

两种遥测雨量器降水观测数据对比分析研究

黄 炜¹, 王聪聪¹, 王勇成²

(1. 江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210029;

2. 江苏省水文水资源勘测局徐州分局, 江苏 徐州 221000)

摘要: 选取运河水文站 2015 年 5 月至 2017 年 12 月的降水量观测数据开展称重式雨量器和翻斗式雨量器两种仪器的比测分析, 主要对比研究内容包括逐日降水量、累积降水量、不同雨强下降水量以及降水天数等方面, 并对两种仪器降水量观测值的相关性及误差产生原因进行分析。结果表明两种仪器之间降水量观测值差异性较小, 可以互为备份, 并且称重式雨量器具有可测得各种形态降水、抗干扰能力较强等特点, 可解决水文站固态降水仍需人工观测的问题。

关键词: 称重式雨量器; 翻斗式雨量器; 降水量; 观测

中图分类号: TV131.66 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2019) 02-0015-06

Comparative analysis of precipitation observation data of two telemetry rain gauges

HUANG Wei¹, WANG Congcong¹, WANG Yongcheng²

(1. Jiangsu Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Nanjing 210029, Jiangsu;

2. Xuzhou Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Xuzhou 221006, Jiangsu)

Abstract: The rainfall observation data of Canal Hydrological Station from May 2015 to December 2017 was selected to carry out comparative analysis of weighing rain gauge and dump rain gauge. The main contents of comparative study included daily precipitation, cumulative precipitation, rainfall with different rainfall intensities and precipitation days, etc. The correlation between rainfall observation values of the two instruments and the causes of errors were analyzed. The results showed that the difference of precipitation observation between the two instruments was small and could be backed up each other. The weighing rain gauge had the characteristics of measuring precipitation in various forms and strong anti-jamming ability, through which could solve the problem of artificial observation of solid precipitation in hydrological stations.

Key words: weighing rain gauge; dump rain gauge; precipitation; observation

1 概述

降水量观测是水文要素观测的重要组成部分, 由于降水观测受地面温度、风速、地形等影响, 要想准确观测是非常困难的。目前应用较广泛的降水量观测仪器有人工观测雨量器、虹吸式雨量计、

翻斗式雨量器以及称重式雨量器等。由于各种降水量观测仪器工作原理不尽相同, 导致观测得到的降水量也有较大差异^[1]。江苏省目前除部分基准站仍保留虹吸式雨量计外, 基本都采用翻斗式遥测雨量器开展降水量观测。但由于翻斗式遥测雨量器在对固态降水量观测中的天然缺陷, 导致

收稿日期: 2018-07-05

基金项目: 江苏省水利科技项目 (2015020)

作者简介: 黄炜 (1981—), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事水文测验及站网管理工作。

江苏省部分测站在 12 月 ~ 次年 3 月间的固态降水仍需采用人工观测, 制约了全省水文测报方式改革及降水量观测 100% 自动化的推进进程。称重式雨量器是利用电子秤称出容器内的降水重量, 然后转化为降水量, 可实现固态、液态和混合性降水等的全相态降水量自动化观测^[2]。国内在 20 世纪 90 年代就开始了称重式雨量器的相关研究^[3], 部分学者也对称重式雨量器和翻斗式遥测雨量器降水观测数据的一致性、观测误差产生原因等方面开展了一系列研究, 但是对不同仪器间降水观测资料的对比分析研究相对较少^[4-6]。本文以运河水文站上翻斗式遥测雨量器与称重式雨量器采集的降水量观测数据为基础, 从逐日、逐月降水量、累积降水量、不同雨强下降水量以及降水天数等多个方面对两种仪器的观测数据开展对比分析, 研究不同观测方式下采集降水量的影响规律, 分析两者之间的差异和相关性, 并对可能引起的误差原因进行初步分析, 以期对称重式雨量器在江苏省投入正常业务化使用提供科学依据。

2 研究区域与数据来源

2.1 研究区域

运河水文站位于江苏省邳州市运河镇前索家村, 东经 117° 56", 北纬 34° 20", 是沂沭泗流域中运河上的国家重要水文站。该站主要测验项目有: 水位、流量、降水、蒸发、泥沙、水质等。运河水文站所在地邳州境内雨量较充沛, 降水有 3 个特点: 一是降雨量年际变化较大; 二是降雨量月际分布不均, 悬殊大; 三是日雨强度大, 雨量极值高, 蒸发年际变化较大。该站 1951 年以来有连续的雨量观测资料, 1951 ~ 2016 年多年平均降雨量 878.4 mm, 最大年降雨发生在 1974 年, 年降雨 1386.2 mm, 最小年降雨发生在 1999 年, 年降雨量 519.7 mm。1975 ~ 2016 年数据中, 年最大蒸发量 1068.8 mm 发生在

1981 年, 年最小蒸发量 739.2 mm 发生在 2008 年, 多年平均蒸发量 891.4 mm。

运河水文站降水量目前采用遥测雨量器数据进行资料整编, 固态降雨采用人工观测数据整编。2015 年, 江苏省水文水资源勘测局在运河水文站安装了称重式雨量器开展试点研究, 并于当年 5 月开始试运行, 至今已累积近 3 年观测资料。

2.2 测验设备

运河水文站采用的是 Pluvio 2 称重式雨量器, 其基本原理是利用电子秤称出容器内收集的降水重量, 然后换算为降雨量。因此, 不论是液态还是固态的降水均可立即被测量, 没有翻斗式雨量器在时间上的延迟。由于降水汇集入储水器会因蒸发作用而损伤, 蒸发损失量可占全年降水量的 1% ~ 4%。Pluvio2 采用无间断自动监测, 可只记录由降水引起的数据增加量, 不记录由蒸发等引起的数据损失量, 因此可以减少蒸发对数据采集的影响程度^[7]。

运河水文站采用的遥测雨量器为翻斗式雨量器 (JDZ02 型), 其采集雨量信息的过程是: 雨量由截面积为 314.16 cm² 的承水器汇集, 通过滴嘴及其下端的引流管注入翻斗, 当翻斗承接的水量达到仪器感量 (0.2 mm) 时, 翻斗翻倒, 另一半翻斗开始接纳汇集雨水。计数翻斗中部装有 1 块小磁钢, 磁钢上端有干簧管, 当计数翻斗翻动时, 磁钢对干簧管扫描, 使干簧管接点因磁化而瞬间闭合 1 次, 送出 1 个电路导通脉冲, 即 0.2 mm 降雨量, 存入固态存储器中。

相比翻斗式雨量器, Pluvio2 称重式雨量器的原理更加接近于传统的雨量器, 只是传统雨量器通过测量体积换算降水量, 称重式雨雪量器通过测量质量换算降水量。Pluvio 2 称重式雨量器采样量程 750 mm, 降水强度测量范围 0.1 ~ 30 mm/min, 分辨率 0.01 mm, 精度可以达到 0.1 mm。两种仪器技术指标对比详见表 1。

表 1 两种雨量器基本原理和技术指标对比表

项目	称重式雨量器	翻斗式雨量器
基本原理	密封式沉重传感器	翻斗式传感器
适用降雨类型	固体、液体、混合态	液体
采样量程 (mm)	750	
降水强度测量范围 (mm/min)	0.1 ~ 30.0	0.01 ~ 4.0
分辨率 (mm)	0.1	0.2
精度 (mm)	± 0.1	± 0.2

2.3 观测资料

运河水文站于2015年初安装了称重式雨量器,经过前期调试于当年4月开始进行对比观测,至今已累计了近3年的观测数据。本文数据选用的是2015年5月至2017年12月期间翻斗式遥测雨量器和称重式雨量器2份观测数据。由于两种测验手段的工作设备距离较近,可以近视看作客观测条件相同。对个别明显不符的数据和因仪器故障导致数据突跳的降雨数据进行剔除后,共有253组有效对比降水数据,其中9组固态降水,244组液态降水。

3 对比分析

3.1 逐日、逐月降雨量对比分析

选择3年内共253组日降水数据进行对比分析,其中称重式与翻斗式绝对误差为正的有82 d,为负的有159 d,为零的有12 d,正负次数比1:1.9。称重式有数据,翻斗式无数据的天数有13 d,均为雨量0.1 mm的微雨。相对误差在5%以内的有85次,占总数的37.4%,最大绝对误差为4.4 mm,发生在2017年8月,分析其原因可能为该时段有强降雨过程。

选择3年内共32组月降水数据进行对比分析,结果表明称重式与翻斗式雨量器观测的降水量月统计值之差为正值的有12次,主要集中在2015年;负值的16次,绝对误差最大值为-6.8 mm;两者相同的有4次,各年逐月降雨量相对误差分别在-10.31%~9.05%之间。

图1、图2分别为运河水文站逐日降水量差值分布图和两种仪器各年逐月降水量对比图。可以看出,称重式雨量器逐日、逐月降水量观测数据与

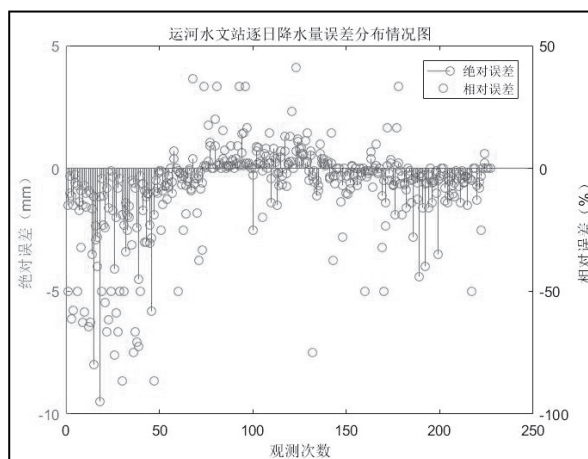


图1 运河水文站逐日降水量误差分布情况图

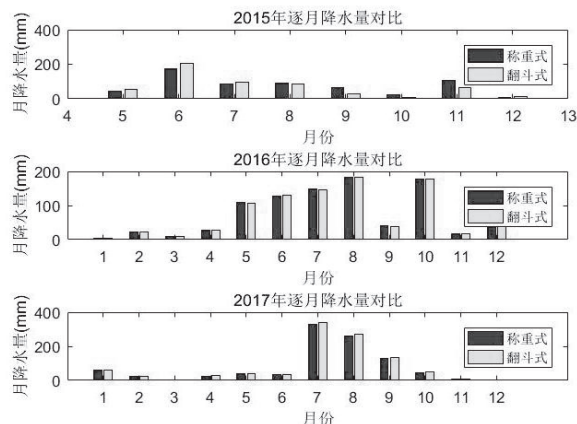


图2 两种仪器观测的各年逐月降水量对比图

翻斗式雨量器逐日、逐月降水量观测数据相比整体偏小。经分析,称重式雨量器相对于翻斗式雨量器平均月降水量偏少0.61 mm,平均日降水量偏少0.38 mm。

3.2 不同降雨级别的对比分析

按降水量等级对比不同降水强度下降水观测值进行分析,其中24 h降水量10~25 mm为中雨,24 h降水量25~50 mm为大雨,24 h降水量50~100 mm为暴雨,当日降水量超过130 mm和小于等于0.2 mm的数据未参与,统计分析结果如表1所示。从表1可以看出,降雨量大于50~100 mm的降水天数共有4 d,其中称重式雨量器与翻斗式雨量器差值百分率在-11.40%~2.74%之间,差值有正有负,并且差值较大,说明在大雨时称重式雨量器精度有所下降。降雨量大于25~50 mm的降水天数共有14 d,其中称重式雨量器与翻斗式雨量器差值百分率在-11.36%~0.2%之间,差值除2016年5月2日为正外,其余均为负,说明在大雨强度下称重式雨量器观测值相对于翻斗式雨量器观测值偏小。降雨量大于10~25 mm的降水天数共有115 d,其中称重雨量与遥测翻斗差值百分率在-19.23%~-0.44%之间,差值均为负,说明在中雨强度下称重式雨量器观测值相对于翻斗式雨量器观测值整体偏小。

按月降水强度分布统计两种仪器在不同雨强下的差值分布情况,详见图3。由图3可知,月降水强度大小与两种仪器相对误差呈反比趋势。

3.3 降雨天数统计对比分析

2015~2017年降雨天数统计见表2。称重式雨量器总降水天数为253 d,其中2015年(5~12月)为75 d,2016年96 d,2017年82 d;遥测雨量器总降水天数244 d,其中2015年(5~12月)为

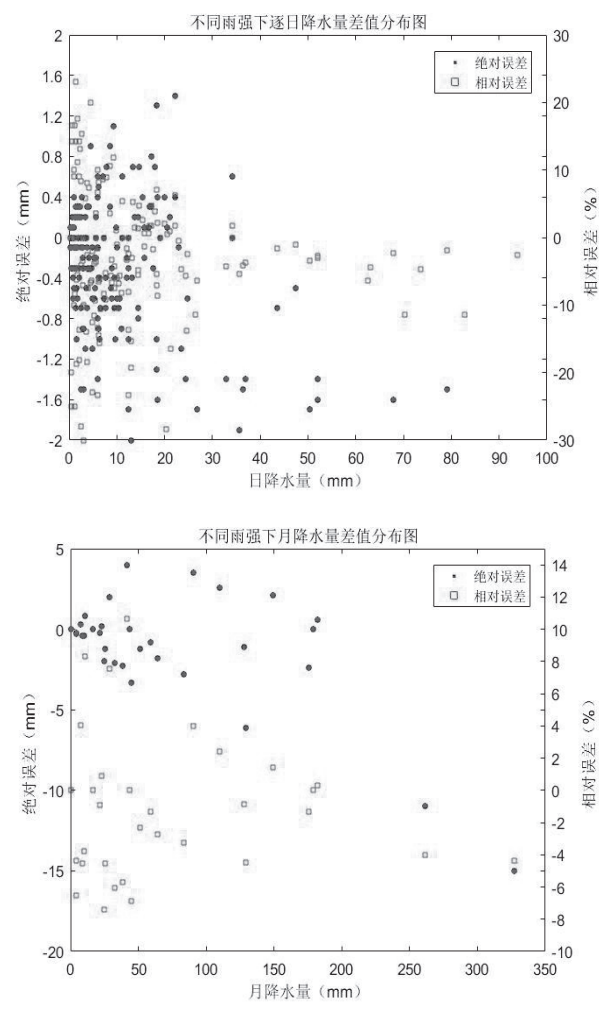


图 3 不同雨强下的两种仪器降水量观测差值分布

表 2 降雨天数统计分析表

月份	2015		2016		2017	
	遥测 (d)	称重 (d)	遥测 (d)	称重 (d)	遥测 (d)	称重 (d)
1	—	—	4	4	8	9
2	—	—	3	5	5	5
3	—	—	2	3	3	2
4	—	—	8	9	6	7
5	8	9	9	9	6	6
6	13	12	8	8	5	8
7	13	14	11	11	10	10
8	13	13	11	11	13	13
9	4	4	9	10	12	9
10	5	5	14	14	7	7
11	13	14	6	6	3	4
12	4	4	6	6	2	2
小计	73	75	91	96	80	82

73 d, 2016 年 91 d, 2017 年 80 d。从表 2 中可以看出称重式雨量器在降雨天数统计上偏多,这主要是由于降雪或降雨量较小时,称重式雨量器由于分辨率高,更能够感应雨量,进而统计为降雨。从数据上也可以看出,多出的降水天数的降水量均为 0.1 mm。

3.4 累计降水量对比分析

按年度对两种观测设备累计降水量进行对比分析,并按固态降水和液态降水两种类型进行分类,比较结果详见表 4,其中 2015 年只统计了 5 ~ 12 月的数据。由表 4 中可以看出,称重式雨量计在观测固态降水时与人工观测差异较小,可以取代人工观测固态降水方法,并且由于其具有的自动、连续观测能力,可显著减少工作量,提高观测精度。

4 误差原因分析

综合上述分析,称重式雨量器和翻斗式雨量器在使用过程中存在一定误差,主要表现在整体观测误差偏小,其主要原因初步分析如下:

(1) 分辨率不同。受仪器分辨率影响,当降水量小于 0.2 mm 时,达不到翻斗式雨量器的分辨力,导致其日、月降水量及降水日数偏少。而称重式雨量器由于分辨率达 0.1 mm,造成在降水量较小时 (< 0.2 mm) 统计的降水日数偏多。

表 3 不同雨强下降雨天数对比表

年度	全年降水天数（d）		小于 1mm 天数（d）		大于 10mm 天数（d）	
	遥测	称重	遥测	称重	遥测	称重
2015	73	75	13	26	19	19
2016	91	96	24	28	29	30
2017	80	82	23	25	23	21

表 4 累积降水量对比表

年度	固态降水（mm）			液态降水（mm）			全相态降水（mm）		
	人工	称重	相对误差	遥测	称重	相对误差	遥测	称重	相对误差
2015	34.9	35.1	-0.57%	634.8	562.8	11.30%	669.7	597.9	10.72%
2016	7.2	7.2	0	908.8	901.1	0.84%	916.0	908.3	0.85%
2017	24.3	24.4	-0.41%	970.0	925.6	4.57%	994.3	950.0	4.45%

（2）外界环境影响。由于称重式传感器十分灵敏，当有风灌入雨量器器口时，会对仪器产生压力，使传感器误以为真实降水便开始记录，从而造成个别数据突兀。另外在强降水情况下，降雨下落产生的动量也会产生称重的干扰，造成在强降雨时称重式雨量器数值偏大，本次研究中就剔除了部分明显突跳数据。

（3）蒸发损失和湿润损失。降水的蒸发损失取决于蒸发时间内的气温以及雨量器器口的风速和饱和差，进而影响称重重量的变化。

（4）降雨强度影响。小雨或间歇性降雨时，翻斗可能出现内存水却不翻转的情况，之后由于外界原因使其在降水停止后翻转计量，造成滞后雨量；在强降雨时，翻斗由于降水冲击力和惯性作用导致翻斗翻动速度加快，雨量偏大；夏季高温，翻斗式雨量传感器不锈钢外桶存在蒸发问题导致偏差，而称重式雨量器受蒸发影响较小。

5 两种雨量器逐日降水量相关分析

利用两种仪器逐日降水量数据开展全相态降水量和固态降水量相关性分析，如图 4 和图 5 所示。由图可见，数据基本呈直线分布，表明两种仪器具有较好的相关性，其中固态降水相关系数为 0.9979，全相态降水相关系数为 0.9959。结果表明，两种仪器具有较好的相关性，在实际工作中两者观测值差异性较小。

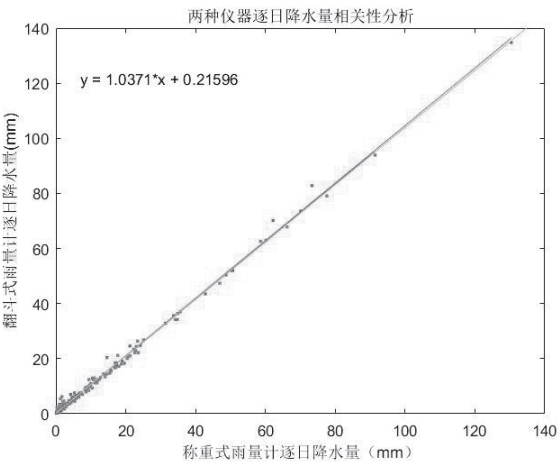


图 4 两种仪器逐日降水量相关性分析

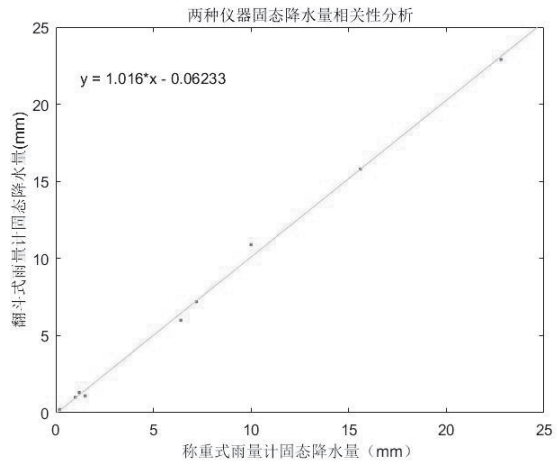


图 5 两种仪器固态降水量相关性分析

