

文章编号：1001-4675(2006)02-0210-06

# 塔里木盆地 2004 年春季沙尘暴特征分析\*

霍文<sup>1</sup>, 李霞<sup>1</sup>, 艾力<sup>1</sup>, 王健<sup>1</sup>, 赵晓川<sup>2</sup>

(1 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆乌鲁木齐 830002; 2 新疆气象局环境中心, 新疆乌鲁木齐 830002)

**摘 要:**利用逐日的 Davis 自动气象站和 FD12 水平能见度仪资料,分析了塔里木盆地 2004 年春季系统性沙尘暴和局地性沙尘暴的环流形势、气象要素及能见度变化特征。结果表明 (1) 前期气温持续上升和特殊的地理环境以及下垫面条件为沙尘暴爆发提供了条件 (2) 低压槽前暖平流提供了热力条件, 低压槽前正涡度平流提供了动力条件 (3) 下层锋区的加强是形成沙尘暴的动力因子, 不稳定的大气层结是重要的局地热力因子, 也是形成沙尘暴天气的内在动力 (4) 系统性沙尘暴能见度变化趋势复杂, 局地性沙尘暴能见度变化走向分明, 器测值约为目测值 2 倍 (5) 系统性沙尘暴持续时间长、强度大、各气象要素变幅很大, 局地性沙尘暴持续时间短, 各气象要素在短时间内有剧烈变化。  
**关键词:**沙尘暴; 系统性沙尘暴; 局地性沙尘暴; 能见度; 塔里木盆地  
**中图分类号:** P425.5+5      **文献标识码:** A

沙尘暴是在特定的地理环境和环流背景以及天气系统下诱发的一种灾害性天气。它不仅影响国民经济的可持续发展, 而且破坏自然生态平衡, 已经成为社会普遍关注的气象灾害之一。人们早就注意到了沙尘活动与寒潮有关<sup>[1]</sup>, 并认为沙尘暴发生在寒冷气候条件下<sup>[2]</sup>。实际上沙尘暴活动最强的时期不是在最冷时期, 而是在 3~4 月份<sup>[3]</sup>。春季由于系统性天气频频过境, 塔里木盆地大风天气时有发生, 加之春季降水相对较少, 少量植物正值萌芽时期, 在天气背景和特殊的下垫面条件下引发的沙尘天气不可忽视<sup>[4~6]</sup>。

## 1 资料采集和方法

于 2004 年 4 月 22 日~5 月 29 日, 在塔里木 70# 油井布设了 Davis 自动气象仪 2 台, 分别位于沙丘上和丘间谷地, 直线距离约 800 m, 对各气象要素进行数据采集, 5 min 采集 1 组数据。同时运用 FD12 前散射能见度仪进行能见度数据资料采集, 15 s 采集 1 次数据。目测与器测能见度资料采集同步进行。利用天气学原理、统计方法对上述资料进行分析。

## 2 地理环境与前期气候特征

塔里木盆地位于中纬度西风带, 大西洋水汽输

送受伊朗和帕米尔高原的阻挡, 降水少, 植被稀疏。加之盆地常常在热低压控制之下, 处于不稳定状态; 塔克拉玛干沙漠为沙尘天气提供了丰富的物质基础<sup>[7,8]</sup>。

2004 年 2~4 月, 气温持续上升(表 1)。降水 3 个月合计 0.3 mm。此时, 当冷锋过境时, 气温骤然下降, 负变温幅度很大, 加速地面扰动和大气辐合上升运动, 将地面干燥松散的沙粒卷入空中, 导致沙尘暴的发生。

表 1 塔中站 2004 年 2~4 月温度和降水  
Tab.1 Temperature and precipitation at Tazhong Meteorological Station during the period from February to April 2004

月份	上旬平均 温度/℃	中旬平均 温度/℃	下旬平均 温度/℃	月平均 温度/℃	降水月 合计/mm
2	-8.8	13.6	5.3	-5.9	0.0
3	7.7	10.4	12.0	10.1	0.1
4	17.2	15.1	21.8	18.0	0.2

## 3 系统性沙尘暴

### 3.1 高空环流形势及影响系统

塔里木盆地沙尘暴全过程分为 3 个阶段。4 月 25~26 日为起始阶段。此时南疆主要受南支高压脊的控制, 在其西南产生一个 580 hPa 的闭合高压中心, 致使塔里木盆地气温继续攀升, 最高达到 33.5℃。干旱程度的加剧, 为大风天气以及沙尘暴

\* 收稿日期: 2005-08-07; 修订日期: 2006-01-12  
基金项目: 国家科技部项目(A2003002)和中国气象局项目(B2004001)资助  
作者简介: 霍文(1981-), 男, 陕西绥德人, 实习研究员, 从事沙漠气象工作. Email: huowenpet@idm.cn

的发生、发展提供了热力条件。4 月 26 日傍晚到 28 日为发生、发展阶段。在 26 日 8 :00 时 500 hPa 高空环流图(图 1)上清楚看到,新疆大部处于槽前西北气流控制下,在塔克拉玛干沙漠 40°N,80~85°E 附近出现一个低压切变,这就是这次沙尘暴触发机制的动力因子。27 日 8 :00 时,西西伯利亚大槽已经东移到中西伯利亚,槽线也随之平移到中西伯利亚—咸海东侧。槽前为暖平流区,正涡度平流为槽进一步加深发展和地面系统的迅速减压提供动力条件,高空槽前暖平流为之提供热力条件。冷中心也位于中西伯利亚,中心值达 -44℃。到 20 :00 时,北疆西部已经处于槽前。西西伯利亚大槽在东移过程中,槽底部已影响到天山以北地区,而在南疆东南面与青海、西藏交界处附近 40°N,80~90°E,有一个

弱高压脊的发展,致使位于 40°N,80~85°E 的上游槽不断加深发展。4 月 28 日,由于西西伯利亚大槽在东移过程中影响北疆地区,有一支较弱冷空气穿越天山,冷空气主流沿天山北坡南下,从哈密进入南疆,成为这次沙尘暴天气过程发展的主要动力。4 月 29 日至 5 月 1 日为发展、消亡阶段。500 hPa 高空图上 28~29 日里海、咸海附近位置的脊南压,使得冷空气沿脊前西南气流在巴尔喀什湖附近堆积。29 日 8 :00 时,在巴尔喀什湖—南疆西部国境线附近形成低压槽,已经影响到北疆部分地区。到 20 :00 时低压槽迅速东移南疆西部,对这次沙尘暴天气做了又一次动力补充。致使沙尘暴天气延续到 4 月 30 日。直到 5 月 1 日 8 :00 时,南疆地区的低值系统才消亡殆尽,这次沙尘暴过程结束。

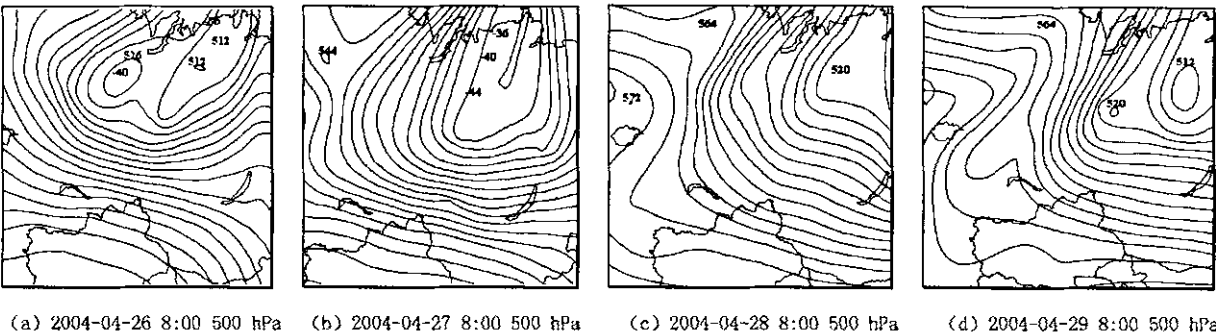


图 1 高空环流形势  
Fig.1 The 500hpa upper-air chart at 08 :00

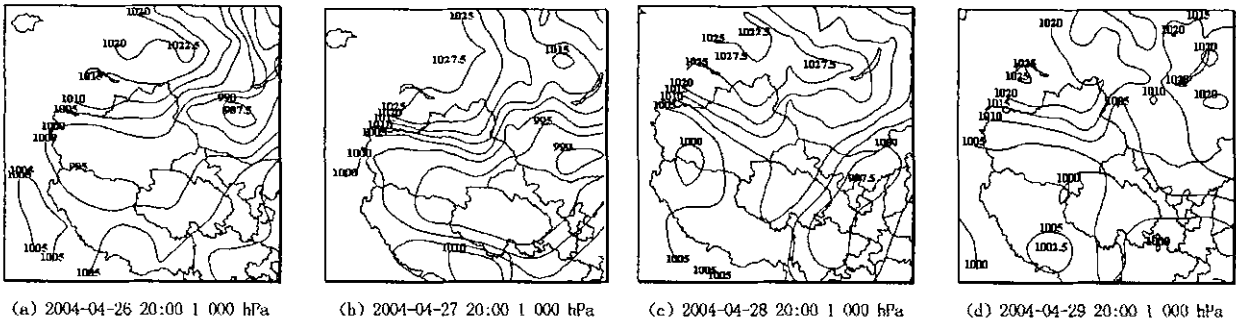


图 2 地面实况  
Fig.2 The surface chart at 20 :00

3.2 地面形式分析

由图 2 可以看出,在贝加尔湖西南蒙古国有一闭合低压系统,中心值为 987.5 hPa。相对于在西西伯利亚处有一个闭合高压区,中心值为 1 022.5 hPa。二者之间等压线密集分布,气压梯度大。因此,由低压中心引伸出一条沿天山北坡西南—东北走向的干冷锋并影响到北疆地区。此时,南疆地区

有一个弱的低压中心。4 月 27 日,冷锋主力东移,影响到东疆地区并使东疆大部普遍降温,冷空气主力沿天山北坡南下,从哈密进入南疆盆地,导致 4 月 28 日南疆塔里木盆地大范围降温。观测点 28 日 24 h 降温达 -11.3℃,升级为寒潮。当低压系统控制塔里木盆地时,垂直方向对流强,水平方向湍流加强。造成大风天气,引发沙尘暴。

3.3 系统性沙尘暴能见度变化趋势

在系统性天气的控制下出现的沙尘暴天气的能见度变化时间长,大致分为3个阶段:第1阶段4月26日傍晚开始,是系统上小切变所诱发的沙尘暴。第2阶段,4月28日系统的主力造成东灌天气,影响到塔里木盆地所引起的大风天气导致沙尘暴。第3阶段,4月29日新的系统所引起的沙尘暴。从4月28日能见度变化曲线(图3~4)可以看出,器测和人工观测,能见度变化趋势大致相同。但是,人工观测的能见度要明显低于器测2倍。系统

性沙尘暴变化趋势较为复杂,浮动较大。在下垫面条件一致的情况下,主要影响因素为:风向、风速、变温、变压等。

3.4 系统性沙尘暴过程中气象要素变化(图5)

3.4.1 气压的变化 4月26日气压开始明显下降,直到4月27日凌晨降至970.7 hPa才开始回升,变压幅度达10 hPa。因此,诱发大风天气发生。4月28日中午受主系统影响,冷锋过境时气压又明显上升。4月29日受到低压槽的影响,气压再次出现小的波动,但总体呈上升趋势。

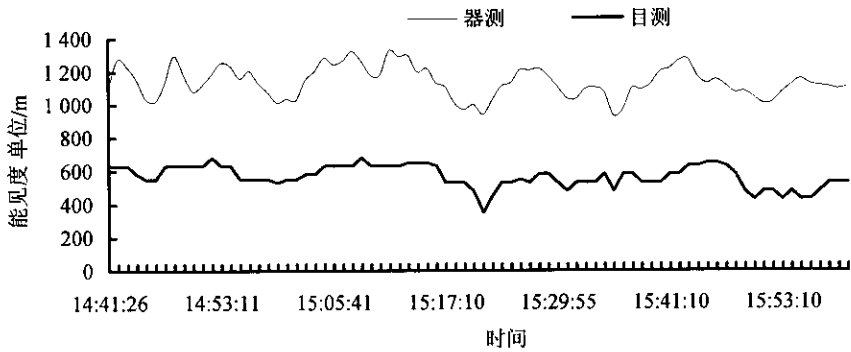


图3 系统性沙尘暴午后能见度变化

Fig.3 Visibility change of a systematic sandstorm in the afternoon

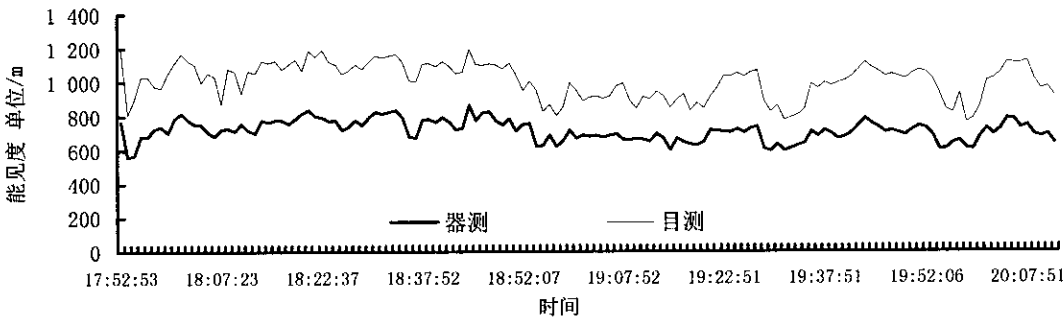


图4 系统性沙尘暴下午至傍晚能见度变化

Fig.4 Visibility change of a systematic sandstorm before evening

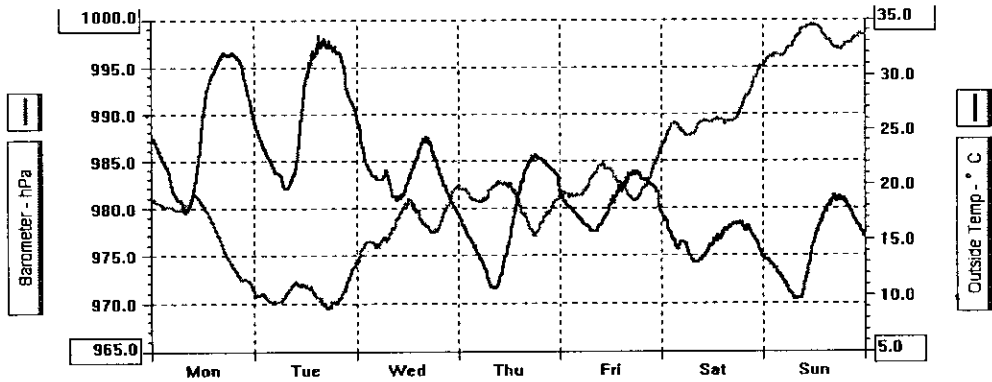


图5 系统性沙尘暴气压和气温变化

Fig.5 Change of air pressure and temperature during a systematic sandstorm

3.4.2 气温的变化 由冷空气的水平流动所引起的局地气温下降称为冷平流。当 4 月 27 日受冷空气主力影响,气温迅速下降。27 日开始 24 h 降温 15℃ 28 日开始 24 h 降温 12℃。可见这次冷低压深厚系统的势力很强。所导致的沙尘暴天气才有持续时间长,能见度低的特点。

4 局地性沙尘暴

4.1 高空环流形势及影响系统

5 月 13 日一次典型局地性沙尘暴,从 8:00 时 500 hPa 高度场上(图略)看到,在 40~45°N,85~90°E 附近明显存在一个横向切变,且切变前的偏西风较大,最大风速达 16 m/s。同时分析 500 hPa 温度场,在天山附近有横向的温度槽。槽的迅速发展所引起的大风天气是这次局地沙尘暴的主要原因之一。通过 500 hPa 涡度图(图略)分析,横槽前强烈的正涡度平流为这次局地性沙尘暴天气提供了动力条件。再分析 20:00 时 500 hPa 高空图,横槽已经迅速转型(转竖)并且东移到东疆地区,因此,局地性沙尘暴迅速消亡。

配合不同层次天气图分析,700 hPa 在 40°N,87°E 附近有横向低压槽,与此同时温度场同样具有横向温度槽,且落后于低压槽有利于槽的加深发展。

配合高低空环流形势分析得出,这次小系统扰动发生发展时间周期短,但强度很大。

4.2 地面形势分析

由 2004 年 5 月 13 日 8:00 时客观分析图(图略)看到,位于贝加尔湖东侧有较高的高压闭合系统,中心值 1 012.5 hPa。同时位于蒙古国中部有闭合低压系统。在高值和低值系统之间贯穿一条冷锋,冷锋前端直接影响到塔里木盆地。与 4 月 26~30 日强天气系统相比较,气压梯度明显较小,冷锋自然相对较弱,峰前负变压最大值 -5 hPa。但是,峰后正变压最大值却达到 13 hPa。冷锋前部温度高、气压低、空气干燥。冷锋过境后,气象要素发生跳跃性变化,扰动加强,触发不稳定能量大量释放,在短时间内形成大风天气,加之下垫面粒径较小,顷刻间扬风起沙形成沙尘暴。不稳定的空气状况是重要的局地热力条件,也是形成这次沙尘暴天气的内在动力。

4.3 局地性沙尘暴能见度变化趋势

局地性沙尘暴的目测能见度与器测的变化趋势基本一致(图 6)。局地性沙尘暴能见度迅速下降直至谷底,直观上曲线斜率很大,说明在非常短(3 min)的时间周期内系统影响强度非常大。能见度回升曲线相对平缓,沙尘暴持续时间周期很短,共 1 h。

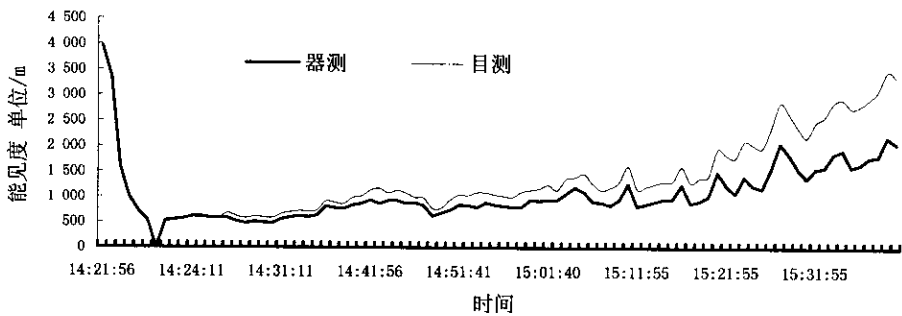


图 6 局地性沙尘暴午后能见度变化

Fig. 6 Visibility change of a local sandstorm in the afternoon

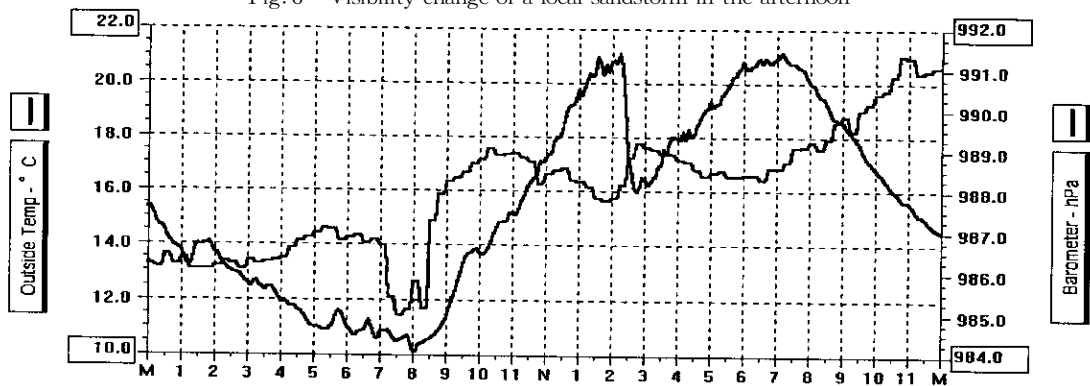


图 7 系统性沙尘暴气压温度变化

万方数据

Fig. 7 Change of air pressure and temperature during a local sandstorm

4.4 沙尘暴过程中各个气象要素的变化

4.4.1 气压的变化 5月13日的气压变化趋势(图7),10:00~14:00气压下降1 hPa 历时3 h。14:00~15:00气压迅速上升1 hPa 历时1 h。在中高纬地区,类似这种气压的非周期变化与气压系统的移动、演变有直接的关系。

4.4.2 气温的变化 5月13日在局地性沙尘暴发生的时间段内温度骤减,1 h之内温度降幅达7℃,之后温度迅速攀升。从侧面表现出局地性沙尘暴影

响系统的移动速度很快,强度很大。

4.4.3 风速、风向的变化 纵观2次沙尘暴过程(图8~9),发现在影响系统到达之前,风向急转直下,都是由北风转南风,再迅速转北风,系统性沙尘暴最大风速达到14 m/s。局地性沙尘暴最大风速达到18 m/s。系统性沙尘暴最后转为东风或者偏东风,这是受天山山脉的影响,是东灌天气所造成的。而局地性沙尘暴则为偏北风和北风为主,这是由于横槽的影响。

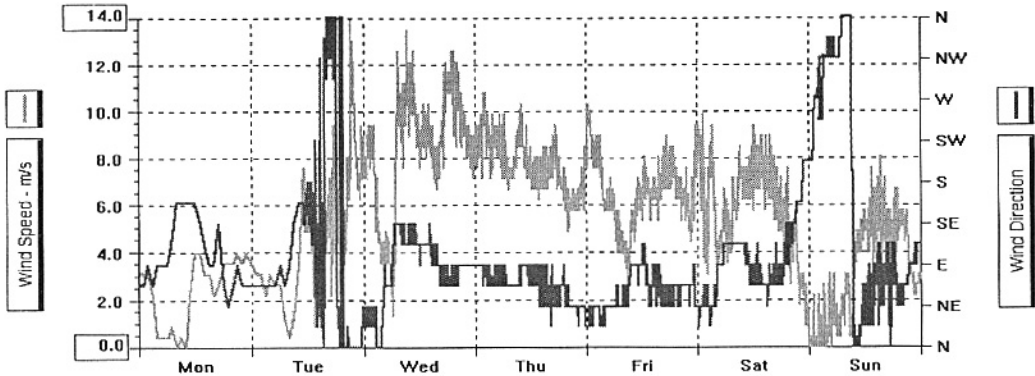


图8 系统性沙尘暴风向风速

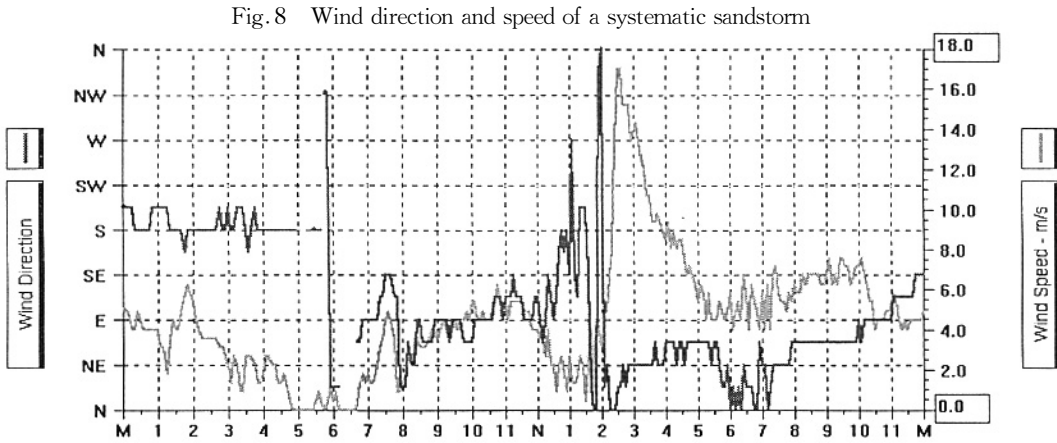


图9 局地性沙尘暴风向风速

Fig.9 Wind direction and speed of a local sandstorm

5 小结

- (1)大气环流的槽脊发生发展为沙尘暴的发生发展提供了动力条件和热力条件。
- (2)系统性沙尘暴与局地性沙尘暴能见度变化有着明显的差异。
- (3)局地性沙尘暴周期短,在发生的时间段内气温骤减,移动速度很快,强度很大。系统性沙尘暴具有持续时间长、能见度低、气压波动大的特点。

参考文献(References):

[1] 刘东生.黄土与环境[M].北京:科学出版社,1985.303-320.

[Liu Dongsheng. Loess and Environment[M]. Beijing :Science Press ,1985.303-320. ]

[2] 张德二.历史时期“雨土”现象剖析[J].科学通报,1984,29(3):294-297.[ Zhang Deer. Analyses on dust deposition as precipitation during history [J]. Chinese Science Bulletin ,1984 ,29(3):294-297. ]

[3] 赵景波,杜娟,黄春长.沙尘暴发生的条件和影响因素[J].干旱区研究,2002,19(1):58-6.[ Zhao Jingbo, Du Juan, Huang Chunchang. Formation conditions and affecting factors of sand-storm[J]. Arid Zone Research ,2002 ,19(1) 58-6. ]

[4] 牛若云,薛建军.2002年春季我国沙尘天气特征及成因分析[J].气象,2002,29(7):43-48.[ Niu Ruoyun, Xue Jianjun. Anaiysis of the Sand-stormy weather in China during the Spring of 2002[J]. Meteorological Monthly 2002 29(7) 43-48. ]

[ 5 ] 张静芳 ,高晓莲 ,赵俞飞 . 一次影响航空的强沙尘暴天气分析 [ J ]. 陕西气象 , 2003 ( 1 ) : 23 - 26 . [ Zhang Jingfang , Gao Xiaolian Zhao Yufei . Analysis on the effect of strong strom to aviation [ J ]. Bimonthly of Shanxi Meteorology , 2003 ( 1 ) : 23 - 26 . ]

[ 6 ] 郑乐娟 ,张慧琴 . 吐鲁番地区一次强沙尘暴天气分析 [ J ]. 新疆气象 , 2002 , 25 ( 3 ) : 16 - 19 . [ Zheng Lejuan , Zhang Huiqin . Analysis of a strong sandstorm in Turpan Area [ J ]. Bimonthly of Xinjiang Meteorology , 2002 , 25 ( 3 ) : 16 - 19 . ]

[ 7 ] 江吉喜 . 一次特大沙尘暴成因的卫星云图分析 [ J ]. 应用气象学报 , 1995 ( 2 ) : 177 - 184 . [ Jiang Jixi . A study of formation for " Black Storm " using GMS-4IMA gery [ J ]. Quarterly Journal of Applied Meteorology , 1995 ( 2 ) : 177 - 184 . ]

[ 8 ] 刘泉 ,李铁松 . 我国沙尘分布的时空分布和成因分析 [ J ]. 干旱区研究 , 2004 , 21 ( 4 ) : 461 - 465 . [ Liu Quan , Li Tiesong . Analysis on the temporal and spatial distribution and formation causes of dust weathers in China [ J ]. Arid Zone Research , 2004 , 21 ( 4 ) : 461 - 465 . ]

Analysis on the Features of Sandstorms in the Tarim Basin in Spring 2004

HUO Wen<sup>1</sup> , LI Xia<sup>1</sup> , Ali Mamtimin<sup>1</sup> , WANG Jian<sup>1</sup> , ZHAO Xiao-chuan<sup>2</sup>

( 1 Urumqi Institute of Desert Meteorology , China Meteorological Administration , Urumqi 830002 , China ;

2 Xinjiang Center of Environmental Meteorology , Urumqi 830002 , China )

**Abstract :** The Tarim Basin in Xinjiang is located in the middle-latitude westerly zone , the vapour from the Atlantic is caught by the Iranian Plateau and the Pamirs , so the precipitation occurs infrequently and the vegetation coverage is low in the basin. Moreover , atmosphere over the Tarim Basin is generally controlled by hot low and is unstable , and there is abundant sand and dust in the Taklimakan Desert. All these provide the conditions of occurring sandstorms. In this paper , the circumfluence situation , meteorological factors and visibility change features of systematic and local sandstorms in spring ( from April to May ) 2004 are analyzed by using the day-by-day data collected at the Davis automatic observation station and of FD12 horizontal visibility. The results are as follows : ( 1 ) Prophase continuous temperature increase , peculiar geographic environment and underlaying surface conditions provide the preconditions of occurring sandstorms ; ( 2 ) Trough of warm advection offers heating power and the positive vortex advection offers dynamic power of occurring sandstorms ; ( 3 ) Enhancement of lower-air front is a driving factor of forming sandstorms , and the unstable atmosphere is an important local heating power factor and also an inherent motive force of forming sandstorms ; ( 4 ) The visibility variation trend during systematic sandstorms is complicated. The visibility variation trend during local sandstorms is clear , and the apparatus-observed value is double of the range estimation ; ( 5 ) Systemic sandstorms are characterized by long duration , powerful intensity and high variation ranges of meteorological factors. However , local sandstorms are characterized by short duration and violent variation ranges of meteorological factors within short time.

**Key words :** sandstorm ; systematic sandstorm ; local sandstorm ; visibility.