

冯慧,李松奎,樊锦涛,等.雨滴谱式降水现象仪现场校准方法研究[J].陕西气象,2022(6):76-78.

文章编号:1006-4354(2022)06-0076-03

雨滴谱式降水现象仪现场校准方法研究

冯 慧^{1,2},李松奎³,樊锦涛¹,鲁物婷¹,李秀琳¹,徐颂捷¹

(1. 陕西省大气探测技术保障中心,西安 710014;

2. 陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室,西安 710016;

3. 中国气象局气象探测中心,北京 100081)

摘要:目前,陕西省99个国家级地面气象观测站全部完成了雨滴谱式降水现象仪的布设,提高了地面气象观测的自动化水平,在使用中也强调要进行性能检测,但还没有形成规范的校准方法和校准业务。为完善降水现象仪的计量业务,确保观测数据准确性,本文提出了一种现场校准方法:以降水模拟标准装置为测量标准,采用不同尺寸的圆形不透光遮挡物模拟降水粒子,用转盘的匀速转动模拟降水下落末速度,4个标准降水粒子分别配合4个标称速度依次进行重复测量,根据降水现象仪对模拟降水粒子直径、速度的示值误差判定其准确性。

关键词:雨滴谱仪;降水现象仪;校准方法;降水模拟标准装置

中图分类号:P414.95

文献标识码:A

降水现象仪是地面气象观测主要设备之一^[1],根据自动采集的数据,可输出雨、毛毛雨、雪、雨夹雪、冰雹等多种降水类型。陕西省11个市(区)共99个国家级地面气象观测站均已配备雨滴谱式降水现象仪^[2-7]。在城市建设、水利、机场等部门也广泛使用雨滴谱式降水现象仪。由于雨滴谱式降水现象仪在使用中受安装精度、透镜老化、外界抖动干扰等各种因素的影响,常常影响观测的准确性。目前,针对雨滴谱式降水现象仪的计量需求,还没有形成规范的校准方法和校准业务。在实验研究的基础上,本文提出一种现场校准方法,以推进雨滴谱式降水现象仪的计量业务,确保观测数据准确可靠。

1 雨滴谱式降水现象仪

1.1 工作原理

雨滴谱式降水现象仪主要由雨滴谱传感器、数据采集器及其外围设备和软件构成,其中雨滴

谱传感器包括激光发射器、激光接收器和处理单元^[8-9]。它可以全天候自动捕获大气中降落的雨、雨夹雪、雪、冰雹等水凝物,因水凝物物理特性的差异,在粒子直径和下落末速度的分布上有各自对应关系。根据降水粒子对激光信号的衰减影响程度,检测降水粒子的粒径和下落末速度,确定降水粒子的图谱分布,判定并输出降水现象类型。雨滴谱式降水现象仪既可作为单独的传感器挂在自动气象站或综合观测系统中,又可配备采集器作为观测仪独立使用。

1.2 计量特性

雨滴谱式降水现象仪计量特性见表1,技术指标不用于合格性判别,仅供参考。

表1 雨滴谱式降水现象仪计量特性

计量特性	技术指标
降水粒子直径示值误差	±0.4 mm
降水粒子速度示值误差	±0.2 m/s

收稿日期:2021-06-17

作者简介:冯慧(1986—),女,汉族,河北衡水人,硕士,工程师,从事大气探测与计量检定研究。

通信作者:李松奎(1989—),男,汉族,安徽宿州人,硕士,工程师,从事大气探测与计量检定研究。

基金项目:陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室开放基金课题(2020Y-3)

2 降水模拟标准装置

2.1 降水模拟标准装置工作原理

测量标准采用降水模拟标准装置,在匀速转动的透明转盘上粘贴不同尺寸的圆形不透光遮挡物,采用步进电机驱动转盘匀速转动,穿过被校降水现象仪的激光检测区。利用不同尺寸的遮挡物模拟不同尺寸的降水粒子,不透光遮挡物中心处转盘的线速度即为该模拟粒子下落的末速度。主要技术指标如下:粒子直径范围为 2.1~21 mm,直径误差 ± 0.06 mm;粒子速度范围为 0.6~16 m/s,速度误差 ± 0.03 m/s。

2.2 降水模拟标准装置安装方法

将降水模拟标准装置放入降水现象仪收发光路中间,调节标准装置高度,确保降水现象仪的激光束处在降水粒子模拟单元透光孔的中心位置,并连接好通信线和电源线。降水模拟标准装置开始测试前,必须保证转盘的洁净。如果转盘表面划伤,请及时更换。

2.3 降水模拟标准装置溯源

降水粒子直径用游标卡尺来测量,并对游标卡尺进行溯源;速度用转速表来测量,并对转速表进行溯源。

3 校准项目和校准点的选择

3.1 降水粒子直径

校准点的选择:根据雨滴谱图,模拟降水粒子直径结合速度需覆盖雨、毛毛雨、雪、雨夹雪、冰雹等降水现象,并使其落在可明显区分降水类型的区域。降水粒子标准直径一般选择包含降水现象仪下限、上限和中间点在内的 4 个点进行测量。降水粒子标准直径校准点:2.4、4.3、9.5、21 mm,每个标准直径应配合 4 个降水粒子标称速度(2.0、3.4、7.0、12.0 m/s)分别进行测量。

降水粒子直径的校准:采用降水模拟标准装置模拟特定大小的粒子下落,对选取的不同降水粒子直径进行校准,选取 1 种标称速度对直径进行 10 次重复测量,取 10 次测量平均值作为校准结果。按相同方法,在其他 3 种速度下对粒径进行测量。

降水粒子直径示值误差数据处理见公式(1)。

$$\Delta d = d - d_s, \quad (1)$$

式(1)中, Δd 为各校准点直径示值误差,单位为 mm; d 为各校准点直径平均值,单位为 mm; d_s 为各校准点直径标准值,单位为 mm。

3.2 降水粒子速度

校准点的选择和测量方法与 3.1 相同,在测量降水粒子直径的同时得出降水粒子速度。降水粒子速度示值误差数据处理见公式(2)。

$$\Delta v = v - v_s, \quad (2)$$

式(2)中, Δv 为各校准点速度示值误差,单位为 m/s; v 为各校准点速度平均值,单位为 m/s; v_s 为各校准点速度标准值,单位为 m/s。

4 应用实例

为了验证本方法的可行性,选取 3 种型号的降水现象仪各 1 台进行试验,分别为 A、B、C 型。为方便降水现象仪校准点对应的直径和速度的记录,校准点和序号的对应关系如表 2 所示。

表 2 校准点与序号对应关系

序号	校准点	
	直径/mm	粒子速度/(m/s)
1	2.38	1.99
2	2.38	3.39
3	2.38	6.99
4	2.38	11.98
5	4.29	1.99
6	4.29	3.39
7	4.29	6.99
8	4.29	11.98
9	9.47	1.99
10	9.47	3.39
11	9.47	6.99
12	9.47	11.98
13	20.93	1.99
14	20.93	3.39
15	20.93	6.99
16	20.93	11.98

测量结果如下:A 型降水现象仪降水粒子直径示值误差最大值为 0.20 mm,最小值为 0.18 mm;B 型降水现象仪的最大值为 0.21 mm,最小值为

0.19 mm; C型降水现象仪的最大值为0.26 mm, 最小值为0.25 mm。3台降水现象仪降水粒子直径示值误差对比如图1所示, 可以看出, A型降水现象仪降水粒子直径示值误差偏小, C型降水现象仪降水粒子直径示值误差最大。

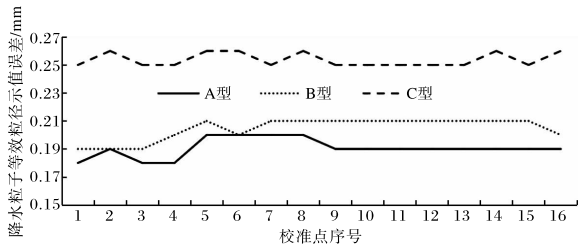


图1 3台降水现象仪降水粒子直径示值误差对比

A型降水现象仪的降水粒子速度示值误差最大值为0.05 m/s, 最小值为0.02 m/s; B型降水现象仪的最大值为0.08 m/s, 最小值为0.04 m/s; C型降水现象仪的为0.15 m/s, 最小值为0.09 m/s。3台降水现象仪降水粒子速度示值误差对比如图2所示, 可以看出, A型降水现象仪降水粒子速度示值误差偏小, C型降水现象仪降水粒子速度示值误差最大。

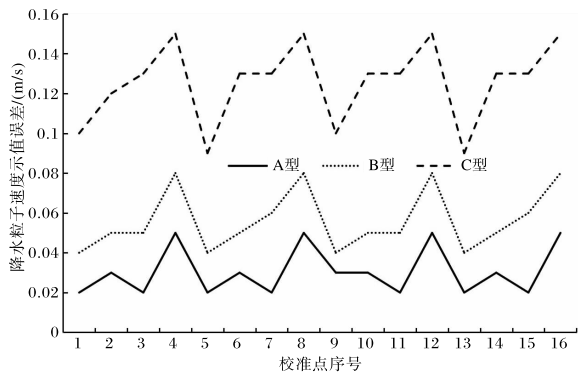


图2 3台降水现象仪降水粒子速度示值误差对比

5 结语

研究表明, 用降水模拟标准装置选取4个降水粒子分别配合4个标称速度依次进行10次测量, 分别得出被校降水现象仪2个校准项目的误差, 作为仪器准确性的识别依据是可行的。此标准装置应用简便、快捷、准确, 输出结果可信, 可以作为降水现象仪的计量业务校准方法之一, 可在业务中推广使用。

参考文献:

- [1] 曾英, 张红娟, 邓芳莲, 等. 陕西降水现象仪与人工观测资料对比评估[J]. 陕西气象, 2020(3): 54-57.
- [2] 李继辉. 浅谈降水现象仪在气象中的应用[J]. 石河子科技, 2017(6): 35-36.
- [3] 刘红燕. 滴谱仪器的设计与雨滴谱资料的分析[D]. 北京: 中国科学院, 2006.
- [4] 杜波, 马舒庆, 梁明珠, 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.
- [5] 杜波, 马舒庆, 刘达新, 等. 雨滴谱降水现象仪综合测试系统设计[J]. 气象科技, 2018, 46(1): 56-63.
- [6] 张广超, 马尚昌, 张素娟. 降水现象仪模拟软件设计与实现[J]. 成都信息工程大学学报, 2016, 31(6): 588-591.
- [7] 崔讲学, 柯怡明, 杨志彪. 地面气象观测[M]. 北京: 气象出版社, 2011.
- [8] 余博嵩, 计博严, 苏睿. DSG4型降水现象仪故障检修方法[J]. 陕西气象, 2019(4): 49-52.
- [9] 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(4): 603-607.