

基于TCYII1型酸雨自动观测系统的酸雨样品考核质量提升方法

阮玲丽^{1*}, 易志学^{2#}, 吴 虑³, 文建川⁴

¹贵州省台江县气象局, 贵州 台江

²贵州省雷山县气象局, 贵州 雷山

³贵州省镇远县气象局, 贵州 镇远

⁴贵州省凯里市气象局, 贵州 凯里

收稿日期: 2026年1月23日; 录用日期: 2026年2月24日; 发布日期: 2026年3月19日

摘 要

酸雨观测作为气象观测的重要项目之一, 相较于人工观测, 酸雨自动观测优势更为显著。为检验酸雨自动观测设备的状态, 评估设备的稳定性、一致性、准确性, 每年组织开展全国范围的酸雨观测质量样品考核工作。本文简要介绍了TCYII1型酸雨自动观测系统的主要结构与工作原理, 总结了酸雨自动观测系统考核样品的操作方法和注意事项, 以期能为酸雨观测工作提供参考。

关键词

酸雨, 自动观测, 样品考核

Methods for Improving the Assessment Quality of Acid Rain Samples Based on TCYII1-Type Automatic Acid Rain Observation System

Lingli Ruan^{1*}, Zhixue Yi^{2#}, Lyu Wu³, Jianchuan Wen⁴

¹Guizhou Taijiang Meteorological Bureau, Taijiang Guizhou

²Guizhou Leishan Meteorological Bureau, Leishan Guizhou

³Guizhou Zhenyuan Meteorological Bureau, Zhenyuan Guizhou

⁴Guizhou Kaili Meteorological Bureau, Kaili Guizhou

Received: January 23, 2026; accepted: February 24, 2026; published: March 19, 2026

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 阮玲丽, 易志学, 吴虑, 文建川. 基于 TCYII1 型酸雨自动观测系统的酸雨样品考核质量提升方法[J]. 仪器与设备, 2026, 14(1): 113-117. DOI: 10.12677/iae.2026.141014

Abstract

Acid rain observation stands as one of the crucial projects in meteorological observation, with automatic acid rain observation demonstrating more prominent advantages compared to manual observation. To inspect the status of automatic acid rain observation equipment and evaluate its stability, consistency, and accuracy, nationwide quality sample assessment activities for acid rain observation are organized annually. This paper briefly introduces the main structure and working principle of the TCYII1-type automatic acid rain observation system and summarizes the operational methods and precautions for handling assessment samples in the automatic acid rain observation system, aiming to provide references for acid rain observation work.

Keywords

Acid Rain, Automatic Observation, Sample Assessment

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

酸雨是指 pH 值小于 5.60 的大气降水, 包括雨、雪、冰雹等降水现象[1]。随着现代科技的进步, 酸雨观测已实现从人工观测模式向自动化观测模式的转型。为检验各级气象酸雨观测台站设备的运行性能和状态, 评估设备的稳定性、一致性、准确性, 以及相关工作人员操作流程的合规性, 中国气象局探测中心于每年 4 至 5 月组织开展全国范围的酸雨观测质量样品考核工作, 考核样品为气象局业务主管部门统一制备并发放至各台站。各台站在接收到考核样品后, 需严格依照相关技术要求完成样品考核与测量结果上报。凯里国家基本气象站自 2022 年起正式启用 TCYIII 型酸雨自动观测系统并投入业务运行, 该自动观测系统在近三年的全国酸雨观测质量样品考核中, 测量结果均为优秀(见表 1), 因此逐步形成了一套较为规范的酸雨样品测量流程。本文将简要阐述 TCYIII 型酸雨自动观测系统的主要结构与工作原理, 系统梳理酸雨考核样品测量过程中的关键操作要点, 旨在为全国各级气象站的酸雨观测工作提供实践参考, 助力提升酸雨观测质量考核的整体成效。

Table 1. Assessment results of quality samples of automatic acid rain observation in Kaili Station in the past three years

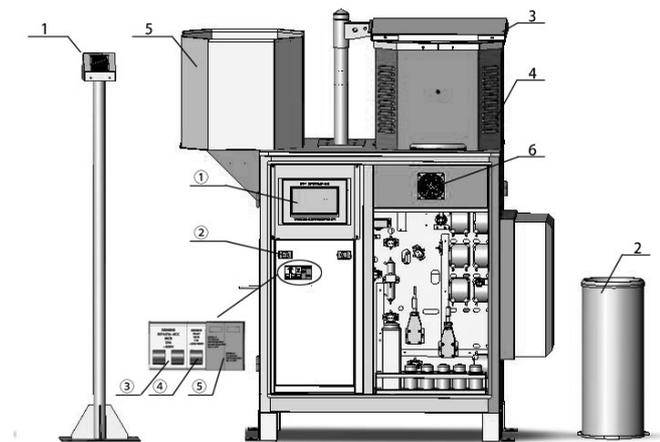
表 1. 凯里站近三年酸雨自动观测质量样品考核成绩

年度	考核水样 pH 值测量				考核水样 K 值测量				纯水测量	
	偏差倍数 ¹			考核成绩	偏差倍数 ²			考核成绩	K 值 ³	考核成绩
	1#样品	2#样品	3#样品		1#样品	2#样品	3#样品			
2023	0.8	-0.1	-1.2	优秀	-1.2	-0.2	-0.4	优秀	1.2	优秀
2024	-2.6	-1.0	-1.2	优秀	-0.6	-0.6	-0.9	优秀	1.4	优秀
2025	-1.52	-2.6	-0.61	优秀	-0.25	0.05	-0.5	优秀	1.6	优秀

注: ¹以距标准值的标准差倍数表示, 本年度各组水样的标准差为 0.03~0.13 pH 单位。²以距标准值的标准差倍数表示, 本年度各组水样的相对标准差为 3.0%~4.6%。³纯水 K 值以 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 表示。

2. TCYIII 型酸雨自动观测系统的结构及原理

TCYIII 型酸雨自动观测系统分为室外降水监测模块与室内工作站(或服务器)两部分[2],二者借助光纤与网线搭建的通信链路达成数据与控制信号的传输。室外降水监测模块由感雨器、双翻斗雨量计及降水监测一体机三部分组成,其中降水监测一体机集成了集雨桶、防尘盖、防尘盖传动机构与自动分析仪(见图 1)。按照《地面气象图册》相关技术规范,降水监测一体机安装于观测场东南方,与双翻斗雨量计保持同排布设。自动分析仪内部配置有 pH 电极、EC 电极、传输管路、纯水储备单元、标准缓冲溶液及小型触控显示屏等核心部件等。传输管路负责将降水样品、纯水、标准缓冲溶液输送至相应电极;纯水选用电导率 $\leq 10 \mu\text{S}/\text{cm}$ 的纯净水或医用蒸馏水,主要用于管路与电极的冲洗清洁;标准缓冲溶液分为碱性、中性、酸性三类,专门用于 pH 电极的校准;小型触控显示屏支持观测人员直接进行设备操作与参数设置。此外,温湿度调控系统可维持降水一体机内部处于相对稳定的温湿度环境,确保测量过程中的温湿度条件趋近室温;供电系统采用 220 V 交流电,因温湿度调控系统运行时功耗较高,需配套 20 A 及以上规格的空气开关。考虑到观测场已通过避雷针实现直击雷防护,降水一体机内置的防雷模块主要承担感应雷击的防护功能。TCYIII 型酸雨自动观测系统通过感雨器感应降雨,将自动采集水样经管路输送至分析仪[3]。自动分析仪内置的 pH 电极、EC 电极及温度传感组件,会同步对降水样品的 pH 值、电导率及温度进行测量,并实时完成相关测量数据的记录与存储。室内计算机的监测平台与自动观测系统通讯相连接,观测人员经数据采集、读取、质控及整合,获得完整的酸雨观测数据。



注: 1: 降雨感应器; 2: 雨量计; 3: 防尘盖; 4: 集雨桶; 5: 防尘盖托架; 6: 轴流风机; ① 显示屏; ② 箱门卡扣; ③ 总电源开关; ④ 避雷模块空开; ⑤ 避雷模块。

Figure 1. Structural diagram of the integrated observation equipment of the TCYIII automatic acid rain observation system
图 1. TCYIII 型酸雨自动观测系统一体式观测设备结构图

3. 设备 pH、EC 校准及测量数据偏差影响因素分析

3.1. pH 校准及测量数据偏差影响因素分析

pH 校准: 先将温度探头适当下移,错开与玻璃电极的横向位置,然后一起取出,用纯水配合滤纸柔和擦除玻璃电极附着物质,擦拭干净温度探头上的脏污,用纯水冲洗后擦干再用标液润洗后擦干,将 pH 电极和温度探头一起放入 4 的校准液,等待 3~5 分钟后点“pH4 校准”,当“pH4 校准”变成“pH7 校准”时,说明 4 校准通过。重复冲洗、润洗、擦干,放入 6.86 校准液,等待 3~5 分钟后点击“pH7 校准”,当“pH7 校准”变成“pH9 校准”时,说明 6.86 校准通过。再次重复清洗、润洗、擦干,放入 9.18 校准

液, 等待 3~5 分钟后点击“pH9 校准”, 当“pH9 校准”变成“pH4 校准”时, 说明 9.18 校准通过。当底部状态栏无报警图标显示, 查询历史数据、事件信息、报警信息, 显示“pH 校准”、未出现“pH 校准失败”的报警信息, 说明校准成功。查询电极数据, 记录校准后的零点与斜率, 观察是否在正常范围内; 并与上一次电极数据对比, 正常情况下, 数据会发生变化, 校准成功后, 分别读取各标液, 观察结果是否在误差范围内。

pH 测量数据偏差影响因素分析: 分析流路清洁度, 查看分析流路中是否有明显的污垢或异物; 电极校准情况, 包含电极自身的性能情况、校准溶液的使用情况及校准结果; 氯化钾排空结果, 如氯化钾在分析过程中无法完全排空, 会导致 pH 值异常, 1 mol 的氯化钾溶液的 pH 值经测量在 6.0 左右; 过滤器使用情况, 过滤器需常规检查, 如明显有污垢或异物的, 需及时更换; 温度对电极电位有影响, 导致测定数值不稳定, 待测溶液与标准缓冲溶液控制在同一温度, 一般温度增加, pH 值减小。

3.2. EC 校准及测量数据偏差影响因素分析

将 EC 电极取出, 用纯水冲洗, 冲洗后用滤纸吸干剩余纯水, 但不许擦拭电极内部黑色小方块, 然后用 146.5 的校准液适量润洗电极, 用滤纸吸干剩余标液, 将擦干的电极伸入标液(可用清洁并干燥后的小烧杯盛, 不要触底和碰壁), 轻微晃动以去除可能存在的气泡, 轻点读取, 查看实时数值, 每隔 2 分钟读取数值, 如果数值前后差距很小(一般 3~5 分钟后数据稳定), 点击“EC14 校准”, 显示校准中, 等待界面变回“EC43 校准”, 校准完成。当底部状态栏无报警图标, 进入查询、历史数据、事件信息与报警信息界面, 显示“EC 校准”、未出现“EC 校准失败”的报警信息, 说明校准成功。校准成功后读取 146.5, 观察测量值是否在误差范围内, 再读取纯水 EC, 验证 EC 低值性能, 一般在 3 以下, 各地有些差别。1408 的校准只在水样 EC 值过高时使用, 日常不用。

EC 测量数据偏差影响因素分析: 分析流路清洁度, 查看分析流路中是否有明显的污垢或异物; 电极校准情况, 包含电极自身的性能情况、校准溶液的使用情况及校准结果; 标准溶液使用情况, 如遇到仪器测量 EC 值与人工测量值偏差在 10 倍左右的, 请检查校准过程中 $K = 146.5 \mu\text{S}/\text{cm}$ 与 $K = 1408 \mu\text{S}/\text{cm}$ 校准溶液是否混用; 过滤器使用情况, 过滤器需常规检查, 如明显有污垢或异物的, 需及时更换; 温度对电极电位有影响, 导致测定数值不稳定, 待测溶液与标准缓冲溶液控制在同一温度, 一般温度越高, 电导率越大。

4. 酸雨样品考核测量步骤

4.1. 样品检查

台站收样后需核查包装完整性, 检查样品瓶有无破损、有无漏液现象, 若出现破损渗漏(当样品量不足半瓶), 应报请省级主管部门协调大气成分中心补发; 样品需存放于 $4^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 低温、干燥清洁且避光环境, 如冷藏取出, 需要温度平衡之后再使用[4]。如产生异常, 请及时上报并对异常情况进行记录(记录到样品测试数据表格备注中)。

4.2. 标液检查

检查标液瓶标识是否清晰, 外观有无破损、漏液现象; 标液: $\text{pH}4 = 4.0$ 、 $\text{pH}7 = 6.86$ 、 $\text{pH}9 = 9.18$ 、 $\text{EC}14 = (146.5 \mu\text{S}/\text{cm})$ 、 $\text{EC}43 = (1408 \mu\text{S}/\text{cm})$, 每个标液各 1 瓶; 检查标液是否在有效期内, 如冷藏取出, 需温度平衡之后使用。

4.3. 设备运行情况检查

查看 TCYIII 型酸雨自动观测系统有无显示故障状态, 如有故障请先进进行故障原因排查。

4.4. 更换管路

确保管路干净无污染, 样品测量前须更换管路: 首先取下各模块连接接口上的硅胶软管(注意操作时需带一次性实验手套, 并记录每根管路的号码及位置); 不易直接取下的, 可使用壁纸刀割开; 其次使软管接头处沾水润滑内管壁, 将相同编号的软管一一对应小心插入软管接头及分析体接口上。

4.5. 电极检查

检查电极更换时间, 超过电极需更换的时间请先更换电极后再进行测量; 可进入电极数据查询界面: pH4 零点和 pH9 零点需要在-33~48 之间; pH47 斜率和 pH79 斜率需要在 0.85~1.25 之间。

4.6. 样品测量

戴上洁净的一次性手套, 小心旋开并取下样品瓶盖, 将样品瓶(瓶口朝上)伸入采样桶内(瓶口应低于采样桶的上边沿), 点击“开盖”按钮, 在集雨漏斗中倒入需分析样品, 点击“关盖”, 点击“分析”, 等待分析结束后, 在“查询-质控样数据”中查看分析结果。重复上述步骤, 完成所有样品测量。

5. 酸雨样品考核注意事项

- 1) 在下雨和极端天气期间不建议进行样品测量工作。
- 2) 在分析样品前请核实设置界面中的“空白质控样”选项是否勾选, 如已经勾选或出现字样前没有出现空白小方框的, 请暂时不要进行质控样操作。
- 3) 在进行样品测试之前, 建议先进行一次质控样分析纯水, 确定仪器无数据偏差或其他故障的情况下, 再进行样品测量。

6. 总结

1) 测量人员应熟练掌握酸雨自动观测系统性能, 提前检查好设备, 做好酸雨考核准备工作, 避免因仪器原因造成所测考核样品数据产生较大的误差。

2) 按照中国气象局探测中心的相关指导意见, 降水样品的测量需严格遵循“先测电导率值、后测量 pH 值”的顺序。目的在于: pH 电极在测量过程中会出现微弱电极液渗出(此为设备正常工作现象), 该渗出液若先接触水样, 可能导致被测水样的电导率数值出现升高, 从而影响测量结果的准确性。因此“电导率优先、pH 值后续”的测量流程, 可有效规避电极液渗出对电导率值的干扰, 保证两项关键指标测量数据的可靠性。

3) 酸雨样品考核工作通常由 2~3 名专业人员协同完成, 考核期间无关人员禁止进入观测场区域。当前全国酸雨业务考核是基于各台站实测数据为基础统计, 去除异常数据后, 保留有效数据均值作为指定真值, 同时将有效数据的标准差作为成绩评定的依据。因此, 只要台站所用仪器设备的运行性能保持稳定, 且测量人员严格遵照规范流程操作, 便能在考核中取得理想成绩。

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] 林磊, 冯梦茹, 王伟健, 等. TCYIII 型酸雨自动观测系统的维护和故障处理方法[J]. 气象水文海洋仪器, 2024, 12(6): 137-140.
- [3] 李伟, 胡欣欣, 莫春燕, 等. TCYIII 型酸雨自动观测系统维护及故障处理方法[J]. 自动化与仪器仪表, 2021(12): 193-196.
- [4] 付雷, 付焱焱, 张文哲, 等. 酸雨考核水样测量方法初探[J]. 气象水文海洋仪器, 2020, 37(1): 16-20.