

河西走廊春季大风、沙尘暴的成因差异初探

曹 玲¹ 董安祥² 张德玉¹ 窦永祥¹

(1 甘肃省张掖市气象局,张掖 734000; 2 中国气象局兰州干旱气象研究所,兰州 730020)

摘要 通过对河西走廊 1971~2000 年 3~5 月大风和沙尘暴个例普查,运用相关法分析了河西走廊大风和沙尘暴天气在时间上的分布差异和沙尘暴与沙源地区前期降水的关系,同时对“起沙风”也作了初步探讨,结果表明:河西走廊地区在 10 min 平均风速大于等于 9 m/s 时,极易起沙;河西走廊的西部、中部、东部分别在南疆中东部、南疆东部、内蒙西部河西西部、内蒙中西部出现 5~8 mm 降水后 5 天才有可能出现沙尘暴。文中给出了河西走廊大风沙尘暴的几种典型环流形势及每一种环流形势可引发沙尘暴的预报着眼点。

关键词 河西走廊 大风 沙尘暴 成因差异 环流特征

引言

河西走廊因其所处特殊的地理环境和下垫面条件的影响,一直是大风、沙尘暴天气的高发区。沙尘暴对人类生存环境和社会经济的危害,已引起人们越来越广泛的重视和关注。关于西北地区大风和沙尘暴的机理成因、气候变化及预报方法等,已有许多专家做了研究,并取得了一定的成果^[1~4],但在大风和沙尘暴的成因差异方面至今缺乏系统研究。本

文通过普查 1971~2000 年河西走廊春季大风和沙尘暴个例,着重从环流特征方面分析了二者的成因差异,并对起沙成因也作了初步探讨。

1 单站大风和沙尘暴气候特征

选择河西走廊地区沙尘暴出现最为频繁的民勤站,分别对其 3~5 月所有大风和沙尘暴个例、二者同时出现及只出现其一的个例进行统计分析,结果如表 1 所示。

表 1 民勤 1971~2000 年 3~5 月大风和沙尘暴出现次数及占总数的百分比

	所有大风		所有沙尘暴		二者同时出现		有大风无沙尘暴		有沙尘暴无大风	
	次数	%	次数	%	次数	%	次数	%	次数	%
3 月	76	24	96	28	56	26	20	19	39	30
4 月	135	42	136	39	89	41	46	44	46	36
5 月	110	34	116	33	72	33	39	37	44	34

从表 1 中可看出:①5 类天气均在 4 月出现最多,5 月次之,3 月最少。②各月沙尘暴出现次数均多于大风次数。③有大风无沙尘暴的次数只占大风总次数的 33%,其中 3 月占 26%,4 月 34%,5 月 35%。④有沙尘暴无大风的次数只占沙尘暴总次数的 37%,其中 3 月占 41%,4 月 34%,5 月 38%。⑤二者同时出现次数分别占大风和沙尘暴总次数的 68%和 63%,说明大风和沙尘暴在大多数情况下是

相伴出现的。

2 沙尘起因分析

2.1 资料选取标准

选取甘肃河西走廊敦煌、安西、玉门镇、酒泉、高台、张掖、山丹、永昌、民勤、武威等 10 个代表站 1971~2000 年 3~5 月的大风和沙尘暴资料。规定在上述 10 个测站中同一天(系统性过程允许跨日

科技部社会公益研究项目“西北干旱区沙尘暴预警服务系统研究”(2000DI A1 0031)资助
作者简介:曹玲,女,1963 年生,工程师,从事天气预报和应用研究工作,Email:caoling@gsma.gov.cn
收稿日期:2003 年 10 月 23 日;定稿日期:2003 年 12 月 6 日

界)有 5 站或以上出现大风和沙尘暴天气时,分别记为一个大风和沙尘暴个例。据此,选出了 5 类天气个例见表 2。

表 2 1971~2000 年 3~5 月河西走廊大风和沙尘暴天气个例数

	所有大风	所有沙尘暴	二者同时出现	有大风无沙尘暴	有沙尘暴无大风
次数	147	91	57	21	3

在表 2 中所有沙尘暴个例占有大风个例的 62%,大风和沙尘暴同时出现个例占大风个例的 39%,说明虽然大风是沙尘暴的动力,但沙源的地表状况及起沙的风力大小对其发生也是至关重要的。

2.2 沙尘暴与前期降水关系

河西走廊沙尘暴的移动路径,根据有关文献的研究^[5],大致可分为西方路径、西北路径和北方路径。按此划分可初步确定影响河西走廊沙尘暴的沙源主要是库姆塔格沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠及河西走廊本地。选取这些沙源所在地的代表站额济纳旗、阿拉善右旗、巴音毛道、拐子湖、于田、和田、且末、若羌等测站和河西走廊的 10 个代表站的降水资料代表沙源春季(3~5 月)地表状况。以敦煌、张掖、民勤分别代表河西走廊的西部、中部和东部,分别以其沙尘暴个例为基础,普查沙尘暴发生前 20 天以内沙源各代表站 5~8 mm、9~12 mm 及 13 mm 以上 3 个降水量级的出现情况,以此分析沙尘暴与沙源地区前期地表状况的关系。分析结果表明,河西走廊西部的沙尘暴主要与南疆中东部和田、且末、若羌等测站的前期降水关系显著;河西走廊中部的沙尘暴主要与南疆东部若羌、内蒙古西部额济纳旗及河西走廊西部酒泉、鼎新等站的前期降水关系显著;河西走廊东部的沙尘暴主要与内蒙古中西部额济纳旗、阿拉善右旗、巴音毛道、拐子湖的前期降水关系显著(表略)。而整个河西走廊沙尘暴的出现与本地的降水关系不密切,这是因为河西走廊为典型干旱气候,春季降水次数少、降水量级小,蒸发量大的缘故。进一步分析 5~8 mm、9~12 mm 及 13 mm 以上等 3 个降水量级的出现与其后沙尘暴发生日之间的间隔日数,结果是在 5~8 mm 降水出现后 5 天才发生沙尘暴的个例最多,其概率河西走廊西部、中部、东部分别达 68%、65%和 84%。

2.3 “起沙风”分析

由表 1、表 2 均可看出,河西走廊的沙尘暴并非

都是在出现大风的情况下发生的,那么多大的风能够起沙呢?我们用河西走廊 10 个代表站 1971~2000 年 3~5 月沙尘暴及对应的日最大风速(10 min 平均)资料,按表 3 中的 10 个风速级别分析日最大风速与沙尘暴的相关关系(表 3)。

表 3 河西走廊日最大风速与沙尘暴相关系数

风速 m/s	西部	中部	东部
5.0 ≤最大风速 < 6.0	0.181	0.019	0.125
6.0 ≤最大风速 < 7.0	0.291	0.074	0.042
7.0 ≤最大风速 < 8.0	0.228	0.129	0.224
8.0 ≤最大风速 < 9.0	0.301	0.333	0.358
9.0 ≤最大风速 < 10.0	0.432	0.371	0.466
10.0 ≤最大风速 < 11.0	0.452	0.454	0.501
11.0 ≤最大风速 < 12.0	0.388	0.389	0.499
12.0 ≤最大风速 < 13.0	0.499	0.603	0.584
13.0 ≤最大风速 < 14.0	0.582	0.481	0.622
14.0 ≤最大风速 < 15.0	0.464	0.278	0.510

从表 3 可以看出,河西走廊中西部日最大风速 < 9.0 m/s、河西走廊东部日最大风速 < 8.0 m/s 的各级日最大风速与沙尘暴的相关系数均不能通过信度 $\alpha=0.01$ 的 t 检验,9.0 m/s ≤日最大风速 < 15.0 m/s(河西走廊东部,8.0 m/s ≤日最大风速 < 15.0 m/s)的各级日最大风速均通过了信度 $\alpha=0.01$ 的 t 检验。也就是说,河西走廊中西部日最大风速 ≥9 m/s、河西走廊东部日最大风速 ≥8.0 m/s 以上的风速与沙尘暴关系显著。由此可得出,在沙源和上升运动条件具备时,河西走廊中西部日最大风速 ≥9.0 m/s 时、河西走廊东部日最大风速 ≥8.0 m/s 时,即可起沙,其沙尘暴出现概率平均达 81.6%。

3 环流形势特征

沙尘暴一般是强风作用下的产物,但并不是每次大风都会引发沙尘暴,为了日常预报中很好地把握大风与沙尘暴的关系,以下就大风、沙尘暴的环流形势特征进行分析。

对表 2 中 147 个大风个例进行了普查,发现这类天气在环流形势上具有较为显著的特征,即过程前均有乌拉尔山高压脊发展。但由于高原和下游形势的差异,高空和地面影响系统不同,可分为强冷锋型、动量下传型、副冷锋型、冷高压型、热低压型 5 种类型(表 4)。

表 4 河西走廊大风和沙尘暴天气环流类型					
	强冷锋型	动量下传型	副冷锋型	冷高压型	热低压型
次数	59	44	21	16	7
百分比	40	30	14	11	5

3.1 强冷锋型

此类形势的影响系统是冷锋,共 59 例,占个例总数的 40 %。大风前 500 hPa 图上,乌拉尔山附近有高压脊发展,脊前巴尔喀什湖至新疆有明显低压槽(包括横槽转竖),新地岛附近冷空气不断沿脊前西北气流南下,使冷槽加深,同时高压脊减弱,促使脊前槽快速东移。相应地面图上,冷高压及其前部冷锋规律东移。冷锋过境,造成偏西大风(图 1)。此类大风不能引发沙尘暴的原因是:①冷锋过境时间大多在傍晚至夜间(共 13 例),与沙尘暴具有相反的日变化特征。此间地面温度下降明显,高空冷空气过境时,不能形成沙尘暴所必需的上干下湿的强对流层结(缺少上升运动);②高原中部有西南气流发展,一般是风向在 180°~269°之间,且风速大于等于 4 m/s 的站数在 3 站或以上。高原西南气流与冷槽东南下滑的冷空气交汇,易在冷锋过境前后产生较明显的降水(缺少沙源);③冷空气强度未达到沙尘暴的指标。普查结果表明,当锋后冷高压位于中亚地区时,中心强度需大于等于 1038 hPa;同时 500 hPa 冷槽中心强度需小于等于 -36℃,且冷锋前后 24 h 变压差大于等于 12 hPa,上述条件满足时易并发沙尘暴。

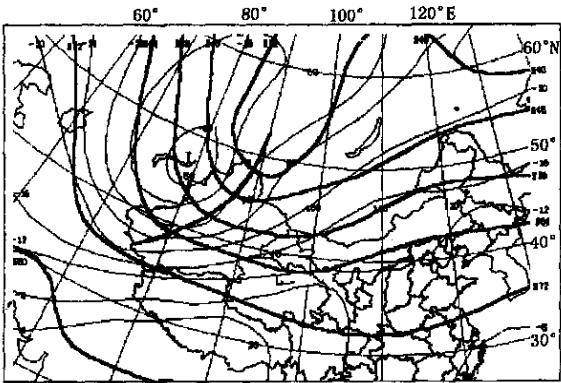


图 1 强冷锋型大风 500 hPa 环流形势
(粗实线:等高线,dagpm;细实线:等温线,℃)

3.2 动量下传型

此类形势主要是高空强风带在低层热力不稳定作用下,动量下传形成的偏西大风,共 44 例,占个例

总数的 30 %。大风前,新地岛至河西走廊上空为一支偏北风向,风速大于等于 20 m/s 的强风速带。蒙古国西部为冷槽,槽前的弱暖平流导致地面上蒙古低压发展,河西走廊处于其底部,降压升温明显。大风区与高空强风带一致(图 2)。由于动量下传是靠与强冷平流相伴的下沉运动把高层大的动量带到近地面层的,因此,此类大风是在大气层结比较稳定的状态下发生的。尽管近地面层有热力不稳定,但高层强下沉运动有效地抑制了低层弱的上升运动^[6]。这类大风主要是因为缺乏触发条件而未引发沙尘暴。但如果白天地面受热增温明显,一般测站 24 h 变温大于等于 7℃时,在高空强冷平流的作用下,易造成上冷下暖的不稳定层结;同时 700 hPa 新疆东北部有 -16℃冷中心,700 hPa 00:00 垂直速度图上在河西走廊中西部有小于等于 -10×10^{-3} hPa/s 的上升气流中心,而引发沙尘暴。

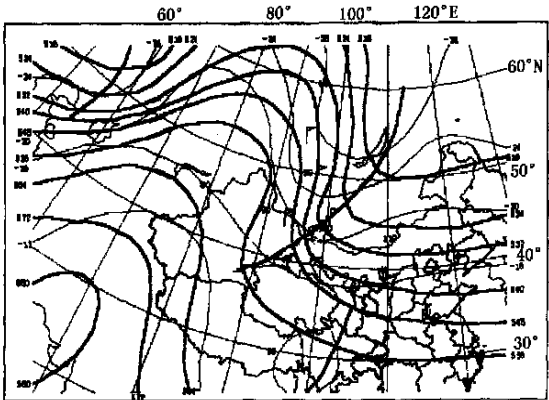


图 2 动量下传型大风 500 hPa 环流形势
(说明同图 1)

3.3 副冷锋型

这类形势主要是由于高空小槽配合的弱冷锋过境时,没有立即形成大风,而高空冷温槽配合的强冷锋过境时才开始吹大风,共 21 例,占个例总数的 14 %。大风前乌拉尔山地区为发展的高压脊,蒙古国西部至新疆中西部为一疏散型的低槽,温度槽落后于高度槽(图 3)。对应地面图上在巴尔喀什湖至新疆为强冷高压,中心强度大于等于 1040 hPa,其前冷锋在阿尔泰山至天山一线。另外高空低槽前又有不稳定小槽下滑,相应地面在河西走廊地区有弱冷锋锋生,高空为阶梯槽形势,地面表现为副冷锋。当前一条弱冷锋过境时,因其强度较弱,一般不能形成大风,常常与高原中部弱西南气流产生辐合,造成

河西走廊地区的降水,当其后冷槽对应强冷锋过境时形成偏西大风。这类大风主要是前期降水压沙作用不能引发沙尘暴。

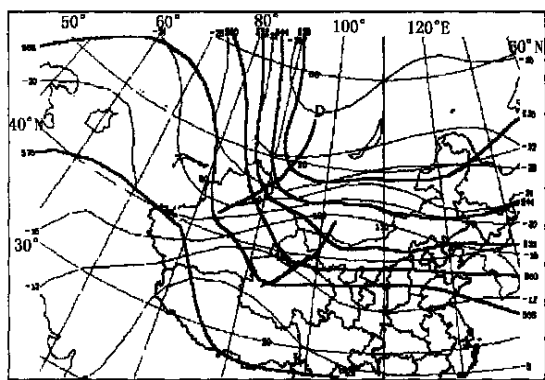


图3 副冷锋型大风 500 hPa 环流形势
(说明同图1)

3.4 冷高压型

此类形势系蒙古冷高压南压时强冷空气入侵而产生的偏东大风,共16例,占个例总数的11%。大风前乌拉尔山附近为一暖脊,其前新西伯利亚至巴尔喀什湖有一冷槽。由于乌拉尔山暖脊的发展东移,促使脊前冷槽锋区加强并南压到蒙古国与河西走廊之间(图4)。相应地面上蒙古有较强的冷高压规律南下,其前缘有东西向冷锋配合。同时南疆低压发展东移,使河西走廊处于冷高压和热低压之间,气压梯度加大,造成冷高压前部的偏东大风。当冷高压中心强度大于1032 hPa,同时与热低压中心气压差大于20 hPa时,易引发沙尘暴。

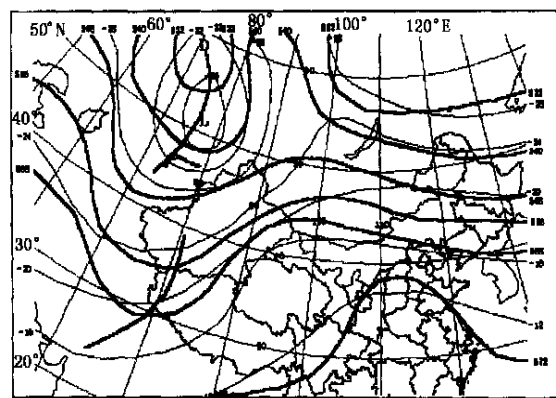


图4 冷高压型大风 500 hPa 环流形势
(说明同图1)

3.5 热低压型

此类形势是由南疆热低压东移造成的偏东大

风,共7例,占个例总数的5%。大风前500 hPa为二槽一脊,即中亚为一槽,新疆为暖高压脊,蒙古国至河套地区为低槽。由于新疆高压脊前暖平流的作用,促使700 hPa南疆暖性低压和地面热低压生成并发展(图5)。与此同时,贝加尔湖冷高压发展并南压,造成河西走廊地区气压梯度加大,形成偏东大风。此类大风个例很少,风力不大,持续时间也不长,不易引发沙尘暴。当地面热低压中心强度小于等于998 hPa,且与贝加尔湖冷高压中心强度气压差大于等于30 hPa时,可引发沙尘暴。

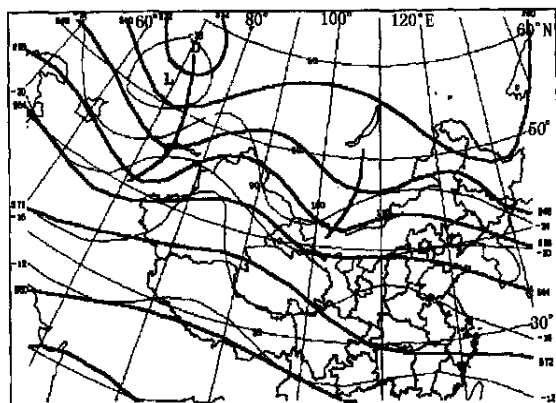


图5 热低压型大风 500 hPa 环流形势
(说明同图1)

4 小结

(1)大风虽然是产生沙尘暴的条件,但不是每次沙尘暴出现时都有大风出现。当10 min平均风速大于等于9 m/s时,容易出现沙尘暴。

(2)河西走廊的西部、中部、东部分别在南疆中东部、南疆东部内蒙古西部河西走廊西部、内蒙古中西部出现5~8 mm降水后5天才有可能出现沙尘暴。

(3)700 hPa高原到河西走廊地区有无低压,在预报沙尘暴时应引起足够的重视。在出现大风而无沙尘暴的天气形势中,虽然在高层新疆至河西走廊地区均有较强的锋区或急流带,但低层在河西走廊地区无低压系统与高层系统配合,缺乏沙尘暴的触发机制。这也是此类天气的一个较为鲜明的特点。

(4)当700 hPa在75°~90°E、40°~55°N范围内有小于等于-16℃的低温中心,同时在52区38°N以北范围内有大于等于5℃的暖区时,如果其它大风条件具备,则应考虑沙尘天气的预报。

(5) 应注意地图上在 $80^{\circ} \sim 100^{\circ} \text{E}$ 、 $38^{\circ} \sim 50^{\circ} \text{N}$ 范围内有无冷锋存在,以及锋面的走向、锋面前后的 24 h 变压差、气压差、温差等因素,这些因素都是预报沙尘天气必须仔细考虑的方面。因为它们预示着冷空气的强度、移动路径等。

参考文献

1 孙军,李泽椿.西北地区沙尘暴预报方法的初步研究.气象,2001,27(1):19-24

2 许东蓓,康凤琴,郑新江,等.1998 年“4.18”强沙尘暴分析及数值模拟.气象,2002,28(8):9-14

3 陈敏连,王锡稳.西北地区春季强沙尘暴环流背景分析.甘肃气象,1996,14(1):8-10

4 陈洪武,王旭,王禹,等.新疆沙尘暴气候背景场的分析.气象,2003,29(6):37-40

5 徐启运,胡敬松.我国西北地区沙尘暴天气的时空分布特征.应用气象学报,1996,7(4):479-482

6 朱乾根,林锦瑞,寿绍文.天气学原理与方法.北京:气象出版社,1981.395-401

Formation Cause Difference of Spring Strong Wind and Dust Storms in Hexi Corridor

Cao Ling¹ Dong Anxiang² Zhang Deyu¹ Dou Yongxiang¹
(1 Zhangye Meteorological Bureau, Gansu Province, Zhangye 734000;
2 Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020)

Abstract: Using spring strong wind and dust storm data from 1971 and 2000 in Hexi Corridor, an analysis was made of the temporal distribution difference between spring strong wind and dust storms in Hexi Corridor by way of the correlation method, and the relation between dust storms and the precipitation over the sand origin area at the earlier period. The “sand wind” is discussed. It is concluded that when the average wind is stronger than 9 m/s in Hexi corridor, there occur likely dust storms; and after 5 days of 5 - 8 mm precipitation occurring in the middle and eastern Southern Xinjiang, western Mongolia and Hexi Corridor and eastern South Xinjiang, middle and western Inner Mongolia, dust storms will likely occur in west, middle, and east parts of the corridor. Finally several types of circulation patterns of dust storms with strong wind are concluded and the index for forecasting dust storm for each pattern is presented.

Key words: Hexi Corridor, strong wind, dust storm, circulation characteristic, formation cause difference