

吐鲁番地区一次强沙尘暴天气分析

郑乐娟, 张慧琴, 伽帕尔·阿不都热合曼, 张宏新

(吐鲁番地区气象局, 新疆 吐鲁番 838000)

摘要: 对 2001 年 4 月 7~8 日发生在吐鲁番地区的强沙尘暴天气进行了天气成因分析。分析表明, 此次天气是由乌拉尔山南下的强冷空气沿偏北路径引发的。前期持续增温和槽前暖平流为沙尘暴天气的发生提供了有利的热力条件; 高空槽前强烈的正涡度平流为沙尘暴天气提供了动力条件; 干暖舌的形成和维持对沙尘暴天气的发生、强弱及持续有较好的指示性; 高空急流的振荡合并导致对流层中、下层锋区加强和大气层结不稳定, 为沙尘暴天气的产生提供了有利的大尺度环流背景; 吐鲁番盆地特殊的地形, 为沙尘暴天气的形成和加强起到了推波助澜的作用; 盆地土质疏松、含沙量大、植被稀少的地表则为沙尘暴天气的形成提供了有利的地理环境。

关键词: 沙尘暴; 干暖舌; 高空急流

中图分类号:P458.3

文献标识码:B

文章编号:1002-0799(2002)03-0016-02

Analysis of a Strong Sandstorm in Turpan Area

ZHENG Le-juan, ZHANG Hui-qin, JAPAR·Abdurahman, ZHANG Hong-xin

(Turpan Meteorological Bureau, Turpan 838000, China)

Abstract: A strong sandstorm weather process occurred from 7th to 8th on April 2001 in Turpan area. The analysis shows that the event was caused by the leaning north strong cold from the south of the Ural mountain. Temperature rising and warm air current were the favorable thermal condition to lead to the strong sandstorm. The development and persistence of dry warmer sector was the index of its occurrence. The oscillation and combination of upper air jet intensified the front in the middle and low troposphere and the unsteady atmospheric levels which provided a favorable large-scale circulation background. The special topography in Turpan's basin played an important role to form and strengthen the sandstorm. The ground surface which has the loosen loam, a lot of sand and rare plants were provided a favorable condition geographically.

Key words: strong sandstorm; dry-warm sector; atmospheric circulation

沙尘暴是指强风将地表面上大量的沙尘吹起扬至空中, 致使空气极度混浊, 地面水平能见度降低到 1km 以下的灾害性天气(见表 1)。

表 1 沙尘暴天气强度与地面能见度等级划分标准

能见度		风力(级)	沙尘暴强度
等 级	能见距离(m)		
0	<50	9	特强
1	50~200	8	强
2	200~500	6~7	中等
3	500~1000	5	轻

1 天气概况

2001 年春季, 吐鲁番地区干旱少雨, 4 月份冷空气活动频繁, 致使沙尘暴天气频频光顾。4 月 7~8 日是最强的一次沙尘暴天气。由于受乌拉尔山南下的强冷空气影响, 吐鲁番地

区自西向东相继出现灾害性大风、强沙尘暴天气, 吐、鄯城区最大风力 7~8 级, 托克逊及吐、鄯风口风线风力达 9~10 级(瞬间最大风速达 31m/s)。沙尘暴最强时, 水平能见度不足 100m。随着沙尘暴的向东扩散, 吐、鄯、托均出现了浓浮尘, 给吐鲁番地区的工农牧业生产、交通运输等都造成极大的危害。据统计, 小麦受灾面积 639.96hm², 棉花受灾面积 331hm²(绝收 245.73hm²), 葡萄受灾面积 2697.47hm²(绝收 515.17hm²), 沙埋幼林面积 190hm², 沙埋干渠 59.5km, 支斗渠 121km, 一条坎儿井被毁, 风沙埋没县乡公路 2.8km, 200 多个客运班次停运, 100 多辆汽车挡风玻璃被毁, 兰新铁路中断近 40h。仅吐鲁番地区直接经济损失高达 5792.22 万元。

2 高空环流特点及影响系统

分析 2001 年 4 月北半球 500hPa 高空图(图略)可知, 与常年相比, 乌拉尔山脊的强度明显偏强, 其高度距平为 +80gpm, 这样与亚洲北部偏强的极涡配合, 使得月内亚洲中北部锋区加强, 极地冷空气沿脊前西北气流南下影响新疆, 这也是月内吐鲁番地区冷空气活动频繁的主要原因。

4 月 6 日 08 时 500hPa 高空, 脊前沿偏北气流东移南下的冷空气不断得到从新地岛南下的冷空气的补充, 在乌拉尔山

收稿日期:2002-01-08;修回日期:2002-03-11

作者简介: 郑乐娟(1964-), 女, 浙江嘉兴人, 工程师, 从事气象预报业务与研究工作。

南侧堆积,形成深厚的低压槽和强锋区。7日08时,冷空气再度加强,使得中亚至乌拉尔山的高压脊迅速发展,西西伯利亚低槽主体加强东移南下到北疆西部,锋区进一步增强,低槽附近出现 -150gpm 的 ΔH_{24} 中心,新疆北部处于强偏北风带中,冷槽底部在天山附近形成一支风速 $>22\text{m/s}$ 的强西北风带。对应700hPa高空,锋区位于天山附近,槽后有大片降温区,槽前为升温区, ΔT_2 中心达 6°C ,7日20时500hPa高空低槽与锋区再度加强,并明显南压到吐鲁番盆地,低槽前后正负 ΔH_{24} 差达 340gpm ,同时,槽后在阿勒泰北侧出现一个 -40°C 的冷中心,高空强风中心风速由 34m/s 增强到 44m/s 。在700hPa高空槽后出现一个 -24°C 的冷中心,8日08时500hPa高空锋区开始明显减弱南下(冷中心减弱至 -36°C)。环流形势演变中,北支锋区及强风带不断增强南压影响吐鲁番地区。

3 冷空气源地及地面触发机制

这次强沙尘暴天气属于偏北路径强冷空气引发的锋后西北大风、强沙尘暴,冷空气源于新地岛以北的冰洋气团。4月6日20时,新地岛冷空气沿乌拉尔山高压脊前偏北气流南下加深时,在乌拉尔山附近形成冷高压,高压中心强度为1035hPa,其前部的地面冷锋位于巴尔喀什湖附近。7日08时,冷高压东移加强,中心强度达1042.5hPa,地面冷锋移至北疆西部,阿拉山口出现 37m/s 西北风。14~20时,冷高压继续东移,其前部的地面冷锋迅速南下,进入北疆沿天山一带,冷锋前后气压梯度开始加大,吐鲁番本站气压降至1006hPa, ΔP_1 为 -2.2hPa , ΔP_{24} 为 -14hPa ,与高压中心压差高达 36hPa 。冷锋翻越天山,进入吐鲁番盆地迅速加强,冷锋附近 ΔP_3 差为 3.4hPa 。冷锋所经之处出现沙尘暴。8日08~20时,地面冷高压及其冷锋开始减弱并快速东移到哈密,吐鲁番地区结束了沙尘暴天气。

4 干暖舌与沙尘暴

通过对2001年4月7~8日的湿度变化分析可以看出(见表2),7日02~14时,吐鲁番盆地是一个露点温度 $>-10^\circ\text{C}$ 的相对较湿的地区,14时后露点温度迅速下降,在8日8~14时达最低,吐、鄯、托分别下降到 -46.3°C 、 -22.8°C 、 -23.3°C ,整个吐鲁番盆地变成了一个露点温度低于 -20°C 的干区,吐鲁番市是一个 -46.3°C 的干中心。露点温度的变幅是火焰山以南的吐、托最大,火焰山以北的鄯善次之。表现在天气上,吐、托均为强沙尘暴(瞬间达特强)、持续久,鄯善为中度沙尘暴,持续短,沙尘暴天气的强弱落区和持续时间与干区分布、维持十分一致。由此可见,除了冷锋的影响外,干区的存在、强弱及维持对沙尘暴天气有较好的指示性。

表2 2001年4月7~8日吐鲁番地区露点温度(单位: $^\circ\text{C}$)

时间	7日				8日			
	02时	08时	14时	20时	02时	08时	14时	20时
山南	吐鲁番	-1.9	-6.4	-4.7	-16.0	-14.8	-25.6	-46.3
	托克逊	-2.0	-2.5	-9.1	-21.5	-18.0	-15.7	-23.3
山北 鄯 善	-8.6	-8.8	-9.9	-16.9	-22.5	-22.8	-19.3	-17.7

5 气象要素变化和不稳定能量的释放

沙尘暴天气随地面冷锋东移,冷锋过境前后气象要素变化剧烈。冷锋前部温度高、气压低、空气干燥,冷锋一到,气象要素发生跳跃性变化。沙尘暴发生前期,吐鲁番温度一直维持偏高,临近沙尘暴发生时(7日14时)温度升至 19°C ,本站气压最低值降至1000hPa, ΔP_{24} 为 -14hPa , ΔP_3 为 -2.2hPa ,相对湿度下降到13%(8日降到1%),盆地空气暖而干燥。冷锋过境,风速迅猛增大,吐市城区瞬间最大风速达 24m/s ,风口托克逊达 31m/s ,水平能见度不足100m。气压迅速回升,8日08时 ΔP_1 为 5.8hPa , ΔP_{24} 为 15.0hPa ,20时 ΔP_{24} 达 25.0hPa 。与此同时,气温急剧下降,7日20时, ΔT_{24} 为 -10.0°C ,8日14时 ΔT_{24} 为 -8.0°C 。前期高温、降压和干燥的大气为沙尘暴天气的形成积蓄了热能。从吐鲁番地面到高空各层温度变化可看出,7日14时以前整层持续增温显著,低层增温强于高层,热能不断得到积蓄。到14时300hPa开始降温,低层仍在增温,因而,在吐鲁番盆地形成一个下暖上冷的不稳定大气层结。因此冷锋过境时,扰动加强,触发不稳定能量大量释放,顿时狂风大作,黄沙飞舞,出现沙尘暴天气。不稳定的空气状况是重要的局地热力条件,也是形成沙尘暴天气的内在动力。

6 高空急流的振荡合并对沙尘暴的作用

分析300~200hPa高空形势(图略)可知,沙尘暴出现前,在 60°N 附近有一支较强的极锋急流,这支偏北急流由北欧分别经乌拉尔山、西西伯利亚进入新疆北部,与从 35°N 附近北上的副热带急流在巴尔喀什湖西侧汇合,形成一支风速达 $24\sim64\text{m/s}$ 的西风急流。急流合并后东移南下加强,急流以下的风速加大。急流的这种振荡合并使得:(1)对流层中、下层500hPa和700hPa锋区明显加强;(2)大气层结不稳定。吐、鄯、托各层的温度变化均可以反映出低层增温强烈,而高层先降温的特点。在沙尘暴发生区上空形成下暖上冷的不稳定大气层结。从吐鲁番上游高空风随时间变化中也能得到解释:高空急流加强,吐鲁番等风速线自急流中心不断向下伸展,动量下传,下层西风急流加大,7日08时500hPa风速加大到 22m/s ,对流层锋区加速东移,高层先降温,不仅有利于形成不稳定大气层结,上升运动加强,而且引起地面减压,有利于地面低压发展。可见,高空急流的振荡合并为沙尘暴的产生提供了有利的大尺度环流背景。

7 涡度变化与沙尘暴

从2001年4月5~6日08时500hPa涡度图(图略)上可以看出,吐鲁番盆地上空为高空槽前强烈的正涡度平流,且槽前为暖平流区,有较强的正涡度。高空槽前强烈的正涡度平流提供动力条件,加之槽前暖平流提供热力条件,造成地面系统的迅速减压,与不断增强的高压中心压差急剧增大(6日20时为21hPa,7日08时为33hPa,7日14时为36hPa),形成西北高东南低的气压场,气压梯度迅速增大,大风区与沙尘暴区也随着气压梯度力方向自西北向东南移动,在北疆风口阿拉山口起风后十几小时,吐鲁番盆地也相继出现大风、沙尘暴天气。可见,正是由于高空槽前强烈的正涡度平流(下转第30页)

地膜、林果业、房屋等受损严重，部分地区引起火灾，给当地农牧业生产和人民生活造成重大经济损失。

4月份，冷空气活动频繁且强度大，强天气主要出现在4月中下旬。4月份共有5场中弱以上的天气过程影响我区，其出现的时间和强度分别为4月3~5日、12~14日偏北、偏东地区中强天气，4月18~22日的中度偏强天气，4月24~26日伊犁、博州大降水以及4月27日至5月1日中度天气过程。上述天气过程使全疆大部地区多次遭受严重的大风、风沙、冰雹、大降水和低温霜冻危害，部分地区出现了50年来最强的暴雨天气，给全疆的农牧业生产造成了损失。其中4月3~5日、12~14日的中度天气过程以大风、降温为主，塔城、吐鲁番、巴州、哈密、乌鲁木齐、喀什等地农牧业、林果业遭受了严重损失。4月18~22日和24~26日的天气过程以降水、降温和大风为主，受其影响，伊犁河谷各县市遭受严重的暴雨袭击，农牧业、林果业、房屋严重

受损。同时南疆巴州的部分地区出现了冰雹和中度降水，对农作物造成了一定危害。

4 开春期

2002年北疆大部分地区开春期出现在3月第3~4候，较常年偏早1~2候；其中塔城在3月第二候开春，比常年偏早3候，伊宁、博乐、精河比常年偏早2候，阿勒泰、乌苏、石河子比常年偏早1候；乌鲁木齐、奇台在第五候开春，接近常年。另外，南疆地区的焉耆是在3月第二候开春，接近常年。

5 终霜期

2002年终霜期，北疆西部以及北疆沿天山一带除乌鲁木齐、石河子、伊宁、新源偏早2~4d，其它地区偏晚2~8d；南疆库尔勒、阿克苏、喀什、和田偏早1~10d，其它地区偏晚1~8d。

6 两月气候对农牧业生产的影响

3月份全疆气温明显偏高，降水多且相对集中，日照十分充足。气象条件对冬麦生长、春麦的及早播种、出苗及牲畜转

场和产羔育幼有利。月内出现的风沙天气给农牧业生产造成一定影响。3月偏高的气温使南疆大部地区的杏树、梨树及柳树、杨树大部较常年提早5d以上开花，气象条件有利于其开花授粉。3月偏高的气温及较少的冷空气活动对牲畜转场和产羔育幼十分有利。

4月份，北疆降水偏多，对冬小麦和牧草的生长，春小麦、春玉米的播种出苗及幼苗生长有利。但4月数次出现的大风、风沙、暴雨、冰雹和低温冷害给农牧业、林果业造成重大损失，对牲畜转场及产羔育幼也造成一定影响。中下旬北疆西部、沿天山一带主要棉区气温偏低，降水异常偏多，土壤湿度过大，无法及时播种，致使大部棉区播种较常年偏晚10d左右。早播的棉花受低温阴雨天气影响出现烂种烂芽现象。南疆棉区4月份平均气温为11.7~18.3℃，大部棉区有2~16mm降水，大风较少，对棉花的生长有利，4月底大部棉区棉花已出苗，但部分棉区遭受暴雨、冰雹袭击。

(上接第17页)流提供动力条件，加大了空气运动的原动力——气压梯度力，从而形成了大风、沙尘暴天气。

8 地形与沙尘暴

吐鲁番盆地处于背风坡，且地势低洼，冷空气侵袭北疆后，翻越缺口中的高点乌鲁木齐达板城，沿白杨河向盆地下沉，易出现特强西北大风。冷空气翻山，使风速增大，这显然是一个干绝热过程。在无摩擦和干绝热的情况下， $k_2 = k_1 \cdot \frac{t^2}{t_1}$ $\frac{\partial p}{\partial t} dt$ (其中 k 为动能， α 为比容， p 为气压， t 为时间) 成立，此时， $\frac{\partial p}{\partial t} > 0, \Delta t > 0$ ，所以 $k_2 > k_1$ ，即气流沿斜坡下滑，位能减小动能增大，气流本身速度增大；同时，高空动量沿斜坡输送至近地面，因而，冷空气翻山后，不断得到加强，使近地面风速快速增大，从而对大风、沙尘暴天气的形成和加强起到了推波助澜的作用。火焰山以南的吐鲁番、托克逊地势最低，干热空气不易扩散，形成一个“热锅”，由于热力效应作用，沙尘暴天气强于地势相对较高的山北鄯善。

9 地表与沙尘暴

沙尘暴天气的发生必须满足3个条件：丰富的沙尘源、强风和强的层结不稳定。沙尘源的类型和表面硬度是决定起沙量的重要因素。吐鲁番盆地有表层含沙量大、土质疏松的土壤和广袤的沙丘，加之植被覆盖率低，出现大风时极易扬沙起尘。

10 小结

10.1 这是一次偏北路径冷空气引发的锋后西北大风、沙尘暴天气过程。不断增强的西西伯利亚低压槽和地面冷锋入侵

是沙尘暴天气爆发的重要动力机制。

10.2 前期持续增温、槽前暖平流及地面降压为沙尘暴天气的爆发提供了有利的热力条件。

10.3 干暖舌的形成和维持对沙尘暴天气的发生、强弱落区及持续有较好指示性。当有冷锋过境时，干暖区是沙尘暴发生的最有利环境和落区，沙尘暴形成、强弱及持续与干区分布、维持十分一致。

10.4 高空急流的振荡合并导致对流层中、下层锋区加强和大气层结不稳定加剧，为沙尘暴天气的产生提供了有利的大尺度环流背景。

10.5 高空槽前强烈的正涡度平流提供动力条件，加大了空气运动的原动力——气压梯度力，从而形成和加剧了沙尘暴天气。

10.6 吐鲁番盆地地形和“热锅”效应作用，对沙尘暴天气的形成和持续起到了推波助澜作用。

10.7 吐鲁番盆地含沙量大、土质疏松、表面硬度小的地表特征为沙尘暴的形成提供了极为有利的地理环境。

致谢：本文得到陈春艳高级工程师审阅和指导，特此致谢！

参考文献：

- [1] 徐建芬等. 2000年4月12日特强沙尘暴天气分析 [J]. 气象, 2001, 27(6): 22~26.
- [2] 刘震坤. 北方风沙肆虐南方阴雨连绵—2001年4月 [J]. 气象, 2001, 27(7): 59~61.
- [3] 张家宝等. 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.