

塔克拉玛干沙漠腹地两种能见度仪 测量结果的对比分析

李振杰^{1,2,3},艾力·买买提明^{2,3},何清^{2,3},金莉莉^{1,2,3},刘强^{2,3,5},郑伟⁴

(1.新疆师范大学地理科学与旅游学院,新疆 乌鲁木齐 830054;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;4.塔中气象站,新疆 且末 841000;
5.新疆大学资源与环境科学学院,新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要:利用塔克拉玛干沙漠大气环境观测试验站的两种前向散射能见度仪(CJY-1C和FD12)2009年6月14日—8月5日的探测数据和人工目测数据对各种天气下的能见度变化进行了对比分析。结果表明,FD12和CJY-1C型能见度仪数据有很好的 consistency。在能见度较低时,FD12型能见度数据与平均值偏离程度最小,测量更加稳定。FD12型能见度仪数据更接近于目测能见度数据。对于两种能见度仪,两者在扬沙天气的相关性最好,浮尘天气下的相关性较好,沙尘暴天气次之,典型晴天下的相关性最小,可在监测浮尘和扬沙天气时互相替代使用。

关键词:塔克拉玛干沙漠;能见度仪;能见度;对比分析

中图分类号:P414

文献标识码:B

文章编号:1002-0799(2010)02-0040-05

Comparison of Measurement Results from Two Types of Visibility Meter in Taklimakan Desert Hinterland

LI Zhen-jie^{1,2,3}, Ali·MAMTIMIN^{2,3}, HE Qing^{2,3}, JIN Li-li^{1,2,3}, LIU Qiang^{2,3,5}, ZHENG Wei⁴

(1.College of Geographical Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China;
2. Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China;3. Desert Atmosphere and Environment
Observation Experiment Station of Taklimakan, Tazhong 841000, China; 4. Tazhong Meteorology
Station, Qiemo 841000, China ; 5.College of Resources and Environmental Science, Xinjiang
University, Urumqi 830046)

Abstract: The variation characteristics of visibility under various weather conditions were analyzed contrastively by using the observation data (observed with two types of visibility meter and observed by eyeballing) from the Desert Atmosphere and Environment Observation Experiment Station of Taklimakan in the Taklimakan desert hinterland during Jun 14 –Aug 5, 2009. The results showed that the data from FD12 visibility meter was coherent with that from CJY-1C. When low visibility, the data from FD12 was most stable with least deviation from average, and the visibility data of

收稿日期:2009-11-18

基金项目:中国沙漠气象科学研究基金(SQJ2006005);中国气象局气象新技术推广项目(CMATG2010M29);国家十一五科技支撑计划项目(2008BAC40B05-01);新疆维吾尔自治区科技攻关项目(200833119);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM2006002, IDM200807)联合资助

作者简介:李振杰(1982-),男,硕士研究生,主要从事沙漠气候及沙漠气候资源研究。E-mail:lizhenjie101@163.com

FD12 was more approximate to the data observed by eyeballing. The correlation between the data from FD12 and CJY-1C was remarkable, in which, the correlation was the best in blowing sand weather, better in fly ash weather, worse in dust storm weather, and the worst in sunny days. According to the correlation rank, two visibility meters could replace each other in visibility measurement under blowing sand weather and fly ash weather.

Key words: Taklimakan Desert; visibility meter; visibility; contrastive analysis

能见度是大气透明度的一种表现形式,大气中的悬浮颗粒物越多,空气越浑浊,能见度就越差。能见度的好坏能够直接反映出—个地区的大气环境质量。在沙漠地区,频繁的浮尘、扬沙、沙尘暴等天气时有大量沙尘悬浮在空中,对太阳辐射产生吸收和散射作用,降低了大气透射率,并削弱了到达地面的太阳直接辐射,使大气能见度减小。同时能见度还与人们的工作、生活息息相关,特别是交通运输业受其制约更为明显^[1-2]。而沙尘暴天气定义的主要指标是水平最小能见度^[3],因此开展大气能见度的研究对于沙漠地区尤为重要。我国目前气象台站能见度的观测还是以目视估计为主,人们在对能见度做出估计时,常因觉察、解释能力、光源特性以及透射因素有差别而得到不同的结果。因此,能见度的任何目视估测都带有主观性。随着观测手段的改善,目前能够运用能见度观测仪测定。能见度仪主要有透射能见度仪和散射能见度仪^[4]。

透射能见度仪是采用测量发射器和接收器之间水平空气柱的平均消光(透射)系数而算出能见度。发射器提供一个经过调制的定常平均功率的光通量源,接收器主要由一个光检测器组成。由光检测器输出测定透射系数,再据此计算消光系数和气象光学视程。透射能见度仪测定气象光学视程是根据准直光束的散射和吸收导致光的损失的原理,所以它与气象光学视程的定义密切相关,观测的能见距离与能见度很一致。发射器和接收器之间光束传递距离称为基线,可从几米到150 m。它取决于气象光学视程值的范围与测量结果应用情况。

散射能见度仪是测量散射系数从而估算出气象光学视程的仪器。前向散射能见度仪,由发送器、接收器与处理器组成。发射器发出近红外光脉冲,接收器测量的是与发射光束成33°角的散射光束,然后由处理器计算出气象光学视程。散射能见度仪的优点是基线长度很短,光源与接收安在同一支架上,避免基线难以对准的缺陷。

本文利用塔克拉玛干沙漠大气环境观测实验站

CJY-1C、FD12 前向散射能见度仪 2009 年 6 月 14 日—8 月 5 日的观测数据,结合同一时期的塔中气象站地面气象观测记录,对比分析了在不同天气状况下两种探测仪器的性能、差异等,从而为科研业务工作提供参考依据。

1 资料与方法

所用数据来自中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所在塔克拉玛干沙漠大气环境观测试验站内安装国产的 CJY-1C 型能见度仪和塔中气象站安装的芬兰产 FD12 型能见度仪同步测量的数据(其技术参数见表 1)。CJY-1C 型能见度仪所采集数据有 15 s、30 s、1 min 和 15 min 数据,FD12 能见度仪能采集 1 min 和 10 min 的能见度数据。本文选取同步分钟数据,根据观测期间出现的天气现象对数据进行分类,采用统计分析方法分析了两种能见度探测仪器的性能与目测能见度之间的差异。在器测数据和目测数据进行对比分析时,为了保持数据段的一致性,取正点前 15 min 内的平均水平能见度为本正点的器测能见度。

表 1 两种能见度仪主要参数

参 数	CJY-1C 型能见度仪	FD12 型能见度仪
测量范围	10~70 000 m	10~50 000 m
允许误差	≤500 m, ±50 m 500~10 000 m, ±10% ≥10 000 m, ±20%	±4%
数据更新频率	15 s, 30 s, 1 min 可选	15 s, 1 min
环境温度	-45~50 ℃	-40~55 ℃

2 结果与讨论

2.1 两种能见度仪数据时间序列对比分析

对两种能见度仪器所测全程数据进行同步时间序列分析。由图 1 可得,在同一时刻,FD12 和 CJY-1C 型能见度仪所测数据数值相当,具有相同的量级,具有很好的一致性。从两种能见度仪的曲线波动来看,FD12 型能见度仪所测数据具有较大的波动

性,说明它相对比较灵敏。从表2可看出,两种能见度仪在低能见度情况下的离散性小,尤其在能见度<1 000 m时,FD12型能见度仪的离散度比CJY-1C型能见度仪的离散度小,说明能见度低的时候仪器测量较为稳定。能见度比较高时,其离散度也比较大,仪器测量不太稳定。

表2 两种能见度仪数据标准差的对比

测量范围	CJY-1C 的标准差	FD12 的标准差
<1 000 m	134.1	77.034 4
1 000~10 000 m	2 272.0	2 341.8
>10 000 m	6 307.5	5 630.1

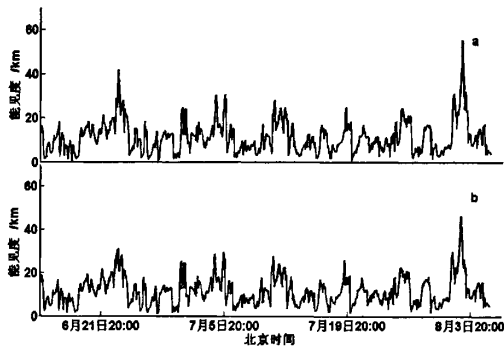


图1 两种能见度仪测量结果时间序列对比图
(a,CJY-1C型;b,FD12型)

为了进一步分析两种能见度仪的探测水平能见度的差异,用两种能见度数据制作散点图,并拟合了相应函数(图2)。整体上同一时刻的CJY-1C型能见度仪所测数据大于FD12能见度约13%左右。其拟合函数为 $y=0.868\ 1x+1.596\ 2$,相关系数为0.95。因此,相对误差百分率15%允许范围之内可由CJY-1C型能见度替代FD12型能见度仪。

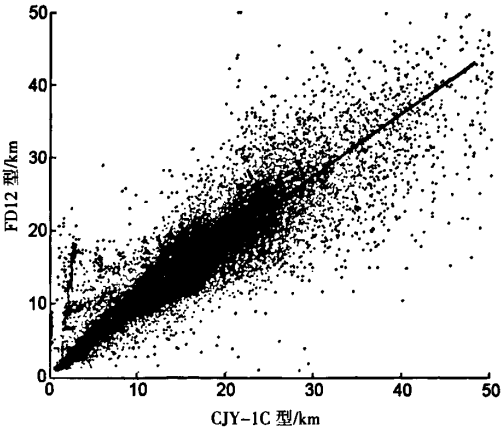


图2 两种能见度仪测量结果对比图

2.2 各天气状况下相关性

为了得到两种能见度对各种天气状况探测差异,分别对晴天、浮尘、扬沙和沙尘暴情况下的两种能见度仪的数据进行了分析。由图3a可得,在典型晴天,CJY-1C型能见度仪和FD12型能见度仪有较好的相关性,其回归方程为 $y=0.851\ 5x+2.17$,即在晴天里CJY-1C型能见度仪所测得数据比FD12型水平能见度仪所测得数据偏高15%左右;由图3b、3c可得,在浮尘、扬沙天气发生时,2种能见度仪所测到的数据非常接近,二者相关性非常好。浮尘天气下的回归方程为 $y=0.968\ 2x+0.797\ 8$,相关系数为0.96;扬沙天气下的回归方程为 $y=1.023x+0.171\ 8$,相关系数为0.98。即在浮尘和扬沙天气下FD12型能见度仪所测得数据与CJY-1C型能见度仪所测得数据差别仅为2.3%~4.2%,说明监测浮尘、扬沙天气时,2种仪器完全可以互相替代。由图3d可得,在沙尘暴期间2种探测仪器的相关性不如扬沙、浮尘天气,其回归方程为 $y=0.745\ 4x+0.294\ 9$,相关系数为0.85。由上述分析可见,在4种不同天气状况下,两种能见度数据都具有较好的相关性,其中扬沙天气时的相关性最好,浮尘天气下的相关性较好,典型晴天下次之,沙尘暴天气下的相关性相对较差。在典型晴天、浮尘、沙尘暴时CJY-1C所测得数据大于同天气条件下FD12的观测值。扬沙天气时CJY-1C所测得数据小于FD12测得的数据。

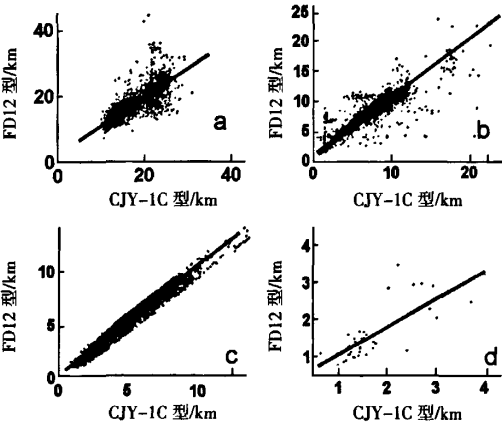


图3 两种能见度仪在不同天气测量结果的对比回归图
(a典型晴天;b浮尘;c扬沙;d沙尘暴)

2.3 人工观测与仪器测量对比分析

为了分析能见度仪所测数据能否真实反映实际能见度及其变化,本文中对2009年6月14日20时

到2009年8月5日08时的两种能见度仪所测数据与人工观测值进行了对比分析。由图4可得,两种能见度仪所测数据与人工观测数据具有很好的一致性,数值相当,具有相同的量级。

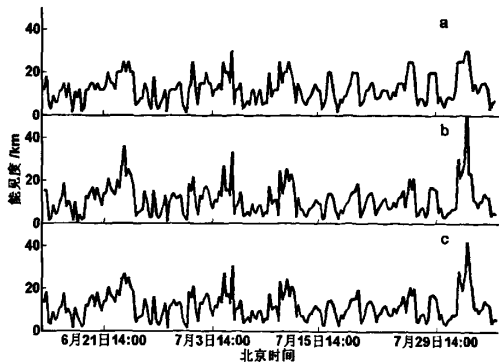


图4 人工观测与两种能见度仪器数据对比
(a:人工观测;b:CJY-1C;c:FD12)

为了定量比较两种能见度仪器数据之间、仪器测量数据与人工观测数据之间的差异,引入 $Bias$ (平均偏差), SEE (标准差), $NSEE$ (相对标准差) 等统计量进行误差计算^[9]。3个统计量的形式如下:

$$Bias = \sum_{i=1}^n \frac{x_i - y_i}{n}, \quad (1)$$

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n-2}}, \quad (2)$$

$$NSEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i)^2}}. \quad (3)$$

在公式(1)、(2)、(3)中,将人工观测数据定义为 x , 将 CJY-1C 和 FD12 所测能见度数据定义 y 。通过计算得出上述3个统计量,其结果见表3。

表3 不同统计量计算结果一览表

	测量范围	$Bias/m$	SEE/m	$NSEE$
人工观测与 CJY-1C 比较	>10 000 m	1 316.9	4 062.0	0.247 6
	<10 000 m	1 239.5	1 791.2	0.328 2
人工观测与 FD12 比较	>10 000 m	1 482.2	3 272.9	0.206 6
	<10 000 m	572.95	1 090.9	0.179 3

由表3可以看出,CJY-1C型能见度仪数据与目测能见度的偏离程度大于FD12型能见度仪的偏离程度,这表明FD12型能见度仪所测得数据与人

工目测得到的数据更接近。

2.4 典型天气过程能见度变化分析

扬沙、浮尘、沙尘暴、雾以及降水是造成能见度降低的主要天气现象^[1-5]。本文就塔中地区的一次沙尘天气和降水天气过程能见度的变化情况进行分析。

2.4.1 沙尘天气过程

根据塔中气象站地面观测记录,在2009年7月17日8:42开始出现浮尘,至11:21发展成扬沙,15:58—16:28为沙尘暴,之后的16:29—22:21、22:22—19日1:11依次为扬沙、浮尘天气,期间的18日14:35—14:39出现微量降水。在沙尘暴之前,能见度由晴天时的>10 km逐渐下降到浮尘时的7 km,继续下降到扬沙时的7~1 km,到沙尘暴时能见度降落到1 km以下(图5)。沙尘暴之后能见度逐渐增大,依次由扬沙时的1~7 km上升到浮尘时的5~10 km。沙尘天气过后,能见度逐渐增大到10 km以上。这两种能见度仪所显示的数据都呈现这种变化过程,但在时间序列上 CJY-1C 型能见度数据波动比较平缓,而 FD12 型能见度仪在时间序列上具有较大的波动性。二者都能精确地反映沙尘暴期间能见度的变化,所测最小能见度出现时刻 CJY-1C 型比 FD12 提前1 min左右,这种差别不显著,这可能与仪器的灵敏度及系统反应速度有关。两者都是在沙尘暴过程中测得最小能见度。

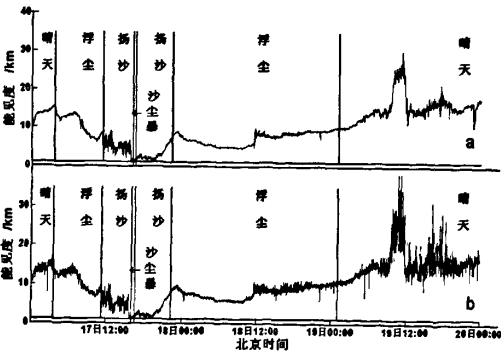


图5 一次典型沙尘暴天气过程能见度变化对比分析

(a为CJY-1C型能见度仪测得能见度曲线,b为FD12型能见度仪测得能见度曲线)

2.4.2 降水过程

根据塔中气象站地面观测记录,2009年7月25日00:19—02:07出现了一次断断续续的降水天气,降水量微小,只有1.5 mm。在降水之前是浮尘天气

(图 6a),其能见度为 3.5~12 km,期间能见度基本稳定在这一范围。00:19 开始出现降水(图 6b),能见度在降水开始的 48 min 之内并没有显著性变化,但到第 49 min,能见度突然增大到 12 km 以上。这可能是开始降水量比较小,下雨一段时间后,空气中漂浮的沙尘颗粒被降水清除,使得第 49 min 时仪器能够察觉到能见度的明显变化。在降水开始的第 99 min(图 6D 处),CJY-1C 能见度数据有一相对剧烈的跌落,不过只持续了 1~2 min,这可能是由于当时的阵性强风带来远处的浓度较高的沙尘,导致能见度突然降低。降水过后(图 6c)能见度基本维持在 15~20 km 的水平。

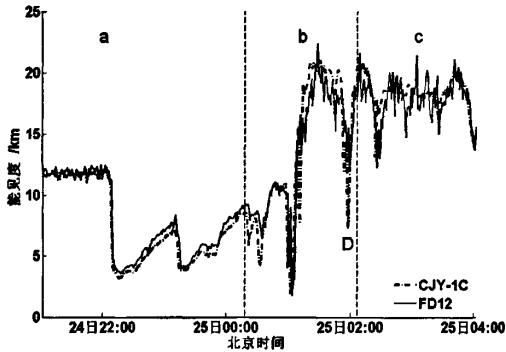


图 6 一次降水天气过程两种能见度仪实测的能见度变化对比分析
(a:降水前;b:降水过程;c:降水后)

3 结论

通过以上分析,得出以下结论:

(1) 从整个测试期间的数据时间序列来分析,FD12 和 CJY-1C 型能见度仪所测数据具有很好的 consistency。在能见度较低时,两种能见度探测数据与

平均值的偏离程度较小,其中 FD12 型能见度仪所测数据的偏离程度最小,说明在探测低能见度时更稳定。目测数据和 2 种能见度仪探测的数据相互比较后可得,FD12 型能见度仪的能见度数据更接近于目测能见度数据。

(2) 在不同天气状况下,两种能见度数据都具有较好的相关性,其中扬沙天气的相关性最好,浮尘天气下的相关性较好,沙尘暴天气次之,典型晴天下的相关性相对较差。2 种能见度仪在浮尘和扬沙天气监测中可以互相替代使用。

(3) 沙尘和降水天气发生时,两种能见度仪所测数据变化趋势一致,只有微小差别。天气过后 FD12 能见度仪所测数据具有更大的波动性,CJY-1C 型能见度仪所测数据更稳定一些。

参考文献:

- [1] 马雁军,左洪超,张云海,等.辽宁中部城市群大气能见度变化趋势及影响因子分析[J].高原气象,2005,24(4):623-628.
- [2] 廖国莲,程鹏.南宁市大气能见度变化特征及影响因子分析[J].气象研究与应用,2007,28(4):26-28.
- [3] 王涛,陈广庭,钱正安,等.中国北方沙尘暴现状及对策[J].中国沙漠,2001,21(4):322-327.
- [4] 中国气象局.地面气象观测规范[S].北京:气象出版社,2003.
- [5] 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.
- [6] Gao Zhiqiu, Bian Lingen, Zhou Xiuji. Measurements of turbulent transfer in the near-surface layer over a rice paddy in China [J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108; 13.
- [7] 濮江平,胡宗刚,魏阳春,等.能见度自动观测系统性能对比及分析[J].气象科学,2002,22(1):60-71.