

吐鲁番 2001 年 4 月 7~8 日特强沙尘暴天气分析

张新庆, 吴新玉, 张慧琴

(吐鲁番地区气象台, 新疆 吐鲁番 838000)

摘要:对吐鲁番 2001 年 4 月 7~8 日出现的特强沙尘暴天气进行了分析, 指出强锋区、地面冷锋是强沙尘暴形成的大尺度天气背景, 高空急流和槽前正涡度平流提供了动力条件, 低层强辐合上升运动和大气热力不稳定激发了沙尘暴的形成, 沙化的地表是形成这场沙尘暴的重要条件。

关键词:强沙尘暴; 强锋区; 低层辐合; 高空急流; 正涡度平流; 热力不稳定

中图分类号:P425.5

文献标识码:A

文章编号:1006-7639(2002)04-0004-04

2001 年 4 月 7 日 15 时许(北京时)位于吐鲁番境内的 312 国道 4 023~4 026km 路段强风突起、飞砂走石, 能见度迅速下降到几米以内, 致使 100 余辆汽车、361 人被困, 许多车辆被大风掀翻, 道路严重堵塞。当日 18 时 18min 吐鲁番市区的大风越刮越猛, 黄沙被卷到空中, 形成了一道高达几十米的风墙, 沙尘弥漫、遮天盖地。据观测, 吐鲁番市瞬间最大风速达 24m/s, 风向 NW, 大风引起的沙尘暴持续 2h17min(18 时 18min~20 时 35min), 沙尘暴最强时能见度不足 100m。处在风口风线的托克逊站测得瞬间最大风速达 31m/s, 风向 NW, 大风连续刮了近 40h(7 日 13 时 50min~9 日 6 时), 能见度 <400m, 大风后全地区气温普遍下降 8℃ 左右。这是吐鲁番地区近 10a 最强的一场沙尘暴, 强风和强沙尘暴覆盖了两县一市的大部分区域, 给全地区的农牧业生产、交通运输带来极大的影响, 鄯善等地又遭受严重的冻害, 造成全地区直接经济损失累积达 1.2 亿元。而这场特强沙尘暴造成严重的生态环境问题也受到了有关部门的普遍关注, 因此, 做好沙尘暴的准确预报, 对防灾减灾意义重大。

1 沙尘暴天气特征

1.1 天气概况

由大风区动态图和沙尘暴分布图(图略)看出, 4 月 7 日 8 时强风西起阿拉山口, 大风迅速向

东推进到克拉玛依, 两地的瞬间最大风速分别达 37m/s(风向 W), 14 时大风到达达板城和七角井, 达板城瞬间最大风速 28m/s(风向 NW), 七角井瞬间最大风速达 36m/s(风向 N), 14~20 时大风影响吐鲁托盆地、哈密及巴音布鲁克、巴仑台、库尔勒等地, 七角井、吐鲁番盆地、轮台先后出现了沙尘暴。

1.2 吐鲁番本站天气要素特征

由图 1 可知, (1)4 月 7 日冷锋入侵前, 08 时以后气温急剧上升, 14 时左右升到当日最高点, 气温和湿度陡然下降。(2)冷锋过境时, 气温迅速下降, 气压和湿度略有下降, 17 时气压降至最低点(1005hPa), 风速突然增大, 形成了沙尘暴。20 时

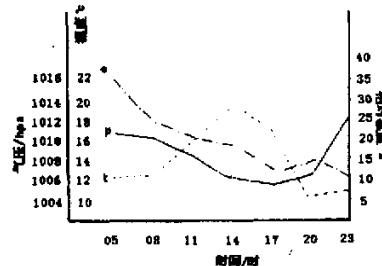


图 1 2001 年 4 月 7 日压温湿曲线图

收稿日期: 2002-08-26

作者简介: 张新庆(1964-), 女, 四川南川人, 工程师, 从事天气预报工作。

气温降至最低点，气压略有回升，此时大风和沙尘暴强度最大。(3)20~23时锋面移出，气压迅速回升，风速大减，沙尘暴很快结束。

从以上要素分析可以看出，沙尘暴产生于升温、降湿、冷暖空气剧烈对流、低压辐合上升运动较强的条件下。

2 沙尘暴成因分析

2.1 大尺度环流形势的演变特征

在500hPa图上(图略)，过程前期欧洲上空为脊控制，乌拉尔山到西西伯利亚为宽广的槽区。欧洲脊发展并缓慢东移，在高压脊的推动和脊前西北气流的输送下，极地不断有小股冷空气东移南下，使得环流经向度逐步加大，在脊前形成了一条很强的阶梯形的西北锋区。6日08时由新地岛南下的冷空气在中亚北侧堆积，6日20时随着槽脊系统的东移，乌拉尔山阻高形成，促使西西伯利亚低槽主体东移南下。7日08时环流经向度继续加大，锋区再度加强，吐鲁番上空为平均风速 $\geq 20\text{m/s}$ 的槽前西风气流控制，强西北气流扩展到 $80^{\circ}\text{E}, 40^{\circ}\text{N}$ ，北疆地区上空西风中心迅速增大到 42m/s 。形势演变中，强锋区加速向东南方向移动造成吐鲁番地区7~8日的强风和沙尘暴天气，9日08时低槽减弱东移。

在7日08时700hPa图上(图2)，锋区东移南压至北疆上空，温度槽明显落后于高度槽，槽后有一大片冷平流区。850hPa图上(图略)，北疆西部、北部形成较强的锋区，槽后有明显的冷平流。

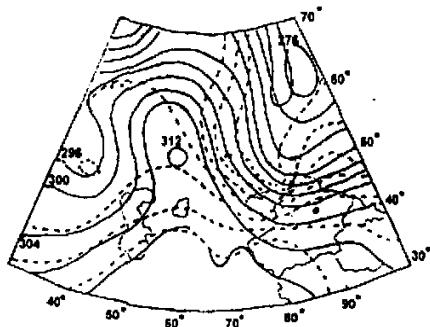


图2 2001年4月7日08时700hPa图
(实线表示等高线,虚线表示等温线)

从地面图(图略)可看出，6日20时新地岛的冷空气南下在乌拉尔山南端形成一地面冷高压，

中心气压 1035hPa ，7日08时地面冷高压中心增强至 1043hPa ，同时在高空气流的引导下，冷高压前部的冷空气迅速向东南方向推进，地面冷锋到达北疆西部、北部，造成阿拉山口及克拉玛依的强风，7日14时冷锋迅速南压到天山附近，同时南疆盆地的热低压迅速发展北上，促使冷锋前后气压梯度加大，锋后 ΔP_3 达 6hPa ， $-\Delta T_{24}$ 达 13°C ，锋后有一大片大风区。吐鲁番的海平面气压14时降至 1006hPa ，与仅相距 90km 的达板城气压差达 19hPa ，温度差达 22°C 。14时以后冷锋继续南压到天山南侧，吐鄯托盆地开始起风，冷锋过境前后风速突然增大，激发了沙尘暴的形成，冷锋过后风速大减，沙尘暴于7日20时35min结束。

2.2 低层辐合流场与沙尘暴

由7日地面及850hPa风场分布图知(图略)，地面图上由库尔勒到吐鲁番可分析出一条NE-SW向的风向切变线，同时吐鲁番至七角井另有一条NW-SE向的风向切变线。850hPa层上由库尔勒经吐鲁番到哈密附近也有一条准东西向的风向切变线，可见吐鲁番地区低层辐合非常明显。由各高度场的散度分布图知(图略)，地面到850hPa吐鲁番上空为强辐合区，辐合中心值约为 $-30 \times 10^{-5}\text{S}^{-1}$ ，而以上各层为辐散，这种低层辐合、高层辐散的垂直结构有利于吐鲁番盆地上升气流的发展，支持了沙尘在空中的悬浮，从而造成这场持续时间长、范围和强度都大的沙尘暴的发生。

2.3 热力不稳定与沙尘暴

由于吐鄯托盆地白天接受太阳光的照射，具有受热面积大但极不均匀的特点，因而升温迅速，湍流发展旺盛，容易引起上升气流，分析近10a吐鲁番市沙尘暴起始时间分布特征见表1，沙尘暴出现在白天(08~20时)的占78%，其中出现在午后到傍晚的占67%，充分说明了沙尘暴的产生与热力条件密切相关。4月7日沙尘暴出现前吐鲁番地面气压猛烈下降，08时、14时 $-\Delta P_{24}$ 均 $\geq 13\text{hPa}$ ，14时气压下降至 1006hPa ，气温升到 19.2°C (接近当日极值)，热低压的强烈发展为沙尘暴的产生积蓄了一定的热能。引用同纬度哈密站各

高度层变温(图略)可以看出,7日20时以前整层持续增温,且低层增温比高层显著,正变温最大达6℃,而7日20时300hPa开始降温,低层仍然增温,这与文献[1]是一致的。吐鲁番盆地高层先降温,形成了高层冷、低层暖的大气不稳定层结。因此,冷锋过境引起冷暖空气产生剧烈的对流,释放不稳定能量,风速突然加大,激发沙尘暴的产生。

表1 吐鲁番市沙尘暴起始时间分布特征

开始时间(h)	8~14	14~20	20~02
沙尘暴次数	1	6	2
百分率(%)	11	67	22

2.4 高空急流对沙尘暴的作用

分析4月6日20时及7日08时200hPa全风速图(图3)可看出,45~60°N,50~60°E有一支极锋急流由乌拉尔山经中亚东南下并与35°N以南东移北上的付热带急流在阿拉木图到新疆上空汇合,形成了NW—SE向的高空急流轴,急流合并后强度加强,中心风速迅速增大到48~60m/s(见图3),同时急流中心不断向下伸展,动量下传,使得对流层锋区加强,7日08时北疆上空500hPa西风风速迅速加大到42m/s。此时吐鲁番上空正好处在急流出口区的右侧有质量的辐合,左侧有质量的辐散,高空强辐散气流导致(1)地面猛烈减压,使得低层辐合运动随之加强,从而支持了浮尘空中悬浮,(2)对流层锋区的加速东移,使高层先降温,高层冷低层暖的垂直结构形成极不稳定的大气层结。由此可见,高空急流的加强和加速向东南方向扩展,为强风和沙尘暴的产生提供了大尺度背景。

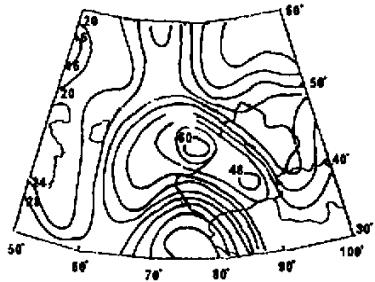


图3 2001年4月7日08时200hPa全风速图

2.5 正涡度平流对沙尘暴的作用

这场大风沙尘天气在冷空气入侵前,与以往不同的是冷空气的堆积时间短,究其原因主要是

因为槽前正涡度平流提供动力条件,槽前暖平流提供热力条件,造成地面强烈减压,热低压迅速发展。如图4所示,4月6日高空槽前的暖平流区有较强的正涡度平流($60 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$),7日08时正涡度加强到 $80 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,在其前移方向有强盛西北风向东南方向输送正涡度平流,为地面天气系统的强烈发展和加速东南移提供了动力条件。

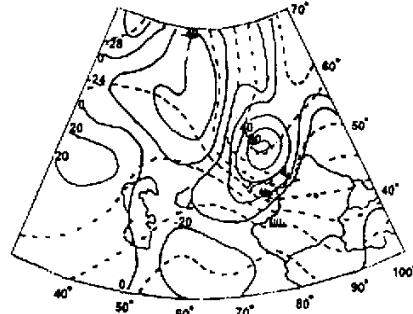


图4 2001年4月7日08时500hPa涡度与等温线图
(实线表示涡度线,虚线表示等温线)

2.6 地表与沙尘暴

文献[2]指出,沙尘暴的产生受动力因子,热力因子和沙源因子支配,而沙源因子的产生主要取决于植被覆盖土壤含沙量和土壤的干燥程度。吐鲁番盆地因干旱缺水,植被覆盖率低,地表除盆地边缘为砾石戈壁,大部分地区为沙壤土,土壤含沙量大,遇风容易起沙。近10a吐鲁番盆地的大风虽然有减少的趋势,但自1998年以来沙尘暴和浮尘天气出现的频率有增加的趋势见(表2),农田风蚀严重,土壤进一步沙化。而前期高温少雨持续干旱的气候使地表蒸发量大,土壤进一步变干,土质疏松。此外,由于缺乏水资源的综合管理,年年植树造林流于形式,乱砍、滥伐,疏于管理的现象突出,使林草面积减少,生态环境变得更加脆弱。这些诸多因素的累计结果,为这场强沙尘暴产生提供了大量的沙源。

表2 近10年托克逊站沙尘暴日数及
吐鲁番站浮尘日数统计

年站	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
托克逊	3	4	4	7	3	5	2	9	7	3
吐鲁番	1	1	1	1	0	0	3	12	3	2

3 结 论

- 3.1 高空不断加强的西北锋区和地面冷锋为这场沙尘暴的形成提供了大尺度的天气背景。
- 3.2 强盛西西北气流向东南方向输送正涡度平流为强沙尘暴的形成提供了动力条件。
- 3.3 高空急流迅速加强和加速东移南下为沙尘暴的形成提供了动力和热力条件。
- 3.4 热低压的迅速发展为沙尘暴的产生提供了热力不稳定条件,低层强辐合上升气流支持了浮

尘在空中悬浮,激发了沙尘暴的产生。

- 3.5 吐鲁番特殊的地表与生态环境的日趋恶化为沙尘暴的形成提供了物质条件。

参考文献:

- [1] 徐建芬,陶健红,杨民,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] 孙军,李泽椿.西北地区沙尘暴预报方法的初步研究[J].气象,2000,19(1):19-20.

An Analysis of Strong Sandstorm on 7~8th April 2001 in Turpan Area

ZHANG Xin-qing, WU Xin-yu, ZHANG Hui-qin

(Turpan Meteorological Bureau, Turpan Xinjiang 838000, China)

Abstract: A strong sandstrom weather process occured on April 2001 in Turpan area was analyzed. The results show that the strong frontal zone and cold front on the ground offered large-scale weather background for this event, upper jet stream and positive advection of vorticity were the favorable power condition. The strong ascending motion at low-level and thermal instability induced the sandstorm. The desertification of the earth's surface also was an important condition.

Key Words: strong sandstorm; strong frontal zone; low-level convergence; upper jet stream; positive advection of vorticity; thermal instability

欢迎订阅《甘肃气象》

《甘肃气象》是甘肃省气象局主办的综合性气象科技期刊。国内外公开发行并参与清华大学主办的《中国学术期刊(光盘版)》的出版发行。它为促进科技成果推广、提高业务建设水平、开展气象学术交流、推动气象事业发展服务。辟有专家特稿、研究综述、天气气候分析、农业气象、干旱气象、计算机应用、卫星应用、观测与仪器、气象服务、产业发展、工作研究、新技术讲座、科普之窗等栏目。实用性强,信息量大,适合各级气象工作者、各相关专业技术人员和大中专院校师生阅读参考。

《甘肃气象》为季刊,每期定价5.00元,全年20.00元。欢迎随时订阅,款汇至兰州东岗东路1234号《甘肃气象》编辑部(邮编:730020)。