

显微成像技术测量雨、雾滴谱

杨坤¹ 徐芬² 顾松山¹ 张晶¹ 谢媛¹ 胡汉峰¹

摘要

云雾和降水滴谱参数(数密度和粒径)的智能化测量方法,多数是通过测量雨雾滴产生的阴影、光强或者散射能量进而间接反演估算实现的.应用显微摄影原理和嵌入式技术,研制了一套嵌入式显微成像自动测量样机,经几何尺度定标后,在南京信息工程大学气象楼顶,利用样机分别对2011年10月28日(毛毛雨天)和11月14日(雾天)的小水滴的影像进行外场采集和测量.初步实测结果表明样机可直接实时获取粒径在5~300 μm范围内的毛毛雨和雾滴的二维图像.经图像识别处理,得到了该范围内的毛毛雨和雾滴谱参数,并绘制了其数密度直方图.该样机体积小、质量轻,采用蓄电池电源供电,便于外场应用,其搭载的触摸屏可供多人同时观察样品并进行讨论,实时拍摄的图像以文件形式储存,便于分类管理、检索和编辑等后期处理.

关键词

显微成像;嵌入式技术;滴谱测量

中图分类号 TH71;TG803

文献标志码 A

收稿日期 2012-03-19

资助项目 国家自然科学基金(41105023,40975013);公益性行业科研专项(GYHY201006004);江苏省自然科学基金(BK2010599)

作者简介

杨坤,男,硕士生,主要从事大气探测技术研发. victor_22@163.com

顾松山(通信作者),男,教授,主要从事大气探测研究. b6271532@sina.com

1 南京信息工程大学 大气物理学院,南京,210044

2 江苏省气象科学研究所,南京,210008

0 引言

滴谱是指单位体积中(固态或液态)粒滴的数量随粒滴大小的分布.气象上所说的滴谱通常是指云雾滴谱和降水滴谱.准确测量雾滴谱是进行雾微物理研究的前提条件.当前国内广泛应用的是美国DMT公司生产的FM-100型激光前向散射云雾滴谱仪,其测量范围为0~50 μm^[1].

雨滴谱是降水微物理的重要特征量,深入研究雨滴谱,对于更清楚地认识降水的发展演变过程,揭示云降水形成机制,具有重要的现实意义^[2].雨滴谱在雷达定量测定降水、遥感信号衰减、云模式参数化、人工增雨效果的检验等方面有着广泛的应用^[3-4].20世纪60年代之前,雨滴谱测量主要有吸水纸法、面粉法、声学法、质谱仪法、光电滴谱仪法和箔片取样器法等,这些方法操作繁琐,测量范围有限或者误差较大.当前主要被用来测量雨滴谱的自动化仪器^[5-7]有:1)利用振动原理设计的雨滴谱仪,如瑞士巴塞尔的Disdromet公司生产的Disdromet RD系列,它们测量雨滴粒径范围是0.3~5 mm;2)利用光学原理设计的雨滴谱仪,如Laser Distrometer、Dual-Beam Spectropluimeter(双束雨滴谱仪)和Parsivel雨滴谱仪等,Laser Distrometer测量雨滴粒径范围是0.16~8 mm,双束雨滴谱仪测到的雨滴最小直径为0.5 mm,Parsivel雨滴粒径范围是0.2~25 mm;3)美国DMT公司生产的MPS雨滴仪(采用照相法原理设计),该仪器可显示二维雨滴图象,其测量范围是0.025~6.2 mm.国内也已有多家业务单位从国外引进前2种滴谱仪,并投入使用,但是类似MPS雨滴仪则极少有使用.这3种仪器测量范围、精度和自动化程度都较高,但价格昂贵,难以广泛应用.具有我国自主知识产权的雨雾滴谱仪的研制工作急需开展,初步研发工作已经启动,但尚处于实验室研制阶段^[8].

本文参照传统机械式“三用滴谱仪”测量雾滴谱方法,结合显微成像识别技术,在普通生物光学显微镜的基础上,利用现代电子数字技术,研制了一套嵌入式显微成像自动测量仪.经初步外场试验表明:该仪器体积小、质量轻,采用蓄电池电源供电,便于外场应用;仪器搭载的触摸屏可供多人同时观察样品并进行讨论;实时拍摄的图像以文件形式贮存,便于分类管理、检索、编辑等后期处理.利用该仪器对模拟与实际的雾滴与雨滴进行采集和测量表明,该仪器可以实时的收集和直接测量粒径处在5~300 μm范围内的雾滴和毛毛雨滴

谱的二维影像图(本文所提到的雨雾滴是指粒径在 5 ~ 300 μm 范围内的雾滴与毛毛雨滴).

1 仪器的设计原理及结构

1.1 显微数字成像原理

显微摄影即是利用摄影机和显微镜拍摄微小物体^[9]. 在光学显微镜中,显微镜的物镜将样品转换成放大的实像,目镜再将其转换为供人眼观测的放大虚像. 拍摄显微图像时,则换上摄影“接转镜”将物镜实像再次放大成实像,然后通过适当的光学图像适配器以一定缩放比例投射到光敏元件的接受面上,将光学显微图像的不同光强分布图形转换成电荷、电流不同分布的“电像”,通过适当的图像采集卡将这种“电像”模拟信号经过数字化变换和适当处理以后,就可输入计算机获得可见的屏幕图像^[10].

1.2 仪器结构

仪器硬件主要由 ARM 核心板、CMOS 数字显微镜、步进电机、三维采样平台、电机驱动器、触摸屏、光源、SD 卡和 DC 电源等构成. 图 1 为仪器实物配置示意,图 2 为仪器机电结构剖面. ARM 核心板作为仪器的主控板,采用三星公司的 S3C2440A 作为主控芯片,板载 64 M SDRAM、128 M Nand Flash 和 2 M Nor Flash,控制 CMOS 电子显微镜的拍摄和步进电机的运转. 外围电路扩展出了 LCD、SD 卡存储、CMOS(最大支持 4 096 像素 \times 4 096 像素)、USB、网络传输、电源、复位电路及通用 GPIO 等接口^[11]. 其中三维采样平台由聚焦、横向、纵向 3 台不同位移精度及尺寸的步进电机组成,触摸屏与 ARM 核心板组合成一体,可现场设置参数并监控仪器自动按时序运行,PC 机经通讯线路连结可实时监视拍摄的显微图像及滴谱数据处理过程. 图 3 为仪器各组件间逻辑关系框,图 4 为仪器软件运行框.

1.3 工作流程

接通电源,启动嵌入式 ARM 系统,设置初始采样时间、采样周期以及载玻片显微拍摄帧数. 随后通过 ARM 控制 CMOS 以及步进电机驱动器,ARM 的应用程序自动将载玻片置于显微镜的物镜下,驱动聚焦电机,使 CMOS 数字显微镜进入自动对焦,当 CMOS 获取的涂抹于载玻片油膜背景数字图像,其清晰度达到程序预定的标准后,仪器转入等待采样状态. 一旦采样时间到达,载玻平台自动伸出载玻片承接雨雾滴自然重力沉降,设定的采样周期结束时,载玻平台自动将载玻片置于显微镜的物镜下,检测

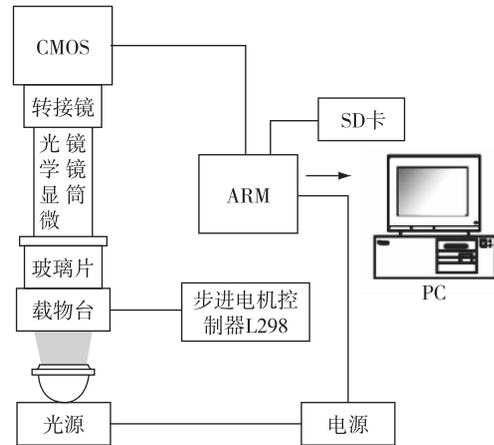


图 1 实物配置示意

Fig. 1 Physical configuration diagram

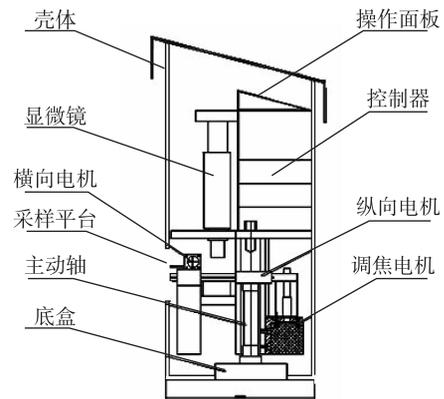


图 2 机电结构剖面

Fig. 2 Instrument structure profiles

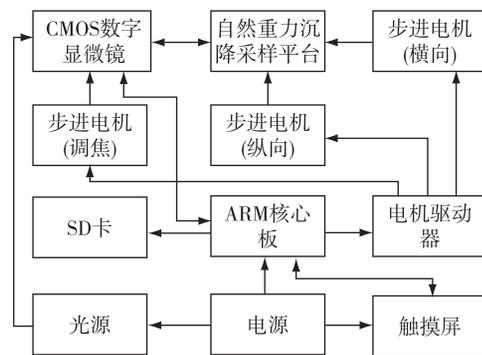


图 3 组件间逻辑关系框

Fig. 3 Logical relationship diagram between components

数字图像,其清晰度符合预定域值后,接着拍摄照片,拍摄结束后移至下个拍摄点,按照设置的顺序及帧数自动进行拍照,待全部拍摄完毕后,将雨雾滴图片传输到 SD 卡上. 一次采样结束,自动转入下一次采样. 最后,通过连接 ARM 和计算机的通讯信道,将

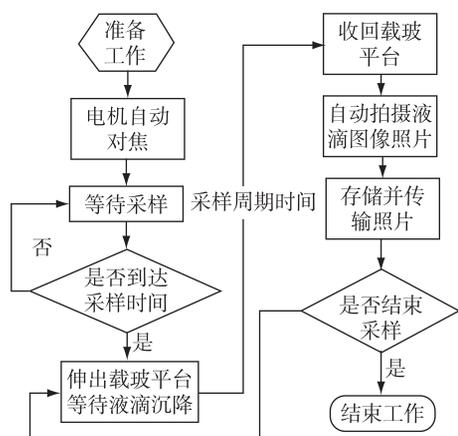


图4 软件运行方框

Fig. 4 Block diagram of software running

照片传回计算机,用图像处理软件进行滴谱处理,估算滴谱参数.

2 仪器的校准

2.1 几何尺度定标

要精确测量样品的微结构尺寸,必须先对仪器进行定标.由于本仪器拍摄的图片是对应物镜视场下经生物显微镜放大以及 CMOS 转换成像,为计算视场真实几何面积 $S(\text{mm}^2)$ 及样品尺度和形状,需对仪器光学放大倍数 C 进行定标.决定仪器放大倍数的因素有物镜的放大倍数、CMOS 传感器的放大倍数和计算机图像处理方式.为此,在采样平台上放置一个已知的标定参照物,在取得其照片后,用图像软件测算照片上经放大的参照物的尺寸,图片上该参照物的大小与其实际大小的比值定为仪器的放大倍数.本仪器采用标准医用血球计数板 XB-K-25 作为已知的标定参照物.

仪器放大拍摄的显微数字图像中对应血球计数板上的计数室内的小方格行间距 Δx 的长度为 D , D 与 Δx 的比值即为本仪器的放大倍数.定标时选用 10 倍物镜,仪器相应的光学放大倍数 $C \approx 364$,视场真实几何面积 $S \approx 0.308 \text{ mm}^2$.定标过程中,在量取照片上小方格间距时发现:在照片的不同部位,间距的大小也略有差别,呈现“中心大,边缘小”的几何失真趋势,本文对此进行了修正,详细内容参见文献[12].

2.2 仪器的分辨率

显微成像系统的分辨率是指分辨被检测物体细微结构的能力,是显微成像系统的最重要的性能之一,主要取决于物镜的最小分辨距离和 CMOS 图像

传感器感光面的像素大小.当图像传感器感光面的像素尺寸小于物镜最小分辨距离与放大倍数的乘积时,并不能提高显微系统的清晰度,反之亦然.

根据光学显微镜阿贝定理^[13],物镜最小分辨距离 $\delta(\mu\text{m})$ 为

$$\delta = \frac{\lambda}{2A_N}$$

式中, λ 为所用光源波长, A_N 表示光学显微镜物镜的数值孔径.样机采用白光光源,其平均波长可等效为 550 nm.实验过程中使用 10 倍平场消色差物镜,其数值孔径是 0.25,则其最小分辨距离约为 1.1 μm .

样机 CMOS 图像传感器采用的是 OV 公司生产的 OV9650,它支持多种拍摄分辨率模式,其中最大拍摄分辨率为 1 280 像素 \times 1 024 像素,在试验过程中选用 640 像素 \times 512 像素模式.当用 10 倍物镜时,样机理论最小分辨距离接近 1.1 μm .血球计数板上标准格距为 50 μm ,在此种分辨率模式下,血球计数板上一个小方格在所拍照片上约占 50 多个像素点,照片中每个像素点尺度即为载玻片上实物的最小可辨尺度,仪器的距离分辨率约为 1 μm .因受液滴图像边缘灰度色差较小的局限,采用标准格距的 1/10,即 5 μm 作为最小可估测距离阈值,确保测量的滴谱参数具有较高的准确度.

2.3 载玻片油膜

参照三用滴谱仪捕获雨雾滴的方法,采用变压器油与白凡士林调配的混合物作为粘合剂涂抹在载玻片上形成油膜,利用雨雾滴的重力自然沉降在载玻片上的油膜中.要求油膜既不流动又不凝固,油膜的配置随环境温度变化而不同,配置比例的参数(变压器油与白凡士林的质量比)如表 1 所示^[14].观测时用小玻璃棒蘸一小滴油,滴在微热的载玻片上,流开铺平后形成 0.2 ~ 0.3 mm 的均匀油层,起到固定雨、雾滴并保持其形状的作用.当雨雾滴粒径超过油层厚度并偏离很多时,液滴可能会因此产生形变,导致测量误差增大,该仪器能准确测量雨雾滴约为 5 ~ 300 μm .此外,取样过程中油膜中不宜有气泡和杂质.

表 1 凡士林与变压器油混合的质量比
Table 1 Mixing ratio of vaseline and transformer oil

气温/ $^{\circ}\text{C}$	凡士林与变压器油的质量比
-14 ~ 1	1 : 12
0 ~ 10	1 : 5
11 ~ 19	1 : 3
20 ~ 30	1 : 2

3 雾和毛毛雨滴粒径测量

3.1 滴谱参数估测方法

将仪器置于较开阔的外场,按前述方法开启并设置相关参数,采样平台将涂了油膜的载玻片暴露于雨雾天气下直接承接雨雾滴,采样时间为 t ,一次采样后在载玻片按序取 $n(\geq 30)$ 个拍摄点进行拍照.用图像处理软件分析所拍雨雾滴的二维图像照片,得到在每个拍摄点上视场范围内所有雨雾滴的粒径 r 及其相应个数 B .统计每次捕获所拍图像上所有液滴的粒径 r 及其相应个数,就可近似的得到某一时刻空间某一平面内一定面积上直径介于 r 与 $r + \Delta r$ 间的雾滴质粒数 A ,计算面密度 $M(\text{cm}^{-2})$ 为

$$M = \frac{A}{nS}$$

式中 S 为定标时得到的视场面积. M 实际上是处于载玻片上方一段空气柱内,直径介于 r 与 $r + \Delta r$ 间,在采样期间降落到载玻片上的全部雨雾滴.假设雾滴在仪器取样时间段内匀速下落且为 $v(\text{cm/s})$,则可得:

$$N = \frac{A}{nSvt} = \frac{M}{vt}$$

N 即为直径介于 $r(\mu\text{m})$ 与 $r + \Delta r$ 间的雨雾滴数密度(cm^{-3}), t 为采样时间,其中速度 v 值根据水滴下落末速度经验公式计算.水滴下落末速度经验公式为^[15]

$$v = \frac{2\rho_w g}{9\eta} r^2 = \alpha r^2, \quad r < 50,$$

$$v = \beta r, \quad 50 < r < 500.$$

其中, $\rho_w(\text{kg/m}^3)$ 为水滴密度, g 重力加速度, $\eta(\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s}))$ 为空气的粘滞系数, β 是量级为 10^3 s^{-1} 的与空气密度相关的系数.表2是1 013 hPa、20 °C条件下测定的静止空气中水滴下落末速度与直径关系.

表2 在1 013 hPa、20 °C条件下
静止空气中水滴下落末速度^[15]

Table 2 Terminal velocity of water droplets in still
air under condition of 1 013 hPa and 20 °C

水滴直径/ mm	水滴下落末速度/ (cm/s)	水滴直径/ mm	水滴下落末速度/ (cm/s)
0.01	0.3	0.08	17.5
0.02	1.2	0.10	25.6
0.03	2.6	0.12	34.5
0.04	4.7	0.16	52.5
0.05	7.2	0.20	71.0
0.06	10.3	0.30	115.0

3.2 实例

在进行外场实测之前,先用本仪器对医用雾化器产生的雾滴进行了捕捉和拍摄试验,结果如图5a所示,照片上水滴的轮廓清晰可见.2011年11月1日(雾天)、11月4日(雾天)和10月28日(毛毛雨)在南京信息工程大学气象楼顶进行了3次观测,采样时间为60 s.图5b、5c为2次雾天时采集的雾滴影像,图3d为毛毛雨天气时所拍雨滴照片.

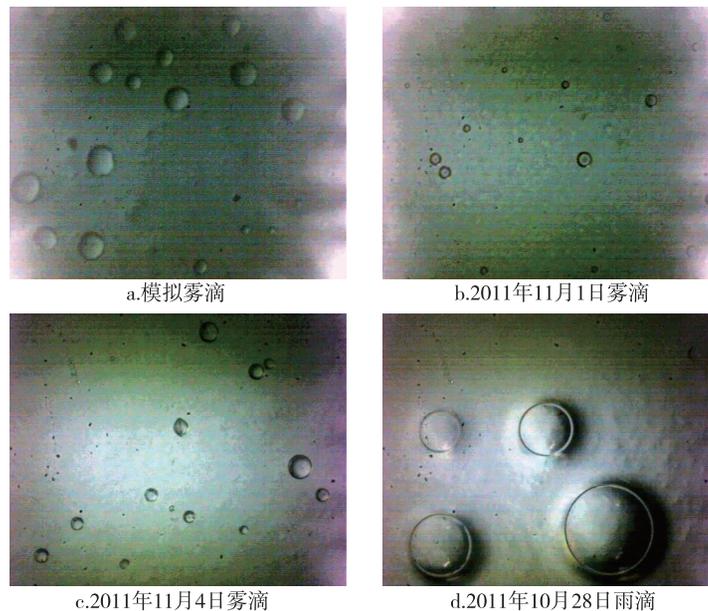


图5 样机采集的模拟雾滴、雾滴和雨滴的影像

Fig. 5 Image of simulated droplet, actual droplets and raindrops collected by the prototype

图6为上述2次雾天气的雾滴数密度谱和1次毛毛雨天气雨滴数密度谱的直方图.从图6a可以看出,仪器探测到11月1日雾过程雾滴粒径范围约在6~60 μm之间,其中大部分分布在8~20 μm之间,12 μm左右最多;由图6b可以看出,仪器探测到11月4日雾过程雾滴粒径范围约在9~90 μm之间,其中大部分分布在10~32 μm之间,18 μm左右最多;由图6c可以看出,仪器探测到本次雨雾天气雨雾滴粒径范围约在40~250 μm之间,其中大部分分布在60~160 μm之间,100 μm左右最多.综合以上3次试验的结果可以得出,本仪器是可以测量到5~300 μm范围内的雾滴和毛毛雨滴.在图6中计算*N*时使用的*v*值是通过水滴下落末速度经验公式求取的,取值参照表2,而且是在1 013 hPa、20 ℃的静止空气条件下使用该公式得到的.这3次天气实况是不尽相同的,因此这里的*N*只是近似值.

3.3 误差分析

本样机的测量误差主要来自系统误差、定标误差和捕获误差.

由于客观条件限制,样机取得的影像不可能是理想的液滴放大图像,这即是由仪器系统误差所致.仪器的光学部件物镜和转接镜都是由透镜组组成,而透镜成像的“像差”则导致了成像误差的产生.设计仪器时选用的平场物镜和对称式目镜(转接镜)

已在最大程度上校正了“像差”,有效地降低了误差.样机照明光源亮度不均匀以及CMOS图像传感器光敏面质量差异等,都会造成仪器获取的显微图像灰度不均匀,从而导致图像区域过饱和或图像边缘不清晰,增加粒径测量难度和误差.可通过图像处理软件进行背景校正、平滑滤波和边缘检测,将这部分误差加以限制或消除^[10].

由前文可知,样机通过测量XB-K-25血球计数板上的标准正方形计数室的几何尺度(1 mm³)“图像”进行定标,综合考虑光学成像及读数误差,以下列标准误差σ和平均极值误差δ计算公式表示:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad \delta = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

其中*x_i*为第*i*次正方形计数室几何尺度的测量值, \bar{x} 为测量值的算术平均值,*n*为测量次数.经实测统计本样机的σ=1.29,δ=0.22.

降水粒子自然下落过程中因受空气动力、液滴所带电荷、外电场以及湍流作用,常伴有形变、破碎和碰并现象^[15].仪器体积可能对周围流场产生扰动,造成湍流,特别是有风天气时湍流会更大,这种湍流有可能会使降水粒子产生形变、破碎和碰并,同时也会改变液滴在空间的分布.本文统称这类因素造成的误差为“捕获误差”.

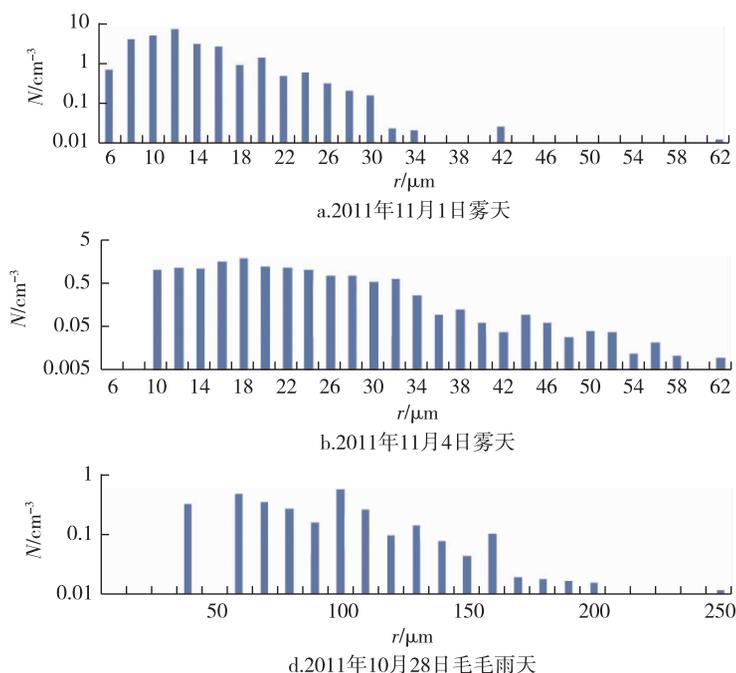


图6 数密度*N*的直方图

Fig. 6 Histogram of the number density *N*

当直径 $r \leq 0.28$ mm 时,水滴下落过程中严格呈球形,自然界中水滴自发破碎临界半径约在 3 ~ 3.5 mm 之间^[15]. 从本样机的测量范围来看,可基本排除因雨、雾滴形变产生的测量的误差.

降水粒子之间在重力场中因下落速度不同会导致碰并,即使是半径小于 0.01 mm 的水滴粒子之间也还有一定的碰并效率,但不超过 1%. 水滴粒子之间的碰并效率主要由大粒子半径以及大粒子半径与小粒子半径比值决定. 降水粒子之间的碰并影响降水粒子数目的量化计算还不成熟^[15]. 另外,仪器的测量方法还会产生因时间累积造成的碰并现象,即先沉降到油膜中的水滴可能会和后沉降的水滴碰并. 这种碰并现象也会对滴谱测量的结果造成一定的影响.

仪器每次采样后在载玻片按序取 $n (\geq 30)$ 个拍摄点进行拍照,然后再利用图像软件统计雾滴粒径和数目. 因条件所限尚未对“捕获误差”进行定量分析评估.

4 结束语

本文在综合显微摄影和嵌入式技术各自优势的基础上设计而成,完成了仪器的定标,初步外场试验取得了良好的结果. 该仪器体积小、质量轻,采用蓄电池电源供电,便于外场应用;仪器搭载的触摸屏可供多人同时观察样品并进行讨论;实时拍摄的图像以文件形式贮存,便于分类管理、检索、编辑等后期处理. 利用该仪器对模拟与实际的雾滴与雨滴进行的采集和测量表明该仪器可以实时的收集和测量粒径在 5 ~ 300 μm 范围内的雾滴和毛毛雨滴谱的二维影像图.

由图 3 可见,所拍图片亮度不均匀,整体呈现周边暗中间亮的状态,拍照光源有待改进. 在图 6 中计算 N 值时使用的 v 值是在 1 013 hPa、20 $^{\circ}\text{C}$ 的静止空气条件下使用水滴下落末速度经验公式求取的,这 3 次天气实况不尽相同的,影响了 N 值的测量精度. 以后将继续改进样机结构并通过实验对“捕获误差”进行定量分析评估.

参考文献

References

[1] 李子华,刘端阳,杨军. 辐射雾雾滴谱拓宽的微物理过程和宏观条件[J]. 大气科学,2011,35(1):41-54
LI Zihua, LIU Duanyang, YANG Jun. The microphysical processes and macroscopic conditions of the radiation fog

droplet spectrum broadening[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2011, 35(1):41-54
[2] 贾星灿,牛生杰. 空中、地面雨滴谱特征的观测分析[J]. 南京气象学院学报,2008,31(6):865-870
JIA Xingcan, NIU Shengjie. Observational analysis of raindrop size distributions measured at surface and cloud [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2008, 31(6):865-870
[3] Kirankumar N V P, Narayana R T, Radhakrishna B, et al. Statistical characteristics of raindrop size distribution in southwest monsoon season[J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2008, 47(2):576-590
[4] 陈磊. 2009—2010 年江淮梅雨锋暴雨雨滴谱特征的观测分析[D]. 南京:南京信息工程大学大气物理学院,2011:1-10
CHEN Lei. Analysis on the features of raindrop size distribution in Meiyu front during 2009—2010 [D]. Nanjing: School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science & Technology, 2011:1-10
[5] 刘红燕. 雨滴谱仪器的设计和雨滴谱资料的分析[D]. 北京:中国科学院研究生院,2006:10-16
LIU Hongyan. Laboratory test and analysis an instrument for of DISDROMETER DSD measuring the rain DSD measurement data [D]. Beijing: Graduate School, Chinese Academy of Sciences, 2006:10-16
[6] 濮江平,张伟,姜爱军,等. 利用激光降水粒子谱仪研究雨滴谱分布特性[J]. 气象科学, 2010, 30(5):701-707
PU Jiangping, ZHANG Wei, JIANG Aijun, et al. Characteristics of gamma raindrop size distribution based on the precipitation particle spectrometer[J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2010, 30(5):701-707
[7] DMT. Meteorological Particle Spectrometer (MPS) Module Operator Manual[M]. 2009
[8] 余东升,徐青山,徐赤东,等. 雨滴谱测量技术研究进展[J]. 大气与环境光学学报, 2011, 6(6):403-408
YU Dongsheng, XU Qingshan, XU Chidong, et al. Progress of measurement of raindrop size distribution[J]. Journal of Atmospheric and Environmental Optics, 2011, 6(6):403-408
[9] D F 劳森. 显微摄影[M]. 杜业可,译. 北京:中国电影出版社,1981
Lawson D F. The technique of photomicrography [M]. Beijing: China Film Press, 1981
[10] 范世福,李昀,肖松山,等. 数字化显微图像分析检测系统的设计研究[J]. 现代科学仪器, 2001(3):30-34
FAN Shifu, LI Yun, XIAO Songshan, et al. Research on design of analytical system for digitized microscopic images[J]. Modern Scientific Instruments, 2001(3):30-34
[11] 广州友善之臂计算机科技有限公司. Mini2440 用户手册[M]. 2009
FriendlyARM. Mini2440 module operator manual [M]. 2009
[12] 邱康俊,胡汉峰,胡凝,等. 作物花粉自动采集传感器的研制与定标[J]. 大气科学学报, 2011, 34(4):497-503
QIU Kangjun, HU Hanfeng, HU Ning, et al. Development and calibration of crop pollen auto-acquisition sensor

- [J]. Transactions of Atmospheric Sciences, 2011, 34 (4):497-503
- [13] 章效锋. 清晰的纳米世界[M]. 北京:清华大学出版社,2005
ZHANG Xiaofeng. Clear nanoworld[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005
- [14] 陈金荣. 云降水物理学实验[M]. 南京:南京气象学院,1995
- CHEN Jinrong. Physics experiment for cloud and precipitation [M]. Nanjing: Nanjing Institute of Meteorology, 1995
- [15] 盛裴轩,毛节泰,李建国,等. 大气物理学[M]. 北京:北京大学出版社,2003
SHENG Peixuan, MAO Jietai, LI Jianguo, et al. Atmospheric physics [M]. Beijing: Peking University Press, 2003

Measurement of rain and fog droplet spectrum using photomicrography technology

YANG Kun¹ XU Fen² GU Songshan¹ ZHANG Jing¹ XIE Yuan¹ HU Hanfeng¹

1 School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Jiangsu Institute of Meteorological Sciences, Nanjing 210008

Abstract Most of the intelligent methods for drop-size distribution parameters, including number density and particle size, are through measurement of shade, light intensity or scattering energy generated by rain droplets and subsequent retrieval estimation. In this paper, photomicrography and embedded technology are adopted to develop an embedded microscopic imager for automatic measurement of droplet spectrum. After calibration in geometric scale, the instrument is settled on the roof of meteorological building in Nanjing University of Information Science & Technology, and is tested for real-time droplet collection and measurement in the fog or drizzly days of Nov. 1, Nov. 4 and Oct. 28, 2011. Preliminary tests show that 2D images of fog and rain drops between $5\mu\text{m}$ and $300\mu\text{m}$ can be directly derived in real-time by the instrument. The drop-size distribution parameters of fog and rain within this context can be given after image processing, hence the histograms of their number density are drawn. This instrument is convenient to be used for field experiments with characteristics of small size and light weight. The equipped touch screen allows several researchers to observe sample and share information at the same time. That pictures are taken in real-time and saved in digital files is convenient for data processing and management.

Key words photomicrography, embedded technology, measure of drop-size distribution