

赣西地区称重式雨雪量计比测分析

周晋, 黄敏, 谢皓, 刘卫根, 黄斌, 涂强, 刘环球, 谢文鑫

赣江下游水文水资源监测中心, 江西 宜春

收稿日期: 2022年9月14日; 录用日期: 2022年10月21日; 发布日期: 2022年10月28日

摘要

通过EWPG1500型称重式雨雪量计与同一观测场内人工雨量计、数字自记雨量计的观测数据对比, 来分析研究其运行性能。重点以人工雨量计观测数据作为真实值建立相关关系分析数据相关性、以称重雨量计与人工雨量计观测数据的误差值是否满足许可误差来分析数据合格率、以人工模拟降雨进行不同雨强的注水实验来分析仪器精度等方面进行比测分析, 结果表明, EWPG1500型称重式雨雪量计与人工雨量计、数字自记雨量计仪器观测数据的相关性较好, 但相较人工日雨量观测合格率略低。

关键词

称重式雨量计, 注水试验, 误差分析, 相关性

Trial Run Research and Analyses of an Automatic Weighing Rain Gauge at Hydrometric Station in West Jiangxi Area

Jin Zhou, Min Huang, Hao Xie, Weigen Liu, Bin Huang, Qiang Tu, Huanqiu Liu, Wenxin Xie

Hydrology and Water Resources Monitoring Center of Lower Ganjiang River, Yichun Jiangxi

Received: Sep. 14th, 2022; accepted: Oct. 21st, 2022; published: Oct. 28th, 2022

Abstract

In this paper, the operation performance of EWPG1500 automatic weighing rain gauge was analyzed by comparing its observation dates with those of manual observation and digital rain gauge. Research priorities included correlation and qualified rate analysis of EWPG1500 automatic weighing rain gauge by regarding manual observation dates as true value. The instrument precision was analyzed by water injection test, which simulated different rainfall intensity. The results show that the EWPG1500 auto-

作者简介: 周晋, 男, 江西抚州人, 1990年4月出生, 大学本科, 四级主任科员, 从事水文监测、资料整编、分析工作。Email: 837881596@qq.com

matic weighing rain gauge had a good correlation with the observation data of other instruments, but the qualified rate was slightly lower than that of artificial daily rainfall observation.

Keywords

Weighing Rain Gauge, Water Injection Test, Error Analysis, Correlation

Copyright © 2022 by author(s) and Wuhan University.

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

降水观测是水文监测的重要项目之一，目前江西省内用于观测降水量的仪器主要有人工雨量计、数字自记雨量计、虹吸式雨量计等，缺乏对雪、雹等固态降水的监测手段。国内外监测雨雪量等固态降水运用较多的为称重式雨量计[1]，称重雨量传感器在国内应用时间不长，1992年开始有相关研究，至2009年开始陆续投入到业务应用中[2]。

本研究对同一观测场内人工雨量计、数字自记雨量计、称重式雨雪量计同步观测数据进行对比分析，将人工雨量计观测数据作为真实值，从数据的可靠性、相关性等方面，分析称重式雨雪量计设备的性能。

2. 测站概况

项目实施选址江西省新余市新余水文水资源监测大队雨量蒸发观测场，观测场位于新余水文水资源监测大队院内西北角，114°56'54"E，27°47'11"N，为12 m * 12 m的标准观测场，南面、北面均为旱地，东南面为基地办公楼，西面为运动场地，遮挡率为9.3%，监测环境较好。场内布设了JQH-1人工雨量计、JFZ-01数字自记雨量计(下称数字雨量计)、EWP1500型称重式雨雪量计(下称称重雨量计，仪器安装现场图如图1)3套降水量观测仪器。



Figure 1. Field diagram of instrument installation

图 1. 仪器安装现场图

3. 主要降水量观测设备工作原理

3.1. 称重式雨量计

称重雨量计是通过称重式降水传感器对质量变化的快速响应来测量降水量[3]。称重传感器按转换方法分为：光电式、液压式、电磁力式、电容式、磁极变形式、振动式、陀螺仪式、电阻应变式等 8 类[4]，本仪器采用的是电阻应变式。它的工作原理是：在外力作用下，载荷元件产生弹性变形，使粘贴在它表面的电阻应变片也随同变形，电阻应变片变形后，它的阻值发生变化，然后经相应的测量电路把这一电阻变化转换为电信号，进而得到重量结果，最终将重量换算为降水量[5]。本仪器口径为 20 cm，出厂率定码重量与对应的降水量关系表示自然降水为 0.1 mm 时，可获得 3.14 g 的降水，仪器采样间隔为 1 min，对实时数据进行判断和计算，分钟降水量为当前分钟桶重与上一分钟桶重的差值，根据分钟降水量数据，可进一步计算小时降水量、降水强度、五分钟降水量、累计降水量等[6]。

3.2. 数字雨量计

数字雨量计是通过计数翻斗翻转时产生的电磁信号数来测量降水量的。雨水由承水口汇集，进入上漏斗，均匀化后进入翻斗(雨量为 0.1 mm 时翻转)，在计数翻斗的中部装有一块小磁钢，当翻斗在翻转时，小磁钢对与它相对应的干簧管磁化一次，则开关闭合一次，送出一个信号，采集器就自动采集储存 0.1 mm 降水量。

4. 注水试验

根据《降水量观测规范》规定，当降水量小于等于 12.5 mm 时，允许绝对误差不超过±0.5 mm 为合格；当降水量大于 12.5 mm 时，允许相对误差不超过±4%为合格。

4.1. 称重雨雪量计注水试验

采取量筒量取各量级水量，依次注入称重雨量计中，记录仪器记录水量的方式，对仪器进行注水试验。试验成果表明，在无外在因素(空间分布、风力等)干扰的情况，称重式降水量观测值略小于或等于实际值；相对于规范要求，注水试验合格率为 100%。具体情况见表 1。

Table 1. The results of water injection test of EWPG1500 automatic weighing rain gauge

表 1. EWPG1500 型称重式雨量计注水试验记录表

序号	注入水量 A (mm)	雨量计累计记录雨量 B (mm)	绝对误差 C = B - A (mm)	$D = C^2$	相对误差 E = C/A (%)
1	0.8	0.8	0	0	0
2	2.2	2.2	0	0	0
3	10.1	10.1	0	0	0
4	15.9	15.9	0	0	0
5	17.6	17.5	-0.1	0.01	-0.6
6	20.0	19.8	-0.2	0.04	-1
7	22.7	22.7	0	0	0
8	33.0	32.8	-0.2	0.04	-0.6
9	34.4	34.4	0	0	0
10	43.1	43.0	-0.1	0.01	-0.2
11	47.0	46.6	-0.4	0.16	-0.9
12	56.6	56.4	-0.2	0.04	-0.4
13	63.7	63.4	-0.3	0.09	-0.5

4.2. 数字雨量计试验

试验方式同上, 试验结果表明数字雨量计降水量观测值略小于或等于实际值; 注水试验合格率为 100%。具体情况见表 2。

Table 2. The results of water injection test of digital rain gauge
表 2. 数字式雨量计注水试验记录表

序号	注入水量 A (mm)	雨量计累计记录雨量 B (mm)	绝对误差 C = B - A (mm)	D = C ²	相对误差 E = C/A (%)
1	0.6	0.6	0	0	0
2	1.3	1.3	0	0	0
3	6.3	6.3	0	0	0
4	9.7	9.6	-0.1	0.01	-1
5	15.3	15.3	0	0	0
6	17.7	17.7	0	0	0
7	21.6	21.6	0	0	0
8	25.9	25.7	-0.2	0.04	-0.8
9	33.5	33.5	0	0	0
10	38.4	38.2	-0.2	0.04	-0.5
11	42.7	42.6	-0.1	0.01	-0.2
12	52.9	52.6	-0.3	0.09	-0.6
13	68.5	68.3	-0.2	0.04	-0.3

5. 数据比测分析

根据各仪器观测的同步数据, 以人工观测到降雨数据为真实值, 人工雨量计记录天数为 117 d, 称重雨量计观测天数为 96 d, 数字雨量计观测天数为 105 d (因数据接收平台故障, 8 月整月数据丢失, 对应人工观测雨量天数为 8 d), 两两设备间同步率均大于 80%, 三者未同步观测雨量数据时, 人工雨量真实值均较小; 且三套观测设备位于同一观测场中, 下垫面条件一致。则认为同步观测数据满足比测条件。

5.1. 相关性分析

分别绘制两两观测数据散点图, 并求解回归方程(见图 2~图 4), 由图可知称重雨量计与人工雨量计观测的相关方程为: $Y_{\text{称重}} = 0.9713X_{\text{人工}} + 0.0688$, 相关系数为 0.9977; 数字雨量计与人工雨量计观测的相关方程为: $Y_{\text{数字}} = 0.9744X_{\text{人工}} + 0.0645$, 相关系数为 0.9993; 数字雨量计与称重雨量计观测的相关方程为: $Y_{\text{数字}} = 1.0002X_{\text{称重}} + 0.0939$, 相关系数为 0.9986; 相关线均基本上呈 45° 直线, 表明相关性较好。

5.2. 可靠性分析

称重雨量计与人工雨量计同步数据为 97 组, 合格数据为 69 组, 合格率为 71.1%; 数字雨量计与人工雨量计同步数据为 109 组, 合格数据为 97 组, 合格率为 89.0%;

日降水量大于 12.5 mm, 称重雨量计与人工雨量计同步数据为 20 组, 相对误差小于等于 4% 为 13 组, 合格率为 65.0%; 数字雨量计与人工雨量计同步数据为 23 组, 相对误差小于等于 4% 为 19 组, 合格率为 82.6%; 日降水量小于或等于 12.5 mm, 称重雨量计与人工雨量计同步数据为 77 组, 绝对误差小于或等于 0.5 mm 为 56 组, 合格率为 72.7%; 数字雨量计与人工雨量计同步数据为 86 组, 绝对误差小于或等于 0.5 mm 为 78 组, 合格

率为 90.7%。

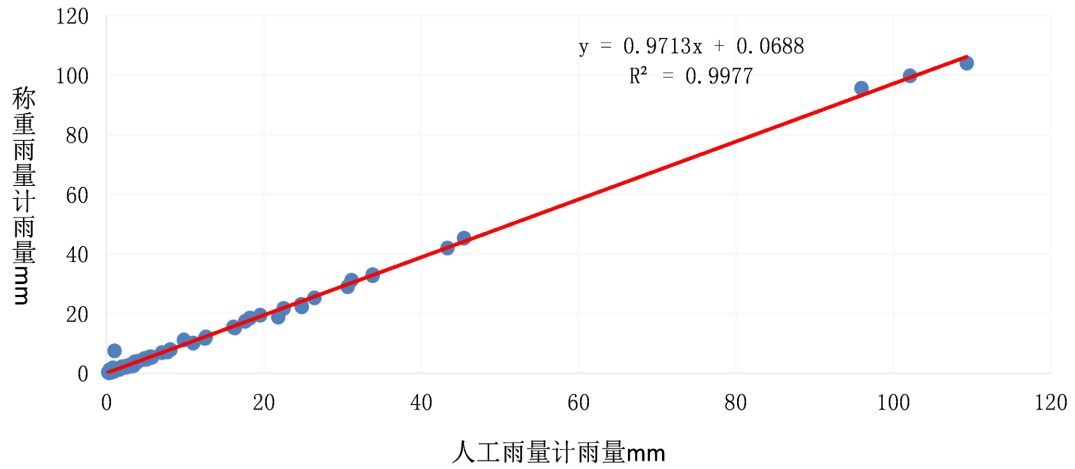


Figure 2. The correlogram of rainfall observed by automatic weighing rain gauge and manual observation
图 2. 称重雨量计与人工雨量计相关图

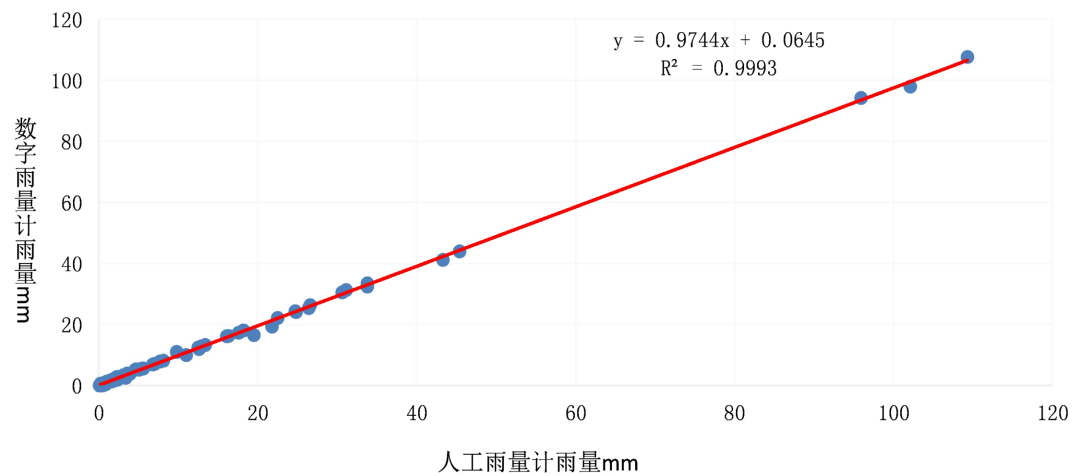


Figure 3. The correlogram of rainfall observed by digital rain gauge and manual observation
图 3. 数字雨量计与人工雨量计相关图

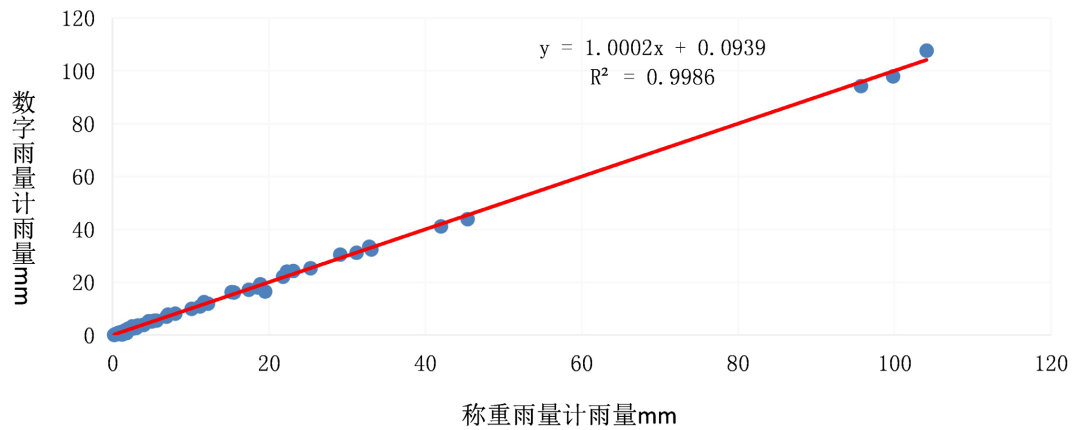


Figure 4. The correlogram of rainfall observed by digital rain gauge and automatic weighing rain gauge
图 4. 数字雨量计与称重雨量计相关图

6. 误差原因分析

1) 各仪器虽位于同一观测场,但仍存在空间上雨量分布不均、风力及热辐射等影响造成的误差(各仪器雨量观测值均存在差异)。

2) 人工雨量计为人工观测,难免会造成在排水、注水等方面存在人为误差(出现仅人工雨量计有 0.1 mm 等极小雨量值的情况)。

3) 称重雨量计承雨口无滤网,无法避免杂物飘进收集桶内,计算降水日量存在偶然误差(如 6 月 6 日及 6 月 22 日,人工雨量计及数字自记雨量计均未观测到雨量数据,现场查看发现桶内有树叶、小飞虫)。

7. 结论与建议

现代化科技发展的今天,自动化设备取代人工设备是必然趋势,降水量观测亦然。从上述分析来看,EWPG1500 型称重式雨雪量计在注水试验时,仪器精度较高;实际运行过程中,与人工雨量计、数字自记雨量计仪器观测数据的相关性也较好;但受风力、热辐射、异物等影响较大,以致日雨量观测合格率较低。本文的对比分析仅作为一种参考,为设备的应用提供数据支持。

参考文献

- [1] 赵彦增,王冬至,罗清元. 翻斗称重式雨雪量监测方法研究与设计[J]. 水文, 2020, 40(2): 62-65.
ZHAO Yanzeng, WANG Dongzhi and LUO Qingyuan. How to monitor rainfall and snowfall by tipping bucket and weighting. Journal of Hydrology, 2020, 40(2): 62-65. (in Chinese)
- [2] 倾鹏程,蔡成满,吴卓宣. 称重雨量计与双翻斗雨量计的对比分析[J]. 广东气象, 2018, 40(2): 69-72.
QING Pengcheng, CAI Chengman and WU Zhuoxuan. Contrastive analysis of automatic weighing rain gauge and tipping bucket rain gauge. Journal of Guangdong Meteorological, 2018, 40(2): 69-72. (in Chinese)
- [3] 巩宏亚,谢万军,马良,等. 浅谈称重式降水传感器[J]. 甘肃科技, 2013, 29(1): 60-62.
GONG Hongya, XIE Wanjun, MA Liang, et al. Discussion on automatic weighing rain gauge. Journal of Gansu Science and Technology, 2013, 29(1): 60-62. (in Chinese)
- [4] 刘冬冬,王海龙,马晓璐. DSC1 型称重式降水传感器工作原理及维护维修[J]. 山东气象, 2014, 34(3): 83-86.
LIU Dongdong, WANG Hailong and MA Xiaolu. The operating principle and maintenance of DSC1 automatic weighing rain gauge. Journal of Shandong Meteorology, 2014, 34(3): 83-86. (in Chinese)
- [5] 卢勇,卢会国,蒋娟萍,等. 称重雨量数据处理卡尔曼滤波应用[J]. 气象科技, 2017, 45(4): 590-595.
LU Yong, LU Huiguo, JIANG Juanping, et al. Application of Kalman filter in processing weighing rain data. Journal of Meteorological Science and Technology, 2017, 45(4): 590-595. (in Chinese)
- [6] 亿水泰科(北京)信息技术有限公司. WPG1500 型称重式雨雪量计用户手册[Z]. 2020.
Yishui Taike (Beijing) Information Technology Co., LTD. User's manual of EWPG1500 automatic weighing rain gauge. 2020. (in Chinese)