

文章编号: 1006-4354 (2013) 02-0027-03

称重式降水传感器观测数据对比分析

陈 征, 龙亚星, 张 和

(陕西省大气探测技术保障中心, 西安 710014)

摘 要: 通过对 2012-08-31—09-02 西安一次强降水过程的降水量进行自动化连续观测和数据采集, 采用数理统计的方法, 以双翻斗降水传感器为参照, 对无锡、华云、天津生产的三种称重式降水传感器捕获到的降水开始时间、结束时间、分钟及小时累计降水量等数据进行统计与分析。结果表明: 三种称重式降水传感器的最大测量误差均达到技术规格要求; 由于设备差异, 四种降水传感器在第一次及最后一次捕获到降水的时间上存在约 10 min 时间先后差异。指出各传感器在采集数据的完整性与准确性等方面的差异, 为称重式降水传感器的应用与选型提供参考。

关键词: 称重; 降水传感器; 数据准确性; 标准差

中图分类号: P415.12

文献标识码: B

降水观测是地面气象观测的主要项目之一, 它为气象防灾减灾、天气预报、气候分析和大气科学研究提供了重要的基础资料。目前, 液态降水观测技术成熟且自动化程度高, 而 82% 的固态降水是通过人工观测测得, 观测自动化程度低^[1]。称重式降水传感器的研发与生产为固态及混合性降水的自动化观测提供了条件。2012 年 4 月, 陕西省大气探测技术保障中心组织将无锡、天津、华云三家公司生产的三种称重式降水传感器(无锡(DSC1, 以下简称 WX)、天津(DSC3, 以下简称 TJ)、华云(DSC2, 以下简称 HY))同常规双翻斗雨量传感器(以下简称 SL3-1)进行对比观测, 以为称重式降水传感器在省内的布局建设进行技术储备。

1 工作原理和实验条件

1.1 工作原理

根据《固态降水传感器功能规格需求书》要求, 称重式降水传感器承水器口高度为 150 cm, 承水器口径为 200 mm; 分辨率为 0.1 mm; 最大测量误差 ± 0.4 mm (≤ 10 mm), $\pm 4\%$ (> 10 mm)。WX、TJ、HY 在前三个方面均与 SL3-1

一致, 符合要求, 而最大测量误差有待检验。

HY 采集单元工作原理: 载荷元件基于振弦技术, 以弦丝为弹性部件, 根据其拉力与振动频率的对应关系, 通过相应的测量电路处理得到质量, 并经过处理单元的算法运算处理得到分钟和累计降水量。

WX 与 TJ 的采集单元工作原理一致, 载荷元件基于电阻应变技术, 敏感梁在外力作用下产生弹性变形, 使粘贴在它表面的电阻应变片也随同产生变形, 电阻应变片变形后其阻值发生变化, 再经过相应的测量电路把这一电阻变化转换为电信号处理得到质量, 最后经过处理单元的算法处理得到分钟降水量和累计降水量。

SL3-1 的工作原理^[2]: 当计量翻斗承受的降水量达到 0.1 mm 时, 计量翻斗把降水倾倒在计数翻斗, 使计数翻斗翻转一次, 此时与计数翻斗相关的磁钢就对翻斗上的干簧管扫描一次。干簧管因磁化而瞬间闭合一次, 就送出去一个开关信号, 采集器因此自动采集到 0.1 mm 降水。

1.2 实验条件

WX、TJ、HY 均通过 GPRS 无线方式将数

收稿日期: 2012-09-07

作者简介: 陈征 (1967—), 男, 上海市人, 汉族, 学士, 工程师, 主要从事气象探测技术保障、计划财务及科研开发管理工作。

据传输至中心站,中心站与授时服务器进行自动对时,以保证探测数据对应时间的一致性。SL3-1通过有线方式接入DYYZII型采集器,采集器时间与中心站时差在3 s以内。数据对应的观测时钟采用北京时(yyyyMMddhhmmss)。气象资料采用2012-08-31—09-02时段内四种降水传感器的降水量观测资料。该时段内降水类型为液态降水,降水强度为大雨到暴雨。

2 数据统计与分析

2.1 降水开始/结束时间

对降水数据文件进行解析,得到各降水传感器首次捕获到降水的时间(分钟降水量)和最后一次捕获到降水的时间(分钟降水量)(见表1)。

表1 各降水传感器捕获降水开始、结束时间和分钟降水量

仪器型号	开始时间	分钟降水量/mm	结束时间	分钟降水量/mm
HY	01:20	0.1	01:20	0.1
TJ	01:23	0.1	01:15	0.1
WX	01:29	0.1	01:16	0.1
SL3-1	01:22	0.2	01:13	0.1

可以发现,TJ、WX捕获到降水的开始时

$$\bar{R}_i = \frac{1}{4} (R_{HYi} + R_{TJi} + R_{WXi} + R_{SL3-1i}), (i=1, 2, \dots, 51)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{4} [(R_{HYi} - \bar{R}_i)^2 + (R_{TJi} - \bar{R}_i)^2 + (R_{WXi} - \bar{R}_i)^2 + (R_{SL3-1i} - \bar{R}_i)^2]}, (i=1, 2, \dots, 51)$$

其中, R_{HYi} 、 R_{TJi} 、 R_{WXi} 、 R_{SL3-1i} 分别表示在2012-08-31T00:00:00—09-02T03:00:00时间范围内各传感器捕获到的第*i*组小时降水量, \bar{R}_i 、 S_i 分别为第*i*组数据的降水量平均值及标准差,共51组。各组的小时降水量的平均值 \bar{R}_i 及标准差 S_i 如图1所示。

51组数据中,标准差在0.15 mm以内的数据为42组,占总组数的82.4%;标准差在0.2 mm以内的数据为46组,占总组数的90.2%。这一现象表明:四种降水传感器捕获的小时降水

间晚于SL3-1,TJ、WX、HY捕获到降水的结束时间均晚于SL3-1。导致这一现象的原因是,TJ、WX在首次捕获到降水质量增加后,将结合温度、风等环境因素对质量增加情况进行连续观察,以判断其是否为偶然干扰,这一数据质量控制方法和过程引起降水量数据被写入数据文件的时间比降水实际发生的时间延迟(约10 min)。

HY捕获到的降水开始时间早于SL3-1。SL3-1第一次捕获到的降水量为0.2 mm,可能是由于降水开始时,SL3-1的承水器V型内壁吸附有部分水滴,而当水滴形成小的水流时,降水汇集在漏斗并瞬间流入上翻斗,导致1分钟内计数漏斗连续翻转两次,从而记录下0.2 mm的分钟降水量,并造成SL3-1捕获到的降水开始时间延迟。

因此,降水实际发生时间,应以HY捕获到的时间为准;降水实际结束时间,则以SL3-1捕获到的时间为准。

2.2 小时降水量

以2012-08-31T00:00:00—09-02T03:00:00为时间范围,以各正点四种传感器捕获到的小时降水量数据作为一组,计算这组数据的平均值、标准差^[2]。计算方法为

量有较好的数据一致性。

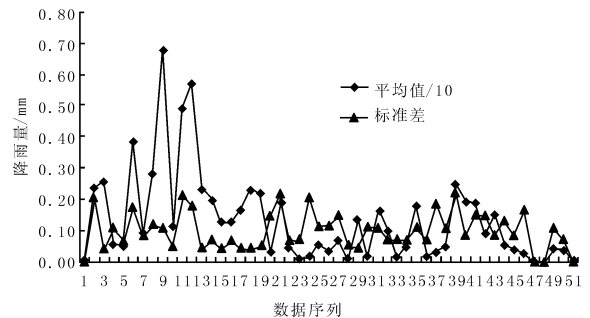


图1 四种传感器小时降水量平均值及标准差

2.3 3、6、12 小时累计降水量

与 2.2 中的时间范围及数理统计方法相同, 分别对 3 小时、6 小时及 12 小时累计降水量数据进行分组, 并计算各组数据的平均值、标准差以及标准差与平均值的比值。图 2 显示了 3 小时累计降水量平均值、标准差及标准差与平均值的比值。

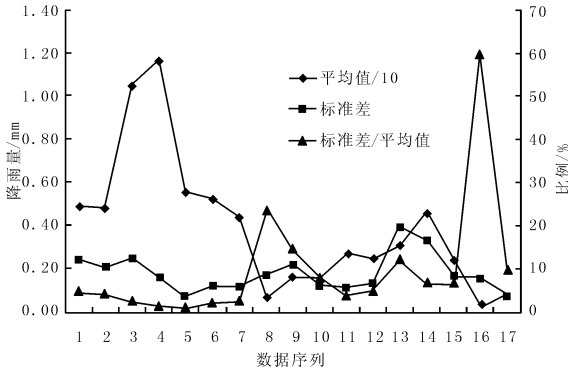


图 2 四种传感器 3 小时累计降水量平均值、标准差及标准差与平均值之比

对 3 小时、6 小时及 12 小时累计降水量数据进行统计分析发现, 一般情况下, 各组观测数据的标准差大小与实际降水量大小 (以平均值为准) 存在反比关系, 即实际降水量越大时, 各传感器捕获到的降水量的标准差越大, 反之越小。同时, 实际降水量越大时, 标准差与平均值的比值越小, 说明实际降水量越大时, 各传感器对于降水采集的准确性越高。

3 相关分析

3.1 数据的完整性

HY 分钟降水量数据不完整, 只存储有 5 分钟降水量数据, 小时降水量数据完整。TJ 分钟、小时降水量数据完整。WX 分钟、小时降水量数据完整, 并有分钟、小时数据质量控制标识。SL3-1 分钟、小时数据完整性好。

3.2 数据的准确性

四种传感器在 2012 年 8 月 31 日 20:00 的小时降水量最大相差 0.4 mm, 21:00 最大相差 0.5 mm。导致这一现象的原因是各传感器在灵敏性、数据质量控制算法等方面存在差异。

在 2012-08-31T00:00:00—09-02T03:00:00 这一时间范围内, 各传感器捕获的总降水量 1) HY 为 67.8 mm; 2) TJ 为 65.3mm; 3) WX 为 71.0 mm; 4) SL3-1: 66.9 mm。降水量平均值为 67.8 mm, 标准差为 2.1 mm, 标准差/平均值 $\approx 3.1\%$ 。

三种称重式降水传感器测得的过程总降水量均大于 SL3-1, 这与预期一致, 原因是: 1) 称重式降水传感器将降水质量换算成雨量时没有剔除杂物 (如降尘、蚊虫等) 的影响; 2) 称重式降水传感器的挡风设施可以减少水平方向上的风场对于降水捕获的影响, 提高降水捕获率。

4 小结

4.1 四种降水传感器实测降水量数据的一致性与降水强度及连续性有关, 降水强度越大且过程连续时, 数据一致性越好, 降水强度越小且过程不连续时, 数据一致性越差。

4.2 降水量小于 10 mm 时, 各传感器捕获到的降水量数据的标准差的平均值为 0.1 mm, 最大为 0.2 mm; 降水量大于 10 mm 时, 各传感器捕获到的降水量数据的标准差与平均值的比值均小于 4%。因此, 四种降水传感器的最大测量误差均满足 ± 0.4 mm (≤ 10 mm), $\pm 4\%$ (> 10 mm) 的功能规格需求。

参考文献:

- [1] 世界气象组织. 各国家自动气象站中固态降水测量仪器和方法 (WMO/TDNo. 1544) [R]. 日内瓦, 2010.
- [2] 盛骤, 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 121-128.