

# 两种不同新型气象雨量观测仪器的一致性对比分析

赵 勇, 陈立峰, 王 瑜

枣庄市气象局, 山东 枣庄

收稿日期: 2023年4月12日; 录用日期: 2023年5月15日; 发布日期: 2023年5月22日

## 摘 要

为验证DSG1型降水现象仪和DZZ4型自动气象站在测量降水方面的一致性, 利用鲁南地区枣庄国家气象观测站2017年9月至2020年8月5年降水观测资料, 对比分析了这两种新型气象雨量观测仪器测量降水的差异。研究表明: 1) 这两种新型气象雨量观测仪器观测的降水时间基本相同, 但DSG1型降水现象仪分钟、小时和日降水量均比DZZ4型自动气象站偏小; 2) 在中等降水强度及以下, 这两种新型气象雨量观测仪器观测的降水量大小基本一致, 但降水强度较大时, 降水量大小不同且分散; 3) 这两种新型气象雨量观测仪器在地面降水观测业务中都有着比较好的表现, 由于仪器测量原理不同, DSG1型降水现象仪相对于DZZ4型自动气象站有更高的时间及空间分辨率, 对于降水开始和结束时刻记录的更早更准确。

## 关键词

DSG1型降水现象仪, DZZ4型自动气象站, 降水量, 差值百分比

# Comparison and Analysis of the Consistency of Two New Meteorological Rainfall Observation Instruments

Yong Zhao, Lifeng Chen, Yu Wang

Zaozhuang Meteorological Bureau, Zaozhuang Shandong

Received: Apr. 12<sup>th</sup>, 2023; accepted: May 15<sup>th</sup>, 2023; published: May 22<sup>nd</sup>, 2023

## Abstract

In order to verify the consistency of DSG1 precipitation phenomenon instrument and DZZ4 auto-

matic weather station in measuring precipitation, the precipitation observation data of Zaozhuang National Meteorological Observatory in southern Shandong from September 2017 to August 2020 were used to compare and analyze the differences between the two new meteorological precipitation observation instruments in measuring precipitation. The results show that: 1) The precipitation time observed by the two new meteorological rainfall observation instruments is basically the same, but the minute, hour and daily precipitation of the DSG1 precipitation phenomenon instrument is smaller than that of the DZZ4 automatic weather station; 2) At moderate precipitation intensity and below, the precipitation observed by the two new meteorological rainfall observation instruments is basically the same, but when the precipitation intensity is large, the precipitation is different and scattered; 3) The two new meteorological rainfall observation instruments have a relatively good performance in the ground precipitation observation business. Due to the different measuring principles of the instruments, the DSG1 precipitation phenomenon instrument has higher time and spatial resolution than the DZZ4 automatic weather station, and records the beginning and end of precipitation earlier and more accurately.

## Keywords

DSG1 Precipitation Phenomenon Instrument, DZZ4 Automatic Weather Station, Precipitation, Percentage Difference

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

降水现象是影响自然环境、社会生活、农业生产、交通运输以及军事行动的重要气象因素，是常规地面气象观测业务的基本内容之一[1]。随着科学技术的发展，国内外除使用常规气象雨量观测仪器外，陆续使用过基于撞击感压法、光强衰减法、线阵或面阵摄像法的降水观测仪器，典型的有瑞士 Joss-Waldvogel 雨滴谱仪[2]、德国 OTT Parsivel 雨滴谱仪[3]、奥地利二维视频雨滴谱仪[4]和中国降水微物理特征测量仪[5]，这些仪器不仅能够测量降水量、降水强度和累计时间等宏观量，还可以测量降水粒子大小、速度、相态和谱分布等微观量。为检验雨滴谱仪在测量降水方面的性能，先后有周黎明[6]、贾小琴[7]、李力[8]、沙修竹[9]、吴宜[10]等分别对比了 LNM 型、HSC-PS32 型和 Parsivel 型等激光雨滴谱仪与翻斗式雨量计观测降水强度的差异，经过对比，上述激光雨滴谱仪与翻斗式雨量计观测降水强度变化基本一致，但在不同的降水量级和降水强度范围稍有差别。

随着我国气象现代化业务体制改革和地面自动化观测业务推进，杜波等[11][12]对多种型号的降水现象仪从各个方面进行了对比观测试验，结果表明，降水现象仪观测降水现象的数据准确性均大于 90%，各厂家同型号两台设备的观测数据一致性均大于 92%，能够满足气象业务需求。目前降水现象仪已在全国气象台站普及应用，为检验其在实际业务中观测降水现象的准确性和可靠性，杜传耀[13]、申高航[14]、周坤论[15]等通过对 DSG1 型、DSG4 型、DSG5 型等降水现象仪观测数据与人工观测数据对比分析得出，上述仪器设备对降水的捕获率较高，记录的降水天气现象与人工观测基本一致，但记录的降水开始时间和结束时间与人工观测略有不同，需要进行更好的智能识别和质控算法优化。

为验证 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站在测量降水方面的一致性，本文统计了 2017 年 9 月至 2021 年 8 月鲁南地区枣庄国家气象观测站这两种新型气象雨量观测仪器观测的降水资料，以 DZZ4

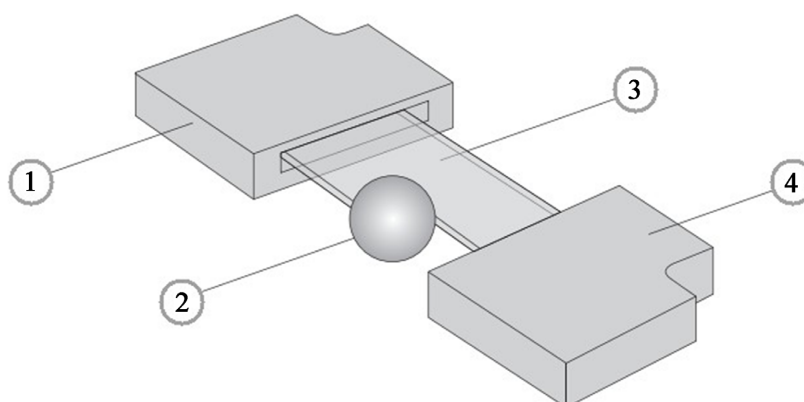
型自动气象站观测降水量为参照, 分析了 DSG1 型降水现象仪在测量降水方面的性能, 为今后降水现象仪在地面气象观测业务中的应用提供基本参考。

## 2. 仪器与数据

### 2.1. 观测仪器

DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站均为江苏省无线电科学研究所研制生产的降水自动化观测仪器。DSG1 型降水现象仪基于激光衰减原理的降水粒子直径和下落速度检测技术(如图 1), 其激光采样面积为  $180\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ , 当降水粒子穿越采样空间时, 激光接收装置根据接收的激光信号强弱来判断降水粒子的尺度和速度, 从而计算降水时间、降水量和尺度谱等参数, 进而判断降水天气现象。DSG1 型降水现象仪可观测 32 个尺度通道和 32 个速度通道的降水粒子, 粒子尺度范围为  $0.2\sim 25.0\text{ mm}$ , 粒子速度范围为  $0.2\sim 20.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 采样间隔时间为  $60\text{ s}$ 。

DZZ4 型自动气象站根据季节不同使用 SL-1 型翻斗式雨量计或 DSC1 型称重式雨量计对降水进行测量。SL-1 型翻斗式雨量计是地面气象观测业务中最常用的测量降水仪器, 主要由承水器、上翻斗、汇集漏斗、计量漏斗、计数翻斗和干簧管等组成, 可以测量降水强度、累积降水量及持续时间。DSC1 型称重式雨量计采用精密电子秤对降落到承水筒内的降水重量进行自动测量, 另外有加热装置来融化雪、雨夹雪或冰雹, 可以测量雪、雨夹雪和冰雹等固态降水, 通过一定时间内降水重量及其变化来计算降水强度、累积降水量和持续时间。翻斗式雨量计和称重式雨量计的分辨力为  $0.1\text{ mm}$ 。



注: 1-激光发生器; 2-雨雾粒子; 3-激光束; 4-激光接收器

Figure 1. Schematic diagram of the operation of the precipitation phenomenon instrument

图 1. 降水现象仪工作示意图

### 2.2. 观测数据

本文采用鲁南地区枣庄国家气象观测站 2017 年 9 月至 2020 年 8 月的降水资料, 以 DZZ4 型自动气象站观测降水数据为基准, 详细对比分析 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站在分钟降水量、小时降水量、日降水量的差异。对于小时降水量和日降水量, 按照地面气象观测业务规定的降水量级划分标准进行区分(如表 1)。

DSG1 型降水现象仪生成的数据每日一个文件, 每分钟一条记录, 采用定长的随机文件记录方式写入, 每一条记录 5124 Byte, 包括 32 个尺度范围和 32 个速度范围, 记录的雨滴谱数据为  $32 \times 32 = 1024$  个, 尺度范围和速度范围分别由小到大编码为 32 个等级。DZZ4 型自动气象站的分钟降水量数据为 J 文件, 每分钟一条记录, 采用不定长的随机文件记录方式写入, 如若没有观测到降水将不记录。

**Table 1.** Standard for dividing hourly precipitation and daily precipitation  
**表 1.** 小时降水量和日降水量划分标准

	小雨	中雨	大雨	暴雨及以上
小时降水量(mm)	0.1~2.4	2.5~8.0	8.1~16.0	≥16.1
日降水量(mm)	0.1~9.9	10.0~24.9	25.0~49.9	≥50.0

### 2.3. 计算方法与数据筛选

由降水现象仪的工作原理得知, 单位时间(1 min)内通过激光采样空间的降水粒子体积之和, 再除以其面积, 即为单位时间的降水量, 表达式如下:

$$R_t = \left\{ \frac{\pi}{6} \sum_{i=1}^{32} n(D_i) D_i^3 \right\} / 5400 \quad (1)$$

式中,  $R_t$  表示  $t$  时间(1 min)内的降水量, 单位为 mm。  $n(D_i)$  表示  $t$  时间(1 min)内通过激光带的某个尺度范围等级( $i$ )降水粒子个数,  $D_i$  表示某个尺度范围等级( $i$ )降水粒子平均直径。

通常情况下, 降水粒子的直径和数目与降水量的大小成正比, 降水粒子直径越大、数目越多, 降水量就越大。自然降水中很少有超过直径 6 mm 的雨滴存在[16], 个别超过 6 mm 的降水粒子往往是雨滴合并产生的, 因此计算降水量前需剔除直径大于 6 mm 的降水粒子。而相同质量的雨夹雪或雪体积(直径)比雨滴要大的多, 根据公式(1), 降水现象仪观测的降水量比实际降水量明显偏大, 因此本文不对比分析雨夹雪或雪降水过程的数据。

## 3. 分析与结果

### 3.1. 分钟降水量

对 2017 年 9 月至 2020 年 8 月鲁南地区枣庄国家气象观测站 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站的分钟降水量进行对比分析(如表 2), 自动气象站分钟降水量为 0.1 mm 的分钟数为 15,321 个, 降水现象仪分钟降水量均值为 0.060 mm, 平均差值为-0.040 mm, 差值百分比均值为-40.01%。分钟降水量为 0.2 mm 以上的数据如下表不再赘述。

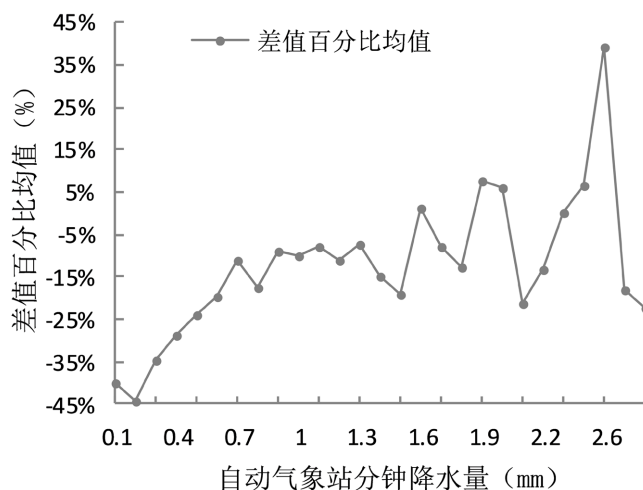
**Table 2.** Comparison table of minute precipitation between precipitation phenomenon instrument and automatic meteorological station

**表 2.** 降水现象仪和自动气象站分钟降水量对比表

自动气象站分钟降水量 (mm)	分钟降水量数量(个)	降水现象仪分钟降水量均 (mm)	平均差值(mm)	差值百分比均值(%)
0.1	15321	0.060	-0.040	-40.01%
0.2	2925	0.111	-0.089	-44.29%
0.3	1032	0.195	-0.105	-34.88%
0.4	587	0.285	-0.115	-28.66%
0.5	370	0.381	-0.119	-23.78%
0.6	262	0.483	-0.117	-19.51%
0.7	158	0.623	-0.077	-11.04%

Continued

0.8	117	0.661	-0.139	-17.40%
0.9	97	0.817	-0.083	-9.21%
1	71	0.899	-0.101	-10.13%
1.1	44	1.015	-0.085	-7.70%
1.2	42	1.069	-0.131	-10.94%
1.3	36	1.203	-0.097	-7.47%
1.4	35	1.193	-0.207	-14.82%
1.5	14	1.215	-0.285	-19.00%
1.6	10	1.621	0.021	1.31%
1.7	11	1.567	-0.133	-7.81%
1.8	12	1.574	-0.226	-12.57%
1.9	6	2.046	0.146	7.68%
2.0	5	2.117	0.117	5.87%
2.1	10	1.65	-0.45	-21.45%
2.2	5	1.914	-0.286	-13.01%
2.3	2	2.299	-0.001	-0.04%
2.4	2	2.563	0.163	6.79%
2.6	1	3.617	1.017	39.12%
2.7	3	2.21	-0.49	-18.14%
2.8	1	2.174	-0.626	-22.36%

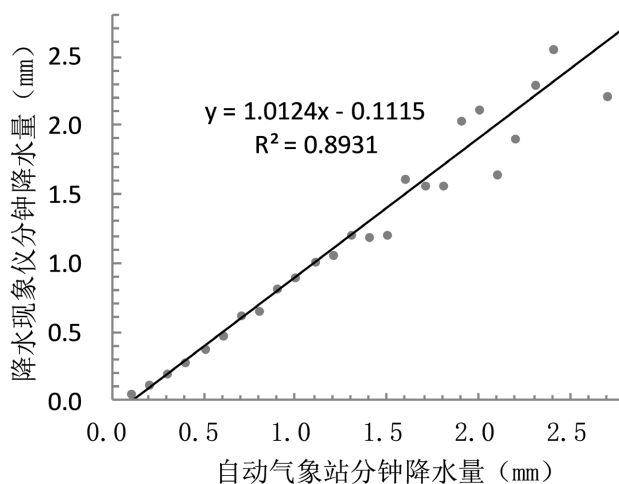


**Figure 2.** Mean percentage difference in minute precipitation between precipitation instrument and automatic weather station  
**图 2.** 降水现象仪和自动气象站分钟降水量差值百分比均值

从 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站分钟降水量差值百分比均值图来看(如图 2), 分钟降水量在 0.2~0.7 mm 之间, 降水现象仪与自动气象站分钟降水量之间随着降水强度增加差距逐渐变小; 在 0.8~1.4 mm 之间, 两者差值百分比均值曲线起伏不大, 基本保持在-10%左右; 在 1.5~2.8 mm 之间, 随

着分钟降水数量减少, 两者差值百分比均值曲线起伏较大。

从 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站分钟降水量图来看(如图 3), 降水现象仪分钟降水量比自动气象站分钟降水量偏小, 但呈线性相关, 相关系数约 0.89。分钟降水量在 0.1~1.3 mm 之间, 降水现象仪和自动气象站分钟降水量线性相关非常吻合; 在 1.4 mm 以上, 随着分钟降水数量减少, 两者分钟降水量线性相关略有偏差。



**Figure 3.** Precipitation phenomenon instrument and automatic weather station minute precipitation chart  
**图 3.** 降水现象仪和自动气象站分钟降水量图

以上对比分析了 DZZ4 型自动气象站观测到降水时, DSG1 型降水现象仪与其在分钟降水量的差异。当降水现象仪观测到降水而自动气象站无降水时(如表 3), 降水现象仪分钟降水量数量为 651 个, 均值为 0.455 mm, 自动气象站分钟降水量数量为 21,179 个, 降水现象仪分钟降水量数量与自动气象站分钟降水量数量的比值约为 3%, 说明两者观测到降水的时间基本相同。

**Table 3.** Comparison table of minute precipitation between precipitation phenomenon instrument and automatic meteorological station (non null)

**表 3.** 降水现象仪和自动气象站(非空值)分钟降水量对比表

降水现象仪分钟降水量数量(个)	降水现象仪分钟降水量均值(mm)	自动气象站分钟降水量数量(个)	百分比值(%)
651	0.455	21179	3.07%

### 3.2. 小时降水量

将 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站分钟降水量按照小时时间间隔累计成小时降水量, 再按照小时降水量划分标准(表 1)进行对比分析。

从 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站小时降水量对比来看(如表 4):

小雨强度(0.1~2.4 mm), 自动气象站小时降水量均值为 0.601 mm, 降水现象仪小时降水量均值为 0.358 mm, 平均差值为-0.243 mm, 差值百分比均值为-30.59%。

中雨强度(2.5~8.0 mm), 自动气象站小时降水量均值为 4.205 mm, 降水现象仪小时降水量均值为 2.744 mm, 平均差值为-1.461 mm, 差值百分比均值为-36.08%。

大雨强度(8.1~16.0 mm), 自动气象站小时降水量均值为 11.436 mm, 降水现象仪小时降水量均值为

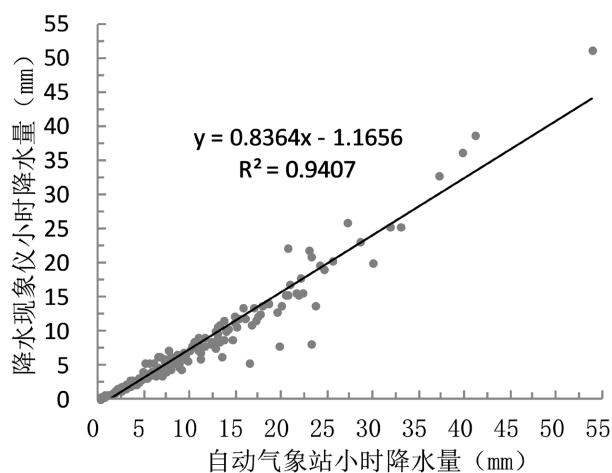
7.847 mm, 平均差值为-3.589 mm, 差值百分比均值为-31.71%。

暴雨强度(16.1 mm 及以上), 自动气象站小时降水量均值为 24.968 mm, 降水现象仪小时降水量均值为 17.684 mm, 平均差值为-7.284 mm, 差值百分比均值为-29.22%。

**Table 4.** Comparison table of hourly precipitation between precipitation phenomenon instrument and automatic meteorological station

**表 4.** 降水现象仪和自动气象站小时降水量对比表

小时降水量划分标准(mm)	小时降水量数量(个)	自动气象站 小时降水量均值 (mm)	降水现象仪 小时降水量均值 (mm)	差值百分比均值(%)
小雨(0.1~2.4)	1548	0.601	0.358	-30.59%
中雨(2.5~8.0)	244	4.205	2.744	-36.08%
大雨(8.1~16.0)	75	11.436	7.847	-31.71%
暴雨( $\geq 16.1$ )	44	24.968	17.684	-29.22%



**Figure 4.** Precipitation phenomenon instrument and automatic weather station hourly precipitation chart

**图 4.** 降水现象仪和自动气象站小时降水量图

从 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站小时降水量图来看(如图 4), 降水现象仪小时降水量比自动气象站小时降水量偏小, 但呈线性相关, 相关系数约 0.94。小时降水量在大雨强度以下, 降水现象仪和自动气象站小时降水量线性相关比较吻合; 在暴雨强度以上, 随着小时降水数量减少, 两者小时降水量线性相关略有偏差。

### 3.3. 日降水量

将 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站分钟降水量按照气象标准日间隔累计成日降水量, 再按照日降水量划分标准(表 1)对其进行对比分析。

从 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站日降水量对比来看(如表 5):

小雨强度(0.1~9.9 mm), 自动气象站日降水量均值为 2.574 mm, 降水现象仪日降水量均值为 1.636 mm, 平均差值为-0.938 mm, 差值百分比均值为-14.10%。

中雨强度(10.0~24.9 mm), 自动气象站日降水量均值为 15.555 mm, 降水现象仪日降水量均值为 10.155 mm, 平均差值为-5.4 mm, 差值百分比均值为-34.21%。

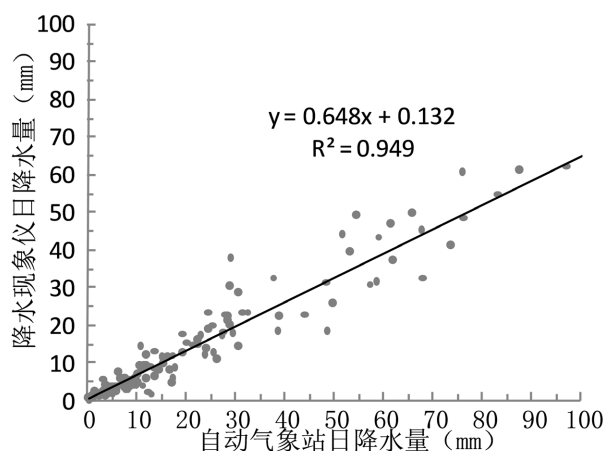
大雨强度(25.0~49.9 mm),自动气象站日降水量均值为 33.029 mm,降水现象仪日降水量均值为 22.167 mm, 平均差值为-10.862 mm, 差值百分比均值为-31.18%。

暴雨强度(50.0 mm 及以上),自动气象站日降水量均值为 85.381 mm,降水现象仪日降水量均值为 57.912 mm, 平均差值为-27.469 mm, 差值百分比均值为-32.17%。

**Table 5.** Comparison table of daily precipitation between precipitation phenomenon instrument and automatic meteorological station

**表 5.** 降水现象仪和自动气象站日降水量对比表

日降水量划分标准(mm)	日降水量数量(个)	自动气象站日降水量均值(mm)	降水现象仪日降水量均值(mm)	差值百分比均值(%)
小雨(0.1~9.9)	215	2.574	1.636	-14.10%
中雨(10.0~24.9)	48	15.555	10.155	-34.21%
大雨(25.0~49.9)	24	33.029	22.167	-31.18%
暴雨( $\geq 50.0$ )	21	85.381	57.912	-32.17%



**Figure 5.** Precipitation phenomenon instrument and automatic weather station daily precipitation chart

**图 5.** 降水现象仪和自动气象站日降水量图

从 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站日降水量图来看(如图 5),降水现象仪日降水量比自动气象站日降水量偏小,但呈线性相关,相关系数约 0.95。日降水量在中雨强度以下,降水现象仪和自动气象站小时降水量线性相关比较吻合;在大雨强度以上,随着日降水数量减少,两者小时降水量线性相关略有偏差。

#### 4. 结论与讨论

本文统计了 2017 年 9 月至 2020 年 8 月鲁南地区枣庄国家气象观测站 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站这两种新型气象雨量观测仪器观测的降水资料,详细对比分析了降水现象仪和自动气象站分钟降水量、小时降水量和日降水量的差异,形成如下结论:

1) 从 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站分钟降水时间来看,降水现象仪和自动气象站观测的降水时间基本相同,但降水现象仪观测的降水时间比自动气象站观测的降水时间偏多约 3%左右。

2) 从 DSG1 型降水现象仪和 DZZ4 型自动气象站分钟降水量、小时降水量及日降水量对比来看,降水现象仪比自动气象站降水量偏小,这与付志康等[17]研究得出的结论基本一致。在中等降水强度及以下,



降水现象仪和自动气象站降水量线性相关比较吻合,但随着降水强度增大和降水数量减少,两者降水量线性相关略有偏差。

3) 从 DSG1 型降水现象仪与 DZZ4 型自动气象站对比来看,降水现象仪在地面气象降水观测业务中有着比较好的表现,由于这两种新型气象雨量观测仪器测量原理不同,降水现象仪比自动气象站有更高的时间及空间分辨率,对降水开始和结束时刻记录的更早更准确。

## 基金项目

山东省气象局面上项目课题“雨滴谱资料在雷达定量降水估测中的应用研究”(编号: 2019sdqxm16)。

## 参考文献

- [1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [2] Sarkar, T., Das, S. and Maitra, A. (2015) Assessment of Different Raindrop Size Measuring Techniques: Inter-Comparison of Doppler Radar, Impact and Optical Disdrometer. *Atmospheric Research*, **160**, 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.03.001>
- [3] 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.
- [4] Kruger, A. and Krajewski, W.F. (2002) Two-Dimensional Video Disdrometer: A Description. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **19**, 602-617. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(2002\)019<0602:TDVDAD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(2002)019<0602:TDVDAD>2.0.CO;2)
- [5] 胡云涛, 刘西川, 高太长, 等. 联合降水微物理特征测量仪、激光雨滴谱仪和雨量计的降水对比观测分析[J]. 气象与减灾研究, 2018, 41(2): 133-139.
- [6] 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.
- [7] 贾小芹, 郑丽娜, 张子涵, 等. 激光雨滴谱仪探测降水与自动气象站观测降水的对比分析[J]. 海洋气象学报, 2019, 39(1): 123-130.
- [8] 李力, 姜有山, 蔡凝昊, 等. Parsivel 降水粒子谱仪与观测站雨量计的对比分析[J]. 气象, 2018, 44(3): 434-441.
- [9] 沙修竹, 丁建芳, 程博. 地面激光雨滴谱仪反演降水参量的特性探究[J]. 气象, 2019, 45(11): 1569-1578.
- [10] 吴宜, 刘西川, 张军, 等. Parsivel 激光雨滴谱仪与雨量计观测降水的一致性分析[J]. 气象科技, 2022, 48(2): 147-153.
- [11] 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.
- [12] 杜波, 马舒庆, 梁明, 等. 雨滴谱降水现象仪对比观测试验技术应用分析[J]. 气象科技, 2017, 45(6): 995-1001.
- [13] 杜传耀, 尹佳莉, 李林, 等. 降水现象仪观测应用评估[J]. 气象, 2019, 45(5): 730-737.
- [14] 申高航, 高安春, 周茂山, 等. DSG5 型降水天气现象仪观测数据分析与应用[J]. 气象科技, 2021, 49(1): 40-45.
- [15] 周坤论, 黄剑钊, 陶伟, 等. 降水类天气现象自动与人工观测质量对比分析[J]. 气象研究与应用, 2022, 43(1): 112-117.
- [16] 王鹏飞, 李子华. 微观云物理学[M]. 北京: 气象出版社, 1989: 406-408.
- [17] 付志康, 万蓉, 肖艳姣, 等. 业务 DSG5 型降水现象仪与 Parsivel 降水滴谱仪测量参数对比分析[J]. 暴雨灾害, 2022, 41(4): 434-444.