

基于器测能见度的沙尘暴分析*

李红军, 袁玉江, 何清

(中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆乌鲁木齐 830002)

提 要 本文通过分析塔克拉玛干沙漠腹地能见度仪、自动气象站观测沙尘暴的资料, 得到 (1) 在沙尘暴过程中, 器测能见度越小, 持续时间越短, 随着器测能见度增大, 持续时间呈波动增长, 持续时间最长的等级是 800m, 时间为 419min。(2) 在沙尘暴过程中, 器测能见度 200m, 500m 是两个明显的分界点, 在分界线左右的能见度持续时间变化较大, 最大相差 20 倍, 在 <200m, 200-500m, 500-1000m 三段范围内器测能见度持续时间变化不大, 最大相差 0.8 倍。(3) 沙尘暴过程中, 平均风速的变化趋势是随着器测能见度增大而减小, 平均风速最大值出现在能见度 400m 处, 最小值出现在能见度接近 1000m 处, 平均风速 11.9m/s, 最大风速 21.1m/s。器测能见度从 400m 变化到 500m 风速有较大减小。气压和相对湿度以器测能见度 500m 为界, 能见度 <500m 数值较大, 能见度 >500m 数值较小。(4) 根据器测各能见度持续时间、气象要素变化和统计检验, 沙尘暴中, 在器测能见度 500m 处各气象要素变化很大, 这对沙尘暴分级有积极意义。(5) 器测能见度与人工观测值有较大差距, 但它们之间有较好相关性, 其相关系数是 $R = 0.7993$, 通过了 t 检验 ($\alpha = 0.01$)。它们之间拟合方程是 $y = 5.746x^{0.8523}$ 。

关键词: 沙尘暴; 器测能见度; 风速

中图分类号: X43

文献标识码: A

沙尘暴是干旱、半干旱区春夏季常发生的灾害性天气, 国内外在其天气形势、过程、模拟^[1-3], 动力特征^[4], 气候变化^[5-6], 分级^[7-8]方面已有许多研究成果, 而从能见度变化方面研究沙尘暴过程, 因能见度气象观测是定时观测, 沙尘暴发生时, 或没有能见度气象观测, 或观测时间间隔太长, 因此对此研究多按晴好天气、浮尘、扬沙、沙尘暴等几种平均天气状况分析, 如邱金桓等^[9]1988 年在北京采用激光雷达和光度计观测了三次沙尘暴天气过程, 得到沙尘暴出现前、最强时段, 沙尘暴出现以后, 大气柱气溶胶光学厚度均值分别为 0.18, 8-15 和 5.27。牛生杰等^[10-11]近年春季在巴丹吉林和腾格里等沙漠边缘区观测, 获得背景大气、扬沙、浮尘及一般强度沙尘暴发生时, 地面空气的平均沙尘浓度分别为 0.083, 0.356, 1.206 和 3.955 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。以上研究了几种天气状况下, 沙尘浓度、气溶胶光学厚度平均状况, 而根据能见度变化, 进一步细致分析沙尘暴过程的研究较少, 近年来, 能见度仪等在气象观测中应用, 为细致研究沙尘暴变化奠定了基础。本文应用塔克拉玛干沙漠腹地能见度仪、自动气象站和人工等观测沙尘暴的资料, 分析检验了沙尘暴过程各气象要素随器测能见度的变化, 以及器测能见度与人工观测能见度的关系。

1 仪器、资料与方法

使用资料为 2004 年 4 月底到 6 月初, 在塔克拉玛干沙漠腹地塔中 70# 钻井处能见度仪、自动气象站和人工等对沙尘暴的观测资料。仪器观测能见度方式为: 使用芬兰维萨拉 fd12 型能见度仪, 每 15 秒输出一个前一分种的能见度平均值, 同时用美国 davis 自动气象站加密观测各气象要素, 仪器距地面 2m, 每 5 分

* 收稿日期: 2006-04-27。

基金项目: 科技部公益项目“沙尘暴观测规范和分级标准研究”资助。

作者简介: 李红军 (1971-) 男, 甘肃永昌人, 副研究员, 研究方向为干旱、半干旱区气候与环境变化。Email: lihj@idm.cn

钟输出一个平均值。考察期间获取了 11 天 ,16 次过程 ,总计 1531 分钟沙尘暴数据。同时按气象能见度观测规定 ,在观测点地势开阔的西、北方向 1km 内 ,插黑色旗帜 ,沙尘暴发生时 ,每 1 分钟人工观测一次能见度。

在资料处理时 ,使用风速随高度变化公式 $v_2 = v_1 \frac{\ln z_2 - \ln z_0}{\ln z_1 - \ln z_0}$ 把距地 2m 处风速换算到 10m 处风速 ,其中 $z_0 = 0.001$ 。计算时 ,把 $n \times 100 < = vis < (n + 1) \times 100$ 能见度归为 $n \times 100$ 组。在分级使用了离差平方和 ,其公式 :
$$s(i,j) = \sum_{i=1}^j [x_i - \bar{x}(i,j)]^2 \tag{1}$$

它表示各级内数据的离散程度 ,其中 $\bar{x}(i,j)$ 为各级别的均值 , x_i 级别内数据。对级别间差别显著性检验 ,使用了 F 分布检验法 ,其函数式为 :

$$F = \frac{\frac{n_1}{n_1 - 1} S_1^2}{\frac{n_2}{n_2 - 1} S_2^2} \tag{2}$$

n_1, n_2 两级别内数据长度 , S_1^2, S_2^2 两级别内样本方差。把检验的两级别的数据长度 ,样本方差代入 (2) 求得 F 值 ,与由指定信度查出的 F 值范围比较 ,若在范围内 ,则差别不显著 ,若不在范围内 ,则差别显著。

2 观测结果分析

2.1 器测各能见度持续时间

表 1 各能见度持续时间(单位 :分钟)
Tab1. The durations of every visibility (minute)

能见度(m)	100	200	300	400	500	600	700	800	900
时间(min)	2	42	21	19	75	201	357	419	396

观测期间 ,平均每次沙尘暴持续 95.7 分钟 ,最长持续 382 分钟 ,最短 1 分钟 ,最小能见度 199m。由表 1 各能见度持续时间总计看 ,能见度从小变大 ,持续时间是波动上升的 ,能见度 100m 的持续时间最短 ,为 2min ,800m 持续时间最长 ,为 419min ;100m ~ 200m、400m ~ 500m 是明显的分界线 ,在分界线左右相邻能见度的持续时间相差大 ,在两分界线之间相邻的能见度持续时间相差小 ,相差最大的相邻等级是 100m 与 200m ,相差 20 倍 ,相差最小的相邻等级是 800m 与 900m ,300m 与 400m ,相差 0.1 倍。

2.2 器测能见度与风速、气压、湿度的变化关系

16 次沙尘暴过程平均风速是 11.9m/s ,最大风速 21.1m/s ,最小风速 4.4m/s。图 1a 是沙尘暴过程中平均风速与平均能见度对应 ,由图可见平均风速的变化趋势是随着能见度增大而减小 ,平均风速最大值出现在能见度 400 处 ,最大风速未出现在最小能见度处的原因 ,由观测发现 ,当天气愈来愈强 ,风速加大 ,可是地表薄薄一层细小颗粒在最初被吹起后 ,留下的较大颗粒覆盖住地表面 ,很难再被吹起 ,向大气输送的颗粒物减少 ,同时 ,经过一段时间风吹后 ,地表形成沙波纹 ,增大了地面粗糙度 ,使得接近地面的风速较小 ,很难吹起地表沙粒物。沙尘暴中平均风速最小值出现在能见度接近 1000m 处。在能见度从 400m 变化到 500m 时 ,风速有较大减小 ,减小了 4.0m/s ,在能见度大于 500m 后 ,相邻能见度间的风速相差不大。当能见度小于 500m 时 ,平均风速是 16.4m/s ,能见度大于 500m 时 ,平均风速是 12.0m/s ,两段平均风速相差较大。

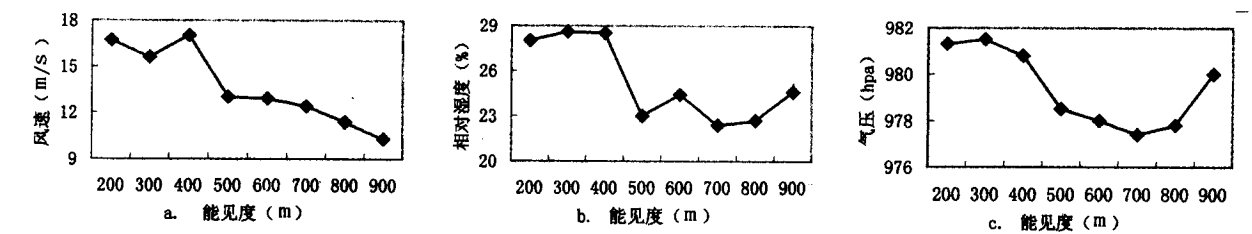


图 1 能见度与平均风速 a、平均相对湿度 b、平均气压 c 的对应

Fig1. The visibility 's corresponding to average wind speed , average relative humidity , average air pressure
从图 1 平均湿度、平均气压与能见度对应看 ,能见度从 400m 变化到 500m 也是变化最大处 ,相对湿度相差了 5.5% ,气压相差了 2.3hpa。在能见度小于 500m 之前 ,相邻各能见度对应平均湿度之间、平均气压之间变化不大 ,各相邻能见度的平均湿度差 0.35% ,平均气压差是 0.25hpa ,而从 400m 到 500m 湿度、气

压变化很大,是之前平均差的 15.7 倍和 9.2 倍,在大于 500m 后,湿度、气压变化又趋缓,分别是 1.2% 0.9hpa。

2.3 器测能见度与人工观测能见度关系

人工观测的能见度与能见度仪观测值相差较大,但两者相关性较好,其相关系数是 $R=0.7993$,通过了信度 $\alpha=0.01$ 的 t 检验。图 2 是两者对应散点图,由图可见,能见度仪观测值都大于人工观测值,在能见度较小时,两者相差倍数很大,能见度较大时,两者相差倍数较小,在能见度小于 100m 时,相差 5 – 10 倍,在 100m 至 300m 相差 3 – 6 倍,当能见度大于 400m,相差 1 – 4 倍,拟合方程是 $y=5.746x^{0.8523}$,其中 y :能见度仪观测值 x :人工观测能见度。

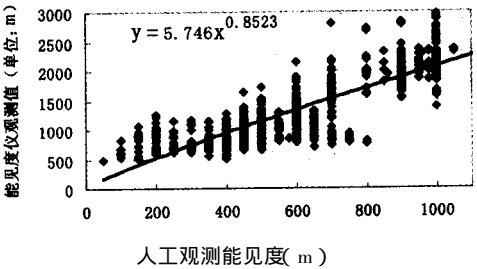


图 2 器测能见度与人工观测能见度的关系

Fig. 2 The relation between visibility observed by man and visibility by apparatus

3 基于器测能见度各要素变化的统计检验

为检验各要素在各能见度处的变化是否很大,在器测能见度 100 – 1000m 各点处把各要素分成两组,采用各组内离差总和是否较小与组间差别是否显著来检验分组处变化是否剧烈。组内离差和越小,组间差别显著,则分组处变化大。统计结果(表 2),从表中可见,对持续时间在器测能见度在 500m、600m、700m 处把沙尘暴分成两组,其组内离差和较小,但在 600m、700m 处分组,组间差别不显著,未通过 $a=0.01$ 的 f 分布的检验,在器测能见度 500m 处分组,组内离差和较小,且通过了组间差别显著性 $a=0.01$ 的 f 分布的检验,对风速、相对湿度、气压在器测能见度 500m 处把沙尘暴分成两组,组内离差和最小,都通过了组间差别显著性 $a=0.01$ 的 f 分布的检验。由此可得,沙尘暴中在器测能见度 500m 处各气象要素变化很大,这对沙尘暴分级有积极意义。

表 2 持续时间 t 、风速 f 、相对湿度 u 、气压 p 变化的统计检验($a=0.01$)

Tab. 2The classification test of duration(t), wind speed(f), relative humidity(u) air pressure(p)

项 目 组 别	t 组内	t 组间	f 组内	f 组间	u 组内	u 组间	p 组内	p 组间
	离差	差别显著 性检验	离差	差别显著 性检验	离差	差别显著 性检验	离差	差别显著 性检验
<200m	108998.3							
≥200m								
<300m	81075.4		7.2		11.2		8.8	
≥300m								
<400m	61856.9		5.8		7.7		6.8	
≥400m								
<500m	45385.8	通过	3.9	通过	4.9	通过	5.6	通过
≥500m								
<600m	23303.9	未通过	11.4		31.8		12.1	
≥600m								
<700m	36463.4	未通过	9.1		20.4		12.6	
≥700m								
<800m	106754.7		7.1		22.4		10.8	
≥800m								
<900m	1322856.7		8.0		16.8		6.3	
≥900m								

4 结论

(1)在沙尘暴中,器测能见度 200m 500m 处是两个明显的分界点,在分界点左右的器测能见度持续时间变化较大,最大相差 20 倍,在 <200m 200 – 500m ,500 – 1000m 三段范围内器测能见度持续时间变化不大,最大相差 0.8 倍。

(2)沙尘暴过程中,平均风速的变化趋势是随着器测能见度增大而减小,平均风速最大值出现在器测能见度 400m,最小值出现在器测能见度近 1000m 处,平均风速是 11.9m/s,最大风速 21.1m/s。能见度从 400m 变化到 500m 风速有较大减小。气压和相对湿度以器测能见度 500m 为界,能见度 < 500m,数值较

大 能见度 >500m 数值较小。

(3)根据各能见度持续时间、气象要素变化和统计检验 ,沙尘暴中在器测能见度 500m 处各气象要素变化很大 ,这对沙尘暴分级有积极意义。

(4)能见度仪观测能见度与人工观测值有差距 ,但它们之间有较好相关性 ,其相关系数是 $R = 0.7993$,通过了信度 $\alpha = 0.01$ 的 t 检验。它们间拟合方程是 $y = 5.746X^{0.8523}$,其中 y :能见度仪观测值 ,x :人工观测能见度。

以上基于器测能见度 ,分析了在塔克拉玛干沙漠腹地沙尘暴的过程 ,对于其他地方沙尘暴天气过程仍需要进一步研究。

参考文献

[1]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.

[2]赵翠光 ,刘还珠. 我国北方沙尘暴发生的环流形势分析[J]. 应用气象学报 ,2004 ,15(2)245 - 250.

[3]姜学恭 ,沈建国 ,刘景涛 ,等. 导致一例强沙尘暴的若干天气因素的观测和模拟研究[J]. 气象学报 ,2003 ,61(5) 606 - 620.

[4]史培军 ,严平 ,袁艺. 中国北方风沙活动的驱动力分析[J]. 第四纪研究 ,2001 ,21 #1 ~ 47.

[5]周自江 ,王锡稳 ,牛若芸. 近 47 年中国沙尘暴气候特征研究[J]. 应用气象学报 ,2002 ,13(2) :193 ~ 200.

[6]刘学锋 ,安月改 ,李元华. 京津冀区域沙尘暴和群发性强沙尘暴特征分析[J]. 灾 害 学 ,2004 ,19(4) 51 ~ 56.

[7]钱正安 ,贺慧霞 ,瞿章 ,等. 我国西北地区沙尘暴的分级标准和个例谱及其统计特征 ,中国沙尘暴研究[C]. 气象出版社 ,1997.

[8]Joseph P V ,Raipal D K ,Deka S N. "Andhi " ,The convective dust storms of North west India[J]. Mausam ,1980 ,31 #31 ~ 442.

[9]邱金桓 ,孙金辉. 沙尘暴的光学遥感及分析[J]. 大气科学 ,1994 ,18(1) :1 ~ 10.

[10]牛生杰 ,章澄昌. 贺兰山地区沙尘暴沙尘起动和垂直输送物理因子的综合研究[J]. 气象学报 ,2002 ,60(2) :194 ~ 204.

[11]牛生杰 ,孙继明. 贺兰山地区春季沙尘气溶胶质量浓度的观测分析[J]. 高原气象 ,2001 ,21(1) :1 ~ 3.

Analysis on Sandstorm Based on Visibility Observed by Apparatus

LI Hong – jun , YUAN Yu – jiang , HE Qing

(Institute of Desert Meteorology ,CMA ,Urumqi 830002 ,China)

Abstract

It presents a study of sandstorm’s classification based on data observed by visibility meter and auto – weather station. The results are following : the smaller visibility observed by apparatus is ,the shorter the duration is and the smaller frequency is. With the increasing of visibility observed by apparatus ,the duration increases wave-ly. The longest duration grade is 800m ,its duration is 419 minutes.(2) The great divide of visibility observed by apparatus is at 200m and 500m. The duration vary greatly near great divide ,the maximal difference is 20 times ,while in the other range ,the maximal difference is 0.8 times. (3) With the increasing of visibility ob-served by apparatus ,the average wind speed decrease ,the maximum is at 400m ,the minimum is near 1000m. The average wind speed is 11.9m/s ; the maximal wind speed is 21.1m/s ,the average wind speed decrease rapidly from 400m to 500m. The 500m is also great divide of air pressure and relative humidity ,their values are big before 500m and they are small after 500m. (4) The change of weather factors is obvious at 500m of vis-ibility according the test. It is significative for sandstorm’s classification. (5)There is great difference between visibility observed by apparatus and visibility observed by man ,but their correlation is good ,correlation index is $R = 0.7993$, it passed the t test($\alpha = 0.01$) , the equation is $y = 5.746X^{0.8523}$.

Key words : sandstorm ; visibility ; apparatus ; wind speed