功,等.2000年春季中国北方沙尘暴天气气候成因研究[J].中国沙漠,2001,21(增刊):6-11.
- [2] 李令军,高庆生.2000年北京沙尘暴源地解析[J].环境科学研究,2001,14(4):2-4.
- [3] 徐建芬,孙兰东,许东蓓,等.西北地区一次斜压槽引发的强沙尘暴研究[J].甘肃气象,2001,19(2):40-44.
- [4] 胡隐樵,光田宁.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.
- [5] 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.
- [6] 程海霞,丁治英,帅克杰.近5a我国沙尘暴与高空急流关系的统计分析[J].中国沙漠,2005,25(6):891-896.
- [7] 李岩瑛,张强.水平螺旋度在沙尘暴预报中的应用[J].气象学报,2012,70(1):144-154.
- [8] 王汝佛,冯强,尚可政.2010年春季我国一次强沙尘暴过程分析[J].干旱区地理,2014,37(1):31-44.
- [9] 钱莉,滕杰,胡津革.“14.4.23”河西走廊特强沙尘暴演变过程特征分析[J].气象,2015,41(6):745-754.
- [10] 贺哲.2006年3月末河南一次沙尘暴过程的天气成因分析[J].气象,2012,38(8):932-942.
- [11] 武威,顾佳佳,牛淑贞.2013年春季一次沙尘暴天气成因分析[J].气象与环境科学,2014,37(4):71-79.
- [12] 徐茜,赵景波.新疆沙尘暴活动与气候条件的关系[J].干旱区资源与环境,2007,21(12):116-120.
- [13] 薛红,胡列群,王旭.塔中地区沙尘暴天气气候学分析[J].新疆气象,1999(3):13-15.
- [14] 陈勇航,向鸣,吕新生.塔克拉玛干沙漠腹地盛夏十场沙尘暴综合分析 with 预报探讨[J].新疆气象,1999(1):9-12.
- [15] 魏文寿,何清,刘明哲,等.准噶尔盆地的气候变化与荒漠环境研究[J].中国沙漠,2003,23(2):101-105.
- [16] 李红军,汤浩.北疆春季沙尘暴极多与极少年环流场特征[J].沙漠与绿洲气象,2017,11(1):35-40.
- [17] 马建勇,何清,杨兴华,等.塔克拉玛干沙漠腹地区域性 with 局地性沙尘暴特征分析--以塔中为例[J].沙漠与绿洲气象,2016,10(2):36-42.
- [18] 霍文.塔城3.12东风沙尘暴天气模拟分析[J].沙漠与绿洲气象,2014,8(4):26-31.
- [19] 王柯,何清.塔中一次强沙尘暴过程边界层风场变化特征[J].沙漠与绿洲气象,2013,7(1):6-11.
- [20] 杨兴华,何清,阿吉古丽·沙依提,等.塔克拉玛干沙漠腹地沙尘暴过程的大气边界层特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2011,5(6):11-15.
- [21] 薛福民,杨兴华,刘新春,等.2006年夏季塔中一次沙尘暴发生期间近地层气象特征个例分析[J].沙漠与绿洲气象,2010,4(4):40-44.
- [22] 杨莲梅,张广兴,杨青.新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.
- [23] 王敏仲,魏文寿,杨莲梅,等.塔里木盆地一次东灌型沙尘暴环流动力结构分析[J].中国沙漠,2008,28(2):370-376.
- [24] 张家宝.新疆短期天气预报指导手册[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1986.

Analysis of a Strong Sandstorm along Tianshan Mountains of Northern Xinjiang in Spring 2015

MIN Yue¹, LI Na¹, TANG Hao^{1,2}

(1.Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China; 2.Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China)

Abstract Based on NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ reanalysis data and the conventional observation data, the sandstorm happened along Tianshan Mountains of Northern Xinjiang on April 27th, 2015 was analyzed. The results showed that the low trough composed by part of the Ural trough and the Central Asia trough was the effect system of the sandstorm, and the cold front directly initiated it. The extremely high temperature, less rainfall, and the spring sowing period provided rich sand-dust sources. The cold convection from 700 hPa to 400 hPa increased the thermal instability. Then the uplift of the potential pseudo-equivalent temperature zone helped the release of the unstable energy. Besides, the enhancement of westerly jet on 300 hPa and the rapid movement of northwest jet on low-altitude both provided plenty of power for the sandstorm. Then the increasing horizontal wind velocity and the local ascending motion enhanced the air turbulence, which promoted the emergence of the sandstorm. The analysis showed that sandstorm occurred in the northwest wind zone back of the cold front, at the front of ΔP_3 center, at the front of 850 hPa strongest cold convection, and in the 850 hPa strongest ascending motion. In addition, the conditions that ΔP_3 greater than 10.0 hPa and the horizontal helicity value less than $-300 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ predicted the occurrence of a strong sandstorm.

Key words sandstorm; cold front; physical characteristics