

# 2006年夏季塔中一次沙尘暴发生期间近地层气象特征个例分析

薛福民<sup>1</sup>, 杨兴华<sup>2,3</sup>, 刘新春<sup>2,3</sup>, 霍文<sup>2,3</sup>, 黄洁<sup>1</sup>

(1. 塔中气象站, 新疆 库尔勒 841000; 2. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002;  
3. 塔克拉玛干沙漠大气环境观测试验站, 新疆 塔中 841000)

**摘要:** 利用塔中 80 m 梯度铁塔探测系统所观测的沙尘暴及气象数据, 分析了塔克拉玛干沙漠腹地晴天与沙尘暴发生期间近地层的气象要素特征及相关性: 与晴天相比, 沙尘暴期间温度变化小, 垂直梯度不明显, 夜晚逆温现象弱; 湿度与温度呈负相关, 沙尘暴的发生能使近地层大气相对湿度增加; 风速的迅速增加促成了沙尘暴的爆发, 随着风力减弱沙尘暴消失。

**关键词:** 塔中; 沙尘暴; 近地层; 气象要素

中图分类号:S421

文献标识码:B

文章编号: 1002-0799(2010)04-0040-05

## A Case Study on Meteorological Element Characteristics of Surface Layer during the Period of Sandstorm of Tazhong in Summer 2006

XUE Fu-min<sup>1</sup>, YANG Xing-hua<sup>2,3</sup>, LIU Xin-chun<sup>2,3</sup>, HUO Wen<sup>2,3</sup>, HUANG Jie<sup>1</sup>

(1. Tazhong Meteorological Station, Kuerle 841000, China;

2. Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China;

3. Taklimakan Desert Atmosphere and Environment Observation Experiment Station, Tazhong 841000, China)

**Abstract:** Based on the data from the detector system of boundary layer in Tazhong, we analyzed characteristics of summer typical days and the relationship between Meteorological elements characteristics and sandstorm weather in surface layer in hinterland of Taklimakan Desert. The primary results were as follows: (1) On Sandstorm days, temperature fluctuates small, and the vertical gradient and temperature inversion was not obvious; (2) the relationship between humidity and temperature presented negative correlation, and the sandstorm could increase relative humidity in surface layer. (3) The prompt increase of the wind speed might help to the sandstorm outburst, while the sandstorm is disappeared along with the fact that wind power weakens.

**Key words:** Tazhong; sandstorm; surface layer; meteorological element

收稿日期: 2009-07-24

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2008BAC40B05-01), 新疆气象局青年气象科研基金(201035), 中国沙漠气象科学基金(Sqj2008009)及中国气象局气象新技术推广项目(CMATC2010M29)共同资助。

作者简介: 薛福民(1974-), 男, 工程师, 从事地面观测、沙尘暴与大气成分监测工作。E-mail:Xuefm911@sohu.com

沙尘暴是指强风把地面大量沙尘卷入空中,使空气特别混浊,水平能见度低于1 km 的一种天气现象<sup>[1]</sup>。我国气象科学工作者对沙尘暴已做了大量的研究,在大气环流、天气系统、气象因子、卫星遥感、数值模拟和中小尺度动力研究,乃至预测预报等諸多方面,得到了一些有理论和实践意义的结果<sup>[2-4]</sup>。

由于塔克拉玛干沙漠腹地气象资料缺乏,关于塔中地区沙尘暴的研究至今还不太多。李江风从总体上对于该地区的气候进行了分析<sup>[5]</sup>;何清等对沙尘暴发生的天气系统进行了研究<sup>[6]</sup>;李生宇等对该地区沙尘暴的特征以及产生的条件进行了研究<sup>[7-9]</sup>。但总的来说,对塔中地区沙尘暴期间天气过程近地层气象要素特征分析还很欠缺。本文利用塔克拉玛干流动沙漠腹地的塔中大气环境观测试验站的80 m 梯度探测系统观测的数据,对沙尘暴过程近地层温度、湿度、风速等气象要素的空间梯度和时间变化进行了研究分析,以期对该地区沙尘暴的爆发机理以及气象要素对沙尘暴的响应机理能有进一步的认识。

## 1 研究区域概况

塔克拉玛干沙漠位于新疆南部的塔里木盆地中,北起和静(42°19'N),南至于田(36°52'N),西起鸟恰(75°12'E),东至若羌(88°10'E),面积  $33.76 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,属于温带大陆性干旱气候,是我国主要的沙尘暴发生源地之一<sup>[9-10]</sup>。位于塔克拉玛干沙漠腹地的塔中地区(38°58'N, 83°39'E)年均浮尘、扬沙天气在157 d 以上,沙尘暴年均 16 d,地表土壤风蚀严重,不但对当地的石油开采造成了很大的影响,而且被吹到空中的沙尘以气溶胶的形态随高空西风环流远距离输送数千公里,影响范围极其广阔。

## 2 资料与处理方法

数据主要为 2006 年夏季(6—8 月)塔中 80 m 梯度探测系统所观测的数据,该系统建成于 2006 年 3 月 24 日,安装的全部是国际公认的标准仪器。边界层探测系统使用的探测仪器型号:温湿度传感器为 QMH102(HMP45D)型;温湿度传感器防辐射罩为 DTR502 型;风速传感器为 WAA151 型;风向传感器为 WAV151 型;风变送器(风向风速横臂)为 WT521 型;气压传感器为 PTB220 型;安装有 YOURVIEW 系列数据接收和存储软件的 HP Pavilion W5367cl 型台式机。

本文以 2006 年 7 月 27 日发生在午后的一次沙尘暴为研究对象,同时又选取了塔中地区 2006 年 7

月所有的晴天为背景场,对近地层 10 层(0.5, 1, 2, 4, 10, 20, 32, 47, 63, 80 m)风、温、湿等气象要素特征进行了对比分析。该次沙尘暴发生的时间段为 15:50—19:19,时长为 3.3 h,平均能见度为 650 m。文中所用时间均为北京时间,当地地方时与北京时间相差 2.4 h。

## 3 塔中夏季沙尘暴期间近地层天气特征分析

### 3.1 塔中地区的沙尘暴概况

根据塔中气象站 1996—2006 年的地面观测资料计算,塔中地区沙尘暴年平均日数 15.8 d。但分布很不均匀,其中 1998 年最多为 36 d,是平均日数的 2 倍多;而 2001 年最少仅为 8 d。沙尘暴日数 10 a 来呈缓慢下降趋势,这也与整个新疆地区的沙尘暴年际变化的趋势相一致<sup>[11]</sup>。从年变化来看,塔中地区的沙尘暴集中出现在 3—9 月,从 10 月至翌年 2 月几乎没有沙尘暴天气出现,4—8 月占到了全年沙尘暴日数的 89%,7 月最多,平均为 3.1 d。塔中地区 2006 年夏季 7 次沙尘暴全部发生在下午和晚上,其中有 6 次时间集中在 15:50—21:45 之间,另外一次是 7 月 20 日发生在 23:04;该夏季沙尘暴平均时长为 1 h40 min,最长时间是 2006 年 08 月 06 日时长 3 h35 min,最短发生在 2006 年 08 月 15 日,时长仅 4 min,这与杨德保等人<sup>[12]</sup>认为沙尘暴发生的时间主要集中在下午和晚上的分析结果一致。

### 3.2 沙尘暴期间天气近地层气象要素特征分析

#### 3.2.1 温度特征分析

图 1 给出了塔中地区沙尘暴期间近地层温度梯度的日变化。由图 1 可以看出,沙尘暴天气近地层各观测层温度都出现两个明显的拐点,时间分别为 8:00 左右和 16:00 左右,也分别是当天近地层温度的最高值和最低值所出现的时间。在 0:00—8:00 之间沙漠近地层温度呈现逐步下降的趋势,到 8:00 即日出前后(当地当日日出时间为 7:21:07)各观测层的温度降到最低。05 时 80 m 与 0.5 m 的差值为 0.6 ℃,温度呈垂直递增态势,0:00 出现最大逆温值为 0.4 ℃,逆温现象短暂,且不明显。日出之后,太阳辐射增强近地层温度不断上升,到 16:00 达到一天当中的最大值,地表层到 80 m 高度的温度达到一天当中最高,在 35 ℃左右。80 m 与 0.5 m 温度差异也达到最大,约为 3.5 ℃,温度垂直递减率为 4.4 ℃/100m。15:50 沙尘暴开始发生,16:00 之后近地层温度开始迅速下降,成为一个拐点。沙尘暴天气过后即 19:00 后温度下降速度趋于平缓。高温天气促成近地层大

气不稳定，湍流旺盛，为沙尘暴起沙提供了热力条件。从图中我们可以看到在沙尘暴出现到消失的过程中，近地层的温度整体下降幅度大；沙尘暴过后，温度的下降幅度趋于缓慢。因此，沙尘暴能抑制近地层高温现象，由于整天受沙尘天气影响，近地层垂直方向的温度差异小，全天温度波动较小，也没有出现较为明显、稳定的逆温层。

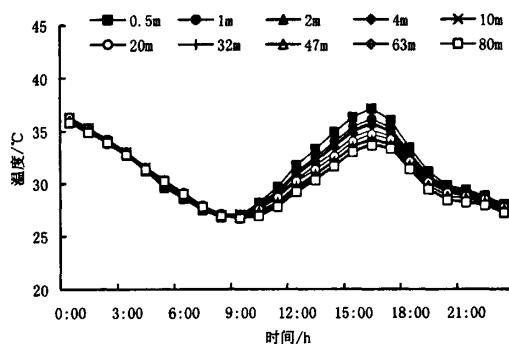


图1 塔中地区2006年7月27日沙尘暴期间近地层温度梯度日变化

图2为7月晴天时近地层温度梯度的平均日变化。由图可知，温度的变化拐点不如沙尘天气时明显，特别是沙尘暴发生时段。但出现了逆温向热力不稳定和热力不稳定向逆温过渡的两个结点，出现时间分别为上午10:00和傍晚21:00。0:00—10:00为近地层出现逆温现象的时间段，在早上8:00即日出之后，80 m与0.5 m温度差达到3.4 °C，同时0.5 m处的温度达到一天中的最低值，为20.9 °C。日出之后近地层温度急剧升高，以离地面最近的0.5 m处最为显著，在12:00左右达到29.9 °C，升高了10 °C。10:00探测系统的各层温度差异接近零，之后温度差异呈垂直递减规律，日最高气温出现在18:00—20:00左右。在21:00即日落前后又出现一个温度结点，即开始向逆温过渡，之后完成了一天当中的两个过渡。

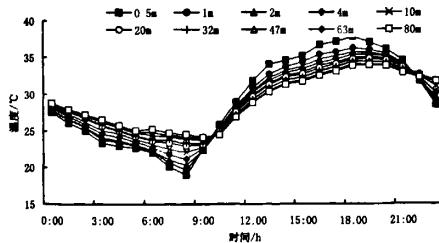


图2 塔中地区2006年7月晴天近地层温度梯度平均日变化

表1为塔中地区2006年7月晴天与沙尘暴期间不同梯度的日平均气温。沙尘暴当天贴近地表0.5 m处的平均温度为31.5 °C，80 m处平均温度为30.3 °C，温度从地面向上呈递减趋势。晴天0.5 m处的平均温度为28.9 °C，晴天最高值出现在80 m为29.1 °C，近地面与最上层的温度高于中间层。从小时数据分析沙尘暴当天的最高温度发现，除0.5 m处出现在16:00以外，其它各层均出现在7月26日的0:00左右，再次说明了沙尘暴过境时能抑制近地层高温现象。

表1 塔中地区7月晴天与沙尘暴期间不同梯度的日平均气温

高度	0.5 m	1 m	2 m	4 m	10 m	20 m	32 m	47 m	63 m	80 m
7月平均	28.9	28.9	28.3	28.5	28.5	28.6	28.5	28.6	28.5	29.1
7月27日	31.5	31.2	31.1	31.2	31.0	30.9	30.6	30.6	30.4	30.3

### 3.2.2 湿度特征分析

由图3可看出，7月27日各层相对湿度值出现了两个拐点，时间分别在8:00和16:00附近。与图1相对比可知，温度升高时相对湿度降低，温度降低时相对湿度升高，两者呈明显的反相关。0:00—8:00相对湿度持续升高，8:00左右达到第一个拐点，除32 m的相对湿度为17%外，其余九个观测层都为18%，温度也降到相应的第一拐点。在8:00之后相对湿度随着太阳辐射的增强和温度的升高开始缓慢下降，到16:00出现第二个拐点，0.5 m、80 m分别是9%、11%，其它各层为10%，成为一天当中各观测层出现的最低值。15:50—19:00左右出现沙尘暴，相对湿度迅速增加，0.5 m、32 m、47 m、63 m、80 m的增幅分别为12%、11%、2 m、4 m、10 m、20 m为11%。沙尘暴结束后，相对湿度上升速度变缓慢，但由于太阳辐射减弱和温度降低，相对湿度还在继续升高。表明塔中地区相对湿度的日变化随太阳辐射、温度变

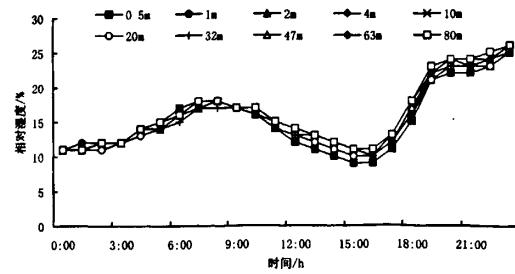


图3 塔中地区2006年7月27日沙尘暴期间近地层相对湿度梯度日变化

化和沙尘暴期间天气的影响较明显。梯度探测系统的各观测层相对湿度差异全天都不很明显,18:00时80 m 比 0.5 m 处观测值高 3%, 呈垂直递增, 0:00—8:00 差异最小为 0, 垂直梯度差异不明显。

由图 4 可知, 晴天时相对湿度各层的垂直梯度总体上差异不大。0:00—8:00 时间段内各层次的相对湿度呈上升趋势, 近地面 0.5 m 高度的相对湿度最大。8:00 以后近地层空气升温迅速, 相对湿度迅速下降, 垂直差异几乎为零。14:00—20:00 左右相对湿度较为平稳, 80 m 高度层的相对湿度最大, 0.5 m 高度的相对湿度最小, 两者平均相差 10 个百分点。20:00 以后各高度层的相对湿度都迅速增大。对比图 3、4 可以看出沙尘暴发生时段前的相对湿度明显低于晴天该时段的相对湿度, 而沙尘暴发生过程中的相对湿度比晴天高, 而且沙尘暴出现后相对湿度呈迅速增加的趋势。沙尘暴发生期间使沙漠腹地近地层空气的相对湿度有一定增加。

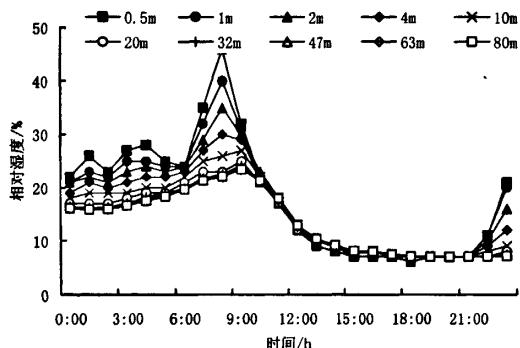


图 4 塔中地区 2006 年 7 月晴天近地层相对湿度梯度平均日变化

### 3.2.3 风速特征分析

7 月 27 日的风速 0:00—5:00 是在减小, 5:00—19:00 出现浮尘天气, 风速一直呈增大趋势。10:00 是一个转折点, 之后风速还在增加, 但增加得比较缓慢, 8:55 开始出现扬沙天气。在 15:00 之后近地层的风速迅速增大, 风速与高度的变化相关性很大, 随高度增高而增大, 同时增加的幅度也不同, 80 m 高度增加幅度最大, 0.5 m 高度最小。80 m 高度在 19:00 时的小时最大风速为 17.9 m/s, 18:28 时出现了全天 1 min 的最大风速, 为 19.7 m/s; 0.5 m 高度 19:00 时的小时最大风速是 6.1 m/s, 18:28 时达到该观测层一天中 1 min 最大风速 6.9 m/s。其它各观测层风速也达到一天中的最大风速。从资料及数据显示大风的出现和风速的迅速增大与沙尘暴出现的时间(15:

50—19:19)相吻合, 这也表明有大风出现, 风速在短时间内迅速增大是沙尘暴出现的一个条件(图 5)。

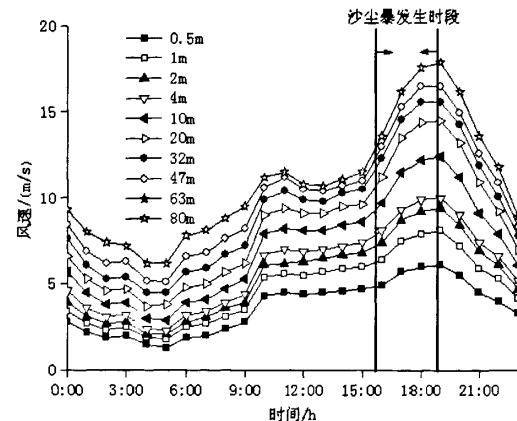


图 5 塔中地区 2006 年 7 月 27 日沙尘暴期间近地层风速度梯度日变化

由图 6 可知, 晴天时的 0:00—10:00 风速比较大, 垂直分布差异大, 风速随高度递增。10:00 左右时风速相对平稳, 波动很小, 到 22:00 风速又开始增大。沙漠腹地近地层晴天的夜间的风速相对要大, 垂直梯度变化相对也大, 白天的风速相对较小, 垂直梯度不明显。总体来看晴天的近地层垂直分布还是符合风速随高度升高而增大的趋势。

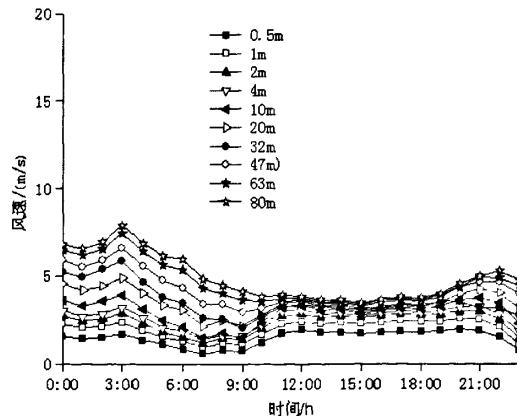


图 6 塔中地区 2006 年 7 月晴天近地层风速度梯度平均日变化

综上所述, 塔克拉玛干沙漠塔中地区沙尘暴过程中, 近地层气象要素变化具有以下特征: 沙尘暴发生前气温偏高, 结束后较短时间气温会出现急剧下降; 沙尘暴发生前湿度较小, 而且降湿现象明显, 沙尘暴过程中湿度明显增加; 在沙尘暴形成前阶段风

速突然减小;在形成阶段,风速陡然增加,很快达到沙尘暴临界风速,形成沙尘暴;在持续阶段,风速发生轻微波动,一般都高于临界风速;在沙尘暴消退阶段,风速缓慢减小,逐渐低于临界风速。以上特征与何清、李生宇、王锡稳、牛生杰、胡泽勇等<sup>[6-7,13-15]</sup>研究的塔中与河西走廊地区沙尘暴地面气象要素变化特征的结论一致,这说明近地层气象要素主要受下垫面特征的影响。

#### 4 结论

通过以上分析,对塔中地区典型天气的近地层气象要素特征,可以得出如下结论:

(1) 沙尘暴发生时,近地层昼夜温差小,温度的垂直变化不大,有两个明显的拐点,逆温短暂且不明显;沙尘暴发生前气温偏高,沙尘暴过后温度迅速下降;而未发生沙尘暴的晴天,温度变化比较大,垂直梯度大,夜间层结稳定,出现逆温层,全天出现两个结点;沙尘暴发生时日平均温度比无沙尘暴的晴天时要高。

(2) 沙尘暴发生时,近地层湿度垂直变化比较小,全天起伏不大,这主要是由于大气中的沙尘降低了太阳辐射强度造成的;沙尘暴发生前湿度都较小,但沙尘暴发生过程中湿度明显增加;晴天时相对湿度各层的垂直梯度总体上差异不大。沙尘暴发生期间使沙漠腹地近地层空气的相对湿度有一定增加。

(3) 沙尘暴发生时,风速变化明显,在沙尘暴形成前风速突然减小;在形成阶段,风速陡然增大;在持续阶段,风速变化轻微;在沙尘暴消退阶段,风速缓慢减小,逐渐低于临界风速;沙漠腹地近地层晴天的夜间的风速相对要大,垂直梯度变化相对也大,白天的风速相对较小,垂直梯度不明显。

#### 参考文献:

- [1] 中央气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,1979.
- [2] 钱正安,宋敏红,李万元.近 50 年来中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析[J].中国沙漠,2002,22(2):106-111.
- [3] 李耀辉.近年来我国沙尘暴研究的新进展[J].中国沙漠,2004,24(5):616-622.
- [4] 王炜,方宗义.沙尘暴天气及其研究进展综述[J].应用气象学报,2004,15(3):366-381.
- [5] 李江风.塔克拉玛干沙漠和周边山区天气气候[M].北京:科学出版社,2003:44-757.
- [6] 何清,向鸣,唐淑娟.塔克拉玛干沙漠腹地两次强沙尘暴天气分析[J].中国沙漠,1998,18(4):320-327.
- [7] 李生宇,雷加强,徐新文.塔克拉玛干沙漠腹地沙尘暴特征—以塔中地区为例[J].自然灾害学报,2006,15(2):14-19.
- [8] 李生宇,雷加强,徐新文.塔克拉玛干沙漠腹地沙尘暴发生条件分析[J].应用气象学报,2007,18(4):490-496.
- [9] 周自江.近 45 年中国扬沙和沙尘暴天气[J].第四纪研究,2001,21(1):9-17.
- [10] 王旭,马禹,陈洪武,等.南疆沙尘暴气候特征分析[J].中国沙漠,2003,23(2):147-151.
- [11] 何清,杨青,李红军.新疆 40 a 来气温、降水和沙尘天气变化[J].冰川冻土,2003,25(4):423-427.
- [12] 杨德保,尚可政,王式功.沙尘暴[M].北京:气象出版社,2003:14-15.
- [13] 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.
- [14] 牛生杰,岳平,刘晓云.2004 年春夏季两次沙尘暴期间地面气象要素变化特征对比分析[J].中国沙漠,2007,27(6):1067-1071.
- [15] 胡泽勇,黄荣辉,卫国安,高洪春.2000 年 6 月 4 日沙尘暴过境时敦煌地面气象要素及地表能量平衡特征的变化[J].大气科学,2002,26(1):1-8.