

# Parsivel 与 LNM 激光雨滴谱仪降水观测的差异

张晓宇<sup>1</sup> 雷勇<sup>2</sup> 王柏林<sup>2</sup> 庞文静<sup>2\*</sup> 汤志亚<sup>1</sup> 杜波<sup>2</sup> 郭伟<sup>2</sup>

(1 成都信息工程学院, 成都 610103; 2 中国气象局气象探测中心, 北京 100081)

**摘要** 为研究 Parsivel 与 LNM 两种激光雨滴谱仪观测性能的差异,通过分析北京南郊观象台试验场地的两台激光雨滴谱仪 2014 年 7—11 月(北方雨季条件下 123 天)的观测数据,并辅以同期的人工观测作为参考标准,将上述两种设备的累积降水量、起止时间、粒子采样信息等采集数据进行对比。分析结果表明:LNM 激光雨滴谱仪较 Parsivel 激光雨滴谱仪的反映时间短,总是提早观测到降水现象的发生。Parsivel 激光雨滴谱仪粒子等级信息较为丰富,同一降水过程中,Parsivel 输出的粒子直径比 LNM 大。在降水量方面,两台设备与翻斗雨量的结果基本一致,但累积降水量大于 10 mm 时,LNM 累积降水量的输出值明显大于 Parsivel。

**关键词** 激光雨滴谱仪;对比试验;累积降水量;降水强度

## 引言

降水现象和降水资料是研究气候变迁、分析天气动力、开展数值天气预报模式等方面的重要参数,降水测量的准确性对国计民生有着重要意义<sup>[1-3]</sup>。激光雨滴谱仪利用消光测量原理和激光技术实时观测降水现象,具有可实现无人值守、自动记录、全天候气象条件下作业等明显优势<sup>[4-5]</sup>。胡子浩等<sup>[5]</sup>通过分析 Parsivel 激光雨滴谱仪和 SL3-1 雨量计在南京 4 次强降水过程中的观测资料,发现 Parsivel 不仅能迅速检测到降水过程的发生,还能提供降水过程的细节信息;也有文献反映激光雨滴谱仪输出的累积降水量普遍高于翻斗雨量计,特别是在大强度的降水过程中其两者累积降水量的差值尤为明显,文献<sup>[5-10]</sup>中就分别分析了 Parsivel、LNM 激光雨滴谱仪与翻斗雨量计的关系;同时在一定程度上,激光雨滴谱仪也可检测小雨滴降水过程,刘俊等<sup>[11]</sup>为提高激光雨滴谱仪对毛毛雨的辨别能力,采用锁相放大技术优化 Parsivel 小雨滴信号的检测能力,从而弱化噪声提高系统的信噪比;激光雨滴谱仪不仅可以用于液态降水观测同时也可应用于固态降水的观测,如 Ali Tokey 等<sup>[12]</sup>使用加拿大 CALIPSO 项目中 Parsivel 激光雨滴谱仪获取的固态降水资料,发

现该设备可以较好的识别降雪过程但存在低估雪粒子速度的现象。目前,国内对激光雨滴谱仪的研究及试用多数属研究所和大学等科研机构,降水资料的时空局限性较强。为广泛推广自动化观测业务,提高降水资料的普遍性,中国气象局气象探测中心于 2014 年在北京南郊观象台开展降水现象仪评估对比试验。本文选用试验中 Parsivel、LNM 两台激光雨滴谱仪,初步评估两台仪器观测性能的差异性,为遴选可供业务应用的降水现象仪提供参考。

## 1 试验设备简介

### 1.1 激光雨滴谱仪

Parsivel 与 LNM 两种激光雨滴谱仪均采用光学衰减原理观测天气现象,主要由光机系统、电子学系统和软件系统 3 部分组成,实时输出降水类型、降水量、降水强度等降水信息<sup>[13]</sup>。在开机运行状态下,由激光光学发生源发射一束平行激光,位于接收端的透镜二极管将接收到的光信号转换成电信号。当测量区域无粒子通过时,接收端输出连续的固定电压值;反之,当测量区域有粒子通过时,会遮挡采集区域的部分激光束,降低接收端的输出电压,形成波谷。接收电压降低的幅度和粒子直径成正比,降压持续时间与粒子的下落末速度正相关,信号衰减

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

作者简介:张晓宇,女,1990 年生,成都信息工程大学,在读硕士,主要从事大气探测研究,Email:zhxy9002@163.com

收稿日期:2015 年 7 月 15 日;定稿日期:2015 年 10 月 8 日

\* 通信作者,Email:wj pang@sina.com

的次数也与激光束中的粒子数相关<sup>[5-10,14-15]</sup>。两种型号激光雨滴谱仪的主要技术参数见表 1, 图 1 为两种型号激光雨滴谱仪的室外传感器。

表 1 Parsivel 与 LNM 激光雨滴谱仪的主要技术参数

	Parsivel	LNM
中心波长/nm	650	785
输出功率/mW	3	0.5
测定区域/cm <sup>2</sup>	54(18 × 3.0)	46(23 × 2.0)
降水强度测量范围/(mm·h <sup>-1</sup> )	0.001~1200	0.005~250
粒子尺度测量范围/mm	0.2~25	0.16~18
粒子速度测量范围/(m·s <sup>-1</sup> )	0.2~20	0.2~20
粒子等级/种	1024	440
粒径通道	32	22
粒子下落速度通道	32	20
供电/V	10~28(DC)	24(AC/DC)
温度范围/℃	-40~+70	-40~+70

## 1.2 SL3-1 翻斗式雨量计

选用业务上广泛使用的 SL3-1 翻斗式雨量计作



图 1 激光雨滴谱仪的室外传感器:(a)Parsivel,(b)LNM

## 2 试验场地的地理位置

试验观测场位于北京市南郊观象台内,地理位置为(39.48°N,116.28°E),海拔高度为 31.3 m。Parsivel、LNM 两种激光雨滴谱仪及辅助标准器均安装在此观测场内,SL3-1 翻斗式雨量计距离试验观测场 85 m。

## 3 降水资料分析

北京属暖温带半湿润大陆性季风气候,降水季节分配很不均匀<sup>[20]</sup>,本文只统计 7—11 月间的液态降水过程。试验期间存在少量的短时降水过程,考虑到短时降水过程的降水强度小,累积降水量少,且人工记录的过程起止时间和仪器观测记录的起止时间吻合效果不佳等因素,综合参考标准,仅挑选过程时长超过 5 min 的过程作为此次试验中参考标准的样本过程;同时使用 Matlab 统计激光雨滴谱仪 5 个

为参考之一。雨量计主要由承水器(直径为 20 cm)、上翻斗、汇集漏斗、计量漏斗、计数翻斗和干簧管等组成<sup>[16]</sup>,计量精度为±4%,降水量的记录误差为±0.1 mm<sup>[17-18]</sup>。

## 1.3 辅助标准器及参考标准

人工观测对降水过程起止时间的记录具有一定主观性,需同时辅助标准器进行辅助判别。辅助标准器有两个可见光图像采集镜头,分别垂直于地面向上、向下每 10 s 拍摄一次,启动全程摄像功能。观测员通过分析获取的图像资料确定降水过程的起止时间<sup>[19]</sup>。为合理评估激光雨滴谱仪降水观测的差异性,其累积降水量的参考标准取自翻斗雨量计的分钟降水文件;降水过程起止时间的评估标准参考人工加密观测和辅助标准器的观测数据。其他信息的参考标准则综合人工加密观测、辅助标准器及翻斗雨量计的记录。

月内的所有降水过程(无时长要求)。

## 3.1 降水过程的统计分析

激光雨滴谱仪和参考标准同时观测到降水过程时,记为一次一致过程。将试验数据中降水强度低,累积降水量为零,过程持续时间极短或不连贯,但在翻斗雨量计的分钟降水文件和激光雨滴谱仪的原始文件中都有所体现的极小强度降水过程记为弱降水过程,弱降水过程更能直观的反映两台仪器对小强度降水灵敏度的差异性。

7—11 月符合要求的样本过程共有 40 个,Parsivel 记录过程总数为 74(包括弱降水);LNM 记录过程总数为 76(包括弱降水);两台设备与参考标准一致过程数均为 38,皆有 2 次过程未捕获,占总样本数的 95%(过程捕获率<sup>[19]</sup>达 95%)。表 2 为本次试验降水过程的统计情况。

表2 降水过程次数统计

样本数	Parsivel			LNM		
	记录过程	一致过程	弱降水过程	记录过程	一致过程	弱降水过程
40	74	38	16	76	38	20

从统计分析的结果发现激光雨滴谱仪记录的降水次数明显多于参考标准。其原因可能是:激光雨滴谱仪灵敏度高,能适时记录间歇性降水过程有无降水的时刻,分段记录参考标准中某些过程;可全天候观测天气状况,完整记录降水过程的每个阶段,弥补参考标准夜间观测的劣势;实时性好,即时反映激光束中所有的粒子(包括降水粒子而非降水粒子),而非降水粒子的记录,提高了激光雨滴谱仪误判的风险。

LNM的记录过程数和弱降水数均多于 Parsivel。LNM和Parsivel激光雨滴谱仪虽然观测原理相同,但LNM激光束中心波长长,粒子等级少(表1),间接放大小粒子群对激光的衰减作用<sup>[21-22]</sup>,提高小强度或极小强度降水过程的捕获率,影响记录过程和弱降水过程的总数。

### 3.2 累积降水量

Parsivel与LNM两台设备累积降水量与参考标准累积降水量的线性相关性都通过了显著性水平为0.05的F检验,其中LNM与翻斗雨量计的相关系数 $R^2$ 为0.9512,Parsivel与翻斗雨量计的相关系数 $R^2$ 为0.9947,图2给出了相关性分析的结果。图2a是所有样本过程的分布情况,累积降水量主要集中在0~35 mm,最大值为89.67 mm;图2b是累积降水量低于35 mm的分布情况。从图2b中观察到,当降水

量约为10 mm时,两台激光雨滴谱仪输出的结果较为接近;当降水量小于10 mm时,Parsivel拟合曲线在LNM曲线的上方;当降水量大于10 mm时,Parsivel拟合曲线在LNM曲线的下方。即随着降水量的增多,特别是降水量大于10 mm时,LNM累积降水量值较Parsivel更接近翻斗雨量计。

所有一致过程中(统计结果见表3),激光雨滴谱仪的累积降水量同前人研究的结果相似普遍高于翻斗雨量计。其中Parsivel累积降水量的输出结果超过翻斗雨量计的降水过程有22个,LNM有25个过程的输出结果大于翻斗雨量计。其原因有:①翻斗雨量计对于降水不足0.1 mm的过程记为0,导致测量偏差;②激光雨滴谱仪和翻斗雨量计的测量原理不同,可能存在系统误差。

表3 降水过程累积降水量统计

	Parsivel	LNM
参与计算样本过程数	38	40
与翻斗雨量计最大差值/mm	11.13	17.41
与翻斗雨量计最小差值/mm	0.01	0.00
差值平均值/mm	0.95	1.09
大于翻斗雨量计降水量的次数	22.00	25.00

注:表中统计样本过程数时,因Parsivel系统升级,其中的两次降水过程缺少部分降水量信息。

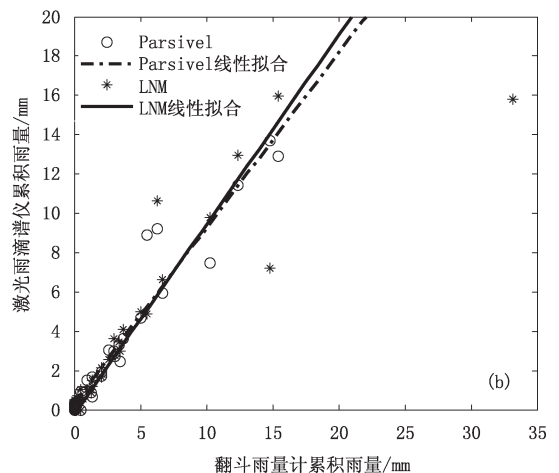
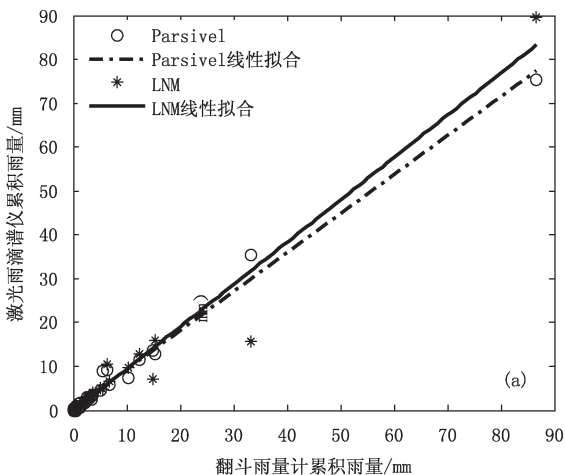


图2 翻斗雨量计与激光雨滴谱仪降水量分布:  
(a)全部样本,(b)累积降水量低于35 mm样本

### 3.3 降水过程起止时间

参考标准与激光雨滴谱仪的测量方法相异且试验中激光雨滴谱仪未联网校时,若激光雨滴谱仪记录降水发生的起始时刻(或降水结束的终止时刻)同参考标准所记录的时间差值前后不超过 10 min,认为激光雨滴谱仪正确记录降水过程的起始时间(终止时间)。类似于胡子浩的发现,激光雨滴谱仪能迅速记录降水现象,早于参考标准观测到降水现象。相较于参考标准,Parsivel 正确记录降水过程起始时间的次数为 33 次,准确率为 87%,起始时间差的算术平均值为-1,早于参考标准 1 min 观测到天气现象,LNM 正确记录降水过程起始时间的次数为 29 次,准确率为 77%,起始时间差的算术平均值为-4,早于参考标准 4 min 观测到天气现象;Parsivel 正确记录降水过程终止时间的次数为 29 次,准确率为 77%,终止时间差的算术平均值为 2,比参考标准晚 2 min 停止记录天气现象,LNM 正确记录降水过程终止时间的次数为 25 次,准确率为 66%,终止时间差的算术平均值为 4,比参考标准晚 4 min 停止记录天气现象(统计结果见表 4)。总体而言,Parsivel 与 LNM 两种激光雨滴谱仪降水过程起始时刻的时间差值相差不大,LNM 总是早于 Parsivel 观测到天气现象;但两台设备降水过程终止时刻的时间差值相差较大,且 Parsivel 较 LNM 提前停止记录天气现象,更接近参考

表 4 降水过程起止时间统计

	Parsivel		LNM	
	起始差值	终止差值	起始差值	终止差值
参与计算样本数	38	38	38	38
0~10 mins/次数	33	29	29	25
11~20 mins/次数	4	5	7	5
21~30 mins/次数	0	2	0	4
31~40 mins/次数	1	0	1	3
>40 mins/次数	0	1	0	1
算术平均值	-1	2	-4	4
激光雨滴谱仪正确记录次数	33	29	29	25
激光雨滴谱仪准确率/%	87	77	77	66

注:表中统计时间差时,正值视为滞后参考标准发生的时间,负值为超前参考标准发生的时间;准确率=(正确记录次数/总过程次数)×100;统计样本数时,两台设备均有两次过程未捕获。

标准记录的观测时间。在降水结束时,湿润潮湿的天气导致标准器玻璃片模糊,影响观测员判定降水过程的终止时间,降低了激光雨滴谱仪正确记录终止时间的次数。

### 3.4 粒子采样信息

随机挑选两次降水过程,分析两台激光雨滴谱仪降水粒子采样信息差异性的影响。粒子直径-粒子速度分布如图 3a、图 3b,粒子直径-粒子数目分布如图 3c、图 3d。粒子直径相同时,LNM 粒子下落末速度和粒子数目的输出结果大于 Parsivel,且过程雨强和降水量越大,两台设备粒子直径等级差异越大;粒子下落末速度相同时,Parsivel 输出的粒子直径值明显大于 LNM,且 Parsivel 的粒子直径-粒子下落末速度分布在 Gunn-Kinzer 曲线下方,整体低于 LNM,并较 LNM 粒子群后移(图 3a 和 3b)。同等粒子直径时,Parsivel 输出的粒子数目少于 LNM。图 3c 和图 3d 中 LNM 输出的粒子直径相对密集,集中分布在 0.2~1 mm 之间,Parsivel 输出的粒子直径较为分散,分布在 0.5~1.4 mm 之间。

激光雨滴谱仪累积降水量、瞬时雨强等产品的计算和雨滴粒子的直径及浓度等正相关<sup>[6-7]</sup>。8月4日降水过程中,Parsivel 和 LNM 输出降水量分别为 12.91 mm 和 15.94 mm,图 3c 中 Parsivel 输出的粒子直径大,但粒子数目的输出值明显少于 LNM,使得 Parsivel 输出的累积降水量值小于 LNM;9月23日降水过程中,Parsivel 和 LNM 输出降水量分别为 1.64 mm 和 1.48 mm,图 3d 中两台设备输出的粒子数目相当,但 Parsivel 输出的粒子直径略大于 LNM,使得该次降水过程中 LNM 输出的累积降水量比 Parsivel 少 0.16 mm。

激光雨滴谱仪可直接输出每分钟的瞬时雨强,翻斗雨量计每分钟的瞬时雨强可由分钟降水量数据文件计算求得。对比两台设备输出的瞬时雨强变化情况发现和文献[4,6,11]相同,激光雨滴谱仪瞬时雨强的变化趋势与翻斗雨量计一致(图 4);图 4a 中,LNM 输出的瞬时雨强略大于 Parsivel,尤其是在降水较为集中的强降水时段;图 4b 中,Parsivel 和 LNM 瞬时雨强的输出值无明显差异。粒子信息对瞬时雨强的影响和其对累积降水量的影响相似,图 3c 中 LNM 输出的粒子数目较多,输出的粒子直径略小,造成 8月4日降水过程中 LNM 输出的瞬时雨强大于 Parsivel。图 3d 中 LNM 与 Parsivel 输

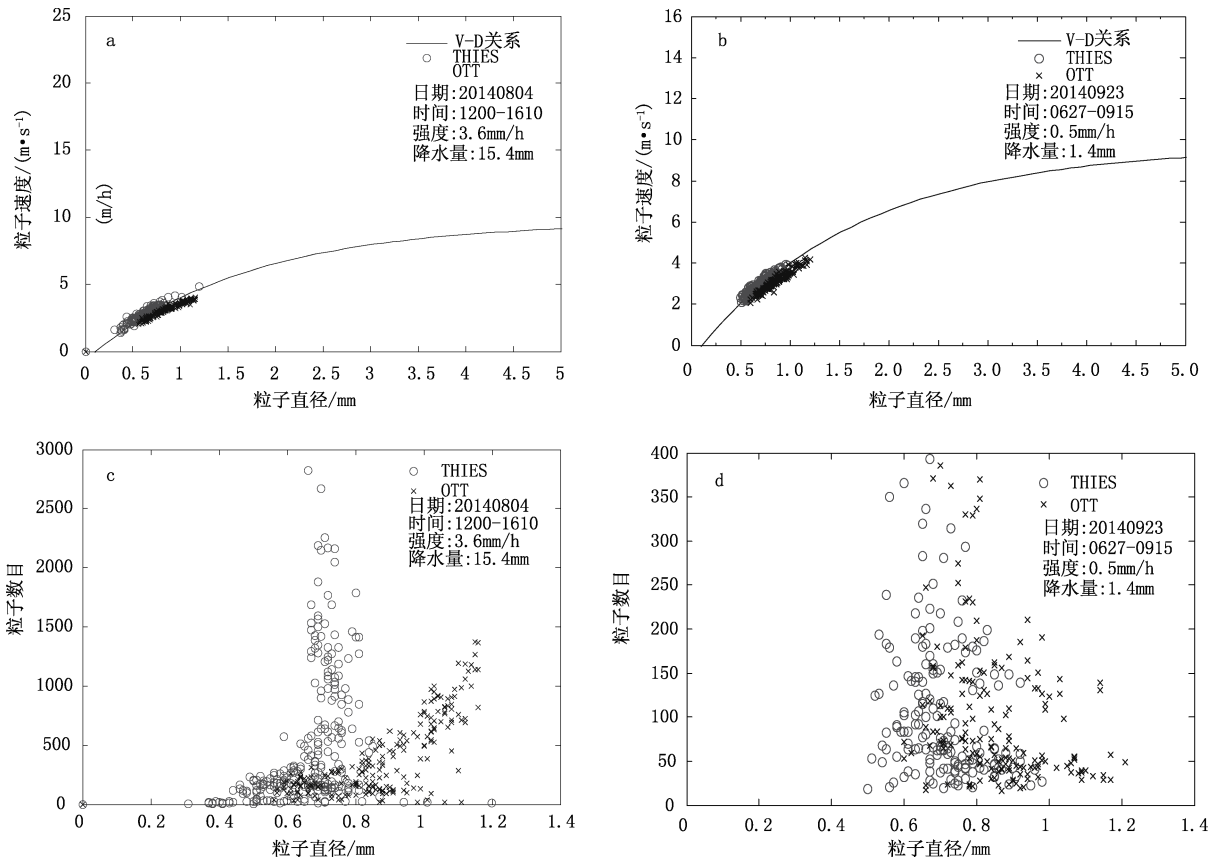


图3 粒子信息分布图

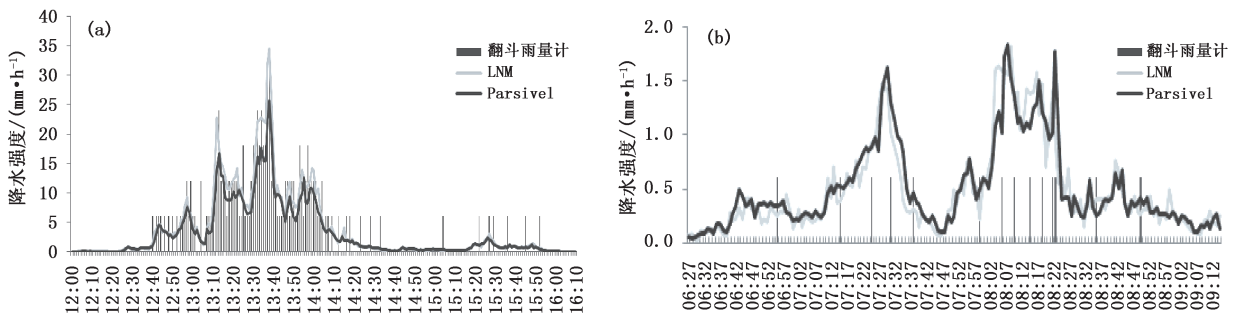


图4 降水过程瞬时雨强变化趋势:(a)8月4日12:00—16:10,(b)9月23日06:27—09:15

(图中翻斗雨量计用柱状图表示,LNM、Parsivel用曲线表示)

出的粒子数目相当,LNM输出的粒子直径比Parsivel略小,但9月23日降水过程中LNM与Parsivel输出的瞬时雨强无明显差异。综上所述,激光雨滴谱仪粒子直径和粒子数目是影响累积降水量和瞬时雨强计算的主要原因,特别是粒子数目信息的差异越大,激光雨滴谱仪累积降水量和瞬时雨强的差异也越大。

## 4 结论

本文从累积降水量、降水过程起止时间、粒子采样信息等方面,对比分析两台激光雨滴谱仪观测性能的差异,得到以下结论:

(1)激光雨滴谱仪记录过程总数大于参考标准,具有灵敏度高,比参考标准提早观测到降水过程的发生;可以全天候实时观测天气状况,弥补夜间人工观测的劣势等优点。

(2) LNM 液态降水观测记录的总样本数和弱降水过程数多于 Parsivel, 且总是比 Parsivel 提早观测到降水现象的发生; 在降水量大于 10 mm 时, LNM 累积降水量输出值更接近翻斗雨量计。

(3) Parsivel 比 LNM 粒子等级丰富, 粒子直径输出的结果大, 但粒子下落末速度和粒子数目输出的结果相对较低; 且提前于 LNM 停止记录天气现象, 更接近参考标准记录的观测时间。

(4) 粒子采样信息的差异性影响激光雨滴谱仪降水量等信息的计算, 尤其是粒子数目的差异越大, 两台设备降水量和瞬时雨强的差异就越大。

本文仅以 2014 年 7—11 月 (共计 123 天) 观测数据结果初步分析了两种型号设备观测性能的差异性。我国地域辽阔, 降水分配不均匀, 相较于南方地区, 北方降水起、止过程现象明显, 粒子直径较大适合布设 Parsivel 激光雨滴谱仪; 而多雨且易发生小强度降水的南方地区建议布设 LNM 激光雨滴谱仪。本文主要集中在累积降水量、起止时间、粒子采集信息等几项数据的对比上, 但对降水过程的细节变化的差异性分析较少, 如激光雨滴谱仪观测记录的起止时间与参考标准记录的起止时间差是否和降水起止时间的瞬时雨强相关, 不同设备的粒子直径和粒子数目信息在计算降水量和降水强度时的影响因子, 观测环境 (如盛行风、浮尘) 是否会造成雨滴谱仪准确率降低等是我们后续工作需要研究的问题。

## 参考文献

- [1] 任芝花, 王改利, 邹凤玲, 等. 中国降水测量误差的研究[J]. 气象学报, 2003, 61(5): 621-627.
- [2] 王自英, 王仔刚, 赵梅珠. 自动站雨量站资料在地质灾害监测中的应用[J]. 气象科技, 2009, 37(5): 627-631.
- [3] 安英玉, 金凤岭, 张云峰, 等. 地面雨滴谱观测的图像自识别方法[J]. 应用气象学报, 2008, 19(2): 188-193.
- [4] 李勇义. 多普勒天气雷达与地面雨滴谱仪加水观测对比分析[D]. 南京: 解放军理工大学气象海洋学院, 2011.
- [5] 胡子浩, 蒲江平, 张欢, 等. Parsivel 激光雨滴谱仪观测较强降水的可行性分析和建议[J]. 气象科学, 2014, 34(1): 25-31.
- [6] Lanzinger E, Theel M, Windolph H. Rainfall amount and intensity measured by the Thies laser precipitation monitor [J]. TECO-2006, Geneva, Switzerland, 2006: 4-6.
- [7] Tokay A, Wolff D B, Petersen W A. Evaluation of the New Version of the Laser-Optical Disdrometer, OTT Parsivel2 [J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2014, 31(6): 1276-1288.
- [8] 周黎明, 王俊, 张洪生, 等. 激光雨滴谱仪与自动气象站观测雨量对比分析[J]. 气象科技, 2010, 38(增刊): 113-117.
- [9] 苗少宝, 陆亦怀, 桂华侨, 等. 激光雨滴谱仪降水量反演及误差修正[J]. 大气与环境光学学报, 2011, 6(6): 423-431.
- [10] 晋立军, 封秋娟, 李军霞, 等. 自动激光雨滴谱仪在雷达降水估测中的应用[J]. 气候与环境研究, 2012, 17(6): 740-746.
- [11] 刘俊, 马尚昌, 杨笔锋. 一种激光雨滴谱仪小雨滴检测方法[J]. 气象科技, 2013, 41(4): 603-607.
- [12] Tokey A, Blahak U, Sinmer C. PARSIVEL snow observations: A critical assessment [J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2010, 27: 333-344.
- [13] 王可法, 张卉慧, 张伟, 等. Parsivel 激光雨滴谱仪估测降水中异常数据的判别及处理[J]. 气象科学, 2011, 31(6): 732-736.
- [14] 濮江平, 赵国强, 蔡定军, 等. Parsivel 激光降水粒子谱仪及其在气象领域的应用[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(2): 3-7.
- [15] Tokey A, Petersen W A, Gantlin P, etc. comparison of rain-drop size distribution measurements by collocated disdrometers [J]. Journal of atmospheric and oceanic technology, 2006, 45: 1450-2464.
- [16] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 55-66.
- [17] 王展宏. 翻斗式雨量计的误差分析与改进[J]. 水利信息化, 2012(4): 53-56.
- [18] 崔明磊, 岳立成. 自动气象站雨量观测值失真问题研究[J]. 气象水文海洋仪器, 2010, 27(1): 56-59, 63.
- [19] 杜波, 张雪芬, 胡树贞, 等. 天气现象仪自动化观测资料对比分析[J]. 气象科技, 2014, 42(4): 617-623.
- [20] 王佳丽, 张人禾, 王迎春. 北京降水特征及北京市观象台降水资料代表性[J]. 应用气象学报, 2012, 23(3): 265-272.
- [21] 刘西川, 高太长, 刘磊. 基于非球形雨滴的降雨对激光传输衰减的影响[J]. 红外与激光工程, 2013, 42(1): 167-173.
- [22] 郭婧, 张合, 王晓峰. 降雨对 532nm 和 1064nm 激光传输的衰减特性研究[J]. 光学学报, 2011, 31(1): 1-7.

# Experiment on Precipitation Observation Differences between Parsivel Laser Raindrop Spectrometer and LNM

Zhang Xiaoyu<sup>1</sup> Lei Yong<sup>2</sup> Wang Bailin<sup>2</sup> Pang Wenjing<sup>2</sup>  
Tang Zhiya<sup>1</sup> Du Bo<sup>2</sup> Guo Wei<sup>2</sup>

(1 Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610103; 2 CMA Meteorological  
Observation Centre, Beijing 100081)

**Abstract:** To study the observing performance differences of two laser raindrop spectrometers, Parsivel and LNM, an analysis is made of the observational data from two laser raindrop spectrometers at the Beijing southern observatory from July to November 2014 (123 days under the North rainy conditions), considering manual records in the same period as standards. Comparison is conducted in the cumulative rainfall, precipitation beginning and ending time, and the particle information between the two devices. The results show that the Parsivel laser raindrop spectrometer lacks of sensitivity in timely reporting of precipitation beginning time, has more abundant classification information, and outputs larger particle diameters compared with LNM in the same precipitation process. In terms of cumulative rainfall, the results of the two devices and tipping-bucket raingauges basically are comparable. When the cumulative rainfall is over 10 mm, LNM reports significantly greater cumulative rainfall than Parsivel.

**Keywords:** laser raindrop spectrometer; comparative experiment; cumulative rainfall; rainfall intensity

## 欢迎订阅《气象科技》

《气象科技》由中国气象局气象探测中心、中国气象科学研究院、北京市气象局、国家卫星气象中心及国家气象信息中心联合主办。报道大气科学和相关科学各领域新理论、新方法和新技术,也刊载反映大气科学各领域发展水平的综合评述。主要栏目:大气探测与信息技术,天气气候与数值预报,应用气象与科学试验,台站实用技术等。欢迎气象部门和相关学科的业务、科研、技术开发人员以及相关院校师生投稿和订阅。《气象科技》为大 16 开本双月刊,全年定价:120 元,全年随时订阅。

**联系地址:**北京市海淀区中关村南大街 46 号,中国气象局气象探测中心,《气象科技》编辑部

**http:** //www.qxkj.net.cn, **邮政编码:**100081, **电话:**(010)68407256, **Email:** qxkj@camsma.cn

**户名:**中国气象局气象探测中心, **账号:**4043200001819900025525, **开户行:**华夏银行北京紫竹桥支行