

2006 年河套地区一次灾害天气过程诊断分析

张连霞 梁凤娟 高玲 王永清 陶娜

(巴彦淖尔市气象局, 临河 015000)

摘要:应用 MICAPS 常规气象观测资料和 NOAA-12 及 NOAA-17 沙尘暴遥感监测图资料,对 2006 年 4 月 10—12 日发生在河套地区的一次灾害性天气进行诊断分析。结果表明:高空横槽转竖直接诱发寒潮爆发;中尺度切变线、强锋区、蒙古气旋和地面冷锋是引发沙尘暴的主要影响系统;特殊地形、气候条件和富含沙尘源的下垫面是形成沙尘暴的物质基础;高空冷中心强度达 -45°C 、地面冷高压中心强度达 $1\,060.0\text{ hPa}$ 是寒潮爆发的必要条件;沙尘暴发生过程中,各测站均出现了风速剧增、气压升高、气温下降和湿度增大等现象。垂直速度场呈上升运动及高层辐散、低层辐合的物理量场配置对春季沙尘暴预报有较好的指示意义。

关键词:河套地区;灾害天气过程;影响系统;物理量场;特殊地形;诊断分析

1 引言

寒潮天气过程是一种大规模的强冷空气活动过程,主要特点是剧烈降温和大风,有时还伴有雨、雪、雨凇或霜冻。寒潮天气多发生在 3—4 月和 10—11 月,是对生产活动可能造成危害最重要的时期。内蒙古西部属于寒潮多发地带,尤其春季 4 月因寒潮造成的灾害较为严重。寒潮天气还能引发沙尘暴^[1],而沙尘暴所引发的气候学效应对人类生存环境、社会经济活动均能造成一定影响,是不可忽视的大气和生态环境问题之一。因此,通过对沙尘暴的研究,找出它的发生规律是改善生态环境、促进地方经济发展的有效方法和必要手段。尽管唐国力等^[2]在中国近 49 年沙尘暴变化趋势的分析中指出:我国沙尘暴总日数在 20 世纪 80 年代中期以后比 50—60 年代减少了 73%,但 2006 年春季河套地区的沙尘暴日数仍然较多,并且强度和范围是近 10 a 所少有的。为此,本文对 2006 年 4 月发生在河套地区的一次强寒潮和强沙尘暴天气进行诊断分析,试图揭示其发生特征和形成机理,找到预报切入点,为春季寒潮和沙尘暴预报提供参考依据。

2 天气过程概述

2006 年 4 月 10—12 日,河套地区出现了入春以来最强的一次大风、沙尘暴和强降温天气过程。沙尘天气于 10 日 12:56 在乌拉特后旗开始,至 11 日 03:40 在乌拉特前旗结束,由西北到东南部持续了 14 h。其中 1 个测站达到了特强沙尘暴(最小能见度

为 30 m),4 个站达到强沙尘暴(表 1)。这次沙尘暴

表 1 2006 年 4 月 10—11 日河套地区沙尘天气实况

站名	天气现象	最大瞬时风速/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	能见度/m	持续时间段
临河	沙尘暴	14.3	300	18:25—21:30
磴口	扬沙	17.4	6 000	19:02—19:57
五原	强沙尘暴	18.0	200	17:07—22:30
前旗	特强沙尘暴	18.6	30	17:08—03:40
杭后	扬沙	18.0	7 000	14:56—22:00
后旗	沙尘暴	20.0	500	12:56—18:50
中旗	强沙尘暴	18.0	80	13:30—20:52
海力素	强沙尘暴	25.6	50	16:46—18:21
大余太	强沙尘暴	21.0	50	16:54—03:30

具有“来势猛,时间长,危害性强”的特点。在沙尘暴天气影响的过程中,全市范围内风力为 7—9 级,其中,海力素最大瞬时风速为 $25.6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。沙尘出现不久,气温开始下降,11 日 14 时临河气温 24 h 下降了 25.3°C ,全市 24 h 内日平均气温下降了 $13.0—19.0^{\circ}\text{C}$,最低气温降至历年 4 月中旬的最低值。沙尘暴过后,全市出现了小—中雪。几种天气现象在同一次过程中出现,且强度之强,这在春季的河套地区还实属罕见,所造成的损失也非常严重。

3 天气过程诊断分析

3.1 高空环流形势演变

500 hPa 图上,从 2006 年 4 月 7 日开始,在乌拉尔山附近生成高压脊后,脊线一直向东北方向延伸,造成极地冷空气沿脊前东北气流不断向西伯利亚—咸海的横槽输送,使槽内的冷空气大量积聚,冷中心

收稿日期:2006-10-16;修订日期:2006-12-13。

作者简介:张连霞,女,1970 年生,助理工程师,主要从事短期天气预报工作,E-mail:lxsl11111@163.com。

达 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。9日08时,横槽前的中纬度地区($41\text{--}52^{\circ}\text{N}$)生成一支西北风向的高空急流轴,我国西部地区均受较强的西北风控制,风速为 $24\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,冷中心加强到 $-51\text{ }^{\circ}\text{C}$,位于 $99.9^{\circ}\text{E},64.1^{\circ}\text{N}$ 。10日08时脊顶风向逆转,脊前出现西北大风。此时,高空急流轴上的风速加大到 $26\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,进入横槽后迫使横槽转竖。20时,横槽东移至贝加尔湖附近,冷空气南下,寒潮爆发。

700 hPa图上,4月9日08时后,以贝加尔湖西北($99^{\circ}\text{E},53^{\circ}\text{N}$)为中心的人字形槽控制 $60\text{--}140^{\circ}\text{E}$ 的区域,槽内冷中心为 $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。我国河西走廊有中尺度切变线生成并发展。槽前锋区等温线密集带压至新疆北部,冷平流交角大于 45° ,河套地区及上游大部地区的西北风风速大于等于 $16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。由青藏高原伸向河套地区的暖舌不断发展,由 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加强为 $8\text{ }^{\circ}\text{C}$,说明中层的热力抬升比较强。10日08时,切变线东移至河套地区前沿,由于切变线附近易形成大气层结不稳定,因此该中尺度切变线产生的扰动对沙尘暴的发生发展具有激发作用,也是产生降雪的主要影响系统。由于高层西北风速的增大,使冷空气不断向低层输送,锋区密集带压至河西走廊,10个纬距内通过6条等温线。强冷空气下沉后,推动前部暖气团剧烈抬升造成地面出现沙尘暴。

通过以上分析可以得出:西伯利亚高空槽内有强冷空气堆积,是寒潮爆发的必要条件^[3],横槽转竖直接诱发寒潮爆发。中低层均有西北风急流,为沙尘暴发生提供了有利的动力条件。中层槽前发展的暖舌为沙尘暴发生提供了必要的热力条件。

3.2 地面影响系统

2006年4月9日08时,在蒙古南、西部有气旋生成,中心位于 $95.4^{\circ}\text{E},47.5^{\circ}\text{N}$,强度为995.0 hPa,我国河套地区位于蒙古气旋前底部西南风控制区。4月9日20时,蒙古气旋中心向东南移至 $103^{\circ}\text{E},45.04^{\circ}\text{N}$,中心强度加强为990.0 hPa,气旋后部的蒙古国及我国甘肃西部分别出现大风和沙尘天气,同时,巴尔喀什湖北部的西伯利亚冷高压向我国新疆北部移动。

10日02时,地面蒙古气旋的气旋性进一步加强,外围风速迅速加大东移,锋面压至我国河套地区前沿的巴彦毛道,冷锋后我国河西走廊及蒙古国的沙尘区范围扩大。巴尔喀什湖冷高压已进入我国新疆中部,冷高压轴线接近南北向,前部等压线非常密集,气压梯度增大,推动地面冷锋向东南移动了约5—6个经距。由于高层引导气流加强,加之动量下传作用,使10日08时的蒙古气旋强烈发展,辐合区明显增强,地面冷锋开始影响我国河套地区。锋后

大部地区风速大于等于 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,临河(热低压)和哈巴河(冷高压)之间有11条等压线,气压差达到44.1 hPa,较强的气压梯度产生梯度大风,有利于大风、沙尘暴加强^[4]。冷锋后的民勤最大 Δp_3 增大到6.2 hPa。10日11时,河套地区西部开始出现扬沙和沙尘暴,20时沙尘暴最强,范围最大。从沙尘暴卫星遥感监测图(图略)的连续变化与地面冷锋的移动路径进行对比,可分析出地面冷锋的移动路径即沙尘暴的移动路径,沙尘暴发生在冷锋的后部。10日02时冷锋到达河套地区前沿后,移速开始减慢,强度加强。因此,河套地区沙尘天气持续时间长达14 h,与此同时,中心位于 $62^{\circ}\text{N},100^{\circ}\text{E}$ 的西伯利亚冷高压随着高空冷空气的堆积逐渐增强。

11日02时地面冷高压中心强度达到1060.0 hPa。此时蒙古气旋已移至东北北部,我国河套地区处于冷高压前东北风的控制之下。05时,河套地区及上游沙尘暴停止,河套地区西部开始降雪。11时,地面强冷高压控制河套地区,气温显著下降。这是入春以来河套地区降温最强的一次过程。

由以上分析可见,蒙古气旋的强烈发展为沙尘暴的发生提供了热力条件。冷锋前后具有较强的气压梯度、变压梯度和温度梯度。西伯利亚强冷高压的不断加强与快速东南推进,是寒潮爆发的直接因素。

3.3 地面气象要素变化特征

胡泽勇等^[4]分析的2000年6月4日沙尘暴过境时敦煌地面气象要素变化指出:沙尘暴天气来临前夕,地面空气呈干热状态,处于低气压控制之下,有利于把地面大量尘沙扬起,而在沙尘暴过境时和过境后,地面空气显得相对湿冷,地面气压急剧上升,并处于高压控制之下。以临河站为例,从2006年4月6日开始,临河的气温一直呈上升趋势,到沙尘暴爆发前的4月9日,最高气温达到了 $25.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为20%,地面空气为干暖状态。而本站气压为880.1 hPa,风速较小,仅为 $0.3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。沙尘暴过境时,地面气温下降了 $10.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度增加到25%,气压上升了3.7 hPa,风速由 $0.3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 剧增至 $12.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。此后,气温和相对湿度继续下降,气压上升,风速逐渐减小。

以上地面气象要素的变化同样符合春季沙尘暴过境前后地面气象要素的风速剧增、气温下降、气压上升和湿度增大等特征。见图1。

3.4 物理量场

3.4.1 散度场分布特征

2006年4月9日08时,河套地区呈现高层辐合、低层辐散状态。沙尘暴发生当日的10日08时,

河套地区的散度场发生了较大变化,700 hPa 以下呈

现辐合状态,辐合中心强度为 -24 s^{-1} ;500 hPa

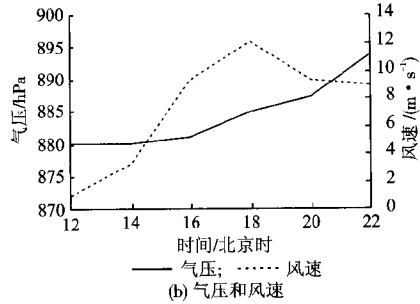
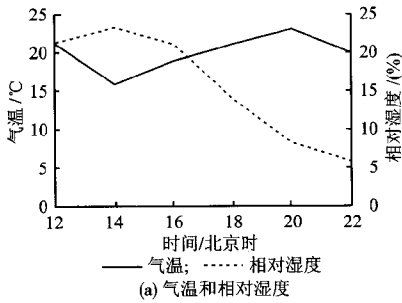


图 1 2006 年 4 月 10 日强沙尘暴过境时临河自动站气压、气温和空气相对湿度和风速的变化

呈现辐散状态,辐散中心为 28 s^{-1} 。沙尘暴发生较强的 4 月 10 日 20 时,辐合层的高度上升至 500 hPa 附近,强中心 -40 s^{-1} 位于河套地区东部。700 hPa 辐合中心加强为 -36 s^{-1} (图 2)。之后,伴随高空槽

hPa,中心位于阿拉善盟的南部,强度为 $-0.48\text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 。垂直上升区一直持续到沙尘暴结束后的 11 日 08 时,对之后产生降雪提供了有利的动力抬升条件。降雪结束后,河套地区及上游整层转为下沉运动,冷空气南下,寒潮爆发。

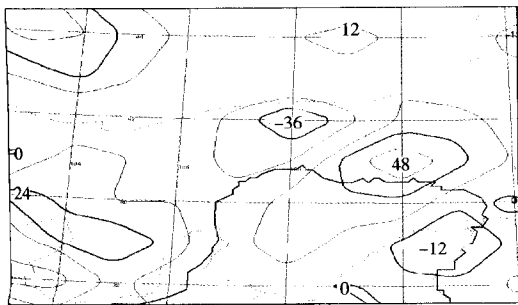


图 2 2006 年 4 月 10 日 20 时 700 hPa 散度

及锋区的东移南压,河套地区上空散度场的辐合层下降,强度减弱,直至降雪结束后,这种有利于上升运动的形势被完全破坏。因此,沙尘暴出现时,沙尘暴发生区呈现高层辐散,低层辐合的特征。这种配置有利于上升运动的发展。

3.5 特殊地形和气候条件及富含沙尘源的下垫面对沙尘暴的作用

河套地区地处我国内蒙古高原,北部与蒙古国为邻,西部与巴丹吉林沙漠接壤。由于进入我国的冷空气以西北、北路和西路居多,因此当有冷空气入侵上述地区时,产生的大风势必会把地面大量沙尘上扬到高空,进入河套地区。薛建军^[5]等对 2002 年 3 月 18—22 日发生在我国北方地区的一次强沙尘暴过程分析指出:沙尘天气的产生原因包括上游沙尘高空输送沉降、本地热力作用、蒙古气旋和锋面附近大风。可见上游具有丰富沙尘源的下垫面也极易使本地产生沙尘暴。据《巴彦淖尔市农牧业气候区划》分析表明,由于过度放牧和开荒,导致河套地区地表植被条件差,裸露地多,土壤干,土层厚,加之河套地处中纬度地区,位于大陆深处,远离海洋,地势较高,属中温带大陆性干旱气候,常年降水少,温差大,日照足,蒸发强,风沙多,灾害频繁。根据伊万诺夫湿润度计算,河套地区湿润度为 0.11—0.20,属于干旱、极干旱的半荒漠和荒漠地区,全年平均降水量为 140—220 mm。与降水形成鲜明对比的是年蒸发量,河套地区年蒸发与降水的比值为 11.1—17.0 倍;年大风日数全区为 3—44 d。因此,这种特殊地形、气候条件和富含沙尘源的下垫面也是造成河套地区沙尘暴易发生的主要原因。

3.4.2 垂直速度分布特征

在沙尘暴发生前的起报日 4 月 9 日 08 时,沙尘暴发生区整层为下沉运动。到沙尘暴发生时,沙尘暴发生区上空整层为上升运动区,最大上升中心在 700 hPa,为 $-0.24\text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 。而沙尘暴爆发的鼎盛时期,最大上升中心加强为 $-0.8\text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ (图 3),位于

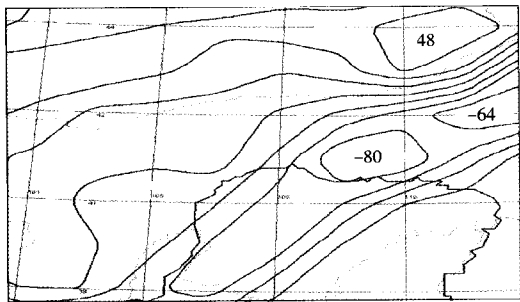


图 3 2006 年 4 月 10 日 20 时 700 hPa 垂直速度

700 hPa 的河套地区东部,与地面沙尘暴最强的乌拉特前旗位置相吻合。此时,上升高度抬高至 500

4 结论

此次天气过程的影响系统:高空横槽转竖、强锋区、中尺度切变、蒙古气旋和地面冷锋。横槽转竖直接诱发寒潮爆发。对流层中上层强冷空气堆积是寒潮爆发的必要条件。地面风速大于等于 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,700 hPa 高空风速大于等于 $16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,500 hPa 高空

风速大于等于 $26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 这种高低空风场的配置具备了沙尘暴发生的动力条件。前期持续增温和降压为沙尘暴的爆发提供了有利的热力条件。特殊地形、气候条件和丰富沙尘源的下垫面是产生沙尘暴的物质基础。沙尘暴出现时, 地面气象要素表现为气温下降、风速增大、气压上升、湿度增加等特征。垂直速度场呈上升运动及高层辐散, 低层辐合的物理量场配置对春季沙尘暴预报有较好的指示意义。中低层分别有强锋区, 锋区轴长超过 20 个经度, 锋区上有 6 条以上的等温线经过, 冷平流交角大于 45° ; 锋前前期温度高, 地面过去 48 h 内升温明显, 锋后冷高压轴线接近南北向, 高压中心强度达到 1060 hPa, 08 时锋后 $\Delta p_3 \geq 3.5 \text{ hPa}$ 等是强降温的预报着眼点。蒙古气旋强烈发展, 冷锋前 14 时 Δp_3 达到 -4 hPa ; 从气旋中心到高压中心之间有 10 条以上等压线; 冷锋后部 $\Delta p_3 \geq 3.5 \text{ hPa}$; 高空与地面风向一致, 500 hPa 存在大于 $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 700 hPa 大于 $16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的急流轴, 急流轴长超过 15 个经度; 土壤

干、土层厚、裸露地多和地表植被条件差等都是大风及沙尘暴的预报着眼点。

(致谢: 本文得到南京信息工程大学何金海教授的指导以及内蒙古卫星遥感中心的乌日娜和内蒙古包头市气象局袁国波提供的资料帮助, 谨致谢意)

参考文献

- [1] 王锡稳, 刘治国, 黄玉霞, 等. 河西走廊盛夏一次强沙尘暴天气综合分析[J]. 气象, 2006, 32(7): 103.
- [2] 唐国力, 巢清尘. 中国近 49 年沙尘暴变化趋势的分析[J]. 气象, 2005, 31(5): 8-11.
- [3] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理与方法[M]. 第三版, 北京, 气象出版社, 1992: 296.
- [4] 胡泽勇, 黄荣辉, 卫国安, 等. 2000 年 6 月 4 日沙尘暴过境时敦煌地面气象要素及地表能量平衡特征的变化[J]. 大气科学, 2002, 26(1): 1-8.
- [5] 薛建军, 刘月巍, 牛若芸, 等. 2002 年 3 月 18 日-22 日强沙尘暴过程分析[J]. 气象, 2004, 30(9): 39-44.

A case study on disastrous weather process in Hetao area in 2006

ZHANG Lianxia LIANG Fengjuan GAO Ling WANG Yongqing TAO Na
(Bayannaer Meteorological Bureau, Linhe 015000)

Abstract: Based on the conventional meteorological data and remote sensing image from NOAA-12 and NOAA-17, the disastrous weather case occurred in Hetao area on April 10-12, 2006 was analyzed. It indicated that the cold wave broke out because the upper lever trough changed from the horizontal direction to vertical direction. The mid-scale shear, strong frontal zone, Mongolia cyclone and surface cold front were main influence systems of forming sand and dust storm. The special topography, climate conditions and the underlying surface with the source of the abundant sand were the material base of forming sand and dust storm. And the upper cold center intensity at -45°C and the surface high pressures at 1060.0 hPa were the necessary conditions of the cold wave break. In the process of the dust and sand storm, the wind speed and pressure as well as humidity increased, while temperature decreased in all observation stations. The upward movement of vertical velocity field, the physical factors field collocation of upper air divergence and lower air convergence could be taken as indicators of the sand and dust storm in spring.

Key words: Hetao area; Disastrous weather process; Influence system; Physical factor field; Special topography; Diagnosis analysis