

doi: 10.16104/j.issn.1673-1891.2023.03.013

西昌人工与自动酸雨观测记录差异规律研究

刘德禄^{1,3}, 莫芳^{1,3*}, 刘永嘉², 郑自君^{1,3}, 李奇志^{1,3}

(1. 凉山州气象局, 四川 西昌 615000; 2. 西昌市农业农村局, 四川 西昌 615000;
3. 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室, 四川 成都 610072)

摘要:利用西昌国家基本气象站 2021 年人工和自动的酸雨观测数据, 对 TCYII 1 型酸雨自动观测系统和人工系统的降水采样偏差及完整性、测量数据的准确性和一致性、设备硬件及软件通信的故障率进行了对比分析。结果表明: 正常情况下, 2 套系统数据的完整性、准确性、一致性较好。酸雨自动观测系统在采样方式及样品保存方面具备一定优势, 能够保证观测数据更接近于自然雨水的数值, 更贴近真实情况。自动观测系统面临单轨运行, 它的手动操作设置、部分配件需厂家优化改进。上级主管部门对自动系统测量阈值的设定、采样中出现的漏采、空采、多采等特殊情況, 仍需进一步明确处理办法。

关键词:酸雨观测; 相对偏差; 绝对偏差; 差异规律

中图分类号:X517 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2023)03-0072-05

Study on the Difference Law Between Artificial and Automatic Acid Rain Observation Records in Xichang

LIU Delu^{1,3}, MO Fang^{1,3*}, LIU Yongjia², ZHENG Zijun^{1,3}, LI Qizhi^{1,3}

(1. Meteorological Bureau of Liangshan Prefecture, Xichang, Sichuan 615000, China; 2. Bureau of Agriculture and Rural Affairs of Xichang, Xichang, Sichuan 615000, China; 3. Sichuan Provincial Key Laboratory of Rain and Drought Disasters in Plateau and Basin, Chengdu, Sichuan 610072, China)

Abstract: Using artificial and automatic acid rain observation data from National Basic Meteorological Station of Xichang in 2021, the precipitation sampling deviation and completeness, the accuracy and consistency of measured data, the fault rates of the hardware and software communications of type 1 TCYII acid rain automatic observation system and artificial system were compared and analyzed. The results show that, under normal circumstances, the data completeness, accuracy and consistency of the two systems are good. The acid rain automatic observation system has certain advantages in sampling method and sample preservation, which can ensure that the observation data is closer to the value of natural rainwater and to the real situation. The automatic observation system has problems of monorail operation, and its manual operation and some accessories need to be optimized and improved by the manufacturer. The higher-level authorities still need to further clarify the operation methods for setting the system's measurement thresholds, for peculiar situations such as missing records, empty records and excessive records that occur during sampling.

Keywords: acid rain observation; relative deviation; absolute deviation; difference law

0 引言

西昌国家基本气象站自 2006 年开展酸雨人工观测, 在地面观测自动化的推动下, 2019 年 10 月底, 安装了 TCYII 1 型酸雨自动观测系统。前期试运行

未接通与室内电脑软件系统的通信, 2020 年 9 月起接通了酸雨自动观测系统与室内 ISOS 软件的通信, 2021 年 1 月 1 日起正式开展酸雨自动仪器与人工仪器的平行观测。为确保酸雨观测数据质量, 全面掌握自动观测与人工观测数据的系统偏差, 确保人工

收稿日期: 2023-02-24

基金项目: 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室科技发展基金项目(SCQXKJYJXMS202210)。

作者简介: 刘德禄(1968—), 男, 四川冕宁人, 工程师, 本科, 主要研究方向: 综合气象观测与气候, e-mail: 412997577@qq.com。

*通信作者: 莫芳(1970—), 女, 四川西昌人, 高级工程师, 本科, 主要研究方向: 综合气象观测与气候, e-mail: 276409682@qq.com。

观测切换为自动观测后历史观测数据的延续性,以及为进一步开展历史数据的订正奠定基础,依据2021年酸雨自动与人工观测的数据,对自动与人工的观测数据进行整理和处理,对两者之间的异同规律进行分析,并对其原因进行研究。同时兼顾统计酸雨自动仪器运行期间故障及维护检修情况、数据获取情况、软件运行情况、结果评价、存在问题与建议,形成一份完整的平行对比观测报告,为酸雨自动仪器不正常记录处理方法,软件的采集上传优化和自动仪器改进等方面提出更好的对策建议,为酸雨自动仪器实现自动采集及上传资料提供科学的依据。

1 TCYII 1型酸雨自动观测系统结构和工作原理

1.1 酸雨自动观测系统结构

TCYII 1型酸雨自动观测系统安在室外观测场内,是一体式结构,适用于南方地区。由感雨器、降水采样(分析)设备、和雨量计3部分组成的全自动分析系统。其中感雨器由感应降水和驱鸟装置组成;雨量计是一个翻斗式自动雨量计,负责降水量采集和计数;主机——降水采样(分析)设备,采样部分包括防尘盖、防尘盖托架、开关防尘盖的驱动单元,收集降水样品的集雨桶。分析部分包括机箱、pH电极及测量池、电导率电极及测量池、温度传感器、控制阀组、液体容器及管路、控制/记录/显示/通信单元等,还包括降水样品转移管路及控制阀、样品过滤装置等。系统采用220V供电,并配有防雷装置。

1.2 酸雨自动观测系统工作原理

当系统的感雨器感应到降水时,启动自动观测程序,控制防尘盖打开,采样桶开始采集降水样本,降水终止后,控制防尘盖关闭,保证所采集的降水样品不受外界环境污染,系统同时记录降水信息及防尘盖动作信息。在无须人工操作的情况下,自行完成样品的采集、保存,并在早上8时将采集到的降水样品通过管路送到自动分析仪中,对降水样品的pH值、电导率、温度进行自动测量,并将观测数据存储在主机系统内,同时通过通信板及通信线路自动上传测量数据和仪器运行状态到ISOS平台,并完成自动校准和自检。

2 资料和方法

2.1 资料说明

所用资料为2021年1月1日—2021年12月31日人工观测与自动观测的酸雨数据,其中人工观测为:依据《酸雨观测业务规范》^[1],由观测员每24h采集一个降水样品(当日08:00时至次日08:00时),当降水量 ≥ 1.0 mm时,完成pH和电导率 K 值的测量。酸雨自动观测为:按照《酸雨自动观测业务规范(试行)》^[2]的规定,由酸雨自动观测系统每24小时采集一个降水样品(当日08:00时至次日08:00时),当降水量 ≥ 0.7 mm时,完成pH和电导率 K 值的测量。当日08:00时至次日08:00时日降水量,人工来自于地面自动站,酸雨自动观测来源于其自带雨量计。经统计,全年共获得74组关于降水量、降水时段、pH值、电导率 K 值的数据。

2.2 分析方法

2.2.1 降水采样偏差及降水采样完整性

当日降水量达到1.0 mm时,比较人工观测系统和酸雨自动观测系统所记录的降水起止时刻、降水量、及每日降雨次数,检查酸雨自动观测系统是否出现漏采、空采。绘出日降水量绝对偏差对比图。日降水量绝对偏差=人工观测日降水量-自动观测日降水量。并计算出:缺测率(%)=(累计缺测次数/应观测总次数) $\times 100\%$ 。

2.2.2 降水分析数据的准确性

相对pH偏差(%)=(人工观测pH测量值-自动观测pH测量值)/人工观测pH测量值 $\times 100\%$ 。相对电导率偏差(%)=(人工电导率测量值-自动观测电导率测量值)/人工电导率测量值 $\times 100\%$ 。

2.2.3 降水分析数据的一致性

对2种仪器观测的数据进行一致性分析评估,绘出绝对偏差对比图。绝对pH偏差=人工观测pH测量值-自动观测pH测量值;绝对电导率偏差=人工电导率测量值-自动观测电导率测量值。

2.2.4 仪器运行可靠性

统计无故障工作时间(设备)= T/r ,其中 T 为总累计无故障工作天数, r 为故障天数。具体内容为:测量数据超出测量范围;出现观测设备“死机”、软件通信、雷击等,无法获取数据;采集样品损失,导致无法测量等等。

2.2.5 软件通信异常情况

统计自动仪器与ISOS软件出现通信故障情况,无故障工作时间(软件通讯)= T/r ,其中 T 为总累计

无故障次数, r 为故障次数^[3]。

3 人工与自动各要素对比分析

3.1 降水采样偏差及降水采样完整性

西昌国家基本气象站 2021 年自动系统($R_{自}$)与人工系统($R_{人}$)日降水量不正常情况如表 1 所示。

表 1 2021 年自动系统($R_{自}$)与人工系统($R_{人}$)日降水量不正常情况统计表

日期	$R_{自}/mm$	$R_{人}/mm$	故障现象
3月1日	0.9	0.8	自动多测,人工无。
5月24日	0.1	1.5	自动雨量筒堵塞,自动缺测。
6月24日	0	14.1	停电,自动缺测。
6月29日	0.8	0.7	自动多测,人工无。
7月18日	6.9	2.9	人工雨量筒堵塞,无影响。
7月29日	0.8	0.4	自动多测,人工无。
9月11日	0.8	0.7	自动多测,人工无。
12月26日	0.8	0.5	自动多测,人工无。

西昌国家基本气象站自动观测系统是浙江恒达生产的 TCYII 1 型酸雨自动观测系统,人工观测仪器为上海雷磁厂家生产。自动观测系统集成雨量计,如该雨量计采集雨量达标,将对自动仪器发出测量指令。人工观测雨量以及 ISOS 软件融合上报数据的雨量,来自原地面自动站采集雨量^[4]。

2021 年 2 套系统获取有效观测数据 74 组,经比较,自动观测系统与人工观测系统所记录的降水起止时刻、降水量、及每日降雨次数,除表 1 列出的个别影响到测量的情况,其他数据仍有一定差异,不易达到完全一致,如图 1 所示。由表 1 可知,5 月 24 日,自动雨量筒堵塞,自动缺测。6 月 24 日,停电,自动缺测。7 月 18 日,人工雨量筒有堵塞,人工雨量低于自动雨量,因日降水量 ≥ 1.0 mm,测量无影响。2021 年全年因自动观测系统雨量筒堵塞的直接原因,造成 1 次缺测,自动降水缺测率为 0.3%。虽然缺测率很低,但反映出雨量采集数值的重要性,日常工作中需加强巡视检查维护两套系统的雨量计。

2 套系统的降水量无可避免会出现差异,特别在启动测量的 1.0 mm 附近,容易出现矛盾测量值,当自动观测系统雨量计采集到 ≥ 0.7 mm 降水量,就会

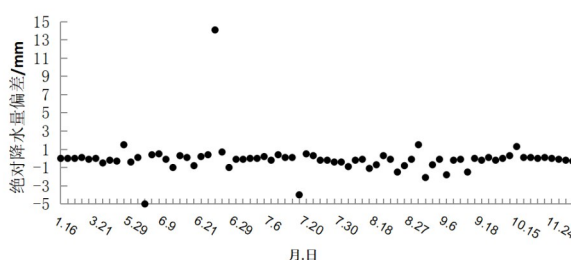


图 1 日降水量绝对偏差对比

启动测量,此时地面自动站采集到的雨量 < 1.0 mm,不需进行测量,就造成了表 1 中 2021 年 5 次自动系统多测,人工无的情况,工作中,均把多测数据进行了删除。如果把自动系统启动测量阈值设为 ≥ 1.0 mm,又可能出现地面自动站雨量 ≥ 1.0 mm,自动系统雨量 < 1.0 mm,就会出现自动系统漏测。为避免漏测,目前本站设置自动观测系统测量阈值为 ≥ 0.7 mm。

此处《酸雨自动观测业务规范(试行)》需做出明确规定,酸雨自动观测系统测量阈值的设置是否应为 1.0 mm,并以此为标准,确定自动系统是否进行测量,明确自动系统采集未达标,而人工降水量达标,造成缺测的处理方法。

3.2 降水分析数据的准确性

由图 2 可知,在进行点绘的 74 组数据中,有 47 组数据的 pH 偏差为 $\pm 10\%$,有 17 组数据的 pH 偏差为 $\pm(11\% \sim 20\%)$ 内,数据较为正常。有 1 组数据的 pH 偏差为 21%,有 9 组数据的 pH 偏差为 $\pm 100\%$ 。从 pH 偏差分布范围来看,74 组数据有 64 组的 pH 偏差在 $\pm 20\%$ 内,较为正常,2 种仪器测量的数值均准确。因 2 种观测系统采集降水样品方式不同,造成它们分析的不是同一样品,存在偏差在所难免,偏差 $\pm 20\%$ 可视为正常。偏差为 $\pm 100\%$ 的 9 次中,有 2 次是自动系统通信故障,采集了数据,数据无法传入室内软件;1 次是自动系统雨量筒堵塞,造成漏采。1 次是停电,自动系统没有供电设施,没有连接油机,造成漏采;有 5 次为自动系统测量阈值设置问题,自动多采。自动系统雨量筒堵塞后,没有降水量采集值传入酸雨自动系统内部控制单元,集雨桶内收集了很多降水,自动系统判断为没有达到测量阈值,未进行测量。自动系统没有人工手动操作测量后传数据进入电脑终端的程序设定,这就造成了缺测。正常情况下,自动系统样品收集能及时开关防尘盖,保证了样品不会受到太大污染,电极槽密闭性能好,电极性能能得到很好的保养。而人工系统收放样品集雨桶不是那么及时,容易对样品造成污染;测量时人为操作,会带有一定的误差。但人

工系统不易出现漏测或多测, 因人能做出正确判断。以上问题需要上级主管部门针对特殊情况, 做出相应规定, 或是厂家对自动系统自带控制程序做出相应改进, 才能有效避免漏采、空采、缺测等情况发生。

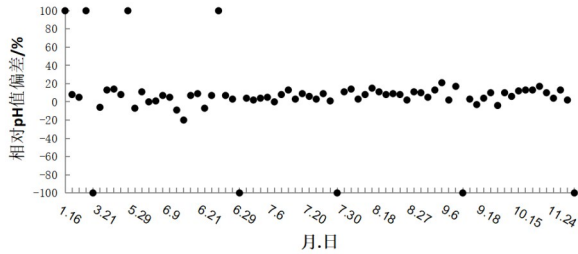


图2 相对pH偏差(%)对比图

由图3可知, 进行点绘的74组数据中, K 值偏差: 12组为 $\pm 10\%$, 53组为 $\pm (11\% \sim 84\%)$, 人工测量值大多高于自动系统测量值, 故 K 值相对偏差基本为正值。降水样品的电导率是测量水的含盐成分、含离子成分和含杂质成分的重要指标, 反映了大气降水的洁净程度, 水越纯净, 电导率越低。据实际工作观察, 人工系统因收桶不那么及时, 人工采样样品会被鸟粪、风吹起的沙尘等大气中物质沉降污染, 故大多数时候, 人工系统测得的 K 值大于自动系统, 而且偏大较多。在降雨量较大, 且连续降雨时间长的時候, 2种仪器测得的 K 值都很小, 且非常接近。由此判断, 2者的准确性都好, 只是样品采集方式不同, 而造成了数值的差异。酸雨自动观测系统在采样方式及样品保存方面具备一定优势, 能够保证观测数据更接近于自然雨水的数值, 更贴近真实情况。 K 值相对偏差为 $\pm 100\%$ 的共有9次, 与pH偏差为 $\pm 100\%$ 的原因相同。

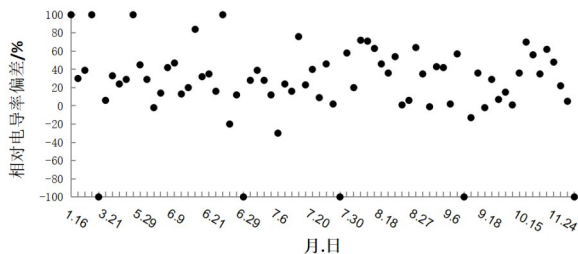


图3 相对电导率K值偏差(%)对比

3.3 降水分析数据的一致性

由图4可知, 酸雨自动观测系统绝对pH偏差有9组数据因仪器明显错误而缺测, 所得偏差值为原始测量值, 大于2.0; 有34组数据在 $\pm (0.02 \sim 0.50)$, 有28组数据在 $\pm (0.51 \sim 0.97)$; 有3组在1.08~1.45波动。测量65组有效数据时, 自动与人工仪器无故障现象

发生, 唯一原因是样品采集方式不同, 故2种仪器分析所得数据较为一致。

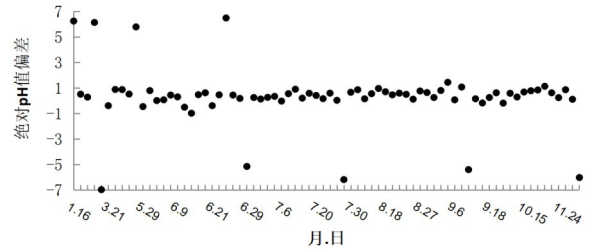


图4 绝对pH偏差对比

由图5可知, 酸雨自动观测系统绝对电导率偏差有9组数据因仪器明显错误而缺测, 所得偏差值为原始测量值, 出现原因同前。剔除了这9组数据, 剩下的65组数据中, 绝对电导率偏差有11组数据为 $\pm (0.1 \sim 1.0)$, 有32组数据为 $\pm (1.1 \sim 10.0)$, 这43组数据反映出2套仪器的电导率测量值一致性好, 有17组数据绝对电导率偏差为 $\pm (10.1 \sim 20.0)$, 一致性较好; 有5组数据偏差为 $\pm (20.0 \sim 75.7)$, 一致性差。绝对电导率偏差有明显的季节分布: 冬春季降雨稀少, 雨量量级在5.0 mm以下, 绝对偏差较大, 一致性差。夏秋季降雨持续时间长, 雨量量级大, 偏差较小, 一致性较好。因冬春季降水量较小, 风速较大易引起地面扬尘; 夏秋季降水量较大有稀释作用^[5], 当降雨量大, 且降雨持续时间长, 样品不易受沙尘、鸟粪等杂质污染, 故冬春季两套系统测量数值的一致性要比夏秋季一致性差。且绝对电导率偏差为正数居多, 人工测量值大于自动系统测量值, 说明人工系统因采样方式问题, 样品更容易受到污染, 冬春季人工样品受到的污染大于夏秋季。

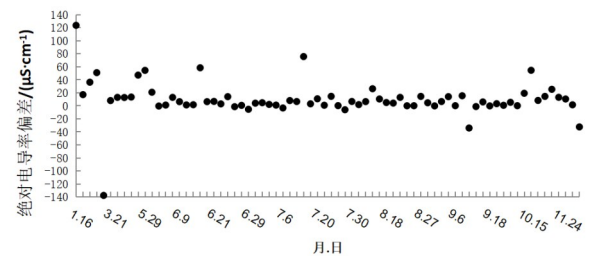


图5 绝对电导率偏差对比

3.4 仪器运行可靠性

经统计, 2021年全年酸雨自动观测系统总累计无故障工作天数363天, 故障天数2天。故障原因: (1)5月24日, 因酸雨自动观测系统雨量筒堵塞, 造成酸雨自动观测系统未感应到降水量, 集雨桶内有足够多的雨水, 但自动观测系统未得到测量指令, 未进行测量, 造成了缺测。(2)6月24日因早上8~9

时市电停电,造成缺测。酸雨自动观测系统电源未得到彻底解决,难免造成缺测。

3.5 软件通信异常情况

自动系统无故障工作时间(软件通讯)=363/2,经统计,2021年全年酸雨自动观测系统总累计无故障(软件通讯)工作天数363 d,故障天数2 d。故障现象:1月17日、2月11日、酸雨自动观测系统进行了相关数值测量,测量结果在设备面板上能查询到,但在ISOS软件的分钟数据查询中就没有数值,数据也不能进入平行对比软件。解决办法:于2021年2月25日更换上厂家重新寄来的通信板,恢复正常。这一故障偶尔会出现,建议厂家研制出性能更为稳定的通信板。

4 结论与建议

1)酸雨人工观测系统和自动观测系统所记录的降水起止时刻、降水量、及每日降雨次数,在正常工作期间,降水采样一致性好,但不易达到完全相等。建议上级主管部门明确规定自动系统测量阈

值的设定,有效避免自动系统多采或漏采发生。

2)2套系统准确性都好,因样品采集与保存方式不同,而造成了数值的差异。

3)2套系统绝对pH偏差在正常范围,数据一致性较好;电导率在冬春季,绝对偏差较大,一致性差,夏秋季绝对偏差较小,一致性较好。人工系统因采样方式问题,样品更容易受到污染。酸雨自动观测系统在采样方式及样品保存方面具有一定优势,能够保证观测数据更接近于自然雨水的数值,更贴近真实情况^[6]。

4)2套系统设备运行可靠,自动系统全年只有两天故障,故障原因具有代表性,在自动系统启用单轨正式运行后,遇到雨量筒堵塞、停电等造成数据缺测在所难免。建议上级主管部门应作出相关规定,提出人工补救或数据处理办法。

5)自动系统全年软件通信异常出现了2 d,建议厂家研制出性能更为稳定的通信电路板。由于自动系统投入使用时间短,其应用效果还需在今后使用中继续评估,设备还需持续改进。

参考文献:

- [1] 中国气象局.酸雨观测业务规范[M].北京:气象出版社,2005.
- [2] 中国气象局.酸雨自动观测业务规范(试行)[M].北京:气象出版社,2020.
- [3] 中国气象局.酸雨自动观测系统平行观测方案及平行观测评估[M].北京:中国气象局气象探测中心,2020.
- [4] 骆世娟,王莉,吴天会.TCYH 1型酸雨自动观测系统常见故障分析[J].江西化工,2020,7(5):22-25
- [5] 莫芳,郑丽英,房朋,等.西昌攀枝花温江三地酸雨特征对比分析[J].西昌学院学报(自然科学版),2015,29(4):50-54
- [6] 孟磊,张龙斌,李晋,等.TCYI 1型酸雨自动观测系统采样及测量性能分析[J].气象水文海洋仪器,2020,12(4):42-44