

西北地区“4.18”强沙尘暴、浮尘天气成因分析

许东蓓 杨 民 孙兰东 徐建芬

(兰州中心气象台,兰州 730020)

摘 要

本文对1998年4月18日到4月21日出现在中国西北地区的一次强沙尘暴、浮尘天气过程从天气事实、天气成因及动力诊断等方面进行了探讨分析。结果表明,西西伯利亚强冷空气迅速东移,在新疆西部上空形成强锋区,对应的地面冷锋东移至前期增暖显著的新疆、内蒙古、甘肃、宁夏等地的沙漠、戈壁特定的下垫面形成了本次大风、强沙尘暴、浮尘天气。本次强沙尘暴天气过程出现在基本稳定的大气层结中。由于冷空气主力以偏北东移为主,最强的沙尘暴区相应偏北。

关键词:西北地区 沙尘暴 成因分析

1 引言

西北地区处在欧亚大陆的内部,远离海洋,气候十分干燥。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。同时,西北地区风多风大,尤其在一些山隘、峡谷风口地带更是风力强,大风日数多。在春季,西北大部分地区干旱少雨,因而沙尘暴发生的频率为全年最高^[1,2]。

1998年4月18日至21日,在新疆、甘肃、宁夏、内蒙古等省区发生了一次大范围的大风、强沙尘暴、浮尘天气,并一直向东影响到我国河北省及东北三省的部分地方。这是整个西北区1998年强度最大、影响范围最广、持续时间最长的一次沙尘暴天气。与历年沙尘暴相比,本次过程在其发生发展以及影响范围、形成机制上有一定的独特性。

2 天气事实

4月18日以前,扬沙、大风天气在准葛尔沙漠以西出现,随后迅速东移。18日17时至20时,新疆天山以北及蒙古高原西部出现了大范围的大风、沙尘暴天气,最大风速达到39m/s,最小能见度小于100m,其中乌鲁木齐、昌吉、吐鲁番、哈密等地的特强沙尘暴造成10多人失踪、40余人伤亡,引发20余起火灾,毁坏200余间住房,蔬菜大棚、农田、地膜毁坏严重,2万余头牲畜走失。19日02时,甘肃河西的敦煌、安西等站出现浮尘、扬沙天气,马鬃山、鼎新等站出现了沙尘暴天气。19日05时,沙尘暴、浮尘区扩展到最大,笼罩了新疆东部,蒙古高原的中西部,巴丹吉林沙漠,甘肃河西及腾格里沙漠的部分地方。这片区域内,大部分地方水平能见度都在1000m以下,风力加大至8级以上。此时,沙尘暴区明显出现南北分支,北支主力继续东移,在其后24小时内造成蒙古国、我国内蒙古及宁夏北部的沙尘暴天气,并向东延伸至河北和东北的部分地方,随着4月22日我国东北部出现的弱降水天气而减弱、消亡,并在北京形成了罕见

的泥雨天气。南支沙尘暴区减弱为扬沙、浮尘区并向东南方向扩散。19日17时,飘移到兰州上空,持续了近40小时,最小能见度在900m以下,严重影响了城市交通和人民生活。据兰州环境监测站监测,此间兰州TSP(空气总悬浮微粒)污染已超过平均污染量3.77倍,达到国家5级污染标准。4月20日,浮尘区向东南扩散到甘肃平凉,随时间和距离的推移,逐渐消散。

此次强沙尘暴、浮尘天气共历时4天,在我国境内东西跨越了新疆、甘肃、宁夏、内蒙古、河北北部、吉林西部和黑龙江西部。沙尘暴跨越范围之大,实属罕见。在蒙古高原中部连续两天,观测的瞬时风速多次突破20m/s,最高达40m/s,强风持续时间之长也是少有的。

3 天气学成因分析

3.1 前期亚洲上空大气异常增暖

在强沙尘暴出现前4到5天,我国西北地区出现了明显的增暖现象。暖空气异常深厚,从地面直到500hPa高空,这可以从乌鲁木齐等站的高空温度-时间曲线图上清楚看出(图1)。17日至18日为暖浪的鼎盛时期,东西横跨近30个经距,笼罩了整个西北地区、内蒙古和蒙古国西部。在700hPa,乌鲁木齐17日比13日温度上升了11℃,哈密和酒泉的温度也分别上升了10℃和9℃。在500hPa高空,以上各站增温也在7到10℃之间。沙尘暴过程前地面图上也出现了异常增温,增温多在8~12℃之间,一些站增温最强时比历年4月中旬地面平均温度高出6~8℃。由此看出,此次过程前,西北地区大气整层增温明显,温度最高时也是此次沙尘暴爆发之时。

3.2 高空环流形势特点

在欧亚500hPa高空上,中高纬4月中旬前期基本为二槽一脊型。东欧平原至乌拉尔山为一暖高压脊,其西侧冰岛以南有一冷槽,西西伯利亚地区则为另一深厚的冷槽。4月14日,伊朗高原有一暖高压脊向东北方向发展,同时冰岛以南的冷槽逐渐向东移动,而西伯利亚冷槽位置基本不变,这就促使东欧至乌拉尔山的暖高压脊不断加强,经向度逐渐增大。其后几天内在向北发展的乌拉尔山高压脊的推动下,西西伯利亚冷槽逐渐向南加深。槽前高度场与温度场的交角变大,高空锋区不断加强。4月18日08时,西西伯利亚冷槽底部有小槽分裂东移,小槽在强西风急流内(500hPa风速为36~40m/s)发展形成一迅速东移的冷槽,18日20时已移过哈密,接近甘肃省河西走廊西部,高空锋区位于蒙古至天山一线,700hPa图上阿勒泰至哈密的温差达22℃,此时,北疆出现了大范围的沙尘暴天气。然后,高空锋区出现南北分支。北支锋区强度维持并向东北方向移动,南支锋区强度减弱东南下,影响到甘肃中东部和宁夏等地区。19日到21日,我国西北大部分地区以及河北、东北的部分地

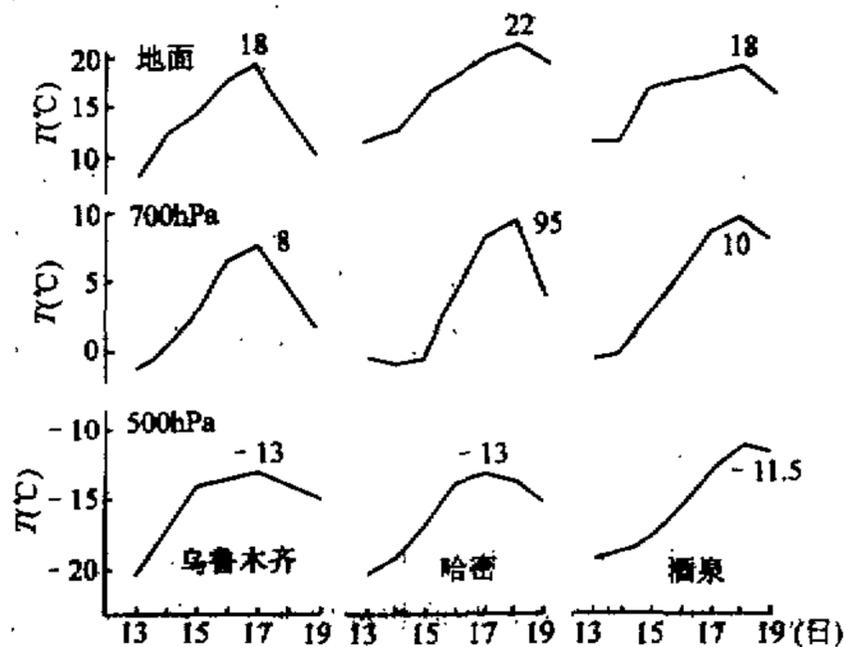


图1 乌鲁木齐等3站的温度-时间曲线

方先后出现了大风、强沙尘暴、浮尘天气。而在此期间西西伯利亚冷槽也缓慢东移。随着第二股冷空气的东移,长达4天的大风、沙尘暴、浮尘天气趋于结束。

3.3 地面影响系统

此次强沙尘暴天气过程属于冷锋后偏西大风引起的沙尘暴类型。4月中旬前期,由于高空伊朗暖高脊向东北发展,引起地面减压,在巴尔喀什湖有一低压生成,并有冷锋与之配合东移,低压后部的西伯利亚冷高压也逐渐加强东移。4月18日08时低压中心值为995hPa。18日20时,冷空气翻过天山后得到加强,低压中心值达985hPa。位于冷锋后部的准葛尔盆地出现了正3小时变压区,中心值为+18.4hPa,由此可见冷空气强度之大。当冷空气与前期异常增暖的暖空气交汇时,形成了此次强沙尘暴天气。此后,随着冷锋东移沙尘暴区也向东扩展。19日08时位于蒙古的低压进一步发展,中心值为983hPa,冷锋转竖,从蒙古高原经腾格里沙漠,接近宁夏自治区,锋后的沙尘暴、浮尘发展到鼎盛阶段。从变压图上可看出此时冷空气已南北分支。冷空气主力向东北方向继续移动,冷锋后沙尘暴区范围减小,但强度维持。4月20日20时移至我国东北,高空锋区减弱,转变为吹风天气。此时,与西西伯利亚高空冷槽相对应的另一股冷空气正在天山北麓堆积。到21日08时冷空气翻过天山东移进入甘肃河西地区,然后快速东移。随着第二支冷锋的东移和部分地方降水的出现,沙尘暴天气才得以彻底结束。

4 动力诊断分析

4.1 高空西风急流的演变

沿90°E作4月18日20时风速 u 分量的经向剖面图(图2a),可以看出,在沙尘暴出现的纬度范围内,850hPa以上有一支较强的西风急流,急流中心位于45°~48°N之间,高度在200hPa附近。而沿106°E的19日20时风速 u 分量经向剖面图(图2b)显示,急流中心仍位于45°~48°N之间,但范围比前一日有所扩大,中心强度也由18日的45m/s增至57m/s,高度降至300hPa附近。由此可见,此次沙尘暴天气过程有一定的高空西风动量下传作用,且冷空气主力以东移为主,南压不明显;因此,最强沙尘暴天气主要出现在新疆、甘肃北部、宁夏北部以及内蒙古等地,而甘肃中部、陇东地区以及河西走廊东部则以浮尘、扬沙天气为主。

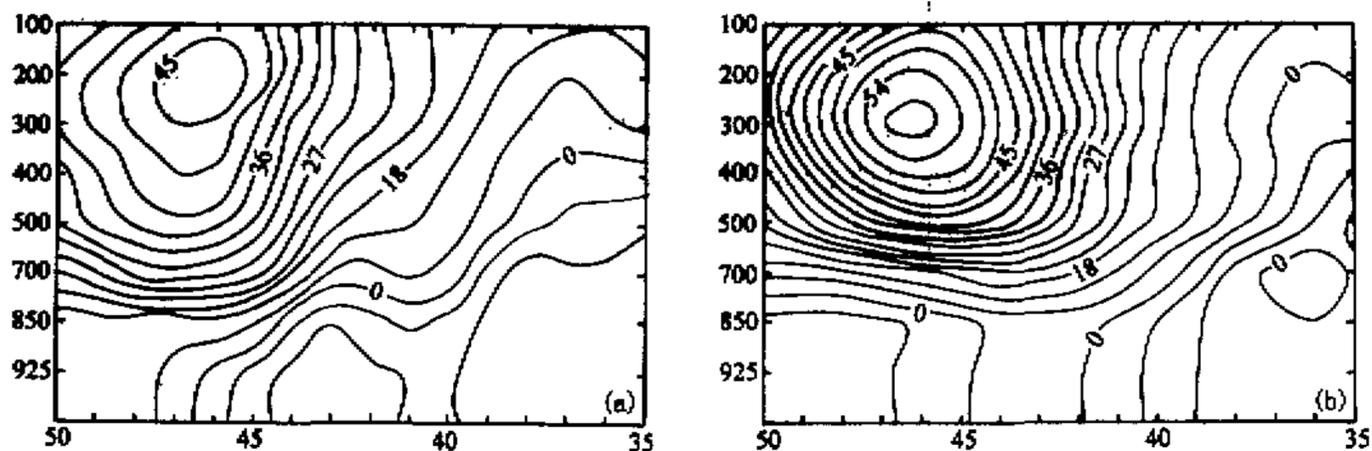


图2 4月18日20时沿90°E(a)和19日20时沿106°E(b)的 u 分量经向剖面图

4.2 沙尘暴的垂直环流特征

4月18日20时沿43°N的垂直速度剖面图(图略)显示,在850hPa以上,87°E以东为上升运动区,最大上升速度出现在700hPa附近;87°E以西为下沉运动区,最大下沉速度出现在500hPa附近。上升区和下沉区随高度向西倾斜。当日锋区位于87°E附近,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这次沙尘暴过程的冷空气强度大,它推动其前部暖气团强烈抬升,造成本次强沙尘暴天气。

图3是4月18日20时处于冷锋后的北塔山和冷锋前的敦煌两站的散度和垂直速度廓线图。分析得到锋后的北塔山站,除了近地面层有弱的上升运动外,其它各层均为下沉运动,最大下沉速度为28 Pa/s,无辐散层位于370hPa附近,它以下是辐散区,以上是辐合区。而同一时刻冷锋前的敦煌站,垂直速度与散度廓线就完全不同。从地面至290hPa为深厚的上升运动区,最大上升运动在700 hPa附近,上升速度为-15.2 Pa/s,只在高空有下沉运动存在。两个无辐散层分别位于750hPa和600hPa附近,两层之间为辐合区。由此可见,临近强沙尘暴天气

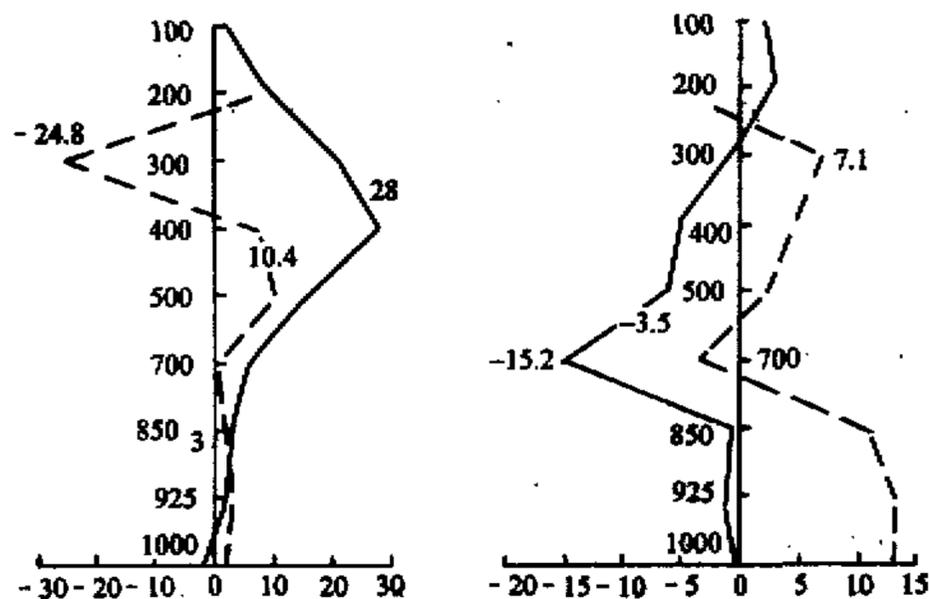


图3 1998年4月18日北塔山站(左)、敦煌站(右)散度和垂直速度廓线图
出现前,大气为上升运动,沙尘暴天气出现后,大气转为下沉运动。

4.3 大气层结状态分析

以往的研究指出,沙尘暴发生时,大气层结多表现为不稳定状态^[3,4],但在这次强沙尘暴过程中,通过对4月18日20时到4月19日20时80°~100°E,35°~45°N的压能(E)、位温(θ)计算表明,从700hPa到500hPa, $\partial Z/\partial z \geq 0$, $\partial Q/\partial z \geq 0$ 。由此可见,18、19日大气层结基本稳定,本次强沙尘暴过程的最强时段,出现在基本稳定的大气层结之中。

5 小结

西北地区是发生大风、沙尘暴、浮尘天气最多的地区,沙尘暴天气常常使交通中断、农林牧生产遭受严重危害、工业停产、人畜死亡,给国民经济带来重大损失。因此,及时总结,作好沙尘暴过程的预报和服务工作极为重要。通过对1998年最大的一次沙尘暴过程的成因进行分析,我们总结出了以下几点体会:

(1)强沙尘暴天气出现前,500hPa 高空上,乌拉尔山或其西侧有高压脊发展,同时,在西西伯利亚形成深厚的冷槽,随着冷槽或其前部小槽沿强西风急流迅速东移,与前期西北地区上空暖空气相遇,形成高空强锋区。对应在地面上有冷锋东移,锋后有较大的正3小时变压。

(2)强沙尘暴天气出现前,西北地区有异常回暖现象。当冷锋过境时,气压梯度、温度梯度明显增大,出现偏西大风。强风将前期干燥少雨的下垫面中大量沙尘卷起,形成了强沙尘暴、浮尘天气。

(3)本次强沙尘暴天气出现在基本稳定的大气层结之中。

(4)在强沙尘暴天气过程中,高空有一支西风急流。强沙尘暴区与冷空气移动路径密切相关,在本次强沙尘暴过程中,冷空气以东移为主,对应的最强沙尘暴区也以东移为主。

参考文献

- [1] 赵性存,西北地区是我国沙尘暴的多发区,中国沙尘暴研究,北京,气象出版社,1996
- [2] 陈敏连,王锡稳,西北地区强沙尘暴研究的进展,甘肃气象,1996,14(1)8~10
- [3] 许宝玉,钱正安,熊彦军,西北地区五次强沙尘暴前期形势和要素的综合分析与预报,中国沙尘暴研究,北京,气象出版社,1996,44~51
- [4] 陈敏连,郭清台,徐建芬等,黑风暴天气的研究和探讨,甘肃气象,1993,11(3)16~27