

一体化型雨雪量计在不同降水条件下的比测分析

冀立强¹, 张玉江¹, 张子森²

(1. 淄博市水文中心, 山东 淄博 255000; 2. 济南市水文中心, 山东 济南 250000)

【摘要】 文章对 2023 年 7 月至 2024 年 6 月马尚水文站 ZL-YX2020 一体化型雨雪量计自计降水量数据与人工观测数据进行比测分析, 结果表明: 两种仪器降水日数比测合格率为 98.5%, 日降水量比测合格率为 95.4%, 月降水量比测合格率为 100%, 比测相关系数为 0.999 9。分析比测误差主要由风吹导致的仪器振动及异物掉落产生的数据误判等因素引起。比测结果表明: ZL-YX2020 一体化型雨雪量计仪器稳定性好, 自计降水量数据准确度高, 剔除异常数据后可将自计降水量数据应用于全年降水量的资料整编。

【关键词】 一体化型雨雪量计; 人工雨雪量计; 降水量; 比测分析

【中图分类号】 TV213.4

【文献标志码】 A

【文章编号】 1009-6159(2026)-01-0013-05

Comparative Analysis of Integrated Rain and Snow Gauge under Different Precipitation Conditions

Ji Liqiang¹, Zhang Yujia¹, Zhang Zisen²

(1. Hydrology Center of Zibo Municipality, Zibo, Shandong 255000, China;

2. Hydrology Center of Jinan Municipality, Jinan, Shandong 250000, China)

Abstract: A comparative analysis was conducted on the self-recording precipitation data from the ZL-YX2020 integrated rain and snow gauge and manual observation data at Mashang Hydrological Station from July 2023 to June 2024. The results showed that the qualification rate of the two instruments in terms of precipitation days was 98.5%, the qualification rate of daily precipitation was 95.4%, the qualification rate of monthly precipitation was 100%, and the correlation coefficient of the comparison was 0.999 9. The analysis indicated that the comparison errors were mainly caused by instrument vibration due to wind and misjudgment of data caused by falling foreign objects. The comparison results showed that the ZL-YX2020 integrated rain and snow gauge has good stability and high accuracy of self-recording precipitation data. After eliminating abnormal data, the self-recording precipitation data can be applied to the data compilation of annual precipitation.

Key words: Integrated rain and snow gauge; Artificial rain and snow gauge; Precipitation; Comparative analysis

目前, 淄博市降雨量自动监测设备采用的是 0.5 mm 分辨率的 JDZ05-1 翻斗式雨量器, 该雨量器需要与人工观测降雪相结合才能实现全年降水资料的整编。受承雨翻斗精度限制, 翻斗式雨量器自计数据往往比实际降水量要小, 在微量降水及特大暴雨的测记上也有一定的局限^[1-2]。

为实现全年降水量的自动化连续监测, 提高各类型降水量的观测精度和资料整编的一致性, 淄博市水文中心马尚水文站引进了 ZL-YX2020 一体化型雨雪量计。对 2023 年 7 月—2024 年 6 月

一个水文年内 ZL-YX2020 一体化型雨雪量计与人工雨雪量计的降水量数据开展比测分析, 检验 ZL-YX2020 一体化型雨雪量计的仪器性能和自记精度, 以期提高降水量资料的一致性和准确性。

1 数据来源及比测方法

比测数据选用马尚水文站 2023 年 7 月—2024 年 6 月一个水文年 ZL-YX2020 一体化型雨

收稿日期: 2025-10-17

作者简介: 冀立强(1990—), 男, 工程师

雪量计自记降水量数据与人工观测降水量数据,以 ZL-YX2020 一体化型雨雪量计自记数据为真值,人工观测数据为比对值进行比测分析。比测数据见表 1、表 2。

表 1 ZL-YX2020 一体化型雨雪量计自记降水量数据 mm

日期	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.8	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	3.1	0.0	0.9
3	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.9	0.0
5	0.0	13.8	0.0	0.0	20.6	0.1	0.1	0.1	0.3	0.0	0.8	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	0.0	0.0	1.2
8	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	30.5	0.0	0.0	0.0	1.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0
11	0.0	0.5	4.9	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	33.2	22.1	27.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0	2.4	0.0	6.5	1.4	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0	0.1	0.0	8.3	1.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	64.8	20.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0
21	2.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	8.1
22	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0
23	14.9	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
24	0.8	0.0	1.4	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	2.3	0.0
26	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
27	0.0	18	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	17.9	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	12.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
总量	142.2	139.2	61.0	1.1	22.4	28.4	6.3	27.8	16.7	24.3	9.7	17.3
降水日数/d	11	9	7	2	4	15	12	9	6	4	6	4
最大日量	33.2	64.8	27.5	0.8	20.6	15.2	5.0	8.3	12.5	9.2	3.5	8.1

根据《降水量观测规范》(SL 21—2015)及《山东省水文年鉴整汇编补充规定》中关于自计设备的降水量整编精度要求,比测允许误差采用以下规定:当降水量≥10 mm时,相对误差<±4%;降水量<10 mm时,绝对误差<±0.4 mm。

2 比测分析

2.1 降水日数比测分析

统计分析表 1、表 2 中降水日数数据可知,

2023 年 7 月—2024 年 6 月期间 ZL-YX2020 一体化型雨雪量计自记降水日数为 89 d,而人工观测到降水日数为 64 d,两种仪器降水日数统计差值为 25 d,降水日数一致率仅为 71.9%。对各月降水日数进行对比分析,如图 1 所示,降水日数不一致的月份为 2023 年 12 月、2024 年 1—3 月及 6 月。

由图 1 可知,降水日数相差过大的月份集中于 2023 年 12 月—2024 年 2 月,这 3 个月的降水日数差值分别为 9 d、10 d、4 d,共计 23 d。

表 2 人工雨雪量计观测降水量数据 mm

日期	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0
3	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	1.0	0.0
5	0.0	14.0	0.0	0.0	19.8	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.8	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	1.3
8	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	30.4	0.0	0.0	0.0	1.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0
11	0.0	0.5	4.5	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	32.6	23.1	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1	0.0	3.4	0.0	6.8	1.5	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	1.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	62.9	20.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0
21	3.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	7.8
22	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0
23	15.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0
24	0.9	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	2.3	0.0
26	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0
27	0.0	18.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	18.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	12.5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
总量	142.4	138.6	61.0	1.3	21.6	26.8	5.5	27.8	15.7	24.2	10.1	16.1
降水日数/d	11	9	7	2	4	6	2	5	5	4	6	3
最大日量	32.6	62.9	27.0	1.0	19.8	15.1	5.1	8.0	12.2	8.9	3.6	7.8

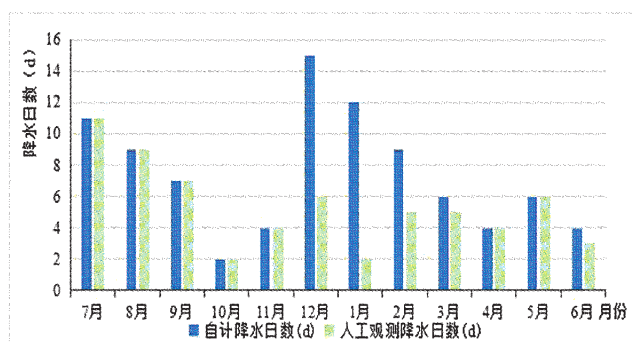


图 1 降水日数对比图

对比表 1、表 2 中的降水量数据可知,2023 年 12 月—2024 年 2 月期间内 ZL-YX2020 一体化型雨

雪量计共记录了 22 次 0.1 mm 量级的单日降水量,而人工只观测到 1 次 0.1 mm 的单日降水量。

查阅降水量观测及仪器维护记录发现,2024 年 3 月 1 日及 6 月 2 日工作人员对 ZL-YX2020 一体化型雨雪量进行了清理和维护,清洗采样桶内壁时灌入的水流被仪器判断为降水,并自动记录了 0.8 mm、0.9 mm 的分钟降水量。分析降水量观测及天气记录,认为 ZL-YX2020 一体化型雨雪量计自计的 0.1 mm 降水量为风吹导致的仪器振动或异物掉落产生的异常数据。自动监测降水量当无降水发生及降水量小于 0.1 mm 时用“0.0”

表示^③。将 22 次 0.1 mm 的异常数据及因仪器清理产生的 2 次异常数据剔除,对降水日数进行重新比测发现,ZL-YX2020 一体化型雨雪量计自记降水日数为 65 d,两种观测方法的降水日数统计差值仅为 1 d,降水日数一致率可达 98.5%。

2.2 降水量比测分析

1)日降水量比测分析。根据降水日数比测分析结果,剔除 ZL-YX2020 一体化型雨雪量计的 24 次异常单日降水量数据,并按 ≥ 10 mm 及 < 10 mm 分别对单日降水量数据进行统计,结果见表 3、表 4。

表 3 日降水量 ≥ 10 mm 比测数据一览表

日期	自记/mm	人工/mm	相对误差/%	日期	自记/mm	人工/mm	相对误差/%
07.03	14.8	14.9	-0.7	08.12	22.1	23.1	-4.3
07.10	30.5	30.4	0.3	08.19	64.8	62.9	3.0
07.12	33.2	32.6	1.8	08.27	18.0	18.0	0.0
07.23	14.9	15.2	-2.0	09.12	27.5	27.0	1.9
07.28	17.9	18.0	-0.6	09.19	20.2	20.5	-1.5
07.29	12.3	12.5	-1.6	11.05	20.6	19.8	4.0
07.30	10.9	10.5	3.8	12.14	15.2	15.1	0.7
08.05	13.8	14.0	-1.4	03.24	12.5	12.2	2.5

由表 3 可知,比测期间内共 16 组 ≥ 10 mm

表 4 日降水量 < 10 mm 比测数据一览表

日期	自记/mm	人工/mm	绝对误差/mm	日期	自记/mm	人工/mm	绝对误差/mm
07.04	3.8	4.0	-0.2	01.16	5.0	5.1	-0.1
07.21	2.8	3.1	-0.3	01.17	0.3	0.4	-0.1
07.22	0.3	0.5	-0.2	02.04	3.9	3.7	0.2
07.24	0.8	0.9	-0.1	02.14	2.4	3.4	-1.0
08.11	0.5	0.5	0.0	02.18	8.3	8.0	0.3
08.20	9.5	10.0	-0.5	02.20	8.1	7.9	0.2
08.21	0.9	0.6	0.3	02.21	4.7	4.8	-0.1
08.26	7.9	8.0	-0.1	03.05	0.3	0.4	-0.1
08.28	1.7	1.5	0.2	03.07	0.6	0.6	0.0
09.11	4.9	4.5	0.4	03.18	1.0	1.0	0.0
09.18	6.4	6.6	-0.2	03.25	1.5	1.5	0.0
09.23	0.4	0.5	-0.1	04.02	3.1	2.9	0.2
09.24	1.4	1.6	-0.2	04.14	6.5	6.8	-0.3
09.27	0.2	0.3	-0.1	04.22	9.2	8.9	0.3
10.08	0.8	1.0	-0.2	04.23	5.5	5.6	-0.1
10.29	0.3	0.3	0.0	05.04	0.9	1.0	-0.1
11.10	1.0	1.0	0.0	05.05	0.8	0.8	0.0
11.15	0.7	0.7	0.0	05.10	3.5	3.6	-0.1
11.25	0.1	0.1	0.0	05.14	1.4	1.5	-0.1
12.10	4.3	4.2	0.1	05.25	2.3	2.3	0.0
12.11	1.6	1.5	0.1	05.26	0.8	0.9	-0.1
12.13	5.4	5.2	0.2	06.07	1.2	1.3	-0.1
12.15	0.2	0.1	0.1	06.12	7.1	7.0	0.1
12.29	0.7	0.7	0.0	06.21	8.1	7.8	0.3
12.31	0.2	0	0.2				

的日降水量数据,有 15 组数据满足比测精度要求,比测合格率为 93.8%,比测误差过大的数据发生于 2023 年 8 月 12 日,误差为 1.0 mm;16 组比测数据的相对误差,零误差 1 组、正误差 8 组、负误差 7 组。

由表 4 可知,比测期间内共 49 组 < 10 mm 的日降水量比测数据,其中 47 组数据满足比测精

度要求,比测合格率为 95.9%,2 组比测误差过大的数据发生于 2023 年 8 月 20 日及 2024 年 2 月 14 日,误差分别为 0.5 mm、1.0 mm。49 组比测数据的绝对误差,零误差 11 组、正误差 23 组、负误差 15 组。

比测期间产生的 65 组日降水量比测数据,符合比测要求的共计 62 组,综合比测合格率为

95.4%。经比测,ZL-YX2020 一体化型雨雪量计自计数据一般高于人工观测数据,自计降水量数据日均高出人工观测值 0.02 mm。

2)月降水量比测分析。对 12 组月降水量数据进行统计分析,详见表 5。由表 5 可知,月降水量<10 mm 的数据共 4 组,4 组数据绝对误差均在 ± 0.4 mm 范围内,符合比测要求;月降水量 ≥ 10 mm 的数据共 8 组,8 组数据相对误差均在 $\pm 4.0\%$ 范围内,符合比测要求;月降水量比测合格率为 100%。参与比测的 12 个月份累计降水量差值为 1.4 mm,相对误差为 0.3%,累计降水量满足比测要求。ZL-YX2020 一体化型雨雪量计月降水量数据一般高于人工观测数据,月均降水量数据高出人工观测值 0.1 mm。

表 5 月降水量比测数据一览表

月份	自记/mm	人工/mm	绝对误差/mm	相对误差/%
2023.07	142.2	142.4	/	-0.1
2023.08	139.2	138.6	/	0.4
2023.09	61.0	61.0	/	0.0
2023.10	1.1	1.3	-0.2	/
2023.11	22.4	21.6	/	3.7
2023.12	27.6	26.8	/	3.0
2024.01	5.3	5.5	-0.2	/
2024.02	27.4	27.8	/	-1.4
2024.03	15.9	15.7	/	1.3
2024.04	24.3	24.2	/	0.4
2024.05	9.7	10.1	-0.4	/
2024.06	16.4	16.1	/	1.9
合计	492.5	491.1	/	/

3)月降水量回归分析。根据表 5 的月降水量比测数据,以人工观测值为横坐标,ZL-YX2020 一体化型雨雪量计自计值为纵坐标,绘制带趋势线的散点图,并进行回归分析,如图 2 所示。由图 2 可知,ZL-YX2020 一体化型雨雪量计与人工雨

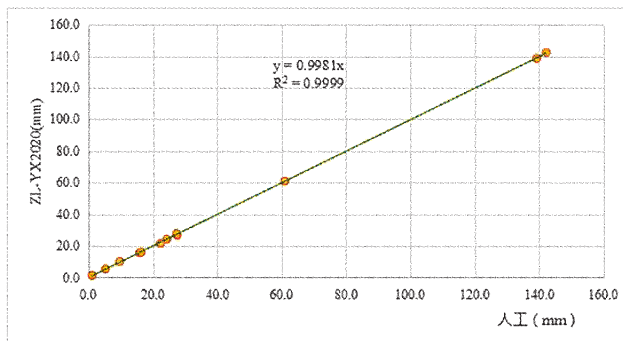


图 2 月降水量比测相关性图

量器的月降水量点据分布良好,数据排列趋势呈一条直线分布,求得回归方程为 $Y=0.9981X$,二者相关系数为 0.999 9,表明二者有强相关性。

2.3 比测误差分析

通过对比测期间内 65 组日降水量数据及 12 组月降水量数据进行比测,结果表明月降水量满足比测要求。日降水量数据有 3 组超出比测误差要求,3 组日降水量数据差值分别为 1.0 mm、0.5 mm、1.0 mm,造成该类误差的由人工测量时产生的读数误差造成。

冬季降雪期间产生 ZL-YX2020 一体化型雨雪量计比人工观测多记录了 22 次 0.1 mm 量级的单日降水量,单日降水量比测结果也表明两种观测方法会产生不同程度的正负误差值,分析此类误差的成因:一是两种仪器的观测方法不同,在观测数据上存在系统误差和随机误差,人工雨雪量计的湿润误差也是产生误差的重要原因。二是降雪过程一般较缓慢,ZL-YX2020 一体化型雨雪量计能实时记录下产生的降雪量,而受蒸发、风力因素及观测时间的影响,人工观测时会漏计部分微小降雪量。三是冬季风力一般较大,风吹导致的仪器振动及异物掉落可能会被雨雪量计误判为降水量。

3 结论及建议

通过比测分析可知,马尚水文站 ZL-YX2020 一体化型雨雪量计观测数据符合相关规范要求,仪器稳定性、数据准确性较好。该仪器可实现对降雨、降雪、降雹等各类形态的降水观测需求,并能进行自动测报,经过比测分析及仪器校正后可进行推广使用,能够减少人工摘录的工作量,提高资料整编速度和数据的一致性,助力提升降水量观测的现代化水平。同时建议,进一步研究减小因风吹导致的仪器振动及异物掉落引起的雨雪量计数据误判措施。

参考文献

- [1] 宋莹华,吴忠振.临沂市 10 站双翻斗与称重式雨量传感器降水数据对比分析[J].气象水文海洋仪器,2019(3):10-14.
- [2] 李虎.JDZ05-1 型翻斗式雨量计在大连地区应用的比测分析[J].东北水利水电,2015(7):34-36.
- [3] 中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,2003:54-58.

(责任编辑 赵其芬)