

西北地区一次强沙尘暴天气的成因分析

殷雪莲

(张掖市气象局 甘肃 张掖 734000)

摘 要:对2001年4月8日发生在新疆、甘肃、青海、宁夏等地的一次强沙尘暴天气进行天气成因分析,表明:4月8日沙尘暴是西西伯利亚强冷空气南下引发的锋后西大风沙尘暴天气过程;南疆、蒙古地面热低压的发生为沙尘暴的发展提供了有利的动力和热力条件;高空西风急流加强南压,动量下传是此次沙尘暴发生的能量基础;2000年春季,西北地区干旱少雨,气温偏高,土层疏松,为沙尘暴天气爆发提供了丰富的沙尘源。

关键词:西北地区;强沙尘暴;成因分析

我国西北地区地处青藏高原的北侧,西邻中亚的干旱区,远离海洋,气候异常干燥,干旱是西北地区主要的气候特点,由于降水偏少,植被稀疏,沙漠戈壁众多,为沙尘暴的发生提供了大量的沙源。尤其2001年入春以来,西北地区出现了上世纪90年代以来少有的春旱,与历年同期相比,大部分地区降水偏少,气温偏高,沙尘暴天气时有发生,仅甘肃3月至5月就出现9次沙尘暴天气。4月8日西北地区发生的一次大范围强沙尘暴天气过程,持续时间长、波及范围广,为近年来所罕见,给当地工农业生产、交通运输及人民生活带来了极大危害,同时对生态环境造成了严重影响。

一、沙尘暴天气概况

2001年4月8日至9日沙尘暴是2001年西北地区发生的一次大范围沙尘暴天气,波及新疆、内蒙古中西部、甘肃、宁夏及陕西北部等地,风力普遍达7级以上,其中蒙古中西部风力达8级到9级,并伴有强沙尘暴。

6日,蒙古中西部受地面低压影响,先起沙尘暴。7日08时,冷空气东移南下,新疆东部风力突增,出现了大风沙尘暴天气,沙尘暴扩展到蒙古中西部及天山一带。7日20时开始,沙尘暴发展到最强,覆盖面积最广,到8日08时,南疆盆地、甘肃北部、巴丹吉林沙漠边缘及柴达木盆地北缘相继出现了大风沙尘暴天气,其中,南疆盆地与蒙古南部沙漠边缘为强沙尘暴区,风力达8级到9级,最低能见度在100m到400m之间。08时后,沙尘暴区逐渐向东移至河西西南部、宁夏和陕西北部及山西的部分地方,8日14时后河西及新疆东部产生降水,沙尘暴趋于减弱。8日20时,滞留于南疆的冷空气东移,使柴达木盆地北缘再起大风沙尘暴天气。9日,降水后的河西及南疆又起浮尘、扬沙天气,随冷空气东移,10日08时,浮尘天气逐渐消散。

二、高空环流特征

在欧亚500高空图上,4月上旬前期,中高纬度为两槽一脊型。东欧平原至乌拉尔山为一暖脊,其西侧冰岛以南有一冷槽,

西西伯利亚地区则为另一宽广的冷槽,我国西北地区处在西北气流中。4月6日,新地岛以北的冷气团南下,在西西伯利亚堆积,形成一东北—西南向的横槽。4月7日,冰岛冷空气加强东移,黑海一带暖平流促使乌山脊快速发展,致使经向度加大,脊前的偏北风随之加强,在西西伯利亚横槽内聚集。08时在巴尔喀什湖附近形成-40℃的冷中心,横槽底部分裂槽东移,槽前冷平流和正涡度平流促使槽的东南方产生负变高。7日20时,高空锋区加强南压,进入新疆北部,低槽前负的 ΔH_{24} 中心值达17dagpm,槽前后 ΔH_{24} 差达48dagpm,42°N~49°N、90°E~100°E内有5条等温线。对应700hpa上,阿勒泰出现了-23℃的强冷中心,北疆到河西中部有6条等温线, $\Delta T_{24} < -13℃$ 。8日08时(图1),锋区南压到新疆东部至河西西部,温度槽落后于高度槽,槽前温度场与高度场的交角变大。强冷空气翻越天山,灌入南疆盆地,东移中使甘肃、青海北部、宁夏、陕西等地出现了大风沙尘暴,强降温及降水天气。9日以后,低槽减弱东移,大风沙尘暴天气随之结束。

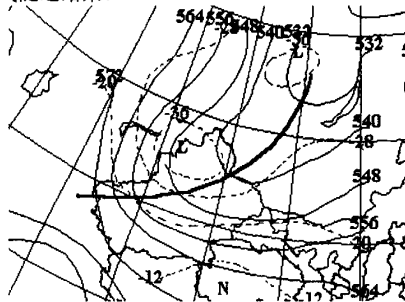


图1. 4月8日08时500hpa环流形势(...为等温线,-为等高线)

三、地面影响系统

(一)地面冷高压及其冷锋 过程前期新地岛以北的冷空气沿乌山脊南下加强时,西西伯利亚冷高压形成并东移,其前部的地面冷锋位于巴湖附近(图2)。7日08时,冷高压东移加强,中心值达1032hpa,地面冷锋移至新疆西北部,冷锋附近气压梯度加大,达7.0hpa/100km。7日14时,冷高压中心在国境线附近强度加强,其前部冷锋迅速东移南下,进入北疆沿天山一线。锋后51379站 ΔP_3 达10.2hpa,河西西部与天山北部 ΔP_3 差最大达12.2hpa,北疆部分地方出现了大风天气。7日20时,冷锋翻越天山,北段移速较快进入蒙古西部,南段移速缓慢位于天山南部,冷锋附近上升运动加强,锋后新疆东部至内蒙古中西部风力加大,锋区携带大量的沙尘,致使此区域出现了沙尘暴天气。8

日02时,锋面以近300km/h的速度快速东移南下,05时锋面已入河西走廊,冷锋附近 ΔP_3 差达7.0hpa,与此同时一部分冷空气从山东麓灌入南疆东部,并迅速影响柴达木盆地北缘,锋后 ΔP_3 达6.5hpa,南疆冷空气东移,青海北部随即出现了大风沙尘暴天气,能见度急剧下降。8日14时,锋面快速移至宁夏、甘肃南部。9日随冷空气及冷锋逐渐东移,各地沙尘暴大风天气结束。

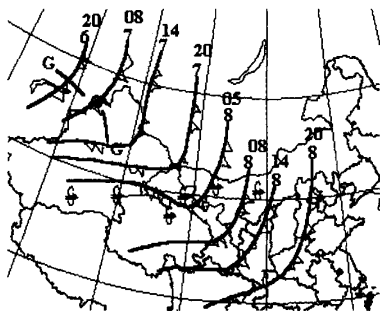


图2 4月7日至8日冷高压及冷锋动态图

(二)地面热低压 4月6日蒙古有一中心为987hpa的低压发展,受其影响,在 $39^{\circ}\text{N}\sim 43^{\circ}\text{N}$ 、 $107^{\circ}\text{E}\sim 117^{\circ}\text{E}$ 的范围内出现了大风沙尘暴区。7日在有利的高空形势下,南疆盆地又生成一地面热低压,7日20时,其中心值达951hpa,两低压东移中逐渐接近;锋面前部热低压和后部冷高压之间形成了北高南低的气压形势,气压梯度增强。8日05时,锋前南疆盆地受地面热低压控制,气旋性的热环流使南疆顿起浮尘、扬沙,东部出现沙尘暴天气并向东扩展。随后,两个低压中心东移合并并迅速东移至河套附近。其后冷锋东移到河西走廊中部,冷空气灌入南疆盆地,风速明显增大,同时升压降温,锋后 ΔP_3 达6.5hpa,出现了强沙尘暴。8日08时,锋前巴音毛道处于升温区,气温达 9°C ,气压下降至995hpa,与锋后额济纳旗的 ΔP_3 差达6.2hpa,温度高 11°C ,低压中心附近沙尘暴最强,持续时间也最长。由上可知,南疆、蒙古热低压形成使冷锋前后气压梯度加强,其中心强辐合上升运动支持沙尘在空中悬浮,从而造成持续时间长、强度大的沙尘暴天气。

四、动力诊断

(一)高空急流演变 分析300hpa至200hpa高空形势(图略),沙尘暴期间在 $52^{\circ}\text{N}\sim 60^{\circ}\text{N}$ 附近有一支强的极锋急流,这支西北急流经西西伯利亚进入新疆北部。7日500hpa上 $38^{\circ}\text{N}\sim 48^{\circ}\text{N}$ 风速达18m/s至42m/s。8日强风速带明显加强且南压,其中心强度也加强, $35^{\circ}\text{N}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 范围内风速增至24m/s至46m/s。河西高空风速达30m/s至36m/s。从张掖高空风随时间变化(图略)也能得到解释,高空急流加强,张掖等风速线自急流中心不断向下伸展能量下传,下层西风急流加大,8日08时500hpa风速加大到34m/s。同时,对流层中、下层500hpa和700hpa锋区明显加强。由此可见,高空西风急流对沙尘暴的发生发展起到了重要作用。

(二)垂直环流特征 在大风当日08时700hpa0小时垂直速度图上(图3), $32^{\circ}\text{N}\sim 42^{\circ}\text{N}$ 、 $88^{\circ}\text{E}\sim 95^{\circ}\text{E}$ 区域内和巴湖附近为下沉气流区, $30^{\circ}\text{N}\sim 43^{\circ}\text{N}$ 、 $76^{\circ}\text{E}\sim 88^{\circ}\text{E}$ 与 $36^{\circ}\text{N}\sim 55^{\circ}\text{N}$ 、 $96^{\circ}\text{E}\sim 110^{\circ}\text{E}$ 两区域为上升气流区,最大上升速度分别为

$-60\times 10^{-3}\text{pa/s}$ 和 $-40\times 10^{-3}\text{pa/s}$,当日锋区位于 $86^{\circ}\text{E}\sim 103^{\circ}\text{E}$,强上升运动区即为沙尘暴区。可见,冷锋前为上升运动,冷锋后为下沉运动,冷锋后的强下沉气流再次证明,导致沙尘暴天气的冷空气强大,它推动其前部暖气团强烈抬升,造成沙尘暴天气出现。

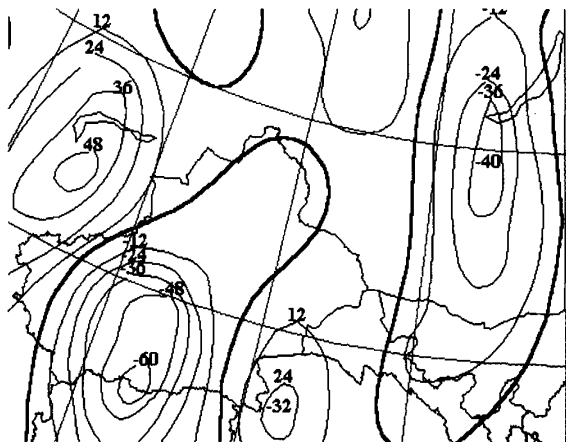


图3 4月8日08时700hpa0小时垂直速度

五、前期西北地区降水与温度状况

2000年下半年,我国西北地区大部出现了伏秋连旱,土壤墒情差,入冬(11月至12月)以来,西北地区降水依然稀少,尤其2001年1月至3月,内蒙古大部、甘肃中西部、青海西北部、南疆等地基本未出现雨雪天气,与常年同期相比,西北大部分地区降水偏少5成至9成,同时,2001年春季,西北部气温回升较快,1月至3月西北大部分地区月平均气温比常年同期偏高 $1^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$,使得干旱异常严重。以甘肃省为例,2000年冬季甘肃省气温偏高,降水稀少,尤其河西各地日平均气温偏高 $1^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$,2001年3月全省月平均气温在 $-0.5^{\circ}\text{C}\sim 12.1^{\circ}\text{C}$ 之间,与历年同期相比,大部气温偏高 $1^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$,其中河西地区最高温度和最低温度持续上升,幅度明显。降水除少数偏南地方正常外,其余大部降水比历年同期偏少48%~100%,其中河西中东部地区几乎全月无降水。这使本来墒情较差的土壤因得不到充足水分的补偿而失墒严重,异常干旱,造成地表疏松、植被稀少,加之河西特有的地形地貌,使沙尘源充足,当冷空气入侵时极易造成沙尘暴天气出现。

六、小结

500hpa环流形势由纬向环流向经向环流调整时,低槽东移形成斜压性很强的高空锋区,是触发沙尘暴的重要因素;冷锋过境时,气压梯度、变压梯度、温度梯度增大,出现偏西大风,辐合上升气流作用,将前期干燥的下垫面上的沙土卷到空中,造成沙尘暴天气;沙尘暴期间,动能主要来自高层急流中的动量下传;2001年入春以来,西北地区持续干旱少雨,气温偏高,气候异常,干旱明显,干土层较厚,沙源区植被稀少,地表裸露,导致沙尘暴天气频繁发生。

基金项目:受国家自然科学基金项目(40475031)“新一代天气雷达监测沙尘暴的能力和和方法研究”的资助。

(编辑 张顺全)