

GBPP-100 地面雨滴谱仪外 场实用可行性研究

王祥国

(中国气象学会,北京 100081)

提 要

利用 1993 年 4—6 月共 4 次南京降雨过程中取到的 GBPP-100 资料与滤纸斑点法所取资料,通过对应资料的雨滴谱基本参量的计算分析,研究 GBPP-100 用于外场观测的可行性。结果表明:在瞬时雨强度变化缓慢且雨强小于 $160\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 的阵性降水和非阵性降水过程中,GBPP-100 完全可代替滤纸斑点法用于外场观测,对雨强变化迅速阵性降水 GBPP-100 与滤纸斑点法取样结果差异较大,其原因还有待进一步研究。

关键词: GBPP-100 滤纸 雨滴尺度谱分布

引 言

雨滴谱是研究自然云降水的形成过程及降水性质的一种重要手段,地面雨滴谱的获取,目前广泛使用的是滤纸斑点法。但该方法不能连续进行观测,处理资料繁复耗时,难以大量取样,且滴谱检定的可靠性存在问题。对不同性质,不同批次的滤纸,同批次滤纸的不同存放条件、不同存放时间,都对取样结果有影响;同批次、同样存放时间、同样存放条件的滤纸,在不同的环境中使用,对同样大小的滴形成的斑点也是不同的。一般使用斑点法取样,对一批或某一个厂生产的滤纸只作一次性实验室内实验检定,检定曲线一般只作近纸面的固定体积实验,故取样的可靠性存在疑问^[1,2]。

GBPP-100 地面雨谱仪是 PMS(粒子测量系统)中利用光阵排列法检测雨滴大小和个数的设备,该设备具有连续采集、直接存储、可根据不同的需要开发相应的处理程序,对数据资料加工、处理、打印不同的报表。取

样操作简单。

1 仪器原理与资料获取

1.1 仪器原理

GBPP-100 是利用 He-Ne 激光管发射激光,激光束经过平面反光镜反射到取样区,由于雨滴的反射、吸收、散射、折射等作用,在平行光束中形成阴影,再经反射、聚光系统照射到排成一行的光电元件上,当光电元件上的阴影达到一定的黑度时,相应的数控电路就起动工作,降水质点的大小由阴影遮挡的光电元件个数、元件的排列间隔及光学系统的放大倍数来决定。

GBPP-100 含有 64 个光电元件,其中 62 个为尺度通道元件,2 个为禁通元件,通道元件测量宽度是 $200\mu\text{m}$,测量范围为 0.2—12.4mm,其中 2 个禁通元件为当质点阴影遮挡时禁通元件同时遮挡其它光电元件或不遮挡其它光电元件时,此质点的尺度无法测量,此时禁通元件的控制单元起动工作,对此质点只记个数不记尺度,这就避免了大尺度

质点由于部分在光束中部分阴影遮挡造成的大尺度粒子减少小粒子个数增多现象的出现。该探头配套数据采集系统,输出为二进制代码,可在监视器上看到不同时间的直方谱线等,可根据需要输出多种变量和不同尺度的粒子个数、数密度、质量密度等。

1.2 资料的获取

取样地点在南京气象学院,时间是1993年4—6月,GBPP-100架设于开阔的楼顶中央,周围无障碍物影响,以保证取样的真实性与代表性,滤纸取样也在楼顶进行,并注意避开对GBPP-100的影响,同时又力求接近于GBPP-100,以减少降水的不均匀性引起的误差,为了资料的可比性,取样同时进行,暴露时间也尽可能一致。

2 资料的整理

2.1 对取过样的滤纸进行读数,用直尺精确量取斑点的大小,并根据检定曲线分档记录不同尺度的雨滴个数。

2.2 从GBPP-100的计算机记录中提取与滤纸斑点法取样时间一致的资料,并整理。

2.3 对两种资料分别作雨滴谱基本参量的计算。计算的公式为:

$$n_i = \frac{10000n_i}{S \cdot t} (\text{个} \cdot \text{m}^{-2})$$

$$n_i'' = n_i/v_i (\text{个} \cdot \text{m}^{-3})$$

$$\bar{D} = \sum n_i'' D_i / \sum n_i'' (\text{mm})$$

$$I = \sum \frac{\pi}{6} D_i^3 n_i'' \times 10^{-4} (\text{mm} \cdot \text{h}^{-1})$$

$$Q = \frac{1}{6} \sum \pi D_i^3 n_i'' \times 10^{-3} (\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$$

$$n_i'' = N_0 e^{-\lambda D_i} (\text{个} \cdot \text{m}^{-3}) \quad (\text{M-P 分布})$$

其中, n_i 是滤纸法某一斑点直径或GBPP-100某一尺度的雨滴个数, n_i'' 是某一尺度的雨滴平面浓度, S 是滤纸的读数面积或GBPP-100某一尺度对应的有效取样面积, t 是滤纸的暴露时间或GBPP-100的取样时间, D_i 是某一尺度雨滴的直径, I 是雨强, Q

是空间含水量。 \bar{D} 是雨滴的平均直径, N_0 是M-P分布系数, λ 是M-P分布的指数系数。

2.4 为了研究GBPP-100代替滤纸斑点法取样的可行性,对两种方法取样的资料计算所得到的基本参量 I 、 Q 、 N_0 、 λ 等求取了线性相关系数,并对相关可信度作 t 检验分析。

2.5 为了对比单次取样的可行性,随机抽取3对资料作了空间浓度的线性相关性及相关显著度 t 检验,并给出了单样本谱分布图。

3 结果分析

现对上述4次过程的雨滴谱资料整理分析,4次降水过程可分成两类,一类是阵性降水;一类是非阵性降水。

3.1 阵性降水

1993年4月28日的降水为阵性降水,其降水雨强变化缓慢,最大瞬时雨强达 $157.9 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$,图1给出了此次降水的3种基本参量随时间变化曲线,由图1中看出3种基本参量两种取样方法的曲线变化趋势一致,尤其是雨强,相当多的时段两者几乎重合,吻合得相当好,这次降水过程取样的M-P分布拟合参量随时间变化曲线从趋势上看吻合得也相当好。

由表1、表2可见,各尺度和基本参量的相关系数均较高,其 t 检验显著水平绝大部分在0.0005左右,可见对弱阵性降水GBPP-100代替滤纸斑点法采样是可行的。

1993年5月20日是另一次阵性降水过程,限于篇幅,仅给出滤纸斑点法取样资料计算的雨强小于 $5 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 和大于 $30 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 时的M-P分布 N_0 变化曲线图,如图2。由图2中不难看出,小雨强阶段两者吻合得较好,而大雨强阶段差异较大。雨强变化缓慢时,其变化趋势在大雨强阶段也基本一致,可见,雨强变化缓慢时用GBPP-100代替滤纸斑点法实用于外场观测还是可行的。但雨强变化迅速阶段GBPP-100的实用性还有待进一步研究。

表1 4月28日各尺度空间浓度线性相关系数及t检验显著水平

尺度	R_{XY}	α
0.2	0.638	0.0005
0.4	0.799	0.0005
0.6	0.728	0.0005
0.8	0.613	0.0005
1.0	0.516	0.0005
1.2	0.621	0.0005
1.4	0.812	0.0005
1.6	0.862	0.0005
1.8	0.858	0.0005
2.0	0.764	0.0005
2.2	0.745	0.0005
2.4	0.960	0.0005
2.6	0.520	0.005
2.8	0.194	0.200
3.0	0.738	0.0005
3.2	0.749	0.0005
3.4	0.916	0.0005
3.6	0.861	0.0100
3.8	0.468	0.0005
4.0	0.638	0.0005
4.2	0.706	0.0005
4.4	0.885	0.0005
4.6	0.556	0.005
4.8	—	—
5.0	-0.036	—
5.2	0.694	0.0005

表2 基本参量线性相关系数及显著水平

基本参量	R_{XY}	α
I	0.931	0.0005
N_0	0.703	0.0005
λ	0.715	0.0005
\bar{n}_i	0.984	0.0005
Q	0.917	0.0005

3.2 非阵性降水

1993年6月1日的降水过程是非阵性降水,计算的基本参量如图3所示,不难看出,两种取样方法除个别点外,变化趋势一致,有的参量的某些时段的变化曲线基本重合,一致性很好。另外对取样谱分布的M-P分布拟合两者吻合得也相当好。

由表3、表4看出各参量及各尺度空间浓度的相关系数均大于0.5,且显著水平较高,其中尤以雨强相关得最好,相关系数大于0.9,各尺度空间浓度也基本相近,相关系数均在0.7左右。

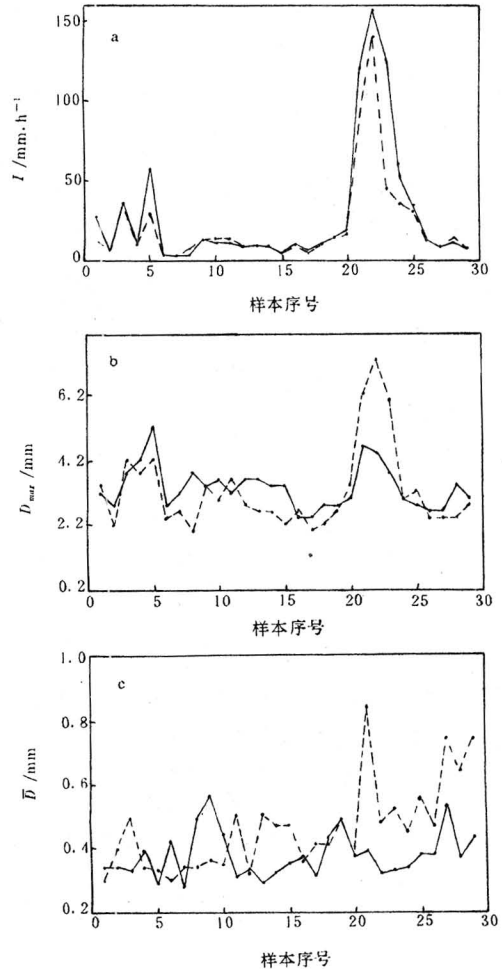


图1 1993年4月28日取样对比曲线

实线:GBPP-100,虚线:滤纸

a. 雨强 b. 最大直径 c. 平均直径

表3 1993年6月1日各尺度相关系数及t检验显著水平

尺度	R_{XY}	α
0.2	0.5767	0.025
0.4	0.5131	0.025
0.6	0.7787	0.0005
0.8	0.8076	0.0005
1.0	0.6847	0.005
1.2	0.8668	0.0005
1.4	0.8743	0.0005
1.6	0.8759	0.0005
1.8	0.9336	0.0005
2.0	0.3223	0.150
2.2	0.6502	0.005
2.4	0.3754	0.100
2.6	0.2167	0.250

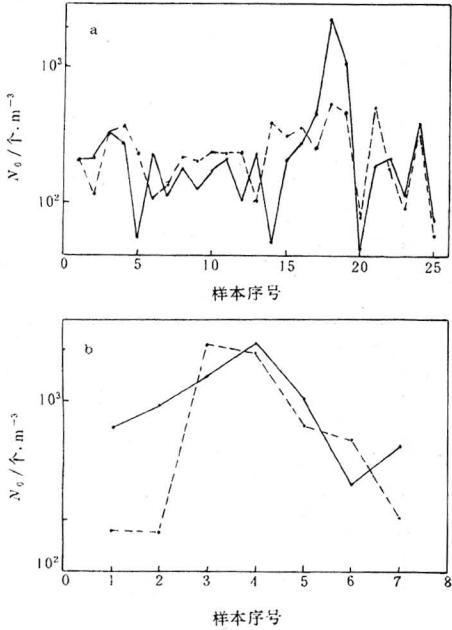


图2 1993年5月20日滤纸法取样计算得到的I和M-P分布拟合 N_0 对比
a. $I \leq 5 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ b. $I \geq 30 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$

实线:GBPP-100,虚线:滤纸

表4 1993年6月1日基本参量相关系数及相关显著水平

参量	R_{XY}	α
I	0.9016	0.0005
N_0	0.5689	0.025
λ	0.4619	0.050
Q	0.8757	0.0005

对1993年5月28日的另一次非阵性降水,也进行了采样,计算结果与6月1日的结果一致,限于篇幅,不再给出。

由此可见非阵性降水GBPP-100取样结果与滤纸斑点法没有显著性差异,GBPP-100实用于外场是可行的。

3.3 抽样统计结果

由表5可见,无论是阵性或非阵性降水单次取样各尺度空间浓度相关性都很好,相关系数都在0.95左右,相关显著 t 检验水平均为0.0005,符号检验均为0.1,可认为两种取样方法在单次取样方面差异较小,GBPP-

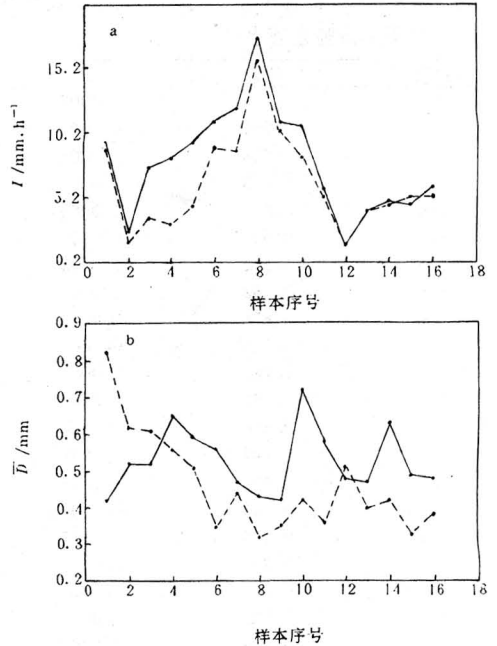


图3 1993年6月1日对比曲线

说明同图1

a. 雨强 b. 最大直径

100实用于外场观测是可行的。图4是1993年4月28日08:25时两种取样所得的对比谱曲线,由图4不难看出,两者从变化趋势看基本上一致,但GBPP-100比滤纸取样结果大一个尺度。小粒子段,从0.2—0.8mm,GBPP-100比滤纸取样结果大,最明显在0.2mm尺度,可见在小滴段GBPP-100比滤纸敏感,0.8—1.2mm段两者几乎重合,

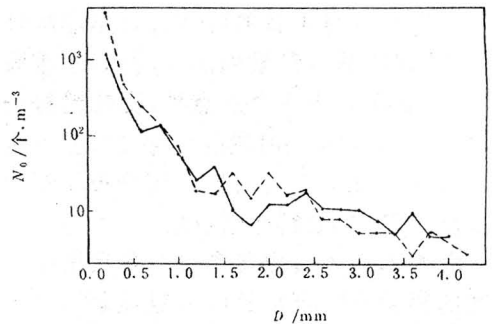


图4 1993年4月28日08:25时对比谱线

说明同图1

1.2—1.4mm段, GBPP-100虽小于滤纸取样结果但差异不大, 1.6—2.4mm段 GBPP-100大于滤纸取样结果, 差别不大, 2.4—4.0mm段, 滤纸取样均大于 GBPP-100 取样结果, 但差别不大, 从整个曲线看, 虽有差别但均都在同一量级内, 由此可见, GBPP-100用于外场观测还是可行的。

表5 随机抽样3份资料的统计结果

时间	R_{xy}	a	符号
4月28日09:42	0.9471	0.0005	0.1
4月28日10:25	0.9919	0.0005	0.1
6月1日08:35	0.9917	0.0005	0.1

4 小结与讨论

4.1 非阵性降雨及雨强变化较小且缓慢的阵性降水, GBPP-100用于外场观测是可行的。

4.2 雨强变化较大且迅速的阵性降水的小雨强阶段, GBPP-100用于外场观测采样也是可行的, 雨强变化较大的大雨强阶段 GBPP-100与滤纸取样的时间一致不能保证, 另外滤纸取样的人为时间误差也很大, 并且大雨强阶段溅散作用和重合作用对两者的

影响哪个大哪个小, 还难以确定。大雨强阶段的降雨往往是不均匀的, 且对不同尺度的雨滴其取样体积是不同的, 特别是 GBPP-100, 对不同尺度的雨滴, 其有效取样面积差异很大, 不同尺度的下落末速度差异也较大, 造成不同尺度的取样体积不同。另外 GBPP-100由于其观测是通过雨滴遮挡激光束形成阴影而实现的, 由于雨滴下落过程中空气的作用, 使雨滴变形, 计数尺度有变大的趋势, 所以两种取样结果差异较大。

4.3 从单次取样各尺度空间浓度的统计结果看, GBPP-100可代替滤纸斑点法用于外场观测实验。

致谢: 本文利用了南京气象学院毕业论文的资料, 对论文导师陈金荣老师及资料协作取样人刘吉成同学表示感谢。

参考文献

- 梅森. 云物理学. 中国科学院大气物理所译, 北京: 科学出版社, 1978: 612—919.
- 陈汝珍, 蒋耿旺, 丰大雄. 对用滤纸测量雨滴的鉴定. 全国云雾物理和人工影响天气会议文集, 北京: 气象出版社, 1989: 63—64.

Studying the Usability of the GBPP-100 Raindrop Disdrometer in Field Experiments

Wang Xiangguo

(Chinese Meteorological Society, Beijing 100081)

Abstract

The raindrop size distribution was measured for four times during the period from April to June, 1993. The data of measurement were compared with the observation data of filter paper. Based on the two categories of data the basic parameters of raindrop size distribution were calculated and some statistical calculations were made. Using this method the usability of GBPP-100 raindrop disdrometer on field experiments was discussed. The results indicate that: (1) the GBPP-100 can be used on field observation instead of the filter paper during the period that the rainfall intensity slowly changes and is smaller than 160mm/h; (2) there are some obvious differences between the two categories of measurement when the rainfall intensity of shower rapidly changes.

Key Words: GBPP-100 filter paper raindrop size distribution