

2011 年 4 月 28 日强沙尘暴天气中物理量诊断分析

肖万有 乔戈 王窈英 王扶斌 任桂萍

甘肃省嘉峪关市气象局

关键词: 区域性 沙尘暴 天气系统 物理量 诊断分析

中图分类号: P45 **文献标识码:** A **文章编号:**

引言:近年来,随着生态环境的日益改善,甘肃河西地区沙尘暴天气发生次数呈现日益减少趋势,但沙尘暴强度在逐渐增大,影响范围及危害程度也在加剧。本文根据对 2011 年 4 月 28 日影响甘肃西部、内蒙中西部及陕西部分地方的一次大风、强沙尘暴天气运用天气学分析及物理量诊断分析等方法进行分析和研究,本文数据等资料用甘肃嘉峪关各站作为特征站进行分析。对研究大风、沙尘暴天气的气象预报等方面有一定的指导意义。

一、天气实况

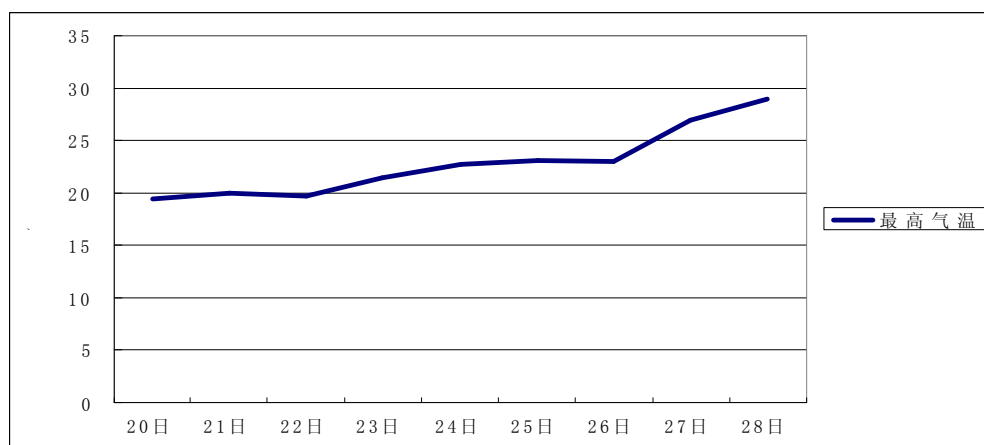
2011 年 4 月 28 日 18 时-29 日 02 时,甘肃河西五市出现不同程度的沙尘暴天气,其中嘉峪关、酒泉两市出现强沙尘暴和大风天气,部分时段内最小能见度于 200 米,20 时后能见度逐渐增大,沙尘暴天气逐渐减弱,并于 22 时左右结束并逐渐向东发展移动,同时伴随平均风力 6 级,阵风 7 级的偏东大风,最大风速出现在嘉峪关市南市区,为 17.9m/s。受强沙尘暴及降温天气,嘉峪关市及周边酒泉、张掖等市均出现不同程度的寒潮天气,29 日,嘉峪关市日最低气温下降 11.6℃,从 28 日最低气温 13℃下降至 29 日的最低气温 2.4℃。30 日,嘉峪关、酒泉两市出现霜冻。



(图 1) 4 月 29 日沙尘暴影响区域

二、前期天气背景

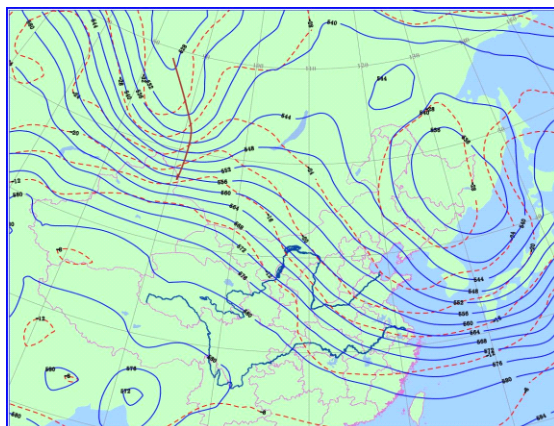
2011 年 4 月嘉峪关市平均气温为 12.0℃，较常年同期偏高 2.2℃，月内未出现有效降水。沙尘暴天气发生前期持续升温，气温偏高，造成沙源地土壤水分蒸发加快，使地表干土层增厚，为沙尘暴的发生发展提供了有效的沙源基础。



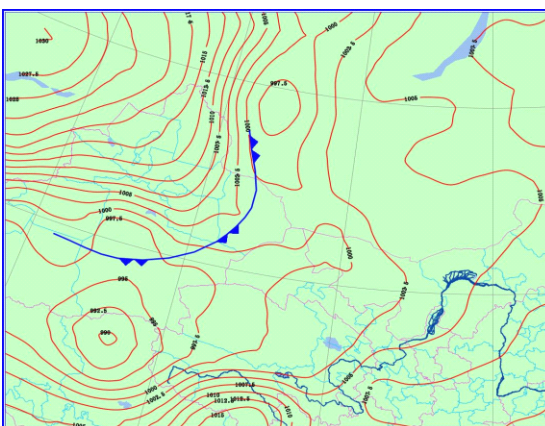
(图 2) 嘉峪关市区自动气象站最高气温日变化图

4 月中下旬，北半球 500hPa 中高纬度为纬向环流。后期，新疆高压脊建立，西风槽东移，冷空气大规模南下，50° N 附近锋区较强，西西伯利亚至新疆北部有一冷低压槽，等高线和等温线非常密集，且二者走向基本一致。

三、环流形势演变及影响系统

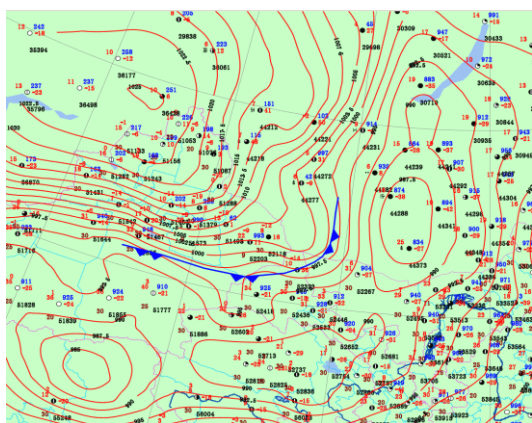


(图3) 4月28日08时500hPa高空图

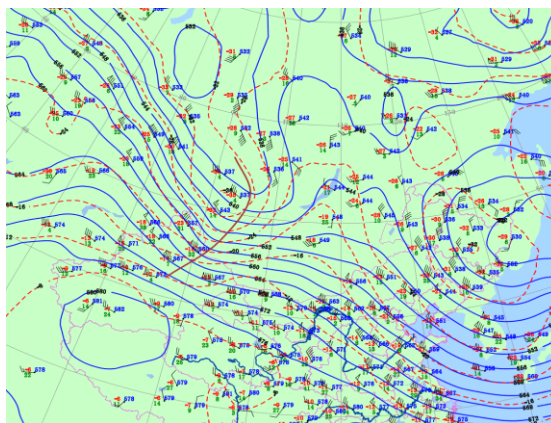


(图4) 4月28日08时海平面气压场

28日08时500hPa高空图上，中高纬度上为多波动西北气流，高空槽进入新疆北部，温度槽落后于高度槽，且等高线密集，气压梯度大。在 $40^{\circ}-50^{\circ}\text{N}$ ， $80^{\circ}-90^{\circ}\text{E}$ ， $35^{\circ}-40^{\circ}\text{N}$ ， $90^{\circ}-110^{\circ}\text{E}$ ，有一支风速在 $20-30\text{m/s}$ 的西北风强风速带。河西上空为一浅脊发展到鼎盛期，河西地区持续升温。地面图上，中亚地区有一冷高压，中心值为 1030hPa ，高压轴为西北-东南走向。



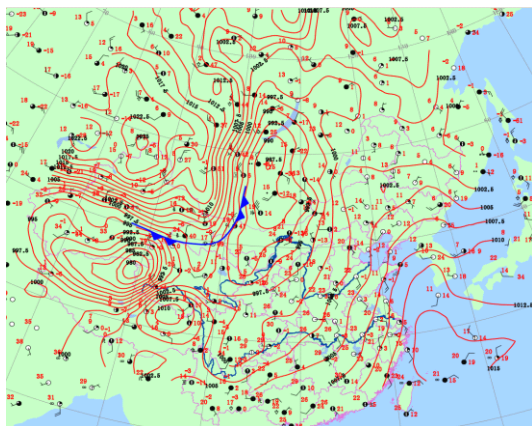
(图5) 4月28日17时地面图



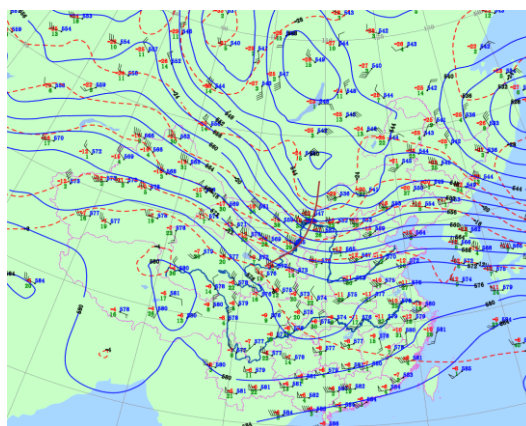
(图6) 4月28日20时500hPa高空图

从17时地面图上看，冷空气前锋已开始进入我省，气压场东高西低，新疆至河西北部等压线密集，冷高压主体位于巴尔克什湖-新疆北部，蒙古西部-甘肃中部-青海地区为一热低压，热低压的生成加速了冷锋的移动，使冷高压继续南压东扩。冷锋过境时升压降温非常明显，地面风速大于 10m/s 。到28日20时，河西地区上空为一强西

北气流带，引导冷空气快速南下，开始影响河西大部分地区。



(图 7) 4 月 28 日 20 时地面图



(图 8) 4 月 29 日 20 时 500hPa 高空图

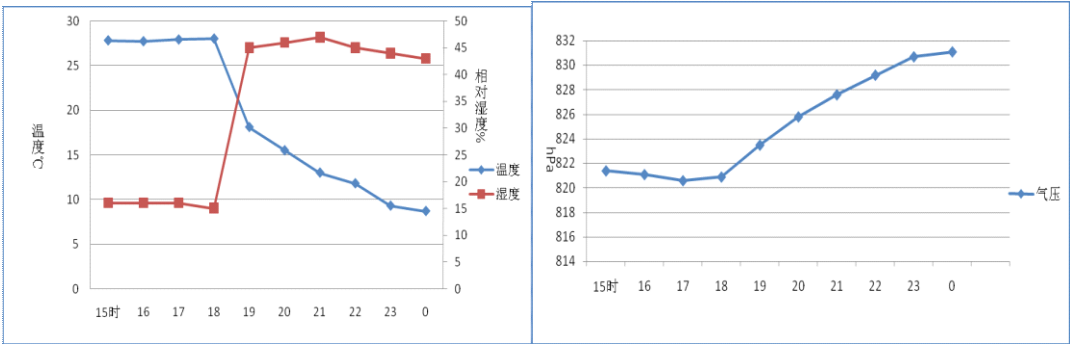
28 日 20 时，锋面进入河西地区，与高层相对应，内蒙古至甘肃中部有一暖低压带，中心气压低至 987.5hPa，与冷高压之间的气压差达到 37.5hPa，内蒙低压和北部的冷高压形成了北高南低的气压场形势，锋前河西地区一直处在降压升温状态，锋后气压猛升温度骤降，内蒙古热低压的形成使冷锋前后气压梯度加强，在地面强锋区两侧形成了强大的气压梯度，从而也使得地面水平梯度风速较大，锋面的强迫抬升作用使锋区前面的空气产生了垂直方向的运动，支持沙尘在空中悬浮，从而造成持续时间长、强度大的沙尘天气。

29 日 20 时 500hPa 高空图上，冷空气主力已移出我省，沙尘随西北气流南下，继续影响华北地区。伴随本次强冷空气过境，嘉峪关市出现了微量降水，29 日最低气温下降 11.6℃，出现寒潮天气。

四、单站气象要素的变化

冷锋过境前后嘉峪关本站单站气象要素变化非常剧烈，冷锋过境前，地面温度高，气压低，空气干燥且天气晴朗；沙尘暴天气发生前，温度一直呈现稳定趋势，临近沙尘暴发生时，温度 28.0℃，本站气

压降至 820.9hPa，湿度为 13%，空气干而暖。冷锋过境时，风速突然加大，气压上升了 2.6hPa，温度下降了 9.9℃，大风使蒸发加剧，湿度也加剧上升，此后气温继续下降，相对湿度、气压继续上升。气象要素的急剧变化说明强冷锋是造成大风、沙尘暴的主要影响系统。前期升温降压和干燥的大气为沙尘暴的形成积蓄了热能，从高低层温度变化可以看出（图略），沙尘暴发生前期，低层持续升温，而高层冷平流强于低层，形成了上冷下暖的不稳定大气层结，冷锋过境时，对流层低层存在着强烈的垂直方向的不稳定，加之高层急流动量下传，非常有利于对流运动的产生，卷起大量沙尘。

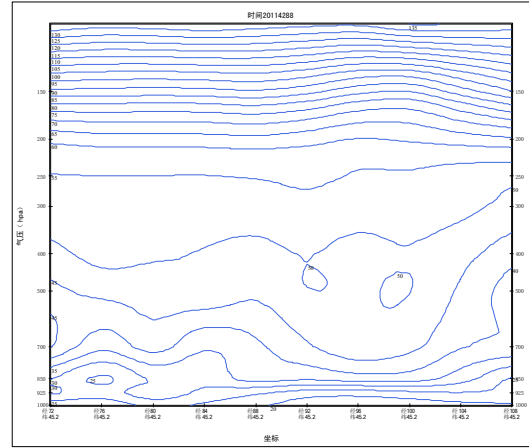
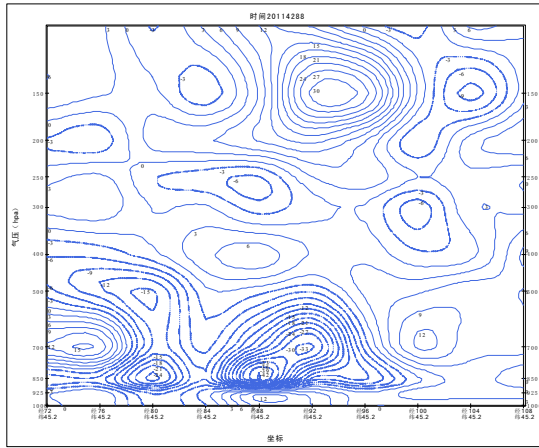


（图 9）嘉峪关本站（52532）温度、湿度、气压变化

五、物理量诊断分析

为了研究此次沙尘暴天气过程的动力学、热力学特点，利用 Micaps 资料，对 45° N，70-110° E 一些物理量进行了垂直剖面分析。

（1）温度平流、假相当位温

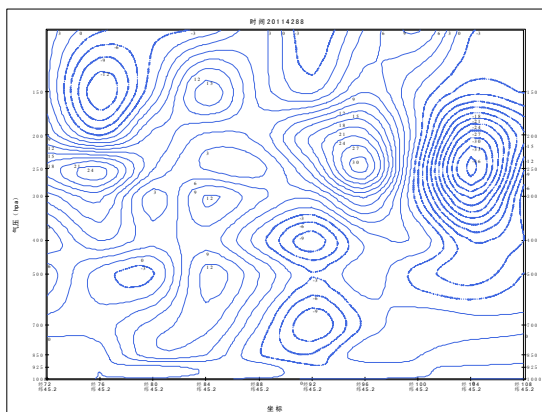


(图 10) 28 日 08 时温度平流垂直剖面图 (图 11) 28 日 08 时假相当位温垂直剖面图

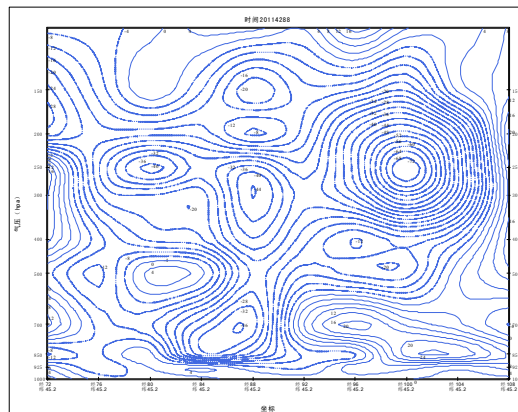
分析 28 日 08 时温度平流空间剖面图可以看出：75° -95° E，500hPa 以下有明显的冷平流入侵，最低值出现在 850hPa，达 $-42 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ ，95° E 为冷暖平流交汇区，20 时冷平流继续东移。冷平流的入侵对低槽、冷锋东移和发展非常重要。

分析 28 日 08 时假相当位温空间剖面图可以看出：中底层有较为宽广的高温高 θ_{se} 区，中心位于 95° E 附近，正好位于锋前的河西地区西部，锋前高温高能结构明显。在锋区 90° E 附近 θ_{se} 的水平梯度明显加大，这种结构有利于不稳定能量的释放。在沙尘暴发生前，中低层大气升温明显，能量聚积，且稳定度差，这为沙尘暴的发生创造了有利条件。

(2) 涡度平流、涡度、散度和垂直速度



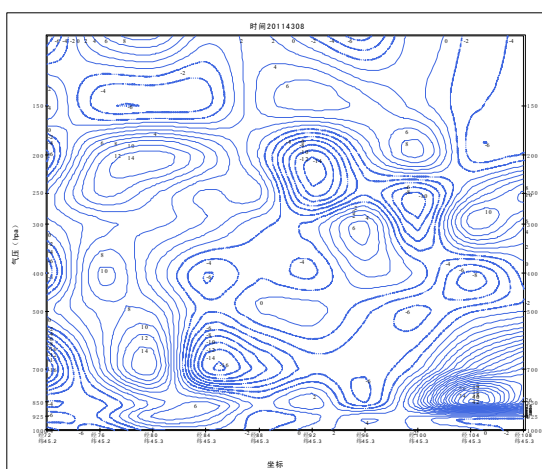
(图 12) 28 日 08 时涡度平流垂直剖面图



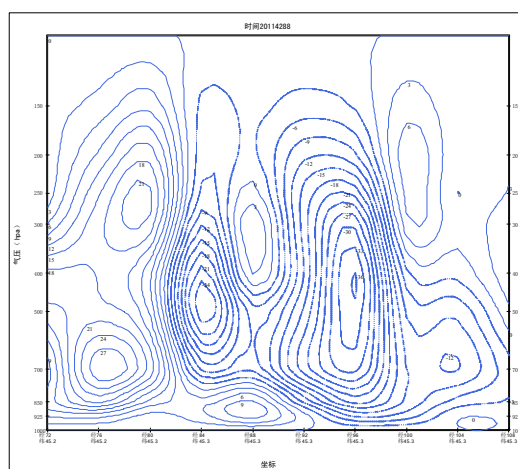
(图 13) 28 日 08 时涡度垂直剖面图

4 月 28 日 08 时，涡度平流主要发生在 85°E ，中心位于 500hPa 高度，对应冷槽的位置，底层也有较明显的涡度平流。涡度平流负值区对应着槽前弱高压脊控制的地区。涡度平流的正负交汇很好的对应了槽的东移发展。

从 28 日 08 时涡度垂直剖面图上分析，500hPa 以下整体表现为东正西负，强涡度区位于 96°E 以东，500hPa 以下均为正涡度，且自上而下向东倾斜， 96°E 附近 700hPa 有正涡度中心，而 850hPa 涡度值很小。东侧底层宽广的涡度区与高空槽相匹配，有利于气旋的发展。



(图 14) 28 日 08 时散度垂直剖面图



(图 15) 28 日 08 时垂直速度剖面图

从散度的垂直剖面图上散度的分布情况基本能看出冷槽和冷锋

的位置和发展情况， 85° E 锋区附近 500hPa 以下均为辐合区，中心位于 700hPa，锋后为辐散区。到 20 时，散度负值区明显东移，呈现出底层辐合高层辐散状态，这种高低空配置有利于对流天气的产生。

从 28 日 08 时的垂直速度剖面图上可以看出， 82° - 100° E 宽广的区域，从底层到高层均为负值区，在河西西部 700hPa 到 300hPa，垂直上升速度达到，在系统发展东移的过程中，上升运动进一步加强，可见沙尘暴发生前有较强的上升运动。

六、结论及预报着眼点

(1) 气候特点：沙尘暴一般出现在冬末到夏初，尤其是冷暖空气交绥的春季，前期的干旱少雨和持续高温为沙尘暴天气发生创造了有利的热力条件。

(2) 嘉峪关本站上游有槽出现，且温度槽落后于高度槽，上游 500hPa 风速大于 20m/s，700hPa 风速大于 12m/s，高低空风速较强，等高线等温线密集。

(3) 地面冷高压呈东北-西南向，锋面系统较强。新疆冷高压与河西热低压之间气压差达 30hpa，锋前有负 ΔP_3 ，锋后有大片正 ΔP_3 ，地面锋面系统较强，且冷锋移动速度和移动方向及过境时间等较为符合本地沙尘暴发生条件。

(4) 大风沙尘暴出现之前，物理量场结构反映明显，大气稳定度差，冷锋附近低层有强辐合，锋前上升运动强烈，锋后则为下沉运动。

参考文献:

- [1] 岳虎, 王锡稳, 李耀辉, 等. 甘肃强沙尘暴个例分析研究
北京: 气象出版社, 2003. F23
- [2] 张高英, 赵思雄, 孙建华. 近年来强沙尘暴天气气候特征的分析研究.
气候与环境研究, 2004, 9(1): 101—5
- [3] 肖贤俊, 刘还珠. 2002年3月19 B沙尘暴爆发条件分析[J]. 应用气象学
报, 2004, 15(1): 1—9
- [4] 李岩瑛, 李耀辉, 罗晓玲, 等. 河西走廊东部沙尘暴预报方法研究[J] .
中国沙漠, 2004 , 24 (5) : 607 - 610.
- [5] 王式功, 杨德保, 金炯, 等. 我国西北地区黑风暴的成因和对策.
中国沙漠, 1995 , 15 (1) : 19 - 30.
- [6] 徐国昌, 衬敏连, 吴国雄. 甘肃省“4. 22”特大沙暴分析[J] .
气象学报, 1979 , 37 (4) : 26 - 35.
- [7] 王式功, 董光荣, 陈惠忠, 等. 沙尘暴研究的进展1-J]. 中国沙
漠, 2000, 20(4): 349—356.
- [8] 周自江, 章国材. 中国北方典型的强沙尘暴事件(1954 2002年)1-J3. 科
学通报, 2003, 48(11): 1224—1228.
- [9] 杨民, 蔡玉琴, 王式功, 等. 2000年春季中国北方沙尘暴天气气候成因
研究口]. 中国沙漠, 2001, 21(增刊): 7—10
- [10] 史培军, 严平, 高尚玉, 等. 我国沙尘暴灾害及其研究进展与展望1-J].
自然灾害学报, 2000, 9(3): 71—77.