

文章编号: 2096-1618(2020)01-0104-07

# 天气现象仪降水观测分析

刘平<sup>1,2</sup>, 王磊<sup>3</sup>, 祁生秀<sup>3</sup>, 郭晓梅<sup>1</sup>

(1. 四川省人工影响天气办公室, 四川 成都 610072; 2. 中国气象局云雾物理环境重点实验室, 北京 100081; 3. 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室, 四川 成都 610072)

**摘要:**针对2018年四川出现的21次降水天气过程,利用四川盆地及川西高原13个地区35台降水天气现象仪滴谱数据,分析了天气现象仪降水观测。结果表明:基于天气现象仪滴谱数据计算获取大暴雨、暴雨降水量,与自动气象站测值相关系数在0.8以上,相关度较高,通过了置信度为99%的显著性检验,大暴雨、暴雨天气现象的观测是可行的,但81.8%过程降水量的绝对偏差和相对偏差都较大。计算获取小雨到大雨降水量,与自动气象站测值相关系数在0.95以上,绝对偏差也较小,表现出降水时间点、降水强度时间点、日最大降水强度、过程持续时间以及变化趋势的观测十分吻合,大雨到小雨天气现象的观测是可靠的,但过程降水量相对偏差依然较大。同时,低温降水过程(温度 $<2^{\circ}\text{C}$ ),一些站过程降水量相对偏差出现异常,经数据质量控制,仍然存在大粒径、小粒速的粒子,很难从正常雨滴中分离出来,此类降水过程伴有降雪的可能性较大,因此,通过天气现象仪滴谱数据计算获取的此类降水量或等效降水量不可信。

**关键词:**降水观测;天气现象仪;滴谱数据;相关性

**中图分类号:**P412.13

**文献标志码:**A

**doi:**10.16836/j.cnki.jcuit.2020.01.014

## 0 引言

天气现象是指在一定的天气条件下发生的降水、水汽凝结(华)、雷电、风等物理现象,可以分为34种<sup>[1-2]</sup>。天气现象观测是地面气象观测的主要项目之一,降水现象是天气现象的重要组成部分,人工观测存在降水量、降水强度精度不够、信息化程度低等问题,降水天气现象自动化观测是实现地面自动化观测的重要内容之一。因此,近年来,随着光电技术的发展,国内外学者不断着手研究天气现象自动化观测,并取得了重要进展,研发了各类仪器设备、相应的观测系统和比对分析<sup>[3-5]</sup>。HY-MPW11、DZT1等降水天气现象仪便是利用雨滴谱测量原理的光学观测设备,开展降水现象和雨滴谱图观测,对轻雾、结冰的捕获率较高,通过改变数据的传输存储方式和表现形式,有效提高观测的频次、质量和自动化程度,减轻观测人员工作量,为气象预报和防灾减灾提供更有价值的观测数据。鉴于降水天气现象仪在国内气象台站已经列装,其数据收集稳定、访问便捷,雨滴谱特征可反映自然降水和人工催化降水粒子微物理变化,可广泛应用在人工影响天气作业条件分析、效果评估以及气溶胶粒子的清除影响<sup>[6-8]</sup>,因此,开展天气现象

仪降水观测分析十分必要。

## 1 仪器工作原理和算法

文中研究的天气现象仪是雨滴谱式降水天气现象仪(简称天气现象仪),其主要部件为传感器和数据采集单元,传感器包括激光发射和接收装置、控制处理装置等。观测原理是利用测量电压偏差来确定降水粒子的直径大小,降水粒子穿过并遮挡水平光束,降低了输出电压幅值来确定降水粒子的直径大小;根据电子信号持续时间即降水粒子进入光束到离开光束所经历时间来计算粒子降落速度。数据采集单元负责处理采样的降水粒子大小、速度、数量等信息,根据速度谱和雨滴谱理论计算降水类型,输出毛毛雨、雨、雪、雨夹雪、冻雨、冰雹等不同降水现象类型,同时输出雨滴图谱、仪器工作状态等信息<sup>[9-12]</sup>。

四川省地面观测台站156部天气现象仪于2017年12月全面建设完成,2018年1月1日正式与人工观测平行业务运行,观测时制为北京时,以20时为日界。156部天气现象仪分为两类传感器,一类是Parisivel OTT传感器(简称OTT),主要分布在德阳、绵阳、泸州、阿坝、凉山等12个地区。另一类是HY-P1000传感器(简称HY),主要分布在成都、广元、巴中、甘孜等9个地区。

两种仪器均通过激光遥测技术实现降水现象的自

收稿日期:2019-07-15

基金项目:四川省科技厅重大科技专项资助项目(19ZDYF0738);高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室科技发展基金资助项目(2018-重点-13)

动观测、数据采样、存储和处理,并按照《地面观测气象数据字典》数据格式输出天气现象和雨滴谱数据,工作环境温度为-40 ℃ ~ 50 ℃。两种仪器采样面积均为54 cm<sup>2</sup> (180 mm×30 mm),每分钟观测采样次,测量范围 OTT 粒径 0.062 ~ 24.5 mm、粒速 0.05 ~ 20.8 m/s, HY 粒径0.125 ~ 26 mm、粒速0.1 ~ 22 m/s, 粒径、粒速分辨率均为 32 等级,按 32×32 = 1024 个数据矩阵格式分档存储。主要采用剔除粒径>8 mm、下落末速度>15 m/s的粒子,以及粒子速度区间值与粒径区间值占比关系等方法进行数据质量控制<sup>[6,10,13-14]</sup>。

大量研究已证实雨滴谱仪器观测的可靠性以及雨强、雨水含量等参量算法的科学性,宫福久、濮江平、郑娇恒等<sup>[15-17]</sup>使用中间矩量计算谱参数,同时利用服从 Gamma 分布计算降水强度( $I$ )、总数浓度( $N_T$ )、雨水含量( $W$ )、雷达反射率因子( $Z$ )等各种降水物理参量。文中将通过粒子直径、粒子末速度、粒子数等要素计算获取天气现象仪的降水强度<sup>[11]</sup>( $I$  单位为 mm · h<sup>-1</sup>), 算法公式为

$$I=\int_0^{+\infty} N(D) \cdot \frac{1}{6} \pi \rho D^3 \cdot v(d) dD \tag{1}$$

式中, $D$  为雨滴直径, $N(D)$  单位体积雨滴数, $v(d)$  粒径的速度函数, $\rho$  液态水密度。

## 2 研究对象

依据 GB/T28592-2012 的标准<sup>[18]</sup>,将24 h降水量按 3 种类型进行分析,分别为大暴雨:24 h降雨量 ≥100 mm,暴雨:100 mm > 24 h降雨量 ≥50 mm,小到大雨:50 mm > 24 h降雨量 ≥0 mm。自动气象站是一种相对成熟的降水观测设备,许多降水分析学术研究基于此数据<sup>[19-23]</sup>,其降水强度实测值是文中对比分析的真值数据。天气现象仪观测得到降水粒子尺寸、降水粒子速度和粒子数的二维矩阵数据以 txt 和 Bufr 格式传输,经程序编码解析计算获取的降水强度或等效降水强度,是降水观测分析的雨量值。

综上,研究对象为:同一测场自动气象站和天气现象仪观测的大暴雨、暴雨、大雨、中雨和小雨 5 种类型 18 次降水过程和 3 次低温降(雪)水过程(表 1); Parsivel OTT 和 HY-P1000 两种类型 35 台天气现象仪滴谱数据;样本按不同地理环境的降水强度或等效降水强度统计,范围主要为盆地西北部成都、德阳、绵阳、广元,盆地东北部巴中、广安,盆地中部遂宁、南充,盆地南部泸州以及川西高原甘孜、阿坝等 13 个地区;解析 txt 和 Bufr 两类格式数据文件。

表 1 2018 年四川地区部分降水过程信息

序号	影响系统(500 hPa)	降水时间	主要影响地区	降水强度
1	高原切变线	051620-051720	盆地中西部	暴雨
2	高原低槽	052020-052120	盆地西部、中东部	暴雨
3	高原切变线	062420-062520	盆地东部、川西北	大雨
4	切变线	062920-063020	盆地大部	大暴雨
5	高原低涡	070120-070220	盆地大部	大暴雨
6	高原低槽	071020-071120	盆地西北部	大暴雨
7	高原低涡和切变线	071520-071620	盆地西部、西南部,攀西	暴雨
8	台风倒槽	072520-072620	盆地东部	暴雨
9	高原切变线	072620-072720	盆地西部	大暴雨
10	低涡	080220-080320	盆地南部,攀西	暴雨
11	高原切变线	081620-081720	盆地南部	大雨
12	切变线	082120-082220	盆地大部	大暴雨
13	高原切变线	090220-090320	盆地西部	大暴雨
14	高原切变线	100120-100220	盆地南部、川西高原	大雨
15	高原低槽	100620-100720	盆地大部	中雨
16	高原低槽	110520-110620	盆地东部	中雨
17	高原低槽	110620-110720	盆地东部、川西高原	中雨
18	高原低槽	111720-111820	盆地中东部	小雨
19	高原低槽	122320-122420	盆地南部	中雨
20	高原低槽	122720-122820	盆地大部	中雨
21	高原低槽	122820-122920	盆地中东部	小雨

3 滴谱数据分析

3.1 大暴雨降水资料分析

2018年7月8日20时至12日08时,受高原低槽天气系统影响,四川盆地西北部出现区域性的暴雨到大暴雨降水过程,该区域31站,23站暴雨、17站大暴雨,此次暴雨天气过程持续时间长、降雨强度大,通过分析连续5日降水变化,最强时段出现在7月10日,有2个自动气象站最大日雨量(7月10日彭州232.9、

7月10日青川225.0)创历史最大日雨量记录<sup>[22]</sup>。  
表2为2018年7月10日20时至7月11日20时该区域9个站的自动气象站(A)和天气现象仪(B)累积降水量。样本数216个,其中178个样本有值,其余样本值为0 mm。分析可以得到OTT(4/4)、HY(5/5)与自动气象站测值相关系数都在0.8以上,通过了置信度为99%的显著性检验,说明两类仪器对“大暴雨”降水天气现象的观测较好,同时也验证了基于雨滴谱数据计算获取降水强度算法的正确性。但OTT(4/4)、HY(3/5)24累积降水量77.8%绝对偏差(>5 mm)和相对偏差(>5%)都较大。

表2 2018年7月10日20时-11日20时大暴雨盆地西北部降水信息

站点	A/mm	B/mm	绝对偏差/mm	相对偏差/%	相关系数 <i>r</i>
彭州◇	253.3	173.90	-79.4	-31.34	0.9927
新都◇	203.2	138.40	-64.8	-31.89	0.9901
青川◇	137.8	74.40	-63.4	-46.00	0.9649
剑阁◇	143	70.52	-72.48	-50.69	0.8102
广汉△	302.9	216.20	-86.7	-28.62	0.9593
绵竹△	216.0	206.6	-9.4	-4.35	0.8008
绵阳△	171.4	175.2	3.8	0.02	0.9502
安县△	133.9	132.9	-1	-0.01	0.8328
北川△	162.4	137.74	-24.67	-15.18	0.9993

注:绝对偏差=B值-A值,相对偏差=绝对偏差÷A值<sup>[23]</sup>;站点标注◇为OTT传感器,站点标注△为HY传感器,下文同。

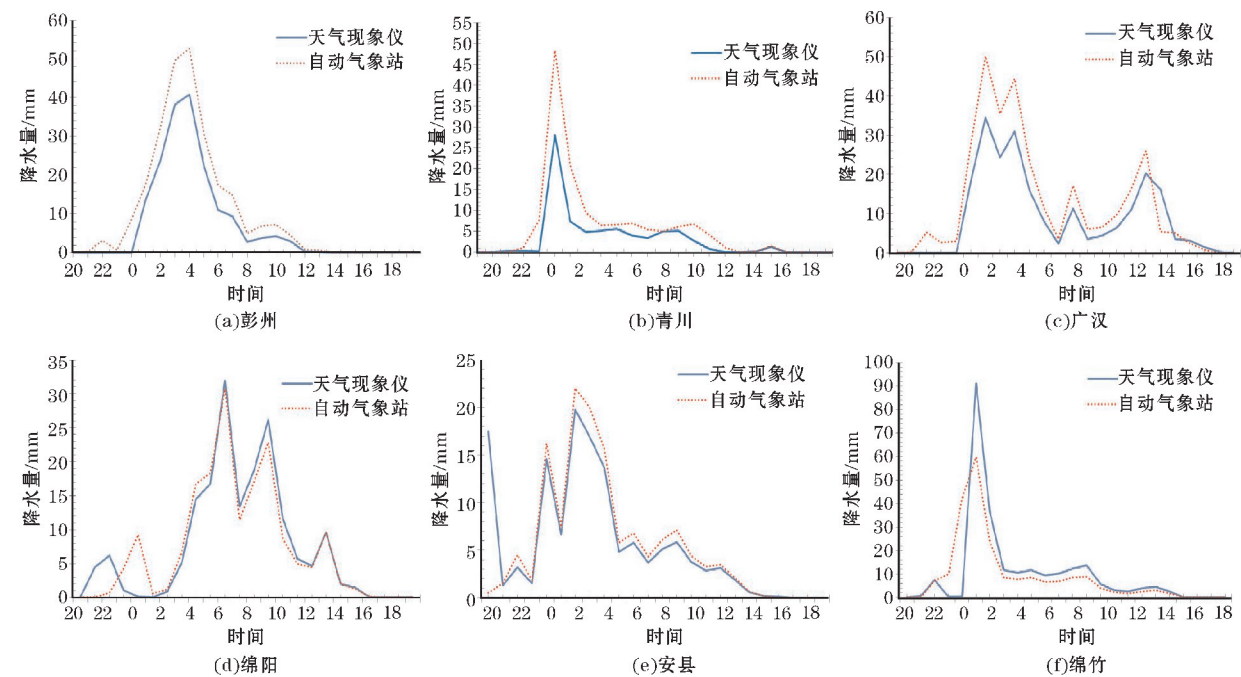


图1 2018年7月10日自动气象站与天气现象仪雨量测值对比

表2中2站OTT、4站HY,在图1上均表现出降水时间点、降水强度时间点、日最大降水强度、过程持续时间以及变化趋势都较吻合。分析HY传感器图1(d)、(e),其日雨量为171.4 mm和133.9 mm,相

对偏差却在1%以下,说明雨滴密集的大暴雨降水导致激光防护片被雨水污染的可能性较小。从图1(a)、(c)、(d)、(e)可以看出,稳定持续性降水,自动气象站和天气现象仪的降水量相关性更好。分析上述9站的

雨滴谱图,粒径主要集中在0.562~3.9 mm,粒子速度集中在1.8~8.4 m/s,有少量粒径大于6 mm的粒子,其速度一般在8~12 m/s,粒子中有部分可能是雨滴叠加大滴效应,或相互遮挡、或雨滴飞溅以及大风影响雨滴变形<sup>[8,17]</sup>所致,而这种碰并大滴或变形雨滴,经数据质量控制也很难从正常雨滴中分离出来,观测的粒径、粒速失真,因此降水量偏差较大。

分析 OTT 传感器图 1(b) 自动气象站与天气现象仪降水强度变化趋势一致性不明显,通过对该站 2018 年 6 月 24 日 20 时至 6 月 25 日 20 时、2018 年 6 月 30 日 08 时至 7 月 1 日 08 时、2018 年 7 月 10 日 20 点至 11 日 20 点不同量级 3 次降水过程分析,降水量偏差依然较大,初步判断该仪器本身有问题,需校准。

3.2 暴雨降水资料分析

表 3 统计分析了 7 个站的 6 次降水过程,中江 17 个、德阳 8 个、绵竹 8 个、广元 19 个、纳溪 6 个、剑阁 9 个、苍溪 9 个样本有值,其余样本值为 0 mm。表 2 中 OTT (2/3)、HY(4/4)与自动气象站测值相关系数都在0.9以上,通过了置信度为99%的显著性检验,说明两类仪器对“暴雨”降水天气现象的观测也较好,但 OTT(3/3)、HY (3/4)累积降水量85.7%绝对偏差和相对偏差都较大。同 3.1 的分析,上述 7 站的雨滴谱图,粒径主要集中在 0.312~2.75 mm,粒子速度集中在1.9~6.8 m/s,有个别粒径大于6 mm,其速度一般在8~12 m/s。

表 3 2018 年暴雨部分地区降水信息

站点	降水过程时间	A/ mm	B/mm	绝对偏差/mm	相对偏差/%	相关系数 <i>r</i>
中江△	071100–071200	95.7	74.4	–21.3	–22.25	0.9409
德阳△	071008–071108	94.4	156	61.6	65.25	0.9952
绵竹△	052008–052108	87.3	131.9	44.6	51.09	0.9984
广元◇	071100–071200	75.1	51.2	–23.9	–31.82	0.9971
纳溪△	081708–081808	62	60.4	–1.6	–2.58	0.9990
剑阁◇	071508–071608	59	43.7	–15.3	–25.93	0.9848
苍溪◇	062908–063008	56.5	27.3	–29.2	–51.68	0.6826

3.3 小到大雨降水资料分析

表 4 统计分析了大雨、中雨、小雨各 3 次降水过程,9 个站 129 个样本有值,其余样本值为 0 mm。OTT (5/5)、HY(4/4)与自动气象站测值相关系数都在0.95以上,通过了置信度为99%的显著性检验。可以得出,天气现象仪与自动气象站在降水时间点、最大降水强度

时间点、过程持续时间以及变化趋势的观测都高度吻合,“大雨、中雨、小雨”降水现象观测可靠性较好,但相对偏差依然较大,也存在 3.1 中的大滴效应或雨滴变形的可能性,这种可能性在大雨及以下量级降水过程表现并不明显。分析上述 9 站的雨滴谱图,粒径主要集中在 0.562~3.5 mm,粒子速度集中在1.2~6.8 m/s,有极个别粒径大于6 mm,其速度一般在10 m/s以上。

表 4 2018 年小到大雨部分地区降水信息

站点	降水过程时间	A/ mm	B/mm	绝对偏差/mm	相对偏差/%	相关系数 <i>r</i>
古蔺◇	081608–081708	43.7	37.0	–6.7	–15.33	0.9990
旺苍◇	051620–051720	33.6	21.3	–12.3	–36.61	0.9712
遂宁△	051620–051720	28	23.5	–4.5	–16.07	0.9978
广安◇	110508–110608	13.3	11.2	–2.1	–15.79	0.9807
乐山◇	122708–122808	11.8	11.4	–0.4	–0.03	0.9887
金川◇	110608–110708	10.6	9.3	–1.3	–0.12	0.9957
纳溪△	112308–112408	9.6	6.5	–3.1	–32.3	0.9961
盐亭△	122708–122808	9	8.1	–0.9	–0.10	0.9614
江安△	122308–112408	7.8	5.0	–2.8	–35.89	0.9467

3.4 低温降水过程谱数据分析

低温环境下的自然降水过程,简化为日最低温度<2℃的雨、雪或雨夹雪三种形态。表 5 呈现了 6 站 3 次低温降水过程,剔除固态降水(降雪)时间段等效降

水强度样本值,有值样本数分别为:射洪 21 个、三台 21 个、平昌 19 个、松潘 5 个、炉霍 12 个、德格 11 个。可以看出,低温降水过程一些站相对偏差出现异常的可能性较大,存在暴雨、大雨等降水量相关性较好的站,而低温降水量或等效降水量相关性变差的现象。



表 5 2018 年低温降水部分站点温度和降水信息

站点	降水过程时间	平均温度/最低温度/℃	A/mm	B/mm	绝对偏差/mm	相对偏差/%	相关系数 $r$
射洪△	122820-122920	1.12/0.4	9.2	14.59	5.39	58.6	0.3415
三台△	122808-122908	0.25/-0.6	2.1	5.6	3.5	166.7	0.1700
平昌◇	122808-122908	2.32/0.6	1.4	2.5	1.1	78.6	0.2154
松潘◇	111714-111814	-4.24/-10.8	1.6	0.66	-0.94	-58.8	0.9236
炉霍◇	110608-110708	4.72/0	2.9	6.2	3.3	113.8	0.8059
德格◇	110608-110708	3.2/-0.5	2.8	4.3	1.5	53.6	0.8960

图 2 是表 5 中三台、平昌 2019 年 12 月 28 日 08 时-29 日 08 时雨滴谱图,雨滴谱数据经质量控制,图 2(a)三台 HY 传感器,粒径 $0.437 \sim 6 \text{ mm}$ ,大部分粒子速度却只有 $0.85 \sim 3.4 \text{ m/s}$ (橘黄色和浅蓝色区域),少数粒子速度在 $3.4 \sim 6.8 \text{ m/s}$ (蓝色区域)。图 2(b)平昌 OTT 传感器,粒径 $0.187 \sim 6 \text{ mm}$ ,大部分粒子速度在 $1.0 \sim 3.4 \text{ m/s}$ (浅蓝色区域),少数粒子在 $3.4 \sim 6.0 \text{ m/s}$ (蓝色区域),个别粒子速度 $>6.0 \text{ m/s}$ 。粒径、粒速的特征值和分布区域,与前文各量级降水过程雨滴谱图中粒径、粒速的分布区域不相符,也和有关研究不吻合<sup>[9]</sup>,因此可以初步说明低温降水过程存在固态降水(降雪)的可能性较大,其等效降水强度与自动站测值相关性降低是显然的。

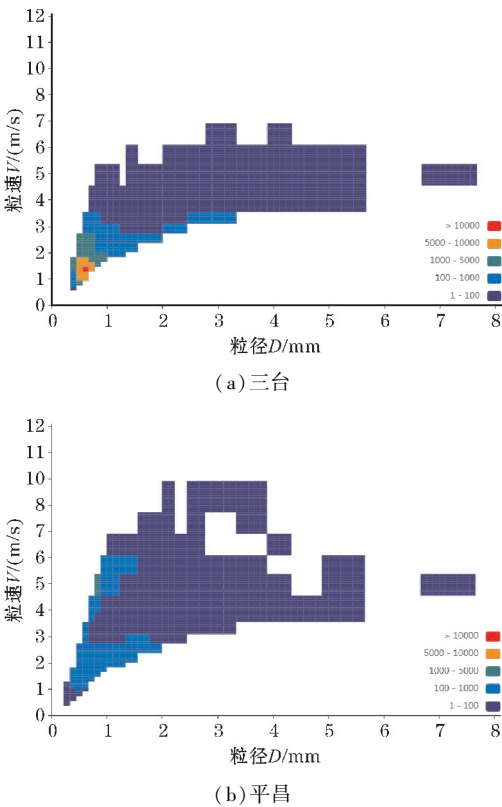


图 2 2018 年 12 月 28 日 08 时-29 日 08 时雨滴谱图

统计上述两站  $32 \times 32$  矩阵未经质量控制的分钟粒子数,三台 12 月 28 日 11:00-23:00,粒径 $>8 \text{ mm}$ 的粒子数 17 个,分别为 8.5、9.5、11、13 档;平昌 12 月 28 日 23:00-23:50,粒径 $>8 \text{ mm}$ 的粒子数 156 个,分别为 8.5、9.5、11、13、15、17 档;自然降水粒径大于上述各

档尺度的雨滴难得见到<sup>[11]</sup>。检索 CIMISS 要素得到三台、平昌 12 月 29 日 00 时积雪深度分别为 2 cm 和 1 cm,这与两站粒径 $>8 \text{ mm}$ 大粒子出现的时间点十分吻合,这些粒子经质量控制被剔除,结合前文两站粒径、粒速的分布区域,分析可能仍有雪花之类的较大粒子遮挡部分光束,因粒子不够大被当作雨滴计算,出现有值等效降水强度,故偏差大。

图 3(a)、(b)分别为三台和平昌粒径时间谱,图 4(a)、(b)分别为三台和平昌的粒速时间谱,表达了粒子随时间的变化,可以看出两站在积雪深度有值时刻(图中画圈位置),表现出大粒径、小粒速的特性,粒径足够大或者末速度足够小的粒子按算法被剔除,不够大的粒子却很难从正常雨滴中分离出来,这种粒子严重影响了等效降水强度计算的准确性,出现绝对偏差较大、相对偏差异常,也佐证前段文字的分析,因此我们认为此类降水过程基于雨滴谱数据计算的降水量不可信。

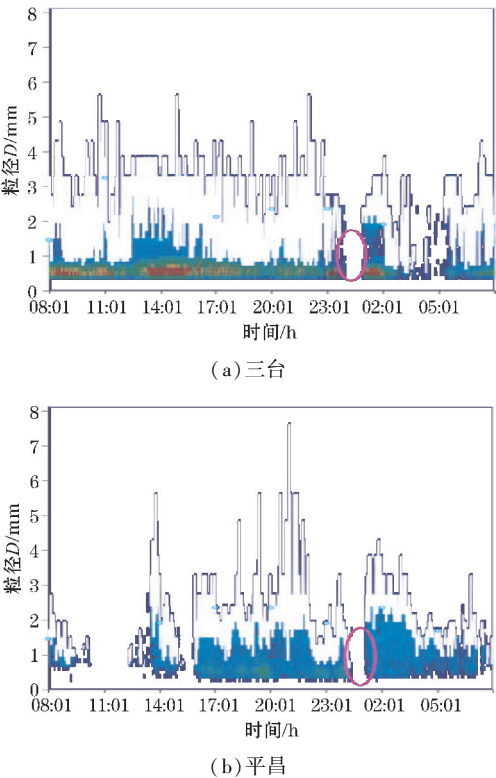


图 3 2018 年 12 月 28 日 08 时-29 日 08 时粒径时间谱

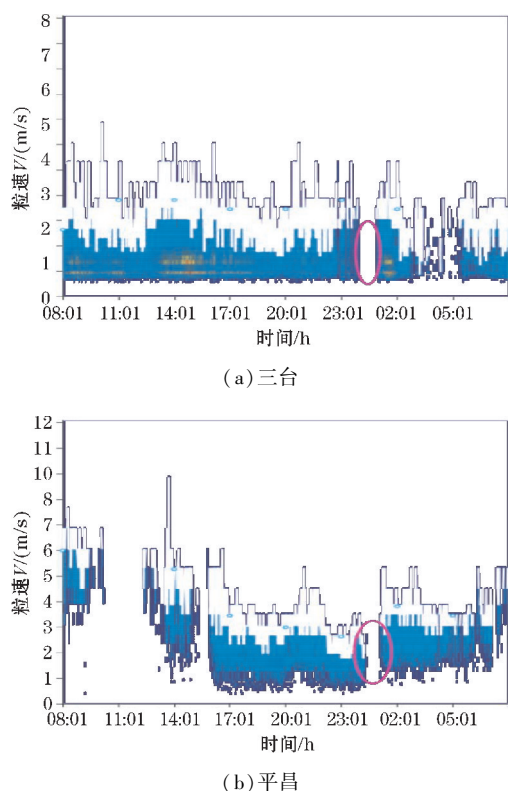


图4 2018年12月28日08时-29日08时粒速时间谱

## 4 结束语

针对2018年四川出现的19次降水天气过程,利用川西高原和四川盆地13个地区35台天气现象仪谱数据,分析了大暴雨、暴雨、小到大雨以及低温过程的降水观测,得到以下结论。

(1)大暴雨、暴雨降水过程,OTT和HY两类天气现象仪与自动气象站测值相关系数都在0.8以上,通过了置信度为99%的显著性检验,说明“大暴雨、暴雨”降水类型的天气现象观测是可行的,但81.8%绝对偏差和相对偏差都较大,表现出降水量级越大,绝对偏差越大,降水观测的准确性越差,且有个别时间点存在粒径、粒速观测失真的情况。

(2)小雨到大雨降水过程,OTT和HY两类天气现象仪与自动气象站测值相关系数都在0.95以上,通过了置信度为99%的显著性检验,绝对偏差也较小,表现出降水时间点、降水强度时间点、日最大降水强度、过程持续时间以及变化趋势的观测都十分吻合,说明“大雨、中雨、小雨”降水类型的天气现象观测是可靠的,但过程降水量相对偏差依然较大。

(3)低温降水过程,当温度低于2℃时,一些站过程降水量相对偏差出现异常,数据经质量控制,仍然有大粒径、小粒速粒子存在,很难从正常雨滴中分离出来,这种粒子严重影响了等效降水强度计算的准确性,

其降水过程伴有降雪的可能性较大,基于滴谱数据计算获取的此类型降水量或等效降水量不可信。

致谢:感谢成都市科技专项基金项目(2018-ZM01-00038-SN)对本文的资助

## 参考文献:

- [1] 中国气象局 GB/T 35237-2017 地面气象观测规范天气现象[S].
- [2] 中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,2003.
- [3] 马舒庆,吴可军,陈冬冬,等.天气现象自动化观测系统设计[J].气象,2011,37(9):1166-1172.
- [4] 方海涛,张世国,汪玮,等.降水类天气现象仪检测实验室设计与实现[J].电子测量技术,2018,41(19):22-27.
- [5] 吴亚昊,周筠珺,刘黎平.雨滴谱的变化对降水估计的影响[J].成都信息工程学院学报,2015,30(1):88-95.
- [6] 栾天,郭学良,张天航,等.不同降水强度对PM2.5的清除作用及影响因素[J].应用气象学报,2019,(3):279-291.
- [7] 赵震,雷恒池,陈渭民.两种不同雨滴谱分布的分析[J].南京气象学院学报,2005,28(1):138-143.
- [8] 李慧,银燕,单云鹏,等.黄山层状云和对流云降水不同高度的雨滴谱统计特征分析[J].大气科学,2018,42(2):268-280.
- [9] 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.
- [10] 杨宁,张晋,刘钧.雨滴谱式降水现象仪降水类型判定算法优化探究[J].气象科技进展,2018,8(6):89-94.
- [11] 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.
- [12] 李淘,阮征,葛润生,等.激光雨滴谱仪测速误差对雨滴谱分布的影响[J].应用气象学报,2016,(1):25-34.
- [13] BaoJun Chen, Jun Wang, Dianli Gong Raindrop Size Distribution in a Midlatitude Continental Squall Line Measured by Thies Optical Disdrometers over East China[J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology. 55, 620-634, doi: 10.1175/JAMC-D-15-0127.1.

- [14] Baojun Chen,Zhiqun Hu,Liping Liu,et al. Raindrop Size Distribution Measurements at 4,500 m on the Tibetan Plateau During TIPEX-III a[J]. Journal of Geophysical Research:Atmospheres. 2017.
- [15] 宫福久,刘吉成,李子华. 三类降水云雨滴谱特征研究[J]. 大气科学,1997,21(5):607-614.
- [16] 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.
- [17] 郑娇恒,陈宝君. 雨滴谱分布函数的选择:M-P 和 Gamma 分布的对比研究[J]. 气象科学, 2007,27(1):17-25.
- [18] 中国国家标准化管理委员会,GB/T28592-2012 降水量等级[S].
- [19] 张宁,江志红,吴立广. 江苏省自动站与基础站降水观测资料质量分析[J]. 南京气象学院学报,2010,33(5):606-614.
- [20] 连志鸾. 自动站与人工站观测记录的差异分析[J]. 气象,2005,31(3):48-52.
- [21] 柳臣中,周筠珺,谷娟,. 成都地区雨滴谱特征[J]. 应用气象学报,2015,26(1):112-121.
- [22] 四川省气候中心. 四川省气候专题分析[R].
- [23] 胡子浩,濮江平,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.

## Analysis of Precipitation Observation of Weather Phenomenon Instrument

LIU Ping<sup>1,2</sup>, WANG Lei<sup>3</sup>, QI Shengxiu<sup>3</sup>, GUO Xiaomei<sup>1</sup>

(1. Weather Modification Office of Sichuan Province, Chengdu 610072, China; 2. Key Laboratory for Cloud Physics of China Meteorological Administration, Beijing 100081, China; 3. Heavy Rain and Drought-Flood Disasters in Plateau and Basin Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610072, China)

**Abstract:** Based on the drop spectrum data of 35 precipitation weather phenomenon instrument in 13 regions of Sichuan Basin and Western Sichuan Plateau, the analysis of precipitation observation of weather phenomenon instrument is according to the 21 precipitation weather processes in Sichuan of 2018. The results show that the correlation coefficient between the rainstorm or heavy rainstorm precipitation calculated by using the drop spectrum data of the weather phenomenon instrument and the correlation is high because the measured value of the ground automatic station is above 0.8. It has passed the significance test with a confidence of 99%, so it is feasible to observe rainstorm weather phenomenon, however, the absolute and relative errors of 81.8% precipitation are relatively large. And the correlation coefficient between the light rain or heavy rain precipitation calculated by using the drop spectrum data of the weather phenomenon instrument and the measured value of the ground automatic station is above 0.95, so the absolute errors is relatively small. The precipitation time, precipitation intensity time, maximum daily precipitation intensity, process duration and change trend are in good agreement with the observation. The observation of weather phenomenon instrument of heavy rain and light rain is reliable, but the relative deviation is still large. At the same time, for the low temperature precipitation process (temperature < 2 °C), the relative deviation of precipitation in some stations is abnormal. After data quality control, there are still particles with large size and low velocity, which are difficult to be separated from normal raindrops. Such precipitation process is likely to be accompanied by snowfall. Therefore, the precipitation or equivalent precipitation of this type obtained through drop spectrum data cannot be trusted.

**Keywords:** precipitation observation; weather phenomenon instrument; spectrum data; correlation