

文章编号:1005-8656(2014)02-0012-04

河套地区一次强沙尘暴天气过程分析

仇巧玲,高玲

(巴彦淖尔市气象局,内蒙古 临河 015000)

摘要:文章利用 Micaps 系统、地面常规观测气象资料,通过对高空、地面、风场、物理量场及卫星云图特征分析表明:前期的干暖气候及上游充足的沙源是形成巴彦淖尔市沙尘暴不可缺少的环境因素和物质基础;500~700hPa 贝加尔湖低涡底部的西北气流风力在 $16\sim 30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,并形成一支急流带,冷平流在 10 个纬度内有 5 根等温线的密集带,等高线与等温线交角 $\geq 45^\circ$,是形成沙尘暴天气的前提条件之一;影响河套地区的地面冷锋,其后部的地面冷高压紧随其后,高低压之间气压梯度及地面风的加大以及沙尘暴出现前期近地面气温增温明显,大气层结不稳定性显著增大,为沙尘暴天气的爆发提供了动力条件和热力条件;通过对物理量场的分析,整层的干暖条件、强烈的上升运动及低层辐合高层辐散形成的次级环流的垂直作用,是沙尘暴发生发展的动力源泉;高空涡旋云系的发展配合地面辐合上升气流,表明了高低空强烈的抽吸作用对沙尘暴爆发的贡献。

关键词:河套地区;沙尘暴;高低空环流;物理量

中图分类号:P458.121.1 文献标识码:A

引言

2010 年 3 月份以来,冷空气活动频繁,大风、沙尘天气逐渐增多,其中 3 月 19 日是入春以来最强的一次沙尘暴天气过程。由于大风及沙尘暴天气的影响,临河、杭锦后旗、乌拉特后旗、乌拉特中旗、五原县出现了蔬菜大棚损坏、树木折断,并引发火灾、高压线路损坏等灾情,造成直接经济损失 171.44 万元。沙尘天气对我国的影响具有 5 个显著特点:①影响范围广,损失重;②多发区集中;③与沙漠和沙地密切关联;④常与干旱等其他气象灾害相伴发生;⑤沙尘天气的移动方向和影响范围与冷空气的移动路径基本一致^[1]。针对这次沙尘暴天气,也具有以上的特点。本文根据 Micaps 系统、地面常规观测提供的气象资料,通过对高空、地面、风场、物理量场及卫星云图特征分析,以期为今后沙尘天气提供预报依据。

1 沙尘天气实况

1 沙尘天气实况

2010 年 3 月 19 日凌晨,我市西北部开始出现大风、沙尘暴天气,并逐渐向东部扩展加强,大部分旗县达到强沙尘暴,其中,海力素达到特强沙尘暴,最大风速达 $30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,最小能见度仅为 30m (见表 1)。大风过后气温开始下降,48h 最低气温下降了 $8\sim 10^\circ\text{C}$,大部地区达到寒潮天气。

表 1 2010 年 3 月 19 日 05 时至 20 日 05 时巴彦淖尔市各旗县天气实况

气象要素	临河	磴口	杭锦后旗	五原	乌拉特前旗	大余太	乌拉特中旗	乌拉特后旗	海力素
沙尘暴等级	强沙尘暴	强沙尘暴	强沙尘暴	强沙尘暴	沙尘暴	沙尘暴	强沙尘暴	强沙尘暴	特强沙尘暴
最大风速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	23.0	23.5	24.7	19.9	17.3	18.1	20.3	29.0	30.0
最小能见度/m	400	200	300	200	900	200	100	800	30

2 沙尘天气前期气候概况及沙源

2010 年 1—2 月,巴彦淖尔市降水偏少,最大降水量不足 5mm,气温偏高,尤其是 2 月下旬比历年偏高 $7\sim 8^\circ\text{C}$,其中,磴口、杭锦后旗创 1971 年以来新高,临河、乌拉特前旗、乌拉特中旗、海力素是 1971 年以来次高值。又因为 2—3 月已进入春季,冻土层消融速度逐步加快。总体来说前期的高温少雨使我市处于干旱状态,地表土壤水分散失增多,土壤干土层加厚。另外,巴彦淖尔市上游有腾格里及巴丹吉林

两大沙漠,蒙古的古尔班通古特沙漠又处于我市上游的西北部,所以造成这次沙尘天气的是西北路强冷空气入侵巴彦淖尔市,因此,前期的干暖气候及充足的沙尘源是形成巴彦淖尔市沙尘暴不可缺少的环境因素和物质基础。

3 高低空形势环流特征分析

3.1 500hPa 环流特征分析

2010 年 3 月 16—17 日,欧亚大陆地区属于两槽一脊的环流形势,高脊位于蒙古高原,暖脊与高脊

配合;两大槽分别位于西西伯利亚和鄂霍次克海,河套地区处于槽后脊前西北气流控制,风力达 $18\sim 36\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,形成一支高空急流带。从西西伯利亚大槽中不断有小槽分裂东移。18日08时,从西西伯利亚大槽中又分裂出一小槽位于巴尔喀什湖以北地区,同时在此地开始有冷平流堆积,驻守在鄂霍次克海的大槽东移北抬,河套地区及上游仍被暖高压脊控制,蒙古中东部的暖平流势力明显增强, 16°C 温度线控制河套地区。19日08时(图略),西西伯利亚大槽与其分裂小槽合并东移,贝加尔湖以北地区的小槽加强成为一低涡中心,河套地区及上游地区受低涡底部西北气流控制,高空急流带持续并加强,风速高达 $30\sim 42\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,西伯利亚冷平流快速东移南压控制蒙古大部,在10个纬度内有5根等温线,等高线与等温线交角成 45° ,其冷平流前沿已进入河套北部地区。

3.2 700hPa 环流特征分析

2010年3月16—17日高空形势与500hPa配合,欧亚大陆地区为两槽一脊的环流形势,其中东亚大槽影响范围大且势力较强并缓慢东移;西西伯利亚低槽不断有小槽分裂出来并向东移动,两槽之间的高脊控制贝加尔湖及蒙古中西部地区。河套地区处于槽后脊前西北气流影响,风速在 $16\sim 24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。18日08时,分裂小槽位于巴尔喀什湖以北地区,加强为低涡系统,低涡前部的冷平流已经形成,从而使蒙古较强的高压脊减弱,河套地区及上游阿拉善盟大部受弱高脊影响,但暖平流明显加强,在甘肃中部和新疆南部分别形成两个 8°C 、 12°C 的暖中心, 0°C 线控制河套地区。19日08时(图略),低涡东移至贝加尔湖以北,河套地区及上游受西北气流控制,高空风速增强为 $16\sim 36\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,受高空西北风急流带的引导,冷平流快速东移南下,在10个纬度内有5根等温线密集区,等高线与等温线交角接近 90° ,冷平流前沿已进入河套北部。此时,对应地面大风、沙尘天气由西北向东南开始影响河套地区。

3.3 地形形势场特征分析

2010年3月18日08时,在蒙古形成地面低压系统,弱冷锋位于阿拉善盟中东部,河套地区处于锋前低压系统的底前部,以晴间多云天气为主,风速在 $4\sim 6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。18日20时,地面低压继续加强其中心位于蒙古西部,中心的北部风速有所增大,并伴有浮尘出现。在其西部即新疆西北部,地面冷高压逐渐加强,高压的前部有大风、沙尘暴开始产生。河套地区仍处于地面低压的底前部,天空状况与风速没有明显的变化。19日08时,位于新疆西北部的地面冷高压系统加强并快速向东推进,此时地面低压形成一

东西向狭长的低压带,并向南进发,在河套地区北部及蒙古南部可以分析出一横向的地面冷锋;河套地区在地面冷锋的前部,气温较高,此时,高低压之间的气压梯度及风速明显加大,风沙天气随着高压系统的东移继续向东扩散,强度也明显增强,河套地区西部沙尘暴爆发。19日14—20时(图略),地面冷高压继续向东推进,开始影响河套地区,而地面冷锋有一个由横转竖的过程,并已东移至山西以东,其风沙天气位于冷锋后部高压前部,范围进一步东扩,河套地区及上下游地区完全被大风、沙尘暴天气所吞食。由于冷空气的进入,气温开始下降,此时河套地区正处于高低压之间气压梯度最大的区域,也是大风、沙尘暴天气最强、最猛烈的时段。随着天气系统的东移,风沙天气也逐渐东移,至20日05时河套地区大风沙尘天气基本结束。

4 物理量场分析

4.1 垂直速度对沙尘暴的贡献

18日20时,位于河套地区低层850hPa至地面是正值区域,为上升气流,而700hPa以上为负值区域,下沉气流逐渐加强;19日08时(图略),850hPa以上有大片的负值区域,在 108°E 、700hPa出现 $-12\times 10^{-5}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 的负值中心,也就是说明此时在河套地区由低层到高层上升速度明显加强;19日20时,上升速度的大值区域北抬东移,河套地区的上空下沉气流开始加强,850~700hPa正值区域达 $10\times 10^{-5}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$,此时对应地面风沙天气在东移的过程中,无论从强度还是影响范围都在逐渐减弱、缩小。由此可以表明,垂直上升速度的大小决定着风沙天气的强弱,对风沙天气的发生起着明显的动力抬升作用。

4.2 涡度与散度场相互配合

18日20时,700~850hPa河套地区上空涡度场为正值区域,而散度场为负值区域,700~400hPa涡度场为负值区域,而散度场为正值区域;19日08时,涡度场低层正值区域向北扩散达500hPa,并形成以 $22\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 为中心的正值区域,500~200hPa形成以 $-24\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 为中心的负值区域。同时,散度场700hPa以下为 $-24\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 为中心的负值区域,700~500hPa为正值区域;19日20时,在河套地区上空 $106\sim 108^{\circ}\text{E}$,涡度场整层为正值区域,中心位于400hPa为 $80\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 达到最强,而散度场低层的负值区域北扩至400hPa,中心位于500hPa为 $-24\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$,400~250hPa为正值区域,中心值为 $8\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 。由此可见,08—20时正是地面沙尘暴发展最为剧烈的时段。表明:涡度场与散度场的变化与沙尘暴的发生有着密切的关系,即低层辐合高层辐散次级环流的垂直

作用是地面沙尘暴强弱的关键作用之一。

4.3 湿度场分析

从18日20时至19日20时的垂直空间相对湿度场分析,河套地区上空整层 $RH \leq 44\%$,尤其是700hPa以下 $RH \leq 24\%$,说明从低层到高层空气非常的干燥,加之风力较大极易使沙尘微粒扬升。

5 卫星云图分析

19日14—20时为沙尘暴最为强烈的时段。从14时卫星云图上看(图略),蒙古南部有明显的涡旋云系在发展,其中有三条明显的云带向东北方向汇聚(辐合),其一是贝加尔湖西侧由北→南→东旋转的云带;其二是由西北地区的甘肃→内蒙中东部移动的云带;其三是由陕西→锡林郭勒盟移动的云带,这三条云带移动的方向,也表明了地面冷锋的移动方向,由于此时河套地区处于地面低压冷锋后部、高压前部即气压梯度最大处,辐合上升气流明显加强,正好与卫星云图中的三条辐合云带相对应,说明高低空强烈的抽吸作用对沙尘暴的贡献。

6 单站资料分析

6.1 高空测风分析

从临河单站(53513)测风分析:18日20时至19日20时,整层西北气流为主,随着高度的增高风力逐渐增大,700hPa以上均在 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,尤其是19日08—20时,700~500hPa风速在 $20\sim 48\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,低空急流明显,300~250hPa风速在 $40\sim 46\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,高空急流的存在与高空形势场是一致的。从河套地区垂直温度场分析,18日20时至19日08时700hPa以下,为暖空气影响,从测风图上可以看出有一个 10°C 的闭合暖中心,19日08时以后由于冷平流的进入,从测风图上可以看出气温逐渐下降,700hPa以下为 $0\sim 20^\circ\text{C}$ 。通过以上的分析可以表明,高空风速、风向及冷暖空气对沙尘暴的发生与发展密切相关。

6.2 地面单站要素分析

从临河站地面压、温、湿、风资料来看,在沙尘暴来临之前,受地面倒槽低压控制,从18日14时至19日06时地面气压波动,并且气压一直处于低压状态,最低气压为8846hPa。19日07时之后,地面低压移出本站,冷高压移近,形成西高东低形势,在气压梯度作用下出现大风、沙尘天气,地面气压开始上升,08时23分开始出现浮尘天气,之后随着风速的增大,能见度下降,12时04分转为扬沙天气,14时左右风速迅速增大到 $17.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,沙尘暴发生,地面气压保持快速上升趋势,至20日03时24h气压上升了16.5hPa(图略)。地面气温的演变正好相反,从18日14时至19日14时地面气温波动,并且

一直处于高温状态,18日18时达到最大为 21.0°C ,19日14时之后,受冷高压侵入的影响,气温持续下降,至19日18时24h气温下降了 15°C ,温度和气压的变化存在着较为明显的反相关关系(见图1)。

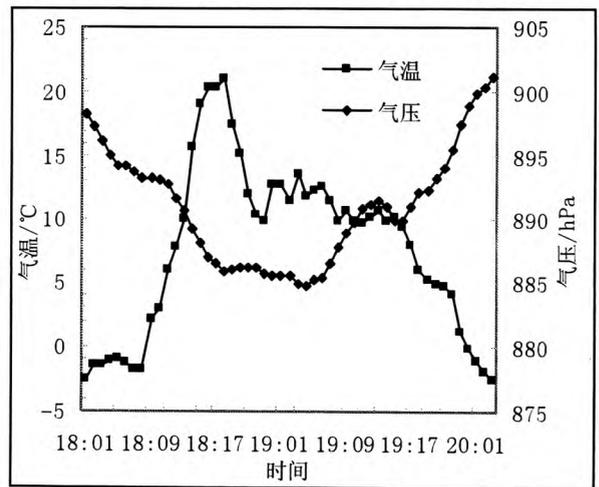


图1 临河3月19日18:01—20:03气温、气压演变图

18日由于云系影响,相对湿度较大,风速较小。14时后风速开始波动且时大时小,相对湿度开始减小。19日13时沙尘暴发生时,风速急剧增大,相对湿度明显下降,表明此时地面非常干燥。相对湿度和风速的变化也存在着较为明显的反相关关系(见图2)。20日23时,出现飘雪天气,相对湿度逐渐增大,沙尘暴天气结束。

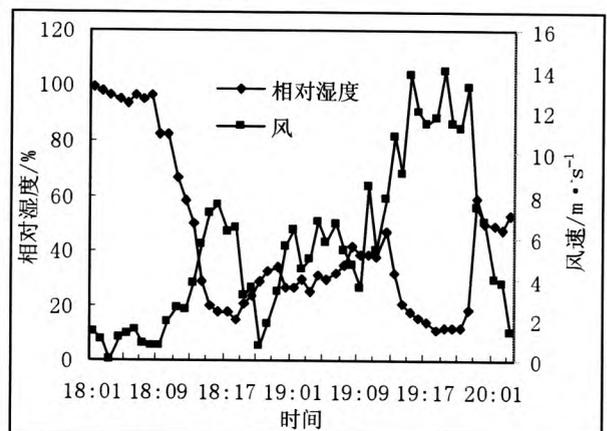


图2 临河3月19日18:01—20:03湿度、风演变图

7 结论

(1) 前期的干暖气候及上游充足的沙源是形成我市沙尘暴不可缺少的环境因素和物质基础。

(2) 500hPa贝加尔湖低涡底部的西北气流风速 $\geq 30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 并形成一支急流带,冷平流在10个纬度内有5根等温线的密集带,等高线与等温线交角成 45° ,是形成沙尘暴天气的前提条件之一。

(3) 700hPa河套地区及上游暖平流明显加强,贝加尔湖低涡底部风速 $\geq 16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,冷平流在10个纬度

内有5根等温线的密集带,等高线与等温线交角接近 90° ,也是形成沙暴天气的前提条件之一。

(4)影响河套地区的是地面冷锋,其后部的地面冷高压紧随其后,高低压之间气压梯度及地面风速的加大以及沙尘暴出现前日的干暖天气,为沙尘暴天气的爆发和上扬提供了动力条件和热力条件。

(5)通过对物理量场的分析,整层的干暖条件、强烈的上升运动及低层辐合高层辐散形成的次级环流,是沙尘暴发生发展的动力源泉。

(6)高空涡旋云系的发展配合地面辐合上升气流,

表明高低空强烈的抽吸作用对沙尘暴爆发的贡献。

(7)通过对高空测风分析,高低空急流及冷暖空气对沙尘暴的发生、发展密切相关。

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.
- [2]李章俊,姜学恭,郝璐,等.沙尘暴形成及下垫面对其影响研究[M].北京:气象出版社,2009.
- [3]王炯.内蒙古自治区天气预报手册(下册)[M].北京:气象出版社,1987.

Analysis on a Weather Process of Severe Sand and Dust Storm in Hetao Area

Qiu Qiaoling, Gao Ling

(Bayannur Meteorological Bureau, Inner Mongolia Linhe 015000)

Abstract: According to MICAPS system and meteorological data provided by ground routine observation, the data of the high altitude, the ground, the wind field, the physical quantity field and the satellite cloud picture were analyzed. The results showed that: the previous dry and warm climate and the upstream plenty of sand source were the indispensable environmental factors and material basis for forming sand-dust storm in Bayan Nur City. In 500~700 hPa, the velocity of the northwest airflow at the bottom of the Lake Baikal vortex is among 16 to 30 m/s, and becoming a jet stream. Cold advection has a dense band with 5 isotherms in 10 latitude. The angle of the contours and the isotherm is equal or greater than 45 degrees. All above are prerequisites for the formation of sand-dust storms. The cold front affecting the Hetao area, the cold high pressure that followed cold front, the pressure gradient between high and low pressure and the surface wind increasing, the near-surface air temperature increased significantly at the prophase of sand-dust storm appearance, and the instability degree of atmospheric stratification increased significantly, which provided the dynamic conditions and thermal conditions for the outbreak and uptrend of sand-dust storms. Through the analysis of physical field, the power source of sand-dust storms development is including the whole layer of dry and warm conditions, strong upward movement as well as the formation of the vertical role of secondary circulation by low-level convergence and upper-level divergence. The development of high-altitude vortex cloud system coordinates the ground convergence updraft, which indicates that the strong suction of the high and low altitude contribute a lot to the outbreak of sand-dust storms.

Key Words: hetao area; sand dust storm; the circumfluence of high and low altitude; physics