

文章编号:1000-694X(2006)05-0792-05

# 甘肃河西走廊中部近45 a来大风 沙尘暴气候背景分析

丁荣, 张德玉, 梁俊宁, 周瑛兰

(甘肃省张掖市气象局, 甘肃 张掖 734000)

**摘要:**统计了1960—2004年甘肃河西走廊中部张掖市6个气象站近45 a的实测大风沙尘暴资料,详细分析了该市大风沙尘暴天气的时空分布及形成原因,并归纳出其形成的大气环流形势特征和影响系统。

**关键词:**大风沙尘暴;气候背景;预报方法

**中图分类号:**P468.026

**文献标识码:**A

大风沙尘暴是河西走廊常见的主要灾害天气之一,由于其独特的地理位置和特殊的气候条件特征,使大风沙尘暴天气在一年四季中的不同月份都可发生,其出现的频率差异也各不相同。张掖是以农业为主的地区,尤其是春夏两季的大风沙尘暴天气给农业经济发展带来的危害程度更严重。近年来由于全球气候变暖和不合理的人类活动等因素,大风强沙尘暴出现频率有明显增加的趋势<sup>[1]</sup>,导致该地区本已非常脆弱的自然生态环境进一步恶化。中国气象局也已于2004年把沙尘暴正式列入日常气象预报业务工作的运行中。并制定了具体的预警发布制度及精细化的灾害性天气评定标准。但对于如何从短期预测预警及服务的角度探讨分析沙尘暴,由于地理环境及气候条件的特征不同,所以同样的天气系统所造成的强度和种类各不相同。

## 1 资料来源及标准

### 1.1 资料来源

利用张掖市的高台、临泽、张掖、山丹、肃南、民乐站1960—2004年近45 a的气象观测资料中出现的大风、沙尘暴日数。

### 1.2 大风标准

按气象观测规范以北京时当天20:00至次日20:00时为日界的同一天中,10 min平均最大风速 $\geq 10.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 或瞬间最大风速 $\geq 17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的站数 $\geq 3$ 站为一个区域性大风日数。

### 1.3 沙尘暴标准

同一天观测记录中有沙尘暴符号 $\geq 2$ 站为一个区域性沙尘暴日数,其中有一站的瞬间最大风速 $\geq 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 并且能见度 $\leq 200 \text{ m}$ 的为一个强沙尘暴日数。

## 2 大风沙尘暴的时间分布

### 2.1 年际变化

对1960—2004年以来的大风沙尘暴天气过程进行了统计分析后,发现张掖市的区域性大风沙尘暴过程频率从总体上呈下降趋势,20世纪60年代较少,70年代最多,80年代到90年代中期在逐渐递减<sup>[1]</sup>。从1998年开始到2004年又处于逐渐上升的趋势<sup>[1]</sup>,突出年份是1998年、此年的4~7月就发生了13次区域性大风沙尘暴天气,其次、沙尘暴发生次数最多的时期出现在1966年、1968年、1971年、1972年(图1中a~c)。

### 2.2 月际变化

张掖市大风沙尘暴一年四季都可发生,从表1可以看出,大风主要集中在3~7月,以5月最多。在3~7月出现的大风日数占全年总日数的70%,而6~8月主要以系统加局地的对流性不稳定引起的短时阵性大风为主,占全年大风日数的36%,秋冬两季占全年大风的20%。而沙尘暴3~5月最多,6~7月次之,9~12月最少。春季又以4月最

收稿日期:2005-10-28; 改回日期:2006-01-09

作者简介:丁荣(1955—),女(汉族),甘肃张掖市人,工程师,主要从事天气预报和灾害性天气预测研究。

万方数据

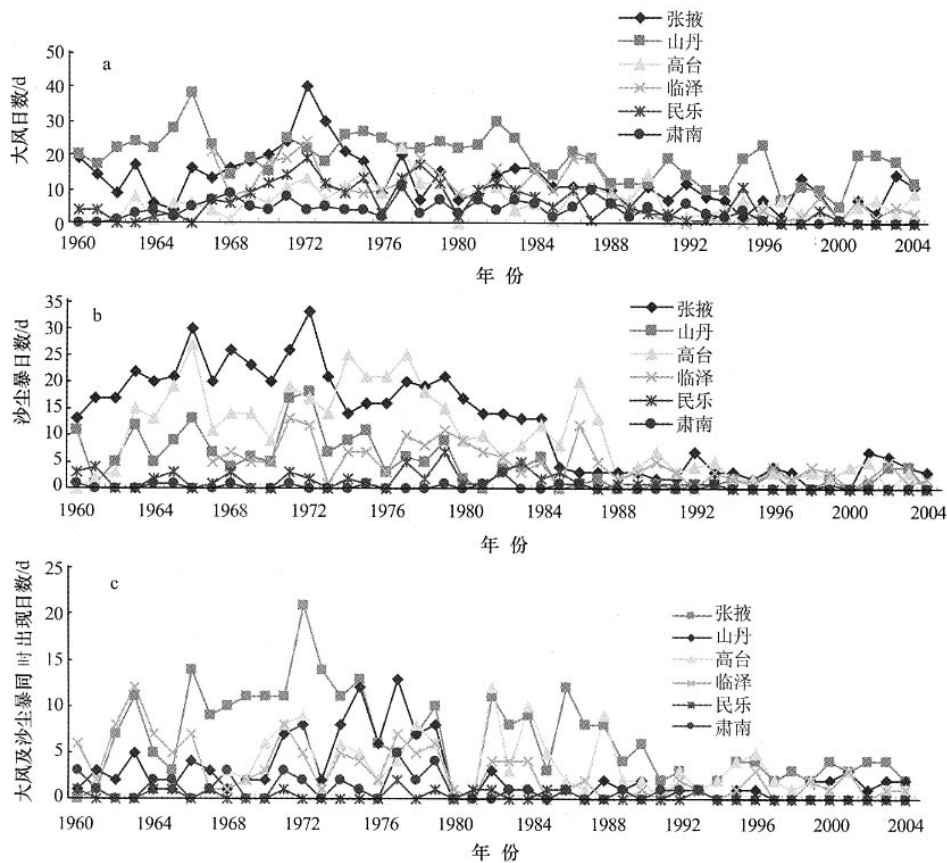


图 1 1960—2004 年张掖市 6 个气象站大风及沙尘暴发生日数的年际变化

Fig. 1 Inter-annual changes of gale and duststorm days observed at six weather stations of Zhangye City from 1960 to 2004

表 1 张掖市 1960—2004 年 6 个气象站逐月平均大风沙尘暴日数

Tab. 1 Monthly variation of average strong wind and duststorm days in Zhangye City

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
大风/d	2.1	3.2	6.7	9.2	10.8	8.5	8.6	4.6	2.4	1.4	1.6	1.8
沙尘暴/d	0.8	0.9	3.0	3.1	2.5	1.1	0.91	0.55	0.1	0.16	0.2	0.45

多,秋冬季又以 9 月最少。这主要是由于 3~5 月是生态环境最恶劣的时段,此时大地复苏,植被不茂,即是冷暖空气交替活动最频繁的季节,同时又是相对严重干旱期,加之天气变化日趋活跃,气温回升快的热力条件给中小尺度天气系统发展提供了有力的物理转换过程。而夏秋季节由于降水多,是作物生长旺季,地表植被覆盖好。冬季气温较低,地表封冻<sup>[2]</sup>,冷热对流很弱,沙尘不易吹起。

2.3 日变化

张掖市大风沙尘暴的发生时间具有明显的日变化,对 45 a 间各月季出现的所有大风沙尘暴资料统计后发现。强度较大、破坏力较强而持续时间较长万方数据

的大风沙尘暴天气主要集中在上午 11 时到下午 23 时之间,占总次数的 81%,上午和后半夜相对较少,只占 19%(图 2)。这说明产生大风的主要原因除与大型的冷暖空气强度及环流形势有关外,主要还与近地层空气热力稳定性的日变化有关。

张掖市地处河西走廊中部黑河中游地带,除河流流经处为一个个大小不等的绿洲外,戈壁沙漠广为分布,这一方面为大风提供了大量的沙尘源地,另一方面,由于沙漠戈壁受热快散热也快,气温日较差特大(经统计,张掖市年日较差最大达 21℃),使风速日变化比其他地方尤为突出。白天尤其是午后下垫面迅速升温,近地层空气受热也快,因而使大气层结变得极不稳定<sup>[3]</sup>,当有西风急流扰动时动量下传

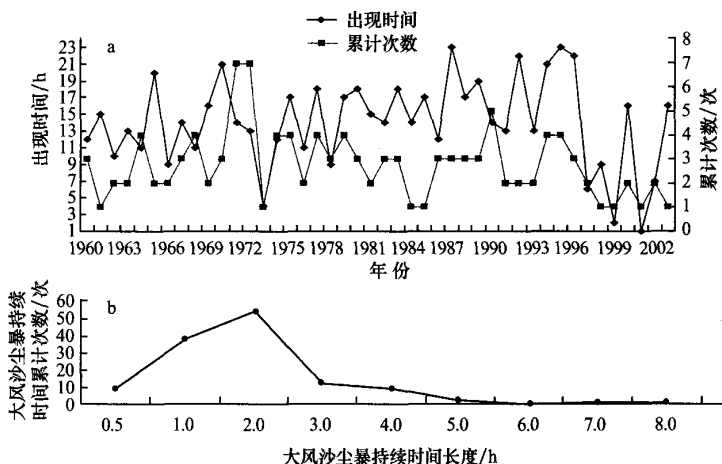


图2 1960—2004年45 a来张掖市区域性较强大风和沙尘暴同时出现的特征值变化  
Fig. 2 Characteristic curves of regional strong-wind and duststorm which appeared at the same time in Zhangye City during 1960—2004

作用大大加强,导致午后风速加大,夜间沙漠戈壁迅速散热,近地层空气变冷并形成很厚的逆温层,大气层结稳定,风速减小,即使很强的冷空气过境也很少形成强度大,具有破坏力的大风沙尘暴天气。

从大量资料普查中还发现,每次强的大风沙尘暴发生之前都出现持续3~4 d的升温降压天气,大风来临的前一天或当天午后的地表最高温度就春季2~5月而言,一般都有猛升的现象,并且高达30~68℃左右。从风的日变化情况来分析来看,张掖市出现的沙尘暴天气除受随天气系统从上游移来的沙源外,本地的沙源也作出了较大的贡献。

### 3 大风沙尘暴的地域分布

张掖市由于地形呈狭窄的走廊形,大风主要盛行西北和东南两种风向,当大范围冷暖气团入侵时,由于狭管效应,常是风速递增,除肃南、民乐两山区大风沙尘暴日数特少外(年平均不足一天),其余各县如高台、临泽、张掖、山丹全年大风日数均在7~16 d间。从表2中可见,大风日数最少为高台7次,最多为山丹16次,而张掖、临泽次之,但沙尘暴分布则差异很大,20世纪60~70年代,高台和山丹为特多,年平均在8.3次,临泽次之4.7次,张掖为3.4

表2 1960—2004年张掖市6县(区)年平均大风沙尘暴日数

Tab. 2 Annual mean strong-wind and duststorm days in each county (district) of Zhangye City

时段	高台		临泽		张掖		山丹		民乐		肃南	
	大风/d	沙尘暴/d	大风/d	沙尘暴/d	大风/d	沙尘暴/d	大风/d	沙尘暴/d	大风/d	沙尘暴/d	大风/d	沙尘暴/d
1960—1969	3.2	5.5	3.7	1.6	13.4	2.6	10.6	7.3	3.5	1.6	3.6	0.4
1970—1979	13.2	9.6	15.8	7.7	20.4	4.2	21.3	9.2	12.4	2.2	5.2	0.3
1980—1989	6.9	1.7	10.7	5.2	11	2.6	17.3	1.7	5.9	1.0	5.2	0.6
1990—1999	4.8	1	2.2	2.7	7.6	1	14.1	1.1	1.5	0.4	0.3	0.1
2000—2004	3.2	1.8	3.6	1.8	3.6	1.7	7.7	1.8	0	0.1	0	0.1

次。80~90年代高台和山丹均递减为1.4次,张掖递减为1.8 d,临泽为4.0 d。2000—2004年则山丹、高台又上升为1.8 d,临泽、张掖则为3.6 d,民乐和肃南2000年之后只出现过一次沙尘暴。

### 4 造成张掖市大风沙尘暴天气的500 hPa环流形势及分类

经对45 a资料的统计,张掖市共出现区域性大风沙尘暴天气126例,其中出现区域性≥8级的大风沙尘暴天气过程75例。这一方面说明沙尘暴天万方数据

气的出现,离不开强劲的高空风速和低层的热力不稳定<sup>[2]</sup>,另一方面也进一步说明该地生态环境的脆弱性。但更能说明问题的是,由于二者之间的关联性很强,给预报该类天气的工作带来了极大的方便与简化。另据资料分析发现,自20世纪70年代后期开始,造成张掖市大风沙尘暴的天气系统(偏西大风)较以前的移速加快了约1~7 h。为此我们着重分析了1985—1999年的有数值形势预报积累以来15 a的资料,根据数值预报资料和实况天气图上的500 hPa、700 hPa和地面各层的大尺度天气系统的

环流形势特征,总结出影响张掖市产生区域性大风沙尘暴的天气形势主要有以下三个类型。即冷锋后的偏西大风(冷锋型)。强锋区下(动量下传型)偏西大风。地面蒙古冷高压底部的偏东大风(地面冷高压型)。其中偏西大风占区域性大风总次数的 82%,以春季 3~5 月机率最大为 52%。现将天气形势分述如下。

#### 4.1 冷锋后的偏西大风环流形势

图 3 是造成河西走廊区域性偏西大风最常见的环流形势场,也是本型的主要形势特征,在过程前的一到两天内,500 hPa 高空图上亚欧范围高纬地区一般为—槽—脊型的移动性槽脊(也就是俗称的中亚槽快速东移型),即在  $65^{\circ}\sim 75^{\circ}\text{E}$  的中亚地区有一纬向相对较强的南北向和东北西南向的辐散槽,其脊前槽后有较强的( $\geq 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ )偏北风或东北风的急流锋区与其配合。处在中纬度地区的河西走廊为减弱东移的新疆暖脊控制。随着中亚低槽的发展东移,其槽前作为引导气流的正负  $\Delta H_{24}$  进入南疆至高原与高空冷槽的发展相对应。同时地面天气图上冷高压中心位于威海至北疆,冷锋位于天山东侧到若羌一带。

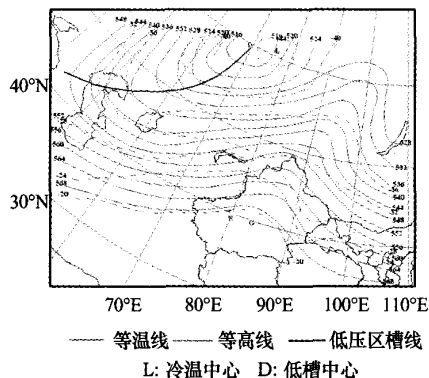


图 3 较典型的冷锋后偏西大风的 500 hPa 环流形势(中亚槽快速东移型)

Fig. 3 The 500 hPa circulation pattern of the west leaning gale behind typical cold front (the pattern of mid Asia trough moving eastward quickly)

#### 4.2 强锋区下的偏西大风(动量下传型)

图 4 是造成张掖市出现动量下传大风较典型的 500 hPa 高空环流形势场,此类大风主要是由于大气底层热力增温造成空气层结不稳定,铅直交换加强,高层加速运动的空气质点随下沉运动带到近地面层,使风速加大而形成的大风<sup>[4]</sup>。此类大风主要在 10 月至翌年 4 月期间发生,但在冬春交替的 2~4 月出现机率最大,占区域性大风的 18%。大风发

生前一天的 08 时 500 hPa 高空形势是乌拉尔山南侧为一发展的暖高压脊。脊前新疆至河西中西部上空为一致的西北至东南走向的风速  $\geq 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  的强风速带。在 5 个纬距之间有 552~568 为特征线的 5 条等高线或  $\geq 3$  条等温线,其走向基本一致。贝加尔湖至蒙古是宽广的冷低压区,在此走向的西北气流中,不断有不稳定小槽东传或西风气流扰动,促使冷空气下沉,但如果地面上在南江至河西中西部或蒙古西部没有发展强烈的气旋与其配合或明显的降压升温对应,而是较强的冷高压控制,即使高空风速区再大,也不利于动量下传大风的形成。

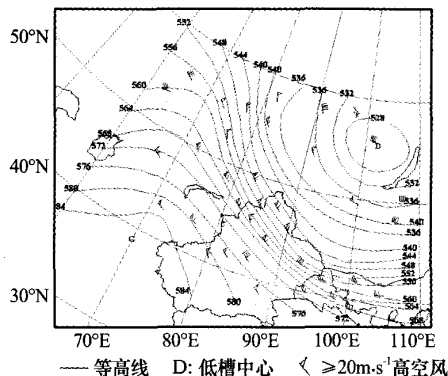


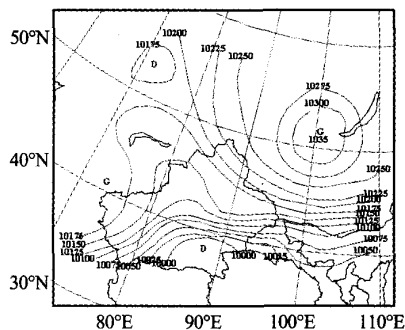
图 4 较典型的强锋区下偏西大风的 500 hPa 环流形势(动量下传型)

Fig. 4 The 500 hPa circulation pattern of the west leaning gale behind typical cold front (the pattern of momentum downward conduction)

#### 4.3 地面蒙古冷高压底部的偏东大风

图 5 是主要影响张掖市东南部出现偏东大风的 地面蒙古冷高压的气压场形势。此类大风主要在 2 月下旬至 4 月上旬期间出现机率较大。此时正处于冷暖空气交替活动最频繁的季节,它的影响系统主要是地面蒙古冷高压的中心位置强度及移动路径所决定,在大风出现前一天,08 时地面冷高压中心东移南压到  $45^{\circ}\sim 52^{\circ}\text{N}$ ,  $95^{\circ}\sim 105^{\circ}\text{E}$  范围内才有利于张掖市吹风,但由于张掖市的山丹、民乐位于河西走廊东端的喇叭口地带,其上游是巴丹吉林沙漠,它是偏东大风的主要沙源,所以出现最大风速机率中心一般都落在山丹和民乐,但山丹更有利于产生此类大风,而且持续时间也长,有时夜间反而增强,而张掖次之、临泽、高台最小。其冷高压中心强度 2 月  $\geq 1\ 050 \text{ hPa}$ , 3 月  $\geq 1\ 040 \text{ hPa}$ , 4 月  $\geq 1\ 035 \text{ hPa}$ , 与此同时,南疆东部到敦煌有热低压规律东移,可促使加强走廊内形成以东北或东北西南走向的气压梯度和温度梯度。与其对应的高空 500 hPa 在新西伯利亚至巴尔喀什湖有

一冷槽,槽后的乌山是一发展东移的高压脊。由于高脊的凸起,促使其前部的冷槽向东南加深,直冲河西走廊盆地,加之祁连山脉的地形阻挡作用,使其冷空气在走廊内堆积,从而产生了冷高压南部的偏东大风。



G:V冷高压中心 D: 热低压中心 — 位势高度

图 5 较典型的蒙古冷高压底部偏东大风

08 时地面气压形势场

Fig. 5 Surface pressure pattern of the east leaning gale at typical Mongolia cold high at 08:00

#### 4.4 低层 700 hPa 热力场的环流特征

以上三类大风的出现,在低层 700 hPa 热力场上都有一个共同的变化特征,是当大风发生前一天在  $38^{\circ}\sim 47^{\circ}\text{N}$ 、 $70^{\circ}\sim 85^{\circ}\text{E}$  范围内有冷槽对应。从天山到 52 区有明显的 5 个经(纬)距内大于等于 3 条等温线的能量锋区存在,同时在高原到河西中西部是升温较强的暖区,并且有预示低槽发展去向及强弱的 24 h 正负变高中心配合<sup>[5]</sup>。

#### 4.5 大风沙尘暴过境时地面及单站气象要素的演变特征

一般大尺度天气系统造成的偏西大风来临前<sup>[5]</sup>,除在对流层中上层的 500 hPa、700 hPa 环流场上都有一个共同的强风速带、并伴有强烈的冷平流等特征配

合外,如 08 时和 14 时的地面天气图上及本区单站各气象要素也都具有较明显的变化,如大风来临前单站要素为急剧的升温、降压、降湿、弱风或静风的天气<sup>[6]</sup>。而地面天气图上在本市所确定的关键区域内均有明显的气压梯度场,24 h 变压梯度 3 h 变压梯度变温梯度场和锋面相伴随。但夏季的局地热对流引起的中小尺度天气系统,如雷阵雨伴随的阵性大风,因空间尺度小,生命史较短,它的水平范围大约在几公里至几十公里,生命期也只有几十分钟至几小时,所以除了在当天临近时的地面天气图上河西西部有一两个站出现不起眼的小高压、能反应促使局地上升气流发展,到雷暴云的成熟阶段云中产生的下沉气流到地面附近时向四周散开而造成局地大风的特征外。其他很少能从前一天环流形势场上找出有力依据。

## 5 讨论

随着全球气候变暖的趋势,影响张掖的天气系统移速也在发生着变化,尤其是造成大风沙尘暴的天气系统存在着明显的变化,这一点应引起我们的注意。数值天气预报的准确率目前已有显著的预报效果,在实际预报工作中应大胆使用。

#### 参考文献 (References):

- [1] 李栋梁,王涛,钟海玲. 中国北方沙尘暴气候成因及未来趋势预测[J]. 中国沙漠, 2004, 24(3): 376—379.
- [2] 张克存,屈建军,马中华. 近 50 年来民勤沙尘暴的环流特征[J]. 中国沙漠, 2004, 24(3): 257—260.
- [3] 钟海玲,李栋梁,魏丽. 中国北方沙尘暴的异常及其对季青藏高原地面感热的响应[J]. 中国沙漠, 2004, 24(3): 323—329.
- [4] 程海霞,丁治英,帅克杰. 近 5 年我国沙尘暴与高空急流关系的统计分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(6): 891—896.
- [5] 徐国昌,陈敏连,吴国雄. 甘肃省“4. 22”特大沙尘暴分析[J]. 气象学报, 1979, 37(4): 26—35.
- [6] 王式功,杨德保,孟梅芝,等. 甘肃河西“5. 5”黑风天气系统结构特征及其成因分析[J]. 甘肃气象, 1993, (3): 28—31.

## Weather Background Analysis of Gale and Duststorms in Recent 45 Years and Short-term Forecast Method in Central Hexi Corridor of Gansu Province

DING Rong, ZHANG De-yu, LIANG Jun-ning, ZHOU Ying-lan

(Zhangye Meteorological Bureau of Gansu Province, Zhangye 734000, Gansu, China)

**Abstract:** This paper statistically analyzed the data of gale and duststorms from 1960 to 2004 observed at the six weather stations in Zhangye City in central Hexi Corridor during the past 45 years, then analyzed in detail the space-time distribution and forming cause of gale and duststorm weather, and has concluded their formative atmospheric circulation situation characteristics and influencing system. Also a set of forecast respects and forecast methods have been generalized, they are effective in the actual forecast application.

**Key words:** gale and duststorm; weather background; forecast method

万方数据