

2006年西北地区一次强沙尘暴天气的成因

成秀萍, 李元锦

(海西州气象台, 青海德令哈 817000)

摘要:综合分析2006年4月9~11日发生在南疆、青海、甘肃、宁夏、内蒙古等省(区)的一次强沙尘暴天气,指出这次沙尘暴是西方路径强冷空气引发的,冷锋后大风沙尘暴天气过程;斜压槽及强锋区是激发沙尘暴发生、发展的重要天气系统;前期持续增温为沙尘暴的发生提供了有利的热力条件;高空急流对沙尘暴的发生起到重要作用,而强沙尘暴发生在高空急流的右侧;特殊的地形及地表状况为沙尘暴形成提供了有利的地理环境。

关键词:天气学;强冷空气;斜压槽;强沙尘暴;西北地区

中图分类号:P44

文献标识码:B

文章编号:1007-6190(2009)02-0040-03

沙尘暴是由于强风将地面大量尘沙吹起,使空气混浊,水平能见度(vis) $<1\text{ km}$ 的一种天气现象,沙尘暴分为一般沙尘暴、强沙尘暴和特强沙尘暴(即黑风暴)。黑风暴($vis \leq 50\text{ m}$)是一种猛烈的灾害性天气,可造成房屋倒塌,电力设施破坏,引起火灾和交通事故,影响航空安全,甚至引起人畜伤亡等严重灾害。沙尘暴天气是在特定的地理环境和下垫面条件下,由特定的大尺度环流背景和某种天气系统发展所诱发的一种小概率、大危害的灾害性天气^[1]。沙尘暴多发区主要位于沙漠、沙地和干燥的沙质地表,中亚、北美、中非及澳大利亚是世界4大沙尘暴区,我国西北及内蒙古中西部地区是中亚沙尘暴区的一部分。自20世纪50年代以来,西北地区沙尘暴日数呈减少趋势,但其中强沙尘暴日数在不断增加。本文对2006年4月9~11日,发生在南疆、青海、甘肃、宁夏、内蒙古等省(区)的一次强沙尘暴天气进行了综合分析,探讨其形成的原因。

1 天气概况

近年来由于春季西北地区干旱、少雨,大风、沙尘暴发生频繁,4月9~11日出现了2006年最强的一次大风沙尘暴天气。南疆、青海、甘肃、宁夏、内蒙古等省(区)风力达8级以上, vis 普遍低于300 m。沙尘暴强中心位于南疆、柴达木、河西走廊和内蒙古西北部。南疆的民丰、且末、吐鲁番、诺木洪等地的 vis_{min} 接近0.0 m。沙尘暴覆盖了 $36^{\circ} \sim 44^{\circ}\text{N}, 82^{\circ} \sim 108^{\circ}\text{E}$ 范围内的大部分区域。强沙尘暴9日20:00西起南疆的莎车,经和田、民丰、若羌,以平均 $100 \sim 130\text{ km/h}$ 的速度向东推移,在翻越阿尔金山时速度减慢,至10日10:02到达冷湖。10日06:00~17:00先后到达甘肃省河西5市及白银市、兰州市。其中鼎新等7站出现强沙尘暴, vis_{min} 仅为100 m,瞬间极大风速(v_{max})达 28.9 m/s 。20:00后,甘肃、宁夏、蒙古的沙尘暴逐渐减弱东移。进入柴达木盆地的强沙尘暴在11日02:00左右达到最强,其中诺木洪 vis_{min} 达到0.0 m,瞬时 v_{max} 为 22.6 m/s ^[2]。随着沙尘的向东南扩散,西北地区大部分地方均出现浮尘、扬沙天气。强沙尘暴给南疆、甘肃、青海等省(区)的工农业生产、交通运输带来极大影响^[3]。

2 沙尘暴的天气成因

2.1 高空环流特点及影响系统

2006年4月上旬500 hPa新地岛以南,西西伯利亚-贝加尔湖有一冷低压,其底部不断分裂冷空气东移南下,欧亚中高纬度多中波槽脊活动,我国西北地区处在西西北气流中。而在 50°N 以北地区维持一强锋区。8日锋区加强南压,低压中心有 $-44\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷中心配合,乌拉尔山高压脊迅速发展,脊前形成一支 $v \geq 20\text{ m/s}$ 的北西北强风带,北部冷空气沿脊前快速南下,9日08:00(图1)冷槽移至巴尔喀什湖,温度槽落后于高度槽,北疆至蒙古高原为冷平流和强风带控制,高空强风中心达 44 m/s 。对应700和850 hPa,9日20:00低槽位置偏东,冷温槽位于巴尔喀什湖,明显落后于高度槽,等高线和等温线交角几乎达 90° ,形成强力管。强锋区西端南压至 40°N 附近,东段位于贝加尔湖附近,呈西南-东北走向。强锋区在850~500 hPa高度上,越到低层锋区越强。10日08:00,低槽开始进入北疆,锋区进一步增强,在500 hPa高度上低槽前后变高(ΔH_{24})达 29 dagpm ,冷槽底部在天山北侧至河西走廊形成一支 $v > 20\text{ m/s}$ 的强西北风带,强冷平流向南疆及内蒙古地区输送^[4]。南疆、青海、甘肃及蒙古地区,从低层至高层为一暖中心所控制,地面增温强烈, $\Delta t_{24\text{ h}}$ 达 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$,柴达木盆地 $\Delta t_{24\text{ h}}$ 为 $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。500 hPa低槽与锋区南压至南疆、青海及河西走廊,槽后出现 $-44\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷中心,冷中心也随之南压加强,高空强风中心达 40 m/s 。

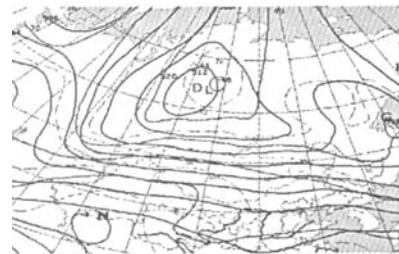


图1 2006年4月9日08:00的500 hPa高度图

2.2 地面形势分析

2.2.1 地面冷高压及其冷锋 这次强沙尘暴属于西方路径强冷空气引发的锋后大风沙尘暴,冷空气源于附近的北冰洋面上。4月8日,当新地岛冷空气沿乌拉尔山脊南下加深时,西西伯利亚冷高压形成并东移南压,其前部的地面冷锋位于巴尔喀什湖附近^[5]。9日08:00冷空气东移加强,中心达1033.6 hPa,地面冷锋移至北疆西部。20:00冷高压中心在70°E,53°N,强度为1035.7 hPa,其前部冷锋迅速东南下,进入北疆沿天山一线,冷锋后气压梯度开始加大,Δp_{3h}达7.5 hPa,Δp_{24h}达22 hPa,北疆大部分地区出现大风天气。10日05:00,冷高压继续东移南压并加强,位于巴湖高压中心强度达1040.6 hPa,高压前锋快速东南下至乌鲁木齐,强度达1034 hPa,冷空气翻越天山进入内蒙古西部及南疆,冷锋位于昆仑山、阿尔金山北侧,南疆且末的Δp_{3h}达6.7 hPa,冷锋所经之处出现大风、沙尘暴天气,南疆大部分地区均出现强沙尘暴(图2),其中民丰的vis为0.0 m。河西走廊及内蒙古西部出现浮尘、扬沙及沙尘暴。20:00冷空气在南疆堆积并入侵柴达木盆地,冷湖随之出现强沙尘暴;23:00冷高压东移加强并分裂为2个中心,北部中心强度达1042.7 hPa,南部中心强度达1044.1 hPa。11日02:00柴达木盆地随着冷空气的入侵,大部分地区出现大风、沙尘暴,诺木洪瞬时v_{max}为23 m/s,vis_{min}为0.0 m;05:00冷锋东移,大风沙尘暴天气结束。

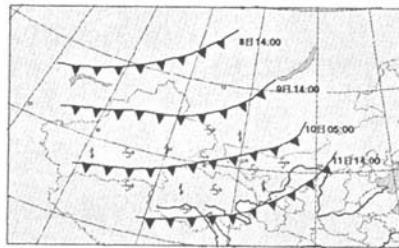


图2 2006年4月8~11日地面冷锋动态

2.2.2 地面南疆至蒙古低压的形成和发展 南疆及蒙古低压强烈发展是造成这次沙尘暴的重要地面天气系统。8日20:00南疆至蒙古高原各有一低压中心形成,位于南疆及藏北的低压中心强度为993.5 hPa,蒙古的低压中心强度为999.5 hPa,随着冷锋东移至天山及蒙古西部,锋前动力和平流减压均显著。9日17:00,南疆及藏北的的低压区Δp_{3h}为-4.0 hPa,14:00蒙古的Δp_{3h}为-12.1 hPa,出现大片负变压区,低压中心为980.0 hPa,柴达木盆地的低压也不断加强。10日08:00诺木洪的Δp_{24h}达-13 hPa,说明低压加深,气压梯度增强^[6],与此同时,位于蒙古国西侧的冷锋快速东移南压,低压区也随之东移至内蒙古东部,冷锋后,南疆、蒙古西部及甘肃随之出现大风和强沙尘暴区。

2.3 高空急流与沙尘暴落区

沙尘暴期间,高空急流对沙尘暴的发生发展起到重要作用。250 hPa高空有一支强风速带,气流位于40°~53°N,急流轴线呈西南-东北向,急流中心v_{max}达74 m/s

(图3),随西风急流的移动,9、10、11日均出现了沙尘暴区。沙尘暴出现在250 hPa高空急流附近的35 m/s等风速线所包围的区域内,强沙尘暴(vis<200 m)位于250 hPa急流中心的右侧2~5个纬距内,这与风的垂直切变增加,热力的间接环流发展有着直接关系。11日20:00随着急流的东移减弱沙尘暴消失。因此可以认为,发生大风沙尘暴时,对流层中上部有一支较强的西风急流,沙尘暴区位于300 hPa以上v>25 m/s等风速线包围区内,而强沙尘暴中心发生在250 hPa急流的右侧。



图3 2006年4月9日20:00的250 hPa全风速场(单位:m/s)

2.4 气象要素变化和不稳定能量的释放

2.4.1 单站气象要素变化 沙尘暴随地面冷锋自西向东迅速推移,冷锋过境前后气象要素变化强烈,冷锋前部温度高、气压低、空气干燥、天气晴朗,冷锋一到,气象要素发生跳跃变化。由若羌沙尘暴前后气象要素变化曲线可以看出,沙尘暴发生前期温度一直呈上升趋势,9日17:00的t_{max}达30.5 °C,p_{本站}降至984.0 hPa;沙尘暴出现后,10日17:00的t_{max}下降为3.2 °C,Δt_{24h}达-27 °C,p_{本站}升为1017.5 hPa,Δp_{24h}为25 hPa。前期的升温降压和晴朗干燥的大气为沙尘暴的形成积蓄了热能^[7]。

2.4.2 垂直速度场 分析500~300 hPa垂直速度场(图4)可知,沙尘暴区均位于上升运动区。而在700~300 hPa的温度变化均反映为前期低层增温强烈,高层升得不明显,不断积蓄热能,在沙尘暴区上空形成不稳定大气层结。因此,冷锋过境,扰动加强,触发不稳定能量释放,顿时狂风大作,沙尘四起,出现强沙尘暴。

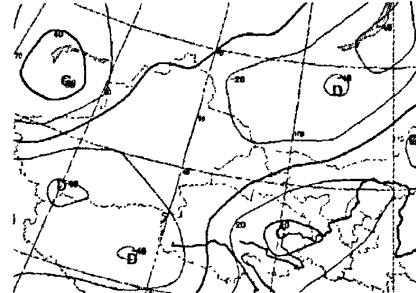


图4 2006年4月9日20:00的500 hPa垂直速度场(单位:m/s)

2.5 地形地表与沙尘暴

沙尘暴的发生除了热力和动力因素外,有利的地形和丰富的沙尘源对沙尘暴的影响也十分重要。河西走廊呈西北-东南向,地形狭长且长达1100多km,其南有祁连山、阿尔金山,北边有马鬃山、合黎山、龙首山,南北山之

间形成较窄的狭管。当冷空气经过时,地形引起的狭管效应^[8],使风力明显加大,而南疆、柴达木盆地及内蒙古属于沙漠及荒漠戈壁地表,出现大风时容易扬沙起尘,为沙尘暴提供丰富的沙尘源。可见,狭管地形和特殊的沙漠地表为沙尘暴形成提供了极为有利的地质条件。

3 小结

1) 这是一次西方路径强冷空气引发的冷锋后大风沙尘暴天气过程;不断加强的西西伯利亚低压槽和地面冷锋入侵是沙尘暴爆发的重要动力机制。

2) 斜压槽及强锋区是激发沙尘暴发生、发展的重要天气系统;前期持续增温为沙尘暴的发生提供了有利的热力条件。

3) 高空急流对沙尘暴的发生起到重要作用,而强沙尘暴则发生在高空急流的右侧。

4) 特殊的狭管地形和沙漠地表状况为沙尘暴形成提供了有利的地理环境。

参考文献:

- [1] 中国气象局预测减灾司. 沙尘暴监测预警服务研究[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 73.
- [2] 周伟隆, 陈往溪, 肖巍. 粤东海南冷空气强风的统计分析与预报[J]. 广东气象, 2005, 27(4): 20~22.
- [3] 陈新光, 潘蔚娟, 张江勇, 等. 气候变暖显著使广州极端气候事件增多[J]. 广东气象, 2007, 29(2): 24~25.
- [4] 罗晓丹. 清远市一次强对流天气过程分析[J]. 广东气象, 2005, 27(3): 14~15.
- [5] 陈吟晖. 一次寒潮的分析及冬季强冷空气预报[J]. 广东气象, 2001, 23(1): 8~10.
- [6] 韩金元, 陈惠芳. 应用地面气压差预报冷空气对顺德的影响[J]. 广东气象, 2007, 29(1): 39.
- [7] 曾琼, 谢炯光. 广东省寒潮、强冷空气的气候特征及与ENSO的关系[J]. 广东气象, 2003, 25(1): 10~12.
- [8] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 1992: 303~307.

(上接第33页)

5 三类不同程度寒冷天气年平均日数分布

由寒冷预警信号的发布规定可知,图6代表了3类不同程度的寒冷天气日数在广东省的分布状况。黄色和橙色预警信号代表的寒冷天气在广东各地均可出现,广东省黄色信号代表的寒冷天气为1.9~3.8 d/年,自西北部往南直至沿海地区的带状区域,平均每年出现的黄色信

号寒冷天气日数多于其他地区,为3~4 d/年;广东省橙色信号寒冷天气为0.1~2.9 d/年,最多的北部比最少的南部多2~3 d/年;红色信号寒冷天气仅可能出现在北部以及中部的部分地区,平均每年不到1 d/年,连山是出现最多的地区,为0.7 d/年,南部沿海地区几乎未出现过红色寒冷信号所代表的严寒天气。



图6 广东黄色(a)、橙色(b)和红色(c)预警信号代表的寒冷天气平均每年日数分布

6 结论

广东省寒冷预警信号代表的寒冷天气秋、冬、春3季可在全省范围出现,一次寒冷信号过程持续时间可长达2个多月。寒冷天气的发生是从北向南发展的,北部的降温幅度和极端最低气温程度都甚于南部。黄色信号代表的寒冷天气比代表极端寒冷天气的橙色、红色信号的寒冷天气出现更频繁,其随年代的变化趋势不明显,而橙色、红色信号代表的寒冷天气出现的频率随年代的推移有减少的趋势。

参考文献:

- [1] 潘嘉念. 广东省农业气象灾害及其防灾减灾对策[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 81~84, 325~327, 334~339.
- [2] 林良勋. 广东省天气预报技术手册[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 24~26.
- [3] 钱光明. 广东省气候业务技术手册[M]. 北京: 气象出版社, 2008: 64, 70~72.
- [4] 罗晓玲, 张勇, 汤海燕, 等. 冬季寒潮对广东种养业的严重影响及其对策[J]. 自然灾害学报, 2001, 10(1): 107~108.
- [5] 黄珍珠, 杜亮东, 潘蔚娟, 等. 2008年广东罕见寒冷灾害的特点、影响及防灾减灾对策[J]. 广东气象, 2008, 30(1): 8~11.
- [6] 郭全成. 广东省2008年第1季度气候综述[J]. 广东气象, 2008, 30(3): 32.
- [7] 黄大文. 广东寒潮的分析和预报[J]. 广东气象, 1995, 17(4): 2~3.
- [8] 曾琼, 谢炯光. 广东省寒潮、强冷空气的气候特征及与ENSO的关系[J]. 广东气象, 2003, 25(1): 7~8.