

# 盛夏一次区域性强沙尘暴天气个例分析<sup>\*</sup>

李玲萍<sup>1,2</sup>, 罗小玲<sup>2</sup>, 王润元<sup>1</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所 甘肃省(中国气象局)干旱气候变化与减灾重点(开放)实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省武威市气象局, 甘肃 武威 733000)

**摘要:** 利用常规气象观测资料, 对 2005 年 7 月 17 日发生在甘肃省河西走廊近 20 年最强的一次区域性夏季强沙尘暴天气过程从气候成因、天气形势和动力诊断等方面进行了分析探讨, 并对天气现象发生前后期地面气象要素的变化进行了研究。结果表明, 这次强沙尘暴天气是在河西走廊地区长时间极端干旱的气候背景下, 新疆冷空气分裂东移南下, 配合本地极有利的热力不稳定层结条件, 锋面过境引发了大风沙尘暴天气。沙尘暴发生前后期温度、气压、相对湿度等气象要素有显著性突变。

**关键词:** 夏季沙尘暴; 气候特点; 诊断分析; 气象要素突变; 河西走廊

中图分类号: P445<sup>+</sup>.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-811X(2007)04-0081-05

## 0 引言

沙尘暴是河西地区一种危害极大的灾害性天气, 它的频繁发生既是环境状况恶化的重要表现, 又大大加快了土地沙漠化的进程, 对我国工农业生产造成了严重的危害<sup>[1,2]</sup>。特别是随着全球气候变暖的加剧, 强沙尘暴发生频率明显增加, 危害越来越大<sup>[3]</sup>。国外从 20 世纪 20 年代开始对沙尘暴的时空分布、成因、结构以及监测、对策方面进行了研究, 与国际相比我国起步较晚, 甘肃省沙尘暴研究是 20 世纪 70 年代才开始<sup>[4-10]</sup>, 对河西走廊西部沙尘暴个例分析则是沙尘暴的多发季节(春冬季), 而夏季的沙尘暴分析研究较少。直到 21 世纪, 岳平等<sup>[11]</sup>对 2004 年 7 月 12 日出现在我国内蒙古西部和河西走廊西端的一次沙尘暴天气过程进行了分析; 王锡稳等<sup>[12]</sup>对 2003 年 7 月 20 日甘肃河西走廊一次历史上少见的区域性夏季沙尘暴天气进行了分析。在人们的印象中, 沙尘暴是河西地区春季特有的产物, 其他季节出现的频率低, 强度弱, 使人们形成了一种麻痹思想, 出现在 2005 年 7 月 16~17 日河西走廊的强沙尘暴天气给我们敲响了警钟。因此本文利用大量详实的气象

资料, 对 2005 年 7 月 16~17 日发生在甘肃河西走廊的一次夏季强沙尘暴过程从天气系统的演变、大气层结稳定性、天气现象发生前后地面气象要素和地温的变化等方面进行了分析, 试图揭示夏季沙尘暴发生特征和形成机理, 为夏季沙尘暴的预报提供参考依据。

## 1 天气实况

2005 年 7 月 17 日受地面热低压和新疆东移弱冷空气共同影响, 甘肃省河西走廊和内蒙古西部的部分地方先后出现大风、沙尘天气。截至 17 日 14 时, 甘肃省河西走廊五市共有 13 个气象观测站观测到沙尘暴, 其中 6 站达强沙尘暴, 金塔、鼎新、张掖、永昌、山丹、金昌等站出现能见度小于 500 m 的强沙尘暴(图 1)。金塔从 17 日 2 时 43 分开始出现强沙尘暴, 持续到 7 时 12 分结束, 最小能见度 200 m, 最大风速达 25.1 m/s; 张掖 6:40 分开始出现强沙尘暴, 8:00 分左右结束, 最小能见度只有 100 m, 最大风速 18.7 m/s。查阅历史资料可知, 此次强沙尘暴天气过程是近 20 年以来夏季强度、范围最大的一次沙尘暴天气过程。

\* 收稿日期: 2007-04-18

基金项目: 科技部科研院所社会公益研究专项(2005DIB3J100)课题资助

作者简介: 李玲萍(1977-), 女, 甘肃定西人, 学士, 助理工程师, 主要从事天气预报和研究工作. E-mail: wwwqjllp@163.com

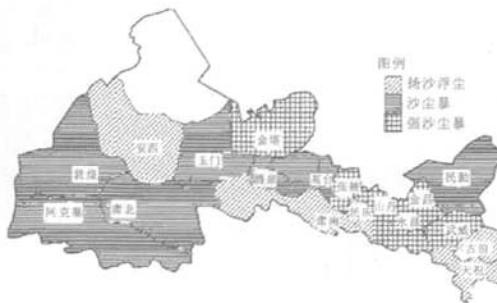


图1 2005年7月17日河西走廊大风沙尘天气实况

## 2 前期气候特征

甘肃省河西地区地处干旱、半干旱的内陆地区，植被稀疏，沙漠戈壁众多，为沙尘暴提供了大量的沙源。冷空气进入河西走廊，在其“狭管效应”的作用下，风力可被加速1.6倍<sup>[13]</sup>，在有利的天气动力条件下，对形成沙尘暴有推波助澜作用。

### 2.1 干旱加剧了沙漠化进程

资料显示，从2004年冬季到2005年7月中旬前期河西地区降水偏少，气温偏高，植被稀疏，返青推迟。特别是2005年春以来河西地区干旱严重，降水时空分布极不均匀，总体上在春季（4月到5月上旬）、春末夏初（5月下旬到6月底）和伏期（7月中旬）出现了三个明显的降水偏少时段，气温持续偏高，地表蒸发加大。干旱严重，为沙尘暴的出现提供了前期气候背景<sup>[14]</sup>。

### 2.2 前期气候特征与历史同期对比

与历年同期相比，2005年1月至6月武威市气温偏高1.4℃，张掖市偏高2.4℃，酒泉市偏高0.3℃；7月上旬武威、酒泉气温偏高1.2℃，张

掖偏高1.4℃；同时在沙尘暴发生前6天内河西持续出现了34℃左右高温天气；特别一提的是武威、张掖6月气温是1970年以来的最高值，酒泉仅次于2004年位居次高；7月中旬降水量武威偏少7.5成，张掖偏少5.6成，酒泉偏少0.1成。高温少雨，为沙尘暴爆发提供了温床<sup>[15]</sup>。

### 2.3 干土层加厚，加剧了下垫面的沙尘化程度

据武威市气象局在凉州区东沙窝荒漠地段测定，正常情况0~50cm平均土壤绝对湿度≤3.7%时，土壤即处于重旱状态，而2005年7月0~50cm平均土壤绝对湿度只有0.9%~1.6%，长时间土壤处于重旱状态，干旱严重。高温干旱的气候条件，造成了浅层土壤水分强烈蒸发、干土层厚度增加、加剧了下垫面的沙尘化程度<sup>[16]</sup>。低层大气热能增加，导致河西走廊出现了近20年以来夏季最强的一次沙尘暴天气过程。

## 3 天气学成因分析

### 3.1 高空环流形势演变

16日08时500hPa天气图上在巴湖一带有一深厚的冷槽，冷中心强度达-20℃，与民勤站温差达17℃，温差大，冷空气势力强；16日20时，500hPa天气图上冷中心强度加强为-21℃，冷空气势力进一步加强；16日08时500hPa天气图上最大正负变高差为20hPa，变温差为12℃（图2），在西北-东南向强变高、变温场的作用下，冷空气主力在东移过程中逐渐南压；17日08时500hPa天气图上分裂小槽到哈密一带，冷空气自西向东开始影响河西走廊，相继出现大风、沙尘暴天气。

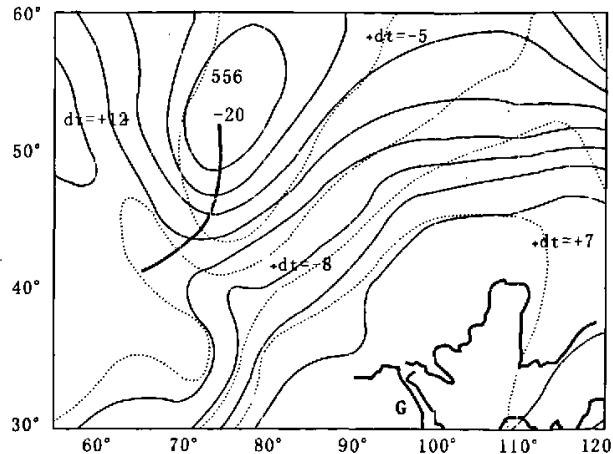


图2 7月16日08时500 hPa高空形势(实线为高度场 虚线为温度场)

大风、沙尘暴天气出现前 24~48 h, 700 hPa 天气图上, 从高原到河西走廊温度偏高, 大部分站点温度都在 18 ℃以上, 最高的达 25 ℃, 在其暖中心的抵挡下, 冷空气移速缓慢。

因此在整个形势演变过程中可以看出, 冷空气虽然很强, 但其主力主要停留在新疆及以西地区, 在 WN-ES 向变高变温场配置下, 其小股冷空气分裂东移南压, 冷锋过境造成河西走廊区域性的大风、强沙尘暴天气。

### 3.2 地面形势演变

7月16日14时地面图上, 锋面在哈密附近, 地面热低压中心值强度为 888 hPa, 冷锋前后最大 3 h 变压差达 6.6 hPa, 气压梯度大, 酒泉有 35 ℃ 高温天气。17时地面热低压加强为 858 hPa, 冷锋前后最大 3 h 变压差达 7.0 hPa; 20 时, 冷锋位于

敦煌附近, 地面热低压东移至高台并进一步加强为 852 hPa; 从 23 时开始, 锋面进入河西走廊, 随着锋面过境, 河西走廊自西向东相继出现大风、沙尘暴天气。

此次沙尘暴天气地面主要特点是, 地面热低压强, 冷锋前后变压差大, 地面东风大。

### 3.3 物理量诊断分析

#### 3.3.1 涡度、散度

我们选取 2005 年 7 月 16 日 20 时 400 hPa 和 700 hPa 的涡度、散度场做一分析, 发现这次区域性大风、沙尘暴的分布与高空涡度、散度场有很好的对应关系。通过涡度散度的诊断可知, 沙尘暴发生区对应 700 hPa 以下都是正涡度, 强辐合; 500 hPa 以上都是负涡度, 强辐散(图 3、4), 有利于上升运动的维持和发展<sup>[17]</sup>。

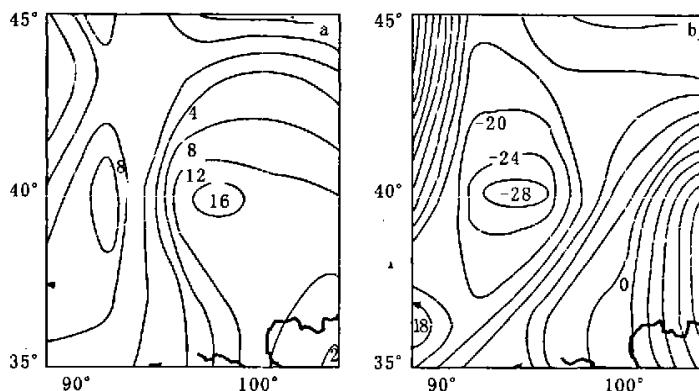


图 3 7月16日20时高空涡度场(a—700 hPa, b—400 hPa)

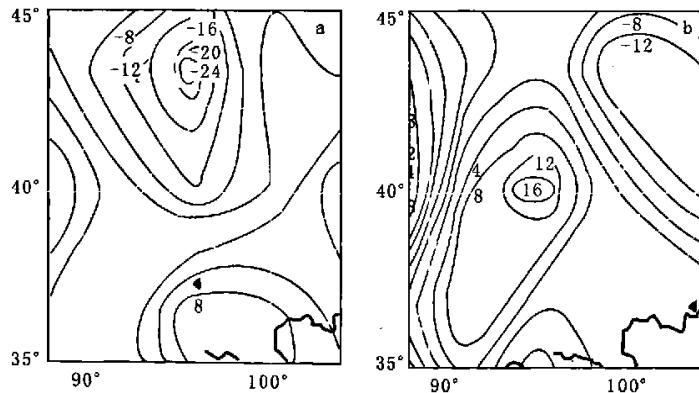


图 4 7月16日20时高空散度场(a—700 hPa, b—400 hPa)

#### 3.3.2 大气层结状态分析

研究指出, 沙尘暴发生时, 大气层结多表现为不稳定状态<sup>[18-19]</sup>。根据 V-3θ 曲线分析, 在出现沙尘暴前 6~12 h, 700 hPa 上风切变明显, 低层东南风大, 高层偏西风和西北风强, 有利于启动抬升机

制。以 16 日敦煌站为例(图 5),  $\theta_{se}$  与  $\theta^*$  线在 850 hPa 以下很接近, 在中层 600 hPa 附近相差较大, 反映了低层饱和程度高也是强对流的重要特征,  $\theta_{se}$  在 500 hPa 以下随高度递减,  $\theta_{se}$  线较陡, 反映低层较暖、高层较冷。低层暖湿, 高层干冷, 表现出明显

的对流不稳定层结, 为沙尘暴的发生提供了潜在不稳定的环境条件, 一旦有冷平流冲击触发, 则可释放能量, 产生强的垂直运动, 使高空动量下传, 增大低层的风速, 加剧强沙尘暴的发展。

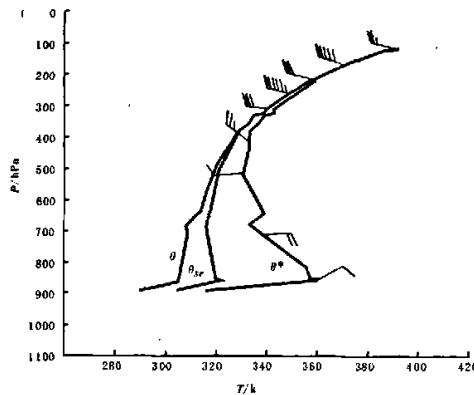


图 5 7月16日08时敦煌V- $\theta$ 曲线

#### 4 与历史同期个例对比

2005年7月16~17日强沙尘暴天气过程是近20年以来盛夏强度、范围最大的一次沙尘暴天气过程。以武威市凉州区为例, 2005年7月16~17日强沙尘暴天气过程是近30年来(除1975年)以来最强的一次。分析了凉州区近30年盛夏沙尘暴天气个例得知(表1): 2005年7月前期气温为历史之最高, 出现了有气象资料记载以来仅次于2001年的严重干旱, 且在沙尘暴天气出现前5d武威连续出现了34℃以上高温天气, 在历史上少见; 2005年7月16~17日天气形势表现也是近20年之最, 低层最暖, 热低压最强, 冷锋前后3h变压差最大。

表 1 1975~2005年7月凉州区沙尘暴天气个例谱

出现时间	前5d气温(℃)	最低气压(hPa)	3h变压(hPa)	最大风速(m/s)	能见度(m)
1975-07-17 T15:51~23:00	23.5	827.4	4.1	10	300
1981-07-11 T18:58~19:14	22.2	830.8	1.9	17	800
1982-07-20 T17:46~17:58	21.6	837.9	2.1	11	800
1982-07-26 T16:54~17:57	19.9	836.7	2.5	12	800
1984-07-19 T17:32~17:34	21.6	839.1	5.0	11	800
1985-07-12 T19:06~19:20	19.4	836.4	3.0	13	800
2005-07-17 T9:02~11:03	26.9	831.9	7.0	10	700

#### 5 沙尘出现前后期地面气象要素响应

夏季沙尘暴发生前期, 各测站出现了气压跃升、气温和地温下降、湿度增加等现象。以武威站为例, 在7月11~16日该站最高气温持续在31℃以上, 沙尘暴发生前2d(15~16日)连续出现了35℃以上高温天气, 0cm和5cm地温也持续升高, 相对湿度在13%~25%之间变化, 地面空气处于暖干状态, 地面受低气压控制, 沙尘暴出现前1d(16日)本站气压值为837hPa, 对于沙尘天气极为有利。沙尘暴出现到结束当天17日气温下降了8℃左右, 相对湿度增加了11%, 气压上升2hPa, 地温下降10℃左右。表明沙尘暴爆发前大气的干热状态有利于沙尘暴天气的发生和发展, 而当天气现象出现到结束, 大气状态的调整向着天气现象逐渐减弱或消亡的方向发展。

#### 6 与春季沙尘暴对比

经分析, 河西走廊东部武威市五站(凉州区、

民勤县、永昌县、古浪县和乌鞘岭)1971~2000年春季(3~5月)沙尘暴日数占全年沙尘暴总日数的61.9%, 夏季(6~8月)沙尘暴日数占全年沙尘暴总日数的13.4%, 沙尘暴天气主要集中在春季。春夏季沙尘暴有如下异同点: 春夏季沙尘暴的强弱主要由风力大小和水平能见度来决定, 强风是产生沙尘暴的动力, 而风力大小主要取决于高低空风速的强弱<sup>[20]</sup>; 夏季沙尘暴地面气压场所反映的冷高压与热低压之间相互作用与春季沙尘暴相同; 春夏季沙尘暴过境时, 气象要素都表现为气压跃升、气温下降、湿度增加和地温下降等特征; 根据冷空气的来向, 春季沙尘暴有3条路径(西北路径、西方路径、北方路径), 夏季沙尘暴有2条路径(西北路径、西方路径); 根据影响系统, 夏季沙尘暴影响天气系统主要是高空小槽、切变线、强锋区、热低压和地面冷锋, 春季沙尘暴影响天气系统主要是高空槽、强锋区、蒙古冷涡、热低压和地面冷锋; 春季沙尘暴发生区对应垂直螺旋度反映明显(负值较大), 夏季沙尘暴发生区对应垂直螺旋度反映不明显(负值较小)。

## 7 结论

(1) 发生在 2005 年 7 月 17 日甘肃省河西走廊的强沙尘暴天气是近 20 年夏季最强的一次, 影响时间长、范围大、强度大、天气尺度大。

(2) 前期高温少雨的干旱气候, 为夏季沙尘暴天气爆发提供了气候背景。

(3) 此次沙尘暴天气主要表现为高空小股冷空气分裂东移南压, 地面冷锋前后 3 h 变压较大( $\geq 7.0 \text{ hPa}$ )。

(4) 沙尘暴发生区对应 700 hPa 以下都是正涡度, 强辐合; 500 hPa 以上都是负涡度, 强辐散。

(5) 大气层结强烈不稳定, 为夏季沙尘暴天气爆发提供了热力机制。

(6) 沙尘暴发生前, 气象要素表现为气压持续下降、气温和地温上升、湿度下降, 天气现象结束后气象要素表现为气压跃升、气温和地温下降、湿度增加。

(7) 夏季沙尘暴和春季沙尘暴有异同点。

## 参考文献:

- [1] 李岩瑛, 杨晓玲, 王式功. 河西走廊东部近 50 a 沙尘暴成因、危害及防御对策[J]. 中国沙漠, 2002, 22(3): 283-287.
- [2] 冯建森, 盛洪英. 浅谈河西走廊土地沙漠化的根源与防治[J]. 防护林科技, 2004, (1): 36-38.
- [3] 郁耀闯. 沙尘暴的活动和防治[J]. 灾害学, 2006, 21(2): 55-58.
- [4] 徐国昌, 陈敏连, 吴国雄. 甘肃省“4.22”特大沙暴分析[J]. 气象学报, 1979, 37(4): 26-35.
- [5] 陈伟民, 王强, 陈敏连, 等. “5.5”黑风暴中 2B 尺度飑线的初步数值模拟[J]. 气象学报, 1996, 54(6): 684-691.
- [6] 焦彦军, 钱正安, 陈玉春, 等. 93.5.5 特强沙尘暴的数值预报研究[A]//中国沙尘暴研究[C]. 北京: 气象出版社, 1997: 121-127.
- [7] 许东福, 康凤琴, 郑新江. 1998 年“4.18”强沙尘暴分析及数值模拟[J]. 气象, 2002, 28(8): 7-12.
- [8] 李登科, 杜继稳. 沙尘暴监测与预警方法研究[J]. 灾害学, 2006, 21(1): 55-58.
- [9] 熊佳惠, 同峰. 沙尘暴成因及人文思考[J]. 灾害学, 2004, 19(1): 92-96.
- [10] 刘庆军, 张智, 陈旭辉, 等. 宁夏与甘肃沙尘暴过程的时空分布对比研究[J]. 干旱气象, 2004, 22(2): 1-5.
- [11] 岳平, 牛生态, 王连喜, 等. 一次夏季强沙尘暴形成机理的综合分析[J]. 中国沙漠, 2006, 26(03): 370-374.
- [12] 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): 102-109.
- [13] 岳平, 牛生态, 刘晓云. “7·12”特异沙尘暴成因研究[J]. 干旱区研究, 2005, 22(3): 345-349.
- [14] 翟盘茂, 李晓燕. 中国北方沙尘天气的气候条件[J]. 地理学报, 2003, 58(S0): 125-131.
- [15] 张德二, 孙霞. 我国历史时期降尘记录南界的变动及其对北方干旱气候的推断[J]. 第四纪研究, 2001, 21(1): 1-7.
- [16] 岳虎, 王锡稳, 李耀辉, 等. 甘肃强沙尘暴个例分析研究[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [17] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 2000.
- [18] 张晓龙, 张艳芳. 近年来中国北方沙尘暴成因及其防治[J]. 灾害学, 2001, 16(3): 70-75.
- [19] 王文, 隆霄, 李耀辉, 等. “2002.3”强沙尘暴过程的中尺度动力学诊断分析[J]. 干旱气象, 2004, 22(3): 17-2.
- [20] 刘青春, 秦宁生, 张吉农, 等. 青海省春季沙尘暴特征及其异常气候背景分析[J]. 干旱气象, 2005, 23(2): 19-23.

## Integrated Analysis of a Severe Sand-dust Storm in Summer

Li lingping<sup>1,2</sup>, Luo xiaoling<sup>2</sup> and Wang Runyuan<sup>1</sup>

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province, CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Wuwei Meteorological Bureau of Gansu, Wuwei 733000, China)

**Abstract:** Based on meteorological observational data, the process of the strongest regional summer sand-dust storm in nearly 20 years in Hexi Corridor of Gansu province on July 17, 2005 is analyzed, including the climatic reasons, weather situation, dynamical diagnosis and the variations of ground meteorological elements. The results show that the sand-dust storm was caused by the extremely drought climatic background in the region of the Hexi Corridor, the Xinjiang cold air going down eastward, the instable thermal condition and a passing cold front. The ground surface metrological elements such as atmospheric temperature and pressure, relative humidity abruptly changed in the earlier period and the later period of the sand-dust storm.

**Key words:** summer sand-dust storm; weather characteristic; diagnostic analysis; abrupt change of meteorological elements; Hexi Corridor