

# 河西走廊中部一次特强沙尘暴天气特征及预报方法研究

郭萍萍<sup>1,2</sup>, 殷雪莲<sup>2</sup>, 刘秀兰<sup>3</sup>, 刘德菊<sup>2</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020;

2. 甘肃省张掖市气象局, 甘肃 张掖 734000; 3. 甘肃省临泽县气象局, 甘肃 临泽 734200)

**摘要:**对发生在河西走廊中部2010年4月24日的强沙尘暴天气过程进行了天气成因分析,结果表明:这次特强沙尘暴过程是西北路径的强冷空气引发的锋后偏西大风沙尘暴天气过程,发生在500 hPa环流形势由纬向转为经向的过程中;前期持续增温为沙尘暴的发生提供了有力的热力条件;高、低空急流是沙尘暴发生的重要动力条件;干暖区的存在对沙尘暴的发生提供了丰富的沙源并对沙尘暴的发生以及落区有很好的指示性;下暖上冷的不稳定大气层结有利于高空强风动量下传。应用1969~2004年河西走廊中部大风沙尘暴个例资料及1986~2004年数值预报资料,总结归纳出了不同天气形势下大风沙尘暴短期预报指标和预报方程,同时订正和补充了短时预报指标,在业务使用中预报效果良好。

**关键词:**河西走廊中部;大风沙尘暴;预报方法

**中图分类号:** P425.5<sup>+</sup>5

**文献标识码:** A

## 引言

近40 a来,河西走廊大风沙尘暴天气发生频率呈减少趋势<sup>[1-2]</sup>,但特强沙尘暴天气仍时有发生,其对生态环境、工农业生产及人民生活等危害严重。很多学者对国内及河西走廊地区沙尘暴成因及其灾害做了大量有成效的工作,得出了诸多科研成果<sup>[3-6]</sup>。在这些科研成果的基础上,探讨和研究此类灾害性天气的预报方法很有必要,以便在今后的大风沙尘暴过程来临前更准确地做出预报,提高精细化预报服务能力,为防灾减灾提供决策依据。

2010年4月24日,西北地区的新疆、青海、甘肃、内蒙、宁夏等地发生了一次近年来罕见的大范围强沙尘暴天气过程,河西走廊遭受强沙尘暴侵袭,致使酒泉、民勤等地的最小能见度降至0 m,走廊中部的张掖市,最小能见度也仅为3 m,出现了罕见的黑风天气。这是继2000年“4.12”黑风天气以后历年中,西北地区持续时间最长、强度最强、影响范围最广、危害最严重的一次强沙尘暴天气过程。大风沙

尘天气给当地工农业生产、交通运输及人民生活带来了极大的危害,且由大风沙尘暴引起的火灾、沙尘暴天气后的暴雪低温冻害天气使经济损失更加严重。

2010年入春以后,甘肃省河西地区气温偏低,降水偏多,在这样的气候背景下,发生如此强的沙尘暴天气过程为近年来罕见。本文对此次强沙尘暴天气的高空环流特点、地面影响系统、冷锋前后本站气象要素反映等方面进行了分析,并通过对历史大风沙尘暴资料的统计分析,确立此类灾害性天气的预报指标与预报方程,旨在对其做出准确的预报预警。

## 1 沙尘暴天气概况

2010年4月24日08时左右,新疆东移南下的冷空气进入河西西部,敦煌首先出现浮尘天气,随后冷空气在东移过程中迅速加强,并倒灌进入南疆和柴达木盆地,河西走廊出现区域性强沙尘暴天气,极大风力达8~10级,酒泉、民勤还出现了能见度为0 m的“黑风”。此后,沙尘暴区向走廊东部、柴达木

收稿日期:2010-09-15;改回日期:2010-11-12

基金项目:甘肃省气象局科研项目“甘肃省河西酿造作物精细化服务平台建设(2010-11)”资助

作者简介:郭萍萍(1980-),女,汉族,甘肃武威人,助理工程师,现从事短期天气预报工作。E-mail:apple\_33@163.com

盆地南缘及内蒙北部继续扩展,到25日凌晨,沙尘暴区移至宁夏北部,然后逐渐减弱。沙尘暴天气过后,大部分地方都出现了降水及降温,尤其是河西走廊中部沿祁连山地区出现了暴雪,最大积雪深度达36 cm。

“4.24”强沙尘暴天气造成了巨大的经济损失,仅河西走廊中部,大风强沙尘暴天气引发火灾13起,造成一人死亡,强沙尘暴天气后的暴雪低温冻害天气,对农牧业生产更是雪上加霜,据统计共造成经济损失达2亿多元。

### 1.1 高空环流形势

2010年4月中旬后期,欧亚中高纬环流呈弱的1脊1槽型。60°E的乌拉尔山附近有一高压脊,而在70°E~105°E为一东北—西南向的低槽,西北地区处在西西北气流中。进入4月下旬,中高纬环流从弱的1脊1槽型逐渐转为2脊1槽型。脊区分别位于巴尔喀什湖以北的西西伯利亚地区以及我国东北至远东西部一带,高空槽位于乌拉尔山以西。4月22日,位于黑海东侧的暖平流发展,从而促使乌拉尔山高压脊快速发展,形成闭合高压中心。冷空气在西西伯利亚堆积,形成深厚的低压槽和强锋区。23日,乌拉尔山脊继续发展并向北扩展,其北端已伸至新地岛附近,环流经向度加大,脊前的偏北风随之加强,西北地区处在脊前的西北气流中。23日20时,西西伯利亚低槽加强东移南压,其槽底分裂一小的横槽入侵我国北疆国境线。24日08时,500 hPa(图1)横槽转竖与北部东移的西西伯利亚低槽连为一体,在中西伯利亚至南疆形成一狭长深厚的低压槽,槽前后 $\Delta H_{24}$ 北正南负,中心值达-13 gpm,有-40℃冷中心配合,低槽底部在天山至河西走廊西部形成一支风速>20 m/s的强西风带。至此,欧亚中高纬地区完成了一次由纬向环流向经向环流的调整过程<sup>[7]</sup>，“4.24”强沙尘暴天气就是发生在环流调整过程中。对应在700 hPa(图2)上,50°N~60°N之间,存在一支风速>16 m/s的低空急流,从新疆东北部到河西西部有4条等温线。24日20时,这支低空急流的风速普遍增大到22~24 m/s,河西走廊中西部等高线与等温线呈垂直配置,大气斜压性进一步增强<sup>[8]</sup>,随后高空锋区及强风带进一步影响甘肃河西以东地区。25日08时以后,低槽减弱东移至河套地区,大风沙尘暴天气逐渐结束。

### 1.2 地面环流形势及影响系统

4月22日,乌拉尔山脊开始加强北伸时,新地

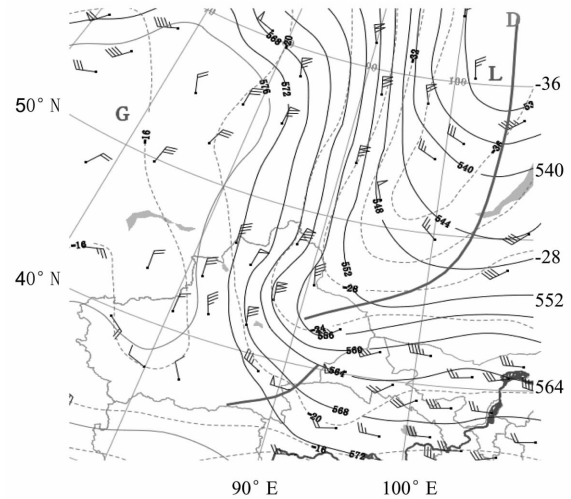


图1 2010年4月24日08时500 hPa高度场  
(实线为等高线,虚线为等温线)

Fig. 1 The 500 hPa height field at 08:00 April 24, 2010

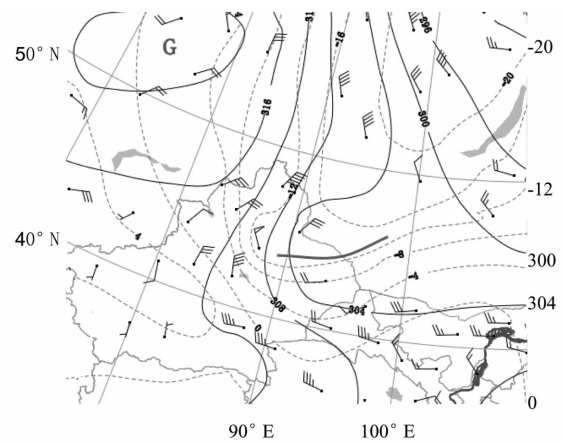


图2 2010年4月24日08时700 hPa高度场  
(实线为等高线,虚线为等温线)

Fig. 2 The 700 hPa height field at 08:00 April 24, 2010

岛以北的冷空气沿乌拉尔山脊前的西北气流南下并逐渐加强,促使西西伯利亚冷高压形成并东移。23日17时,冷高压东移加强,中心值达1 041 hPa,其前部的冷锋进入北疆国境线。24日凌晨,冷锋迅速东南下翻越天山至51581站,冷锋前后气压梯度开始增大。24日08时,冷锋在东移中进入内蒙古西部的热低压,猛烈加强,直冲河西走廊<sup>[9]</sup>,敦煌出现浮尘天气, $\Delta P_3$ 达4.1 hPa,锋后北疆的部分地方出现大风沙尘暴天气,哈密、巴里塘、伊吾还出现了雨夹雪天气。另一股冷空气倒灌进入南疆盆地,与翻

越天山东麓下沉到南疆东部的冷空气合并后东移,并迅速影响柴达木盆地,使青海大部分地方出现大风沙尘暴天气。14时,锋面到达酒泉,锋前张掖以东大部均在低压中,中心值达1 004 hPa,张掖 $\Delta P_3$ 为-2.9 hPa。随后,冷锋继续东移,强沙尘暴自西向东席卷河西走廊中部,张掖于16:27出现了能见度仅为3 m的特强沙尘暴。17时,冷锋移至张掖和武威之间,锋前低压移至武威以东,中心值降低到1 000 hPa,冷锋前后 $\Delta P_3$ 差增强到8.2 hPa。至20时 $\Delta P_3$ 差再度增强到9.0 hPa,形成了一强气压梯度带<sup>[10]</sup>,变压梯度产生的变压风使地面风速加强,民勤于19:09和20:00两度出现“黑风”。25日凌晨,冷高压及冷锋进入河套地区后减弱东移,大风沙尘暴天气逐渐结束,强冷空气使大部空分地方沙尘暴后出现了降水。冷锋移动路径及沙尘暴区域见图3。

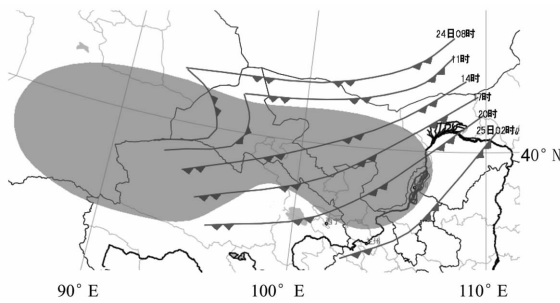


图3 冷锋移动路径及沙尘暴区域  
Fig. 3 The cold front path and the dust storm area on April 24, 2010

### 1.3 干暖区与不稳定能量的释放

据有关研究,河西走廊春季沙尘暴发生在露点温度为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的等值线所包围的干区中<sup>[9]</sup>,分析“4.24”沙尘暴期间湿度的分布可以看出,22~23日河西走廊湿度均较低,23日敦煌西部到酒泉均在露点温度 $\leq -15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的干中心内,24日14时河西中东部露点温度均 $\leq -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。干区的存在是此次特强沙尘暴发生的重要条件。此外,从沙尘暴发生前期21日14时至24日14时,河西大部分地区温度一直呈上升趋势。前期升温降压和晴朗干燥的天气为沙尘暴的形成积蓄了热能<sup>[9,11]</sup>。从张掖本站地面至高空各层温度变化(图略)也可以看出,21~23日整层都在持续增温,低层增温幅度高于高层,大气不断地积蓄热能。24日08时500 hPa开始降温,低层仍然增温,因而在河西中部形成了下暖上冷的不稳定大气层结<sup>[9]</sup>。因此,锋前的局地热力不稳定因素<sup>[10]</sup>

使冷锋过境时高空强风动量下传,触发不稳定能量释放,地面风速加大。

### 1.4 沙尘暴发生前后本站要素分析

24日张掖本站气压从10时后开始下降,到15:13达到最低值845.8 hPa,说明热低压在本区爆发性发展。分析冷锋过境前后压、温、湿自记曲线(图4)可看出,在大风沙尘暴出现前后20 min内,气温明显下降,气压上升。当冷锋在16:20到达张掖时,瞬间极大风速达到22.1 m/s,20 min气温下降了 $6.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,气压上升了1.4 hPa,能见度也急剧下降至3 m,气象要素发生了跳跃性的变化。冷锋过境时,正处在一日中最高气温出现的时段(日最高气温为 $19.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,出现在14:08),下垫面迅速升温,近地层空气受热也快,使得大气层结变得极不稳定<sup>[12]</sup>。同时,冷锋入侵,水平温度梯度增大,使热成风加速并加强了大气的斜压性,从而加大了地转偏差风,更加剧了强沙尘暴的发展<sup>[10]</sup>。

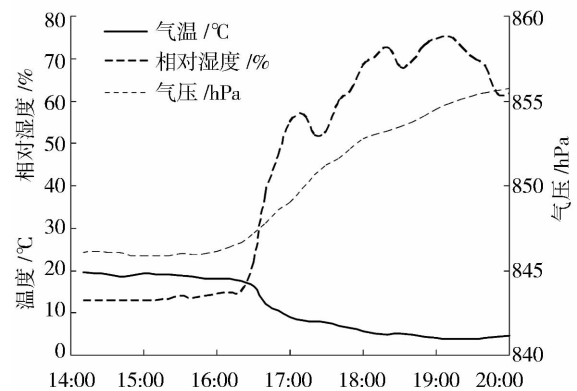


图4 2010年4月24日张掖站气温、本站气压、相对湿度时间曲线

Fig. 4 The time curve of temperature, site pressure, relative humidity at Zhangye meteorological station on April 24, 2010

## 2 大风沙尘暴天气形势分析及短期(24 h)预报

河西走廊是我国沙尘暴多发的地区之一,也是沙尘暴的主要受灾区。尤其是春夏大风沙尘暴天气给农业经济发展带来的危害程度更严重。因此,提高大风沙尘暴天气的预报预警水平,减轻沙尘暴的危害程度是一项非常有必要的工作。丁荣<sup>[13]</sup>等在研究了河西走廊中部近45 a来大风沙尘暴环流形势后,总结出影响河西走廊中部产生区域性大风沙尘暴的天气形势主要有3个类型:冷锋后偏西大风

(冷锋型)、强锋区下偏西大风(动量下传型)、地面蒙古冷高压底部的偏东大风(地面冷高压型)。我们应用1969~2004年河西走廊中部大风沙尘暴个例资料及1986~2004年数值预报资料,确立了河西走廊中部在不同天气形势背景下,大风沙尘暴天气短期预报指标,并建立了大风沙尘暴与预报指标的逐步回归预报方程。

### 2.1 冷锋后偏西大风(冷锋型)

(1)起始条件  $W$ : 预报日14时地面图上有锋面存在,并且满足以下4个条件之一即可:

i: 北疆最大海平面气压与本站海平面气压的差值 $\geq 13$  hPa,并且酒泉到张掖不能有小高压存在;

ii: 锋面前后最大正负 $\Delta P_{24}$ 的绝对值和 $\geq 10$  hPa;

iii: 在河西走廊中部附近有 $\Delta P_3 \geq 2.0$  hPa与 $\Delta P_3 \leq -3.0$  hPa的中心值配合;

iv: 44区至河西西部 $36^\circ \sim 47^\circ \text{N}$ 、 $85 \sim 103^\circ \text{E}$ 有热低压存在。

(2) $X_1$ : 预报日欧洲中心48h数值预报图上,在 $35^\circ \sim 45^\circ \text{N}$ 、 $95^\circ \sim 120^\circ \text{E}$ 范围内的槽线(包括横槽) $\geq 5$ 条,并在 $40^\circ \sim 65^\circ \text{N}$ 、 $90^\circ \text{E}$ 以西近于南北向的脊线 $\geq 3$ 条,张掖处在槽前底部的偏西或西西南气流中。

(3) $X_2$ : 预报日08时500 hPa图上,满足以下2个条件之一即可:

i:  $40^\circ \sim 55^\circ \text{N}$ 、 $65^\circ \sim 80^\circ \text{E}$ 范围内,EN-SW走向的槽线 $\geq 8$ 条,槽后风速 $\geq 20$  m/s的站 $\geq 7$ 个。新疆到河西西部处在脊中,南疆 $\Delta H_{24} \leq -10$  gpm。(若最大正变高中心在 $35^\circ \sim 40^\circ \text{N}$ 、 $75^\circ \sim 80^\circ \text{E}$ 范围内,则南疆 $\Delta H_{24} \leq -15$  gpm)。

ii:  $45^\circ \sim 55^\circ \text{N}$ 、 $80^\circ \sim 95^\circ \text{E}$ 若有经向度较大的低压槽,则不要求 $\Delta H_{24}$ 大小。

(4) $X_3$ : 预报日08时700 hPa上, $38^\circ \sim 50^\circ \text{N}$ 、 $75^\circ \sim 90^\circ \text{E}$ 范围内,等温线呈NE-SW走向,且 $\geq 3$ 条, $T_{\text{乌鲁木齐}} - T_{\text{张掖}} \leq -13$   $^\circ \text{C}$ 。

(5) $X_4$ : 预报日在日本地面气压场形势预报图上, $35^\circ \sim 43^\circ \text{N}$ 、 $95^\circ \sim 110^\circ \text{E}$ 范围内低压中心的闭合线 $\geq 3$ 条,且气压中心值 $\leq 1000$  hPa。

(6) $X_5$ : 预报日08时地面图上, $38^\circ \sim 50^\circ \text{N}$ 、 $80^\circ \sim 90^\circ \text{E}$ 范围内有冷锋,且锋后 $\Delta P_{24} \geq 3.0$  hPa, $\Delta P_3 \geq 5.0$  hPa。

(7) $X_6$ : 预报日08时500 hPa上, $35^\circ \sim 45^\circ \text{N}$ 、 $85^\circ \sim 105^\circ \text{E}$ 范围内满足以下2个条件之一即可:

i:  $T - \ln p$ 图 $SI \leq -0.9$ 或 $K \geq 26$ 的站 $\geq 2$ 个;

ii: 14~15时云图上有较明显的对流小云团移向本站。

符合条件的预报因子取值为1,否则取值为0。建立的预报方程为:

$$Y = W(0.23 X_1 + 0.26 X_2 + 0.28 X_3 + 0.16 X_4 + 0.18 X_5 + 0.26 X_6) \quad (1)$$

$Y$ 的临界值取为0.93。当 $Y \geq 0.93$ 时,预报次日有区域性大风和沙尘暴发生;当 $0.67 \leq Y \leq 0.93$ 时,预报次日有区域性大风而无沙尘暴发生。

通过对张掖市1969~2004年沙尘暴个例统计,出现此类区域性大风沙尘暴天气的历史拟合率为95%,2005~2009年预报准确率为80%。

### 2.2 强锋区下偏西大风(动量下传型)

(1)起始条件  $W$ : 预报日08时500 hPa图上,在 $35^\circ \sim 65^\circ \text{N}$ 、 $65^\circ \sim 105^\circ \text{E}$ 范围内有宽广脊区,脊线位置在 $37^\circ \sim 65^\circ \text{N}$ 、 $85^\circ \sim 100^\circ \text{E}$ ,并且在 $40^\circ \sim 47^\circ \text{N}$ 、 $75^\circ \sim 100^\circ \text{E}$ 有 $\geq 20$  m/s的高空强风速带,同时在28区有 $\Delta H_{24} \geq 8$  gpm站点存在,51区与 $55^\circ \text{N}$ 以南的最大温差 $\geq 20$   $^\circ \text{C}$ 。

(2) $X_1$ : 预报日欧洲中心500 hPa 48h数值预报图上, $37^\circ \sim 70^\circ \text{N}$ 、 $95^\circ \text{E}$ 在脊中,脊线 $\geq 5$ 条,张掖处在脊前或横槽底部的强西北气流中。

(3) $X_2$ : 预报日08时700 hPa图上,脊线位置同500 hPa,对应的暖中心温度与 $55^\circ \text{N}$ 以南最大温差 $\geq 18$   $^\circ \text{C}$ 。

(4) $X_3$ : 预报日14时地面图上,敦煌到酒泉有热低压存在,低压中心海平面气压 $\leq 1030$  hPa, $\Delta P_{24} \leq -6.0$  hPa, $\Delta P_3 \leq -3.0$  hPa, $\Delta T_{24} \geq 4.0$   $^\circ \text{C}$ 。张掖或山丹的 $\Delta P_3 \leq -3.0$  hPa, $T_{14} \geq 10.0$   $^\circ \text{C}$ ,同时托勒、野牛沟、祁连、门源站中 $\Delta P_3 \leq -3.0$  hPa的站数 $\geq 2$ 个。

符合条件的预报因子取值为1,否则取值为0,建立的预报方程为:

$$Y = W(0.28 X_1 + 0.33 X_2 + 0.36 X_3 + 0.16 X_4) \quad (2)$$

$Y$ 的临界值为0.85,当 $Y \geq 0.85$ 时,预报次日有区域性大风沙尘暴发生;当 $0.8 \leq Y \leq 0.85$ 时,预报次日有区域性大风而无沙尘暴发生。

通过对张掖市1969~2004年沙尘暴个例统计,出现此类区域性大风沙尘暴天气历史拟合率为96%,2005~2009年预报准确率为82%。

### 2.3 地面蒙古冷高压底部的偏东大风(地面冷高压型)

统计发现,河西走廊中部出现偏东大风的几率相对较少,历史上没有出现由偏东大风引起的区域性沙尘暴天气。出现偏东大风的预报指标如下:

(1) 预报日当地面冷高压中心位于  $45^{\circ} \sim 52^{\circ} \text{N}$ ,  $95^{\circ} \sim 105^{\circ} \text{E}$  范围内时,有利于次日出现偏东大风。

(2) 预报日 08 时地面图上,冷高压中心 2 月  $\geq 1\ 050 \text{ hPa}$ , 3 月  $\geq 1\ 040 \text{ hPa}$ , 4 月  $\geq 1\ 035 \text{ hPa}$ , 同时南疆东部到敦煌有热低压规律东移,低压中心值  $\leq 1\ 000 \text{ hPa}$ 。

当条件满足时,预报次日张掖市有  $\geq 5$  级的偏东大风出现,否则无。山丹出现的几率最大,其次为张掖。

### 3 大风沙尘暴短时临近预报(6 h)

刘开福等<sup>[14]</sup>对黑风暴天气系统的发展作了研究后指出,强沙尘暴过程前 6 h 左右天气尺度系统发展最强,高空、地面特征量及本地气象要素值都有剧烈变化,以此总结出了河西走廊东部沙尘暴天气的短时预报规则。由于河西走廊地形地貌以及气候相似,出现大风沙尘暴天气的形势也相似,故在此规则基础上,通过统计 1969 ~ 2006 年张掖市区域性大风沙尘暴个例资料,订正得出了河西走廊中部大风沙尘暴天气的短时预报指标。

$X_1$ : 08 时地面图上强冷锋位于内蒙古西北部至河西走廊西部一线,锋后 51 区为  $+\Delta P_3$  区,锋前 52 区为  $-\Delta P_3$  区,冷锋前后最大  $\Delta P_3$  差值  $\leq -10 \text{ hPa}$ ;

$X_2$ : 08 时 500 hPa 上,高空低槽位于新疆东北部地区,槽后  $\Delta H_{24} \geq 10 \text{ gpm}$ , 槽前  $\Delta H_{24} \leq -6 \text{ gpm}$ , 槽附近冷中心强度  $\leq -30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

$X_3$ : 08 时 700 hPa 上,  $T_{\text{乌鲁木齐}} - T_{\text{张掖}} \leq -13 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 500 hPa 槽附近  $\Delta T_{24} \leq -8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

$X_4$ : 08 时(或 11 时或 14 时)张掖  $\Delta P_{24} \leq -4.0 \text{ hPa}$ ,  $\Delta T_{24} \geq 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 二者的绝对值和  $\geq 6.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 并且本站气压  $\leq 846.0 \text{ hPa}$ , 气温  $\geq 18.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

以上 4 项指标都符合,则预报午后到夜间有黑风天气;符合其中 3 项指标而另一项基本符合时,则预报午后到夜间有强沙尘暴天气;符合其中 2 项,另 2 项基本符合,则预报午后到夜间有一般沙尘暴天气。经在 2008 ~ 2010 年春季的使用,对强沙尘暴天气有较强的预测预警能力。

### 4 小结

沙尘暴多发生于干冷气候背景条件下<sup>[15-16]</sup>,在“4.24”强沙尘暴天气过程发生前期,河西地区降水与历年同期相比偏多,气温偏低,能出现如此范围大、强度强的沙尘暴天气就其原因总结为以下几点:

(1) 河西多戈壁沙漠分布,春季植被稀少,进入 4 月后,气温回升,地面开始解冻。虽然 2010 年 3 ~ 4 月中旬,河西地区降水偏多,但“4.24”特强沙尘暴发生前 3 d 气温猛增,使地表面干土层加厚且处于松散状态,为此次沙尘暴的发生提供了有力的物质条件。

(2) 短期强大风天气是导致此次强沙尘暴天气出现的关键因素。西西伯利亚低槽东移形成的斜压性很强的高空锋区和地面强气压梯度带、河西走廊暖干区的形成和维持为地面出现大风提供了很好的动力条件和热力条件。

(3) “4.24”特强沙尘暴过程冷锋过境时正值晴天午后,气温日变化的影响加剧了大风、沙尘暴的强度。

做好短期 24 h 预报是预防沙尘暴天气灾害的关键,利用常规天气资料和数值预报产品,应用诊断预报和统计预报方法,总结出河西走廊中部在不同天气形势下大风沙尘暴短期诊断预报指标和预报方程,在业务运行中,预报效果良好。

大风沙尘暴过程前 6 h 高空、地面特征量及本地气象要素值的跃变具有很好的指示性,因此应将预报的重点放在短时时效上,提高减灾效益。

#### 参考文献:

- [1] 陈锦,李东庆,喻光明. 近 40 年来西北地区沙尘暴日数时空分布及变化趋势[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2008, 42(4): 659 - 664.
- [2] 张瑞军,何清,孔丹,等. 近几年国内沙尘暴研究的初步评述[J]. 干旱气象, 2007, 25(3): 88 - 94.
- [3] 徐国昌. 强沙尘暴天气过程中的若干问题思考[J]. 干旱气象, 2008, 26(2): 9 - 11.
- [4] 岳虎,王锡稳,李耀辉. 甘肃强沙尘暴个例分析研究[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [5] 程鹏,李光林,刘抗,等. 河西走廊一次区域性大风强沙尘暴天气诊断[J]. 干旱气象, 2009, 27(3): 245 - 249.
- [6] 王伏村,张德玉,郝志毅,等. 河西走廊一次夏季强沙尘暴的影响系统分析[J]. 干旱气象, 2009, 27(3): 239 - 244.
- [7] 徐建芬,孙兰东,许东蓓,等. 西北地区一次斜压槽引发的强沙尘暴研究[J]. 干旱气象, 2001, 19(2): 40 - 44.
- [8] 樊利强. 2010 年 4 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 2010, 36

- (7):174-179.
- [9] 徐建芬,陶健红,杨民,等. 2000年4月12日特强沙尘暴天气分析[J]. 气象,27(6):22-26.
- [10] 钱莉,杨晓玲,杨永龙. 河西走廊东部“2000.4.12”与“2001.4.8”强沙尘暴、寒潮天气成因对比分析[J]. 青海气象,2003(2):8-12.
- [11] 赵俊荣,刘振新. 准噶尔盆地南缘一次强沙尘暴成因分析[J]. 干旱气象,2009,27(4):362-366.
- [12] 钟海玲,李栋梁,魏丽. 中国北方沙尘暴的异常及其对青藏高原地面感热的响应[J]. 中国沙漠,2005,25(6):891-896.
- [13] 丁荣,张德玉,梁俊宁,等. 甘肃河西走廊中部近45a来大风沙尘暴气候背景分析[J]. 中国沙漠,2006,26(5):792-796.
- [14] 刘开福,陈雷. 黑风暴前6小时的天气系统跃变[J]. 甘肃气象,2001,19(2):45-47.
- [15] 冯起,苏志珠,金会军. 塔里木河流域12 ka BP以来沙漠演化与气候变化研究[J]. 中国科学(D辑),1999,29(增刊1):87-96.
- [16] 戴雪荣,李吉均,俞立中,等. 末次间冰期甘肃沙尘暴演化历史的黄土记录分析[J]. 地理学报,1999,54(5):445-453.

## Analysis of A Heavy Dust Storm Occurred in Middle Part of Hexi Corridor and Forecast Methods Study for Dust Storm Weather

GUO Pingping<sup>1,2</sup>, YIN Xuelian<sup>2</sup>, LIU Xiulan<sup>3</sup>, LIU Deju<sup>2</sup>

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Key Open Laboratory of Arid Climatic Change and Disaster Reduction of CMA, Key Laboratory of Arid climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730020, China; 2. Zhangye Meteorological Bureau of Gansu Province, Zhangye 734000, China; 3. Linze Meteorological Station of Gansu Province, Linze 734200, China)

**Abstract:** The sand - dust storm weather occurred on April 24, 2010 in the middle of Hexi Corridor was studied. The results show that the strong cold air from the northwest route resulted in this heavy dust storm, it occurred during the process of 500 hPa circulation situation transition from the latitudinal to longitudinal direction. The continual temperature rising provided the favorable thermal condition for sandstorm. The upper and lower level jet stream provided the dynamical condition for it. The exist of dry - warmer area was an omen for its occurrence and it provided abundant sands. The unstable atmospheric structure with warm lower and cold upper was good for the momentum transmitting downwards of the strong wind in upper air. The daily forecast indexes and equations under the different weather conditions were summarized based on the meteorological data from 1969 to 2004 in the middle of Hexi Corridor and the numerical forecast products from 1986 to 2004. The now - forecast indexes were modified and complemented, and it played a well role in the forecasting work of dust weather.

**Key words:** the middle of Hexi Corridor; gale and sand - dust storm; forecasting method