

SL3-1型双翻斗雨量传感器常见故障分析及标校调整方法研究

程 杰, 严欣怡, 罗 旋

阳新县气象局, 湖北 黄石

收稿日期: 2026年6月5日; 录用日期: 2026年7月5日; 发布日期: 2026年7月15日

摘 要

随着气象业务自动化水平提升, 阳新县32个区域自动气象观测站点均配置SL3-1型双翻斗雨量传感器。针对业务运行中干簧管损坏、流道堵塞、机械卡滞以及标校误差方向不一致等问题, 本文在梳理既有研究基础上, 结合基层台站维护实践, 分析干簧管安装与焊接要点、典型故障诊断方法, 并构建以“小雨强误差方向”和“大雨强误差方向”为输入判据的双参数协同调校流程。结果表明, 清洗、防虫、疏通和线路修复属于物理恢复, 容量螺钉和定位螺钉调校属于计量学纠偏; 在物理故障排除后, 采用容量螺钉修正静态承水量、定位螺钉修正大雨强动态入流, 可为同向偏差和异向偏差的现场调校提供判别依据。3次重复标校结果显示, 调校后大雨强误差均值为 -0.20 mm 、样本方差为 0.010 mm^2 , 小雨强误差均值为 0.00 mm 、样本方差为 0.010 mm^2 , 均满足业务允许误差要求。该方法可为基层台站雨量传感器维护、故障判断和现场标校提供参考。

关键词

雨量传感器, 干簧管, 标校技巧

Analysis of Common Faults and Calibration Adjustment Methods for the SL3-1 Double-Tipping-Bucket Rainfall Sensor

Jie Cheng, Xinyi Yan, Xuan Luo

Yangxin County Meteorological Bureau, Huangshi Hubei

Received: June 5, 2026; accepted: July 5, 2026; published: July 15, 2026

文章引用: 程杰, 严欣怡, 罗旋. SL3-1型双翻斗雨量传感器常见故障分析及标校调整方法研究[J]. 传感器技术与应用, 2026, 14(4): 688-697. DOI: 10.12677/jsta.2026.144067

Abstract

With the improvement in the automation of meteorological operations, all 32 regional automatic weather observation stations in Yangxin County are equipped with SL3-1 double-tipping-bucket rainfall sensors. In response to operational problems such as reed switch damage, channel blockage, mechanical jamming, and inconsistent directions of calibration errors, this paper reviews existing studies and, based on maintenance practice at primary-level stations, analyzes key points in reed switch installation and soldering, typical fault diagnosis methods, and constructs a two-parameter collaborative calibration process using the error directions under low and high rain intensities as input criteria. The results show that cleaning, insect prevention, dredging, and circuit repair are physical restoration measures, while adjustment of the capacity screw and positioning screw is meteorological correction. After physical faults are eliminated, the capacity screw can be used to correct the static water-holding volume, and the positioning screw can be used to correct dynamic inflow under high rain intensity, providing a diagnostic basis for field adjustment under same-direction and opposite-direction deviations. Three repeated calibration tests show that, after adjustment, the mean error under high rain intensity is -0.20 mm with a sample variance of 0.010 mm², while the mean error under low rain intensity is 0.00 mm with a sample variance of 0.010 mm²; both meet the allowable operational error requirements. This method can provide a reference for rainfall-sensor maintenance, fault diagnosis, and field calibration at primary-level meteorological stations.

Keywords

Rainfall Sensor, Reed Switch, Calibration Technique

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

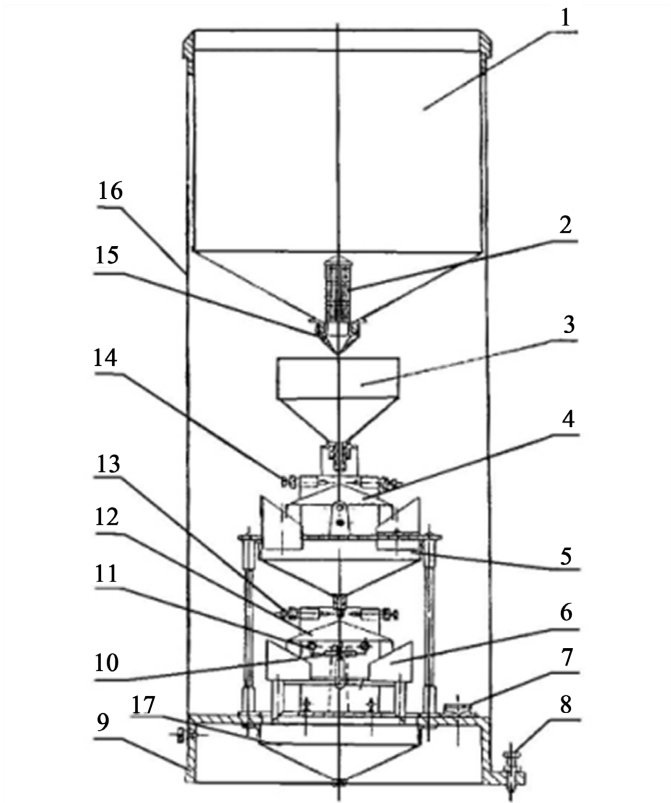
随着气象业务现代化进程持续推进, 阳新县已建成并投入使用的区域自动气象观测站点已达 32 个, 所有站点均配置雨量要素监测模块, 其中雨量探测核心设备统一采用 SL3-1 型自动雨量传感器。雨量观测数据在汛期气象服务、降水决策制定及工农业生产指导中具有基础支撑作用。已有研究为翻斗式雨量传感器检定与维护提供了重要参考: 赵丹阳等对不同规格翻斗式雨量传感器的检定和超差调校进行了分析, 强调了雨强、承水量和误差限值在计量检定中的影响, 但其讨论主要面向常规超差现象, 未进一步区分大、小雨强误差方向相反时的耦合调校逻辑[1]; 李振刚围绕 SL3-1 型双翻斗雨量传感器的核查、调整与维修提出了现场处置方法, 具有较强操作参考价值, 但对于簧管安装位置、焊接质量与计量误差之间的关联阐述不足[2]; 周继先等总结了 SL3-1 型双翻斗雨量传感器常见故障及误差调节方法, 但对“物理恢复”与“计量学纠偏”的边界划分不够清晰, 也未将异向偏差转化为可重复执行的双参数决策流程[3]。此外, 多类型雨量计对比研究揭示了翻斗式仪器在不同降雨特性下存在系统差异, 为本文区分静态容量误差和动态入流误差提供了背景依据[4]; 有关 SL3-1 型雨量计维护技巧、构件改进、日常故障原因和工作原理的研究, 分别从维护效率、部件结构和故障排除角度进行了有益探索[5]-[8], 但总体上仍缺少针对簧管故障排除后, 面向大、小雨强复合误差特别是异向偏差的系统化标校算法及重复性验证。基于此, 本文结合阳新县区域自动气象站运维实践, 重点分析簧管更换安装要点, 并构建双参数协同调

校方法，以提高基层台站雨量传感器维护和标校效率。

2. SL3-1 型雨量传感器的结构和工作原理

2.1. 组成与主要技术参数

SL3-1 型双翻斗雨量传感器由承水器、漏斗、上翻斗、汇集漏斗、计量翻斗、计数翻斗、干簧管、筒身等构成(图 1)，其主要技术参数为：承水口径 200 mm、环境温度 0~60℃、降水强度 <4 mm/min、分辨率 0.1 mm、测量范围 0~999.9 mm、输出信号为脉冲(一个脉冲对应 0.1 mm 降水)，最大允许误差为±0.4 mm (≤10 mm)、±4% (>10 mm) [1]。



注:1.承水器; 2.网罩; 3.漏斗; 4.上翻斗; 5.汇集漏斗; 6.记数翻斗; 7.水平泡; 8.调整六角螺钉; 9.底盘; 10.干簧管; 11.红黑接线柱; 12.计量翻斗; 13.容量调节螺钉; 14.定位螺钉; 15.清洗拆卸螺帽; 16.筒身; 17.排水漏斗。

Figure 1. Components of the double-tipping-bucket rainfall sensor
图 1. 双翻斗雨量传感器的组成

2.2. 上翻斗与节流管的缓冲作用

SL3-1 型双翻斗雨量传感器通过上翻斗和节流管对进入计量翻斗的水流进行整形。雨水经承水器进入上翻斗暂存后，再由汇集漏斗底部的节流管以相对稳定的流量进入计量翻斗，其维护意义在于将大动态水流转化为近似恒流，降低高雨强条件下的溢流和冲击误差。若上翻斗、汇集漏斗或节流管发生堵塞、歪斜或松动，入流条件将被破坏，常表现为漏记、滞后计量或强降水后仍有残水缓慢滴落。

2.3. 核心部件干簧管

干簧管承担机械翻转量向电脉冲信号转换的功能。计数翻斗上的永磁钢经过干簧管有效吸合区时，干簧管触点闭合并输出脉冲信号，一个脉冲对应 0.1 mm 降水量。与故障和调校直接相关的关键在于：干簧管安装过远、偏斜或焊点虚接时，可能出现漏记或无脉冲；干簧管与磁钢距离过近时，翻斗撞击限位后的回弹可能再次越过吸合边界，形成双脉冲或多记。因此，干簧管位置和焊接质量是后续标校能否稳定收敛的前提。

2.4. 焊接注意事项

在干簧管损坏更换过程中，焊接质量直接影响其长期机电稳定性。手工焊接时烙铁温度宜控制在 $280^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ ，焊接过程应尽量一次成型，避免反复加热导致玻璃封口受热应力损伤。操作时可用镊子夹持干簧管引脚根部并作为临时热沉，以减少热量向玻璃管传导；焊后应剪除多余引脚，检查焊点是否圆润、牢固，避免虚焊、夹渣和微裂纹。结构安装时，干簧管应在水平和俯视方向上与接线柱、支架保持平行(见图 2)，防止位置偏转改变磁钢扫掠路径。

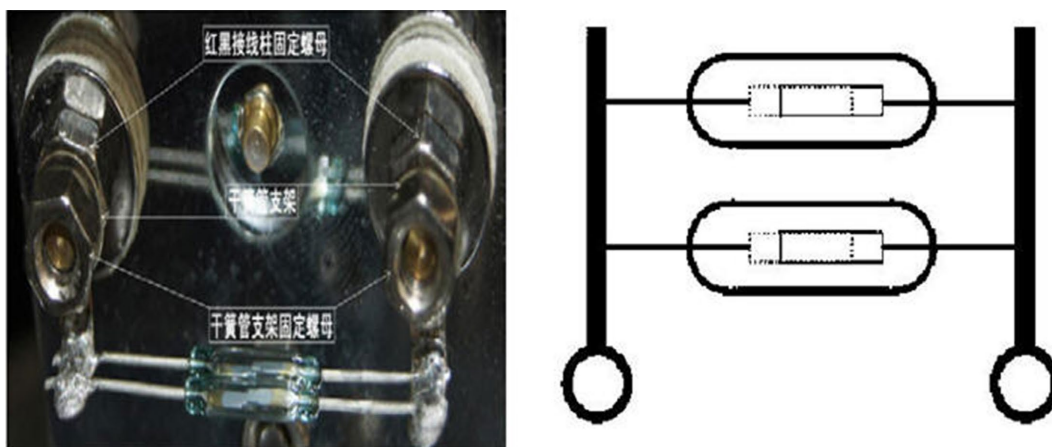


Figure 2. Installation positions of the reed switch terminals and bracket, and schematic top view
图 2. 干簧管接线柱、支架安装位置及水平俯视示意图

图 2 左侧展示实际接线柱与干簧管支架的安装状态，右侧为水平俯视示意。更换干簧管时，应保证玻璃管轴线与两侧接线柱连线基本平行，焊点固定后不得产生扭转；若支架偏斜或干簧管未处于磁钢扫掠路径的有效吸合区，容易造成漏记、间歇计数或回弹重记。

3. 现场业务运行中的典型故障诊断与原因分析

3.1. 无雨量数据输出的链式故障分析

在自动气象站后台数据监控中，若降雨发生时雨量数据持续为零，则判定传感器发生无雨量输出故障。该故障通常是由流体通道物理堵塞或信号转换链路中断引起的链式失效。

首先，若承水口过滤网、集水漏斗或内部汇集漏斗被树叶、泥沙等外来杂物彻底堵塞，雨水在前端发生积滞而无法正常下泄，导致后续的计量和计数翻斗无法获得重力矩，从流体动力学层面切断了计量来源。其次，若仪器的换向轴承磨损、生锈或被细小沙尘卡滞，翻斗将失去运动自由度，无法在重力作用下发生倾转换向。

在电气层面上，干簧管开路损坏是导致计数丢失的另一主因。诊断时，可将万用表置于通断档(蜂

鸣档)并连接至外筒接线柱上,手动轻轻拨动计数翻斗。在正常工况下,当计数翻斗每倾转过中心位置一次,万用表应出现瞬时导通提示。若手动拨动翻斗换向时万用表持续无任何导通反应,则可确诊干簧管已发生物理烧损、触点粘连或簧片断裂,必须进行整件更换。若干簧管功能正常,则需使用万用表对采集器至雨量传感器之间的传输线缆进行通断排查,定位可能由于野外动物咬噬或老化导致的电缆断路点。

3.2. 降水计量数据异常偏小的流体与电气诱因

当观测数据显著低于周边站点或人工对比观测值时,即存在计量数据偏小(负系统误差)的问题。

在流体物理层面,若承水口内部、漏斗网罩或集流节流管发生半堵塞,集水系统的过流面积减小,会导致降水下泄受阻而流速变慢。这种阻尼效应会导致明显的计量滞后,常表现为强降水过后,在晴天期间仍有残留积水缓慢滴落并触发翻斗翻转,导致自动站后台异常产生“晴天降水量”。同时,若计量翻斗内壁附着了青苔、沙尘等泥污异物,不仅会增加翻斗的自重,还会增大机械翻动的摩擦阻尼矩,迫使翻斗承蓄超出标称容积的水量后才发生换向,直接导致计数值偏小。若翻斗发生物理变形、边缘开裂或出现微小的渗漏孔洞,导致雨水在完成计量前即发生渗漏流失,也会造成严重的漏记误差。

从更广阔的科学对比来看,SL3-1型等翻斗式雨量传感器由于其特有的物理构造,在小雨及微量降雨工况下(如日降雨量 $\leq 10\text{ mm}$ 或雨强 $\leq 0.1\text{ mm/min}$ 时),其测量值通常会系统性地比标准人工雨量器或精密称重式雨量计偏低约4%。这主要是由于翻斗器壁的湿润润湿损失、水分蒸发以及小雨强下翻斗换向能量积累缓慢等固有的流体物理特性所致。此外,信号线缆因长期暴露在潮湿空气中发生局部氧化、锈蚀或连接处松动,会导致接触电阻增大,使得干簧管闭合时产生的微弱电脉冲信号在传输途中严重衰减,无法达到采集器的脉冲捕获门槛电压,从而在采集端造成间歇性的数据漏记。

3.3. 降水计量数据异常偏大的机械与磁场回弹效应

降水计量数据偏大(正系统误差)多由外界物理干扰或非正常的电磁多重触发所致。

在野外运行中,由于雨量筒内温暖潮湿,筒内潮湿环境可能导致昆虫进入或筑巢。当昆虫在计量或计数翻斗上爬行时,其微小的生物体重量可能破坏翻斗的重心平衡,诱发无雨状态下的“空翻”异常计数。此外,若翻斗内壁附着了特定分布的油污或粘性污垢,会导致翻斗两侧的重力矩分布失去对称性,在积水量尚未达 0.1 mm 的临界重量时即提前倾倒,从而触发多余的脉冲计数。

在电磁耦合层面,“回弹重记”是导致高雨强下数据异常偏大的核心微观机理。当计数翻斗受重力驱动发生快速换向倾倒时,其机械结构会猛烈撞击两侧的限位螺钉,由于材料的弹性特征,翻斗在撞击瞬间必然产生一定幅度的动力学弹性回弹与余振。如果在安装调校时,磁敏干簧管与翻斗上的永磁铁之间的空间相对距离调整得过近,使干簧管触点长期处于磁场强度的过度饱和区(如图3所示的临界变动位置),则翻斗撞击限位瞬间产生的微幅弹性回弹振动,会导致磁铁边缘的磁力线二次扫掠过干簧管的吸合边界。这会在电路上导致采集器在单个物理翻转周期内错误识别到两个密集的脉冲波形,产生误扫描多计数,导致观测到的雨量记录严重偏大。

图3示意干簧管开关位置的四类状态:标准位置下,磁铁仅在翻斗经过中心位置时触发一次闭合;位置过高或左右偏移时,磁场耦合不足,可能导致漏记;位置过近或过低时,翻斗撞击限位螺钉后的回弹振动可能使磁铁二次越过吸合边界,形成双脉冲并引起雨量偏大。

为了便于基层台站运维人员在现场工作中进行快速、准确的故障排查与深度处置,表1归纳了SL3-1型雨量传感器常见故障、失效原因、检查诊断及处理措施。

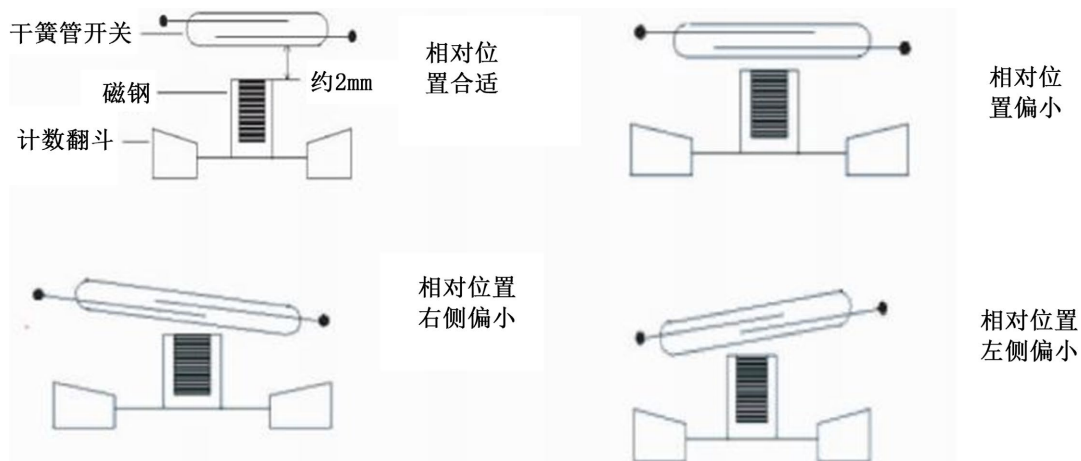


Figure 3. Variations in the reed switch position
图 3. 干簧管开关位置变动

Table 1. Common faults and treatment measures
表 1. 常见故障及处理措施

典型故障现象	潜在失效机理与原因	诊断检测方案	工程技术处理措施
无雨量记录	1. 承水系统或漏斗流道发生完全堵塞。 2. 翻斗换向轴承卡死或严重磨损。 3. 干簧管烧损断路或信号电缆断线。	1. 目测集水器内部是否有积水和杂物。 2. 手动拨动翻斗，测试换向灵敏度。 3. 用万用表检测干簧管导通状态和线缆。	1. 彻底清除集水器及漏斗杂物。 2. 清理轴承污垢并微调轴承松紧度。 3. 更换干簧管或修复断路信号线缆。
雨量数据偏小	1. 过滤网部分堵塞致下水缓慢。 2. 翻斗内存积泥污导致自重与阻尼增加。 3. 容量调节螺钉向内旋入过度。 4. 信号电缆接头氧化导致接触电阻过大。	1. 观察是否发生晴天异常降水现象。 2. 检查线缆连接处有无松动、破损或锈蚀。 3. 用雨量校准仪进行定量流量测试。	1. 清洗流道、集水网罩和漏斗。 2. 彻底清洗翻斗内壁污泥。 3. 将容量调节螺钉向外旋转以增加倾角。 4. 重新制作接头并紧固电缆。
雨量数据偏大	1. 筒内爬入昆虫引发空翻。 2. 翻斗污垢导致重心失衡提前倾倒。 3. 容量调节螺钉向外旋出过度。 4. 干簧管与磁钢距离过近引发回弹多记。	1. 检查筒内底部及翻斗表面是否有异物。 2. 开展大、小雨强标定对比测试。 3. 检查翻斗撞击限位时是否输出双脉冲。	1. 清除昆虫及异物，在筒底放置防虫药。 2. 用中性清洗剂擦拭干净翻斗。 3. 将容量调节螺钉向内旋转以减小倾角。 4. 微调干簧管支架以拉大磁钢间距。

4. 雨量传感器标校技巧

根据气象观测技术规范要求，SL3-1 型雨量传感器需定期开展标校鉴定，尤其是在经历大雨强天气、设备清洗维护后及更换干簧管后，须进行标校鉴定，确保传感器观测精度符合使用要求，保障观测数据的准确性。

需要界定的是，清洗承水口和漏斗、疏通节流管、清除昆虫、防止杂物堵塞、紧固线缆以及更换已损坏干簧管等措施，属于恢复传感器正常物理状态的“物理恢复”；容量调节螺钉和定位螺钉的旋向与圈数调整，则属于在物理故障已排除后进行的“计量学纠偏”。因此，本文第 3 节提出的调校算法仅适

用于传感器已经排除堵塞、卡滞、虫害、线缆断路和干簧管失效等物理故障，处于纯计量漂移或系统性误差状态的情形。

4.1. 误差评价数学模型与合格阈值判定

在对 SL3-1 型雨量传感器进行定量检定和标定调校时，必须严格建立气象业务标准下的数学误差评估模型。

当标准雨量校准仪注入的累计标准基准降水量不超过 10 mm 时(通常在小雨强标定中注入 10 mm 基准雨量)，传感器性能评估采用绝对误差控制方程进行判定：

$$\Delta R = R_{\text{测}} - R_{\text{标}}$$

式中， ΔR 代表传感器绝对误差(mm)， $R_{\text{测}}$ 为自动站采集器采集到的雨量实测累积值(mm)， $R_{\text{标}}$ 为校准设备注入的标准基准雨量值(mm)。

当注入的标准降雨量大于 10 mm 时，则采用相对误差控制方程来度量其计量的偏离程度：

$$\delta = \frac{R_{\text{测}} - R_{\text{标}}}{R_{\text{标}}} \times 100$$

式中， δ 表示传感器相对误差(%)。

根据地面气象观测业务规范，SL3-1 型雨量传感器的计量合格有判定阈值。当标准雨量 ≤ 10.0 mm， $|\Delta R| \leq 0.4$ mm，当标准雨量 ≥ 10.0 mm 时， $|\delta| \leq 4\%$ 。

4.2. 标校和调整方法

在开展现场标定前，必须做好充分的工艺准备：首先，彻底清洗承水口、漏斗及翻斗表面的油污与积砂，排除机械干扰；其次，利用基座上的水平仪将传感器调整至绝对水平位置，防止倾斜导致两侧翻斗分配水量不均；最后，确认各紧固螺栓无任何松动，在无强风、无外源震动的室内或密闭环境下进行标定，消除环境物理噪声。

在具体的标定调校工艺路径上，推荐“先小雨强标定，后大雨强标定”的解耦测试原则。该标定顺序的科学合理性在于实现物理参数的有效隔离。在小雨强模式下(1 mm/min 流量)，由于水的流速极慢，上级缓冲桶的换向动量冲击和集流漏斗的动态溢水损失几乎为零，传感器的测量误差完全取决于计量翻斗底部的静态容积大小。此时，优先调准小雨强模式，本质上是确立了传感器最基本、最稳定的静态物理容量基准线。在此基准线稳固之后，再进行大雨强模式(4 mm/min 流量)测试，若大雨强下依然存在偏差，在小雨强误差已基本校正的前提下，大雨强下的残余偏差可主要归因于动态入流、换向溢流或上翻斗行程等因素。标校人员即可孤立出定位限位螺钉这一动力学变量进行定向纠偏，而无需反复猜测是哪一个螺钉产生的影响，有助于提高标校过程的可操作性和一致性。

4.3. 复合雨强误差特征下的双参量协同调校算法

SL3-1 型雨量传感器的标校可抽象为静态容量与动态入流两个参数的协同补偿问题。小雨强测试主要反映计量翻斗静态承水量是否准确，大雨强测试则在静态容量基础上叠加上翻斗行程、节流入流和换向溢流等动态因素。

容量调节螺钉主要作用于计量翻斗的临界承水量：外旋可增大单次承水量并降低计数值，内旋可减小单次承水量并提高计数值。定位螺钉主要作用于上翻斗的换向行程和大雨强入流状态：外旋可增大上翻斗行程、减缓换向并抑制大流量溢流，内旋可减小行程并提高翻转灵敏度。

基于上述作用机理,可将调校过程提炼为以“小雨强误差方向(Es)”和“大雨强误差方向(EI)”为输入,以“容量螺钉旋向”和“定位螺钉旋向”为输出的双参数协同调校决策流程(图4)。每次调整宜控制在1/8~1/4圈,并记录旋向与圈数,完成复测后再进入下一轮判断,避免一次性过量调整。

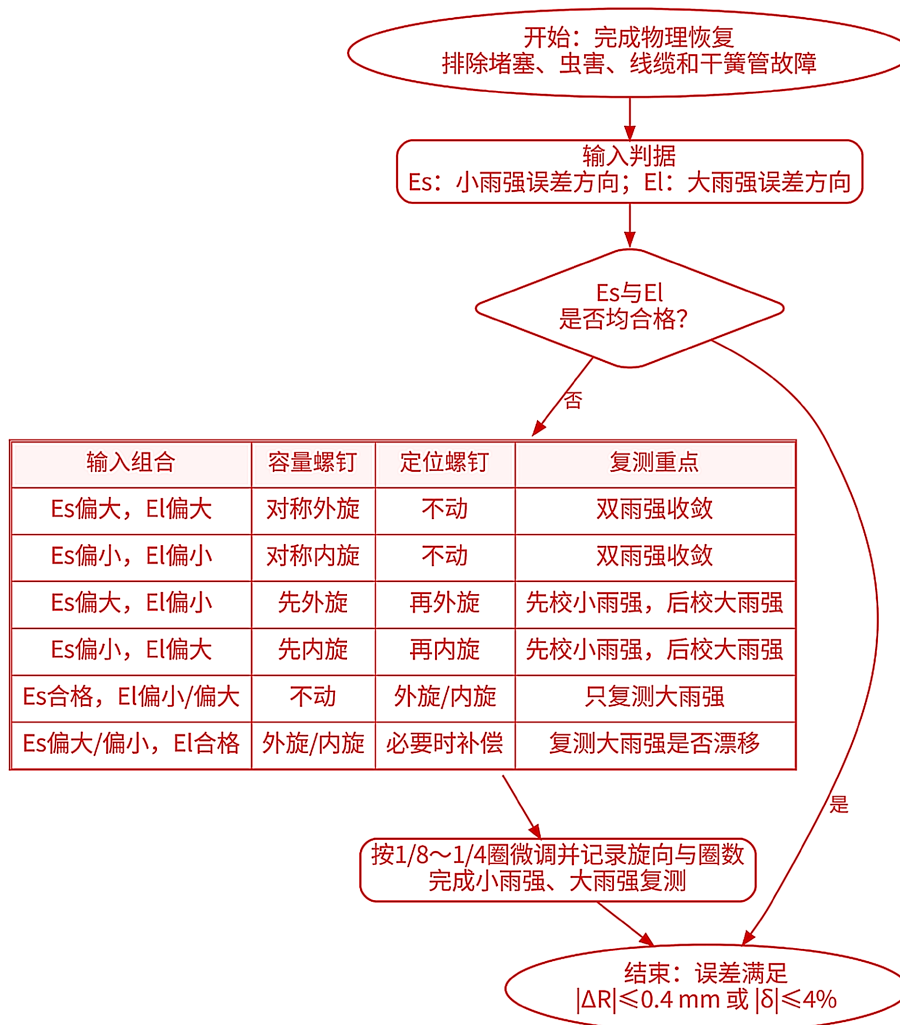


Figure 4. Decision flowchart for two-parameter collaborative calibration

图4. 双参数协同调校决策流程图

由图4可见,当大、小雨强误差同向时,优先通过容量螺钉修正静态容量;当小雨强合格而大雨强偏离时,仅调整定位螺钉;当大、小雨强误差异向时,则先用容量螺钉使小雨强回归标准,再利用定位螺钉修正大雨强动态误差。该流程将原先分散的经验性操作转化为可记录、可复测的算法化判断。

为了验证上述双参数非线性联合调校方法在基层台站现场运维中的实用价值,本文选取了阳新县某区域站发生计量漂移的SL3-1型雨量传感器进行了实地调校试验。试验中,以标准雨量校准仪定量注入10 mm基准雨量(等效脉冲数为100次)作为标准输入,调校前后的对比数据如表2所示。

在实施标定调校前,该传感器的大雨强绝对误差为-0.9 mm,小雨强绝对误差为0.7 mm,两项关键指标均严重超出了业务规范所要求的 $\pm 0.4 \text{ mm}$ 的限值阈值。通过应用本文所提出的“静态容积与动态限位”双参数解耦调校工艺,在小雨强下针对容量调节螺钉实施外旋微调,在大雨强下针对定位螺钉实施

外旋微调，传感器标定后的绝对误差分别收敛至-0.3 mm 和 0.1 mm，不仅测量精度大幅提高，且完全符合气象业务标准，初步验证了该联合标定技术在基层台站现场调校中的科学性与高效性。

Table 2. Errors before and after calibration at a single station and collaborative adjustment measures

表 2. 单站点标校前后误差及协同调校措施

检定测试模式	标定前测量 读数/mm	标定前绝对 误差/mm	现场采取的协同调校对策	标定后测量 读数/mm	标定后绝对 误差/mm
大雨强(4mm/min)	9.1	-0.9	定位螺钉对称向外旋转，增大上翻斗蓄水量并延缓换向速度，防止大流量下发生动态溢流。	9.7	-0.3
小雨强(1mm/min)	10.7	+0.7	容量调节螺钉对称向外旋转，增大计量翻斗静态承蓄容积，降低低流速下的翻转脉冲频次。	10.1	+0.1

4.4. 重复性标校验证

为弥补单次案例对方法稳定性说明不足的问题，在完成物理恢复和双参数调校后，对同一台发生计量漂移的 SL3-1 型传感器开展 3 次重复标校测试。每次均按 10 mm 标准雨量输入，分别记录 1 mm/min 小雨强和 4 mm/min 大雨强条件下的读数及绝对误差，结果见表 3。

Table 3. Repeatability calibration test results after adjustment of the same sensor

表 3. 同一传感器调校后重复性标校测试结果

重复标校序号	大雨强读数/mm	大雨强误差/mm	小雨强读数/mm	小雨强误差/mm	合格判定
第 1 次	9.7	-0.3	10.1	+0.1	合格
第 2 次	9.8	-0.2	10.0	0.0	合格
第 3 次	9.9	-0.1	9.9	-0.1	合格

按样本方差计算 $s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$ ，其中 s^2 为样本方差，表示重复标校误差的离散程度，单位为 mm^2 ； x_i 为第 i 次重复标校所得的绝对误差值，单位为 mm； $\bar{x}$ 为各次重复标校误差的算术平均值，单位为 mm； n 为重复标校次数； i 为标校序号； Σ 表示对各次误差偏离均值的平方项进行求和； $n-1$ 为样本方差计算中的自由度。大雨强和小雨强分别进行 3 次重复标校，因此分别计算时 $n=3$ ；若将大、小雨强 6 个误差样本合并统计，则 $n=6$ 。

3 次大雨强绝对误差的均值为-0.20 mm、样本方差为 0.010 mm^2 ；3 次小雨强绝对误差的均值为 0.00 mm、样本方差为 0.010 mm^2 。若将 6 个调校后误差样本合并统计，平均误差为-0.10 mm，样本方差为 0.020 mm^2 。各次测试误差绝对值均不超过 0.4 mm，说明在物理故障排除后，该双参数协同调校方法具有较好的重复性和现场稳定性。

5. 结语

本文在梳理翻斗式雨量传感器检定、维护和故障处理研究的基础上，结合阳新县区域自动气象站运维实践，对 SL3-1 型双翻斗雨量传感器常见故障诊断及标校调整方法进行了分析，主要结论如下：

(1) 明确了物理恢复与计量学纠偏的适用边界。流道堵塞、虫害、线缆断路、干簧管损坏和焊接质量问题等属于传感器物理状态异常，应优先通过清洗、疏通、防虫、更换干簧管和线路修复等方式排除；

只有在上述物理故障排除后,传感器仍存在系统性计量偏差时,才适宜进入容量调节螺钉和定位螺钉的计量学纠偏环节。

(2) 构建了基于大、小雨强误差方向的双参数协同调校流程。小雨强测试主要反映计量翻斗静态承水量误差,大雨强测试则进一步反映上翻斗行程、节流入流和换向溢流等动态因素。根据大、小雨强误差同向、异向或单一雨强偏离等情况,分别采用容量调节螺钉和定位螺钉进行针对性调整,可将分散的经验性操作转化为可记录、可复测的标校路径。

(3) 重复性标校结果表明,该方法具有一定的现场适用性和稳定性。对同一台发生计量漂移的 SL3-1 型雨量传感器完成物理恢复和双参数调校后,3 次重复标校结果均满足业务允许误差要求。其中,大雨强误差均值为 -0.20 mm 、样本方差为 0.010 mm^2 ;小雨强误差均值为 0.00 mm 、样本方差为 0.010 mm^2 ,说明调校后误差波动较小。

(4) 本文提出的方法可为基层台站雨量传感器维护、故障判断和现场标校提供参考。但由于本文验证对象主要为单台传感器的现场重复测试,后续仍需结合更多站点、更多传感器样本及不同故障类型开展进一步验证,以提高方法的普适性和可靠性。

参考文献

- [1] 赵丹阳,王旭,张瑜,等.不同规格的翻斗式雨量传感器的检定及超差调校分析[J].仪器仪表标准化与计量,2025(2): 34-36.
- [2] 李振刚. SL3-1 型双翻斗雨量传感器的核查与调整维修[J]. 自动化应用, 2023, 64(15): 147-149.
- [3] 周继先,聂云,孙啉棚,等. SL3-1 型双翻斗雨量传感器常见故障处理及误差调节[J]. 中低纬山地气象, 2021, 45(6): 121-124.
- [4] 廖爱民,刘九夫,张建云,等. 基于多类型雨量计的降雨特性分析[J]. 水科学进展, 2020, 31(6): 852-861.
- [5] 岳立成. SL3-1 型翻斗式雨量计的维护技巧[C]//中国气象学会. 第 32 届中国气象学会年会 S16 地基遥感观测技术与应用. 2015: 173-175.
- [6] 孟庆勇,丽东. 论 SL3-1 型雨量传感器的构件改进和维护时效[C]//中国气象学会大气探测与仪器委员会,中国气象局气象探测中心. 2014 年全国气象观测技术交流会论文集. 2014: 271-275.
- [7] 朱翠红,张晓明,周辉,等. SL3 型雨量传感器日常维护及故障原因分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2013(3): 1-7.
- [8] 杜衍君. SL3-1 型双翻斗雨量传感器的工作原理及故障排除[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(35): 17231-17232.