

# 数字摄像法测量能见度仪器系统比对实验

王京丽 程丛兰 徐晓峰

(北京市气象局气象科学研究所, 北京 100089)

**摘要** 文章介绍了数字摄像法测量能见度仪器系统(DPVS)的基本原理, DPVS 通过数字摄像机直接摄取选定目标物的图像, 并将该图像直接输入计算机进行分析处理, 自动获取能见度值。DPVS 能见度仪与常用能见度仪比对实验结果表明 DPVS 已基本可以应用。

**关键词** 数字摄像法测量能见度仪器系统(DPVS) 能见度 数字摄像 比对实验

## 引言

能见度是一个对航空、航海、陆上交通以及军事活动等都有重要影响的气象要素。特别是近年来, 随着北京向国际化大都市迈进步伐的加快, 许多领域已经把能见度的日常观测逐渐提到日程上来, 如高速公路的关闭、车辆的限速、飞机的起降等。可以说对能见度的实时观测和预报已经成为现实生活中不可缺少的重要内容。但至今, 国内外对能见度的观测大都还是以人工目测为主, 规范性和客观性较差。在能见度仪器测量方面, 采用的设备主要有大气透射仪和激光能见度自动测量仪; 前者通过光束透过两固定点之间的大气柱直接测量气柱透射率, 以此来评估能见度值, 这种方法要求光束通过足够长的大气柱, 而在雨、雾等低能见度天气, 又会因水汽吸收等复杂条件造成较大误差, 因此局限性很大。后者则是通过激光测量大气消光系数的方法来推测能见度, 相对而言较为客观和准确, 但这种方法的使用目前还仅限于少数研究部门。这是因为, 激光雷达不仅成本昂贵、维护费用高、操作复杂, 而且, 在雨天、雾天也难以进行正常观测。因此, 改进乃至革新能见度探测技术仍是一个具有重要意义的研究课题。

本文介绍的数字摄像法测量能见度仪器系统(DPVS)是一种新型经济、准确的能见度探测仪器。

## 1 DPVS

### 1.1 DPVS 的基本原理

DPVS 是一种新型的用数字摄像法测量能见度的仪器, 其设计思想是由周秀骥先生提出的。DPVS 采用数码技术实现对大气能见度的探测, 其技术方法目前在国内外尚属首创。DPVS 的主要原理是通过数字摄像机(CCD-Camera)直接摄取选定目标物的图像, 然后将图像从图像采集卡输入计算机。计算机再对所获取的图像信息进行分析处理, 从而自动获取能见度值<sup>[1]</sup>。

具体做法是: 首先选定几个较明显的, 在一般天气条件下 CCD 能够分辨出来的目标物作为探测目标, 同时对这些选定目标的距离、亮度等进行测定。CCD 直接摄取这些选定的目标物图像, 通过图像采集卡将图像传送到计算机。计算机再对这些目标物的图像信息分别进行分析处理, 然后带入相关公式进行计算, 最后得到一个综合的能见度值。

DPVS 从 1997 年开始研制到 2002 年已经 5 年多了, 在此期间边实验边完善, 仪器的性能指标也不断提高。现在 DPVS 在其探测范围内对能见度的探测能力已经基本达到国际标准, 可以投入使用。

### 1.2 DPVS 的系统组成和主要特点

DPVS 是由北京市气象局与中国科技大学合作开发研制的。其系统主要由室外及室内两大部分组成。

系统的室外部分的基本构成是一个探头、数个选定的目标物、目标光源。探头内的核心部件包括 CCD 和镜头系统、通讯控制单片机、电源开关遥控器等。通过探头内的单片机,室内主机就可以实现对探头中各核心部件之工作状态的自动控制。每个选定的目标物即为白天观测的工作目标。每个选定的目标光源即为夜间观测的工作目标。

系统的室内部分的基本构成是主机、电源控制盒、DPVS 软件系统。主机是内部加插图像采集卡和系统专用通讯控制卡的计算机。电源控制盒是为室外探头供电的。DPVS 软件系统是数字摄像能见度自动观测控制系统专用的软件系统。图 1 是 DPVS 的原理框图,图 2 是软件处理框图。

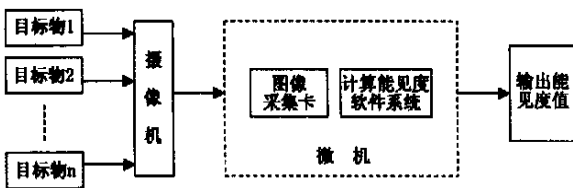


图 1 用数字摄像法测量能见度系统原理框图

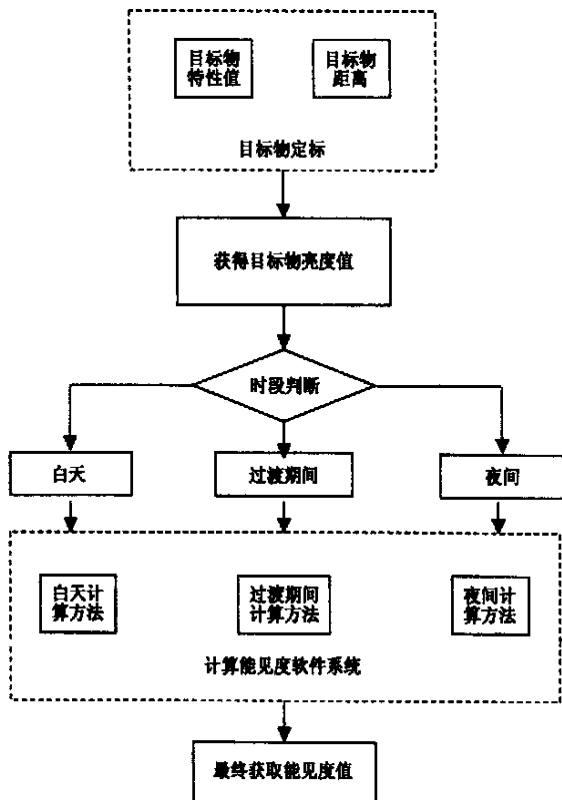


图 2 用数字摄像法测量能见度系统软件流程图

大量的比对实验结果表明:DPVS 在低能见度观测能力方面还是相当不错的。DPVS 仪器与进口仪器相比具有成本低、体积小、探测范围广、自动化程度高等特点,非常有利于在一定区域内进行广泛布设。而且由于这种仪器采用 CCD(Charge coupled devices) Camera 作为采样设备,将来随着 CCD Camera 技术的发展,分辨率的不断提高,大气能见度仪观测精度也会随之提高。

1.3 DPVS 在研制过程中的主要难点

DPVS 是以数字摄像技术为基础的,与目前国内普遍使用的大气透射仪和激光能见度自动测量仪有根本区别。确是白天到夜间、夜间到白天这两种不同观测方法间的连结点则是一个非常棘手的难题。这也是我们从事这项研究以来投入精力最多、花费时间最长的一个方面,目前这个难题已基本解决(见图 8)。系统白天采用的是选定的自然目标物作为观测目标进行采样,夜间则采用选定的目标光源作为观测目标进行采样。经过大量的比对实验,得出这样一个结论:在此次与前一次观测的天空背景的亮度差大于 2,且观测时间在凌晨 04~08 时之间时,即转入白天观测。而在连续两次观测的天空背景的亮度值变化小于 0.5,且观测时间在傍晚 17~20 时之间时,则转入夜间观测。

2 比对实验结果

DPVS 从 1999 年初开始在中国气象局大气探测基地等地进行实时观测,并与芬兰 Vaisala 能见度观测仪进行比对。2001 年又分别在北京的佛爷顶及灵山进行了两次低能见度实验。这里简要介绍一下比对实验结果。

2.1 中国气象局大气探测基地比对实验

DPVS 在中国气象局大气探测基地是与芬兰 Vaisala 能见度观测仪进行比对实验的,实验时间较长,积累资料也较多,这里所用资料是 2000~2002 年期间中国气象局大气探测基地 DPVS 与 Vaisala 的能见度观测资料。图 3~5 是在中国气象局大气探测基地进行的 DPVS 和 Vaisala 能见度观测资料比对图。

2.1.1 能见度平均值小于 5km

从图 3 可以看出,在能见度平均值小于 5km 范围,DPVS 与 Vaisala 能见度仪器系统所观测的资料基本吻合,相对误差为 8.8%,见表 1。图 3b 中 13

时之前的曲线基本重合,但 17 时两者能见度值相差较大,说明该系统在昼夜过渡期间还不太稳定(见 2.4 节,过渡时段误差分析)。

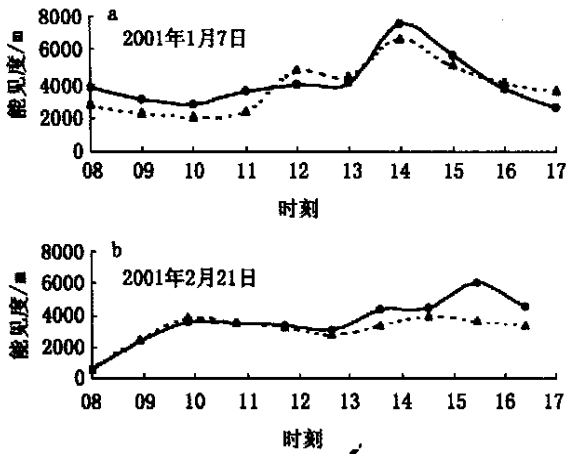


图 3 能见度平均值小于 5km,中国气象局大气探测基地 DPVS 与 Vaisala 资料比对 (实线是 DPVS 能见度,虚线是 Vaisala 能见度)

表 1 中国气象局大气探测基地 DPVS 与 Vaisala 观测资料误差

能见度范围/km	相对误差/%
小于 5	8.8
小于 10	1.4
大于 10	12.2

### 2.1.2 能见度平均值小于 10km

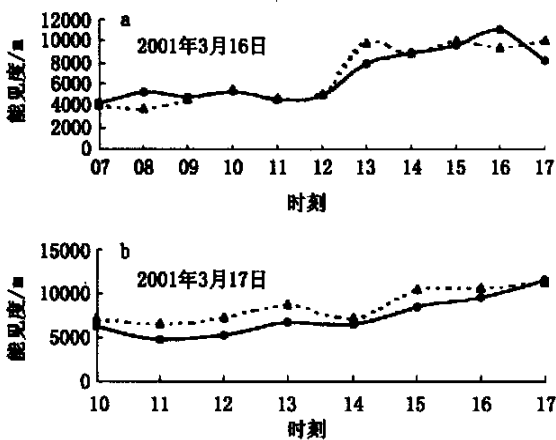


图 4 能见度平均值小于 10km,中国气象局大气探测基地 DPVS 与 Vaisala 资料比对(说明同图 3)

从图 4 可以看出,在能见度平均值小于 10km 范围,DPVS 与 Vaisala 能见度仪器系统所观测的资料相当吻合,曲线变化趋势也相同,两者相对误差为 1.4%,见表 1。说明 DPVS 与 Vaisala 的能见度观测值非常接近。

### 2.1.3 能见度平均值大于 10km

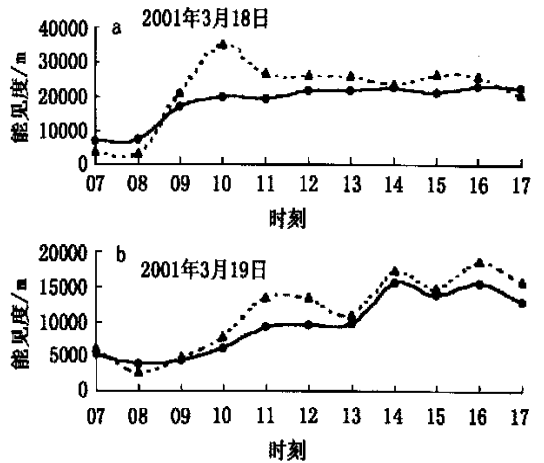


图 5 能见度平均值大于 10km,中国气象局大气探测基地 DPVS 与 Vaisala 资料比对 (说明同图 3)

从图 5 可以看出,在能见度平均值(大于 10km)范围,DPVS 与 Vaisala 能见度仪器系统所观测的资料变化趋势基本相同。除了 10 时左右两个观测值相差较大外,其他观测值都比较接近,两者相对误差为 12.2%,见表 1。说明能见度平均值在 15km 范围比 10km 和 5km 范围相对误差要大一些。主要体现在两者之间有一点系统误差,即 DPVS 观测的能见度值要比 Vaisala 稍低,这主要是数字摄像机的精度造成的。因为实验经费有限,所以我们采用的数字摄像机档次比较低,因而会直接影响观测的分辨率。随着数字技术的飞速发展,分辨率也会随之大大提高。

### 2.2 佛爷顶比对实验

据历史资料记载,8 月份北京的佛爷顶出现雾的天数较多,比较适合做低能见度实验。因此 2001 年 8 月在北京佛爷顶做了一次低能见度实验,采用 DPVS 与人工观测资料进行比对,能见度平均值小于 500 m 范围。DPVS 和人工能见度观测资料对比见图 6。

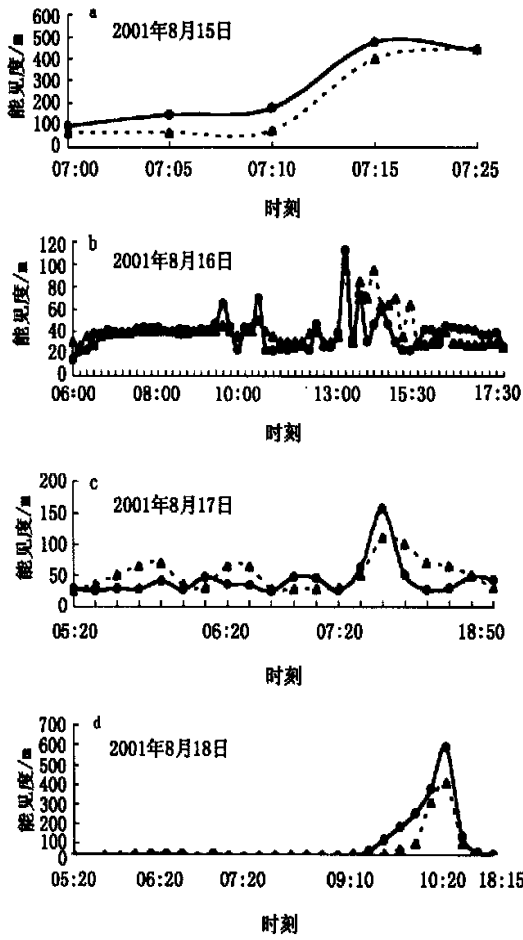


图 6 能见度平均值小于 500 m 北京佛爷顶 DPVS 与人工观测资料比对  
(实线是 DPVS 能见度,虚线是人工观测能见度,观测数据时间间隔不等)

从图 6 可以看出,在能见度平均值小于 500 m 范围,DPVS 与人工观测的能见度资料无论是曲线变化趋势还是观测值都是比较接近的,特别是能见度小于 100 m 时,两条曲线基本重合,见图 6b、图 6d。分析表明在此范围,两者相对误差小于 3.2%,见表 2。说明在能见度平均值小于 500 m 范围 DPVS 与人工观测的能见度值吻合的非常好。

表 2 佛爷顶 DPVS 与人工观测资料误差

能见度范围/ m	相对误差/ %
小于 50	1.8
小于 100	2.3
小于 200	0.65
小于 400	3.2
小于 500	3.2

### 2.3 灵山比对实验

和佛爷顶一样,根据历史资料记载,8~10 月份北京灵山出现雾的天数也较多,比较适合做低能见度实验。2001 年 10 月在北京的灵山做了一次低能见度实验,同样采用 DPVS 与人工观测资料进行比对,能见度的平均值是小于 500 m 范围。图 7 是北京灵山进行的 DPVS 和人工能见度观测资料对比图。

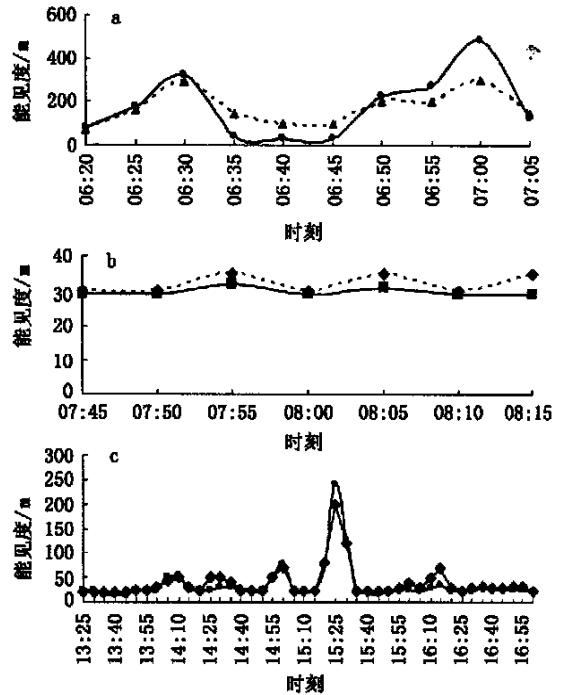


图 7 能见度平均值小于 500 m 北京灵山 DPVS 与人工观测资料比对(说明同图 6)

从图 7 可以看出,在能见度平均值小于 500 m 范围,DPVS 与人工观测的能见度资料无论是曲线变化趋势还是观测值同样都是比较接近的,但图 7c 在 16:05 和 16:15 左右出现了人工观测值大于 DPVS 的情况。这是因为灵山上的云和地上的雾是不一样的,它不仅不均匀,而且也是动态的。而 DPVS 观测是靠摄像机,它观测是图像的局部,人观测的图像却是大范围的。而且人与摄像机观测往往是有时间差的。基于这些原因,造成了上述误差。而地面上观测的云是均匀的、静止的,因此不会出现上述误差。分析表明这次低能见度观测的相对误差小于 12.1%,见表 3。

表 3 灵山 DPVS 与人工观测资料误差

能见度范围/ m	相对误差/ %
0 ~ 50	- 12.1
50 ~ 80	9.5
80 ~ 200	0.65
200 ~ 500	3.2

从上述中国气象局大气探测基地、佛爷顶、灵山的实验可知:DPVS 在它的全部探测范围内,其相对误差小于 13%。

#### 2.4 过渡时段误差分析

为了便于分析凌晨 04 ~ 08 时、傍晚 16 ~ 20 时两个过渡时段的能见度,现任意抽取 2000 年 12 月 DPVS 与 Vaisala 的 24 小时连续观测资料加以比较。图 8 为中国气象局大气探测基地进行的 DPVS 和 Vaisala 能见度 24 小时连续观测资料对比图。

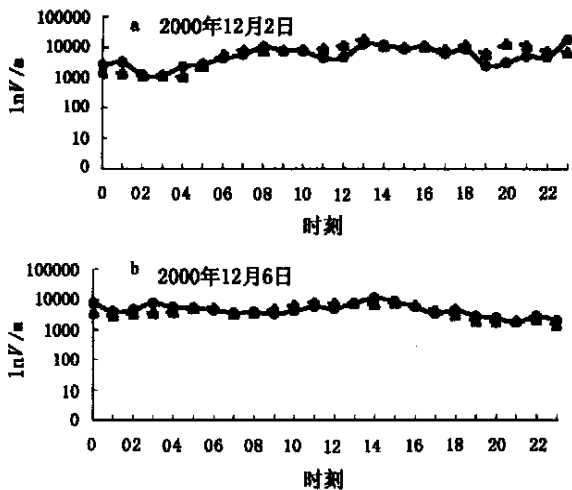


图 8 中国气象局大气探测基地 DPVS 与 Vaisala 24 小时连续观测资料对比  
(实线是 DPVS 能见度,虚线是人工观测能见度)

从图 8 我们可以看出:两条曲线在 24 小时基本上是比较吻合的。特别是第一个过渡期即凌晨 04 ~ 08 时两条曲线基本重合,图 8a 在第二个过渡期即傍晚 17 ~ 20 时两条曲线有一定误差。这是因为实验期间邻居单位在观测场临时增加了一盏很亮的灯,从而增加了背景亮度,造成 DPVS 观测的能见度

下降。分析表明 2000 年 12 月过渡期间能见度观测的相对误差为 - 23.8%。24 小时的相对误差为 - 23.5%。应该说明的是,第一该系统在实际运用中不会出现近灯光永久存在的情况,因而在实际观测中不会出现这样大的观测误差;第二上述分析是以 Vaisala 做为标准的,而 Vaisala 仪器本身夜间的观测也存在一定误差。因此对于夜间观测,很难以 Vaisala 仪器作标准。

#### 3 世界气象组织对能见度仪的评价标准

1994 年 7 月至 1995 年 1 月世界气象组织曾委托第三国——法国气象局对所有的能见度仪进行了一次统一测试。之后,世界气象组织规定:在该能见度仪的全部探测范围内,其相对误差  $r < 20\%$  的能见度仪即为达到标准的能见度仪,可投入使用。

#### 4 结束语

试验结果表明:无论是低能见度还是高能见度在白天 DPVS 的观测结果与 Vaisala(或人工观测)十分接近,最大平均误差不超过 13%。只是两个过渡期间的平均误差稍大一些,超过国际标准的 3.8%。但前面已经提到,只要在实际观测中没有永久的近灯光存在,就不会出现这样大的观测误差,使最大平均误差远远低于 20%。根据世界气象组织所规定的能见度仪的评价标准可知,DPVS 能见度仪是完全符合该标准的,可以用于日常的能见度业务观测中。在社会经济高速发展的今天,大气能见度已经成为许多领域不可缺少的一部分。高速公路的关闭、车辆的限速、机场飞机的起降,甚至人们的日常出行、野外施工作业等都与大气能见度密切相关。随着 CCD Camera 技术的不断发展,这种成本低、体积小、方便可靠的能见度探测仪一定会在上述领域得到广泛的应用。

#### 参考文献

- 1 谢兴生,陶善昌,周秀骥.数字摄像法测量气象能见度.科学通报, 1999,44(1):97-100